

首都圏におけるバイオマス種に応じた 水素ステーションの実現性検討

Estimation for the Creation of Hydrogen Stations with Various Biomass Resources
in the Tokyo Metropolitan Area

田 島 正 喜 *¹
Masaki TAJIMA

横 山 伸 也 *²
Shinya YOKOYAMA

芋 生 憲 司 *³
Kenji IMOU

Abstract

This paper examines approaches to the utilization of biomass by means of producing hydrogen from biomass and filling fuel cell vehicle at hydrogen stations. It was shown that the biomass transport costs for hydrogen production may be reduced for co-generation. In the Tokyo Metropolitan Area, there are only a few sites capable of producing more than 200m³/h of hydrogen from woody biomass, which scale is required for a hydrogen station to be operationally practical. However, in the case of livestock excreta and agriculture residues, around 10% of the municipalities are capable of securing sufficient biomass to be practical for hydrogen production. As for sewage sludge, it will do better to be utilized as resources for co-generation than for hydrogen. Furthermore, it was also shown that the method of hydrogen production from livestock excreta will be economically feasible with the effect on reduction of CO₂ emission in the future.

キーワード：バイオマス，水素ステーション，水素製造，輸送コスト，燃料電池自動車

Key Words：Biomass Resources, Hydrogen Station, Hydrogen Production, Transport Cost, Fuel Cell Vehicle

1. 緒言

近年，地球温暖化対策のひとつとしてカーボンニュートラルとみなされているバイオマスの利活用推進が図られているが，その利活用手法の多くを占めるのが，熱電併給利用（コジェネレーション：以下コジェネ）である。これは，平成 15 年度に施行された「新エネルギー等電気利用法（RPS 法）」によって電力事業者による新エネルギーの導入が義務化されたことから，バイオマスから電気を得る方法がより具現化してきたことがその一因であるといえる。しかしながら，発電効率を上げるためにはより大規模に，加えて，エネルギー効率を上げるためには熱需要が存在するサイトでのエネルギー化が必要な点，コジェネ利用のための条件整備が必要であり，なかなか実用化が進まないのが現実である。

一方，化石燃料の枯渇化および地球温暖化にみられるエネルギーの環境影響への社会的意識の高まりによって，将来有効な二次エネルギー形態として，水素エネルギーが注目されている。水素は自然界での貯存量はほとんどないが，二次エネルギーゆえ様々な一次エネルギーから製造する。また，電力と相互変換可能な唯一のエネルギーであり，燃焼しても水のみしか生成しない点，非常にクリーンなエネルギーである。水素製造手法は，石油や天然ガスの水蒸気改質による製造，水の電気分解による製造，石油精製やコークス製造工程から発生する副生水素を活用する方法等様々なものがあるが，原料の生産から水素製造までの全工程で多量の CO₂ を排出する可能性もあり LCA（Life Cycle Assessment）手法の導入等その製造方法を選定するには特段の考慮が必要である。¹⁾

バイオマスの利活用を妨げる要因のひとつとして，収集・運搬に対する経済的課題がある。その賦存は広範に薄く存在している点，原料を多量に必要とするエネルギー利用には不利な点がある。バイオマスからの水素製造は，再生可能エネルギーであるバイオマスを用いることで数々の水素製造方法に比較して LCA でみて極めて有利な方法であり，かつ太陽光や風力等の他の再生可能エネルギーからの水素製造手法と比較しても著しくエネルギー変換効率が高い。^{2),3)}

*1 東京ガス株式会社 技術開発本部 技術戦略部
水素ビジネスプロジェクトグループマネージャー
(〒105-8527 東京都港区海岸1-5-20)
e-mail:tajima@tokyo-gas.co.jp

*2 東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物・環境工学専攻
生物機械工学研究室 教授

*3 同准教授
(原稿受付：2008年9月9日)

