

2008 年度 修 士 論 文

環境配慮型建築を成立させるための
ステークホルダーの協働に関する研究

Research on Cooperation between Stakeholders
Enabling Environmentally Friendly Architecture

松田 耕

Matsuda, Ko

東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

梗概

梗概	1
----	---

本編

第1章 序論	9
1-1 研究の背景と目的	11
1-2 研究の対象と方法	13
1-3 既往研究	17
1-4 研究の構成	21
1-5 協働の構造	22
第2章 PV 建築とステークホルダー	23
2-1 PV 建築概要	25
2-1-1 PV の概要	25
2-1-2 PV と建築	29
2-1-3 世界各国の現状	30
2-2 ステークホルダーの役割とその実態	35
2-2-1 建築設計者	35
2-2-2 設備設計者	37
2-2-3 メーカー	39
2-2-4 研究者	43
2-2-5 開発主体	47
2-2-6 ユーザー	50
2-2-7 行政当局	51
2-2-8 電力会社	54
第3章 建材の資源循環とステークホルダー	56
3-1 建材の資源循環概要	58
3-1-1 板ガラス	58
3-1-2 石膏ボード	59
3-1-3 ポリ塩化ビニルサッシ	60
3-2 ステークホルダーの役割とその実態	61
3-2-1 リサイクル管理機関	61
3-2-2 メーカー	62
3-2-3 再資源化業者	65
3-2-4 回収拠点	68
3-2-5 輸送業者	70
第4章 協働の構造	72
4-1 協働の構造の類型化	74
4-1-1 ヒエラルキー型	74
4-1-2 ウェブ型	74
4-1-3 サテライト型	74
4-1-4 関係介入型	74
4-1-5 まとめ	75
4-2 協働の構造からみた具体的事例	76
4-2-1 ソーラーシティ	76
4-2-2 アメルスフォルト	77
4-2-3 EWE アリーナ	78
4-2-4 ホウテン消防署	79
4-2-5 PK ガラスメーカーと RL 社	79
4-2-6 TO 研究施設	80
4-2-7 グリーン価値証書	81
4-2-8 VRN	81

目次

4-3 協働の構造の分析と考察	82
4-3-1 ヒエラルキー型	88
4-3-2 ウェブ型	88
4-3-3 サテライト型	89
4-3-4 関係介入型	89

第5章 終章	90
--------	----

資料編

1. 産業総合研究所	1
2. NRW 州ソーラー建築 50 選	5
3. カーボントラスト	8
4. 研究講演会これからの太陽熱利用	13
5. ソーラーシティ	13
6. パルタウン城西の杜 19. X 市庁舎	46
7. アメルスフォルトソーラー住宅地	48
8. EWE アリーナ	51
9. SS 設計事務所	53
10. 太陽光発電技術研究組合	57
11. 新エネルギー世界展示会	60
12. ドイツ太陽経済振興協会	62
13. SN 社	64
14. ECN 社	66
15. FH 研究所	68
16. WC 社	72
17. ESTIF	81
18. SC 社	85
19. X 市庁舎	87
20. TI ビル 22. JH 住宅	88
21. TO 研究施設	91
23. BE 設計事務所	93
24. ZW 設計事務所	95
25. AR 設計事務所	96
26. FP 設計事務所	100
27. ベルリン中央駅	101
28. ホウテン消防署	102
29. GLAS CEYSSSENS ガラス工場	103
30. SP 発電施設	105
31. VRN	107
32. Recovinyl	113
33. OVAM	120
34. ベルギーガラス協会	125
35. 石膏ボード工業会	130
36. SASE	134
37. PK ガラスメーカー	135
38. ガラステック	138
39. PF ブラサッシメーカー	141
40. DK 改修現場	144
41. GE ガラス加工工場	145
42. コンテナパーク	146
43. コンテナパーク	147
44. コンテナパーク	149
45. HF 社	154
46. MA 社	156
47. RL 社	163

謝辞

環境配慮型建築を成立させるためのステークホルダーの協働に関する研究

Cooperation between Stakeholders Enabling Environmentally Friendly Architecture

学籍番号 76852
氏 名 松田 耕 (Matsuda, ko)
指導教員 清家 剛 准教授

第1章 はじめに

1-1. 研究の背景と目的

環境配慮型建築普及促進のために、ステークホルダーの協働の必要性が指摘されている。これについては少数の具体的事例を分析する研究が多かったが、本研究では協働の事例を多数収集することで、「環境配慮型建築を成立させるためのステークホルダーの協働」の仕組みを明らかにし、その展望を得ることを試みた。

1-2. 「協働」の捉え方

「協働」は「協力して働くこと」(広辞苑)というのが通常の意味であるが、ステークホルダーの繋がりや協力関係ばかりではないことを考慮して、本研究では複数のステークホルダーが様々な関係性の中で環境配慮を実現している取り組みを「環境配慮型建築を成立させるためのステークホルダーの協働」として捉えた。

1-3. 研究の対象と方法

環境配慮型建築には様々な側面があるが、本研究では特に「エネルギー」、「資源」、「ライフサイクル」の重要性に注目し、太陽光発電(以下PV: photovoltaic)を導入した『PV 建築』と、建材の再資源化を目指した『資源循環』の取り組みを対象に選んだ。『PV 建築』は特に生産段階から解体段階に至るまでの「ライフサイクル」における「エネルギー」を、『資源循環』は特に解体段階から再資源化段階を経て再び生産段階に至るまでの「ライフサイクル」における「資源」を、環境に配慮して利用する技術である。どちらも世界的に普及促進が目指され、様々なステークホルダーの協働が見られる技術なので、本研究の対象にふさわしいと判断した。

これら2つの技術に関して多種多様なステークホルダーが関わる協働を国内外から抽出し(表1)現地での聞き取り調査とそれを補足する文献調査を行なった。

表1: 現地調査事例一覧(上: PV、下: 資源循環)

事例番号	調査事例名	聞き取り調査先のステークホルダー	調査事例の属性	所在地	主な調査内容
1	産業総合研究所	行政	公的研究機関	茨城県つくば市	PVの概要とメンテナンス問題
2	NRW州ソーラー建築60選	-行政 -行政開発事業体 -建築設計者 -ユーザー	住宅地	ドイツNRW州	住宅地の概要と助成制度
3	カーポントラスト	-行政 -研究者	研究機関 投資機関	イギリスロンドン	行政の研究活動と投資活動
4	研究講演会 これからの太陽熱利用	-行政 -メーカー	研究講演会	東京都新宿区	行政の取組みと最新技術
5	ソーラーシティ	-行政開発事業体 -ユーザー	住宅地	オーストリアリンツ	市主導のソーラータウン建設過程
6	バルタウ西城西の社	-行政開発事業体 -設備会社	住宅地	群馬県太田市	住宅地の開発過程と研究成果
7	アムスフォルトソーラー住宅地	-行政開発事業体 -エネルギー会社	住宅地	アムスフォルト	住宅地の開発過程と所有の仕組み
8	ENEアリーナ	-民間開発事業体 -エネルギー会社	アリーナ	ドイツオルデンブルク	エネルギー会社による先進の開発事業
9	SS&S設計事務所	-開発事業体 -建築設計者	住宅地	ドイツフライブルク	住宅地の開発過程と設計手法
10	太陽光発電技術研究組合	研究者	研究機関	東京都港区	世界のPV購入状況と今後の政策目標
11	新エネルギー世界展示会	メーカー	見本市	千葉県千葉市美浜区	PV関連メーカーの最新動向
12	ドイツ太陽経済振興協会	業界団体	業界団体	ドイツベルリン	ドイツに於けるPVの現状や法整備
13	SN社	メーカー	PVメーカーのオフィスと工場	ドイツウェーデル	建築と電気設備のニッチ産業に着目
14	ECN	研究者	研究機関	オランダヘッテン	オランダとECNにおけるPVの現状
15	PH研究所	研究者	研究機関	ドイツフライブルク	PVの導入状況と認証システム
16	WC社	メーカー	太陽集熱器メーカーのオフィス	ドイツケルベ	太陽集熱器の最新技術
17	ESTIF	業界団体	業界団体	ベルギーブリュッセル	認証システム作成過程と組織概要
18	SC社	ソーラーパネルコンサルティング会社	コンサルティング会社	ベルギーブリュッセル	ソーラーパネルのコンサルティング手法
19	X市庁舎	設備設計者	市庁舎	X県X市	シーエス・アモルファスモジュールについて
20	TIビル	建築設計者	オフィスビル	東京都渋谷区	オフィスビルにおける建材一体型PV
21	TO研究施設	-建築設計者 -研究者	研究施設	茨城県つくば市	建材一体型PVガラスカーテンウォール
22	JH住宅	建築設計者	住宅	東京都新宿区	住宅における建材一体型PV
23	BE設計事務所	建築設計者	建築設計事務所	オランダライデン	PV建築の設計手法について
24	ZH設計事務所	建築設計者	建築設計事務所	オランダコトフヒト	PV建築の設計手法について
25	AR設計事務所	設備設計者	エンジニアリング事務所	イギリスロンドン	エンジニアリングからの環境配慮型建築
26	FP設計事務所	建築設計者	建築設計事務所	イギリスロンドン	建築設計者からの環境配慮型建築
27	ベルリン中央駅	-自社施設利用管理 -自社開発事業体 -消防署	鉄道駅	ドイツベルリン	自社施設の開発過程と運用手法
28	ボウテン消防署	-自社施設利用管理 -自社開発事業体	消防署	オランダボウテン	自社施設の開発過程と運用手法
29	Glas Ceyssens	設備管理者	工場・駐車場	ベルギーゾルバー	施設から見た環境配慮型住宅
30	SolarPark	設備管理者	発電施設	ベルギーオランダ	施設からみた環境配慮型住宅
31	VRN	業界団体	業界団体	オランダオーグ	板ガラスリサイクルシステムの概要
32	Recovinyl	NPO	NPO	ベルギーブリュッセル	PVCリサイクルシステムの概要
33	OVAM	行政当局	行政当局	ベルギーメッヘレン	フランダーズにおけるリサイクルの現状
34	ベルギーガラス協会	業界団体	業界団体	ベルギーブリュッセル	ベルギーにおけるガラスリサイクル
35	石膏工業会	業界団体	業界団体	ドイツグムシタット	ドイツにおける石膏リサイクル
36	SASE	研究機関	研究機関	ドイツイザローン	エッセンにおける公衆衛生の歴史
37	PKガラスメーカー	メーカー	ガラスメーカー	ドイツグラートベック	ガラスメーカーとリサイクル
38	ガラステック	メーカー	見本市	ドイツシュトゥットガルト	ガラスメーカーの最新動向
39	PFブラザッシメーカー	メーカー	PVCメーカー	ドイツロイスドルフ	PVC工場で使われるリサイクル材の現状
40	DK改修現場	業界団体	高層住宅改修	オランダロッテルダム	改修現場での廃棄物やガラスの回収
41	GEガラス加工工場	メーカー	ガラス加工工場	オランダバーレンレヒト	ガラス加工工場からの加工廃材の回収
42	コンテナパーク	業界団体	コンテナパーク	オランダリッテルゲル	オランダのコンテナパーク
43	コンテナパーク	業界団体	コンテナパーク	オランダティルブルク	オランダのコンテナパーク
44	コンテナパーク	ごみ管理会社	コンテナパーク	ベルギーメッヘレン	フランダーズのコンテナパーク
45	HF社	再資源化業者	カレットメーカー	ベルギーアントワープ	解体現場からの板ガラスリサイクル
46	MA社	再資源化業者	カレットメーカー	ベルギーロメ	世界最大規模のガラス再資源化工場
47	RL社	再資源化業者	カレットメーカー	ドイツグラートベック	高度な技術を持つガラス再資源化工場
48	AHリユース店	セカンドハンドショップ	セカンドハンドショップ	ベルギーブリュッセル	セカンドハンドショップの業務

第2章 協働の構造とその具体的事例

2-1. 事例から抽出した協働の構造

本研究の全調査事例を協働の構造に注目して分析した。特に「上下」、「対等」、「関係介入」の3つの視点からステークホルダーの関係性を捉えることで、構造の把握を試みた。

「上下」関係は、指示、強制、圧力などである。例えば、建築設計の際にある主体が強力な権限を持って設計内容を指示する例（事例5、6、7）や、行政が開発主体にPV導入を強制する例（事例4）が挙げられる。

「対等」な関係は、協力、競争、取引などである。例えば、入札制度の中で同業のステークホルダーが競争する例（事例31）が挙げられる。

そして、これら2者間の関係性に介入する関わり方が「関係介入」である。例えば、同じ事例31においてリサイクル管理機関が入札を通して競争という関係性に介入する例が挙げられる。

以上の視点から全事例を分析した結果、以下の構造を抽出し、類型化することができた（図1）。なお、収集事例の中にはお互いに関連して協働している組み合わせもある。

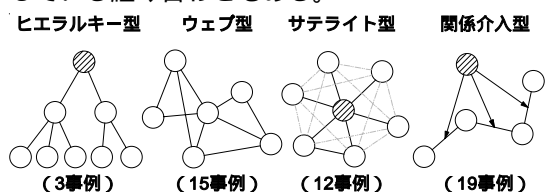


図1：協働の構造（網掛けは主導的なステークホルダー）

2-1-1. ヒエラルキー型

ステークホルダーの間に明らかな上下関係があり、その最高位のステークホルダーが主導的役割を果たしている構造である。例えば、地方自治体がハウスメーカー、PVパネルメーカー、研究者などを主導して、魅力的な住環境の追及と集中連携型太陽光発電システム実証研究を行っている例が挙げられる（事例6）。

2-1-2. ウェブ型

ステークホルダーの間に明らかな上下関係が認められず、ステークホルダーが網目状に対等な関係を結んでいる構造である。例えば、大手ガラスメーカーとガラス再資源化業務を行なうベンチャー企業と輸送業者が対等な関係の中でガラスの再資源化を成立させている例が挙げられる（事例37、47）。

2-1-3. サテライト型

ステークホルダー同士は対等な関係を結び、ウ

ェブ型的であるが、その中心に主導的役割を果たすステークホルダーが存在する構造である。例えば、PVを外装材に組み込んだオフィスビルで、建築設計者が中心的な役割を果たしながらも、設備設計者、メーカー、研究者、施工者と対等な関係性の中で設計を行なった例が挙げられる（事例20）。

2-1-4. 関係介入型

協働体の外部から、ある主体が協働の関係性に介入することで、協働体の構造自体を変化させたり、動きを調整したりする構造である。例えば、ポリ塩化ビニルのリサイクルを管理する機関が既存の市場に介入して市場の構造を資源循環型へと変革した例が挙げられる（事例32）。

2-2. 協働の構造からみた具体的事例

具体的な事例を前節で抽出した構造の視点から捉えることを試みる。

2-2-1. ソーラーシティ（事例5）-ヒエラルキー型

太陽エネルギーを導入した住宅地ソーラーシティはリンツ市と複数の開発公社によって開発された事例である。リンツ市と複数の開発公社がウェブ型協働を構築して、プロジェクトを主導した。世界的に著名な建築家が組織し、環境配慮型建築に熱心なREAD（Renewable Energies in Architecture and Design）というグループを建築設計者として招聘したり、建築計画と都市計画のコンペを何段階にも分けて実施したりして、強力な設計体制を敷いた。その結果、環境的にも建築的にも都市的にも極めて質の高い住宅地を作り出すことに成功し、環境配慮型住宅地の優れた事例として注目を集めている。

強力なウェブ型協働による開発主体がヒエラルキー型協働を構築することで、先進的な環境配慮を成立させた例である。

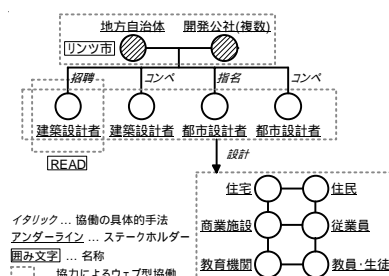


図2：ソーラーシティにおけるヒエラルキー型協働

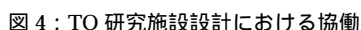
2-2-2. EWE アリーナ（事例8）-ウェブ型

先進的な太陽追尾式PVシステムを導入したEWE アリーナは地方自治体と電力会社がウ

ステークホルダーが環境配慮型建築を媒介として相互受益のウェブ型協働体を構築した例である。

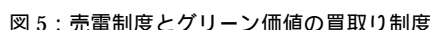


建築設計者が環境配慮技術を持つステークホルダーとサテライト型協働を構築することで環境配慮を成立させた事例である。

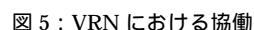


グリーン価値買取りの取組みは、欧米で既に実用化が進み、日本でも採用の気運が高まってい

行政が関係介入型の協働によってユーザーへ環境配慮の動機を与えた例である。



関係介入型協働によって市場の仕組みを環境配慮型に変革した例である。



第3章 協働の構造の分析と考察

全調査事例を協働の構造によって分類し(表2)、分類された事例の特質を詳しく見ることで、それぞれの構造の特徴を把握し、分析した。

ただし、異なる種類の構造が多層階層で連なり、ひとつの協働に複数の構造が含まれることがある。例えば、環境配慮型住宅地を実現したヒエラルキー型協働において、最高位のステークホルダーが地方自治体と開発公社のウェブ型協働で構成されていた例が挙げられる(事例5)。

そこで、表2の分類はその事例における最も主要な構造によって行なっている。

表2：各事例における協働の主要な構造による分類

ヒエラルキー型	5, 6, 7
ウェブ型	8, 18, 28, 30, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48
サテライト型	9, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 38
関係介入型	1, 2, 3, 4, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 48

3-1. ヒエラルキー型

ヒエラルキー型に分類された3事例(事例5、6、7)は全て大規模のPV建築設計業務であった。大きな協働をまとめるためにヒエラルキーが発生していると考えられる。

3事例とも最上位のステークホルダーは複数の主体によるウェブ型協働体で、その中に行政が含まれていた。このように最上位の主体が様々な専門性と権限を有し、かつ環境配慮に積極的な場合、先進的な環境配慮型建築が成立しやすいと考えられる。

3-2. ウェブ型

ウェブ型に分類された事例は小規模のPV建築設計業務(事例18、30)とリサイクル業務(事例37～48)とPV導入の実験的取組み(事例8、28)であった。これらの協働は建築プロジェクトや再資源化システムなどのより大きな協働の一部分を成している場合が多かった。また、そのほとんどが2つから4つのステークホルダーで構成された小規模な協働体で、各ステークホルダーの役割が明白だった。

協働の規模が小さく、また各ステークホルダーが自身の役割を自覚しているため、主導的な役割を果たすステークホルダーが存在しなくても成立している構造だと考えられる。

また、環境配慮を成立させるには、2-2-2の事

例8のように相互受益と環境配慮を両立させる仕組みを考案する発想力が重要だと考えられる。

3-3. サテライト型

サテライト型に分類された事例は中規模のPV建築設計業務(事例1、19～24、27～29)と見本市(事例11、38)であった。なお、表2では業界団体(事例12、17、34、35)は全て関係介入型に分類されているが、その組織構成はサテライト型である。関わるステークホルダーの数がウェブ型よりも多いため、中心的な役割を果たすまとめ役が必要になった構造だと考えられる。ウェブ型と同様にさらに大きな協働の一部を成している場合が多かった。

事例から、サテライト型の主体は業務の遂行を円滑にする、もしくは各自の利益を確保するために協働している傾向がみられた。特に後者の場合はその利益と環境配慮を何らかの手法で繋げることで環境配慮が成立すると考えられる。

3-4. 関係介入型

関係介入型に分類された事例は、行政当局の活動(事例2～4)、企業や業界の活動(事例13、16、17、25、26、31～35)、研究教育機関(事例10、36)であった。どの協働も主導するステークホルダーが自身の専門性を活かして、社会制度、ビジネスモデル、市場構造などを環境配慮型に誘導し変革するものであった。

事例によって介入手法や扱う対象が多岐に渡り、極めて個別性の高い構造であったため、収集した事例以外にも様々な可能性があると考えられる。また、この構造は最も多くのステークホルダーが関わっていた。そのため、環境問題の規模が大きくなるにつれてさらに重要度を増すと考えられる。しかし、主導する主体が正しい展望と的確な介入手法を有する必要がある、その難易度は高いと考えられる。

第4章 まとめ

本研究では、環境配慮型建築を成立させているステークホルダーの協働の事例を多数収集することで、協働の構造を抽出し、類型化した。

その構造を用いて、調査事例の協働の仕組みを具体的に分析した。さらに、調査事例を構造ごとに分類することで、それぞれの構造の特徴と傾向を見出した。

1-1 研究の背景と目的

本研究の目的は、「環境配慮型建築¹」を成立させるためのステークホルダー²の協働³」の仕組みを明らかにし、その展望を論考することにある。

変わる建築生産の前提

建築のステークホルダーにはどのようなものがあるだろうか。その問いに答えるには、建築のライフサイクルを少し思い浮かべてみるだけよい。ただちにいくつものステークホルダーを挙げることができるだろう。施主、設計者、施工者、各種メーカー、ユーザー、解体業者、輸送業者、研究機関、行政当局など、極めて多種多様なステークホルダーが存在していることが分かる。そして、これら多種多様なステークホルダーが複雑に協働し合うことで建築が成立していることに気が付くだろう。

日本のステークホルダーは、ごく最近まで戦後の旺盛な建築生産活動を基盤としていた。すなわち、大量生産大量消費のスクラップアンドビルドを前提にして、ステークホルダーの仕組みが構築されていた。ところが、20世紀の終わり頃からその前提が変化してきている。ストックが充足し、地球環境問題が深刻になったため、建築の量よりもその質と環境配慮が重視されるようになってきたのである。

再編成されるステークホルダー

前提の変化は、必然的にステークホルダーの変化を引き起こした。実際に国内外の環境配慮型建築の事例を調べたところによると、以下のような変化が見られた。

第一は、ステークホルダーが各自の専門分野の中でそれぞれの環境配慮を模索し始めたことである。各自の活動を環境配慮型に変えるための様々な取り組みが同時多発的に現れた。例えば、設計者による環境配慮型設計手法の開発、メーカーや研究者による環境技術の開発、当局による補助政策や評価システムの確立、市民に対する環境教育などが挙げられる。

第二は、ステークホルダー同士の結びつき方が変化し始めたことである。上記の環境配慮の取り組みが個々のステークホルダーだけでは収まらず、溢れ出した。複数のステークホルダーが環境配慮のために協働し始めたのである。例えば、行政と建築家が協働して環境配慮型住宅地を計画した事例や、メーカー・輸送業者・リサイクル業者・行政が協働して資源循環システムを構築した事例な

¹ 「環境配慮型建築」はサステナブル建築やグリーンビルディングと並び、識者によって異なる定義で用いられる曖昧な概念である。本研究では地球環境に配慮していると考えられる建築を広く環境配慮型建築として扱うことにする。これまでに、これらの名の下で扱われてきた全ての建築を含むといってもよい。

² 「ステークホルダー」は企業の利害関係者というのが本来の意味であるが、最近はより広義に全ての関係者を指すことがある。本研究では建築に関わる様々な主体を遍くステークホルダーとして扱うことにする。

³ 「協働」は通常は「複数の主体がひとつの目的のために協力し合いながら活動すること」という意味で用いられる。しかし、本研究では「協働」をさらに広い概念で捉えたいので、「複数のステークホルダーがさまざまな形で関係しあいながら活動し、その結果ある目的に向かっていくこと。」として考えてみたい。すなわち、複数の主体がある方向に向かいながら何らかの関係性を持って活動していれば、たとえその目的が当事者に自覚されていなくても、協力関係になくても「協働」と呼ぶことにする。この定義によれば例えば入札制度も協働である。応募者たちは協力関係にないが、競争の中でお互いに関係しあい、システム全体のコストパフォーマンスの向上という目的に向かっていく。

どが挙げられる。

第三は、新たなステークホルダーが建築分野に登場し、重要な役割を担い始めたことである。上記の協働をより円滑にするために、その隙間を埋めるような役割のステークホルダーが現れた。例えば、オランダにおけるガラスリサイクルの管理機関や、建築用板ガラスのリサイクルに乗り出したベルギーの板ガラス再資源化業者などが挙げられる。

要するに、環境配慮を達成するために、ステークホルダーの役割や協働の仕方が変化したり、今までに見られなかった種類のステークホルダーが出現したりしているのである。まさに、ステークホルダーの構造が再編成されつつあるといえる。

本研究の特徴

このように、ステークホルダーの協働が環境時代に向けて複雑化する中で、協働の仕組みを把握し、今後の展望を得ておくことが重要である。協働に関する研究はこれまでにいくつもあるが、ほとんどは2つのステークホルダーの間でなされる協働を扱い、また研究方法は少数の具体的事例を詳細に調べるものが多かった。ところが、環境配慮型建築を成立させるための協働には多数のステークホルダーが関わるため、2者間の協働を検討するだけでは不十分である。また、環境配慮型建築は様々な側面を持つため、少数の事例を詳細に調べるだけではその全体像を把握するのに不十分である。

以上を考慮して、本研究では多数の協働事例を収集することで、それらの中から協働の構造を抽出し、類型化するという方法を採用。その類型化を切り口として収集事例をさらに詳しく分析し、また各類型の特質や傾向を把握することで、今後の展望を得る。

1-2 研究の対象と方法

研究の対象

研究の対象は環境配慮型建築に関わるステークホルダーと複数のステークホルダーが協働するシステムである。しかし、環境配慮型建築という括りは一論文で網羅するには余りに広いので、本研究では建築分野における太陽光発電技術⁴と資源循環技術に対象を絞った。

調査事例選定の際には、できるだけ多種多様なステークホルダーを選ぶように心掛けた。調査事例一覧を 12、13 ページに示す（表 1-2-1、表 1-2-2）。

なお、本研究で取り上げる事例には以下の活動・調査の一環で収集したものが含まれる。これらの活動・調査の関係者の方々には厚くお礼を申し上げる。

国内外 PV 建築事例関連調査（2006 年冬）

自身の卒業論文での調査。『建築分野における太陽光発電導入と普及に関する研究』松田耕・東京大学工学部建築学科 2006 年度卒業論文梗概集より。海外調査では、オーストリア、ドイツを訪問。

ソーラー建築デザインガイド編集作業（2006 年冬 - 2007 年春）

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による『ソーラー建築デザインガイド[太陽熱利用建築事例集]』の取材編集作業の一環で、国内外のソーラーエネルギー利用建築事例を各種雑誌から抽出してリスト化したり、先進的な事例に調査に行かせていただいたりした。

NEDO 欧州太陽光発電利用建築調査（2007 年冬）

『太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン』のための取材作業の一環。PV 建築に関する事例を多数収集した。訪問国は、ドイツ、オランダ。

NEDO 太陽熱利用に関する欧州海外調査（2008 年春）

ソーラーパネルの認証システムを中心に調査した。訪問国は、ドイツ、ベルギー、イギリス。

欧州資源循環実態調査（2007 年秋、2008 年秋）

廃棄物処理等科学研究費補助金『他産業も含めたマテリアルフローを考慮した建設系廃棄物の再資源化評価システムの構築に関する研究』の一環で行なわれた調査。ドイツ、オランダ、ベルギー。

なぜ、PV と資源循環か

環境配慮型建築には様々な側面があるが、本研究では特に「エネルギー」、「資源」、「ライフサイクル」に注目した。

「エネルギー」と「資源」

建築物は地球環境から資源（本研究では物質的な資源とする。エネルギー資源や人的資源などは含まない）を採取し、それにエネルギーを加えて作られる。また、建築物が使われる際には断続的にエネルギーが投入され続ける。つまり、建築物は「エネルギー」と「資源」が重要な構成要素とい

⁴ 「太陽光発電」は以下 PV と略記する。PV：photovoltaic = 光電池の

える。そのような観点から、環境配慮型建築には「エネルギー」の環境配慮と「資源」の環境配慮の2つが特に重要になる。本研究では前者の事例としてPVを、後者の事例として資源循環を選んだ。

ライフサイクルの軸

建築のライフサイクルは大雑把に動脈側（企画計画・基本設計・実施設計・建設工事・管理運営・メンテナンス）と静脈側（解体工事・廃材輸送・再資源化・廃棄処分）に分けられる。動脈側と静脈側では関わるステークホルダーや環境配慮の手法が大きく異なるので、環境配慮型建築を考察する際にはこれらを両方ともみる必要がある。そこで、本研究では動脈側の事例としてPVを、静脈側の事例として資源循環を選んだ。

PVは現在最も注目されている再生可能エネルギー利用技術（創エネ技術）のうちのひとつであるため、先進的な取組みが多い。それに加えて多くのステークホルダーが関わるので、本研究の事例としてふさわしいと考えた。一方、資源循環はまさに資源を環境に配慮して運用することを追及していることと、同じく多くのステークホルダーが関わることから、ふさわしいと考えた。

以上より対象の位置付けを以下に図示する（図1-2-1）。

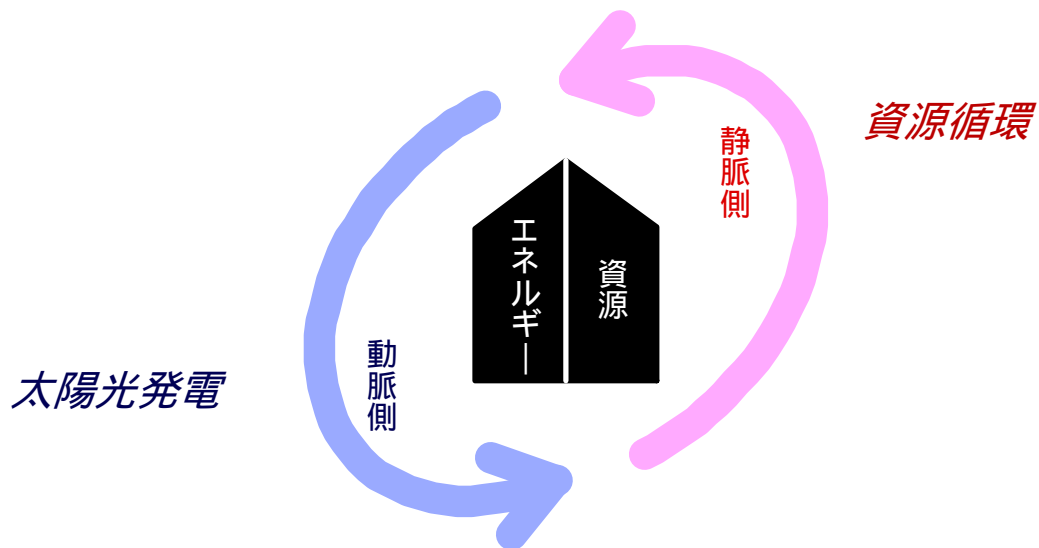


図1-2-1：対象の位置付け

研究の方法

「PV 建築」と「建材の資源循環」を実現させた「ステークホルダーの協働」の先進的な事例を国内外から抽出した（表1-2-1、表1-2-2）。その際に、できるだけ多種多様なステークホルダーが含まれるように試みた。そして、それらに対して現地での聞き取り調査とそれを補足する文献調査を行った。

表 1-2-1 : PV 関連調査事例一覧

事例番号	調査事例名	関わり調査先のステークホルダー		調査事例の属性	所在地	主な調査内容	調査種類
1	産業総合研究所	行政	独立行政法人	公的研究機関	茨城県つくば市	PVの概要とメンテナンス問題	
2	NRW州ソーラー建築50選		-行政 -行政開発事業体 -建築設計者 -ユーザー	住宅地	ドイツNRW州	住宅地の概要と助成制度	
3	カーボントラスト		-行政 -研究者	研究機関 投資機関	イギリスロンドン	行政の研究活動と投資活動	
4	研究講演会 これからの太陽熱利用		-行政 -メーカー	研究講演会	東京都新宿区	行政の取組みと最新技術	①
5	ソーラーシティ	開発事業者	-行政開発事業体 -ユーザー	住宅地	オーストリアリンツ	市主導のソーラータウン建設過程	
6	パルタウン城西の杜		-行政開発事業体 -設備会社	住宅地	群馬県太田市	住宅地の開発過程と研究成果	
7	アメルスフォルトソーラー住宅地		-行政開発事業体 -エネルギー会社	住宅地	オランダアメルスフォルト	住宅地の開発過程と所有の仕組み	
8	EWEアリーナ		-民間開発事業体 -エネルギー会社	アリーナ	ドイツオルテンブルク	エネルギー会社による先進的開発事業	
9	SS設計事務所		-開発事業体 -建築設計者	住宅地	ドイツフライブルク	住宅地の開発過程と設計手法	
10	太陽光発電技術研究組合	建設産業界	研究者	研究機関	東京都港区	世界のPV導入状況と今後の政策目標	
11	新エネルギー世界展示会		メーカー	見本市	千葉県千葉市美浜区	PV関連メーカーの最新動向	
12	ドイツ太陽経済振興協会		業界団体	業界団体	ドイツベルリン	ドイツにおけるPVの現状や法整備	
13	SN社		メーカー	PVメーカーのオフィスと工場	ドイツヴェーデル	建築と電気設備のニッチ産業に着目	
14	ECN		研究者	研究機関	オランダベッテン	オランダとEUにおけるPVの現状	
15	FH研究所		研究者	研究機関	ドイツフライブルク	PVの導入状況と認証システム	
16	WC社		メーカー	太陽集熱器メーカーのオフィス	ドイツケルベ	太陽集熱器の最新技術	
17	ESTIF		業界団体	業界団体	ベルギーブリュッセル	認証システム作成過程と組織概要	
18	SC社	ソーラーパネルコンサルティング	コンサルティング会社	ベルギーゾルダー	ソーラーパネルのコンサルティング手法	①	
19	X市庁舎	建築専門家	設備設計者	市庁舎	X県X市	シースルーアモルファスモジュールについて	
20	TIビル		建築設計者	オフィスビル	東京都渋谷区	オフィスビルにおける建材一体型PV	
21	TO研究施設		-建築設計者 -研究者	研究施設	茨城県つくば市	建材一体型PVガラスカーテンウォール	
22	JH住宅		建築設計者	住宅	東京都新宿区	住宅における建材一体型PV	
23	BE設計事務所		建築設計者	建築設計事務所	オランダライデン	PV建築の設計手法について	
24	ZW設計事務所		建築設計者	建築設計事務所	オランダユトレヒト	PV建築の設計手法について	
25	AR設計事務所		設備設計者	エンジニアリング事務所	イギリスロンドン	エンジニアリングからの環境配慮型建築	
26	FP設計事務所		建築設計者	建築設計事務所	イギリスロンドン	建築設計者からの環境配慮型建築	
27	ベルリン中央駅	ユーザー	-自社施設利用管理 -自社開発事業体	鉄道駅	ドイツベルリン	自社駅の開発過程と運用手法	
28	ハウテン消防署		-自社施設利用管理 -自社開発事業体	消防署	オランダハウテン	自社施設の開発過程と運用手法	
29	Glas Ceysens		設備管理者	工場・駐車場	ベルギーゾルダー	施主からみた環境配慮型住宅	①
30	SolarPark		設備管理者	発電施設	ベルギーオステンド	施主からみた環境配慮型住宅	①

表 1-2-2：資源循環関連調査事例一覧⁵

事例番号	調査事例名	聞取り調査先のステークホルダー		調査事例の属性	所在地	主な調査内容	調査種類
3 1	VRN	管理機関	業界団体	業界団体	オランダ ゴータ	板ガラスリサイクルシステムの概要	
3 2	Recovinyl		NPO	NPO	ベルギー ブリュッセル	PVCリサイクルシステムの概要	
3 3	OVAM		行政当局	行政当局	ベルギー メッヘレン	フランダースにおけるリサイクルの現状	
3 4	ベルギーガラス協会		業界団体	業界団体	ベルギー ブリュッセル	ベルギーにおけるガラスリサイクル	
3 5	石膏工業会		業界団体	業界団体	ドイツ ダルムシュタット	ドイツにおける石膏リサイクル	
3 6	SASE		研究機関	研究機関	ドイツ イザローン	エッセンにおける公衆衛生の歴史	
3 7	PKガラスメーカー	メーカー	メーカー	ガラスメーカー	ドイツ グラートベック	ガラスメーカーとリサイクル	
3 8	ガラステック		メーカー	見本市	ドイツ シュトゥットガルト	ガラスメーカーの最新動向	
3 9	PFブラサッシメーカー		メーカー	PVCメーカー	ドイツ トロイスドルフ	PVC工場で使われるリサイクル材の現状	
4 0	DK改修現場	回収拠点	業界団体	高層住宅改修	オランダ ロッテルダム	改修現場からの単層板ガラスの回収	
4 1	GEガラス加工工場		メーカー	ガラス加工工場	オランダ バーレンドレヒト	ガラス加工工場からの加工端材の回収	
4 2	コンテナパーク		業界団体	コンテナパーク	オランダ リッデルケルク	オランダのコンテナパーク	
4 3	コンテナパーク		業界団体	コンテナパーク	オランダ ティルブルク	オランダのコンテナパーク	
4 4	コンテナパーク		ごみ管理会社	コンテナパーク	ベルギー メッヘレン	フランダースのコンテナパーク	
4 5	HF社	再資源化業者	再資源化業者	カレットメーカー	ベルギー アントワープ	解体現場からの板ガラスリサイクル	
4 6	MA社		再資源化業者	カレットメーカー	ベルギー ロメル	世界最大規模のガラス再資源化工場	
4 7	RL社		再資源化業者	カレットメーカー	ドイツ グラートベック	高度な技術を持つガラス再資源化工場	
4 8	AHリユース店		セカンドハンドショップ	セカンドハンドショップ	ベルギー ブリュッセル	セカンドハンドショップの実態	

⁵ 以下に表 1-2-1 と表 1-2-2 の項目を説明する。

「事例番号」は事例の通し番号である。なお、事例は順不同。

「事例調査名」は調査先の名称である。公的な性格の強い事例は実名で扱うが、それ以外は仮名である。

「聞取り調査先のステークホルダー」は聞取り調査に応じていただいた方が属するステークホルダーである。応対者が複数の場合は、特に中心的に応じていただいた方をはじめに挙げ、ステークホルダーの分類も中心的な方が属するステークホルダーに準じた。

「調査事例の属性」は対象事例が何であることを表す。特に事例が建築物の場合はその用途を示した。

「所在地」は調査が行なわれた場所である。国内事例は都道府県名と都市名を海外事例は国名と都市名を示した。

「主な調査内容」は調査内容の要約である。

「調査種類」はその調査の種類を表す。数字が示す内容は以下の通り。調査内容詳細は 9 ページ参照。

0 松田個人による独自調査

国内外 PV 建築事例関連調査（2006 年冬）

NEDO 欧州太陽光発電利用建築調査（2007 年冬）

NEDO 太陽熱利用に関する欧州海外調査（2008 年春）

欧州資源循環実態調査（2007 年秋）

欧州資源循環実態調査（2008 年秋）

1-3 既往研究

CiNii (Nii 論文情報ナビゲータ) を利用して既往研究の検索を行ない、本研究の参考となりそうな論文に一通り目を通した。検索は「環境配慮」, 「サステナブル」, 「持続可能」, 「建築」, 「グリーンビルディング」, 「マネジメント」, 「PV」, 「ソーラー」, 「太陽光発電」, 「資源循環」, 「リサイクル」, 「再資源化」, 「ステークホルダー」, 「協働」などの用語を適宜組み合わせで行なった。

野城智也『**建築のマネジメント支援手段としての環境性能評価の相互比較可能性に関する考察**』(日本建築学会計画系論文集, 第 597 号, p149-154, 2005 年)

キーワード: 環境性能、性能評価、建築のマネジメント、利害関係者、概念ネットワーク、評価境界

備考・考察: 世界各国によって異なる環境性能評価項目をいかにして相互比較するかがテーマ。環境性能評価項目の差異はそもそも地理的要因や技術的要因に起因するものなので、単純に標準化するのは困難である。そこで、各評価項目を分類整理し、それらの相互関係を概念ネットワーク図で可視化することで、比較可能性を開くという提案。概念ネットワーク図のアイデアはステークホルダー間の関係を表わす際に応用できるかもしれない。

渋谷達郎・岸本達也『**欧州及び日本におけるサステナブル建築のデザイン手法とその特性に関する研究**』(日本建築学会環境系論文集, 第 589 号, p99-105, 2005 年)

キーワード: サステナブル建築、サステナブルデザイン、デザイン手法、数量化分析

備考・考察: 書籍から集めたサステナブルデザイン手法 (SD 手法) に統計処理を施していくつかの分類軸を発見し、その軸に沿って代表的な SD 事例を並べることで、SD 手法の特性を明らかにする研究。

窪田亜矢『**持続可能性の実現に向けて-政策統合と討論デモクラシー-**』(建築雑誌, vol.119, No.1502, 2004 年)

備考・考察: 都市の持続可能性という複雑な問題を、「住民としての欲望」と「市民としての要請」の軸と、「自己責任」と「社会保障」の軸という、2つの切り口から見ることで整理した。そして、今後の最も重要な課題を「市民としての要請」と「社会保障」が交わる部分にある「現代社会の構造的課題にする解としての場の提供」とし、「討論デモクラシー」という手法を提案する。討論デモクラシーのアイデアは応用可能か！

新地亮佑・真鍋恒博『**サステナブル建築における各種要求に対する構法的手法の体系的整理に関する基礎的研究**』(日本建築学会退会学術講演梗概集 (関東), 2006 年)

キーワード: サステナブル建築、体系化、構法、持続可能性、環境保全

備考・考察: まず、各種の文献から「サステナブル建築」の定義を抽出し、7つの項目に整理。次に、「サステナブル建築」の事例と具体的手法を抽出して整理。最後にこれらを掛け合わせて体系的

に整理することで、「サステナブル建築」の具体的内容と特性を明らかにした。

杉山岳巳『**持続可能性をめざしたデザインに対する認識-環境選好と持続可能性評価に関する実証的研究-**』(日本建築学会計画系論文集, 第 552 号, p93-99, 2002 年)

キーワード: 認識、環境選好

備考・考察: 環境配慮型建築の意匠論。カラー写真によるアンケート調査から持続可能性を目指したデザインに対する環境選好を調べる。持続可能性を目指したデザインの評価を試みている。

竹下輝和・他『**グリーンビルディング設計支援システムの構築に関する研究 その1~その5**』(日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 2001 年)

キーワード: グリーンビルディング、ガイドライン、設計事務所、支援ツール

備考・考察: 設計者へのアンケートと設計者が日常的に情報を取得している雑誌記事からグリーンビルディング設計支援システムの実態について明らかにする論文。

宮坂雅子・清家剛・角陸順香『**環境配慮型建築外装の普及に関する研究 その1~その2**』(2001 年度日本建築学会関東支部研究報告書, 2001 年)

備考・考察: 太陽光発電システムと複層ガラスを事例として環境配慮型建築外装技術の実態について明らかにする。設計者へのアンケートを詳細に分析している。

東有紀・真鍋恒博『**わが国の建築分野における環境配慮手法の変遷**』(日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 2001 年)

キーワード: 変遷、構法、環境

備考・考察: 各種環境配慮手法の雑誌への時代別出現率を調べ、その変遷を時代背景と照らし合わせて考察している。環境配慮型技術の歴史を大まかに掴むことができる。

山下勇介『**環境配慮型住宅地の普及支援のための研究-環境技術と住まい方に注目して-**』(2006 年度新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻修士論文, 2007 年)

キーワード: 環境配慮型住宅地、環境技術、住まい方、マネジメント、普及理論

備考・考察: 環境配慮型住宅地を特に運営時のマネジメントに着目して論じた論文。その上で、現状を E・M・ロジャースの普及理論と照らし合わせて、技術的課題を考察している。

菊池雅史・他『**環境配慮型建築行為のコスト評価**』日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), 2000 年)

竹下輝和・他『**国内組織設計事務所における環境配慮型設計ガイドラインの特徴**』(日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 2001 年)

キーワード：グリーンビルディング、設計ガイドライン、設計プロセス、組織設計事務所、環境配慮型建築

備考・考察：国内組織設計事務所が独自に設定している環境配慮型設計ガイドラインの特徴をまとめている。グリーンビルディングを設計する際に設計者が重視している点がよく分かる。

村上周三・白石靖幸『**建築における持続可能性について**』（日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），1998年）

キーワード：持続可能性、Sustainable Development、環境評価・管理

備考・考察：建築における持続可能性を定義しようとした初期の論文。Sustainability には Weak Sustainability や Strong Sustainability といったグラデーションがあることや、単なる建築環境工学的耐久性にとどまらず、地球規模のマネジメントを考える必要のあることが指摘されている。

邊慧旋・萩島哲『**環境配慮型建築の誘導策として総合設計制度の可能性に関する研究**』（日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），2003年）

キーワード：環境配慮型建築、総合設計制度、特定行政庁

備考・考察：総合設計制度による環境配慮型建築物の誘導が可能であることを明らかにしている。しかし、総合設計制度が都市部に限られることや容積率割り増しには限度があることなどから補助政策のひとつとしての位置付けが妥当である。

菊池雅史・他『**環境配慮型建築行為のコスト評価システム構築に関する基礎的研究その1～その4**』（日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），2000年）

備考・考察：環境配慮型建築行為の評価システム構築に関する基礎研究である。コスト面の評価を含んでいるところに新規性がある。

庫川知児・安藤正雄『**オランダにおける建築物の持続可能性と法律・規制との関係**』（日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），2003年）

キーワード：オランダ、性能規定、オープンビルディング、持続可能性、住宅供給、改修

東城結也『**資源循環システムの成立要因に着目した建築解体廃棄物の再資源化の実態に関する研究**』（2005年度新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻修士論文，2006年）

坂本優『**他産業と関連して成立している建築資材の再資源化システムに関する研究**』（2006年度新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻修士論文，2007年）

金森道・茂呂隆・尾島俊雄『**集合住宅における内装材の分別解体・リサイクルに関する研究**』（日本建築学会環境系論文集第620号，83-88，2007年）

中島裕輔・尾島俊雄『資源循環型居住システムの構築に関する研究』(日本建築学会計画系論文集第532号, 109-116, 2000年)

茂呂隆・廣瀬朗・多葉井宏『建築の資源循環性に関する環境影響評価手法の研究』(日本建築学会環境系論文集第580号, 85-92, 2004年)

既往研究概観

・環境配慮型建築の起源として、1987年に発行されたブルントラント・レポートが挙げられることが多い。

・研究の方法は、アンケートや雑誌記事から得られたデータを統計処理して、何らかの知見を導くものが多い。特に、様々な環境項目の位置づけを明らかにしようとするものが多い。

一方で、実地調査を軸に論を展開しているのは、 、 である。本研究はこれらに近い方法を採用。すなわち、いくつかの具体的な事例からある程度一般性のある抽象的結論を導く手法である。他には や のように最初から最後まで抽象的なレベルで議論を展開しているものがある。ここで、提案されている概念が本研究にも適用できるかどうかは検討の余地がある。

・既往研究が中心的に扱っているステークホルダーごとにその研究テーマをまとめる。

設計者：（設計手法）（構法整理）（意匠的環境選好）（環境配慮の実態）（構法変遷）（設計ガイドライン）

国：（環境性能評価）（環境政策）（設計支援ツール）（コスト評価）（総合設計制度）（評価システム）（オランダの政策）

施主：（普及理論）

資源循環システム：（実態）（評価システム）（分別解体）（居住システム）（評価システム）

その他：（持続可能性）

既往研究を見て分かるように環境配慮型建築を「複数のステークホルダーによる協働」という視点から論じた研究は政策論に限られ、本研究が目指す視点から論じたものは見当たらない。

1-4 論文の構成

本論文は5つの章から構成される。

第1章で研究の背景・目的・対象・方法を明らかにするとともに、本研究を貫く「協働の構造」の視点を簡単に示す。

第2章と第3章では、聞き取り調査の結果から「PV建築」と「資源循環」の概要とそれらをめぐる主なステークホルダーの実態を明らかにする。

第4章では本格的に「協働の構造」の視点を導入する。まず、具体的事例を「協働の構造」の視点から詳しく分析する。次に、全調査事例を「協働の構造」ごとに分類し、その結果から「協働の構造」の特質を炙り出す。最後に、2～4章の分析結果より今後の展望を考察する。

第5章では、本研究の結論と到達点、そして今後の課題をまとめる。

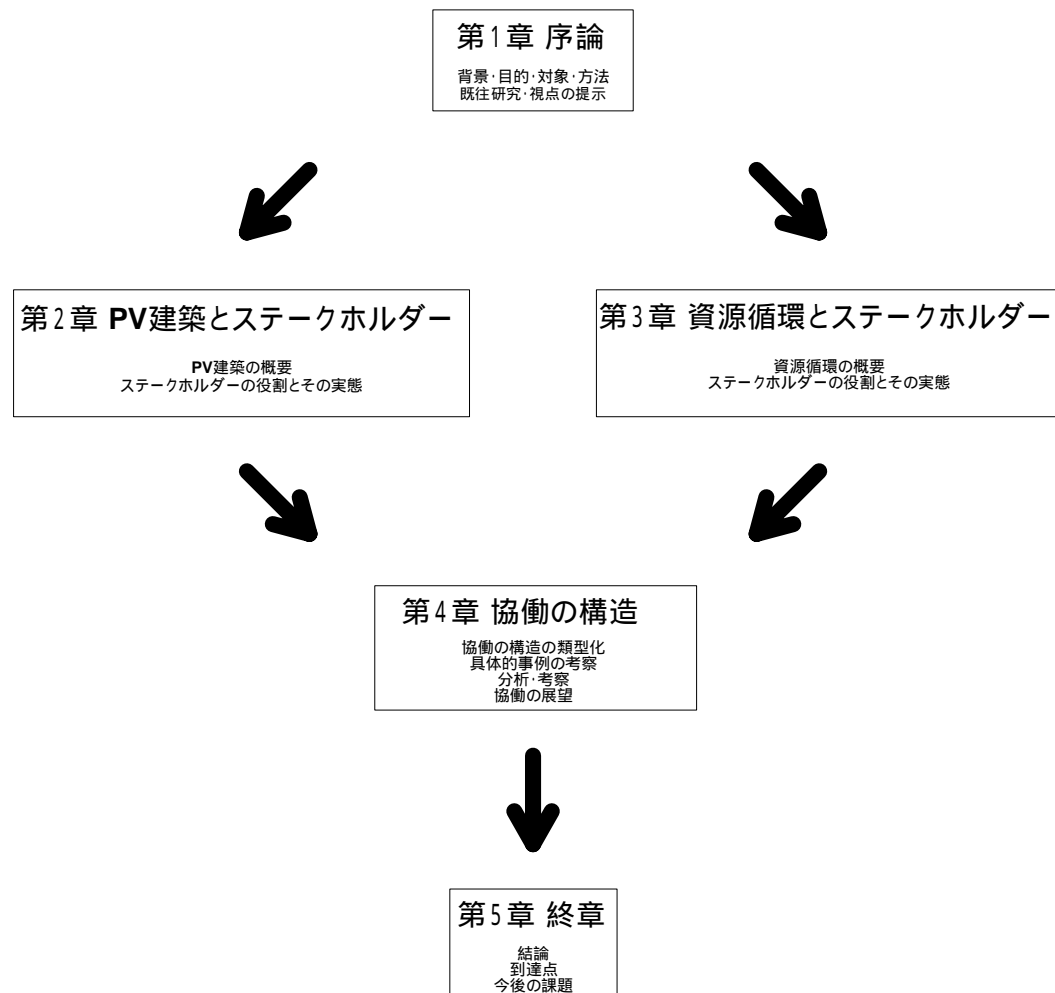


図 1-4-1：論文の構成

1-5 協働の構造

本研究の全調査事例を協働の構造に注目して検討した結果、以下の4種類の構造を抽出し、類型化することができた（図1-5-1）。

この協働の構造は本研究を貫くパースペクティブといえる。これについては、4章以降に詳しく論ずるが、まずは、2章、3章で「PV 建築」と建材の「資源循環」の概要を把握しておこう。

ヒエラルキー型

ステークホルダーの間に明らかな上下関係があり、その最高位のステークホルダーが主導的役割を果たしている構造である。例えば、地方自治体がハウスメーカー、PV パネルメーカー、研究者などを主導して、魅力的な住環境の追及と集中連携型太陽光発電システム実証研究を行なっている例が挙げられる（事例6）。

ウェブ型

ステークホルダーの間に明らかな上下関係が認められず、ステークホルダーが網目状に対等な関係を結んでいる構造である。例えば、大手ガラスメーカーとガラス再資源化業務を行なうベンチャー企業と輸送業者が対等な関係の中でガラスの再資源化を成立させている例が挙げられる（事例37、47）。

サテライト型

ステークホルダー同士は対等な関係を結び、ウェブ型的であるが、その中心に主導的役割を果たすステークホルダーが存在する構造である。例えば、PV を外装材に組み込んだオフィスビルで、建築設計者が中心的な役割を果たしながらも、設備設計者、メーカー、研究者、施工者と対等な関係性の中で設計を行なった例が挙げられる（事例20）。

関係介入型

協働体の外部から、ある主体がステークホルダー間の関係性に介入して、協働体の構造自体を変化させたり、働きを調整したりする構造である。例えば、ポリ塩化ビニルのリサイクルを管理する機関が既存の市場に介入して市場の構造を資源循環型へと変革した例が挙げられる（事例32）。

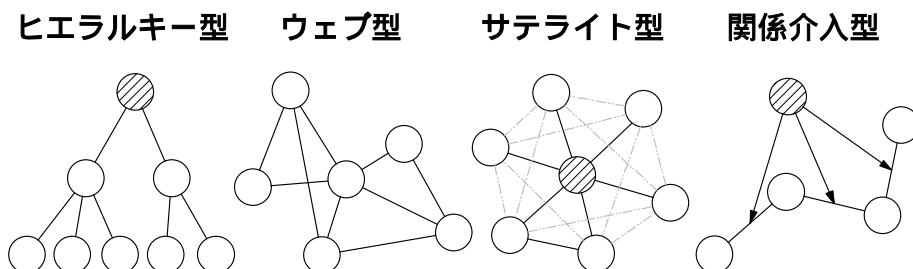


図1-5-1：協働の構造の類型化

第2章 PV 建築とステークホルダー

2-1 PV 建築概要

本節は、朝日新聞で 2007 年に特集されたシリーズ『環境元年』⁶、日本建築学会編『ソーラーアーキテクチャ・デザインブック』、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構『太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン基礎編』、太陽光発電協会『太陽光発電システム手引書平成 17 年度改訂版』と筆者が各地の調査で得た情報を元に記述する。

2-1-1 PV の概要

太陽電池は太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。太陽電池は一種の半導体であり、太陽の光が当たると正孔と電子が表面と裏面に分離して内部に電位差が生じる仕組みになっている。その状態で表面と裏面を導線でつなぐと直流の電流が得られるというわけである。この基本原理を用いて、世界で初めて電力機器としての太陽電池を開発したのはアメリカのベル研究所とされている。1954 年のことであった。当初は宇宙用に限られていた用途も次第に拡大し、現在では一般建築物に導入されたり、大規模な発電施設として使われたりすることが多い。

太陽電池の種類

日本で主に使用されている太陽電池はいまのところすべてシリコン系で、以下の 4 つがある。

・多結晶シリコン

全世界の太陽電池生産量のうち 56%が多結晶シリコンの太陽電池である（2004 年）。シリコンを断面が正方形となる直方体の型枠の中で結晶させ、シリコンのインゴット（かたまり）を作る。それを 200～300 μ m の厚さでスライスすると多結晶シリコンの基板が得られる（図 2-1-1⁶）。この製法は簡易でコストも安い。結晶化する際にマーブル模様の溝が生じてしまいそのために発電効率は落ちる。また、スライスする際にインゴットの半分は削りくずとなり無駄になる。セルは正方形である。

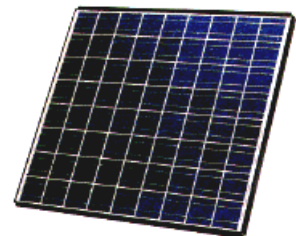


図 2-1-1：多結晶シリコンモジュール

・単結晶シリコン

全世界の太陽電池生産量の 29%が単結晶シリコンの太陽電池である（2004 年）。種となる模範結晶をつけた糸を液体シリコンの中に入れてゆっくり冷やして結晶化させ太陽電池。穏やかに結晶化するため方向性が統一された緻密な結晶になり、多方向性の多結晶より効率が上がる。出来上がる結晶は円柱状になるのでそれをスライスすると円形のセルが得られる。しかし、円形のままで敷き詰めた際の空隙が大きすぎるので擬似正方形に加工する。このように手間がかかるためコストは高い（図 2-1-2）。

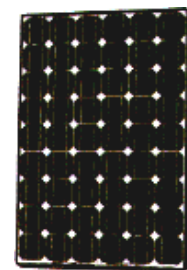


図 2-1-2：単結晶シリコンモジュール

⁶ 図 2-1-1 から図 2-1-3 まで、太陽光発電技術研究組合（PVTEC）のウェブサイト（<http://www.pvtec.or.jp/>）より引用。

・アモルファス（非結晶）シリコン

全世界の太陽電池生産量のうち4%がアモルファスシリコンの太陽電池である(2004年)。SiH₄(シランガス)を真空中でガラスの表面にプラズマをかけて定着させ太陽電池ときわめて薄い太陽電池(1μm以下)ができる(図2-1-3)。発電効率は単結晶シリコンの半分以下だが、加工性に優れるので、曲がる太陽電池や細かい穴を開けてシースルー太陽電池にすることができる。

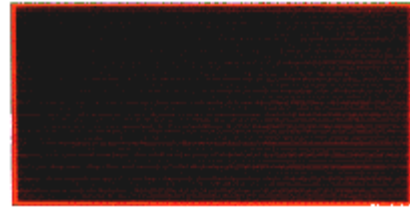


図 2-1-3: アモルファスシリコンモジュール

・ヘテロ接合シリコン

全世界の太陽電池生産量のうち5%がヘテロ結合シリコンの太陽電池である(2004年)。単結晶シリコンとアモルファスを結合させたハイブリッド構造。アモルファスが青系の光に、単結晶が赤系の光に反応して発電するため、光エネルギーの損失が少なく効率が16%と良いが単価が高い、現在は20%近い効率のものもある。

現時点での普及率はきわめて低い、現在最先端である太陽電池をいくつか紹介する。シリコン系以外の太陽電池も多い。

・化合物型薄膜太陽電池

シリコン系太陽電池は生産時に投入するエネルギーが大きいことが課題である。それに比べて、化合物型薄膜太陽電池は光発電をになう半導体層がシリコン系太陽電池の百分の一と薄いため、省資源化、低コスト化、大面積・量産化に向いている。このような薄膜太陽電池にはCIS(銅、インジウム、セレン)系太陽電池やCIGS(銅、インジウム、ガリウム、セレン)系太陽電池などがあり開発が盛んに進められているが変換効率はシリコン系太陽電池には遠く及ばない。

・色素増感型太陽電池

色素を用いて光を電気に換える太陽電池である。製造コストがシリコン系の3分の1と極めて安く、形を自在に変形できたり、電池自体が透明であったりすることが魅力である。しかし、現状では耐久性や発電効率がいまひとつである。

・球状太陽電池

従来の太陽電池太陽電池は特定の方向からの光を発電するだけであったが、この球状太陽電池はあらゆる方向の光を電気に変えることができる。

・レンズ集光型太陽電池

FH 研究所では、新しく開発した太陽電池が35.2%(600sunsの条件の下)の効率を達成した。レンズ集光型のPVで4cm×4cmのレンズで受けた太陽光を2mm×2mmのセルに集光する。ガリウムが原料のセルを3層重ねている。このセルは、効率はよいけれどコストが高い(シリコンの約10倍)ので、安価なレンズと組み合わせてセルの面積をできるだけ減らしている。雲ひとつない晴天と追尾装置が必要。

・ITO free 有機ソーラーセル

フレキシブルな形状を取れるセルである。市場にはまだ出回っていない。効率は2%

PV モジュールの価格は指数関数的に減少する。2004 年ごろからシリコン不足のため価格は一時増加するが 2010 年に新材料が開発されて収束だろうと予測している。FH 研究所の PV 研究者の予想によると 2020 年には PV は 2 千億ユーロの市場になり、セルの内訳は、CSI が 90%、薄膜&集光式が 10%となる。

・ECN（オランダ）が行なった研究によると日射量と発電量当たりのコストは以下ようになる

日射量	2010 年	2020 年	2030 年
600 kWh/ma	0.50	0.33	0.17
1000 kWh/ma	0.30	0.20	0.10
1400 kWh/ma	0.21	0.14	0.07
1800 kWh/ma	0.17	0.11	0.06

単位：Euro/kWh

PV 産業の構造

欧州太陽光発電産業協会と NGO グリーンピースがまとめた報告書「ソーラー・ジェネレーション（第5版）」によると、各国の政策支援を受けて 2030 年には全世界での PV 累積導入量が 1864 ギガワット、発電市場の 14%を占め、市場規模は 4543 億ユーロ、関連産業の雇用数は約 997 万人に達し、約 45 億人が PV を利用すると試算されている。

このように急成長を見せる PV 産業には投資ラッシュが起きている。特に安い人件費を武器としてアジア諸国が PV 工場の誘致に力を入れている。それにともない、日本が得意としていた PV の先進技術がアジアの新興企業に流出している。また、市場拡大の見込みを受けて欧米企業の設備投資も過熱している。2007 年にはついにシャープが世界一の座をドイツの Q セルズに奪われてしまった（図 2-1-4）。

2005 年に日本では国の補助政策が打ち切られた。また、期を同じくして深刻なシリコン不足にも見舞われた。これらの影響を受けて、国内出荷量の減少や非シリコン系 PV 出荷の増大が見られる（図 2-1-5 から図 2-1-7）。

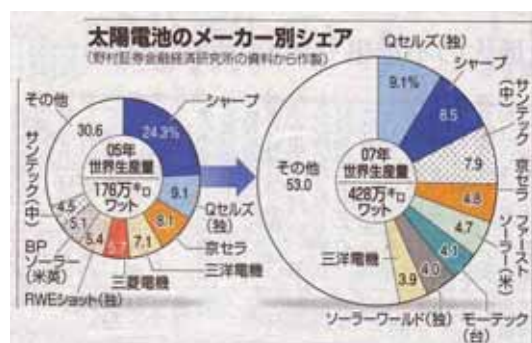


図 2-1-4：太陽電池メーカー別シェア⁷

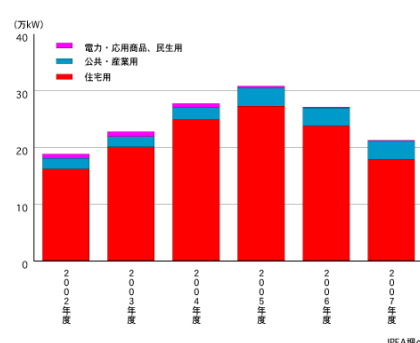


図 2-1-5：国内出荷用途別内訳⁸

⁷ 朝日新聞で 2007 年に特集されたシリーズ『環境元年』より引用。

⁸ 図 2-1-5 から図 2-1-7 まで太陽光発電協会（JPEIA）のウェブサイト（<http://www.jpea.gr.jp/>）より引用。

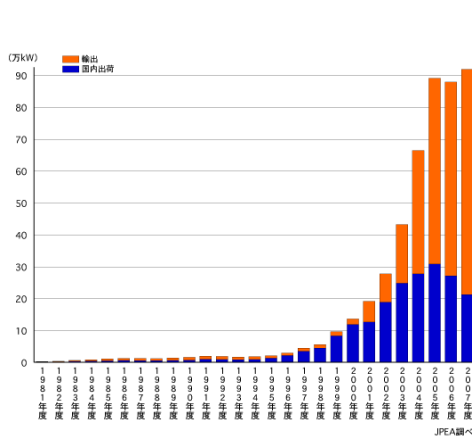


図 2-1-6：総出荷量推移

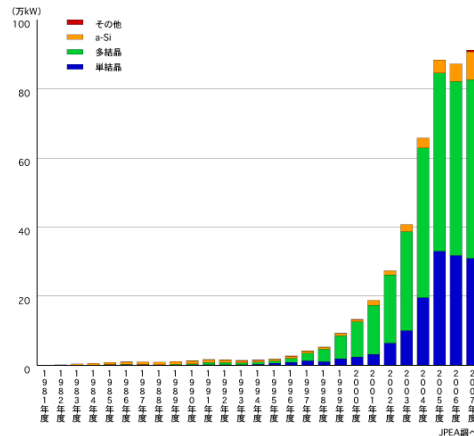


図 2-1-7：品種別出荷量推移

PV への補助政策 - RPS と FIT -

PV の補助政策は主にふたつある。電力会社に再生可能エネルギーからの一定量の購入を義務付けた RPS (Renewable Portfolio Standard) と電力会社による余剰電力固定価格無制限買取り制度 FIT (Feed-In-Tariff) である。RPS は再生可能エネルギーの導入量を、FIT は再生可能エネルギーの市場価格をコントロールすることで、普及を促進する。世界的にみると FIT を採用したドイツやスペインが飛躍的に導入量を伸ばしたのに対して、RPS を採用した日本は苦戦している。

RPS には 対策効果の確実性、 義務履行にあたっての電源選択の自由度、 コスト削減インセンティブの有無、 費用負担の公平性、などの利点があるというのが日本政府の見解であった⁹。しかし、実際には RPS が導入目標を低く抑えがちなのに対して、FIT は市場価格を高く設定しがちであるという2者の性質の違いが、結果的に極端な導入量の差となって現れた格好である。理論的には RPS に利点が多いだけに、適切な導入量の設定が重要となる（図 2-1-8）。

	主な政策	主な取り組み	電力の再生可能エネルギー導入目標
日本	再生可能エネルギー利用を義務づけるRPS制度、住宅用補助金の復活を予定	電力会社が余剰電力を1¢/ワット時約23円で購入（任意）	14年度に発電量の1.63%、太陽光発電は20年に現在の10倍
ドイツ	固定価格買い取り制度（FIT）、補助金、優遇税制など	電力会社が1¢/ワット時約70円で購入（義務）	すでに発電量の14%を達成、20年に25～30%
スペイン	FIT、補助金など	電力会社が1¢/ワット時約70円で購入（義務）	10年に発電量の29.4%
英国	RPS、補助金、税制優遇など	FITへの移行などを検討	20年に発電量の20%
米国	州ごとにRPSやFIT、補助金など	連邦政府は導入費用の30%を税額控除	20年に発電量の15%
韓国	FIT、補助金など	電力会社が1¢/ワット時約65円で購入（義務）	10年に7%、太陽光発電は11年までに1.3¢/ワット
中国	補助金など	FITの導入などを検討	現在の太陽光発電70¢/ワットを20年に1.8¢/ワット

②1世紀のための再生可能エネルギーネットワーク（REN21）報告書などから作製

図 2-1-8：各国の PV などの導入策¹⁰

⁹ 2001 年に総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会において、諸外国の RPS 制度や FIT 制度の施行状況を踏まえた新たな法制度の検討が行われた。その際に新市場拡大措置検討小委員会がまとめた RPS の利点がこの4点である（総合資源エネルギー調査会・新エネルギー部会・新市場拡大措置検討小委員会（2001）『新市場拡大措置検討小委員会報告』<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g11219ej.pdf>より）。

¹⁰ 朝日新聞で 2007 年に特集されたシリーズ『環境元年』より引用。

2-1-2 PV と建築

PV はどのようにして建築物に組み込まれるのだろうか。その仕組みを概観しておこう。

PV と周辺機器

PV モジュールを建築に取付けただけでは、PV システムは作動しない。他に様々な周辺機器を揃える必要がある。例えば住宅用であれば、必ず導入されるのが接続箱、パワーコンディショナ、売電用積算電力計、買電用積算電力計で、必要に応じて設置されるのが太陽電池架台、蓄電池、外部モニタである。順に簡単に説明しておく。接続箱は複数の PV モジュールからの配線をひとつにまとめるためのボックスである。メンテナンスのための開閉器、避雷素子、逆流防止ダイオードを合わせて内蔵する。パワーコンディショナは PV から得られる直流電力を最大効率で交流電力に変換するための装置である。合わせて系統連係保護装置を内蔵する。売電積算電力計は余剰電力を逆流させて系統に流した売電量を計測する装置である。買電用積算電力計は買電量を計測する装置であるが、従来のものを逆転防止つきのものに交換する必要がある。建材一体型 PV でない場合は太陽電池架台を用いて、PV を設置する。蓄電池は PV が発電しない時間帯の電力を補うために用いられる。商用電力が停電した際のバックアップ電力として用いられることもある。外部モニタは、発電電力量や環境低減効果などを表示する。PV は作動時に音もしなければ見た目も変化しないので、動作状況を客観的に把握できることが重要である。外部モニタをこまめにチェックすることでシステムの異常にもすぐに気付くことができる。

PV の設置部位



図 2-1-9：様々な部位への PV 導入¹¹

¹¹ 左上から順に。屋根、ドイツの住宅地（筆者撮影）。外装パネル、昼間蓄電夜間発光（リンツ市提供）。シースルーPV 窓、国内オフィスビル（久米設計提供）。同じく窓、都内の住宅（新建築住宅特集 2000 年 6 月号より引用）。庇、国内オフィスビル（筆者撮影）。ルーバー、国内オフィスビル（筆者撮影）。

2-1-3 世界各国の現状

以上述べてきたように、PV をめぐる状況は世界中で急速な展開を見せているが、その現状は国によって種々の様相を呈する。世界各国の状況を簡単にまとめておこう。

日本

住宅への導入状況は、朝日新聞の特集記事『環境元年』（2008 年 10 月 6 日付）によると、『日本では約 30 万軒の住宅に設置され、家で使った余剰分は電力会社が「電気代と同じ値段」で買い取る。出力 4^{*}ワット（設置費用二百数十万円）のパネルをつければ家庭の電気代はほぼゼロになる』とのことである。日本の平均的な天候の場合、出力 1^{*}ワットの太陽電池から得られる発電量は年間約 1100kWh であるので、一般電気料金を 24 円/kWh と仮定すると、1 年間で回収できる費用は $4 \times 1100 \times 24 = 105600$ 円。設置費用を全て回収するのは、 $250000 \div 105600 = 23.7$ 年となる。PV モジュールの期待寿命が 20 年、周辺機器の期待寿命が 10 年であることを考えると、それなりの補助政策がなければ普及は厳しいと考えられる。

