

【事業名】既設熱源・電源を自立・分散型エネルギー化し鉄道網を利用した地域融通エネルギーシステムの開発

大阪市立大学大学院工学研究科 中尾正喜

【実施予定年度】平成24～27年度

(1)技術開発概要

①【技術開発の概要・目的】

・ 既成市街地のエネルギー安定供給と低炭素化を目的とし、エネルギーの自由取引を可能とする新たなエネルギーインフラを鉄軌道に敷設する。このインフラによって、駅を中心とした建物間で、各建物に『必要な「品質」・「コスト」』のエネルギーを『必要な「時間」』に融通可能にするとともに、様々な電源・熱源から低コストで高効率に供給できるシステムを開発し実証する。これにより自立・分散エネルギー源の普及と効率的な利用を促進し、既成市街地の低炭素化と活性化を図るとともに、非常時の安定電源・熱源の確保を図る。

②【技術開発の詳細】

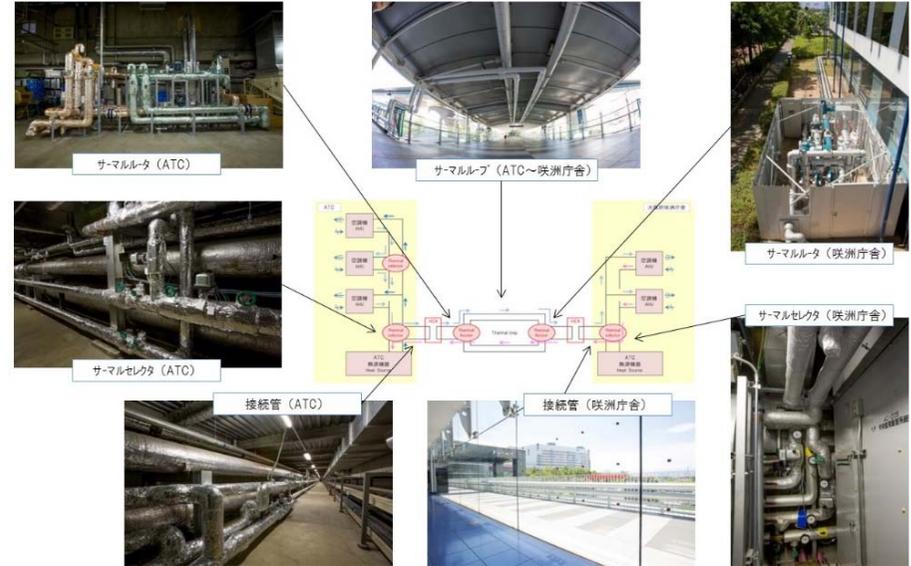
■主要な要素技術

- ① 建物から負荷要求に応じて異なる水温の水を各熱源からパケット状に送り出し、ゾーン毎への供給を実現する**サーマルグリッドシステム**
- ② 自立分散電源等の複数受電を可能にする電力グリッド、及び電源毎の分電を実現する**電カルレーティングシステム**
- ③ サーマルグリッド上の熱源選択、負荷予測、経路探索を自動生成し最適運用する**EMS(エネルギーマネジメントシステム)**

