

第3章 結果及び考察

3.1 バイオマス分析の共通事項

3.1.1 分析対象とするバイオマス

本研究では、循環利用を促進すべき廃棄物系バイオマスとして、「木質系バイオマス」、「家畜ふん尿」、「食品廃棄物（食廃）」、および「下水汚泥」に着目した。木質系バイオマスは、地球温暖化抑制を目指した代替資源として期待されている。家畜ふん尿は、我が国の産業廃棄物に占める割合が大きい一方、適正処理は畜産業の経営上容易ではない。食廃は家庭系一般廃棄物に占める割合が大きい一方、臭気や水分などの特徴が収集輸送やエネルギー回収時に課題となっている。下水汚泥も我が国の産業廃棄物に占める割合が大きい一方、水分などの状態によりエネルギー回収の効率性などが課題である。

3.1.2 近未来の循環型社会シナリオの概要

本研究の目的は、上記分析対象のバイオマスについて、2030年ごろの近未来における発生状況を予測し、それに対する適切な循環利用のシナリオを描くことによって、将来の問題について備えておくべき事項を明らかにすることである。循環利用のシナリオを描くためには、バイオマス発生量などを推定する必要がある。それを推定するためには、それを発生させる社会システムの状態を予測せねばならない。本研究では、社会システムの予測について、代表者が並行して実施している研究の成果を活用することにした。以下ではその概要を述べる。

国立環境研究所（以下「NIES」）の藤野らは、先行して近未来の低炭素社会の予測に取り組んでおり、その中で2種類の近未来シナリオを描いている。一方は技術志向で高効率型の「シナリオA」、もう一方は自然志向でゆとり型の「シナリオB」である。

本研究の代表者も、並行する別の研究事業として日本全体を対象とした近未来の循環型社会の予測に取り組んでいる（以下「全国予測」）。ここで、我が国の政策として、低炭素社会、循環型社会、および自然共生社会を同時に実現する方策が期待されている。そのため、循環型社会の予測においても低炭素社会の予測との整合性が必要であり、「近未来全国予測」でも循環型社会のシナリオをAとBの2種類予測した。

循環型社会のシナリオにおける大きな要素としては「優先事項」「改善手法」および「物流規模」が考えられる。優先事項は、社会の価値観や大衆心理が一番に得ようとするモノは何か、という要素である。改善手法は、優先事項を得るために今の社会システムを改善するならばどのような手法をとるか、という要素である。物流規模は、資源、原料、製品、副産物および廃棄物がどのような規模で流れるか、という要素である。

「全国予測」では、このような各々の要素について、低炭素社会シナリオの傾向を考慮して、循環型社会シナリオを検討した。その結果として、循環型社会シナリオAでは、効率性が優先され、社会システムの改善手法として技術開発が促進され、物流規模は現在よ

り地球的になると予測した。一方、循環型社会シナリオ B では、ゆとりが優先され、社会システムの改善手法としては生活工夫が促進され（ただし、これまでの技術開発の傾向は維持される）、物流規模は現在より地域的になると予測した。

さらに、「全国予測」では、上記の社会変化を受けてバイオマスについても近未来の状況を予測した。以下では湿潤系の廃棄物系バイオマス（食廃、家畜ふん尿、下水汚泥）に関連する事項を述べる。各事項については定量的なパラメータを検討・設定しているが、その詳細はここでは省略する。まず、食品関連として、食料自給率についてシナリオ A では現在より低下し、シナリオ B では向上する。食品の嗜好についてシナリオ A では現在より洋食傾向が大きくなり、シナリオ B では和食回帰が起こる。接触の形態についてシナリオ A では現在より外食・中食が増え、シナリオ B では内食が増える。家畜関連としては、肉消費についてシナリオ A では現在より増加し、シナリオ B では減少する。仕入れについてシナリオ A では輸入品が増加し、シナリオ B では国産品が増加する。下水関連としては、普及率についてシナリオ A および B ともに現在より向上する。ディスポーザについてシナリオ A では導入がすすみ、シナリオ B では導入されない。以上の予測を表 3.1.1 にまとめた。

