

○課題名 「複合型自然エネルギー発電システムの開発研究」
○研究代表者名 「清水 幸丸」
○中核機関名 「三重大学」

研究の目標・概要

1. 目標

- 開始後1年目の目標 モデル実験による基礎データ取得およびシミュレーション
- 開始後2年目の目標 設計および試作
- 開始後3年目の目標 実証試験によるシステム全体の検証

2. 内容

- ピッチ・フラップ機構を有する100kW可変速高性能風車を開発・研究する。
- 畜糞バイオマスおよび木質バイオマスを燃料とするメタンガス発酵槽およびガス発生炉を開発・研究する。
- メタンガス等を燃料とするバイオマス発電用50kWマイクロガスタービンを開発・研究する。
- 風力発電とバイオマス発電をハイブリッド化するための発電システムを開発・研究する。

3. 緊急性

野積み状態にある畜糞バイオマスおよび木質バイオマスのエネルギー資源化を計り、汚染の除去と温暖化ガス削減は早急に対処する必要がある。メタンガスは CO_2 の 20 倍の温暖化作用を持っているのでメタンガスを CO_2 に変えることは急務である。また、ヨーロッパでは分散型発電計画が立案されつつあるため、世界的な環境動向に遅れないためにも、我が国でも速やかにプロジェクトを立ち上げ必要がある。

諸外国の現状等

1. 現状

バイオマスガス化発電（畜糞と農産物残滓のメタンガス化）が畜糞による土壤汚染の防止とエネルギー供給の観点から見直され、積極的に利用され始めている。EU（ヨーロッパ連合）では、2010 年までに風力発電 7200 万 kW を実現し、 CO_2 削減量 3 億 2700 万 ton を達成する目標を掲げ、地球温暖化防止の切り札として大いに期待されている。

2. 我が国の水準

我が国においては風力単独、バイオマス単独の基礎研究は世界的に通用するレベルにあるが、これらをハイブリッド化して有効利用する点では大きく立ち遅れている。また、我が国では、諸外国よりも電力基準が厳しいため、複合型自然エネルギーを我が国に導入するためには、電力変換システムおよび系統連系装置に関して、本研究のような革新的な開発研究が必要となる。

研究進展・成果がもたらす利点

1. 世界との水準の関係

畜糞、オガクズ等のような異種類のバイオマスを複合化して、風車とハイブリッド発電するシステムの開発は本研究が世界初である。また、山林の保全のため切り倒された間伐材を有効利用して、山林の健全化とエネルギー利用の両面からバイオマス利用を目指す概念は世界初である。

