

生物資源等部門の削減ポテンシャル

I. 直接効果(排出係数の改善、活動量の増加抑制など)

1. 農業

(1) 対策の概要

算定区分	対策・技術名	概要
家畜の消化管内発酵	家畜の生産性向上	乳用牛及び肥育牛個体の生産性を高めて、飼養頭数を抑制することにより、生産量を一定程度高めながらCH ₄ 排出を低減する。
	家畜の飼料構成の改善	脂肪酸カルシウムを給与飼料に添加する(給与期間は年間4ヶ月)ことで、年間の3割程度の期間のCH ₄ 発生量が5%抑制される。
家畜のふん尿処理	家畜ふん尿処理方法の変更	家畜ふん処理、尿処理、混合処理のうち温室効果ガス発生量の少ない処理方法を普及させることにより温室効果ガスの発生量を低減する。
稲作	水管理方法の改善	慣行的な水田の稲作では、栽培期間中ごろまでの前半は常時湛水させるが、7月中・下旬に数日から1週間にわたり水を落として水稻の根に酸素を補給し(中干し)、それ以降は間断灌水をして、収穫前に最終的に水を落とす。中干しを強くした場合、CH ₄ の発生は極めて少なくなり、中干し以降もCH ₄ 発生が抑制できる。
	稲わらの分解促進	稲わらのすき込み時に石灰窒素を同時に使って、腐熟(酸化分解)を早め、春以降に湛水した際に水田から発生するCH ₄ の量を抑制する。
施肥	施肥方法の改善	野菜等の栽培の基肥において、全面全層施肥から溝状の局所施肥に変更することにより、N ₂ Oの発生を削減する。

(2) 対策の課題

農業・畜産分野においては、最終製品が食料品であるため、食味等の本来目的への悪影響がないかどうかを精査する必要があるが、技術的課題は特にない。

ただし、家畜の生産性向上を除き対策導入のインセンティブが少なく、これまで温室効果ガス削減に係る明確な政策がとられてこなかったことから、現状の計画ケースでは対策・技術の普及はあまり見込めない。

今後は、各対策・技術導入に関する普及啓発を行うとともに、温暖化対策技術導入に伴う費用負担を軽減する経済的措置が必要であろう。また、本検討で考慮した技術は維持管理費用の増加が見込まれるが、現状の経済的措置においては維持管理費用は対象とされていないため、これを新たに対象とすることが必要と考えられる。

(3) 強化対策としての導入見込み量

算定区分	削減ポテンシャル(千t-CO2)	対策・技術名	試算条件
家畜の消化管内発酵	1,617 ~ 1,663	家畜の生産性向上	2010年度における、乳用牛の生産乳量及び肉用牛の日増体量が「家畜改良増殖目標」(H12)に示されている目標の値に改善された場合。
		家畜の飼料構成の改善	【低位】1割の酪農家が乳用牛の飼料に脂肪酸カルシウムを添加した場合。 【高位】全ての酪農家が乳用牛の飼料に脂肪酸カルシウムを添加した場合。
家畜のふん尿処理	1,252 ~ 2,262	家畜ふん尿処理方法の変更	【低位】 ・乳用牛：北海道の「ふん尿分離処理(貯留)」を実施している畜産家の20%が「メタン発酵+浄化(間欠曝気)」に転換し、「浄化(尿、ふん尿)」の処理の半分が「浄化(間欠曝気)(尿、ふん尿)」に転換した場合。 ・肉用牛：「浄化(尿)」の1/2が「浄化(尿：間欠曝気)」に転換した場合。 ・豚：2000頭以上を飼養する養豚家の40%にメタン発酵が普及すると仮定。「強制発酵(ふん)」、「浄化(尿)」から「メタン発酵処理+浄化(間欠曝気)」に転換。 【高位】 ・乳用牛：「ふん尿分離処理(貯留)」を実施している畜産家の全てが「メタン発酵+浄化(間欠曝気)」に転換し、「浄化(尿、ふん尿)」の処理の全てが、「浄化(間欠曝気)(尿、ふん尿)」に転換した場合。 ・肉用牛：「浄化(尿)」の全てが「浄化(尿：間欠曝気)」に転換した場合。 ・豚：2000頭以上を飼養する養豚家の全てにメタン発酵が普及すると仮定し、「強制発酵(ふん)」、「浄化(尿)」から「メタン発酵処理+浄化(間欠曝気)」に転換した場合。
稲作	1,147 ~ 2,372	水管理方法及び稲わらの分解促進	【低位】水管理を強化する水田は40%とした。稲わらの分解促進と水管理の強化の両方が導入可能で、稲わらのすき込みを行っている水田の16%が2技術を導入すると仮定し、どちらか一方を導入する水田が24%とした。 【高位】水管理技術を導入できない水田が17%あると推定され、それ以外の水田では全て水管理の強化によるメタンの発生を抑制する技術を導入するとした。稲わらすき込みを行っている水田では、上記の17%を除いた水田で2技術を導入すると仮定した。
施肥	20 ~ 98	施肥方法の改善	【低位】「野菜」「馬鈴薯」「甘蔗」を栽培する耕地の20%に局所施肥を実施し、当該農家における施肥量が従前の81.4%になる場合を想定(各県の農業試験場へのヒアリングにより普及率を設定)。 【高位】「野菜」「馬鈴薯」「甘蔗」を栽培する耕地の全てに局所施肥を実施し、当該農家における施肥量が従前の81.4%になる場合を想定

