

家庭用小型コージェネレーションユニットの紹介

Introduction of Micro Combined Heat and Power Generation Unit for Residential Use

高 石 敏 充*
Toshimitsu TAKAISHI

荒 真 人*
Masato ARA

戸 川 一 宏*
Kazuhiro TOGAWA

要 旨

石油に比べCO₂排出量の少ないクリーンなエネルギーとして知られている天然ガスを燃料として、高効率なエネルギー供給システムの家庭用小型コージェネレーションユニット(MCHP1.0)を開発した。給湯ユニットを介して給湯や暖房を行い、商用電源と系統連系可能な発電を可能とした。コンパクト化や運転音を低減するために、小型エンジン技術と多極正弦波インバータ発電機技術を応用し、エネルギー利用効率85%(低位発熱量基準)、筐体奥行き380mm、運転音 最大 46dB(A)/1mを達成した。世界で商品化されているコージェネレーションユニットとしては最少クラスである。

ABSTRACT

Micro-cogeneration units (MCHP1.0) for residential use have been developed. These units produce both hot water and electricity. This process is carried out in an extremely efficient manner. By fueling the system with clean burning natural gas, carbon-dioxide emissions can be further reduced. Power line from those units can be connected to the electricity grid. Honda MCHP1.0 has reached 85% (LHV) of total energy efficiency, 380mm width of enclosure and 46dB(A)/1m of operating noise level by advanced small engine technology and inverter generator technology accumulated in Honda power equipment business. These units are the smallest ones as commercialized cogeneration units.

1. まえがき

地球規模の環境問題から、各分野において省エネルギーや新エネルギー利用の拡大努力がなされている。1994年の京都会議(COP3)で定められた我が国の2010年CO₂排出削減目標(1990年比でマイナス6%)達成に向けて、産業、民生、運輸の部門でその対応策が検討されているが、現在極めて厳しい目標値となっている。

中でも民生(家庭)部門の消費エネルギーは、増加の一途で伸び率は著しく、エネルギー消費全体の伸びの大きな要因となっている。

＊朝霞東研究所

家庭のエネルギー需要に対して省エネ法では、テレビ、エアコン、自動車などの特定機器について、エネルギー消費効率が最も優れている機器の性能を目標値とするトップランナー方式の考え方で省エネルギー基準が作られた。また、冷暖房用エネルギー消費の削減に向け、住宅、建築物の省エネルギー化も講じられている。しかし、ライフスタイルの変化や家電製品のパーソナル化などによりエネルギー消費は依然として増大している。

一方エネルギー供給側においてもCO₂排出量の少ないクリーンな燃料への転換や燃料エネルギーの利用効率の向上を推進する必要がある。その中で、電気エネルギーと熱エネ

ルギーとを同時に供給できるコージェネレーションシステムは、2010 年までの導入目標として約 10GW が示されており、省エネルギー化を促進するエネルギー供給システムとして導入拡大が期待されている。

コージェネレーションシステムは、これまで工場やホテル、店舗など、大規模施設において採用されてきたが、近年の電気事業法の改正により、10kW 未満のガスエンジン発電機は一般電気工作物となり、導入に関する規制が緩和されたことから、小型のコージェネレーションシステムの開発が加速している。

ここに紹介する家庭用小型コージェネレーションシステムは、Honda が開発した小型コージェネレーションユニットと、都市ガス会社、給湯器メーカーが共同開発した排熱利用給湯暖房ユニットとを組み合わせた住宅用エネルギー供給システムである。本報では小型コージェネレーションユニット(以下、マイクロコージェネユニット)を主体とした紹介をする。

また、本マイクロコージェネユニットでは世界初の系統連系正弦波インバータ技術⁽¹⁾を採用している。

2. 開発コンセプト

本ユニットの開発にあたっては、以下の点を主眼として開発した。

- (1)燃料として都市ガスを選び、この一次エネルギーを無駄なく利用して環境保全に寄与すること。
 - ・ 高いエネルギー利用効率
 - ・ CO₂, NO_x 排出の低減
- (2)一般住宅への設置が可能なこと。
 - ・ コンパクトなパッケージ
 - ・ 低騒音
 - ・ 高品質な電力供給
 - ・ 給湯、暖房システムとの接続
- (3)各種規格に適合していること。
 - ・ 日本ガス機器検査協会の規格に適合
 - ・ 系統連系ガイドラインに適合し、電力会社との連系協議が簡易に行えること
 - ・ 消防の防火性能評定を満足すること

