

【再生可能エネルギー特集】

エネルギー科学技術の指標と基準 - バイオマス技術 (EU)

- 欧州委員会「エネルギー科学技術の指標と基準」より -

技術

一般的に、「バイオマス」は様々な用途のエネルギー生産に利用することができる有機資源に対する呼称である。一方、EUにおいては生産物の生物分解可能部分、農業(植物性および動物性物質を含む)と森林関連産業からの廃棄物ならびに産業および都市廃棄物の生物分解可能な部分と定義されている^{注1}。この報告書はバイオ燃料の生産に関するボトルネックおよび指標のみを検討している。原料生産と前処理に関するボトルネックと指標、そして最終用途については言及しないものとする。

この報告書は分析の第一段階を提示しており、バイオマスの変換過程に焦点を合わせている。原料生産/前処理および最終用途については今後のプロジェクトにおいて扱うものとする。また、最新のバイオテクノロジー分野におけるより基礎的な研究開発も考慮していない。これらの技術については報告書の91項「Generic cross-cutting and horizontal technologies with relevance to energy」で詳述されており、焦点はバイオ燃料および電力/熱の生産に置かれている。バイオリファイナリーは大きな可能性を持っているが、この報告書では除外している。糖または澱粉を原料とするエタノール生産、菜種を原料とするバイオディーゼル生産、嫌気性消化、炭化、大規模なCHP(熱電併給)および燃焼については検討していない。これらの技術はすでに成熟しており、改良の余地は極めて小さい。

この報告書に含まれる技術は、リグノセルロース発酵、バイオマスからの燃料[bio mass-to-liquid燃料: FT-ディーゼル、メタノール、水素、合成天然ガス(synthetic natural gas: SNG)]、水熱改質(hydro thermal upgrading: HTU)、急速熱分解(flash pyrolysis)、バイオマスガス化複合サイクル発電(biomass integrated gasification/combined cycle: BIGCC)、超臨界ガス化(supercritical gasification)および小規模木材燃焼(CHP)である。低比率でのバイオマス混焼は商業用技術であると考えられ、実用化に向けた障壁は技術的なものではなく政策/認可レベルのものである。高比率でのバイオマス混焼には技術的な制限があり、研究開発による解決が待たれる。これについては今後のプロジェクトの中で盛り込んでいくものとする。表1はバイオマスを基礎とする最新技術およびその展望を示している。

表1 バイオマスを基礎とする最新技術およびその展望
(既に実用化されていると見なされるものについては詳しい検討を行わない。)

	実用化	実証	R&D
燃料生産技術 (バイオマスを原料とする バイオ燃料)	加圧/抽出 (純植物油：PPO) PPOエステル化 (バイオディーゼル： RME) 糖/澱粉の発酵 (エタノール) 嫌気性消化(バイオガス)	リグノセルロース発酵 (エタノール) ガス化(合成ガス) 合成ガスの燃料化 (バイオマスからの液化[BTL] 燃料、例えばFT-ディーゼル、 メタノール) 急速熱分解	HTU
変換技術(バ イオマスある いはバイオ燃 料から電力ま たは熱)	燃焼 大規模CHP 嫌気性消化 (バイオガス)	BIGCC 小規模CHP (100kWe以下の木材燃焼) ^{注2} 急速熱分解 混焼	超臨界 ガス化

技術的および社会経済的なボトルネック

種々の技術における主な技術的および社会経済的ボトルネックは次のように大別することができる。

- ・ コスト：バイオマスに起因する電力、熱および燃料コストは依然として従来技術より高く、迅速な市場浸透の大きな障壁となっている。バイオマス技術の製品コストを特徴づける主な要因は、投資コスト、工場の運転・維持コスト、そしてバイオマスの原料コストである。コスト削減の選択肢として最も有望であるのは技術的改善（効率向上など）、発電所の大型化およびより廉価なバイオマス原料を利用できる技術への移行である。
- ・ 効率：このボトルネックを特徴づける要因は、全体の効率および前処理（物流を含む）の効率である。コスト削減に加えて、効率の向上はバイオマス - エネルギーシステムのライフサイクル全体において温室効果ガス総排出量の一層の削減につながる。さらに、利用可能なバイオマス潜在量は増加することが予想される。これは同量のバイオマスからより多くの最終生産物（電力、熱またはバイオ燃料）が生産されることが予想されるためである。

