

2007 年度 修 士 論 文

解体工事の実態からみた
建築物の解体性および資源循環性の向上に関する研究
Study on Deconstruction of Buildings
for Progress of Efficiency of Work and Recycling

西村 康一
Nishimura, Koichi

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

修士論文梗概

解体工事の実態からみた建築物の解体性および資源循環性の向上に関する研究

Study on Deconstruction of Buildings for Progress of Efficiency of Work and Recycling

学籍番号 66846
氏 名 西村 康一 (Nishimura, Koichi)
指導教官 清家 剛 准教授

1. はじめに

1.1 背景と目的

環境問題の高まりや更新時期の建築物増加等を背景に、建築物の解体に関する基礎データの把握、指針類等の公的な技術資料や法整備等が、研究・実務の両面でなされつつある。本研究もその一端と位置づけ、より高度な解体技術や再資源化に取り組んでいるものについて、まず基礎資料となり得るデータを把握し、定量的な分析を行う。さらに、職人の個人的なノウハウで行われてきた部分が大きい解体工事において、解体性（解体効率や作業性）および資源循環性の向上に向けて取り組むべき課題や要点を明らかにすることが目的である。

1.2 調査の方法と事例選定

本研究における調査は、表1に示す5事例における解体工事の実例調査とヒアリング調査を中心に行う。実例調査は、現場調査による工事プロセスや作業量等の把握、マニフェスト伝票等の書類調査、施工者等への聞き取り調査を基本としている。ヒアリング調査は、生産者への自製品の解体性や資源循環性について、解体や再資源化に関わる事業者への業務とその要点などについて行っている。

事例は、解体技術（構造・構法や規模に関係する部分が多い）あるいは再資源化レベル等において、既往研究等の少ない先進的な事例を中心に選定している。

表1 調査事例とその概要

低層	ハウスメーカー住宅の解体<HM>		
	対象	<p>実例：大手メーカー木造軸組戸建住宅の解体×1<HM></p> <p>【工期】2007.12.03～2007.12.21（現地調査期間：全日）</p> <p>【建物概要】2階建、延床面積251.23m²（展示住宅）</p> <p>ヒアリング：軽鉄軸組系メーカー×1社</p> <p>解体業者×1社</p>	
	目的	<p>◇各メーカーが独自の構法・材料を用いていることによる解体や再資源化への影響を把握。</p> <p>◇背景：解体・建替時期を迎えるであろうハウスメーカー住宅の増加。</p>	
低層	アルミ構造住宅のリユースを目的にした解体<AL>		
	対象	<p>実例：アルミ構造住宅のリユースを目的にした解体×1<AL></p> <p>【工期】2006.08.28～2006.10.26（現地調査期間：全日）</p> <p>【建物概要】2階建、延床面積147.60m²（実験住宅）</p> <p>※構造他主要部材にアルミ多用</p> <p>設計段階から解体性、資源循環性検討</p>	
	目的	<p>◇リユースを目的にした解体のプロセスや作業量、および解体部材の状況の把握。</p> <p>◇リユースを可能にする設計・構法や解体方法の要点の整理。</p>	
低層	伝統木造住宅の移築を目的にした解体<TW>		
	対象	<p>実例：伝統木造戸建住宅の移築を目的にした解体×1<TW></p> <p>【工期】2007.07.23～2007.09.05（現地調査期間：全日）</p> <p>【建物概要】2階建、延床面積約277.30m²</p> <p>ヒアリング：解体業者（移築実績多い）×1社</p> <p>古材流通等支援団体×1</p>	
	目的	<p>◇再築を目的にした解体のプロセスや作業量の把握。</p> <p>◇解体から再築（再使用）までの要点等の整理。</p>	
中低層	ALCパネルを用いた鉄骨造建築物の解体<SALC>		
	対象	<p>ヒアリング：ALCメーカー×1社</p>	
中低層	目的	<p>◇模索段階のリサイクル技術への取組・現状の把握。</p> <p>◇背景：中層建築物において、RC造等に比べ、解体に関する実態把握が遅れている。</p>	
高層・超高層	超高層鋼構造建築物の解体<SS>		
	対象	<p>実例：超高層鋼構造建築の解体×1<SSJ></p> <p>【工期】2007.04.16～2007.12.31（現地調査期間：2007.09.10～26）</p> <p>【建物概要】地上18階、延床面積（解体対象）42337.35 m²</p> <p>ヒアリング（＋資料）：類似の実例解体工事×2<SSI><SSH></p> <p>【建物概要】<SSI>地上19階、延床面積26165m²</p> <p><SSH>地上19階、延床面積28207.2m²</p>	
	目的	<p>◇高度な解体計画や解体技術が必要とされるが、ほとんど実績やノウハウがないため、技術的な整理。</p> <p>◇一度に多大な解体材が発生することによる環境への負荷を軽減するための要点等を整理。</p>	

2. 実例調査の定量的分析

実例調査の定量的分析の概要を以下に示す。低層（戸建住宅）3事例は、人工数や解体材発生量について、戸建住宅で最も一般的な木造軸組戸建住宅解体の既往の調査結果（比較事例：木造S・C・HS）^{1),2)}と比較分析している（図1は人工数割合）。

※木造Sは躯体を含めて手作業解体、木造C・HSは躯体の状態までを手作業で躯体からは機械併用解体(通常)である。

2.1 ハウスメーカー木造軸組住宅<HMW>

□ 解体性について

作業内容分析では、「その他」の割合が多い。石綿含有の可能性のある外装材のための徹底した外周養生、近隣へ配慮したこまめな清掃等に起因する。これら周辺環境保全への要求は、今後さらに高まると考えられる。また、「分離・分別」(+「運搬・積載」)の割合は、木造C・HSに比べ、少ない。これは、内外壁の湿式(木造C・HS:漆喰、モルタル等)と乾式(HMW:石膏ボード、サイディング)の構法の違いが大きい。

部位分析では、「躯体」の割合が多くなっている。比較事例と同じ木造軸組であっても、HMWでは構造金物や耐力壁パネルにより躯体が強固なため、解体しづらいことに起因する。このような躯体を安全に効率よく機械解体していく手順を、作業者がノウハウとして持ち得ていないことも大きい。

□ 資源循環性について

延床面積当たりの総排出重量は、比較事例の1.5倍前後に増えている。質感等の意匠性から重量部材を多用するハウスメーカーの特徴(展示住宅である要因も大きい)といえる。体積単位で最大排出品目の「木

くず」の再資源化レベルには幅があるが、HMWでは耐力壁パネル(無機系材料)の躯体木材への混入が避けられないため、再資源化の質を下げている可能性が高い。接着剤を含む集成材や合板の多用も、マテリアルリサイクルの阻害要因である。

2.2 アルミ構造住宅(リユース解体)<AL>

□ 解体性について

解体工事の本質的な作業(「解体・撤去」「分離・分別」「運搬・積込」)の人工数は、比較事例と大きな差がないことがわかった。ただし、細かな手順が決まってくるので、単純に一度の作業者数を増やすことはできず、工期は延びる傾向にある。

作業内容分析では、「解体・撤去」に対し「分離・分別」が少ないことが特徴である。乾式構法やシステム化された構法の多用とリユースを目的にした丁寧な作業に起因し、部材ごとに取り外しているため、資材混合もなく、リユースを想定しない部材(内装等)のリサイクルの質も高まる。

部位分析では、「躯体」が少ない。柱梁仕口の組立・解体容易性に配慮された設計の成果といえる。ただし、効率よく梁を取り外すには、拘束力の小さい外側の梁から取り外すといった架構特性を理解した手順が必要であることがわかった。「外壁」と「屋根」はともにパネル構法で、解体容易性が期待された部位だが、「外壁」は湿式目地シールにより、解体が難航し、人工数にも表れている。また、パネル化やシステム化されていない「内装」も部材ごとに取り外したため、比較事例等よりも多くの割合を占め、非効率であったことがわかる。

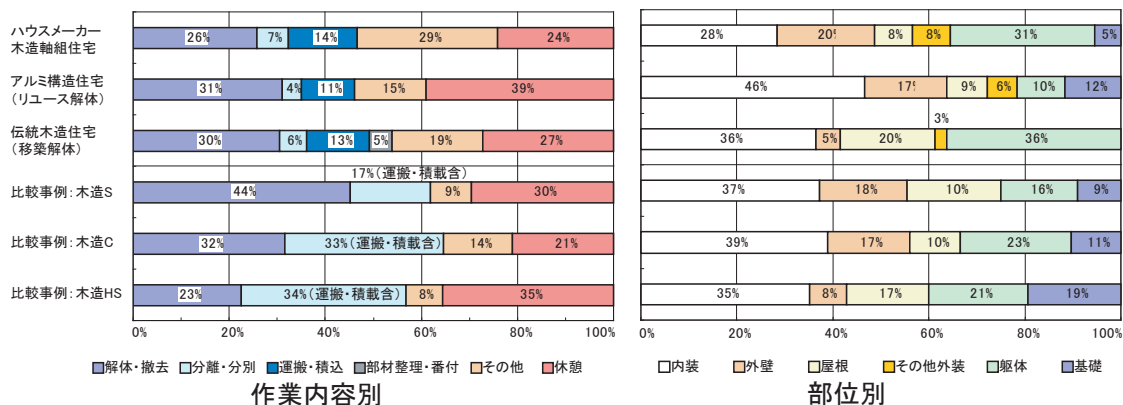


図1 低層(戸建住宅)3実例 HMW・AL・TWの人工数割合(比較比例との比較分析)

□ 資源循環性について

リユースを想定した構造部材は、再組立や構造試験により、使用期間中や解体において重大な欠陥が生じなかったことが確認された。しかし、軽微なへこみや傷といった損傷は見られ、美観的欠陥の改善が今後の課題となる。それらの損傷理由としては、躯体自体の解体よりも外壁や内装の解体に起因するものが多いことがわかった。

2.3 伝統木造住宅（移築解体）〈TW〉

□ 解体性について

作業内容分析では、AL 同様、「解体・撤去」に対し「分離・分別」が少ないが、再築目的の丁寧な解体によるというよりは、そもそも単純な材料構成であることが大きい。TW 特有の作業として、部材保管と再築段階への対応のための「部材整理・番付」といった作業が 5% 程度必要であった。

部位分析では、「躯体」の割合が比較事例等よりも多い。密に挿入され躯体全体を強固にしている貫の取り外しに難航したこと、梁等の大断面材には多くの作業が必要であったことなどが要因と考えられる。

□ 資源循環性について

再使用の可能性について、定量的ではないが、おおよその傾向は把握できた。長押や天井板等の内部木造作材は、使用・解体による欠陥も少なく、再使用しやすい。躯体は、梁等の横架材は大断面のものが多く解体後の部材状況がよいが、柱は差し物による断面欠損が多く、そこから劣化していたり、解体時に破損するものがあつた。

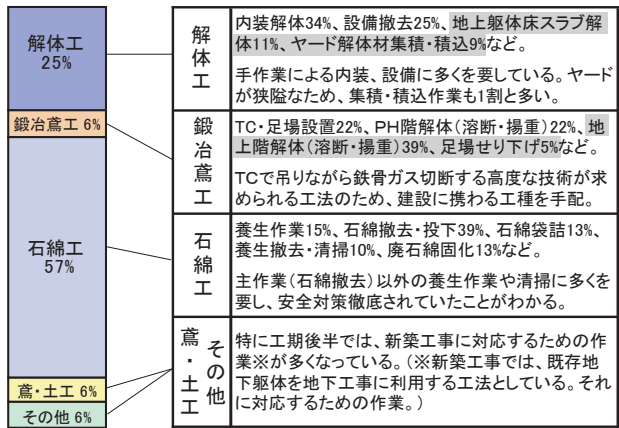


図2 超高層鋼構造物解体〈SSJ〉における工種別作業人数割合

2.5 超高層鋼構造建築物〈SSJ〉

□ 解体性について

全工程における工種別作業人数割合（図2）では、石綿工が6割近くを占めている。養生や解体後の清掃等の安全対策にも多くの手間を必要とし、体力的にも過酷な作業なためである。石綿除去に要する作業量と工期を適切に見積もることが、全体工程計画において重要になってくる。

内装および設備解体は、手作業のため多くの人手を要し、解体工の約6割を占める。内装は、同種部材が大量にあるため、部材ごとに解体することで、作業効率や分別度合いも良いが、天井内設備は複数部材が混在するため、分別作業が必要となってくる。

躯体解体は、鍛冶工による鉄骨躯体のガス切断工法（および解体材揚重）と解体工（解体重機）による床スラブコンクリートの階上解体工法の併用としている。それそれぞれの工種でさらに詳細に分業化することによって、作業効率化が図られている。ただし、複数作業が同時に進行していくため、作業の進行が揃わず手待ち時間が多くなる傾向にあり、作業員間の連携が重要になる。

□ 資源循環性について

解体材（図3）は量・品目種ともに多い。躯体資材（鉄・コンクリート）以外では、廃石綿（10% 弱）と混合廃棄物（3% 強）が多くなっている。それぞれ、適正処理と再資源化のために、廃石綿は現場内特殊処理プラントの設置、混合廃棄物は高度処理装置を備えた中間処理施設へ排出している。

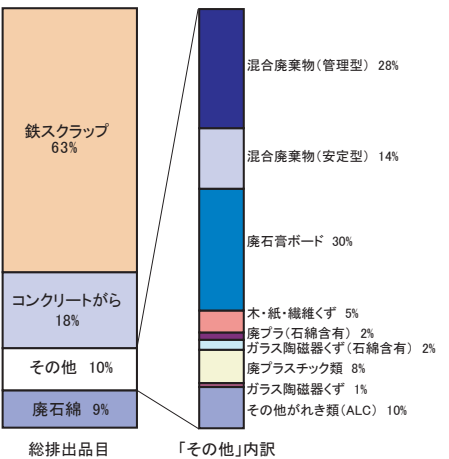


図3 超高層鋼構造物解体〈SSJ〉における解体材排出割合（体積単位）

3. 解体性・資源循環性の向上への考察

□ 小規模建築物の解体について

小規模な解体工事で重要（課題）となってくる事柄には、必要なモノ・ヒト・コトの手配や管理が、小規模であることが障害となっていて効果的に行われにくいことが背景としてある。例えば、排出量が少量なために輸送効率（回数）が分別回収の障害となる。事例 HMW では、解体業者が収集運搬業務も兼任していたため、解体から積込までを材料毎に区切った工程により、資材混合防止が可能であった。また、工種の細分化が極めて多い建築では、より詳細な解体や分別を求めると、解体時の専門工の要否も検討すべき重要項目となってくる。リサイクル技術の現状や受入基準等の静脈側の事情は研究レベルでは整理されつつあるが、実際の現場レベルとの情報のギャップが、高次のリサイクルの阻害要因となっている。動脈側からは、メーカーの一貫した製品管理の今後の有効活用の期待は大きい。

□ 大規模建築物の解体について

各種条件が複雑で影響も大きいため、工法選定や再資源化計画のプロセスも多様化してくる（表 2）。その際、計画・管理レベルでも実作業レベルでも、建設工事のノウハウ・技術が活かされる可能性が大きい。工程速度には、全体としては石綿除去、躯体や内装解体等を詳細にみると解体材の揚重が大きな決定要因となっていることがわかった。解体材揚重には建設時の揚重計画・技術の有効性は大きい、石綿除去工法や安全対策方法の確立は重要課題である。再資源化では、膨大多種の解体材発生ため、

発生予測が重要となる。加えて、膨大な発生量と受入先の処理能力（量に関する能力と再資源化方法に関する能力）のバランスから、同一品目に複数の再資源化ルートの確保や現場処理の個別対応により、再資源化の質・量の向上を可能にしている。

□ リユースと設計段階の配慮について

リユースや移築を目的とした解体では、作業量よりも作業プロセスの方が工期等に影響が大きいことがわかった。また、設計段階からの配慮が不可欠となる。通常言われている乾式構法だけでは不十分で、接合部や部材同士の位置関係、取付け順序等が把握できることが必要とわかった。それらが外観から“見える”ような設計での構法的配慮か、施工履歴を詳細に記録し解体段階に活用する（“分かる”）ことが重要となる。また、解体性は接合部等の微視的な視点のみから捉えがちだが、特に内外装解体による構造部材の損傷防止のためには、空間の仕切り（壁・床）や縦動線（設備や階段）の配置といった空間的・平断面的な視点からの配慮も重要である。

4. おわりにー今後の課題ー

定量的に把握した解体・再資源化方法について、実際の環境影響（負荷）としての有効性の可否（程度）の検証が必要である。

参考文献

- 1) 昇隆章：「木造戸建住宅解体の人工数に関する研究」，環境学専攻社会文化環境学コース 2002 年度修士論文
- 2) 鈴木香菜子：「建設資材廃棄物の再資源化・適正処理に向けた建築物の解体工事に関する研究」，環境学専攻社会文化環境学コース 2003 年度修士論文

表 2 超高層鋼構造物解体における多様な工法とその選定理由

	躯体解体工法		外周養生工法	揚重方法
	鉄骨躯体	床スラブ		
SSJ	鍛冶鷹工による鉄骨躯体の「ガス切断工法」	解体重機による「階上解体工法」	クライミング足場による上部3層分の養生（「せり下げ足場」）	タワークレーン2機による揚重
	【選定理由】タワークレーンの経路等を重視	【選定理由】狭隘なヤードでの破碎・分別作業を軽減	【選定理由】足場組立・解体の手間削減／地上に足場作業用スペース不足	【選定理由】建設時のノウハウを活かした計画・実作業
SSI	鍛冶鷹工による鉄骨躯体の「ガス切断工法」	ロードカッターでブロック状に切断（「ブロック解体工法」）	昇降式養生鉄骨フレーム（3層分）	養生フレームのホイストクレーン、内部スラブ開口からミニクレーン等で揚重
	【選定理由】ヤードでの破碎・分別作業により、作業効率化と騒音・振動等の作業環境改善		【選定理由】近接する高速道路への対策／作業機械（揚重機器等）の一体化	【選定理由】複数の揚重機を用いることで揚重待ちの削減
SSH	鉄骨躯体を一体のまま床スラブをロードカッターでブロック状に切断（「ブロック解体工法」）※鉄骨はガス切断		全面地足場	クローラクレーン2台による揚重
	【選定理由】解体階での作業量を軽減することによる工期短縮		【理由】選定各階での並行作業を可能にし、工期短縮	【選定理由】揚重速度を重視

修士論文本編

< 本編目次 >

1 章 序章

1.1	研究の背景と目的	2
1.2	研究の方法と構成	4
1.3	既往研究	5

2 章 ハウスメーカー住宅の解体 < HM >

2.1	本章の目的	8
2.2	ハウスメーカー住宅の解体に関する概観	9
2.3	実例調査 HMW：解体工事概要	11
2.4	実例調査 HMW：解体性の分析・考察	19
2.5	実例調査 HMW：資源循環性の分析・考察	35
2.6	小結	41

3 章 アルミ構造住宅のリユースを目的とした解体 < AL >

3.1	本章の目的	43
3.2	実例調査 AL：解体工事概要	44
3.3	実例調査 AL：解体性の分析・考察	60
3.4	実例調査 AL：資源循環性の分析・考察	94
3.5	小結	128

4 章 伝統木造住宅の移築を目的とした解体 < TW >

4.1	本章の目的	130
4.2	伝統木造建築物の移築・古材利用に関する概観	131
4.3	実例調査 TW：解体工事概要	132
4.4	実例調査 TW：解体性の分析・考察	143
4.5	実例調査 TW：資源循環性の分析・考察	154
4.6	小結	155

5 章 ALC パネルを用いた鉄骨造建築物の解体 < SALC >

5.1	本章の目的	157
5.2	解体性について	158
5.3	資源循環性について	160
5.4	小結	162

6 章 超高層鋼構造建築物の解体 < SS >

6.1	本章の特徴	164
6.2	実例調査 SSJ：解体工事概要	165
6.3	実例調査 SSJ：解体性の分析・考察	173
6.4	実例調査 SSJ：資源循環性の分析・考察	192
6.5	実例調査 SSI：調査結果	199
6.6	実例調査 SSH：調査結果	204
6.7	小結	209

7 章 終章

7.1	総括	211
7.2	今後の課題	212

1 章 序章

- 1.1 研究の背景と目的
- 1.2 研究の方法と構成
- 1.3 既往研究

1.1 研究の背景と目的

建築物の解体に関する基礎データの把握や技術的な整理、および指針類等の公的な技術資料や法整備等といった取り組みが、研究・実務の両面で徐々になされつつある。その背景として、社会あるいは建築分野全体をみると、以下のようなことが言える。

- ・ 環境問題の高まり

特に建築物の解体に大きく関わるものとしては、解体発生材の資源循環と廃棄物量削減。また、一般的な生産消費活動と同様に、活動（解体）によるCO₂発生量の削減。

- ・ 更新時期を迎えるであろう建築物ストックの増加

高度成長期に大量に供給された建築物が、“寿命”といわれるような時期を迎えている。改修や用途転用といった積極的なストック活用が望まれるし、今後拡大していく可能性は大きい、「解体」に至ることになる建築物が多いことは想像に難くない。

また、そもそも建築物の「解体」に関する先述したような取り組みが求められる背景（建築物の「解体」に内在する課題）には以下のようなことが挙げられる。

- ・ 解体発生材の量と質の問題

産業廃棄物の約2割を占める建設業のなかで、建築の解体に由来する廃棄物は2割を占める（建設業を土木と建築にわけると、土木：建築＝2：1。建築の中では、新築・改修：解体＝4：6）。また、分別解体の難しく、建築解体由来の廃棄物の質が低いことは広く言われている（中間処理場において、廃石膏ボードや混合廃棄物などが「新築系」と「解体系」に分けて受入価格等が設定されているのは、実社会での現われといえる）。

- ・ 未着手にある解体関連技術が多い

解体工事は、あくまで新築工事に先行して行う付随工事である場合がほとんどであり直接的な生産活動ではない、分別等を気にせず単に壊すだけであつたらそれほど高度な技術や知識を必要としない、あるいはそもそも規模や建築のタイプによっては、これまでは解体対象となることが稀で技術の必要性がなかったし、ゆえに経験・ノウハウがない、などを理由に解体関連技術には未着手の部分が多い。実際に解体していく技術だけでなく、工期やコストの見積もり、発生量予測といった計画・管理側のソフト面の技術も同様である。

研究・実務両面でのこれまでの取り組みには、以上のような基本的な認識が共通して読み取れる。本研究も共通認識のもと、これまでの取り組みの延長にあり、一端を担うものと位置付けている。

また、既往の研究・実務的取り組みにおいては、“マス”を捉えることの重要性和現状（実状）を把握するものの重要性から、絶対数の多い一般的な木造軸組戸建住宅や集合住宅などの中層RC造を対象としているものがほとんどである。

以上のような背景から、本研究では以下のような目的を掲げる。

既往の研究等がない（少ない）高度な解体技術や再資源化に取り組んでいる先進的事例を中心に、基礎資料となり得るデータを把握し、定量的に分析することで、それらの有効性等を検証すること

設計段階から解体・再資源化段階までの包括的な視点で、解体性（解体作業性や効率性）や資源循環性の向上に向けて取り組むべき課題や要点を明らかにすること

建築産業特有の「職人や現場管理技術者個々人の私的な技術や知識・ノウハウ」によって行われてきたという傾向が解体工事ではより強い。本研究でそれらの一端が明らかになり、今後の解体技術や解体廃棄物の再資源化の向上の一助となり得ることが、最終的な目的である。

1.2 研究の方法と構成

本研究における調査は、解体工事の実例調査を中心に行い、ヒアリング調査等にて補うかたちとしている。

実例調査は、現地調査における詳細な工事プロセスの把握や作業量（人工数）等の把握、マニフェスト票や作業日報や施工計画書等の書類調査、施工者（実際の作業者と現場管理技術者）や中間処理業者への聞き取り（ヒアリング）調査を基本としている。（事例ごとに調査可能範囲が異なる）

ヒアリング調査は、生産者（建築物自体の生産者と建材の生産者）に対しての自製品の解体性や資源循環性の現状や取り組み（今後の予定・希望も含めた）について、解体業者や再資源化の関わる事業者に対しての業務の要点や現状について、といったことについて行っている。

事例（調査実例およびヒアリング対象）の選定は、解体技術（構造・構法や規模に関係する部分が多い）や再資源化レベル等において、既往研究等にはない先進的なものを中心に選定している。（各調査事例の概要を図表1.2-1に示す。尚、詳細については各事例ごとの章にて述べる。）

本研究の構成は、各事例ごとに章立てをし（2～6章）まず解体性や資源循環性の定量的な分析や考察を行い、各章の最後に事例ごとの小結を示す。そして、最後（7章）に、全体としての総括（本調査研究の成果と考察）および今後の課題を示す。

尚、低層（戸建住宅）の実例調査（HMW、AL、TW）における定量的分析のために、次節の既往研究1～3）における木造戸建住宅の人工数や解体発生材の調査結果を比較事例（木造S・C・HS）として引用している。

図表 1.2 - 1 調査事例とその概要

低層	ハウスメーカー住宅の解体<HM>（2章）			
	対象	実例：大手メーカー木造軸組戸建住宅の解体×1<HMW> 【工期】2007.12.03～2007.12.21（現地調査期間：全日） 【建物概要】2階建、延床面積251.23m ² （展示住宅） ヒアリング：軽鉄軸組系メーカー×1社 解体業者×1社	目的 各メーカーが独自の構法・材料を用いていることによる解体や再資源化への影響を把握。 背景：解体・建替時期を迎えるであろうハウスメーカー住宅の増加。	
	アルミ構造住宅のリユースを目的にした解体<AL>（3章）			
	対象	実例：アルミ構造住宅のリユースを目的にした解体×1<AL> 【工期】2006.08.28～2006.10.26（現地調査期間：全日） 【建物概要】2階建、延床面積147.60m ² （実験住宅） 構造他主要部材にアルミ多用 設計段階から解体性、資源循環性検討	目的 リユースを目的にした解体のプロセスや作業量、および解体部材の状況の把握。 リユースを可能にする設計や解体方法の要点の整理。	
中低層	伝統木造住宅の移築を目的にした解体<TW>（4章）			
	対象	実例：伝統木造戸建住宅の移築を目的にした解体×1<TW> 【工期】2007.07.23～2007.09.05（現地調査期間：全日） 【建物概要】2階建、延床面積約277.30m ² ヒアリング：解体業者（移築実績多い）×1社 古材流通等支援団体×1	目的 再築を目的にした解体のプロセスや作業量の把握。 解体から再築（再使用）までの要点等の整理。	
	ALCパネルを用いた鉄骨造建築物の解体<SALC>（5章）			
対象	ヒアリング：ALCメーカー×1社	目的 模索段階のリサイクル技術への取組・現状の把握。 背景：中層建築物において、RC造等に比べ、解体に関する実態把握が遅れている。		
高層・超高層	超高層鋼構造建築物の解体<SS>（6章）			
	対象	実例：超高層鋼構造建築物の解体×1<SSJ> 【工期】2007.04.16～2007.12.31 （現地調査期間：2007.09.10～26） 【建物概要】地上18階、延床面積（解体対象）42337.35 m ² ヒアリング（+資料）：類似の実例解体工事×2<SSI>×2<SSH> 【建物概要】<SSI>地上19階、延床面積26165m ² <SSH>地上19階、延床面積28207.2m ²	目的 高度な解体計画や解体技術が必要とされるが、ほとんど実績やノウハウがないため、技術的な整理。 一度に多大な解体材が発生することによる環境への負荷を軽減するための要点等を整理。	

1.3 既往研究

既往研究では、背景にて述べたとおり、木造軸組戸建住宅の解体に関する調査研究が多く、次いで中層の RC 造がある。代表的なものに 1～3) が挙げられる。

1) 「木造戸建住宅解体の人工数に関する研究」(昇隆章, 東京大学大学院 環境学専攻 社会文化環境学コース 2002 年度修士論文)

2) 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験」(日本建築学会大会学術講演集 2007)

東京大学清家研究室・独立行政法人建築研究所を中心とする 11 の業界団体の共同研究であり、木造軸組戸建住宅 3 棟の解体調査等から、人工数や解体発生材の量や特徴を明らかにしている。

3) 「建設資材廃棄物の再資源化・適正処理に向けた建築物の解体工事に関する研究」(鈴木香菜子, 東京大学大学院 環境学専攻 社会文化環境学コース 2003 年度修士論文)

共同研究である 1)、2) と同様の木造軸組戸建住宅に加えて、中層の RC 造等の解体調査も行っている。さらに、解体・再資源化に関わる各種関係主体へのヒアリング等により、「解体工事」というものの実態像や課題等を総合的に明らかにしている。

上記以外にも、公的に公開されている研究成果(研究の総数自体が決して多くないが) のほとんどが木造戸建住宅の解体に関するもので、一部に RC 造の解体に関するものがある。(尚、RC 造については、解体工事自体よりも解体されたコンクリートの再資源化段階に主眼があるものの方が多い。)

また、指針類等の公的な資料としても、「木造建築物等の解体工事施工指針(案)・同解説」「鉄筋コンクリート造建築物等の解体工事施工指針(案)・同解説」(ともに日本建築学会編)、木造戸建住宅や RC 造集合住宅の解体工事に関する「住宅建設リサイクルマニュアル《解体工事編》」(東京都住宅局) など、木造および RC 造に限られる。

木造軸組戸建住宅、(中層) RC 造建築物以外の解体に関する研究については、数少ないものとして以下のようなものが挙げられる。尚、4～7) のうち、解体工事の作業量あるいは解体材廃棄物量等について定量的な把握がされているのは、4、7) のみである。

4) 「解体工事実態からみたプレハブ住宅の資源循環性に関する研究」(岡村卓麻, 首都大学東京大学院 工学研究科 建築学専攻 角田誠研究室 2006 年度修士論文)

5) 「鉄骨造建築物の解体の現状に関する調査 - ヒアリング調査を中心として - 」(出水文二・清家剛・鈴木香菜子, 日本建築学会大会学術講演集 2004)

6) 「大規模鉄骨造・鉄筋コンクリート造建築物解体工事に関する研究」(坂本優, 東京大学工学部建築学科 2004 年度卒業論文)

7) 「高層建築の解体工事における廃棄物量に関する調査研究」(依田準高・吉田倬郎, 日本建築学会大会学術講演集 2001)¹

¹ 7) で調査対象としている事例は、本研究における <SSI> であり、本研究では、<SSJ> の詳細調査や <SSH> の調査により知見を広めた上で、再度調査するという位置づけである。

比較事例（既往文献１）～３）より引用）について

低層（戸建住宅）事例 HMW、AL、TW の比較分析のために既往研究１）～３）より引用する比較事例（木造 S、C、HS）の概要を図表 1.3 - 1 に示す。

比較分析においては、構造形式や構法、材料、規模、築年数、敷地条件といった建物自体の違いや解体の程度（リサイクルまでを目指すのか／リユースを目指すのか）の違いだけでなく、作業者の習慣や熟練度、季候・天候、調査（実験）としての目的、といった様々な条件が異なるため、必ずしも単純な比較が有効でない場合があることに注意する必要がある。尚、比較事例について特筆すべき点としては、木造 S と C では調査（実験）の都合上特殊な解体方法となっていること、3 事例とも解体実施時期（2002 年）は石綿の飛散防止対策の規制強化以前であったこと、などが影響すると考えられる。

図表 1.3 - 1 比較事例（木造 S、C、HS）の概要

		在来木造S	在来木造C	在来木造HS
規模	敷地面積	138.26	235.6	150.6
	建築面積	65.00	対象部分：45.7（全体：126.7）	61.6
	述べ床面積	128.48	対象部分：88.1（全体：241.8）	92.1
	階数	2階	2階	2階
	建築年	1980年	1976年	1967年
	増改築	1990年	1980、1990、1998年	有り（年不明）
		2002年	2002年	2002年
解体方法		内装および躯体を手作業解体、基礎を機械作業解体。また、建物を2つの部分に分け、一方に通常程度の分別解体、他方に詳細な分別解体を行った。	内装を通常程度の手作業解体、躯体および基礎を機械作業解体。建物を2つの部分に分け、一方に解体調査、他方には構造劣化調査を行った。よって、対象部分は構造調査を行った部分のみとする。	内装を通常程度の手作業解体、躯体および基礎を機械作業解体。
仕様	内壁	化粧石膏ボード／クロス＋石膏ボード など	クロス＋化粧繊維版・合板 など	繊維壁・漆喰壁・土塗壁＋ラスボード など
	天井	プリント合板／化粧石膏ボード／クロス＋石膏ボード など	プリント合板／クロス＋化粧繊維版・合板 など	合板／土塗壁＋ラスボード など
	床	カーペット／フローリング／畳／塩ビシート など	フローリング／CFシート／畳 など	畳／CFシート＋ラワン合板 など
	建具	アルミサッシ／木製建具 など	アルミサッシ／木製建具 など	アルミサッシ／木製建具 など
	屋根	コロニアル＋アスファルトルーフィング＋合板	セメント瓦＋アスファルトルーフィング	セメント瓦＋アスファルトルーフィング
	外壁	リシン吹付＋モルタル＋ワイヤラス＋防水紙	リシン吹付＋モルタル	たて羽目板張り
	躯体	在来木造軸組	在来木造軸組	在来木造軸組
	基礎	無筋コンクリート	有筋コンクリート	無筋コンクリート

2 章 ハウスメーカー住宅の解体 < HM >

- 2.1 本章の目的
- 2.2 ハウスメーカー住宅の解体に関する概観
- 2.3 実例調査 HMW：解体工事概要
- 2.4 実例調査 HMW：解体性の分析・考察
- 2.5 実例調査 HMW：解体材の分析・考察
- 2.6 小結

2.1 本章の目的

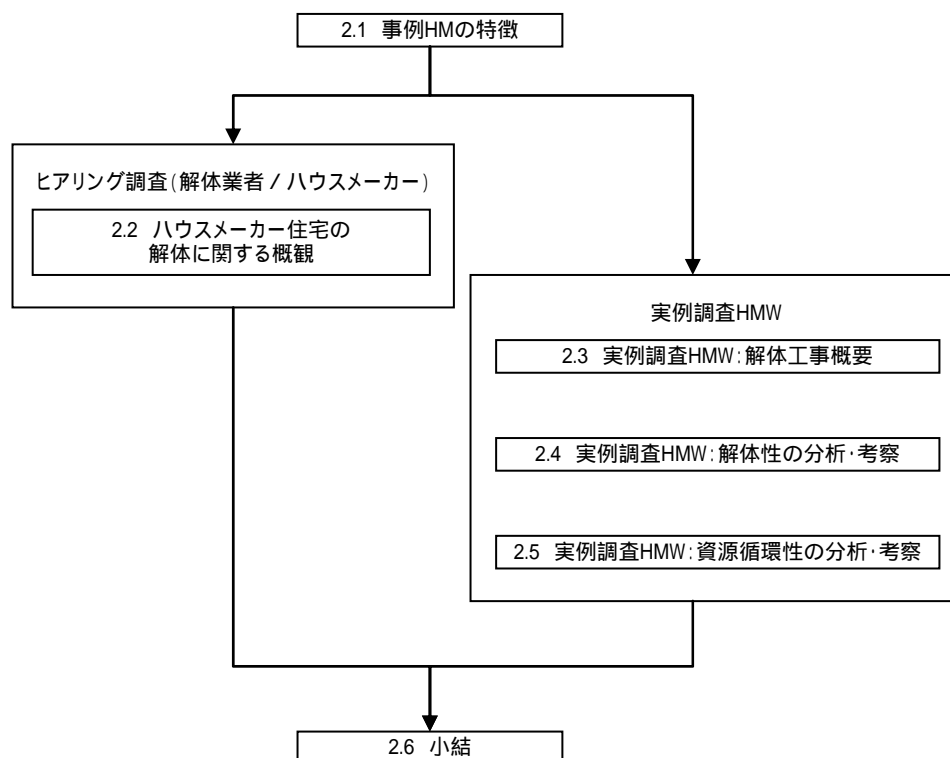
戸建住宅のストック数において、大工・工務店などの地場系生産者による在来木造構法が最多数を占めているものの、全国規模で住宅を生産・供給している“ハウスメーカー¹”による戸建住宅のストック数も相当量が蓄積されてきている。ハウスメーカーによる住宅の供給が1970年代から本格化していることと、日本の住宅平均寿命が30年程度といわれていることから、今後これらの多くが更新時期を向かえ解体の対象となってくるであろう。

一方、住宅メーカーによる住宅の解体には、現時点では築年数の浅く解体に至っていないものが多いため、解体業者にとって経験やノウハウが不足していることや、各メーカーが独自の材料・部品・構法などを用いているため、解体性や再資源化に多種多様な影響を及ぼすこと、などが予想される。

本章の目的は、ハウスメーカー住宅の解体や再資源化に関する特徴を明らし、考察するである。

本章の構成は、図表 2.1 - 1 のような構成となっている。

まず、「2.2 ハウスメーカー住宅の解体に関する概観」において、解体業者（1社）ハウスメーカー（軽量鉄骨軸組系1社）へのヒアリングによって得られた知見を示す。次に、2.3～2.5において、大手ハウスメーカーの実際の木造軸組戸建住宅（展示場のモデルハウス）の解体の実例調査 HMW の調査結果を示す。最後に、ヒアリング調査と実例調査を合わせた本章の小結（2.6）を示す。



図表 2.1 - 1 本章の構成

¹ ここで言う“ハウスメーカー”とは、いわゆる“プレハブメーカー”に限らず、木造・非木造および在来・プレハブのいずれの場合も含む。

2.2 ハウスメーカー住宅の解体に関する概観

ハウスメーカー住宅の解体の現状等についての概観を捉えるために、解体業者1社（K社）および軽量鉄骨軸組系プレハブ住宅メーカー1社（S社）に対して、ヒアリング調査を行い、以下のような知見が得られた。

量的傾向

- ・ プレハブ住宅などのハウスメーカーが生産・供給してきた住宅の解体は、近年増加傾向にある。（K社）

解体性について

- ・ 最初期のプレハブ住宅等は、製品としての成熟度合いも現在ほど高くなく、比較的簡素なつくりであるので、解体もさほど難しくない。しかし、工場生産による品質や現場施工の管理が向上してきたものになると解体は難しくなり、K社では一般的な木造軸組構法の戸建住宅の解体を10日間程度の工期で行っているが、木質系プレハブ（木質パネル構法）住宅で1.5倍程度、2×4構法（枠組壁工法）の住宅で2倍程度の工期がかかっている。事例調査 HMW のようなハウスメーカーの木造軸組住宅は、解体の特徴としては、地元の工務店のような小規模生産者が手がけている木造軸組住宅に近いが、解体の難易度は多少高い。（K社）
- ・ ハウスメーカー各社それぞれが、独自の構法であるので、それぞれのメーカーの住宅について、効率的な解体方法等を把握するのは難しい。（K社/S社）

資源循環性について

- ・ 資源循環性については、プレハブ住宅における複合部材は、解体しづらいとともに、リサイクルにも不向きである。複合パネル等の現場での分別は非常に難しく、中間処理業務も行っている K 社では、現場で分別せず、パネル状のまま中間処理場に持ち込むこともある。（K社）
- ・ ハウスメーカーの住宅に使用されている木質系材料の接着剤含有量の問題となる。接着剤の含有量が多いとマテリアルリサイクルではなくサーマルリサイクルに回る可能性が高い。（K社）
- ・ 石綿を使用している部位や商品名、供給年代等をホームページ上に公開し、解体への有効な情報整備も進めていた。その他の部位も年代ごとの仕様（材料）を社内的には把握・整理しているし、供給してきた住宅については仕様・図面等の情報を邸別管理しているが、解体や再資源化で活かせる段階にはまだ来ていない。（S社）

ハウスメーカーにおける取り組み

- ・ 基本的に受注するのは一般的な木造軸組住宅を解体して S 社の住宅に建替えるという場合がほとんどであるので、まずは木造軸組住宅の解体に関する調査等から始めている。（S社）
- ・ 自社の住宅の解体・再資源化に関する取り組みとしては、“すでにある”ものに対する取り組みと“これからつくる”ものに対する取り組みが考えられるが、現状では前者の取り組みがほとんどで（自社独自の構法の躯体を解体するのに適した解体用重機の開発等）。（S社）
- ・ 解体や再資源化段階において有効（必要）な仕様や材料の情報の共有・オープン化を業界全体へ呼びかけ始めている。（S社）

以上、調査数としては少ないが、ハウスメーカー住宅の解体に関して、量的な点や解体性や資源循環性におけるハウスメーカー特有の問題について把握された。一方、ハウスメーカーの有する情報管理能力がうまく活用されることで、解体や再資源化にの向上に大きく貢献する可能性も高いということがわかった。ハウスメーカーの強みである一貫した現場管理手法（例えば図表 2.1-1 のパネルを全現場に設置することによって分別方法の周知を徹底している）は、新築段階においてのゼロエミッションを達成しており、解体工事において参照できる部分は大きい。



図表 2.1-1 S 社「新築現場分別区分表」

2.3 実例調査 HMW：解体工事概要

2.3.1 調査方法と内容

解体工事期間全工程に対して、調査員1～4名によって以下のような項目を記録した。

- ・ 解体工程
- ・ 作業員毎の作業内容および作業時間
- ・ 解体材の搬出（回数、品目、数量、搬出先など） …… 後日、マニフェスト票により補足

また、適宜、作業員や解体業者監督員あるいは建物管理者（住宅メーカー当現場担当者）に対して、当建物も解体の作業性などについての聞き取りも行った。

2.3.2 調査対象の建物概要

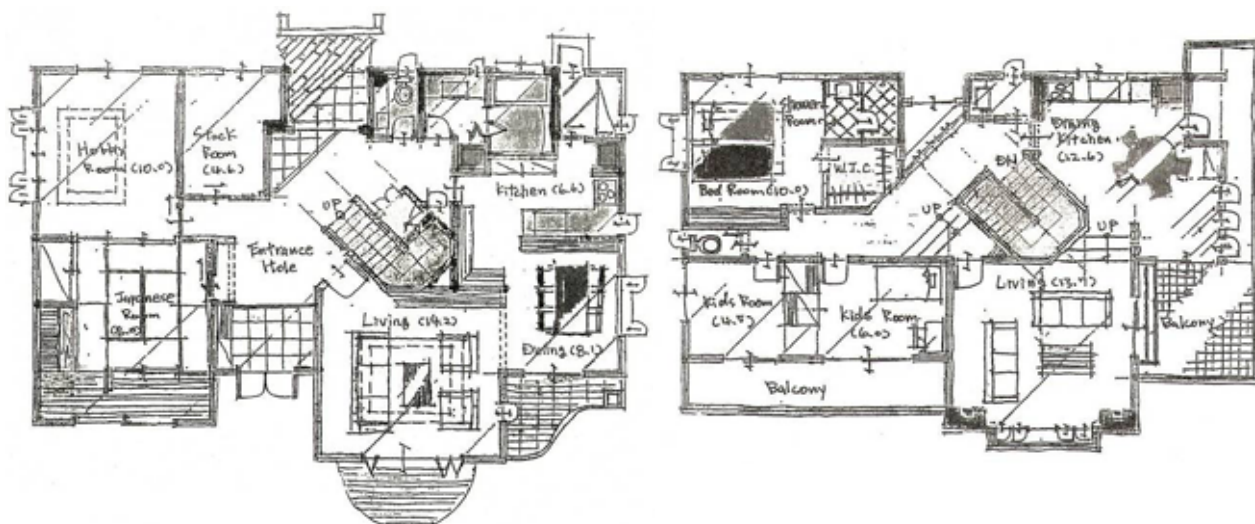
調査対象の建物概要を図表2.2-1、外観および内観写真を図表2.2-2、平面図を図表2.2-3、仕様を図表2.2-4に示す。

図表 2.3 - 1 建物概要

構造		木造在来軸組構法(筋交入り) + 無機系エンジニアリングパネル耐力壁
所在地		茨城県つくば市
用途		住宅(モデルハウス)
竣工年		1990年代後半(築約10年) / 改修歴あり
規模	階数	地上2階
	敷地面積	不明(展示場のため、駐車スペースや接動条件はよい)
	延床面積	251.23m2(1F:140.67m2、2F:110.56m2)



図表 2.3 - 2 外観および内観写真



図表 2.3 - 2 平面図 (左: 1F、右: 2F)

図表 2.3 - 3 仕様

構造				
躯体	木造在来軸組構法（筋交入り、構造用金物使用）＋無機系エンジニアリングパネル耐力壁			
基礎	鉄筋コンクリート布基礎＋土間			
外装				
外壁	吹付け塗装＋窯業系サイディング（横張り、金物取付け）＋縦胴縁＋透湿防水シート			
軒天	スレート板（石綿含有の可能性有）			
屋根	平瓦＋瓦棧＋アスファルトルーフィング＋野地板合板			
内装		天井	壁	床
1 F	140.67m2			
玄関		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	タイル
廊下		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
キッチン	6.6m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
ダイニング	8.1m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
リビング	14.2m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
趣味室	10.0m2	クロス＋石膏ボード	クロス、（腰壁）化粧合板＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
和室	8.0m2	杉目調紙＋石膏ボード	漆喰	畳／地板
納戸	4.6m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
洗面室		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
便所		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
浴室		（ユニットバス）	（ユニットバス）	（ユニットバス）
2 F	110.56m2			
階段		化粧合板	クロス＋合板、（一部）石膏ボード	フローリング
廊下		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
ダイニングキッチン	12.6m2	クロス＋石膏ボード／化粧合板	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
リビング	12.7m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
主寝室	10.0m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	カーベット
子供室（西）	4.5m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	Pタイル
子供室（東）	6.0m2	クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
洗面室		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
便所		クロス＋石膏ボード	クロス＋石膏ボード、（一部）合板	フローリング
シャワー室（主寝室内）		不明	タイル・強化ガラス	タイル
開口部建具	アルミサッシ、（一部）アルミ・樹脂複合サッシ＋ペアガラス			

2.3.3 解体工事における諸条件

解体工事は、個々の物件ごとに様々な条件（解体建物自体以外の条件）が異なり、工事全体に大きく影響することも多い。本解体工事において、特筆すべき条件を先述する。

作業（解体業者）

本解体工事を請負った解体業者は、当該住宅メーカーの契約業者であり、当該メーカーからの解体工事を請負うことが多い（その他のメーカーや工務店からの解体工事もあり）。ただし、通常は既存の住宅から当該メーカーの住宅への建替えに伴う解体工事であり、既存の住宅が当該メーカーの住宅であることは稀であるため、当該メーカーの住宅の解体工事を頻繁に行っているわけではないが、本件のようなモデルハウスの解体工事や実験住宅の解体工事の経験を有している（解体業者（会社）として経験があるだけでなく、本解体工事担当の作業者のなかにも、経験者あり）。

また、大手の住宅メーカーの契約業者であるため、安全対策、周辺環境保全、解体排出材の管理なども徹底されている。

その他に、収集運搬業務も解体業者が行い、作業者が解体作業の途中に適宜収集運搬を行うという方法をとっていること（収集運搬車両も解体業者が保有）などが挙げられる。

敷地

複数のモデルハウスが並ぶ住宅展示場内の一建物であったため、十分な広さの駐車場があり、さらに駐車場に隣接する敷地であったため、収集運搬車両や重機の搬出入は容易であった。

また、モデルハウスということもあり、敷地全体および敷地内の空地部分（庭）も通常の戸建住宅よりも広かったため、積載用のコンテナを置けたことや、重機を二台配置できたこと、などは好条件であった。

一方、住宅展示場が営業中であったため、飛来・落下物の防止などの安全対策、周辺道路の清掃や騒音軽減などの環境保全、などは通常以上に配慮が必要とされた（土曜日は機械作業禁止、日曜日は全作業禁止）。

その他に、天候や季候（季節）も影響の大きい条件となる場合もあるが、本解体工事では、雨天となったのは1日目（事前作業など）と8日目（外壁解体、軒天解体など）の一時的な雨だけであり、季候（季節）も12月であり下記に比べると体力的な負担もそれほど大きくない時期で、特に大きく影響するというわけではなかった。

2.3.4 解体工事プロセス

解体工事プロセスは、以下の ～ のように進行的。

1～2日目：事前作業

外周足場の設置や収集運搬車両搬出入の障害になる外構・植栽を撤去後、鷹工が外周足場を設置。並行して、各種専門工により、電気機器（照明機器等）、家電リサイクル法関連の電気機器、衛生陶器等を撤去。



a) 外観



b) 外周足場設置



c) 衛生陶器撤去

図表 2.3 - 4 <事前作業> の写真

2～5日目：内装解体

内壁および天井のクロス張り石膏ボードを解体後、外周壁および小屋裏等の断熱材（グラスウール）を撤去・積込。その後、解体済みの石膏ボードを積込。



a) 外観



b) 内壁（石膏ボード）解体



c) 断熱材（グラスウール）積込

図表 2.3 - 5 <内装解体> の写真

5～6日目：仮設物設置（養生シート設置）

内装解体材の積込作業が容易になるように設置していなかった養生シートを設置。軒天および破風が石綿含有建材の恐れがあるため、シート間の継ぎ目もテープで養生を徹底。



a) 外観



b) 養生シート設置



c) シート間継ぎ目のテープ養生

図表 2.3 - 6 <仮設物設置（養生シート設置）> の写真

7～10日目：外装解体

外壁、軒天・破風、屋根の順に解体。軒天・破風は石綿含有建材の恐れがあるため、十分な飛散防止対策をして解体。



a) 外観



b) 外壁解体



c) 屋根解体

図表 2.3 - 7 <外装解体> の写真

11～15日目：躯体解体

重機によって躯体を解体。内壁・天井の木下地、床のフローリングおよび合板下地、屋根下地（野地板合板）なども同時に解体。並行して、木くずに混合した廃プラや金属などを手作業により分別。



a) 外観



b) 機械解体



c) 手作業による分別・積込

図表 2.3 - 8 <躯体解体> の写真

15～16日目：基礎・土間解体

重機により基礎を解体。基礎の鉄筋コンクリートを引抜いた後、圧搾機で破碎して鉄筋とコンクリートを分別して積込む場合と、鉄筋コンクリート塊のまま積込む場合があった。並行して、コンクリートがらに混合した廃プラなどを手作業により分別。



a) 外観



b) 機械解体



c) 手作業による分別・積込

図表 2.3 - 9 <基礎・土間解体> の写真

17日目：解体後作業

外周足場の撤去、整地作業、および一部残っていた外構・植栽の撤去。



a) 外観



b) 整地作業（機械・手作業）



c) 完了時外観

図表 2.3 - 10 <解体後作業> の写真

計画工程表（図表2.3-8）および実施工程表（図表2.3-9）を示す。

計画では工期（2007.12.03～2007.12.21）中の二回の土曜日に作業を行わず、作業日数15日の予定であったが、実際には土曜日にも作業を行い、作業日数17日であった。

また、事前作業、内装解体、外装解体は、計画よりも実際には多くの作業日数を要している。計画では、屋根瓦以外の外装は、躯体とともに機械解体としていたが、実際には外壁なども手作業解体されている。

図表2.3-11 計画工程表

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
事前	養生シート等の設置															
	障害物の撤去															
内装	建具・畳の撤去															
	石膏ボードの手壊し															
外装	手作業による瓦降し															
構造等	重機の搬入															
	機械併用の上屋解体															
	木材等の積込・搬出															
	混廃の積込・搬出															
	基礎・土間の解体															
	コンクリート塊の積込・搬出															
解体後	養生シート等の撤去															
	整地・完了															

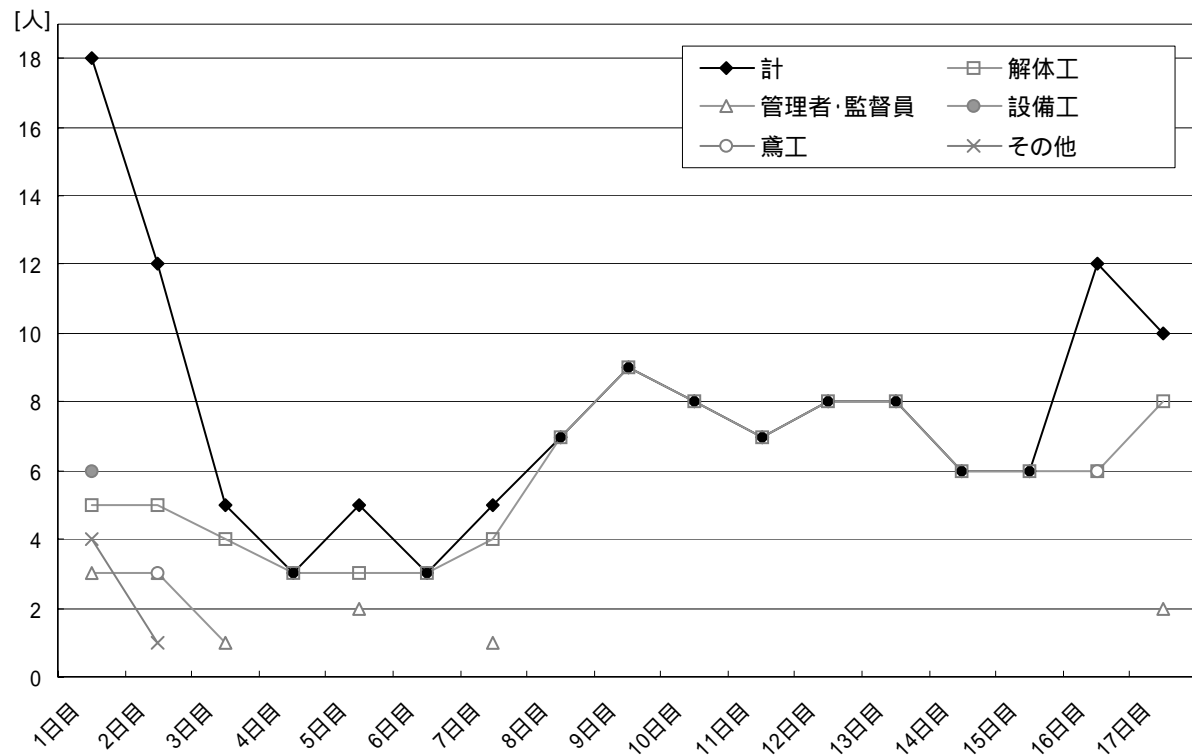
図表2.3-12 実施工程表

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
事前	仮設物の設置																	
	外構・植栽の撤去・積込																	
内装	電気・水道設備の撤去・積込																	
	家具・造作物の解体・積込																	
	内壁・天井（石膏ボード等）の解体・積込																	
	開口部建具の解体・積込																	
外装	外壁の解体・積込																	
	軒天・破風の解体・積込																	
	屋根の解体・積込																	
構造	躯体の解体・積込																	
	基礎・土間の解体・積込																	
解体後	仮設物の撤去																	
	整地																	

工種別の出面人数を図表 2.3 - 10 に示す。

解体工は、前半は 4 人前後、後半は 7 人前後の作業員が配置されている。後半に作業員が増加したのは、工事の進行が計画よりも遅れていたためでもあるが、工事の後半には搬出回数が増加するので、そのための増員でもあったと思われる。

その他の工種については、初日（1 日目）に設備工（電気工、水道工）2 日目および最終前日（16 日目）に鳶工が配置され、事前作業や解体後作業が行われている。また、前半の数日と最終日に、建物管理者（ハウスメーカーの当現場担当者）や解体業者の監督員により、解体方法、作業手順等の確認や引渡し確認が行われている。



図表 2.3 - 13 工種別出面人数

2.4 実例調査 HMW：解体作業性の分析・考察

2.4.1 解体性の分析方法

本事例における解体性の分析は、作業量の基本的指標である「人工数」(単位：[人×分]または[人×分/m²])によって行う。

2.4.2 全工程における人工数の分析

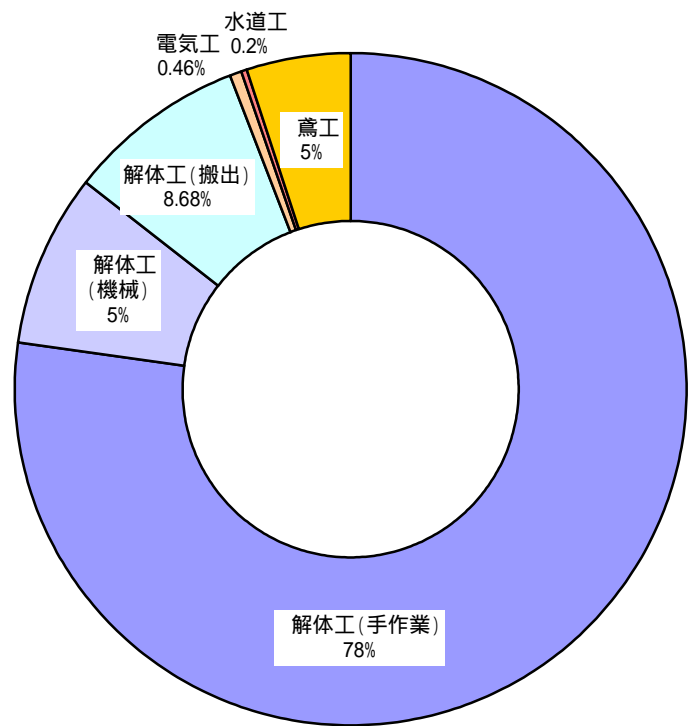
本解体工事に関する総人工数は、41601[人×分]であった。

全工程における人工数を、「工種別」「作業内容別」「部位別」に分類し、分析を行う。

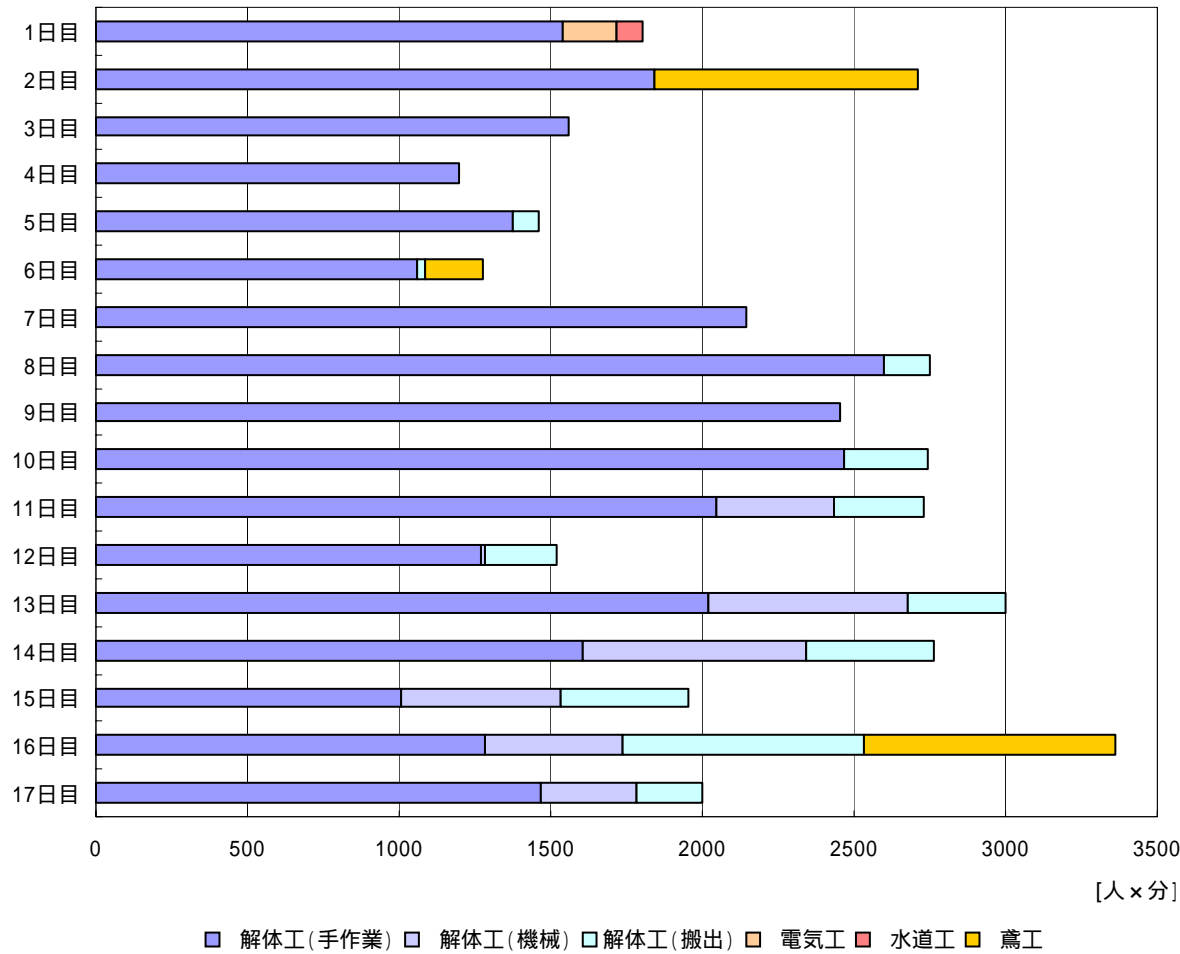
）工種別人工数

工種別人工数割合（図表 2.4 - 1） 各日の工種別人工数（図表 2.4 - 2）を示す。

解体工が約 95%、鷹工が約 5%を占め、設備工は 1%未満である。解体工の機械作業に要した人工数は全体の約 5%で、手作業中心の解体工事であったことが表れている。機械が使用された 11～17 日目においても、手作業に要する人工数のほうが多く、手作業・機械併用解体における手作業の重要性が伺える。



図表 2.4 - 1 職種別人工数割合



図表 2.4 - 2 各日の職種別人工数

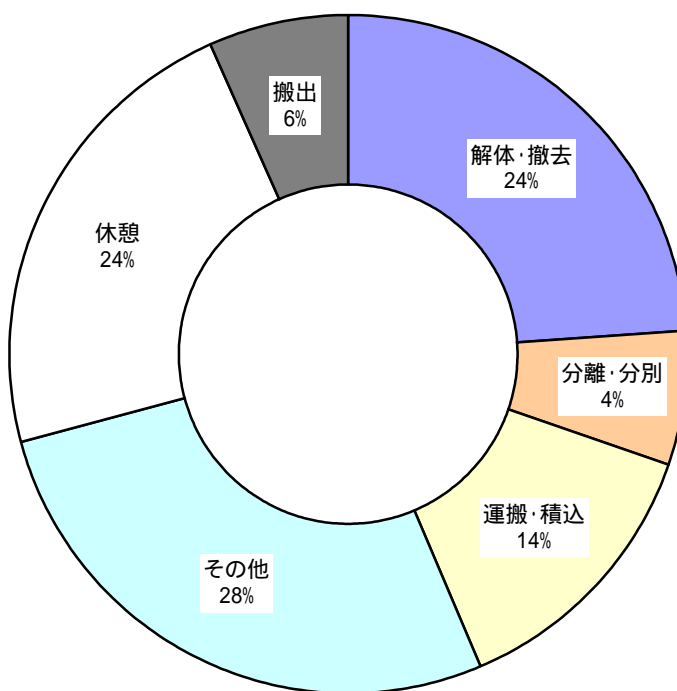
) 作業内容別人工数

作業内容別人工数割合（図表 2.4 - 3）、各日の作業内容別人工数（図表 2.4 - 4）、各日の作業内容別人工数割合（図表 2.4 - 5）を示す。

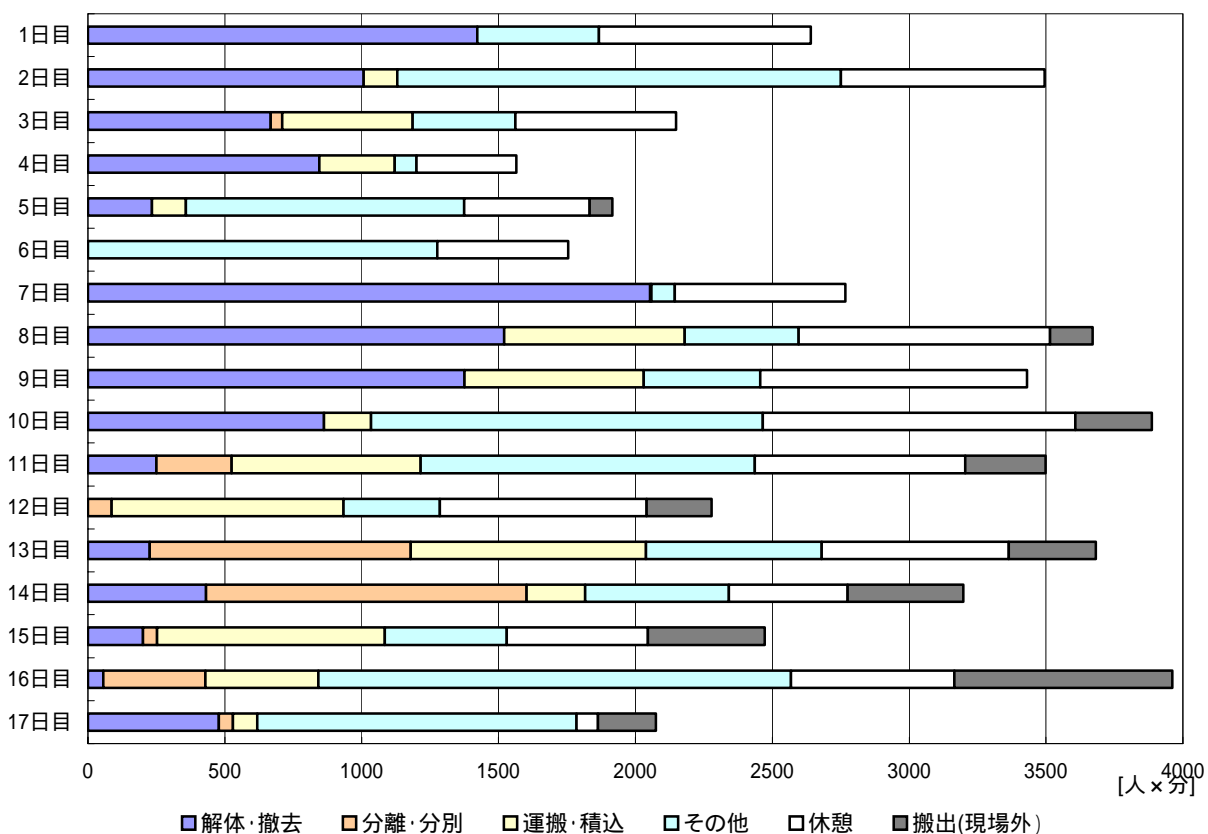
「休憩」の人工数の割合は、総人工数における割合および各日における割合とも 2 ～ 3 割程度で一定しているが、それ以外の作業については各日での変動が大きい。

「解体・撤去」は後半の重機を使用した躯体や基礎解体になると減少し、むしろ「分離・分別」や「運搬・積載」の方が多くなってくる。また、それに伴って「搬出」も多くなってくる。

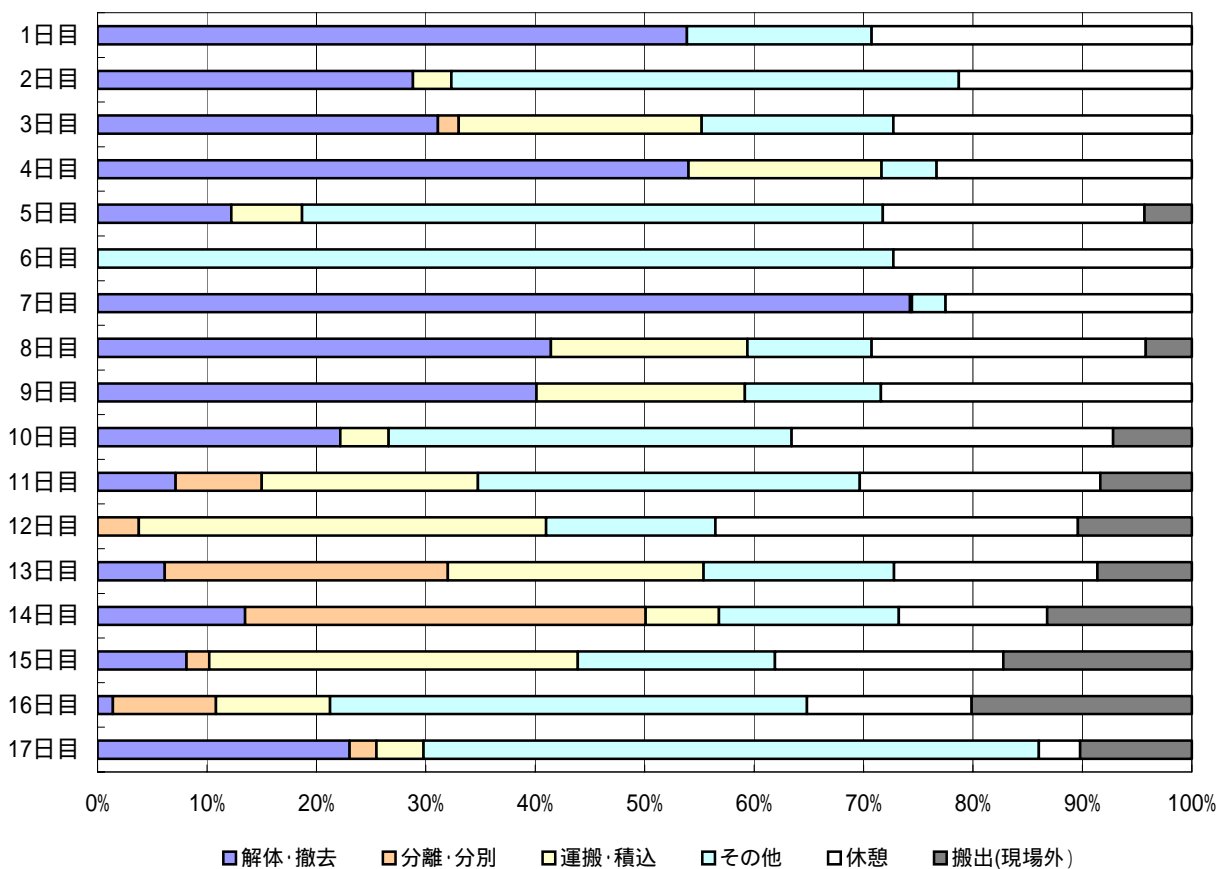
「その他」の人工数は、2 日目（外周足場設置）、5・6 日目（養生シート設置）、10 日目（外周足場の一部撤去）、16 日目（外周足場の撤去）などに多くなっている。



図表 2.4 - 3 作業内容別人工数割合



図表 2.4 - 4 各日の作業内容別人工数

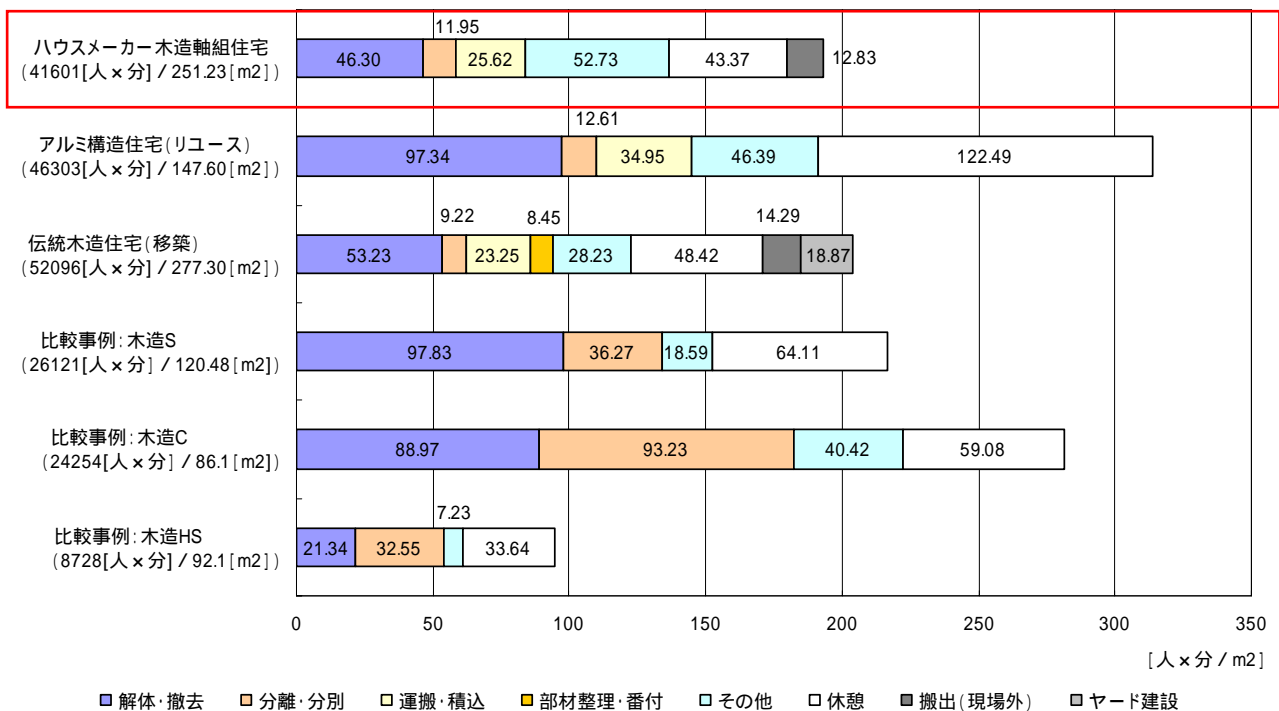


図表 2.4 - 5 各日の作業内容別人工数割合

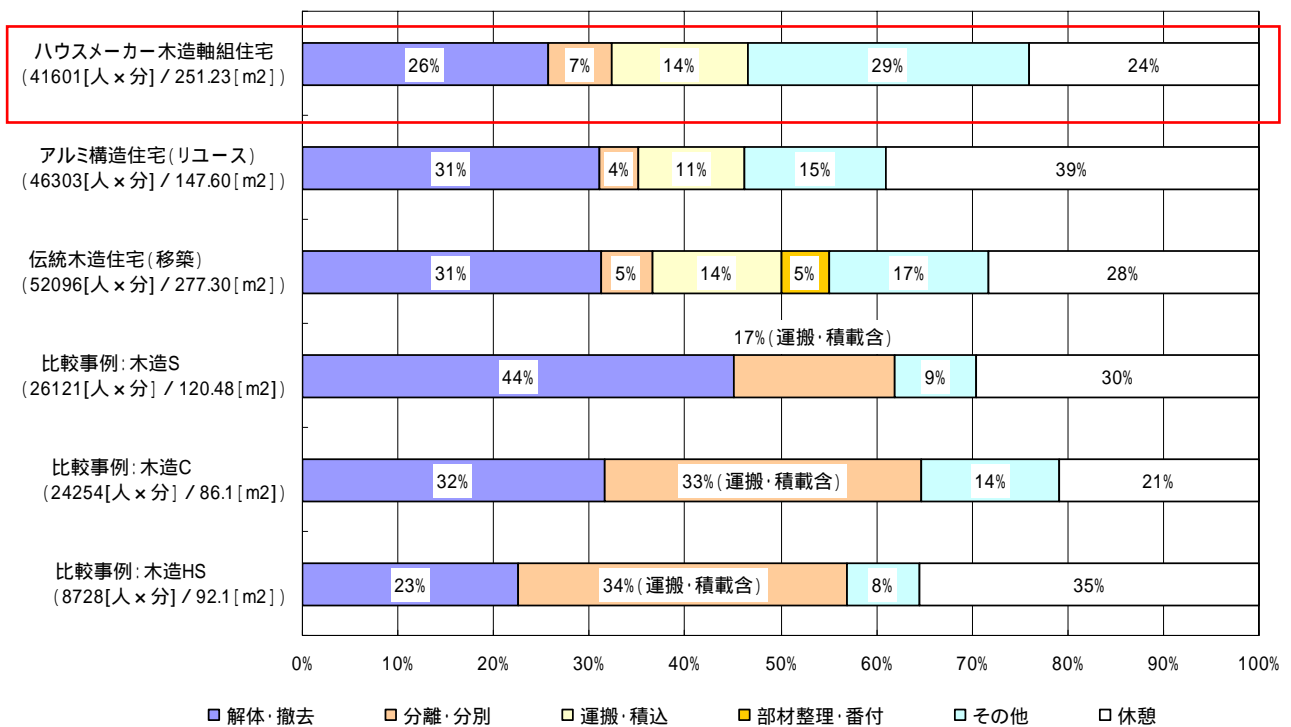
延床面積当たりの作業内容別人工数（単位：[人×分/m²]）およびその割合の比較分析結果を図 2.4 - 6、7 に示す。

