



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解析-
Author(s)	吉村, 文利; 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 . 4-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 131-134
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1349
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-5_p131-134.pdf



4-5 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解析 -

○吉村 文利 (北海道大学) 後藤 隆一郎 (北海道大学) 濱田 靖弘 (北海道大学)
窪田 英樹 (北海道大学) 中村 真人 (北海道大学) 桑原 浩平 (北海道大学)
長田 勉 (北海道大学) 落藤 澄 (北海道大学) 村瀬 光則 (北海道ガス)

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であり、寒冷地における一般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数値解析を行うものである。

まず、最適運転シミュレーションを行い、対象各世帯の月ごとの代表日における電力収支、熱収支を算出する。次いで、従来方式に対する年間一次エネルギー削減率を算出し、省エネルギー性、家庭用コージェネレーションシステムとしての導入可能性について評価を行う。

1. 解析条件

1.1 検討対象と計算条件

検討の対象とした世帯は、寒冷地における 11 世帯で、電力・給湯・暖房の各種年間需要量は表-1 のようになっている。各種年間需要量に対し、月別比率、時刻別比率を用いて各月の代表日における時刻別需要量を算出し、最適運転プログラムへの入力値とした。

表-2 に計算条件を示す。マイクロガスエンジンに関しては、発電定格出力を 1 kW、発電効率を 20.0% (LHV)、排熱回収効率を 65.0% (LHV) とした。機器

表-1 対象世帯一覧

住宅の種類	戸建住宅							集合住宅		戸建一般	集合一般
	高断熱・高気密			標準的断熱				J邸	K邸		
世帯名	B邸	C邸	D邸	E邸	F邸	G邸	I邸				
世帯員数	4	3	3	4	5	5	2	3	5		
床面積[m ²]	111	214	107	133	125	104	157	78	65	123	50
電力需要[GJ/a]	160	101	7.9	123	16.1	7.9	9.5	122	15.4	9.5	5.7
給湯需要[GJ/a]	19.9	10.1	10.4	15.2	21.3	10.8	9.6	122	11.9	17.1	7.8
暖房需要[GJ/a]	59.3	42.0	33.7	88.1	40.3	40.0	24.5	53.1	24.7	44.4	20.3

熱電比 (発生電力量と発生熱量の比) は 3.25 となっている。現在、家庭用コージェネレーションシステムに用いられている固体高分子形燃料電池と比較して、熱電比はおよそ 2 倍程度大きい。

1.2 システムモデルと解析プログラム概要

図-1 に戸建住宅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た場合のシステムモデルを示す。ガスエンジンによる発電電力を家庭内の電力需要に、エンジン排熱を給湯・暖房需要に利用する。不足分は、電力需要を商用電力で、給湯・暖房需要をガスボイラで賄う。比較する従来方式としては、家庭内の電力需要を商用電力で、給湯・暖房需要をガスボイラで賄うものとした。

図-2 に解析に用いる最適運転プログラムのフローを示す。入力データとして各世帯の月・時刻別の電力・給湯・暖房需要量をそれぞれ入力する。計算は従来方式計算部とガスエンジンコージェネレーションシステム方式計算部でそれぞれ時刻別に行う。ガスエンジンコージェネレーションシステム方式計算部では、時刻ごとの一次エネルギー消費量が最小になるように計算される。そして、それぞれの結果を比較し、最適運転時の一次エネルギー削減率、時刻別電力・熱収支を出力する。

1.3 対象ケース

逆潮を認める場合と認めない場合について解析を行った。逆潮を認める場合としては、1 kW 定格運転とし、逆潮を認めない場合としては、ガスエンジンの発電効率は部分負荷運転時も一定と想定し、最低負荷率 0.3 における電力負荷追従運転とした。

表-2 計算条件

マイクロガスエンジン		
発電定格出力	発電効率	排熱回収効率
1kW	20.0% (LHV)	65.0% (LHV)
商用電源受電端効率	ガスボイラ効率	ガスボイラ消費電力
36.4%	75.0%	200W
一次エネルギー消費量原単位	天然ガス	商用電力
	46.61 MJ/m ³	9.887 MJ/kWh

