

東京大学大学院  
工学系研究科機械工学専攻  
ホロニク・エネルギーシステム学(東京ガス) 寄附講座  
活動報告

平成 17 年 4 月～平成 20 年 3 月

平成 20 年 3 月

## 内容

巻頭言 .....	3
ホロニック・エネルギーシステム学寄附講座を担当して .....	5
寄付講座での3年間 .....	6
1. 講座概要 .....	7
講座の構成員 .....	8
寄附講座運営委員会 .....	8
2. 研究活動 .....	9
2-1. 研究概要 .....	9
2-2. 共同研究概要 .....	11
2-3. 情報発信活動 .....	12
(1) 主催行事 .....	12
(2) 共催行事 .....	23
3. 教育活動 .....	26
3-1. 講義(学内).....	26
3-2. 講義(学外).....	27
3-3. 卒業論文.....	27
3-4. 修士論文.....	27
4. ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座関連業績.....	28

## 巻頭言

ホロニック・エネルギーシステム学寄付講座(東京ガス)

—三年間をふりかえって—

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 教授

寄付講座運営委員会 委員長

笠木 伸英

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻に、平成17年4月1日に設置されましたホロニック・エネルギーシステム学寄付講座(東京ガス)は、本年度末をもって当初の3年間の設置期間を終了いたします。本講座は、それまで工学系研究科において学科横断型活動を続けていた、超小型分散エネルギーシステム・ラボの活動の流れを汲みつつ、グローバリゼーションの中で改めて描かれる21世紀のエネルギー・ビジョンの下に、集中と分散、転換と利用、大規模と小規模、都市と地方の全体が調和した“ホロニック・エネルギーシステム”ともよぶべき、新しいエネルギーシステムの構想と構築に向けて研究と教育を開始したものです。そして、一次エネルギー供給から、二次エネルギー転換・貯蔵・連携、そして末端の需要側エネルギー利用まで、個と全体が調和した最適エネルギーシステムの設計技術を確認するとともに、これを構成する機器の要素研究を行うことを目的といたしました。



以来3年間、浅野浩志客員教授、坂東茂客員助教によって本講座の研究教育が担われ、当初の研究計画に沿って着実な成果を挙げて参りました。すなわち、事務所や集合住宅などの都市型の民生需要に応えるための、“良き市民”としてのマイクログリッドを実現することを具体的な目標とし、システムの機器・容量設計や運用計画策定、発電・蓄電システムの動特性解析と最適統合制御、そしてシステムの経済性評価、環境評価など、複数の重要な技術課題に取り組みました。これらの基本的な研究成果を踏まえて、変動の大きい自然エネルギーと従来型の発電要素を組み合わせる適切な需給調整を可能にするシステム制御法を提案し、さらには分散エネルギーシステムによるアンシラリーサービスが可能であることを明らかにいたしました。ここにおいて、私共が夢に描いた“ホロニック・エネルギーシステム”が、ようやく具体的な形と機能を付与されることになったと言えるかと思っております。

以上の研究成果は、毎年度開催のホロニック・エネルギーシンポジウム、あるいは分散エネルギー・マイクログリッド国際シンポジウムにてご報告し、業種や組織を越えて多くの皆様からご指導や励ましを賜りました。また、ホロニック・エネルギーシステム研究室におきましては、この間、複数の共同研究を進める中、6名の卒業論文、2名の修士論文(内1名は平成21年3月修了予定)の研究指導が行われ、優れた成果としてまとめられております。さらに、本講座教員が、新しい講義や演習を担当することにより、既存の講義体系を補完して、学部教育、大学院教育に多大な貢献を成すことが出来ました。また、本講座を中心とするエネルギー問題に関わる研究教育活動は、機械工学分野のみならず、電気電子工学、化学工学など、幅広い学術分野の方々を巻き込み、その橋渡し役として機能したことは、特筆に値すると考えております。

この3年間、我が国のエネルギー需給を取り囲む内外の状況は急速に変化しております。つまり、IPCCの第4次報告の公表と共に気候変動に対する世界的な懸念が強まる中、COP3の約束期間に入ったものの我が国の炭酸ガス排出量削減が際だって進まない状況にあります。原油の生産量に限界が意識され、

未曾有の価格高騰が続いていることは周知の通りであります。そして現在、低炭素社会を目指す観点からは、いかにして使いにくい自然エネルギーをエネルギー需給に組み込むかという最重要課題を抱えておりますが、本寄付講座の活動は、小さな一歩ではありますが、問題解決の新しいオプションを呈示しつつあると考えております。

本寄付講座担当の浅野浩志客員教授、坂東茂客員助教は3年間の任期を終えますが、本講座は来年度より2年間の延長を予定しております。引き続き担当の坂東茂客員講師、そして新たな客員教員を加えてさらに活動を発展させていく予定です。3年間の区切りに当たり、本講座設置の寄付者である東京ガス(株)をはじめ、産業界の皆様、あるいは学内外の教育関係者に様々な形でご支援、ご協力をいただきましたことをここに記し、関係者一同、心より御礼申し上げる次第です。

平成20年3月

## ホロニック・エネルギーシステム学寄附講座を担当して

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 教授  
浅野 浩志

ホロニック・エネルギーシステム学寄附講座（東京ガス）は、東京ガス殿の寄附により設立され、分散型エネルギー資源と電力や都市ガスなどネットワーク供給エネルギーが有機的に調和する未来型エネルギーシステムを築く研究および教育を推進することを目標としています。

本学名誉教授石井威望先生や茅陽一先生らが、1980年代半ば、原子力など大規模集中型電源を中心とするハード・パスと太陽光発電やエネルギー効率化をエネルギー源の中心とするソフト・パスを超克する概念としてホロニック・パスという言葉が提唱されました。それ以来、ライフワークとしてホロニック・エネルギーシステムをいかに電力需給マネジメントシステムとして具現化するかを研究してきました。本講座は、燃料電池やバイオガスエンジンなど分散型エネルギーシステムを研究されてきた機械工学専攻の研究を基礎にして、おりしもわが国において卸電力市場や再生可能エネルギー証書市場が創設されたタイミングに開設され、新しいシステムの秩序を環境適応的に構築していくホロニック・エネルギーシステム学の創世期として活動できたのではないかと考えます。



コージェネレーションシステム単体の最適容量設計や運用スケジュール計画問題を基礎にして、太陽光発電などの再生可能エネルギー源を最大限導入できるように、出力制御可能な分散型電源を複数組み合わせ、電力需要および間欠的な自然変動電源の出力変動に合わせて二次電池と分散型電源を制御するマイクログリッドの設計手法や運用の最適化を行いました。小規模な実験設備でその統合制御手法をその日の天候状況をみながら、坂東助教や学生とともに実験できたのも貴重な経験となりました。

講座の後半には、需要急増時や緊急時に電力系統の予備率が低下した場合などに、電力市場価格に連動した需要反応プログラムを起動させることにより、分散型エネルギーシステム側から予備力を供給できるか統計的な検討を行い、ホロニック・エネルギーシステムとしてのネットワークと分散型資源間の相互メリットを探る研究にも着手できました。

大学で行う革新的なエネルギー技術や環境負荷低減技術の研究成果が実効をあげるためには、その成果を社会に適用可能な形にシステム統合化していき、システム導入に伴う費用および便益を社会でシェアしていくインセンティブ・メカニズムを設計していくのが、次の課題です。このような研究を産官学で推進すると同時に、学生や若い研究者が夢をもてる研究教育の場を提供していくのが我々の大きな役割と心得ます。

最後に、本講座の開設・運営にご尽力いただいた東京ガス（株）取締役常務執行役員村木茂様、同杉山昌樹様、ホロニック・エネルギーグループの皆様、本学教授笠木伸英先生、金子成彦先生をはじめ関係各位に厚く感謝申し上げます。なお、本講座は平成20年度より2年間延長され、より広く、深くホロニック・エネルギーシステム学の学理が追求され、社会に浸透していくことを心より願うばかりであります。

## 寄付講座での3年間

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 寄付講座教員(助教)

坂東 茂

2005年4月、機械工学専攻ホロニック・エネルギーシステム学（東京ガス）寄付講座の発足と同時に助手に着任し、以来3年間、主にマイクログリッドに関する研究を行ってきました。

