

島原半島の  
窒素負荷低減対策の現況とバイオマス活用技術の  
適用可能性について

2007年12月

—— 目 次 ——

はじめに .....	1
1．島原半島での農業の現状 .....	1
2．窒素負荷と畜糞尿問題の現状 .....	1
3．低減対策とその課題 .....	2
(1)低減対策と目標.....	2
(2)低減対策の課題.....	3
4．バイオマス活用とその経済性 .....	5
(1)小規模なバイオマス活用システム .....	5
(2)堆肥センター規模のバイオマス活用システム .....	5
5．まとめ .....	8
おわりに .....	9

## はじめに

島原半島は日本で最初の国立公園に指定された地域であり、四季をとおして風光明媚な地域として有名である。観光地域としての知名度も高く、島原全体では年間数百万人の観光客が訪れている。

半島では農業も盛んに行われており、県を代表する農業地域となっている。このような農業と恵まれた自然を活用した、体験型観光も盛んに行われており、今後の半島内への観光誘致として欠かせないものとなっている。

一方、平成 10 年度から長崎県が行った地下水水質調査では、平成 11 年に環境基本法に追加された「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」の地下水環境基準値の 10 mg/l 以下を島原半島において超える地点があることが明らかになった。検討の結果から農業にも環境への配慮が必要であることが解り、長崎県や島原半島関係者が一丸となって新たな施策が実施されている。本論では、バイオマスエネルギーをこのような環境保全に役立てられる可能性を検討している。ここでいう、バイオマスエネルギーとは、家畜の糞尿中の有機物を細菌等により分解して、メタンガスにしてガス発電機等で活用することである。

## 1．島原半島での農業の現状

島原半島の農家数は県内の約 1/4 を占め、約 8,224 戸（2005 年センサス）である。島原半島全体での農業産出額は 558 億円で県全体（1,356 億円）の 41.2% を占めており、長崎県を代表する農業地帯である。生産される物は多い方から、野菜、畜産、イモ類、米、工芸作物、果実類の順となっている。

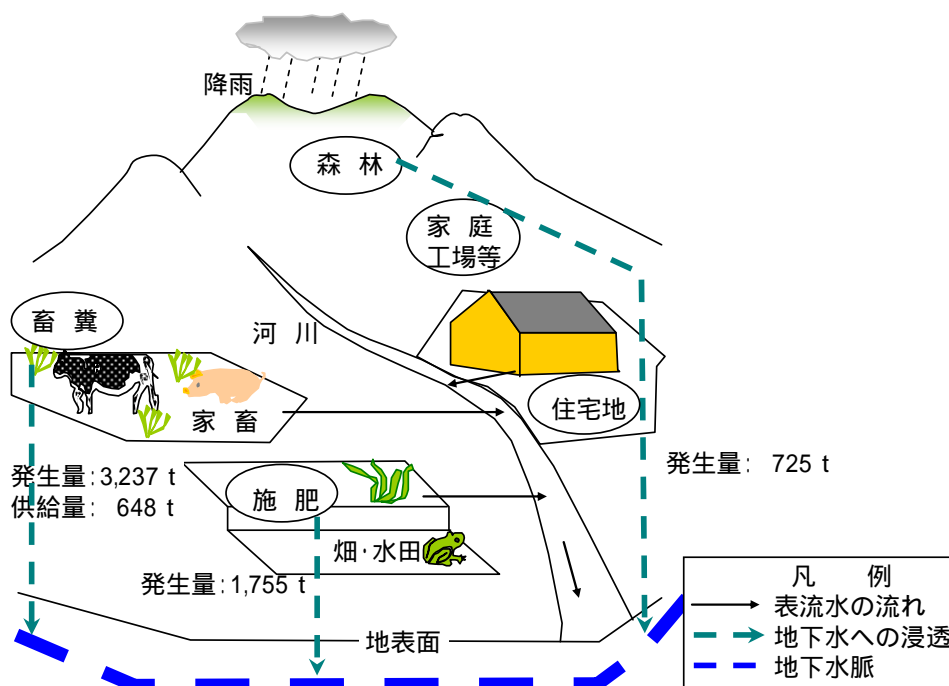
半島の耕地面積は 12,514 ha であり、総土地面積が 45,956 ha であるので、耕地率は 27.2% であり、県平均（12.6%）の倍以上となっている。その中で、畑地が 62.3% と大半を占め、耕地利用率は 121% となっており、一年を通じた栽培が行われている。栽培面積は野菜 7,173 ha、ばれいしょ 3,386 ha となっている。一方、畜産では、乳用牛 9,336 頭、肉用牛 28,268 頭、豚 93,015 頭、採卵鶏 147 万羽、肉用鶏 131 万羽が平成 18 年には飼育されている。この中で、乳用牛や採卵鶏の飼育数は県全体の 7 割以上を占めており、県内でも有数の農業生産基地となっている。