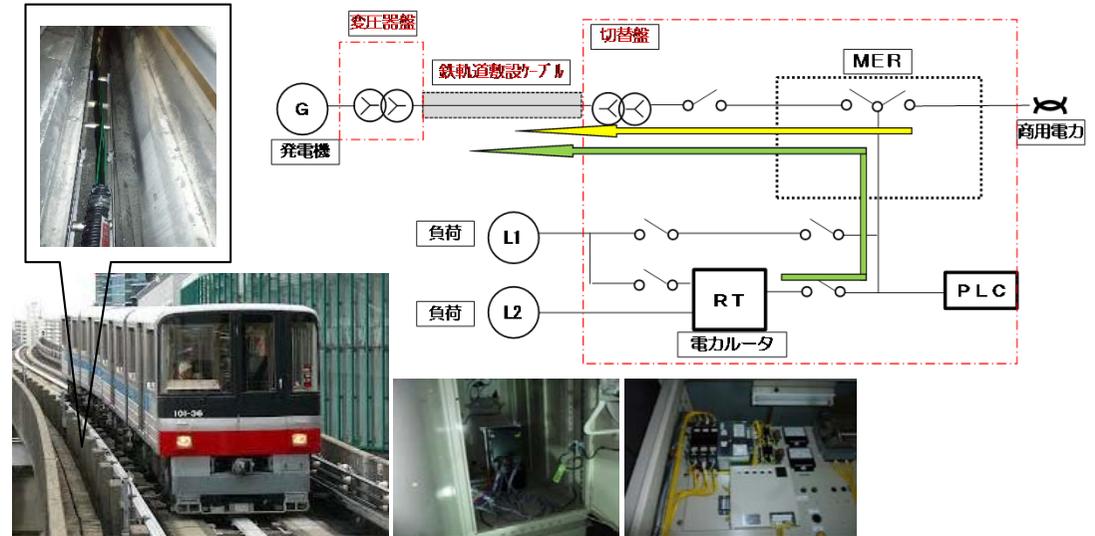
■実証の主なポイント

- ① 対象建物の負荷特性の差異を実測から分析し、融通可能なエネルギー量を把握すること
- ② 負荷特性の異なる建物間・建物内・機器間で高効率に熱エネルギーを融通する手法を確立すること
- ③ サーマルグリッド上で温度の異なる熱をパケット化し、カスケード状に搬送し、これらの有効性を検証すること
- ④ 様々な特性・品質・コストをもつ発電源(系統、PV、コジェネ)を建物側の電力変動に応じて接続を切替えるシステムを確立すること
- ⑤ 鉄軌道を利用した電路・冷温水管路敷設の優位性と施工性を検証すること

③【システム構成】



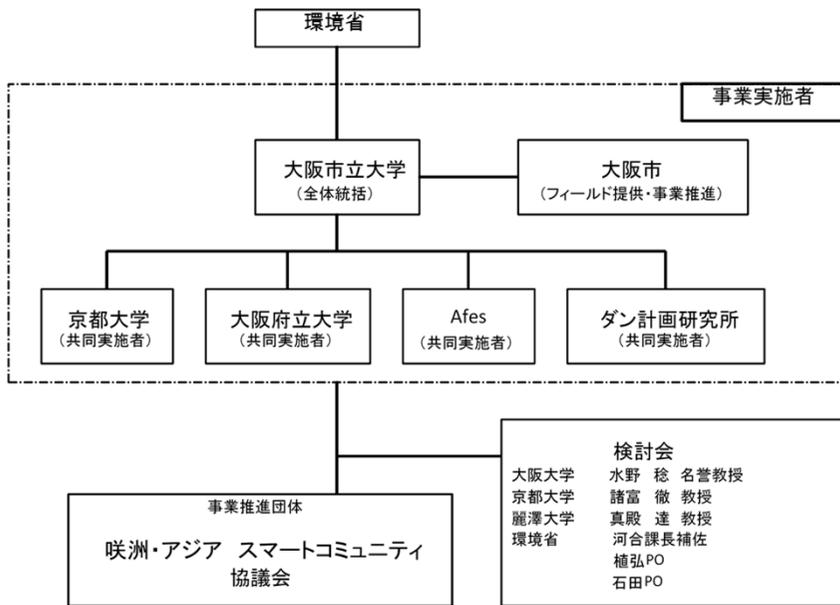
【サーマルグリッドシステム実証設備】



【電カルレータシステム実証設備】

(2)技術開発計画

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

	H24	H25	H26	H27
全体総括	→			
鉄軌道を活用した次世代エネルギーネットワーク(実証設備)			→	
サーマルグリッドの開発	→			
電力ルーティングシステムの開発	→			
EMSの開発	→			
事業化FS	→			
直接費合計	58,420	163,600	81,600	
間接費	5,842	16,360	8,160	0
総計	64,262	179,960	89,760	0

③【目標設定】

○最終的な目標:

実証対象4施設のCO2排出量合計:	30,900 t/年(2010年)
削減するCO2排出量	
熱融通による熱源機器の高効率化による削減量	8,040 t/年
合計削減量	8,040 t/年

④【事業化・普及の見込み】

○事業化計画(申請時)

■事業展開に向けた土台作り(～2015年)

- ・提案システムの事業性、効率性、運用性、信頼性の検証
- ・鉄道連携技術として国際標準化とエネルギーの低価格化の検証
- ・実フィールドでの設備構築と実証研究
- ・CO2削減効果の検証

■国内及び海外事業展開(2016年～)

- ・日本国内⇒大阪市暎洲地区を足がかりに大阪市地下鉄全域電力需給がひっ迫する地域の鉄道網と既成市街地

・海外 ①鉄道構築を行うアジア地域全域

②発展基盤の出来つつある開発途上国の既成市街地(中国、インドなど)

③鉄道網を有する既成市街地(アメリカ、ヨーロッパ、アジアなど)

年度		2016	2017	2018	2018	2020
目標販売台数(駅数)	日本	12	20	50	100	150
	アジア圏	20	40	80	200	400
	ヨーロッパ圏	10	15	20	30	40
	アメリカ圏	40	60	80	150	300
目標販売台数合計(駅数)		82	135	230	480	890
目標販売価格(百万円/駅)		20	18	15	12	10
CO2削減量(t-CO2/年)		24,722	834,368	1,421,515	2,966,640	5,500,645

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・実証対象設備の近似モデルを構築し、熱源の選択、冷水のカスケード利用などを含む、8つのフローパターンの運用最適化計算を行うシステムを開発・実証した。
- ・最適化計算結果に基づきフローパターンを実現する制御を実行した。
- ・二つの実証建物の実証対象空調機について試験を行い、2015年4月から10月までの負荷実測値とサーマルグリッドの最適化運転により、冷凍機の性能劣化が無い前提で、1次エネルギー削減率23%が得られた。
- ・二つの建物の空調負荷がバランスする9月、10月においては40%の削減効果が得られた。
- ・屋外送電線を介して外部に設置された発電機からの電力の、200V系に設置したメカニカルルーター(MER)および3相電力ルーターによるルーティングについて検証を行った。特に既設鉄道設備に対する電力ルーティングによる影響について着目し実証実験を行った。その結果、鉄道設備に対して電力ルーティングに伴う切換え時サージおよびPLCによる影響は観測されず、ほぼ影響を与えないことが示された。

②【CO2削減効果】

本事業の終了時の1次エネルギー削減効果検証(ATC-WTC)においては、-23%の削減効果が示され、社会実装したインテックス大阪のサーマルグリッドは70%の削減効果(熱消費量を同一とし既存設備で建物ごとに独立で運用した場合との比較)が示された。

○2020年時点の削減効果(申請時)

(試算方法パターン A-a, I)

- ・2020年市場規模: 2000駅(大阪市地下鉄沿線駅数150駅、国内主要鉄道駅で約2000駅)
 - ・2020年度期待普及率: 150駅(国内の7.5%に導入させることを目標)
 - ・年間CO2削減量: 121万t-CO2/年
- ※削減効果は、日本国内に適用した場合の試算結果を示す。

○2030年(2025年でも可)時点の削減効果(現時点で見直し)

(その他)

- ・既成市街地(三宮地区)におけるCO2排出量26,000t/年→CO2削減量11,440t/年
- ・運用制御の高度化により同上地区でCO2削減量8,060t/年
- ・2030年度(2025年度)に期待される最大普及量: 100地域に導入
- ・導入地域(システム、モデル)1地位当たりのCO2削減量: 19,500t/年(-75%)
- ・年間CO2削減量: 194万t-CO2

