

調査・分析・予測

ユーカリを燃料とするバイオマスガス化発電に関する技術調査

平成 11 年度

エネルギー・環境技術実証プロジェクト形成支援事業

(国際共同実証研究)

目 次

まえがき

I. 要 旨

II. 本 編

第 1 章 バイオマスエネルギーシステムの概要	29
1.1 本調査研究の背景	29
1.1.1 バイオマス発電システム開発の経緯	29
1.1.2 本調査研究におけるバイオマス発電システムの高効率化方策	31
1.1.3 これまでのバイオマス発電システムの研究開発状況	32
1.2 本調査研究の目的	33
1.3 本調査研究の位置付け	34
1.4 全体システムの概要	35
第 2 章 原料供給プロセスのシステム評価	37
2.1 序 論	37
2.2 モデル地域の地域条件	37
2.3 植林樹種の選定	39
2.4 原料供給プロセスのシステムシミュレーション	48
第 3 章 エネルギー変換プロセスの理論的検討	61
3.1 はじめに	61
3.2 ガス化コンバインドサイクル発電システム (IGCC) の概要	61
3.3 ガス化コンバインドプロセスの検証	89

第4章 加圧型流動床ガス化炉の選定・システム基本設計	101
4.1 加圧ガス化流動床炉の基本設計	102
4.2 ガス化炉への燃料供給主要装置の基本設計	110
4.3 熱回収ボイラーの基本設計	118
4.4 ガス精製設備の主要機器の基本設計	119
4.5 コンバインドサイクルプラント	126
4.6 バイオマスによるガス化複合発電プラント内系内圧損の考え方	135
4.7 バイオマス発電システムの制御方式の検討	137
4.8 まとめ	142
参考資料 低温度差発電システムの検討	145
第5章 バイオマスエネルギーシステムの経済性評価	152
5.1 最適システムプラントの経済性評価	152

「エネルギー・環境技術実証プロジェクト形成支援事業」 (国際共同実証研究事業) について

1. 背景及び事業の目的

我が国のエネルギー需給は、将来の世界的な人口増加、発展途上国の経済発展等を考慮すると、中長期的には厳しくなる方向にあり、未利用資源等を含む石油代替エネルギーによる新しい発電技術等の開発を行うことが重要である。また、地球温暖化問題の解決に資するためにも、太陽光、風力等の再生可能エネルギーによる発電技術の実用化が重要である。

世界には、未利用資源による発電技術等について多くの化学的蓄積を有する国々、あるいは未利用資源そのものを大量に有する国々が存在するが、それらの中には資金的な問題により発電技術の実証的な研究が困難な国が存在する。本事業においては、これらの実証研究がなかなか進まない国々の研究機関と協力して、実証的な研究プロジェクトを実施することにより、発電技術の高度化等をはかり、我が国の電源の多様化及び電力の安定供給に資することを目的とする。

2. 実施について

本事業は、新エネルギー・産業技術総合開発機構が進めている国際産業技術関連事業の一つとして、平成 11 年 4 月から通商産業省の新発電技術実用化補助金（エネルギー・環境技術実証プロジェクト形成支援事業に係るもの）により新エネルギー・産業技術総合開発支援機構が実施した。具体的には、平成 11 年 5 月に発電技術に関する実証的な研究プロジェクトの公募を行い、審査委員会による検討等を経て、同年 7 月に表 1 に示す研究プロジェクト計 21 件の採択を決定した。その後、採択したプロジェクトについては、提案者たる法人が新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託先となり、平成 12 年 3 月まで研究プロジェクトを実施した。

