

ISSN 2188-1065

社会経営研究

S
TUDY OF
S
OCIAL
G
OVERNANCE

特集
社会経営研究・創刊号

VOL.1 2013
NOV

放送大学社会経営研究編集委員会

「社会経営研究」論文

論題=Title	バイオガス生成による食品廃棄物の再資源化
著者=Author	中条大祐
雑誌名=Citation	社会経営研究, 2013, Vol.1, p.21-29
発行者 = Publisher	放送大学社会経営研究編集委員会
ISSN	2188-1065
巻 = Vol.	1
ページ = pages	21-29
発行年=Issue Year	2013
URL	http://u-air.net/SGJ/pub/20131101S-Chujo.pdf

セクション 3

▶ バイオガス生成による食品廃棄物の再資源化

中条大祐

1. 問題提起

毎年廃棄される大量の食品廃棄物（バイオマス）は深刻な問題を引き起こしているが、他方において、この食品廃棄物は有望な再生可能なエネルギー資源となる可能性があり、「大量の廃棄を再資源化する簡便な方法」と「再生資源のオンサイト利活用」について研究することには極めて現代的意義があると考えられる。これら二つの点が本論のメインテーマであり、そして最終的に、本論文では単位重量当たりの食品廃棄物から得られる再資源・エネルギーの推計を行っている。

食品廃棄物の大量廃棄問題には、次のような背景が存在する。食品廃棄物に関するデータについて、先ずここで見ておき

表1: 平成22(2010)年度廃棄物の総量と処理 概要 (環境省) (単位:万トン)

廃棄物	内訳	総量	中間処理**	減量化	再資源化量	最終処分	
産業廃棄物	バイオマス系*	25,474	16,700	(18047)	20,473	1,426	
	バイオマス系以外	13,125					
	産業廃棄物合計	38,599	16,700	0	20,473	1,426	
	一般廃棄物	事業系	1,297	3,107		945	484
		家庭系	2,966				
		その他	273				
	小計	4,536					
合計		43,135					

平成22年度食品廃棄物等の発生 概要 農林水産省 単位:万トン

食品廃棄物	食品産業	食料品製造業	卸・小売り・飲食	生活系	家庭系	計
		1,715	371			合計2,086
				1,072		注:生活系は分類が困難で正確な数字は出ていない
						3,158

*動物の糞尿・汚泥
 **産業廃棄物中間処理とは、分別・粉砕・脱水・焼却・中和等
 (原データ出典:環境省・農林水産省の22年度食品廃棄物および再生の概要(概数)であるが、各省で整合が取れていない)

たい。平成22年度の環境省・農林水産省の廃棄物に関する統計によると、日本国内の廃棄物総量は約4億3135万トンであり、食料自給率が40%前後のニッポンで、全く出る場もなくゴミとして捨てられた食品・食材は年間約2086万トン(表1)。その多くは飼料・肥料・焼却または埋立処分され、環境汚染の一因となっている(表2)。(環境省と農林水産省のデータ不一致について関係省に確認したところ「両省間のデータ整合は行っていない=差はあるかもしれない」との回答であった。ここでは農林水産省のデータ(表1)を使用した。)そして、世界中から集められた食料は、日本の全耕作面積の2.7倍の農地から得られる量であることも認識しておく必要がある。

注:当論文における廃棄物等の定義等

- 1) 事業系食品製造(加工)工場等から排出される廃棄物の内、食品系のみを分別された廃棄物(箸等木質系ゴミを除外)を「食品廃棄物」、一般及び事業系廃棄物から排出される分別されない食品廃棄物を「生ゴミ」、すべての廃棄物の総称を「ゴミ」と表現する)
- 2) 最新の発表によると、地球温暖化の原因とされているCO2の世界総排出量は316億トン(2012年:IEA発表)。2008年における主要国では、日本が約12億トン、中国が約65億トン、米国が58億トンと推計されており、中国が世界最大のCO2排出国である。
- 3) オンサイトとは、ゴミを処理して得た再資源物(物質・エネルギー等)を、ゴミが排出された場所に循環して利活用すること。