本事例の特徴として、「その他」に分類されている作業の割合が大きいことが指摘できる。「その他」の作業には、外周養生等の準備作業、各日の作業後の周辺道路の清掃作業等が分類される。本事例では、軒天および破風に石綿含有の可能性がある建材（スレート）が使用されていたため、入念な外周養生が行われたこと、大手ハウスメーカーからの指導が徹底しているため、こまめな清掃作業が行われていたことなどが、「その他」の割合の増加の要因と考えられる。今後、こうした周辺環境保全への重要性はさらに増してくることが考えられる。また、本事例では、元請のハウスメーカーの廃棄物管理として、解体材の収集運搬（現場からの搬出）前に、必ず積載車両や積荷状況の写真撮影とその提出を義務付けており、それらに要した時間も「その他」に含まれている。ハウスメーカーの強みである一貫した現場管理手法・体制は、適正な解体工事と廃棄物処理に大きく貢献するものと考えられる。

また、「解体・撤去」に対し、「分離・分別」+「運搬・積載」が比較的少ない（通常程度の解体を行った木造 C・HS よりは少なく、詳細な解体を行った木造 S よりが多い）。これは、特に内装において、「解体」と「運搬・積載」といった作業の区切りを材料ごとに明確に区切っていたことにより、解体後の資材の混合が抑えられ、「分離・分別」の必要がなくなったことなどに起因するものと考えられる。こういった作業形態が可能であったのは、建物や敷地が広く解体後の集積スペースに余裕があったことに加え、収集運搬業務も解体業者が兼ねて行っていたため、現場の状況に合わせて、解体材の搬出が可能であったことが大きい。



図表 2.4 - 6 延床面積当たりの作業内容別人工数の割合



図表 2.4 - 7 作業内容別人工数割合の比較分析

）部位別人工数

部位別人工数割合（図表 2.4 - 8）、各部位の人工数（図表 2.4 - 9）を示す。

電気設備・水道設備を含む「内装」（開口部建具含む）が約 25%、「外装」が約 30%強、「躯体」が約 30%弱、「基礎」が約 5%となっている。最大は「躯体」で、次いで「外壁」である。

「躯体」と「基礎」においては、「分離・分別」や「運搬・積載」に要した人工数が多い。

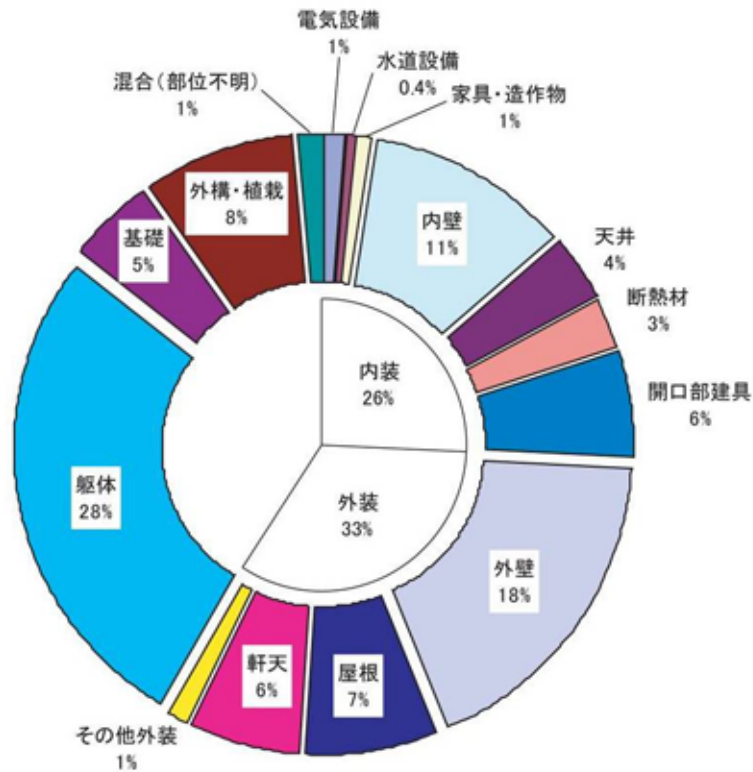
延床面積当たりの部位別人工数およびその割合の比較分析結果を図 2.4 - 10、11 に、内装部位をさらに詳細に分類した延床面積当たりの内装部位別人工数およびその割合の比較分析結果を図 2.4 - 12、13 に示す。

まず、本事例について指摘できるのは、「内装」が少ないという点である。これは、工期の都合上、フローリング床材等の木質系部材は、その他の内装とは一緒に解体せず、躯体と一緒に機械解体したため、「内装」には含まれてこないということが大きい。工期等に余裕のある場合は、塗料等の多い内装木材と躯体木材とは別々に解体し、それぞれに適した再資源化ルートに回すことが求められる。

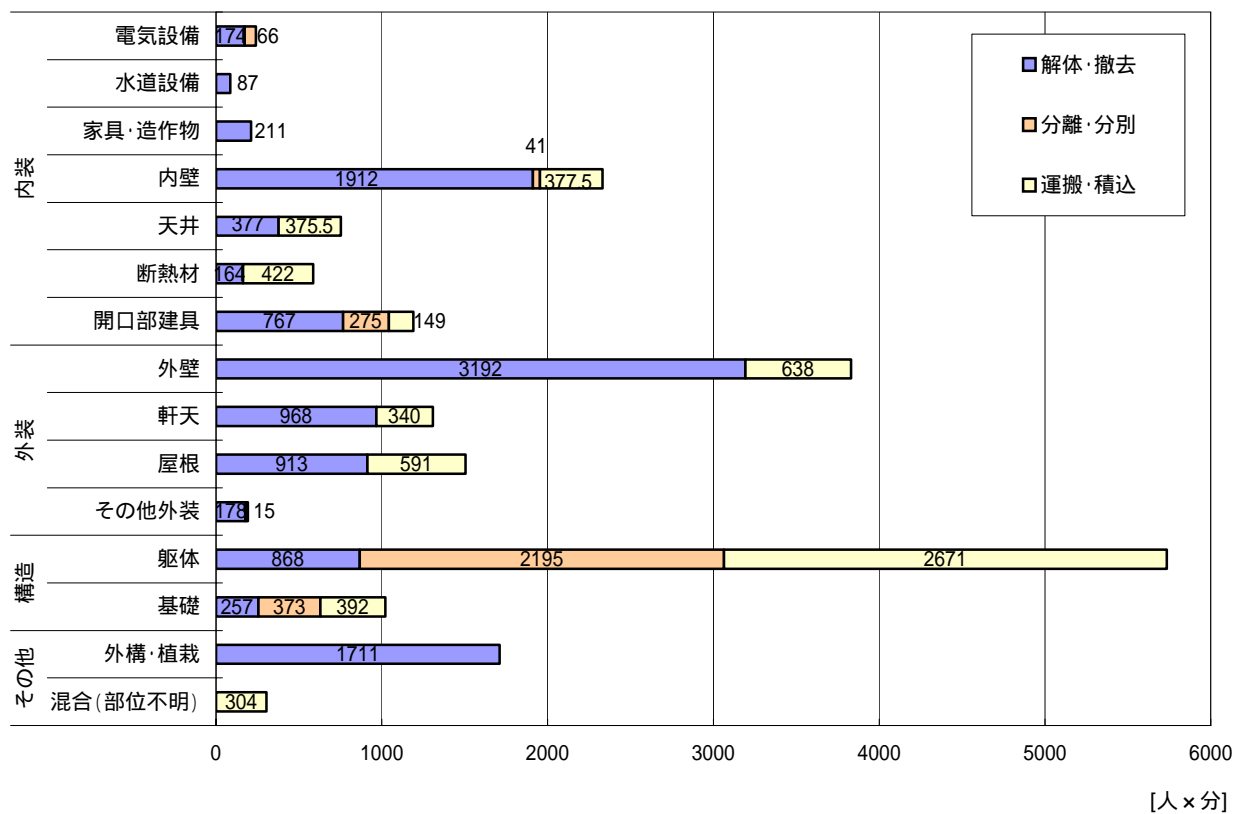
一方、「躯体」は、同じ木造軸組住宅の比較事例では 2 割前後であるのに対し、本事例では 3 割に増加している。これは、構造金物の使用や耐力壁パネルとの併用により、躯体が強固なため解体しづらいことに起因している。従来の在来木造住宅では、解体業者にも多くの解体経験があり、安全性等を確保するために内側に解体していくといった手順のノウハウを得ているが、本事例のような新しいタイプの木造軸住宅の解体経験は少なく、ノウハウもないため、安全性を確保しながらの解体を慎重に行っていた。

また、石綿含有の可能性のある軒天および破風がほとんどである「その他外装」も、使用量のわりに 1 割弱と多くを占める。有害建材に対して、できるだけ形状を留めて解体する、湿潤状態として飛散を防止する、適切な梱包を行う、といった周辺環境保全および作業者の安全性確保のための適切な方法がとられていた結果であるといえる。

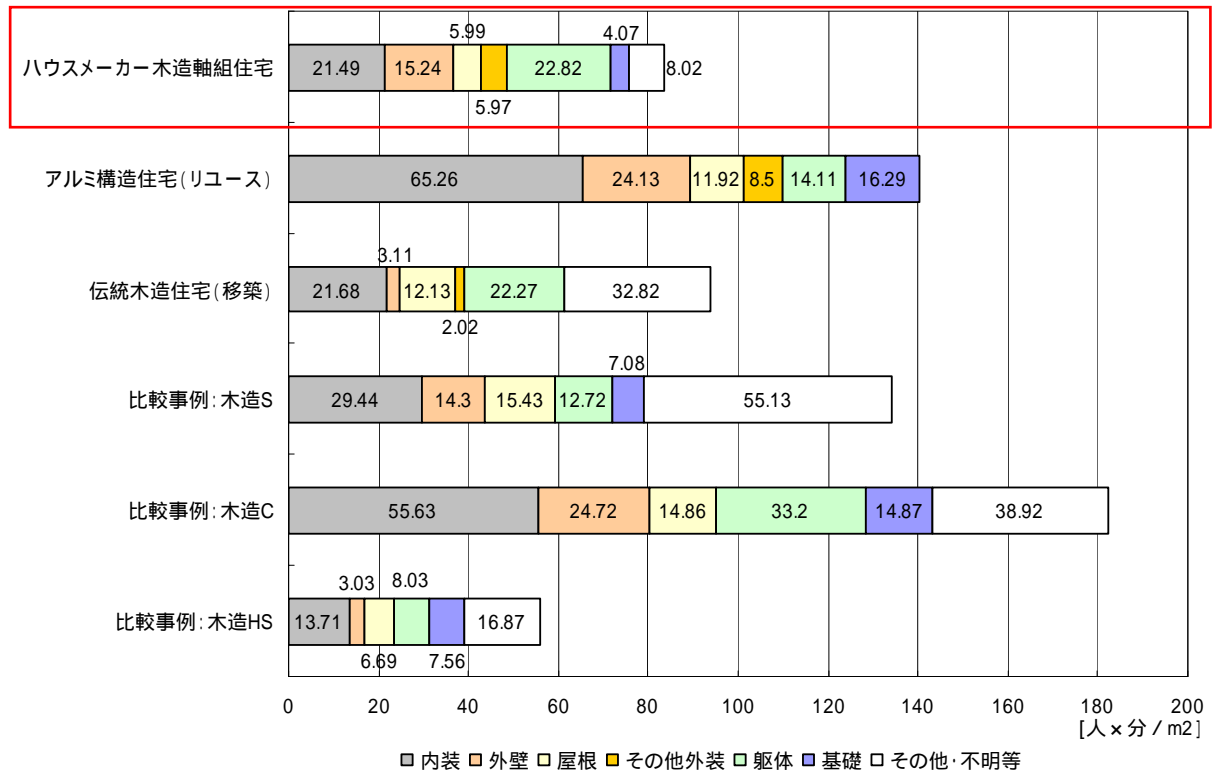
内装部位別にみると、床材が躯体解体と同時のため内装の人工数に含まれていないこともあるが、「内壁」および「天井」の割合が多い。これらはいずれも、石膏ボードであり、石膏ボードの手作業解体には多くの人工が必要であることがわかる。



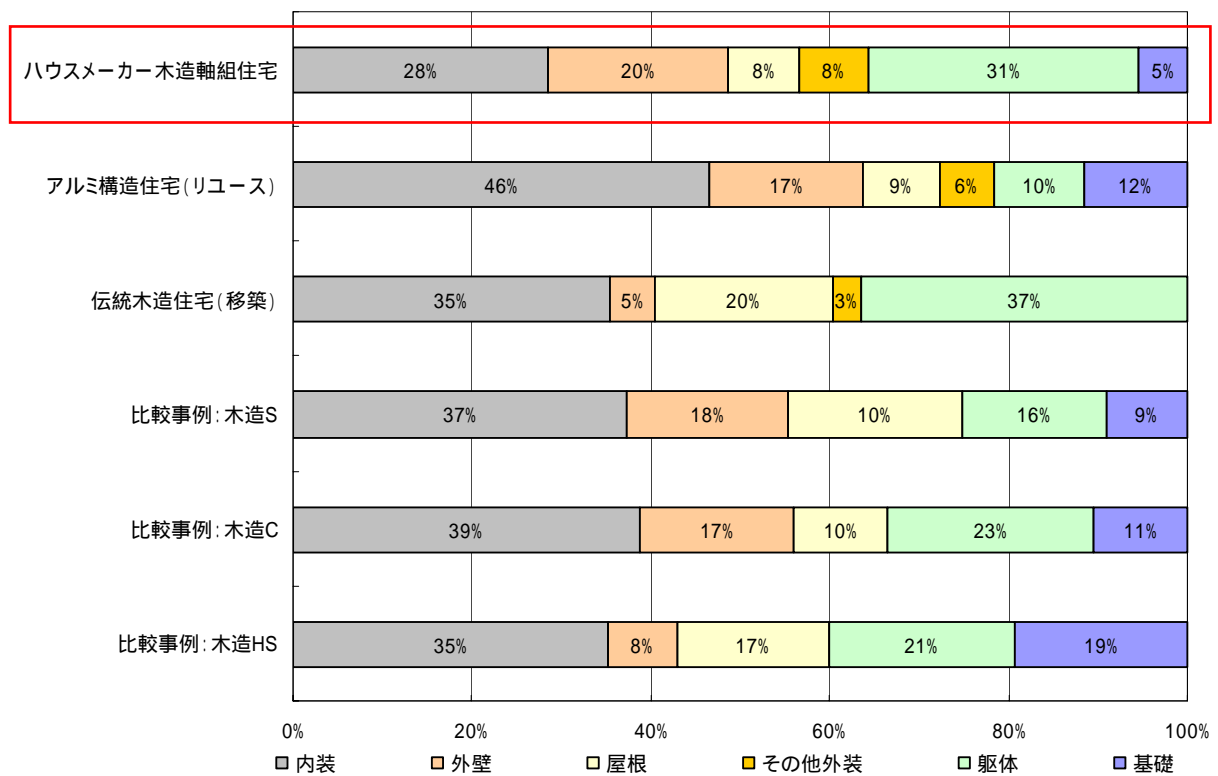
図表 2.4 - 8 部位別人工数割合



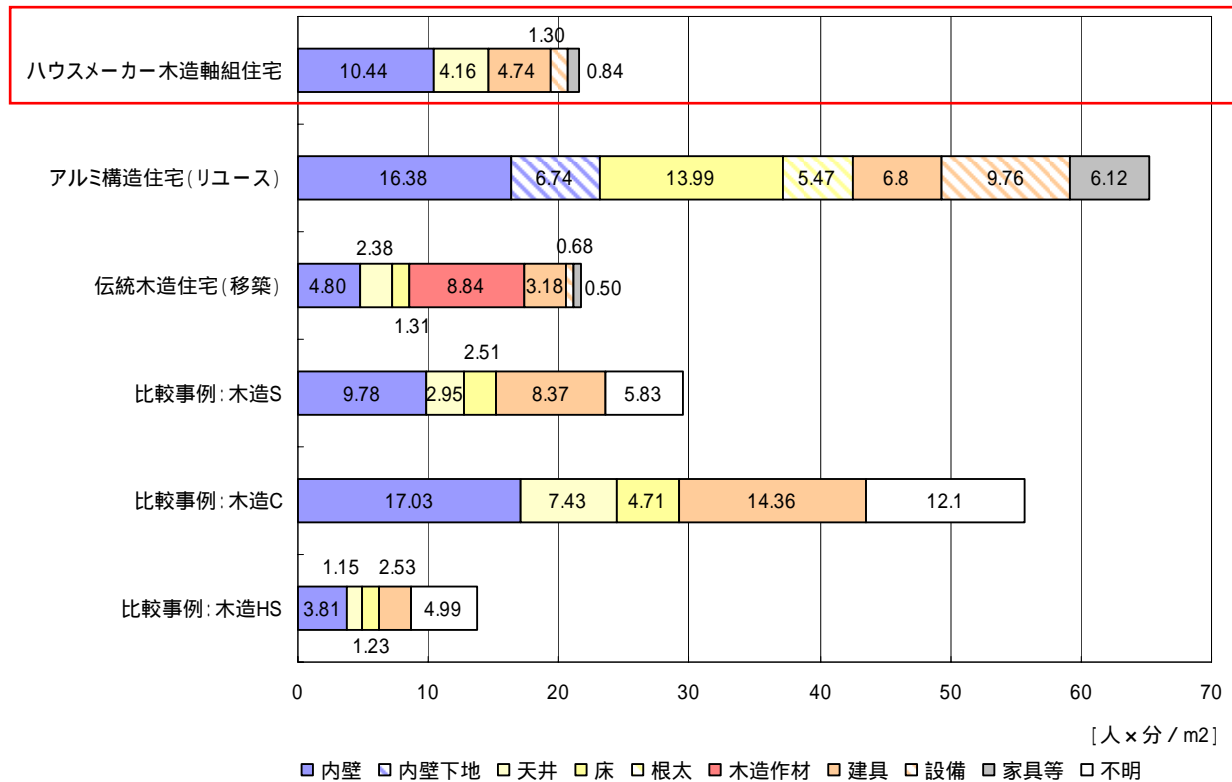
図表 2.4 - 9 各部位の人工数



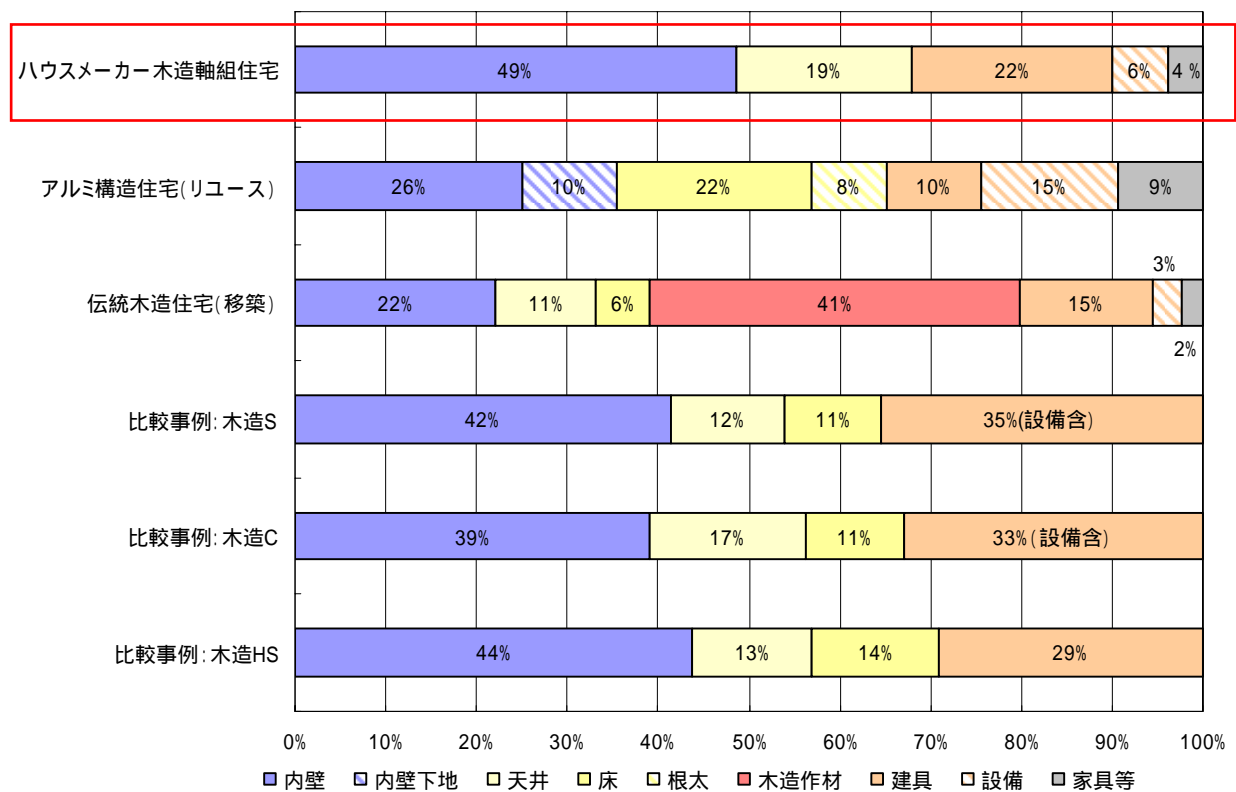
図表 2.4 - 10 延床面積当たりの部位別人工数の比較分析



図表 2.4 - 11 部位別人工数割合の比較分析



図表 2.4 - 12 延床面積当たりの内装部位別人工数の比較分析



図表 2.4 - 13 内装部位別人工数割合の比較分析

2.4.4 各部位の人工数・解体性の分析

）内装：内壁・天井

石膏ボード使用部位である内壁と天井に要した人工数の分析を図 2.4 - 15 に示す。

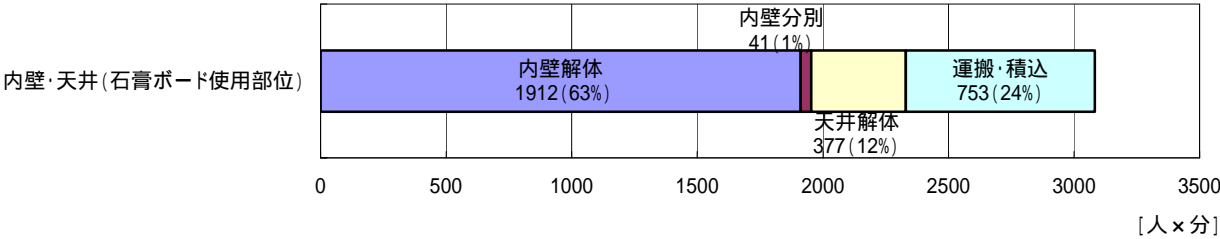
本事例では、石膏ボードは表面に貼られた仕上げのクロスと分離せずに、クロスと石膏ボードが接着されたまま解体された。解体廃石膏ボードを再資源化するには、厳しい受入基準を満たす必要があり、現状では解体廃石膏ボードのほとんどが最終処分（管理型）へと流れている。本事例からの廃石膏ボードも最終処分されることが予想されるため、クロスを分別する手間は割かれていない。むしろ、解体された石膏ボードがその他の資材に混入して、その他の資材の再資源化の妨げとなるのを防ぐことが現実的課題となってくる。そのため、「運搬・積載」では粉状になった石膏ボードも丁寧に集めており、石膏ボードの解体に関する約 25%の人工数を要している。石膏ボードのように粉状になる資材は、解体後にその他の資材と混合しやすいので、「解体」作業と「積込」作業（あるいは「集積」）を材料ごとに区切って、こまめに行うことが重要である。例えば、本事例では、（外周）内壁および天井を解体していくと断熱材のグラスウールが出てくる。当初、このグラスウールの撤去を内壁や天井の解体と区別なく行おうとしていたが、熟練作業者の指示により、内壁・天井の解体が全て終了した部屋から撤去し、グラスウールだけで集積するようにしていた。こうして、グラスウールへの石膏ボードの混入を防いでいた。解体系グラスウールも最終処分されるのがほとんどだが、安定型品目であるため、処分費等の負担を小さくすることができる。

「内壁分別」作業とは、内壁石膏ボード解体後に、木下地・躯体等に付着（残存）したままの石膏ボード片を、バールやヘラ状のものを用いて、木下地等から分別除去する作業である。特に、付着が多いのは、回縁との取り合い、開口部の額縁（枠）との取り合い、コンセント等との取り合い、造付け家具や飾棚等があり木下地が密になっている箇所、などである。また、ボードのビス止め箇所にも付着するが、ハウスメーカーの特徴として、（品質向上のため、）長いビスを使用し打ち付け箇所も多いので、解体時には木下地等への石膏ボードの付着は多くなる傾向にあり、分別作業の徹底が重要となってくる。また、本事例のように築年数が浅いと石膏ボードの経年劣化が少なく硬いため、付着しやすいようである（硬いので解体自体もしにくい）。通常程度の築年数が経過した住宅の解体では、本事例のように、解体後に改めて分別作業をする必要があることは少ないとのことであった。本事例でも、工期の都合もあり、石膏ボード解体に関する 1%に留まっているが、可能であれば、さらに行いたかったようである。

尚、解体系廃石膏ボードを最終処分ではなく、再資源化（原料化）ルートへ回すには、クロスを先行撤去してから、できるだけ形状を留めるように丁寧に解体し、形状を留めて解体できたものだけを、床等に散在させることなく、そのまま積み込む、といった作業にすれば実施すること自体は可能である、とのことであった。しかし、そういった作業の手間や搬出効率の悪さ（形状を留めて解体でき再資源化する分と粉状になり最終処分する分）、さらには水濡れ防止などの管理に要する手間・コストを考えると、現状では難しい。



図表 2.4 - 14 内壁・天井（石膏ボード使用部位）：写真



図表 2.4 - 15 内壁、天井（石膏ボード使用部位）：人工数分析

）外装：外壁，屋根，軒天・破風

外装の外壁、屋根、軒天・破風の人工数の分析を図表 4.2 - 17 に示す。

外壁は、全部位において 2 割弱を占め、解体性を高められれば、全体として効果の大きい部位である。外壁解体に関わる作業では、主作業である「サイディング解体」が 65%であり、この解体性をいかに高めるかが重要となってくる。本事例の窯業系横張りサイディングは、金具止め構法であり、釘止め構法よりも解体性はよい。割らずに解体できることが多いので、解体後の資材混合も防ぐことができる。また、改修の外壁の吹付け塗装により目地位置がわかりづらくなっているため、解体しづらさに影響することが予想されたが、実際には目地シールの先行切断はほとんど行わずサイディングを剥していったので、特に影響はなかった。ただし、サイディング解体において、以下のような箇所は解体しづらく、割れやすい箇所（つまり、資材混合しやすい）であった。

- ・ 各面の一枚目
- ・ シール打ち付けが多い箇所：出隅、入隅、サッシ枠まわり
- ・ クリアランスが小さくハンドリングが悪い箇所：入隅部分、特に、入隅の勝納まり側を先に解体しようとするさらに解体しづらい（尚、出隅部分はコーナー役物で納めているため、シールが多いことによる解体しづらさはあるが、クリアランスが小さくハンドリングが悪いということはない）
- ・ サッシ枠との取り合い箇所

これらのような構法的な要素以外に、建物形状（立面）的な要素として、南面は出窓やバルコニーによる凸凹が多く、足場上作業スペースおよび足場と建物の間隔が狭隘なため、作業しづらい様子が見られた（北面は作業しやすく、1人ずつで作業していたが、南面等は2人一組で作業）。また、サイディングは重量材であり、狭い足場での作業のため、解体中等に落下させてしまうこともあり、作業者間の安全確認の徹底等が重要となってくる。

屋根瓦の解体は、高所作業であり安全性に配慮が必要、重量材で運搬・積載には多少の手間がかかること、等を除けば、特に技術的に高い作業はなく、解体性等に差異の出にくい部位といえる。屋根の詳細な人工数分析では、「屋根下地解体」が 35%と最大である。ただし、実際に解体に手間かかったというよりは、瓦作業を一日で終わらせてしまうために多くの作業者が投入され（9日目の9人）、屋根瓦解体・積込後の下地解体では、安全上屋根全面で一斉に解体していくことはできず、作業者が多少手余りな状態になったためであると考えられる。

軒天・破風は、石綿含有の可能性のあるスレートであったため、外周養生や近隣周知の徹底は勿論、保護衣等着用、湿潤状態で形状をできるだけ留めた解体、適切な梱包、等といった周辺環境保全および作業者の安全性の確保に十分に配慮された解体が行われた。そのため、全部位に占める割合も 1 割弱と、使用量のわりに多い。有害建材のように特別な対応が必要な部位は、工程のなかでどこに位置付けるかが、重要となってくる。本事例では、軒天と外壁との取り合いを確認して（軒天の方が先に施工されていて、軒天勝の納まり）、外壁を先に解体している。確認を誤ると、外壁解体時に軒天が破損したりするので、注意が必要である。また、異形箇所等で外壁を解体すると軒天が破損する恐れがある外壁は、安全対策後の軒天と一緒に解体するという安全策をとっている。

また、軒天・破風が石綿含有の可能性があること、ハウスメーカーから部材メーカーに問い合わせたことで確認できた（当部材メーカーの当時の軒天・破風製品の約 1%に石綿含有。よって本事例が 1%に該当するかは不明だが、安全対策は実施。尚、外壁サイディングもメーカーに問い合わせたところ石綿不使用が確認）。このように部材組成等を確認できるのは、製品情報管理が徹底されているハウスメーカーならではの強みである。



図表 2.4 - 16 外壁，屋根，軒天・破風：写真

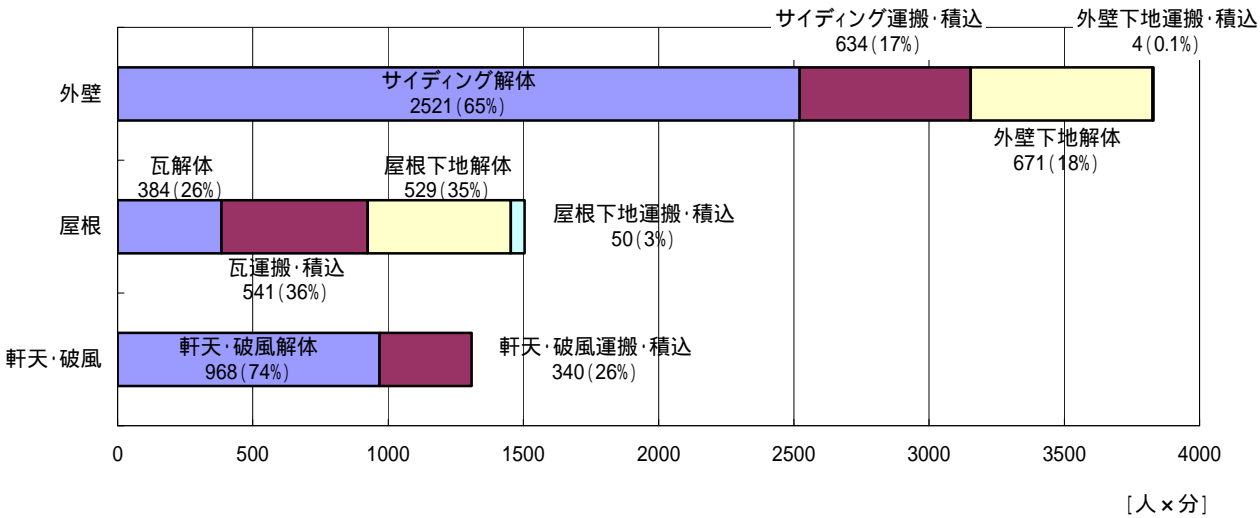


図 2.4 - 17 外壁，屋根，軒天・破風：人工数分析

）躯体

躯体の人工数の分析を図表 4.2 - 18 に示す。

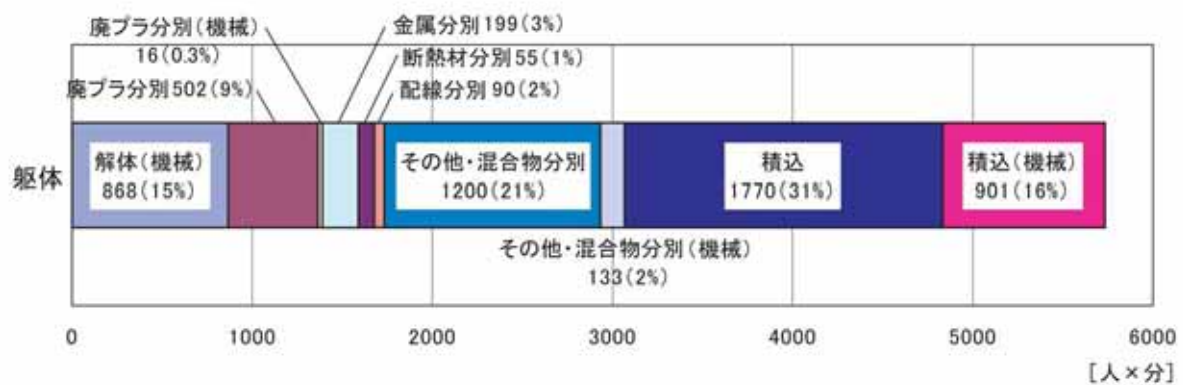
躯体解体は、機械での解体自体は 15%程度で、それよりも分別作業や積込作業に多くの人工を要している。これには、躯体解体期間中の一日は土曜日のため営業中の展示場に配慮して、機械は操作せず手作業での分別と積込を行ったということも影響している。しかし、特に手作業での分別作業は、いずれにせよ必要な作業であることから、躯体解体においては、分別作業や積込作業のウェイトが大きいといえる。

分別作業は、図表 4.2 - 18 の分類の通り、廃プラスチック・金属・断熱材（グラスウール）・（電気）配線等を、解体された躯体の中から分別する作業である。また、躯体解体の後半では、積み込まれた躯体解体材の中から（コンテナ内やトラック荷台内で）分別するという状況も見られた。廃プラスチックは、配管やユニットバス等の設備系と断熱材（グラスウール）の外側のシートが剥がれたものなどシート系が多かった。廃プラスチックの分別の割合が多くなっているのは、シート系のものを分別（拾い集める）が手間のかかる作業であったためと考えられる。金属は、開口部のアルミサッシ枠、天井軽鉄下地や取り付けたままとなっていた空調機等、および構造金物の一部を解体後取外したものである。これら、金属は、比較的大きな塊で形状もしっかりしているもので、分別しやすい。構造金物を取り外したのは、接合部分が取れずに解体され T 型や L 型となっているものの対し、積載可能な形状にするためである。断熱材は、軽量で形状も不安定なため、躯体解体材の山の中から見つけにくく、分別作業に手間のかかる資材といえる。先述したプラスチックのシートも分別手間のかかる資材であり、断熱材は機械での躯体解体前に全て撤去することが望ましい。玄関まわりや出窓等において奥のほうに詰められた部分等では、撤去できないこともあるが、そういった場合は、機械解体時に、断熱材が出てきたら、その都度機械を停止し、混入する前に分別することが重要である。尚、「その他・混合物」としているのは、実際の作業では特に資材の区別なく躯体解体材の中から分別を行ない、それぞれのフレキシブルコンテナバックやコンテナに積込あるいは集積をしているので、記録上分類できないためであり、実際には上述した廃プラスチック・金属・断熱材・電気配線がほとんどである。

積込作業は主に、2 台の機械が並列して、1 台（0.45m³ クラス、フォークグラブ）が解体を行い、もう 1 台（0.25m³ クラス、フォークグラブ）が積込を行うというかたちであったので、機械の積込作業は解体作業（機械）とほぼ同程度となっている。敷地が広く、接道条件もよかったため、重機 2 台で作業できたのは、非常に作業効率が高かったと思われる。また、手作業の積込は、先述した機械操作をしなかった日の分に加えて、機械での積込時に、荷台脇から重機オペレーターに積込位置等を指示・補助したり、積み込まれた木材を整理する（安全かつ効率的な積載とするため）作業者の分である。



図表 4.2 - 18 躯体：写真



図表 4.2 - 19 躯体：人工数分析

2.5 実例調査 HMW：資源循環性の分析・考察

2.5.1 再資源化計画

本事例での再資源化計画では、図表 2.5 - 1 のような再資源化ルートが形成されている。

尚、この再資源化ルートは、マニフェスト票に記入されている処理方法、再生方法およびそれらが不明な場合は排出先の公開情報（HP 等）や電話での聞き取りにより確認しているため、排出先における代表的な処理・再生方法であり、HMW の現場から排出されたものが、このルートを辿っていない可能性もあり得る。

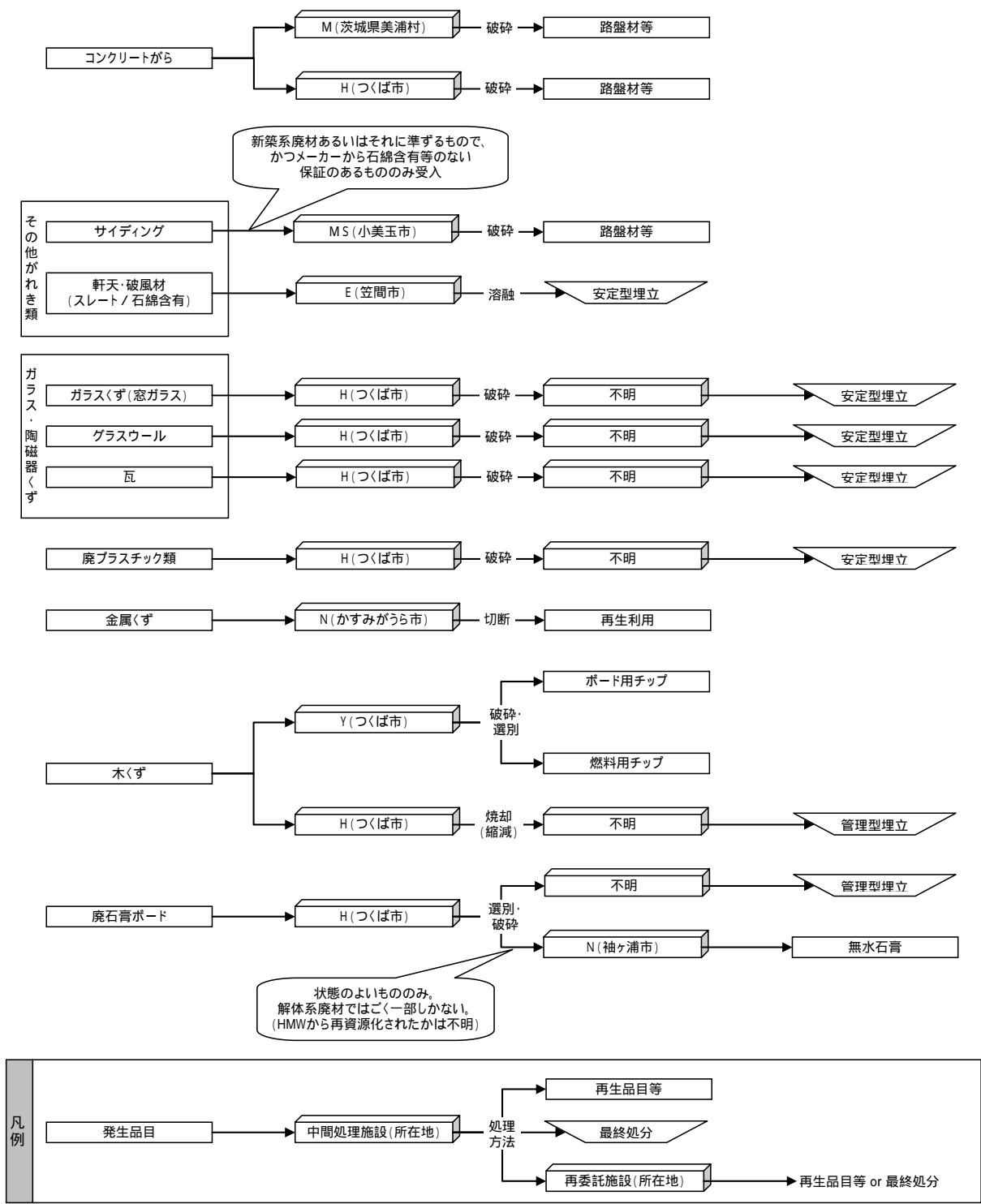
「コンクリートがら」は、その他の資材の混合度合いや破碎度合いにより、搬出先を変えている。（M はその他の資材の混合の受入基準が厳しい。また、H は受入基準が低い分、受入価格が高いため、小割に破碎したものを中心に搬出（破碎せず大割のものは受入価格が高い）。大割のものの方が、資材混合は少ない。）また、搬出回数を増やすために、近い中間処理場（H）に集中して搬出することもあった。

「その他がれき類」の「サイディング」は、搬出先の受入基準として、「（新築系廃材あるいはそれに準ずるもので、かつ）メーカーから石綿含有等のないことが保証されているもの」としている。HMW は、ハウスメーカーにの現場管理者によって、サイディングメーカーに解体前に確認が取れていたため、搬出可能となった。

「その他がれき類」の「軒天・破風材（石綿スレート）」は、安定型埋立処分が可能な処理ルートを形成されている。こちらは、逆に含有の可能性があることがメーカーから確認できたため、適切な方法がとられている。

躯体材料で発生量が多くなる「木くず」は、高度な処理装置を備え、ボード用チップへのリサイクルを推進している中間処理施設（Y）への搬出を基本としているが、Y は受入基準が厳しいため、（植栽や）資材混合が多かったものは、焼却による縮減処理を行う中間処理場へ排出している。

「廃石膏ボード」を排出している中間処理場では、解体系肺石膏ボードでも状態のよいものは再資源化施設へ再生委託（無水石膏に再生）しているが、解体系では管理型最終処分になるものがほとんどということであったので、HMW から排出されたものが再資源化されている可能性は低いと思われる。



図表 2.5 - 1 再資源化ルート

2.5.3 解体材発生量の分析

述床面積当たりの品目別解体材発生量およびその割合を、体積単位・重量単位それぞれの比較分析結果を図表 2.5 - 2 ~ 5 に示す。

) 全体について

まず、全排出量は、同じ木造軸組戸建住宅である比較事例に対して、体積単位では 2 倍程度多く、重量単位では 1.5 程度多い（体積単位の増加率が大きいのは、HMW の積載効率がよくなかったということも要因であろうが、HMW の体積はマニフェスト票の記入置で現場での判断したおおよその見掛け体積であるということも要因の可能性がある）。ハウスメーカーの住宅は、質感などの意匠性の観点から、厚みや重量のある部材が用いられていることが多く、解体発生材の総量が大きくなる傾向にあるということが確認できた。

また、「木くず」の割合（重量単位）は 25% で、比較事例ではそれぞれ 20%、16%、11% であるので、比較事例のような従来型の木造軸組住宅より、「木くず」の割合が多くなる傾向にあると思われる。

HMW では、「混合廃棄物」が排出されていない。時間をかけた丁寧な解体を実施した成果であるといえる。ただし、木くずや廃プラスチックとして搬出されるもののなかに、その他の資材混合が見られるものはあった。特に、工期後半に多く見られた。

「コンクリートがら」や「金属くず」、「廃石膏ボード」の割合は比較事例と似たような傾向であった。



a) 石膏ボード



b) グラスウール



c) サイディング（その他がれき類）



d) ガラスくず



e) 金属くず



f) コンクリートがら（小割、混合多め）

図表 2.5 - 2 各種解体材搬出状況

）木くずについて

木くずは、体積単位では最も割合が多く、再資源化等のレベルにも幅があるため、再資源化の量・質ともに十分な配慮をすべき資材であるといえる。

木くずへのその他の資材の混入を防ぐために、特に内装の石膏ボードの付着を除去すること、躯体解体時に混入する廃プラスチック等を手作業で分別すること、といった作業が重要であった。しかし、HMW ではボード用チップ製造に力を入れている中間処理施設への排出を基本としているものの、資材混合の多かったものについては、焼却による縮減処理の中間処理施設に回っている。割合としては、焼却に回っているものが 25%（植栽も含む）程度である。

また、耐力壁として用いられている無機系エンジニアリングパネルは、躯体と同時に機械解体することとなり、小片となって躯体木材と混合してしまうため、分別は難しい。この無機系エンジニアリングパネルが、混入することにより、リサイクルとしての質を下げ、ボード用チップから燃料用チップに低下してしまうことが考えられる。また、現場レベルにおいては資材およびその再資源化に関する知識・情報が未整備なため、無機系エンジニアリングパネルが木質系パネルと混同される、という状況もあり得る。こういった混合は、その他の資材についてもあり得るため、注意が必要である。

加えて、そもそも HMW では躯体に集成材を用いていたり、合板が多用されていたりするため、接着剤の含有量が多い。接着剤や塗料の含有が多いと、ボード用チップとはならない場合が多く、再資源化の質を下げてしまう。



a) 積載状況のよい木くず

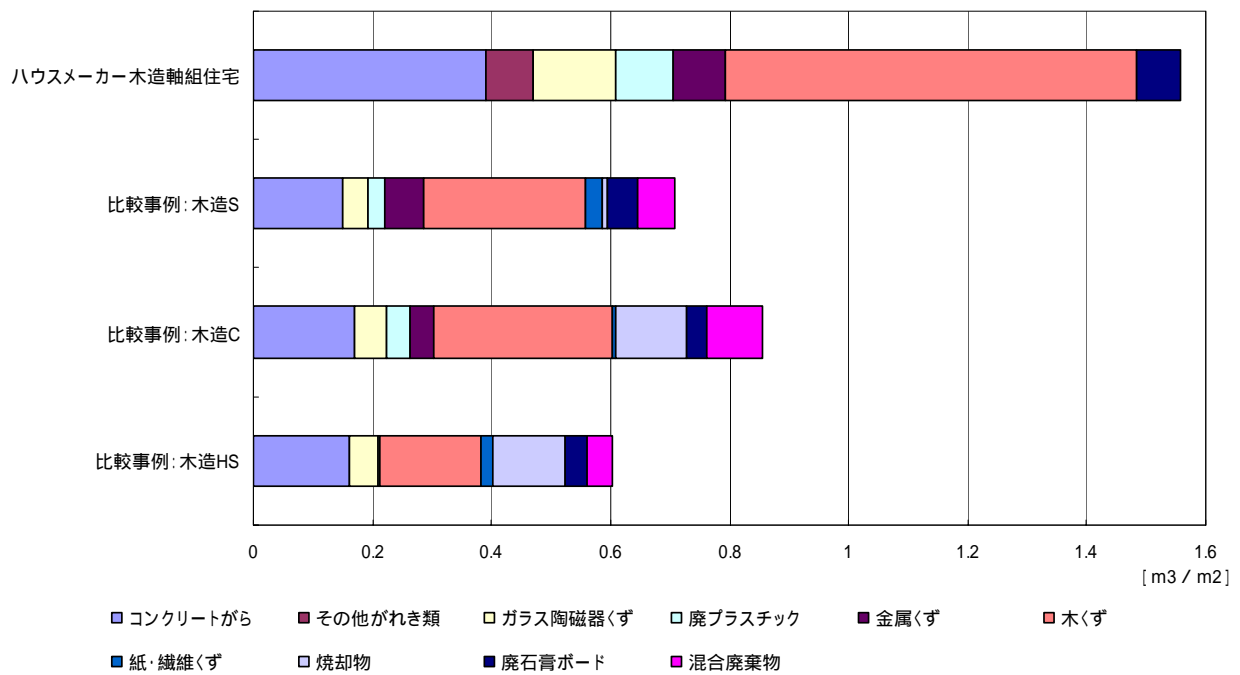


b) 無機系パネルの混入

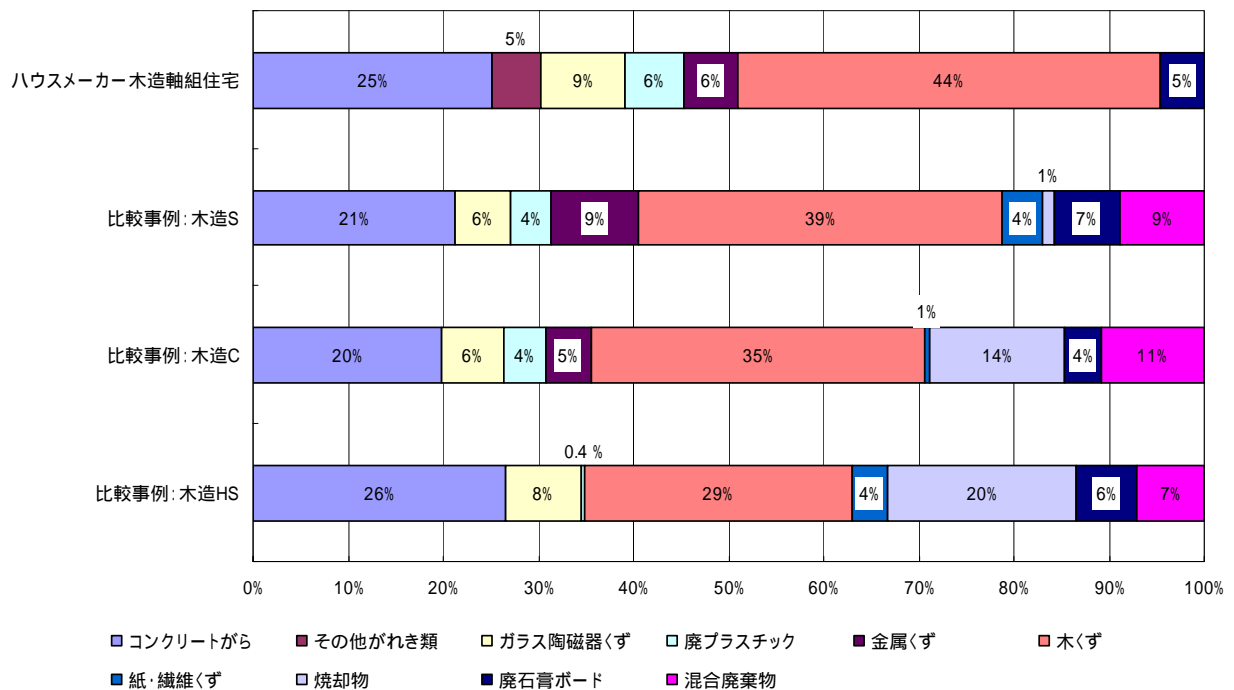


c) 合板

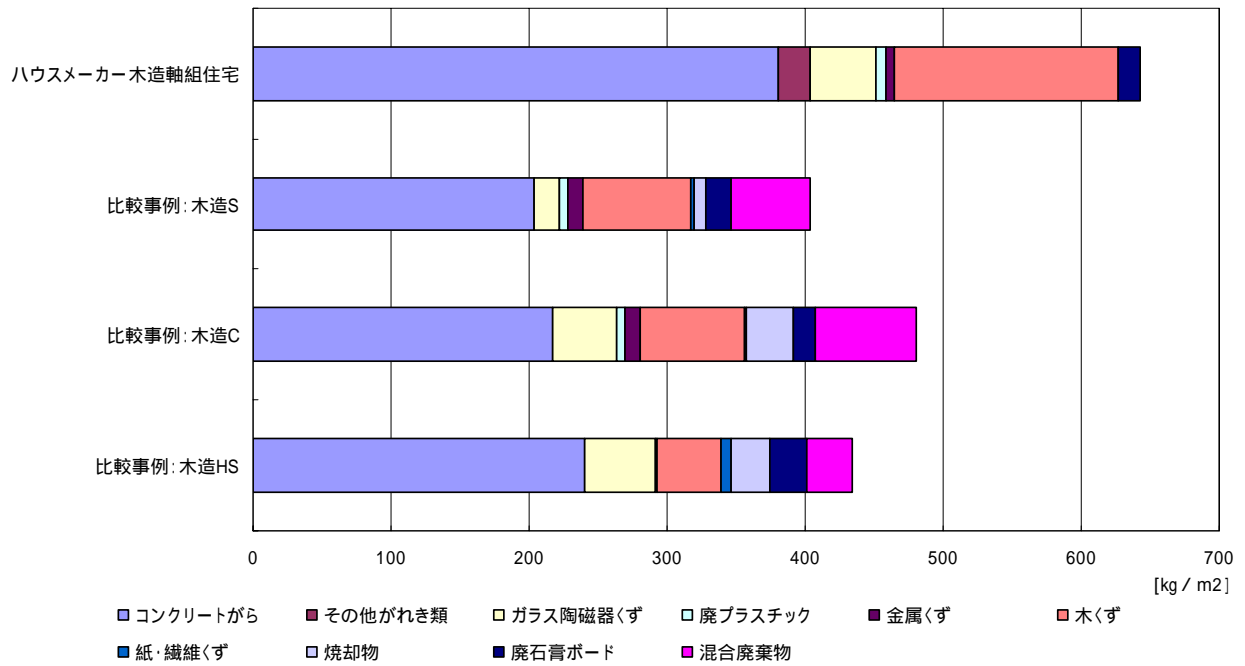
図表 2.5 - 3 「木くず」搬出状況



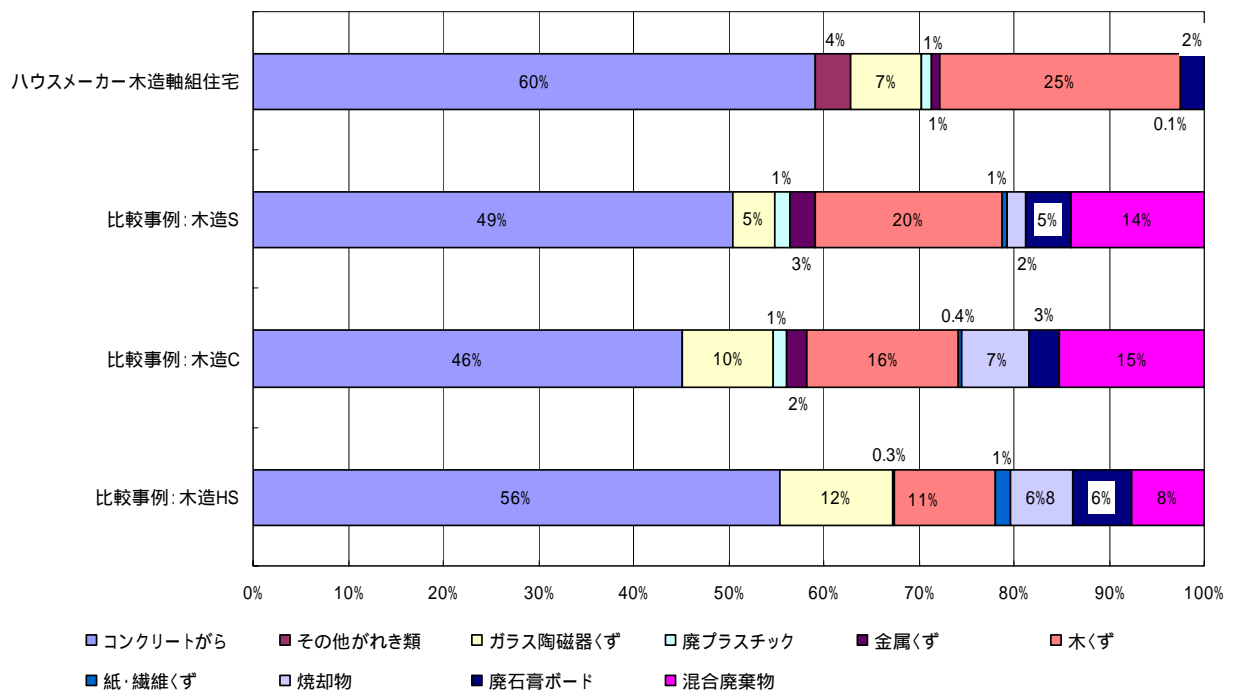
図表 2.5 - 4 延床面積当たりの品目別解体材発生量（体積単位）



図表 2.5 - 5 延床面積当たりの品目別解体材発生量割合（体積単位）



図表 2.5 - 6 延床面積当たりの品目別解体材発生量（体積単位）



図表 2.5 - 7 延床面積当たりの品目別解体材発生量割合（体積単位）

2.6 小結

ヒアリング調査では、予想していたように、ハウスメーカーの住宅、特にプレハブ住宅や2×4 構法住宅の解体の難しさや、複合部材の再資源化の難しさが確認された。また、実例調査 HMW のような構造金物や耐力壁パネルを用いたハウスメーカーの木造軸組住宅は、解体の特徴は従来の木造軸組住宅に近いが、難易は高くなっているという指摘があった。

そして、実例調査 HMW では各種の特徴や定量的なデータが把握できた。延床面積当たりには換算すると、従来の木造軸組住宅である比較事例に対して、作業量が多いという状況ではなかった。しかし、作業量が延床面積に忠実に比例しているわけではないので、総人工数（[人×分]）の多さや工期の長さ、あるいは重機を2台使用した解体であったということを考えると、ヒアリングで指摘されたように難易度の高い工事であったとも言える。特に躯体の解体に関しては、作業量（人工数）も増しているし、実際の解体工事での難航している状況から、構造金物や耐力壁パネルにより躯体が強固になることで難易度が増しているということがわかった。

解体材総排出量は、比較事例よりも1.5倍（重量単位）程度多く、質感等の意匠性から重量部材を多用するハウスメーカーの住宅の特徴であることがわかった（展示住宅であるという要因も大きい）。また、最大の排出品目である「木くず」の再資源化レベルには幅があるが、無機系材料の耐力壁パネルの躯体解体木材への混入が避けられないため、再資源化の質を下げている可能性が高い。接着剤を含む集成材や合板が多用されていることも、マテリアルリサイクルの阻害要因である。

一方、HMW では、ハウスメーカーにより直接管理されている建物であるという要因は大きいですが、メーカーの製品管理力のメリットを活かし、石綿の有無等について事前情報を得ることで、適正な工事やリサイクル率の向上に寄与していた。今後、メーカーの情報管理力を活用した解体工事や再資源化への貢献が行われるようになってくれば、ハウスメーカー住宅の解体性や資源循環性は大きく前進するであろう。

3 章 アルミ構造住宅のリユースを目的にした解体＜AL＞

- 3.1 本章の目的
- 3.2 実例調査 AL：解体工事概要
- 3.3 実例調査 AL：解体性の分析・考察
- 3.4 実例調査 AL：資源循環性の分析・考察
- 3.5 小結

3.1 本章の目的

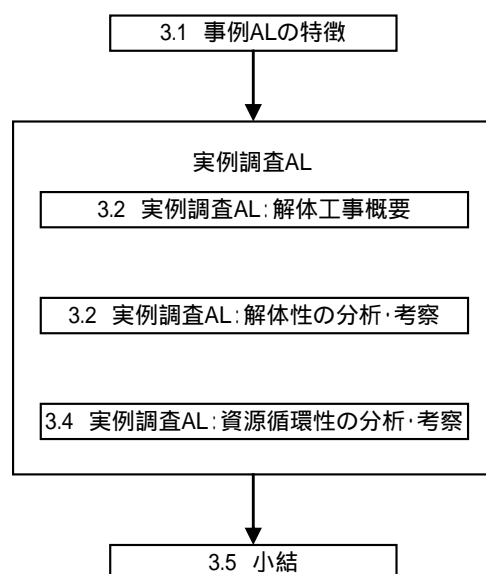
資源循環レベルにおいて、「リユース」は最高位に位置付けられ、「リサイクル」よりも環境負荷低減が期待できる。リユースの意義は、静脈側の視点からは、建築物（の一部）あるいは建築部材がリユースされることによって、建築解体現場からの廃棄物量削減となる。一方、動脈側の視点からは、リユースされた部材を用いることにより、新たに部材を製造するときに比べ環境負荷（製造エネルギー、資源投入、製造時の廃棄物など）の大部分を省略できるといったことが期待される。また、経済性の視点からみても、これまで廃棄物としてきたものが再び使用されることとなれば、近年増加傾向にある廃棄物処理費の削減につながることに加えて、建築物や建築部材に対して、より流通性のある資産価値を見出すことも期待できる。

しかし、様々な建築資材におけるリサイクルに関する実績は着実に進みつつあるものの、リユースに関する実績は少なく、それも博覧会建築や伝統建築などの特殊事例的なものがほとんどである。リユースが行われていない大きな理由としては、従来の建築物や建築部材がリユース（およびリユースのための解体）に耐えられるだけの耐久性や施工性などの性能を確保できていなかったということが考えられる。また、リユースのための解体は、通常の（リサイクルのための）解体と工期や工法など様々な点で異なることが容易に想像できる。

本章は、設計段階から解体性に配慮されて建設されたアルミニウム合金構造の実験住宅の解体の実例調査により、リユースのための解体の特徴を把握すること、および解体性やリユース性の向上にむけての設計・施工段階を含めた課題整理等を目的としている。

本章は図 3.1 - 1 のような構成となっている。

上述した、アルミニウム合金構造の実験住宅の解体の実例調査 AL（本章内では、「アルミエコハウス」とする）による解体性および資源循環性（リユース性あるいはリサイクル性）の分析・考察を主たる内容としている。



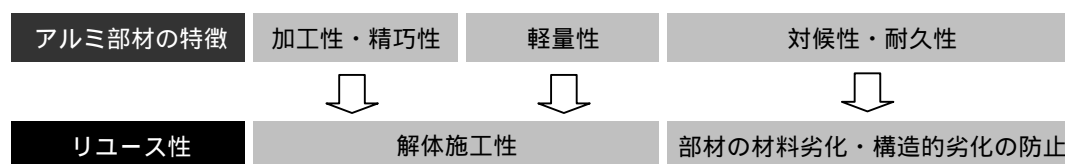
図表 3.1 - 1 本章の構成

3.2 実例調査 AL：解体工事概要

3.2.1 はじめに - アルミ建築とリユースについて -

前節で述べたリユースの例が少ない理由に対し、アルミ建築（構造など主要部材にアルミ建材を用いた建築）あるいはアルミ建材の特徴は、アルミ素材自体の対候性・耐久性、加工性や精巧性を活かした部材による組立・解体容易な施工性、また軽量性による施工性などが期待されているが、リユース性に求められる多くの性能と一致する。つまり、アルミハウスやアルミ建材は、リユースに対して大きな可能性を持っていると言える（図表 3.2 - 1）。アルミ建築のリユース性への期待は大きいものの、その有効性を実証した事例はない。

本調査で、アルミ建築がリユースを目的にした解体の調査対象であるのは、こういった背景がある。



図表 3.2 - 1 アルミ部材（建築）の性能とリユース性

3.2.2 調査方法と内容

解体工事期間全工程に対して、調査 3～4 名によって以下のような項目を記録した。

- ・ 解体工程
- ・ 作業者毎の作業内容および作業時間

解体終了後の解体材に対して、以下のような実験・調査を実施した。

- ・ 構造部材（柱・梁・ブレース主材・床パネル）および外壁パネル・床パネルの一部の簡易的な再組立
- ・ 柱・ブレース接合部の構造試験
- ・ 構造部材（柱・梁・ブレース主材・ブレースカバー材・床パネル）および外壁パネル・床パネルの目視調査
- ・ 難解体性複合部材（外壁パネル・床パネル）のリサイクルのための破碎処理実験

また、上記の実験・調査の結果を受けての、設計者、施工者（建築施工者（元請）と解体施工者（元請）は共通）部材供給メーカーを交えた協議により、解体性やリユース性の向上に向けた課題の抽出や整理を行っている。

3.2.3 調査対象の建築概要

アルミエコハウスは NEDO の平成 10 年度提案公募事業「エコ素材住宅の技術開発」(日本アルミニウム協会受託)において、設計・建設された。

設計・建設における基本プログラムは、アルミニウム合金の特性を最大限に生かした住居、エネルギーコンシャス・デザイン、新しい家族像とライフスタイルの相応しい住空間、社会に開かれた住居、近未来居住にふさわしい空間の質とイメージ、であった。

これらのうち、今回の主題である解体性や部材のリユース性に直接かかわってくると考えられるテーマは、アルミニウム合金の特性を最大限に生かした住居、である。このテーマのさらに詳細な内容は、『リサイクル可能な材料と構法システム』、『軽量化と部品化：単純な構法による工期の短縮』、『アルミニウムの加工性(押出成形、プレス)を生かした部材』とされている。よって、約 7 年前の設計段階において、軽量性や加工性を活かした建設施工性やアルミ素材などを用いることによるリサイクル性については考慮されていたが、解体施工性やリユース性にまでは及んでいなかったことがわかる。もちろん、建設施工性を考慮することで解体施工性も高まるということは期待されるが、全てにおいて当てはまるわけではない。

つまりアルミエコハウスは、リユースすることを前提に設計・建設されたわけではないが、部品化・軽量化・システム化・高耐候性・精巧性・ディテール指向型部材といった特徴は、解体性やリユース性への貢献が期待される。



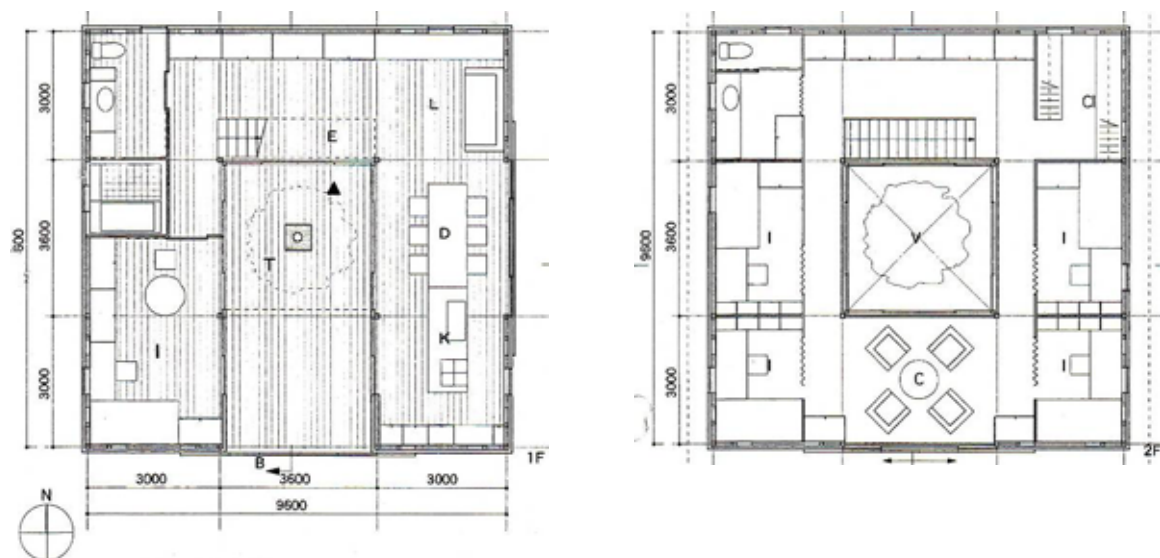
図表 3.2 2 竣工当時のアルミエコハウス(出典：石田保夫・飯島俊比古・畔柳昭雄 『アルミニウムの空間』)

図表 3.2 - 3 アルミエコハウス建築概要

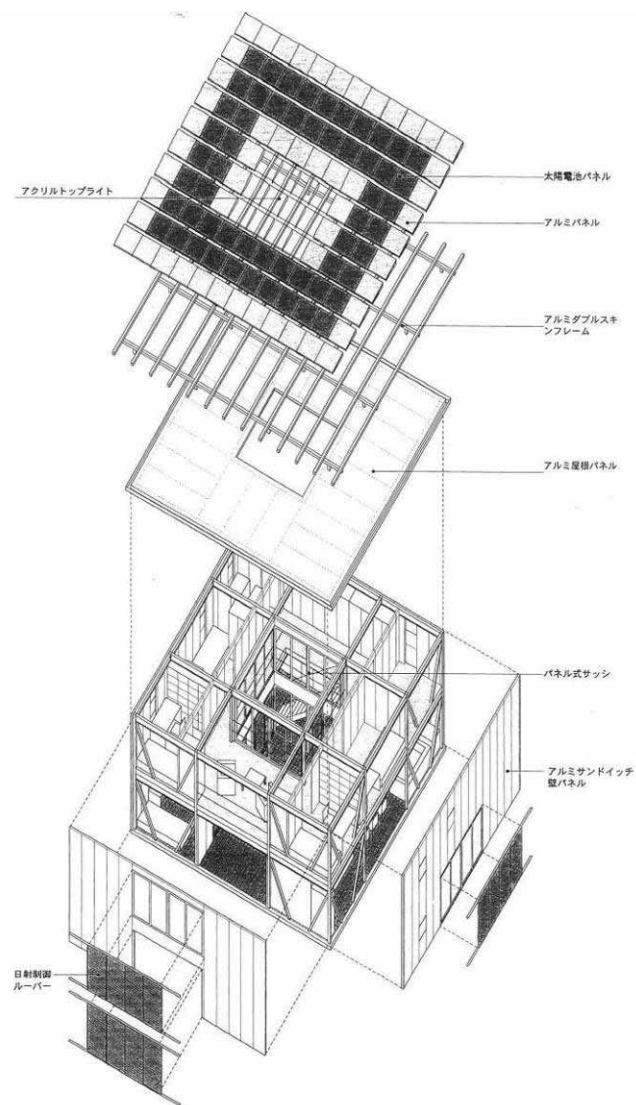
所在地	茨城県つくば市
用途	専用住宅（実験住宅）
建築設計	難波和彦＋界工作舎
構造設計	飯島建築事務所
構造部材・部品デザイン	内山協一デザインスタジオ
施工	日軽産業
建築面積	92.16㎡
述べ床面積	147.60㎡（1階：68.40㎡/2階79.20㎡）
階数	地上2階
設計期間	1999.02～1999.07
施工期間	1999.08～1999.10

図表 3.2 - 4 アルミエコハウス仕様

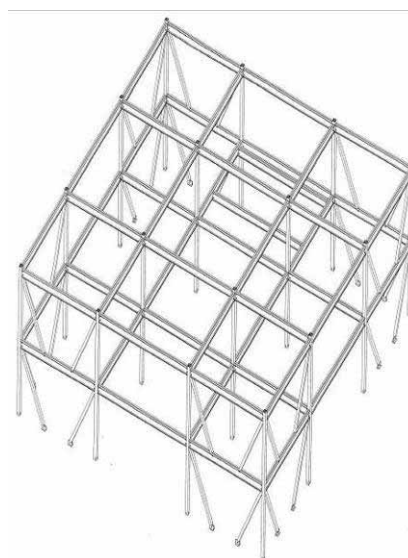
構造		
基礎		鉄筋コンクリートべた基礎300t（土間部分は150t）＋断熱材50t＋防湿層＋砕石100t
構造		アルミニウム合金偏心ブレースラーメン構造 （柱：-100×100、梁：ダブルウェーブH-250×100、ブレース主材：ダブルウェーブH-77×70、ブレースカバー：コ-80×80）
外部仕様		
ダブルスキン	パネル	アルミバンチングパネル、太陽光発電パネル、アクリルパネル
	フレーム	アルミ押出材（支柱 -60×60×6t、母屋 -100×100×7t、垂木 -100×50×2.5t）
屋根	屋根パネル	アルミ・ウレタンサンドイッチ断熱パネル120t（アルミ板屋外面1.5t、屋内面3.0t）
	役物	アルミ・ウレタンパネル
外壁	目地	メタルセーフシート防水（アルミ箔付き防水テープ貼り）＋ウレタン系塗布防水
	外壁パネル	アルミ・ウレタンサンドイッチ断熱パネル75t （アルミ板屋外面1.5t、屋外面0.6t、ただし玄関部分は両面0.6t／塩ビ枠材、サッシ取付け部分のみ木枠）
	アクリル小窓	アクリル板＋アルミ押出材フレーム
	その他	断熱樹脂ベース（発泡ポリスチレン）、コーナー材（アルミ板曲げ材1.5t＋エアゾール式現場発泡ポリウレタン）
天井（玄関）		アルミ・ウレタンサンドイッチ断熱パネル75t
開口部		アルミ・樹脂断熱サッシ（複層ガラス） アルミルーバー戸
その他		縦樋（アルミ押出材）、水切り（アルミ板曲げ材）など
内部仕様		
天井		アルミパネル（1階：床パネル、2階：屋根パネル）、フレキシブルボード6t＋アルミ押出材下地（1階洗面所のみ）
内壁	仕上げ	フレキシブルボード8t（外周）・6t（間仕切り）、アクリル板5t（欄間）、アルミ制震パネル5t（個人室5のみ）
	下地	アルミ押出材下地（-60×40×2t@600他）＋グラスウール断熱材60t（外周のみ）
1階床	仕上げ	Mウッド35t@150（室内は接着剤付き目地材使用）
	下地	アルミ押出材根太（-60×40×4t@600）
2階床	床パネル	アルミハニカムパネル100t（アルミ板2階床面1.5t、1階天井面2.0t）
	仕上げ	コルクタイル5t＋下地合板15t、制震タイルカーペット6t＋下地合板9t（個人室5のみ）
	下地	アルミ押出材根太（-60×40×4t@300）＋防振ゴム30t＋バックリング材（合板）
階段		Mウッド35t＋アルミ押出材トラス階段＋アルミ押出材手摺
設備仕様		
電気設備		ユニット式配線、コンセント、スイッチ、エアコン、照明、換気扇、電力計測機能付き分電盤、IHクッキングヒーターなど
給排水設備		ユニットバス、洗面器、便器、ウォシュレット、ヒートポンプ給湯システム、アルミカウンターなど
床暖房		アクアレイヤーシステム（アクアバック90t＋ヒーターパネル）
家具仕様		
収納棚		パーティクルボード＋ベニヤ板＋アルミ押出材フレーム
ベッド		アルミ板接着集成材＋アルミ押出材フレーム
机		アルミハニカムパネル＋アルミ押出材フレーム