島原半島では、「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」が施行されたのを受けて、環境保全に積極的に取り組んでおり、1,755 名の農家がエコファーマーとして知事の認定を受けている（平成 18 年度現在）。この数は県全体の 39% に相当しており、農家数比にすると県内でも実施者の割合は高く、環境に対する取り組みや関心の高さが伺える。

## 2．窒素負荷と畜糞尿問題の現状

島原半島の地下水の「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」の濃度を基準値以下にするために、長崎県では平成 17 年度 9 月より対策会議を準備して、平成 18 年 10 月に「島原半島窒素負荷低減計画」を作成している。この計画の中では、地下水中の濃度上昇の機構が検討され

ている（図表：1）。それによると、硝酸性窒素は、肥料、畜糞尿、及び生活排水中の窒素成分が原因物質とされている。供給された窒素成分は、地中に浸み込み、脱気により空气中に放出されたり、植物に吸収されたりする。脱気や吸収されなかった過剰な窒素成分は、地下水に溶け込み、濃度の高い地下水となる。その後、濃度の高い地下水は移動して集積して、地下に貯留されたり、地上に湧水として流出したりする。地下での移動や集積は地層の透水係数が関係することから、長い年月がかかることが知られており、長い場合には数十年以上かかることもある。そのため、原因が発生しても直ちに影響が現れることがないが、原因を取り除いても元の状態に戻るまでに多くの時間を要することになる。



図表：1 地下水に供給される窒素分の流れ（「島原半島窒素負荷低減計画」に加筆）

原因物資の発生量<sup>1</sup>は、畜糞尿で3,237 t、施肥で1,755 t、降雨等で725 tである。このうち、畜糞尿については一定規模以上の農家の畜糞尿は污水浄化処理等が行われているため、648 tが供給量となる。原因物質の発生量は畜糞尿が最も多く、続いて施肥であり、両者を合わせると全体の90%を占め、これらの取扱をどのように行うかが重要である。

### 3. 低減対策とその課題

#### (1) 低減対策と目標

低減対策計画において述べられている硝酸性窒素の対策の概要は次のとおりである。

<sup>1</sup> 「島原半島窒素負荷低減計画」の値を示しており、畜糞尿の供給量は、自らの畑地等で利用されている分に相当し、畜糞尿発生量の約20%にあたる。

水道水を飲むように指導するとともに、飲用井戸で汚染が判明した場合は飲用中止  
施肥量の適正化と減肥技術の開発（一部作物や一部地域では実施しているが、多く  
は試験実施中であり、生産性や経済性が課題）

家畜排泄物の適正化と堆肥化の推進（適正化はほぼ実施中、堆肥化は順次導入に向  
けて取組中、堆肥化後の堆肥としての市場性や販路開拓が課題）

飼料による減窒技術の開発（試験実施中）

下水の整備、生活排水処理（順次整備中）

このように、まず健康被害が懸念される場合の安全対策を優先した、窒素負荷低減対策  
が立てられている。現在、対策を実施中であるが、前章で述べたように長期間に渡る水循  
環が係わっていることから、負荷低減を行っても、直ちに基準値以下になることは期待で  
きない。そこで、次の短期、中期、長期の目標を掲げて、努力がなされている。

