

首都圏中核都市における 新エネルギー導入による温暖化抑制効果の算定

土田 えりか¹・藤田 壮²・長澤 恵美里¹・柳 奈保子¹

¹学生会員 東洋大学大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)

E-mail:gd0600083@toyonet.toyo.ac.jp

²正会員 (独)国立環境研究所 環境技術評価システム研究室 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

東洋大学 工学部環境建設学科 (同上)

首都圏の産業中核である川崎市を対象として、バイオマスエネルギーと小水力発電システムに着目した再生可能な地域エネルギーの供給ポテンシャルを把握する。バイオマスエネルギーシステムについては家庭系の厨芥類を生活環境事業所で収集後、メタン発酵で熱電回収を行うシステムを設定し、小水力発電システムについては、浄水場等の有用な落差を確保できる地点を選定して、そのエネルギー供給可能量の算定を行った。地域条件を用いた算定の結果、バイオマスエネルギー、小水力発電システムにより年間約23,000t-CO₂の二酸化炭素削減による温暖化抑制効果が期待できることが明らかになった。

Key Words : clean energy, food wastes, methane fermentation system, greenhouse gas, micro hydro power

1. はじめに

京都議定書の発効より約1年半が経過し、第1約束期間の2008年が迫るなかで、現在もなお成長を続ける世界経済下では、対処療法的な取り組みのみによってはその目標を達成することが困難な状況となりつつある。

わが国においても、温室効果ガス総排出量は2004年度において13億5,500万トン(二酸化炭素換算)であり、基準年とされた1990年度に対して8%(2005年環境省発表)を上回り¹⁾、削減目標と合わせると計14%の削減が必要となっている。後に認められた森林吸収源による吸収量(基準年より39%)を確保しても、さらに10.1%(約1億トン)の削減が必要となり²⁾、早急な削減対策の整備が求められている。エネルギー分野においても、太陽光発電や水力発電、バイオマスエネルギー等の再生可能エネルギーを利用したシステムの開発などの有効な手段の積極的な導入拡大が強く求められている。

そのなかで、新エネルギーについては、石油代替エネルギーの開発導入、エネルギー源の多様化にくわえて、地球温暖化対策、分散型エネルギー源の観点からその導入が加速し、新エネルギー分野を産業として捉えることのできる領域も出ている。その筆頭である太陽光発電はすでに国際市場で国際競争力を有しているが、その一方で、日照条件によりその発電量が左右され、安定した電力供給が期待しにくいことも事実である。また、風力発

電についても同様に、都市的利用において風況を考慮すると電力供給は不安定にならざるを得ない³⁾。国内の土地利用状況を勘案すると、特に施設密度の大きい稠密な大都市圏においては地域の特性を勘案して、複数の新エネルギーを組み合わせ、その供給ポテンシャルを活かした効率性の高いシステムを構築することにより、系統エネルギー源への依存を低減することが期待されている。

本稿では、首都圏中核都市である川崎市を対象として、再生可能エネルギーの中で特に大都市における導入可能性の高いバイオマスとともに、小規模な施設導入が進められている小水力発電に注目し、高度に都市的利用が進んだ地域における適正な新エネルギーの導入可能性を検討する。川崎市では、持続可能なエネルギー都市を目指す一環として、太陽光発電やバイオマスエネルギーの導入に積極的であり、独自の取り組みを新エネルギービジョン⁴⁾として提唱している。また、小水力発電施設の導入も実践しており、その潜在的なポテンシャルを一層活用することが期待されている。

具体的には、地域内の有機物資源ともなる家庭系厨芥類のメタン発酵によるバイオマスエネルギーシステムと、多摩川の上流丘陵部から河口の臨海部まで立地する都市の地理的特性を利用した小水力発電システムについて、分散型の新エネルギー施設の導入を検討する。火力発電を比較対象として、発電時に発生する二酸化炭素排出量を算定し、その温暖化抑制効果を評価する。

2. メタン発酵施設の導入効果の算定プロセス

(1) バイオマスエネルギーシステムの設定

バイオマスエネルギーの転換技術として、小規模分散に適した家庭系厨芥類を対象としたメタン発酵技術を取りあげる。川崎市の家庭系厨芥類は、収集域ごとに設定された収集拠点を經由し、処理センターへ運ばれ焼却処理される。本稿では、分散型のクリーンエネルギー導入の観点から、バイオマス利用可能な距離を周囲4kmとし、既存の収集域とは別に「地域エネルギー供給エリア」を定義する。地域エネルギー供給拠点の候補地として、川崎市内の5箇所の収集拠点の周辺エリアに加えて、内陸部を独立したエリアとして設定する（図-1）。収集エリアが重複する箇所は、厨芥類収集量のバランスを均衡にし、地域での資源回収とエネルギー供給で活用できる道路基盤の整備が進んでいる都市部エリアに優先的に配分する。家庭系厨芥類発生量、処理施設の情報は、川崎市公開データを使用する⁵⁶⁾。