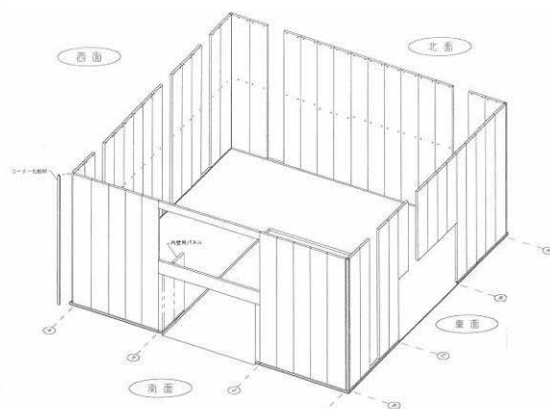
a) 平面図 (左 : 1 階、右 : 2 階)¹



b) アセンブリーシステム図



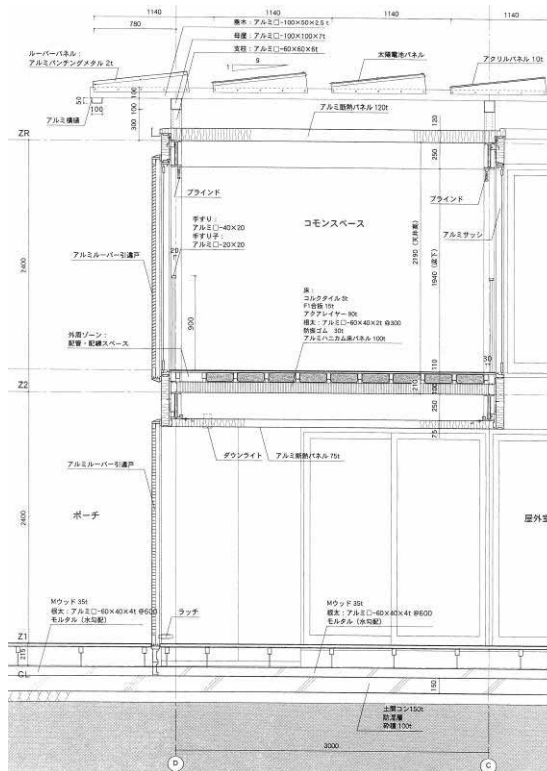
c) スケルトンアクソメ図



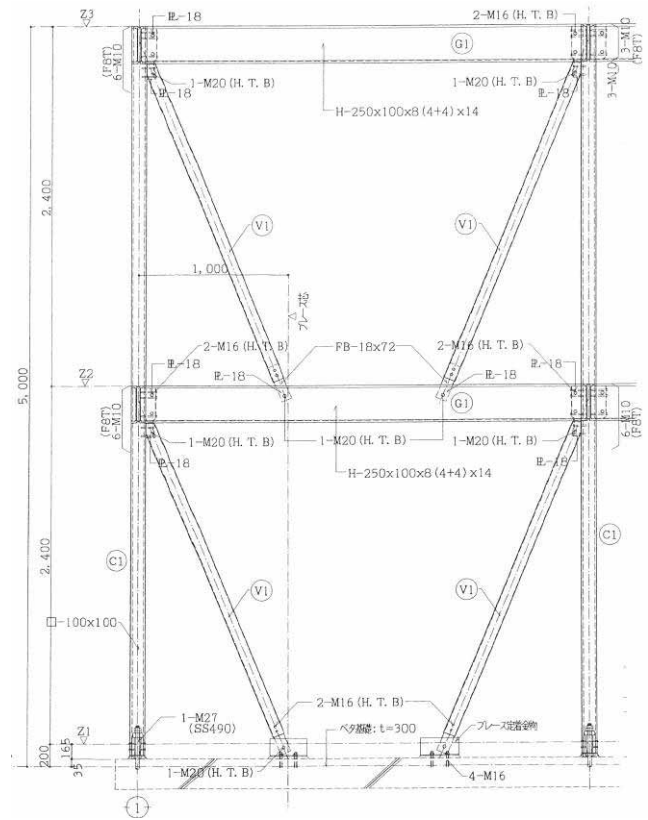
d) 外壁パネルアクソメ図

図表 3.2 6 アルミエコハウス各種図面

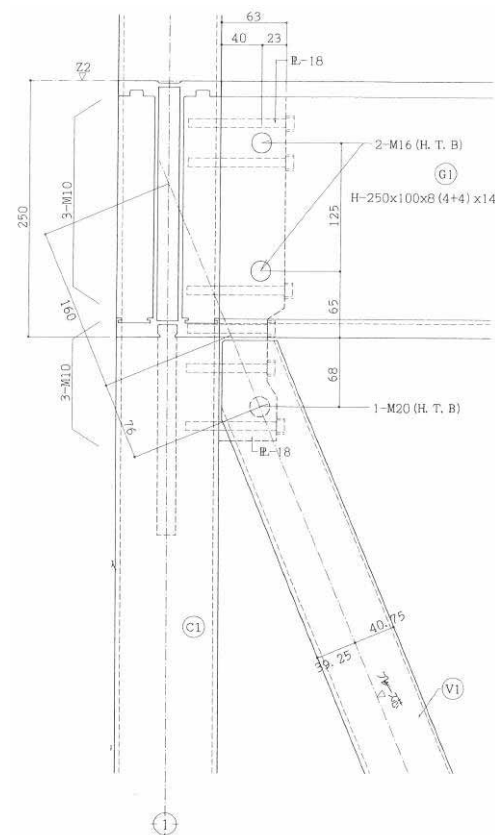
¹ 柱位置の通り番号は、東西方向は東側から 1、2、3、4 通りとし、南北方向は北側から A、B、C、D 通りとする。



e) 断面詳細図



f) 構造材詳細図



g) 柱・梁・ブレース仕口詳細図

図表 3.2 7 アルミエコハウス各種図面

3.2.4 事前目視調査

解体後の欠陥が、使用期間中のものか解体によるものかを把握するため、本項の（可能な部分に対しての）目視調査を次項の構造性能調査を実施した。（通常の解体工事における事前調査ではない。）

解体直前の目視調査で内装などに数点の劣化等は確認されたが、構造材や外壁パネル、床パネル、屋根パネル等の主要なアルミ部材に目視で確認できる範囲では、劣化や損傷などは確認されなかった。また、内装や建具等も同様で、経年相応の劣化やダブルスキン太陽光発電パネルや屋上面の汚れ（低勾配のパネルや陸屋根の掃除等のメンテナンス不足）など以外には目立った劣化等は見られなかった。

また、次項に詳細を示す通り、解体直前の躯体の構造的劣化もないことが確認された。



図表 3.2 - 8 解体直前のアルミエコハウス

解体直前及び使用期間中に確認された数点の劣化等の問題点は以下のようなものがある。また、解体により、その原因等が判明したものは、併記する。

柱B-2、C-3 周辺では屋根からの漏水が頻繁に見られ、1 階まで漏水することもあった。柱などの突起物の周辺での防水シートの密着性の悪さは施工時において指摘されており、漏水の原因の一つと考えられる。さらに、実際に漏水のあった箇所の周辺では、屋根パネル間の目地パッキング材が施工されていない、目地のコーキング材が切れている、十分な厚さで施工されていないなどの施工不良箇所²があり、漏水の原因となったということが解体により判明した。



図表 3.2 - 9 漏水箇所の屋根面（左：厚さの不揃いなコーキング材、右：パッキング材のない目地）

² ただし、屋根パネルの面剛性が低く、コーキング材施工等の屋根上での作業には支障があった、という施工時の指摘もある。

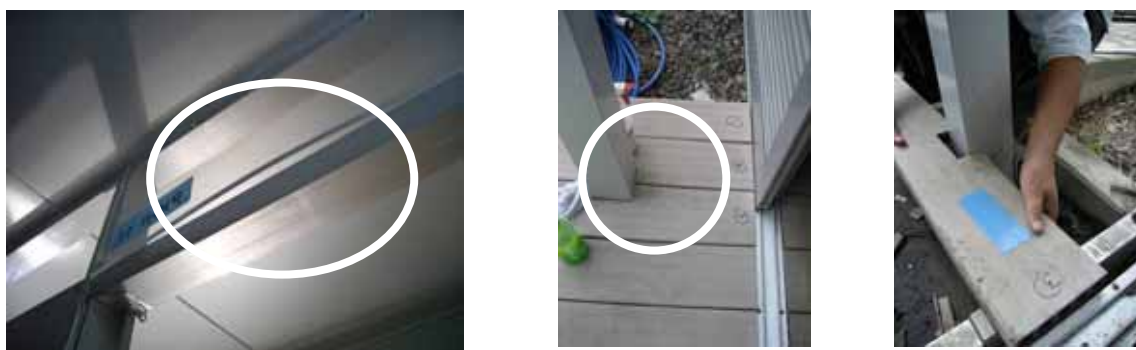
1 階の天井面から、発泡スチロールの粉のようなものが吹き出てくることがあった。これらは、2 階の根太の下のスパーサー（発泡スチロール）がネズミにかじられたものであるということが、解体によって判明した。また、同時にアクアパックもかじられて穴が開いているものがいくつかあった（ただし、使用期間中で水を抜いてからの被害であったため、漏水するなどの実害はなかった）。ネズミの侵入経路等は不明であった。



図表 3.2 - 10 アクアレイヤのネズミによる被害

（左：粉状になった発泡スチロールスパーサー、右：穴の開いたアクアパック）

熱膨張などにより変形が確認されたものは、アクリル欄間、南面デッキの M ウッドであった。M ウッドは、他部位（インターホン用の支柱）と接していたため、変形箇所は解体しづらい状況が見られた。よって、熱膨張などの変形の可能性のある部材の解体性の確保には、変形を見込んでクリアランスを取ることが重要である。



図表 3.2 - 11 変形の確認された部材

（左：アクリル欄間、中：南面デッキの M ウッド、右：変形した M ウッドの解体にてこずる様子）

ダブルスキンのアルミパンチングパネル一枚が、すでに取りれていた。

3.2.5 解体直前の構造性能調査

) はじめに

1999年11月に竣工したアルミエコハウスを対象に、解体直前の2006年8月28日に、固有振動数を把握するために人力による自由振動試験を行った。これによって、竣工直後と解体直前との固有振動数を比較し、建築期間中に発生した地震等によって構造的な損傷の有無の確認を目的としている。なお、対象建物の竣工直後（2000年1月24日）の微小振幅時の固有振動数は7.2Hzであった³。

また、対象建物の振動に関する居住性能の確認を目的に、一人歩行時の床振動計測も行った。

尚、本項（解体直前の構造性能調査）の分析等は、共同研究者でもあるアルミエコハウスの構造設計者によるところが多い。

) 計測概要

計測日時：2006年8月28日

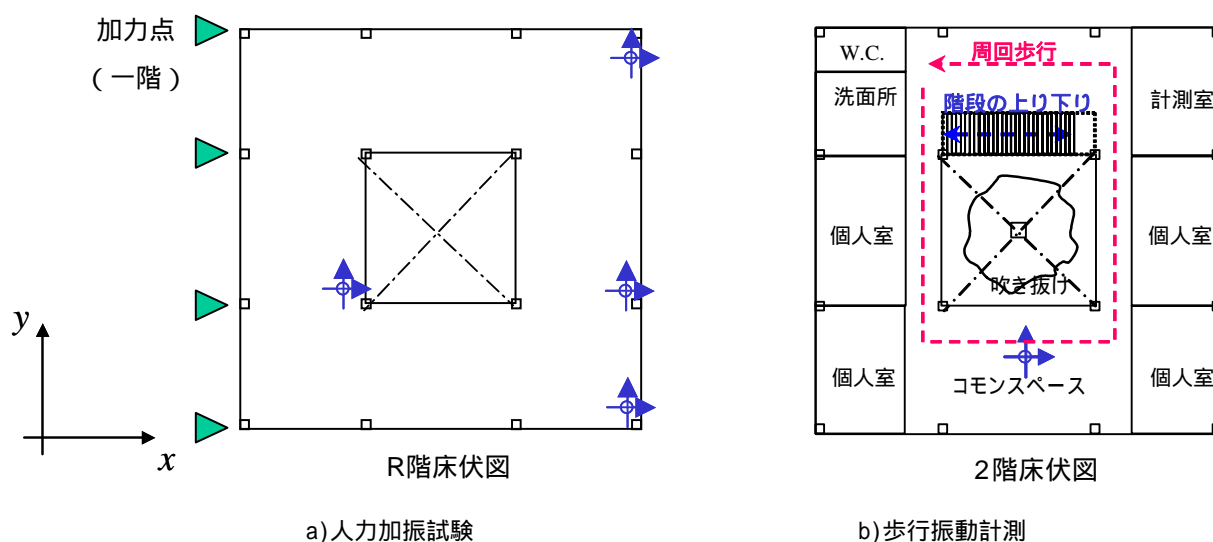
計測条件：人力加振試験（インパクト加振）

歩行振動計測（階段の昇降，2階床周回歩行（いずれも一人歩行））

計測器：圧電型3軸加速度計

計測点：人力加振時（4地点，計12ch）

歩行振動試験（1地点，計3ch）



図表 3.2 12 計測点配置概要

³ 前田佐登男他：アルミニウム合金を用いた建築構造に関する研究（その42）実物実験住宅の固有振動特性に関する研究，日本建築学会概要，2000

）竣工時から解体直前までに対象建物が経験した地震の概要

気象庁公表データ⁴によると、2000年1月～2006年8月の期間で、つくば市内の気象台地震観測点（つくば市小茎、谷田部）で震度5弱の揺れが観測された地震は、2004年10月6日（茨城県南部、 $D=66\text{km}$ 、 $M_j=5.7$ ）、2005年2月16日（茨城県南部、 $D=46\text{km}$ 、 $M_j=5.3$ ）であった。

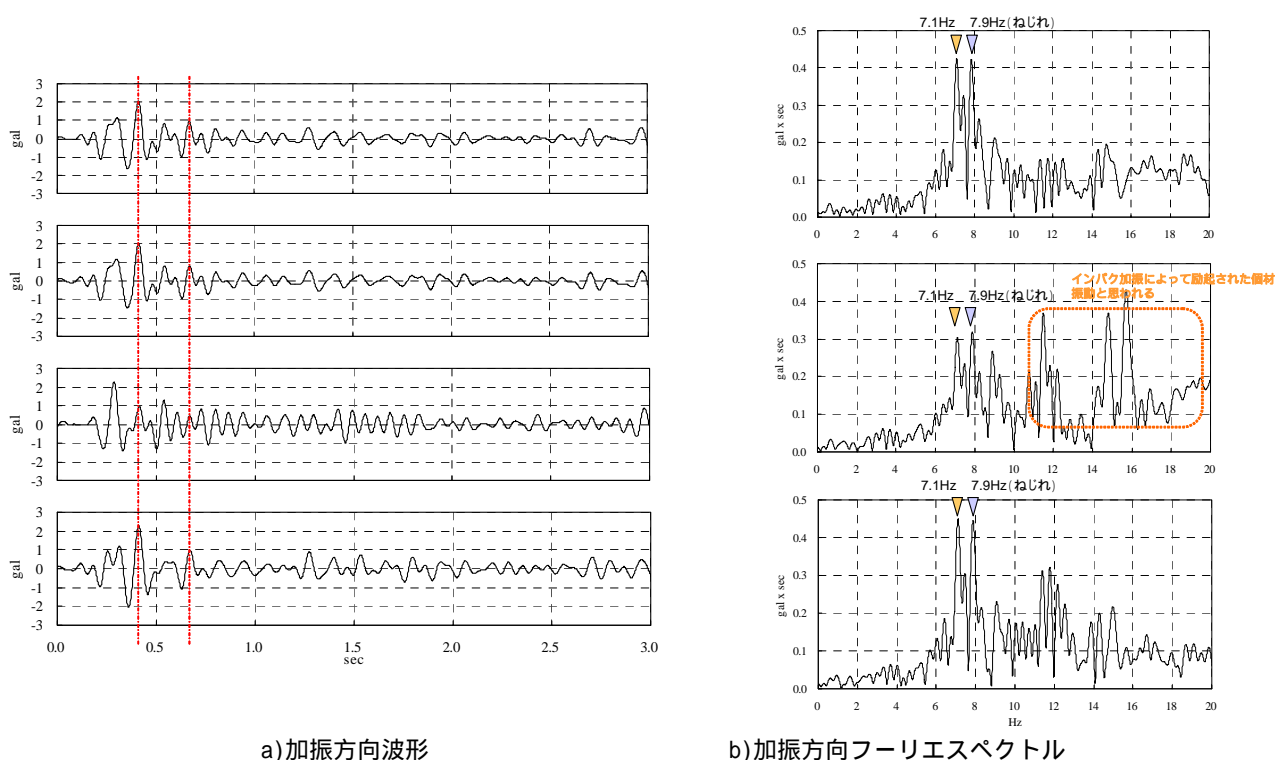
）振動計測結果

自由振動試験結果

図表に自由振動試験波形とフーリエスペクトルを示す。波形より、ねじれ振動も励起されているが、各計測点の位相は概ね一致しており、加振実験に問題は無いことが分かる。

フーリエスペクトルより、対象建物の解体直前の固有振動数は、加振方向は7.1Hz、ねじれは7.9Hzである。竣工直後の固有振動数7.2Hzと比べ有意な差はない。

以上より、対象建物は、地震等によって構造的な損傷を受けていないことが分かった。



図表 3.2 13 計測地点配置概要

床振動計測結果

床振動の評価は、日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針同解説に基づく床振動評価指針・同解説⁵によった。評価は居室・寝室並とし、標準的な判断のよりどころとしてV-30 曲線、望ましいレベルとしてV-10

⁴ 気象庁：気象統計情報，http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html

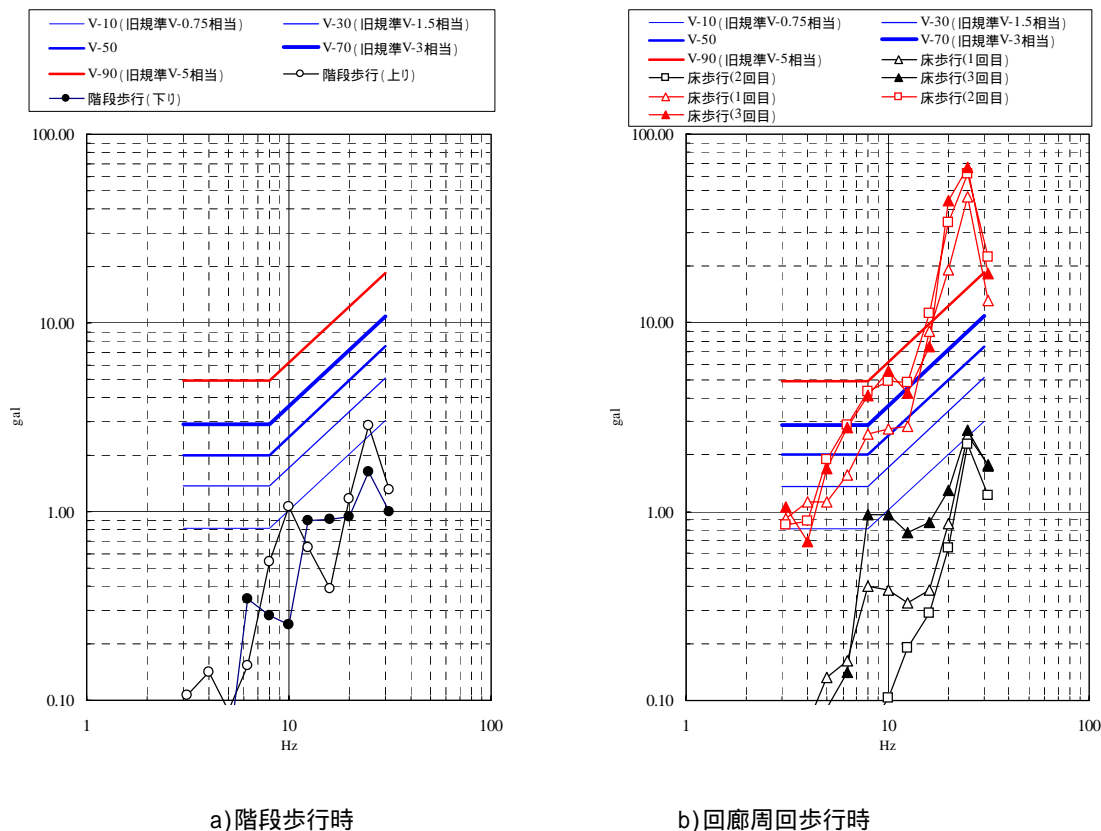
⁵ 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針同解説に基づく床振動評価指針・同解説

曲線を採用した。加振条件は、用途および通路幅を勘案し、一人歩行とした。

図表に、床振動計測による2階コモンスペースでの1/3オクターブバンド分析結果を示す。なお、周回歩行時の評価は、コモンスペース（計測点直近）を歩行した時（図中では赤で示す）と、コモンスペース以外（計測点から離れた箇所）を歩行した時（図中では黒で示す）の2通りに分類した。

図より、計測点直近を歩行した場合、V-30 曲線を超過する振動が観測された。この要因として加振力と比べて床自重が軽いことが考えられる。この計測は2階床に設置されているアクアレイヤーの水を抜いた状態で行っており、水が充填されていたならば、床の重量が重くなり、床振動が小さくなった可能性があるが、詳細は不明である。

一方、計測点から離れた箇所を歩行した場合の振動は、V-10 程度であった。対象床では、振動の伝播に伴う減衰が大きいことが分かる。これは、対象床では1.0m×3.0m アルミパネルを採用しており、そのパネル間が接合されていないので、床振動が減衰したと推察される。



図表 3.2 14 1/3 オクターブバンド分析結果（2階コモンスペース）

まとめ

解体直前のアルミエコハウスを対象に、人力による自由振動試験、一人歩行時の床振動計測を行った。その結果、対象建物は、竣工直後と解体直前の固有振動数に有意な差はなく、建築期間中に構造体の損傷を受けていなかったことが分かった。また、対象建物の床では、振動の伝播に伴う減衰は大きい、観測点直近を人が歩行した場合、V-30 曲線を超過する床振動が観測された。対象建物では、アクアレイヤーの水が充填されていない状態では、居室に接する回廊を人が歩行した際に振動障害が発生していた可能性が高いことが分かった。

3.2.6 解体工事における緒条件

解体工事は、個々の物件ごとに様々な条件が異なる。解体工事に対して、重要度・影響の低いものもあれば、解体工事全体に大きく影響するものもある。重要度・影響度の高い条件としては、『解体の程度・解体材の質』、『作業員（能力、熟練度等）』、『敷地条件』、『工期』などが挙げられる。アルミエコハウスの解体工事におけるこれらの特徴は以下の通りである。

『解体の程度・解体材の質』

解体工事全体に与える影響の最も大きい条件の一つと言える。丁寧な解体をし、質の高い解体材を得ようとするれば、当然人工数や工期は増加する。目的に応じた解体や分別作業を行うことが重要であるが、リユースを目的とした解体については実績もなく、どの程度の作業が適切であるかはわからなかった。そのため、部材を損傷等させないようにできるだけ丁寧、詳細に行った。解体材の質についても、現場作業として可能な限り、素材ごとに分別を行った。

『作業員（能力、熟練度等）』

作業員の差も、解体工事に与える影響は大きい。リユースを目的とするような解体作業の経験のある解体工はほとんどいないため、当初は鉄骨鷹工やカーテンウォールなどの金属工事の専門工による解体も検討されたが、実際には解体工によって解体された。（ただし、解体工事を以来した業者は、解体工事のほかに仮設の現場小屋の設置なども請け負う業者であり、本工事に参加した作業員は解体専門工であったが、仮設建物の設置や撤去の経験が多少はあったと思われる。）

解体工としての経験・能力についても、かなりの幅があり、影響は大きい。

『敷地条件』

アルミエコハウスの敷地条件として特筆すべき点は、隣接建物や近隣居住者がいないこと、敷地が広く重機や屋外作業、保管などのスペースに余裕があったこと、などが挙げられる。これらは、いずれも通常に市外地などでは望めない条件であり、ラフタークレーンによる解体や部材の丁寧な保管などについては検討が必要である。

『工期』

工期も解体工事の重要な条件である。工期に制約があれば、解体の程度や解体材の質が左右されることもあり得る。通常の解体は、新築工事の前工事であることが多く、またコスト的制約からも、工期に制限があることがほとんどであるが、アルミエコハウスではそういった制約がなく、工期に期限がなかったことも、大きな特徴である。

以上のような事柄のほかに、付帯部分（植栽や塀など）の扱いや、地域や季節・天候などの条件の違いの影響もある。また、今回のように解体工事自体が、調査対象であるということの影響も考慮する必要があるであろう。

3.2.7 解体工事プロセス

解体工事のプロセスは ～ のように進んだ。また、各日の作業内容と労務人数、および実施工程表を図表 5.3 - 2、3 に示す。

1～5日目(8月28日～9月5日): 家具及び設備類の解体・仮設物の設置

電気設備や給排水設備、及び家具と一部内壁(アクリル欄間のみ)の解体が行われた。本格的な解体の準備段階で、労務人数も少ない。設備類の解体は、各種専門工によって行われた。また、同時に、仮設足場の組立てや仮設事務所、電気、水道などの設置も行われた。

6～8日目(9月6日～8日): 内壁の解体

内壁のフレキシブルボードの解体、続いて内壁下地の解体が行われた。フレキシブルボードはアスベスト含有建材であるため、養生や密閉、湿潤などの十分な安全対策のもとで解体された。この期間は、多くの作業員(解体工)が入り、フレキシブルボードの解体をできるだけ短時間で終わらせてしまいたい、等の意思があったものと思われる。

9～13日目(9月11日～15日): 床及びダブルスキンの解体

1・2階の床材及び根太の解体、さらに並行して外部のダブルスキンの解体、続いて屋根の防水の撤去や役物の解体が行われた。この期間は、同じ五人の作業員が、作業内容(場所)を分担して解体が進んだが、14日は雨天のため、外部での作業ができず、作業員は二人で、室内の作業(Mウッドと根太の解体)を行った。

14～17日目(9月19日～22日): 外装の解体

外壁の解体・搬出、続いて屋根パネルの解体・搬出が行われ、並行してサッシやルーバー戸の解体も行われた。外壁パネルや屋根パネルの搬出には重機が必要で、まず全ての外壁パネルや屋根パネルを解体してから、21・22日の二日間に重機を使用して搬出した。外壁の解体は、後述する通り、非常に難航した。また、サッシ障子のガラスの分別などもこの間に行われた。

18～20日目(9月25日～28日): 躯体の解体

躯体(柱・梁・ブレース)と床パネルの解体と、ユニットバスや階段などの解体が行われた。柱・梁や床パネルの解体には、重機が必要であったため、25日と28日には重機を使用し、それらの解体を行った。26日は、重機の不要な、ブレースの解体やユニットバス、階段等の解体を行った。27日は、雨天で、残りは全て屋外作業であるため、作業は行われなかった。

21～22日目(9月29日、10月3日): 再組立て及び再解体・仮設物の撤去

再組立て及び再解体が行われた。また並行して、仮設足場の組み直し(再組立て用)と解体も行われた。再組立てと再解体は、短時間で完了したため、作業員の滞在時間は短い。

23～27日目（10月4日～11日）：基礎の解体及び整地・付帯工事等

基礎の解体及び整地が行われた。全日、重機を使用して行われた。工期に期限がなかったため、少人数での作業であったため、また植栽の撤去などの付帯工事や解体材の整理・搬出なども並行して行ったため、日数はかかった。

28～34日目（10月12日～26日）：解体材の回収等

解体材の回収及び仮設物（事務所、敷鉄板など）の撤去が行われた。回収後の搬出先の異なるものが多かったため、それぞれ異なる日に回収された。



解体前
↓



外壁解体
↓



仮設足場設置
↓



屋根解体
↓



フレキシブルボード解体
↓



躯体解体
↓



ダブルスキン解体
↓



上部構造解体終了

図表 3.2 - 14 アルミエコハウス解体プロセス

図表 3.2 - 15 作業人数表

		監督員	解体工	電気工	給排水工	トビ工	準備工	解体材回収	重機	作業内容
8月	21 月	1								労基事前協議
	25 金	2								労基、建築指導課書類提出
	28 月	1			1		2		2	水道設備類取外し 仮設事務所設置
	29 火	1		1	1					仮設電気設置 仮設水道設置
	31 木	1		2			2		2	電気設備取外し 仮設通路鉄板敷き
	4 月	2	1			4				家具解体 仮設足場組立
9月	5 火	1	4			2				家具解体・搬出 仮設足場組立
	6 水	1	6							内壁（フレキシブルボード）解体
	7 木	1	7					1		＃、内壁下地（アルミ押出材）解体 家具解体材回収
	8 金	1	5					1		内壁下地（アルミ押出材）解体 断熱材（グラスウール）回収
	11 月	1	5			2		1		2F床材、ダブルスキンパネル解体 仮設足場養生シート撤去 フレキシブルボード回収
	12 火	1	5					1		2F根太、1F床材、ダブルスキン解体 木くず（コルクタイル、合板）回収
	13 水	1	5							1・2F根太、1F床材、DS、屋根防水解体
	14 木	1	2							1F床材、1F根太解体
	15 金	2	5	1	1					屋根役所、サッシ、中庭床材・根太解体 内部配線撤去 内部配管撤去
	19 火	1	5							外部床材・根太、サッシ、外壁パネル解体
	20 水	1	4							外壁パネル、アクリル小窓解体
	21 木	1	5					1	1	＃（12tラフター、操作員は解体工に含） 廃プラスチック（防水テープなど）回収 Mウッド回収
	22 金	1	5						1	屋根パネル解体（＃）
	25 月	2	5					1	1	躯体解体（10tラフター、操作員は解体工に含） ガラス類・廃プラスチック回収
	26 火	1	4							躯体、ユニットバス解体
	28 木	1	5						1	躯体解体（10tラフター、操作員は解体工に含）
	29 金	2	5			2			1	再組立（＃） 仮設足場解体・一部盛替 仮設電気撤去
10月	3 火	1	3			2			1	再解体（10tラフター、操作員は解体工に含） 仮設足場解体
	4 水	1	2				1		1	仮設事務所撤去
	5 木	1	2						1	土間・基礎解体（0.4㎡バックホウショベル） ＃
	7 土	1	3		3				1	＃、コンクリートガラ搬出 浄化槽配管撤去、仮設水道撤去
	10 火	1	3					1	1	浄化槽解体、コンクリートガラ搬出（＃） 木くず・混合廃棄物など回収
	11 水	1	2						1	客土、整地（＃）
	12 木	2				2			1	仮設事務所、仮設トイレ撤去
	13 金	1					2	2	1	外壁パネル・屋根パネル搬出 仮設通路鉄板撤去
	16 月	1						1		ソーラーパネル搬出
	17 火	1						4	2	アルミ材搬出、外壁・屋根パネル搬出
	18 水	1				2			2	仮設通路鉄板撤去
	20 金	1			2			1	1	給水管撤去、端末処理 外壁・屋根パネル搬出
	26 木	1	1						1	最終整地
計		42	99	5	8	12	11	16	26	合計 193人 / 26台

図表 3.2 - 16 アルミエコハウス実施工

[illegible]

3.3 事例 AL：解体性の分析・考察

3.3.1 解体性の分析方法

事例 AL における解体性の分析は、作業量の基本的指標である人工数（単位：[人×分]）によって行う。

3.3.2 全工程における人工数の分析

）作業内容別人工数

述床面積当たりの作業内容別人工数のおよびその割合の比較分析結果を図表 3 - 6、7 に示す。

まず総人工数については、アルミエコハウスが 313.71[人・分/m²]と最も多い。ただし、『その他』や『中段・休憩』に因るところが大きい。建物や解体材に直接触れる作業である『解体・撤去』や『分離・分別』『搬出・積載』といった作業の人工数は、在来木造 S・C⁶と同程度と言える。ただし、在来木造 S は、通常の手作業による分別解体に要する人工数の 3 倍程度であったとされており、そういった解体の実情と比較すると、アルミエコハウスの解体は非常に人工数がかかったということは確かである。

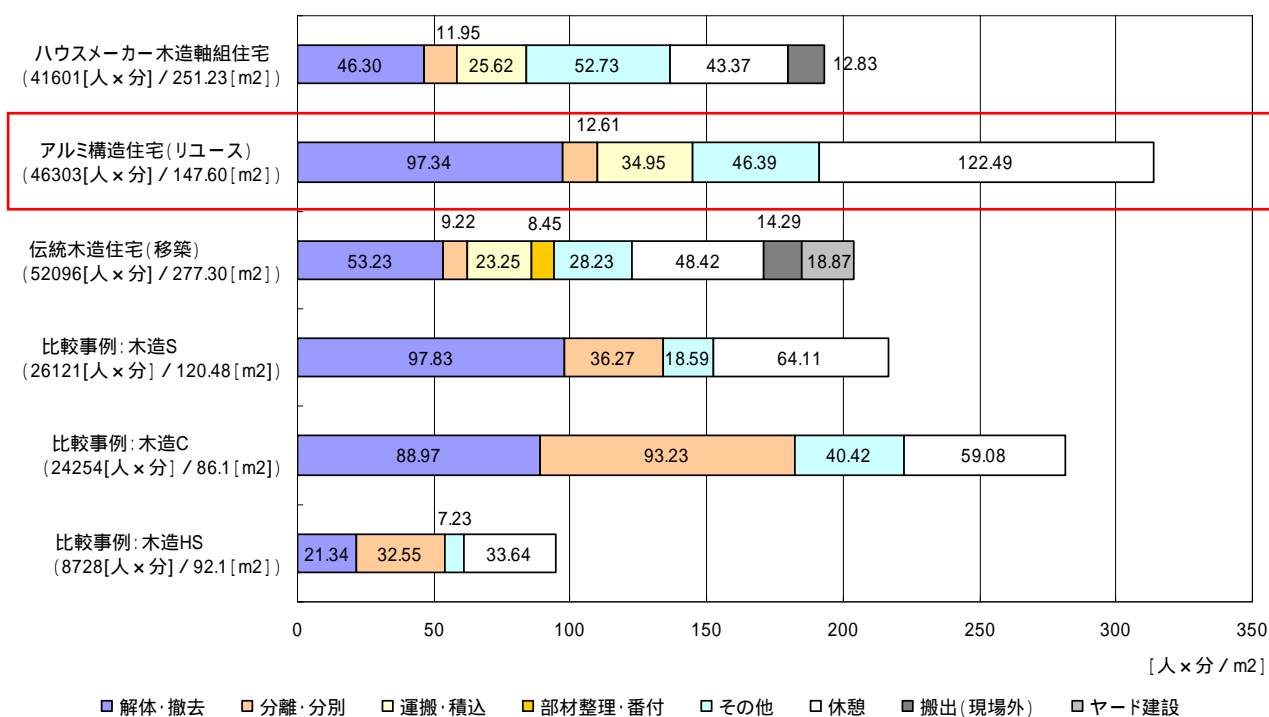
次に着目すべき点として、『解体・撤去』作業と『分別・分離』+『搬出・積載』作業との関係（割合）が挙げられる。アルミエコハウスおよび在来木造 S では、『解体・撤去』に対して『分別・分離』+『搬出・積載』はその半分以下の人工数となっている。これは、詳細な解体を行うことで、解体作業の人工数は増えるが、その段階で質の高い解体材（リサイクルしやすい、など）が得られ、分離作業等を省略できたためである。アルミエコハウスにおける部品化や乾式接合の多用といった構法は、そういった解体に貢献していたと思われる。

また、在来木造同土を比較すると、『解体・撤去』と『分別・分別』+『搬出・積載』の合計が全体に占める割合は、いずれにおいても同程度であり、解体作業の丁寧さが人工数全体に与える影響は少ないと言える。しかし、解体材の質については、解体段階を詳細にしたほうが有効である、と指摘されている。つまり、解体全体の作業性（人工数や工期）と解体材の質の両観点から総合的に捉えると、解体段階を詳細にすること、またそういった解体工法を支える構法を徹底していくことが重要であるといえる。

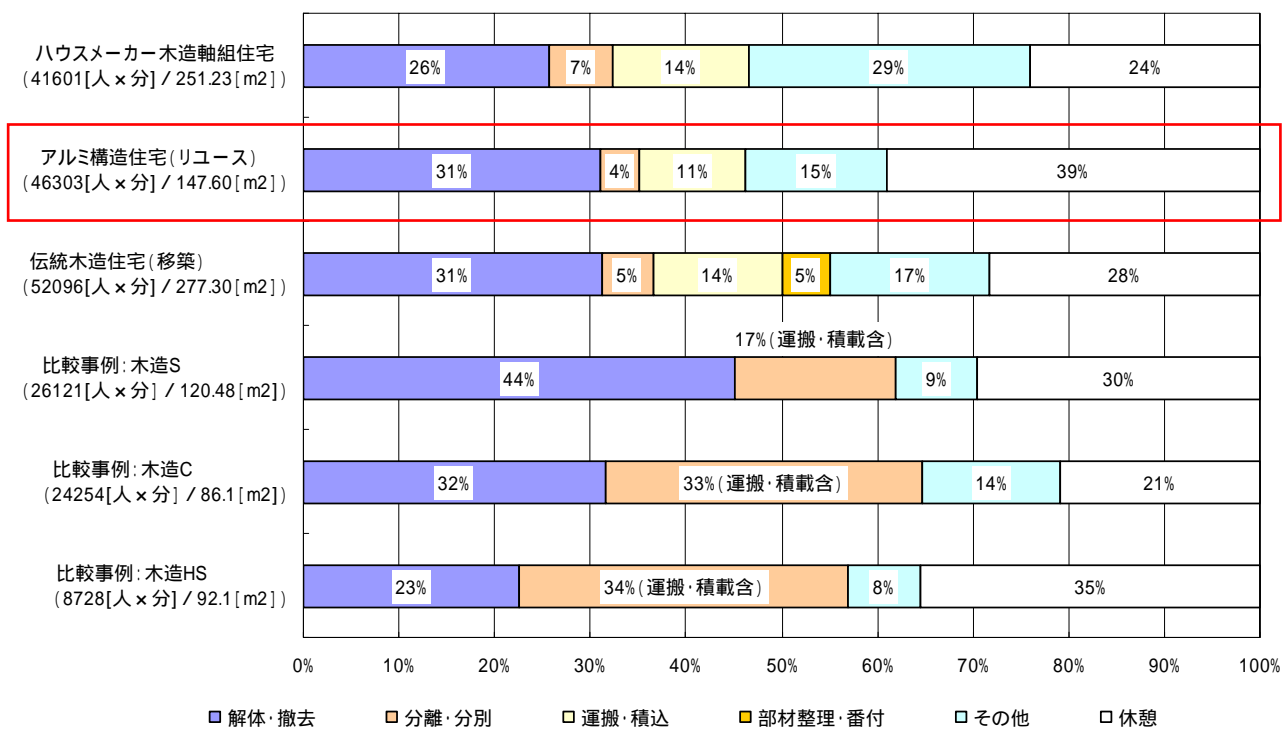
最後に、『その他』と『中断・休憩』について触れるが、これらは、個々の解体工事の諸条件（敷地条件、工期の制約、作業員の違い、季節、など）といった不確定な要素に因るところが大きく、統一的な見解は得にくい。アルミエコハウスにおいて、『その他』を増加させた要因としては、通常解体工事にはほとんどない仮設事務所の設置や通路用仮設鉄板の敷設が挙げられる。また、『中段・休憩』を増加させた要因としては、夏季のため休憩が多かったことに加え（ただし在来木造 C・HS も夏季）、新築工事のための解体でなく工期に制約がなかったため休憩がさらに増えたことなどが挙げられる。

また、今回は明確な把握ができず、こういった不確定な部分の一部として捉えることとなったが、アルミエコハウスの解体工事では、解体工法等についての『打合せ』が多く取られていたことが指摘できる。部材のリユース性の確保等のための解体では、通常解体以上に工法等についての打合せや管理業務が重要になってくると考えられる。また、こういった行為は現状の解体工事では行われていないため、打合せの進め方や個々の作業員への徹底の方法などの確立・一般化が必要であろう。

⁶ 在来木造 HS の人工数が、S・C に比べ極端に少ないのは、HS は簡素な構法であり、ゆえに解体も容易であった、とされている。

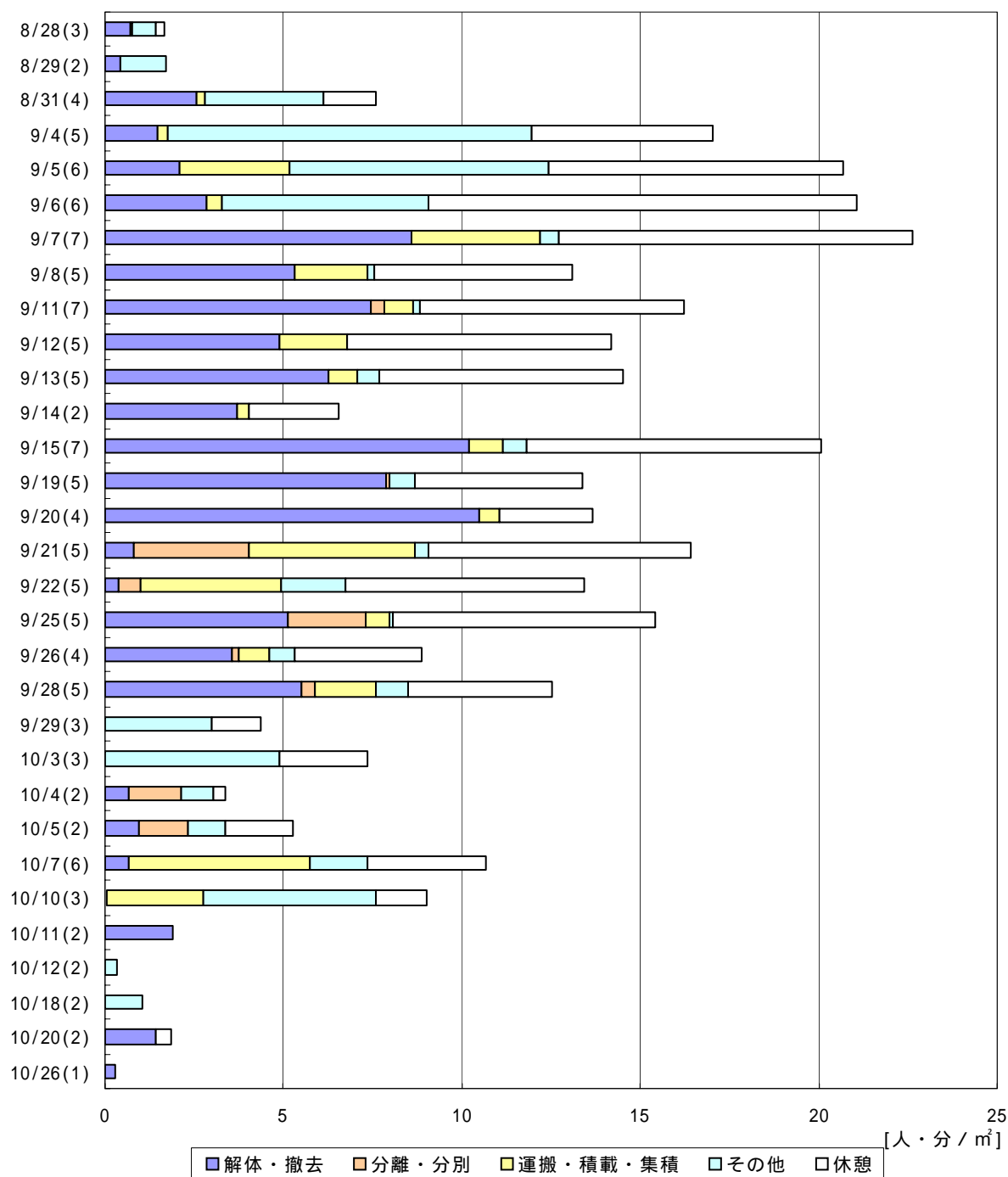


図表 3.3 - 1 延床面積当たりの作業内容別人工数の割合



図表 3.3 - 2 作業内容別人工数割合の比較分析

次に、各日の作業内容別人工数の分析結果を示す。傾向としては、初期は仮設物の設置などで準備作業が多く、上部構造の解体が終盤になってくると、分離作業や搬出作業が多くなっていく（9/21、22に搬出などをまとめて行った）。各日で総人工数が異なるのは、作業員数の違いであるが、同じ作業員数の日でも総人工数が異なるのは、現場の滞在時間が日によってかなり差があるためである。工期に制約がなかったためか、滞在時間や作業時間はルーズな感じがかった。



日付の横()内は作業員の人数。ただし、監督員と廃棄物回収業者は除く。

図表 3.3 - 3 各日の作業内容別人工数

）部位別人工数

延床面積当たりの部位別人工数およびその割合の比較分析結果を図表 3.3 - 4,5 に、内装部位をさらに詳細に分類した延床面積当たりの内装部位別人工数およびその割合の比較分析結果を図表 3.3 - 6,7 に示す。

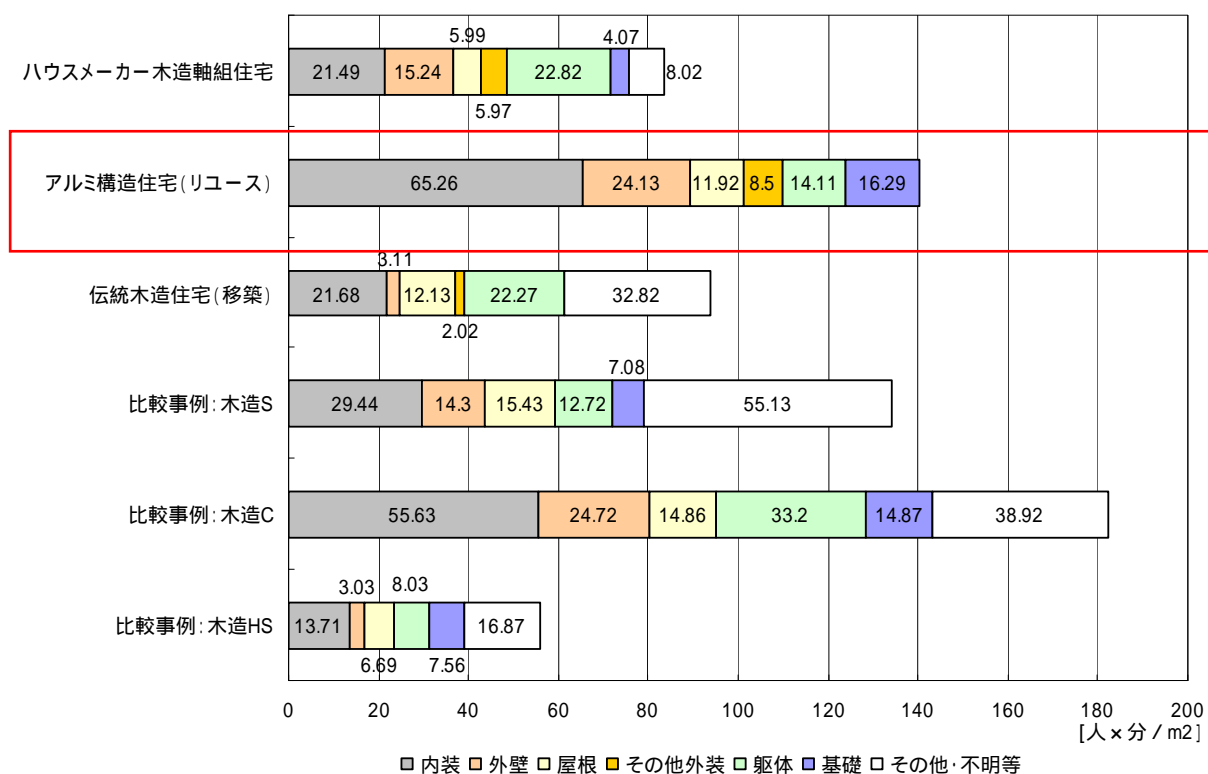
まず、アルミエコハウスの特長として挙げられる点は、『躯体』の人工数およびその割合の少なさである。また、屋根や床パネルについても類似の傾向が見られる。これらの部位（部材）はリユース性の調査においても高いリユース性が実証されたものが多く（5.4.2 アルミ部材のリユース性）アルミエコハウスの解体性やリユース性の成果が出た部位であるといえる。

一方、逆の視点からみると、アルミエコハウスでは木造 3 事例に比べ、リユース性を確保できなかった『外壁』やリユースを想定していない『内装』の人工数が多く、解体の労力に対して解体材の効果（程度・質）が低いといえる。

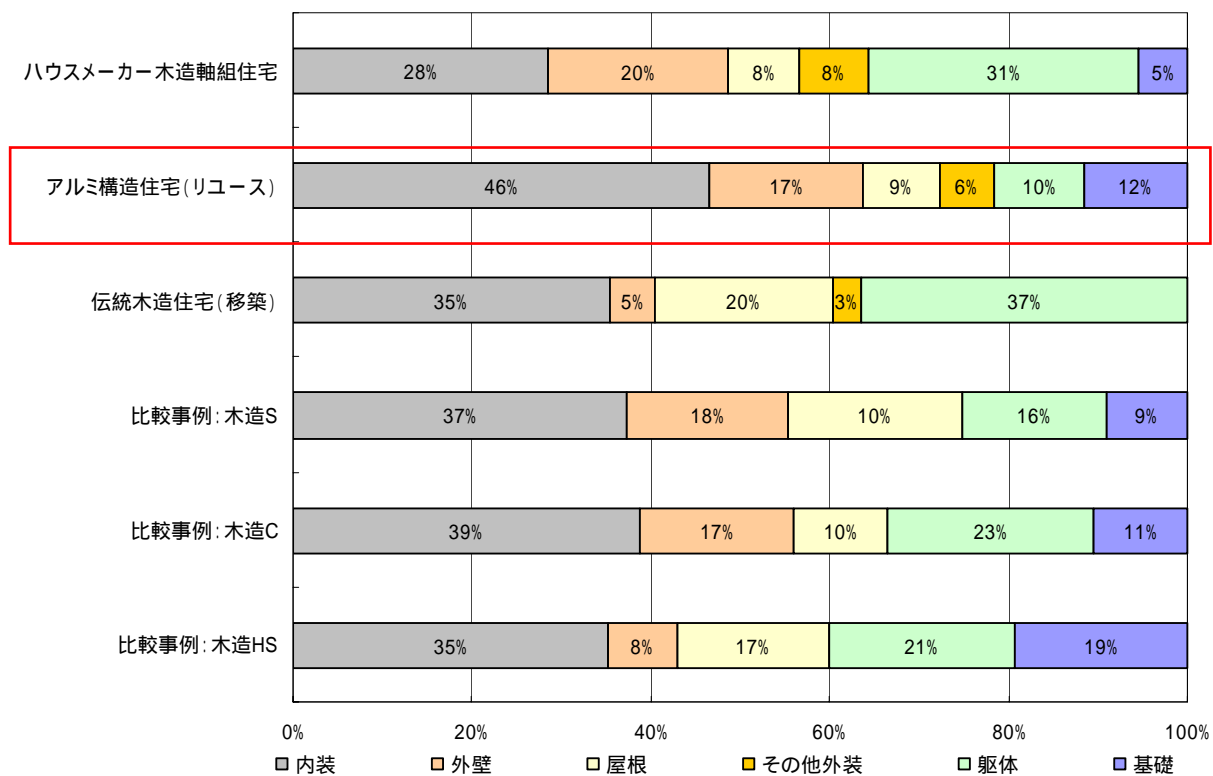
外壁は、一見すると解体性のよさそうなパネル構法でありながら、モルタルなどの在来構法に優位性を示せていないが、人工数およびその割合が増加する原因となったのは、外壁パネル間のシーリング材により解体が難航したことにある。解体性やリユース性を高めるには、徹底した乾式構法が重要であるということを示す結果といえる。

内装は、木造 3 事例が 40%弱であるのに対し、アルミエコハウスでは 50%弱と多い。アルミ部材などを多用しており、リサイクル性（リサイクル率）としては高いものであっても、解体性への効果は少ないといえる。内装においては、部品化による部品点数の増加や乾式構法のなかでも丁寧な解体に適さないビス接合などが、そういった結果の一因になったと考えられる。また、内装の詳細な部位ごとの結果をみると、アルミエコハウスの『床』の割合が大きいことが指摘できる。これは、先述の部品点数の多さなどに加えて、床材の構法が解体に手間のかかるものであったことが原因となっている。（詳細は(2)各部位についての分析・考察）

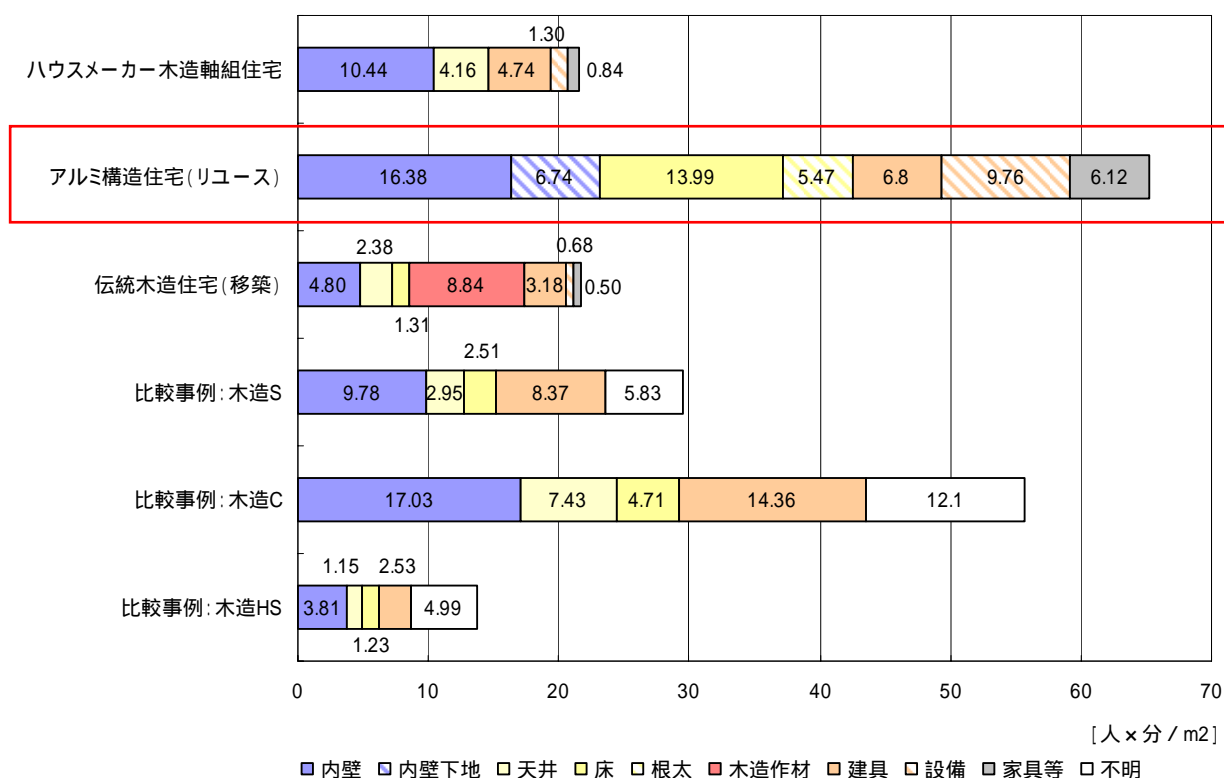
解体全体の効率化のためには、各部位・部材ごとの解体材の目的（リユースかリサイクルか、など）に応じて、適切な構法・材料の選択と、解体方法（丁寧さや工法）を明確に分けて実施することが重要である。



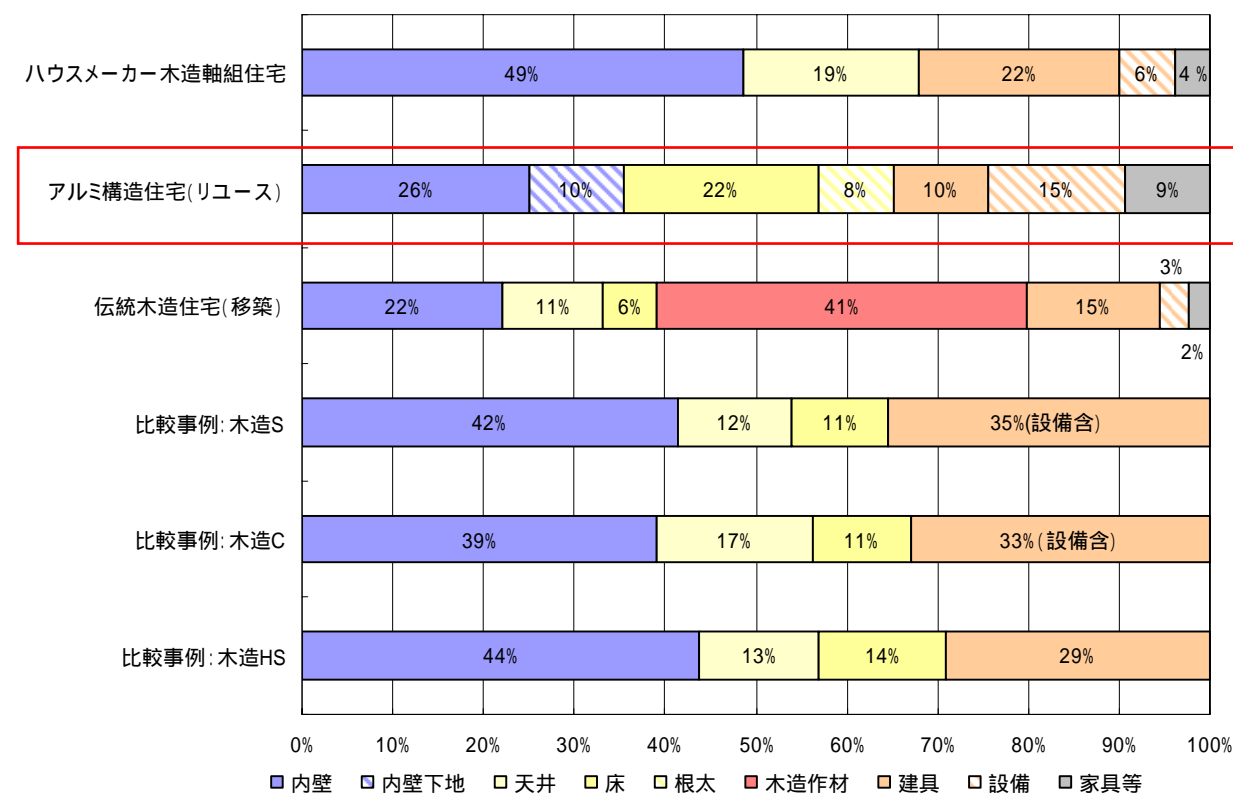
図表 3.3 - 4 延床面積当たりの部位別人工数の比較分析



図表 3.3 - 5 部位別人工数割合の比較分析



図表 3.3 - 6 延床面積当たりの内装部位別人工数の比較分析



図表 3.3 - 7 内装部位別人工数割合の比較分析

3.3.3 各部位の人工数・解体性の分析

) 家具

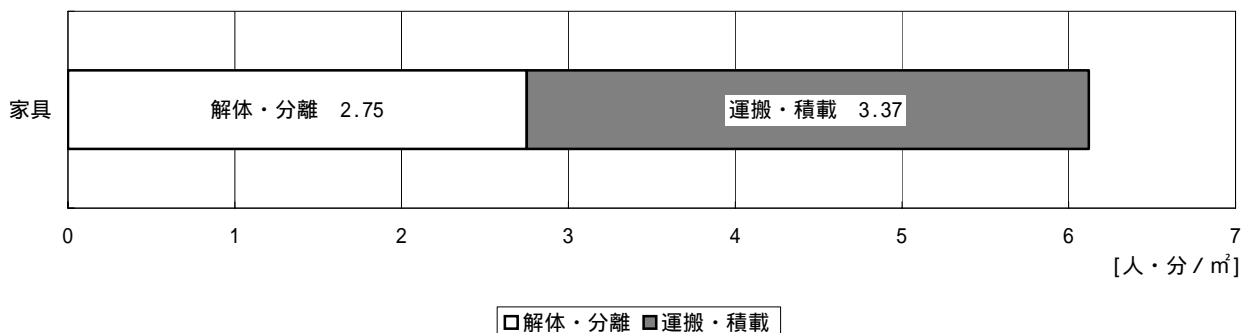
収納棚は、電動ドリルを用いてビスを外し、外しきれないビスや釘などは適宜バールを用いて解体し、木質系のパーティクルボードやベニヤ板とアルミ材に分別した。ベッドの解体も同様であった。ただし、集成材にアルミ板が接着されていたため、リサイクルのためには解体後さらにアルミ板を剥がす必要があったが、現場での作業で可能であることが確認された。机の解体は、ビス部分を電動ドリルで取り外し、不定形状のものは無理やり折りたたむなどして運搬・積載等をしやすい状態にした。

搬出は、ほとんどの家具では、室内で解体された材を、屋外に搬出しコンテナに投入するという方法が取られた。一部の家具は、解体せずそのままの形で搬出され、コンテナの横で解体されたが、そのままの形では寸法が大きき搬出できないものもあった。

家具の解体等に関する人工数は計 6.12[人・分/m²]、全体の 4%であった。作業内容別の分析を図表に示す。家具解体に対して、以下のような考察ができる。

全工程や他部位の傾向と比較して、『解体』『分離』作業に対して『搬出』作業が多い。家具の場合、室内で解体せずに搬出して、コンテナなどの近くで解体することも可能であり、その方が『搬出』作業の人工を削減できたと思われる。(ただし、今回のように屋外に作業スペースを確保できる場合に限られる。) 同じ解体工法であっても、解体や分離の作業場所によって、搬出作業に差が出てくるものと思われる。また、全て解体してから搬出するのか、数人で解体と搬出を並行するのか、といったことも作業場所や解体対象によって効率に違いがあるだろう。

アルミ板が接着された集成材は、現場作業で分離可能であることが確認されたが、その作業自体は調査員側からの指示により実施された。場合によっては、分離されず混合廃棄物として処分されることも考えられる。解体材の適正処理のためには、現場管理などによる適切な解体方法の徹底が必要であるといえる。



図表 3.3 - 8 家具：人工数分析



収納棚の解体：電動ドライバー等により丁寧に解体された / ベッドの解体：釘の使用箇所のため、パールを用いている / 机の解体：アルミハニカムパネルを無理やり折りたたんでいる / 家具解体材（室内での解体分）の搬出 / 未解体の家具の2階からの搬出屋外 / （コンテナ横）での家具解体：十分な作業スペースがあり可能であった / 集成材とアルミ板の分離 / 2F 家具解体材の全景 / コンテナに積載された木質系の家具解体材

図表 3.3 - 9 家具の解体

）設備類

給排水設備、電気設備ともに、各種専門工によって、端末部分については内装解体前に、内部配線・配管は内装解体後に、一つずつ丁寧に取外された。アクアレイヤーは、床材解体と根太解体の間に解体工により撤去された。ユニットバスは、躯体だけの状態まで残され、躯体解体中の合間に、電動ドリルやバールなどを用いて手解体された。

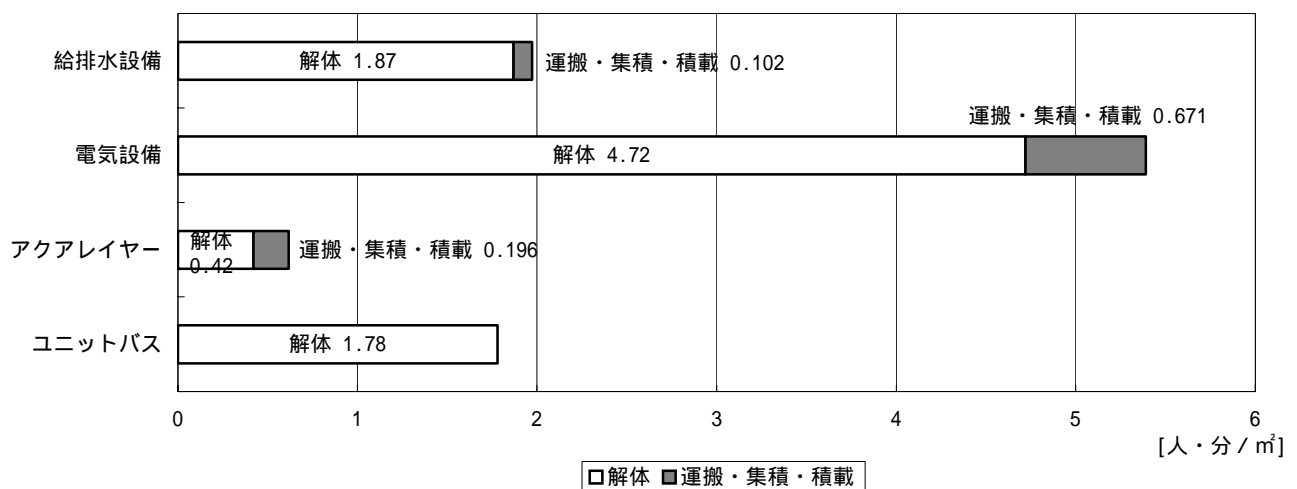
設備類の解体等に関する人工数は計 9.76[人・分/㎡]、全体の 7%であった。作業内容別の分析を図表に示す。設備類解体について、以下のような考察ができる。

給排水、電気設備の解体に特に問題はないが、エアコンやコンセントの設置数が多かったため、若干の人工数を要した。今回は専門工によって行われたが、解体工に可能な作業もあり、また内部配線・配管が内装等の解体の邪魔になるような状況も見られ、工事全体の効率化を考慮すると、解体工が内装等の解体と並行して適宜行ってもよいと思われる。

特に給排水の配管の周辺の内壁や床では、現場合わせて部材を不規則な形状に加工したり、無理やりに納めたような箇所があり、そういった内壁や床の解体には手間取る状況や内壁材、床材やその周辺部材を傷つけるといった状況が見られた。設備類と内装等の取り合いをシンプルにして解体性を高めることや、解体順をよく検討する必要がある。

アクアレイヤーのヒーターパネルやアクアパックは床パネル上に置いてあるだけで、撤去は非常に容易であった。搬出後の状態も良く、付加価値の高さを考慮するとリユースの可能性を検討すべき部位であると言える。

ユニットバスは、解体工法に迷うような様子が伺えた。これは、ユニットバスなどの部品がメーカー独自の構法で作業員にとってわかりにくいこと、工場生産により複雑、強固に組立てられた部品で現場解体には手間がかかること、などがその理由として考えられる。



図表 3.3 - 10 設備類：人工数分析



洗面器具の解体 / エアコンの解体 / エコキュート室外機の電気配線処理 / 給排水内部配管が内壁（FB）解体時に邪魔になっている様子 / 給排水内部配管が1階床 M ウッドの解体時に邪魔になっている様子 / アクアレイヤーの撤去 / ~ ユニットバスの解体

図表 3.3 - 11 設備類の解体

）内壁・1階床・2階床

内壁フレキシブルボード・1階床Mウッド・2階床コルクタイル+下地合板は、いずれもアルミ押出材（角材）にタップビス等で取り付けられているため、ここで並行して考察・分析する。

内壁のフレキシブルボード（FB）の解体前にまず、アスベスト対策のため床面や開口部などのシート養生作業を行った。FBの解体は、保護衣・防塵メガネ・防塵マスクを着用し、十分に噴霧し部材を湿潤に保って、できるだけボード形状を維持した状態で解体された。タップビスの取り外しは、電動ドリル等で緩めた後、抜ききれないものはプライヤー等で引き抜いて取外した。また、FBの搬出もボードが割れることのないように丁寧に、飛散防止対策を施したコンテナに積載された。

1階床のMウッドの解体は、取付け金具の向きを確認するための箇所は破壊して取外し、通常の箇所は、室内の場合は目地に接着剤を使用していたため、バールで目地を割るように解体された。屋外の場合は、目地材がなくスライドさせて容易に取外することができた。Mウッドもできるだけ破損させないような丁寧な解体を行ったが、特に室内では損傷するものもあった。

2階床の解体は、まず接着剤の使用されているコルクタイルを、噴霧器で湿らせて剥しやすくしてから、手やバールで剥がした。その後、下地合板の根太への取り付けビスを電動ドリルで取外そうとするが、ビスのネジ山が潰れているものが多く、バール等で根太から取外した。下地合板にはビスが付着したままのものもあったため、ハンマーなどでビスをたたいて分離した。

内壁FBの解体等に関する人工数は計16.38[人・分/m²]、全体の11%（ただし、準備作業分は含まない）1階床Mウッドは7.76[人・分/m²]、6%、2階床は6.22[人・分/m²]、4%であった。

内壁・1階床・2階床の解体について、以下のような考察ができる。

FBは下地に単純にビス止めしてあるだけであったので、ほとんどの箇所で解体工法などに特に問題はなかった。また、部材数やFB使用箇所が多かったが、多くの作業員で解体や噴霧、運搬などの作業を分担して効率的に行ったため、人工数はそれほど増加しなかったと思われる。

ただし、FBのアスベスト対策のための準備作業や保護衣着用による作業性の低下は、工期や人工数の増加への影響はある。有害建材の使用・不使用には十分に検討する必要がある。

間仕切り壁同士がぶつかる箇所や天井のFBは、ボードの手前に下地があったが、先にボードを取り外そうとした結果、ボードが割れてしまった。こういった箇所では下地を先に解体してからFBを取り外す手順のほうが、安全かつ容易であったと考えられる。ただし、天井の下地は複雑で解体にも時間を要するもので、作業員たちにはまず保護衣等の必要なFBの解体作業を先に終えてしまいたいという意思があったため、割ってでも解体してしまったと考えられる。そういったことも考慮して、有害建材の使用箇所では、より解体性がよいことが望まれる。

Mウッドの取付金具の向きが数箇所であっていただけのため、向きの確認のためにMウッドを破壊して取外す作業が数回必要になり、作業に効率性を欠くことがあった。また、そういった荒い解体は、リユースする部材が周辺にあると傷つける可能性もあるので、注意が必要である。

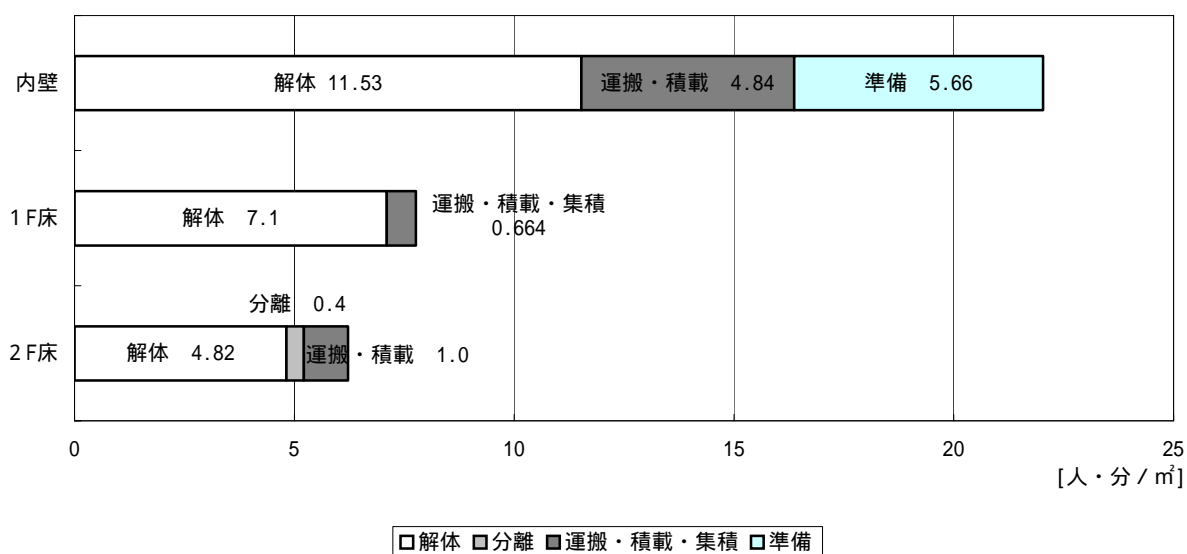
M ウッドの通常部分の解体は特に問題なかったが、室内と屋外の目地接着剤の有無では、解体性に差がある。解体の程度（丁寧さ）によって、リサイクルの質に差が生じる部材（素材）ではないので、今回ほどの丁寧な解体の必要はなく、人工数の削減は期待できる。ただし、荒い解体になりすぎると破片が散在することになり搬出作業や掃除作業に人工数を増やすこともあるので（あるいは破片状になることで他の材料のものと混じりリサイクル性を落とすことも考えられる）、どの程度の解体が適切かは見極める必要がある。

解体工法等について、大きな問題はなかった。1 階床 M ウッドに比較して、解体工法の容易さや部材数の少なさなどにより、人工数は若干少ない。

コルクタイルは大抵は用意に剥がせたが、場所によって接着剤が過剰に使用されていたため、剥がすのに手間がかかり、また細かな破片は散在するため掃除などの作業が必要になった。

下地合板のバールでの解体は、柱の周辺のを解体するときに柱にキズが付くことが多かったリユースする部材の周辺の解体には注意が必要である。

合板に付着したビスも取外したため、分離作業が必要であった。



図表 3.3 - 12 内壁・床：人工数分析



シート養生・密閉作業 / 保護衣・防塵マスク等の着用 / 噴霧作業 / FB の解体：タップビスの取外し / FB の解体：2～3 人程度で一組になってビス取外し・噴霧・運搬などの作業を分担 / 内壁交差箇所：FB の手前に下地材があるため、無理やり FB を取外そうとしている様子 / 1 階洗面所天井の FB が割れた様子：下地等が複雑に構成されていたため、解体しづらく FB が割れた / アルミ下地材に付着した FB 片：タップビスが取外せず、FB が割れてアルミ下地に付着 / 養生したコンテナに積載した FB 解体材

図表 3.3 - 13 内壁フレキシブルボードの解体



1 階床 M ウッド解体 / M ウッド取付け金具の取外し / プレースに近接する M ウッド / M ウッド取付け金具の向きが変わる箇所 / ・ ウッド取付け金具の向きを確認するため、破壊する様子 / 損傷した M ウッド：側面には接着剤付きの目地材 / 2 階床コルクタイル剥がし / 粉々に散在するコルクタイル：接着剤が過剰であったため、きれいにはがすことができなかった箇所 / 2 階床下地合板の解体 / 下地合板からビスの分別 / 根太に付着したタップビス：ネジ山や頭の損傷により内壁下地や根太のアルミ材に付着したタップビスが多数あった

図表 3.3 - 14 1 階床 M ウッド・2 階床コルクタイル+下地合板の解体

) 内装下地 (内壁下地・1F根太・2F根太)

内壁下地は、アルミ押出材 (角材) をアングル材で組み立てたもので、在来構法の木下地をアルミに置き換えた構成である。電動ドリルやドライバー (電動ドリルが入るスペースのない場合。外周の内壁下地などに多く見受けられた) でビスを取り外し、抜ききれないものはプライヤーやバールで引き抜いて間柱、胴縁を一本ずつ解体した。解体した間柱や胴縁のアングル材をさらに取り外すのは、非常に時間を要するとの判断から、取外さず搬出した。

根太の解体は、1・2階とも固定用ボルト・ナットを電動ドリルで外して解体した。根太の固定具が1・2階で異なり、これら固定具も全て、ボルトあるいはビスを一つ一つ取外して解体された。

