

報告 3

都市域における家庭生ごみバイオガス化の課題

(一財) 日本土壌協会・会長 松本 聡

1. はじめに

都市域における家庭生ごみのバイオガス化と一口に言っても、都市の規模とその都市が置かれている自然・社会的環境が異なるほかに、バイオガスの「利用」と「恩恵」を巡って様々な形態と思惑が住民の間で交錯することが考えられ、一般的に述べることは、筆者には到底出来そうにない。そこで、取り敢えずは、日本の大都市、中都市および小都市のそれぞれで、現在、稼働中または計画中の生ごみバイオガス施設の状況を、環境省の資料を基に紹介させて頂くが、これとても、一施設の建設費が最低、十数億円という高価なもので、しかも、専門の施設管理者の元で、安全に運転されている現況を説明したところで、一体、このフォーラムでのこの報告がどれほどの価値（意味）を持っているか、きわめて疑問である。そこで、この報告では、先ず、① バイオガスを生み出すメタン生成菌とは何者か、② バイオガスはメタンだけで、他にはガスは出てこないのか、③ 家庭生ごみの中で、どのような食品がバイオガスを生み出しやすいのか、④ メタン発酵の有利な点と、不利な点、⑤ 手作りで、生ごみからバイオガスは作れないのか、の五項目を、筆者自身が実験、または見聞したことを報告し、読者にバイオガスをもっと身近なものとして感じてもらったその上で、稼働中のバイオガスプラントの現況を紹介し、同時に課題も拾い上げ、わが国の家庭生ごみバイオマス化の課題を指摘したい。

① バイオガスを生み出すメタン生成菌とは何者か

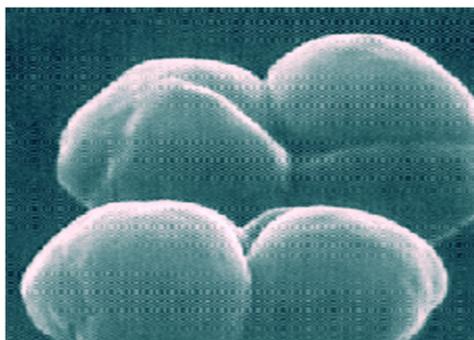


図1 メタン生成菌*¹

メタン生成菌（以下、メタン菌という）は、動物の消化器官（ウシ、ヤギ、ラクダなど反芻動物やシロアリなど昆虫類の消化器官）、人間の結腸、湖沼や海の底にある有機物堆積物など空気と隔絶された嫌氣的な環境に生息し、地球上で放出されるメタンの大半を生成しているほど、その分布は広い。メタン菌の起源は古く、35億年前の地球の地層に発見されているほど古く、また、地球以外の太陽系惑星のなかにも、木星、天王星、土星にメタンの大気層が観察されており、惑星の誕生に、メタン菌は重要な役割を持っている。

この菌のもっとも大きな特徴は、嫌気環境下における「**有機物分解の最終段階**を担っている」という点である。つまり、嫌氣的条件に置かれたメタン菌による有機物の分解は、それ以上には分解されないために、未分解の残渣（いわゆる余剰汚泥）の発生が少ない。

② 家庭生ごみから生ずるバイオガスはメタンだけで、他にはガスは発生しないのか

家庭生ごみの元素組成からすれば、炭素以外に、窒素、硫黄など多くの元素が含まれ、これらの元素が還元的な環境でメタン菌の代謝の元で、

表1に示すようなバイオガスの組成が示されている。表から明らかのように、燃料のメタンの他に、二酸化炭素（不燃）、窒素（不燃）、酸素（不燃）、硫化水素（燃焼するが、強い臭気があり、危険）が含まれており、メタンガスの火力を上げるためには、予め、これらのガスを除去しておく必要がある。

表1 生ごみから生ずるバイオガスの組成の例*²

ガスの名称	化学式	Vol%
メタン	CH ₄	59.7
二酸化炭素	CO ₂	37.0
窒素	N ₂	0.8
酸素	O ₂	0.4
硫化水素	H ₂ S	300ppm