学部生時代は、機械工学科の研究室に所属し、卒業論文は「家庭用エネルギーシステムのライフサイクル評価」と題して家庭の熱需要、特に給湯に注目した観点から複数の家庭用のコージェネレーションを含む給湯システムについての評価についての研究を行いました。その後、修士課程より新領域創成科学研究科環境学専攻に進学し、「二酸化炭素の処理技術に関する基礎的研究」と題し、二酸化炭素が高圧環境でどのように溶解するかについての研究を主に実験を通して従事しておりました。現在の電力エネルギーシステム関係の研究分野からは遠い研究分野でしたので、着任にあたっては、「マイクログリッド」という言葉も良く分かっていない状態であり、まさにゼロからの出発でした。



現在はマイクログリッドの構築時の最適機器設計や、運用時の翌日運用計画の策定手法の研究、ガスエンジンと蓄電池を組み合わせたシステムの制御などの研究を行っています。第1期寄付講座では、マイクログリッドの構築前の検討ツールから、構築後に必要な制御ツールに至るまで、完成度に余地を残す部分もあるものの、複数の研究テーマで一連のマイクログリッドに必要な研究の「繋がり」を作ることができたということが非常に面白く感じております。

専門外の事を始めるにあたり、最初は分からない事ばかりで不安になることもしばしばありましたが、浅野先生のご指導の下、学生と共に基礎から勉強したことや、関連するシンポジウムへの出席、最先端のエネルギー設備の見学、専門家との意見交換を通して様々な知見を得ることができ、目の前の問題にももがきながらもひとつひとつ課題をクリアしてきたように思います。

2008年4月から2年間寄付講座にまたお世話になることになり、引き続き寄付講座の研究活動・運営に全力を尽くす所存です。皆様には今後とも寄付講座の活動にご理解、ご協力、ご鞭撻をいただきたく存じます。

最後になりましたが、情報交換会などを通じていつも貴重なご知見をいただき、実験やミーティングでも非常にお手数をおかけいたしました東京ガス株式会社の皆様、寄付講座の運営や研究活動にご助言・ご指導をいただきました本学機械工学専攻の笠木先生、金子先生、鹿園先生、電気工学専攻の山地先生、横山先生、山本先生に心より感謝申し上げます。そして本寄付講座の浅野先生には、3年間にわたり大変丁寧なご指導をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。今後とも変わらぬご指導をいただけますよう、よろしくお願ひ申し上げます。



# 1. 講座概要

ホロニック・エネルギーシステム学（東京ガス）寄附講座は、東京ガス株式会社の寄附により、平成17年4月から3年間の期間にわたり開設された。本講座は、エネルギー安定供給・環境問題・経済成長のいわゆるトリレンマ問題を解決し、将来にわたって持続可能な社会を実現するために、分散型エネルギーと全体システムとの最適な調和を図るホロニック・エネルギーシステムの構築を目指す。これまで機械系専攻を中心に組み込まれてきた各種エネルギー技術の要素技術研究をもとに、電気系など専攻横断的にエネルギーシステムの将来像を探索し、既存のネットワークエネルギーと分散型エネルギー資源とを活用するエネルギー需給マネジメントの有効性を示す。

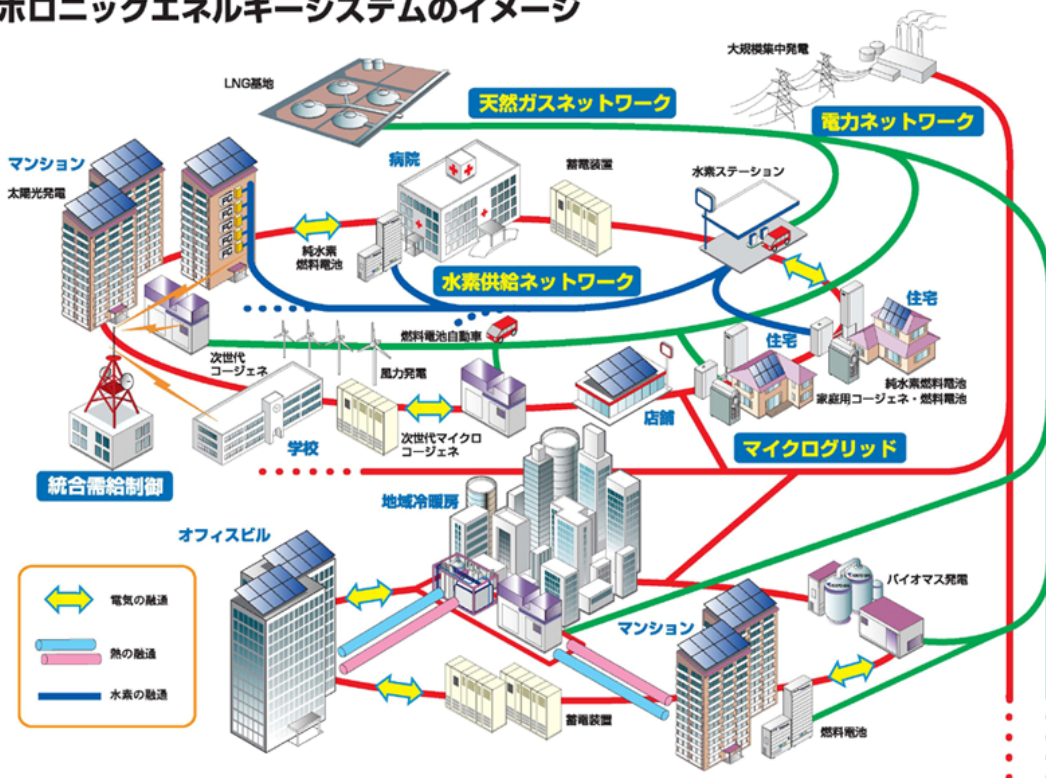


講座のある工学部2号館(奥)と安田講堂(手前)

＜「ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座」の概要＞

1. 講座名称	ホロニック・エネルギーシステム学（東京ガス）寄附講座 Holonc Energy Systems Laboratory
2. 設置場所	東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻
3. 設置期間	平成17年4月～平成20年3月
4. 寄附者	東京ガス株式会社（代表取締役社長：鳥原光憲）
5. 担当教員	浅野 浩志（アサノ ヒロシ） 東京大学教授 坂東 茂（バンドウ シゲル） 東京大学助教

## ホロニックエネルギーシステムのイメージ



注) ホロニック・エネルギーシステム

ホロニック・エネルギーシステムの語源である「ホロン (HOLON)」とは、英国の哲学者アーサー・ケストラーが1970年代に提唱した概念で、ギリシャ語の「ホロス (HOLOS)」(全体)と「オン (ON)」(個や部分)の合成語である。すべてのモノは、全体の一部「構成要素」でありながら、それ自体がひとつの「全体」でもあるという考え方である。日本語には「全体子」と訳され、「個と全体の有機的調和」という意味で用いられている。その概念をエネルギーシステムに適用したものがホロニック・エネルギーシステムである。

### 講座の構成員

平成17～19年度の講座構成員は下記の通りである。

#### 平成17年度

教授：浅野 浩志， 助手：坂東 茂

秘書：渡辺 祐美子

学部4年生：(産業機械工学科) 小田 健次郎、(機械工学科) 中村 元

#### 平成18年度

教授：浅野 浩志， 助手：坂東 茂

研究員：辻田 伸介， 秘書：渡辺 祐美子

大学院修士課程1年：(機械工学専攻) 佐々木 勇太

学部4年生：(産業機械工学科) 伊藤 陽、渡辺 裕己

#### 平成19年度

教授：浅野 浩志， 助教：坂東 茂

研究員：辻田 伸介， 秘書：渡辺 祐美子

大学院修士課程2年(機械工学専攻)：佐々木 勇太

同1年(機械工学専攻)：有木 和歌子

学部4年生(産業機械工学科)：上村 佑輔、松崎 勝久



平成19年度メンバー(研究室にて)

### 寄附講座運営委員会

機械工学専攻に下記教員から成る寄附講座運営委員会を設置し、円滑な運営を図った。

委員長： 笠木 伸英 教授

委員： 金子 成彦 教授

鹿園 直毅 准教授

浅野 浩志 教授



## 2. 研究活動

### 2-1. 研究概要

本研究室では、ホロニック・エネルギーシステムの一形態としてコージェネレーションシステムを主機とする小規模電力系統（マイクログリッド）に関する研究を中心として、以下の研究を実施した。

平成 17 年度は、需要分析手法、分散型エネルギー資源の動特性把握、マイクログリッド運用手法について研究を行った。

#### (17-1) 建物負荷データ計測と解析

都市の民生用需要を対象とするマイクログリッドを研究対象とするため、事務所ビルおよび集合住宅を計測対象とし、建物電力需要、太陽光発電発電電力量、給湯需要等の熱需要のデータを計測した。