短期目標：平成 18 年度以降、硝酸性窒素等の地下水濃度を現状より悪化させない

中期目標：平成 22 年度を目途に、基準超過地点数を減少させる

長期目標：平成 27 年度を目途に、基準超過地点数を 50 %以下とする

なお、地下構造や地層の透水係数などの詳細が明確でないため、対策の効果がどれほど  
で現れるか正確には見積もられていないのが現状である。

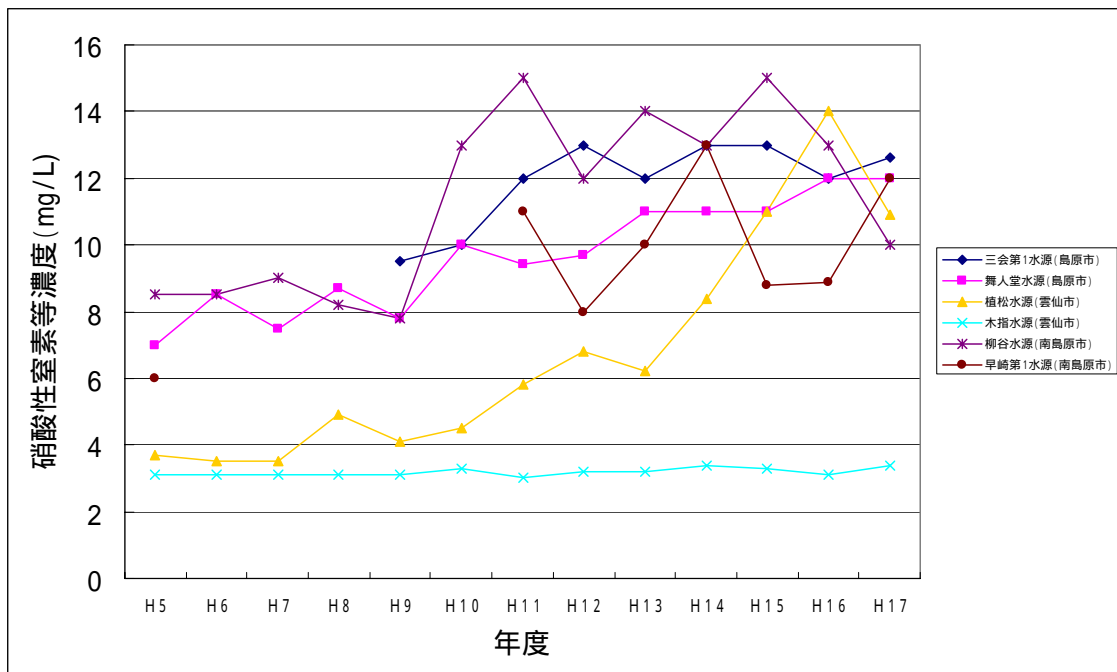
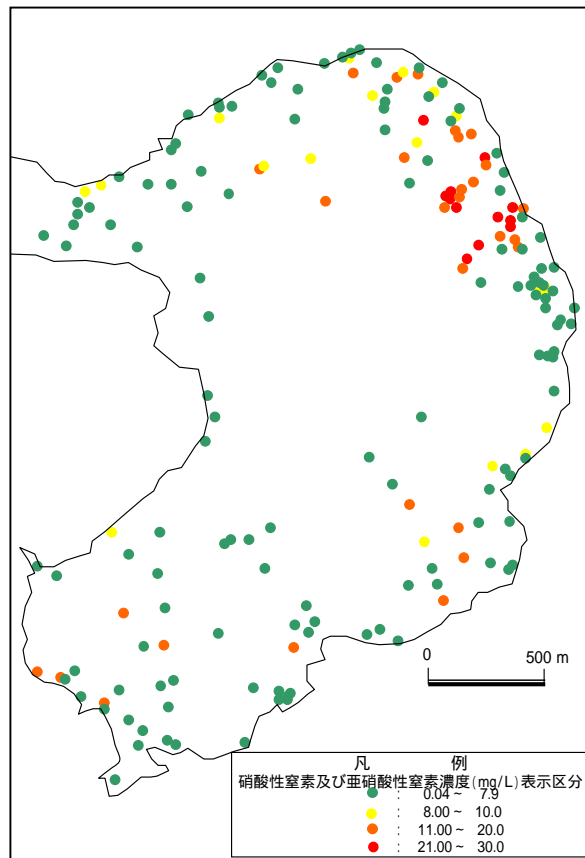
## （２）低減対策の課題