生ゴミは、表3のように、種々の方法で再資源化されているが、これらは主として国の主導による実証実験としての大規模プロジェクトとして開発されて来たものであって、これらを

中・小規模工場等で実現するには規模的な困難性及び環境問題等があり、あまり進んでいないのが現状である。ここでは中・小規模の一工場内で発生した食品廃棄物を電気・熱等のバイオマスの再資源化エネルギーとして同一工場内で利活用する〔地産／地消型オンサイト利活用〕と言われるコジェネレーション発電やバイオガス(メタン・水素)の生成及び燃料電池の研究について、問題提起しておきたい。

バイオマス系廃棄物の再資源化関連技術として、①エネルギー変換技術、②一般廃棄物処理関連技術、③バイオリファイナー(化成品製造)に大別でき、更にエネルギー変換技術は、a「物理的変換」、b「熱化学的変換」、c「生物化学的変換」の3つに区分できる。本研究では、上記の①から③までの技術を総合的に活用して、バイオマス系生ゴミを再資源化してエネルギーを効率的に生み出すという観点に加え、エネルギーの直接利用以外の利用〔水素生成等〕も含めて有効にバイオマス資源を活用し、その再生エネルギーをオンサイトで利活用することが重要であることを、論文全体を通じて推論している。

2. 大量食品廃棄物対策に関する「先行的動き」

大量廃棄物対策に関する第一の動きとして、2002年12月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されている。良好な地球環境と、持続的な経済成長を両立させ、次世代に豊かな資源と美しい環境に囲まれた地球を残していくため、地球温暖化問題を人類が早急に取り組まなければならない最も重要な環境問題の一つとし、バイオマスを総合的に利活用する循環型社会への移行、及び、持続的に発展可能な社会「バイオマス・ニッポン」の早期実現を強く求めている。循環型社会形成推進基本法の理念である。

第二の動きとして、これまでの大量生産、大量消費、大量廃棄の社会システムは自然の浄化能力を超え、地球温暖化、廃棄

物、有害物質等の様々な環境問題を深刻化している。また、廃棄物の発生を抑制し化石資源の消費抑制及び廃棄物の再資源化、並びに、生物由来の再生可能でカーボンニュートラルなバイオマスへ代替えることによって「環境への負荷を低減させる社会」つまり、「低炭素・循環型社会」の構築を目指している。(農林水産省：「バイオマス・ニッポン総合戦略」2008年版。)

第三の動きとして、国は2009年4月に公表されたエネルギー分野における「技術戦略マップ」(経済産業省・国土交通省・環境省等)においても、水素は「運輸部門の燃料多様化」や「新エネルギーの開発・導入促進」などいずれの政策目標にも掲げ、目標達成の重要な技術ロードマップに組み込まれている。

バイオマスが拓く21世紀の持続可能な再生エネルギーは、自然を利用する究極の循環資源であり、地球温暖化の元凶のひとつである大気中の二酸化炭素濃度を増加させることなく利用できる再生エネルギーである。また、バイオマスは世界の全化石エネルギーの7倍が賦存すると言われている>(*1)以上のような先行例が存在するが、バイオマスの再利用に関しては、以下で見ていくような、さまざまな検討を現在においても必要としている。

3. 食品廃棄物の再利用等に関する問題

大量の食品廃棄物がどのような問題を引き起こしているのかについて、ここで見ていきたい。ここには、二つの問題が存在する。第一に、再利用の方法でなぜ肥料・飼料に主たる方法が集中しているのかという問題がある。第二に、再利用を考える「方法」自体に問題がある。

まず第一には、再利用する場所の問題が存在する。表2は、平成21年度「食品循環資源の再生利用等実施率」(農林水産省)の表である。表では「非常に高いリサイクル率(全体で81%、特に食品製造業では93%)」に見えるが、実は内訳をよく見ると、そのほとんどが飼料[74%]と肥料[19%]である。これらの飼料・肥料による再利用には、排出された場