(2) バイオマスシステムの温暖化抑制効果算定プロセス

エリアごとの厨芥類発生量をもとに、メタン発酵導入による発電量の算出を行う。厨芥類の含水率を70%、炭素含有量を47.6%と仮定し⁹⁾、メタン発酵によるバイオガス発生量の算定式(1)は、メタン発酵施設事例より炭素換算投入量からのバイオガス発生量算定式を用いる(Wong・藤田ら(2005))⁹⁾。

$$BP = 1998.94 \times C - 209.01 \quad (1)$$

BP : バイオガス発生量(Nm³/y)

C : 炭素量(dry t-C/y)

エネルギー量の算定では、(1)式で求めたバイオガス発生量にバイオガス発熱量原単位⁹⁾を乗じ、発電効率を25%、熱効率を40%とする⁹⁾。また、メタン発酵装置を利用するには、分別、粉碎、発電機稼動に発電量の約

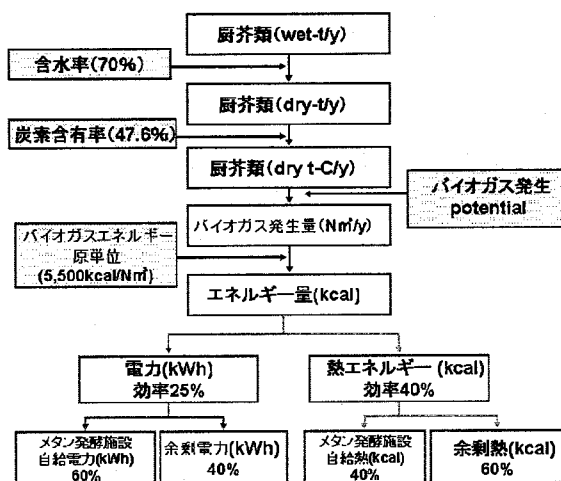


図-2 バイオマスエネルギー供給量の算定フロー

60%の電力が消費され、同様に、熱収支においても発酵槽加温に約40%の熱量が利用されると仮定する¹⁰⁾。図-2に発電量の算定フローを示す。

熱需要効果の算定は、川崎市の民生部門における家庭内のエネルギー消費量⁴⁾から一人当たりの年間エネルギー消費量を得たものに、人口分布に1人当たりの熱量を乗じて熱需要量の分布を求めた。輸送距離によるロスを考慮し熱供給範囲を各導入施設から1kmと仮定する。

温暖化抑制効果の算定には、川崎市の現状から液化天然ガス(LNG)を使用した火力発電を一般利用によるものとして、代替による二酸化炭素削減量¹⁰⁾と想定する。また、メタン発酵の際に得られる熱エネルギーを、関東圏内で使用量の多い都市ガスによるものとし、代替による二酸化炭素削減量¹⁰⁾を想定し、それぞれを乗じて温暖化抑制効果とする。

3. 小水力発電施設の導入効果の算定プロセス

(1) 小水力発電施設の技術設定

川崎市では2005年に小水力発電施設を浄水の送水管を対象に導入している⁹⁾。浄水場から配水池へと流れる送水管に発電装置を平行に設置し、自然有効落差と管内を流れる流量の約80%を利用し発電を行っている(図-3)。この事例を考慮して自然有効落差を利用する小水力発電システムの技術設定を行い、温暖抑止効果を算定する。

管路を利用した発電では、原水取水箇所から浄水場、浄水場から配水場までの2点間で得られる自然有効落差を利用することを想定し、管路末端部の水圧減圧用バルブ(流量調整弁)等を水車発電装置に置き換え発電を行う。浄水場の取水はほとんど一定であるため、この2地