日本はかつて、PV 累積導入量が世界一であった。PV の黎明期を支えたのは日本であった。第一次石油ショックを受けて、当時の日本政府はサンシャイン計画を発表し、PV の技術開発に力を入れた。94 年には住宅への設置補助も始めた。それ以来日本は長らく PV 生産量・導入量世界一を誇っていたが、2005 年で補助が打ち切られると導入量は停滞し、その年のうちに急成長を見せていたドイツに累積導入量で抜かれてしまった。それ以降の日本のシェアの落ち込みは顕著である（図 2-1-9）。2008 年時点で 310 の自治体は何らかの普及支援を行っており、地方自治体の動きは活発だが、それでもその効果は国の補助政策には及ばないようだ。

しかし、2008 年 6 月になって、洞爺湖サミットや石油燃料高騰の影響から政府が再び PV に光を当てた。当時の福田首相が「太陽光発電世界一の座を奪還するため、導入量を 20 年までに現在の 10 倍、30 年までに 40 倍に引き上げる」と宣言したのである。これを受けて近いうちに国の補助制度が復活する見込みであり、日本がどこまで巻き返せるのか期待が高まっている。

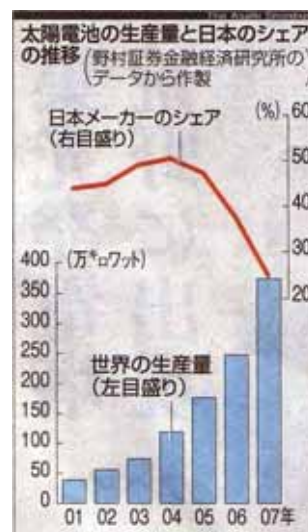


図 2-1-9：日本のシェアの推移¹²

ドイツ

この節は、事例 12「ドイツ太陽経済振興協会」と事例 15「FH 研究所」への取材と、事例 4「研究講演会これからの太陽熱利用」にて得られた情報を元にまとめている。

2006 年時点でのドイツにおける PV の状況は、新規導入量 750MWp、総導入量 2,540MWp、新規導入システム数 90,000 個、総導入システム数 300,000 個であり、4 万人の雇用を生んでいる。一

¹² 朝日新聞で 2007 年に特集されたシリーズ『環境元年』より引用

一般的な住宅への導入状況は、一般戸建て住宅への導入量 2kWp/戸、初期投資 10,000 ユーロ、年間発電量 1,800kWh/a、売電価格 0.492 ユーロ/kWh、年間回収費 886 ユーロ/a、初期投資回収期間 11.2 年であり、前節の日本の状況に比べると普及促進体制は格段に有利である。特に、売電価格が高水準で留まっており、ドイツの通常の電気代が 0.14~0.15 ユーロ/kWh であることを考えると、世界的に見ても破格の高値である。

ドイツにおける PV 関連法の歴史的経緯は、1991 年に初の法整備 (first feed in law)、2000 年に PV を促進させるための法律 EEG (renewable Energy Sources act) 制定、2004 年に EEG を改定 (amendment of EEG) となっている。EEG の具体的な内容は、PV の一般系統接続義務と、電力会社による余剰電力固定価格無制限買取り制度である。改定の目玉は売電価格の引き上げであった。さらに、初期に設定される売電価格は 20 年間据え置きの上、初期売電価格が年 5% ずつ下がることとした。すなわち、PV を早く導入すればするほど高い売電価格で 20 年間余剰電力を売り続けられることになる。この改定を受けて 2004 年以降驚異的な伸びを記録した。

2004 年の改定がドイツにおける PV の普及の大きなドライブとなり、2005 年には PV 導入量世界一の座を日本から奪った (図 2-1-10)。

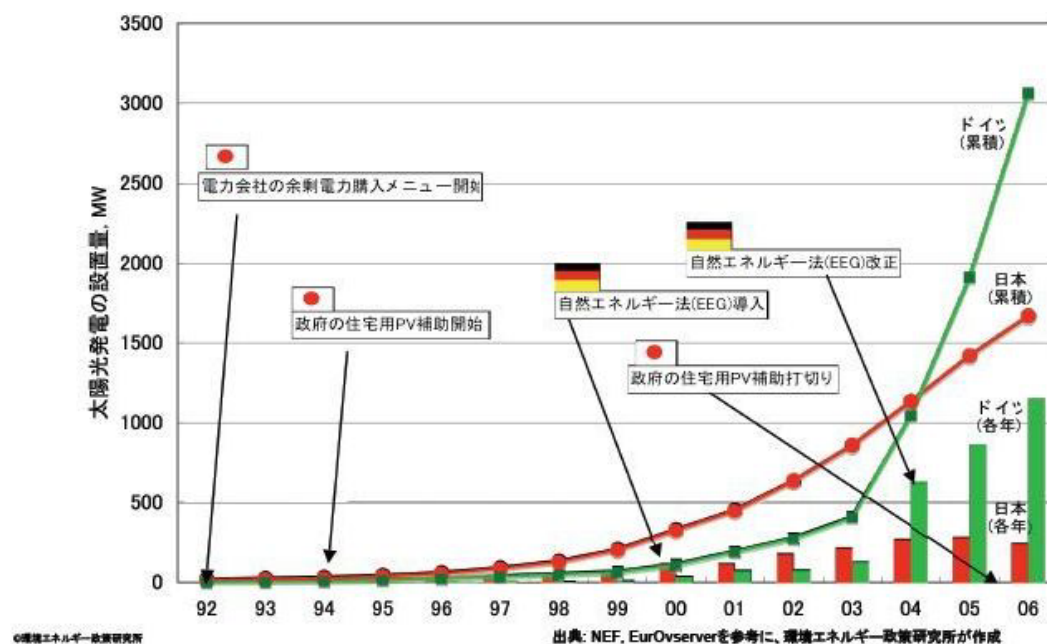


図 2-1-10：ドイツの PV 導入状況¹³

オランダ

この節は、事例 14「ECN」、事例 23「BE 設計事務所」、24「ZW 設計事務所」への取材を元に記述している。

オランダでは、国の施策として 2020 年までにゼロエネルギーハウスを軌道に乗せたいと考えてい

¹³ 事例 4『研究講演会これからの太陽熱利用』において、特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所の飯田哲也氏によって示された図を引用。

る。ゼロエネルギーハウスとは、住宅で使用するエネルギーを全て再生可能エネルギーで賄おうという試みである。新築と改修でそれぞれエネルギーの内訳を試算している（図 2-1-11）。ゼロエネルギーハウスを実現するためには、PV は各住戸に約 20 m² ずつ必要になる。

しかし、オランダでは 1993 年から 10 年間続いていた、国の補助金が 2003 年に打ち切られてしまったため、2004 年以降の PV 導入量が極端に落ち込んでいる（図 2-1-12）。補助金の打ち切りによって導入量が激減するという構図は日本で起きた状況と全く同じである。このことから、PV の独り立ち世界的に見ても、時期尚早で困難であると言える。

ZW 設計事務所（アトリエ系）によると、オランダのほとんどの建築家は PV に興味がなく、2003 年に補助金が打ち切られてからは事例が極端に少なくなっているとのことである。しかし、ZW 設計事務所では将来に備えて実績を作っておくために、2005～2007 年にもいくつかの事例を積極的に手がけた。また、BE 設計事務所（アトリエ系）によると、2003 年以前は PV に関する設計依頼があったものの、補助金がなくなってからは「補助金がない」＝「大事なことではない」と思われている節があり、PV 建築の依頼は全く来ないとのことである。

さらに、オランダでは売電価格が通常の電力料金の約 4 割しかないので、PV 導入に向けた動機付けが極めて貧弱である。結果として、現在オランダの PV 関連事業は不振である。ビジネスチャンス求めて、ドイツで仕事を行うようになった企業も多いそうである。

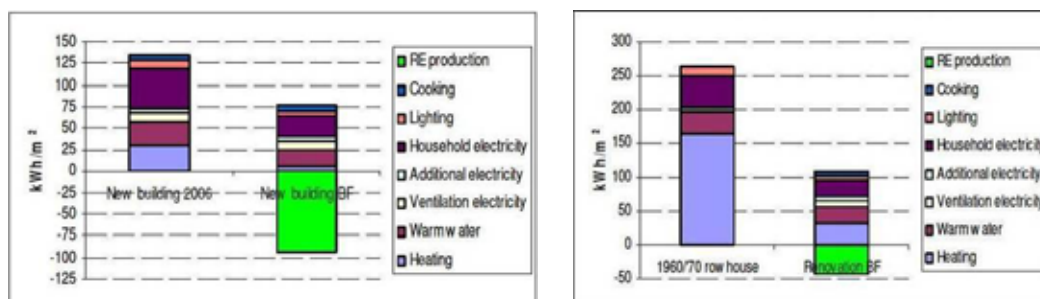


図 2-1-11：新築（左）と改修（右）におけるゼロエネルギーハウス目標¹⁴

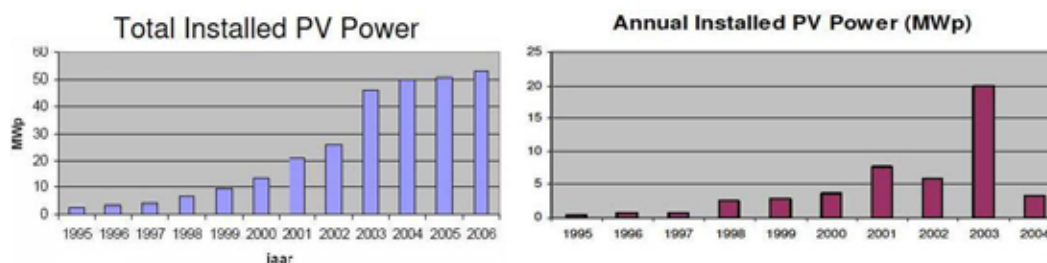


図 2-1-12：オランダにおける PV 導入状況

¹⁴ 図 2-1-11 から図 2-1-12 まで、事例 14「ECN」への取材時に提供された資料より引用。

ベルギーフランダース地方

本節は、事例 18「SC 社」、事例 30「Glas Ceyssens」、事例 31「SolarPark」への取材を元に記述している。

ベルギー王国は連邦制国家であり、地方行政の権限が強力であることが大きな特徴である。大きく分けると、ブリュッセル首都圏地域（中央部）、フランダース地域（北部）、ワロン地域（南部）の 3 つになる。このうち最も環境政策に熱心に取り組んでいる、フランダース地域の PV 導入状況を調査した。フランダース政府の補助政策を以下に示す。

表 2-1-1：フランダース政府の PV 補助政策¹⁵

	補助金	対象	対象物件	状況
税金控除 (PV パネル)	投資額の 40% を税金控除 (最大€3440)	税納付者全て	新築 既存	下表参照
グリーン電力 の認証	1000kWh の発電あたり€450 20 年間保証	フランダース 地域	新築 既存	下表参照
Limburg 州 における制度	€250	Limburg 州	新築 既存	www.elkedagzondag.be 参照
地方自治体 における制度	自治体による	150 の各地方 自治体が独自の補助制度		自治体による

下表)

補助金を受けるに当たっては以下を満たさなければならない。

- ・モジュールは以下の基準を満たさなければならない
 - ・結晶構造モジュールは IEC 61215 を満たし、効率は 12% 以上であること
 - ・薄膜非結晶構造モジュールは IEC 61646 を満たし、効率は 7% 以上であること
 - ・ひとつのシステムにおけるインバータの効率が 88% 以上であること。もし、複数のシステムを連結する場合は連結によるロスが 9% 以下であること。
 - ・ソーラーパネルは東から西までの南向きに設置すること。角度は 0 度から 70 度であること
- さらなる情報は www.vreg.be を参照のこと。

これは、ドイツに匹敵する極めて強力な補助政策であるといえる。特に、売電価格 0.45 ユーロ/kWh を 20 年間据え置く制度は、銀行預金よりも利回りがよいほどである。従って、ローリスクハイリターンの投資として PV を導入する動きが高まっている。投機目的の要素が強いため、とにかく導入

¹⁵ フランダース政府が発行した再生可能エネルギー導入のためのブックレット「Energie besparen bij u thuis Premies voor energiebesparing in Vlaandere」より抜粋した補助制度一覧表を日本語に翻訳した。

量が重視される。住宅の屋根につけるよりも、駐車場や工場の大屋根に大量に設置したり、広大な土地に地面置きしたりする事例が多数見られた。ベルギーがスプロール化した都市構造を持つこともその動きを加速している。すなわち、都市の至る所に広大な空地が存在し、そこが PV 地面置きの発電施設として使われるわけである。事例 31「SolarPark」のように、個人が広大な発電所を所有する例もある（図 2-1-13）。

フランダース政府や電力会社がここまで PV に力を入れる理由は、国のエネルギー源を現在のフランスから購入しているグレイエネルギー（原子力発電によるもの）から自国で発電したグリーンエネルギーへと変えるべきだと考えているからである。特に、再生可能エネルギーの中でも PV に力を入れている。それは、電力の買取り価格が PV による電力が€0.45/kWh なのに対して、風力発電による電力が€0.08/kWh と低価格に押さえられていることから見て取れる。その理由として、製造に要した二酸化炭素を回収できる時間が風力発電の場合は 20～30 年なのに対して、PV の場合は 4～5 年であることを挙げ、PV の優位性を主張している。

このように、フランダースの政府が環境配慮型技術の補助政策をかなり熱心に行なっている一方で、国の政府や他の地域の政府は出遅れている。また、PV 導入政策が導入量を重視するあまり、PV 建築のデザイン面での貧弱さが目立った。



図 2-1-13：個人の PV 地面置き発電所¹⁶

スペイン

朝日新聞で 2007 年に特集されたシリーズ『環境元年』にスペインの現状をよく表わした一節があったので、引用したい。

「太陽電池の累積導入量は、05 年には 6 万キロワットだったのが 07 年には 68 万キロワットと増え、今年末には 180 万キロワット、全発電量の 0.5% ほどになる見通し。05 年にドイツに抜かれて導入量世界 2 位となった日本では今年、20 万キロワットほどの増加にとどまるとみられ、スペインでの増え方は日本の約 5 倍に達する。もともとスペインは風力発電が約 10% を占める風力大国だった。欧州では、風力が拡大して一般的な電源の一つとなる一方、立地の制約も出てきたため、支援の力点は太陽光に移りつつある。日差しに恵まれたスペインは、その流れの最前線にある。」

バルセロナの海岸沿いの再開発地域を歩いた時に、巨大なソーラーパネルを見かけた。その側には PV の屋根を持った駐車場が建設されている最中で、スペインが PV に力を入れている様子を垣間見ることができた。



図 2-1-14：巨大な PV キャンピアー¹⁷

¹⁶ 事例 31「SolarPark」にて筆者撮影。

¹⁷ バルセロナの海岸沿いの再開発地域にて筆者撮影。

2-2 ステークホルダーの役割とその実態

この節では、PV 建築に関わる主要ステークホルダーの役割とその実態を明らかにする。論を進めるにあたってここでライフサイクルの定義を明らかにしておく。本節で扱うのは動脈側のライフサイクルであり、それを<企画計画・基本設計・実施設計・建設工事・管理運営・メンテナンス>¹⁸とする。

2-2-1 建築設計者

本節は、20. TI ビル、21. TO 研究施設、22. JH 住宅、23. BE 設計事務所、24. ZW 設計事務所、26. FR 設計事務所への調査結果を元に記述する。

ライフサイクルの全段階に関わる建築設計者

建築設計者の主要な役割は建築物を設計することであり、企画計画段階と基本設計段階を専門としている。しかし、建築設計者の役割はその部分だけには留まらない。設計監理という形で実施設計段階と建設工事段階にも携わるし、建築使用時の環境配慮がますます重要になる中で管理運営段階とメンテナンス段階へも関わる。

つまり、建築設計者は動脈側ライフサイクルの全段階に関わっている。他に初めから最後まで関わるのは開発主体だけであるので、専門家として全段階に携わる唯一のステークホルダーが建築設計者である。従って、建築設計者は必然的に情報の管理と伝達を担い、プロジェクトのリーダー的な役割を果たすことになる。

様々な主体が協力して何かを行なう際には、よほどうまくいシステムがない限りリーダーが必要である。建築プロジェクトの場合、通常は建築設計者が指導力を発揮して、異なるステークホルダーの協働をまとめあげてゆく。

建築設計者にとっての PV

PV に積極的な建築設計者は日本にはそれほど多くない。ある研究¹⁹によると、PV の設計上の課題には、組立てに関する技術情報が少ない、切断ができず寸法調整ができない、養生するのに手間がかかる、全体的に施工に時間がかかる、電気工事が途中で入り取付け部での施工期間がかかる、設置部位の自由度が低い、ソーラーパネルの色や質感が単調でデザイン的な自由度が低い、などがある。また、他の研究²⁰によると、建築家の無知、情報不足、発電予測が困難、電気工事との協働の仕組みが不十分、などの問題点が建築設計者を PV から遠ざけている。これらの問題点は大きく分けると、PV の知識的課題と技術的課題とシステムの課題に分けられる。

知識的課題とは、建築設計者の PV に関する専門知識不足が引き起こす課題である。無知や情報不

¹⁸ このライフサイクルの分類は『シリーズ地球環境建築入門編・地球環境建築のすすめ』（日本建築学会編、彰国社）の246頁に示される。本研究ではこれをそのまま利用する。

¹⁹ 宮坂雅子・清家剛・角陸順香『環境配慮型建築外装の普及に関する研究 その1 - 太陽光発電システムについて -』（2001年度日本建築学会関東支部研究報告書）

²⁰ 大野二郎・清家剛『サステナブル建築における、設備と融合した外装設計手法に関する研究 - BIPV（建材一体型太陽光発電）を事例として - 』

足による断念、誤った知識による不適切な取付け、発電予測のノウハウを持っていないこと、などがある。これを解消するには、建築設計者自身による積極的な情報収集や、専門知識を持ったメーカーや研究者との協働が必要である。

技術的課題は、PV を使いこなす設計技術が未成熟なことである。ソーラーパネルのデザインの自由度の低さを補い、さらに環境配慮のメッセージを発信できるような意欲的な設計技術の開発が求められる。メーカーや研究者と協働して新たな建材を開発することも有効だろう。

システムの課題は既存の設計体制や施工監理体制が PV 建築に適していない問題である。建築設計者と設備設計者の意思疎通がスムーズではないこと、外装工事段階に電気工事が入ることにより施工期間が長引くこと、などが挙げられる。これに対しては環境時代にむけてシステムの再整備を行なう必要がある。

その一方で、PV に積極的な建築設計者への聞き取り調査を行なったところ、逆に PV 導入に向けた推進要因もいろいろと明らかになった。PV の導入量が今後急速に拡大することはほぼ間違いないので、それに備えて経験を蓄積しておくこと、現在注目を集めるサステナブルデザインの一手法として期待できること、施主が PV 設置を希望するケースの増加、社会的な要請を受けて建築設計者が PV 導入を検討するケースが増えてきたこと、などが分かった。PV に社会的な注目が集まるにつれて、建築設計者も PV 建築に取り組み始めたという構図である。

PV に積極的な建築設計者の傾向

20. TI ビル、21. TO 研究施設、22. JH 住宅を設計した O 氏は、積極的に PV 導入を推し進める建築設計者である。O 氏はもちろん発電「量」も重視するが、それ以上にデザインや建築的付加価値などの発電の「質」を重視する。例えば、携帯電話はデザイン性や機能性、社会性を追求してテクノロジーが文化のレベルまで高められた例であるが、PV も同様に「PV をつけているほうがおしゃれ」といわれるくらいにまで、単なる発電装置から文化の領域にまで高められないかどうかを模索している。そのためには PV を人目につく位置にそれなりのしつらえで配置することが重要になる。PV は発電コストが高いが、そのような付加価値を追求することでコストの差を逆転するのが O 氏の考える PV 建築のあり方である。

また、同じく PV 導入に積極的な、23. BE 設計事務所、24. ZW 設計事務所、26. FR 設計事務所、への聞き取り調査を行なった。その際に PV 導入に向けて建築設計者が心掛けるべきことを尋ねたところ、口を揃えて「設備設計者や PV メーカーとの協働」との答えが返ってきた。さらに詳しく聞いてみると、建築設計者はみな自分達がプロジェクトを通して指導的な役割を果たすリーダーであるとの自負があるようだった。すなわち、協働の仕方としては建築設計者を中心としたサテライト型をイメージしているようだった。建築設計者が常に主導権を握るが、設備設計者や PV メーカーのアドバイスをしっかり聞くことが重要であるというスタンスである。

まとめ

以上の結果を、促進要素、抑制要素、抑制解消方法、建築設計者の特徴、としてまとめておく。そ

れぞれ、PV 導入を促進する要素、抑制する要素、抑制する要素を解消するための方法、ステークホルダーとしての特徴である。なお、抑制要素解消法に示す()内は、その方法を選択したときに協働すべきステークホルダーを表す。

促進要素

ニーズの高まり・サステナブルデザイン手法として魅力がある・将来性がある・付加価値を設計したいというデザイナー的欲求

抑制要素

知識不足・情報不足・技術的困難・設計手法の自由度が少ない・設計体制の未整備・経験不足

抑制要素解消法

情報収集(メーカー+研究者)・発電予測(研究者)・PV 設計手法の開発(設備設計者)・設計体制の完備(設備設計者)・施工体制の完備(施工技術者)

建築設計者の特徴

リーダーとしての役割を自負・サテライト型協働の中心を志向

2-2-2 設備設計者

本節は、19. OT 市庁舎、25. AR 設計事務所への調査結果を元に記述する。

建築に設備を導入する設備設計者

PV を建築に導入する際に設備設計者の果たす役割は専門知識を持って PV 設備の詳細設計を行なうことである。一般的に、設備設計は高度な専門知識を持つ建築設備士及び設備設計者が担う専門職である。現代の建築設備の発展・複雑化は目覚しく、PV をはじめとした新技術も次々に登場しているため、設備設計者の果たすべき役割は大きくなっている。建築エンジニアリングの分野では前世紀の後半に構造設計技術が飛躍的に進歩したが、現在は設備設計技術が急速に進歩している。それにともない、構造設計に続いて設備設計に力を入れた建築事例もよく見られるようになった。

革新的な建材一体型太陽電池の開発

建材一体型太陽電池²¹とは、建材に組込まれて一体となった PV のことである。19. OT 市庁舎は設備設計者が中心となって「複層ガラス組込みシースルーアモルファスモジュール」という新しい BIPV を開発した事例である。開発主体は大手組織設計事務所の設備設計部門である。その開発過程を見てみよう。

環境に配慮した庁舎を設計コンセプトに PV 導入時のキーワードが「窓」とされた。それを受けて、設備設計者は複層ガラスの空気層にシースルーアモルファス太陽電池を組込んだ「複層ガラス組込みシースルーアモルファスモジュール」の開発に取組んだ。BIPV の場合、本来建材が満たすべき要求性能をきちんとクリアした上で、さらに新しい価値を上乗せすることが重要である。従って、

²¹ 「建材一体型太陽電池」は以下 BIPV と略記する。BIPV : Building Integrated Photovoltaic

この事例でも防水性、防音性、断熱性、遮熱性、耐久性、メンテナンス性、透視性、ブラインド効果、施工性、安全性、などの基本を慎重にクリアした上で、リサイクル性、省スペース性、革新性、などの新たな価値を上乗せしている。

図 2-2-1 に示すように、パンチングメタル上の開口を持つアモルファスセルが複層ガラスの空気層に構造テープで接着されている。通常は、セルは樹脂によって封入されるが、窓の透視性を損ねないために構造テープを採用している。樹脂には黄変や劣化など他の問題も多かった。さらに、構造テープは剥離が容易なので、ガラスとセルを分離してリサイクルすることが可能になる。

アモルファスセルはシリコン系に比べて発電効率に劣るが、加工性や製造時の省資源・省エネルギー性に優れているため将来性があるセルである。その加工性を活かして、セルをパンチングメタル上にする事で透視性を確保した。

このモジュールは端子に関しても丁寧な検討を行なっている。通常の太陽電池では端子としてむき出しの導線が飛び出ているが、これには問題がある。まず、太陽電池は光があるとすぐに発電してしまうので飛び出た端子は施工者にとって危険である。また、輸送や施工の際に端子が傷つく恐れもある。そこで、この事例では端子をプラスチックカバーで覆い配線接続の際にはじめて導線をつなぐことにした。窓枠サッシに配線を通す層を作り、最終段階でそこに導線を繋ぐようにしたのである。こうすることで窓ガラスの部分交換が可能になりメンテナンス性が向上した。



図 2-2-1：左から「複層ガラス組込みシースルーアモルファスモジュール」の詳細、内観、外観²²

ウェブ型協働への志向

このモジュールを開発した H 氏によれば、「多方面の専門技術による様々な発想の融合化が、今後の建築設備に望まれる進路である」とのことである。このモジュールを開発する際には、特に建築設計者と施工技術者とメーカーとの協働に力を入れたそうである。そこからは、様々な専門家がアイデアを持ち寄るウェブ型協働への志向が感じられた。

コンサルティングを通して関係介入型協働のトップを目指す

前節は大手組織設計事務所の設備設計部門での取り組みであった。本節では、大手エンジニアリング事務所である 25. AR 設計事務所の現状をレポートする。

AR 設計事務所はイギリスの大手エンジニアリング事務所で、「We have only one planet」のスコ

²² 左から、久米設計提供、筆者撮影、筆者撮影

ーガンを掲げて環境配慮型建築の実現に向けて積極的な設備設計主体である。主な業務は建築家からの依頼を受けた案件に対して詳細設計を詰めることである。

PV に関して AR 設計事務所はある程度の経験があり、BIPV の設計事例や基本情報をブックレットにまとめている。建築家から相談を受けた際には、そのブックレットを用いて BIPV に関するコンサルティングを行なう。

イギリスでは省エネ技術は CHP²³が浸透している。省エネ技術はいくつもありその間で競合が起きている。実際に、現在ある省エネ技術を全て導入することは不可能で、コスト、補助政策の有無、エネルギー効率、宣伝効果、などがどの技術を導入するかを決定する。

AR 設計事務所はエンジニアリング業務からコンサルティング業務に移行する方向性を明確に打ち出している。すなわち、極めて強いコンサルティング志向を持っている。同時に業務の多様化も目標に掲げていて、いろいろなパートナーと組むことで、業界や産業ひいては政治をも主導して行きたいと考えている。対象は建築だけではなく、社会問題に至るまで射程に入れている。異なるスケールを同時並行的に扱うことでサステナブルな社会をいかにして実現するかという大きな問題意識を持っている。また、自身の事務所を「発想のリーダー」と位置付けている。これは関係介入型協働の主導者を目指していることを意味する。

まとめ

促進要素

将来に向けて経験蓄積・設備設計業務の拡大

抑制要素

他の省エネ設備との競合・PV の設備技術的課題

抑制要素解消法

PV の設備設計技術の向上（建築設計者＋施工技術者＋メーカー）

設備設計者の特徴

高度な専門知識を建築としての形に落とす・対等な専門家集団としてのウェブ型協働を志向・コンサルティングやアドバイザーとしての役割を志向・関係介入型協働のトップを志向

2-2-3 メーカー

本節は、1. 産業総合研究所、11. 新エネルギー世界大会、13. SN 社、16. WC 社、39. ガラステックへの調査結果を元に記述する。

最新技術を製品化

メーカーの役割は研究者によって開発された最新技術を製品化することである。メーカーにはセルメーカーやモジュールメーカーなどいくつかの種類があるが、ここではモジュールメーカーを中心に

²³ CHP（combined heat and power）はコージェネレーションのこと。

に扱う。モジュールメーカーはセルメーカーからセルを購入して、建材に加工する。

建築と電気のニッチ産業に着目した SN 社

13. SN 社は建材メーカーの子会社として 1996 年に設立されたドイツの会社である。業務では、PV の受注生産をメインに扱う。建築と電気のニッチ産業にビジネスチャンスを見出している。協働の第一目的はビジネスである。ビジネスに上下関係はないのでウェブ型協働といえる。

電気設備的なことだけではなく構造面や意匠面にも気を使って製品を開発している。つまり、部材の強度を確保しながら、デザイン的にも受け入れてもらえるようなモジュールを開発しているのである。ただし、最終的な構造計算を行うのは構造事務所である。SN 社が行なうのは PV 設置に関する構造計算を仕様にして表示するところまでである。

仕事の受注先は建築設計事務所やゼネコン、ファサードエンジニアリングを行なっている会社である。その際に、配線や施工を行なうことはない。現場に製品を搬入するまでが SN 社の業務範囲である。設備施工部隊を手配することも一切ない。

ドイツでも日本と同じく電気工事と建築工事は資格が別れている。ファサードに関することは建築工事である一方で、インバータや結線などは電気工事に含まれる。しかし、近年はファサードにガラスが多用されるため、施工者が PV 取付け工事に関してもその応用で簡単に対応できるようになってきた。

以上のように、ドイツでは PV を導入するシステムがかなり整っているようである。

PV パネル製造過程

13. SN 社の工場内で標準 PV パネルの製作を見学したので、その製作手順を簡単に記述しておく。

1. 機械で導線をつながながらセルを 1 列に並べる。(ストリング製作)
2. 手作業でガラスの上にストリングを面上に配置し EVA²⁴のシートをかけたのち機械に通してラミネートする。
3. 手作業でジャンクションボックスを取り付ける。
4. 手作業で枠を取り付ける。
5. 光を当てて性能試験を行なう。

ソーラー関連建材を幅広く扱う WC 社

WC 社は 1979 年に活動を開始した。はじめは環境に関心がある学生や職人などさまざまな人を含む集団であった。最初に手作りの太陽熱集熱器をまず自分達で作り始めた。集熱部を黒くして配管を通すという単純な構造であった。当初は周りの反応も冷ややかだったが、現在では 360 から 370 人の大きな会社に成長し、フランスやスペインなどにも子会社がある。業務内容は大きく分けて、太陽光集熱器関連、太陽光発電関連、ペレット関連の 3 つである。ペレットと太陽エネルギー利用

²⁴ 「EVA」はセルを封入するための樹脂。

の統合を試みている。ソーラー関連建材を幅広く扱う会社である。

PV を生産する工場はキルヘインにある。屋根に 250kWp の PV を乗せている工場である。屋根から得られた電力は工場用の電力として利用し、系統連携もされている。キルヘインには市場拡大に向けて新しい工場も建設している。セルはサンヨーなどから購入しこの工場ではモジュールを製造している。PV モジュール生産量のうち 99%が標準パネルである。最新の取り組みとしては、アフリカや山岳地帯などインフラが整備されていない地域で使えるような技術を開発している。20W 程度でもよいので、昼間発電して逐電しておいて夜間照明などに使う技術である。

業務内容として SN 社と異なるのは大規模な事例に関しては施工も WC 社自身で行なう点である。

ドイツでは外壁に PV を使う際には規格品でないものはきちんと確認申請を受ける必要がある。その際に、裏側の支持金具や構造的な問題まで含めて確認申請の対象になる。確認申請にはとても手間がかかる。この手間のために生産量の 99%が標準パネルとなっている。簡易な性能検査手法の研究開発が待たれる。

PV のファサード利用を促進するために、ファサードに設置した PV の売電価格はやや高めに設定してある。PV の幅広い利用を促進するための制度である。しかし、ファサードを利用した PV のコストが圧倒的に高いことを考えると経済的に有利とはいえない。

最新製品紹介

11. 新エネルギー世界展示会で PV 関連の最新製品を収集したので紹介する（図 2-2-2）。左から、京セミブース：球状太陽電池スフェラー、SHARP ブース：集光型化合物(InGaP/(In)GaAs/Ge3 接合)太陽電池、昭和シェルブース：SolaCIS（ソラシス）...CIS 薄膜型太陽電池、SMA ブース：Sunny Boy...高効率コンディショナ、である。

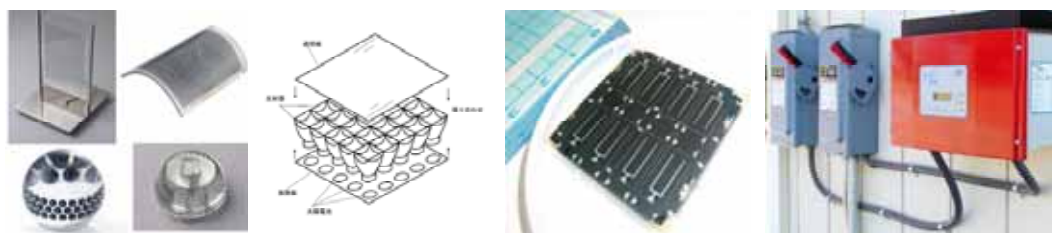


図 2-2-2：最新製品紹介²⁵

日本のセルメーカー

ここ数年で急速に世界シェアを落としてはいるものの、日本のセルメーカーは太陽電池産業の中で重要な位置を占めている。その技術は世界トップレベルである。1. 産業総合研究所で日本のセルメーカーの製品を視察してきたのでレポートする。

・セルの主流は結晶系である。多結晶（マープル）は単結晶より発電効率が悪いが、ワット当たりの単価は安い。一方で、アモルファス（非結晶）のシェアは少ないが、加工性や省資源性より将来

²⁵ 新エネルギー世界展示会で取得したカタログより引用。

性が期待されている。SiH₄（シランガス）を真空中でガラスの表面にプラズマをかけて定着させる（H が取れてシリコンの層がガラスの上に堆積する）= CVD 法。結晶系と非結晶系をミックスさせたのが三洋の HIT 太陽電池²⁶である。アモルファス + 単結晶のヘテロ結合型、アモルファスが青系の光に、単結晶が赤系の光に反応して発電するため、光エネルギーの損失が少なく効率が 16% と良いが単価が高い、今は 20% 近い効率のものもある

以下に各社の製品を紹介する。



図 2-2-3：日本のセルメーカー各社の製品²⁷

図 2-2-3 の左から、

- ・三菱電機：多結晶、青、効率 12%、表面加工で反射防止シートの色
- ・シャープ：単結晶、黒、効率 13%、円柱の角を切り取って面積効率をあげている
- ・京セラ：多結晶、黒灰色、マープルなし
- ・三菱重工：アモルファス、赤、0.2 μm、レーザー加工された横スリットの 1 枚 1 枚がセルで集積的直列形式なので任意の電圧が作れるメリットがある、ここでは 1 枚 60V、量産化で安い効率が 6%、表がマイナスで電線が表面に露出するが、電線を細くすると抵抗が大きくなるジレンマがある

日本のメーカーが直面する課題

投資回収効率を上げていくためには、大量同時生産処理工場の導入や、モジュール化作業を海外移転することで人件費削減による PV 価格の低下が必要であり、京セラなどすでにモジュール化工場を海外に移している。モジュール化はセルを並べてハンダ付けして機械で接着するだけの単純作業であるので、海外移転は容易である。しかし、セル生産は高等技術（シリコンウェハーに凹凸をつけるための薬液の調合割合や温度調整が独自技術）であるため、日本で生産している。液晶パネルの生産のように、その技術ごと装置を海外に売ることも考えなくてはならない。

まとめ

促進要素

PV が将来性のあるニッチ産業であること

抑制要素

施主や建築設計者が PV 採用に保守的・コストが高い・PV 製品の質への不安・認証に手間がかかること

²⁶ 「HIT 太陽電池」はサンヨーの商品。HIT：Heterojunction with Intrinsic Thin layer

²⁷ 産業総合研究所にて筆者撮影。

抑制要素解消法

開発主体や建築設計者を惹きつける製品の開発（開発主体＋建築設計者）・補助政策（行政）・認証制度の整備による質の確保（行政）・認証の手間を軽減（研究者・行政）・生産体制の転換

設備設計者の特徴

建築と電気のニッチ産業に着目・ビジネスの意識が強い・ウェブ型協働への志向

2-2-4 研究者

本節は、1. 産業総合研究所、6. パルタウン城西の杜、10. 太陽光発電技術研究組合、15. FH 研究所への調査結果を元に記述する。

技術発展への飽くなき追求

研究者の役割はPVの技術発展をどこまでも追及していくことである。その内容はセルの性能向上、太陽電池の使用上の課題、経年変化への対応、新型PVの開発、普及促進政策立案、など多岐に渡る。本節では、特に電気設備専門の研究者に注目し、その成果の一端と研究者の働きを紹介する。

Mega Solar Town 計画

これは、産業総合研究所の一角で行なわれている研究である。純粋な研究用ではなく、実際に使って評価するためのPV設置計画である。サッカーグラウンド1面分に相当するPVパネル869kWp（5600枚）とパワーコンディショナを設置して、稼働状況を計測している。住宅用規模の4kWシステムを211台集中させて設置した。これによって、PVパネルの集中導入が電力品質にどのような問題を起こすかを調査している。重要な問題は次の3つである。電圧の問題。通常は上流から徐々に電圧が下がる方向に流れている過程に、住宅から逆流させる際には受け入れ側の電圧を少し高くして受け入れるようにする（法定範囲は $101 \pm 5V$ ）。集中しすぎると法定内の電圧では逆潮流しにくくなり発電効率が落ちるので、その適正規模を探っている。高周波の問題。ACコンディショナで変換した電流は歪んだ交流波（質の悪い電力）になるため、これを大量に系統に逆流させるとインフラの電流系統に影響が出る恐れがある。安全面の問題。設置しているPVの電力系統が落ちると自動的に自律運転モードになるが、PV群になるとその情報伝達の際に誤作動を起こしやすく、電力系統の復旧作業に支障が出る恐れがある。計測結果に対してこれらの視点から考察を加える予定である。

パルタウン城西の杜

パルタウン城西の杜という住宅地では、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構²⁸の助成により、関電工が委託先となって「集中連携型太陽光発電システム実証研究」という研究が進められている。553戸に2200kWという住宅地として世界最大規模の連携実験である。実際には関電

²⁸ 「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構」は以下NEDOと略記。NEDO：New Energy and Industrial Technology Development Organization

工から明電舎や松下エコシステムズ、日本大学などに再委託して実験を進めている。

ここでは、平成 14 年から 7 期に渡って土地開発公社が公募で居住者を集め、関電工がこの実験の説明会を開催し、NEDO の研究助成対象として屋根面に PV を、屋外に蓄電池や計測機器を収納する倉庫を設置することを説明した。抽選で当選した 700 戸のうち 553 戸が実験に協力してくれた。もともと、この住宅地は価格が安いだけでなく、大規模な公園を 2 つ設け、街区にも 5 種類の形態から選べるような工夫をしており、居住環境が大変良いため、20~30 倍の倍率だったようである。太陽光発電システム概要は、設置数：553 戸、設置面：東西南、設置タイプ：屋根置き型（NEDO 所有）、PV 容量：原則 3 ~ 5 kW（平均 3.85kW）、PV 総容量：2129kW（約 2 メガワット）となっている。

居住者は土地を購入した後、ハウスメーカーや住宅仕様は自由に決められるが、PV は NEDO から所有のものを屋根に置くことになり、PV メーカーや製品を選ぶことはできない。これは PV の所有権を明確にすることと、系統連携で複数種、複数メーカーの PV を連携させる実験の都合のためである。実験が終了する 2008 年以降は、PV は市から居住者に無償提供され、現在関電工が行っているメンテナンスは、各 PV メーカーへと委譲されることになっている。

研究項目は以下の 4 つである。

出力抑制回避技術の開発

逆潮流の集中による電圧上昇で、電力系統から出力抑制されるのを回避する技術。具体的には過剰に発電された電力を蓄電池に蓄える方法が考えられている。

高調波対策技術

発電した直流電流をパワーコンディショナで交流にする際の波のブレが連携によって大きく重ね合わされる際の問題点を調べ、対策を講じる。研究の結果、太陽電池による波形の乱れの影響は小さく、深刻な影響がないことが分かってきた。

単独運転機能の誤動作対策技術

電力系統が落ちた際に、住宅の PV が勝手に作動せずに安全のため自動停止する機能が、PV システムの集中により誤作動を生じないための技術開発。技術的には解決できそうであるが、法整備が全く進んでいない。

応用シミュレーション手法の開発

これらをより汎用性の高い技術とするための実証研究。

ちなみに、日本の大規模プロジェクト「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」についてはパルタウン城西の杜の他にも以下のような事例がある。

- ・北海道稚内市で北海道電力による 5MW 程度の計画で、蓄電池による出力の安定化、系統電力のピーク対策などを目的とした計画運転の実効性を検証する。
- ・山梨県北杜市で NTT ファシリティーズによる 2MW 程度の計画で、様々な種別の PV モジュールによる大規模発電システムの構築、運用評価、また系統安定化制御が可能な大型パワーコンディショナの開発などによる将来的な技術開発や実証を行う。

図 2-2-4：パルタウン城西の杜²⁹

コスト削減へ向けて

1戸あたり 240 万円の PV 設置費用のうち、30 万円が工事費、20 万円がパワーコンディショナの価格となっているため、太陽電池価格にはまだ削減ポテンシャルが大きい。ただし、モジュール自体の価格が下がっても、架台の工事価格はほとんどが人件費なのでその部分はなかなか削減できない。実際にはモジュール自体のコストはこの 10 年ほとんど変わらないが、その他の費用が大幅に削減され、モジュールの 1.5 倍程度にまで下がった。2004 年の段階では 20 年メンテフリーで使用して発電コストは 46 円/kWh である。1993 年の 260 円/kWh から比べると大幅に下がったが、政府は 2010 年に 23 円/kWh を目標にしている。そして、最終的には原子力発電所レベルの 7 円/kWh を目指している。

PV の効率に関する研究

PV の標準状態とは、日射量 1 kW/m^2 、エアマス AM1.5、PV 温度 25 のことである。夏は 60~70 度、冬は外気が 10 度で 30 くらいになっているが、結晶系 PV はセル温度が上がると効率が極端に落ちる。PV の最大出力は日射量（日射が減ると電流が下がる）と温度（温度が上がると電圧が下がる）の 2 つの出力特性によって決まり、PV が複数になると最大出力のヤマが複数できるため、複雑になる。損失要因は、パワーコンディショナ損失、温度損失、日影やよごれ、などがメインで、他には、MPPT ミスマッチ損失（最大出力のヤマを間違える）、直流損失、などがある。

1994 年に 1000 台/年の生産量であったシリコン型太陽電池は効率も 8~10% 程度だったが、現在では市場に流通しているもので 14%~16.7%、実験としての最高出力は 24.8% まで可能になっている。理論的にはセル単位で 28% まで出せるが、実際にはモジュールとして考えると発電面積自体が 85~90% なのでもう少し下がる。

アモルファス型太陽電池は 7.8% で理論的にも 18% までしか出せないことが分かっている。

シリコン以外でより高い効率を出せる物質がガリウム砒素で、理論的には 40% まで出せるが、価格が 100 倍するので主に宇宙施設に用いられる。シャープの集光レンズ付き太陽電池はこのガリウム砒素を利用したもので、太陽光を収束させることにより発電面の面積を極力小さくしてガリウム砒素の使用量を減らしている。これだと 35% の効率が可能であるが、集光レンズは直達光しか集光しないので自動追尾装置とセットにしなくてはならない。

²⁹ 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構ウェブサイト（<http://www.nedo.go.jp/>）より引用。

通常のシリコン型 PV は散乱光も集光できるが、入射角が法線から離れるにつれロスが大きくなる入射角ロスがあり、固定して設置する場合には南から南東に向けて設置する必要がある。この角度による効率値は全て計算で求められている(NEDO の資料で日射量と最適傾斜角が地域ごとに算出されている)。その他にパワーコンディショナには元々8%のロスがあり、発電 kW 数によっても効率の良し悪しがある。

PV のリサイクルについて

PV モジュールは 30～50 年使用可能で、住宅の寿命より長い。今後住宅解体現場から次々と出てくるであろう PV パネルをどのように扱えばよいのだろうか。現在は中国に輸出しているが、今後中国でも生産量が増えればそれもできなくなるため、国内で再利用の方法を確立することが大切である。リード線だけ取り替えてパネル本体をリユースすることは現時点でも可能である。しかし、PV パネルからシリコンを取出して再利用することは手間がかかって経済的に成立しない。シリコンは信頼性を高めるため、樹脂で強力に接着されているので、その分離が困難なのである。樹脂を燃やして回収することになるが、その際に銀なども一緒に溶け出してくるため、酸化処理のような高価な処理が必要になってしまい、採算が取れない。

経年変化についての研究の必要性

太陽光発電は耐久性に優れメンテナンスフリーだとよくいわれてきた。しかし、経年変化に伴い影もないのに常にホットスポットとなる部分が現れてくるという報告もあり疑問が残る。歴史が浅い太陽電池にとって経年変化の研究は完全に立ち遅れているのだ。

メンテナンスの研究が立ち遅れている原因には、花形研究にお金をとられて資金がないことも大きい。花形研究とは発電効率の世界記録を狙う研究のことである。太陽電池の性能向上以外のところにもお金が回るようなシステムが必要だと考えられる。

研究者の協働の仕方

研究者は様々なステークホルダーとの協働で研究することが多い。特にメーカーと組んで研究するケースと、行政から依頼を受けて研究するケースが主だ。前者は売れる製品を開発する目的でビジネス志向である。後者は、行政の代理で研究する。どちらも対等な関係なので、ウェブ型協働といえる。また、15. FH 研究所のように、行政と密接に関わって関係介入型協働の主導権を目指す主体もみられた。しかし、研究者は自身の工学的欲求を満たすために単独で研究することも多く、協働に対する志向性は他のステークホルダーと比べると低い。

まとめ

促進要素

工学的探求欲求・建築設計者、設備技術者、メーカー、行政などからの研究要請

抑制要素

直接的な利益に結びつかない経年変化やリサイクルの研究にお金が回らない

抑制要素解消法

社会的に意義のある研究への補助（行政）

研究者の特徴

ウェブ型協働が見られる・関係介入型協働が見られる

2-2-5 開発主体

本節は、9. SS 設計事務所、27. ベルリン中央駅への調査結果を元に記述する。なお、開発主体は多くの場合そのままユーザーとなることに注意する。

最大の決定権を持つステークホルダー

開発主体はプロジェクトそのものの主であり、出資者であり、事業者であり、施主である。当然全てのステークホルダーの中で最高の決定権を持つ。経済面を負担するので、PV のコストに最もシビアな主体である。

環境意識の高い開発主体が自発的に PV を採用するケースが増えると同時に、ドイツやベルギーフランダース地方のように補助制度が強力な地域では、売電によって利益を得られるため投機目的で PV を導入する開発主体も増えている。一方で、PV 建築のデザイン性の低さを敬遠したり、性能面に不安を感じたり、そもそも情報不足で選択肢に上らなかったりするケースもある。これらに対しては、設計手法の開発、技術革新、情報開示などが求められる。

PV を導入するか否かの最終決定ももちろん開発主体によってなされる。しかし、開発主体は多くの場合プロジェクトを遂行する能力を持たないので、様々なステークホルダーに業務を依頼する。つまり、他のステークホルダーと協働する場合は、「依頼」という形をとることが多い。

開発主体とユーザーが異なる場合には、設計情報や製品情報をきちんとユーザーに伝え、正しい使い方を主導しなければならない。これは「仲介」といえる。

PV を導入したベルリン中央駅

ホームにかかる 3 次元曲面のガラス屋根に PV を導入した 27. ベルリン中央駅（図 2-2-5）の例を紹介する。開発主体はドイツ鉄道³⁰である。設計コンセプトは「世界でふたつとない駅」であり、空間的には光の滝をイメージしている。昼光が多く駅に入ると同時に縦方向に視線が通り駅全体を一望できるように設計されている。全 14 ホームで、上部に 6 本、下部に 8 本のふたつの層のホームが互いに直交している。利用者数は 1 日約 30 万人で、年間で 1 億人の利用を見込む（2007-2008）。商業エリアは 15000 m²で、売り上げの一部が駅に納入される。駅舎自体には一切空調がなく、自然換気を利用する。空気は下から入ってきて上に抜ける仕組みである。市の市所有物である排気塔が

³⁰ 「ドイツ鉄道」は以下 DB と略記。DB : Deutsche Bahn

隣接され、意匠上のアクセントにもなっている。電車は一日 2000 本出入りし、フランクフルト駅、ハンブルク駅、ケルン駅などの主要駅に匹敵する。

DB は環境を重視している。会社全体として 13%の電力を再生エネルギーで賄っており、(ドイツ全体では 8%) 鉄道用に水力発電も所有している。ベルリン中央駅を新築するにあたって、EU 当局から補助前提で PV 導入の打診があった。環境意識の高い DB はすぐに PV 採用を決定し、PV 建築の設計を建築設計者に依頼した。すなわち、PV のコンセプトは、EU 当局 DB 建築設計者と伝わっていったわけである。PV のアイデアがどのステークホルダーから生じたかによって、協働プロセスが少しずつ異なることに注意しておこう。このケースの場合は、行政が補助を通して開発主体を説得した。逆に建築設計者が施主を説得する場合には魅力的な建築的提案を通して行なわれる。このように、開発主体は様々なステークホルダーからアドバイスを受けながら決定を下していく。

PV は計 78000 セルが設置されていて、駅舎と駅ビル全体で使用する電力の 2%を賄う。年間 16 万 kWh を発電し、効率は 16%である。鉄道と一般では、電圧がちがうため、系統も異なっている。PV で発電した電気は町の電力系統に接続されている。隣に立っている排気塔が屋根に影を作るが、特に影響はない。ガラス屋根自体の工期は 4 ヶ月間で、施工には 100 社もの関与があった。

建物が三次元曲線をしているため、設置された屋根ガラス 9000 枚は全て違う形である。当然 PV パネルの形も全て違うので、高度なエンジニアリング技術が必要だった。なお、このプロジェクトには 80 のエンジニアリング会社に関わっている。万全の態勢で臨んだだけあっていまだに PV のトラブルは生じていない。ただ、専用の清掃機が開発されているものの、市の使用許可が降りないため、ガラス屋根の清掃はまだなされたことはない。



図 2-2-5 : ベルリン中央駅³¹

フライブルクポーバン地区再開発事業

この事例では 9. SS 設計事務所がディベロッパーとしての役割を果たした。敷地であるポーバン地区は 1930 年代にはフランス軍が滞在していて、フランス軍が使っていた建物も残っている。旧兵舎は全て学生寮になっている。のちにフランスから市がこの地区を譲り受け、SS 設計事務所はそのうちの 11000 m²を 99 年に市から買い取った。そして、2000 年にソーラー住宅地の建設を開始した。あるチョコレート会社が土地と建設費を含めた 4000 万ユーロを全額出資してくれた。

ソーラー住宅は規模が 50 戸で総発電量は年間 30 万 kWh (図 2-2-6) 中心部にあるオフィスビル

³¹ 筆者撮影

は規模が 6000 m² で 10 万 kWh である。つまりこの地区で合わせて毎年 40 万 kWh を PV で発電している。住宅には 1 戸あたり 3～12kw の PV を分散型で配置している。住宅 50 戸は全て分譲で、完売している。各住戸の床面積は 72～160 m²、平均 130 m² である。間取りは 3～5LDK で価格は 2500～3000 ユーロ/m²（土地代込み。太陽電池の値段は含まず）である。これは従来の住居よりも 15% 程度高くやや高級といえる。PV は各住居に必要なエネルギーの 2～3 倍を生み出している。PV の使用用途は売電のみで、住宅で使うエネルギーは各自で買っている。住居や PV の所有形態はさまざまである。ドイツではファンドや第三者が家を買うときは住宅か PV 設備のどちらかにしか投資できない。電気設備に対する投資は不動産業の法律から外れてしまうからである。従って、PV と住宅の所有者が異なっていることも多く所有形態は複雑になっている。この法体系にフレキシブルに対応できるようにこの住宅地における所有のルールは自由にした。

フライブルクの BADENOVA（電力ガス水道を扱うエネルギー供給会社）という会社がこのプロジェクトに関心を示し、バイオマスを試みることになった。住宅地から 200m ほどのところにバイオプラントを設置し、黒い森³²から運ばれてきた木材を使用して給湯と暖房用の温水を全て供給している。バイオマスがあるので、このプロジェクトでは太陽熱利用は採用していない。

当時はこのような挑戦的なプロジェクトに懐疑的だった金融機関も最近は融資してくれるようになった。このプロジェクトが先駆的な役割を果たしたことになる。

このプロジェクトを通して SS 設計事務所が協働したところはフランホーフェン研究所、設備とエンジニアリングはクレブサーフライラー、PV は SE コンサルティング、木造建築はライス。これらのまとめ役は SS 設計事務所の親会社の建築設計事務所であった。まとめ役といってもヒエラルキーではなくその建築設計事務所が中心のサテライトのような設計組織体制をとっているそうである。ここから、ディベロッパーはサテライト型協働の中心を志向していることが分かる。もう少し正確にいうと、サテライト型協働の中心に位置する建築設計者を主導する役割を自負している。



図 2-2-6：ボーバン再開発地区³³

³² 「黒い森」とはドイツ・バーデン＝ヴュルテンベルク州に位置する森・山地のこと。ドイツ語ではシュヴァルトツヴァルト（Schwarzwald）。総面積は約 5180 平方キロ。

³³ 筆者撮影

まとめ**促進要素**

環境意識・宣伝効果・投機目的

抑制要素

コストが高いこと・性能面への不安・デザイン性が低い・情報不足

抑制要素解消法

低コストへのニーズ（メーカー）・補助政策を要請（行政）・高性能へのニーズ（メーカー）・質の高い PV 建築へのニーズ（建築設計者）・PV 建築の宣伝（建築設計者・メーカー・行政）

開発主体の特徴

最終決定権を持つ・サテライト型協働の中心を志向

2-2-6 ユーザー

本節は、2. NRW 州ソーラー建築 50 選、5. ソーラーシティ、30. Glas Ceyssens、31. SolarPark への調査を元に記述する。

きちんと正しく使うこと

ユーザーの役割は PV システムをきちんと正しく使用し、メンテナンスを施し、運用することである。せっかく様々なステークホルダーが協働して素晴らしい PV システムを作り上げても、最終的に正しく使われなければその効力は半減してしまう。

開発主体とユーザーが同一である場合は、ユーザー自らが PV に興味を持っているわけだから、特に問題なく正しく使用される。ただ、予想以上に性能が悪かったり、故障が続いたりすると使用を投げ出すことも起こりうる。メーカーのアフターケアが重要だ。

一方で、開発主体とユーザーが異なる場合、ユーザーが PV に無関心だと適切運用は難しい。そもそもユーザーは基本的に自由なステークホルダーであるので、PV 使用を強制する手法はない。製品情報や設計意図が正しくユーザーに伝えられることが重要である。実際は、光熱費節約や売電制度による収入がユーザーの適正使用を促すだろう。

まとめ**促進要素**

光熱費節約・売電制度による収入

抑制要素

情報不足・興味なし・悪性能

抑制要素解消法

適切なアドバイス（建築設計者＋設備設計者＋メーカー＋開発主体）・製品維持管理（設備設計者・メーカー・開発主体）

ユーザーの特徴

協働せず自由意志で動く

2-2-7 行政当局

本節は、4. 研究講演会これからの太陽熱利用、10. 太陽光発電技術研究組合、15. FH 研究所、17. ESTIF への調査結果を元に記述する。

ステークホルダーの関係性に介入する行政

行政は直接 PV に関わることは少なく、むしろ様々なステークホルダーの間にある関係性に介入し、調整する。これは関係介入型協働といえる。また、PV に関する技術や専門知識を有するわけではないので、政策に必要な研究を外部に依頼したり、有識者に相談したりする。

PV 導入促進政策にはいくつかの種類がある。まず補助政策は大きく分けて RPS 法と FIT 法がある。これについては 2-1-1 に詳しく述べたのでそちらに譲る。補助政策の他には、認証制度、グリーン価値の買取り、PV 啓発、ソーラーオブリゲーションなど様々な取組みが見られる。以下にそれらの例を挙げる。

認証制度

ヨーロッパでは太陽集熱パネルの認証制度が国を超えて統一されている。その仕組みはソーラーキーマークと呼ばれる。ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) が主体となって作上げた制度で、CEN (European Committee for Standardization) の一部となっている。

製品の試験に関しては EN 規格と同じ基準で行なう。合わせて企業のクオリティーコントロールがきちんとできているかをテストする。さらに、2 年に一度市場の製品から任意に抜き打ちテストを行ない、もし型式や仕様が勝手に変わっていたら性能試験を行なう。ドイツではこの仕組みは他の製品に対しても広く行なわれているが、ソーラーキーマーク自体は新しい仕組みなので改善を続けて認知度を高めていく必要がある。

このような認証制度を通して、性能のよい PV を安定的供給することで、PV に対する安心感を育むことができる。

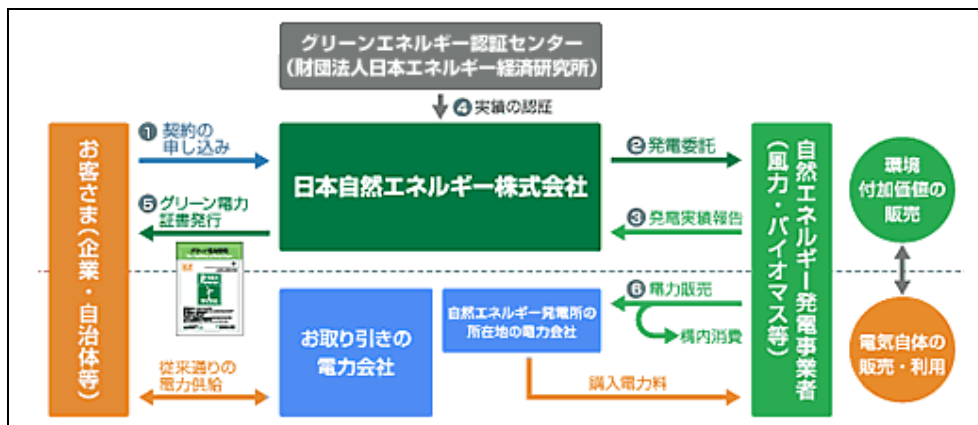
日本政府の新エネルギー導入政策について

資源エネルギー庁は 2030 年度には再生可能エネルギーが 1 次供給の 10%となることを想定している。その中でも太陽光発電は半分を占めるとの目標が定められており、100~200GW の発電量を見込んでいる。これを達成するためには、国内の個人住宅の約半分に PV を設置するという必要がある。今後の普及加速のためには、非シリコン系太陽電池投入、シリコン原料供給拡大、軽量化、建材一体型の普及、高効率化などが求められている。下図は日本政府が描く PV 導入拡大へのシナリオである (図 2-2-7)。

図 2-2-7：日本政府による PV 普及促進のシナリオ³⁴

グリーン価値の買取り

グリーン電力証書を利用したグリーン価値買取りの仕組みは、1990年代半ばから欧米で盛んに実用化された。グリーン電力を生産した主体にグリーン電力証書を発行し、それを環境問題に熱心な自治体や企業が買い取る仕組みである。RPS スキームに組み込むことで電力会社に販売することもできる。国内では、環境エネルギー政策研究所がその考え方を日本に紹介し、そのまま中心的な役割を果たす形で導入を推し進め、2001年の日本自然エネルギー株式会社の事業参入によって本格的に仕組みがスタートした（図 2-2-8）。グリーン電力の普及を促進するためには、供給する熱源等に関わる情報の信頼性を高め、需要家の選択行動をサポートすることが重要である。その際の中心的課題には、型式認定規準の確立、設備認定規準の確立、熱量認証発行手順の確立、二酸化炭素削減価値の評価、などがある。最近の動きとして、東京都が太陽熱ルネッサンスプロジェクトの一環として採用を検討している。

図 2-2-8：グリーン電力証書発行の仕組み³⁵

³⁴ 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部による配布資料より引用

³⁵ 日本自然エネルギー株式会社のウェブサイト（<http://www.natural-e.co.jp/index.html>）より引用

NRW 州ソーラー建築 50 選

NRW 州は優れたソーラー住宅を認定し、助成金を与える取組みを行なっている。その名の通り 50 事例認定するのが当面の目標である。認定された事例の前には NRW 州 50 選のモニュメントが設置される（図の左）。モニュメントにはその住宅地の概要と認定番号が書いてある。認定番号が書かれると、全ての番号のモニュメントを探したくなるのが人情である。このようにして、自然にソーラー住宅を人々に浸透させる巧みな制度である。これまでに認定された事例は、壁面集熱（図中央）、高層マンション側面のカラーPV パネル（図右）、屋根改修の際に集熱パネル導入、などバリエーションに飛んでいる。



図 2-2-9 : NRW 州ソーラー建築 50 選³⁶

ソーラーオブリゲーション

ソーラーオブリゲーションは建築物へのソーラーパネル導入を義務付ける制度である。1980 年にイスラエルが世界で初めて導入し、90%の普及率を達成した。その後、1999 年にバルセロナが欧州で初めてソーラーオブリゲーションを導入し、バルセロナモデルとして有名になった。スペインではその後約 40 の自治体が導入を決定した後、2006 年に国レベルでの導入を決定し世界を驚かせた。2007 年までにイタリア、イギリス、アイルランドが地域レベルで導入を決定し、2008 年にはドイツ、フランス、韓国でグリーン熱オブリゲーションが採用された。

まとめ

促進要素

世論・社会的意義

抑制要素

技術的不備・世論不足

抑制要素解消法

技術開発促進（メーカー＋研究者）・世論喚起

行政当局の特徴

関係介入型協働が見られる

³⁶ 筆者撮影

2-2-8 電力会社

本節は、8. EWE アリーナ、7. アメルスフォルトソーラー住宅地、28. ホウテン消防署への調査結果を元に記述する。

電力会社の役割

電力会社の本来の業務は電力を生産して販売することである。しかし、PV の世界では、電力会社は別の重要な役割を果たす。売電制度の受け皿としての役割である。PV システムは余剰電力を安定的に買い取ってくれる電力会社の存在を抜きにしては成立しない。多くの国で PV 余剰電力買取りは行政当局によって電力会社に義務付けられている。電力会社の好意によるところが大きいシステムである。現在は総電力に占める PV 電力の割合は微々たるものなので、電力会社も売電制度には比較的寛容である。しかし、今後 PV 発電量が増えると電力会社の負担が増大するので、売電制度の見直しを迫られる可能性が高い。

一方で、ヨーロッパでは積極的に PV 事業に取組むエネルギー会社³⁷も見られる。これは、PV の将来性に着目して戦略的に PV の経験地を蓄積しようとするエネルギー会社である。つまり、PV を将来的なビジネスチャンスと捉えている。

オランダのエネルギー会社 ENECO の取組み

オランダにはエネルギー会社が ENECO、NUON、ESSENT の3社ある。ENECO は3番手でシェアは23%となっている。ちなみに NUON は33%、ESSENT は32%であり、三社合わせるとオランダにおけるマーケットシェアは90%である。ENECO が扱うのは、主にヒートポンプ、太陽光発電、風力発電である。

ENECO が行なっている実験的な取組みを2つ紹介する。ひとつは、7. アメルスフォルトソーラー住宅地である。1.3MW プロジェクトと呼ばれる住宅地全500戸のうち、250戸は屋根も PV も ENECO が所有し、もう250戸はオーナーが PV 屋根を所有している。前者のオーナーは年間発電量の20%を無料使うことができる。これは、ENECO からオーナーへの屋根のリース代と考えるとよいだろう。なお、これは実験的なプロジェクトなので、ENECO は築10年後に PV 屋根を1ユーロというタダ同然の価格でオーナーに譲ることになっている。

もうひとつは28. ホウテン消防署の事例である。この消防署は BIPV のガラス屋根を持つ PV 建築である。この事例が実験的なのは、屋根と PV システムを建設したのが ENECO だという点にある。こうすると、屋根の持ち主が ENECO となり、消防署は常に ENECO から屋根を借りている形になる。消防署は屋根の建設費を負担しなくてすんだ代わりに、ENECO に屋根のリース代を支払っている。なお、PV システムを除いた屋根は15年後に無償で消防署に引き渡される。これは、消防署が屋根の建設費を15年間ローンで支払ったと考えることもできる。ただし、PV システムは引き続き ENECO の所有物のままであり、ENECO の発電所のひとつとして稼働し続ける。ENECO

³⁷ 「エネルギー会社」はヨーロッパに見られるエネルギー供給会社である。日本と異なり、ガスや電力などの主要エネルギーをひとつの企業で扱うことができる。

狙いは建物の屋根で無駄遣いされている太陽エネルギーに目を付けて、町中に小さな発電所を作ったところにあったのである。

ドイツのエネルギー会社 EWE の取組み

EWE はドイツの地域エネルギー供給機関である。ガス、電気などのエネルギーやテレコミュニケーションなどを扱っている。EWE はオルデンプルグ市営のアリーナに PV を寄付し、設置してもらう取組みを行なった。EWE アリーナについては、次節で詳しく説明する。EWE は再生可能エネルギーの技術開発や分散型の電力供給によるリスク回避などの観点から、PV に注目している。EWE アリーナをテストケースとして捉えているため、初期投資コストの償還は考えていない。

まとめ

促進要素

再生可能エネルギーへの社会的要請・PV の将来性

抑制要素

採算が取れないこと・他の発電方法との競合

抑制要素解消法

PV 導入義務化（行政）・PV 発電コスト削減に向けた研究開発（研究者）

電力会社の特徴

将来的なエネルギー戦略を見据えた技術投資

第3章 建材の資源循環とステークホルダー

3-1 建材の資源循環概要

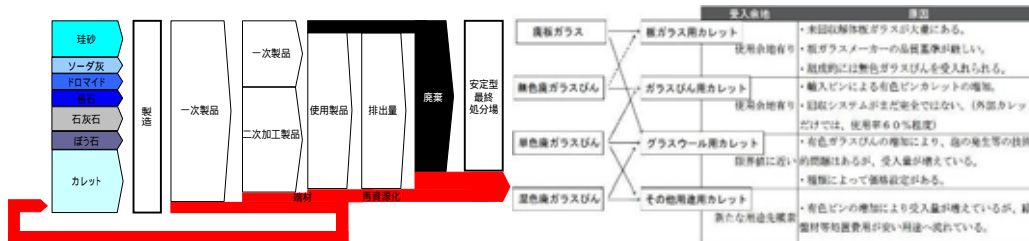
本節は、清家研究室で2007年から行なわれている「他産業も含めたマテリアルフローを考慮した建設系廃棄物の再資源化評価システムの構築に関する研究」で得られた成果とその報告書³⁸を元に記述する。本研究で取り上げる建材は、ガラス（特に板ガラス）、石膏ボード、ポリ塩化ビニル（特にプラスチックサッシ）である。

3-1-1 ガラス

ガラスは地球上に無尽蔵ともいえるほど大量に存在するので通常は枯渇材とはみなされない。また、安定型最終処分場に廃棄できるので最終処分もそれほど困難ではない。それに関わらずガラスのリサイクルが促進されているのは、カレットを使用することで製造時のエネルギーを大きく削減できるからである。カレットの溶融にかかるエネルギーはバージン材の75%である。

ガラスのマテリアルフローを図3-1-1に示す。再資源化に回るガラスは大きく分けて3種類である。まず、一次製品からの廃材。例えば、フロート法でガラスを製造する場合は、ガラスの板厚を変える際の中間のガラスやカットされる両端の端材がそのまま同じ工場の中でカレット化されて炉に再投入される。次が二次製品からの端材である。これは、フロート板ガラスを建材に加工する際に生じる端材が対象である。中間加工工場から直接再資源化業者に輸送され、再資源化される。不純物の少ない良質の廃材である。最後が、使用後の廃ガラスである。これは、不純物が混ざり、再資源化が困難なので、大部分はそのまま最終処分に回っているのが現状である。特に、改修現場や解体現場から出てくる廃板ガラスは再資源化が困難で、日本ではほぼ全て最終処分に回っている。

廃ガラスの再資源化の方向性をまとめたのが、図3-1-2である。ここで重要なのは、ガラス製品とガラスカレットにそれぞれ品質のヒエラルキーがあることである。例えば、ガラス製品は板ガラス、びんガラス、グラスウールの順にガラスの品質が高い。品質の高い製品を作るためには品質の高いガラスカレットを使わなくてはならない。品質の高いカレットは、板ガラスや無色びんガラスから得られる。このことから、グラスウールやびんガラスの生産量が多い場合、カレットの受入れ先が豊富でリサイクルが容易になることが分かる。日本は板ガラスの生産量が多いので、ガラスリサイクルには不利である。

図3-1-1：ガラスのマテリアルフロー³⁹図3-1-2：廃ガラスの再資源化の方向性⁴⁰

³⁸ 清家剛・秋田典子『他産業も含めたマテリアルフローを考慮した建設系廃棄物の再資源化評価システムの構築に関する研究』（平成19年度廃棄物処理等科学研究報告書）

³⁹ 坂本優『他産業と関連して成立している建築資材の再資源化システムに関する研究』（2007）から得たデータより磯部孝行が作成。

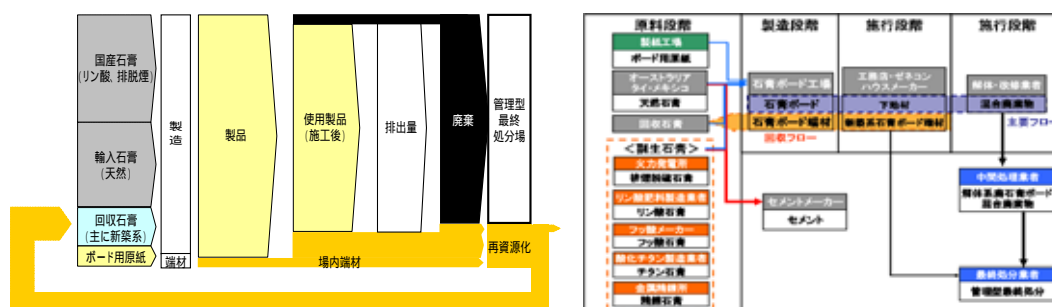
⁴⁰ 坂本優『他産業と関連して成立している建築資材の再資源化システムに関する研究』（2007）より引用。

3-1-2 石膏ボード

石膏ボードは耐火性、遮音性、断熱性に優れるうえに非常に安価なので、建材として非常に重宝されている。日本では壁や天井下地材として最も多く使用されている。その反面、廃石膏ボードが大量に発生するため、その処理が問題になっている。石膏ボードはもともと安定型処理場に埋め立てられていたが、1999年の「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の改正により、廃石膏ボードは管理型最終処分が義務付けられた。さらに、1999年11月に福岡県筑紫野市における安定型最終処分場で、廃石膏ボードから発生した硫化水素中毒によって作業員が死亡するが発生し、石膏ボードへの管理体制はさらに強まった。これらの状況から最終処分量を減らすために、石膏ボードのリサイクルの必要性が高まっていると考えられる。