表2 食品循環資源の再生利用等実施率(平成21年度)

業種	年間発生量(千t)	業種別実施率目標(%)	再生利用等実施率(%)							
			発生抑制	再生利用	(用途別仕向先)			熱回収	減量	
					飼料	肥料	その他			
食品製造業	18,449	85	93	8	71	77	18	6	3	12
食品卸売業	250	70	58	10	47	29	54	17	0	1
食品小売業	1,348	45	36	6	29	48	34	18	0	1
外食産業	2,672	40	16	3	11	31	32	37	0	3
食品産業計	22,718	-	81	7	62	74	19	7	2	10

資料: 「食品廃棄物等の発生量が年間100トン以上の食品関連事業者からの定期報告結果」及び「食品循環資源の再生利用等実施率調査報告」による農林水産省統計部の推計結果より計算

所へ還元できないという欠点が存在する。衛生管理が重要な食品取扱工場におけるオンサイト処理[現場における処理]が望ましいとする見方からすると、食品を扱う工場の一角に、飼料・肥料の山ができるのは現実的ではない。実際に、実施する事業者はいないし、再資源化した製品をオンサイトで利活用することも基本的にはない。即ち、生ごみは依然として形を変えて、自社工場の敷地内に残ることになり、衛生管理上望ましいとされる、オンサイトの循環は実現しない。

一方、表2でわかるように、オンサイトで利活用が可能な循環型再生エネルギーへの転換率(熱回収とその他)は僅か9%にすぎない。残る90%以上の食品廃棄物は再生エネルギーとしてオンサイト利活用の可能性のある資源であって、これを転

換し促進するのがバイオガス方式の最大のねらいであり、オンサイト循環を可能とする持続可能な再資源化エネルギーの循環である。

第二の問題は、再資源化への「最適な方法」に関する点である。国内生産及び輸入した食糧・食材が商品に加工される一方、そこから排出される食品廃棄物は各種の方法で再資源化される、あるいは再資源化される可能性がある。過去に行った調査結果(*2)等を参考にして比較した結果、バイオガス方式が最適な方法であることが推論できた。

過去の調査・研究(*2)では、食品廃棄物を再資源化する代表的な5つの方式について検討したが、目的を実現するための重要な要素や問題点及び、地球環境や食料への影響、また関連事業者が簡便に実現できる方法等について総合評価を行った結果、バイオガス方式を「最適」と評価した。その結果を一部改訂して示したのが表3である。

	処理工程の難易度	経済性(コスト)		実現性 技術的実現性	製品の市場性	オンサイト利活用	衛生面 ニオイ・環境	処理の 熟成期間	問題点(※) 食品業界の 特殊性	合計	順位
		イニシャル	ランニング								
1 堆肥・肥料化	5	4	4	5	3	0	0	1	-5	17	5
2 飼料化	4	4	4	5	5	0	1	1	-5	19	4
3 バイオガス	3	2	5	4	5	5	5	4	0	33	①
4 垂流界	1	1	2	2	5	5	5	4	0	25	2
5 バイオエタノール	3	2	4	3	5	2	3	3	-3	22	3

評価数値の意味= 5:大変良い、4:良い、3:普通、2:やや悪い、1:悪い、0:不採用 ※問題点は食品業界の特殊性(安全・悪臭等)を考慮した評価(減点)

コメント: 一工場内で原料の供給から、それらを処理し再資源化品の利活用まで完結できる最も理想的な再資源化循環を想定し、而も比較的実現しやすい工程であるとともに、地球環境に優しく循環型社会形成に向けてベストな取り組みを評価した。且つ、食品加工工場の天敵とも言える「安全・安心・衛生等を阻害するもの」、即ち、これに伴うリスクは避けなければならない使命があり、評価の重要要素(食品業界の特殊性)として評価した。

