

# 目次

1	緒言.....	3
2	研究の概要.....	3
3	研究の経緯と実施体制.....	3
3.1	経緯.....	3
3.2	連絡調整会議とWG.....	4
3.3	AESセンターにおける実施体制.....	5
3.4	研究実施経過.....	5
4	市域におけるエネルギー需給の現状.....	6
4.1	電力・ガス需要.....	6
4.2	市の施設の電力消費状況.....	8
4.3	市の二酸化炭素排出量.....	8
5	地域特性を踏まえた省エネ・創エネの可能性.....	9
5.1	太陽光発電などの導入実績，賦存量.....	9
5.2	検討すべき省エネ・創エネ技術.....	9
6	鎌倉市におけるスマートシティ形成のイメージ.....	10
6.1	省エネ・創エネの5つのプロジェクト.....	10
6.2	鎌倉市エネルギー施策推進委員会と本研究の関連.....	10
6.3	本研究の実施項目とスマートシティのイメージ.....	10
7	研究結果.....	12
7.1	WG1-1 太陽光発電の導入拡大.....	12
7.1.1	目的.....	12
7.1.2	対象施設.....	12
7.1.3	モジュール配置，構成の考え方.....	12
7.1.4	導入可能量と事業性.....	13
7.1.5	太陽光発電電力の活用について.....	18
7.1.6	WG1-1のまとめ.....	18
7.2	WG1-2 バイオマス資源最大活用.....	19
7.2.1	目的.....	19
7.2.2	創エネ対象の拡大.....	19
7.2.3	熱エネルギーの面的利用の拡大.....	20
7.2.4	“地域発電所”への展開.....	23
7.2.5	WG1-2のまとめ.....	25
7.3	WG2 自立電源の活用による防災拠点の機能充実.....	25

7.3.1	目的	25
7.3.2	鎌倉市の地域防災計画における防災拠点運用	26
7.3.3	山崎浄化センターを例とした大規模防災拠点の機能要件の整理と提案	26
7.3.4	大規模防災拠点に関する今後の検討項目	29
7.3.5	地域ミニ防災拠点の機能強化提案	30
7.3.6	WG 2 のまとめ	30
7.4	WG 3 既成市街地での省エネ・創エネ	31
7.4.1	目的	31
7.4.2	複合施設への太陽熱利用給湯・冷暖房システムなどの効果検討	31
7.4.3	地中熱利用の効果検討	42
7.4.4	C E M S の導入効果検討	47
7.4.5	B E M S の導入効果検討	53
7.4.6	WG 3 のまとめ	59
7.5	WG 4 新たなまちづくりでの省エネ・創エネ	60
7.5.1	目的	60
7.5.2	河川熱の利用可能性の調査	60
7.5.3	地中熱・地下水熱の利用可能性の調査	68
7.5.4	気化熱利用（ミスト噴霧システム）の提案	80
7.5.5	WG 4 のまとめ	83
7.6	WG 5 I T S 導入による渋滞緩和・防災支援	83
7.6.1	目的	83
7.6.2	現状の課題の分析	84
7.6.3	課題解決に向けた導入ステップ	87
7.6.4	導入システムイメージ	87
7.6.5	導入に向けた実証実験の提案	91
7.6.6	WG 5 のまとめ	92
8	今後の計画，市政への反映	93
9	結言	98

## 1 緒言

東日本大震災以降、日本のエネルギーに対する考え方は根本からの見直しを迫られている。多くの自治体では一層の省エネに加え、地産地消を前提とした創エネルギー、防災対策を考慮したエネルギー自立への取組が始まっている。

鎌倉市においても、世界遺産登録をめざす古都にふさわしく、しかも安全で快適な活力ある環境共生都市をめざし、鎌倉ならではの省エネ・創エネ・環境負荷低減を早急に実現しなければならない。そのためには、環境・エネルギーへの取組を考え直し、本市の地域特性を活かしたエネルギービジョンを策定することが必要である。特に、個々の技術の導入だけでなく、それらを最適に組み合わせ、ICT(Information and Communication Technology)の活用により全体最適を実現すべきである。それは、「スマートシティ」の概念に他ならない。

そこで、鎌倉市と東京工業大学は、平成 24 年度、「鎌倉市スマートシティ形成に向けた研究」を共同で実施し、省エネルギー技術、新しい創エネルギー技術、環境負荷低減技術について研究を行い、今後の鎌倉市のエネルギービジョン立案に資する提案を行うこととした。本報告書は、その成果を取りまとめたものである。

## 2 研究の概要

本研究では、まず、市全域におけるエネルギー需給を概観し、それを基に市の地域特性に合致すると思われる省エネ・創エネの可能性を検討する。その中で、導入方法や効果の事前検討が必要と考えられる技術を本研究の対象として取り上げ、共同のワーキンググループを設置して、それらの研究を行う。

ワーキンググループにおいては、市の保有するデータをもとにして、対象とする省エネ技術・創エネ技術を取り入れた場合の効果を検討し、例示する。また、研究対象によっては、その導入方法を提言する。それらは、今後の鎌倉市のエネルギーに関連する政策である鎌倉市環境基本計画の見直し、鎌倉市地球温暖化対策地域推進計画見直し、(仮称)鎌倉市エネルギー基本計画策定などに反映されることを想定して行われる。

## 3 研究の経緯と実施体制

### 3.1 経緯

鎌倉市と東京工業大学は、「鎌倉市スマートシティ形成に向けた研究」を共同で行うことについて、平成 24 年 6 月 15 日、以下の内容の協定書を締結し、研究を開始した。

- ・ 研究内容

東日本大震災の発生による電力需給の逼迫、国のエネルギー計画の見直しなど社会的動向を勘案し、持続可能かつ災害に強いまちづくりをめざし、鎌倉市の全域を対象として、その地域特性を活かした効率的なエネルギービジョンを検討し、報告書を作成する。

- ・ 研究期間

平成 25 年 3 月 31 日まで

- ・ 本研究を担当する部門

鎌倉市：政策創造担当

東京工業大学：ソリューション研究機構 先進エネルギー国際研究センター（以下AESセンターと略記）

### 3.2 連絡調整会議とWG

本研究の全体調整（進行管理，研究結果確認など）を行う場として、「鎌倉市スマートシティ形成に向けた連絡調整会議」を設けた。（表 3-1）。

表 3-1 鎌倉市スマートシティ形成に向けた連絡調整会議の構成

委員長	AESセンター	柏木センター長
副委員長	鎌倉市	大谷副市長
委員	鎌倉市	相川経営企画部長
	鎌倉市	比留間政策創造担当担当部長
	鎌倉市	石井環境部長
	鎌倉市	土屋まちづくり景観部長
	AESセンター	荒木特任教授
	AESセンター	平井特任教授
	AESセンター	白井特任教授
	AESセンター	小田特任准教授
	AESセンター	内野研究コーディネーター

この連絡調整会議の下に6章で説明する研究項目の実施主体として表 3-2 に示す6つのワーキンググループ(WG)を置くことにした。

表 3-2 ワーキンググループの構成

WG	委員	
	AESセンター	鎌倉市
WG1-1 太陽光発電の導入拡大	白井特任教授，平井特任教授	管財課，環境政策課，学校施設課，政策創造担当
WG1-2 バイオマス資源最大活用	白井特任教授，荒木特任教授	環境政策課，下水道河川課，政策創造担当
WG2 自立電源の活用による防災拠点の機能充実	平井特任教授，白井特任教授	総合防災課，環境政策課，学校施設課，政策創造担当
WG3 既存市街地での省エネ・創エネ	荒木特任教授，白井特任教授	管財課，環境政策課，政策創造担当
WG4 新たなまちづくりでの省エネ・創エネ	内野研究コーディネータ，白井特任教授	管財課，環境政策課，深沢地域整備課，下水道河川課，政策創造担当
WG5 ITS導入による渋滞緩和・防災支援	小田特任准教授，白井特任教授	交通計画課，環境政策課，政策創造担当

### 3.3 AESセンターにおける実施体制

AESセンターは、産官学連携によるオープンイノベーションの拠点であり、その推進のための組織として共同研究部門および研究推進委員会を置いている。前者は、東京工業大学「共同研究講座及び共同研究部門に関する規則」に基づいて学内に設置された、大学と企業の共同研究機関であり、後者は大学と受託研究契約を結んだ企業をメンバーとするプロジェクト推進のためのプラットフォームである。

本研究の実施にあたり、AESセンターでは、共同研究部門および研究推進委員会メンバー企業に広く参画を呼びかけ、AESセンター内にサブワーキンググループ（サブWG）を構成し、AESセンターとしての研究を行うこととした。その成果は、WGの東工大委員を通じて本研究に反映した。連絡調整会議・WG・サブWGの関連を図3-1に、また、サブWG参画企業を表3-3に示す。

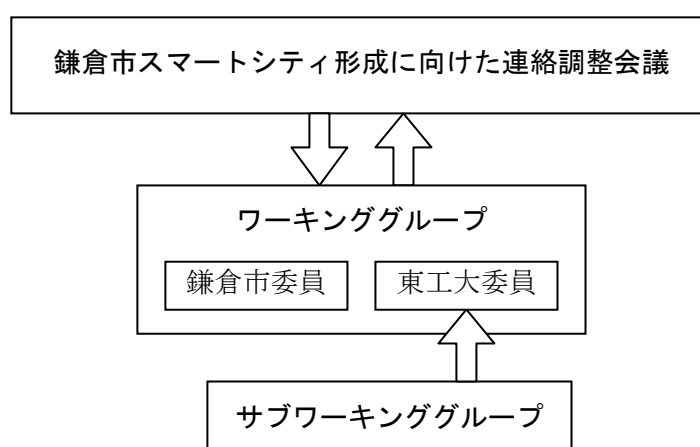


図3-1 推進体制

表3-3 サブワーキンググループの構成（五十音順）

参画企業
清水建設株式会社, JFEエンジニアリング株式会社, 高砂熱学工業株式会社, 株式会社竹中工務店, 東京ガス株式会社, 日本電技株式会社, 三菱電機株式会社

### 3.4 研究実施経過

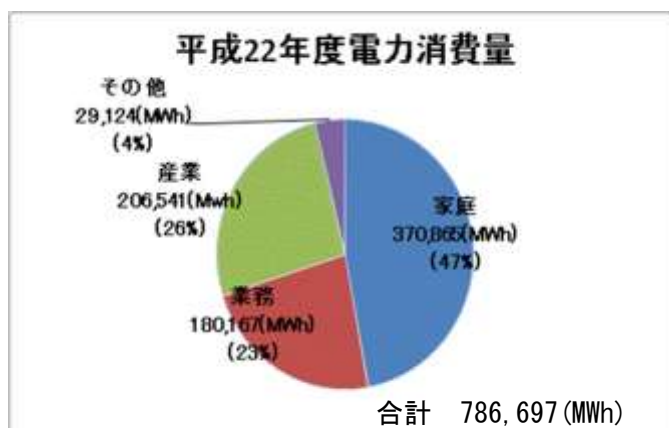
平成24年 8月10日	第1回連絡調整会議
9月4日	サブWG参画説明会（AESセンター内）
9月～10月	各WG・サブWG開催, 研究内容詳細検討
10月26日	第2回連絡調整会議
11月～	
平成25年 ～1月	各WG・サブWG開催, 研究実施
2月5日	第3回連絡調整会議

## 4 市域におけるエネルギー需給の現状

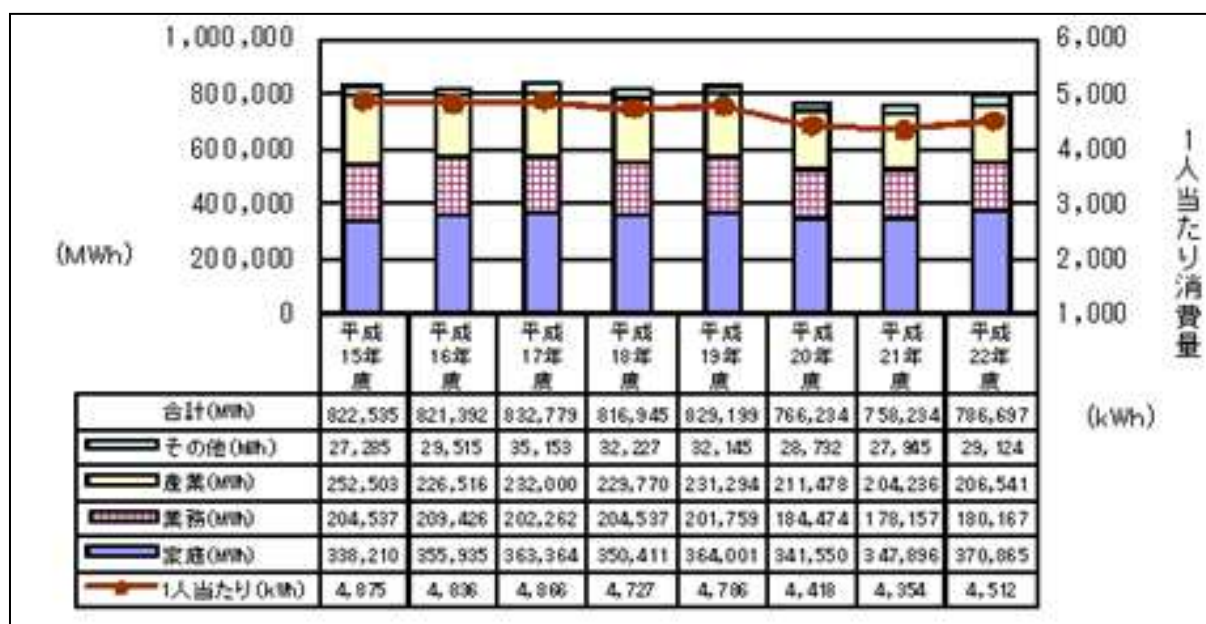
### 4.1 電力・ガス需要

平成 22 年度の市域全体の電力消費量は約 786,697MWh, そのうち家庭の消費量は 47%, オフィスビルなどの業務の消費量は 23%, 産業の消費量は 26%, 深夜電力を含むその他が 4%となっている。

平成 22 年度の市域全体の電力消費量を平成 15 年度と比較すると 4.4%減少しているものの, その増減を繰り返している。部門別にみると家庭部門の消費量は平成 15



鎌倉市用途別年間電力消費量の推移



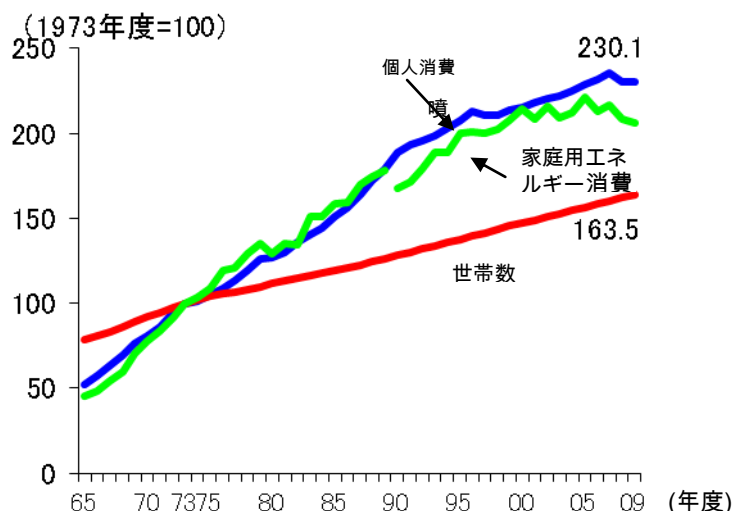
年度に比べ 9.7%増加している。

一方, 業務部門及び産業部門の消費量は, それぞれ 11.9%, 18.2%減少している。(これらもその間増減を繰り返しているが減少傾向にある。) 産業及び業務部門は, 景気動向に影響を受けるが, ここ数年, 省エネルギー対策が進んだ結果と考えられる。

また, 家庭部門での省エネルギー対策が行われているものの, 減少傾向がはっきり見えないのは, 気候や世帯数の変動などの影響を受けていると想定される。

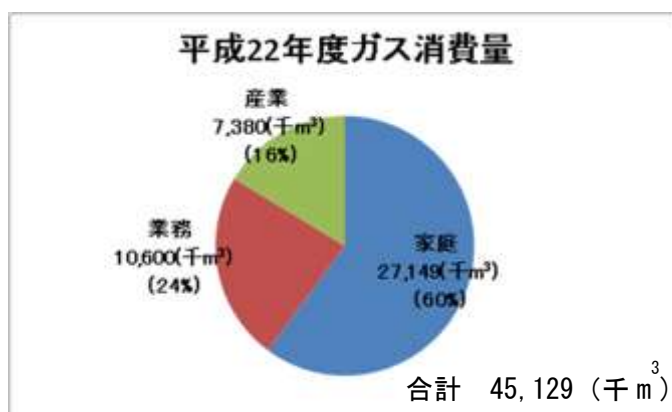
電気事業連合会によればエアコン・クーラーなどの家電製品の普及に伴い, 家庭での電気の使用量は年々増加傾向で, 家庭での電力消費の伸びは近年著しく, 情報化社会の進展や高齢化の進行によって, 家庭の電力消費はますます増加すると予測している。

## 家庭部門におけるエネルギー消費の推移(経済産業省)



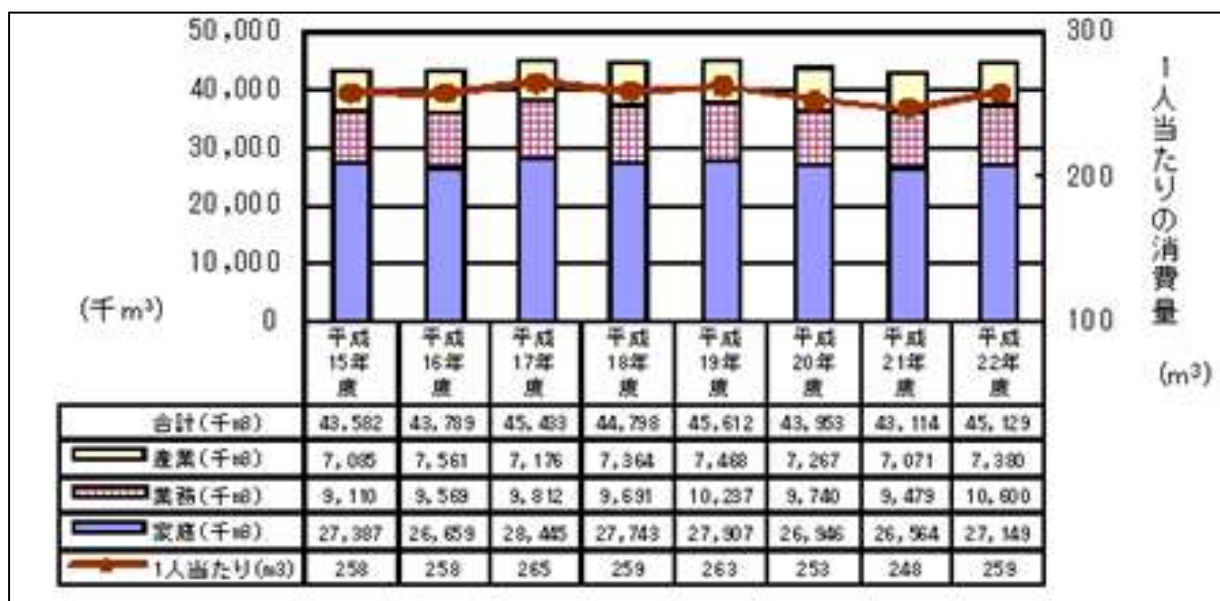
このことより、家庭における電力消費削減は、逼迫する電力需給解決に向けた重要課題になると考えられる。

本市における電力消費の年間変動及び時間の変動も電力消費全体の47%を占める家庭消費の変動と相関度が大きいものと推測される。一般的家庭での消費ピークと言われる夏季午後1時から3時、冬季午前7時前後と午後6時から午後9時頃に電力消費のピークが生じると考えられ、そのピークの平準化を図り全体の消費量を削減することが電力需給において大きな課題である。



平成22年度の市域全体のガス消費量は、約45,129千m<sup>3</sup>、そのうち家庭の消費量は60%、業務の消費量は24%、産業の消費量は16%となっている。平成22年度の年間ガス消費量を平成15

## 鎌倉市用途別年間ガス消費量の推移



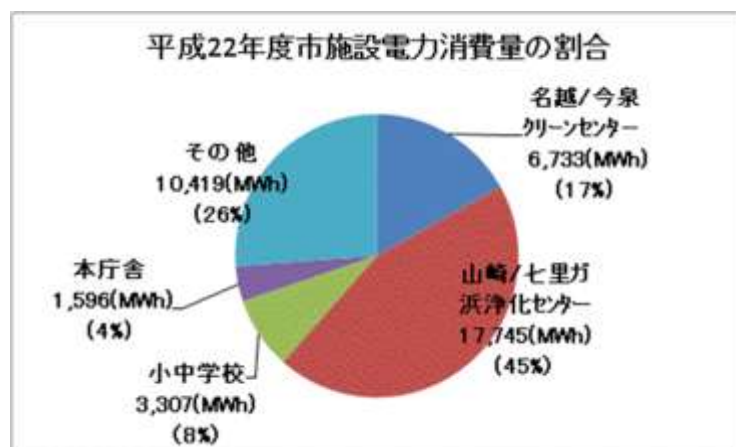
年度から見ると、市域全体の消費量は平成 15 年度と比較すると 3.5%増加しているもののその間増減を繰り返している。また、家庭部門、業務部門及び産業部門の消費量も平成 15 年度から平成 22 年度にかけて増減を繰り返している。

今後は、エネルギー高効率利用技術等の開発に伴う新規用途の出現、各種の規制緩和等を背景に、ガスコージェネレーションの一層の普及等が見込まれ、それにより、需要は増加する傾向になると考えられる。

#### 4.2 市の施設の電力消費状況

平成 22 年度の市施設全体の電力消費量は 39,800MWh で市域全体の電力消費量 786,697MWh の約 5%を占めている。

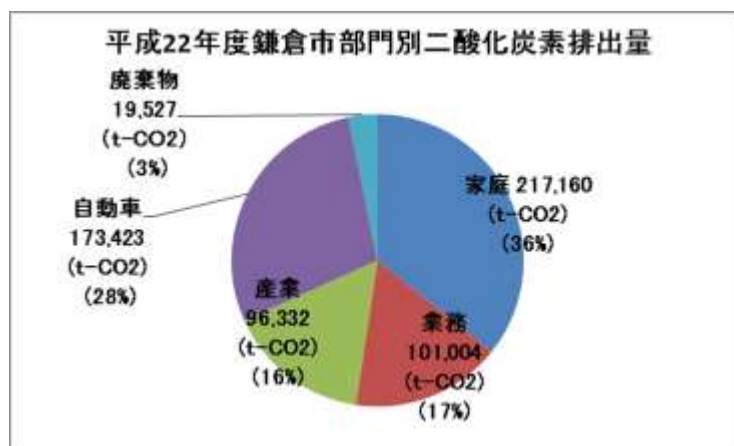
市施設の電力消費の内訳は、名越クリーンセンターと今泉クリーンセンターを合わせたごみ焼却場の消費量が 17%、山崎浄化センターと七里ガ浜浄化センターを合わせた下水処理場の消費量は 45%、市内小中学校 25 校で 8%、本庁舎の消費量は 4%、その他の施設が 26%となっている。ごみ焼却場と下水処理場の電力消費量は、市施設全体の約 62%を占めている。



#### 4.3 市の二酸化炭素排出量

平成 22 年度の市域全体の二酸化炭素排出量は約 607,446 t-CO<sub>2</sub> で、その内訳は家庭からの排出量が 36%、業務からの排出量は 17%、産業からの排出量は 16%、自動車からの排出量は 28%、廃棄物からの排出量は 3%となっている。

全体でみると家庭及び自動車からの二酸化炭素排出量の割合が多い。





## 5 地域特性を踏まえた省エネ・創エネの可能性

### 5.1 太陽光発電などの導入実績、賦存量

本市では、平成 21 年度から住宅用太陽光発電設置費補助をはじめ、この制度により平成 23 年度までに累計 210 件（合計容量 802.02kW、年間発電量約 882MWh と推測される）が設置された。

しかし、市域全体の太陽光発電導入累積件数は平成 23 年度末時点で 967 件、その設備容量は 3382.8kW、年間発電量は約 3,721MWh で、市域全体の電力消費量の約 0.47%を賅うに過ぎない。仮に、市内の新耐震基準対応戸建住宅の約 60%に 3.5kW の太陽光発電設備が設置されれば年間約 109,060MWh の発電が見込まれ、市域電力消費の約 13.4%が賅える。

また、市施設における太陽光発電による年間発電量は約 47MWh と推測される。現在、市施設への設置は 5カ所（3.3kW 以上の設備容量のもの）であることから、今後、学校の屋上など、一定規模を確保できる公共施設に設置を進めることで発電量を高めることが可能である。

その他、市として把握している再生可能エネルギーの活用事例はない（小規模なものは除く）が、活用の可能性がある再生可能エネルギーとしては、一般廃棄物約 4 万 t /年、植木剪定材約 1 万 t /年、下水汚泥 1 万 t /年などがあげられる。県管理の二級河川である滑川（平均流量 0.29m<sup>3</sup>/s）と柏尾川（平均流量 5.36 m<sup>3</sup>/s）があり、その他、風力の活用も考えられるが市域の平均風速は、平均風速約 3.6m/S で賦存量としてはそれほど大きなものでない。

### 5.2 検討すべき省エネ・創エネ技術

これまでに述べた市域のエネルギー需給の現状、再生可能エネルギー導入実績、賦存量を踏まえ、電力消費の多い市の施設やこれからの新たなまちづくりに向けては、エネルギーの面的利用や太陽熱・地中熱・河川熱・地下水熱などの利用による先進的な創エネルギー・省エネルギー技術の導入を検討する。

創エネルギー技術では、その賦存量から太陽光発電と一廃系バイオマスが主体となると考えられるので、これらを最大限導入する方法を検討する。太陽光発電を大量に導入する場合には、将来、その出力変動が問題になる可能性があるが、その場合には、他の発電装置で平準化することを前提とし、今回の研究ではコスト面で不利な蓄電池は採用しないこととする。ただし、防災対策のためには蓄電池の採用も考える。

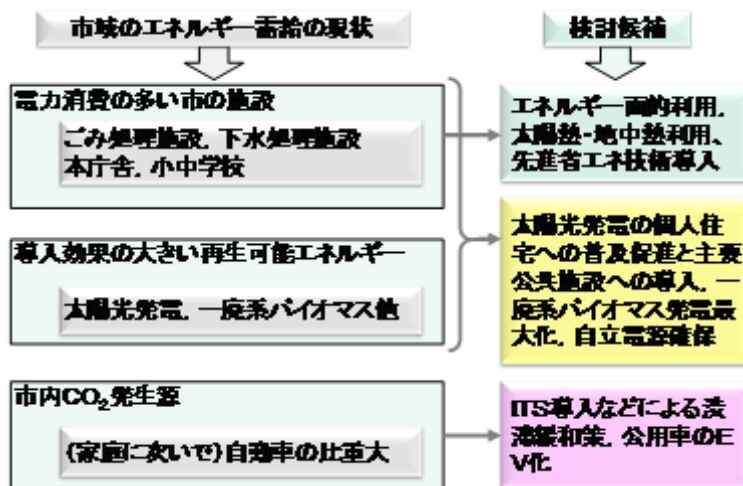


図 5-1 検討すべき省エネ・創エネ技術の考え方

CO<sub>2</sub>発生抑制の観点からは、家庭に次いで発生量の多い自動車交通への対策が必要と考える。防災の観点も含め、ICT技術を用いた渋滞緩和策を検討することとする。

なお、小水力発電は必要な流量と落差、小風力発電についても平均風速の点で費用対効果が期待できない他、設置場所の選定などの課題もあり、現時点では実用的な電力源とはいふことができない。そのため、これらは本研究で取り上げる優先順位は低いと判断した。

## 6 鎌倉市におけるスマートシティ形成のイメージ

### 6.1 省エネ・創エネの5つのプロジェクト

4章、5章の検討に基づき、スマートシティ形成のために推進すべきと考えられる次の5つの領域を設定した。これらを、以下、プロジェクト(PJ)と呼ぶ。

#### (1) PJ1 地域特性を活かした電力創生

太陽光発電の拡大、バイオマスを活用した自立電力の創生。

#### (2) PJ2 防災対策強化

PJ1で創生される電源の活用による防災拠点の機能強化。

#### (3) PJ3 市街地のスマートシティ化—既成市街地での省エネ・創エネ

既成市街地に導入可能な省エネ・創エネ技術の効果検討。

#### (4) PJ4 市街地のスマートシティ化—新たなまちづくりでの省エネ・創エネ

深沢地域国鉄跡地周辺総合整備事業（以下「深沢整備事業」という）を前提とした、新たなまちづくりの際に導入可能になりうる省エネ・創エネ技術の効果検討。

#### (5) PJ5 市内交通のCO<sub>2</sub>抑制

道路交通に起因する二酸化炭素排出量削減のためのICT技術の活用やEV化の促進。

### 6.2 鎌倉市エネルギー施策推進委員会と本研究の関連

6.1節で設定した各プロジェクトの領域には、様々な具体的な項目が考えられる。それらは、直ちに事業として実施できる可能性があるものと、導入方法や効果の事前検討が必要なものとに分けられる。

前者については、本研究と並行して、市の内部にエネルギー施策推進委員会を設置し、その実現の可能性について検討することとした。具体的には、公共施設への太陽光発電設備の導入促進、公共施設の照明や防犯灯のLED化、電気自動車の非常用電源としての活用、公共施設へのデマンドメーター導入などである。

後者については、本研究で取り上げるべき項目を連絡調整会議の場で検討し、それらを3.2節で述べたワーキンググループ(WG)で研究実施することにした。

### 6.3 本研究の実施項目とスマートシティのイメージ

本研究で設置したWG及びそれらの相互関連のイメージを図6-1に示す。

WG1-1, 1-2は、比較的規模の大きい太陽光発電の導入および一般廃棄物や市内のバイオマス資源を最大活用した発電の導入を検討し、さらに、下水処理場の未利用エネルギーなどと面的に組み合わせることで互いの欠点を補い、電力の平準化や防災時の電力供給が可能な自立的な発電所を実現しようとするものである。

WG2は、WG1で提案する自立的な発電所があれば、大規模災害時にも電力が利用可能であることを活かし、地域住民や帰宅困難者が安心して頼ることができるよう、新たな防災拠点の整備や学校などの避難所（ミニ防災拠点）の機能を強化しようとするものである。

WG3, 4は、市街地の省エネを目指すものであるが、前者は、既成市街地を対象とし、既存の建物を例題として、仮に最新の空調設備（太陽熱利用、地中熱利用など）を導入した場合の効果を確認する。後者は、深沢地域国鉄跡地周辺を対象に、その地域の特性を活かした省エネ・創エネの可能性を検討する。具体的には、河川熱・地下水熱・気化熱に関して当該地区への適用の可能性や導入のための課題などを調べる。

同時に、個別空調やビル単位でのエネルギーマネジメントシステム(BEMS)および、WG1で生成される電力と既成市街地や新しい市街地などの消費電力を考慮して、それらを総合的にコントロールすることにより、市域での電力のピークシフトを行うことを視野に入れた地域エネルギーマネジメントシステム(CEMS)についても検討する。

WG5においては、道路交通問題を取り上げ、最新のICTにより渋滞緩和する方策を検討する。これは、前述のように道路交通が市のCO<sub>2</sub>発生に占める割合が高いことを問題視したためであるが、自動車のEV化や防災対策など、ほかのPJとの関連性が高いことも理由である。

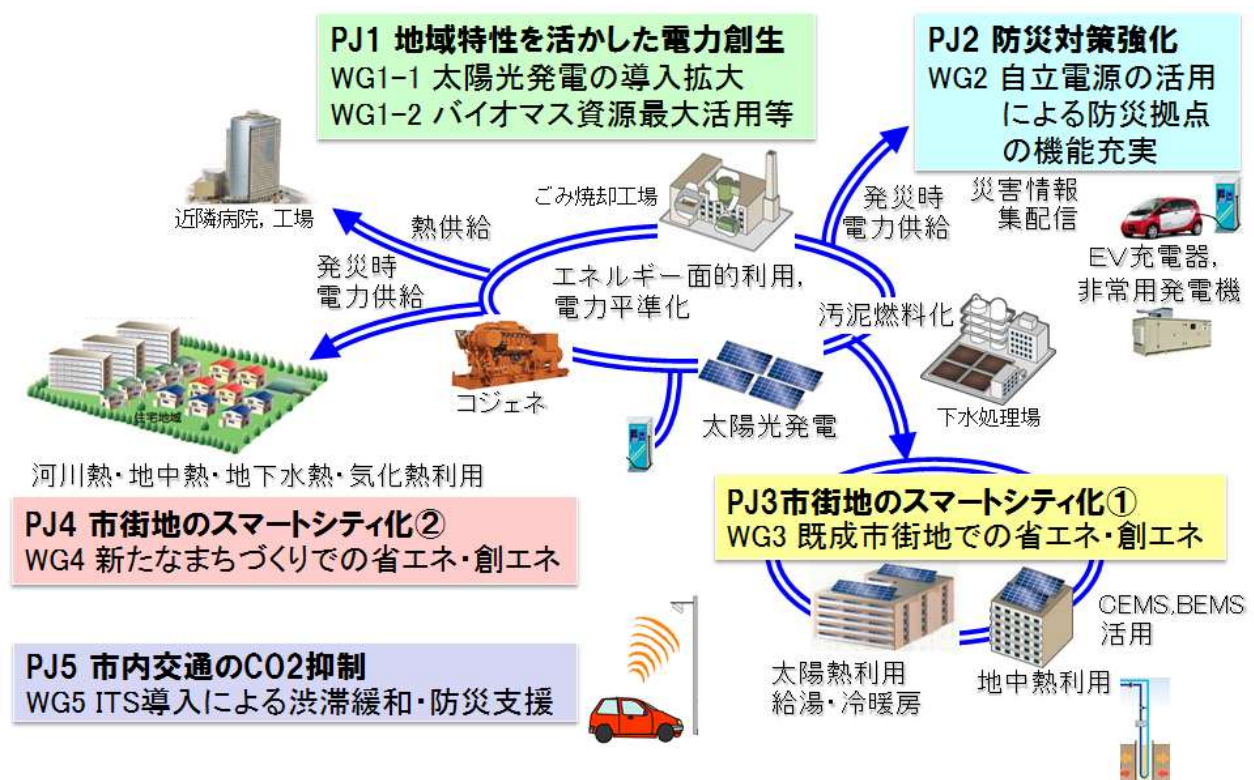


図 6-1 研究実施項目

## 7 研究結果

### 7.1 WG 1-1 太陽光発電の導入拡大

#### 7.1.1 目的

鎌倉市環境基本計画は、環境基本条例の3つの理念を実現するために平成8年3月に策定され、良好な環境の保全、より良い環境の創造をめざし各主体が協働して施策を進めるとしている。その後、当計画は社会状況等を勘案して改訂・見直しを行い、平成23年3月に改訂した計画では、エネルギーの有効利用の施策として、「太陽光や太陽熱、風力等のエネルギーの活用」を位置づけている。

そこで、本WGでは、比較的規模の大きい太陽光発電システムの導入を目的として、具体的な設置方法や機器構成の検討と事業シミュレーションを行う。

#### 7.1.2 対象施設

鎌倉市が保有する施設のうち、下水道処理施設では、特に、未利用資源の利活用が期待されている。さらに、下水道処理施設が保有する空間は、都市部の中にあつて、まとまった空間であり、自然エネルギー施設用地として適している。候補施設として、七里ガ浜浄化センターと山崎浄化センターが考えられる。

本検討では、①太陽光モジュールを数多く配置できる空間を保有していること、②おおそ南方向にモジュールを配置でき、影の影響が少なく高効率な発電が期待できること ③大規模地震の際に津波の影響が少ない陸側に位置していること ④非常時・災害時に、エネルギー供給拠点として近隣企業活動・市民生活を支援できることを考慮し、山崎浄化センターを検討対象施設として選定した。

#### 7.1.3 モジュール配置、構成の考え方

山崎浄化センターにおける6施設に太陽光モジュールを配置した場合と施設面積が最も大きい施設のみに太陽光モジュールを配置した場合について検討した。

6施設への太陽光モジュールの設置を考えた場合、施設が分割されているためPCS(パワーコンディショナー)等を棟毎に分散配置する必要がある。そのため、導入する機器数が多くなり、機器コストが高くなる。

機器コストを抑え効率的に発電するには、モジュールを数多く配置できる施設に機器を集中配置する必要がある。これらの条件を加味し、施設面積が最も大きいB系C系水処理施設設備棟のみに太陽光モジュールを配置し、PCSを1台とする構成とした。表7.1-1に、6施設に太陽光モジュールを配置した場合とB系C系水処理施設のみに太陽光モジュールを配置した場合の推定発電量、モジュール数、PCS設置数に関する比較表を示す。また、図7.1-1にシステム構成図を示す。