(参考)地球温暖化対策推進大綱における試算

- ・ 農業・畜産分野の削減量は見込まれていない。

2. 廃棄物

(1) 対策の概要

算定区分	対策・技術名	概要
埋立	食品廃棄物のリサイクル	食品廃棄物のリサイクル等により分解性の廃棄物の埋立量及び焼却量を減らし、最終処分場で発生するCH ₄ 及び焼却炉で発生するCH ₄ 、N ₂ Oの発生を抑制する対策
	最終処分場の覆土	最終処分場覆土に存在するメタノトローフ（メタン酸化細菌群）に着目して、覆土の透気性（気相率）を制御することによりCH ₄ の発生を抑制する技術。
下水処理	下水処理システムの改善	下水処理システムの運転条件を改善することで、CH ₄ ・N ₂ Oの排出を抑制する技術
	生活系排水のバイオ・エコエンジニアリングによる対策技術	バイオエンジニアリング（生物処理工学）とエコエンジニアリング（生態処理工学）を活用した生活系排水の処理における対策技術（本検討においてはバイオエンジニアリングに着目）
焼却	食品廃棄物のリサイクル	上述の通り。
	廃プラスチック（一般廃棄物）の抑制	大手の小売店を中心に食品トレー、買い物袋などの使用量を削減。
	リサイクルの進展（廃プラスチックの高炉利用及びセメント焼成における利用）	高炉でのコークス、微粉炭の代替材料等として廃プラスチックを利用する。 また、石炭に代わるセメント焼成用燃料として廃プラスチックを利用する。
	下水汚泥焼却炉からの排出抑制	高分子系流動焼却炉における下水汚泥の焼却において、燃焼条件（燃焼温度）を改善させることでN ₂ Oの排出を抑制する技術。

(2) 対策の課題

廃棄物分野の対策・技術については、今後の技術開発の進展が望まれる分野もあるが全般的に技術的な課題は少ない。

廃棄物の分野では本来の目的（廃棄物の発生抑制、資源の有効利用、水質保全等）と温暖化対策とが両立するものであり、循環型社会六法と呼ばれる法律が制定され、水質に関しては第5次総量規制も実施されることから、今後の温暖化対策は進みやすいものと考えられる。

しかし、その実現には社会システム・基盤の大きな変革を必要とするため、今後は、各対策・技術導入に関する普及啓発を行うとともに、導入に伴う費用負担を軽減する経済的措置が重要になるであろう。

(3) 強化対策としての導入見込み量

算定区分	削減ポテンシャル(千t-CO2)	対策・技術名	試算条件
埋立	566 ~ 741	食品廃棄物のリサイクル	「食品リサイクル法」における対象事業者が全ての排出事業者になると想定(リサイクル率20%)。目標年次の2005年までに段階的にリサイクル量が増え、それ以降はリサイクル率一定とした。
		最終処分場の覆土	【低位】今後新規に埋め立てられる分解性の廃棄物の埋め立てに関しては本技術が適用されると想定。 【高位】全ての最終処分された分解性の廃棄物に対して本技術が適用されると想定。
下水処理	271 ~ 375	下水処理システムの改善	下水道における高度処理普及率を100%と想定。
		生活系排水のバイオ・エコエンジニアリングによる対策技術	【低位】2010年に生活排水処理施設のうち水環境保全上特に支障がある地域に居住する人口(対全人口比67.8%)に対して、高度処理が普及すると想定。 【高位】生活排水処理施設における高度処理の普及率を100%と想定。
焼却	1,858 ~ 2,440	食品廃棄物のリサイクル	上述の通り。
		廃プラスチックの排出抑制	大手の小売店を中心に食品トレーの使用を減らす等、排出抑制対策が進められると想定。
		リサイクルの進展(廃プラスチックの高炉利用及びセメント焼成における利用)	廃プラスチックのうち、高炉利用及びセメント焼成に利用可能と考えられる廃棄物量が最大限利用されると想定。
		下水汚泥焼却炉からの排出抑制	高分子流動焼却炉における高温燃焼による温室効果ガス排出削減技術の普及率を100%と想定。

(参考)地球温暖化対策推進大綱における試算

- ・ ごみの直接埋立の縮減等によるメタンの発生抑制 3,667千t-CO2
- ・ リサイクルの推進等による廃棄物焼却に伴うCO2削減 3,667千t-CO2

(算定の相違)

- ・ 主として、循環型社会の形成に向けた法整備による廃棄物の発生抑制、リサイクル等の効果が見込まれていなかったことによる。

3. 直接効果総括表

対象分野名	温室効果ガス排出量																		
	CO2 [千トンCO2]						CH4 [千トンCH4]						N2O [千トンN2O]						
	1990	1998	2010			1990	1998	2010			1990	1998	2010		強化 低位水準 高位水準				
			固定	計画	強化 低位水準 高位水準			固定	計画	強化 低位水準 高位水準			固定	計画					
・ 農業	1. 家畜の消化管内発酵					345.2	327.8	406.0	360.6	329.1	326.9								
	2. 家畜の糞尿処理					34.5	31.3	36.3	27.9	25.5	20.5	13.47	12.02	12.38	14.43	9.08	6.15		
	3. 稲作					372.6	333.4	301.2	301.2	246.6	188.2								
	4. 施肥											3.78	3.11	3.61	3.61	3.55	3.30		
	5. 農業廃棄物の焼却					5.2	4.5	4.8	4.8	4.8	4.8	0.69	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70		
・ 廃棄物	1. 埋立					388.0	359.4	350.2	337.7	310.8	302.5								
	2. 下水処理					6.0	6.8	8.4	4.0	1.5	1.5	2.69	2.73	1.95	1.63	0.92	0.59		
	3. 焼却	12,773	24,024	24,280	20,568	19,090	18,507	0.3	0.2	0.2	0.2	4.89	6.05	7.50	4.71	3.49	3.49		
合計		12,773	24,024	24,280	20,568	19,090	18,507	1,152	1,063	1,107	1,036	918	845	25.52	24.63	26.15	25.08	17.74	14.23

