

第 5 章

5

**分散型電源を用いたオンサイト
エネルギーシステム**

第5章 分散型電源を用いたオンサイトエネルギーシステム 目次

狛江研究所需要家システム部	上席研究員	市川	建美
狛江研究所需要家システム部	上席研究員	七原	俊也
横須賀研究所プラント熱工学部	主任研究員	齋川	路之
経済社会研究所	上席研究員	浅野	浩志
経済社会研究所	主任研究員	今村	栄一
狛江研究所リチウム二次電池プロジェクト	リーダー	岩堀	徹

5 - 1	オンサイトエネルギーシステムと分散型電源	67
5 - 2	マイクロガスタービン、固体高分子形燃料電池システムの展望	69
5 - 3	システムの省エネ・経済性評価	72
コラム	リチウム二次電池による分散型電池電力貯蔵	77

市川 建美（22ページに掲載）



七原 俊也（昭和54年入所）
主に、需給計画手法の分散型電源の評価、エネルギーシステムの検討などの研究に従事してきた。現在、太陽光・風力発電の出力特性の分析や風力発電の電力系統に及ぼす影響などに関する研究に取り組んでいる。

齋川 路之（22ページに掲載）

浅野 浩志（12ページに掲載）



今村 栄一（平成元年入所）
新エネルギー技術をはじめとする各種分散型電源技術の技術評価・経済性評価に関する研究に従事。特に需要家サイドにおけるエネルギー供給利用の最適化分析と普及分析に取り組んできた。現在は、各種分散型電源技術・電気利用技術間競争を考慮した最適化分析に取り組んでいる。



岩堀 徹（昭和46年入所）
原子力、火力の腐食を研究後、昭和59年よりロ・ドコンディショナ - など需要家設置の分散型電池電力貯蔵装置の研究開発に取り組み、リチウム二次電池などの開発・性能評価などに従事している。

5 - 1 オンサイトエネルギーシステムと分散型電源

5-1-1 オンサイトエネルギーシステムと分散型電源

オンサイトエネルギーシステムの構築のために、マイクロガスタービンや燃料電池などを分散型電源として利用することが注目されている。本節では、分散型電源の側面から見たオンサイトエネルギーシステムの動向と位置づけなどについて概観する。

分散型電源という用語は、慣用的に使用されているものの、定義はきわめて曖昧であり、容量が数kWの太陽光発電から容量が10万kWを超える火力発電所などまで幅広い設備を指す言葉として使用されているのが実態である。分散型電源に当たる英語はdistributed generationないしはdispersed generationであるが、これについても「需要家の近くに分散して配置される多数の小規模な発電機などからなる」程度の意味とされている^{(1)†}。

一方、分散型電源は、コージェネレーションに代表される燃料投入型、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー型、廃棄物発電などの未利用エネルギー型、蓄電池などの電力貯蔵型に分けることもできる。連系技術の観点から見ればこれらには共通する点も多いが、オンサイトエネルギーシステムの面から見た特性は非常に異なっている。すなわち多くの場合、オンサイトエネルギーシステムの対象とされるのは燃料投入型の設備であり、信頼度向上等を主目的とする場合には電力貯蔵型の装置も対象となる。自然エネルギーについても、たとえば太陽光発電とディーゼル発電など他の発電方式と組み合わせることを考える場合には、オンサイトエネルギーシステムの一つと見なされることはあるが、一般にはこのような場合は少数であろう。

† 特に区別する場合にはdistributed generationは電気事業用としての利用を含むどちらかといえば大型の設備、dispersed generationは需要家でのオンサイト利用を含むどちらかといえば小型の設備を指すとされている¹。

5-1-2 分散型電源の導入見通し

太陽光発電、風力発電、燃料電池発電、民生用コージェネレーションなどの分散型電源について、既設の設備容量、潜在導入量、様々な見通しにおける導入量の想定を表5-1-1に示す。

同表によれば、分散型電源の実際的な潜在導入量としては民生用コージェネレーション（天然ガス利用）が2,600～5,200万kW、廃棄物発電が500～730万kW、太陽光発電が4,200～8,400万kW、風力発電が250～500万kW程度とされている⁽²⁾。一方、既設の電源容量は民生用コージェネレーション（天然ガス利用）が83万kW（1998年）、廃棄物発電が95万kW（1997年）、太陽光発電が9万kW（1997年）、風力発電が3万kW（1998年）程度である⁽³⁾。既設容量と潜在量との格差は、民生用コージェネレーションで2.5～5千万kW、太陽光発電で4～8千万kWと大きいと、民生需要家への設置が予想されるこれらの動向が今後の分散型電源の導入量を大きく左右すると考えられる。

5-1-3 分散型電源を用いたオンサイトエネルギーシステムの位置づけ

分散型電源を用いたオンサイトエネルギーシステムが有効か否か、どのような場合に有効かについては、様々な意見がある。これは一つには大型計算機がパソコンに駆逐されたのと同様の変化が電力システムでも起こるなどの議論、さらにはsmall is beautifulに代表される情緒的な議論と現実的なデータに基礎をおく技術論が混在しているためである。また、これは精緻な分析を試みようとする現実的かつ緻密な条件設定が必要となるためでもある。