上記の技術的および経済的ボトルネックの他にもバイオマス技術に関連する幾つかの社会経済的ボトルネックが存在する。これらは数量的に表すことはできず、この報告書においても詳述はしないが、この主題の全体像から見て重要であるため以下に記載する。

- ・ バイオ燃料の利用：エタノール：ガソリンへのエタノール直接混合はガソリンの蒸気圧を上昇させるためガソリンの改質を必要とする。EUの法令は5%v/vを超えるエタノールの混合は認められていないが、5%を超えるエタノールをガソリンに混合することに技術的な問題はない。

メタノールおよび水素の燃料電池への利用に関するボトルネックは別章で論じている(燃料電池の章を参照：訳注 NEDO海外レポート971号に掲載済)。

- ・ 原料の安定供給および契約可能性：バイオマスの国際市場が不透明であるため、妥当な価格で長期契約を獲得することは難しい。
- ・ バイオマスの持続可能性：利用されるバイオマスは持続可能性の基準を満たす必要がある。
- ・ バイオマス技術のパブリックアクセプタンス：バイオマス工場は(化学)産業を容易に連想させるため、ニンビー(NIMBY: Not in My Backyard)効果をもたらし、普及を進めるうえでのボトルネックになる可能性がある。これに加えて、バイオマスが持っている持続可能性(CO₂循環など)の本質は比較的一般社会に理解されにくいものである。
- ・ 食糧生産と原料との競合：バイオマスは食品または原料など様々な用途に利用できる可能性がある。バイオマスにより得られたエネルギー価格が食品等の価格と比べて著しく魅力的になった場合、競合が起こる可能性がある。
- ・ バイオリファイナリー：バイオリファイナリーには大きな可能性があり、研究開発を進める必要がある。しかし、この報告書においてはバイオリファイナリーを除外するものとする。

重要なボトルネックを特徴づける要因

次の表は技術導入における主要ボトルネックを示す数量的要因の概要である。異なる対象期間における技術状況の数値が示されている。

表2 重要なボトルネックを特徴づける数量的要因

ボトルネックを特徴づけるコスト要因 ^{注3}	単位	2004	5年	10年	>15年
リグノセルロースの発酵(エタノール)					
エタノールコスト ^{注4}	€/GJ _{HH}	22	-	-	12
投資コスト(生産工場)	M€	290	-	-	220
運転・維持コスト ^{注5}	€/GJ _{HH}	5.0	-	-	1.0
全体の効率	%	34.9	-	-	47.3
ガス化とメタノール合成(メタノール)					

メタノールコスト ^{注4}	€/GJ _{HH}	12	-	-	9
投資コスト(生産工場)	M€	235	-	-	190
運転・維持コスト	€/GJ _{HH}	1.3	-	-	0.9
全体の効率	%	58.9	-	-	57 ^{注6}
ガス化と水素製造 (水素)					
水素コスト ^{注4}	€/GJ _{HH}	16	-	-	9
投資コスト(生産工場)	M€	250	-	-	210
運転・維持コスト	€/GJ _{HH}	2.1	-	-	1.3
全体の効率	%	34.8	-	-	41.3
ガス化と FT-合成 (FT-ディーゼル)					
FT-ディーゼルコスト ^{注4}	€/GJ _{HH}	18	-	-	13
投資コスト(生産工場)	M€	290	-	-	235
運転・維持コスト	€/GJ _{HH}	2.5	-	-	1.3
全体の効率	%	42.1	-	-	42.1
HTU(HTU バイオ原油)					
HTU バイオ原油生産コスト	€/GJ	-	-	-	4.8 ^{注7a}
投資コスト(生産工場)	M€	-	-	-	32 ^{注7b}
運転・維持コスト	€/GJ _{HH}	-	-	-	2.2 ^{注7c}
全体の効率	%	-	-	-	75-90 ^{注7d}
超臨界ガス化					
コスト	€/GJ	-	-	-	-
投資コスト(生産工場)	M€	-	-	-	-
運転・維持コスト	€/GJ _{HH}	-	-	-	-
全体の効率	%	-	-	-	-
急速熱分解					
熱分解油生産コスト	€/GJ	4-6 ^{注8}	-	-	-
投資コスト(生産工場)	M€/ton input	1.2 ^{注9}	-	-	-
運転・維持コスト	€/GJ _{HH}	-	-	-	-
全体の効率	%	-	-	-	-
小規模 CHP (< 100kWe 木材燃焼)					
投資コスト	€/kWe	2500	-	-	-
全体の効率(35kWe)	% _{LHV} 電力	25% ^{注10}	30%	-	-
BIGCC(30Mwe;木材ガス化、 電力および熱)					
投資コスト	€/kWe	-	1700	1660	1620
効率	% _{LHV} 電力	-	40 _e	43 _e	45 _e