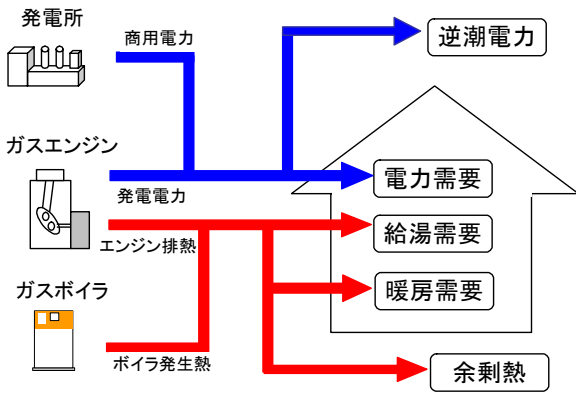


図-1 マイコガスエンジンコージェネレーションシステムモデル

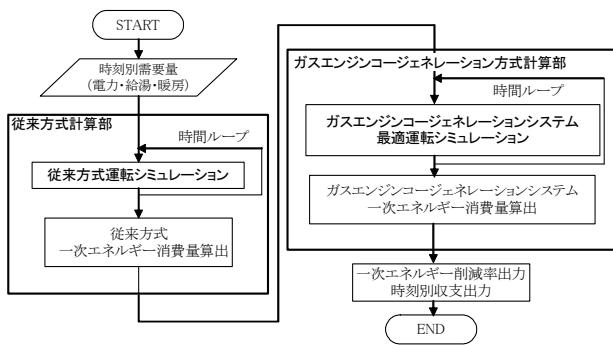


図-2 最適運転プログラムフロー

2. 逆潮あり (1 kW 定格運転) の場合の解析結果と考察

表-3 に各世帯の従来方式に対する年間一次エネルギー削減率を示す。各世帯の年間一次エネルギー削減率は11.8%~23.5%となり、11世帯全体では19.6%となった。I邸、K邸、集合一般については他の世帯に比べ、削減率が比較的小さい値を示した。一次エネルギー削減率は世帯間で大きくばらつく結果となった。

図-3、図-4、図-5、図-6 にこのケースにおいて一次エネルギー削減率の最も大きかったG邸における1月・7月の代表日の運転状況として、一日の電力収支・熱収支をそれぞれ示す。1月(冬季)においては、逆潮を認めていることと熱需要が非常に大きいことから、熱主電従運転となっていることがわかる。電力需要量の82.9%をガスエンジンによる発電で賄い、熱需要量の72.2%をガスエンジン排熱によって賄っている結果となった。また、逆潮電力量が非常に多く、合計電力需要量の1.6倍の量の逆潮電力が発生している結果となった。一方、7月(夏季)においては、全く運転していない状況となった。夏季は暖房需要がないうえに給湯需要も小さいため、需要側の熱電比がガスエンジンの熱電比より大幅に小さく、熱需要の大きい冬季においては有効であった、熱電比が大きいとい

表-3 各世帯の年間一次エネルギー削減率(逆潮あり)

世帯名	一次エネルギー削減率	世帯名	一次エネルギー削減率
B邸	21.0%	C邸	21.8%
D邸	18.3%	E邸	22.4%
F邸	18.3%	G邸	23.5%
I邸	13.3%	J邸	21.1%
K邸	13.0%	戸建一般	21.9%
集合一般	11.8%	11世帯全体	19.6%

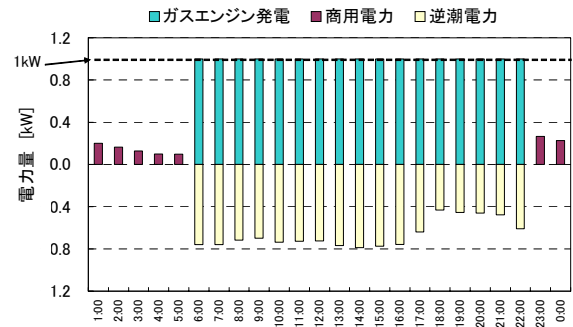


図-3 1月の代表日における電力収支 (G邸)