表 3.1.1 参考とした近未来の循環型社会シナリオ

項目		シナリオA	シナリオB
社会全体	優先事項	効率性	ゆとり
	改善手法	技術開発	生活工夫
	物流規模	より地球的	より地域的
食品関連	自給率	より低下	向上
	嗜好	洋食傾向 (肉多い)	和食回帰 (魚・野菜)
	形態	外食・ 中食増える	内食増える
家畜関連	肉消費	増加	減少
	仕入れ	輸入増加	国産増加
下水関連	普及率	向上	向上
	ディスポーザ	導入	未導入

また、「全国予測」では、社会の基本的事項である人口についても、先行する低炭素社会シナリオの予測を参考にし、2030年までの推計値を引用した（表 3.1.2）。

表 3.1.2 本研究で適用した人口推計のデータ

類型	人口		比率	
	A	B	A	B
都市	92,659	93,361	81%	80%
農村	8,728	9,544	8%	8%
山間	12,398	14,520	11%	12%
合計	113,785	117,424	100%	100%

参考: 藤野ら(2007), 地球環境, 12, 153-160

表 3.1.2 に示すように、人口ではシナリオ B が A を上回るが、その差は 3% 程度である。また、この推計では全国の自治体を 3 種類に区分して各々の人口も示している。地域区分は都市地域（以下「都市」）、農村地域（以下「農村」）および中山間地域（以下「山間」）である。地域別では、B の方が A より都市比率が小さく、山間比率が大きい、その差はわずかであり、農村比率はほぼ等しい。なお、いずれのシナリオも現在より人口は減少する。

また、「全国予測」では、日本全体をシステム境界とした物質フロー分析モデル（以下「NIES モデル」）を開発している。NIES モデルでは、表 3.1.2 の人口推計を参考にし、表 3.1.1 で示した近未来の循環型社会シナリオを反映したパラメータを設定し、シナリオ A およびシナリオ B における各種廃棄物の発生量を推定している。同モデルでこれまで推定された湿潤系の廃棄物系バイオマスの発生量を表 3.1.3 に示す。

表 3.1.3 NIES モデルで推定した廃棄物系バイオマス発生量（単位：千 t-wet/年）

		食廃				下水汚泥	家畜ふん尿
		家庭食廃	流通食廃	外食食廃	加工食廃		
現在(2050)	現状	11,307	2,262	2,921	3,317	79,611	89,991
将来(2030)	シナリオA	6,721	2,687	5,686	3,939	90,565	100,729
	対策なし シナリオB	12,890	1,910	1,383	2,800	93,461	68,724

注記:

家庭食廃: 家庭などから発生する食品廃棄物
 流通食廃: 小売店から発生する食品廃棄物
 外食食廃: 飲食店から発生する食品廃棄物
 加工食廃: 加工工場から発生する食品廃棄物

ここで、表 3.1.3 の注記に示すように、食廃は発生源によって 4 つに区分し、家庭、小売店、飲食店、および加工工場で発生したものを各々「家庭食廃」、「流通食廃」、「外食食廃」、および「加工食廃」とした。

3.1.3 近未来の循環利用対策シナリオの設定

本研究では、3.1.2 で紹介した NIES モデルによる廃棄物系バイオマス発生量に基づき、近未来におけるそれらの循環利用対策を検討した。その際、前述した 2 種類の循環型社会シナリオに対応する 2 種類のシナリオを想定した。一方は、循環資源を広域的に処理して

エネルギー利用を優先するシナリオ A、他方は、循環資源を地域的に処理してマテリアル利用を優先するシナリオ B である。なお、循環利用対策シナリオの主な検討項目は、「処理形態」、「利用形態（循環資源の変換後）」、「バイオマス間の集約処理・相互利用」、および「地域別の特性（都市、農村、山間）」の 4 つとした。