今後の改善に向けた重要指標の分析

研究開発と協調していくためには、特定のボトルネックの改善にどの施策が役立つ

かを知る必要がある。次に示す各表はそれらの施策を挙げており、今後の改善に向けた重要指標を可能な限り示している。施策と指標はボトルネック要因に対応するように記載されている。表は改善のための可能な施策および指標の全てを含むものではなく、最も重要かつ有望なものだけを示した。情報源は主に最近の研究およびインターネットである。

表3 今後の改善に向けた重要な指標 - 発酵（リグノセルロース）

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント
システム	全体の効率	より大規模且つ高効率な酵素生産と安定供給によるプロセス最適化	
酵素生産	コスト削減 O&M(維持・管理)	木質バイオマス発酵のための新しい微生物開発	エタノール製造のO&Mコストはセルロースコストに大きく依存する。コスト効率の良い酵素生産の開発(バイオプロセス統合など)により達成可能である。

表4 今後の改善に向けた重要な指標 - ガス化

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント								
システム	ガス化の効率	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2004</th> <th>目標</th> <th>目標年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>冷却ガス の効率</td> <td>80-82%</td> <td>> 82%</td> <td>2020</td> </tr> </tbody> </table>		2004	目標	目標年	冷却ガス の効率	80-82%	> 82%	2020	ガス化の効率性向上は圧力、温度および曝露時間の最適化により達成可能。
	2004	目標	目標年								
冷却ガス の効率	80-82%	> 82%	2020								
システム	安定供給	ガス化システムの年間稼働可能時間 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2004</th> <th>目標</th> <th>目標年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>稼働時間</td> <td>-</td> <td>8,000hrs/yr</td> <td>2020</td> </tr> </tbody> </table>		2004	目標	目標年	稼働時間	-	8,000hrs/yr	2020	プロセス単純化の確立。合成ガス洗浄(特にタール低減)の信頼性を高める必要がある。
	2004	目標	目標年								
稼働時間	-	8,000hrs/yr	2020								
ガス洗浄	全体の効率	高温ガス洗浄により全体の効率が向上 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2004</th> <th>目標</th> <th>目標年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>温度 []</td> <td>120-250</td> <td>350-800</td> <td>2020</td> </tr> </tbody> </table>		2004	目標	目標年	温度 []	120-250	350-800	2020	高温はガス希釈率低下、炭素変換の増加およびタール含有量の低下をもたらす。
	2004	目標	目標年								
温度 []	120-250	350-800	2020								

表5 今後の改善に向けた重要な指標 - 超臨界ガス化

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント
システム	試験工場	プロセスの商業化は2020年前には行われないと予想される	基礎的な実験が依然必要である。大型化により大幅なコスト削減が予想される。

表6 今後の改善に向けた重要な指標 - HTU

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント								
最終生産物	品質検査	最終生産物の承認および利用基準	バイオ原油の改質プロセスは基準に合った製品を作るものでなければならぬ。(ディーゼル混合など)								
システム	(試験)工場の規模	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2010</th> <th>目標</th> <th>目標年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PJ/jr バイオ原油</td> <td>0.3</td> <td>> 1.3</td> <td>2015</td> </tr> </tbody> </table>		2010	目標	目標年	PJ/jr バイオ原油	0.3	> 1.3	2015	試験工場の第一号を建設する必要がある(計画)。大型化によりコストが大幅に削減される。
	2010	目標	目標年								
PJ/jr バイオ原油	0.3	> 1.3	2015								
システム	バイオ原油コスト	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2015</th> <th>目標</th> <th>目標年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€/GJ バイオ原油</td> <td>4.8</td> <td>< 2.8</td> <td>2020</td> </tr> </tbody> </table> <p>(原料コストを0€/GJと仮定)</p>		2015	目標	目標年	€/GJ バイオ原油	4.8	< 2.8	2020	大型化の他、習熟によってもコストが削減される。
	2015	目標	目標年								
€/GJ バイオ原油	4.8	< 2.8	2020								