低減計画の調査で、基準値を超える地点は半島全域に渡っている（図表：２）。さらに、  
水道原水中の窒素等濃度は年々上昇傾向にあることなどから、汚染が地下深部におよびつ  
つあることも懸念<sup>2</sup>されている。また、地下水の供給通路は常に一定しているわけではなく、  
自然現象等によって変化することが一般的に知られている。そのため、突発的に新たな地  
点で、水道水質基準値を越えることも想定される。このような場合には、直ちにその飲用  
が中止され、また、今まで自由に使用してきた地下水の利用が制限を受けることになり、  
名水百選にも選定されている湧水資源価値を引き下げる要因となることも懸念される。同  
時に、水道水を利用することによる費用負担の増加も想定される。

水道原水で基準値を超えた場合は、電気透析法やフィルター等を通して窒素成分を除去  
する方法が、広く行われている。この方法を、突発的に基準値を超えた地下水の浄化に活用  
することで、地下水を元のように利用することが可能になる。この場合、浄化設備のポン  
プ等の使用エネルギーが増加する。この増加分をバイオマスの余剰のエネルギーで補うと、  
浄化に要する費用が軽減される可能性がある。この可能性について、実際の島原半島の現  
況に基づいて、経済的な効果を検討する。

---

<sup>2</sup> 「島原半島窒素負荷低減計画」によると、島原半島の地下水の水道水源は 139 ヶ所あり、そのうちの 13 ヶ所で基準  
値以上の値となっており、そこでは原水の浄化を行い供給している。



図表：2 島原半島内での地下水（上図）と水道原水（下図）の硝酸性窒素等濃度の状況  
 （島原半島窒素負荷低減計画から引用）

#### 4. バイオマス活用とその経済性

バイオマスエネルギー技術として、畜糞尿を貯留して細菌で分解、発生したガスを利用して発電するシステムが実用化している。システムはスケールメリットがあるので、規模が大きいほど経済的に有利である。また、発生した電気や熱はシステム内で活用するので、運用上の光熱費負担は小さく、余剰の電力や熱を得られる場合もある。

バイオマスの余剰エネルギーを浄化処理に活用するといっても、処理量、適用地点やエネルギーの供給量等の諸条件によって数々のシステムが考えられる。ここでは、次の2つのケースを考える。なお、浄化処理施設の電力に利用した時の費用削減効果は10円/kWhとして経済的効果を試算する。

小規模なバイオマス活用システム(150頭): 発生する約10t/日の畜糞尿のバイオマスエネルギーのうち、余剰電力を水浄化で活用

堆肥センター規模のバイオマス活用システム(1,320頭): 堆肥センター規模の施設に収集される畜糞尿から発生するバイオマスエネルギーを用いて発電し、余剰電力を水道原水の浄化に活用

##### (1) 小規模なバイオマス活用システム

ここでは、乳用牛150頭規模の畜産農家で実施した場合を想定している(図表: 3)。本システムは、建設費が約15,000万円であり、余剰電力を浄化処理に活用すると年間で約73万円が削減される(図表: 4)。これでは、投資金額相当を回収できず、経済的なメリットを得ることは難しい。そのため、農家単独や民間企業が参入しての事業を実施することは、経済的には困難である。

