

快適で環境にやさしい、  
省エネルギー型街づくり

2012◆春号



●巻頭言

地球環境対応・防災と地域冷暖房

●特集

東日本大震災からの復興 ～津波被災市街地復興手法検討調査について～

●研究・技術最前線

カーボンニュートラルエネルギーシステムの開発

●わが街づくり

「市民とともに育む環境首都・安城」をめざして

●建設レポート

田町駅東口北地区におけるスマートエネルギーネットワーク

●海外情報

欧州各国で急速に普及する超低炭素型地域熱供給



春の植栽といえばサツキ

謹んで地震災害のお見舞いを申し上げます  
この度の東日本大震災により被害を受けられた皆様、また、  
被災地に所縁の深い皆様に、心よりお見舞い申し上げます。

## CONTENTS

## 巻 頭 言

- ・ 地球環境対応・防災と地域冷暖房

社団法人 都市環境エネルギー協会 理事 研究企画委員長

横浜国立大学 都市イノベーション研究院 教授 佐土原 聡 …………… 3

## ○特集

- ・ 東日本大震災からの復興～津波被災市街地復興手法検討調査について～

国土交通省 都市局 市街地整備課 区画整理係長 高峯 聡一郎 …………… 4

## ○研究・技術最前線

- ・ カーボンニュートラルエネルギーシステムの開発

筑波大学 システム情報系 構造エネルギー工学域 教授 石田 政義 ……………14

## ○わが街づくり

- ・ 「市民とともに育む環境首都・安城」をめざして

愛知県安城市都市整備部都市計画課 岡田 高行

環境部環境首都推進課 籠瀬 博敬 ……………18

## ○建設レポート

- ・ 田町駅東口北地区におけるスマートエネルギーネットワーク

東京ガス株式会社 市ヶ谷 真紀子

株式会社エネルギーアドバンス 坂薺 雅史 ……………23

## ○海外情報

- ・ 欧州各国で急速に普及する超低炭素型地域熱供給

東京ガス株式会社 市川 徹 ……………28

## ○大学研究室紹介

- ・ 東北工業大学 工学部 建築学科 都市環境学／渡辺 浩文研究室

東北工業大学 工学部 建築学科 教授 渡辺 浩文 ……………35

## ○研究所拝見

- ・ 大成建設株式会社 技術センター

大成建設株式会社 技術センター 建築技術研究所 田端 淳

設計本部設備グループ 三宅 伸幸 ……………40

## ○協会ニュース

- ・ (報告) 平成23年度 都市環境エネルギー技術研修会 開催報告 ……………47

- ・ (報告) 第2回 都市環境エネルギーまちづくり情報交換会 開催報告 ……………48

- ・ (報告) 自治体支援の今後の方向性について ……………49

# 地球環境対応・防災と地域冷暖房



社団法人 都市環境エネルギー協会 理事 研究企画委員長  
横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授 佐土原 聡

3. 11東日本大震災以降、被災した福島第一原子力発電所への対応、相次ぐ国内の原子力発電所の停止、計画停電の実施、徹底した夏の節電、冬の電力需給逼迫の懸念など、私たちは都市のエネルギーをめぐって未曾有の経験をしてきました。また、遠く離れた発電所に電力を依存し、今回のような甚大な被災をもたらすおそれのある都市のあり方への見直しに迫られています。震災から1年を機に、都市のエネルギーにかかわる防災面の課題と地球環境問題解決に向けた低炭素都市づくりを合わせた視点から、地域冷暖房の重要性を考えたいと思います。

地球環境問題の影響は地域に災害という形で顕れます。エネルギー消費・CO<sub>2</sub>排出等の増大による気候変動は、地域に短時間の集中豪雨や高温化などの極端な気象をもたらし、災害を引き起こします。生態系の荒廃は、おおもとはグローバルな経済取引の中での生物資源の大量消費が主な要因ですが、直接的には生産性向上のための過酷な利用や一次産業の衰退による放棄など、農地等の生態系への人間による関与の極端な変化が攪乱要因となって生じており、それは災害に対する脆弱性をもたらします。今後、東海・東南海・南海地震などのさらなる巨大地震の発生が心配される地震国日本では、気候変動や生態系の荒廃がもたらす災害とその脆弱性、および地震とが重なり、被災のリスクがますます高まることが心配されます。地球環境問題の最も大きな原因者は都市であり、また都市は高度に集積しているために災害による深刻な被災を受けることにもなりますから、これからの都市には、地球環境問題を軽減するための「緩和策」と高まる災害の被災リスクへの「適応策」を同時に備えた多面性が必要です。

地域冷暖房は電力、ガスに加えて熱供給網を整備することで、それを実現するきわめて重要な役割を担うエネルギー基盤と位置づけることができます。地域規模での熱利用を可能にすることでコージェネレーションの設置を容易にし、自立性の高い電力が確保できること、エネルギー供給の多重化により供給信頼性を高められること、また熱源を電力から他にシフトして電力負荷を低減できること、地産地消のエネルギーである未利用エネルギーや再生可能エネルギーの導入を可能にすること、特に出力変動が大きい再生可能エネルギーからの電力についてはコージェネレーションや熱源システムがその変動を抑制制御することで利用が可能になることなど、地域冷暖房の整備によって多岐にわたる柔軟なマネジメントが可能なエネルギー基盤が実現します。

今後、都市の国際的な競争力を高める上で、リスクの低減は基本的な要件と考えられます。また、先般、内閣官房により選定された環境未来都市には、低炭素な都市づくりを核としながらも、高齢化や福祉と合わせた質の高い都市が求められています。国土交通省では低炭素都市づくりの法制度の検討も進んでいます。今こそ、柔軟なマネジメントを可能にする地域冷暖房の特性を活かして、こうした動きに対応した地域冷暖房の新たな展開を推進する必要があると、私も微力ながら尽力していきたいと考えております。会員の皆様のご支援、ご指導をよろしくお願いいたします。



# 東日本大震災からの復興 ～津波被災市街地復興手法検討調査について～

国土交通省 都市局 市街地整備課 区画整理係長 高峯 聡一郎

## 1. はじめに

平成23年3月11日、三陸沖を震源として発生した東北地方太平洋沖地震は、地震の規模を表すマグニチュードが9.0に達し、我が国の観測史上最大級の地震となった。この地震により発生した高さ10メートルを超える大津波により、岩手県大槌町や陸前高田市、宮城県南三陸町をはじめとした東北の太平洋岸市町村は甚大な被害を受け、多くの一般市民や職員の人命が奪われたり役場が壊滅的な被害を受けたりし、行政機能の大部分が失われた。さらに、被災した自治体においては、行政能力の大半が復旧対策に必要となるため、復興に向けた調査を実施することは困難な状況であった。

こうした被災自治体の状況を背景に、国土交通省では、「津波被災市街地復興手法検討調査」として調査費を平成23年度第1次補正予算において措置し、同年6月初めより、被災地の復興に向けた調査

を開始した。本稿では、調査の骨格をなす被災現況等の調査・分析、被災市街地の復興パターンの分析、及び政策課題への対応方策等の検討について、その目的と調査の概要について説明するものである。

## 2. 調査の目的

本調査では、津波被災市街地の復興に向けた地方公共団体の取組みを支援するため、太平洋岸の浸水被害を受けた全ての地域を対象とした客観的・統一的・即地的な被災現況等の調査・分析を行い、その成果を地元自治体に早期に提供するとともに、被災都市の特性や地元の意向等に応じて想定される復興パターンを分析し、必要となる復興手法や共通の政策課題への対応方策等を検討し、ガイドライン等を提示することを目的としている（図1）。

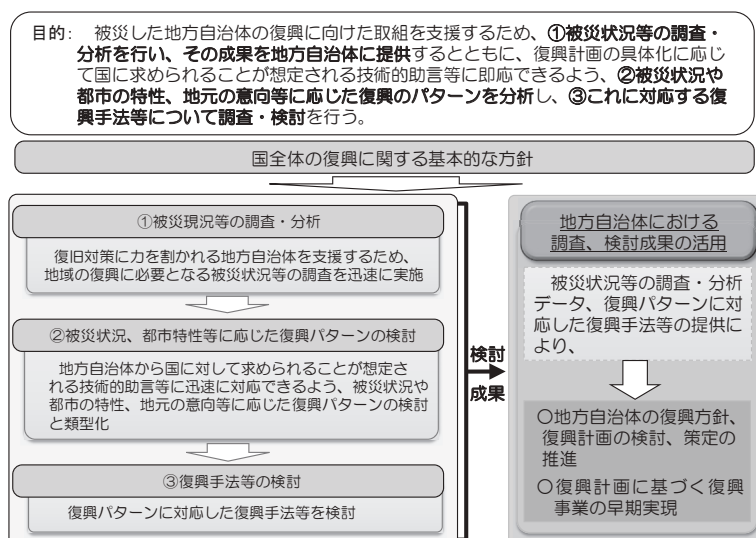


図1 津波被災市街地復興手法検討調査のイメージ（被災現況調査及び復興パターンの分析）

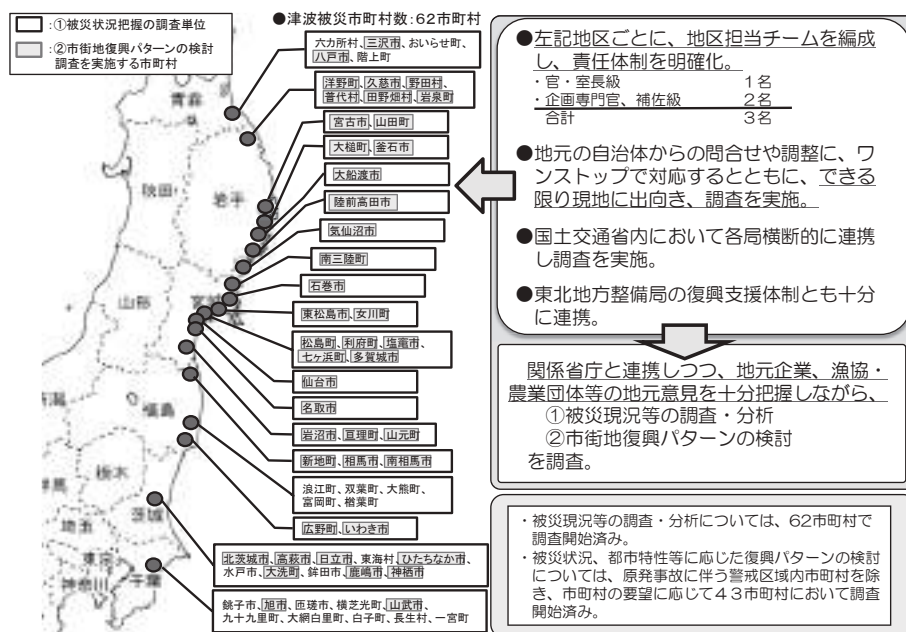


図2 津波被災市街地復興手法検討調査の実施体制について

### 3. 調査の概要

#### 1) 調査対象市町村

本調査では、津波による浸水被害が確認された太平洋岸の市町村を調査・分析の対象としており、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県62市町村において、被災現況等の調査・分析を実施している。被災状況や都市特性等にに応じた復興パターンの検討については、福島第1原子力発電所の事故に伴う警戒区域内の市町村を除き、市町村の要望に応じて6県43市町村において調査を行っている（図2）。

#### 2) 支援体制

国土交通省では、本調査を円滑に進めるために、被災市町村毎に本省職員からなる地区担当チームを編成し、できる限り現地に派遣し、東北地方整備局と十分に協議し、地元自治体の復興計画の策定を支援する体制を整えた（図2）。

さらに、この枠組みを活用し、東日本大震災で被災した地元自治体からの要請にワンストップで対応するために、国土交通省内に「東日本大震災復興まちづくり事業連絡調整会議」を設置するとともに、関係10府省は「被災地の復興支援のための調査に関する連絡会議」を設置した（図3）。

今回の調査実施を通じて寄せられる地元自治体か

らの要請を、国土交通省が事務局となり一括して受け付け、この連絡会議を通じて関係府省に情報提供するとともに、関係府省は必要に応じて連携して現地への担当官の派遣、政策課題への対応策の検討を実施することとしている。

#### 3) 被災現況等の調査・分析

被災現況等の調査・分析は、自治体のニーズに応じた調査項目と被災地共通の調査項目を組み合わせ、詳細かつ迅速に調査や分析を実施する事により、被災自治体における復興計画検討の基礎資料を作成することを目的としている。

被災現況等の調査は、文献調査等と現地調査等により行われ、文献調査等では、被災前の状況として被災前の都市の状態を幅広い分野に関して可能な限り正確に把握し、現地調査等では、被災後（直後）の状況として、津波浸水エリア、建築物・インフラ等ハード面での被害状況に加え、住民の避難状況等ソフト面についても調査を実施する。これらの調査により、津波及び市街地の被災状況の全体像を把握することができる。また、地理的特性、市街地特性、社会特性、防災性等と被災状況を電子地図上で重ね合わせ、ハード整備とソフト対策実施による効果等の被災要因を分析することとしている。これら調査・分析の結果は、被災自治体に提供することに

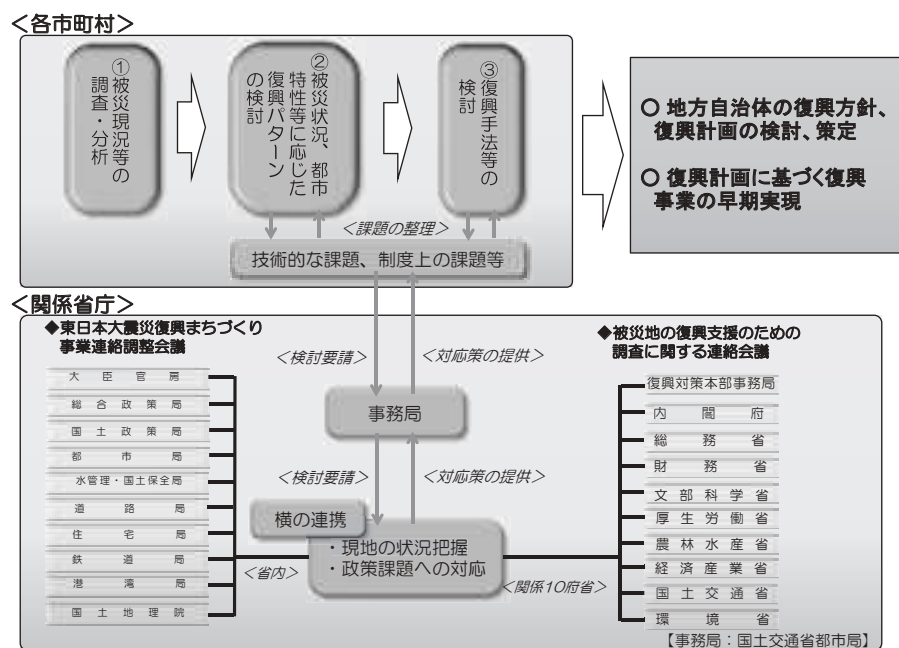


図3 被災地の復興支援のための調査に関する連絡会議の概要

より、被災自治体における市街地復興パターン、復興手法等の検討に活用されている。

調査結果については、第3次報告までされており、それらの概要を以下に示す。

## ○第1次報告の概要

### (1) 浸水区域、浸水深、建物被災状況

浸水痕跡調査等により、津波の浸水区域、浸水深を把握した。また、浸水区域の全建物について、被災状況を確認し、被災状況により区域を区分し、面積を把握した。その結果については、以下のとおりである。(図4)

#### ◆浸水区域面積

約535km<sup>2</sup>      うち4割超が浸水深2m以上

#### ◆被災建物棟数

約22万棟      うち全壊（流出含む）約12万棟

#### ◆建物被災状況による浸水区域の区分

①建築物の多くが全壊（流出を含む）の区域 …約99km<sup>2</sup>

②建築物の多くが大規模半壊、半壊の区域 …約58km<sup>2</sup>

③それ以外の浸水区域 …約363km<sup>2</sup>

※浸水区域の区分にあたり、①の区域及び②の区域については、道路や介在農地等も含めた都市的土地利用や集落等の「一団のまとまり」により把握

握。

## 【比較参考】

東京都区部の面積：約622km<sup>2</sup>

山手線内側の面積：約63km<sup>2</sup>

関東大震災（大正12年）の焼失面積：約35km<sup>2</sup>

注）福島原発事故に係る避難等区域など、被災地の条件により現地調査ができていない地域については、自治体等からの提供資料や空中写真判読等により把握している。これらの区域では、今後、引き続き調査を行うなど、詳細な把握を進めるため、今後数値に変更があり得る。

### (2) 浸水深と建物被災状況の関係

浸水深と建物被災状況の全般的な傾向を把握したところ、浸水深2m前後で被災状況に大きな差があり、浸水深2m以下の場合には建物が全壊となる割合は大幅に低下することが分かった。(図5)

浸水深と建物被災状況の調査結果については、被災市町村ごとに整理、提供し、復興計画の検討にあたり、津波浸水シミュレーションや土地利用調整ガイドラインと併せ、被災リスクを評価するための基礎資料として活用されることが期待される。

| 区分         | 全壊<br>(流失)   | 全壊  | 全壊<br>(1階天井以上浸水)   |  |
|------------|--|---|--|--|
| 主な建物<br>状況 | 基礎だけ残して、建物が完全に<br>流されている   | 主要構造が損壊しており補修に<br>より元通りに再使用することが困<br>難  | 1階天井以上浸水しており、大規<br>模修繕等による再使用も可能   |  |
| サンプル<br>写真 |   |  |                       |  |
| 棟数※        | 約 78,000   | 約 34,000  | 約 8,000  |  |
| 区分         | 大規模半壊  | 半壊<br>(床上浸水)  | 建物被災状況<br>(イメージ)<br> |  |
| 主な建物<br>状況 | 床からおおむね1m以上(天井未<br>満)浸水している  | 床から概ね1m未満の床上浸水<br>(一部補修により再利用可能)  |  |  |
| サンプル<br>写真 |   |  |  |  |
| 棟数※        | 約 36,000   | 約 40,000  |  |  |
| 区分         | 一部損壊<br>(床下浸水)   | 棟数合計  |  |  |
| 主な建物<br>状況 | 床下の泥を取り除けば再利用可<br>能  | 被災建物総計      うち全壊  |  |  |
| サンプル<br>写真 |  |   |  |  |
| 棟数※        | 約 23,000   | 約 219,000   | 約 120,000  |  |

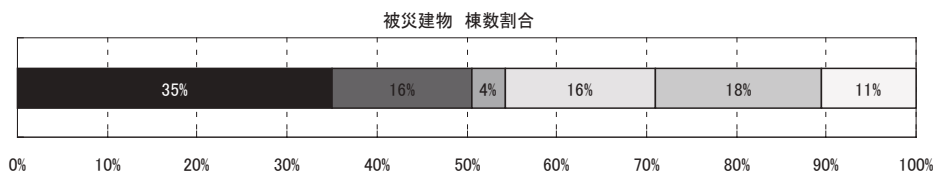


図4

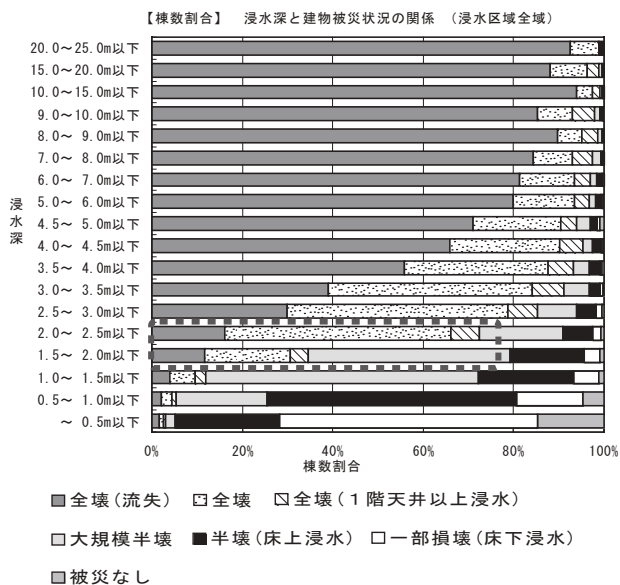


図5

## ○第2次報告の概要

### (1) 津波浸水深と建物被災状況の関係

津波で浸水の見られた青森県から千葉県までの6県62市町村の約23万棟の建物について、構造別・階数別に、浸水深と建物被災状況を分析した。この結果、以下の傾向が明らかになった。

- ・鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、建物が再使用困難な損壊が生じる割合は低い。(図6、7)
- ・建物の階数別に見ると、鉄筋コンクリート造等の3階建以上の建物は、建物高さより相当程度低い浸水深では、浸水階より上の階に人が居た場合に危険な程の損壊が生じる割合は低い。(例えば、浸水深3m以下では、その割合は10%を下回っている。)(図8)



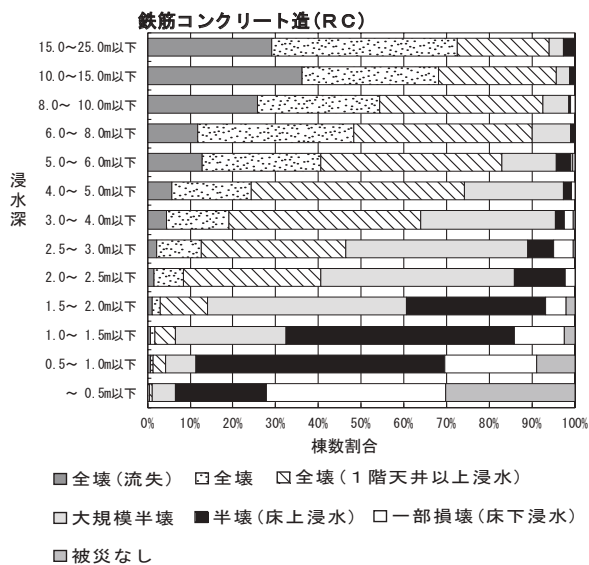


図6

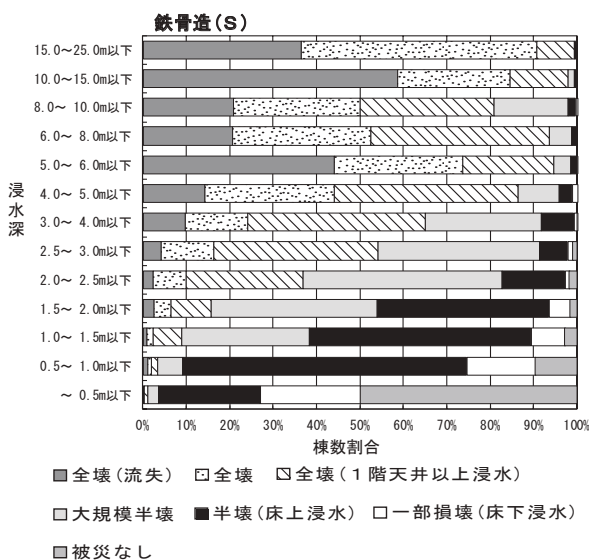


図7

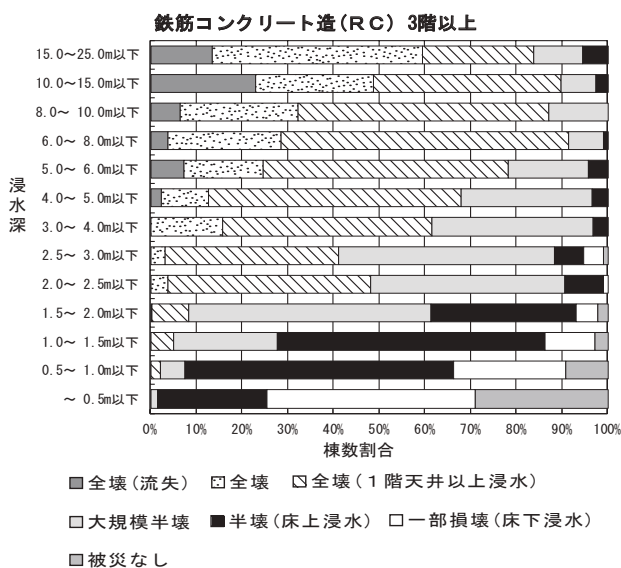


図8

## (2) 津波による浸水と人的被害の関係

岩手、宮城、福島県の3県37市町村について、震災により亡くなられた方の年齢構成を把握した。また、死亡者の詳しい住所が把握できた13市町について、死亡者の居住地とその地域の津波浸水深との関係を100mメッシュ単位で把握した。これから、以下の傾向が明らかになった。

