

Lawrence Berkeley National Laboratory

Recent Work

Title

Investigation on a summer operation effect of a district energy system at Kitakyushu science research city

Permalink

<https://escholarship.org/uc/item/3680z075>

Journal

AIJ Journal of Technology and Design

ISSN

1341-9463

Authors

Gao, Weijun
Zhou, Nan
Nishida, Masaru
[et al.](#)

Publication Date

2004-05-24

北九州学術研究都市における地域熱源システムの夏季運転効果に関する調査

Investigation on a Summer Operation Effect of a District Energy System at Kitakyushu Science Research City

高 偉俊*1 周 南*2 西田勝 *3
 相楽 典泰*4 龍 有二*4 尾島 俊雄*5

Weijun GAO, Nan ZHOU, NISHIDA Masaru, SAGARA Noriyasu,
 RYU Yuji and OJIMA Toshio

キーワード:

地域熱源システム, 運転効果, 評価, ガスエンジン, 燃料電池

Keywords :

District energy system, Efficiency, Evaluation, Gas engine, Fuel cell

In Kitakyushu Science and Research Park, a new district energy system has been introduced. In this study, we chose this system as a case study and have carried out an analysis on the efficiency of the power generation and heat release utilization of the fuel cell and gas engine in summer by using the recorded data. The results can be summarized as follows: 1) Although the power generation efficiencies of the gas engine and fuel cell are a little bit lower than the standard designated value, they are almost running at stable condition. 2) The collected heat energy is lower than the designated value. The heat release utilization, which is used for cooling and hot water, is fairly low. Considering the efficient use of energy, it is a key to have a good use of heat release when we introduce a district energy system. 3) The discarded heat energy of the system is very big in this investigation when evaluating the system as a whole. It is fundamental to the future of energy conservation to use primary energy more efficiently.

1. はじめに

我が国のエネルギー需要は、生活環境の向上に伴い増加傾向にあり省エネルギーやエネルギーの有効利用が重要視されている。

現在、新エネルギーとしてガスを使用して発電をしたり排熱を利用することで二次的なエネルギーを有効利用するコージェネレーションシステムが注目を浴びている^{1,2,3}。

北九州学術研究都市では発電効率、排熱効率をあげるために新エネルギーシステムとして燃料電池、ガスエンジンを導入している。この地域エネルギーシステムは、1次エネルギーから動力、電力を得ると同時に、発生する排熱から蒸気や温水を得ることができる。実際に良い効率を得られているかを分析する。夏季に冷房をよく活用することから本研究では、このシステムを対象にし夏季における運転データを収集しシステムの発電効率、排熱効率を分析することを目的とする。

2. 研究対象

図 1 は、北九州学術研究都市の環境エネルギーセンターにおけるコージェネレーションシステムのフローである。このシステムの計画概要としては、燃料電池やガスエンジンの発電時に排出される熱を夏季には、給湯の予熱や冷房に利用し、暖房時には、そのまま暖房として利用することにより熱回収しエネルギーの有効利用を計っている。表 1 は燃料電池、ガスエンジンにおけるシステムの諸元である。システムの形式及び設備容量に対する 100%発電時の発電効率、熱回収効率を示している。表 1 に示すように燃料電池の設備容量は 200kW、発電効率は 40%、熱回収率は 20%で 90 の高温水回路

及び、給湯給水を温める 50 の低温水回路から行う。運転管理は 24 時間通年連続運転である。ガスエンジンの設備容量は 160kW、発電効率は 28.7%、熱回収効率は 47.7%で、90 の高温水回路のみである。システムの運転管理は 24 時間運転である。システム運転の優先順位は、まず燃料電池の運転そして、ガスエンジンの運転