表 7.1-1 モジュール配置比較

	6 施設に配置した場合 (分散配置)	B系C系水処理施設のみに 配置した場合 (集中配置)
推定発電容量	690.8kW	504kW
モジュール数	250W×2,913 枚	250W×2,016 枚
PCS 設置数	11 台	1 台
推奨構成	—	○

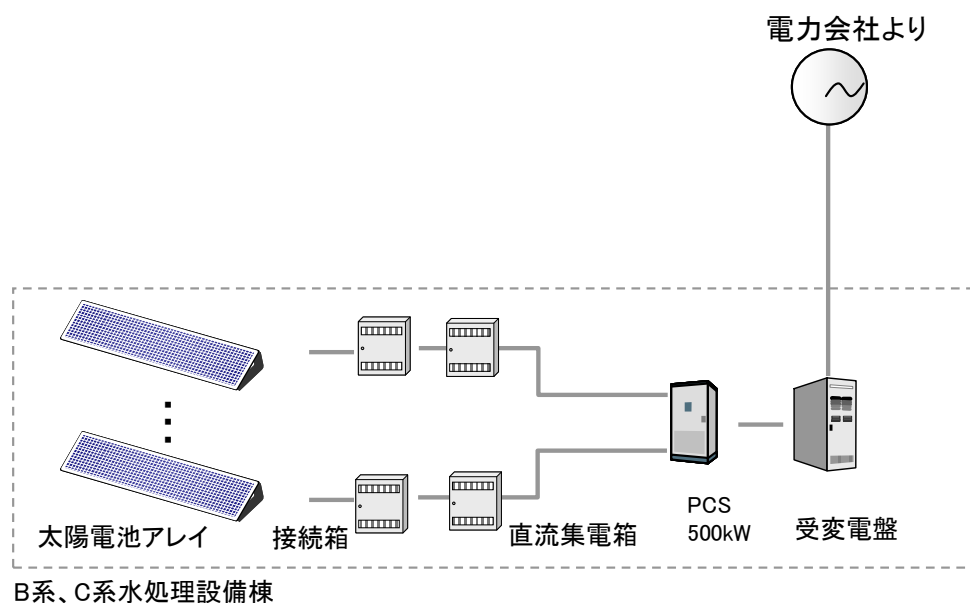


図 7.1-1 システム構成図

#### 7.1.4 導入可能量と事業性

表 7.1-1 の結果を元に、山崎浄化センターのB系C系水処理施設屋上に、太陽光モジュールを設置した場合の発電量と売電事業を実施した場合のコスト検証を実施した。

B系C系水処理施設は、250W モジュールが 2,016 枚配置可能である。この配置（案）による発電量は、504kW となる。図 7.1-2 にモジュール配置図を示す。

504kW の太陽光発電システムの年間発電量をシミュレーションすると、489,612kW となる。月間発電量、年間発電量、二酸化炭素削減量、石油削減量のシミュレーション結果を表 7.1-2 に示す。

再生可能エネルギーの普及・拡大を目的に、平成 24 年 7 月 1 日から「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が始まっている。電力を消費する建造物等に助成対象の発電設備を付加した場合、自家消費分の電力の取り扱いによって全量買取りと余剰買取りの 2 方式に分かれる。

全量買取りは、発電した電力は一旦全て電力会社で買い取られ、自家消費分の電力は別途系統電力で賄う方式である。余剰買取りは、自家消費分を除いた余剰分の電力が買い取り対象となる。本検討では、全量買取りを前提として、コストシミュレーションを行った。

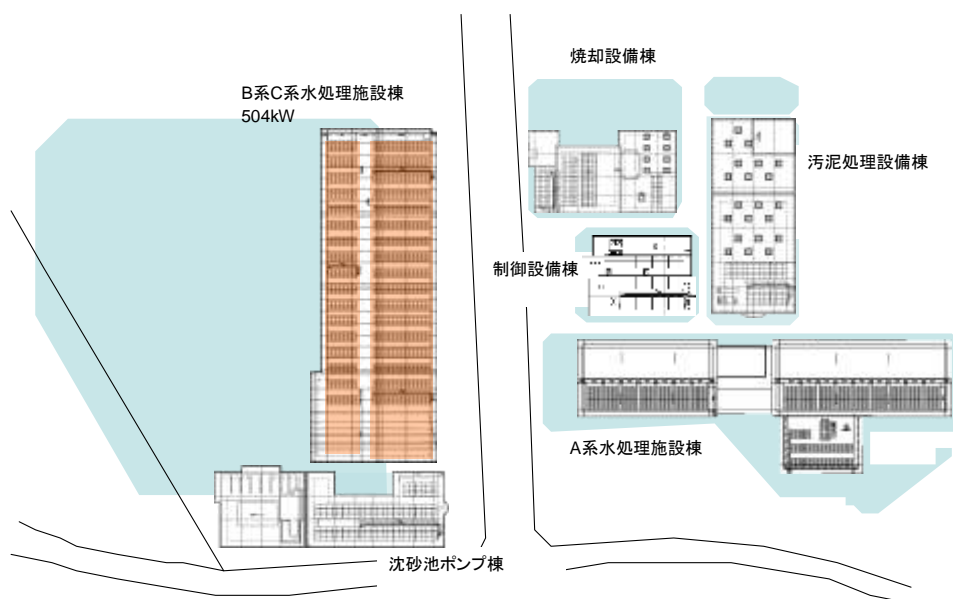


図 7.1-2 モジュール配置図

表 7.1-2 の発電量シミュレーション結果を基に、全量買取りを実施した場合のコスト試算を、仮に金融機関等からの借入の場合（借入期間 20 年、元利均等払、金利 2 %、動産保険 1.5%）、リースの場合（リース期間 15 年、金利 3.3%、動産保険 1.5%）で行った。試算結果を、表 7.1-3 に示す。

借入の場合、15 年目に黒字化し、15 年日以降 利益が出る。20 年間の累計収支は、93,577,857 円の収入となる。

リースの場合、9 年目まで黒字であるが、10 年目～15 年目 赤字となる。但し、5 年間の赤字額は、2,243,535 円であり、16 年目には完全に黒字化する。20 年間の累計収支は、89,215,986 円の収入となる。

本結果より、本発電事業を 20 年間事業として考えた場合には、収入を得られる事業であると判断できる。

なお、山崎浄化センターは国の補助を受けた施設であるが、そこに設置した太陽光発電による売電収入は、同施設の管理費に歳入として繰り入れれば、補助金返還の必要はないとされている。しかしながら、山崎浄化センターの上部利用については、地元からの別の要望を受けているため、別途調整が必要である。



表 7.1-2 発電量シミュレーション

		単位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
A	日射量年変動補正係数 $K_{HD}$		0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
B	経時変化補正係数 $K_{PD}$		0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
C	平均気温	°C	5.0	5.2	7.8	13.1	17.2	20.1	23.3	25.2	21.9	16.5	12.0	7.5	14.6
D	温度補正係数 $K_{PT}(=1+\alpha(T_{CR}-25))$		1.008	1.007	0.994	0.969	0.949	0.935	0.920	0.911	0.927	0.953	0.974	0.996	0.962
E	負荷整合補正係数 $K_{PM}$		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
F	アレイ回路補正係数 $K_{PA}$		0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
G	インバータエネルギー効率 $\eta_{INO}$		0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971
H	総合補正係数 $K(=K_{HD}\times K_{PD}\times K_{PT}\times K_{PM}\times K_{PA}\times \eta_{INO})$		0.822	0.821	0.811	0.791	0.775	0.763	0.751	0.743	0.756	0.777	0.795	0.812	0.785
I	1日当たりの傾斜面日射量 $H_s$	kWh/m <sup>2</sup> /日	2.25	2.81	3.33	3.99	4.68	4.16	4.53	4.81	3.29	2.69	2.24	2.16	3.42
J	日数 $D$	日	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
K	月間発電電力量 $(=P_{AS}\times K\times H_s\times D/G_s)$	kWh	28,897	32,557	42,195	47,720	56,668	47,992	53,153	55,838	37,607	32,656	26,926	27,403	489,612
L	二酸化炭素削減量(0.3145kg-CO <sub>2</sub> /1kWh)	kg-CO <sub>2</sub>	9,088	10,239	13,270	15,008	17,822	15,093	16,717	17,561	11,827	10,270	8,468	8,618	153,981
M	石油削減量(0.227リットル/1kWh)	リットル	6,560	7,390	9,578	10,832	12,864	10,894	12,066	12,675	8,537	7,413	6,112	6,220	111,141

表 7.1-3 コストシミュレーション (借入の場合)

【前提条件】	パネル総数	3,501 枚	設備規模	504.00 kw	設備費	193,941,840 円	発電量	489,612 kw
【借入】	借入期間	20 年	返済方法	元利均等払	金利	2% ※推定値	動産総合保険	1.5%

年度 年目	2013 1	2014 2	2015 3	2016 4	2017 5	2018 6	2019 7	2020 8	2021 9	2022 10
機器劣化率	98.5%	98.2%	97.9%	97.6%	97.3%	97.0%	96.7%	96.4%	96.1%	95.8%
推定発電量	482,268	480,799	479,330	477,861	476,392	474,924	473,455	471,986	470,517	469,048
売電電力量	482,268	480,799	479,330	477,861	476,392	474,924	473,455	471,986	470,517	469,048
＜収入＞										
売電金額(発電量×40円・税抜)	19,290,713	19,231,959	19,173,206	19,114,452	19,055,699	18,996,946	18,938,192	18,879,439	18,820,685	18,761,932
＜支出＞										
〇&M費用	0	0	0	0	3,300,000	0	0	0	0	4,100,000
元金返済額	7,982,010	8,141,650	8,304,483	8,470,572	8,639,984	8,812,784	8,989,039	9,168,820	9,352,196	9,539,240
支払利息	3,878,837	3,719,197	3,556,364	3,390,274	3,220,863	3,048,063	2,871,807	2,692,026	2,508,650	2,321,606
動産総合保険料	2,909,128	2,789,397	2,667,273	2,542,705	2,415,647	2,286,047	2,153,855	2,019,020	1,881,487	1,741,205
合計	14,769,974	14,650,244	14,528,119	14,403,552	17,576,493	14,146,894	14,014,702	13,879,866	13,742,334	17,702,051
収支	4,520,739	4,581,715	4,645,087	4,710,901	1,479,206	4,850,052	4,923,490	4,999,573	5,078,351	1,059,881
累積収支	4,520,739	9,102,454	13,747,541	18,458,442	19,937,647	24,787,699	29,711,190	34,710,762	39,789,114	40,848,994
回収年試算	-261,782,533	-242,550,573	-223,377,367	-204,262,915	-185,207,216	-166,210,270	-147,272,078	-128,392,639	-109,571,954	-90,810,022

※回収年試算(20年の総支出-各年の収入)

年度 年目	2023 11	2024 12	2025 13	2026 14	2027 15	2028 16	2029 17	2030 18	2031 19	2032 20	合計
機器劣化率(保証率)	95.5%	95.2%	94.9%	94.6%	94.3%	94.0%	93.7%	93.4%	93.1%	92.8%	
推定発電量	467,579	466,111	464,642	463,173	461,704	460,235	458,766	457,298	455,829	454,360	
売電電力量	467,579	466,111	464,642	463,173	461,704	460,235	458,766	457,298	455,829	454,360	
＜収入＞											
売電金額(発電量×40円・税抜)	18,703,178	18,644,425	18,585,672	18,526,918	18,468,165	18,409,411	18,350,658	18,291,904	18,233,151	18,174,397	374,651,102
＜支出＞											
〇&M費用	0	0	0	0	4,000,000	0	0	0	0	0	11,400,000
元金返済額	9,730,025	9,924,626	10,123,118	10,325,581	10,532,092	10,742,734	10,957,589	11,176,741	11,400,275	11,628,281	193,941,840
支払利息	2,130,821	1,936,221	1,737,728	1,535,266	1,328,754	1,118,112	903,258	684,106	460,571	232,566	43,275,089
動産総合保険料	1,598,116	1,452,166	1,303,296	1,151,449	996,566	838,584	677,443	513,079	345,428	174,424	32,456,317
合計	13,458,962	13,313,012	13,164,143	13,012,296	16,857,412	12,699,431	12,538,290	12,373,926	12,206,275	12,035,271	281,073,245
収支	5,244,216	5,331,413	5,421,529	5,514,622	1,610,753	5,709,980	5,812,368	5,917,978	6,026,876	6,139,127	93,577,857
累積収支	46,093,210	51,424,623	56,846,152	62,360,775	63,971,527	69,681,508	75,493,876	81,411,854	87,438,730	93,577,857	
回収年試算	-72,106,844	-53,462,419	-34,876,747	-16,349,829	2,118,335	20,527,747	38,878,404	57,170,309	75,403,460	93,577,857	



表 7.1-4 コストシミュレーション（リースの場合）

【リース】	期間	15年										金利	3.3%		動産総合保険	1.5%					
年度 年目	2013 1	2014 2	2015 3	2016 4	2017 5	2018 6	2019 7	2020 8	2021 9	2022 10	2023 11	2024 12	2025 13	2026 14	2027 15	2028 16	2029 17	2030 18	2031 19	2032 20	合計
<収入>																					
売電金額(発電量×40円・税抜)	19,290,713	19,231,959	19,173,206	19,114,452	19,055,699	18,996,946	18,938,192	18,879,439	18,820,685	18,761,932											
<支出>																					
リース料	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008											
合計	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008											
収支	261,705	202,952	144,198	85,445	26,691	-32,062	-90,816	-149,569	-208,322	-267,076											
累積収支	261,705	464,657	608,855	694,300	720,991	688,929	598,113	448,544	240,222	-26,854											
回収年試算	-266,144,403	-246,912,444	-227,739,238	-208,624,786	-189,569,086	-170,572,141	-151,633,949	-132,754,510	-113,933,825	-95,171,893											
<収入>																					
売電金額(発電量×40円・税抜)	18,703,178	18,644,425	18,585,672	18,526,918	18,468,165	18,409,411	18,350,658	18,291,904	18,233,151	18,174,397											374,651,102
<支出>																					
リース料	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	0	0	0	0	0											285,435,116
合計	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	19,029,008	0	0	0	0	0											285,435,116
収支	-325,829	-384,583	-443,336	-502,090	-560,843	18,409,411	18,350,658	18,291,904	18,233,151	18,174,397											89,215,986
累積収支	-352,684	-737,266	-1,180,603	-1,682,692	-2,243,535	16,165,876	34,516,534	52,808,438	71,041,589	89,215,986											
回収年試算	-76,468,714	-57,824,290	-39,238,618	-20,711,700	-2,243,535	16,165,876	34,516,534	52,808,438	71,041,589	89,215,986											

### 7.1.5 太陽光発電電力の活用について

太陽光発電については、鎌倉市が事業主体となることで、電力平準化（他電源との組み合わせ、EV充電の最適化など）や防災への積極利用が可能である。

山崎浄化センターは、武道館を併設しており、災害時の防災基地・安全拠点として活用することが可能である。電力供給量が減った場合や、電力供給が途絶えた場合は、太陽光発電システムを蓄電池設備や自家発電設備と組み合わせることで、太陽光発電電力を一層有効に活用できる。

既設の非常用発電機は、センターの必要電力を賄えるだけの容量(2,000kW)を持っており、下水処理場の通常の操業は可能であるが、太陽光発電があれば、その分、非常用発電機の燃料を節約することができ、より信頼性の高いシステムとすることができる。図 7.1-3 に、山崎浄化センターを防災基地として活用した場合のシステム構成例を示す。

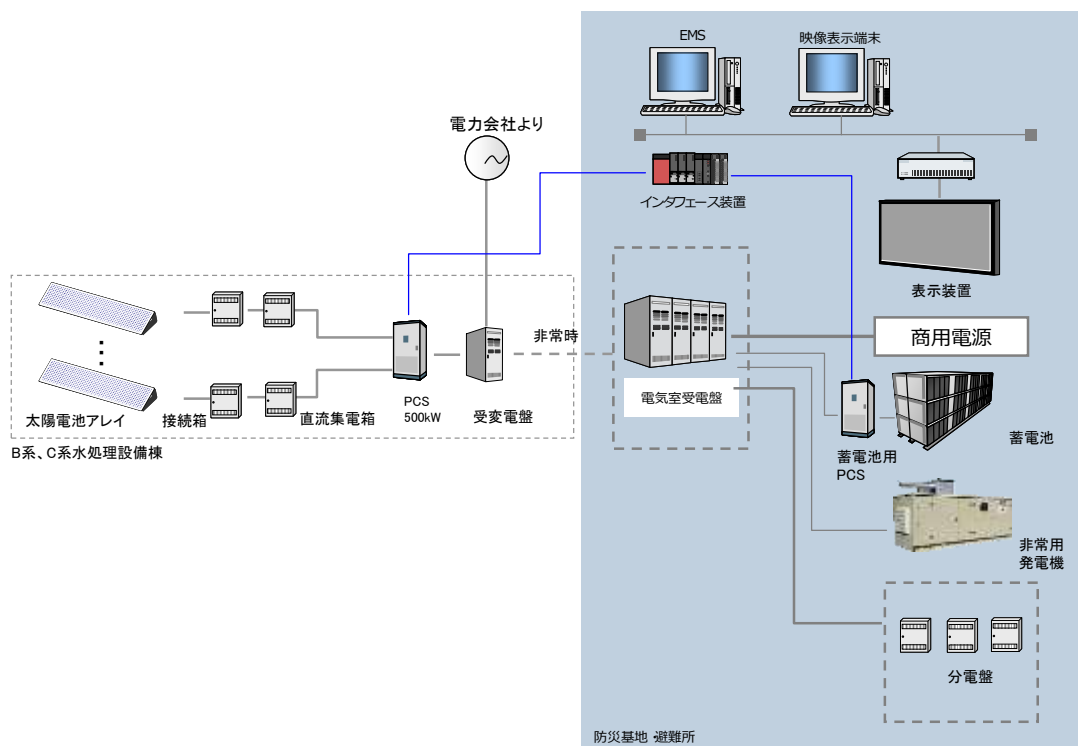


図 7.1-3 山崎浄化センターを防災基地として活用した場合のシステム構成例

### 7.1.6 WG1-1のまとめ

平成 24 年 12 月 14 日付の資源エネルギー庁発表資料によれば、平成 24 年 4 月から 11 月末における再生可能エネルギーの導入量（運転開始した設備容量）は 144.3 万 kW であり、そのうち太陽光発電が 139.8 万 kW を占めている。平成 24 年度末までの導入予測量は 200 万 kW に達する見込みであり、平成 23 年度末時点における累積導入量が 480 万 kW であることと比較すれば、極めて急激な伸びである。さらに、年度末までに運転開始に至らないものの、11 月末までに認定を受けている設備容量が、非住宅用だけで 200 万 kW 程度あり、これらは来年度早々にも運転開始するものと思われる。

この現象が固定価格買取制度の開始によるものであることは言うまでもない。同制度では、事業者の利益に配慮することが明記(\*)されており、発電事業として単独で採算が取れる可能性が極めて高いからである。本WGの検討でも収益性のあることを示したが、現地を調査した上で精

査すれば、さらにコストを下げ、事業性を高くすることは十分可能と思われる。ただし、この配慮期間は、制度開始後3年間である。その後も、太陽光パネルの価格低下などもあり得るものの、事業性などは明確ではない。従い、施設の上部利用についての地元の要望に配慮する必要はあるものの、もし事業化するのであれば、この配慮期間中に実施することが望ましい。

さらに、図 7.1-3 に示すように太陽光発電以外の様々な電源とも一括管理することで、より大きな自由度や信頼性を得ることができる。(7.2.4 項参照)

( \* 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法 附則 第7条 「経済産業大臣は、集中的に再生可能エネルギー電気の利用の拡大を図るため、この法律の施行の日から起算して3年間の限り、調達価格を定めるに当たり、特定供給者が受けるべき利潤に特に配慮するものとする。」)

## 7.2 WG 1-2 バイオマス資源最大活用

### 7.2.1 目的

一般廃棄物(4万t/年)や剪定枝(1万t/年)は、市域で見れば、極めて大きなまとまったエネルギー源と言える。そこで、新たなごみ焼却施設を早期に建設して一般廃棄物や剪定枝からの効率的な電力創生を行うことを提案し、エネルギー、環境そしてコストの視点からその効果を確認する。

さらに、これを他の創エネ手段と組み合わせることにより電力の平準化を行うことや、発災時に安定かつ自立した電力を供給できることから、スマートシティの中核施設に位置づけることを提案する。

### 7.2.2 創エネ対象の拡大

創エネ対象としては、一般廃棄物に加え、剪定枝もその対象として考える必要がある。現在、剪定枝は、他の多くの自治体と同様に堆肥化されている。鎌倉市は剪定枝の発生量が多いため、この堆肥化がリサイクル率を向上する大きな要因ともなっている。しかし、リサイクルは目的ではなく、環境への悪影響を少なくするための手段の筈である。

堆肥は、一般には3、4年程度で微生物によって分解され、固定化されていた炭素の殆どはCO<sub>2</sub>として空中に放散され、残りの一部が土壌炭素として土壌に固定化される<sup>1)</sup>。(土壌に固定化される炭素量については日本ではまだ不明確な点が多く、京都議定書との関連で農地土壌炭素貯留量についての研究が進められている段階である<sup>2)</sup>。)

このため、剪定枝を堆肥化する場合とごみ焼却施設で焼却する場合は、本質的にはCO<sub>2</sub>発生量は殆ど変わらない(図 7.2-1)。実際には、堆肥化のためには、剪定枝の堆肥化施設(山梨県)までの運搬、堆肥化施設での繰り返しなどの重機による作業、生成した堆肥の鎌倉市までの運搬に化石燃料を消費する。これに使う経費も大きい。また、堆肥化の過程では温室効果の高いCH<sub>4</sub>やN<sub>2</sub>Oを生ずる可能性もあると言われている。

従い、堆肥化には土壌改良の効果はあるものの、将来、新焼却炉の整備を考える際には、改めて環境負荷やコストの検証を行い、一般廃棄物とともにサーマルリサイクルによる電力エネルギー回収の対象とすることを検討すべきである。一般廃棄物と剪定枝をまとめて処理すれば、処理量が増えることにより発電効率が向上する効果もある。

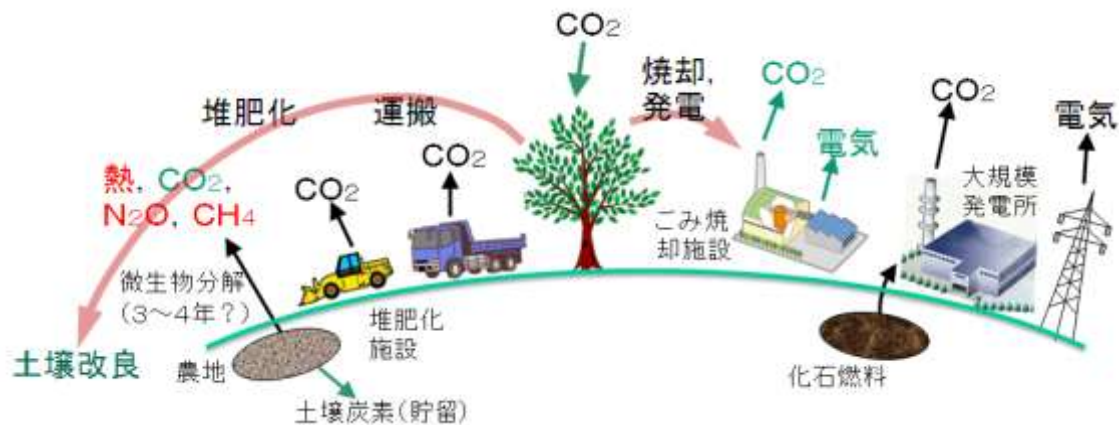


図 7.2-1 剪定枝の堆肥化と化石燃料消費を削減できるサーマルリサイクルの比較

### 7.2.3 熱エネルギーの面的利用の拡大

#### (1) 熱エネルギーの面的利用の提案<sup>3)</sup>

一般廃棄物のエネルギーを有効利用するためには、既に様々なかたちで推進されているごみ焼却発電単独での高効率化<sup>4)</sup>だけでは限界に達しつつあるので、都市のその他の施設と組み合わせることによるエネルギーの面的利用をさらに拡大することが必要であると思われる。

そこで、発電設備付き新焼却施設と既存の下水処理施設の間でエネルギーや資源をやり取りすることにより、以下のようにエネルギーの無駄の排除、あるいは、有効利用を行うこと(図 7.2-2)を提案する。

- ①ごみ処理に伴う排水の下水処理施設での処理
- ②下水処理放流水による蒸気タービン復水器の水冷化
- ③ごみ焼却排熱による下水汚泥の燃料化

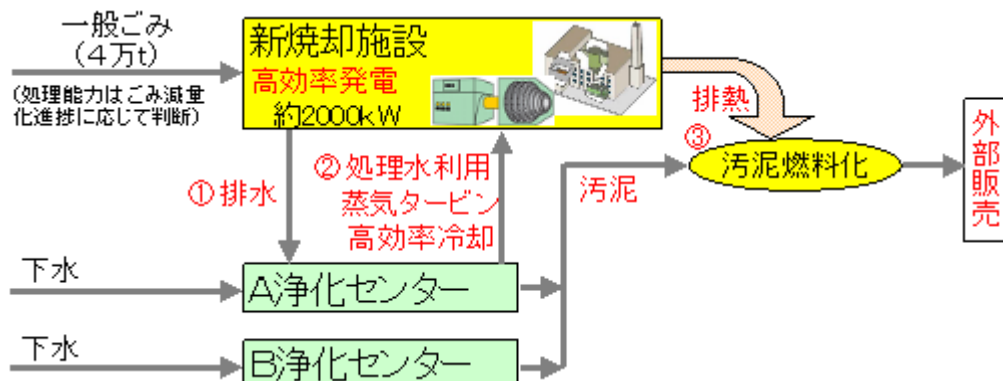


図 7.2-2 エネルギーの面的利用

①は、ごみ処理に伴う排水を減温塔に吹き込んで処理する排水クローズドとせず、それによりボイラでの熱回収量を増加させるものである。ごみ処理施設内に排水処理施設を併設し、下水道放流する場合と同じ効果であるが、下水処理施設に直接送ることができれば、独立の排水処理施設の設備費・ランニングコストを抑えることができる。②は、下水処理の放流水をごみ焼却施設まで送れる場合に、その放流水を利用して、多くのごみ処理施設が採用している空冷復水器に代えて水冷式とすることにより、蒸気タービンの効率を向上するものである。

③は、ごみ焼却排熱の一部を用い、下水汚泥を低温乾燥し、燃料化するものである。2カ所の下水処理施設からは、現在、32t/日の汚泥が発生している。また、市の下水道計画では、汚泥発生量を約60t/日としている。これらの汚泥全量をごみ焼却施設に搬送して燃料化すれば、汚泥の焼却を廃止することができ、以下の効果が期待できる。

- (a) 汚泥焼却のための化石燃料の使用が不要になる。
- (b) 汚泥焼却に伴うN<sub>2</sub>Oの発生を殆ど0にできる。
- (c) 生成した乾燥汚泥を石炭代替燃料として使用することにより、CO<sub>2</sub>発生を削減できる。

得られた汚泥燃料は、石炭代替のバイオマス燃料として活用できるので有価で販売することが可能になる。受け入れ先としては、川崎市内のセメント工場やバイオマス発電所を具体例として挙げる事ができる。これらは、現在でも、30t/日程度の乾燥汚泥燃料の受入能力があるが、今後、さらに能力を増やす予定とのことである。燃料需要の多い京浜地区との距離が近いことは、地方都市と比べ、鎌倉市が有利な点の1つである。

なお、さらに念を入れて、ごみ焼却施設でも汚泥燃料を燃焼できるような仕様（設備能力）としておけば、予期せぬ事態により外部販売が不可能になったときでも、下水処理への影響を心配せず済む。その場合は、発電量が増えるメリットがある反面、灰が増え、その処理費が増加することになる。

## (2) エネルギーの面的利用の効果の確認

### (a) 効果検討対象

(1)で提案した①～③の効果を調べるために、以下のケースを設定した。ごみ処理量は、現在の焼却一般ごみ量である4万t/年と仮定した。

- ケースA 現状（比較対象）
- ケースB ごみ焼却施設を単独運用、ただし排水クローズドシステムを採用
- ケースC ごみ焼却施設と下水処理施設間で、前記①、②を実施
- ケースD ケースCに加えて、前記③も実施。汚泥処理量は32t/日。
- ケースE ケースDと同様。但し、汚泥処理量は60t/日。

### (b) 前提条件

それぞれの場合の基本条件は表7.2-1に示す通りである。焼却炉は、低空気比燃焼などの最新技術<sup>5)</sup>を導入するものとし、基本仕様やデータは、最近稼働開始した施設の中で、処理量4万t/年に近い規模のものを用いた。また、エネルギー的には無駄が多いものの、景観

表 7.2-1 基本条件

ごみ焼却施設		
焼却量	140t/日(70t/日×2炉) (280日/年稼働の場合、3.9万t/年)	
ごみ質	8,370kJ/kg (2,000kcal/kg)	
焼却炉形式	ストーカ式(排ガス再循環、高温空気燃焼)	
排ガス冷却設備	ボイラ(3MPa, 300℃)	
発電設備	空冷復水式蒸気タービン(ケースB) 水冷復水式蒸気タービン(ケースC, D, E)	
汚泥燃料化施設		
汚泥処理量	32t/日(ケースD)	60t/日(ケースE)
汚泥含水率	投入時:74%	
燃料化方法	低温乾燥固形燃料化(含水率:10%)	

に配慮して白煙防止を行うこととしている。

また、汚泥燃料化の方法には、高温炭化、低温炭化、低温乾燥などがあるが、今回の検討では、ごみ焼却排熱とバイオマス燃料の有効利用の視点から、表面固化／低温乾燥方式<sup>6)</sup>を取り上げた。ごみ焼却排熱を有効利用できるものであれば、この方式に限定する必要はない。

(c) 効果

上記ケース B～E について物質収支などを計算し、発電量やケース A を基準としたときの主要な CO<sub>2</sub> 削減効果を調べた。結果を表 7.2-2 に示す。また、このうち、年間発電量と CO<sub>2</sub> 削減効果を図 7.2-3 にグラフで示す。

表 7.2-2 各ケースの性能比較

	ケースB	ケースC	ケースD	ケースE
<b>汚泥燃料生成</b>				
汚泥処理量(t/日)	0	0	32	60
汚泥燃料生成量(t/日)			9.3	17.5
汚泥燃料発熱量			15.3MJ /kg (3,670kcal/kg)	
<b>ごみ発電</b>				
発電量(kW)	1,580	2,360	2,060	1,920
発電効率(%)	11.6	17.4	15.1	14.1
発電量(万kWh/年)	1,062	1,586	1,384	1,290
<b>CO<sub>2</sub>削減量(t-CO<sub>2</sub>/年)</b>				
発電	3,971	5,931	5,177	4,826
汚泥焼却燃料削減	—	—	33	63
汚泥燃料化(石炭代替)	—	—	4,704	8,809
N <sub>2</sub> O削減(CO <sub>2</sub> 換算)	—	—	5,458	10,268
合計	3,971	5,931	15,372	23,966

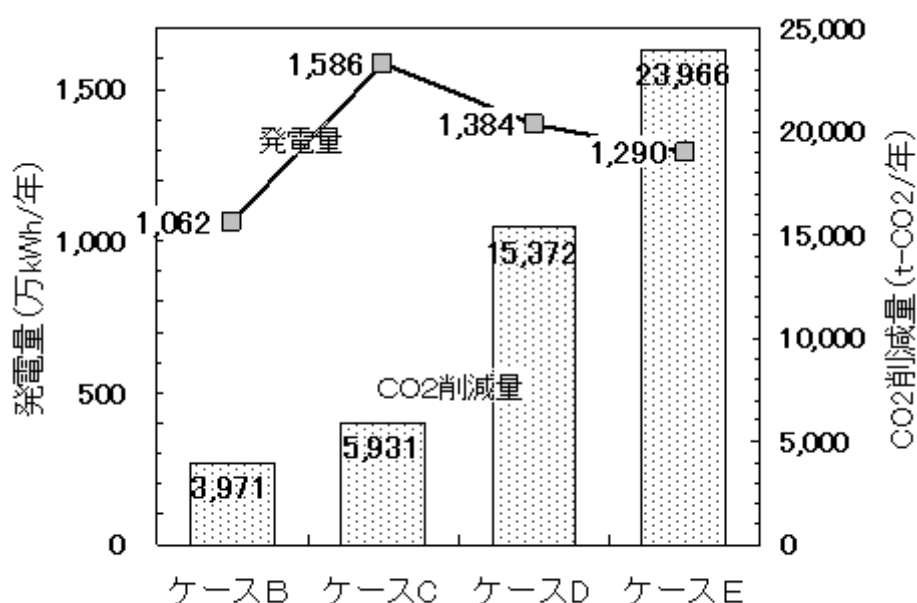


図 7.2-3 年間発電量と CO<sub>2</sub> 削減効果

## 7.2.4 “地域発電所”への展開

### (1) 太陽光発電との組み合わせ効果

7.1節で提案したように、下水処理施設の沈殿池の屋根は広く平坦であるため、太陽光発電装置を設置するのに適している。例えば、山崎浄化センターのB、C系施設の屋根面積は概ね7000m<sup>2</sup>であり、500kW程度の太陽電池パネルを設置できる（予想年間発電量：50万kWh）可能性があり、再生可能エネルギー全量固定価格買取制度を利用した早急な事業化が望ましい。

一方、太陽光発電には、その出力が天候に左右される欠点があり、将来の大規模導入時には、出力変動をもたらす弊害が危惧されている。そのため、国内各地で、太陽光発電施設に蓄電池を併設し出力を平準化するなどの実証試験が多数行われているところであるが、蓄電池は高価であるため、これだけで太陽光発電の出力を平準化することは現実的ではない。

その点、ごみ焼却発電は、以下の理由から、太陽光発電の出力を平準化する役割を持たせるのに適している。

- 日本全国に広く分布しており、地域単位での電力平準化に利用できる。
- ごみ量に季節変動があることなどから、発電能力に余裕を持たせた設計となっている。
- 清掃工場では、1週間分程度のごみを備蓄しており、数日先の需給予測に基づいて発電量を調整することが可能である。（発電量調整範囲は、発電効率や炉寿命などへの影響が少ない範囲に留める必要がある。）

ただし、ごみ焼却施設の発電量制御だけでは、雲の動きなどによる日射の短時間変動に追随するのは困難である（イメージを図7.2-2(a)に示す）。そこで、日・時間単位での変動にはごみ焼却発電で対応し、分単位での変動にはガスエンジンコージェネや小規模の蓄電池で対応するようになれば、低コストで電力平準化システムを構成することができる（図7.2-2(b)）。

太陽光発電の総量がまだ少ない現時点では、発電量の平準化が直ちに必要とされている訳ではないが、エネルギーの地産地消を含めた将来のスマートシティでは必須の技術である。ごみ処理施設の計画にあたっては、太陽光発電との組み合わせを前提とすべきである。

