

## 大賞 [大学生の部]

農業・畜産の廃棄物からエネルギーを生み出して交通インフラに活用し、その仕組みを輸出するという発想がユニーク。論文の構成力も高く評価されました。

NRI学生小論文コンテスト2011  
2025年、  
新しい「日本型」社会の提案  
入賞作品

日本を  
元気に  
する



# 日本型「もったいない社会」の提案

## ——農業+交通インフラという持続可能都市モデル

東京理科大学大学院 工学研究科修士課程1年

**波利摩 星也** はりま せいや

本稿では日本型の持続可能都市モデルとして、日本が文化として持っている「もったいない」という概念を活用し、農業の副産物からエネルギーを抽出し交通インフラへと使用する「農業と交通インフラの融合」を提案する。

### 第1章 エネルギー消費に対する 日本の立場

近年では新興国の発展は目覚ましく、2010年に中国やインドでは経済成長率が10%超

となる急速な成長を遂げた<sup>1)</sup>。それらの国では国家の成長に伴い人々の経済活動も活発化し、エネルギー消費が増大している。2009年に中国国内で消費されたエネルギーは石油換算で22.65億トンに達し、同年のアメリカ(同21.69億トン)を抜き、世界最大となった<sup>2)</sup>。

都市のエネルギー消費は、新興国が先進国へと発展する過程で増大していく。今後、他の新興国が同様に先進国並みのエネルギー消費をするようになれば、地球上の資源の減少は加速する。現在でも年間に約39億トン<sup>3)</sup>もの石油が世界中で消費されており、このままでは2025年に世界全体で必要となる

# 日本型「もったいない社会」の提案

## ——農業+交通インフラという持続可能都市モデル

エネルギーは現在より2%以上増加すると予想されている<sup>4)</sup>。

日本も世界第3位の石油消費国<sup>5)</sup>としてエネルギー問題は看過出来ない。エネルギーや食糧に不自由せず経済的に成熟した国だからこそ、エネルギーに対する姿勢を問われる。

日本には昔から「もったいない」という言葉がある。現在のような大量消費社会になったのは戦後からと比較的歴史が浅く、それ以前は自然の中で慎ましく暮らす「最小限社会」がごく当たり前の形で生活の一部となっていた。

電化製品が登場する以前は、夏は窓を開けて風を取り入れ、冬は薪を燃やして生活していた。現代では夏にエアコンをつけることが当然と思われていたが、震災を受けて関東地方を中心に節電を迫られるようになってから、エアコンの使用を控えて自然風を取り入れ、軒下にすだれをかけるなど、生活スタイルに変化が見られるようになった。これは大量消費社会という本来日本にはなかった価値観を見直す契機となる。無尽蔵と思われていたエネルギーが有限であることを認識し、市民レベルで持続可能な都市づくりを目指すために、今あるもので何とかしようとする日本に本来あるべき社会像が必要とされている。これを本稿では「もったいない社会」と称す。

## 第2章

### 「もったいない」を エネルギーへ転換

日本人に受け継がれてきた「もったいない社会」をエネルギー問題に対しても用い、従来では捨てられていたものをエネルギーへ転換する方法を提案する。

#### 農業・酪農の副産物やゴミから エネルギーを生み出す

日本国内には大量の食糧が流通しその生産も盛んである。その一方で余った食材が捨てられているという現状がある。生産、流通、消費のいずれの段階でも多量の廃棄物が発生している中で、これらを「もったいない」と考えエネルギーに転換する方法を検討する。

食糧を生産、流通する過程で出される廃棄物として家畜の糞尿が挙げられる。その量は日本国内だけでも9,000万トン<sup>6)</sup>にも及び、加えて流通した食糧の中でも食品廃棄物として出されるものは年間1,900万トン<sup>7)</sup>と、有機物の廃棄は膨大な量となる。それらは放置するとメタンガスが発生し環境に負荷を与えるが、メタンガスは回収することによって燃料として活用することが可能である。

メタンガスの回収方法として、次ページの図1に示す家畜の糞尿や食品廃棄物をメタン発酵させる方法を採用する。

貯留槽に集められた廃棄物は、発酵槽の中でメタンガスとその残留物に分離する。抽出されたメタンガスは、一定の処理をすることによって発電機の燃料となり発電やその熱源の利用が可能となる。また、ガスを抽出した残りは堆肥として農業に再利用でき、廃棄物をほとんど残さずに処理することが可能となる。

