

平成 17 年度修士論文

DME バスの導入提案に関する研究

指導教官

松橋 隆治 教授 

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

環境学専攻 環境システムコース 環境経済システム学分野

47-46746

熊田 健宏

DME バスの導入提案に関する研究

A Study on Introduction scenario of public DME Vehicle.

<目次>

第1章 序論

1.1	背景	…	1
1.1.1	地球温暖化問題	…	1
1.1.2	バイオマスのエネルギー利用	…	1
1.1.3	木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステム	…	3
1.1.4	大都市圏における大気汚染問題	…	5
1.2	目的	…	6
	参考文献	…	6

第2章 評価システムの設定

2.1	評価シナリオの概要	…	7
2.2	需要側シナリオの設定	…	7
2.2.1	東京都交通局	…	7
2.2.2	設定地域における DME バス導入可能ポテンシャル評価	…	8
2.2.3	都営バスにおける DME バス導入シナリオの設定	…	8
2.2.4	DME 需要量の計算	…	10
2.3	供給側シナリオの設定	…	12
2.3.1	関東地方内の地域 X	…	12
2.3.2	設定地域における利用可能バイオマスポテンシャル評価	…	13
2.3.3	バイオマスのガス化とエネルギー利用	…	15
	参考文献	…	18

第3章 DME バス導入シナリオの経済性評価・大気汚染物質質量評価・CO₂ 排出量評価

3.1	経済性評価	…	19
3.1.1	DME バスの追加コスト	…	19
3.1.2	DME 補給設備の建設費・維持費	…	19
3.1.3	燃料コスト	…	20
3.1.4	導入シナリオの年間追加コスト	…	22
3.2	大気汚染物質質量評価	…	23
3.2.1	各バスの大気汚染物質排出量	…	23
3.2.2	各シナリオにおける大気汚染物質排出量評価	…	23
3.2.3	導入シナリオにおける大気汚染物質排出削減率	…	24
3.2.4	東京都全体の大気汚染物質排出削減率	…	25

3.3	DME バス導入シナリオにおける CO ₂ 排出量評価	… 25
3.3.1	排出原単位の設定	… 25
3.3.2	CO ₂ 排出量評価	… 26
	参考文献	… 27

第4章 コンジョイント分析による潜在的支払い意思総額の計算

4.1	コンジョイント分析	… 28
4.2	アンケート調査および分析	… 29
4.2.1	アンケートの概要	… 29
4.2.2	アンケート回答者属性	… 29
4.2.3	属性と水準の設定	… 30
4.2.4	分析結果	… 33
4.2.5	潜在的な支払い意思総額の計算	… 33
4.2.6	回答者属性による支払い意思額の違い	… 35
4.2.7	各シナリオにおける潜在的総支払い意思額の違い計算結果	… 36
	参考文献	… 37

第5章 DME・発電ハイブリッドシステムの DME 合成量・発電出力評価

5.1	DME・発電ハイブリッドシステム概略	… 38
5.2	DME 合成量と発電出力	… 40
	参考文献	… 42

第6章 LCA 評価

6.1	LCA 分析手法	… 43
6.1.1	LCA 概略	… 44
6.1.2	インベントリ分析手法	… 45
6.2	本研究における LCA 評価	… 46
6.2.1	DME バス導入シナリオにおける LCA 評価	… 46
6.2.2	DME・発電ハイブリッドシステムにおける検討範囲の設定	… 46
6.2.3	インベントリ分析とインパクト評価	… 49
6.2.4	樹皮とプラスチック製容器包装廃棄物の CO ₂ 排出量の取り扱い	… 49
6.2.5	既存のシステムにおける CO ₂ 排出量	… 52
6.2.6	DME・発電ハイブリッドシステムの CO ₂ 排出量	… 55
6.2.7	DME の輸送	… 59
6.2.8	DME の LPG 代替	… 59
6.2.9	ガス化発電の電力代替	… 60
6.3	LCA 評価結果	… 60
6.3.1	DME バス 20 台導入シナリオにおける LCA 評価	… 61
6.3.2	DME バス 150 台導入シナリオにおける LCA 評価	… 62
6.3.3	システム導入による CO ₂ 削減量	… 63
	参考文献	… 64

第7章 DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価

7.1	DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価	… 65
7.1.1	DMEの販売価格	… 65
7.1.2	売電価格	… 65
7.1.3	樹皮・プラスチック製容器包装廃棄物の輸送費と引き取り価格	… 66
7.1.4	DME・発電ハイブリッドのプラント建設費	… 66
7.1.5	DME・発電ハイブリッドのプラント維持費	… 67
7.2	DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価結果	… 67
7.3	潜在的総支払い意思額を考慮した経済性評価結果	… 69
	参考文献	… 70

第8章 結論

8.1	結論	… 71
-----	----	------

付録

A.1	アンケート全文	… 72
A.2	アンケート概要	… 76
A.2.1	全サンプル	… 76
A.2.2	東京都在住の回答者サンプル	… 77
	謝辞	… 79

第 1 章 序論

1.1 背景

1.1.1 地球温暖化問題

文明進歩の歴史は、化石燃料と切っても切り離せない関係にある。産業革命を経て農耕文明が機械文明に移行すると、文明進歩の速度が飛躍的に向上した。競争、争いを経ながらも、われわれの生活は向上し、産業革命以前は考えられなかったスピードで人が世界中を行き交い、情報が光のようなスピードで駆け巡るようになった。その一方で、化石燃料に頼って発展してきた機械文明は、地球にその自律的調節機能をはるかに超える量の温室効果ガスの排出をもたらし、地球温暖化問題を引き起こしている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル) 第三次評価報告書¹⁾によると、地球全体の平均気温は、20 世紀中には 0.6℃ しか上昇していないにもかかわらず、2100 年までに 1.4~5.8℃ 上昇し、海水面の上昇、砂漠化、異常気象など、さまざまな影響が指摘されている。この問題を解決するために、1997 年に京都で開かれた気候変動枠組条約第 3 回締結国会議 (COP3) では、京都議定書が採択され、2012 年までに、温室効果ガスを削減していく目標が定められた。日本には、1990 年比 6% の削減が義務付けられており、議定書を採択した議長国として、世界に率先して削減目標を達成していく必要がある。

1.1.2 バイオマスのエネルギー利用

地球温暖化問題への対策として、再生可能エネルギーの利用が世界的に促進される方向にあり、特にバイオマスⁱエネルギーは、持続可能な社会におけるエネルギー資源の 1 つの柱として、近年注目を集めている。

日本においても、バイオマスエネルギーの利用は促進される方向にあり、2001 年 6 月に取りまとめられた総合資源エネルギー調査会・新エネルギー部会の報告では、従来から推進してきた新エネルギーに加えて、バイオマス (発電および熱利用) が明瞭な形で取り上げられた。バイオマスのエネルギー利用は従来から、黒液ⁱⁱ・廃材および廃棄物の一部として、日本の新エネルギーの中で最も大きな寄与をしてきたのだが、バイオマスという名では認知されていなかった。また、2002 年 1 月には「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法の一部を改正する政令」が閣議決定され、具体的なバイオマス形態を特定して、

ⁱ 生物をあらわす bio と、量をあらわす mass の合成語であり、生態学で用いられている専門用語である。一般的には、エネルギーとして利用出来る、まとまった量の植物起源による物質のことを意味している。

ⁱⁱ パルプ製造工程の際に出る廃液。

そのエネルギー利用を促進することになった。改正法令において、バイオマスは「動植物由来の有機物であって、エネルギー源として利用することができるもの（原油、石油ガス、可燃性天然ガスおよび石炭ならびにこれからの製造される製品を除く）」と定義されている。さらに、同年5月には、「電気事業者による新エネルギーなどの利用に関する特別措置法」（通称RPS法）が成立し、電力会社はバイオマスを含む一定量の新エネルギーの導入を義務付けられることになった。そして、同年7月には、文部科学、農林水産、経済産業、国土交通、環境の5省が共同で「バイオマス・ニッポン総合戦略骨子」を公表し、エネルギーを含むバイオマス利用の総合戦略を提案している。

1.1.2.1 バイオマス資源の特徴

エネルギー資源としてのバイオマス（主に木質）の特徴（長所・短所）を以下にまとめる。

○長所

- ▶ 再生可能である。
光合成により、再生を行う。樹木を植林して、成長した後伐採し、発電によりエネルギー変換を行う場合は、エネルギー利用に相当する分だけ新たに植林すれば、化石資源のように枯渇することはないので、再生可能エネルギーであるといえる。
- ▶ 有機資源である。
バイオマスエネルギーが他の再生可能エネルギーと際立って異なる点として、バイオマスが炭素系（有機体）のエネルギー資源であるために、燃料としてだけでなく、化学原料として使える点が挙げられる。
- ▶ 地球規模で見た場合、CO₂ バランスを壊さない（カーボンニュートラルの概念）。
植物を燃焼させても、発生するCO₂はその植物自体が空気中から取り込んだものであり、植物資源の育成と利用とを持続的に管理することで、CO₂の発生と固定の循環系が作られ、CO₂は一定に保たれる。

○短所

- ▶ エネルギー密度が低い。
木質バイオマスの発熱量は、石油の1/3、石炭の2/3である。
- ▶ 他用途との競合がある。
森林などのバイオマス資源と食料生産という土地利用面での競合や、エネルギー利用とマテリアル利用などエネルギー以外の利用という、バイオマス資源利用面での競合がある。
- ▶ 含水率ⁱⁱⁱが高く、同じ木材でも乾燥度によって異なるため、利用可能な発熱量が大きく変化し、不安定である。

ⁱⁱⁱ 木材に含まれている水分を示す比率で、一般的には全乾重量に対する比率で表わされる。

1.1.2.2 地産地消型エネルギーのメリット

エネルギーを効率的に利用する手法として、地産地消型エネルギーシステムの利用が近年注目を集めている。限られた地域で産出されたエネルギーをその地域内のみで利用することにより、エネルギーを輸送する際のロスを最小限に抑えることができ、効率的なエネルギー利用が可能となる。

1.1.2.3 バイオマスエネルギーが生活に入り込んでくることのメリット

環境問題について、新聞やテレビなどにおける報道が盛んに行われ、教育機関における教育が行われている今日でさえ、便利さの前に環境配慮は霧消してしまうことが多い。政府は、少しでも環境配慮を根付かせ、京都議定書の削減目標を達成するため、標語^{iv}を用いたキャンペーンを行ったり、流行語^vを流布したり、テレビコマーシャル、ポスターなどで訴えたりなど、さまざまな取り組みを行っている。バイオマスを利用するエネルギーシステムが実現し、地域内で発生したエネルギーが生活の場に入り込んでくれば、日常的に環境を意識することになり、環境配慮が生活に根ざすことが期待できる。

1.1.3 木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステム

バイオマスのエネルギー変換プロセスの先行研究例として、家畜糞尿・海草などを嫌気消化し、ガス発電するシステムや、木質バイオマスをガス化し、メタノールを生産したり、発電を行ったりするものなどが検討されている。本研究では、木質バイオマスを高温場における熱分解と化学反応によりガス化し、DMEを生産する、木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステム¹⁻²⁾に着目した。DMEは、化石燃料やバイオマスなど様々な原料から生産でき、LPGの代替燃料として、発電用、工業用、輸送用や民生用など多岐にわたる用途に利用できる、マルチソース・マルチユースな燃料である。また、加圧により容易に液化するためハンドリング性に優れ、燃焼時に煤を排出しない、硫黄分・窒素分を含まない、健康に対する悪影響が無く安全などの特徴を有する、環境面で優れたクリーンな燃料である。木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステムの概略を図 1-1 に示す。

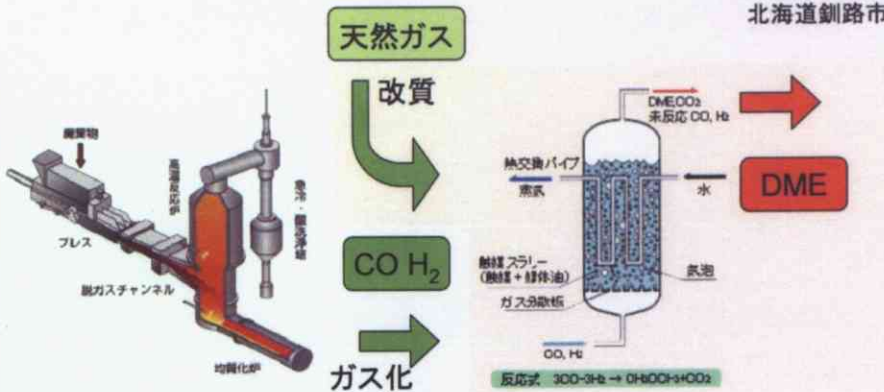
^{iv} 例えば、「チーム・マイナス 6%」など

^v 例えば、「クールビズ」など

JFE直接合成法
天然ガス改質ガス-DME合成プラント
100t/d 直接合成実証プラント試運転成功



biomass



JFE サーモセレクト
ガス化改質方式資源リサイクルプラント
千葉市JFEスチール東日本製鉄所内
150t/d x 2 実証プラントで稼働実績あり
容器包装リサイクル法のガス化に認定



⚡ 余剰ガスは発電へ

図 1-1 木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステム概略

1.1.3.1 JFE サーモセレクト方式ガス化システム

木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステムは、JFE サーモセレクト方式ガス化システムと、JFE 方式 DME 直接合成法を組み合わせ、余剰ガスを発電利用するシステムである。JFE サーモセレクト方式ガス化システムは、廃棄物をガス化し、化学製品としてリサイクルすることを目的として開発されたシステムで、千葉市 JFE スチール東日本製鉄所内の実証プラントにて稼働実績がある。さまざまな物質の混合物である廃棄物をガス化することを目的として設計されているため、木質バイオマスを含め、プラスチック製品など、幅広い物質をガス化することができるプラントである。

1.1.3.2 JFE 方式 DME 直接合成法

JFE サーモセレクト方式ガス化システムでガス化されたガスを、JFE 方式 DME 直接合成法を用いて DME を合成する。JFE 方式 DME 直接合成反応は、混合特性に優れ、反応温度制御の容易な高圧 DME スラリー床反応器を用いている。天然ガスなどを CO、H₂ ガスに改質し、DME を合成する 100t/day 規模の実証プラントが北海道釧路市に建設され、稼働実績がある。

1.1.3.3 LPG 代替として利用可能な DME

DME は常温・常圧下では気体であるが、常温では 0.6MPa、大気圧では -25°C というマイルドな条件で液体にある。LPG より沸点が高いため、LPG の利用システムがそのまま適用可能^{vi}である。メタン（天然ガス）、あるいはメタノールに対してはそれぞれ 65%、40%程高い発熱量を持つ。化学構造の違いから、LPG に比較するとその熱量は約 65%程度と低いが、液密度が大きいいため、同じ大きさのタンクに LPG の約 90%の熱量を貯蔵することができる。

このように、DME は、既存の LPG インフラを利用し、低コストで導入することが可能な燃料として注目を集めている。

1.1.3.4 PM・NOx を排出しない自動車燃料として利用可能な DME

DME は、セタン価^{vii}が高く、軽油と性質が似ているため、既存のディーゼルエンジン技術を用いて、自動車燃料としての利用が可能である。

DME は最も簡単な構造のエーテルである。炭素同士の結合をもたない含酸素物質であるため、燃焼時の PM（すす）発生が少なく、加えてスプレー缶の噴霧剤に使われていることからわかるように、極めて安全性の高い物質である上、硫黄あるいは窒素化合物を全く含有しないクリーン燃料として着目を集めている。

ディーゼル燃料として利用した場合、化学構造上の特徴から、全く黒煙を発生しない燃料となる。軽油自動車において、PM 削減対策と NOx 削減対策はトレードオフの関係にあるが、PM を排出しない DME 自動車においては、NOx 削減対策を最大限行うことが可能となる。そのため、軽油自動車と比べて、これら大気汚染物質を大幅に削減することが可能となる。この点も DME がクリーン燃料として着目されている理由の 1 つである。

現在、DME 自動車（2ton トラック）が、日本で初めて国土交通大臣より試験自動車の認定を受け、公道走行試験行っている段階である。

1.1.4 大都市圏における大気汚染問題

大都市圏において、ディーゼルエンジンから排出される窒素酸化物(NOx)・粒子状物質(PM)などによる大気汚染が深刻な問題となっている。特に、経済活動が活発に行われ、多種多様な物流需要が集中する東京都では、大気汚染物質の削減に積極的に取り組んでいる。

^{vi} パッキンの交換・バーナーの開口度の調節などが必要だが、タンク・ガス管はそのまま利用可能である

^{vii} ディーゼル機関における燃料の着火しやすさを表す指標（数値が大きいほど着火性が良い）。

1.2 目的

本研究では、バイオマスから DME を生産し、DME を利用するまでのシナリオを設定し、導入の可能性について検討する。

1.2.1 バイオマス由来 DME のエネルギー利用シナリオ

1.2.1.1 公共交通機関に DME 自動車を導入するシナリオの可能性

本研究では、バイオマス由来 DME のエネルギー利用シナリオとして、公共交通機関に DME 自動車を導入するシナリオの可能性を検討した。バスなどの公共交通機関は、走行するコースが決まっており、DME 供給設備の設置数を抑えることができるため、導入のハードルが低いと考えられる。また、多くの市民の目に触れることとなるため、バイオマス由来であることが伝わりやすく、日常生活において、環境配慮を常に意識する効果や、バイオマスエネルギー導入に対する理解が深まるなどの効果が期待できる。

1.2.1.2 市民の支払い意思額調査

本研究においては、公共交通機関にバイオマス由来 DME で走行する DME バスを導入するシナリオを設定し、経済性評価・大気汚染物質排出量評価・LCA 評価を行う。それらの結果を元に、アンケート調査によって環境価値を算出し、導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額を計算する。さらに、支払い意思額と、バイオマス由来 DME 生産シナリオの経済性評価結果を元に、シナリオの実現可能性を評価する。

参考文献

-
- 1-1) 気象庁ホームページ http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc_tar/spm/spm.htm
 - 1-2) 地域特性を考慮したバイオマスを用いた DME・発電ハイブリッドシステムの設計・評価, 浅野琢ら, 2006 年, 日本エネルギー学会誌 (第 85 巻 第 1 号)

第2章 評価シナリオの設定

2.1 評価シナリオの概要

本研究では、木質バイオマスを DME に変換し、エネルギー利用するためのシナリオを、供給側と需要側に分けて設定した。供給側は、岡山県真庭地域をモデル²⁻¹⁾とし、関東地方内の地域 X を設定した。地域 X では、木質バイオマスが利用可能で、周辺都市部から容器包装プラスチックを引き取ることが可能であるとした。需要側は、東京都交通局をモデルとして設定した。東京都交通局の営業所を、広い土地がある、所属バス数が多いなどの条件から3箇所選定し、既存の軽油バスを DME バスに置き換えるとした。地域 X で生産した DME のうち、東京に運搬し利用する分を除いた余剰分は、地域 X 内の LPG に混合して利用するシナリオを設定した。シナリオ概略図を図 2-1 に示す。

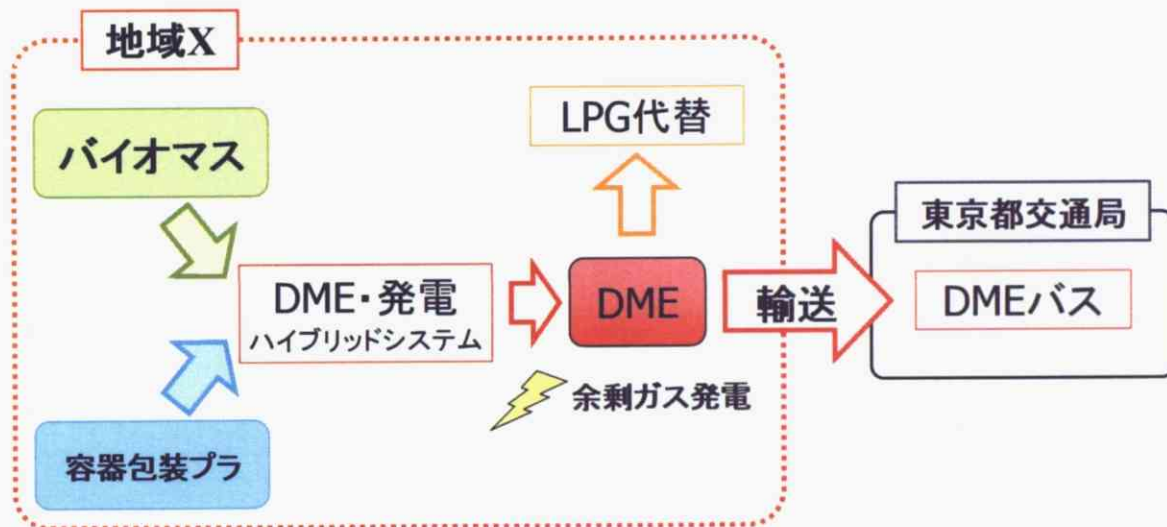


図 2-1. 評価シナリオ概略

2.2 需要側シナリオの設定

2.2.1 東京都交通局

本研究では、DME の利用先として、公共交通機関に DME 自動車を導入するシナリオを設定した。公共交通機関は、走行するコースが決まっており、供給設備の設置数を少なく抑えることができるなどのメリットがあり、ハードルが低い導入先といえる。評価対象として、深刻な大気汚染問題を抱え、PM, NOx などの大気汚染物質を率先して削減する必要がある東京都交通局を設定した。

2.2.2 設定地域における DME バス導入可能ポテンシャル評価

東京都内に乗り入れる一般乗合バス事業者は 28 社局ありⁱ、年間延べ乗車人数は 6 億 2 千万人ⁱⁱ、そのうち、都営バスの年間延べ乗車人数は、2 億 1244 万人である。今回は東京都交通局について検討を行う。

東京都交通局は、1501 台の乗合バスを保有し、年間延べ 4963 万 km 走行する。支所を含め 19 箇所の営業所を持ち、131 系統ⁱⁱⁱを運行している。乗合バス 1501 台のうち、CNG 車 146 台、燃料電池車 1 台^{iv}を除く、1354 台が軽油バス^vである。

2.2.3 都営バスにおける DME バス導入シナリオの設定

2.2.3.1 都営バスの現状と現行シナリオの設定

東京都交通局が保有する 1501 台の乗合バスのうち、年間 125 台^{vi}が入れ替わっており、そのうち CNG バスの新規導入台数は年間 5 台^{vii}となっている。

表 2-1 に平成 15 年度末時点における都営バスの営業所別バス保有台数のデータを示す。CNG バスなど、燃料供給設備を別途設置する必要のある新燃料バスは営業所を限定して導入されていることがわかる。CNG バスの本体価格は軽油バスと比較して 1.5 倍²⁻²⁾となっており、コストが導入の障壁になっているのではないかと考えられる。

シミュレーションの単純化のため、今後、バスの保有台数・燃料種別保有比率は変化しないと仮定し、表 2-1 の保有台数を現行シナリオとして採用した。なお、燃料電池車は、一般向けに販売されていないため、今後導入台数が増えることはないと考えられる。

ⁱ 東京都シルバーバス適用バス事業者数(平成 17 年現在)

ⁱⁱ 平成 15 年度 東京都都市整備局ホームページ・東京都交通局ホームページデータなどから推定

ⁱⁱⁱ 全て平成 15 年度 東京都交通局ホームページより

^{iv} 東京都交通局ヒアリングによる

^v ハイブリッド車 123 台を含む

^{vi} バスの償却年数より算出

^{vii} 平成 16 年度実績 東京都交通局ホームページより

表 2-1 平成 15 年度末時点 都営バス営業所別バス保有台数 / 現行シナリオ

営業所名	営業所別 保有台数	新 燃 料 車			軽油車
		燃料電池車	CNG車	合計	
品川・港南	181				181
江戸川	169				169
深川	167	1	51	52	115
渋谷	118				118
江東	111				111
北	100		50	50	50
南千住	80				80
臨海	73		38	38	35
巢鴨	70				70
小滝橋	68				68
大塚	66				66
千住	66				66
早稲田	54				54
練馬	48				48
新宿	38		7	7	31
青梅	33				33
青戸	30				30
杉並	29				29
合計	1501	1	146	147	1354