- ・死亡者の年齢構成は、被災市町村全体の年齢構成に比べ65歳以上の高齢者の割合が高く、死亡者の過半数を占める。
- ・浸水深が高いほど死亡率が高くなる。(図9)
- ・リアス部と、平野部では傾向が異なり、平均の死亡率はリアス部の方が高いが、同一浸水深では平野部の方が死亡率が高くなる傾向がある。(図10、11)

※分析時点までにデータが得られた13市町、8,202人の死亡者を対象としている。死亡者の被災場所は不明であるため、死亡者の居住地により分析している。100mメッシュ単位の居住

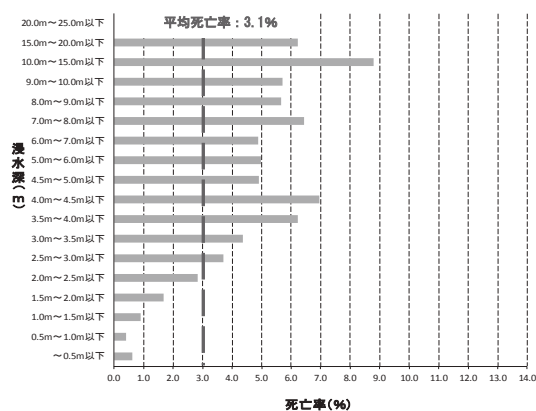


図9 浸水深と死亡率の関係(13市町全体)

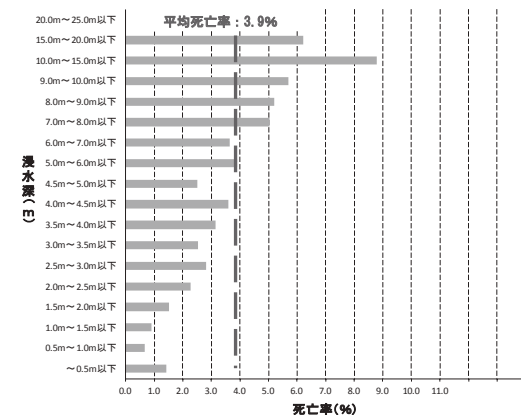


図10 浸水深と死亡率の関係(石巻市牡鹿半島以北)



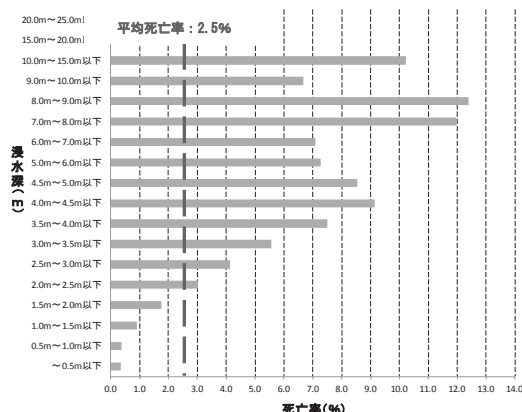


図11 浸水深と死亡率の関係 (石巻市平野部以南)

者数は平成22年国勢調査に基づく推計である。

### ○第3次報告の概要

被災地の町内会や事業者の代表者、個人等を対象に、避難行動の有無とその理由、津波に関する情報の入手及び避難ルートや交通手段等の聞き取り調査をおこなっており、平成23年12月26日現在の調査結果について下記に示す。

#### (1) 津波からの避難開始までに要した時間

地震が発生してから避難開始までに要した時間について把握したところ、地震が発生してから津波が来る前に避難行動を開始した人のうち、約80%の人は30分以内に避難を開始していた。また、1度避難した後、2度目以降の避難をした人も地震発生後の10分経過後から増加していた (図12)。

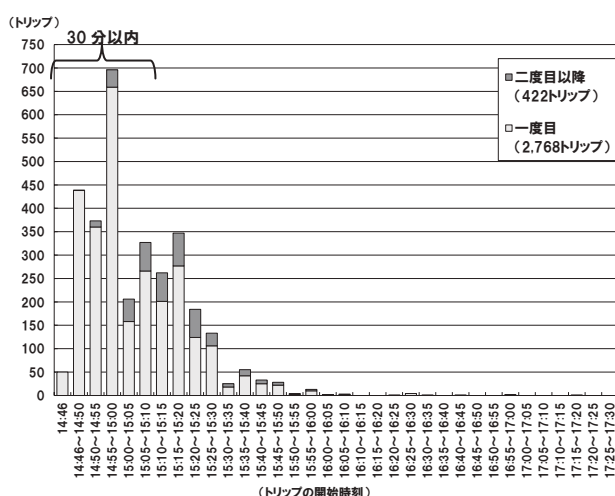


図12 避難が開始された時間 (全体) (17:30まで)  
(津波 (最大波) 到達以前の避難対象; 2,768人、3,190トリップ)

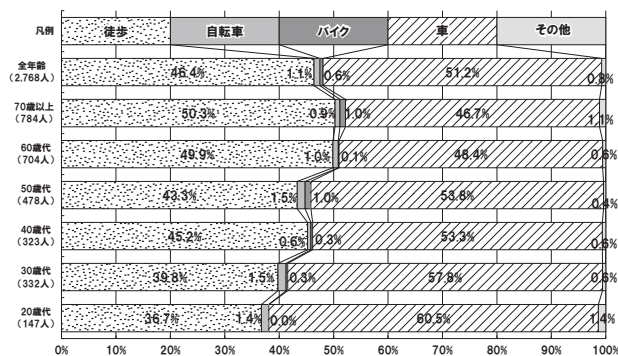


図13 年齢別 移動手段分布(全体)  
(津波 (最大波) 到達直前の避難のみ対象; 2,768人、2,768トリップ)

#### (2) 年齢と交通手段の関係

津波からの避難にあたって利用した交通手段を年齢別に把握したところ、徒歩による避難と車による避難はほぼ半々だが、若い世代ほど車で避難した割合は高くなった (図13)。

#### (3) 交通手段毎の避難距離、避難所要時間および避難速度

津波からの避難にあたって避難施設まで移動した距離を交通手段別に把握するとともに、津波からの避難に要した時間および移動速度についても把握したところ、避難距離に関して、徒歩は平均438mであり、車は平均2,431mであった (図14)。また、避難距離分布に関しては、徒歩による避難者の72%が500m以内の移動であり (図15)、車による避難者の約18%が500m以内の移動、約39%が1km以内の移動あった (図16)。避難所要時間

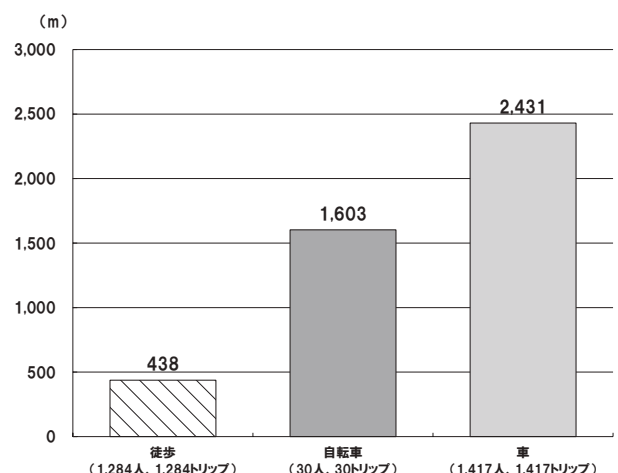


図14 移動手段別 避難距離 (m) (全体)  
(津波 (最大波) 到達直前の避難のみ対象; 2,731人、2,731トリップ)

に関しては、徒歩は平均11.2分であり、車は平均16.2分であった。(図17) また、避難速度に関しては、徒歩は平均2.3km/時であり、車は平均9.0km/時であった。(図18)

#### (4) 津波からの避難にあたっての避難路の問題点

津波（最大波）が到達する前の避難時の移動において、道路の状況を把握したところ、「信号が点灯していなかった」との回答が最も多く、次に「渋滞して車が動けない状態だった」との回答が多くなった(図19)。

なお、各調査結果の詳細については、下記の

URLよりダウンロードすることができる。

東日本大震災の津波被災現況調査結果（第1次報告）

URL：[http://www.mlit.go.jp/report/press/city07\\_hh\\_000053.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/city07_hh_000053.html)

東日本大震災の津波被災現況調査結果（第2次報告）

URL：[http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07\\_hh\\_000056.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000056.html)

東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）

URL：[http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi09\\_hh\\_000004.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi09_hh_000004.html)

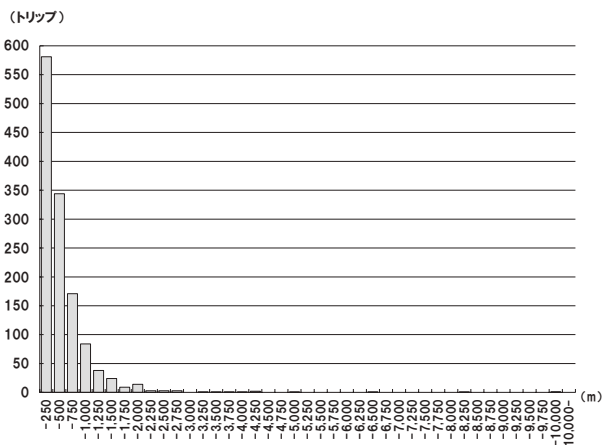


図15 避難距離（全体・徒歩による避難）  
（津波（最大波）到達直前の避難のみ対象；1,284人、1,284トリップ）

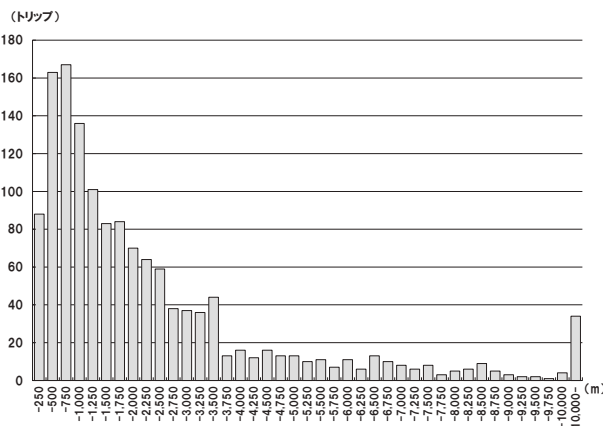


図16 避難距離（全体・車による避難）  
（津波（最大波）到達直前の避難のみ対象；1,417人、1,417トリップ）

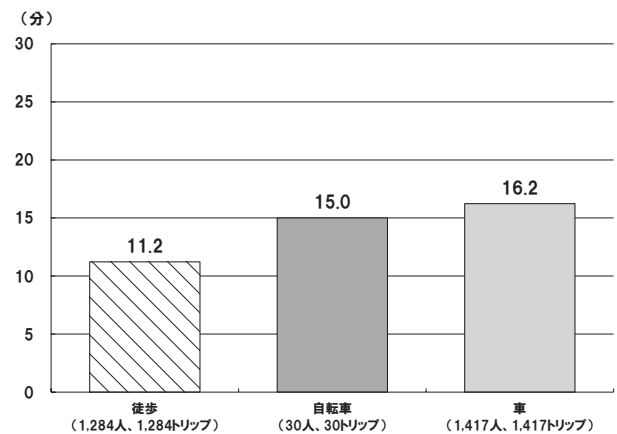


図17 移動手段別 避難所要時間（分）（全体）  
（津波（最大波）到達直前の避難のみ対象；2,731人、2,731トリップ）

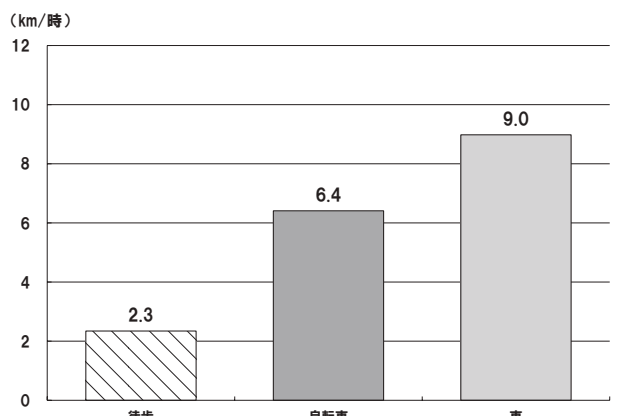


図18 移動手段別 避難速度（km/時）（全体）  
（津波（最大波）到達直前の避難のみ対象；2,731人、2,731トリップ）

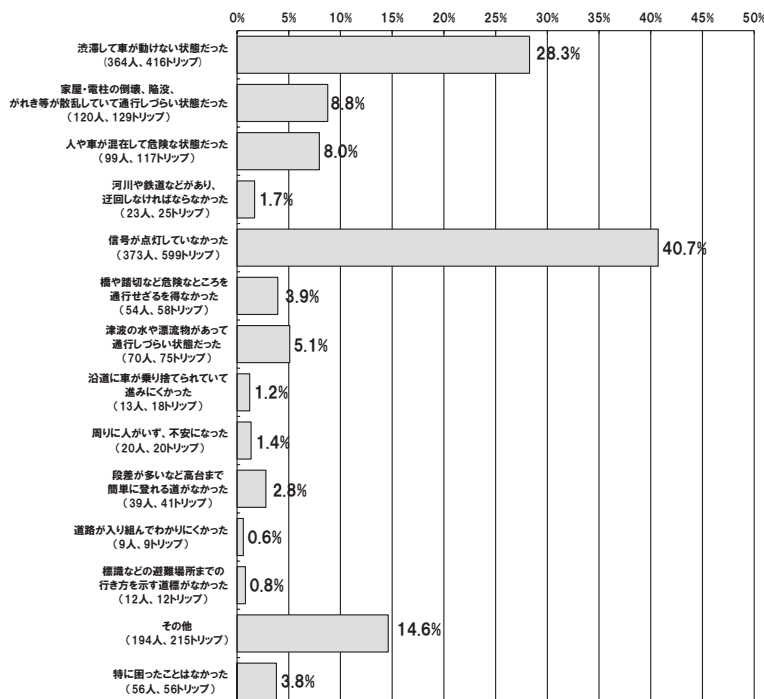


図19 避難路の問題点(地震発生から日没まで) (全体)  
(対象；983人、1,471トリップ) (複数回答あり)

#### 4) 被災市街地における復興パターンの分析

被災市街地における復興パターンの分析は、地方公共団体から国に対して求められる技術的助言等に迅速に対応できるよう、被災状況や都市の特性、地元の意向等に応じた被災市街地の復興パターンを検討することを目的としている。

この調査では、被災現況等の調査・分析の結果等を活用し、下記の項目について調査・検討を実施し、各被災自治体における最適な復興パターンを検討するとともに、復興を実現する手法の具体化、課題の整理等を行う。なお、調査内容については、下記に限らず、地元のニーズに応じて対応している。

○住民意向把握

○現地の状況に即した市街地復興構想案（多様なパターン）の検討

- ・基本方針
- ・全体構想、地区別構想
- ・事業構想

○各素案（パターン）に係るメリット、デメリットの整理、住民意向把握

○市街地復興を実現するための課題整理 等

これらの調査結果を市街地復興パターンに対応し

た復興手法等の検討に活用し、得られた成果を被災自治体に提供することにより、市街地復興方針や復興計画の検討、策定を推進し、復興計画に基づく復興事業の早期実現を支援している。

また、津波浸水シミュレーションを本調査の中で実施し、再度津波による浸水を想定することによって、ハード・ソフトによる総合的な津波対策を被災市町村における復興まちづくり計画の中に盛り込んでいけるよう支援している。

現在までに、本調査を活用して復興パターンの分析対象である43市町村のうち8割強の36市町村が、復興計画を策定済みである（平成24年1月31日現在）。

#### 5) 共通の政策課題への対応方策等の検討

被災現況等の調査・分析、被災市街地における復興パターンの分析は、各自治体における被災状況やまちづくりにおける課題を調査対象としているが、今般の災害は一の県を超えて広域的・多発的に発生し、その規模が甚大であり、復興に向けては行政範囲を超える広域性を持った対応が必要となる場合もある。本調査では、そのような被災地における共通の政策課題に対する方策等を調査、検討している。以下には、主な検討項目とその目的等を示す。

○緑地やオープンスペースの活用による津波被害の軽減方策等

被災した都市における復興計画の策定において、津波災害に強い復興まちづくりが進められており、「減災」の考え方に基つき、海岸部から内陸まで様々な施設やソフト対策も含めた多重的な防御が検討されている中、その一つとして、緑地やオープンスペースの活用による津波被害の軽減方策等を検討する。

これまでの検討結果を、復興まちづくりの参考として活用できるよう、10月6日に、「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備の基本的考え方（中間報告）」を公表した。中間報告では、今次の津波

災害における被災状況や公園緑地が果たした機能を踏まえ、被災自治体の復興計画づくりに活用できるよう、津波災害に備えた公園緑地の整備の基本的考え方についてはじめて提示した。また、被災地の復旧、復興を円滑に進めるため、再利用可能な災害廃棄物は可能な限り活用することが期待されていることから、地方公共団体が公園緑地の造成等へ災害廃棄物を活用できるよう、その基本的考え方を提示した。報告内容については、下記のURLからダウンロードできる。

URL： [http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10\\_hh\\_000079.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000079.html)

## ○対話型復興まちづくりに向けた合意形成支援ツールの構築

被災状況調査結果、市街地復興パターンの検討結果を活用し、住民や関係者等に対し復興まちづくり計画を3D画像を確認しながら、地元が主導するまちづくりのビジョンを共有し、合意形成を図るプレゼンテーションを可能にするツールを提供する。

本支援ツールでは、図20に示すような復興計画の検討段階に応じたプレゼンテーションのパッケージを提供する。例えば、被災現況調査結果の確認段階では、図21に示すような浸水深と被災状況の重ね図を関係者や市民に提示することにより、地区全体の被害状況を俯瞰的に捉え、共有することが可能となる。また、基本構想の策定段階では、合意形成に向けて将来都市構造を分かりやすく表現するため、図22に示すような土地利用ゾーニングの図を

関係者間で共有することにより、津波対策や交通体系等のインフラ整備を勘案しつつ、適正な土地利用を検討することが可能となる。

現在までに、被災状況や復興まちづくりの全体計画のイメージを共有するためのプレゼンテーションソフトの暫定版を構築し、石巻市、岩沼市、多賀城市、塩竈市、松島町、南三陸町等において具体的な利用について検討している。

今後、地形や景観に配慮した防災集団移転事業や区画整理事業等におけるまちなみを比較検討しながらイメージできる機能を順次追加し、利活用している自治体等のからのニーズに対応した改良を実施するとともに、平成24年3月を目処に最終版を配布する。



図21 3Dプレゼンテーションの事例（浸水深と被災状況の重ね図）



図22 3Dプレゼンテーションの事例（ゾーニング図）

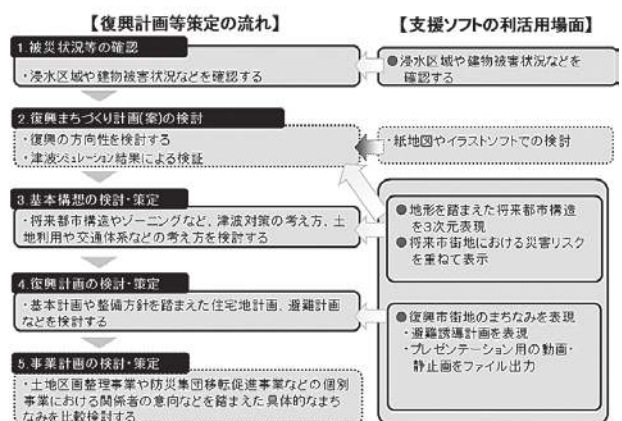


図20 復興計画等策定の流れと合意形成ツールの利活用場面



---

#### 4. おわりに

国土交通省では、津波により被災した市町村の復興を推進するため、津波被災市街地復興手法検討調査において、被災現況等の調査・分析、被災市街地の復興パターンの分析、及び共通の政策課題への対応策等を検討、調査し、これらの調査結果を迅速に被災市町村へ提供することにより、復興計画の策定支援を行っている。

また、本調査により明らかとなった被災市街地における復興まちづくりに係る課題を解決するために、平成23年度第3次補正において、防災集団移転促進事業や土地区画整理事業の制度拡充等を行うとともに、復興の拠点となる市街地を緊急に整備す

る事業に対して支援を行う津波復興拠点整備事業を創設し、被災市街地の復興の支援を行っていく。これらの市街地整備事業の運用については、平成24年1月16日にガイダンスを発出したところであり、下記のURLからダウンロードすることができる。

[http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi\\_urbanmainte\\_tk\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi_urbanmainte_tk_000003.html)

本調査については、東日本大震災からの復興は最優先課題であるが、今後、津波被害の発生が予想される他地域の市街地において、効果的な津波防災まちづくりを推進する観点からも、調査の充実が求められるところである。

# カーボンニュートラルエネルギーシステムの開発

筑波大学 システム情報系 構造エネルギー工学域 教授 石田 政義

## 1. はじめに

温暖化抑止や資源節約を基調としてエネルギー技術開発の流れが、大震災および原発事故以降、明らかに変化したことは誰もが認めるところであろう。頼りであった原子力に対する信頼が崩れたとともに、経済合理性の極みと言ってよい大規模集中方式の脆さを痛感したことに因る。世間では、メガソーラー導入、スマートグリッド（エネルギー）構築、節電等様々な活発な動きがあるものの、所詮は各々の利益誘導が主張されているに過ぎず統一感に欠ける面が否めない。概して表現すれば、エネルギーシステムとは“資源”、“輸送媒体”、“消費形態”のフローを如何に整備するかであり、一連での全体最適化を求めるものでなければならない。目的関数としては、環境負荷、コスト、利便性、安全、セキュリティなど、コンセンサスが得られるそれぞれのバランスが重要であった。ところが最近では、特に負の遺産とならない持続可能性の概念が意識されるようになった。筆者らはこの考え方を基に、できるだけ早期において実用可能性が高い理想的なエネルギー技術開発を進めている。本稿ではその活動概要を紹介し、明日のエネルギーを考える契機を投げかけたい。

## 2. 技術開発方向性の考え方

従前のエネルギー技術開発は、水力→火力→原子力の推移に見られるように、安価で大量に供給する方針であった。経済成長を支えるとの使命では奏功したが、反面、コストを払わずに環境を犠牲にした代償を享受したともとれる。とりわけ放射性物質による汚染は、際限のないコスト負担を突き付けたに止まらず、もはや元に戻すことは不可能であるとして間違いない。