さらに、メタンガスを改質することで、水素を取り出すことが出来る。図1でメタンガスを分離した際に、メタンを直接改質と呼ばれる方法で反応させることで、下記の反応式のように水素とベンゼンを生成する。



(メタン:CH<sub>4</sub>、ベンゼン:C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>、水素:H<sub>2</sub>)

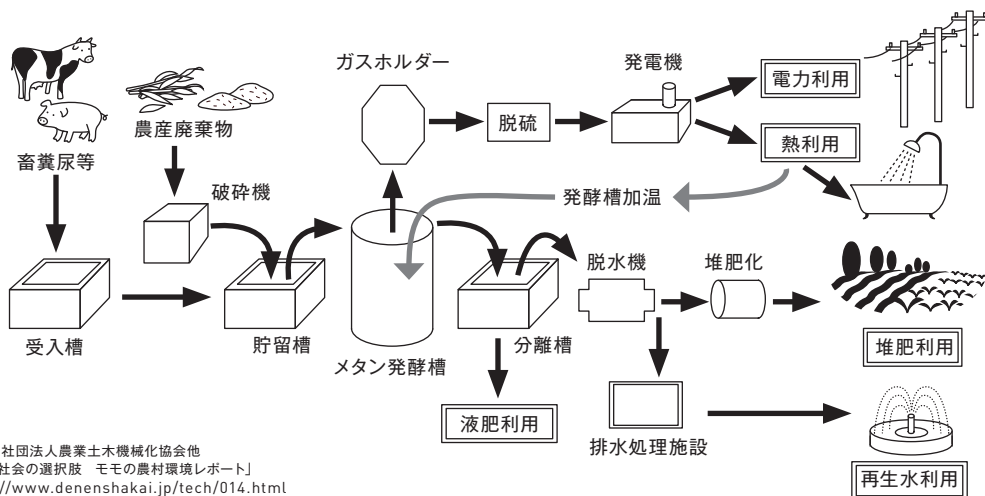
これによって、通常では発生してしまう二酸化

炭素を抑えることができ、より環境負荷を抑えた燃料の生産が可能となる。

### 農業と親和性の高い 交通インフラの整備

都市におけるエネルギー問題解決のために重要な要素となるのが交通インフラである。鉄道の発達していない都市においては自動車への依存が高く、環境負荷も大きい。自動車が過剰となった都市では交通渋滞が発生し、多量の排気ガスが排出される。そのため、自動車と鉄道のバランスが取れた交通インフラを整備するため、前項で述べた水素ガスを利用した「農業と交通インフラの融

図1 農業・畜産の廃棄物からのメタンガス抽出法



出典：社団法人農業土木機械化協会他  
「田園社会の選択肢」モモの農村環境レポート  
<http://www.denenshakai.jp/tech/014.html>

# 日本型「もったいない社会」の提案

## ——農業+交通インフラという持続可能都市モデル

合」を提案する。

鉄道、自動車など都市に不可欠な交通に、燃料としてこの工程によって生成した水素を利用し、エネルギーの生産、消費、再利用が一つの都市内で完結する社会について、自動車と鉄道の2点から検討を行う。

である。すでに国内外の自動車メーカーが実用化している技術であり、日本では2015年に量産を開始する予定となっている。生成した水素を街中の水素ステーションにて供給することで、水素と空気だけで走る自動車を提供出来る。

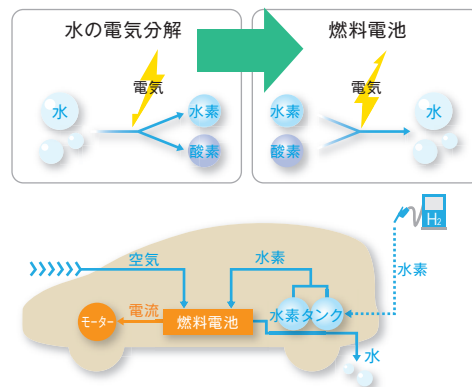
### (1) 燃料電池自動車

燃料電池自動車は、水素と酸素を取り込んで化学反応を起こし電気を発生させる燃料電池を搭載し、その電気でモーターを回して走る自動車である(図2)。燃料は水素と空気中に含まれる酸素のみで、反応によって生成される物質も水のみと、環境に与える影響が非常に小さいことから、期待されている技術