まず、NIES モデルで推定されたシナリオ別種類別の廃棄物系バイオマス発生量（表 3.1.3）と地域区分別の人口推計（表 3.1.2）に基づき、シナリオ別地域区分別の廃棄物系バイオマス発生量を推定した（表 3.1.4）。表 3.1.4 に示すように、家庭食廃、流通食廃、外食食廃、および下水汚泥はいずれの地域区分でも発生するが、食品加工工場や畜舎は全て農村に立地すると仮定し、加工食廃と家畜糞尿は農村でのみ発生するものと仮定した。

表 3.1.4 シナリオ別地域区分別の廃棄物系バイオマス発生量（単位：千 t-wet/年）

		食廃				下水汚泥	家畜ふん尿
		家庭食廃	流通食廃	外食食廃	加工食廃		
シナリオ A	都市	5,473	2,188	4,630	0	73,750	0
	農村	516	206	436	3,939	6,947	100,729
	山間	732	293	620	0	9,868	0
シナリオ B	都市	10,248	1,518	1,099	0	74,308	0
	農村	1,048	155	112	2,800	7,596	68,724
	山間	1,594	236	171	0	11,557	0

注記：

家庭・流通・外食食廃：人口比で各地域類型に按分

加工食廃：農村のみで発生と仮定

家畜ふん尿：農村のみで発生と仮定

下水汚泥：人口比で各地域類型に按分

つぎに、地域区分別に発生した廃棄物系バイオマスの循環利用を検討する。まず、シナリオ A では、広域的処理とエネルギー利用が優先される。建設廃材は都市でのみ発生し、山間の林業で発生した林地残材や工場残材と集約的に熱利用・電力利用される。農村では木質系バイオマスは発生しない。都市の家庭食廃については、同シナリオでは利便性や技術開発が推奨されるため、ディスポーザを介して下水道に導入され、下水汚泥として処理される。農村や山間の家庭食廃と、全ての地域区分の流通食廃については、広域的に回収され、農村に立地する施設で焼却発電が実施される。全ての地域区分の外食食廃についても、広域的に回収され、農村の施設で堆肥化される。加工食廃については、農村でのみ発生し、そのまま農村で飼料化される。家畜ふん尿についても、農村でのみ発生し、そのまま農村で前述の食廃と集約的に堆肥化される。下水汚泥については、流域を超えた処理は難しく、各地域区分の中でバイオガス化（BG 化）・電力利用され、発酵残さは焼却される。

シナリオ B では、地域的処理とマテリアル利用が優先される。都市と農村では建設廃材が発生し、山間では林地残材や工場残材が発生し、各々の地域でマテリアル利用される。都市ではディスポーザが導入されず、家庭食廃は車両回収され下水汚泥と集約的に BG 化

される。その発酵残さは都市の流通食廃と外食食廃と集約的に堆肥化される。農村と山間の家庭食廃は、流通食廃と外食食廃と共に集約的に堆肥化される。シナリオ A と同様、加工食廃は農村でのみ発生し、飼料化される。家畜ふん尿もシナリオ A と同様に農村でのみ発生し、前述の食廃と集約的に堆肥化される。下水汚泥もシナリオ A と同様、各地域区分の中で BG 化・電力利用されるが、その発酵残さは食廃と集約的に堆肥化される。