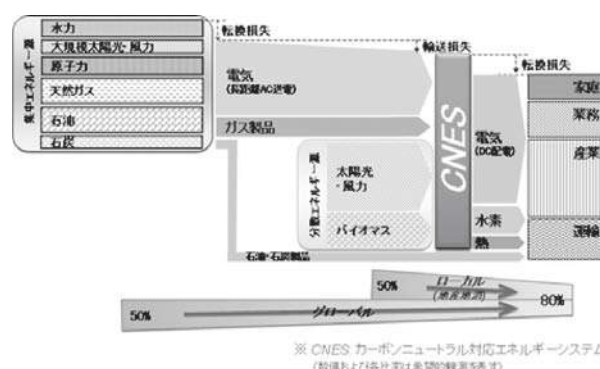


図1 地産地消・分散型電源を主とするエネルギーシステムの考え方

もっとも安心・安全なエネルギー源は太陽や地球を起源とする再生可能エネルギーであり、太陽光、風力、地熱を始めとして今後多くが導入されていくことは確実であろう。しかしながら、出力の不安定や低密度に加え既得権との妥協のために要する対策コストの大きさが大規模な普及を阻む壁として立ちはだかっている。また、文明生活の中でエネルギーや道具に頼らないと生きてゆけなくなってしまう生物としてのヒトの退化を考慮しなければならない。つまり、①需給ギャップを合理的に埋めること、②商用システムを含め各種電源が対等で出力可能なものは最大限利用すること、を基本に地産地消を主とする概念に立脚する。

前者に関しては“水素エネルギー”、後者に関しては“直流通系”を適用することが本システム開発の特徴である。もちろん地産分の再生可能エネルギーだけでは現在のエネルギー消費に量的に対応することはできないことから、既存の大規模集中方式のエネルギーも一部依存する。いわば“分散型電源一主”の構成とする図1に示す概念である。さらに需要側での省エネルギーや利用合理化を進めるにつれて、相当分を優先度の高い資源から削減していく、“負

荷調整一従”との組み合わせを目指すものである。

### 3. 未来型エネルギーシステム技術開発の概要

#### 3-1. プロジェクトの目的

筑波大学では、再生可能エネルギーの大規模社会導入を目的として、カーボンニュートラルエネルギーシステム（CNES、シーネスと略称）開発のプロジェクトを実施している。先述のとおり水素と直流のネットワークを基盤として、特に需給調整のための純水素燃料電池の活用および各種エネルギー貯蔵手段を駆使し、低（延いてはバイオマス燃料利用により無）炭素化に向けつつ無停電のような付加価値を高めようとするものである。すなわち環境性能や利便性を強化した上で、経済的に不利な点をできる限り埋め合わせることを目標としている（図2）。

#### 3-2. 水素エネルギーネットワーク

水素は未来型のエネルギー媒体として期待されているが、現状では高密度に安定かつ効率よく貯蔵する技術が必ずしも確立されているわけではない。このため、当面はオンサイトでのローカルな利用、資源として都市ガス等化石燃料からの転換を志向する。

炭化水素からの改質プロセスは熱化学反応であり、一定規模以上での集中方式とする方がスケールメリットにより自ずと高効率になる。体積密度が低いことでの輸送上の不利も近距離の範囲であれば支障はない。問題点は漏洩検知の安全対策であるが、水素は開放空間であればエネルギー密度が低い上に軽くてすぐに散逸してしまうため取り扱いはむしろ

容易である。一方、新たな付臭剤の開発も自動車関連を始め鋭意進められている。

改質反応でできる水素は不純物を含む低質のもののため純水素化が不可欠である。水素精製については、工業的にPSA（圧力スイング吸着）等が用いられ、新しい技術としてパラジウム膜分離が開発されている。ところがこれらは水素回収率があまり高くなく、起動停止を含め変動運転が容易ではないことから比較的小規模の処理量には向いていない。そこで本学は神戸製鋼所と共同で、CO吸着剤と水素吸蔵合金を利用した新規水素精製プロセスの開発（環境省地球温暖化対策技術開発事業、図3）を進めている。本プロセスは、精製と貯蔵機能を兼ねており需要量に応じた運転を得意とし、受動制御でロバスト性と運用柔軟性に優れると期待している。3Nm<sup>3</sup>/h処理量までのプロセスを実証して、水素回収率約90%、約800回のサイクル運転で性能劣化がないことを検証した。

水素が分配されれば、燃料電池を用いて電力・熱併給すなわちコージェネレーションが簡単に行える。現在市販されている家庭用燃料電池は小型の改質装置を内蔵していることから、低出力での効率が低下するだけでなく、負荷追従運転が困難で電力の需給調整を商用系統に依存している。逆潮流が認められない制約から、設備稼働率が抑制されるとともに停電時には単独で自立運転できない。一方、純水素燃料電池は本来の電気化学反応である受動的な出力が可能で、補機を除くセルスタック本体部だけではむしろ部分負荷での発電効率が高い。これら熱機

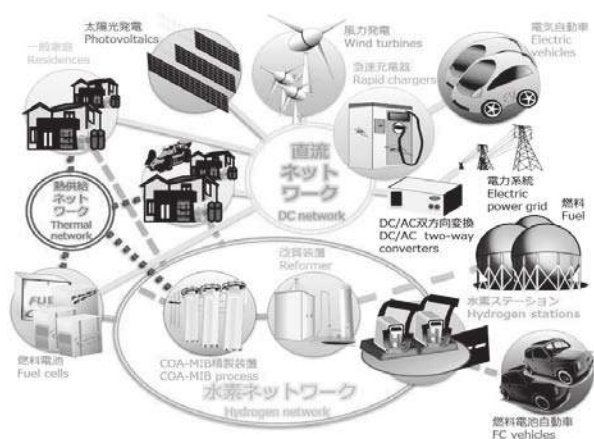


図2 筑波大学が目指すエネルギーシステム概念



図3 COA-MIB水素精製貯蔵プロセス試作機



関と本質的に異なる運転特性は、出力が予想できない不安定な再生可能エネルギーによる発電電力と需要の不一致を埋めるには最適と言える。加えて、小容量出力としても発電効率はそれほど低下しないことで、様々な発電デバイスとして分散可能な魅力もある。電気に対し熱の効率的輸送は比較的難しく、熱需要の分布に合わせて、コージェネレーション機器が任意に配置できることを意味する。

### 3-3. 直流連系ネットワーク

現状の分散型電源は概ね商用系統との交流連系で用いられている。太陽光、風力、燃料電池を含め、各種エンジン発電も一般に出力調整能力が限られていることに因る。自立運転は、コストをかければ、あるいは効率を考慮しなければ、ある程度の対応が可能であるが、概して細かい需給調整は既存電力系統に依存する方が好ましいということであろう。

しかし、その最大の難点は系統停止時に一緒に止まり、単独での発電ができないことにある。最近は防災対策の高まりから、非常用コンセントが設けられるようになってきたものの、容量が小さく制限され、接続切換えをわざわざ行なわなければならない。これらは分散型電源がいわゆる寄生的な立ち位置にあることが要因である。ただでさえ高コストになりがちな欠点を、環境性能に加え利便性を高めることで付加価値を産み出し、普及への後押しにつなげるべきであると考えている。

最も簡単な方法が直流のままでの連系である。太陽電池、燃料電池、蓄電池は言うまでもなく直流出力であり、負荷も大抵は内部で直流作動となっている。交流方式は元来長距離送電のために必要であったので、電源が負荷の近くにある状況では交流にしなければならない理由がない。直流連系における利点は、変換ロスを低減できる可能性があることよりも、各電源が対等に近くなることに大きな意義がある。簡単にまとめると、電圧の大小だけで出力や流れ方向をコントロールできるからである。つまり電圧基準を他電源（一般には商用系統）に依存しなくて良く、より独立性が向上する。デマンドサイドマネージメントと組み合わせれば、他電源喪失時にでも連続しての電力供給が実現される。

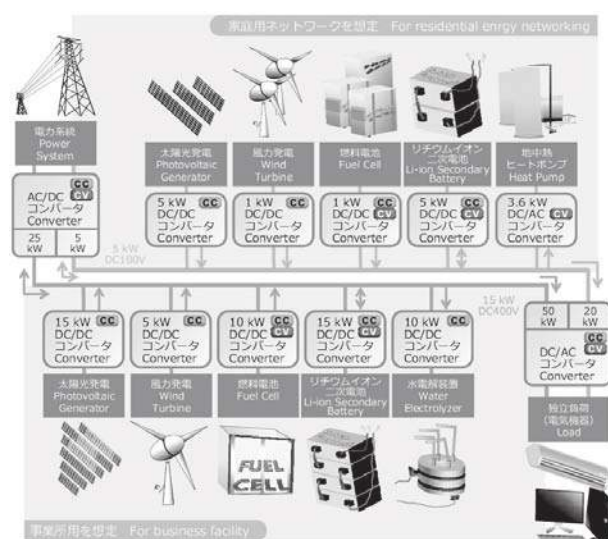


図4 CNES実験実証設備における直流連系構成

既存システムを根本から変えるように見えることで非現実的と捉える向きも多いだろう。全てを変更するという発想ではなく、適用可能なところから進めれば良いというのが筆者の考えだ。思い切ったことをしなければ大胆な改善は見込めず、その具体的かつ着実な実践が極めて重要である。とりわけ電力に関しては一定の範囲でのネットワーク化を志向することで集団効果が現れ、変動の平準化および機器容量や能力の合理化が期待される。

### 3-4. エネルギー貯蔵と需給調整

実際の燃料電池では理想的な負荷追従は単独では難しく、このギャップを埋めることと起動用の電源を確保する意味で、最小限のリチウムイオン電池を備えている。その他、長期的なエネルギー貯蔵として、入力可変水電解による水素製造と水素吸蔵合金による水素貯蔵、また、地中熱や排熱採集を併用したヒートポンプ式温冷熱貯蔵を行っている。これら多様なエネルギー貯蔵方式を組み合わせ、需給バランスと最終利用形態を考慮した運用方法を検討する。別プロジェクトで蓄電複合システム化技術開発事業（経済産業省、日揮からの再委託）として、電気自動車を適用したエネルギーマネージメントに関する研究開発も同時進行している。当該設備の全景を図5に示しておく。





図5 CNES実験実証設備の外観

## 4. 実用例と展望

### 4-1. つくば市「クリーンエネルギー展」

未来型エネルギーシステムの環境性能や利便性・快適性を市民に体験していただく目的で、つくば市「クリーンエネルギー展」(総務省緑の分権改革事業)にて、CNESプロジェクトの見える化のために直流モデルグリッド実証(平成23年1月5日～2月16日、図6)を行った。エネルギー利用の優先順位を、①再生可能エネルギー(太陽光)、②純水素燃料電池コージェネレーション、③商用電力システムとして、それぞれを最大限に利用しながら、活用できる供給能力の範囲内で運用可能とするものである。保持する水素燃料(ボンベ供給)および日射で、商用系統からの電力供給が途絶えても、連続してLED照明、セグウェイ等モビリティツール充電、温熱供給ができるようになっている。当面、緊急避難場所を始めとした特殊施設への適用を期待する。

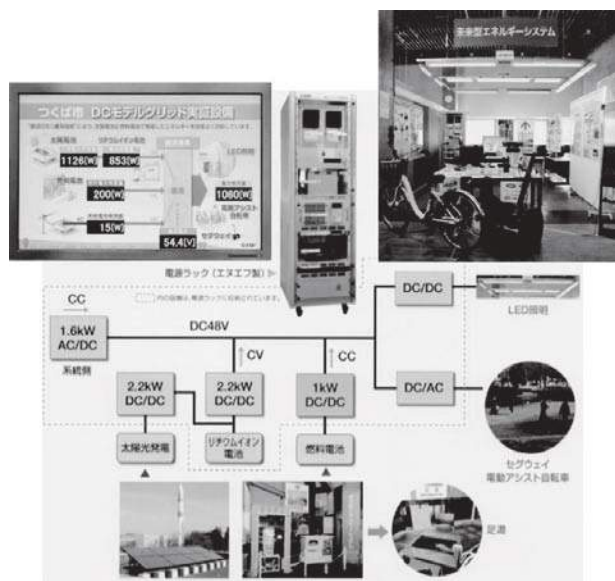


図6 つくば市「直流モデルグリッド」概要

### 4-2. 筑波大学一減災対応電源

東日本大震災時に停電と非常用発電電力供給の遅れで、学生や職員等の避難誘導が全くできなかった反省から、学内で最低限の初動対応電源設備整備の依頼を受けて減災対応電源設計を行った。これは単なる蓄電装置とは異なり、機器および制御の合理化によって、高効率かつメンテナンスコストの最小化を目論んでいる。とりわけ常用しつつ不具合を即座に認識し、いざという時に確実に作動するコンセプトである。入力には再生可能エネルギー(太陽光 and/or 風力)発電と商用系統で、ディープサイクル鉛蓄電池と照明設備を直流連系する。非常時に最も重要な明かりと情報伝達手段を確保することで、災害時の被害を可能な限り抑制することを狙いとし、学内配置(図7)を始め一般への普及を目指す。

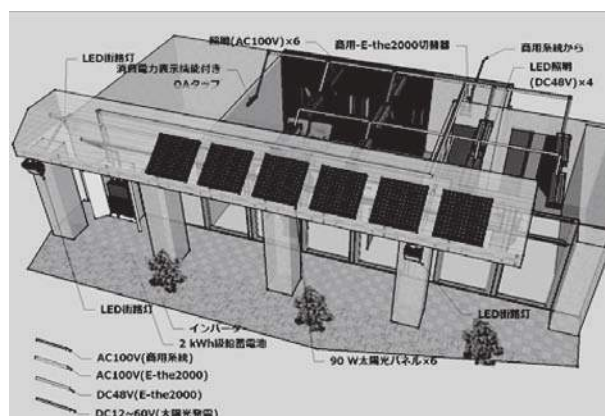


図7 減災対応電源設備の導入例

## 5. おわりに

再生可能エネルギーや水素エネルギーは期待されながらも、高コストであることや既存経済活動との絡みで実現にはなかなか高い壁が立ちはだかっている。しかしながら、環境、資源、さらには経済までも制約が実感されるようになった今、できることは何でもすべきではないかと考えている。環境やエネルギーは社会を支える基盤であり、一旦失ってしまうと決して取り返しがつかない。我々は人類の将来に対して重大な責務を負っていることを忘れてはならない。真に持続可能な環境エネルギー技術が獲得されることを心より願う。

# 「市民とともに育む環境首都・安城」をめざして

愛知県安城市都市整備部都市計画課 岡田 高行  
環境部環境首都推進課 籠瀬 博敬

## 1. はじめに

安城市は、明治用水の豊かな水に育まれ、かつて「日本デンマーク」と呼ばれた農業先進地として発展し、さらには恵まれた地理的条件により都市化・工業化が進み、中部経済圏の一翼を担う産業都市となっている。

21世紀に入り、環境問題への意識の高まりや、少子高齢化の急速な進行、地方分権の進展など、本市を取り巻く情勢は大きく変化している。こうした大変革の時代の中、時代の潮流を的確にとらえ、長期的な視点に立ったまちづくりの指針として、平成17年に「第7次安城市総合計画」を策定した。この計画では、めざす都市像を「市民とともに育む環境首都・安城」とし、豊かな自然やこれまで培ってきた歴史、文化など本市の環境資源を大切に、新しい発想と視点のもとにそれらを生かした個性あるまちづくりを市民と協働して進めていくこととしている。また、施策を進めるにあたり、戦略的かつ重点的に推進するため、3つの主要プロジェクトを中心に、すべての施策に環境の視点を取り入れ、自然環境のみならず暮らしを取り巻く人間環境についても、よりよいものを市民・事業者・市が力をあわせ築き上げることにより、環境首都となるよう施策を推進している。

## 2. 低炭素都市をめざして

### 先導的都市環境形成計画

安城市では、第7次安城市総合計画において「市民とともに育む環境首都・安城」を将来像として掲げ、「持続可能な暮らし」をテーマに長期的な視点でまちづくりの展開を図ることとしている。

都市計画マスタープランにおいても、低炭素社会の実現に向けては都市構造全体を見据えた総合的な取り組みが必要であるという認識から、『低炭素都市環境の形成推進』を方針の一つに掲げている。

都市活動に伴う温室効果ガス排出量が最大の課題となっている現在、これまでのような単体対策だけでなく、面的な対応を都市レベルで総合的に展開するため、都市構造形成方針及び都市環境対策方針を作成し、都市づくりの中で行う民生分野や交通分野等での低炭素化のシナリオとして「安城市先導的都市環境形成計画」を平成21年度に策定した。

この計画策定と同時期に「低炭素都市づくりガイドライン（素案）」が国土交通省都市・地域整備局から示されたため、低炭素都市づくりに関する基本的な考え方や対策効果の把握に必要となる方法論・数値情報などは、このガイドラインをベースにしている。







対策への欲求の喚起を促すことで、実際に行動を起こさせるよう体系的な支援として、長期的に民生家庭部門の温室効果ガス排出量を30%削減することを掲げ、“あんじょうダイエット30チャレンジ事業”を実施した。

具体的には、“見える化事業”（平成20～21年度）と“省エネ診断事業”（平成22年度～）を2本柱としてモデル事業を展開した。

#### （１）見える化事業（平成20～21年度）

##### ○取り組み

参加モニタ（267世帯）への省エネナビの設置を基本とし、日々のエネルギー使用の見える化、省エネ情報の提供、診断書の発行、省エネ実績等に応じたエコポイントの付与により、1年間、継続的な省エネにつながる取り組みを支援することとした。（事業期間：平成20年12月1日～平成21年11月30日）

具体的には、以下の事項を実施した。

- ①省エネナビの設置（電力総量と家電2品のモニタリングによる見える化とエネルギー使用実態の把握）
- ②種別エネルギー使用実態の把握（エネルギー会社の協力による検針データ情報の入手、モニタからLPG、灯油、ガソリン等の使用状況入手）
- ③コミュニケーションの実施（隔月アンケートの実施と、省エネに関するお勧め情報やアンケート結果の提供）
- ④事業取組状況や評価を直接確認するグループインタビューの実施（17名を対象に、事業に対する生の声を聴取）
- ⑤エネルギー使用実態「診断書」の報告（省エネナビ収集データ、アンケート回答等に基づく個別の診断書を2回作成）
- ⑥省エネ実績等を踏まえたエコポイントの付与（前年のCO<sub>2</sub>排出量との比較による削減量やアンケート等の協力度合いを点数化し、点数に応じて市内小売店の商品券を付与）

##### ○成果

##### ①CO<sub>2</sub>排出削減量

1年間の事業により、電気・都市ガスについてモニタ全体で約5%のCO<sub>2</sub>排出削減を達成した。光熱

費削減額で換算すると、世帯平均7,680円／年の節約に相当する。事業期間中の平均数値を見ると、電力が230kg-CO<sub>2</sub>／世帯・月（前年同月は、242kg-CO<sub>2</sub>／世帯・月）、ガスが71kg-CO<sub>2</sub>／世帯・月（前年同月は、75kg-CO<sub>2</sub>／世帯・月）となった。

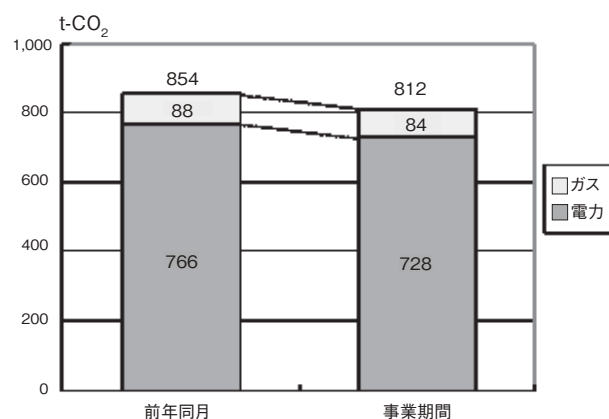


図 事業期間と前年のCO<sub>2</sub>排出量総量比較

##### ②CO<sub>2</sub>排出削減率の割合

各モニタのCO<sub>2</sub>排出削減率の分布を見てみると、20%以上削減が4%、10～20%削減が22%、5～10%削減が24%となっており、5%以上削減を達成したモニタが約半数存在した。

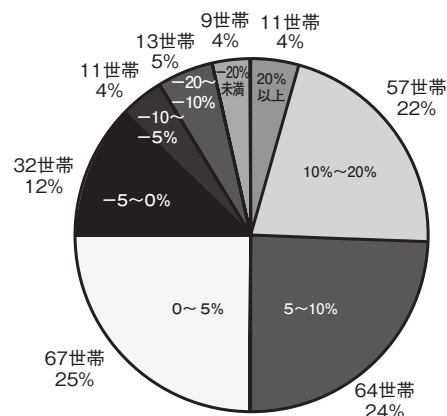


図 モニタのCO<sub>2</sub>排出削減率の割合

##### ③CO<sub>2</sub>排出削減率とモニタ属性との相関分析

分析の結果、環境に対する知識や意識の高さとCO<sub>2</sub>削減率の間に相関は見られず、また、事前の省エネ宣言に関する積極性や実行度に関する自己評価とCO<sub>2</sub>削減率との間の傾向も見られなかった。このことは、知識や掛け声だけの、従来の普及啓発施策では、効果が薄い可能性を示唆していると考えられ



る。また、省エネナビの目視頻度や事業への好感・参加度合が高いほどCO<sub>2</sub>削減率が高くなる傾向があることも分かり、いかに継続的に省エネナビを目視してもらうか、いかに事業参加意欲を高めるかが重要であるか認識することができた。

## (2) 省エネ診断事業（平成22年度～）

### ○取り組み

参加モニタ（101世帯）に対し、省エネ診断を実施した。初期投資が高くて元が取れることや世帯にとって行動しやすい具体的対策の提案などを行うことで、より効果の高い行動の選択や高効率機器への買換えを促すこととした。診断には、（財）地球環境戦略研究が開発した省エネ診断ソフト「うちエコ診断」を使用し、事前に記入していただく簡単な調査票の情報に基づいて、家庭の省エネ診断が実施でき、今まで気づいていなかったエネルギー使用実態や効果的な対策提案を行うことができた。診断員は、市職員や家庭の省エネに関して専門的な知識を持つ診断員が無料で行った。

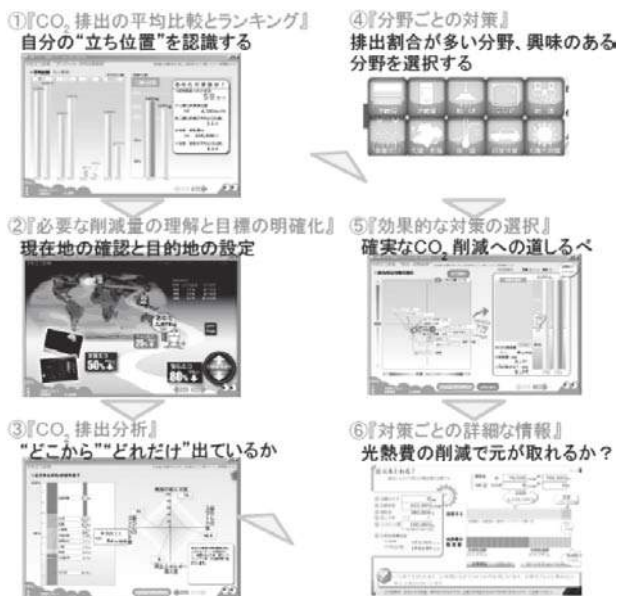


図 「うちエコ診断」ソフトの診断フロー

### ○成果

#### ①満足度の高い診断の提供

事前の診断に対する期待度は、56%が「期待していた」であったが、診断実施後の満足度については、「満足している」が80%を超え、事前の期待度を上回る満足度を生み出すことができた。また、受