表ー1 エネルギー・環境技術実証プロジェクト形成支援事業（国際共同実証研究事業）
実施プロジェクト一覧

No.	委託先	プロジェクト名
9901	株式会社日鉄技術情報センター	プラズマサブバーナによる微粉炭燃焼炉における着火及びNOx低減技術に関する実証プロジェクト
9902	財団法人石炭エネルギーセンター	石炭地下ガス化及び熱電供給プラント建設計画
9903	テクノコンサルタンツ株式会社	マイクロガスタービン利用ミニ発電を利用した分散型発電システムの検証
9904	川崎重工業株式会社	サハリン、千島列島におけるウインドファーム建設の為のFS調査
9905	テクノコンサルタンツ株式会社	ソーラーポンドにおける最適熱電供給システムの研究
9906	石川島播磨重工業株式会社	産業用冷温蓄熱システムの開発
9907	清水建設株式会社	オマーン国における未利用超高粘性原油の電力利用に関する共同実証研究
9908	日本鋼管株式会社	四川省天然ガスDMEプロジェクト
9909	昭和シェル石油株式会社	タイ国における太陽光発電設備による浄化水の揚水システムの開発
9910	株式会社富士総合研究所	ヴェトナムにおける小型風力、ディーゼルハイブリッド発電の実証研究
9911	西日本技術開発株式会社	フィリピン国タナウン他、坑井化学洗浄の適用技術に関する研究
9912	テクノコンサルタンツ株式会社	フィリピン国ミンドロ島の新規地熱帯におけるコンバインド・バイナリー発電方式の適用（コンベンショナル発電方式との比較研究）
9913	財団法人電気安全環境研究所	マレーシアにおける太陽電池発電システムの系統連系実証実験
9914	株式会社ニュージェック	発展途上国における平均風速予測手法の開発
9915	財団法人日本気象協会	ミャンマー国を例にした東南アジアにおける自然エネルギーのメッシュ推定に関する研究－数値気象モデルによる風力・太陽エネルギー評価－
9916	株式会社日本計画機構	ユーカリを燃料とするバイオマスガス化発電に関する技術調査
9917	丸紅株式会社	大容量電力の長距離直流送電技術に関するロシア研究機関の共同実証研究
9918	日本環境コンサルタント株式会社	マレーシア北部地域ごみ発電プロジェクト
9919	テクノコンサルタンツ株式会社	サマルカンド市における埋立てガスを利用したごみ発電システムの研究
9920	テクノコンサルタンツ株式会社	長距離送電方式に関する送電効率と送電信頼度の向上及び環境への影響評価
9921	住友金属工業株式会社	部分熔融還元製鉄法脱硫によるクリーンガス発電技術の研究

はじめに

バイオマス資源は、欧米においては多量に安定供給可能な再生可能エネルギーとみなされており、化石系資源の代替エネルギー源として、またCO₂排出削減の切り札として注目を集めている。更に適正な維持管理がなされれば環境調和に優れたクリーンなエネルギー源としても注目を集めており、その大規模な利用促進が期待されている。1997 年 12 月に開催された国連気候変動枠組み条約第 3 回締結国会議（COP3）においても、バイオマス資源（特に木材資源）は、CO₂固定能力に優れているため、吸収源として期待されており、今後の再評価が急務となっている。

このような背景から、先進国の援助のもと植林事業が行われつつあるが、木材資源はある一定期間を過ぎるとCO₂固定能力が激減するため、木材資源利用によるCO₂排出量を吸収できる範囲内で利用方策を考えていく必要がある。

今後の木材資源の利用方向を発展途上国に限定してみた場合、雇用促進といった経済活性化を図りたいこと等の理由から、現在はパルプ原料としての利用が主な目的となっている。しかしながら今後は、当該地域での電力インフラの整備が遅れていること等の理由から、環境問題への貢献が期待されると同時に、持続可能な条件でエネルギー生産を行うということが重要となろう。このような条件を満たす 1 つの方策として、エネルギープランテーション、即ち、管理型林業（プランテーション）によりバイオマスを生産し、これを電力エネルギーとして有効に活用するための高効率発電システムを提案することが経済的付加価値も享受しつつ環境問題にも貢献していくという大きな役割を果たすと期待される。

先進諸国の更なるCO₂削減は、一般には非常に困難であって、全世界的に効率的な削減策を探る過程において今後クリーン開発メカニズム（Clean Developing Mechanism）プログラムによる技術移転施策の導入が検討されている。バイオマスエネルギーの有効利用について、政策的、あるいは技術的、経済的な可能性については、未だ十分に立証されたとは言えないが、これらの技術がCO₂排出権取引により導入されることとなれば、比較的森林資源の多い東南アジア、オセアニアあるいは南米を中心に植林事業が進められている地域及び国においては、更に電力インフラの立ち遅れあるいは更なるエネルギー需要の増加等の状況もあり、バイオマス発電のようなエネルギーシステム移転のポテンシャルが非常に高いといえよう。