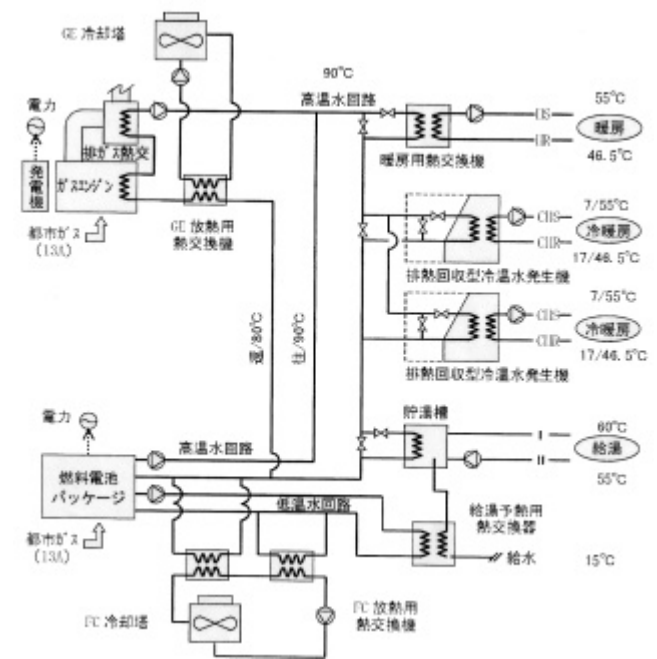


Figure 1 District energy system

*1 北九州市立大学 助教授 工博
 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの 1-1 N317)
 *2 Lawrence Berkeley National Laboratory 研究員 工博
 *3 九州産業大学 教授 工博
 *4 北九州市立大学 教授 工博
 *5 早稲田大学 教授 工博

*1 Associate Professor Dr. Engineering, The University of Kitakyushu
 *2 Researcher, Dr. Engineering, Lawrence Berkeley National Laboratory
 *3 Professor, Dr. Engineering, Kyushu Sangyo University
 *4 Professor Dr. Engineering, The University of Kitakyushu
 *5 Professor Dr. Engineering, Waseda University

Table 1 Detail of system

	燃料電池 (リン酸型)	ガスエンジン
形式及び設備容量	200kw	160kw
発電効率 (100%発電時)	40.00%	28.70%
熱回収効率 (100%発電時)	20.00% (90 温水にて回収)	47.70%
	20.00% (50 温水にて回収)	
運転管理	24時間通年連続運転 燃料電池優先	24時間

ある。コージェネレーションシステムは電主熱従の方式で運転されている。

3. 研究手法

研究の手法として発電に関しては、1時間ごとに電気メーカーから記録したものをを用いる。排熱利用効率を分析するための各機械の温水出入口の温度差及び流量を1時間ごとに計り、出入口の温度差に流量をかけて、排熱量及びその利用量を予測する。

燃料電池やガスエンジンは西部ガスの都市ガスを使い、その発熱量は高位発熱量 12.79kW (11,000kcal/h) を採用している。なお燃料電池等の補機電力量も考慮して発電効率を計算する。

4. 実績結果の分析

4-1 時刻の運転状況

時刻の運転状況を調べるために、平日と休日を分けて、その平均値を用いて分析する。

図2には平日及び休日に燃料電池とガスエンジンとの時刻別発電効率を示している。燃料電池とガスエンジンとの時刻別の発電効率はほぼ一定で、燃料電池の時刻別の発電効率は約32%、ガスエンジンの時刻別の発電効率は約23%である。

同様に、燃料電池とガスエンジンとの時刻別の熱回収効率を図3に示す。図のように、燃料電池の時刻別の熱回収効率はほぼ定常で、約10%前後であるが、ガスエンジンの時刻別の発電効率はその変化がやや激しく、29%～45%間に変動している。

図4には燃料電池とガスエンジンとの排熱利用量を総合的に考えられた排熱利用効率を示している。図のように、その効率は変動が激しい。回収した熱の約40%しか利用されていない。

1次エネルギー利用効率を図5に示す。1次エネルギー利用効率は1次エネルギーに対する燃料電池とガスエンジンの発電量プラス利用された排熱量の割合である。平日・休日ともその効率は約40%である。

図2～図5にあるように、発電効率と熱回収効率は設計値(表1)との差があるが、排熱利用効率が低いのが問題となっている。結果的に、1次エネルギー利用効率も予想より低かった。