内壁下地の解体等に関する人工数は計6.74[人・分/㎡]、全体の5%、根太は5.47[人・分/㎡]、4%であった。下地の解体に対して、以下のような考察できる。

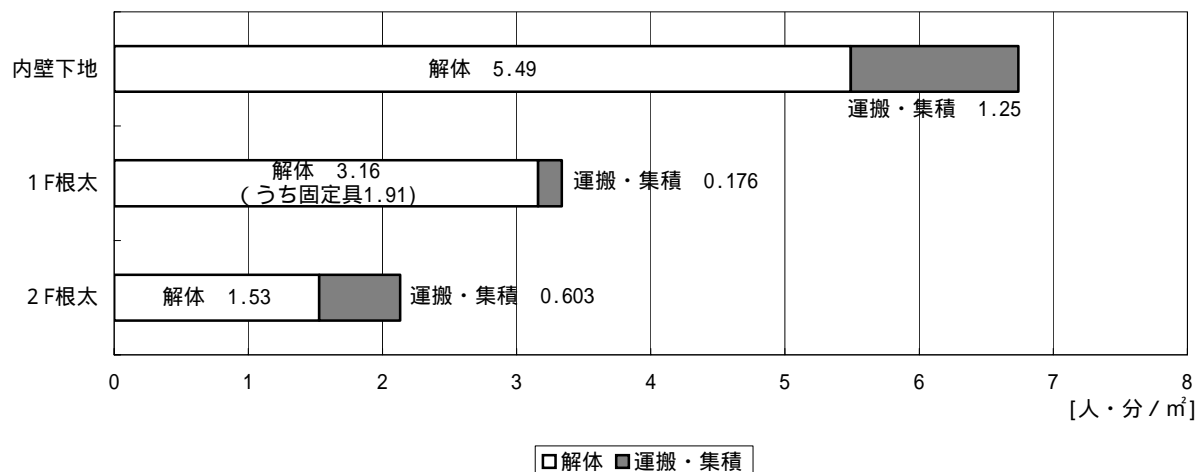
内壁下地の解体はタップビスの取外しを含み手間がかかった。在来構法の木下地をアルミ押出材に置き換えた構成であるが、人工数や工期を省略するための荒い解体を行うと柱や梁、外壁などリユースする部材をキズつける恐れがあり、木下地に対して解体性のメリットはほとんどないと考えられる。

根太自体の解体はボルト・ナットの取外しで、容易にまた迅速に行なわれた。1階と2階の解体作業人工数の差は、1階の方が床面積が広がったこと (屋外部分を含むため)、固定具の解体性の違い、によると考えられる。

1階の根太の固定具 (ステンレスボルト) の取外しには人工を多くの人工を要した (1階根太の解体作業の約6割の1.91[人・分/㎡])。

2階根太固定具 (防振ゴム + 合板パッキン材) は、床パネルにタップビスで固定してあったため、ビスが取り切れず床パネルに付着するものもあったが、作業員が熟練者であったためか、比較的迅速に行なわれた。

2階根太の一部は、長尺のため搬出に苦勞するものがあった。(ただし、1階根太と2階根太の搬出作業の差は、単純に1階からの搬出と2階からの搬出の差がほとんどと考えられる。)



図表 3.3 - 15 内装下地：人工数分析



内壁下地の解体 / 内壁下地の解体：外周の内壁下地は電動ドリルのスペースがなくドライバーで手解体 /
 長尺の胴縁：内壁下地の一部に長尺の部材があり解体に手間がかかった / アングル材の付着した内壁下地 /
 ・ 根太の解体 / 1階根太の固定具 / 2階根太の固定具 / 2階根太の長尺材の搬出

図表 3.3 - 16 内装下地（内壁下地・根太）の解体

）建具

サッシの解体は、障子を外した後、枠の目地コーキング材をカッターで切断、ビス止め箇所を取外し、最後にバールで枠が開口部分から取外された。その後、縦枠取付け用の支柱などの付属部品も丁寧に解体された。また、障子のガラスはコンテナ内で割り、障子枠と分別された。

ルーバー戸は、障子を取外して、一方ではレール、レール取付けのスチールバーの順に解体が行なわれたが、もう一方では解体方法がわからず、レールとスチールバーを一緒にバールで解体された。レールは、目地のコーキング材をカッターで切り、その下のスチールバーへの取付けビスを電動ドリルで取外すという手順で解体された。一方、スチールバーは、外壁パネルにリベット接合で固定されていたため、接合部を取外すという解体は出来ず、バールで無理やり取外すという解体になった。

搬出は、サッシ・ルーバー戸ともに重機を用いて行われた。

建具の解体等に関する人工数は計 6.8[人・分/m²]、全体の 4.85%であった。作業内容別の分析を図表に示す。

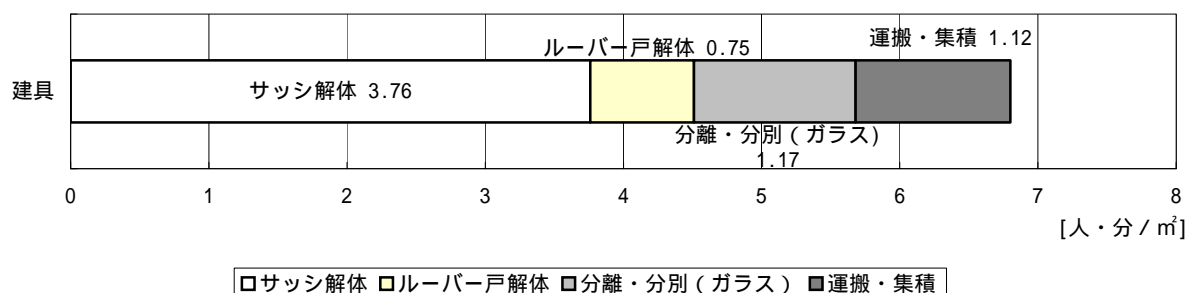
建具の解体について、以下のような考察ができる。

サッシの解体に大きな問題は特になかった。ただし、支柱などの付属部品が多く、その分の人工数がかかった。また、結果的には在来構法的な取り付けであったが、作業員には外観から分かりづらく、当初は解体工法に迷うような状況が見られた。

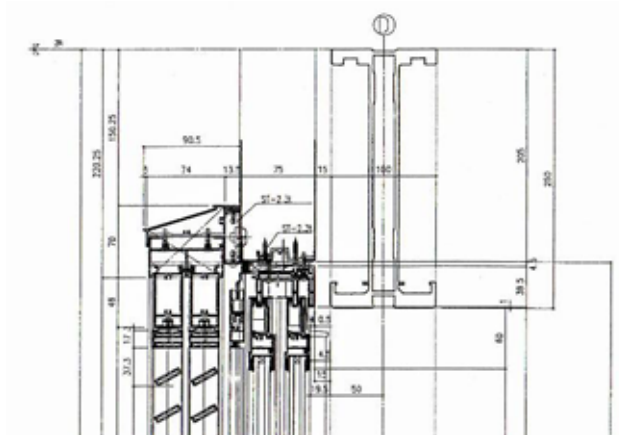
サッシ枠や支柱と外壁パネルとの位置関係（支持関係）が作業員に分かりづらく、どちらから解体すればよいかといった解体手順の混乱のもとになっていた。（サッシ 外壁パネルの順で解体すべきところを、外壁パネルを先に解体していた。）

レールの取付けビスはコーキング材に隠れたわかりにくい位置であったが、熟練の作業員であったためか、比較的迅速に解体工法を把握していた。ただし、ビスの位置がわからなかったため、コーキング材を全て除去する必要があり、ビスの位置がわかればさらに迅速な解体が期待できた。（ルーバー戸解体の人工の大部分がコーキング材の除去であった。）

スチールバーのリベット接合は解体方法がわからず迷う状況が見られた。また、結局、接合部を取り外すことは出来ないため、バールでの解体となり、外壁パネルを傷つけることとなった。



図表 3.3 - 17 建具：人工数分析



図表 3.3 - 18 ルーバー戸レール詳細図



サッシ目地コーキング材の切断 / サッシ枠のビス等の取外し / サッシ枠の取外し / サッシ枠取付け用の支柱の解体 / サッシガラスの分別 / ルーバー戸レールのコーキング材切断 / スチールバーの解体 / レール・スチールバーを同時に解体 / スチールバーのリベット接合の解体跡

図表 3.3 - 19 サッシ・ルーバー戸の解体

）ダブルスキン

ダブルスキン（DS）部材の解体は、各種パネル（アルミパンチング板・アクリル板・太陽光発電パネル）のボルト、ビスを電動ドリルで取り外し、パネルが取外された箇所から随時、パネル取付け金具（アルミ板材）のビスを取外していった。また、太陽光発電パネルに関しては、取外したものはすぐに配線端部をガムテープなどで被覆していった。

DS のフレームの解体は、ボルト・ナットを電動ドリルとメガネレンチ（電動ドリルのピットの用意のないサイズのものなど）で取外して解体された。支柱周辺でボルトが防水シートに覆われている部分は、カッターやシールカッターで防水シートの除去が必要であった。

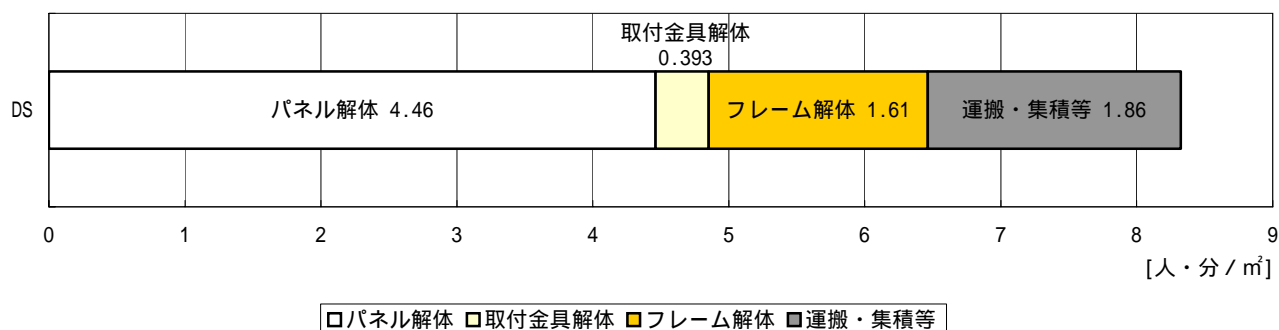
DS の解体等に関する人工数は計 8.5[人・分 / m²]、全部位の 6.06%であった。作業内容別の分析を図表に示す。

DS 解体について、以下のような考察ができる。

DS の解体には特に問題はなかった。単純な取り付けで、接合部の位置もわかりやすくかつ作業性のよい位置であったことなどが貢献していたと考えられる。

搬出や整理作業、屋根上であったこと、パネルなど部材数が多く解体作業中に何度か解体したパネルの整理などが必要になったことなどにより、人工数は若干多くなった。

DS パネルは解体性や搬出状況もよく、特に太陽光発電パネルなどは付加価値も高いため、リユース性を検討すべき部材である。



図表 3.3 - 20 ダブルスキン：人工数分析



解体前の DS 全景 / DS の解体 / DS パネル取付け金具の解体 / 太陽光発電パネルの配線処理 / DS フレームの解体 / DS 支柱の防水の撤去 / DS パネルの搬出 / DS フレーム材の搬出 / 解体後の DS パネル

図表 3.3 - 21 ダブルスキンの解体

）屋根・床パネル

屋根の解体は、まず屋根パネル間の目地部分の防水材をカッターなどを用いて撤去し、続いてその下にあるコーキング材とバックアップ材をカッターなどを用いて撤去した。途中から、防水材撤去と屋根の外周及び内周の役物パネルの解体を平行して行った。屋根パネルについては、まず屋根梁への取付けボルトをすべてのパネル分を取り外して(図表中の「屋根パネル解体」)から、梁に乗っただけの状態になったものをレッカーで搬出した(図表中の「屋根パネル搬出」)。

床パネルの解体は、基本的には屋根パネルと同様で、2階梁への取付けボルトを先に取外しておき、梁上に乗っただけの状態になったものをレッカーで吊り上げて搬出した。

屋根の解体等に関する人工数は計 11.92[人・分/m²]、全部位の 8.5%、床パネルは 2.52[人・分/m²]、1.8%であった。作業内容別の分析を図表に示す。

屋根・床パネルの解体について、以下のような考察ができる。

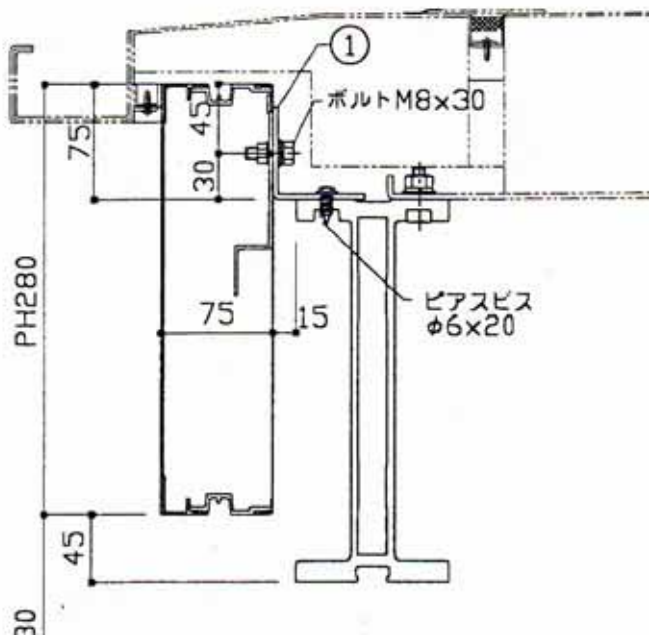
防水撤去と屋根役物解体が多くを占めている。また、パネル(屋根・床)に関しては、解体(ボルトの取り外し)よりも、搬出に人工数を要している。

メタルセーフシート防水は、入隅、出隅、突起部分では密着性が悪く漏水の恐れがあるということで、ウレタン系塗膜防水と併用して施工されていたため、そのような箇所の防水材撤去には特に人工数を要した。屋根役物は、意匠的なことも兼ねて、取り付け部分が外壁パネルとのわずかな隙間にあり、外観からはわかりづらい。さらに、隙間には手や工具が届きにくく解体方法がわかっても解体しづらい。図面情報などより解体方法はわかっていたが、作業員にとっては外観からわからないことが大きいようで、多くがパネルなどによる解体工法で、人工を増す結果になったと考えられる。また、このような工法のため、外壁パネルにも損傷が及ぶ結果となった。

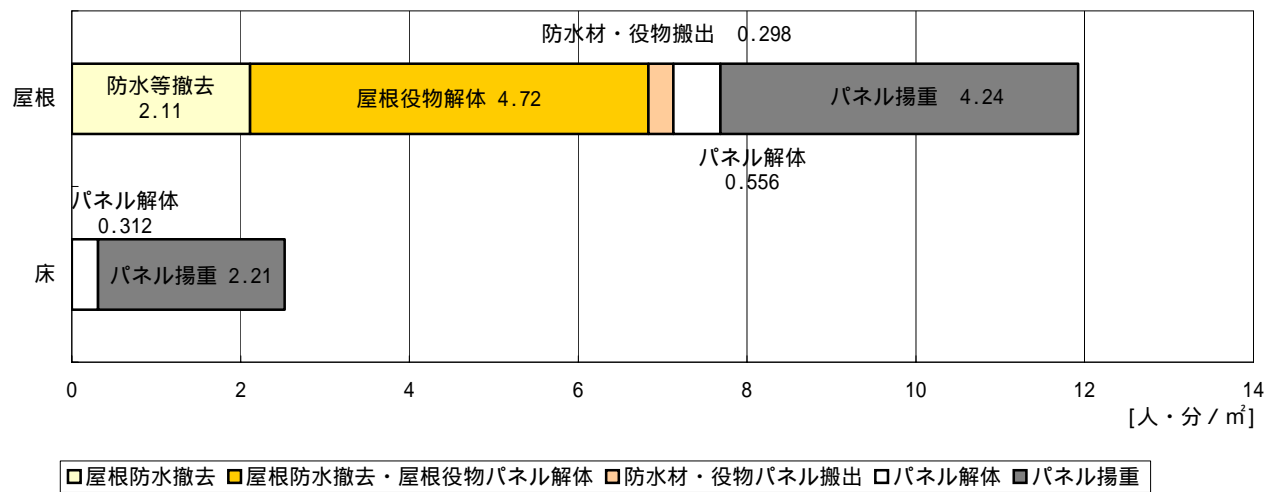
屋根パネルの解体は、RF 梁のウェブ上に単純に置いてボルトで固定するだけという簡素な取り付けであったため、取り外しも容易で人工数にも表れている。ただし、ボルトが共回りして、屋根パネルの上下に作業員が必要であったのは、解体自体が容易な作業であるだけに、効率性において改善の余地はあると考えられる。

パネル搬出は、パネルサイズが大きく扱いづかった、作業床を無くしていく作業である、レッカー使用のため作業スピードが遅くなった、などが人工数を増やす要因と考えられる。

屋根パネルに対して床パネルの人工数が少ないのは、床パネルの解体が梁や柱などレッカーが必要な部位と並行して行なわれ、全体としてレッカーの待ち時間などのロスが省けたことに一因があると考えられる。



図表 3.3 - 22 屋根役物詳細図



図表 3.3 - 23 屋根：人工数分析



～ 防水材の撤去 / ・ コーキング材の撤去 / 目地パッキング材の撤去 / 屋根役物の詳細 / ・ 屋根
役物（外周）の解体 / ・ 屋根役物（内周）の解体 / 屋根役物解体によって損傷した外壁パネル

図表 3.3 - 24 屋根・床パネルの解体(1/2)



～ 屋根パネルの梁への固定ボルトの取外し / ・ 屋根パネルの搬出 / 床パネルの梁への固定ボルトの取外し / ～ 床パネルの搬出

図表 3.3 - 25 屋根・床パネルの解体(2/2)

）外壁（外壁パネル・アクリル小窓）

外壁パネルやアクリル小窓の解体は当初、パネル間を容易に分割できるものと予想されていたが、外壁パネルの側面の凸凹型の樹脂枠の凹部分にシールが打たれていて、カッター等の工具が届かず接着剤として働いたため、パネル間の分割はバールを突き刺すなどといった無理やりの方法となった。さらに、そういった方法でも分割できないものも多かったため、複数枚つづり（最大で6枚）のままレッカーで吊り上げて搬出し、地面に寝かせて置いてサンダー等で切り込んで分割する方法が取られた。アクリル小窓と外壁パネル間は付き付け形状になっていてコーキング材を切ることができ、形状を維持して取り出すことは出来たが、コーキング材を切るのに非常に時間がかかった。

アクリル小窓には、アクリル板とフレームのアルミ押出材との分離作業が必要で、ひとつひとつ丁寧に分解した。

外壁の解体等に関する人工数は計24.13[人・分/m²]、全部位の17.21%であった。作業内容別の分析を図表に示す。

外壁の解体について、以下のような考察ができる。

外壁の解体の人工数を増加させた最大の要因は、コーキング材により分割ができなかったことにある。外壁の接合は一見、樹脂枠による乾式構法であるが、機能材としてのコーキング材などが湿式であることによって、可逆性を失い解体性を阻害した。

バールでパネル間を分割しようとしたため、多くの外壁パネルは原型をとどめないほど大きく損傷した。

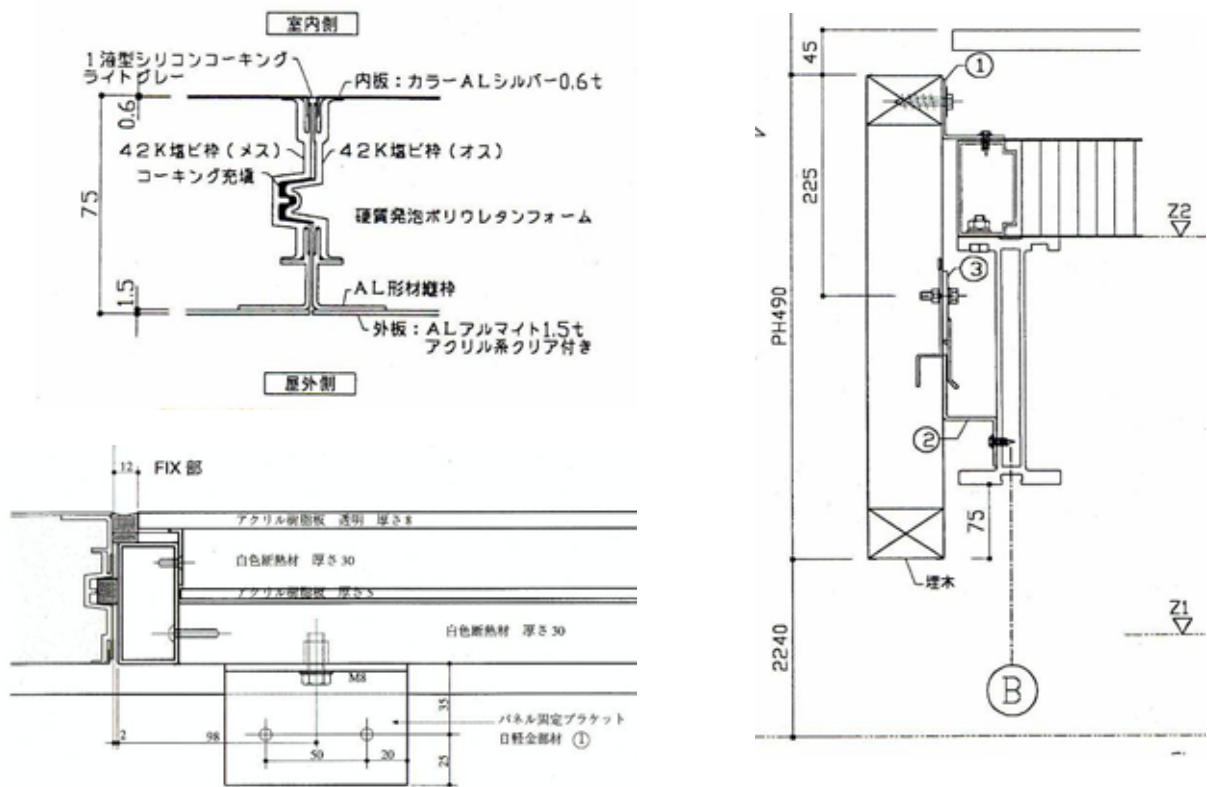
また、外壁パネルが固定されていた屋根梁にも、外壁解体によるキズが残るものがあった。

外壁パネルは2層分のサイズであり、作業員が1階・2階・屋根階の各レベルに必要で、取扱いにくさが感じられた。

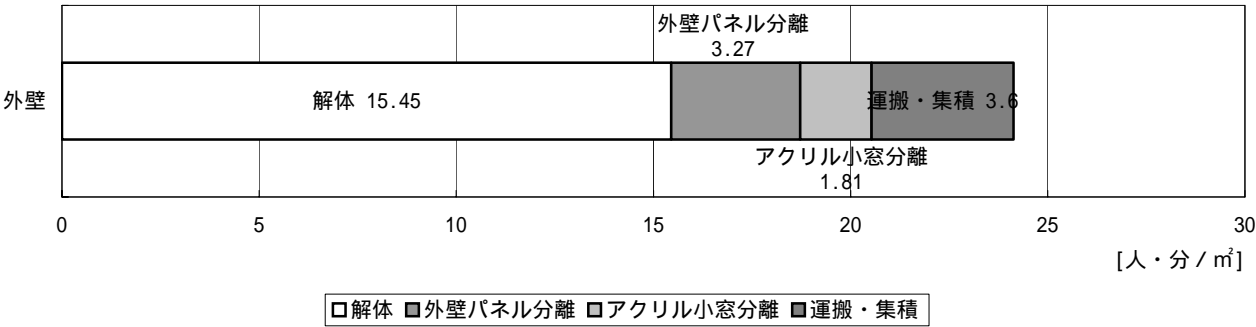
今回は隣接する建造物もなく余裕のある敷地条件であったため問題にはならなかったが、外壁パネルほどのサイズの部材を吊り上げて搬出するには、スペース的にも、また安全上でも問題が生じる可能性はある。特に、複数枚つづりで吊り上げるのは、風に煽られたり、空中でパネル間が割れてしまったりと非常に危険である。また、通常の戸建住宅規模では地面に寝かせてパネル間を分割するといった敷地的余裕もないものと考えられる。

中庭面の外壁パネルは、外観からは取り付け方がまったくわからず、解体が難航した。

アクリル小窓の分離（分解）作業は、部品が多く、またそれらが工場で複雑に構成されていたため、手間がかかった。また、使用期間中に変形したものもあり、それらの分解にはより時間がかかっていた。



図表 3.3 - 26 外壁パネル間目地（左上）／外壁パネル・アクリル小窓間目地（左下）／
中庭面外壁パネル（右）詳細図



図表 3.3 - 27 外壁：人工数分析



外壁パネル間の詳細 / 外壁パネル・アクリル小窓間の詳細 / 外壁パネル側面：樹脂枠の凹型にコーキング材が充填されている / 外壁ブラケット（屋根梁） / 外壁ブラケット（土間） / 中庭面外壁 / ・ 中庭面外壁パネルの解体 / 外壁コーナーの解体 / 外壁の解体：屋上、2 階、1 階の各レベルに作業員が必要 / 外壁ブラケットの取外し / アクリル小窓の解体

図表 3.3 - 28 外壁の解体(1/2)



～ 外壁パネルの解体 / ～ 外壁パネルの搬出 / ・ 外壁パネルの地面での分離 / アクリル小窓の分解

図表 3.3 - 29 外壁の解体(2/2)

）躯体

躯体の解体は、基本的には屋根梁、2階ブレース、床パネル、2階梁、1階ブレース、柱の順で行なわれた。

梁は高力ボルトを取り外したあと、両端に帯を掛けレッカーで吊り上げて取り外した。

ブレースは、ブレースカバーは変形させる以外に取り外し方法がなかったため、バール等で無理やり変形させて取り外した後、ブレース主材のボルトを取り外すという解体方法となった。

柱の解体は、柱脚のボルトをメガネレンチで取り外したあと、柱頭部の屋根梁用のブラケットに帯を掛けてレッカーで吊り上げて、柱脚ブロックから取り外した。また、柱頭部にはDS支柱などが付いたままのものもあったため、解体後にそれらを取り外した（分離）。

躯体の解体等に関する人工数は計 11.59[人・分/㎡]、全部位の 8.27%であった。作業内容別の分析は図表のようになる。

躯体の解体について、以下のような考察ができる。

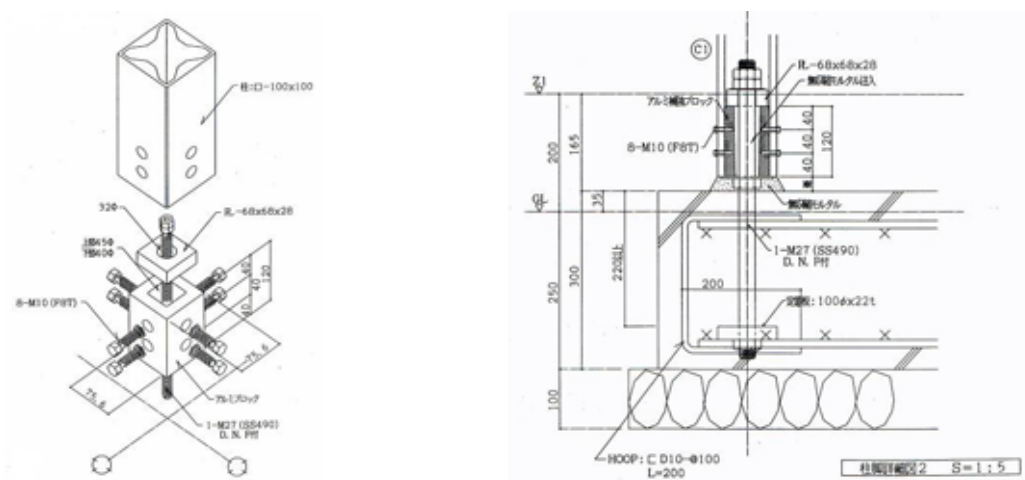
ダブルウェブの柱梁仕口の解体性は非常によい。ただし、クリアランスの小さい設計のため躯体全体の拘束が強く、内側の梁から取り外そうとすると取り外しにくくなるということがわかった。このことは建設時の経験で解体前から指摘されていて、監督員からは拘束の弱い外側の梁から取り外すという指示があったが現場では徹底されず、梁の解体性に差が生じた。

柱頭部に、屋根上に出ていた分の防水シートやDS支柱用のビスが付いたまま、梁の解体を行なったため、梁がそれらに引っかかりうまく取り外せないということがまれに見られた。

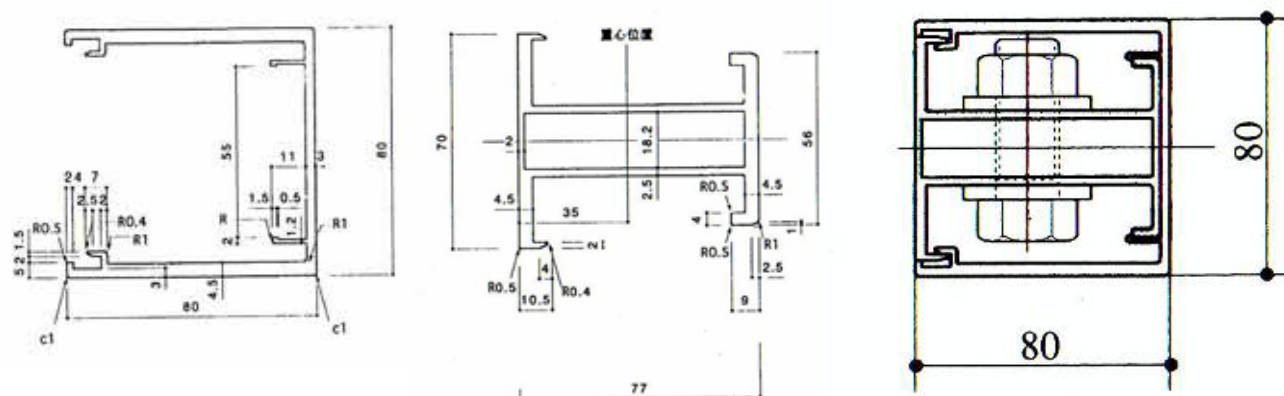
梁やブレースの高力ボルトのサイズに合う電動ドリルのビットを用意できなかったため、メガネレンチによる取り外しとなった。工具の準備などが徹底されていれば、さらに人工の省略が期待できたと考えられる。

ブレースカバーをリユースできるような解体工法はないため、設計変更が必要となる。今回の解体では、当初一つに10分以上かかるものもあったが、徐々に慣れてコツがわかり、最終的には一つ3分程度で解体できるようになった。ただし、ブレースカバーの変形やブレース主材のキズに差はない。

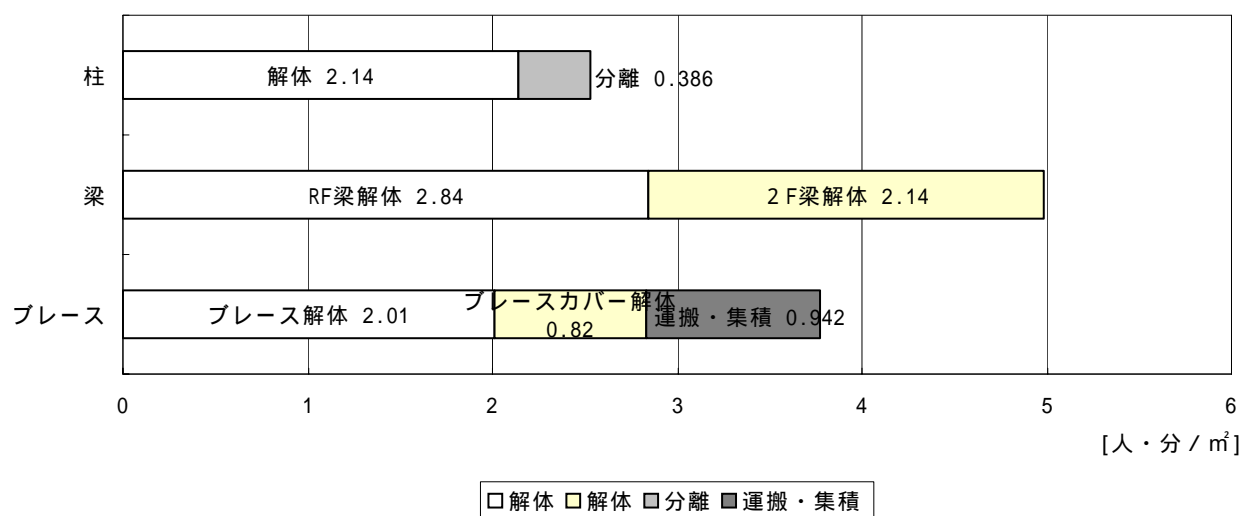
柱の解体も大抵のものが迅速に進行した。ただし、柱脚ボルトで、うまく回らず取り外しにくいものはいくつかあった。柱側のボルト穴や柱脚ブロックのボルト穴が変形しており、上部構造と基礎構造の精度調整がうまくとれていなかったことが原因ではないかと推測される。



図表 3.3 - 30 柱脚詳細図



図表 3.3 - 31 ブレース詳細

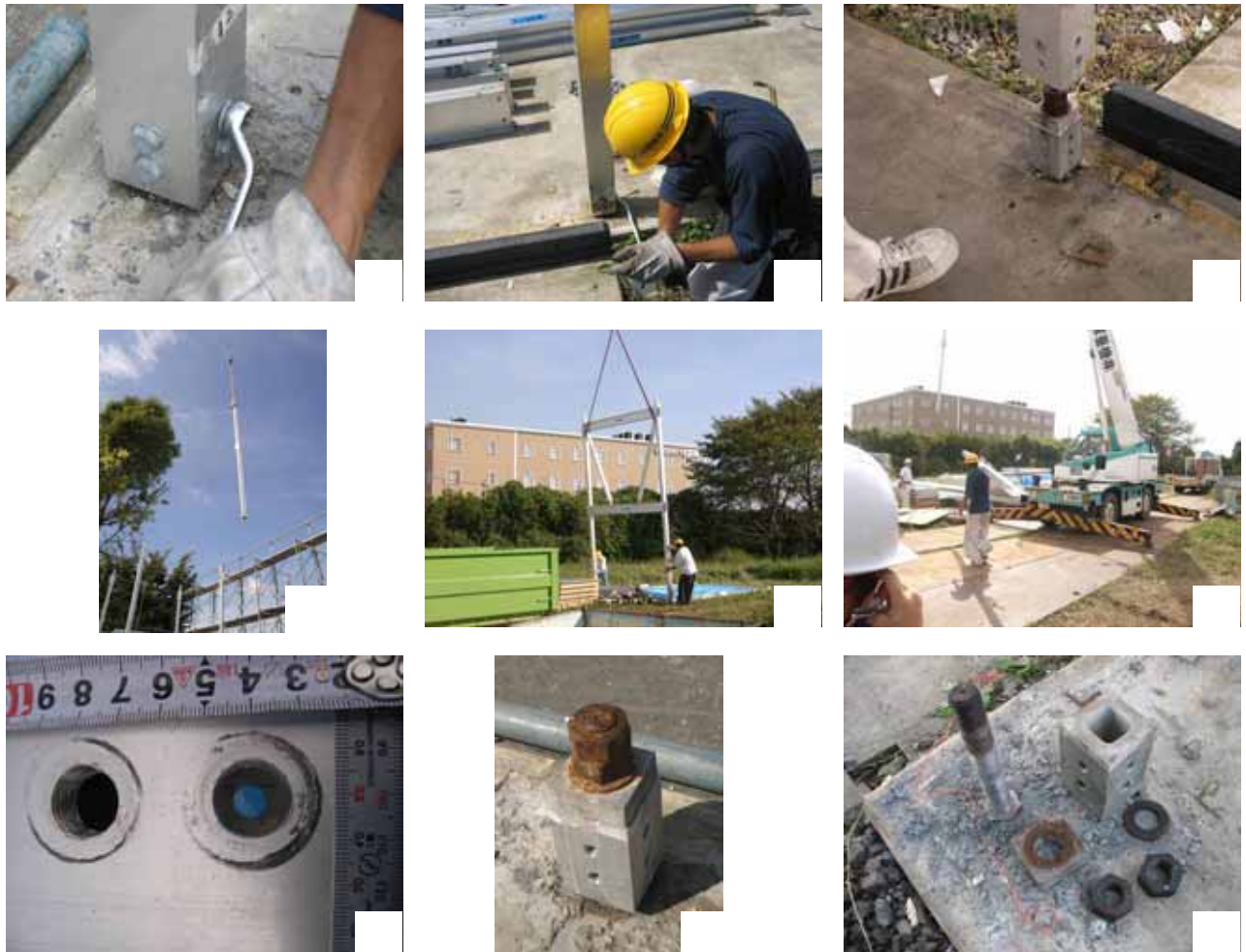


图表 3.3 - 32 躯体：人工数分析



～ 梁の解体（：HTB のサイズの電動ドリルビットがなく、モンキーレンチなど有り合わせの工具で取り外し
 / ：柱頭の DS 部材などの付着物があると梁が引っ掛かり外しにくくなる / ：梁をハンマーでたたいてブラケ
 ットから外す / ・ ：小梁の取り外し） / ～ プレースカバーの解体 / ・ プレース主材の解体

図表 3.3 - 33 躯体の解体(1/2)



・ 柱脚ボルト取り外し / ・ 柱の解体 / 1 フレームで解体 (構造試験用) / 柱を 1 人で運ぶ作業員 / 柱脚ボルト穴の損傷 / 柱脚ブロック / 解体した柱脚ブロック (試し)

図表 3.3 - 34 躯体の解体 (2/2)

）基礎

基礎の解体は、最初は重機のアタッチメントにバケットを装着して掘り起こすように行なわれ、途中からブレーカーに付け替え砕きながらの解体し、最後に圧碎機（パクラ）に付け替えコンクリートと鉄筋を分離した。また、コンクリートがら中の断熱材は手作業で分別した。

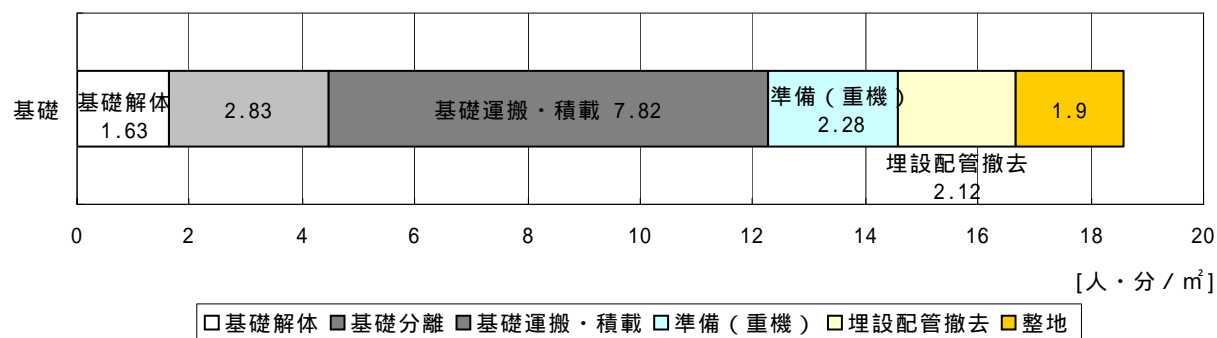
基礎の解体・分離終了後、コンクリートがらや鉄筋を搬出し、客土・整地を行なって工事の全工程を終了した。

基礎の解体等に関する人工数は計 16.29[人・分/m²]、全部位の 22.62%であった。作業内容別の分析を図表 3-40 に示す。

基礎の解体について、以下のような考察ができる。

基礎は解体よりもむしろ分離作業に人工がかかった。とくに基礎下の断熱材の分離・回収は手作業によることも多く手間がかかった。

搬出作業は、コンクリートがら中の断熱材の除去（分離）、植栽など付帯部分の解体・処理や他の部位の搬出・整理などと並行して行なわれたため、結果として時間のロスも多く人工数が増加したと考えられる。



図表 3.3 - 35 基礎：人工数分析



バケットで掘り起こすように解体 / ブレーカーで砕くように解体 / 圧搾機でコンクリートと鉄筋を分離 / 作業員 1 人が散水などをしながら重機解体 / 断熱材（発泡スチロール）が混入したコンクリートがら / 断熱材などを手作業で分別 / コンクリートから分離された鉄筋 / コンクリートがらの積み込み / 整地

図表 3.3 - 36 基礎の解体

3.4 事例 AL：資源循環性の分析・考察

3.4.1 全解体発生材の概要

全解体発生材の排出状況は図表 3.4 - 1 の通りである。

最終処分されたものは、中間処理施設において破砕処理された後、最終処分されたが、その処分方法は不明である。これらのなかには、アルミ・樹脂複合材の外壁パネル・屋根パネルも相当量含まれ、解体材全体のリサイクル性（リサイクル率）を下げている。それらのリサイクル性について後で詳細に考察する。

リサイクル処分されたものは、アルミ材を含む金属くず（鉄及び銅）とコンクリートがら及びアルミ・樹脂複合材の外壁パネル・屋根パネルの一部（リサイクル性の検討のための実験として）であった。鉄及び銅の金属くずとコンクリートがらは、詳しい物量は把握できなかったが、いずれも適切にリサイクル処理されたとのことであった（金属くずは売却処分）。リサイクルされたアルミ部材は、重量が把握できたもののなかでは最も多く、アルミハウスのリサイクル性の高さを示している。

保管及び試験用は、構造材の柱・梁・ブレース及びアルミ・樹脂複合部材（外壁パネル・屋根パネル）の一部、廃プラ廃木複合材（M ウッド）・アクリル・PV パネルであった。今回、リサイクル性（リサイクル率）を下げる結果となったアルミ・樹脂複合部材について、リサイクル実験を行った（詳細は 5.4.3）。M ウッド・アクリルはそれぞれ、部材の供給メーカーにおいて劣化状況の確認等の試験が行なわれた後、リサイクル処分などの適切な処理が行なわれる予定である。PV パネルについても、研究機関において、劣化状況や再使用についての確認試験などが実施される予定である。

構造材のほとんどはリユース性が確認され、また不純物の付着等のない高質なアルミ部材であるので、リサイクル性も当然高いと言える。解体後の重量測定は行っていないが、設計時の重量計算では 2773.04Kg とされ、全体に占める割合も大きい。



図表 3.4 - 1 解体材集積ヤードの様子（右：2006.09.13 / 左：2006.09.22）

図表 3.4 - 2 解体材発生量

	品目	物量		内訳	
		体積 (m3)	重量 (Kg)		
最終処分	木くず	24	—	家具	8.0m3
				コルクタイル / 合板	8.0m3
				植栽	8.0m3
	ガラス・陶磁器くず	8	—	断熱材 (グラスウール)	6.0m3
				サッシガラス	2.0m3
	廃プラスチック	10	—	防水材 / コーキング材 / 根太スペーサーなど	8.0m3
				外壁ランナー / 小窓断熱材 (発泡スチロール)	2.0m3
リサイクル	石綿含有物	1.5	2910	フレキシブルボード	1.5m3 (2910Kg)
	混合廃棄物	10	—	解体材 / 残置物など	8.0m3
				家電	2.0m3
				外壁パネル / 屋根パネル	3250Kg
	金属くず (アルミ・異物無)	—	1450	アルミ部材	1450Kg
	金属くず (アルミ・異物付)	—	2950		2950Kg
	金属くず (鉄)	—	—	接合金物 / 配線・配管 / 鉄筋など	—
保管・試験	金属くず (銅)	—	—	配線・配管など	—
	コンクリートがら	—	—	基礎・土間	—
	アルミ材	—	【2762.729】	柱 × 16	【684.822Kg】
				梁 × 50	【1703.56Kg】
				ブレース × 32	【181.152Kg】
				ブレースカバー × 32	【193.195Kg】
	アルミ・樹脂複合材	1.5	205	外壁パネル × 3 (計100Kg) / 屋根パネル × 2 (計105Kg)	1.5m3 (205Kg)
	廃プラ・廃木複合材	—	—	1階床材 (Mウッド)	—
	アクリル	—	—	ダブルスキンパネル / 小窓 / 欄間	—
	PVパネル	—	—	ダブルスキンパネル	—

注) 【 】内は、設計時の重量計算による。



木くず：家具／ 木くず：コルクタイル／ 木くず：合板／ 木くず：植栽／ ガラス・陶磁器くず：断熱材（グラスウール）／ ガラス・陶磁器くず：サッシガラス／ 廃プラスチック：防水材・シーリング材／ 廃プラスチック：根太スペーサー（発泡スチロール）／ 石綿含有物：フレキシブルボード／ 混合廃棄物：残置物など／ 混合廃棄物：家電／ 混合廃棄物：外壁パネル・屋根パネル

図表 3.4 - 3 解体材（1 / 2）



～ 金属くず(アルミ) / 金属くず(鉄・銅): 配線・配管など / 金属くず(鉄) / 金属くず(鉄): 鉄筋 / コンクリートがら / アルミ材(保管): 柱・梁・ブレース・ブレースカバー / アルミ樹脂・複合材(リサイクル試験用): 外壁パネル・屋根パネル / 廃プラ・廃木複合材(Mウッド) / アクリル / PVパネル

図表 3.4 - 4 解体材<2/2>

3.4.2 リユース性の調査：目視調査

リユース性の調査として、解体された構造（柱・梁・ブレース）、床パネル及び外装（屋根パネル・外壁パネル）に対して、目視調査を行った。

目視調査は、部材ひとつひとつに対して、変形やキズ、ヘコミなどの損傷、付着物、ボルトやビス跡の穴、腐食などの有無・数について調査を行った。

それらの各項目を、種類や程度に応じて、『組み立て等の基本的性能の欠陥』の可能性のあるもの、『内外装材の取り付け等への支障』の可能性のあるもの、『美観的な欠陥』となりえるもの、の 3 段階に分類した。さらに、それらが修復可能・不可能についても区別した。

各分類の例と合わせて、目視調査結果の表し方を図表 5.4 - 5 に示す。

図表 3.4 - 5 目視調査結果（例）

	修復	
	不可	可
組み立て等の基本的性能の欠陥	（例）欠損 / 接合部の変形 など	（例）ボルト穴の損傷 穴の再加工により解決 / 接合部品の損失 新たに取り付け など
内外装材の取り付け等への支障	（例）変形 / ヘコミ など	（例）付着物 撤去 など
美観的な欠陥	（例）ビス穴 / 軽微なキズ・ヘコミ など	（例）腐食（もらい錆） 再度、表面処理等を施す など

) 柱

柱の目視調査は 12 本に対して行った。柱は計 16 本であったが、構造試験用に柱・梁・ブレースを取り外さずに解体したものが 4 本あり、それらには目視調査を行っていない。また、再組み立て調査後に目視調査を行ったので、再組み立てや再解体に起因する要素もあると思われる。

柱には、ビス跡の穴（直径 9mm 以下）、ボルト用の穴（直径 10mm 以上）、表面が変形したヘコミ、引掻いたり擦った跡のようなキズ、付着物が確認され、腐食箇所は見られなかった。また、床レベル周辺の汚れが目立った。

ヘコミ、キズといった損傷は全て軽微なもので、再組み立てや内外装材等の取り付けが不可能と思われるような重度の損傷や変形はみられなかった。

しかし、柱脚ボルトの穴に、削られたような跡があるものが 1 つ確認された。後述する再組立調査において、柱脚ボルトがうまく取り付けられないといった柱脚部分に問題が発生したことから、これも再組立性能を損なっている可能性も考えられる。

柱の目視調査結果を図表に示す。また、各要素について、分析・考察を行う。

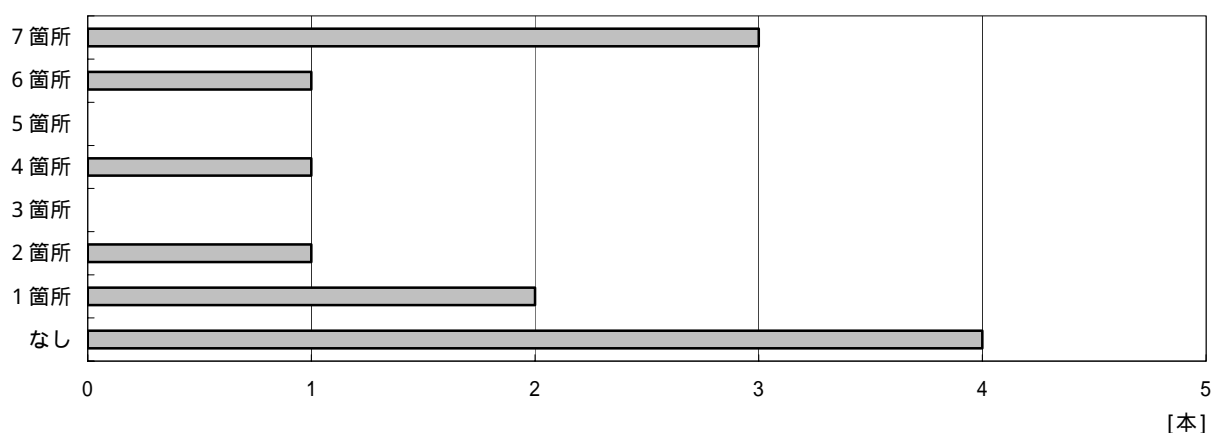
図表 3.4 - 6 柱：目視調査結果

	修復			
	不可		可	
組み立て等の基本的性能の欠陥			柱脚ボルトの損傷	1/12
内外装材の取り付け等への支障			ダブルスキン支柱部材等付着	5/12
			アルミ板片付着	1/12
美観的な欠陥	キズ・ヘコミ	8/12		
	ビス跡の穴	12/12		

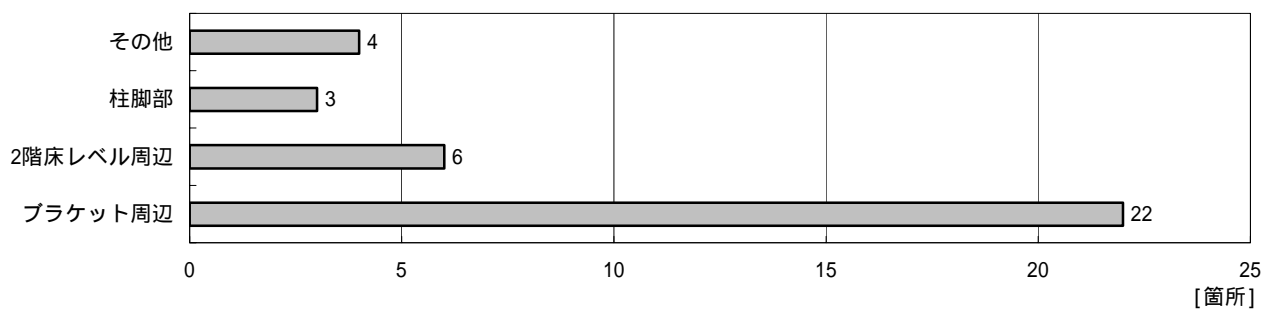
付着物は、6 本（調査 12 本中）に見られ、うち 5 本は柱頭の DS 支柱とそれに付随するビスやコーキング材であった。これらは、取り外し可能だが、コーキング材除去等が必要で、手間のかかる作業となる。一方、残りの 1 本の付着は、アルミ板片がネジ山の潰れたビスで止められているため、取り外すには、穴あけなどが必要になる。

ヘコミ、キズなどの損傷が見られた柱は8本（調査12本中）、1本当たりの損傷は0～7箇所、平均は2.9箇所（損傷のない柱も入れた平均）であった。損傷の位置としては、柱梁仕口のブラケット周辺が22箇所、2階床レベル周辺が6箇所、柱脚部が3箇所、その他4箇所であった。ブラケット周辺の損傷は梁の取り外しの際、2階床レベル周辺の損傷は2階床材（主に合板）の解体の時に出来たものと考えられる。柱脚部の損傷は、柱脚ボルトの取り外しや、柱を柱脚ブロックから引き抜くときにバールで持ち上げるようにしたためについたものと考えられる。その他の損傷は、内装などの解体時や保管中の移動などでついた可能性もある。

図表3.4-7 柱：損傷の数（1本当たり）

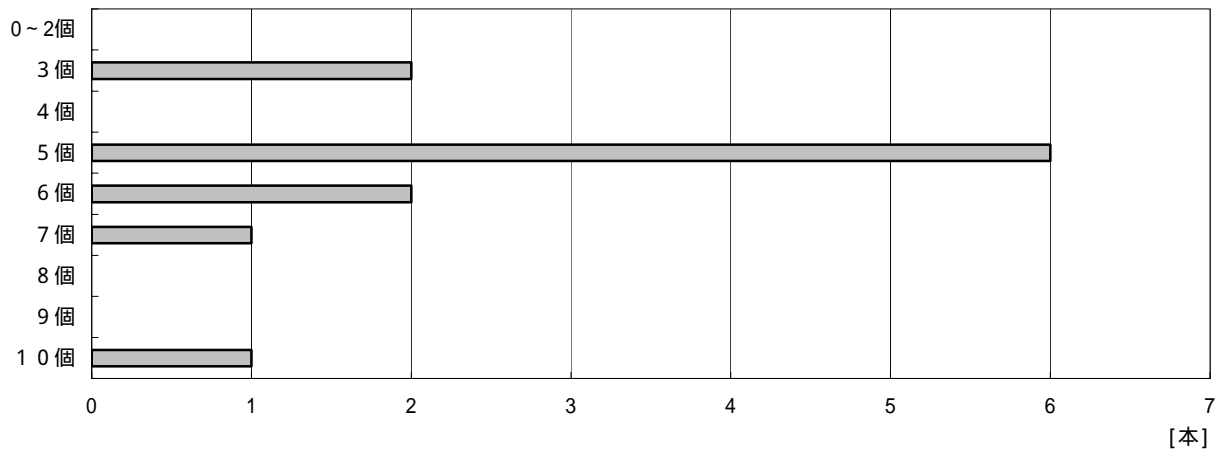


図表3.4 - 8 柱：損傷の位置



ボルト用の穴は、全ての柱において柱脚ボルト用（8箇所）、柱頭のDS支柱用（4箇所）の所定のものだけであった。一方、ビス跡の穴は、柱頭のDS支柱用（2箇所）は全てに共通で所定のものではあったが、内装（内壁下地など）や造作（手摺など）を取り付けた跡と思われる穴も全ての柱で確認された。柱1本当たりのビス跡の穴の数は3～10個、平均5.4個であった。

図表3.4 - 9 柱：ビス跡の穴の個数（柱1本当たり）



柱脚ボルト穴の損傷 / ・ ダブルスキン部材の付着 / アルミ板片の付着 / ・ ブラケット周辺のキズ /
・ 2階床レベル周辺のキズ / ビス跡の穴

図表 3.4 - 10 柱：目視調査

) 梁

梁の目視調査は、屋根梁 22 本、2 階梁 24 本に対して行った。屋根梁は計 24 本、2 階梁は計 26 本であったが、構造試験用に柱から取り外さず解体したものが、それぞれ 2 本ずつあり、それらには目視調査を行っていない。また、再組み立て・再解体後に行っている。

梁には、ビス跡の穴（直径 9mm 以下）、ボルト用の穴（直径 10mm 以上）、ヘコミ、キズ、腐食（もらい錆）付着物が確認された。

梁においてもヘコミやキズなどの損傷は軽微なもので、再組み立て等において問題となるような重度の損傷や変形はなかった。ただし、柱と比較すると、損傷箇所の数も多く、また大きい損傷も目立った。また、内外装材の取り付け等への支障となり得るような付着物も、柱よりも多かった。

梁の目視調査結果を図表に示し、各要素について、分析・考察を行う。

図表 3.4 - 11 屋根梁：目視調査結果

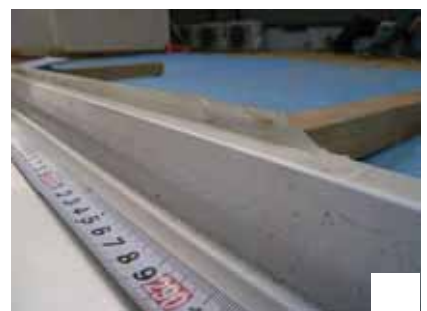
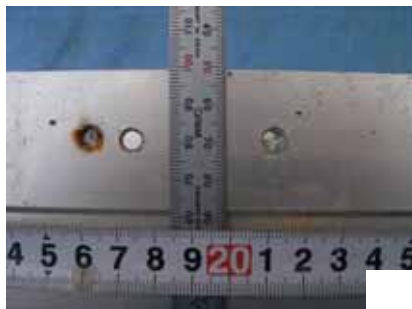
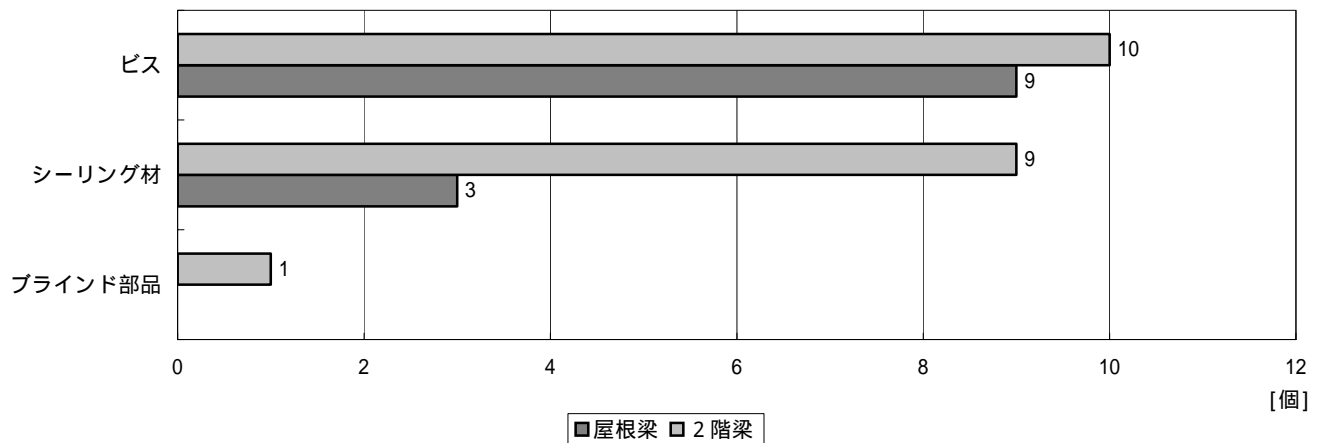
	修復			
	不可		可	
組み立て等の基本的性能の欠陥				
内外装材の取り付け等への支障			ビス付着	9/22
			シーリング材付着	3/22
			ブラインド部品付着	1/22
美観的な欠陥	キズ・ヘコミ	21/22	腐食	4/22
	ビス跡の穴	18/22		

図表 3.4 - 12 2 階梁：目視調査結果

	修復			
	不可		可	
組み立て等の基本的性能の欠陥				
内外装材の取り付け等への支障			ビス付着	4/24
			シーリング材付着	9/24
美観的な欠陥	キズ・ヘコミ	16/24	腐食	10/24
	ビス跡の穴	18/24		

屋根梁は7本（22本中）で12個、2階梁は11本（24本中）で20個の付着物があった。梁への付着物は、ビス、シーリング材、ブラインド留具であった。シーリング材は容易に除去できるが、付着したビスは、頭部が取れていたり、腐食した状態で、取り外しには手間がかかると思われる。2階梁の付着ビス10個のうち8個は天井パネル取付け用のものであった。

図表3.4-13 梁：付着物の種類と数

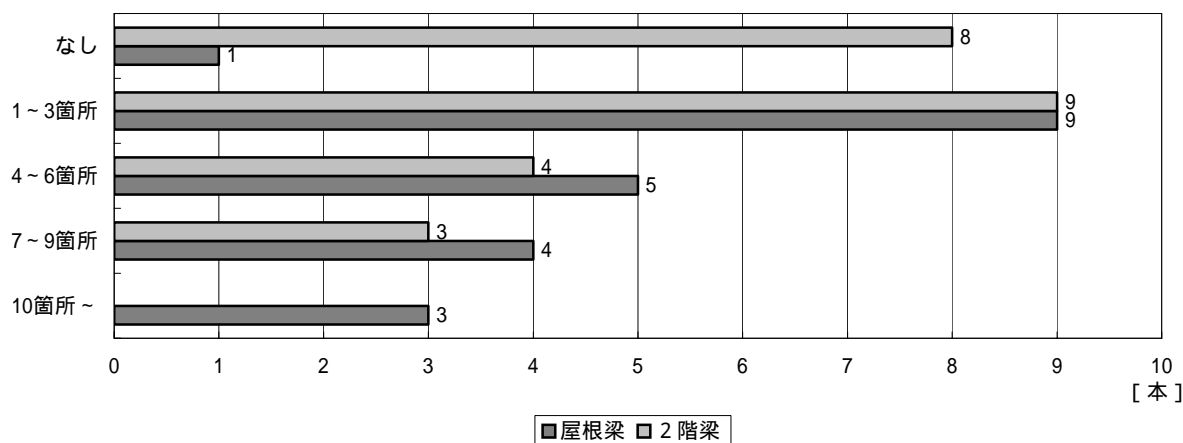


- ・ 屋根梁の付着ビス：ビス頭部が取れている / ～ 2階梁の付着ビス（天井パネル用）：ビス頭部が取れていたり、腐食を伴うものが多い / シーリング材

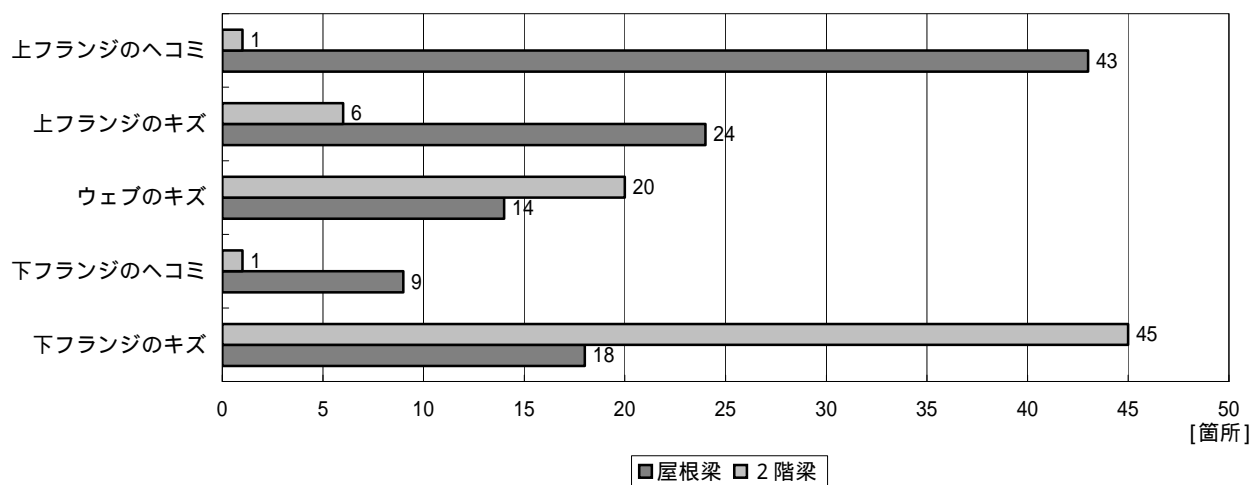
図表 3.4 - 14 梁：付着物

キズ・ヘコミといった損傷は、屋根梁で0～14箇所、平均5.1箇所/本、2階梁で0～9箇所、平均2.5箇所/本であった。損傷位置は、屋根梁の上フランジのヘコミが多く、外壁解体時のバールなどによるものと考えられる。屋根梁の上フランジのキズが多いのも、外壁解体が影響するものと考えられる。また、下フランジのヘコミは、梁を取り外すときに、外しにくい梁の下フランジをハンマーなどで叩いたためのもので、屋根梁のほうが多い結果となっている。下フランジのキズは、内装解体あるいは保管中の移動に起因するものが多いと思われるが、2階梁の10箇所ほどは天井パネル解体時に起因する。ウェブのキズは、梁の高力ボルトを取り外すときに付いたものが多い。

図表3.4-15 梁：損傷箇所の数



図表3.4-16 梁：損傷の位置





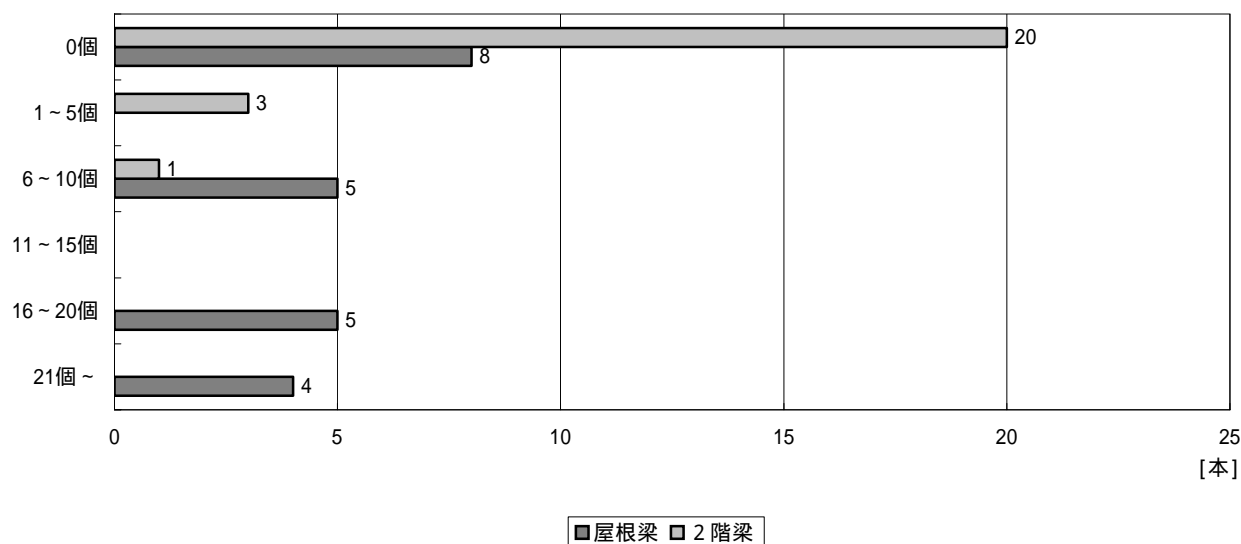
～ 屋根梁の上フランジのヘコミ：外壁解体に起因 / 屋根梁の上フランジのキズ / ・ 上フランジのキズ：屋根パネルや床パネル解体時に起因すると考えられる / ・ ウェブ面のキズ / 下フランジのヘコミ / ・ 2階梁の下フランジのキズ：天井パネル解体に起因 / 下フランジのキズ：内装の解体などに起因

図表 3.4 - 17 <梁>キズ・ヘコミ

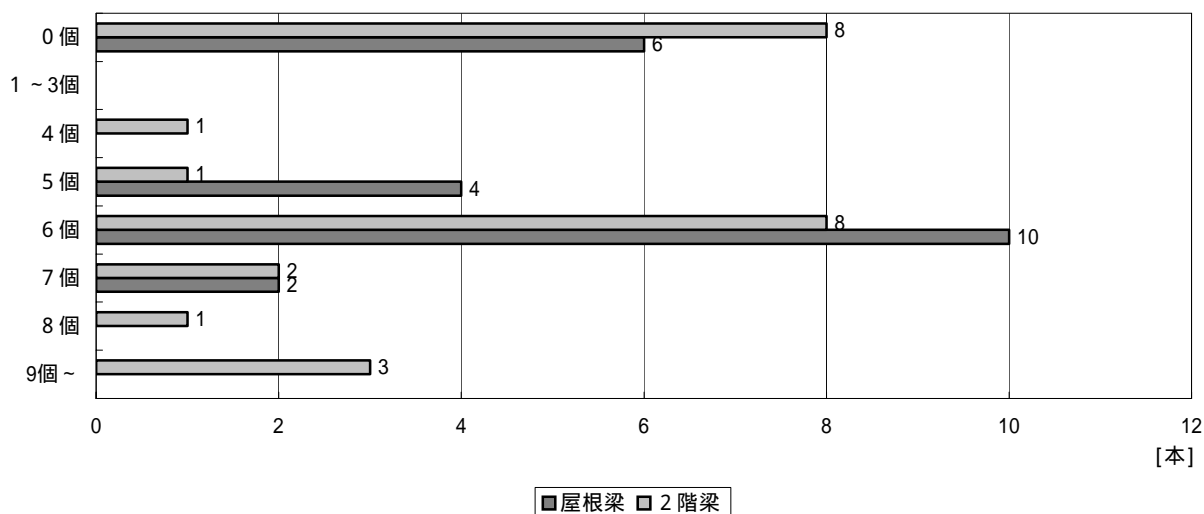
ボルト用の穴は、上フランジに屋根・床パネル取り付け用のものが、所定の位置に梁 1 本当たり 2～12 個確認された。また、ウェブには、階段部分の 2 階小梁用のブラケットを取り付けるボルト用の穴と、2 階梁の天井面配線用の穴が確認された。

ビス跡の穴は、屋根梁上フランジでは 1 本当たり 0～33 個、平均 10.5 個 / 本、下フランジでは 1 本当たり 0～7 個、平均 4.3 個 / 本。2 階梁上フランジでは 1 本当たり 0～8 個、平均 0.7 個 / 本、下フランジでは 0～16 個、平均 5.8 個 / 本。ウェブ面の穴は屋根梁、2 階梁いずれも中庭面外壁ブラケットを取り付けた 4 本の梁に 6～9 個の穴と、2 階梁に 1 階洗面所の天井下地を取り付けた跡の穴 7 個が確認された。屋根梁上フランジの穴は、外壁パネルのブラケットを取り付けるために多数の跡があるが、2 階梁上フランジでは穴はほとんどない。下フランジは内装（主に内壁下地）を取り付けた跡の穴で、屋根梁、2 階梁とも 6 個程度のものが多いが、2 階梁において、天井パネルを取り付けた梁 2 本にはともに 16 個の穴が確認された。

図表3.4-18 梁・上フランジ：ビス跡の穴の数（1本当たり）



図表3.4-19 梁・下フランジ：ビス跡の穴の数（1本当たり）



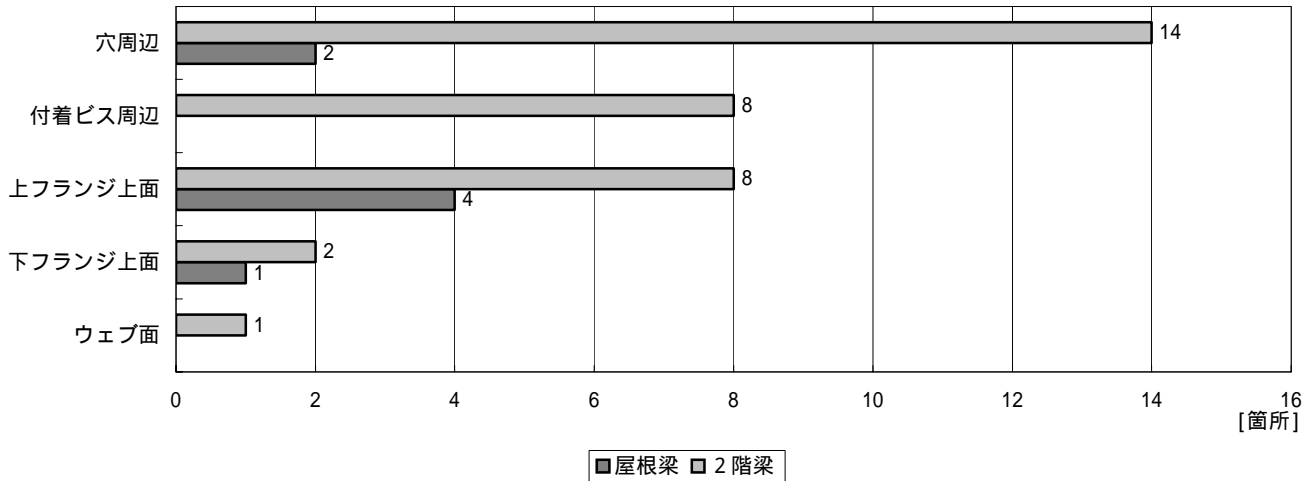


- ・ 屋根パネル・床パネル取り付けボルト用の穴（上フランジ） / ～ 外壁パネルブラケット用のビス跡の穴（屋根梁上フランジ）: 切り粉が残るもの（ ）や周辺にキズの付いたもの（ ）などがある / 中庭面外壁パネルブラケット用のビス跡の穴（ウェブ面） / ・ 内装のビス跡の穴（下フランジ）: 周辺にキズが付いたもの（ ）などがある / 天井パネルのビス跡の穴（下フランジ）: ビスの付着や周辺に腐食のあるものが見られる

図表 3.4 - 20 梁：ボルト用・ビス跡の穴

確認された腐食は、全てもらい錆であったが、屋根梁に4本で7箇所、2階梁に10本で33箇所に見られた。最も多い位置が、穴周辺で、付着ビス周辺と合わせると24箇所になる。特に天井パネルを取り付けていた梁の穴や付着ビスの周辺の腐食は大きい。また、上フランジ上面や下フランジ上面においても、広い面の腐食が数箇所で見られた。

図表3.4-21 梁：腐食の位置と数



～ 穴周辺：ビスの付着を伴うもの（ ）も多い / ・ 上フランジ / 下フランジ上面

図表 3.4 - 22 梁：腐食

) ブレース

ブレース主材およびブレースカバーの目視調査は、それぞれ 28 本に対して行った。それぞれ計 32 本であったが、構造試験用に取り外さず解体したものが、それぞれ 4 本ずつあり、それらには目視調査を行っていない。

ブレース主材には変形、ヘコミ・キズといった損傷、ビス跡の穴（直径 9mm 以下）が確認された。変形は 1 本のみで、その他の損傷はいずれも軽微なものであり、再組立てなどには特に問題ないと考えられる。

ブレースカバーには、変形、キズ・ヘコミ、ビス跡の穴（直径 9mm 以下）、ビスの付着が確認された。変形の大きいものは再組立てできない可能性もある。

ブレース主材、ブレースカバーの目視調査結果を図表に示し、各要素について、分析・考察を行う。

図表 3.4 - 23 ブレース主材：目視調査結果

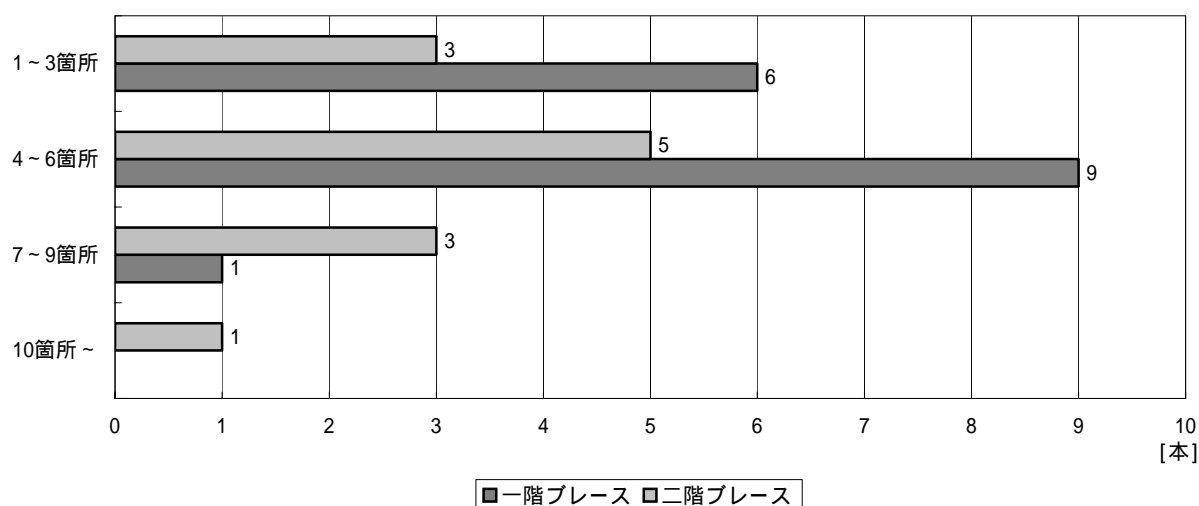
修復				
不可			可	
組み立て等の基本的性能の欠陥	変形	1/28		
内外装材の取り付け等への支障				
美観的な欠陥	キズ・ヘコミ	28/28		
	ビス跡の穴	28/28		

