

空間での排出物・廃棄物のバイオエネルギー利用

辻本研究室

5105002 芦沢桃子

1.はじめに

中国では家畜のし尿や残飯を利用してエネルギーを生産し、施設の運転などに充てる研究が進んでいる。また、日本でも近年バイオマスエネルギーが注目され始め、地域ごとにバイオマスタウン構想などの案が募集され、補助金の制度も充実してきている。しかし、バイオマスは広く薄く存在し、供給も不安定であるという欠点があるため、日本での利活用は進んでいない。本報では可能性を探るため、大胆に人口の密集した東京都で、安定供給が可能な人間の排出物を利用して、どんなエネルギーサイクルが可能となるかを検討している。

2.日本におけるし尿・汚泥処理の現状

し尿処理の8割を占める水洗化処理は、生活雑排水との混同処理を行っており、今後、単独浄化槽の新設が禁止されていること、また、公共下水道の拡大により、非水洗化人口も減少する¹⁾ことから、最終的にはし尿と生活雑排水の処理は、ほぼ一括して行われることになる。一括処理の場合、処理は合併処理浄化槽か下水道によって行われるが、都心部ではほとんど浄化槽は使用されず、下水道の普及が進んでいる。東京都の下水道普及率は98.4%、23区では99.9%であるので²⁾、今後検討していくにあたって、非水洗化人口、浄化槽処理人口は無視することとする。

下水道は、下水の収集・処理の過程で大量のエネルギーを消費している。2003年における日本全体でのエネルギーの消費量は原油換算にて190万L、電力消費量は国内の総消費量の0.7%にあたる68億kwhを占める。また、処理過程においての温室効果ガスの排出量は全体の0.5%にあたる700万t-CO₂³⁾である。

3.本論

3-1.東京都に存在するバイオマスの試算

し尿起因のバイオマスは浄化槽処理の際に発生するし尿汚泥、下水道処理の際に発生する下水汚泥がある。2より東京都は下水道でし尿を処理しているため、し尿汚泥は発生しないが、中国における養豚場の例⁴⁾⁵⁾にならい、本報では東京都民のし尿と食品廃棄物で、メタン発酵させた場合のエネルギーサイクルを検討するため、し尿汚泥、食品廃棄物も試算する。

①下水汚泥(万t/年)

日本における下水汚泥の年間排出量は、7,500万t⁶⁾、乾燥重量で223万t、うち、東京都での発生量は乾燥重量でおよそ100万t⁷⁾。資料は含水汚泥のものを使用するため、

東京都の下水汚泥量を(100/223)×7500=3363万tとする。

②食品廃棄物

東京都における食品産業による廃棄物の年間発生量は、およそ122万t⁸⁾である。

③し尿汚泥

日本におけるし尿汚泥の年間排出量は、日本で3,200万t⁹⁾、非下水道人口は日本の人口12,600万人¹⁰⁾の30.7%²⁾であるので、3,874万人である。東京都の人口1,290万人¹¹⁾が、し尿の非下水道処理を行った場合、し尿汚泥の発生量はおよそ3,200万tの33%である1,066万tとなる。

3-2.エネルギー発生量とその価値

3-1より算出したバイオマスから得られるエネルギーと、再資源化によるCO₂削減効果、コストをそれぞれについて算出した。

計算方法

A:原料となるバイオマス(万t/年)

B:原料のバイオガス発生源単位(m³/t)

排泄物 30 食品廃棄物 130 下水汚泥 14⁹⁾

C:原料のメタン含有率

D:メタンガス発生量 A×B×C(万m³)

E:原油換算発生量(万L) (Dを換算単位メタンガス1m³=1L¹²⁾原油で、原油換算する。原油換算発生量(万L))

F:CO₂削減量 D×1.96kg(万t)

メタン醗酵により生成されるガスの成分は、メタンが60%、CO₂が40%、その他微量成分である。¹³⁾

メタンの燃焼式 CH₄+2O₂=CO₂+2H₂O より、

1m³のCH₄=1.96kgのCO₂排出

ここで、CH₄ 1m³=1L原油であるので、Dの原油換算したバイオガスに1.96を掛ける。

G:原油電力換算率 4.31

1kwhの電力発電に必要な燃料は9.0MJ(発電効率40%)

原油の熱量1MJ=0.0258(原油換算L)なので、

1kwh=燃料 9.0MJ=9.0×0.0258 原油換算 L=0.232(原油換算L)¹³⁾

以上より電力原油換算率が0.232なので、原油電力換算率を1/0.232=4.31とした。

H:メタンの電力換算量 E×G(万kwh)