4. 自然エネルギーのコスト比較とバイオマスの優位

なぜバイオマスの再資源化が優位であるのかについて、上記で述べたコストの点について、さらに詳しく、以下の比較において検討を行うことにする。

第一に、自然エネルギーの「コスト比較」からバイオマスの優位性をいうことができる。表4は、EUが、自然エネルギーを設備投資額に対する年間電力量、つまり投資単価について評価したものである。即ち、現在日本で最も普及しつつある「太陽光発電：191円/kw」、「風力発電：83円/kw」の2者より、「バイオマス発電：12円/kw」が最も有利となっている。即ち、そこには年間稼働率が大きく影響しており、太陽電池は12%、風力発電は20%に対しバイオマス発電は70%となっており、昼夜または自然現象に関係なく常時稼働できることが大きく貢献している。

表4	各自然エネルギーのコスト比較		
	太陽電池発電	風力発電	バイオマス発電
投資額(円)	2100億	1兆4500億	7300億
設備規模(kW)	100万(推定)	1000万	1000万
年間稼働率(%)	12	20	70
年間発電量(kWh)	11億	175億	613億
投資単価(円/kW)	190.9	83.4	11.9
設備投資単価(円/kW)	21万	14.6万	7.3万

参考(*1):EU:バイオマスが拓く21世紀エネルギーより抜粋

(表でEUが対象としているバイオマスは「薪・農産廃棄物」)

第二に、バイオマスによる再資源化によって、メタンあるいは水素の利用が可能になることも、優位性を表している。石油等化石資源の賦存に伴うエネルギー問題、及び化石資源の使用

による温暖化ガスの排出等の地球環境問題の深刻化に伴い、「次世代のクリーンエネルギー」として水素エネルギーが注目されている。水素エネルギーは、

- i 水素は燃焼しても水になるだけでCO₂を発生しない、
- ii 水素の燃焼熱は68.3 kcal/mol とプロパンの530 kcal/mol と比較すると小さいが、

燃焼時における空気と混合気体となった際の燃焼熱は0.87 kcal/mol となり、プロパンの0.91 kcal/mol と大差ない。

(*3)

- iii 太陽エネルギーを利用して、水から無尽蔵に再生可能である、また、有機性廃棄物からも生産可能である、など優れた点が多い。

製造コストが下がれば理想的なエネルギー源となり得るのであって、ここでも生ゴミからの水素生成には大きな期待がかかっている。

現在、まだ水素の利活用・応用先が限定的であるため、本格的な水素製造は緒に就いたばかりである。前段階的な小規模な実証実験で、高効率化を目指したシステムの研究・開発が進んでおり、食品廃棄物からの水素生成も着実にその実験成果をあげている。

2015年に発売が予定されている水素自動車が世に出れば水素の需要は飛躍的に増大することは間違いなく、既に全国で数百ヶ所の水素ステーションの設置計画が進んでいる>(*4) 走行距離当たりの水素コストは、現在はガソリンよりやや割高であるが、本格製造に入ればガソリンより安くなるという。(千代田加工建設(株)2013.9)

なお、燃料電池は水素をエネルギーキャリアに使用し、発電時の温室効果ガス排出が少ないクリーンなエネルギーであ

る。しかし、現在水素製造の主流となっている製法（主としてSOFC・PEFC）は、エネルギーキャリアに化石資源（石油・天然ガス等）を使用していたのでは環境を汚染し続けていることに変わりはなく、持続可能な資源活用ではない。そこで本研究では、食品廃棄物からバイオガスを回収し、クリーンなリサイクルを行うことにより資源が循環し、オンサイトで利活用することに意義があると推論している。