上記の循環利用対策のシナリオ A および B における物質フローを図 3.1.1 および図 3.1.2 に示す。

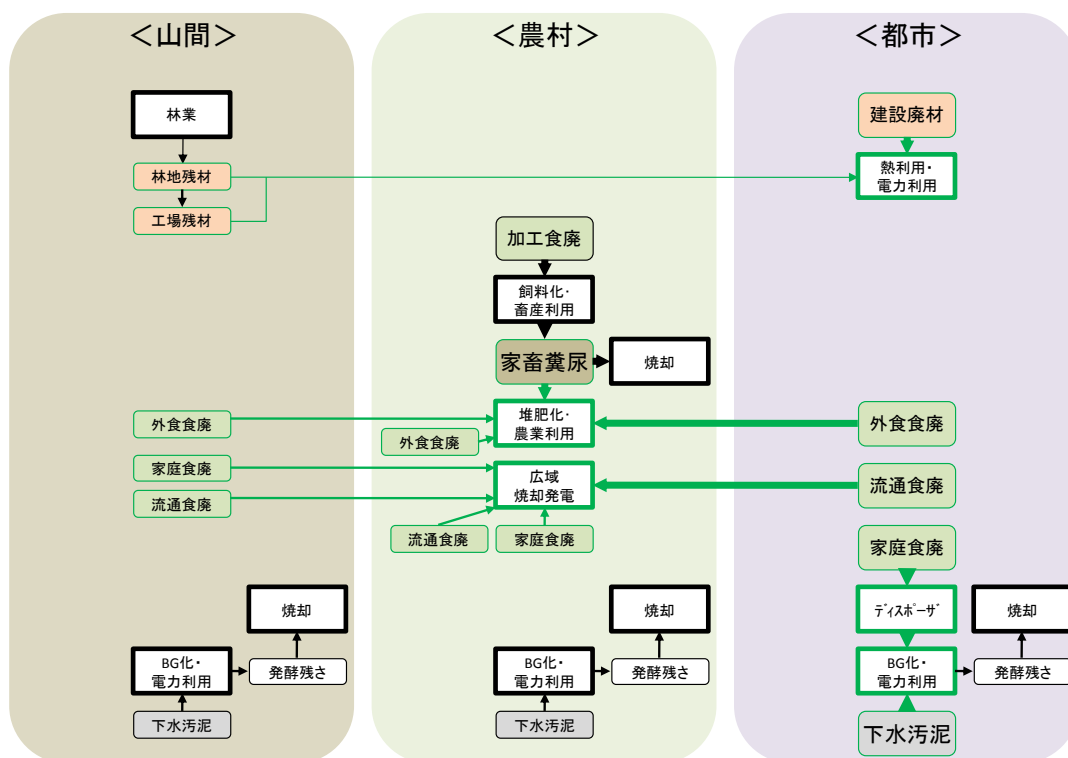


図 3.1.1 廃棄物系バイオマスの循環利用対策シナリオ A

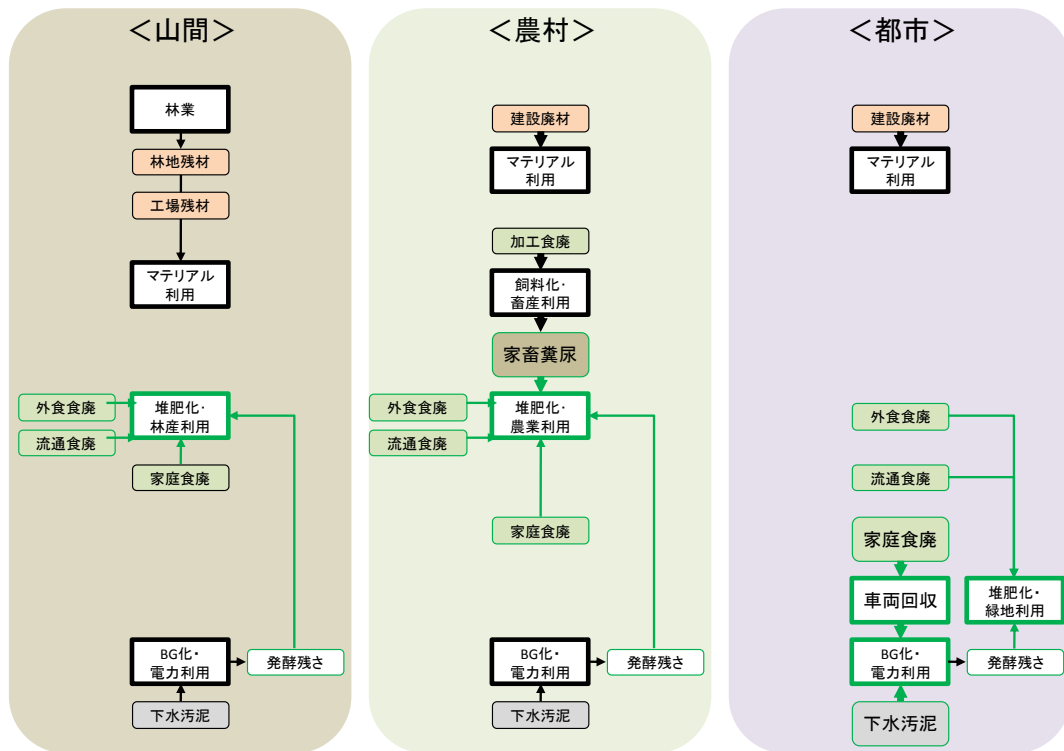


図 3.1.2 廃棄物系バイオマスの循環利用対策シナリオ B

図 3.1.1 および図 3.1.2 に示した廃棄物系バイオマスのうち、湿潤系バイオマス(食廃、下水汚泥、家畜ふん尿)について発生と受入の状況およびフロー量(発生量)を表*に示す。ここで、次節以降では主なバイオマスの種別に分析を進めていくが、湿潤系バイオマスのシナリオは集約処理や副産物の相互利用を含むため、他のバイオマスの受入や、他のバイオマス処理への提供が発生する。表 3.1.5 は、次節以降の分析のまとめりである主なバイオマス種別に、そういった相互の受入・提供の状況も示している。

表 3.1.5 湿潤系バイオマスの発生と受入の概要

次節以降の 分析のまとめ	シナリオ	プロセス		バイオマス		発生量 (千t-wet/年)	備考
		種類	存在地域	種類	発生地域		
食廃	A	広域焼却 発電	農村	流通食廃	都市	2,188	
					農村	206	
					山間	293	
				家庭食廃	農村	516	
					山間	732	
					加工食廃	農村	3,939
	B	堆肥化・ 緑地利用	都市	流通食廃	都市	1,518	
				外食食廃	都市	1,099	
				汚泥発酵残さ	都市	6,106	
		飼料化・ 畜産利用	農村	加工食廃	農村	2,800	
				家庭食廃	山間	1,594	
					流通食廃	山間	236