診者の90%以上が「省エネに役立つ」と答えており、省エネ診断が行動促進のために有効なツールだと考える。

#### ②市民のエネルギー使用実態の把握

電力だけでなく、ガス、灯油、ガソリンも含めた家庭のエネルギー使用実態を把握することができた。受診世帯の平均CO<sub>2</sub>排出量は6,838kg-CO<sub>2</sub>/世帯・年で、全国の世帯平均の5,040kg-CO<sub>2</sub>/世帯・年（2008年度）となっており、全国平均よりもCO<sub>2</sub>を多く排出していることがわかった。

用途別で最も排出量が多いのは車の39%となり、次いで給湯が14%、暖房が12%であった。

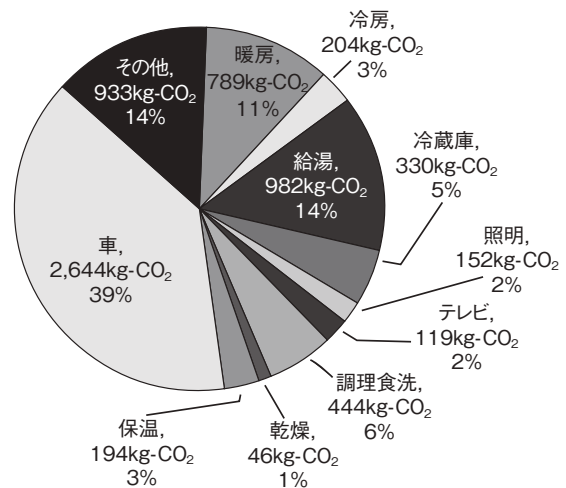


図 CO<sub>2</sub>排出内訳（世帯・年）

#### ③CO<sub>2</sub>排出削減量

受診した101世帯のうち、受診後のアンケートに回答頂いた61世帯の結果を分析すると、CO<sub>2</sub>削減効果は世帯あたり886kg/年となり、これは排出量の13.5%になる。これは、排出割合の高い自動車、給湯分野での対策が効果的であることから、診断の際にはそれらを重点的に提案した結果、受診者が「車ではなく徒歩や自転車・バスや鉄道を使

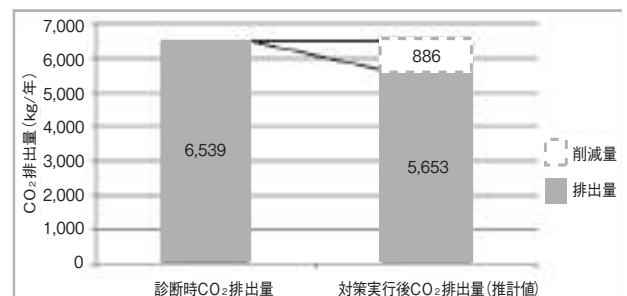


図 対策実行による年間CO<sub>2</sub>排出量の比較

う」「アイドリングストップなどエコドライブに心がける」「節水シャワーヘッドを取り付けて利用する」「シャワーを使う時間を1人1日1分短くする」などの対策をとったことによると考えられる。このように、この事業では当初の目的であった費用対効果の高い対策実施の意義を十分周知することができたと考えられる。

### 3 おわりに

「市民とともに育む環境首都・安城」の実現にむけ、今後の本市の環境施策として、ハード面においては、低炭素都市づくりを行うため、「先導的都市環境形成計画」の内容を、都市づくりの中で実践していく必要がある。この計画を、市街地整備等の具体的な都市づくりを検討の際の指針、誘導ツールとして、また、都市計画マスタープランを低炭素という観点から補完する計画として活用し、さらに、行政だけでなく市民や事業者の方々の理解と役割分担により取り組んでいきたい。

ソフト面においては、「あんじょうダイエット30チャレンジ事業」の省エネ診断事業を軸にして、啓発を行い、省エネ機器等の普及を推進していきたいと考えている。今回の事業から、市民にも様々な属性があることから、ターゲットの特徴に応じた効果的で適切なプログラムを提供していきながら、最終的には、市内全世帯に診断を受診していただくことが理想と考えている。しかし、今回のモニタ募集に

おいてもそうだったように、広報・ホームページ等からの一般的な募集では、なかなか参加いただけない状況がある。こうしたことから、いかにして多くの世帯に受診してもらうか、インセンティブなどの仕組みも含めて検討していく必要がある。

『自然との共生と環境にやさしい高度な技術との調和が進んでいる。一人ひとりが、ライフスタイルを見直し、それを支える基盤整備が進んでいる。この二つを支える経済や制度の整備も進んでいる。そして、根底にある人々の価値観の変化があり、すべてがつながっている社会…』

安城市環境基本計画では、「環境首都・安城」のイメージをこのように表現している。今後もこのイメージに近づくことができるよう環境施策を進めていきたいと考えている。



図 「環境首都・安城」のイメージ

## 田町駅東口北地区における スマートエネルギーネットワーク

東京ガス（株） 市ヶ谷 真紀子  
（株）エネルギーアドバンス 坂齊 雅史

### 1. はじめに

これまでの地域冷暖房はプラントの高効率化を積極に行い、省エネルギー・省CO<sub>2</sub>に寄与してきた。しかし、地域冷暖房は需要家の要求に応じて熱を供給してきたものの、需要家の負荷の削減には関与してこなかった。そのため、今後更なる省CO<sub>2</sub>を進めていくためには、地域冷暖房プラント単体、需要家建物単体で、省エネ・省CO<sub>2</sub>を考えていくのではなく、当該エリア全体として、エネルギー使用量の最小化を考えていく必要がある。

そこで、今後の都市の再開発では、地域冷暖房の進化した形として、熱だけではなく、電力や情報のネットワークを構築し、ネットワークに導入可能な再生可能エネルギー、未利用エネルギーを最大限活用するとともに、供給側が熱の供給だけでなく、需要家側の負荷状況を計測・把握し、必要に応じて制御する等、プラントと需要家建物が連携することにより、省CO<sub>2</sub>まちづくりを実現することができる。図-1にスマートエネルギーネットワーク概念図、図-2に従来型の地域冷暖房（DHC）とスマートエネルギーネットワーク化したDHCとの違いを示す。

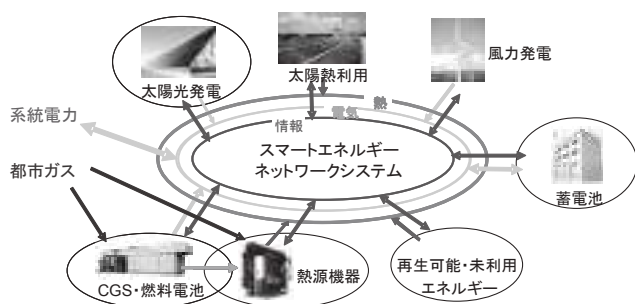


図-1 スマートエネルギーネットワーク概念図

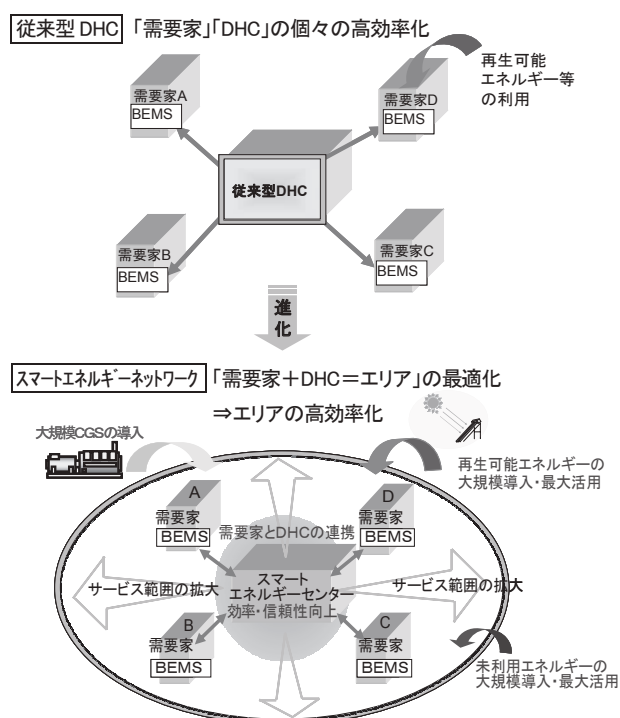


図-2 従来型DHCとスマートエネルギーネットワークの違い

さらに、今回の震災のような大規模な災害においても、地域冷暖房プラントが当該街区のBCP機能を担うことによって、災害にも強い街づくりを構築しやすくなるものとする。

### 2. 田町駅東口北地区におけるスマートエネルギーネットワークの概要

田町駅東口北地区におけるスマートエネルギーネットワークでは、ガスエンジンCGS、燃料電池CGS、高効率熱源機を中心とした熱、電力、情報のネットワークを構築し、このネットワークを活用する事で、出力の不安定な太陽熱等の再生可能エネルギー・未利用エネルギーを安定的かつ効率的に最

大限活用することができる。また、需要サイドと供給サイドをネットワークにより連携し、季節、天候、前日データ、イベントデータ、各機器の設定情報等を収集することにより空調機、熱源機などの運転を最適に制御し理想の運転に近づけることができる。

加えて災害時対応として、エリアにおけるスマートBCPの構築を図ることを計画している。スマートBCPとは、災害時、建物が最低限必要とするエネルギーについて、建物、スマートエネルギーセンターを含め、稼働できる機器、利用できるエネルギー源を判断し、負荷の優先順位に基づき、選択的・継続的に熱、電力等のエネルギーを提供し、防災拠点としての機能を高めることである。さらに、将来、隣接街区に整備予定のプラントと連携することにより、2プラント間で熱の面的融通・相互バックアップを行う予定である。このように、スマートBCPを構築することでエネルギーセキュリティの高い付加価値のある街づくりを目指す計画である。

なお、当該エリアは、JR田町駅東口の北側の区域で、港区が「田町駅東口北地区街づくりビジョン」に基づき、官と民の連携により環境と共生した複合市街地を形成予定のエリアで、図-3に示す公共公益施設、愛育病院、児童福祉施設が先行して整備される。

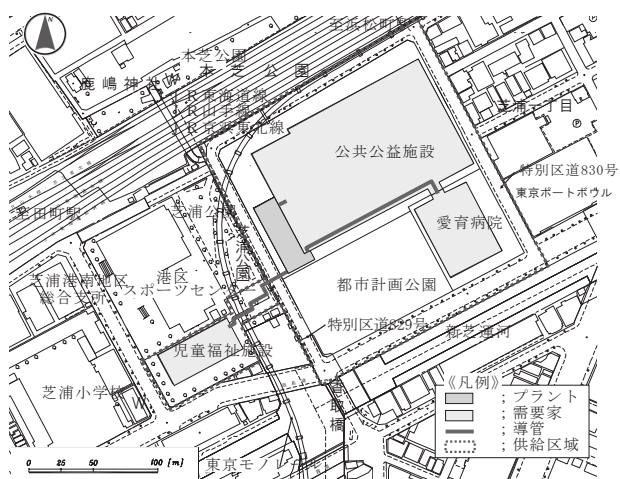


図-3 供給区域図（第1プラント）

### 3. スマートエネルギーネットワークの内容

#### 3.1. スマートエネルギーセンター

当該エリアのスマートエネルギーセンター（以降

SEC）では、エリアに賦存する太陽熱や地下トンネル水の熱利用を最大限引き、また需要家側の要求熱媒に合わせるため冷房負荷対応として7℃冷水、暖房負荷対応として47℃温水、給湯・加湿負荷として782kPa蒸気の6管式供給・熱源構成とした。

SECの機器構成として、高効率ガスエンジンCGSと燃料電池CGSを採用し、発生する廃熱は真空式太陽熱パネルの温熱と合わせ、蒸気吸収ジェネリンクで冷水製造を行う等、太陽熱を通年で有効活用する。またインバータターボ冷凍機等の電動系機器を採用するなどベストミックス熱源とし、エネルギー選択の多様性や安定供給、高効率化を実現する。図-4にシステムフローを示す。

熱源機器は、現時点で最高効率のトップランナー機器の採用を予定している。また、冷却水温度を下げ、ターボ冷凍機の高効率運転を実現するため、吸収系とターボ系の冷却水縦管および冷却塔を2系統に分離した。

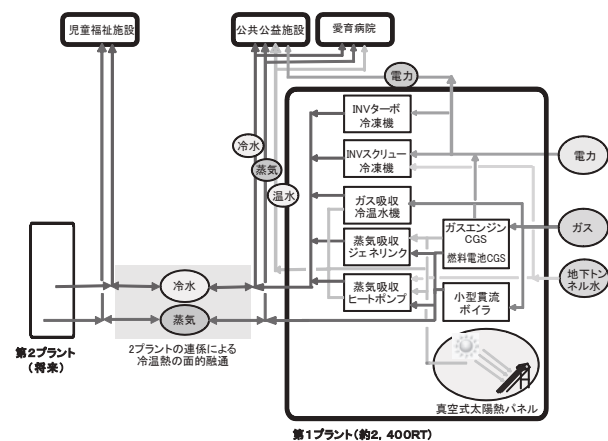


図-4 システムフロー図

### 3.2. 再生可能エネルギー・未利用エネルギーの有効活用

#### (1) 太陽熱利用（ソーラークーリングシステム）

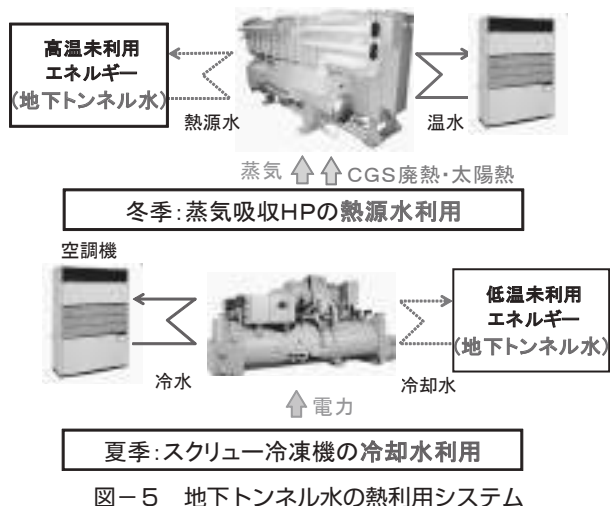
真空式の太陽熱集熱パネルにて88℃の高温水を回収する。この温熱を夏季は蒸気吸収ジェネリンクに投入し冷水利用し、蒸気の投入量を減らすことで省エネルギーを図る。また、冬季など温水負荷があるときは、暖房用温水として利用する。

#### (2) 地下トンネル水の熱利用

エリア近傍の地下トンネルから排出されている水は、年間を通し20℃前後と安定した温度レベルで



あり、水量が安定している。そこで冬季は蒸気吸収ヒートポンプの熱源水として、夏季はスクリーウ冷凍機の冷却水として利用するシステムを構築する。図-5に地下トンネル水の熱利用システムを示す。これにより、冬季は温水ボイラの効率0.8から蒸気吸収ヒートポンプの効率2.3に、夏季のスクリーウ冷凍機の効率は5.5から8.1に向上し熱製造効率が大幅に向上できる。



### (3) PV（太陽光発電設備）出力変動補完

公共公益施設には、再生可能エネルギーとして100kW級のPVの導入が計画されているが、PVは日射強度により出力変動が激しい。そこでPV出力変動を監視し、公共公益施設と一括受電のSEC内に設置されたガスエンジンCGSの出力を制御することで系統電力の平滑化を行う。

### 3.3. 需要家とスマートエネルギーセンターとの連携

図-6に需要家とSECとの連携システムを示す。

#### (1) 大温度差送水

一般的なDHCの冷水送水温度差7℃差に対して、当該エリアでは10℃差とすることで、搬送動力を30%減とする計画である。大温度差送水にあたっては計画段階より建物側と協議し、大温度差対応の空調機や二方弁の採用を検討し、実際に運用した場合に温度差が確保出来るシステムの構築を行った。

#### (2) 変温度送水

一般的なDHCの冷水送水温度7℃に対し、当該エリアでは負荷の少ない中間季や冬季、夜間の時間帯に負荷状況に応じて自動的に送水温度を最大2℃上げ9℃で送水し、熱源機器の効率を向上させる計画である。送水温度可変供給の検討に際しては、建物側の空調機において、中間季等に9℃送水で支障となる部分がないかの確認を行い、9℃送水でも対応可能な機器選定を依頼するなどの対策を図った。

#### (3) 実末端圧制御

当該エリアの建物側受入設備は間接受入とし、間接受入の熱交換器への熱媒の循環に係わるSECの搬送動力について極限まで低減するよう計画した。全ての需要家の受入設備熱交換器回りのデータを計測し、常時熱負荷から必要差圧を算出し、最も揚程が必要な（最遠端な）需要家を特定し、SECからの送水量及び揚程に見合った冷温水ポンプのインバータ制御を行う。

#### (4) ICTを活用した建物二次側情報収集と連携制御

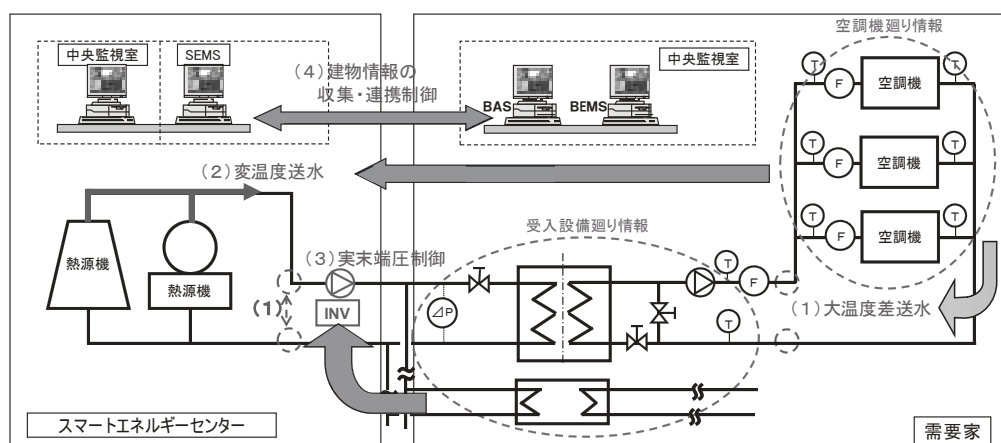


図-6 需要家とスマートエネルギーセンターとの連携

需要家の受入設備廻りと二次側空調機・FCU廻りの熱媒温度・流量情報・電力消費量等の情報を計測し、需要家建物側中央監視を介しSEC内のスマートエネルギーコントロールアンドマネジメントシステム（以下SEMS）にて収集・分析を行い、その分析結果を元にSEMSより不要な機器の停止や室内温度設定の変更などのリアルタイム制御を行うとともに、負荷予測や熱源運転の最適化を行う。また、蓄積データをもとに必要に応じ随時コミッションングを実施していくとともに無駄を抽出し、運用改善してエリア全体の高効率化を図る。

### 3.4. スマートBCP

当該エリアは、災害時の防災拠点となる公共公益施設や愛育病院など重要施設があるため、エリアとして、非常時のエネルギー最適分配をどう行いか、すなわちスマートBCPをどう構築していくか、建物側含めて検討している。熱については、SECより冷熱最大供給力の約1/3の冷熱を72時間以上供給可能となるように電源と補給水を確保した計画としている。また、SEC内のガス供給については内発協耐震評価認定ガス導管より都市ガスを供給するため、災害時においても燃料供給は継続される。

このように、条件付ではあるものの、災害時にも熱供給の実施が可能だが、更に、SEMSを利用することにより、予め決めた供給優先度をもとに、必要な個所に、条件が許すだけ長く熱を供給できるように制御することを目指している。

また、電力の供給についても、公共公益施設については、液体燃料で起動する非常用発電機の他、認定ガス導管より供給されたガスを使用するCGSにより電力を供給しているため、停電時等災害時においても、より長く電力供給を行える計画となっている。

さらに、災害時においてもSEMSを稼働し、使用状況を確認の上、重要度の低い電力負荷を切っていく等を行うことにより、非常用発電機起動後、限られた燃料の中で発電機の稼働時間を長くすることができる。

### 3.5. スマートエネルギーネットワーク運営体制

スマートエネルギーネットワークを構築し最大限の効果を得るには、竣工後の運用をどのように行っ

ていくかということが非常に重要なポイントとなる。今回は、計画段階からスマートエネルギー部会をSECと建物側が一体となって立ち上げ、エリア全体としてのCO<sub>2</sub>削減目標の設定、SEC・建物間連携マニュアルの整備、見える化の検討等実施している。この部会を運用後も継続して活用していくことにより、計画、設計の考え方を十分に考慮した運用を実現し、更に運用改善が可能と考える。

また、SECがSEMSデータを利用して、スマートエネルギー部会で合意した上で外部への公表を実施していく。図-7にスマートエネルギー部会の体制図を示す。

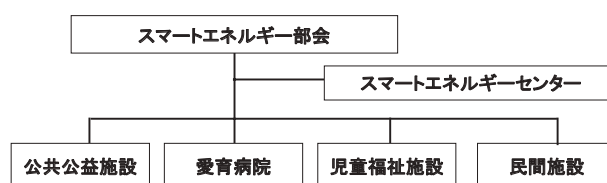


図-7 スマートエネルギー部会

## 4. 省エネ・省CO<sub>2</sub>試算

### 4.1. 試算条件

従来のDHCと今回のSECの機器構成及び定格効率条件を表-1に示す。従来のDHCは2000年頃に竣工したDHCを想定した。また、建物側熱負荷条件は変わらないものとし、冷水送水温度差は従来DHCで7℃差、SECで10℃差とした。なお、冷水送水温度は、従来DHCと同様、通年7℃固定として試算を行う。また、試算では第1プラントとその供給範囲のみで試算を行い、将来計画となる第2

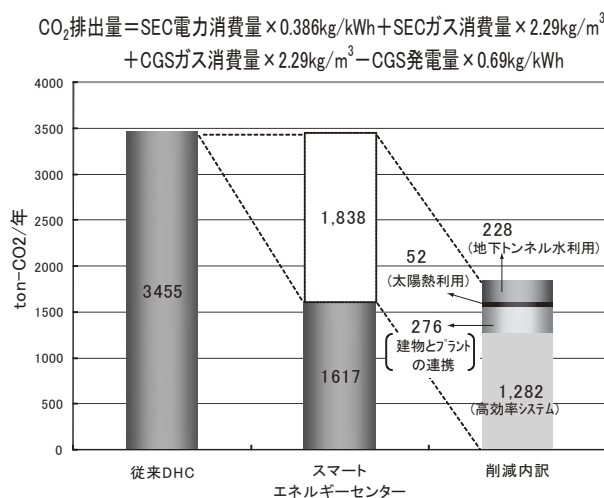
表1 省CO<sub>2</sub>試算条件（機器効率）

|                       | 名称         | 容量         |              | 台数 | 効率   |
|-----------------------|------------|------------|--------------|----|--|
|                       |            | 冷水<br>(RT) | 温水<br>(MJ/h) |    |  |
| スマート<br>エネルギー<br>センター | ガス吸収冷温水機   | 500        | 4,104        | 2  | COP <sub>c</sub> =1.5、COP <sub>H</sub> =0.97 |
|                       | 蒸気吸収ジェネリンク | 500        | 0            | 1  | COP <sub>c</sub> =1.5                        |
|                       | 蒸気吸収ヒートポンプ | 245        | 2,434        | 1  | COP <sub>c</sub> =1.5、COP <sub>H</sub> =2.3  |
|                       | INVターボ冷凍機  | 500        | 0            | 1  | COP <sub>c</sub> =6.8                        |
|                       | INVスクルー冷凍機 | 150        | 0            | 1  | COP <sub>c</sub> =5.5                        |
|                       | 小型貫流ボイラ    | 3.0 t/h    |              | 3  | ボイラ効率=96%                                    |
|                       | ガスエンジンCGS  | 370 kW     |              | 2  | 発電効率=40.5%                                   |
|                       | 燃料電池CGS    | 100 kW     |              | 1  | 発電効率=40%                                     |
| 従来<br>DHC             |            | 容量         |              | 台数 | 効率   |
|                       | 名称         | 冷水<br>(RT) | 温水<br>(MJ/h) |    |  |
|                       | 蒸気吸収冷凍機    | 800        | 0            | 2  | COP <sub>c</sub> =1.17                       |
|                       | 蒸気吸収冷凍機    | 400        | 0            | 2  | COP <sub>c</sub> =1.17                       |
|                       | 温水吸収冷凍機    | 70         | 0            | 1  | COP <sub>c</sub> =0.70                       |
|                       | 炉筒煙管ボイラ    | 4.0 t/h    |              | 3  | ボイラ効率=92%                                    |
|                       | ガスエンジンCGS  | 300 kW     |              | 2  | 発電効率=33.9%                                   |