対象分野名	総排出量 [千トン CO2換算]							削減ポテンシャル		備考 大綱策定時の削減量割当
	1990	1998	2010			強化		削減ポテンシャル 低位水準 高位水準	削減ポテンシャル 低位水準 高位水準	
			固定	計画	強化 低位水準 高位水準	強化 低位水準 高位水準				
・ 農業	1. 家畜の消化管内発酵	7,250	6,883	8,527	7,574	6,910	6,864	663	709	
	2. 家畜の糞尿処理	4,900	4,384	4,600	5,059	3,349	2,338	1,711	2,721	
	3. 稲作	7,824	7,002	6,325	6,325	5,179	3,953	1,147	2,372	
	4. 施肥	1,173	965	1,120	1,120	1,100	1,022	20	98	
	5. 農業廃棄物の焼却	323	315	318	318	318	318	0	0	
・ 廃棄物	1. 埋立	8,148	7,547	7,355	7,092	6,527	6,352	566	741	埋立の縮減 3,667
	2. 下水処理	961	990	782	588	317	214	271	375	
	3. 焼却	14,293	25,904	26,610	22,034	20,176	19,594	1,858	2,440	リサイクル推進 3,667
合計		44,871	53,991	55,637	50,110	43,876	40,654	6,234	9,456	合計 7,333

各種ガスのCO2換算式：CO2+CH4×21+N2O×310 (21：CH4のGWP、310：N2OのGWP)
削減ポテンシャルは計画ケースからの削減量

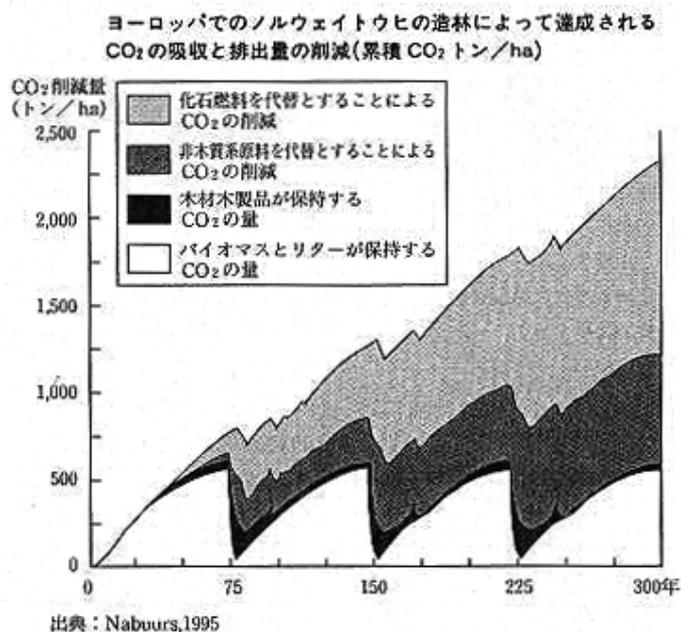
II. 間接効果(化石燃料代替効果など)

1. バイオマスのエネルギー利用

○木質バイオマスのエネルギー利用

IPCC¹の第2次評価報告書(1995年)は、「森林分野の温暖化対策の貢献としては、木材利用によってエネルギー集約型の原料を代替する省エネ効果、木質バイオマスのエネルギー利用によって化石燃料を代替する効果等が有効である。」と指摘している。

わが国においては、森林による国土の被覆率が7割に達し、第2次世界大戦以降の積極的な植林により1,000万haの人工林を造成してきた。現在、この人工林が成熟し、伐期を迎えようとしているが、年々の伐採量は森林の成長の3割程度であり、間伐材の多くも山で切り捨てられている。従って、持続可能な森林経営の観点からも、化石燃料代替方策を検討することが重要である。



○農業・畜産系廃棄物のエネルギー利用

物質循環の観点からは、農業・畜産系廃棄物は可能な限り農地へと還元していくことが基本である。しかし、食糧自給率の低いわが国では農地で受容することができないほどの有機性廃棄物が発生しており、これに含まれる窒素量は農地の容量の2.6倍²ともいわれている。受容量を超えた農業・畜産系廃棄物については、サーマルリサイクル等により有効に活用されることが望ましい。

¹ 1988年に設立された世界の科学者2000人以上で構成する気候変動に関する政府間パネル。

² 「生物系廃棄物リサイクル研究会報告書」(H11.2)

(1) 対策の概要

バイオマスとは「太陽エネルギーを貯えた生物体」のことで、あらゆる植物や動物が含まれる。バイオマスには厳密な定義は未だなく、分類法も確立していない。従って、生態学、エネルギー工学、その他の観点により定義が異なっている。エネルギー資源としての観点からは、従来型の農林水産資源はエネルギー源とはなりえず、廃棄物バイオマス、また近い将来にはプランテーションバイオマスが有望と見なされており、概ね下図のように分類できる。

