

次期エネルギーの動向

北海道大学大学院工学研究科

助教授

濱田 靖弘 様

次期エネルギーの動向

北海道大学大学院工学研究科 助教授 濱田 靖弘 様



寒冷地に適したマイクロ・コージェネレーション・システム

ご承知のように、現在は化石燃料とウランの可採量が残り少なくなる一方で、温室効果ガスの濃度が増え続けています。CO₂の排出量が着実に増え続けるなか、経済産業省の努力目標は達成できる状況がありません。こうした現状を改善するうえで、暖房や雪対策に多くのエネルギーを消費する寒冷地の動向は極めて重要です。

札幌市では1998年に「札幌市環境基本計画」が策定され、「2007年に市民一人当たりのCO₂排出量を90年比で10%削減する」という目標が掲げられました。また「札幌市温暖化対策推進計画」では、太陽光発電の導入が重視されています。従来型エネルギーの新利用形態として、天然ガスを活用したコージェネレーション・システムでも大きな努力目標が設定されています。

コージェネレーション・システムは、発電時に発生する排熱を暖房や給湯に利用するという分散型のシステムです。これからの社会構造で有効に使っていかねばならないのは、分散型のマイクロ・コージェネレーションと大型発電所です。コンバインドサイクルと呼ばれる大型の発電所では、極めて高い発電効率が達成されており、その電気を動力とするヒートポンプの有効活用が期待されています。一方、燃料電池の技術の発達によって、住宅レベルの小さな分散型の発電機を導入した場合の発電効率も高まっています。この燃料電池と大型の発電所を協調させるのがマイクロ・コージェネレーションです。

マイクロ・コージェネレーション・システムは、寒冷地にとっても適した技術ではないかと思えます。これまで寒冷地の住宅では、熱供給にボイラーを使い、

85%の熱を給湯や暖房に利用していました。しかしマイクロ・コージェネレーション・システムでは、そのうちの20%を熱ではなく電気で供給します。電気は熱と比較して一次エネルギーの観点から質が高いため、2割でも電気が出るということは、エネルギーの有効利用という点で理にかなったシステムです。また、マイクロガス・コージェネレーションの発電効率は従来20%でしたが、燃料電池の導入によって40%近くの変換効率が得られるようになっていました。

また、これまで苦戦していた小型の燃料電池ですが、小規模な施設での商用電力として必要な発電効率に比較的近い数値が得られるようになってきています。写真[資料11]は北海道ガスと共同研究した試験1号機です。現在の最新試験機では、発電効率が35%程度まで高まっていると聞いています。

自然エネルギー住宅は71%の省エネ効果

次に北海道大学で試験中の実験住宅をご紹介します[資料12]。屋根には太陽電池を取り付けてあります。南側の窓が大きいのが特徴で、冬はこの大きな窓から日射を最大限に採り入れます。1階と2階のモルタルで仕上げた床は、蓄熱効果を期待したものです。この実験住宅の奥に、小型の風車が設置されています。その他の導入技術としては、大地の熱を利用するため、地中に熱交換用の装置を張りめぐらせてあります。年間の運用を実測すると、太陽光発電が24%、太陽熱が13%、土壌からの熱量が36%使われています。残念ながら商用電源からの放流が、正味20%程度発生しています。しかしこの実験住宅を札幌市内の一般的な住宅と比較すると、エネルギー消費量は12.5%程度まで下がっているとのこと。シミュレーション事例では、旭川市を除け

ば再生可能エネルギーで十分に自立化可能であるという結果が出ています。

そこで、これを建設段階・廃棄段階まで含めたライフサイクルで考えてみます [資料13]。

住宅の寿命を60年と設定した場合、エネルギーに関しては従来型住宅よりも71%の削減効果が得られます。ただ残念ながら、経済的には従来型よりも14%ほどコストが多くかかってしまうため [資料14]、なかなか普及促進の機運が高まっていない現状です。そのコストの大きな要因として、太陽電池を設置して年間のコスト削減で元を取っていく場合、回収年数が30年程度かかることが指摘されています。太陽熱給湯は15年、地下熱利用20年です。そこで私どもが検討しているのは、自然エネルギーはもちろんのこと、燃料電池などの増産型コージェネレーション・システムを組み合わせるということです。すでにご紹介した燃料電池の試験機を実験住宅に設置し、省エネルギー性・二酸化炭素の削減率・コスト削減率などの面から効果を見ると、運転を工夫すれば20%以上の効果が燃料電池だけで十分得られるということです。また経済的にも、住宅用燃料電池1台(50万円程度)と設定すると、運転をうまくすれば10年以内の回収が得られる見通しです。さらに太陽エネルギーと自然エネルギーの利用設備と燃料電池の複合利用では、およそ65%という非常に高い削減効果が得られることがわかっています。