3. 主要諸元と特徴

3.1. システムの構成と仕様

家庭用小型コージェネレーションシステムを設置した場合のイメージを Fig. 1 に示す。システムは屋外に設置される。マイクロコージェネユニットにより発電された電力は、分電盤を経由して家庭内の電気製品で消費される。また電気と同時に作られた熱は、排熱利用給湯暖房ユニットの貯湯槽で温水として蓄えられた後、給湯をはじめ、床暖房や浴

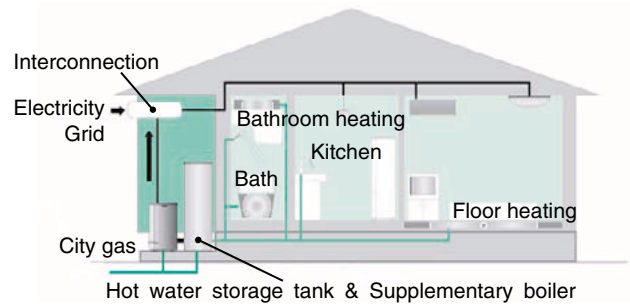


Fig. 1 General view of micro-cogeneration system

室暖房乾燥機等に有効利用される。

今回開発した、ガスエンジン、発電機、熱交換器、系統連系インバータ等が収められたマイクロコージェネユニットの外観を Fig. 2 に、主要諸元を Table 1 に示す。



Fig. 2 External view of micro-cogeneration unit

Table 1 Specifications

Output	Electricity	1Φ 3W 200V/100V 50/60Hz 1 kW
	Heat	3.25 kW
Power supply		Grid connection by inverter
Heat recovery		80°C Hot water
Efficiencies (LHV)	Electricity	20%
	Heat	65%
Dimensions (LxWxH)		635 × 380 × 940 mm
Weight(kg)		81
Noise		46dB(A)
NO _x		Max 60 ppm
Engine	Type	Liquid cooled 4-stroke OHC vertical single cylinder
	Displacement	163 cm ³
Starting system		Starter generator

3.2. 通常の小型発電機との相違点

マイクロコージェネユニットは系統(商用電源)と連系する点が、通常の発電機と大きく異なる。コージェネユニットで作られた電力は、商用電源の変動する周波数に同期させて、電圧や停電の有無を監視しながら家庭内に送られる。また通常の小型エンジン発電機では廃棄されてしまう熱は、エンジン冷却水によって回収され、排熱利用給湯暖房ユニットで温水に変換される。特に排気の熱は後述する熱交換器によって、潜熱まで回収される。マイクロコージェネユニットの内部構造を Fig. 3 に示す。

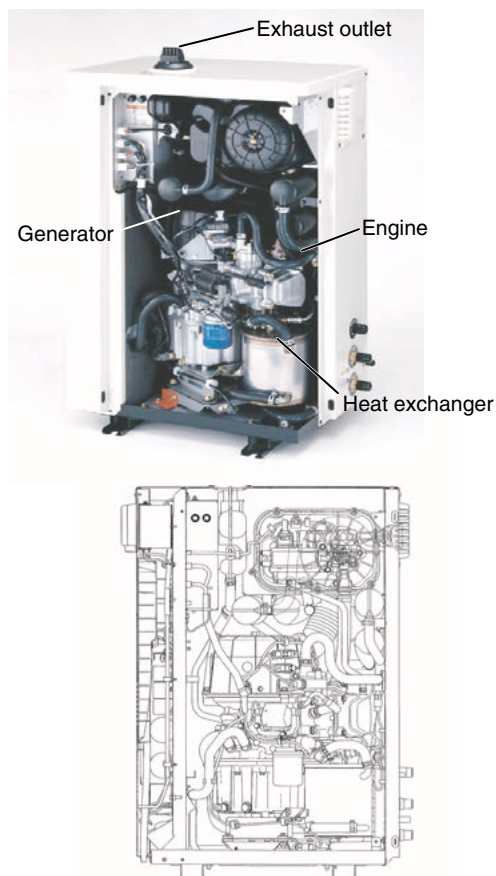


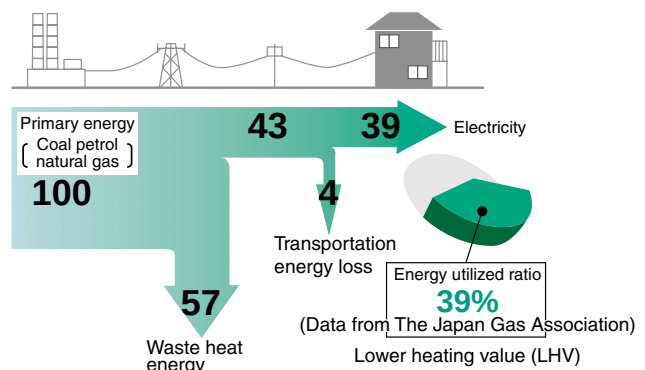
Fig. 3 Layout of micro-cogeneration unit

