

# DME バスの導入提案に関する研究

環境経済システム学分野  
46746 熊田 健宏

## 1. 序論

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。温室効果ガス削減のため、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。

本研究では、公共交通機関にバイオマス由来DMEで走行する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。

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。

バイオマスからDMEを生産するシナリオとして、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

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。

## 2. 評価シナリオの設定

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図1のように設定した。供給側は、岡山県真庭地域をモデルとし、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。導入台数は試験的に導入するシナリオとして20台、CNG車並に導入するシナリオとして150台を検討した。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。

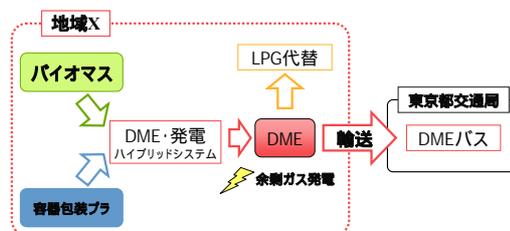


図1. 評価シナリオの概要

## 3. 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・CO<sub>2</sub>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、燃料コストの面から行った。20台導入シナリオにおける経済性評価の結果を図2に示す。DMEの供給元販売価格をLPGの卸値と同額に設定したため、課税対象の軽油よりも大幅なコスト削減となった。

### 3.2 大気汚染物質質量評価

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1、表2に示す。各シナリオ都営バス全体の大気汚染物質排出削減量を表3に示す。

### 3.3 CO<sub>2</sub>排出量評価

排出原単位のデータを用いて、年間CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を排出しないと仮定した。図3に年間CO<sub>2</sub>排出量計算結果を示す。

## 4. 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ァイル(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、プロファイ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ァイルの中から一つのプロファイルを選択するときの効用  $U_{ij}$  は式(1)のように表される。

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_j = \beta x_{ij} + \varepsilon_j \quad (1)$$

$j=1,2,\dots,J$

$j$  : プロファイル番号数     $i$  : 回答者番号     $V_{ij}$  : 観察可能な効用     $\varepsilon_j$  : 観察不可能な効用  
 $x_{ij}$  : プロファイルjの属性ベクトル     $\beta$  : 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  $i$  が一つのプロファイル  $j$  を選択する確率  $P_{ij}$  は式(2)のように表される。

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_i \exp(V_{ii})} = \frac{\exp(\beta x_{ij})}{\sum_i \exp(\beta x_{ii})} \quad (2)$$

式(2)の選択確率と回答データから最尤法でパラメータ  $\beta$  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

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

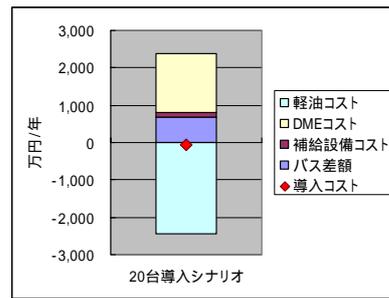


図2. 20台導入シナリオにおける経済性評価

表1. 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2. 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. 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

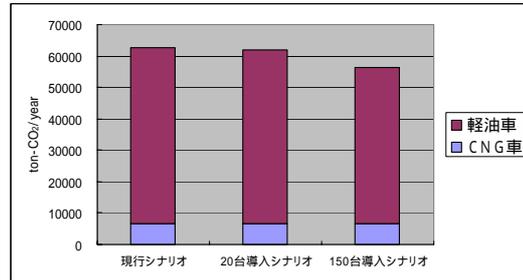


図3. 各シナリオにおけるCO<sub>2</sub>排出量評価

### 4.3 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 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回繰り返した。

### 4.4 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5に示す。

限界支払い意思額に水準値を掛け、一乗車あたりの支払い意思額を計算した。これに、都営バスの年間延べ乗車人数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。150台導入シナリオにおいては、限界支払い意思額の遞減関数を仮定し、計算を行った結果、8.52億円/年と見積もられた。回答者属性による支払い

意思額の違いを調べたところ、「渋滞がひどい地域に住んでいる人」の支払い意思額が最も低いことがわかった。このサンプルで潜在的総支払い意思額を計算したところ、20台シナリオでは、2.66億円/年、150台シナリオでは、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。