データを元に、負荷変動の周波数特性解析と負荷変動を補完するための方策検討、負荷モデルの予備検討を行った。

#### (17-2) ガスエンジンコージェネレーションと蓄電池組合せ動特性の測定及び評価

300～500kW 級ガスエンジン発電機、300kW 級鉛蓄電池設備及び充放電装置を対象設備とした。まず、蓄電池設備と模擬負荷によって構成される独立系統において、負荷変動を模擬し、充電状態を半かさせながら、鉛蓄電池の出力応答を測定した。ガスエンジンに対しては、内部流体の流れと構成要素の動きを立式してモデル化を行った。マイクログリッドにおける潮流制御の視点から、ガスエンジン発電機及び鉛蓄電池設備の能力について考察し、負荷データ計測と解析で得られた結果と合わせ、「負荷変動」、「潮流制御速度」と「適正な蓄電池容量」に関する検討を行った。

#### (17-3) 多種分散型電源の統合制御方式とその効果

業務用ビルおよび集合住宅で構成されるエリアにおいて、多種の分散型電源から構成されるマイクログリッドを検討対象とし、対象としたマイクログリッドのシミュレーションモデルの作成と、(17-1)と(17-2)から得られた知見を反映したシミュレーションによって、連系点潮流変動の評価及び年間運用を想定した省エネルギー、環境性、経済性を評価した。エリア規模、設備構成、同時同量時間等と省エネルギー、環境性、経済性との関係性を評価する指標を検討した。省エネルギー、環境性、経済性の評価軸に対する、適切な統合制御ロジックの検討を行った。

平成 18 年度はマイクログリッドの構築時や、運用時に不可欠となる技術の開発として次の 4 項目についての研究を実施した。

#### (18-1) マイクログリッド内の建物の電力需要予測手法の開発

前年度(17-1)の項目において計測した需要データを下に、翌日のマイクログリッド内のエネルギー供給システムの運用計画を立てるために必要な、建物の電力需要の予測方法の開発を行った。本研究では、マルコフモデルや統計的手法により、事務所ビルと集合住宅についての需要予測を行い、実際の需要の結果と比較することにより、手法の有効性についての考察を行った。

#### (18-2) マイクログリッドにおけるエネルギー供給システムの機器容量設計

今後マイクログリッドの導入が検討された場合に、需要家構成によって導入するエネルギ

一供給システムの容量設計の問題を扱い、容量設計手法の開発を行った。各種マイクログリッドのテストケースの計算、需要家を組み合わせるマイクログリッド化の効果などを明らかにした。

#### (18-3) マイクログリッド内のエネルギー供給システムの日々の運用計画策定手法の開発

実際にマイクログリッドが構築された後、発動機を含めたエネルギー供給システムの運用方法について述べる。マイクログリッド構築後の運営に当たり、翌日の需要予測結果に従い、既存のエネルギー供給システムの運用計画を毎日立てる必要が生まれるが、本項目においては、ガスエンジンのメンテナンスの見地から必要な条件を満たしながら、一日のコストを最小化する手法の開発を行った。

#### (18-4) 多種分散型電源の統合制御方式とその効果

マイクログリッド構築後に、電圧や周波数に影響が出ないように、電力需要と供給システムの出力を高いレベルで合わせる技術が必要である。また、併設が考えられる蓄電池は、耐久性の実証が十分に進んでおらず、非常に高価な設備であるため、できるだけ負荷を掛けない制御方法を模索した。本項目では、蓄電池の残容量を一定に保ち、かつ電力需給と電力量需給のバランスをできるだけ 0 にするようなシステムを構築した。マイクログリッドに対してのエネルギー供給設備の設計手法の開発、エネルギー需要予測手法の開発、マイクログリッド用ガスエンジンの制御方法に関する研究を行った。

平成 19 年度は、マイクログリッド内の制御手法に加えて、いわゆる系統貢献に関する研究にも着手した。以下の 4 つのテーマについて研究が行われた。

#### (19-1) 自然変動エネルギーと組み合わせたガスエンジン、蓄電池の制御システムの開発

前年度(18-4)の拡張として、出力変動の激しい自然変動エネルギーと制御可能な電源を組み合わせ、需給の調整を行う制御システムの開発を行った。また、東京ガス株式会社横浜研究所に構築されたマイクログリッド実証設備を用い、開発した制御システムの有効性を示した。また、自然変動エネルギーの導入可能量および蓄電装置の容量の設計問題を機器制御の観点から議論した。

#### (19-2) CGS 多段階投資のリアル・オプション分析

コージェネレーションシステム(CGS)の普及、拡大が進むかは、大きく変動する燃料価格に依存するが、本研究では天然ガス価格が不確実に変動する状況下で日本の標準的な事務所に CGS を導入する際のリスクをリアル・オプションアプローチによって評価した。季節別・時間帯別に異なる需要パターンに合わせて、分散電源(DG)の最適運転パターンを考慮し、ベース DG ユニット、ピーク DG ユニット、熱交換器など CGS の多段階投資における事業リスクについてリアル・オプションアプローチを用いて評価し、燃料価格の不確実変動の大きさによって最適投資戦略が異なることを示した。また売電が可能な場合の投資水準の変化、売電価格の不確実性の影響についても検討した。

#### (19-3) 複数地冷地区を統合するマイクログリッド設計

エネルギー需要密度が高く面的利用によるエネルギー利用効率の向上が検討しやすい都市部において、複数の地域冷暖房プラントを連携し、大型ガスエンジンを主機としたマイクログリッドの構築を検討した。

#### (19-4) 分散エネルギーシステムによるアンシラリーサービス

日本では環境制約により今後再生可能エネルギーへのシフトが急激に進むことが考えられ

るが、太陽光発電や風力発電など出力が変動する電源が多くなると、系統の回転機だけでは電力品質を保てなくなる可能性が生じる。そこで、マイクログリッドなどの分散電源にもアンシラリーサービスへの参加が求められることが考えられるが、本研究では、マイクログリッドがグリッド内のピーク需要よりも大きな容量の電源を予備力として持つことが経済的に可能となる条件についての検討を行った。また、分散電源からのアンシラリーサービスが一般化したときに関東圏でどのくらいの容量を見込めるかについての考察を行った。

## 2-2. 共同研究概要

当講座では下記のように平成 17 年度からの各年度において東京ガス株式会社と共同研究を実施した。また、平成 19 年度は研究項目(19-3)については清水建設、日本設計、東京ガスと共同で研究会を立ち上げ、共同研究を実施した。

	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 19 年度
共同研究先	東京ガス(株)	東京ガス(株)	東京ガス(株)	(株)清水建設 日本設計(株) 東京ガス(株)
研究題目	マイクログリッド統合運用計画手法の開発	マイクログリッドの統合制御手法の開発	マイクログリッドの統合制御手法の開発と実証試験	エネルギーの面的利用による効率化の研究
研究目的	マイクログリッド統合運用計画の新しい手法を開発すること	間欠的な出力の再生可能エネルギーと出力制御可能な原動機を組み合わせたマイクログリッドにおける運用計画および制御手法を開発する。	間欠的な出力の再生可能エネルギーと出力制御可能な原動機を組み合わせたマイクログリッドにおける運用計画および制御手法を開発し、実証試験を行う	都市内の街区を対象としたエネルギーの面的利用の効果を明らかにする
研究内容	自然エネルギー発電、天然ガスコージェネレーション、蓄電池等から構成されるマイクログリッドの事業モデルを研究すると共に、多種電源を統合して運用計画を策定し需給制御を行う手法について研究する。	各種需要家の電力・熱需要計測データに基づき、マイクログリッドの需要予測、最適設計、運用計画手法を開発する。	マイクログリッドの制御方法として、バッテリーとガスエンジンの協調制御系、連系線潮流制御系の構築を行い、実証試験を行う。	都市内の街区を対象とした地域熱供給設備、マイクログリッド設備において、負荷データをもとに、経済性、環境性、省エネ性の分析を行う。

## 2-3. 情報発信活動

### (1) 主催行事

#### I. 寄附講座設立記念パーティー

開催日：2005年4月12日

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻ホロニック・エネルギーシステム学（東京ガス）寄附講座の開講記念会が学内の山上会館1階談話ホールにおいて、各界から55名の参加者を得て盛大に行なわれた。ご挨拶をいただいた方々からはエネルギーシステムの今後の展望や、寄附講座設立の経緯、専攻横断的な学内連携が進められることへの期待などが述べられた。