小規模電源の活用を図るべきという考え方を迎れば、古くはクリスチャンセンによる米国における電源のスケールメリットへの疑問の提示⁽⁴⁾、エイモリー・ロビン

表5-1-1 分散型電源導入量の想定例

	対象年度	太陽光発電	風力発電	民生用天然ガスコジェネ	廃棄物発電	発表年度
主要な連系電圧		低圧	高圧、特高	高圧	特高	
既設設備容量 ¹⁾		9.13万kW (1998.3)	3.16万kW (1998.12)	82.68万kW (1998.9)	95.4万kW (1998.3)	
潜在導入量(物理的境界) ²⁾		17,300万kW	3,500万kW	10,326万kW	1,464万kW	2000
潜在導入量(実際的境界) ³⁾		4,200～8,400万kW	250～500万kW	2,581～5,163万kW	500～732万kW	
潜在量想定の方		住宅用、公共施設用などに分けて積算。住宅用は日当たりの良い一戸建て住宅戸数などをもとに算定。	農地利用、自然公園などを考慮し、風況が優れた利用可能な土地面積をもとに算定。	天然ガスによる供給比率を想定。家庭用ではガス給湯器と同等の普及度合いとして、業務用では事務所等の需要量をもとに算定。	焼却可能な一般・産業廃棄物の量と発電効率をもとに算定。	
総合エネ調(基準ケース) ⁴⁾	2010	23万kW	4万kW	813万kW ⁵⁾	213万kW	1998
総合エネ調(対策ケース) ⁴⁾	2010	500万kW	30万kW	1,002万kW ⁵⁾	500万kW	
新エネ導入大綱	2000	40万kW	2万kW	1,452万kW ⁶⁾	200万kW	1994
新エネ導入大綱	2010	460万kW	15万kW	1,912万kW ⁶⁾	400万kW	
基本政策小委(新エネ強化ケース) ¹⁾	2030	17,000万kW	750万kW	—	—	1996

(注) 1. 新エネルギーデータ集(平成11年度版)
 2. 総合エネルギー調査会新エネルギー部会資料(2000年1月)
 3. 物理的境界潜在量の内訳: 家庭用1,408万kW、業務用: 8,918万kW(産業用4,955万kW)
 4. 総合エネルギー調査会需要部会中間報告(1998年6月)
 5. 蒸気タービンを除く全てのコジェネレーション。燃料電池コジェネも含む。
 6. 産業用を含む。
 7. 総合エネルギー調査会基本政策小委員会中間報告(平成9年)。現実性に不十分な点のある想定との注釈有り。石油換算k値を注3の総合エネ調報告の比率をもとにkW換算。

スの提唱した「ソフト・エネルギー・パス」⁵⁾などに端を発すると考えられる。

しかし最近の分散型電源に関わる動きは、マイクロガスタービン発電や固体高分子型燃料電池などの革新技术が現れてきていること、その他の技術についての技術開発が進んできたことに起因していると考えられる。このような状況にあって、米国を中心にオンサイトエネルギーシステムを含む分散型電源の導入ビジョンについての盛んな議論が始められている。たとえば米国のコンサルタントであるヨハン・パイフェンバーは、分散型電源の導入は次の四段階からなるだろうと予想している⁶⁾。すなわち分散型電源の導入には、

- ① 熱利用が可能な需要家(コジェネレーション)への導入
- ② 負荷率が(当該用途の一般的な需要家より)高い需要家への導入
- ③ 供給コストの高む需要家への導入(発送配電部門の分離なども契機となる)
- ④ 電力輸送設備への設備投資節減のための導入

の四段階があり、番号が若い用途ほど早期の導入が見込まれる形態、番号が大きい用途ほど市場規模の大きい導入形態としている。これらのうち①、②は需要家

サイドのニーズによる導入形態であるが、③、④と進むにつれ電力システムサイドからのニーズとも合致してくると考えている点に特徴がある。ただしオンサイトエネルギーシステムと考えうるのは、①から③までの用途である。

また最近、米国では、規制緩和の進行ともあいまって、このような分散型電源の考え方を押し進めた分散型電気事業(distributed utility)のような考え方も提唱されている⁷⁾。これは当面の問題への対応としても、電力システムサイドからも分散型電源を積極的に利用することにより、電気事業全体の設備投資や運用にメリットを見いだせる有望な選択肢となる可能性があることを指摘している点では上記と同様であるが、さらに今後、規制緩和の進展に伴い需要家のエネルギー選択の自由が広がった場合、分散型電源が需要家により選択される可能性があり、いわば「分散型電気事業」と呼ぶような供給形態が出現することを予測している。

5-1-4 む す び

技術的に見る限り電力設備には規模の経済が存在する。しかし小型ガスタービン、燃料電池、太陽光発電

のように比較的、規模の経済の効果が小さく、技術の進歩が著しい技術が現れてきていること、上記ではあまり触れなかったが分散型電源・貯蔵を設置する誘因として信頼度向上などありうることを考えると、分散型電源を用いたオンサイトエネルギーシステムも将来

の1つの選択肢となる可能性がある。このような状況にあつて、オンサイトエネルギーシステムの将来展望について、様々な側面から広範な検討を実施することが必要となろう。

5 - 2 マイクロガスタービン、固体高分子形燃料電池システムの展望

分散型電源の多くは、得られる電力だけでなく熱エネルギーを有効に利用することが省エネルギーの観点から重要であり、このような利用が実現しやすい需要地（都市部地域）に偏在して設置されるものと予想する。

ここでは、需要地内に分散的、かつ数多く導入される可能性のあると考えられているマイクロタービンと固体高分子型燃料電池を取り上げた。

(a) マイクロガスタービン

マイクロガスタービンは、小容量のガスタービンと発電機を組合せたもの（以下、MGTと略記）であり、現在までに実用化されているのは、電気出力で概ね30kW級～300kW級である。さらに排熱回収装置を組み合わせたコージェネレーションシステムもある。

タービン本体の軸構成には、一つのタービンで空気圧縮機と発電機を駆動する一軸式と、空気圧縮機と発電機を別々のタービンで駆動する二軸式とがある。タービンと発電機は、軸直結のものと、減速器を介して結合されるものがある。

