



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	燃料電池・水素・再生可能エネルギー利用技術を導入した寒冷都市次世代エネルギーシステムに関する研究 -住宅用ガスエンジンコージェネレーションシステムの実験-
Author(s)	関根, 剛史; 後藤, 隆一郎; 濱田, 靖弘 他
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 4 建築 都市エネルギー利用 . 4-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 135-138
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1350
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-6_p135-138.pdf



4-6 燃料電池・水素・再生可能エネルギー利用技術を導入した寒冷都市次世代エネルギーシステムに関する研究

—住宅用ガスエンジンコージェネレーションシステムの実験—

Study on Future Energy System using Fuel Cell, Hydrogen and Renewable Energy in Cold Regions

○関根 剛史 (北海道大学)
濱田 靖弘 (北海道大学)
中村 真人 (北海道大学)
長田 勉 (北海道大学)
村瀬 光則 (北海道大学)

後藤隆一郎 (北海道大学)
窪田 英樹 (北海道大学)
桑原 浩平 (北海道大学)
落藤 澄 (北海道大学)

Yasuhiro HAMADA*¹ Ryuichiro GOTO*¹ Fumitoshi YOSHIMURA*¹
Hideki KUBOTA*¹ Makoto NAKAMURA*¹ Kohei KUWABARA*¹
Tsutomu NAGATA*¹ Masayuki TSUJI*¹ Kiyoshi OCHIFUJI*¹ Mitsunori MURASE*²
*¹ Hokkaido University *² Hokkaido Gas Co., Ltd.

Synopsis : This report describes the field experiment concerning effect on introduction of the Micro Gas Engine Cogeneration System for the general detached houses in cold regions. First, the outline is shown about the system. Secondly, energy conservation, the environment, and the economical effect are calculated based on the operation result on the representative day. In addition, low temperature water heating in the experiment house is evaluated.

はじめに

筆者らの研究室では、これまで自然エネルギーをハイブリッドに活用したエネルギー自律型住宅¹⁾と燃料電池コージェネレーションシステム²⁾の有効性を実証的に明らかにしてきた。本報は、燃料電池・水素・再生可能エネルギー利用技術を導入した寒冷都市次世代エネルギーシステムを開発することを目的とした一連の研究の第3報であり、寒冷地における一般戸建住宅を対象としたマイクロガスエンジンコージェネレーションシステムの導入効果に関する実証実験を行うものである。

2005年1月に北海道大学構内の実験戸建住宅“ローエネルギーハウス”にマイクロガスエンジンコージェネレーションシステムを設置し、電力・給湯・暖房・融雪の実証実験を行った。まず、導入したマイクロガスエンジンコージェネレーションシステムについて概要を示す。次いで、運転実績を示し、代表日におけるマイクロガス

エンジンコージェネレーションシステム導入効果を示す。また、暖房方式(壁パネルヒータ・床暖房)による室内温熱環境の比較、および立ち上がり時の低温水暖房の評価を実施する。

1. ガスエンジンコージェネレーションシステム概要

図-1にシステム概念図を示す。本システムはガスエンジン発電ユニットと排熱利用給湯暖房ユニットからなる。ガスエンジン発電ユニットからの発電電力を家庭の電力需要に使用し、同時に排熱で温水をつくる。排熱利用給湯暖房ユニットはガスエンジン発電ユニットでつくられたお湯を給湯・温水暖房・融雪の回路に流し、各需要に使用される。給湯や暖房の能力が不足する場合には、補助熱源機が作動する。電力に関しては、ガスエンジンで発電した電力が商用電力に対し優先して使用され、系統連系逆潮流システム制御となっている。

図-2にシステム構成図を示す。ガスエンジン発電ユニットはガスエンジン・発電機・排ガス熱交換器・インバータから構成され、排熱利用給湯暖房ユニットは貯湯槽・バックアップボイラ・ヒーター・熱交換器から構成されている。

