

## 宮古島におけるバイオマス利活用に関する評価手法 の検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人農業工学研究所 公開日: 2024-05-10 キーワード: 作成者: 東理, 裕, 凌, 祥之 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/0002001098">https://doi.org/10.24514/0002001098</a>

(c) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
National Agriculture and Food Research  
Organization, Japan

## 宮古島におけるバイオマス利活用に関する評価手法の検討

東理 裕・凌 祥之

## 目 次

緒言 .....	211	GISを利用した収集・輸送に関する評価手法の 検討 .....	215
農家レベルの環境影響算定ツールの開発 .....	211	1 概要 .....	215
1 概要 .....	211	2 解析方法 .....	215
2 シミュレータの構造 .....	212	3 結果と考察 .....	216
3 シミュレータによる算定例 .....	213	各評価手法の位置付けと統合化 .....	217
4 シミュレータ開発における課題 .....	214	結 言.....	218
地下水流域を単位とした評価手法の検討 .....	214	参考文献 .....	218
1 概要 .....	214	Summary .....	219
2 窒素負荷の推定方法 .....	214		
3 結果と考察 .....	215		

## 緒 言

近年、各地でバイオマス利活用の取組が進められ、2005年12月末時点では31の地域がバイオマスタウン構想を掲げている。バイオマスの発生状況や利活用に必要な要件は地域によって異なり、バイオマス利活用は地域の実情に即したシステムで行われる必要がある。筆者らは農林水産バイオリサイクル研究（農林水産省からの委託）において、沖縄県宮古島市での研究プロジェクトを推進しており、当地域でのバイオマス循環利用システムの構築と実証を目指している（凌，2005）。

宮古島のバイオマスに関する主な特徴としては、サトウキビ栽培と肉用牛繁殖が盛んでありバガス（サトウキビの絞りかす）と肉牛ふんが主要なバイオマスであること、耕地面積が広く、牛ふん堆肥の受入能力が充分にあるものの、農家レベルの堆肥施用実態には偏りがあること、主要な河川が無く、地下水に依存しており、地下水保全が地域の大きな課題であること等が挙げられる。その他の特徴については既報（東理・凌，2006）で報告したため、ここでは割愛する。

バイオマス利活用を評価する手法は多数提案されている（小林ら，2005；柚山ら，2005）が、バイオマス利

活用が及ぼす地域的な環境影響や社会的効果は適用する地域によって異なってくる。そのため、評価手法も地域の実情に即したものにアレンジすることが望まれる。宮古島の実情に即したバイオマス利活用の評価手法を開発することを目的に、本報では、宮古島における農業の環境影響算定シミュレータの開発、地下水流域を単位とした評価手法の検討、及びGISを利用した収集・輸送に関する評価手法の検討を行い、それぞれの評価手法から得られた知見をまとめた。さらに、各評価手法の位置付けの整理し、これら3つの評価手法の統合化について述べた。

なお、本研究推進において沖縄県、内閣府沖縄総合事務局、JAおきなわ等の関係各機関の皆様、琉球大学、東京農業大学、産業技術総合研究所、畜産草地研究所等の研究者の皆様から多大な協力を頂きました。ここに謝意を表します。

## 農家レベルの環境影響算定ツールの開発

## 1 概要

既報（東理・凌，2006）で、宮古島におけるバイオマス利活用においては個別農家レベルで検討する必要があることが明らかとなった。そこで、農家レベルでの評価を行うためのツールとして、宮古島における農業の環境影響を簡易に算定するシミュレータを開発した（東理ら，2005）。本シミュレータは最終的にバイオマス利活用に関する様々な取組を評価することを目的としている。例えば、あるバイオマス変換施設の導入による環境

\*農地整備部畑整備研究室

平成18年1月10日受理

キーワード：バイオマス利活用，宮古島，評価手法，シミュレータ，環境影響，LCA，GIS

改善効果を算定する場合、利用する農家毎にシミュレーションを行い、結果を足し合わせることによって算定が可能となる。

営農に関する基本的な情報（繁殖母牛の飼養頭数、草地面積、サトウキビ作付面積、ハウスの面積と棟数、野菜作付面積など）を入力することにより、大まかな物質フローの把握とその農業活動による環境影響が算定される。具体的な出力は（1）CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、NH<sub>3</sub>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>などの環境負荷物質のインベントリ（負荷量の推定）、（2）地球温暖化、酸性化、地下水への影響、エネルギー消費量などの環境影響、（3）LIME（日本版被害算定型環境影響評価手法）に基づいて試算された被害影響とした。

評価範囲の設定や、環境負荷物質及び環境影響の算定等は、主にLCA（ライフサイクルアセスメント）の方法論に準じて行った。なお、LCAとは製品やサービスの資源採掘から生産・使用・廃棄までのライフサイクル全体にわたる資源消費や排出物を推計し、その環境影響を評価する手法であり、システムや組織体の活動をライフサイクルの観点から理解し比較するための環境管理ツールや意志決定ツールとしての利用に期待がもたれている。

評価範囲は、Fig.1に破線で示した範囲とした。燃料・肥料・資材等については製造から輸送、使用、廃棄までとした。農作物については耕起・播種から収穫・集荷を行い、島外に出荷するために港に運ばれるところまでとした。ただし、製糖工場や葉タバコの共同乾燥施設については電力や燃料等の消費のみを対象とし、施設の建設・解体は対象外とした。