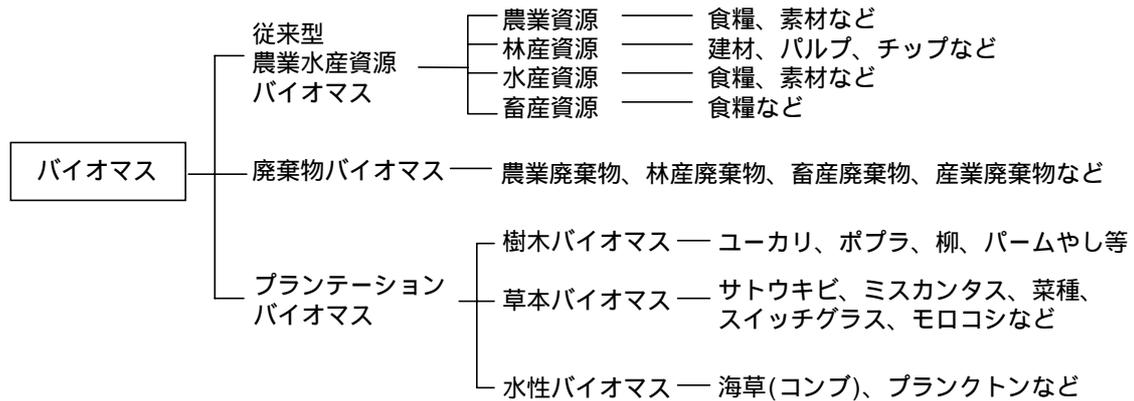


図 エネルギー資源の観点からみたバイオマスの分類

バイオマスエネルギーは、再生利用が可能な資源であること、再生時に大気中のCO₂を吸収するので、エネルギーとして利用してもトータルバランスでは大気中のCO₂濃度を高めないこと、広域に分布していること(分散型エネルギー源)、廃棄物を利用できること、資源として、また生産物(気体/液体燃料)として貯蔵が可能で、既存のシステムに代替できること等から、世界的に注目され、各国で導入が急速に進んでいる。

国名	計画の概要	出典
米国	・バイオ製品、バイオマスエネルギー消費を1990年の3倍にする(2010年)	「バイオ製品とバイオエネルギーの開発及び促進」についての大統領令公布(1999年8月)
EU	・再生可能エネルギーの比率5.3%(1995年) 11.6%(2010年) ・石油2000万トン分の化石燃料を節約し、80%はバイオマスで賄う(推計値)。	EU「自然エネルギー利用行動計画」
デンマーク	・年率1.7%の経済成長(GDP)を維持しながら、エネルギー消費を17%削減(2030年) ・「再生可能エネルギーの最大利用」において、地域のバイオマス燃料プラントを熱電併給に切り替えるための助成や技術開発を積極的に推進。	“Energy 21 Project”
日本	・再生可能エネルギーの比率5.2(1997年)% 7.5%(2010年)	通産省「長期エネルギー見通し」

バイオマスのエネルギー利用の形態は、燃焼法、熱化学変換法、生物学的変換法など、下図のようにまとめられる。

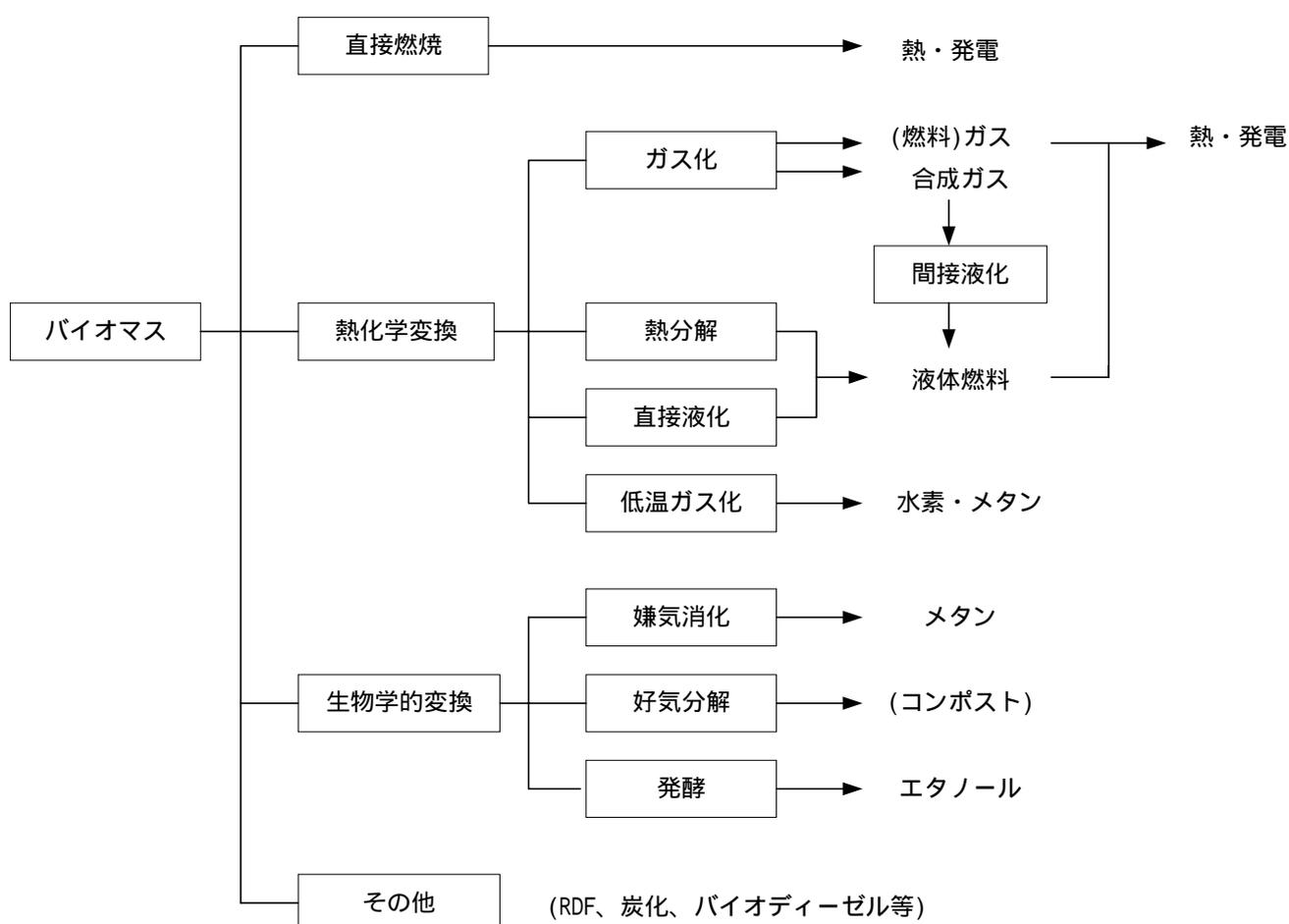


図 バイオマスのエネルギーへの変換利用体系

これらのうち、エタノール発酵については、ブラジルでは国家政策により、サトウキビから約1300万klのエタノールを生産しており、またアメリカではトウモロコシから発酵で得られたエタノールをガソリンに10%添加して利用している。