③【成果発表状況】

- ・空気調和・衛生工学会大会論文発表予定(2016年9月14日～16日)「インテックス大阪におけるサーマルグリッドの適用と効果検証(第1報)～(第6報)」(発表者: 第1報, 小野島, 第2報, 小林, 第3報, 磯崎, 第4報, 横山, 第5報, 中尾, 第6報, 長廣)
- ・バルセロナスマートシティーエキスポ国際会議にて招待講演2015年11月19日(発表者, 長廣)
- ・ハンブルグ-大阪市友好都市提携25周年記念シンポジウムパネルディスカッション2014年12月9日, (発表者, 長廣)

④【技術開発終了後の事業展開】

本事業で開発したサーマルグリッドは、既成市街地の低炭素化に有効であるものの建物間を接続する配管ルート確保と運用者の操作に高い専門知識を必要とすることが課題である。よって、この課題を考慮しつつ、地下街を有する地域及び地下鉄の地下空間を利用した事業展開を図りつつある。

具体的には神戸市三宮地区等でのFSや東京メトロでの設計(11月着工予定)が進んでいる。

○量産化・販売計画

- ・2018年までに、建物間熱融通配管の小型化、低価格化の開発を実施。
- ・2019年までに、AI等を用いたコントロールの自動化システムを開発。
- ・2018年から地下鉄企業の新規事業として市街地への導入を開始する。(着工から最短の工期を3年として)
- ・2021年を目標に、大学を起点とする公益的な地域熱融通事業を創設し、販促、企画、設計、製造、建設、運用を産学連携で事業化する団体を設立し全国展開する。

○事業拡大シナリオ

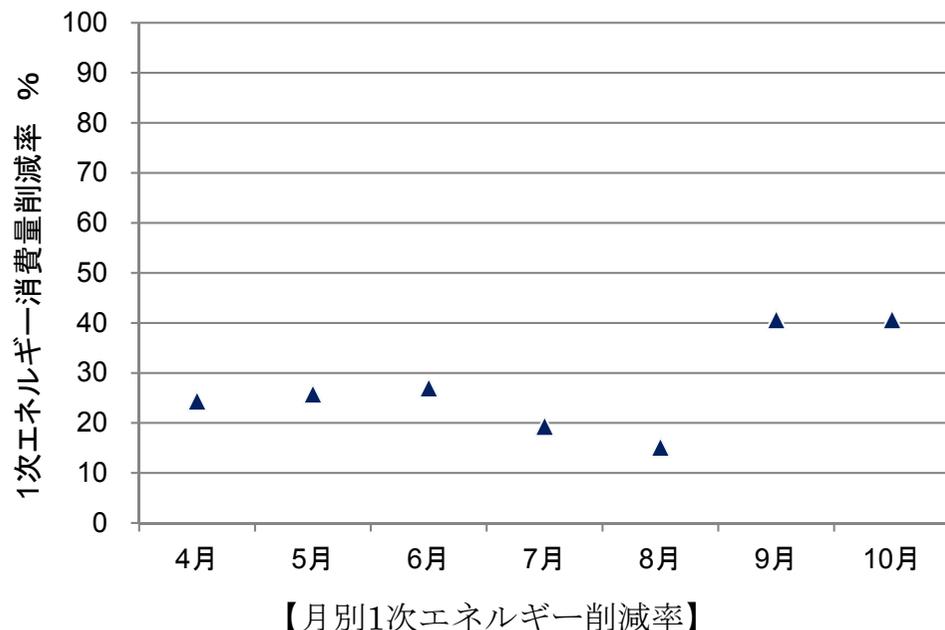
年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
配管類の小型化	→			課題解決			
運用制御のAI化	→				事業性向上		
最適制御の高度化				→			
地下鉄企業による効果検証	→			社会実証			
地下鉄駅周辺施設への熱融通			→				
大学での事業体制確立	→						
既成市街地への事業化 全国展開開始				→			

○シナリオ実現上の課題

- ・サーマルグリッドシステム
- ・サーマルグリッドシステムは最適化計算を必要とし、最適化計算のためのモデル構築には多大な労力を要するため、今後の普及に向けて構築支援システムが必要である。また、計算時間短縮と最適化計算の確実性向上には、数理計画手法・機器数式モデルの改良も必要となる。
- ・後継の社会実証事業(インテックス大阪)の経験をふまえて、AI技術を活用した最適化制御の研究開発が必須である。