2.2.3.2 DME 供給設備・DME バス導入営業所の選定

DME バスを導入するにあたり、DME 供給設備を一緒に導入する必要がある。そのため、広大な土地があることが条件となる。また、DME は一般市民に広く知られていないため、周辺住民から安全性への不安の声が寄せられる可能性がある。周囲に住宅地や商業地が少ない営業所であれば導入のハードルは低い。以上の考察と、大量導入によるスケールメリットを考慮して、保有台数の多い品川^{viii}・江戸川・深川の 3 営業所を導入候補地として選定した。

2.2.3.3 DME バス導入シナリオの設定

表 2-2、表 2-3 のように DME バス 20 台導入シナリオと 150 台導入シナリオを設定した。DME バス 20 台導入シナリオは、DME バスを試験的に導入した場合に相当する。DME バス 150 台導入シナリオは、現状の CNG バス並みに導入した場合に相当する。品川・江戸川・深川の 3 営業所の軽油車を DME 車に置き換えると仮定した。

^{viii} 品川営業所には品川営業所港南支所を含む

表 2-2 DME バス 20 台導入シナリオ(試験導入)

営業所名	営業所別 保有台数	新 燃 料 車				軽油車
		燃料電池車	CNG車	DME車	合計	
品川・港南	181			10	10	171
江戸川	169			6	6	163
深川	167	1	51	4	56	111
渋谷	118					118
江東	111					111
北	100		50		50	50
南千住	80					80
臨海	73		38		38	35
巢鴨	70					70
小滝橋	68					68
大塚	66					66
千住	66					66
早稲田	54					54
練馬	48					48
新宿	38		7		7	31
青梅	33					33
青戸	30					30
杉並	29					29
合計	1501	1	146	20	167	1334

表 2-3 DME バス 150 台導入シナリオ(CNG 車並導入)

営業所名	営業所別 保有台数	新 燃 料 車				軽油車
		燃料電池車	CNG車	DME車	合計	
品川・港南	181			75	75	106
江戸川	169			45	45	124
深川	167	1	51	30	82	85
渋谷	118					118
江東	111					111
北	100		50		50	50
南千住	80					80
臨海	73		38		38	35
巢鴨	70					70
小滝橋	68					68
大塚	66					66
千住	66					66
早稲田	54					54
練馬	48					48
新宿	38		7		7	31
青梅	33					33
青戸	30					30
杉並	29					29
合計	1501	1	146	150	297	1204

2.2.4 DME 需要量の計算

各営業所の DME 需要量を以下の式で計算した。

$$(\text{DME 需要量}) [\text{ton/日}] = (\text{一台あたり走行キロ}) [\text{km/台日}] \div (\text{燃費}) [\text{km/L}] \times (\text{導入数})$$

計算の結果を表 2-4、表 2-5 に示す。

表 2-4 営業所別 DME 需要量(20 台導入シナリオ)

営業所名	D	M	E	車
	保有台数	走行キロ	需要(L/d)	需要(ton/d)
品川・港南	10	906	851	0.57
江戸川	6	544	511	0.34
深川	4	362	340	0.23

表 2-5 営業所別 DME 需要量(150 台導入シナリオ)

営業所名	D	M	E	車
	保有台数	走行キロ	需要(L/d)	需要(ton/d)
品川・港南	75	6794	6382	4.28
江戸川	45	4077	3829	2.57
深川	30	2718	2553	1.71

一日一台あたり走行キロの計算

都営バスの統計資料より、一日一台あたり走行キロ数を計算した。

表 2-6 都営バス一日一台あたり走行キロ

都営バス	平成15年度
走行キロ	49631千km/年
在籍車両数	1501台
一日一台あたり走行キロ	90.5km/日・台

燃費の計算

軽油バスの市街地走行データ²⁻²⁾と燃料タンク容量データ²⁻³⁾より、軽油の燃費を計算した。
投入カロリーに対する燃費が一定と仮定して DME の燃費を計算した。

表 2-7 燃費の計算

軽油バス		投入カロリーに 対する燃費一定 ➡	DMEバス	
市街地走行距離	330km		市街地走行距離	-
タンク容量	155L		タンク容量	-
燃費	2.13km/L		燃費	1.06km/L

2.3 供給側シナリオの設定

2.3.1 関東地方内の地域 X

本研究では、木質バイオマスから DME を生産するエネルギーシステムの導入対象地域として、関東地方内の地域 X を仮想的に設定した。地域 X は東京都中心部から自動車で 150km の距離に設定した。

地域 X は、岡山県真庭地域をモデルとしている。その地域概略図を図 2-2 に示す。図 2-2 において、丸で囲まれている地域が真庭地域である。



図 2-2. 岡山県真庭地域。

真庭地域では、 361.8km^3 の総面積に、11,458 世帯が暮らしている。1 世帯につき、1 ヶ月当たりの平均電力消費量は 297.4kWh/month (9 電力会社平均値、電力事業連合会調べ²⁴⁾) であるから、1 日当たり真庭地域全世帯が必要とする電力量は 113.6MWh/day 、24 時間連続発電の発電所を想定すると、 4.7MW の発電規模となる。しかしながら、実際には、昼間ピーク時と夜間のオフピーク時の需要差があるため、この値は真庭地域全世帯が必要とする電力量の目安値である。

2.3.2 設定地域における利用可能バイオマスポテンシャル評価

2.3.2.1 木質バイオマス

地域Xにおける、利用可能木質バイオマス量を、岡山県真庭地域をモデルとして設定した。1999年度の真庭地域における、木材流通経路を図2-3（図中のパーセンテージは重量比）に、製材工場・木材加工工場からの残廃材の種類と量を表2-8に示す。

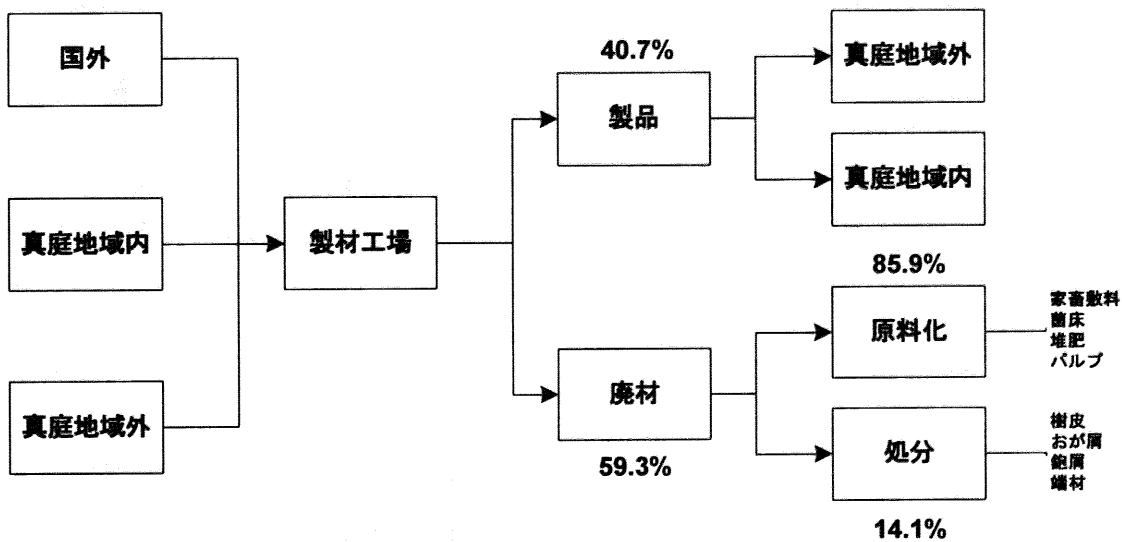


図 2-3. 真庭地域における木材流通経路²⁻⁵⁾

表 2-8 真庭地域における製材工場・木材加工工場からの残廃材の種類と量²⁻⁵⁾

利用方法/ 処分形態	端材・木片 [ton/year]	チップ用 [ton/year]	おが屑 [ton/year]	樹皮 [ton/year]	モルダーク屑 [ton/year]	合計 [ton/year]
焼却	2,755	0	0	3,859	1,520	8,134
チップ	670	41,743	0	0	0	42,413
堆肥	0	0	0	9,566	0	9,566
敷料	1,561	0	5,420	10,161	0	17,142
菌床	0	0	573	0	0	573
その他	232	0	0	0	0	232
合計	5,217	41,743	5,993	23,586	1,520	78,060

表2-8より、エネルギー利用できる残廃材の量は、現在焼却用に用いられている8,134ton/yearである。

本研究では、製材工場・木材加工工場からの残廃材のうち、引き取り価格がマイナス（逆有償）となっている樹皮²⁻⁶⁾を利用するシステムを検討した。なお、図2-3に真庭地域を1km×1kmメッシュに区切った場合の、各製材工場から排出される廃材量の規模分布図を示す。

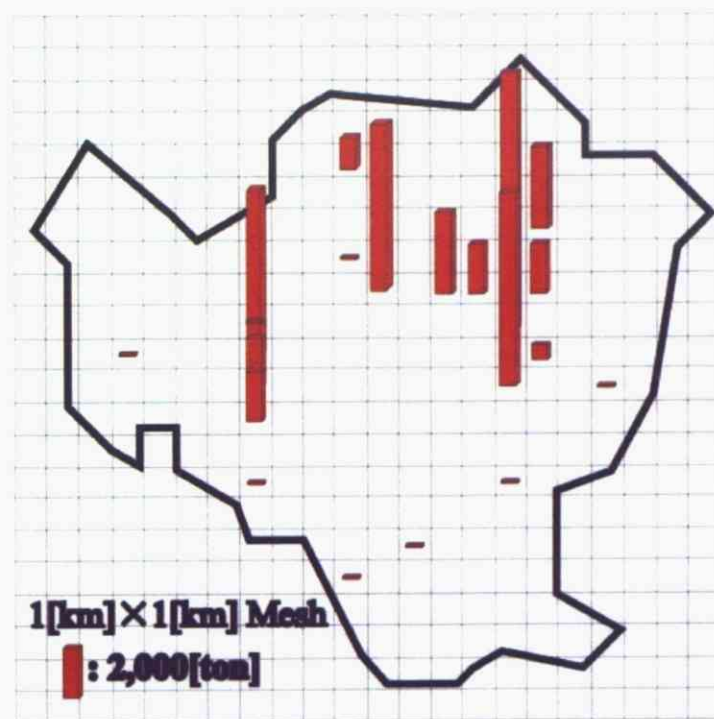


図 2-4. 真庭地域における製材工場・木材加工工場からの廃材規模分布。

2.3.2.2 プラスチック製容器包装廃棄物

地域Xにおけるプラスチック製容器包装廃棄物のポテンシャル量を、岡山県真庭地域をモデルとして設定した。

容器包装リサイクル法を導入し、プラスチック製容器包装廃棄物の収集を行っている町村は、真庭地域においては、落合町を含む岡山県中部環境施設組合と、勝山町・久世町を含むまにわ中央環境施設組合で、その量は63ton/yearに過ぎない（2003年度）²⁻⁷⁾。また、プラスチック製容器包装廃棄物の収集対象地域を、岡山県全域に広げた場合、その量は3,772ton/yearであった。モデルシナリオでは、岡山県以外の市町村からも収集を行うシステムを検討した。

2.3.3 バイオマスのガス化とエネルギー利用

2.3.3.1 バイオマスのガス化

バイオマスを高温場において、熱分解と化学反応によって、ガス燃料または化学原料ガスのガス状態に変換するプロセスをガス化と呼ぶ。ガス化の形式は、ガス化圧力、ガス化温度、ガス化剤、加熱方式、ガス化炉形式によって200種に及ぶとされている²⁻⁸⁾。

2.3.3.2 サーマセレクト方式ガス改質システム

本研究では、ガス改質方式として、ガス化溶解プロセスとして近年注目を集めている、JFEエンジニアリング株式会社のサーモセレクト方式ガス改質システムを用いた。サーモセレクト方式ガス改質システムは中・大規模向け（100～200ton/day）のものであり、主に以下のような特徴を有する²⁻⁹⁾。

➤ **ダイオキシン・飛灰を発生させない。**

発生したガスを、約1,200℃で2秒以上保持した後に、約70℃まで無酸素の状態ですぐ急冷することで、ダイオキシン類の発生そのものを極限まで抑制して、ガスを燃料として回収する。

➤ **廃棄物を完全に再資源化できる。**

廃棄物は、精製合成ガス、水砕スラグ、メタル、金属水酸化物、硫黄、混合塩などに変換され、資源としての再利用が可能であり、埋め立て処分量ゼロも可能である。

➤ **ガス改質によりクリーンなガスが回収される。**

回収された合成ガスは水素と一酸化炭素が主成分であり、発電用の燃料として利用できるだけでなく、化学原料として用いることも可能である。発電用燃料として使用する場合、ガスエンジン発電、燃料電池発電、ガス焼きボイラ発電、ガスタービン・コンバインド発電などの中から設備規模や立地条件に適合した最適な発電方式が選択できる。

➤ **経済的である。**

廃棄物の持つエネルギーで熔融処理を行うため、また、ダイオキシン類や重金属を多量に含む飛灰の処理を行わなくてよいため、従来の焼却と灰熔融方式に比べて、トータルコストの削減も可能となる。また、埋め立て処分ゼロとすることができれば、埋め立て処分地の建設費用、管理維持費が削減される。

システムの基本型式は、箱型の横置移動床炉による熱分解炉と、その直後に垂直に直結したガス化炉との組合せから成る。熱分解炉は、横置定置式の箱形状熱分解炉で、ここで廃棄物を乾留ガス化し、発生した熱分解ガスおよび固形分は、途中冷却、分離等の手段を

講じないで、同炉の後部に垂直に直結したガス化部であるガス化溶融炉に導入する。ガス化溶融炉では酸素と高温ガス化反応によりチャーをガス化すると共に、灰分等を溶融スラグ状として取り出す。ガス化・溶融炉下部より取り出される溶融スラグ中には、灰と鉄等の有価金属が混合しているので、そのスラグを排出する際に、横置式のホモジナイザと称する、スラグ中の鉄とスラグを比重差で分離することを狙った機構が設けられている。

廃棄物を圧縮・乾燥・脱ガスし、高温反応炉でガス化すると共に、均質化炉で溶融した金属類などを均質化、一方、ガス化された物質は、急速冷却された後、合成ガスとして精製される他、冷却水も水処理装置で再利用化処理される。

これらのシステム・プロセスのうち、最初の廃棄物圧縮・乾燥・脱ガスのチャンネルでは、一般廃棄物や産業廃棄物などを、プレスで一定量ずつ約5分の1から7分の1に圧縮するため、廃棄物中の水分分布が均一化されると共に、含有空気が少なくなり、熱伝導率が高くなる。次の間接式（外熱式）過熱炉の脱ガスチャンネルで、乾燥（蒸し焼き）して廃棄物中の水分を蒸発させ、有機物は分解してガス化（脱ガス）する。また、高温反応炉からの放射熱などにより、さらに熱分解され、炭焼き状態の熱分解カーボンになる。

次の高温反応炉・均質化炉チャンネルでは、脱ガスチャンネルで発生し高温反応炉に流入したガスと、新たな圧縮廃棄物の装入により押し出され、高温反応炉下部に堆積した熱分解物は、高温反応炉に吹き込まれた高濃度の酸素と熱分解物中の炭素による反応熱（約2,000℃）で、分解・溶融、溶融した廃棄物中の金属や、無機質の成分は高温反応炉から、約1,600℃に保持されたまま均質炉へ流入する。ここでは、金属溶融物は比重が大きいため、無機質溶融物（スラグ）の下部に溜まり、それぞれは水冷処理を経て回収される。

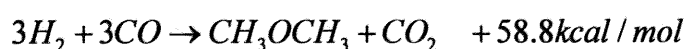
高温反応炉下部で発生したガスと、脱ガスチャンネルで発生した熱分解ガスは、高温反応炉上部の改質部において約1,200℃で2秒以上保持され、ガス中のダイオキシンやタールなどは完全に分解され、この粗合成ガスは、次のガス精製のプロセスに導かれる。ガス精製では、粗合成ガスを急速冷却塔で約1,200℃から約70℃にまで急速冷却し、ダイオキシンの再合成を抑制した後に酸洗浄して、ガスに含まれている重金属を水溶性の化合物にして、ガスから除去、アルカリ洗浄ではガスに含まれている塩素やフッ素の有害性ガスを塩に変換して、水の中に溶かしこみ酸性ガスを除去する。これにより、回収されたガスはクリーンな燃料ガス（精製合成ガス）になる。また、最後の水処理プロセスでは、急速冷却で使用した水を循環使用、一部は水処理装置によって金属水酸化物や混合塩を取り出し、再利用する。

本研究では、サーモセレクトガス化システムで、木質バイオマスである樹皮とプラスチック製容器包装廃棄物を原料として混合し、ガス改質を行い、ガス化ガスを用いてDMEを合成し、DME合成の際に発生する未反応ガスを用いて、ガスタービンを駆動する。

2.3.3.3 DME の合成

DME 合成の技術は、原料の炭化水素を CO と H₂ などの合成ガスに改質した後、ガス精製を行い、その合成ガスから DME を生成し燃料として利用する。DME の合成方法には、大きく分けて、メタノール脱水法と直接合成法の 2 つの方法がある。メタノール脱水法（間接合成法）は、合成ガスから合成されるメタノールの脱水反応により DME を合成する技術であり、技術的には確立し、世界各地で、エアゾール噴射剤などのための小規模生産が行われている。直接合成法は、合成ガスから直接 DME を合成する技術で、現在開発が行われている。なお、本研究では、直接合成法を用いる。

DME 直接合成反応は、次反応式より合成ガスから直接 DME を生成する反応である。

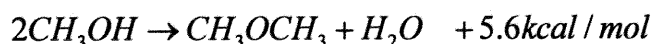


実際には、次の 3 つの素反応から成り立っている。

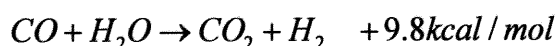
メタノール合成反応



脱水反応



シフト反応



2.3.3.4 DME の用途

DME の燃料用途としては、以下の 4 つが挙げられ、本研究では、工業燃料または民生用燃料・LPG 代替として、DME を用いることを検討している。

輸送用燃料としての DME

- ▶ 高セタン価であり、ディーゼルエンジン（ガソリンエンジンより 20～30%効率がよいが、大都市を中心に排ガスに含まれる粒子状物質（PM）などによる大気汚染が、大きな問題となっている）用燃料として利用が可能
- ▶ 燃焼しても、PM 粒子と SO_x の発生がない
- ▶ NO_x を大幅に低減出来る
- ▶ メタノールと同様に、低温（250～300℃）で改質が可能のため、燃料電池の水素原料として優位性あり

輸送用燃料としては、ディーゼル自動車、燃料電池自動車などに適用が考えられる。現在、DME 自動車（2tonトラック）が、日本で初めて国土交通大臣より試験自動車の認定を受け、公道走行試験行っている段階である。

発電用燃料としての DME

- 高効率ガスタービンに適用可能
- 燃焼しても、PM 粒子と SO_x の発生がない
- 微粉炭火力発電に比べ灰処理が不要でかつ、CO₂ の発生低減も可能
- 低温で改質が可能のため、燃料電池の水素原料として優位性有り
- 火力発電、燃料電池などに適用が考えられる

工業用燃料としての DME

- 工業炉、ボイラー等の LPG 代替燃料として有望（LPG の設備転用が可能）
- 重油代替燃料として有望（環境対策）
- ケミカル原料として有望

民生用燃料としての DME

- DME は LPG と同様に貯蔵・運搬可能なハンドリング性に優れた燃料であり、LPG インフラ利用が可能

民生用燃料としては、家庭用一般ガス、地域冷暖房用コージェネレーションなどへの適用が考えられる。LPG のようにボンベを用いて配送すれば、都市ガス導管のような大規模なインフラを建設することなく、比較的短期間で広い地域にエネルギー供給が可能となる。

参考文献

-
- 2-1) 地域特性を考慮したバイオマスを用いた DME・発電ハイブリッドシステムの設計・評価, 浅野琢ら, 2006 年, 日本エネルギー学会誌 (第 85 巻 第 1 号)
 - 2-2) 環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/air/car/vehicles2003/htm/gas120.htm>
 - 2-3) 三菱ふそう HP より http://www.mitsubishi-fuso.com/jp/lineup/bus/aero_star/aero_star/spec/
 - 2-4) 原子力図面集 (2002-2003 年度版), 日本原子力文化振興財団, 2002 年.
 - 2-5) 岡山県真庭地域振興計画調査報告書, 財団法人中国産業活性化センター, 2002 年
 - 2-6) 平成 15 年度バイオマス等未活用エネルギー事業調査 製材所残材等からのエタノール製造の経済性調査 (原料残材に係るアンケート調査、賦存量調査) 研究成果報告書, 社団法人中国地方総合研究センター, 2004 年.
 - 2-7) 2003 年度岡山県環境報告書, 岡山県, 2004 年.
 - 2-8) バイオマスハンドブック, 日本エネルギー学会編, オーム社, 2002 年.
 - 2-9) サーモセレクト方式ガス化改質炉, 山田ら, JFE 技法 NO.3, 2004 年.