図表 3.4 - 24 ブレースカバー：目視調査結果

修復				
不可			可	
組み立て等の基本的性能の欠陥	変形	21/28		
内外装材の取り付け等への支障			ビス付着	8/28
美観的な欠陥	キズ・ヘコミ	28/28		
	ビス跡の穴	28/28		

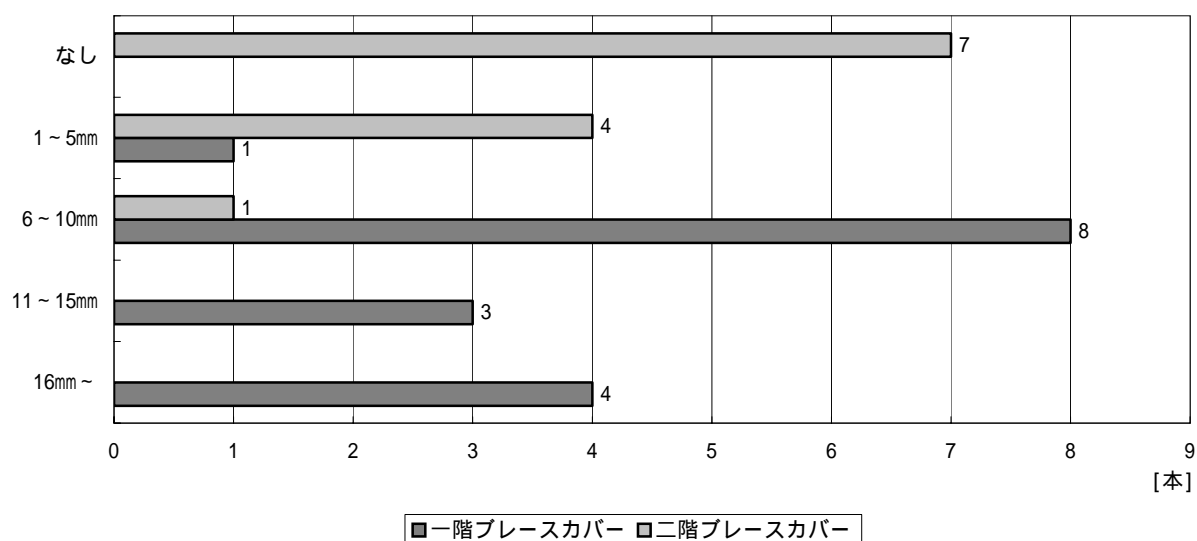
ブレース主材のキズ・ヘコミ等の損傷、はほとんどが下端にあり、ブレースカバー取り外し時に起因する。一本当たり、一階ブレースで1~8箇所（平均4.1箇所/本）、二階ブレースで3~11箇所（平均5.8箇所/本）であった。また、ビス跡の穴は内装（内壁および内壁下地）によるもので、一本当たり、一階ブレースで3~8箇所（平均4.7箇所/本）、二階ブレースで3~7箇所（平均4.2箇所/本）であった。

図表3.4-25 ブレース主材：損傷の数（1本当たり）



ブレースカバーの変形は、一階ブレースカバーで6~21mm（平均12.125mm/本）、二階ブレースカバーで0~10mm（平均1.667mm/本）であった。また、ビス跡の穴は内装によるもので、一本当たり一階ブレースで4~7箇所（平均5.875箇所/本）、二階ブレースで4~7箇所（平均5.25箇所/本）であった。ビスの付着が、一階ブレースカバーに16本中8本あった。

図表3.4-26 ブレースカバー：変形



ブレース主材の損傷が少ない 1 階のほうが、ブレースカバーの変形は大きい傾向がある。これは、カバーを大きく変形させて取り外したほうが、主材には影響が少ないことを表している。リユースのための解体方法としては、このように片方の部材（この場合、主材）のリユース性を高める代わりに、一方の部材（この場合、カバー材）のリユース性の損失は許容する、というシナリオも考えられる。



主材の変形 / ・ 主材のキズ・ヘコミ / ~ カバー材の変形 / カバー材のキズ（内側） / カバー材の
付着ビスとビス跡の穴

図表 3.4 - 27 ブレース：目視調査

）床パネル

床パネルの目視調査は、24 枚中の 21 枚に対して行った。

床パネルには、アルミ板の破れ・剥がれ、キズ・ヘコミ、ビスやシーリング材、断熱材、合板¹の付着、ボルト用やビス跡の穴、腐食が確認された。

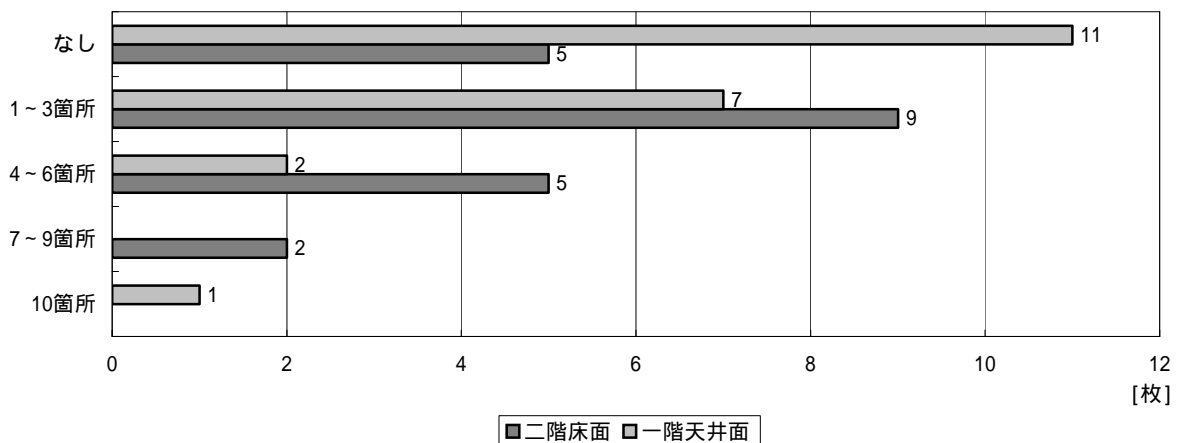
床パネルの目視調査結果を図表に示し、各要素について分析・考察を行う。

図表 3.4 - 28 床パネル：目視調査結果

	修復			
	不可		可	
組み立て等の基本的性能の欠陥				
内外装材の取り付け等への支障	アルミ板の破れ・剥がれ	4/21	ビス付着	12/21
			シーリング材付着	3/21
			断熱材付着	1/21
			合板付着	1/21
美観的な欠陥	キズ・ヘコミ	17/21	腐食	1/21
	ビス跡の穴	21/21		

2 階床面はアルミ板のヘコミがほとんどである。アルミ板の破れ・剥がれも、ヘコミのひどいものが破れたものである。これらの損傷発生時期は不明である。一方、1 階天井面の損傷はキズがほとんどであり、これらは重ねて保管していたときに上下のパネルに付着していたビスがパネル表面にキズをつけたものである。

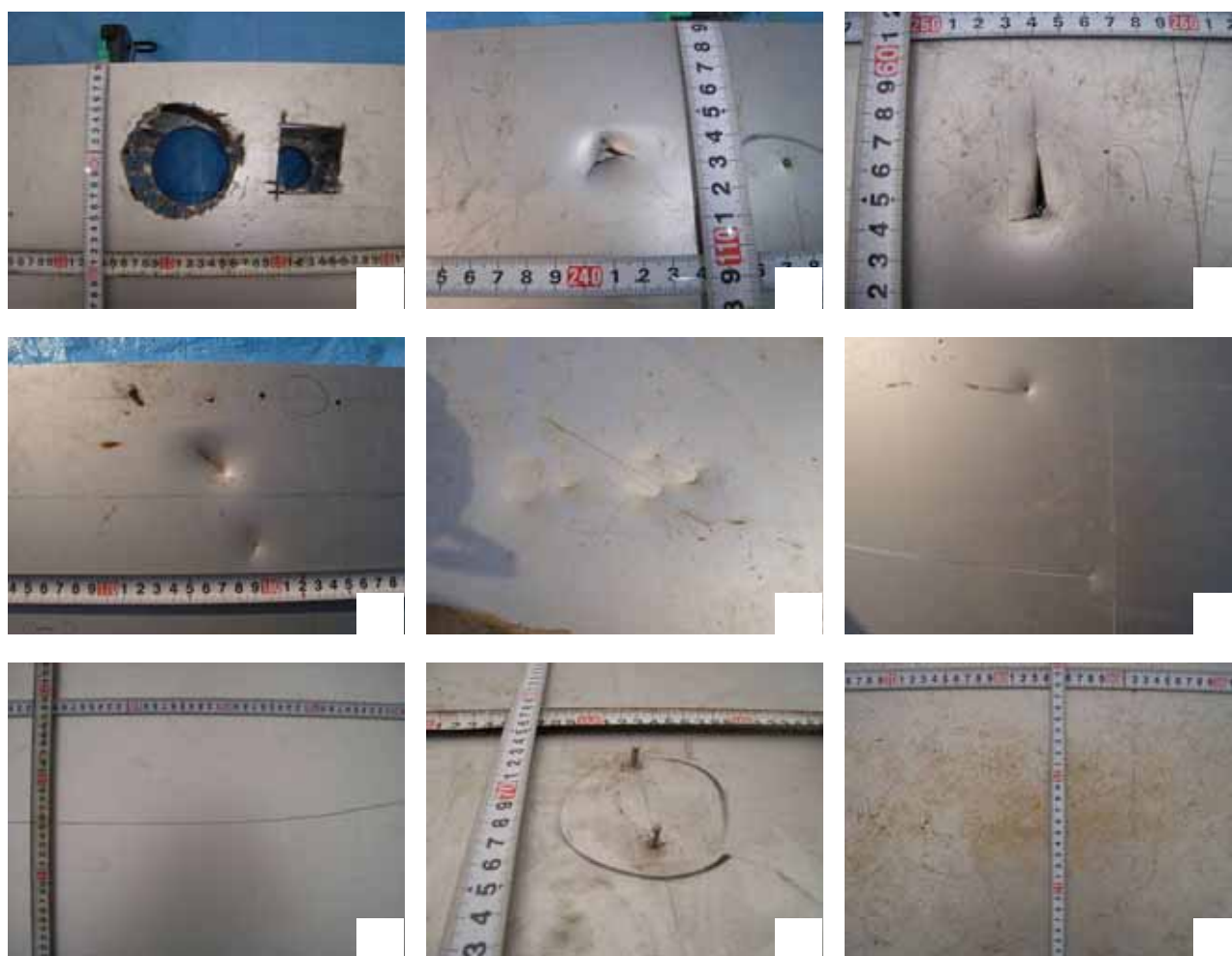
図表3.4-29 床パネル：損傷の数（1本当たり）



¹ 2 階根太取り付け具のパッキング材。

付着物のあるものは21枚中14枚で、種類及び数は、ビス24個、コーキング材3箇所、断熱材1箇所、合板1箇所であった。ビスは根太取り付け用などで、全て頭部が取れていたが、床パネルの表面のアルミ板厚が厚く、そういったものが増加したと考えられる。

ボルト用の穴は、2階梁への取り付け用で所定の位置に1枚当たり4～7箇所であった。一方、ビス跡の穴は、2階床面では主に根太と外壁ブラケットの取り付け跡で1枚当たり26～82箇所と多数あった。1階天井面にも内壁や照明等の跡で、1～6箇所のものが数枚、側面にもアクリル小窓ブラケットの跡で、4～8箇所のものが数枚、確認された。



配管用の穴加工 / ・ アルミ板の破れ・剥がれ / ・ 2階床面のヘコミ ・ 1階天井面のキズ / 付着ビス / 腐食

図表 3.4 - 30 床パネル：目視調査

）屋根パネル

屋根パネルの目視調査は、24 枚全てに対して行った。

屋根パネルの搬出状況は非常によく、目立った外傷はほとんどない。アルミ板の変形があったものが 1 枚確認された程度である。この変形は、屋根役物の解体時に生じたと思われる。また、梁への取付け金具が 42 箇所中 21 箇所（24 枚中 10 枚）取れていたことが確認されたが、新しい部品を付け直すことも容易であり、大きな問題にはならないと考えられる。

ただし、屋根パネルでは、屋上面の防水材などによるアルミ板の汚れが目立った。また、側面はウレタンが剥き出しであったので、解体後の保管中に紫外線や雨露による劣化もあった。



アルミ板の変形 / ・ 取り付け金具 / 屋上面 / 2 階天井面 / 側面 / アルミ板を剥がした状態

図表 3.4 - 31 屋根パネル：目視調査

）外壁パネル

外壁パネルの目視調査は、外周の標準パネル 51 枚全てに対して行った。また、中庭面の外壁パネル計 8 枚についても、目視調査を行った。

外壁パネルは、目視調査を行っていない部位を含めて、最も解体材の状態の悪い部位であったと言える。アルミ板の剥離・破れ・ヘコミ、樹脂枠の損傷、他部材の取付け部分の変形や腐食といった外傷が確認された。外壁パネル（標準）のうち、特に外傷がなかったものは 52 枚中 1 枚、アルミ板の軽微なヘコミだけで再組み立て可能性を残したものは 52 枚中 3 枚であり、その他の外壁パネルはすべて損傷が大きく、再組み立ては明らかに不可能な状態であった。

外壁パネル（標準）の目視調査結果を図表に示し、各要素について、分析・考察を行う。

図表 3.4 - 32 外壁パネル：目視調査結果

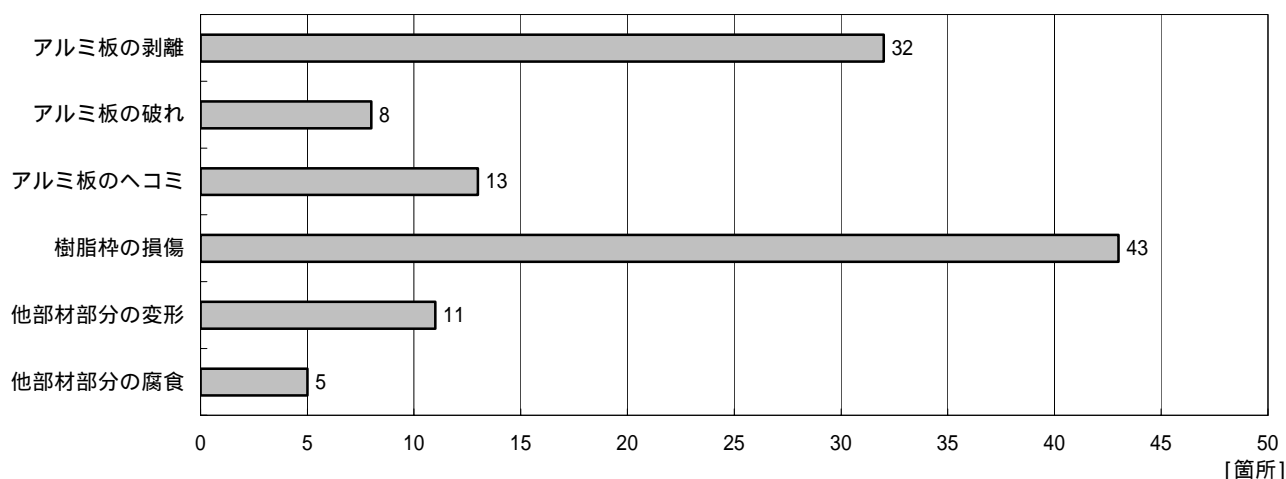
	修復			
	不可		可	
組み立て等の基本的性能の欠陥	アルミ板の剥離	32/51		
	アルミ板の破れ	8/51		
	樹脂枠の剥離	43/51		
内外装材の取り付け等への支障	アルミ板のヘコミ	13/51		
	他部材取り付け部分の変形等	11/51		
美観的な欠陥			腐食	5/51

アルミ板の剥離および樹脂枠の損傷は、パネル間目地部分のシーリング材によってパネル間が分離できなかったことに起因する。隣接する樹脂枠同士が接着されていたので当然ではあるが、アルミ板の剥離より樹脂枠の損傷が多く、樹脂枠部分のほうが損傷しやすかったと言える。

アルミ板の破れやヘコミも、パネル間を分離するために、バールなどで突き刺すように解体したりしたことが原因である。

他部材の取り付け部分の損傷や腐食は、ルーバー戸レールの取り付け部分に確認された。レールがリベット接合されていたため、その部分の変形および腐食と、解体のときに周辺にできたバールなどによるヘコミがあった。また、外壁パネルの解体前には、屋根役物の解体によって、外壁パネルのアルミ板の剥がれが確認されていたが、外壁パネル解体による損傷が大きく、外壁パネル解体によるアルミ板の剥離の一部としてカウントしている。

図表4 - 33 <外壁パネル> 損傷等の数



中庭面の外壁パネルには、アルミ板の剥離・ヘコミや樹脂枠の損傷も確認されたが、最も重大な欠陥は木製枠材の劣化であった。複合部材の耐久性は、構成材のなかで最も耐久性のないものによる、ということがわかる。



～ アルミ板の剥離と樹脂枠の損傷 / 樹脂枠のみ損傷した外壁パネル / ・ アルミ板の破れ / アルミ板のへコミ / ・ ルーバー戸レール取り付け部分の損傷と腐食 / 屋根役物の解体によるアルミ板の剥がれ / 中庭面外壁パネルの木製枠材の劣化

図表 3.4 - 34 外壁パネル：目視調査

3.4.3 リユース性の調査：再組立調査

『解体した部材を再び組み立てることができる』ことは部材のリユース性の第一条件である。そこで、今回の実験でリユースを前提としてきた構造部材、床パネル、屋根パネル、外壁パネルについて、部分的に再組み立てを実施し、その再組立性能を検証する。

）再組立の条件

今回、実施した再組み立ての条件は以下の通りである。

- ・ 再組み立ては、1～2 通り間×A～B 通り間の 1 ペイ分。
- ・ A-2、B-1 は、元々の柱を使用し、A-1、B-2 の位置は組み合わせを変更しても可能かを確かめるために、A-1 位置には A-4 の柱、B-2 位置には B-3 の柱を使用。
- ・ 梁、床パネル、屋根パネルは元々の位置のものを使用。全ての梁が一方は元々の柱との仕口、もう一方は異なる柱との仕口となる。
- ・ 外壁パネルは、目視調査において再組立性能を有する可能性のあると判断された 2 枚を使用。そのため、元々の位置のものではないが、2 枚の外壁パネル同士は元々隣り合うものを使用。
- ・ ボルトやブラケットも再使用（亜鉛メッキボルトも再使用）。
- ・ 作業員は、本解体工事を担当した解体工 4 人、重機操縦員 1 人。解体工のうち 1 人は、鉄骨トビ工の経験者で、再組立ての主導役となっていた。
- ・ いわゆる、仮組みの状態までの再組立で、高力ボルトの締め付けなどは行なわない。

）再組立結果

まず、柱を設置。柱を柱脚ブロックに差し込む最初の段階で、組み合わせを変更した B-2 の位置の柱は、その他の柱より設置しにくい感じがあり、柱を何度も揺すりながらブロックに差し込んだ。柱脚ボルトは、どれも仮止めの状態で、最後まで締めていないが、組み合わせを変更した A-1 と B-2 の位置においては、それぞれ 1 本ずつ入らないボルトがあった。柱の建方は、それぞれ約 3 分で計 12 分であった。

続いて、二階梁、床パネル、屋根梁、屋根パネルの順に設置。これらは特に問題はなく作業が進んだ。二階梁は計 10 分、床パネルは計 15 分、屋根梁は計 13 分、屋根パネルは計 6 分であった。床パネルと屋根パネルの作業時間の違いは、床パネルのボルト・ナットの取付け穴がパネル内部にあり、作業性が悪いため、リユース性とは関係ない。

次に、壁パネルを設置。二枚で計 22 分であったが、壁パネルは元々の位置のものでないため、床パネルからのブラケットの位置を付け替える必要があり、その作業時間の占める割合が大きい（壁パネルの設置自体は約 7 分）。外壁パネルの設置自体の作業性やパネル樹脂枠の納まりの状態はよい。

最後に、仮止めの状態であった柱脚ボルトを締める作業を行なった。ボルトは全部で 32 本で、計 27 分の作業であったが、当初入らなかった 2 本のボルトは結局入らなかった。さらに A-1 の位置の柱脚ボルトで、ボルト締め中にボルト頭がもぎれたものが 1 本あった。これらのボルトは、柱脚と柱脚ブロックのボルト穴がずれているため、うまく入らなかったり、頭がもぎれてしまった、とのことであった。また、この柱脚ボルト締め付け作業と並行して、ブレース主材を 2 本設置した（計 10 分）。

) 再解体

再組み立ての4日後に行った再解体について、最初の解体のときの人工数とともに図表に示す。

柱は、再解体のほうが柱脚ボルトがうまく回らず取外しにくかったためと考えられる。また、柱脚ブロックから柱を抜くのに、最初の解体では重機で吊り上げるだけでよかったが、再解体では柱脚をバールで押し上げたり、柱を揺る必要があった。

梁やブレースは、再組み立てでは HTB の締め付けを行っていないこと、部材数が少なく迅速に終わられたことなどにより、再解体のほうが人工数は若干少ないが、特に差はなかったと言える。

屋根パネル・床パネルについても、同様に部材数の違いによる影響と、再組み立てではボルトを全部は取付けていなかったことなどにより、再組み立てのほうが若干少ないが特に差はない。

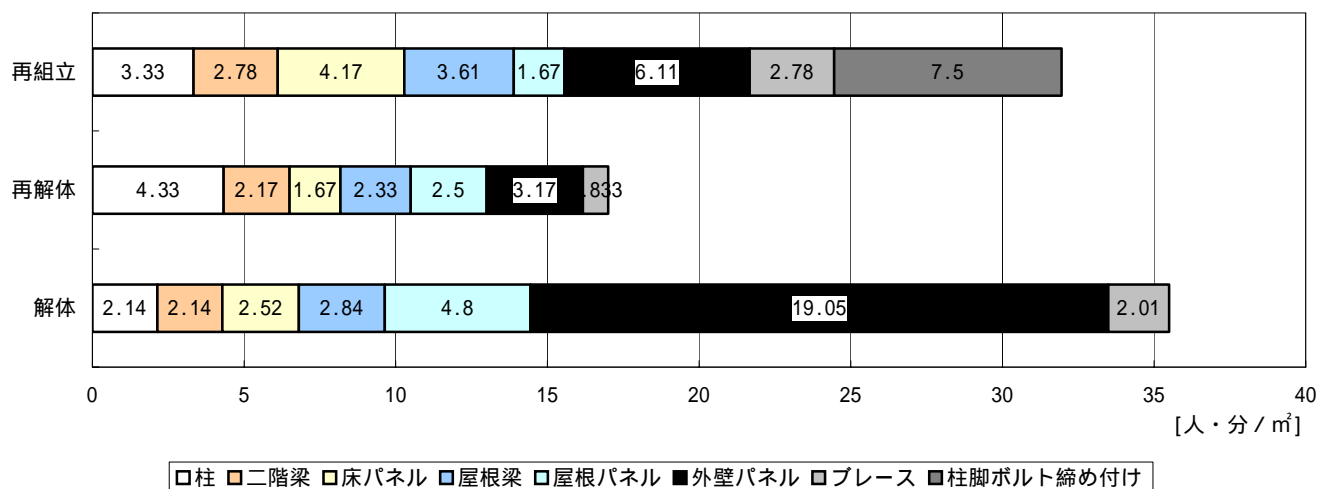
外壁パネルについては、再組み立てではパネル間の目地コーキング材はないので、人工数は圧倒的に少ない。

) まとめ

柱・梁や柱・ブレースの接合部（仕口）の再組立には問題はなく、解体前の組み合わせと違う接合でも、その性能は十分確保できている。また床パネル、屋根パネルの梁への取り付けも、単純な形式であり、十分再組立性能は確保できていると言える。外壁パネルの梁への取り付け、およびパネル間の接合も、部材状況がよければ、再組立可能であるが、（目視調査より）現状の仕様では再組立可能な状態の部材はほとんど得られない。

一方で再組立性能に問題があったのは、柱脚である。柱と柱脚ブロックの組み合わせを変えたものにおいて、柱脚ボルトが入らない・締め付けられない、締め付け中にボルト頭がもぎれるなどといった結果となり、再組立性能において課題が残った。躯体の高い精度と基礎の施工精度の調整機能をもつ柱脚の構法については、アルミハウスの技術課題としてよく挙げられる。今回の柱脚の再組立性能の問題は、この調整機構が不十分であったということが、大きな要因として考えられる。

図表3.4 - 35 再組立・再解体 / 解体：部位別人工数





～ 柱の設置 / 柱脚ボルト仮止め / 柱脚ボルトが入らなかったもの / ・ 梁の設置 / 床パネルの設置 / 屋根パネルの設置 / ・ 外壁パネル（1枚目）の設置 / 外壁パネル（2枚目）の設置 / 外壁パネル間目地

図表 3.4 - 36 再組み立て・再解体（1/2）



外壁パネルの 2 階床パネル面ブラケット設置 / ブレースの設置 / 柱脚ボルト締め付け / ボルト頭がもぎれた柱脚ボルト / ・ 再組立完成 / 再解体（外壁） / 再解体（屋根パネル） / 再解体（梁） / 再解体：頭部のもぎれた柱脚ボルト箇所をドリルで穴あけする様子 / 再解体：柱脚ブロックから抜けにくい柱をバールで押し上げる様子 / 再解体（柱）

図表 3.4 - 37 再組み立て・再解体（2 / 2）

3.4.4 リユース性の調査：構造試験

アルミエコハウスを解体し取り外したアルミニウム構造部材のリユース性を確認するため、接合部の性能試験を行った。今回の試験は7年前の建設時に行った構造部材の接合部の試験の結果と比較を行うため、ブレース端接合部の引張り試験を行った。

) 試験概要

試験場所：茨城県つくば市立原2(財)ベターリビング筑波建築試験センター 構造試験棟

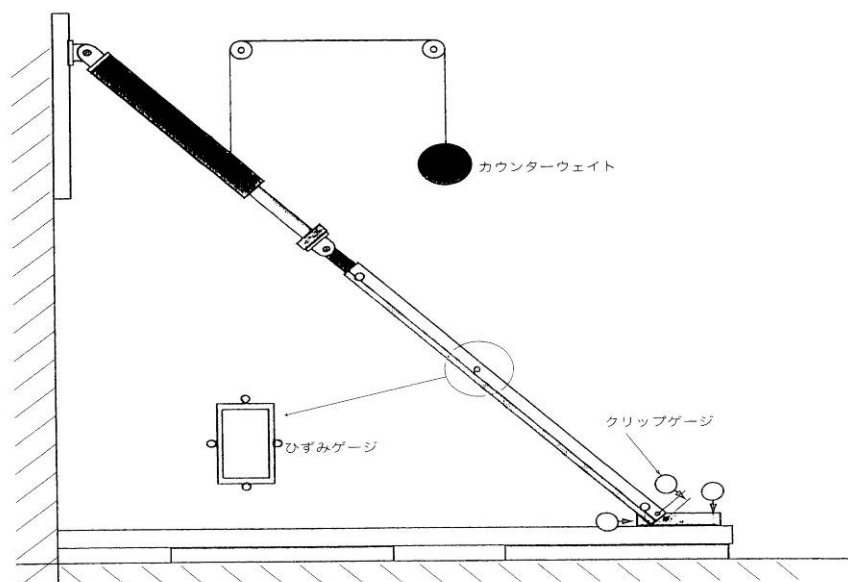
試験体：アルミエコ素材住宅を解体した柱、ブレース接合部

柱 : A6063S-T5 100×100×(12~5)t×5,035mm

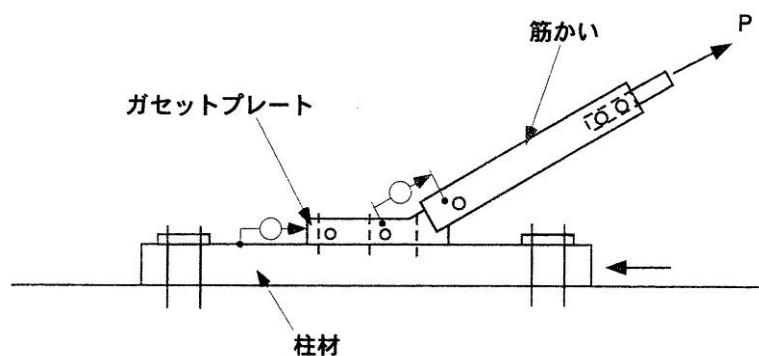
ブレース : A6063S-T5 ダブルウェーブ H77×70×(2.5+2.5)t×9×2,206mm

ブラケット : A6063S-T5 FB18t×63×353mm

試験方法：耐力壁の床に柱を固定し、壁より油圧ジャッキでブレースを引っ張る



図表 3.4 - 38 接合部構造試験方法



図表 3.4 - 39 構造試験計測図

) 試験条件

図表3.4 - 40 構造試験条件

	試験条件	試験体No
1	解体した柱・ブレースの仕口を取り外さず、そのまま加力	No1・2
2	解体した柱・ブレースの仕口を取り外し、新しいHTBを使用して再組み立て	No3・4
3	解体した柱・ブレースの仕口を取り外し、ガセットプレートにブラスト処理を行い、新しいHTBを使用して再組み立て(建設時試験条件)	No5・6
4	解体した柱・ブレースの仕口を取り外し、ガセットプレートにジンクリッチペイント塗装を行い、新しいHTBを使用して再組み立て	No7・8

) 試験結果

図表3.4 - 41 構造試験結果

試験条件	試験体No	Ps lip[kN]	Pu[kN]	破壊状況
1	No1	40.4	70.7	端あき破断
	No2	4.0	66.4	〃
2	No3	10.0	72.2	〃
	No4	13.0	84.9	〃
3	No5	88.2	92.0	〃
	No6	75.9	94.0	〃
4	No7	28.8	83.9	〃
	No8	57.7	84.1	〃
(3)	建設時	80.3	82.0	〃、ガセット破断

取り外した柱、ブレースを解体しないでそのまま加力した試験体(No1, No2)はブラケットの摩擦面処理が悪く、また高力ボルトの締め付けが不十分で接合部の耐力は低い値となった。

取り外した柱、ブレースを解体し、新しいボルトを用いて組み立てた試験体(No3, No4)は基準に従って高力ボルトの締め付けを行ったが、接合部の耐力は増加しなかった。

取り外した柱、ブレースを解体し、ガセットプレートの摩擦接合面のブラスト処理を行い、新しいボルトを用いて組み立てた試験体(No5, No6)は、滑り耐力が大幅に増加した。

取り外した柱、ブレースを解体し、ガセットプレートの摩擦接合面にジンクリッチペイントを塗装し、新しいボルトを用いて組み立てた試験体(No7, No8)は、滑り耐力が大幅に増加したが、ばらつきが大きくなった。

)まとめ

建設時にアルミエコハウスの各接合部の性能試験を行い、構造の力学的挙動を調査した。試験は柱・梁接合部、柱・ガセットプレート、ブレース端接合部、及び組み立て柱脚の構造性能試験を行った。これらの試験結果よりアルミエコハウスの構造はブレース端接合部の耐力が一番低く、破損が始まることが解った。今回は、解体された構造部材のリユース性を確認するため、建設時に耐力のもっとも低かったブレース端接合部の引張り試験を行い初期の性能と比較した。

試験の結果、取り外した構造部材はブラケットの表面処理が不十分のため滑り耐力は計算値を大きく下回った。破断はブレースのウェブのボルト孔端で破損し破断耐力はほとんど同一で有った。取り外したブラケットの表面処理をし直した試験体は、滑り耐力のバラツキはあるが耐力は大幅に増加し、表面処理を再度実施する事によりリユースが可能であることが判明した。



試験条件 1 / 試験条件 2 / 試験条件 3 / 試験条件 4 / ・ 試験の様子 / 接合部計測状況 / ・ プレース破断状況 (: 試験体 No5 / : 試験体 No 7)

図表 3.4 - 42 構造性能試験

3.4.5 リサイクル性の調査：難解体部材の破碎処理実験

本解体工事からは、リユースを前提とした主要部材以外にも、大量のアルミ部材が排出されている。これらのアルミ部材のリサイクル性の検証は、アルミハウスやアルミ部材の資源循環の促進において重要な課題である。

また、屋根パネル・外壁パネルのような金属板のあいだをプラスチック系断熱材で充填した複合材は、“難解体性”建材と呼ばれ、金属と断熱材の分離が難しく、リサイクルされにくい。また、断熱材の発泡ウレタン中のフロンは、解体時に放散しないように回収することが望ましい。屋根パネル・外壁パネルをリユースしない場合、リサイクルのための金属（アルミ）と断熱材の分離、また環境配慮としてフロンの回収、などについての検証も必要になってくる。

よって、本工事で発生した難解体性部材とその他のアルミ部材（構造材、床パネル、屋根パネル、壁パネル以外）のリサイクル性について検証する。

難解体性部材（屋根パネル・外壁パネル）

難解体性部材のリサイクル性の課題は、技術的課題と資源循環システム構築の課題とがある。前者はどのようにして素材ごとに分別するか（あるいは素材ごとでなくともリサイクルできる状態まで分別するか）であり、後者はその技術をどのように実社会において成立させるかである。リサイクルの課題になると、後者の資源循環システムが実質的課題としての比重が大きいがしばしばあり、今回もその一例とも言える。資源循環システム構築のためのシナリオとしては、廃棄物処理費や金属スクラップ価格の高騰、あるいは公的補助や規制などがあり得るが、今回の調査・実験においては、それらの実態の把握や考察は対象外とする。よって、ここでは技術的側面にしぼって、難解体性部材のリユース性を検証する。

どのように素材ごとに分別するか、という技術的課題について、まず手作業にて行なうということが考えられる。解体現場で試しに屋根パネル、壁パネルからアルミ板を剥してみたが、片面は剥せたとしても逆面はウレタンをパール等で削っていく方法しかない、部材が大きく扱いづらく広い作業スペースも必要となる、などということがわかり、非常に手間がかかり、かつ現場には不向きな作業であると言える。さらに、この方法ではフロンの回収ができない。

一方、破碎処理装置などを用いて分離する方法では、フロン回収装置なども併設させることが可能になる。こういった装置を用いてのリサイクル性の検証を行なうため、屋根パネル・外壁パネルの一部に破碎処理装置によるリサイクル実験を行なった。

）処理装置概要

今回用いた破碎処理装置は、破碎室内の破碎工具（チェーン）と被破碎物同士の衝突とにより一工程で破碎と剥離をし、素材ごとに分離する（自己衝突破碎方式）装置である。この装置に、室素置換やフロン回収のための各種付帯装置を適宜組み合わせる構成される。今回の装置の破碎室口径から、被破碎物は 300mm 角に事前に切断しておくこと、またバンカー（破碎室の前室）の容積から一度に投入するのは 2.0 m³以下とすること、などが必要となった。

処理時間は、室素置換に 20 分程度かかるが、破碎処理自体は 3 分程度で終了する。

破碎物の分別は、風力選別で発泡ウレタンなどの軽材料を、磁力選別で鋼材を、渦電流選別でアルミ材やプラスチック（塩ビなど）をそれぞれ選別する方式である。

）破碎処理実験結果

破碎・分別処理実験の結果を図表 3.4 - 43 に示す。

材質別比率としては、屋根パネル・外壁パネルどちらもアルミ、ウレタンなどの軽材料（粉体）、塩ビなどの非金属、鉄の順であった。屋根パネルのアルミ板の厚さが厚板であったため、アルミの比率は多い。外壁パネルには鋼材のブラケットが埋め込まれているため、鉄が 3 % ほど含まれている。屋根パネルで検出された鉄は、処理装置内に残留していたものと考えられる。

図表4-43 難解体性部材の破碎・分別処理結果

		屋根パネル×2	外壁パネル×3	
試験体	体積[m3]	約1.5[m3]		
	重量[Kg]	105[kg]	100[Kg]	
		↓	↓	
破砕試験 (切断後、全量投入)	重量[Kg]	105[kg]	100[Kg]	
	体積[m3]	1.386[m3]	1.44[m3]	
	高密度[Kg/m3]	75.76[Kg/m3]	69.44[Kg/m3]	
	破砕時間[s]	180[s]	240[s]	
		↓	↓	
分別試験サンプル	重量[Kg]	11.3[kg]	10.8[Kg]	
	容積[m3]	0.03386[m3]	0.03386[m3]	
	高密度[Kg/m3]	333.73[Kg/m3]	318.96[Kg/m3]	
		↓	↓	
分別試験	投入重量[Kg]		11.3[Kg]	10.8[Kg]
	投入 一次分別	損失	0.8[Kg]	0.6[Kg]
		一次分別 合計	10.5[Kg]	10.2[kg]
		軽材料（粉体）	2.2[Kg]	2.8[Kg]
		重材料	8.3[Kg]	7.4[Kg]
	一次 二次分別	損失	0.2[Kg]	0.3[kg]
		二次分別 合計	8.1[Kg]	7.1[kg]
		鉄	0.1[Kg]	0.3[Kg]
		非鉄金属（Al等）	7.7[Kg]	6.4[Kg]
		非金属（プラ等）	0.3[Kg]	0.4[Kg]
		↓	↓	
材質別比率	軽材料（粉体）	2.2[Kg]（21%）	2.8[Kg]（28%）	
	鉄	0.1[Kg]（1%）	0.3[Kg]（3%）	
	非鉄金属（Al等）	7.7[Kg]（75%）	6.4[Kg]（65%）	
	非金属（プラ等）	0.3[Kg]（3%）	0.4[Kg]（4%）	
	上記 合計	10.3[Kg]（100%）	9.9[Kg]（100%）	
	投入重量[Kg]	11.3[Kg]（100%）	10.8[Kg]（100%）	
	損失 合計[Kg]	- 1.0[Kg] (9%)	- 0.9[Kg] (8%)	

）まとめ

今回のような処理装置を用いれば、難解体性部材も、素材ごとに分別され、リサイクル原料として使用可能な状態となることが検証され、十分にリサイクル性は発揮できるということがわかった。ただし、先述のとおり、こういった特殊な処理が必要な建材については、その資源循環システムの成立の上ではじめて有効になるのであり、現状ではその環境整備は必ずしも十分でない（こういった装置を備えた処理施設は多くない）と言える。



外壁パネル実験結果 / 屋根パネル実験結果 / 破砕処理装置 / 分別装置 / パネル切断風景 / 外壁パネル切断後 / 破砕処理後（外壁パネル） / 風力選別後（外壁パネル） / 渦電流選別後のアルミ材（外壁パネル） / 磁力選別後の鋼材（外壁パネル） / 渦電流選別後のプラスチックなど（外壁パネル）

図表 3.4 - 44 難解体性部材（屋根・外壁パネル）のリサイクル実験

3.5 小結

本章では、部材のリユースを目的にした解体の特徴や課題、および設計・施工段階で配慮すべき要点等を把握することができた。独自性の高い事例において得られた知見ではあるが、構法や材料を異にしたリユースを目指す建築の解体や設計に対しても、示唆的である点・適用できる点も多い。

まず、設計段階からの解体性への配慮が適切であれば、解体工事の本質的な作業である「解体・撤去」「分離・分別」「運搬・積載」といった作業量（人工数）は、比較事例のような一般的な木造住宅の解体と比べても、それほど大きな差はないことが分かった。しかし、リユースのための解体においては詳細な手順が自ずと決まってくるため、単純に一度の作業者数を増やすことや並行作業を増やすことはできず、工期は延びる傾向にある。また、そもそも詳細な作業や解体方法を計画すること、およびそのために図面などの事前情報を参照するといった行為は、現状の一般的な解体工の職域を越え部分が多い。リユースのための事前情報の把握、詳細な工事計画、現場管理などといったソフトな技術については、その担い手の問題が大きい。

設計段階での配慮としては、通常言われているような「乾式構法である（＝“取れる”）」ということだけでは、実際の解体では適切に取り外されないことも多く、一層の配慮が必要であるということがわかった。接合部の位置や接合の向き、部材の位置関係といった「モノの構成」が詳細にわかるように、外観からそれらが“見える”ような構法的な配慮か、施工履歴のようなものを詳細に記録し解体段階に活用する（＝“分かる”）といったことが求められる。

また、解体性については接合部などの細部の設計や解体方法といった微視的な側面から捉えがちだが、空間の仕切り（壁、床）や縦動線（設備など）の配置といった空間的・平断面的な視点からの配慮も重要であることがわかった。これは、事例 AL（アルミエコハウス）において、構造部材の損傷（軽微な損傷）が、その部材自体の解体よりも、むしろ内装や外装などの解体に起因することが多かったという結果からも裏付けられるといえよう。

これらの他にも、本章において示してきたように、事例 AL について個別的な解体工法や設計・構法的配慮の要点がわかった。それらについては、資料編「アルミエコハウスの課題と対策」にて部位ごとにまとめている。

4 章 伝統木造住宅の移築を目的にした解体 < TW >

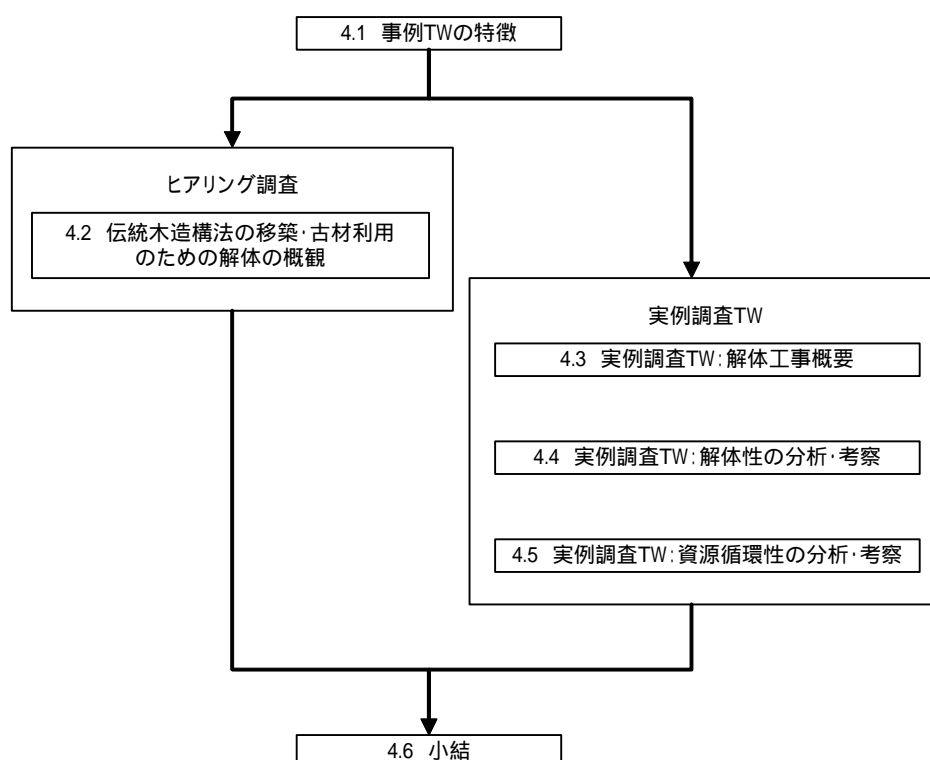
- 4.1 本章の目的
- 4.2 伝統木造建築物の移築・古材利用のための解体に関する概観
- 4.3 実例調査 TW：解体工事概要
- 4.4 実例調査 TW：解体性の分析・考察
- 4.5 実例調査 TW：解体材の分析・考察
- 4.6 小結

4.1 本章の目的

現状の解体技術・再資源化技術においては、解体材のリユースよりもまずリサイクルの質と量（率）を向上させることが一般的かつ現実的な目標といえる。しかし、特殊な場合においては、解体材をリユースできることが求められることもあり、伝統建築の移築や古材利用といったものもそれにあたる。移築や古材利用に値するだけの価値を有した建築は限られているため、環境負荷軽減というよりはむしろ文化的な意義が大きいともいえる。いずれにせよ、伝統木造構法建築の移築や古材利用のための解体は、通常の解体とは異なる特徴や技術、課題等が存在するはずであり、それらを明らかにすることが本章の目的である。

本章は、図表 4.1 - 1 のような構成となっている。

まず、「4.2 伝統木造構法の移築・古材利用のための解体の概観」において、古材バンク、移築のための解体経験が多い解体業者等へのヒアリングによって得られた知見を示す。次に、4.3～4.5 において、実際の伝統木造構法建築の移築のための解体の実例調査 TWN の調査結果を示す。最後に、ヒアリング調査と実例調査を合わせた本章の小結（4.6）を示す。



図表 4.1 - 1 本章の構成

4.2 伝統木造建築物の移築・古材利用のための解体の概観

伝統木造建築物の移築や古材利用（のための解体）についての現状や概観を捉えるために、移築のための解体の実績が多い解体業者 1 社（K 社）かつて古材バンクを運営し現在は古民家の再生や古材利用の促進のための支援活動を行っている NPO 団体 1 者（KB）に対しヒアリング調査を行った。

重要な事柄として、大別すると「解体段階に関すること」「流通段階に関すること」「再使用段階に関すること」が把握できた。

解体段階に関すること

- ・ 解体工でも、機械併用解体が主流になる以前からの経験がある世代では、移築のための解体も可能であるが、年々人数は減ってきている（K 社）。また、移築のための解体を請け負える業者については、地域による差も大きく、場所によっては遠方から呼び寄せることもある（KB）。
- ・ 伝統木造建築の継手・仕口のしくみや、架構の特性を理解している必要がある。例えば、四方差しで仕口が見えない柱でも、桁行方向の梁を先に外してから直行する方向の梁を外す、など（K 社）。
- ・ 楔・栓の抜き取りは、手間のかかる作業である。また、貫を再使用せず切断してしまえば柱の解体は容易になる（K 社）。

流通段階に関すること

- ・ 廃棄物処理法との折り合いが流通面での大きな課題である。特に解体段階で再使用先が未定で、古材バンク等にストックされる場合の扱いが難しい（K 社）。

再使用段階に関すること

- ・ 寸法体系が問題となることがある。伝統建築の鴨居などの高さが現代的な生活に合わないこと（KB）や京間と江戸間に違いにより地域を大きく移しての移動は難しいこともある（K 社） など。
- ・ 構造材としての再利用には法規的な課題もあるため、装飾用等に転用することも多い（K 社・KB）。
- ・ 再築段階を円滑に進めるには、再築の設計者や施工者が解体に立ち会ったり、解体に先立って設計者による実測調査や再築の施工者自身で番付けすることが重要となる（K 社）。

以上のように、本研究では直接取り上げていないが、移築や古材利用に関しては「解体」以外の「流通」や「再築・再使用」の段階の重要性も大きいことがわかる。

次節以降で、実際の伝統的木造建築の解体を通して、ヒアリングで解体・再使用が難しいとされた部位に実際にはどれくらいの作業量が必要で解体後の状況はどうか、などといったことを明らかにしていく。

4.3 実例調査 TW：解体工事概要

4.3.1 調査方法と内容

次項に示すような伝統木造住宅を移築する目的で解体した工事に、工事期間全日程に対して、調査員 1～4 名によって、以下のような項目を記録した。

- ・ 解体工程、方法
- ・ 作業員毎の作業内容および作業時間
- ・ 部材状況の確認（再使用の可能性について） 定量的な把握はできていない

また、適宜、作業員である大工等に対して、当建築物の解体の作業性などについて」の聞き取りも行った。

4.3.2 調査対象の建物概要

調査対象の建物概要を図表 4.3 - 1、解体前の写真を図表 4.3 - 2、立面図、平面図を 4.3 - 3、4 に示す。

調査対象建物は、石川県輪島市門前黒島地区に位置している。当地区は、かつて天領地として栄え、対象建物は、北前船の回船問屋であった。形式としては、表構えは、平入り型で大戸や格子などが用いられ町家形式だが、内部（間取り）は民家形式に近く、中心となる部屋（“チャノマ”などと称される）は北陸地方の民家によく見られる井桁に組んだ大梁の「杢の内（造り）」となっている。これは、黒島回船問屋特有の形式である。

調査対象が移築されるに至った経緯は、2007 年 3 月の能登半島地震による震災被害を受け、改修か建替えの必要性が生じ、機能性の面などから所有者は建替えを選択したが、地元の建築家の働きかけにより、神奈川県の事業者が購入する（解体費の一部を負担する）というかたちで商業施設として移築することにより再生されることとなった（当初は、改修による保存再生、次に風土や景観にあった周辺地域での移築再生の検討がされたが、結果としてそれらには至らなかった）。

図表 4.3 - 1 建築概要

構造		伝統的木造軸組構法
その他特徴		平入り型、和小屋、杢の内造り
所在地		石川県輪島市
用途		住宅(かつては、回船問屋(初期)、旅館(戦後)を営む)
竣工年		不明(江戸時代後期、築約150年)、改修歴多数あり
規模	階数	地上2階
	敷地面積	不明
	延床面積	277.30m2(1F:197.16m2、2F:80.14m2)



a) 正面（東面）外観



b) 妻面（南面）外観



c) 北面概観



d) 内観：チャノマ

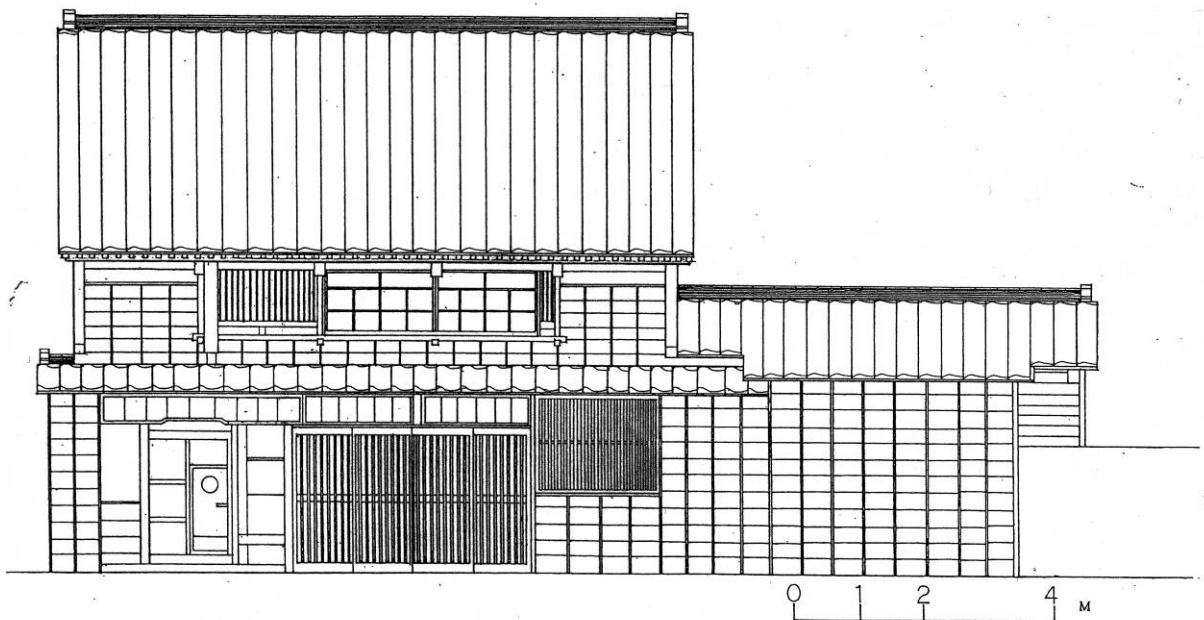


e) 内観：「杉の内造り」(チャノマ梁組)

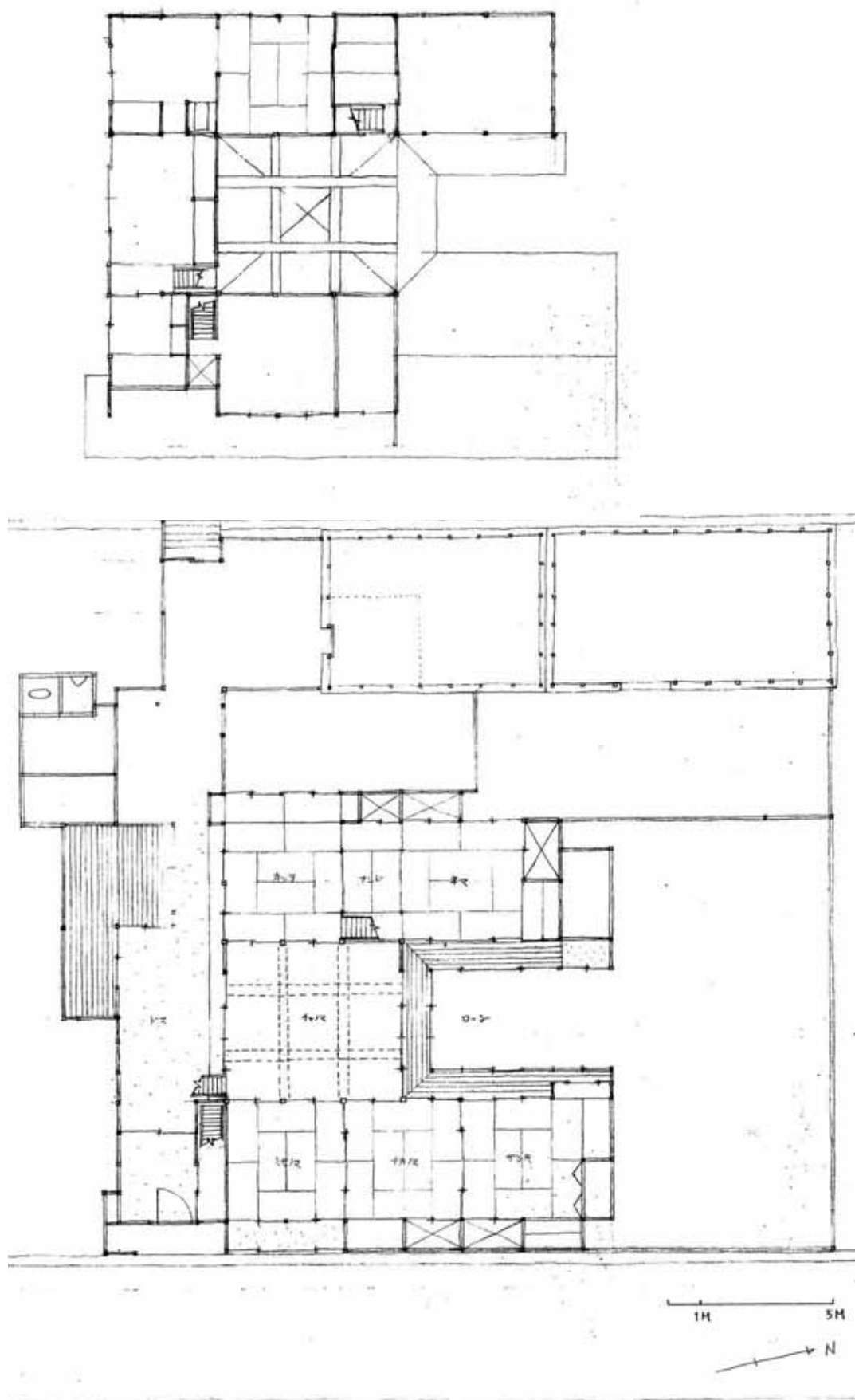


f) 内観：カッテ

図表 4.3 - 2 写真（解体前）



図表 4.3 - 3 正面（東面）立面図



図表 4.3 - 4 平面図 (下 : 1F , 上 : 2F)

4.3.3 解体工事における諸条件

解体工事は、個々の物件ごとに様々な条件（解体建物以外の条件）が異なり、工事全体に大きく影響することも多い。事例 TW において特筆すべき条件を以下に述べておく。

作業（大工と解体業者）

事例 TW は移築を目的にした解体であり、（伝統）木造建築の高い知識と技術を必要としたため、再使用部材（ほとんどの木部材）の解体・取り外しは大工による作業とし、それ以外を解体工による作業とした。ただし、実際には解体工の手配の不備がある日も多く、再使用する予定のない部材の解体を大工が行うことがあった。また、躯体の「桼の内造り」部分以外は地元工務店の一般的な大工（以下、「大工」）による作業であるが、「桼の内造り」部分は特に伝統的な木造建築の技術が必要となってくるので、桼の内造りなどの伝統的な木造構法を専門的に手がけ、伝統木造建築の解体・移築も多くの経験がある富山県から呼んだ大工（以下、「伝統大工」）による作業としている。

再使用予定部材

再使用する／しないによって、解体方法は大きく異なる（事例 TW では上述のように工種も異なる）。事例 TW では、内装は、敷居・鴨居・長押や天井板、開口部桼といった木造作材で古い部材と思われるものは再使用を予定して、丁寧な解体を行った（尚、これらの部材のほとんどが拭き漆仕上げであり、拭き漆であるかどうかで判断していることが多かった）。一方、内装木材でも床板や下地材（根太など）は改修時に新建材に替えられているものがほとんどで再使用の対象とはしていない。また、畳や土壁も再使用対象外である。外装は、外壁（下見板）・瓦・野地板は再使用対象外としたが、外部建具・垂木・破風板等は再使用を予定している。また、小屋組・躯体は、貫や土台を含め、全て再使用を予定する部材として解体した。

ただし、これらの再使用を“予定”した部材が、実際に再使用“可能”であるわけではないし、予定している部位でも、うまく取り外せないときなどは、切断したり破損させて取り外すこともあった。また、そもそも再使用部材の計画を立ててから解体工事に取り掛かったわけではないので、その判断はその都度されていたので、明確な基準があるわけではない。

その他の条件としては、夏季の工事であったこと、震災により損傷を受けている建物であること、などが挙げられる。

4.3.4 解体工事プロセス

解体工事プロセスは、以下の ～ のように進行的な。

1～4 日目：1 階内装木造作材解体（大工）／屋根瓦・外壁下見板等解体（解体工）

1 階各部屋の敷居、鴨居、天井板といった木造作材を大工が解体。並行して、ザシキ部分は車両や重機スペースとするため先行解体するので、ザシキ部分の外装の屋根瓦や外壁下見板、土壁などを解体工が解体。



a) 外観



b) 鴨居解体



c) 天井解体



a) 瓦撤去



b) 外壁下見板解体



c) 土壁撤去

図表 4.3 - 5 <1 階内装木造作材解体／屋根瓦・外壁下見板等解体>の写真

5～7 日目：2 階内装木造作材解体（大工）

と同様、2 階の鴨居、敷居、天井板等の木造作材の解体。



a) 造作材解体



b) 天井解体



c) 天井板解体詳細

図表 4.3 - 6 <2 階内装木造作材解体>の写真

8～9 日目：ザシキ部分屋根・軸組解体（大工・解体工）

車両および重機搬入スペースとするため、ザシキ部分を先行解体。



a) 野地板撤去



b) 軸組解体



c) 解体後

図表 4.3 - 7 <ザシキ部分屋根・軸組解体>の写真

10～11 日目：2 階部分外壁下見板解体（大工）/ 2 階土壁撤去（解体工）

母屋 2 階部分北面の外壁下見板などを大工が解体。2 階土壁を解体工が撤去。解体材の搬出も行っている。



a) 二階下見板解体



b) 開口部建具解体



c) 防水シート撤去



a) 土壁撤去



b) 解体材搬出



c) 二階床解体

図表 4.3 - 8

<2 階部分外壁下見板解体 / 2 階土壁撤去>の写真

12～13 日目：1 階内装解体 / 外壁解体（大工）

台所、ドマ周辺の内装の解体および外壁の解体



a) 外観



b) 土間の壁解体



c) キッチン内壁解体



a) 土間土壁落とし



b) 二階外周壁解体



c) 二階土壁落とし

図表 4.3 - 9 <1 階内装解体 / 外壁解体> の写真

14～19 日目：屋根解体（大工 / 解体工）

屋根の野地板、垂木などの解体。



a) 外観



b) 母屋間柱解体



c) 野地板はずし



a) 垂木の釘抜き



b) 垂木はずし



c) 解体材下ろし

図表 2.3 - 10 <屋根解体> の写真

20 日目：内装解体

未解体で残っていた分の内装を解体。



a) 外観



b) 解体材の搬出



c) キッチン内装解体



d) キッチン内装解体



e) キッチン床板はずし



f) キッチン内装解体

図表 4.3 - 11

<内装解体>の写真

21～23 日目：小屋組解体（大工）

小屋組の解体。ラフタークレーンの使用。



a) 外観



b) クレーンによる解体



c) クレーンによる解体



d) 整理された解体材



e) 接合部はずし



f) 梁の解体

図表 4.3 - 12

<小屋組解体>の写真

24～26 日目：躯体解体（大工／伝統大工）

枠の内造り部分は、伝統大工による解体。



a) 外観



b) 足場解体



c) クレーンによる梁解



d) クレーンによる梁解体



e) クレーンによる解体



f) クレーンによる解体

図表 4.3 - 13 < 躯体解体 > の写真

27～33 日目：解体材搬出・ストックヤード建設（大工）

再使用を予定している解体材をストックヤードに搬出後、保管用に簡易小屋を建設。



a) 解体材の搬出



b) スtock小屋建設



c) トタンつけ



d) トタンつけ



e) 屋根補強



f) 現場外観

図表 4.3 - 14 < 解体材搬出・ストックヤード建設 > の写真

34～35 日目：残置材積込・搬出、掃除

解体工により、残地材の積込・搬出等が行われた。小型バックホーショベル使用。



a) 外観



b) 残置材搬出



c) 重機による整地



d) 整地



e) 残置材搬出



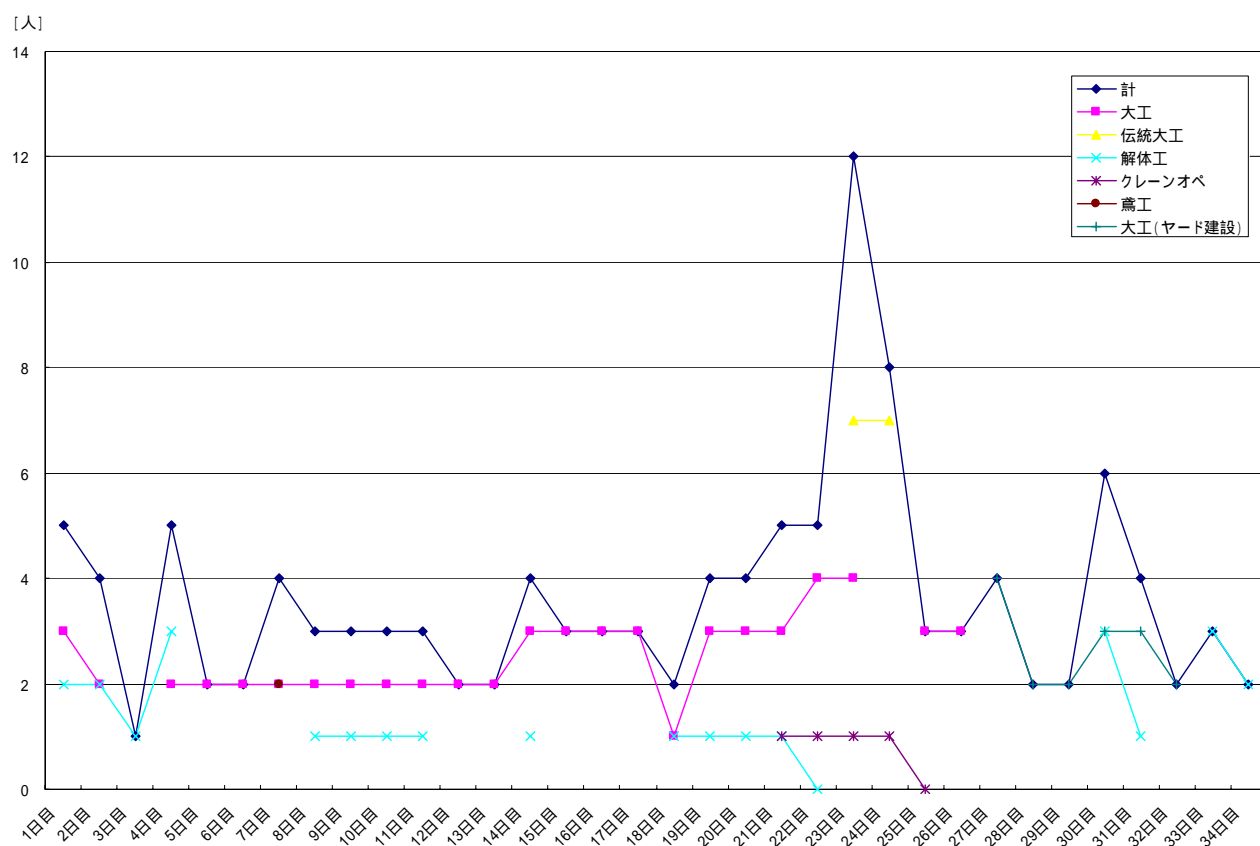
f) クレーンによる整地

図表 4.3 - 15 < 残置材積込・搬出，掃除 > の写真

工種別の作業（出面）人数を図表 4.3 - 16 に示す。

工期前半の内装解体や外装解体中は、大工はおおよそ 2～3 人で作業していた。伝統大工は、桢の内造り部分の解体の 2 日間だけであるが、7 人で作業している。

解体工が、作業している日は前日ではないが、実際には解体工の作業があるにもかかわらずいないために大工がその作業を行うというような状況が見られた。



図表 4.3 - 16 工種別作業（出面）人数

4.4 実例調査 TW：解体性の分析・考察

解体性の分析は、作業量の基本的指標である「人工数」(単位:[人×分]または延床面積当たりとして[人×分/m²])により行う。

4.2.1 全体人工数の分析

TWにおける総人工数は、55600[人×分]であった。

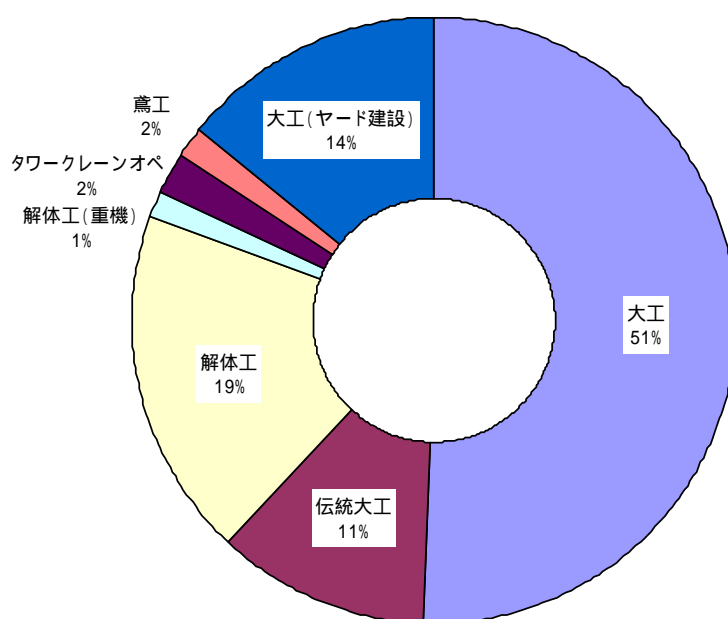
以降に、「工種別」「作業内容別」「部位別」に分類して分析した結果を示す。

1) 工種別分析

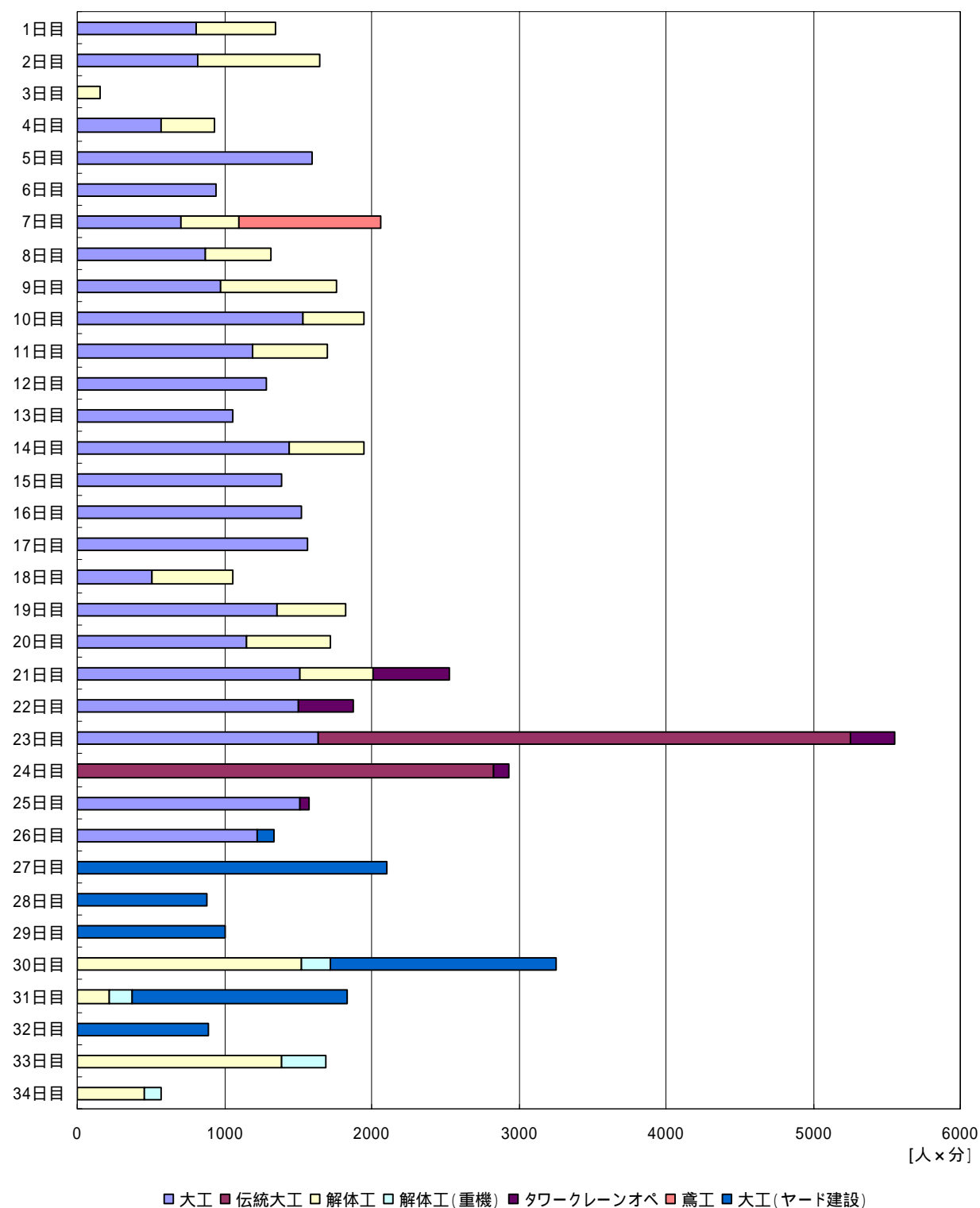
工種別人工数割合(図表4.4-1)、各日の工種別人工数(図表4.4-2)を示す。

「大工」+「伝統大工」と「解体工」の割合は、約3:1である。伝統建築を移築目的で解体する場合、全ての作業を大工が行う必要はない(土壁等を撤去するという作業は大工に向かない(不得手・嫌がる)作業であるし、解体工より大工の方が人工単価が高いのが通常であるため)。再使用を目指す部材量がどれくらいにかよるが、大工と解体工の二工種での解体における人工数のおおよその傾向は把握できた。また、「大工」と「伝統大工」の割合は、約5:1であった。「伝統大工」が作業したのは、主に「桝の内造り」部分の解体の2日間だけであったことからすると、「伝統大工」の割合が多いように感じる。これは、先の工種別作業人数で見たように、[伝統大工]の一日の作業人数が7人と多いためであるが、大断面の梁や柱の「桝の内造り」の解体にはそれだけの人数がひつようであったということである。解体していく途中は構造的に非常に不安定な状態であるので、多くの作業人数を要するとともに、構造・架構特性を熟知している必要がある。

また、27日目以降は、解体はほぼ終了し、「解体工」「解体工(重機)」による残地整理と、付加的な作業として解体を行った「大工」によって解体材の保管場所のための「ヤード建設」が行われている。