### 2 シミュレータの構造

本シミュレータは Microsoft Excelで作成しており、基本情報の入出力、農作物生産量・資材消費量等の算出、環境負荷物質・環境影響の算出から構成される(Fig.2)。シミュレータによる算定手順は次のとおりである。

- 1) 基本情報の入力画面で、作付面積や飼養頭数、たい肥施用量等の営農に関する基本的な情報を入力すると、農業機械の使用に伴う燃料消費量、化学肥料・農薬・各種農業資材の使用量、農作物の出荷量、牛ふんの発生量、廃プラ等の廃棄物発生量が算出される。ここでは沖縄県の栽培指針、各種統計データ（例えば、沖縄県宮古支庁、2004）、沖縄県農業試験場経営研究室の経営技術指標データ、関係者へのヒアリングを基に、宮古島の実態を考慮して設定された作付面積10aあたり又は飼養頭数あたりの各種原単位が参照される。
- 2) 算出された消費量や発生量を基に、環境負荷物質の

インベントリを作成する。ここでは文献値（例えば、農業環境技術研究所、2003）を参考にして設定された、燃料消費や資材の生産および輸送に伴うCO<sub>2</sub>等の排出原単位、反すう・ふん尿処理時のCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O・NH<sub>3</sub>の発生率、作目別・肥料別の溶脱率、単位重量あたりの廃棄物処理における環境負荷排出原単位等が参照される。

- 3) 算出された環境負荷物質について地球温暖化係数等を乗じ、環境影響（ミッドポイント）を算定する。社会資産等の被害影響（エンドポイント）は、LIMEに準じて算定される。
- 4) インベントリや環境影響等の算定結果がグラフや表として出力される。

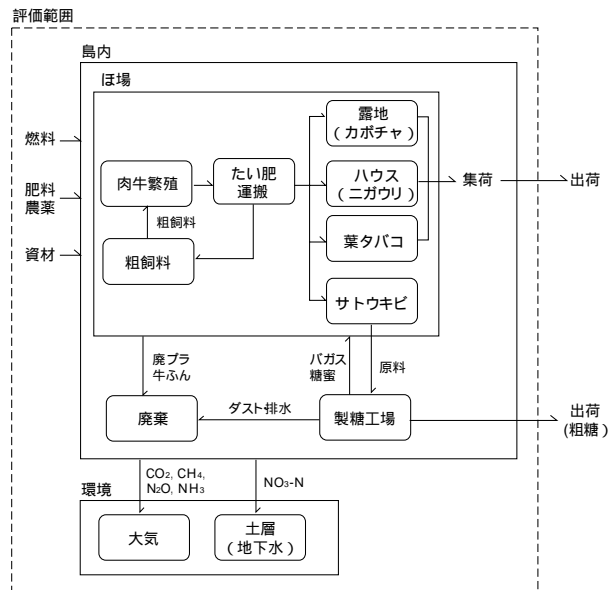


Fig.1 評価範囲 Boundary for evaluation

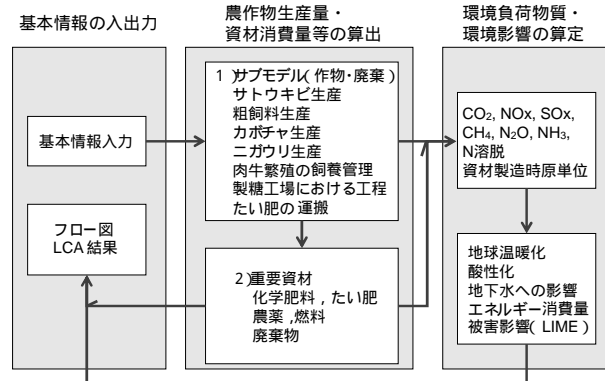


Fig.2 シミュレータの算定フロー Calculation flow of simulator

3 シミュレータによる算定例

シミュレータによる算定例として、サトウキビ2ha、繁殖母牛12頭、草地1haの複合経営の農家について試算した結果を示す。この経営規模は内閣府沖縄総合事務局農林水産部土地改良課で行われたアンケート(東理・凌, 2006)を参考にしたもので、宮古島における複合経営において平均的な規模である。なお、ここではカボチャやニガウリの栽培は行っていないとした。

1年間のCO<sub>2</sub>排出量は全体で9.4t-CO<sub>2</sub>/yで、化学肥料・濃厚飼料の製造、農業機械の軽油の消費や廃プラの焼却に由来する排出が多かった(Fig.3)。なお、Fig.3では全体の排出量の1%未満であった項目については、凡例を白抜きにして表示した。一方、地球温暖化の影響は40.8t-CO<sub>2</sub>eq/yと見積もられ、牛の反すう由来のCH<sub>4</sub>やふん尿由来のN<sub>2</sub>Oの影響が大きかった(Fig.4)。これらの結果は既存のLCA研究で得られている知見と比較し、概ね同様の傾向であった(大村, 2004; Ogino et al., 2004)。