4. 達成技術

4.1. 一次エネルギーの有効利用と低エミッション

電力会社から供給される一般的な電力は発電所と需要端が離れているため、発電時に発生する熱エネルギーを利用できずに廃棄せざるを得ない。送電ロスを考慮すると、電気として活用できるエネルギーは需要端で 39%程度である。これに対しマイクロコージェネユニットは家庭内で発電するため、発電時に発生する熱を温水として有効利用することが可能である。Fig. 4に従来のエネルギー供給システムと小型コージェネレーションシステムを使用した場合のエネルギー利用効率の比較を示す。

◆Energy service system by thermal power station
(Average of 9 Japan electricity service companies in '98)



◆Energy supply system by using MCHP
(by natural gas)

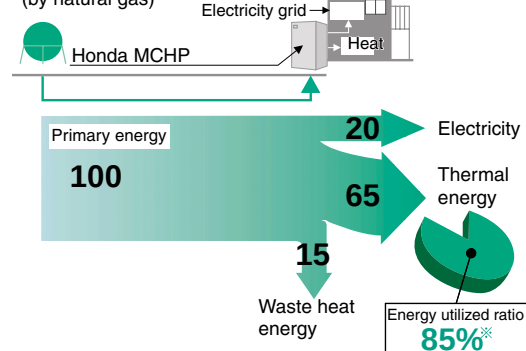


Fig. 4 Comparison of total energy efficiency

電気出力は1kWでその時の発電効率は20%である。総合効率(=(発電出力+熱回収量)/ガス投入エネルギー)では85%(低位発熱量基準)を達成している。本ユニットで採用した多極正弦波インバータ発電機を Fig. 5 に示す。

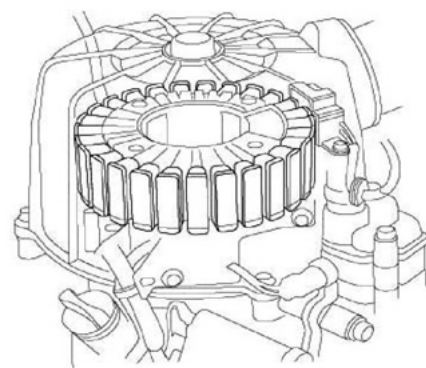


Fig. 5 Generator unit (27 pole)

マイクロコージェネユニットのもう一方の出力である熱は、潜熱まで回収可能な排気熱交換器を採用することにより低位発熱量の65%の熱を得ている。温水に変換することが困難な熱、すなわち温水と同程度の温度の熱は、排気や換気とともに失われる。Fig. 6に排気熱交換器の構造図を示す。

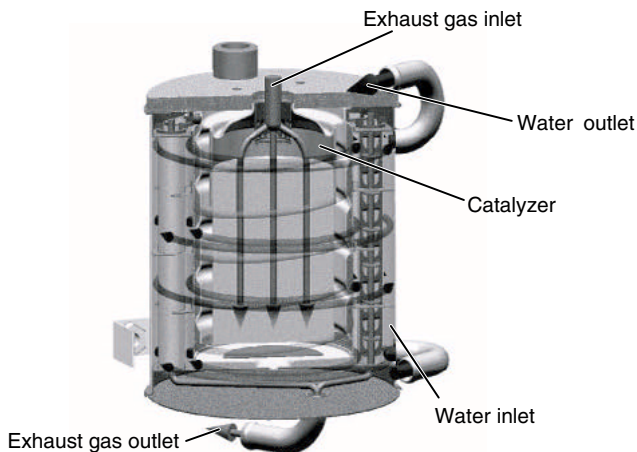


Fig. 6 Heat exchanger with a built-in catalyzer

熱を回収したエンジン冷却水の温度は 75°C～80°C であり、排熱利用給湯暖房ユニットで上水と熱交換され温水を得ることができる。温水利用の給湯暖房機の端末(床暖房、浴室乾燥機等)は現在市販の製品がそのまま利用できる。