発電機を駆動するタービンの定格軸回転数は、概ね4～12万rpmと機種により異なるが、ほとんどのものが、10万rpm前後の高速である。電気出力75kW以下の米国製機種の中には、従来の潤滑油軸受に必要な油循環や冷却用の補機システムの省略によるシステムの簡略化、コンパクト化を目的に、空気軸受を使った機種もある。空気軸受けは、軍事用に開発され民間に開放

された技術であり、民生用としては新規技術であるため、MGT全体の信頼性ととも、空気軸受の信頼性等の確認が必要と考えられる。

なお、タービン軸に発電機を直結させるタイプの電気出力は、空気軸受けが支え得るタービン発電機重量の制約から、100～150kWが上限と考えられている。開発・実用化動向、運用特性、利用形態の調査・分析の結果を述べる⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

(1) MGTの開発・実用化動向

米国では、開発が進められてきた一部の機種が商品として市場に投入され、メーカーとユーザによる試験運用を通しての性能や長期信頼性の確認・検証の段階に入ったと見なされる。

一方、国内では、電力会社およびガス会社が、技術的、経済的な成立性を評価するために、商用機あるいはプレ商用機を用いた運転試験を進めている。

また、関連機器メーカーなどは、海外から導入した発電専用機をベースに、コージェネレーションシステムなどの開発を進めている。特に50kW前後の小容量機については、様々な形態のシステムの開発を計画している。

(2) MGTの運用特性

Capstoneの28kWを例として、これまでに報告されている結果をまとめると以下の通りである。

・起動ボタンを押してから指令の後、定格出力に達する迄の時間は約4分と短い。

- ・ 0 ~ 28kW まで約 40 秒間と、極めて高速で上昇する。
- ・ 発電効率は設計値 26 % に対してやや低い。
- ・ 高調波は基準値と同程度である。
- ・ NOx は約 60 % 以上の出力において設計値 (9ppm 以下) より極めて少ない。

今後、環境制約が強まるため、MGT についても NOx の排出を極力抑制した運転、すなわち、NOx 排出が相対的に高くなる低出力領域の運転を避けることが望ましいと考える。

MGT の仕様概要を、他の化石燃料を使用する分散型電源と比較して表 5-2-1 に示す。

単純サイクル型 MGT は、発電効率は低いが、構成がシンプルであり、タービンからの排ガス温度が高いため、排熱利用が容易であるなどの特徴がある。

一方の再生サイクル型 MGT は、タービンからの排ガスを用いてタービンへの給気温度を高めるための熱交換器 (再生器) を備えている。これにより、発電効率が向上するが、再生器の排ガス温度は必然的に低くなるため、排熱の効率的な利用には技術開発が必要である。

(3) MGT の利用形態

MGT の燃料費は海外と比較して高いこと、また、発電効率は再生サイクル式でも約 25 % であることから、従来型発電システムに比べて省エネ性がかなり低く、わが国において MGT を発電専用として利用することは一般的ではない。なお、セラミック技術の適用により発電効率を高める研究開発を支援しているが、その目標は 40 % であり、従来型発電システムと比較して飛躍

的に高い効率ではない。

このため MGT は、省エネ性の観点から、以下のように排熱を有効に活用するコージェネレーションシステムを指向する必要がある。

- ・ 単純サイクル MGT からのホットな排ガス (約 600) を活用する。
- ・ 単純サイクルと比較して発電効率は高いが排ガス温度の低い再生サイクル MGT でも、例えば、効率の高い排熱回収装置の開発、排熱回収ボイラへの助燃バーナの付加、などにより排熱回収効率を向上させ、総合熱効率の向上を図る。

(b) 固体高分子形燃料電池

一部実用化が始まっているリン酸形燃料電池 (PAFC) をはじめとする燃料電池は、今後導入が進む分散型電源の一つと考えられている。

各種の燃料電池の特徴は表 5-2-2 に示すと通りであり、需要地における分散型電源の観点からは、中容量電源としての溶融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)、住宅用コージェネレーションシステムとしての固体高分子形燃料電池 (PEFC)、さらに将来的には MGT と組み合わせたハイブリッドコージェネへの適用も含め固体酸化物形燃料電池 (SOFC) にも注目する必要があると考えられる。

以下では、PEFC の開発・実用化動向、運用特性、利用形態の調査・分析の結果を述べる⁽⁹⁾。

表 5-2-1 マイクロガスタービンなどの小容量分散型電源の仕様概要

(燃料投入型、発電出力：概ね 30 ~ 300kW)

	マイクロガスタービン		ガスエンジン	ディーゼルエンジン
	単純サイクル	再生サイクル		
発電効率 (%)	約 15	約 25	約 30	約 35
排熱回収効率 (%)	約 40 ~ 60	約 55	約 50	約 35
総合効率 (%)	約 55 ~ 75	約 80	約 80	約 70
排ガス温度 ()	約 600	約 260	約 500 ~ 600	約 400
主な排熱回収形態	蒸気	温水	温水 + 蒸気	温水
起動時間	約 4 分		約 30 秒	左記と同等
系統連系形態	インバータ または発電機		発電機	発電機
燃料	都市ガス、LPG、灯油など		都市ガス、LPG	重油
NOx (ppm)	約 10 ~ 30		約 40	約 700

表5-2-2 各種燃料電池の特徴、分散型電源としての位置付け

燃料電池	主な発電容量	発電効率	技術開発状況 (技術課題)	分散型電源としての 主な位置付け
PAFC	100kW ~ 1MW	36% (常圧) 42% (加圧)	実用化には目処 低コスト化 信頼性向上	小型・中型分散型電源 ただし、他方式の燃料電池の優位性が高い。
MCFC	1 ~ 1000MW	45 ~ 65%	実証試験段階 高性能化、長寿命化、 低コスト化	中型・大型分散型電源、 集中型火力
SOFC	数kW ~ 数十kW	45 ~ 65%	基礎研究 ~ モジュール開発	住宅用コージェネ等、 マイクロGTとの組み 合わせも
PEFC	1kW ~ 300kW級	30 ~ 40% (改質ガス使用)	開発が急速に進展 低コスト化 信頼性向上	住宅・業務用コージェネ