### (2) 燃料電池列車

燃料電池技術は自動車以外にも用いることが出来る。電車も現在のような架線から電気を供給する方式から、自動車のように燃料電池を搭載したものへと置き換えられる。2006年には燃料電池を鉄道車両の走行用電源に適用した走行試験で、鉄道車両1両を駆動することに成功している<sup>8)</sup>ことから、燃料電池

図2 燃料電池自動車の仕組み



出典：財団法人日本自動車研究所 水素・燃料電池実証プロジェクトホームページ  
<http://www.jari.or.jp/jhic/>

列車の実用化は十分可能である。

この技術を都市内交通であるLRT(Light Rail Transit、従来型の鉄道とバスとの中間の輸送力を持つ、線路などの軌道を走行するタイプの公共交通機関)へ適用し、自動車の交通渋滞を解消する役割を担わせることで、都市全体でエネルギー消費の少ない交通を目指す。

### 小規模都市モデルにおける算定

これらのシステムの実現性について具体的な都市モデルを例示して算定を行う。燃料の素となる畜産廃棄物が豊富にある北海道帯広市をモデルとした都市において、燃料の供

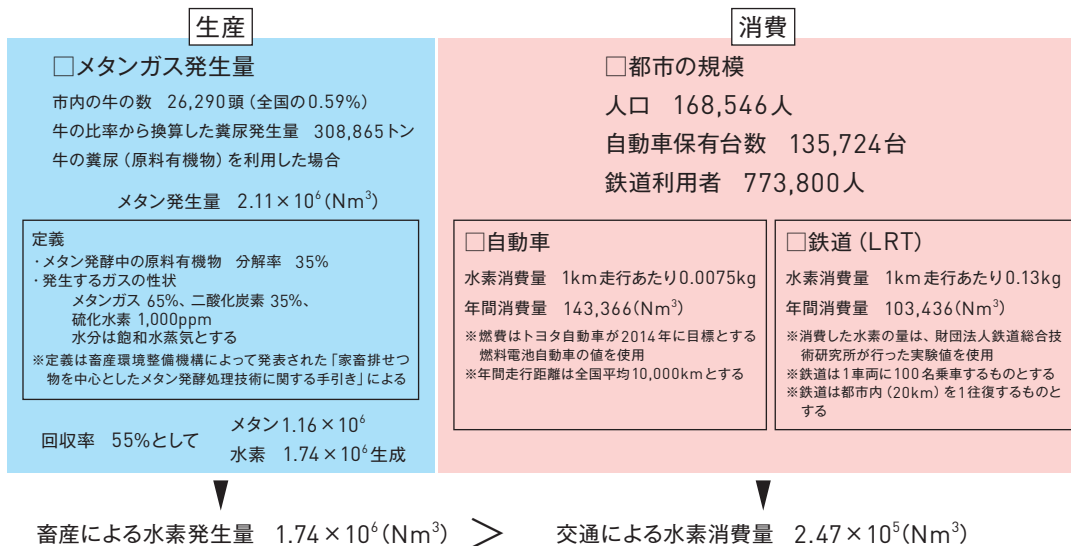
給と消費が適正な規模となるかを概算する。

水素の供給には牛の糞尿をメタン発酵させたものから、前出のメタン直接改質によって水素を抽出したものを使用する。メタン等の化学反応の定義は、畜産環境整備機構によって発表された「家畜排せつ物を中心としたメタン発酵処理技術に関する手引き」に準じる。

帯広市は人口が168,546人、自動車保有台数135,724台、鉄道利用者773,800人<sup>9)</sup>である。水素を燃料とする交通のみが存在すると仮定すると、市内における年間の水素消費量は自動車と鉄道を合わせて $2.47 \times 10^5$  (Nm<sup>3</sup>)となる。

一方で生産については、牛の糞尿(原料

図3 小規模都市をモデルとした水素の供給と消費の算定



## 日本型「もったいない社会」の提案 ——農業+交通インフラという持続可能都市モデル

有機物)のみを利用した場合を考える。市内の牛は26,290頭であり、これは全国の0.59%に相当する<sup>10)</sup>。全国で排出される牛の糞尿は年間5,235万トンであり、牛の頭数の比率によって換算した市内の糞尿発生量は308,865トンとなる。これから算定すると、水素は年間 $1.74 \times 10^6$  (Nm<sup>3</sup>)生成することが出来る(詳細は図3)。