宮古島ではこれまでサトウキビ栽培における施肥による地下水への窒素負荷が環境影響の主な課題とされてき

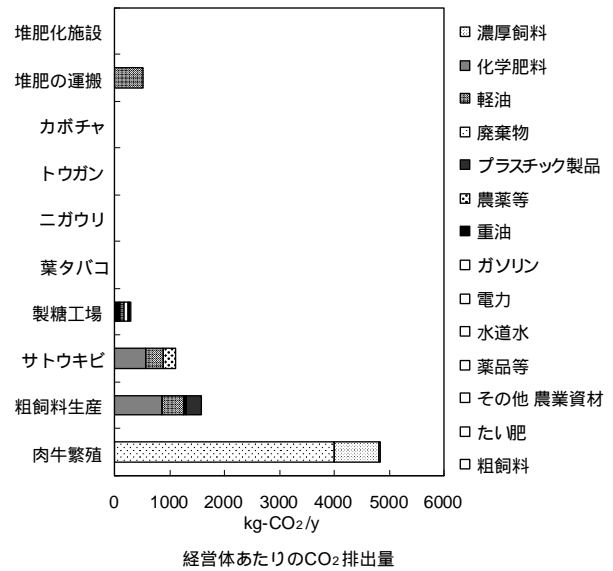


Fig.3 出力例(1) CO<sub>2</sub>排出量 (インベントリ)  
Output example (1) CO<sub>2</sub> emission (Inventory analysis)

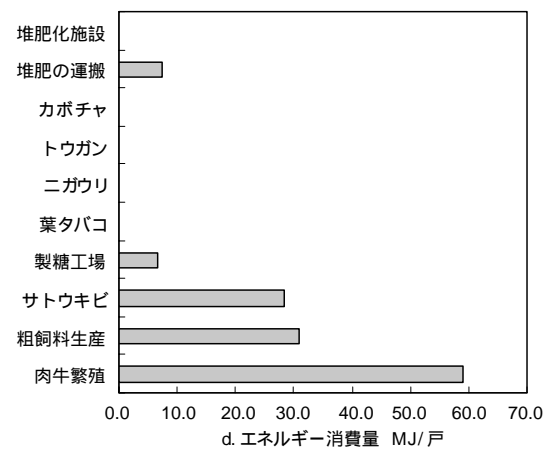
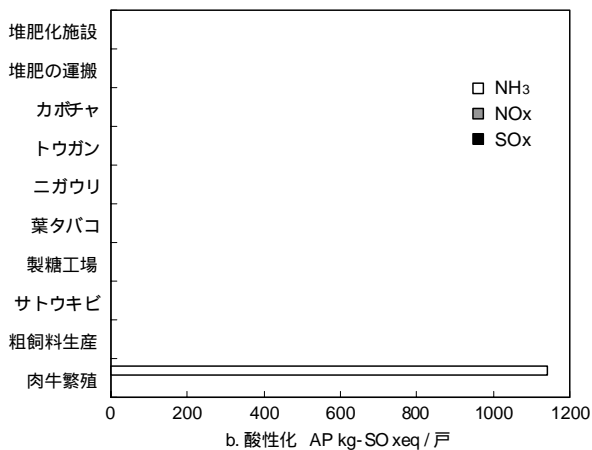
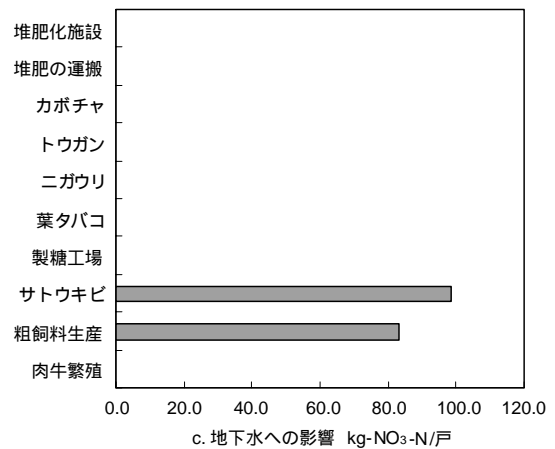
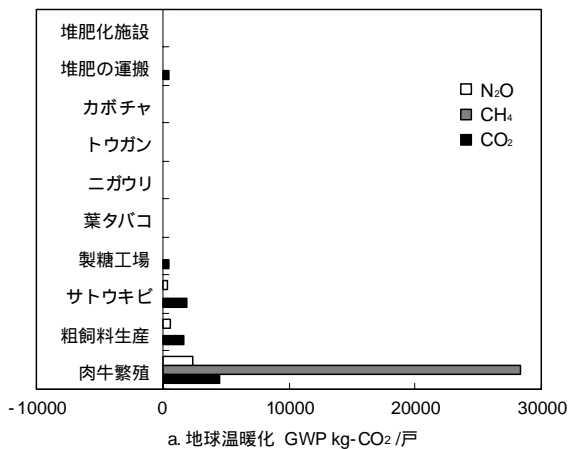


Fig.4 出力例(2) 環境影響 (ミッドポイント)  
Output example (2) Environmental impacts (Midpoint)

た(中西ら, 2001)。しかし, 今後は, 増頭傾向にある肉用牛繁殖による環境影響にも注目していく必要がある。例えば, 飼料生産における施肥は年間4~6回にわたり, 窒素負荷は260~500kg-N/haと多い。さらに近年では採草地にもスプリンクラーの整備が進み, 施肥後に散水が行われる圃場も多い。このような圃場においては散水を適切に行い, 不要な溶脱を引き起こさないよう注意すべきである。

#### 4 シミュレータ開発における課題

シミュレータ開発における課題として, 地球温暖化や地下水への影響といった個別の環境影響に宮古島の実情に即した重み付けを行い 統合化することがあげられる。現在は, 産業技術総合研究所LCA研究センターにより開発されたLIMEに準じて, 暫定的に統合化している。例えば, 前述の経営の場合, 統合化された被害影響は14.4万円で, 主な原因はNH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O(寄与率はそれぞれ47.3, 31.9, 10.5, 3.5%)と算出された(Table1)。しかし, 当地域においては地下水保全が大きな課題であり, 今回試算された結果をそのまま宮古島における統合的な環境影響の評価結果とするのは問題がある。宮古島の実情に即した統合化係数の設定が必要である。