これらの要因が本研究の背景にあるために、これらの結果からバイオマス処理の優位性が確認できる。以下においては、処理方法について考えていくことにする。

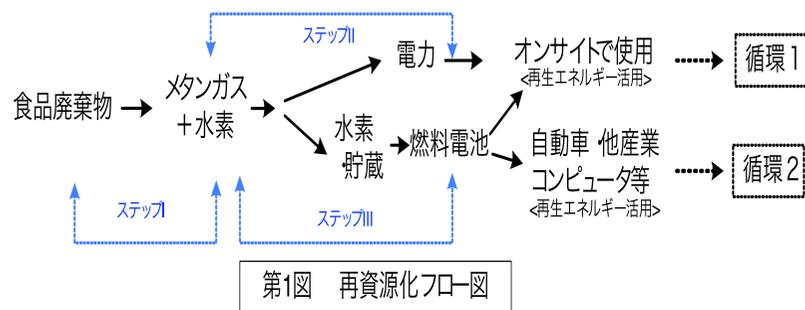
5. 食品廃棄物の処理方法

食品廃棄物を処理する方法についてはそれぞれ多くの方法が研究され、一部実用化されている。その中で中・小規模の食品製造〔加工〕工場と比較的実現しやすい方法を以下要約して述べる。

■再資源化フロー

本節で扱う処理の流れを図1に示す。

再資源化を実現するため、本研究では三つのステップを想



第1図 再資源化フロー図

定して説明する：－

ステップI：食品廃棄物からバイオガスを生成するステップ

1 食品廃棄物の主たる成分〔再資源化の主たる原料〕は次式のとおり(*5)

i 食品廃棄物(生ごみ)の主要成分 → $C_{17}H_{29}O_{10}N$ (複雑に混合した物質)

ii ガス化に必要な主要成分(グルコース) → $C_6H_{12}O_6$ である。

2 i 嫌気性微生物による処理でメタンガスを生成 (例UASB法等) (*6)、

単一メタン発酵 (例) : $C_6H_{12}O_6$ (グルコース) → $3CO_2$ (二酸化炭素) + $3CH_4$ (メタン)

ii 膜型メタン発酵等による水素・メタン二段発酵処理、

水素・メタン二段発酵 (例) : $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O$ → $4CO_2 + 4H_2 + 2CH_4$

iii 回収したメタンガスの組成成分(例)は表5である。

表5:メタン生成ガスの組成成分

成分	量(%)
メタン	60.7
二酸化炭素	38.7
水素	0.1未満
窒素	0.3
酸素	0.1未満
一酸化炭素	0.1未満

(出典:富山グリーンフードリサイクル(株))

表6 高効率水素・メタン発酵実験プラントの成分表

項目	適用	
1 構成	実験棟	縦10m x 横18m x 高さ5m
	研究棟	縦5m x 横5m x 2階建て
2 1日当たりの処理能力	可溶化	水素発酵槽 容量1m ³
	メタン発酵槽	容量 0.4m ³
3 1日当たりのガス発生量	食堂残飯	50kg + 紙ゴミ約5kg
	食品系廃棄物	10kg
4 エネルギー回収率の目標	水素発酵ガス	1.5~1m ³
	メタン発酵ガス	5~10m ³
5 技術の特徴	可溶化・水素発酵とメタン発酵の二段発酵で、有機物を水素とメタンに高速・高効率でガス化	

iv 水素生成目的の処理：表6は工業技術院物質工学工業技

術研究所が開発した【独自の炭素系触媒による「高効率水素・メタン発酵実験プラントの成分概要」であり、その転化率は90%である】と報告している。この表からは、食品廃棄物1トンから得られる水素は100標準立方メートルであり、他の一般的変換の約2倍となっている。

v 副製水素

日本で、石油精製から毎年240億標準立方メートル、製鉄コークス炉から100億標準立方メートル合計340億標準立方メートルもの水素が副成されている。これらの副成水素の潜在的資源の総量は、2020年において、500万台の燃料電池車を走らせる量に相当すると想定されている。

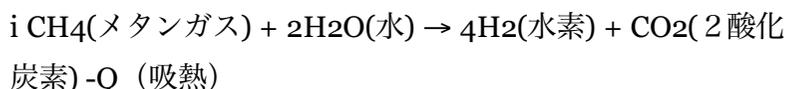
(*7)