## 5. LCA 評価

本研究における LCA 評価では、ライフサイクルの検討範囲として、原料の輸送、エネルギー変換の2段階を評価の対象とし、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、CO<sub>2</sub> 排出量の削減分の定量評価を行った。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。

### 5.1 本研究における LCA 評価結果

本研究における LCA 評価結果(既存システムリサイクルのみ)を表6に示す(単位は[ton-CO<sub>2</sub>/year])。

表6.LCA 評価結果

項目 (CO <sub>2</sub> 排出量)	DME バス 20 台導入シナリオ		DME バス 150 台導入シナリオ	
	既存のシステム (リサイクル)	本研究におけるシステム	既存のシステム (リサイクル)	本研究におけるシステム
軽油バスの運行	56041	55213	56041	49833
原料の輸送	230	723	230	723
DME の輸送	-	10.7	-	80.5
エネルギー変換	-	944	-	944
LPG 由来	17,262	-	12,686	-
電力由来	13,329	-	13,329	-
リサイクル由来	18,301	30,640	18,301	30,640
CO <sub>2</sub> 排出量合計	105,164	87,531	100,588	82,220

既存のシステムにおける CO<sub>2</sub> 排出量を、全量リサイクルされているものとして、CO<sub>2</sub> 排出削減量

表4. 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
CO <sub>2</sub> 排出	現状,20%減,50%減,90%減
運賃	現状,20 円増,40 円増

以下に3つの属性の質問が連続します。選択した条件下最も低いと思われるものを選んでください。サイズは必ずしも同じではありません。必ずしも同じ大きさのものを選んでください。それぞれ1つずつ



図4. アンケートの形式

表5. 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		

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-CO<sub>2</sub>/year となり、16.77% の削減となった。都営バス全体の CO<sub>2</sub> 排出量 62728 ton-CO<sub>2</sub>/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-CO<sub>2</sub>/year の削減量となり、18.26% の削減となった。都営バス全体の CO<sub>2</sub> 排出量と比較すると、29.28% の削減量に相当する。

DME バス導入台数が増えれば、軽油バス由来の CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 削減量が減少する。そのため、DME バス導入による CO<sub>2</sub> 排出削減量は、LPG 代替由来 CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 排出削減量は、20 台導入シナリオにおける CO<sub>2</sub> 排出削減量と比べて、増えているので、DME バス導入による CO<sub>2</sub> 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。

## 6. 経済性評価

### 6.1 DME・発電ハイブリッドシステムの評価

参考文献<sup>1)</sup>を元に、DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価を行った。図 5 に、収入と支出を示す。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、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、ビジネスモデルである。引き取り価格は年々下落しており、今後も同様の傾向が続くと予想されることから、本システムの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。

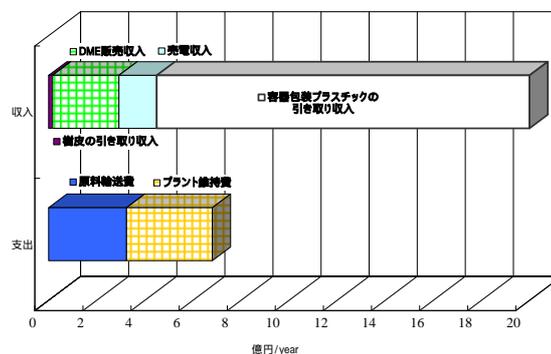


図 5. DME・発電ハイブリッドシステムの経済性評価。

### 6.2 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。4.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を加えてみたところ、図 6 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。

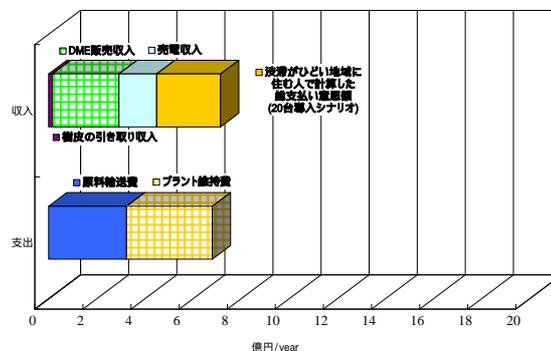


図 6. 潜在的総支払い意思額を考慮した経済性評価。

## 7. 結論

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。その結果、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示された。

## 8. 参考文献

- 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)