Table 1 Methods of Hydrogen Production from Biomass in Japan

Sources of biomass		Conversion technique	Gas composition, energy efficiency, etc.	Scale & remarks	Ref #
Dry	Woody biomass (forest cuttings, thinned wood, sawmill scrap, etc.)	Low temperature fluidized-bed gasification	H ₂ : 66%, CH ₄ : 2%, Cold gas efficiency: 70%	B: 10 t/d (dry)	[4]
		Partial-oxidation gasification	H ₂ : 62%, cold gas efficiency: 60%	B: 10 t/d (dry)	[4]
		Steam gasification	H ₂ : 60%, 17 m ³ /h (H ₂)	B: 1.4 t/d (wet)	[5]
			H ₂ : 83%, CH ₄ : 15%, 0.5 m ³ /h (H ₂)	B: at 1 g/h (laboratory)	[6]
	Grasses, seaweed	Supercritical-water gasification	H ₂ : 10% or less, CH ₄ : 45%	CH ₄ reforming req.	[4]
	Agricultural waste	Dry methane fermentation + steam gasification	CH ₄ : 60%, CO ₂ : 40%, 150 m ³ /t wet, 21.5 MJ/m ³	B: 50 t/d (wet); raw waste CH ₄ reforming req.	[7]
Wet	Waste paper, grass	Hydrogen fermentation, methane fermentation + steam gasification	H ₂ : 5.23 mol/dry-kg CH ₄ : 8.39 mol/dry-kg	Estimate from NEDO process (grass)	[8]
	Livestock excreta, food waste, sewage sludge	Methane fermentation + steam gasification	CH ₄ fermentation: 40% energy efficiency, Reform: 67% heat efficiency	B: 10 t/d (dry); CH ₄ reforming req.	[4]
		Hydrogen fermentation, methane fermentation + steam gasification	H ₂ : 2.95 mol/dry-kg CH ₄ : 8.57 mol/dry-kg	Estimate from NEDO process	[8]
	Sewage sludge, food waste	Supercritical-water gasification	H ₂ : 10% or less, CH ₄ : 50%	CH ₄ reforming req.	[4]

Pressure swing adsorption (PSA) hydrogen recovery rate: 80% (high-pressure spec)

バイオマスから水素を効率的に生産できれば、水素エネルギーを輸送、貯蔵媒体として利用することによって、よりバイオマスの利活用が広範囲に広がることが期待される。

2. バイオマスからの水素製造と収集運搬コスト

現在、日本において実証あるいは実用化にあるバイオマスからの水素製造方法について、Table 1 に纏める。

木質バイオマスでは、数々の熱化学的変換技術が試みられている。農業残渣を対象とした変換技術では乾式メタン発酵が実用化段階にある。一方家畜糞尿、下水汚泥等のウェットバイオマスでは、メタン発酵により発生したメタンの水蒸気改質による水素製造方法が現実的になっている。これらに水素発酵を試みる取り組みがなされているが、未だ実証段階に留まっている。

バイオマスの利活用を進める上で、最も考慮すべき因子のひとつは、収集・運搬に関してのコストを如何に低減するかである。バイオマスは広く薄く賦存するためエネルギー密度を高めるためにもこれ等を如何に効率的に収集しエネルギー需要サイトに運搬することを、考慮しなければならない。特にコジェネ需要に対応するためには、熱需要の

あるサイトまでバイオマスを運搬し、そのサイトにてエネルギー化する必要がある。

100 t/日規模の木質バイオマスのコジェネ利用を例にとった場合、経済産業省（Ministry of Economy, Trade and Industry：以下 METI）の調査資料⁹⁾によると、バイオマスの収集・運搬コストは Table 2 のように纏められる。

Table 2 Biomass Collection and Transport Costs

Condition		Costs (yen/ton)
Standing timber price (thinned wood)		5,900
Logging & collection costs		4,000
Transport costs	Cost A (loading place to collection yard)	3,100
	Cost B (collection yard to end-use location); the distance is about 60 km	5,300
Total cost		18,300
Cost B ratio(%) = Cost B / total cost		30%

バイオマスをコジェネで利用する場合は、電力・熱の消費地までの運搬コスト B が大きく、合計費用の約 30% を占めることがわかる。

同調査報告書によると、運搬コスト B における輸送距離

と運賃の関係は Table 3 で与えられる。

この表より、10km 以内の輸送範囲であれば、運搬コスト B の 50%以上の削減が見込まれる。

Table 3 Relationship between Transport Distance and Transport Cost B

Transport distance	Transport cost B
$x \leq 10$ km	230.3 yen/km・t
10 km < $x \leq 50$ km	57.9 yen/km・t + 1,724yen/t
50 km < $x \leq 100$ km	50.6 yen/km・t + 2,090yen/t
100 km < $x \leq 200$ km	31.4 yen/km・t + 4,010yen/t
200 km < $x \leq 500$ km	27.5 yen/km・t + 4,790yen/t
500 km < x	27.7 yen/km・t + 4,690yen/t