地下熱や冷熱も地域の熱供給に取り入れる

次に新しい技術として、太陽エネルギー利用ハイブリッド・コレクターをご紹介します。これは札幌市と道内のメーカーとの産学官共同研究連携事業で生まれた技術です。太陽電池の上面にアルミ集熱板を設置し、その裏側にめぐらせた導管を通じて温水を取り出します。電気と熱を一枚のパネルで取り出せるので「ハイブリッド」の名がついています。

また、地中採熱型のヒートポンプも最近、新聞などで話題になっています。米国ではすでに40万台、ヨーロッパでも年間数万台普及しています。アメリカの事例では、大学キャンパスの駐車場の下に400本の地中熱交換器を埋め込み、大学内の冷暖房に活かす

といった例があり、これは世界最大規模とのことです。また私どもの研究室で評価した事例として、札幌市の西円山に建設された事務所併用住宅で地中熱システムが採用されています [資料15]。このシステムの特徴としては、専用の地中熱交換器を設置すると大きな初期コストがかかるため、建物を支える杭のところに熱交換の仕掛けを施しています。冷暖房に利用すると、従来のシステムに比べて大きな削減効果が得られるとのことです。

ヒートポンプを使わないパッシブな地下熱利用として、道路の雪対策があります。補助熱源はもっていますが、基本的には地中熱交換器と路盤の供給水を熱交換させるという、非常に簡単なシステムです。札幌市厚別区にある事務所敷地内の坂道では、従来はロード・ヒーティングで路面を乾燥させていましたが、地下熱を利用して低温ながらも地道に溶かすことにより、灯油・ガス・電気などに比べて大きな省エネルギー効果を得ています。

最後に浦野先生の前で誠に僭越ですが、雪氷冷熱で私どもが取り組んでいる事例をご紹介します。道内には河川敷を中心に、春先に雪割をして雪を川に放流している場所が数多くあります。こういった雪の堆積場のすぐそばに雪氷庫を建設しました [資料19]。雪堆積場直下で運転したところ、氷に近い雪密度が得られました。簡易な覆いだけで済むので、建設コストも少なく済みます。また、このような雪利用を分散的に個別の建物で利用するという発想も、今後実現していく必要があろうかと思えます。地域熱供給において、冷熱の需要のあるところで大規模な雪堆積場と雪利用施設をうまく組み込むことが望ましいと思われます。

以上のような次世代型のエネルギー技術を、寒冷地である北海道から今後も一層発信していく必要があると考えている次第です。

化石燃料・ウランの可採年数

	確認埋蔵量[年]	究極埋蔵量[年]
石 油 在 来 型	45	88
非在来型	54	162
天然ガス 在 来 型	75	225
非在来型	103	241
石 炭	500	1700
ウ ラ ン	124	560

地球環境問題

- ・ **温室効果ガスの増加**
 ー140年間で0.6～0.8 上昇
- ・ **大気中の二酸化炭素濃度の将来予測**
 ーシナリオ①：1000 ppm
 （現在の約3倍）
 ーシナリオ②：550 ppm
 （産業革命以前の約2倍）

550 ppmで安定させるためには21世紀末の排出量を現在と同水準に抑制し、その後、1/3～1/4に低減させなければならない

二酸化炭素の増加率

	CO ₂ /Energy [%/年]	Energy/GDP [%/年]	GDP [%/年]	CO ₂ [%/年]
1990年代	-0.9	+0.6	+1.0	+0.7
経済産業省 見通し	-0.8	-1.7	+2.0	-0.5

