

産学連携テーマの紹介

# エネルギークラスタの構築 と地域社会への適用

2005年3月18日

長崎大学  
(株)東芝

山下 敬彦  
篠原 和太郎

## 最初に...“エネルギークラスタ”とは？

ほぼマイクログリッドと同義語。  
マイクログリッドが小規模電力システムのイメージが強いの  
で、熱利用面を重視する意味で広義の“エネルギー”を  
前面に出した表現。  
また、“クラスタ”という用語から、複数クラスタの存在と  
その連系発展を暗黙に示唆。

### < 新電力ネットワークシステム >

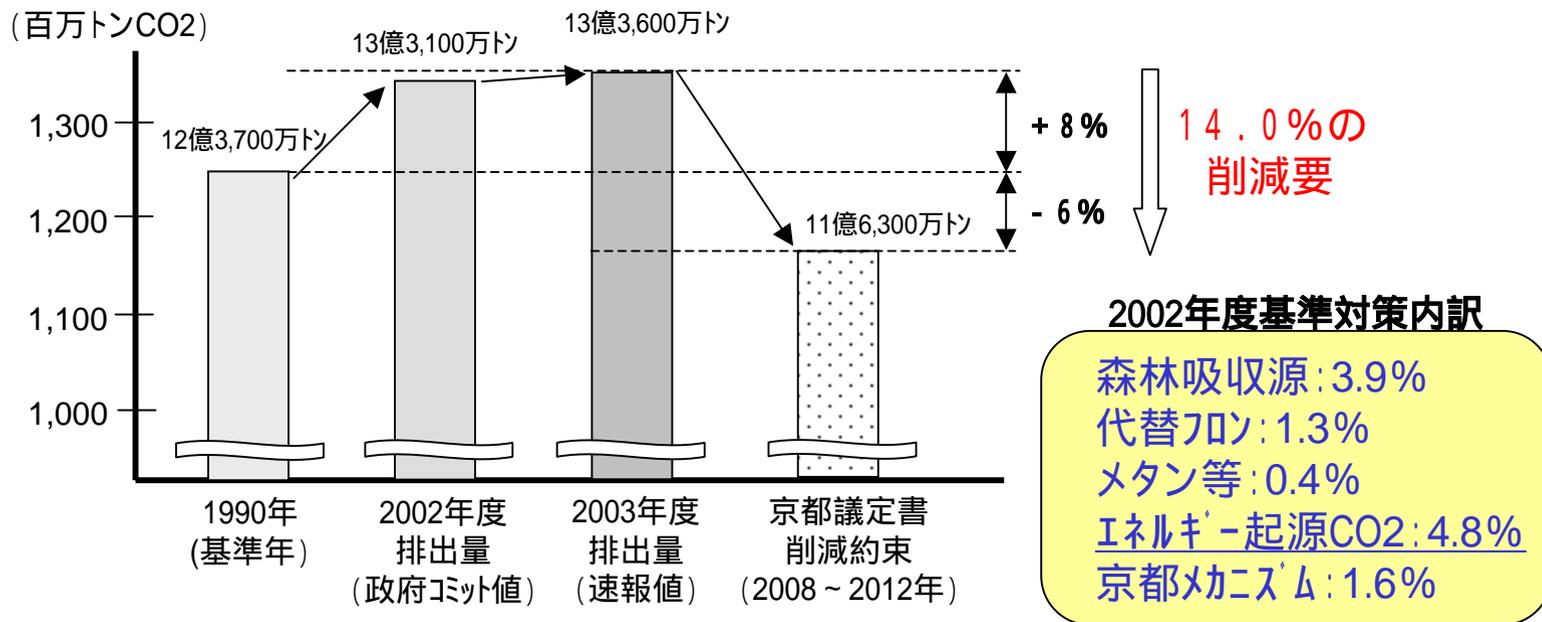
- ・ 需要地系統
- ・ FRIENDS (Flexible, Reliable and Intelligent Energy Delivery System)
- ・ SMART (Small Advanced Regional-energy Technology/Town)