ステップII：水素・メタンガスから電力エネルギーに変換するステップ

- 3 上記で生成したメタンガスを燃料として → オンサイトの電力供給
 - i (マイクロ) ガスタービン発電機によるコジェネレーション発電
 - ii ガスタービン発電し、その排熱をそのまま熱利用、または、排熱で蒸気タービン発電する：コンバインシステム(大規模)

ステップIII：バイオガスを燃料電池へ応用するステップ：

メタンガスから水素を回収する例（熱化学的処理）：スチームリフォーミング(*8)



⑤i燃料電池には多くの種類・方法があり、次世代の電力源として注目を浴びているが、どのタイプの燃料電池が普及するかは、現時点ではまだわからないがSOFC(Solid Oxide Fuel Cell：固体酸化物型燃料電池)及びPEFC(Polymer Electrolyte Fuel Cell：固体高分子型燃料電池)の実用化が進んでいる。

燃料電池は、電解質の種類によって、A.リン酸形、B.熔融炭酸塩形、C.固体酸化物形、D.固体高分子形、E.アルカリ電解質、F.その他、に分類される。

工業製品や食品の製造、さらにはこれらの輸送の際に、多大な化石資源が消費され、それに伴って排出される二酸化炭素等による地球温暖化もますます深刻になっている。このような状況下で、新たな原理の燃料電池として、酵素や微生物に基づくバイオプロセスを利用したバイオ燃料電池の研究開発と有効活用も進んでいる。

ii. 再生エネルギー

前記処理によ生成したメタンガス・水素ガスを地域エリアで利活用する「スマート水素社会」(*9)を提案する。

iii. 水素の貯蔵と運搬

水素(H₂)は最も軽い分子であるため、あらゆる物質と結合しやすく(脆化)、その貯蔵・運搬には、扱いにくい面(水素脆化)があるが、主として次の3つの方法で実現している。

a.圧縮・・・現状35MPaまたは70MPaという高圧のタンクとコンプレッサが必要。

現在、自動車各社が開発しているほとんどがこの方式。2012年のエコプロダクト展においても、専ら

この圧縮方式が展示されていた。

b.液化・・・-259℃の冷却は現実的ではない→液化するエネルギーロスが大きい。

c.有機ハイドライド・・・常温・常圧で無色の液状(一見石油状)であり、水素の貯蔵←→放出が繰り返して反応させることができ、既存の石油インフラが利用可能であり、実用化が期待されている。石油プラントメーカーでは、2015年の水素自動車の発売を見越し、石油産油国から有機ハイドライド方式で日本へ輸送する計画が進んでいる。(日本経済新聞2013年9月)

その反応式は(*10)

c-1.水素の貯蔵 $\text{Naphthalene } C_{10}H_8 \rightarrow [5H_2] \rightarrow \text{Decaline } C_{10}H_{18} + 333.4 \text{ kJ/mol}$

c-2.水素の放出(同上) $\leftarrow [-5H_2] \leftarrow$ (同上)
(矢印が反対)

即ち、水素を貯蔵し、または、取り出しの循環ができ理想的な貯蔵法である。効率的な「脱水素化技術」が問題であったがほぼ解決され実用化が進んでいる。

以上で、三つのステップに従って、①食品廃棄物のガス化、②オンサイト循環、③燃料電池、④バイオマスエネルギー⑤水素社会への展望等についてみてきた。

6. 結論

以上で考察して来たように、食品廃棄物(バイオマス)は現在大量廃棄問題を引き起こしているが、他方において、この食品廃棄物は再生可能なエネルギー資源として有望視されてきて