4-2 夏季期間中の運転状況

図6には夏季における燃料電池とガスエンジンとの発電効率の累積曲線を示している。燃料電池とガスエンジンはほぼ安定な発電効率で運転されていることがわかった。燃料電池の発電効率は約

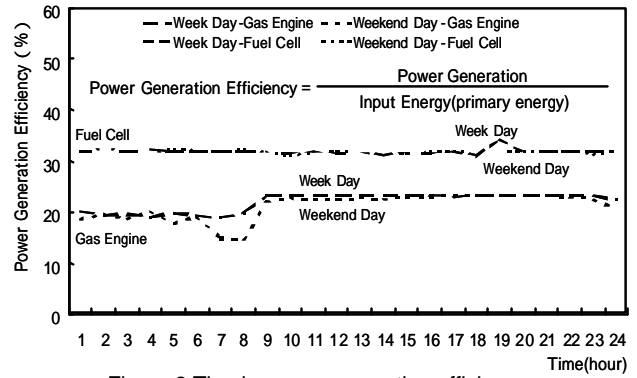


Figure 2 Timely power generation efficiency

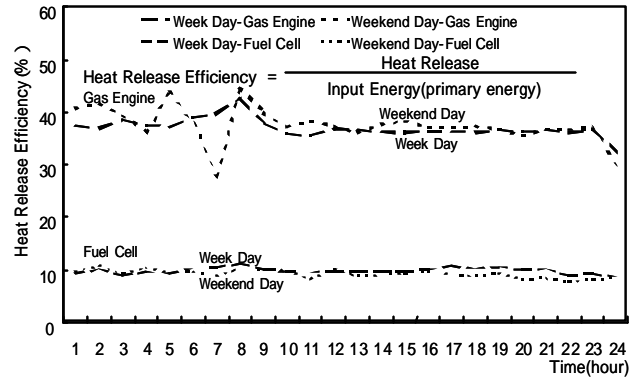


Figure 3 Timely heat collection efficiency

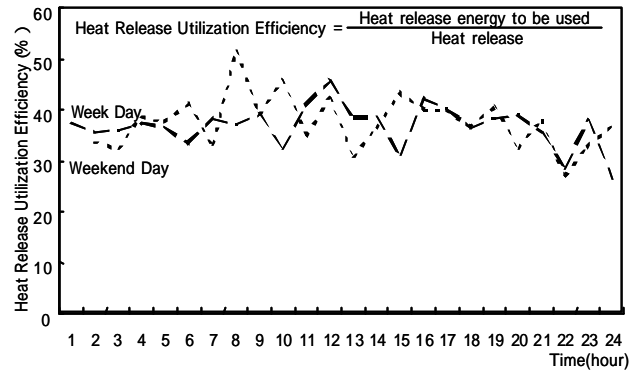


Figure 4 Timely heat release utilization efficiency

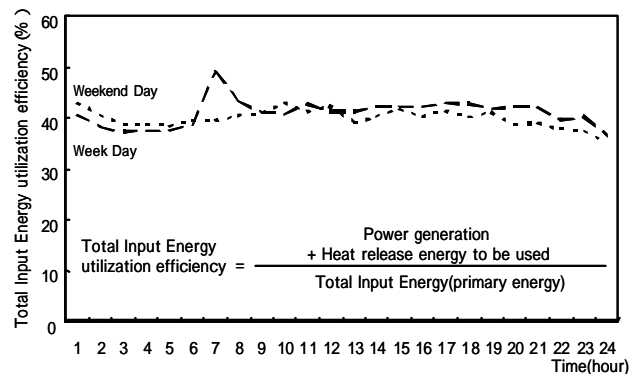


Figure 5 Timely total energy utilization efficiency

1,800時間に亘り約30%以上、ガスエンジンの発電効率は約1,500時間に亘り約20%以上である。燃料電池発電効率はガスエンジン発電効率より高いので、燃料電池システムを優先運転することが望ま