## 京都議定書が発効(2005.2.16)

日本は、1990年度比6%のCO2排出量削減をコミット



実態は、運輸・民生を中心に20~40%弱増加



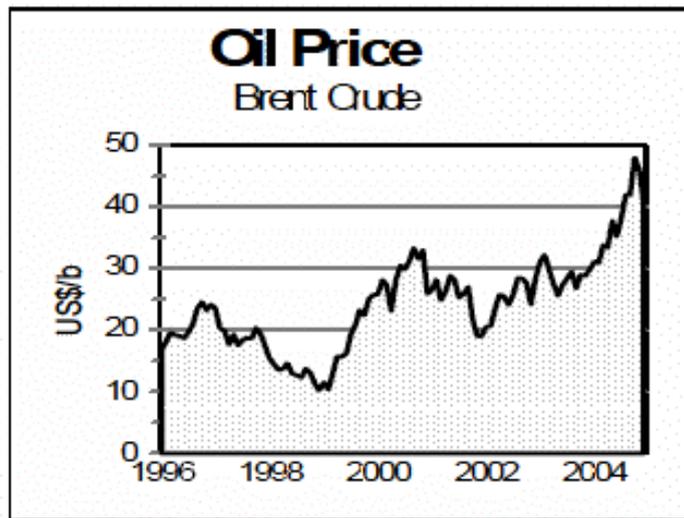
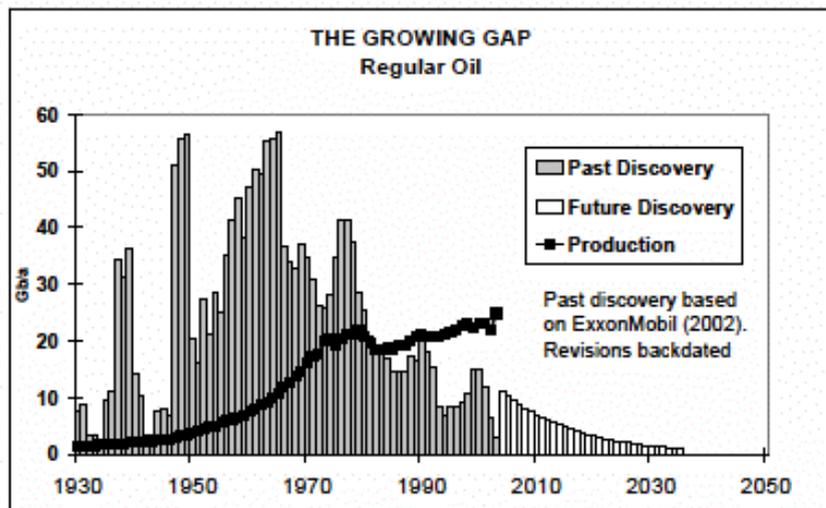
出展: 第42回 新エネルギー講演会 ('05/3/8@JEMA) 資料

## 化石資源の枯渇問題 ~ 楽観論と悲観論の狭間で ~

原油生産量は2010年以前にピークを迎え、減少に転じる？

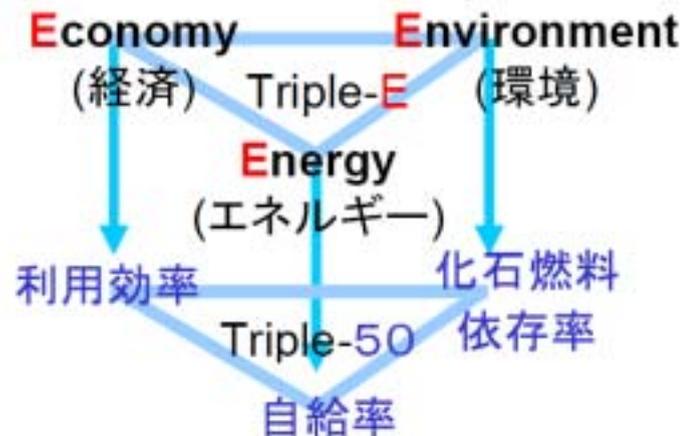
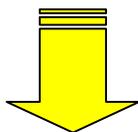
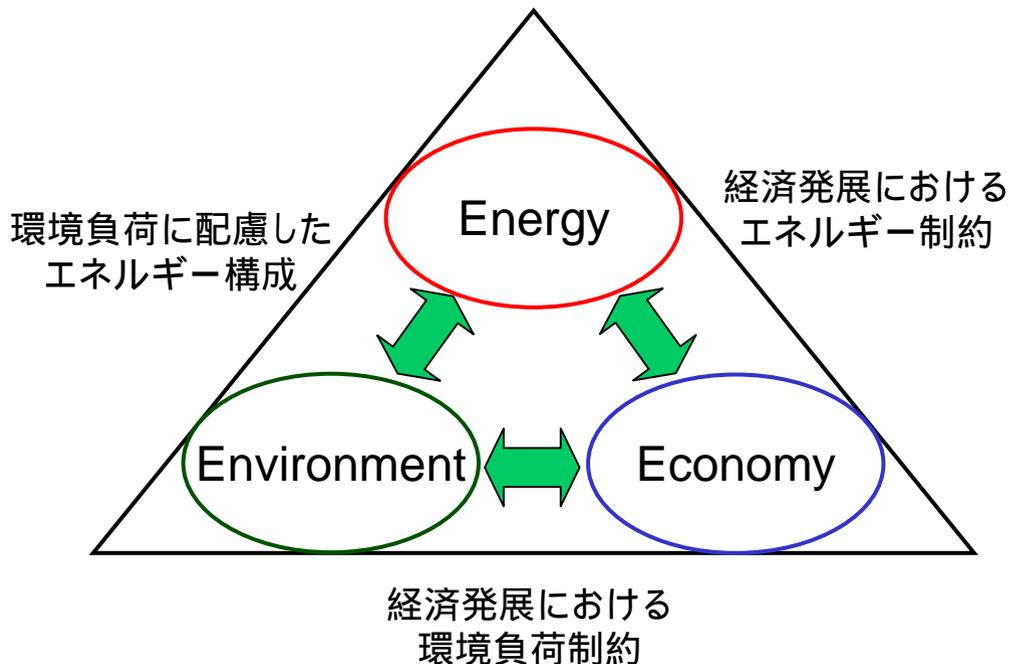


脱化石燃料への取り組みの胎動(水素社会展望etc.)