プラントの試算及び連携効果は見込まない。

#### 4.2. CO<sub>2</sub>排出量

図－8にCO<sub>2</sub>排出量試算結果を示す。従来DHCの3,455ton-CO<sub>2</sub>/年に対し、SECは1,617ton-CO<sub>2</sub>/年となり53%のCO<sub>2</sub>排出量の削減となった。削減量の内訳を分析すると、太陽熱の効果は削減量の3%、地下トンネル水の熱源水・冷却水活用は12%、建物とSECとの連携効果が15%、熱源やCGSの効率化の効果が70%となった。なおCO<sub>2</sub>排出量算出式は下式とし、CGSについてはマージナル評価を行った。



図－8 CO<sub>2</sub>排出量試算結果

#### 5. まとめと展望

今後の都市の再開発では、「エリア全体」の省エネ・省CO<sub>2</sub>に加え、BCP機能の向上を図った街づくりを行っていく必要があり、そのためのツールとしてスマートエネルギーネットワークの構築が有効である。その構築にあたっては、建物所有者はもとより設計者を含めた関係者と地域冷暖房事業者が密に協議をし、地域に賦存する再生可能・未利用エネルギーの活用方法の検討、セキュリティを確保した上での建物とSECの一体運用やBCP機能の構築等の技術的検討を行い設計に反映させていく必要がある。また、未利用エネルギーの活用やネットワークの構築にあたっては、行政による協力・推進策の整備・率先導入が不可欠である。更に、エネルギー利用者の省エネ意識の向上を図るため、テナントを含めたエネルギー利用者にその利用状況の見せる化を行うとともに、省エネ行動に対するインセンティブを付与していくことも重要である。

田町駅東口北地区におけるスマートエネルギーネットワークは、平成24年度に着工予定の建物とともに構築していき、平成25年度中の竣工を目指す。竣工後は、スマートエネルギー部会を活用し、スマートエネルギーネットワークの運転実績を評価すると共に、SECが建物側と一体的に監視・制御を行い、見せる化を積極的に行った上で、その効果について、評価・分析し、効果を公表していく。

# 欧州各国で急速に普及する 超低炭素型地域熱供給

東京ガス株式会社 市川 徹

## はじめに

欧州各国では、低炭素社会実現のため、太陽光・風力などの再生可能エネルギーを利用した大規模な発電設備の導入を積極的に進めている。また一方で、太陽熱・バイオマスなどの再生可能エネルギーと清掃工場廃熱などの未利用エネルギーを、コージェネレーションやヒートポンプと巧みに組み合わせた極めて低炭素な地域熱供給の普及を急速に進めている。本稿では、そのうち欧州委員会（European Commission）のコンチェルト・イニシアティブ（Concerto Initiative）を中心とした中小都市における新たな取組みと、パリとコペンハーゲンにおける大都市の長期的な取組みについて、最新の状況を報告する。

## 1. 中小都市における取組み

コンチェルト・イニシアティブは、革新的技術を伴った地域エネルギーの高度利用プロジェクトを支援する、欧州委員会の建築・コミュニティ分野のプログラムである。現在、中小都市を中心に18ヶ国の45プロジェクトが採択され、最大35%の資金援助を得て建設が進められている。利用されている技術は、太陽光発電、水力発電、風力発電、太陽熱・地熱、ヒートポンプ、バイオマス、CHP（Combined Heat and Power、コージェネレーションの別称）、地域冷暖房と多岐にわたっているが、特筆されるのは援助の範囲の広さで、建設費のほか、完成後のモニタリング、社会経済的効果の評価、政策提案、知見・データの蓄積や広報なども支援の対象となっている。本稿では、オーストリア・ドイツ・オランダにおける事例と、スイスにおける独自の取組みを紹介する。

## 1-1 ザルツブルグの太陽熱利用コミュニティ

オーストリアは、脱原発のもとで再生可能エネルギーの導入を着々と進め、世界でもトップレベルのエネルギーの低炭素化を達成している。すでに、消費電力の60%を水力・バイオマスなどの再生可能エネルギーで発電するとともに、多くの都市に廃棄物・バイオマス・CHP廃熱などの低炭素熱源を活用した地域暖房を導入している。

同国第4の都市ザルツブルグ（Salzburg、人口15万人）における低炭素化は特に顕著で、供給電力のCO<sub>2</sub>排出量原単位は38.5g/kWh（同市に電力を供給している総合公益企業「ザルツブルグAG社」の平均値）、地域暖房が49.06g/kWhと極めて低い値を達成している（表1）。中でも電力の原単位が、UCTE（欧州最大の電力連系網）の化石燃料平均590g/kWhのわずか1/12に留まっているので、現地でその理由を尋ねたところ、「電力需要を低炭素エネルギーで発電できる範囲にできる限り抑えている」という明快な答えが返ってきた。

同市中心部の「Lehen地区再開発」が、低炭素化の優れた取組みとしてコンチェルトに採択されている（図1）。このプロジェクトは、敷地面積4.3haの公益事業跡地に、289戸の低所得者向け

表1 CO<sub>2</sub>排出量原単位（ザルツブルグ）

|                   | CO <sub>2</sub> 排出量原単位                |
|-------------------|---------------------------------------|
|                   | g CO <sub>2</sub> / kWh <sub>eq</sub> |
| 天然ガス              | 234                                   |
| 地域暖房              | 49.06                                 |
| ペレット(木質バイオマス)     | 10.6                                  |
| 電力(UCTE, 化石燃料)    | 590.04                                |
| 電力(ザルツブルグAG社, 平均) | 38.5                                  |
| バイオガス             | 43.2                                  |

(ザルツブルグAG社提供資料)





図1 ザルトツブルグLehen地区再開発

住宅と公共施設などを2013年までに建設する計画で、連邦政府、市・州政府、近隣自治体、ザルトツブルグAG社、住宅建設公団などのステークホルダーが一体となって、「ザルトツブルグ地域・住宅計画協会（SIR）」という横断的な組織を作り、多岐にわたる協力関係と合意のもとで、多方面に亘る低炭素化技術を取り入れた計画を実行している。すべての建物の屋根に太陽熱集熱器や太陽光発電パネルを設置し、貯湯タンクと組み合わせることにより日中に集熱した太陽熱を夜間にも利用するとともに、低炭素の広域地域暖房網に接続して、ピーク需要に対応している。また、貯湯タンクにはヒートポンプを組込んで、夏期に比べて少ない冬期の集熱量を増やすことにより（図2）、太陽熱による年間の供給率を35%（423kWh/m<sup>2</sup>）に高めている。一方、高気密・高断熱とパッシブソーラー手法を組み合わせることにより、新築建物の熱負荷を20kWh/m<sup>2</sup>・年以下とすることが、SIRにより建築条件として定められている。これにより、温水の行き／帰り温度を60℃／35℃まで下げることができ、低炭素システムの採用と合わせ、CO<sub>2</sub>排出量を化石燃料に比べ87%削減させる計画である。（図3）。

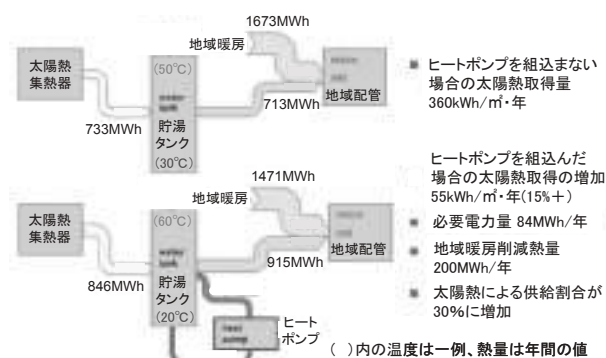


図2 ヒートポンプ組込みの効果

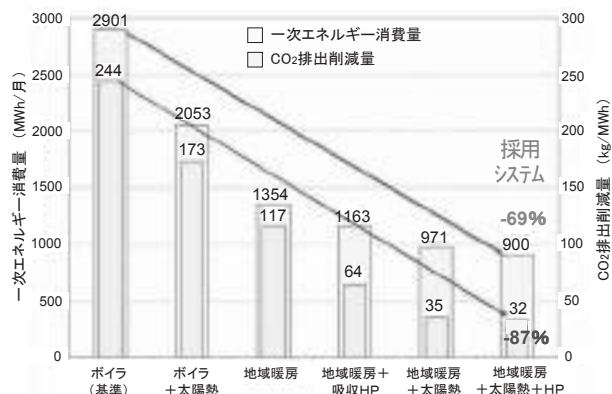


図3 各システムの環境性比較

## 1-2 ネッカーズルムの太陽熱・地熱・バイオマス利用コミュニティ

ドイツ南部ネッカーズルム（Neckarsulm、人口2.7万人）のAmorbash地区では、太陽熱と季節間地中蓄熱を組み合わせた地域暖房を導入し、2500世帯で年間を通じて太陽熱を有効活用している。集合住宅の屋上一面に設置された太陽熱集熱器（写真1）で春から秋に集熱された太陽熱の余剰分を、2m間隔、深さ25mの蓄熱孔700本（65,000m<sup>3</sup>）に蓄え、冬期に汲み出して暖房用に用いている。ここでもヒートポンプを組込んで、地中から取り出した温水を供給温度にまで加熱すると同時に、太陽熱集熱器への送水温度を下げ冬期の収熱量を増加させた（図4）結果、太陽熱による年



写真1 ドイツ・ネッカーズルムの太陽熱利用団地

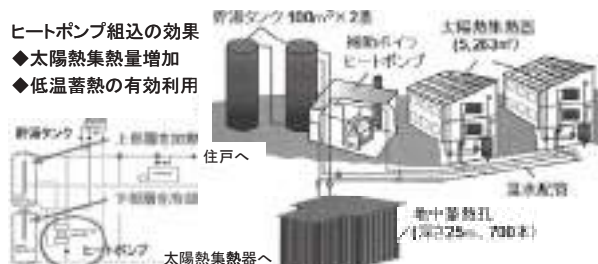


図4 太陽熱と地中蓄熱を組み合わせた暖房システム



写真2 ネッカーズルムのバイオマスCHPプラント

間の供給率は約50%に達している。

一方、ネッカーズルム中心部では、2004年にバイオマスCHP（写真2）による地域暖房を導入し、燃料に木材チップ、牧畜・農業残渣などのバイオマス、家畜の糞尿などから生成したバイオガスを併用して、最大限の低炭素化を達成している。ドイツでは、一次エネルギーに占めるバイオマスの割合を、長期的には発電の約10%、暖房用供給熱の約20%にまで高めることが可能と考えられている。

この地域暖房は、コンチェルトからの支援を受け、2007～2008年に供給エリアの拡張を行った。工場生産された温水の行き・還り管と断熱材を一体化した巨大なロール状の管材を未舗装の道路端などに直埋設することにより、配管費を1mあたり520ユーロ（約5万円）から710ユーロ（約7万円）と、極めて安価に抑えている（図5）。この管路延伸により、供給エリアを周辺の住宅団地とスポーツ施設に拡張した結果、木材チップの消費量が飛躍的に増え、より広い地域で低炭素な熱供給が行われるようになった（図6）。

### 1-3 ヘールレンの地熱利用地域冷暖房

オランダ東端のドイツとの国境の町ヘールレン



図5 供給エリアの拡大工事と配管コスト

（Heerlen、人口9万人）では、炭鉱の廃坑から汲み上げた地熱水を地域冷暖房に利用するプロジェクトがコンチェルトに採択され、建設が進められている。温水井・冷水井各2本から採取した25～35℃の温水と15～18℃の冷水を5ヶ所のエネルギーステーションに送り、冷暖房用の熱源として供給し、利用後の冷温水は還り管で混合し、中間井から地中に戻している（図7）。業務・商業施設では、冷温水をヒートポンプにより必要最低限加熱・冷却しているが、住宅へはそのまま供給している。このような低エクスセルギーシステムを採用するため、建物は断熱を強化して熱負荷を低減するとともに、居室の床と壁に冷温水コイルを埋め込んだ高性能の輻射冷暖房を行っている。補助熱源の使用を抑制した低温度温水による暖房は、冬期でも太陽熱の取り込みが容易であり、また高温度冷水による冷房は、曇天時で集熱温度が低くても温水駆動方式の

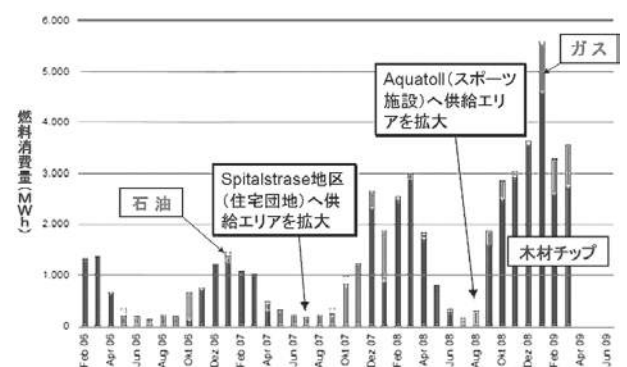


図6 供給エリア拡大によるバイオマス利用の増加



図7 オランダ・ヘールレンの炭鉱坑水配管



図8 冷水・温水・中間水のフロー

冷凍機を稼動できるため、将来の拡張時には太陽熱を取り込んで、低炭素化をさらに進める計画である(図8)。

地熱利用の事業化にあたっては、発電電分離と同じ考え方で熱の製造と供給を分離し、坑水の供給会社と熱の供給会社を別々に設立して、各々が経営の合理化を追求している。事業開始から間もないため、まだ計画量までの坑水利用ができていないとのことだが、ヘールレンは、面積が首都圏近郊の鎌倉市(神奈川)、狭山市(埼玉)と、人口密度が伊勢原市(神奈川)、久喜市(埼玉)、佐倉市(千葉)とほぼ同じであることから、地熱が豊富な日本の中小都市での導入の可能性を示唆しており、興味深い。

#### 1-4 バーゼルの清掃工場廃熱・バイオマス併用地域暖房

外部からの支援を受けない独自の低炭素化プロジェクトも着々と進行している。例えば、スイスのバーゼル(Basel、人口17万人)では、すでに100%の電力が再生可能エネルギーで供給されているが、配管延長200km、接続建物数4万棟というスイス最大の低炭素な地域暖房も整備されている。この地域暖房では、2007年に年間販売熱量929GWhのうち44%を清掃工場廃熱により供給したが、2008年にはこれに加えて、メインプラントであるバーゼル・シュタット州営清掃工場内にバイオマスCHP1基を増設し、新たに4,000kWの発電と20MWの熱供給を開始した(表2)。清掃工場内にバイオマスプラントを併設する理由は、既存

表2 スイス・バーゼルのバイオマスCHP

|                          |   |
|--------------------------|---|
| ■ バイオマス燃焼設備              |   |
| 発電量:                     | 33 MW                                     |
| 蒸気発生量:                   | 41 t/h (400 °C/90 bar、清掃工場廃熱設備)           |
| 発電量:                     | 4,000 kW (20 GWh/年)                       |
| 熱回収量:                    | 20 MW (100 GWh/年)                         |
| 年間運転時間:                  | 4,500 時間(5～8月は運転休止)                       |
| 平均総合効率:                  | 84%                                       |
| ■ 燃料                     |   |
| 年間消費量:                   | 190,000 m <sup>3</sup>                    |
| 構成:                      | 専用材(30%)、製材材(30%)、<br>製材材(10%)、製材所廃材(10%) |
| 納入元:                     | 152の自治体・森林組合など                            |
| ■ 二酸化炭素排出削減量:            |   |
| 2.8万トンCO <sub>2</sub> /年 |   |

専用材の建設工事

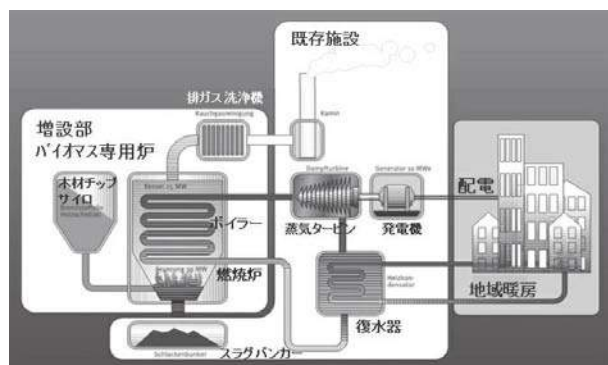


図9 バイオマス専用炉の増設部と既存施設併用部

設備を活用した低コスト化が可能なため、このプラントでも、煙突を含め、バイオマス専用炉以外は清掃工場の多くの設備を共用化している(図9)。

バイオマスCHPの燃料である専用材・間伐材・剪定材・製材所廃材は、近郊の140の森林所有者が出資して設立した「ラウリカ森林木材株式会社」が、10年の長期契約で安定的に供給している。一方、バイオマスプラントの建設と運営は、ラウリカ森林木材などが出資したバーゼル木質発電所株式会社がやっているが、建設に際しては、バーゼル・シュタット州政府から電気料金に課せられた補助金税のうち約11億円が拠出された。木質バイオマスにより供給される熱には、約5円/kWhのグリーン熱証書が発行され、その売上収入を地域の環境政策の推進に活用している。バイオマスCHPが導入された結果、バーゼルの地域暖房供給熱量のうち、清掃工場廃熱利用分に12%を加えた56%が非化石燃料化された。2010年には、スイス最大の都市チューリッヒでも同様のバイオマスプラントが運転を開始している。

ヨーロッパの中小都市では、財政力の弱い自治体に代わって民間企業や官民による第三セクターが熱供給事業を行うケースが多いが、企業にとっては、



一つの地域で成功すれば別の地域での受注にも結びつくことから、競争原理が働いて質の高いプロジェクトが数多く生まれている。効果的な支援と競争原理の導入により、中小都市においてもエネルギー供給の低炭素化を着実に進めている点は、日本も大いに参考にすべきである。

## 2. 大都市における取組み

欧州のいくつかの大都市では、100年以上前から清掃工場や火力発電所で発生する廃熱を地域熱供給の熱源として活用するとともに、広域供給網を整備して、低炭素熱源の利用地域を拡大してきた。最近では、こうしたネットワークに新たにバイオマス、地熱、河川水などの再生可能・未利用エネルギーを導入して、低炭素化をさらに進めている。本稿では、その中でも特に規模の大きいパリとコペンハーゲンにおける取組みを報告する。

### 2-1 パリの蒸気ネットワークと地域冷房

パリ（人口220万人）では、1880年代から清掃工場の廃熱を近隣の暖房用熱源として利用し

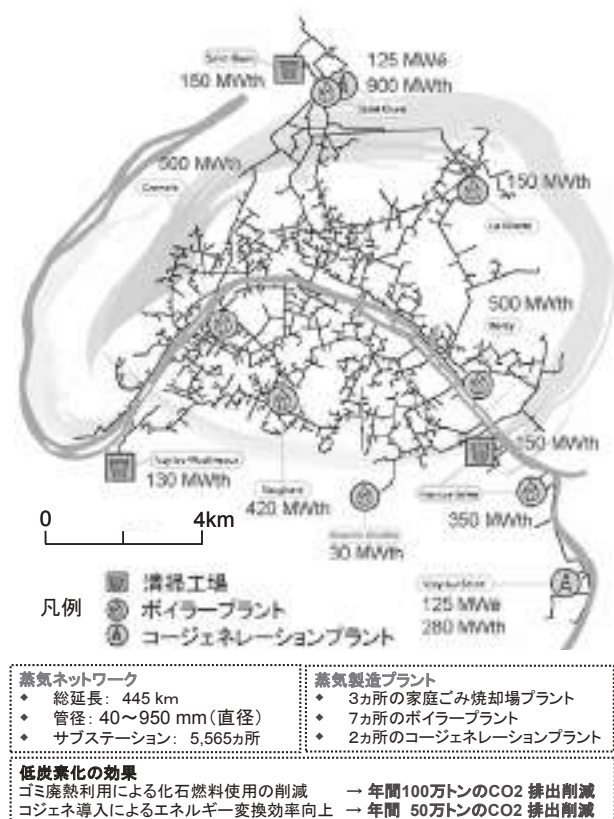


図10 パリの蒸気ネットワーク

てきたが、1900年のパリ万博に合わせて開通させた地下鉄に電力を供給したBercy中央発電所を1930年に熱供給用に改造し、延長1 kmの導管を接続して広域熱供給の歴史が始まった。その後、第一次石油ショック（1973年）をはさんだ最大の拡張期（1960～1990年）を経て、配管網整備が着々と進められ、現在では12プラント、総延長445kmにおよぶ巨大な蒸気供給ネットワークが完成している（図10）。

郊外に立地する3ヶ所の清掃工場からは、一年を通じてほぼ一定量の廃熱蒸気が供給され、暖房熱需要のない夏も、レストランでの調理、ホテルなどでのクリーニング、病院での消毒など幅広い用途に有効に利用されている。一方、秋から春の暖房期間に不足する蒸気は、CO<sub>2</sub>排出量と経済性により定められた運転の優先順位により、2ヶ所のCHPプラントと7ヶ所のボイラープラントから供給されている（図11）。配管は、現在でも初期と同じ簡便な直埋設方式を採用し、長年培ってきた技術を使い続けながら、コストダウンと供給の信頼性を確保している（写真3）。全蒸気量に占める清掃工場廃熱の割合は