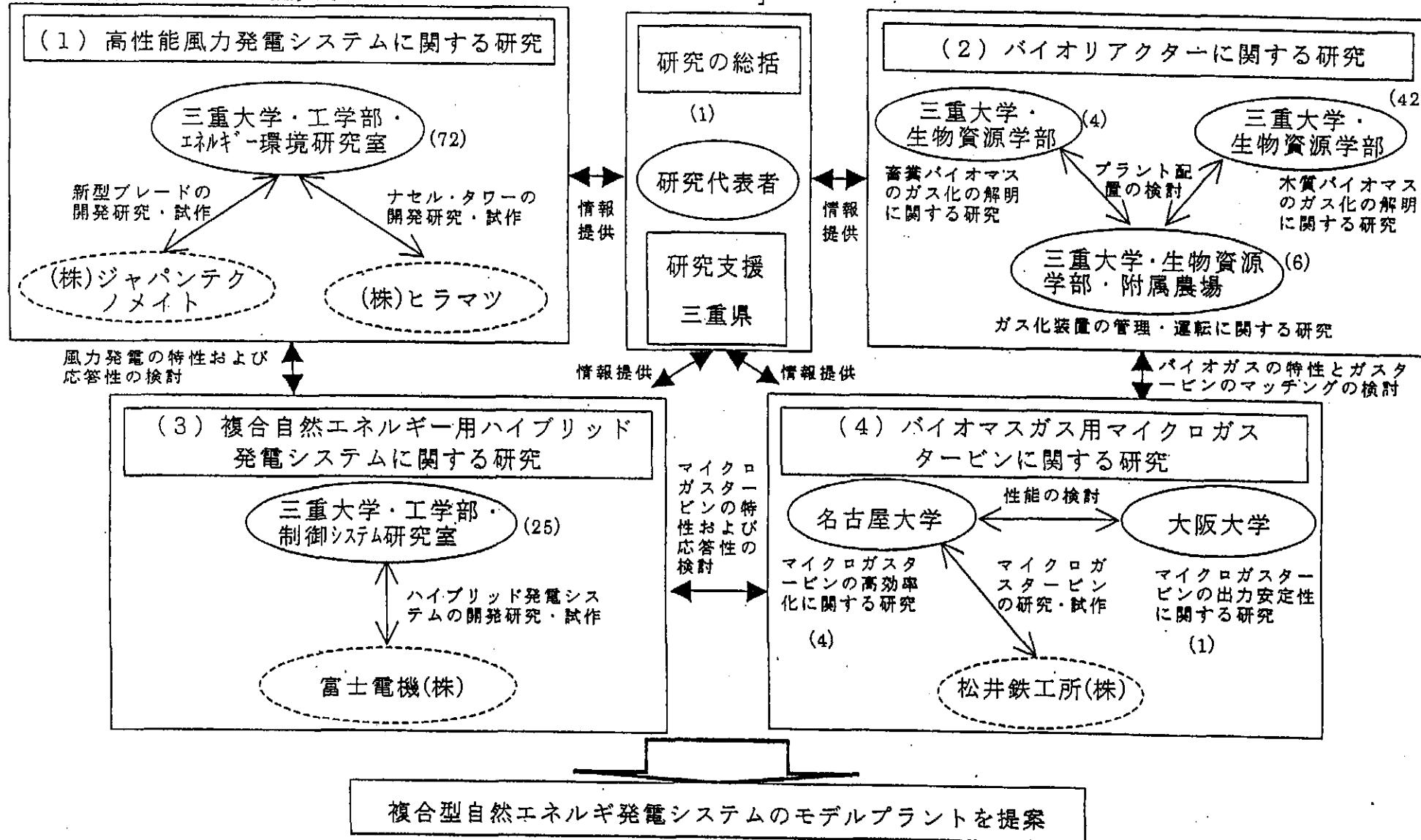
2. 波及効果

本件で開発される技術で、地域の未利用資源（間伐材、畜糞等）のエネルギー資源化が期待される。また、風力発電にこの技術を組み合わせることにより、より安定的な自然エネルギーの供給体制が可能となり、公共施設や農業施設等への応用が見込まれる。