しかし、現在の石膏ボードの原料は輸入石膏原石が60%、副生石膏が35%、廃石膏ボードが5%となっていて、他の産業（発電所や肥料製造など）で副次的に発生した石膏はある程度受け入れているものの、石膏ボード自体の再資源化はほとんど進んでいないことがわかる。

石膏ボードの自製品へのリサイクルが進まない理由は、経済的にペイしないことが最大の要因である。石膏ボードの安さが逆にネックとなっている格好だ。メーカーが受け入れる廃石膏ボードの規準は、「不純物が少なく、乾燥していて、なるべく大きく形が残っている」ことである。これを満たす石膏ボードは、工場内端材と中間加工工場からの端材のみであり、解体現場からの廃石膏ボードにその品質を期待することは現実的ではない。本当に信頼できる解体業者からの廃石膏ボードをメーカーが受け入れることもあるが、その量はごくわずかである。

図 3-1-3：石膏ボードのマテリアルフロー⁴¹

⁴¹ 坂本優『他産業と関連して成立している建築資材の再資源化システムに関する研究』（2007）から得たデータより磯部孝行が作成。

3-1-3 ポリ塩化ビニル

ポリ塩化ビニル⁴²は優れた耐水性・耐酸性・耐アルカリ性・耐溶剤性・難燃性・電気絶縁性を持つ。工業的にも重要な素材で、安く製造できるうえに硬質にも軟質にも加工できることから利用範囲が非常に広い。その主な利用先は、建築に関係あるものはパイプ・ケーブル（被覆絶縁材）・屋根材・床材・窓枠サッシ（特にヨーロッパでの利用が多い）・サイディング・雨樋・壁紙などであるが、他にも衣料・包装材・ロープ・輸血バッグ・ラップ・ホースなどがある。

日本国内のPVC生産量は次第に縮小している。1997年には2013kt/年あった生産量が、2005年には1405kt/年となり、2007年には1290kt/年にまで落ち込んだ。現在さらに減少している。公的な投資が減ったことと、安い労働力を求めて工場が海外に移転したことが原因である。国内主要製品の生産量の内訳は、パイプ：44%、PVCフィルム（農業用）：14%、壁紙&床材：12%、ケーブル：12%、となっている。

日本では様々な種類のPVCリサイクル施設が稼働している（図3-1-4）。しかし、経済的に成り立っている施設はほとんど存在せず、ほとんどがPVC産業界からの金銭的援助を受けている。

PVCといえば1990年代に起こったダイオキシン問題・環境ホルモン問題が記憶に新しい。ダイオキシン類はPVCのように塩素を含む物質の不完全燃焼の際に発生し、発がん性や催奇性があると指摘されている。これは社会問題にまで発展し、大規模な不買運動にも繋がった。また、PVCに含まれる可塑剤が内分泌攪乱物質であり、人体に悪影響を及ぼすとの報告がなされ、PVCを敬遠する動きがさらに加速した。

しかし、塩ビ工業・環境協会によると今日ではそれらの技術的課題は解決しPVCは安全であるとのことである。PVCの優れた性能と製造時の二酸化炭素排出量の少なさが再認識され、窓枠サッシ・自動車の内装材やアンダーコートなどの新たな用途が開発されている。

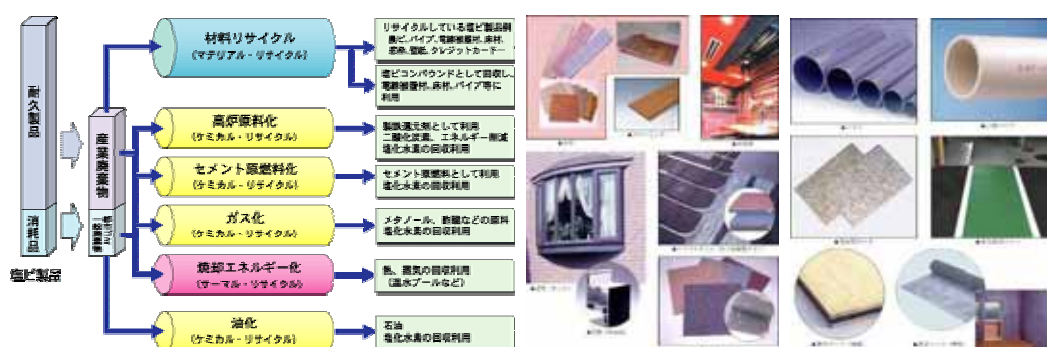


図3-1-4：PVCのリサイクルフローとリサイクル製品⁴³

⁴² 「塩化ビニル」は以下PVCと略記。PVC：polyvinyl chloride

⁴³ 塩ビ工業・環境協会ウェブサイト（<http://www.vec.gr.jp/>）より引用。

3-2 ステークホルダーの役割とその実態

この節では、建築の資源循環技術に関わる主要ステークホルダーの役割とその実態を明らかにする。論を進めるにあたってここでライフサイクルの定義を明らかにしておく。本節で扱うのは静脈側のライフサイクルであり、それを〈解体工事・廃材輸送・再資源化・廃棄処分〉とする。

3-2-1 リサイクル管理機関

本節は、32. VRN、33. Recovinyl、34. OVAM、35. ベルギーガラス工業会、36. 石膏ボード工業会、37. SASE への調査結果を元に記述する。

ステークホルダーの関係性に介入するリサイクル管理機関

リサイクル管理機関の役目はリサイクルシステム全体がきちんと機能するように管理することである。公的な性格が強いため、私的な機関であってもそのほとんどは行政当局から何らかの援助を受けている。通常は素材ごとにリサイクル管理機関が組織され、その母体は業界団体であることが多い。組織形態としては、行政団体、NPO 法人、業界団体の3種類が見られた。

リサイクル管理機関はステークホルダーの関係性に介入することでリサイクルを推進しようとする。これは典型的な関係介入型協働といえる。

介入手法の例として、入札と補助金が挙げられる。入札は23. VRN が再資源化業者と輸送業者を選ぶ際に用いている。第一の狙いは再資源化と輸送の経済効率向上であるが、募集の際に集まってくる様々な業者の情報や、応募要項を通してステークホルダーに影響を与えられる点も見逃せないメリットだ。

補助金はステークホルダー間の関係性が冷えているところに投入し、システムを活性化させる役割を持つ。例えば、33. Recovinyl は再資源化業者に適正処理がなされていることを確認してから補助金を与えている。

様々な介入手法

リサイクル管理機関がステークホルダーに直接働きかけるときは、監査や課金など指導的な役割を果たす。指導的な介入手法としては課金、監査、環境啓発が挙げられる。

課金は環境に負荷を与えている主体に一定の金額を課すことで、その主体の業務改善を促す。製造者責任の原則からメーカーに一定のリサイクル費用を負担させる取組みは全てのリサイクル管理機関で見られた。また、34. OVAM は最終処分費に課す税金を高く設定し、リサイクルが経済的に有利になるように誘導している。

監査は、資源循環が適正に行なわれているかをステークホルダーごとにチェックすることである。特に、補助金を与えている対象には厳格な監査が必要となる。

環境啓発は、リサイクル管理機関が収集した情報を何らかの形で公開し、市民の環境意識を高める試みである。例えば、37. SASE では地域における公衆衛生の歴史を展示することでごみ問題への意識改善を図っている。

リサイクル管理機関の登場経緯

リサイクル管理機関の母体はメーカーもしくは業界団体であることが多い。メーカーがリサイクルを推進するようになった最も大きい要因は社会的な要請や行政当局からの圧力である。地球環境問題を受けて製造者責任の考え方が浸透し、メーカーもリサイクルに力を入れざるを得ない状況に置かれた。例えば、32. VRN は、オランダ政府の板ガラスリサイクル義務化の意向に危機感を募らせたメーカー側が逆に自分たちで率先してリサイクルの細かいルールを作ってしまったケースである。行政当局に取り仕切られるくらいだったら自分達で積極的にリサイクルに取り組んで主導権を握ろうという流れである。ここから、行政当局から圧力を受けたメーカーの関係介入型協働への志向が見て取れる。これは、33. Recovynyl や 36. 石膏ボード工業会の場合も同じであった。例外は、35. ベルギーガラス工業会である。ベルギーのガラス業界にはもともとリサイクルシステムの下地があり、自然とリサイクルが行われるようになってきたので、強力なリサイクル管理機関は存在していない。

まとめ

促進要素

促進自体が存在目的

抑制要素

特になし

抑制要素解消法

特になし

リサイクル管理機関の特徴

関係介入型協働

3-2-2 メーカー

本節は、32. VRN、33. Recovynyl、35. ベルギーガラス工業会、36. 石膏ボード工業会、38. PK ガラスメーカー、40. PF プラスチックメーカーへの調査結果を元に記述する。

メーカーからみたリサイクル

メーカーが資源循環に果たす重要な役割はリサイクル材を受け入れることである。どんなにごみを効率的に回収して再資源化しても、それを受け入れられるメーカーが存在しなければリサイクルは成立しない。しかし、メーカーは品質への不安からリサイクル材の受入れには慎重である。リサイクル材にはどうしても不純物が混ざる可能性があり、それはメーカーの製品の質に直接影響を与えるからである。さらに、あまりに不純物が多いと設備の故障にも繋がり、メーカーにとってリスクが大きいのである。

他には、成分の違いというのも品質に関わる重要な問題である。例えば、38. PK ガラスメーカーや 47. MA 社によれば、ガラス全部同じに見えても製品ごとにその成分は大きく変わるため、製品を超えたリサイクルにはそれなりのノウハウが必要とのことである。特に板ガラスは成分の違いに

非常に繊細である。

特に、品質のコントロールが難しいのは廃材からのリサイクルである。ごみとして回収する際に、様々な不純物が混入する恐れがあるからである。従って、メーカーは廃材からのリサイクル材は信頼できる再資源化業者からのものしか受け付けない。一方、工場内端材や中間加工工場からの端材は不純物の混入の恐れがないうえに、成分を把握しやすいのでメーカーが独自に回収してラインに再投入している。

その他のメーカーの役割としては、資源循環を行ないやすい建材の開発がある。資源循環を容易にするためには特に建材が分解しやすいことが重要である。特定の原料を高い純度で取り出せるからである。

メーカーはなぜリサイクルするのか

メーカーがリサイクルを推進するようになった最も大きい要因は前節（3-2-1）で述べた通り、社会的な要請や行政当局からの圧力である。例えば、40. PF プラサッシメーカーの場合は、生産量に応じてリサイクル原料の購入が義務付けられていた。

廃棄物量の削減や製造時エネルギーの削減といったメリットもリサイクルを促進する。廃棄物量の削減は最終処分費が高くなってきている各国で重要である。また、リサイクル材を使用するとはバージン材だけを使用したときよりも、材料溶融が容易となり、製造時エネルギーが削減できる。燃料費が高騰している昨今、製造時エネルギー削減の重要性は増している。

PVC サッシ工場におけるリサイクル材利用

40. PF プラサッシメーカーが工場内でリサイクル材をどのように受け入れているかみてみよう。

PF プラサッシメーカーは 1954 年に創業し、主に PVC サッシの製造を行う企業である。1980 年代から、端材などを利用した再資源化に取り組んでいる。生産量は、PVC のサッシを中心に年間 6 万トンである。生産ライン数は 48 ラインで、500 種類の型枠を所持している。48 ラインのうち 6 ラインがリサイクル材を利用した PVC サッシを製造するラインである。バージン材を使用する製造ラインと、リサイクル材を使用する製造ラインの違いとしては、再生端材を投入する部分が設けられているかである。再生端材を利用するラインは、再生端材の量に左右されてしまう、再生端材が少量であると生産ラインが止まってしまうこともある。

PF プラサッシメーカーで製造される PVC 窓サッシの主な原料は、PVC のコンパウンド、クライネ（石灰）、二酸化チタンの 3 つを主原料としている。このうち PVC コンパウンドが再資源化対象である。

生産過程で発生する端材や、余ってしまった原料に関しては、工場内で 100%リサイクルされている。PVC サッシ製造工程の端材、もしくは不良品を中心に回収される。回収されたものは、図 3-2-1 のような籠に回収され、白だけのもの、色つきのものに分けてストックされる。色別に分けられた後、白のみ、色つきの物を、それぞれ専用の破砕機で破砕し、再生品を製造する。要するに、廃材を色別に粉砕して炉に再投入するのである。建材の再資源化においてはガラスでも PVC でも無色

または白色の廃材の方が有色の廃材よりもリサイクル先の用途が広い。

中間加工段階で発生する端材に関しては、白い物と色つきの物は分別せずに回収し、中間処理業者へ処理を委託している。リサイクル会社では、金属類などの異物の除去や、色の分別を行っている。リサイクル業者で処理されたサッシの端材は製造工場購入し再資源化している（図3-2-2）。

解体現場からの廃 PVC に関しては、ドイツ国内では、解体材から製造された PVC コンパウンドを、生産量に応じて購入しなくてはならないことが REWINDO によって義務付けられている。REWINDO は、PVC サッシを製造する工場を全て統括している業界団体である。REWINDO は解体現場から、PVC サッシを回収し、分別、破碎したものを販売している。

全体的にみると、色や品質の問題はあるものの、工場において解体材から発生する PVC 原料を利用する仕組が出来上がっているため、リサイクルは比較的進んでいるように思われた。

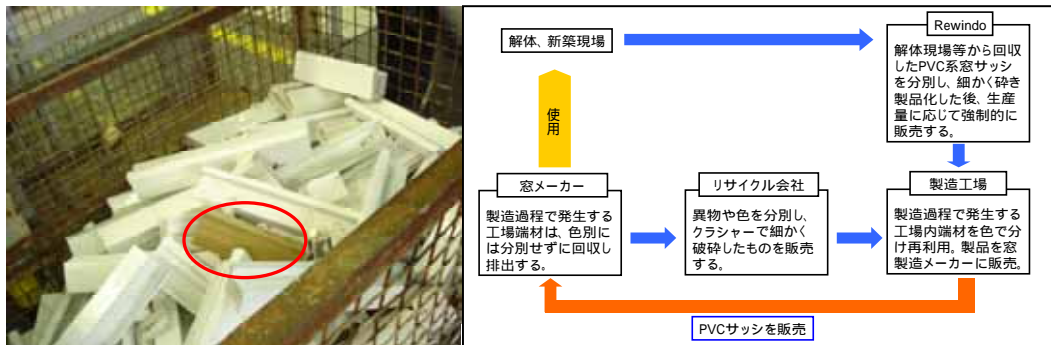


図 3-2-1：工場内端材改修籠⁴⁴

図 3-2-2：PVC サッシリサイクルフロー⁴⁵

まとめ

促進要素

行政からの圧力・製造エネルギー削減・廃棄物削減

抑制要素

品質不安・リスク不安・成分の違い

抑制要素解消法

信頼できるリサイクルシステム構築（再資源化業者+輸送業者）・成分調整技術（再資源化業者）

メーカーの特徴

行政当局からの圧力を受けてリサイクル管理機関（関係介入型協働）への志向が見られる

⁴⁴ 磯部孝行撮影

⁴⁵ 聞き取り調査結果より磯部孝行作成

3-2-3 再資源化業者

本節は、46. HF 社、47. MA 社、48. RL 社、49. AH リユース店への調査結果を元に記述する。

ごみを資源に変える再資源化業者

再資源化業者はごみを入手して資源に変え、メーカーへ売却する役割を持つ。再資源化はリサイクルの鍵を握る段階である。この段階でいかに良質な資源に戻せるかが、リサイクル全体の成功を左右する。

ベルギーの板ガラス再資源化業者HF社

HF 社は廃棄板ガラスから再び板ガラスへ戻せるほどの良質のカレットを精練しようと試みているベンチャー企業である。廃板ガラスを再び板ガラスに戻すことは技術的に極めて困難であるため、ガラスメーカーからの注目を集めている企業である。実際に多くの聞き取り調査で、HF 社への期待が話題に上った。ガラスの炉は少しでも不純物が混ざると、いったん火を止めて炉を清掃して再び稼働させるしかないため、メーカーに莫大な損失を与えてしまう。このリスクのために多くの再資源化業者が廃板ガラスのリサイクルに尻込みしていた。

HF 社でもはじめは多くの困難を経験したが、研究開発を重ねたのちの大規模な設備投資を期に、カレットの品質と価格の両面で大きく進歩した。

カレットに求められる品質は板ガラスが最も高く、ビーズガラス、びんガラス、ガラス繊維(Glass Wool)、鉄鋼メーカーが引き取るためのガラス、泡ガラス(Foamglass)、路盤材と続く。HF 社で生産したリサイクルガラスの用途先は 40%がビーズガラス、30%がガラス繊維、20%が板ガラスとなっている。特に、びんガラスに一切回していないことはガラスのリサイクルとして極めて挑戦的で、特筆すべきである。

なお、工場における処理過程は以下の通り。

1. 各回収拠点から届いた廃棄板ガラスを一定量まとめて山を作る。工場に運び込まれた段階でガラス以外の不純物が多いコンテナがあればチェックして追徴金を課している。
2. 油圧ショベルを用いて不純物の質量が 1.5%ほどになるまで分別作業を行なう。この段階まで分別を行えば、この工場ではどの品質のガラスカレットも生成できる。
3. 分別したガラスを工場のラインに乗せる。ガラスはクラッシュされた後に不純物が除かれていく。ラインの最初は最も高いところにあり、だんだん下がってくる過程の中で不純物が取り除かれていく。
4. 不純物の除去が終わったら、サンプルを抽出して品質検査を行なう。
5. 品質によって 15 種ほどの製品を作っている。質のよいものは国内に、質の低いものは国外に出荷している。全製品のうち 15~20%が EU 以外に輸出されている。しかし、グラスウールに関しては大部分が近場のオランダやベルギーに出荷されている。

大手ガラス再資源化業者 MA 社の取り組み

MA 社はヨーロッパ各国に展開するガラスの再資源化業者である。今回訪れたのは板ガラスのリサイクルを中心に行なっているベルギーの工場で、板ガラスのリサイクル工場としては世界最大級である。事業の拡大でストックヤードが不足したため、1年前に隣町から現在地に引っ越してきた。その際に以前は3つあったラインを2つにしてシステム全体の効率化を図っている。新規に導入した機材はわずか10%で残りは以前のもをそのまま利用した。現在の2つのラインからは、20種類のカレットが得られる。ひとつのラインは合わせガラス専用で、それ以外のガラスはもうひとつのラインで処理する。

マルタ社の特徴は、顧客との強い信頼関係、様々な要求に柔軟に対応できる充実した設備、ベルギーという恵まれた立地、広大なストックヤードである。これらを活かしてマルタ社は世界最大の板ガラスリサイクル会社となった。その中でも特に強調されていたのが、顧客との信頼関係である。そもそも、リサイクル材はバージン材に比べるとリスクが高く、メーカー側も尻込みしがちである。従って、メーカーとリサイクル会社間の信頼関係はリサイクルが成立するための重要な条件となる。

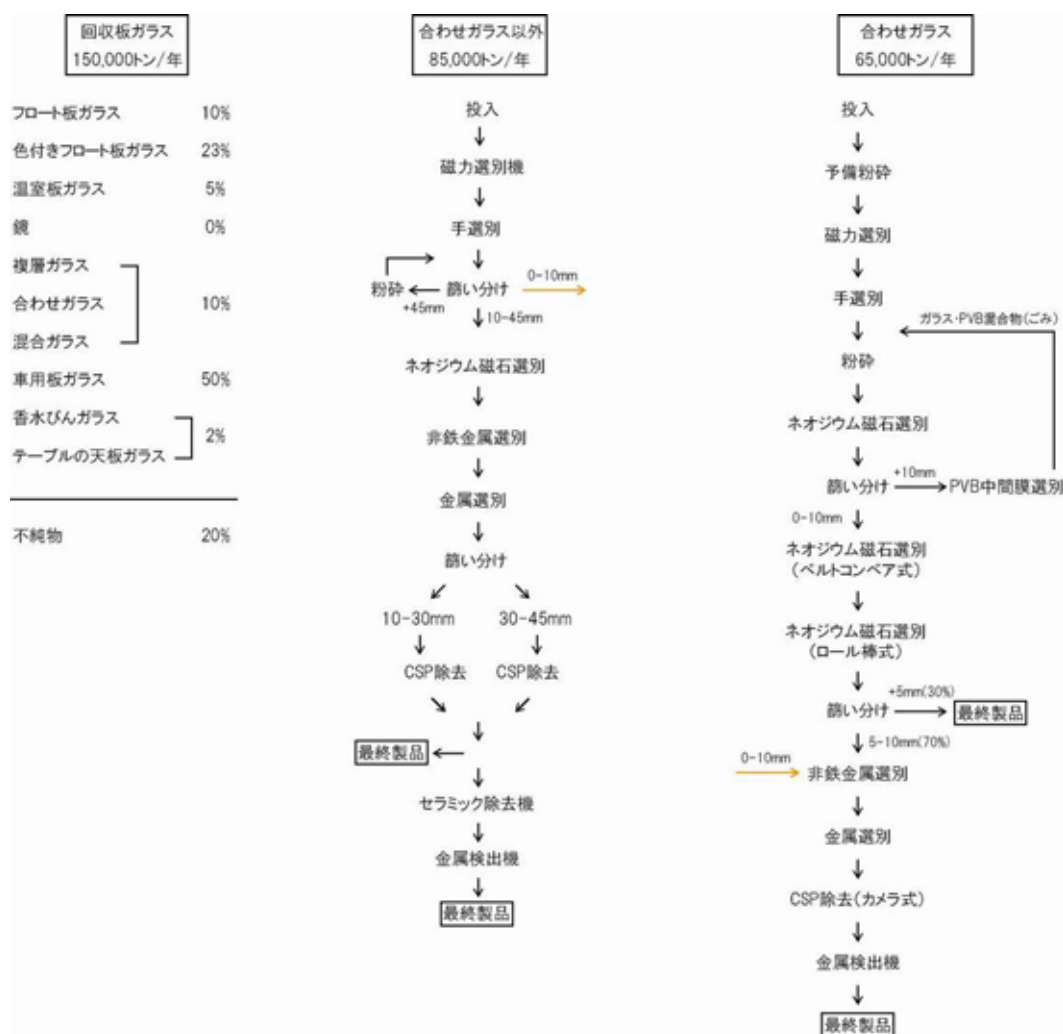
技術的な側面を見ると、やはり板ガラスへの再利用は困難が多いことが分かった。現在、板ガラスへ再利用されるのは、温室用板ガラスと加工端材のみである。温室はほぼガラスのみで構成された建築であるので、不純物が混じりにくくリサイクルしやすい。しかし、これは大量の温室を利用する隣国オランダの恩恵を受けているのであって日本への応用可能性は低い。一方、加工端材の板ガラスへのリサイクルは技術的障壁が低く、日本でも十分に適用可能だと考えられる。

マルタ社は様々なガラスメーカーと取引があるため、カレットの受け皿の幅が広い。そのため、マテリアルリサイクルを効率的に行なえている。日本でも、もちろん板ガラスに戻す努力も大切だが、受け皿を広げてマテリアルリサイクルの効率性を上げることが重要であると考えられる。



図 3-2-3：左から、ラインへの投入口、手選別、ブローワー、非鉄金属選別⁴⁶

⁴⁶ 筆者撮影。フローの詳細い内容については次ページの図 3-2-3 参照。

図 3-2-4：MA 社におけるガラスの回収量と再資源化フロー⁴⁷

福祉事業も兼ねるAHリユース店

ブリュッセルにあるセカンドハンドショップ（中古品販売店）AH リユース店について紹介する。AH リユース店は完全な私企業である。しかし、社会福祉事業を行なっているとして、運営資金の15%を公的な補助金で賄っている。中古品販売事業ももともとは社会福祉事業の一環で開始された。現在、リユースと聞くと地球環境問題を想起するが、AH リユース店の元来の目的は社会福祉だった。すなわち、ごみを集めて貧しい人々に破格の安値で売ろうという事業であった。従って、AH リユースショップが販売するものは生活必需品に限られ建材は扱っていないとのことである。

AH リユースショップは利益を追求しておらず、今後利益が増えればまた新たな社会福祉事業に参入するつもりとのことである。ブリュッセルには同様のセカンドハンドショップが10ほど存在している。行政当局も社会保障におけるセカンドハンドショップの存在を重視しているそうである。

⁴⁷ 聞き取り調査結果より筆者作成

図 3-2-5：AH セカンドハンドショップ内観⁴⁸**まとめ****促進要素**

促進自体が存在目的

抑制要素

技術的困難・バージン材との競合

抑制要素解消法

技術開発・市場育成

再資源化業者の特徴

ベンチャー的・技術開発途中

3-2-4 回収業者

本節は、41. DK 改修現場、42. GE ガラス加工工場、43. コンテナパーク、44. コンテナパーク、45. コンテナパーク への調査結果を元に記述する。

ごみを適切に分別して回収する

回収業者の役割は、ごみを適切に分別して回収することである。回収業者は各家庭にごみを回収しに行くだけではなく、コンテナパークと呼ばれるごみの回収拠点を持つことがある。そこでは、分別を徹底するように住民に指導的役割を果たす。

建築改修現場 DK 改修現場での取り組み

高層マンション改修現場からの廃板ガラス回収の取り組みの事例を説明する。

約 30 年前に建てられた 9 階建ての集合住宅である。13~15 年前にガラスは一度改修されており、今回が 2 度目の改修である。前回の改修は単層ガラスから単層ガラスへの改修だったので今回の改修は単層ガラスから複層ガラスへの改修である。

既存窓ガラスの解体手法は、まず純粋にガラスだけ取り外して、サッシや窓枠はあとから取り外すとのことである。取り外されたガラスは現場に置かれた VRN のコンテナの中に集められる。

オランダでは暖房費を抑える政策が採られているが、それに最も影響を与えているもののひとつが、2004 年を締め切りにして断熱の義務化を定めた EU directive である。これを受けてオランダでは

⁴⁸ 筆者撮影

新築だけでなく既存の住宅も断熱化が義務付けられた。そのため多くの改修工事が発生し、大量の板ガラスが廃棄される状況が生じているのである。

例えば、アムステルダム周辺では、既存の住宅のうちまだ 30 万戸の住宅が断熱ガラスに改修されずにいる。新築住宅に関しては年間 6 万戸の住宅供給が必要だが、政府は 4 万個しか供給できていない。新築住宅の供給主体は半分が市営で半分が民間である。以上のことから近い将来大量の廃板ガラスが発生すると考えられ、その処理方法が問題となっている。

コンテナは改修現場から VRN に要請すると、必要な数だけ送ってもらえるシステムになっている。コンテナが満杯になった場合は、VRN に連絡すると回収してもらえることになっている。すなわち、施工者としては板ガラスを分別さえすればあとは VRN が処理してくれるのである。

板ガラス中間加工工場 GE ガラス加工工場での取り組み

GE 中間加工処理工場は町中にある小さなガラス加工工場である。この工場の敷地内に一般の人が一般家庭から出る板ガラスを捨てられる回収拠点がある。この工場では駐車場の脇に 18 m³のコンテナが置かれていた(図 3-2-6、左)。この会社の場合そばに塗装を中心にした内装会社があり、その会社からは一定量の廃ガラスがこのコンテナに廃棄される。これは改修現場とは違い恒久的な回収拠点となる。

そもそも、ガラス加工メーカーからはガラス製造過程で端材が大量に出る。そのようなメーカーに VRN はコンテナを有料で貸し出している。例えば、2 m³のコンテナであれば月€20 である(図 3-2-6、中央)。€20 払えばコンテナが満杯になるたびにひと月に何回でも VRN が回収してくれる。これは廃棄物の処理費用としては破格に安い値段である。さらに敷地内の一部を回収拠点として VRN のコンテナを置けばそのレンタル料も無料になる。



図 3-2-6：左から、回収拠点の 18 m³コンテナ、工場内端材用の 2 m³コンテナ、ストックヤード⁴⁹

コンテナパークとは

コンテナパークはベルギーやオランダにみられるごみの集積所である。基本的な構造は国によらず同じで、ごみの種類ごとにコンテナが置いてあり、利用者は各自ごみをコンテナパークまで運んだのち、分別してコンテナに捨てる。回収業者はコンテナパークを管理し、集めたごみをしかるべき処理へと回す。このコンテナパークのおかげで、ベルギーやオランダでは非常に高いリサイクル率

⁴⁹ 筆者撮影

を誇っている。

しかし、その弊害も指摘されている。まず、住民への負担が大きい点が問題である。家庭ごみを、近くとはいえコンテナパークまで運ぶことはお年寄りや体の不自由な人には困難である。庭木をコンテナパークに捨てに行けないからという理由だけで、今まで住んでいた大きな家を引き払って小さな家に引っ越すお年寄りもいるそうである。

また、回収業者は公的機関であることが多い。その場合コンテナパークの使用量が無料であることもありうる。しかし、地域によってコンテナパークの使用料金は統一されていない。そのため、安いコンテナパークを求めてごみが不必要に輸送される問題を引き起こしている。



図 3-2-7：コンテナパークの風景

まとめ

促進要素

促進自体が目的

抑制要素

特になし

抑制要素解消法

特になし

回収業者の特徴

回収拠点における分別の重要性・コンテナパークの有効性と住民への過度の負担

3-2-5 輸送業者

本節は、32. VRN、45. コンテナパーク への調査結果を元に記述する。

輸送業者の果たす役割

輸送業者は回収拠点、再資源化業者、メーカーの間をごみの運搬によって繋ぐ。輸送段階のエネルギー消費をできるだけ少なく抑えるために、効率のよい運搬システムの構築が求められる。そのためには、情報化技術の導入が有効である。

大手輸送業者の存在

欧州において国を跨いでごみを運搬する大手輸送業者が存在する。自社のネットワークを広範に行き渡らせ、各地に回収拠点やごみ処理施設を有するため、高率な輸送経路の選択が可能になっている。そのようなごみ輸送業者は日本にはまだみられない。

第4章 協働の構造

4-1 協働の構造の類型化

本研究の全事例を協働の構造に注目して分析した。まず、2つのステークホルダーの間に存在する関係性を次の「対等」、「上下」、「関係介入」3つの視点から捉えた。すなわち、両者が対等である「対等」な関係、対等ではなくどちらかが上位となる「上下」関係、そしてこれらの関係性に外部から介入する「関係介入」である。

対等な関係は、協力、競争、交換、取引などである。例えば、入札制度の中で同業のステークホルダーが競争する例（事例31）が挙げられる。

上下関係は、指示、強制、圧力などである。例えば、建築設計の際にある主体が強力な権限を持って設計内容を指示する例（事例5、6、7）や、行政が開発主体にPV導入を強制する例（事例4）が挙げられる。

関係介入は、補助、調整、仲介などである。例えば、同じ事例31においてリサイクル管理機関が入札を通して競争という関係性に介入している例が挙げられる。

これら3つの関係に着目して、全事例を分析すると以下の4つの構造を見出し、類型化することができた。

4-1-1 ヒエラルキー型

ステークホルダーの間に明らかな上下関係があり、その最高位のステークホルダーが主導的な役割を果たしている構造である。ほとんどの意思決定は強力な権限を持つ最高位のステークホルダーによってトップダウン的になされるが、稀に下部から上層部への発議でボトムアップ式に意思決定がなされる例が見られた。

4-1-2 ウェブ型

ステークホルダーの間に明らかな上下関係が認められず、ステークホルダーが対等な関係を網目状に結んでいる構造である。ただし、関わるステークホルダーの数は2者のみであることも多く、基本的に小規模な協働体である。従って、ウェブ型と名付けたものの、多数のステークホルダーが蜘蛛の巣状に関係しあうことは稀である。

4-1-3 サテライト型

ステークホルダー同士は対等な関係を結び、ウェブ型的であるが、その中心に主導的役割を果たすステークホルダーが存在する構造である。対等な関係性の中にまとめ役が存在している。ウェブ型よりも規模が大きいことが多く、規模が大きいがゆえにまとめ役が存在していると考えられる。ウェブ型と同様2者のステークホルダーのみで構成されることもある。

4-1-4 関係介入型

協働体の外部から、ある主体が協働の関係性に介入することで、協働の構造自体を変化させたり、働きを調整したりする構造である。上記の3つの構造の場合ステークホルダーは他の主体と直接的

に関係を結んでいたが、関係介入の場合は既存の関係性に間接的に作用する点が特徴的である。また、この構造は法制度、ビジネスモデル、市場経済などかなり大きな規模を対象とする場合が多い。

4-1-5 まとめ

以上を図示すると、図 4-1-1 のようになる。ヒエラルキー型の実線は上下関係を表す。ウェブ型の実線は対等な関係を表す。サテライト型の実線はまとめ役との対等な関係を表し、破線はまとめ役以外のステークホルダーとの対等な関係を表す。関係介入型の実線は上下関係もしくは対等な関係を表し、矢印は関係性に介入していることを表す。

なお、図の下に示した事例数は、全 48 調査事例をそれぞれの構造に分類した結果である。ただし、調査事例の中には単独で協働を構成しているものもあれば、複数の調査事例がお互いに関連して協働を形成している組み合わせもある。

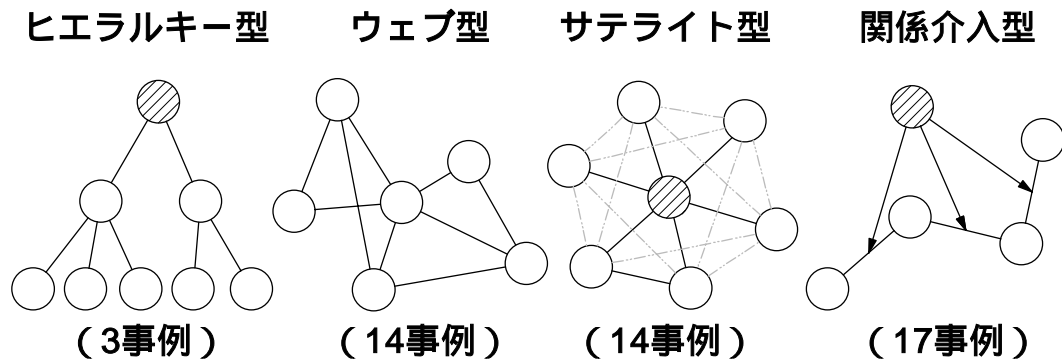


図 4-1-1：協働の構造（網掛けは主導的なステークホルダー）

4-2 協働の構造からみた具体的事例

前節では、全調査事例の中から4種類の協働の構造を見出した。本節では、協働の構造の視点を用いて、改めて具体的な調査事例を分析する。本節では、全調査事例の中でも特に関わったステークホルダーの多い協働や、環境配慮型建築に対して先進的な取り組みを行なっている協働をピックアップして、扱うことにする。なお、全事例を網羅的に扱う作業は次節4-3で行なう。

4-2-1 ソーラーシティ -ヒエラルキー型

この節は、5. ソーラーシティへの調査結果を元に記述する。

太陽エネルギーを導入した住宅地ソーラーシティはリンツ市と複数の開発公社によって開発された事例である。リンツ市と複数の開発公社がウェブ型協働を構築して、プロジェクトを主導した。世界的に著名な建築家が組織し、環境配慮型建築に熱心な READ (Renewable Energies in Architecture and Design) というグループを建築設計者として招聘したり、建築計画と都市計画のコンペを何段階にも分けて実施したりして、強力な設計体制を敷いた。

開発公社は利益追求を目的としないゲマインシャフトと呼ばれる組織である。複数のゲマインシャフトが臨時に組織され、地区ごとに分担して開発を進めた。開発公社によって賃貸・分譲など所有の仕組みが異なる。また、最初10年間は賃貸契約で、それ以降は居住者が購入を選択できる賃貸分譲混合形式を採用した公社もある。住民にとって開発公社との相性が重要である。

ソーラーシティでは年間エネルギー消費量が44kWh/m²以下との目標が掲げられているが、全ての開発公社がこの目標を達成している。25kWh/m²という値を達成した住宅もあった。これは、この地域の通常の住宅の年間エネルギー消費量が65kWh/m²であることを考えると、極めて優秀な数字である。

それと同時にトーマス・ヘルツォーク、ノーマン・フォスター、リチャード・ロジャース(以上READ)といった大御所や気鋭の若手アウエーアンドウェーバーによる挑戦的な建築提案やソーラー建築のスペシャリスト、マーティン・トレベルスバークによる都市計画によって、建築的にも都市的にも極めて質の高い住宅地を作り出すことに成功し、環境配慮型住宅地の優れた事例として注目を集めている。

地方自治体と開発公社がウェブ型協働体によって強力なリーダーシップを採り、コンペや指名や招聘による設計陣の決定、開発公社の参入による協働設計、ソーラーというコンセプトの提示、環境配慮の要請といった様々な手法で設計作業に介入した。

また、設計陣はデザインの提示によって、ソーラーシティで過ごす様々なユーザーの関係に介入し、その生活をデザインした。例えば、徒歩中心の生活スタイルや太陽の恵みを享受する空間、トラムによる都市の連結などの試みが挙げられる

強力なウェブ型協働による開発主体がヒエラルキー型協働を構築することで、先進的な環境配慮を成立させた例である。

図 4-2-1: ソーラーシティの協働の構造図と各種写真⁵⁰

4-2-2 アメルスフォルトソーラー住宅地 -ヒエラルキー型

この節は、7. アメルスフォルトソーラー住宅地への調査結果を元に記述する。

オランダのアメルスフォルトの郊外にある集合住宅地群である。住宅、学校、幼稚園、体育館などの屋根総計 12000 m²を超える屋根に、1.6MWp の PV パネルが設置されている。特に、開発の第 4 期に 1MW 以上の PV パネルを設置したメガワットプロジェクトは PV を大規模に導入した最初期の事例で世界的に注目を集めた。PV パネルを町のレベルで導入する利点は不利な立地への設置を促進する働きがあることである。PV を個人所有にすると、年間を通して確実に太陽光を得られる施主にしか動機が起こらない。しかし、大規模に導入し、パネルを多数の主体で共有すれば多少の有利不利は無視しても、設置面積を稼ぐ方向に向かいやすい。

メガワットプロジェクトは、アメルスフォルト市と電力会社 REMU が主導して行なった。全 500 戸のうち 250 戸の PV パネルは電力会社が所有し、残りの 250 戸はオーナーが所有している。前者の場合、はじめの 10 年間は電力会社が所有し、その間発電量の 20%をオーナー使える契約になっている。これは、屋根のスペースの賃料と考えることができる。なお、契約期間が過ぎると格安の値段で PV システムはオーナーへと譲渡される。

⁵⁰ 図: 筆者作成、写真: 筆者撮影

図 4-2-2：アメルスフォルトソーラー住宅の協働の構造図と各種写真⁵¹

4-2-3 EWE アリーナ –ウェブ型

この節は、8. EWE アリーナへの調査結果を元に記述する。

先進的な太陽追尾式 PV システムを導入した EWE アリーナは地方自治体と電力会社がウェブ型協働体を構築して建設した事例で、開発主体は地方自治体である。電力会社は、PV 関連の電気設備を無料で寄付するかわりに、その見返りとして、アリーナの命名権や企業の広告塔としての役割、将来を見据えた再生可能エネルギーによる分散型発電所のテストケースという価値などを得ている。市としても発電スペースを提供する見返りに、集客効果による税収や PV 電力、啓発効果などを得ている。

ステークホルダーが環境配慮型建築を媒介として相互受益のウェブ型協働体を構築した例である。

図 4-2-3：EWE アリーナにおける協働の構造図と各種写真⁵²

⁵¹ 図：筆者作成、写真：石田拓己、筆者撮影

⁵² 図：筆者作成、写真：筆者撮影

4-2-4 ホウテン消防署 -ウェブ型

この節は、28. ホウテン消防署への調査結果を元に記述する。

この消防署は「消防車のある家」をコンセプトとして、2000年に竣工した。設計は環境配慮型建築の名手でブリュッセルに事務所を持つ Samyn and partners である。

以前の消防署ではガスの消費量が大きすぎたため、その対策として市と建築家が PV 導入の案を選択した。車庫の屋根をガラス張りとして、PV を埋め込んだ。車庫のアトリウムは、消防士の家族も集めたパーティーが開催されることもあり、時には憩いの場となる。

この事例の最大の特徴は、消防署の屋根を電力会社 ENECO が建設し、PV とともに ENECO の所有物となっている点である。したがって、消防署は ENECO に屋根の賃料を払っている。そして、15 年後には屋根だけ無償で消防署に引き渡される契約となっている。しかし、PV システムはずっと ENECO の所有物である。

消防署にとってのメリットは建築意匠的にアクセントとなって目立つことができる点や、PV のメンテナンスを専門家が行ってくれるという点である。すなわち、PV を設置した建築物のオーナーがリスクを負う必要がなくなる点である。



図 4-2-4：ホウテン消防署における協働の構造図と各種写真⁵³

4-2-5 PK ガラスメーカーと RL 社 -ウェブ型

この節は、37. PK ガラスメーカーと 47. RL 社への調査結果を元に記述する。

PK ガラスメーカーと RL 社はガラスの再資源化において緊密な関係を築いている。PK 社におけるガラスカレット利用は、以前はカレット利用率が 25%であったが、現在は 15%となっている。内訳をみると約 10%は工場内で発生した端材で、残りの 5%は自社の加工製品から出る不良品

⁵³ 図：筆者作成、写真：筆者作成

や、端材を RL 社に委託して処理したカレットである。

RL 社に委託処理しているカレットの約 50%は、ゲルゼンキルヘンにある PK ガラスメーカーの耐火ガラス加工工場で製造される製品に由来するものであり、残りの 50%は PK ガラスメーカーの関連工場での加工端材に由来するものである。従ってカレットの成分は同じである。RL 社の分離処理の技術が開発されるまでは、耐火ガラスなどのフィルムを接着した製品の処理は確立されておらずカレット利用ができなかったため処理方法が問題となっていた。

PK グラートベック工場に隣接して RL 社が設立されてからは、ゲルゼンキルヘン工場からの加工端材処理を RL 社に委託してカレット化し、グラートベック工場に再投入できるようになった。RL 社に処理を委託することは、工場同士が隣接しているため輸送の面でも大きな利点がある。将来的には、カレットの利用率を高めたいが、現在発生している端材に由来するカレットを既に最大限まで利用しているため、これ以上カレット利用率を高めるのは難しい。

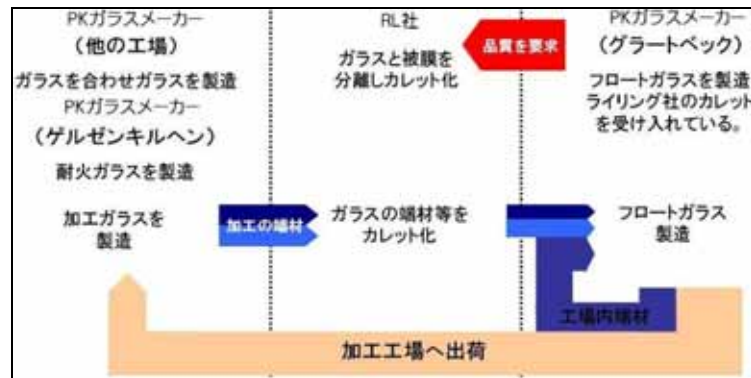


図 4-2-5 : PK ガラスメーカーと RL 社の協働の構造図⁵⁴

4-2-6 TO 研究施設 –サテライト型

この節は、21. TO 研究施設への調査結果を元に記述する。

TO 研究施設は本格的な性能を保持した外装建材として太陽光発電一体型建材を導入した事例である。ガラスカーテンウォールや天窓に太陽電池を組み込んだ。その際に建築設計者を中心として、設備設計者、構造設計者、メーカー、研究者からなるサテライト型の設計体制が組まれた。人目に触れない PV 配線ルートを確認するために検討したカーテンウォールの鉛直加重を負担するブラケット内部への配線の通し方（構造設計者＋設備設計者＋メーカー）や魚眼撮影による年間発電量予測（研究者）をはじめとする様々な検討が建築設計者を中心としてなされた。

建築設計者が環境配慮技術を持つステークホルダーとサテライト型協働を構築することで環境配慮を成立させた事例である。

⁵⁴ 磯部孝行作成

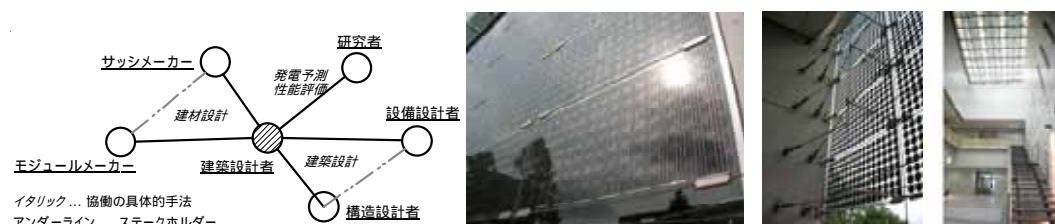


図 4-2-6：TO 研究施設における協働の構造と各種写真⁵⁵

4-2-7 グリーン価値証書－関係介入型

この節は、4. 研究講演会これからの太陽熱利用への調査結果を元に記述する。

グリーン価値買取りの取組みは、欧米で既に実用化が進み、日本でも採用の気運が高まっている事例である。自然エネルギー由来の電力や熱には環境価値があるとする考え方で、これをグリーン価値として証書化することで、経済的にやり取りできるようにした制度である。PV 建築のユーザーは、余剰電力を電力会社に販売すると同時に、一般企業にグリーン価値も販売できることになる。グリーン価値の取り扱いをする専門機関が作られ、そこで環境価値の認証や証券の発行やユーザーと企業の仲介がなされる。

行政が関係介入型の協働によってユーザーへ環境配慮の動機を与えた例である。

4-2-8 VRN - 関係介入型

この節は、31. VRN への調査結果を元に記述する。

オランダにおける板ガラスリサイクル管理機関である VRN がリサイクルシステムを構築した事例である。VRN は環境配慮の社会的要請から業界団体が母体となって結成された。ユーザー、輸送業者、再資源化業者、メーカーの間にある関係性に介入することで、それまで行なわれていなかった板ガラスの資源循環を誘導する。また、回収拠点や板ガラス専門の再資源化業者といった新たなステークホルダーの登場も促した。メーカーに対して、製造量に応じた課金をすることで、システムを運営する資金を得て、それを元手に入札を行なうことで、優れた業者を選定する。入札制度は再資源化業務のコントロールも容易にしている。また、廃材回収用のコンテナを自身で所有することにより、回収拠点における廃材の質を監視している。

関係介入型協働によって市場の仕組みを環境配慮型に変革した例である。

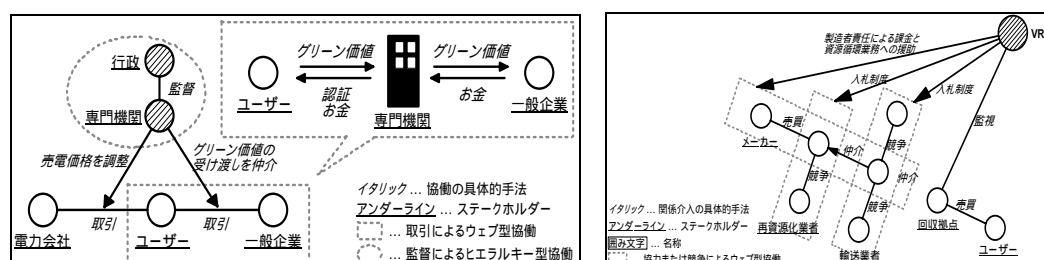


図 4-2-7：グリーン価値証書と VRN における協働の構造図⁵⁶

55 图：笔者作成、写真：笔者摄影

56 囟：筆者作成

4-3 協働の構造の分析と考察

前節では、4種類の協働の構造を調査事例の中でも特に特徴的な協働に実際に当てはめて考察した。本節では、全調査事例の特質を詳しくみることで、それぞれの構造の特徴を把握し、分析した。

表4-3-1は全調査事例をその協働の主要な構造によって分類した一覧表である。ただし、異なる種類の構造が多層階層で連なり、ひとつの協働に複数の構造が含まれることがある。例えば、環境配慮型住宅地を実現したヒエラルキー型協働において、最高位のステークホルダーが地方自治体と開発公社のウェブ型協働で構成されていた例が挙げられる（事例5）。

そこで、表4-3-1の分類はその事例における最も主要な構造によって行なっている。

表4-3-1：各事例における協働の主要な構造による分類

ヒエラルキー型	5, 6, 7
ウェブ型	8, 18, 28, 30, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48
サテライト型	9, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 38
関係介入型	1, 2, 3, 4, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 48

ここで、なぜ各事例がこのように分類されたのかを全事例について簡単に述べておく。

1. 産業総合研究所（関係介入型）

PV技術の最先端を扱う研究機関の活動である。行政との繋がりが強く、専門性を活かして社会に関係介入し、PV普及促進を誘導する。セルの効率向上といった実験的な研究から、PVシステムの経年変化や維持管理といった実用的な研究まで幅広く行ない、PV導入をサポートしている。

2. NRW州ソーラー建築50選（関係介入型）

行政当局の活動である。地方自治体であるNRW州が優れたソーラー建築を認定して、補助金を出し、さらに認定された事例を広く公開し啓発する形で社会に関係介入し、PV普及促進を誘導する。

3. カーボントラスト（関係介入型）

半公的投資機関のカーボントラストは、まだ普及していないけれど経済的に成功しそうな環境技術産業をあらかじめ見つけて投資する。第一目的は資金運用により利益を得ることであるが、副次的に社会に介入し環境配慮型技術の促進に寄与している。

4. 研究講演会これからの太陽熱利用（関係介入型）

テーマは様々な行政の取組みである。行政がいかに様々な手法を用いて社会に介入して太陽エネルギー利用を促進しているかについて。

5. ソーラーシティ（ヒエラルキー型）

大規模の PV 建築設計業務である。太陽エネルギー利用を中心とした環境配慮型住宅地建設の際に、地方自治体と開発公社が強力な権限で主導し、ヒエラルキー型協働の設計体制を敷いた事例である。

6. パルタウン城西の杜（ヒエラルキー型）

大規模の PV 建築設計業務である。地方自治体がハウスメーカー、PV パネルメーカー、研究者などを主導して、魅力的な住環境の追及と集中連携型太陽光発電システム実証研究を行なっている。

7. アメルスフォルトソーラー住宅地（ヒエラルキー型）

大規模の PV 建築設計業務である。地方自治体とエネルギー会社によるウェブ型協働がヒエラルキー型協働のトップとなって大規模な PV 住宅地を開発した事例である。大量の PV を住宅地に導入した最初期の事例で建設時には新奇性が極めて高かった。

8. EWE アリーナ（ウェブ型）

小規模の PV 建築設計業務である。地方自治体と電力会社が PV 建築建設の際に、相互受益となるような形でウェブ型協働を構築した事例である。

9. SS 設計事務所（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。ソーラー住宅地を SS 設計事務所が開発主体と建築設計者を兼ねて開発した事例である。SS 設計事務所が PV 建築に関する様々なステークホルダーと対等な関係を結びながら、プロジェクトを推進した。

10. 太陽光発電技術研究組合（関係介入型）

PV 専門の研究機関である。行政や研究者と連携を強めながらその専門性を活かして様々な手法で社会に介入していく。

11. 新エネルギー世界展示会（サテライト型）

新エネルギー関連の製品を扱うメーカーの見本市である。お互いが同志であり、競合相手である。各社対等な関係だが、展示会としては執行部がまとめているのでサテライト型である。

12. ドイツ太陽経済振興協会（サテライト型）

太陽エネルギー利用関連の製品を扱うメーカーが結成した業界団体である。太陽エネルギー利用促進に向けて、様々な手法で社会に介入する。

13. SN 社（関係介入型）

PV パネルを扱うベンチャー企業の活動である。最新技術の製品化にも積極的に取り組んでいる。新

しい価値のある製品を生み出すことで社会に介入しようとしている。

14. ECN（関係介入型）

エネルギーに関するオランダの研究機関である。公的な性格が強く、研究成果を活かして、社会に介入することで環境配慮型のエネルギー利用を実現しようとしている。

15. FH 研究所（関係介入型）

ドイツにおける大手研究企業である。技術研究所を持たない一般企業や行政機関から依頼を受けて研究する。その際に環境技術のノウハウを活かして、企業の活動に助言を与える場合がある。

16. WC 社（関係介入型）

再生可能エネルギーに関する製品を扱うドイツのメーカーである。業務内容は太陽光集熱器関連、太陽光発電関連、ペレット関連の3つである。シェア拡大の一環でソーラーエネルギー利用促進を目指し、施工者にソーラーパネルに関する講習会を行なうこともある。

17. ESTIF（関係介入型）

太陽熱利用に関するメーカーが組織した業界団体である。ロビー活動を積極的行なうことによって、市場を太陽熱利用にとって有利な方向に導こうとしている。再生可能エネルギー利用を促進するという目標を持っている。

18. SC 社（ウェブ型）

小規模の PV 建築設計業務である。ソーラーパネルに関するコンサルティングを業務としている。

29. Glas Ceysens や 30. SolarPark を設計した際に、施主と対等な関係で案を練った。

19. X 市庁舎（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。シースルーアモルファスモジュールを開発し、窓に BIPV として導入した事例である。建築設計者が中心となりながら、様々な主体が対等な関係で協力して、国内で始めてシースルーアモルファス BIPV を導入した。

20. TI ビル（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。国内ではじめてオフィスビルの外装に本格的に BIPV を導入した事例である。建築設計者が中心となりながら、対等な関係で設備設計者、構造設計者、モジュールメーカー、施工者、研究者などをまとめあげた。

21. TO 研究施設（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。本格的な性能を保持した外装材としての BIPV が目指されている。

る。円形セルのガラスカーテンウォールや天窓が BIPV となる。建築設計者が中心となりながら、対等な関係で設備設計者、構造設計者、モジュールメーカー、施工者、研究者などをまとめあげた。

22. JH 住宅（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。BIPV を用いた住宅デザインの導入を試みた。建築設計者が中心となりながら、対等な関係で設備設計者、モジュールメーカー、研究者などをまとめあげた。

23. BE 設計事務所（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。PV 建築をデザインする際には、指揮を執りながらも各種ステークホルダーと対等な関係を結ぶ。

24. ZW 設計事務所（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。PV 建築をデザインする際には、指揮を執りながらも各種ステークホルダーと対等な関係を結ぶ。

25. AR 設計事務所（関係介入型）

大手設備設計事務所である。専門性を活かして、コンサルティング業務の充実を図っている。その中で、行政をはじめとする様々なステークホルダーと対等な関係を結び、社会へ介入していこうとしていた。

26. FP 設計事務所（関係介入型）

大手建築設計事務所である。専門性を活かして、行政をはじめとする様々なステークホルダーと対等な関係を結び、社会へ介入していこうとしていた。

27. ベルリン中央駅（サテライト型）

中規模の PV 建築設計業務である。開発主体かつユーザーであるドイツ鉄道（DB）が中心となりながら様々なステークホルダーと対等な関係を結びながら、ソーラーを導入し、世界的に見ても独自性のある駅を開発しようと努力していた。

28. ホウテン消防署（ウェブ型）

PV 導入の実験的取組みである。消防署の屋根を電力会社が建設して BIPV のガラス屋根としている。屋根の所有権は電力会社にあるので、消防署は屋根を賃借りしている状態である。発電した電力も電力会社のものとなる。設計に関しては、環境配慮型建築の設計を精力的に行なっている建築設計事務所に依頼した。PV 建築を通して、消防署と電力会社が相互受益のウェブ型協働体を構築している。

29. Glas Ceyssens（サテライト型）

小規模のPV建築設計業務である。ソーラーパネルに関するコンサルティングを業務としている18. SC社に依頼して駐車場の屋根にPVを導入した。

30. SolarPark（ウェブ型）

小規模のPV建築設計業務である。ソーラーパネルに関するコンサルティングを業務としている18. SC社に依頼して個人の発電施設にPVを導入した。

31. VRN（関係介入型）

オランダにおける板ガラスのリサイクル管理機関である。板ガラスの市場に介入することで環境配慮型へと変革した。

32. Recovinyl（関係介入型）

ヨーロッパにおけるPVCのリサイクル管理機関である。PVCの市場に介入することで、環境配慮型へと変革した。

33. OVAM（関係介入型）

フランドース地方のごみ問題を扱う行政当局である。ごみ処理システムを変革することで、環境配慮型のシステムへと誘導している。

34. ベルギーガラス協会（関係介入型）

ベルギーにおけるガラスメーカーが組織した業界団体である。既存の市場に最低限の介入を施すことで、環境配慮型の業界へと舵を切ることを目指している。

35. 石膏工業会（関係介入型）

ドイツにおける石膏メーカーの工業団体である。石膏産業に介入することで環境配慮型に変革しようと試みてはいるが、経済的に成立させるのは現段階では困難のようである。

36. SASE（関係介入型）

ドイツにおいて公衆衛生と廃棄物問題を扱う機構である。研究施設と啓発施設を持つ。啓発施設では、公衆衛生と廃棄物問題に関する展示を行ない市民意識の向上を図る。

37. PK ガラスメーカー（ウェブ型）

大手ガラスメーカーの取組みである。再資源化業者及び輸送業者とウェブ型協働を構築することにより、ガラスの再資源化を促進させている。

38. ガラステック（サテライト型）

ガラスメーカーが行なった見本市である。お互いが同志であり、競合相手である。各社対等な関係だが、展示会としては執行部がまとめているのでサテライト型である。

39. PF プラサッシメーカー（ウェブ型）

PVC サッシ工場における取組みである。輸送業者や再資源化業者と対等な関係を結びながら、PVC リサイクルに取り組んでいる。

40. DK 改修現場（ウェブ型）

廃板ガラスが発生する高層マンションの改修現場である。改修現場内では、施工者が板ガラスを多建材から分離して収集する。輸送業者はそれを回収して、再資源化業者へと輸送する。これらのステークホルダーが対等に関わる中でリサイクルが促進されている。

41. GE ガラス加工工場（ウェブ型）

ガラスの中間加工端材が発生するガラス加工工場である。加工端材を工場内で収集し、輸送業者を通してメーカーへ受け渡す。このように各ステークホルダーが対等に関わることで環境配慮が推進されている。

42-44. コンテナパーク（ウェブ型）

ごみの回収拠点である。ユーザーが各自ごみを分別して捨てる。コンテナパークは輸送業者を通して回収したごみを再資源化業者やごみ処理施設や最終処分場へと受け渡す。これらがウェブ型に協働して適切なごみ処理を行なっている。

45. HF 社（ウェブ型）

廃板ガラスを再資源化する特殊技術を有する業者である。VRN が構築したシステムの中で、メーカーや回収業者など対等な関係の中で資源循環を推進する。

46. MA 社（ウェブ型）

ガラスの再資源化業者である。ガラスメーカーと緊密な関係を築いて再資源化を促進する。

47. RL 社（ウェブ型）

ガラスの再資源化業者である。ガラスメーカーと緊密な関係を築いて再資源化を促進する。

48. AH リユース店（関係介入型）

社会福祉事業としてリユース店を運営することで環境問題対策と社会福祉事業を通して、社会に介入する。

以上の結果を受けて、各協働の構造について分析と考察を加える。

4-3-1 ヒエラルキー型

ヒエラルキー型に分類された3事例（事例5、6、7）は全て大規模のPV建築設計業務であった。どれも、PVを住宅地のレベルで導入した事例であり、大きな協働をまとめるためにヒエラルキーが発生していると考えられる。

これら3事例はどれも先進的なPV導入プロジェクトとして広く知られているものである。3事例とも最上位のステークホルダーは複数の主体によるウェブ型協働体で、その中に行政が含まれていた。行政の相手には開発公社（事例5）、研究機関（事例6）、電力会社（事例7）などがみられた。このように最上位の主体が公的な権限と様々な専門性を有し、かつ環境配慮に積極的な場合、先進的な環境配慮型建築が成立しやすいと考えられる。従って、行政が環境配慮型建築を開発するプロジェクトに適している協働の構造であると考えられる。

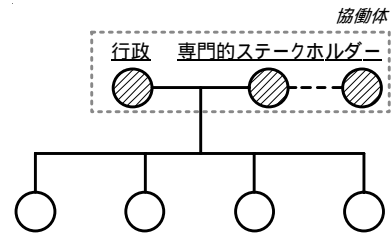


図 4-3-1：ヒエラルキー型協働

4-3-2 ウェブ型

ウェブ型に分類された事例は小規模のPV建築設計業務（事例18、30）とリサイクル業務（事例37～48）とPV導入の実験的取組み（事例8、28）であった。これらの協働は建築プロジェクトや再資源化システムなどのより大きな協働の一部分を成している場合が多かった。また、そのほとんどが2つから4つのステークホルダーで構成された小規模な協働体で、各ステークホルダーの役割が明白だった。協働の規模が小さく、また各ステークホルダーが自身の役割を自覚しているため、主導的な役割を果たすステークホルダーが存在しなくても成立している構造だと考えられる。

また、ウェブ型単独で環境配慮を成立させるには、事例8や事例28のように相互受益と環境配慮を両立させる仕組みを考案する発想力が重要だと考えられる。第2章と第3章で具体的に各ステークホルダーの特徴を書き出したが、それらを組み合わせうまくかみ合う特徴を探すことは、仕組み考案に繋がる可能性があると考えられる。

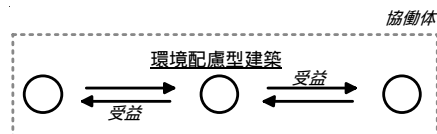


図 4-3-2：相互受益をもたらすウェブ型協働

4-3-3 サテライト型

サテライト型に分類された事例は中規模の PV 建築設計業務（事例 1、19～24、27～29）と見本市（事例 11、38）であった。なお、表 2 では業界団体（事例 12、17、34、35）は全て関係介入型に分類されているが、その組織構成はサテライト型である。関わるステークホルダーの数がウェブ型よりも多いため、中心的な役割を果たすまとめ役が必要になった構造だと考えられる。ウェブ型と同様にさらに大きな協働の一部を成している場合が多かった。

事例から、サテライト型の主体は環境配慮型業務の遂行を円滑にする、もしくは各自の利益を確保するために協働している傾向がみられた。前者の場合は既存の業務内容にサテライト型で環境配慮の専門家を招き入れる手法が採られる。例えば、建築設計の際に PV 研究者や PV メーカーを業務に巻き込むことが例として挙げられる。この場合協働がうまく作用すれば、環境配慮型建築が成立することになる。一方、後者の場合はその利益と環境配慮を何らかの手法で繋げることで環境配慮が成立すると考えられる。ただし、これはウェブ型の場合と同様に発想力が問われるので、難易度は高いと考えられる。

4-3-4 関係介入型

関係介入型に分類された事例は、行政当局の活動（事例 2～4）、企業や業界の活動（事例 13、16、17、25、26、31～35）、研究教育機関（事例 10、36）であった。どの協働も主導するステークホルダーが自身の専門性を活かして、社会制度、ビジネスモデル、市場構造などを環境配慮型に誘導し変革するものであった。

事例によって介入手法や扱う対象が多岐に渡り、極めて個別性の高い構造であったため、収集した事例以外にも様々な可能性があると考えられる。また、この構造は最も多くのステークホルダーが関わっていた。そのため、環境問題の規模が大きくなるにつれてさらに重要度を増すと考えられる。しかし、主導する主体が正しい展望と的確な介入手法を有する必要がある、その難易度は極めて高いと考えられる。

関係介入型とヒエラルキー型はどちらもかなり大きな規模の協働を構築する点で類似するが、相違点は前者が既存のシステムに働きかけることが多いのに対して、後者は全く新しいシステムを作り出す際に現れる傾向が強いことである。前者は、既存のものを利用するので少ない操作でかなりの見返りを得られることが多い。それは、Recovynyl（事例 32）の取組みが、たったひとりの運動から始まったことに象徴される。一方で、後者は最新の環境技術を実用化する際によくみられる。それは、アメルスフォルトのメガワットプロジェクト（事例 7）に象徴される。環境配慮型技術の不安要素に勝るだけの強力な権限と豊富な先端知識によってプロジェクトを推進する際にはヒエラルキー型が適している。

以上述べてきたように、各構造には向き不向きがあるので、それらを把握したうえで環境配慮型建築の実現を考えることが重要である。

第5章 終章

本研究では、環境配慮型建築を成立させているステークホルダーの協働の事例を多数収集することで、協働の構造を抽出し、類型化した。

この視点を用いて具体的事例を分析することによって、それぞれの協働を構造的に理解することができた。

また、全事例をそれぞれの構造ごとに分類することで、各構造の特質と傾向を見出した。そして、環境配慮型建築を成立させるために重要だと考えられることを考察した。

ヒエラルキー型

ある程度強力な権限を持つ公的機関と様々な専門を持つステークホルダーによる協働体は、ヒエラルキー型のトップとして優れた働きを期待できる。特に、新奇性の高い取組みを新たに始める場合に有効である傾向が見られた。

ウェブ型

ウェブ型はそれよりも大きな構造の一部に含まれることが多い。ウェブ型が単独で環境配慮型建築を成立させるときは関わるステークホルダーが何らかの形で相互受益の関係性にあることがある。そのときに、先進的な環境配慮型建築が成立することがある。

サテライト型

ウェブ型と同様にそれよりも大きな構造の一部に含まれることが多い。既存の業務内容にサテライト型で環境配慮の専門家を招き入れることによって環境配慮型建築が成立していることが多い。また、ステークホルダーが自身の利益のためにサテライト型協働を構築している場合は、その利益と環境配慮を何らかの手法で繋げることで環境配慮が成立すると考えられる。ただし、これはウェブ型の場合と同様に発想力が問われるので、難易度は高いと考えられる。

関係介入型

既存の枠組みの中に存在する様々な関係性に介入することで、システムそのものを変革させる例が多く見られた。主導者が確かな展望を持ち、関係性に介入できるだけの権限や財力を持っている場合、環境配慮型建築が成立しやすいと考えられる。さらに、関係介入型は社会制度や市場経済といったかなり規模の大きな協働を得意とするので、今後、環境問題が複雑化するにつれてさらに重要になると考えられる。なお、環境先進国である欧州でよくみられたので、今後日本への導入を検討する必要がある。

事例番号	調査事例名	関わり調査先のステークホルダー	調査事例の属性	所在地	主な調査内容
1	産業総合研究所	行政	独立行政法人	茨城県つくば市	PVの概要とメンテナンス問題
2	NRW州ソーラー建築50選	-行政 -行政開発事業体 -建築設計者 -ユーザー	住宅地	ドイツNRW州	住宅地の概要と助成制度
3	カーボントラスト	-行政 -研究者	研究機関	イギリスロンドン	行政の研究活動と投資活動
4	研究講演会 これからの太陽熱利用	-行政 -メーカー	研究講演会	東京都新宿区	行政の取組みと最新技術
5	ソーラーシティ	-行政開発事業体 -ユーザー	住宅地	オーストラリアリンツ	市主導のソーラータウン建設過程
6	バルタウ南城西の杜	-行政開発事業体 -設備会社	住宅地	群馬県太田市	住宅地の開発過程と研究成果
7	アムスフォルトソーラー住宅地	-行政開発事業体 -エネルギー会社	住宅地	オランダアムスフォルト	住宅地の開発過程と所有の仕組み
8	EWEアリーナ	-民間開発事業体 -エネルギー会社	アリーナ	ドイツオルテンブルク	エネルギー会社による先進の開発事業
9	SS設計事務所	-開発事業体 -建築設計者	住宅地	ドイツフライブルク	住宅地の開発過程と設計手法
10	太陽光発電技術研究組合	研究者	研究機関	東京都港区	世界のPV導入状況と今後の政策目標
11	新エネルギー世界展示会	メーカー	見本市	千葉県千葉市美浜区	PV関連メーカーの最新動向
12	ドイツ太陽経済振興協会	業界団体	業界団体	ドイツベルリン	ドイツにおけるPVの現状や法整備
13	SN社	メーカー	PVメーカーのオフィスと工場	ドイツウェーデル	建築と電気設備のニッチ産業に着目
14	ECN	研究者	研究機関	オランダペッテン	オランダとEUにおけるPVの現状
15	FH研究所	研究者	研究機関	ドイツフライブルク	PVの導入状況と認証システム
16	WC社	メーカー	太陽集熱器メーカーのオフィス	ドイツケルベ	太陽集熱器の最新技術
17	ESTIF	業界団体	業界団体	ベルギーブリュッセル	認証システム作成過程と組織概要
18	SC社	ソーラーパネルコンサルティング	コンサルティング会社	ベルギーゾルダー	ソーラーパネルのコンサルティング手法
19	X市庁舎	設備設計者	市庁舎	X県X市	シースルーアモルファスモジュールについて
20	TIビル	建築設計者	オフィスビル	東京都渋谷区	オフィスビルにおける建材一体型PV
21	TO研究施設	-建築設計者 -研究者	研究施設	茨城県つくば市	建材一体型PVガラスカーテンウォール
22	JH住宅	建築設計者	住宅	東京都新宿区	住宅における建材一体型PV
23	BE設計事務所	建築設計者	建築設計事務所	オランダライデン	PV建築の設計手法について
24	ZH設計事務所	建築設計者	建築設計事務所	オランダユトレヒト	PV建築の設計手法について
25	AR設計事務所	設備設計者	エンジニアリング事務所	イギリスロンドン	エンジニアリングからの環境配慮型建築
26	FP設計事務所	建築設計者	建築設計事務所	イギリスロンドン	建築設計者からの環境配慮型建築
27	ベルリン中央駅	-自社施設利用管理 -自社開発事業体	鉄道駅	ドイツベルリン	自駅の開発過程と運用手法
28	ホウテン消防署	-自社施設利用管理 -自社開発事業体	消防署	オランダホウテン	自社施設の開発過程と運用手法
29	Glas Ceyssens	設備管理者	工場・駐車場	ベルギーゾルダー	施主からみた環境配慮型住宅
30	SolarPark	設備管理者	発電施設	ベルギーオステン	施主からみた環境配慮型住宅
事例番号	調査事例名	関わり調査先のステークホルダー	調査事例の属性	所在地	主な調査内容
31	VRN	業界団体	業界団体	オランダゴータ	板ガラスリサイクルシステムの概要
32	Recovinyl	NPO	NPO	ベルギーブリュッセル	PVCリサイクルシステムの概要
33	OVAM	行政当局	行政当局	ベルギーメッヘレン	フランダースにおけるリサイクルの現状
34	ベルギーガラス協会	業界団体	業界団体	ベルギーブリュッセル	ベルギーにおけるガラスリサイクル
35	石膏工業会	業界団体	業界団体	ドイツグルムシュタット	ドイツにおける石膏リサイクル
36	SASE	研究機関	研究機関	ドイツイザローン	エッセンにおける公衆衛生の歴史
37	PKガラスメーカー	メーカー	ガラスメーカー	ドイツグラートベック	ガラスメーカーとリサイクル
38	ガラステック	メーカー	見本市	ドイツシュトゥットガルト	ガラスメーカーの最新動向
39	PFブラサッシメーカー	メーカー	PVCメーカー	ドイツトロイスドルフ	PVC工場で使われるリサイクル材の現状
40	DK改修現場	業界団体	高層住宅改修	オランダロッテルダム	改修現場からの単層板ガラスの回収
41	GEガラス加工工場	メーカー	ガラス加工工場	オランダバーレンドレヒト	ガラス加工工場からの加工端材の回収
42	コンテナパーク	業界団体	コンテナパーク	オランダリッデルケルク	オランダのコンテナパーク
43	コンテナパーク	業界団体	コンテナパーク	オランダティルブルク	オランダのコンテナパーク
44	コンテナパーク	ごみ管理会社	コンテナパーク	ベルギーメッヘレン	フランダースのコンテナパーク
45	HF社	再資源化業者	カレットメーカー	ベルギーアントワープ	解体現場からの板ガラスリサイクル
46	MA社	再資源化業者	カレットメーカー	ベルギーロメル	世界最大規模のガラス再資源化工場
47	RL社	再資源化業者	カレットメーカー	ドイツグラートベック	高度な技術を持つガラス再資源化工場
48	AHリユース店	セカンドハンドショップ	セカンドハンドショップ	ベルギーブリュッセル	セカンドハンドショップの美態