いる。本研究では、「大量の廃棄物を再資源化する簡便な方法」と「再生資源のオンサイト利活用」の可能性について考えて来た。食品加工工場から毎日廃出される膨大な量の食品廃棄物を再資源化し、その再生エネルギーをオンサイトで利活用する循環ループの実用化はまだ緒に就いたばかりであるが、現在公表されている実績データを元に検証した。具体的には、食品廃棄物が一転してバイオガスからエネルギーキャリアになり得ることが重要なポイントであり、前記のパート毎の研究実績を連携することによりオンサイト循環が完遂できることを示している。

毎日廃出される膨大な量の食品廃棄物を環境悪化することなく再資源エネルギーとしてオンサイトで利活用することに最大の意義があると本論文では推論した。即ち、ゴミの移動による環境汚染を防ぎ、廃棄物処分コストを削減することがバイオマスの再生エネルギー化によって可能になり、その再生エネルギーをオンサイトで利活用することができる。

以上のデータを統合した結果が「食品廃棄物とエネルギー」表7である。表で明らかにされているように、食品廃棄物1日1トンから得られる1日のエネルギー量とその応用について推計を行っている。

表7 食品廃棄物(生ごみ)とエネルギー

項目	単位	回収出力	コメント
1)食品廃棄物:1日1 ^ト から得られるメタンガスの量	Nm ³ /ゴミton	190	代表的事例 (**1)
2)食品廃棄物:1日に1 ^ト から得られる電力量	kWh/ ^ト /日	240	
3)食品廃棄物:1日に1 ^ト から得られる水素量	Nm ³ / ^ト /日	56(**2)	(下記出典よ り)
4)食品廃棄物:1日に1 ^ト から得られる水素で走れる距離	km/ ^ト /日	530(**3)	
逆算: ① 1m ³ を取り出すに必要な生ゴミの量	Kg/ゴミton	5.11	
② 1kwhの電力を得るに必要なガスの量	Nm ³ /Kwh	0.833	
③ 1kwhの電力を得るに必要な生ゴミの量	Kg/Kwh	4.26	
出典: (**1):富山グリーンフード株式会社及び市川環境株のデータより算出			
(**2):東邦ガスの「水素・メタン二段発酵技術」データより算出			
(**3):北海道大学市川研究室のデータより算出			

結果として、食品廃棄物1日1トンから得られる再生エネルギーは、電力にして標準世帯で24世帯分相当であり、水素にすれば水素自動車約530キロメートル走行できることになる(*4)。これらが実現されれば、かなり魅力的な資源であるといえる。更に、この生ゴミ1トン当たりの電力を原油に変換すると毎日約58リットル(年間約21トン)(財団法人省エネルギーセンターの換算表)生産していることになる。(表7の算出根拠については巻末の【参考】を参照)尚、国内で発生する畜産排泄物、農業廃棄物、食品廃棄物など様々なバイオマスをこの方法で再生すると、その再生エネルギーは年間で、1億8700万MWhの電気を生産することができる>(*11)

【参考文献等】

- (*1):坂井正康著「21世紀エネルギー」森北出版:P46の表3.2より参考。エコシステム経済研究所HPも参照、
- (*2):社会産業論文集:放送大学社会と産業コース:坂井ゼミ2010年の部分タイトル「地球に優しい食品残渣の100%リサイクル化(すぐに実施できる簡便法の研究)中条大祐著(DC21-J147)
- (*3):水素エネルギー計算:環境バイオテクノロジー学会誌 Vol. 9, No. 2, 89-93, 2009 西尾 尚道「廃棄物からの水素・メタン二段発酵プロセスの事業化に向けて」
- (*4):日本経済新聞「暮らし」「クルマ、家庭・・・水素は世