小型風力発電技術が向上すれば、離島や発展途上国などの電化事業に貢献できることが期待される。

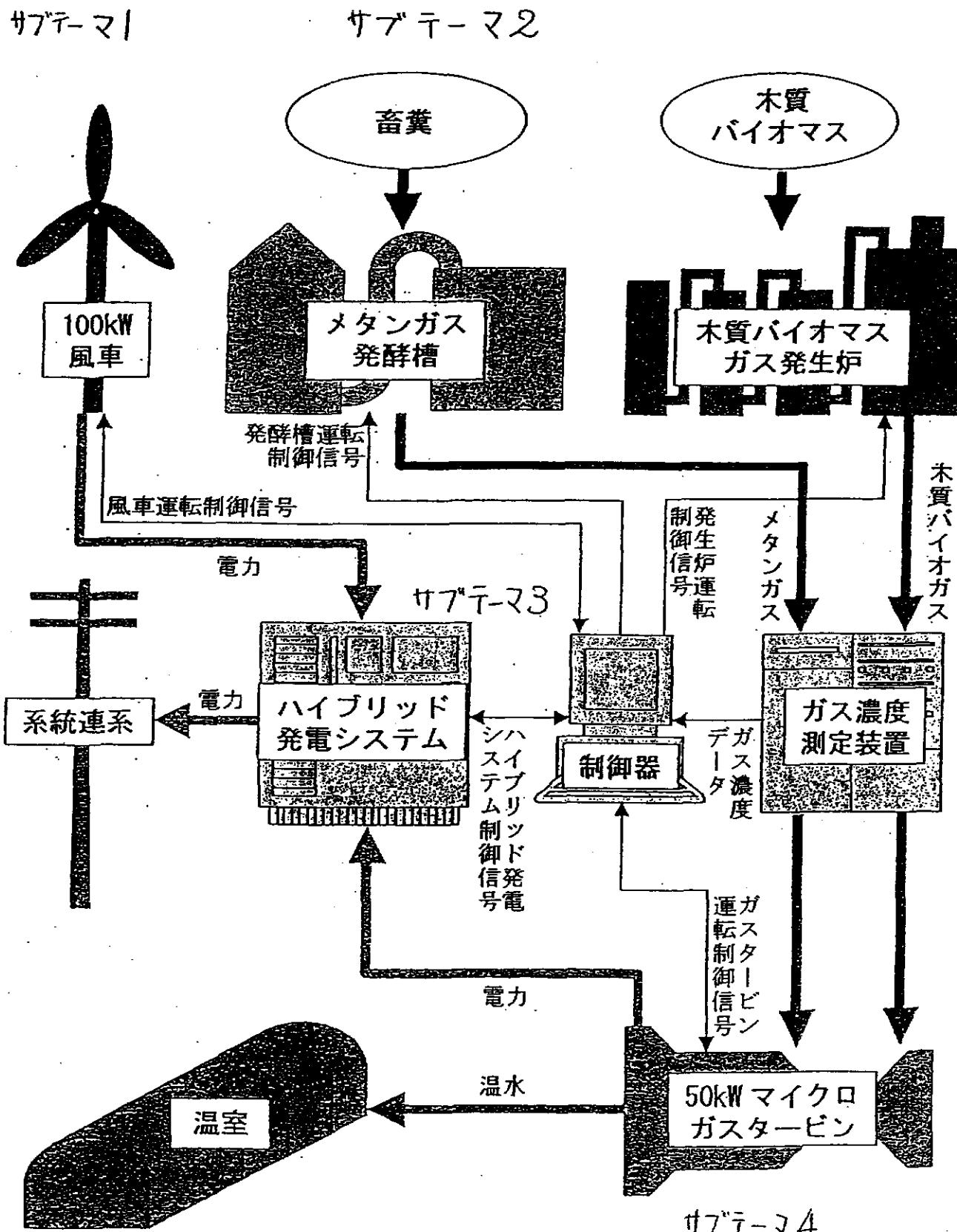
体制図

- 課題名 「複合型自然エネルギー発電システムの開発研究」
 ○研究代表者名 「清水 幸丸」
 ○中核機関名 「三重大学」



複合型自然エネルギー発電システムの開発研究

ハイブリッド発電システム構成図



研究成果の概要

課題名（研究代表者）：複合型自然エネルギー発電システムの開発研究（清水幸丸）

【研究目標の概要】

バイオマスガス化発電（畜糞と農産物残滓のメタンガス化）が畜糞による土壌汚染の防止とエネルギー供給の観点から見直され、積極的に利用され始めている。EU（ヨーロッパ連合）では、2010年までに風力発電7200万kW、バイオマスガス化130Mtoeを実現し、CO₂削減量3億2700万tonを達成する目標を掲げ、地球温暖化防止の切り札として大いに期待されている。

一方、研究代表者らは過去20年間に渡って「複合型自然エネルギー発電技術」を研究開発してきた。本研究では、これらの技術を集成して、農山漁村を中心に三重県の新エネルギー・環境産業を創成する。三重県には既存の水力発電所を数倍越える集合型風力発電所の建設場所が存在するため、「Made in 三重」の風車を設計・製作する。また、熊野灘に面した紀伊半島・東紀州から三重・奈良・和歌山の3県にまたがって温帯雨林が存在するが、現在森林の価値が木材の供給のみに限られ過小評価されている。そこで新しい森林の価値として、森林の持続的発展を考慮しながら、環境林育成の際に排出する間伐材を木質ガス化発電技術によってエネルギー資源に転換する。これは、森林の持続的発展によってCO₂吸収源を拡大させ地球温暖化防止に貢献することにもなる。さらに、魚加工の残材や畜糞原料のバイオマスガス化技術を定着させ、バイオマスガスの生産を拡大する。畜糞等から発生するメタンガスはCO₂の20倍の温暖化作用を持っているのでメタンガスをCO₂に変えることは急務である。これらの技術を三重県産業として定着させ税収を拡大すると同時に新技術によって世界のマーケットに進出し地球温暖化防止に貢献し、競争的環境の中で一步先を行く自然エネルギー利用技術を確立する。