機器の運転に関しては、熱、電気出力や熱電比(=熱出力/電気出力)を考慮して、いわゆる「熱主電従」運転を採用した。これは家庭の熱需要量に合わせてエンジンの稼働時間を調整するやり方で、エンジンからの回収熱を効率良く利用できる。

また排熱利用給湯暖房ユニットではその日の使用熱量と使用時間を予測し、それに合わせてマイクロコージェネユニットの運転開始時間、運転時間を決めている。すなわち、貯湯タンクの放熱損失が少なく済み、電力負荷が大きい時間帯で運転することで、最も省エネルギー性が引き出せるように学習制御を行っている。また需要家の省エネルギー意識を向上させるため、給湯操作のリモコン上に現在の貯湯量や消費電力等を表示させるだけでなく、省エネのための入浴時刻指示等を組み込んだナビゲーション機能を搭載している。

排気エミッションに関しては、前述の排気熱交換器の内部に三元触媒を設け、O₂フィードバック制御を採用し理論空燃比で燃焼させることにより NO_x ≤ 20ppm, CO ≤ 100ppm を達成している。

4.2. 一般住宅への設置(コンパクトパッケージ)

一般住宅への設置を実現するための大きな制約として機器のサイズがある。特に日本の住宅事情を考慮すると設置床面積やパッケージ容量は重要な項目である。設置床面積を最小化した縦長ユニット構成とするため、大容量オイルタンクをパナチカルエンジンに一体化したレイアウトを採用した。Fig. 7 にパナチカルエンジンのクランク軸と、これにより駆動される発電機概念図を示す。またこのレイアウトは整備スペースを小さくすることにも貢献し、狭い場所への設置性を高めている。Fig. 8 に本マイクロコージェネユニットと他の家庭設置商品との平面寸法比較図を示す。一戸建て住宅に十分設置可能な大きさに仕上がった。

多極正弦波インバータ発電機はフライホイールを持たないこと、それ自体が小型であることなどにより、従来機の約 1/2 の大きさおよび重量を実現している。また始動時には発電機に通電してモータとして作動させ、スタータとしての機能を持たせた(スタータジェネレータ)。これにより重くてかさばるセルフスタータモータを廃止することができ、重量/容積の減少に役立っている。