これらエネルギー利用技術のうち、直接燃焼によるバイオマス発電や熱利用に比べて、ガス化・液化技術は、貯蔵・運搬の容易性、エネルギー効率やCO₂削減性に優れているものの技術的課題が多く、2010年を目標とした技術としては考えにくいため、検討からは除外した。

ここでは、わが国における木質バイオマス発電(熱利用)、農業・畜産系廃棄物による発電(熱利用)の課題について整理した。

(2) 対策の課題

技術的側面

ア． 林地残材・除間伐材、農業廃棄物の分散型エネルギー利用

バイオマスエネルギーについては、畜産・食品廃棄物、木材バイオマス等の資源をエネルギーの必要な需要地に運搬するのにエネルギーを要するため、全体としての効率が落ちるのではないかと懸念されている。

従って、バイオマス資源の利用にあたっては、その地域に存在する資源に基づいた生産・利用システムの開発というアプローチが必要になってくるため、対象となる地域によって適切なシステムの内容が異なる。

従って、国内でバイオマスエネルギーを導入、普及させていくためには、

実施地域

地域に賦存するバイオマス資源の特性

資源を利用可能にするための変換技術の種類と適性規模

得られたエネルギーに対する電気、熱の需要 等

を検討し、原料の安定供給、価格、法規制などに関する課題を解決していくことが必要であると考えられる。

スウェーデンでは、エネルギー材料の生産、集荷、配送から、エネルギー発生装置、生産されたエネルギーの最終消費や廃棄物処理にいたる全プロセスを一つのシステムとして設計したことによって、低コスト化が進んだことが成功要因として挙げられる。

イ． 都市の木質廃棄物のエネルギー利用

都市の木質廃棄物は不特定多数の発生源から不定期に排出されるもので、不揃いな形状、複数の樹種の混在、金属やプラスチックなどの他材料との複合・結合、防腐剤(有毒な重金属など)を注入した廃材の処理など、再利用する上で不利な点を抱えているため、再資源化を促進するためには排出・収集・加工・利用の一連のシステムを整備する必要がある。

特に、建設廃棄物は重量・体積が大きく、廃棄物の移動に関する様々なコストの増加が大きいことから、地域ごとの廃棄物発生量の見込みと現状の再資源化施設の立地状況に応じた施設整備が必要と考えられる。

再利用にあたっては、廃棄物の発生場所が都市であること、それを再資源化する施設の立地条件（利便性・輸送コスト）、再資源化された材料の需要などを考えると、都市近郊での再利用が主と考えられる。

経済的側面

バイオマス発電は、石油や一般電力とのコスト格差を是正するための経済的措置の充実が不可欠である。

スウェーデンを例にとると、化石燃料の消費削減を目指す政府の課税政策が重要な役割を果たしている（地域暖房用の化石燃料には高額な税が課せられ、木質燃料は最も安い燃料になった。コージェネレーション・プラントを導入する際にも公的な助成がなされてきた）。

これらの政策的なサポートを背景に森林バイオマスによるエネルギー供給が順調に増加（林地残材の利用は最近の7年間で3倍に増加）し、価格もこの20年ほどの間に大幅に低下している。

理由としては、i)通常用の材（素材）生産のなかに燃料用チップの生産がスムーズに組み込まれるようになったこと、ii)森林バイオマス用の各種インフラが整備されたこと、iii)効率化・企業統合などで取引費用が低下したこと、iv)木質燃料の分野でも市場の自由化で競争的になったことが挙げられる。

また、燃料となる木質バイオマスには、価格別に大きく分類して、都市の木質廃棄物、製材工場等の残廃材、林地残材・除間伐材の3種類があるが、既存の電力事業者との価格競争力を持つためには、上記の経済的措置が必要と考えられる。また、除間伐材利用によるバイオマス発電が経済的に成立するような経済措置を講じた場合、海外プランテーションによるバイオマス発電も市場競争力を持つことになる。

<エネルギーとしての木質バイオマスの供給量と価格>

	燃料としての木材供給量(m ³)	木材の燃料価格(円/m ³)
都市の木質廃棄物	3,500,000	- 11,700 ~ 0
製材工場等の残廃材	2,090,000	0 ~ 3,500
林地残材	3,080,000	7,000
除間伐材	650,000	15,000
(参考)海外プランテーション		9,000