しい。

図 7 は夏季における熱回収効率の累積曲線である。図 7 と表 1 より、ピーク値 20% となった燃料電池熱回収効率に当たる時間は約 500 時間であることがわかった。また、ピーク値 48% となったガスエンジン回収効率に当たる時間は約 100 時間である。さらに、他の時間帯においてはそれらの熱回収効率は低くなっている。図 6 と図 7 及び表 1 に示されたとおり、燃料電池とガスエンジンともに発電

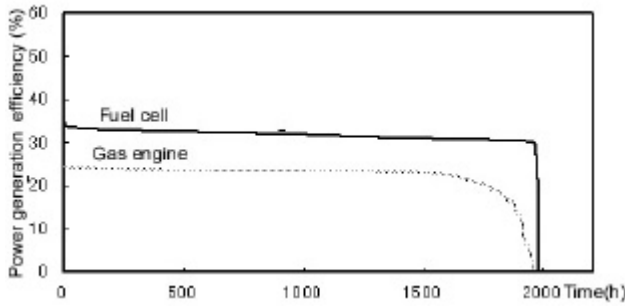


Figure 6 Seasonally power generation efficiency

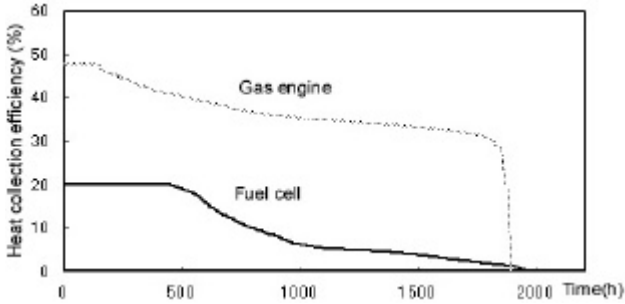


Figure 7 Seasonally heat collection efficiency

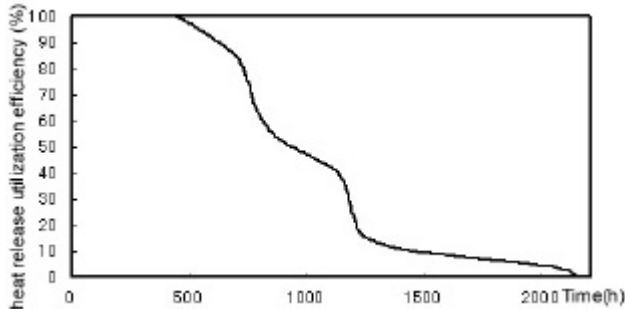


Figure 8 Seasonally heat release utilization efficiency

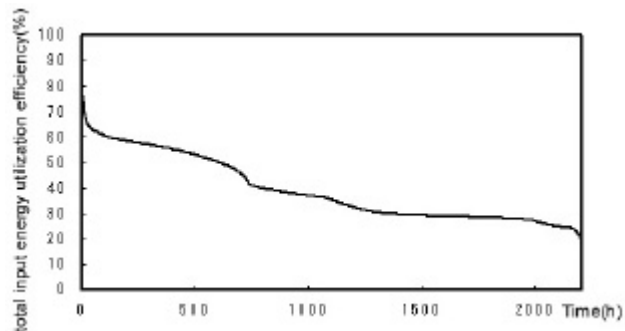


Figure 9 Seasonally total energy utilization efficiency

効率はあるものの、熱回収効率が期間中にはやや低くなっている。

燃料電池とガスエンジンとの排熱を冷房や給湯として利用された部分の排熱利用効率累積曲線は図 8 示す。その排熱利用効率の 100% 高い値に当たる時間数は約 500 時間であるものの、多数の時間帯の場合では排熱が効果的に利用されていない。

図 9 には 1 次エネルギー利用効率の累積曲線を示している。その効率は約 23% から 76% までに変動している。総合的に見ると、1 次エネルギーはまだ十分に利用されていない。