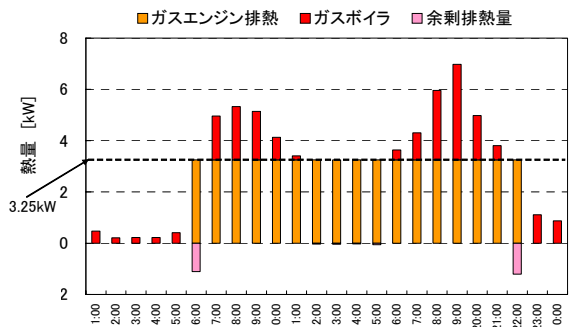


図-4 1月の代表日における熱収支 (G邸)

うガスエンジンコージェネレーションシステムの特徴が生かされず、従来方式の方が最適運転となると判断されたためだと考えられる。稼働時間について、冬は長く、夏は著しく短いという傾向は、G邸のみならず対象11世帯でほぼ同様となった。

3. 逆潮なし (電力負荷追従運転) の場合の解析結果と考察

表-4 に各世帯の従来方式に対する年間一次エネルギー削減率を示す。各世帯の年間一次エネルギー削減率は集合一般を除き8.9%~19.8%となり、逆潮ありの場合と同様に世帯間で大きなばらつきが見られた。集合一般では1.9%と値が極端に小さくなったが、これは電力・給湯・暖房各需要量が他の世帯と比べてとりわけ小さく、ガスエンジンの定格出力1kWに対する最低負荷率0.3の制約を受け、ほとんどシステムが稼働しない運転状況となったためだと考えられる。また、11世帯全体では年間一次エネルギー削減率は14.0%となった。

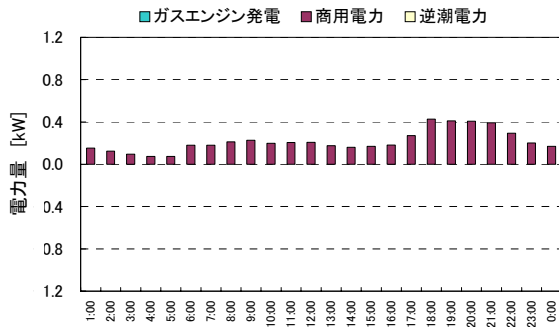


図-5 7月の代表日における電力収支 (G邸)

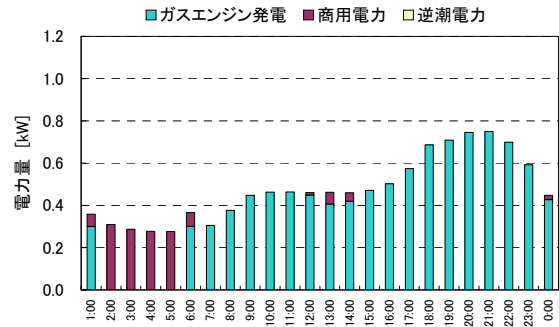


図-7 1月の代表日における電力収支 (K邸)

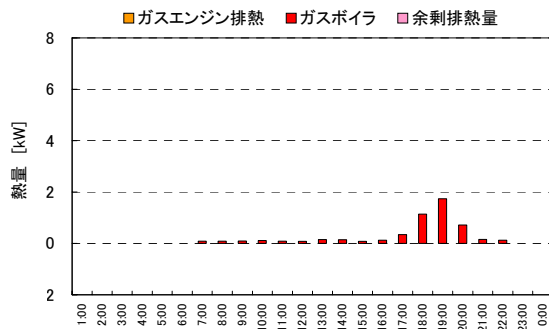


図-6 7月の代表日における熱収支 (G邸)

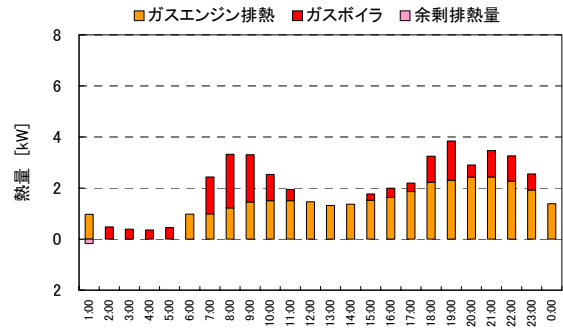


図-8 1月の代表日における熱収支 (K邸)