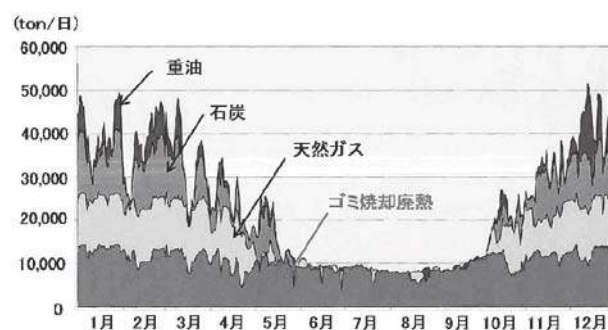


図11 蒸気の熱源別内訳（各月代表日時刻変動）

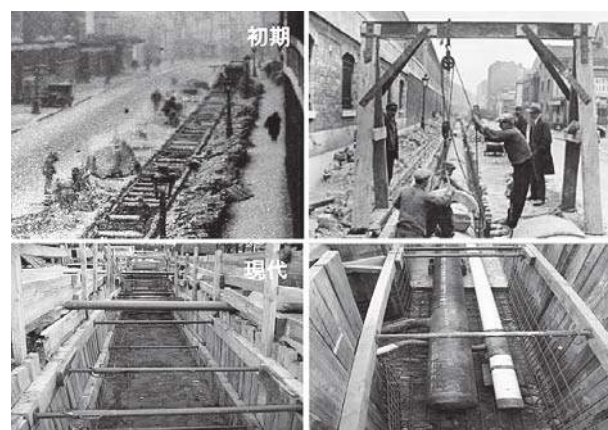


写真3 蒸気配管工事（直埋設）



45%に達し、CHPによる効率向上と合わせ、年間約150万トンものCO<sub>2</sub>排出を削減している。

かつてのパリは、夏も涼しく冷房をほとんど必要としなかったが、地球温暖化やヒートアイランドによる外気温の上昇や、OA機器の普及による建物内部発熱の増加により、近年は冷房が必要になりつつある。特に、最高気温39.5℃を記録した2003年の猛暑で、老人を中心に15,000人の死者を出してからは、市の中心部で地域冷房の導入を急速に進めている（図12）。パリの地域冷房は、セーヌ川の河川水を利用した超低炭素システムで、夏は大気より温度の低い河川水を熱源とすることで冷凍機の効率を向上させるとともに、その他の季節はできるだけ河川水のエネルギーだけで冷房する「フリークーリング」を導入している（図13）。暖房と冷房の熱需要が大きく異なる寒冷地や蒸暑地の都市では、パリのように地域暖房と地域冷房を別々に最適な規模で整備することも検討されるべきであろう。

## 2-2 コペンハーゲンの広域熱供給ネットワーク

デンマークの首都コペンハーゲン（人口52万人）では、20世紀初頭に清掃工場廃熱による地域暖房を導入して以来、CHP、工場廃熱、バイオマス、地熱などのさまざまな低炭素な地域熱源を取り入れ



図12 パリの地域冷房配管網

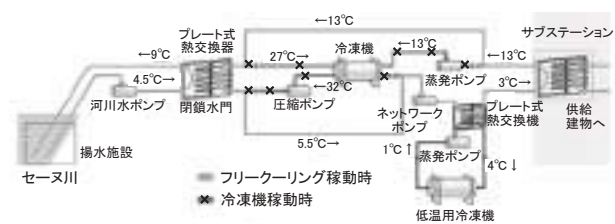


図13 セーヌ川を利用したフリークーリング

て、熱供給のネットワーク化を進めてきた。さらに近年は、広域熱供給網を「都市インフラのシステム・インテグレーター」として位置づけ、CHPによる風力・太陽光発電の出力変動調整機能を兼ねた「スマートエネルギーネットワーク」に進化させている（図14）。

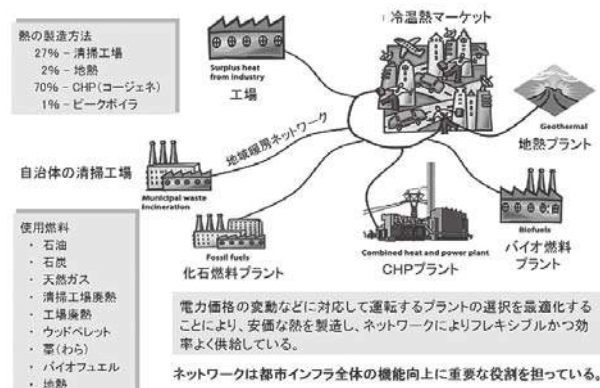


図14 デンマークにおける熱供給ネットワークの概念

同市と周辺の自治体では、熱供給に発電電分離と同じ考え方を取り入れ、①ベース負荷に対応した大規模プラントの整備・運営、②ピーク負荷に対応した小規模プラントの整備・運営と広域熱輸送、③地域内の熱供給、を担当する3つの公益企業群が役割を分担し、それぞれが最新の技術と知見を導入して供給熱の低炭素化と経営の合理化を進めている。例えば、世界最高水準の総合効率93%を誇るDONG Energy社のアヴェデョア（Avedøre）CHPプラントでは、化石燃料に加えウッドペレットや麦わらを燃料に利用して、供給する熱の低炭素を図り（図15）、CTR社は、運転の最適化により年間平均熱損失率1%以下で市内の熱輸送を行っ

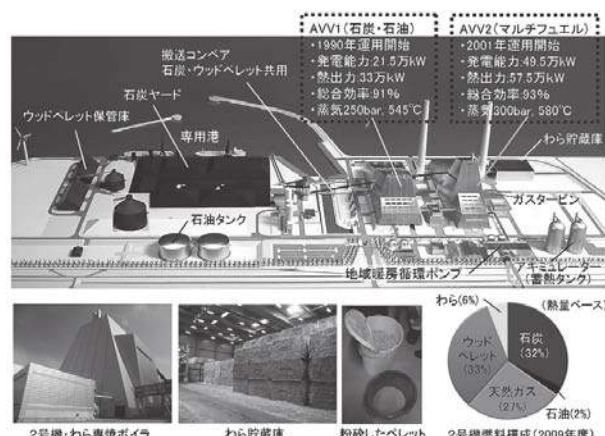


図15 アヴェデョア（Avedøre）CHPプラント



図16 コペンハーゲン広域の熱供給システム

ている(図16)。一方、同市広域圏の18自治体には、生活協同組合や地元自治体により透明性の高い熱供給会社が設立され、合理化された経営のもとで効率的な供給を行っている。例えば、1903年に市内で最初に熱供給を行った人口約10万人のフレデリクスベルグ(Frederiksberg)行政区(面積8.8km<sup>2</sup>で東京都中央区とほぼ同じ)では、BTO(Build Transfer and Operate)方式で設立されたFrederiksberg Forsyning社が、全暖房面積の97%に75~110℃の温水を年間723GWh供給している。その平均熱損失は6%、CO<sub>2</sub>排出原単位は103g/kWhというトップクラスの低炭素化を達成している。

### 3. まとめ

欧州各国の都市では、大小を問わず、国や国際組織の支援のもとで、自治体・供給者・消費者が一体となって、地産の再生可能エネルギーや未利用エネルギーを有効に活用して、熱供給の低炭素化を急速に進めている。気候が温暖で冷房が主体の日本の多くの都市で、欧州と全く同じシステムを採用することはできないとしても、建物の性能向上と適切な設備システムの導入を併せて行えば、熱源の選択肢が広がり、太陽熱や地熱など中低温の再生可能熱源を冷房にも広く活用できるものと考えられる。

いずれにしても、低炭素技術の組み合わせ方、経営母体の設立や経営手法、自治体と民間企業の連携などについて、欧州の都市に学ぶべき点は多い。わが国でも、エネルギー改革の流れにこうした技術や知見を取り入れ、地域熱供給の低炭素化を進めることが望まれる。

### 謝辞

本稿は、社団法人都市環境エネルギー協会およびIEA・ANNEX51日本委員会(事務局:財団法人建築環境・省エネルギー機構)による欧州調査をまとめたものである。貴重な資料を提供いただいた横浜国立大学の佐土原聡教授とスイス在住の環境ジャーナリスト滝川薫氏に謝意を表する。

# 東北工業大学工学部建築学科 都市環境学／渡辺浩文研究室



東北工業大学工学部建築学科 教授 渡辺 浩文

### ■はじめに

1995年に活動拠点を仙台に定めて以来、筆者はここをフィールドに実証的に研究を推進している。

文字通り身一つで赴任した東北科学技術短期大学（当時。現：東北文化学園大学科学技術学部）では、パソコン購入や出張旅費を確保するための予算獲得からはじめ、既存資料や人工衛星データ解析による仙台の特性把握に努めた。当時は短大ということもあり、大規模に研究を展開することには困難があったが、須藤諭先生、三浦秀一先生とともに東北地方の建物エネルギー調査を実施したり、森山正和先生にお声掛け賜り都市計画のための気候解析研究を開始したり、片山忠久先生のプロジェクトに参画させていただき仙台で気温観測を始めたりと、現在でも継続する研究の基礎となった。また現在とは異なり思考実験の時間にも恵まれ、今後の都市環境計画の実質的展開を図る上で必要になると思われる都市環境管理システム概念を整理した（図1）。

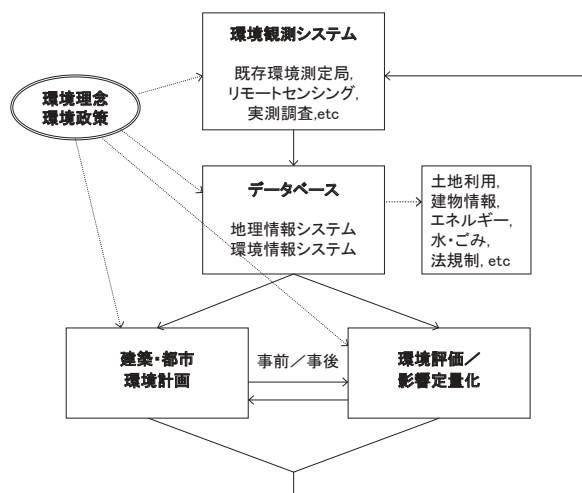


図1 都市環境管理システム概念図<sup>1)</sup>

1998年10月に現所属に移り、以下に紹介する主要研究テーマを徐々に掘りつつ現在に至っている。

### ■気候風土に配慮した都市の環境計画

筆者は東京首都圏の熱汚染について博士学位論文にまとめたので、仙台にて夏季都市気候の現状理解に努めようと、開始した研究課題である。当初10か所で開始した気温測定は、都市暑熱環境の社会問題化を背景とした予算獲得と、当時大学院生・十二村佳樹君（現：岐阜大学助教）の奮闘により、最大42か所の測定点で仙台の都市域を網羅する長期測定に発展した。

この測定により、仙台でもヒートアイランド現象が顕在化・常態化していること、沿岸地域では冷涼な海風の影響が強いこと、仙台でも最高気温38℃を示す地域が存在すること、稀にはあるが非海風日に仙台中心部で極めて高温な状況が発生すること等々を明らかにすることができた（図2）<sup>2, 3)</sup>。そして仙台の広域気温測定結果から、人工排熱分布や

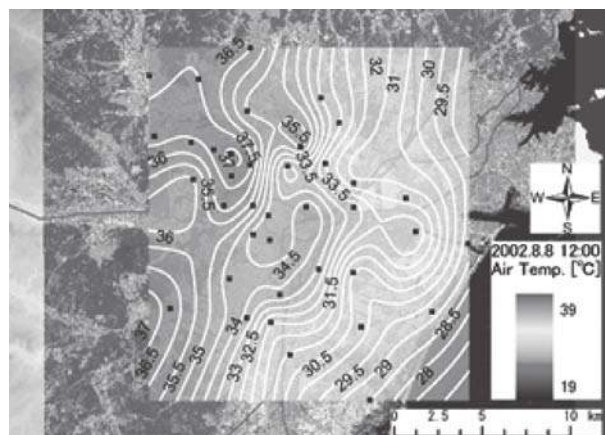


図2 仙台の気温分布2002.08.08、12:00<sup>2)</sup>



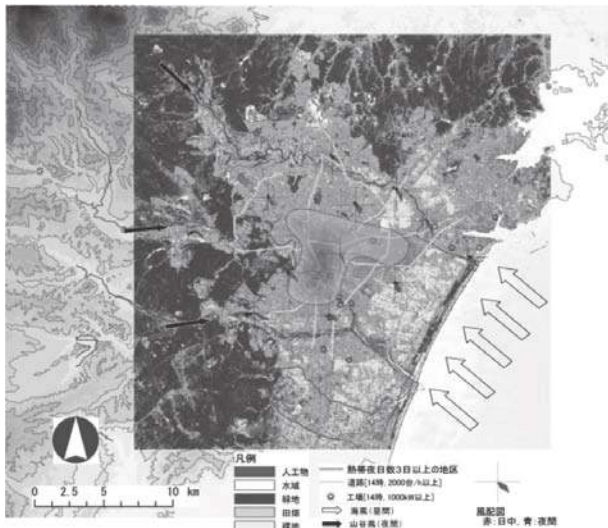


図3 仙台のクリマアトラス気候解析図<sup>4)</sup>

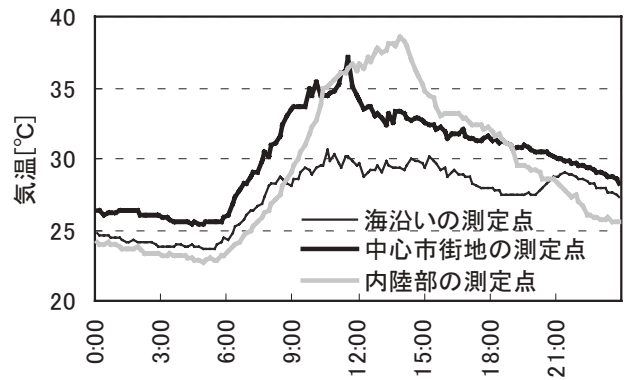
風向を加味した仙台のクリマアトラス（都市環境気候図・気候解析図）を作成した（図3）<sup>4)</sup>。

一方、仙台という一つの都市において、5～8℃もの気温差が頻繁に発生していることを鑑みると（図4）、都市内の気候特性に配慮した都市・建築の環境計画・気候配慮のマイクロゾーニングが必要であるとの確信に至った。一口に「風通しの良い住まいづくり」といっても、冷涼な風は吹かず熱風が吹くような地域で、風通しを盲目的に是とすることは無意味であろう。

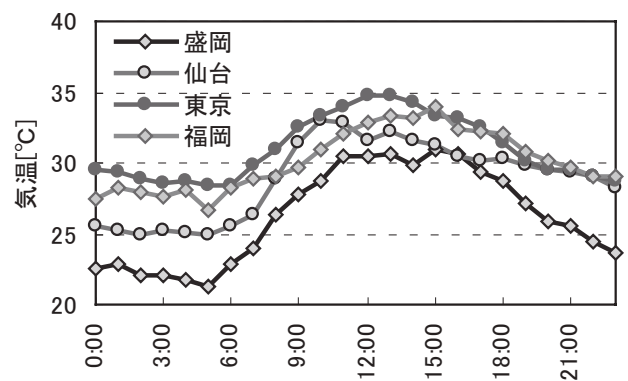
本研究課題は、日本建築学会都市環境気候図標準化小委員会（主査：清田誠良先生）での活動<sup>6)</sup>としても継続しているが、予てより持田灯先生との共同研究として遂行され、最近では河川空間の温熱・空気環境測定を実施した。その他、既存斜面住宅地での測定や気温変動の安定度評価にも取り組んでいる。

## ■都市・建築のエネルギー/省エネルギー研究

以前は、土地利用情報等から建物用途別延床面積をメッシュ別に推計したり<sup>7)</sup>、仙台では中心市街地約6km<sup>2</sup>内の全建物を階別に建物用途を調査し、データベース化したりしていたが、昨今では空間情報整備とコンピュータ処理能力の向上から、仙台市建物全棟のGISデータをそのまま用いたエネルギー消費量や人工排熱の分布把握（図5）や、再生可能エネルギー導入の適地検討等に利活用している<sup>4,8)</sup>。



a) 都市内各所の外気温変化 2002.08.08  
（仙台での測定例）



b) 各地の外気温変化 2002.08.08  
（気象庁資料より作成）

図4 夏季同一日の全国各地および 仙台市内各所の外気温変化<sup>5)</sup>

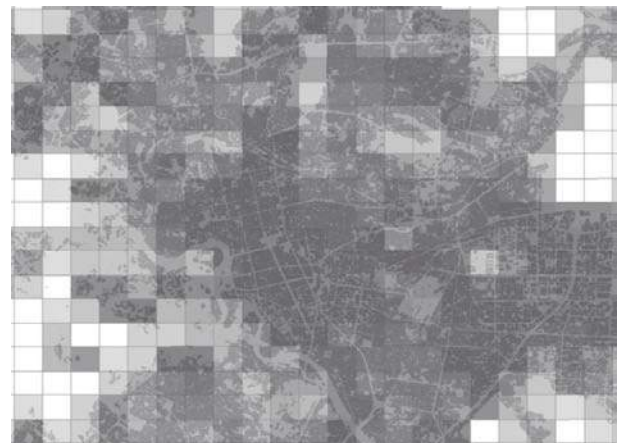


図5 建物からの人工排熱算定例

一方、東北地方の建物のエネルギー消費実態が調査されていなかったため、前述のように須藤先生、三浦先生とともに大規模な建物調査を実施した<sup>9,10)</sup>。いわゆる原単位調査である。調査結果を原単位表として纏めるのみならず、調査協力いただいた建物管理者へのお礼（フィードバック）として、その建物用途の平均値に対してその建物のエネルギー消費原単





図6 東北地方版建物のエネルギー消費 診断ガイド  
(パンフレット表紙)

位の多寡を診断し、作成した診断ガイド（図6）とともに差し上げることも実施した。

2007年度からは、非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会の活動（DECC Project）に参加し、10年振りの建物調査を実施している。東北SWGメンバーとして東北地方の建物を担当するとともに、全国の文化施設の集計や、BEMS導入建物のデータベース構築にかかわっている。

## ■ライフラインの地震防災

仙台市をはじめ宮城県は、予てより大地震の発生が懸念されていた地域であった。2003年には7月そして9月と比較的大きな地震が連発し、建物の構造被害は少なかったものの、設備等の非構造部材の損壊による被害が顕著に発生した。これを受け、2004年に宮城県既存建築物耐震改修促進協議会（現：宮城県建築物等地震対策推進協議会）傘下に設備等地震被害防止SWGが設置され、筆者が主査と仰せつかった。空気調和・衛生工学会東北支部および建築設備技術者協会東北支部の協力を得、人命確保と機能維持の視点から、特定建築物の定期報告の機会に併せて設備等の非構造部材の耐震点検を促す枠組みと、簡易点検票の作成を行った<sup>11)</sup>。講習

会等も開催しいよいよ本運用というところで、担当者が替わったためか陽の目を見ないまま東日本大震災を迎えてしまった。痛恨の極みである。沿岸部や斜面造成地以外でも、軟弱地盤地を主とした建物被害と設備被害は甚大であった。

さてこの頃、様々な既存資料を精査していて気になったのが大震災時のライフライン途絶である。建築設備の耐震性能を向上させても、上流側のライフラインが途絶してしまえば、たとえ建築設備が無傷であっても肝心の時に機能しないことになってしまう。ライフライン途絶の問題は、1978年の宮城県沖地震をさらに遡る1964年の新潟地震で指摘されていたにも関わらず、その後も1983年の日本海中部地震、1995年の阪神・淡路大震災と性懲りもなく繰り返されており、素朴に「なぜ？」と思われずにはいられなかった。これにはいくつかの根本的問題があるが、研究室では水供給を対象に、大震災時の必要水量と備蓄水量の地理的マッチング（図7）<sup>12)</sup> や、損壊しやすい水道配水管の条件を整理した上で、建築側での備えはどのようにあるべきかについて、各種空間データを作りこみ、いわばピンポイントで検討可能となるような方策について検討を進めてきた（図8）<sup>13)</sup>。この研究も、東日本大震災には間に合わなかった。

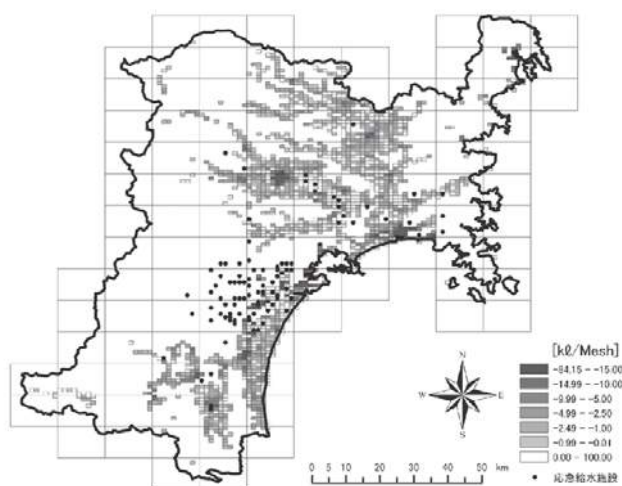


図7 大規模震災時の飲料水不足量の分布<sup>12)</sup>

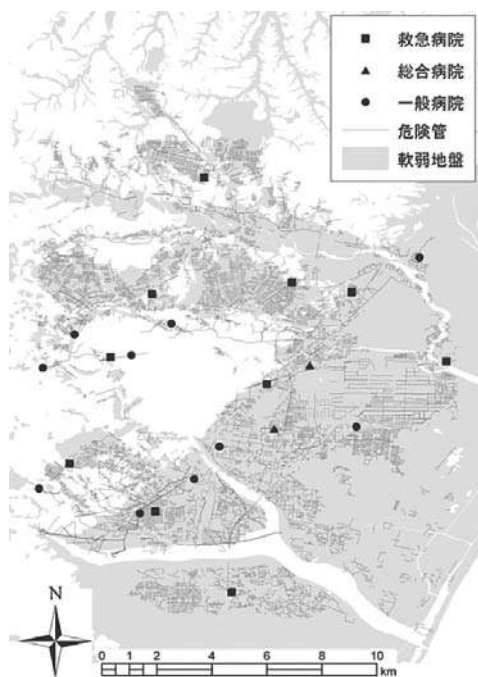


図8 大規模震災時に給水途絶の恐れのある施設<sup>13)</sup>

## ■雑感（まとめにかえて）

東日本大震災に遭遇して以来、教育・研究・社会貢献の全てに対して自問自答を強いられ続けている。

地元仙台市の震災復興検討会議の委員を委嘱され、やや遅れていると認識していた都市環境・エネルギー施策についていくつか申し述べたが、唯一の建築系委員として、議論の主要は防災集団移転の前提となる災害危険区域はじめとする各種規制となった。

再生可能エネルギー積極的導入の議論も実に悩ましい。「原子力発電に替わるエネルギー源」として再生可能エネルギーに大きく舵を切ることの必要性は無論理解できる。しかしながら東北（特に福島県）は、水力、原子力と、首都圏を支え続けた上で今般の災禍に遭った。三度、東北に大規模電源を立地させる倫理的根拠はどこにあるのだろうか。さらに言えば、甚大な津波被災地の多くは小規模な町と集落である。少子高齢化と人口減少に直面しながらも豊かな海の恵みを生業にする方々によって営まれてきた地域である。チリ地震津波からも昭和三陸津波からも逞しく蘇った地域である。そのような地域に相応しいエネルギー・インフラとはどのようなものなのか。漁港施設と水産加工場そして居住地を緩

やかに結び、慎ましくも地域の生活に寄り添ったものになるのではなかろうか。

悩みは尽きないが、救いは学生たちの「目」であろうか。2011年5月より開始された被災後の最初の「都市環境」の講義にて、学生たちの視線を痛いほど感じた。本学在籍生の98%は東北出身で、200名以上が学費減免対象の甚大被災者であり、近縁・遠縁含め震災に無縁の者は少ない。その学生達が「これからの都市・地域を如何に再興するのか」と、率直に疑問を投げかけてきたと感じた。簡単には応えられなかった。考えるヒントを教授できたかどうか。

仙台に拠点をおく人間として、自問自答はしばらく続きそうだ。

## 参考文献

- 1) 渡辺浩文、須藤諭：都市環境管理システムの概念とその運用主体、日本建築学会大会（九州）学術講演梗概集、pp849-850、1998.09
- 2) 十二村佳樹、渡辺浩文：夏季の広域都市気温分布実態と風が緑被率と気温との関係に及ぼす影響に関する研究－東北地方沿岸都市・仙台における長期多点測定結果に基づく分析－、日本建築学会論文集環境系、第612号、pp83-88、2007.02
- 3) 十二村佳樹、渡辺浩文：海風の夏季都市気温緩和効果に関する研究－気温の長期多点同時測定と観測風データに基づく分析－、日本建築学会環境系論文集、第623号、pp93-100、2008.01
- 4) Hironori Watanabe and Yoshiki Jyunimura：Applications of GIS for Climate Analysis and City Planning, Proceedings of the 5th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, pp569-572, 2004. 06
- 5) 日本建築学会編：ヒートアイランドと建築・都市・対策のビジョンと課題、日本建築学会、2007
- 6) 日本建築学会編：都市環境のクリマアトラス、ぎょうせい、2003
- 7) 依田浩敏、渡辺浩文、尾島俊雄：数値情報利用による用途別建物延床面積分布図の作成法に関する

