

地域のバイオマス資源利用に関する LCI 手法開発 : 千葉県における事例研究

志水 章夫¹ ・ 楊 翠芬² ・ 玄地 裕³

¹正会員 工博 (独) 産業技術総合研究所 LCA 研究センター (〒305-8569 つくば市小野川 16-1)

E-mail: a.shimizu@aist.go.jp

²非会員 理博 (独) 産業技術総合研究所 LCA 研究センター

³非会員 工博 (独) 産業技術総合研究所 LCA 研究センター

特定地域におけるバイオマス有効活用システムについて LCA 手法の構築を目的として、千葉県を例に LCI 分析を行った。地理情報システムを用いて家畜排せつ物、食品加工残さ、一般系及び事業系生ごみの排出量分布を推計し、その処理に伴う環境負荷物質排出量 (CO₂, CH₄, N₂O, 固形廃棄物) を推定した。その結果、処理に伴う全環境負荷物質は、CO₂: 69 万 ton, CH₄: 1.6 万 ton, N₂O: 0.12 万 ton, 固形廃棄物: 13 万 ton となった。CO₂ 排出の約 35% が地域内、それ以外は電力が大部分を占め、また他の物質はほぼ 100% が地域内であった。以上から、環境負荷低減には地域内の効率的エネルギー利用の検討が重要であることが分かった。

Key Words: LCA, GIS, biomass utilization, characteristics of the region

1. はじめに

「バイオマス・ニッポン総合戦略」¹⁾を受けバイオマス資源利用促進が検討されている。しかしバイオマス資源の発生は地域差が大きく品質管理も難しいため、地域特性に見合った適切な処理・再利用システムをどのように導出するか、またその施策実施に伴う環境影響をどのように把握するかが大きな課題である。

未利用バイオマス資源の実態について統計調査等も実施されているが、公表される全国平均値や代表値と特定地域の値との差異を把握するためにもより詳細な地域情報の取得が必要となる。しかし LCA のように広範囲を対象とした評価を行う場合、地域内の全項目調査するのは非常に難しい。

そこで本研究では、特定地域の未利用バイオマス資源利用について、その地域性を考慮しつつより簡易に推計可能な LCA 手法の構築を目標として、地理情報システム (以下 GIS) を活用した LCI 分析の実施を試みた。

解析では、千葉県のバイオマス資源利用²⁾を例に、家畜排泄物、食品加工残さ、生ごみの処理システムを対象として、統計・文献及び実態調査により千葉

県内での対象バイオマス資源の発生・処理実態について把握した。また、関連処理技術のインベントリ・データを整備し、千葉県全体での対象バイオマス資源処理に伴う環境負荷発生量の推計を行った。

なお、環境負荷物質は CO₂, CH₄, N₂O 及び固形廃棄物を対象とした。

2. 研究の手法

本研究では特定地域の範囲を主体とした資源利用のライフサイクルを考慮する上で、「未利用バイオマス」のライフサイクルとして、ある一定の空間 (ここでは千葉県) で形成される処理システムを地域内、そこから間接的に派生する範囲を地域外として境界条件を設定した。

また、膨大な地域情報を効率的に扱うために GIS を活用した。GIS は発生分布や施設分布の他、様々な地域属性を統合して扱うことができ、また解析結果の視覚化ツールとしても活用できる。

そこで GIS を用いた LCA の評価の流れについて図-1 に示した。対象システムの地域内にはバイオマス利用の主要システムが含まれ、電力等間接消費分が地域外となる。地域内の各種情報は GIS で統合され、

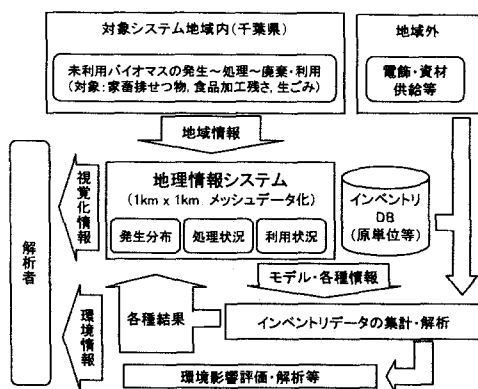


図-1 GISを活用したLCAの流れ

インベントリ分析用の基礎データに利用される。これに別途収集した原単位データを加味し、インベントリ分析を行うものとした。

なお、本研究では簡単のため、未利用バイオマス資源の県外処理等を考慮せず、地域内で処理するものとし、地域内の輸送は参考として代表値を計上したのみの試算であることに注意されたい。