Woody biomass : Wet Base

3. 首都圏の山間部市町村を例としたバイオマスからの水素製造の可能性

3.1 水素ステーションへ適応するためのバイオマス収集の検討

日本政府は現在、Fig. 1 に示すように、水素社会の成立に向けて、燃料電池自動車（以下 FCV）を中心とした普及計画を有している。¹⁰⁾

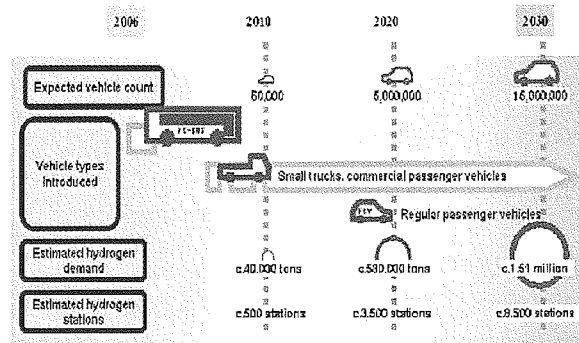


Fig. 1 FCV Propagation Targets

2008 年時点での日本全国における FCV 普及台数は約 60 台であるから、本計画は幾分遅延している様に見受けられる。最近では産業界からの普及見通しが発表されており、2015 年頃より普及初期へ移行できるとの見解がある。¹¹⁾

薄く広く貯存するバイオマスのエネルギー活用問題を解決するためには、バイオマス同様日本全国に点在するガソリンスタンドが将来水素ステーションに転化された場合に、バイオマスの賦存サイトで水素を製造し、水素ステーションより FCV へ水素充填する手法が考えられる。この手法を用いれば、バイオマスのコジェネレーション利用に比

べて収集・運搬費（Table 2 中のコスト B 比率）を大幅に低減できる可能性がある。

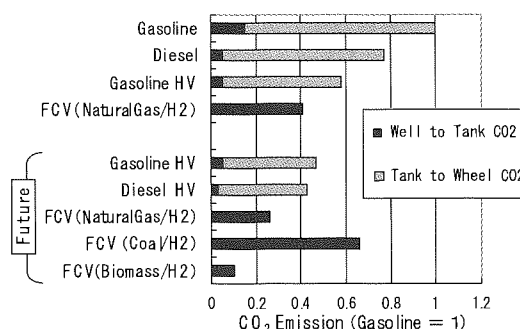


Fig. 2 Well to Wheel CO₂ Emission

また Fig. 2 に FCV とガソリン車他の CO₂ 排出量比較を示す。¹⁾ 家畜糞尿からメタン発酵+メタンの水蒸気改質により製造した水素を将来型の FCV に供給する場合では、現行のガソリン車に対して CO₂ 排出量を 90%も削減できる。この様にバイオマスからの水素製造は、FCV に充填し活用することで CO₂ 排出量削減に極めて有効な手段であることがわかる。

次に、水素ステーションに適応するためのバイオマス収集の評価を行う。

ここに、 Q : バイオマス利用可能量 (ty) (以下 Q は原則 wet base, 含水率は dry 換算時に併記する) は、

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (1)$$

で与えられる。但し、 i はバイオマス種別を表わす。

木質バイオマスの利用可能量を Q_w とすれば(1)式は、

$$Q_w = \sum_{i=1}^4 Q_i$$

となる。ここに、 i : 木質バイオマス種別として、林地残材、製材廃材、果樹剪定、公園剪定の 4 種を算入する。また、畜産廃棄物の利用可能量 (Q_e) では同様に、畜産廃棄物種別として、乳牛排泄物、食肉排泄物、豚排泄物、鶏糞の 4 種を算入し、農業残渣の利用可能量 (Q_a) では、農業残渣種別として、稲わら、籾殻、麦わらの 3 種を、下水汚泥の利用可能量 (Q_s) では、下水汚泥 1 種を算入する。

以上のごとく、バイオマス種ごとの利用可能量 Q は定義される。

S : 市町村面積 (km²)