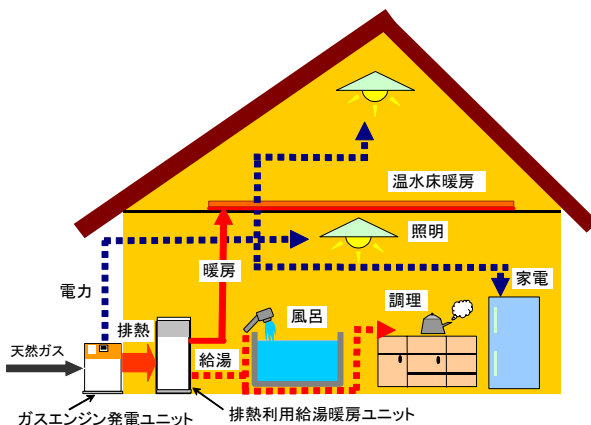


図-1 システム概念図

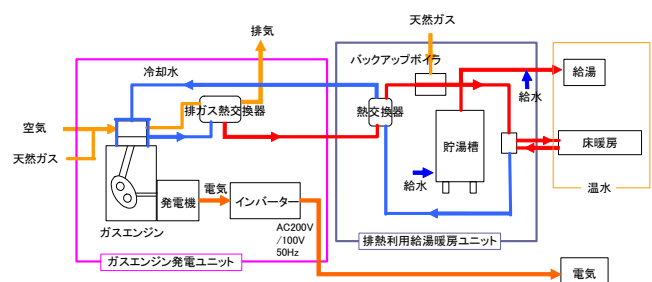


図-2 システム構成図

ガスエンジン発電ユニット



排熱利用給湯暖房ユニット

図-3 システム外観

表-1 システム仕様

ガスエンジン発電ユニット<屋外設置式>	
発電出力	1kW
排熱出力	3.25kW
電気方式	単相3線式 100/200V(50Hz)
発電効率	20%(LHV)
排熱効率	65%(LHV)
最大ガス消費量	5.54kW
寸法(mm)	D380×W580×H880
質量	約81kg(運転時約82kg)
騒音値	44dB(A)
排熱利用給湯暖房ユニット<屋内設置式>	
貯湯温度	約70℃
貯湯槽容量	150L
給湯能力	24号(42kW)
暖房能力	14kW
最大ガス消費量	52.3kW
寸法(mm)	D400×W700×H1955
質量	約125kg(満水時約280kg)
排熱利用	給湯・床暖房等

図-3、表-1にそれぞれガスエンジンコージェネレーションシステムの外観、仕様を示す。ガスエンジン発電ユニットは屋外設置式であり、発電出力が1kW、発電効率が20%(LHV)、排熱効率が65%(LHV)、熱電比が3.25となっている。一方、排熱利用給湯暖房ユニットは屋内設置式で、貯湯槽容量が150L、貯湯温度が約70℃である。

また、基本的にエンジンが運転するのは、熱需要に対して排熱利用給湯暖房ユニットの貯湯槽にお湯を貯めるときで、エンジンの運転する時間帯と貯湯量は、学習機能により決定される。学習機能とは、それぞれの家庭の毎日の電気・給湯・暖房の使い方(需要パターン)を記憶し、その日の最も省エネルギーとなるような時間帯にエンジンを運転させるものである。

2. 実験概要

2.1 実験施設における模擬負荷制御

図-4に模擬負荷制御システム構成図を示す。模擬負荷プログラムにより一日の負荷パターンを決定し、分単位で制御盤に入力する。電力負荷に関しては、模擬負荷として120Wの電球1~7が設置され、各電球の点灯開始・