以下で実際の計算・集計結果を例示しながら解説を行う。

3. 実態把握

千葉県内におけるバイオマスの発生分布等を明確に把握するため、未利用バイオマス資源に関わる各種地域情報はGISを用いて3次メッシュ(1km×1km)単位で空間情報化し、データベース化するものとした。

各データのメッシュ化に際しては、既存の統計資料及び千葉県からの提供データ、及び実態調査の実施結果等を用いて³⁾⁻⁽¹²⁾ 家畜飼養頭数⁴⁾や事業所規模⁵⁾など「基礎活動量」の把握を行い、これに家畜排せつ物の発生原単位⁵⁾等の「基礎活動量あたり原単位」を掛け合わせることで対象バイオマス資源の活動量を推計した。

調査・推計では、未利用バイオマス処理・利用の実態を示す情報のうち、発生分布、処理分布について家畜排せつ物、食品加工残さ、生ごみ(一般系及び事業系)のそれぞれについて、3次メッシュレベルで発生分布の把握を行った。また、関連処理施設分布についても3次メッシュレベルで把握を行った。

ただし、バイオマスの流通データや個別処理施設

の活動量については情報が十分でなく、千葉県全体での傾向を把握するにとどめた。

実態把握の実施例として、図-2には乳牛由来家畜排せつ物の発生量分布、図-3には堆肥化処理施設の分布を示した。バイオマス種別としては乳牛の他、肉牛、豚、採卵鶏、ブロイラー、食品加工残さ、一般系生ごみ、事業系生ごみについてそれぞれ同様にデータ整備を行った。

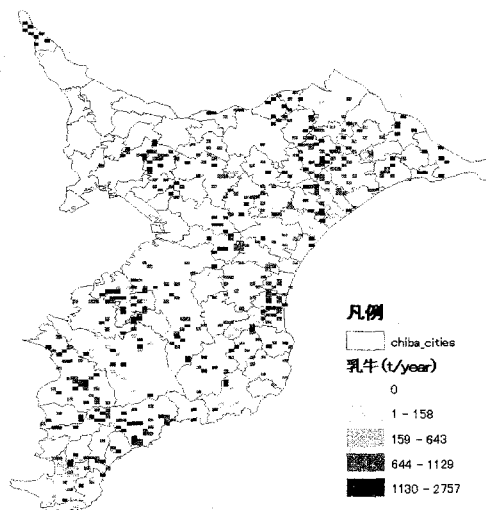


図-2 千葉県における乳牛排せつ物発生量分布

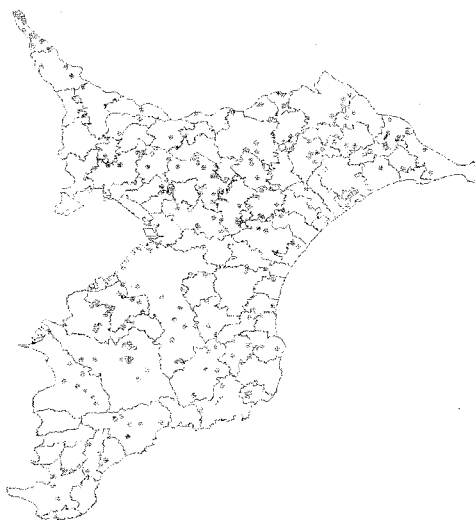


図-3 千葉県における堆肥化処理施設分布

4. インベントリ分析

インベントリ分析では、推計した千葉県全体での活動量をベースに、対象とする未利用バイオマスの処理に伴う環境負荷発生量の推計を行った。

各プロセスのインベントリ・データについて、焼却、脱水、乾燥、飼料化、堆肥化等の代表的な関連処理技術に関するインベントリ・データについて既存の文献^{13)~18)}を中心に整備を行った。また燃料の供給、資源採掘等に伴う環境負荷はNire LCA-Ver. 3及び産業環境管理協会 LCA プロジェクトデータベース¹⁹⁾を中心としてデータを収集した。