- 
- る研究、地理情報システム学会研究発表大会、pp54-55、1992.10
- 8) 渡辺浩文、川村広則、須藤諭：GIS建物データベース構築による分散型エネルギーシステム導入適地の検討に関する研究、空気調和・衛生工学会平成14年度学術講演会講演論文集、pp613-616、2002.09
- 9) 渡辺浩文、三浦秀一、須藤諭：東北地方における学校建築のエネルギー消費に関する実態調査研究、日本建築学会論文集環境系、第597号、pp57-63、2005.11
- 10) 東北都市環境研究グループ：東北地方における業務用建築のエネルギー消費実態調査<第2版>、2000.01
- 11) 渡辺浩文ほか：建築設備の耐震点検促進に関する実践的研究（第1報～第5報）、空気調和・衛生工学会平成19年度学術講演会講演論文集、pp1087-2006、2007.09
- 12) 渡辺浩文：大規模震災直後における飲料水の需給分布に関する基礎的研究－宮城県を対象としたメッシュ解析－、日本建築学会環境系論文集、第635号、pp83-88、2009.01
- 13) 渡辺浩文：大規模地震時の上水道被害が及ぼす災害拠点施設への影響に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp859-860、2011.08

# 大成建設株式会社 技術センター

大成建設株式会社 技術センター建築技術研究所 田端 淳  
設計本部設備グループ 三宅 伸幸

## 1. はじめに

大成建設(株)技術センター(図1-1)は2007年に次世代の研究施設の実証モデルとして研究本館のリニューアルを実施。光と緑溢れるいきいきとした環境のもとで、研究者が互いの専門分野を越えてコミュニケーションを活発に行い、豊富な人材とこれまで培った研究成果やノウハウなどの基礎基盤技術をもとに、未来に向けて、人と都市と自然が共生する環境づくりのための最新技術の研究開発を続けている。



図1-1 大成建設(株)技術センター

### 1.1. 沿革

技術センターは、1958年に高度成長期時代を反映し建築・土木に関わる研究開発を目的として技術研究部が設立され、翌々年技術研究所として本格的に研究開発活動を開始した。1979年に現在の横浜市戸塚区に移転し、その後約32年間に亘り、この地を拠点に研究開発活動を展開している。

2001年には、大成建設グループの技術の中核を担う機関としての位置付けから「技術センター」

と改称・機構改革し、建築・土木の枠組みを超えた幅広い研究開発への取組みを行っている。

2007年には次世代の研究施設の実証モデルとして研究本館のリニューアルを実施。2008年に研究開発部門創設50周年を迎え、現在に至る。

### 1.2. 組織

技術センターの組織は、技術企画部、知的財産部、建築技術研究所、土木技術研究所、建築技術開発部、土木技術開発部の6部門で構成されている。

所員数は管理部門で約50名、研究部門で約160名の合計210名となっている。(2011年12月末時点)。

### 1.3. 研究施設概要

技術センターの敷地面積は約34,822㎡、延床面積は約24,029㎡である。実験施設として以下の実験棟が配置され、各種実験に取り組んでいる。

材料実験棟、構造実験棟、水理実験棟、音響実験棟、環境実験棟、情報管理棟、遠心力载荷実験棟、土質・岩石実験棟、防耐火実験棟、温室他。

## 2. 研究本館リニューアル

### 2.1. リニューアル概要

#### (1) リニューアルの目的と導入技術

既存建物を「リニューアル」により長寿命化し、使い続ける事は「解体・新築」に比べライフサイクルCO<sub>2</sub>の低減が認識されており、地球環境配慮の観点からもその期待は大きい。図2-1に「リニューアル」と「解体・新築」のLCCO<sub>2</sub>を比較したシミュレーション結果を示す。

「リニューアル」は「解体・新築」に比べてLCCO<sub>2</sub>を約11%低減し、地球環境配慮の観点から



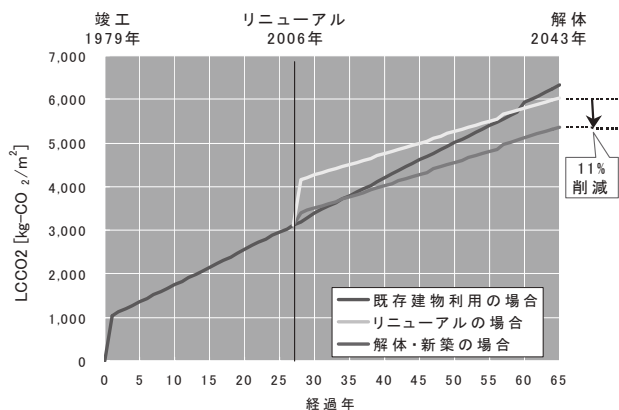
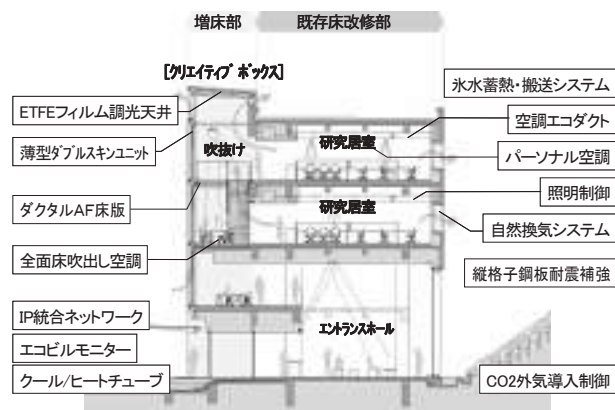


図2-1 リニューアル対応時のLCCO<sub>2</sub>の比較

優位性があることがわかる。しかし現状は「解体・新築」が選択されるケースが多く、既存ストック活用が新築に比べ建物性能や空間性に劣るとの考えが一因と推測される。これに変革を与えるべく、既存建物に新築にも勝る建物性能と空間性をもたらす、リニューアル技術の開発を行い、更新時期を迎えた技術センター本館へ適用した。(図2-2)

リニューアル特有の制限として、階高・荷重・設備スペース、機器の継続使用や、居住しながらの工



2-3 リニューアル手法対応技術

事等の条件がある。その中で「快適性向上」、「低環境負荷」を実現する施設の具現化のため、図2-3に示すような技術を開発・導入した。

## (2) 工事概要

地上4階地下1階の既存施設全面改修工事と、コミュニケーションスペース創出を目的とした543㎡の増床工事からなる延べ6,409.6㎡の施設整備である(表2-1、表2-2、図2-4)。

表2-1 建築概要

|      |   |
|------|---|
| 建物名称 | 大成建設技術センター本館                                |
| 所在地  | 横浜市戸塚区名瀬町344-1                              |
| 建物用途 | 研究所   |
| 構造   | 鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造                             |
| 階数   | 地上4階、地下1階、建物高さ17.2m                         |
| 面積   | 敷地：34821.92㎡、建築：2348.29㎡<br>延床：6409.69㎡     |
| 工期   | 計画・設計 2005年5月～2006年1月<br>施工 2006年2月～2007年2月 |

工程を2期に分けたローリング方式とし、本建屋と仮設事務所を併用した「使いながら」のリニューアルを実施し、研究業務を阻害しない計画とした。

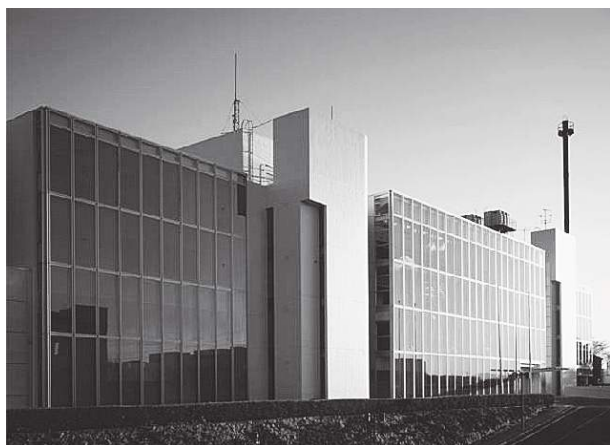


図2-2 外観(上：リニューアル前、下：後)

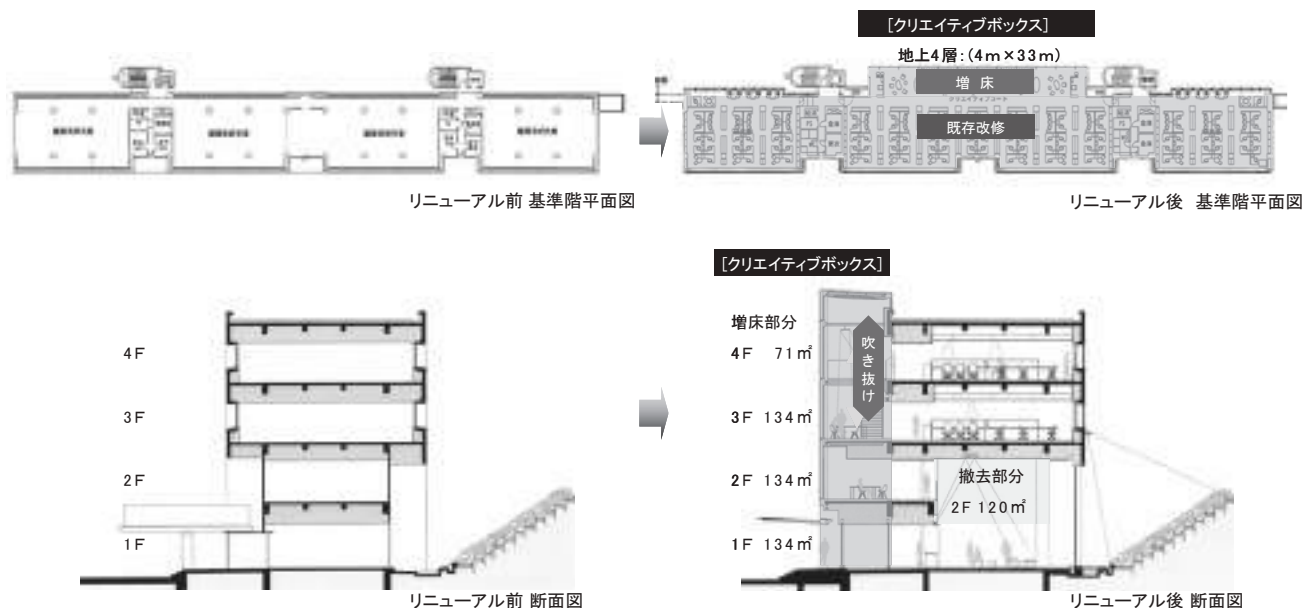


図2-4 リニューアルによる増床と吹き抜け空間の創出

表2-2 設備主要諸元

■空調設備概要

|      | リニューアル前                                 | リニューアル後  |
|------|---|--|
| 熱源設備 | 水冷スクリーチラー 120RT×3台<br>(他棟分含む)<br>温水ボイラー | 高効率インバータスクリーチラー 150RT<br>ブラインチラー 30RT、氷蓄熱槽 300RTh<br>温水ボイラー (既設利用) |
| 空調方式 | 空調機<br>FCU+空気熱源ヒートポンプマルチ方式              | 外調機+パーソナル空調、床吹出空調機<br>FCU (事務室)、空気熱源ヒートポンプマルチ方式 (会議室)              |
| 換気設備 | 第1種、第3種換気                               | 全熱交換器 (事務室)、第1種、第3種換気  |
| 自動制御 | 電気式、電子式                                 | 分散型DDC方式   |
| 中央監視 | 中央監視システム                                | オープンBAシステム (BACnet、LONWORKS)、<br>BEMS設備、Webサーバ遠隔監視                 |

■給排水衛生設備概要

|      |                            |                                   |
|------|----------------------------|-----------------------------------|
| 給水給湯 | 上水高置タンク給水方式<br>電気貯湯式局所給湯方式 | 上水高置タンク給水方式 (既設利用)<br>電気貯湯式局所給湯方式 |
| 衛生器具 | 一般便器、水栓                    | 節水型自動洗浄便器、自動水栓付洗面器                |

■電気設備概要

|         |   |  |
|---------|---|--|
| 受変電設備   | 高圧6.6kV 1回線受電方式<br>総変圧器容量1,125KVA<br>非常用発電機100kVA×1台(ディーゼル) | 高圧6.6kV 1回線受電方式 (既設利用)<br>総変圧器容量1,250kVA (一部既設利用)<br>非常用発電機100kVA×1台(ディーゼル) (既設利用)           |
| 電灯コンセント | 事務室照明：全般照明：照度500lx<br>FL40W埋込下面開放型蛍光灯<br>OAコンセント負荷15VA/㎡    | 事務室照明：アンビエント照度400lx (可変最大700lx)<br>Hf32W直付下面開放ルーバー (パーソナル空調一体型)<br>+タスク照明<br>OAコンセント容量30VA/㎡ |
| 昇降機設備   | 乗用11人乗  | 乗用11人乗 (既設利用)  |
| その他     |   | IP統合ネットワーク設備、セキュリティ設備等   |

## 2.2. 導入技術概要

### (1) 増床吹抜け空間の快適性向上/外皮高性能化

増床部分の「クリエイティブボックス」(図2-5)は、異分野研究者間のコミュニケーション促進を目的として計画した。人が集まる魅力的な空間にするため、全面ガラスで構成した吹抜け空間として開放感、眺望、明るさを提供している。快適性向上/外皮高性能化技術として3つの技術を開発・導入した。



図2-5 クリエイティブボックス内観

#### ① 薄型ダブルスキンユニット (T-Façade Air)

ダブルスキンは熱負荷を大幅に低減する技術であるが、従来は60cm程度の中空層が必要なため建物有効面積や、工期、コスト面でリニューアール適用には課題があり、中空層を20cmの薄型としユニット化した「薄型ダブルスキンユニット」を開発・導入した。薄型化・軽量化・ユニット化により施工の簡略化、低コスト化・短工期化を実現し、リニューアールへの適用性も大幅に向上した(図2-6)。

#### ② ETFE樹脂フィルム調光天井システム

システムは遮光性のチェッカー状印刷を施した2層のETFE樹脂フィルムの構成である。採光時は空気加圧して膨らませ、印刷パターン間の隙間から光を透過させる。遮光時は空気を抜き、重なったフィルムの印刷面により光を遮る。(図2-7) ETFE樹脂フィルムは耐久性・耐候性に優れた軽量のフッ素樹脂素材で、既存部分へ施工も容易で、リニューアールへの適用性が高いシステムである。

#### ③ 全面床吹出し空調システム (T-Breeze Floor)

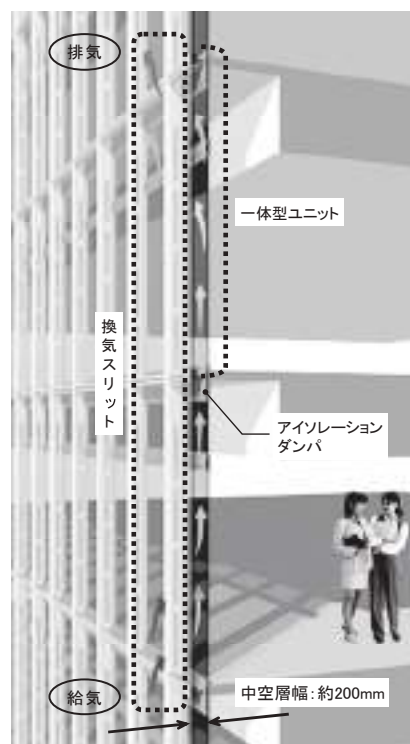


図2-6 薄型ダブルスキンユニット概念図

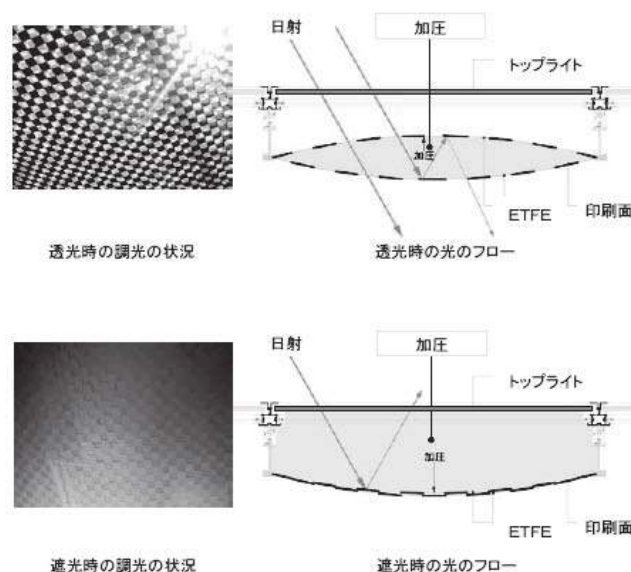


図2-7 ETFE調光天井システム(上:採光時、下:遮光時)

床吹出し空調は居住域を効率よく空調するシステムであるが、足元廻りの気流を感じるという課題があった。本システムでは、通気性カーペットの全面から微風速で空調空気を吹出すことにより不快な気流を排除し、床面の放射冷暖房効果により快適性を向上させている(図2-8)。天井ダクトが不要で、床吹出口が無いいため家具の自由なレイアウトが可能となり、リニューアールにも適したシステムである。

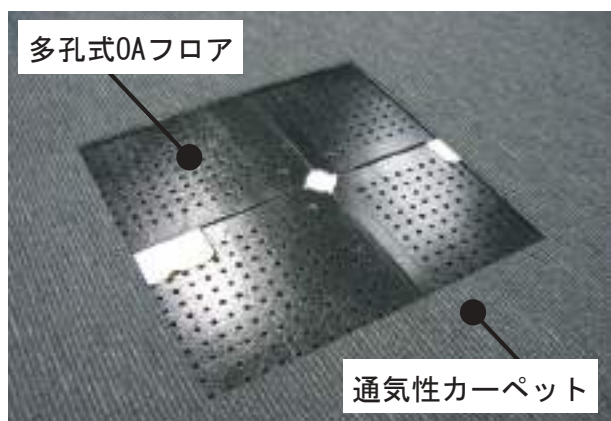


図2-8 全面床吹出し空調の吹出機構

(2) パーソナル空調システム (T-Personal)  
による快適性向上／省エネルギー

パーソナル空調 (タスク・アンビエント空調) は、個人の温熱環境の快適性と省エネルギーを両立するシステムとして期待されている。今回、リニューアルへの適用性を考慮し、ユニット化した天井吹出型システムを開発し、執務スペースに導入した (図2-9)。空調、照明、スピーカー等の天井設備をユニット化し、既存天井を取り除き開放感のある執務空間を実現した。タスク空調として執務者自身のパソコンから吹出を自由に調整出来る空調吹出ユニットを個席に設けて好みに応じた制御を可能とした。吹出口はダクトユニット上で位置変更が可能であり、席替えやレイアウト変更にも対応している。

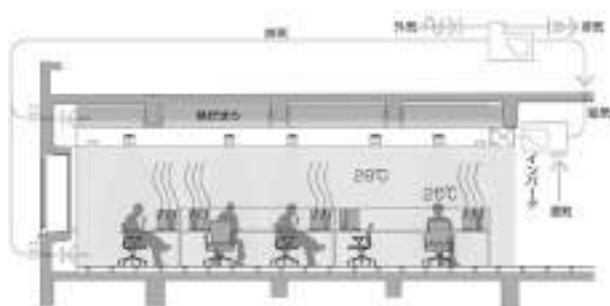


図2-9 パーソナル空調システム概念図

(3) 氷水による搬送動力低減

氷水蓄熱・搬送システム (図2-10) を採用し、空調負荷に応じた変流量化や、氷水の搬送熱量増による水量の削減を図った。氷水は冷水に比べてより多くの熱量を処理できることから、搬送動力の低減効果だけでなく、空調負荷が増えた建物のリニューアルにおいて配管サイズを抑えた設備計画が可能と

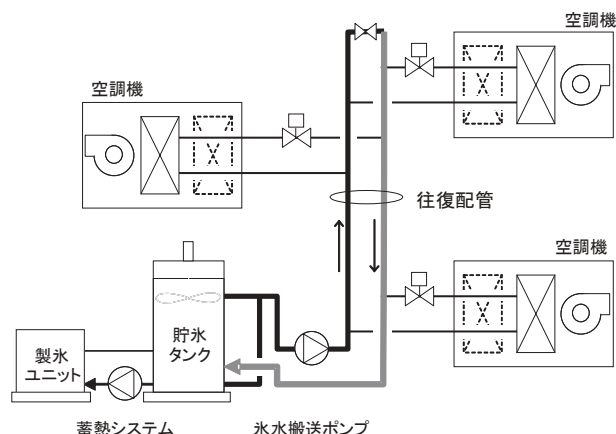


図2-10 氷水蓄熱・氷水搬送システム

なるなどのメリットが考えられる

(4) その他の導入技術

①自然換気システム

執務エリアの窓の内側にサッシを追加して二重窓として外皮性能を向上し、開閉機構を設けて外気を導入し、トップライトの換気口へ排気する自然換気システムを導入した。開口部に花粉侵入を軽減する網戸、外気が換気に適した状態を知らせるランプの設置等、自然換気の積極的な運用を促している。

②外気処理の効率化

執務エリア系統の外調機は室内CO<sub>2</sub>センサーとVAVでファンをINV制御し、ファン動力、外気処理熱量を削減した。また、敷地内共同溝をクール/ヒートチューブとし、取り入れ外気の温度を緩和した。

③空調エコダクト (コルエアダクト)

パーソナル空調システムの給気用ダクトには、段ボールとアルミ箔からなる空調エコダクトを採用した。製造時CO<sub>2</sub>排出量が従来の鋼板製ダクトの約25%で、重量も従来の鋼板製ダクトの約20%であり、折りたたみため、搬送に関わるCO<sub>2</sub>低減効果も大きい。

④IP統合ネットワーク

BA系の通信網としてIP統合ネットワークを導入し、各システムの制御・監視・計測を統合した。

⑤Web技術を用いたエネルギー監視システム「エコビルモニター」

居住者の省エネに対する「気付き」と「心がけ」を推進するために、施設のエネルギー関連情報をパソコンで閲覧できるWebコンテンツを導入した。

⑥縦格子鋼板耐震補強工法



耐震補強部材として、従来のブレースの代わりに箱格子型の「縦格子鋼板補強工法」を適用、「隠す補強」から「見せる補強」を実現した（図2-11）。

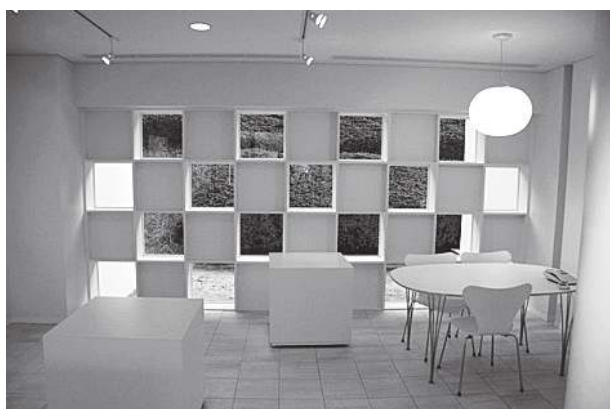


図2-11 縦格子鋼板耐震補強工法

#### ⑧ダクトAF床版

普通コンクリートの5～8倍の圧縮強度、薄型軽量の新素材コンクリートの「ダクトAF床版」を増床部分スラブに建築構造部材として初めて適用した。

### 2.3. リニューアルにおけるエネルギー実績

BEMSを導入し、各システム・機器のエネルギー使用量、省エネ効果の検証を行った。東京都事務所ビル平均と比べ、リニューアル1年目で35%、2年目はシステムチューニング・運用調整により38%の低減を達成した。特に空調用エネルギーでは冷房熱源で約30%、暖房熱源は約50%削減し、高効率熱源、パーソナル空調、自然換気、外皮性能向上等の効果を確認した。“リニューアルにおける快適性向上と環境負荷低減技術”を導入した技術センター本館が、今後増加する既存ストックのリノベーションという社会的ニーズに対応し、次世代型リニューアル実証モデルとしての役割を担うことを期待する。