これらを具体化するために、本研究では、風力発電とバイオマス発電による複合型自然エネルギー発電システムのモデルプラントを提案する。そのため、100kW可変速高性能風車の設計・製作を行う。また、畜糞バイオマスおよび木質バイオマスを燃料とするメタンガス発酵槽および炉を設計・製作し、バイオマスガスを燃料とする50kWマイクロガスタービンを設計・製作する。最終目標として、これら風力発電とバイオマスガス化発電をハイブリッド化したモデルプラントを提案する。本研究で開発される技術で、地域の未利用資源（間伐材、畜糞等）のエネルギー資源化が期待される。また、風力発電にこの技術を組み合わせることにより、より安定的な自然エネルギーの供給体制が可能となり、公共施設や農業施設への応用が見込まれる。さらに、小型風力発電技術が向上すれば、離島や発展途上国などの電化事業に貢献できることが期待される。

【研究成果の概要】

最終目標となる複合自然エネルギー発電システムのモデルプラントを構成する各要素機器の開発のために、各研究項目ともに基礎データの取得を行った。

「高性能風力発電システムに関する研究」に関しては、風洞実験により、翼端にMieペーン（風車性能を向上させるために、三重大学が開発した、風車翼端に取り付ける薄板製の小翼）を取り付けた場

合の風車性能試験と翼端周りの速度場の測定を行うことにより、Mieペーンによる効率向上を示した。また、図1に示すピッチ・フラップ機構をもつ可変速風車モデルの風洞実験により過負荷時の風車出力の自動抑制効果と変動風下での応力緩和について示した。

「バイオリアクターに関する研究」に関しては、メタンガス発酵槽を開発するための基礎データとして、メタン発酵の効率化と消化スラッジ処理法を検討した。メタン発酵の効率化に関しては、肥育牛糞、肥育

牛糞料（糞尿汚染モミ殻）、豚糞、鶏糞、生ゴミ（野菜屑と魚内臓）の各種発酵資材を三角フラスコに入れてバッチ式で発酵を行い、フラスコ内のガス圧を利用して、発酵産物分析用試料を採取し、また、ガス量を測定した。また、消化スラッジ処理法に関しては、鶏糞をサンプルとした恒温器内で発酵させたスラッジ、およびメタン発酵の効率化の実験で供試した各種家畜糞尿の発酵スラッジを用いて実験を行った。処理方法として、1) 強酸性ミネラル溶液および消石灰の添加量の検討、2) スラッジの水希釀・強酸性ミネラル溶液添加・消石灰添加の影響、3) 各種発酵資材の消化スラッジでの処理効果、の3点に注目して検討を行った。

また、木質バイオマスガス化発生炉に関しては、研究分担者が従来研究してきたガス発生炉の仕様と性能をもとに、図2に示すようなプロトタイプのガス発生炉を設計・製作した。このガス発生炉の製造にともなって、風車、メタンガス発酵槽、マイクロガスターインの配置を検討した。また、マイ