N : 現存ガソリンスタンド数 (箇所)

ρ : 水素スタンド転換割合 (—) とすると、

水素スタンド1箇所あたりのバイオマス利用可能量 q (t/d) は、

$$q = \frac{Q}{360 \times N \times \rho} \quad (2)$$

で与えられる。但し、360日：水素製造プラントの年間稼働日数（365日一定修1日一年間休業4日）とした。

また、水素スタンド1箇所あたりのバイオマス収集面積 s (km²) は、

$$s = \frac{S}{N \times \rho} \quad (3)$$

となり、バイオマスの収集半径 L (km) は、

$$L = \sqrt{\frac{S}{N \times \rho \times \pi}} \quad (4)$$

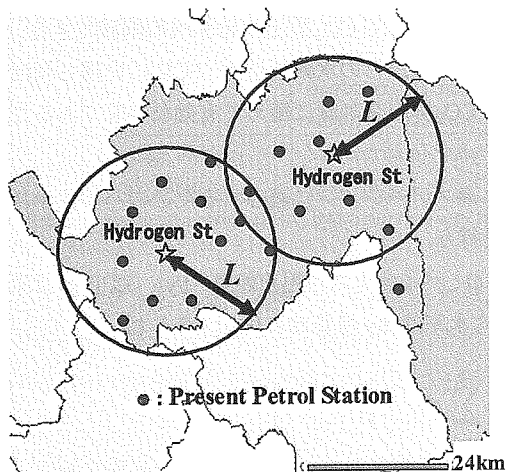


Fig. 3 Biomass Transport Distance L

で与えられる。ここでの L とは Fig. 3 のごとく、ある市町村に水素ステーションを建設する場合、バイオマス供給エリアを市町村の面積より平均分割しその半径として算出するもので、市町村内のバイオマス密度は均一と仮定している。また L は、Table 2 の木質バイオマス収集・運搬における、積込場～土場～最終消費地までの平均距離と理解できる。運搬コスト B に相当する土場～最終消費地までの距離は L より短くなる。

3.2 栃木県那須塩原市の事例

栃木県那須塩原市は関東地方の市町村のうち有数の木質バイオマスおよび畜産廃棄物の賦存量を有している。木質バイオマスを対象に試算してみると、(1)式より、 $Q_w=196.46$ (林地残材)

+362.17 (製材廃材)
+73.69 (果樹剪定)
+195.04 (公園剪定)
=827.36 (wet-t/y) となる。

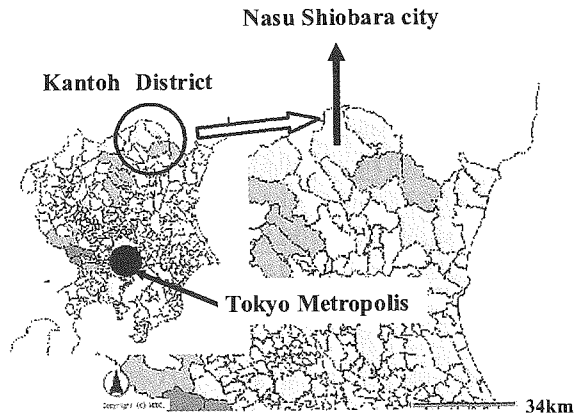


Fig. 4 Location of Nasu Shiobara City, Tochigi Prefecture

但しこのバイオマスの利用可能量は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (New Energy and Industrial Technology Development Organization : 以下 NEDO) の「バイオマスの賦存量・利用可能量推計データ」^{12),13)}を用いた。また、ガソリンスタンド設置箇所数は価値総研、東京ガスの調査資料¹⁴⁾から引用した。

$S=592.45$ (km²)

$N=80$ (箇所)

$\rho=0.1$ (Fig. 1 の前提を採用し、2020年頃 FCV500万台、水素 St 約 3,500箇所) とすると、(2)式より、水素ステーション1箇所あたりの木質バイオマス利用可能量は、 $q=0.29$ (wet-t/d) となる。