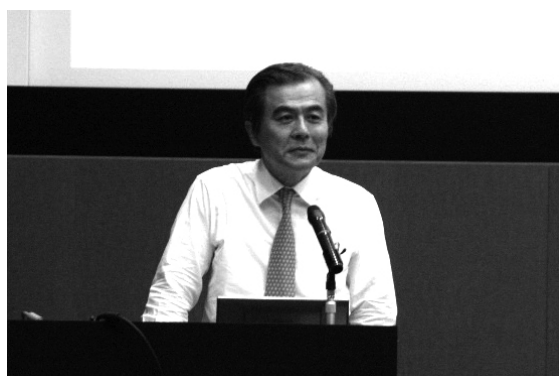
#### II. 寄附講座設立記念シンポジウム「ホロニック・エネルギーシステムへの途」

2005年7月11日(月)、東京大学浅野キャンパスの武田ホールにおいて、主催ホロニック・エネルギーシステム学講座、共催21世紀COE機械システム・イノベーションの下、ホロニック・エネルギーシステム学講座創設記念シンポジウムが開催された。機器メーカー、エネルギー事業者、大学、自治体、研究調査機関など産官学から広く238名の参加者が集まった。

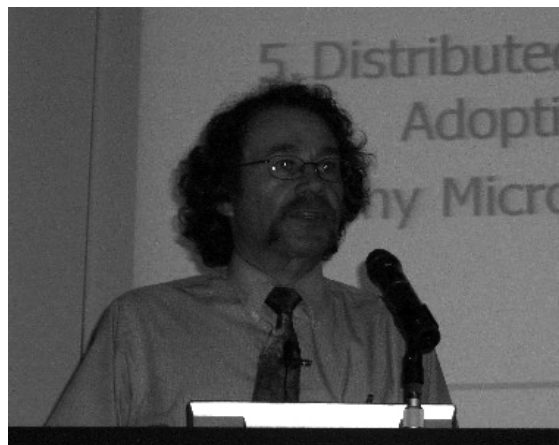
シンポジウムは金子成彦工学系研究科教授の司会進行の下、平尾公彦工学系研究科長の開会挨拶に始まり、小宮山宏東京大学総長の特別講演、米国エネルギー省ローレンスバークレー研究所のChris Marnay博士、当講座教授である浅野浩志工学系研究科教授の講演が行われた。

小宮山総長からは、2050年までに世界全体でエネルギー効率を3倍、自然エネルギーのシェアを2倍にすることを目標とするエネルギービジョンとそれを実現するために必要な知識の構造化についての講演がおこなわれた。

Marnay 上席研究員の講演では、現在のアメリカにおけるマイクログリッドの研究について、その背景や研究の概要が紹介された。会場からはアメリカにおけるエネルギービジネスとしてのマイクログリッドの今後の展望についての質問があり、現在のアメリカにおけるエネルギー関連会社のマイクログリッドへの取り組みなどが紹介された。また、CERTS (Consortium for Electric Reliability Technology Solutions) におけるマイクログリッドの研究の重要課題とは何か？という質問に対しては、デバイスを始めとしたコストの問題が大きいこと、オンサイト発電についてはいろいろな建物負荷に対応できるような制御の問題の解決が必要なこととの回答がなされた。マイクログリッドを研究する上で注目していることは何かについての質問には、オンサイト発電が、どんな建物に対しても環境的、経済的にいかに魅力的であるかを世間に明確にわかるような結果を出すことであると回答があった。



小宮山総長の講演



Dr. Chris Marnay の講演

浅野教授の講演では、ホロニック・エネルギーシステムとは、自律的に構成、運用される分散型エネルギー資源（要素）が、要素間の相互作用（負荷と出力の相関、負荷に合わせた資源の組み合わせなど）と要素の変換によって進化し、全体として相互補完を図るようにネットワーク運用されるものと定義された。

その後、笠木伸英工学系研究科教授（21世紀COE機械システム・イノベーション拠点リーダー）の司会進行で、鹿園直毅工学系研究科助教授、村木茂東京ガス株式会社常務執行役員、横山明彦工学系研究科教授、横山伸也農学系研究科教授、浅野浩志工学系研究科教授らによるパネルディスカッションが行われた。鹿園助教授からはトリプル50（日本のエネルギー自給率、エネルギー利用効率、化石燃料依存率をいずれも50%にする）に関して、横山明彦教授からは系統とマイクログリッドの連系時の問題に関して、村木常務からは東京ガスのマイクログリッドへの取り組みに関して、横山伸也教授からは日本のバイオマスについての講演があり、その後ディスカッションに移った。

ディスカッションでは次の3つのテーマについて話し合われた。

1. ホロニック・エネルギーシステムとは？その定義、必要条件は何か？
2. 現行のエネルギーシステムから移行することを想定し、2020-2030年頃に実現すべきホロニック・エネルギーシステムのイメージはどのようなものか。
3. 実現すべきホロニック・エネルギーシステムにおける技術課題は何か？

議論をまとめると以下のようなになる。

#### 1. のまとめ

- 自律的分散型エネルギー要素がネットワーク運用されるシステム
- 大規模集中型電力供給システムとの協調（良き市民エネルギー）
- 社会的ベネフィット（再生可能エネルギーの導入，地域経済復興，都市再生，災害やテロのリスクヘッジなど）
- エネルギーセキュリティ，社会・経済の持続性，社会ビジョンの実現のソリューション

#### 2. のまとめ

- コージェネとして約3000万kW，全電力の1割
- 再生可能エネルギーを含めて，全電力量の約1/4が目標か
- 戸建住宅街から，集合住宅，オフィス，工業団地など，30～数万kWのローカルグリッド（地産地消，トリレンマ解決）
- 既存の配電系統に連系，アシスト

#### 3. のまとめ

- 電源・配電の制御・協調技術（変動要素），電力網の運用技術（長期・短期最適経済性）
- 計測，制御，通信技術
- 蓄エネルギー技術（蓄電，蓄熱，再生），エネルギーキャリア
- バイオエネルギーのインテグレーション
- 分散・系統の計画法，最適化法（エネルギーチェーンに消費側からのフィードバック）

シンポジウムを通して今後の研究戦略，産官学協働への提言として

- 長期ビジョンと原理原則に基づいた技術開発戦略

- 産官学の役割の明確化と、責任ある協働
- 先頭に立つ勇気を！

という提案がなされた。

プログラムは以下の通りである。

特別講演：	小宮山宏（東京大学 総長） 「持続型エネルギービジョン 2050 と知識の構造化」	
講演：	Dr.Chris Marnay, (Lawrence Berkeley National Laboratory (US)) "US Microgrid Research"	
講演：	浅野浩志（東京大学大学院工学系研究科 教授） 「ホロニック・エネルギーシステム論」	
パネル討論：	「ホロニック・エネルギーシステムへの期待と課題」	
	コーディネータ：	笠木 伸英（東京大学大学院工学系研究科 教授）
	パネリスト：	横山 明彦（東京大学大学院工学系研究科 教授） 横山 伸也（東京大学大学院農学系研究科 教授） 村木 茂（東京ガス株式会社 常務） 鹿園 直毅（東京大学大学院工学系研究科 助教授） 浅野 浩志

### III. 第2回ホロニック・エネルギーシンポジウム「系統調和型再生可能エネルギー利用」

開催日：2006年7月10日

2006年7月10日(月)、東京大学浅野キャンパスの武田ホールにおいて、主催ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座、共催東京大学21世紀COE機械システム・イノベーション、同産業技術総合研究所の下、第2回ホロニック・エネルギーシンポジウムが開催された。前回に引き続き、機器メーカー、エネルギー事業者、大学、自治体、研究調査機関など産官学から広く176名の参加者が集った。



会場の様子

シンポジウムは鹿園直毅工学系研究科助教授の司会進行の下、笠木伸英教授(東京大学21世紀COE機械システム・イノベーション 拠点リーダー)の開会挨拶に始まり、当講座教授である浅野浩志工学系研究科教授、独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術部門長大和田野芳郎氏の講演、東京大学名誉教授であり地球環境産業技術研究機構副理事長の茅陽一氏の特別講演が行われた。