表7 今後の改善に向けた重要な指標 - 急速熱分解

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント								
システム	(試験)工場の規模	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2004</th> <th>目標</th> <th>目標年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>トン_{input}/hr</td> <td>0.2</td> <td>> 10</td> <td>2010</td> </tr> </tbody> </table>		2004	目標	目標年	トン _{input} /hr	0.2	> 10	2010	大型化によりコストが大幅に削減される。
	2004	目標	目標年								
トン _{input} /hr	0.2	> 10	2010								
システム	既存システムの統合										

表8 今後の改善に向けた重要な指標 - BIGCC

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント
ガス化プロセスの改善	表4参照	表4参照	
ガスタービン	全体の効率 / 電力コスト	ガスタービン技術の改善	

表9 今後の改善に向けた重要な指標 - 小規模CHP

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント								
システム	コスト削減投資	ピストン・ロッド・シールの寿命向上、保全間隔の延長および信頼性・供給力の向上 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td></td> <td>2005</td> <td>目標</td> <td>目標年</td> </tr> <tr> <td>稼働時間</td> <td>< 10,000</td> <td>40,000</td> <td>2010</td> </tr> </table>		2005	目標	目標年	稼働時間	< 10,000	40,000	2010	
	2005	目標	目標年								
稼働時間	< 10,000	40,000	2010								
システム	効率(電力)	燃焼からガスへの熱伝達、プロセス全体における熱統合									

表10 今後の改善に向けた重要な指標 - 前処理および物流プロセス

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント
前処理	前処理の効率	前処理プロセス(貯蔵を含む)におけるバイオマスのロス削減。前処理における機械または熱プロセスの生産ラインへの一体化。	生産ライン間の相違により目標の数値化を行うことは難しい。
輸送	輸送効率	長距離海上輸送コストはバイオマスの総エネルギー含量の5-10%である。	輸送距離の短縮または積荷の大型化によりこれを削減できる。ライン間の相違により目標の数値化を行うことは難しい。

提 言

- ・ ボトルネックおよび指標の適切な分析を行うためには、全ライン(原料の生産および前処理、変換プロセス、最終用途)を研究に包含する必要がある。この報告書は分析の第一段階を盛り込んだものであり、バイオマスの変換プロセスに焦点を当てている。原料の生産/前処理(半炭化、熱分解など)および最終用途(燃料電池、ガスエンジン、マイクロタービンなど)については今後のプロジェクトの中で包含していくものとする。

- ・ 低比率のバイオマス混焼は商業的技術であると考えられており、現時点における普及の障壁は技術的なものではなく政策 / 認可レベルのものである。高比率のバイオマス混焼には技術的な制限があり、今後の研究開発による解決が待たれる。これについても今後のプロジェクトにおいて包含していくものとする。

(注記)

- 1 : バイオ燃料またはその他の輸送用再生可能燃料の利用促進に関するEU指令 2003/30/EC
- 2 : スターリングエンジンは様々な燃料に柔軟に対応すると考えられており、全体の効率も期待できる(Biedermann 2004参照)。
- 3 : 出典 : [Palmer,2004; Hamelinck, 2004; Broek,et al., 2003; Biofuels,2003]. また、ガス化の他に超臨界ガス化により生成される合成ガスも利用できる。しかし、これは試験的プロセスであり経済的な評価はまだ行われていない。
- 4 : 附属書A「バイオ燃料投資コストの削減」参照。
- 5 : エタノール生産の維持管理(O&M)コストは使われるセルロースにより大きく変わる。
- 6 : 燃料効率はより下がるが、将来的な選択肢の中に発電を含む。
- 7 : 出典 : [Biofuels BV,2003]. a)原料コスト0€/トンで変換率0.8を基準とする。b)生産量がおよそ12,000トン/年LCRと8,500トン/年HCRの工場。c)O&Mコストの47%を基準とする。d)設定および原料により異なる。
- 8 : 出典 : [Hamelinck et al.,2005]. 熱分解油は4-6€/GJで生産可能であり、原料コストは3€/GJである。
- 9 : 附属書A「熱分解」を参照。
- 10 : 技術的選択肢はスターリングエンジンである(Biedermann 2004に基づく)。

以上

翻訳 : NEDO情報・システム部

(出典 : EUROPEAN COMMISSION : Energy Scientific and Technological Indicators and References, http://www.europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/estirbd_en.pdf , pp56-62. この報告書の完全版は以下で利用可能である : http://www.eu.fraunhofer.de/estir/ESTIR_summary.pdf)