また, N<sub>2</sub>Oの揮散等, 研究領域によっては原単位の精度が不十分なものもあり, 研究や技術の進歩に併せて原単位の見直しや精度向上を図る必要がある。

Table 1 出力例(3) LIMEに基づく被害影響(エンドポイント)  
Output example (3) Environmental impacts based on LIME method (Endpoint)

In/Out	項目	分子式	排出量	人間健康 DALY	社会資産 円	一次生産 kg	統合化係数 円
OUTPUT	Air	CO <sub>2</sub>	9353.2	0.0007	8590.0	0.0	15168.4
OUTPUT	Air	CH <sub>4</sub>	1232.2	0.0021	26028.1	0.0	45961.1
OUTPUT	Air	NH <sub>3</sub>	190.4	0.0000	60728.5	367.6	68148.3
OUTPUT	Air	N <sub>2</sub> O	77.0	0.0000	4497.6	27.3	5048.2
OUTPUT	Air	NOx	8.3	0.0002	2265.6	0.0	4000.6
OUTPUT	Air	SO <sub>2</sub>	7.5	0.0002	284.9	1.7	1795.1
OUTPUT	Water	COD	0.0	0.0000	0.0	0.0	0.0
OUTPUT	Water	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.0	0.0000	0.0	0.0	0.0
OUTPUT	Water	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	191.2	0.0000	3556.3	0.0	3556.3
OUTPUT	Water	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.0	0.0000	0.0	0.0	0.0
OUTPUT	Water	T-N	0.0	0.0000	0.0	0.0	0.0
OUTPUT	Water	T-P	0.0	0.0000	0.0	0.0	0.0
TOTAL				0.0031	105951.0	396.6	143678.0

### 地下水流域を単位とした評価手法の検討

#### 1 概要

流域単位で水資源管理や水質管理, 国土保全計画を行うことは有効である。田淵(1998, 2005)は湖沼の水質保全計画においては負荷原因を正確に把握した上で,

流域管理を行うことが有効であるとしている。

しかし, 宮古島は平坦な地形であるため, 大きな河川がなく, 流域に相当するものが見られない。一方, 宮古島の地下水は, 主に断層により仕切られ, 約22の集水域に細分されており, それぞれの集水域を独立性の高い地下水流域とみなせる。宮古島において地上部に付加された窒素のうち余剰となった窒素は硝酸性窒素となつて, 降雨によりほぼ鉛直浸透して地下水に混入すると推察されている(石田ら, 2005)。また, 山本ら(1995)は, 宮古島の地下水について窒素安定同位体自然存在比(15N)を利用して採水地点毎の負荷原因を検討しており, 地上部の土地利用と良く一致することを確認している。これらのことから, ここでは各地下水流域を地上部に鉛直に投影した領域を, それぞれの地下水流域への窒素負荷の影響領域とみなした。

バイオマス利活用を考慮する場合には, 窒素やリンの挙動は無視できない。宮古島におけるバイオマス利活用の計画策定においては炭素だけでなく, 地下水や窒素との関連を十分検討する必要がある。このような視点から考えると, 宮古島のバイオマス利活用においては地下水流域単位で計画し, 評価することが有効である。ここでは, 地下水流域単位でのバイオマス利活用の評価の端緒として, 地下水流域単位での窒素負荷量と負荷原因の割合を, 原単位法により推定し, 可視化した。

#### 2 窒素負荷の推定方法

窒素負荷については サトウキビへの施肥, 野菜への施肥, 肉牛ふん尿, 生活系排水の4つについて検討した。窒素負荷の算定においては中西ら(2001)の手法を参考にした。

宮古島の土地利用現況図GISデータ(沖縄県企画開発部土地対策課, 2001)より地下水流域毎のサトウキビの圃場面積, 普通畑の面積を算出し, 沖縄県の栽培指針を参考に面積当たりの施肥量を乗じて, 窒素負荷量とした。なお, サトウキビの施肥量は, 中西(2001)の実態調査の結果に従い, 夏植一作あたりの施肥量を203kg-N/haとした。地下水流域別の飼養頭数は, 地下水流域と集落とが重なった面積で集落別の飼養頭数(農林センサス, 2000)を按分して算出した。これにふん尿の発生原単位(成牛44.1kg-N/y, 子牛20.9kg-N/y)を乗じ, 肉牛ふん尿の窒素負荷量とした。生活系排水の窒素負荷についても同様に, 字別人口を地下水流域に対し面積で按分し, 人口1人あたりの窒素負荷を4.745kg(増島・山本, 1986)として算出した。さらに, それぞれの窒素負荷量に対し, 中西ら(2001)の推定した地下水への負荷率(施肥40%, ふん尿44%, 生活系排水69%)を乗じて, 地下水流域単位での地下水への窒素負荷量とした。

### 3 結果と考察

地下水流域毎に考慮すべき窒素負荷原因が異なり、Fig.5のように図化することによって地下水流域別の特徴の把握と対策の検討が容易になった。

例えば、砂川・仲原流域は肉牛ふん由来の窒素負荷がそれぞれ42.3、48.5%と多い。そのため、肉牛ふんの適正な農地還元や流域外への搬出によって窒素負荷の軽減が期待される。なお、中西ら（2001）は1992年度の砂川・仲原流域における窒素負荷のうち畜産由来の割合を、それぞれ30.6、35.5%と推定している。しかし、本報では自然循環による窒素負荷を含めていないこと、