(1) PEFCの運用特性

住宅用に限られたことではないが、PEFCシステムに共通な運転上の問題となりうる事項の一つとして、起動特性がある。

PEFC本体は、常温での起動が可能であり、出力変更の応答性が速い。しかし燃料改質器については、例えば水蒸気改質方式によるメタノール改質器の起動時間は20分以上と長く、適用対象によっては制約となる。加温して温態停止状態を維持するには、そのためのエネルギーが別途必要となる。このため、数分オーダーの短縮を目指し、部分酸化改質方式(POX)の開発が行われている。

また、PEFC本体の寿命には、改質後の水素燃料に残存する微量のCOが大きく影響するため、改質特性向上など長寿命化のための技術開発も行われている。

(2) PEFCの利用形態

PEFCも、従来型発電システムに比べて現状では発電効率が低く、排熱回収技術を組み合わせて、コージェネレーションシステムとして利用するのがわが国では一般的と考える。

① 個別住宅への適用

戸別住宅用については、米国では発電出力が3 ~ 7 kWのシステムが開発されている。日本では一般に住宅における最大電力は概ね1 ~ 2 kW程度であることを考慮して、高い設備利用率を確保するため、米国より発電出力の小さい1kW級PEFCを用いたコージェネレーションシステムが開発されている。

その基本構成は、PEFCのほか、燃料改質装置、インバータ、排熱回収装置、貯湯槽、補機としての商用系

統との連系保護装置、給湯用ポンプ等となる。

住宅用PEFCコージェネレーションシステムには貯湯槽は不可欠と考える。例えば、発電出力1 kWのPEFCの熱出力を1 kWと仮定すると、15 の水道水から50 の温水を得る場合の湯量は0.4リットル/分程度であり浴槽の給湯栓からの通常の湯量10リットル/分と比較して極めて少なく、浴槽のための必要量に厨房等での利用分も含めて大容量の貯湯槽に予め貯湯しておく必要がある。

ちなみに、水温15 の場合、湯温40 、湯量16リットル/分の給湯が可能な16号ガス給湯器の熱出力は約28kWである。また、貯湯容量460リットルの電気温水器の沸上げヒータの容量は5.4kWである。

貯湯槽の容量を小さくし、小容量のガス給湯器等の追い焚き装置を付加する方法も考えられるが、システムが複雑になるばかりではなくスペースがさらに増えることとなる。現状のガス給湯器や電気温水器と省エネ性、経済性、スペース性等の観点から総合的に検討する必要がある。

② 業務用等への適用

業務用としては、250kW級のPEFCであれば、湯量も50 で100リットル/分程度となるため、多量の給湯を要する業務への適用が考えられる。また、低温吸収冷凍機と組み合わせたコージェネレーションシステムの開発も行われており、事務所ビル等の空調システムへの適用も予想される。

(c) 今後の展望と課題

需要地に次第に導入されると考えられる分散型電源

については、ここで述べたMGTとPEFCだけでも、発電専用、コージェネレーション利用として種々のシステムの開発が進められている。

分散型電源の大半は個々の需要家により導入されると予想されることから、電源の設置・運用管理を集中的、統一的に実施してきた従来と異なり、例えば省エネルギーが後退するなどの好ましくない状況が懸念される。

一方で、近年進歩の著しいIT技術を用いて需要家とエネルギー供給者（またはプロバイダ）を結んで分散型電源群を集約化し、双方に便益のある省エネ性や経済性も高いバーチャルな集中型電源を構成し、運用することが考えられる。また、集中型電源と分散型電源（上述の集約化された分散型電源群を含む）の協調運用も重要である。

5-3 システムの省エネ・経済性評価

5-3-1 分析評価の概要

ここでは、一例としてMGTを取り上げ、事務所ビルの空調システムに適用することを想定し、その省エネ性と経済性の概略評価を行う。

先に述べたようにMGTには単純サイクル型と再生サイクル型とがあり、再生サイクル型は発電効率は比較的高いが排熱温度が低くなるため主に温水回収となるという制約がある。次項の評価例では、以下の2つのシステム構成例を対象に評価を行なっている。

- (1) MGTに再生器バイパス機能をもたせ、可能な限り高温の排ガスを得られるような運用を行い、排熱は蒸気として回収し、効率的に空調に利用する。
- (2) 再生サイクル型MGTの排熱は温水で回収し、温水直接利用および温水吸収式冷凍機の利用により空調を行なう。吸収式冷凍機は、性能的に、コスト的に既存の大容量機並みのものが開発されているとする。

5-3-2 評価例

(1) 蒸気熱回収による空調用熱電供給システムの評価

一般に、これまでに実用化されているガスタービンは、発電効率は低いが、排熱が全て排ガスから得られ、かつその温度も高い。しかし、MGTは、再生サイクルの採用により発電効率を向上させているため、排ガス温度が低く効率的な冷熱供給は困難と考えられる。そこ

で、再生器バイパス機能により、高温排ガスが得られるMGTによる熱電可変型のシステムを検討対象とした。図5-3-1に再生器バイパス付MGTの概要を示す。

MGT熱電供給システムの適用対象は、事務所ビルとした。これまで事務所ビルでは、その熱負荷が冷熱を主体とすることなどのため、熱電供給システムはほとんど導入されていない。しかしながら、MGTのような新技術の出現により、事務所ビルに熱電供給システムが普及する可能性がある。また、現行の空調方式は事務所ビルの規模によって大きく異なり、小規模ビルではビルマルチエアコン等による冷媒直接搬送方式、大規模ビルではガス吸収式等による冷温水搬送方式が主流である。このため、大規模ビルの代表として延床面積1万m²、小規模ビルの代表として3千m²を評価の対象とした。