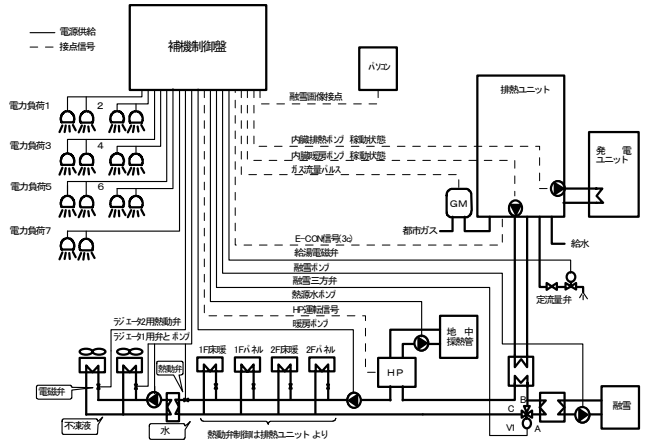


図-4 模擬負荷制御システム構成図

表-2 測定項目と測定機器

CH	項目	センサ	
パルスユニット	1	受電電力量	既設電力量計
	2	発電電力量	OMRON KM20-A21
	3	余剰電力量	OMRON KM20-A21
	4	発電ガス量	金門 NED1
	5	ボイラガス量	金門 NED4
	6	排熱流量	愛知 ND10
	7	給水流量	愛知 ND20
	8	暖房流量	愛知 ND20
白金ユニット	21	排熱温度(高)	PT100Ω(15A,40mm)
	22	排熱温度(低)	PT100Ω(15A,40mm)
	23	給水温度	PT100Ω(15A,50mm)
	24	給湯温度	PT100Ω(15A,50mm)
	25	暖房温度(高)	PT100Ω(15A,150mm)
	26	暖房温度(低)	PT100Ω(15A,150mm)
	27	外気ガス温度	PT100Ω(15A,150mm)
	28	室内ガス温度	PT100Ω(15A,150mm)
電圧・熱電対ユニット	41	給湯器入温	熱電対線
	42	貯湯槽1	熱電対線
	43	貯湯槽2	熱電対線
	44	貯湯槽3	熱電対線
	45	貯湯槽4	熱電対線
	46	貯湯槽5	熱電対線

終了時間を設定することで時刻ごとの変動する電力負荷パターンを模擬している。給湯負荷に関しては、電磁弁の開閉を制御し、設定時刻に設定量だけ浴室において自動的に出湯されるようにした。今回の実験では、既報³⁾における実測値に基づく照明他・給湯需要パターンを与えるものとした。暖房負荷に関しては、ローエネルギーハウス内を設定温度に保つようとする実負荷とし、パネルヒータおよび床暖房で室内暖房を行い、サーモバルブ等の調整を行った。

2.2 測定項目と測定機器

表-2に測定項目と測定機器を示す。受電電力量、発電電力量、余剰電力量、発電ガス量、ボイラガス量、排熱流量、給水流量を発信器によって測定し、排熱、給水、暖房、ガス、貯湯槽等、各温度を温度センサにより測定した。各測定は1分間隔で行った。

実験住宅においては、パネルヒータ・床暖房および融雪回路における各循環水の行き・還り温度と流量を測定した。また、室内温度および湿度、外気温についても同様に5分間隔で測定・記録した。

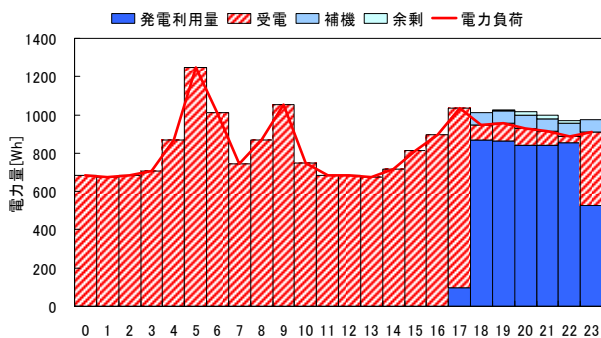


図-5 電力収支 (2月22日)