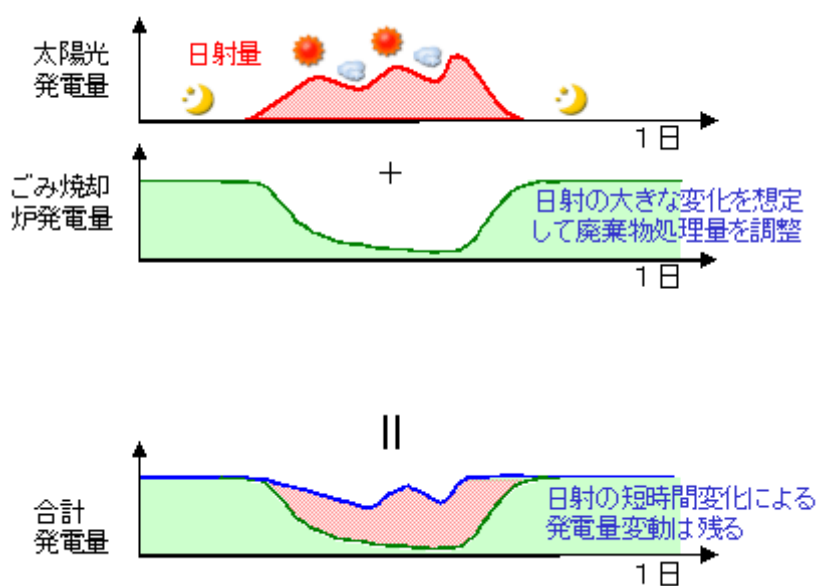


図 7.2-2 (a) ごみ焼却発電による太陽光発電の平準化



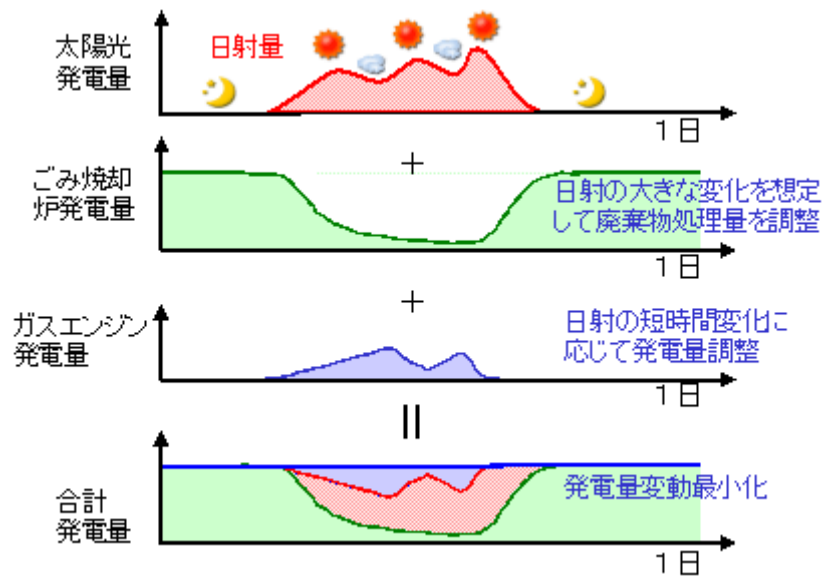


図 7.2-2 (b) ごみ焼却発電とガスエンジン発電による太陽光発電の平準化

## (2) ガスエンジンコジェネの導入

これまでに提案したごみ焼却発電や太陽光発電によりCO<sub>2</sub>排出量を大幅に減少することができものの、得られる電力量は、鎌倉市全体の電力需要（平成22年度7.87億kWh）から見れば2%弱に過ぎない。自治体として“エネルギー安全都市”を目指すのであれば、さらに積極的に発電施設を整備することも検討すべきであろう。

そのための1つの方法として、都市ガスを燃料としたコジェネシステムがある。仮に出力5,000kWの大型ガスエンジン1台を設置し、年間3,500時間運転した場合には、年間1,700万kWh程度の電力が得られる。

コジェネシステムでは、エネルギーの利用効率を高めるには、その面的利用が望ましい。そこで、ここでは、これまで述べてきたごみ焼却発電施設あるいは下水処理施設に隣接して設置することを提案する。ガスエンジンの排熱を様々なかたちで利用できるからである。さらに、近隣の大病院や工場など、蒸気や熱の使用量の多い施設がある場合には、それらに蒸気を供給することでコジェネの排熱を最大活用でき、全体効率を向上させられる可能性がある。

いずれにしても、コジェネシステムの設備容量は、熱供給あるいは熱利用の可能性を考慮して判断しなければならない。

## (3) スマートシティおよび防災基地への展開

ごみ焼却発電や太陽光発電を含めた、CO<sub>2</sub>排出の少ない先端の電力センターである“地域発電所”ができれば、これは、スマートシティの中核施設と位置づけられる。7.4.4項で述べるCEMSを導入することによって、電力需給に合わせたデマンドコントロールを行うことが可能になる。また、7.3節で述べるように防災拠点とすることも考えられる<sup>7)</sup>。

さらに、既に一部EV化されている公用車に加え、ごみ収集パッカー車、パークアンドライド用のシャトルバスなどのEV化を推進し、その充電は地域発電所からの電力で行うことにすれば、鎌倉市における環境への取組が、極めて分かりやすいものとなるであろう。“古都”でありながら環境・エネルギーに関しては先進の都市として高く評価されるものと思われる。



なお、地域発電所から他地区への送電は、当面は、電力会社の電線路を用いた自己託送に頼るのが現実的である。しかし、災害により系統が利用できなくなる可能性などを考慮すれば、自営線の設置を検討する必要もある。また、系統からの電力供給が途絶えた場合には、“地域発電所”の周囲の配電網を他から切り離すことによりその地域のみ配電を可能にすることも、今後の発送電分離の動きの延長線上で、将来は可能になることも考えられる。

### 7.2.5 WG1-2のまとめ

本WGでは、市の最大のエネルギー資源である一般廃棄物を最大活用する方策を提案した。本提案は、現状に比べ、エネルギー回収やCO<sub>2</sub>発生抑制の効果に加え、設備コストや運営コストも大幅に削減できると考えられる。さらに、他の創エネ手段と組み合わせることにより、市の自立かつ安定性の高い電力源を構成することができるので、廃棄物処理施設をスマートシティの中核施設として、また、防災・減災基地としても機能させることができる。

本WGでは、一般ごみ約4万t/年に加え、剪定枝約1万t/年についても発電に使うことを提言した。この両者を同時に処理する場合には、概算ではあるが、年間1,800万kWh程度の電力が得られることになる。これだけのエネルギーを回収しない状態が長く続くことは、現在の日本のエネルギー事情を考えれば、極めて残念なことと言わざるを得ない。

### 参考文献

- 1) 食料・農業・農村政策審議会企画部会地球環境小委員会、林政審議会施策部会地球環境小委員会、水産政策審議会企画部会地球環境小委員会 第13回合同会議(平成24年2月14日)資料
- 2) 例えば、“土壌炭素を増やす農地管理が温暖化を緩和する”，第30回農業環境シンポジウム「温室効果ガス排出をどう削減できるのか～農林水産分野における地球温暖化防止対策～」(2008)
- 3) 白井：“ごみ焼却施設と下水処理施設における熱エネルギーの面的利用の提案”，日本機械学会 第22回環境工学総合シンポジウム2012 講演論文集，p.149-150
- 4) 環境省：“高効率ごみ焼却発電施設整備マニュアル”，  
[http://www.env.go.jp/recycle/misc/he-wge\\_facil/index.html](http://www.env.go.jp/recycle/misc/he-wge_facil/index.html)
- 5) 岩崎ほか：“廃棄物燃焼技術における最近の動向”，日本燃焼学会誌 Vol.53, No.164, p.85-90(2011)
- 6) 財団法人 下水道新技術推進機構：建設技術審査証明 技審証第0928号
- 7) 日本機械学会 環境工学部門 第2技術委員会：“防災拠点の中心施設としての清掃工場”，第21回環境工学総合シンポジウム 東日本大震災復興に向けたワークショップ ポスター(2011)

## 7.3 WG2 自立電源の活用による防災拠点の機能充実

### 7.3.1 目的

鎌倉市では、市立小中学校25校を避難所(ミニ防災拠点)に位置づけており、食料や防災資機材の備蓄を行っている。また、地震等災害時に、火災の延焼拡大により避難所に留まることが危険になった場合に活用する広域避難場所を18箇所定めている。今後、発生する可能性がある大規模災害に対しては、これらの拠点に加え、さらなる防災運用を補完し、災害時の市民生活を

支援し、安全・安心を提供する防災拠点が必要であろう。特に、再生可能エネルギーや自立電源を活用した災害時の継続的なエネルギー供給は、災害時の現場対応支援策として有効である。

また、災害時には、職員が、気象、地震情報及び避難情報あるいは被害情報等を的確に把握し、関係機関及び市民に対して迅速かつ的確に伝達する必要がある。このような情報の収集及び伝達に必要な防災情報システムの整備・拡充が求められている。

鎌倉市では、現在、地域防災計画の全面見直しを進めており、3月までにその内容が確定する予定であるが、そこには自立電源を想定した機能強化は含まれていない。しかしながら、防災計画については、毎年点検を行い、「より一層の充実を図る」ことになっている。そこで、本節では、今後の公共施設再編計画策定の可能性なども考慮し、将来の防災計画検討の際の素材として、さらなる防災拠点の機能充実・強化のための自立電源の確保、情報発信・共有機能の整備・拡充などについて、提案しようとするものである。

### 7.3.2 鎌倉市の地域防災計画における防災拠点運用

鎌倉市の地域防災計画では、防災拠点等の機能確保として、以下のように記述されている。

「市は、市庁舎や市消防本部庁舎等の防災中枢機能を果たす施設、設備の充実及び災害に対する安全性の確保に努めるとともに、保有する施設、設備について、太陽光など再生可能エネルギーの活用等にも対応した自家発電設備等の整備を図り、十分な期間の発電が可能となるような燃料の備蓄等に努めます。その際、物資の供給が相当困難な場合を想定した食料、飲料水、燃料等の適切な備蓄・調達・輸送体制の整備等を図ります。(鎌倉市地域防災計画 地震災害予防計画)」

これにより、防災拠点の機能を考えていく際には、災害時にも十分な期間の発電が可能となる施設を対象として検討していく必要がある。太陽光発電の導入が検討され、エネルギー供給、水供給、備蓄スペース、避難スペースが確保できる施設として山崎浄化センターが考えられる。次項以降では、山崎浄化センターを対象として、自立電源を活用した防災拠点運用を提案する。

### 7.3.3 山崎浄化センターを例とした大規模防災拠点の機能要件の整理と提案

山崎浄化センターには、鎌倉武道館（以降、武道館と表現する）が併設されている。県の防災計画では、武道館は自衛隊や緊急消防援助隊の活動拠点とすることになっている。広域避難所には指定されていないが、剣道場2面、柔道場2面、多目的室、会議室で構成されている。

将来の公共施設再編計画策定の際には、自衛隊や緊急消防援助隊の活動拠点を他に確保した上で大規模な防災拠点に位置づける選択肢もあるのではないだろうか。

仮に上記の条件がクリアされたと仮定して、山崎浄化センターを大規模防災拠点とする場合の要件を以下に示す。

#### (1) 災害時の電力供給要件

山崎浄化センターには、2000kVA 非常用発電機設備が備わっている。また、WG1-1の検討によれば、太陽光発電設備 500kW 程度の設置が可能である。これらの自立電源を活用した運用要件を以下に示す。

- ・ 災害時にも、十分な期間、電力を供給可能とするために、太陽光発電設備、自家発電設備に加え、蓄電池設備の整備を行う。
- ・ 災害時に商用電源が停止した場合、太陽光発電設備、自家発電設備に加え、蓄電池設備により以下の運用を行う。

- ① 非常時・昼間は、太陽光発電システムの発電電力を活用し、負荷に電力を供給し、余剰分は、蓄電池に充電する。
  - ② 非常時・夜間は、蓄電池及び発電機により最低限必要となる負荷に対し電力を供給する。
  - ③ 非常時のエネルギー源を最適かつ最小に運用を行うために、エネルギーマネジメントシステムでエネルギー供給の制御を行う。
- ・ 太陽光発電設備、蓄電池設備は、非常時の活用だけでなく、平常時には、ピークカット対応、及び電力料金の削減を目的として使用する。

自立電源（太陽光発電設備、非常用発電機設備、蓄電池設備）を活用した非常時運用を図 7.3-1 に示す。

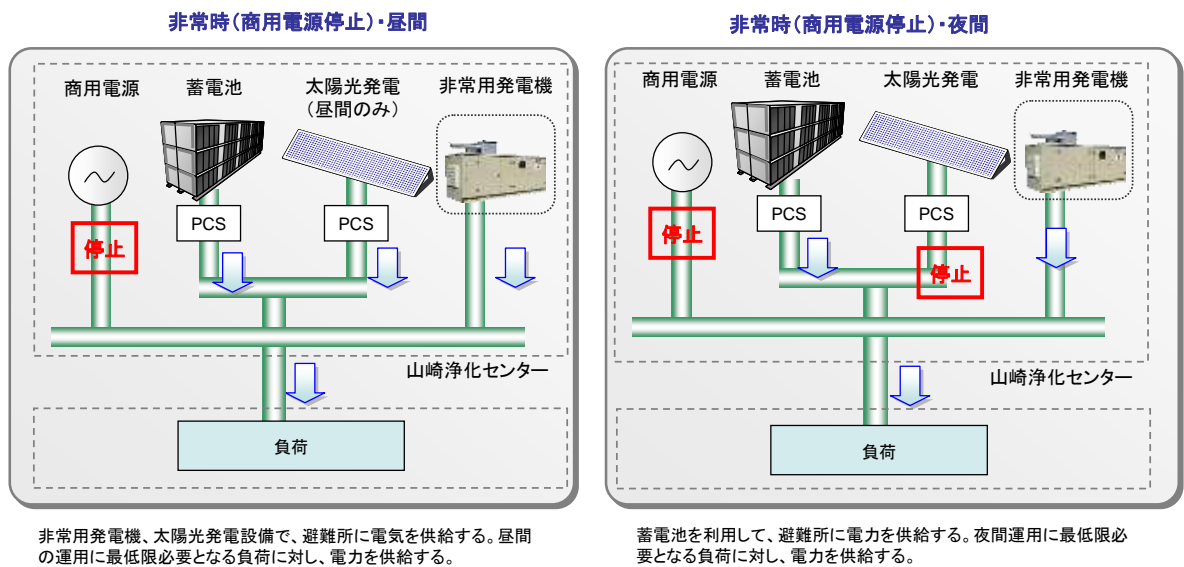


図 7.3-1 自立電源の非常時運用

## (2) 災害時支援システムの整備要件

山崎浄化センターを防災拠点として考えた場合、災害時には、以下の情報伝達、共有が必要となる。

- ・ 地震・津波情報の住民、観光客への伝達
  - ・ 被害情報、人命救出に関する情報、復旧情報などの情報収集と伝達
  - ・ 災害対策本部、警察署等の防災関係機関や電気、ガス、医療等の生活関連機関との連絡
- 情報伝達・共有は、鎌倉市役所を中心として、神奈川県庁、指定地方行政機関、指定公共機関、指定地方公共機関との相互連携が必要である。鎌倉市役所、山崎浄化センター、鎌倉市役所、関係機関との関係を図 7.3-2 に示す。

鎌倉市は、災害時に市民を守るために、指定地方行政機関、指定公共機関、指定地方公共機関、公共的団体及び他の自治体の協力を得て防災活動を実施する。

鎌倉市における災害時支援体制・システムの整備要件を下記に示す。

- ・ 災害時に各種システムを正常稼働させるために、非常時の通信回線の確保
- ・ 太陽光等の再生可能エネルギーを活用した非常用電源の整備

- ・ 防災行政用無線，防災・安全情報メール配信サービスや緊急速報メール（エリアメール）配信システムの整備
- ・ 災害発生後の時間経過に応じた情報の収集，提供を行うシステムの整備
- ・ 市民や避難所，救護活動拠点等への情報提供について，不特定多数の人が情報を得やすいインターネット等各種通信手段の整備
- ・ ライフライン各社から市災害対策本部に提供される，「ライフライン復旧情報」の市民，防災関係機関，報道機関等への提供

(1)，(2)を踏まえ，図 7.3-3 に山崎浄化センターを活用した防災拠点イメージを示す。また，図 7.3-4 に災害時支援システムのイメージを示す。

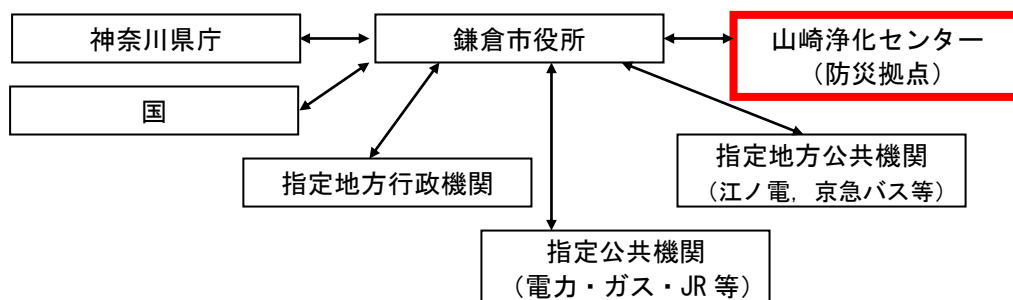


図 7.3-2 災害時の主要機関の関連

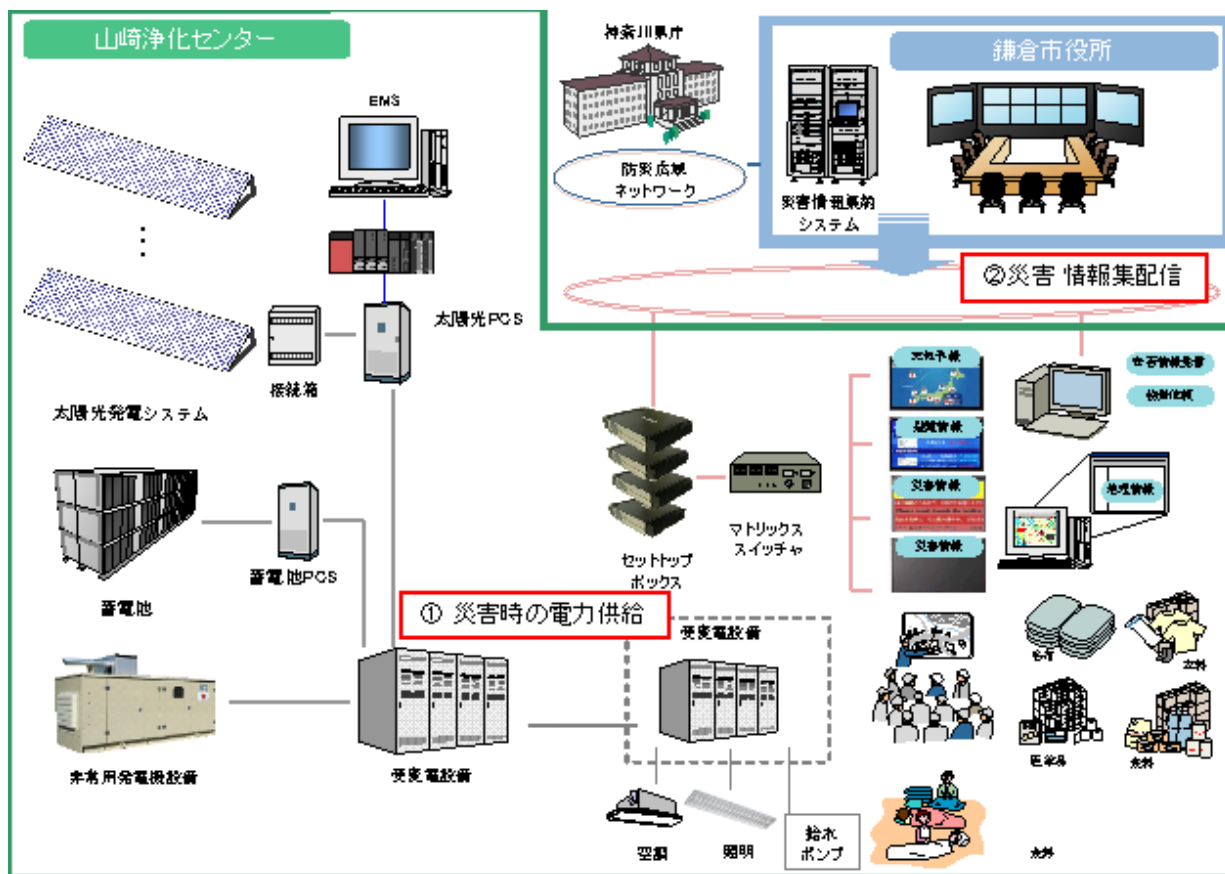


図 7.3-3 山崎浄化センターを活用した防災拠点運用イメージ

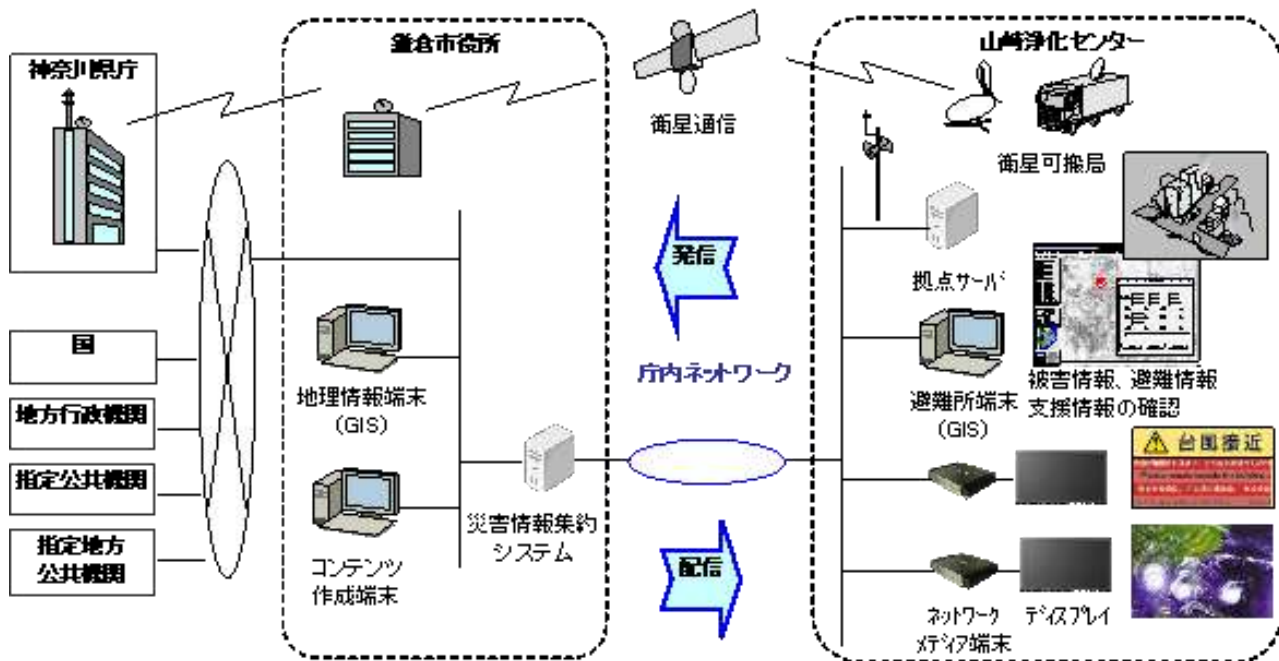


図 7.3-4 鎌倉市災害時支援システムの構築イメージ

### 7.3.4 大規模防災拠点に関する今後の検討項目

今後、前項で述べた要件を具体化するための検討項目と必要とする情報を表 7.3-1 に示す。

表 7.3-1 今後の検討項目と必要とする情報

検討項目	必要とする情報
電力供給設備の現状調査 災害時運用の現状調査 鎌倉市保有 災害時支援システムの調査	鎌倉武道館 及び 山崎浄化センター 単線結線図, 設備系統図, 建築平面図
災害時の電力供給方法検討 —山崎浄化センターでの自立電源（自家発電機設備, 太陽光発電設備）を活用した災害時運用検証 供給可能電力量の検討 防災拠点・避難所への提供情報の検討 周辺地域住民への提供情報の検討 関係機関への提供情報の検討	災害時の運用マニュアル 情報システムネットワーク構成図 防災行政用無線のシステム構成図 地理情報システムの構成図 山崎浄化センターと関係機関との広域情報連携手段の現状
防災拠点の機能要件の抽出 —災害時の電力供給要件 —電力量要件 (供給可能な電力量, 自立に必要な電力量) —情報集配信機能要件 —システム構成要件 非常時のEV電源の活用	

### 7.3.5 地域ミニ防災拠点の機能強化提案

鎌倉市では、「避難所（ミニ防災拠点）として市立の小・中学校が指定されており、非常食、毛布、防災資機材を備蓄しているが、今後は太陽光などの再生可能エネルギーの活用を進める」（鎌倉市地域防災計画地震災害対策編（素案） 地震災害予防計画 第3章 災害時応急活動事前対策の充実 第5節 避難対策）とされている。

前項で提案した防災基地とともに、地域の身近な避難所の機能強化も重要な課題である。現時点でも、非常用の小型発電機やその燃料備蓄などが行われているところであるが、東日本大震災の教訓を踏まえれば、より強力で安定なエネルギー源—特に電力源—を備えることが住民の不安を軽減し、災害対策を進めるためには必要であると思われる。そのためには現在計画されている太陽光発電だけでは不安定であり、一般には蓄電池の設置やEVの車載蓄電池を利用する（V2X）ことによりその不安定さを軽減することが提案され、実証実験も行われている。

しかしながら、蓄電池単体では価格が高く、災害時のためだけに十分な容量のものを設置するのは容易ではない。また、V2Xの場合でも、発災時にEVがそこに在るか否か、また、蓄電池を常時利用するためには、肝心のEVを機動力として利用できない問題が生ずる。

そこで、ここでは、ミニ防災拠点に太陽光発電とともに蓄電池内蔵型EV急速充電器を設置し、発災時に安定した電力を得られるようにすることを提案する。後者は内蔵する蓄電池により、一般の急速充電器に比較して受電設備の容量が小さくて済む。平時は通常の急速充電器として活用することができるが、災害により系統電力が断たれた場合には、太陽光発電の電力を蓄電するなどに利用することができ、避難所における電力供給の安定化に寄与することができる。



図 7.3-5 ミニ防災拠点の電力供給の安定化提案

### 7.3.6 WG2のまとめ

本WGでは、鎌倉市で多様な再生可能エネルギーの導入が実現することを前提に、その結果得られる電力を活用することで防災拠点の機能を充実することを提案した。

鎌倉市では、地域防災拠点や広域避難所などにおける一定の電力確保は既に行われているが、将来、WG1で検討が行われたような安定で自立した電源が得られるのであれば、従来とは異なる視点からの防災拠点の機能充実・強化が可能になるとと思われる。ただし、それらは地域防災計



画や公共施設再編計画の中で進めるべきものであるため、将来のそれらの見直しの機会に今回の提案の具体化を検討されることを提言する。

## 7.4 WG3 既成市街地での省エネ・創エネ

### 7.4.1 目的

既成市街地で考えると民間のビルや住宅が主な対象となるが、先ず一定規模の施設が集積している市の施設を事例として太陽熱を利用した給湯・冷暖房システムを適応させた効果などを研究する。また、地中熱利用についても市の施設への導入可能性と、その効果を研究する。

太陽熱利用を取り上げたのは、エネルギー変換効率が高いにも関わらず、日本では、家庭用温水器以外は、あまり一般的になっていないためである。直接発電ではない太陽熱利用の場合、その使い方や効果が必ずしも明確ではない。そこで、給湯および冷暖房需要のある施設として市庁舎とその周辺の建物を取り上げ、太陽熱利用の具体例を提示することにしたものである。

また、地中熱利用については、既に様々な実施例があるものの、鎌倉市での導入を促進するには、具体的な施設を想定した効果のイメージが必要であると考えられる。そこで、地中熱空調の導入に適していると思われる規模の市の施設の中から、効果を比較しやすくするため、空調に電気だけを使用している施設を2つ選び、その効果を推定することにした。

スマートシティ形成にあたっては、再生可能エネルギーの導入を踏まえた地域のエネルギー需給を最適に制御する仕組みが必要となる。つまり、地域内の電気の供給と需要を独自に制御することとなり、このため、地域全体のエネルギー利用を制御するCEMS (Community Energy Management System) と、需要家側のエネルギー利用を制御するBEMS (Building and Energy Management System) を情報通信技術で連携した統合型の制御システムを構築することになる。本項では市が管理する施設全般を対象とした範囲でCEMSを、市役所周辺を対象としてBEMSの導入効果を検討する。

### 7.4.2 複合施設への太陽熱利用給湯・冷暖房システムなどの効果検討

#### (1) 対象施設と試算条件

本項では、鎌倉市役所庁舎（分庁舎含む）および中央図書館、福祉センターを対象とした「太陽熱利用給湯・冷暖房システム」の導入可能性について検討を行う。

#### ・対象3施設の用途・規模等

延べ床面積、用途、階高、建物位置などを表7.4.2-1Aに、また各施設の配置関係を図7.4.2-1に示す。本庁舎は延べ床面積11,577m<sup>2</sup>・4階建てとやや大きめであるが、図書館及び福祉センターは3,000m<sup>2</sup>クラス・3階建て、分庁舎は数百m<sup>2</sup>クラス・2階建てであり、規模が小さくなる。今回検討する太陽熱利用給湯・冷暖房システムが適した規模の施設として、本庁舎・図書館・福祉センターを選択した。

	市庁舎				中央図書館	社会福祉総合センター
	本庁舎	分庁舎	第3分庁舎	第4分庁舎		
延べ床面積	11,577m <sup>2</sup>				2,540m <sup>2</sup>	3,017m <sup>2</sup>
構造	RC造、一部S造				S造	RC造、一部S造
階高	地下1階、地上4階	地上2階	地上2階	地上2階	地下1階、地上3階	地下1階、地上3階
特徴	東西方向に低層部(2階)が建てられ、その中央・南北方向に3階~4階と塔屋部を有す	駐車場南西角	駐車場南側	駐車場東側	市庁舎南側200mの同一敷地内に位置する。当該敷地の北西角に中央図書館が建ち、南東角に社会福祉総合センターが近接して建てられている。図書館屋上は平坦、福祉センターは山形屋根。	
竣工	1968年2月				1973年3月	1990年10月
用途	庁舎・議事堂	事務庁舎	講堂・事務庁舎	会議室・他	図書館	老人デイサービス

表 7. 4. 2-1A 対象 3 施設の概要

### ・本庁舎構造の特徴

東西方向 2 階建ての長い低層部と中央には南北方向 4 階建ての中層部を備え、さらに中層部上方には 2 階構造の塔屋を備えると言った特徴を有する。西側には小高い山があり、東側駐車場周辺に 3 棟の分庁舎が散在する。屋上は陸屋根（平屋根）である。

### ・中央図書館と福祉センター

本庁舎南側約 200m に互いに近接して建てられ、庁舎・小学校敷地とは市道により分離されている。図書館屋上は陸屋根であるが、福祉センターは南北方向に建てられ屋根は切妻屋根である（パネル設置は困難と推定）。

### ・建物別の熱源機仕様（既存）

表 7. 4. 2-1B に示す通り。市庁舎は冷房出力 738kW のナチュラルチラー（以下、NC）2 台と給湯器、福祉センターは冷房容量 211kW の NC1 台と温水ボイラー 564kW 1 台、そして中央図書館は電動ヒートポンプ（以下、HP）チラー 4 台、計 404kW と灯油温水ボイラー 422kW 1 台を備えている。

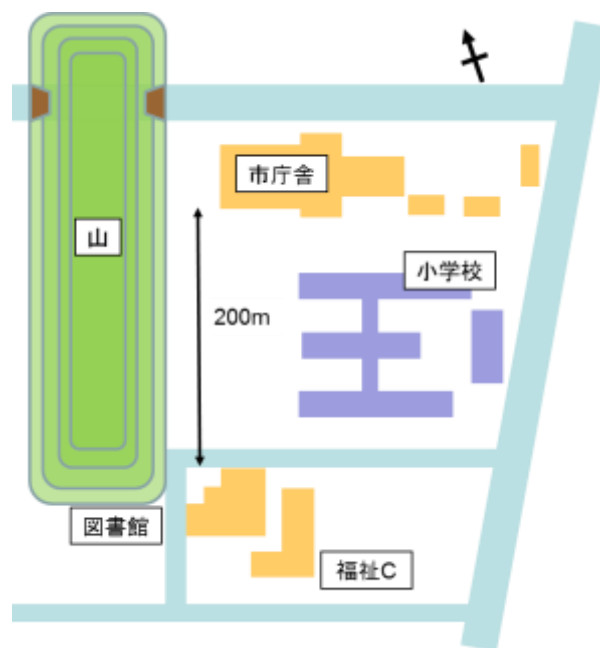


図 7. 4. 2-1 3 施設の配置関係



既存機の仕様

諸元		単位	市役所	福祉C	図書館				
冷暖房熱源	機種		NC(吸収式)	NC(吸収式)	水冷電動HPチラー				
					水冷HP1、2	パナソニック型1	パナソニック型2	合計	
	冷房出力	kW	738.0	211.2	140.7	70.3	52.7	404.3	
		RT	210	60	40	20	15	115	
	電力消費量	kW	—	—	37.0	15.0	11.0	100.0	
	ガス消費量	Nm <sup>3</sup> /h	51.5	16.9	—	—	—	—	
	冷房COP	2次E換算				3.80	4.69	4.79	4.04
		1次E換算	HHV	1.15	0.98	1.40	1.73	1.77	1.49
	暖房COP	HHV	0.80	0.80	—	—	—	—	
	台数	台	2	1	2	1	1	4	
給湯器	機種		給湯器	温水H	温水H				
	出力	kW		564	422				
		号数		—	—				
	灯油使用量	リットル/h		—	52				
	ガス消費量	Nm <sup>3</sup> /h		56.4	—				
	熱効率	HHV	0.80	0.80	0.80				
台数	台(連結)		1.00	1.00					

表 7.4.2-1B 建物別熱源仕様（既存）

(2) 試算の結果導き出された推奨システム

太陽熱利用・冷暖房システムの導入に対し、省エネルギー性・経済性・その他付加価値の視点から検討を加えた結果、以下の方向性が得られた。（詳細検討内容は(3)を参照）

1) 推奨システム

検討の結果、図 7.4.2-2 に示すとおり初期段階では中央図書館と福祉センターに太陽熱利用システムを導入し、併せて2施設間で熱融通するよう熱配管を敷設する。次に、市庁舎は熱源機の更新時期（最終段階：10～15年後）に合わせ太陽熱利用冷暖房システムを導入し、かつ他庁舎とは熱融通せずに運用する方法を推奨する。

また、同時に中央図書館と福祉センターの熱源機の共有を図り、一体運用することを推奨する。なお、市庁舎の空調熱源機は更新後僅か6年しか経過しておらず、将来耐用年数に達してから（15年～20年後）太陽熱投入が可能な機種へ更新することを推奨する

この段階的な対応により比較的高い省エネ効果を得つつ、投資の平準化による財政負担の軽減が可能になるとの結果が得られた。

2) 省エネルギー性（エネルギー削減効果）

推奨システムを導入した場合、以下のエネルギー消費削減効果が得られると算出された。即ち、初期段階の中央図書館と福祉センターの改修で8.2%の省エネ効果（熱源更新効果5.1%，太陽熱及び熱融通効果3.1%）が得られ、最終段階の市庁舎の改修によって13.6%の省エネ効果（熱源更新の効果9.6%，太陽熱及び熱融通の効果3.0%）が得られると算出され、これは3施設間で熱融通する場合（14.5%）と熱融通しない場合（12.6%）の中間の省エネ性能である。

3) 経済性

熱融通を3施設で行う場合の全投資額を100とした場合、中央図書館と福祉センターにおける

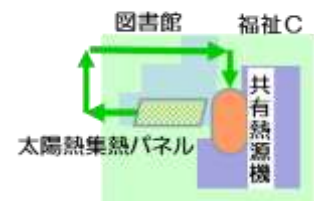
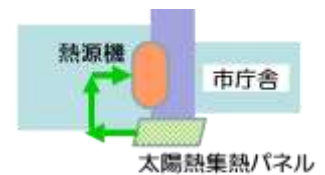


図 7.4.2-2

推奨システムのイメージ

熱源更新・太陽熱パネル設置・熱配管まで含めた初期段階の投資額は29.9、市庁舎における熱源更新・太陽熱パネル設置改修を含めた最終段階の投資額は66.1と推算される。

この中で、太陽熱集熱システムと熱供給配管のみの投資額は、初期段階が12.1、最終段階が4.3である。

一方、熱融通を3施設で行う場合の運用経費削減額を100とした場合、初期段階が51.6、最終段階は98.0と算定され、この場合、初期段階の単純投資回収年数は耐用年数の2.3倍、最終段階は0.4倍である。

#### 4) 適用可能な施策

国の補助等を活用した場合、対象範囲（太陽熱パネル設置工事費、熱配管工事費）に対して1/2補助が適用される可能性が高い。その場合、単純投資回収年数は初期段階16.9年、最終段階3.2年、平均14.5年となる。

その他、グリーン熱証書を活用し経済性を高める方法もある。

#### 5) その他付加価値について

3施設が近接する小学校と一体的にミニ防災拠点になれば、太陽熱利用システムは「分散型自立エネルギーシステム導入」として、災害対応力を向上させる効果が期待される。

### (3) 複合施設への太陽熱利用・冷暖房システムなどの効果検討－詳細内容（参考）

#### (i) 試算の進め方

試算方法・手順は以下のとおりとする。①まず熱融通無しの場合、熱融通を3施設間で行う場合、熱融通を2施設間で行う場合の優劣を評価する。この比較は全ての設備投資を一度に行った場合の省エネ効果、運用経費削減効果、投資額を求め、その優劣を評価する。②次に設備更新時期に合わせ段階的に設備改修する場合を評価する。即ち、全ての設備投資を一度に行うモデルは現実の状況に合わず、また設備投資の集中を回避する目的から、3施設の設備投資を更新時期に合わせ順次設備実施する場合の効果を評価する。