1. 産業総合研究所

独立行政法人産業総合研究所の研究員の K 氏への聞き取り調査。

日時：2006 年 9 月 22 日（金）14:00～16:30

場所：茨城県つくば市、産業技術総合研究所

応対者：K 氏

参加者：清家研）山下、松田 松村研）荒木

ヒアリング内容：TO 研究施設の B I P V 概要と経年調査結果
つくば産総研におけるメガワットプロジェクト



TO 研究施設内ロビー、パネル展示場

Mega Solar Town 計画について

- ・ 研究用ではなく、実際に使って評価するための P V 設置計画
- ・ 2 年半前に P V 869 k w p（5600 枚）+ パワーコンディショナー（A C インバータ）を設置
サッカーグラウンド 1 面分に相当
- ・ 通常は 10 k w や 20 k w で導入するところ、住宅用規模の 4 k w を 211 台という実用的な形態
- ・ これによってパネル設置費用が安く済み、且つ、集中することによって電力品質にどのような問題（電圧、高周波、安全面）を起こすかを調査している
- ・ 電圧の問題：通常は上流から徐々に電圧が下がる方向に流れている過程に、住宅から逆流させる際には受け入れ側の電圧を少し高くして受け入れるようにする（法定範囲は $101 \pm 5 V$ ）
- ・ 集中しすぎると法定内の電圧では逆潮流しにくくなり発電効率が落ちるので、その適正規模を探っている
- ・ 高周波の問題：A C コンディショナーで変換した電流は歪んだ交流波になるため、これが大量に逆流するとインフラの電流系統にも影響が出るかも知れない
- ・ 安全面の問題：設置している P V の電力系統が落ちると一旦止まり自律運転モードになるが、P V 群になると誤作動を起こしやすく、電力系統の復旧作業に支障が出かねない
- ・ 風力は夜間も発電を続けることができるが、これをピーク時の電力消費に充てると、発電を停止した時に電力会社の対応が追いつかない可能性がある（＝ピーク時の電力品質の低下につながる）
- ・ ヨーロッパのような風の安定した地域には適するが、日本の荒い風には向かず、大規模には導入できない
- ・ P V 設置にはモジュール自体の費用のほかに、基礎工事や周辺機器の設置費用がかかる
- ・ モジュール自体のコストはこの 10 年ほとんど変わらないが、その他の費用が大幅に削減され、モジュールの 1.5 倍程度にまで下がった
- ・ 2004 年の段階では 20 年メンテフリーで使用して発電コストは 46 円/k w h、1993 年の 260 円/k w h から比べると大幅に下がったが、政府は 2010 年に 23 円/k w h を目標にしている
- ・ 2004 年に国内の住宅用 P V 設置が 1 0 0 0 MW（原発 1 基分）を超える（30 万件相当）

- ・ 2004 年は世界の先進国全体で P V 発電量が 2.6 GW で、日本はその 4.4 % を占め 1 位だったが、2005 年にはドイツに抜かれた（商業として成立しているドイツは伸びが大きい）
- ・ 単結晶 S i 種決勝から生成した円柱シリコンをスライスしたウェハーから作成（黒、主流）
- ・ 多結晶 S i 高温で生成した方形シリコンをスライスしたウェハーから作成（青、主流）
- ・ 非結晶（アモルファス）S i ガラス基板上に S i ガスを吹付けて作成（赤、薄、安）
- ・ ヘテロ結合 S i 単結晶 S i とアモルファスを結合させたハイブリッド構造（高）
- ・ P V の標準状態とは、日射量 1 kW/m^2 、エアマス AM1.5、P V 温度 25 を言う
- ・ 夏は 60~70 度、冬は外気が 10 度で 30 くらいになっており、結晶系は暑いと効率落ちる
- ・ P V の最大出力は日射量（日射が減ると電流が下がる）と温度（温度が上がると電圧が下がる）の 2 つの出力特性によって決まり、P V が複数になると最大出力のヤマが複数できるため、複雑になる。
- ・ 損失要因は、パワーコンディショナー損失、温度損失、日影やよごれなどがメイン、他には M P P T ミスマッチ損失（最大出力のヤマを間違える）、直流損失など
- ・ つくばでのシステム出力係数はピークで $750 \text{ kW}/1000 \text{ kW}$
- ・ P V の断面は、強化ガラス + 透明充填材料（E V A など） + 裏面シート（テドラ）
- ・ 流れは、P V 接続箱 コンディショナー ブレーカー

TO 研究施設の B I P V と屋上設置の通常 P V

- ・ 円いセルは四角いセルよりも面積効率が悪い
- ・ 壁面での垂直設置は、夏はほぼ素通りで冬も微妙である
- ・ 5,6 枚はセルが割れているが発電には影響なし
- ・ 30 枚ほどセルの両面のパウチ部分が剥離しており、白くなっているがこれは設置 3 年目くらいから見られた、というように P V を長持ちさせるのは難しいのが現状であり、目下いかに高い効率で出力するかに重点が置かれている
- ・ 加藤さんの研究は「どのようなメンテナンスをすれば長持ちするか」というところで、P V を設置しても多くの人は発電量しか見ておらず、屋根上にあって見えない且つ音もしないため、メンテナンスをあまりしないのが現状だが、実際にはメンテフリーではない
- ・ P V もパネル 1 枚 1 枚が外せてメンテナンスしやすいデザインが建築にも求められている
- ・ つくばにある 1000 枚中、2 年半で 4 % のセルに陰もないのにホットスポットが生じ、その部分だけ 95 近くの高温になり、周囲の 50 と比べてかなり温度が上がる
- ・ メーカーは 10 年保証として発電効率が 90% を下回ったら保証することになっているが、その 90% という基準がユーザーには分からず、メーカーも結局ははっきりとした効率を算定できないので、現在は 10% おまけして 110% で売るのが通例となっている
- ・ B I P V は実際の所メンテナンスの仕方が分からず、モジュールとしても大きめであるため、寸法フリーなモジュール規格が必要と思われる
- ・ 屋上にある通常 P V は 15 度の角度で設置されており、これは夏のピークの発電量を確保するための角度であり、冬よりも夏を優先した結果であるが、実際、30 度にとるとパネル自体の陰の影響で P

ネル間のインターバルを大きめにする必要があり効率が悪い

- ・ 電気の中身としては電力会社からの電源と同じなので、P Vを設置するということはそこに付加価値をつけるということであり、電気屋から見ると建材自体が付加価値でもある



外側から見た BIPV



内側からみた BIPV



天窗のシースルー型

産総研 H Q のシースルー型 P V

- ・ つくば産総研の本部で 41 k w の P V を設置しているが、ピークの発電効率を考慮して 30 k w のインバータしか取付けていない
- ・ ドイツ製の両面ガラスで挟まれた P V セルには小穴が空いており、中に光が入る仕組みになっているが、面積の半分近くは孔でメッシュ内の空気が残っているため薄利の可能性はある
- ・ ここでは意匠統一のためにガラスの大きさに合わせてダミーセルも設置しているが、ここでは本物の使っているセルとダミーセルの経年変化も比較することを考えている
- ・ シリコン自体はグレーだが表面加工をして青くしており、結果として色むらが出ている



外観



内観



細部（上一列ダミー）

駐車場とその隣の太陽の広場（太陽光発電パビリオン）

- ・ M S K の P V を屋根として設置
- ・ 裏面のテドラは P V F + アルミ + P V F という構成、P E T の白い半透明シートを使用
- ・ 黒いのはジャンクションボックス
- ・ パネル間に隙間を空けないと建築基準法で建築物としてみなされ税を徴収されるため効率が悪いが隙間を設けている
- ・ シャープ、京セラ、三菱、シェル、三菱重工、三洋のメーカー毎のデータを取っている
- ・ 天然シリコンは 92% の純度で、ノルウェーなどの安い電力を用いて 1400 で溶かし、99.9999999% の純度まで引き上げる

- ・ 単結晶は種となるシリコンを入れてゆっくり冷やして結晶とするので方向性が統一された意思になるため多方向性の多結晶より効率が高いが、円柱型になる（多結晶は方形）
- ・ シリコンはお湯の中で冷やして固め、0.2~0.3mmにスライスする
- ・ アモルファス（非結晶）は SiH_4 （シランガス）を真空中でガラスの表面にプラズマをかけて定着させる（H が取れてシリコンの層がガラスの上に堆積する）= CVD 法
- ・ 多結晶（マール）は単結晶より発電効率が悪いが、ワット当たりの単価は安い
- ・ 三菱電機：多結晶、青、効率 12%、表面加工で反射防止シートの色
- ・ シャープ：単結晶、黒、効率 13%、円柱の角を切り取って面積効率をあげている
- ・ 京セラ：多結晶、黒灰色、マールなし
- ・ 三菱重工：アモルファス、赤、0.2 μm 、レーザー加工された横スリットの 1 枚 1 枚がセルで集積的直列形式なので任意の電圧が作れるメリットがある、ここでは 1 枚 60V、量産化で安い効率が 6%、表がマイナスで電線が表面に露出するが、電線を細くすると抵抗が大きくなるジレンマがある
- ・ 三洋：HIP、アモルファス + 単結晶のヘテロ結合型、アモルファスが青系の光に、単結晶が赤系の光に反応して発電するため、光エネルギーの損失が少なく効率が 16%と良いが単価が高い、今は 20% 近い効率のものもある



左上：駐車場屋根 PV

中上：駐車場 PV ジャンクションボックス

右上：三菱多結晶 Si

左下：シャープ単結晶 Si

中下：京セラ多結晶 Si

右下：三菱重工アモルファス

2. NRW 州ソーラー建築 50 選

地方自治体の G 氏、建築設計者の J 氏、エネルギー会社の M 氏、ユーザーの住民の皆さんへの聞き取り調査。

NRW 州ソーラー建築 50 選 調査報告

0611 山下・松田

日 時：2006 年 11 月 05 日（木）10：00～11：00

場 所：Aachen-Laurensberg, Germany

アーヘン・ローレンスベルク、ドイツ

対応者：一般住民

参加者：小室、山下、松田

インタビュー内容：住宅概要、住まい方、問題点など



40 代夫婦

- ・ 2002 年からこの住宅地に子ども 2 人の 4 人家族で住んでいる。
- ・ ソーラーコレクターは空気式で、集熱した空気を屋根裏から回すので時間がかかるが、給湯には特に問題はなく、エネルギー消費量の 60% 程度を賄ってくれている。（不足分はガス加熱）
- ・ 問題点は地下空間がないことくらい。
- ・ この住宅地の敷地内の北側と南側で開発者が異なり、南側の住宅棟は賞を取った。

日 時：2006 年 11 月 05 日（木）16：00～16：30

場 所：Koeln-Bocklemuend, Germany

ケルン・ボックルミュント、ドイツ

参加者：小室、山下、松田

実地見学のみ



日 時：2006 年 11 月 06 日（木）11：00～11：40

場 所：Gelsenkirchen-Bismarck, Germany

ゲルゼンキルヒェン・ビスマルク、ドイツ

対応者：一般住民

参加者：小室、山下、松田

インタビュー内容：住宅概要、住まい方、問題点など

住宅内視察：地下室コントローラー、屋根裏給湯タンク、

インバータ、ガスエンジン設備



50 代女性

- ・ 2000 年に新築されたこの分譲住宅を購入し、住み始めた。

- ・ 購入時にはソーラーパネルは付いていなかったが、完成してみたら市が付けていた。
- ・ 売電すると年間 500 ユーロ程の収入になる。
- ・ 曇天の場合はガスで給湯を賄うことになる。
- ・ 外観上は特に悪いとは思わないし、経済的且つ、実用的で結構なことだと思う。

30 代男性（Geffke 氏）

- ・ 夫婦と子ども 2 人で移り住んだが、子どもの環境教育にも良いと思って購入した。こういった住宅はエネルギー供給会社やゼネコンからの広告で情報が入手できる。
- ・ ソーラーコレクターは温水式で、風呂や台所には使うが、暖房には使用していない。100%を賄うわけではなく、晴れていたら自分で屋根裏のスイッチを切り替えて、ソーラーコレクターかガスエンジンかを選択して貯湯タンクの湯を 45 度に加熱する仕組みになっている（自分で切り替えなくてはならないし、追い焚きと連動してくれないため面倒である）
- ・ 太陽光発電装置は年間 1200kWh 発電し、この家では作った電気は全て売り、年 600 ユーロ程度の収入になっている。（電気は自動的に売電することができ、kWh あたり 0.5 ユーロと通常電力より高く売れる）
- ・ ソーラー設備は Geffke 邸のある北側分譲住宅では賃貸で、0.4～0.5 ユーロ程度支払っているが、この住宅地の南側では、同じく分譲住宅地であるが、ソーラー設備は E L E というエネルギー会社が所有しているという形式上の違いがある。
- ・ 地下のコントローラーのメーターは右側が自宅の電力消費で、左側が売電量を示している。
- ・ 屋根裏には貯湯タンク(青)と SunnyBoy というインバータ、ガスバーナー(白)を設置している。

日 時：2006 年 11 月 06 日（木）12：00～13：00

場 所：Gelsenkirchen-Lindenholz, Germany

ゲルゼンキルヒェン・リンデンホフ、ドイツ

応対者：Joachim (ARCH PLAN・建築設計者)

Monika (LEG・エネルギー会社)

Gries (NRW・地方自治体)

参加者：小室、山下、松田

聞き取り調査内容：住宅概要、住まい方、問題点など

住宅内視察：地下室コントローラー、給湯タンク、
インバータ、ガスエンジン設備



設計手法について （建築家 Joachim 氏）

- ・ この住宅地は元々戦後間もない 50 年代に作られたもので、職に就けない人達も住めるように安普請で作られたものであったためにきちんとした暖房設備がなく石炭などで暖を採っていた。また建物自体も長持ちするものではなかったために改修を決めた。
- ・ 居住者にとって大切なのは家族で住める魅力ある街＋適切な家賃（全て賃貸住宅）である。
- ・ 中央の通りの両側にコの字型の住棟配置になっており、それぞれのブロックで一つの色のコンセプトとし、奥に行く程視点を捉えるポイントとなる色（濃い目の色）を設定している。
- ・ 外壁はそのままに 16～20cm の外断熱改修を施し、屋根も 20cm の断熱材を挿入、窓も高断熱のものを採用して省エネルギー法に合致する水準に変更した。全ての設備改修と共に、間取り変更を行った。（平均 44 m²だったものを平均 54 m²に広げた）
- ・ 改修中は住民に順次引っ越してもらうことで臨時の居住施設を用意する必要がなかった。
- ・ 雨水は、昔は地中にそのまま排水していたが、下水は料金が発生するために自然に流すようにした。
- ・ パルコニーは、昔はなかったが断熱改修後に取付けた。

エネルギー設備について （LEG Monika 氏）

- ・ 住宅地下に 5 つの暖房設備を導入し、PLAN ではコレクターのエネルギー生産量を青い数値で、GAS エンジンによる給湯ネットワークを赤いラインで示している。

資料編

- ・ 屋根面のコレクターで集めた熱は地下の 5000 リットルの貯湯タンクに送られ、55～58℃ で給湯設備に供給されるが、熱量が足りない時はガスで加熱する仕組みになっている。
- ・ 第 1 段階で台所や風呂への給湯に使われた温水は、第 2 段階で 46℃ 程度になって、温水暖房に 2 次利用され、最低 35℃ でタンクに還流される。
- ・ 配管には計測機材が設置されており、コンピュータによって最適条件を作るよう温度調整がなされている。ガス設備も同様にコンピュータ制御されている。(コントロールセンターは 10km ほど離れたユーリヒにある)
- ・ ソーラーパネルの所有権は LEG にあり、住民に賃貸している形になる。製品そのものの保証期限は 30 年程度で、施工会社が年 2 回メンテナンスを行っており、その費用は LEG が住民から維持管理費用という形で徴収している。

改修工事に関して

- ・ LEG のソーラー利用の最初の事例であり、LEG が改修提案をしたが、実際には住民もより快適な生活を望んでいたため、双方の合意の下に改修が行われた。PV ではなく集熱器を選択したのは、電気よりも給湯のように目に見える形で住民の生活に恩恵を与えられることや、将来的にエネルギー料金が上昇することを見越してガス代をうかせることを狙ったためで、実際に家賃は上がるが水道光熱費が下がったため、実際の改修時に住民から家賃上昇に関する苦情は少なかった。
- ・ むしろ、コストが安いために予算管理や工期短縮(設計 1 年、施工 18 ヶ月)が非常に厳しく、改修を 12～14 戸ずつの家庭と話し合いをしながら住棟ごとに行ったため、各住民が一回ずつ引越をせねばならず、引越しに対しての苦情が多かった。
- ・ 住民からは庭を造ることを要望され、コの字型プランの内側に柵のない庭を設けた。

NRW50 の取り組みに関して

- ・ 現在 39 の自治体や Gemeinschaften が申請をしており、新築・改修両方の事例がある。
- ・ 選択委員会によって助成の対象とすることが審議される。

日 時：2006 年 11 月 07 日(木) 10:00～10:30

場 所：Leverkusen, Germany

レーファークーゼン、ドイツ

参加者：小室、山下、松田

インタビュー内容：住宅概要、住まい方、問題点など



40 代女性

- ・ 10 ヶ月前に分譲住宅として購入した。
- ・ 夫が箱型の環境配慮住宅に興味を持っていたことと市から補助金が出るのが大きな理由。
- ・ まだ冬を越していないので実際に住みやすいかどうかは分からない

日 時：2006 年 11 月 07 日(木) 14:00～14:30

場 所：Krefeld, Germany

クレフェルト、ドイツ

参加者：小室、山下、松田

実地見学のみ



3. カーボントラスト

公的投資機関カーボントラストの担当者 C 氏、R 氏への聞き取り調査。

調査日時

2007/02/21 AM10:00-12:00

訪問先

Carbon Trust

取得資料

Carbon Trust Annual Report 2006/07

プレゼンテーション(PPT)

参加者：大野、秋元、田窪、松田、出水

対応者：C 氏、 R 氏

カーボントラスト社概要(Hanmer 氏)

カーボントラストについて

- ・ イギリス政府により設立された Independent company
- ・ CO2 消費の少ない社会(economy)に向けた活動
- ・ CO2 排出削減と商業的に成立するカーボン技術の開発のために関係機関と連携
- ・ 公的/民間資金を集め、部門を越えた提携を促進してミッションの達成を目指す
- ・ 有限責任保証会社として得られた利益は、ミッションを遂行するために再投資される。

イギリスのカーボンの課題

- ・ イギリスの CO2 直接排出量 5 億 6 千万トン(560 million tonnes MtCO2)/年
- ・ そのうち 40%は産業(日本語訳正しいか? business)から
- ・ 政府の目標は 2050 年までにイギリスの排出量を 60%削減すること
- ・ 低カーボン利用経済へのシフトは重要な課題であるとともに大きな機会

カーボン社の 5 つの業務部門

1. Insights (先見・見通し)

- ・ 気候変化や炭素量削減に伴う諸問題や機会について説明し、企業や政府の参加する低カーボン利用についての戦略を立てる。
- ・ 財界人(政策の立案者や投資者)向けに革新的で綿密な分析を行う
- ・ Defra や BSI British Standards と連携しカーボンのフットプリントを計測するための基準を作成している。

2. Solutions (ソリューション)

- ・ 炭素量削減のためのソリューションを企業や公的部門に提案する。
- ・ 政府の資金を、カーボントラストを通して無利子で企業に貸し出し。
- ・ 主要サービス (PPT, page10)

カーボンマネジメント

戦略的な見通し立案

ネットワーク

カーボン調査

金融商品

ヘルプライン・ウェブサイト

3. Innovations (技術革新)

- ・ この部門に Hanmer 氏、Guy 氏が在籍。
- ・ 商業的に成立する低カーボンテクノロジーをパートナーシップ、融資、専門的なアドバイス、研究と実践を通して促進する
- ・ 主要サービス(PPT, page12)
 - R&D(大学や研究機関と連携、利用可能性のある技術に資金を)
 - ビジネスインキュベーション(スタートアップ、萌芽)
 - 技術開発促進(バイオマス暖房・太陽エネルギーなど今ある技術の促進)
- ・ ウェブサイトに多数のプロジェクトの情報がある
- ・ Guy 氏は Solar energy が専門
- ・ カーボン社はクリーンな技術開発に対して R&D から商業的な可能性まで融資を行うイギリスで唯一の組織
- ・ advanced metering, 小型コージェネレーションシステム、建物、バイオマス、風力発電などの低カーボン技術の開発を促進している
- ・ 125 を超える低カーボン技術を支援してきた。その 30% が継続的な融資を受け、20% は patented IP を得た
- ・ 45 社の低カーボンを扱う小規模の会社を支援し、その 60% が民間部門の投資を得た

4. Enterprises (民間企業)

- ・ 低カーボン技術に関するビジネス機会を特定し、キーとなるスキルや資源を組み合わせ高成長をもたらす。
- ・ 低カーボン技術に関するビジネスを作り、市場の成長と拡大をもたらす
- ・ 再生可能性に向けての連携
- ・ 資源に含まれているエネルギーの回収

オンサイトでの、廃棄物からエネルギーを回収する設備を食品飲料用会社に供給。ScXtish & Southern Energy は 270 万ポンドを、Insource Energyno

40% を回収するために投資することで合意

- ・ The Carbon Label Company
 - 企業の製品やサービスに対して炭素排出量についてのの認証をサポートする

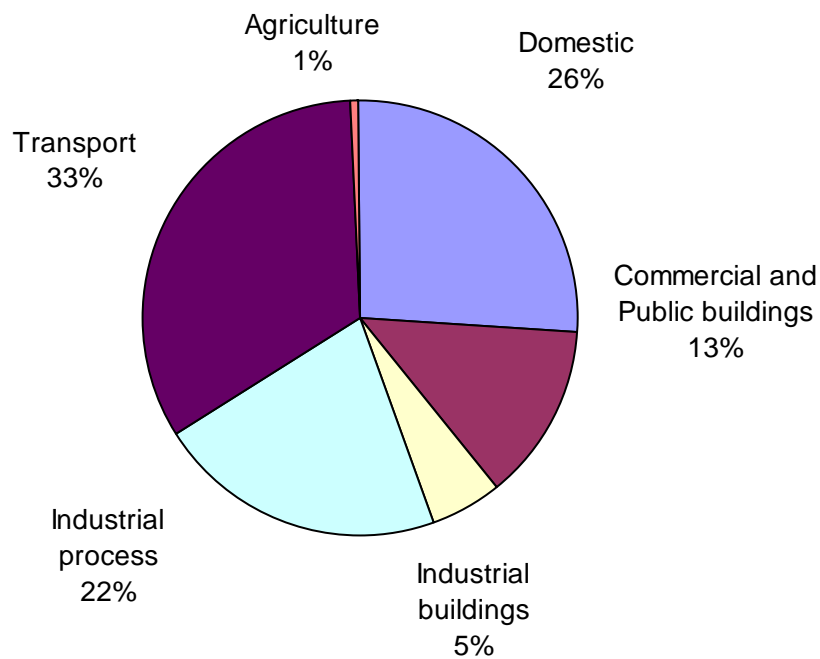
5. Investments (投資)

- ・ 商業的に可能性のあるクリーンエネルギー技術に対して融資を行う。
- ・ CO2 削減を目指す会社や部門を対象。
- ・ 11 のプロジェクトに対して投資を行い、合計 880 万ポンド以上を投資、さらに民間からの 8340 万ポンドの融資の原動力になった。

- ・ 低カーボンのシーズに対して Shell Foundation と共同で 200 万ポンドの融資を行う。
- ・ 過去 5 年間でカーボン社の投資は上位 25% のリターンを得た

カーボントラストと建物(Hanmer 氏)

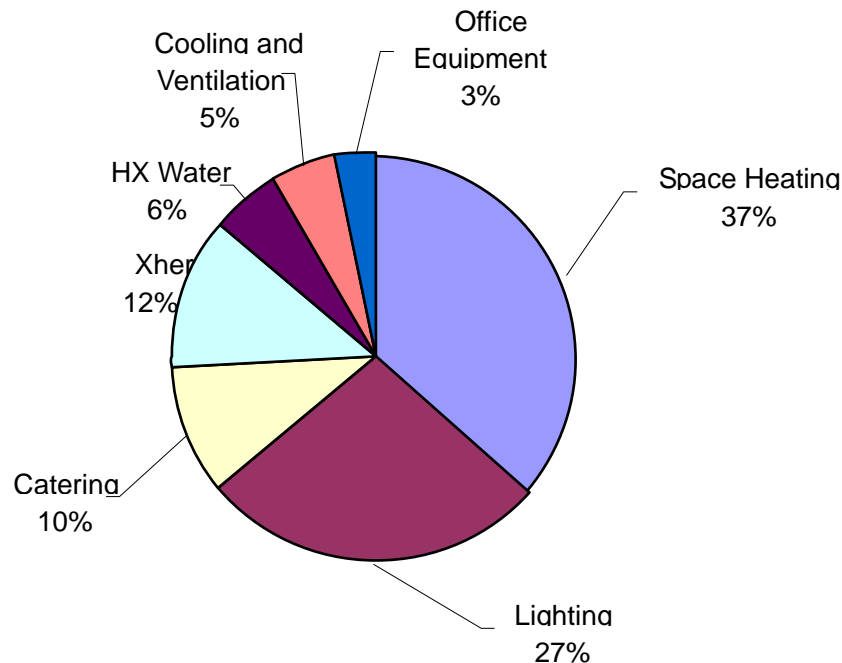
In 2003, the UK emitted 560M tonnes of CO₂⁽¹⁾



(注)上図、プレゼンテーション資料から抜粋。内部使用以外は再連絡が必要。

(1) Source: Dukes 2003 and BRE data

- ・ 上図で建築系は 44% を占める。(Domestic+Commercial+Industrial)
- ・ 床面積の上昇と使用頻度(強度)により付随する排出量が増える
- ・ 既存のストックからの排出量を 20% 削減するための費用効果の大きい機会が存在するが、大部分は手をつけられていない。技術的には、より大きな削減が実現可能である
- ・ 建設産業で GDP の 7.7% を担っており、不動産部門は融資機関や個人投資家の投資の大部分を占めている
- ・ しかしながら、カーボン削減に対する事業の事例は大体において unclear である。市場のブルが弱い



(注)上図、プレゼンテーション資料から抜粋。内部使用以外は再連絡が必要。

- ・ 上記 CO₂ の排出量。エネルギーの排出量とは異なる。
- ・ Cooling には現在 5% 程度しか用いていないが、今後温暖化等によって伸びることが予測されている。
- ・ CHP に対する新しいメータリングシステムの開発

(質問)メータリングシステムはどの規模の建物に？

(回答)イギリスでは小規模な建物・住宅にはついてないので、試行的に設置して定期的にモニタリングしデータ統計をとる。

カーボントラストとソーラーエネルギー研究事例(Guy 氏)

研究応用事例

- ・ Microsharp 社

超低コストソーラーコレクターの開発。巻き返し現像処理(reel-to-reel process)によって製造された光学フィルムを用いたもの。

内側は micro-prismatic のフレネルレンズ、外側は自浄効果のあるフィルムを用いる。

17.5 万ポンドの融資

- ・ SolarCentury 社

建物とインテグレートした(Building-Integrated)太陽熱利用タイルの開発(C21t 型、同じ外見で PV を用いた C21e 型がある)。

設置簡易(計画上の追加の許可不要)、耐久性あり。

7.5 万ポンドの融資(2003 年 3 月)

2007 年に商品化、大変うまくいった事例の一つ。

PV 応用研究の促進

- ・ PV のコストのブレイクダウン分析を行い、改善のための 3 つの主要エリアを特定。
- ・ ソリューション志向ではなく委員会に組織された研究を行うための融資
- 有機ソーラーセルのロール焼付け製造法
- ・ ケンブリッジ大学と TTP 社と協同(大学の研究バックグラウンド TTP のビジネスナレッジ)
- ・ ロール焼付け法で製造できる、5%効率、5 年間の寿命で幅 1m までの有機 PV モジュールを目標に開発
- ・ 材料や装置の開発でなく、ロール焼付け法という製造方法に主眼
- ・ 自動車への応用を意図

色素増感処理を施したスチール外装にコーティングする PV

- ・ Corus Colors 社
- ・ Strip Steel(帯鋼)に対してインテグレートされた色素増感処理 PV セル技術の開発
- ・ 大規模な商業建築物に対しての応用を意図

(質問)開発はどのフェイズにあるか？

(回答)R&D のフェイズ。商品化はまだ。

(質問)パテントはどこが保持するか？

(回答)プロジェクトごとに話し合いで保持の割合を決定。カーボン社は投資する企業と Risk と Reward をシェアする方向にある。カーボン社がパテントを持つ場合もある。

有機 PV の開発

- ・ インベリアルカレッジ

質疑応答

Q：屋根材一体型の C21t についてももう少し具体的に。

A：C21e と呼ばれる屋根一体型の太陽電池のスピンオフとしてサーマルを開発。

水式？空気式？薄いのでおそらく空気式。

Q：英国における太陽熱利用の現状について

A：コストが問題。個人住宅にソーラーサーマルは高い。ラジエータと繋げられないのでコストが高む。集合住宅用の応用には可能性あり。

Q：日射の不足が問題だと思うが、太陽熱以外の選択肢は？

A：日射量についてはドイツとほとんど変わらず。イギリスではドイツと異なり政府の援助が(足り)ない。他のヨーロッパ諸国と同様、2013 年以降、商業系の建築物はゼロカーボンに、2016 年以降はすべての建物でゼロカーボンを達成するスキーム。PV は適用のしやすさから可能性がある。

Q：CHP はどのような建物で使われているか。

A：住宅用でなく少し大きめの規模のもの、例えば病院など。古い建物に関しては住宅でも CHP コージェネを利用。

Q：暖房用に太陽熱を利用できない理由は？ドイツでは利用しているが？

A：ガスを完全に置換するに至っていない。サブ熱源としてガスヒーティングが必要、冬の天気が悪いので日射量が少ない、などの理由で普及には至っていない。

4. 研究講演会これからの太陽熱利用

日本太陽エネルギー学会研究協力部会「太陽エネルギー利用システム研究委員会」主催の研究講演会である。講演内容が冊子にまとまっているので、詳細はそちらに譲る。

本研究に特にかかわりが深かった講演は、「2050 年におけるエネルギー事情と太陽エネルギー利用技術」(環境エネルギー政策研究所、飯田哲也氏)「太陽熱普及促進制度について」(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、栗原隆)「東京都の太陽熱熱利用拡大政策～太陽熱ルネッサンスプロジェクト～」(東京都環境局企画調整課、谷口信雄)「横浜市における地球温暖化対策と太陽熱利用について」(横浜市地球温暖化対策事業本部、松田和久)であった。

5. ソーラーシティ

地方自治体担当者 R 氏とユーザーの住民と幼稚園管理者 D 氏への聞き取り調査。

建築設計者に関する文献調査。

概要

1992

Linz-Pichling residential district の urban planning concept を Prof. Roland Rainer が委託される。5000～6000 戸の住宅とそれを賄うインフラを提供するプランであった。

1993

リンツ市議会が Pichling の住宅のエネルギー調査を委託した。

1994

Pichling 地区での 630 軒の low energy construction homes をモデル物件として計画・開発することをリンツ市と 4 つの NPO が積極的に資金援助すると確約した。

1995

さらに 8 つの non-profit-making construction organisation が加わり、1317 件の住宅が 32ha のエリアに建てられることになった。はじめの 630 軒に関して、リンツ市は強い関心をひきつけることに成功し、Norman foster(GB)Richerd Rogerse(GB)Thomas Herzog の協力を得ることができた。さらにドイツから energy technology planner の Norbert Kaiser も加わり、彼らは READ と呼ばれる working party を結成した。READ ...Renewable Energies in Architecture and Design の目的は国際的なレベルで low-energy construction methods の大躍進を推進することだった。The EU General Directorate for Research and Development はその計画に€600000 の助成を与えた。

1996

Linz 市は更なる住宅の設計に対してコンペを行なった。勝者は public residential construction の経験豊富でソーラー建築のスペシャリストウィーンの Martin Treberspurg だった。彼は今第 2 段階の設計を準備している(都市計画だけで建物は設計していない)。設計された学校、幼稚園、複合施設は省エネソーラー建築のモデルとなっている。



日 時：2006 年 11 月 02 日（木）9：00～10：30

場 所：solarCity Linz Volkshaus 2F

ソーラーシティ・リンツ 市民ホール 2 階

応対者：R 氏 (Projektkoordination SCP)

参加者：小室（通訳）、山下、松田

聞き取り調査内容：ソーラーシティの概要、歴史、
エネルギーシステム



取得資料： solarCity An urban development project of the City of Linz(英文パワポ資料)
同、英文概要資料
solarCity 英文資料

R 氏

- ・ リンツ市のソーラーシティ・プロジェクトのコーディネーター
- ・ 1998 年にこの計画のためにリンツ入りし、実際には 2001 年からプロジェクトに関わる

プロジェクト背景

- ・ この地区の南東にある Puchennau/ブッヘンナウという Pichling See/ピッヒリンク湖の隣の地域は戦後（40 年以上前に）新興住宅地として主に伝統的な建築形式を用いた戸建住宅の開発が始まったが、学校や医療機関、スーパーといったインフラがとて弱い地域であった（現在も）。
- ・ 1990 年代にリンツ市（人口 20 万人）では約 12000 人の住宅需要があり、それを供給するための一環として、ローランド・ライナー氏がこの Pichling 周辺に余っている土地に着目し、1992 年にこのソーラーシティにインフラを集め、伝統的戸建住宅に住んでいる人にそれらを提供し、移り住んでもらうことを考えてマスタープランを作成した。
- ・ 住宅需要があるからといってその供給を中心市街地の高層住宅に集中させるのではなく、周縁部に質の高い住宅を提供することを目指した持続可能な街づくりのマスタープランで、その質のひとつのプログラムとしてソーラーシティのコンセプトを導入した。（ソーラーシティ自体が作りたかったのではなく、住民に快適な質の高い生活をしてもらうことが第 1 だった）
- ・ 当初のマスタープランでは半径 300m の（人の徒歩行動圏の）円形エリアを、交通網沿いに 5 箇所連結させるという計画で、この地域はその拡張性が確保されているということも選択された大きな理由であった。（現在ここにあるソーラーシティは 1 つ目で半径 300m に収まっている）

プロジェクト経緯

- ・ 1992 年～マスタープラン作成
- ・ 1995 年、Richard Rogers, Norman Foster, Thomas Herzog といった著名な建築家に呼びかけて、READ（Renewable Energy for Architecture and Design）というグループを設立し、このソーラーシティの中心部に模範的なソーラー住宅地を計画し、実行した。
- ・ 1996 年、さらに外側の第 2 期工事のための都市計画案コンペ(?) を行い、Treberspurg und Partners が優勝した。
- ・ 1997 年、Dreiseitel 事務所（ベルリンのポツダム広場などを手がけている有名なデザイナー）がエリア北部のランドスケープデザインをした。
- ・ 1998 年、学校や幼稚園、中心商業エリアなどのインフラコンペを行い、計画が実行に移された。学校や幼稚園は生徒数の増加を見越して増築可能な形態を採り、中心市街地の商業エリアも第 1 段階で北側の市民ホールやスーパー、レストランなどのエリア、第 2 段階で南側のその他のエリアが建設された。

住宅団地概要

- ・ 現在 1294 戸の住宅が低層 2～4 階建てで建設済みとなっており、冬でも最低 2 時間の日照を得られるように容積率(?) は平均 65%程度に抑えている。（ソーラー設備はもっと長時間日照確保）

・住宅地の 50%は Mietkauf という最初は賃貸で 10 年後には分譲になる形式を採り、いろいろな世代が居住形態を変えながらも効率よく住めるような工夫をしている。残りの 40%は普通の賃貸で、10%が分譲となっている。

エネルギーシステムやエコシステム

- ・住宅の消費エネルギーは通常、65 kWh/m²年だが、このソーラーシティでは 3 層住宅で 44 kWh/m²年を目標としており、2 層では 48 kWh/m²年まで消費することもあるが、地域全体では 2005 年のデータで 37 kWh/m²年を達成している。
- ・この地域での住宅設計の際には使用するべき有害物質などを含まないエコマテリアルがカタログとして提供されており、これを使用していれば問題はない。
- ・ソーラーシティでは PV を多く使っているというイメージがあるかもしれないが、ここでは南西部の幼稚園に一番大きい PV を設置しているのと、中心商業エリアに設置している PV の 2 ヶ所だけで、基本的にはソーラーコレクターなどの集熱システムを導入している。
- ・ソーラーコレクターで賄うのは給湯のみで、50%を賄い、給湯不足分と暖房のエネルギーは、リンツ市中心部の地域暖房施設から供給している。
- ・リンツ市には地域暖房施設が 3 つあり、北部と南部は天然ガス、中心部はウッドチップ燃焼でエネルギー供給をしているが、南部の施設はドナウ川沿いの工業エリア提供専用のため、ソーラーシティは多少遠いが中心部の施設から供給されている。
- ・ここでは地下に雨水排水管を設けておらず、地上の溝や土から地面に浸透させるようにしている。
- ・88 戸からのし尿は近郊農家に肥料として提供しており、その他は敷地内で処理している。

日 時：2006 年 11 月 02 日（木）14：00～14：30

場 所：solarCity Linz Kindergarten / ソーラーシティ・リンツ 幼稚園

対応者：D 氏(Kinder-und Jugend-Service Linz/リンツ市子ども若者サービス局)

参加者：小室（通訳）、山下、松田

聞き取り調査内容：ソーラーシティの幼稚園の概要とエネルギーシステム、建築計画

幼稚園概要

- ・園児は現在 1 歳半から 6 歳まで約 250 人で、ほぼ全てがソーラーシティの住人であり、卒業すると隣の小学校・中学校に進学することになる。
- ・リンツ市の統計では、5 年後に園児数がピークになる。

建築計画

- ・この左右対称の建物の街中心に近い側が 4 年前に建てられた第 1 期で、園児の増加に伴い 1 年少し前に南西側の第 2 期が増築された。第 1 期と第 2 期の間はアトリウムで連結されており、エントランスとなっている。アトリウムでは PV の発電量をモニターで情報提供している。
- ・第 3 期増築の予定はなく、児童数の減少で部屋が余れば、老人ホームとして使う予定である。

エネルギーシステム

- ・屋根面で集熱し、地下の蓄熱体に蓄熱し、暖房として利用している。不足分は地域暖房施設から。

他

- ・ここではごく一般的な環境教育をしており、特にソーラーシティだからという教育はない。
- ・旧 Pichling の町の人はソーラーシティに買い物には来るが特に交流などはない。

日 時：2006 年 11 月 03 日（金）8：30～11：45

場 所：solarCity Linz Volkshaus 2F, rooftop

ソーラーシティ・リンツ 市民ホール 2 階、屋上

solarCity Linz Castoral Care Centre

ソーラーシティ・リンツ 教会

solarCity Linz GWG staircase、parking

ソーラーシティ・リンツ GWG 階段室、地下駐車場

solarCity Linz Neues Rataus

リンツ新市庁舎

応対者：Ewald Reinthaler(Projektkoordination SCP)

参加者：小室、山下、松田

聞き取り調査内容：ソーラーシティの概要、歴史、
エネルギーシステム

取得資料：

(1)デジタルデータ

写真データ 12 点

PowerPoint データ 2 点（英、独）

(2)紙資料

人口統計資料 3 点

地図資料 3 点

solarCity のエネルギー消費量資料 1 点

ソーラーコレクターの詳細情報の連絡先 2 点



開発公社

- ・住宅の開発主体。できるだけ安く住宅を供給することを目的とし、利益は追求しない。最大利益は 3%までと定められている。
- ・1994 年に Pichling 地区で 630 軒の省エネルギー住宅地の開発計画に対して、リンツ市と 4 つの開発公社が積極的に資金援助をすることを確約。1995 年にはさらに 8 つの開発公社が加わり、1317 件の住宅が 32ha のエリアに建てられることになった。
- ・WAG と EBS の 2 つは私企業になった。
- ・住民から維持管理費を徴収し、ソーラーパネルのメンテナンスを行う。
- ・ソーラーパネルの所有権を有する。
- ・売電システムについては EUROSOLAR に要確認

エネルギーシステム、エコシステム

- ・ソーラーコレクターで温められたお湯は貸床面積となる地上を避け、地下室に溜められる。
- ・住民は新たなソーラーパネルを自分で設置することはできない。

教会

- ・ファサードの白いパンチングメタルの間に太陽電池が挟まれており、昼間発電した電力で夜間に光っている。
- ・銅の特殊仕上げが特徴的な外観を生み出している。

GWG

- ・ひとつの階段室を6住戸で共有しているが、階段室のロフトを使えるのは2住戸のみである。
- ・階段室は年間を通して18以上に保たれ快適な空間になっている。
- ・食堂が快適な階段室に接している。
- ・バルコニーは住民の要望によってつけられた後付のものである。Reinthalерさんはバルコニーがないほうがよいと考えている。元のデザインは腰壁までガラスで作られており外部との一体感を感じられるものであったが、バルコニーがその繋がりを切ってしまったようにReinthalерには映るとのことである。
- ・地下駐車場の天井は断熱材の表面を木毛版で仕上げてあったがお金があればさらに仕上げを施したかったものである。

住宅団地概要

- ・人口は3000人。人口分布は80%が40歳以下というきわめて若い街である。(人口分布の統計資料あり)
- ・住宅は2005年に100%の入居が完了した。WSGの両端に空室があるように見えたがそこは共用スペースであった。
- ・地下室のつくりについて。Neue HeimatとGWGとWAGは建物の地下に駐車場と物置と給湯槽がある。WSGは南側3列の建物の地下には洗濯物を干したりするための地下室があり、4列目の建物の地下には全戸共有の駐車場がある。建物間の地下に駐車場がある。これらの4住宅地いがいについては、各住棟の地下に地下室があり、地下駐車場は建物間にある。
- ・入居者の募集を一定期間に集中的に行なったところ倍率3~7倍(平均5倍)の入居希望者が殺到した。
- ・現在は大半の住宅が賃貸であるが、その形式には2つの種類がある。ひとつはMieteと呼ばれる通常の賃貸形式であり、もうひとつはMietekaufと呼ばれる10年間借り続けるとその住戸を買い取る権利が得られる賃貸分譲形式である。Mietekaufの場合、家賃のほかに一定金額を開発公社に支払わなければならない。このお金は住戸を購入する場合には頭金となり、購入しない場合には退去時または死亡時に全額返還される。
- ・WAGには最低46㎡の住戸がある。
- ・家賃は光熱費を除いて€5.3~5.5/㎡である。これはリンツ市内では中の下である。(ちなみにケルンでは€11/㎡)
- ・住民は環境に対する意識が高いというよりも、むしろ太陽光に満ちた明るく暖かい住宅というイメージに惹かれて入居している。

solarCityの考え方

- ・solarCityは太陽の恵みをさまざまな形で受けながら、環境に配慮した快適な生活を追求している町である。エネルギーの面ではソーラーパネルによる創エネよりもむしろ省エネのほうに重点が置かれている。従ってソーラーパネルの量もそれほど多くはなく町のエネルギーを補助的にまかなう程度である。
- ・solarCityの頭文字を小文字にしているのはロゴのような効果を狙ったことである。
- ・住民のことを第一に考えて快適な生活空間を提供することが目標である。さらに開発公社によって家賃の安さも追求されている。

補助金について

- ・複雑なので説明は困難を極める。省エネルギーや太陽電池などに対して市や国などから補助金が出るが、いずれにしてももらった後は成果の報告義務がある。なお、solarCityは2005年に最新の状況を報告している。それによると住民の満足度は非常に高いそうである。
- ・補助金の与え方はプロジェクトの規模などには左右されず、平等である。どういう団体に補助金を提供するかはきちんとした指針があるのでそれを満たせば誰でももらえる。

その他

- ・solarCityには年40組ほどの視察が訪れる。

日 時：2006 年 11 月 03 日（金）16：00～17：15

場 所：solarCity Linz

ソーラーシティ・リンツ

応対者：住民の皆さん

参加者：小室、山下、松田

聞き取り調査内容：ソーラーシティの生活



女性 50 代、2003 年 WAG 入居 @カフェ

- ・ 家賃€420、80 m²弱、デポジット€2000×5 年、賃貸分譲
- ・ 入籍はしていないパートナーと同居している。子供たちも独立したので街中から移り住んできた。賃貸分譲だがもう年だから買うつもりはない。
- ・ 窓や入り口が小さかったり、内装が石膏ボードで軽い絵しかかけられなかったりするが、そんなことは些細なことで十分満足している。

女性 50 代+犬、2003 年 GWG (?) 入居 @シティーセンター裏の道

- ・ 緑が多くてよい。

男性 60 代、2004 年北側の住宅入居 @シティーセンター横（西）の道

- ・ 家賃€401（駐車場込み）、81 m²、賃貸分譲
- ・ 庭掃除が大変だったので大きい一軒家から引っ越してきた。奥さんと二人住まいである。

男性 20 代、2002 年北西の端にある住宅に入居 @シティーセンターの横（西）の道

- ・ 家賃€500、90 m²、賃貸
- ・ 妻と子供と 3 人で暮らしている。
- ・ 家賃が安くて、緑が多いのがよい。

女性 30 代+子供、2004 (?) 年 familie 入居 @familie 付近の道

- ・ 家賃€500 以下、78 m²+20 m²(バルコニー)+50 m²(庭)、デポジット€8000×3、賃貸分譲
- ・ リンツの西側から越してきた。買うつもりはない。
- ・ 子供連れの人がとても多いこと、庭やバルコニーがついていること、家賃が安いことなどがよい。

男性 50 代+犬、2006 年 4 月 familie 入居 @familie 付近の道

- ・ 家賃€600（光熱費込み）、85 m²、賃貸
- ・ ウィーンから越してきた 3 人家族である。ここで死ぬつもりはないので賃貸を選んだ。
- ・ 南側と北側はカラーが違う。南側は自由な雰囲気気に入っている。庭や屋根上のテラスを自由に使うことができるのがよい。
- ・ 開発公社と相性が合わない不幸である。

男性 40 代+犬、@シティーセンタースーパーの前

- ・ 家賃€530、89 m²、賃貸分譲
- ・ 以前住んでいた家が大きすぎたので越してきた。9 才と 12 才の子供がいて学校に通っている。10 年経ったらぜひ買い取りたい。
- ・ 全体的に問題なし。ちいさくて安いのがよい。

夫婦 20 代+子供、2004 年入居@シティーセンタースーパーの前

- ・ 家賃€420（光熱費除く）+€50（駐車場）、89 m²、デポジット建設費の 2%、賃貸分譲
- ・ 特に問題なし。

市役所担当者 E=Reinthal 氏への聞き取り調査より

E=Reinthal 氏について

- ・ リンツ市のソーラーシティ・プロジェクトのコーディネーター
- ・ 1998 年にこの計画のためにリンツ入りし、実際には 2001 年からプロジェクトに関わる

プロジェクト背景

- ・ この地区の南東にある Puchennau/プッヘンナウという Pichling See/ピッヒリンク湖の隣の地域は戦後（40 年以上前に）新興住宅地として主に伝統的な建築形式を用いた戸建住宅の開発が始まったが、学校や医療機関、スーパーといったインフラがとても弱い地域であった（現在も）
- ・ 1990 年代にリンツ市（人口 20 万人）では約 12000 人の住宅需要があり、それを供給するための一環として、ローランド・ライナー氏がこの Pichling 周辺に余っている土地に着目し、1992 年にこのソーラーシティにインフラを集め、伝統的戸建住宅に住んでいる人にそれらを提供し、移り住んでもらうことを考えてマスタープランを作成した。
- ・ 住宅需要があるからといってその供給を中心市街地の高層住宅に集中させるのではなく、周縁部に質の高い住宅を提供することを目標とした持続可能な街づくりのマスタープランで、その質のひとつのプログラムとしてソーラーシティのコンセプトを導入した。（ソーラーシティ自体が作りたかったのではなく、住民に快適な質の高い生活をしてもらうことが第 1 だった）
- ・ 当初のマスタープランでは半径 300m の（人の歩行動圏の）円形エリアを、交通網沿いに 5 箇所連結させるという計画で、この地域はその拡張性が確保されているということも選択された大きな理由であった。（現在ここにあるソーラーシティは 1 つ目で半径 300m に収まっている）

プロジェクト経緯

- ・ 1992 年～マスタープラン作成
- ・ 1995 年、Richard Rogers, Norman Foster, Thomas Herzog といった著名な建築家に呼びかけて、READ（Renewable Energy for Architecture and Design）というグループを設立し、このソーラーシティの中心部に模範的なソーラー住宅地を計画し、実行した。
- ・ 1996 年、さらに外側の第 2 期工事のための都市計画案コンペ(?)を行い、Treberspurg und Partners が優勝した。
- ・ 1997 年、Dreiseitel 事務所（ベルリンのポツダム広場などを手がけている有名なデザイナー）がエリア北部のランドスケープデザインをした。
- ・ 1998 年、学校や幼稚園、中心商業エリアなどのインフラコンペを行い、計画が実行に移された。学校や幼稚園は生徒数の増加を見越して増築可能な形態を採り、中心市街地の商業エリアも第 1 段階で北側の市民ホールやスーパー、レストランなどのエリア、第 2 段階で南側のその他のエリアが建設された。

住宅団地概要

- ・ 現在 1294 戸の住宅が低層 2 ～ 4 階建てで建設済みとなっており、冬でも最低 2 時間の日照を得られるように容積率(?)は平均 65%程度に抑えている。（ソーラー設備はもっと長時間日照確保）
- ・ 住宅地の 50%は Mietkauf という最初は賃貸で 10 年後には分譲になる形式を採り、いろいろな世代が居住形態を変えながらも効率よく住めるような工夫をしている。残りの 40%は普通の賃貸で、10%が分譲となっている。

エネルギーシステムやエコシステム

- ・ 住宅の消費エネルギーは通常、65 kWh/m²年だが、このソーラーシティでは 3 層住宅で 44 kWh/m²年を目標としており、2 層では 48 kWh/m²年まで消費することもあるが、地域全体では 2005 年のデータで 37 kWh/m²年を達成している。
- ・ この地域での住宅設計の際には使用するべき有害物質などを含まないエコマテリアルがカタログとして提供されており、これを使用していれば問題はない。
- ・ ソーラーシティでは PV を多く使っているというイメージがあるかもしれないが、ここでは南西部の幼稚園に一番大きい PV を設置しているのと、中心商業エリアに設置している PV の 2 ヶ所だけで、基本的にはソーラーコレクターなどの集熱システムを導入している。
- ・ ソーラーコレクターで賄うのは給湯のみで、50%を賄い、給湯不足分と暖房のエネルギーは、リンツ市中心部の地域暖房施設から供給している。
- ・ リンツ市には地域暖房施設が 3 つあり、北部と南部は天然ガス、中心部はウッドチップ燃焼でエネルギー供給をしているが、南部の施設はドナウ川沿いの工業エリア提供専用のため、ソーラーシティは多少遠いが中

心部の施設から供給されている。

- ・ ここでは地下に雨水排水管を設けておらず、地上の溝や土から地面に浸透させるようにしている。
- ・ 88戸からのし尿は近郊農家に肥料として提供しており、その他は敷地内で処理している。

開発公社

- ・ 住宅の開発主体。できるだけ安く住宅を供給することを目的とし、利益は追求しない。最大利益は3%までと定められている。
- ・ 1994年にPichling地区で630軒の省エネルギー住宅地の開発計画に対して、リンツ市と4つの開発公社が積極的に資金援助をすることを確約。1995年にはさらに8つの開発公社が加わり、1317件の住宅が32haのエリアに建てられることになった。
- ・ WAGとEBSの2つは私企業になった。
- ・ 住民から維持管理費を徴収し、ソーラーパネルのメンテナンスを行う。
- ・ ソーラーパネルの所有権を有する。
- ・ 売電システムについてはEUROSOLARに要確認

エネルギーシステム、エコシステム

- ・ ソーラーコレクターで温められたお湯は貸床面積となる地上を避け、地下室に溜められる。
- ・ 住民は新たなソーラーパネルを自分で設置することはできない。

教会

- ・ ファサードの白いパンチングメタルの間に太陽電池が挟まれており、昼間発電した電力で夜間に光るようになっている。
- ・ 銅の特殊仕上げが特徴的な外観を生み出している。

GWG

- ・ ひとつの階段室を6住戸で共有しているが、階段室のロフトを使えるのは2住戸のみである。
- ・ 階段室は年間を通して18℃以上に保たれ快適な空間になっている。
- ・ 食堂が快適な階段室に接している。
- ・ バルコニーは住民の要望によってつけられた後付のものである。Reinthalерさんはバルコニーがないほうがよいと考えている。元のデザインは腰壁までガラスで作られており外部との一体感を感じられるものであったが、バルコニーがその繋がりを切ってしまったようにReinthalерには映るとのことである。
- ・ 地下駐車場の天井は断熱材の表面を木毛版で仕上げてあったがお金があればさらに仕上げを施したかったものである。

住宅団地概要

- ・ 人口は3000人。人口分布は80%が40歳以下というきわめて若い街である。（人口分布の統計資料あり）
- ・ 住宅は2005年に100%の入居が完了した。WSGの両端に空室があるように見えたがそこは共用スペースであった。
- ・ 地下室のつくりについて。Neue HeimatとGWGとWAGは建物の地下に駐車場と物置と給湯槽がある。WSGは南側3列の建物の地下には洗濯物を干したりするための地下室があり、4列目の建物の地下には全戸共有の駐車場がある。建物間の地下に駐車場がある。これらの4住宅地がいがいについては、各住棟の地下に地下室があり、地下駐車場は建物間にある。
- ・ 入居者の募集を一定期間に集中的に行なったところ倍率3~7倍（平均5倍）の入居希望者が殺到した。
- ・ 現在は大半の住宅が賃貸であるが、その形式には2つの種類がある。ひとつはMieteと呼ばれる通常の賃貸形式であり、もうひとつはMietekaufと呼ばれる10年間借り続けるとその住戸を買い取る権利が得られる賃貸分譲形式である。Mietekaufの場合、家賃のほかに一定金額を開発公社に支払わなければならない。このお金は住戸を購入する場合には頭金となり、購入しない場合には退去時または死亡時に全額返還される。
- ・ WAGには最低46㎡の住戸がある。
- ・ 家賃は光熱費を除いて€5.3~5.5/㎡である。これはリンツ市内では中の下である。（ちなみにケルンでは€11/㎡）
- ・ 住民は環境に対する意識が高いというよりも、むしろ太陽光に満ちた明るく暖かい住宅というイメージに惹かれて入居している。

solarCity の考え方

- ・ solarCity は太陽の恵みをさまざまな形で受けながら、環境に配慮した快適な生活を追求している町である。エネルギーの面ではソーラーパネルによる創エネよりもむしろ省エネのほうに重点が置かれている。従ってソーラーパネルの量もそれほど多くはなく町のエネルギーを補助的にまかなう程度である。
- ・ solarCity の頭文字を小文字にしているのはロゴのような効果を狙ったことである。
- ・ 住民のことを第一に考えて快適な生活空間を提供することが目標である。さらに開発公社によって家賃の安さも追求されている。

補助金について

- ・ 複雑なので説明は困難を極める。省エネルギーや太陽電池などに対して市や国などから補助金が出るが、いずれにしてももらった後は成果の報告義務がある。なお、solarCity は 2005 年に最新の状況を報告している。それによると住民の満足度は非常に高いそうである。
- ・ 補助金の与え方はプロジェクトの規模などには左右されず、平等である。どういう団体に補助金を提供するかはきちんとした指針があるのでそれを満たせば誰でももらえる。

その他

- ・ solarCity には年 40 組ほどの視察が訪れる。
- ・ ソーラーパネルの保証期間はおそらく 3 年だと思われる。

幼稚園職員 S= Donabauer 氏への聞き取り調査より

幼稚園概要

- ・ 園児は現在 1 歳半から 6 歳まで約 250 人で、ほぼ全てがソーラーシティの住人である。卒業すると隣の小学校・中学校に進学することになる。
- ・ リンツ市の統計では、5 年後に園児数がピークになる。

建築計画

- ・ この左右対称の建物の街中心に近い側が 4 年前に建てられた第 1 期で、園児の増加に伴い 1 年少し前に南西側の第 2 期が増築された。第 1 期と第 2 期の間はアトリウムで連結されており、エントランスとなっている。アトリウムでは PV の発電量をモニターで情報提供している。
- ・ 第 3 期増築の予定はなく、児童数の減少で部屋が余れば、老人ホームとして使う予定である。

エネルギーシステム

- ・ 屋根面で集熱し、地下の蓄熱体に蓄熱し、暖房として利用している。不足分は地域暖房施設から賄う。

他

- ・ ソーラーシティだからといって特に特別な環境教育が行なわれているわけではない。水を節約する、ごみを分別する、といった一般的な環境教育が行なわれている。
- ・ 旧 Pichling の町の人々はソーラーシティに買い物には来るが、特に交流があるわけではない。

solarCity 住民インタビューより

インタビュー結果一覧

no.	対象	居住形態	購入形態	家賃(ユーロ)	住居面積 ^m	賃貸分譲のデポジット支払方法
1	50代女性	パートナーと2人	賃貸分譲	420	80	2000ユーロ×5年
2	50代女性	不明	不明	-	-	-
3	60代男性	夫婦2人	賃貸分譲	400	81	?
4	20代男性	夫婦2人+子供1人	賃貸	500	90	-
5	30代女性+子ども	夫婦2人+子供1人	賃貸分譲	500	78+20	8000ユーロ×3回
6	50代男性+犬	3人家族	賃貸	600	85	-
7	40代男性+犬	夫婦2人+子供2人	賃貸分譲	530	89	?
8	20代夫婦+子ども	夫婦2人+子供1人	賃貸分譲	420	89	建設費の2%

賃貸分譲について

本インタビューによって、賃貸分譲という購入形式の詳細が明らかになった。

solarCity での購入形式は大きく分けて 2 つある。Miet と呼ばれる賃貸形式と Mietkauf と呼ばれる賃貸分譲形式である。

賃貸分譲形式とは、ある部屋を一定期間借り続けると、その部屋を買い取る権利を得られるという形式である。この形式で部屋を借りると、購入の意志の有無にかかわらず、家賃のほかにデポジットを払わなくてはならない。購入を希望する者はそのデポジットが頭金となり、希望しない者は退去時または死亡時にデポジットが全額返還される。solarCityの場合、購入権を得るまでの期間は全ての住宅で10年間である。

solarCityにおいては、住宅を選ぶ際に購入形態の違いも重要になってくるのである。

開発公社

本インタビューによって、それぞれの開発公社がいかに多様性に富んでいるのかが明らかになった。全ての住宅は太陽をテーマに設計されているものの、開発公社によって部屋の広さや間取り、家賃などが大きく異なっている。賃貸分譲の場合はデポジットの払い方まで細かく違いがあるのである。また、開発公社にはカラーのようなものもあるらしく、その結果南側の住宅地は北側の住宅地よりも自由な雰囲気になっているそうである。南側は開発公社が庭やテラスを自由に使うことを許可しているのである。

solarCityの居住者は、開発公社と相性が合わない不幸である。

インタビュー結果詳細

No.1 女性 50代、2003年WAG入居 @カフェ

- ・ 家賃€420、80㎡弱、デポジット€2000×5年、賃貸分譲
- ・ 入籍はしていないパートナーと同居している。子供たちも独立したので街中から移り住んできた。賃貸分譲だがもう年だから買うつもりはない。
- ・ 窓や入り口が小さかったり、内装が石膏ボードで軽い絵しかかけられなかったりするが、そんなことは些細なことで十分満足している。

No.2 女性 50代 + 犬、2003年入居 @シティーセンター裏の道

- ・ 緑が多くてよい。

No.3 男性 60代、2004年北側の住宅入居 @シティーセンター横（西）の道

- ・ 家賃€401（駐車場込み）81㎡、賃貸分譲
- ・ 庭掃除が大変だったので大きい一軒家から引っ越してきた。奥さんと二人住まいである。

No.4 男性 20代、2002年北西の端にある住宅に入居 @シティーセンターの横（西）の道

- ・ 家賃€500、90㎡、賃貸
- ・ 妻と子供と3人で暮らしている。
- ・ 家賃が安くて、緑が多いのがよい。

No.5 女性 30代 + 子供、2004年頃 familie 入居 @ familie 付近の道

- ・ 家賃€500以下、78㎡ + 20㎡(バルコニー) + 50㎡(庭)、デポジット€8000×3、賃貸分譲
- ・ リンツの西側から越してきた。買うつもりはない。
- ・ 子供連れの人がとても多いこと、庭やバルコニーがついていること、家賃が安いことなどがよい。

No.6 男性 50代 + 犬、2006年4月 familie 入居 @familie 付近の道

- ・ 家賃€600（光熱費込み）85㎡、賃貸
- ・ ウィーンから越してきた3人家族である。ここで死ぬつもりはないので賃貸を選んだ。
- ・ 南側と北側はカラーが違う。南側は自由な雰囲気で気に入っている。庭や屋根上のテラスを自由に使うことができるのがよい。
- ・ 開発公社と相性が合わない不幸である。

No.7 男性 40代 + 犬、@シティーセンタースーパーの前

- ・ 家賃€530、89㎡、賃貸分譲
- ・ 以前住んでいた家が大きすぎたので越してきた。9才と12才の子供がいて学校に通っている。10年経ったらぜひ買い取りたい。
- ・ 全体的に問題なし。ちいさくて安いのがよい。

No.8 夫婦 20代 + 子供、2004年入居@シティーセンタースーパーの前

- ・ 家賃€420（光熱費除く）+ €50（駐車場）89㎡、デポジット建設費の2%、賃貸分譲
- ・ 特に問題なし。

住戸面積

60 - 110 m²

戸数

74 戸

運営方式

賃貸分譲

設計

Michael Loudon (A)

開発公社

BRW、Baureform Wohnstätte, Gemeinnützige
Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft

概要

トラムで solarCity に入ると、はじめに視界に飛び込んでくる住宅である。
全 5 棟のうち 2 棟の屋上に太陽集熱器が設置されている。その他の太陽光利用としては、まず黄色を基調としてデザインされた日射制御が特徴的な外観を生み出している。また、階段室を分離して明るい空間に得る手法がここでも採用されている。



写真 1 : パルコニーとブラインドその 1



写真 2 : パルコニーとブラインドその 2



写真 3 : 窓の下には換気口



写真 4 : 独立したガラス張りの階段室

住戸面積

60 - 110 m²

戸数

93 戸

運営方式

分譲，賃貸分譲

設計

Treberspurg und Partner (A))

開発公社

EBS, Wohnungsgesellschaft mbH Linz

概要

solarCity の北西の端に位置する住宅地である。温水パネルは屋根の上に南向きに設置してあるが、北側に寄せて設置してあるので正面からは見えないようになっている。バルコニーは金属製のものと木製のものの2種類がある。木製のは上下でずらされていて、外観を形作っている。



写真 1 : 南面



写真 2 : 全景



写真 3 : 全景



写真 4 : 通り道にオーバーハングしている

Eigenheim Linz

住戸面積

40 - 120 m²

戸数

78 戸

運営方式

分譲、賃貸分譲、Eigentum

設計

Helmut Schweiger (A)

開発公社

Eigenheim Linz,
Gemeinnützige Wohnbaugenossenschaft

概要

solarCity の北西の端に位置する住宅地である。太陽光を受ける面に、温水パネルとサンルームと屋上テラスが集中している。太陽光を受けると真っ白にかがやく住宅であった。



写真 1 : エントランス



写真 2 : 屋根の上に並ぶ太陽光集熱パネル



写真 3 : サンルームとテラス



写真 4 : 裏側のアプローチ

Familie

住戸面積

50 - 110 m²

戸数

98 戸

運営方式

分譲

設計

Helmut Schweiger (A)

開発公社

Familie, Gemeinnützige Wohnungs- und
Siedlungsgenossenschaft

概要

小学校の隣に連なる住宅群である。
太陽集熱器は屋上に並んでいる。ガラス張りの階段室が躯体から飛び出しているのが特徴的で、太陽の光を受ける空間になっている。

solarCity では、住宅の雰囲気は開発公社の方針によって大きく左右され、南側の住宅には北側よりも自由な雰囲気があるそうである。

この建物では、とりわけ自由に使える庭や屋根上のテラスが住民に好評であった。



写真 1 : 屋根の上に並ぶ太陽光集熱パネル



写真 2 : サンプルームと屋根上テラスと庭



写 真
3 : 雪
日 の
景



の
全

写真4：飛び出した階段室

住戸面積

60 - 110 m²

戸数

106 戸

運営方式

分譲，賃貸分譲

設計

Helga Lassy (A)

開発公社

GIWOG

Gemeinnützige Industrie- Wohnungs-AG

概要

solarCity の北の端に位置する住宅地である。太陽を受ける面に温水パネルとバルコニーが設けられている。黄色を使用したバルコニーがこの建物の外観のアクセントとなっていた。



写真 1：屋根の上に並ぶ太陽光集熱パネル



写真 2：庭越しに眺める



写真 3：全景



写真 4：遠景

住戸面積

60 - 110 m²

戸数

60 戸

運営方式

賃貸分譲

設計

Kaufmann und Partner (A)

開発公社

GWB, Gesellschaft für den Wohnungsbau

概要

solarCity の中で最も北に位置する住宅地である。屋根の温水パネルとその少し下に位置する屋上テラスで太陽光を受け取ることになる。建物の北側には庭が広がっている。



写真 1 : 全景



写真 2 : 温水パネルと屋上テラス



写真 3 : 庭への出口と駐車場への入り口



写真 4 : 温水パネルに太陽光が当たる

住戸面積

45 - 91 m²

戸数

151 戸

運営方式

分譲

設計

Herzog und Partner (D)

Heinz Stögmüller (A)

Latz + Partner (D)

開発公社

GWG, Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft

概要

READ が手がけた中心的な 4 住宅のうちのひとつである。ガラス張りの階段室が特徴的な建物で、その階段室のてっぺんには温水パネルが設置されている。階段室は年間を通して室温が 18 度以上になるように設計されており非常に快適な空間である。この階段室に、ロフトが浮かび、ダイニングキッチンの窓が面している。

バルコニーは、当初は設置されていなかったが、住民の根強い要望を受けて後付したものだそうである。



写真 1 : 全景



写真 2 : 庭とバルコニー



写真 3 : 屋根には太陽光集熱パネルが並ぶ



写真 4 : ブラインド



写真 5 : 光が入る階段室



写真 6 : 階段室内観



写真 7 : 全景



写真 8 : 入り口と階段



写真 9 : 半地下駐車場



写真 10 : 南端に商店が付属する

Kindergarten

運営方式

分譲，賃貸分譲

設計

Herzog und Partner (D)

Franz Kneidinger (A)

Latz + Partner (D)

開発公社

WAG, Wohnungsanlagen Gesellschaft mbH

概要

solarCity 唯一の幼稚園。現在の園児は 1 歳半から 6 歳までの約 250 人でほぼ全てが solarCity の住民である。左右対称の平面形が中央のアトリウムで接続している。現在は両方幼稚園だが園児が減少すれば片方は老人ホームとなる。屋根面で集熱し、地下の蓄熱体に蓄熱し、暖房として利用している。底には太陽電池もついている。ソーラー機器の動作はモニタリングされており、保護者が見られるように表示されている。



写真 1：全景



写真 2：アプローチ



写真 3：空気式集熱器の配管



写真 4：ガラス面の支持部



写真 5 : 太陽電池パネル



写真 6 : 庭から建物を見る



写真 7 : ルーバー



写真 8 : 内観



写真 9 : ソーラー機器のモニター



写真 10 : 内観見上げ

Kirche

概要

Ortszentrum の西に位置する教会である。solarCity の人たちが集まる憩いの場として、コミュニティーセンターのような役割も担っている。
礼拝堂はお祈りさえできればよいので形態は問われなかったそうである。銅の特殊仕上げも用いられ、独特の空間となっていた。

この建物には太陽光発電も取り入れられている。入り口に掲げられた白いパンチングメタルの間に太陽電池を挟み、昼間発電した電力を夜間の照明に使用するという試みであった。発電効率は悪そうだが、照明に使うぶんには十分なのかもしれない。