宮古地域全体の飼養頭数が1992年から2000年にかけて58.9%増加していることから、概ね妥当な数値と判断された。

一方、皆福・福里流域は複合的な対策が必要である。皆福は生活系排水の負荷が相対的に大きく、福里はサトウキビ・牛ふんの他に、野菜作への肥料由来の窒素も考慮する必要がある。

流域別の窒素負荷及び収支を精査し、窒素管理を地下水流域単位で行うことは、当地域においては合理的である。同様に、バイオマス利活用の計画・評価においても、地下水への影響を考慮して、地下水流域単位で実施することが有効である。また、当地域におけるバイオマスの農地による受入能力は地下水流域の窒素受入能力に規定されると考えられ、このような視点は前述のシミュレータにおける宮古島独自の統合化係数を決定する際にも役立つと期待される。

ただし、生活系排水由来の窒素負荷の算定については今後、検討の余地がある。今回は発生量の69%が地下水に影響するとしたものの、生活系排水の処理方法によって、負荷量は変化する（田淵，2005）。宮古地域においては下水道や農業集落排水への供用率が低いため、一人あたりの負荷量がおおよそ一定であると考えられることも可能である。しかし、各地下水流域での処理方法を正確に把握することによって、推定精度が高まると期待される。

## GISを利用した収集・輸送に関する評価手法の検討

### 1 概要

バイオマスは広く薄く存在するため、収集についての検討は重要である。バイオマス利活用施設の評価においてはしばしばLCAによる評価が行われる（小林ら，2005）。LCAによってバイオマスの収集におけるCO<sub>2</sub>排出量の検討を行う場合、輸送距離を施設と発生地点との平均距離として一定にして扱うことが多い（平田ら，2001）。実際は発生地点毎に輸送距離が異なるものの、この方法では発生地点毎の違いを比較できない。

ここでは、GISを利用した収集・輸送に関する評価手法の端緒として、変換施設の規模と収集域を変えた場合のバイオマスの収集によるCO<sub>2</sub>排出量を、宮古島市上野地域において肉牛ふんを収集するケースを想定して検討した。

### 2 解析方法

対象地域は宮古島市上野地域（旧宮古郡上野村）とした。成牛飼養頭数10頭以上の畜産農家において発生する全ての牛ふんを変換施設に収集すると仮定し、施設の規模と収集域を変えた場合の輸送によるCO<sub>2</sub>排出量を検討した。

上野地域の成牛飼養頭数10頭以上の農家は28戸であった。この28戸の農家から発生する一日あたりの牛ふん量の合計は18.2t（湿重量）と推定された。発生源として畜舎位置をGIS上にプロットし、属性データとしてふん尿発生量を入力した。次に、変換施設の規模と収集域の異なるシナリオを6つ用意した（Fig.6）。シナリオ1からシナリオ4は、それぞれ施設への搬入量を日量2、5、10、20tとして、収集域を設定した。シナリオ5は、大字毎に施設を設置すると仮定した。シナリオ6は収集域面積がほぼ同程度になるように任意に収集域を設定した。

また、変換施設を堆肥化施設とした場合について、別途検討した。堆肥化施設においては、副資材としてバガスが必要となり、バガスの輸送に伴うCO<sub>2</sub>が発生することになる。

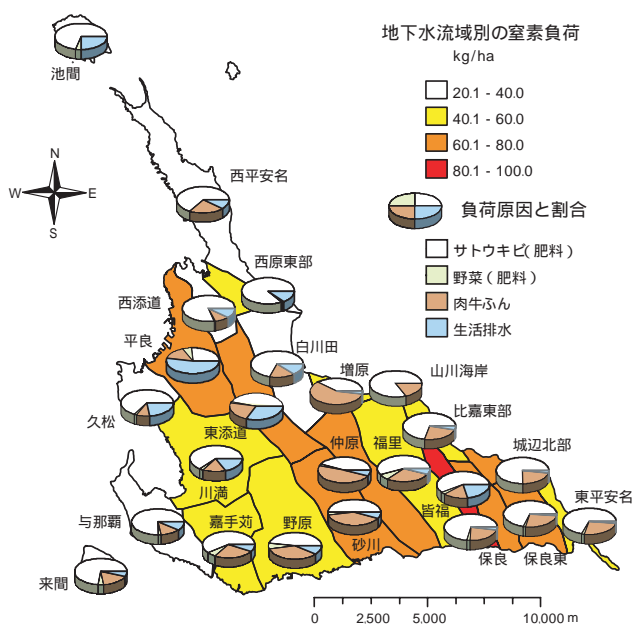


Fig.5 地下水流域別の窒素負荷概況  
Nitrogen load at each groundwater basins

各シナリオにおいて変換施設の位置を任意とし、輸送に係るCO<sub>2</sub>排出量が最小となる地点を選定し、その際のCO<sub>2</sub>排出量を比較した。なお、CO<sub>2</sub>排出量は、

$$(2 \times Li \times Mi / PL / ML \times 2.74)$$

ただし、*Li*: 施設と畜舎 *i*との道路距離 [ km ]

*Mi*: 畜舎 *i*の牛ふん発生量 [ t/y ]

*PL*: 積載量 [ t ]

*ML*: 燃費 [ km/L ]