出展: ASPO(The Assosiation for the Study of Peak Oil) 2005

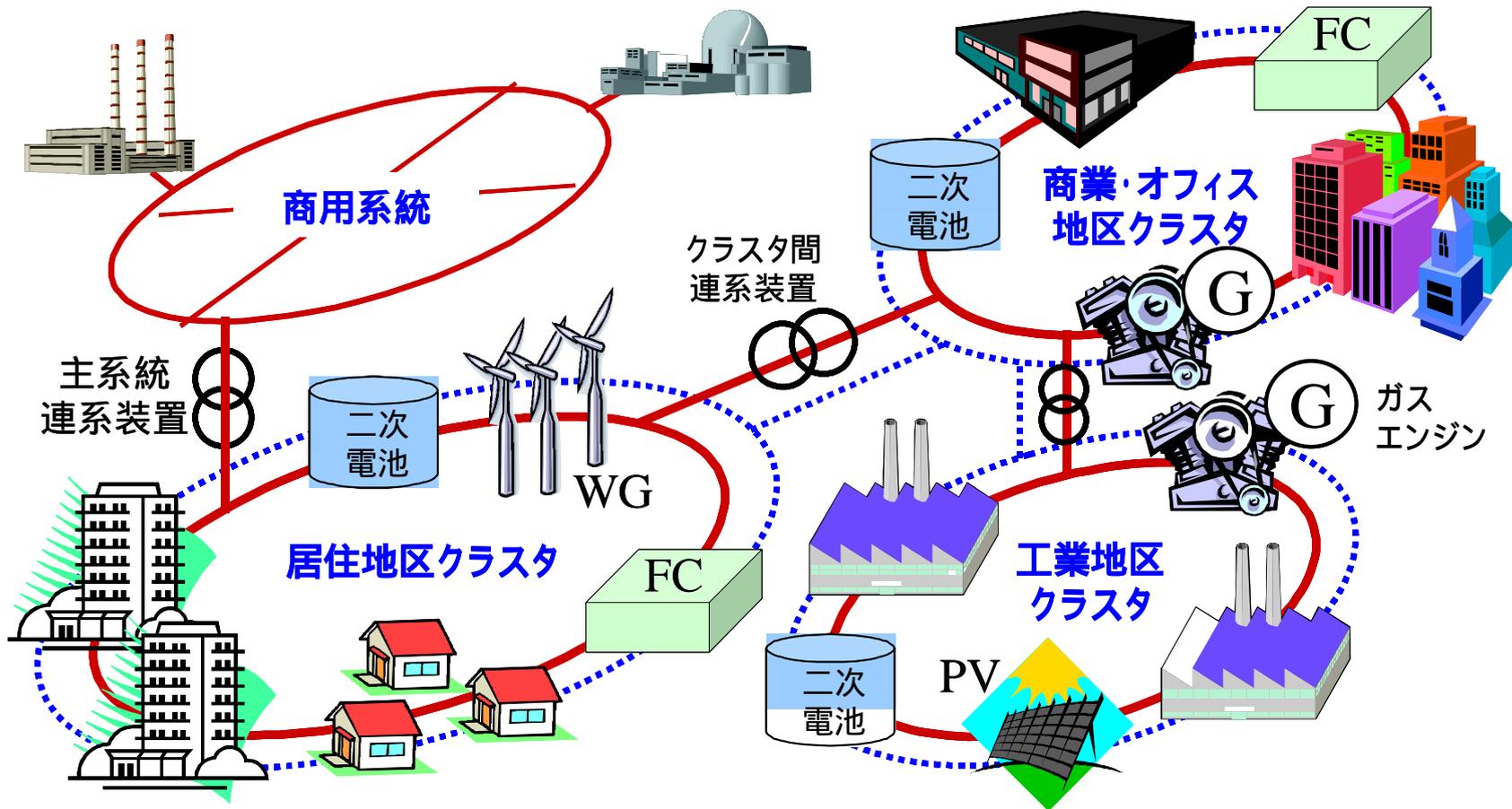
## 3Eトリレンマ構造



出展： 持続型社会研究協議会ビジョン  
(<http://rmo.iis.u-tokyo.ac.jp/6vision.pdf>)