このバイオマスに対し Table 1 で示す水蒸気ガス化+PSA精製の処理を行った場合⁹⁾、約 8.40 m³/h の水素が製造される。

この場合のバイオマスの収集半径は、(4)式より、 $L=4.86$ (km) となる。

この場合の運搬コストは 138 円/t であり、先の運搬コスト B 比率は 0.8% となり、コジェネ利用 (約 30%) に比較して大幅に有利であることがわかる。運搬費用の 30% 近くのコストダウンが図れる。

さらにまた、畜産廃棄物で計算すると、同様に、

$Q_e=25,917.59$ (乳牛排泄物)
+3,998.17 (食肉牛排泄物)
+1,205.86 (豚排泄物)
+9,282.68 (鶏糞)

=40,404.30 (wet-t/y)

=8,080.86 (dry-t/y) (含水率 80%)

$N=80$ (箇所)

$\rho=0.1$ とすると、(2)式より、水素ステーション 1 箇所あたりの畜産廃棄物利用可能量は、

$q=4.86$ (dry-t/d) となる。

このバイオマスに対し Table 1 で示す CH₄ 発酵+水蒸気ガス化+PSA 精製の処理を行うと⁴⁾、約 72.49 m³/h の水素が製造される。

商用化水素ステーションの必要製造量は、既存ガソリンスタンドにて充填するガソリン車と同量の水素充填の必要量として定義され、200~300 m³/h 規模で採算性が取れるレベルにあるとの試算がなされている。¹³⁾

この数字に比べ若干低いものの、この地区では畜産廃棄物からの水素製造の方が木質バイオマスからの水素製造に比較して現実的であると言える。

3.3 東京都奥多摩町の事例

次に木質バイオマスから水素ステーションを成立できる事例として、東京近郊の有数な林業地区である東京都奥多摩町のケースを紹介する。

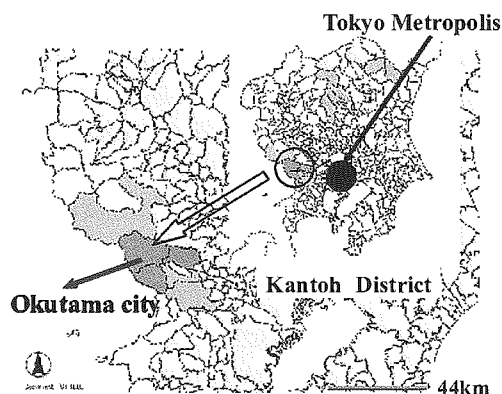


Fig. 5 Location of Okutama City

$Q_w=1,384.21$ (林地残材)

+12.42 (製材廃材)

+25.36 (果樹剪定)

+0 (公園剪定)

=1,421.99 (wet-t/y)

$S=225.69$ (km²)

$N=5$ (箇所)

$\rho=0.1$ とすると、(2)式より、水素ステーション 1 箇所あたりの木質バイオマス利用可能量は、

$q=7.90$ (wet-t/d) となる。

このバイオマスに対し水蒸気ガス化+PSA 精製の処理を行った場合⁵⁾、約 230 m³/h の水素が製造される。

従ってこの地区は、木質バイオマスからの水素を製造することで水素ステーションビジネスを展開する十分なポテンシャルを持っているといえる。

この場合のバイオマスの収集半径は、(4)式より、

$L=11.99$ (km) となる。

この場合の運搬コストは 2,418 円/t となり、運搬コスト B 比率は 15.7%と計算される。全体の収集・運搬コストで見ると、約 16%の削減が図れることが判明した。この地区においてもコジェネ利用に比較して運搬コストの点でも有利であることがわかる。

4. 首都圏でのバイオマス水素ステーション成立の可能性

以上述べてきたように、バイオマスから水素を製造し水素ステーションにて FCV に充填する利活用方法は、バイオマスのコジェネ利用に比較して将来有望な手法になることが分かった。また、バイオマス種や展開する市町村によって、その成立形態が異なることも判明した。

首都圏（関東地方+山梨県）全域の市町村に本手法を展開して考察してみる。

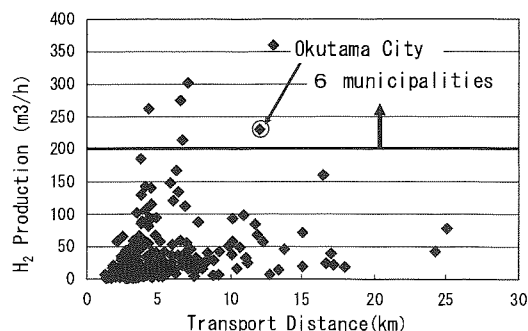


Fig. 6 Transport Distance and Hydrogen Production Volume (Woody Biomass)