なお、リサイクル製品については再資源化まで(商品化されるまで)を対象とし、それ以降(再製品の配送から再利用以降)は対象としないものとした。

(1) 家畜排せつ物処理に伴う環境負荷発生量

家畜排せつ物処理に伴う環境負荷発生量の見積もりでは、調査により得られた処理比率に応じて処理量を按分し、千葉県全体での値を求めた。

なお、乳牛・養豚における堆肥化は、浄化処理後に行うものとし、浄化処理後の余剰汚泥の処理についてはスクリーンプレスで脱水後、直接埋め立てを行うものとした。また固形廃棄物(焼却残さ含む)の埋め立てについては、産業廃棄物の処理原単位を用いるものとした。

表-1 にその推計結果を示す。

表-1 家畜排せつ物処理に伴う環境負荷発生量

環境負荷物質(ton/year)	全体	直接排出			間接排出		
		中間処理	最終処分	輸送	電力供給	その他	
CO ₂ 計	561,566	168	192	140,166	417,395	3,646	
化石燃料由来	561,566	168	192	140,166	417,395	3,646	
CH ₄ 計	6,030.9	5,675.6	343.6	1.9	9.9	0.0	
化石燃料由来	11.7	0.0	0.0	1.9	9.9	0.0	
バイオマス由来	6,019.2	5,675.6	343.6	0.0	0.0	0.0	
N ₂ O 計	812.6	769.0	37.3	3.3	0.0	3.0	
化石燃料由来	8.7	2.4	0.0	3.3	0.0	3.0	
バイオマス由来	803.9	766.6	37.3	0.0	0.0	0.0	
固形廃棄物							
最終処分量	22,089	0	22,089	0	0	0	

表-2 食品加工残さ物処理に伴う環境負荷発生量

環境負荷物質(ton/year)	全体	直接排出			間接排出		
		中間処理	最終処分	輸送	電力供給	その他	
CO ₂ 計	66,578	49,713	580	8,501	859	6,926	
化石燃料由来	66,578	49,713	580	8,501	859	6,926	
CH ₄ 計	10,341.1	6,653.25	3,687.83	0.05	0.02	0.00	
化石燃料由来	2.6	2.54	0.02	0.05	0.02	0.00	
バイオマス由来	10,338.5	6,650.71	3,687.81	0.00	0.00	0.00	
N ₂ O 計	401.8	0.38	400.40	0.08	0.00	0.97	
化石燃料由来	1.1	0.07	0.01	0.08	0.00	0.97	
バイオマス由来	400.7	0.31	400.39	0.00	0.00	0.00	
固形廃棄物							
最終処分量	52,683	0	52,683	0	0	0	

(2) 食品加工残さ処理に伴う環境負荷発生量

食品加工残さ処理について、調査データを元に代表的なバイオマスの種別・及び処理方法を想定し、対象環境負荷の発生量を求めた。なお、廃棄処理の不明分の処理については焼却・埋立とし、残さは全て脱水処理を行い、処理後含水率 70%とした。

表-2 にその結果を示す。

(3) 生ごみ処理に伴う環境負荷発生量

生ごみについては一般系、事業系の 2 種類があるが、一般家庭から排出される生ごみは一般家庭系ごみとして、事業者から排出される生ごみは事業系一般廃棄物として処理される。そこで事業系生ごみについても一般系と同じ処理が行われるものとし、推計を行った。

その結果を表-3 に示す。

(4) 千葉県全体での環境負荷発生量

以上の結果をもとに、象廃棄物系バイオマス：家畜排せつ物、食品加工残さ、一般系・事業系生ごみの処理に伴う環境負荷の発生量について、地域全体での見積もりを行った結果を表-4 に示す。