③ 家庭ごみのなかで、どのような食品がバイオガスを生み出しやすいか

家庭生ごみとしてよく排出される食品と家畜糞を例に、それら1トン当たりの重量から発生するバイオガスの量の一例を表2に示す。表2によれば、食品の中では、パンや古いチーズなどの乳製品などからのバイオガス発生量が最も高く、てんぷらの残りかすや糖蜜なども高い。しかし、一般家庭からの生ごみからのバイオガス発生量はパン類などに比べて1/4量以下で、それほど多くはないことが窺がえられるし、家畜糞に至っては、食品残渣に比べて、圧倒的に低い。家庭からの生ごみバイオガス発生量がパン屑などに比べて低いのも、そ

の主体が残飯などの炭水化物よりも、野菜屑など植物性残渣が多いことを反映しているものと思われる。

表 2 家庭生ごみの食品と家畜糞から発生するバイオガス量の比較の一例

区分	食品名	m ³ /トン
調理に伴う食品残渣	パン	650
	チーズ、肉類および油脂	600
	てんぷら揚げ粕	400
	硬いパンの一部（パンのみみなど）	480
	糖蜜	450
	食品残渣（平均）	210
一般家庭生ごみ		120

豚糞		40
牛糞		15

（出典：バイオガス化マニュアル（有機資源協会、2000・8 を一部改変））

④ メタン発酵の有利な点と不利な点

有利な点

- 炭素（C）がメタンになるので、余剰汚泥の発生率が低い。また、消化液は安定した物質となり、腐敗し難い。
- 電気代が嵩む曝気装置が不要である。
- バイオガスの半分以上は燃料用に用いられるメタンである。
- 発酵滞留時間は長時間に亘り、極端な嫌気性となるので、病原菌は死滅する。

不利な点

- メタンの生成経路および反応速度が遅いため、処理装置（発酵槽）の容積が非常に大きくなる。
- 窒素（N）からアンモニア（NH₃）を生じ、pHが高いと毒性を示す難溶性のリン酸マグネシウムの結晶が沈積する。
- 反応維持に必要な有機物濃度が高く、低濃度まで浄化できない。そのため、仕上げには、好気性処理が必要となる。

- メタン菌の活性が低下すると、⑤揮発性脂肪酸が大量に残留し、強い悪臭が発生する。

⑤ 手作りの装置で家庭生ごみからバイオガスは作れないのか

燃料用のメタンガスが家庭生ごみから作ることができると聞くと、それなりの魅力をもっている。そのため、一定の広さの土地と家庭生ごみに相当する食品残渣が常時供給されるならば、4人家族の毎日の調理に必要なメタンガスは得られるという実験的記載は散在するが、失敗例も多い。最も難しい点は、メタン発酵槽の設置である。

筆者が見学したのは、有機農業を営むある農家であったが、メタン発酵槽を厚手のビニルを加工し、縦10m、幅1m、高さ0.5mの密閉型のチューブを作り、一方の端から、家庭から出た食品残の投入口を、他方の口からバイオガスを取り出すパイプを取り付け、これを土中、約50cmに埋設するという、少し器用なひとならば出来そうな簡単な装置である。ビニルチューブからバイオガスを取り出すパイプのも一方の口は、ガスホルダーというメタンガスを貯蔵するビニル製タンク（容器）に繋がっており、この部分がメタンガスで充満されると陽圧になり、ガスコンロなどに自然と供給されるというものである（図2）。