Fig. 6 に首都圏 398 の市町村において、前節と同一条件で試算した水素製造量とバイオマス輸送距離の関係を示す。木質バイオマスでは、実用化の目安となる水素ステーション製造量 200 m³/h 以上の条件を満たすステーションを有する自治体は、6 箇所程度に過ぎないことが分かる。

しかし、Fig. 7 は輸送距離と自治体サイト数の関係を示したもののだが、運搬費用が大幅に削減できる、輸送距離が 10km 以下であるサイトが大半(398 箇所中 373 箇所=93.7%)であることから、木質バイオマスに関しては集積エリアを

更に広げることで経済性を成立させる等最適化を行えば、実用化可能なステーションサイト数を増加させることができる。

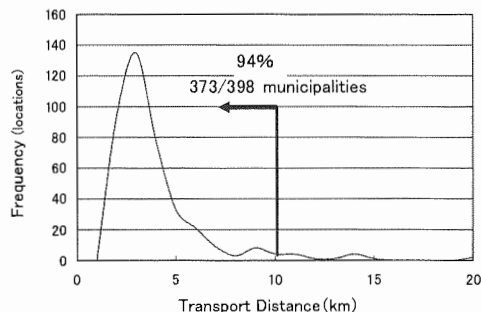


Fig. 7 Transport Distance and Service Locations (Woody Biomass)

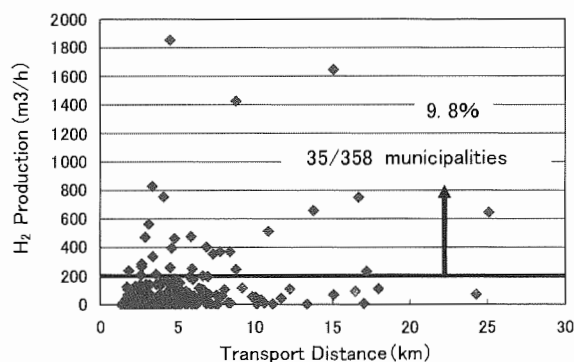


Fig. 8 Transport Distance and Hydrogen Production Volume (Livestock Excreta)

Fig. 8は同一条件での畜産廃棄物でのデータである。200 m³/h以上のステーションを有する自治体は全体の約10%にのぼり、畜産廃棄物から水素を製造する方法がより実現可能性が高いことが伺える。

Fig. 9およびFig. 10はそれぞれ、農業残渣、下水汚泥での同一条件による結果を示している。農業残渣における水素製造量はTable 1中の7)の文献によって、下水汚泥における水素製造量は4)の文献によって計算した。

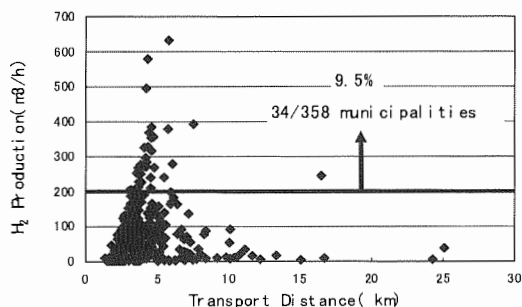


Fig. 9 Transport Distance and Hydrogen Production Volume (Agricultural waste)

Fig. 9より、農業残渣においても畜産廃棄物同様、首都圏での約10%の自治体においてバイオマスからの水素製造が実現可能である結果が得られた。

一方、下水汚泥では (Fig. 10 参照) 水素ステーション実現可能な水素製造量を製造する自治体割合は、約38%と多い。しかし、全体の自治体サンプル数が117箇所と他のバイオマス種に比べ著しく少ないことが視える。これは、エネルギー利活用可能な下水汚泥が、下水処理場を有する市町村のみに偏在していることを示している。下水汚泥は収集・運搬システムが既に整っている都会型バイオマスであることを考慮すれば、本研究手法には適合できず、むしろ積極的にコジェネ利用を進めるに相応しいバイオマス種と言えよう。