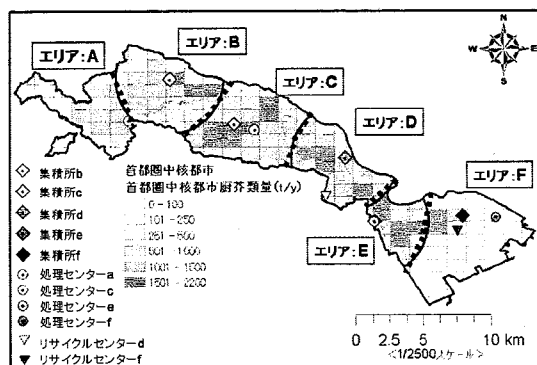


図-1 バイオマス供給エネルギーエリアの設定

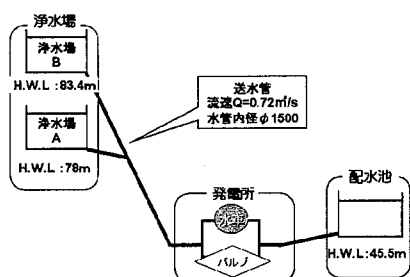


図-3 浄水場における小規模発電所システム例

点では安定した発電量を得ることが可能となる。小水力発電システムの設置箇所の候補として河川や下水道も考えられるが、河川については水利権の申請が必要となると同時に、浄水場送水管の利用と比較した場合、流水中に含まれる不純物等によりメンテナンス回数が多くなり導入が容易ではないと判断する。一方で、下水道では水位差を確保することが難しいと考え、分水池と浄水場を結ぶ導水ずい道、浄水場と配水池を結ぶ送水管、連絡管の3種を対象とし、メタン発酵導入時に設定したエリアBの3箇所の浄水場と、エリアDの配水所の管による小水力発電システムの導入を検討する。

(2) 小水力発電システムの温暖化抑制効果の算定

発電量算定プロセスを図-4に示す。流量の算出は、有効落差を対象都市の水道局提供資料を用いるとともに¹²⁾、一部にGISを利用し、各施設間の標高を求め総落差を算定する。その他の導水管内径、導水管の長さに関するデータに関しても標高同様に、水道局提供資料を利用する¹²⁾。発電量は、流量、並びに有効落差、水車の総合効率を乗じ発生電力量を算出し、その発生電力量に発電効率、発電期間を乗じる。水車の総合効率を80%と仮定し、発電効率は46%という事例より45%と仮定する。

温暖化抑制効果は、小水力発電によって得られる発電量に、メタン発酵と同じくLNG火力発電の発電燃料燃焼時に発生する二酸化炭素排出量を乗じたものを、小水力発電による温暖化抑制効果とする。

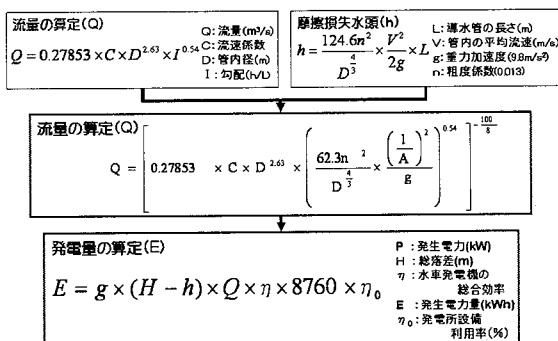


図-4 小水力システムエネルギー供給量の算定フロー

4. 導入効果の算定結果と考察

(1) バイオマスエネルギーシステム

市内から排出される家庭系厨芥類をメタン発酵利用した際の余剰電力量、余剰熱量を図-5に示す。結果、年間約2,000万kWhの余剰電力が得られることがわかった。これは川崎市の家庭内年間電力使用量のうち、約3.8%にあたる⁹⁾。熱需要に対する供給率を表-1に示す。ほとんどのエリアで熱供給ポテンシャルを上回る熱需要が存在するが、供給が需要量を超えるエリアでは需要量を制約として温暖化抑制効果を算出する。

メタン発酵システム導入による家庭系の電力供給、熱供給はともに年間約9,000t-CO₂削減が可能となることが分かった。これは川崎市の家庭系のエネルギー需要にともなう二酸化炭素発生量¹³⁾に換算すると、12%の温暖化抑制効果にあたる。

(2) 小水力発電システム

施設導入によるエリアごとの発電量及び温暖化抑制効果を図-6に示す。エリアBでは、対象としたずい道の流量が多いことから発電量が多く得られた。一方、エリアDは、流量の少ない送水管を対象としたため、発電量は年間50万kWh程度という結果となった。また、LNG火力発電代替による二酸化炭素による温暖化抑制効果は年間5,000t-CO₂という結果が得られる。

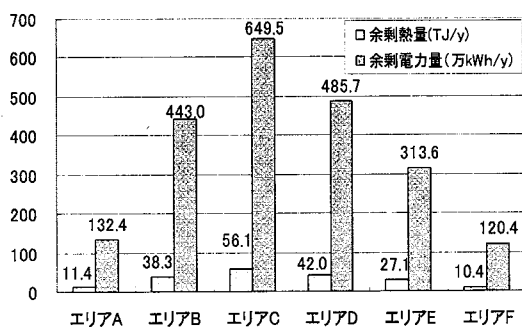


図-5 各導入施設の発熱量、発電量

表-1 熱需要供給率

エリア	熱需要量(TJ/y)	熱供給量(TJ/y)	供給可能率
A	275.4	11.4	4.2%
B	358.5	38.3	10.7%
C	453.3	28.1	6.2%
D	383.2	21.0	5.5%
E	209.7	13.5	10.0%
F	357.5	3.5	7.6%
	191.7	3.5	1.8%
	98.2	3.5	3.5%
	1.5	3.5	234.8%