写真 1：入り口



写真 2：裏口



写真 3：礼拝堂内観



写真 4：夜景

Lebensräume

住戸面積

60 - 110 m²

戸数

86 戸

運営方式

賃貸分譲

設計

ZT-Hochbau-Atelier (A)

開発公社

Lebensräume, Wohnungsgenossenschaft

概要

solarCity の中で北西に位置する住宅地である。この住宅地では、バルコニーは東向きもしくは南向きに取付けてある。温水パネルは2棟の屋根にしかついておらず、南向きに設置してある。

棟で囲まれた部分には庭があり、遊具やベンチが並ぶ。この庭では雨水の流れがデザインされていた。



写真1：バルコニー



写真2：庭



写真3：雨水の流れがデザインされている



写真4：雨水の道

Neue Heimat

住戸面積

60 - 125 m²

戸数

171 戸

運営方式

賃貸分譲

設計

Foster & Partner (GB)

Erich Weismann (A)

開発公社

Neue Heimat, Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft

概要

READ が手がけた中心的な 4 事例のうちのひとつである。太陽集熱器は屋上に並ぶが、屋根の傾斜のため外部からはほとんど見えない。太陽集熱器で作られた温水は地下の給湯槽にためられた後、各住戸に分配される。建物の地下には給湯槽のほかに駐車場と物置があり、地下 1 階・地上 3 階建てである。

軽快に吊られたバルコニーが外観上の特徴で、穏やかに太陽光を浴びている。



写真 1 : 全景



写真 2 : 屋根の上には太陽熱集熱パネルが並ぶ



写真 3 : 隣棟間の道



写真 4 : 小学校と向かい合う



写真 5 : バルコニー



写真 6 : タウンセンターから南へ向かう道



写真 7 : 妻側にはバルコニーと地下駐車場の入り口



写真 8 : バルコニーが夕日を反射



写真 9 : 庭



写真 10 : 並ぶバルコニー

Ortszentrum

機能

Volkshaus, Stadtbibliothek, Seniorenclub, Volkshochschule, Nahversorger, Bank, Geschäfte, ApXheke

設計

Auer + Weber + Partner (D)

概要

1998 年に行なわれたこの施設のコンペを勝ち抜いたのはドイツ出身の新進気鋭の建築家コンビ Auer+Weber+Partner であった。

solarCity のインフラの目玉となるこの施設には商業施設が多数集約しており、町の外からも利用客がやってくる。



写真 1 : 全景



写真 2 : 屋外の渡り廊下



写真 3 : 街の中心にあるトラムの駅と少年



写真 4 : ガラスの屋根と側面のルーバー



写真 5 : 広場の水道とカフェ



写真 6 : 屋内の渡り廊下



写真 7 : 2 階に上がる階段とエレベータ



写真 8 : 屋内の吹き抜けを眺める



写真 9 : 屋上にある太陽電池パネル



写真 10 : solarCity の全体模型がある広場

Schulzentrum/Hort

機能

小学校

Klassen/Gruppen

6 Klassen Volksschule

4 Gruppen Hort

Einfachturnhalle

設計

Michael Loudon (A)

概要

1998年に小学校を含む幼稚園、中心商業エリアなどのインフラコンペが行なわれ、計画が実行に移された。学校や幼稚園は生徒数の増加を見越して増築可能な形態を採っており、2006年11月現在も増築の工事は続いていた。



写真1：全景



写真2：妻側



写真3：校庭と建設用のクレーン



写真4：ルーバー

住戸面積

60 - 110 m²

戸数

87 戸

運営方式

分譲

設計

Helmut Schweiger (A)

開発公社

VLW, Vereinigte

Linzer Wohnungsgenossenschaften

概要

solarCity の西の端に位置する住宅地である。南面いっばいに窓が開けられ、屋上テラスや温水パネルもつけられている。最上階の外壁だけ素材が変えられていた。



写真 1 : 建物間の通り道



写真 2 : サンプルームとバルコニー



写真 3 : 外壁面



写真 4 : 屋根の上に並ぶ太陽光集熱パネル

住戸面積

46 - 92 m²

戸数

174 戸

運営方式

分譲，賃貸分譲

設計

Herzog und Partner (D)

Franz Kneidinger (A)

Latz + Partner (D)

開発公社

WAG, Wohnungsanlagen Gesellschaft mbH

概要

READ が手がけた中心的な 4 住宅のうちのひとつである。デザインパターンは 2 種類。外装が木のものやタイルのものがある。太陽集熱器はタイルの棟にだけついており、住民の給湯に利用されている。外から見ると階段室とバルコニーが一体となったデザインがとても印象深い。そして、そこへ太陽の光が降り注ぐことで、内部でも太陽の恵みが感じられる仕掛けになっている。



写真 1：屋根の上に並ぶ太陽光集熱パネル



写真 2：全景



写真 3：床下換気口と雨水排水



写真 4：玄関ホール



写真 5 : バルコニー



写真 6 : バルコニー



写真 7 : 全景



写真 8 : 入り口とバルコニーと階段室



写真 9 : 背面と駐車場



写真 10 : 正面から

住戸面積

60 - 150 m²

戸数

115 戸

運営方式

分譲，賃貸分譲

設計

Richard Rogers Partnership (GB)

Herbert Karrer (A)

開発公社

WSG, Gemeinnützige OÖ Wohn-
und Siedlergemeinschaft, reg. GenmbH

概要

READ が手がけた中心的な 4 住宅のうちのひとつ。太陽集熱器はついていないが、太陽を感じられるように工夫されている。その中でも特徴的な仕掛けは入り口を兼ねたサンルームで、そこに太陽の光が充満する。隣棟間隔はこのサンルームに常に太陽光が届くことを条件にして決められており、非常に明るい住宅になっている。住民の方々はそのサンルームと庭を思う存分飾りつけていて、快適に利用しているさまが見取れた。

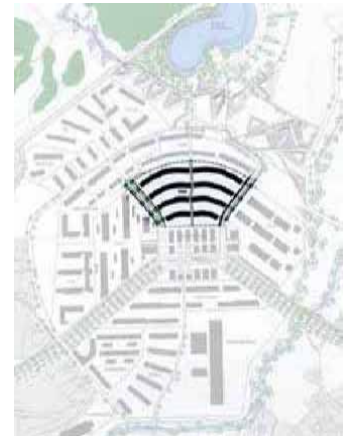


写真 1：太陽光を浴びる庭とサンルーム



写真 2：曲がりくねった通路



写真 3：入り口と庭とサンルーム



写真 4：美しい庇



写真 5 : 隣棟の影が届かないように配置されている



写真 6 : 地下倉庫のための採光口



写真 7 : 飾り付けられた庭とサンルーム



写真 8 : 外壁を下から見上げると換気孔があいていた



写真 9 : 全景

6. パルタウン城西の杜、19. X市庁舎

070219 山下・松田

日程：2007年2月15日(木) 10:00 - 12:00

場所：群馬県X市 市役所 + パルタウン城西の杜

参加者：山下、松田

対応者：M氏、I氏（X市総務部管財課）

K氏（X市土地開発公社）O氏（関電工）

取得資料：X市庁舎設計概要、発電量データ

パルタウン城西の杜説明資料、

PV系統連携実証実験概要パンフレット



X市庁舎

平成10年に完成した新市庁舎の東西南面に シースルー型の複層ガラス一体型PV450枚（計15kW）を、屋上に普通の単結晶型の設置式PV110枚（計15kW）を導入し、環境貢献にアピールする公共施設として計画した。偶然、三洋ソーラーエネルギーと明電舎の工場が近くにあったこともあり、シースルー型には最新のアモルファスシリコンPVを導入した。



左から、南面正面のシースルー型PV外観 / シースルー型PVの内観 / 屋上設置の単結晶型PV /

高層棟のエレベーターホールのシースルー型PV

発電量は1階ロビーの電光掲示板で表示しており、訪れた時点（2月15日10時、晴天）では12.6kWだったが、発電能力自体は30kWある。実際にこの庁舎での年間電力消費量は平成14年の月平均で20万kWhだが、発電量は同じく月平均1700kWhと、1%も賄えていないのが現状で、公共建築物としての環境面でのアピールの意味合いが強い。ただ、設計面でPVを導入すると同時に、光の良く入る明るい建物を計画しているため、日中は廊下の電気をつけなくても十分明るいなどのメリットがあり、庁舎の電気使用量は年々減少傾向にあるのは効果が出てきているのではないと思われる。

この8年間で、電気系統面での問題はなかったが、シースルーPV450枚のうち、47枚が不良品で出力が不足しており三洋によって回収された。そのほかに、1階のPV一体型ガラスが外的要因で割れたのと、5階のPV一体型ガラスが原因不明で割れたのが1件ずつあり、三洋ソーラーエネルギーに発注して新品に交換してもらったが、特注なので1枚で300万円程のコストがかかってしまった。その中でもダミー部分の製造だけに100万円もかかったそうで、デザイン面の追求にかなりのお金をかけていると思われる。

パルタウン城西の杜

概要

所在地：X市城西町

施工者：X市土地開発公社

事業面積：40.9ha

事業期間：平成11～18年度

計画戸数：700戸

販売価格：1200～1300万円

NEDOの助成により、関電工が委託先となって進められているのが、「集中連携型太陽光発電システム実証研究」で、553戸に2200kWという住宅地として世界最大規模の連携実験である。実際には関電工から明電舎や松下エコシステムズ、日本大学などに再委託して実験を進めている。X市は、この大規模な実験への住民の協力を依頼するための協力要請を行ってきた。



ここでは、平成14年から7期に渡って土地開発公社が公募で居住者を集め、関電工がこの実験の説明会を開催し、NEDOの研究助成対象として屋根面にPVを、屋外に蓄電池や計測機器を収納する倉庫を設置することを説明した。抽選で当選した700戸のうち553戸が実験に協力してくれた。もともと、この住宅地は価格が安いだけでなく、大規模な公園を2つ設け、街区にも5種類の形態から選べるような工夫をしており、居住環境が大変良いため、20~30倍の倍率だったようである。

太陽光発電システム概要

設置数：553戸 設置面：東西南

PV容量：原則3～5kW（平均3.85kW）

設置タイプ：屋根置き型（NEDO所有）

PV総容量：2129kW（約2メガワット）

居住者は土地を購入した後、ハウスメーカーや住宅仕様は自由に決められるが、PVを屋根面に「置く」とこととそのPVのメーカーを選ぶことはできない。これはPVの所有権を明確にすることと、系統連携で複数種、複数メーカーのPVを連携させる実験のためである。実験終了2008年以降は、PVはX市から居住者に無償提供され、現在関電工が行っているメンテナンスは、各PVメーカーへと委譲されることになっている。

研究項目

出力抑制回避技術の開発

逆潮流の集中による電圧上昇で、電力系統から出力抑制されるのを回避する技術

具体的には過剰に発電された電力を蓄電池に蓄える方法が考えられている。

高調波対策技術

発電した直流電流をパワーコンディショナーで交流にする際の波のブレが連携によって大きく重ねあわされる際の問題点を調べ、対策を講じる。

研究の結果、太陽電池による波形の乱れの影響は小さく、深刻な影響がないことが分かってきた。

単独運転機能の誤動作対策技術

電力系統が落ちた際に、住宅のPVが勝手に作動せずに安全のため自動停止する機能が、PVシステムの集中により誤作動を生じないための技術開発

技術的には解決できそうであるが、法整備が全く進んでいない。

応用シミュレーション手法の開発

これらをより汎用性の高い技術とするための実証研究



発電監視モニター



蓄電池と計測装置

7. アメルスフォルトソーラー住宅地

調査日時
2007/11/3 PM13:00-15:00
訪問先
アメルスフォルトソーラー住宅地
取得資料
特になし



ENECO について

- ・ オランダにはエネルギー会社が現在 ENECO、NUON、ESSENT の三社ある。ENECO は三番手でシェアは 23% となっている。ちなみに NUON は 33%、ESSENT は 32% であり、三社合わせるとオランダにおけるマーケットシェアは 90% である。
- ・ 主にヒートポンプ、太陽光発電、風力発電を扱うエネルギー会社。

amersfoort について

- ・ 1993 年 Nieuwland 構想が持ち上がる
5000～6000 戸の住居を計画しており、sustainable というテーマのもと計画が進められた。当時は環境という視点は珍しく、それだけにいかに革新的な発想だったかが想像出来る。
またスーパーバイザーとしてデルフト工科大学先生を招き入れている。
- ・ 1994 年 50 戸の住宅の屋根に PV と集熱器（？）を載せる。
当初は雨漏りなどの問題も生じている（集熱器のほうに？）。
- ・ 1995 年 分譲も始める
10 年間は屋根の所有は ENECO であり、年間発電量の 20% だけが無料でオーナーの使える電気となる。（オーナーは ENECO に屋根の借り賃を払っている？）設定される年間発電量は発電可能量ではなく、実際に発電量を測定して決められる。10 年後は、オーナーが 1 ユーロで屋根を買い取る事ができる。（ただ現在の所は屋根の所有が移るということは起こっていない。理由としては、PV をより効率の良い最新のものに変えたいといった要望があるため。）
- ・ プロジェクト全体として全てが上手く行っている訳ではない。
- ・ 1MW プロジェクトでは 10 のディベロッパーがそれぞれ 10 の建築家を選び
造り上げられている
- ・ 全体として BP ソーラーが 2 割、シェルが 8 割となっている。
- ・ コスト的な問題から単結晶ではなく多結晶が多く使われ、アモルファスシリコンに関してはゼロとなっている。（？こちらのノートでは多結晶のみ使われていることになっている。要確認？）
- ・ 1.3MW プロジェクトにおいて、250 戸は屋根も PV も eneco 所有であり、もう 250 戸は全てがオーナーの所有と

屋根の所有に関するシステムについて調査した結果、ほとんどの住民が屋根を所有したいと考えている。理由

- ・ オランダにおいては景観的な問題、さらには騒音なしに発電できるといった面でソーラーに対して好意的である

- 250 $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = \frac{\partial L}{\partial x}$





表面がザラザラなものほど発電効率が良い。



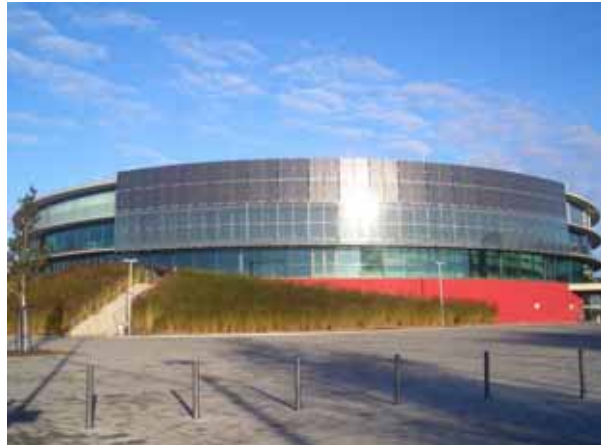
太陽集熱器が載っている。



8. EWE アリーナ

アリーナを管理する S 氏と EWE（エネルギー会社）の担当者 W 氏への聞き取り調査。

調査日時
2007/10/31 AM9:00-10:30
訪問先
EWE ARENA
取得資料
EWE 会社資料 2 種類



建物概要

- ・ 2004 年竣工。
- ・ オルデンプルグ市が所有する公共のアリーナ
- ・ EWE のバスケットボールチームがありその本拠地のコートである。
- ・ 建築家はシュツウットガルトの ASW。PV 設置を提案したのは EWE。つけるならどこまでできるのかやってみようという事で実験的な取り組みも積極的に行なった。その中で建築家、市も関わった。美的側面の重要性も考えていて、社会的にアピールできる広告塔としての役割を持たせることも意図している。

EWE 概要

- ・ EWE はエムス ヴィーザー エルベ？の略称である。地域エネルギー供給機関である。ガス、電気などのエネルギーやテレコミュニケーションなどを扱っている。
- ・ この会社ではポーランドにも電力を供給している。またトルコへのガス供給も行っている。
- ・ 会社として 10 のセクターを持っており、ソーラーはそのうちの 1 つである。
- ・ 90 億ユーロ（何が？）
- ・ 競合相手はいるかとの問いに答えて。しいていえば、REB。ただ、REB は競合相手というよりもむしろ co-competitor である。
- ・ エネルギー会社が PV 発電を行なうメリットは何かとの問いに答えて。PV を使用する義務はないため自発的な試みである。将来を見据えて分散型の供給や再生可能エネルギーの利用の方法を模索している。EWE アリーナについても経験を得るためにテストケースとして取り組んでいる活動である。

PV 概要

- ・ 本当はもっと多くのソーラーパネルをつけたかったが、中が暗くなるので現在の枚数に決まった。
- ・ PV パネルとガラスで構成されている縦 4 枚 × 横 36 枚の外壁パネルは可動式である。円形の建物の外周を太陽の向きに合わせて 240 度回転し、日没後同じ経路を逆にたどって最初の位置にもどってくる。その動きはそのときの太陽光の

向きと、あらかじめ組み込まれている年間の太陽の運行を基に制御されている。回転動力に関してもリスクは考慮済みである。日中に動くのは一方向のみで戻ってくることはない。センサーは中央部についており、どちらの方向の光が強いかが判断し、両側の光の強さが丁度同じところまで進む。動き方を決める優先順位はセンサーによる制御のほうがあらかじめ組み込まれているカレンダー制御よりも高く設定されている。また、自分の位置をときどき確認するプログラムも組み込まれていてスリップなどの異常に備えている。もちろん外壁パネルを動かすのに必要な電力は PV の発電量より少ない。

- ・ 上記の可動外壁パネルは EWE の所有物である。したがって、発電した電力も EWE のものである。EWE にとってみればひとつの小さな発電所ということになる。

- ・ 発電容量は 14.76kw。コールトが制作。

- ・ ARENA 自体はオルデンブルグ市の所有する公共物であるが、建設時に EWE が電気関係の設備を寄付したことで発電スペースとアリーナの命名権を無料で得ている。

- ・ 得られた電力は系統連係されており、アリーナで間接的に利用している。といってもアリーナでは 2 万ボルトの電力が必要であり、電力レベルに差がある。また太陽光発電による売電として通常よりも高い価格で、自社で買い上げ、市に電力を供給している（ ??? ）。電力会社としてはバイオマス、風力、ソーラーを行っているが、将来的に分散型の電力供給の必要性などから、このプロジェクトをテストケースとしてとらえているため、初期投資コストの償還は考えていない。

- ・ PV の設置賃料は発生していない。

- ・ インバータが全部で 3 つ PV パネルの裏についており、外壁パネルと一緒に動く。SMA という会社のインバータである。

- ・ 外壁パネルを動かすためのモーターへの電力供給と、PV パネルからの電力受け取りが必要であるが、可動外壁のため配線をつなぐずにパンタグラフのような電気の流し方を採用している。

9. SS 設計事務所

SS 設計事務所（アトリエ系）のポーバン地区開発プロジェクトに携わった方への聞き取り調査。

調査日時
2008/02/18 AM9:30-13:00
訪問先
SS 設計事務所
取得資料
R 事務所 Solar Architecture（冊子）

5 年前から SS 設計事務所に所属し、ポーバンの地区開発も担当している H 氏にお話を伺った。



SS 設計事務所について

- ・1990 年代後半に R 事務所がポーバン地区の一部を開発すること

で出資者を募ったがうまく行かずこの事務所を立ち上げた。銀行は新しいプロジェクトに懐疑的で保守的でなかなかお金を貸してくれなかった。

プロジェクトに関して

・敷地であるポーバン地区は 1930 年代にはフランス軍が滞在していて、フランス軍が使っていた建物も残っている。旧兵舎は全て学生寮になっている。のちにフランスから市がこの地区を譲り受け、SS 設計事務所はそのうちの 11000 m²を 99 年に市から買い取った。そして、2000 年に建設を開始した。

・リッタースポーツというチョコレート会社が 100% 出資してくれた。土地と建設費を含めて 4000 万ユーロであった。
 ・ソーラー住宅は規模が 50 戸で 30 万 kWh、ゾーネンシフと呼ばれる中心的なオフィスビルは規模が 6000 m²で 10 万 kWh、である。つまりこの地区で合わせて毎年 40 万 kWh を PV で発電している。住宅地には 3~12kw の PV を分散型で配置している。50 戸全部分譲で完売している。各住戸の床面積は 72~160 m²、平均 130 m²である。3~5LDK。価格は 2500~3000 ユーロ/m²（土地代込み。太陽電池の値段は含まず）。これは従来の住居よりも 15% 程度高い。回収年数は 8 年を見ている。

・フライブルグの BADENOVA（電力ガス水道を扱うエネルギー供給会社）という会社がこのプロジェクトに関心を示し、バイオマスを試みることになった。住宅地から 200m ほどのところにバイオプラントを設置し、黒い森から運ばれてきた木材を使用して給湯と暖房用の温水を全て供給している。

・この地区にはガスのインフラが来ているけど料理にガスを使っているのは 7、8 件。他のところは供給できるようにはなっているけれど使われていない。

・住居や PV の所有形態はさまざまである。ドイツではファンドや第三者が家を買うときは住宅か PV 設備のどちらかにしか投資できない。電気設備に対する投資は不動産業の法律から外れてしまうからである。したがって PV と住宅の所有者が異なっていることも多く複雑である。この状況にフレキシブルに対応できるようにルールは自由にした。

- ・このプロジェクトの中に太陽熱はない。バイオマスと競合するから。
- ・当時はこのような挑戦的なプロジェクトに懐疑的だった金融機関も最近は融資してくれるようになった。このプロジェクトが先駆的な役割を果たしたのはうれしい。

ドイツの制度に関して

- ・PV 設置から 20 年間は電気を一定価格で買ってくれるという事がドイツの法律で決まっている。今年の売電価格 46 セント/kWh である。
- ・ドイツでは 2004 年に太陽光、風力、バイオマスに関する補助制度ができた。この法律によって売電が法律で保証された。2004 年 57 セント/kWh、2008 年 46 セント/kWh というふうに年々売電価格は下がっていく。つまり早く設置したほうが高く電気を売れるようになっている。このプロジェクトの住居販売したのはその法律ができる 2004 年より前であった。入居した人はみんな太陽光発電に関心を持っていた。当時は売電価格が決まっておらず、パデノバが 16 セント/kWh で買っていた。売電価格にばらつきがあるのは問題なのでドイツ政府が 2004 年に売電価格を統一した。

Kommunaler Klimaschutz mit Plusenergieについて

- ・SS 設計事務所が現在構想しているプロジェクトである（図 1 参照）。
- ・住居の真ん中に太陽集熱器と PV を合わせた設備の基本的なコア（コンポネント）を規格化し、コア以外の部分を周囲の環境に合わせて変えることで、世界中どこでも使えるようなソーラー住宅を開発しようとしている。コアを大量生産することで価格を抑え、次第に質を高めていくことができる。従来の住宅と同程度の価格になる予定である。住宅規模など周囲のいろいろな状況に合わせて規格も何種類か考えている。
- ・先週末にメッセージがあり、地方自治体に向けてこのアイデアを公開した。



図 1：イメージ図

住宅地に関して（図 2、3 参照）

- ・暖房負荷は $10 \sim 15 \text{ kW/m}^2$ である。
- ・熱交換気を通して給排気
- ・南側は窓を全面にとっている
- ・アルゴンを封入した高断熱窓を使用している。
- ・熱還流率 $0.6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- ・ PV は 10kWp である。
- ・ 各住居に必要なエネルギーの 2～3 倍を生み出している。
- ・ PV は売電だけ。住宅で使うエネルギーは各自で買っている。
- ・ 地下室は断熱上不利なので設けていない。そのかわり物置小屋を庭に作っている。



図 2 : 住宅地俯瞰



図 3 : 住宅一棟

ゾーネンシフに関して（図 4 参照）

- ・ ゾーネンシフには冷房は一切ない。
- ・ 窓を開けて夜間蓄熱する。断熱をしっかりと天井を張っていない。断熱は夏季においても重要である。
- ・ 壁には PCM パネルを使用。PCM に関しては BASF という会社が塗装剤も出している。
- ・ 建物内でのエネルギー使用量は年間 9 万 kWh だが、PV から 10 万 kWh の電力を得ている。これは一次エネルギー換算で年間 100 万リットルの石油を節約できていることになる。



図4:ゾーンシフト内観

設計体制に関して

- ・ 現在 SS 設計事務所 4 人、R 事務所 12 人である。
- ・ 他に協力しているところは FH 研究所、設備とエンジニアリングはクレブサーフライヤー、PV は SE コンサルティング、木造建築はライス。これらのまとめ役は R 事務所である。ヒエラルキーではなく R 事務所が中心のサテライトのような設計組織体制をとっている。
- ・ ドイツでもデザインと設備融合は難しい。例えばコンポネントを作るときにも様々な人が入ってこないといいものは作れない。最小限度の原理的なものを作るときにはいろいろな人が関わるのが大事。最初にきちんと作ればどこに持っていても応用できるのではないか。

10. 太陽光発電技術研究組合

PVTEC 技術部主任研究員の S 氏への聞き取り調査。

061024 山下・松田

日時：2006 年 10 月 20 日（金）14 :00 ~ 16 :00

場所：PVTEC 本社@品川・泉岳寺

応対者：S 氏（技術部主任研究員）

参加者：山下、松田

聞き取り調査内容：近年の日本と海外における太陽電池導入傾向と今後の政策目標

取得資料：＜設計者向け＞太陽光発電システム手引書平成 17 年度改訂版

2030 年需給見通しのポイント 新エネルギー導入見直し

先端的太陽光発電システム写真事例

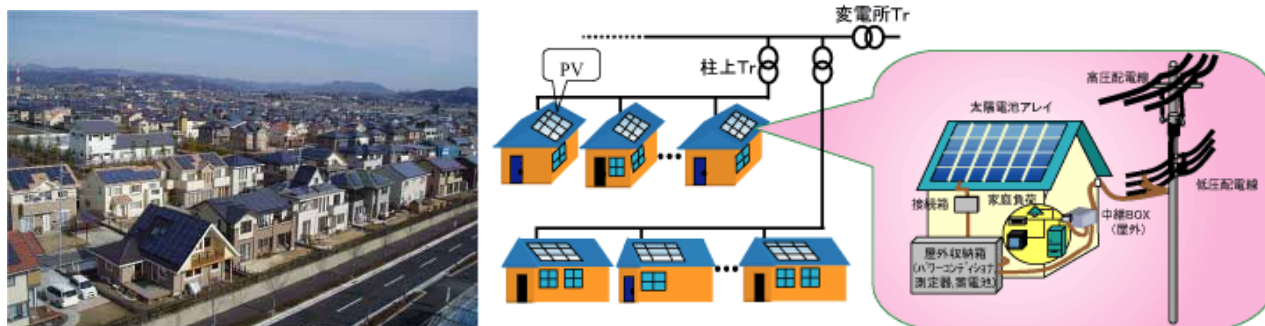
新エネルギー導入政策について（資料 ）

- ・ 資源エネルギー庁では 2030 年度には再生可能エネルギーが 1 次供給の 10%となることを想定し、その中でも太陽光発電は半分を占めるとの目標が定められており、100～200GW の発電量を見込んでいる。これは、国内の個人住宅の約半分に PV を設置するという試算になる。
- ・ 物理的なポテンシャルとしては、8000GW まで可能である。
- ・ 太陽光発電産業は近年急激に伸び、日本は 2004 年には 1.2GW を生産し世界の約半分の生産をする。
- ・ 太陽電池生産額は 2005 年に 3389 億円、2010 年には 5000 億円、2020 年には 1.2 兆円と予測。
- ・ 太陽電池の日本国内出荷量は 2004 年が 274MW。
- ・ 2004 年の日本の出荷量のうち 90%は住宅用で、95%以上は結晶シリコン太陽電池。
- ・ 日本の累積設置住宅数は 2005 年までで 25.4 万軒で順調に伸びている。
- ・ 今後の普及加速のためには、非シリコン系太陽電池投入、シリコン原料供給拡大、軽量化、建材一体型の普及、高効率化などが求められている。

海外の事例について（資料 ）

1. アメリカ 国際展示場駐車場（カリフォルニア州サクラメント、2000 年）
Santa Rita 刑務所（カリフォルニア州ダブリン、2002 年）
ワイン工場（カリフォルニア州ナバ、）
パシフィック公園遊園地用太陽光発電システム（サンタモニカ海岸、1998 年）
Springerville 発電所（アリゾナ州タクソン、2001 年）
ジョージア工科大オリンピック水泳競技用太陽光発電システム（アトランタ、1996 年）
ジョージタウン大学カルチャーセンター屋根一体型 PV（ワシントン、1984 年）
2. ドイツ 連邦経済省庁舎 PV システム（ベルリン、1999 年）
バイエルン州立銀行（ミュンヘン、1998 年）
新見本市会場（ミュンヘン・リーム、1997 年）
Academy Mont-Cenis 高等教育学校（ヘルネ、1999 年）
ダイムラークライスラー工場 Bad Cannstatt（シュトゥットガルト、1996 年）
Relzow 太陽光発電所（Usedom 島、2002 年）
Markstetten 太陽光発電所（バイエルン州、2000 年）
ベルリン中央駅（ベルリン、2002 年、駅舎は 2006 年）
アーヘン市州立工科大学一帯（アーヘン）
Auf dem Krüge 地域一体型 PV 発電システム（ブレーメン、1996 年）
3. オランダ アメルスフォート市ニューランドの地域集中型住宅地システム（アメルスフォート）
ユトレヒト近郊消防署（Houten、2000 年）
Floriade2002 国際園芸展示場（Floriadepark、2002 年）

4. スイス N13 高速道路防音壁 (Domat/Ems、1989 年)
Morges 駅ホーム用キャノピー型 (ローザンヌ近郊、1995 年)
St.Jakobspark サッカー場 (バーゼル、2001 年)
ローザンヌ自動車ショールーム (ローザンヌ)
Zermatt レストハウス用 (ツェルマット、1993 年)
5. オーストリア Gleisdorf 高速道路防音壁 (Gleisdorf、2001 年)
6. イタリア ローマ子ども科学館 Explora (ローマ、2001 年)
7. スペイン Tudela 太陽光発電所 (Tudela、2003 年)
8. イギリス ノーザンブリア大学外壁保護用被膜一体型 PV (ニューキャッスル、1995 年)
ドックスフォード・インターナショナル・ビジネス・パーク (サンダーランド、1998 年)
BedZED (ロンドン、ベディントン、2001 年)
ブロックヒル (ブロックヒル、)
9. オーストラリア シドニー分譲住宅/旧オリンピック選手村 (シドニー、2000 年)
10. 日本 Pal Town 城西の杜 (群馬県 X 市、2003 年～) など他 19 点



群馬県 X 市城西の杜 実証試験サイトと設置イメージ (NEDO ホームページより)

日本の大規模プロジェクト「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」について

1. 北海道稚内市で北海道電力による 5MW 程度の計画で、蓄電池による出力の安定化、系統電力のピーク対策などを目的とした計画運転の実効性を検証する。
2. 山梨県北杜市で NTT ファシリティーズによる 2MW 程度の計画で、様々な種別の PV モジュールによる大規模発電システムの構築、運用評価、また系統安定化制御が可能な大型パワーコンディショナーの開発などによる将来的な技術開発や実証を行う。

その他

【電気的價格と投資回収期間】

- ・ 現在、生産量は日本が 1 番だが、その 7 割はヨーロッパ向けに輸出されており、特にドイツでの導入量の増加が顕著である。これは、一般家庭の太陽電池で生産した電力の買い取り價格が日本が 23 円/kWh であるのに対し、ドイツでは法律によって 70 円/kWh が保証されており、20 年継続使用すれば利息が 6%/年の投資と同じ事になるため、銀行よりも良い投資対象として人気が出たためである。簡単に試算すると日本では、1 戸当たり 4kW × 60 万円/kW=240 万円の設置費用がかかるのに対し、年間期待発電量が 1200h × 4kW=4800kWh × 23 円=10 万円、つまり、投資の回収には 20 年以上かかることになる。
- ・ ただ、売電時間指定をした原子力 6.7 円/kWh、火力 9 円/kWh、風力 9 円/kWh、と比較すると、発電が不安定な太陽電池の電力を 23 円/kWh で買い取るのはかなりの厚遇措置である。(時間未指定の電力は通常 2 円/kWh でしか買ってもらえない)
- ・ 日本でも電力会社の深夜電力契約を利用して、深夜の安い電気で昼間の給湯をするなどすれば、12.3 年で投資回収することも可能である。

【保証】

- ・ 太陽電池自体は10年経っても普通に使用でき、強化ガラスの汚れなどで2～5%の効率低下がある程度。モジュールは10年間、インバータは3年間の保証をつけている。(インバータは10年程度で交換が必要であり、モジュールについて雷など天災による被害補償はされていない。)

【発電効率】

- ・ 1994年に1000台/年の生産量であったシリコン型太陽電池は効率も8～10%程度だったが、現在では市場に流通しているもので14%～16.7%、実験としての最高出力は24.8%まで可能になっている。理論的にはセル単位で28%まで出せるが、実際にはモジュールとして考えると発電面積自体が85～90%なのでもう少し下がる。
- ・ アモルファス型太陽電池は7.8%で理論的にも18%までしか出せないことが分かっている。
- ・ シリコン以外でより高い効率を出せる物質がガリウム砒素で、理論的には40%まで出せるが、価格が100倍するので主に宇宙施設に用いられる。SHARPの集光レンズ付き太陽電池はこのガリウム砒素を利用したもので、太陽光を収束させることにより発電面の面積を極力小さくしてガリウム砒素の使用量を減らしている。これだと35%の効率が可能であるが、集光レンズは直達光しか集光しないので自動追尾装置とセットにしなければならない。
- ・ 通常のシリコン型PVは散乱光も集光できるが、入射角が法線から離れるにつれロスが大きくなる入射角ロスがあり、固定して設置する場合には南から南東に向けて設置する必要がある。この角度による効率値は全て計算で求められている(NEDOの資料で日射量と最適傾斜角が地域ごとに算出されている)。その他にパワーコンディショナーには元々8%のロスがあり、発電kW数によっても効率のよしあしがある。(風力でも最大効率を発揮するのは風速10m/s周辺)

【設置や解体・リサイクル時の問題】

- ・ 1戸あたり240万円のPV設置費用のうち、30万円が工事費、20万円がパワーコンディショナーの価格となっているため、太陽電池価格にはまだ削減ポテンシャルが大きい。
- ・ モジュール自体の価格が下がっても、架台の工事価格はほとんどが人件費なのでなかなか削減できない。しかもモジュール自体は10年保証されていても、屋根の材料によってはボルト取付けが弱くなったり、瓦やコンクリート屋根では雨漏りが生じることもあるため、一人で簡単に設置できながら、風や雨に強い設置方法の開発が非常に重要である。
- ・ PVモジュール自体は30～50年使用可能であり、住宅の寿命より長いので、住宅が解体された時にどこで再利用するかが今後問題として生じてくる。今は中国に輸出しているが、今後中国でも生産量が増えればそれもできなくなるため、国内でも再利用の方法を確立することが大切である。ただ、ガラスをきれいにしたり、リード線を取り替えたりするのは簡単だが、シリコンをはがして再利用するといったことは難しい(シリコンは信頼性を高めるため簡単に取れないよう、樹脂で接着しているので、樹脂を燃やして回収することになるが、その際に銀なども一緒に溶け出してくるため、酸化处理のような高価な処理が必要になってしまう)。

【今後の展望、課題など】

- ・ 投資回収効率を上げていくためには、大量同時生産処理工場の導入や、モジュール化作業を海外移転することで人件費削減によるPV価格の低下が必要であり、京セラなどはすでにモジュール化工場を海外に移している。(モジュール化はセルを並べてハンダ付けして機械で接着するだけの単純作業)
- ・ ただ、セル生産は高等技術(シリコンウェハーに凹凸をつけるための薬液の調合割合や温度調整が独自技術)であるため、日本で生産している。液晶パネルの生産のように、その技術ごと装置を海外に売ることも考えなくてはならない。
- ・ シリコン価格は7.8～10円/gで、1Wにつき12gのシリコンを使用するため、セル価格のうち、シリコンウェハーが6割の値段を占めており、今後シリコン需要の増加によってシリコン価格が上がっていくと生産コストの削減が難しくなるかもしれない。
- ・ 今後、群や集合でのPV導入を進めていく方針だが、導入量が目標の10%に到達すると、電力会社の電力需給予測が困難になったり、逆流などの技術的な問題が発生したりすることが予想される。



11. 新エネルギー世界展示会 RE2006 報告

新エネルギー世界展示会で太陽光発電をはじめとする新エネの最新動向を知るための実地調査。

061024 山下・松田

開催期間 10月9日(月・祝日)～13日(金)

開催場所 幕張メッセ(ＪＲ京葉線、海浜幕張駅)

内容

再生可能エネルギーについての先端技術発表会+企業や団体による展示会。分野は以下の通り。

政策討論 太陽電池 太陽熱利用 省エネビル

風力 バイオマス 燃料電池 海洋エネルギー

地熱 先進的な発電システムと他の可能性

<http://www2.convention.co.jp/re2006/jpn-conf/index.html>



収集資料

国際会議プログラム、アブストラクト、展示会ガイドブック

International Journal of Energy Research vol.30 No.4

...太陽熱利用の熱変換効率やエクセルギーに関する投稿論文など(英文)

Progress in PHXOVOLTAICS Research and Applications

...薄型や CIS 型の太陽電池に関する調査や経年劣化実験、LCA に関する論文

Wind Energy vol.9 no.4

...風力発電のグリッド連結実験や太陽電池を導入した貯蔵エネルギーの最小化実験に関する論文など

IEA Task2 Performance, Reliability and Analysis of PhXovoltaic Systems

...世界中の太陽電池導入状況のデータ

ISES Solar World Congress 2007

...2007年9月に北京で行われるソーラーエネルギー世界会議の案内

17th International PhXovoltaic science and Engineering Conference

...2007年12月に福岡で行われる国際太陽電池科学技術会議の案内

Darmei International Information Build a Platform for Global Solar Energy PromXion

...大英国際資訊の太陽エネルギー利用促進の情報

PHXON International 9/2006-10-23

...太陽電池研究雑誌 2006年9月号は「新しいシリコン素材」がテーマ

NEDO ブース

RE2006 NEDO Special Session ... NEDO セッションの発表パワーポイント資料

固体高分子型燃料電池産学連携プロジェクト～コンソーシアムによるメカニズム解明への挑戦

地熱開発の現状 Present Status of GeXthermal Energy Development 地熱開発促進調査

地球熱利用システム 地中熱利用ヒートポンプシステムの特徴と課題

多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE) Multi purpose Coal Gasification Technology Development

石炭液化技術 Coal Liquefaction Technology

重質残油クリーン燃料転換プロセス開発 Asphalt to Liquids Process(ATL Processe)

電気事業連合会ブース

電気事業の現状 2006

図表で語るエネルギーの基礎 2005-2006

石炭ガス化複合発電 IGCC (Integrated coal gasification Combined Cycle)

産業技術総合研究所ブース

Research Center for PhXovoltaics(RCPV) Materials, Devices and Systems

東京電力グループブース

New Energy Map

快適な住まいを求めて(オール電化のご提案)

環境ビジネス HANDBOOK

サステナビリティレポート 2006

グリーン電力証書システム導入事例集

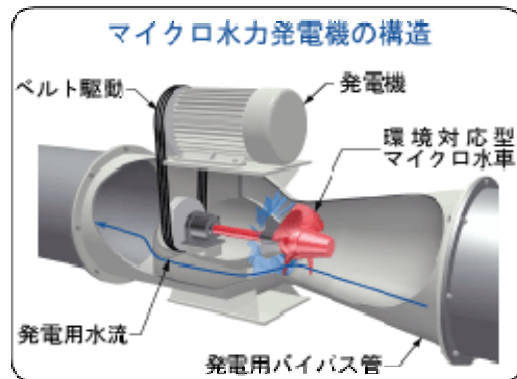
ススエコライフ

NAS 電力貯蔵用 NAS 電池システム

地球温暖化の切り札 ヒートポンプを解剖する

東京電力株式会社 マイクロ水力発電(右図)

...上下水道や河川の堰堤を利用した水力発電システム



NTT ファシリティーズブース

メガソーラー発電構築支援サービス(右図)

電力貯蔵システム~サイクルパワー~

鉛蓄電池を用いた風力発電用系統安定化システム

安心・安全を提供する独立型太陽光発電システム構築サービス

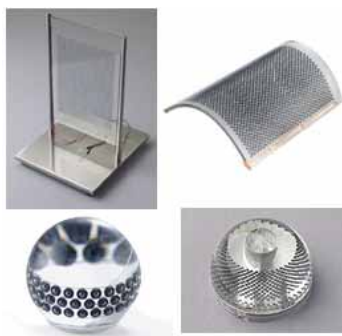
品質別電力供給システム実証研究の紹介

蓄電池付太陽光発電システム構築サービス



京セミブース

球状太陽電池スフェラー(下図)



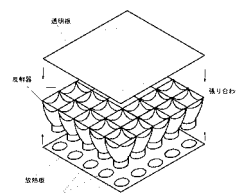
SHARP ブース

LUMI wall...太陽電池+発光ダイオード

シースルー太陽電池

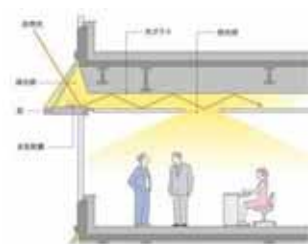
薄膜型太陽電池

集光型化合物(InGaP/(In)GaAs/Ge3 接合)太陽電池



日建設計ブース

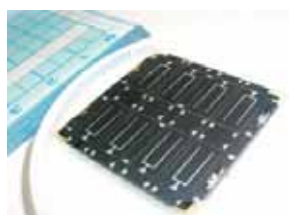
光ダクトシステム(下図)



昭和シェルブース

SolaCIS(ソラシス)

...CIS 薄膜型太陽電池



SMA ブース

Sunny Boy

...高効率コンディショナー



12. ドイツ太陽経済振興協会

業界団体ドイツ太陽経済振興協会の担当者の方への聞き取り調査。

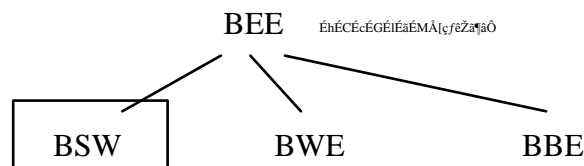
調査日時
2007/10/29 PM10:30-12:45
訪問先
ドイツ太陽経済振興協会（BSW）
取得資料
Pdf date 5つ



太陽経済振興会に関して

- ・ドイツのソーラー関連事業に携わる約 600 社がメンバーで、ロビー活動と会社間の仲を取り持つ役目を担っている。
- ・600 社の中には PV メーカーはもちろんのこと、組み立てや輸送の会社まで含まれている。また、PV でなく太陽熱利用の業者も含まれている。そのうち PV メーカーは約 50 社。
- ・BSW では専属で 2 名が常に政治に関わっている。（経財省、産業省などに赴く）
- ・協会では設置を促すだけでなく、どのように設置していくかのマニュアル策定も行っている。
- ・競合相手はいるかという問いに対して。ドイツ政府が関わっているところなので競合することはない。再生エネルギーに関しては同じような協会がいくつかあって、BSW はその中のソーラー部門という位置づけである。活動資金は、会員の寄付金が六割、政府の特別予算が三割となっている。

（？こちらのメモには 70% が特別予算で 30% が会員からの寄付となっている。要確認？）



背景

- ・原油価格の高騰
- ・ドイツ環境省の研究によると 2100 年にはソーラーエネルギー利用を一次エネルギー換算で 5 割以上になると予測されている。1600EJ/a（？）
- ・太陽エネルギーは転換が容易であり、それにより将来的な持続可能性を得ることが出来る。
- ・太陽光はどこでも利用可能。
- ・成熟しつつある市場であり、将来的な可能性も大きい。
- ・2004 年以降世界的ビジネスへと発展している。

ドイツにおける状況

- ・全体として 300、000 個の PV システムが導入されている。1 MWp 以上のシステムの個数が全体の 10%、1 ~ 10 kWp が 40%、10 ~ 1000 kWp が 50% となっている。
- ・系統連携が義務付けられており、98% のシステムが系統につながれている。
- ・ドイツにおける通常の電気代は 14 ~ 15 セント
 - 一般家庭用の small PV system
 - ・2 kWp

- ・ 初期投資 10,000 ユーロ
 - ・ 年間発電量 1,800kWh/a
 - ・ 売電価格 0,492 ユーロ/kWh
 - ・ 年間回収費 886 ユーロ/a
 - ・ 銀行から借り入れたときの利子 4,5%/a
 - ・ PV のコストは年 5% ずつ落ちていくと予想されていたが、シリコン不足のためそこまで落ちていない。
 - ・ 旧東ドイツの地域には広大な土地が存在し、アウトバーンや飛行場といった交通面のメリットもあるため、PV 産業が盛んといわれる “シリコンバレー” が形成されている。
 - ・ 薄型シリコンの開発など技術面の発展もある。
 - ・ 2006 年ドイツでの PV の状況
 - ・ 新規導入量 750MWp
 - ・ 総導入量 2540MWp
 - ・ 新規導入システム数 90000 個
 - ・ 総導入システム数 300000 個
 - ・ 2006 年度の時点で 4 万人の雇用を生んでいる。
 - ・ 2004 年以降 4 倍の普及を遂げていることから分かるように世界的な巨大市場となりつつあるソーラー分野であるが、ドイツ国内にとどまるのではなく、世界的に普及させていきたいと考えていた。ドイツはその旗振り役的存在であると考えていた。
 - ・ PV の設置に関する技術的な問題は特にないとのことである。
 - ・ 新築だけでなく、改築などでも設置を促していくことが重要だという認識を示していた。
 - ・ ソーラーだけでなく、ヒートポンプやバイオマス、断熱処理などをトータルで利用を考えていく必要がありそれらをインテグレートした住宅を作っていくことが重要だという認識を示していた。
 - ・ 2004 年
法整備や政策に関して
 - ・ ドイツにおける PV 関連法の発展
 - 1991 年に初の法整備 (first feed in law)
 - 2000 年に PV を促進させるための法律 EEG (renewable Energy Sources act) を制定
 - 2004 年に EEG を改訂 (a amendment of EEG)。目玉は売電価格の引き上げ。
- 2004 年の改定がドイツにおける PV の普及の大きなドライブとなった。
- ・ EEG の具体的な内容
 - ・ 太陽光発電は一般系統に接続させなければならない。
 - ・ エネルギー会社は PV 余剰電力を買わなければならない。
 - ・ 初期に設定される売電価格は 20 年間据え置き。
 - ・ しかし初期売電価格は年 5% ずつ下がっていく。
- すなわち、早く契約することで高い初期売電価格を設定することができる。これは PV がドイツでここまで普及した大きな要因の 1 つである。初期投資額 (機械価格も年々下がっていくと予想されるが、今のところは下がっていない。)
- ・ ドイツにおいては EEG がソーラー普及に対して大きな役割を担っているが、電力会社にとってのマイナス面など様々な問題をなぜ打破できたのかという問いかけに対して太陽光発電メーカーのマザー投資、70 年代における国内の環境意識の向上から政府が動いたことをあげている。また、ファサード設置だと屋根設置よりも売電価格が高いなど多彩な補助制度がうまく機能しているようである。
 - ・ ドイツでは 14% の再生可能エネルギー利用を今年達成した。そして、2010 年に 15% とする目標があったが現在既にその値を上回っている。

13. SN 社

太陽電池メーカーである SN 社の担当者の方への聞き取り調査と、工場への実地調査。

調査日時
2007/10/30 PM1:00-3:00
訪問先
SN 社
取得資料
ソーラーバッジ



SN 社概要

- ・前身は、 。 が 80 年代に大規模化し、その中で建築部材をメインとして子会社化したのが である。そして PV の受注生産をメインに行う会社として SN 社は 1996 年に設立された。
- ・会社自体は 11 年前からだが、20 年前から PV を作っていた。
- ・建築と電気のニッチ産業に着目している。
- ・導線の製造や N と P の切り替え（？）も行なっている。

生産状況に関して

- ・ラミネート加工を行なっている。
- ・標準品と建築用の二種類の製品がある。標準品は屋根の上や地面に置かれ、設置に当たって特別な構造計算が必要ないものである。一方、建築用はパサージュや庇など人が下を通行する可能性がある場所に設置するもので、別途構造計算が必要となる。
- ・年間生産可能量は標準品が 10MW、建築用が 3MW である。実際の生産量は建築用が 500kW である。（？では、標準品の生産量は？）
- ・10mm 厚のガラス 2 枚で挟み込み、2m × 3m の大きさにしたものが標準品である。
- ・4mm の安全ガラスの下にフィルムが入っていて周りにフレームをまわしたものが標準品である。大きさはセル 6 枚 × 10 枚または 5 枚 × 6 枚と並べたものの 2 種類しかない。
- （？上のふたつの話がかみ合っていない？）
- ・工場は工員が 26 人。16 時間稼働 2 交代制である。土、日曜は基本的に休みだが、場合によっては稼働する。
- ・ドイツ全体だと 2、3MW（？何が？）
- ・庇として出す場合に強度の問題が生じるが、それらも含めて検討している。部材の強度を確保しながら、デザイン的にも受け入れてもらえるようなモジュールを開発している。
- ・仕事の受注先について。見積もりを出してくれるのは建築設計事務所やゼネコンである。その割合については一概には言えない。また、ファサードエンジニアリングを行なっている会社（コールト、キューセル？）からも仕事が入ってくる。

- ・業務の範囲について。SOLANOVA としては制作段階までを行っており、配線や施工は一切行っていない。現場に製品を搬入するまでが仕事である。設備施工部隊を手配することも一切ない。

オランダ全体の PV の状況に関して

- ・太陽光発電は電気系統に接続しなければならないので、市場としては今後の拡大が期待できる。
- ・BIPV は標準品に比べて 150～200% の価格である。
- ・PV 設置に関する構造計算などは、すべて工場で仕様にして出している。

最終的に構造計算を行うのは構造事務所である。

- ・日本では電気工事と建築工事は資格が別れているがこちらはどうかという問いに対して。こちらも同じように資格は分かれていて、ファサードに関することは建築工事である一方で、インバータや結線などは電気工事であるとのことである。ファサードにガラスが多用される工事には慣れているため、PV 取付け工事に関してもさほど困難はない。
- ・業界内競合企業に関して。業種は少し異なるがシューコーが挙げられる。昔同じような会社はいくつか存在していたがいまは存在していない。
- ・市場拡大には補助金が必要だと考えている。
- ・今後の PV 普及に関しての見解。多くの建築家は保守的だが、PV のような新しい技術の導入も考えていかなければならない。また市場拡大には、異業種間の協力関係が必要である。

工場内視察

工場内で標準品の製作を見学したので、その製作手順を簡単に記述しておく。

1. 機械で導線をつなげながらセルを 1 列に並べる。(ストリング製作)
2. 手作業でガラスの上にストリングを面上に配置し EVA のシートをかけたのち機械に通してラミネートする。
3. 手作業でジャンクションボックスを取付ける。
4. 手作業で枠を取付ける。
5. 光を当てて性能試験を行なう。

14. ECN

公的研究機関である ECN の担当者の方への聞き取り調査。

調査日時
2007/11/1 PM10:30-12:00
訪問先
ENC (Energy Research Center of the Netherlands)
取得資料
プレゼン資料 論文梗概資料



スライドの解説

スライド 1

- ・表紙

スライド 2

- ・ PV の付加価値が十分に発揮されている状況を表した漫画

スライド 3

- ・ エネルギー消費量を削減すること、再生可能エネルギーを利用すること、化石燃料をできるだけクリーンに使用することの 3 つが重要なことである。
- ・ Vision2030 ではエネルギー使用量を減らして、さらに再生可能エネルギーの利用を促進することが構想されている。
- ・ energy neutral or energy producing housing

スライド 4、5

- ・ 2030 年における新築住宅や改修住宅のエネルギー使用量の展望

スライド 6

- ・ ドイツ環境省が発表した予測をグラフ化したもの (BSW で見たグラフと同じ)

スライド 8、9、10

- ・ 当然のことながら日射量が多ければ多いほど PV の発電量は増えるので kWh あたりのコストは安くなる。通常の電気料金と PV で発電した電気のコストを比べたものがこの図である。PV の電気料金が通常の電気料金よりも安くなる地域は PV が有利な状況にある。
- ・ PV 利用が有利になる地域は 2010 年にイタリア付近、2020 年にはヨーロッパの大部分になると予想されている。

スライド 13

- ・ 日本のような過密な地域では PV は有効である。
- ・ 得られる電力が低電圧なので、そのまま一般家庭で利用することができる。
- ・ 架台などの周辺物が必要ない。
- ・ PV をつけることで、建築がえねるぎーを生み出すものとして価値を持つ事になる。

スライド 15、16

- ・ 屋根への PV パネルの設置にはいくつかの方法がある。
- ・ 陸屋根の場合、PV パネルを最適な角度に設置できるが、integrate されているとは言えない。
- ・ 傾斜屋根の場合、ドイツでは瓦の上に設置する場合が多く、オランダでは瓦無しでラバーシートの上に設置するケースが多い。木造屋根の場合は垂木（？）に直接取付けることもできる。
- ・ PV をインテグレートさせることは、ただ設置するよりコストは高くなるが、今後のコストダウンの可能性と美観の獲得といった面もある。この二つの方法を共に発展させていくことが必要。

スライド 21

- ・ 戸建て住宅、大面積を屋根に持つ建築、ハイテク建築といった三種類のマーケットが存在する。
- ・ 戸建てマーケットでは、連棟住宅に設置することで売電を行う。また pv を建築材料として扱う事ができる。
- ・ 大面積設置可能マーケットでは、工場などの大きな屋根を持つ施設に PV を導入することで発電量を稼ぐことなどが挙げられる。
- ・ ハイテク建築マーケットでは、魅せる建築や、新しいプロダクトとしての価値を建築に持たせ PV 普及における PILX 的な意味合いも持つ。
- ・ 導入可能性調査
- ・ 新築とレトロフィットで 2 G（？）に上げることができる。

スライド 23

- ・ IEC スタンダード。ヨーロッパの 2030 年までのロードマップ。
- ・ ヨーロッパ規格

スライド 37

- ・ オランダでは補助金が打ち切られてから新規導入量が大幅に下落した。

スライド 41-48

- ・ sunmaster2500 インバータの名称

15. FH 研究所

最近は公的な性質も帯びているがもともとは私的な研究所である FH 研究所の研究者への聞き取り調査。

調査日時
2008/02/18 AM14:00-17:30
訪問先
FH 研究所
取得資料
特になし



FH 研究所の概要

- ・ FH 研究所は世界に 56 箇所、ドイツ内に 5 箇所ある。東京にもひとつ事務所がある。フライブルグの研究所はそのなかでも最大規模である。スタッフは学生を含めて約 650 人。
- ・ 最近 5 年間で研究員が 2 倍に増えたので施設を拡大している。
- ・ 顧客は主に自分では研究所を持ってない中小企業である。
- ・ 3300 万ユーロ（2006 年） 何が？
- ・ 白色 LED や MD を開発した。
- ・ 太陽光利用に関する技術開発を行なっている。ガラス表面の反射をできるだけ抑えるアンチグレア加工、ガラス表面の汚れ防止、ガスクローム（？）で色を変える取り組み、太陽熱発電、選択吸収チューブ、有機ソーラーセル、染色ソーラーセル、海水脱塩ソーラーサーマルシステム、など。また、PV の系統連携に関する研究も行なっていて、電力の質や効率を向上させる研究を行なっている。インバータの研究では 98.5%の効率を記録した。これらの最新技術は見本市で展示している。
- ・ 水素エネルギー利用に関しては水素を発生させる機械や燃料電池システムを開発している。例えば、パソコン、ビデオカメラや携帯電話に利用できるように小さい燃料電池を研究している。
- ・ ソーラーシミュレーターを使うと通常の太陽集熱器システムであれば 2 日で試験できる。
- ・ 標準品ではない製品もこれからは力を入れて試験していきたい。
- ・ スイスとオーストリアの研究所と常に情報交換している。
- ・ 現在のソーラーシミュレーターは 6 年前に導入した。
- ・ ドイツに出回っている製品の約半分をこの研究所で試験している。
- ・ 年間 40 システムほどを試験している。

ドイツにおける太陽集熱器をめぐる状況

Q. ドイツでは太陽熱温水器の需要が伸びている一方で日本では導入量は落ちている。何が問題でドイツではどうしているか。日本では 1990 年代から石油が安くなって集熱器の価格が相対的に高くなった。また、企業の技術不足のため質の低い製品が蔓延してまったため家庭用の温熱器でトラブルが多発した。

A.90年代はドイツも大体似たような状況で、太陽集熱器にとって好ましい状況ではなかった。

・ヨーロッパの中で太陽集熱器が最も普及しているのはドイツ。ヨーロッパにおけるパネル導入面積の約半分はドイツ。残りはオーストリアとギリシャ。ただしギリシャに関しては、太陽集熱器のシステムがドイツとは異なる。

・ドイツにおける太陽集熱器導入量について。2008年現在の導入量は2700MWth/aで、毎年平均20%成長している。2002年に通貨制度がマルクからユーロへの移行したため成長が減少したが、翌年すぐに回復した。他の国ではフランス、スペイン、イタリアが伸びてきている。

・5年以上前は単純に給湯利用だけのシステムが市場に出回っていた。最近5年になって給湯と暖房に使えるコンビシステムと呼ばれるものが出てきた。現在では6割がコンビシステムで、残りの4割が従来型である。一般家庭では従来型だと集熱パネル5~6㎡、貯湯槽300リットルで十分。コンビシステムだとパネル8~12㎡、貯湯槽600~1000リットル。太陽集熱器はパネル部分よりもシステム部分の技術進歩のほうが大きい。

Q.5年前に何があったのか。

A.原油の価格が上がり始めたことと二酸化炭素の削減が必要になった社会状況に加えて、企業が給湯だけでなく暖房にも使える技術の開発に努力したことが大きい。ちょうどコレクターの面積が増えても故障しない技術や太陽熱集熱器に対する信頼が積み重なってきた時期でもある。3リットルハウスのような考え方が出てくることで一般的な認識が高まったことも確か。補助金の政策も追い風となった。

- ・補助金は75ユーロ/㎡（ドイツ輸出経済機構からの情報を要確認）
- ・近い将来全ての建築物で必要なエネルギーのうち15%以上を再生可能エネルギーでまかなうことを義務付けるEUダイレクティブができる可能性が高い。15%あたりがちょうど実現可能なレベルだと考えられている。
- ・2009年にはドイツで新しく建てられる建物で太陽エネルギー、バイオマス、地中熱利用の熱交換などの導入を義務付けることになっている。

Q.産業用はどうか

A.ドイツ政府としては産業用にも太陽熱利用を促したい。しかし、困難な点が多い。まず、家庭につける場合よりも多くの判断が必要で時間がかかる。コストの面では、家庭用だと10~15年で回収できればいいが、産業用だと4年くらいで回収できないと設備投資に乗らないだろう。産業用の建物だと熱を使うのが難しい。また、オフィスビルでは給湯をそこまで必要としない。しかし、だからといって熱パネルの利用方法を狭めていくとは考えていない。むしろ応用の余地がまだまだあると考えている。

・太陽集熱器の市場は家庭用を中心に伸びてきている。そして、給湯から暖房に関心が移っている。これを参考に産業用でも太陽集熱器のほかの利用方法を探している。

Q.住宅以外の太陽集熱器の導入状況はどうか

A.集合住宅に関してはドイツでもまだ積極的には行なわれていない。賃貸という所有形式の難しさや、ディベロッパー

の関心の低さがその原因である。ホテル、病院、老人施設に関しては確かに伸びてはいるが予想したよりも伸びていない。

Q.認定システムについて

A.1980年代に作られた集熱器だけのGISがあるが、太陽エネルギー利用全体の認証システムはない。EN規格(ヨーロッパ試験規格)は以下の3つがある。

1.EN 12975 太陽集熱パネル(水式)に対する規格

2.EN 12976 家庭用太陽集熱器のシステム

3.EN 12977 大規模な太陽集熱器のシステム > 100 m²

FH研究所はその試験センターである。正式な試験センターとしての第三者機関であるDARから認定されている。集熱パネルとそのシステム(熱交換器と蓄熱槽まで) また会社の生産体制に関する認証を行なっている。つまり、認証の対象は個人ではなく太陽集熱器メーカーのみ。規格は水式集熱器のみを対象としているが空気式を同様に試験することもできる。ただし、空気式の試験はドイツで1社しかやっていない。空気式に関する規格は存在しないが現在検討中である。

・試験センターはドイツに5つ、オーストリアに1つ、スイス1つある。これら7つが情報を交換しあっている。

・FH研究所には新しいソーラーシュミレーターがあり、その設備はかなりよいものである。他にはフランスにも同様の設備がある。試験装置全体で大雑把に40万ユーロくらいである。

・FH研究所の試験機関は1984年から存在し、細々と活動していた。当時は試験のお金は国から出ていたが試験をする必要は特になかった。認証制度が現在の状態になったのは4年前である。第三者機関DARが正式な試験機関を認定するようになり、認定された試験機関は規格を満たす太陽集熱器にソーラーキーマークというマークを発行する。マークを獲得した製品はBAFA(ドイツ経済輸出検査庁)から75ユーロ/m²の補助金が支給される。DARに認定された試験機関はどんどん増えてきている。

・試験には室内で行なうものと屋外で行なうものがある。室内の試験はより多様な条件の下で試験することができる。屋外の場合は天候に左右されるものの、短時間で安く試験ができるという利点がある。研究所で行なわれる試験の数は室内と屋外がほぼ同程度である。

PVに関して

・PVメーカーの所在地は東ドイツに集中している。一方、周辺機器メーカーは南西と東ドイツに集まっている。

・この研究所が扱っている最新技術はvalue cain from silicon、薄膜セル、染色シリコン、Experimental multi wire PV、LFC back contact、ソーラーセルを作るライン、高効率のインバータ(98.5%を達成)、PVモニタリングシステム、ボリマーを使わない耐久性のあるモジュールの開発などである。

・新しく開発した太陽電池が35.2%(600sunsの条件の下)の効率を達成した。レンズ集光型のPVで4cm×4cmのレンズで受けた太陽光を2mm×2mmのセルに集光する。ガリウムが原料のセルを3層重ねている。このセルは、効率はよいけれどコストが高い(シリコンの約10倍)ので、安価なレンズと組み合わせてセルの面積をできるだけ減らしている。雲ひとつない晴天が必要十分な太陽光が必要そして追尾装置が必要

- ・ 染色セルは効率が4 %しかないのが欠点。
- ・ ITO free 有機ソーラーセルというものを開発している。フレキシブルな形状を取れるセルである。市場にはまだ出回っていない。効率は2 %
- ・ PV モジュールの価格は指数関数的に減少する。2004 年ごろからシリコン不足のため価格は一時増加するが2010 年に新材料が開発されて収束だろうと予測している。
- ・ 研究所のPV 研究者の予想によると2020 年にはPV は2 千億ユーロの市場になり、セルの内訳は、CSI が90%、薄膜&集光式が10%となる。
- ・ ECN (オランダ) が行なった研究によると日射量と発電量当たりのコストは以下のようになる

	2010 年	2020 年	2030 年
600 kWh/ma	0.50	0.33	0.17
1000 kWh/ma	0.30	0.20	0.10
1400 kWh/ma	0.21	0.14	0.07
1800 kWh/ma	0.17	0.11	0.06

単位 : Euro/kWh

例えばフライブルグの日射量は1000 kWh/ma なので、2030 年にはPV のコストは0.10Euro/kWh となる。

- ・ 研究所の予算の内訳は以下のとおり

Industry 37%

Federal 30%

State BaWu/NRW 1%

EU 7%

Xhers 3%

FhG special programs 6%

Base Funding 16%

ほとんどのお金はドイツ政府からきているのでドイツの産業発展のための研究が多い。

Q. 染色セルなどの次世代 PV 技術を建築家が実際に使えるようになるのはいつになるか。

A. 試作品は今でも作れるが、建築の要求項目に合致させるまでにはもう少し時間がかかる。後はコストと需要の問題である。

16. WC 社

ソーラーパネルメーカーである WC 社の担当者の方への聞き取り調査。

調査日時
2008/02/19 AM10:00-13:30
訪問先
WC 社
取得資料
特になし



会社概要

- ・ 1979 年に活動を開始した。はじめは環境に関心がある学生や職人などさまざまな人を含む集団であった。最初に手作りの太陽熱集熱器をまず自分達で作り始めた。集熱部を黒くして配管を通すという単純な構造であった。当初は周りの反応も冷やかだったが、現在では 360 から 370 人の大きな会社に成長した。フランスやスペインなどにも子会社がある。
- ・ キルヘインに工場があり、屋根に 250kWp の PV を乗せている。PV は工場の電力として利用し、系統連携もされている。キルヘインには市場拡大に向けて新しい工場も建設している。セルはサンヨーなどから購入しこの工場ではモジュールを製造している。
- ・ 業務内容は大きく分けて、太陽光集熱器関連、太陽光発電関連、ペレット関連の 3 つである。ペレットと太陽エネルギー利用の統合を試みている。
- ・ アフリカや山岳地帯などインフラが整備されていない地域で使えるような技術を開発している。20W 程度でもよいので、昼間発電して逐電しておいて夜間照明などに使う技術である。
- ・ シェアはドイツ国内で 4 番目くらい。
- ・ 大規模な事例に関しては施工も行なう。

製品に関して

- ・ 図 1 は太陽集熱器の種類と特徴をまとめたものである。一番上の Offener Absorber は単に黒いホースを並べただけで、断熱材も使用していないとても単純なものである。10～30 度のお湯が得られるのでプールなどに使える。
 - 2 番目のものは平板型太陽集熱器で 30～90 度のお湯が得られるので、家庭で使う
 - 3 番目は真空管型太陽集熱器で非常に高温のお湯を得られるが、イニシャルコストが高い。
- 最後は得られた熱で蒸気を作りタービンを回して発電するものである。ただし、ドイツでは直達日射が多くないので使えない。南の地域で使える技術である。



図 1 : 太陽集熱器の種類と特徴

・WC社は平板型太陽集熱器を中心に扱っている。パネルには4mmの表面ガラスと60mm断熱材を用いている。初期の黒く塗っただけの集熱器は太陽熱を12%しか吸収できなかったが、最新の技術では95%を吸収できる。集熱器全体の効率も25%にまで上昇した(図2参照)。表面ガラスの研究も進み、Transmission Antireflex-Glasでは熱損失は4%に抑えることができた(図3参照)。ここまで平板集熱器の効率が上がると性能の面でも真空管型太陽集熱器に十分対抗できる。コストの面では真空管より圧倒的に安い。面積さえ取れば初期投資も抑えられてメリットが大きくなる。

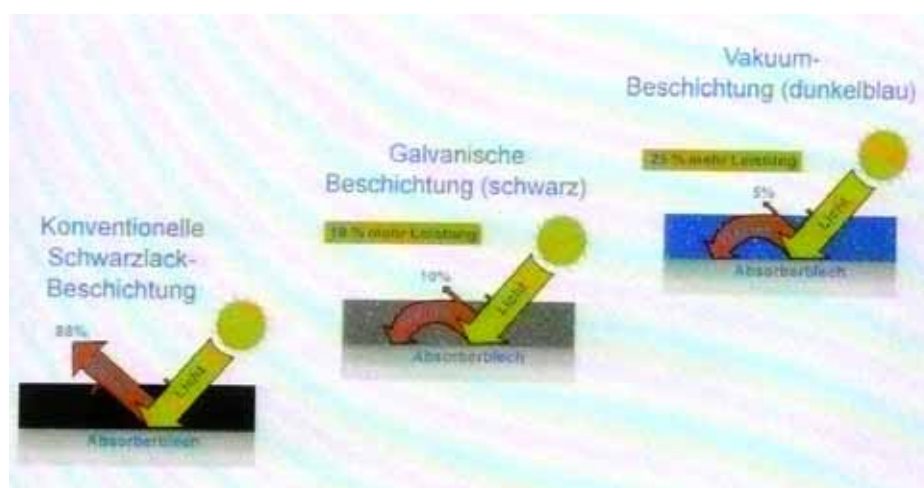


図 2 : 太陽集熱器の進歩



図3: 表面ガラスの加工

- ・市販されている平板型太陽集熱器の中ではWC社のEURO C20-ARという製品の効率が $546\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ で最もよい。
- ・受注額10%を占めているのが 50m^2 以上の大型集熱パネルである。住戸数の多い集合住宅などに使われている。

Wagner Passive-solarhaus について

- ・Wagner Passive-solarhaus はWC社のオフィスビルである。建物の中心にある 85m^3 の貯湯タンクが特徴的である。ステンレス製で直径2.5m、高さ13mである。夏場には上部は90度程度下部が10度程度の温度成層を形成する。冬場でも上部は50から60度になる。タンクに50cmの断熱材を施して、熱損失を 2.5kW に押さえている
- ・建物で使うエネルギーは95年の省エネルギー法で決められた値を大幅に下回り、 $11\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ である(図4参照)。そのうち $5\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ はソーラーエネルギーで、 $6\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ は地域熱源からまかなっている。ドイツでは1950年代から60年代に建てられた建物の断熱性が悪く $240\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ 必要になっている。それらの建物に対する対策が必要である。

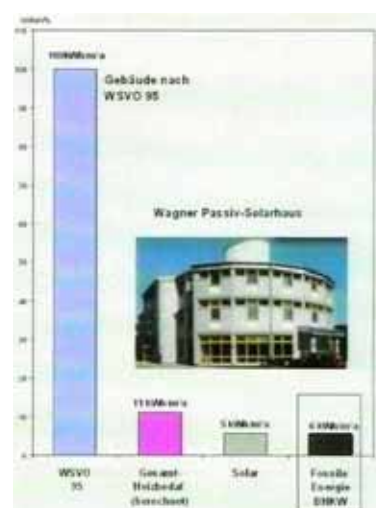


図4: Wagner Passive-solarhaus におけるエネルギー使用量

- ・太陽集熱器は 65kW
- ・断熱材にはフォームグラスを使用している。断熱材の厚さは床24cm、壁30cm、屋根40cmである。
- ・外壁の熱還流率は $0.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 。窓全体の熱還流率は $0.8\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 。
- ・外壁には機密シートを使用している。機密性能0.4(ドイツと日本では機密性能の定義が違う)
- ・ラジエータはない。放熱式の換気を行なっている。夏はクールチューブとして利用することができる
- ・冷房装置はない。夏は天窗と窓を開けて夜間蓄冷を促している。
- ・暖房は水対空気で熱交換して暖かい空気を得ている。

- ・ある冬の日システム図

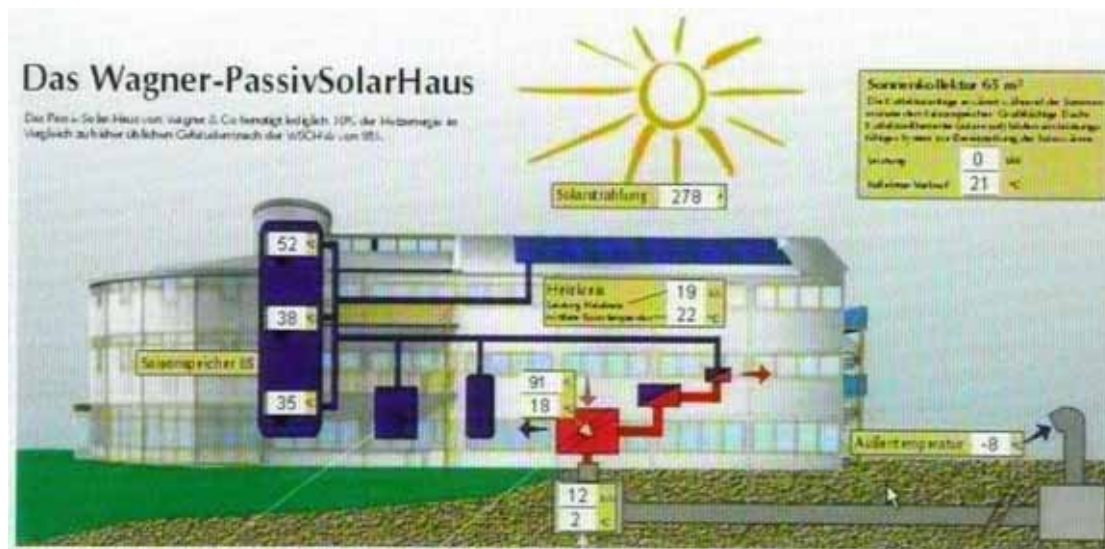


図5:ある冬の日システム図

- ・夏の直射日光を防ぐため南側の窓を小さくし、外側にブラインドをつけている。
- ・自動的に天窓が開くようになっている。
- ・一番いい環境を整えるようにコンピュータで制御している。
- ・建設費は総額 2474 マルク/㎡である。そのうち躯体が 1976 マルク/㎡、設備が 498 マルク/㎡である。断熱性の向上を徹底したために躯体が高くなっているが、その分設備のコストが安くなりバランスが取れている。

事例紹介

ネッカースウルムの集合住宅

- ・大規模に太陽集熱器を導入した事例。
- ・ひとつの集熱パネルのサイズは 2.5 × 12m
- ・太陽集熱器は 20 年程度で全てパネルを交換することになるだろう
- ・住民は屋根に対してお金を払う必要はない。暖房費給湯費は払う
- ・全体で大きなタンクをひとつ持っている。セントラルに 4 系統で集まってきて各住居に再分配する。補助熱源を用いている。用途は給湯と暖房。
- ・ネッカースウルムエネルギー供給公社が屋根を所有している
- ・分譲である。

Solarsiedlung Hamburg Bramfeld

- ・大きな貯湯タンクと制御施設をひとつ持っていて、一度中心に集めた温水を各住戸に再分配する
- ・屋根に載せるコレクターの量と 80%のコレクターは南を向いていないといけないという条件がはじめてから与えられていた。



図 5 : Solarsiedlung Hamburg Bramfeld

・詳細図を図 6 に示す。通常は右のような納まりであるが、この事例では左のようにした。屋根の構造から先に考えておかなければいけない。

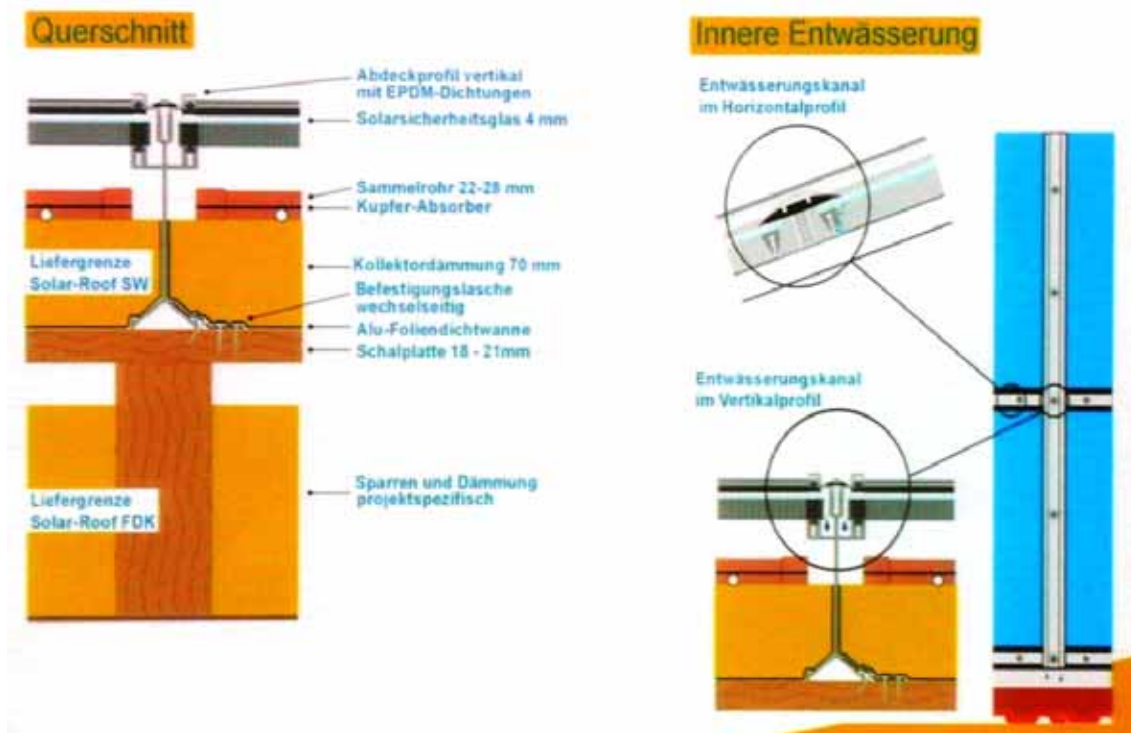


図 6 : 詳細図

Kollektor- “ PuIt ” auf Flachdach

・ 機械室の上に集熱器を設置した。



図 7 : Kollektor-“Pult” auf Flachdach

Shed-Dach

- ・ 南側からの採光を嫌うスポーツセンターの屋根に設置した事例
- ・ 必要量以上の温水を作るので、周りの住居団地にも温水を供給している。シャワーに使うとしても 20 m²もあれば事足りるだろう。プールであればお金をかけなくても 30 度くらいのお湯を得ることはできる。



図 8 : Shed-Dach

Solar-Roof im Sanierungsbereich

- ・ 住宅地の中心にあるのは食肉管理棟をコンバージョンしたシンボリックな施設。その中にタンクやボイラーがある。



図 9 : Solar-Roof im Sanierungsbereich

- ・ 太陽集熱パネルを屋根に設置する場合は以下の性能を持つことが望ましい。
 - 20～30 年の耐久性を持つ。
 - 雨漏りを防ぐために 16 度以上傾けたほうがよい
 - 重さは 29kg/m²以下であることが望ましい。
 - 積雪に耐えられなければならない。
- 大規模になればなるほど屋根と集熱器を一体化させるほうが安い。

BGW-Bielefeld

- ・ 集合住宅への太陽集熱器鉛直ファサード設置型。97 年の断熱改修事例である。
- ・ 最初は屋根置きを検討していたが、荷重や架台の建設費の問題があったため、30%くらい効率は落ちるが初期投資を抑えるために鉛直設置を採用した。
- ・ 施工は足場を組んでクレーンでパネルを落としこんでいった。
- ・ 鉛直ファサード設置の利点は、配管が室内を通らずに直接地下の機械室に接続できるため住みながら改修できること、壁面が暖くなるためパッシブの働きもすること、などである。
- ・ ソーラーパネル自体が断熱材 10cm 相当の機能も果たしている。



図 10 :BGW-Bielefeld

Wohnstadt Fulda

- ・ 外壁につけることで視覚的宣伝効果、啓蒙効果がある
- ・ 入り口にモニターを掲示している
- ・ 最小限度の支持金具で支持している
- ・ 断熱材一体型に比べても 20mm くらいしか厚くならない。



図 1 1 : Wohnstadt Fulda

PV に関して

- ・ ドイツでは外壁に PV を使う際には規格品でないものはきちんと確認申請を受ける必要がある。その際に、裏側の支持金具や構造的な問題まで含めて確認申請の対象になる。確認申請にはとても手間がかかる。なお、集熱器の場合はガラスを外壁面に使う際の確認申請と同じなので簡単である。
- ・ PV を屋根に載せる場合には確認申請は必要ない。
- ・ PV のファサード利用を促進するために、ファサードに設置した PV の売電価格はやや高めに設定してある。しかし、ファサードを利用した PV のコストが圧倒的に高いことを考えると経済的に有利とはいえない。

質疑応答

Q. 規格品とオーダーメイドの比率はどうか

A. 集熱器については 95%が規格品。PV については 99%が規格品

Q. オーダーメイド製品の認証の仕組みはどうなっているのか

A.