評価においては、はじめに供給対象建物の月代表日

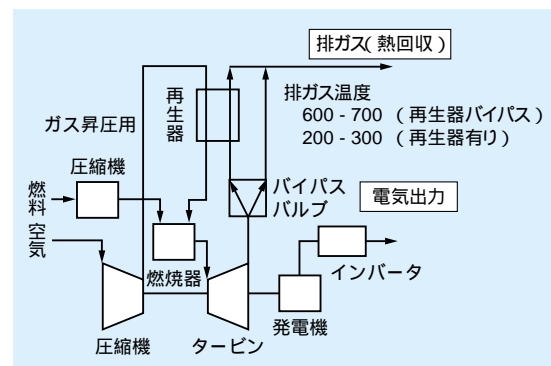


図5-3-1 再生器バイパス機能付MGTの概要

およびピーク日の電力負荷および熱負荷を計算し、次にピーク日等の負荷を基に、MGT 熱電供給システムおよび従来システムの試設計を行い、システムの設備コストを算定した。なお、MGT の設備コストは、メーカー情報等から、10万円/kW と設定した。

つぎに、試設計したシステムの各月代表日におけるエネルギーバランスを計算し、ガス・系統電力の使用量を求め、各月の運転日数を与えて年間の値を算出し、システムの省エネ性や経済性を評価した。なお、MGT による熱電供給システムは、複数台の MGT からなり、まず、熱負荷を賄えるように、再生器バイパスを行う MGT の運転台数を決め、これにより、高温の排ガスを得て蒸気を生成、吸収式冷凍機により冷房を行う（暖房の場合は蒸気と温水を熱交換する）。不足する電力は、ベースを系統電力で賄い、残りを再生器有の発電専用 MGT により賄う。図 5-3-2 に 1 万 m² 事務所ビル用の熱電可変 MGT 熱電供給システムの概要を示す。MGT の発電容量は、対象建物のピーク負荷をほぼ賄える容量とした。

延床面積 1 万 m² の事務所ビルの場合⁽¹⁰⁾

経済性の指標である単純償却年数（設備コストの差を年間のランニングコスト差で割った値。この値が 5 年程度以内であれば経済性が成立するとされている）は、3.6 年となった。一方、一次エネルギー消費は、1.2 倍と大きい（図 5-3-3）。

試算対象の MGT 熱電供給システムでは、年間を通して一定量以上のガスが消費されるため安価なガス料金制度を利用でき、経済性が高くなっている。一方、

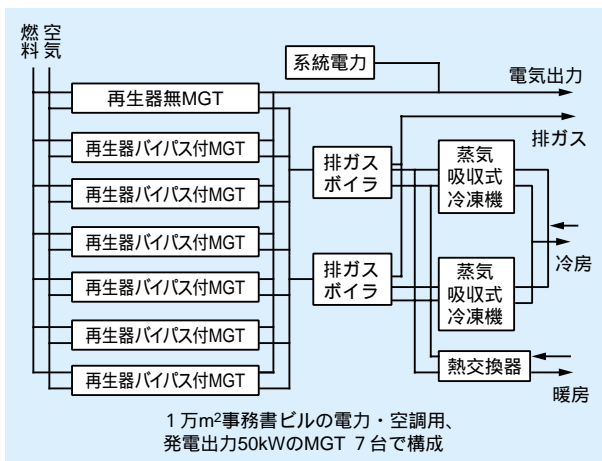


図 5-3-2 熱電可変型 MGT 熱電供給システム

MGT の発電効率は 15 %（再生無）～ 30 %（再生有）LHV と低く、系統電力の需要端での効率 35 % HHV にはるか及ばないため、システムの省エネ性は低い。単純償却年数の限界を 5 年程度とすると、今回の条件である MGT 設備コスト 10 万円/kW、ガス平均単価 41.7 円/Nm³ が成立すれば、競合の可能性は十分にあると判断された。ただし、系統連系用リレー盤や機械室等が必要と判断された場合や、安価なガス料金（空調 A 契約）が利用できない場合には、経済性が悪化し、競合が困難となる。

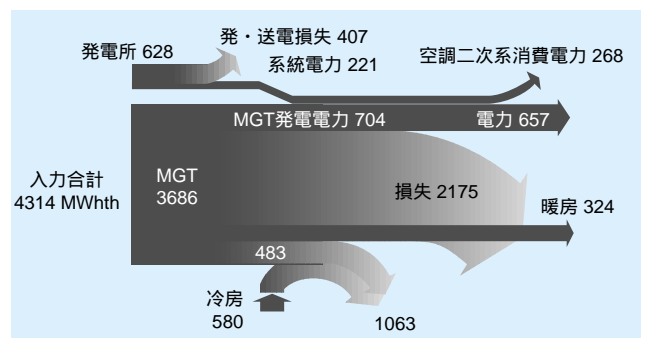
延床面積 3 千 m² の事務所ビルの場合

経済性が成立する可能性は極めて低いという結果となった。これは、MGT 熱電供給システムのうち、熱供給を行う部分の設備コストが非常に高くなっているのに対し、従来システム（ビルマルチエアコン等）が安価なためである。なお、省エネ性は 1 万 m² の場合と同様に低い。