供給量については、・ は固定ケース、 は強化ケース(下限)、 は強化ケース(上限)で算出した数値。

<燃料価格の算出>

	費用の算出過程	備考
都市の木質廃棄物	木造建築物の解体に伴う木質廃棄物の処分費 2,100円/m ² ¹ 木造住宅の木材使用原単位として0.18 m ³ /m ² ² を適用すると、処分費 = 約11,700円/m ³	¹ 分別機械解体（混廃 選別・破碎）の場合の処分費用。（「建設リサイクル法の解説」（監修）建設省建設経済局建設業課、H12年8月） ² 木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書（（財）日本住宅・木材技術センター、H7年度）
製材工場等の残廃材	チップ化 2,000円/m ³ 運搬費（工場 近隣） 1,500円/m ³ ³ 計 3,500円/m ³	³ 製材等の工程で発生する残廃材であり、自社工場内での利用を想定すると運搬費用は必要ないが、近隣の工場等に運搬することを考えた場合の費用として1,500円/m ³ を算入した。
林地残材 ⁴	運搬費（林道 工場） 2,000円/m ³ チップ化 2,000円/m ³ 運搬費（工場 燃料利用施設） 3,000円/m ³ 計 7,000円/m ³	⁴ ここでいう林地残材とは、主伐等に伴って林地から搬出され、林道上でプロセス処理によって発生したもののみを指している。
除間伐材 ⁵	伐採・集材費 8,000円/m ³ 運搬費（林道 工場） 2,000円/m ³ チップ化 2,000円/m ³ 運搬費（工場 燃料利用施設） 3,000円/m ³ 計 15,000円/m ³	⁵ ここでは除間伐材のうち、製品としての利用価値のある材を除いた低質材を用いることを想定している。
(参考)海外プランテーション	9,000円/m ³ (参考)現在の製紙用のチップの輸入価格が平均14.2円/kgである。海外で植林しても、この価格で輸出できれば、海外植林事業自体が成立し、輸入価格(CIF)を15円/kg(=¥9,000/m ³)として発電設備の償却・運営などを考慮すると、19円/kWhで売電できれば、発電事業が成立する。	

(資料)「国有林野のエネルギー資源利用検討会」報告書（林野庁、H13.2）を基に作成

制度的側面

バイオマス発電及び農業・畜産系廃棄物による発電は、現行の「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」(新エネ法)には明確に位置づけられていない。

バイオマス発電等の再生可能エネルギー導入を軌道に乗せるためには、余剰発電量を電力会社に売電する制度が必要であり、系統に対してどの程度までの電力量であれば問題がないかについて明らかにする必要がある(太陽光、風力に比べて検討が進んでいない)。また、安定性を確保するための技術の適用可能性についても併せて検討する必要がある。

また、バイオマスエネルギーを含む再生可能エネルギーの導入を推し進めるため、次ページのような制度的支援を検討する必要がある。

(1) 導入促進を図る段階

- ・ 導入に係る補助金制度
- ・ 公的部門等における率先導入(グリーン購入)

(2) 市場形成を図る段階

- ・ 電力の一定割合を自然エネルギーにすることを義務づける「クォーター制」や自然エネルギーからの発電量毎に証書を発行し、顧客や顧客間で取り引きさせる「グリーン証書」などの導入

(3) 強化対策としての導入見込み量

バイオマス発電

燃料として使用される木材のエネルギー量に利用形態毎のエネルギー変換効率を乗じることにより、ケース毎のエネルギー生産量を算定した。

なお、除間伐材を燃料として使用できる場合を想定した場合、海外プランテーションによるバイオマス発電も市場競争力を持つため、高位水準としては、下記の算定結果以上のエネルギー利用が可能になる。

エネルギー源		エネルギー利用形態	2010			
			固定	計画	強化	
					下限	上限
木質 バイオマス の種類	都市の木質廃棄物	熱利用 [10 ¹⁵ J]	16.4	53.1	53.1	53.1
		発電 [10 ⁶ kWh]	-	4,139.4	4,139.4	4,139.4
	製材工場等の残廃材	熱利用 [10 ¹⁵ J]	3.9	3.9	12.1	12.1
		発電 [10 ⁶ kWh]	610.5	610.5	589.3	589.3
	除間伐材・林地残材	熱利用 [10 ¹⁵ J]	-	-	20.9	25.3
		発電 [10 ⁶ kWh]	-	-	1,934.0	2,342.1
合計		熱利用 [10 ¹⁵ J]	20.3	57.1	86.1	90.5
		発電 [10 ⁶ kWh]	610.5	4,749.9	6,662.7	7,070.8

ケース	試算条件
低位	<p>都市の木質廃棄物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計画ケースで、既に2010年までの再資源化率の目標を100%達成すると設定したため、強化ケースは検討の余地がないとする。 <p>製材工場等の残廃材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・木材供給量の増加に伴って残廃材の発生量が増加する(1,690万m³)。 ・残廃材の焼棄却率は0% (再利用率100%)と想定 (つまり全体の13%の燃料利用に、焼棄却していた5%分(304.2万m³)が全て燃料として再利用されると想定)。 ・廃棄物発電施設に、熱電併給の可能な施設を導入し、エネルギーの総合効率が向上した場合を想定。 <p>林地残材³</p> <ul style="list-style-type: none"> ・林道上でプロセッサ処理によって発生したもののみ (林地残材全体616万m³の5割 = 308万m³) をすべてエネルギー利用に供すると想定。 ・熱電併給の可能な施設の導入が促進した場合を想定。
高位	<p>低位ケースのうち、林地残材・除間伐材について下記の条件を設定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・林地残材については、林道上でプロセッサ処理によって発生したもののみ (林地残材全体616万m³の5割 = 308万m³) をすべてエネルギー利用に供すると想定。 ・除間伐材については、高性能林業機械の導入による素材生産コストの低下や、林道の整備、路網密度の上昇などにより、年間30万ha (650万m³) の間伐を実施すると想定。2010年時点での間伐材利用率を60%とし、そのうち製品価値を有する材を50%、残り低質材などに相当する残りの10%分 (=65万m³) をエネルギー利用に供すると想定。 ・熱電併給の可能な施設の導入が促進した場合を想定。