1) 集熱器について

テストを受けるためにはその大きさと形状が決まっている。例えば三角形の集熱器はテストすることができない。しかし、そもそもオーダーメイド製品はテストを受ける必要がない。オーダーメイドで集熱器を変形させるとしても以前に試験を受けた集熱器を使うので、新たにテストを受ける必要はない。

2) PV について

使用しているセルが IEC というところでテストを受けているので、ファサードの確認申請だけでよい。

Q. いつから認証を受けるようになったのか？

A. 87 年には DIN の認証を受けた。認証は既にドイツ国内でいくつもの機関が行っていた。ハーメルンや FH 研究所などにシミュレータがあったのでそれらの機関で試験を受けていた。耐候性能のテストは室内ではできないのでスペインなどで屋外の施設を持つ機関で試験をしてもらった。

Q. EN 規格になったのはいつか？

A. 2009 年までが移行措置期間である。1、2 年前から以降が始まった。かつて DIN を取得した製品も順次 EN 規格に書き換えている。EN 規格に移行するメリットは EU 内の他の国で試験を受けずに製品を販売できるからである。

Q. コンサルティングはどの程度行なっているのか

A. 建築家から質問が来た場合は、基本的な建築的データをもってから建設費やランニングコストを含めて提案する。メンテナンスコストはイニシャルコストの 0.5% である。

Q. コンサルティング料はとるのか

A. 電話や簡単な絵を書く程度ではお金は発生しない。製品を買ってもらいたければそれくらいのことはやらなければだめだろう。シュューコーなど競合会社がいくつもあるから図面を見せなければ仕事は取れない。ただし、現地に出向いて本格的に検討する場合はお金をとる。しかしその際にも製品をいつも買ってくれる建築家とは特別に割引するような仲になっている。

設備工事が会社の主な事業である。施工図を描くが、それに対してお金はもらっていない。

Q. 集合住宅以外で関わった事例は？

A. 集合住宅以外の分野はあまり大きくはない。

例えばカッセルのビール工場に温水器を取付けた事例がある。洗浄過程で温水を大量に必要とする。ただし、高温の温水を得るには追い炊きが必要。住宅の場合はそこまで高温を必要としないので採算が取れるが、高温水を必要とする産業用施設の場合は採算が合わないのではないだろうか。

Q セミナーの対象は？

A. 基本的にプロが対象。現場の職人に対して設置時の注意事項を説明したり、建築家に可能性の提案を行ったりしている。また、職業訓練校に出向いて PR を兼ねて講習会を行なうこともある。個人の人はまず来ない。

17. ESTIF

太陽集熱技術に関する工業団体 ESTIF の担当者の方への聞き取り調査。

調査日時
2007/02/20 AM10:00-12:30
訪問先
The Renewable Energy House ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation)
取得資料
Solar Thermal Action Plan for Europe (冊子)



The Renewable Energy House の概要

- ・ The Renewable Energy House は ESTIF、EREC、EPIA など再生可能エネルギーに関する組織が多数入っているオフィスビルである。
- ・ EREC(Europe Renewable Energy Council)は 2000 年に設立され、2005 年に現在の建物に移ってきた。
- ・ 建物は 3 つの部分に分かれている。2 つは 2005 年にもうひとつは 2006 年にリノベーションを行なった。築 120 年である。
- ・ この建物はエネルギーの必要量を減らし、かつ創エネすることをコンセプトとしている。
- ・ 地中 115m の 4 本の杭で熱交換を行なっている。この杭によって、地中熱を利用したり廃熱をしたりしている。
- ・ 中庭側にはさまざまな種類のソーラーパネルが並べられている。一部道路側の屋根にもついている。ソーラーパネルは直射日光がなくても拡散光だけで機能する。
- ・ 歴史的な建物の外壁を変えることはできないので、窓の内側に新たな外壁を作って断熱やソーラーパネルなどの新しい技術を取付けた。
- ・ 壁には 7cm、屋根には 15cm の断熱材を施している。
- ・ 給排気の際に熱交換器を利用している。
- ・ 建物で使うエネルギーは 100%再生可能エネルギーでまかなっている。
- ・ 2000 リットルの貯湯タンクが 2 つ装備されている。
- ・ 延床面積は 2800 m²
- ・ ペレットは 2 本のパイプを通して道路から熱源まで運べるようになっている。(図 2 参照)
- ・ 建物内にはペレットのタンクが 9t、4t のふたつある。タンクが計 13t で、年間使用量が 26t なので、年に 2 回の補充でまかなうことができる。
- ・ ペレットの価格は 1t 当たり 190 ユーロである。
- ・ 建物が 2000 m²だったときのデータによると年間約 5000 ユーロ分のペレットを使用した。
- ・ 発生する灰は農業に使う。
- ・ ペレットのシステムは年 4 回のメンテナンスを行なう。

- ・ペレット利用熱源は 85kW と 15kW のふたつある。
- ・地中に返せない分の熱源は冷却塔で処理する。
- ・建物全体のエネルギーシステムは逐一データが取られ、モニターで管理されている。このモニターはオーストリアにある管理会社にも送られている。(図 1 参照)

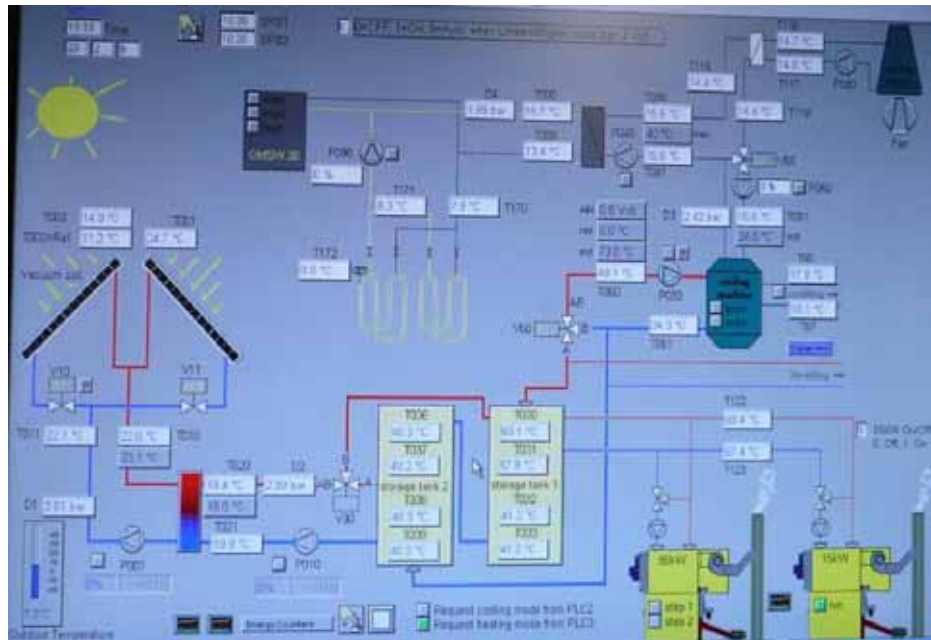


図 1: The Renewable Energy House のシステム図



図 2: ペレット熱源のシステム図

ESTIF の概要

- ・ ESTIF は 5 年前に設立された。その当時は 2001 年に再生可能電力に関する EU ディレクティブが、また 2003 年にはバイオエネルギーに関する EU ディレクティブ決まるという状況にあった。再生可能電力とバイオエネルギーと冷暖房の組織を統合してはどうかという提案があり、現在 EU の中で調整に入っている。順調にいけば今年の終わりくらいに新しい法律が成立するかもしれないがどうなるかはまだ分らない。
- ・ ESTIF 設立当初は政治家も自治体もメーカーも太陽集熱器に関心がない状態だった。そこで補助金の機運を高めるロビー活動やメーカーへのアプローチを行なってきた。その甲斐があって現在は太陽集熱器もだいが浸透してきた。
- ・ メンバーは 4 名。
- ・ 年に一回総会を開く
- ・ 市場拡大のためには業界の中で足並みを揃えてきちんとしたシステムを作ることが必要だということで、認証システムを整備してきた。その中で検査機関とも密に連携している。この取り組みは質の悪いものには補助金を出したくない自治体の思惑とも一致している。現在の状況は業界、政界、研究所がお互いの信頼の中で築き上げてきたものである。
- ・ ヨーロッパ冷暖房協会の一員である。ヨーロッパ冷暖房協会には、冷暖房機器メーカー、関連設備部材メーカー、研究所、大学関連など約 100 団体が参加している。ヨーロッパで冷暖房に関わっている団体はこの協会の一員になることができる。例えば、FH 研究所や矢崎総業もその一員である。
- ・ 人口一人当たりで換算したときの太陽集熱器導入面積は大きい順に、キプロス、オーストリア、ギリシャ、デンマークとなっている。北に位置する国のほうがたくさん導入しているという傾向が見られる。
- ・ ESTIF はソーラーキーマークの下地作りに関わっている。

認証システムや政策に関して

Q. ヨーロッパにおける太陽集熱器に関する取り組みはどのようなものか

A. 自治体ごとに細かい動きがあるが、全体としてどうなっているのかは把握していない。例えば、バルセルロナ市では新築物件に集熱器の設置を義務化している。確かドイツのバーデンビュルデンブルグ州でも同じような取り組みをしていたのではないだろうか。スペインの場合、国の法律を最低限必要なレベルに設定して、各自治体がそれに上乗せして仕組みを整えている。今後は新築だけでなく改修物件も関わってくるだろう。

Q. ドイツの認証システムはどのようなものか

A. 評価システムは 10 年くらい前から存在する。ドイツでは DIN EN12976 という仕組みがあるがこれは EN12975 をドイツ向けに書き直したものである。認証を受けるメリットは他の国でも補助金を受けられるようになる点である。

Q. どの国にも補助金はあるのか

A. 各国各自治体によって異なるので一概には言えない。全く補助金がない国もあれば、税金の控除という形をとる自治体もある。補助金の与え方は様々である。

Q. CE マークとは別にわざわざソーラーキーマークを作った理由はなにか

A. 太陽集熱器は CE マークの対象製品に入っていなかったので自分達でマークを作るしかなかったから。本当は建築物

に関わる全ての建材に CE マークを作りたいけれど建材が多く、加盟国も多いのでそれらをいっぺんにはまとめることはできない。そこでその前段階としてまずはソーラーキーマークを作った。ソーラーキーマークがついている製品は補助金の対象となる。どの国にもキーマーク取得を義務化する法律はないし、キーマークがなくても補助金をもらえる国もある。それでも、ヨーロッパの市場に出回っている製品の約 8 割にソーラーキーマークがついている。

Q.どれくらいの数の試験機関があるのか

A.把握している限りでは 15 機関。各試験機関の特徴はさまざまであり、例えばパネル部分しか試験できない機関や研究所がきちんとした所だと認定する DAR 認証機関などがある。詳しいことはソーラーキーマークドットオーガニゼーションを参照して欲しい。それらの中でソーラーキーマークを押すことができる機関は次の 5 つである。

- ・スウェーデン SP
- ・ドイツ DIN CERTICO
- ・ポルトガル CERTIF
- ・ギリシャ ELX
- ・イタリア (?) ICIM

これら 5 つの認証機関が他の研究所と共同して試験を行なっている。例えば、DIN CERTICO はもともと施工会社であったが、認証業務も手がけるようになり、現在 7 つの研究機関と共同して認証を行なっている。認証はどこでやってもらってもよい。安いところでやればよい。対応していただいた Uwe Trenkner 氏はひとつの国に試験機関は 2 つ以上あったほうがよいと考えている。

Q.補助金は熱に関していつからどのように支給されているのか

A.おそらく 97 年くらいからではないか。しかし、補助金の制度は自治体によって多様なうえに絶えず変わっているのだから正確にはなんともいえない。

Q.ソーラーキーマークの認証試験はどのように行なわれるのか

A.製品に関しては EN 規格と同じ基準で行なう。合わせて企業のクオリティーコントロールがきちんとできているかをテストする。さらに、2 年に一度市場の製品から任意に抜き打ちテストを行なう。もし型式や仕様がかわっていたら再び試験にまわされる。ドイツではこの仕組みは他の製品に対しても広く行なわれている。ソーラーキーマークは新しい仕組みなので改善を続けて認知度を高めていく必要がある。

Q.市場が伸びていく中で新しい傾向や技術はあるか

A.時間の経過と技術の向上をグラフにするとどのような技術も S 字カーブを描く。家庭用給湯は簡易な技術なのでほぼ成熟しているといえる。一方で、給湯と暖房を合わせたコンビシステムや吸収式冷凍機の技術はまだまだ発展途上である。

また、技術の他にもいくつかの重要な要素がある。例えば、施主となる一般市民への啓蒙、建築家への教育、金融的なバックアップ、法整備などが考えられる。これらの要素を総合的に高めていくことが重要であり、やるべきことはまだまだたくさんある。

18. SC 社

ソーラーパネルコンサルティング会社 SC 社の代表の方への聞き取り調査。

SC 社

所在地：ゾルダー、ベルギー

日時：4月15日（火）12:30～14:45

面談者：R.氏

取得資料：フランダース地域の助成制度
各種パンフレット



会社概要

- ・ PV パネルと太陽集熱器を扱う。
- ・ 数年前に起業した新しい会社である。
- ・ ソーラーパネルの設備設計、施工、管理、マネジメントなどを行なう。
- ・ 取り扱った事例は GC ガラス工場や SP 発電施設など。
- ・ 現在進行中の事例にはベルギー国内で 6MW の事例、ギリシャで 28MW の事例などがあり、桁外れに規模が大きい事例も扱っている。

フランダース政府の補助政策

（"Energie besparen bij u thuis – Premies voor energiebesparing in Vlaandere"より抜粋したものを日本語に翻訳）

補助金		対象	対象物件	状況
税金控除 (PV パネル)	投資額の 40%を税金控除 (最大€3440)	税納付者全て	新築 既存	下表参照
グリーン電力 の認証	1000kWh の発電あたり€ 450 20 年間保証	フランダース地域	新築 既存	下表参照
Linburg 州 における制度	€250	Limburg 州	新築 既存	www.elkedagzondag.be 参照
地方自治体 における制度	自治体による	150 の各地方自治 体が独自の補助制 度		自治体による

下表)

補助金を受けるに当たっては以下を満たさなければならない。

- ・ モジュールは以下の基準を満たさなければならない
 - ・ 結晶構造モジュールは IEC 61215 を満たし、効率は 12%以上であること
 - ・ 薄膜非結晶構造モジュールは IEC 61646 を満たし、効率は 7%以上であること
- ・ ひとつのシステムにおけるインバータの効率が 88%以上であること。もし、複数のシステムを連結する場合は連結によるロスが 9%以下であること。
- ・ ソーラーパネルは東から西までの南向きに設置すること。角度は 0 度から 70 度であること

さらなる情報は www.vreg.be を参照のこと。

ソーラーエネルギーをめぐるベルギーの状況

- ・ 認証は TUF または SGS によるものが一般的である。
- ・ フランダース政府や電力会社は、エネルギー源を現在のフランスから購入しているグレイエネルギー（原子力発電によるもの）から自国で発電したグリーンエネルギーへと変えていきたい、と考えている。
- ・ 電力の買い取り価格は太陽光発電による電力が€0.45/kWh なのに対して、風力発電による電力は€0.08/kWh と低価格に押さえられている。
- ・ 製造に要した二酸化炭素は、太陽光発電の場合は 4～5 年で、風力発電の場合は 20～30 年で回収できる。

19. X市庁舎

組織設計事務所でX市庁舎を手がけた設備設計担当のH氏への聞き取り調査。

(1) データ

名称：X市庁舎

竣工：1998年

設計：組織設計事務所

設備容量：太陽電池容量 30kW

敷地面積：15176.22 m²

太陽電池：複層ガラス組み込みシースルーアモルファス
モジュール、屋根設置型 PV パネル

建築面積：5272.25 m²

延床面積：30535.04 m²

(2) 概要

世界で初めて大規模なシースルーアモルファスモジュールに成功した事例として有名である。市庁舎建築なので市民啓発の意味もこめてとにかく人目につく太陽電池モジュールが望まれた。

(3) 重要なトピック

調査で得ることのできた重要なトピックを網羅的に列挙する。

PV 採用までの経緯

X市はもともと環境問題に積極的な自治体であり、市内にPVのメガワットプロジェクトまで抱えている。旧庁舎の老朽化・狭隘化に伴い、環境をテーマにした新市庁舎のコンペが行なわれた際に、PVの斬新な導入をコンセプトに掲げたK組織設計事務所が当選した。K組織設計事務所は床面積との兼ね合いからその規模の相場である30kWのPV導入を目指して設計に取り組んだ。公共建築であるので、いかに市民の環境意識を啓発できる建物を作るかということが中心課題であった。

複層ガラス組み込みシースルーアモルファスモジュール

モジュールを開発したH氏によると、とにかく斬新で人目を引くことが市民啓発には重要だと考えたという。その前例のないことに果敢に取り組んだH氏のお話には構法開発について興味深いことが数多く含まれていた。

設計におけるPV導入のキーワードは「窓」であったという。窓は有効な機能をたくさん持つ反面、自然光の過剰採取や室内エネルギーのロスといったマイナス面を持つ。太陽電池を用いることで発電しつつもそのマイナス面を同時に解決するという夢のような窓を追求した。

この考えをもとに開発された複層ガラス組み込みシースルーアモルファスモジュールについて詳しく見ていくことにする。このモジュールの特徴は数多くあるが中でも特筆すべきは、EVAを用いなかったことと、端子を工夫したことの2点である。

まずは前者について。セルには加工しやすいアモルファスシリコンセルを選び、それに無数の細かい穴を開けてシースルーセルとした。通常はEVAを用いてセルを強化ガラスの間に挟みこむのだが、H氏はあえてEVAを使用しない方法を採用した。EVAを用いないことで、シースルーを透過してくる景色が歪まずに見える、分解しやすくリサイクルが容易になる、太陽電池が常に空気層にあり劣化しにくくなる、EVAの変色に悩まずにすむなどの利点がある。ガラスとの接着は両面テープのようなものを採用し、テープの性能検証も行った。

次に後者について。このモジュールは端子に関しても丁寧な検討を行なっている。通常の太陽電池では端子としてむき出しの導線が飛び出ているが、これはあまりよくない。まず、太陽電池は光があるとすぐに発電してしまうので飛び出した端子は施工者にとって危険である。また、輸送や施工の際に端子が傷つく恐れもある。そこで、H氏は端子をプラスチックカバーで覆い配線接続の際にはじめて導線をつなぐことにした。窓枠サッシに配線を通す層を作り、最終段階でそこに導線をつなぐようにしたのである。こうすることで窓ガラスの部分交換も可能になった。

20. TI ビル、22. JH 住宅

建築設計者 O 氏への聞き取り調査

TI ビル

- ・ 半分の補助金
- ・ 通産省エンジニアリング振興協会
- ・ 経済産業省 NEDO で PV 建築について議論した結果、色、寸法、納まりを検討することが重要という結論になった。
- ・ 半透明モジュールを DPG で軽く設置する。ガラス窓では何も無い場合と同じ景色であるのに対し、PV モジュールをすだれ状に配置することで新しい景色が創出できた。障子の原理。

TO 研究施設

- ・ PV 導入が施主側から拒否された後も通常バージョンと平行して PV 導入バージョンの設計を諦めずに行っていた。突然予算が増え急に設計変更を要求されたときに、PV バージョンを提出して採用された。
- ・ 屋根にソーラーパネル設置用のアンカーボルトをあらかじめつけておいたら、数年後にパネルが実際についてた。
- ・ 太陽電池の正極と負極を同心円状に配置することでデザインの質を追及。配線にはセラミック印刷の技術が用いられている。
- ・ 配線を取付け金具の内部に通すことで納まりをすっきりさせた。配線の工夫がアデドバリューである。

JH 住宅

- ・ 鉄板系屋根屋さんの技術でソーラーパネルを取付けた。
- ・ PV 窓は開閉式にしたかったが、技術的に不安だったので断念した。窓は実用面よりもむしろ飾りの面が大きい。
- ・ クールチューブ。地表から 2~3m の深さでは気温が 1 年中 17 前後で安定している。35 の日でも地中は 25 、5 の日でも地中は 15 である。
- ・ 昔ながらの住宅には縁の下があって、通風や湿気の除去や冷却に効果があった。建物形態の変化から昔の知恵が失われつつあるが、テクノロジーでそれをカバーできるのではないか。
- ・ 今はエネルギー枯渇のピンチ。大量消費の時代は終わり、無駄をできるだけカットしなければならない。でも、ピンチだからこそチャンスともいえる。今までにない新しい建築を提案できるチャンスである。
- ・ 風や熱の動きを手がかりに流線形や有機的形態を導くこともできる。

O 氏の PV 建築観

- ・ 施主側は基本的に太陽光発電に懐疑的なので建築家側が強くプッシュしないと PV 採用は難しい。しかし、逆に言えば建築家がなんとしても採用したいと思って粘れば、たいていの場合は採用までこぎつけることができる。
- ・ 電気屋は PV を過度にやたらめっぽう使おうとする。量を重視。建築家はトータルコーディネートを優先する。建築全体の質を重視。
- ・ BIPV は同じ発電量なら通常パネルの 3 倍のコストがかかる。アデドバリューでその差を埋める必要がある。
- ・ 近代建築は大量のエネルギーを投入して作り出すものであったが、PV を使えばエネルギーを取り出す建築がはじめて可能になる。

- ・太陽電池を使う手法単独ではガラスから離れられないうえに、その配置を考えるだけのパッチワーク的なデザインになってしまう。ほかの手法と組み合わせる必要があるだろう。
- ・屋根にエネルギーをキャッチする部位という性格が生まれる。
- ・携帯電話はデザイン性や機能性、社会性を追求してテクノロジーが文化のレベルまで高められた例である。PV も、PV をつけているほうがおしゃれといわれるように単なる発電装置から文化の領域にまで高められないだろうか。そのためには PV を人目につく位置にそれなりのしつらえで配置することが大事である。
- ・PV と OM ソーラーを組み合わせることで太陽光を効率よく取り込める。ただし、PV と OM の境界には遮熱塗料や工業用水の冷却水等の工夫がいる。そして、コストはきわめて高くなる。

ルールの整備

- ・導入コストは kW あたり住宅用 60 万円産業用 110 万円、電力価格は kW あたり住宅用 20 ~ 25 円産業用 7 円である。
以上の政府の方針から分かるように、産業用施設の PV 導入はお金の面で不利なのであまり普及していない。
- ・太陽光発電は日射量がダイレクトにお金に繋がるため、法整備が重要になる。
- ・現在の法律は複合日影を考えていないが、それでは不十分。
- ・規制を厳しくすれば街並みに統一感が生まれ景観の向上に繋がる可能性がある。ex:福島県大内村の水道
- ・総合設計制度や景観条例は建物の容積を制限しているが、日照のことを考えるならば絶対高さ制限を採用するべきである。
- ・ドイツは環境問題に対する意識が高く、環境のための法整備も進んでいる。石油を使わない社会の仕組みができている。
- ・集合住宅は住民一人当たりの屋根面積が狭いので、PV 設置が困難である。また、所有の観点からは共用電力に用いるのがいいだろう。ベランダは法的には共有物であるが、個人の所有物と考えても無理はないだろう。しかし、PV ベランダの発電量はたかがしれている。

魚眼レンズ

- ・葉っぱ 1 枚単位での影の解析は無理。木 1 本の単位で考える。
- ・魚眼レンズ解析ソフトがある。産総研の大谷さんが開発したものである。

太陽電池

- ・ホットスポットという現象がある。太陽電池の一部に影が落ちるとそこが抵抗になり熱を発生する。
- ・日本は、石油はないが技術力がある国で、太陽電池の最先進国となった。京都議定書の批准や政府による護送船団方式も大きな要因である。
- ・ドイツは炭素税が導入されているうえに、日本の 3 倍の価格で売電できる。PV が商売として成立するのでやがて日本は抜かれるだろう。ドイツでは主婦の商売にもなりうるという。
- ・原材料について。今までは結晶シリコンが主流だった。シリコンを結晶にしてスライスするのだがその薄さは 200mm が限界である（ガラススパッタリング技術）。結晶シリコンは半導体生産のあまりを使っている。しかし、結晶シリコンが手に入りにくくなってきたのでアモルファスや CIS (Cu in Se) に推移してきている。CIS は本田技研が開発した。
- ・シェアはシャープ、京セラ、サンヨーが大手
MSK は建材一体型太陽電池の大手

- ・ 薄くて曲がるものや塗料方式のものもあるが効率は悪い。
- ・ インバータ起動のための最低電圧がある。
- ・ 発電量について。最も理想的な位置である南面に 30 度の角度で 1kW の太陽電池を設置すると年間 1000kWh の発電量が見込める。しかし、すべての太陽電池をこの角度で設置できるわけではないので、建物全体の発電量はこの値を下回る。だいたい 70% であればいい値といわれている。JH 住宅では垂直 PV 窓の影響で 50 ~ 60% の値である。この差をアデドバリューでカバーしているといえる。

構法開発

- ・ まずどうしたいかがもっとも大切。それさえあれば、それに向けて試行錯誤するだけである。
- ・ 金きり音の風洞実験 (TI ビルルーパー)
- ・ 透明電極で見た目すっきり (TI ビルルーパー)
- ・ 性能が保証されている既存の構法を応用する。
- ・ PV 玄関庇と玄関灯のように一部で完結したシステムを考えることもできる。LED を用いれば電力は直流のまま使用できる。
- ・ 電力会社と張り合おうとは考えないほうがよい。例えば、ガーデニングは農業の代替ではなく、植物の育成する楽しみ、庭をコーディネートする喜びといったガーデニングにしかない価値を持っている。これと同じように PV 独自のアデドバリューを考えなければならない。

事例

- ・ スイスの EMPA。感動した
- ・ スイスの建材試験場。PV が過剰に取り入れられる事例が多い中、ここでは PV 利用が適度で感動した。
- ・ ドイツのヘリオトープ。2 軸で太陽の軌道に追尾する。夜はどのように動いているか調べる。(担当: 荒木さん)
- ・ オランダのサンシティー。PV の普及を建物単体から都市のレベルへ広げたもの。

余談

- ・ 国際エネルギー協会 (IEA) の task7 の一環で TI ビルと TO 研究施設は設計された。
- ・ 北九州エコタウン。新日鉄の鋼炉を熔融炉に用途変更し、混合廃棄物を溶かしてから分離再利用している。精製物の銅の含有量は 20% にものぼり、銅山から産出する鉱石よりも比率が高く、むしろ高値で売れる。

21. TO 研究施設

太陽電池研究者 K 氏への聞き取り調査

Mega-Solar Town 全般

- ・ 日本初の MW 級設備
- ・ 211 軒のソーラータウンと同じ規模
- ・ 設備自体は研究用ではなく実用が目的
- ・ ソーラーパネルは約 5600 枚。敷き詰めるとサッカー場の広さになる。
- ・ 住宅用のソーラー設備を使用している。住宅用は最も市場が広く安いから。

太陽電池の集中連係

- ・ 日本では 90～600 軒規模のソーラータウンがいくつかある。例) 埼玉県吉川市や群馬県太田市。
- ・ 電圧問題。余剰電力を送電線に逆注入する際に、住宅内の電圧が上がりすぎて設備機器が壊れる恐れがある。特に集中連係地域では、晴れた日にその地域の電圧がいっせいに上がるのでより危険である。
- ・ 高調波問題。逆注入される電気は波形が乱れた汚れた電機である。現在は全体の電気量に比べて太陽光発電による電気量はごくわずかなので汚れは無視できるが、今後太陽光発電が普及してきたときには品質劣化が問題になる。
- ・ 安全面の問題。系統連係保護や単独運転防止の信号が混線して太陽電池が誤作動する恐れがある。

風力発電の問題

- ・ 風力発電は 1 台で 2MW もの発電量を誇り、さらに昼夜を問わず発電するので稼働率がよい。つまり、太陽光発電に比べて非常にパワフルな発電システムといえる。しかし、パワフルがゆえに問題も多い。夜は原子力発電などの応答性のよくないシステムが使われているのだが、風のむらによる発電量の大きなむらにシステムが耐えられないのである。また、風力が期待できるところはたいていインフラが細く、パワフルな風力発電を系統に組込むのが困難である。

太陽電池全般

- ・ 太陽光発電のコストの 6 割はモジュールの値段。モジュール自体を安くしなければ手ごろな価格にはならない。
- ・ 現在の住宅用太陽光発電の普及は 30 万軒。全体の発電量は 1GW で原子力発電所 1 基分。
- ・ 政府の目標は 2006 年までに 100 万軒。発電量 4%
- ・ 日本は 2005 年に太陽光発電累積導入量をドイツに抜かれた。ドイツは補助金が充実しており、事業として成り立つ土台が出来上がっている。
- ・ 太陽電池生産量は年間 1GW。メーカーはシャープ、サンヨー、京セラ、三菱。
- ・ 太陽電池の標準状態。光のエネルギー 1kW/m^2 、光のスペクトル分布エアマス 1.5 (緯度 42 度あたりの太陽光)、太陽電池温度 25 (夏: 60～70、冬: 30～40)
- ・ 日射量や素子温度によって、最大電力を得る電圧が異なる。パワーコンディショナーは常に山を追いかけるが、ふたやまあるときなどはエラーが起こる。
- ・ シャープは接続箱とインバータをセットにした製品を開発している。
- ・ 使う側にとっては最終的に必要なパネル面積が大事。
- ・ パネル損失 (日陰、汚れ、温度、日光入射角) とシステム損失 (パワーコンディショナー、ジュール熱、MPPT ミス

マッチ)がある。

TO 研究施設の現状

- ・丸いセルは面積が減るので電気屋から見ると好ましくない。また、垂直設置なので発電量はあまり期待できない。
- ・ガラスと丸いセルの間に空隙が生じていた。これは既製品にも起こることで、詳しい原因はまだよくわかっていない。
- ・影もないのにホットスポットが起きている部分が4%ある。
- ・研究者はチャンピオンレコードを追い求めがちで、アフターケアの研究はまだ進んでいない。
- ・太陽電池は発電量の計測はできても日射量の計測ができないので効率が使用者には分からない。従って、劣化に気がつきにくい。
- ・メンテナンスや部分交換がしやすい建築デザイン。
- ・パネル1枚1枚に電力取り出し口を。
- ・EVAは140～150℃で融ける。
- ・メーカーは太陽電池が90%以下の効率に落ちないことを10年間保障しているが、効率を調べるのはとても困難である。

多結晶シリコン(シースルー)

- ・太陽電池がメッシュ状になっているので、パウチする際に空気を逃がすのが大変である。
- ・インバータ入力電力には上限も下限もあるため、ダミーセルを用いて総電力の調整をすることがある。
- ・通常は南面30度にパネルを設置するのがよいとされているが、夏場にピークを持ってきたいときは15度に設置する。

駐車場の屋根

- ・ソーラーパネルにPET樹脂を用いると光が透過する。
- ・ジャンクションボックス
- ・法律上屋根にならないようにパネル間に隙間を空けている。

太陽電池計測場

- ・いろいろなメーカーのソーラーパネルを同じ土俵で比較し、有益な情報を共有し、新たな商品開発に役立てるのが目的。

23. BE 設計事務所

ECN をはじめとしてソーラー建築を多数手がけてきた BE 設計事務所（アトリエ系）の代表の方への聞き取り調査。

調査日時
2007/11/02 PM15:00-17:00
訪問先
BE 設計事務所
訪問者
清家、石田、小野寺、松田（東京大学） 大野（日本設計）岩見（NEDO）小室



クライアントについて

- ・仕事を依頼してくるクライアントは3種類

PV をつけたいというクライアント

全くわからないというクライアント

“0” エナジーハウスに興味のあるクライアント

- ・ に関しては、例えばラインエン氏が手がけたスポーツセンターが挙げられる。はじめ施主は PV に全く興味はなかったが、エネルギー会社の NUON がスポーツセンターの大屋根に目をつけて、屋根貸しの依頼を申し込んできた。結果として、施主のとっても NUON にとってもメリットのある選択となった。
- ・ “0” エナジーハウスには PV の他にもヒートポンプや地中熱利用などのさまざまな技術を組み合わせて導入する人が多い。そこで のクライアントに対しては、初期投資として、だいたい€45000～€50000 は通常の住宅よりも余分にかかることをはじめに説明している。

ECN について

- ・ 冷房をなしにすることで日よけが必要になり、PV の日よけをつけることになった。
- 結果として、冷房をつけていない分、初期投資は減った。ただし、これは全体の初期投資が減ったわけではなく、冷房分の初期投資費を減らせたということ。
- ・ はじめから屋根のスペースをエネルギー会社に貸すことになっていたため、PV 関連の設備投資やメンテナンスはすべてエネルギー会社が行っていて、所有権もエネルギー会社にある。しかし、10 年間経ったら PV の所有権は無料で全て ECN に譲渡される。譲渡前は発電した電力はエネルギー会社のものであったが、譲渡後は ECN のものになる。
- ・ 10 年間というスパンは、エネルギー会社による試算ではじき出された。補助金などを考慮すると 10 年間で初期投資が回収できるという試算になったのである。また、この投資にはエネルギー会社にとってはテストケースという意味合いが強いので、10 年以上は長すぎるという事情もあったようである。
- ・ 発電量は年間 3000kWh である。発電量が余るので売電もできる。
- ・ 最初の 10 年間は、PV から発電される電力は屋根の所有者には関係ないものの、10 年後所有者のものになったとき、発電量は家庭での消費電力をはるかに越えるので電気消費は売電できるほどになる。

ラインエン氏のオフィスについて

- ・ 2000 年に竣工した建物である。
- ・ PV 関連費用の 90% が補助金でまかなわれた。国に補助金が 40%、エネルギー会社からの補助金が 50% である。その背景にはエネルギー会社が身売りしてお金が残っていたという事情がある。

国内事情、法規制、システムについて

- ・1993～2003 までは国から補助金が出ていたこともあり、PV に関する設計依頼があったものの、補助金がなくなってからは、依頼がなく、「補助金がない」＝「大事なことではない」と思われている節がある。その結果として、オランダでは現在、PV 関連事業は不振である。ドイツで仕事を行うようになった企業も多い。ラインエン八氏の事務所でも2003 年以降 PV の仕事はひとつもないそうである。
- ・オランダでの売電価格は通常の電力料金の約 4 割しかないので、売電に関するインセンティブは発生しない。一方、スペインやドイツでは売電価格のほうが高いので、自分で使用せずに優先的に売電する傾向がある。系統関係に関してはドイツと同様オランダでも義務付けられている。
- ・国の施策としては、2020 年までに新築の住宅に関しては、全てゼロエネルギーハウスにするという目標があった（現在も？）そのためには、PV だけでなく、熱などを含めてゼロエネルギーを目指す必要がある。

電気設備、構造、施工などとの役割分担について

- ・日本と同様で PV メーカーは配線することができず、電気工事の範疇となってしまう。
- そのことにより、PV メーカーとゼネコン、電気工事会社の間で事前に協議する必要がある。
- ・デザイン段階においては建築家がマネジメントを担当する。そこで発生する多くの問題は、ほかの施工上の問題と同様に各社間における協議によって解決していく。物件によっては建築家だけではマネジメントしきれずに、ファシリティー・マネジメントのグループを呼んでくることもある。
 - ・施工段階においては、ドイツでは分離発注は基本で 18～20% もの高額の設定料が発生する代わりに、マネジメントも行う。一方、オランダではゼネコンが取り仕切っている。
 - ・他の担当者との話し合いはどのプロジェクトにおいても重要で困難なものである。PV だけが特別という印象はない。いつも、全体のイメージをみんなで一致させて、責任の所在を明らかにすることを目指して、協議している。

その他

- ・PV システムの稼働状況の計測について。ラインエン八氏のオフィスでは、設計事務所で独自に計測している。他のプロジェクトに関してはよく分からないが、エネルギー会社が計測しているのではないだろうか、とのことである。
- ・どうすれば、PV がより普及するかとの問いに答えて。コストが重要である。BIPV は高すぎるので、オランダでは 4 割程度の補助金がないと普及は厳しいだろう。原油価格が上昇する中で、コストを下げれば市場拡大は可能だと考えられる。シェルやコンツェルンも待ちの状態かもしれない。そういう意味では過渡期といえるだろう。また、2020 年までに新築住宅をゼロエネルギーハウスにするという政府の目標も後押しになるのではないだろうか。熱的環境もますます改善されるはずである。現在外壁の熱貫流率は 0.8 であるが、そのうち 0.6 にはなる。このような状況の中で PV だけに固執するのではなくほかの技術も考慮に入れる必要がある。そして、中国での市場拡大が重要、などということをおっしゃっていた。
- ・赤外線カメラで PV パネルの表面温度を計測して稼働状況を調べる方法がある。
- ・PV パネルは垂直につけると最適角度よりも効率が 30% 減。水平につけると 10% 減。



24. ZW 設計事務所

PV 建築を多数手がける建築家 ZW 氏への聞き取り調査。

調査日時
2007/11/02 PM15:30-17:00
訪問先
ZW 設計事務所
取得資料
設計事例スライド



聞き取り調査内容

・国の施策として 2020 年にはゼロエネルギーハウスを軌道に乗せようとしている。そのためには PV は各住戸に約 20 m² ずつ必要になる。しかし、大抵の建築家は PV に興味がなく、2003 年に補助金が打ち切られてから事例は少なくなっている。その中でも、ZW 氏の設計事務所では将来を見越して実績を作っておくためにも 2005～2007 年にもいくつか設計事例がある。地道な積み重ねが将来的な普及につながると考えている。またエレガントでかつ建築的にインテグレートされたものを作っていかなければいけないと考えている。

・(日本では新築の 10% につけられればそれだけで 5～6 万件の太陽光発電が設置されることになるが) ZW 氏にとっては日本のハウスメーカーのように傾斜屋根に PV の既製品をそのまま設置することはデザインの抵抗感があるそうである。PV は近代的なデザインの建築物にあうと考えている。しかし、オランダでは 80%、ドイツでは 90% の住宅が伝統的な形態の住宅なので、そのような建物へいかにして PV を導入していくかは考えなければならない。

・オランダではエアコン使用がもともと少なく、ドイツでも断熱性能の向上により暖房費は下がってきている。

・オランダの様な高密度な場所においては PV を地上に置くということよりも住宅に設置していくこととなる。日本において、現時点では PV が高価ということもあり難しいが、設置のポテンシャルが高い都心部において普及していくのではないか。

・PV の技術的なサポートはどこから得ているかという問いに答えて、普段 PV 建築の設計をするときにはオスカメラに相談をする。それはメーカーの持つノウハウや配線についての知識を得るため。

・施主に対して PV の提案をしていくときには、電気エンジニアよりもゼネコンとともに行なうことが多い。その場合、施主はコンサルタント全般に対して各社に費用を払うことになる。

・施主には PV をつける段階で基本的な資料を渡す。

・技術的なことに関して。標準モジュールは問題ないが、BIPV になると困難が生じる。

・施主には PV をつける段階で、そのことについての説明をする。ZW 氏の事務所では PV をつけることを提案として主張していくといったスタンス。

・ニューヨークのスカイスクレーパーを PV で覆う

事例紹介

事例紹介の冊子をいただいた。事例を順番に紹介する。

1. ゲグリケス(?) ニューヨーク。2004 年この事務所がファサードに PV をインテグレートした初めての事例。

2. 18 枚のパネル。年間 6000kWh の発電量。

3. アパートのリノベーション事例

4. シースルー。ツバメの巣。むき出しの雨樋が特徴的。PV の導線は枠の中に納められている。

5. クボタ製。当初は割に合わなくて PV 導入を諦めかけたが、円安により最近はやっている。

6. 各住戸に 10 m² の PV。全部で 300 戸の大きなプロジェクトである。constructor は NUON。

7. ゼロエネルギーハウスである。赤い PV が特徴的。CIS 太陽電池である。裏側の反射防止膜が赤い(?) KANEKA の薄膜標準パネルである。

25. AR 設計事務所

大手設備設計事務所の環境問題への取組みに関するファサードエンジニアリング専門の K 氏と物理学者 R 氏への聞き取り調査。

調査日時

2007/02/21 PM14:00-16:00

訪問先

AR 設計事務所

取得資料

Drivers of change (energy, waste, climate change, water, urbanism, demographics)

AR building physics (冊子)、Design Year Book 2007

参加者：大野、秋元、田窪、松田、出水

応対者：K 氏(デンマーク人、ファサードエンジニア、environmental physics 部門)、R 氏(Physicist)

AR 設計事務所概要(K 氏)

- ・従業員数 9000 人、37 以上の国に 85 オフィス、常時 1000 のプロジェクト
- ・different geographies, different scales
- ・iconic buildings
- ・façade engineering, engineering of glass,
- ・geometry の大切さ
- ・建築家からのアイデアを受けて AR 設計事務所がディテールを詰める
- ・Acoustic, software, transportation, package 商品の提案
- ・建物以外のものから建物に応用するのが興味深い
- ・“We only have one planet” サステナビリティに対する AR 設計事務所の考え
- ・Simon 氏の部門で新しいソーラーの開発
- ・ファサードエンジニアリング部門はさまざまな専門家の集まり
- ・「スケッチブック」と呼ばれるハンドスケッチから CG のイメージまでの設計ツール
- ・ハンドスケッチ コントラクターとディテールを詰める 科学的な根拠に基づくシミュレーションからクライアントに提案。

Dynamic thermal model CFD 解析 心地よさのシミュレーション

シミュレーションからクライアントに提案

- ・SPeAR- sustainable projects appraisal routine と呼ばれるサステナブルプロジェクトを行うためのルーティン、システムを開発した。

PV 応用に関する最近の活動(R 氏)

- ・欧州のリサーチグループの行ったプログラムの紹介(thermal に少し関係する)
 - ・FP6 2003-2007 SIXTH Framework Programmer priority 6.1 今は Seventh
- ヨーロッパのサステナブルエネルギーシステム。電気、ファサード、等の 10 の WP(ワークパッケージ)。
- ・Saint gobain recherche (フランス)ファサードをはじめスイスを含む EU の多国籍
 - ・Shell Solar GmbH (スイス) ソーラー
 - ・Wurth Solar (D)... ソーラー

上記 2 社は競合相手だったが協力して取り組んだ。トラブルも。

- ・TU - Dresden Institut fuer Baukonstruktion は Building Regulation 担当。建物に関する規定法律を整理。
- ・ファサードエンジニアリングの専門領域。構造性能、気密性(Airtightness)、Weather tightness、熱的性能と結露、

防犯性と安全性について

- Saint-Gobain recherche

太陽パネルが建物のデザインに使われているアイデア

透過率 10-30%

Decorative barrier coatings

CIS はセルの色が黒なので最終的にはいろいろな色ガラスも全部黒に見えてしまう

ボツになった研究

他の同社の研究として反射防止膜の研究がある。 ガラスセルの上に AR コーティングをつけたもの

- Shell 社

CIGSSe モジュールに関する開発

- CIS の BIPV の例

AR 設計事務所の成果 BIPV を説明するブックレット

建築家に見せて協同する。BIPV に関する意見を汲み取る

BIPV ファサードのディテールが大切

以下建築事例の紹介

Unitised system

-Façade Technologies and PV

Curtain walls

Rain screen cladding

Sloped walls

G8 summit のための建物

1998 15kWp system

4 週間で完成

University of NXtingham NewCampus

屋根に BIPV の例

NXhumberland Building

40kWp system

窓への適応例 1995

Location options in facades-

-spandrel areas

-combination with dead cells ダミーモジュールを用いて外観上見た目を同じにする例

-vision areas transparency

PV と太陽熱を用いた最近の事例の紹介

事例 1

-プロジェクト名 etc3 月には発表される。クライアントとコントラクターの関係で明かしてもらえず

設計は BedZED と同じ Bill Dunster Architects

以下建物の特徴を列挙：

裏庭にバイオマスボイラー、PV を屋根に直付け、夏は thermal から出来るだけとる + 風力 + PV の組み合わせ、昨年 3 月の政府の基準(?) を完全に達成できるデザイン、六棟 85 戸

North Humpton の近く、太陽熱で何が出来るか、その機能は何か？を AR 設計事務所が考えた

冬は thermal を余熱につかう、建物の中の熱効率にサーマルマスが重要

Lebel 6 をターゲットにしている（エネルギー・廃棄物・建物の寿命 ETC）難しいが 2016 年には達成しなければならなく、政府も支援しているので。

業務の再構成

-AR 設計事務所はエンジニアリング会社からコンサルティング会社業務に特化する方向性。

-異なるスケールを同時並行的に。どうやってサステナブルなシティ、社会を作るかという大きな枠組み、プロジェクトを通して貢献したい

-capture and exploit ip (?)

-プロダクトデザイン。プロダクトデザインを通してノウハウを使っていくか、マーケットして行くか、販売に繋がっていくか

-研究内容の(プロジェクト間の)共有。BIPV に関する研究を共有する。それをどの程度複数のプロジェクトに応用できるかを考えている。

-pushing the envelope –“thought leaders”

いろいろなパートナーと協同で開発。サイモン氏がパートナーを見つけたり Funding を行ったりしている。AR 設計事務所は自分を発想のリーダーと定義。企業やインダストリーをプッシュしていく役割。

中国、上海の近く Dongtan にエコシティー

プロダクト、キオスクのインフォメーション、

NOKIA の携帯をリサイクルして洗面台を開発

バスタブの開発

テクニカルフロア(OA フロア)、ダンボールの再利用、この上に石を積んだり出来る商品化されている。ロイヤリティが AR 設計事務所に入る。

上記、全く異なるスケールのデザイン例

カーテンウォール

Kragh 氏のプロジェクト

グラスファイバーを用いたカーテンウォール。スリム(床面積の拡大に貢献)。

コンセントボックスの開発

Consortium

Permasteelisa, Fiberline, Art Andersen, 3XN, make, CabX, AR 設計事務所 + network

発想者として彼らのアイデアが用いられている

太陽光をファサードに組み込むことが次のステップ

Discussion

トピック a、建物とインテグレートした応用(方法、事例)について

Q: ファサードエンジニアリングの専門領域を教えてください。温水器(熱・流体を扱う)の建物(ビル)に対する応用、太陽電池と全く考え方が異なるのでは？

- Design life –Structural Performance – Airtightness – Weather tightness – Thermal performance & condensation – Security and safety(再掲)

- thermal は扱ったことがない。以下理由

- 大きい建物に当てはめるコスト

- 設置するためのインターフェース&メンテナンスの難しさ

- benefit メリットが測れないので thermal をオフィス(業務ビル)に使う予定はない。
- 家では温水・シャワーが大事、オフィスではその役割が少ない

Q：業務ビルは温水の用途が少ないというのは同意。ホテル・病院・老人ホームなどでは利用の方法があるのでは？

A1：病院等だと温水よりスチーム。サマルより CHP を使った方がいいのではないかな。

A2：ホテルオーナーはリスクを嫌う。温水器のほうが選ばれる。

A3：住宅用に関しては賛成。プッシュしていくべき。大型の建物にはいろいろと問題がある。

Robert 氏：つつみ教授(東大)インペリアルカレッジ 1/31,2/1 BP urban energy system 2006- (12 yrs project, 東大とインペリアルカレッジの提携)で講演。ヒートポンプを用いたがメイントピック。サイモン氏はヒートポンプとサマルを組み合わせたものがないのではないかと考える。しかしながら政府はヒートとパワーを分離する方向。政治家を説得するのは難しいということで日英共通の問題。地域熱供給について。

クラーク氏：にんじん(?) と鞭(レギュレーション)。エコのターゲットはあるものの。ペイバックが重要な促進要素。最終的にどのようにプロジェクトに結びつけるのかということに多くの問題がある。

Q：thermal energy についてインセンティブはあるか？

A：自宅の屋根に 6000 ポンドの PV に 3000 ポンドの補助を受けた。ドイツはそれ以上。ドイツでは売電したときの価格が高いため、収入、投資となり、PV の普及を助けた。UK 政府はあまり長期的なものに投資を行わない方向。政府は capital を出すが、売電制度がない。政府は売電には反対なのでは？ インセンティブは低い。ゼロエミッションハウスが出来たら変わっていくのではないかな。

2013,2016 年のプログラム=Code for sustainable homes は UK 限定。ヨーロッパではない(CarbonTrust ヒアリングと相違)。

トピック b. 出版(Publication)について。

(日)PV、サマルも建築家がきちんとデザインしないと受け入れられない。それと関連して、外装デザインと自然エネルギーについての関係に建築家が気づき始めた。ファサードとしての表現は AR 設計事務所が以前からされていたので、それが訪問の動機。

(AR 設計事務所)これがはじまりで、今後もぜひこういう機会に情報交換をさせていただきたい。関連する事項について R&D で協働したいものがあるれば、ぜひクラークさんにコンタクトしてもらいたい。東京オフィスでのアクティビティと関連するかもしれない。報告書が出来たら読ませていただきたい。

(日)報告書は nedo のホームページに掲載される予定。

(日)EU の 2007 年に出来た報告書は手に入れられるか？

(英)出版はまだされていない。研究の資料はお見せできる。

タイトル：

Urban Energy Systems Project

The univ of Tokyo imperial college joint symposium on innovation in energy system 20 Nov 2007

Q：エンジニアリング会社からコンサル会社に専門化したい。という発言について。付加価値としての会社のあり方と、作品づくりの方向性とどちらに進むのか。

A：常に多様化(diversing)している。いろいろな分野でいろいろなことを行って生きたい。

・AR 設計事務所は政府のディジションメーカーと密接な関係にあることで、今までになかったプロジェクトを実現してきた。社会の問題をどう克服していくのかということもコンサルティングしている。

26. FP 設計事務所

アトリエ系組織設計事務所 FP 設計事務所への聞き取り調査。

調査日時

2007/02/22 AM10:15-12:00

訪問先

FP 設計事務所

取得資料

FP 設計事務所作品集

参加者：大野、秋元、田窪、松田、出水

太陽集熱器と PV に関して

- ・太陽集熱器も PV もともにコストや効率やエンジニアリングの面でとても難しい。PV に関しては政府のイニシアチブがあり FP 設計事務所でもいくつかのプロジェクトで利用している。太陽集熱器を中心的に扱った事例はない。ソーラーエネルギー利用は計画の初期段階では話題に上ることもあるが、条件の厳しさから次第に消えていってしまう。
- ・FP 設計事務所 PV を導入した代表的な事例は、SE of London near Liverpool Street と X 市庁舎である。前者は数エーカーの PV を屋根に設置した事例である。
- ・太陽集熱器と PV は最も高い建材の一つであるのでこれらのみに固執する必要はない。自然換気や断熱なども重要である。また、どちらかというとなら CHP のほうがより競争力があるのではないだろうか。
- ・リニューアルの面では GLA が面白い。バキュームチューブ(真空管)をファサードにインテグレートした例である(？)
- ・FP 設計事務所ではデザイナーもエコな志向がある。クライアントが環境配慮を求めればもちろんそうするし、求めない場合でも設計者の側から提案することがある。社員としてはもっとエコな建物を作りたいと思っているが、クライアントは尊重しなければならない。
- ・X 市庁舎は当初から PV を用いる計画だったが途中で PV 設置を取りやめることになって竣工した。竣工後再び PV 設置の話が持ち上がり、設置された。屋根の上に設置されている。一部 PV の色が変わっているところは天窓である。

設計体制に関して

- ・社員教育に関して。CPD(continuing professional development)のような教育がメインであり、講演会などもひらく。CPD については政府からの半強制である。社員から求められてプログラムを組むことがあるし、新しい道具についてトレーニングも行うこともある。情報交換システムとして、イントラネットや社内報(4 - 5 ページ)が充実している。
- ・シニアパートナーごとに社内に 6 グループがある。設計は完全にトップダウン形式で行なわれる。
- ・社内に研究者 2 人とアナライザー 4 人がいる。プロジェクトごとに割合は異なるが、プロジェクト内にリサーチのための予算がある。あるプロジェクトに関するリサーチはプロジェクトに加算する。仕事が増えていくに連れて研究者の役割はより重要になっていく。
- ・夏場の冷房に関する感覚が異なる。日本ではクールビズで 28 度を推奨しているが、FP 設計事務所では 22 度が基準。建物だけでなく人を変えていくこともできる。
- ・FP 設計事務所には都市計画の専門家も数人居る。以前からより広いレベルでの計画に取り組んでいる。

27. ベルリン中央駅

太陽光発電を屋根に導入したベルリン中央駅の管理者の方への聞き取り調査。

調査日時
2007/10/28 AM12:30-15:00
訪問先
DB ベルリン中央駅
取得資料
ソーラー資料（独語）A4 2枚



駅の概要

- ・ 応対してくれたのはライコフスキー氏。駅のマネジメントを担当している。
- ・ 設計はベルリン出身の GLP（？）
- ・ 設計コンセプトは「世界でふたつとない駅」
- ・ 空間的には光の滝をイメージしている。昼光が多く入ると同時に縦方向に視線が通り駅全体を一望できるように設計されている。
- ・ 全 14 ホーム。上部に 6 本。下部に 8 本。このふたつの層のホームは互いに直交している。
- ・ 一日約 30 万人の利用者があり、1 年間で 1 億人の利用を予測している。（2007.5～2008.5）
- ・ 商業エリアは 15000 m²。売り上げの一部が駅に納入される。
- ・ 駅舎自体には一切空調はなく、自然換気を利用。空気は下から入ってきて上に抜ける仕組みである。市の市所有物である排気塔が隣接されている。
- ・ 電車は一日 2000 本出入りする。これはフランクフルト駅、ハンブルク駅、ケルン駅などと同じ規模である。

PV の概要

- ・ PV は計 78000 セルが設置されていて、駅舎と駅ビル全体で使用する電力の 2 % をまかなう。年間 16 万 kWh を発電。効率は 16 % である。
- ・ PV で発電した電気は町の電力系統に接続されている。
- ・ 隣に立っている排気塔が屋根に影を作るが、影響はない。
- ・ 設置する際には EU から補助を受けている。
- ・ DB は環境を重視している。会社全体として 13 % の電力を再生エネルギーで賄っており、（ドイツ全体では 8 %）鉄道用に水力発電も所有している。
- ・ ガラス屋根自体の工期は 4 ヶ月間で、設置されたガラス 9000 枚が、建物が三次元曲線をしているため、全て違う形である。当然 PV パネルの形も全て違う。
- ・ 政治的判断により（？）駅の長さが計画よりも短くなった。それにともないガラス屋根部分も短くなり、PV パネルも予算の都合上削減された。
- ・ 実際の工事では仮設の駅を隣接させ、ガラス屋根をつけてから軌道を戻した。エンジニア事務所が 80 関わり、工事には 100 社もの関与があった。
- ・ 清掃は、専用の清掃機が開発されているものの、市の許可がおりなかったため、まだなされたことはない。
- ・ インバータ関係のトラブルもまだない。
- ・ 鉄道と一般では、電圧がちがうため、系統もちがう。
- ・ 導入を決定したのは DB で建築家は関係ないが、EU の提案を受けた形である。

28. ホウテン消防署

エネルギー会社に屋根を貸すことで PV を導入した消防署の担当者の方への聞き取り調査。

調査日時
2007/11/02 AM10:00-11:00
訪問先
Brandweerkasarne Houten
消防署
取得資料
特になし



建物概要

- ・ 2000 年竣工
- ・ 設計者はベルギーの建築家 Samyn。近くにあるガソリンスタンドと同じ設計者。
- ・ コンセプトは「消防車のある家」である。
- ・ 9 人の職員と 65 名のボランティア消防士が勤務している。
- ・ 年間約 350 件の緊急出動がある。
- ・ アトリウムは主に消防車の車庫として利用されているが、たまに消防士の家族も集めたパーティーが開催される。そのため、ガスヒーターや排気ガスを排出するための換気口がある。エンジンをつけているときは換気する。
- ・ シャッターは基本的に電動だが、スプリングがついているので手動でも開けることができる。
- ・ 建物に色が少なかったため、虹色の背景に子どもたちの絵を一面に張った壁を導入した。

PV システム概要

- ・ なぜ設置したか

近代的で新しい建物は環境的な配慮をしたほうがいいという流れがあったから。ガスの消費量が大きかったためエネルギー的な対策を講じる必要があった。このような状況の中で、市と建築家がブレインストーミングしているうちに PV のアイデアが生まれて、みんなの同意を得た。

・ 屋根と PV システムは ENECO が建設したものであるため ENECO の所有物である。消防署は ENECO から屋根を借りている。毎年リースを払っているが 15 年後に無償で屋根が引き渡される。しかし、PV システムはずっと ENECO の所有物である。

- ・ 南側の（？）屋根面の 50% が PV である。（この情報は要確認。数値などが正しいか不明）
- ・ PV との兼ね合いで消防車に出動口が道路に面していない。しかし、出動する際には近くの道路の信号を止めて、スムーズに出動できるような仕組みになっている。

29 . Glas Ceyssens

環境配慮をアピールするために駐車場の屋根に PV を導入し工場の電力として利用しているガラスメーカーへの聞き取り調査。

Glas Ceyssens

住所 : MIJNWERKERSLAAN 35, 3550 HEUSDEN-ZOLDER

日時 : 4 月 15 日 (火) 11:00 ~ 12:30

面談者 : Dirk Ceyssens 氏

Inge Ceyssens 氏

情報 : <http://www.glasceyssens.com/>



Glas Ceyssens の概要

- ・ 1965 年に設立された家族経営の企業である。従業員は現在約 50 人。
- ・ ガラスに関することなら何でも行なう企業である。コンサルティング、製品開発、設計、施工など。
- ・ オフィスに工場が併設されている。周囲には空き地がたくさんあるので、まだまだ拡張可能である。

PV パネルについて

・ 基本データ

用途 :	駐車場屋根
規模 :	350kW
年間予想発電量 :	300000kWh
二酸化炭素年間削減量 :	228ton(barrels)
パネル面積 :	2760 m ²
建築面積 :	2780 m ²
屋根面最高点 :	18.5m
屋根面傾斜角度 :	15 度
鉄骨量 :	126ton
モジュール :	Schuco 製、Made in Japan
計画開始 :	2007/01/15
着工 :	2007/04/11
竣工 :	2007/05/04

- ・ 2008 年 4 月現在ベルギー国内で最大面積を誇る PV パネルである。
- ・ 通常の電力価格は€0.10/kWh、売電価格は€0.06/kWh である。つまり、発電した電力は売電するよりも自分で使ったほうが得である。
- ・ オフィスと工場に必要な電力は全て PV でまかなっている。
- ・ はじめは PV パネルを工場の屋根に載せるつもりだったが、構造計算してみたところ躯体がパネルの重量に耐えられ

ないことが判明した。そこで、その発電量を保ったまま工場の隣の空き地に駐車場の屋根を新設してそこに PV パネルを導入することにした。

- ・パネルのメンテナンスは必要ない。雨がパネルの汚れを洗い流してくれる。寿命は 40 年である。もちろん、劣化による発電量の低下は避けられないが、メーカーは 25 年以降も 80% 以上の出力を保証している。
- ・補助金や発電量を考慮すると初期投資は 10 年で回収できる。また、生産に要した二酸化炭素は 4 ～ 5 年で回収できる。
- ・当時存在した補助制度はふたつ。ひとつは優れたソーラーパネル導入事例に対して初期投資の 24.5% を補助するというもの。当時はこの補助金を取るのとは簡単だったが、最近は応募者が増えてきているので採択されるのは難しくなっている。また、補助額も 2008 年現在で 6% にまで下がっている。もうひとつは 20 年の間、1000kWh 発電するごとに 450 ユーロの補助金が支給されるというものである。これらふたつの補助制度はともにフランダース地方のみのものである。他にも数年後には EU から補助金が出るようになるかもしれないとのことである。



全景



屋根見上げ



ソーラーパネルと工場を結ぶケーブル



制御装置

30 . SolarPark

SolarPark は B 氏が個人で所有する発電施設である。B 氏への聞き取り調査を行なった。

SolarPark

住所 : オステンド、ベルギー

日時 : 4 月 17 日 (木) 13:00 ~ 14:30

面談者 : B 氏



概要

- ・ SolarPark は個人 (B 氏) が所有する発電所である。動力は風力 (3 基) と太陽光である。
- ・ 発電した電力は周囲の住宅地区や工業地区で使われている。
- ・ Gabriël Boedt 氏はもともとこの広大な敷地を所有していて使い道を探していた。この土地はたまたま工業地区に指定されていたので容易に発電所を建設できた。もし、農業地区であれば困難だったとのことである。
- ・ ソーラーパネル概要

発電容量 : 1308MWp

年間発電量 : 1140000kWh (350 世帯分)

モジュール : Ying Solar 製、Made in China



ソーラーパネルと風力発電



変圧器

31 . VRN

ガラスの業界団体が中心となって組織した板ガラスリサイクルの管理機関 VRN への聞き取り調査。

VRN (Vlakglas Recycling Nederland)