図表 4.4 - 1 工種別人工数割合



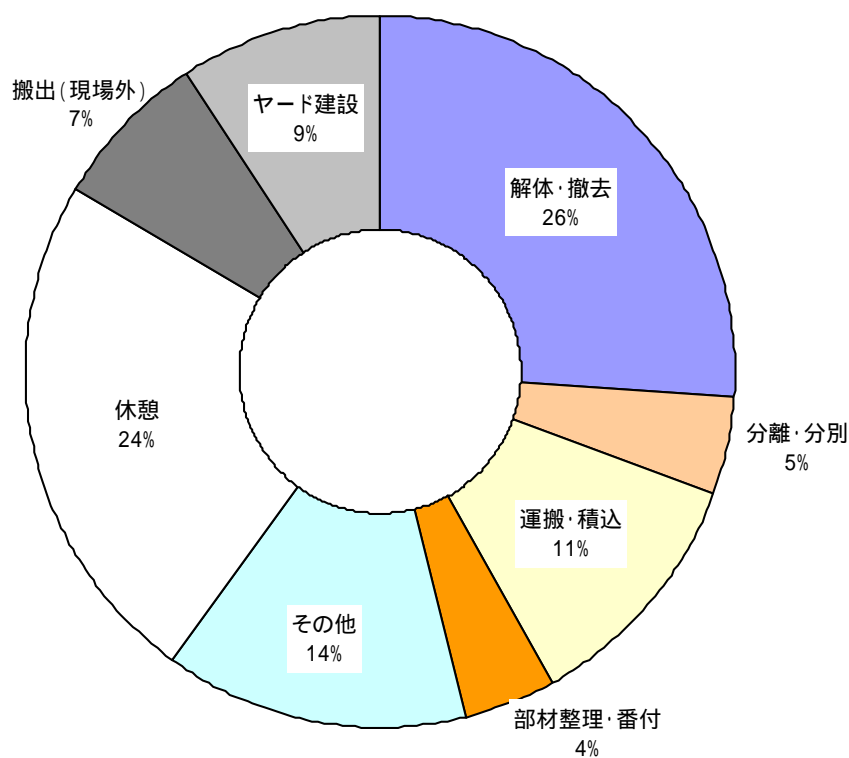
図表 4.2 - 2 各日の工種別人工数

）作業内容別分析

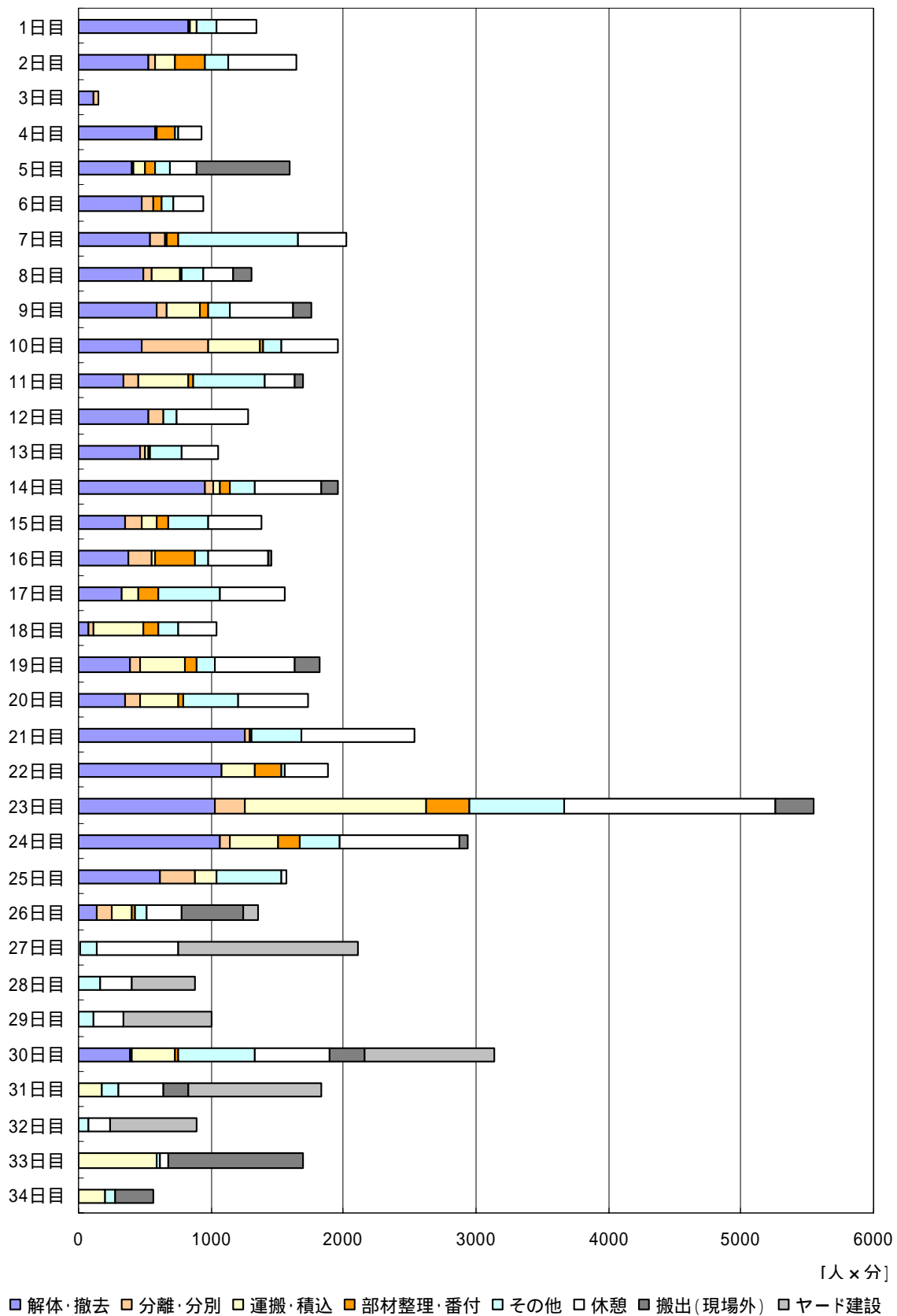
作業内容別人工数割合（図表 4.4 - 3）、各日の作業内容別人工数（図表 4.4 - 4）とその割合（図表 4.4 - 5）を示す。

作業内容における全日を通しての強い傾向はない。6 日目後に再使用目的の内装材の解体、13 日前後に再使用目的の外装材の解体のそれぞれのピークがあり、「解体・撤去」の割合が多くなり、その後日に「運搬・積載」や「搬出」が行われている。

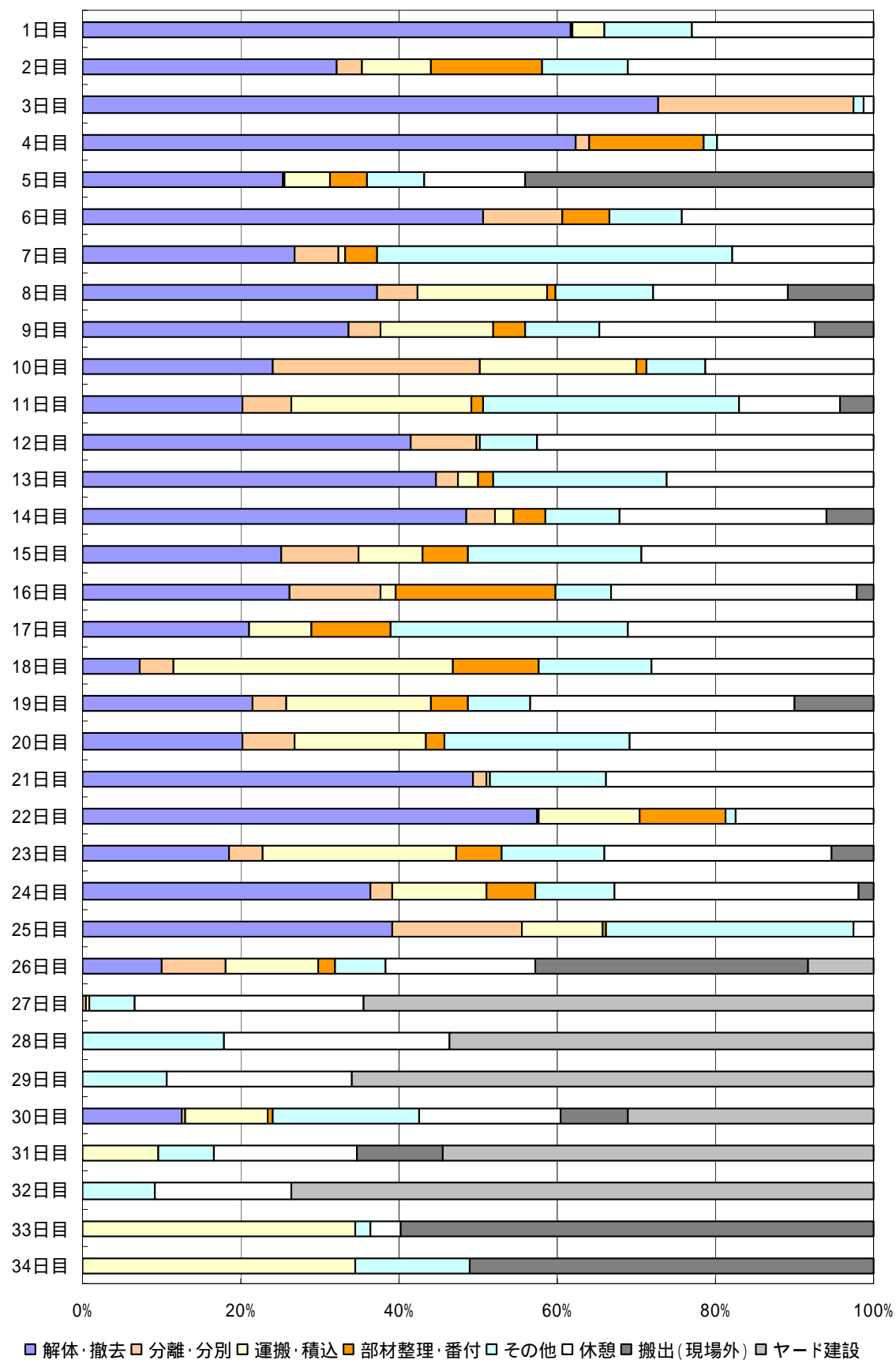
また、解体前の小屋組・躯体等に事前に集中して「番付」を行っている 15～17 日目などは、その割合が多くなっている。



図表 4.4 - 3 作業内容別人工数割合



図表 4.4 - 4 各日の作業内容別人工数



図表 4.4 - 5 各日の作業内容別人工数割合

延床面積当たりの作業内容別人工数およびその割合の比較分析結果を図表 4.4 - 8、9 に示す。

人工数（[人×分/m²]）の総量は、移築を目的にした丁寧な解体のため比較事例と比べて大きくなることが予想されるが、そのような結果にはなっていない。同じ仕様の建築物であれば、延床面積が増えても、作業量は増えるが作業内容が増えるわけではないので、面積当たりや時間当たりの作業効率はむしろよくなり、人工数（[人×分]）が延床面積に比例するわけではない。また、狭い部屋等では、作業者同士の動きが干渉しあったり、解体材の一時的な集積場所がなかったりして、効率が悪くなる。TW の延床面積が極端に大きかったことが、予想と異なる結果の一因であると思われる。

TW の特徴としては、「解体・撤去」に対する「分離・分別」（＋「運搬・積載」）の割合が少ないことが挙げられる。これは、リユースを目的にした解体である AL と類似の結果であり、TW も移築（つまりリユース）を目的とした解体であったということは一因であるが、TW ではそもそも木・土・竹・瓦といった単純（ほとんどが木）な材料構成であった影響が大きい。ただし、部材構成自体はシステム化された AL よりも複雑であるため、部材ごとに行う必要のある「運搬・積載」の「解体・撤去」に対する割合は TW の方が多少大きい。

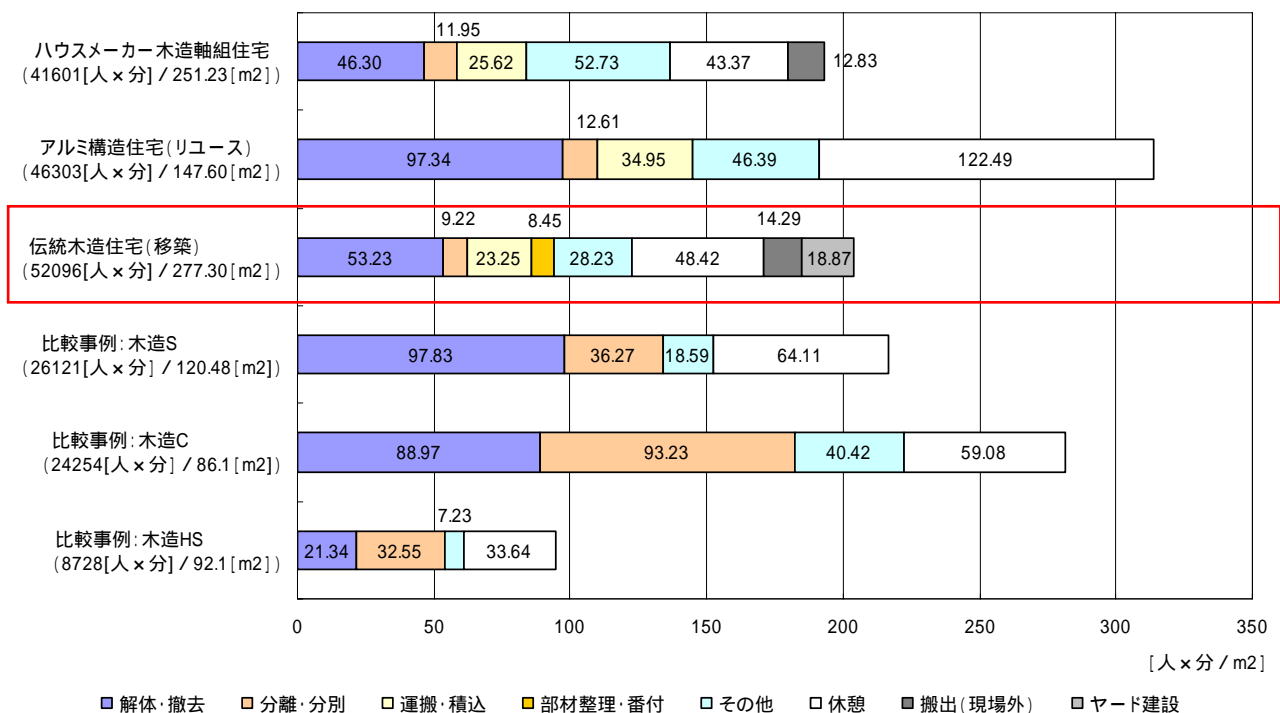
また、移築されるまで部材を保管したり、再築段階で使用箇所がわかるようにするための「部材整理・番付」といった作業を「大工」が行っており、TW 特有の作業となっている。番付などは、必ずしも解体作業をする者が行う必要はない。番付の方法等は職人それぞれで異なっていたりするので、再築の施工者が番付するのが理想的である（TW は、解体を行った「大工」が、再築を行う予定はない）。また、再築のためには各種寸法等を把握しておく必要がある。可能であれば、解体前に実測等を行うのがよいが、TW では解体工事中に再築設計者による実測も行われていた（実測の作業量は人工数に入っていない）。



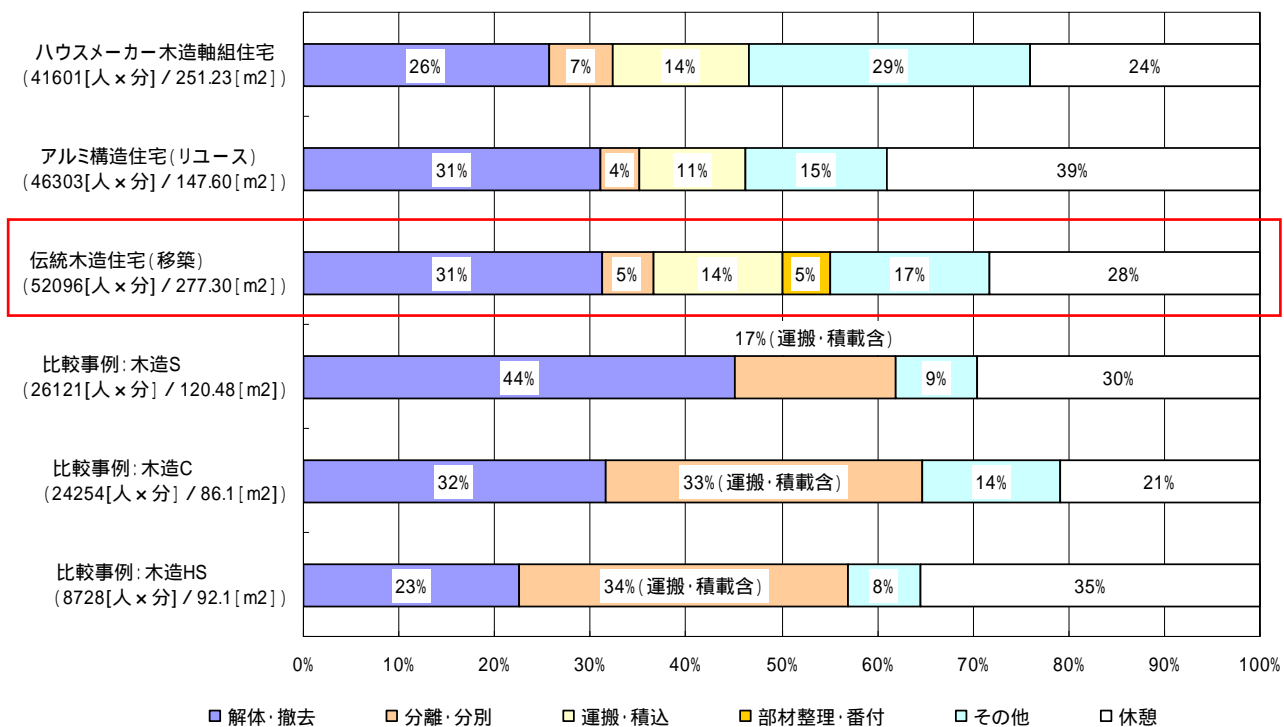
図表 4.4 - 6 「番付」(小屋組)



図表 4.4 - 7 設計者による実測（解体中）



図表 4.4 - 8 延床面積当たりの作業内容別人工数の比較分析



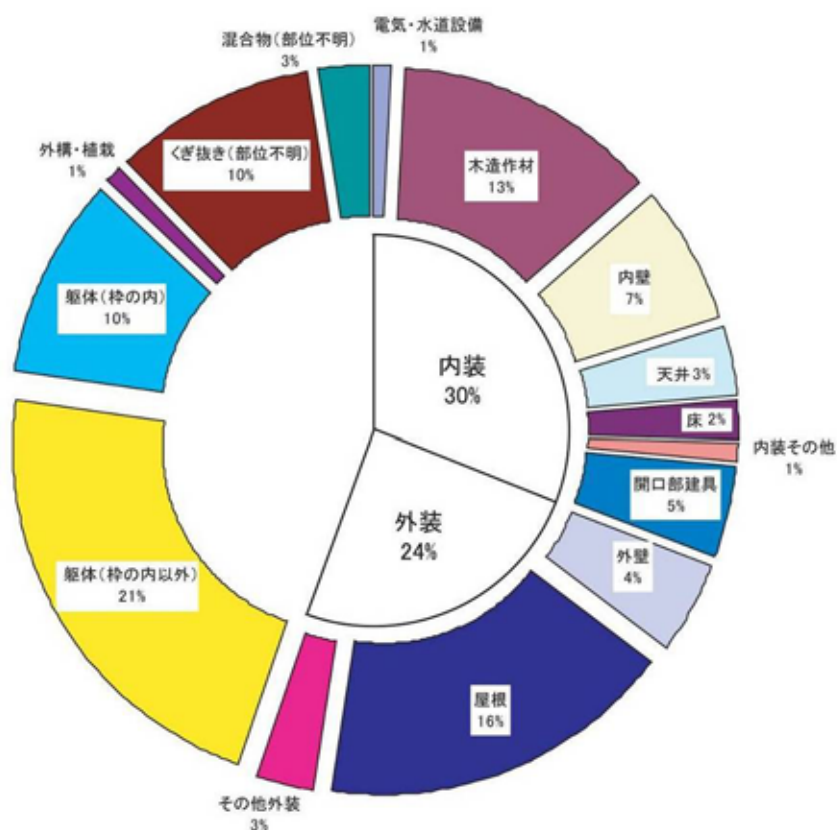
図表 4.4 - 9 作業内容別人工数割合の比較分析

）部位別分析

部位別人工数割合を図表 4.4 - 10 に示す。

「内装」が約 30%、「外装」が約 25%、「躯体」が約 30%となっている。躯体の詳細としては、「躯体（枠の内以外）」と「躯体（枠の内）」（ 枠の内周辺の小屋組や床組も含む）が約 2：1 で、やはり枠の内造りの解体が難しいことがわかる。

また、「釘抜き（部位不明）」と称している部分は、解体した再使用部材に付着している釘を抜く作業で、部位が把握できた釘抜き作業については、各部位の人工数として集計しているの、釘抜き作業の総量はかなり多いことになる（作業内容分類の「分離・分別」のほとんどが釘抜きである）。必ずしも解体現場で行わなくてはならない作業ではないが（釘の付着が多いと部材を整理できないので抜くほうがよい）。再使用のためにはいずれ必要な作業となる。釘の付着は再築時に不都合だけでなく、再築のために再加工するときにも工具の刃を痛める等の問題が起こる。



図表 4.4 - 10 部位別人工数割合

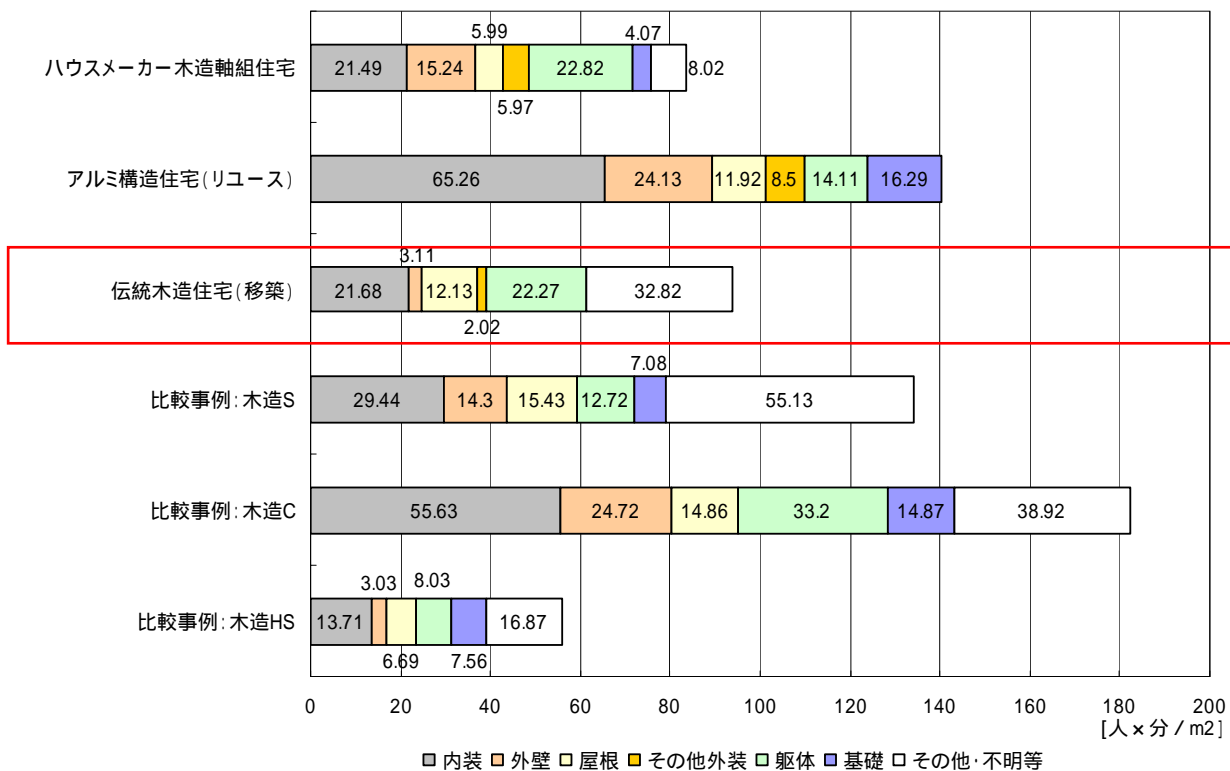
延床面積当たりの部位別人工数(単位:[人×分/m²])およびその割合の比較分析結果を図表4.4-11,12に、内装をさらに詳細に分類した延床面積当たりの内装部位別人工数およびその割合の比較分析結果を図2.4-13,14に示す。

TWの特徴として、まず「躯体」の割合の多さが指摘できる。柱間に密に挿入され躯体全体を強固にしている貫の取り外しに難航していたこと、大断面材である桼の内造り部分の解体には多くの作業が必要であったこと、などが要因である。貫は、特に楔を先に取り外していないと非常に難航するが、楔が柱の面(つら)で切られていたりして、楔自体を取り外せないという状況が多かった。また、継手・仕口のしくみが把握できていないと、効率よく取り外せなかったり、ほぞやほぞ穴が損傷する状況が見られた。経年変形等により、継手・仕口の解体容易性は個々の接合部によってかなり異なる。

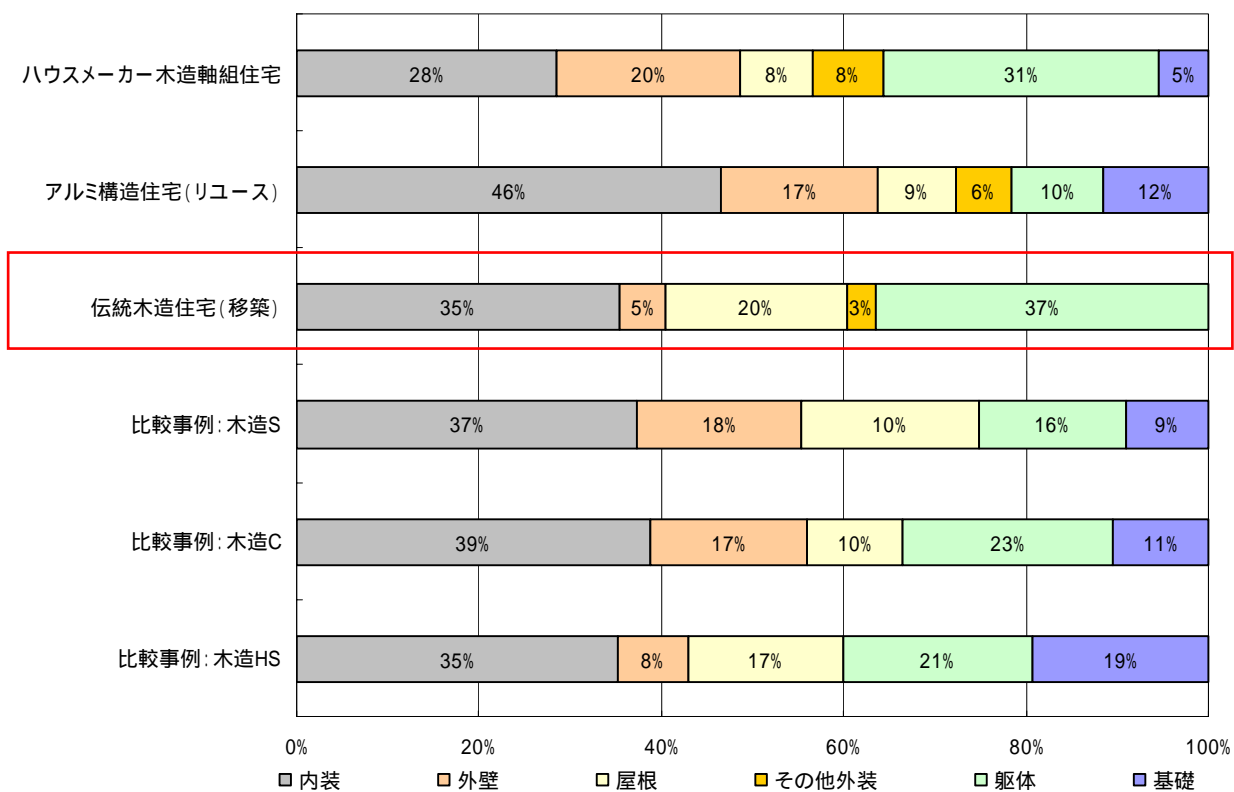
また、「外壁」の割合が少なく、「屋根」の割合が多い。これは、外壁は再使用しないため丁寧な解体はせず、屋根は垂木を再使用を予定しているためである。垂木を損傷させないために、垂木自体の解体だけでなく、野地板等の解体も(野地板自体は破損しても、垂木は損傷させないように)ある程度丁寧に行ったためである。

一方、「内装」には再使用を予定している部材が多いが、そもそも間仕切り等もなく内臓材自体が少ないため、人工数としてはそれほど大きな割合をしめていない。

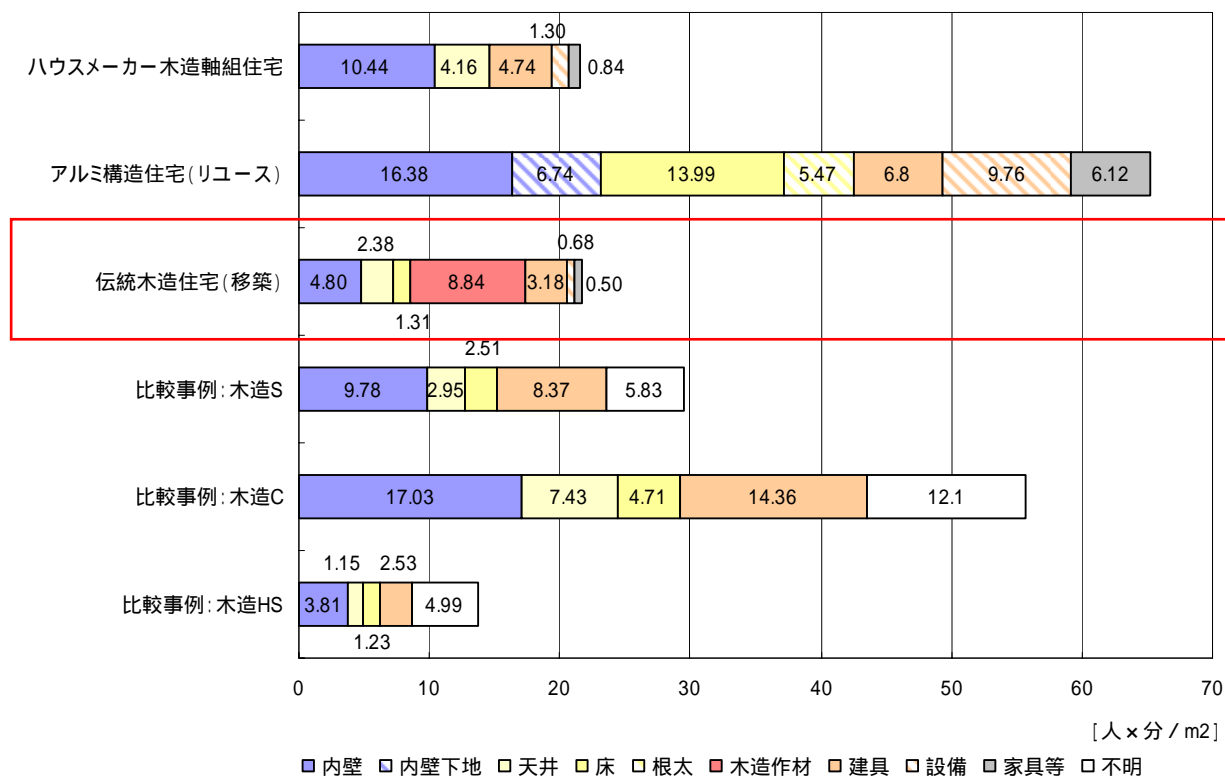
内装部位別にみると、「木造作材」が4割を占め圧倒的に多い。化粧材的な要素も持つ内装の造作材(長押や敷居、鴨居等)は、仕口や取り付けの見栄えがよくなるように細かな細工が施してあることが多く取り外し方法が分かりづらいことや、小片の部材なため慎重に取り外す必要があったことなどに起因する。「内壁」は、鴨居上の垂壁や外周内壁程度しかなく、ほとんどが再使用しない土壁であり、丁寧な作業としていないため、比較事例等の割合と比べ、かなり少ない。また、「天井」は再使用を予定し丁寧な解体とした部位だが、特に割合が増加しているわけではない。(外観からというよりは、知識から)しくみのわかる構法(竿縁天井)であったということも一因となっている可能性も考えられる。



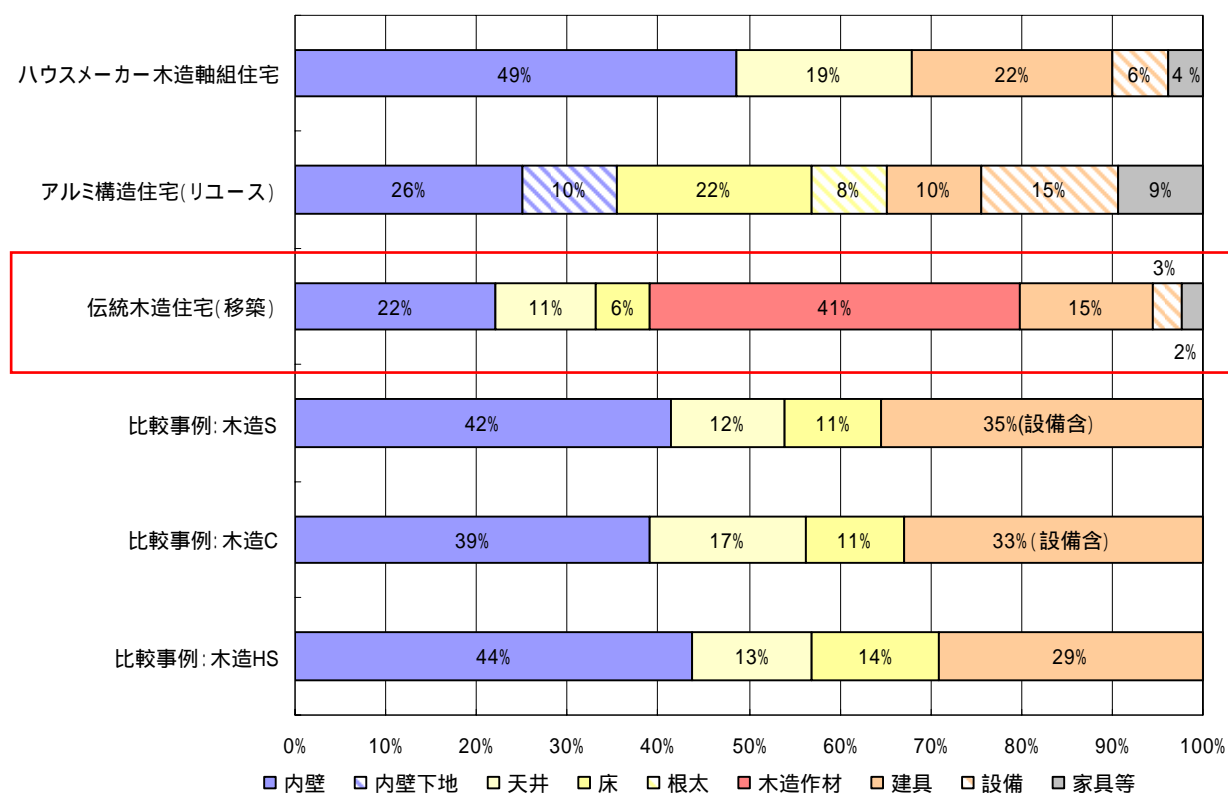
図表 4.4 - 11 部位別人工数 ([人×分/m²]) の比較分析



図表 4.4 - 12 部位別人工数割合の比較分析



図表 4.4 - 13 内装部位別人工数 ([人×分/m²]) の比較分析



図表 4.4 - 14 内装部位別人工数割合の比較分析

4.5 実例調査 TW：資源循環性の分析・考察

TW では多くの部材を再築時の使用を予定して保管しているが、それらの部材について事例 AL のような定量的な把握はできていない。しかし、再使用の可能性について、解体工事調査時の確認から、およそその傾向は把握できた。

再使用できる可能性の高い部材としては、使用による劣化や解体により損傷することが比較的少なかった内装木造作材、横架材や主要な柱など大断面の躯体部材などが挙げられる。

一方、再使用が難しい可能性の高い部材としては、差し物の多い柱や垂木、外装材（破風板や軒に出ている化粧垂木等）などが挙げられる。差し物の多い柱は断面欠損が多く、そこから劣化していたり、解体時に損傷するという状況が多かった。垂木は釘の打ち付けが多く、相当の釘抜き作業が必要になる。外装材は、海岸に近いため、腐食が激しかった。また、TW では、2 階の改築のために大きく加工された梁などがあり、それらの部材にも劣化が見られた。

4.6 小結

移築のための解体は、前章のリユースのための解体と同じように、作業量の増加よりも工期の増加への影響が大きいということがわかった。移築のための解体に特有の作業である解体部材の整理や番付け作業、あるいはストックヤードへの搬出のため、解体作業が中断すること、工期増加の一因となっている。

部位別に解体性をみると、躯体の解体に多くの作業量が必要であるということがわかった。特に、本事例の場合、枠の内造りの大断面の梁の解体に多く作業が必要であったことが大きい。また、密に挿入され躯体全体を強固にかためている貫の取り外しは難航する作業であることがわかった。

資源循環性（再使用の可能性）については、定量的ではないが、およその傾向は把握できた。

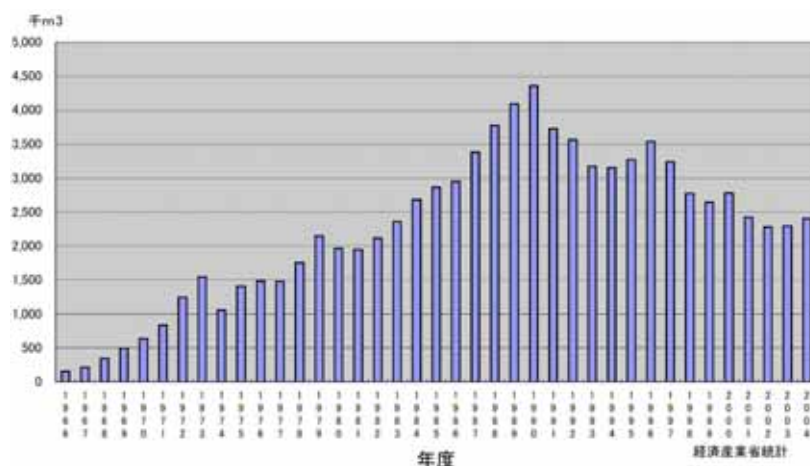
今後予定されている再築工事において、どの程度の部材が使用可能であったか、使用不可能な部材の要因は何か、再築設計や施工における課題、などについて詳しく調査していくことが望まれる。

5 章 ALCパネルを用いた鉄骨造建築物の解体 < SALC >

- 5.1 本章の目的
- 5.2 解体性について
- 5.3 資源循環性について
- 5.4 小結

5.1 本章の目的

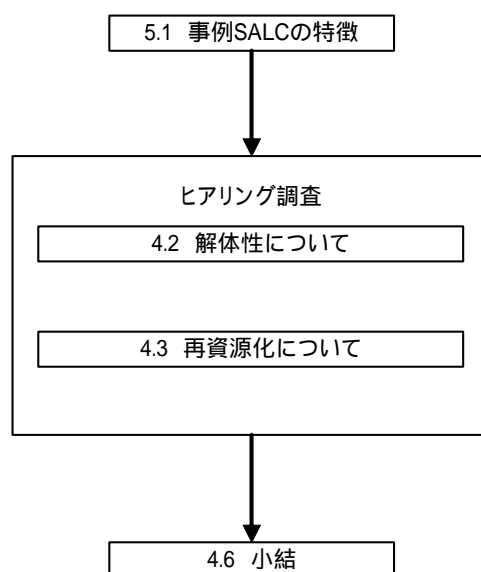
ALC パネルは 1960 年代に実用化が始まり、鉄骨造の増加とともに外壁や屋根、床、間仕切りなどに使われるかたち（ALC パネルを用いた鉄骨造建築物のことを以下、SALC 造という）で 1980 年前後から急速に普及し、2002 年度までに約 8400 万 m³ が出荷されている。現在、SALC 造は中低層建築物の典型例の一つであり、相当量のストックが存在するが、築年数の浅さから解体に至っているものは多くない。しかし、出荷量の推移（図表 5.1 - 1）などからしても、多くの SALC 造建築物が近い将来解体時期を迎えるであろうが、解体経験の少なさや特徴的な構法・材料に起因する解体や再資源化への影響が予想でき、解体・再資源化に関する技術整理等が求められる。そのための知見の一端を明らかにすることが本章の目的である。



図表 5.1 - 1 ALC 出荷量の推移（出典：ALC 協会「環境への取組み」平成 17 年 9 月）

本章は、図表 5.1 - 2 のような構成となっている。

ALC メーカー社に対する解体実験結果、再資源化技術と現状、解体と構法、等に関するヒアリングをもとに、SALC 造の解体性について（5.2）、SALC 造の再資源化について（5.3）をそれぞれ示し、最後に本章の小結（4.6）を示す。



図表 5.1 - 2 本章の構成

5.2 SALC 造の解体性について

SALC 造の解体性に関して、以下のような知見が得られた。

解体工法

ALC パネルの（分別）解体工法には、パネルごとに取り外す「手作業解体」と、躯体解体と同時に解体重機を用いて解体し適宜手作業にて分別等を行う「機械・手作業併用解体」がある。「手作業解体」には、かなりの手間を要するため、現状では通常の解体工事においては、ほとんどが「機械・手作業解体」である。

「機械・手作業解体」においても、デッキスラブ等のコンクリート部分を解体していく前に ALC 部分を解体して混合しやすいコンクリートとの分別をしやすくするなどといった手順に留意し、適切に手作業による分別を行うことで、比較的容易に分別は容易であるため、敷地条件等において「機械・手作業解体」が可能であれば、分別解体は「機械・手作業解体」で十分可能といえる。

一方、「手作業解体」は、技術的に解体可能かどうかという懸念もあったが、手間・労力は要するものの、適切な方法・機材等により可能である。SALC 造は、都市部立地が多く、狭隘敷地、隣棟近接、間口が狭いなどといった理由により重機作業や搬入が行えない場合や、特に騒音・振動や粉塵の抑制が求められる施設等が近隣にある場合などにおいては有効な工法である。

解体作業（「手作業解体」の場合）

・ 解体作業の担い手について

まず、「手作業解体」の作業自体を誰（どの職種）が行うのか、という問題がある。通常の（あるいはこれまでの）解体工事は「機械・手作業併用解体」であるので、解体工は ALC パネルをパネルとして取り外す経験はなく、知識やノウハウには欠けるところがある。解体工の技術向上を期待する（促す）こともひとつだが、日ごろ建設において ALC パネル取り付けを行い、ALC パネルの各種構法を熟知し ALC パネルの扱いも慣れている ALC 工を担い手とすることが考えられる。「手作業解体」では、取り付けの逆手順でパネルを取り外していくことが基本となるので、後述するような作業留意点に対しても配慮されやすい。

また、担い手の問題は道具の問題にも直結する。「手作業解体」には取付け工事用の施工具（外周足場に設置し外壁パネルを吊るためのベビーウィンチ、ALC 用カッターなど）を必要とするが、これらについても解体工は使用することがないのが一般的である。

・ 解体作業の留意点

取付けの逆手順で取り外していくことが基本となるため、各部位についての手順を把握していないと作業が非効率となる。特に、最初に取り外すパネルが重要である。無開口外壁面は出隅部分のパネル、開口部付き外壁面は開口部上部小壁、屋根は出隅部のパネル、床は二列目のパネル、間仕切りは二列目のパネルがそれぞれ最後に取り付ける場合が多く、これらから取外しを始めると効率的である。

「手作業解体」において最も労力を要するのは目地モルタルの斫り（はつり）作業である。パネルの解体を ALC 工が行う場合でも、斫り作業などは ALC 工よりも解体工が得意をするような作業であるため、斫り作業は解体工が担当するといった相番作業とすることも方法として考えられる。ただし、相番作業においては、作業効率を低下させないため、また安全面などにおいて作業者同士の連携やコミュニケーションが重要となってくる。

その他に、労力を要したり、解体速度が遅くなる部分としては、開口部の多い外壁面や、配管シャフト・階段等の縦導線周辺などパネルが建ち込む部分などが揚げられる。

解体と構法

各種あるALCパネルの取付け構法¹において、目地モルタルや目地鉄筋が凹形状目地の内側に挿入されている「縦壁挿入筋構法」は、目地の斫り作業に労力を要する構法である。外壁構法の主流であった「縦壁挿入筋構法」(湿式構法)に変わって、1990 年前後から乾式の「ロッキング構法」が用いられるようになり²、易解体性構法へと変わってきている。

¹ ALCパネル取付け構法

部位	構法		構法の特徴
外壁	縦壁	挿入筋構法	パネル間の縦目地凹部にタテカベプレート等のパネル質量支持をかねた取付け金物を介して鉄筋を挿入し、この凹部にモルタルを充填する構法。 (現行「ALC取付け構法標準 (ALC協会)」からは削除。)
		ロッキング構法	パネルの上下端に設置したアンカーと取付け金物で取付け (両端がピン接合)。躯体の変形に対してパネルが1枚ごとに微小回転しながら追従。
		スライド構法	パネルを、上部をスライドハタプレート等、下部をタテウケプレート等で躯体に取付け (上端がローラー接合、下端が固定)。躯体の変形に対してパネル上部がスライドして追従。
	横壁	カバープレート構法	パネルを定規アングル等の下地鋼材とカバープレートにより挟み込んで取り付ける構法。(現行「ALC取付け構法標準 (ALC協会)」からは削除。)
		ボルト止め構法	パネル両端部に座掘り加工を施し、フックボルトあるいはイナズマプレートとストレートボルトにより躯体に取付け。躯体の変形に対し、上下段のパネル相互が水平方向にずれ合い追従。
間仕切り壁	フットプレート構法		パネル下部をフットプレートにより床面に固定、上部を間仕切りチャンネル等 (面内方向に可動) により躯体に取付け。躯体の変位に対してパネル上部がスライドして追従。
	アンカー筋構法		パネル下部をアンカー筋 (ネジ付き目地鉄筋) を介して床面または基礎部に固定、上部を間仕切りチャンネル等 (面内方向に可動) により躯体に取付け。躯体の変位に対してパネル上部がスライドして追従。
屋根・床	敷設筋構法		パネルをスラブプレート、目地鉄筋などにより躯体に固定。

² 「ロッキング構法」増加の主たる要因は、易解体性でなく耐震性向上にある。

5.3 SALC 造の再資源化について

SALC 造の再資源化について、以下のような知見が得られた。

ALC の再資源化の現状（解体系 ALC 以外も含む）

自製品リサイクルは、原料における再生材利用率に技術的限界があり（10～15％）受け口が少ないため、製造段階発生材および新築現場発生材に限られる。原料化にまわせない余剰分の製造段階発生材は、調湿材原料などに利用方法を拡大するといったかたちで再資源化を図っている。また、新築現場発生材の回収システム「広域認定制度」（図表 5.3 - 1）も整備されはじめた段階にあり、回収率は決して高くない。

解体発生材は、不純物があるため自製品リサイクルは不可能で、現状では安定型処分場にて埋立処分されているのがほとんどであると思われる。他用途での再生利用の確立が望まれ、（自製品化よりも）不純物の規制の少ない「セメント副原料（燃原料）化」が検討され、技術的およびシステムの模索段階にある。



図表 5.3 - 1 広域認定制度による（新築現場発生材）回収システム（出典：クリオン製品カタログ）

セメント副原料（燃原料）化について

- ・ 技術的要項

セメント副原料化における受入制限には、図表 5.3 - 2 のようなものがある。付着物として多いのは、外装仕上げのタイルや塗膜（吹付け仕上げ材）、断熱材や接着剤が揚げられる。タイルは、手作業であっても機械作業であっても、現場段階での分別は難しい。また、塗膜や接着剤も分別は難しい。

図表 5.3 - 2 セメント燃原料化における受入制限（ヒアリング結果および ALC 協会 HP より作成）

		硫黄・塩素	重金属・燐	異物・金属類	粉碎不可品	成分不均一品	100mm以上
		設備に悪影響 (例) 石膏ボード、塩ビクロス	セメント中の最大含有量を規定 (例) 一部のシーリング、塗料	設備損傷、原料調合トラブル (例) 鉄筋混入ALC	原料管理を阻害 (例) 有機質接着剤、プラスター、シーリング	原料調合に乱れ (例) 付着物の量、種類にばらつき	粉碎不可 (例) 全物件
目地材	補強鉄筋	×		×		(要確認)	(要確認)
	モルタル					(要確認)	(要確認)
	シーリング	×	× (一部)		×	(要確認)	(要確認)
外部仕上げ材	モルタル塗り					(要確認)	(要確認)
	タイル張り		要確認		要確認	(要確認)	(要確認)
	吹付け仕上げ材	要確認	要確認		要確認	(要確認)	(要確認)
内部仕上げ材	GLボンド	要確認	要確認		要確認	(要確認)	(要確認)
	壁装材	×	×		×	(要確認)	(要確認)
	モルタル塗り					(要確認)	(要確認)
	ペイント	要確認	要確認		要確認	(要確認)	(要確認)
	プラスター	要確認	要確認		要確認	(要確認)	(要確認)
	吹付け仕上げ材	要確認	要確認		要確認	(要確認)	(要確認)

- ・ 循環システムにおける品質の安定性

セメント副原料化を成立させるためには、（セメント製造業側にとっては原料供給源の一つとなるので、）一定量以上を安定して供給できることが求められてくる。また、実際に再資源化システムとして動き出した場合、セメントの原料品質を安定させるために、受入基準がさらに厳密になる可能性などが指摘される。

再資源化技術と現場とのギャップ

セメント副原料化の再資源化技術が確立されても、現場レベルにおいてそれらの情報が不足していることにより、適切に分別されなかったり、再資源化ルートに回されなかったりする、といった懸念が考えられる。また、ALC に類似した軽量コンクリート建材との混乱によって再資源化に至らない、などといったことも予想される。

5.4 小結

ALC パネルを用いた鉄骨造の解体においては、ALC 自体の再資源化を可能にすることと、その他の資材特にコンクリートの再資源化の質を下げないことが重要課題であり、いずれにせよ資材を分別するための解体方法とする必要がある。通常行なわれている機械解体でも、ALC を解体・破砕してからコンクリートを解体・破砕するといったような手順を意識することと、手作業による分別を適切に行うことにより、分別は可能であるということが分かった。SALC 造は、都市部に立地するものも多く、それらで機械解体ができないようなものについては、パネルとして取り外していく手作業解体も有効になる。その際には、ALC の構法を理解していたり、専門工具を所有していることなどが必要となってくるため、専門工（ALC 工）の要否が問われることになる。

また、再資源化段階においては、リサイクル技術や受入基準などの静脈側の状況は徐々に整理されつつあるものの、それが現場レベルにおいてはまだ浸透しておらず、そのギャップにより再資源化ルートに回らないという状況が考えられる。

6 章 超高層鋼構造建築物の解体＜事例SS＞

- 6.1 事例 SS の特徴
- 6.2 実例調査 SSJ：解体工事概要
- 6.3 実例調査 SSJ：解体性の分析・考察
- 6.4 実例調査 SSJ：解体材の分析・考察
- 6.5 実例調査 SSI：調査結果
- 6.6 実例調査 SSH：調査結果
- 6.7 小結

6.1 本章の目的

日本における超高層建築物（建築基準法上では高さ 60m 以上）は、1964 年竣工のホテルニューオオタニ本館（千代田区、地上 17 階、高さ 73m）以降、数多く建設されてきた。今後これらが次々と解体・建替の対象となるとは考えづらいが、初期に竣工したものであったり 20 階程度以下の比較的低いものの一部については、機能性や経済性の（相対的）低下等を理由に、解体・立替が実施されていくであろう。

規模的なことを考えても、超高層建築物の解体工事および解体発生材の再資源化（・適正処分）には、ハード・ソフト両面において高度な技術が求められること容易に想像できるが、現時点において、超高層建築物の解体事例は少なく、経験・ノウハウの蓄積はもちろん、技術的な整理や実態把握も十分とはいえない。

本章の目的は、事例調査から超高層建築物の解体工事および解体発生材の再資源化等の実態を明らかにし、超高層建築物解体に求められる要件等を分析・考察することである。

本章は、図 6.1 - 1 のような構成になっている。

本章では三つの事例調査を行っている。6.2～6.4 において、現地調査も実施した事例調査 SSJ の調査結果を示す。6.5 および 6.6 において、資料調査およびヒアリング調査のみの事例調査 SSI および SSH の調査結果を示す。最後に本章の小结（6.7）を示す。

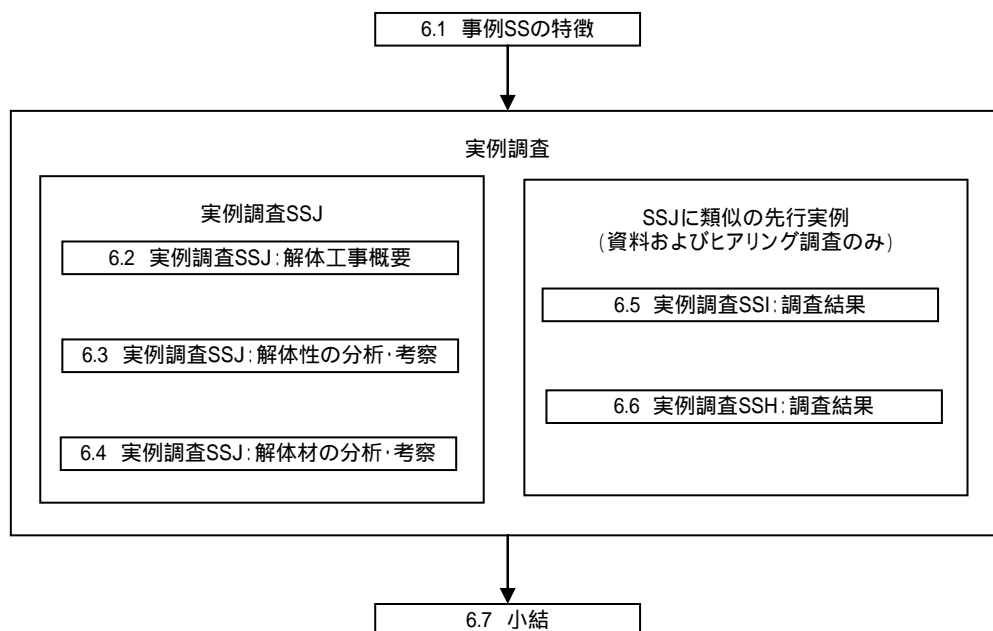


図 6.1 - 1 本章の構成

6.2 実例調査 SSJ：解体工事概要

6.2.1 調査方法と内容

次項（6.2.2）に示す超高層鋼構造建築物（SSJ とする）に対して、以下のような調査を実施した。

全体像把握のための資料調査

主な取得書類は以下の通りである。

- ・ 施工計画書
- ・ 作業日報（工種毎（業者毎）に、作業内容および作業分担人数等記録）
- ・ マニフェスト伝票

全体像把握のためのヒアリング調査

元請業者の現場担当者（施工管理者）に対して、全工程についてのヒアリング調査を実施。

躯体解体の詳細把握のための現地調査

躯体解体に関係する主要作業について、現地にて調査員 4 名前後で詳細に把握・記録。期間は、基準階 3 層分の解体に相当する 16 日間。ただし、現地での調査方法の検討等も当期間内に行ったため、人工数の分析等に用いたのは基準階 1 層分とする。

主な把握・記録内容は以下のような項目である。また、適宜、作業者や下請業者現場監督員等へ聞き取りも行っている。

- ・ 躯体解体の詳細作業内容および工程
- ・ 作業者毎の作業内容および作業時間（人工数）

解体材の再資源化状況を把握するための中間処理施設への追跡調査

主要な解体材排出先（中間処理施設）へ、各々一回（一台）ずつ現場での積込から運搬、中間処理施設での荷降しまで（一部、処理まで）の追跡調査を実施。また、同時に中間処理業者へのヒアリング等も実施。追跡調査を実施した中間処理施設および当現場からの受入品目は以下の通りである。

- ・ スクラップ業者 S（千葉県船橋市）／金属くず（鉄）
- ・ 中間処理業者 C（千葉縣市川市）／コンクリートがら
- ・ 中間処理業者 K（東京都大田区）／ガラス陶磁器くず・廃プラスチック類・廃石膏ボード・安定型混合廃棄物・管理型混合廃棄物（追跡調査時の排出材は管理型混合廃棄物）

6.2.2 調査対象の建築概要

調査対象であるSSJは、丸の内地区に位置する超高層オフィスビルである（建物概要を図6.2-1、外観写真を図6.2-2、各種部面を図6.2-3～6に示す）。18階建、高さ77.80mと超高層建築物としては低いが、継続利用（改修）と建替の経済性等を比較検討した場合、少なくとも現状（今後数年）ではSSJ規模前後が解体・建替となる上限ではないかと考えられている。

構造はセンターコア式の鉄骨ラーメン構造、外装は横連窓スパンドレル方式のPCカーテンウォールであり、当規模の事務所建築の典型的な一例といえる。内装等の仕様については、元請業者によると一般的なオフィスビルの内装であったということで、本調査においては詳細については把握していない（注：解体工事においては、元請業者等が事前調査等によって正確に把握している）。鉄骨躯体の耐火被覆は、湿式の吹付け石綿である。

解体工期は、2007.04.16～2007.12.31の約8.5ヶ月（地下躯体の解体は含まない）である。1974年竣工であり、築33年で解体されたことになる。

図表6.2-1 建物概要

所在地	東京都千代田区丸の内	
主要用途	事務所	
竣工	1974.05.31（築33年）	
解体工期	2007.04.16～2007.12.31（地下躯体の解体は除く）	
構造	S造、一部RC造・SRC造（センターコア式ラーメン構造）	
外装	PCカーテンウォール（横連窓・スパンドレル方式）	
規模	階数	地上18階 地下4階 塔屋2階
	敷地面積	5510.36 m ²
	建築面積	2535.58 m ²
	延床面積	65280.36 m ²
	基準階面積	2387.88 m ²
	地上階床面積 （躯体解体部分）	42337.35 m ²
	最高高さ	77.80 m
	最高軒高	68.55 m
	基準階高	3.75 m



図6.2-2 外観写真

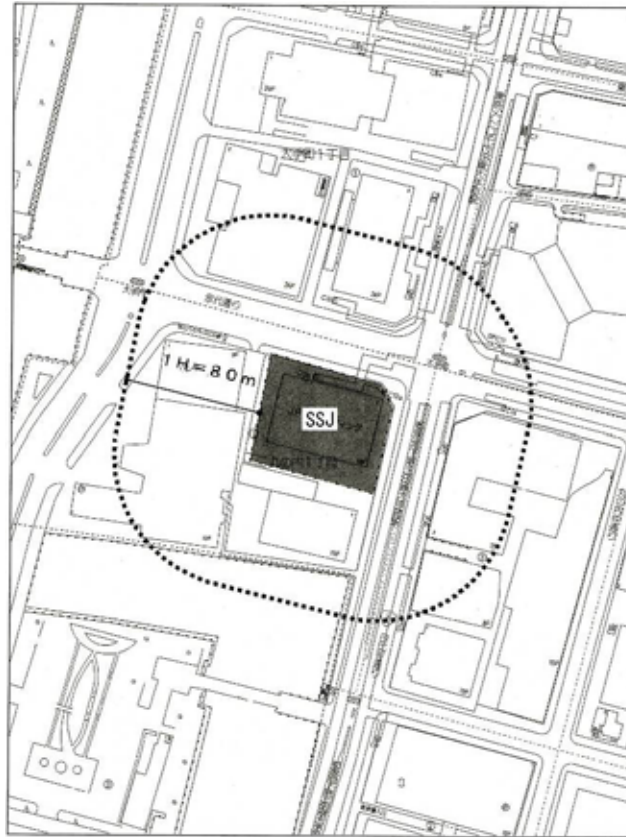


図 6.2 - 3 配置図（出典：施工計画書）

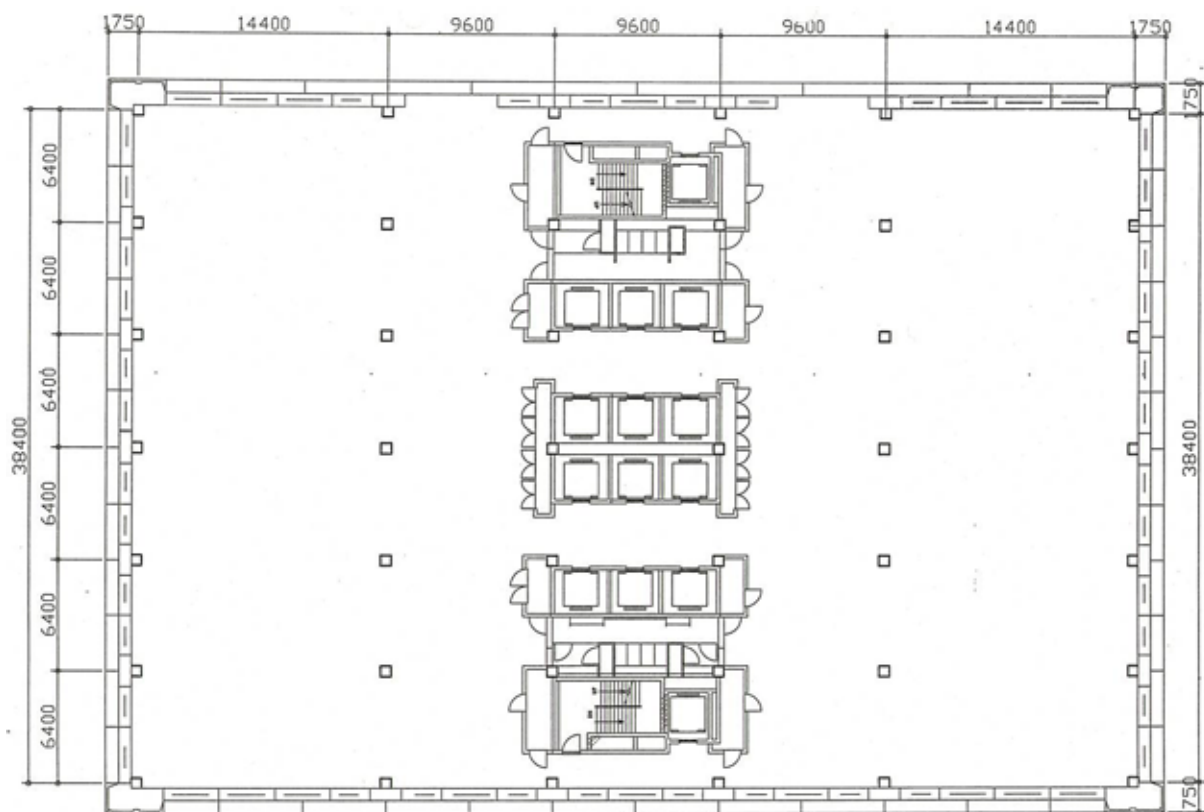


図 6.2 - 4 基準階（低層階 EV 有）平面図（出典：施工計画書）

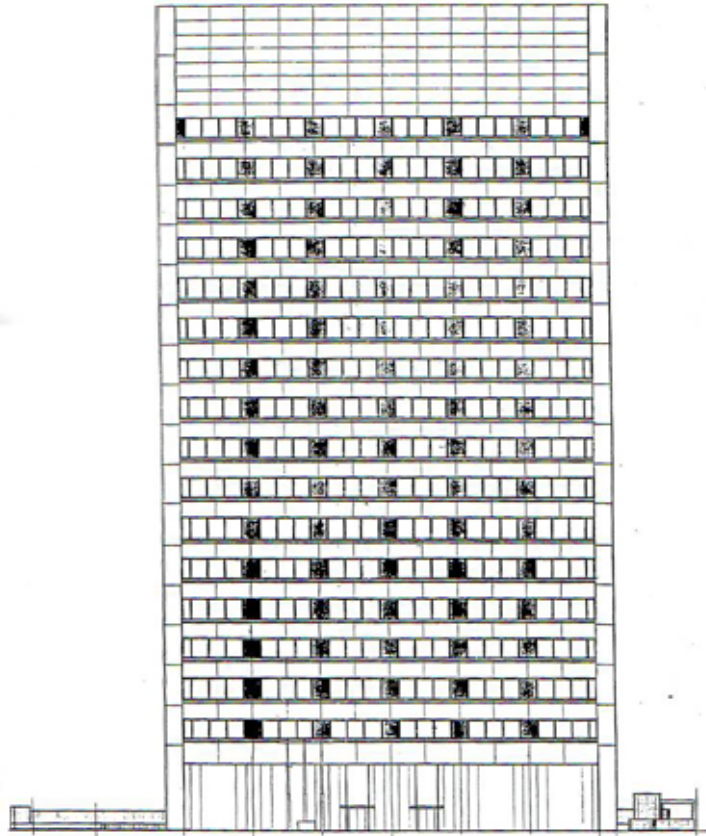


図 6.2 - 5 東側立面図（出典：設計図書）

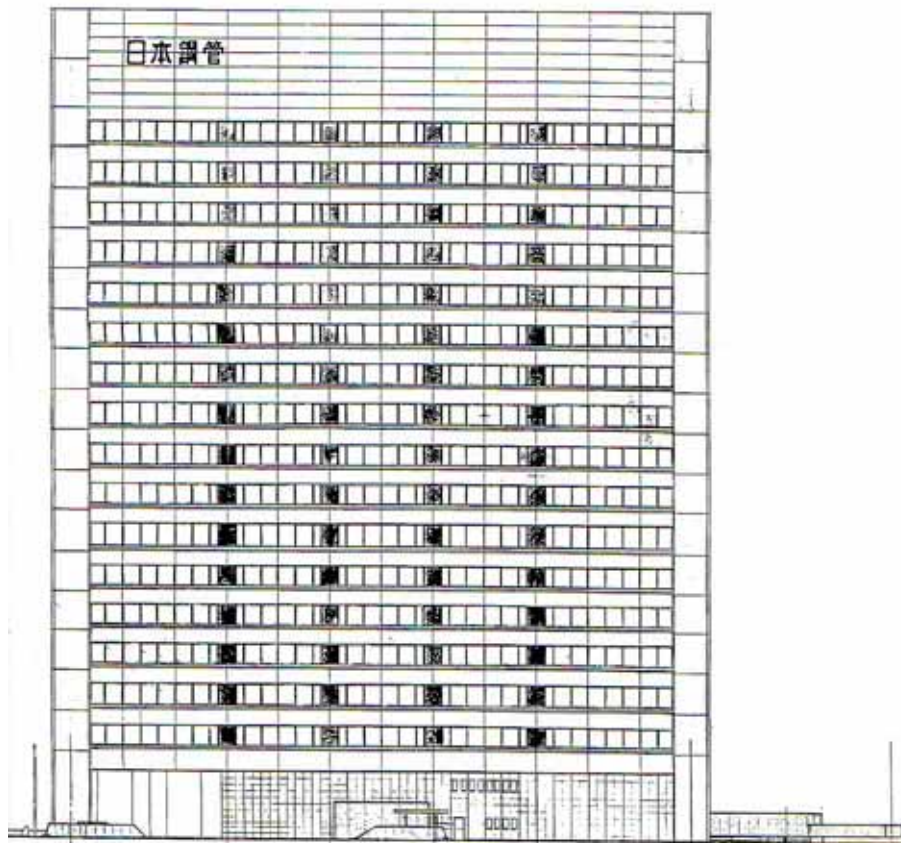


図 6.2 - 6 北側立面図（出典：設計図書）

6.2.3 解体工事における諸条件

解体工事は、個々の物件ごとに解体建物そのものについて以外にも様々な条件が異なり、工事全体に大きく影響することも多い。本解体工事において、特筆すべき条件を先述する。

工事範囲

工事範囲は、地上階は全て（内装・設備・躯体）解体するが、地下階については解体後の新築工事との関係上、当工期中（2007.04.16～2007.12.31）は、内装・設備解体のみで躯体解体は行わない。また、外構については、植栽の伐採・伐根が行われ、隣地塀等に影響を及ぼす危険のある境界部分の立ち上がり等については適宜協議のもと行われた。

敷地（周辺環境）

前節（6.2.2）で示した外観写真や配置図からわかるように、同規模あるいはそれ以上のビルが多数近接するオフィス街に立地し、基準建蔽率 80% の地区であり、規模に対して隣棟間隔は狭いと言える。こういった敷地条件は、工法選定に大きく影響するとともに、騒音・振動・粉塵などに関する周辺環境保全への配慮の重要性をより一層増している。また、西側にホテルが隣接していたため、ホテルの営業内容（会議等が開催されている場合）によっては、騒音等が大きい作業を中断することなどがあった。

工種

作業内容に応じて、解体工以外にも各種専門工が手配されている。特徴的なこととして、鉄骨・PCCW の溶断（ガス切断）・揚重を鍛冶工が担当していることが挙げられ、躯体解体の工法選定と大きく関係している。工事体制を図 6.2 - 7 に示す。

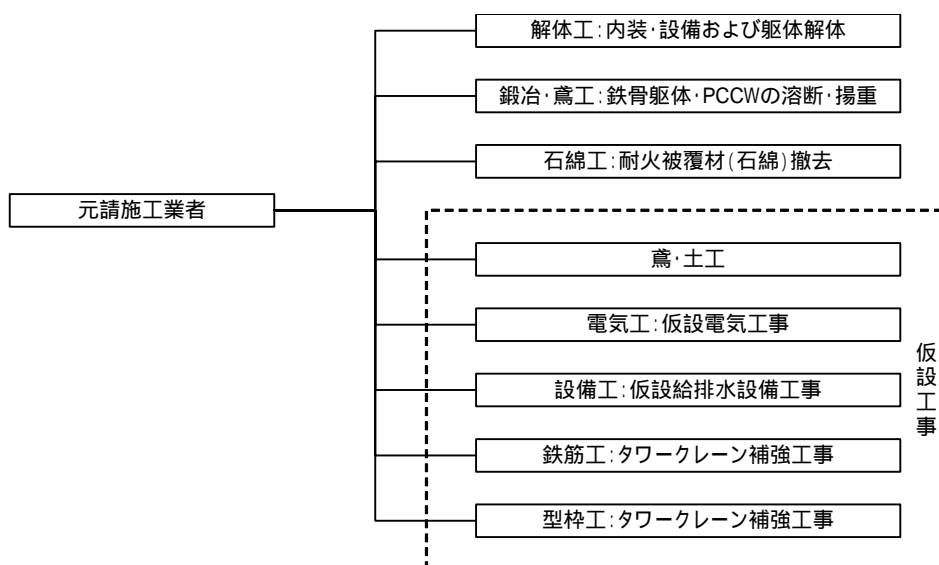


図 6.2 - 7 工事体制概略（出典：施工計画書より作成）

6.2.4 解体工事プロセス

解体工事フローを図6.2-8に示す。また、計画全体工程表および計画躯体解体工程表を図6.2-9、10に示す。

事前調査は解体工事着工の約4ヶ月前(2007.12)から実施している。調査専門業者とともに書類・現地調査を行い、調査開始時はまだ建物は使用中であったため、部分的に撤去してのサンプリング調査等は行わず、概観調査のみとであった。後にテナントが退去し始めてから、天井点検口や内装を一部撤去した部分から、調査・確認を行っている。事前調査における重要項目である有害建材については、特に入念に実施している。例えば、PCCWが取付けられている外周鉄骨梁の外側(PCCWとの間)の吹付け石綿の有無についてPCCWの目地から小型カメラを挿入して確認を行っている(吹き付け石綿がないことが確認された)。

事前調査を受け、各種計画書類・申請書類の作成および提出のため、早い段階から各専門工事業者等と打ち合わせを重ね、必要に応じて構造計算等も行っている(使用重機選定のための既存躯体耐力計算、揚重ピース重量計算、など)。

解体施工は、仮囲い・仮設設備類の設置や動線整備等の準備作業に始まり、内装解体・耐火被覆材(吹付け石綿)撤去・躯体解体の順に進行し、最後に周辺整備やタワークレーン等の解体・撤去を行い、終了している。

(内装解体・石綿撤去・躯体解体の詳細は次節6.3以降に示す。)

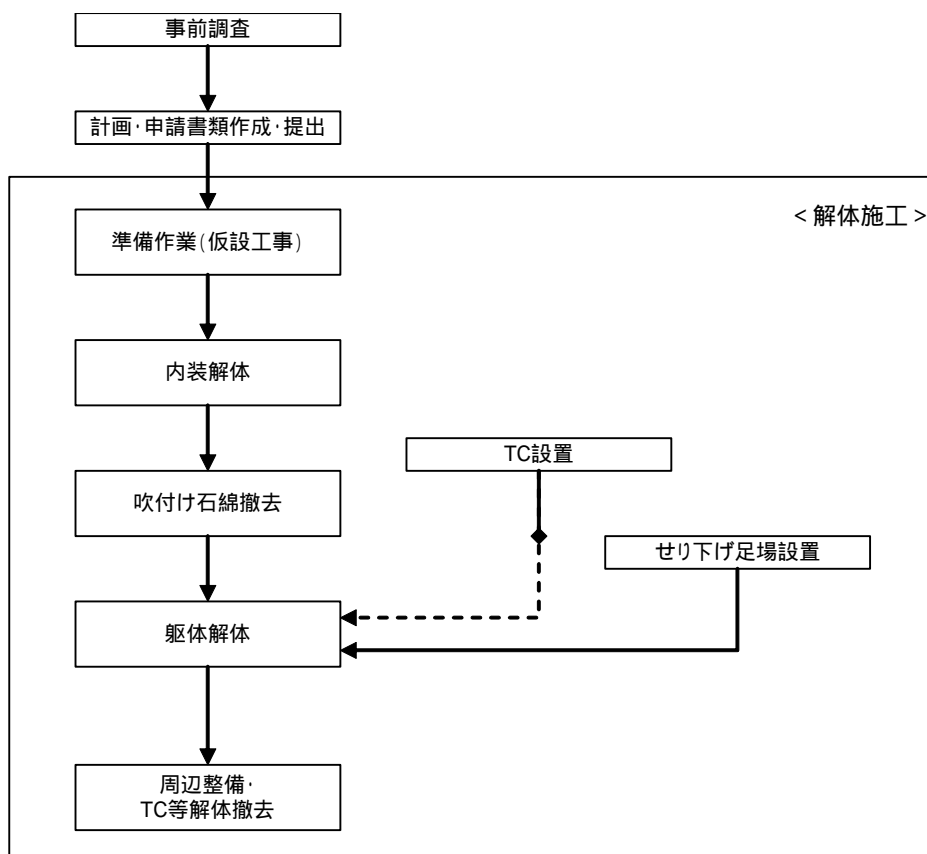


図6.2-8 解体工事フロー

月日	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
37	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

図表6.2-9 計画全体工程表（元請業者、着工前作成）

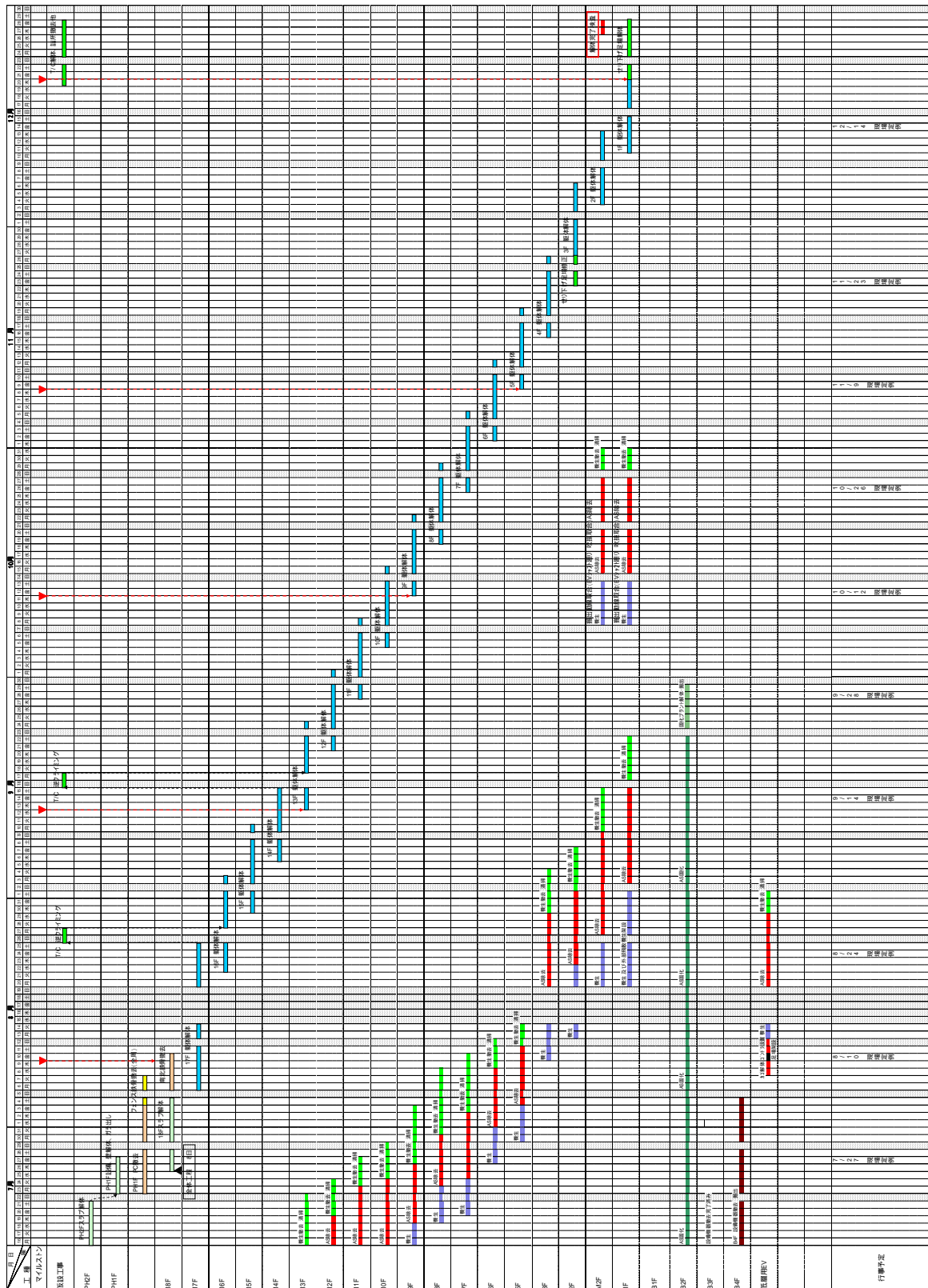


図6.2 - 10 計画躯体解体工程表 (元請業者、工期中作成)