軽油のCO<sub>2</sub>排出原単位はLCAソフトウェアJEMAI-LCAのデータベースから2.74 kg-CO<sub>2</sub>/Lとした。

なお、解析に先立って、収集域の畜舎を巡回して収集する場合と、畜舎毎に往復する場合とを比較したところ、いずれのシナリオにおいても畜舎毎に往復する場合の方が、CO<sub>2</sub>排出量が小さくなった。この結果から、本報では、各畜舎で蓄積されたふん尿量がトラックの積載量を越えた場合に、畜舎毎に回収し、満載した状態で輸送する仮定した。ここでは4tトラックに3.5tの牛ふんを積載するとした。

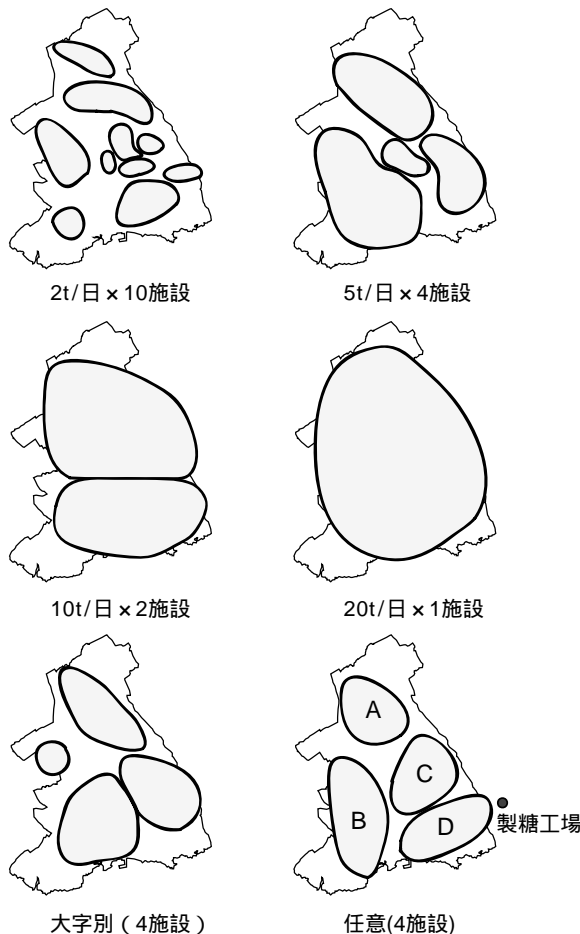


Fig.6 収集シナリオの概要  
Calculation scenarios

### 3 結果と考察

変換施設の規模が大きくなるほど、収集域が広くなり、輸送距離が長くなったため、輸送によるCO<sub>2</sub>排出量が増えた (Fig.7)。一方、5t/日 x 4施設、集落別 (4施設)、任意 (4施設) の3つのシナリオは施設数が同数であったが、CO<sub>2</sub>排出量に違いが生じた。集落等の社会的な区分でなく、地理的な区分で収集域を設定することにより、輸送に係るCO<sub>2</sub>排出量を削減することが可能である。

次に、変換施設を堆肥化施設とした場合について検討した。Fig.7に示されたように、バガスの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は牛ふんの収集による排出量より多くなった。これは、バガスは嵩密度が小さいため、輸送効率が悪いことが原因である。実際に製糖工場によれば、10tトラックでも4t程のバガスしか積載できないとのことであった。また、バガスの輸送も含めた場合、CO<sub>2</sub>排出量を最小とする施設位置は、バガスの輸送を考慮しない場合に比べ、製糖工場に近い地点となった。

また、製糖工場に遠い収集域ほど、バガスの輸送におけるCO<sub>2</sub>排出量が相対的に大きくなった。シナリオ6を例にとり、収集域別に、牛ふん収集によるCO<sub>2</sub>排出量に対するバガス輸送によるCO<sub>2</sub>排出量の比をみると、収集域A, B, C, Dで、それぞれ2.1, 1.7, 1.7, 0.3となった (Fig.8)。収集域Dではバガスの輸送に係るCO<sub>2</sub> 排出量

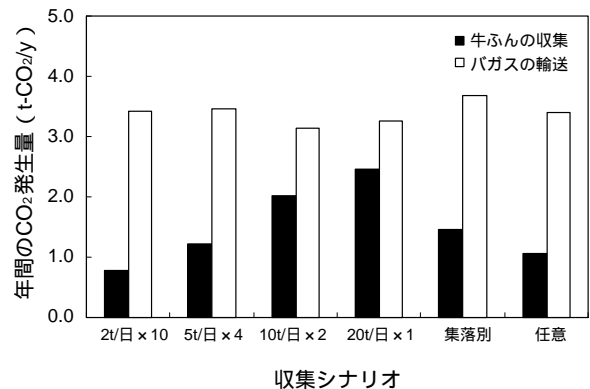


Fig.7 収集シナリオ別のCO<sub>2</sub>排出量  
CO<sub>2</sub> emission on each scenario

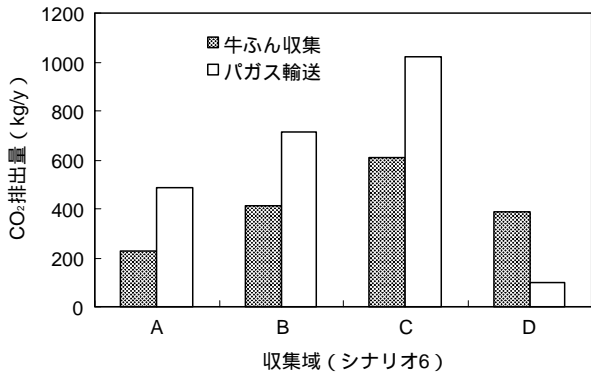


Fig.8 牛ふん収集とパガス輸送に係るCO<sub>2</sub>排出量  
The CO<sub>2</sub> emission in manure collecting and bagasse transporting