住所 : Gentseweg 13, 803 PC Gouda, Netherlands

日時 : 9月20日(木) 9:30 ~ 12:30

面談者 : Cor Wittekoek 氏

情報 : <http://www.vlakglasrecycling.nl/>



VRN の概要

VRN はオランダにおける板ガラスリサイクルを管理している機関である。オランダの板ガラスリサイクルの仕組みは、板ガラスメーカーから国内販売量に応じてお金を集めて、それを元手にガラスの回収業務とリサイクル業務をそれぞれ民間業者に入札させるというものである。VRN はこのリサイクルシステムを全体的に管理している。

オランダでは 2003 年から板ガラスのリサイクルを義務付ける法律が施行されている。法律の細かい内容や具体的な数値を決めたのは、断熱窓を生産している企業が集まって作っている協会である。この協会が VRN の母体ともなっている。オランダ政府の板ガラスリサイクル義務化の意向に危機感を募らせたメーカー側は逆に自分たちで率先してリサイクルの細かいルールを作ってしまったのである。VRN の活動によって、オランダにおける平板ガラスのリサイクル量は右肩上がりに増加し、それ以前は捨てられていた網入りガラスや複層ガラスもリサイクルされるようになっている。このようなオランダの先進的な取り組みにイギリスやドイツも関心を示してはいるが、それらの国ではまだ実現されていない。

組織構成

以下に VRN の組織構成を示す(図1)。



図1 : VRN の組織構成

トップにある Board VRN はこの協会の役員 4 名で構成されている。旭硝子や SAINT-GOBAIN などの 4 つのガラスメーカーからそれぞれ 1 名ずつ派遣されている。

その下の VRN Organization はヒアリングに応じていただいた Cor Wittekoek さんと秘書の方の計 2 人で構成されてい

る。この部署でその下の3つ（輸送、リサイクル、OVA）の管理や広報活動などを行なっている。

輸送（Logistics）はガラスを回収してリサイクル工場まで運ぶプロセスのことである。現在は HoogersTransport という輸送会社が業務を行なっている。

リサイクル（Recycling）は文字通り集めたガラスを工場でリサイクルする段階の事を指す。現在は Maltha 社が 75%、HF 社が 25%のリサイクルを行なっている。

また、OAV とはオランダ国内で販売されるガラスに課金する仕組みのことである。課金額はガラスの種類によって異なり、例えば複層ガラスの場合は、1 m²あたり€0.5 が課金される。

VRN は OVA で得たお金で、輸送業務とリサイクル業務の入札を行ない、システム全体の運営を管理している。入札は3年ごとに行なわれる。これまでに 2003 年と 2006 年の2回の入札が行なわれた。

輸送、リサイクル、OVA は VRN の活動の根幹を成すものなので以下に詳しく見てゆく。

輸送（Logistics）

概要

VRN は廃棄板ガラスの回収輸送業務を入札にかけている。入札は輸送距離で行なう。VRN があらかじめ必要な輸送距離を予測して提示するので、それを入札にかけている。

現在は廃棄物処理会社 Van Gansewinkel の輸送部門である HoogersTransport という会社が業務を行なっている。なお、Van Gansewinkel はリサイクル業務を担当している Maltha 社の親会社でもある。

現在 HoogersTransport が所有するトラックのうち 24t トラック 9 台が廃棄板ガラスの回収に使用されている。（？トラックの数値が正しいのか要確認。24 t とは積載量のみ？自重も含める？）トラックは週 6 日稼働している。

板ガラス回収コンテナが満杯になると回収拠点から連絡が入るので、トラックは空のコンテナを積んで現場に赴き、コンテナを交換する。その際にコンテナの分別状況をドライバーが目視でチェックし、もし分別状態が悪いと回収しない。トラックへのコンテナの積み方は 12 t のコンテナを 2 つ載せる場合と、小さいコンテナをいくつも載せて 24 t にする場合がある。

回収したコンテナはいったん中間の回収拠点に集められることもあるが、回収拠点から直接リサイクル工場に運ばれる場合もある。

輸送コストの削減のために舟による大輸送が検討されている。早ければ来年の夏頃にも実現する。

板ガラスの回収量

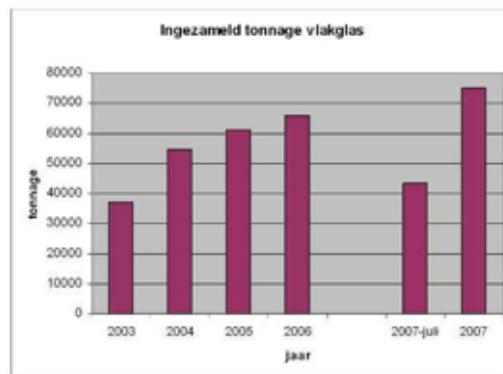


図 2：VRN が回収した板ガラスの量

図2はVRNが回収した板ガラスの総量の経年変化である。なお、今年（2007年）の数値は予想である。今年当初の回収目標は70000tだったがどうやら75000tくらいは回収できそうだとのことである。着実に回収量が増えていることがわかる。

VRNは国内の廃棄板ガラスのうち7割を回収できている。ただし、これには工場からの端材なども含まれているので、純粋な廃棄物だけでないことに注意が必要である。オランダ国内で廃棄される板ガラスのうち65%は西側の海沿いの地域である。その他の地域は南部が20%、北部が15%となっている。

オランダ全体での廃棄板ガラスの量とその内訳

VRNでは2007年のオランダ全体での廃棄板ガラスの量を下图の様に予想している（図3）。Greenhousesというのは温室から出るガラスのことを指す。オランダではガラスの温室を大規模に利用した農業を行なっているため、大量のガラスが温室から廃棄される。Pre-usedとはガラス工場や建築現場で板ガラスを切断する際に生じる新品ガラスの端材のことである。品質が高いのでリサイクルに向いている。Wasteとはゴミとして廃棄された板ガラスのことである。そのうちのおよそ60%が建築解体現場から生じたものである。VRNが今年回収できると予想している量は75000tである。もちろんVRNが回収する板ガラスの中にもGreenhousesやPre-usedが含まれる。

75000	VRN
70000	Greenhouses
70000	Pre-used
35000	Wastes
250000 ton	tXal

図3：オランダ全体での板ガラスの回収量の予測

回収拠点（collection point）

ガラスを回収する場所のことをVRNではcollection pointと呼んでいる。VRNは独自のガラス回収用のコンテナを所有し、そのコンテナをオランダの全土に散らばっているcollection pointに設置している。図4に示されているドットがcollection pointの位置である。collection pointにはいくつかの種類がある。その種類と数を図5に示す。

Inzamelpuntとは町中に点在し、通常のゴミ捨て場のように一般の人々が家庭から出た板ガラスを捨てる場所である。これに関しては、建築板ガラス回収現場/パーレントレヒトで視察を行なったのでその項で詳しく述べる。

その次のROSは自治体が運営している資源ごみ集積所である。資源ごみ集積所には紙類、金属類、布類など細かく分類された多数のコンテナが並び、その中のひとつにVRNの板ガラス回収コンテナがある。運営は税金でまかなわれているので無料で利用できる資源ごみ集積所である。しかし、VRNは2007年からROSからは撤退している。このあたりの詳しい事情は、資源ごみ集積所/リッターケルクで視察を行なったので、その項で述べる。

OPOはROSと同じく資源ごみ集積所だが、運営主体が私企業である点異なる。VRNから有料でコンテナを借りて、利用者から有料で資源ごみを引き取り、その差額で利益を得ている。利用者側から見るとゴミを捨てるのが有料である点がROSとは異なる。OPOに関しては資源ごみ集積所/ティルブルクの項でさらに述べる。

最後のふたつのHuurlocatieとRenovatie/sloop locatieはそれぞれ解体現場とリノベーション現場のことである。これ

らの現場からは大量の板ガラスが廃棄される。各現場から VRN にコンテナの要請が入り、VRN はコンテナを貸し出す。アドホックな collection point である。リノベーション現場に関しては改修工事現場/ロッテルダムにて視察を行なった。



図 4：回収拠点の位置

Aard van de locatie	Aantal locaties/contracten				
	2007	2006	2005	2004	2003
Inzamelpunt	245	232	191	187	182
Regionaal Overslag Station (ROS)		32	26	30	29
Op- en Overslag station (OPO)	32	28	20	20	17
Huurlocatie	274	235	162	90	68
Renovatie/sloop locatie (Ad-hoc)	225	180	152	195	129

図 5：回収拠点の種類と数

コンテナについて

VRN はガラス回収用のコンテナを多数所有している。図 6 は 2 m³のコンテナで、ガラス加工工場の中に置かれ、端材を回収している。図 7 は 18 m³のコンテナで Inzamepunt に置かれたものである。図 8 は VRN が所有しているコンテナのサイズとその数をまとめたものである。

ガラスのリサイクルにおいては回収時点における異物の混入が最も深刻な問題である。そこで、他のゴミが捨てられないようなコンテナを開発しようとしているとのことである。

図 6 : 2 m³のコンテナ図 7 : 18 m³のコンテナ

Uitstaande containers	inhoud	aantal
kooiaap	0,5 m ³	63
	1 m ³	103
	2 m ³	500
open/gesloten	18 m ³	513
totaal		1179

図 8 : VRN が所有しているコンテナの種類とその数

Recycling

輸送業者から運ばれてきた板ガラスをリサイクル工場でガラスカレットにリサイクルする。リサイクル業務に関しても、輸送業務と同様に入札が行なわれている。いままでには 2003 年と 2006 年の 2 回行なわれていて、2 回とも MA 社と HF の 2 社が入札に通っている。HF は小さい会社であるが、汚れたガラスをリサイクルすることを売りにして入札割合を伸ばし、2006 年の入札では 75% が MA 社、25% が HF という内訳になった。

入札は VRN がはじめに回収予想量を提示してから行なわれる。VRN の予想量よりも多く回収できたときは、過剰な分

をより安い値段でリサイクル会社に引き取ってもらうことになる。一方、回収量が予想量を下回ったときは問題で、VRN からリサイクル工場への補償を行なうことになる。量の予想はいろいろな条件を加味して行なうが、補償が発生しないように回収量の最低ラインを抑えることが重要である。

リサイクル時に深刻な問題となるのが不純物の混入である。特に、耐熱ガラスは問題で、機械を使ってもなかなか除去しきれないのが現状である。リサイクルを引き受ける会社から不純物の目標値が提示され、VRN ではそれを達成できるように努力を重ねている。その目標値は CSP (セラミック、石、陶器) が 35 g/t (99.965%)、鉄・非鉄が 5 g/t (99.995%) となっている。

新製品を作る際にこうしてできたカレットを 10% 混ぜると、2.5% のエネルギー消費量が節約できるそうである。これはカレットを溶かすほうがケイ砂を溶かすよりもエネルギーが少なくてすむからである。また、リサイクル後の製品の用途は VRN 側からは指示していない。

OVA

OVA は VRN がガラスメーカーからオランダ国内での販売量に応じて課金するシステムのことである。課金額はシステム全体に必要な運営費から逆算して算出されている。課金額はガラスの種類ごとに異なり、例えば複層ガラスの場合 1 m² 当たり 50 セントである。(細かい数字や全体の課金額などのデータは要確認?)

OVA はメーカーにとってみれば必要経費のような感覚だということである。課金額を価格に反映させるメーカーもあれば、自社で完全に負担するメーカーもあり、会社によって対応はまちまちである。

集めたお金は 15% が VRN の諸経費やプロモーションに使われ、残りの 75% が輸送とリサイクルに使われている。

32. Recovinyl

PVC リサイクルの管理機関で NPO の Recovinyl の代表者への聞き取り調査。

日時：2008/10/30（木）

住所：Avenue de Cortenbergh 66, B-1050 Bruxelles

面談者：Herr Eric Criel (Recovinyl)

概要

歴史

Recovinyl はヨーロッパにおける PVC リサイクルを管理する機関である。EuPVC と Vinyl2010 から補助を受けている。2003 年に私企業として設立されたが、2005 年に Vinyl2010 から 100%の出資を受けて NPO 法人に切り替わった。

使命

使命は一般廃棄物 PVC のリサイクルを促進することである。ヨーロッパにおいて当初 4 万 t であった PVC リサイクルを 2010 年までに 20 万 t まで拡大することを目標に掲げている。具体的には、Vinyl2010 の取り組みと共同して金銭的な動機付けを基本とした回収分別リサイクルのシステムを確立する。産業廃棄物 PVC を対象に含めないことが盛んに強調されていたが、工場からの不良品や加工端材は対象としている。

組織構成

各国に部局がある。Rulo（ベルギー）、De Hoeve（オランダ）、Vinylloop（イタリア）、Tecnipiasper（スペイン）、Swerec（スウェーデン）など。

Recovinyl は Criel 氏と秘書の方だけで運営している極めて小規模な組織である。各国の部局も同様に小規模である。小規模でも成立する点が、リサイクル管理機関のひとつの特徴である。

一方、上位機関は Vinyl2010、EuPC（European Plastics Converters）、EuPR（European Plastics Recyclers）である（図 1）。

ファイナンス

Vinyl2010 は 2000 年に設立された。Vinyl2010 の主な目的は、新しい技術の開発、プラスチックに含まれていた鉛やカドミウム段階的使用廃止、そして 2010 年までに 20 万 t 以上の PVC リサイクルの達成である。Vinyl2010 はこれらを実現するかわりに PVC に対して新たに厳しい法を課すことがないように EU 当局に働きかけている。

これらの目的を具体的に遂行する機関として Recovinyl、Rewindo、Roof collect が設立された。ただし、ファイナンスの仕組みは機関ごとに異なっていて、例えば Recovinyl（EU 全体）が Vinyl2010 から 100%の出資を受けているのに対して、Rewindo（ドイツのみ）が受けている出資は一部である。

Vinyl2010 は原料メーカー、コンパウンドメーカー、PVC 加工団体から資金を集めている（図 2）。その内訳はおおまかに原料メーカー 60%、コンパウンドメーカー 10%、加工団体 30%である。

図 2 に示したようにそれぞれが業界団体を組織している。原料メーカーは ECVN（European Council of Vinyl Manufacturers）、コンパウンドメーカーは ESPA（European Stabilisers Producers Association）と ECPI（European

Council for Plasticisers and Intermediates)、加工団体はEuPC (European Plastics Converters) である。



図 1 : RecovinyI と関連する組織

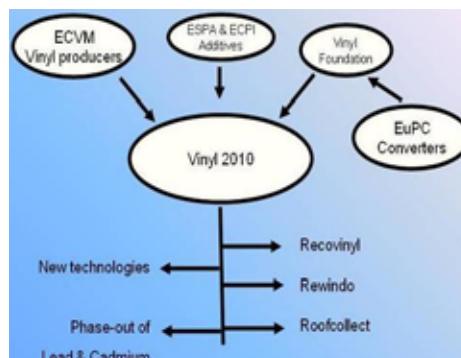


図 2 : ファイナンスの関係

RecovinyI のリサイクルシステム

基本的なアイデア

金銭的な補助を適切に施すことで、これまで埋立て処分や焼却処分に回っていた PVC をリサイクル業者に回すシステムに切り替えることが基本アイデアである(図 3)。システムが切り替わった後は市場がリサイクル材を受け入れるようになるのを待って次第に補助金を減らしゆく(図 4)。

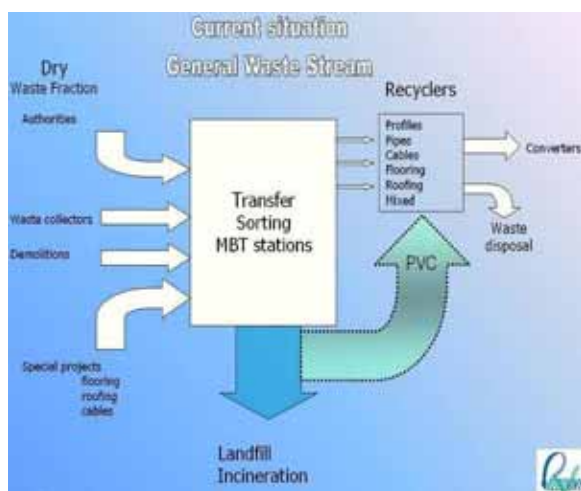


図 3 : PVC の流れを切り替える

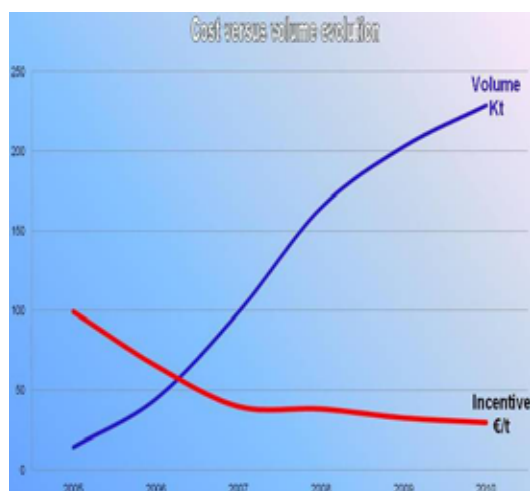


図 4 : 回収量と補助金の関係

具体的な仕組み

当初は補助金を廃棄物収集、選別、リサイクル事業者それぞれに支払ってきたが、今後は収集分別業者に支払い窓口を絞っていく方針である(図 5、6、7)。補助金を単純化することで不正利用を防ぐためである。

RecovinyI は専用のウェブサイトを用意してリサイクルを管理している。RecovinyI のメンバーとなった業者にはパスワードが渡され専用ページにアクセスできるようになる。専用ページには分別回収量やリサイクル量などの実績データが業者からインプットされる。RecovinyI はリサイクル業者を監査して入力データに間違いがなければ、収集分別業者に

補助金を支払う。監査対象と支払い対象が異なっているのがこのシステムの特徴である。

リサイクルでは不正取引が生じやすいので、invoice で管理することが重要である。invoice には PVC ごみの出所や輸送経路など詳細情報が記載されている。invoice が無いごみは補助の対象にならない。

特に厳しくチェックされるのは、リサイクル業者の受け入れ量が全てきちんとリサイクルされているかどうかである。受け入れ量と再資源化量に誤差があるとごみが闇ルートに流れている可能性があるため補助金は支払われない。なお、リサイクル業者の受入量は RecovinyI のリサイクル量として公式発表されるので、対外的にも重要な統計データである。



図 5 : PVC の輸送経路

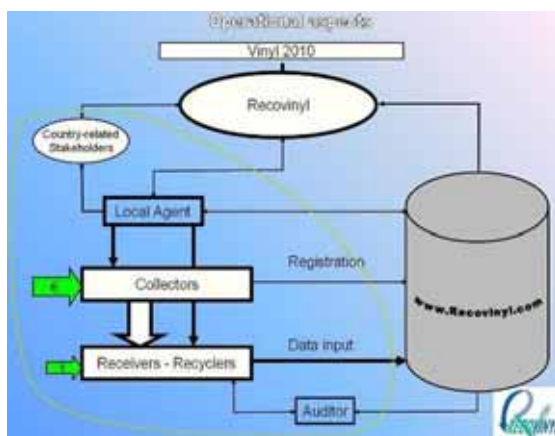


図 6 : ウェブサイトとの関係

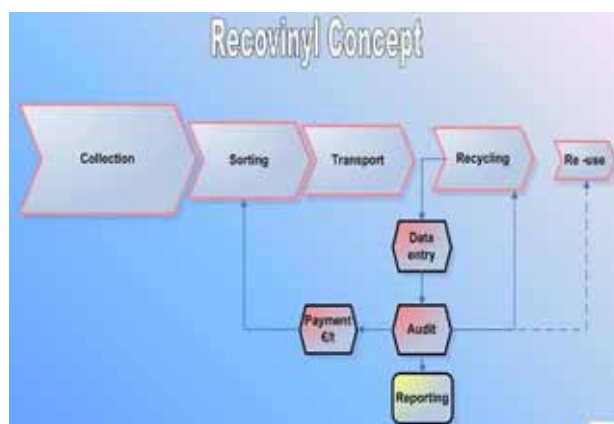


図 7 : PVC リサイクルの流れ

PVC の収集と分別

ヨーロッパでは 4000 ~ 5000 のごみ処理会社（収集分別輸送）がある。

PVC は軽いので他の建材に比べると輸送が有利である。とはいえ、近くにリサイクル業者がなく、輸送コストが高めば埋立地に行ってしまう。埋立て規制の甘い他の国に不法投棄されるケースもある。

分別に関してもコストがかかると作業が等閑になり質が落ちる。困難な分別により多くの補助金を与えることで、分別の質を上げようとしている。特に、混合廃棄物からの PVC 分別に対しては補助が厚い。

リサイクル業者

ヨーロッパでは PVC 専門のリサイクル業者は 120 ほどある。

リサイクル業者は国境を越えてでも何とか安く PVC ごみを入手しようとしている。ごみ処理会社とリサイクル業者の間

にブローカーが入る場合もあるが、RecovinyI としてはそのようなコントロールできない部分が市場に生じるのは避けたい。PVC の流れがオープンでないと補助金を出すことは出来ない。そのために、invoice が必要である。

各国の現状と実績

現在 RecovinyI に参加しているのは 13 カ国である。ウェブサイトや契約書などは 11 の言語に対応している。認定されているリサイクル業者は 110 に上る。

2008 年は 180 万トンの PVC リサイクルを達成する見込みである（図 8）。2009 年には 220 万トン、2020 年には 600～800 万トンに達する見込みである。

RecovinyI の活動は UK とベネルクスで始まり、続いてフランスやドイツが参加した。リサイクル実績の内訳を以下に示す（図 9、10）。

国別に見ると、イタリアとスペインは大量の PVC が使用されているにも関わらず、リサイクル量は少なく、不法投棄がはびこっている。ドイツはリサイクルだけでなくリユースも盛んに行われている。

種類別に見ると、PVC には以下のようなものがある。サッシ、パイプ、フローリング、屋根材、ローリングシャッター、点滴用パック、IC チップ、ケーブル、家具、スイミングプールの防水層などである。

	2005 Realised	2006 Realised	2007 Realised	2008 Plan
Volume ton	14.500	44.500	111.700	175.000

図 8：RecovinyI のリサイクル実績

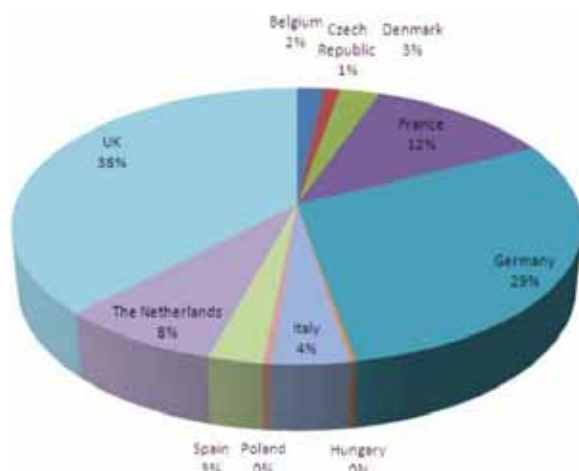


図 9：国別 PVC リサイクル実績

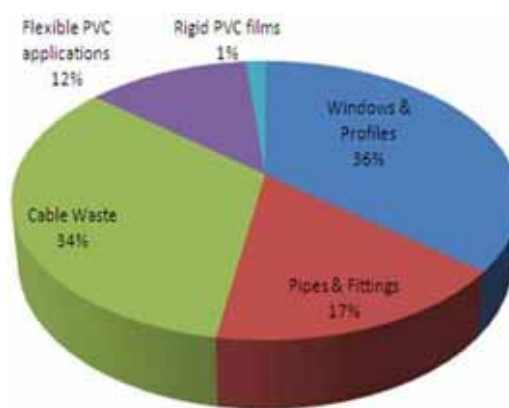


図 10：種類別 PVC リサイクル実績

課題点

・イタリアやスペインなどの国では大量の PVC が廃棄されるが、リサイクルされる量は少なく不法投棄がはびこっている。また、そのような国ではリサイクル業者が零細なため invoice を用いた管理が難しい。そのような国をどのように RecovinyI に組み込んでゆくかが今後の課題である。

・ケーブルのごみは大部分が銅の導線部分で PVC の絶縁体部分は少ない。太いケーブルは分離しやすいのでヨーロッパで分離リサイクルされるが、分離しにくい細いケーブルは中国やフィリピンなどへ輸出される。その 70%以上が PVC ごみだと証明されれば補助金が支払われる。人件費が安い国では、細いケーブルの分離リサイクルが可能である。しかし、そのリサイクルの実態は確認できていないので、2010 年以降を目処に極東のリサイクル状況をチェックするシステム作りに取り掛かろうと考えている。

なお、ケーブルには PVC 以外のプラスチックも使われているが、RecovinyI は PVC にしか補助金は出さない。

・ REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances) というヨーロッパの化学物質認証機関が発足したが、これによって RecovinyI の活動が制限される問題が生じている。REACH によって全ての化学物質は公式登録が必要で、特に輸送の際には 3 つのレベル (substances, preparations, articles) からなる safety data sheet が必要となった。輸送元と物質の成分をはっきりさせないと輸送できないのである。しかし、PVC ごみの成分を特定することは不可能である。

また、有毒物質の輸送が禁止されるので、カドミウムが入った古いサッシをリサイクルすることも不可能になる。カドミウム分離技術の開発や、危険がない部分にカドミウムが含まれた材を再利用するなどの対策を考えて、REACH と調整する方針である。

具体事例

RecovinyI の具体的な活動をいくつか紹介する。

国を超えたリサイクル

オランダとフランスでの国境を越えた取り組みを紹介する。オランダのある分別業者では年間 2500t の混合硬質プラスチックを分別している。オランダで廃棄されたプラスチックごみから硬質プラスチックだけ取り出して分別ラインに乗せ、PVC の破片を取り出す。硬質プラスチックはパイプとサッシが主である。経験上固形プラスチック混合廃棄物の内約 20%が PVC であるという。PVC は可動式シュレッダーで砕かれた後、フランスに運ばれて再資源化される。RecovinyI はフランスでの再資源化状況をきちんとチェックした上で、オランダの分別業者に補助金を支払う。国際的な取り組みにも補助金が出されるのである。

ポーランドの PVC リサイクル業者

ポーランドの現状を紹介する。ポーランドのとある PVC リサイクル業者では一般廃棄物 PVC と産業廃棄物 PVC の両方を受け入れているが、RecovinyI は前者しか補助しない。そこで、一般廃棄物と産業廃棄物の区別をするために invoice が重要である。そもそも、両者はその価格差が大きい。一般廃棄物の受け入れ価格は 100 ユーロ/t、再資源化後の納入価格は 3～400 ユーロ/t であるのに対し、産業廃棄物は 400 ユーロ/t、6～700 ユーロ/t である。これだけ価格差が大きいと、invoice で管理しないと不正行為が生じる可能性がある。

ポーランドは分別の人件費が安いため、ドイツの一般廃棄物 PVC を大量に受け入れている。同様の理由でチェコ、ハンガリーはオーストリアから受け入れている。

ハノーファーでの PVC 回収実験

ハノーファーで RecovinyI が全費用を負担して一般廃棄物 PVC を回収する実験を行なった。通常のコンテナパークに PVC 用のコンテナを設置してパイプ、サッシ、フローリング、ローラーシャッターなどを集めたのである。その結果 PVC 年間一人当たり排出量は 500g となった。同様の実験をベルギーやオランダでも行なったがおおよそ同じ結果となった。

しかし、PVC ごみの内訳は国によって異なる。例えば、オランダやスウェーデンではローラーシャッターやサッシはほとんど使われないが、スペインではローラーシャッターが大きな割合を占めている。

ドイツでは DSD (Duales System Deutschland GmbH、製造者責任を管理する協会) の管理のもと、家庭ごみは MBT (Mechanical Biological Treatment) ステーションに投入されて、RDF (Refused Derived Fuel、廃棄物から作られる固形燃料) に変えられている。プラスチックは MBT に入る前に取り除かれる。特に、PVC が 1.5% 以下でなければ焼却炉には投入できないので、PVC の分離には慎重である。このようにして、分離された PVC に対して、RecovinyI は補助金を与えている。

質疑応答

Rewindo との関係は？

RecovinyI と Rewindo のシステムは市場ではバッティングしない。RecovinyI が扱うのは一般廃棄物で、Rewindo が扱うのは産業廃棄物だからである。棲み分けがなされている。

RecovinyI は誰がどのようにして始めたのか？

コンセプトは全て Criel 氏が考えた。初めはごみ処理場からごみを買ってリサイクル業者に売ろうというアイデアだった。しかし、ごみ処理会社は概して巨大企業だったのに対して、RecovinyI はとても小さな組織だったので、そのような新規参入者は疎まれて排斥された。同様に巨大ごみ処理会社と零細リサイクル業者の規模も違いすぎて、力関係が不均衡だった。このような状況で、誰もごみの流れをコントロールしていなかったため、価値のある金属廃棄物がいつのまにかブラックマネーに変わってしまうようなことが多々あった。また、ごみ処理会社に勤めていた経験から、システムに無駄の多いことも分かっていた。例えば、全体の情報が無いためトラックの積載率が低く、輸送効率がとても悪かった。

そこで考え方を变えて、お金で適切な動機付けを行なってリサイクルに誘導するシステムを作ることにした。このアイデアによって、わずかなリスクと人手だけで望んだとおりのことができるようになった。

RecovinyI のおかげでリサイクル業者はいい製品を作るようになったが、リサイクル材の需要が伸びていないのが今後の一番の課題だ。その他にはカドミウムや REACH の問題がある。

どこまで拡張したいのか？

対象範囲は EU の留めるつもりだが、ごみが極東まで流れているのでその実態は把握しておきたい。EU 内でもブルガリアやルーマニア、南イタリアなどの分別意識の低い地域をレコビニルに組み込むのは少し怖い。信頼できるリサイクル業者がそれらの国にいるかどうかは常に注意している。スウェーデンは他の問題で難しい。広い国土に対して人口が少なく輸送効率が悪いのである。また、サッシにもパイプにも PVC がほとんど使われていない。

多くの国が参加しても破綻しないように、ウェブサイトのシステムはとても洗練されている。多重にセキュリティがかけられ守られている。

まとめ

RecovinyI は既存のシステムに適切に補助金を与えることで PVC の流れを変えてリサイクルを促進した。既にあるシステムを最大限に利用しながら、最小限の介入でリサイクルへと導いた手法は画期的である。そもそも、PVC リサイクルは技術的、経済的には難しくないでシステムをいかに効率よく設計するかが重要である。

RecovinyI は立地的にも有利であった。リサイクルシステムを安定的に回すには一定以上の規模が必要である。RecovinyI はヨーロッパという立地を活かして次々に範囲を拡大していったことも功を奏した。立地は島国日本にとっては厳しい条件である。

しかし、課題点もいくつかある。まず、リサイクル材の需要があまり伸びていない点である。これは消費者の意識から変えていく必要がある。また、古い PVC にカドミウムが含まれていてリサイクルが難航している問題がある。これには、健康に被害を及ぼさない部材に古い PVC を回す取組みや、カドミウムを除去する取組みが必要である。さらに、REACH の問題が挙げられる。リサイクル管理機関同士の衝突による弊害である。確かに短期的にみるとリサイクルが阻害され問題かもしれない。しかし、長期的な視野に立てば複数のリサイクル管理機関がシステムを調整しあうことでより練られたシステムができることはとても好ましいことである。リサイクルが一歩進んだヨーロッパだからこそ生じた問題であるとも言える。

33. OVAM

フランダースのごみ処理やリサイクル問題を扱う行政当局 OVAM の担当者の方への聞き取り調査。

日時：2008/11/4（火）

住所：Stationsstraat 110, B-2800 Mechelen, Belgium

面談者：Frau Roos Servaes 氏

OVAM 概要

ベルギーにはブリュッセル首都圏地域、フランダース地域、ワロン地域の3つの地域がある。OVAM はフランダース地域の公的ごみ処理機関である。

フランダース地域は、1980 年あたりから過密な人口密度と、高度な工業化によってごみの問題が深刻となった。その頃からそれぞれの自治体が環境対策を行なう気運が高まり、1981 年には Waste Decree の発行によってごみ対策が義務付けられた。同じ年にフランダースのごみ処理局として OVAM は設立された。フランダース環境省に認証された下部機関である。スタッフは 400 人。使命はごみ管理と土壌改善に関する規制の制定、実行、監督である。

フランダース地域には市当局が 308 ある。しかし、ごみ処理管理は複雑な業務なので小規模な市当局が単独で行なうのは困難である。そこで複数の市当局が集まって協会を構成している。フランダース地方ではそのような協会が 26 ある（図 1）。それぞれの協会に対して 2 ヶ月ごとに公式な監査がある。

具体的な活動

当初はインセンティブを厚くしてごみの回収システムが地域に根付くのを待ち、次第にインセンティブを減じていく手法を採った。具体的に講じた政策は、埋立て処分と焼却処分に対して税金を課すこと、分別回収に対して補助金を与えること、コンテナパークや回収システムなどのインフラを築くこと、などであった。

リサイクルの鎖に関わるすべてのステークホルダーと話し合いながら 5 年毎に目標を設定し、問題点や改善点を洗い出している。また、各地方自治体は 2 年おきに進捗レポートを提出する義務がある。

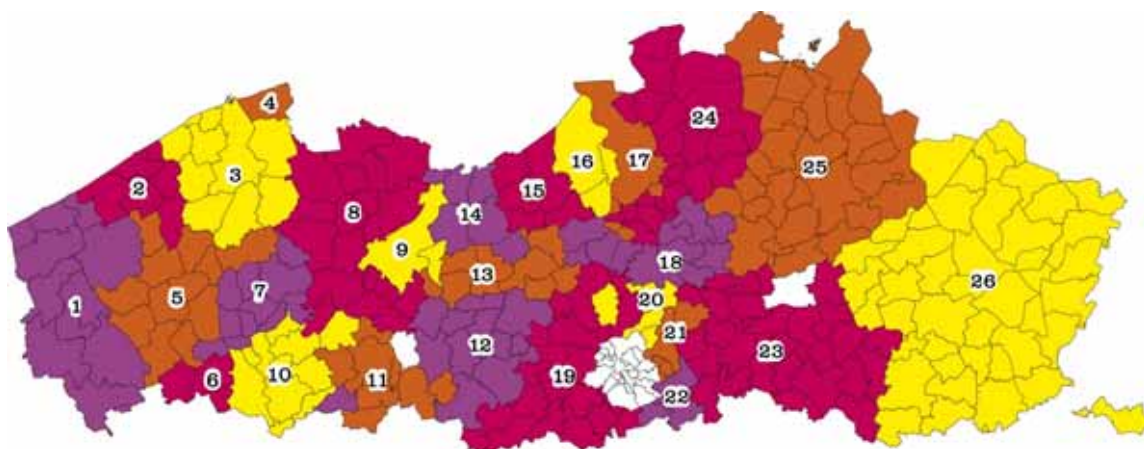


図 1：フランダース地域のごみ処理管理協会

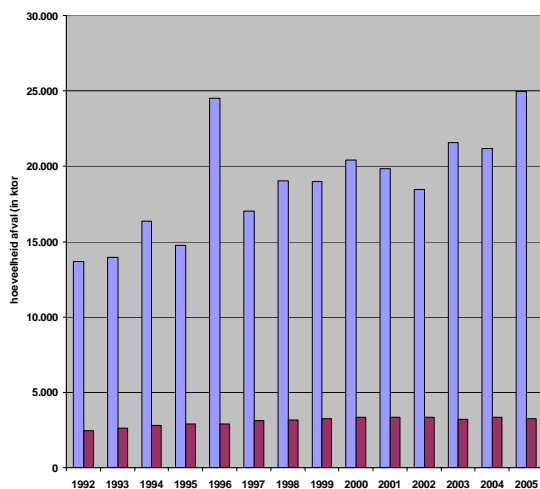


図 2：産業廃棄物と一般廃棄物の排出量推移

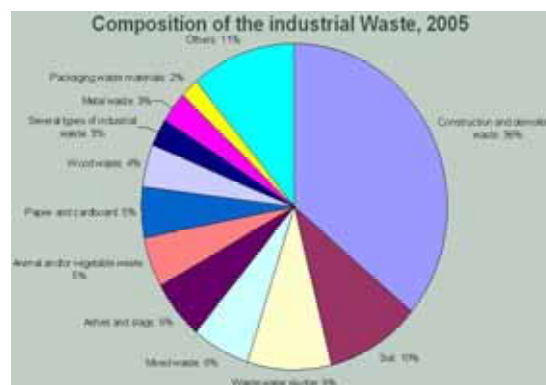


図 3：産業廃棄物の内訳詳細

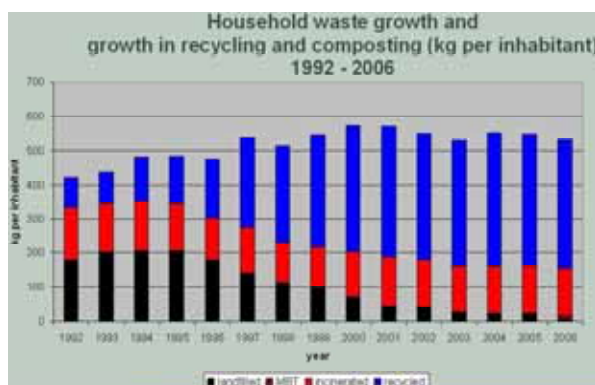


図 4：一般廃棄物の処分方法推移

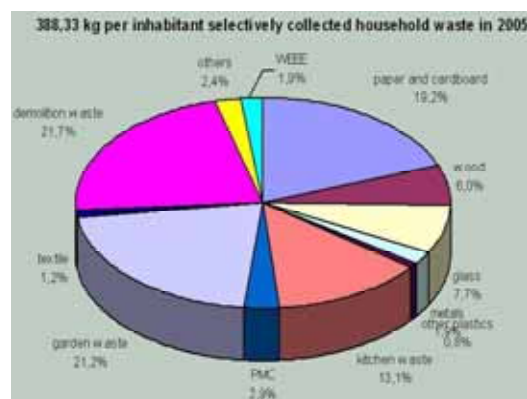


図 5：一般廃棄物の内訳

産業廃棄物と一般廃棄物（家庭ごみ）の統計値

図 2 は、1992 年から 2005 年までの産業廃棄物と一般廃棄物の排出量の推移である。

グラフを見てわかるように、全体の 9 割が産業廃棄物で、家庭ごみは 1 割に留まっている。

図 3 は産業廃棄物の内訳詳細である（2005 年）。36%が建設解体廃棄物でその大部分をレンガとコンクリートが占める。なお、このうち 85%がリユースもしくはリサイクルされている。

図 4 は一般廃棄物の処分方法内訳推移である。2006 年の詳細を見てみると、71%が分別回収され、分別できなかった残りは、25%が焼却処分、2%が堆肥化、1%が埋立て処分である。ただし、埋立ては現在禁止されている。

図 5 は一般廃棄物の内訳である。このうちの解体はリノベーションを指す。

フランダース地域の政策と現状について

ごみ処理の選択肢

ごみを処理するにはいくつかの選択肢がある。

選択肢 1：ごみの量を減らすことと、有害物質を抑制すること

選択肢 2：リユース、リサイクル、ごみの堆肥化

選択肢 3：焼却処分の際に熱回収

選択肢 4：最終埋立て処分

初めの選択肢の方がより優れている。

ごみ対策の手段

ごみ対策を実行するためには 3 種類の方法がある。

法的手段

規制、ペナルティ、製造者責任、自主的同意、焼却処分や埋立て処分の禁止（焼却処分の禁止は EU directive よりも厳しい）、製造者回収義務、汚染者負担義務、など

経済的手段

課金（分別回収のためのインフラ整備に使用）、税金、補助金、焼却処分や埋立て処分に対して環境税を課す、など

社会的手段

キャンペーン、宣伝、環境教育、など

ごみ対策のためにこれらの手段をどのように組み合わせて使うと最も効果的なのかを探っている。

図 6 は経済的手段の具体例である。埋立て処分にかかる税金を焼却処分よりも高く設定している。

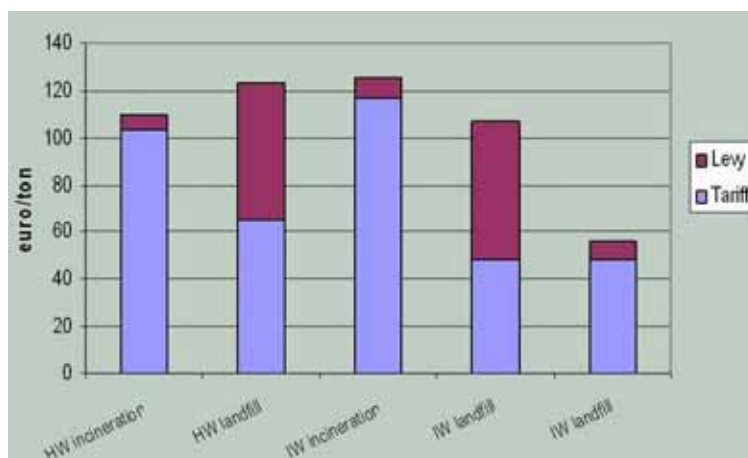


図 6：環境税による価格調整

（HW：家庭ごみ、IW：産業廃棄物）

フランダース地域のごみ処理施設とその数

- ・堆肥化施設：30
- ・MBT station：1
- ・各自治体の一般廃棄物とそれと同等に無害な産業廃棄物のための焼却炉：10

- ・ 有害産業廃棄物のための焼却炉：2
- ・ あらかじめ処理された有害廃棄物のための埋立地：5
- ・ 各自治体の一般廃棄物とそれと同等に無害な産業廃棄物のための埋立地：5
- ・ 不活性ごみのための埋立地：6

建設解体現場からの廃棄物

建設解体現場からの廃棄物には2種類ある

一般廃棄物

地方自治体のゴミ処理局が回収して処理する義務がある。家庭だけでなく小さな中間処理業者もコンテナパークを通して、一般廃棄物として捨てることができる（ただし、特別料金が必要）。

産業廃棄物

専門の解体業者によって解体された廃棄物は業者によって回収されリサイクルされる。

コンテナパークについて

コンテナパークはオランダやベルギーで見られるごみの分別回収拠点である。アメニティサイトやコレクティングポイントと呼ばれることもある。各自治体には家庭ごみの回収義務がある。回収方法のひとつが各戸へ収集車で直接回収しに行く方法である。残渣ごみ、嵩張るごみ、有機物ごみ、紙ごみ、PMC（プラスチック基複合材料）包装ごみ、などを回収する。もうひとつがコンテナパークで回収する方法で、個人が自らコンテナパークまでごみを運び分別して捨てる。庭木ごみ、改修ごみ、紙類、木、など分別は20-40種類にも上る。直接回収量とコンテナパークでの回収量はほぼ等しい。

フランドース地方には337のコンテナパークあり、平均的なものと年間コストが14万ユーロ、面積5000㎡、従業員2.62人である。しかし、コンテナパークには様々なグレードがある。例えば、面積10000㎡、PAYT-system（有害物質だけに課金するシステム）、自動計量システム、利用者認証システムなどが付随したものと、年間25万ユーロほどコストがかかる。このようにコンテナパークは地域ごとに異なるので、利用者にメリットの多いコンテナパークにごみが集中する問題が起きている。

当初、政府から地方自治体に補助金90%が支給され、コンテナパークの建設が促進された。インフラが整った現在は補助金が40%にまで抑えられている。運営費は自治体だけでなく、製造者責任の観点から製造者も支払っている。

コンテナパークは基本的に自治体が管理している。分別されたごみに不純物が混じらないことが重要なので、コンテナパークは決められた日時にしか開かず、常にスタッフが分別状況を監視している。

各建材について

石膏ボード

石膏ボードは硫化物を多分に含むため、特定の埋立て処分場しか受け入れられず、処分費がとても高かった。最近になってようやく石膏のリサイクル技術が開発され、2009年にアントワープのKallioという町で新しいリサイクル工場が稼働する予定である。その工場では全ての石膏を受け入れることができる。その際に、れんがやブロックの分別に気をつけなければならない。

PVC

PVC のリサイクルシステムは RecovinyI によって管理されている。RecovinyI はコンテナパークをうまく利用して、リサイクルシステムを確立した。しかし、PVC の分別回収にはコストがかなりかかっているため、コンテナパークを運営する地方自治体は RecovinyI にコンテナパークの使用量を払って欲しいと考えている。

板ガラス

板ガラスは解体現場から大量に発生するが、その分別は徹底されていない。OVAM は将来的に解体をライセンス制にして、解体分別を促進したいと考えている。しかし、解体分別の管轄は建設省と環境省にまたがるため 2 者の調整が難しい。

木

解体木材はチップボードメーカーが再資源化を行なう。しかし、解体木材をチップボードメーカーに回すよりは焼却処分するほうが容易なため、チップボードメーカーは質の良い解体木材の確保に苦心している。また、防腐剤や防蟻剤など有害物質を含んだ解体木材の分別も現時点ではうまくいっていない。

取得資料

- ・ ごみ政策に関する資料
- ・ OVAM の活動報告（2007 年、2006 年）
- ・ 解体現場における廃棄物基準
- ・ リサイクル材市場の改善に向けて

まとめ

「フランダース地方は分別回収のチャンピオンである」という言葉通り、熱心な取り組みがいくつも見られた。その中でも特に重要なのは、様々なインセンティブをいかにうまく組み合わせ、リサイクルへ誘導するかということだった。しかし、これを実践するのはとても難しい。国や地域や時代の状況に常に左右されるからである。少なくともインセンティブとその効果の関係を詳しく分析しなければ、日本に応用することはできない。

34. ベルギーガラス協会

ベルギーガラス協会とヨーロッパガラス協会の担当者の方への聞き取り調査。

日時：2008/10/31（金） 15:00-17:00

住所：Avenue Louise 89, B-1050 Bruxelles

面談者：Herr Fabrice Rivet (VGI-FIV)

：Silvie Myngheer (VGI-FIV)

：Frau Edwina Bullen (Glass for Europe)

VGI-FIV の概要

英語の正式名称は Federation of the Belgian Glass Industry であり、ガラスメーカーやガラス加工に関わる企業によって構成されているベルギーのガラス業界団体である。現在 54 の企業が参加しており、代表的な会社は AGC、 Pilkington、サンゴバン、などである。扱っているガラス製品は板ガラス、グラスウール、フォームグラス、びんガラス、ランプ、など。組織は Social、Economic、Environment&Technical の 3 つの部門から成り立つ。面談して下さったのは Environment&Technical に所属する方である。

ガラスの統計データ（ベルギー）

- ・国内の生産量は約 150 万 t。
- ・売上高は約 25 億ユーロ。
- ・付加価値は約 7 億 5 千万ユーロ。
- ・板ガラスの生産量は全ガラスのうちの 80%にも上る。ヨーロッパの中でも最大規模の板ガラス生産量を誇っている。国内には AGC の 4 ラインからなる世界最大の板ガラス工場を有する。
- ・全ガラス生産量のうち 80%が輸出される。
- ・ガラス産業に関わる人口は約 1 万人。
- ・ヨーロッパにおける板ガラス産業は 2%の伸び率である。複層ガラスや 3 重ガラスの導入でさらに伸びるかもしれないが、これは将来解体現場からのガラスが増えると予想されるため対策が必要である。

ガラスリサイクル（ベルギー）

ガラスメーカーが製造者責任をどのように果たすかが重要な論点になっている。理想は完全リサイクルを目指すことであり、当局から強い圧力がかけられている。

リサイクルに関する正確な統計データは存在せず、おおまかに予測するしかない。ベルギーでは建築用だけではなく自動車用の板ガラスも含めて年間約 10 万トンの板ガラスが廃棄される。一方、ヨーロッパ全体では約 120 万トンの建築用板ガラスが建築解体現場から廃棄される。解体現場からの廃棄物の割合を以下に示す（表 1）。

ベルギーは極めて高いガラスのリサイクル率を誇っているが、その主流はびんガラスである。リサイクル率の詳細なデータはないが、上昇していることだけは確かである。

また、参考までにカレットの値段の推移を以下に示す（図 1）。これは、家庭ごみを集めるベルギーの公的機関 Fost Plus によるものである。すなわち、主にびんガラスに由来するカレットの値段の推移である。

表 1. ヨーロッパの建築建設解体現場からの廃棄物の割合

Table 1 – Composition of C & D waste

Waste material	Waste Composition (%)	Waste kg/cap/year	Waste million tonnes
Concrete	72.7	357	130.1
Bricks, tiles	10.3	51	18.4
Wood	7.5	37	13.4
Iron & steel	2.6	13	4.7
Stones	2.5	12	4.5
Asphalt and bitumen	2.5	12	4.5
PVC	0.67	2	1.4
Flat glass	0.66	3	1.2
Mineral wool	0.27	1	0.5
Aluminium	0.16	1	0.3
Copper	0.14	1	0.3
TOTAL		479	

Source: Study on External Environment Effects related to the life Cycle of products and Services – Final Report – Appendix 1 – February 2003

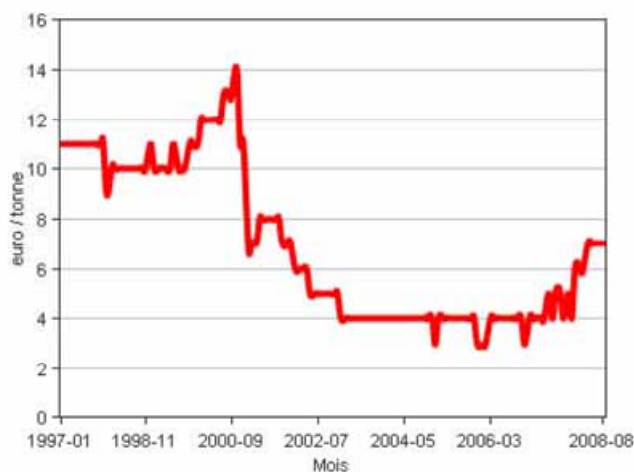


図 1. 家庭ごみに由来するガラスカレットの値段の推移 (Fost Plus より)

○建築用板ガラスリサイクル

建築用板ガラスの排出元とそのリサイクル先は主に以下の 3 つに場合分けできる。

中間加工業者から集めた端材。再び板ガラスの炉に投入される。

大規模建築の解体現場からの廃材。びんガラスやグラスウールへとリサイクルされる。

小規模建築の解体現場やコンテナパークからの廃材。リサイクルの現状は不透明である。

○VRN に対する見解

VGI-FIV は、先進的な VRN の取り組みに関して調査を行っている。しかし、以下の 2 つの理由から VRN のシステムをそのままベルギーに導入することは考えていない。

ひとつめの理由は、ベルギーとオランダでは状況が異なっているためである。VRN のシステムがオランダで確立したとき、オランダには板ガラスリサイクルに関する設備やシステムが全く存在しなかった。しかし、その当時からベルギーではコンテナパークや解体現場などでリサイクルシステムが既に動いていた。また、オランダとは違ってガラス加工会

社からガラスメーカーに端材カレットを戻す仕組みが成立していた。したがって、ベルギーでは VRN のやり方をそのまま導入するのではなく、既存のシステムを生かす形でリサイクルを推進していきたいと考えている。

もうひとつの理由は、オランダ国内で VRN が独占的にリサイクルシステムを管理しているからである。ベルギーガラス工業会としては、ひとつの機関がリサイクルシステムの管理を独占することに強い警戒心を抱いている。ベルギーでも家電に関しては VRN のようなリサイクル管理機関が存在しており、価格に上乗せする形で消費者からリサイクル費用を集めている。しかし、その基金の運営手法が不透明であるため不満が出ている。もちろん政府に管理されるのは避けたいが、たとえガラスメーカーが主体になりリサイクル管理機関を設立したとしても、そのような独占管理機関は作りたくない。市場経済に委ねながらうまくいく方法を探りたい。

○板ガラスリサイクルの問題点

解体現場の板ガラスから純度の高いカレットを分離する技術はまだ実用のレベルに達しておらず、解体現場から排出された板ガラスは他のごみと混ざる前に出来るだけ早い段階で分別することが重要である。

ガラスリサイクルに関しては溶融しない石やセラミックスの混入がリサイクルの可能性を狭めている。その他の問題点として、特に板ガラスリサイクルに関してはサッシや接着剤などの他の混合物も問題となる。

しかし、カレットを利用することにより、ガラス製造に起因する二酸化炭素を削減し資源やエネルギーを節約することが可能になるため環境負荷低減に貢献できる。また、埋め立て処分には高額な処理費用が発生することから、リサイクルは推進されるべきである。そのためにはまず解体業者や消費者の意識を変えることが重要である。

○解体現場からのガラスのフロー

下図は解体現場からのガラスのフローを表わしている（図 2）。図中の右側は、破碎され埋め立てられるフローである。リサイクルするにしても路盤材しか選択肢がなく、付加価値は低い。一方、左側は解体の際に早い段階でガラスが分離されるフローで、付加価値の高い様々なガラスにリサイクル可能である。

下表は建築建設解体現場からのカレットを利用する際の問題点や注意点である（表 2）。

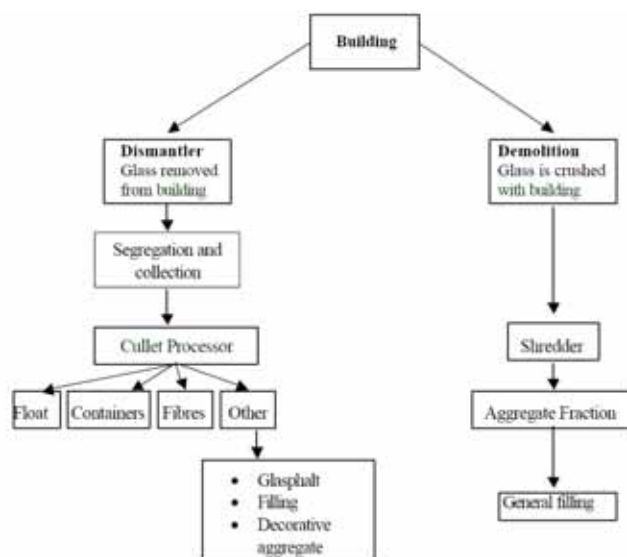


図 2．解体現場から生じるガラスのフロー

表 2. 建築建設解体現場からのカレットを利用する際の問題点

Table 2 - Problem areas associated with C & D cullet usage

Potential problem areas	Risk to float quality if not controlled
Cullet from glass of different compositions (different chemical makeup) e.g. bottle glass and glass from tableware or ovenware.	Optically different regions appear within the glass product, which have a composition different from the average (ream)
Mix of clear and tinted glass	Glass colour and solar control properties are upset
Contamination issues [metal attachments (e.g. hinges, door handles, insulating glass unit spacers,...), window frames, adhesives, glass printing, plastic from laminated glass]	Problems occur such as inclusions, bubbles, ream knots, colour variation
Particles such as porcelain, china, stones, bricks, dirt, concrete, ...	Problems occur such as inclusions, bubbles, ream knots, colour variation

OGlass for Europe からの提供資料

Glass for Europe から以下のふたつの資料をいただいた。

Recycling of Glass from Construction and Demolition Waste

英文の書類。Glass for Europe が作成した建築建設解体現場からの廃材に関する資料。

Recycling of End-of-Life Vehicle Glazing

英文の書類。Glass for Europe が作成した自動車板ガラスに関する資料。

建築や車を廃棄する際に、分離解体してガラスを取り外す場合と、ミンチ解体したのちにガラスを分離する場合を比べた報告書である。最初に破碎してから分離する技術の開発が取り組まれているが、やはり主流になるべきなのは分離解体だというのがベルギーガラス工業会の見解である。

○板ガラスリサイクルの先進的な取り組み

HF や MA 社は解体現場からの廃板ガラスの完全リサイクルに向けて多大な貢献をしていると言える。しかし、まだ実用段階にはいたっていない。

車用板ガラスにはアンテナや PBB 曇り止めなどがあるので、カレットの品質確保はさらに困難である。

○ガラスの回収に関して

基本的にリサイクル業者が自らガラスを回収している。大きな建設現場やガラス加工会社の情報を集めてコンテナを持っていく。解体業者が窓とサッシと分けているかどうかは分からないが、たとえ分けていたとしても接着剤などの混合物は避けられない。しかし、それでもまとまった量の廃棄ガラスには価値があるので集めに行く。

小さい現場や小さい加工会社では状況が不透明である。個人がリサイクル業者に電話をかけて取りに来てもらうことが

ある。実際にはそのまま埋め立てられていることも多いと思われるが、ベルギー政府はこの部分に関しても何らかの対策をして改善したいと考えている。

○輸出入に関して

ベルギーはガラスの輸出入量が多いので、統計値は注意深く見なければならない。ガラスだけではなく、カレットの輸出入も盛んに行っている。カレットは運搬効率がよい。

イタリアではワインの生産量が多いため、びんガラスの生産量が多くなっている。そのためカレットを大量に輸入している。

イギリスでは、びんの生産量が多くないのでカレットは路盤材に多く使われる。

今後の調査候補

ガラスリサイクル会社	ベルギーのごみ収集機関
・ GLASRECYCLING KAULILLE bvba	・ Fost Plus
・ BEVERBEEK NV	詳しい統計データを持っている可能性が高い機関
・ G.R.L. - GLASRECYCLING NV	・ Felve (European Federation of Recycle)
・ G.R.V. - GLASRECYCLING	・ EU 統計局 (www.EUROSTAT.com) の 70 章あたりに記載あり
・ MINERALE S.A	ガラスメーカー
・ HF RECYCLING GROUP N.V. (HF)?	・ 世界最大の AGC の板ガラス工場
・ PATE SA	
・ MALTHA GLASRECYCLING NEDERLAND	

まとめ

ヒアリングを通して強調されたのは「誰もがガラスのリサイクルを推進したいと考えているが、カレットの品質確保が最大のネックになっている」ということだ。ガラス製造関連企業はエネルギーコスト削減のため、リサイクル会社は事業拡大のため、政府は環境対策のためリサイクルを望んでいる。HF 社や MA 社に代表されるカレットの先進的な分離技術を実用化すると同時に、建築解体現場から板ガラスをきちんと分別して回収するシステムの構築が重要である。

ベルギーではオランダと違って以前から板ガラスのリサイクルシステムが部分的に存在していた。そのため、リサイクルシステム構築に対する考え方が2国間で異なっている。オランダでは VRN という機関がリサイクルシステムを隔々々で管理する手法をとっているのに対して、ベルギーではそのような管理機関は避けられ市場経済の中でリサイクルシステムを成立させようとしている。したがって、当局からの介入は最低限市場を調整することに限られる。最終処分費用、カレット価格、原材料費、エネルギー価格、分別費用などを適切に調整することでリサイクルへ誘導しようとしている。今後はどちらの手法が日本によりふさわしいかを検討する必要がある。

ベルギーは日本と同様に板ガラスの生産量の割合が高いというリサイクルには不利な状況を抱えている。しかし、EU の中心部という立地を活かしてカレットを各国に輸出することで、受皿の不足を回避している。カレットの輸出という選択肢が日本にも存在するのか、検討が必要だ。

35. 石膏ボード工業会

業界団体である石膏ボード工業会への聞き取り調査。

日時：2008-10-24

住所：Birkenweg 13, 64295 Darmstadt

面談者：Herr Dr. Kersten

施設概要

ドイツ国内における石膏産業をまとめている協会。環境保護、技術的基準の作成、市場調査、を目的に設立された。現在は 12 の石膏関連の会社によって運営されている。協会の活動としては、石膏の排出基準を作成したり、石膏に関しての再資源化の情報提供をしたりしている。

生産、原料

ドイツ国内では、年間約 900 万 t の石膏が利用されていて、その原料の内訳は約 50% が天然、50% が火力発電所からの排煙脱硫石膏である。原石は、スカンジナビア、ベネルクス、ポーランドへ輸出している。これらの輸出先の国では原石が取れない。

正確な統計ではないが、おおよそ 4 分の 3 にあたる約 675 万 t が建設資材として利用されていて、残りの約 4 分の 1 は、セメント産業の原料として利用されている。建設資材の石膏製品は、石膏ボード、石膏ブロック、仕上げ用左官材などである。

石膏ボードは、ドイツ国内でおおよそ 300 万トン製造されている。そのうち半分が国内で利用され、残り半分が輸出される。特殊な石膏ボードとして、Xella 社による石膏に古紙の紙繊維を混ぜた石膏ボードがある。これは、通常の石膏ボードと同じようにリサイクルすることができる。石膏ボードメーカーは 4 社あり、全てが石膏協会に参加している。

日本ではあまり知られていないが、石膏ブロックという製品がある。これは石膏を型に入れて作ったブロックで、100% 石膏からできているのでリサイクルが容易である。ドイツ国内では 1 社が 4 つの工場で年間約 100 万トン製造しているが、石膏産業の中での市場は大きくない。

再資源化

○ 再資源化概要

新築、改修現場からの端材は、新製品からの端材で異物の混入が少ないため再資源化可能である。一方、解体現場や一般ごみからの石膏は、釘や、レンガ、接着剤などの異物が混ざってしまうので、再利用に関しては問題が多い。また、前述の Xella 社の特殊な石膏ボードは繊維の入っていない通常の石膏ボードと、一緒に回収されリサイクルされる。回収方法に関しては、メーカーを区別せず回収されて再資源化されている。これは、EU 規格によって品質が保証されているからこそできていることである。

石膏ボード製造時にリサイクル材を投入する割合については、被覆材（石膏ボード表面の仕上げ材）を混ぜたものだと 5% まで可能である。一方、被覆材を取り除いた中身の石膏だけであれば、15%～20% まで可能である。石膏ボードは石膏と紙（表面仕上げ材）に分離されたのち、石膏は石膏関連業者に買い取られ、紙は助燃材や家畜の敷き料などに利用

される。しかし、リサイクル材の石膏ボードへの再資源化は積極的には行われておらず、多くが地盤改良材として再利用されているのが現状である。

石膏ブロックは、石膏のみで製造されているため 100%リサイクル可能である。石膏ブロックには色をつけたものもあるが、色をつけてしまうとリサイクルは不可能となる。仕上げに使われた石膏は、回収が困難であり、現状ではリサイクルされていない。セメント業者によって利用された石膏は、リサイクルされてコンクリートになり路盤材に利用されている。脱硫酸石膏を埋め戻す事は、有害物質発生などの危険があるため行っていない。

○ 排出量・処理の現状

ドイツ国内における石膏ボードの排出量は、約 83.14 万 t、回収量（正確には再資源化量？）は約 30 万 t であると試算されている。この試算は 1998 年に行われたものではあるが、現在の状況もあまり変わらないと考えられている。2004 年に行なわれたドイツにおける建設廃棄物のモニタリング調査では、石膏製品の回収量（正確には再資源化量？）は、約 30 万 t であり、EUROGIPS が行った試算結果とほぼ同量である。約 30 万 t という値は、ドイツ国内における建設廃棄物（石膏の建設廃棄物だよね？）の総量の約 0.2% である。

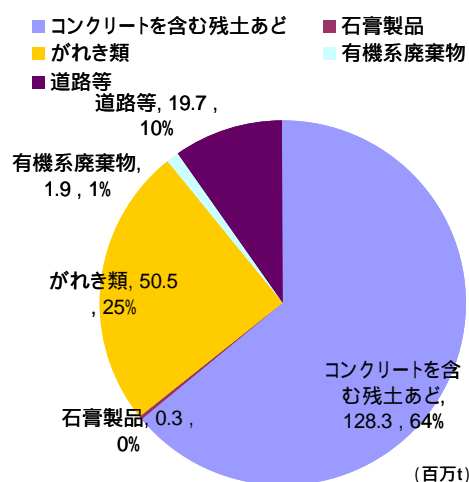


図 1 建設廃棄物モニタリング調査(ドイツ 2004)

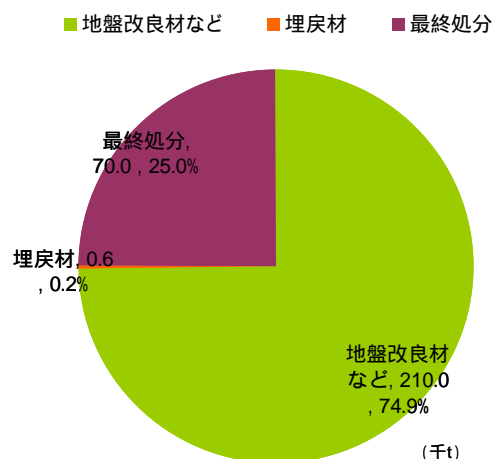


図 2 回収石膏ボードの再資源化方法

回収された石膏のうち約 25%は管理型の最終処分場で最終処分され、残りの 75%はリサイクルされている。リサイクル先はほとんどが地盤改良材である。

ドイツ国内の廃石膏ボードの再資源化方法としては、ほとんどが地盤改良材や法面緑化材の原料として利用である。地盤改良材としての利用は、主に石膏採掘所の埋め戻し材である。その際に、植物の肥料を混ぜて露天掘りの状態に自然を再生する法面緑化を行なうこともある。また、岩塩の採掘後の地盤改良材としても利用される。塩を多く含む地盤の上に埋め戻し材で層を築けば土壌への塩害を防ぐことができる。

○ 流通

石膏ボードの EU 圏内における流通・再資源化状況に関しては、リサイクルが各国に任されているため、把握しきれていない。ただし、ドイツ国内に限れば状況は把握できる。

大まかな石膏フローを図 3 石膏の資源循環に示すが、詳細な数値等は不明であった。

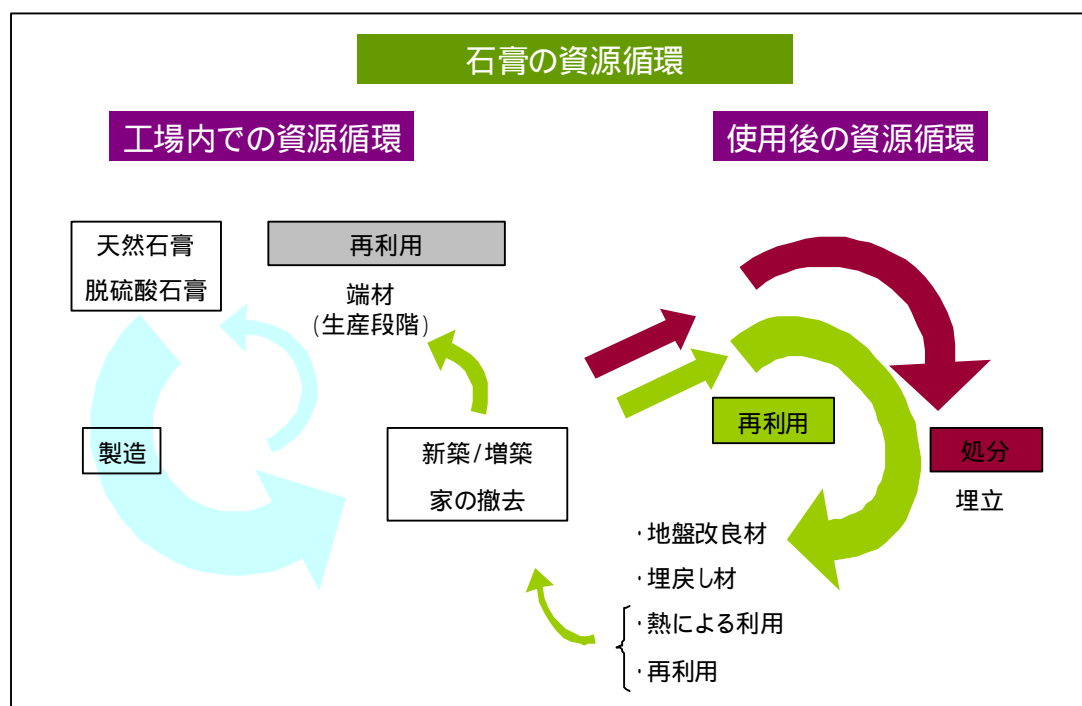


図.3 石膏製品の資源循環

○ 再資源化実例

ドイツでは GFR という企業が石膏ボードの石膏と紙の分別を行っている。分別された石膏は品質別に分けられて売買される。質の良い石膏が石膏ボードの原料として利用され、質の悪い石膏は仕上げ材や地盤改良材などに利用される。質の良いリサイクル材は製造時に最大で 15～20% 投入可能である。

ドイツにおいて、新築系・解体系からの石膏建材が石膏ボードに再利用されにくい理由としては、石膏ボードの固化の問題（固化の問題とは？）よりも、いかに分別しても現在の技術では繊維系の異物、つまり可燃物を完全に取り除くことができないため、防火基準を満たせなくなってしまうことが大きい。不燃基準の水準を低く設定できれば、石膏ボードへのリサイクルがより容易になると考えられている。ドイツ国内で回収された石膏を石膏ボードに再利用している例は一部の処理会社でしか見られず、それらの処理量の総量は約 5000 t 前後である。

石膏ボード処理業者 GFR が有する再資源化システムを紹介する。GFR は回収拠点を 3 箇所ほど設けており、1 つの回収拠点で廃石膏ボードを 2000 t 以上回収してから、GFR が保有する可動式の選別機を回収拠点に搬入し選別処理を行う。1 時間に 20t の作業能力である。処理量が少ないと経済的に採算が取れないので、2000t 以上集めることは重要である。現在ドイツで選別機は GFR が所有するひとつだけで、ドイツの中間処理場を回りながら作業している。しかし、将来的には大量の廃棄が予想されるので、選別機の増量が図られている。現在の選別機では ALC は分別できない。金属はある程度除けるが、リサイクル会社でもう一回磁石の選別をかける。最終的に 86% が石膏になれば、石膏ボードの原料として十分である。

○ 品質基準

表1 石膏リサイクルの品質基準 (EUROGYPSUM)

Quality parameters	Expressed as :	Unit	Quality Criteria
Free moisture	H ₂ O	% by weight	< 10
Calcium sulphate dihydrate	CaSO ₄ × 2H ₂ O	% by weight	> 95
Magnesium salts, water soluble	MgO	% by weight	< 0.10
Sodium salts, water soluble	Na ₂ O	% by weight	< 0.06
Chloride	Cl	% by weight	< 0.01
pH			5 - 9
Toxicity			non-toxic
Radioactivity	Activity Concentration	1	< 0.5
Fluorides, water soluble	F	% by weight	< 0.02
Total Organic carbon	TOC	% by weight	< 2MA%
Initial setting time after Calcination	Minutes	min	+/- 5
Final setting time after Calcination	Minutes	min	< 30
Water demand after calcination	W/G ratio	-	To be dedared
Particle size	Max. size	mm	5
The gypsum be free from any impurities such as any kind of metals, wood, plastics, synthetic materials...			