札幌市環境基本計画

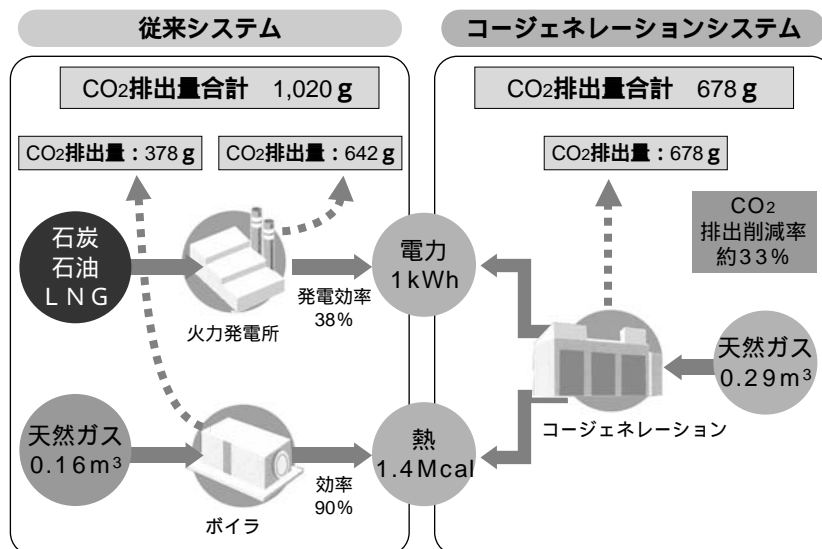
- ・「2017年に市民一人あたり、二酸化炭素排出量を1990年水準に対して10%削減すること」を目標とする。
- ・目標の達成に向けては、市民、事業者、行政の各主体が多種多様の(1)省エネルギー、(2)エネルギー有効利用、(3)新エネルギー導入、を継続的に積み重ねていかなければならない。

新エネルギー導入目標一覧

(札幌市温暖化対策推進計画, 2001)

種 類		中間目標 2010年	最終目標 2017年
再生可能 エネルギー	太陽光発電	9300 kW	15500 kW
	雪冷熱	3500トン	5500トン
廃棄物利用	ごみ発電	30000 kW	30000 kW
従来型 エネルギーの 新利用形態	コージェネレーション	79000 kW	100000 kW
	クリーンエネルギー自動車	7600 台	12000 台
	燃料電池	31000 kW	50000 kW

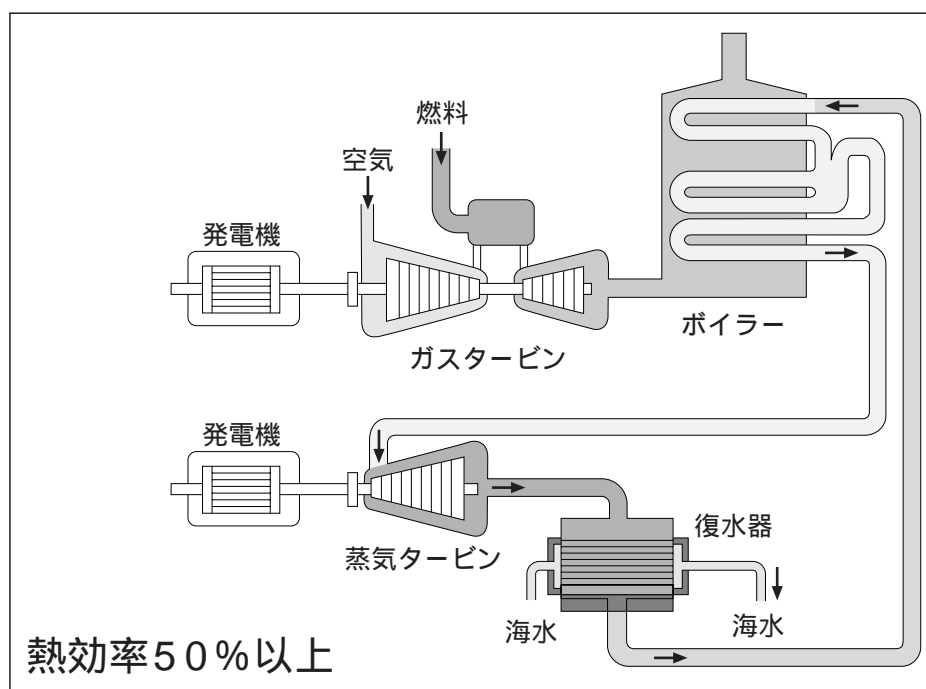
コージェネレーションによるCO₂削減効果



(出典) 月刊「クリーンエネルギー」別冊号
天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル2000