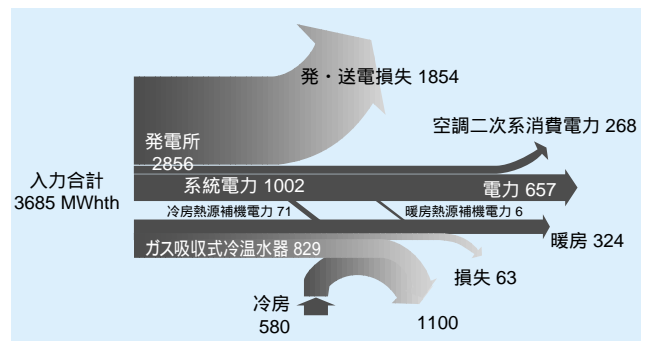
(2) 温水吸収式冷凍機と温水利用による空調⁽¹¹⁾

・評価手法の概要

MGT の経済性を評価するに際して、以下の 2 点を念



a) MGT 熱電供給システムの年間エネルギーフロー



b) ガス吸収式 + 系統電力システムの年間エネルギーフロー

図 5-3-3 各システムの年間エネルギーフロー（1 万 m² 事務所ビル用）

頭に置きつつ評価を行う。

- ① 需要家におけるエネルギー利用を「受電、ガス受入」から「需要(電力、冷房、暖房、給湯)」に至るプロセスとして捉え、
- ② MGTをはじめとする各種機器類の規模と運用を最適に設計することで、需要家の年間総経費を最小とする。

1点目の需要家におけるエネルギー利用をプロセスとして捉えた場合のエネルギーフローは図5-3-4の様に表すことができる。ここで、2種類のシステム構成を提示したのは、既に空調機が設置されている既設建物と空調機器構成を自由に設計できる新設建物とでは、MGTの利用方法や空調機器構成には差が生じると考える事が出来る。

既設建物では、ヒートポンプやビルマルチといった機器を中心に既に空調システムが構築されており⁽¹²⁾、この構成を大きく変更することは難しい。したがって、

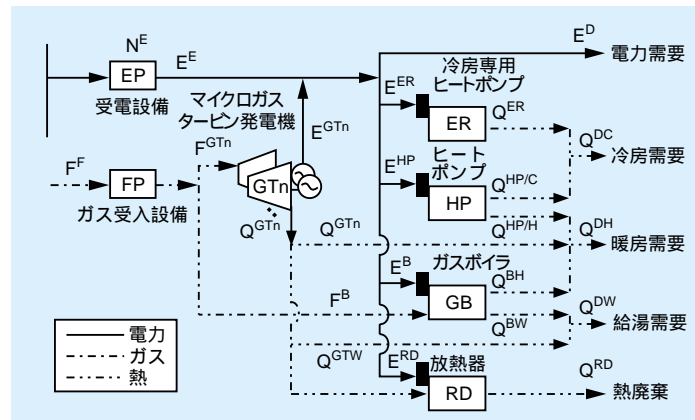
空調システムの変更を伴わずにMGTを設置しようとすると、MGT排熱の利用方法は限定されたものとなるか、発電専用のシステムとして利用するしかなくなる。

2点目の最適設計による需要家の年間総経費最小化については、需要家の年経費構成を以下の様に目的関数として定義し、0-1混合整数計画手法[†]による分析を行う。

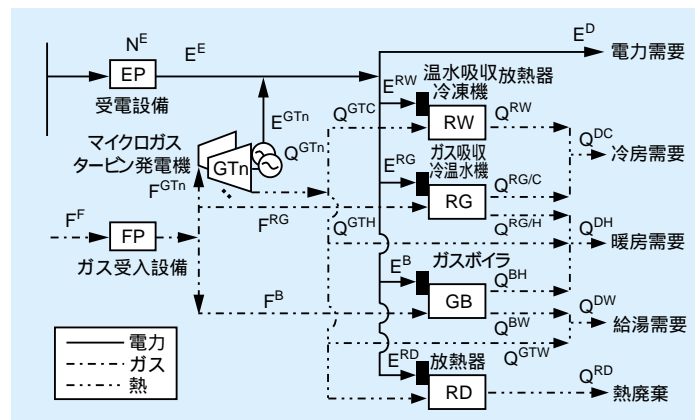
[エネルギーコスト支出(電気料金、ガス料金)]
 + [各種構成機器 (MGT、空調機器等) の年経費]

より正確な評価を行うためには、MGTなどの保守費用を考慮する必要があるが、保守費については情報が

[†] 設計変数がすべて連続変数である場合の線形計画問題にたいして、設計変数の一部に不連続な整数変数が含まれるものを混合整数計画問題と呼び、不連続な整数変数の一部に0または1しかとらない、特殊な変数(0-1変数)を含むときに0-1混合整数計画問題と呼ぶ。