堆肥化・ 林産利用	山間	外食食廃	山間		171		
		汚泥発酵残さ	山間	8,141			
下水汚泥	A	BG化・電 力利用	都市	下水汚泥	都市	73,750	
			農村	家庭食廃	都市	5,473	ディスプレイ経由
			山間	下水汚泥	農村	6,947	
	B	BG化・電 力利用	都市	下水汚泥	都市	74,308	
			農村	家庭食廃	都市	10,248	車両回収
			山間	下水汚泥	山間	11,557	
家畜ふん尿	A	堆肥化・ 農業利用	農村	家畜ふん尿	農村	100,729	
				都市	4,630		
				外食食廃	農村	436	
				山間	620		
	B	堆肥化・ 農業利用	農村	家畜ふん尿	農村	68,724	
				家庭食廃	農村	1,048	
				流通食廃	農村	155	
				外食食廃	農村	112	
				汚泥発酵残さ	農村	3,053	

また、次節以降で述べる湿潤系バイオマス種別（表 3.1.5 の最も左の列）の分析における対象量をまとめた結果を表 3.1.6 に示す。

表 3.1.6 湿潤系バイオマス種別の分析における対象量（単位：千 t-wet/年）

	食廃		下水汚泥		家畜ふん尿	
	シナリオA	シナリオB	シナリオA	シナリオB	シナリオA	シナリオB
食廃	7,874	7,419	5,473	10,248	5,686	1,315
汚泥		14,247	90,565	93,461		3,053
家畜					100,729	68,724

表 3.1.6 が示す内容は、例えば食廃の場合では「主な分析対象は食廃であるが、シナリオ

Bにおいては下水汚泥を受け入れた集約処理を想定する」ということである。このように、次節以降のバイオマス別分析においては、他のバイオマスの受入や他のバイオマス処理への提供が一部存在することを予め述べておく。