第3章 DMEバス導入シナリオの経済性評価・

大気汚染物質質量評価・CO₂排出量評価

3.1 経済性評価

DMEバス導入シナリオにおける経済性評価を、DMEバスの追加コスト、補給設備コスト、燃料コストの各方面から行った。

3.1.1 DMEバスの追加コスト

DMEバス本体価格の追加コストを計算した。DMEバス保有台数を償却年数ⁱで割ったものを一年あたりの更新台数とし、軽油バスとの差額ⁱⁱをかけたところ、DMEバス導入の追加コストは、667万円/年(20台導入シナリオ)、0.50億円/年(150台導入シナリオ)となった。

表 3-1 DMEバスの追加コスト(20台導入シナリオ)

DMEバス	20	両
償却年数	12	年
置換数	1.67	両/年
軽油バスとの差額	400	万円/両
年間コスト	0.0667	億円

表 3-2 DMEバスの追加コスト(150台導入シナリオ)

DMEバス	150	両
償却年数	12	年
置換数	12.50	両/年
軽油バスとの差額	400	万円/両
年間コスト	0.50	億円

3.1.2 DME補給設備の建設費・維持費

導入シナリオにおいては、各営業所にDME補給設備を設置する必要がある。15.5トンローリーで配送することを考え、それぞれ20トン規模の補給設備を設置すると仮定した。補

ⁱ 東京都交通局ヒアリングによる

ⁱⁱ NTSEL(交通安全環境研究所)ヒアリングによる

給設備の建設費は1000万円ⁱⁱⁱ、年間維持費が建設費の5%、償却年数を12年^{iv}と仮定し、年間コストを計算した。なお、各シナリオの各営業所のDME需要量はそれぞれ0.28~4.28 ton/dayであり、150台導入シナリオにおける、最も需要の多い品川営業所において、3日に一度程度の配送頻度となる。

一営業所あたりのDME補給設備コストの計算結果を表3-3に示す。導入する3営業所におけるコストの合計は400万円/年となった。

表 3-3 DME 補給設備コスト(一営業所あたり)

建設コスト	1000	万円
償却年数	12	年
償却費	83.3	万円/年
維持費	50	万円/年
年間コスト	133.3	万円/年

3.1.3 燃料コスト

3.1.3.1 軽油バス

現行シナリオにおける軽油バスの燃料コストを計算した。各導入シナリオにおいて、DMEバスに置き換える台数分の軽油のコストのみを計算した。軽油の価格は、2005年6月時点でのローリー供給価格(79.05円/L)を用いた。(表3-4, 表3-5)

表 3-4 軽油バスの燃料コスト(20台分)

営業所名	軽 油 車			
	保有台数	走行キロ	需要(L/d)	コスト(億円/y)
品川・港南	10	906	425	0.12
江戸川	6	544	255	0.07
深川	4	362	170	0.05
合計	20	1812	851	0.25

表 3-5 軽油バスの燃料コスト(150台分)

営業所名	軽 油 車			
	保有台数	走行キロ	需要(L/d)	コスト(億円/y)
品川・港南	75	6794	3191	0.92
江戸川	45	4077	1915	0.55
深川	30	2718	1276	0.37
合計	150	13588	6382	1.84

ⁱⁱⁱ JFE ヒアリングによる

^{iv} バスの償却年数と同じとして計算した

3.1.3.2 DME バス

導入シナリオにおける DME バスの燃料コストを計算した。DME の価格は、3.797 万円/ton を用いた。(表 3-6, 表 3-7)

表 3-6 DME バス燃料コスト(20 台導入シナリオ)

営業所名	D	M	E	車
	保有台数	走行キロ	需要(ton/d)	コスト(億円/y)
品川・港南	10	906	0.57	0.08
江戸川	6	544	0.34	0.05
深川	4	362	0.23	0.03
合計	20	1812	1.14	0.16

表 3-7 DME バス燃料コスト(150 台導入シナリオ)

営業所名	D	M	E	車
	保有台数	走行キロ	需要(ton/d)	コスト(億円/y)
品川・港南	75	6794	4.28	0.59
江戸川	45	4077	2.57	0.36
深川	30	2718	1.71	0.24
合計	150	13588	8.55	1.19

DME 価格の計算方法

DME・発電ハイブリッドシステムにおいては、余剰 DME を周辺部の LPG 代替として利用するとして経済性評価を行った。ここでは、LPG 代替として DME を卸す際の卸売価格(2.665 万円/ton)を DME 供給元価格とした。

DME 補給設備の容量は、20 ton であるため、15.5 トントレーラーを使い、供給するとした。地域 X から 150km 離れた東京に運搬するコストは、1.132 万円/ton[▽]となった。

DME 供給元価格と DME 運搬コストを合計し、DME 価格とした。

[▽] JFE ヒアリングによる検討結果を元に計算

3.1.4 導入シナリオの年間追加コスト

以上の検討結果により、導入シナリオにおける年間追加コストは、-75 万円/年(20 台導入シナリオ)、-1430 万円/年(150 台導入シナリオ)となった。

表 3-8 DME バス導入コスト(左:20 台導入シナリオ 右:150 台導入シナリオ)

(万円/年)	導入シナリオコスト	現行シナリオコスト	(万円/年)	導入シナリオコスト	現行シナリオコスト
バスコスト	667		バスコスト	5,000	
補給設備コスト	133		補給設備コスト	133	
燃料コスト	1,580	2,455	燃料コスト	11,852	18,415
合計	2,380	2,455	合計	16,985	18,415
導入コスト		-75	導入コスト		-1,430



図 3-1 DME バス導入コスト

3.2 大気汚染物質質量評価

導入シナリオにおける大気汚染物質質量を評価した。

3.2.1 各バスの大気汚染物質排出量

大気汚染物質質量の評価にあたり、各バスの大気汚染物質排出量を設定した。なお、燃料電池バスは、保有台数が少ないため、検討対象外とした。

軽油バス

長期的スパンで見た場合、新長期規制値を下回るバスに置き換わると考えられるため、新長期規制値を軽油バスの大気汚染物質排出量とした。

DME バス³⁻¹⁾・CNG バス^{3-2)vi}

参考文献などにより決定した

表 3-9 に各バスの大気汚染物質排出量データを示す。

表 3-9 各バスの大気汚染物質排出量データ

	NOx(g/kWh)	PM(g/kWh)
軽油バス	2.000	0.0270
DMEバス	0.350	0.0021
CNGバス	0.449	0.0020

3.2.2 各シナリオにおける大気汚染物質排出量評価

各バスの大気汚染物質排出量を各バスの保有比率により加重平均し、各シナリオ都営バス全体における大気汚染物質の平均排出量を計算した。各シナリオにおける各バスの保有比率を表 3-10～表 3-12 に示す。各シナリオ都営バス全体の大気汚染物質の平均排出量を表 3-13 に示す。

^{vi} CNG バス PM 排出量については交通安全環境研究所(NTSEL)ヒアリングによる

表 3-10 現行シナリオにおける各バスの保有比率

合計 保有台数	新 燃 料 車		軽 油 車
	燃料電池車	CNG車	
1501	1	146	1354
保有比率(%)	0.07	9.73	90.21

表 3-11 20 台導入シナリオにおける各バスの保有比率

合計 保有台数	新 燃 料 車			軽 油 車
	燃料電池車	CNG車	DME車	
1501	1	146	20	1334
保有比率(%)	0.07	9.73	1.33	88.87

表 3-12 150 台導入シナリオにおける各バスの保有比率

合計 保有台数	新 燃 料 車			軽 油 車
	燃料電池車	CNG車	DME車	
1501	1	146	150	1204
保有比率(%)	0.07	9.73	9.99	80.21

表 3-13 各シナリオ都営バス全体における大気汚染物質の平均排出量

	NOx(g/kWh)	PM(g/kWh)
現行シナリオ	1.848	0.0246
20台導入シナリオ	1.826	0.0242
150台導入シナリオ	1.683	0.0221

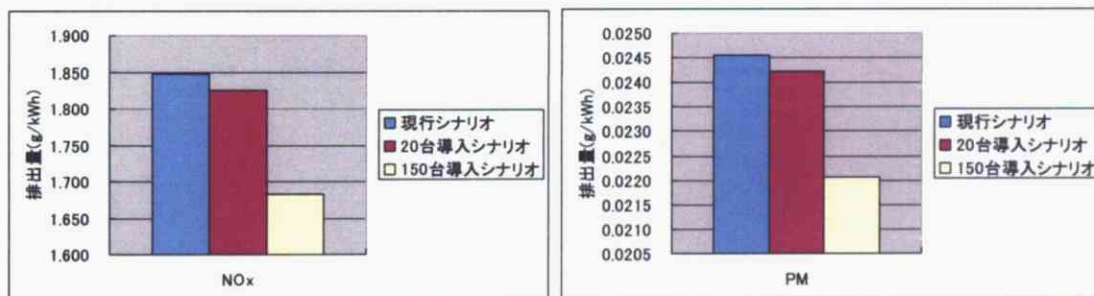


図 3-2 各シナリオにおける都営バス全体における大気汚染物質の平均排出量(左:NOx 右:PM)

3.2.3 導入シナリオにおける大気汚染物質排出削減率

導入シナリオにおける大気汚染物質排出削減率を以下の式により計算した。計算結果を表 3-14 に示す。

$$T = \frac{L_{\text{現行シナリオ}} - L_{\text{導入シナリオ}}}{L_{\text{現行シナリオ}}}$$

表 3-14 都営バス全体における大気汚染物質排出削減率

都営バス全体	NOx(%)	PM(%)	平均
削減率(20台)	1.2	1.4	1.2706
削減率(150台)	8.9	10.1	9.5296

3.2.4 東京都全体の大気汚染物質排出削減率

都営バス全体における改善度を、以下の式を用いて、東京都全体における改善度に変換した。計算結果を表 3-15 に示す。

$$R_{poll} = T \cdot S$$

$$S = \frac{N_{MetroBus}}{N_{TokyoBus}} \times C_{Bus}$$

$N_{MetroBus}$ 都営バス台数(1501 台)
 $N_{TokyoBus}$ 都内バス台数(9075 台^{vii})
 C_{Bus} 乗合バスの大気汚染寄与度(NOx 4.5%, PM 5.5%)³⁻³⁾

表 3-15 東京都全体における削減率

東京都全体	NOx(%)	PM(%)	平均
削減率(20台)	0.009	0.012	0.010
削減率(150台)	0.066	0.089	0.078

3.3 DME バス導入シナリオにおける CO₂ 排出量評価

DME バス導入シナリオにおける CO₂ 排出量評価を積み上げ法により行った。

3.3.1 排出原単位の設定

排出原単位のデータを用いて、年間 CO₂ 排出量を計算した。軽油・CNG 各バスについては、それぞれ、軽油・都市ガスの排出原単位³⁻⁴⁾のデータを用いた。燃料電池バスについては、数が少ないため、検討対象外とした。DME バスについては、バイオマスから生産するため、ここでは CO₂ を排出しないと仮定した。表 3-16 に軽油バス・CNG バスそれぞれの排出原単位データを示す。

^{vii}平成 15 年度東京都統計による

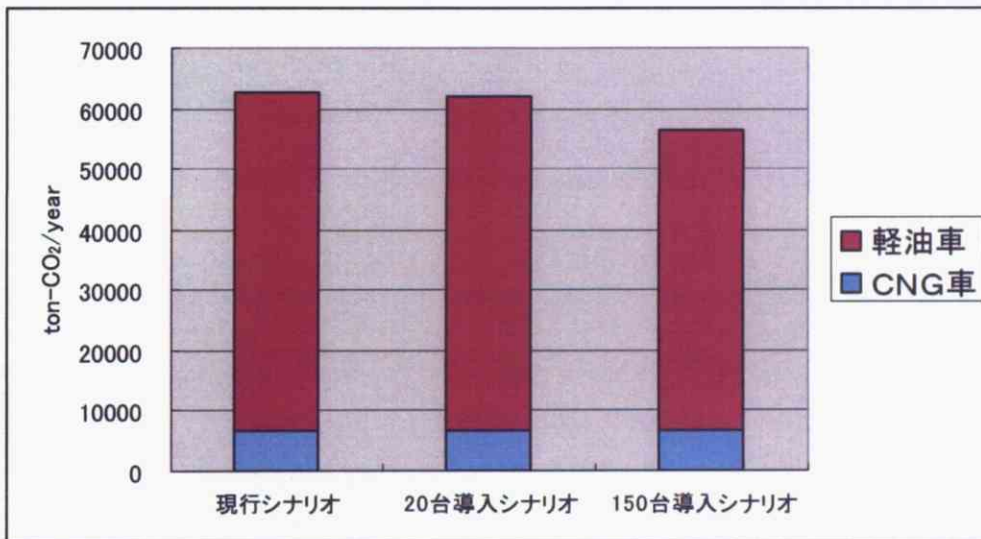
表 3-16 排出原単位 (左：軽油バス 右：CNGバス)

軽油		CNG	
軽油原単位	69.2 g-CO ₂ /MJ	都市ガス原単位	51.3 g-CO ₂ /MJ
発熱量	9200 kcal/L	発熱量	36MJ/m ³
排出原単位	2665 g-CO ₂ /L	排出原単位	1847 g-CO ₂ /Nm ³

3.3.2 CO₂ 排出量評価

各シナリオにおける年間 CO₂ 排出量計算結果を図 3-3、表 3-17 に示す。詳細な計算結果を表 3-18～表 3-20 に示す。

図 3-3 各シナリオにおける CO₂ 排出量評価



ton-CO ₂ /year	CNG車	軽油車	合計	削減率(%)
現行シナリオ	6687	56041	62728	
20台導入シナリオ	6687	55213	61900	1.32
150台導入シナリオ	6687	49833	56519	9.90

表 3-17 各シナリオにおける CO₂ 排出削減率

表 3-18 現行シナリオにおける CO₂ 排出量評価

現行シナリオ	保有台数	新 燃 料 車		軽 油 車
		燃料電池車	CNG車	
合 計	1501	1	146	1354
走行距離	万km/y	3.31	483	4477
軽油需要	KL/y			21029
DME需要	ton/y			
CNG需要	万m ³ /y		362	
CO ₂	ton/y	-	6687	56041
			CO ₂ 合計	62728

表 3-19 20 台導入シナリオにおける CO₂ 排出量評価

20台導入シナリオ	保有台数	新 燃 料 車			軽 油 車
		燃料電池車	CNG車	DME車	
合 計	1501	1	146	20	1334
走行距離	万km/y	3.31	483	66	4411
軽油需要	KL/y				20718
DME需要	ton/y			416	
CNG需要	万m ³ /y		362		
CO ₂	ton/y	-	6687	-	55213
				CO ₂ 合計	61900

表 3-20 150 台導入シナリオにおける CO₂ 排出量評価

150台導入シナリオ	保有台数	新 燃 料 車			軽 油 車
		燃料電池車	CNG車	DME車	
合 計	1501	1	146	150	1204
走行距離	万km/y	3.31	483	496	3981
軽油需要	KL/y				18699
DME需要	ton/y			3122	
CNG需要	万m ³ /y		362		
CO ₂	ton/y	-	6687	-	49833
				CO ₂ 合計	56519

参考文献

- 3-1) 佐藤由雄 高柳智光 李晟旭 鈴木央一 安乗一 中村明 土屋孝幸 戸田憲二 大型 DME トラックの開発プロジェクト(第一報) 平成 16 年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要 2004
- 3-2) 後藤雄一 野田明 成澤和幸 次世代大型低公害 CNG トラックの研究開発 平成 16 年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要 2004
- 3-3) 松橋啓介 田邊潔 森口祐一 小林伸治 自動車に起因する大気汚染物質排出量推計手法の開発(I) 大気環境学会誌 39(6) 2004
- 3-4) 環境省ホームページ http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1408/ene_01.pdf

第4章 コンジョイント分析による

潜在的支払い意思総額の計算

4.1 コンジョイント分析

コンジョイント分析は多数の属性から構成されるプロフィール(属性の束、イメージとしては一つの商品)を回答者に示して効用を尋ね、プロフィール全体の効用や属性別の価値を評価することができる分析手法である。回答者が、提示された複数のプロフィールの中から一つのプロフィールを選択するときの効用 U_{ij} は式(1)のように表される。

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_j = \beta \mathbf{x}_{ij} + \varepsilon_j \quad j=1,2,\dots,J \quad (1)$$

j : プロフィール番号数 i : 回答者番号

V_{ij} : 観察可能な部分効用 ε_j : 観察不可能な部分効用

\mathbf{x}_{ij} : プロフィール j の属性ベクトル

β : 各属性に係るパラメータ

また、この効用関数を用いると回答者 i が一つのプロフィール j を選択する確率 P_{ij} は式(2)のように表される。

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_l \exp(V_{il})} = \frac{\exp(\beta \mathbf{x}_{ij})}{\sum_l \exp(\beta \mathbf{x}_{il})} \quad (2)$$

式(2)の選択確率と回答データから最尤法でパラメータ β を決定し、得られた各属性に対するパラメータから各属性に対する市民の選好を推計し支払い意思額を把握する。

4.2 アンケート調査および分析

4.2.1 アンケートの概要

以下の条件にてアンケート調査を行った。東京都在住の回答者サンプルが 1324 件得られた。

期間：2005 年 3 月

回答者数：男性 697 女性 627

調査方法：インターネットアンケート

4.2.2 アンケート回答者属性

アンケート回答者属性を以下に示す。インターネット経由のアンケートのため、20 代～30 代の回答者数が半数以上を占めた(図 4-1)。また、バスの利用頻度を訪ねたところ、「まったく利用しない」を除いた割合が 94%となった(図 4-2)。また、日常生活で環境問題を意識しているかどうか尋ねたところ、75%以上が環境を意識していると答えた。環境を意識している回答者に、具体的に環境を意識して行っていることについて聞いたところ、「ゴミの分別収集を行う」が 95%で一番多い結果となった。「公共交通機関、自転車を積極的に利用する」回答者は 48%と、環境を意識している回答者のほぼ半数となった。(図 4-3)「その他」と答えた回答者からは「アイドリングを控える」「省エネ車を利用する」などといった回答が得られた。

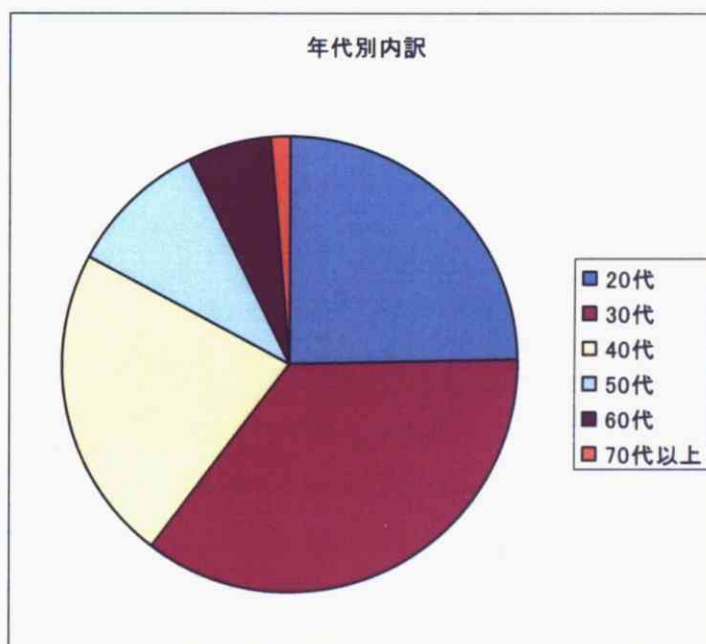


図 4-1 アンケート回答者年代別内訳

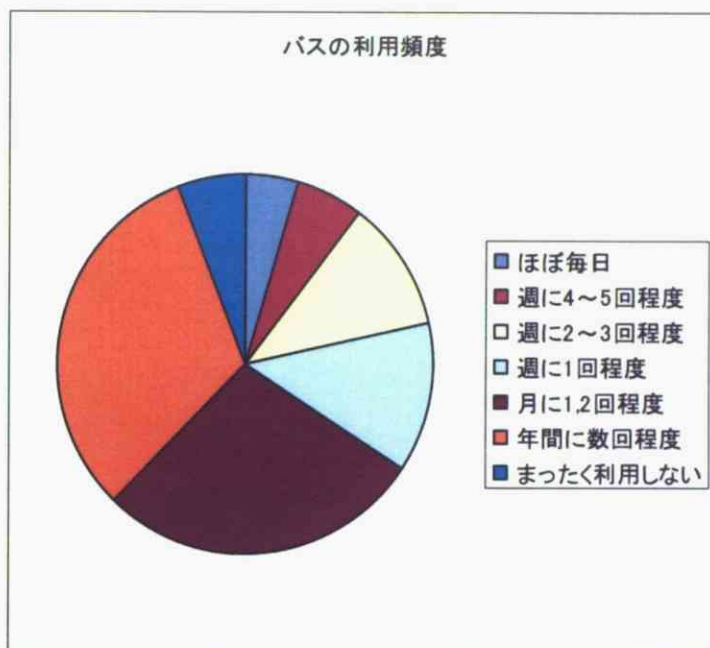


図 4-2 アンケート回答者バスの利用頻度別内訳

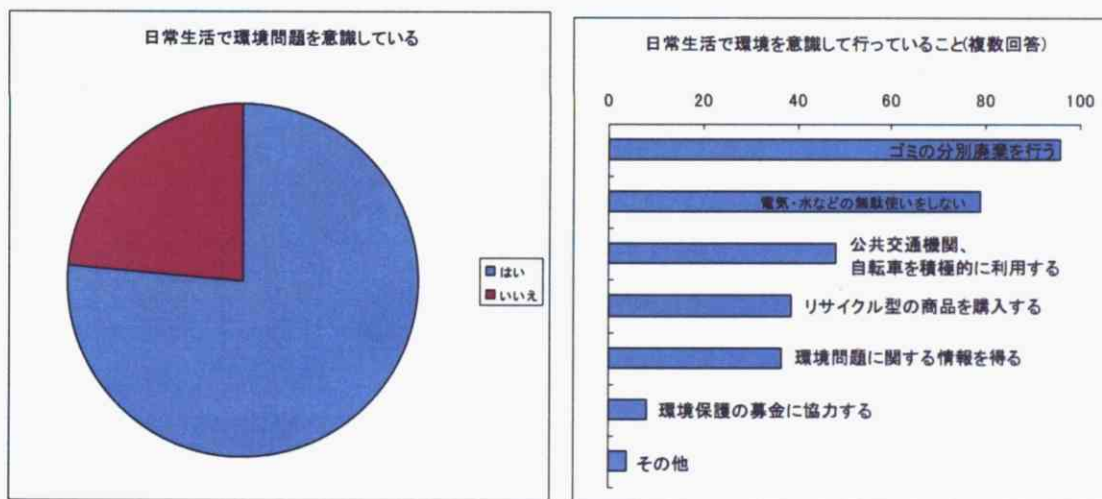


図 4-3 「日常生活で環境問題を意識しているか」「環境を意識して行っていること」回答結果

4.2.3 属性と水準の設定

燃料種、大気汚染レベル、二酸化炭素、追加負担のそれぞれの属性について、表 4-1 のように水準を設定した。燃料種は軽油などの「従来燃料」と天然ガス・DME などの「新燃料」を設定した。大気汚染レベルは市民に理解しやすい地点で示した。バスが導入された場合における一乗車あたりの値上げ額を「追加負担」として示した。図 4-4 のような 3 つの仮想バスのなかから一つを選ぶ形式の質問を 10 回繰り返し行った。

表 4-1 水準の設定

属性	水準
方式	従来燃料,新燃料
大気汚染物質	環七沿道,渋谷区役所付近,八王子市中心部,奥多摩湖付近
CO2 排出	現状,20%減,50%減,90%減
運賃	現状,20 円増,40 円増

Q10. 以下に同じ形式の質問が10回続きます。選択肢の中で最も好ましいと思われるものを選んでください。デザインなどのその他の要素はそれぞれの選択肢の中では同じとします。もし好ましいものがなければ「この中から選択しない」を選んでください。(それぞれひとつずつ)

<Q1> ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	従来燃料	従来燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	奥多摩湖付近 箕面 香嵐溪	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	奥多摩湖付近 箕面 香嵐溪	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 なし	50%減 40円増	50%減 20円増	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

図 4-4 アンケート形式

4.2.3.1 大気汚染のレベル水準決定方法

市民にとって理解しやすい形で大気汚染レベルを示すため、市民が大気汚染レベルをイメージしやすい地点を選び、水準と水準値を設定した。東京都の大気汚染地図情報⁴¹⁾より、PMとNOxの測定地点別大気汚染レベル測定データを2005年3月3日から3月9日まで平均し、図4-5のように平面上にプロットした。同平面上に、ベースライン、新長期規制、新短期規制のラインを、実際の規制値と同じ比率になるように引いた。新長期規制のライン内にあるもの、新長期規制のライン付近にあるもの、新長期規制のライン付近にあるもの、新短期規制のライン外にあるものそれぞれの中から、奥多摩湖付近ⁱ、八王子市中心部、渋谷区役所付近、環七沿道の4地点を選んだ。表4-2に、各地点の大気汚染レベル測定データを示す。

ⁱ 実際には「檜原測定所」だが、市民に親しみやすい地点として同じ東京都内山間部の奥多摩湖とした

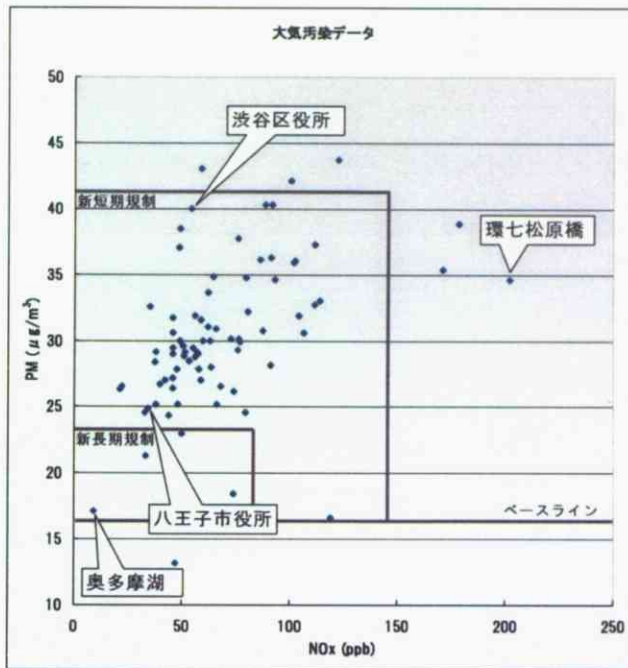


図 4-5 測定地点別大気汚染レベル

表 4-2 大気汚染レベルと水準値

地点	NOx (ppb)	PM (μg/m³)	数値	比	水準値(四捨五入)
奥多摩湖	9.14	17.14	19.42	0.095	0.1
八王子市役所	34.14	24.85	42.23	0.21	0.2
渋谷区役所	54.14	40.00	67.31	0.33	0.3
環七松原橋	202.42	34.57	205.35	1	1