浅野教授は、ホロニック・エネルギーシステム概念と昨年のシンポジウムで挙げられたその技術的課題について触れながら、再生可能エネルギー導入促進のためのマイクログリッドの統合制御について述べた。風力や太陽光などの再生可能エネルギーの出力変動や、マイクログリッド内の電力需要の変動をガスエンジン等の出力制御可能な発電方法によってどの



程度変動をカバーできるのか？について言及した後に、将来的に分散型エネルギー資源に期待されているアンシラリーサービスの可能性について述べた。

会場からは「再生可能エネルギーや電力需要の変動に対して対策を考えなくてはならないのは、系統電力でも同じだが、実際はどのような対策が取られているのか？」という質問があり、系統大で集計された負荷変動に対して周波数調整がなされているとの回答があった。

次に産総研の大和田野氏の講演では、日本全体のエネルギー需給の将来的なハードルとその見通しから、風力や太陽光の導入可能性や技術的ロードマップ、貯蔵装置、燃料電池等の新エネルギーの技術的課題や導入見通しなどについて触れた。分散型電源のネットワーク化の必要性、現在のネットワーク化の実証プロジェクトの紹介や、産総研におけるエネルギーネットワークの研究、その制御方法についての講演が行われた。

会場からの質問では「石炭とウランではどちらが有力か？」「ユーザーがエネルギー源を選択できるような制度ができたとする、どのようなことが起こると考えられるか？課税等での環境性に対する優遇措置などはできるか？」という質問が出た。大和田野氏からは「石炭とウランは両方必要である。原子力は安全への懸念が大きく、石炭はCO<sub>2</sub>回収が必要である。どちらも課題が残されており、どちらが良いというものではない。多面的な開発が必要だと考えられる。環境性に対する優遇措置は、利用者の経済的な面から必要であるが、それだけではなく今後の国の施策方針として必要なものである。ちなみに、現在も既に『価格は高いが環境性を考えて導入』という意識は生まれつつあると思う。」との回答をおこなった。

茅名誉教授の特別講演では、氏が1980年代に唱えた「ホロニックパス論」が、時代を経て、技術や外部環境が変化し、脱炭素時代となった今、我々が取るべき対応がどのようなものなのかをもう一度検討するという趣旨の下、京都議定書で決められたCO<sub>2</sub>排出削減量が持つ実際の意味や、自然エネルギーの導入限界と導入時の外部コスト計算、そして水素システムと全電力型システムの比較など、非常に興味深い複数のテーマについての講演が行われた。会場からは、地中熱利用ヒートポンプについての質問や、自然エネルギー導入時の外部コストについての質問、茅先生が以前発言された

「水素社会」の実現可能性について質問があった。茅名誉教授からは、「水素社会の実現のためには、システム総合効率の改善とシステムインフラコストの低減という2つの課題をクリアする必要がある。必要な条件などは徐々に明らかになりつつあるが、具体的な対策等の答えはでていない。若い皆さんで頑張って解答を見つけて欲しい」とのメッセージで講演を締めくくられた。



パネルディスカッションの様子

その後、浅野教授の司会進行で、金子成彦工学系研究科教授、馬場旬平工学系研究科助教授、廣瀬圭一氏(NTT ファシリティーズ主任研究員)、高坂幹氏(青森県エネルギー総合対策局環境・エネルギー産業振興グループリーダー)、大和田野氏によるパネルディスカッションが行われた。金子教授からはバイオマスガスを用いたガスエンジンの過渡応答特性試験、ダイナミクスモデルの構築とエンジンの制御方法に関して、馬場助教授からはガスエンジン、ガスタービン、鉛蓄電池を組み合わせたマイクロ

グリッドの実証試験に関して、廣瀬氏からは仙台市で実施が決定し、現在準備段階にある品質別電力供給システム実証試験(NEDO 委託事業)について、高坂氏からは青森県八戸市で実施されているマイクログリッド実証試験を通した自治体としてのエネルギー事業への取り組みについての講演をいただき、その後ディスカッションに移った。

本パネルの論点としては以下の4点が挙げられた。

1. マイクログリッドは間欠性再生可能エネルギーの導入に貢献するか？
2. マイクログリッドは電力品質、供給信頼度向上に寄与するか？
3. 上記に貢献する要素技術は何か？
4. 省エネルギー型地域・都市構造への変革にホロニック型マイクログリッドはどのように貢献するか？

ディスカッションの内容は以下の通り。

#### **大和田野氏**

Q.再生可能エネ導入方法を考えるにあたり、マイクログリッドのメリットは何か？産総研では広域ネットワーク、ローカルネットワークをそれぞれ考えているが、どちらから導入されると思うか？

A.マイクログリッドのメリットとしては、電源から出力された電力と熱が両方利用できる点が最大のメリットである。そのメリットを最大限に生かすには、出力制御可能な電源と制御可能な需要の両方を制御することであり、さらに最低限容量でのエネルギー貯蔵も必要である。導入規模についてはさらなる検討が必要であるが、集合住宅はひとつ大きなポテンシャルを持っていると思う。

#### **金子教授**

Q.ガスエンジンの実際の運用を考えるにあたって、起動停止が繰り返されることが考えられるが、起動停止がガスエンジンの寿命にどの程度影響するか？

A.今の研究は燃焼状態を把握して排ガスでどのようなものが出るかについて検討する段階である。起動停止の影響についてはこれからの課題としていく。

#### **馬場助教授**

Q.マイクログリッドのリアルタイム制御について、負荷予測が必要だと思うが、負荷予測にはどのような方法を用いているのか？

A.求められる精度にもよるが、予測は非常に難しい。今のところ統計的な手法を用いている。

#### **廣瀬氏**

Q.マイクログリッドの大きな利点にはエネルギーの安定供給があるが、品質別実証試験を始めるにあたり、需要家の望む品質とは？機器の要望まであることはあるか？

A.現段階では電力品質について理解してもらうことが難しく、説明に苦慮している状況である。需要家自身が電力品質についての具体的なニーズを把握していない場合が多い。

#### **高坂氏**

Q.八戸の実証試験が始まり、市民の中でエネルギー事業を育成していく意識の芽生え、グリーン電力についての意識の変化はあるか？

A.小中学校等、市民参加型の実証試験にしているため、環境に対する意識の変化が感じられる。市民レベルでの再生可能エネルギーの利用や環境性への配慮が、地域ブランドに育ちつつある。

## パネリストからの解題

マイクログリッドは間欠性再生可能エネルギーの導入に貢献するものでなくてはならないし、電力品質、供給信頼度向上に寄与するなど、その付加価値を高めることが必要である。

その中で必要な要素技術としては、

1. 間欠性再生可能エネルギーの出力平滑化に寄与するバイオガスエンジン等の新エネルギー源を利用した出力制御可能な電源の制御方法の開発
2. マイクログリッドの自立運転制御方法の確立
3. 品質別電力供給システムの確立

などが挙げられた。

また、省エネルギー型地域・都市構造への変革に、ホロニック型マイクログリッドはそれぞれの地域性を十分に生かす手段として貢献すると考えられ、地域に適合する形で広まると考えられる。ここでは地域ぐるみでの取り組みが必須であり、自治体の役割が重要である。

マイクログリッドを事業化することへの課題としては、

- ・ 系統強化に比べてマイクログリッドが有利になる技術的条件
- ・ 風力導入のため、調整電源である火力電源からのCO<sub>2</sub>排出増加量の算定
- ・ 個別新エネルギー技術導入補助とマイクログリッド導入補助
- ・ 環境価値の内部化
- ・ 停電コストの回避
- ・ 配電事業者へのインセンティブの付与

などが挙げられた。

プログラムは以下の通りである。

講演(1):	浅野浩志 (東京大学大学院工学系研究科 教授) 「分散型エネルギー資源の統合制御」	
講演(2):	大和田野芳郎 (産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 研究部門長) 「分散型エネルギーネットワーク」	
特別講演:	茅陽一 (地球環境産業技術研究機構副理事長、東京大学名誉教授) 「ホロニック・パス再考」	
パネル討論:	「再生可能エネルギーを含むマイクログリッドの統合制御」	
	コーディネータ:	浅野 浩志
	パネリスト:	金子 成彦 (東京大学大学院工学系研究科 教授) 馬場 旬平 (東京大学大学院工学系研究科 助教授) 廣瀬 圭一 ((株)NTT ファシリティーズ研究開発本部 主任研究員) 高坂 幹 (青森県エネルギー総合対策局 環境・エネルギー産業振興グループリーダー) 大和田野 芳郎

## IV. Dr. Amory B. Lovins 講演会

開催日: 2007年10月17日

抄録:

ロッキーマウンテン研究所(RMI)所長 Dr. Amory B. Lovins の講演会“Advanced Design Integration for Radical Energy Efficiency”が2007年10月17日東京大学武田ホールにて、東京大学ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座と東京大学21世紀COE「機械システム・イノベーション」の共同主催により開催され、68名が聴講した。詳細は下記文献に執筆したので、ご参照下さい。

[文献] 坂東茂、浅野浩志：エイモリー・ロビンス講演レポート「抜本的なエネルギー効率化のための統合的なデザイン」、省エネルギー、Vol.60(1), 44-47(2008)

## V. 主催：第3回ホロニック・エネルギーシンポジウム「分散型エネルギー資源の系統貢献とその実現方法」

開催日：2008年1月9日

2008年1月9日(水)、東京大学浅野キャンパスの武田ホールにおいて、主催・東京大学ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座、共催・東京大学21世紀COE機械システム・イノベーションおよび独立行政法人産業技術総合研究所、協賛・エネルギー・資源学会の下、第3回ホロニック・エネルギーシンポジウムが開催された。第1回、第2回に引き続き、機器メーカー、エネルギー事業者、大学、自治体、研究調査機関など産官学から広く228名の参加者が集った。

今回のシンポジウムでは副題に「分散型エネルギー資源の系統貢献とその実現方法」と掲げ、鹿園直毅工学系研究科准教授の司会進行の下、笠木伸英教授(東京大学21世紀COE機械システム・イノベーション 拠点リーダー)の開会挨拶に始まり、工学系研究科ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座浅野浩志教授、電気工学専攻山地憲治教授、機械工学専攻金子成彦教授、電気工学専攻横山明彦教授の講演のほか、パネル討論が行われた。



会場の様子

浅野教授の講演では、まず、再生可能エネルギー導入促進のためのマイクログリッドの制御手法の設計についての発表があった。浅野研究室では、風力や太陽光などの再生可能エネルギーを導入し、ガスエンジン、蓄電池で構成された出力制御可能な発電設備と組み合わせて再生可能エネルギーの出力変動をカバーする制御手法設計を行った。その結果、シミュレーション上では、風力と太陽光発電をkW容量として合計50%の導入割合の場合でも、系統連系の要件を満たすことができるという結果を示した。また、このシミュレーションを受け、東京ガス横浜研究所内に今年度建設されたマイクログリッド実証設備での実験結果を合わせて示し、シミュレーション結果が実現できたことを示した。このトピックは、昨年(2007年)の第2回シンポジウムで茅名誉教授から「マイクログリッドが再生可能エネルギーをどの程度導入することに寄与できるか？」という宿題に対しての、第1段階目の答えとして示したという言及があり、今後さらに大規模電源での制御方法の確立が必要であることが述べられた。

2つ目のテーマとして、将来的に分散型エネルギー資源に期待されているアンシラリーサービスの可能性について述べた。マイクログリッドが予備力を持つことについてのコスト負担

を明らかにするために、イギリスの Spinning Reserve の事例や、日本の電力会社の需給調整契約などを参考にして契約時に電力会社側に発生するコストを仮定した。また、昨年夏から秋にかけて、JEPX の売電単価は需給逼迫に応じて大きく値を上げたことから、ある閾値を設定し、高値の時間帯のみ売電をすることを設定すると、予備力を持ちながらも赤字にならない可能性が出てくることを示した。

会場からは、仮定したアンシラリーサービスの kW 単価がイギリスの事例と比較して一桁大きな値になっていることについて質問があった。浅野教授は「今回の仮定したアンシラリーサービス単価は、日本の需給調整契約を基に考えましたが、需給調整には予備力以外の価値も含むためと考えられます。」という返答があった。

また、マイクログリッドが普及すると予備力を持つことに対するアンシラリーコストが下がるのではないかとという指摘があり、予備力\*よりも余力\*\*を活用することに重点を置くべきという指摘がなされた。

欧州で提唱されている Smart Grid と日本のマイクログリッドの違いについての質問があり、日本の電力市場では需要家の参加までは定義されておらず、デマンドレスポンスが枠の外に置かれていることが説明された。

次に電気工学専攻の山地憲治教授の講演では、「系統が分散電源を嫌う理由」という副題のもと、冒頭では電力システムシステムの成立基盤とその効果と短所、分散型電源の特徴と系統運営側から見た分散電源事業について述べられた。

長期的な需要の伸びが不確実性を持つ場合、需要成長シナリオごとに分散電源を含む電源構成が変わる。この研究では、分散電源はモノジェネレーションとして考えられているが、分散電源を導入することにより、需要地近接により送電線の増設を抑制する効果と、導入のリードタイムが短いことによる大型電源の増設容量を抑制できる効果が生み出されて、システムの中に分散電源の導入が行われるという結果が紹介された。ここでは、系統側が分散型電源を含めて全体最適化を行っており、分散型電源所有者を区別していないことに注意する必要がある。

また、平成 18 年度より 2 年間にわたり研究された、需要の不確実性を考慮した将来の分散電源の導入シミュレーションの結果についての報告があった。今回は分散電源がコージェネレーションとして考えられており、その結果、需要に不確実性がある場合は「分散電源を持つ」という選択肢を持つことで、関東圏全体において、余分な電源が導入されずにコストと共に CO2 排出削減効果を生み出すことが示された。

会場からの質問では「系統が分散電源を嫌う理由は何か？」という質問があった。山地教授からは「一般論としては、最適化による利益は系統が分散電源を含む場合の方が大きいですが、問題は誰が系統を所有し運用するかである。現時点では系統の所有権、安定運営の全責任は電力会社が持っているため、（現時点では責任を持たない）分散型が系統貢献に参加することには難色を示している」との回答がありました。（この話題については後のパネルディスカッションでも多く触れられた。）

機械工学専攻の金子成彦教授の講演では、最初に、ガスエンジンの応答性についての研究の発表が行われた。この研究ではガスエンジンのモデリングを行うことにより、ガスエンジンの挙動を実験とシミュレーションの両面から検証することを可能にした。その結果、負荷に

対するガスエンジンの応答が非常に速く、約 1～2 秒程度であることや、燃料を都市ガスからバイオマスガスに変更した場合でも、応答性に変化がないことが示された。これは、ガスエンジンの燃料としてバイオ燃料が選定された場合でも都市ガスを燃料とする場合と同程度の系統貢献ができる可能性を持つことを示している。なお、この成果は 10 kW 級の小型エンジンを対象としたものであるが、350kW 級エンジンについてもモデル化を進めていることが報告された。また、設計段階の技術情報を共有することにより、さらに研究が進展することが期待されるため、産業界と連携してゆきたいとの発言があった。

また 2 つ目のテーマとして汎用ガスエンジンを用いてバイオマスガスを燃料とした場合の運転制御方法についての研究の発表が行われた。バイオマスガスでは燃料の特性が都市ガスの場合と大きく異なることから、燃焼の様子が大きく変化するため、点火のタイミングや燃料投入量の制御を行うことが可能な自動運転制御システムの構築が行われた。その結果、単位体積あたりの熱量が都市ガスの 1/6 となるバイオマスガスを用いた場合でも、回転数と出力を維持した運転が可能であることが示された。

電気工学専攻の横山明彦教授の講演では、最初に、マイクログリッドによる系統周波数に貢献する可能性についての研究の発表が行われた。将来風力発電とマイクログリッドが大量に系統導入されて、マイクログリッド群としてある程度の出力の余力を持っていることを想定し、風力からの出力が大幅に変動した際に、マイクログリッドが周波数制御に貢献した場合についての検討が行われた。マイクログリッドが周波数制御に参加する方法としては、系統から LFC 信号をもらって周波数制御に参加した場合や、周波数を計測し、自律的に出力を制御して周波数制御に参加した場合を考え、系統の火力発電機の LFC 用調整容量の削減量が検討された。

また、2 つ目のテーマとして、マイクログリッドが配電系統の電圧制御に貢献する可能性についての研究の発表が行われた。その結果、マイクログリッドの逆潮流が配電線電圧に与える影響は大きいことが示され、特に電圧分布の厳しい郊外地域配電系統では連系線潮流を細かく制御することにより系統の電圧制御に貢献できる可能性が示された。