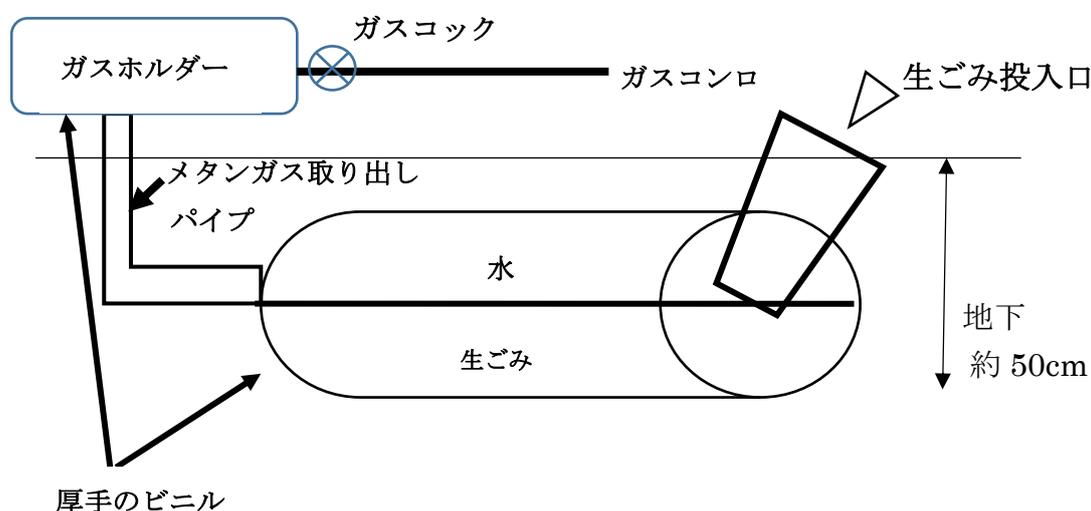


図2 家庭生ごみからバイオガスを取り出す手作り装置の一例

2. 都市域における家庭生ごみのバイオガス化の課題

現在、稼働中または、計画中の家庭生ごみ、または、家畜糞尿のバイオガス

化施設の概要を表3に示した。稼働中の施設にあっては、その建設費がきわめて高く、また、施設の運転・管理は専門の技術者の元で行われているので、既述したように、気安く内部の詳細を観察・調査することはできない。

表3 現在稼働中（計画中也含む）の家庭生ごみ、または畜産廃液のバイオガス化施設の概要

都市名	人口 (万人)	処理量 (トン/日)	建設費 (億円)	発電能力 (kw)・基	備考
長岡	28	65	19	560 x1	分別収集
富山	42	40	7.5	50 x3	分別収集
南但広域	5.7	36	63	382	乾式メタン発酵
大木町	1.5	41.4	5.2	25 x2	消化液の有効利用(?)
防府	12	51.5	110	3,600	乾式メタン発酵
鹿追町	0.6	94.8	8.3	108 x1 200 x1	国内最大のメタンガス発生装置
京都 (計画中)	147	60			発生するバイオガスをFIT制度で売電
鹿児島 (計画中)	60	60			同上

(出典：メタンガス化が何かを知るための情報サイト・環境省)

<https://www.env.go.jp/recycle/waste/biomass/>

課題として考えられる項目

- 1) 生ごみ（植物廃材、家畜の糞尿などのバイオ廃棄物を含む）収集に要する費

用（燃料など消耗品費と人件費）

生ごみの発生場所が、地域により分散すればするほど費用は嵩む。住民が協力して大きなスペースを衛生的に維持・管理する体制づくりが大切である。

- 2) 表1に見るように、メタンガス以外の不燃性ガスまたは可燃性ガスでも、臭気が強かったり、有害であったりするガスも含まれる。

メタンガスに次いで多い二酸化炭素は有毒ではないが、不稔性のため、メタンガスと分離しないで、混合した状態では、火力が劣るほかに、点火し難い。二酸化炭素や有毒な硫化水素は、除去することが必要で、そのための特別な除去処理費が嵩む。

- 3) メタンガスの燃焼エネルギーがもたらす恩恵を住民にどのように均等に分配するか。

売電、市民温水プールなどの公共施設への供給、道路凍結箇所の融解、小中学校の給食調理用、老人施設への供給など種々の利用法が考えられるが、このうち、自治体の財政状況を支援し、改善する目的で、電気会社（小売電気事業者）に売電する例が最も多い。この際、FIT制度を適用するケースがほとんどである。FIT制度とは、再生可能エネルギーで発電した電気を電気会社が一定期間固定価格で買い取ることを国が約束する制度を指して言う。この制度では、電気会社が発電事業者から電気を買い取る際の費用の一部は、「再生可能エネルギー発電促進賦課金」という名目で、電気料金に上乗せされて、国民が負担している。

3. 改めて都市域の家庭生ごみの処理に想う（おわりに代えて）

これまで見てきたように、家庭生ごみのバイオガス化には、日本では、様々な課題が残っているように考えられる。そのうち、大きな課題としては、家庭生ごみから発生するバイオガスのうち、メタンガスの占める割合が低いこと、東京、大阪などの大都市域で、家庭生ごみのバイオガス化がはっきりとした有利性を示せるか、最終産物である大量の消化液の有効利用が、科学的に確立していないことなどである。しかし、最低限言えそうなことは、水分の多い家庭生ごみを何の処理もせず、そのまま焼却してしまう非論理的な現状に比べてみれば、家庭生ごみのバイオガス化には、長い年月を懸けてでも課題の解決に向けた取り組みが必要であることだけは言えそうだ。