また付帯条件として、③太陽熱集熱パネルの設置位置は、各建物屋上の構造から「本庁舎」と「中央図書館」にのみ設置すると仮定する。

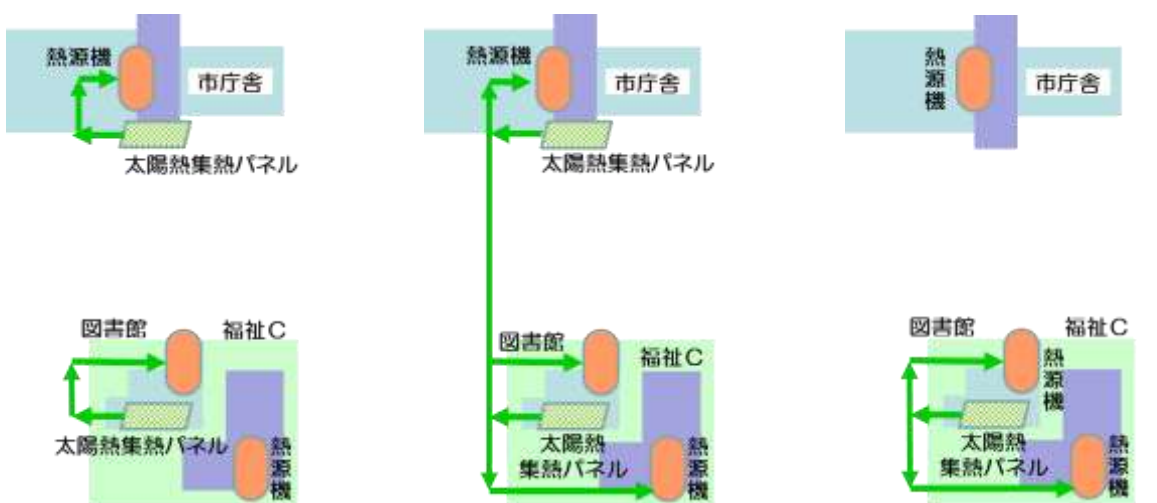


図 7.4.3-1A 熱融通無し

図 7.4.3-1B 熱融通3施設

図 7.4.3-1C 熱融通2施設

システム	空調熱源更新			給湯機更新			太陽熱集熱パネル設置			熱融通		
	市庁舎	図書館	福祉C	市庁舎	図書館	福祉C	市庁舎	図書館	福祉C	市庁舎	図書館	福祉C
(I)熱融通なし (自己消費)	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×
(II)熱融通3施設	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○
(III)熱融通2施設	×	○	○	×	○	○	×	○	×	×	○	○
(IV)熱融通3施設 図書館空調更新せず	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○
(V)熱融通2施設 福祉Cのみ空調更新	×	×	○	×	○	○	×	○	×	×	○	○
(VI)熱融通2施設 図書館・福祉C熱源共有化 市庁舎熱源 将来更新	○	○ 一体・共有化	○	○	○ 一体・共有化	○	○	○ 増設	×	×	○ 一体・共有化	○

表 7.4.3-1 熱融通状況一覧

導入システムの比較については、各熱融通ケースのイメージを図 7.4.3-1A～C に、各ケースにおける熱源機器更新、太陽熱集熱パネル設置、そして熱融通状況を表 7.4.3-1 にまとめ記した。

(I)熱融通無しの場合は、3施設の空調・給湯熱源機全てを更新するが太陽熱パネルは市庁舎と図書館にのみ設置するシステムを想定している。(II)熱融通を3施設間で行う場合は、熱源機更新の考え方は熱融通なしの場合と等価である。さらに(III)熱融通を2施設間で行う場合は、市庁舎の空調熱源機が2006年に更新したばかりであることから、熱源機更新を「図書館と福祉センター」だけに限定し、また熱融通も図書館と福祉センター間に限定した場合を想定している。

(IV)熱融通を3施設で行い図書館の空調更新を行わない場合は、図書館は給湯のみ更新し熱融通する。一方、熱融通を2施設間で行う場合で投資を分散する目的から、(V)まず初期段階として福祉センターの空調・給湯熱源と図書館の給湯熱源更新と太陽熱パネル設置を行った場合を想定。(VI)最終段階として、図書館空調熱源が耐用年数に達した時点で図書館および福祉センターの空調・給湯熱源機を共有化し、効率的な運用を実現することを想定する。さらに、最終段階として市庁舎の空調熱源が更新時期に達した時点でソーラークーリングに更新する。

#### (ii) 空調エネルギー消費実績と空調負荷の推算

3施設のエネルギー消費実績は、市庁舎が電力消費量1,260MWh/年、ガス消費量7万m<sup>3</sup>/年、中央図書館は電力消費量194MWh/年、灯油消費量11kL/年、福祉センターは電力消費量218MWh/年、ガス消費量3.5万m<sup>3</sup>/年である。これらエネルギー消費実績を基に、既存の熱源機器成績係数を用いて冷暖房・給湯負荷を逆算し求める。

建物別の冷房期間、暖房期間、および運用日数等の推定については表 7.4.3-2A, B に示すとおり、建物別の運転日数、開館時間から年間の運転時間を求め、最終的に運転日数と日最大負荷を推定し、さらに、現設備の日別エネルギー消費実績と建物の運用時間を基に、月別運用パターンと冷暖房・給湯負荷を算出する。

建物毎の空調負荷あるいは電力負荷を図 7.4.3-2A～C に示す。図書館の電力負荷は照明負荷と冷房負荷が合成されているため、図 7.4.3-2C に示すとおり冷房負荷を分離し灯油消費量(暖房)と合わせ空調負荷を推定した。建物毎の冷房・暖房・給湯の年負荷は以下の通りである。

本庁舎 : 冷房負荷 1554GJ/年, 暖房負荷 1404GJ/年, 給湯負荷 106GJ/年

図書館 : 冷房負荷 362GJ/年, 暖房負荷 320GJ/年

福祉センター : 冷房負荷 352GJ/年, 暖房負荷 445GJ/年, 給湯負荷 GJ/年

さらにこれらを基に算出した冷房, 暖房日負荷ヒストグラムを図 7.4.3-2D, E に示す。

冷房

		市役所	福祉C	図書館		
運転日数の仮想定	冷房期間日数 日/年	182	182	182	2012/05~10	
	閉館日	毎日曜	無し	月曜(月1回)	ヒアリング結果	
	開館日数比率	0.86 6/7	1.00 7/7	0.97 1-(1/30)		
	対市役所比率①	100%	117%	113%		
日運転時間の仮想定	開館時間 h/日	8.00	12.50	8.57	ヒアリング結果	
	対市役所比率②	100%	156%	107%		
年間運転時間比率	③=①×②	100%	182%	121%		
全負荷相当時間	機器能力 kW	1,476	211.2	404.4		
	対市役所比率④	100%	14%	27%		
	年間冷房負荷 kWh/年	424,205	130,377	100,524		
	全負荷時間 h/年	287	617	249		
対市役所比率⑤	100%	215%	86%			
実績と仮想定との整合	⑥=⑤/③		118%	72%		
	修正項目		運転日数	日最大負荷		
整合(修正)後の運転日数と日最大負荷	運転日数	日/年	99	137	112	市役所は実績
		比率	100%	138%	113%	
	計算		①×⑥	①		
	3施設同時運転	日/年	99	99	99	
	福祉C+図書館	日/年	0	13	13	
	福祉Cのみ	日/年	0	25	0	
	日最大負荷	kWh/日	10,066	2,250	2,115	市役所は実績
比率	100%	22%	21%			
計算			②×④	②×④×⑥		

表 7.4.3-2A 建物別 冷房運転日数の推定

暖房

		市役所	福祉C	図書館		
運転日数の仮想定	暖房期間日数 日/年	184	184	184	2011/11~2012/04	
	閉館日	毎日曜	無し	月曜(月1回)	ヒアリング結果	
	開館日数比率	0.86 6/7	1.00 7/7	0.97 1-(1/30)		
	対市役所比率①	100%	117%	113%		
日運転時間の仮想定	開館時間 h/日	8.00	12.50	8.57	ヒアリング結果	
	対市役所比率②	100%	156%	107%		
年間運転時間比率	③=①×②	100%	182%	121%		
全負荷相当時間	機器能力 kW	1,476	211.2	404.4	冷房と同値	
	対市役所比率④	100%	14%	27%		
	年間暖房負荷 kWh/年	351,560	131,390	88,985		
	全負荷時間 h/年	238	622	220		
対市役所比率⑤	100%	261%	92%			
実績と仮想定との整合	⑥=⑤/③		143%	76%		
	修正項目		運転日数	日最大負荷		
整合(修正)後の運転日数と日最大負荷	運転日数	日/年	86	144	97	市役所は実績
		比率	100%	167%	113%	
	計算		①×⑥	①		
	3施設同時運転	日/年	86	86	86	
	福祉C+図書館	日/年	0	11	11	
	福祉Cのみ	日/年	0	47	0	
	日最大負荷	kWh/日	4,600	2,250	2,259	市役所は実績
比率	100%	49%	49%			
計算			②×④	②×④×⑥		

表 7.4.3-2B 建物別 暖房運転日数の推定



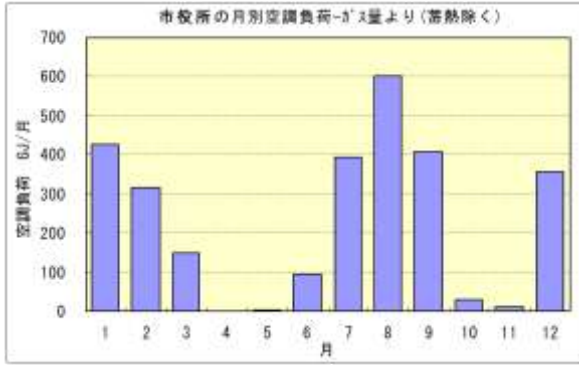


図 7.4.3-2A 市庁舎の月別空調負荷

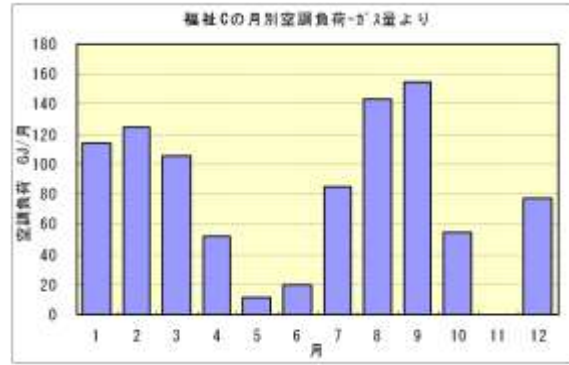


図 7.4.3-2B 福祉Cの月別空調負荷

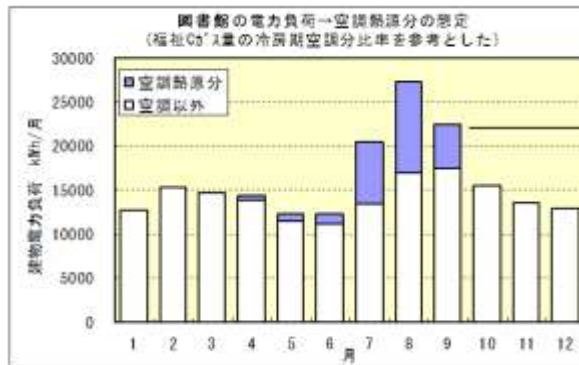


図 7.4.3-2C 図書館の月別電力負荷及び空調負荷



図 7.4.3-2D 冷房日負荷ヒストグラム



図 7.4.3-2E 暖房日負荷ヒストグラム

(iii) 太陽熱エネルギー量の推定

太陽熱集熱パネル設置場所は、図 7.4.3-3A, B に示すとおり本庁舎と中央図書館の屋上とする。まず市庁舎の設置場所候補は、図 7.4.3-3C~E に示すとおり 5カ所について検討を加えたが、中央に中層部を有する構造であるため集熱に制約を生じ、確実に利用可能な場所として中層部屋上南側 E を設置場所として選択した。御成小学校および福祉センターは、屋上の構造から設置対象から除外し、また小学校校庭も授業に多大な影響を与えるため対象外とした。

中央図書館屋上のパネル設置場所を図 7.4.3-3F に示す。その他集熱パネルに関する設定を表 7.4.3-3A に示す。パネル集熱効率 50% は東京ガス株式会社における経験値であり、その他集熱に

かかわる数値も、一般的な設定値である。集熱パネル容量とソーラージェネリク（太陽熱を投入可能なナチュラルチラー）容量のバランスを見ると、市庁舎は7.4%と太陽熱が不足あるいは熱源機容量が過大であると見られ、図書館は64.7%とバランスが良い。全体では17.5%と太陽熱が不足したバランスになると予想され、特殊な形状をした庁舎屋上利用の最適化が重要と考えられる。

太陽熱集熱量は、集熱パネル面積は本庁舎：54.6m<sup>2</sup>、図書館：136.4m<sup>2</sup>と設定した場合、本庁舎で30MWh/年、図書館で75MWh/年と推定される。

建物別熱源機更新の考え方を表7.4.3-3Bに、また更新機器の仕様を表7.4.3-3C記す。空調熱源機は当然のことながら、太陽熱を利用する場合は全て「ソーラークーリング仕様NC」に更新し、給湯器は太陽熱を予熱利用する給湯追い焚きシステムを想定する。また、熱源機容量は既存機器と同様としたが、熱源機の共有化等により容量の見直しも今後の課題と言える。

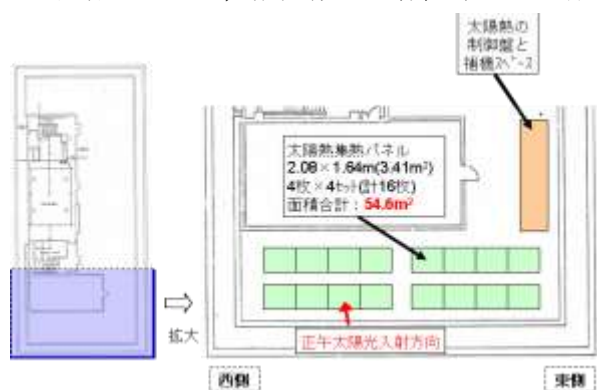


図 7.4.3-3A 太陽熱パネル設置（市庁舎）



図 7.4.3-3B 太陽熱パネル設置（図書館）

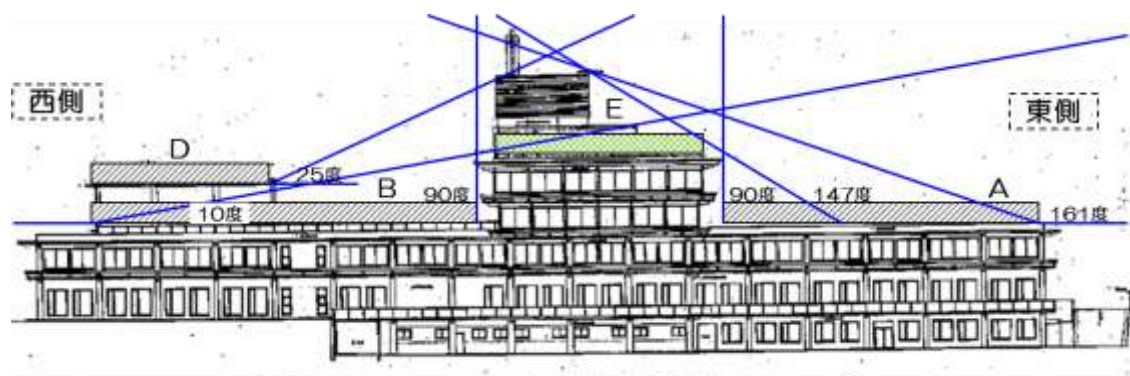


図 7.4.3-3C 市庁舎パネル設置場所候補



図 7.4.3-3D パネル設置場所 候補(A~C)



図 7.4.3-3E パネル設置場所 候補(D,E)



図 7.4.3-3F 中央図書館パネル設置場所

**集熱量**

		市役所	図書館	福祉C	合計
設置パネル面積	m <sup>2</sup>	54.6	136.4	0.0	191.0
瞬間最大出力	太陽光エネルギー-時間最大値	1.00	1.00	-	1.00
	パネル集熱効率	50%	50%	-	50%
	最大出力①	27.29	68.22	-	95.51
日最大出力	日照時間	12	12	-	12
	平均値 (sinカーブ想定)	0.637	0.637	-	0.637
	最大日集熱量	209	522	-	730
年間出力	年間全負荷相当時間	1,100	1,100	-	1,100
	年間集熱量	30,019	75,046	-	105,065
熱源機とパネルの容量バランス	ソーラーシェアリング容量	1,476	422	281	2,179
	太陽熱分担分 (2割と想定)	295.2	84.384	56.2	436
	太陽熱分冷房COP	0.8	0.8	0.8	
	太陽熱利用可能量②	369.0	105.5	70.3	545
	設置出力/利用可能量	①/②	7.4%	64.7%	17.5%

表 7.4.3-3A 太陽熱集熱パネル設定値

	既存熱源機仕様	更新熱源機仕様
市庁舎	ガス吸収+ガス給湯機	→ ソーラー・ガス吸収+ガス給湯
図書館	電動冷凍機+灯油温水ヒーター	
福祉センター	ガス吸収+ガス温水ヒーター	

表 7.4.3-3B 建物別熱源更新の考え方

**更新機の仕様**

	諸元	単位	市役所		福祉C		図書館	
			NC(吸収式)	NC(吸収式)	NC(吸収式)	NC(吸収式)		
冷暖房機	機種							
	冷房出力	kW	738.0	281.0		421.9		
		RT	210	80		120		
	電力消費量	kW	-	-		-		
	ガス消費量	Nm <sup>3</sup> /h	45.4	17.3		26.0		
	冷房COP 1次E換算	HHV	1.30	1.30		1.30		
	暖房COP	HHV	0.85	0.85		1.30		
	台数	台	2	1		1		
給湯器	機種		給湯器		マルチ温水器		マルチ温水器	
	出力	kW			単機	連結時	単機	連結時
		号数			87.2	697.7	87.2	523.3
	灯油使用量	リットル/h	-	-	50	400	50	300
	ガス消費量	Nm <sup>3</sup> /h	-	-	7.3	58.8	7.3	44.1
	熱効率	HHV基準	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	台数	台(連結)			1	8	1	6

表 7.4.3-3C 熱源機の仕様 (更新)



(iv) 試算結果

現在の冷暖房負荷と推定される太陽熱集熱量を基に、想定したケースに対するエネルギー削減効果の試算結果を記す。

<空調・給湯における省エネルギー効果>

表 7.4-3-4A, B に示すとおり、(I)熱融通無しの場合は原油換算 17.48KL 相当 (12.6%)、(II)熱融通を 3 施設間で行う場合は原油換算 19.41KL 相当 (14%)、(III)熱融通を 2 施設間で行う場合は 10.61KL 相当 (7.6%) のエネルギー削減効果が得られるとの結果が得られた。

今回の試算では、熱融通「無し」と「3 施設間」で行う場合に大きな差異は見られなかったが、これは本試算が時間負荷の差異に基づく相互補完効果が数値に反映されないこと、あるいは市庁舎の日照条件からパネル設置面積が制限され太陽熱エネルギーによる削減効果が少なめになったことによると考えられる。

熱融通を 3 施設間で行う場合で図書館の空調を(IV)更新「しない場合」と(V)「する場合」で、0.5 ポイントエネルギー削減率が増加する結果となったが、これも太陽熱が不足し更新システムで削減効果が十分得られなかったことによると考えられる。

(VI)熱融通を 2 施設間で行い市庁舎の熱源更新を将来行う場合は、13.6%の削減効果が得られると算定された。

システム	熱源更新による削減量					ソーラー化による削減量			合計削減量	
	ガス m3/年	電力 kWh/年	灯油 L/年	原油相当 KL/年	省エネ率	ガス m3/年	原油相当 KL/年	省エネ率	原油相当 KL/年	省エネ率
(I)熱融通なし (自己消費)	2,937	-24,859	-10,911	-13.32	-9.6%	-3,583	-4.16	-3.0%	-17.48	-12.6%
(II)熱融通3施設	2,937	-24,859	-10,911	-13.32	-9.6%	-5,252	-6.10	-4.4%	-19.41	-14.0%
(III)熱融通2施設	9,035	-24,859	-10,911	-6.24	-4.5%	-3,763	-4.37	-3.1%	-10.61	-7.6%
(IV)熱融通3施設 図書館空調更新せず	-3,250	0	-10,911	-14.10	-10.1%	-5,235	-6.08	-4.4%	-20.18	-14.5%
(V)熱融通2施設 福祉Cのみ空調更新	2,848	0	-10,911	-7.02	-5.1%	-3,708	-4.30	-3.1%	-11.33	-8.2%
(VI)熱融通2施設 図書館・福祉C熱源共有化 市庁舎熱源将来更新	2,937	-24,859	-10,911	-13.32	-9.6%	-4,757	-5.52	-3.0%	-18.84	-13.6%

表 7.4.3-4A エネルギー消費削減効果の試算結果

		市役所 単独	図書館 単独	3施設 融通	2施設 融通
設置パネル面積	m2	55	136	191	136
年間集熱量	kWh/年	30,019	75,046	105,065	75,046
集熱有効 利用率	冷房	54.3%	60.7%	72.9%	74.8%
	暖房	46.4%	51.8%	75.9%	78.0%
	年間	50.3%	56.2%	74.4%	76.4%
熱源機ガス削減量	m3/年	989	2,762	5,252	3,854
熱融通効果	利用率向上			19.9%	14.1%
	ガス削減量			1,502	1,093

冷房	182
暖房	184

表 7.4.3-4B 太陽熱パネル集熱・利用率等



<経済性：設備投資額>

各システムの投資額相対値を表 7.4.3-4C に示す。(I)熱融通無しの場合は 94.7, (II)熱融通を 3 施設間で行う場合は最大値 100 を示し, (III)熱融通を 2 施設間で行う場合は 43.2 の設備投資を, また(IV)熱融通を 3 施設間で行い図書館の空調熱源を更新しない場合は 86.7, (V)熱融通を 2 施設間で行い福祉センターのみ空調更新を行う場合は 29.9 の設備投資を, (VI)熱融通を 2 施設間で行い市庁舎の熱源更新を将来行う場合は初期 29.9, 将来 66.1 の投資額を必要とする。

<経済性：運用経費（ランニングコスト）>

各システムの年間経費削減額相対値は, 表 7.4.3-4D に示すとおり, (I)熱融通無しの場合は 92.0, (II)熱融通を 3 施設間で行う場合は 100, (III)熱融通を 2 施設間で行う場合は 66.0 の経費削減効果があり, また(IV)熱融通を 3 施設間で行い図書館の空調熱源を更新しない場合は 80.5, (V)熱融通を 2 施設間で行い福祉センターのみ空調更新を行う場合は 51.6 の経費削減効果が見込まれる。

これら投資額及び経費削減額より投資回収年数を求めると耐用年数(15年)の 5.6~10.3 倍となり, 経済性を得ることは困難との結果が得られた。さらに, 各熱源機器が耐用年数に到

システム	熱源機器投資額			パネル投資額			熱配管投資額	合計	期間ごとの投資額	
	市庁舎	図書館	福祉C	市庁舎	図書館	福祉C			当初	将来
(I)熱融通なし (自己消費)	48.5	17.1	13.9	4.3	10.8	0.0	0.0	94.7	94.7	—
(II)熱融通3施設	48.5	17.1	13.9	4.3	10.8	0.0	5.3	100.0	100.0	—
(III)熱融通2施設	0.0	17.1	13.9	0.0	10.8	0.0	1.3	43.2	43.2	—
(IV)熱融通3施設 図書館空調更新せず	48.5	3.8	13.9	4.3	10.8	0.0	5.3	86.7	86.7	—
(V)熱融通2施設 福祉Cのみ空調更新	0.0	3.8	13.9	0.0	10.8	0.0	1.3	29.9	29.9	—
(VI)熱融通2施設 図書館・福祉C熱源共有化 市庁舎熱源 将来更新	48.5	17.1	13.9	4.3	10.8	0.0	1.3	96.0	29.9	66.1

表 7.4.3-4C 各システムの投資額 (相対値)

システム	熱源更新による 費用削減額			パネル設置による 費用削減額			熱融通による削減	合計	期間別投資回収 年数(相対値)		期間別太陽熱投資 回収年数(相対値)	
	市庁舎	図書館	福祉C	市庁舎	図書館	福祉C			初期	将来	初期	将来
(I)熱融通なし (自己消費)	-27.4	-28.4	-18.2	-4.6	-13.5	0.0	0.0	-92.0	9.9		1.6	
(II)熱融通3施設	-27.4	-28.4	-18.2	-4.6	-13.5	0.0	-8.0	-100.0	9.6		2.0	
(III)熱融通2施設	0.0	-28.4	-18.2	0.0	-13.5	0.0	-6.0	-66.0	6.3		1.8	
(IV)熱融通3施設 図書館空調更新せず	-27.4	-8.9	-18.2	-4.6	-13.5	0.0	-8.0	-80.5	10.3		2.4	
(V)熱融通2施設 福祉Cのみ空調更新	0.0	-8.9	-18.2	0.0	-13.5	0.0	-11.1	-51.6	5.6		2.3	
(VI)熱融通2施設 図書館・福祉C熱源共有化 市庁舎熱源 将来更新	-27.4	-28.4	-18.2	-4.6	-13.5	0.0	-6.0	-98.0	5.6	6.5	2.3	0.4

耐用年数 15

表 7.4.3-4D 各システムの運用経費削減額 (相対値)

達した段階で更新するのに合わせ、順次、太陽熱利用システムに改造するとした場合、評価すべき投資額は太陽熱パネル設置工事費、熱配管工事費のみとなる。すなわち、(Ⅰ)熱融通無しの場合は15.1、(Ⅱ)熱融通を2施設間で行う場合は20.4、(Ⅲ)熱融通を2施設間で行う場合は12.1となる。その投資回収年数は耐用年数の1.6、2.0、1.8倍となる。

<経済性を改善・向上するための対応>

・国の補助施策を活用する場合

事例として、一般財団法人 新エネルギー導入促進協議会が主幹する「平成24年度再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業（地域再生可能エネルギー熱導入促進事業）」を活用した場合、対象経費の1/2以内の補助を受けることができる。

この補助施策の適用条件は以下のとおり

- 1) 対象事業者：地方公共団体、第3セクター、他
- 2) 対象事業：地方公共団体や第3セクターが行う再生可能エネルギー熱導入事業
- 3) 対象経費：設計費、設備費、工事費、ただし補助熱源は対象外
- 4) 補助率：補助対象経費の1/2、ただし1件あたりの上限額は10億円
- 5) 規模要件：集熱器総面積10m<sup>2</sup>以上、省エネ率10%以上

上記補助施策を今回の検討に適用した場合、運用ケース1～3の単純投資回収年数は、11.9年、14.8年、13.3年に半減し、追加投資はぎりぎり回収可能となる。

・太陽熱を利用した「グリーン熱証書」を活用する場合

日本エネルギー経済研究所 グリーンエネルギー認証センターでは、2009年4月よりグリーン熱証書制度の運用を開始している。本スキームでは、グリーン熱設備として認定された場合、グリーン熱量を計量、証書を発行し必要とする企業と相対取引を行う。

事例として、分譲マンションの「D' グランフォート レイクタウン」団地管理組合は、「太陽熱利用住棟セントラルヒーティングシステム」で得られた「グリーン熱証書」を、エナジーグリーン(株)経由で公益財団法人ユニジャパンに販売した実績がある。

今回の取組について認証を受けグリーン熱証書を取得できた場合、他者へ売却し経済性を高めることも可能である。

(v) その他付加価値について

神奈川県および鎌倉市地域防災計画の中で、大規模な地震災害の発生を想定しており、その際災害対応の司令塔として市庁舎が重要な役割を演じることになる。鎌倉市地域防災計画によると、市立小中学校を地域のミニ防災拠点と位置づけ、整備を図るとしている。その中で分散型エネルギー・水利用システム等の導入や非常用発電機の備蓄が挙げられている。

今回検討した3施設の中央に「鎌倉市立御成小学校」が存在し、地域のミニ防災拠点となる可能性が高い。また、当然のことながら鎌倉市役所は建物に被害が発生しない限り災害時の司令塔として機能する。したがって、今回対象施設に太陽熱利用・冷暖房システムを導入することは、ライフラインが被災した場合でもその機能の一部、すなわち天候が良い場合は冷暖房機能の一部を維持可能であり、かつ給湯を行うことも可能になる（給湯の場合は水源確保が必要）。

### 7.4.3 地中熱利用の効果検討

#### (1) 既存施設の場合

鎌倉青少年会館（床面積：970m<sup>2</sup>、電気/パッケージ全館空調（図7.4-1））および教養センター（床面積：1,608m<sup>2</sup>、電気/チラー全館空調（図7.4-2））の既設施設の電力消費（空調電力消費）

の現状，空調負荷推定，地中熱ヒートポンプ採用（図 7.4-3）の場合での空調電力消費，およびその省エネ効果を試算した。既存設備での月別の電力消費の内，照明用電力（床面積当たりの原単位：18W/m<sup>2</sup>，照明時間 8 hr/日，稼働日：20 日/月）を除外したものを空調電力消費の現状として，4 月～11 月は冷房，12 月～3 月は暖房と仮定した。また，既設空調設備の冷暖 COP は 2.0 と仮定して，空調負荷を推定した。



図 7.4-1 鎌倉青少年会館



図 7.4-2 教養センター

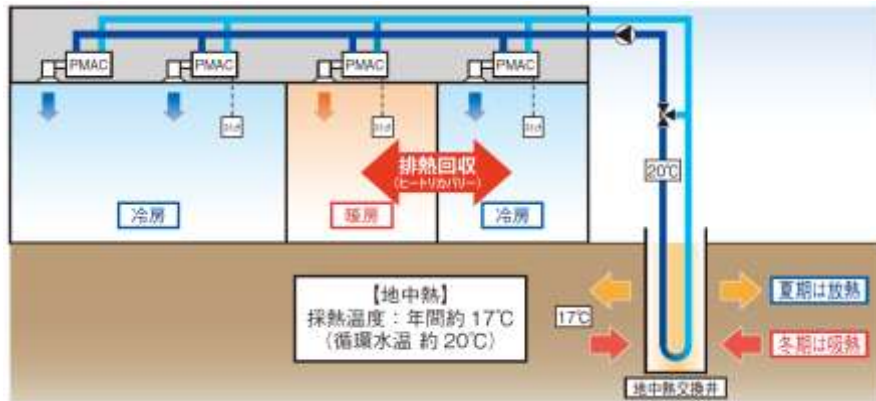


図 7.4-3 地中熱利用ヒートポンプシステムの概要

(a) 鎌倉青少年会館

月別の電力消費の現状を図 7.4-4 に示す。この年間電力消費は 83,165kWh/年であった。図のように 5 月の電力消費の殆どが照明用であり，前述の原単位の妥当性が示されている。図 7.4-5 には，月別の冷房負荷と暖房負荷の推定値を示す。また，1 日の冷暖房負荷パターン<sup>[註1]</sup>により，図 7.4-6 には時刻別の冷房負荷を，図 7.4-7 には時刻別の暖房負荷を，床面積当たりでの負荷として示す。図のような冷暖房負荷の約 80W/m<sup>2</sup>は，ここでの推定の妥当性を示すものである。

これらの冷暖房負荷に基づき，日本ピーマック(株)製水熱源ヒートポンプユニット<sup>[註2]</sup>のカタログ値の冷房 COP:8.93@20℃水温/暖房 COP:4.46@10℃水温により，地中熱用空調機の消費電力を算出した。また，ポンプの消費電力は，地中熱空調機の冷房排熱量（時刻別冷房負荷の最大値(80.7kW)とその時の地中熱空調機の消費電力(9.0kW)の和：89.7kW)あたりの原単位を 20W/kW として算出した。このように算出した，地中熱ヒートポンプを採用した場合の月別電力消費を図 7.4-8 に示す。この年間の電力消費は 54,307kWh であり，現状の 65%までに削減された。

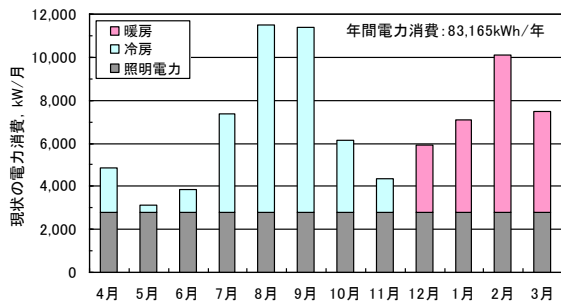


図 7.4-4 月別の電力消費の現状

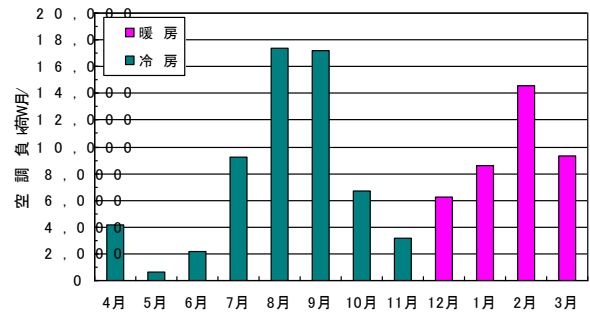


図 7.4-5 月別の冷房/暖房負荷の推定値

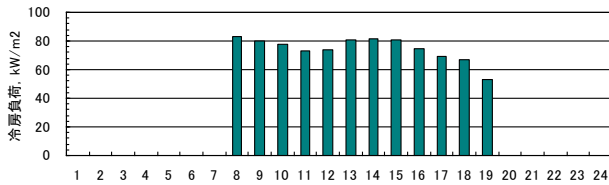


図 7.4-6 時刻別の冷房負荷の推定値

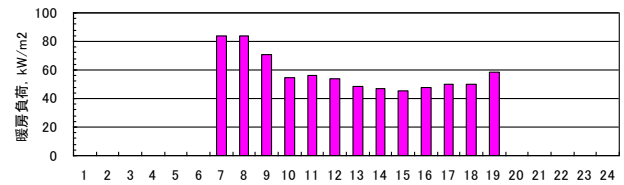


図 7.4-7 時刻別の暖房負荷の推定値

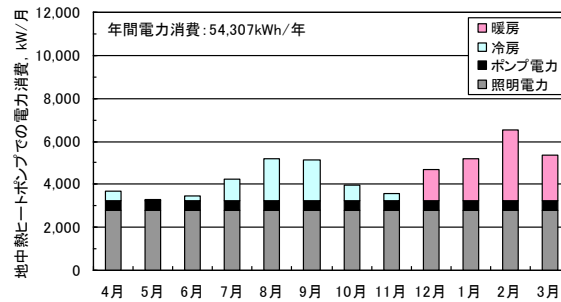


図 7.4-8 地中熱ヒートポンプを採用した場合の月別の電力消費

(b) 教養センター

月別の電力消費の現状を図 7.4-9 に示す。この年間電力消費は 94,047kWh/年であった。図のように 5月の電力消費の殆どが照明用であり、前述の原単位の妥当性が示されている。図 7.4-10 には、月別の冷房負荷と暖房負荷の推定値を示す。また、1日の冷暖房負荷パターン<sup>【註1】</sup>により、図 7.4-11 には時刻別の冷房負荷を、図 7.4-12 には時刻別の暖房負荷を、床面積当たりでの負荷として示す。

これらの冷暖房負荷に基づき、日本ピーマック(株)製水熱源ヒートポンプユニット<sup>【註2】</sup>のカタログ値の冷房 COP:8.93@20°C水温/暖房 COP:4.46@10°C水温により、地中熱用空調機の消費電力を算出した。また、ポンプの消費電力は、地中熱空調機の冷房排熱量(時刻別冷房負荷の最大値(73.3kW)とその時の地中熱空調機の消費電力(8.2kW)の和:81.5kW)あたりの原単位を 20W/kW とし算出した。このように算出した、地中熱ヒートポンプを採用した場合の月別電力消費を図 7.4-13 に示す。この年間の電力消費は 72,308kWh であり、現状の 77%までに削減された。