- の中を変える」:インターネット
- (*5):李玉友著「メタン発酵技術の概要」の「代表的有機物及び廃棄物系バイオマス発酵する化学量論式とガス発生量の概算」表
- (*6):放送大学印刷教材「バイオサイエンスと豊かな暮らし」第14回
及び水素・メタン二段発酵技術:東邦ガス、士幌町農業協同組合等のHP等
- (*7):産学官連携ジャーナル2009年6月号(三谷優)「水素エネルギーの有用性」を参考に算出
- (*8):アジアバイオマスハンドブック P131 式5.4.8
- (*9):「スマート水素社会」は中条提言 →下記【参考】イメージ
- (*10):「有機ハイドライド」:北海道大学 市川勝講演録「北大地球環境科学研究所」講演録より、
及び株式会社フレイン・エネジーHP、及び日本経済新聞「水素を液体化、体積500分の1に」
- (*11):財団法人省エネルギーセンターの換算表:1kWh(電力量)=0.24L(原油換算)

バイオガス生成算出の根拠: ①

① T社の実績データより: ②

単位→	バイオガス生成実例					
	食品残渣量 トン	バイオガス発生量 m ³	MGTガス供給量 m ³	余剰ガス m ³	総電力使用量 kWh	自家発電量 kWh
H23年の日平均	23.4	4,575	1,370	3,178	3,918	5,490
1 ^ト 当たり出力	1	196	←ガス量	発電量→	235	

② B社の実績データより: ③

食品廃棄物100トン/日からの創出エネルギー	発電電力量 24,000kWh/日(2,400世帯相当) 都市ガス供給量 2,400m ³ /日(2,000世帯相当) 回収熱量 77,400MJ/日(1,000世帯相当) CO ₂ 削減効果 6,360トン/年(森林換算827ha=東京ドーム177個分に相当)
------------------------	--

③ その他、三重県及びNEDOのデータ ④
上記のデータを参考に筆者が算出した。 ⑤

【参考】

①メタンガス及び電力の算出根拠

参考図①②社のデータを参考に算出した。③の数社データはばらつきが大きかったので詳細は表示していない。

②水素の算出根拠

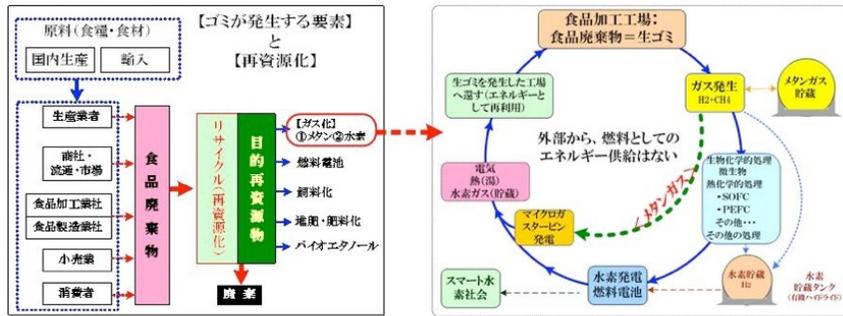
現在のところ、水素のマーケット及び流通が限定的のため、その製造に当たっては、小規模の実験・実証段階に留まっているが、高効率化した製法が急速に進展し実用化されて来ている。ここではそれらのデータを参考に算出した。

水素生成データ			
施設名	食品廃棄物	水素生成	1%当りに換算
単位	kg	Nm ³	Nm ³
東邦ガス	1	0.056	56
産業技術研究所	10	1	100
広島大学	200	40	200
学会誌掲載*	2,670	145	54

*【廃棄物からの水素・メタン二酸発酵プロセスの事業化に向けて】(環境バイオテクノロジー学会誌:Vol.8 No.2)

参考図1：食品廃棄物の発生と資源循環の図

国内生産及び輸入された食品・食材は、【川上】【川中】【川下】そして【みずうみ】にたとえられるそれぞれの場所で生産・加工、そして消費され、その残渣が食品廃棄物または生ゴミとなって排出され、更に、様々な方法で再資源化される。そして生ゴミ発生場所へ循環するオンサイト型循環プロセスについての概要、また、バイオマスを水素に変えて利用する、次世代資源循環型社会と見なせるであろう「スマート水素社会」を展望し、更に、オンサイト循環の概要を総合的に表した図である。(参考図1)



参考図1：食品廃棄物の発生と資源循環の概要