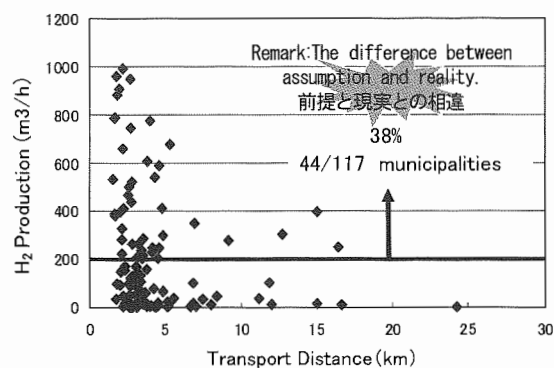


Fig. 10 Transport Distance and Hydrogen Production Volume (Sewage Sludge)
(Hydrogen volume is less than 1,000 m³/h)

5. 水素製造コストについての検討

上章までの議論では、コジェネ利用と比較して、バイオマスを水素原料とし水素ステーションにて利活用する手法は、バイオマスの収集運搬距離が短くなることで収集運搬コストを大幅に低減できる可能性を検討してきた。

そこで、水素ステーションでのバイオマス利活用手法の経済的実現可能性を検証するために、製造される水素コストについて、以下の方法で評価する。

水素社会黎明期（ここで検討している時期：2020年頃）には、都市ガス改質水素が先んじて普及すると判断されていることから、都市ガス改質水素ステーションと本手法（家畜糞尿からの水素製造を例示として）を比較する。

両者の経済性およびマテリアルバランスを Fig. 11 に纏める。16), 17)

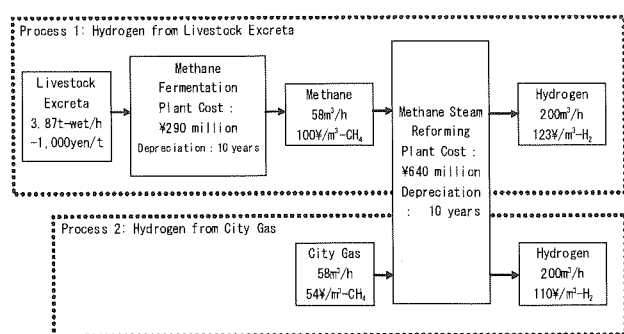


Fig.11 Economic Comparison of Hydrogen Production Processes from Livestock Excreta and City Gas

本比較の評価条件は以下である。

- ・ コストは 2005 年時点とした。
- ・ バイオマス原料費はバイオマス利活用前後での産業廃棄物処理費の削減として、1,000 円/t の逆有償とする。
- ・ メタン発酵設備費には、メタン発酵により生成する消化ガスから CO_2 や H_2S 等の不純物を除去する精製費用が含まれる。
- ・ 消化液の肥料としての活用は実施サイトの条件によって可否が決まるため、消化液は無償引渡しするものとして、その利益・損失は本評価では見込まないものとした。

Fig. 11 に示すように、バイオマスー水素手法 (Process1) は、メタン発酵装置の設備コストが大きく影響し、製造水素価格で 13 円/m³ ほど都市ガスー水素手法 (Process2) に比べコスト高になる。

但し、Process1 は Process2 に比べて 130kg- CO_2 /h の CO_2 削減効果が見積もれる。将来における CO_2 クレジット価格として 1.5~3 万円/t- CO_2 程度を見込んだ場合、上記バランスで水素コストに換算すると、9.8~20 円/m³ となる。

従って、現在(2005 年時点)のコスト比較ではバイオマスからの水素製造手法は都市ガスからの手法に比べ不利ではあるが、 CO_2 削減効果が経済的に評価されるようになれば (2020 年頃を想定して)、十分競合できる手法であることがわかる。

6. 結言

バイオマスから水素を製造し水素ステーションにて FCV に充填するバイオマス利活用手法について考察を行った。

その結果、バイオマスからのコジェネレーション利用に

比較して、利活用サイトがバイオマス賦存サイトの近傍になることによって、バイオマスの運搬費用が大幅に削減できる可能性があることが判明した。例えば奥多摩町のケースでは、コジェネ利用の収集・運搬費に比べて約 16% の削減が可能である。