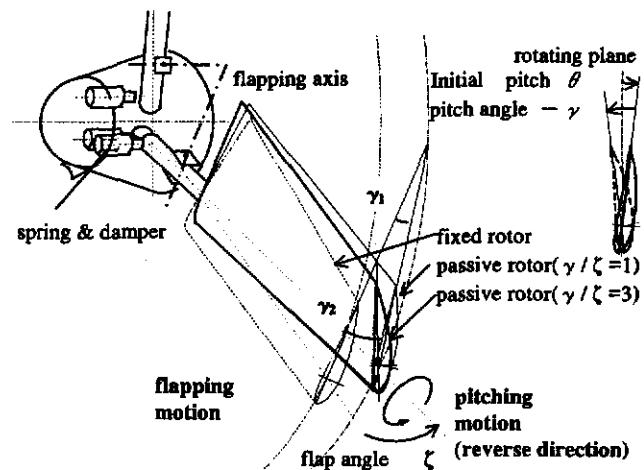


図1 ピッチ・フラップ機構概要

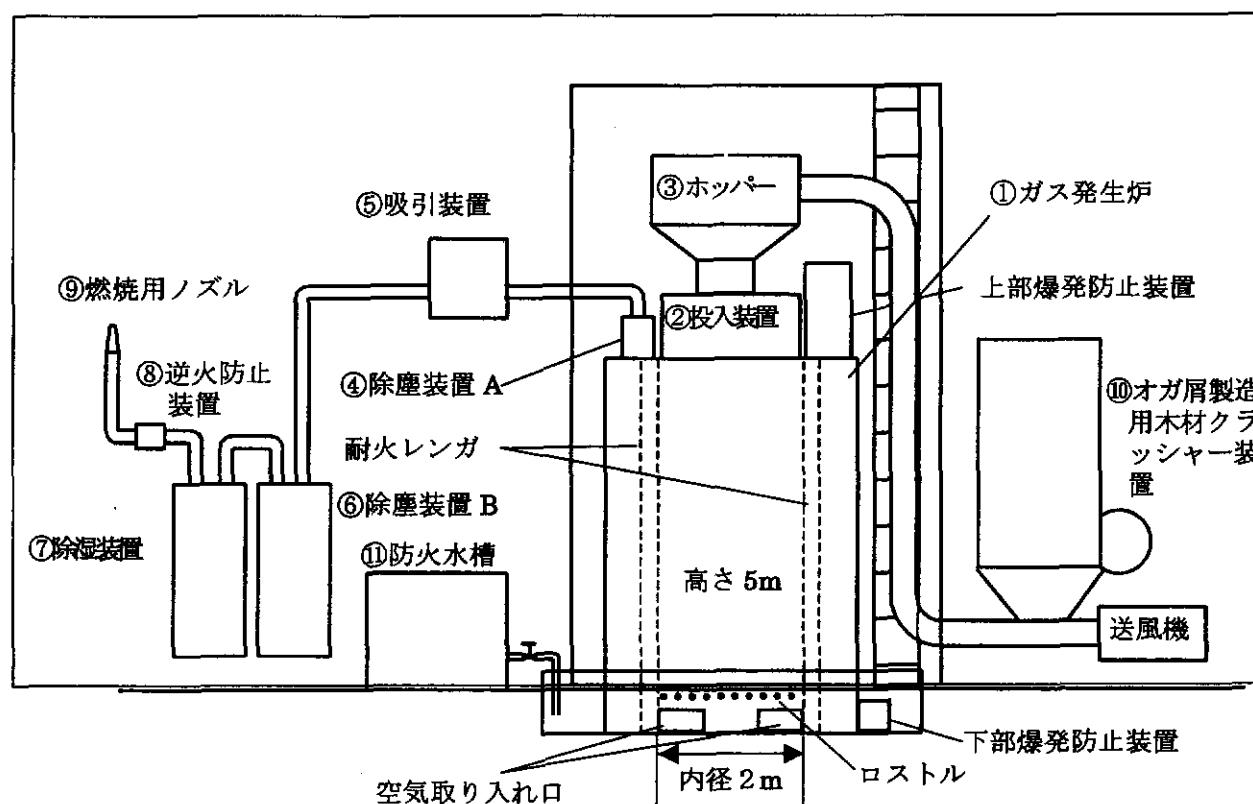


図2 木質バイオマスガスコージェネレーション・システムガス発生装置概要図

クロガスタービンの排熱を利用した熱電コジェネレーションシステムを構築するための一環として、既存の温室の配管を再構築した。モデルプラント完成時には、マイクロガスタービンの排熱を温室に供給してシステム全体の熱電効率の向上を目指す予定である。

「複合自然エネルギー用ハイブリッド発電システムに関する研究」に関しては、風車出力とマイクロガスタービン出力の応答性・変動性が異なることを勘案して、1) 風力発電模擬システムの構築と制御性能試験(図3)、2) 小容量実験機によるフィールド実験、3) マイクロガスタービン発電システムに関する検討課題、4) 風力発電とマイクロガスタービン発電をハイブリッドにした場合に考えられる問題点とその対策、の以上4点に関して検討を行った。

「バイオマスガス用マイクロガスタービンに関する研究」に関しては、バイオマスガスが有するカロリー数を推定してガスタービン駆動に必要なガス量を試算した。ガスタービン試作段階では木質バイオマスガスとメタンガスにLPGを混合して供給することも検討した。また、マイクロガスタービンの成立性を検証するため、図4に示すように既存のジェットエンジンをガスジェネレータとして使用し、これに幅流型パワータービン、減速機、発電機、インバータを追加して実験を行った。