水素の生産 $1.74 \times 10^6$  (Nm<sup>3</sup>)に対して消費が $2.47 \times 10^5$  (Nm<sup>3</sup>)となり、生産が消費を上回ることが確認された。以上の算定によって、都市内の廃棄物から生成する水素の量は消費される量を上回り、十分な生産能力<sup>11)</sup>があることが言える。

### 第3章

## 水素を利用した交通の普及を目指す3つの理由

前項で挙げたような燃料電池を利用した交通インフラを目指す理由を以下に挙げる。

#### (1) 日本の国際競争力の維持

近年普及が始まった電気自動車は、ガソリン車に比べ部品点数が少なく構造も簡素であるため、新規参入が比較的容易である。そのためベンチャー企業なども参入しやすく、日本の自動車産業にとって難しい局面となっている。

一方で燃料電池車は技術的な蓄積が必要であり、そうした技術のある日本に優位性がある。日本が世界に先駆けて燃料電池自動車を普及させることで、日本の技術力を活かし、自動車関連産業の国際競争力を強化できる。

しかし、現状ではコストが非常に高く、普及材料を使った燃料電池の開発が急がれるほか、設備投資負担が大きい水素供給システムには制度設計が必要であり、それを支援するために都市レベルから水素の利用システムの構築を目指すべきである。

#### (2) 日本国内の地方都市問題解決

農業から出る廃棄物が入手しやすい地方都市において、農業を主体とした交通インフラは整備が容易であり、地域交通としての役割を果たすことが期待できる。都市鉄道を中心とした交通計画を進めることで、自動車社会によって顕著化した中心部の空洞化などの地方都市における問題の改善を目指す。

また震災によって設備の破損や、送電線・送水管の破損による停電や断水を目の当たりにし、大規模インフラの脆弱性も露呈した現在、遠くの発電所から長距離の送電線で電気を得る生活を見直すことも必要となるかもしれない。地域で1つ、農業や畜産の廃棄物を燃料化する施設を持つことによって、他のインフラ整備にかかる負担を軽減することが出来る。

# 日本型「もったいない社会」の提案

## ——農業+交通インフラという持続可能都市モデル

燃料電池自動車を住宅の電源とすることも検討出来る。燃料電池自動車を住宅へ接続し、そこから生活に必要なエネルギーを供給することで、大規模なインフラから独立した住宅が可能になるなど、燃料電池を使用した交通インフラには地方都市が抱える問題を解決する可能性がある。

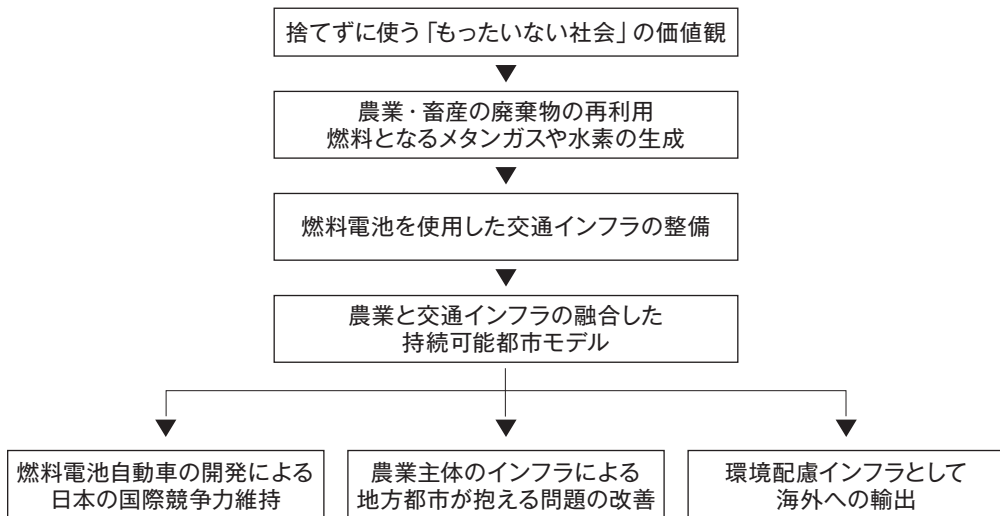
### (3) 海外輸出戦略

アジアを中心とした発展の著しい国々では、都市部の交通渋滞対策として都市鉄道整備の需要が高まっており、その市場規模はインフラ輸出の代名詞的存在である高速鉄道の10倍が見込まれている<sup>12)</sup>。インドネシア・ジャカルタでは2,500万人を超える人々が生活しているが、鉄道の整備率は東京圏の0.07%