その後、笠木教授の司会進行で、金子教授、横山教授、浅野教授のほか、新たに徳本勉氏(東京ガス株式会社ホロニックエネルギーグループマネージャー)を迎え、パネルディスカッションが行われた。徳本氏からは日本ガス協会が発表した“Gas Vision 2030”の紹介や、東京ガス株式会社におけるホロニック・エネルギーシステム実現に向けての取り組みに関連して、昨年度運転を開始した横浜研究所のマイクログリッド実証設備の紹介や、自立運転試験やデマンドサイド制御などの実証試験の結果の紹介がなされ、その後ディスカッションに移った。

本パネルの論点としては

1. バイオガスエンジンの出力制御性の向上
2. 分散型電源からの系統貢献の将来像
3. マイクログリッド設備の余裕をどのように評価するか
4. マイクログリッドの社会的位置づけ
5. 都市におけるホロニック・エネルギーシステムの実現方法



が挙げられた。

ディスカッションの内容は以下の通りである。(以下敬称略)

## 1. バイオガスエンジンの出力制御性の向上について

笠木 バイオガスエンジンの出力制御性の向上に関連して、短時間の過負荷運転は可能か？

金子 ガスエンジンの耐久性に関する測定を大学で行うことは難しいが、メーカーが必ず持っているデータである。今後マイクログリッドなどの耐久性が問われることは多々あり、企業からの耐久性のデータベースの開示がないと真の普及は難しいのではないか。

(会場から)

耐久性データが重要なものという認識は非常に重要だと感じる。農家等で使う場合は、故障しないことが唯一の要求事項となるくらいだ。燃料ガスとしては畜産系のものも試してみたい。



パネルディスカッションの様子

## 2. 分散型電源からの系統貢献の将来像

笠木 分散型電源からの系統貢献の将来像について、課題はどんなところにあるか？

横山 系統周波数制御への貢献のためにマイクログリッドの電源の出力を一定量絞る必要があるが、それはすなわち発電機会の損失である。これをどう評価するかを検討が必要である。また、山地先生も講演で述べられていたが、系統運用者から見た分散電源側のこの貢献のための調整力の信用性は重要な課題である。緊急時でも系統運用者は分散電源の調整力を必ず確保できるのか？分散電源事業者にも系統の運用責任のシェアリングが必要である。

浅野 コストの問題があるので、常にマイクログリッドに余力があるとは考えにくい。分散電源を常時モニタリングするシステムを確立できると信頼性を上がると考えられる。また、マイクログリッドが予備力を持つことのインセンティブを確立することも重要だ。

笠木 責任のシェアリングについて、エネルギー事業者としてはどう考えるか？

徳本 予備力供給への適切なインセンティブが確立されれば、責任のシェアリングは必要なことであると認識している。これを実現するためには分散電源と IT の融合が重要だが、例えば現在コージェネレーションの保守管理のために運用している遠隔監視システムの発展形が考えられる。

笠木 今日話を聞いていると、技術は高度化してインテリジェントなものが必要になるのか、それともどんな燃料でも壊れないガスエンジンなど、頑強性が必要になるのか良く分からなくなる。

金子 分散エネルギーシステムが利用される現場での適正技術の見極めが重要。高度化したシステムでは、色々な側面から技術を俯瞰できる目利きの人材の育成も必要

だ。

横山 どちらの技術も必要である。系統の運用者は故障しないロバストな電源もベース電源として welcome な電源である。

(会場から)

需給の制御が必要ということだったが、むしろ需要側の制御のほうが必要なのではないか？

浅野 両方を制御することでより Reliable なエネルギーシステムとなる。課金制度の確立が課題である。

横山 課金制度を考えた Demand Response は間接的な制御であり、完全に直接的な制御として負荷のスイッチのオン・オフを行うものがある。需要家が特に気にならないもの、例えば電気自動車の蓄電池や、貯湯槽をもつ給湯用ヒートポンプなどがあるが、これらの負荷制御と分散電源を組み合わせるシステムも検討課題である。

### 3. マイクログリッド設備の余裕をどのように評価するか

笠木 マイクログリッドの余力についての評価システムはどのようなものになるか？

浅野 インセンティブをリアルタイムに変化させることが必要である。

笠木 市場立ち上げはどのような形成過程が重要か？

浅野 JEPX では広域の卸取引しか扱えないであろう。その下に、マイクログリッドなどが参加できるような地域ごとの小売市場ができることが必要だ。

### 4. マイクログリッドの社会的位置づけ

笠木 電力供給の責任や市場での電力売買について、どの程度の規模を考えているか？

徳本 ガス協会で行った試算では、都市街区を対象とするエネルギー面的利用を行った場合に CO2 原単位が数十%以上改善されるとの結果を得ており、2030 年までのビジョンである 4800 万トンの CO2 削減効果の中に反映している。

(会場から) マイクログリッドと系統が果たすべき役割は何か？ガスを使っているのは、CO2 が出てしまうが、やはり風力と太陽光にもっと焦点を当てるべきではないか？

笠木 ここで議論しているホロニックエネルギーは特にガスを主力にすることを条件で考えているものではなく、そのままでは導入されにくい風力・太陽光などの再生エネルギーを計画的に入れるために、制御可能な電源と組み合わせ導入することが有利ではないかということを考えるものである。

横山 太陽光発電や風力を大量に入れるためには、やはり系統周波数、電圧を制御しなくてはならないが、そのためだけに火力発電を増設するのはコスト的にも環境制約からもナンセンスである。何らかの理由で小型の分散電源が大量に導入されるのであれば、この余力を使うことは一つの考え方である。

(会場から) 日本の CO2 排出量を削減するためには一次エネルギーを削減するしかないわけだが、マイクログリッドを用いた、もう一步踏み込んだ日本の将来像のモデルを作成して欲しい。

笠木 東京大学では「持続型社会へ向かうエネルギービジョン」を策定しており、この先一次エネルギー削減割合がどのくらいになるのかというイメージを

持ちながらマイクログリッドに関する研究も進めている。

本パネル討論から、以下を提言する。ホロニック・エネルギーシステムを実現していくには、都市計画との連携が重要であり、また、分散型資源と系統運用者・所有者との間の社会的利益の配分方法を工夫する必要がある。ホロニック・エネルギーシステム学は、系統貢献により Good citizen から Model citizen を目指すことに寄与し、エネルギーシステムの運用やリスクに強い系に転換させるために、分散型エネルギー資源へのインセンティブを設計することが求められる。

最後に、本シンポジウム共催の独立行政法人産業技術総合研究所のエネルギー技術部門長大和田野芳郎氏より閉会挨拶が行われた。挨拶の中で、本シンポジウムが扱った分散電源により系統貢献について議論が行われることに対する評価と分散エネルギーの社会的な位置づけのコメントをいただき、シンポジウムを総括した。

プログラムは以下のとおりである。

開会挨拶:	笠木 伸英 (東京大学大学院工学系研究科 教授)	
講演(1):	浅野 浩志 (東京大学大学院工学系研究科 教授) 「分散型エネルギー資源の統合制御と系統貢献」	
講演(2):	山地 憲治 (東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻教授) 「電力系統が分散型資源を嫌う理由－エネルギーシステムの視点から－」	
講演(3):	金子 成彦 (東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授) 「マイクログリッド向けバイオガスエンジン発電機の制御」	
講演(4):	横山 明彦 (東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻教授) 「マイクログリッド連系時の系統周波数制御および配電電圧制御への貢献」	
パネル討論:	「分散型エネルギー資源の系統貢献とその実現方法」	
	コーディネータ:	笠木 伸英
	パネリスト:	徳本 勉 (東京ガス株式会社ホロニックエネルギーグループ グループマネージャー) 金子 成彦 横山 明彦 浅野 浩志

## (2) 共催行事

### I. 国際 COE シンポジウム “International Symposium on Distributed Energy Systems and Micro Grids”～活を極める～

開催日：2005年12月7, 8日

詳細は以下のホームページにて公開

<http://www.mechasys.jp/activity/seminar/symp20051207.html>

プログラム は以下の通りである。

**December 7, 2005**

**Openings**

“Mechanical Systems Innovation”

Prof. Nobuhide Kasagi (Program Leader, The University of Tokyo)

### **1. Energy vision and Energy Systems**

“Energy Vision "Triple 50" for Sustainable Society”

Prof. Naoki Shikazono (The University of Tokyo)

“Limits of Distributed Generation & Microgrids Deployment”

Prof. Johan Driesen (Katholieke Universiteit Leuven)

“Holonc Energy Systems: Coevolution of Distributed Energy Resources and Existing Network Energy”

Prof. Hiroshi Asano (The University of Tokyo)