従って、本調査研究においては、このような背景をもとに具体的な地域を選定し、また実際に行われている植林事業から得られるバイオマス資源について、技術ポテンシャルの調査を行った次第である。研究対象地域としては、Papua New Guinea国をモデル地域に設定し、バイオマス資源としてユーカリを選定した。この調査研究では、人工林としてのユーカリをエネルギー原料として検討することにより、持続可能な条件でのエネルギー原料の供給状況を調査するとともに、エネルギー変換技術をより具体的に検討することにより、

将来的に導入されるであろうバイオマスエネルギーシステムの技術ノウハウの蓄積に貢献することが期待される。更には、バイオマスエネルギーシステム導入によるCO₂削減効果についても、より具体的なデータとして蓄積するだけでなく、その効果も大きなものとして期待されよう。

最後に、本調査研究は新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）より平成 11 年度「ユーカリを燃料とするガス化発電技術に関する技術調査」を受託して実施したものである。また、共同研究先であるPapua New Guinea国Forest Research Institute、東京大学工学部地球システム工学科開発工学研究室及び関連メーカーの方々に深く感謝する次第である。

ユーカリを燃料とするガス化発電に関する技術調査評価委員会
委員長 石谷 久

ユーカリを燃料とするガス化発電に関する技術調査評価委員会名簿

(敬称略)

	氏 名	所 属 等
委員長	石谷 久	東京大学大学院工学系研究科地球システム工学専攻 教授
委 員	小宮山宏	東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻 教授
委 員	木谷 収	日本大学生物資源科学部生物環境工学科 教授
委 員	山田興一	信州大学繊維学部精密素材工学科 教授
委 員	横山伸也	資源環境技術総合研究所 温暖化物質循環制御部長
委 員	古在豊樹	千葉大学園芸学部長 農学博士
オブザーバ	角本久和	NEDO 産業技術研究開発部国際共同研究課 主査

I. 要 旨

1. 原料供給

本技術調査におけるガス化発電の燃料となるユーカリは、高い発熱量を有しバイオマス資源の 1 つとして再生可能なエネルギーとして期待されている。再生可能な条件として植林から伐採までの基本条件を整備していくことが必要である。この条件で現地調査を含め知り得る範囲で検討し設定したところ、環境調和に優れたクリーンエネルギー源（CO₂削減効果）、更には化石系資源の代替エネルギー源（本調査では、熱量あたりの単価は石炭より安価となった）として大いに期待できる事がわかった。

2. 諸外国の開発状況

バイオマスガス化発電の諸外国の開発状況は、スウェーデンを中心に発電事業の一環として開発されつつある現状にあり、バイオマスを原料としたガス化プロセスによるエネルギーシステムは欧州等において数MWから数十MWクラスのバイオマス発電システムとして実証化されている。開発の技術的な重要課題はタールの除去技術とタービンでの低カロリーガスの燃焼技術にある。スウェーデンでは現在、タールの除去は触媒の添加とフィルターによる除去方法の併用がおこなわれている。しかし、フィルター等の開放点検、清掃を 2,500 時間毎に行われており、1 年間連続で運転できる状況に無い。一方、低カロリーガスを燃料とするガスタービンはGE社・ABB社をはじめとする代表的なタービンメーカーの技術の活用により実現化が可能となっているものの、2,500 時間以上の運転実績は無い。これは、スウェーデンの開発が熱供給主導でおこなわれていることに原因がある。つまり、現時点では、年間を通じての電力主導の運転に主眼を置いた開発になっていないことがわかった。

3. システム概要と調査結果

システムは定格発電量 68,500[kW]を確保するために必要なシステムを検討した。

① 植林、伐採と原料乾燥

7 年周期で植林と伐採をおこなうとし、必要植林面積は 20,160[ha]となった。20,160[ha]を 7 分割し、毎年場所を変え植林と伐採、運送、破砕までを行うとして経済性の検討をおこなった結果 0.28[円/MJ]~0.33[円/MJ]（HHV）のエネルギー単価となった。

乾燥については、原料を 38[mm]以下に破砕した条件下で、含水率を 20%まで天日で乾燥可能という事がわかった。なお、乾燥場所は屋根を設け雨を避ける必要がある。