が小さいため、堆肥化に有利と判断された。一方、収集域Aではパガスの発生地点である製糖工場から遠く、パガス輸送によるCO<sub>2</sub>排出量が牛ふん収集によるCO<sub>2</sub>排出量の2.1倍となり、堆肥化には不利な立地であると判断された。このような地域では、他の収集域に比べ、炭化やメタン発酵といった堆肥化以外の変換技術を採用する比較優位性が生じる。

ただし、今回の事例は、施設規模及び収集域の設定による輸送時のCO<sub>2</sub>排出の特徴を調べたものである。今後はLCAの観点から、輸送時のみでなく、変換時や利用時の環境負荷についても検討する必要がある。

### 各評価手法の位置付けと統合化

本報では、それぞれの評価手法の有効性がこれまでに議論されていなかったため、各評価手法を単独に検討した。しかし、これらの手法を確立し、統合化することによって宮古島の実態に即したバイオマス利活用の評価手法が開発されることになる。ここでは各評価手法の位置付けを整理し、3つの評価手法の統合化について述べる。

本報で示した3つの評価手法の位置付けをFig.9に示した。宮古島におけるバイオマス利活用を評価する枠組みとして、まず、個別農家単位での生産活動における物質フローを把握が必要である。農家単位で不要となったバイオマスは収集され、バイオマス変換施設に輸送される。変換施設において堆肥化・バイオガス化・炭化等の変換技術を経て有価物となった変換製品は農家または消費者によって利用される。この際の物質フローを個別農家単位で把握し、環境負荷物質及び環境影響の算定を行うのが、で述べた農家レベルの環境影響算定シミュレータである。

では、バイオマスの収集におけるCO<sub>2</sub>排出量の特徴

を、GISを利用して検討した。既に述べたように、LCAに準じた評価手法では、バイオマスの収集についてGISを用いた個別農家単位での解析はほとんど行われていない。

で述べた地下水流域別の窒素負荷原因の検討は、環境影響評価や評価結果の統合化のためのものと位置付けられる。宮古島の地下水は、地下水流域毎に、上水道の水源であったり、農業用水に利用されていたり、利用されず海洋に流出したりと様々である。このため流域毎に水質悪化による環境影響が異なる。厳密に窒素負荷による被害影響を算定する場合は、地下水流域別に窒素負荷の受入能力を把握し、被害係数を設定する必要がある。

のシミュレータを軸に、の評価手法を統合化することによって、宮古島の実態に即したバイオマス利活用評価手法の開発が期待される。で述べたGISを利用した手法の応用により、のシミュレータにおける農家毎の輸送面について詳細な検討が可能となる。一方、で述べた地下水流域を単位とした検討によって、地下水流域別に被害影響が把握できれば、のシミュレータにおける被害係数及び統合化係数を、より現実を表した数値とすることが可能となる。

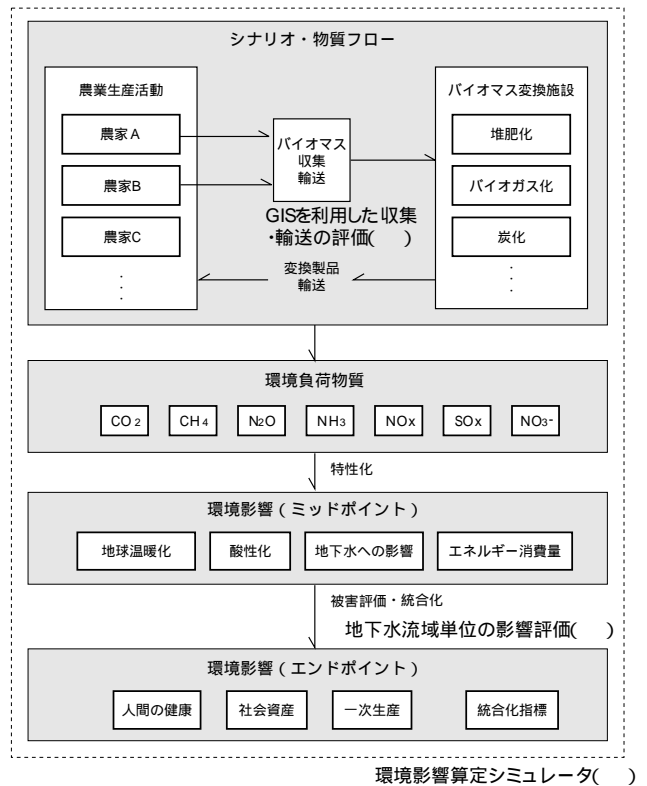


Fig.9 各評価手法の位置付け  
Positioning of each evaluation method

## 結 言

本報では、宮古島の実情に即したバイオマス利活用の評価手法を開発することを目的に、宮古島における農業の環境影響算定シミュレータの開発、地下水流域を単位とした評価手法の検討、及びGISを利用した収集・輸送に関する評価手法の検討を行い、それぞれの評価手法から得られた知見をまとめた。これらの評価手法をそれぞれ確立し、シミュレータを軸として統合化することによって宮古島の実態に即したバイオマス利活用の評価手法が開発されることになる。最後に、各評価手法から得られた知見をまとめた。