首都圏で水素利活用を図った場合、木質バイオマスでは実用化水素ステーションに必要な規模である 200 m³/h 以上の水素を製造できるサイトを有する自治体は、数箇所程度と少ない。しかし本手法では、首都圏の自治体のうち約 94% がバイオマス収集半径 10km 以内であり、水素化するステーションを限定し収集範囲を広げる最適化を行えば、実現可能性サイトを増やすことが可能であることが示唆される。

これに比べて畜産廃棄物からの水素製造では、首都圏の自治体の約 10% で実用化レベルのバイオマス量が確保でき、更に農業残渣においても同様に、約 10% の自治体が実用化水素ステーションを構築できることが分かった。

都市型のバイオマスである下水汚泥では、下水処理場にて多量な水素製造は可能ではあるが、実施サイトは限定されており、分散して形成すべき水素ステーションへの適応は不向きであるといえる。下水汚泥の場合、その利活用はコジェネ利用に向くことが示唆される。

更に加えて、バイオマスより水素を製造する手法の経済的実現可能性につき、都市ガスからの水素製造方法と比較検討を行った。水素製造コストは 2005 年時点では後者に比べ高くなるものの、将来、 CO_2 削減効果を経済的に評価できる条件が整備されれば、バイオマスからの水素製造方法は十分競合できる手法であると判断された。

以上、分散、点在することによって収集・運搬コストがかかるバイオマスの利活用法を考えるに、将来の水素ステーション原料に利用する可能性を評価したところ、バイオマス種によって適正が異なるものの、量的にも経済的にも利活用の可能性があることが判明した。

参考文献

- 1) JHFC 総合効率検討結果報告書, (財)日本自動車研究所, (2006), 136-180
- 2) バイオマスエネルギー最前線, 横山伸也, (2001), 森北出版
- 3) 平成 10 年度調査報告書「バイオマス資源を原料とするエネルギー変換技術に関する調査」, (財)新エネルギー財団, (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構, (1999)
- 4) 平成 13 年度新エネルギー等導入促進基礎調査(バイオマスエネルギー高効率転換技術に関する調査) 報告書, 社)日本エネルギー学会, (2001), 132-173

- 5) バイオマス等未活用エネルギー実証試験概要, (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構パンフレット, 24
- 6) 産業技術総合研究所ホームページ 木材から水素を生産する新技術, 美濃輪智朗,
http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041014/pr20041014.html (アクセス 2007.4)
- 7) 高温乾式メタン発酵(コンボシステム)の特徴, 株式会社タクマホームページ
<http://www.takuma.co.jp/product/waste/general/08biogas01.html>
(アクセス 2007.3)
- 8) 有機性廃棄物の高効率水素・メタン発酵を中心とした二段発酵技術研究開発, (株) 荏原製作所, (株) 西原環境テクノロジー, 鹿島建設(株), (独) 産業技術総合研究所, (財) バイオインダストリー協会, 平成 17 年度バイオマスエネルギー高効率転換技術開発成果報告会予稿集 (NEDO), (2007), 1-9
- 9) 平成 14 年度新エネルギー等導入促進基礎調査(バイオマスエネルギー開発・利用戦略に関する調査研究), (株) 三菱総合研究所, (2002), 93
- 10) 経済産業省 燃料電池実用化戦略委員会資料, (2004)
- 11) 平成 19 年度 水素・燃料電池実証プロジェクト, JHFC セミナー資料, (2008) 15
- 12) バイオマス賦存量・利用可能量の推計 GIS データベース, (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構ホームページ
<http://www.nedo.go.jp/> (アクセス 2008.4)
- 13) バイオマスエネルギー利用計画支援システムの開発 -- 賦存量データベース及び収集コスト評価モデル--, 井内正直, (財) 電力中央研究所, (2004)
- 14) 関東圏における水素インフラ展開シナリオ検討基礎調査, (株) 価値総研, 東京ガス(株), (2007), 13-20
- 15) 固体高分子形燃料電池システム実証等研究(第 1 期 JHFC プロジェクト) 報告書, (財) 日本自動車研究所 (財) エンジンアライメント振興協会, (2006), 70-71
- 16) バイオマスエネルギー導入ガイドブック, NEDO, (2005), 149, 173-175
- 17) 平成 19 年度 水素・燃料電池実証プロジェクト, JHFC セミナー資料, (2008), 14