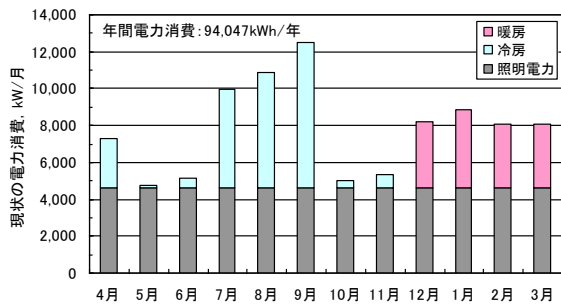


図 7.4-9 月別の電力消費の現状

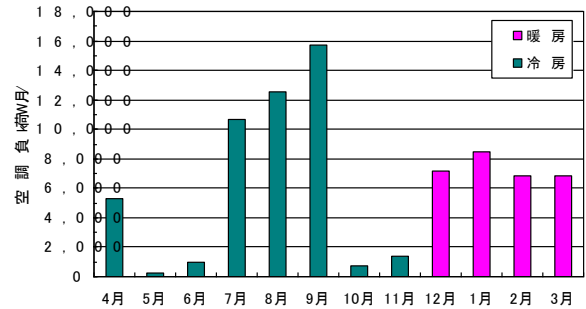


図 7.4-10 月別の冷房/暖房負荷の推定値

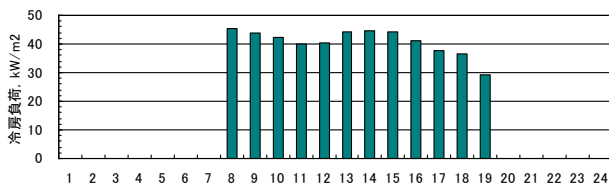


図 7.4-11 時刻別の冷房負荷の推定値

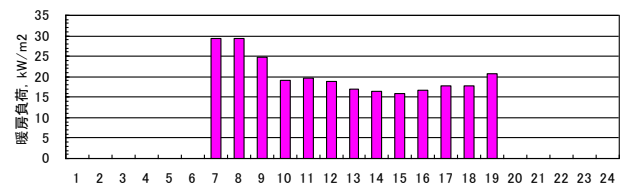


図 7.4-12 時刻別の暖房負荷の推定値

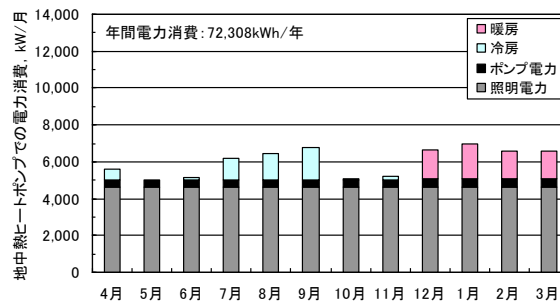


図 7.4-13 地中熱ヒートポンプを採用した場合の月別の電力消費

註1: 地域冷暖房技術手引書, (社) 日本地域冷暖房協会編

註2: 日本ヒートマック(株)再生可能エネルギー利用システム対応 水熱源ヒートポンプ エット 天吊ダクト型(広水温域仕様)

## (2) 新築の学校の場合

地中熱空調は、地中からの採熱可能量により能力が制約される。都市部などで建物が密集する場合にその問題が顕在化するが、それらの建物が高層になり、床面積が増えれば、さらにその制約が大きくなる。

その点、学校の場合には、一般に敷地に比べて建築面積が少ないため、採熱量の制約が問題になりにくく、地中熱空調を適用しやすい。本項では、小・中学校の新築を想定し、コスト低減のために建物の基礎杭を地中熱採熱管として利用するとともに、地中熱と空気熱を組み合わせる利用（ハイブリッド地中熱空調）する場合を検討する。

まず、地中熱空調を行う前提条件を、既存の学校を参考にして以下とした。

### (a) 建築条件

- ・ 建築面積：約 2000 m<sup>2</sup>程度
- ・ 延床面積：約 7000 m<sup>2</sup>程度

・基礎杭：鋼管杭(25m)56本

(b) 空調条件

・空調負荷原単位：80W/m<sup>2</sup>（事務所程度を想定）

・空調対象

第一優先：職員室，校長室，保健室等の管理諸室

※室利用率が高く事務所ビルと同様の空調が必要

第二優先：図書室，音楽室，理科室，図工室，多目的室，コンピュータ室などの特別室

※大空間で地中熱と空気熱の室内機配置が容易

※空調の必要性が比較的高い室

※利用率が低い点が難点

第三優先：一般教室

※地中熱に余力があれば一般教室にも適用

※体育館は対象外とする。

次に，以上の前提条件に基づき，採熱可能量と空調可能面積を求める。採熱杭からの採熱可能量は地下水の状況などに影響を受けるが，ここでは，経験値<sup>1)</sup>をもとに採熱杭長さ1mあたり100Wと仮定した。従い，総採熱可能量は

$$100\text{W/m} \times 25\text{m} \times 56\text{本} = 140\text{kW}$$

となる。地中熱ヒートポンプ(HP)単体でのCOPを過去の実証実験結果<sup>1)</sup>から6.0であると仮定すれば，冷房サイクルでの地中熱HPの能力は，

$$140\text{kW} \times 6 / (6+1) = 120\text{kW}$$

である。従い，この地中熱HPによる空調可能面積は

$$120\text{kW} \div 80\text{W/m}^2 = 1,500\text{m}^2$$

地中熱と空気熱のハイブリッド構成で地中熱比率30%とした場合の空調能力は

$$120\text{kW} / 0.3 = 400\text{kW}$$

この場合の空調可能面積は

$$400\text{kW} \div 80\text{W/m}^2 = 5,000\text{m}^2$$

となる。従い，このようなハイブリッド構成の場合には上記第二優先の空調対象範囲まで十分に対応可能となる。

次に，以上の構成の地中熱空調の消費電力やコストを一般空調（店舗用PAC(パッケージエアコン)）と比較した試算例を示す。これらは，様々な前提条件や機器構成によって大きく変化する。従い，下表はその一例ではあるが，イニシャルコスト（設備費）が高くなるものの，現行の補助金を利用すれば，消費電力の低減効果（-24%）により8年で投資回収可能であることが分かる。

表 7.4-1 ハイブリッド地中熱空調と一般空調の比較

		一般空冷 392kW	地中熱ハイブリッド空冷 392kW	
			補助金無し	補助金利用
機器構成	室外機	店舗用 P A C 22.4kW 5台 28.0kW 10台	ハイブリッド地中熱空調機 水冷モジュール 22.4kW 5台 空冷モジュール 56.0kW 5台	
	採熱杭		水充填鋼管杭 25m長, 56本	
イニシャルコスト (千円)		54,630	89,700	62,050
消費電力量 (kWh/年)		114,656	86,859	
想定ピーク電力 (kW)		108.4	84.3	
電気料金 (千円/年)		3,968	3,045	
単純回収年 (年)		(基準)	38.0	8.0

#### 参考文献

- 1) 川崎市：“鋼管杭を利用した地中熱利用空調システムの開発最終報告”，平成 22 年度 環境技術産学公民連携公募型共同研究事業
- 2) 川崎市：<http://www.city.kawasaki.jp/30/30kangic/home/home/column11.html>
- 3) 環境省：<http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/list/h21/052-0901b.pdf>（環境技術実証事業 実証番号 052-0901）

#### 7.4.4 CEMSの導入効果検討

##### (1) 目的

本項では、鎌倉市が管理する施設を対象とした範囲でのCEMSの導入可能性及び効果についての検討を行い、省エネ・創エネ推進に向けたCEMS活用に関する提言を行う。

##### (2) CEMSに収集・蓄積するためのエネルギー管理データの検討

鎌倉市が管理する施設の中の研究対象施設（鎌倉芸術館、山崎浄化センター、七里ガ浜浄化センター、名越クリーンセンター、市役所本庁舎）から入手したデータの種別は、山崎浄化センターについては受電電力量と各棟の電力量であり、その他の施設は受電電力量のみであった。鎌倉市が管理する全施設から受電電力量をCEMSにて収集できれば、全体の契約デマンドに対する使用量を自動計算にて算出・表示することが可能となり、省エネ目標の設定や節電の計画立案が容易になると考えられる。

一方、詳細なエネルギー使用量分析、省エネ/節電施策の計画にはより詳細なデータ、例えばフロア毎、棟毎、設備（照明、空調、熱源等）毎などの細分化されたデータが必要であり、これらのデータをCEMSに収集・蓄積することでエネルギー使用状況の多角的な状況把握が可能になると思われるため、施設毎のBEMSにて可能な限りのデータ収集が望まれる。（図 7.4.4-1 にCEMSのシステム構成イメージを示す）

CEMSに収集・蓄積したエネルギー管理データは鎌倉市全体でのエネルギー使用量見える化に活用することができるが、見える化手法については図 7.4.4-2 に示す Web システムでの公開、デジタルサイネージ（電子看板）が挙げられる。期待される効果については、一般市民への省エネ取組み状況の公開、職員への省エネ意識促進が挙げられる。



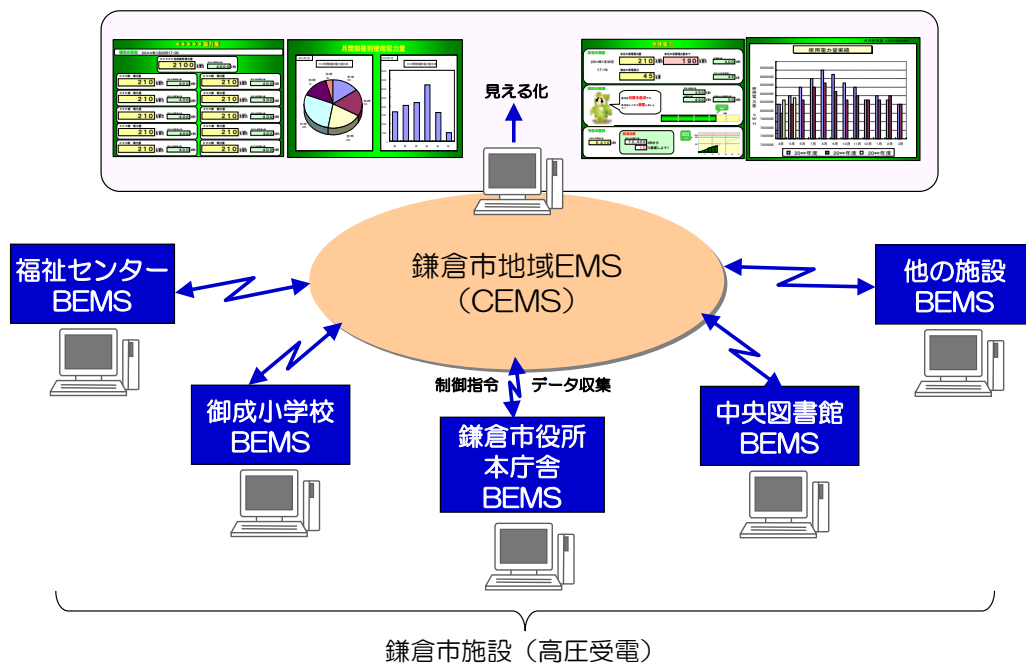





図 7. 4. 4-1 鎌倉市域EMS(CEMS)の全体概念図

エネルギー管理データの公開手法として、**サイネージ（電子看板）**や**Web**により一般市民や市職員への情報公開によって「分析→省エネ目標設定→対策→評価」を循環させ、省エネを推進します。

手段	表示方法	概要	期待効果
<b>サイネージ</b>	大型LCD 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆市主要施設のエントランスなどに設置する表示装置に、エネルギー消費状況を配信</li> <li>◆施設で消費されるエネルギー状況や施設の利用者、一般市民向けの情報を配信</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市としての省エネ取組のアピール</li> <li>・省エネ意識の促進</li> </ul>
<b>Web</b>	一般市民・職員PC 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆Webを利用し、いつでも自分の職場（施設）や部署のエネルギー状況の把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般市民への情報公開</li> <li>・省エネ意識の促進</li> <li>・市職員としての省エネ貢献</li> </ul>
<b>CEMS （工料・管理）</b>	CEMS端末 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆市管理施設全体のトータルエネルギー管理（帳票）</li> <li>◆報告書作成の支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市管理施設のエネルギー総量の削減支援</li> <li>・省エネ法関連帳票作成の支援</li> </ul>


  
**市民への情報公開による省エネ取組みアピール**  
**現場省エネ施策**

図 7. 4. 4-2 データ公開と期待される効果

### (3) エネルギー使用量の分析

鎌倉市管理施設の内、高圧受電している 65 施設について 7 つの種別（文教系施設，生涯学習・福祉系施設，行政系施設，体育系施設，消防署，小中学校，ゴミ処理場・下水道処理系施設）に分類した（表 7.4.4-1）。

この内，ゴミ処理場・下水道処理系施設に分類した山崎浄化センターと七里ガ浜浄化センターのエネルギー使用量をグラフ化して，エネルギー使用量傾向を調べたところ時間による差はあるものの 24 時間稼動施設であることから受電電力量はほぼ一定となっていることがグラフより確認できた（図 7.4.4-3）。

一方，同じ種別の 2 施設の比較にて大きな差がなかったことから無駄な電力使用の存在可能性箇所を特定するに至らなかったが，さらに分析するには，施設毎に詳細なエネルギー使用量のデータ BEMS にて収集・蓄積を行い CEMS が受け取って蓄積することで，市管理施設の更に詳細な分析が可能になると考えられる。

表7.4.4-1 高圧受電施設一覧

No.	施設名称	住所	契約電力	契約種別	備考	施設種別
1	鎌倉芸術館	大船6-1-2	1,013	業務用休日高負荷電力	指定管理者	文教系施設
2	鎌倉武道館	山崎616-3	170	業務用休日高負荷電力	指定管理者	文教系施設
3	鎌倉文学館	長谷1-5-3	65	業務用休日高負荷電力	指定管理者	文教系施設
4	教養センター	笛田2-17-1	132	業務用休日高負荷電力	指定管理者	生涯学習・福祉系施設
5	玉縄すこやかセンター	玉縄5-9-1	43	業務用休日高負荷電力	指定管理者	生涯学習・福祉系施設
6	今泉さわやかセンター	今泉3-21-23	87	業務用休日高負荷電力	指定管理者	生涯学習・福祉系施設
7	名越やすらぎセンター	材木座2-15-3	47	業務用休日高負荷電力	指定管理者	生涯学習・福祉系施設
8	大船行政センター	大船2-1-26	96	業務用休日高負荷電力		行政系施設
9	深沢行政センター	常盤111-3	104	業務用休日高負荷電力		行政系施設
10	腰越行政センター	腰越864	122	業務用休日高負荷電力2型		行政系施設
11	玉縄行政センター	岡本2-16-3	92	業務用休日高負荷電力2型		行政系施設
12	鎌倉市福祉センター	御成町20-21	98	業務用休日高負荷電力2型		生涯学習・福祉系施設
13	鎌倉生涯学習センター	小町1-10-5	268	業務用休日高負荷電力		生涯学習・福祉系施設
14	鎌倉青少年会館	二階堂912-1	134	業務用休日高負荷電力		生涯学習・福祉系施設
15	鎌倉体育館	由比ガ浜2-9-9	78	業務用休日高負荷電力	指定管理者	体育館系施設
16	玉縄青少年会館	玉縄1-2-1	62	業務用休日高負荷電力		生涯学習・福祉系施設
17	鎌倉市中央図書館	御成町20-35	116	業務用休日高負荷電力		文教系施設
18	国宝館	雪ノ下2-1-1	155	業務用休日高負荷電力		文教系施設
19	鎌倉市役所本庁舎	御成町18-10	578	業務用電力		行政系施設
20	深沢こどもセンター (深沢子育て支援センター)	梶原2-33-2	87	業務用電力		生涯学習・福祉系施設
21	鎌倉市生涯学習センター (あおてら園)	笛田2-38-20	72	業務用電力		生涯学習・福祉系施設
22	レイウェル鎌倉	小袋谷2-14-14	125	業務用電力	指定管理者	生涯学習・福祉系施設
23	大船在宅福祉センター (台在宅福祉サービスセンター)	台2-8 (台2-8-1)	72	業務用電力		生涯学習・福祉系施設
24	御成町在宅福祉サービスセンター	御成町2-5	23	業務用電力		生涯学習・福祉系施設
25	鎌倉中央公園	山崎1680-23	30	業務用電力	指定管理者	文教系施設
26	市営プール (鎌倉海浜公園水泳プール)	坂ノ下34-5	52	業務用電力		文教系施設
27	消防本部	由比ガ浜4-1-10	88	業務用電力		消防署
28	消防本部深沢出張所	手広1551	23	業務用電力		消防署
29	大船消防署	大船3-5-10	122	業務用電力		消防署
30	稲村ヶ崎小学校	極楽寺2-10-6	55	業務用電力		小中学校
31	今泉小学校	今泉2-13-1	61	業務用電力		小中学校
32	関谷小学校	関谷510	96	業務用電力		小中学校
33	植木小学校	植木1-1	62	業務用電力		小中学校
34	七里ヶ浜小学校	七里ヶ浜東5-3-2	60	業務用電力		小中学校
35	腰越小学校	腰越5-7-1	76	業務用電力		小中学校
36	第一小学校	由比ガ浜2-9-9	92	業務用電力		小中学校
37	大船小学校	大船2-8-1	69	業務用電力		小中学校
38	富士塚小学校	上町屋810	82	業務用電力		小中学校
39	第二小学校	二階堂878	66	業務用電力		小中学校
40	小坂小学校	大船587	90	業務用電力		小中学校
41	西鎌倉小学校	津1069	97	業務用電力		小中学校
42	玉縄小学校	玉縄1-860	83	業務用電力		小中学校
43	山崎小学校	山崎2500	78	業務用電力		小中学校
44	深沢小学校	梶原1-11-1	99	業務用電力		小中学校
45	御成小学校	御成町19-1	100	業務用電力		小中学校
46	大船中学校	大船4-1-25	50	業務用電力		小中学校
47	岩瀬中学校	岩瀬840	62	業務用電力		小中学校
48	御成中学校	笹目町2-1	50	業務用電力		小中学校
49	腰越中学校	腰越4-11-5	60	業務用電力		小中学校
50	第一中学校	材木座6-19-19	57	業務用電力		小中学校
51	第二中学校	西御門1-7-1	107	業務用電力		小中学校
52	玉縄中学校	岡本1061	74	業務用電力		小中学校
53	手広中学校	手広888	64	業務用電力		小中学校
54	深沢中学校	梶原1-14-1	102	業務用電力		小中学校
55	名越クリーンセンター	大町5-11-16	876	高圧季節別時間帯別電力		ゴミ処理場・下水道処理系施設
56	七里ヶ浜浄化センター	七里ヶ浜東5-3-1	876	高圧季節別時間帯別電力2型		ゴミ処理場・下水道処理系施設
57	山崎浄化センター	山崎354-2	1,350	高圧季節別時間帯別電力2型		ゴミ処理場・下水道処理系施設
58	今泉クリーンセンター	今泉4-1-1	249	高圧季節別時間帯別電力		ゴミ処理場・下水道処理系施設
59	深沢クリーンセンター	笛田3-24-1	74	高圧電力A		ゴミ処理場・下水道処理系施設
60	笛田リサイクルセンター	笛田1-11-34	206	高圧電力A		ゴミ処理場・下水道処理系施設
61	玉縄調整池	岡本2-18-9	5	高圧電力A		ゴミ処理場・下水道処理系施設
62	台調整池	台1-2-25	96	高圧電力A	予備線	ゴミ処理場・下水道処理系施設
63	西部ポンプ場	坂ノ下390	150	高圧電力A	予備線	ゴミ処理場・下水道処理系施設
64	中部ポンプ場	由比ガ浜4-1-7	171	高圧電力A	予備線	ゴミ処理場・下水道処理系施設
65	七里ヶ浜ポンプ場	七里ヶ浜東2-2-7	538	高圧電力B	予備線	ゴミ処理場・下水道処理系施設

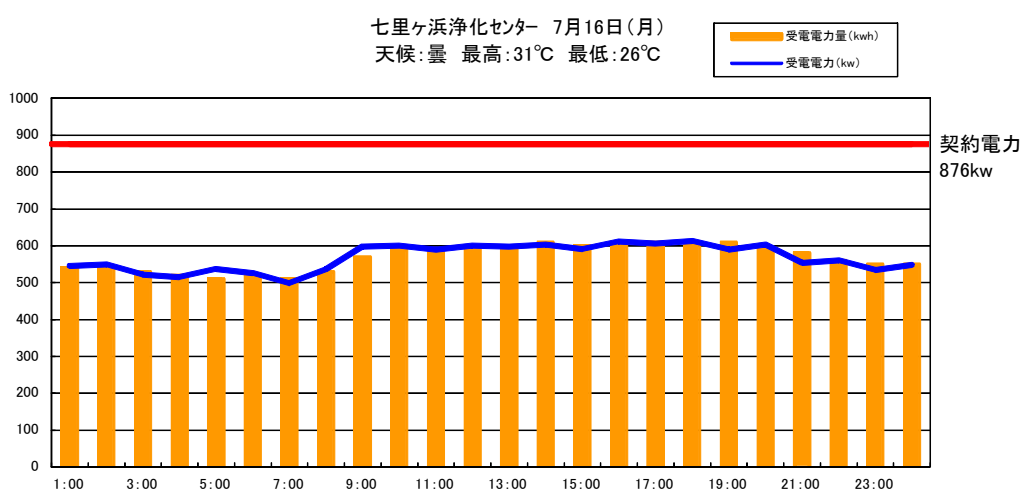
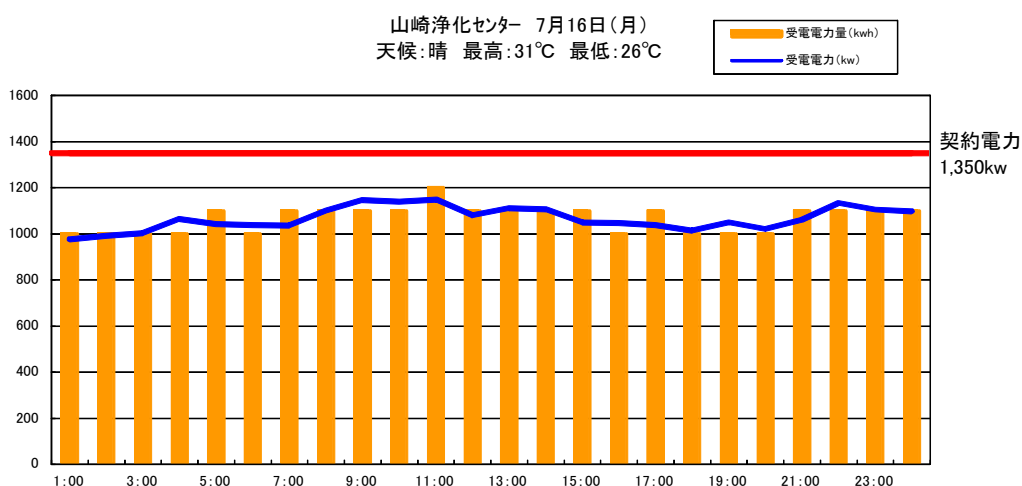


図7.4.4-3 山崎浄化センターと七里ヶ浜浄化センターの比較

#### (4) エネルギー需要量の予測

研究対象施設の過去のエネルギー使用量を用いることにより各施設でのエネルギー使用量を予測する。仮に2013年4月19日(水)の鎌倉市管理対象施設(研究対象5施設:山崎浄化センター,七里ヶ浜浄化センター,鎌倉芸術館,市役所本庁舎,名越クリーンセンター)のエネルギー需要予測を行う場合,前年同月同日頃(同じ曜日)である2012年4月18日(水)の過去データを予測値とすると図7.4.4-4のグラフの通りとなる(気温は未考慮)。このグラフから5施設での契約電力4,693kWに対してピークとなるのは11:00と15:00付近の約2,900kWということがわかる。もし需要予測で契約電力或いは省エネ/節電目標値を上回る場合にはピークカット/ピークシフト制御の必要があるということがグラフから読み取ることが可能となる。

実際にCEMSを導入した場合は,過去データと気象情報を基にしてより正確な需要予測が可能となり,市全体での省エネ/節電を実現するためのサポートツールになると考えられる。

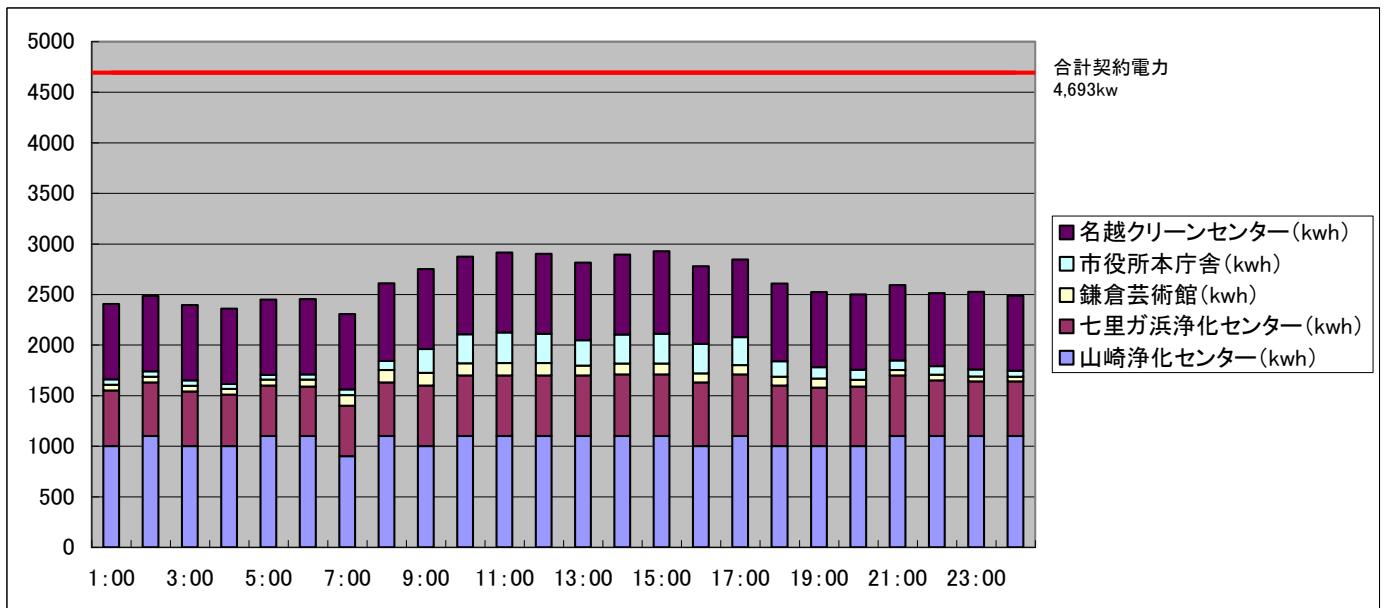


図7.4.4-4 エネルギー需要予測例(5施設)

(5) 省エネ／節電施策（デマンドレスポンス）

CEMSにてエネルギー需要予測と契約電力（若しくは省エネ目標値）の需給バランス監視を行い、需要予測が契約電力（若しくは省エネ目標値）を超える場合はCEMSから各施設のBEMSに対して需要量削減指示を出し、BEMSによりピークカット／ピークシフト制御を行う。BEMSは事前に登録している情報を基に、対象施設内の個別の部屋や機器に対して目標需要量削減を指示する。

BEMSの指示によるデマンドレスポンスの制御手法については、システム間での自動制御と情報伝達での手動制御が考えられるが、ここでは、施設側のシステム化状況を鑑みてメール等での情報伝達による需要量削減指示及び施設職員による手動制御での負荷操作を想定する。

なお、デマンドレスポンスによる需要量削減の対象施設選定の際、表 7.4.4-1 で示した施設の種別を一つのパラメータとして需要量削減の優先順位を予め設定するなどの方法も考えられる。また、順番制での施設持ち回りによる需要量削減や施設間競争での省エネ／節電での対応が候補として挙げられる（例えば、省エネ教育の観点で小中学校間での省エネ競争を行わせるなどの方法など）。表 7.4.4-2 に仮で設定した施設種別毎の優先順位、持ち回り、教育対応表を示す。

表7.4.4-2 施設種別と需要量削減優先順位例

施設種別	削減優先度	持ち回り	教育	備考
文教系施設	高	○	—	
生涯学習・福祉系施設(学習系)	中	○	—	
生涯学習・福祉系施設(福祉系)	対象外	—	—	子育て、老人福祉は対象外とする
行政系施設	高	○	—	
体育館系施設	高	○	—	
消防署	対象外	—	—	
小中学校	中	○	○	
ゴミ処理場・下水道処理系施設	対象外	—	—	負荷変動が少ないため対象外とする

## 7.4.5 BEMSの導入効果検討

### (1) 目的

本項では、鎌倉市役所本庁舎他鎌倉市の各種建物にBEMSを導入することを想定して、その概要と効果について検討を行う。なお、今回の検討では対象施設のエネルギー関連機器の仕様や能力が確定していないため、定性的な検討にとどめることとする。本文中のピークカット効果などの数値はイメージであり、今後エネルギー関連機器の仕様をもとに改めて検討したい。

### (2) BEMS導入の概要

#### (2)-1 スマートシティにおける制御システム構成

スマートシティを形成するための制御システム(CEMS, BEMS)の全体構成を図7.4.5-1に示す。

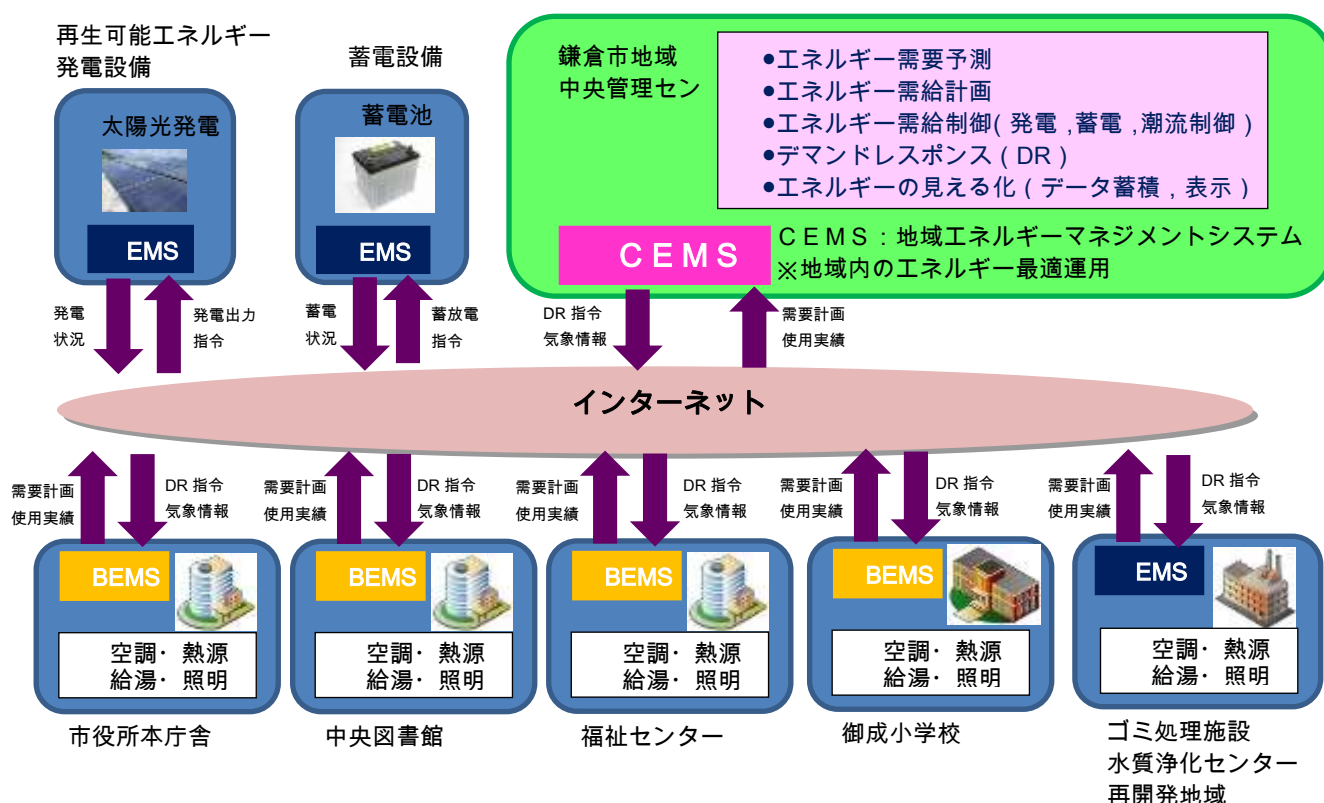


図7.4.5-1：鎌倉市スマートシティ制御システム全体構成

制御システムの中核となるCEMSでは、気象情報や需要家側のエネルギー使用状況などをもとに地域内のエネルギー需給制御を行う。需給制御においては、太陽光発電などの再生可能エネルギーの発電量が気象条件に左右され、自由に制御できないことから、蓄電装置や需要家側のエネルギー使用量を制御することによって、地域内の電力潮流を制御することを基本とする。BEMSはこのCEMSによる需要家側のエネルギー使用量に対する制御指令に応じて、需要家側の自動制御システムと組み合わせて、エネルギー制御を実現するものとなる。

#### (2)-2 需要家側制御システムの構成

需要家側に設置するBEMSを中心とした制御システムの構成を図7.4.5-2に示す。

需要家側にはCEMSと連携したBEMSを新たに設置するとともに、エネルギー使用量の需要を制御するため新たに蓄熱・蓄電設備と太陽熱集熱設備を増設するとともに、太陽熱集熱設備からの温水を熱源水とした吸収式熱源機を増設する。また、既存の自動制御システムにおいては、B



EMSからの制御指令に基づき、設備の運用を制御できるように改修を行うとともに、設備の稼働情報（状態、計測、計量）をBEMSに伝送するための信号取り出しの改造を行う。

CEMSとBEMS間は定周期（例：10分周期）で以下に示すような情報連携を行う。

BEMSはCEMSから、需要家側の需要予測を行うための気象情報（当日・翌日）と、

エネルギー使用量の制御を行うためのデマンドレスポンス(DR)信号（当日、翌日）を受信し、これらの情報に基づいてBEMSは需要家側設備の運転計画（当日、翌日）を策定する。BEMSからCEMSへは、運転計画に基づいた需要計画（需要家側の時間別エネルギー使用予測）と、実際のエネルギー使用実績データ（当日）を送信し、これらの情報に基づいてCEMSは自らの需給計画の見直しを行う。

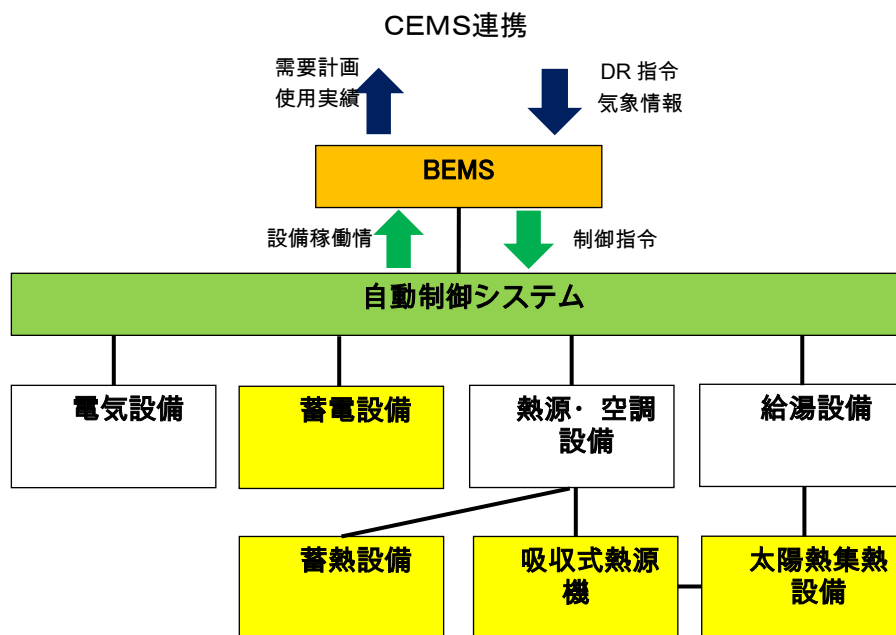


図 7.4.5-2：建物側制御システム構成

### (2)-3 BEMSのデマンドレスポンス (DR) 機能

BEMSはCEMSから定周期で受信した気象情報とDR信号から、以下に示す手順で運転計画を策定する。DR信号には、CEMSが地域の需給制御に基づき、需要家側のエネルギー使用を抑制する「抑制」、エネルギー使用を促す「促進」、および「通常」の種別がある。

気象情報（外気温度・湿度）により時間帯別のエネルギー需要予測と、太陽熱集熱予測を行う。

エネルギー需要予測から空調・熱源設備の時間帯別運転計画を策定するが、太陽熱集熱予測に基づき、集熱が可能な時間帯には、積極的に集熱エネルギーを熱源機や給湯設備に利用できるような考慮する。

DR信号から、「促進」の時間帯には積極的に熱源機や給湯設備の稼働を行い、余剰分は蓄熱・蓄電できるようにし、「抑制」の時間帯には、熱源機や給湯設備の稼働を抑制して、蓄熱設備からの放熱や蓄電設備からの放電で需要をまかなうよう運転計画を調整する。これにより、需要家側のエネルギー消費のピークシフトを実現する。