次に、環七沿道を現状の大気汚染レベルとして、各地点の大気汚染レベルから水準値を設定した。NOx と PM の測定データから、各測定地点の大気汚染レベルを以下の式により設定した。

$$EL = \sqrt{E_{NOx}^2 + E_{PM}^2} \quad E_{NOx}, E_{PM}: NOx, PM \text{ 測定データ}$$

環七沿道を 1 (現状) として、比率を出し、小数点以下第 2 位を四捨五入して水準値とした。(表 4-2)

4.2.4 分析結果

コンジョイント分析の結果の例として、東京都在住の回答者の分析結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 東京都在住の回答者：分析結果

全体	パラメータ	t値	限界支払い意思額
新燃料	0.52	20.10	21.52
大気汚染レベル	0.15	3.09	6.18
二酸化炭素	2.08	37.39	86.20
追加負担	-0.97	-26.40	
サンプル数	1045.1		

4.2.5 潜在的な支払い意思総額の計算

4.2.5.1 DME バス 20 台導入シナリオ

4.2.5.1.1 新燃料バス比率増加量に対する支払い意思額

都営バスにおける DME バス導入シナリオの新燃料バス比率増加量は、1.33%となる。これに対する一乗車あたりの支払い意思額は、0.29 円/乗車となった。これに、都営バスの年間延べ乗車人数ⁱⁱを掛けたものを潜在的総支払い意思額とした。20 台導入シナリオにおける新燃料バス導入に対する潜在的総支払い意思額は、0.61 億円/年と見積もられた。

4.2.5.1.2 大気汚染物質削減量に対する支払い意思額

都営バスにおける DME バス 20 台導入シナリオの大気汚染物質削減量は、第 3 章より 1.27%と見積もられる。これに対する一乗車あたりの支払い意思額は、0.08 円/乗車となった。潜在的総支払い意思額を計算したところ、0.17 億円/年と見積もられた。

4.2.5.1.3 CO₂ 排出削減に対する支払い意思額

都営バスにおける DME バス 20 台導入シナリオの CO₂ 排出削減量は、第 3 章より 1.32%と見積もられる。これに対する一乗車あたりの支払い意思額は、1.14 円/乗車となった。潜在的総支払い意思額を計算したところ、2.42 億円/年と見積もられた。

ⁱⁱ 2 億 1243 万人 平成 15 年度実績

4.2.5.1.4 DME バス 20 台導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額

以上より、都営バスにおける DME バス 20 台導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額は 3.19 億円/年と見積もられた。(表 4-4)

表 4-4 DME バス 20 台導入シナリオにおける潜在的支払い意思総額

全体	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.29	0.61
大気汚染レベル	0.08	0.17
二酸化炭素	1.14	2.42
追加負担	1.50	3.19

4.2.5.2 DME バス 150 台導入シナリオ

4.2.5.2.1 限界支払い意思額逓減モデルの検討

コンジョイント分析によって得られる限界支払い意思額(MWTP)の値は、微小増加量において有効な数字であり、増加量が増えるにしたがって逓減する。そのため、単位増加量近傍においてのみ、有効な支払い意思額が計算できる。より大きな増加量に対する支払い意思額を計算するためには、限界支払い意思額の逓減関数を仮定し、積分することによって行う。当研究では、以下のような逓減関数を仮定した。

$$WTP = MWTP \times L, WTP' = MWTP \quad (L \leq L_{20\text{台導入シナリオ}})$$

$$WTP = a + \int_{L_{20\text{台導入シナリオ}}}^L \frac{dWTP}{dL} dL, \quad WTP' = \frac{a}{L} \quad (L > L_{20\text{台導入シナリオ}})$$

$$a = MWTP \times L_{20\text{台導入シナリオ}}$$

式 4-1 逓減関数

式 4-1 において、L は、DME バス導入シナリオにおける新燃料バス導入比率増加量・大気汚染物質削減量・CO₂ 排出削減量の各属性に対する水準値であり、L_{20 台導入シナリオ} は DME バス 20 台導入シナリオにおける各属性に対する水準値である。

4.2.5.2.2 DME バス 150 台導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額

限界支払い意思額の逓減関数を用いて、DME バス 150 台導入シナリオにおける潜在的支払い意思総額を計算したところ、8.52 億円/年と見積もられた。(表 4-5)

表 4-5 DME バス 150 台導入シナリオにおける潜在的支払い意思総額

全体	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.76	1.62
大気汚染レベル	0.21	0.45
二酸化炭素	3.04	6.45
追加負担	4.01	8.52

4.2.6 回答者属性による支払い意思額の違い

DME バス 20 台導入シナリオにおいて、回答者属性による支払い意思額の違いを比較した。

4.2.6.1 バスを利用する人と利用しない人

バスを使う人と比べ、バスを使わない人は、新燃料バス導入や、二酸化炭素排出削減に対する支払い意思額が低いことがわかった。また、大気汚染レベルについてはバスを使わない人のほうが、支払い意思額が高いことがわかった。

表 4-6 バスを利用する人の潜在的総支払い意思額(20 台導入シナリオ)

バス使う人	パラメータ	t値	限界支払い意思額	バス使う人	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.53	19.87	22.11	新燃料	0.29	0.63
大気汚染レベル	0.13	2.70	5.61	大気汚染レベル	0.07	0.15
二酸化炭素	2.08	36.24	86.81	二酸化炭素	1.15	2.43
追加負担	-0.96	-25.41		追加負担	1.51	3.21
サンプル数	990.1					

表 4-7 バスを利用しない人の潜在的総支払い意思額(20 台導入シナリオ)

バス使わない人	パラメータ	t値	限界支払い意思額	バス使わない人	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.38	3.32	12.86	新燃料	0.17	0.36
大気汚染レベル	0.44	1.98	14.81	大気汚染レベル	0.19	0.40
二酸化炭素	2.27	9.08	77.16	二酸化炭素	1.02	2.16
追加負担	-1.18	-7.09		追加負担	1.38	2.93
サンプル数	55					

4.2.6.2 渋滞がひどい地域に住んでいる人

アンケートで「渋滞のひどい道路が周辺 100 メートル以内にある」と答えた人の支払い意思額を調べた。東京都全体と比べ、支払い意思額が低いことがわかった。特に大気汚染レベルの支払い意思額は東京と全体と比べ半分以下となっており、大気汚染レベルに対する関心の低さが浮き彫りになる結果となった。これは、渋滞による大気汚染が日常化してしまい、大気汚染に対する関心が薄れてしまった結果ではないかと思われる。

表 4-8 渋滞がひどい地域に住む人の潜在的総支払い意思額(20 台導入シナリオ)

渋滞がひどい	パラメータ	t値	限界支払い意思額	渋滞がひどい	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.43	8.83	16.38	新燃料	0.22	0.46
大気汚染レベル	0.08	0.86	2.96	大気汚染レベル	0.04	0.08
二酸化炭素	1.98	18.71	75.33	二酸化炭素	0.99	2.11
追加負担	-1.05	-15.07		追加負担	1.25	2.66
サンプル数	287.9					

4.2.6.3 大気汚染がひどいと思っている人

アンケートで回答者の住居の周辺環境について自動車の排ガスによる大気汚染レベルについて「汚染されていると思う」もしくは「汚染されていないと思う」といった、大気汚染レベルに対する意識を質問した。「大気汚染がひどいと思う」と答えた回答者と「大気汚染がひどいとは思わない」と答えた回答者にわけ、支払い意思額を計算した。

表 4-9 「大気汚染がひどい」と思うと答えた人の潜在的総支払い意思額(20 台導入シナリオ)

大気汚染ひどい	パラメータ	t値	限界支払い意思額	大気汚染ひどい	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.56	17.97	21.77	新燃料	0.29	0.62
大気汚染レベル	0.08	1.42	3.20	大気汚染レベル	0.04	0.09
二酸化炭素	2.24	32.59	86.65	二酸化炭素	1.14	2.43
追加負担	-1.03	-23.17		追加負担	1.47	3.13
サンプル数	726.6					

表 4-10 「大気汚染がひどいと思わない」と答えた人の潜在的総支払い意思額(20 台導入シナリオ)

大気汚染ひどくない	パラメータ	t値	限界支払い意思額	大気汚染ひどくない	支払い意思額(円/乗車)	支払い意思総額(億円/年)
新燃料	0.42	9.15	20.45	新燃料	0.27	0.58
大気汚染レベル	0.32	3.60	15.25	大気汚染レベル	0.19	0.41
二酸化炭素	1.78	18.36	85.82	二酸化炭素	1.13	2.41
追加負担	-0.83	-12.71		追加負担	1.60	3.40
サンプル数	316.8					

「大気汚染がひどいと思う」と答えた回答者の大気汚染レベルに対する支払い意思額は「大気汚染がひどいと思わない」と答えた回答者の支払い意思額より低いことがわかった。

4.2.7 各シナリオにおける潜在的総支払い意思額の違い計算結果

DME バス 20 台導入シナリオにおいて、最も支払い意思額の小さな「渋滞がひどい地域に住む人」のサンプルで潜在的総支払い意思額を計算しても、2.66 億円/年までの追加負担が認められる可能性があることが示された。また、DME バス 150 台導入シナリオにおいては、7.09 億円/年までの追加負担が認められる可能性があることが示された。(図 4-6, 図 4-7)

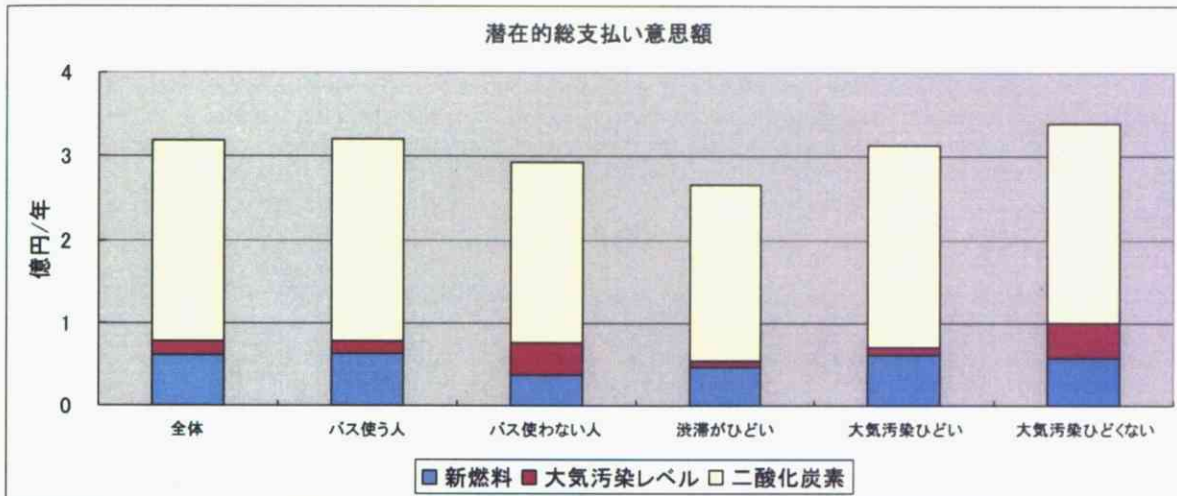


図 4-6 DME バス 20 台導入シナリオにおける潜在的総支払い意思額

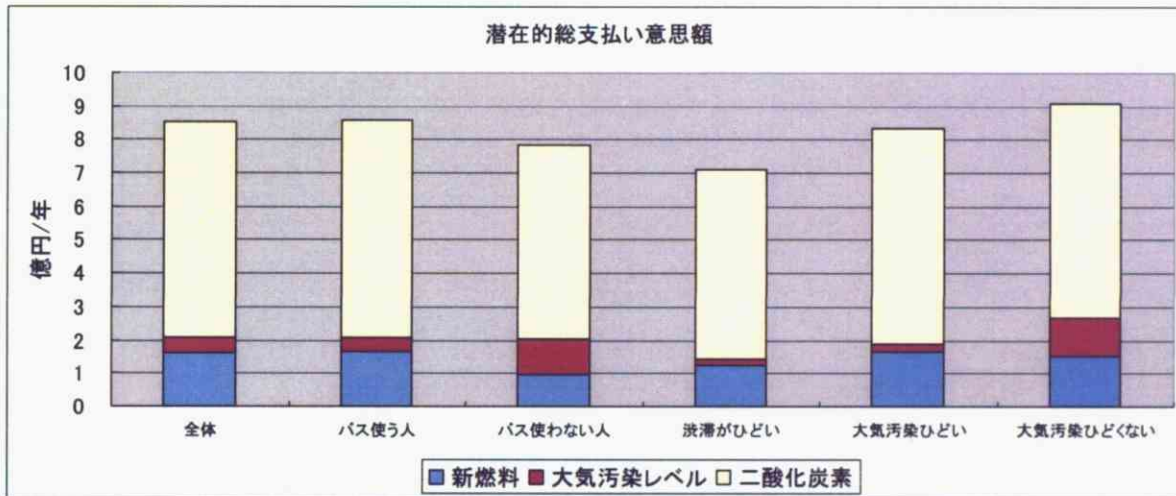


図 4-7 DME バス 150 台導入シナリオにおける潜在的総支払い意思額

参考文献

- 4-1) 東京都大気汚染地図情報 <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/bunpu1/air/mapmenu.asp> 東京都環境局

第5章 DME・発電ハイブリッドシステムの DME 合成量・発電出力評価

本章は参考文献⁵⁻¹⁾を元に作成した。

5.1 DME・発電ハイブリッドシステム概略

本研究では、図 5-1 のように、バイオマスを原料とした DME・発電のハイブリッドシステムを設計した。

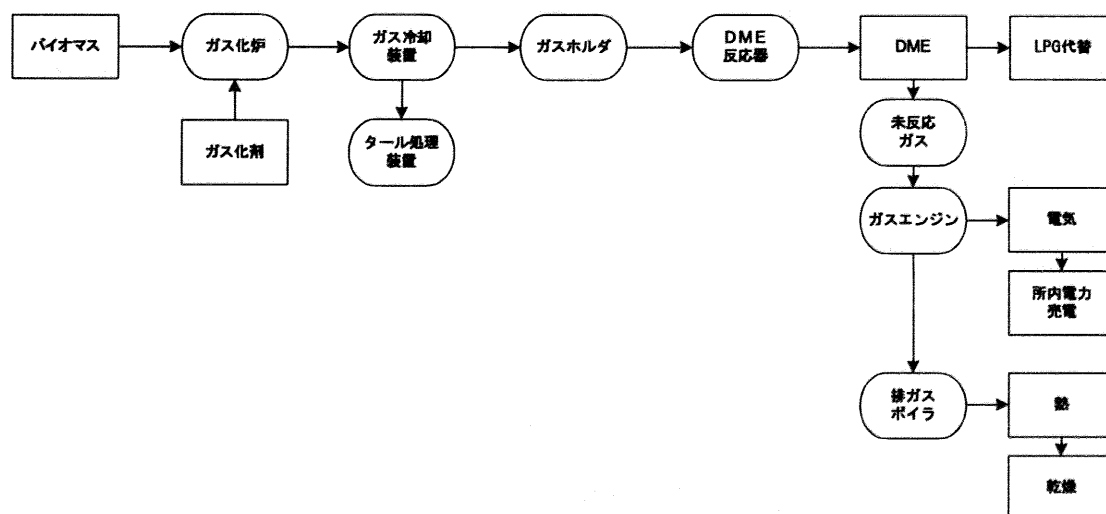


図 5-1. DME・発電ハイブリッドシステム概略図.

本システムでは、バイオマスをガス化し、ガス化ガスを用いて DME を合成する。そして、DME 合成の際に余った未反応ガスを用いて、ガスタービンを駆動し、電気を発生させ、余熱は原料である樹皮の乾燥に用いる。また、本システムでは、発電出力の一部を、ガス化用、DME 合成用、その他所内電力用や木材乾燥用の所内電力として、各プロセスに投入する。

本システムで用いる DME 直接合成反応は、次反応式 (3.1) より合成ガスから直接 DME を生成する反応である。本システムでは、圧力は 5.1 MPa、温度 260℃と反応条件を設定した。



実際には、次の3つの素反応 (3.2) から (3.4) より成り立っている。

メタノール合成反応



脱水反応



シフト反応



DME 直接合成反応は、DME 生産量 1mol 当たり 58.8 kcal (DME 1 kg 当たり約 1,280 kcal) の反応熱を出す強い発熱反応である。DME 直接合成反応を安定して制御するためには、この反応熱を効率良く除去して、反応器の温度を安定に制御することが重要となる。株式会社 JFE ホールディングスで使われている DME 直接合成反応は、混合特性に優れ、反応温度制御の容易な高圧 DME スラリー床反応器を用いている。図 5-2 に高圧 DME スラリー床反応器の概略図を示す。

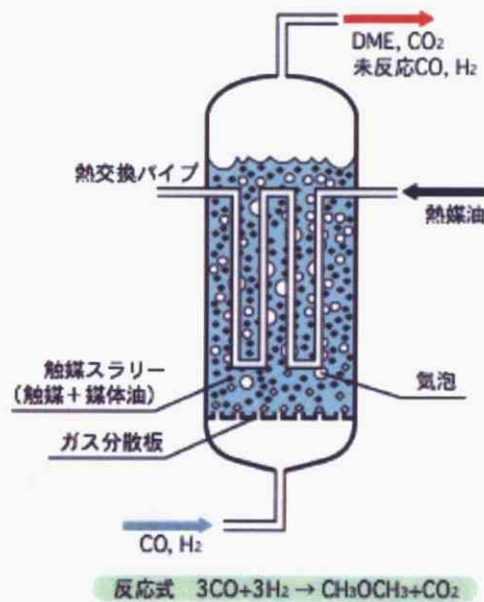


図 5-2. 高圧 DME スラリー床反応器概略図²⁾

このスラリー床反応器内部には、高い沸点を持つ溶媒（反応媒体油）の中に微粉末の開発触媒が懸濁されており、反応原料ガス自身によってスラリーは強力に攪拌されている。そのため、反応器内部の流動状態あるいは温度分布は、ほとんど均一となり、強い発熱を伴

う DME 直接合成反応を容易に制御することを可能としている⁵⁻²⁾。

天然ガスや石油といった化石燃料を原料としてガス化し、ガス化ガスを用いて DME を合成する場合、反応器から流出する未反応ガスは、リサイクルコンプレッサーを経由して再度反応器に循環され、ガス化ガスの総合反応転化率を 99%以上とすることが可能である。しかし、本研究におけるシステムでは、原料として樹皮やプラスチック製容器包装廃棄物といった性質が不安定な原料を用いるため、ガス化ガスの状態も不安定となることが考えられるので、未反応ガスを、リサイクルコンプレッサーを経由して再度反応器に循環させ、総合反応転換率を高めるのではなく、図 5-1 に示すように、DME のワンパス合成とし、未反応ガスは、ガスエンジンまたはガスタービンを駆動し、電気を発生させ、余熱は原料の乾燥に用いるシステム設計を行った。

なお、原料のガス化ガスの組成割合、ガス化ガスを用いての DME の合成量は、株式会社 JFE ホールディングスより入手したデータを用いて算出した。

5.2 DME 合成量と発電出力

本研究では、樹皮 40ton/day とプラスチック製容器包装廃棄物 60ton/day の混合物を原料としてガス化を行い、DME の合成および発電を行う。DME・発電ハイブリッドシステムの概略図を図 5-3 に示す。

木質バイオマスをガス化したガスを用いると、DME は 29.10ton/day 合成された。

DME 合成の際に余った未反応ガスを用いてガスタービン（発電効率：30%、排熱効率：40%）ⁱ⁾を駆動し、発電と排熱を出力した。なお、発電出力は、ガス化用、DME 合成用、その他所内電力用や木材乾燥用の所内電力として用い、残りを中国電力株式会社に売電する。また、排熱は樹皮の乾燥に用いる。

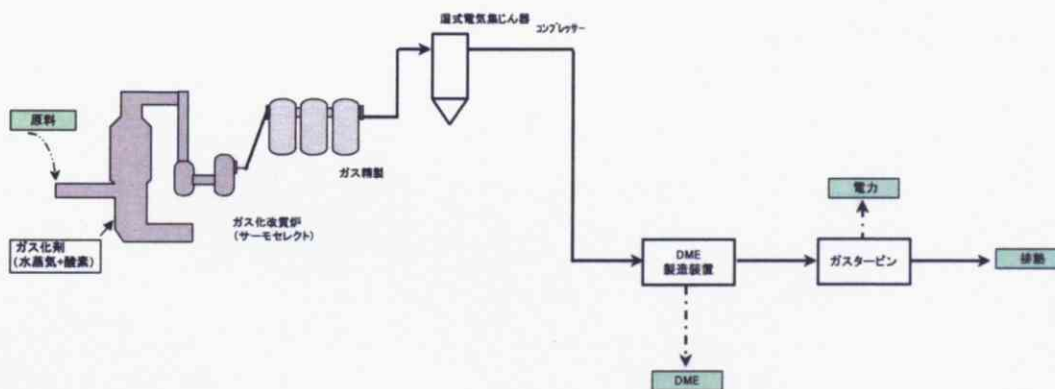


図 5-3. DME・発電ハイブリッドシステム概略図。

ⁱ⁾ 発電・排熱効率は、ガスタービンメーカーからのヒアリング値を用いた。

表 5-1 に、木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステムにおけるガス化ガスの組成割合（モル量ベース）、 H_2/CO 比を、表 5-2 に、DME 合成の際に余った未反応ガスの組成割合・発熱量、発電出力、熱出力、所内電力（ガス化用、DME 合成用、その他所内電力用や木材乾燥用）、所内電力割合を示す。また、図 5-4 にシナリオ 2 におけるエネルギーフロー図を示す。

表 5-1. 木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステムのガス化ガス仕様.

項目		値	単位
ガス化ガスの 組成割合	H_2	43.58	%
	CO	41.72	%
	N_2	0.06	%
	CO_2	11.86	%
	H_2O	2.28	%
	CH_4	0.50	%
H_2/CO 比		1.04	—

表 5-2. 未反応ガスの仕様と発電・熱出力.

項目		値	単位
DME 合成後の 未反応ガスの 組成割合	H_2	34.28	%
	CO	28.23	%
	N_2	42.71	%
	CO_2	0.08	%
	H_2O	0.48	%
	CH_4	0.70	%
	DME	7.95	%
	CH_3OH	1.66	%
未反応ガスの発熱量		7.5	MJ/Nm^3
発電出力		4,651.2	kW
熱出力		22.3	GJ/hour
所内電力（ガス化用）		700.0	kW
所内電力（DME 合成用）		1,264.4	kW
所内電力（その他所内電力用）		232.6	kW
所内電力（木材乾燥用）		63.0	kW
所内電力割合		48.6	%

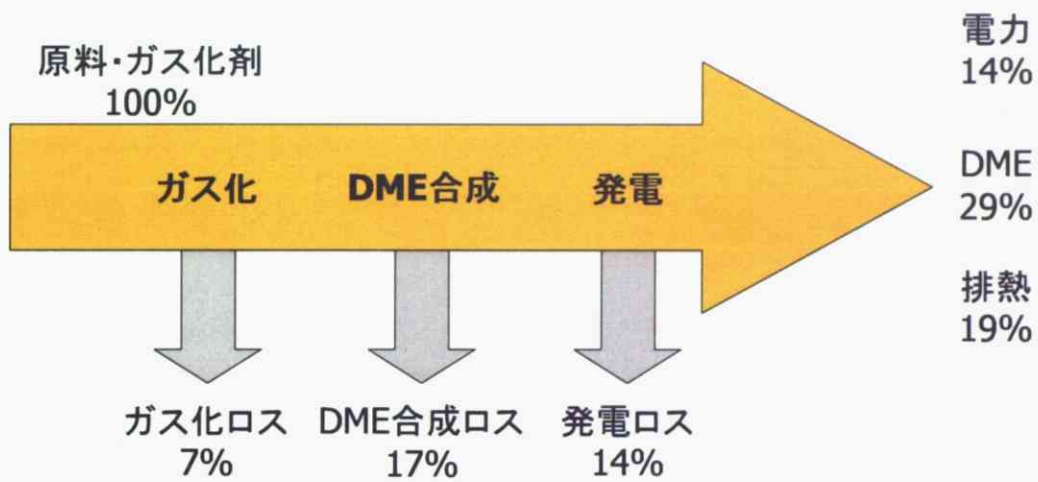


図 5-4. 木質バイオマス DME・発電ハイブリッドシステムのエネルギーフロー概略図.