3Eの最適バランスを実現するメカニズム  
としての“エネルギークラスタ”への期待

# エネルギークラスタ構成イメージ



## ・分散型電源

- 同期機型電源：ガスタービン、ガスエンジン、ディーゼル
- インバータ型電源：燃料電池、マイクロガスタービン、太陽光 / 風力  
送電線と共に協調運転を実現するための制御線が必須  
(負荷分担信号 and/or 位相信号)

## ・需要家負荷(クラスタ内負荷特性・規模による特徴分類)

- 一般負荷
- 工場負荷：電気炉など急峻な負荷変動設備の存在
- 誘導機負荷(モータ、エレベータなど)：インパルス的な負荷変動

## ・蓄電 / 蓄熱装置

## ・熱源機器(冷凍機、ヒートポンプ)

## ・連系装置、各種制御装置

需要家負荷(特に熱負荷)に近接した分散型電源(特にコジェネ)の設置・運用による総合エネルギー効率の向上

cf. 分散型電源の発電効率向上

再生可能エネルギー(風力・太陽光)の発電電力変動を緩和することで、多数・大容量の連系を可能とするバッファ的機能の実現( クラスタ内負荷の要求品質との関係大)

cf. 2010年導入目標: 太陽光:480万kW、風力:300万kW

特定需要負荷への高品質電力供給の実現

e x. 半導体工場などのプロセス保全(厳しい瞬低限界基準)

電力システムの脆弱・未発達地域(開発途上国、離島など)での自立型エネルギー供給システムの実現

e x. アジア諸国のエネルギー消費の伸びと系統整備の不整合解決

## 【系統電源効率(受電端)】

全火力平均:36.6~37.6%、

複合サイクル(1300 級):45.0%、複合サイクル(1500 級):49.3%(53%:発電端)

## 【分散型電源効率】

	ディーゼル	ガスエンジン コージェネ		ガスタービン		PAFC	MCFC	SOFC コージェネ
メーカー名	ヤンマー	ヤンマー	三菱重工	IHI	タクマ	ONSI	FCE	SWPC
機種名	EP-160	6NHLG-ST	12MACH-30G	IM150	TCP-8000	PC25C	DFC300	CHP250
定格出力kW	160	300	5500	1100	7900	200	250	250
発電効率 %	32	35	42	21-26	26-31	40	47	47
総合効率 %		72	67	61-73	60-73	81		80
サイズm <sup>3</sup>	23.8	58	82 機関のみ	62.5	286	5.5×3×3 (50)	8.5×3.2×3.4 (92.5)	14.6×2.6×3 (114)
重量 t	7.5 乾燥	13	62 機関のみ	26.5	96	20	40	32
出力/体積 kW/L	0.0067	0.0051	0.067	0.018	0.028	0.004	0.0027	0.0022
出力/重量 kW/kg	0.022	0.023	0.089	0.041	0.082	0.01	0.0063	0.0078

60~65%  
(公称目標値)

出展: 『固体酸化物形燃料電池の開発状況と将来動向』、産総研(2004)

需要家負荷(特に熱負荷)に近接した分散型電源(特にコジェネ)の設置・運用による総合エネルギー効率の向上

cf. 分散型電源の発電効率向上

再生可能エネルギー(風力・太陽光)の発電電力変動を緩和することで、多数・大容量の連系を可能とするバッファ的機能の実現( クラスタ内負荷の要求品質との関係大)

cf. 2010年導入目標: 太陽光:480万kW、風力:300万kW

特定需要負荷への高品質電力供給の実現

e x. 半導体工場などのプロセス保全(厳しい瞬低限界基準)

電力システムの脆弱・未発達地域(開発途上国、離島など)での自立型エネルギー供給システムの実現

e x. アジア諸国のエネルギー消費の伸びと系統整備の不整合解決

## 需給バランスによる安定性の確保

- インバータ型電源の自立運転確立
- (エレベータ負荷などの)急峻な負荷変化への対応
  - \* 蓄電装置容量の最適設計と制御方式検討
- 再生可能エネルギー(風力などの)連系技術
  - \* 平準化、電圧変動補償、高調波低減
- 連系点の潮流制御(連系時)

多様な条件での系統解析シミュレーション評価(と最適化)