大型発電所とマイクロコージェネレーション

- 大型発電所
 - コンバインドサイクルによる極めて高い変換効率
 - ヒートポンプによる自然エネルギー利用
- マイクロコージェネレーション
 - 課題：マイクロガスタービン、燃料電池の変換効率



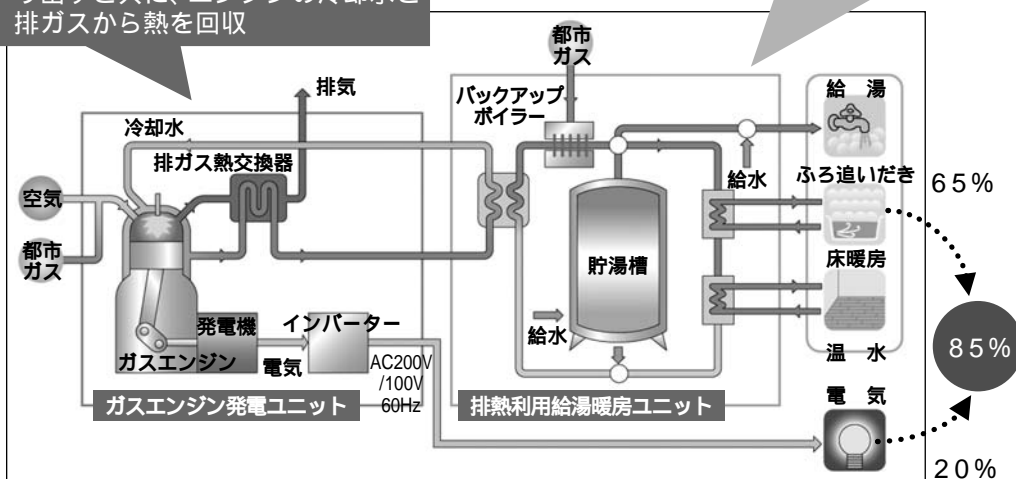
コンバインドサイクル

マイクロガスエンジンコージェネレーション

電気と熱（お湯）を同時に作り出すしくみ

電気、給湯、暖房負荷にあわせて、ガスエンジン発電ユニットが運転エンジンで発電機を回し電気を作り出すと共に、エンジンの冷却水と排ガスから熱を回収

ガスエンジン発電ユニットで作られたお湯を、暖房・ふる追いだきに利用貯湯タンクに貯めて給湯に利用



マイクロコージェネレーションの可能性 (μ -Revolution)

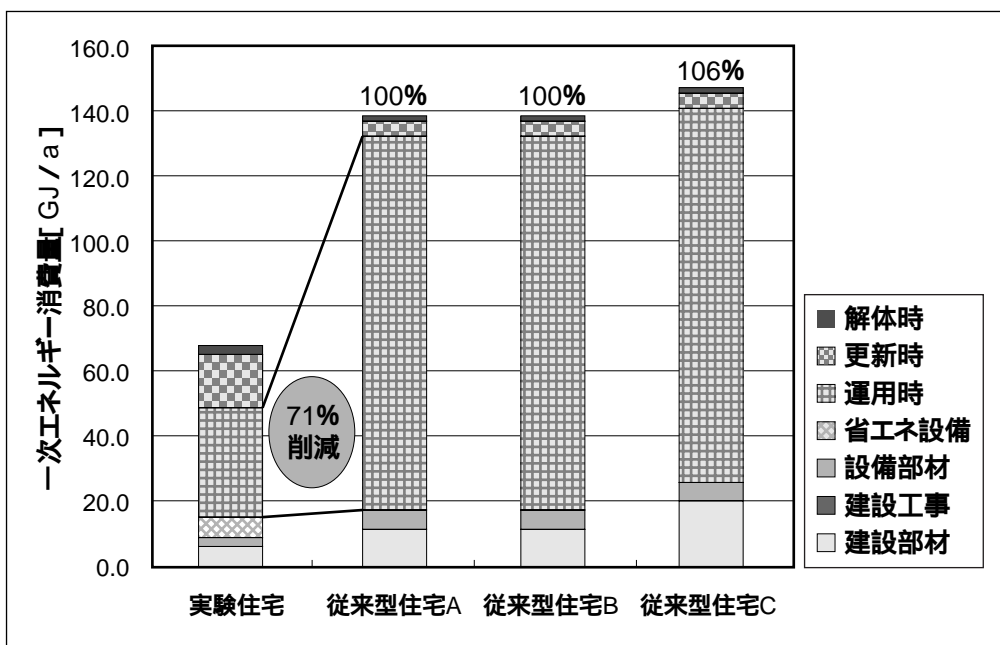
- ・ **固体高分子形燃料電池**
(Polymer Electrolyte Fuel Cell : PEFC)
- 特性 : 80 で作動、低NO_x排出量
- 変換効率 : 40%程度
- 機器価格 : 目標値 数十万円/kW
- 問題点 : 経済性・冷熱供給
(吸収式は低温のため困難)