② ガス化炉とその周辺機器

原料はベルトコンベアーにて 35[t/h]供給し、ホッパーを介して連続的にガス化炉へ供給される。ガス化炉はコンバスター部とリアクター部の 2 層に分けた空気吹き加圧流動炉となっている。ガス化条件はタールの次工程への影響を考慮した適切な温度、圧力の範囲内でおこなう事が必要となる。その条件下での実験レベルではタールの発生は認められなかった。

ガス化後の灰はガス化炉の下に設けたホッパーで定期的に放出する。ホッパー前後には電動弁を設け自動開閉をおこなう。放出された灰はミネラル分を多く含んでいるため土壤に還元する。

一方、生成したガスはタービン等に影響を与えないように、不純物の除去が必要となる。実験結果から除去方法として、集塵装置、脱硫装置の設置をおこなう。装置はサイクロン方式と湿式スクラバーの併用を採用した。一方、湿式スクラバーで回収したアンモニアは肥料として土壤へ還元することとした。

③ コンバインドガスタービン

バイオマスガスの発熱量は実測データより 8,643[kJ/kg]となった。そのガスを燃料とするガスタービンはGE社のLM2500 を 2 台設置することとし、コンバインドシステムを組んだ結果、コンバインドシステムのみの発電端効率は 50.5% (HHV) となった。

④ 発電総合効率と電力単価

ベルトコンベアー、空気圧縮機等の付帯設備の動力を考慮した総合発電端効率は 30.93% [HHV] (33.49%[LHV]) と高い値となった。スウェーデンでの設計値はLHVで 32.5%となっている。なお、本計画では当初、蒸気タービンの腹水熱と海水の温度差を活用した低温度差発電を導入し、発電効率を 40%近くまで上げる事を計画したが、現地での調査の結果、海水からの取水に必要な動力、設置コストが高く、現実的でないことが判った。

発電単価は 13.86[円/kWh]と、石炭による発電単価 8.05[円/kWh] (試算) に対し 72%高くなるが、今後の環境対策費等を考慮すると経済的にも十分に成り立つ可能性があると思われる。

Ⅱ． 本 編

第 1 章 バイオマスエネルギーシステムの概要

1.1 本調査研究の背景

1.1.1 バイオマス発電システム開発の経緯

バイオマス資源は、再生可能エネルギーとして、また環境調和に優れたクリーンなエネルギー源として注目を集めており、更に化石系資源の代替エネルギー源として、その利用が期待されている。

1997 年 12 月に開催された気候変動に関する国際連合枠組条約第 3 回締約国会議（COP3）においても、バイオマス資源（特に木材資源）は、CO₂固定能力に優れているため、シンク（吸収源）として再評価された。

これまでのバイオマスに関する研究については、地球規模での供給ポテンシャルの評価が多くなされてきている。実際に持続的なエネルギー資源としての利用は、植林運営に係る土壌影響や土壌分の養分・ミネラル循環に関する生産条件、あるいは気候条件による生産性の変化、また電力安定供給の観点から原料供給の安定化を目指した新たな植栽・伐採システム等の具体的な検討が殆ど行われていない。従って、今後は紙パルプ用のチップ、あるいは原料材としての植林事業に係る生産技術を考慮し、エネルギー作物としての利用、すなわちエネルギー生産のために原料の安定的な供給技術を中心に今後は検討を進める必要がある。

バイオマス発電技術の設計・施工は研究開発事業として欧州を中心に実施されつつある。今後は更に高効率化を目指したバイオマス発電技術が環境技術の一環として大きな役割を果たすことと考えられる。これまで世界的な利用技術は、主に流動床燃焼炉による直接燃焼方式、流動床ガス化炉によるガス化方式をはじめ、アルコール燃料を製造する液化方式、更には今後の技術開発が期待されている低温ガス化方式等が対象とされた。特に欧州においては、本調査研究と同様な技術対象であるガス化技術の開発を促進しており、将来的には 50～100[MW]級の発電システムの構築を目指している。