- 1) 農家レベルでの環境影響を評価するツールとして、宮古島における農業の環境影響を簡易に算定するシミュレータを開発した。バイオマス利活用による効果の算定、当該地域の環境保全型の農業施策の策定支援、環境教育のツールとしての活用を想定している。環境被害の統合化、原単位の精度向上が課題である。
- 2) 地下水流域単位でのバイオマス利活用の評価の端緒として、統計データを基に、地下水流域毎に窒素負荷量と負荷原因の割合を推定した。流域別の窒素収支を精査し、窒素管理を地下水流域単位で行うことは、当地域においては合理的であり、バイオマス利活用の計画・評価も地下水流域単位で行うことが有効である。
- 3) GISを組み込んだ評価手法の端緒として、変換施設の規模と収集域を変えた場合のバイオマスの収集によるCO<sub>2</sub>排出量を、宮古島市上野地域において肉牛ふんを収集するケースを想定して、検討した。主な結果としては、変換技術として堆肥化を想定した場合、バガスの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量も無視できないことが明らかとなった。今後は、LCAの観点から輸送のみでなく、変換時や利用時も考慮する必要がある。

## 参考文献

- 1) 平田康宏・村田真樹・酒井伸一・高月紘 (2001) : 食品残渣を対象とした循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント, 廃棄物学会論文誌, 12(5), 219-228
- 2) 石田聡・阿部栄一・土原健雄・今泉眞之 (2005) : 沖縄県宮古島の地下ダムにおける地下水中の硝酸態窒素濃度の変化について, 農工研技報, 203, 111-119
- 3) 東理裕・凌祥之 (2006) : 宮古島における牛ふんの農地施用実態, 農工研技報, 204, (投稿中)
- 4) 東理裕・凌祥之・田原聖隆 (2005) : 宮古島における農業の環境影響算定シミュレータの開発, 第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 106-107
- 5) 小林久・島田和宏・小島浩司・柚山義人 (2005) : バイオマス利活用(その7)ーバイオマス利活用の評価手法ー, 農土誌, 73(12), 1117-1122
- 6) 増島博・山本洋司 (1986) : 水質入門, 農業土木学会
- 7) 中西康博・高平兼司・下地邦輝 (2001) : 地下水窒素汚染における起源別窒素負荷率の重回帰法による推定, 土肥誌, 72(3), 365-371
- 8) 中西康博 (2001) : 沖縄県宮古島におけるサトウキビへの施肥実態と地下水窒素濃度との関係, 土肥誌, 72(4), 499-504
- 9) 独立行政法人農業環境技術研究所 (2003) : 環境影響評価のためのライフサイクルアセスメント手法の開発 研究成果報告書
- 10) Ogino, A., Kaku, K., Osada, T. and Shimada, K (2004): Environmental impacts of the Japanese beef-fattening system with different feeding lengths as evaluated by a life-cycle assessment method. J. Anim. Sci. 82, 2115-2122
- 11) 大村道明 (2004) : 農業のためのライフサイクルアセスメント手法の検討ー鹿児島県沖永良部島の農業生産活動の環境影響評価を事例にー, 東北農業経済研究, 22(1), 56-70
- 12) 沖縄県農林水産部 (2004) : さとうきび及び甘しゃ糖生産実績
- 13) 凌祥之 (2004) : 沖縄県宮古島でのバイオマスの多段階利用実証の構想, シンポジウム「地域のバイオマス利活用推進に向けたチャレンジ」, 農林水産バイオリサイクル研究「施設・システム化チーム」, 111-115
- 14) 田淵俊雄 (1998) : 湖沼水質保全計画と流域管理, 農土誌, 66(6), 61-66
- 15) 田淵俊雄 (2005) : 湖の水質保全を考えるー霞ヶ浦からの発信ー, 技報堂出版
- 16) 山本洋司・朴光来・中西康博・加藤茂・熊澤喜久雄 (1995) : 宮古島の地下水中の硝酸態窒素濃度と15N値, 土肥誌, 66(1), 18-26
- 17) 柚山義人・森淳・中村真人・清水夏樹 (2005) : 輸送問題からみたバイオマス利活用, 農土誌, 73(12), 1087-1091

# Development of the evaluating method for utilizing biomass in Miyako-island

KANRI Yutaka, SHINOGI Yoshiyuki

## Summary

Three research for developing the evaluation method of biomass utilization in the Miyako-island were conducted.

1) The simulator which estimates the environmental impacts of the agriculture in Miyako-island was developed. This simulator was developed mainly as the tool of assessing the biomass utilization. Moreover this is expected to be used as the tool of making the policy of environmental agriculture and the tool of environmental education. The main problems of the simulator are how to integrate the environmental impacts properly and to improve the accuracy of emission factors.

2) In order to develop the evaluation method for biomass utilization in each groundwater basin, the nitrogen burden of each basin was calculated. The nitrogen management at each groundwater basin is rational from environmental aspects. Planning and evaluating the biomass utilization system based on the nitrogen of each groundwater basin is effective.

3) In order to develop the evaluation method with GIS, the amount of CO<sub>2</sub> emission for collecting the cattle manure were calculated. Targeting Ueno village, six scenarios which were different from the scale of the biomass conversion facilities and the collecting area were examined. If the facility were the composting facility, the amount of the CO<sub>2</sub> emission caused by transportation of bagasse couldn't be omitted. Therefore, from a viewpoint of LCA (Life Cycle Assessment), it is necessary to examine not only the CO<sub>2</sub> emission of the transportation stage but also conversion and use stage.

The biomass evaluation method would be established by integrating these three evaluation methods and merging them organically.

Keywords : biomass utilization, Miyako-Island, evaluation method, simulator, GIS