燃料電池試験機の評価

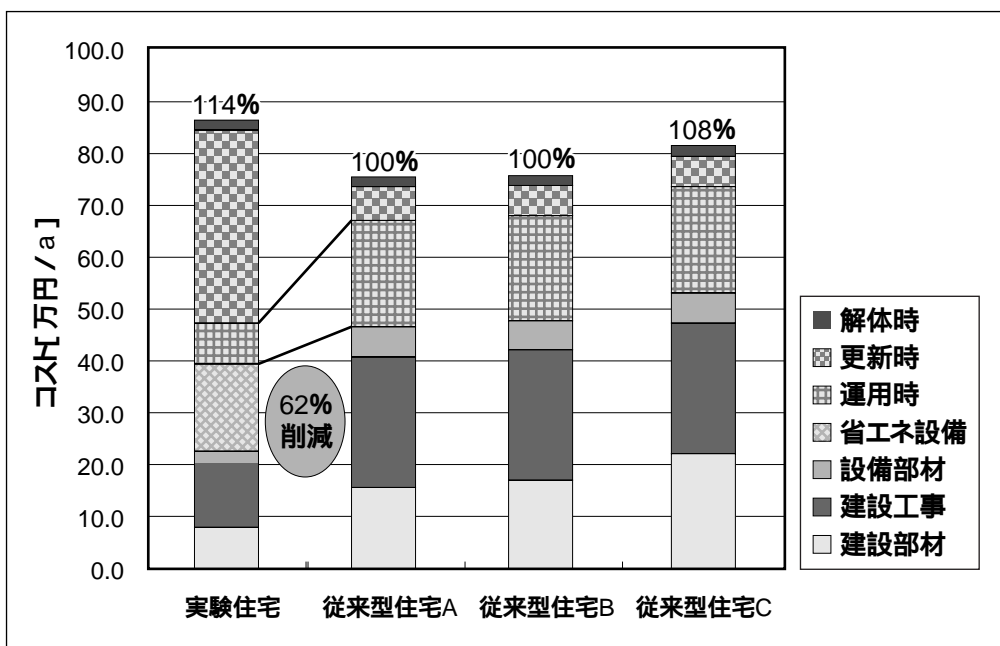
(北海道大学・北海道ガス共同研究)



実験住宅の外観



実験住宅と従来型住宅のライフサイクルエネルギーの比較



実験住宅と従来型住宅のライフサイクルコストの比較

空調用エネルギーパイルシステム



雪処理・空調複合システム

路盤状況 3/2 12:30



積算降雪量[cm]	12.1
最低外気温[]	-9.2
路面露出率[-]	0.9
地盤採熱率[W/m]	16.7
E E R	4.4

EER : Energy Efficiency Ratio
=供給熱量 / 搬送系の電力消費量

雪氷冷熱利用

雪を冷房の冷熱源として有効利用
省エネルギー効果
二酸化炭素排出量削減

2002年 雪氷冷熱エネルギーが
新エネルギーとして認定

しかしながら、
雪氷庫の高断熱化が必要不可欠
➡ 雪氷庫の建設コストが高いことが難点

雪密度測定結果



雪密度の平均値 ➡ 756 kg/m^3

高密度な雪山を形成することによって、雪氷庫を小規模化



建設コストの削減に貢献

雪氷庫建設風景(2003年2月27日)



雪氷冷熱利用型地域熱供給システムの考え方の例