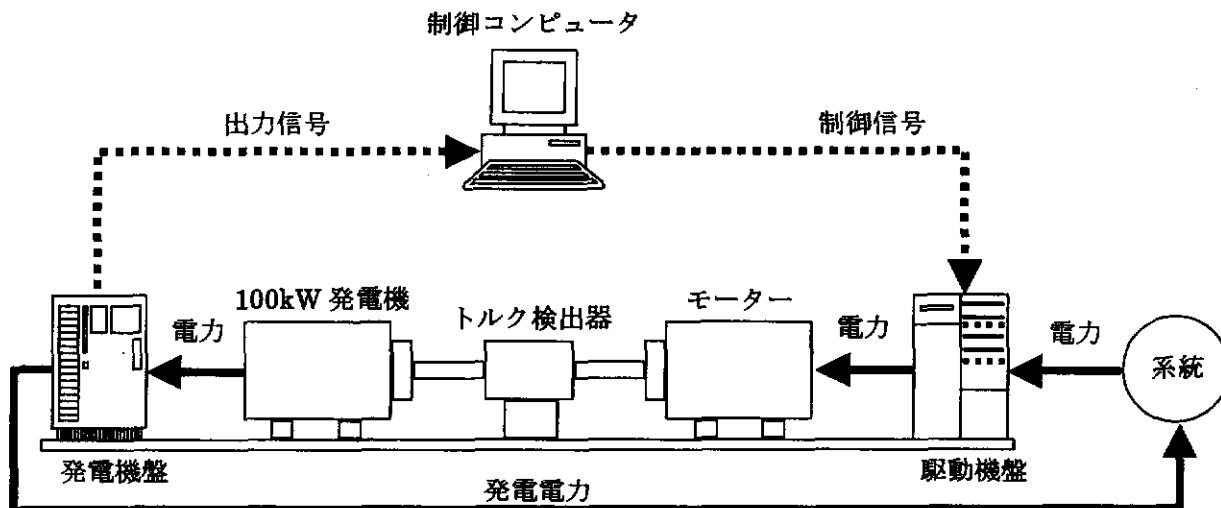


図3 自然エネルギー模擬システムの構成

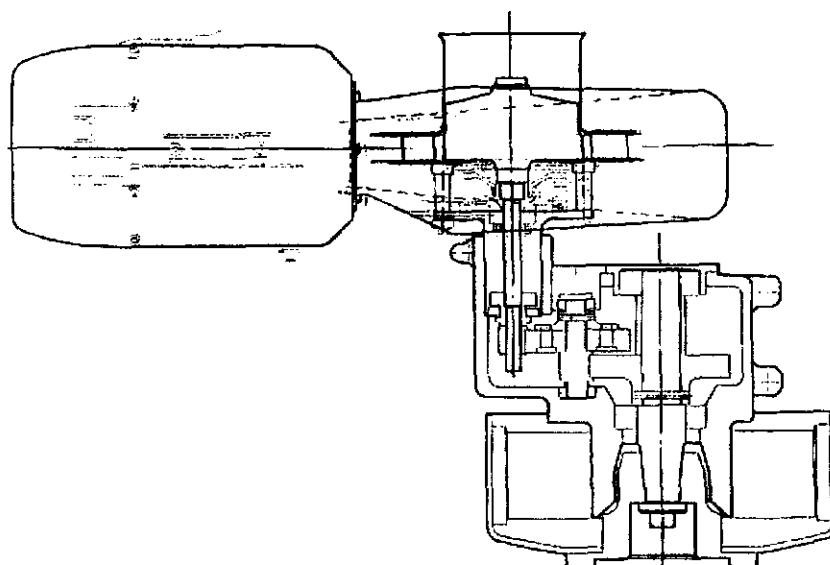


図4 ガスジェネレータ、パワータービン、減速機、発電機のシステム構成

研究成果公表等の状況

課題名（研究代表者）：複合型自然エネルギー発電システムの開発研究（清水幸丸）

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合 計
国内	1 件	0 件	5 件	6 件
国外	3 件	0 件	1 件	4 件
合計	4 件	0 件	6 件	10 件

（注：既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと）

高性能風力発電システムに関する研究

(1) 原著論文による発表の内訳

1) 国内（計 1 件）

1. MIE型翼端小翼（Mieペーン）つき水平軸風車の性能と翼アスペクト比、翼枚数、レイノルズ数の関係, 清水・イスマイリ・鎌田・前田, 日本機械学会論文集, 印刷中, 2002.

2) 国外（計 3 件）

1. Relationships between the performance of HAWT with Mie type tip vane (Mie vane) and blade aspect ratio, number of blade and Reynolds number, Y. Shimizu, E. Ismaili, Y. Kamada, T. Maeda, Journal of Solar Energy Engineering, Trans. ASME, in printing, 2002.
2. The Effect of Blade Aspect Ratio, Number of Blades and Reynolds Number on the Performance of HAWT with Mie Type Tip Vane, Y. Shimizu, E. Ismaili, Y. Kamada, T. Maeda, Proceedings of World Wind Energy Conference, CD-ROM, 2002.
3. The Power Augmentation Effect for Wind Turbines by Diffuser, Y. Shimizu, Y. Kamada, T. Watanabe, S. Kawaguchi, T. Maeda, E. Ismaili, Proceedings of World Wind Energy Conference, CD-ROM, 2002.