6.3 実例調査 SSJ：解体性の分析・考察

6.3.1 解体性の分析方法

解体性の分析は、作業量の基本的指標である「作業人数」(単位：[人×日])と「人工数」(単位：[人×分]または[人×分/m²]) および元請施工業者へのヒアリング調査(全工程について)ならびに現地調査(躯体解体のみ)で得られた知見をもとに行う。

「作業人数」は、資料調査(作業日報)により、全工程・全工種について調査・分析を行っている。ただし、調査の都合上11/27までの資料だが、この時点で地上部の躯体解体はほぼ終了しているため、全体像を把握できたといっていよい。「人工数」は、現地調査により、躯体解体に関する主要作業について調査・分析を行っている。

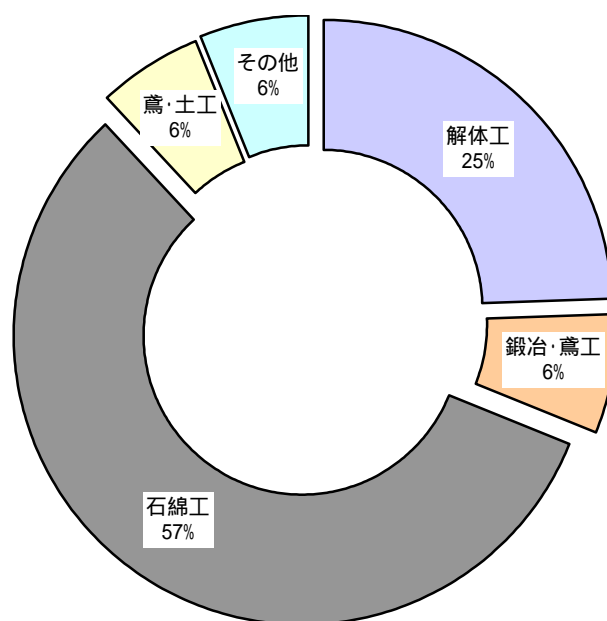
6.3.2 全工程について：作業人数の分析

）全工種

全工程における作業人数の集計結果を図表6.3-1(工種別割合) 図表6.3-2に示す。

耐火被覆材(吹付け石綿)撤去を行っている石綿工が57%ときわめて多い。飛散・作業者暴露防止作業や搬出作業等、石綿撤去に関する一連の作業を含むものであり、安全・環境保全を徹底しながらの作業には多くの労力を要することが分かる。本事例のように湿式吹付け石綿の耐火被覆材は多くの鋼構造建築に用いられており、石綿除去における安全・環境保全対策と作業効率を両立する工法の開発等が求められる。

また、全体からみると極少数ではあるが、解体工や鳶・土工およびその他の攻種において、新築工事対応作業がすでに行われている。解体工事後に新築工事が控えていることが通常で、工期短縮等を図り、既存躯体を新築地下工事の山留め壁に利用するなどの合理的な工法が採用されているためである。地下構造物をもつ建築物の解体は、後に続く新築工事についての解体計画段階からの配慮が重要であることがわかる。



図表 6.3 - 1 工種別作業人数割合

図表 6.3 - 2 出面人数集計

工種		作業人数 [人×日]	主作業
合計		35923	
解体工		8819	内装・設備解体、躯体（コンクリートスラブ）解体
鍛冶・鳶工		2309	躯体（鉄骨躯体、PCCW）解体
石綿工		20474	耐火被覆材（吹付け石綿）撤去
鳶・土工		2097	仮設足場・養生材設置（後半は新築対応の作業が多い）
その他		2224	
その他内訳			
一般作業	警備員	504	警備
	仮設電気工	178	仮設電気配線類設置
	仮設給排水工	77	仮設給排水管設置
	雑工・仮設EVオペ	126	雑作業、仮設EVオペレーター
新築対応	DW工	290	ディープウェル工事、リチャージウェル工事
	鍛冶工	15	DW配管等溶接
	測量工	140	地下躯体測量、墨出し
	型枠大工	390	型枠工事（前半：TC補強、仮設 / 後半：新築対応）
	アンカー・コア工	82	コア抜き、アンカー打設（後半：地下壁補強アンカー）
	斫り工（解体工）	178	地下土間、ピット内等斫り作業
	地質調査	65	ボーリング作業、ボーリング調査
仮設	サイン工	9	サイン設置、修正・撤去
	舗装工	19	仮設舗装工事等
	左官	9	ベースモルタル
	鍛冶工	14	置構台仮設
	ボード工	3	地下鉄出入口仮設壁設置
	コンクリート工	2	地下鉄通路止水壁打設
TC組立	TC指導員	24	TC建方、クライミング指導
	鳶工	33	TC組立
	TCオペレータ	6	TC組立
	鉄筋工	24	TC補強壁梁配筋（後半：ピット立上り配筋）
先行撤去	内装工	5	パーティション解体（1F、5F）
	ガラス工	4	ガラス取外し（2F、17F、18F）
	床工	15	0A床撤去（8F）
事務所	仮設リース	8	仮設事務所設置
	電気通信・LAN工事	4	事務所内電話工事・事務所LAN、PCの設置

）主要工種

解体工

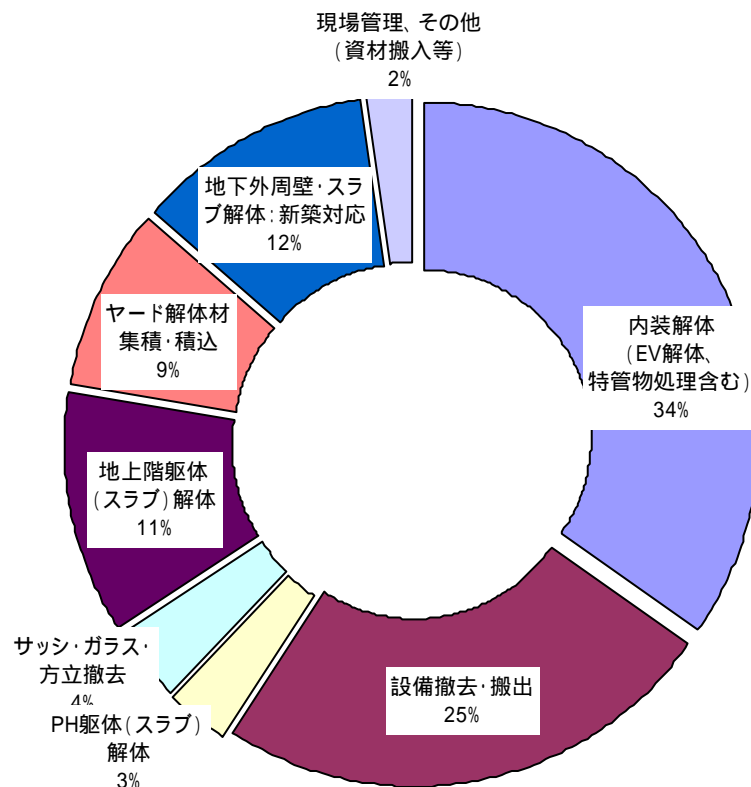
解体工の全工程における作業別出面人数の割合を図表 6.3 - 3 に示す。

内装および設備解体の手順は、間仕切り壁 0A フロア 天井 天井内設備、の順に解体し、天井内設備の解体には小型重機（0.14m³ サイズ油圧式バックホー）を使用、解体材の運搬には既存 EV を使用している。分別解体を徹底するには、多品種の材料（部材）で構成されている内装等の解体に多くの手間を要することが多いが、本事例では解体工の約 6 割を内装および設備の解体に費やしている。本事例の内装解体における分別の要点としては、部位・部材ごとに解体・集積する作業手順を徹底することで、その他の部材と混合することなく、詳細に分別可能であった。これには、規模が大きいため一つの部材の使用量も多く、部材と作業の単位を合わせやすいということも影響していると考えられる。ただし、天井内部には下地材（LGS）や配管・配線類が混在しているため、解体の段階ではその他の内装部位より混合しがちであるため、地上ヤードにて再度詳細に分別を行うという方法がとられた。

躯体解体に着目すると、18 階分の地上階（一般階）の解体に対して、2 階分のペントハウス PH の解体が比較的割合が多いのは、屋上設備類等で複雑であるのに加えて、一般階躯体解体にて用いたような効率的な工法が行いにくいことなどが考えられる。（一般階躯体解体については、次項 6.3.3 で取り上げる。）

また、ヤードにおける解体材集積・積込の作業（先述した内装・設備類分も含む）も、地上階躯体（スラブ）解体と同程度の約 1 割の作業者を要している。大量の解体材が発生していることと、それを適切に分別して搬出することの重要性が伺える。

新築工事対応作業（地下外周壁およびスラブの解体）も、1 割程度を要している。



図表 6.3 - 3 解体工：全工程における作業別出面人数割合

石綿工

石綿工の全工程における作業別出面人工数¹を図表 6.3 - 4 に示す。

本事例における石綿除去は、「高圧の水をジェット噴射して吹付け材を剥離除去」という独自の新しい工法を、本格的な湿式吹付け石綿へ初めて採用している。当工法は、作業空間の浮遊粉塵量低減と作業効率向上が図られるもので、本事例においても、従来の「はつり工法」に比べ、除去スピードは 5～10 倍程度に向上しているとのことであった。ただし、大量の水を使用するため、廃石綿の含水量も増え、集積や運搬作業の手間は増すことになる。作業別出面人数において、「石綿除去・投下」は運搬作業を含むこともあり、全体の約 4 割と最大の割合を占め、今後も除去ならびに運搬方法について、安全優先を前提としたうえで、より効率的な工法へと進展していくことが望まれる。

また、本工法を用いるに当たって留意した点として、大量の水によって養生が剥がれないように、従来工法以上に養生、特にシート継ぎ目部分の塞ぎを徹底したということが元請業者から挙げられた。出面人数においても、養生作業は 15%と大きい割合を占めていることがわかる。

搬出方法についても特徴的で、大量の廃石綿が発生するので、受入量の多い搬出先を確保する必要があり、セメント固化状態であれば大量に受入可能な処分場があったため、現場内に廃石綿のセメント固化プラントを設置・稼働させていた。ただし、固化プラントは、多くの人的作業を要し、また火器作業による苛酷な作業環境であったため、石綿除去工事の終盤途中でプラントを停止し、通常の二重袋詰（専用袋使用）による搬出のみとしている。

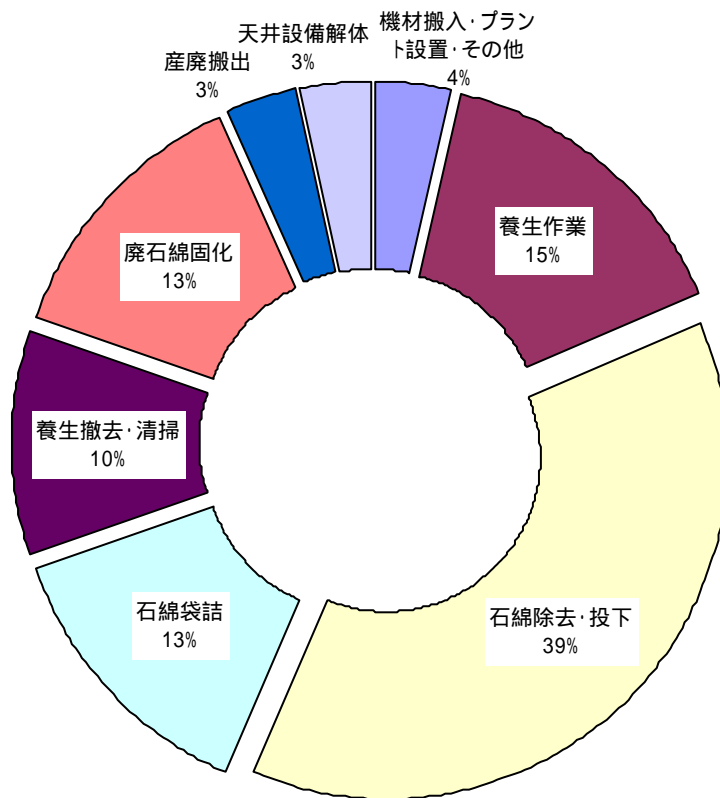
その他に、本事例の石綿除去工事に関連することとしては、計画では安全性を考慮し、石綿除去が全て終了してから躯体解体に取り掛かることとしていたところ、石綿除去に当初の計画以上に日数がかかったため、下層階で石綿除去、上層階で躯体解体を並行して行うため、低層 EV シャフトの最上部フロア（13F）で水平養生を徹底し安全を確保したうえで躯体解体を開始していることなどが挙げられる。

また、類似する一般的な事務所型建築物の解体における石綿除去工事に関しては、次のような指摘ができる。

一点は、外壁の PCCW が取付けられている外周鉄骨梁の外側に吹付け石綿が使用されていた場合のアスベスト除去工法は非常に難しくなってくるということ、もう一点は、石綿除去のために階段室や EV シャフトの間仕切り（ALC など）の先行撤去も、難しい作業となり手間がかかるということ、である。これらの課題について、安全性は最優先事項であるため、適切な対応が求められる。

本事例については、外壁 PCCW と外周鉄骨梁の間には吹付け石綿の不使用が事前調査で確認されており、また階段室等の間仕切り（ALC）と鉄骨との隙間にジェット噴射のノズルを挿入して撤去することで対応しているため、先行撤去の必要性を回避している。

¹ 石綿工の作業別出面人数の分析に用いたのは、作業日報において作業別に記録され始めた日時からとし、期間としては石綿工の最初の約 1 ヶ月分、総出面人数における約 8%分は分析対象外とする。初期段階に多いと思われる「機材搬入・プラント設置・その他」の割合が本来よりは若干少ない結果になっていることが予想されるが、約 92%は分析対象であるので傾向のほとんどは表されているといっていよい。



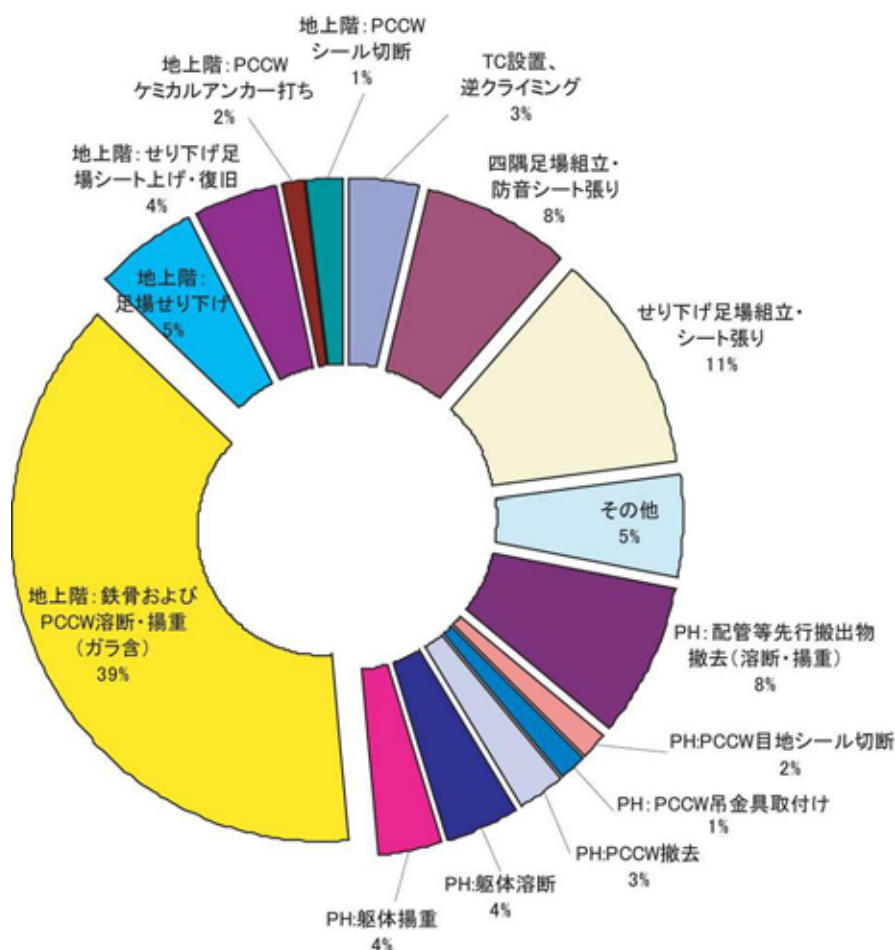
図表 6.3 - 4 石綿工：全工程における作業別出面人数割合

鍛冶鳶工

鍛冶蔦工の全工程における作業別出面人数の割合を図表 6.3 - 5 に示す。

主要作業である、地上階（一般階）の鉄骨躯体および PCCW の溶断・揚重が最大の 4 割を占めているが、解体工の場合と同じように PH の割合も 2 割程度と多い。なかでも、設備配管等の先行撤去物の溶断・揚重に多くを費やしていることがわかる。（一般階躯体解体の詳細については、次項 6.3.3 で取り上げる。）

また、躯体解体における養生計画については、四隅だけの地足場の組立でも 8% を占め、全面地足場を採用していたら、さらに多くの手間を必要としていただろうことが予想される。せり下げ足場の組立の約 1 割と合わせた分と考えても、効果的な養生工法であったと思われる。



図表 6.3 - 5 鍛冶・鳶工：全工程における作業別人工数

6.3.3 躯体解体（基準階当たり）の詳細について：人工数の分析

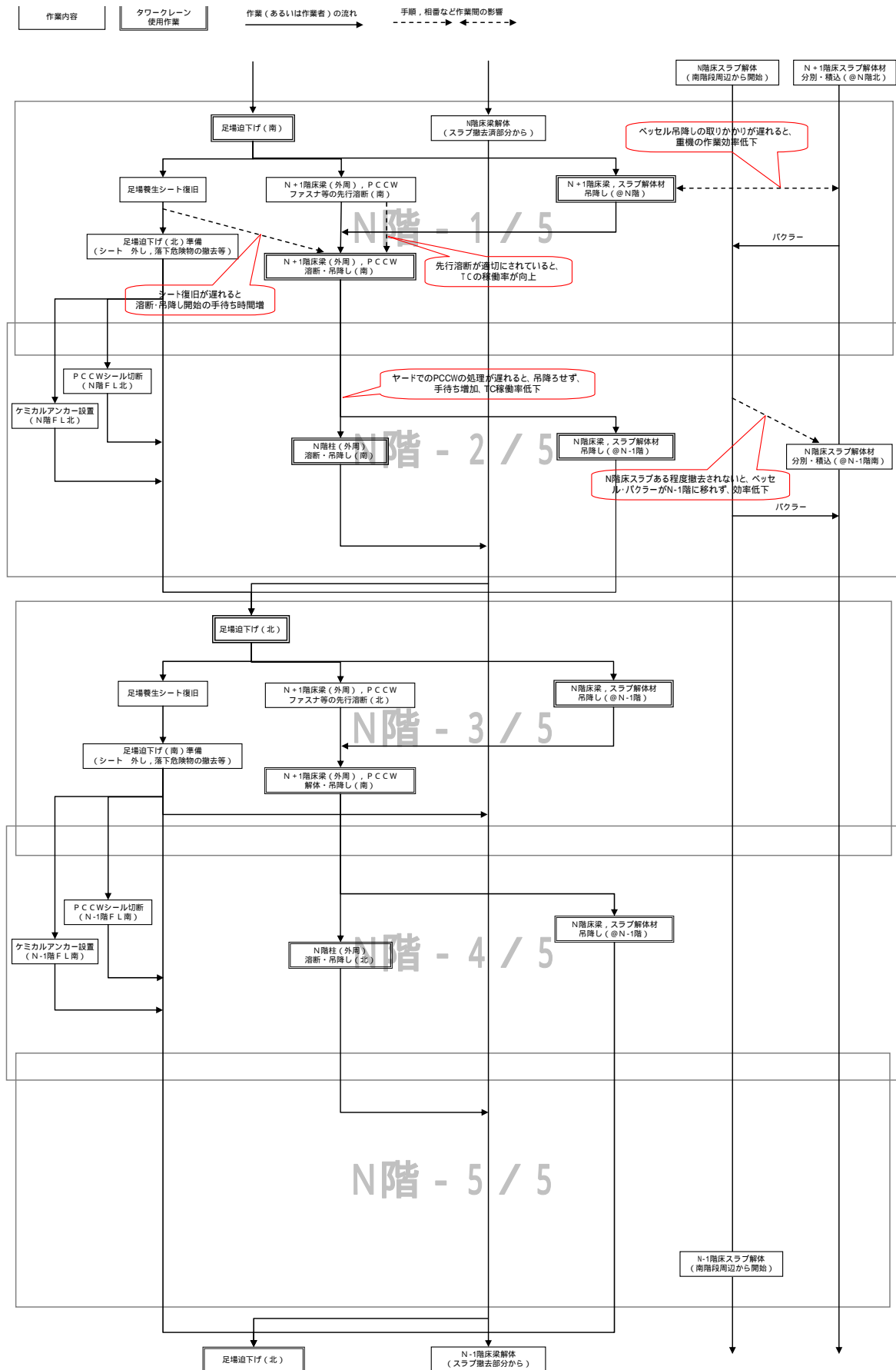
）基準階躯体解体の概要

基準階躯体の解体は、解体工（0.45m³ クラス油圧式バックホーショベル×6台、手元補助作業員×4～5名程度）によるスラブのみ階上解体工法と鍛冶鷲工（15名前後）による鉄骨躯体のガス切断解体工法の併用である。鉄骨躯体にも重機を用いる「重機カッター工法」としなかったのは、当事例の鉄骨の肉厚を切断可能な重機を載せるにはスラブサポート補強等が必要となる（構造計算による確認済）ためであり、工程（TCの揚重回数等）やコストを総合的に検証した結果、このような工法選定となっている。また、ガス切断工法では、高力ボルトの誤切断による事故を防止しやすいといったようなメリットもある。ガス切断作業を、一般的に解体工より人工単価の高い鍛冶・鷲工による作業としたのは、解体工にはTCを使用した吊り切断等の実績が少ないためであり、計画段階および実際の作業段階ともに鍛冶鷲工の新築におけるノウハウが活かされている。図表6.3-6の詳細作業フローに示すとおり、複数の作業が複雑に関連して工事が進行していくが、解体工、鍛冶鷲工の両工種とも作業担当を明確にして分業化していることで、作業効率の向上を図っている。

また、基準階解体部分の養生方法は、躯体解体階から下三層分のみを覆う「せり下げ足場」を解体の進行に合わせてせり下げていく方法である。本事例のような高層建築では、従来の全面外周地足場とすると構造的に補強が必要となりコスト・手間がかかるのに加えて、躯体解体の進行に伴う足場解体の手間やそのためのスペースが問題となってくる。本事例における「せり下げ足場」は、既製の分割タイプのクライミング足場の一部を本事例用に改良したもので、独自工法を用いることによるコスト増は抑えられている。（本事例用の改良部分は、足場上層部分において外周梁やPCCWの吊出し作業ができる作業台を設けたことと、PCCWに固定（取り付け）するためのブラケットのみとなっている。）

また、躯体解体材の揚重方法は、傾斜ジブ式タワークレーン（40mジブ、能力：40m作業半径×11.0t定格重量）を二台、それぞれ東西妻面に設置している。設置台数は、揚重回数およびTC能力（サイズ）により、設置位置は1ピース揚重重量および作業半径により決定している。TCを使用した解体工事はほとんどないが、TCの設置計画や作業計画は、新築における計画と類似したプロセスであり、大規模の工事を多く手がける元請業者等にとっては特に大きな問題はなかった。ただし、解体する既存建物がありTCの建方ヤードスペースが限られてくるなど、TCの設置については新築時よりも難しい作業となる。新築ではTCの支持に杭を用いることもあるが、当事例では既存建物等の状況から不可能であったため、TC架台下の既存地下躯体を補強し、かつTCのマストから既存建物の躯体へ壁繋ぎを設けている。そのため、その部分の躯体の吹付け石綿を先行して撤去するなどの段取りが必要であった。

また、躯体解体のサイクル工程において、当初は1サイクル8日程度を要していたが、4日程度まで短縮できた（現地調査期間は1サイクル5日）。サイクル短縮には、作業員の習熟効果、作業方法等の見直し・改善、（下層階になるため）揚重時間の短縮、（下層階になってコンクリートがらをEVシャフトから投下することが可能になったため）揚重回数の減少、などが大きい。



図表 6.3 - 6 基準階躯体解体の詳細作業フロー (5日サイクル工程の場合)

）解体重機（解体階）

解体階では解体重機（油圧式バックホーショベル）6台によるスラブ解体を行っていた。重機のアタッチメントはクラッシャー（解体用圧砕機）2台、パクラー（小割用圧砕機）2台、バケット1台、バケットとブレーカーを交互に付け替えるものが1台であった。

解体手順は、まずクラッシャー等が階段やEVの開口部をきっかけにして見下げの床スラブを剥し、下階へ落としていく。これを南側半分で中央から端に向かって進める。この間、バケット等は北側にて上階スラブを解体したコンクリートがらや鉄スクラップの積込を行っている。クラッシャー等によるスラブ剥しが進行し、見上げスラブが無くなり安全なスペースが下階にできると、バケットやパクラーが下階へ移り、下階床上に落とされるコンクリート塊の破碎やコンクリートがら、鉄スクラップの積込等を行っていく。クラッシャーは外周1スパン分を残し（鍛冶工の外周鉄骨梁解体作業のため）、南側半分のスラブを剥し終わると、北側も同様に中央から端に向かってスラブを剥していく。また、北側スラブの中央部分がある程度剥し終わると、クラッシャーも下階へ移り、見上げスラブを解体するかたちとなる。また、スラブ外周端を、外周鉄骨梁・PCCWが解体された箇所から、ブレーカーで破碎・削孔し、スラブと外周鉄骨梁とを縁切りして、下階の外周鉄骨梁・PCCWの解体に備える。

以降において、解体重機の人工数（稼働時間）[分]を分析するにあたり、作業内容を以下のように分類する。

【スラブ剥離・破碎】

床スラブコンクリートを剥す作業、および剥したコンクリート塊を破碎して、鉄筋と分離するとともに、積込しやすい状態にする作業。クラッシャーおよびパクラーが行い、特にクラッシャーが前者の作業、パクラーが後者の作業を行う。また、ブレーカーによるスラブ外周端の破碎・削孔も含む。

【コンクリートがら集積・積込】

スラブから剥された、あるいはその後さらに小割に破碎されたコンクリートがらを集める作業とそれらをベッセルへと積み込む作業。基本は、バケットの作業だが、その他のアタッチメントも作業の進行状況に応じて行う。

【鉄スクラップ仕分け】

スラブから剥された、あるいはその後さらに小割に破碎されたコンクリートがらの中から、鉄筋を分けて取り出す作業。主に、パクラーが行う。

【鉄スクラップ積込】

仕分けされた鉄スクラップをベッセルへと積込作業。主に、パクラーが行う。

【ALC壁解体】

階段およびEVの間仕切りで残っていたALC板を解体する作業。主にクラッシャーやパクラーが行う。

【ALCがら集積・積込】

ALCのがら（あるいはパネル状）を集め、ベッセルへ積み込む作業。コンクリートがらとは分別されている。がらはベッセルが行うが、パネル状で積み込む場合は、クラッシャーやパクラーが解体後、そのまま積み込む。

【鉄骨躯体解体（鍛冶工補助）】

特にコア部の鉄骨躯体において、鍛冶・工の鉄骨躯体ガス切断作業を、切断している梁を支える、あるいは安全のため数cm程度残して切断し終えた鉄骨躯体に荷重をかけて倒壊させるといったような作業。各重機が行う。

【その他重機作業】

資材等の移動など。

【停車・重機以外作業】

重機を稼働させていない状態。ただし、アイドリング状態である場合も含まれる。



スラブ解体（剥離）



スラブ解体（剥離）



スラブ解体（剥離）



コンクリート塊破碎



破碎に散水する解体工（重機補助作業者）



スラブ端破碎・削孔



コンクリートがら集積



コンクリートがら積込



鉄スクラップ仕分け



鉄スクラップ積込



分別集積された ALC がら



鉄骨躯体解体（鍛冶・鳶工補助）

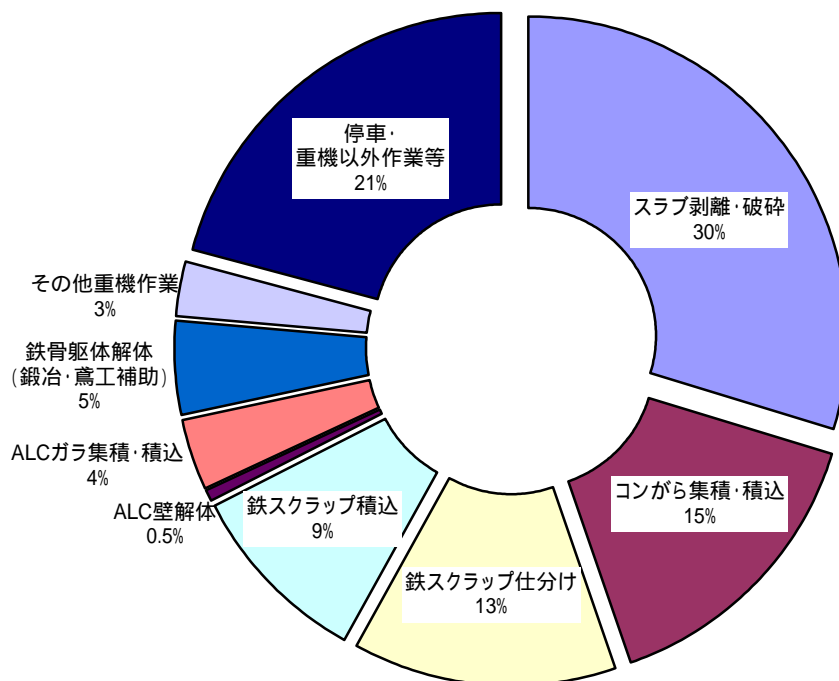
図表 6.3 - 7 躯体解体：解体重機の写真

解体重機の基準階（分析階：13F）当たりの作業別人工数（稼働時間）の割合を図表 6.3 - 8 に示す。

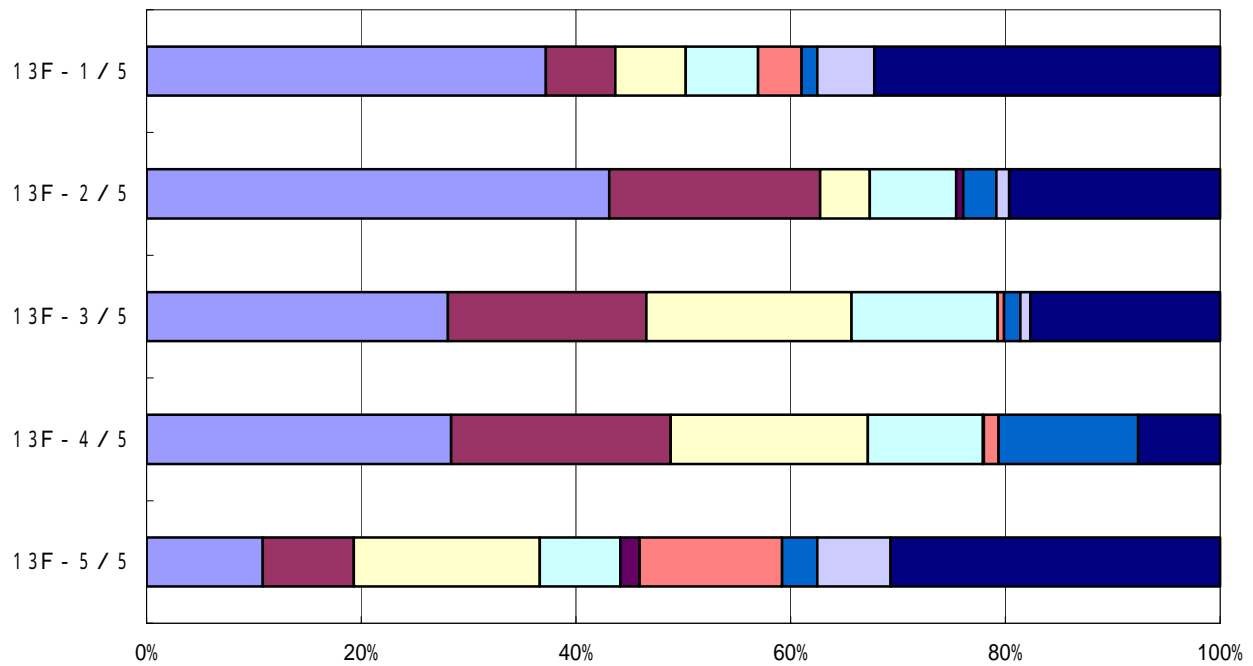
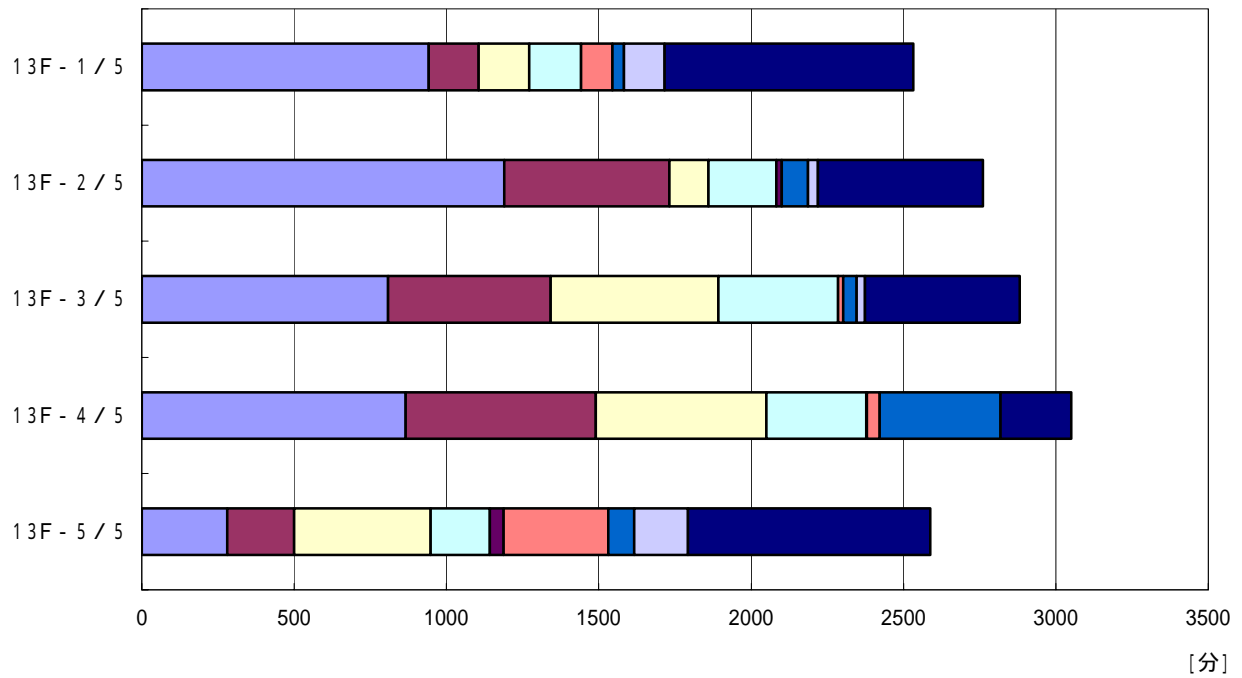
スラブ剥離・破砕が 3 割と最大で、コンクリートがら集積・積込、鉄スクラップ仕分け、鉄スクラップ積込など主要作業と合わせると全体の 7 割弱を占めている。鉄筋やスラブデッキプレートなどの鉄スクラップに着目すると、仕分けが 13%に対し積込が 9%と、分別作業の重要性が伺える。また、ALC がらは少量であるにも関わらず、集積・積込が 4%と比較的多い。これは、コンクリートがらへの ALC の混入は、コンクリートがらのリサイクル先である路盤材としての品質を低下させるため、入念に分別を行いながら ALC の集積・積込が行われた結果と考えられる。また、停車や重機以外の作業など、重機が稼働していない割合も 2 割と多い。これは、クラッシャーのスラブ剥離が遅れるとコンクリートがらが発生しないのでバケットが手待ちとなる、などといった解体重機同士の作業進行度合いの違いによるものや、鍛冶・鳶工の作業が終了しないと解体できないスラブがある、鍛冶・鳶工が鉄骨躯体解体に TC を使用しているとコンクリートがらや鉄スクラップを荷降しできず空のベッセルがなくなり積込できなくなる、といったような鍛冶・鳶工との作業進行度合いの違いによるものなどがある。本事例のように、複数の作業が複雑に関連して工事が進むときは、互いに連携を取りながら全体として効率的に作業を進行させることが重要である。

基準階（分析階：13F）におけるサイクル工程（5日サイクル）の各日の解体重機の人工数（稼働時間）およびその割合を図表 6.3 - 9 に示す。

サイクル工程の前半では、スラブの剥離・破砕が多いが、徐々にコンクリートがらや鉄スクラップの集積・積込等が増していく傾向がわかる。また、ALC のあるコア部は最後に残る部分であるので、最終日に ALC 関連の作業が増えている（初日は前サイクルの残り分の作業が表れている）。停車等が増えるのは、初日と最終日で、これは、コンクリートがらや鉄スクラップがほとんど荷降しされた状態なので、バケット等の主作業に空きが出ることなどによる。尚、分析階における最終日は TC の逆クライミングと重なり、解体材の荷降しができなかったことによる重機稼働率の低下が大きい。調査期間中の分析階以外で階においてもサイクル最終日に重機稼働率が低下しているような傾向はあった。



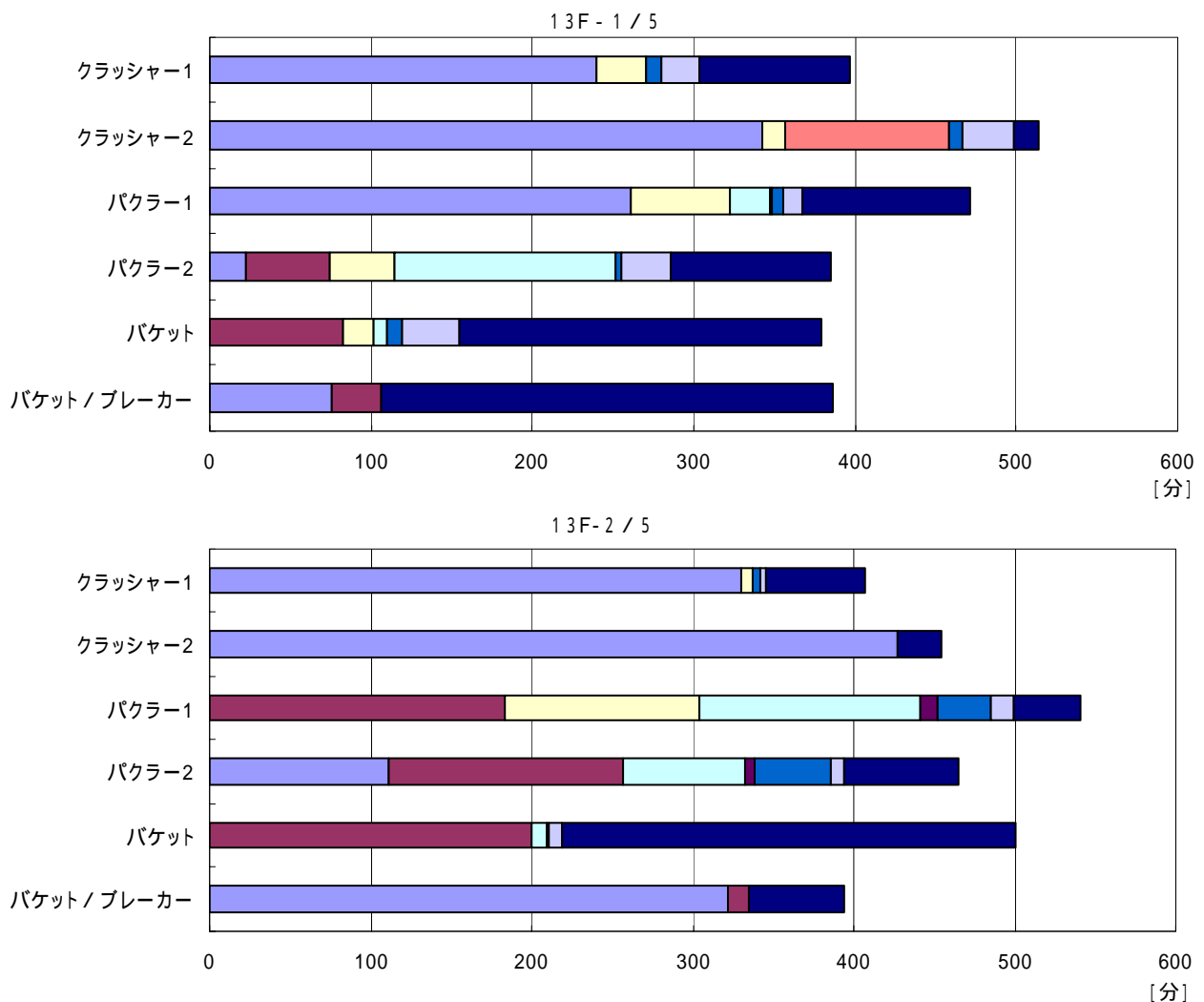
図表 6.3 - 8 基準階：解体重機人工数（稼働時間）割合（分析階：13F）



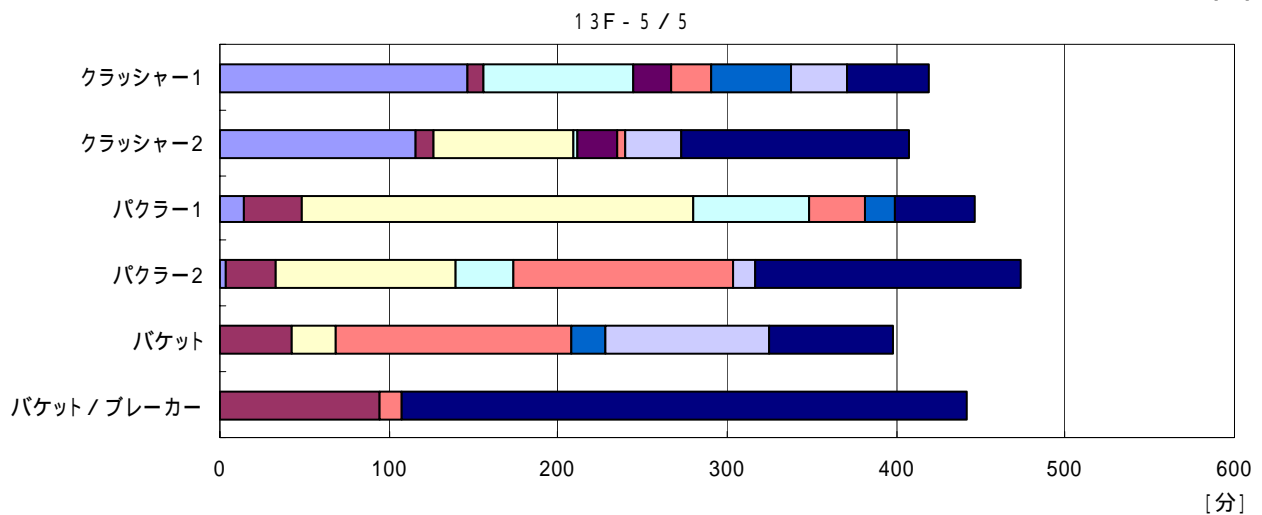
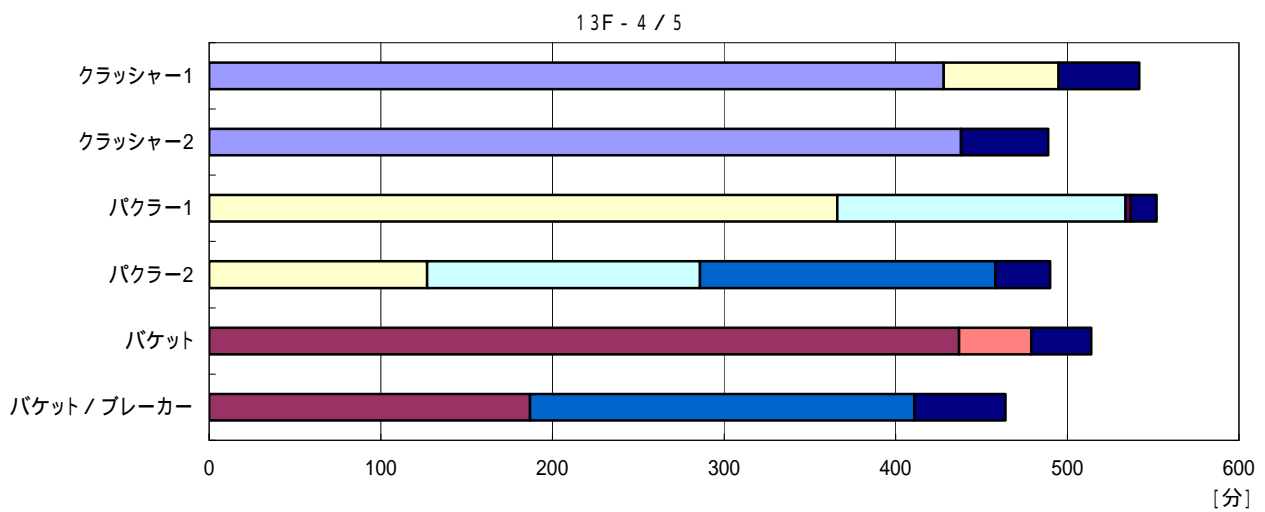
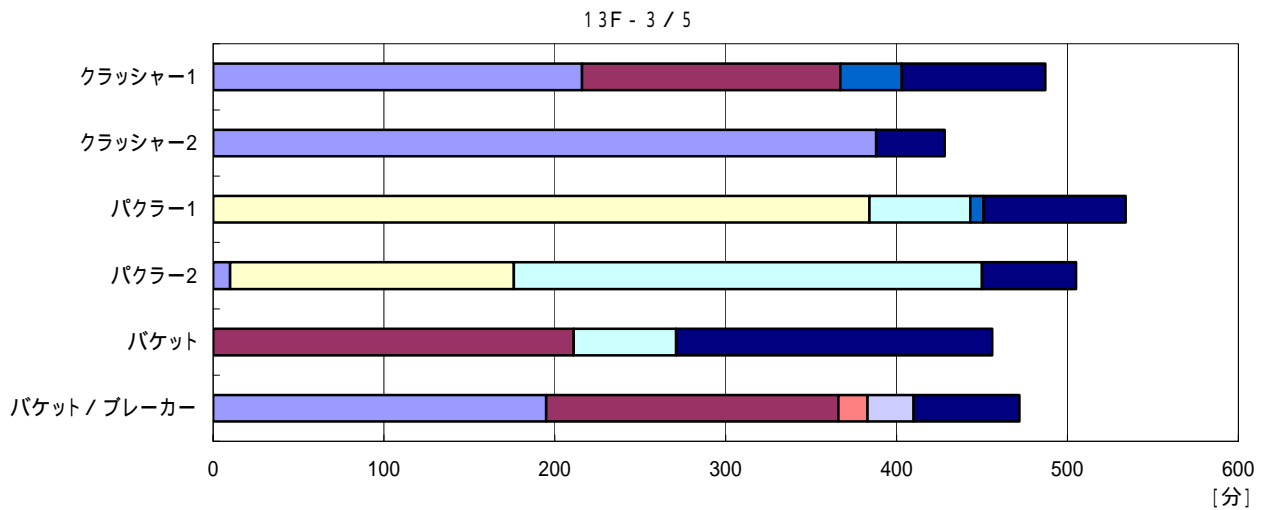
図表 6.3 - 9 基準階：解体重機のサイクル日程別人工数（稼働時間）（上）およびその割合（下）
（分析階：13F / サイクル：5日）

基準階における各サイクル日程の解体重機別の人工数（稼働時間）を図表 6.3 - に示す。

先述した通り、各重機とも初日と最終日の停止等の割合が多く、バケットについてはその他の日も停止等の量が多い。バケットのうち一台は、アタッチメントをブレーカーに付け替えることで、スラブの破碎・削孔作業に従事しているが、もう一台も、日程や時間帯等によって、アタッチメントを変更してスラブ剥離等を行えば、より効率化が図られると思われる。



図表 6.3 - 10 基準階：各サイクル日程の解体重機別人工数（稼働時間）（調査階：13F / サイクル：5日）



(図表 6.3 - 10 つづき)

）鍛冶鳶工（解体階）

解体階において鍛冶鳶工 10～13 人程度によって鉄骨躯体のガス切断による解体および解体した鉄骨躯体やコンクリートがらを積載したベッセルの揚重等が行われていた。合わせて、地上ヤードにおける荷受け作業も鍛冶・鳶工が担当していた（通常 2 人）。また、専門工事業者の施工管理職員が毎日 1 人管理業務を行っていた。

鍛冶鳶工の作業は、内側部分に関する作業と外周部に関する作業に大きく分かれていた。作業担当者のほぼ固定され、分業作業化されていた。

内側の作業手順は、重機により床スラブが撤去された部分の鉄骨梁からガス切断していく。その後、下階において重機作業（コンクリートがらの積込）が終了し安全となった箇所から、鉄骨柱をガス切断していく。コア部のブレースが付いた柱は最後に解体される部分となる。また、揚重重量の関係から、ブレース付き柱は解体後さらに小割に切断してから揚重される。

外周部の手順は、まず南側半分のせり下げ足場のせり下げを行う。この間、解体材の揚重は行われないので、ヤードの荷受け担当者も加わる。TC が 2 機であるため、4～5 人一組程度で 2 組に分かれて行う。南側半分のせり下げが終わると、盛替のために一旦外した足場と建物間の隙間を塞ぐ養生シートの設置や足場継ぎ目間の養生を再び行う（養生シート復旧）。その間、それぞれの TC と無線連絡を取っている作業員 2 人は、足場せり下げ間に解体・積込されたコンクリートがらやスクラップのベッセルの揚重を行う。また、荷受け担当者もヤードへと移動する（荷受け担当者も TC と無線連絡を取って作業を行っている）。南側部分の養生シート復旧が終わると、南側半分の外周鉄骨梁と PCCW のガス切断および揚重を行う。切断する前に、チェンブロック等によって玉掛けし、TC で吊った状態で、切断していく。この作業も、2～3 人程度一組で 2 組に分かれて行う。また、その間 3～5 人程度が北側半分の足場せり下げのために養生を一時外す作業（シート上げ）および PCCW の目地シール切断と玉掛け治具とするケミカルアンカー（後施工アンカー）の設置を行う。南側半分の外周部鉄骨梁と PCCW の解体が終わると、北側半分についても同様に繰り返す。

外周鉄骨梁と PCCW の切断方法は、揚重重量と TC の揚重能力から事前に詳細に計画され、5 スパンの南北面については、PCCW のみで取り外す 1 タイプ、PCCW と下地鉄骨梁を一体で取り外す 2 タイプ、下地鉄骨梁と外周大梁を一体で取り外す 2 タイプ、外周大梁のみで取り外す 1 タイプ、の 6 タイプ（計 13 ピース）に分けられ、取り外す順番まで詳細に決められていた。（東西面（妻面）については全て、PCCW、下地鉄骨梁、外周大梁を一体で取り外し、コーナー部役物 PCCW は PCCW のみで取り外す。）また、PCCW のみで取り外すものは、取り外していく段階で不安定になっていくので、外部側に傾かないようにレバブロックで固定しながら取付けファスナのガス切断を行っていた。さらに、PCCW のみの取り外し時はケミカルアンカーを治具にして吊り出すが、そのままヤードへ揚重せず一旦作業階（解体階）に降し、チェンブロックでさらに玉掛けしてから揚重する、といった二重の安全措置がとられてた（ケミカルアンカーのみでも安全であることは事前の重量計算等で確認されている）。

また、外周部の作業は、作業員の習熟効果や（安全を前提とした）作業の見直し・改善の効果が大きい部分でもあり、切断した後吊上げやすい位置での切断や、足場との狭い間隔での外周鉄骨梁等の吊上げの作業感覚などにおいて現れていた。

以降において、鍛冶・鳶工の人工数を分析するに当たり、作業内容を以下のように分類された。

【鉄骨柱・ブレース溶断】

鉄骨柱、ブレースのガス切断による解体。

【鉄骨梁（内側）溶断】

最外周の鉄骨大梁および PCCW 下地鉄骨梁以外の内側の鉄骨梁のガス切断による解体。

【鉄骨梁（外周）溶断】

外周の鉄骨大梁および PCCW 下地鉄骨梁のガス切断。

【PCCW ファスナ切断】

PCCW の取付けファスナのガス切断。

【その他（内側）溶断】

内側における上記外のガス切断作業。解体された鉄骨梁等を小割に切断する作業や、玉掛け用の孔空けをする作業が多い。

【その他（外周部）溶断】

外周部における上記以外のガス切断作業。外周鉄骨梁の吊上げに干渉する周辺部材等のガス切断作業が多い。

【床スラブ鉄筋溶断】

次階の外周鉄骨梁吊上げのために、外周端部の床スラブの鉄筋をガスガス切断し、縁切りしておく作業。

【外周鉄骨梁・PCCW 玉掛け】

各種タイプの外周鉄骨梁と PCCW を玉掛けする作業。

【外周鉄骨梁・PCCW 吊出し・揚重】

各種タイプの外周鉄骨梁よ PCCW を切断後、吊出してヤードへ揚重する作業。

【鉄骨玉掛け・揚重】

外周鉄骨梁以外の解体された鉄骨梁・柱等を玉掛けしヤードへ揚重する作業。

【ベッセル玉掛け・揚重】

重機が積載したコンクリートがら、鉄スクラップ等のベッセルを玉掛けしヤードへ揚重する作業。

【足場せり下げ】

せり下げ足場の盛替え（せり下げ）作業。

【シート上げ・復旧／ケミカルアンカー打ち／PCCW シール切断】

せり下げ足場の盛替え前に養生シート等を一旦、取り外す作業（シート上げ）、および盛替え後、再度養生を行う作業（シート復旧）／PCCW のみで取り外すものに、吊り上げ時の玉掛け治具取り付け用のアンカーを設置する作業／PCCW の目地シールの切断作業

尚、これら作業は、解体階の下階が主な作業場所となるため、作業担当の人数と大枠での作業開始・終了時間のみしか記録できていないので、後に示す人工数には移動や機材準備等に要した分も含まれたものとなっている。

【その他】

上記以外の作業。仮設資材の移動等。

【待ち・移動・機材準備・打合せ】

鍛冶・鳶工同士や重機との作業進行度の違いや TC の揚重による手待ち時間、作業中の移動時間、ガス切断機やコードの準備時間、打合せなど。

【休憩】

休憩用の仮設休憩小屋等での休憩時間。尚、昼休みの時間は含んでいない。



鉄骨柱溶断



鉄骨柱溶断



鉄骨梁（内側）溶断



鉄骨梁（外周）溶断



PCCW ファスナ溶断



外周鉄骨梁・PCCW 玉掛け



外周鉄骨梁・PCCW 揚重



PCCW のみタイプ揚重



床スラブ鉄筋溶断



コンクリートがらベッセル玉掛け



鉄骨玉掛け



足場せり下げ



せり下げ足場ブラケット盛替



せり下げ足場養生シート復旧



PCCW ケミカルアンカー

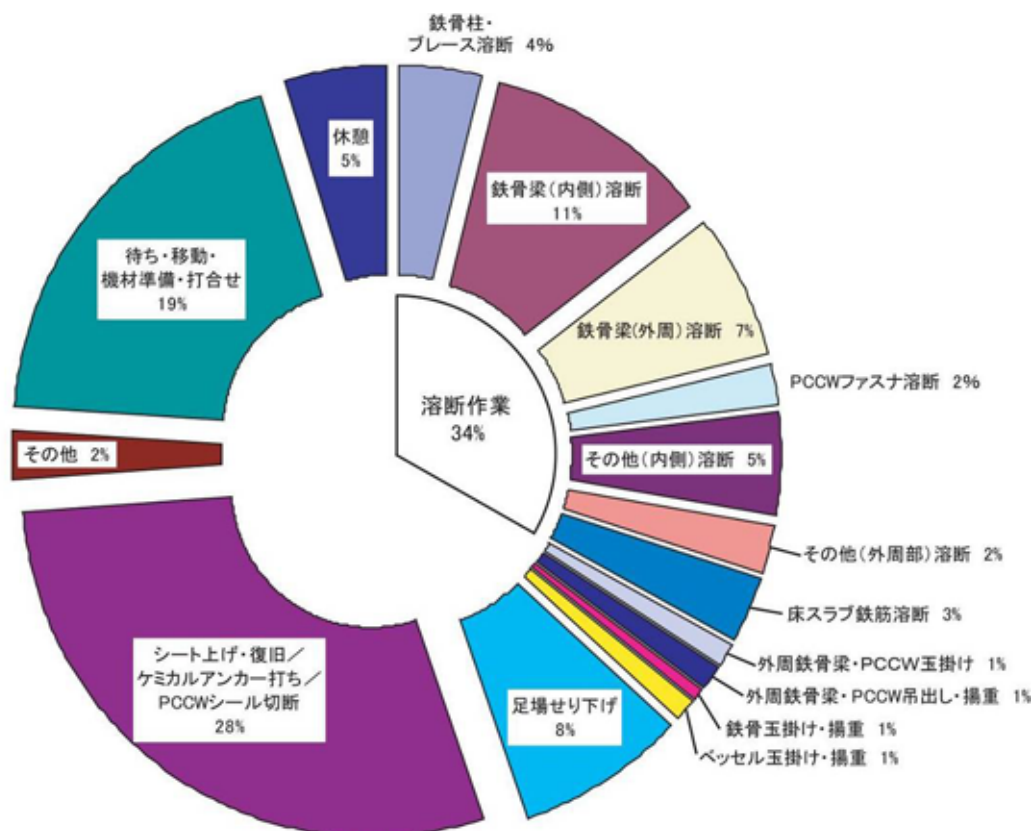
図表 6.3 - 11 躯体解体：鍛冶鳶工の写真

鍛冶工の基準階当たりの作業別人工数の割合を図表 6.3 - 12 に示す。

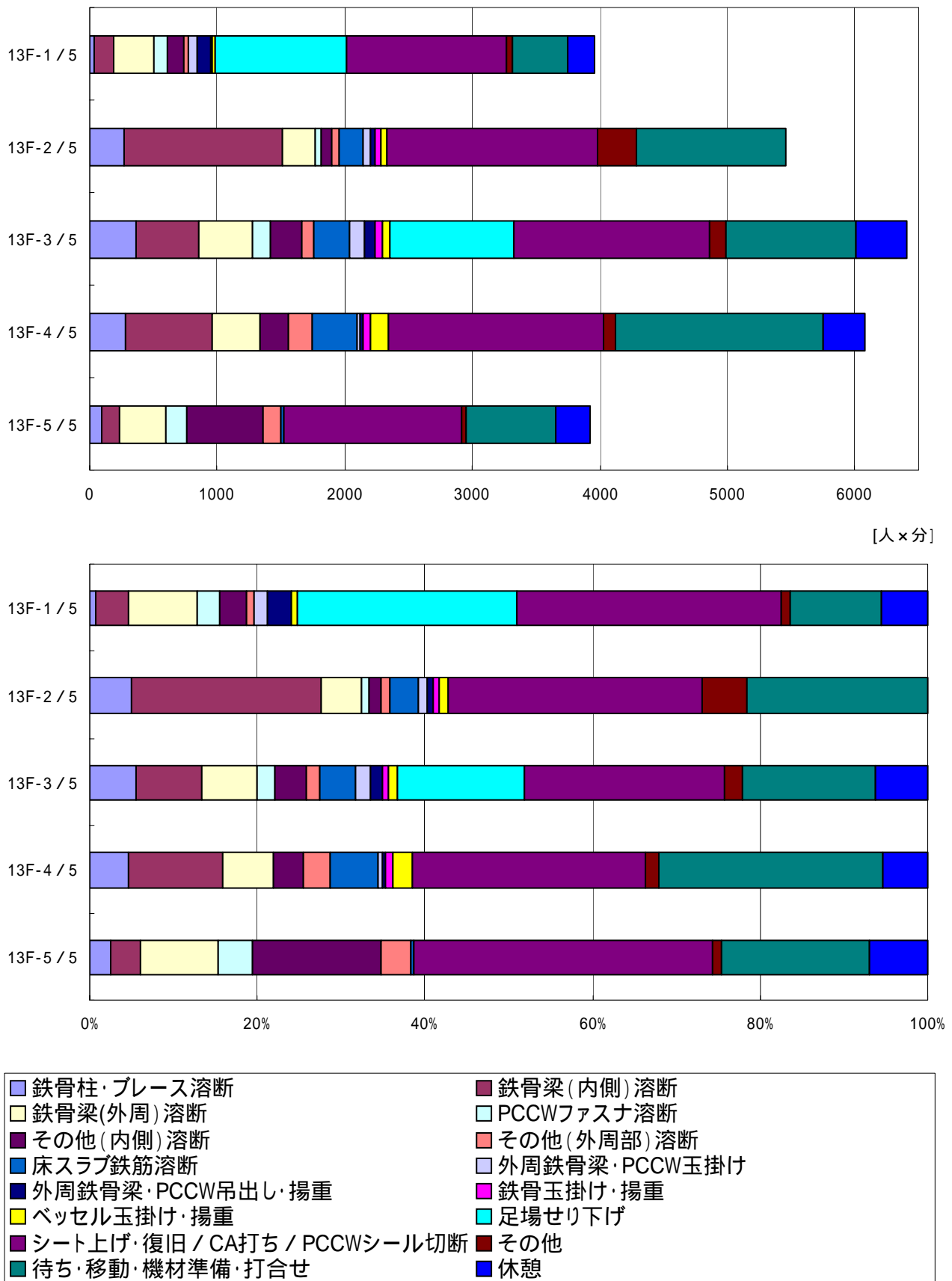
主要作業である溶断作業は 34%となっている。溶断のなかで最も多い箇所は、内側の鉄骨梁であるが、数量を考慮すると外周の鉄骨梁のほうが手間がかかることがわかる。これは、PCCW が取り付いていたりして作業性が悪いことに加えて、外周部ということでより安全性に配慮して慎重に作業が行われたためであろう。

また、シート上げ・復旧やケミカルアンカー打ち、PCCW シール切断に要した人工数が 3 割と多い。これらの作業は先述通り、詳細な作業内容まで区別して記録できなかったため、実際にはこれらの作業に関連する移動や機材準備等にかけている分も含まれている。ただし、シート上げ・復旧には、ほぼ毎日 2～4 人程度の人員が割かれていた。大規模工事では、安全対策作業への尽力が重要であることがわかる。

待ち・移動・機材準備・打合せも 2 割多い。外周の作業は、2～3 人一組で行うことが多く、鍛冶工同士の作業進行度合いの違いで手待ちとなることがあり、内側の作業は、重機との作業進行度合いの違いにより、重機の作業待ちとなる場面などが見られた。また、広い範囲を一人の作業者が担当するので、作業中の移動や、その都度のカスコード等の準備が多かったことによる影響が大きいと考えられる。



図表 6.3 - 12 基準階：鍛冶工人工数割合 (分析階：13F)



図表 6.3 - 13 基準階：鍛冶鳶工のサイクル日程別人工数（上）およびその割合（下）

（分析階：13F / サイクル：5 日）

6.4 事例 SSJ：資源循環性の分析・考察

6.4.1 再資源化計画

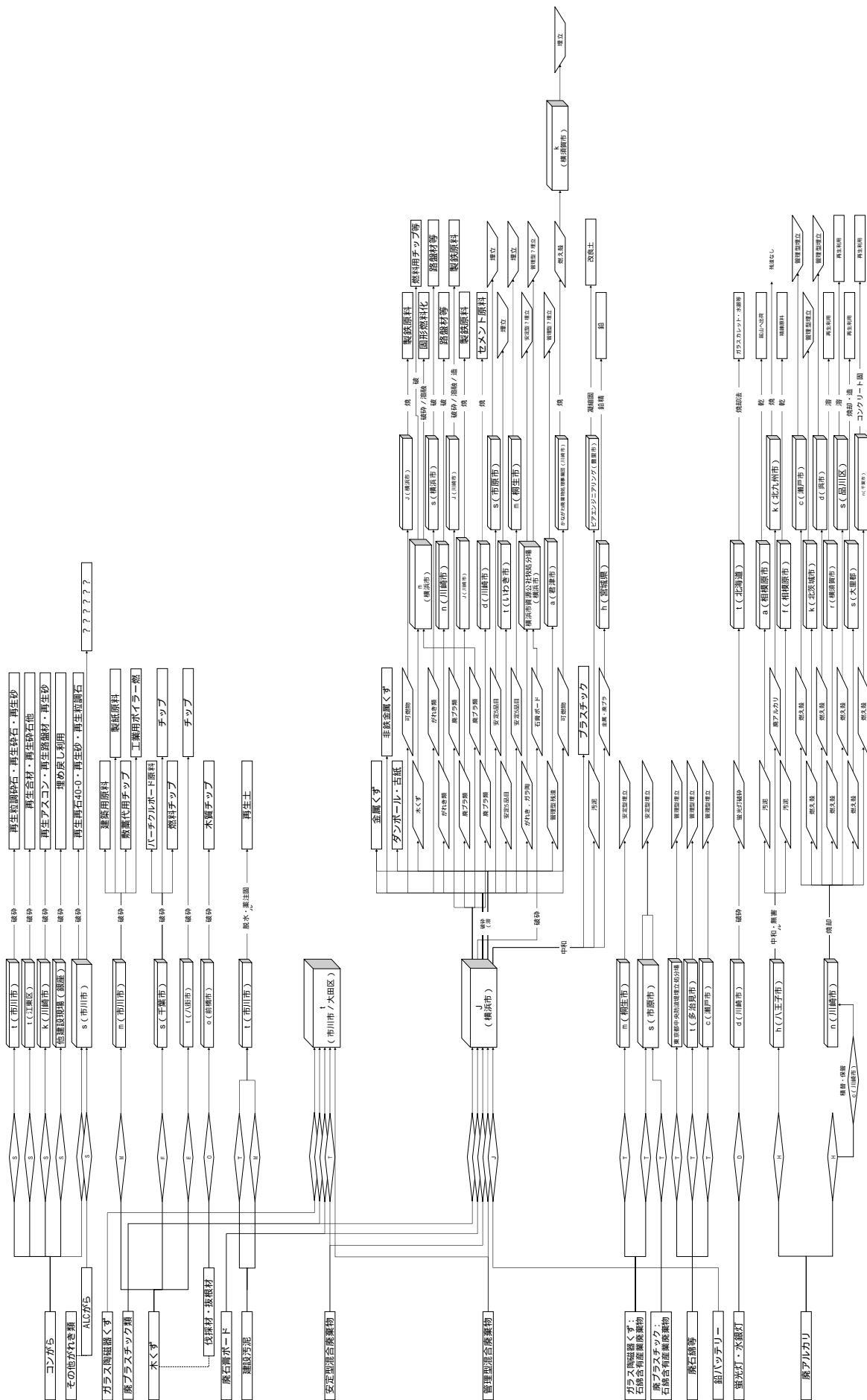
SSJ で形成されていた再資源化ルートを図表 6.4 - 1 に示す。

「コンクリートがら」と「鉄スクラップ」は、躯体解体が始まると、常に（毎日）大量に発生する品目である。「鉄スクラップ」の場合、有価で取引されるため、搬出先の選定に取り立てて大きな問題が起こることは少ない。しかし、「コンクリートがら」の場合、SSJ ほど大量の規模になってくると、一中間処理施設だけでは、量に関する処理能力（受入能力）のバランスが合わず、適切な搬出計画が実施できない。そのため、複数の中間処理施設へ分散的に搬出する再資源化ルートを形成している。また、中間処理施設の受入能力は、SSJ 以外からの受入等の需給のバランスのもと時々により変動的であるので、予め多めの中間処理施設と再生委託契約を結び、再資源化ルートの余力を確保している（図表 6.4 - 1 に示した「コンクリートがら」の搬出先でも、余力として確保していた中間処理施設には、実際には搬出が行われていなかったりする）。

「ガラス陶磁器くず」「廃プラスチック類」「廃石膏ボード」「安定型混合廃棄物」「管理型混合廃棄物」といった、技術的には再資源化可能だが実状としては分別回収や中間処理能力の未整備等により、再資源化されない場合も多い品目については、集中的に二つの中間処理施設に搬出している。これらの中間処理施設は、徹底した手選別および高度な選別・処理装置により、高い再資源化率を実現している。また、再生方法等の能力（違い）において、それぞれ適した中間処理施設にするといったかたちで、再資源化の質が高められている。

「廃石綿等」においても、「コンクリートがら」と同様に搬出先（最終処分場）の量的処理能力（受入能力）とのバランスから、複数の再資源化ルートが確保されている（「廃石綿等」では、図表 6.4 - 1 に示す搬出先 3 施設全てに搬出を行っていた）。さらに、搬出先の一つは、セメント固化してあると受入量が増やせるため、そこに歯搬出する分は現場内に設置したプラントでセメント固化を行い、残りの二施設とは異なる搬出方法をとっていた（残りの二施設へは、専用袋を使用した二重袋詰の通常の搬方法）。

「鉛バッテリー」「蛍光灯・水銀灯」「廃アルカリ」といった特別管理品目は、それぞれの処理能力を有した施設へと搬出している。また、これらについても、再資源化を目指しているので、特殊な技術が必要な場合などは、再委託先（や再々委託先）が遠方になることもある。



図表 6.4-1 再資源化ルート

6.4.2 解体材発生量

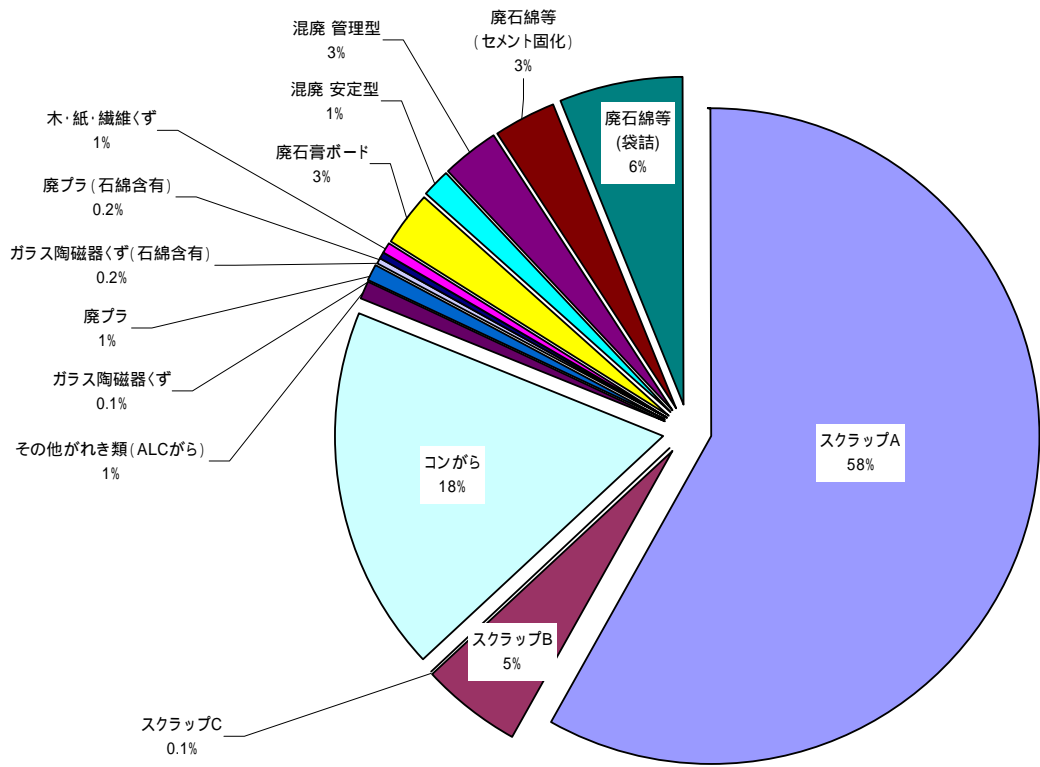
解体材発生量全品目別割合、および解体材発生量主要三品目（鉄スクラップ・コンガラ・廃石綿等）以外の品目別割合を、それぞれ体積単位・重量単位について図表 6.4 - 2～5 に示す。

全体の傾向として、体積単位、重量単位いずれでも、躯体資材である「鉄スクラップ」と「コンクリートガラ」が約 8 割、「廃石綿等」が約 1 割、その他の品目が約 1 割という発生状況である。躯体資材の占める割合が相当多いといえる。