一方、需要ポテンシャルが高い発展途上国においてはバイオマスのシンク性、あるいは CO₂排出権取引等の施策から、今後、先進国の援助のもと植林事業が増加する傾向である。しかし、木材資源はある一定期間を過ぎると CO₂固定能力が激減するため、木材資源利用による CO₂排出量を吸収できる範囲内で利用方策を考えていく必要がある。すなわち、バイオマス資源を持続可能な条件で利用し、LCA評価におけるNetのCO₂排出量の低減を目指した利用方策を考えていくことが重要である。また、電力不足による経済活性の鈍化等の背景から、当該地域における安定的な電力供給を行うことは必要不可欠である。新たな木材資源の利用方向と CO₂負荷低減を目指した新たなエネルギー供給及びそれに伴う雇用

促進といった経済活性化等の理由から、当該事業の調査結果は今後の環境問題への貢献と発展途上国の経済活性化の観点から非常に有意義なものと期待されよう（図 1-1）。

今後のバイオマス資源の供給ポテンシャルは、IEAによる見通しによると 2020 年に 1 次エネルギー量 628,291[PJ/y]の約 9%を占めるものとされている。また利用形態としては、木質系廃棄物の利用やプランテーションとしての利用が想定されている。特に発展途上国についてバイオマスによるエネルギー開発を実施する場合には、プランテーションとしての利用が有望である。しかし用地確保については他の土地利用との競合を踏まえる必要がある。

今回対象としているPapua New Guinea国（以下「PNG」）は、既に比較的成長の早い樹種（早生樹種）を中心とした植林事業が行われている。また、他方で休耕地や牧草地のように土壌性質上、単一樹種の植林と同様な形態である土地が概算で約 200 万[ha]程度存在しているため、十分な土地に関する供給ポテンシャルがあると推測される。

更に、当該国のような発展途上国に対して環境を重視したエネルギー技術導入のためのインセンティブは、COP3 で決められた、わが国のCO₂排出量抑制（1990 年における排出量の 6%を削減目標）、クリーン開発メカニズム（以下「CDM」）プログラムによるCO₂排出権取引による技術移転が想定される。

このような背景から、発展途上国であるPNGにおいて、環境に調和したエネルギー技術の導入は、当該国に安定的な電力供給を行うと同時に経済の活性化を促進させ、更にはわが国のCO₂削減にも大きく貢献することが期待される。従って本調査研究を行うことの意義は大きいといえる。