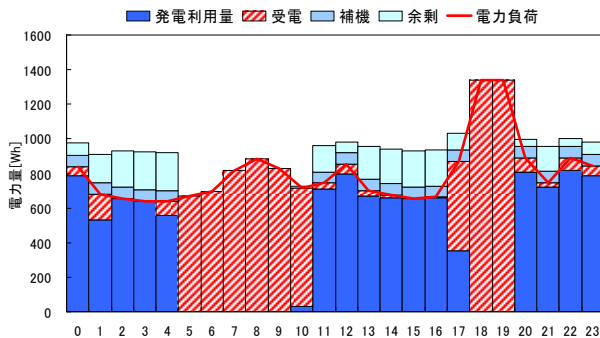


図-7 電力収支 (2月26日)

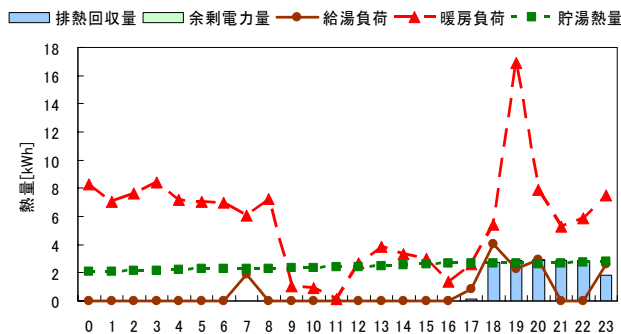


図-6 熱収支 (2月22日)

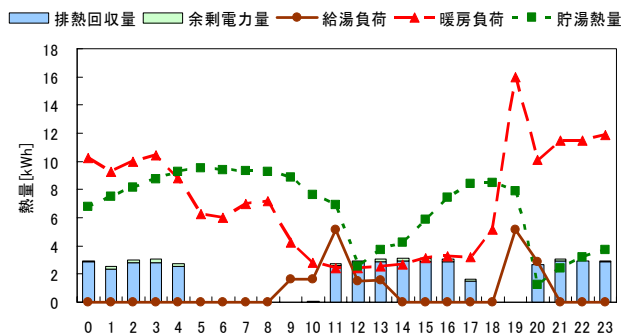


図-8 熱収支 (2月26日)

3. 運転実績

図-5、図-6に2005年2月22日における電力収支・熱収支を示す。この日の運転方法としては、電力・給湯需要の多い18時から24時までをシステム稼動可能時間とし、自動運転を行った。

総運転時間は5時間45分、総発電量は5.9 kWh、総排熱量は18.0 kWhで、発電効率(LHV)が20.0%、排熱回収効率(LHV)が61.0%、総合効率は81.0%となった。また、従来方式(商用電源+灯油ボイラ)に対する一日の一次エネルギー削減率は11%、CO₂削減率は28%、ランニングコスト削減率は4%となった。

また、図-7、図-8に2005年2月26日における電力収支・熱収支を示す。この日の運転方法としては、24時間システム稼動可能とし、自動運転を行った。

総運転時間は15時間21分で、10時から18時までと20時から5時までのW-DSS(W-Daily Start and Stop)運転となった。総発電量は15.7 kWh、総排熱量は48.1 kWhで、発電効率(LHV)が19.9%、排熱回収効率(LHV)が61.0%、総合効率は80.9%となった。また、従来方式(商用電源+灯油ボイラ)に対する一日の一次エネルギー削減率は9%、CO₂削減率は27%、ランニングコスト削減率は3%となった。

4. 暖房評価

4.1 暖房方式による室内温熱環境の比較

図-9、図-10にパネルヒータの代表日1月22日と床暖房の代表日2月14日における室内放熱量、室内温度、暖房行き温度、暖房還り温度、外気温の変動を示す。

パネルヒータの代表日では、暖房行き温度は時刻ごとにやや変動したものの比較的一定であったと言える。また、暖房還り温度、壁パネルヒータ放熱量についてもほぼ一定であった。外気温は-7.2℃~-5.3℃と厳冬日であったが、室内温度は21.8℃~23.8℃と安定した推移を示し、良好な温熱環境が得られていると言える。