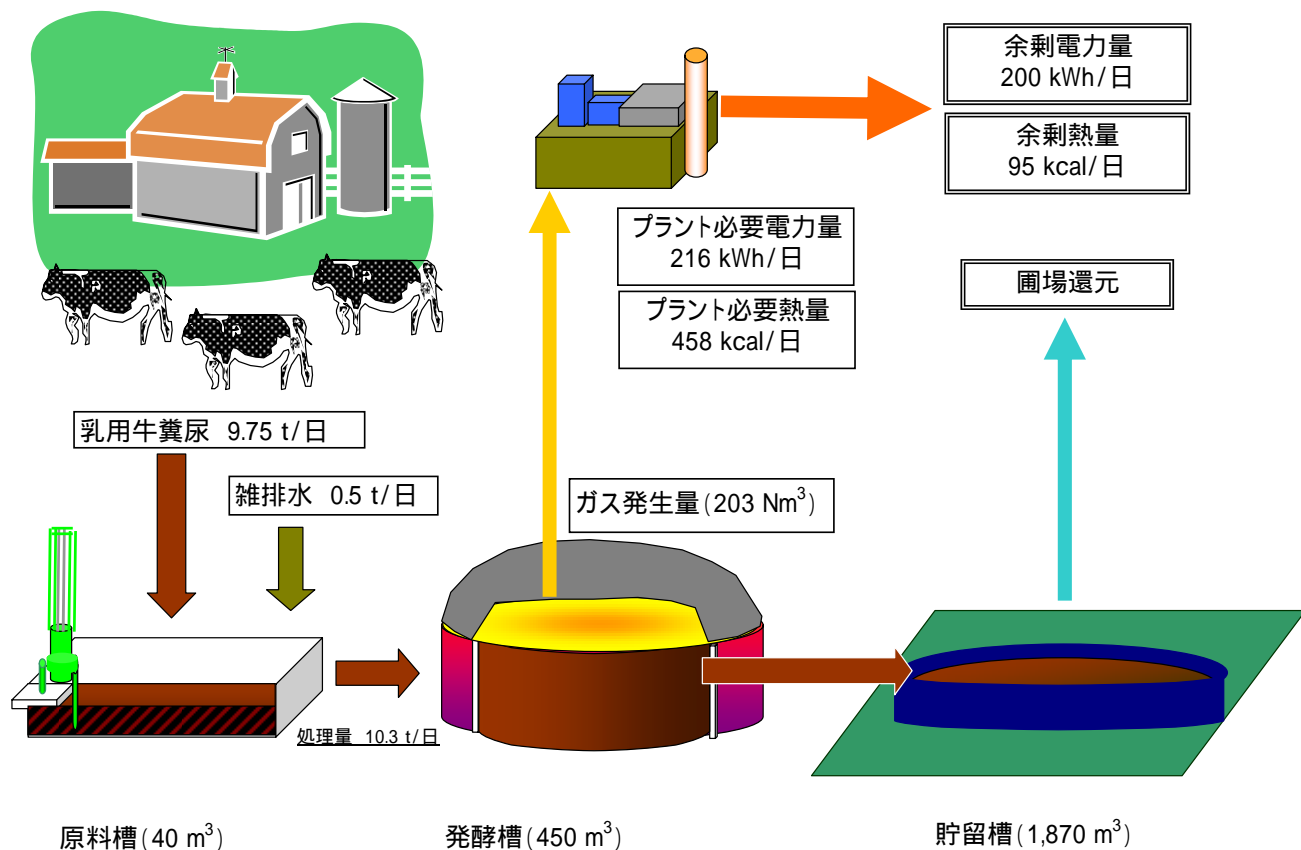
このように小規模な場合は、余剰電力のみで投資を補うことは困難であるが、余剰の温熱や、糞尿の悪臭が軽減されるなどのメリットもある。このようなメリットを取り込んで、成果を上げている事例として、宮崎県の高千穂牧場<sup>3</sup>がある。高千穂牧場は、100頭ほどの小規模施設であるが、牧場の消費電力の60%を賄い効果を上げている。

##### (2) 堆肥センター規模のバイオマス活用システム

大規模農家が数軒集まったり、自治体等を取り込んだ組合組織を作るなどしたりして、堆肥センターと同規模のバイオマス施設を導入した場合を想定した(図表: 5)。規模は、乳用牛1,320頭(牛糞尿85.8t/日)で、余剰電力は近くの基準値を超過した水道水原水の浄化に活用したと想定する(図表: 6)。バイオマス施設と比較する堆肥センターについて、それぞれ検討した結果は次のとおりである。