上記手順で策定された運転計画から、CEMSに送信するための需要家全体の時間帯別エネルギー使用予測を算出する。

また、DR信号「抑制」時間帯には、熱源機送水温度、空調機給気温度、室内温度設定を変更するなどの省エネ促進運転を行うと、エネルギー消費そのものを削減することができる。

### (2)-4 BEMSのエネルギー管理機能

BEMSでは需要家の各種エネルギーの使用状況を逐次把握するとともに、使用実績を記録する。これらのデータを用いて、以下に示すエネルギー管理機能を実現する。

① 一般向けの大型ディスプレイを用いたエネルギーの見える化 (図 7.4.5-3)

BEMSでエネルギー使用状況が把握できる画面を用意し、本庁舎のロビーに設置した大型ディスプレイに表示する。画面は来庁される一般市民の方にもわかりやすい工夫を施す。

② 管理者向けのデータ分析機能 (図 7.4.5-4)

BEMSに蓄積された各種の実績データを用いて、様々なグラフ (折れ線グラフ, 棒グラフ, 散布図等) 表示を行う。

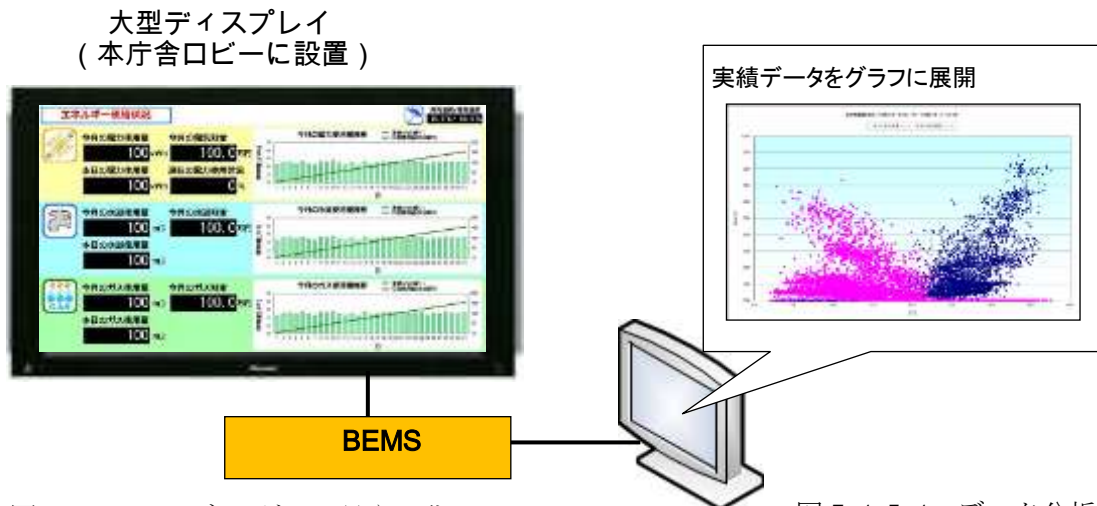


図 7.4.5-3 : エネルギーの見える化

図 7.4.5-4 : データ分析機能

(3) BEMS導入による効果

(3)-1 CEMS・BEMS連携による地域エネルギー消費のCO<sub>2</sub>削減効果

スマートシティ構築の目的は、地域全体のエネルギーの有効利用を図るものである。太陽光発電などの再生可能エネルギーを地域内に接続すると、発電出力が不安定な電源を電力網に接続することになり、電力会社の商用系統の運用に影響を及ぼすことになる。そこで、地域内で自律的に電力の潮流制御を行い、電力会社から地域内への潮流を一定にする必要がある。このため、図 7.4.4-5 に示すように、CEMSにより地域電力網に接続される各電源と需要家の潮流を制御し、系統関係点の潮流 A を一定範囲内とする。

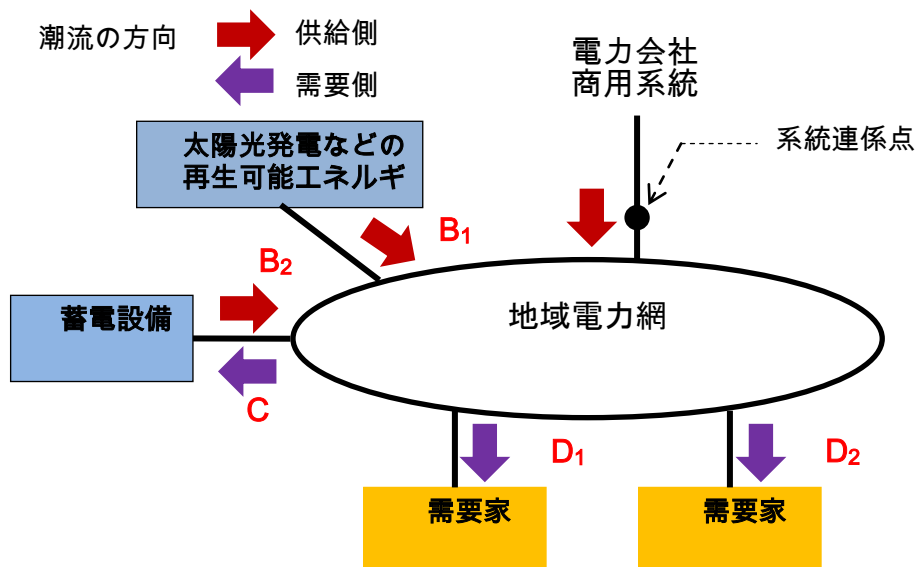


図 7.4.5-5 : 電力潮流制御

すなわち、式 7.4.5-1 に示す A が系統連係点の電力潮流の値を示し、この値が一定値以内となるよう、蓄電設備の運用 (B<sub>2</sub>, C) と需要家の運用 (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) を計画的に制御する。ちなみに A が負の場合は、電力会社商用系統への逆潮流を意味する。

$$\text{系統連係点の電力潮流} : A = (D_1 + D_2) + (C \cdot B_2) - B_1 \quad \dots \text{式 7.4.5-1}$$

概念的に説明すると、再生可能エネルギーの発電量が多い時は、蓄電設備への蓄電や需要家の電力消費量を促し、発電量が少ない時は蓄電設備からの放電や需要家の電力消費量を抑制する。BEMSはCEMSの指令にしたがい、これら需要家の電力消費量の促進、抑制を実現する。

したがって、CEMS・BEMS連携により、太陽光発電などの再生可能エネルギーを積極的に利用できるようになり CO<sub>2</sub> 削減効果を得ることができる。電力会社からの買電電力の CO<sub>2</sub> 発生量を 464g-CO<sub>2</sub>/kWh (東京電力 H24 年度) とし、太陽光発電の CO<sub>2</sub> 発生量を数十 g-CO<sub>2</sub>/kWh とすれば、1kWh あたり 360g-CO<sub>2</sub> 程度の削減効果が期待できる。

### (3)-2 ピークシフト実現による効果

市役所本庁舎にBEMSを導入したことを想定した、需要家側エネルギー消費量のピークシフトの実現による効果を以下に示す。

図 7.4.5-6 は夏季・冬季の比較的消費電力の大きい日の日負荷グラフを表す。熱源設備の増改修、BEMS設置により、夜間蓄熱・蓄電や日中の太陽熱集熱設備からの温水を利用した吸収式熱源機の稼働や給湯を行い、本庁舎稼働時間中 (9:00~17:00) の電力消費量を早朝・夜間にシフトし、ピーク電力を低減することができる。現状では見直し後の具体的な契約電力値は示せないが、契約電力低減による基本料金削減額は千数百円/kW 程度となるため、電気料金コストの低減が期待できる。

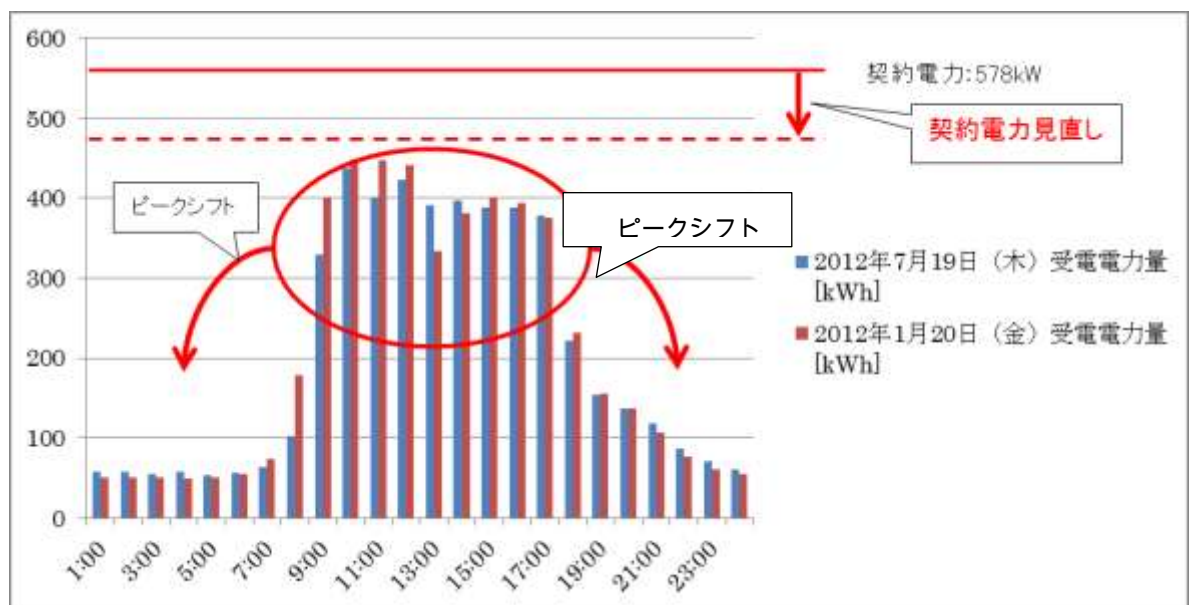


図 7.4.5-6 : 本庁舎消費電力量日負荷グラフ

注) 本来、契約電力は 30 分間の平均電力をベースに算出するが、データの関係上、1 時間毎の累計値を 1 時間の平均電力として検討する。

また、ピークシフトは社会貢献にも寄与することになる。電力会社の発電設備は、需要家のピーク電力をまかなえる容量を保有している。したがって、需要家側でピークシフトに対応すると、結果的には電力会社が保有する発電設備容量を低減することができる。今日のエネルギー環境への不安感の高まりなどを考えると、需要家のピークシフトは環境社会実現に向けて、大きく貢献できることになる。

### (3)-3 デマンドレスポンス省エネ促進運転による効果

デマンドレスポンスによる抑制時間帯における省エネ促進運転では、おおよそ以下に示すような省エネルギーを図ることができると予想される。

#### ①熱源機送水温度変更

例：送水温度を 7℃から 9℃に変更

#### ②空調機給気温度変更

例：給気温度を 15℃から 18℃に変更

#### ③室内温度設定変更

例：室内温度設定を 26℃から 28℃に変更

以上を行った場合の本庁舎での夏期日中 3 時間程度の運用における当該時間帯の予想効果は、従来比 20～30%程度削減。

### (3)-4 エネルギー管理による効果

一般向けの大型ディスプレイを用いたエネルギーの見える化においては、本庁舎に勤務する職員に対して省エネルギー意識の高揚を図ることができる。また、来庁される一般市民の方に対して市の省エネルギーに対する取り組み状況・姿勢を示すことができ、市民の方々にとってもエネルギー問題をより身近に感じてもらうことができる。

また、データ分析機能を導入することによって、気象条件、エネルギー消費動向、設備の運転状況などを組み合わせて、需要家のエネルギー運用を多角的に分析することが可能となる。これにより、問題点の発掘や改善点の抽出、省エネルギー設備導入の効果検証を実施することができ、効率的なエネルギーマネジメントを推進することができるようになる。

## ある職員の1日の行動シミュレーション・・・20XX年の鎌倉市役所にて

祖父の代より鎌倉市に住む北条さんは、鎌倉市役所の職員であり、設備関連部署に所属している。鎌倉市にスマートシティが形成されて以来、省エネルギー推進担当として、日々本庁舎のエネルギー管理業務に獅子奮闘している。

ある夏の日、昨日の雨模様とは打って変わって晴れ渡り、早朝より夏の日差しが照り付ける中、北条さんはいつものとおり江ノ電に乗って登庁した。本庁舎のロビーには、エネルギーの使用状況が把握できる大型ディスプレイが設置されており、北条さんは登庁するとまず、はじめに昨日のエネルギー使用量の確認を行った。

「昨日は雨だったこともあり、使用電力量は3,600kWhとやや少なめだったな。でも、今日は暑くなりそうなので、日中は相当に電気を使う必要があるようだ」、そう思うと、設備管理を担当している安達さんに、今日の電気使用量の予測を聞いてみた。すると、安達さんは外の暑さとは裏腹に涼しい顔をして北条さんに言った。

「本庁舎にCEMSと連携したBEMSが導入されていますので、天気予報から今日の気象条件を予測して、夜のうちに蓄熱槽には冷水が蓄熱され、蓄電池は充電されていますので、昼間のピーク時にはこれらを放熱・放電する予定です。ですから、ピーク時の消費電力も400kW程度で済むと思いますのでご安心を」

そうだったのだ。スマートシティ形成以来、本庁舎ではBEMSを導入し、気象条件に合わせてエネルギーの使用状況を予測して、設備の運転を計画的に行うことができるようになっていた。これにより、日中のピーク電力を早朝・夜間にシフトするピークシフトが実現できていた。

昼休み後、なんとか日中のピークも乗り切れそうだったので、安心して午後の仕事を始めた北条さんの席に、文化関連の部署で働く足利さんが近づき、こう言った。

「昨日お話しするのを忘れていたのですが、今日これからホールで演奏会を行うことになったのでホールに冷房を入れて欲しいのですが...」

ホールは通常では使用しない施設なので、BEMSといえどもホールで使用する空調負荷分は計画値に入っていなかった。あらかじめ分かっていたら、計画値を補正することはできたが、今となってはどうにもできない。ましてやホールの空調負荷は多いため、蓄熱槽の放熱では足りず、冷凍機を追い掛け運転するしかない。すると、ピーク時の消費電力が多くなることが懸念される。心配になった北条さんは安達さんに相談に行ったところ、安達さんは相変わらず涼しい顔をして言った。

「それでは、新しく導入した太陽熱集熱設備の温水を利用した吸収式熱源機で追い掛け運転を行いましょう。幸いにして、今日は太陽がギラギラに照りつけていますので、十分な温水を取り出すことができますので、消費電力としてはそんなに多くはないでしょう」

そうだったのだ。スマートシティ形成以来、本庁舎ではガスもしくは太陽光で集熱したエネルギーを利用できる熱源機を導入したので、電気だけに頼らなくてもよい設備となっていた。

さて、ホールの演奏会も無事終了し、終業時刻に近づいたところで北条さんは、BEMSで明日の運転計画を確認した。明日も今日と同じく暑い一日となりそうなので、夜のうちに蓄熱・蓄電を行う運転となっていることを確認しながら、

「明日は、特別なイベントは予定されていないようだが、足利さんは、いつも急な依頼をしてくるので困ったものだ」とつぶやき、ようやく帰路についた。

#### 7.4.6 WG3のまとめ

WG3では、既成市街地での省エネ、創エネを検討した。

適用対象施設は、小さなことでもできることから始めることを重視し、関係者の合意形成が比較的容易と思われる市が管理する施設とした。検討にあたっては平常時の低炭素化と非常時のエネルギー確保を両立させることを基本理念とした。

検討テーマと対象施設は次のとおりである。

- (1) 市役所周辺での太陽熱利用と隣接建物間の熱融通
- (2) 市施設での地中熱利用
- (3) 市役所周辺でのBEMSによる効率化
- (4) 市内全域の市施設をCEMSで最適化

以下に、各テーマの検討結果の概要を記す。

##### (1)市役所周辺での太陽熱利用と隣接建物間の熱融通

太陽熱集熱器の設置場所、設備容量の検討ではつぎのことがわかった。

- a. 本庁舎屋上は既存機器や方位の制約から十分な容量の集熱器が設置できない。
- b. 中央図書館屋上には十分なスペースがある。
- c. 福祉センターはデイサービスを実施していることから、多くの熱需要が見込まれる。また、図書館に隣接している。
- d. 本庁舎の空調用熱源機は設備更新後間もない。

これらのことから、本検討では次のとおり提案する。

市役所周辺は熱源機の更新時期に合わせた太陽熱利用の導入が経済的である。最初に中央図書館屋上に太陽熱パネルを設置し隣接する福祉センターとの間に熱融通配管を敷設し、太陽熱を利用できる冷暖房・給湯設備に更新する。この改修で8.2%省エネが見込まれる。

将来、市役所にも同様の施設を設置し、熱融通も行う。この改修を合わせて市役所周辺全体で13.6%の省エネが期待される。

##### (2)市施設での地中熱利用

地中熱を利用した場合の効果を分かりやすく示すために、既存の施設の場合と新設の小中学校の場合について、導入効果を検討した。

既存施設として、エネルギー使用実績データを入手できた施設のなかから、二つの施設を例として取り上げた。その結果、鎌倉青少年会館では年間35%、教養センターでは年間23%電力量削減の可能性があることがわかった。

また、小中学校を新設することを前提に、規模を想定した上で導入効果を推定し、24%程度の省エネが期待できることがわかった。より定量的な効果については施設を特定して詳細な検討を行うことが必要となる。

なお、地中熱利用は、冷暖房機器から排出される熱を持ち去る地下水脈が存在することが望ましい。今般の検討では対象施設の地盤に水脈があるかどうかは確認しておらず、今後具体的な実施計画を策定する際には、水脈の有無の調査も必要となる。

##### (3)市役所周辺でのBEMSによる効率化

本検討では、BEMS導入の効果と活用イメージをまとめた。

しかしながら現有市庁舎では既にかなり省エネが進んでおり、BEMSによる追加的省エネの余地は大きくないことが予想される。将来、ネガワット取引などの活用の可能性はあるが、制度の



方向性に不確定要素を含んでいることをお含みおきいただきたい。効果の定量化のためには市役所周辺施設のエネルギーシステムの性能、容量などを絞り込むことが前提となる。

#### (4)市内全域の市施設をCEMSで最適化

市内に点在する市施設のエネルギー使用実績データをもとに市施設全体で一日を通してフラットなエネルギー利用パターンとすることを検討した。実績データによれば下水処理などの電力パターンはかなりフラットでありCEMSによる効果の試算までには至らなかった。先に述べたとおりBEMS,CEMSは具体的な条件設定を前提に現実に即した検討が必要である。

### 7.5 WG 4 新たなまちづくりでの省エネ・創エネ

#### 7.5.1 目的

深沢地域ではJR大船工場跡地や私有地を中心とするエリア 32.5ha（以下「面整備ゾーン」という。）において、鎌倉駅周辺、大船駅周辺と並ぶ第三の都市拠点の形成をめざしたまちづくりを深沢整備事業としてが進められており、平成22年9月には、「土地利用計画（案）」が策定され、現在、都市計画決定に向けた準備が行われている。

策定された土地利用計画（案）は、鎌倉市総合計画等の上位計画はもちろんのこと、市民、権利者、地元町内会等で構成される「深沢地区事業推進協議会」より提言のあった「深沢地域の新しいまちづくりビジョンでは、「エコに配慮したまちづくり」として「省エネルギーや自然エネルギーなどの利用促進」などが謳われている。

平成22年3月に発生した東日本大震災の日本のエネルギー事情の変化を考えれば、省エネルギー、創エネルギーの重要性は一層大きなものとなっている。

当然、既の実績のある様々な省エネ・創エネ技術の導入が検討されるであろうが、現時点では導入例が少ないものの、整備ゾーンの特性を考えた場合に導入メリットがあると考えられるその他の技術についてもその可能性を検討しておく必要がある。整備ゾーンは、河川に面した標高の低い地域であり、東の丘陵地帯から柏尾川方向（西）に向かう地下水の流れもあると推定されることから、本節では、河川水利用、地中熱・地下水熱利用の導入可能性を検討するとともに、「土地利用計画（案）」に示されているシンボル道路を快適性のある場とするための気化熱利用について検討することにした。

#### 7.5.2 河川熱の利用可能性の調査

##### (1) 検討の内容

一般に冬期に外気より温度が高く、夏期に外気より温度が低い河川水の温度差エネルギーを利用して、熱供給プラントで効率よく河川水の熱を利用し、地域導管を通して複数の熱需要家に冷暖房の熱供給を行う効果を検討する。

##### (2) 検討内容の概要、条件等

###### (i) 未利用エネルギーと熱供給ネットワーク

###### ①未利用エネルギー

未利用エネルギーとは、河川水、海水、下水処理水などの温度差エネルギーや、清掃工場や発電所の排熱といった今まで利用されずに捨てられていた熱エネルギーであり、その賦存量は莫大で広範囲に存在している。これらのエネルギーを、大半が100℃未満と比較的低温である民生用のエネルギー需要に活用することにより、エネルギーの有効活用を図ることができる。

###### ②熱供給ネットワーク

熱供給ネットワークとは、一か所または数か所の熱供給プラントで製造された熱エネルギーを、地域導管を通して一定地域内の多数の熱需要家へ供給するネットワークである。熱需要家は、この熱媒を利用し冷房、暖房、給湯などを行う。

(ii) 未利用エネルギー活用熱供給システムの例 (図 7.5.2-1)

ここでは地域熱供給システムに河川水の熱を利用した例を示す。地域熱供給プラント内の熱製造機器の高効率運転を期待して河川水源を利用するシステムである。同時に冷却塔補給水源の削減も副次的に期待できる効果といえる。以下に熱供給フローを示す。

①温水供給（暖房）の場合

柏尾川に構築した取放水施設でポンプにより取水された河川水は、道路に埋設した河川水管を通してプラントへ導水され、熱交換器において河川水温より低温の熱源水に熱を奪われ、再び河川水管を通して河川へ放水される。熱交換器では、河川水の保有する熱だけを奪うので、取水量と放水量は同じであるが、放水時は取水時より若干低い温度となる。

熱交換器より得た河川水の熱を熱源水を利用してヒートポンプにて温水を製造し、蓄熱槽に温熱を蓄熱する。この温熱は地域導管を通して熱需要家に送られ、熱需要家にて暖房用に利用される。暖房により熱を奪われ、温度低下した温水は再び地域導管を通して蓄熱槽に戻ってくる。

②冷水供給（冷房）の場合

冷水製造（冷房）の場合は温水製造（暖房）とは逆で、熱源水が河川水に熱を奪われることを利用してヒートポンプにて冷水を製造し、蓄熱槽に冷熱を蓄熱する。

この冷熱は地域導管を通して熱需要家に送られ、熱需要家にて冷房用に利用される。冷房により熱を与えられ温度上昇した冷水は再び地域導管を通して蓄熱槽に戻ってくる。

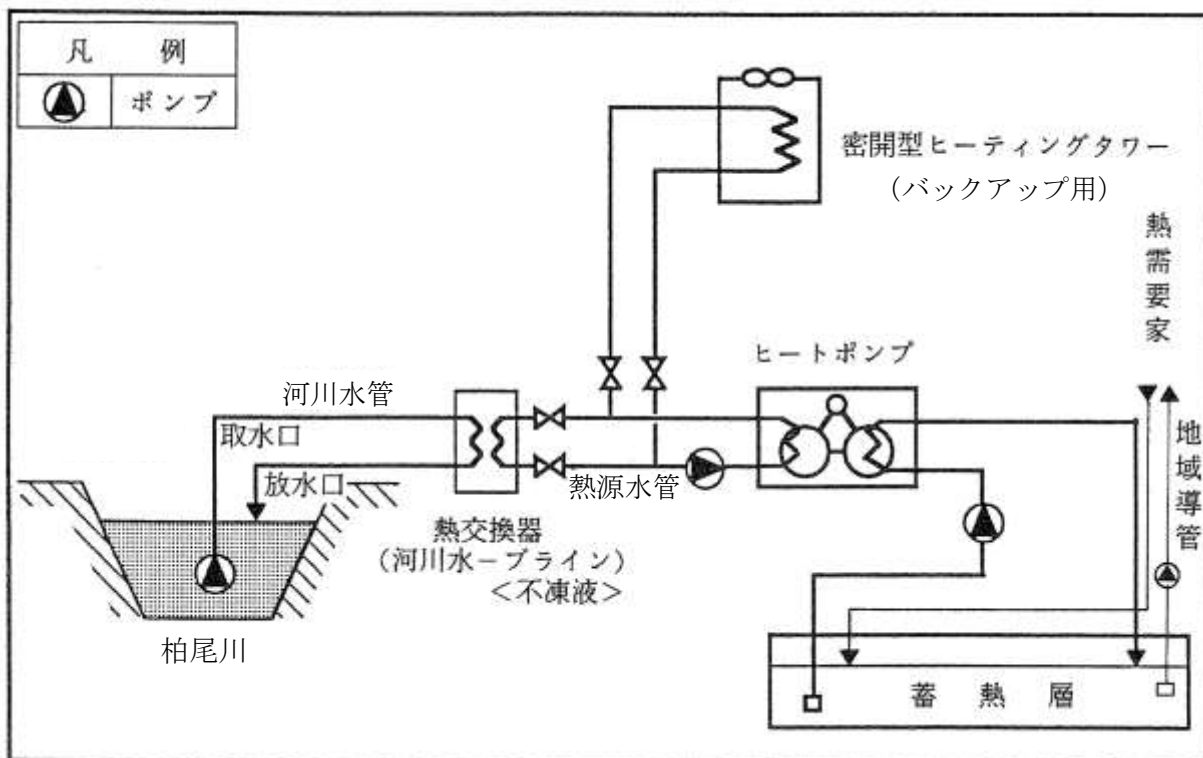


図 7.5.2-1 未利用エネルギー活用熱供給システム概要図

### (3) 対象エリアと施設設定

対象エリア：面整備ゾーン

柏尾川の利用

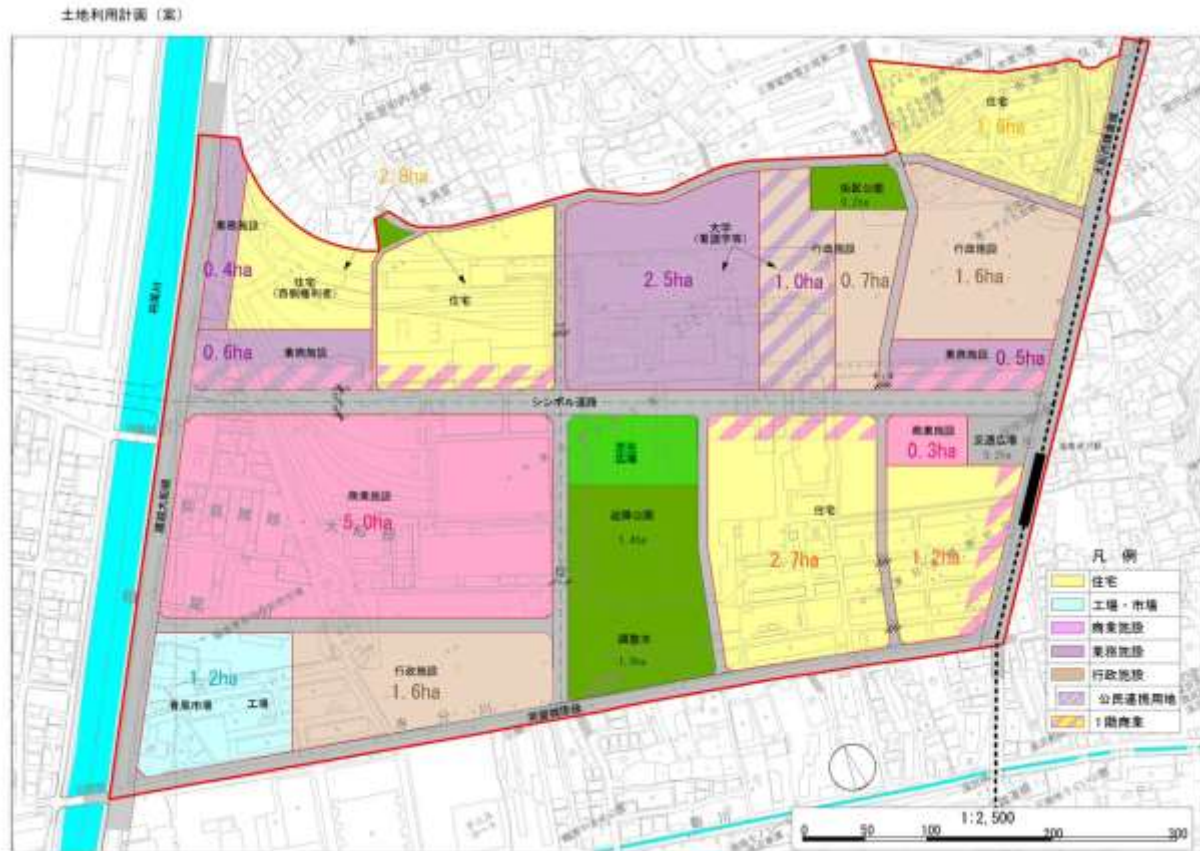


図 7.5.2-2 対象地区の土地利用計画（案）

地域全体の容積率を 200%と設定して各施設用途毎の延べ面積を算出する。

表 7.5.2-1 施設の種類毎の延べ面積

施設の種類	延床面積
	m <sup>2</sup>
商業施設	106,000
業務施設	30,000
行政施設	98,000
大学施設	50,000
工場・市場	24,000
住宅施設	166,000
合計	474,000

#### (4) ピーク空調負荷の設定

地域熱供給の規模を想定するために、面整備ゾーンのピーク空調負荷を試算する。面整備ゾーンの土地利用計画（案）を基に施設用途ごとの面積からエリア内の施設用途ごとの延床面積を想定し、単位ピーク空調負荷を乗じて施設用途別ピーク負荷を算出し全体を加算してエリア内ピーク空調負荷とする。

$$(\text{ピーク空調負荷}) = (\text{単位面積ピーク空調負荷}) \times (\text{床面積})$$

表 7.5.2-2 単位面積当たりピーク空調負荷

施設の種類	冷房負荷		暖房負荷	
	kcal / m <sup>2</sup> h	W / m <sup>2</sup>	kcal / m <sup>2</sup> h	W / m <sup>2</sup>
商業施設	77	89.5	37	43.0
業務施設	60	69.8	50	58.1
行政施設	40	46.5	50	58.1
大学施設	21	24.4	78	90.7
工場・市場	40	46.5	40	46.5
住宅施設	20	23.3	40	46.5

※ 出展：未利用エネルギー活用ガイドブック 平成

表 7.5.2-3 ピーク空調負荷

施設の種類	床面積	冷房負荷	暖房負荷
	m <sup>2</sup>	kW	kW
商業施設	106,000	9,491	4,560
業務施設	30,000	2,093	1,744
行政施設	98,000	4,558	5,698
大学施設	50,000	1,221	4,535
工場・市場	24,000	1,116	1,116
住宅施設	166,000	3,860	7,721
合計	474,000	22,340	25,374

#### (5) 河川水熱利用の可能性の検討

河川水の熱利用可能性を試算するために、計画エリアの近傍である川名橋（下流 1 km）における水温、気温、水量データを分析する。

##### (i) 河川水温度と気温について

川名橋（下流 1 km）における各月の水温データより、各月の代表測定日の夜間の平均水温と昼間の平均気温を図 7.5.2-3 に示す。図より 6 月～10 月の主冷房時期において水温は気温を下回り、12 月～3 月の主暖房時期は逆に水温が気温より高い結果となっている。個別空調は主に昼間の外気温による影響を受けることが予想され、河川水利用による地域熱供給は夜間の水温の

影響を受けることが予想される。そのため河川水利用による地域熱供給システムは省エネルギー効果が期待されると考えられる。

なお、通常の河川では、夏季は昼間の水温が気温より低く、冬季は昼間の水温が気温より高いのが一般的であるが、川名橋におけるデータは、これと逆であり、一般常識とは異なるものであった。この理由として、今回入手したデータに何らかの特殊性がある、あるいは、測定点上流の山崎浄化センターの放流水の影響を受けているなどが考えられる。従い、この河川水データをもとにして省エネ効果を定量的に評価することは不適當であると判断した。

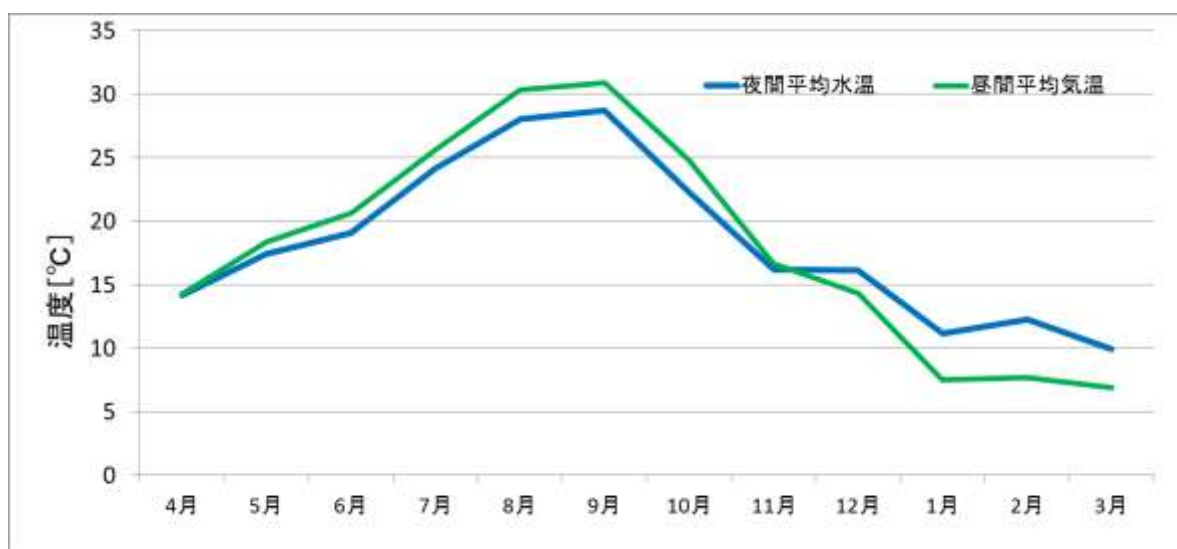


図 7.5.2-3 川名橋付近各月代表温度 (夜間水温・昼間外気温)

(ii) 河川水量について

川名橋 (下流 1 km) における各月の水量データを図 7.5.2-4 に示す。

水量は月別、時間帯別に比較しても大きく変動している。ここでは河川水熱利用の可能性について検討を行うにあたり、ピーク空調負荷を賄う最小流量が確保できるかどうか検討する。

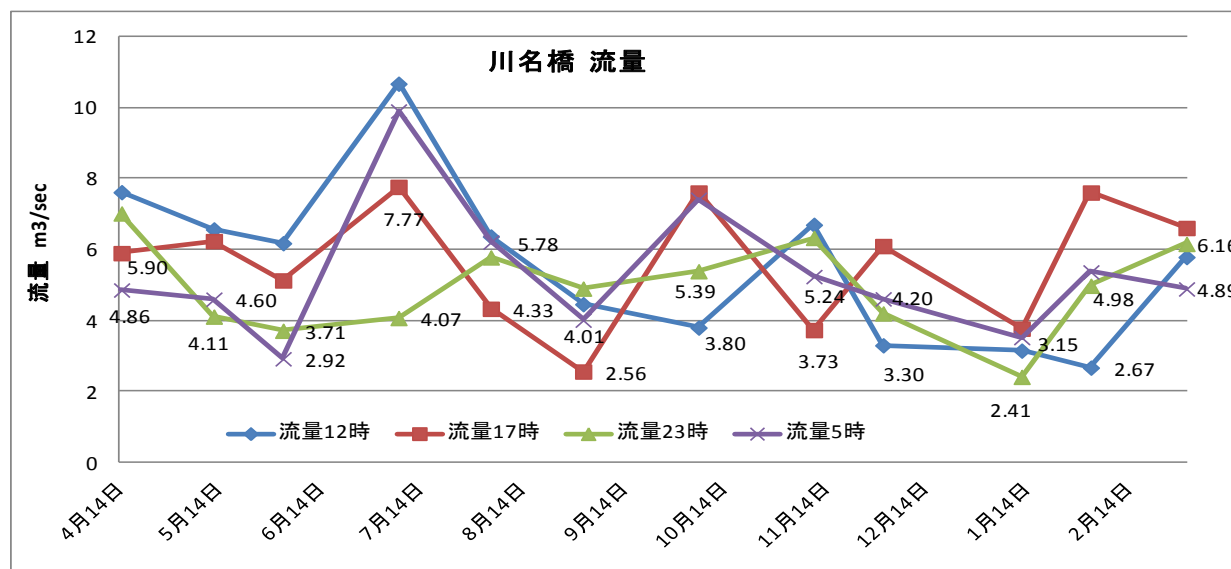


図 7.5.2-4 川名橋付近各月代表水量



河川水を利用した熱供給の可能性を、川名橋で計測された月毎の最小流量をもとに検討した結果を以下に示す。

表 7.5.2-4 川名橋における計測値

川名橋	最小流量
月	m3/sec
1	2.41
2	2.67
3	4.89
4	4.86
5	4.11
6	2.92
7	4.07
8	4.33
9	2.56
10	3.80
11	3.73
12	3.30