4-3 月別エネルギー収支

図 10 には月別のエネルギー収支を示す。それぞれ、発電量は燃料電池、ガスエンジンの発電量である。排熱利用量は、排熱回収型冷温水器、貯湯槽で利用された排熱量である。排熱未利用量はガスエンジン、燃料電池から出た排熱を排熱回収型冷温水発生器と貯湯槽で利用されなかった排熱のことを言う。廃棄熱量は、まったく使用されずに捨てた熱のことである。

6 月の廃棄熱量は最も多く、その割合は 52% を占めている。熱回収量の割合は約 20% で、その中の排熱利用量は約 50% になっている。発電量の割合は 27.2% である。

7 月の廃棄熱量の割合は約 50% である。熱回収量の割合は約 24% で、その中に排熱利用量は約 3 分の 1 となった。夏季において排熱利用は最も低い月である。発電量の割合は 26.4% である。

8 月の廃棄熱量の割合は最も低く、約 45% である。熱回収量の割合は夏季において、最も大きく、約 27% で、その中に排熱利用量は同じく最も大きく、約 90% 利用されている。発電量の割合は 27.7% である。

この夏季 3 ヶ月間における廃棄熱量が約 50% を占めていて、非常に大きい。発電効率は夏季において約 27% であるが、排熱利用は 1 次エネルギーに対する割合が 14.2% しかない。今後発電効率の向上、そして排熱を十分に有効的に利用するのは課題であると考えられる。

5. 省エネルギー・性・環境保全性の評価

北九州学術研究都市におけるコージェネレーションの導入効果を検証するため、従来型エネルギー供給システム（比較システム）を 11 に設定する。温熱はボイラ、冷熱は蒸気吸収冷凍機を用いて、地域温熱、冷熱を供給する。また、機器の効率と CO₂ の排出量の原単位を表 2 に示す⁴。電力の CO₂ 排出量に関しては、火力発電所の

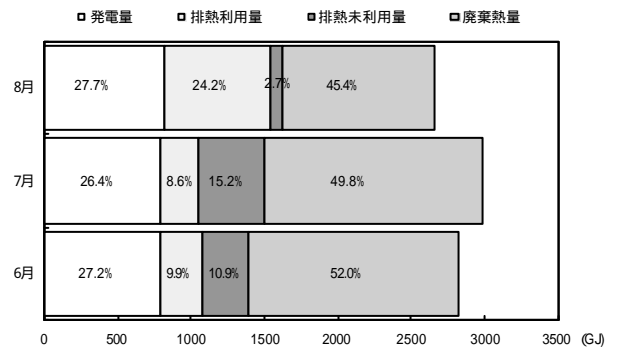


Figure 10 Balance of monthly energy consumption

0.175kg-C/kWhと日本の発電所平均値0.104 kg-C/kWhの二ケースで比較した。

図 12 には夏期の一次エネルギー投入量の比較を示しており、従来型システムと比べると、環境エネルギーセンターの夏期の一次エネルギー投入量は多くなって(約 7.7%) 省エネルギー面でコージェネレーションが思うような効果を上げていない。これはこのコージェネレーションが電主熱従で設計されるため、製造している熱が供給過剰になって、排熱は十分に利用されていないためと思われる。

コージェネレーションシステムと従来型システムの夏期の CO₂ 排出量を計算した。その結果を 13 に示している。図のように、夏期の CO₂ 排出量では、火力発電に比較すると、コージェネレーションシステムは従来型システムより約 31%削減できたが、全発電所の平均 CO₂ 排出量に比較すると、約 14%増えている。

6. まとめ

本研究調査では、北九州学術研究都市に導入している新エネルギーシステムを対象にし、主に夏季における燃料電池とガスエンジンの発電状況及びその排熱の利用状況について実測データを用いて分析を行った。その結果として、以下のようにまとめる。

- 1) ガスエンジンと燃料電池の発電効率は、規格容量よりやや低いではあるが、ほぼ安定的に運転されている。
- 2) 熱回収率は定格より低く、その中に利用された排熱も現状ではかなり低い。エネルギーの有効利用面から考えれば、地域熱源システム導入をする場合、熱を有効的に利用することはネックである。
- 3) 全体システムを評価する場合、今回の調査においては、システムの廃棄熱量は非常に大きい。
- 4) 省エネルギー・性・環境保全性の評価では、排熱は十分に利用されていないため、コージェネレーションシステムが思うような効果を上げていない。