³ ここでいう林地残材とは、主伐等に伴って林地から搬出され、林道上でプロセッサ処理によって発生したもののみを指している。

エネルギー変換効率の設定

区分	エネルギー変換効率
都市の木質廃棄物の処理に適用するシステム	(ア)熱を主とした燃料利用(例: 銭湯用燃料、その他熱源): 熱効率(ボイラ効率) 80% ボイラ効率(%): ボイラ水に吸収された熱量 / 燃料の低発熱量 = 80%と設定。 (イ)既存の大型火力発電所における化石燃料との「混焼」: 熱効率39% (火力発電所の平均熱効率が39%であることから、この値を用いた。) (電気事業連合会資料より) 火力発電所の熱効率(%) = 発生電力量(kWh)×860(kcal/kWh)×100 / 燃料消費量(kg)×燃料発熱量(kcal/kg) (電気事業便覧(H11年度版))
製材工場等の残材の処理に適用するシステム	(ア)木材の乾燥用等の熱源を得るためのボイラ用燃料としての利用を想定。ボイラ効率(%): ボイラ水に吸収された熱量 / 燃料の低発熱量 = 80% (イ)工場内の電力供給を目的とした発電システムを想定。発電効率: 30% (「国有林野のエネルギー資源利用検討会」資料(林野庁))
林地残材(除間伐材)の処理に適用するシステム	・ 北欧の熱電併給システムの導入を想定。発電効率: 20%、熱効率: 60% (「国有林野のエネルギー資源利用検討会」資料(林野庁))

農業(畜産)廃棄物のエネルギー利用

家畜ふん尿処理方法のひとつである、メタン発酵処理(嫌気性消化法)の特徴は、家畜ふん尿の減量化が達成されるとともに、発生するメタンガスによりエネルギーを創出出来る点である。現在、京都府船井郡八木町の「八木バイオエコロジーセンター」に導入されるなど数例の事例がある。

ここでは、家畜種毎のメタン発酵処理対象飼育頭数に家畜種毎の1頭当たりエネルギー生産量を乗じることにより、ケース毎のエネルギー生産量を算定した。

なお、各ケースの家畜頭数は、直接効果の家畜ふん尿処理方法の変更に伴うメタン排出量の削減効果の数値を用いている。

エネルギー源	エネルギー利用形態	2010				
		固定	計画	強化		
				低位水準	高位水準	
家畜種	乳用牛	熱利用 [10 ¹⁵ J]	0.0	0.0	8.6	40.6
		発電 [10 ⁶ kWh]	0.0	0.0	125.5	591.9
	豚	熱利用 [10 ¹⁵ J]	0.0	0.0	17.6	43.9
		発電 [10 ⁶ kWh]	0.0	0.0	256.7	640.1
合計	熱利用 [10 ¹⁵ J]	0.0	0.0	26.2	84.4	
	発電 [10 ⁶ kWh]	0.0	0.0	382.2	1,232.0	

ケース	ケース設定の考え方
低位	乳用牛: 北海道の「ふん尿分離処理(貯留)」を実施している畜産家の20%が「メタン発酵+浄化(間欠曝気)」に転換 豚: 2000頭以上を飼養する養豚家の40%にメタン発酵が普及すると仮定。
高位	乳用牛: 「ふん尿分離処理(貯留)」を実施している畜産家の全てが「メタン発酵+浄化(間欠曝気)」に転換 豚: 2000頭以上を飼養する養豚家の全てにメタン発酵が普及すると仮定。

2. その他の対策

下水汚泥処理に伴う消化ガスのエネルギー利用

これまで、下水汚泥の減量化を目的とした消化処理に伴い発生する消化ガス(メタン)は、消化槽の加温の熱源等として有効利用されてきた。近年では、さらなる有効利用の手段として消化ガス発電の導入が進んできている。

(1) 対策の概要

対策・技術名	概要
都市緑化による都市気象の改善効果	都市公園、道路、公共施設、公的供給住宅等における植樹活動を促進することで、都市気象の緩和効果、特に夏季における気温低減効果を応用した間接的な削減を期待するもの。
屋上緑化による冷房電力の削減	屋上緑化の植物および土壌の日射吸収・蒸散・保有水分による恒温作用により、夏期において建物の温度上昇を抑え、冷房にかかる電力消費を削減することで電力消費に伴う化石燃料の燃焼によるCO ₂ の排出を抑える。
消化ガスの有効利用	下水汚泥を消化して得られるメタンガスを利用し、発電するもの。
生分解性プラスチックの利用による既存材料の代替	植物由来(バイオマス由来)の生分解性プラスチックの利用により、従来のプラスチックが代替され、代替されるプラスチックの製造に伴い消費される石化原料による温室効果ガスの排出が抑制される。

(2) 対策の課題

(都市緑化・屋上緑化)

都市緑化、屋上緑化については、技術的課題は特にみあたらず、導入費用負担増が普及のネックになっている。近年、ヒートアイランド現象の緩和を目的として、東京都をはじめとする都市部において、普及啓発、条例による屋上緑化の義務づけ(東京都)、導入費用の1/2補助(一部の政令市)などの導入促進対策が講じられ、将来的には普及は進んでいくものと考えられる。

(消化ガス発電)

現状では、消化ガスの長期保存や輸送が困難であり、電力の安定供給が困難である。また、頻繁な定期点検が必要であり、運転・点検に係る費用負担が大きくなってしまったため、導入に係る経済的措置が必要であるとともに、横浜市のようにスケールメリットを発揮するための汚泥処理事業の広域化を図ることも重要である。