・河川水最小流量

冷房時：2.56 m3/sec (9月)

暖房時：2.41 m3/sec (1月)

・地域熱供給に必要な河川水量

河川水利用温度差を3℃とした場合に、  
ピーク空調負荷を賄うために必要な水量

冷房時：2.4 m3/sec (9月)

暖房時：1.6 m3/sec (1月)

よって河川水の取水量に制限がないと仮定した場合、対象施設の冷暖房は100%水熱源で賄うことが可能と判断される。

ただし、水温変化が3℃以上に及ぶ流域については、水生生物等への影響を検討する必要がある。

## (6) 省エネ効果とCO<sub>2</sub>削減効果の評価

省エネルギー効果を試算するために、エリア内施設用途毎の延面積に年間負荷原単位を乗じて地域全体の年間負荷を想定する。そして河川水熱利用熱供給システムと一般的な熱供給システムのシステムCOPの比率より年間エネルギー量及びCO<sub>2</sub>排出量の削減量を試算する。また河川水熱利用に伴う冷却塔補給水量の削減効果が期待できるため、水道水削減量もあわせて試算する。

(i) エリア内年間負荷の試算

$$(\text{年間負荷}) = (\text{単位面積年間負荷}) \times (\text{床面積})$$

表 7.5.2-5 年間負荷原単位

施設の種類の	冷房負荷		暖房負荷		給湯負荷
	Mcal/年㎡	MJ/年㎡	Mcal/年㎡	MJ/年㎡	
商業施設	120	502.3	32	134.0	暖房に含まれる
業務施設	60	251.2	35	146.5	
行政施設	40	167.4	40	167.4	
大学施設	15	62.8	51	213.5	
工場・市場	40	167.4	40	167.4	
住宅施設	2.5	10.5	77.5	324.4	

出典：未利用エネルギー活用ガイドブック、平成10年、NEDO

表 7.5.2-6 年間負荷（施設用途）

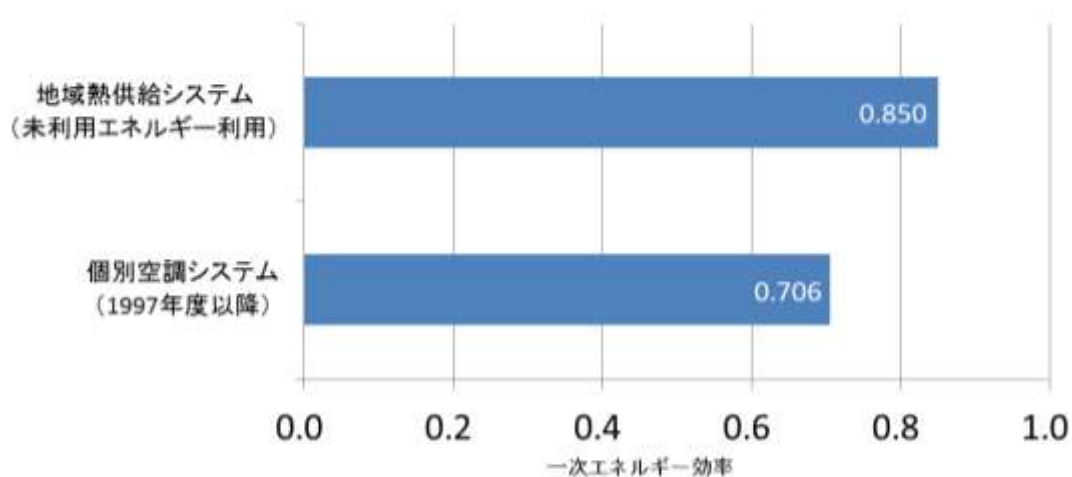
施設の種類	床面積	冷房負荷	暖房負荷
	m <sup>2</sup>	GJ/年	GJ/年
商業施設	106,000	53,246	14,199
業務施設	30,000	7,535	4,395
行政施設	98,000	16,409	16,409
大学施設	50,000	3,140	10,674
工場・市場	24,000	4,019	4,019
住宅施設	166,000	1,737	53,853

表 7.5.2-7 年間負荷（地域全体）

冷房	86,085	GJ/年
暖房	103,549	GJ/年

(ii) システム性能の設定

前述のように、今回入手した河川水温度データからは、省エネ効果を定量的に算出することは、残念ながら不適當である。そこで、これまでの河川水や海水などの未利用エネルギー利用熱供給事業においては、従来一般的なシステムと比較して1.1～1.3倍程度に運転性能が向上していることから、ここでは河川水熱利用熱供給システムと一般的な個別空調システムの総合エネルギー効率を0.850：0.706と想定して一次エネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量を算出することとする。



出展：経済産業省資源エネルギー庁『未利用エネルギー面的活用熱供給の実態と次世代に向けた方向性』

図 7.5.2-5 総合エネルギー効率（実質平均）の比較

表 7.5.2-8 総合エネルギー効

河川水熱利用熱供給システム	0.85
一般的な個別空調システム	0.706

表 7.5.2-9 一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量比較

	一次エネルギー消費量 (GJ/年)	CO <sub>2</sub> 排出量 (CO <sub>2</sub> -t/年)	一次エネルギー削減量 (GJ/年)	CO <sub>2</sub> 排出削減量 (CO <sub>2</sub> -t/年)
河川水熱利用熱供給システム	223,099	13,163	▲ 45,505	▲ 2,685
一般的な個別空調システム	268,604	15,848	±0	±0

※ 総合エネルギー効率：熱源及び熱源補機（冷水ポンプ、温水ポンプ、冷却水ポンプ、冷却塔）の一次エネルギー消費と供給熱量の比

※ CO<sub>2</sub> 排出量原単位：0.059 CO<sub>2</sub>-kg/MJ と想定

(iii) 冷却塔補給水削減効果の試算

年間空調負荷より冷却水循環量を想定し、一般個別空調の場合における冷却塔を使用した場合の蒸発・飛散により必要となる補給水量を試算すると表 7.5.2-10 のようになる。この補給水量は河川水熱エネルギーを活用した場合、削減水量になると考えられる。

表 7.5.2-10 冷却塔補給水量の試算

年間冷房負荷	86,085 GJ/年
年間冷却水循環量	4,935,600 m <sup>3</sup> /年
年間補給水量	74,034 m <sup>3</sup> /年
年間削減水量	▲ 74,034 m <sup>3</sup> /年

(7) 結論と今後の検討

川名橋で計測された毎月代表日の昼間の気温と夜間の水温データを比較することにより、面整備ゾーンにおいて河川水利用熱供給システムは個別空調システムに比べて高効率に運転することが可能と考える。また省エネルギー効果及び CO<sub>2</sub> 排出削減量については総合エネルギー効率の既存データを利用して試算した。

今後の詳細検討にあたっては取水地点において年間をとおして連続した気温・水温データを収集し、そのデータを基に個別空調システム、一般熱供給システム、未利用エネルギー活用地域熱供給システム、3 ケースについて省エネルギーに係る比較検討が必要と考えられる。

実現可能性の検討のためには、以下の実施が必要であると考えられる。

① 現況調査

- ・ 取水点における年間水温/外気温データの連続収集
- ・ 取水点における生物調査

② システム可能性調査

- ・ 検討システムの設定
- ・ 要素技術の検討
  - コージェネシステム
  - 熱源水ネットワークシステム

### ③実現性調査検討

- ・ 関連法規， 手続調査
- ・ 取水方法， 放水方法の検討
- ・ 経済性の検討
- ・ 既存の未利用エネルギー活用熱供給システムプラントの運営状況調査

## 7.5.3 地中熱・地下水熱の利用可能性の調査

### (1) 検討の内容

7.5.1 項で述べたように、深沢地域には比較的豊富な地下水流があると推定されることから、この地域の冷暖房の熱源として地中熱・地下水熱を用いれば（図 7.5.3-1）、冷暖房効率の向上が期待される。

ただし、地中熱・地下水熱は、適正な範囲で利用であれば、再生可能と言えるが、その範囲を超えて利用した場合には、例えば冷房であれば、地中温度・地下水温度が徐々に上昇してしまうことになる。特に、深沢地域のような広い領域において大規模に地中熱・地下水熱を利用しようとする場合には、そのような現象について十分な検討を行った上で空調設備の計画を行うべきであるが、現時点では、このような大規模な地域における地中熱利用・地下水熱利用の実績はなく、計画の立案に際し、十分な知見が得られているとは言えない。

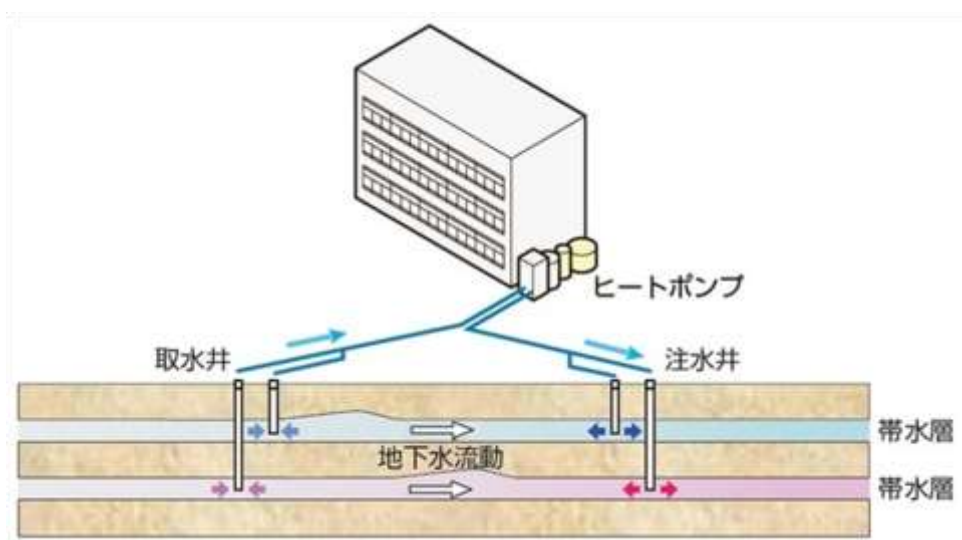


図 7.5.3-1 地中熱・地下水熱利用ヒートポンプ

そこで、本項では、まず、この地域の地形から地下水の流れの方向を予測した上で、地中熱・地下水熱を利用する場合の地中の温度変化などを予測計算する手法について整理を行う。最終的には、深沢地域を中心とした地盤や地下水流などの3次元解析が必要になるが、今回は、その第1段階として定性的な2次元解析を行うことにより、解析の可能性を判断するとともに、地下水熱・地中熱を過度に利用する場合には地中の温度が上昇してしまう可能性があることを例示する。

### (2) 現況調査

面整備ゾーン（以後「スマートシティ候補地」と呼ぶ）を図 7.5.3-2 に示す。





図 7.5.3-2 スマートシティ候補地（国土地理院電子国土 1:9000 地形図に加筆）

候補地は湘南モノレール湘南深沢駅の西，東西 600m 南北 500m ほどのエリアである。候補地の西は北東方向から南西方向に流れる柏尾川が存在し，候補地は柏尾川沿いに広がる沖積低地（標高 8m 程度）に位置し，候補地エリアはほぼ平坦である。

広域の地形図を図 7.5.3-3 に示す。スマートシティ候補地は柏尾川流域に属し，大局的には北方から南方への河川流動に伴った地下水流動が存在すると考えられるが，スマートシティ候補地は柏尾川の流動方向の屈曲点（南方への流れから西方への流れに変わる）付近に位置し，候補地東方に位置する洪積台地（標高 80m 程度）の影響を強く受け，地表面から深度数 10m 程度の地下水流動は東方から西方への流れが卓越しているのではないかと考えられる。





図 7.5.3-3 柏尾川沿いの広域地形図（国土地理院 50m メッシュ標高に加筆）

スマートシティ候補地付近の地形図および地下水流動方向（予測）を図 7.5.3-4 に示す。

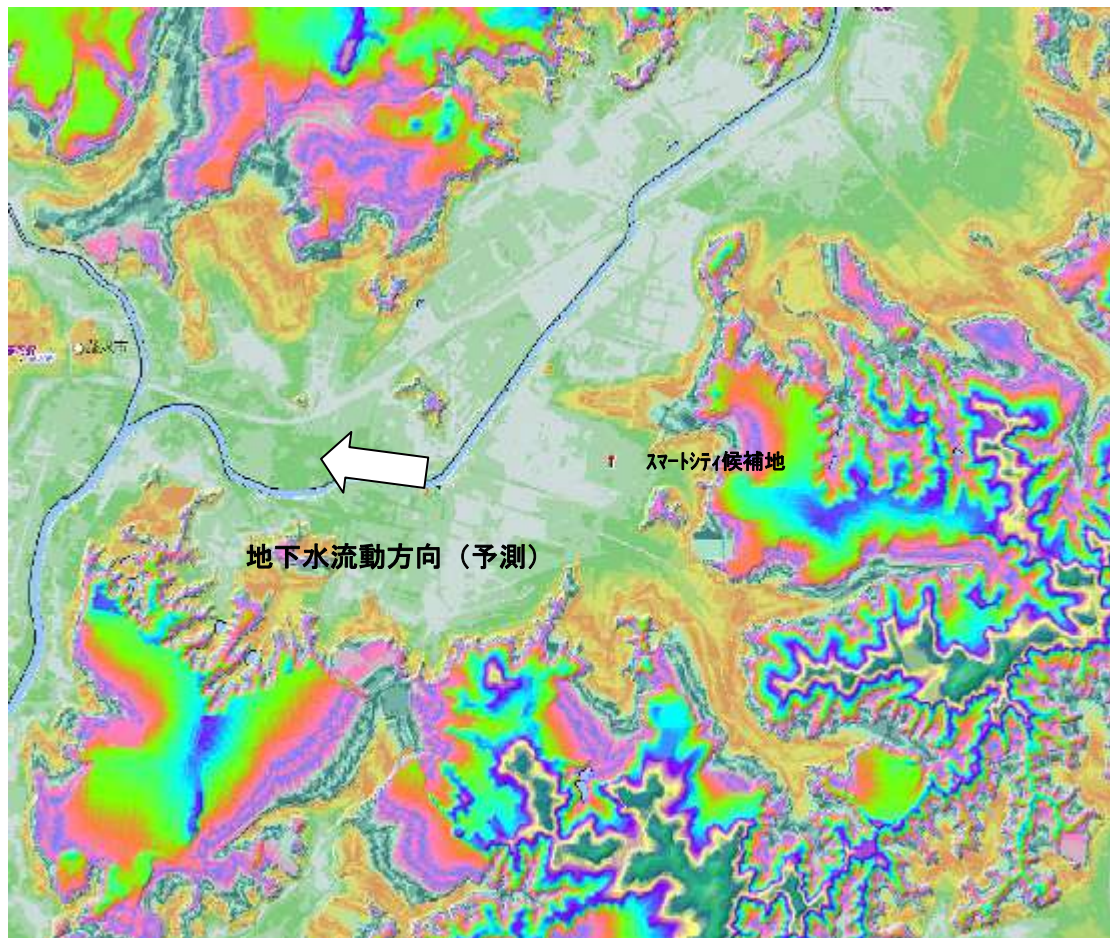


図 7.5.3-4 スマートシティ候補地付近の地形図（国土地理院 5m メッシュ地形図に加筆）



候補地東方の地形図を図 7.5.3-5 に示す。また、候補地付近より東方を俯瞰した図を図 7.5.3-6 に示す。候補地東方は寺分、梶原の住宅地が広がり、さらにその東方には鎌倉中央公園があり、南東には北条氏常盤亭跡や野村総研跡を中心とした山林となっている。これらの地域が候補地付近の地下水流動の涵養域となっていると考えられる。

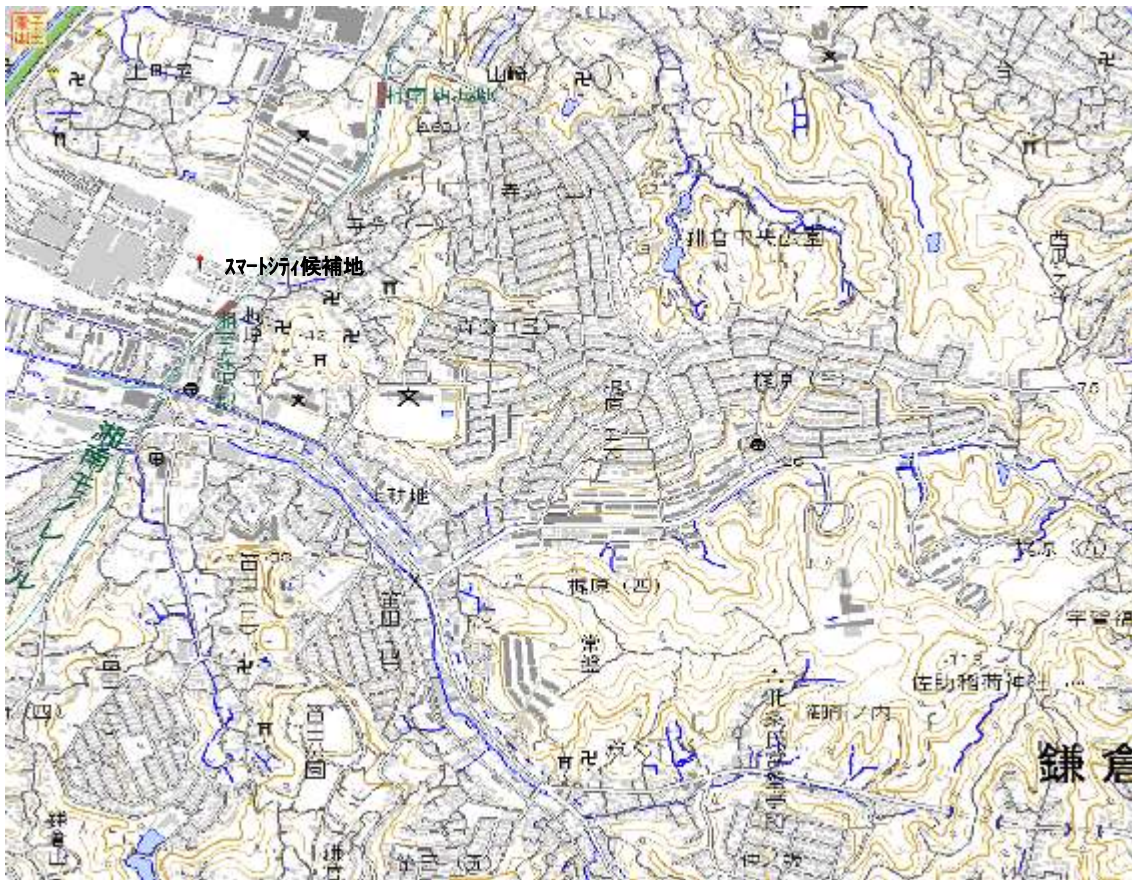


図 7.5.3-5 スマートシティ候補地東方の地形図（国土地理院電子国土 1:9000 地形図に加筆）

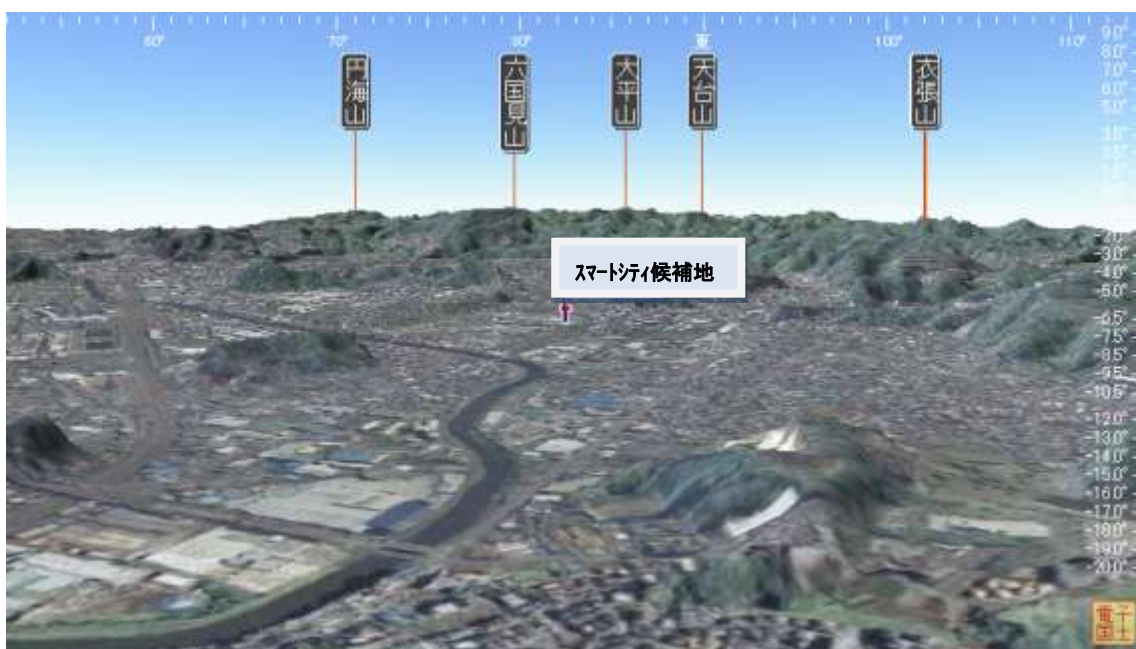


図 7.5.3-6 スマートシティ候補地付近の俯瞰図

候補地付近に存在する井戸（非公開）における柱状図を図 7.5.3-7 に示す。

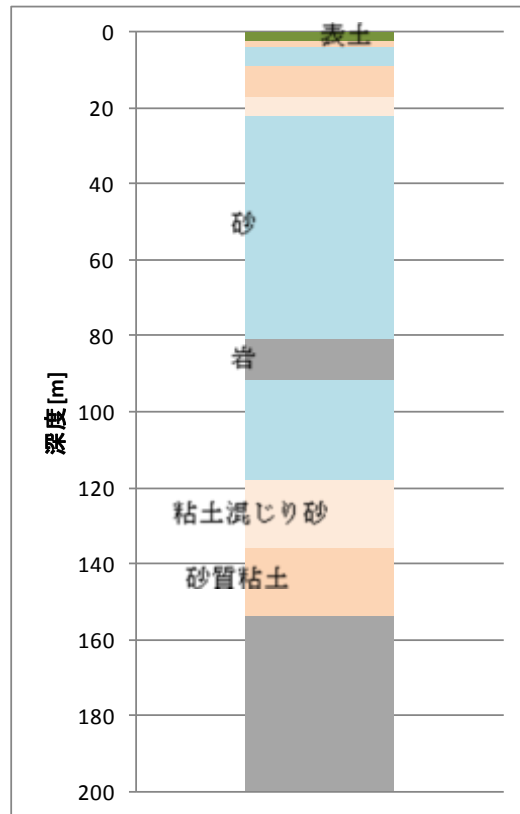


図 7.5.3-7 候補地付近の地質柱状図

柱状図によれば、地表面から深度 80m および深度 90～120m 程度に砂層があり、良質の帯水層として期待できる。

## (2) 2次元簡易解析による採熱可能量の推定

地中熱利用による採熱可能量の推定を行う予備検討として、スマートシティ候補地における地下水流動の卓越方向を取り出した 2次元断面モデルを用いた地下水流動・熱流動シミュレーションを実施した。設定した断面測線を図 7.5.3-8 に示す。また、測線の地形断面図を図 7.5.3-9 に示す。

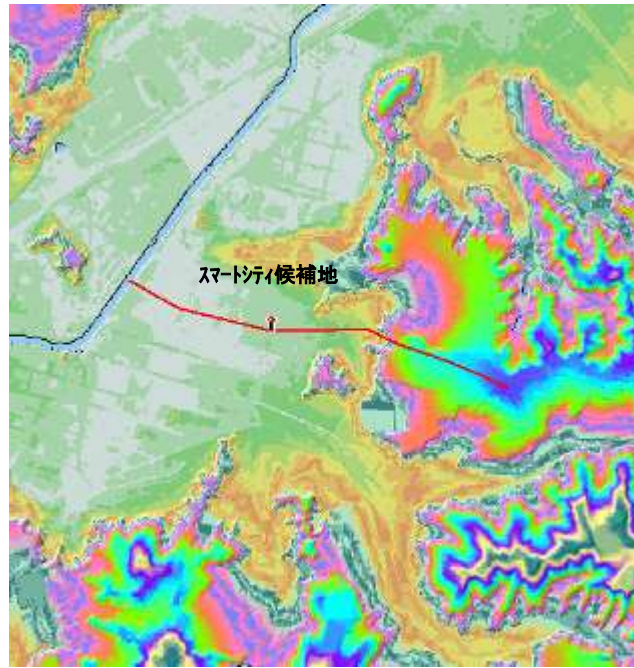


図 7.5.3-8 2次元断面測線

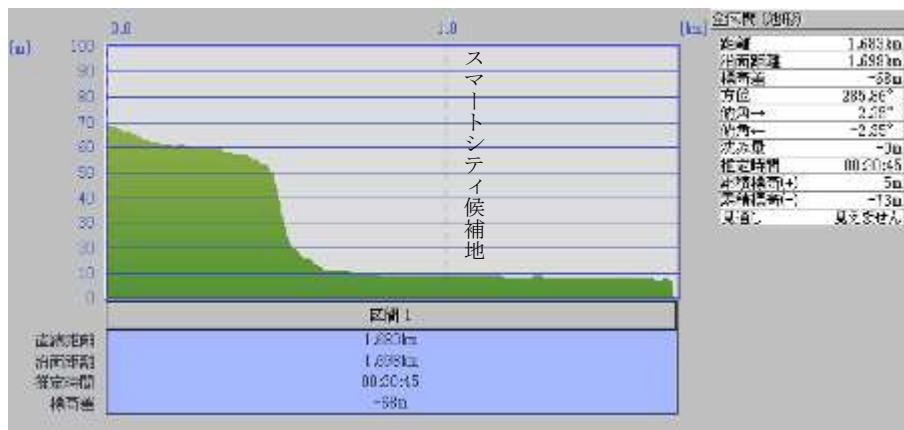


図 7.5.3-9 地形断面

この地形断面を基に簡易なモデルを構築した。構築したモデル（離散格子図）を図 7.5.3-10 に示す。

深度方向は標高-200m までをモデル化範囲とし、地質・水理特性などの物性値はモデル内で均一とした。また、後述する地中熱利用時の影響を評価する際の地中熱交換領域を、仮にスマートシティ候補地の東側に設定し、熱交換を行う範囲とそこから地下水流動方向的に下流側をやや細かく格子分割している。また、今回用いた解析コードは地上の格子分割も行う必要があり、図 7.5.3-10 に示す格子図の上部 2 層を地上の格子として領域分割している。水理特性などの物性値は基本ケースとして一般的な値を設定するが、採熱可能量に地下水流速、地下水流量が大きな影響を及ぼすことを考慮し、それらの影響の度合いを定性的に評価するために地盤の透水係数および間隙率を変化させたケースを設定した。



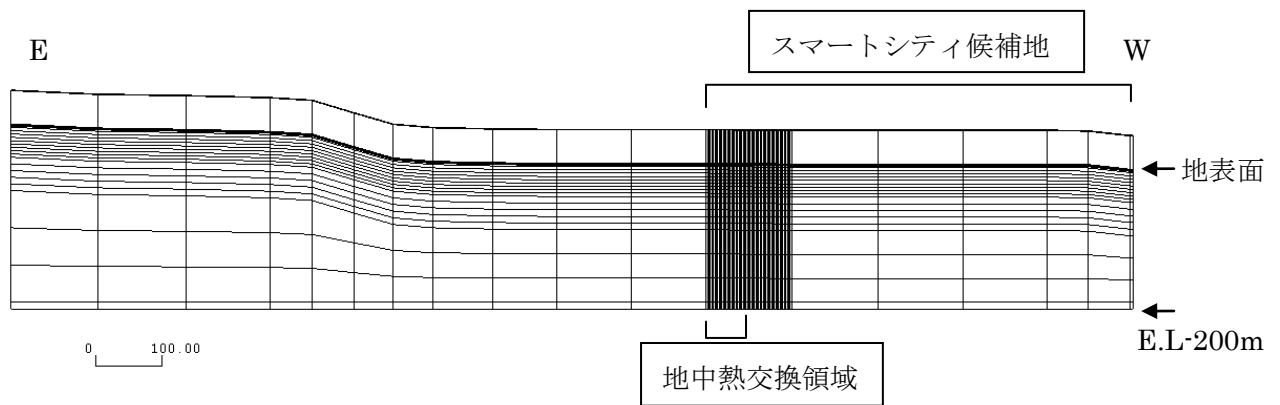


図 7.5.3-10 解析に用いた離散格子 (2次元)

各ケースに設定した物性値を表 7.5.3-1 に示す。

表 7.5.3-1 物性値

ケース	透水 係数 [m/s]	間隙率	地下固相 熱伝導率 [W/mK]	地下固相 比熱 [J/kg]	水の 熱伝導率 [W/mK]	水の 比熱 [J/kg]
基本 ケース	$1 \times 10^{-5}$	0.4	0.3	1200	0.582	4200
流量増大 ケース	$2 \times 10^{-5}$	0.45				

解析コードは竹中工務店・竹中土木・東京大学で共同開発した地表から地下深部までの熱と水の循環を統合的に解くシミュレータを用いた。

解析条件は、上流側（東側）境界を地表面＝地下水面の静水圧で固定条件とし、下流側（西側）境界を閉境界とした。ただし、下流側境界の最上部の地表格子は大気圧固定で水飽和度ゼロとした。底面は閉境界かつ温度固定境界とし摂氏 17 度一定とした。

以上の条件のもとで、初期地下温度一定（摂氏 15 度）とし、アメダス海老名の 1 年分の気象観測データ（2007 年 1 月～12 月、月毎の平均値）を繰り返しモデルに与えて水飽和度分布、地下温度分布が落ち着いた状態になった時点を初期状態とする。

図 7.5.3-11～13 にモデルに与えたアメダス海老名の 2007 年の月毎の気象条件（気温、降雨量、日照時間）を示す。

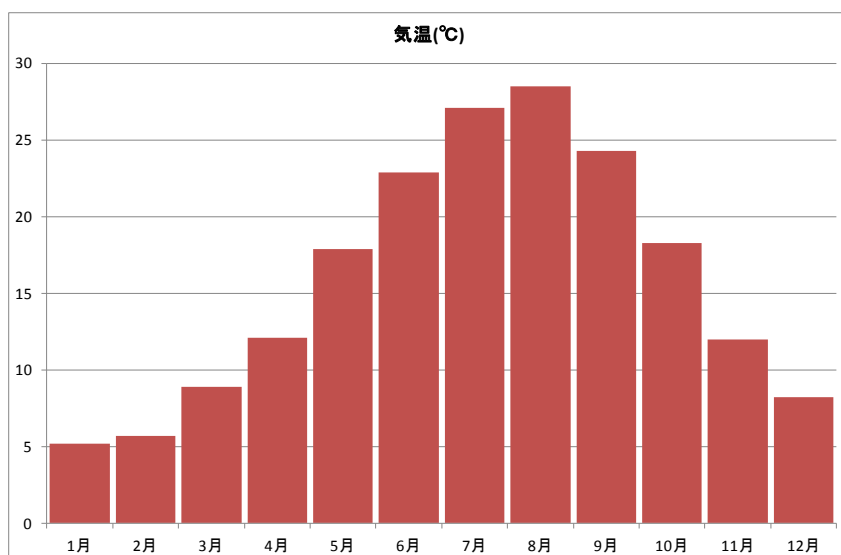


図 7.5.3-11 気温 (アメダス海老名, 月毎平均値)

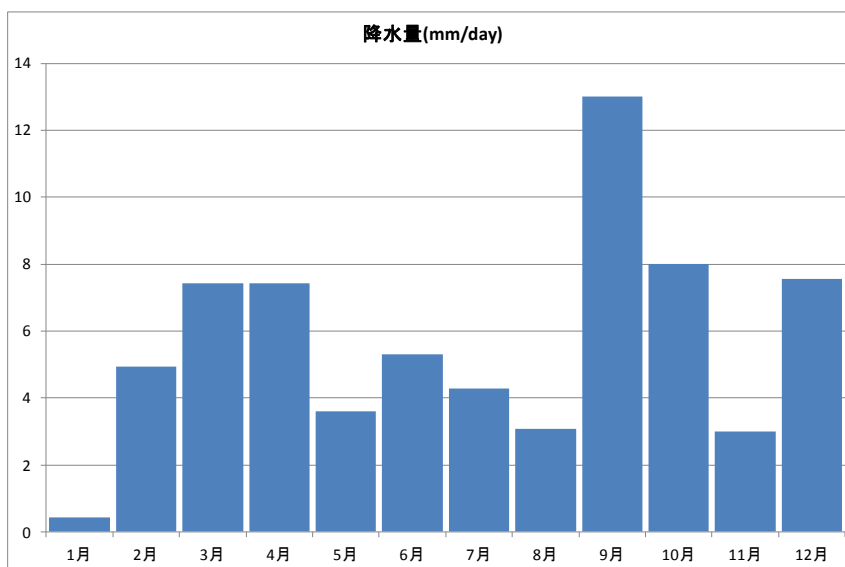


図 7.5.3-12 降水量 (アメダス海老名, 月毎平均値)

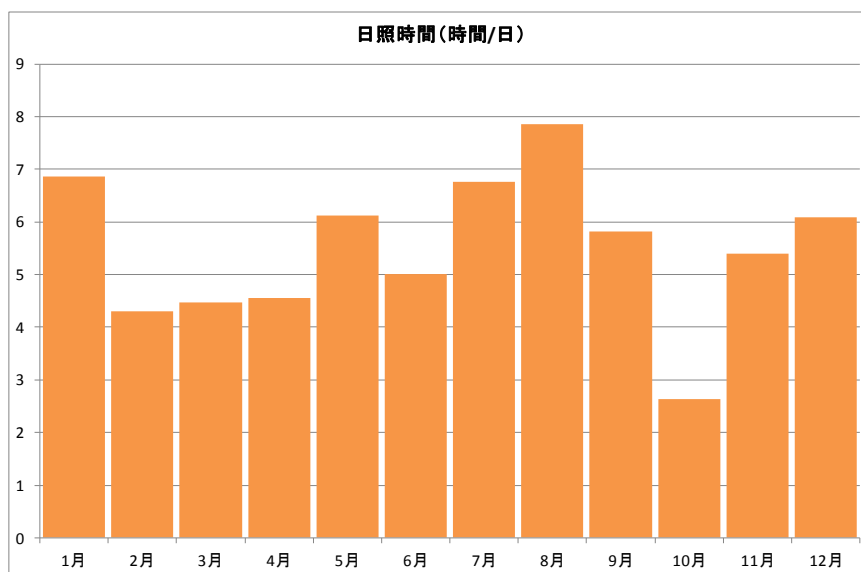


図 7.5.3-13 日照時間 (アメダス海老名, 月毎平均値)

気象条件を繰り返し複数年（65年程度）モデルに与えてある程度落ち着いた状態（初期状態）を図 7.5.3-14, 15 に示す。

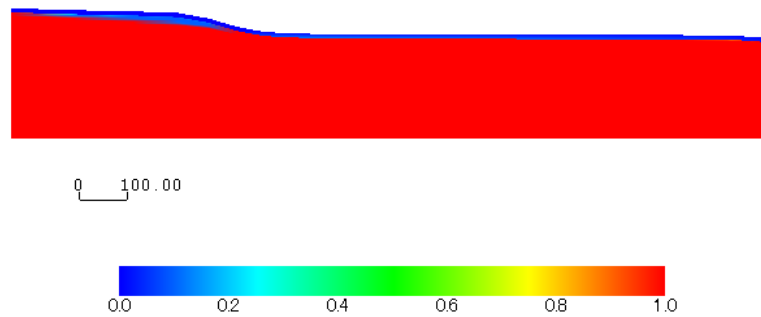


図 7.5.3-14 初期状態（水飽和度分布）

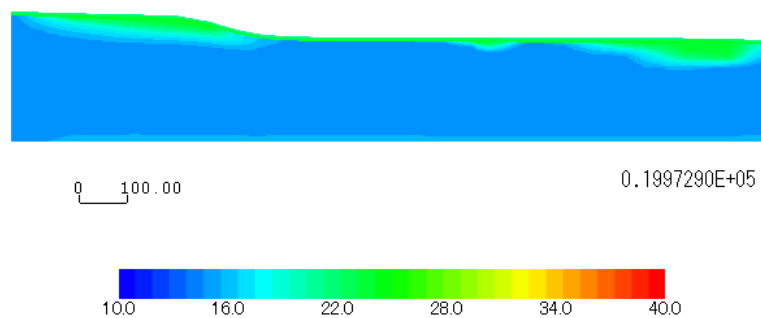


図 7.5.3-15 初期状態（温度分布）

以上の条件、初期状態をもとに、地中熱利用についての評価を検討するためのシミュレーションを実施した。シミュレーションは、モデルに実際の地中熱利用（熱交換）を想定した条件を与え、地下の温度変化を出力し比較することで地中熱利用についての評価を行った。地中熱利用の諸条件は以下のように設定した。