表-3 生ごみ処理に伴う環境負荷発生量

環境負荷物質(ton/year)	全体	直接排出			間接排出		
		中間処理	最終処分	輸送	電力供給	その他	
CO ₂ 計	60,225	2,832	93	45,386	6,441	5,473	
化石燃料由来	60,225	2,832	93	45,386	6,441	5,473	
CH ₄ 計	1.9	0.98	0.00	0.73	0.15	0.00	
化石燃料由来	0.9	0.00	0.00	0.73	0.15	0.00	
バイオマス由来	1.0	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	
N ₂ O 計	21.5	19.12	0.01	2.14	0.00	0.22	
化石燃料由来	2.4	0.07	0.01	2.14	0.00	0.22	
バイオマス由来	19.1	19.06	0.00	0.00	0.00	0.00	
固形廃棄物							
最終処分量	56,708	0	56,708	0	0	0	
資源化量	8,313	3,979	4,334	-	-	-	

表-4 千葉県全体での環境負荷発生量の推計

環境負荷物質	全体	直接排出			間接排出		
		中間処理	最終処分	輸送	電力供給	その他	
CO ₂ 計	688,369	52,713	854	194,052	424,696	16,045	
化石燃料由来	688,369	52,713	854	194,052	424,696	16,045	
CH ₄ 計	16,373.9	12,329.8	4,031.5	2.6	10.0	0.0	
化石燃料由来	15.2	2.5	0.0	2.6	10.0	0.0	
バイオマス由来	16,358.7	12,327.3	4,031.4	0.0	0.0	0.0	
N ₂ O 計	1,235.9	788.6	437.7	5.5	0.0	4.2	
化石燃料由来	12.3	2.5	0.0	5.5	0.0	4.2	
バイオマス由来	1,223.7	786.0	437.7	0.0	0.0	0.0	
固形廃棄物							
最終処分量	131,480	0	131,480	0	0	0	

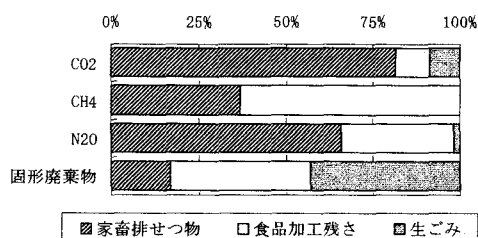


図-4 バイオマス種別環境負荷発生比率

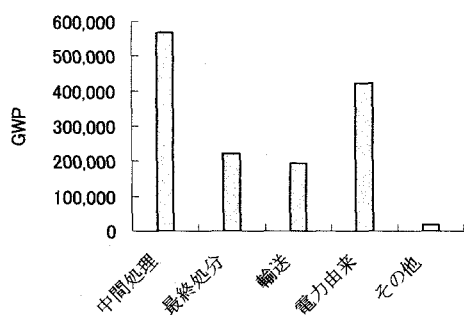


図-5 バイオマス処理に伴う排出源別GWP比較

5. 考察

推計の結果、千葉県における平成13年度ベースでの推定発生量：3,552,338 t on/yr (湿重量ベース) に対し、CO₂発生量が688,359 ton/yr、CH₄発生量が16,374 ton/yr、またN₂O発生量は1,236 ton/yrであった。

対象バイオマスの種類別では、CO₂では発生量の最も多い家畜排せつ物由来が82%と大部分を占める一方、CH₄では食品加工残さが63%と大きな割合を占める結果となった(図-4参照)。これは家畜排せつ物の処理方法として堆肥化处理が主体であるのに対し、食品加工残さでは汚泥処理や脱水埋め立て処理などが多いことが要因とみられる。また、対象地域内での発生割合はCO₂で36%、CH₄やN₂Oについては99%以上であった。

以上求めた環境負荷原単位のうち、CO₂、CH₄、N₂Oを地球温暖化係数(GWP)に換算し比較したのが図-5である。

図-5から、地球温暖化影響に関しては、中間処理、電力由来、最終処分での影響が大部分を占めること

が分かる。特に中間処理及び最終処分時に発生するCH₄とN₂Oは、それぞれ地域内でバイオガスとしてのエネルギー利用及び適正処理を行うことで大幅な環境負荷削減抑制効果が期待できる。またそれに伴い、ライフサイクル全体としても大幅な削減が期待できるといえる。ただし、それら環境負荷物質の発生量についてばらつきが大きく、個別地域別の評価を行うにはより詳細な解析が必要となるだろう。