以上の結果をまとめると、表-1のようになる。

表-1 バイオマスによるエネルギー発生量

	発生量 (万t/年) A	発生原単位 B	メタン含有率 C	メタンガス 発生量(万m ³) D=A*B*C	原油換算 (万L) E=D/1000	CO ₂ 削減量 (万m ³) F=E*1.96	電力換算率 G	電力換算 (万kwh) H=E*G
下水汚泥	3,363	14	0.6	28,249	28,249	55,368	4.31	121,754
食品廃棄物	122	130	0.6	9,516	9,516	18,651	4.31	41,014
し尿汚泥	1,066	30	0.6	19,188	19,188	37,608	4.31	82,700
食品廃棄物+し尿汚泥	1,188	-	0.6	28,704	28,704	56,260	4.31	123,714

3-3.生産エネルギーの価値

3-2.より生産したエネルギーと、CO₂削減効果が、都民の消費電力の何%に相当するか、また、CO₂排出量の何%に相当するか計算する。

J:一人当たり年間 CO₂排出量 9164(kgCO₂/人)
一人当たり実質 GDP(\$/人):38182、CO₂排出原単位(kgCO₂/\$):0.24¹⁴⁾より、
38,182(\$/人)×0.24(kgCO₂/\$)=9,164(kgCO₂/人)

K:一人当たりの年間電力消費量¹⁵⁾ 8,220(kwh/年)
一人当たりの CO₂排出量 Jと電力消費量 Kより、生産したエネルギーと CO₂削減量が、東京都全体の消費エネルギー、CO₂排出量に対してどの程度の割合になるのかを、表-2にまとめた。

表-2 発生したエネルギーと、CO₂削減効果

	CO ₂ 削減量F	L=F/J(人)	L/都民数	電力換算H	M=H/K(人)	M/都民数
下水汚泥	55,368	60,446	0.47%	121,754	148,119	1.15%
食品廃棄物+し尿	56,260	61,419	0.48%	123,714	150,504	1.17%

3-4.現状と再エネルギー化のエネルギー収支比較

メタン発酵によって生産したエネルギーを 50%⁵⁾の効率で再利用した場合と、現状の下水汚泥の再利用量と処理にかかるエネルギーの収支を比較する。

比較方法

現在の東京都における下水道処理にかかるエネルギーを、305,000 万 kwh³⁾とする。日本全体の下水汚泥の再エネルギー利用割合は 7%なので、東京都でも同じ割合で再エネルギー利用していると仮定する。

現状の、再エネルギー利用量-処理エネルギー量と、今回算出したエネルギー生産量-生産にかかるエネルギー量の2つを比較したものを、表-3に示す。

※3:2003年度の下水道施設におけるエネルギー消費量は、日本の一次エネルギー供給量の0.3%(原油換算190万L)³⁾これに、東京都での汚泥発生量の割合100/223²⁾を掛けて、82.5万L、電力換算量で305,000万kwhとした。

表-3 エネルギー収支比較

	現状	再利用案	
バイオマス存在量(万t)	①下水汚泥(含水) ②食品廃棄物+し尿	3,363 911	
処理エネルギー ^{※1} A(万kwh)	305,000	生産量の50%	
エネルギー再利用量 ^{※2} /ポテンシャル B(万kwh)	25,200	①	121,754
		②	123,714
B-A(万kwh)	-279,800	①	60,877
		②	61,857

※1:大規模プラントを利用するものとし、エネルギー生産量の50%が生産過程で消費されると仮定
※2:現状で再エネルギー利用されている7%をエネルギー換算

4.まとめ

東京都民から排出されるバイオマスによって生産することのできるエネルギーは、表-1より下水汚泥、食品廃棄物+し尿汚泥ともに、およそ12億kwhとなり、これは都民の年間電力消費量の1.2%弱にあたり、CO₂排出量の0.5%弱、の削減効果がある。

現在の処理とエネルギーの再利用状況と、今回検討した結果を比較すると、現状では表-3より、-279,800万kwhとなっており、これは処理にかかるエネルギーの方が多くなっている。しかし、排出物を全量再エネルギー化することにより、生産時消費エネルギーを考慮しても、60,877~61,857万kwhのエネルギーの再利用を検討することができる。

参考資料

- 1)松戸市市民環境本部環境担当部環境保全課
- 2)社団法人 日本下水道協会
- 3)国土交通省都市・地域整備局下水道部 下水道バイオマスの利活用について(H19)
- 4)岡山県環境推進本部
- 5)三機工業 中国における養豚場の新エネルギー利用の検討
- 6)三宮武 下水道におけるバイオマス利活用事業 用水と排水 vol.50
- 7)東部スラッジプラント汚泥炭化事業資料
- 8)経済産業省 関東経済産業省資料「首都圏の事業系食品廃棄物排出量の把握」
- 9)野池達也 バイオマス利活用による地球温暖化防止
- 10)統計局ホームページ
- 11)東京都統計
- 12)電力の一次エネルギー換算について
- 13)東京都農林総合研究センター メタン発酵によるエネルギー利用
- 14)IMF(2008)「World Economic Outlook Database April 2008」
- 15)IEA(2007)「CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION」

15)経済産業省資源エネルギー庁資料