参考文献

- 5-1) 地域特性を考慮したバイオマスを用いた DME・発電ハイブリッドシステムの設計・評価, 浅野琢ら, 2006 年, 日本エネルギー学会誌 (第 85 巻 第 1 号)
- 5-2) DME 合成技術と利用技術, 大野ら, 2001 年, NKK 技報 No.174.

第 6 章 LCA 評価

6.1 LCA 分析手法

6.1.1 LCA 概略

ライフサイクルアセスメント (LCA) とは、製品のライフサイクル、つまり、資源の採取、製造、使用、廃棄のすべての段階にわたって、環境に与える影響を分析評価する手法である。

LCA は、国際標準化機構 (ISO) で規格化 (LCA の原則およびフレームワーク、LCA のインベントリ分析、LCA のインパクト評価、LCA のインタープリテーション、LCA のインベントリ・データフォーマット) が進んでおり、ISO14041 でも示されているように LCA は図 6-1 のように 4 つの段階で構成されている。

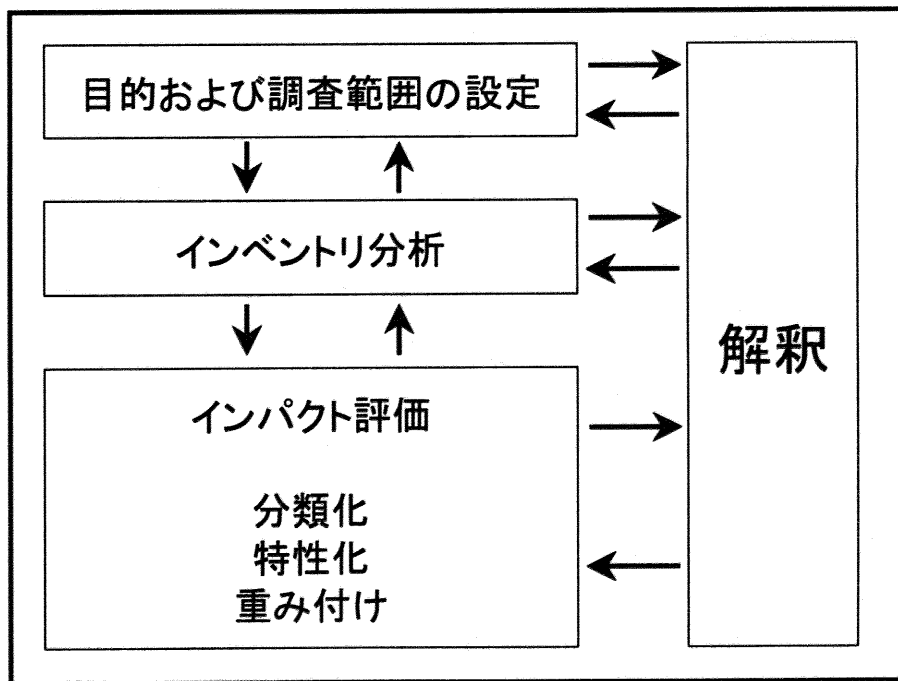


図 6-1. LCA 分析手法概略.

LCA の手法論は完全には確立されておらず、今なお、各段階で様々な研究そして議論がなされている。

6.1.1.1 目的および調査範囲の設定

LCA は直接的な影響だけでなく、間接的な影響までを含めて評価しようという思想に基づいており、システム分析法の一つといえる。目的および調査範囲の設定は、LCA の枠組みを決定する基本となる段階であり、LCA の特徴が良く現れているといえる。

調査範囲の設定において、ライフサイクルが定義され、間接的な影響をどこまで追跡するかが決定される。この設定のためには、目的が明確にされていることが重要であり、このライフサイクルという概念は理解が容易で、かつ、製品指向であると共に、消費者指向であるといえる。

6.1.1.2 インベントリ分析

インベントリ分析 (Life Cycle Inventory : LCI) では、ライフサイクルにわたってどのような環境影響物質が、どれだけ排出されているかを明らかにする。

ライフサイクルに含まれる様々な活動 (プロセス) の間の関係を解析し、その関係を定量的に捉えるためのデータを収集することが、インベントリ分析の核となる。ライフサイクル内のプロセスを詳細に分割し、一つずつ丹念に追跡し、各プロセスにおける排出量を明らかにすれば、原理的にはライフサイクル全体の排出量を算出することが可能である。しかしながら、現実には、データ入手の観点から、ライフサイクル内のプロセス間の関係、そして、各プロセスからの排出量を完全に把握することは難しい。そのため、一部のプロセスを簡略化もしくは省略したり、産業連関表を用いたりすることが試みられている。

したがって、分析に用いたデータの精度や前提条件を把握した上で、結果を解釈することが重要であり、必要であれば、誤差分析や感度分析によって、結果が補完されることが望ましい。また、インベントリ分析において、場所や時間の関数として排出量が推計されることは稀であり、通常、時間や場所の情報は含まれない。

6.1.1.3 インパクト評価

インパクト評価は、分類化 (Classification)、特性化 (Characterization)、重み付け (Valuation) の3段階に分割される場合がある。

分類化では、各環境影響物質を環境負荷カテゴリに振り分ける。例えば、地球温暖化というカテゴリには、CO₂ や CH₄ が対応づけられる。また、特性化では、同じカテゴリ間に属する物質を統合する。例えば、地球温暖化の場合には、GWP が重み付け係数として用い

られる。広域的な環境負荷を対象とする場合、特性化までは比較的問題が少ない。しかし、騒音や土壌汚染などの局地的な環境負荷では、時間や場所に関する情報が重要となり、インベントリ分析でこれらの情報が重要となり、インベントリ分析でこれらの情報が含まれない場合には、実施が困難になる。そして、重み付けでは、異なるカテゴリを重み付けすることで、統合化することが試みられる。意思決定手法として LCA を捉えるなら、統合化は必要であるが、結果の解釈に気を付けるべきである。なぜなら、すべての環境負荷を定量的に把握することは難しく、異なるカテゴリ間の重み付けは、多かれ少なかれ主観的にならざるを得ないからである。

6.1.2 インベントリ分析手法

インベントリ分析は、LCA を実施する上で基本となる分析である。手法およびデータベースの研究に加えて、様々な事例研究が実施されている。今までに採用されてきたインベントリ分析手法は、大きく 2 つに分類することが出来る。

ひとつは、積み上げ法と呼ばれる手法で、定義されたライフサイクルにおける全てのプロセスを 1 つずつ検討することで、ライフサイクルにわたる排出量を推定する手法である。もうひとつは、産業連関法と呼ばれる手法であり、個別のプロセスを検討するのではなく、財・サービスの取引関係を記述した産業連関表を用いて、排出量を推計する手法である。

6.1.2.1 積み上げ法

積み上げ法は、ライフサイクルに含まれるプロセスを詳細に検討して、それらのプロセスを 1 つずつ検討することで、排出量を推定する手法である。したがって、精度の高い詳細な分析が可能であり、また、現実のプロセスに対応しており、理解し易く、説得力も高いと考えられる。しかし、ライフサイクルに含まれる全てのプロセスを完全に解析することは、時間や費用の面、また、データ入手可能性の点から、現実的には極めて困難である。したがって、積み上げ法では、現実的には、調査範囲すなわちライフサイクルを、ある程度制限せざるを得ない。検討から漏れるプロセスが存在するため、一般的には、過小評価となる傾向がある。そのため、過小評価を防ぐために、検討外のプロセスからの排出量を経済性などから、大まかに見積もることで補完する場合もある。また、必要となるデータを収集するだけでも大変であり、データの品質を揃えることは、極めて難しいのが現状である。

6.2 本研究における LCA 評価

本研究における LCA 評価では、環境に与える影響の中で CO₂に着目し、既存のシステムと本研究で設定したシステムを比較した場合における、CO₂排出量の削減分の定量評価を行った。

6.2.1 DME バス導入シナリオにおける LCA 評価

第3章の DME バス導入シナリオにおける CO₂ 排出量評価の結果を用いた。

6.2.2 DME・発電ハイブリッドシステムにおける検討範囲の設定

本研究のエネルギーシステムにおけるライフサイクルの検討範囲は、原料の輸送、エネルギー変換の2段階までを、評価の対象とする。

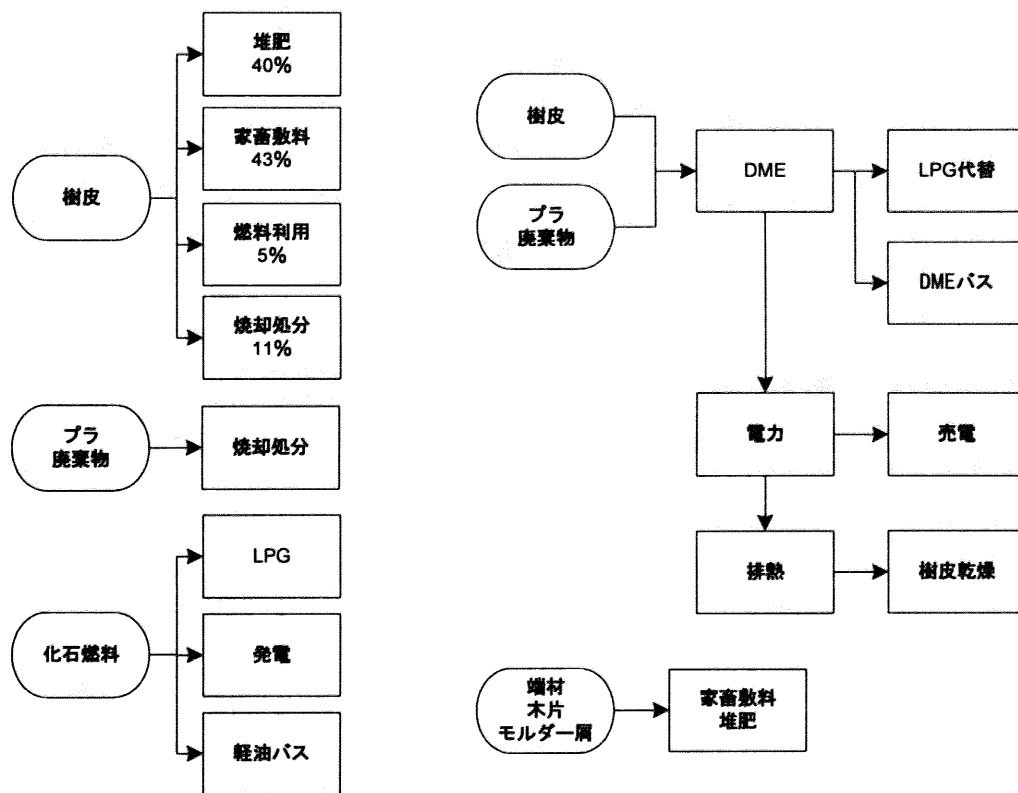
なお、プラスチック製容器包装廃棄物を用いるシナリオにおいては、焼却処分⁶⁻¹⁾(収集、輸送、焼却)されている場合と、リサイクルされている場合の、2種類の既存のシステムを設定した。

検討範囲の設定では、既存のシステムである用途に使われている原料(樹皮やプラスチック製容器包装廃棄物)を、本研究におけるシステムではエネルギー利用する。そのため、既存のシステムで原料を投入して製造されている分だけ、本研究におけるシステムでは、新規に原料を投入して、その分だけ製造を行うと設定した¹⁾。

DME・発電ハイブリッドシステムにおける LCA 概略図を図 6-2、6-3 に示す。

図 6-2 では、プラスチック製容器包装廃棄物が焼却処分されている場合を既存のシステムとして用いている。また、図 6-3 では、プラスチック製容器包装廃棄物がリサイクルされている場合を既存のシステムとして用いており、図中のプラスチック製容器包装廃棄物のパーセンテージは、全国平均におけるリサイクル割合である。

¹⁾ 例えば、既存のシステムでプラスチック製容器包装廃棄物を用いて油化をし、A 重油を製造しているとすると、本研究におけるシステムでは、既存のシステムと同量だけ別の原料を用いて A 重油を製造することで、システム設定を行った。



↑ ← 既存のシステム → ↑ ↑ ← 本研究におけるシステム → ↑

図 6-2. DME・発電ハイブリッドシステムにおける LCA 評価概略図 (既存のシステム：焼却処分)。

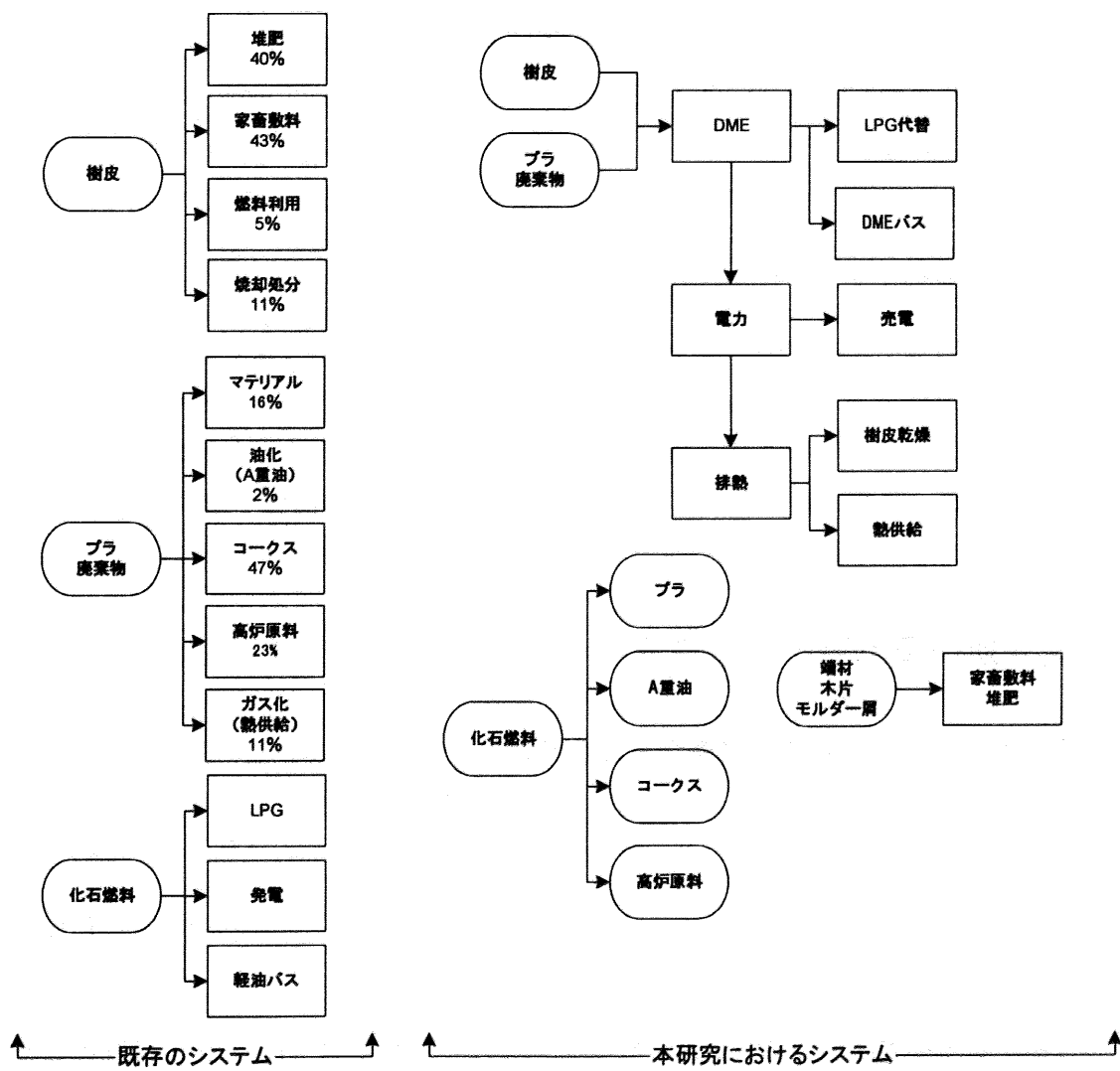


図 6-3. DME・発電ハイブリッドシステムにおける LCA 評価概略図 (既存のシステム: リサイクル).

6.2.3 インベントリ分析とインパクト評価

本研究のエネルギーシステムにおける LCA 評価で対象とする原料の輸送とは、製材工場・木材加工工場から排出された樹皮をエネルギー変換場所まで輸送する段階、プラスチック製容器包装廃棄物の輸送の段階、生産 DME を DME バス導入各営業所まで運ぶ段階であり、エネルギー変換とは、原料をエネルギーに変換する段階、具体的には DME・発電ハイブリットのプラント製造・運営に伴う CO₂ 排出量の段階を指す。但し、本研究では、プラントの解体時に必要となる燃料および消耗資材の消費、DME 貯蔵設備については考慮していない。

排出量の推計では、積み上げ法をベースとして、既存の先行研究例⁶⁻²⁾⁶⁻³⁾⁶⁻⁴⁾を利用する手法を用いた。なお、分析上重要な部分は十分詳細な単位プロセスへ分割して解析し、それほど重要でない部分については、粗い分析に留めておくのが、実用的な分析手法としては合理的である。本研究におけるシステムでは、カーボンニュートラルの概念より、燃料の燃焼分代替が既存のシステム（既存のシステム）と本研究で設定したシステムとの CO₂ 排出量の差の大部分を占めることになる。具体的には、既存のシステムにおける化石燃料由来の LPG や発電や軽油の代替分が、既存のシステムと本研究で設定したシステムを比較した場合における、CO₂ 排出量の削減分の多くを占めることになる。

6.2.4 樹皮とプラスチック製容器包装廃棄物の CO₂ 排出量の取り扱い

本研究における、樹皮とプラスチック製容器包装廃棄物の燃焼に伴う CO₂ 排出量の扱いは、それぞれ以下のように規定する。

6.2.4.1 樹皮

樹皮の燃焼に伴う CO₂ 排出量は、以下のカーボンニュートラルの概念より、ゼロとカウントする。

カーボンニュートラルの概念

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC)⁶⁻⁵⁾によると、バイオマスのエネルギー利用に伴う CO₂ 排出の扱いを以下の通りと規定している。

- ▶ バイオマス燃料の燃焼に伴う CO₂ 排出は、エネルギー部門の CO₂ 排出量の合計には算入しないこととする。

- ▶ これは、バイオマスの持続的な生産が行われている場合は純排出量がないことによる。
- ▶ また、仮に持続可能でないバイオマスの収穫（バイオマスの年間生長量を上回る収穫）が行われた際は、土地利用変化と森林セクターでの純排出として計上されることとなる。
- ▶ ただし、バイオマスの生長により固定化されない他の温室効果ガス（メタン、一酸化二窒素）は算入することとなっている。

6.2.4.2 プラスチック製容器包装廃棄物

プラスチック製容器包装廃棄物の燃焼に伴う CO₂ 排出量は、プラスチック製容器包装廃棄物の炭素含有率に従って、カウントする。

但し、本研究における LCA 評価においては、既存のシステム（焼却処分、リサイクル）と本システム共に、プラスチック製容器包装廃棄物を燃焼させるのでⁱⁱ、既存のシステムと本システムにおけるプラスチック製容器包装廃棄物の燃焼に伴う CO₂ 排出量は同量なため、その分の CO₂ 排出量はカウントしないで、評価を行った。

6.2.5 既存のシステムにおける CO₂ 排出量

既存のシステムにおける CO₂ 排出量を評価した。なお、各排出原単位は、参考文献⁶⁻⁶⁾より引用した。

6.2.5.1 樹皮の輸送

樹皮は、規模：12ton、積載量：75%、平均燃費ⁱⁱⁱ：3km/l（軽油）のトラックで輸送する⁶⁻⁷⁾と設定した。各製材工場・木材加工工場から、焼却処分、燃料利用、堆肥・家畜敷料の用途先までの輸送距離を 5.0km と仮定すると、軽油の総使用量は 5,423l/year となった。以上より、樹皮の輸送による CO₂ 排出量は、14.5ton-CO₂/year となった。

ⁱⁱ マテリアルリサイクルの場合のみ、プラスチックに炭素が固定されるが、最終的に処分されるとみなしてカウントした。

ⁱⁱⁱ 積載量によって異なるが、一定とした。また、樹皮を積んでいる往路と、積んでいない復路共に、同じ条件として算出した。

6.2.5.2 プラスチック製容器包装廃棄物の輸送

プラスチック製容器包装廃棄物は、樹皮と同じ条件のトラックで輸送すると設定した。各県の市町村における発生場所と仮定した場所である役所から、焼却処分する場合とリサイクルする場合のいずれも、焼却処分またはリサイクル場所までの輸送距離を 50.0km と仮定すると、軽油の総使用量は 81,033ℓ/year となった。以上より、プラスチック製容器包装廃棄物の輸送による CO₂ 排出量は、216.0ton-CO₂/year となった。

6.2.5.3 樹皮（焼却処分）

既存のシステムでは、カーボンニュートラルの概念より、樹皮を焼却処分しても CO₂ (2,795ton/year 相当) は排出されない。

また、本研究におけるシステムでは、樹皮をエネルギー利用するが、こちらもカーボンニュートラルの概念より、CO₂ は排出されないとみなせる。

6.2.5.4 樹皮（燃料利用・木材乾燥）

既存のシステムでは、樹皮をボイラー(ボイラー効率^{iv}:約 85%)にて熱に変換し、0.3GJ/hour (1,044ton/year の樹皮、含水率は 75%) の熱供給をしている。

また、本研究におけるシステムでは、DME・発電ハイブリットシステムにおける排熱を利用することで、樹皮乾燥に要する熱出力を含めても、従来の熱出力を十分にカバーできるため、新規に A 重油などの投入は必要ないので、本研究におけるシステムの導入によって、CO₂ は排出されないとみなせる。

6.2.5.5 樹皮（堆肥・家畜敷料）

既存のシステムでは、堆肥・家畜敷料は共に、樹皮と家畜の糞尿を混合して、好気性発酵させることにより製造され、これらは処分される際に、外に放置されて腐敗するため、メタンを排出する。(19,728ton/year 相当)

また、本研究におけるシステムでは、代替として投入する端材・木片は、樹皮とほぼ同じ成分(炭素割合など)であり、メタン排出も含めて、既存のシステムと本研究における CO₂ 排出量の差はないとみなせる。

^{iv} 蒸気に吸収された熱量と供給燃料の燃焼熱量との比。

6.2.5.6 プラスチック製容器包装廃棄物（焼却処分）

プラスチック製容器包装廃棄物を焼却処分した場合の既存のシステムについて評価する。既存のシステムでは、焼却処分されており、プラスチック製容器包装廃棄物の炭素含有率約 75%に従って、CO₂を排出している。（排出量：21,900ton/year）

また、本研究におけるシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物をエネルギー利用するが、焼却処分の際の CO₂ 排出量と、DME・発電ハイブリットシステムにおけるプラスチック製容器包装廃棄物を利用することによる CO₂ 排出量は同じ^vとみなせる。

6.2.5.7 プラスチック製容器包装廃棄物（リサイクル全量）

プラスチック製容器包装廃棄物をリサイクルした場合の既存のシステムについて評価する。既存のシステムと本システムにおけるプラスチック製容器包装廃棄物の燃焼に伴う CO₂ 排出量は同量なので、その分の CO₂ 排出量はカウントしないで、評価を行った。以下に評価結果を述べるが、全てを合計すると、21,900ton/year となる。

6.2.5.7.1 マテリアルリサイクル

CO₂ 排出量：3,571ton/year

既存のシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物をマテリアルリサイクルして、プラスチックを製造している。表 6-1 に PSP トレイをマテリアルリサイクルした際の、インベントリ分析結果（温暖化効果に関する部分を抽出）を示す⁶⁻⁴。PSP トレイ・プラスチック棒は、プラスチック製容器包装廃棄物とほぼ同じ成分（炭素割合など）であり、表 4-2 に示すプラスチック製造 1.000kg におけるインベントリ分析結果（温暖化効果に関する部分を抽出）⁶⁻⁸（エラー! ブックマークが定義されていません。）より、各排出原単位を用い、CO₂ 排出量を算出した。なお、CO₂ と N₂O の温暖化効果を統合するために、地球温暖化ポテンシャル（GWP）を用いており、積算年数を 100 年とし、N₂O の温暖化効果は CO₂ の 310 倍として、N₂O 排出量を CO₂ 排出量へと換算している。

表 6-1. マテリアルリサイクルにおけるインベントリ分析結果⁶⁻⁸。

投入物	量と単位	生成物	量と単位
PSP トレイ	1.000[kg]	プラスチック棒	0.980[kg]
電力	4.533[kWh]		

^v 焼却処分、エネルギー利用共に、同じ量の CO₂ を放出するため。

表 6-2. プラスチック製造におけるインベントリ分析結果⁶⁻⁸⁾.