この品質基準は、再資源化に向けての基準ではあるものの、各項目に関する基準に関して厳しい基準ではないため、最低限の品質を確保するための品質基準となっている。

EUROGYPSUM は品質基準を設けている（表 1）。しかし、この基準はあくまで EUROGYPSUM が独自に作ったものであり強制的な基準ではないため、品質基準に関するモニタリングや調査などは行っていない。現在は、各企業の判断によって採用するかしないかが決定されている。しかし、品質確保とリサイクル促進のためには各社が足並みを揃えてこの基準を満たすことが重要である。

○ 経済性

ドイツのコンクリート 1 トンの処理料金は 5～10EURO（これは石膏ボードの埋立て費用では？）であるのに対して、石膏の分別は 10～15EURO である。処理技術としてはコンクリートと同水準の分別機能であるため、今後は石膏も同程度の処理料金にしていきたいと考えられている。（コンクリートとの比較というよりも石膏ボードの分別コストを埋立て費用より安くするべきだという議論だった記憶があるけどどうだった？）

まとめ

ドイツにおいて石膏のリサイクル率は 0.2%に過ぎず、リサイクルが成立しているとはいえなかった。わずかながら行なわれている廃石膏ボードの再資源化も、地盤改良材や法面緑化材への再資源化が主であった。ドイツは、石膏の原産国でかつ天然石膏からの石膏製品製造量が多いため、地盤改良利用がしやすい。しかし、これは石膏の原産国であるからこそ可能な選択肢であって日本には当てはまらない。

また、石膏ボードへの再利用は、ほとんど行われていなかった。ただ、GFR 社のパイロットプロジェクトのように先進的な取り組みも見られ、このシステムが実用化されれば石膏ボードへのリサイクルへ向けて大きく前進すると考えられる。

36. SASE

公衆衛生に関する研究機関の展示施設の視察。

日時：2008-10-27

住所：Max-Planck-Str. 11, D-58638 Iserlohn

面談者：Herr Stephan Miodoch

施設概要

SASE とは、公衆衛生と廃棄物に関する機構であり、主に都市の廃棄物に関する研究を行っている企業である。10 年前に設立されドイツの支援機構から支援を受け、今年の 5 月に展示施設を開設し一般に公開できるようになった。展示施設では、廃棄物処理の歴史を中心に展示している。

調査結果

今回の調査は、展示物の説明を中心に解説していただいた。

中世 1,680 年代のエッセンの人口は約 3000 人であった。1803 年の時点での人口は 3500 人であり、人口の変化は緩やかな物であった。しかし、産業革命が起こり 1880 年には、人口は 63000 人にまで増加してしまった。急激な人口増加によって、廃棄物などが大量に発生し、都市部の環境が汚染され、健康被害を起こす危険性が増加していった。このような都市部の汚染で 1830 年にチフスやコレラが、フランスで大流行した。コレラの伝染病の恐怖からドイツ国内では、1900～1930 年にかけて健康増進の考えが広まっていった。そして、1920 年には健康保全が注目を浴びるようになった。1910 年には、エッセンの人口は約 295000 人まで増加し、食料の問題、下水処理・管理、ゴミの収集の問題が、大きな問題となった。当時、ゴミの収集は馬車で行われていたが、ゴミの効率的な収集のため、ゴミの収集車が開発された。収集車が開発され、収集の効率は向上したが、当時の回収ボックスは 1 箱あたり 15～20 kg であったため、収集するときは約 1000 回上げ下ろししなくてはいけなく、重労働であった。そのため、回収ボックスが統一化され、その技術はヨーロッパ全体に広がった。当時のゴミの組成は、約 90%が灰であり、残り 10%がオープンで焼けない物であった。1950 年代までは、ゴミの大部分が灰であった。大部分が灰であったためゴミの回収時に、埃が舞うことによって、チフスやコレラといった感染症の感染源となることが問題となっていたため、回収時には埃を立たないように回収することが最も重要な課題であった。

戦後に入り、瓦礫などの廃棄物の処理が重要な問題となった。1950 年以降、灰よりも紙や、生ゴミなどが多くなってきた。このように、都市部では、多種多様なゴミが排出されるようになってきた。これらのゴミに対応することが、回収において重要になり、それに伴い収集車も多種多様なゴミに対応できるように進化していった。1960 年から 1970 年の間に、ゴミの収集場所を決めるようになった。ドイツの大都市以外の郊外では、1960 年代の後期から回収が始まった。1960 年代、スーパーマーケットが誕生し、灰の問題ではなく、プラスチックなどの包装容器が問題になった。このような状況の中、人口を中心に回収を考える。ルール工業地域と同様に発展してきた。人の動きに合わせて収集の形態を考えるようになる。この時期から、紙や、ビンなどがリサイクルされるようになる。1970 年代までは、工場などの廃棄物は自社で処理していたが、この頃から、工場からも汚泥などの廃棄物が排出されるようになった。現在は、プラと紙と生ゴミが多くなってきた。現在は、ゴミで発電を行うようになり、灰は路盤材へ利用。脱塩処理で回収された NaCl は、塩として再利用される。脱硫酸で回収される CaSO₄ は石膏として再利用されるようになる。

2005 年から、EU 圏内では一端処理を義務づけるようになり、焼却してから埋め立てなければならなくなったため、廃棄物の最終処分量は減少している。

まとめ

今回の施設訪問では、ドイツ国内における一般廃棄物処理の歴史や現状を理解することが出来た。また、EU 諸国における最終処分場の受入規制による廃棄物の変化についての概要を把握することが出来た。日本において、今後、規制による廃棄物排出の変化を予測する際の、参考になりえるのではないかと考えられる。

37. PK ガラスメーカー

ガラスメーカーへの聞き取り調査。

日時：2008-10-29

住所：グラートベック、ドイツ

面談者：P 氏

施設概要

ビルキントン（グラードベック）工場は、1974 年にひとつめの生産ラインが完成し、板ガラスの生産を開始した。1976 年に生産ラインを 1 つ増設し現在の 2 ラインの工場になっている。ひとつのラインで建築用板ガラスを、もうひとつのラインで車用板ガラスを生産している。1 日当たりの生産量は建築用フロートガラス（2.6～12mm）が 850 t、車用フロートガラス（1.5～10mm）が 550t である。

生産・原料利用

建築用板ガラスの生産において、フロートガラスの両端を切り落とし、例えば 6mm～12mm に厚さを変更したりする工程で、端材が 10%発生している。これらの端材は、工場内カレットとして収集されてからストックヤードに貯蔵されたのち、再度原料として投入される。建築用フロートガラスへのカレット投入量は現在約 15%であるが、技術的には最大 36%まで可能である。建築用板ガラスと車用板ガラスは、色の違いすなわち鉄分の違いから、成分が異なるため分けて回収される。



写真.1 建築用のガラスカレット



写真.2 車用のガラスカレット



写真.3 ウォーターガラス

車用のフロートガラスの端材の発生量は、47%である。車用のフロート端材が多い要因は、3 種類の色を製造しているため色を変更する際の端材が多い点と、製品利用される形に合わせてカットされるため歩留まりが悪い点が挙げられる。製造過程において車用のカレットは 47%投入されているが、これは技術の進歩が可能にしたかなり高い割合である。

〇カレット

収集方法は、製造ラインに端材を回収するラインが設けてあり、工場内から自動的に外へと搬出される。建築用の板ガラスは、透明なガラスだけであるため、建築用として収集されている（写真.1）。車用のガラスは、黒、薄い緑、濃い緑の 3 種類あるためそれぞれ、目視により工場内の敷地で種類別に分けられてストックされる（写真.2）。また、ライリグ社によって分別処理されたカレットも別途、分けられストックされる。分別処理されたカレットは、少量の残留した耐火膜の成分が湿度によって固まってしまうウォーターガラスという現象が起きる（写真.3）。このために、外には 3 日～4 日しか置くことが出来ない。固まってしまった物は碎かなければ原料として再投入は出来ない。

建築用板ガラスと車用板ガラスは成分が異なるため、2 種類のカレットは混ぜて使うことが出来ない。それぞれのラインに分けて再投入される。

再資源化

○カレット利用のメリット

ドイツ国内ではガラス製品の廃材は砕かれた後、カレットとして再利用されている。ガラス産業においてカレット利用のメリットとしては、製造エネルギーの削減とガラス製造時に発生する端材等に起因する廃棄物の削減、の2点が主に挙げられる。

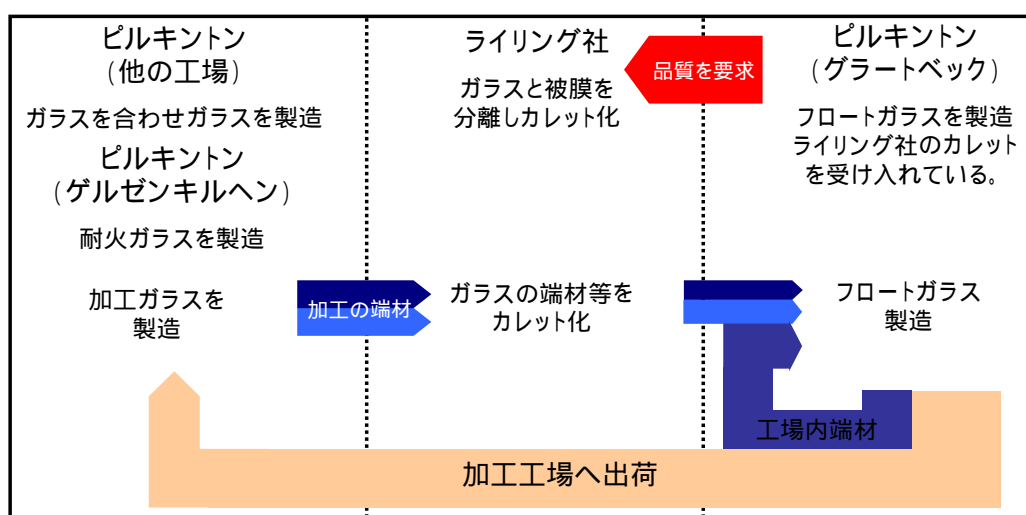
○板ガラス製造におけるカレット利用の問題点と現状

板ガラスを製造する際のカレット利用の問題は、成分の違いによって製造される板ガラスに悪影響が出てしまう可能性があることである。そのため、他社製品のカレットは、品質管理が困難になるため利用しない。また、解体廃材から製造されたカレットに関しては、建設当時の成分と現在製造されている成分に差があるため自社製品であっても利用しない。

○カレット利用の使用量・流通

ガラスカレットの利用の具体的内容としては、以前はガラス原料のカレット利用の割合は25%であったが、現在は15%となっている。内訳をみると約10%は工場内で発生した端材を利用している。残りの5%は、自社の加工製品から出る不良品や、端材といったものをライリング社に処理を委託して、フィルムを分離したカレットを利用している。ライリング社に委託処理しているカレットの約50%は、ゲルゼンキルヘンにあるビルキントンの耐火ガラス加工工場で製造されるパイロストップという耐火ガラス製品の加工端材に由来するものであり、残りの50%はビルキントン社の関連工場での加工端材に由来するものであるため、カレットの成分は同質である。ライリング社の分離処理の技術が開発されるまでは、耐火ガラスなどのフィルムを接着した製品の処理は確立されておらずカレット利用ができなかったため処理方法が問題となっていた。しかし、ビルキントングラートベック工場に隣接してライリング社が設立されてからは、ゲルゼンキルヘン工場からの加工端材処理をライリング社に委託してカレット化し、グラートベック工場に再投入できるようになった。ただ、ライリング社に委託処理されたガラス全てがビルキントンに戻ってきているかどうかは把握していない。ライリング社に処理を委託することは、工場同士が隣接しているため輸送の面でも大きな利点がある。将来的には、カレットの利用率を高めたいが、現在発生している端材に由来するカレットを既に最大限まで利用しているため、これ以上カレット利用率を高めるのは難しい。

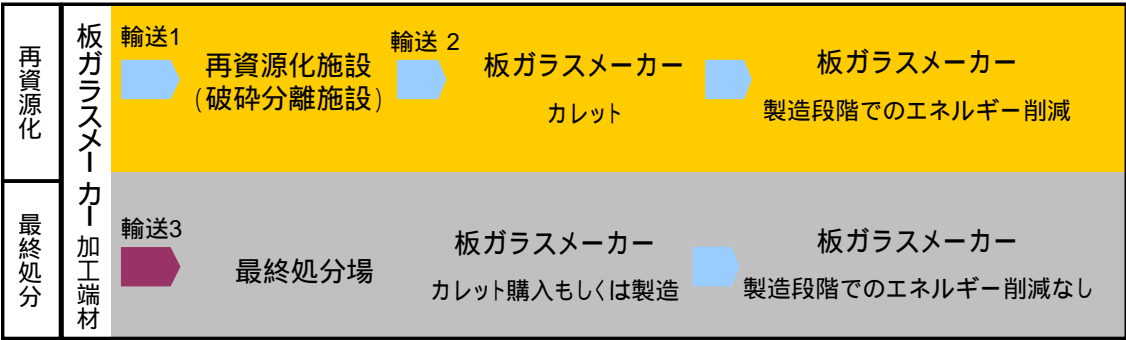
図.1 グラートベック工場におけるガラスカレットフロー



○カレット利用の経済性

ビルキントン社は、加工端材のカレット化に関して、全ての輸送と処理に関わるコストをライリング社に支払い自社の端材を再資源化している（図.1）。ライリング社には合わせガラスを分離カレット化する技術があるため、ゲルゼンキルヘン工場の不良品や端材が全て委託され、再び板ガラスの原料に戻っている。ガラスの最終処分コストはとても高いため、全体的にみるとライリング社に処理を委託しカレット化の方がコストを抑えることができる。以下にライリング社とビルキントン社の関係を再資源化と最終処分のケース比較で示す（図.2）。

図.2 再資源化と最終処分のケース比較



ガラスカレットの経済性(グラートベック工場)

- ・再資源化費用 = 輸送1+輸送2+再資源化施設(処理委託費用)+エネルギー削減
- ・最終処分費用 = 輸送3+最終処分場(処理費用)+カレット購入もしくは製造費用

現在のところ、最終処分を行なうよりも再資源化の方が安価である。つまりコスト面をみると < となっているため、埋立て処分よりも再利用が積極的に選択されている。

まとめ

今回調査したビルキントングラートベック工場では、品質管理の観点から自社以外のカレットの利用を控えていた。カレット利用を高めたいという思いはあるようであるが、成分の異なる他社製品のカレット、また、解体現場から発生するガラスのカレットを利用することには、品質管理に大きな手間や、リスクが伴うため、これらのカレット利用にはかなり慎重である。そのため、自社でのカレット利用のみに留まっているのが現状である。今後、解体現場から発生する板ガラスの板ガラスと板ガラスを実現させるには、成分の異なるカレットでも利用可能な製造方法が必要であると考えられる。

38. ガラステック

ガラスメーカーの担当者の方への聞き取り調査。

日時：2008/10/25（土）

住所：Messeplatz, 40474 Stockum, Düsseldorf, Germany

概要（参考文献：メッセ・デュッセルドルフ・ジャパン作成の資料）

このメッセは正式名称 International Trade Fair with Special Show + Symposium glass technology live で、ガラス産業に関わるさまざまな企業が出展している。その内容はガラス製造機械・技術、ガラス加工機械・工具、各種ガラス、ガラス製品、アプリケーション、ソーラー技術、サービスなどである。一方来場者の業種は各種ガラスメーカー、ガラス小売業、ガラス卸し業、建築業、サービス、商社などである。

ホール 9

新しい技術を用いたガラスの家具や芸術作品が並んでいたが、板ガラスに関する出品はほとんど見られなかった。



ガラスを利用した作品



展示の様子

ホール 10-11

今回の調査対象である板ガラスや環境配慮型技術に関する出展はこのふたつのホールに集中していた。

・板ガラスの最新技術

薄膜、印刷、フィルム、LED 埋め込みなどガラスの利用法を拡張する技術。構法システム、接着強度、光拡散材料、日射調光など建築ファサードの可能性を拡張する技術。ガラスに創エネ技術を組み込む技術。

・太陽エネルギー利用技術

環境配慮型技術に関する展示では、太陽エネルギー関連技術に関する出展が目立っていた。エネルギー効率や経済性、デザイン性などを追求した高性能の創エネガラスが競って開発されている。



集熱板と真空管型集熱器



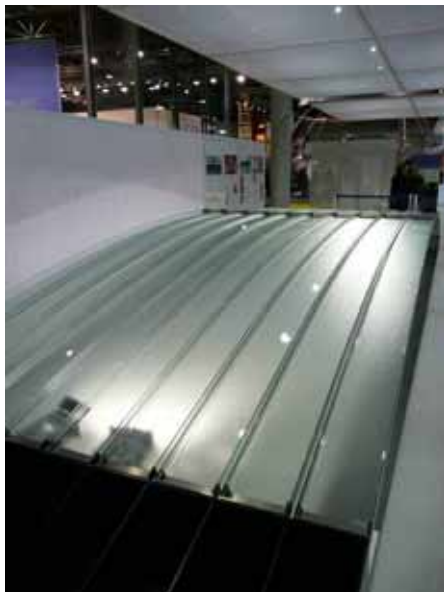
シースルー太陽電池

- ・ 板ガラス周辺技術

取付け金物やシーリングに関する出品が多かった。

- ・ ガラスの構造技術

ガラスを何枚か重ねて作ったブリッジが人を集めていた。



ガラスブリッジ



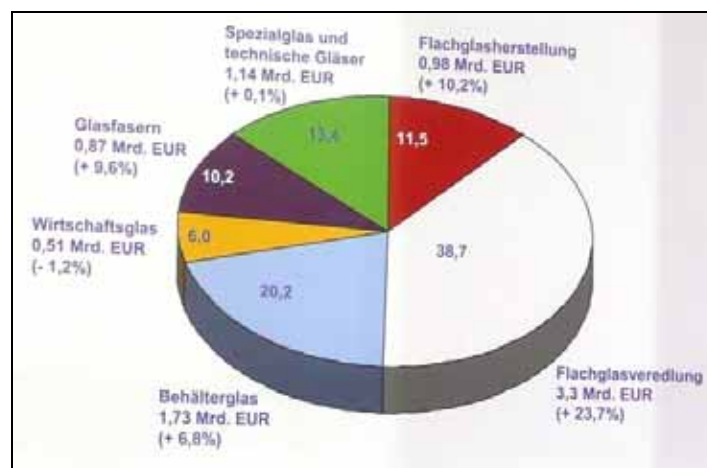
ブリッジを渡る人々

- ・ ドイツにおけるガラスの統計値

BV GLAS でいくつか統計値を手に入れた。

売上高	86 億ユーロ
ドイツ国内売上高	51 億ユーロ
ドイツ国外売上高	34 億ユーロ
生産量	830 万トン
従業員	49513 人

ガラスの統計値



2007 年の売上高

赤：フロート板ガラス、白：加工板ガラス、青：びんガラス、

黄：ドイツ国内用、紫：繊維ガラス、緑：特殊ガラス

ホール 12-17

主に産業機械の出展が並び、ガラスそのものに関する出品はほとんど見られなかった。

39. PF プラサッシメーカー

PF プラサッシメーカーの担当者の方への聞き取り調査。

日時：2008-10-27

所在地：トロイスドルフ、ドイツ

面談者：S 氏

施設概要

Profine は 1954 年に創業し、主に PVC サッシの製造を行う企業である。1980 年代から、端材などを利用した再資源化に取り組んでいる。生産量は、PVC のサッシを中心に年間 6 万トンである。一日の最大可能生産量は、250 トンである。生産ライン数は 48 ラインで、500 種類の型枠を所持している。48 ラインのうち 6 ラインがリサイクル材を利用した PVC サッシを製造するラインである。4 シフト制で、年中無休で稼働している。



図.1 生産ライン

生産・原料

Profine で製造される PVC 窓サッシの主な原料は、PVC のコンパウンド、クライネ（石灰）、二酸化チタンの 3 つを主原料としている。PVC コンパウンドは、自社では生産してあらず他社から購入している。クライネ（石灰）は PVC コンパウンドを減らす事が可能であるため、コストを抑えることができる。二酸化チタンは白色にするための原料として利用されている。この 3 つの主原料は大きなタンクに貯蔵されて、全て自動で混ぜられていく。

生産過程で発生する端材や、余ってしまった原料に関しては、工場内で 100%リサイクルされている。PVC サッシ製造工程の端材、もしくは不良品を中心に回収される。回収されたものは、写真.2 のような籠に回収され、白だけのもの、色つきのものに分けてストックされる。色別で分けられた後、白のみ、色つきの物を、それぞれ専用の破砕機で破砕し、写真.3 に示すレゲネラーゼと呼ばれる再生品を製造する。バージン材を使用する製造ラインと、リサイクル材を使用する製造ラインの違いとしては、再生端材を投入する部分が設けられているかないかである。再生端材を利用するラインは、再生端材の量に左右されてしまう、再生端材が少量であると生産ラインが止まってしまうこともある。



写真.1 窓枠の端材



写真.2 回収された端材



写真.3 レゲネラーゼ

再資源化

窓メーカーより発生した端材を購入もしくは回収した後、端材を細かく碎きレゲネラーゼと呼ばれるペレットを製造し、原料として利用する。購入する会社は決まっている。端材は白のみのプラスチックと色つきのプラスチックで色分けしている。白のみの工場内端材をウムラウと呼び、色つきのものをレゲネラーゼと呼ぶ。レゲネラーゼは6つのラインに投入されている。

○端材利用のメリット

会社内、工場内で回収した端材は、金属関係の異物除去や、白い物、色つきの物と色分けした後、新しい添加剤を一切加えることなく再利用できる。そのため、製造コストを抑えることができる。つまりレゲネラーゼや、ウムラウを利用することによって製造コストを削減できる。

○端材利用

端材利用可能な製造ラインの稼働は、レゲネラーゼ（色つきの端材）やウムラウの量によって決まってくる。レゲネラーゼが窓メーカーから十分に供給されない場合、他社からレゲネラーゼを購入することもある。端材利用可能な製造ラインでは、製品の品質を保つため通常は約60%レゲネラーゼ、約40%をバージンのコンパウンドを利用している。このようにして製造されるサッシは、表面にバージン材を利用し、製品となってしまうと見えない部分をレゲネラーゼで生産している。100%レゲネラーゼを利用した物は、色と品質が安定しない。

レゲネラーゼを100%利用した製品は、生産コストが安い上に環境に配慮しているということで、表面に出ない部分に100%レゲネラーゼのサッシを使いたいという需要も存在している。実際に窓メーカーの要求に応じてレゲネラーゼを100%利用したサッシの例があった。しかし、そのような製品を常時生産しているわけではない。

全体の生産量60000tのうちリサイクル材を使用した製品の製造量については、工場関係者の方も詳細には把握しておらず、概算で約3割程度ではないかと推測していた。

○流通

ドイツ国内では、解体材から製造されたPVCコンパウンドを、生産量に応じて購入しなくてはならないことがREWINDOによって義務付けられている。この工場では、生産量に応じてどの割合で購入しなければいけないかは把握していなかった。REWINDOは、Profineを始めPVCの窓枠を製造する工場を全て統括している。REWINDOは解体現場から、PVCサッシを回収し、分別、破碎したものを販売している。廃PVCサッシの回収量や解体材から製造されるPVCコンパウンドの量などは全てREWINDOがコントロールしているため、サッシメーカーは統計値を把握してい

ない。

○投入量

レゲネラーゼの投入量は、2008年1月から10月までで1800tである。しかし、これはあくまで投入量であるため、これがどのように生産量に反映されているかは正確には分からない。

窓メーカーからは加工の段階で端材が発生しているが、白い物と色つきの物は分別せずに回収し、中間処理業者へ処理を委託している。リサイクル会社では、金属類などの異物の除去や、色の分別を行っている。リサイクル業者で処理されたサッシの端材は製造工場購入し再資源化している（図3）。

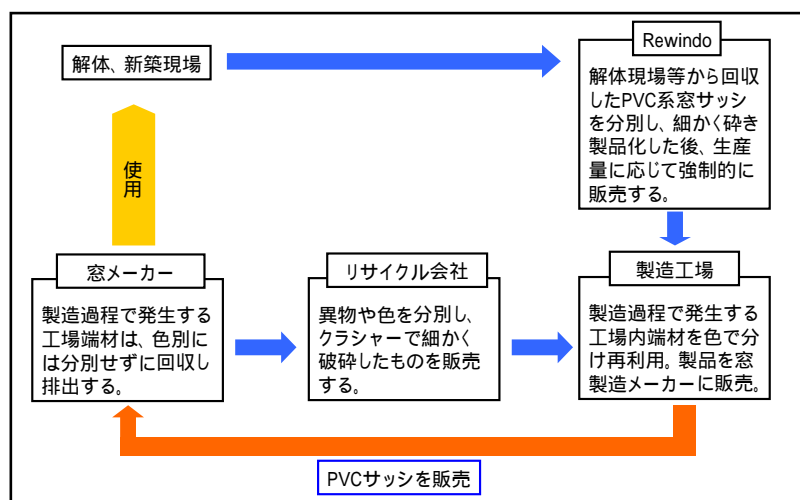


図.3 PVCの資源循環図(PVC サッシメーカー)

まとめ

この工場では、工場端材のリサイクルは100%されている。出荷後の加工端材は、中間処理場に搬入されて分別・再資源化されている。これら一連の再資源化は、経済的にメリットがあるため行なわれている。解体材に関しては、REWINDOが廃PVCサッシを回収して再資源化を行ない、窓メーカーへ生産量に応じて強制的に販売している。そのため、色や品質の問題はあるものの、工場において解体材から発生するPVC原料を利用する仕組みが出来上がっているの

で、リサイクルは比較的進んでいるように思われた。

40. DK 改修現場

集合住宅の断熱ガラスへの改修現場における実地調査。

De Knikflats, Niels Bohr

住所 : Niels Bohrplaats, RXterdam

日時 : 9月20日(木) 13:30 ~ 14:15

面談者 : Cor Wittekoek 氏

情報 : http://s7.invisionfree.com/Bewoners_ommoord/ar/t40.htm

情報 : <http://www.woonbron.nl/projecten/renovatie-knikflats.asp>



建物概要

約 30 年前に建てられた 9 階建ての集合住宅である。住棟は 2 棟に分かれていて、そのふたつが L 字型に配置されている。一層 20 戸であるが、1 階は駐車場や駐輪場であるため住戸はない。したがって、総戸数は 1 層 20 戸 × 8 層 × 2 棟 = 320 戸である。社会福祉住宅なので家賃は廉価である。

改修に関して

13~15 年前 (1994 年 ?) にガラスは一度改修されており、今回が 2 度目の改修である。前回の改修は単層ガラスから単層ガラスへの改修だったので今回の改修は単層ガラスから複層ガラスへの改修である。(推測である。要確認 ?)

既存窓ガラスの解体手法については、まず純粋にガラスだけ取り外して、サッシや窓枠はあとから取り外すとのことである。取り外されたガラスは現場に置かれた VRN のコンテナの中に集められる。

改修費用は公社が負担するが、一部家賃にも上乗せされる。しかし、性能が良くなり、暖房費も下がるということで、住民から家賃の値上がりに対する不満はないとのことである。また、家賃が上がって住民が帰ってこれないとか、住民の行く先がなくて壊せないといった問題は生じていないとのことである。なお、改修中も一部の住民は住んでいた。

断熱窓改修をめぐる背景

オランダでは暖房費を抑える政策が採られているが、それに最も影響を与えているもののひとつが、2004 年を締め切りにして断熱の義務化を定めた EU directive である。これを受けてオランダでは新築だけでなく既存の住宅も断熱化が義務付けられた。そのため多くの改修工事が発生し、大量の板ガラスが廃棄される状況が生じているのである。

例えば、アムステルダム周辺では、既存の住宅のうちまだ 30 万戸 (数値が正しいか要確認 ?) の住宅が断熱ガラスに改修されずにいる。新築住宅に関しては年間 6 万戸の住宅供給が必要だが、政府は 4 万個しか供給できていない。新築住宅の供給主体は半分が市営で半分が民間である (正しいか要確認 ?)。

一方でドイツでは住宅があまっている。ドイツのように住宅が余っている都市と、アムステルダムのように住宅が不足している都市では改修に対するスタンスも異なる。需要がある中での改修は最低限でも良いが、需要がない中での改修はきちんと改修して快適性や住宅の価値もしっかり高めなければ売れない。

改修現場におけるコンテナ

コンテナは現場から VRN に要請すると、必要な分だけ送ってもらえるシステムになっている。コンテナが満杯になった場合は、VRN に連絡すると (無料で ?) 回収してもらえる。

この現場にあったコンテナは最も大きい 18 m³のものであった。

41. GE ガラス加工工場

ガラス中間加工工場の担当者への聞き取り調査。

GE ガラス加工工場

住所 : バーレンドレヒト、オランダ

日時 : 9月20日(木) 14:30 ~ 15:10

面談者 : Cor Wittekoek 氏

情報 : <http://www.glashandelemmery.nl>



Inzamelpunt について

Glashandel Emmery B.V.は町中にある小さなガラス加工工場である。この工場の敷地内に Inzamelpunt がある。Inzamelpunt は VRN の回収拠点のうち一般の人が一般家庭から出る板ガラスを捨てられる回収拠点のことである。この工場では駐車場の脇に 18 m³のコンテナが置かれていた(図1)。この会社の場合そばに塗装を中心とした内装会社があり、その会社からは一定量の廃ガラスがこのコンテナに廃棄される。これは改修現場とは違い恒久的な回収拠点となる。

コンテナの貸し出し

ガラス加工メーカーからはガラス製造過程で端材が大量に出る。そのようなメーカーに VRN はコンテナを有料で貸し出している。例えば、2 m³のコンテナであれば月€20 である(図2)。€20 払えばコンテナが満杯になるたびにひと月に何回でも VRN が回収してくれる。これは廃棄物の処理費用としては破格に安い値段である。さらに敷地内に Inzamelpunt のコンテナを置けばそのレンタル料も無料になる。



図1 : Inzamelpunt のコンテナ



図2 : 2 m³の貸し出し用コンテナ

42. コンテナパーク

コンテナパークへの実地調査。

コンテナパーク

住所：リッデルケルク、オランダ

日時：9月20日（木）15:20～15:50

面談者：Cor Wittekoek 氏

情報：http://www.ridderkerk.nl/smartsite.shtml?id=5823

情報：http://www.ridderkerk.nl/smartsite.shtml?id=54411



ROS について

ROS は自治体が運営する資源ゴミ集積所のことで、オランダ全国で約 450 箇所ある（もしかしたら OPO と合わせた数なのかもしれないので要確認）。この Afval Breng Station もそのうちのひとつである。ROS にはさまざまなコンテナが置かれていて、利用者は持ち込んだゴミを分別して決められたコンテナの中に捨てる。コンテナごとに捨てていいゴミが決まっていて、紙類や金属類、プラスチック類や衣類、家電や土類などさまざまなコンテナが集積している（図 1）。運営費は税金でまかなわれているので、利用者は無料で廃棄物を捨てることができる。

しかし、去年から VRN は ROS にコンテナを直接的に置くことをやめている。かわりに van Ganswinkel という廃棄物処理業者にコンテナを有料で貸し出し、van Ganswinkel が ROS にコンテナを設置するという形態をとっている。つまり、VRN のコンテナは間接的には ROS に置かれているものの、その管理は廃棄物処理業者が行なっている（図 2）。

どうしてこのようなことが起きたのか詳しい事情は確認できていないが、推測としては以下のように考えられる。無料で捨てられる場所なので分別状態などの品質管理が悪化することは十分予想されるが、品質が悪くなったときの自治体と調整が難しいと考えられる。その際に企業を間に挟むことでうまくいっているのではないだろうか。廃棄物処理業者は市から入るお金とコンテナ代の差額で設けている。



図 1：家電用のコンテナの内観



図 2：板ガラス用のコンテナの中身

43. コンテナパーク

コンテナパークへの実地調査。

コンテナパーク

住所 : ティルブルク、オランダ

日時 : 9月21日(金) 14:20 ~ 14:50

面談者 : Cor Wittekoek 氏

情報 : <http://www.bat.nl/?module=contact&action=info>

情報 : http://www.tilburg.nl/Index_Pagina.asp?PaginaID=1767&DomeinID=64&SubmenuID=1706



OPO について

OPO は私企業が運営する資源ごみ集積所のことである(図1~4)。この Milieustraat Albion もそのうちのひとつである。見た目は ROS とほとんど変わらないが、私企業が運営しているため ROS と違って有料である。VRN はコンテナを資源ごみ集積業者にも貸し出しているため、VRN のコンテナが OPO に設置されているのである。



図1 : ゴミを捨てる人々その1



図2 : ゴミを捨てる人々その2



図3 : VRN のコンテナ



図4 : コンテナを運搬する

課金の仕組み

以下に課金表（図５）とその日本語訳を示す。



Tarieven bedrijfsmatige milieustraat BAT	
Tarieven zijn per 100 kilo, inclusief BTW.	
Restafval	17,00 euro
Hout	4,00 euro
Groen	5,00 euro
Ongesorteerd	
bouw- en sloopafval	15,00 euro
Dakbedekking en dakgrind	11,00 euro
Grond	2,00 euro
Puul	2,00 euro
Papier	gratis
Metalen	gratis

図５：課金表

値段は 100kg あたり。税込み。

- ・ その他
- ・ 木材
- ・ 庭木、植木（庭などから出る植物のゴミ）
- ・ 分別されていない建設廃棄物
- ・ 瓦とルーフィング
- ・ 土
- ・ 瓦礫（訳してもらったベルギー人によると建設廃棄物との違いが分からないとのこと）
- ・ 紙類
- ・ 金属類

44. コンテナパーク

コンテナパークへの実地調査と、ごみ処理会社の担当者と大学の先生への聞き取り調査。

日時：2008/10/31

住所：メッヘレン、ベルギー

面談者：H 氏

(IVAREM/Intergemeentelijke vereniging Voorduurzaam afvalbeheer regio Mechelen)

Bruno Peeters (Sint-Lucas Brussel)

コンテナパークの概要

- ・このコンテナパークは IVAREM の所有物である。
- ・現場では 2 人が分別状況をチェックしている。
- ・年間 3 万 5 千～4 万人が利用する。最大のコンテナパークでは年間 20 万人が利用するものもある。
- ・1 週間に 5 日間開いている。
- ・出入りするリサイクル業者は 6 社。

コンテナパークの利用方法

- ・ID カードが入場券となっている（図 1）。その自治体の住民の ID カードしか受け付けない。つまり、他の自治体の住民は利用できないようになっている。
- ・年間 36 回の利用まで無料。37 回目からは有料となる。
- ・持ち込めるごみの量は 1 日に 500kg もしくは、2m³まで。持ち込める回数は 1 日に 2 回まで。
- ・利用時間の節約のため家庭で分別してから持ってこなくてはならない。
- ・奥まで進むと有料ごみのゾーンがあり、チケットを購入して入場する。
- ・券売機はタッチパネル式で、どのごみがいくらで引き取ってもらえるかが容易に分かる。
- ・券売機はキャッシュ不可。コンテナパークにキャッシュを置いておくのは危険だから。
- ・有料のごみはリサイクルできないもの、建設廃棄物、アスベストなどの有害物である。

○ごみの分別について

- ・家の前のごみ捨て場に捨てる家庭ごみはコンテナに入れられて 1kg ずつ課金される。ごみの最小容量を老人や子供でも運べる重さにするためである。ただし、これはこの自治体独自の仕組みで多くの自治体ではごみ袋に課金している。
- ・家庭ごみは全体的にリサイクルされる。生ごみはコンポストへ、プラスチックは再びプラスチックへ、紙ごみは家具や車のシートの詰め物に利用される。
- ・コンテナパークでの分別は 25 種類以上。以下に主なものを述べる。なお、 から は無料ごみ、 から は有料ごみである。有料ごみは非常に少ないことが強調されていた。

化学的なごみ（危険物）

バッテリーなどから排出される化学薬品を回収するところ。危険なので専門家以外は入れない。一般の人が小さな箱にバッテリーを分別して捨てると専門家がさらに分別する。

揚げ物油（図 2）

バイオエタノールや化粧品へとリサイクルされる。

発泡スチロール（図 3）

白いものは 100%リサイクルが可能。汚れやプリントがあるものは焼却される。

化学的なごみ（スプレー）（図 4）

焼却の際に爆発する恐れがあるので分別している。

モニター（図 5）

製造者責任からメーカーがリサイクル費用を負担しているので、住民は無料で捨てられる。専門業者がモニターを分解してさらに分別する。

びん

透明びんと色付きびんで分別している。きれいに掃除されていたら

プラスチック（図 6）

いままでは、プラスチックは混合物として回収していたが、不純物が多くリサイクルの際に問題が多いので、来年からさらに細かく 4 種類に分別することになっている。今年はその準備期間で 4 種類分別を住民に宣伝している。来年からリサイクルできないプラスチックは有料となる。

PVC（図 7）

改修工事から出てくる PVC のコンテナ。PVC は住民には見分けが付きにくいので、どういうものが PVC かどうか表示して分かりやすくしている。

容器包装プラスチック（図 8）

住民によって非常に綺麗に洗浄されている。ランタンやベンチなどにリサイクルされる。

紙類圧縮機（図 9）

紙類を圧縮して容積を減らしている。紙類は家庭ごみとしても月に 1 度回収しているが、それ以上の紙が出た場合コンテナパークに捨てる事が出来る。乾燥していることが重要。

衣類と靴

綺麗に洗われていて乾いていることが重要。中古の服屋のつぎあて布や家具の詰め物に使われる。

金属類

金属類は高く売れるので週末に盗難にあうこともある。

庭木

家庭から大量に廃棄される。リールにある施設でコンポストへとリサイクルされる。

枕木

有害物質である防腐剤（クレオソート）が含まれているので分別している。枕木は造園用にも利用されている。

コンポスト

0.5m³で 3.75 ユーロ。肥料の質は高く安価に提供している。柔らかい枝や草や葉っぱから作られている。

アスベスト含有建材（図 10）

アスベストの粉が飛散しないように袋に入れて捨てる。埋め立て処分される。

木材（図 11）

家具等から出てくる木材。外国に運ばれてチップ化されボードにリサイクルされる。

レンガ（図 12）

砕いて再利用する。

板ガラス

耐熱ガラスは禁止されている。

○IVAREM について

- ・ごみの回収分別リサイクルを管理している協会である。
- ・第 3 セクターである。
- ・社員は 120 人。
- ・11 の自治体のごみのシステムを管理している。

○今後のヒアリング候補

- ・ Van Gansesinkel

オランダやベルギーを中心にごみの輸送を手がける巨大な運送会社。リサイクル技術の研究も行なっているとの報告がある。

- ・ IVAREM

ベルギーの 11 の自治体でごみの回収分別リサイクルを管理している事業体。

- ・ Group Machiels

リサイクルの先進的な技術を持っている私企業。リサイクル技術の開発に莫大な投資を投じると同時に、各国政府にリサイクル制度の厳格化を働きかける戦略を取っている。10 年間かけて、ベルギーで先行投資の元を取り、その後チリのような他国にその機械を運んで稼働させることで利益を得る。

○ブルーノ先生より

・コンテナパークは一見素晴らしいシステムに見えるが、住民の負担がかなり重くその弊害もある。特に車を持たない人や、ごみを運ぶ力の弱いお年寄りには厳しい制度である。庭木を捨てることができないという理由だけで、小さな家に引っ越すお年寄りもいる。

- ・コンテナパークに捨てるべきごみを家庭ごみで捨てたり不法投棄したりすると罰金が科せられる。
- ・フランダース地方では自治体が全ての住民にコンテナパークを割り当てることを義務付けている。



図 1 : 入場ゲート



図 2 : 揚げ物油



図 3 : 発泡スチロール



図 4 : スプレー缶



図 5 : モニター



図 6 : プラスチック



図 7 : PVC



図 8 : 容器包装プラスチック



図 9 : 紙ごみ圧縮機



図 10 : アスベスト含有建材



図 11 : 木材



図 12 : レンガ

45. HF 社

ガラス再資源化業者への聞き取り調査と再処理工場の実地調査。

HF 社

住所：アントワープ、ベルギー

日時：9月21日（金）10:00～12:40

面談者：J 氏

面談者：Cor Wittekoek 氏



HF 社について

ガラスのリサイクルを行なうことを目的に5年前にできた小さな会社である。対応していただいた J 氏はこの会社を立ち上げた人物であるが、10 年ほど前には廃棄物処理業者 van Ganswinkel に勤めていたこともあるという。

8 年前に大手ガラスメーカーである旭硝子やサンゴパン、ピルキントンの間でミーティングが行なわれていて、J 氏もそこに参加していた。テーマは板ガラスのリサイクル問題についてであった。2000 年の時点で年間約 25 万 t もの板ガラスがベネルクス三国で廃棄され、リサイクルされることなくそのまま埋め立てられていた。環境への意識が高まる中で、政府から板ガラスリサイクル化への圧力がかったことや、施工業界からも何とかするべきではないかと指摘されてきたことなどから、このミーティングが開催されるに至った。話し合いが進むにつれて、板ガラスをリサイクルするシステムがないのならそれを行なう会社を作ってしまうという流れができ、オランダの会社の出資を受けて、J 氏が HF 社を実際に立ち上げたのであった。

HF 社では板ガラスのリサイクルは3年前から始めていたが、最初はアスファルトに埋め込むガラスとして再利用していた。転機が訪れたのは半年前で、大規模な設備投資を行なうことで、回収したガラスから板ガラスを作れるほどの高品質なガラスカレットを生産できるようになったという。

操業体制は1日3交代でノンストップ、5日/週である。日曜日はメンテナンスに当てている。

板ガラスリサイクルの意義について

J 氏は板ガラスリサイクルの意義をとりわけ強調していた。60～70 年代に建てられた建物に用いられている板ガラスは 10～15 年の寿命であるため廃棄の時期を迎えている。さらに、ガラス窓の断熱改修やガラスを多用するビルが近年増加しているためにガラスの需要が拡大していて、年間約 80 万 t のガラスが作られている。つまり、板ガラスリサイクルの必要性がいま極めて高まっているということであった。

ガラスリサイクルの長所としては以下の3つを挙げていた。ひとつ目は、原材料として 100% カレットを使用することで投入エネルギーを理論上 25% 削減することができるということ。これに従えば、原材料に 10% のカレットを加えることで 2.5% のエネルギーを削減できることになる。ふたつ目は、カレットは溶かしても量が減らないということ。通常の原材料は例えば 120 t を投入すると得られるガラスはだいたい 100 t になる。それに比べてカレットは溶融過程で量が減らないので有利だということである。みつ目は、二酸化炭素の量を削減できるということ。カレットを 1 t 使うと、二酸化炭素 0.25t を削減できるという。

リサイクル材の品質について

リサイクル後の用途によってカレットに求められる品質が変わってくる。以下にリサイクル後の用途を要求される質の高い順に並べる。

- ・板ガラス
- ・ビーズガラス
- ・びんガラス
- ・ガラス繊維 (Glass Wool)
- ・鉄鋼メーカーが引き取るためのガラス
- ・泡ガラス (Foamglass)
- ・路盤材

なお、HF 社で生産したリサイクルガラスの用途先は 40% がビーズガラス、30% がガラス繊維、20% が板ガラスとなっていて、びんガラス用には一切回していない。

アメリカでは埃に近い大きさ (5~100 μm) のサンドグラス (sand glass) というものもリサイクル後の用途先として加わるそうである。サンドグラスは有害な天然鉱物の代替としてサンドブラストに用いられるとのことである。

ガラスの原材料費は、板ガラス€70/t、びんガラス€45/t、路盤材€10/t となっている。HF 社では、多額の設備投資によって板ガラスに使えるほど質の高いガラスカレットを€70/t を少し下回る値段で得ることができるようになった。需要が増えていけばさらに値段を下げることもできるようになる。つまり、HF のリサイクル材は価格の面でも十分にバージン材と渡り合えるということになる。

HF 社が生産する質の高いガラスカレットは具体的には以下の数値を満たしている。

- ・ CSP 10g/t,
- ・ 鉄非鉄 0.00g
- ・ 紙など熱でなくなる有機物 2000g/t

リサイクル工場の工程

- 1 . 各回収拠点から届いた廃棄板ガラスを一定量まとめて山を作る。工場に運び込まれた段階でガラス以外の不純物が多いコンテナがあればチェックして追徴金を課している。
- 2 . 油圧ショベルを用いて不純物の質量が 1.5% ほどになるまで分別作業を行なう。この段階まで分別を行なえば、この工場ではどの品質のガラスカレットも生成できる。
- 3 . 分別したガラスを工場のラインに乗せる。ガラスはクラッシュされた後に不純物が除かれていく。ラインの最初は最も高いところにあり、だんだん下がってくる過程の中で不純物が取り除かれていく。ラインの処理速度は 1 秒間に 500
- 4 . 不純物の除去が終わったら、サンプルを抽出して品質検査を行なう。5 分間に 2 kg のサンプルを抽出する。そして、2 時間で作ったものをひとまとめのパッケージとして商品にする。
- 5 . 品質によって 15 種ほどの製品を作っている。質のよいものは国内に、質の低いものは国外に出荷している。全製品のうち 15~20% が EU 以外に輸出されている。しかし、グラスウールに関しては大部分が近場のオランダやベルギーに出荷されている。

46. MA 社

ガラス再資源化業者への聞き取り調査と再処理工場の実地調査。

日時：2008/11/4（火）

住所：ロメル、ベルギー

面談者：A 氏

概要

MA 社はヨーロッパ各国に展開するガラスのリサイクル会社である。工場はオランダに2つ、ベルギーに1つ、フランスに3つ、ポルトガルに1つ、ハンガリーに1つである。

今回訪れたのは板ガラスのリサイクルを中心に行なっているベルギーの工場で、板ガラスのリサイクル工場としては世界最大級である。事業の拡大でストックヤードが不足したため、1年前に隣町から現在地に引っ越してきた。その際に以前は3つあったラインを2つにしてシステム全体の効率化を図っている。新規に導入した機材はわずか10%で残りは以前のものをそのまま利用した。現在の2つのラインからは、20種類のカレットが得られる。ひとつのラインは合わせガラス専用で、それ以外のガラスはもうひとつのラインで処理する。

施設見学報告

ストックヤード

敷地内は広大なストックヤードとなっていて、様々な廃板ガラスや最終製品や分別された不純物が至るところに山積みされている。その一部を紹介する。

PVB（ポリビニルブチラル）

合わせガラスに使われている樹脂シートである（図1）。分離技術が不完全なため、PVBごみにはどうしてもガラスが混ざってしまう。そのため、PVBをリサイクルすることはできず、全て廃棄物として処分される。

ランプ

フィリップス社製のランプ（図2）。工場からの不良品である。カレットはランプ用としてフィリップス社に売られることもあるし、グラスウール用として他社に売られることもある。



図1：PVBのストックヤード



図2：ランプのストックヤード

取出し口

ラインからはいくつもの取出し口が工場の外部に向かって飛び出している。そこから様々な最終製品や不純物が選別され出てくるので、それらを回収してそれぞれのストックヤードに運ぶ。最終製品取出し口は 0-10mm、10-40mm のようにカレットのサイズによって分かれている（図 3）。不純物の取出し口は CSP、金属、樹脂シートなどに分かれている（図 4）。



図 3：カレット取出し口



図 4：不純物取出し口

石（図 4）

レーザーで撃たれて分離された石。多くのガラスが一緒にはじき出されてしまう。大きなガラス破片だけでも分離してリサイクルできないか試みているが、現在のところリサイクルは行なわれず石と一緒に埋め立てられている。技術的には石とガラスを分離することは可能である。しかし、分離の精度とラインのスピードが相反してしまうために、経済的な理由からラインの処理速度を上げざるを得ず、そのために十分な分離精度が得られないのが現状である。

グラスウール用カレット（図 3）

同じグラスウール用のカレットでも顧客の要求に合わせて異なるサイズの製品を何種類も生産している。大きなサイズのカレットには大きな不純物が混入している恐れがあるので、多少の不純物は溶かせるくらいの強力な炉を持っていないと危険である。一方、細かい製品には大きな不純物が混ざるおそれはないが、分別処理にコストがかかるので高価である。

カレット製造フロー

カレット製造フローは簡単に言うと廃板ガラスを砕いて不純物を除去していく過程である。詳しいフローは図 9 に示す。

ラインへの投入口

図 5 は合わせガラスの投入口である。廃板ガラスをミキサーが砕いて不純物があらあら取り除かれたのちラインのベルトコンベアに載せられて工場内へと運ばれる。

オペレータールーム

工場内にはオペレータールームがあり、コンピュータで 2 ラインを管理している。

手選別

2 つのラインは手選別の部屋へ入り、手で大きな不純物が取り除かれる。この作業は 8 時間/日でとても大変な仕事である（図 6）。

PVB 除去

ブロー(Blower)と呼ばれる装置で合わせガラスの PVB を取り除く。PVB の比重の軽さを利用して、PVB だけを吹き飛ばして取り除く(図 7)。

ネオジウム磁石選別

自然界に存在する最も強力な磁石ネオジウムを用いて、鉄を取り除く。

非鉄金属除去

人工的に磁場を作り出すことで非鉄金属が飛び跳ね除去できる(図 8)。非鉄金属にはサッシから生じるアルミニウム、鏡に含まれる銀メッキなどがある。

CSP 除去(カメラ式)

CSP を全て取り除く。カメラによる画像判断で不純物をレーザーで弾き飛ばす。見学した際には、耐熱ガラスを赤、セラミックを黄でモニター表示していた。設定を変えると色付きガラスを弾き飛ばすこともできる。



図 5 : ラインへの投入口



図 6 : 手選別



図 7 : ブロー

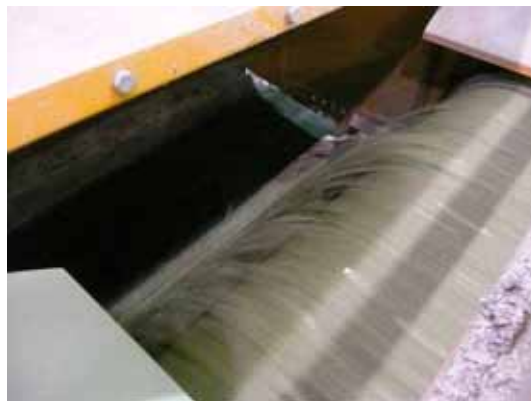


図 8 : 非鉄金属選別

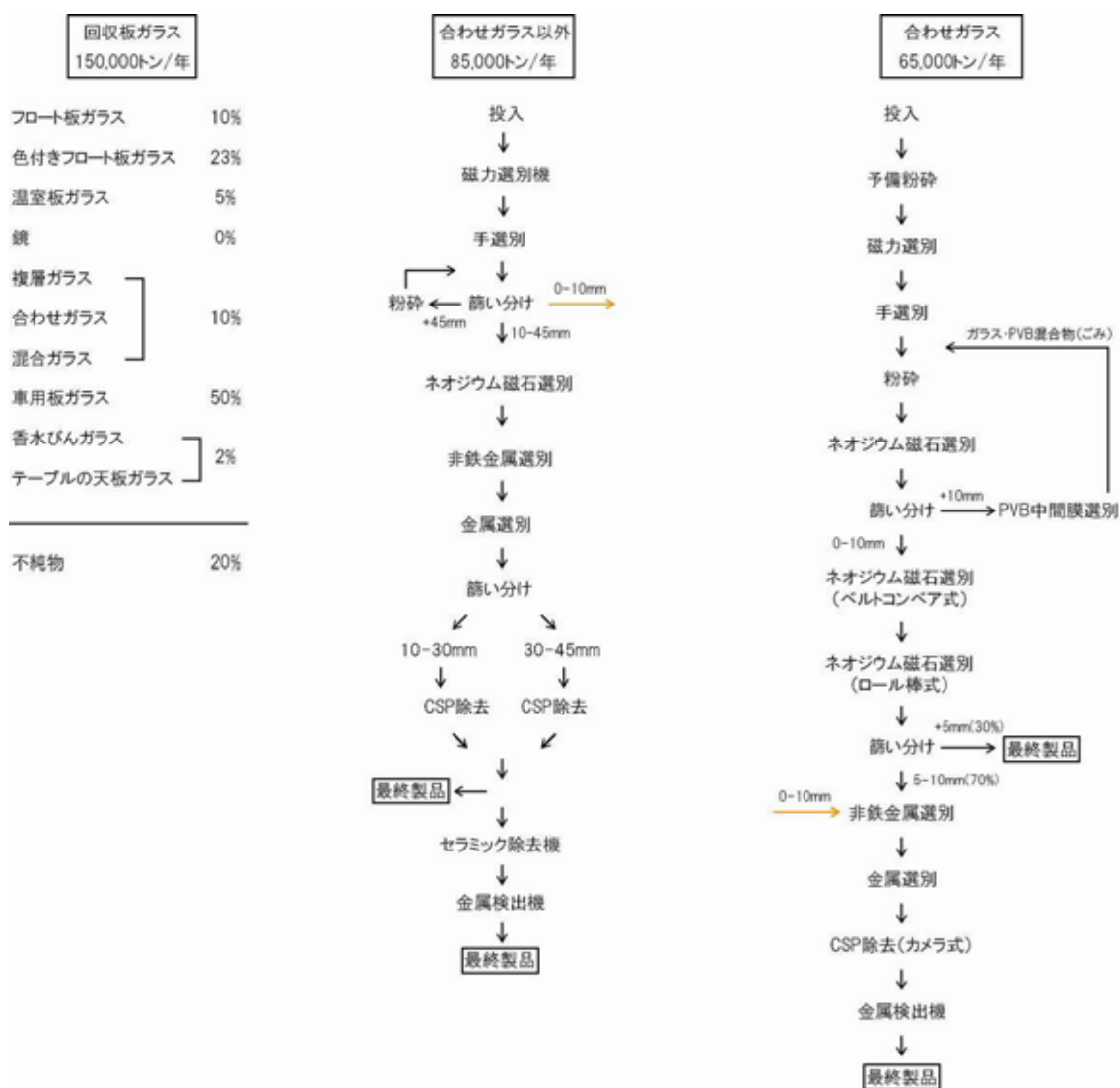


図 9：回収板ガラスとカレット製造フロー

回収板ガラス詳細

加工端材としてのフロート板ガラス

加工端材のフロート板ガラスである。不純物が混入するおそれはないので、一切分別処理は施さない。MA 社はただ流通を仲介しストックヤードに置いておくだけである。ベルギーという立地が顧客にとって便利で有利である。新しいフロート板ガラスへ再利用される。

色付きガラス

色の付いた板ガラスである。図 10 はそのストックヤードである。
グラスウールへと再利用される。

温室用板ガラス

農業用温室の解体現場から排出される板ガラスである。温室栽培はオランダで盛んに行われていて、MA 社に入ってくる温室用板ガラスは全てオランダのものである。温室用板ガラスは極めて質が良いので建築用板ガラスへと再利用され

る。解体現場から排出される廃板ガラスの中で、再び板ガラスへリサイクルされているのは温室用板ガラスのみである。例えば、グラバーベル社は板ガラス製造の際に温室用板ガラスから作られたカレットを 25%投入しているという。質の違いはカレットの値段の差としても現れており、解体現場の板ガラスから製造したカレットの値段は、建築用板ガラス 5 ユーロ/t に対して、温室用板ガラス 80 ユーロ/t である。

鏡

鏡は銀メッキなどの不純物を含む。路盤材へと再利用されている。

解体現場からの建築用板ガラス

解体現場からの建築用板ガラスは複層ガラス、合わせガラス、全ての種類の板ガラスが混ざった混合ガラスの 3 つの分類で回収される。

これらは全て透明びんへと再利用される。

混合ガラス

混合ガラスは合わせガラスと合わせガラス以外が混ざったものである（図 11）。あらかじめ粉碎分離機で合わせガラスと合わせガラス以外を分離してから、それぞれのラインに投入する。あらあら砕いて 80mm の篩にかけると合わせガラスは引っ掛かって取除けるという。

混合ガラスは全て透明びんへと再利用される。

車用板ガラス

車用板ガラスはフロントガラスが合わせガラス、サイドガラスとリアウィンドウが通常の板ガラスである。車用板ガラスは、曇止めのための導線や日射遮蔽のための特殊シートなど多くの不純物を含むので、建築用板ガラスに比べて分別処理に手間がかかる。

グラスウールへと再利用される。

その他

その他のガラスとして香水用びんガラスとテーブルのガラス天板が挙げられていた。

これらは緑色びんガラスへと再利用される。



図 10：色付きガラスのストックヤード



図 11：混合ガラスのストックヤード

リサイクルシステムについて

ライン

ラインは合わせガラス用と非合わせガラス用の 2 つである。合わせガラス用ラインに投入されるのは合わせガラスと混合ガラスから分けられた合わせガラスと車用板ガラスの 3 つのみで、残りは非合わせガラス用のラインに投入される。

なお、合わせガラス用ラインに投入されるもののうちで一番多いのは、混合ガラスから選別された合わせガラスである。

カレット利用による省エネルギーと経済性

カレットを利用することで製造エネルギーを大幅に削減でき、それがコスト削減に直結する。特に石油の値段が上昇している昨今は、その影響が強まるばかりである。

ところが、同じカレットでも水がたくさん含まれていると溶融エネルギーが余分に必要になる。そこで、特に乾燥が重要なカレットは倉庫内にストックされる。

顧客との関係

ガラスリサイクルを成功させる秘訣はユーザーの意見をよく聞いて強い信頼関係を築くことである。MA 社は顧客の細かい要望に対応できるように、ラインが容易に構成変更できるようになっている。

ガラスメーカーは、再資源化されたカレット利用の際に生じるリスクについて恐れている。従って、リサイクルを進めていくためには、リサイクル会社とガラスメーカーがコミュニケーションを緊密にとり、共同してリスク回避することが重要である。

MA 社が、本報告書で報告したライリング社とビルキントン社のような緊密な関係を結んでいる協力会社としては、グラバーベルとショットが挙げられる。

輸送に関して

輸送は主に大手ごみ処理会社の Van Ganswinkel のトラックで行なっているが、一部は MA 社自身のトラックで行なっている。

ラインへの投入方法

成分の観点からは全てのガラスは違うものである。従って、投入するガラスを変えるときは一度ラインを掃除してから新しい材料を入れなければならない。こうすることで、最終製品の品質を確保し、成分を確定している。成分が確定されているカレットをいくつか混ぜて顧客の要求に合わせた商品を作ることもある。

合わせガラスから板ガラスへのリサイクルについて

合わせガラスのラインからも板ガラス用のカレットを製造することはできる。しかし、PVB を完全に除くことはできない。仮に板ガラス製造時に PVB 混入カレットを利用した場合、カレットを溶融する際に PVB が燃えて臭気が発生してしまう。この臭気は、非常に強いので工場が住宅地にある場合、苦情が出ることがある。

車用板ガラスはさらに品質的に厳しい。もし不純物が車の窓ガラスに混入すると、寒い日に内部で暖房をつけただけでガラスが砕けることがあり、大手自動車メーカーでも問題になったことがある。合わせガラスから板ガラス用カレットへのリサイクルは困難である。

回収量と再資源化量

通常 150,000 トンの板ガラスを回収し、120,000 トンのカレットを製造している。つまり回収量のうち 20%が分別処理の際に廃棄物として捨てられる。

台湾

台湾のリサイクルシステムはとても進んでいて、ガラスのリサイクル率は 80%を達成している。そのシステムは日本にとっても参考になるだろう。

まとめ

MA 社の特徴は、顧客との強い信頼関係、様々な要求に柔軟に対応できる充実した設備、ベルギーという恵まれた立地、広大なストックヤードである。これらを活かして MA 社は世界最大の板ガラスリサイクル会社となった。その中でも特に強調されていたのが、顧客との信頼関係である。そもそも、リサイクル材はバージン材に比べるとリスクが高く、メーカー側も尻込みしがちである。従って、メーカーとリサイクル会社間の信頼関係はリサイクルが成立するための重要な条件となる。

技術的な側面を見ると、やはり板ガラスへの再利用は困難が多いことが分かった。現在、板ガラスへ再利用されるのは、温室用板ガラスと加工端材のみである。温室はほぼガラスのみで構成された建築であるので、不純物が混じりにくくリサイクルしやすい。しかし、これは大量の温室を利用する隣国オランダの恩恵を受けているのであって日本への応用可能性は低い。一方、加工端材の板ガラスへのリサイクルは技術的障壁が低く、日本でも十分に適用可能だと考えられる。MA 社は様々なガラスメーカーと取引があるため、カレットの受け皿の幅が広い。そのため、マテリアルリサイクルを効率的に行なえている。日本でも、もちろん板ガラスに戻す努力も大切だが、受け皿を広げてマテリアルリサイクルの効率性を上げることが重要であると考えられる。

47. RL 社

ガラス再資源化業者への聞き取り調査と再処理工場の実地調査。

日時：2008-10-28

住所：グラートベック、ドイツ

面談者：W 氏、R 氏、K 氏

調査対象概要

設立は 1998 年である。合わせガラスの端材から、フィルムをはがして高品質のカレットを製造する高度な処理技術を持つのが特徴である。建築用板ガラス、複層ガラス、車用板ガラスなど、板ガラス全般の回収・再資源化を行い、ガラスカレットを製造している。

回収・処理

○ 回収方法

ライリング社では回収時の異物確認は目視でしか行なえない。異物の混入があまりにも多い場合は追徴金を課したり、受け入れを拒否したりすることがある。しかし、ほとんどの廃ガラスが異物の混入がほぼ無い状態でライリング社に搬入されている。回収の時点で廃ガラスを 4 つに分類して取引している。1. 板ガラスの不良品、2. 合わせガラス、複層ガラス、3. 車のガラス、4. 合わせガラスのみの 4 つである。これらはそれぞれ分けてストックヤードに保管される。以前は 1. しか回収していなかったが、量が確保できないために 4. も回収するようになった。



写真 1. 合わせガラスと複層ガラス



写真 2. 車のガラス



写真 3. 合わせガラスのみ

これら 4 種類の搬入されたガラスを再資源化処理し、カレットとして販売している。合わせガラスと複層ガラスが分別されずに回収される大きな理由としては、小口の業者は生産量が少ないために同質の端材をまとまった量で回収できないという理由からである。そのため、合わせガラスと複層ガラスはまとめて回収して運搬効率を高め、分別は選別機で行なっている。合わせガラスと複層ガラスの混合廃ガラスから作られたカレットは、フロートガラス用のカレットにはならず、ピンやガラス繊維製造のためのカレットとして再利用されている。

○ 処理方法

板ガラス処理の工程は以下の通りである。 破碎し手のひら大に粗破碎を行う。 手選別を行い大きな金属片やシーリング材などを除去する。 マグネットセパレーターを用いて、鉄類を磁気で除去。 破碎し細かく砕く（1cm 程度）。 非鉄金属分離機によりアルミ片を除去。 風力比重差選別で中間膜を抽出。 光学選別機により、残存のアルミ片、

黒い物、シーリング材をセンサーで検知し除去。自動定量サンプリング装置で検査。細かい物（粉状のもの）、粗い物（5mm程度）に分けられ製品として出荷される。この時点で、異物の混入は約 0.1%前後である。製品としては細かい粉状のカレットと粗いカレットが生産されるが、これらは単にサイズが異なるだけであり品質などは、特に違いはない。

再資源化システム

ドイツ国内でガラスのリサイクルは 200 万 t なされており、板ガラスに限れば 50 万 t なされている。板ガラス用カレットの品質基準は、ガラスメーカーから品質を要求され、その要求に応じてライリング社が品質基準を設けて処理を行っている。ライリング社の回収している板ガラスは、基本的にガラス加工会社から搬入されている。解体現場からの搬入量は最大で 1.5% でないかとのことだが、回収されるガラスが解体現場から発生したガラスなのか、それとも新築現場から発生したガラスなのか把握できていないのが現状である。ライリング社のガラスカレットのフローは以下のとおりである。

表. 1 回収されたものの分類とカレットの利用先

	回収段階の分類	利用先用途	割合
1	綺麗なフロートガラスの端材	フロートガラス	100%
2	合わせガラスと複層ガラスが混合した端材	ガラスピン	40%
		ガラス繊維	40%
		その他	20%
3	車のガラス	ガラスピン（緑）	100%
4	合わせガラスのみ	フロートガラス	100%

1 と 4 は、品質的に安定しているため、板ガラスのカレットとして利用可能であり、ほぼ 100% フロートガラス用のカレットとして販売している。2 は異物混入の可能性があるため、分別処理後のカレットは板ガラスに利用されておらず、約 40% がピン製造業者、約 40% が断熱材などとして利用されるガラス繊維業者に販売されている。車のガラスは、鉄分の含有により色があるため色付きガラスピンの原料として利用される。

○ 品質

カレットの品質は、ドイツ国内では基準がないため企業間の契約で決まる。ライリング社の場合、取引先からの品質要求を踏まえた上で、ライリング社がその要求に応じてカレットの品質を設定し分離処理を行う。カレットの品質基準には KSP という石やセラミックなどの含有量を示す指標があるが、これはピンを作るときの指標であって板ガラス製造には用いない。その代わりに板ガラス製造時にはその他の基準（例えば非鉄金属基準）がある。これは、板ガラス用カレットはすべて工場端材由来であるため KSP の混入する恐れが極めて少ないからである。

合わせガラスの工場から搬入されるガラスにも異物が含まれているが、少量なので十分に分別可能である。フロートガラスからの端材よりも、合わせガラスから作られたカレットの方が、品質が高いため、同程度以上の価格で取引されている。

○ 流通・排出量

板ガラス廃材の統計的資料は、現在のところ存在していない。ドイツ国内のガラスの生産量は把握可能であるが、各国への輸出されてしまっているため、そこから排出量を逆算することは出来ない。また、建築用板ガラスは、生産から廃棄までのタイムラグが長くしかもまちまちなので、排出量の予測はなおさら困難である。つまり、EUでは国外消費が大量にあるため、排出量に基づく再資源化率が把握できない。

ドイツ国内の板ガラス再資源化データを収集するのであれば、ライリング社と同様にガラスの再資源化処理を行っている会社が7社存在しているので、それらの企業のデータを収集すれば、ドイツ国内の板ガラス再資源化のフローを捉えることは可能である。

なお、最近はガラスリサイクルの拠点が労働力の安い東ドイツやポーランドに移行している。

○ 経済性

ライリング社では上記のように4種類のガラスを回収し、処理を行いカレットとしている。カレットの種類は、フロートガラス用カレット、ビンガラス用カレット、ガラス繊維用カレット、その他製品の原料用カレットとなっている。4種類それぞれの廃ガラスの引取り価格とカレットの販売価格とそれらの分類についての概要を表.2に示す。

表. 2 回収された物の分類とカレットの利用先

分類	回収段階	分類	カレットの利用先
	極めてきれいな端材等	a	板ガラス用のカレット
	合わせガラス、複層ガラスを混ぜた端材	b	ガラスビン、ガラス繊維などに利用されるカレット
	車用のガラス	b	ガラスビン、ガラス繊維などに利用されるカレット
	合わせガラスの端材	a	板ガラス用のカレット
		b	ガラスビン、ガラス繊維などに利用されるカレット

回収段階での引取価格の大小は $-a < -b$ である。取引価格の基準としては、2つあり、1つ目は異物の混入が無いこと、2つ目は合わせガラスのみで回収可能である事が上げられている。これらの理由は、異物の混入により高品質なカレットつまり板ガラスで利用可能なカレットが製造できなくなってしまうことが最も大きな理由に挙げられる。カレットの販売価格の大小は $-a > -b$ となっている。

まとめ

板ガラス専門の中間処理業者であるライリング社では、ラミネート加工されている合わせガラスのみで搬入された場合は、カレット化しフロートガラスの原料として利用可能にされていた。しかしながら、合わせガラスが複層ガラスなどと混合して搬入される場合、ビンガラスや、ガラス繊維となってしまっている。ラミネート加工や、特殊な被膜加工したガラスであっても均質な状態で搬入すれば、フロートガラス用のカレットに利用可能であることから、フロートガラス用のカレットにするためには、排出段階での分別が重要となっている。また、今回の調査では、解体現場からの板ガラスの再資源化は確認されなかった。

謝辞

清家剛准教授には学部時代から 3 年間の長きに渡りご教導に与りました。この場を借りて改めて厚く御礼申し上げます。多くの国内外の調査に同行させていただくなかで、本研究の核となる考え方や資料を得ることができました。

副指導教員を引き受けてくださった清水亮准教授、構法系研究室の松村秀一教授、藤田香織准教授には、様々な角度からの貴重なご意見を頂きました。また、北沢猛教授には副査をお引き受けいただきました。

本研究の一部は留学中に集めた資料で構成されています。大野秀敏教授、松村秀一教授、そして清家剛准教授には、留学という貴重な機会を与えていただきました。

留学中の調査の際には Sint-Lucas 大学の Bruno Peeters 先生、Chotima Agukrikul 先生の全面的な支持をいただきました。

清家研究室の先輩の山下勇介さんには、本研究の出発点となる調査に同行させていただき、また留学の後押しをしていただきました。

構法系研究室の秋田典子さん、角陸順香さん、江口亨さん、権藤智之さんには日頃から本研究への丁寧なご指導を賜りました。

本研究の一番初めの聞き取り調査を快く引き受けてくださいました日本設計の大野二郎さんにはその後も継続的にご助言を頂きました。

enexrain の小室大輔さんには 5 回にものぼる海外調査の全てで大変お世話になり、毎回多大な成果をいただきました。

石田拓己君、小野寺史明君とは欧州太陽光発電調査とその報告書のまとめを共に行ないました。

磯部孝行君とは欧州資源循環調査とその報告書のまとめを共に行ないました。

清家研究室の先輩方からは研究のあり方を学びました。

同期の石田拓己君、小野寺史明君、山田峻三君とは共に励ましあいながら論文を執筆しました。

後輩の伊藤充洋君、磯部孝行君、工藤竹弘君、田中裕子さん、椎田宗樹君には追い込みを手伝ってもらいました。

最後になりましたが、以上の皆様と、貴重なお時間を割いて聞き取り調査に応じてくださった皆様と、社会文化環境学専攻ならびに建築学専攻の皆様にご心より感謝いたします。

2009.1.26. 大きな部屋の窓辺にて 松田 耕