と絶対的に不足している<sup>13)</sup>ため、人々の鉄道利用率は低く、自動車への依存度が高いため慢性的交通渋滞が都市問題となっている。鉄道を整備するためには高度な保守システムや発電所、変電所などの大規模設備が必要であるが、新興国に新たに建設するためにはコストや環境負荷など課題は多く、エネルギー消費を増大させないためにも既存の都市構造を利用する必要がある。農業を主体としたインフラであれば、新興国にもすでに燃料原料があり、燃料を生成する設備を整えることでエネルギーの生産が可能となる。

以上の3点が、農業主体の交通インフラを整備すべき理由である。

図4 提案概念図



## 第4章

まとめ—日本が発信して  
いくもの

新興国での食糧消費やエネルギー消費が増える中で、燃料電池技術や有機物の再利用は有効な技術である。日本は、捨てられていたものを利用したエネルギーを使用する持続可能都市のモデルを、国際社会に率先して発信していく必要がある。

そのために、燃料電池を利用した自動車、鉄道車両やそのための道路、鉄道路線から、燃料電池を活用するためのメタンガス回収装置、農業技術など、日本のインフラ技術をセットで輸出する「総合インフラ輸出」を目指すことが重要である。

加えてゴミも副産物も利用しようとする「もったいない」という日本の価値観を輸出することで、価値観から環境に対する意識を変えることが出来るだろう。

都市を単なる建築物とインフラというハードウェアの集合体ではなく、農業という人々の営みの上に、「もったいない」という価値観を合わせることで動き出すソフトウェア的存在であると見なすことが、これからの持続可能都市を考える上で鍵となる。

そのためには、日本人に受け継がれてきた価値観を再評価し、震災後の都市のあり方について改めて考える機会が必要ではないだろうか。

## 文中注

- 1) IMF "World Economic Outlook"(2011年4月版)
- 2) IEA(International Energy Agency:国際エネルギー機関) "Key World Energy Statistics 2010"
- 3) BP "Statistical Review of World Energy 2010"
- 4) 財団法人電力中央研究所社会経済研究所「エネルギー展望:世界エネルギー需要は堅調」  
<http://www.denken.or.jp/jp/serc/topics/chouki05.html>
- 5) BP "Statistical Review of World Energy 2010"
- 6) 農林水産省「家畜排せつ物の利用促進のための意見交換会」第1回 配布資料(平成18年6月28日)
- 7) 農林水産省大臣官房統計部「平成17年度食品ロス統計調査報告」
- 8) 公益財団法人鉄道総合技術研究所 研究報告  
[http://www.rtri.or.jp/rd/division/rd42/04/update/fc\\_train/index.html](http://www.rtri.or.jp/rd/division/rd42/04/update/fc_train/index.html)
- 9) 平成23年8月末日の帯広市の住民基本台帳に基づく
- 10) 農林水産省「畜産統計」(平成19年2月1日現在)
- 11) 処理能力150t/日を想定
- 12) 「新幹線の輸出は成功するか」『週刊東洋経済』2011年3月5日号、pp.69、東洋経済新報社
- 13) 「日本の鉄道を宣伝する 新興国を走る中古車両」『週刊東洋経済』2011年3月5日号、pp.79、東洋経済新報社

## 参考文献

- ・ トーマス・フリードマン『グリーン革命(上)』伏見威蕃訳、日本経済新聞出版社、2009年
- ・ 海道清信『コンパクトシティの計画とデザイン』学芸出版社、2007年
- ・ 主藤祐功、大久保天、秀島好昭他「メタン直接改質における触媒性能の向上に関する研究」『北海道開発土木研究所月報』624号、独立行政法人北海道開発土木研究所、pp.31-42、2005年



# 日本型「もったいない社会」の提案

## ——農業+交通インフラという持続可能都市モデル

- ・ 渡邊昭三「家畜排せつ物を中心としたメタン発酵処理技術研究会報告「家畜排せつ物を中心としたメタン発酵処理技術に関する手引き」について」『畜産環境情報』第15号、財団法人畜産環境整備機構、pp.11-15、2001年