

## 8-3-4 家畜排せつ物由来のバイオガスシステム導入が 地域内外に及ぼす影響

(横浜国立大学) ○兵法彩, 本藤祐樹, 森泉由恵

### Assessment of Global and Local Benefits of Biogas Projects from Livestock Manure

○Aya HEIHO, Hiroki HONDO, Yue MORIIZUMI (Yokohama National University)

#### SUMMARY

The objective of the present study is to assess global and local benefits of a biogas project in a local area of Japan from environmental aspects. We use a hybrid method that combines both merits of process and input-output analysis to estimate greenhouse gas emission and fossil fuel consumption from a life cycle perspective. The estimation uses primary data on the biogas production from livestock manure in a small town of Hokkaido, Japan.

#### 1. はじめに

バイオマス事業の導入を検討するときには、導入地域だけでなく、他の地域に波及的に生じる便益も考慮することが重要となる。バイオマスの収集・変換・利用を通して、定量的な評価を行う手法としてライフサイクル思考に基づく評価がある。過去、地域にバイオマス事業を導入することで生じる便益を明らかにする方法が提案されている<sup>1)</sup>。しかし、便益を地域の中と外に分けて明らかにしている研究は少ない。本研究の目的は、地域性を考慮したハイブリッド法を用いて、バイオマス事業の導入がどこでどのような便益を生み出しているのかをライフサイクル思考に基づいて評価することである。

#### 2. 研究方法

北海道の鹿追町で行われている家畜排せつ物のメタン発酵ガス化発電を対象事例とする。事業導入の実施前後で2つのシステムを設定 (Fig.1, Fig.2) し、両システムの差分(変化量)を便益として評価する。評価指標は、温室効果ガス (Greenhouse gas; 以下、GHG) 排出量[t-CO<sub>2</sub>eq.]と化石燃料消費量[GJ]とし、地域を事業スポット、北海道、その他地域の3つに区分して推計を行うことで、事業導入に伴いどこで

どのような便益が生じるのかを明らかにする。

#### 2.1 対象事例

ベースシステム (Fig.1) では、酪農家が個々に堆肥化を行い、生成した堆肥を肥料として利用する。バイオガスシステム (Fig.2) では、12戸の酪農家から約 1,300 頭の乳牛ふん尿を収集し、新設した共同処理施設でメタン発酵処理を行う。生成したバイオガスは発電燃料に使い、電気と熱を施設のエネルギーとして消費し、余剰電力は北海道電力に売電する。メタン発酵の副産物である消化液は、肥料として町内の農家に散布する。

機能単位は両システムの投入・産出量から、家畜排せつ物 32,894t/年、肥料成分 (窒素 101t/年、リン 481t/年、カリウム 85t/年)、電力 913MWh/年とする。

#### 2.2 地域を区分した推計方法

各システムの GHG 排出量と化石燃料消費量は、地域性を考慮した積み上げ法と産業連関法を組み合わせたハイブリッド法で推計する (式 1)。

$$E_x = E_x^{PA\_Spot} + E_x^{PA\_HKD} + E_x^{IO\_HKD} + E_x^{IO\_Other} \quad (\text{式 1})$$

ここで、 $x$ : before または after、 $E_x^{PA\_Spot}$ : 積み上げ法を用いた事業スポットの推計値、 $E_x^{PA\_HKD}$ : 積み上げ法を用いた北海道の推計値、 $E_x^{IO\_HKD}$ : 産業連関

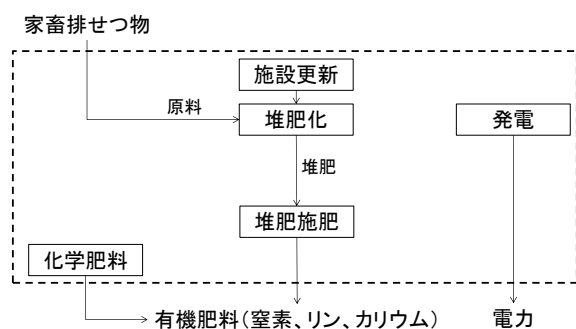


Fig.1 Base system (before the project)

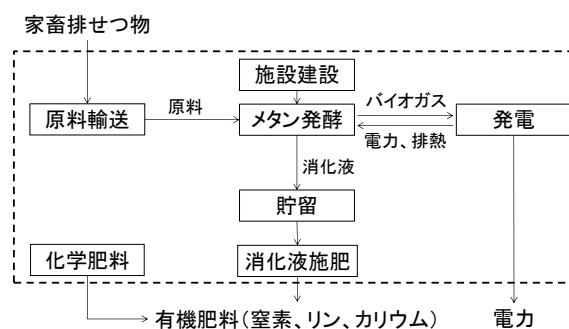


Fig.2 Biogas system (after the project)

法を用いた北海道の推計値、 $E_x^{IO\_Other}$ ：産業連関法を用いたその他地域の推計値である。

### 2.2.1 積み上げ法

燃料・電力消費時の GHG と化石燃料消費量、堆肥化と消化液貯留時の  $CH_4$  と  $N_2O$  を推計する(式 2)。

$$E_x^{PA} = \sum (AM_i \times EF_i) \quad (\text{式 2})$$

ここで、 $AM_i$ ：物量データ[Unit]、 $EF_i$ ：各種係数<sup>2)</sup>[Unit/Unit]である。なお、電力消費に伴う化石燃料消費量と  $CO_2$  排出係数は、北海道電力が公表している実績値の過去 5 年平均を用い地域性を反映させる。ベースシステムの電力消費に伴う推計値は北海道に区分し、その他は事業スポットに区分する。