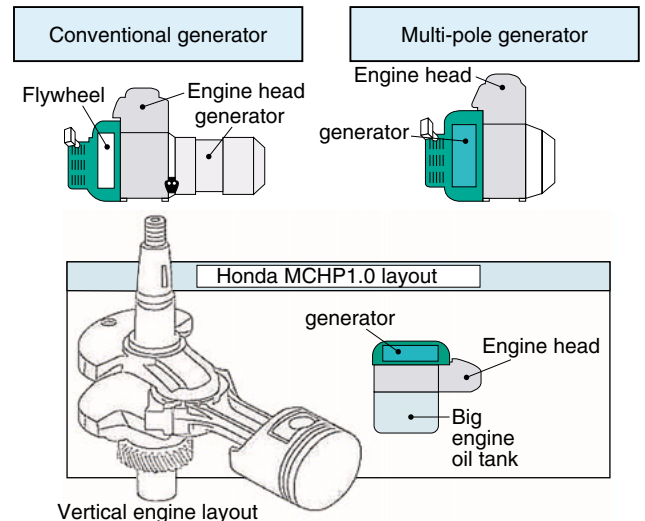


Fig. 7 Comparison of layout

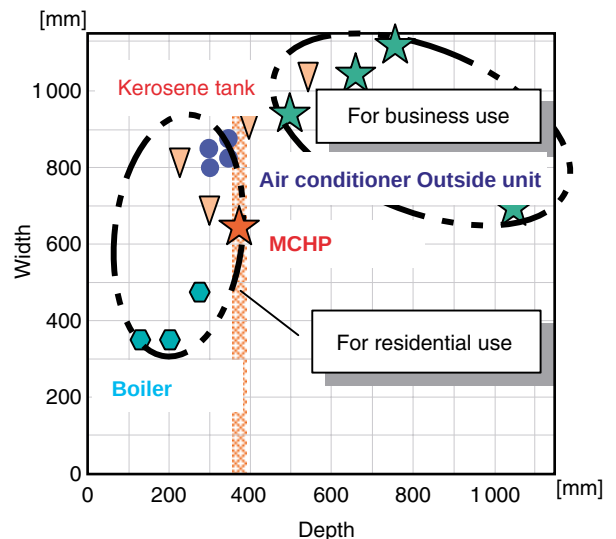


Fig. 8 Comparison of installed planar dimension

4.3. 騒音の低減

騒音源としてはエンジンの吸排気音、庫内の換気音、エンジンの燃焼音やメカニカル音がある。これらの音を低減させるために、エンジンの吸排気に関しては、多段式の吸排気サイレンサを採用した。庫内の換気音に関しても同様にサイレンサを採用している。またエンジンのノイズ含めた庫内全般の騒音対策としては、筐体全般を吸音材で囲うことで低減を可能としている。

これらにより定格運転中の騒音値は最大 46dB(A)/1m (JIS の GHP 測定方式による)を達成し、エアコン室外機などの低運転音を達成した。Fig. 9に本マイクロコージェネユニットと他の家庭設置商品との騒音比較を示す。

また前述の発電機によるエンジン始動方式(スタータジェネレータ)ではギヤの飛び込み音がなく、静粛な始動が得られている。

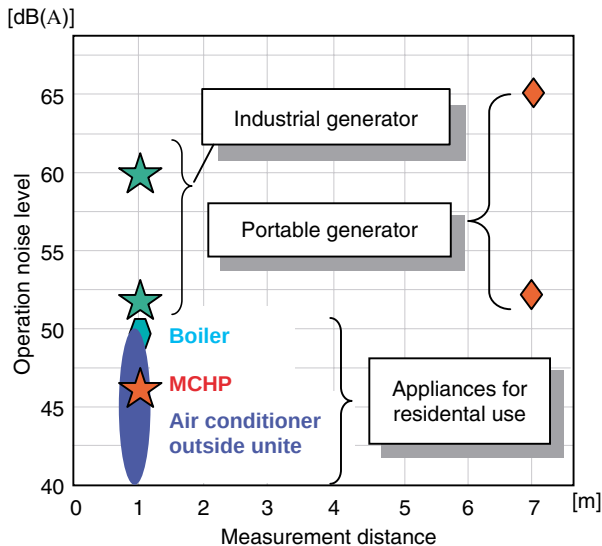


Fig. 9 Comparison of noise level

5. まとめ

一次エネルギーを無駄なく利用して環境保全に寄与できる一般住宅向け用の世界初の家庭用小型コージェネレーションユニットを開発した。

- (1)多極正弦波インバータ発電機、排気熱交換器等を採用したことにより、総合効率(=(発電出力+熱回収量)/ガス投入エネルギー)で、85%(低位発熱量基準)を達成した。
- (2)フライホイールを持たない多極正弦波インバータ発電機、バーチカルエンジン、スタータジェネレータを採用したことにより重量/容積を減少させ、家庭用に適した平面寸法を実現した。
- (3)メカニカル音、吸排気音等の庫内の騒音に関しては、多段式のサイレンサおよび筐体全般を吸音材で囲うことにより家庭用設置機器として十分低騒音である最大 46dB(A)/1m を達成した。

6. 謝辞

商品化にあたっては社団法人日本ガス協会、とりわけ大阪ガス株式会社の多大なご協力を得ている。また本システムは株式会社ノーリツ、株式会社長府製作所の新開発給湯ユニットなくしては商品として成り立ち得なかった。

社会的な受け入れ環境整備の面では、財団法人日本ガス機器検査協会、財団法人電気安全環境研究所に新カテゴリ商品に対する規格整備でお世話になっている。消防庁や資源エネルギー庁など官庁のご協力も必須のものであった。

また、多くのエネルギー技術者諸氏からのエールが、開発推進の大きな励みになった。社内外の関係者の方々に紙面を借りて厚く御礼を申し上げる。

省エネルギー、CO₂削減という命題は、地球規模の課題である。コージェネレーションシステムを小型化して家庭に設置することは早くから考えられてきたが様々な技術課題や、社会的制約があり果たせなかった。弊社のエンジン発電機技術がコージェネレーションシステムという新しい家庭用インフラ機器に結実し、環境問題の解決の一助となることができれば望外の喜びである。

7. 参考文献

- (1)小谷善明, 新荻義久, 中田泰弘, 中川義徳:エンジン発電機の系統連系技術, Honda R&D Technical Review vol.15, p.145-150(2003)

■ 著 者 ■



高石敏充



荒 真人



戸川一宏