(3) 強化対策としての導入見込み量

算定区分	導入見込量	試算条件
都市緑化による都市気象の改善効果	消費電力削減量 25 [10 ⁶ kWh]	都市緑化1ha当たりの消費電力削減量に植樹面積を乗じることによって算出する。 95年の実績値と2000年の目標値(「植樹等五箇年計画」「グリーンプラン2000」)から、都市緑化が年間の平均植樹本数が、2010年まで同じ植樹本数が継続された場合を想定。
屋上緑化による冷房電力の削減	消費電力削減量 3.3 ~ 222以上 [10 ⁶ kWh]	【低位】全国の市街地(117万ha)で屋上緑化助成金支給が導入されると想定し(平成4年全国市街地面積「国土統計要覧」平成11年度版)、現在助成金制度のある自治体の平成11年の年間の屋上緑化実績と同等の屋上緑化が普及するものとした。 【高位】東京都が都市全保護条例で、1000m ² 以上の敷地にビルなどを建設する場合、構造上の問題がなければ屋上部分の20%以上を緑地にすることを義務付け、2015年の目標値として1,200haを掲げている(2000年12月)。低位ケースに加えて、東京都において2010年までに600haが緑化されるとした(ヒアリング調査結果より)。この様な対策が全国自治体において普及した場合には、今回の算定結果以上の効果が見込まれる。
消化ガスの有効利用	148 ~ 562 [10 ⁶ kWh]	【低位】消化ガスのうち未利用のガスが最大限(80%)発電に利用されると想定。 【高位】利用可能な消化ガスの全てをコージェネレーションにより発電すると想定。消化槽の加温は廃熱で賄うと想定。
生分解性プラスチックの利用による既存材料の代替	95,475 ~ 1,425,000[t]	生分解性プラスチックの全国消費量にバイオマス由来の生分解性プラスチック構成比を乗じることにより算出する。 【低位】2010年における業界の目標をもとに設定。バイオマス由来の生分解性プラスチックの生産量が95%と想定。 【高位】業界の長期目標をもとに、全合成樹脂の10%(1,500,000トン)が生分解性プラスチックに代替されると想定。バイオマス由来の生分解性プラスチックの生産量が95%と想定。

3. 間接効果総括表

(1) 生物資源等部門におけるエネルギー生産（化石燃料代替効果）

【発電】 [10⁶kWh]

技術名		実績		2010				計画ケースからの増分		
		1990	1998	固定	計画	強化		強化		
						低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	
1. 農業	(1)畜産廃棄物のエネルギー利用	-	-	-	-	382.18	1,232.02	382.18	1,232.02	
2. LULUCF	(1)木質バイオマスの利用	-	-	610.47	4,749.91	6,662.70	7,070.84	1,912.79	2,320.93	
	都市の木質廃棄物	-	-	-	4,139.45	4,139.45	4,139.45	0.00	0.00	
	製材工場等の残廃材	-	-	610.47	610.47	589.30	589.30	-21.16	-21.16	
	除間伐材・林地残材	-	-	-	-	1,933.96	2,342.09	1,933.96	2,342.09	
3. 廃棄物	(1)消化ガス（下水）発電	56.55	73.30	73.30	73.30	148.23	561.84	74.93	488.54	
合計		[10 ⁶ kWh]	56.55	73.30	683.77	4,823.21	7,193.11	8,864.70	2,369.90	4,041.49

【熱利用】 [10¹⁵J]

技術名		実績		2010				計画ケースからの増分		
		1990	1998	固定	計画	強化		強化		
						低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	
1. 農業	(1)畜産廃棄物のエネルギー利用	-	-	0.00	0.00	26.19	84.43	26.19	84.43	
2. LULUCF	(1)木質バイオマスの利用	-	-	20.35	57.06	86.14	90.55	29.08	33.49	
	都市の木質廃棄物	-	-	16.41	53.12	53.12	53.12	0.00	0.00	
	製材工場等の残廃材	-	-	3.94	3.94	12.13	12.13	8.19	8.19	
	除間伐材・林地残材	-	-	-	-	20.89	25.29	20.89	25.29	
合計		[10 ¹⁵ J]	-	-	20.35	57.06	112.33	174.98	55.27	117.92

「 」：個別事例の実績値はあるが、統計等が整備されていないため総量が不明。

【参考】

バイオマスエネルギーによる熱生産がA重油ボイラー（熱効率80%）を代替した場合のCO2削減効果は下表のとおり。

	output [10 ¹⁵ J]	熱効率	input [10 ¹⁵ J]	A重油の 排出係数 [GgCO2/10 ¹⁵ J]	代替効果 [千tCO2]
低位水準	55.27	80%	69.09	69.29	4,787
高位水準	117.92		147.40		10,214

(2) 生物資源等部門におけるエネルギー消費削減（化石燃料消費回避）

[10⁶kWh]

技術名		実績		2010				計画ケースからの増分		
		1990	1998	固定	計画	強化		強化		
						低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	
1. LULUCF	(1)都市緑化	-	-	9.7	21.6	25.2	25.2以上	3.6	3.6以上	
	(2)屋上緑化	-	-	0.1	0.6	3.3	221.7以上	2.7	221.1以上	
小計		[10 ⁶ kWh]	-	-	9.83	22.24	28.6	247.0以上	6.3	224.7以上

(3) 生物資源等部門における（生分解性）プラスチック生産（エチレン等プラスチック製品原料の代替）

[t]

技術名		実績		2010				計画ケースからの増分	
		1990	1998	固定	計画	強化		強化	
						低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
1. その他	(1)バイオマス由来の生分解性プラスチックの生産	0	495	495	5,635	95,475	1,425,000	89,840	1,419,365

III . 推計上の課題

(バイオマス発電) 発電の設備容量(kW)の想定について

「製材工場等の残廃材」については、(製紙・パルプ業を除いた)木材産業における廃棄物発電の導入実績から、発電設備容量を設定できる(2,400kW)が、「都市の木質廃棄物」と「林地残材」等の発電設備容量については設定していない。

建築廃材等を含む「都市の木質廃棄物」については、既存の大型火力発電所における化石燃料との「混焼」を想定しており、現時点では国内での導入事例がないため、推計上は、発生した建築廃材の持つエネルギー量に大型火力発電所の発電効率をそのまま乗じている。

また、「林地残材」や「除間伐材」についても、現時点ではまだ導入事例がないことや、利用する地域によって適正規模も異なることから、設備容量は設定せず、発生量に北欧の熱電併給システム導入事例の発電効率を乗じている。