投入物	値	単位
電力	0.1174	kWh
CO ₂	0.6398	kg
N ₂ O	1.22 × 10 ⁻⁰⁴	kg

以上より、既存のシステムにおける CO₂ 排出量は、10,035.4 ton-CO₂/year となった。

また、本研究におけるシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物をエネルギー利用するが、既存のシステムでリサイクルされるプラスチックの量 3,499ton/year 分だけ、プラスチックを製造する必要があるため、その分の CO₂ 排出量は、2625.9ton-CO₂/year となった。

6.2.5.7.2 ケミカルリサイクル（油化）

CO₂ 排出量：504ton/year

既存のシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物を油化して、A 重油相当を製造している。表 6-3 に PSP トレイを油化した際の、インベントリ分析結果（温暖化効果に関する部分を抽出）⁴⁾を示す。PSP トレイは、プラスチック製容器包装廃棄物とほぼ同じ成分（炭素割合など）であり、各排出原単位を用い、CO₂ 排出量を算出した。

表 6-3. 油化におけるインベントリ分析結果⁴⁾.

投入物	量と単位	生成物	量と単位
PSP トレイ	1.000[kg]	A 重油相当	0.933[L]
電力	0.445[kWh]		
A 重油相当	0.165[L]		

以上より、既存のシステムにおける CO₂ 排出量は、369.4ton-CO₂/year となった。

また、本研究におけるシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物をエネルギー利用するが、生成された A 重油の量 38,6954.4L/year 分だけ、化石燃料由来のものから投入する必要があるため、1,072.2ton-CO₂/year となった。

6.2.5.7.3 ケミカルリサイクル（高炉還元剤，コークス炉化学原料化）

CO₂ 排出量：15,422ton/year

高炉還元剤とコークス炉化学原料化は、同じく鉄鋼炉におけるリサイクルであり、原料利用のタイミングが異なるが、高炉還元剤をコークス炉化学原料化と同じプロセスと仮定

して^{vi}、CO₂排出量の評価を行った。

既存のシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物を高炉還元剤・コークス炉化学原料化して、コークス相当などを製造している。表 6-4 にポリスチレンをコークス炉化学原料化した際の、インベントリ分析結果（表中では、温暖化効果に関する部分を抽出）⁴⁾を示す。ポリスチレンおよびスチレンは、プラスチック製容器包装廃棄物とほぼ同じ成分（炭素割合など）であり、各排出原単位を用い、CO₂排出量を算出した。

表 6-4. コークス炉原料化におけるインベントリ分析結果⁶⁻⁸⁾。

投入物	量と単位	生成物	量と単位
ポリスチレン	1.000[kg]	コークス相当	0.140[kg]
電力	0.300[kWh]	スチレン相当	0.442[kg]
		石炭相当量	0.280[kg]

以上より、既存のシステムにおける CO₂ 排出量は、7,896.1 ton-CO₂/year となった。

また、本研究におけるシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物をエネルギー利用するが、生成されたコークスの量 2,159,093.3ton/year, スチレンの量 3,240.4ton/year, 石炭の量 6,822,734.7ton/year 分だけ、化石燃料由来のものから投入する必要があるので、26,91.7ton-CO₂/year となった。

6.2.5.7.4 ケミカルリサイクル（ガス化）：

CO₂ 排出量：2,410ton/year

既存のシステムでは、プラスチック製容器包装廃棄物をガス化して、熱供給をしている^{vii}。そのときのガス化効率是不明だが、対象となるプラスチック製容器包装廃棄物全量が熱になると仮定し^{viii}、保守的に値を求めると、9.5GJ/hour となる。

また、本研究におけるシステムでは、DME・発電ハイブリットシステムにおける排熱を利用することで、樹皮乾燥に要する熱出力を含めても、従来の熱出力を十分にカバーできるため、新規に A 重油などの投入は必要ないので、本研究におけるシステムの導入によって、CO₂は排出されないとみなせる。

^{vi} 高炉還元剤の LCA 評価に関するインベントリ分析結果が、先行研究例で見当たらなかったため。

^{vii} ガス化ガスを用いてアンモニア合成などに利用する研究が進められているが、現状では、ガス化ガスを製造するのみであるため、当面は熱供給である。そのため、本研究における既存のシステムでも、熱供給と設定した。

^{viii} つまり、プラスチック製容器包装廃棄物×熱量として算出した。

6.2.5.7.5 プラスチック製容器包装廃棄物がリサイクルされている場合の CO₂ 排出量

以上より、プラスチック製容器包装廃棄物がリサイクルされている場合の既存のシステムにおける CO₂ 排出量の総計は、18,300.9ton-CO₂/year となった。また、既存のシステムでの生成物を補完するための、本研究におけるシステムの CO₂ 排出量の総計は、30,639.9 ton-CO₂/year となった。

6.2.6 各プロセスにおける DME・発電ハイブリッドシステムの CO₂ 排出量

各プロセスにおける DME・発電ハイブリッドシステムの CO₂ 排出量について以下に示す。

6.2.6.1 原料の輸送

樹皮は、既存のシステムと同じ条件のトラックで、各製材工場・木材加工工場から、DME・発電ハイブリッドのエネルギー変換プラントまで輸送を行う。

また、プラスチック製容器包装廃棄物も同様に、既存のシステムと同様のトラックで、各県の市町村における発生場所と仮定した場所である役所から、DME・発電ハイブリッドのエネルギー変換プラントまで輸送を行う。

その際の、軽油の総使用量は、樹皮とプラスチック製容器包装廃棄物を合わせて、271,463 l/year となった。

以上より、輸送による CO₂ 排出量は、723.4ton-CO₂/year となった。

6.2.6.2 プラント建設

プラント建設における CO₂ 排出量では、図 6-4 に示すように、ガス化炉部分とガス化ガスを用いて DME・発電を行う部分（中間設備を含む）の 2 箇所に分けて、評価を行った³⁾。その際に、プラントの運営（所内電力）については、自家発電分を回すため、発電源はカーボンニュートラルの概念より、プラントの運営に掛かる CO₂ 排出量はゼロとして評価を行った^{ix}。

ガス化炉については、ガス化形式（流動床）が異なるが、実データから詳細に積み上げを行っている先行研究例のデータを用いた²⁾。なお、その際の素材量は、原料投入量に比例するとした。

また、ガス化ガスの利用部に関しては、LNG 火力発電プラントにおける CO₂ 排出量の算

^{ix} プラスチック製容器包装廃棄物の燃焼に伴い、CO₂ は排出するが、本システムにおけるプラスチック製容器包装廃棄物の燃焼に伴う CO₂ 排出量は同量なため、その分の CO₂ 排出量はカウントしないで、評価を行った。

出プロセスを用いて、計算を行った³⁾。なお、文献におけるプラント規模が 1,000MW 級を想定した実データであり、また、本研究は DME・発電ハイブリッドシステムについて考慮しているが、本研究におけるシステムではガス化ガスを全量、ガス化発電した場合と仮定して、発電出力を求め^x、文献値を用いている。

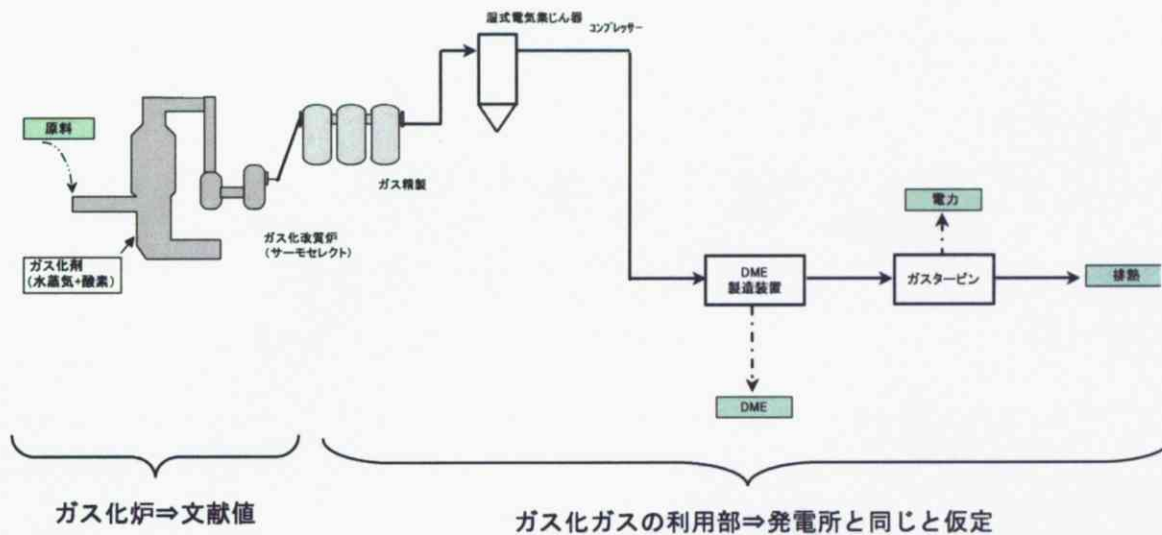


図 6-4. プラント建設における LCA 評価.

6.2.6.2.1 ガス化炉部分

ガス化炉設備に投入される素材量については、先行研究例のガス化炉における素材データに基づいて、原料の投入量に比例するものとして、素材投入量を決定した。

先行研究例では、原料として 840ton/day の木質バイオマスをガス化炉に投入するが、そのガス化炉における資材投入量は、以下の表 6-5 のようになっている²⁾。なお、本研究におけるシステムのガス化炉の耐用年数は、20 年と設定した。

表 6-5. 先行研究例におけるガス化炉設備に投入される素材量²⁾。

素材名	投入量[ton]
耐火断熱材	700
炭素鋼	790
流動砂	3,060
コンクリート	7,380

^x ここで用いる本研究における発電規模とは、DME 製造の際に余った未反応ガスを用いての発電出力ではなく、DME 製造を行わないで、ガス化ガスを全量発電に回したときの出力である。

以上より、各シナリオにおけるガス化炉設備に投入される素材量を算出し、各排出原単位を用い、CO₂排出量を算出した。

6.2.6.2.2 本研究におけるガス化炉

DME・発電ハイブリッドシステムにおける原料の投入量は100ton/dayであるので、表6-6のように原料の投入量に比例するものとして素材投入量を決定した。

表 6-6.ガス化炉設備に投入される素材量.

素材名	投入量[ton]
耐火断熱材	83
炭素鋼	94
流動砂	364
コンクリート	879

以上より、ガス化炉設備によるCO₂排出量は、耐用年数で除すると、5.0 ton-CO₂/yearとなった。

6.2.6.2.3 ガス化ガスの利用部（発電所と同じと仮定）

発電所の建設に必要な建設資材量は、文献からの値を用いた³⁾。

現在の発電所は、ユニットシステムを採用しており、一部を除いて主要な発電設備はユニット毎に独立している。本評価においては、(a)ユニットを構成する機械設備（ボイラー、タービン、主変圧器など）、(b)それ以外の機械設備（燃料タンク、開閉所設備など）、(c)発電所内の土木施設（基礎、構築物、道路など）に分けて、鋼鉄およびコンクリートの必要量を求めた。

耐用年数は20年と設定し、設備建設時に排出されるCO₂排出量は、その設備の運用期間、すなわち、耐用年間に一律に配分している。

(a) ユニットの構成する機械設備

ユニットを構成する機械設備として、ボイラー、タービン、発電機、復水給水設備、変電設備、環境対策設備を対象とした。LNG火力発電所における、これらの機械設備の鉄鋼重量(M[ton])とユニット出力(C[MW])の関係は、以下の式^{xi}で表される。

$$M = 506.9 C^{0.7}$$

^{xi} 文献中における出力に掛かる係数は0.559だが、本研究における出力規模と違いすぎるので、乗則に従い、0.7と補正した。

(b) それ以外の機械設備

(a)以外の発電所共通の機械設備として、開閉所設備と燃料貯蔵設備を対象とした。開閉所設備に必要な鉄鋼量は4.14ton/MW、燃料貯蔵設備に必要な鉄鋼量は8.00ton/MWとした。

(c) 発電所内の土木施設

土木施設として、発電所敷地内の基礎、構築物、道路を対象とした。土木施設は立地条件に大きく依存するが、立地条件と素材重量とに関する分析を実施するのに十分なデータが得られなかったため、単純に発電所の出力に比例するものとした。出力あたりの鉄鋼量は26.97ton/MW、コンクリート量は170.05ton/MWとした。また、建設時のダンプやブルドーザーなどの重機による燃料消費量についても、出力に比例するものとして推計した。その際、必要な軽油量は11.57kL/MWとした。

なお、(b)と(c)においては、文献値と本研究における出力規模（文献想定値が1,000MW）があまりにも異なるため、各シナリオにおける出力に0.7乗し、文献値の出力の0.7乗で除したものを、各々鉄鋼量などに掛けて、量を算出した。

6.2.6.2.4 本研究におけるガス化ガスの利用部

本研究における発電出力規模は9.06MW（DME製造の際に余った未反応ガスを用いての発電出力ではなく、DME製造を行わないで、ガス化ガスを全量発電に回したときの出力）であるため、表6-7のように出力規模に比例するものとしてガス化炉、ガス化ガスの利用部の素材投入量を決定した。

表 6-7. シナリオ2におけるガス化ガスの利用部の素材投入量。

箇所	素材名	投入量[ton, kℓ]
ユニット構成機械設備	鉄鋼	2,370.9
ユニット以外の機械設備	鉄鋼（開閉所設備）	390.0
	鉄鋼（燃料貯蔵施設）	1,218.8
土木設備	鉄鋼	4,109.0
	コンクリート	25,907.7
	軽油	1,790.2

以上より、ガス化ガスの利用部によるCO₂排出量は、耐用年数で除すると、938.7ton-CO₂/yearとなった。

6.2.7 DME の輸送

6.2.7.1 DME バス 20 台導入シナリオ

DME バス 20 台導入シナリオにおいては、地域 X から東京都の各営業所まで 150 キロの距離を、15.5 トンローリーを用いて輸送する。3 営業所の DME 需要 416.2ton/year を運搬するために必要な輸送回数は 27 往復/年となり、総走行距離は 8,056 km/year となった。平均燃費 2km/l (軽油) として、軽油の総使用量は 4,028l/year となった。以上より、DME の輸送による CO₂ 排出量は、10.7 ton-CO₂/year となった。

6.2.7.2 DME バス 150 台導入シナリオ

DME バス 150 台導入シナリオにおいても同様に、地域 X から東京都の各営業所まで 150 キロの距離を、15.5 トンローリーを用いて輸送する。3 営業所の DME 需要 3122ton/year を運搬するために必要な輸送回数は 201 往復/年となり、総走行距離は 60,419 km/year となった。平均燃費 2km/l (軽油) として、軽油の総使用量は 30,210l/year となった。以上より、DME の輸送による CO₂ 排出量は、80.5 ton-CO₂/year となった。

6.2.8 DME の LPG 代替

本研究におけるシステムでは、合成した DME を LPG 代替として用いる。

既存のシステム (焼却処分, リサイクル利用の両方) における LPG は、化石燃料由来のものであるので、LPG 代替として DME を用いることで、本研究におけるシステムでは、既存のシステムに比べ CO₂ 排出量を削減できる。

6.2.8.1 DME バス 20 台導入シナリオにおける LPG 代替

DME バス 20 台導入シナリオにおいて、DME・発電ハイブリッドシステムによる DME 合成量 29.1ton/day のうち、DME バスに 1.14 ton/day 利用するので、LPG 代替に利用する DME は、27.96 ton/day となる。熱量ベースで換算すると、LPG は 16.93ton/day となる。以上より、LPG 代替として DME を用いることにより、CO₂ 排出量を 17,262 ton-CO₂/year 削減することになった。

6.2.8.2 DME バス 150 台導入シナリオにおける LPG 代替

DME バス 150 台導入シナリオにおいて、DME・発電ハイブリッドシステムによる DME 合成量 29.1ton/day のうち、DME バスに 8.55 ton/day 利用するので、LPG 代替に利用する DME は、20.55 ton/day となる。熱量ベースで換算すると、LPG は 16.93ton/day となる。以上より、LPG 代替として DME を用いることにより、CO₂ 排出量を 12,686 ton-CO₂/year 削減することになった。

6.2.9 ガス化発電の電力代替

本研究におけるシステムでは、合成した DME の際の未反応ガスを用いて発電をして、電力会社に売電する。

既存のシステム（焼却処分、リサイクル利用の両方）における電力は、化石燃料由来のものなので、電力代替としてバイオマス起源の電力を用いることで、本研究におけるシステムでは、既存のシステムに比べ CO₂ 排出量を削減できる。プラントの運営（所内電力）については、自家発電分を回すため、発電出力から所内電力を引いた値が CO₂ 削減対象の電力量となる。なお、電力の排出原単位は、中国電力株式会社の全電源平均 620kg-CO₂/kWh を用いた⁶⁻⁹⁾。

6.2.9.1 DME・発電ハイブリッドシステムにおける DME の電力代替

DME の際の未反応ガスを用いた発電出力は、4.65MW である。発電出力から所内電力 2.20MW を引いた出力分を、バイオマス起源のものに代替することにより、本研究におけるシステムでは、既存のシステムに比べ CO₂ 排出量を 13,329.4ton-CO₂/year 削減することになった。

6.3 LCA 評価結果

各シナリオにおいて、既存のシステムと本研究におけるシステムを比較した場合の、CO₂ 排出量の削減分を算出した。

6.3.1 DME バス 20 台導入シナリオにおける LCA 評価

DME バス 20 台導入シナリオにおける、既存のシステム（プラスチック製容器包装廃棄物を焼却処分した場合とプラスチック製容器包装廃棄物をリサイクルした場合）と本研究におけるシステムを比較した場合の、LCA 評価結果を表 6-8 に示す。

表 6-8. DME バス 20 台導入シナリオにおける LCA 評価結果.

項目	既存のシステム (焼却処分) [ton-CO ₂ /year]	既存のシステム (リサイクル) [ton-CO ₂ /year]	本研究における システム [ton-CO ₂ /year]
軽油バスの運行に 伴う CO ₂ 排出量	56041		55213
原料の輸送に 伴う CO ₂ 排出量	230		723
DME の輸送に 伴う CO ₂ 排出量	—		10.7
プラント建設に 伴う CO ₂ 排出量	—		944
LPG 由来の CO ₂ 排出量	17,262		—
電力由来の CO ₂ 排出量	13,329		—
リサイクル由来に 伴う CO ₂ 排出量	30,640	18,301	30,640
CO ₂ 排出量合計	117,503	105,164	87,531

以上より、DME バス 20 台導入シナリオでは、プラスチック製容器包装廃棄物を焼却処分した場合の既存のシステムと比較して、CO₂ 排出量を 29972 ton-CO₂/year、プラスチック製容器包装廃棄物をリサイクルした場合の既存のシステムと比較して、CO₂ 排出量 17633ton-CO₂/year 削減することになった。

6.3.2 DME バス 150 台導入シナリオにおける LCA 評価

DME バス 150 台導入シナリオにおける、既存のシステム（プラスチック製容器包装廃棄物を焼却処分した場合とプラスチック製容器包装廃棄物をリサイクルした場合）と本研究におけるシステムを比較した場合の、LCA 評価結果を表 6-9 に示す。

表 6-9. DME バス 150 台導入シナリオにおける LCA 評価結果.

項目	既存のシステム (焼却処分) [ton-CO ₂ /year]	既存のシステム (リサイクル) [ton-CO ₂ /year]	本研究における システム [ton-CO ₂ /year]
軽油バスの運行に 伴う CO ₂ 排出量	56041		49833
原料の輸送に 伴う CO ₂ 排出量	230		723
DME の輸送に 伴う CO ₂ 排出量	—		80.5
プラント建設に 伴う CO ₂ 排出量	—		944
LPG 由来の CO ₂ 排出量	12,686		—
電力由来の CO ₂ 排出量	13,329		—
リサイクル由来に 伴う CO ₂ 排出量	30,640	18,301	30,640
CO ₂ 排出量合計	112,927	100,588	82,220

以上より、DME バス 150 台導入シナリオでは、プラスチック製容器包装廃棄物を焼却処分した場合の既存のシステムと比較して、CO₂ 排出量を 30707 ton-CO₂/year、プラスチック製容器包装廃棄物をリサイクルした場合の既存のシステムと比較して、CO₂ 排出量を 18368ton-CO₂/year 削減することになった。

6.3.3 システム導入による CO₂ 削減量

既存のシステムにおける CO₂ 排出量を、全量リサイクルされているものとして、CO₂ 排出削減量を計算したところ、DME バス 20 台導入シナリオにおいては、17633 ton-CO₂/year となり、16.77%の削減となった。都営バス全体の CO₂ 排出量 62728 ton-CO₂/year と比較すると、28.11%の削減量に相当する。DME バス 150 台導入シナリオにおいては、18368 ton-CO₂/year の削減量となり、18.26%の削減となった。都営バス全体の CO₂ 排出量と比較すると、29.28%の削減量に相当する。

図 6-5、図 6-6 に、各 DME バス導入シナリオにおける CO₂ 排出量を既存システムと比較した図を示す。DME バス導入台数が増えれば、軽油バス由来の CO₂ 排出削減となるが、その分 LPG 代替に利用する DME が減るため、LPG 代替由来 CO₂ 削減量が減少する。そのため、DME バス導入による CO₂ 排出削減量は、LPG 代替由来 CO₂ 排出削減量とトレードオフの関係にある。DME 導入台数が 20 台から 150 台に増えても、CO₂ 排出削減量が大きく変わらないのは、このためである。150 台導入シナリオにおける CO₂ 排出削減量は、20 台導入シナリオにおける CO₂ 排出削減量と比べて、増えているので、DME バス導入による CO₂ 排出削減は、LPG 代替による排出削減よりも、削減量が多くなることがわかった。