表-4 各世帯の年間一次エネルギー削減率 (逆潮なし)

世帯名	一次エネルギー削減率	世帯名	一次エネルギー削減率
B邸	18.5%	C邸	12.9%
D邸	10.3%	E邸	12.0%
F邸	19.5%	G邸	8.9%
I邸	16.4%	J邸	15.7%
K邸	19.8%	戸建一般	9.7%
集合一般	1.9%	11世帯全体	14.0%

図-7、図-8、図-9、図-10 にこのケースにおいて最も一次エネルギー削減率の大きかったK邸における1月・7月の代表日の運転状況として、一日の電力収支・熱収支をそれぞれ示す。1月(冬季)においては、逆潮を認めていないことに加え熱需要が大きいことから、需要側の熱電比がガスエンジンの熱電比を上回る時間帯が多いため、ほぼ電主熱従運転となっている。電力需要量の87.8%をガスエンジンによる発電量で賄い、熱需要量の68.3%をガスエンジン排熱によって賄っている結果となった。一方、7月(夏季)においては、熱需要の大きい夕方の方の数時間のみ稼働している状況となった。これも需要側の熱電比とガスエンジンの熱電比のずれが理由として考えられた。また、この傾向は他の世帯でも同様の傾向を示した。

4. 各ケースの解析結果の比較

図-11 に逆潮ありと逆潮なしの場合の各世帯の年間一次エネルギー削減率の比較を示す。逆潮ありの場合

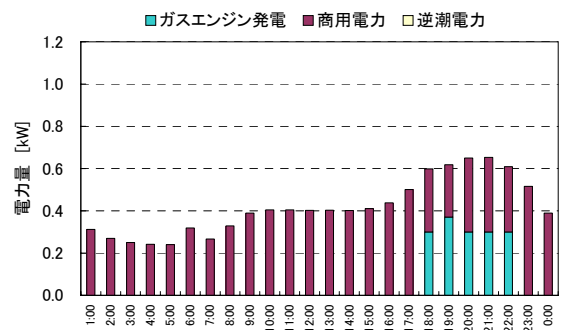


図-9 7月の代表日における電力収支 (K邸)

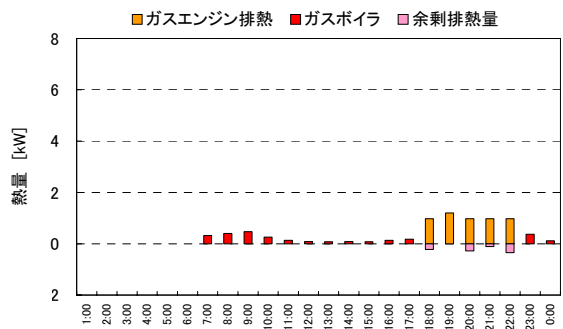


図-10 7月の代表日における熱収支 (K邸)

の方が削減率が高くなっている世帯が多いことがわかる。しかし、それとは全く逆の世帯もあり、値の差も各世帯で大きく異なる。本解析において一次エネルギー削減率に寄与する要素の1つとして、時刻別の需要に対するガスエンジンの寄与率が考えられる。そこで、需要側熱電比に着目し、図-12 に需要側年間熱電比と