## 系統内外の事故発生時の保護制御

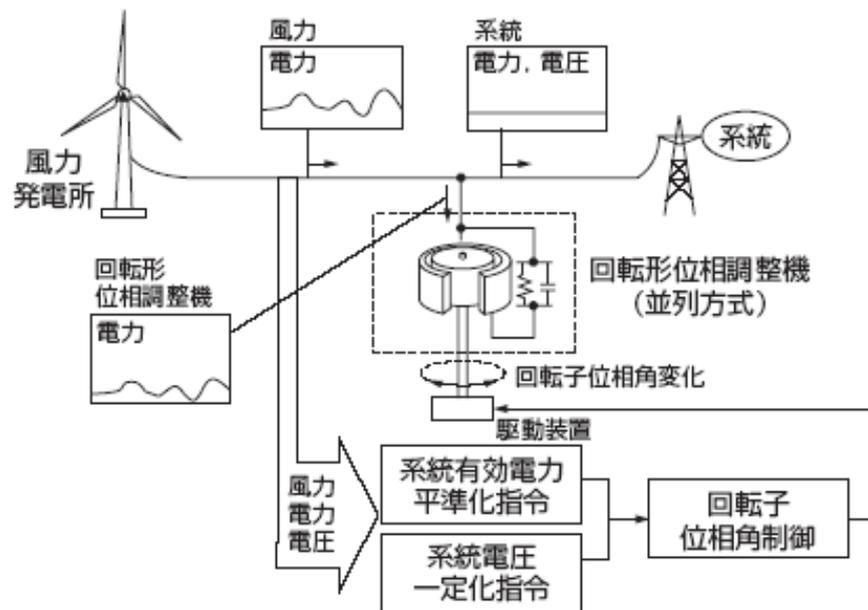
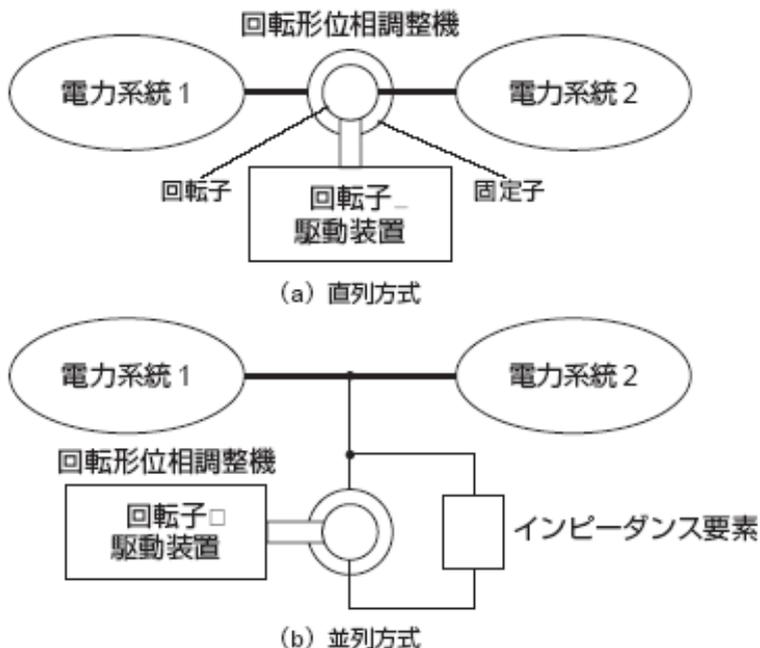
- 単独運転の高度検出機能開発(瞬低時の負荷選別切り離し)

## 経済的なクラスタ内機器運用の実現

- (電熱)負荷特性と電源特性を考慮したシステム構成最適化
- 機器特性(二次電池の温度特性など)を考慮した運用最適化

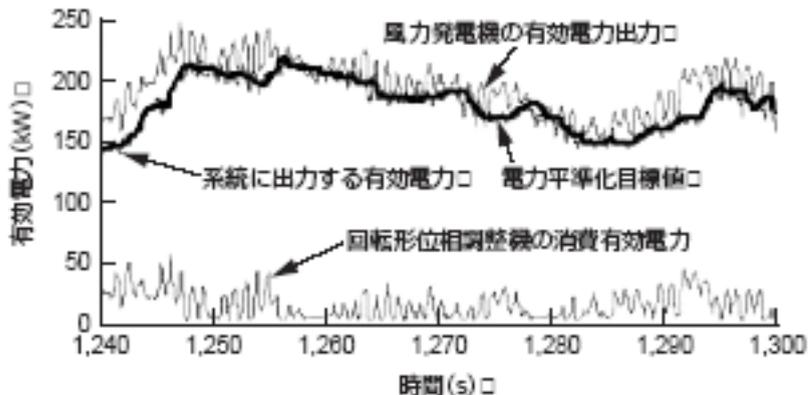
非線形組合せ最適化による高速解法開発

(メタヒューリスティック解法適用時のカスタマイズノウハウ)