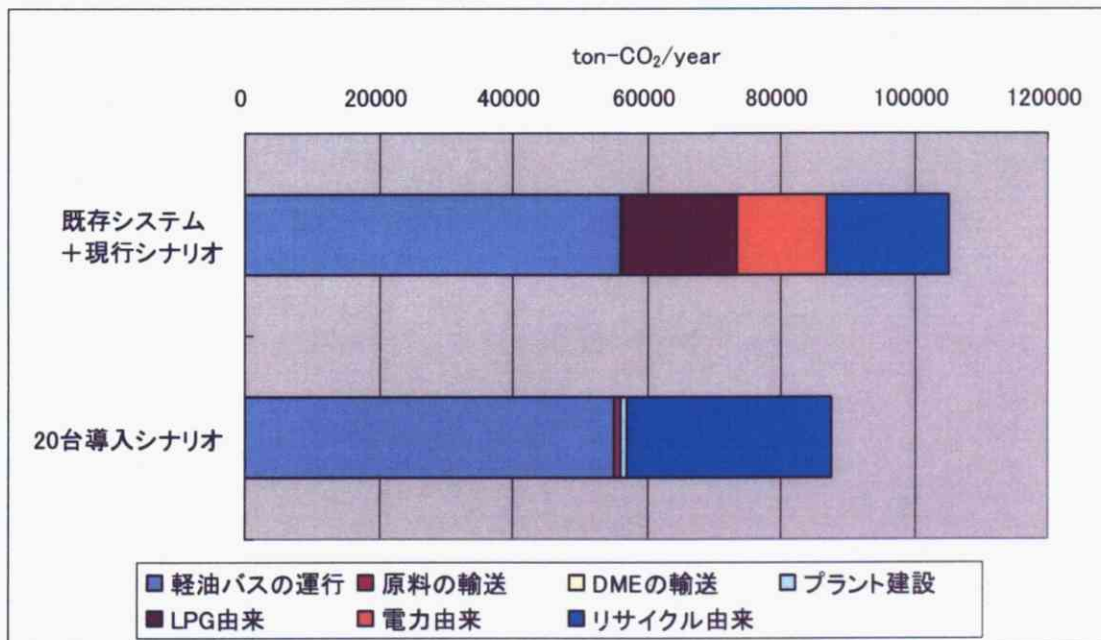


図 6-5 DME バス 20 台導入シナリオにおける CO₂ 排出量比較

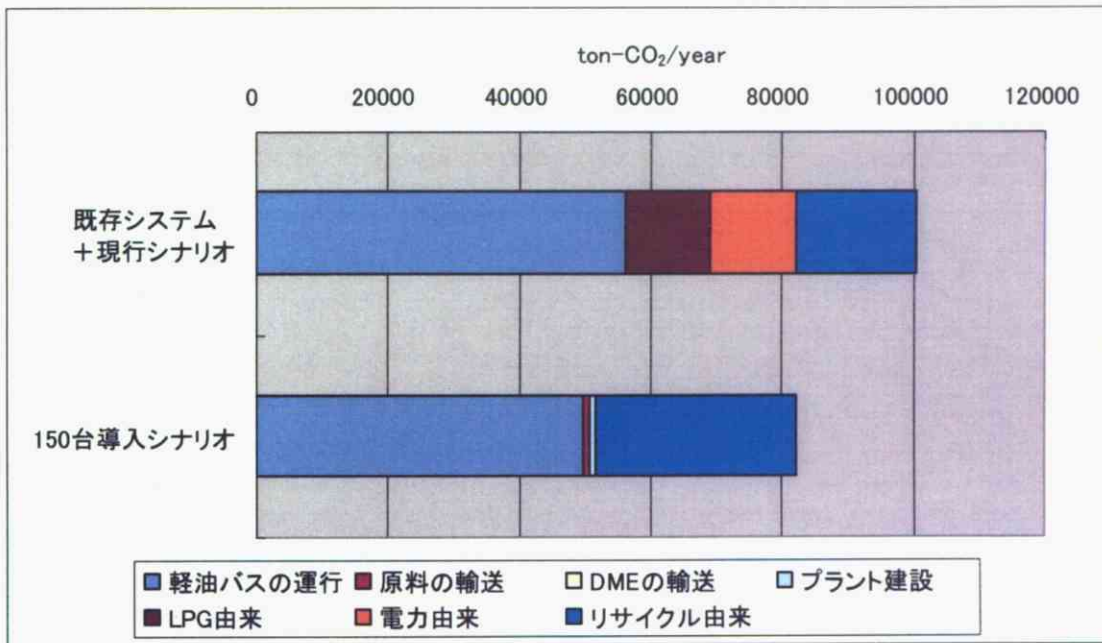


図 6-6 DME バス 150 台導入シナリオにおける CO₂ 排出量比較

参考文献

- 6-1) コークス炉による廃プラスチック化学原料化技術, 加藤ら, 日本エネルギー学会, No83, Vol4, 2004 年.
- 6-2) ガス化によるバイオマスエネルギーシステムのライフサイクル分析, 堂脇清志, 東京大学博士論文, 2001 年.
- 6-3) ライフサイクル CO₂ 排出量による発電技術の評価, 本樹ら, 電力中央研究所報告書, Y99009, 2001 年.
- 6-4) 廃プラスチックの LCA コークス炉化学原料化と高炉還元の場合, 稲葉ら, 第 14 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, A4-2, 2003.
- 6-5) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC.
- 6-6) 温室効果ガス排出量算定方法に関する検討結果, 環境省, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/index.html>.
- 6-7) 木質バイオマスのエネルギー利用に関わるエネルギー消費量, 原田寿朗, 木材工業, No57, 2002 年.
- 6-8) 地域特性を考慮したバイオマスを用いた DME・発電ハイブリッドシステムの設計・評価, 浅野琢ら, 2006 年, 日本エネルギー学会誌 (第 85 巻 第 1 号)
- 6-9) 中国電力株式会社, <http://www.energia.co.jp/>.

第7章 DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価

7.1 DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価

7.1.1 DMEの販売価格

本研究では、合成したDMEを東京に運搬し、バスの燃料として利用する。余剰DMEをLPG充填所にて混合し、利用する。バスの燃料として利用する際の販売価格と、LPGに混合して利用する際の販売価格は同一として仮定して検討を行った。

図7-1に、LPGの現行価格と同じ仕組みと仮定した場合の、DMEの価格構成の例を示す。なお、値に関しては、参考文献⁷⁻¹⁾をもとにした。本研究では、容器への充填を含まない、LPGの卸売価格43円/kgを用いたⁱ⁾。

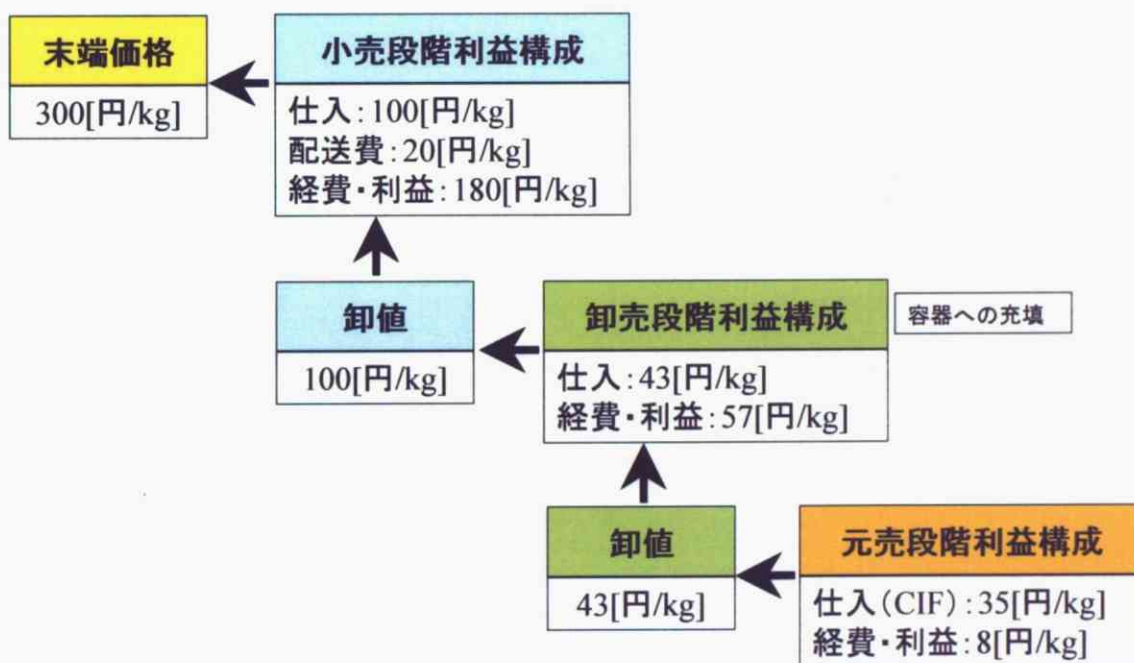


図 7-1. DME の価格構成.

7.1.2 売電価格

DME・発電ハイブリッドシステムにおける発電出力は、電飾会社に売電をする。本研究では、モデルシナリオとして設定した岡山県真庭地域と同条件で売電できるとし、その際の売電価格ⁱⁱ⁾を用いて計算した。

ⁱ⁾ 図 5-1 中は LPG の価格のため、実際の計算では、上記値を熱量換算し、DME の卸売価格を算出した。

ⁱⁱ⁾ 昼間 (8:00~20:00) は RPS 価値を含めて 11 円/kWh、夜間 (20:00~8:00) は 4 円/kWh

7.1.3 樹皮・プラスチック製容器包装廃棄物の輸送費と引き取り価格

樹皮・プラスチック製容器包装廃棄物の輸送費と引き取り価格を以下に示す。

7.1.3.1 樹皮の輸送費

樹皮を各製材工場・木材加工工場から DME・発電ハイブリットのプラントへ輸送する費用は、参考文献⁷⁻²⁾より、以下の式(7.2)を用い算出した。

$$\text{規模}[\text{ton}] \times \left(52.2 \left[\frac{\text{円}}{\text{ton} \cdot \text{km}} \right] \times \text{輸送距離}[\text{km}] + 3,795.6 \left[\frac{\text{円}}{\text{ton}} \right] \right) \dots\dots\dots(7.2)$$

7.1.3.2 プラスチック製容器包装廃棄物の輸送費

プラスチック製容器包装廃棄物を発生場所から DME・発電ハイブリットのプラントへ輸送する費用は、参考文献⁷⁻³⁾より、以下の式(7.3)を用い算出した。

$$\text{規模}[\text{ton}] \times 69.2 \left[\frac{\text{円}}{\text{ton} \cdot \text{km}} \right] \times \text{輸送距離}[\text{km}] \dots\dots\dots(7.3)$$

7.1.3.3 樹皮の引き取り価格

樹皮の引き取り価格は、参考文献⁷⁻⁴⁾より、1,100 円/ton を用いた。

7.1.3.4 プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り価格

プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り価格は、参考文献⁷⁻⁵⁾より、74,200 円/ton を用いた。

7.1.4 DME・発電ハイブリットのプラント建設費

DME・発電ハイブリットのプラント建設費を表 7-1 に示す。プラント建設費は、参考文献²⁾より設定した。

表 7-1. DME・発電ハイブリットのプラント建設費.

プラント建設費 × 10 ⁹ 円	5.72
--------------------------------	------

7.1.5 DME・発電ハイブリットのプラント維持費

プラント維持費は、表 7-2 に示す各項目より設定した⁷⁻⁶⁾。

表 7-2. DME・発電ハイブリットのプラント維持費の各項目⁶⁾。

項目	値
維持管理費[円/year]	プラント建設費×2%
福利厚生費[円/year]	人件費×18%
固定資産税[円/year]	プラント建設費×1.4%
都市計画税[円/year]	プラント建設費×0.2%
消費税[円]	プラント建設費×5%
保険料（建物）[円/year]	プラント建設費×0.07%
保険料（設備）[円/year]	プラント建設費×0.5%
人件費単価[円/人/year]	5.0×10 ⁶
オペレーター人数[人]	シナリオ毎に設定

なお、オペレーター人数は、5人×3交代・1予備の計20名と設定した¹⁾。

7.2 DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価結果

DME・発電ハイブリッドシステムでは、樹皮とプラスチック製容器包装廃棄物を原料とし、合成したDMEを、LPGに混合して利用する。

収入は、DME販売収入、売電収入、樹皮の引き取り収入、プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り収入となる。また、支出は、各製材工場・木材加工工場からDME・発電ハイブリットのプラントまでの樹皮と各市町村役所からDME・発電ハイブリットのプラントまでのプラスチック製容器包装廃棄物の輸送費、プラント維持費、資本費である。表 7-3 と図 7-2 に、収入と支出を示す。

表 7-3. DME・発電ハイブリッドシステムにおける収入と支出.

収入	DME 販売収入	0.28×10^9 円/year
	売電収入	0.16×10^9 円/year
	樹皮の引き取り収入	16.06×10^6 円/year
	プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り収入	1.62×10^9 円/year
	収入合計	2.07×10^9 円/year
支出	原料の輸送費	0.32×10^9 円/year
	プラント維持費	0.36×10^9 円/year
	支出合計	0.68×10^9 円/year
	資本費	6.01×10^9 円

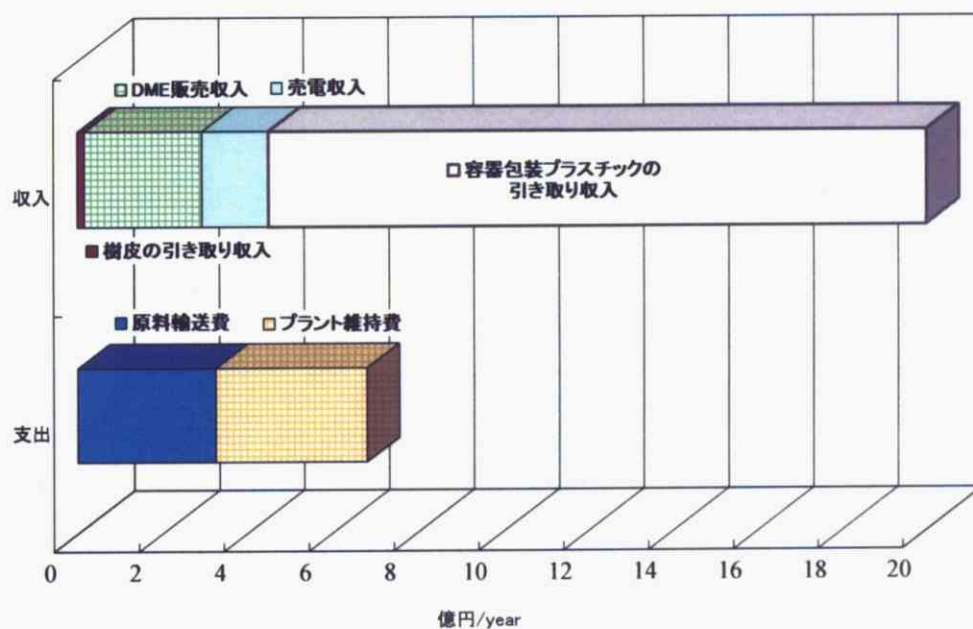


図 7-2. DME・発電ハイブリッドシステムにおける収入と支出.

図 7-2 より、収入の約 80%をプラスチック製容器包装廃棄物の引き取り価格が占めていることから、本システムは、DME 販売価格や売電価格といったエネルギー販売価格ではなく、プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り価格で成り立つ、逆有償のビジネスモデルであることがわかった。

プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り価格は年々下落しており、また、まだプラスチック製容器包装廃棄物のリサイクルが進んでいない大都市部において今後リサイクルが進むことが考えられ、プラスチック製容器包装廃棄物の需給が逼迫して、引き取り価格が下落することが考えられるⁱⁱⁱ。そのため、現行のプラスチック製容器包装廃棄物引き取り価格でプラント建設の意思決定をするのは、リスクが大きいと考えられる。

7.3 潜在的総支払い意思額を考慮した経済性評価結果

プラスチック製容器包装廃棄物の引き取り価格下落のリスクを考え、導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額による補填の可能性を検討した。第4章において求めた、都営バスのDMEバス導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額のうち、最も支払い意思額の低いサンプル^{iv}を加えてみたところ、図7-3のように、プラスチック製容器包装廃棄物に引き取り価格を除いた収入合計が、支出を上回った。また、DMEバス150台導入シナリオでも同様に加えてみたところ、図7-4のように、十分な補填の可能性が示された。

以上より、バイオマスからDMEを生産するDME・発電ハイブリッドシステムを公共交通機関とセットで導入し、市民に対する理解が深まれば、導入可能性が広がることが考えられる。

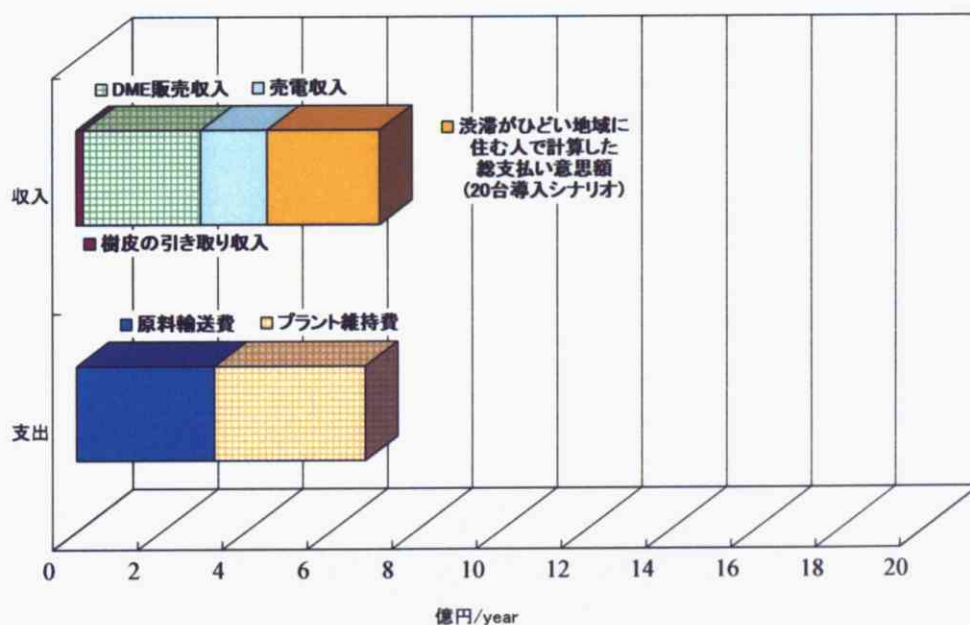


図 7-3. 20 台導入シナリオにおける支払い意思額を加えた場合.

ⁱⁱⁱ 逆有償なので、一般の有償財とは逆の価格変動となる。

^{iv} 渋滞がひどい地域に住む人のサンプルで求めた 20 台導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額

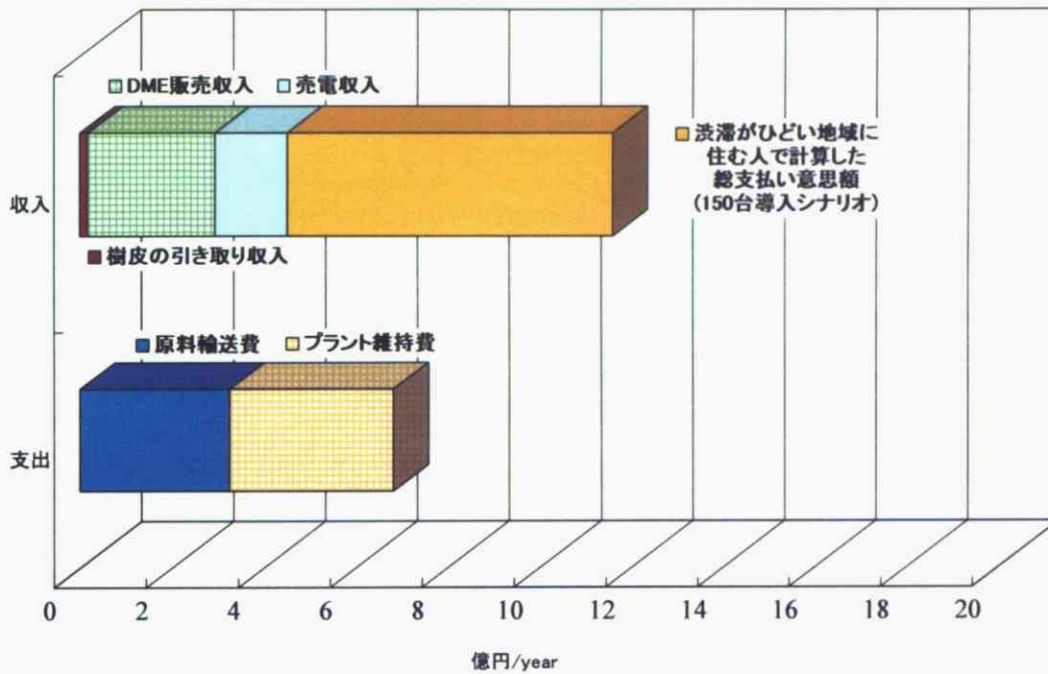


図 7-4. 150 台導入シナリオにおける支払い意思額を加えた場合.

参考文献

- 7-1) 地域特性を考慮したバイオマスを用いた DME・発電ハイブリッドシステムの設計・評価, 浅野琢ら, 2006 年, 日本エネルギー学会誌 (第 85 巻 第 1 号)
- 7-2) 木質バイオマスのエネルギー利用に関わるエネルギー消費量, 原田寿朗, 木材工業, No57, 2002 年.
- 7-3) 焼却残渣のエコセメント資源化に関する調査委託報告書, 太平洋セメント株式会社, 2002 年.
- 7-4) 平成 15 年度 バイオマス等未活用エネルギー事業調査 製材所残材等からのエタノール製造の経済性調査 (原料残材に係るアンケート調査、賦存量調査) 研究成果報告書, 社団法人中国地方総合研究センター, 2004 年.
- 7-5) 再商品化事業者 落札単価 (加重平均), 財団法人日本容器包装リサイクル協会, <http://www.jcpra.or.jp/>.
- 7-6) バイオマスガス化システムの包括的な事業性評価, 堂脇ら, 電気学会論文集 C, No123, Vol10, 2003 年.