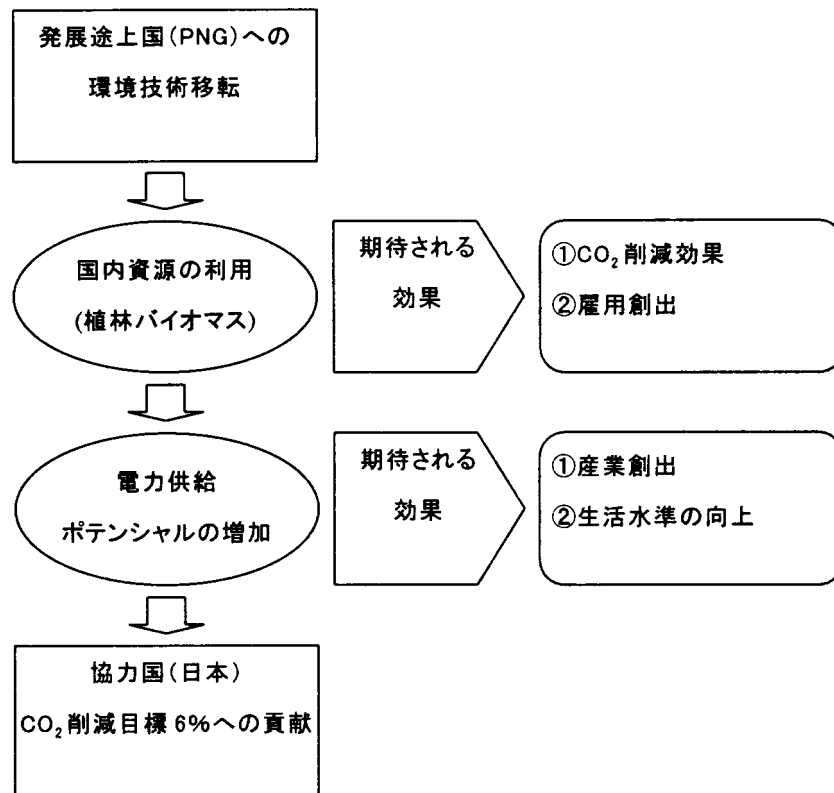


図 1-1 これからのバイオマス発電システムの導入への考え方

1.1.2 本調査研究におけるバイオマス発電システムの高効率化方策

本調査研究において、電力供給安定技術及びCO₂削減対策技術との位置付けから、より高効率化を目指した発電システムの設計が必要不可欠となる。一般にバイオマス発電技術の高効率化技術は、バイオマスのガス化技術が有望である。欧州では既に技術開発が検討されつつある。発電システムにおいては、ガス化炉（反応器）で発生したガス燃料をガスタービン及び蒸気タービンから構成されるコンバインドサイクル発電システムと統合したガス化コンバインドサイクル発電システム（Integrated Gasification Combined Cycle、以下「IGCC」）によりエネルギー回収を行う方式が、最もエネルギー変換効率が高くなる。

しかしながら、現在の技術水準では一般的にはガス化の操作温度によってタール及びクリンカにトラブルを生じる。こうした問題を解決するための技術開発も行うことが必要となる。例えば、バイオマスの一般的なガス化特性は、ガス化炉出口温度を 1,000[°C]程度とした場合、CH₄（メタン）ガスの生成が増加しガス発熱量が高くなる。しかしチャー（未燃炭素）の反応率が悪く、更にタール（油状成分）の発生が懸念されるためタール除去の対策が必要となる。但し、現在の技術水準においては、タール除去技術に関する技術開発が不十分であり、実証レベルを検討する場合、運転及びコスト面のリスクを生じる可能性がある。

一方、ガス化炉出口温度を 1,300[°C]程度とした場合には、チャーの反応率は改善しトラブルを生じるようなタールの発生は、高温のためすべて燃焼するものとして判断することができる。しかし、バイオマス中の灰分が溶融する可能性があるためクリンカトラブルに対する対策が必要となる。更にCH₄ガスの分解が進みガス中の燃焼性成分がH₂及びCOとなるため、ガスの発熱量が低くなる傾向となる。更に後流システムであるガスタービンの選定が、燃料ガス低カロリー化のために特殊仕様となり、機種選定に制限がある。

このような背景から、本調査研究では協力メーカーとのヒアリング調査を踏まえ、以下のようなシステムを基本とした評価を行う。

- ① 空気吹き加圧型流動床ガス化炉を想定し、ガス化炉出口温度を 1,300°C程度とする。協力メーカーからのヒアリングの結果、灰化溶融に伴う重大なクリンカトラブルを生じる可能性は少ない。また後流側のガスタービンについても、現在専用のバイオマス低カロリーガス用のガスタービンが開発されており、既にブラジルにおいて実証試験が実施されていることから、開発上の問題点が少ないと判断される。
- ② ガスの精製設備はサイクロン及び湿式スクラバのみで、タール除去装置は設置しない。サイクロン及び湿式スクラバは、灰分中及びガス中に含まれる養分の回収としての役割も担う。
- ③ 蒸気生産の向上を図るため、ガスタービン排ガスの再燃焼を行う。

1.1.3 これまでのバイオマス発電システムの研究開発状況

バイオマスのエネルギー利用技術は、ブラジルやEU諸国を中心に発電事業の一環として開発されつつある。本調査研究のようにバイオマスを原料としたガス化プロセスを利用したエネルギーシステムは、欧州等において数MW～数 10MWクラスのバイオマス発電システムが実証化されている（表 1-1）。特に、研究開発事業で実証化されているスウェーデンのVernamo発電所は、空気吹き加圧型流動床ガス化炉とガスタービン及び蒸気タービンとを組み合わせたIGCCシステムを採用しており、設計ベースでガス化効率を考慮した発電効率 31.7%（LHV）を実現している。

表 1-1 世界各国におけるバイオマス発電開発動向

サイト名	実施会社等	発電規模	燃料資源	状況
Vernamo	Sydkraft AB	6[MWe]	木材	実証運転
Pisa	Biolettrica	12.1[MWe]	廃材・農業廃棄物	建設中 実証運転 2001～
Kotka	Kotka Ecopower	5[MWe]	廃材	建設中 実証運転 1999～
Brazil	Brazil Government	32[MWe]	木材	建設中 実証運転 2001～
Yorkshire	ARBRE Energy	8[MWe]	廃材・農業廃棄物	建設中 実証運転 1999～
Greve	—	6.2[MWe]	RDF	運転中
North Holland	ENW	30[MWe]	木材・RDF	計画中
N. Umbrian	N. Umbrian	5[MWe]	汚泥	計画中
Biocomb	Draukraft	3.5[MWe]	木材・石炭ガス	運転中
Lahti	Lahden	22[MWe]	混合・石炭ガス	運転中
AMER	EPZ	20[MWe]	混合・石炭ガス	計画中