---

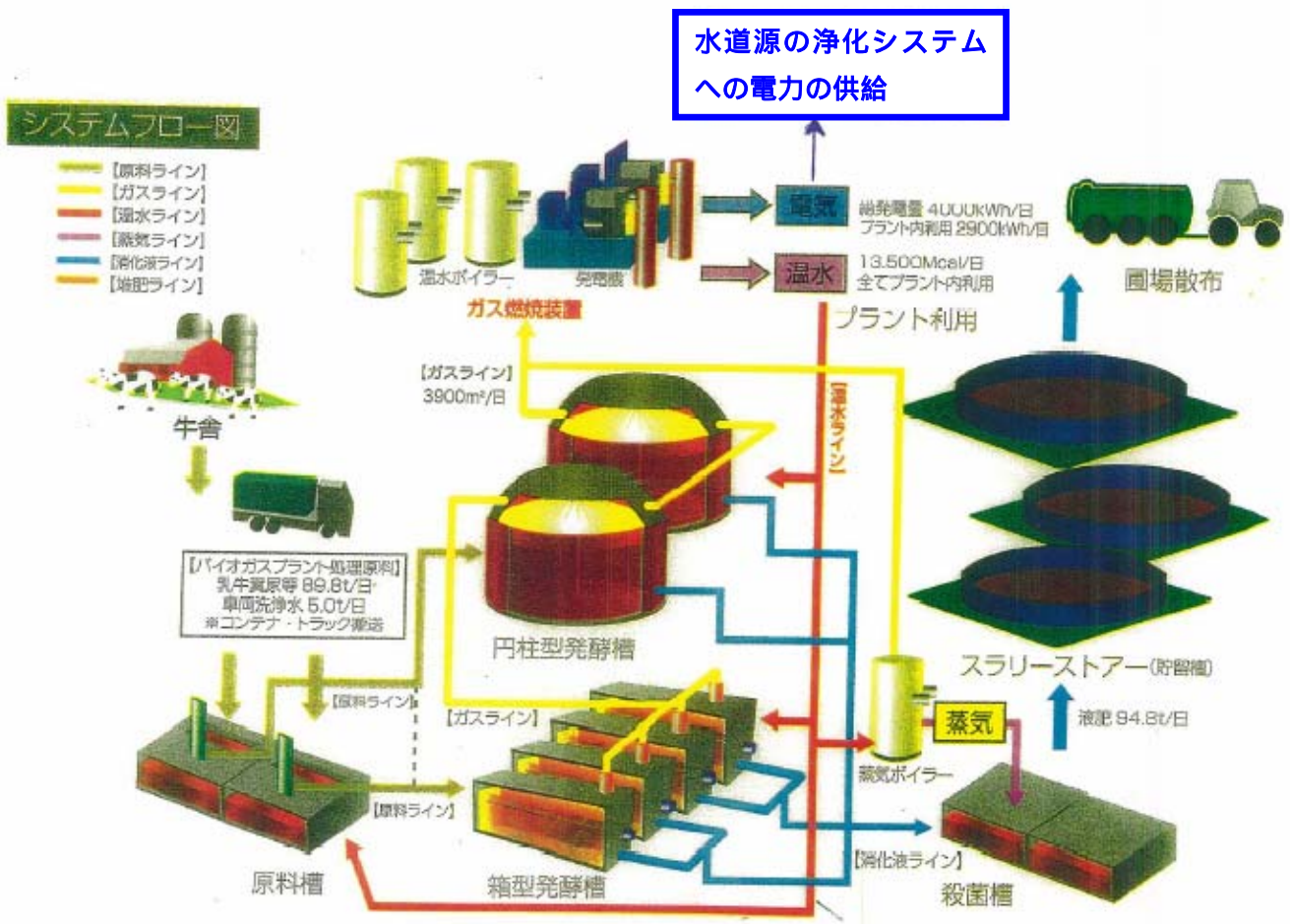
<sup>3</sup> ホームページ([http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/chiiki/chiiki/energy\\_plan/newpage2.htm](http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/chiiki/chiiki/energy_plan/newpage2.htm))を参照。  
対象: 5.2 t/日(乳用牛100頭、馬、羊)を処理  
総工費: 1億3,500万円  
発電電力: 30kW(12時間稼働計画)



図表：3 小規模バイオマス施設のイメージ図

図表：4 小規模バイオマス施設の概要

項 目			備 考
施設概要	対象頭数 (1日当り)	150	乳用牛
	糞尿量 (t/日)	10.3	
	初期設備投資額	154,300,000 円	
発生量	バイオガス発生量 (Nm³/日)	203	
	発電量 (kWh/日)	416	
	発熱量 (Mcal/日)	553	
施設使用	プラント必要電力量 (kWh/日)	216	
	プラント必要熱量 (Mcal/日)	458	
余剰量	余剰電力量 (kWh/日)	200	年間 73,000 kWh
	余剰熱量 (Mcal/日)	95	