第 8 章 結論

8.1 結論

本研究では、バイオマスから DME を生産し、DME を利用するまでのシナリオを設定し、導入の可能性について検討した。

本研究では、バイオマス由来 DME のエネルギー利用シナリオとして、東京都交通局を取り上げ、DME バスを導入するシナリオを検討した。また、バイオマスから DME を生産するシナリオとして、岡山県真庭地域をモデルとして仮想的な地域を設定し、検討を行った。シナリオの経済性評価・大気汚染物質排出量評価・LCA 評価を行い、アンケート調査によって、環境価値を計算した。導入シナリオに対する支払い意思額を元に、バイオマス由来 DME 生産シナリオの実現可能性を評価した。検討の結果、以下のような知見が得られた。

- ▶ 本研究における DME の価格設定の場合、DME バス導入によりコスト削減となった
- ▶ 支払い意思額の最も小さなサンプルで計算した場合でも DME バス導入シナリオに対して 2.66 億円/年までの追加負担が認められる可能性が示された
- ▶ システム全体の CO₂ 削減量は 150 台導入シナリオの場合 18,368 ton-CO₂/year となった
- ▶ DME・発電ハイブリッドシステムは経済的に成り立つが容器包装プラスチックの引き取り価格が下落した場合、採算割れになる可能性が高いことが示された
- ▶ DME バス導入シナリオに対する潜在的総支払い意思額で DME・発電ハイブリッドシステムの容器包装プラスチックの引き取り価格下落分を補填することが可能であることが示された

付録 アンケート調査詳細

A.1 アンケート全文

(調査NO.05-213-0017)

■ 日経リサーチインターネットアンケート

「バスに関するアンケート」

アンケートページに、アクセスしていただきましてありがとうございます。
このたび、**東京大学 工学系研究科**からの委託を請け、「バスに関するアンケート」を実施することになりました。
本アンケートは、昨今問題となっているバスの排気ガス対策についての意識・関心についてお伺いします。
上記の主旨をご理解頂きアンケートにご協力くださいますようお願い申し上げます。ご回答のほどよろしくお願いいたします。

【調査ご協力者の条件】 ※以下の項目に該当する方

20歳以上の方

※必ずモニターにご登録いただいたご本人がご回答ください。

調査にご協力いただいた方から抽選で250名の方へ**商品券(500円分)**を送らせていただきます。



当社は、財団法人日本情報処理開発協会より
個人情報の適切な取り扱いを行う事業者として付与される
プライバシーマークの付与認定を受けています。
[当社の個人情報保護方針について](#)

[調査実施] 日経リサーチ インターネット調査部

● 右のボタンをクリックしてください →

アンケートへ

回答締め切り 2005年3月28日(月) 13:00

- 回答内容により質問番号が飛ぶことがあります。気にせずにご回答ください。
- ご回答はお一人様一回に限らせていただきます。
- 回線の混雑などが原因で反応が遅くなる場合があります。ご了承ください。
- お答えいただいたアンケートの結果はコンピューターで統計的に処理し、「〇〇と回答した人が何%」「男性の支持は高いが、女性の支持は低い」というような統計値として使用します。従って、事後にDM(ダイレクトメール)を送りつけたり、営業に訪問するなどご回答者様にご迷惑をおかけすることは決してありません。
- 本調査の謝礼は、調査終了後1ヶ月以内を目途にお送りさせていただきます。
- 回答時間はご回答内容によって前後致しますが、10～20分程度かかる場合があります。

本調査に関するお問い合わせは i.monitor@nikkei-r.co.jp までお願い致します。

| [日経リサーチホームページ](#) |

■「バスに関するアンケート」

Q1. 性別 (ひとつだけ)

- 男性
- 女性

Q2. 年代 (ひとつだけ)

- 10代
- 20代
- 30代
- 40代
- 50代
- 60代
- 70代以上

Q3. 年収 (ひとつだけ)

- 300万円未満
- 300万円～500万円未満
- 500万円～700万円未満
- 700万円～1,000万円未満
- 1,000万円～1,500万円未満
- 1,500万円以上

Q4. 職業 (ひとつだけ)

- 勤め人(役員・管理職)
- 勤め人(事務職)
- 勤め人(専門・技術職)
- 商工自営・自由業
- 農林水産業
- 専業主婦
- 学生
- パート・アルバイト
- 無職
- その他(具体的に:)

Q5. バスの利用頻度をお答えください。(ひとつだけ)

- ほぼ毎日
- 週に4～5回程度
- 週に2～3回程度
- 週に1回程度
- 月に1,2回程度
- 年数回程度
- まったく利用しない

Q6. 乗用車の利用頻度をお答えください。(ひとつだけ)

※なお、乗用車の利用は「バス(1日1乗車または、プライベートでの利用)」「ご自分で運転する、しない」に選
び分けてお答えください。

- ほぼ毎日
- 週に4～5回程度
- 週に2～3回程度
- 週に1回程度
- 月に1,2回程度
- 年数回程度
- まったく利用しない

Q7.1 現在お住まいの地域 (ひとつだけ)

- 埼玉県
- 千葉県
- 東京都23区
- 東京都26市
- 東京都(都部・島しょ地区)
- 神奈川県
- 名古屋市
- 愛知県(名古屋市以外)
- 大阪市
- 大阪府(大阪市以外)
- 上記以外の地域

Q7.2 お住まいの周辺環境について該当するものをお答えください。(いくつでも)

- 国道などの幹線道路が周辺100メートル以内にある
- 沿線のひどい道路が周辺100メートル以内にある
- 大型トラックが頻りに通過する

Q7.3 お住まいの周辺における自動車の排ガスによる大気汚染は (ひとつだけ)

- ひどく汚染されていると思う
- 多少汚染されていると思う
- あまり汚染されていないと思う
- まったく汚染されていないと思う
- どちらともいえない

次へ 取消

■「バスに関するアンケート」

Q8. 環境問題の解決には、一般市民の協力が不可欠と言われていています。あなたは、日常生活において環境問題を意識して行っている事がありますか。(ひとつだけ)

- はい
- いいえ

次へ 取消

■「バスに関するアンケート」

Q8SQ1. (Q8で「はい」とお答えの方)どのようなことを行っていますか。(いくつでも)

- ゴミの分別廃棄を行う
- 電気・水などの無駄使いしない
- 公共交通機関、自転車を積極的に利用する
- リサイクル型の商品を購入する
- 環境問題に関する情報を得る
- 環境保護の基金に協力する
- その他(具体的に:)

次へ 取消

■「バスに関するアンケート」

Q8SQ2. (Q8で「いいえ」とお答えの方)行わない理由は何ですか。(ひとつだけ)

- 環境問題を意識していないから
- 環境を守る必要はあるが何とかなると思うから
- 環境を守る必要はないから
- 面倒であるから
- その他(具体的に:)

次へ 取消

■「バスに関するアンケート」




Q9. 自動車交通に関する環境問題について、知っているかどうかをお答えください。(それぞれひとつずつ)

自動車交通から排出される二酸化炭素が近年増大している	→	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	聞 いた こと が あ ら な い 知 っ て い る
天然ガスを利用したバスが実用化されている	→	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
排ガス規制のための自動車NOx・PM法が制定されている	→	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

次へ 取消

■「バスに関するアンケート」

次ページより始まる設問は、質問では以下の項目について、各項目を組み合わせた3種類のバスが提示されます。
 その中から他の条件が全て同じとした場合に、あなたが最も利用したいと思うバスをお選びください。バスの特徴をあらわす項目を説明します。

<p>●燃料種</p>	<p>バスの燃料に何をを使うかについての項目です。従来燃料と新燃料の2つがあります。従来燃料は軽油(ディーゼル)です。新燃料は天然ガスあるいはジメチルエーテルなどの将来の燃料です。天然ガスを利用したバスは既に導入されている地域がありますが、新燃料とします。新燃料は従来燃料(軽油)に比べて排気ガスがクリーンですが、従来燃料(軽油)も微粒子状物質を除去するフィルター装置(DPF)をつけることにより排気ガスの軽減が可能です。ただし新燃料、特にジメチルエーテルでは、燃料の特性から、より排気ガスをクリーンにすることが可能です。</p>												
<p>●大気汚染のレベル</p>	<p>排気ガスのうち、窒素酸化物や微粒子状物質は健康への影響があります。排気ガスの汚染物質の濃度が、どの場所の空気と同程度かを示すことで、バスの排ガス性能を示します。汚染のひどい順に表のような4段階に分かれます。場所の例は上から首都圏、大阪圏、名古屋圏の順に示しています。</p> <table border="1" data-bbox="384 1032 1254 1498"> <thead> <tr> <th></th> <th>場所の特徴</th> <th>場所の例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> <td>汚染度大</td> <td> 交通量の多い幹線道路が交差している 七尾道 尼崎インター付近 名古屋インター付近 </td> </tr> <tr> <td></td> <td> 商業施設が集積し、商品搬入の車が数多く行き交う 渋谷区役所付近 梅田駅前 栄付近 </td> </tr> <tr> <td></td> <td> 都心から離れ、田舎風気が残る 八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市 </td> </tr> <tr> <td>汚染度小</td> <td> 山々に囲まれ、都心から隔絶されている 奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓 </td> </tr> </tbody> </table>		場所の特徴	場所の例		汚染度大	交通量の多い幹線道路が交差している 七尾道 尼崎インター付近 名古屋インター付近		商業施設が集積し、商品搬入の車が数多く行き交う 渋谷区役所付近 梅田駅前 栄付近		都心から離れ、田舎風気が残る 八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	汚染度小	山々に囲まれ、都心から隔絶されている 奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓
	場所の特徴	場所の例											
	汚染度大	交通量の多い幹線道路が交差している 七尾道 尼崎インター付近 名古屋インター付近											
		商業施設が集積し、商品搬入の車が数多く行き交う 渋谷区役所付近 梅田駅前 栄付近											
		都心から離れ、田舎風気が残る 八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市											
	汚染度小	山々に囲まれ、都心から隔絶されている 奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓											
<p>●地球温暖化への影響</p>	<p>排気ガスのうち、二酸化炭素は地球温暖化への影響があります。従来燃料の軽油による排出を現状として、20%減、50%減、90%減の4段階の二酸化炭素の排出レベルを想定します。</p>												
<p>●費用負担</p>	<p>新燃料のバスや排気ガスの削減の対策をとれば、必然的に費用負担が発生します。この費用負担は、バスの運賃の値上げとして直接反映されるかもしれませんが、たとえそうならなくても、その他の公共サービスと相殺することなどによって、暗黙的には住民が負担することになります。ここではバスの運賃の値上げとなる場合を想定して、運賃の値上げ幅として、現状の初乗り料金プラス40円増、20円増、値上げなしの3水準を設定します。</p>												

次へ

■「バスに関するアンケート」

Q10 以下に同じ形式の質問が10個続きます。選択肢の中で最も好ましいと思われるものを選んでください。デザインなどのその他の要素はそれぞれの選択肢の中では同じとします。もし好ましいものがなければ「この中から選択しない」を選んでください。(それぞれのとつずつ)

< Q1 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	従来燃料	従来燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 なし	50%減 40円増	50%減 20円増	

< Q2 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	新燃料	従来燃料	従来燃料	
大気汚染のレベル	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	50%減 20円増	50%減 20円増	20%減 なし	

< Q3 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	新燃料	新燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 20円増	50%減 なし	90%減 40円増	

< Q4 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	従来燃料	新燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 なし	90%減 なし	20%減 20円増	

< Q5 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	従来燃料	新燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	20%減 20円増	20%減 40円増	50%減 40円増	

< Q6 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	従来燃料	従来燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	20%減 40円増	20%減 20円増	50%減 40円増	

< Q7 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	新燃料	従来燃料	新燃料	
大気汚染のレベル	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 なし	50%減 20円増	80%減 40円増	

< Q8 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	新燃料	従来燃料	従来燃料	
大気汚染のレベル	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 40円増	現状 なし	20%減 20円増	

< Q9 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	新燃料	従来燃料	従来燃料	
大気汚染のレベル	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	奥多摩湖付近 箕面 香嵐渓	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	現状 なし	50%減 40円増	20%減 20円増	

< Q10 > ※ 用語の説明はこちらをご覧ください。

	バス1	バス2	バス3	
燃料種	従来燃料	新燃料	従来燃料	
大気汚染のレベル	環七沿道 尼崎インター付近 名古屋インター付近	渋谷区役所付近 榎田駅前 栄付近	八王子市中心部 千里ニュータウン 瀬戸市	この中から 選択しない
二酸化炭素 費用追加負担	50%減 40円増	20%減 なし	現状 20円増	

■ 質問は以上で終了です。
■ 回答もれがないことを確認のうえ、「送信」してください。

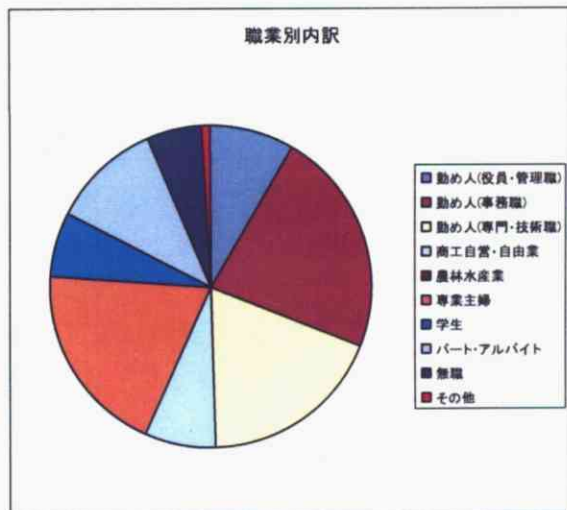
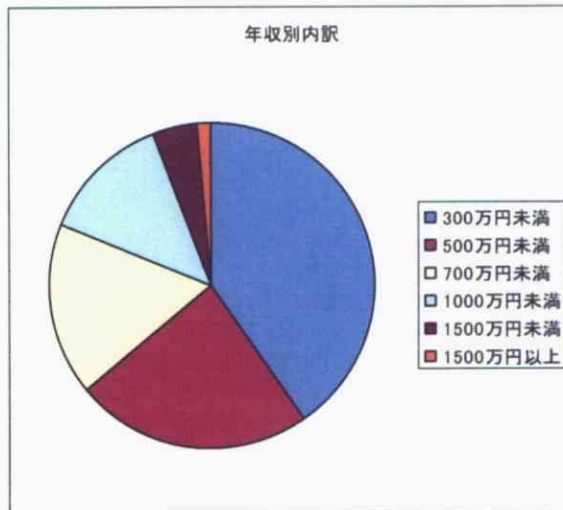
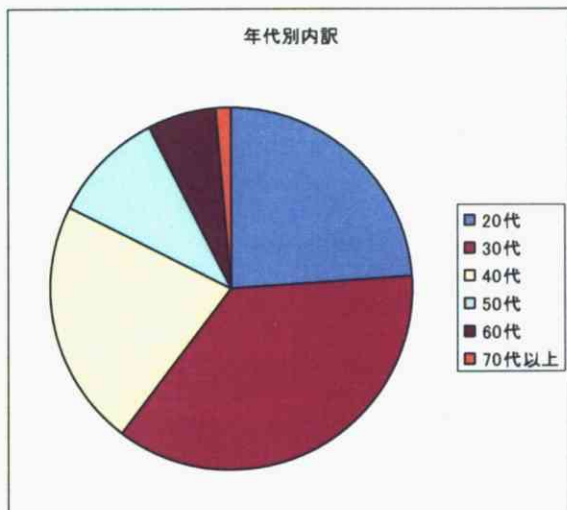
送信 取消

ご協力ありがとうございました。
受付完了まで、時間がかかる場合があります。
「受付終了メッセージ」が表示されるまでお待ちください。

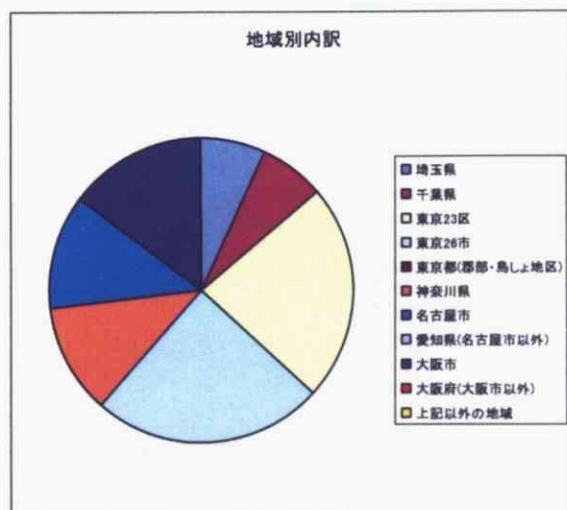
A.2 アンケート概要

A.2.1 全サンプル

回答者数 2775名 (男性 1432名 女性 1343名)

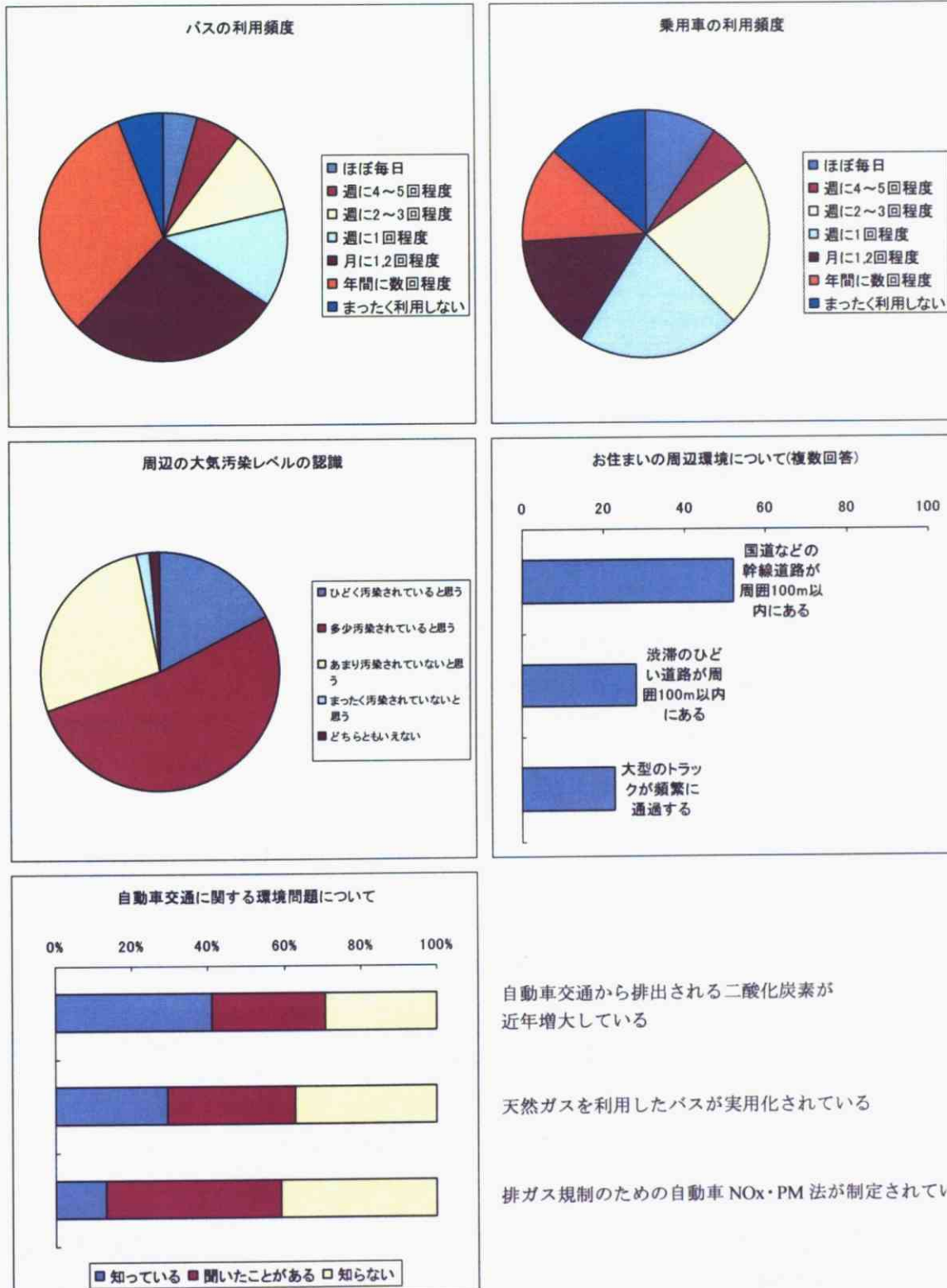


その他の職業
市議会議員,教師,フリーランス,SOHO,
著述業,ピアノ講師,タクシー運転手,市
教委 など



A.2.2 東京都在住の回答者サンプル

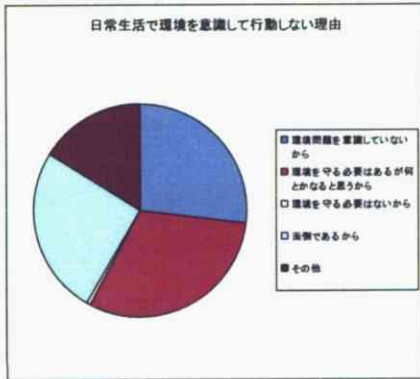
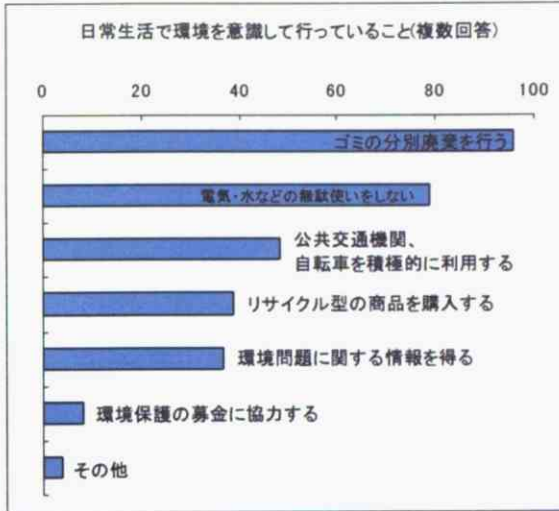
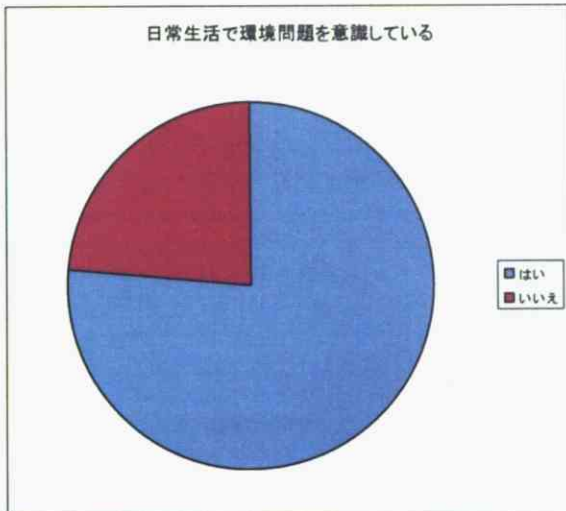
回答者数 1324名 (男性 697名 女性 627名)



自動車交通から排出される二酸化炭素が近年増大している

天然ガスを利用したバスが実用化されている

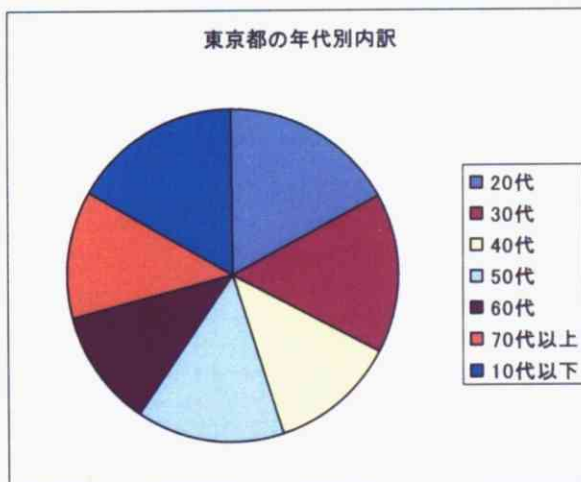
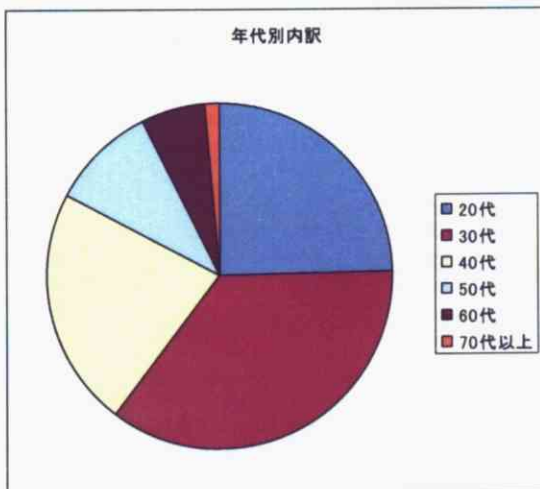
排ガス規制のための自動車 NOx・PM 法が制定されている



その他日常生活で環境を意識して行っていること
 アイドリングストップをやめる、ハイブリッド車に乗る、牛乳パックや発泡スチロール、アルミ缶などをリサイクル、無駄な物は買わない、消耗品は詰め替えている、環境に配慮した製品を購入する、買い物は徒歩で、スーパーに行く際に買い物袋を持参する、レジ袋をもらわない、無洗米を使う、紙の無駄使いをしない、歩ける距離は歩く

A.2.2.1 東京都在住の回答者サンプルの年代別内訳

東京都在住の回答者サンプルの年代別内訳を東京都の統計資料¹の年代別内訳と比較した。



20代～40代に偏っていることがわかった。

参考文献

¹ 東京都総務局統計部調整課 HP <http://www.toukei.metro.tokyo.jp/kyosoku/023dty00001.htm> 結果表 4

謝辞

本論文の作成に際し、たくさんの学生を抱えているために、常にご多忙であったにも関わらず、終始熱心な御指導と貴重なご助言を賜りました東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻の松橋隆治教授、吉田好邦助教授に厚く御礼申し上げます。

研究全般にわたり色々のご指導いただき、研究生活について相談に載っていただきました、研究室博士課程の原卓也氏、野村恭子氏に心より感謝致します。

研究室同期の池田敏之氏、金山真之氏、木村友哉氏、齊藤周氏、篠崎英孝氏には研究室における学生生活にて、大変お世話になりました。有意義な研究生活を過ごせたのも氏らの存在があってこそだと思っています。深く感謝致します。

研究室の打ち合わせの際には、議論を通じて多くの指摘や助言を下さいました、研究室修士課程の浅野琢氏、長谷川貴彦氏、呂正氏、(以上当時の在籍時)、尾池聡氏、奥村清香氏、河野孝史氏、小林弦美氏、宍戸恵一郎氏、鈴木ひとみ氏、同博士課程の森澤みちよ氏に心より感謝致します。

研究室での生活を色々支えて下さった、野村明良技術専門職員、山岡聖子秘書に深く感謝致します。

本研究の内容を充実させるために膨大かつ貴重な資料をご提供下さった、株式会社 JFE ホールディングスの行本正雄様、大宮衛様、東京都交通局の田中努様、交通安全環境研究所の佐藤由雄様、宮崎芳幸様、東京ガスの小山俊彦様をはじめとする多くの関係者に深く感謝致します。

何度も挫けそうになった私を励まし、支えてくれた黒越誠治氏、島崎信也氏、二宮由佳氏に心より感謝致します。本当に、ありがとうございました。

最後に、研究生活全般に渡り、迷惑や心配ばかりかけていたにもかかわらず、常に温かく支えてくれた家族に対して感謝致します。