今回の研究は北九州学術研究都市の環境エネルギーセンターの燃料電池とガスエンジンを絞って、夏季の熱源システム供給側の運転状況の分析を行ったが、排熱利用も需要側の問題もあり、今後の研究として、需要側も考慮して更なる解析が必要である。また、中間期、冬季においても、今後調査実証していきたい。

参考文献

1. 犬飼 英吉、エネルギーと地球環境、丸善、2000年
2. 資源エネルギー庁公益事業監修、「コージェネレーションの現状と将来」、通商産業調査会出版部発行、1997年
3. 守屋寛之・石福昭・水田昌宏、地域冷暖房における燃料電池コージェネレーションシステムの導入に関する研究(従来コージェネレーションシステムとの比較)、日本建築学会大会論文梗概集、D-2分冊、p.943、1996年
4. 南斎規介等、産業連関表による環境負荷原単位データブック、独立行政法人、国立環境研究所、地球環境研究センター、2002

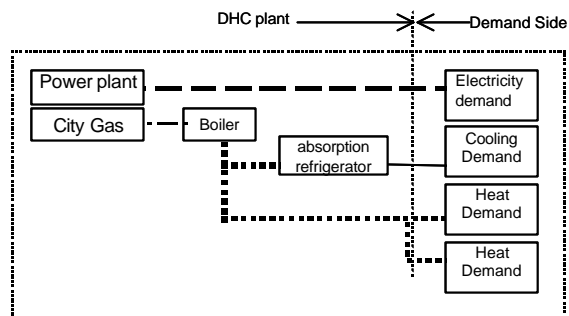


Figure 11 Conventional supply system (for comparison)

Table 2 The basic parameters of the equipments⁴

Efficiency (%)			CO ₂ discharge quantity		
Power Plant	Boiler	absorption refrigerator	Electricity for all power supply average (Kg-C/kWh)	Electricity from thermal power generation (Kg-C/kWh)	Natural Gas (Kg-C/m ³)
35	80	118	0.104	0.175	0.584

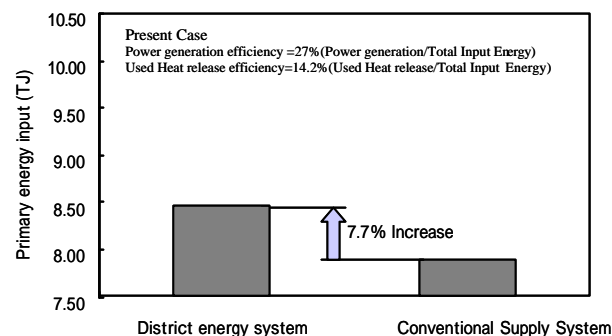


Figure 12 Comparison of primary energy input

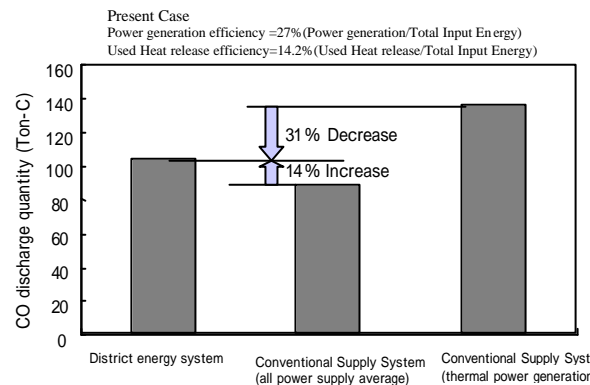


Figure 13 Comparison of CO₂ discharge quantities

謝辞

本研究にあたって、千代田計装の森利之氏から多大なご協力を頂いた。なお本研究の一部は平成 14 年度科学研究費補助金(基盤 C14550591、代表高偉俊)を受けて実施したものである。ここに感謝の意を表す。