(2) 原著論文以外による発表の内訳

1) 国内（計 2 件）

1. 数値計算によ2風車翼周りの数値解析, 前田・清水・荒木・鎌田, 日本機械学会東海支部講演論文集, pp. 101-102, 2002.

2. 水平軸風車の後流に関する研究, 清水・前田・鎌田・堀内・松本, 日本機械学会東海支部講演論文集, pp. 103-104, 2002.

2) 国外(計 1件)

1. Enhanced Field Rotor Aerodynamics Database, T. Maeda, Y. Shimizu, Final Report of IEA Annex XVIII, 2002.

複合自然エネルギー用ハイブリッド発電システムに関する研究

(1) 原著論文以外による発表の内訳

1) 国内(計 3件)

1. 小型風力発電システムにおける最大電力追従制御時の動特性改善法、伊藤和登・山村直紀・石田宗秋・堀孝正、電気学会半導体電力変換・産業電力電気応用合同研究会資料SPC-01-56, pp. 41-46, 2001
2. 小型風力発電システムにおける最大電力追従制御時の動特性改善法、伊藤和登・山村直紀・石田宗秋・堀孝正、平成13年電気学会産業応用部門全国大会, No. 97, pp. 621-624, 2001
3. 小型風力発電システムにおける最大電力追従速度改善法、伊藤和登・山村直紀・石田宗秋・堀孝正・平野大悟、平成13年電気関係学会東海支部連合大会, No. 104, pp. 52, 2001

【特許出願等】 6件 (国内 6件、国外 0件)

高性能風力発電システムに関する研究

1. 水平軸風車翼の設計・製作法, 出願者: J S T, 2001年5月22日、特願2001151793.

バイオリアクターに関する研究

1. 木質系バイオマスガス化固定床式ガス発生炉安全装置、出願者: J S T, 2002年1月17日、特願20028197.
2. 木質系バイオマスガス化固定床式ガス発生炉用除塵装置、出願者: J S T, 2002年1月17日、特願20028196.
3. 木質系バイオマスガス化固定床式防塵型ガス発生炉(出願予定).
4. 木質系バイオマスガス化固定床式ガス発生炉灰掻き出し装置(出願予定).
5. 木質系バイオマスガス化発電用ガスエンジン・発電機システム(出願予定).

【受賞等】 0件 (国内 0件、国外 0件)

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	サブテーマ 4	合計
Journal of Solar Energy Engineering, Trans. ASME	0.28	1				1
主要雑誌小計		1				1
発表論文合計		7		3		10

所要経費一覧

(単位:千円)

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費	
			平成13年度	合計
1. 高性能風力発電システムに関する研究	三重大学工学部	前田 太佳夫 鎌田 泰成 清水 幸丸	71, 668	71, 668
2. バイオリアクターに関する研究				
2.1. 蕎麥バイオマスのガス化の解明に関する研究	三重大学工学部・生物資源学部附属農場	脇田 正彰 清水 幸丸 柏村 直樹	3, 708	51, 972
2.2. 木質バイオマスのガス化の解明に関する研究	三重大学工学部	清水 幸丸 小宮 孝志	41, 791	
2.3. ガス化装置の管理・運転に関する研究	三重大学工学部・生物資源学部附属農場	田代 亨 清水 幸丸	6, 473	
3. 槍合自然エネルギー用ハイブリッド発電システムに関する研究	三重大学工学部	石田 宗明 清水 幸丸	25, 279	25, 279
4. バイオマスガス用マイクロガスタービンに関する研究				
4.1. マイクロガスタービンの高効率化に関する研究	名古屋大学大学院工学研究科	菊山 功嗣	4, 037	
4.2. マイクロガスタービンの出力安定性に関する研究	大阪大学大学院基礎工学研究科	辻本 良信	1, 383	
5. 研究推進	三重大学工学部	清水 幸丸	745	745
合計			155, 084	155, 084