床暖房の代表日では、暖房行き温度はほぼ一定であったが暖房還り温度は8時~17時で4℃~5℃高くなった。また、同様の時間帯で放熱量はやや小さくなった。外気温は-7.5℃~-6.4℃と厳冬日であったが、室内温度は21.9℃~23.8℃と安定した推移を示し、パネルヒータと同様に良好な温熱環境が得られていると言える。

図-11、図-12にパネルヒータと床暖房時における実験住宅1階の室内断面温度分布を示す。図-11は南面の床に壁パネルヒータを設置し、暖房を行った結果である。室内各所温度は22.2℃~23.4℃であった。局所的に温度が高くなっている部分も無く、実験住宅のような高断熱住宅では比較的均一な温度状態を形成していると言える。また、図-12は床パネルによる床暖房を行った結果である。室内各所温度は22.5℃~23.1℃であった。図-11と比較して、空間温度分布はより一様に近い結果となった。

4.2 低温水暖房の評価

図-13に低温水暖房の代表日(4月16日)の運転実績を示す。起動時(外気温4.0℃、室内気温18.0℃)より1時間の温水(58.2℃)供給を行ったところ、室内気温は設定に近い値に達した。その後、低温水(36.3℃)供給に切り替え、暖房を継続した。比較的良好な温度環境を維持する結果となった。

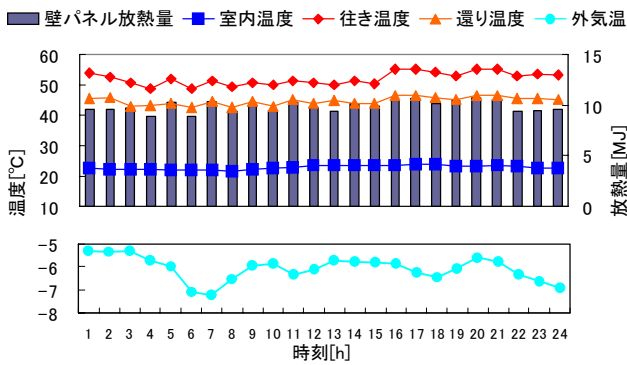


図-9 放熱量および各温度の変動 (1月22日)

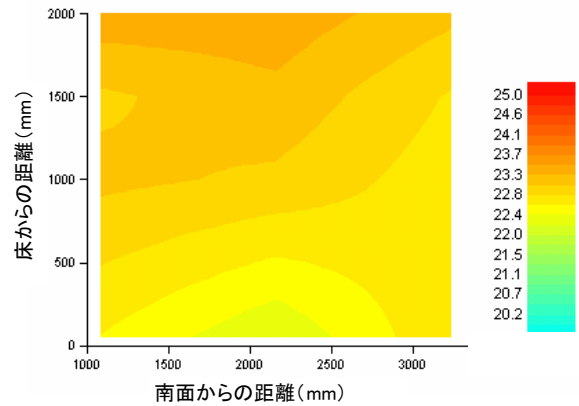


図-11 1F室内断面温度分布 (1月22日)

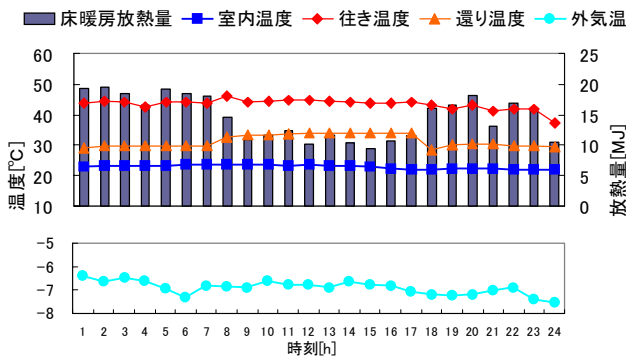


図-10 放熱量および各温度の変動 (2月14日)