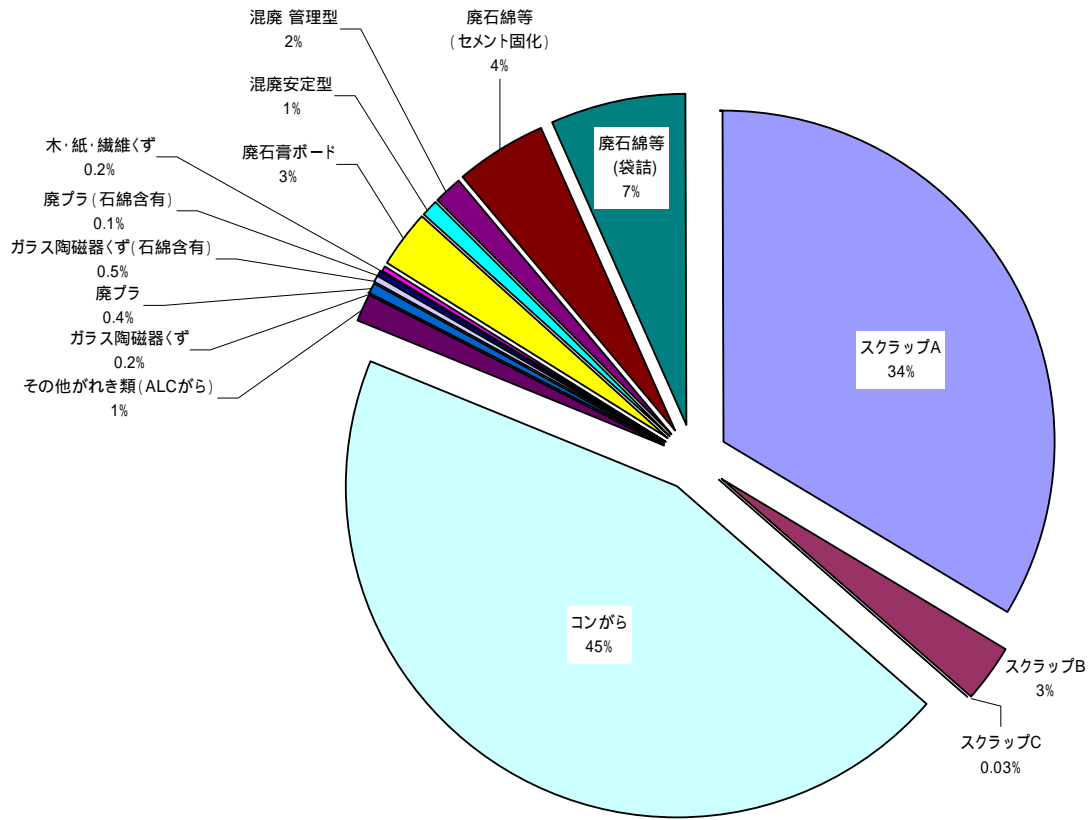
「鉄スクラップ」は、その品質により等級分けされ、取引価格や同じ鉄への再生なかでも再生利用用途が異なる。一般に、H 型鋼などの重量鉄骨は品質が高く、鉄筋や鉄プレートなどは低い。また、異物混入によっても品質は低下し、配線・配管等の銅の混入などが問題とされる。SSJ からの「鉄スクラップ」は、高品質から順に A・B・C と等級付けされているが、躯体の H 型鋼などが極めて大量であるので、ほとんどが高品質のスクラップ A として排出されている。品質が落ちるスクラップ B は、スクラップのなかの 1 割弱であり、極少量のみ C が含まれている。

「廃石綿等」は、設計図書等があれば排出量予測は可能であるが、除去作業時の散水の含水分の増加、袋詰による嵩の増加（、SSJ の場合、セメント固化による重量や体積の増加）等により、使用量と発生量には差が生じるため、今回の知見等を活かし、適切な発生量予測を可能にしていくことが重要である。

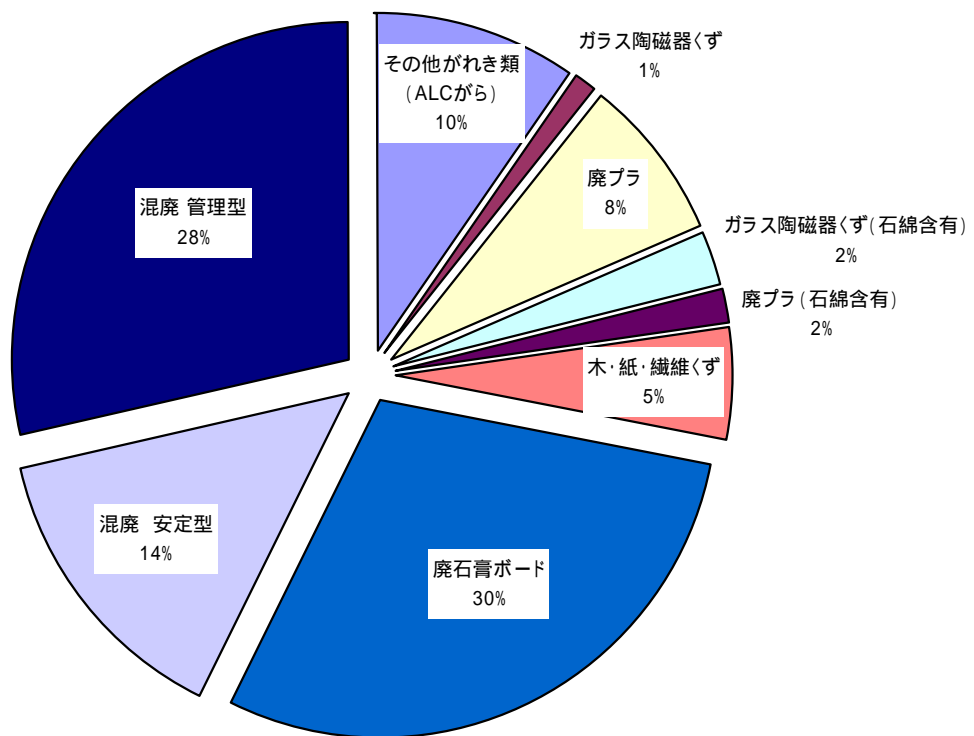
主要 3 品目（「鉄スクラップ」「コンクリートガラ」「廃石綿等」）以外のなかでは、「廃石膏ボード」「混合廃棄物（安定型および管理型）」が多い。これらは、先述したとおり、高度処理装置を備えた中間処理施設へ排出されている。また、「混合廃棄物」となっているものも、実際の現地調査での積載状況を見ると、かなりの分別が行われた状態で搬出されている。



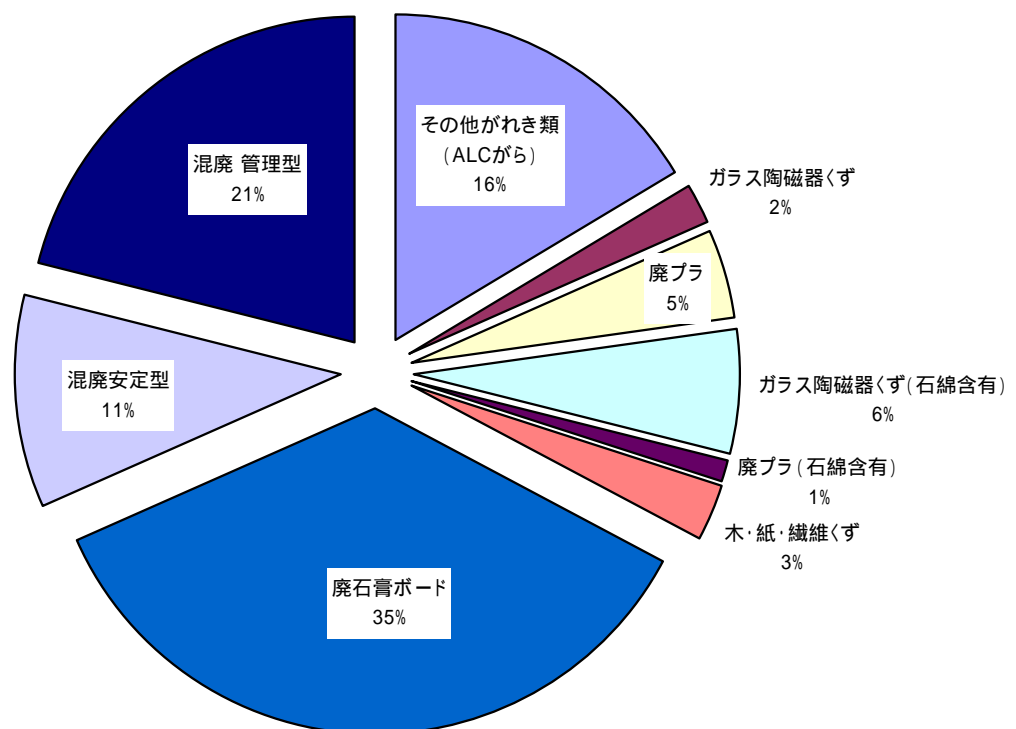
図表 6.4 - 2 解体材発生量全品目別割合 (体積単位)



図表 6.4 - 3 解体材発生量全品目別割合 (重量単位)



図表 6.4 - 4 解体材発生量主要三品目（鉄スクラップ・コンがら・廃石綿等）以外の品目別割合（体積単位）



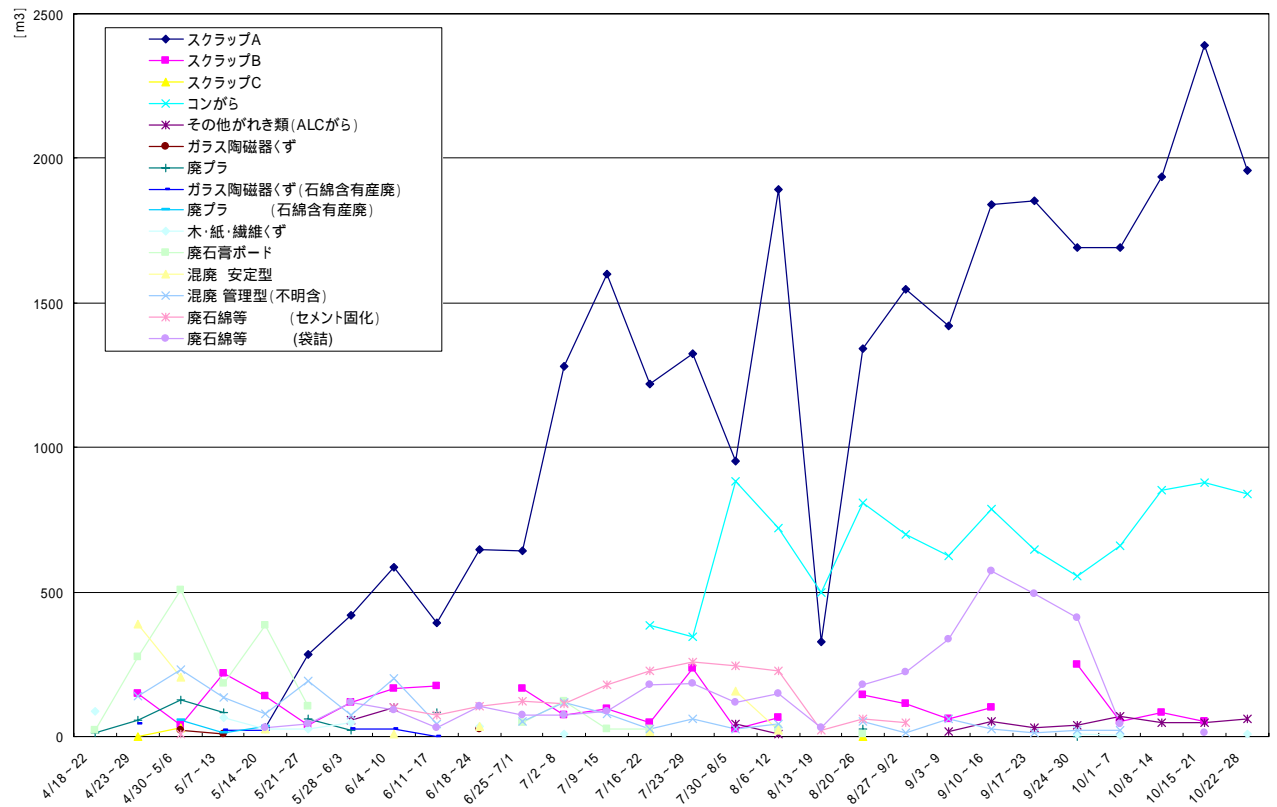
図表 6.4 - 5 解体材発生量主要三品目（鉄スクラップ・コンがら・廃石綿等）以外の品目別割合（重量単位）

全品目の週間発生量（体積単位）および主要三品目（鉄スクラップ・コンガラ・廃石綿等）以外の週間発生量（体積単位）を、図表 6.4 - 6、7 に示す。

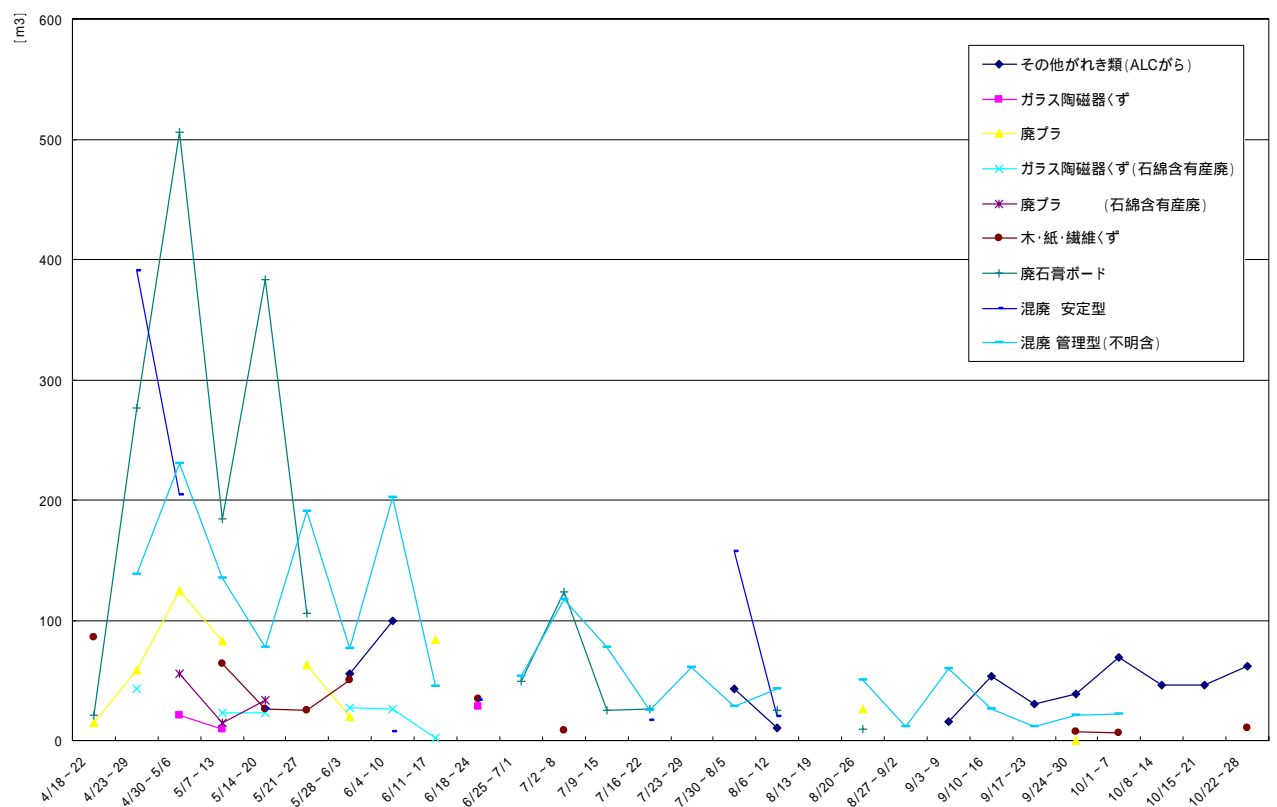
躯体解体が始まる8月初旬から、「鉄スクラップ」と「コンクリートガラ」の排出量が急増している。それ以降は、多少の変動はあるものの、「鉄スクラップ」は 1800 [m³/週] 前後、「コンクリートガラ」は 800 [m³/週] 前後の排出量となっている。「コンクリートガラ」の積載効率等に大きな差がでることはないが、「鉄スクラップ」の積載効率は形状等によって大きく変わってくるので、このデータを今後うまく参照していけるとよい。

「廃石綿等」は、「セメント固化」を停止した8月終以降から、「袋詰」の排出量が急増している。吹付け石綿は除去作業だけでなく、搬出作業においても、工程の進捗にかなり影響していたということが伺える。

主要三品目（鉄スクラップ・コンクリートガラ・廃石綿等）以外においては、週単位での排出量にかなりの変動があったり搬出週（日）が限られていたりする状況である。敷地が狭隘で、解体材を集積しておくヤードスペース、および搬出車両への積込スペースにも余裕がないので、工程およびヤード状況に適切な搬出車両の管理が求められる。



図表 6.4 - 6 全品目の週間発生量（体積単位）



図表 6.4 - 7 主要三品目（鉄スクラップ・コンがら・廃石綿等）以外の週間発生量（体積単位）

6.5 実例調査 SSI：調査結果

前節までの SSJ の詳細な調査に加えて、類似の先行事例 2 事例（SSI および SSH）について、（元請）施工業者へのヒアリング調査を行った。本節では、SSI へのヒアリング調査結果をまとめる。

6.5.1 概要

SSI は、地上 19 階の鋼構造建築物で、工期は 2000 年 1 月から 2001 年 1 月の約一年間であった。ただし、同一敷地内の SRC 造 10 階、RC 造 6 階、RC 造 2 階、S 造 2 階の 4 棟建築物の解体も同時に行っていて、それらの分も含む。建物概要を図表 6.5 - 1、外観写真を図表 6.5 - 2 に示す。

SSI の特筆すべき点は、養生計画として、独自に開発した「昇降式養生フレーム」を用いていることにある。また、床スラブコンクリートの解体も、SSJ のように階上では行わず、スラブをブロック状に切断（「ブロック解体工法」）して、地上に揚重してから、解体・破砕し、コンクリートがらと鉄筋等に分別している。

図表 6.5 - 1 建物概要

工事場所	港区六本木3丁目（首都高速道路に近隣した角地）	
工期	2000.01～2001.01（実働：322日） 他4棟も同時に解体	
解体 建物 概要	竣工	1973年（築27年）
	主用途	事務所
	構造	S造 一部SRC造（地下1階）、RC造（地下2階）（分離コア式ラーメン構造？）
	外装	PCカーテンウォール（パネル形式・タイル打込み仕上げ／H3500×W3250×T180mm）
	杭	深礎拡低杭L=10500 1600 - 2000 - 2500
	床	デッキプレート＋軽量コンクリート打設（t = 180～200mm）
	階数	地上19階 地下2階 棟屋2階
	階高	3520mm
	述床面積	26165m ²
	基準階床面積	1318m ²



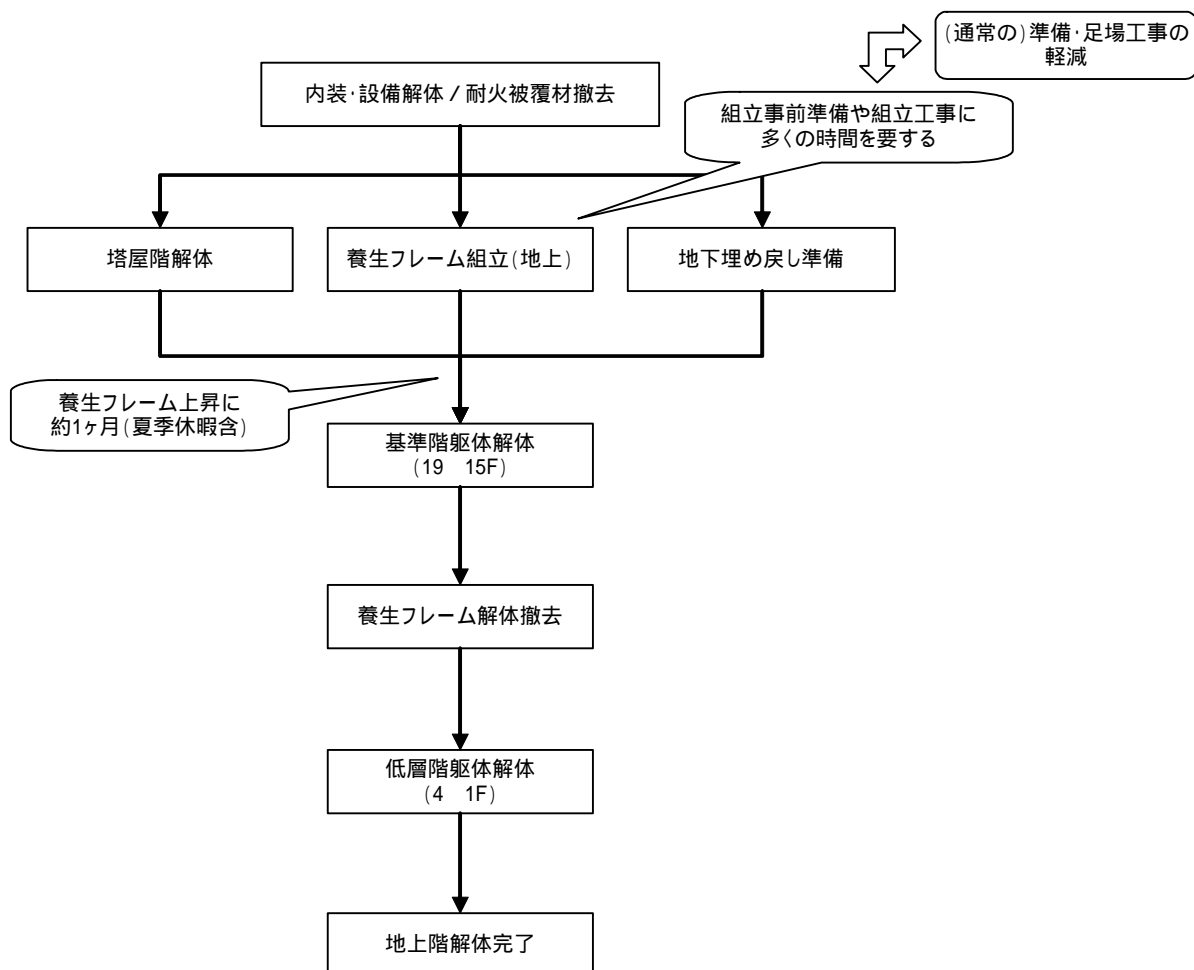
図表 6.5 - 2 外観写真

6.5.2 全体工程について

- ・ 昇降式養生フレームを用いた躯体解体に先行して、内装・アスベスト・設備機器・EV等を撤去を行っている（図表6.5-3に全体工程フローを示す）。
- ・ 養生フレームの事前準備・組立工事に多くの時間を要しているが、従来のな準備・足場工事は軽減。
- ・ 養生フレームの上昇にも約1ヶ月を要する（夏季休暇挟む）。（機械調整、予測外の作業発生の為。）

内装解体について

- ・ 内装解体は解体業者一社に発注し（下請けに出し）内装解体に関する工事計画、各種工種の手配等は解体業者が行った。
- ・ 内装解体は、手作業で行い、解体材の荷降し（運搬）は本設EVを使用。
- ・ 内装解体は躯体解体と上下階で並行作業とする計画であったが、揚重フレームの計画～設置に日数を要したため、完全先行解体となった。



図表 6.5 - 3 全体工程フロー

6.5.3 躯体解体について

工法の特徴と選定理由

- ・ 小型軽量の解体機械・機器を採用し、躯体を部材ごとにブロック状に切断撤去（「ブロック解体工法」）し、建物外周に設置した外部シャフト（東西各 1 ヶ所）やスラブ開口（2 ヶ所）からウィンチなどで地上へと揚重した後、地上にて解体ブロックを分離・破砕することで、「階上解体工法」における大型解体重機および下階へ投下された解体材等を支えるためのスラブサポート補強の手間・コストを軽減するとともに、解体材が混在し分別・搬出作業に要する多大な時間・労力を省き、整然とした効率的な分別解体が可能。また、大型重機による排気ガスや騒音・振動・粉塵などの作業環境も改善。

養生計画（昇降式養生フレーム）について

- ・ 養生足場・防音パネルが設置された 3 層分の高さの昇降式養生フレームを、最上階から順に降しつつ解体（躯体のみ）していく工法。
- ・ 選定理由：外周地足場を採用した場合に発生する足場・防音パネルの組立・解体作業の手間を軽減するとともに、高所作業に起因する労働災害も予防。また、従来の外周地足場では構造的に不十分で、補強が必要となり、コスト・手間が増加する。また、分割式のせり下げ足場の場合、盛替え時に飛来・落下物の危険性もあるため、高速道路に近接していることなどもあり、第三者災害にも十分に配慮。
- ・ 養生フレームの計画・製作・組立は水平移動足場なども扱っている鉄骨ファブに発注。
- ・ 初めての事例であり、計画・製作・組立および上昇には、計画よりも日数を要した。
- ・ 上昇に約 1 ヶ月を要した。
- ・ 養生フレームの昇降は、10cm 毎に停止・確認をしながら、慎重に行う。解体中の降下は、半日程度。
- ・ 詳細：建物四隅に設置したガイド柱頂部のシーブ（滑車）に反力を取り、地上に設置したウィンチのワイヤでロードセルを介して吊る構造。ガイド柱は、1 フロア分（階高 3.52m）をユニットとし、ガイド柱直上に設置した電動チェンブロックを利用して 1 フロアずつ取外していく。解体建物の鉄骨柱に溶接した控えの金物にボルト固定されている。ガイド柱側面にはブラケット型のストッパー金物を取り付け、昇降時や解体作業中の養生フレームの指示点としている。PCCW 版の取外し・搬送用として、養生フレームの建物側にトロリー式電動チェンブロック 2.8t 用（PC 版テルハ）を走行させている。荷降し用外部シャフト（東西各二ヶ所）を設け、5t ウィンチ設置。

揚重計画について

- ・ 敷地が傾斜地のため定置式タワークレーンを設置するには困難が伴う、クローラークレーンではブーム組立のためのスペースが問題となる、などの理由から、躯体の揚重は、スラブの一部を先行して解体した内部荷降し用開口、養生フレームに設置した外部シャフトなどにて行う。
- ・ 当初は内部荷降し用開口と外部シャフトのみで行う計画であったが、加えて中間階（10 階と 13 階）に荷降し用ステージを建物外部に設置し、ステージ上まで運搬したものを地上のクレーンを用いて揚重するという方法も併用した。

躯体解体計画について

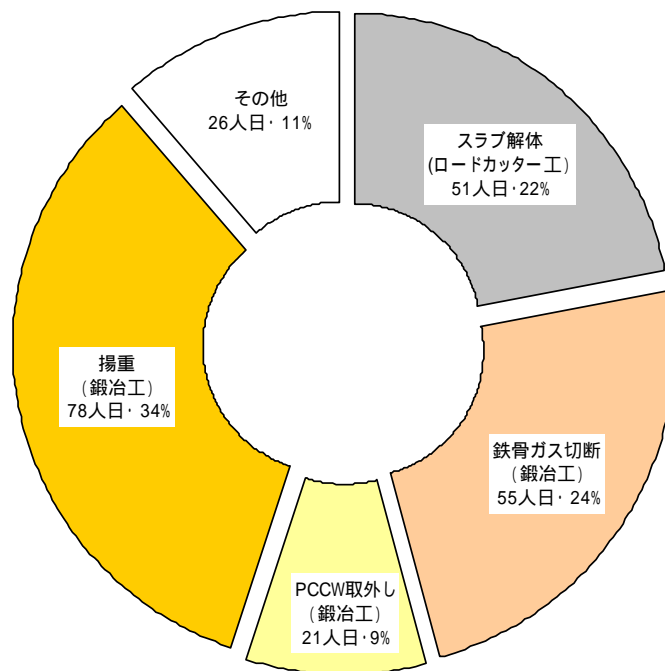
- ・ 作業に応じて適切な専門工を配置（躯体鉄骨のガス切断・PCCW 撤去・揚重作業は鍛冶工、スラブ切断はロードカッター工）。また各専門工のなかにおいても、作業者は分業担当化され、作業の効率化をはかるとともに、（解体が進むにつれ）習熟効果によりサイクル短縮に寄与している。
- ・ 基準階当たりのそれぞれの作業の作業人数を図表 6.5 - 4 に示す。床スラブのブロック解体工法に要する割合は比較的少ない。揚重に要する割合が多い。
- ・ サイクルの工程に合わせて作業者数を変えているので、各日の作業者数は流動的。（SSJ では、作業者数は毎日ほぼ一定）
- ・ 昼夜二交代制、延 16 時間作業。
- ・ サイクル工程日数は 5 2 日に短縮。
- ・ 外周の鉄骨柱は、外部側への転倒をレバーブロックで防止しながら切断作業。
- ・ 鉄骨梁のガス切断位置上のスラブ、およびスラブ受昇降機（フォークリフト）が下に入れないコア周りのスラブは手すり作業が必要となり、手間がかかった。
- ・ 他の棟の解体跡地を分別ヤードとして利用。

躯体解体の詳細について

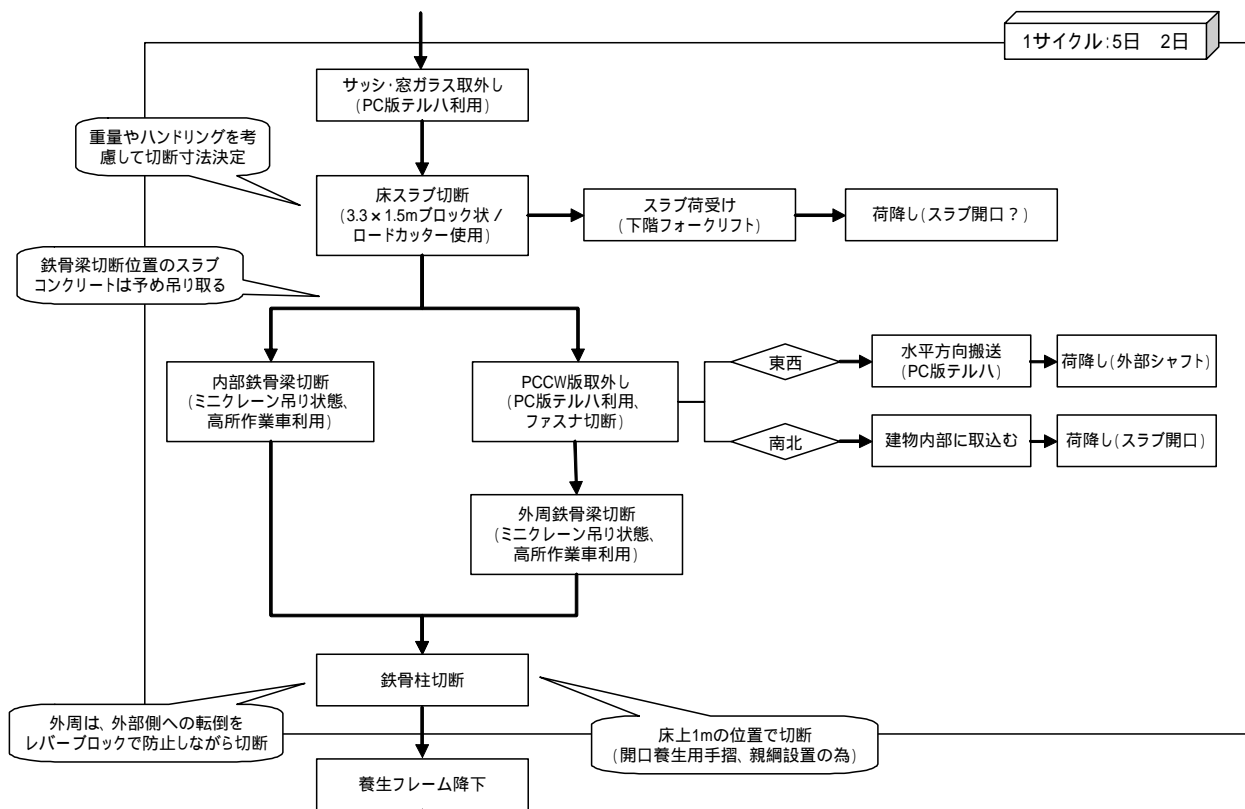
- ・ 解体手順（図表 5.6 - 5）
 - 「サッシ・窓ガラス取外し（PC 版テルハ利用）」
 - 「床スラブをブロック状切断（ロードカッター利用）」
 - 「内部鉄骨梁ガス切断（ミニクレーン吊り状態）」
 - 「PCCW 撤去（PC 版テルハ利用） 外周鉄骨梁ガス切断（ミニクレーン吊り状態）」
 - 「鉄骨柱ガス切断」
- ・ サイクル工程（昼夜二交代制延べ 16 時間）：5 2 日 / フロア。（揚重時間の短縮、作業員の習熟効果。）
- ・ 床スラブ切断はロードカッターを使用し、スラブ下に荷受けおよび搬送用のフォークリフトを配置。切断寸法は、重量やハンドリングを考慮し、3.3m × 1.5m を基本。
- ・ 鉄骨梁切断位置の上部のスラブコンクリートは予め吊り取っておく。
- ・ 鉄骨梁は、2.9t ミニクレーンで吊った状態で、作業員が高所作業車に乗りガス切断などの作業。
- ・ PCCW は、PC 版テルハでパネルを 1 枚ずつ吊った状態で、ファスナを切断して取り外す。
- ・ 外周の鉄骨柱は、外部側への転倒をレバーブロックで防止しながら切断作業。
- ・ 荷降し・揚重は、建物外周に設置した荷降し用外部シャフト（東西各 1 ケ所）と内部に設けたスラブ開口（2 ケ所）から、各種揚重機器（ウィンチ、スラブ緩降機、ミニクレーン、PC 版テルハ）にて、地上へ搬出。

6.5.4 解体発生材について

- ・ 「鉄スクラップ」の総量 4910t（内装・機器類含）。A（H 鋼等）：45%、B（鉄筋等）：30%、C（細かい物、薄い物、デッキプレート等）：25%。
- ・ 「コンクリートがら」は、後続の新築工事の作業床確保として、地下に埋戻したため、産廃として搬出してない。



図表 6.5 - 4 基準階 (12F) 躯体解体当たりの作業人数割合 (提供資料より作成)



図表 6.5 - 5 躯体解体作業フロー

6.6 実例調査 SSH：調査結果

前節では、(元請)施工業者へヒアリング調査を行った、SSJの類似の先行事例2事例(SSIおよびSSH)の一方SSIについて、調査結果をまとめた。本節では、もう一方のSSHについてまとめる。

6.6.1 概要

SSHは、地上19階の鋼構造建築物で、2005年5月から2006年2月までの約9ヶ月の工期であった。ただし、同一敷地内のRC造2階の1棟の解体も含んでいる。建物概要を図表6.6-1、概要写真を図表6.6-2に示す。

SSHの特徴は、SSI同様、床スラブコンクリートを「ブロック解体工法」としており、さらに鉄骨躯体もスラブの解体ブロックと一体のまま揚重している(SSIは、鉄骨躯体はスラブの解体ブロックとは別にガス切断している)。また、外周養生は、全面地足場としている。

図表 6.6 - 1 建物概要

工事場所	東京都港区北青山 2 丁目	
工期	2005.05.23～2006.02.28	
解体建物概要	竣工	1971年（ 築34年）
	主用途	事務所
	構造	S造 一部（地下）RC造・SRC造 （センターコア式ラーメン構造）
	外装	アルミCW
	階数	地上19階 塔屋2階 地下4階
	最高高さ	72.15m
	階高	-
	建築面積	1292.76m2
	延床面積	28207.2m2
	基準階床面積	-
付帯建物（低層棟）	RC造 地上3階・地下2階 最高高さ14.5m	



解体前外観



解体中外観



解体状況

図表 6.6 - 2 概要写真(出典:ヒアリング時提供資料)

6.6.2 全体計画・工程について

全体工程について

- ・ 工期短縮のため、躯体解体・耐火被覆撤去・内装解体を上下階で並行作業（ラップ作業）としている。特に、耐火被覆が大量であったことが大きい。
- ・ 全体工程フロー：内装（天井・床Pタイル・間仕切り）解体
 - 耐火被覆（石綿）除去
 - 窓ガラス撤去
 - 設備配管・ダクト・ALC壁解体
 - カッター切断位置およびコア抜き位置墨出し
 - スラブ配筋方向カッター切断・吊り治具設置用コア抜き
 - 躯体解体（「ブロック解体」）
- ・ 躯体のブロック解体よりも、むしろ内装・耐火被覆の先行解体のほうが、サイクル工程の日数を要した。（先行解体の進行に合わせて、躯体解体の進行を調整していたため、躯体解体のサイクル日数自体はさらに短縮することもできた。）

工種について

- ・ 詳細に分業化され、適切な工種が配置されている。
 - ・ 解体工：内装等解体、耐火被覆撤去、鉄骨がス切断、アルミCW取外し、ヤード作業（重機含む）
 - ・ 鷹工：各種揚重、支保工設置、外周足場解体
 - ・ ロードカッター工：スラブ切断、コア抜き
 - ・ 墨出し工：スラブ切断位置およびコア抜き位置墨出し
 - ・ クレーンオペレーター
- ・ 取外し・切断（解体）する工種と揚重する工種がことなるため、相互の連携が重要となってくる。
- ・ ロードカッター工や墨出し工は解体工が手配している（解体工の下請）が、仮設物などに関わる鷹工は元請が直接手配し、安全対策を取りやすくしている。

「内装解体」について

- ・ 解体には0.08m³サイズの小型重機を使用。
- ・ 内装解体材は、先行して開口したたて穴（ダストシュート）や仮設EVで荷降し、あるいは躯体のブロック解体に使用していない時間帯にクレーンで揚重。
- ・ 一階部分を集積・分別ヤードに利用。

「耐火被覆（石綿）撤去」について

- ・ 非常に手間・時間（2005.06～2005.12）を要した。
- ・ EVなど縦動線部分を先行して撤去し、そこを閉鎖（養生）することで、他階や外部への飛散を防止。
- ・ スラブ端部の隙間から小片のガラなどが落ちてきて養生シートが破れることなどがあるので、管理を徹底。

6.6.3 躯体解体計画について

工法概要および選定理由

- ・ 「ブロック解体工法」: スラブを碁盤の目状にカッターで切断し、鉄骨梁や鉄骨柱がついた状態でクレーン(タワー式クローラークレーン使用)にて揚重していく工法。内装、耐火被覆(石綿)設備配管・ダクト等は先行撤去しておく。
- ・ 選定理由: 「階上解体工法」はスラブサポート補強の必要となる、「地上解体工法」は対応可能な大型重機はほとんどなくまた安全性を考慮すると鉄骨切断は人的作業となり難しい作業となる、などといった理由から採用せず、加えてオフィスビルが近接しているため振動・騒音・粉塵の低減、躯体解体・耐火被覆(石綿)撤去・内装解体を上下階で並行作業(ラップ作業)とすることで工期短縮するため振動等が下階へ伝わらず解体材も下階へ落下させる必要がないこと、などから「ブロック解体工法」を選定。

揚重計画について

- ・ 定地式タワークレーンも検討されたが、高層棟と低層棟の間にクローラークレーンを二台設置可能であったため、揚重速度(定地式より速い)やコストを考慮して、350tと250tクローラークレーン二台による揚重。

外周足場計画について

- ・ 枠組足場による全面地足場。高層のため、単管による足場補強を必要としたが、それほど大変ではなかった。
- ・ 全面地足場の場合、全ての階で作業が可能ため、並行作業に適している。
- ・ 全面を囲っていることで安全面等の安心感はあるが、足場材や養生パネルの管理が重要となる。元請業者の大規模建設工事のノウハウが活かせる部分であり、大規模工事实績の少ない解体業者に任せるだけとしない。
- ・ (SSJでは敷地が狭隘で足場を解体するスペースや保管するスペースの問題も全面地足場が採用されなかった一因だが)先立って解体した低層棟敷地のスペースなどがあり、問題とはなっていない。
- ・ 外周足場に加えて、前面(南面)の歩道と南東角の地下鉄入口に防護構台を設置し、第三者災害防止。

6.6.4 躯体解体の詳細について

ブロック解体手順

スラブ支持用支保工設置(下階二層分に設置。盛替作業効率を考慮し、PC工事等に用いる移動式支保工使用)

鉄骨梁・柱ガス切断

スラブ主筋方向カッター切断

解体ブロック揚重

支保工移動, 外周足場解体, アルミCW取外し・揚重等

ブロック解体のサイクル工程

- ・ サイクル工程日数: 8 3.5日/フロアに向上。繰り返し作業による習熟効果、および解体が進行するごとに施工方法や手順の見直し・改善(ただし安全最優先は前提)の実施による効果大きい。特に、クレーンの揚重手順、内装材の集積や荷降し方法・手順の見直し・改善が大きい。

揚重ブロックについて

- ・ 揚重ブロックは、切断割付や揚重方法などを詳細に計画（図表 6.6 - 3）
- ・ 揚重ブロック種数：20～30 種 / フロア
- ・ 揚重ブロック数：60 ピース / フロア
- ・ 揚重ブロック最大重量：約 12t / ブロック
- ・ 揚重ピースの水平を保ち安全に揚重するため、全ての形状のピースについて重心解析。
- ・ バランス調整可能なようにチェーンブロックを吊り治具に使用し、鉄骨梁を治具代わりにして玉掛け。
- ・ 二台のクレーンの作業性、残置部の安定性、階段部分の利用等を考慮して、ブロックの揚重順序を決定。

鉄骨梁（一般部）付きスラブ揚重（図表 6.6 - 4）

鉄骨梁（コア部）付きスラブ揚重

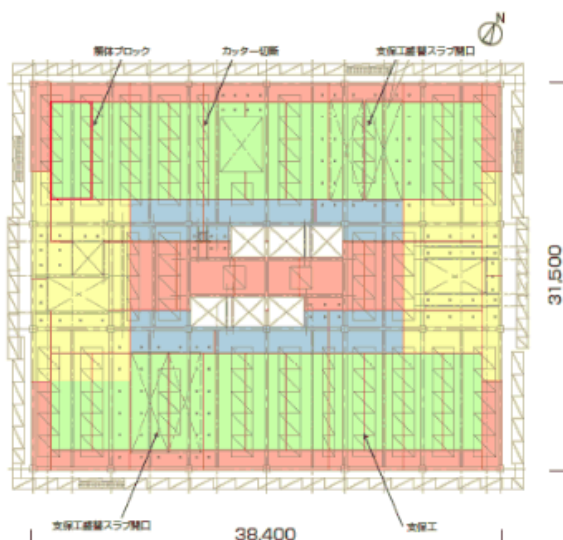
鉄骨柱・梁（コア部）付きスラブ揚重

鉄骨柱・梁（外周部）付きスラブ揚重

階段周り（コア部）揚重

安全性

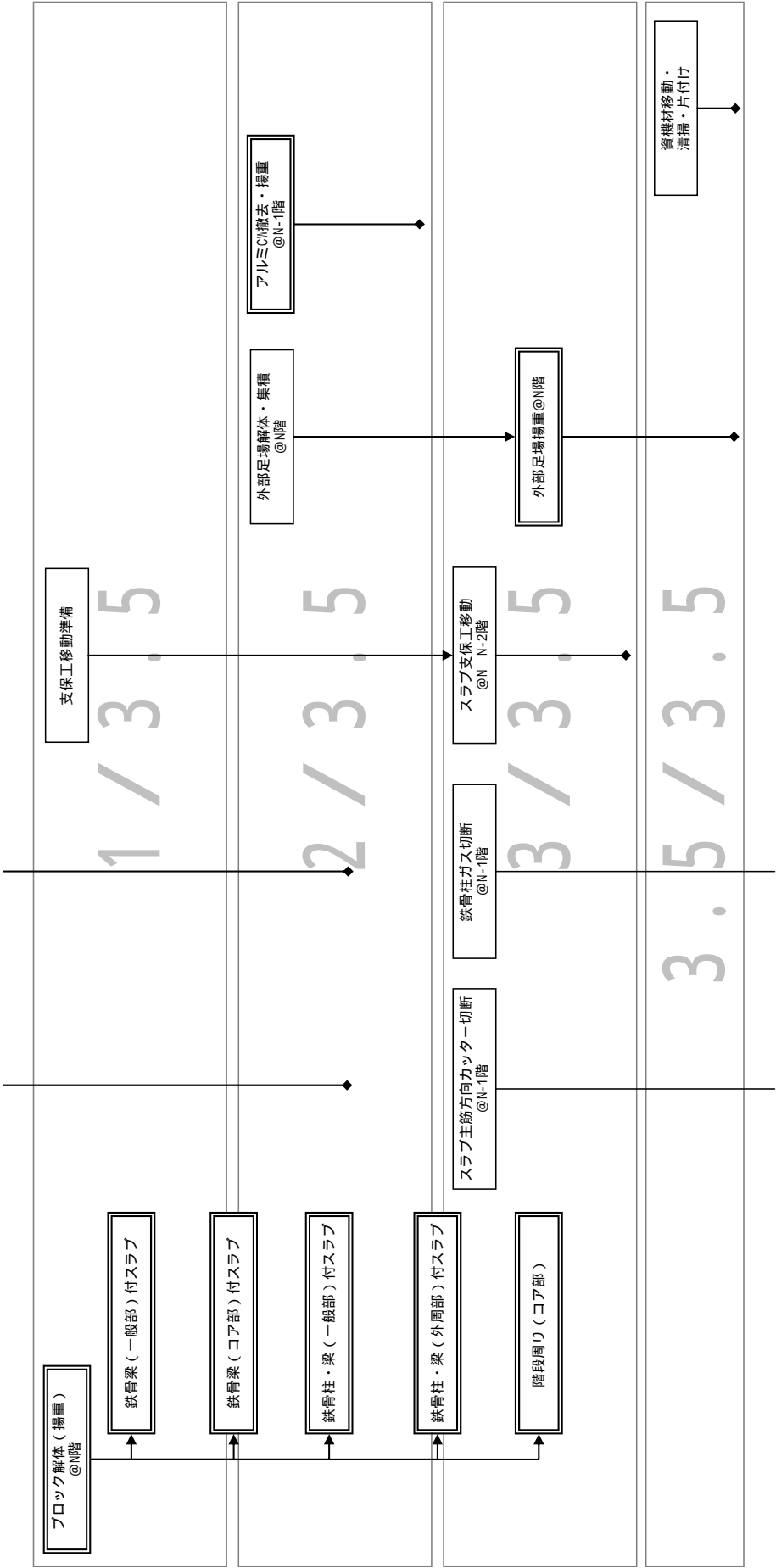
- ・ 外周部のブロックは、外側に倒れないように、内側方向に引っ張りながら作業する、切り方を工夫するなど、細心の注意のもと行った。
- ・ 安全性を考慮して、鉄骨柱の切断位置なども詳細に規定。
- ・ 解体ブロックの揚重時の玉掛けを二重構造とし（ワイヤーを二重としている）万全を期している。
- ・ 4フロア程度ごとに玉掛け用ワイヤーを交換している。
- ・ 外壁アルミ CW パネルは、強風時には作業中止。
- ・ 荷降し用開口などの開口養生（可動式の手摺などを設置）を徹底したが、かなりの作業量であった。
- ・ 隣接する低層棟を先行して解体し、解体ブロック小割（破砕・分別）ヤードとした。低層棟は、防護壁として利用するため、高層棟側以外の三面の外周壁を残して解体。



図表 6.6 - 3 解体ブロック割付



図表 6.6 - 4 解体ブロック揚重(一般部梁付きスラブ)



図表 6.6 - 5 ブロック解体作業フロー（サイクル 3.5 日 / フロアの場合）

6.7 小結

超高層建築物のように大規模な建築物の解体においては、条件が複雑化するとともに、一つひとつの条件の影響力も大きいと、選定された工法やその選定プロセスも多様化してくることがわかった（図 6.7-1）。いずれにおいても、安全性や周辺環境保全といったことを重視し（大前提とした上で）構造計算や揚重方法の検討などの大規模建設工事において培ってきたノウハウ・技術を活かした高度な工法計画がなされていた。

いずれの事例においても、鋼構造建築物の特徴ともいえる耐火被覆材の石綿除去工事が、全体の工程速度の決定要因として工程計画がなされていたが、実際の工事では、計画以上に石綿除去に作業量・時間を要しているということであった。今回、SSJにおいて、詳細で具体的な作業量を把握できたことは、今後の石綿除去工事における適切な計画に有効な資料となり得る。

躯体解体においては、各事例とも異なる揚重方法を採用しているが、解体材の揚重が工程速度の決定要因として大きいことがわかった。また、躯体解体は、非常に細かく分業化され、作業効率化を図っており、SSJにおいては、それぞれの作業量（人工数）を把握することができた。分業化による作業効率化の反面、複数作業が同時に進行するため、作業の進行が揃わず手待ち時間が多くなる傾向にあり、作業者間の連携が重要になってくることわかった。

解体発生材については、全体での発生量や発生量の推移を把握することができ、今後の発生量予測や搬出計画のための有用なデータを得ることができた。

図表 6.7-1 多様な工法とその選定理由

	躯体解体工法		外周養生工法	揚重方法
	鉄骨躯体	床スラブ		
SSJ	鍛冶工による鉄骨躯体の「ガス切断工法」	解体重機による「階上解体工法」	クライミング足場による上部3層分の養生（「せり下げ足場」）	タワークレーン2機による揚重
	〔選定理由〕タワークレーンの経験等を重視	〔選定理由〕狭隘なヤードでの破碎・分別作業を軽減	〔選定理由〕足場組立・解体の手間削減／地上に足場作業用スペース不足	〔選定理由〕建設時のノウハウを活かした計画・実作業
SSI	鍛冶工による鉄骨躯体の「ガス切断工法」	ロードカッターでブロック状に切断（「ブロック解体工法」）	昇降式養生鉄骨フレーム（3層分）	養生フレームのホイストクレーン、内部スラブ開口からミニクレーン等で揚重
	〔選定理由〕ヤードでの破碎・分別作業により、作業効率化と騒音・振動等の作業環境改善		〔選定理由〕近接する高速道路への対策／作業機械（揚重機器等）の一体化	〔選定理由〕複数の揚重機を用いることで揚重待ちの削減
SSH	鉄骨躯体を一体のまま床スラブをロードカッターでブロック状に切断（「ブロック解体工法」）鉄骨はガス切断		全面地足場	クローラークレーン2台による揚重
	〔選定理由〕解体階での作業量を軽減することによる工期短縮		〔理由〕選定各階での並行作業を可能にし、工期短縮	〔選定理由〕揚重速度を重視

7 章 終章

7.1 まとめ

7.2 今後の課題

7.1 まとめ

以上ここまで、タイプの異なる 5 事例について、解体性および資源循環性という視点から、実際の解体工事の中心にして調査研究を行ってきた。最初の目的に示したように、事例は、高度な解体技術や再資源化レベルに取り組んでいる先進的事例を選定しているが、規模によりその技術範疇は大きくことなり、またリサイクルかノリユースかによって要点は大きく異なってくる。よって、これまでの調査について、以下のようなかたちで 3 つ分けてまとめる。

小規模建築物の解体について

小規模な解体工事で重要（課題）となってくる事柄には、必要なモノ・ヒト・コトの手配や管理が、小規模であることが障害となって効果的に行われにくいことが背景としてある。

例えば、排出量が少量なために輸送効率（回数）が分別回収の障害となる。事例HMWでは、解体業者が収集運搬業務も兼任していたため、解体から積込までを材料毎に区切った工程により、資材混合防止が可能であった。また、工種の細分化が極めて多い建築では、より詳細な解体や分別を求めた場合には、解体時の専門工の要否も検討すべき重要項目となってくる。リサイクル技術の現状や受入基準等の静脈側の事情は研究レベルでは整理されつつあるが、実際の現場レベルとの情報のギャップが、高次のリサイクルの阻害要因となっている。動脈側からは、メーカーの一貫した製品管理の今後の有効活用の期待は大きい。

大規模建築物の解体について

各種条件が複雑で影響も大きいため、工法選定や再資源化計画のプロセスも多様化してくる（表2）。その際、計画・管理レベルでも実作業レベルでも、建設工事のノウハウ・技術が活かされる可能性が大きい。工程速度には、全体としては石綿除去、躯体や内装解体等を詳細にみると解体材の揚重が大きな決定要因となっていることがわかった。解体材揚重には建設時の揚重計画・技術の有効性は大きいですが、石綿除去工法や安全対策方法の確立は重要課題である。再資源化では、膨大多種の解体材発生ため、発生予測が重要となる。加えて、膨大な発生量と受入先の処理能力（量に関する能力と再資源化方法に関する能力）のバランスから、同一品目に複数の再資源化ルート確保や現場処理の個別対応により、再資源化の質・量の向上を可能にしている。

リユースと設計段階の配慮について

リユースや移築を目的とした解体では、作業量よりも作業プロセスの方が工期等に影響が大きいことがわかった。また、設計段階からの配慮が不可欠となる。通常言われている乾式構法だけでは不十分で、接合部や部材同士的位置関係、取付け順序等が把握できることが必要とわかった。それらが外観から“見える”ような設計での構法的配慮か、施工履歴を詳細に記録し解体段階に活用する（“分かる”）ことが重要となる。また、解体性は接合部等の微視的な視点のみから捉えがちだが、特に内外装解体による構造部材の損傷防止のためには、空間の仕切り（壁・床）や縦動線（設備や階段）の配置といった空間的・平断面的な視点からの配慮も重要である。

7.2 今後の課題

調査研究を経て考える今後の課題を二つ挙げたい。

ひとつは、学術的な側面として

今回のように定量的に把握した解体・再資源化方法について

実際の環境影響（負荷）としての有効性の可否・程度をはかること




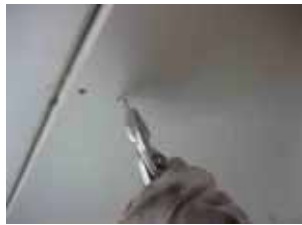


もうひとつは、実務的な意味も含めて

解体や再資源化に関わるコストや建設産業特有の地域差などといった与条件の部分を明らかにしていくこと

後者は“現場”というフィールドを研究対象として、少ないながらもいくつかの現場に深く関わったことで、強く感じた部分である。目的に記した「職人や現場管理技術者個々人の私的な技術や知識・ノウハウ」の一例であろう。学術的な立場からのアプローチには限界があるかもしれない。

筆者自身にとっても今後の課題ともしていきたい。



資料編

	問題点	例
電気/給排水設備	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>特に給排水設備配管周辺の内壁や床で、現場合わせで部材を不規則な加工したり、無理やり納めたような箇所あり、解体に手間がかかった。また、解体時に床材や内壁材が損傷したり、その周辺の他の部材にキズをつけることがあった。</p> <p>(配管周辺の不規則に加工されたMウッドの解体)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>解体工にも可能な作業についても専門工を手配したため、労務人数を増やす結果となった。また、特に内部配線・配管については、内装材などの他の部位の解体と並行して適宜、解体工が行なったほうが効率が良いと思われる。</p> <p>(解体工の作業の邪魔になる電気配線)</p>	
内装全般： タップビス接合	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>施工時及び解体時に、タップビスの頭が取れる・ネジ山が滑る等があったため、パール等を使用した解体になり手間がかかったり、部材を損傷させる可能性が増すことがあった。また、ビスが取外せず、アルミ部材にビスや付属部材などが残留してしまうこともあった。</p> <p>(タップビスがフレキシブルボード片とともにアルミ材に付着)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>タップビス接合は、接合箇所が多くなる、タップ加工部分の引き抜きにはプライヤーなどが必要となる等の特徴により、解体には手間がかかる。</p> <p>(タップビスを引き抜くためにはプライヤーなどが必要)</p>	
内壁：フレキシブルボード	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>アスベスト含有建材への安全対策としての、準備作業（養生・密閉）や散水作業、保護衣等着用による作業性の低下は、人数や工期に大きく影響した。</p> <p>(湿潤、形状維持などのために、1枚に多くの作業員が必要)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>安全対策のためボードを全て解体してから下地などの他部材を解体するといったように手順を制約したため、内壁の交差する位置や天井でボードの手前に下地がある箇所では、無理にボードを先に取外そうとした結果、ボードが割れることがあった。</p> <p>(割れてしまった天井のフレキシブルボード)</p>	
内壁下地：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>長尺の部材が数個あり、ハンドリングが悪く、解体には手間がかかった。</p> <p>(長尺の内壁下地のため複数の作業員で解体)</p>	



建設（設計・施工）	解体（計画・工法・管理）
<p>設備配線・配管と内装材の取り合いがシンプルになるような平面・断面計画。</p> <p>取り合いを納めるような細巾の役物や端部の部材などを内装材で用意する。</p>	<p>設備と内装材の解体手順（順序）の検討。</p> <p>基本的に、内装材は設備周辺以外から解体する。</p>
	<p>解体工が行える部分は解体工が適宜行う。</p> <p>専門工の手配をスムーズにする。また、解体工が行うのか専門工が行うのかをはっきり示す。</p>
<p>リユースを前提とした部材への使用はできるだけ避ける。</p> <p>作業員の熟練度を高めるなどして、施工時の損傷を防ぐ。</p>	<p>作業員の熟練度。</p> <p>解体材のビスなどの付着の有無を分別してリサイクルの質を向上。 仕分けなどの工数は増加。</p>
	<p>作業員の熟練度。</p> <p>ビスを緩める作業と引き抜く作業とに分担する等して効率化。</p>
<p>有害建材の使用を避ける。</p>	
<p>有害建材使用部分では、他部位以上に納まりなどの解体容易性に注意が必要。</p> <p>設計図書等では規定できていない部分で、複雑な取り合いとなってしまうことでは、取り付け方法などを記録する。 解体時に参照可能なように情報化</p>	<p>安全の範囲内で、解体手順等を工夫する。</p>
<p>寸法の検討に解体施工性も考慮。</p>	<p>部材の形状・寸法をあらかじめ把握し、適切に道具や作業人数を用意する。</p>

	問題点	例
1F床：Mウッド	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>取付け金具の向きが不明であったため、また向きが数箇所であわっていたため、工期を要した。向きを確認するためには、部材を壊して取外す必要があり、周辺の他の部材を損傷させる恐れもあった。</p> <p>(Mウッド金具の向きが変わる箇所)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>目地に接着剤（両面テープ）を使用していたため、解体には手間がかかり、損傷する部材も多かった。また、周辺の他の部材を損傷させる恐れもあった。</p> <p>(目地の接着を剥すためにパールを使用)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>使用期間中に变形したものは、隣接する部材とかみ合い、取り外しにくかった。</p> <p>(屋外で变形したため取り外しにくくなったMウッド)</p>	
2F床：コルクタイル・下地合板	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>下地合板を解体するときに、柱にキズが付くことがあった。</p> <p>(2F床面レベルの位置にキズの付いた柱)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>合板からビスを抜き、分別するのに手間がかかった。</p> <p>(解体後にさらにくぎ抜きを施す必要がある下地合板)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>コルクタイルは接着剤使用のため、剥がすのに手間がかかった。また、細かな負破片が多量に生じ、掃除・片付けの手間がかかった。</p> <p>(破片状になったコルクタイル)</p>	
根太：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>2F根太の床パネルへの取り付けのタップビスでは、床パネルに残留したままのものが多数あった。床パネルの面材の板厚が厚く、余計に取り外しにくくなったためと考えられる。</p> <p>(床パネルに残留した根太取り付けビス)</p>	

	建設（設計・施工）	解体（計画・工法・管理）
	取付けに方向性のない部材を使用。 取り付け方法・位置・向きなどについて明確に情報化する。設計段階で規定・情報化できないような仕様や設計図書からの変更がある場合には、施工履歴レベルの情報化が求められる。	解体手順、特に最初に解体する箇所を適切に計画・指示する。
→	湿式の目地材は避ける。	
	変形の可能性のある部材間にはクリアランスをとる。	
	リユースをする部材との納まりの検討。	リユースする部材の周辺を解体するときには、より注意を要する。 木質系部材の解体はバール等の使用が増え、解体が荒くなったり、破片などが多く出る傾向にあるため、注意する。
→		
	接着剤などの湿式の構法を避ける。	破片など細かなものが発生する場合、清掃・片付けなどが必要になり、他の部位の解体と並行すると効率が悪くなるので、出来るだけ並行して行わない。
→	リユースする部材へのタッピスの使用はできるだけ避ける。	作業員の熟練度を高める。

	問題点	例
根太：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>長尺の部材が多く、搬出に手間がかかった。（解体は、床に取り付けてある部材のため、容易に行なわれた。）</p> <p>（2Fからの根太の搬出）</p>	
サッシ	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>特に中庭面で、サッシ枠を取り付ける附属部材（支柱など）が多く、解体には手間がかかった。また、附属部材の多さ、外壁パネルとの位置関係がわかりにくかったことなどにより、解体手順に対して若干の混乱のもととなった。</p> <p>（サッシ周辺の納まりを確認する作業員）</p>	
ルーバー戸	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>レールの外壁への取り付け方が外観から分かりにくかったため、またレールが長尺の部材であったため、解体には手間がかかり、外壁を損傷させることもあった。</p> <p>（ルーバー戸レールの取付け方法を確認しようとする作業員）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>レールの外壁へのリベット接合の取外しに手間がかかった。また、外壁パネルも損傷させた。</p> <p>（リベット接合部分をバールで解体）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>リベット接合の外壁パネル側には、腐食（もらい錆）が見られた。</p> <p>（リベット接合部分が腐食した外壁パネル）</p>	
DSフレーム（垂木/母屋/柱）：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>支柱周辺は防水シートの密着性が悪く漏水の恐れがあったため、防水シートと併用の塗膜防水とが厚く施された結果、それらの除去にも手間がかかった。</p> <p>（支柱の防水材の撤去作業）</p>	
外壁パネル：アルミ・ウレタンサンドイッチパネル/アクリル小窓：アクリル板・アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>パネル間の凸凹接合部分に打たれたシールが接着剤となり、カッターが届かない位置のためシールが切断できなかった結果、パネル間が分離できず解体が難航した。パネル間の分離をバールで無理やりしようとしたため、ほとんどの外壁パネルは再使用が不可能なほど大きく損傷した。また梁にもキズ、へこみなどの損傷箇所が多く残った。</p> <p>（パネル間を無理に分離しようとしたために大きく損傷）</p>	

	建設（設計・施工）	解体（計画・工法・管理）
➡	解体時を考慮すると、特に内装材では作業員 1 人程度で持ち運べるような寸法・形状にするのが望ましい。	搬出経路の確保などを考慮して解体手順を計画する。（搬出の邪魔になる建具などは先に解体する、など）
➡	サッシ周辺の納まりは複雑になりがちなので、在来構法と異なる場合や異なるように見える場合は、特に注意が必要となる。	
		設計図レベルの情報で解体方法の検討が可能であるので、事前に計画し、作業員へ指示する。
➡	リベット接合の解体は損傷しやすいので、リユースする部材への使用はできるだけ避ける。	
	施工時の切り粉などに注意する。	
➡	ダブルスキンの支持方法の改善。（防水処理部分や外断熱部分を貫通しているため、それらの納まりも複雑になり、解体性を阻害する。）	
➡	目地の機能材であっても、シール等の湿式構法ではなく、ガスケットなどの乾式構法とする。 梁にキズが付かないようにブラケットなどを工夫する。	数枚分のパネルのブラケットを先に取外し作業をしてからパネル間の分離作業という手順で行なったが、1枚ずつブラケットの取外しと分離を行なったほうがパネル間の分離はうまくいったであろうと思われる。

	問題点	例
外壁パネル： アルミ・ウレタンサ ンドイッチパネル/ アクリル小窓： ア クリル板・アルミ押 出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>外壁パネルのサイズが2層分と大きく、取り扱いが難しかったため、解体性、リユース性を損なう一因となった。（パネル間分離ができなかった最大の要因はシールによる接着だが、サイズによる取り扱いにくさも要因のひとつと考えられる。）また、敷地条件などによっては搬出の作業性や安全性上で問題となる可能性もある。</p> <p>（作業員が、最低でも地上面・2F床面・屋根面の三箇所に必要）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>外壁パネルに取り付けてある他部材（屋根役物パネル、ルーバー戸レールなど）との接合部分やその周辺は、腐食（もらい錆）や解体時の損傷が見られた。</p> <p>（屋根役物パネルの解体時に損傷）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>外壁パネルでは、アルミの表面材部分と比較し、枠材の樹脂部分の方が解体時に損傷しやすかった。</p> <p>（樹脂枠だけが損傷した外壁パネル）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>一部の外壁パネル（サッシ枠が取り付け中庭面のもの）で枠部分に木材が使用されているものでは、木材に劣化が見られた。</p> <p>（枠材の木材の劣化状況）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>玄関の天井パネルは梁に大きめのビスで取り付けてあり、そのビスが取外せず梁に付着することや、ビス取付け時の切り粉により梁が腐食（もらい錆）することがあった。</p> <p>（天井パネルを梁に取り付けるビスが取外せない）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>外壁パネルは、複合部材であるため、アルミとウレタンを分離しリサイクルするためには特殊な分離技術が必要であった。</p> <p>（特殊装置で分離されたアルミ）</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>アクリル小窓の分解は、部材が多く構成が複雑であるため、またアクリル板が使用期間中に変形していたため、手間がかかった。</p> <p>（アクリル小窓の分解作業）</p>	






建設（設計・建設）	解体（計画・工法・管理）
解体性や搬出時も考慮して寸法や形状を検討。 （解体に三ヵ所以上に作業員が必要になると時間がかかる傾向にある。）	
リユースする部材への取り付けは注意する。	板状の部材は解体で損傷しやすいので注意する。
複合素材のリユース性にはアルミ以外の損傷も考慮する必要がある。	樹脂や木質系の素材は損傷しやすいことに注意する。
複合部材のリユース性にはアルミ以外の劣化も考慮する必要がある。	
リユースする部材へのビスの取り付けは避ける。 施工時に切り粉の発生などに注意する。	
複合部材にしたときの素材ごとへの分離性を考慮。	適切な処理施設の選択。
	アクリルを割るなどの荒い分離方法であっても、作業時間を短縮しかつ同等のリサイクル性は確保できたかもしれない。

	問題点	例
屋根役物パル：アルミ・ウレタンパネル	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>外観からは取付け・取外し方法がわからず、さらにシール、ビスが手や工具の作業性の悪い位置であったため、手間がかかり、またパールによる解体となったため外壁パネルを損傷させた。</p> <p>(屋根役物パネルの納まり)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>特に出隅、入隅などは防水処理が過剰に必要であり、屋根防水の除去に時間がかかった。また、防水部分跡の汚れが目立った。</p> <p>(防水材の撤去作業)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>複合部材であるため、アルミとウレタンを分離しリサイクルするためには特殊な分離技術が必要であった。</p> <p>(アルミとウレタンなどを分離する装置)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>梁への取付けボルトが共回りしたため、パネルの上下に作業員が必要となり作業性が低下した。</p> <p>(ボルトの取外しに作業員が上下に二人必要)</p>	
床パネル：アルミハニカムパネル	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>根太を取付けるためのビスが多数残留したままとまった。また、部材保管中に(パネルを数ずつ積み上げて保管)、これらの残留したビスが上下に積まれたパネルにキズを付けるという結果になった。</p> <p>(頭が取れ付着したままの根太用のビス)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>床面に多くの損傷が見られ、アルミ表面材が破れるほどの損傷もあった。(損傷ができたのが、施工時か、解体時か、搬出時か、保管時か、は不明であった。)</p> <p>(穴が開くほどのキズ)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>梁への取付けボルトが共回りしたため、パネルの上下に作業員が必要となり作業性が低下した。</p> <p>(ボルトの取外しに作業員が上下に二人必要)</p>	

	建設（設計・施工）	解体（計画・工法・管理）
➡	取外し方法が外観から分かりやすく、取り付け位置も作業性のよい位置であることが望ましい。	設計図レベルの情報で解体工法などの検討が可能であるので、事前に計画し、最適な工具の準備や作業員への指示を徹底する。
	解体性のよい防水構法の検討。 防水処理を施す側（屋根パネルなど）の目地や形状の検討。	
➡	複合部材にしたときの素材ごとへの分離性を考慮。	適切な処理施設の選択。
	アルミ部材の設計を活かすには、ボルトサイズ の選択など詳細事項までの規定や設計・施工の緊密な関係が必要となる。	
	リユースする部材へのタップピスの使用はできるだけ避ける。	部材の保管方法の検討。
➡		大きさ、重量のある部材であるので、解体時だけでなく搬出時、保管時にも部材を傷つけやすいので注意する。
	アルミ部材の設計を活かすには、ボルトサイズ の選択など詳細事項までの規定や設計・施工の緊密な関係が必要となる。	

	問題点	例
ブレース・ブレースカバー：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>スナップイン式で接合されたブレースとブレースカバーは取外せず、バールを用いてカバーを変形させて取外したため、解体は難航した。カバーは大きく変形し、ブレースにも多数の損傷箇所があった。</p> <p>(ブレースカバーは変形させて取外し)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>内壁を取付けるためのビスにより、キズ、穴、ビスの残留などがあった。</p> <p>(内装用のビスによりブレースカバーの損傷)</p>	
梁：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>クリアランスが小さいため、拘束の小さい内側の梁から先に取外す等の適切な手順を取る、梁の両端を均等に吊り上げる、といった適切な解体方法でないとうまく取外せなかり、柱側面にキズがついた。また、取り外しにくいときには、梁をハンマー等でたたいて取外したため梁にキズがついた(当て木等をしなかった箇所)。</p> <p>(当て木等なしで梁の下フランジをハンマーでたたき様子)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>HTBのサイズのピットがなく、有り合わせの工具で取外したため、手間がかかり、ウェブにはう小さなキズが多数ついた。</p> <p>(工具が用意できず、手持ちの工具を組み合わせ使用)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>他部材(外壁パネル、屋根役物パネルなど)の解体時のバールなどによるキズ・へこみが多数あった。</p> <p>(外壁パネル解体時のバールなどによるキズ・へこみ)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>他部材が直接梁にビスで取り付けられている部分では、ビスが取外せず残留したままになること、ビスを取り付ける際の切り粉により腐食(もらい錆)しているものが見られた。特に、玄関の天井パネルが取り付けられていた部分では、ビスが大きく取り外しにくかったため、残留しているビス、腐食が多い。</p> <p>(腐食したビスが取外せない。また周辺は切り粉などによるもらい錆)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>柱頭の防水シートやボルトを先に取外しておかなかったため、梁が引っ掛かる等して作業効率が悪かった。</p> <p>(柱頭部に付いた防水材やボルトなどに引っ掛かり梁がうまく取外せな</p>	

建設（設計・施工）	解体工法・管理
<p>カバーを取外さなくても解体可能なように、ボルト位置などを工夫する。</p> <p>スライドイン式の嵌合接合やボルトなどを用いた組立て式の接合にする。</p> <p>リユースする部材にスナップイン式の嵌合接合を使用するときは、着脱可能かを確認する。（建築構造材のように大きい断面形状や板厚の場合、着脱は難しくなる。）</p>	
<p>特に内装によって隠れてしまう部分では、内装施工時に損傷を与えやすいので注意する。</p>	
<p>ブラケットなどを取り付けることにより、均等に吊り上げることができるような仕組み。</p>	<p>拘束の少ない外側の梁から取外していくといった手順が必要。また、全てのボルトを緩め、建設時の仮組みの状態にしてから梁を取外すといった方法も考えられる。（ただし、仮組み状態にすることで安全上の問題がある可能性も考えられる。）</p>
	<p>事前に工法を計画し、工具等も準備する。</p>
<p>他部材を解体性を配慮した設計にする。</p> <p>他部材を取り付けるブラケットなどを工夫して、梁にキズが付かないようにする。（例：ブラケットを大きめにし、バールのキズはブラケットに集中するようにする）</p>	<p>当て木などを適宜行うことで損傷を防ぐ。</p>
<p>リユースする部材へのビスでの取り付けは避ける。ビスのサイズが大きいと解体しにくくなるた施工時に切り粉の発生などに注意する。</p> <p>梁に上から置くかたちで取り付けの場合は単純な取り付けとなり解体も容易だが、天井パネルのように下から取り付ける場合には注意が必要。</p>	
	<p>解体の妨げとなる防水やビスは事前に除去しておくといった、詳細な工程計画が必要。</p>

	問題点	例
柱：アルミ押出材	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>柱と柱脚ブロックがズレているため、取外しにくい柱脚ボルトがいくつかあった。</p> <p>(柱脚ボルトの取外し)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>再組立では、異なる位置にあった柱と柱脚ブロックの組み合わせでは組立てにくかった。また再解体時、異なる組み合わせの柱脚では、柱脚ボルト頭の取れるものがあった。</p> <p>(再組立で、柱脚と柱脚ブロックでボルト穴が揃わず、ボルト頭が取れず、)</p>	
	<p>リユース性 他部材のリユース性 リサイクル性 解体性</p> <p>他部材（2F床材や梁など）の解体時のキズや汚れが目立った。</p> <p>(梁の取外し時に側面についたキズ)</p>	



設計	解体工法・管理
上部構造と基礎の精度調整方法の改善。 基礎の施工精度の向上。	
上部構造と基礎の精度調整方法の改善。 基礎の施工精度の向上。	
	梁など他部材の解体時に配慮。

謝辞

修士論文でこれほど多くの方々に支えられてできたものがあるだろうか、と思ってしまうほど多くの方々の“支え”と“労働”により、この修士論文をなんとかかたちにすることができました。感謝の気持ちでいっぱいです。

学部時代を含め3年間も、熱心な御指導、御助言を賜りました清家剛先生には、本当に感謝の念でいっぱいです。と同時に、単身震災地へ乗り出していったり現場ではやたらと張り切ってしまう僕は、恐らく清家先生にご迷惑とご心配を煩わせていたのでは、と今更ながら反省しております。清家先生のもとでなければ、この二年間の充実した研究生活は送れませんでした。

松村秀一先生、藤田香織先生には、KK会議をはじめ、様々な機会で適切なアドバイスを頂きました。加えて、松村先生にはJFEビルを調査するに当たって、藤田先生には能登調査において、多大なバックアップを頂きました。本当に有難うございます。副指導をして頂いた大野秀敏先生には、まったく考えがまとまっていなかった僕に対しても、的確なご指摘を頂き、前へ踏み出すことが出来ました。有難うございました。

清家研研究員の秋田典子さんには、最後の最後まできめ細やかな御指導を頂きました。秋田さんがいなければ、僕たちは修士論文を書けてなかったかもしれません。ただ、一つ心残りなのは、秋田さんを一度も現場に連れ出すことができなかったということです。解体研究の本当の今後の課題は、秋田さんに清家研ヘルメットを被せることでしょう。後輩に期待します。

調査を影で支えてくださった秘書の三上さん、栢尾さん、狩野さん、本当に有難うございました。

現場調査は、アルミエコハウスにはじまり、能登、JFEビル、再びつくばと、本当に沢山の方々にお世話になりました。また、ヒアリングも、ALC、古材、プレハブ、超高層、とこちらも多くの方々にご協力いただきました。どの現場でも魅力的すぎる職人さんたちを含めると、あまりにも多すぎて、書き始めたら本論よりも長くなってしまいそうなのでやめておきますが、本当に皆様に感謝しております。

清家研の先輩・同輩・後輩（荒巻君も勿論清家研の準メンバーということで）の皆さん

皆さんのありがたい“労働”がなければ、この論文はありえません。本当に感謝しまくってます。

調査のまとめをともにやった伊東さん、荒巻君、峻三、石田君、伊藤君、本当に有難う、そしてお疲れ様でした。

最後に、ともに修士論文と戦った伊吹、笹子、田口。楽しい二年間と、やたらと一体感のあった猛烈な最後の一週間でした。これからもよろしく。