a) 既設建物向システム構成



b) 新設建物向システム構成

図5-3-4 MGTを利用した需要家におけるエネルギーシステムフロー

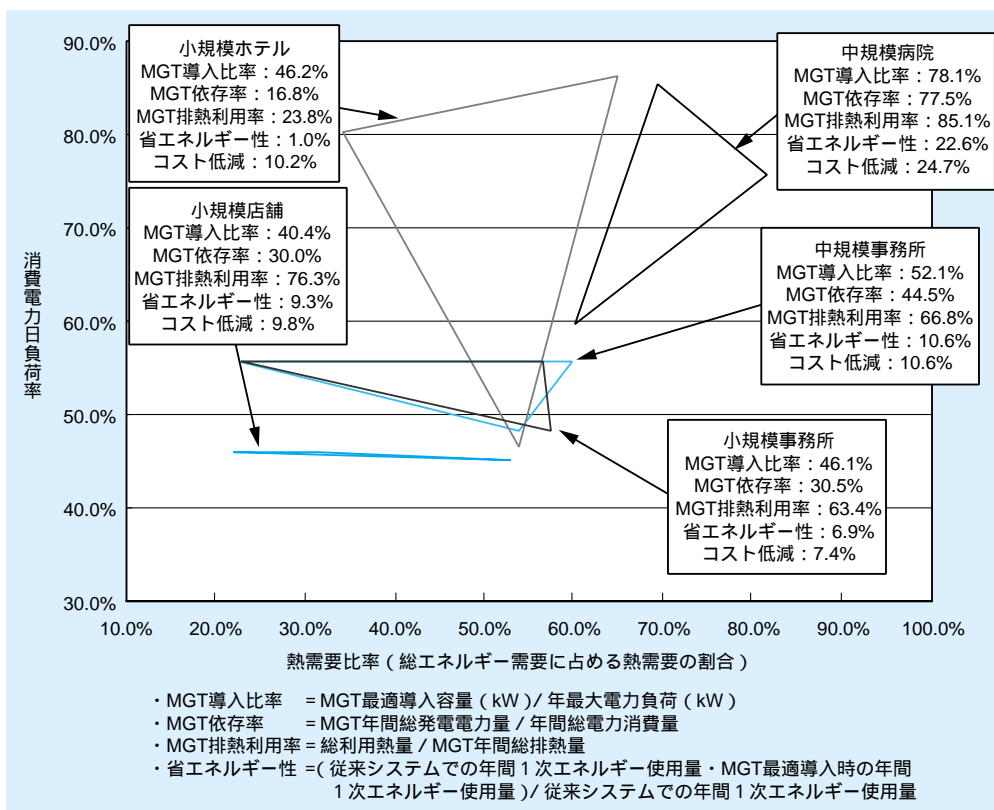


図5-3-5 新設モデル需要家における需要特性とMGT導入の関係

少なくここでは考慮していない。また、MGTの部分負荷特性が不明確であること、現状の市販MGTがコンピューターインターフェースを用いての台数制御が行えることを踏まえて、MGTの部分負荷運転は行わず、台数制御を行うこととして、分析を行った。したがって、以下に述べる分析結果はMGTにとってかなり有利な条件の下での評価例となる。

・分析評価の結果

上述した、最適化手法を用いて単機容量28kWのMGTの最適導入容量およびコスト低減・省エネ性を分析した。対象とした建物は小規模(延床面積:3000m²程度)及び中規模(延床面積:7000m²程度)のモデル需要家とし、MGT価格は将来目標価格の10万円/kW、温水吸収式冷凍器等の価格は大容量機の価格^{(13),(14)}と同程度であると想定した。

分析評価の結果、得られた知見は以下の通りである。

- (1) MGT最適導入容量は、需要特性により異なり、最大電力負荷の40%~80%程度の容量となる。季節間での負荷特性の差が少なく(図5-3-5中の頂点が夏期・冬期・中間期各々の代表日の値を表す三角形が

小さい)、日負荷率と熱需要比率の高い(右上に寄っている)新設需要家(病院)ではMGT導入比率は78%と大きくなる。熱需要の比率が高くて、季節間での負荷特性の差が大きい(図5-3-5中の三角形が大きい)需要家(ホテル)では最大電力負荷の46%程度が最適導入規模になる。

- (2) 事務所のように、施設規模が大きくなるとMGTの台数制御による電力追従運用が容易になり、MGTの最適導入規模は数ポイント上昇する。
- (3) 熱電併給型MGT導入による年間総経費低減効果は7%~24%と需要家によって大きな差が生じる。省エネルギー性についても4%~21%となった(図5-3-5)。
- (4) 主として既設建物に設置される発電専用MGTの場合には、MGT排熱利用による経費低減効果が期待できないため、MGT最適導入容量は小さくなる。導入比率・依存率共に排熱利用タイプの30%~50%程度となる(表5-3-1)。また、排熱利用タイプの場合と異なり、日負荷率・熱需要比率の低い需要家での導入可能性が高くなる。

表5-3-1 MGTタイプによる導入規模への影響

	小規模店舗		小規模ホテル	
	発電専用タイプ	熱電併給タイプ	発電専用タイプ	熱電併給タイプ
MGT年間稼働率	16.5%	35.1%	3.4%	15.1%
MGT依存率	21.4%	69.8%	2.1%	19.1%
MGT導入比率	35.3%	65.7%	18.0%	42.0%
MGT排熱利用率	-	6.8%	-	5.8%

5-3-3 分析評価のまとめ

以上に示した事務所ビルを対象とした評価例では、経済性については規模が大きいほどメリットのある結果となった。しかし、MGTの系統連系装置に要する費用、運転・保守に要する費用を除外した評価であるため、これらの費用の要否、程度によっては経済性が左右されることとなることに注意を要する。

一方、省エネ性については、吸収式冷凍機など排熱を回収・利用するための機器の性能によって左右される結果となった。

また、ここに示した評価例は、一事例を対象とした概略的な評価の結果であり、実際に導入を検討する場合には、実機の効率や長期信頼性評価を十分に行うとともに、各種条件（利用用途、建物条件、適用エネルギー料金他）等を個別に考慮する必要がある。

コラム リチウム二次電池による分散型電池電力貯蔵

1970年代に入ると社会のあらゆる分野で電化が進み始め、昼夜間、季節間の電力需要の差が見られるようになり、負荷平準化のために夜間電力貯蔵の必要性が認識されるようになった。1970年後半から1980年代に米国のBEST計画や日本のムーンライト計画で、負荷平準化を目的にナトリウム-硫黄、亜鉛-塩素、亜鉛-臭素、レドックス・フロ-電池などの「新型電池」による電力貯蔵装置の開発が開始された。それらは大規模(1000kW級)で、電気事業用の配電用変電所への設置を目的としたものであった。それらの開発と東京電力(株)などの開発成果により近年ナトリウム-硫黄電池等による電力貯蔵装置が配電用変電所などに設置されるようになった。