### 2.2.2 産業連関法

燃料製造、施設更新・建設、設備機器の製造、施設運用時の消耗品などの製造に伴う GHG と化石燃料消費量を、北海道の地域内産業連関表と地域内産業連関表の全国値を用いて推計する(式 3~5)。建設や設備機器製造に伴う GHG と化石燃料消費量は、施設・設備の耐用年数で配分する。

$$E_x^{IO\_HKD} = \hat{e}(I - (I - \hat{M}_{HKD})A_{HKD})^{-1}f_x \quad (\text{式 3})$$

$$E_x^{IO\_JPN} = \hat{e}(I - A_{JPN})^{-1}f_x \quad (\text{式 4})$$

$$E_x^{IO\_Other} = E_x^{IO\_JPN} - E_x^{HKD} \quad (\text{式 5})$$

ここで、 $\hat{e}$  [Unit/百万円]：各種係数ベクトル<sup>4)</sup>、記号 $\hat{\phantom{x}}$ は対角化を意味する。 $I$ ：単位行列、 $\hat{M}_{HKD}$  [百万円/百万円]：北海道地域内産業連関表の輸移入係数ベクトル、 $A_{HKD}$  [百万円/百万円]：北海道地域内産業連関表の投入係数行列、 $A_{JPN}$  [百万円/百万円]：全国版（国内全ての地域内産業連関表の合計）の投入係数行列である。なお、GHG 排出係数、化石燃料消費係数は 3EID<sup>4)</sup>の値を用いた。

## 3. 結果・考察

便益の合計 (Table 1) をみると、GHG 排出量が 15,891t- $CO_2$ eq.削減、化石燃料消費量が 3,204GJ 削減となり、いずれもポジティブな結果となった。一方、地域を 3 区分すると、GHG 排出量は事業スポットの削減量が大きく、その他の地域では増加しており、化石燃料消費量は北海道の削減量が大きく、事業スポットとその他地域では増加していた。

地域区分で変化量の内訳 (Fig.3) をみると、GHG 排出量の削減に大きく寄与している事業スポットでは、農林水産業で 15,836t- $CO_2$ eq.削減となった。これは、個々の酪農家が行っていた堆肥化に伴う  $CH_4$ 、 $N_2O$  排出が削減されるためである。

化石燃料消費量の削減に大きく寄与している北海道では、電力事業で 4,062GJ 削減となった。これは、バイオガス発電による代替効果である。一方で、原

Table 1 Results of the difference between the two systems

|        | GHG排出量<br>[t- $CO_2$ eq.] |    | 化石燃料消費量<br>[GJ] |    |
|--------|---------------------------|----|-----------------|----|
| 事業スポット | 15,496                    | 削減 | 856             | 増加 |
| 北海道    | 540                       | 削減 | 4,062           | 削減 |
| その他地域  | 145                       | 増加 | 2               | 増加 |
| 合計     | 15,891                    | 削減 | 3,204           | 削減 |

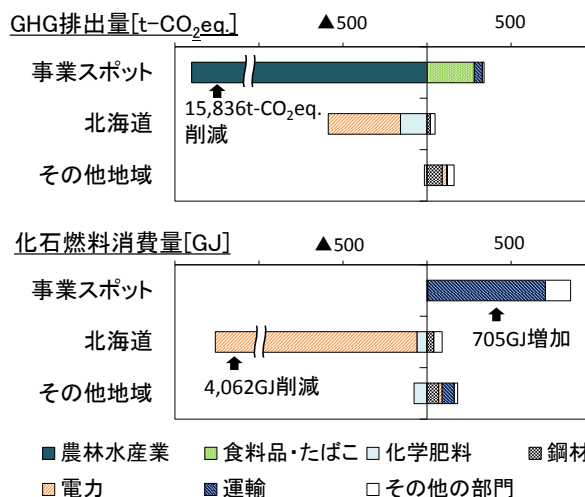


Fig.3 The breakdown of the differences by geographical distribution

料や消化液輸送に伴い、事業スポットの運輸事業で 705GJ 増加となった。より効果的な事業実施を目指す場合には、輸送用代替燃料の導入や経路の最適化などを検討することが重要となる。

また、GHG 排出量・化石燃料消費量ともに、その他の地域の鋼材事業や電力事業で増加がみられた。これはプラント導入で設備機器の需要が増加し、その原材料や製造エネルギーが必要となるためである。

## 4. おわりに

ライフサイクル思考に基づき、ハイブリッド法で地域を 3 つに区分する評価を実施した。特定地域へのバイオガス事業の導入が、その事業スポットだけでなく、地域の外にもたらす便益も定量的に示すことにつながり、より効果的なバイオガス事業の検討に向けた判断材料となることが期待される。

【引用文献】1) Kikuchi, K.; Hondo, H.: J. Jpn. Inst. Energy, 90, 643-653 (2011) 2) Ministry of the Environment: List of emission factor, 18pp. (2013) 3) METI Hokkaido Bureau of Economy, Trade and Industry: 2005 Intraregional Input-Output Tables (2010) 4) Nansai, K.; Moriguchi, Y.: 3EID For 2005 IO Table, CGER, National Institute for Environmental Studies, Japan (2012)

【謝辞】現地調査・ヒアリング調査にご協力いただいている鹿追町環境保全センターの皆様には謝意を表す。なお、本研究は環境省の環境研究総合推進費（課題番号 2-1302）の支援により実施された。