6. おわりに

分析結果では、CO₂では電力消費量の多い家畜排せつ物由来が約8割を占めたが、CH₄では最終処分量が多い食品加工残さ由来が約6割を占めた。また生ごみでは輸送に伴う排出が最も大きいなど対象により異なる特性が示された。

対象地域内外での排出を見ると、CO₂の約35%、その他負荷物質はほぼ100%が地域内の排出であった。また地域で間接的に排出されるCO₂についてもほとんどが地域内の電力消費に由来している。このことから、バイオマス資源利用における環境負荷低減に関し、エネルギー利用の効率化が有効と推測される。

LCI分析においてGISを利用するにより地域内のバイオマス発生・処理状況をより詳細に反映させることができた。ただ、流通実態、再生製品需要など、地域特性を十分反映できていない点、地域境界の定義が十分でないなど課題も存在する。今後は手法開発及び地域情報DBの拡充を行うなどしてそれら課題に着手し、具体的な施策評価を対象に再生処理技術選定や立地選定を含めたLCAが実施できるよう研究を進める予定である。

謝辞：本件研究は(独)新エネルギー・産業技術開発機構受託研究「地域産業に係るLCA手法の研究開発」の一部として行った。また研究に多大な御協力頂いた千葉県環境生活部資源循環推進課に謝意を表します。

参考文献

- 1) バイオマス・ニッポン総合戦略, 2002
- 2) 千葉県庁:「バイオマス立県ちば」推進方針(案), 2002
- 3) 千葉県統計年鑑(平成14年度版), 2003
- 4) (財)農林業統計協会:2000年農業集落カード
- 5) 財団法人 畜産環境整備機構:家畜ふん尿処理・利用の手引き, 2000

- 6) 千葉県畜産協会堆肥流通コーナー：
<http://chiba.lin.go.jp/>
- 7) 千葉県庁：千葉県産業廃棄物実態調査，1998
- 8) (財)統計情報研究開発センター：地域メッシュ統計
H13 事業所・企業統計調査，2003
- 9) 千葉県環境生活部：平成 14 年度廃棄物処理計画
管理事業 報告書，2003
- 10) 千葉県：生ごみの資源化・再利用推進調査報告
書，2002
- 11) 千葉県環境生活部一般廃棄物課：平成 13 年度清
掃事業の現況と実績，2002
- 12) 東京都清掃研究所：東京 23 区排出源等ごみ性状
調査，1998
- 13) (社)配合飼料安定供給機構：食品残さの飼料化を
めざして～そのマニュアルと参考資料～，2004
- 14) (社)日本有機資源協会：有機性資源の餌・飼料化
の現状と課題，餌・飼料関連分科会 調査報告書（第
一次），2003
- 15) (社)日本有機資源協会：コンポスト化マニュアル，
コンポスト化分科会 調査報告書（第一次），2003
- 16) 社団法人プラスチック処理促進協会：プラスチック廃
棄物の処理・処分に関する LCA 調査研究報告書，2001
- 17) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：バイオ
マスエネルギー導入ガイドブック，2003
- 18) 環境省：事業者からの温室効果ガス排出量算定方法
ガイドライン，[http://www.env.go.jp/earth/ondanka/
santeiho/guide/index.html](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/index.html)，2002
- 19) (社)産業環境管理協会：LCA プロジェクトデータベ
ース，<http://lcadb.jemai.or.jp>，2003

DEVELOPMENT FOR LC I METHOD OF A REGIONAL BIOMASS

UTIKUZATION SYSTEM: A CASE STUDY OF CHIBA PREF. IN JAPAN

We evaluated environmental emissions of a regional biomass utilization system through the life-cycle, in the case of Chiba Pref. In regard to farm animal excrement, food processing residue, residential disposal and commercial disposal, we surveyed the distribution of disposal emissions (1km-mesh data) using Geographic Information Systems. Then we calculated the amount of environmental pollutants emissions in Chiba Pref; the total amounts of environmental pollutants emissions were: CO₂, 690,000 tons; CH₄, 16,000 tons; N₂O, 12,000 tons; and solid waste, 131,000 tons. The ratios of inside emissions to target environmental pollutants emissions were: CO₂, about 35%; other pollutants, nearly 100%.