一方、電気事業側設置ではなく家庭など需要家側設置の小規模分散型電池電力貯蔵装置の概念「ロードコンディショナー(LC)」を当研究所は1984年に提案し、その開発を進めてきた。分散型電池電力貯蔵は「需要家は安価な夜間電力を昼間に利用でき、電気事業は夜間電力需要創出と昼間のピーク抑制による負荷平準化」が期待できるコンセプトであるが近年、電力の規制緩和・自由化を背景とした種々の電力品質を有する電源の導入可能性、情報化に伴う無停電へのニーズ等から「電力品質確保」、さらには「自然エネルギー発電出力の平滑化」、夜間電力貯蔵や電気自動車への利

用によるCO₂排出抑制などの「環境改善」も期待されるようになっている。

分散型電力貯蔵用候補電池として、当研究所はリチウム二次電池に着目し、その性能評価と大容量化・長寿命化に取り組んできた。リチウム二次電池は原理的に常温作動で高い変換効率、軽量・コンパクトが望めるものであるが、1984年当時ボタン型電池が開発途上であり、そのエネルギー貯蔵用への大容量化は夢の話であった。当研究所はLC用の1/5スケールの25Whセルの試作に成功し(90年)、鉛電池の3倍のエネルギー密度を達成したことなどより負荷平準化用リチウム二次電池の開発が国のニューサンシャイン計画で「分散型電池電力貯蔵技術開発」として採り上げられ、NEDO/LIBES研究組合の受託研究で本格的な開発が1992年より10年計画として開始された。当研究所は受託研究ではトータルシステム研究を分担し、赤城試験センターにおいては性能評価試験を実施中である。プロジェクト後半の平成10年度に「性能評価」が実施され、表は当研究所が明らかにしたモジュールの到達性能である。開発目標は研究開発基本計画で定められたものであり、例えば定置型(家庭用LC)では20kWh級のLCシステムを想定し、基本構成単位電池とし、2kWh級モジュール、システム重量・体積とし各々が400ℓ温水器の半分程度に収まる様な電池の重量・体積エネル

表 リチウム電池モジュールの性能評価結果

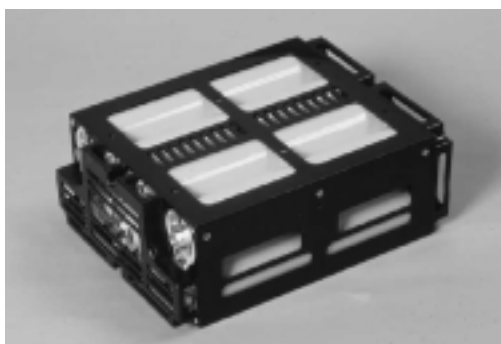
定置型	電池系	ニッケル・コバルト系		マンガン系	
	開発目標	試験結果	達成度	試験結果	達成度
電池電力容量(kWh)	2	2.14	達成	2.04	達成
重量エネルギー密度(Wh/kg)	120	116	97%	100	84%
体積エネルギー密度(Wh/l)	240	174	73%	213	89%
エネルギー変換効率(%)	90	96.7	達成	97.1	達成
サイクル寿命(サイクル)	3500	700(継続中)*		700(継続中)	
移動体用	電池系	ニッケル・コバルト系		マンガン系	
	開発目標	試験結果	達成度	試験結果	達成度
電池電力容量(kWh)	3	3.55	達成	3.17	達成
重量エネルギー密度(Wh/kg)	150	142	95%	107	72%
体積エネルギー密度(Wh/l)	300	229	76%	198	66%
出力密度(W/kg)	400	592	達成	416	達成
エネルギー変換効率(%)	85	96.3	達成	96.6	達成
サイクル寿命(サイクル)	1000	600(継続中)		400(継続中)	

* : 1セル取換

ギー密度、10年間毎日運用の3500サイクル、システム効率として、揚水を上回るための電池効率などとして電池性能目標が決められた。移動体用（電気自動車用）では、ガソリン乗用車なみの一充電走行距離（400km）、生涯走行距離（10～20万km）、加速性能を達成可能な電池性能を想定した。定置型と移動体用で、各々正極材料としてニッケル・コバルト系とマンガン系を用いるリチウム電池（4電池系）を開発した結果、家庭用LC（20kWh）や電気自動車（45kWh）の基本モジュール電池（2～3kWh）が製作でき、まずまずの軽量・コンパクト化が達成されており、電気自動車（EV）用の加速性能を支配する出力密度も高いことが示されている。さらに、電池の変換効率が鉛やニッケル・水素電池の75～85%に比べ96%以上と極めて高いことが特筆される。図は開発した4種類のリチウム電池モジュール写真を示す。最終評価の13年度にむけて、さらに改良が図られており確実に開発目標に近づいている。さらに、11年度には基本計画に、20kWh級LCや45kWh級EV

より小規模な中容量電池システムによる「早期実用化」が追加され、受託で開発した電池系の中容量電池を搭載したミニLL（ロードレベリング）装置や小型EVなどの運転試験研究も12年度後半から赤城試験センターで開始準備中である。夜間電力貯蔵によりCO₂排出抑制効果を得るためには、現行の昼・夜間発電のCO₂排出原単位を考慮すると、貯蔵装置全体の効率として、75～80%以上が望ましいとされていることから、電池として96%以上の高効率のリチウム二次電池による分散型電池電力貯蔵は環境調和型電池電力貯蔵装置の最有力候補として注目されている。

所内研究では、リチウムイオン電池を搭載した超小型EVを用い走行時電池性能評価手法を確立し、走行試験を開始するとともに電池材料に着目した劣化機構の解明、短期間に寿命を推定する方法なども開発中であり、リチウム電池の特徴を活かした分散型電池電力貯蔵の実用化支援研究を推進している。



定置型ニッケル・コバルト系



定置型ニマンガン系



移動体用ニッケル・コバルト系



移動体用マンガン系

図 評価試験を行ったモジュール電池