その他の開発中の技術として、石炭及びバイオマス（チップ・おが屑）の混床方式により 137[MWe]（発電効率：40％）規模のシステムもあり、将来的には環境負荷低減技術の一環として拡大することが予想されている。

また、これまでのバイオマスガス化技術で懸念されていた低カロリーガスの燃焼技術に関してもGeneral Electric社をはじめとする代表的なタービンメーカーの技術水準が十分に活用できる段階に達しており、それらを利用することが可能である。

従って、本研究においてもこれまでの技術背景を勘案し、空気吹き加圧型流動床ガス化炉とコンバインドサイクル発電システムとを組み合わせた発電システムを中心とした技術において、バイオマス単独として、これまでの総合効率よりも優れた発電システム導入を目途に、基礎実験を踏まえ検討していくものとする。

1.2 本調査研究の目的

バイオマスのエネルギー利用については、温室効果削減技術の観点から直接燃焼技術、ガス化技術及び液化技術等が注目されつつある。これらの技術はCOP3 以来、CO₂削減技術に対する各国の取り組みが鋭意実施され、CO₂削減に大きく影響するものとして、非常に期待されている。特に、ガス化を中心とする技術については、エネルギー変換効率が高く安定的なエネルギー供給が行えると同時に、環境性等に大きく貢献するものとして期待されている。

近年、発展途上国では、焼畑農業や先進国の木材資源の利用過多により年々森林面積が減少してきており、本プロジェクトにおいて検討対象国としているPNGについても、年間約 13%程度森林面積が減少してきている。このような背景から、発展途上国の主に荒廃地あるいは未利用の土地に植林を実施し、植林によるCO₂シンクとしての役割と持続可能なエネルギー作物生産の役割を果たすことによって、温室効果ガスであるCO₂排出量の大幅な削減とエネルギー供給を同時に実現することが可能となる。今後、エネルギー不足が予想される当該地域に、環境に調和したエネルギーシステムの導入が望まれるところである。

このような背景から、当該途上国に賦存している未利用資源を利用し、高効率な発電システムを設計し導入していくことが、将来的にわが国の電力の安定供給につながると同時に、今後の地球温暖化問題等の解決に大きく寄与するものと想定される。

従って、本調査研究においては持続可能な安定供給を目指したバイオマス資源の利用を想定し、更にこれまでの発電効率の向上を目指した技術研究調査を行うこととする。

1.3 本調査研究の位置付け

これまでのバイオマス利用技術調査は、主に資源量調査及び利用技術の紹介等に言及するものが多く、持続可能な観点及び一連のシステムを具体的に想定し、更には基本設計まで行っている調査研究事業は少ない。従って、本調査研究では次に挙げる項目について研究を行い、実際のバイオマス資源を利用した技術調査について検討するものである。

① バイオマスを原料とした高効率発電技術の調査研究

バイオマスのエネルギーを利用した高効率発電技術を開発することは、代替エネルギー、地球温暖化防止対策として非常に重要となる。その発電効率は前項で紹介したスウェーデンのVernamo発電所での効率 31.7% (LHV) を上回ることが目標となる。

② 環境技術の蓄積

本調査は、導入インセンティブとして環境への貢献が 1 つの課題となり得よう。すなわち、今後CO₂排出量削減目標あるいは、それに付随してCO₂排出権取引等に係る国際間プロジェクトの実施が予想される今日においては、関連研究事業の一環としてわが国の技術ノウハウの蓄積を行うことが重要と考えられる。

③ 発展途上国への新たな技術移転メニュー

②に関連して、CDMプログラムによる環境技術の導入ポテンシャルが比較的高い発展途上国への新たな導入方策として位置付けられる。特に、当該地域において、今後経済発展に伴うエネルギー需要の増加が見込まれるため、先進国からの技術移転として重要な役割を果たすものと想定される。また、本調査研究のように当該地域に多く賦存するエネル