図表：5 堆肥センター規模のバイオマス施設のイメージ図  
(鹿追町環境保全センターパンフレットに加筆)

図表：6 堆肥センター規模のバイオマス施設の概要

項目			備考
施設概要	対象頭数(1日当り)	1,320	乳用牛
	糞尿量(t/日)	85.8	
	初期設備投資額	834,750,000円	
発生量	バイオガス発生量(Nm <sup>3</sup> /日)	2,900	
	発電量(kWh/日)	4,000	
	発熱量(Mcal/日)	13,500	
施設使用	プラント必要電力量(kWh/日)	2,900	
	プラント必要熱量(Mcal/日)	13,500	
余剰量	余剰電力量(kWh/日)	1,100	年間 401,500 kWh

### バイオマス施設

初期設備投資額は約 83,500 万円であり<sup>4</sup>、畜糞尿の収集費や人件費等は約 2,500 万円/年、光熱費はシステムで発生するエネルギーで賄うので発生しない。一日の余剰発生電力量は 1,100 kWh であり、年間では 401,500 kWh である。この余剰電力を水道原水で活用すると、年間 402 万円の経費削減効果がある。

処理後の畜糞尿は液肥となり、既存のバイオマス施設では圃場への散布が行われている。ただし、島原半島での液肥の使用実績はなく、液肥の市場性や活用方法などの検討を含め、畜糞尿処理物の総合的な検討が求められる。

### 堆肥センター

初期設備投資額は、攪拌設備や付随する処理設備を設置した施設では、バイオマス施設と同程度の費用かそれ以上<sup>5</sup>となる。農家から畜糞尿を収集することはバイオマス施設と同じであるので、収集費等はほぼ同額となる。一方、光熱費はバイオマス施設では前述したように発生しないのに対して、堆肥センターの場合は考慮する必要がある。光熱費の費用負担がバイオマス施設より増加する。

また、半島内で使用される肥料の大半が島原半島外から持ち込まれているのが現状であり、半島内で生産された堆肥の販路の拡大や質の向上等が、現在模索されている。

このように、バイオマス施設と堆肥センターを比較すると、経済的な面ではバイオマス施設が有利である。施設規模がある程度の大きさになるとバイオマスを活用することで経済的な効果が産まれる。島原半島の畜糞尿のバイオマスを全て活用できた場合を仮定すると、63,277 m<sup>3</sup>/日のバイオガスが発生し、64,000 kWh/日と 219,000 Mcal/日の電力と熱を得ることができる（図表：7）。これらのエネルギーを活用すると、8,760 t-CO<sub>2</sub>/年と 2,263 t-CO<sub>2</sub>/年の二酸化炭素の削減効果が期待でき、地球環境保全にも貢献する。

図表：7 島原半島全体を対象としたバイオマスエネルギー量

項目	島原半島全体	備考
バイオガス発生量 (Nm <sup>3</sup> /日)	63,277	乳用牛; 9,336 頭、肉用牛; 28,268 頭、豚 93,015 頭
発電量 (kWh/日)	64,000	相当する二酸化炭素 8,760 t-CO <sub>2</sub> /年
発熱量 (Mcal/日)	219,000	相当する二酸化炭素 2,263 t-CO <sub>2</sub> /年

## 5. まとめ

観光に根ざした長崎県では、環境保全は観光資源の保護の面から重要な施策であり、家

<sup>4</sup> 鹿追町の実績に基づいており、バイオマスの設備の総額を示している。実際は、補助金等の活用が行われており、町の負担は総額の 22.5% である。

<sup>5</sup> 鹿追町の堆肥プラントは処理能力が 41.6 t/日であり、その設備費は 44,618 万円である。一日の処理量はバイオマス施設の半分程度であるので、処理量が 85.8t/日の設備費を求めると 92,063 万円となる。

畜の糞尿の処理は今後取組んでいかなければならない課題である。この課題解決の一つとして、長崎県の農業地域を代表する島原半島での畜糞尿のバイオマスエネルギー活用可能性を検討した。その結果、バイオマスの物質循環に加えて、エネルギーの視点を取り入れると、経済的なメリット創出の可能性があり、検討結果は次のようにまとめられる。