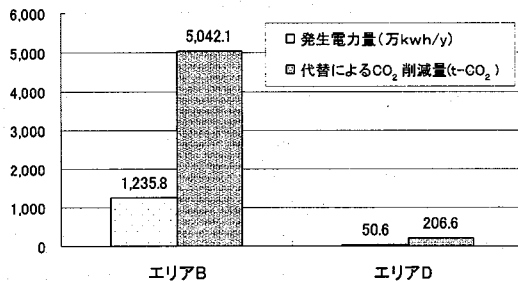


図-6 各導入施設の発電量、二酸化炭素削減量

(3) 全体のエネルギー供給量

バイオマスエネルギー、小水力発電システム導入によって得られた結果を、エリアごとに示す(表-2)。新エネルギー導入によるエネルギー供給期待量は、電力より年間約3,400kWh、熱エネルギーより年間約183.3TJ、の供給が可能となり、川崎市の民生エネルギー需要量の約1.6%にあたる供給が可能となることがあきらかとなった。また、温暖化抑制効果については、年間約23,000t-CO₂であり、これは家庭系のエネルギー需要にともなう二酸化炭素発生量¹³⁾の、1.5%にあたる削減効果を期待できる。

表-2 新エネルギー供給可能率

エリア	エネルギー需要量(TJ/y)	新エネルギー供給量(TJ/y)			供給可能率
		メタン発酵(熱)	メタン発酵(電力)	小水力	
A	1,661.9	11.4	4.8		1.0%
B	3,466.1	38.3	15.9	44.5	2.8%
C	5,438.4	56.1	23.4		1.5%
D	4,239.5	42.0	17.5	1.8	1.4%
E	2,895.5	27.1	11.3		1.3%
F	1,165.6	8.4	4.3		1.1%
合計	18,867.0	183.3	77.2	46.3	1.6%

5. おわりに

本稿では、川崎市を対象とした、バイオマスエネルギーおよび、小水力発電システムに着目し、二酸化炭素削減による温暖化抑制効果を算定した。結果として、年間約23,000t-CO₂の効果が得られることを明らかにすることができた。

今後の課題として以下の2点をあげる。

- ①導入コストや売電費などの経済的側面を考慮した評価
- ②地域における産業と民生の熱需要に対する統合的なエネルギー供給システムの提案

参考文献

- 1) 環境省：2004年度(平成16年度)の温室効果ガス排出量速報値について,2005.
- 2) 環境省：京都議定書の目標と森林吸収源対策の必要性,2004.
- 3) 水上俊一：再生可能エネルギーの動向と今後の課題 神鋼パシフィック技法,Vol.42 No.1,1998.
- 4) 川崎市：新エネルギービジョン(改訂版),2005.
- 5) 川崎市：平成15年度市民ごみ排出実態調査報告書,2004.
- 6) 川崎市：生活環境事業年報,2004.
- 7) 総務省統計局：地域メッシュ統計,2000.
- 8) L. F. Wong, Fujita T, Suzuki Y, Okadera T: Evaluation system of CO₂ emission reduction by implementing integrated methane fermentation system as a municipal organic waste recycling scheme in Tokyo Bay Region 環境システム研究論文集 Vol. 33, pp.355-366,2005.
- 9) 株式会社エックス都市研究所：平成14年度 バイオマス利用事業導入モデル検討調査,2003.
- 10) 電気事業連合会：電気事業における環境行動計画,pp.112,2005.
- 11) 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会：温室効果ガス排出量算定方法検討会エネルギー・工業プロセス分科会報告書(燃料),pp.116,2002.
- 12) 川崎市水道局：川崎市水道事業概要,2005.
- 13) 川崎市：地球温暖化対策地域推進計画(改訂版),pp.15-34,2004.

EVALUATION OF REDUCING GREENHOUSE GAS BY INTRODUCING THE REGIONAL GREEN ENERGY -CASE STUDY FOR BIOMASS ENERGY AND MICRO HYDRO POWER PLANTS-

Erika Tsuchida, Tsuyoshi Fujita, Emiri Nagasawa, and Naoko Yanagi

Regional potential for green energy in Kawasaki City, one of the largest industrial metropolis in Tokyo Capital Region, is evaluated focusing on the biomass energy system and small hydro power technologies, considering its local adaptability. The biomass energy plants, located in the waste management sites, are to collect urban organic wastes from household and retail sectors and convert into thermoelectricity by the methane fermentation system, while hydro power plants are to be located neighboring the water supply plant considering the vertical water level differences. The evaluation considering local spatial characteristics identified the environmental effects for CO₂ emission reduction of 23,000t-CO₂/yr.