### **2. Fuel Cell and Hybrid Systems**

“A Realistic Intermediate Scenario toward Hydrogen Society”

Prof. Ken Okazaki (Tokyo Institute of Technology)

“High Temperature Hybrid Systems Modelling and Development”

Prof. Aristide Massardo (Universita di Genova)

“Hybrid Distributed Energy Systems Research at the National Fuel Cell Research Center”

Dr. Jack Brouwer (University of California, Irvine)

**December 8, 2005**

### **3. Recent development of Distributed Energy Systems**

“E Development of MOLB type SOFC”

Dr. Koichi Takenobu (Mitsubishi Heavy Industries)

“Control of Distributed Resource Units in a Micro-Grid”

Prof. Reza Iravani (University of Toronto)

Poster Session

### **4. Recent Development of DES Related Components**

“Micro Gas Turbine and Gas Engine System for Biomass Use”

Prof. Shigehiko Kaneko (The University of Tokyo)

“Conventional and innovative choices for MGT combustion systems”

Prof. Raffaele Tuccillo (University of Naples)

“Application of Sodium Sulfur Battery”

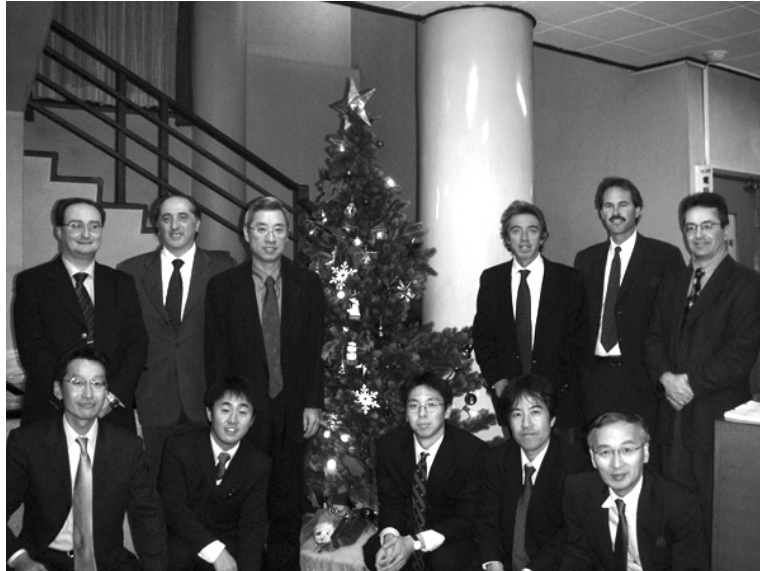
Mr. Tomio Tamakoshi (Nippon Gaishi Co.)

“Thermal energy storage and transportation based on absorption heat pump technology”

Prof. Atsushi Akisawa (Tokyo University of Agriculture and Technology)

**Closing**

Prof. Shigehiko Kaneko



海外からの来賓とシンポジウム実行委員

## II. 日本水素エネルギー産業会議 第3回会議—日米の水素エネルギー開発の展望—

開催日：2006年5月12日

詳細は下記ホームページにて公開

<http://www.ueri.co.jp/jhif/03Conference060512/C060512.html>

プログラムは以下の通りである。

### ◆開会あいさつ

・笠木 伸英 氏（東京大学大学院工学系研究科 教授  
東京大学 21 世紀 COE「機械システム・イノベーション」 拠点リーダー）

### ◆基調講演 1

・平田 賢 氏（芝浦工業大学 学長、日本水素エネルギー産業会議会長）  
「地球温暖化抑止を目指して」

### ◆基調講演 2

・堤 敦司 氏（東京大学大学院工学系研究科 助教授）  
「水素エネルギー社会の構築に向けて—エネルギーキャリアとしての水素の本質的役割—」

### ◆特別講演

・ジェフリー・A・ミラー氏（米国エネルギー省 日本代表）  
「米国大統領の一般教書演説にみる米国の水素政策と戦略」

### ◆「愛・地球博及び中部臨空都市における新エネルギー実証研究」報告

I. 実証研究事業の概要及び愛知プロジェクトの概要（報告者：高野浩二氏 NEDO）

II. 愛・地球博での研究結果及び中部臨空都市での取り組み

（1）メタン発酵及び燃料電池(MCFC)について（報告者：岩佐慶夫氏 中部電力㈱）

（2）エネルギー制御について（報告者：角田二郎 氏 ㈱NTT ファシリティーズ）

コーディネータ：金田武司氏（㈱ユニバーサルエネルギー研究所）

### ◆閉会あいさつ

・浅野 浩志 氏（東京大学大学院工学系研究科 教授、東京大学ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座)

### 3. 教育活動

教育活動については、平成 17 年度に 2 名の学部 4 年生、平成 18 年度に 1 名の修士課程学生と 2 名の 4 年生、平成 19 年度には 2 名の修士課程学生と 2 名の 4 年生がホロニック・エネルギーシステム学講座に所属し、週に 1,2 回のペースで研究会を開き、卒業論文、修士論文に関する研究指導を行なった。また、マイクログリッド実証試験設備、各種発電所、系統運用施設等を見学し、専門家と意見交換を行った。

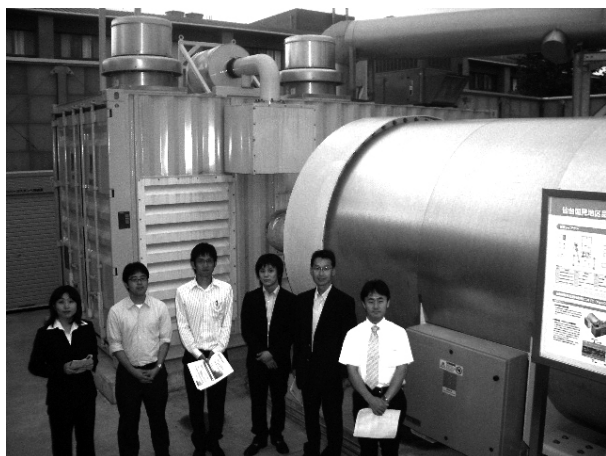
また、学内外において主にエネルギー分野を題材とした講義・実験を行なった。



毎週行われた研究会の様子



東京ガス(株)袖ヶ浦工場見学(2005年12月)



仙台品質別供給実証試験設備見学(2007年9月)

#### 3-1. 講義(学内)

夏学期講義：

- ・ LCA (大学院) (平成 17,18,19 年度)
- ・ 環境エネルギー戦略論 (4 年生) (平成 17,18,19 年度)
- ・ 応用電気・電子工学特論 (大学院電気系) (平成 17,19 年度)
- ・ 高度情報化社会の機械工学 (1, 2 年生) (平成 17,18,19 年度)
- ・ 工学系研究科共通科目「エネルギーと社会」、工学部共通科目「エネルギー総論」(平成 18,19 年度)



冬学期講義：

- ・ ホロニック・エネルギーシステム (大学院) (平成 18,19 年度)

冬学期実験：

- ・ 機械工学実験(2 年生) (平成 17,18,19 年度)

### 3-2. 講義(学外)

- ・ 東京理科大学夏学期講義：環境と人間 (平成 17,18,19 年度)
- ・ 工学院大学夏学期講義：エネルギー・環境 (平成 17 年度)

### 3-3. 卒業論文

平成 17 年度

- |       |                               |
|-------|-------------------------------|
| 小田健次郎 | 「電力貯蔵装置併設分散型電源のシステム性能評価」      |
| 中村元   | 「再生可能エネルギーを含むマイクログリッドの最適運用計画」 |

平成 18 年度

- |      |                            |
|------|----------------------------|
| 伊藤陽  | 「マイクログリッド用ガスエンジンの制御方法」     |
| 渡辺裕己 | 「ホロニック型マイクログリッドの最適設計・運用計画」 |

平成 19 年度

- |      |                              |
|------|------------------------------|
| 上村佑輔 | 「分散エネルギーシステムからのアンシラリーサービス供給」 |
| 松崎勝久 | 「都市街区における地域冷暖房のマイクログリッド化の評価」 |
- 日本機械学会「畠山賞」  
日本マリンエンジニアリング学会「山下賞」  
東京大学工学部長賞(3 賞とも平成 20 年 3 月授与)

### 3-4. 修士論文

平成 19 年度 佐々木勇太 「マイクログリッドの最適計画および統合制御」

#### 4. ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄附講座関連業績

業績は下記 WEB サイトをご参照ください。

<http://www.hes.t.u-tokyo.ac.jp>

以上