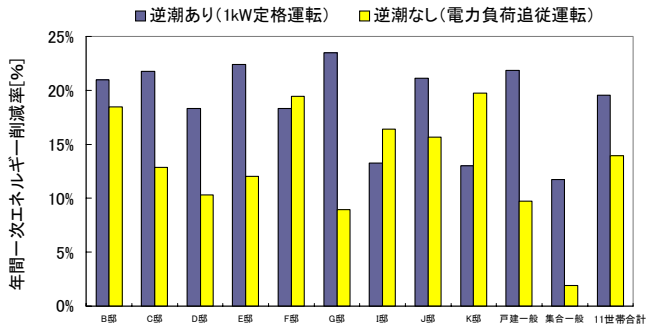


図-11 各世帯年間一次エネルギー削減率比較

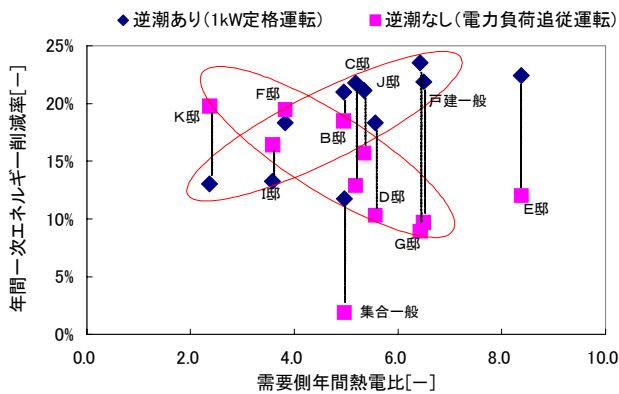


図-12 需要側年間熱電比と年間一次エネルギー削減率との関係

年間一次エネルギー削減率の関係を示した。逆潮ありの場合では、ほぼ熱主電従運転となることから、需要側年間熱電比と年間一次エネルギー削減率の間にはある程度正の相関がある傾向が見られた。一方、逆潮なしの場合では、ほぼ電主熱従運転となることから、逆に負の相関がある傾向が見られた。

図-13 に従来方式に対する各ケース 11 世帯全体年間一次エネルギー消費量の比較を示す。逆潮ありでは逆潮なしに比べ、年間一次エネルギー消費量が若干小さい結果となった。また、削減率の差は約6%であった。逆潮なしにおいても電力負荷追従機能が備わることで、逆潮ありの場合に近い省エネルギー効果が得られることがわかった。やや程度の差はあるが、いずれのケースにおいても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従来方式に対する省エネルギー効果が示された。

また、燃料電池コージェネレーションシステムについては、現在イニシャルコストや耐久性が課題であるといわれている。マイクロガスエンジンコージェネレーションシステムは燃料電池コージェネレーションシステムの前段階として、寒冷地において一般戸建住宅を対象とした家庭用コージェネレーションシステムとして導入効果が大きいものと考えられる。

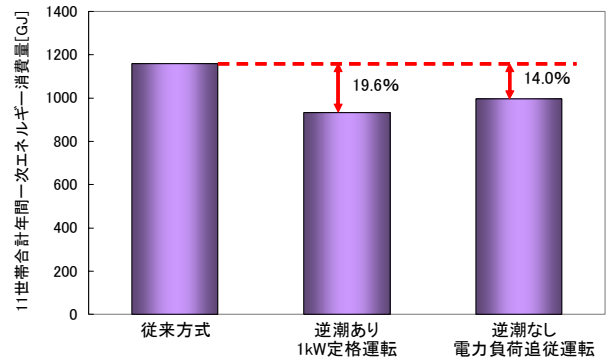


図-13 従来方式に対する各ケース 11 世帯全体年間一次エネルギー消費量の比較

まとめ

寒冷地の一般戸建住宅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た場合における省エネルギー性、導入可能性の評価を実施した。

- 1) 逆潮を認める場合として 1 kW 定格運転の時の解析を行った結果、各世帯の年間一次エネルギー削減率は 11.8%~23.5%となり、11 世帯全体では 19.6%となった。
- 2) 逆潮を認めない場合として電力負荷追従運転の時の解析を行った結果、各世帯の年間一次エネルギー削減率は、特に値の小さかった集合一般を除き、8.9%~19.8%となり、11 世帯全体では 14.0%となった。
- 3) 需要側年間熱電比と年間一次エネルギー削減率の間には各ケースによってある程度の相関関係が見られ、各世帯の需要側年間熱電比はその世帯の最適運転条件の選定の際に極めて重要な指標となる。
- 4) 逆潮ありの場合に比べて一次エネルギー削減効果が小さいと考えられる逆潮なしの場合でも、電力負荷追従機能が備われば、逆潮ありの場合に近い一次エネルギー削減効果が見込まれる。
- 5) 現段階においてイニシャルコストや耐久性が課題である燃料電池コージェネレーションシステムに先駆け、マイクロガスエンジンコージェネレーションシステムは、寒冷地における家庭用コージェネレーションシステムとして導入効果が大きいものであると考えられた。

参考文献

- 1) 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）
- 2) 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）