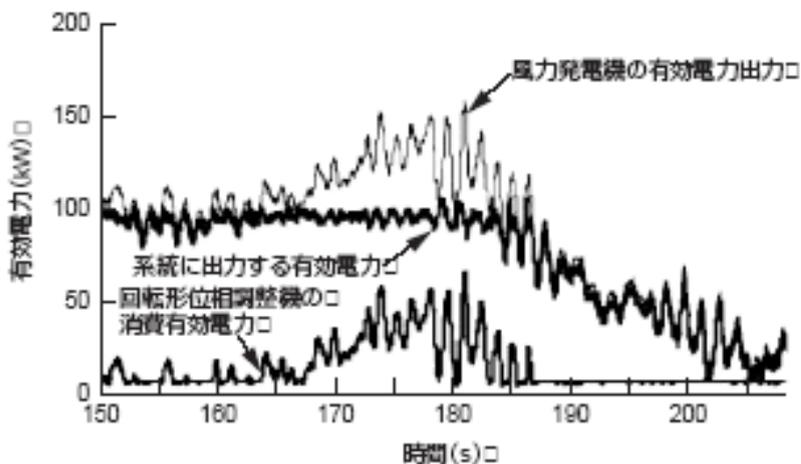
RPS (Rotary Phase Shifter) の  
適用形態 (直列方式 / 並列方式)

風力発電設備連系における  
並列方式RPSの適用イメージ



## 現地試験における電力平準化検証結果

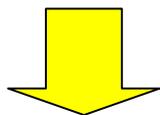
- 風力発電出力の1秒及び3秒周期変動を回転形位相調整機で平準化。系統へ送り出す有効電力変動を抑制



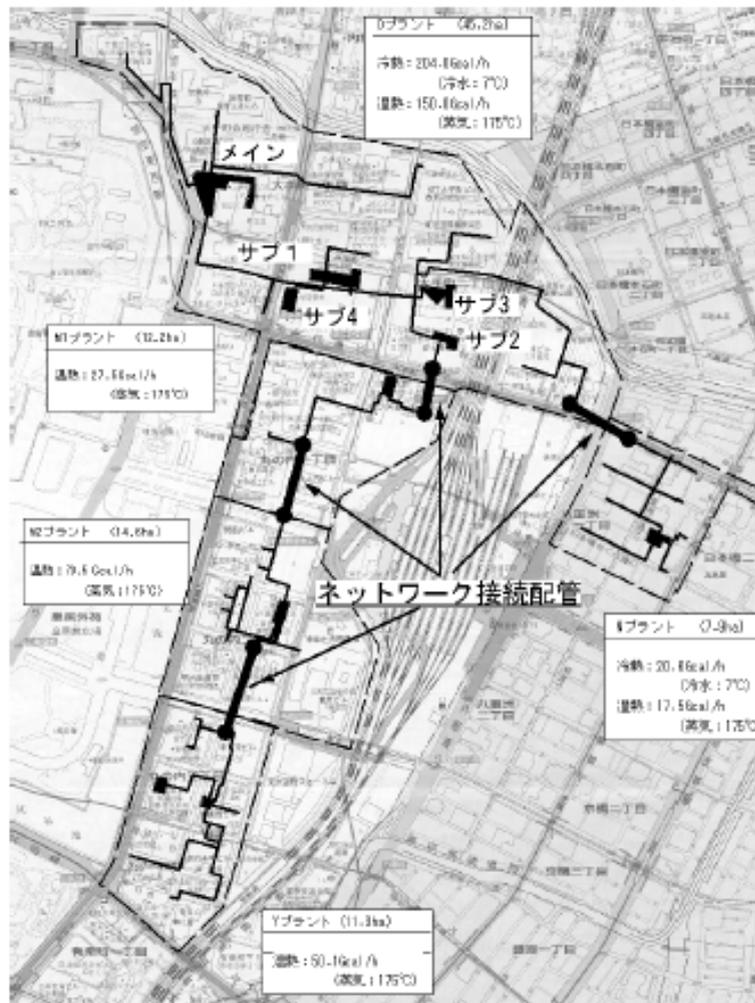
## 現地試験における電力ピークカット検証結果

- 100 kW を超えた風力発電出力を回転形位相調整機で消費し、系統有効電力を100 kW以下に制限。

熱損失・摩擦損失を考慮  
した配管ネットワークの  
評価例(列挙評価による  
最適ケース抽出)



詳細なモデルに基づく  
リーズナブルな時間での  
高速MI-NLP解法がキー



出展: 『東京駅周辺地区に  
おける既存熱供給事業の  
ネットワーク化に関する  
検討』、日本建築学  
会計画論文集 第558号  
(2002年8月)

これまでの一般的課題に加え...