## 3. 研究トピック

最後に、開発を進めている環境関連技術のいくつかを紹介する。

### 3.1. 場所打ち杭利用地中熱空調システム

地中熱空調システムは、年間安定した地中温度を利用して熱源の高効率運転を行うもので、排熱を大気に放出せずヒートアイランド抑止にも貢献する。

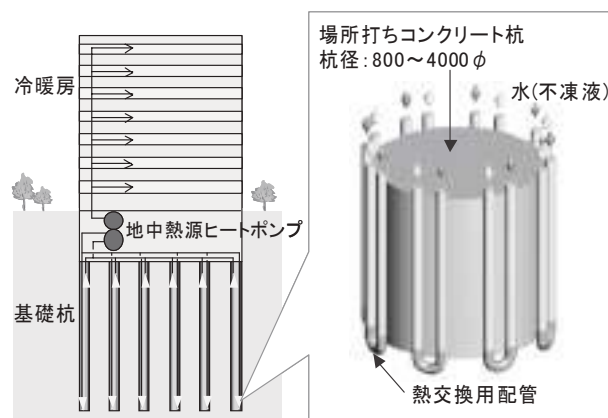


図3-1 場所打ち杭利用地中熱空調システムの概要

(図3-1)

地中与熱交換するために熱交換用パイプを単独に埋設する方式（ボアホール方式）が一般的だが、掘削費用が高く、熱交換用パイプを設置するための敷地スペースが必要となる。当社が開発（2008年：特許取得）した「場所打ち杭利用地中熱空調システム」は、建物下部の場所打ち杭を利用し、杭施工時に杭外周部に熱交換用パイプを設置することで掘削費の削減を図るとともに単独埋設方式で必要となる敷地スペースの確保も不要となる。また、工事による騒音・振動が少ない等のメリットも有する。当社は、場所打ち杭利用地中熱空調システムに関して我が国のトップランナーとして研究開発・適用を行ってきており、技術センターでは、システムの高効率化、ローコスト化を目指して更なる研究開発を行っている。

### 3.2. 緑化技術

独自の緑化技術の開発も進めている。芝草など草本類の研究開発技術を軸に、校庭など多目的広場の



図3-2 校庭の芝生化事例

芝生化技術や、ロックウールによる貯水層と耐暑性に優れる芝草類を組み合わせた省管理型の屋上緑化を開発し、熱環境改善効果を検証しながら都市部の環境負荷低減に貢献する緑化技術を構築している。また、芝草類をベースとして現場から発生する表土や在来野草を法面に吹付ける技術や、鳥類を指標として樹種を選定する技術の開発により、計画地周辺に保存されている生態系のネットワークを形成し、生物多様性を保全できる緑化技術を開発している。

### 3.3. 低炭素街区シミュレータ

「低炭素街区シミュレータ」は、街区計画等で建物間相互の影響を考慮したシミュレーションにより、建物配置、日射遮蔽、自然換気、太陽光パネル等の最適な計画を行うシステムである。年間を通じた木陰の移り変わり、日射の照り返しや気流の変化が空調消費エネルギーに及ぼす影響を予測できる。現状の都市と、2050 年を想定した環境配慮型未来都市を比較した事例（図3-3）を示す。現状都市では建物が密集した場所では体感温度が40℃を超える一方、未来都市では2℃近く改善されている。未来都市では、緑化・保水性舗装を施したことにより表面温度が低下し、更に、夏の卓越風向に沿

って街区中央の建物を集約したことにより風通しが向上したためと考えられる。

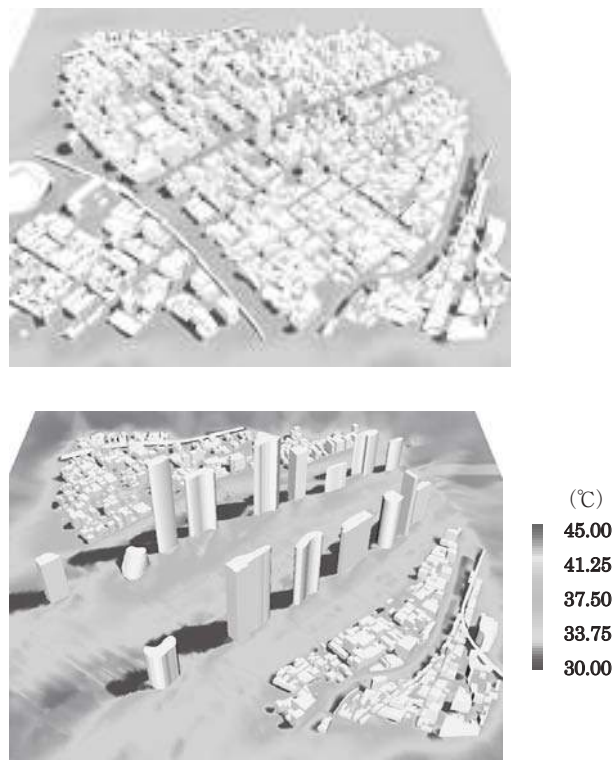


図3-3 体感温度の評価例（上：現状都市、下：未来都市）

# 平成23年度 都市環境エネルギー技術研修会 開催報告

(社)都市環境エネルギー協会技術委員会

当協会技術委員会は、会員並びに都市環境エネルギー部門関係者様の技術・知見の向上を目的として、毎年「都市環境エネルギー技術研修会」を開催し、あわせて関連主要施設の見学を実施しており、今年度は12月1日・2日の2日間にわたり、開催しました。

地球環境問題への対応とともに、東日本大震災を契機として、地域特性を活かしたエネルギー源の多様化、省エネルギー等が一層求められている中で、初日の講習会では、

- ・ 東日本大震災への対応と低炭素都市づくり（国土交通省都市局市街地整備課拠点整備事業推進官 鎌田様）
- ・ 地域冷暖房プラントの大震災対応と節電対策（日本熱供給事業協会技術部長 岡井様）
- ・ 環境共生のまちづくり（都市再生機構首都圏ニュータウン本部事業課長 斉藤様）
- ・ ビル側の省エネ・負荷平準化と面的利用（㈱山武マーケティング本部マネージャー 小澤様）
- ・ 最新の水処理技術（アクアス㈱つくば総合研究所長 縣様、栗田工業㈱ケミカル事業本部主任技師 小倉様、東西化学産業㈱営業技術部課長 今村様）
- ・ 消化ガスエンジン・コージェネレーション設備（JFEエンジニアリング㈱エネルギー本部マネージャー 有賀様）

のご講演を頂きました。

2日目の見学会では、下水汚泥から電気をつくる資源循環型発電事業の横浜市北部汚泥資源化センターの見学を行いました。巨大な卵型の消化タンク設備等、大変興味深く見学させて頂きました。案内して頂いた横浜市の大橋係長様をはじめ、資源化センターの皆様には大変お世話になりました。

受講者として協会会員、一般及び学生で約70名様のご参加があり、終日熱心にご聴講頂きました。また2日目の見学会にも多数ご参加頂き、誠にありがとうございました。最後に、ご講演を頂いた講師の方々、会場をご提供頂いた大成建設㈱様、施設見学させて頂いた横浜市の皆様に深く御礼申し上げます。



見学会



講習会



## 第2回 都市環境エネルギーまちづくり情報交換会 開催報告

(社) 都市環境エネルギー協会業務部

平成24年1月30日(月)、東京ガーデンパレスにおいて、協会特別会員である自治体を含めた協会会員企業のご参加による「都市環境エネルギーまちづくり情報交換会～これからの都市整備とエネルギーのあり方～」を開催しました。昨年度からはじめ、今年度は第2回となります。3.11の東日本大震災において、我国の都市整備とエネルギー供給に関する深刻かつ長期に亘る問題が顕在化し、従来の考え方から大きな見直しを迫られる中、各自治体においても低炭素社会への取組みと並行して、新たな取組みが求められています。「自治体のまちづくりに協会がどのような支援ができるか」また「様々な分野の協会会員企業の活動についての情報提供を行う」ということが当協会の事業の大きな柱になっており、当日参加いただいた多数の方の貴重なご意見も踏まえ、第3回に繋げていきたいと考えております。

### 【低炭素都市づくりの推進】

- ・低炭素都市づくりの推進

国土交通省 都市局 市街地整備課 課長補佐

石川 博基

- ・仙台市震災復興計画と仙台市エコモデルタウン構想について

仙台市 震災復興本部 震災復興室 主査

笠間 毅

- ・低炭素型都市構造への転換を目指して

横浜市 温暖化対策統括本部 本部長

信時 正人

### 【会員企業の取組みの紹介】

- ・まちづくりと一体となったエネルギーの有効利用について(東日本大震災を踏まえて)

清水建設(株)環境・技術ソリューション本部 スマートコミュニティ推進室 室長

橘 雅哉

- ・防災性・BCPからみたエネルギー供給のあり方の検討

JFEエンジニアリング(株) 発電プラント事業部グループマネージャー

有賀 紀夫

- ・行動観察を用いたオフィスビルの省エネ改修計画について

大阪ガス(株) エンジニアリング部 土木建築チーム

植田 浩文

### 【協会活動報告】

- ・「大都市圏における高温系未利用エネルギーの活用可能性ならびに事業性検討」

早稲田大学理工学術院 理工学研究所 招聘研究員

相田 康幸



まちづくり情報交換会

# 自治体支援の今後の方向性について

### 1. はじめに

当協会は、去る平成22年度事業計画において、今後の活動については、各種事業の実現の場である自治体を支援するという枠組みの中で進めていくことを定めた。既にこれ以前から、今後関係を深めるべき自治体を当協会の特別会員として順次入会いただき、支援協力関係を深めてゆく試みは開始していたが、それを22年度より本格的に促進することとしたものである。実施に当っては、政策委員会、業務委員会が中心となり、必要に応じ他の委員会も連携してきた。本誌第99号ではこの内政策委員会による活動が詳細に報告されているが、改めて現状と今後の方向性についての概略を述べる。

### 2. これまでの支援活動

当初は、環境モデル都市に応募した多くの自治体の構想を全て調査し、協会の事業分野と関連の深いと思われる箇所を抽出した。これに基き、機会をとらえて個別に入会を勧誘し、更に調査研究業務を委託された自治体にも働きかけてきた結果、既に16市区町村に特別会員として入会いただいている。

前号にて報告したとおり、特別会員を中心とするこれらの自治体とは21年度より政策委員会が中心となって小規模な意見交換会を積重ね、現在迄に9市区（川崎市、春日部市、千代田区、堺市、中野区、柏市、豊島区、江東区、中央区）に達している。

また、自治体に対するアンケート調査やヒアリングを実施して、各種政策の取組状況、協会への期待を把握した。これとは別に、業務委員会が中心となって、特定の自治体へ集中的な支援を行う試みも開始し、川崎市において市職員及び市内企業を対象とするセミナーを夫々1回開催した。更に、各種会員全体の参加による大規模な情報交換会を23年1月に初めて開催し、本年も同様に開催した。

こうした諸活動を通じた自治体との交流により、徐々に協会の存在に関する認識が浸透し、また協会も自治体の求めるものが如何なるものかを把握しつつある。

### 3. 今後の方向性

当協会が取組んでいる、エネルギーを含む環境問題とまちづくりの双方にまたがる分野は、近年になって地球環境問題への関心の高まり等から急速に重視されてきたものである。従来、行政においても、まちづくり分野については、エネルギーはまちを造れば当然供給されるべきものと考えられ、環境分野については、主として大気や水等の環境汚染対策、廃棄物処理等の課題への取組から出発してきた経緯がある。

こういった事情から、多くの自治体でこの分野に必要な人材育成、制度・組織の整備は未だ途上にあり、国においても同様の状況にあると思われる。従って自治体特別会員に対しても、原則としてまちづくり部門と環境部門双方の窓口を設定していただいているところである。

加えて、先の東日本大震災による惨害により、省CO<sub>2</sub>が最大の課題とされてきた従来の評価のあり方に、安心・安全の確保というもう一つの大きな課題が突きつけられ、全面的な見直しを迫られているところでもある。

現在のところ自治体と協会との接点は、前記の様な交流と個別の計画策定における委託業務が主である。今後は調査計画に関しても事前相談や策定時の助言、成果の活用に関する助言等、夫々の段階において多様な会員を擁する協会の特性を発揮したより組織的・体系的な支援体制を構築する予定である。

---

更に、その後の計画の具体化に当っての支援も行うことが出来れば、会員のビジネスチャンスにもより多く繋がることになる。

また、上記のような諸課題に対応する過程で得られる知見を活用し、必要に応じ国等へ政策を提言し、協会の存在価値の向上を図っていく必要がある。





丸の内パークビルディング・三菱一号館

環境・文化・未来の  
グランドデザイナー



〒100-0005 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル  
TEL 03-3287-5555

[www.mj-sekkei.com](http://www.mj-sekkei.com)

**JFEエンジニアリングは、世界最高の技術で  
社会に貢献します。**

JFEエンジニアリングは最先端の技術で、省エネルギー、未利用エネルギーを活用し、地球環境に配慮したエンジニアリングを展開します。



**JFE エンジニアリング 株式会社**

＜営業品目＞

地域冷暖房熱供給導管

コージェネレーション

オンサイトエネルギー供給システム

発電プラント事業部

〒230-8611

横浜市鶴見区末広町2-1

TEL<045>505-7840 FAX<045>505-7713

いちばん新しい空気を、あなたに。



当たり前すぎるくらい、いつも身の回りに存在している空気も、つねに進化をつづけています。  
温度、湿度、クリーン度、気流のすべてを制御することで、私たちがつくり出すのは、より上質な空気。  
人はもちろん、そこに息づくすべての生命にとって、快適でうるおいのある環境を提供していくために。  
新日本空調は、技術の力で、未知なる空気の世界に挑戦しています。

人と空気と環境と  
**SNK 新日本空調**  
〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町2-31-1 浜町センタービル  
Tel : 03-3639-2700 (代表) <http://www.snk.co.jp>

## 持続可能な街づくりを 目指して



札幌駅南口地区



汐留北地区



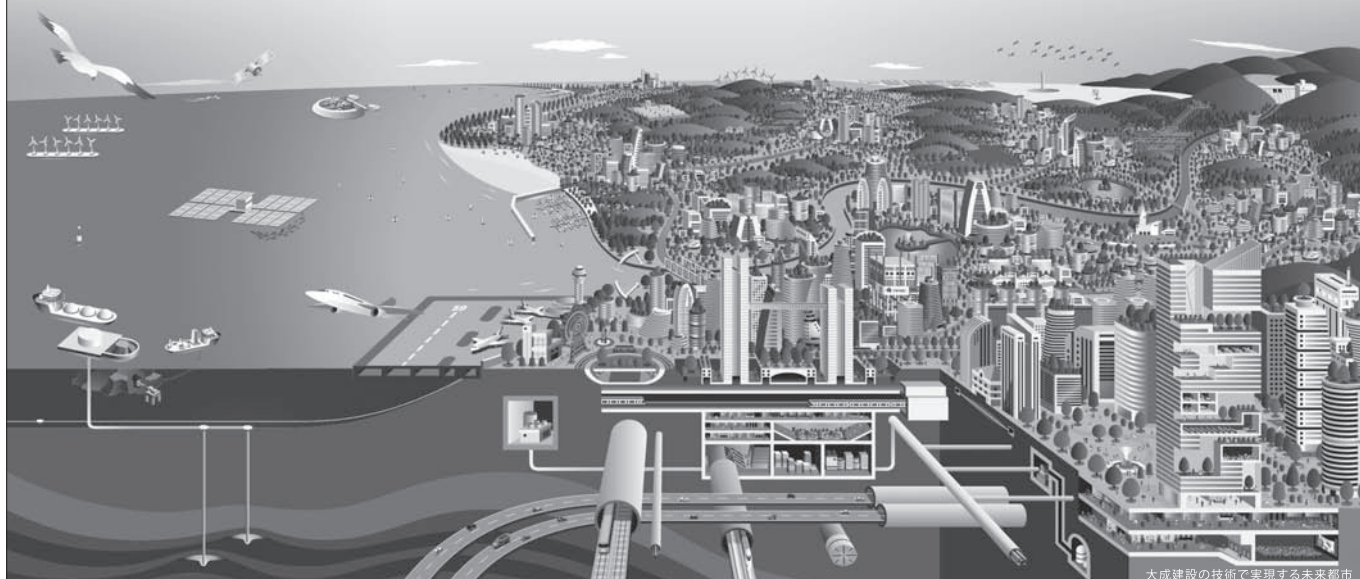
代表取締役社長

六鹿 正治

|      |                            |                            |
|------|----------------------------|----------------------------|
| 本 社  | 東京都新宿区西新宿 2-1-1 新宿三井ビル     | 〒163-0430 TEL 03(5325)8300 |
| 札幌支社 | 札幌市中央区北一条西 5-2-9 北一条三井ビル   | 〒060-0001 TEL 011(241)3381 |
| 中部支社 | 名古屋市中区錦 1-11-11 名古屋インターシティ | 〒460-0003 TEL 052(211)3651 |
| 関西支社 | 大阪市中央区高麗橋 4-1-1 大阪興銀ビル     | 〒541-0043 TEL 06(6201)0321 |
| 九州支社 | 福岡市中央区天神 1-13-2 福岡興銀ビル     | 〒810-0001 TEL 092(712)0883 |

<http://www.nihonsekkei.co.jp>

# For a Lively World



For a Lively World …この思いとともに、これまで育んできた技術を、さらに高め次の世代へ。  
わたしたちは、夢と希望に溢れた地球社会づくりに取り組んでいきます。

地球がいきいき、人もいきいき。大成建設がめざす未来です。

 大成建設株式会社  
TAISEI

## ～低炭素化社会に向けて～ 冷凍機と冷却塔のトータルエンジニアリング

荏原冷熱システムは、COP7.0の超高効率ターボ冷凍機と超低騒音型の冷却塔で  
環境負荷低減に貢献いたします。



荏原冷熱システム株式会社

<http://www.ers.ebara.com>



守る、  
創る、  
思いやる  
ビルへ。



野坂徹夫：画

災害から人々の暮らしを守る。  
エネルギーを創り、分けあう。  
都市を、そして地球を思いやる。  
これからのビルはこうじゃないとね。

想　い　を　か　た　ち　に  
 **竹中工務店**



●巻頭言  
グローバルな活動に向けて  
●特集  
低炭素まちづくりに向けて  
●わが街づくり  
電気自動車普及施設「E-KIZUNA Project」～さいたま市の挑戦  
「日本の消費都市」農産物の産地から低炭素都市づくりへの挑戦  
日本において最初の温水供給事業  
●建設レポート  
大塚駅北地区熱供給施設  
●海外情報  
スイスにおける木質バイオマスエネルギー利用の今  
猛暑スモッグのモスクワで考えたこと



●巻頭言  
変革期を迎えた都市環境エネルギー協会  
●特集  
環境に配慮した地方都市・地域の再生  
バイオマス活用推進基本計画の推進  
●わが街づくり  
コンパクトシティの形成を目指したまちづくりと「低炭素型モデルタウン」～青森市  
人と自然の共生を目指すまち～調布  
●建設レポート  
中之島フェスティバルタワー 熱供給施設  
●海外情報  
中近東における地域冷房と空調省エネビジネスの現状



●巻頭言  
復興に向けて  
●特集  
今後の都市整備とエネルギー供給についての提言  
都市防災とエネルギー  
●わが街づくり  
クールシティ・博の実現に向けて  
エネルギー自給のまちづくり～最勝町  
●建設レポート  
〈仮称〉東横3-1プロジェクト  
●海外情報  
低炭素社会の実現に向けたシドニー市の取り組み



●巻頭言  
機関誌100号の発行を期して  
●特集  
機関誌100号記念特設  
寄稿集(100号に寄せて)  
●研究・技術情報  
スマートコミュニティにおけるスマートエネルギーネットワークの実現に向けて  
六ヶ所村スマートグリッド実証実験のご紹介  
●わが街づくり  
秋文字の環境への取組について  
●海外情報  
アメリカコロラド州ボルダー市のスマートシティプロジェクト

## コラム

昨年7月より、業務委員会を担当しております神戸です。

早いもので、既に半年強が経過し、その間自治体さま向けセミナーや、意見交換会、まちづくり情報交換会など担当させていたいただきました。各委員のみなさまや協会のメンバーにご指導いただきながら、なんとかここまでやってこられましたこと、この場をかりて感謝申し上げます。

さて、本号が発行される3月はちょうど震災から1年となります。私は関西出身で、17年前の阪神淡路大震災も経験しましたので、今回が2度目の大震災になります。

たかだか10数年で2度も数百年に1度と言われる大きな震災を経験するなどとは考えてもおりませんでした。また、今回は震災に加え原発問題、電力不足の深刻化が顕著になり「暗い東京」が強烈に印象に残っております。

阪神淡路の時もしばらくは「安全・安心」が国や自治体、及び多くの需要家さまで意識され、防災意識が高まりましたが、復興のペースとともにその意識が薄れていった気が致します。昨年協会で行いました自治体さま向けのアンケートでも、関東・東北から離れるほど防災意識や節電意識は低下する傾向が見られました。経験した人とそうでない人の意識の差を埋めることは容易ではありませんが、「安全・安心まちづくり」「エネルギー供給のあり方」を多くの自治体や国とともに創りあげていく活動を皆さまとともに、微力ながらお手伝いさせていただければと考えております。

都市環境エネルギー協会 業務部長 神戸 博史

## ●広報委員会

委員長 赤沢 修一〔JFEエンジニアリング株〕  
副委員長 牧野 俊亮〔株関電工〕  
委員 宮本 和彦〔日本環境技研株〕  
俵 純一〔三浦工業株〕／牧野 則行〔荏原冷熱システム株〕／三宅 真彦〔新日本エンジニアリング株〕  
坂口ひろし〔大阪ガス株〕／渡邊 聡〔東洋熱工業株〕／富樫 真則〔新日本空調株〕  
事務局 松尾 淳



社団法人 都市環境エネルギー協会

JAPAN DISTRICT HEATING & COOLING ASSOCIATION



《春の植栽といえばサツキ》

101 2012 ◆ 春号

発行日 ◎ 2012年 3月1日

発行人 ◎ 長瀬 龍彦

発行所 ◎ 社団法人 都市環境エネルギー協会

〒104-0031 東京都中央区京橋 2-5-21 京橋NSビル6F

TEL.03-5524-1196 FAX.03-5524-1202

<http://www.dhcjp.or.jp/>

編集人 ◎ 広報委員会 委員長 赤沢 修一

製 作 ◎ 第一資料印刷株式会社

表紙デザイン・写真＝籠山デザイン室

●本誌掲載記事の無断転載を禁じます。