ギー資源を利用することは、現地でのエネルギー供給の増加による経済活性の効果のみならず、特にバイオマス資源のように多くの人的資源を必要とする産業との組み合わせによって、より直接的な雇用創出につながることを期待される。

④ 植林データ等の蓄積とLCCO₂負荷量のデータベース化

植林データ及びエネルギー利用を勘案した伐採システムのデータベース化を図るとともに、CDMプログラムによるLCAベースにおける全プロセスで排出されるLife Cycle CO₂（以下「LCCO₂」）量を算出方法の考え方とそのデータベース化が期待される。

1.4 全体システムの概要

ここでのシステム設計は、バイオマスプランテーションによる原料供給プロセス及びガス化コンバインドサイクル発電システムを中心とするエネルギー変換プロセスを本調査研究におけるシステムとして評価する。

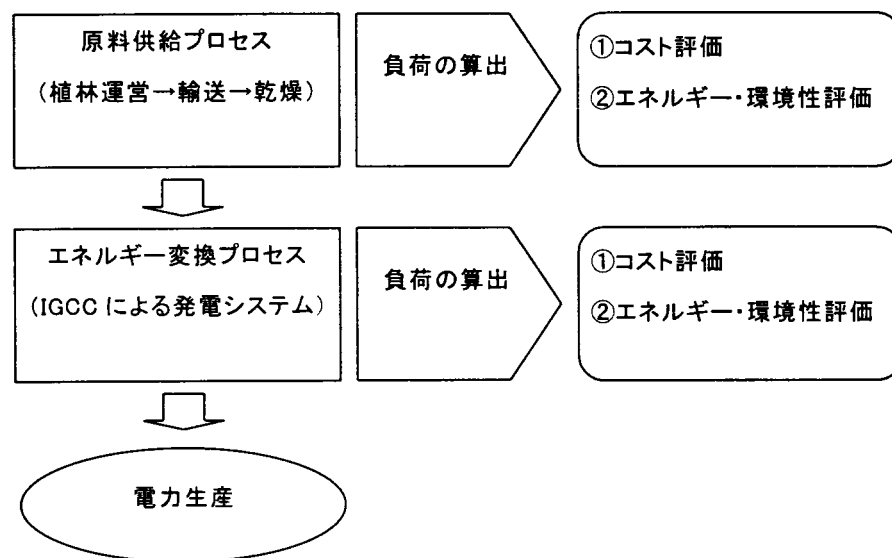


図 1-2 全体システムの評価フロー

① 原料供給プロセス

当該地域で植林実績があり、比較的成長の早い *Eucalyptus deglupta*（以下、「ユーカリ」）を基本とするバイオマスプランテーションを想定し、そのプランテーションにおいて持続可能な条件で原料供給を行うための基本設計を行う。なお、当該地域における植林の基本設計は、チップ原料及び原料材としての実績がある。本調査研究においてはエネルギー作物としての役割をもたせるため、現存の植林施設を検討（現地調査含む）した上で、その役割に沿う形で現状の関連技術水準を参考にし手段等の設計を行う。また、植林における

資源の賦存量については、共同研究先であるForest Research Institute（以下、「FRI」）が実施した植林サイトの実測結果等を考慮した上で規模及び供給条件を決定する。

② エネルギー変換プロセス

ガス化コンバインドサイクル発電システムを中心とするエネルギー変換システムについて、ガス化プロセス等に関する基礎実験を考慮した基本設計を行う。原料供給プロセスから供給されたユーカリ（チップ化されて収穫し、天日乾燥後の原料）を発電用原料とし、この原料をガス化コンバインドサイクル発電システムに投入することによって高効率な電力生産を実現する。なお、発電効率は、これまでのバイオマス単独によるガス化コンバインドサイクル発電システムの発電効率 31.7%（設計ベース：LHV）に対し、本調査研究における発電システムでは電力生産のみを想定し、発電端効率 35%（設計ベース：LHV）以上を目標とした発電システムの構築を目指す。また、このような発電システムの設計が、今後の当該地域における安定的な電力供給を確立すると同時に、環境負荷低減技術の 1 つとして期待される。

以下の章では、原料供給プロセス及びエネルギー変換プロセスにおいて、基本設計及びそれを踏まえた各種評価を行うこととする。