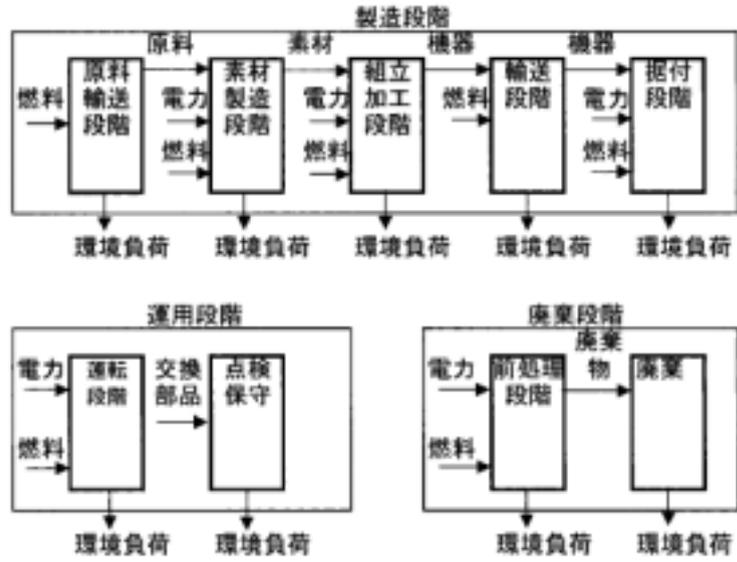
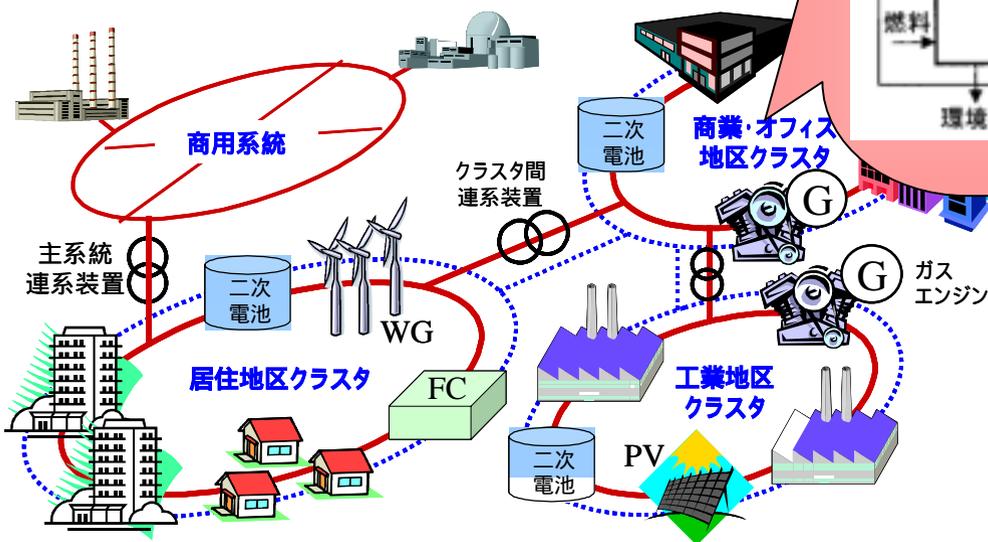
## 導入システムのLCA(ライフサイクルアセスメント)

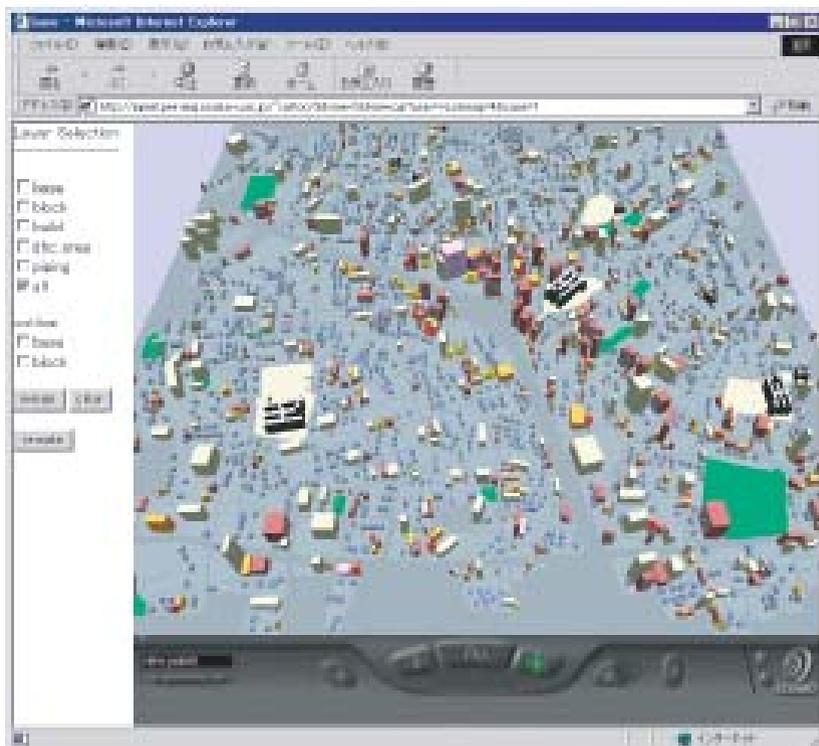
- “エネルギークラスター”構築における設備導入、運用、機器リプレース・廃棄などのトータルサイクルでの環境負荷評価