小規模な乳用牛 150 頭を対象としたバイオマス施設の場合には、糞尿の悪臭が軽減され、余剰エネルギーが活用できるものの、余剰エネルギーを浄化処理に活用することでの経済的なメリットは得にくい。

乳用牛 1,320 頭規模のバイオマス施設の場合には、余剰エネルギーを浄化システムに活用することで、堆肥センターに比べて年間 402 万円の経済的メリットが期待できる。

バイオマス処理を島原半島全域で実施すると、63,277 m<sup>3</sup>/日のバイオガスが発生し、64,000 kWh/日と 219,000 Mcal/日の電力と熱が利用可能と計算される。このエネルギーに相当する二酸化炭素量を算出すると、8,760 t-CO<sub>2</sub>/年と 2,263 t-CO<sub>2</sub>/年となり、バイオマス活用による温室効果ガス削減の効果が期待できる。

このように、バイオマス活用で、経済的な効果や環境保全が期待できる。今回は、バイオマスエネルギーの浄化処理への活用を検討した。農家単体程度の小規模な施設では実施は経済的には不可能である。一方、県行政に加えて、農家、水道事業者、電気事業者などが連携した、一定規模以上のバイオマス施設であれば、経済的な効果や環境保全効果があることが分かった。言い換えれば、行政を含めた横断的な地域に根ざした組織が、バイオマス活用を行うならば、経済的なメリットが生まれ、地域の環境保全の推進に繋がる。

おわりに

島原半島でのバイオマス活用技術の適用可能性について、物質循環とエネルギー循環の両方を考慮したところ、経済的な効果や環境保全に貢献できることが分かった。半島内にはバイオマスに加えて、太陽光、地中熱<sup>6</sup>、風力、温泉や地熱<sup>7</sup>などの豊富な自然エネルギーがある。これらの多様なエネルギーを活用する、いわゆるマルチエネルギー活用により農業等を促進することは、自然と融合した環境保全型の農業や体験型観光の創出であり、新たな付加価値が生まれ豊かな島原が発信できる。また、バイオマス、太陽光、地中熱、および風力等への取組は、長崎県内の多くの地域に適用できる。長崎県は、環境やエネルギ

---

<sup>6</sup> 地中熱：地下の浅い部分の温度は一定であり地表との間に温度差を生じる。例えば、井戸の水は、夏では冷たく、冬では暖かく感じる。このような温度差を地中熱とっており、そのエネルギー活用ができる。

<sup>7</sup> 温泉や地熱：地球の中心は高温であり、地下深くなるにつれて温度が上昇していくので、地熱という。地熱によって、地中に含まれる水の温度も深さとともに温度が高くなる。地中の様々な深さに水は存在しており、ところどころに溜まりを作る。浅い部分に溜まりを作ると一般に温泉と呼んでいる。

一分野の課題解決に積極的に取り組んでいる。地域のエネルギーに対する理解が深まることで、その活用量が増加し、活用量相当の費用効果が上がることで、地域経済への波及効果も発生すると考えられる。

< 参考資料 >

環境省「硝酸性窒素による地下水汚染対策事例集」、平成 16 年 7 月。

宮崎県「新エネルギー導入事例」、平成 17 年 2 月。

([http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/chiiki/chiiki/energy\\_plan/newpage2.htm](http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/chiiki/chiiki/energy_plan/newpage2.htm))

島原半島窒素負荷低減対策会議「島原半島窒素負荷低減計画 - 雲仙岳の恵みを次世代に引き継ぐために - 」、平成 18 年 10 月。

鹿追町「鹿追町環境保全センター（パンフレット）」、平成 19 年。



< 本件に関する問い合わせ先 >

財 団 法 人 ながさき地域政策研究所  
常務理事兼調査研究部長 菊森 淳文  
主任研究員 前田 俊一

〒850-0035 長崎県長崎市元船町 17 番 1 号（長崎県大波止ビル 1 階）  
電話 095-820-4865 FAX 095-818-2763

E-mail [maeda.shunichi@think-nagasaki.or.jp](mailto:maeda.shunichi@think-nagasaki.or.jp)

本報告書の内容の一部あるいは全部を無断で複写、複製、転記載することは法律で認められた場合を除き、著作権者の権利の侵害になりますので、その場合にはあらかじめ上記問い合わせ先の当研究所あてに許諾を求めて下さい。