社会への大規模導入(資本・体制・導入先)体制確立

○参考資料(課題と総括)



サーマルグリッドを利用した最適化運転時の1次エネルギー消費量は、ATCと咲洲庁舎の熱負荷規模が大きく異なることから、つぎのようにして求めた。

- ①咲洲庁舎側のターボ冷凍機だけの運転時、すなわちATCと咲洲庁舎の実測熱負荷合計値がターボ冷凍機の定格能力(97kW)以下の時、50%低減できる。
 - ②ATC側の吸収式冷凍機だけの運転時、すなわちATCと咲洲庁舎双方で熱負荷が有り、実測熱負荷合計値がターボ冷凍機の定格能力(97kW)より大きく、吸収式冷凍機の定格能力(266kW)以下の時、5%削減できる。
 - ③これ(①と②)以外の熱負荷状態では削減率0とする。
- 期間の負荷より1次エネルギー消費量を積算すると、62,333GJであった。

これより削減量は18,945GJ、削減率は23.3%となった。

【1次エネルギー削減効果】

4月1日から10月31日までの実負荷データより、1次エネルギー消費量の削減効果を求めた。最適化計算を全時刻で行うことが理想であるが、ここでは簡易に求めるため、負荷の特性を分類し、その分類された負荷により各時刻の1次エネルギー消費量を計算した。

建物毎の熱源の独立運転と二建物に最適化制御運転を行った場合について、各時刻の1次エネルギー消費量を積算し比較した。

基準となる個別運転の1次エネルギーは表の熱源負荷率と1次エネルギーの関係の近似式を求め、4月1日から10月31日までの実負荷の1分データに近似式を適用して期間の1次エネルギー消費量を求めた。結果、個別熱源の場合、期間の1次エネルギー消費量は81,277GJとなった。

ATC	下段:1次エネルギー				
分類	1	2	3	4	単位
熱源機負荷率	100%	50%	10%	監視室のみ100%	
吸収式ガス量	15.0	7.0	1.4	2.0	m ³
	674.4	314.6	63.5	88.5	MJ
吸収式ポンプ	10.7	10.7	10.7	10.7	kWh
	106.8	106.8	106.8	106.8	MJ
吸収式ファン	1.7	0.8	0.8	0.8	kWh
	16.7	8.4	8.4	8.4	MJ
搬送ポンプ	1.0	0.2	0.0	0.9	kWh
	10.4	1.6	0.3	9.0	MJ
1次エネルギー集計	808	431	179	213	MJ

咲洲庁舎	下段:1次エネルギー				
分類	1	2	3		単位
熱源機負荷率	100%	50%	10%		
ターボ電力量	10.2	8.3	3.3		kWh
	102.1	82.4	33.0		MJ
ターボポンプ	2.3	2.3	2.3		kWh
	23.3	23.3	23.3		MJ
ターボファン	0.6	0.6	0.6		kWh
	6.1	6.1	6.1		MJ
搬送ポンプ	0.5	0.1	0.0		kWh
	5.1	0.7	0.1		MJ
1次エネルギー集計	137	113	63		MJ

CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.5点（10点満点中）

- 評価コメント

- 大阪市の協力を得て鉄道インフラを利用して、建物間の熱の融通による省エネ効果を検証したことは評価する。
- 本技術開発は革新性のあるテーマであり、今後は実用的なシステムとして普及させるため、低コスト化に注力して取り組むことを期待する。
- 鉄道事業は変動する電力への対応が求められるため、本技術開発の熱への対応は新規性があるものとして期待するが、電力との組合せは必須であり、事業成果の応用を明確に果たすことを期待する。
- 本事業の実施内容について積極的に成果を広く公表し、その際は環境省「CO₂排出削減強化誘導型技術開発・実証事業」である旨を周知することを求める。
- 環境省補助金要項に従い採択時に告知したように、補助事業により整備された施設、機械、器具、備品その他の財産には、環境省補助事業である旨を必ず明示すること。