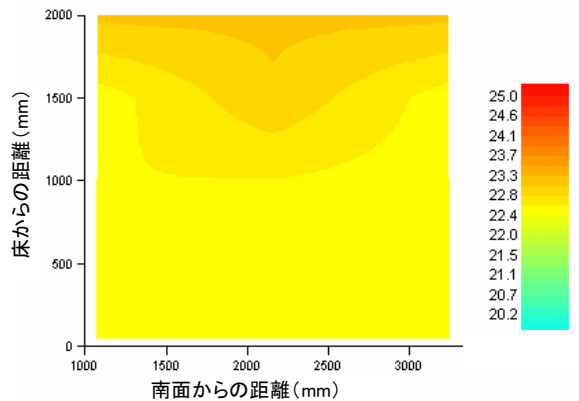


図-12 1F室内断面温度分布 (2月14日)

まとめ

- 2005年1月に北海道大学構内の実験戸建住宅“ローエネルギーハウス”にマイクロガスエンジンコージェネレーションシステムを導入し、電力・給湯・暖房・融雪の実証実験を行った。
- W-DSS運転の代表日における運転実績は、発電効率(LHV)が19.9%、排熱回収効率(LHV)が61.0%となり、総合効率は80.9%となった。また、従来方式(商用電源+灯油ボイラ)に対する一日の一次エネルギー削減率は9%、CO₂削減率は27%、ランニングコスト削減率は3%となった。
- パネルヒータと床暖房時のそれぞれにおける室内温度分布の評価を行った。パネルヒータにおいては、一日の室内温度が21.8°C~23.9°Cの間で推移し、良好な温熱環境が得られた。また、温度分布に関しては、室内中央床面付近にやや低温域が見られたが、室内温度はほぼ均一になっている結果となった。床暖房においては、一日の室内温度が21.9°C~23.8°Cの間で推移し、パネルヒータと同様に良好な温熱環境が得られた。温度分布に関しては、ほぼ一様となり、いずれの暖房方式においても室内の空間温度分布はほぼ一様となった。
- 低温水暖房運転の起動特性、室内温度に関する評価を行った。起動時(外気温4.0°C、室内気温18.0°C)より1時間の温水(58.2°C)供給を行い、室内気温

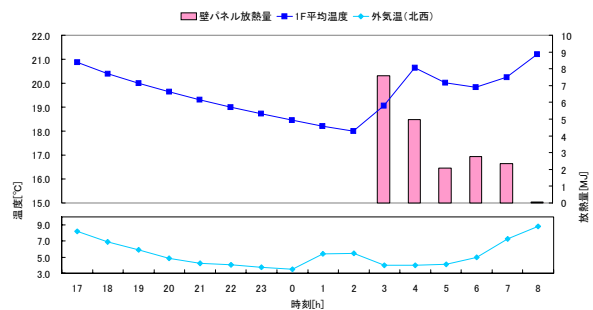


図-13 低温水暖房の運転実績

は設定に近い値に達し、その後は低温水(36.3°C)供給に切り替え、比較的良好な温度環境を維持する結果となった。今後、厳冬期における運転実績を蓄積していく予定である。

参考文献

- 濱田靖弘ら：自然エネルギーをハイブリッドに活用したエネルギー自律型住宅に関する研究(第1~4報)、空気調和・衛生工学会論文集(1999~2002)
- 後藤隆一郎ら：実証実験に基づく自然エネルギー・燃料電池活用型住宅用複合システムの開発と総合評価(第1~8報)、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2002~2004)
- 鳴原亮ら：北海道における家庭用エネルギー消費構造とその季節別変動の実態調査(第1~2報)、空気調査・衛生工学会学術講演会論文集(1999~2000)