## 導入効果をビジュアルに見せるインターフェース

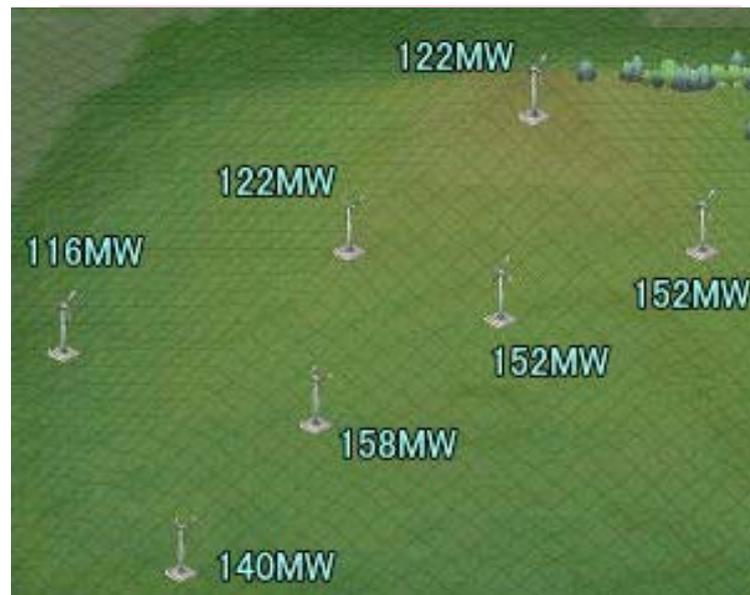
- 3Dイメージ評価システム
- 都市シミュレーション型ゲームの発展利用

エネルギーシステムとしての環境負荷評価  
 ・個々の設備に対するLCA評価  
 ・クラスタ成長にあわせた評価





出展： 阪大フロンティア機構“環境低負荷型  
ユーティリティシステムの創生”報告書



SimCity 4

最大発電出力：  
200MWh/月 (6.7MWh/日)  
建設費：\$ 200 (月 \$ 50も)  
建設可能年：ゲーム開始

出展： <http://simlabo.main.jp/simrepo/index.htm>

件名	検討内容	適用地域	システム構成	レベル
八戸市 水の流れを電気で返すプロジェクト	下水処理場汚泥消化ガスを用いたガスエンジンと太陽光・風力発電を組合せ、需要家に電力・熱を供給。 自営線を用いた自立型電力ネットワークにおいて6分3%の同時同量を目指す。	八戸市	太陽光発電、風力発電 バイオガスエンジン、 木屑ボイラ、負荷(小中学校、市庁舎等)	実証 試験
2005年日本国際博覧会・中部臨空都市における新エネルギー等集中実証研究	太陽光発電と木質バイオマスガス、メタン発酵ガスなどを燃料に用いた各種燃料電池、および、調整用NaS電池等の組合せによりマイクログリッドを構築。自立運転・総合エネルギー効率向上を主眼とした検証を実施予定。	国際博覧会 (愛知万博)	太陽光発電、MCFC(バイオ起源メタンガス利用)、 PAFC、SOFC、NaS電池、 負荷(NEDOパビリオン、 日本館)	実証 試験
京都エコエネルギープロジェクト	比較的広範囲に電源設備・需要設備が分散。一般電気事業者電力網上の仮想マイクログリッドにおいて、再生可能エネルギーの需要予測による高精度同時同量(5分3%以内)を目指し、汎用性の高いシステム形態の検証を図る。	京都市	バイオガス発電、太陽光 発電、二次電池、負荷	実証 試験
東京海洋大学SMART構想	大学キャンパス内への電力・熱供給を分散電源・熱源機器ネットワークで運用	東洋海洋大学	発電機、太陽光発電、 冷凍機、負荷	構想

- NEDO受託研究 『電力ネットワーク技術実証研究』・・・需要地系統関連研究プロジェクト
- FRIENDS・・・各大学にて研究推進中。(http://ee30-si.eng.hokudai.ac.jp/friends/index-j.htm)

- 小規模電力系統としての安定・安全運用  
連系 / 単独の運用切り替え時の安定・安全な系統運用技術の  
確立とクラスタ連系技術の確立
- クラスタの経済的運用・計画技術
  - クラスタ内の電力・熱需要予測による最適運用
  - 熱系とのベストミックスを実現する分散型電源配置計画  
非線形組合せ最適化問題(MI - NLP)に定式化される問題を  
その特性に応じた効率的な解法確立が必要
- エネルギークラスタのライフサイクルでの環境負荷評価  
財務的な整合性ととも、環境整合性のあるソリューションと  
して地域への導入を支援する基礎技術の確立



“エネルギークラスタ”構築技術の確立は、電気技術者・研究者が有する各種技術の集約により達成されるものであり、21世紀における我が国の技術競争力・対外技術貢献の核となるものである。

*End*