- ・夏季および冬季に地中熱交換を利用した空調を稼動するものとする。
- ・夏季は 7/1～9/30，冬季は 12/1～3/31 とする。
- ・夏季においては、地中熱交換を想定する格子に、熱交換チューブを通して平均温度摂氏 45 度の熱水から地中へ熱が放熱されるとする。



- ・冬季においては、同様に平均温度 5 度の冷水から地中へ熱が放熱（地中から採熱）されるとする。
- ・熱交換を行う領域はスマートシティ候補地の東側 50m の範囲とする。
- ・熱交換井は地表面から深度 80m までとする。
- ・熱交換は毎年実施するものとし、休止期間等は考えない。

以上の条件を表 7.5.3-1 に挙げた 2 つのケースにおいて約 15 年のシミュレーションを実施した。また、比較のために 2 つのケースで地中熱利用を行わない場合についてもシミュレーションを実施した。

図 7.5.3-16～19 に熱交換を行った場合の基本ケースと地下水流量増加ケースの、1 年後と 15 年後の温度分布の計算結果を示す。

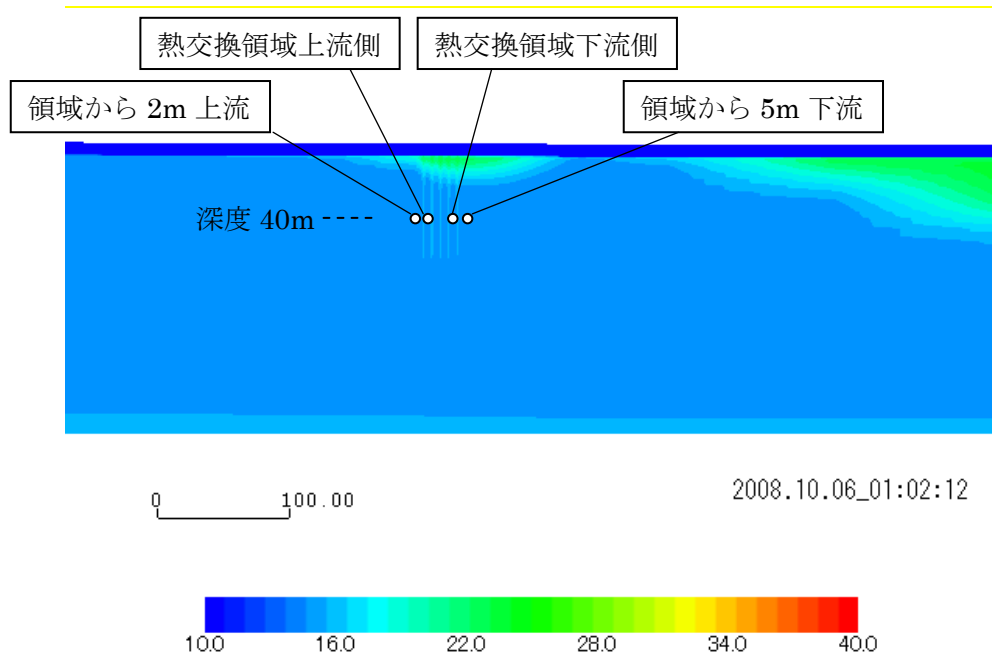


図 7.5.3-16 温度分布計算結果（基本ケース，熱交換あり，1 年後）

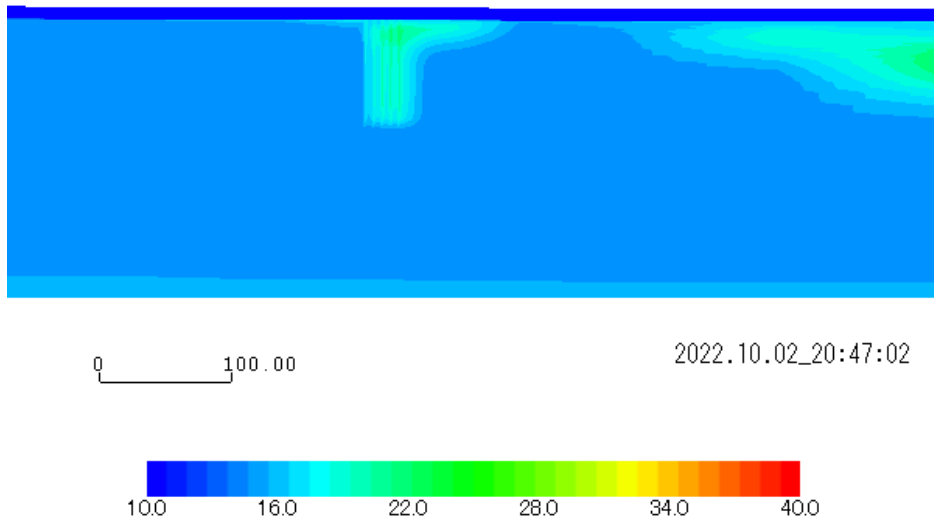


図 7.5.3-17 温度分布計算結果（基本ケース，熱交換あり，15年後）

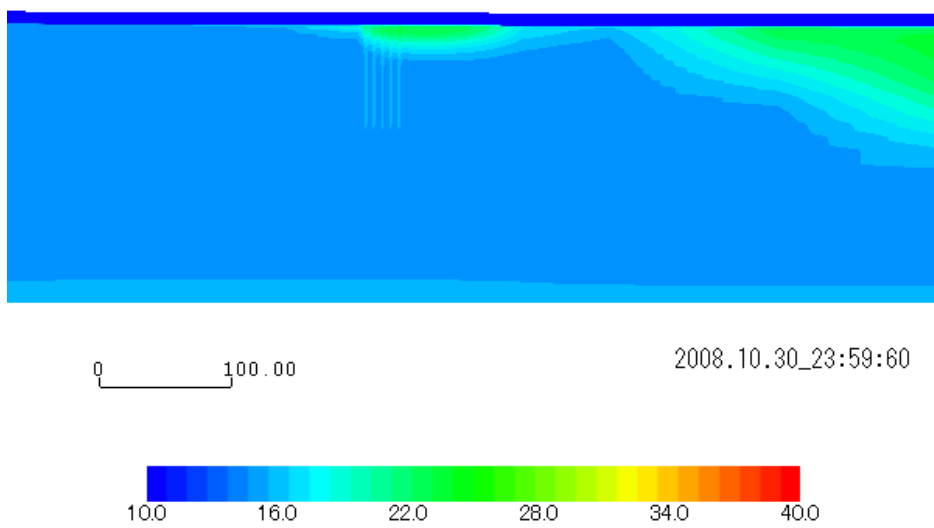


図 7.5.3-18 温度分布計算結果（地下水流量増加ケース，熱交換あり，1年後）

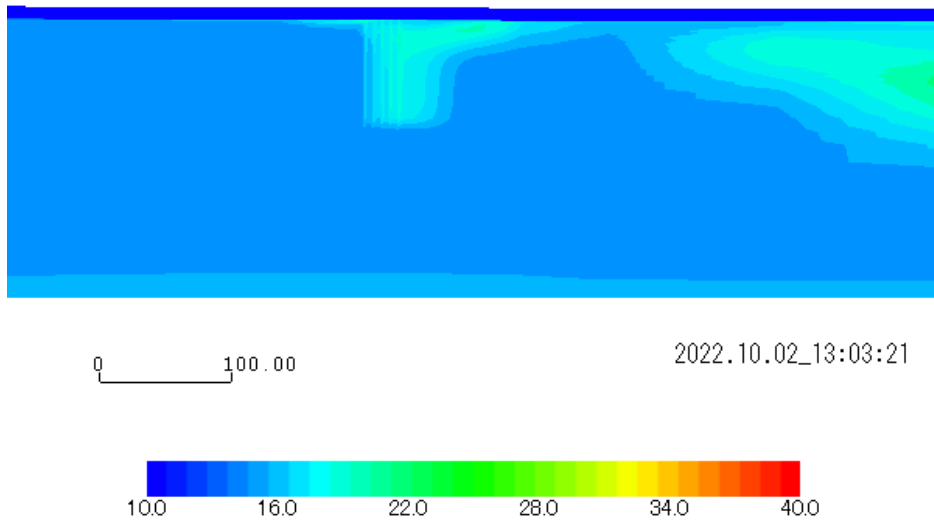


図 7.5.3-19 温度分布計算結果（地下水流量増加ケース，熱交換あり，15年後）

また，地中熱交換領域の東側（上流側），西側（下流側），熱交換領域から 2m 東側（上流側），5m 西側（下流側）の，深度 40m 地点（図 7.5.3-15 参照）における地下温度の変化を図 7.5.3-20，21 に示す。

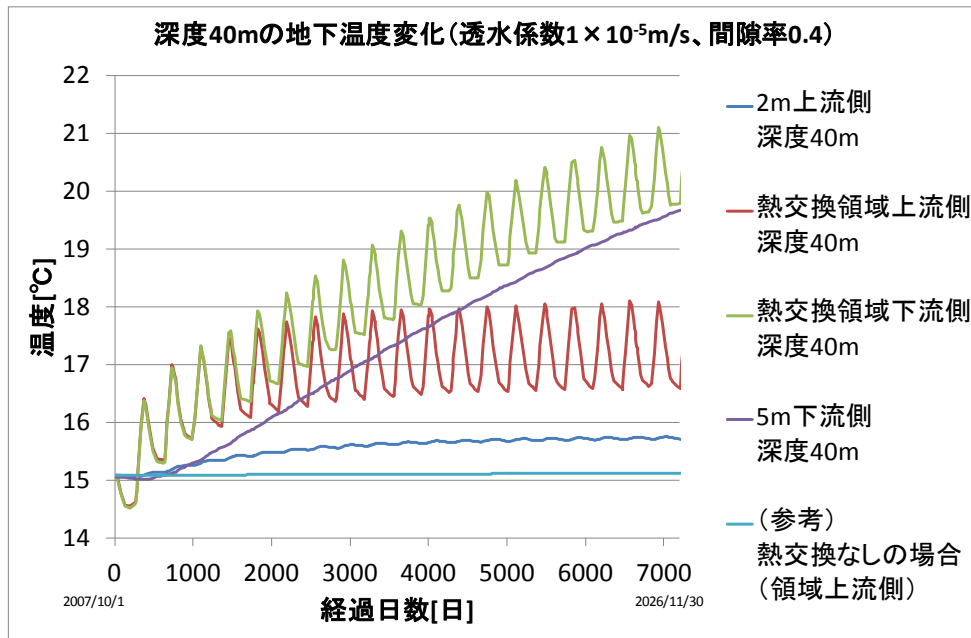


図 7.5.3-20 地下温度の変化（基本ケース）

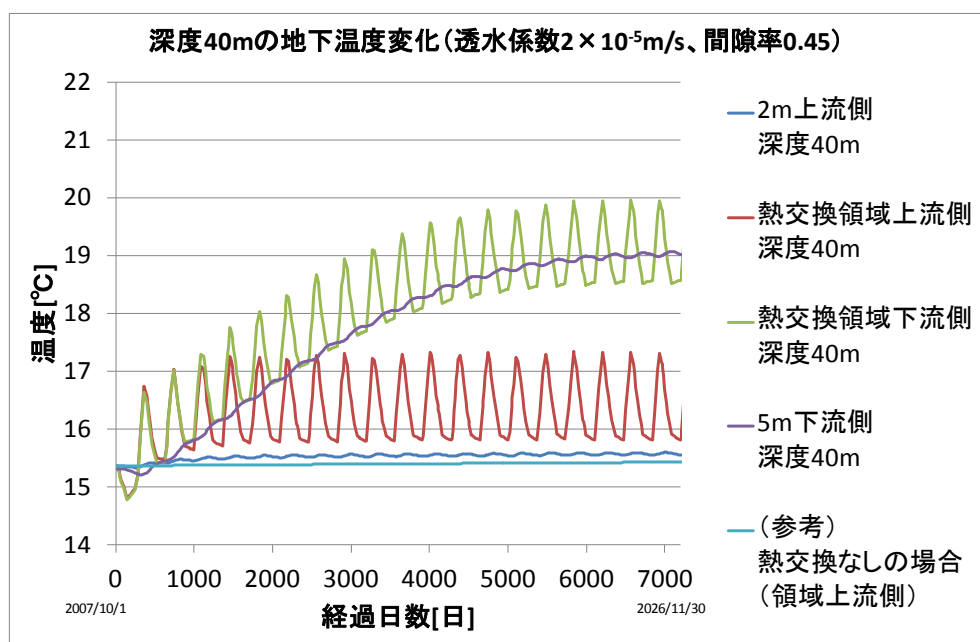


図 7.5.3-21 地下温度の変化（地下水流量増加ケース）

地中熱交換により、夏季は地中温度上昇、冬季は地中温度下降を繰り返すが、経年稼働させる  
と徐々に蓄熱され地中温度は高まる傾向となる。基本ケースでは15年の稼働で蓄熱の進行が止  
まっていないが、地下水流量増加ケースでは熱交換領域の上流側で概ね4℃上昇で落ち着いてい  
る。これは、スマートシティ候補地の上流側（東側）からの15℃程度地下水供給による温度回復  
効果によるものである。

今回設定したケースでは、2ケースとも地中への蓄熱が進み、地中熱利用施設を経年稼働する  
と当初の地下温度より温度が上昇することから、特に夏季における地中熱交換効率の低下が予測  
される。

### (3) 今後の提案（3次元詳細解析の必要性）

地下の詳細な特性分布が不明であるため、地中熱利用効率の定量的な評価などは時期尚早であ  
る。定量的な評価を行うために、以下の項目について、ボーリング調査やサーマルレスポンステ  
スト等による詳細な調査が必要である。

- ・地下の透水係数，間隙率分布
- ・地下の熱伝導，比熱

これらの物性が得られれば、シミュレーションによる検討などにより、地中熱利用のより具体  
的かつ効率的な運用方法、施設設計に反映させることができると考えられる。また、定量的な評  
価を行う上では、実際の地下水流動は一方向ではないこと、同様に熱伝導は3次元的な広がり  
で起きることを考慮すれば、3次元モデルによる検討が必須であると言える。

## 7.5.4 気化熱利用（ミスト噴霧システム）の提案

### (1) ミスト噴霧システムの概要

ミスト噴霧システムとは、粒径 $16 \mu\text{m}^1$ の非常に小さなミストを発生させ、その気化熱を利用  
することにより、わずかな水量<sup>\*2</sup>で夏季屋外空間の暑さを和らげる設備である。細かな粒で蒸散  
が早く、体に触れても濡れるという感覚はほとんどない。また、気温、湿度、風速、降雨による

ON/OFF を行う自動霧制御（気温の低いとき，湿度の高いとき，風が強いとき，雨のときは効果が期待できないので噴霧停止）による運転が可能である。

本節では，面整備ゾーンにミスト噴霧システムを導入した場合の効果について検討を行った。但し，ここでの数値等は整備計画が未確定段階のため，ある想定モデルケースに基づく試算的な数値である。

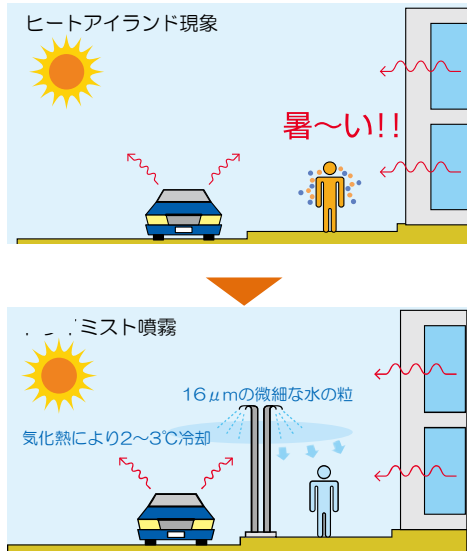


図 7.5.4-1 ヒートアイランド現象緩和(イメージ)

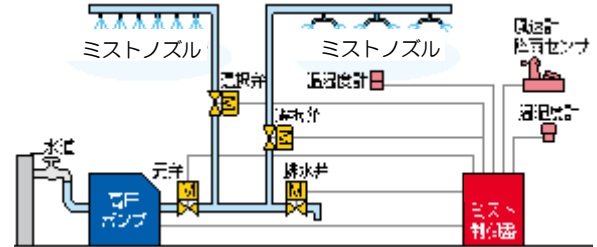


図 7.5.4-2 システム構成例（自動噴霧制御含む）



図 7.5.4-3 ミストのノズル(くもがたノズルの例)

\*1:「化粧落ちしない≒水滴をほとんど意識させない」を目標に開発

\*2:クスノキ林が真夏に気化する量(7.5mL/分・m<sup>2</sup>)を基準として1ノズルあたり50mL/分として開発

## (2) 検討結果

### 1) 想定モデルケース

深沢整備事業のシンボル道路の両側にミストノズル6個が1セットになったくもがたノズルを先端に取付けた噴霧ポール(計約120本)を約10m間隔で設置すると想定した(図7.5.4-4参照)。これらにポンプや配管などを含めたミスト噴霧システム本体設備費用は，工事範囲や条件などによって大きく変わるが，概ね1.6億円程度と見込まれる。

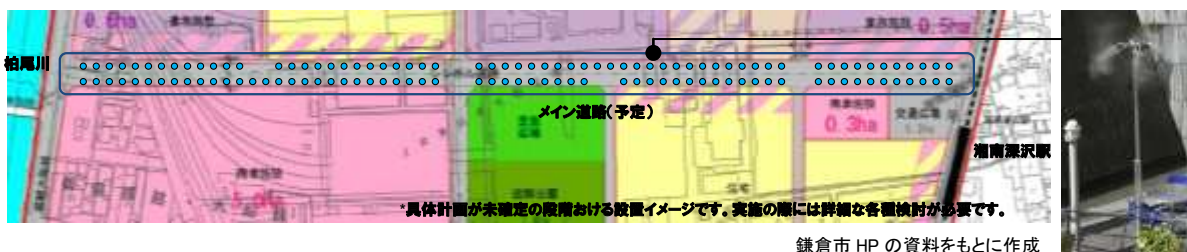


図 7.5.4-4 想定モデルケース(メイン道路の両サイドに噴霧ポールを設置) ミスト噴霧

### 2) 想定モデルケースでの電力消費量と水消費量(試算値)

稼働日数は2012年の横浜市的气象データから54日(7月～9月の3カ月で27°C以上かつ日降水量が0mmを満たす日数)，1日当たりの噴霧時間は7時間(愛知万博での実噴霧時間の平均)，

ポンプは2台とし1台当たりの消費電力は約4kW、ノズル1個当たりの水の噴霧量は50mL/分として試算した。その結果、上記3カ月間の予想電力消費量（ポンプのみで計算）は約3,100kWh、水消費量は約820m<sup>3</sup>となった。電気15円/kWh、上水400円/m<sup>3</sup>とすれば電気は約50千円、水は約330千円と試算される。

### 3) ミストによる効果（温度低減効果と心理的効果）

具体的な温度低減効果の数値は、噴霧方法や噴霧時の気象条件、周辺建物の影響といった地理的な条件等にも左右されるため、一概には特定できない。従って、2004年に経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業により行った実験による効果結果が適用できると仮定し、下記にその結果を転記した。

テントによる半屋外空間（日影）でミスト噴霧の「有り無し」の状況を作り比較実験を行った結果、テント中央部で3℃の温度低下が見られた。また、一卵性双生児による心理量試験においても快適感の増加が見られた。

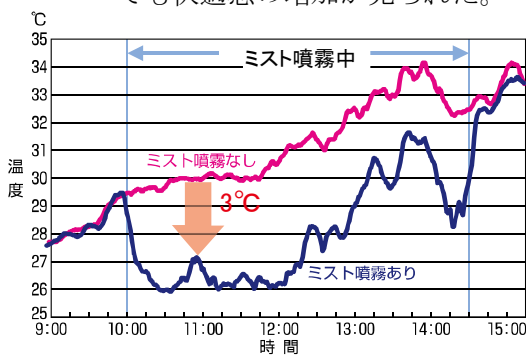


図.7.5.4-5 温度低減の効果(物理量)

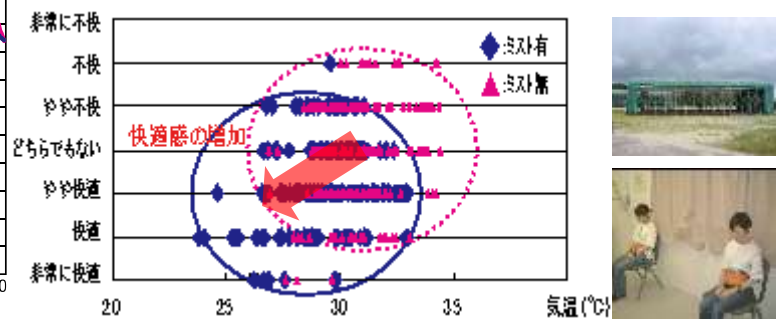


図 7.5.4.-6 一卵性双生児による寒暑感申告(心理量)

※平成15年・16年度経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業による実験

### (3) まとめ

深沢整備事業のシンボル道路の両側に、水の蒸散効果を利用したミスト噴霧システムを導入したモデルケースを想定し、概略検討を行った。温度低減効果や心理的効果は噴霧方法や噴霧時の気象条件、地理的条件等に左右されるため一概に言えないが、過去の実験によりその効果はある程度は期待できる。今後は、整備計画の詳細が確定した段階で、より具体的な噴霧方法や、街区の緑化計画にマッチしたポールデザインなどの検討が必要である。

なお、WGでは、面整備ゾーンへの設置検討に先立ち、鎌倉駅前などの繁華街に試験的に複数台設置し、その効果の検証（アンケート調査など）を行うことを提案する。たとえば、西口時計台広場のように多くの市民や観光客が待ち合わせに集う場所であれば、このようなシステムが話題にもなりやすく、市の環境施策に対する理解を深めることにも繋がると考えられる。

### 参考文献

- 1) 林啓紀他, ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制システム開発 (その1), 日本建築学会大会梗概集 2004年
- 2) 児玉奈緒子他, ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制システム開発 (その2), 日本建築学会大会梗概集 2004年



- 3) 林啓紀他, ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制に関する研究 (第2報), 空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2004
- 4) 児玉奈緒子他, ドライミスト散布によるヒートアイランド抑制に関する研究 (第3報), 空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2004

#### 7.5.5 WG4のまとめ

本節では、現時点ではあまり実績がないが、将来、面整備ゾーンに導入すればメリットが多いと思われる3つの技術について、その導入可能性を評価することを試みた。3技術ともに、深沢地域が“水資源”に恵まれている特徴を活かしたものと言える。

河川熱利用については、近傍を流れる柏尾川の水量の条件は満たしているものの、肝心の温度データに疑問点があり、最終的な結論は出せなかった。また、取水にあたり河川法占有許可の手続きが必要となるため、事前に河川管理者の県と十分な協議を行わなければならない。

地中熱利用・地下水熱利用については、本地域のような大規模な再開発エリアでの実績や経験が無いいため、冷熱の汲み上げすぎに注意すべきであり、それが地中温度の上昇に繋がる可能性があること、それらを事前にシミュレーションできる可能性があることを示した。

これらを、将来のまちづくりに導入しようとする場合、事前に河川や地下水などについて十分なデータを採取した上で、詳細な検討を行っておく必要がある。そのためには、相当の時間を要するので、導入の可能性があれば、早期に準備を開始する必要がある。未利用熱利用に関する国の補助事業を活用して事前調査を行うのも一法であろう。

気化熱利用については、街の魅力や快適性を高めるための一つの工夫としてミスト噴霧システムの設置を提案し、比較的少ない費用で実現できることを示した。これについても7.5.4項のまとめに記したように、事前の評価実験を行うことにすれば、事業の推進にプラスになる点が多いのではないだろうか。(ただし、実際の設置に当たっては、道路法の規制等があるため協議が必要となる。)

一方、このような新たなまちづくりでのインフラ事業とするにあたっては、事業主体の存在が必要なことや受益者と費用負担の関係が複雑であることが課題となる。技術的な検討に加え、地域のエネルギーマネジメント事業の在り方についての検討を早い段階から行う必要があると考えられる。

### 7.6 WG5 ITS導入による渋滞緩和・防災支援

#### 7.6.1 目的

鎌倉市は年間観光客が1800万人にも達するわが国を代表する観光都市であり、特に観光名所が集中する市中心部は慢性的に交通渋滞が発生しており、大きな社会問題ともなっている。

これに対し鎌倉市では平成7年に「鎌倉地域交通計画研究会」を設立し、渋滞緩和へ向けた種々の施策を検討・実行し一定の成果をあげているものの、目に見えた効果が上がっていない状況である。

鎌倉市が世界遺産登録をめざす古都にふさわしいスマートシティを目指すのであれば、省エネルギー・創エネルギー技術の検討と同時に、CO2発生の大きな要因でもある交通問題の改善にも目を向ける必要がある。そこで、本研究では、これまでの取組を踏まえた上で現状の課題を分析し、最新のICT技術を活用した渋滞緩和に資するシステムやその導入ステップ案を提言する。

### 7.6.2 現状の課題の分析

市内交通状況に関する質問をサブWGにて作成し、鎌倉市交通計画課にて回答を整理して頂いた。その結果を表 7.6.1 に示す。結果として、WGでは、下記を現状の課題として抽出した。

- ・最新の市内道路交通状況が十分に把握できていない
- ・道路交通状況を有効な手段にて情報提供が行えていない
- ・渋滞緩和へ向け、パークアンドライドの利用率向上が必要
- ・自動車利用者へ向けた他の交通機関の情報提供が不十分

表 7.6.1 道路交通状況に関する課題

No	カテゴリ	質問内容	回答
1	交通全般	鎌倉市への観光客は年間 1800 万人程度ですが、自動車利用者はどの程度と想定されますか？	H6, H22 の観光動態調査により自家用車分担率は 20%
2		市内主要部分での曜日・時間別の渋滞状況（走行速度や区間旅行時間等）の定量的データは把握可能でしょうか？	毎年 11 月平日・休日の交通量調査のデータ（7 時～19 時・交通量、渋滞長）
3		全体交通量のうち、①市民、②鎌倉への観光客、③通過車両の概算割合はわかりますか？	H8 の鎌倉地域の休日の OD 調査 ①31% ②47% ③22%
4		道路交通状況の収集のため、県警殿や国交省殿との連携体制はありますか？	日本道路交通情報センターの渋滞情報検索システムを導入しており、過去の渋滞データを購入すれば、渋滞発生状況や渋滞長は把握可能。
5		渋滞情報提供方法としてどのような手段が現状ありますか？ （例：市ホームページ、第三者ホームページ、道路情報板等）	第三者ホームページ、道路情報板
6		渋滞情報提供方法として今後の導入をご検討されている手段がありますか？	高速道路での情報板、スマホ等の利用
7	交通計画	幹線道路の新設や幅員増設のご計画はありますか？	－
8	パーク＆ライド	導入済パーク＆ライドの利用者数や利用率をご教示願いたく？	H22 年度 12,396 台、 七里ガ浜 P&R 3,529 台、由比ガ浜 P&R 2,626 台 江ノ島 P&R 3,664 台、稲村ガ崎 P&R 2,577 台
9		利用者へのパーク＆ライド利用促進の情報提供手段はどのようなものがありますか？	以前は旅行雑誌（るるぶ、まっぷる）現在は観光課発行「観光マップ」及び市ホームページ
10		パーク＆ライド駐車場の満空情報のリアルタイムな把握は可能ですか？また、駐車場満空の把握が可能な場合、その情報の提供手段はありますか？	駐車場は民間や県公社の駐車場であり、リアルタイムの把握は困難
11		パーク＆ライド駐車場を増設される計画はありますか？	鎌倉地域地区交通計画では計画されている

ミスト噴霧中

最新の市内道路交通状況を把握することが必要

●課題 2-1  
道路交通状況を情報提供する有効な手段が必要

●課題 2-2  
渋滞緩和のため、パークアンドライドの利用率向上が必要

No	カテゴリ	質問内容	回答
12	交通規制	休日に交通規制が実施されていますが、交通規制実施状況の提供手段として何がありますか？（例：市ホームページ、第三者ホームページ、道路情報板 等）	鎌倉市ホームページ
13		交通規制実施による逆効果（周辺での渋滞発生）はありますか？	交通規制による渋滞は聞いていない
14	公共交通	バスの運行状況（渋滞による遅れ等）は把握できていますか？	リアルタイムでの状況把握はできない
15	(オムニバスタ	バス運行状況案内システムの導入率ほどの程度でしょうか？	導入箇所 10 箇所(全バス停 400 箇所以上)
16	ウン)	鉄道など他の公共交通機関との連携として、何か具体的な施策は実施されていますか？	なし
17		バス優先レーンの実施箇所はありますか	鎌倉参道線(若宮大路) 13時～18時
18	フリー環境手形	フリー環境手形の利用者数ほどのくらいですか？	H23年度 10,814台 環境手形A 9,872台 環境手形B 942台
19	ロードプライシング	将来的なロードプライシングの導入へ向けて、制度・導入効果・システム等の検討を再開することはできますか？	交通需要マネジメント施策の再検討を行う上で、1つの方法と考える
20	その他	パーク＆ライド実施中の駐車場以外も含め、駐車場案内（場所、満空情報等）の手段はありますか？	現在はなし
21		観光客のための駐車場は十分に確保されている状況ですか？（市中心部の場合、周辺部の場合）	鎌倉駅周辺ではコインパーキングを中心に増加している（H5 600台、H23 1,000台）
22		災害対策としての具体的施策は何か実施されていますか？	
23		環境対策としての具体的施策は何か実施されていますか？	
24		ITS 導入による渋滞対策の検討に当たり、特に解決したい課題はありますか？	プライシングシステムを行うに当たり、ETC等を未導入の対象車両からの課金方法

●課題3-2

自動車利用者への他公共交通機関等の代替交通手段の情報提供が必要

●課題3-1

防災対策として自動車利用者への防災関連情報の情報提供が必要

### 7.6.3 課題解決に向けた導入ステップ

渋滞緩和を目的としたITS導入方針としては、導入効果の検証や予算の関係から、段階的構築あるいは社会実験からのスタートが現実的と考えられる。

以下に、上述の現状課題解決へ向けての導入ステップ案を示す。

表 7.6-2 システム導入ステップ案

	現状の課題	システム導入の目的	導入システム案
STEP1	最新の市内道路交通状況が十分に把握できていない	道路交通情報の的確・リアルタイムな把握	公用車・バス・タクシー等のプローブ情報をリアルタイムに収集
STEP2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路交通状況を有効な手段にて情報提供することが必要</li> <li>・渋滞緩和のため、パークアンドライドの利用率向上が必要</li> </ul>	収集されたリアルタイムな道路交通情報・パークアンドライド情報を運転者に情報提供	スマートフォン等を活用した的確な情報提供
STEP3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動車利用者への他公共交通機関等の代替交通手段の情報提供が不十分</li> <li>・自動車運転者への災害時の情報提供が十分に行えていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代替交通手段の情報提供による自動車以外の移動手段促進</li> <li>・市既設防災情報システムとの連携による防災関連情報の提供</li> </ul>	JR等鉄道事業者との連携による他交通手段や防災関連情報の提供



STEP1：公用車・バス・タクシー等のプローブ情報をリアルタイムに収集

STEP2：スマートフォン等を活用した的確な情報提供

STEP3：JRなど鉄道事業者との連携による他交通手段や防災関連情報の提供

### 7.6.4 導入システムイメージ

システム導入にあたっては、車両との通信回線として携帯電話網方式とITSスポット方式が考えられる。両方式の比較を表 7.6-3 に示すが、採用する方式については別途検討事項とする。

表 7.6-3 携帯電話網方式とITSスポット方式利用の比較

	携帯電話網方式	ITSスポット方式
伝送方式	携帯電話網 (FOMA等)	DSRC方式 (ETCとほぼ同様)
必要な路側設備	なし	ITSスポット無線装置
必要な車載器設備 : アップリンク	専用車載器	ITSスポット車載器+対応ナビ (市販汎用機器を利用可能)
必要な車載器設備 : ダウンリンク	スマートフォン等	
アップリンクタイミング	設定周期 (例: 1分間隔)	ITSスポット無線装置通過時
送信するプローブ情報	最新情報のみ	蓄積された半径 80km 程度
コスト	路側設備設置は不要なため, ITS スポット方式より安価。ただし, 専用車載機必要	路側設備設置が必要なため高価
主なメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市独自で導入可能</li> <li>・路側設備が不要</li> <li>・スマホ等汎用機器の利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国土交通省等で採用 →今後のさらなる拡張の期待</li> <li>・一般車両でもシステム利用可能</li> </ul>
主なデメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・専用車載器が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路側設備の設置が必要</li> <li>・関係機関等との調整が必要 (設置へ向けた関係機関協議, 無線局免許手続)</li> </ul>



ITSスポット方式の概要を以下に示す。

●ITSスポットとは

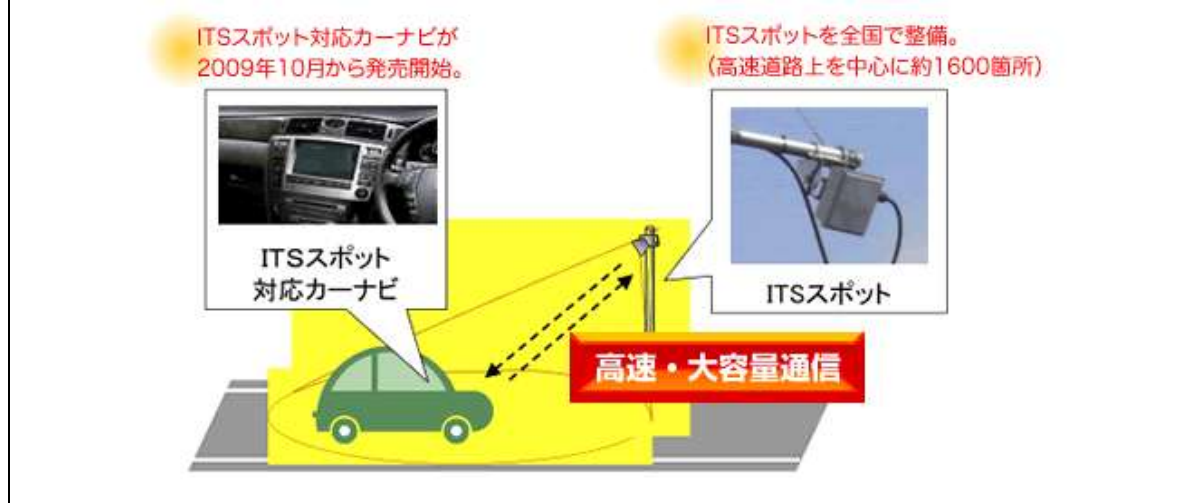
交通安全、渋滞対策、環境対策などを目的とし、人と車と道路とを情報で結ぶITS技術を活用した次世代の道路のことをスマートウェイといいます。この実現に向け、産学官が一体となり、スマートウェイによる次世代路車協調システムの研究開発・実証実験を推進してきました。

その方向性は、カーナビ・ETCを進化させて一体化し、オールインワンで多様なサービスを実現することです。（欧米では、オールインワンのシステムは2010年8月現在、実証実験段階です）

このオールインワンのサービスに対応する通信手段として、道路に設置された「ITSスポット」とクルマ側の「ITSスポット対応カーナビ」※1との間で高速・大容量通信を行うことにより、広域な道路交通情報や画像も提供されるなど、様々なサービスを実現します。

※1：製品により、ITS車載器、DSRCユニット、DSRC車載器等と呼ばれていることがあります。

この通信機能の中心となるのは、ISO（国際標準化機構）やITU（国際電気通信連合）国際標準化された高速で大容量の双方向通信を可能とする5.8GHz帯DSRC（Dedicated Short Range Communication：スポット通信）で、これまでETCに用いられてきた通信を効率的に活用しています。



国土交通省ホームページより抜粋 ([http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot\\_dsrc/index.html](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_dsrc/index.html))

それぞれの方式のシステムイメージ図を図 7.6.1～図 7.6.4 に示す。

< I. 携帯電話網利用の場合 >

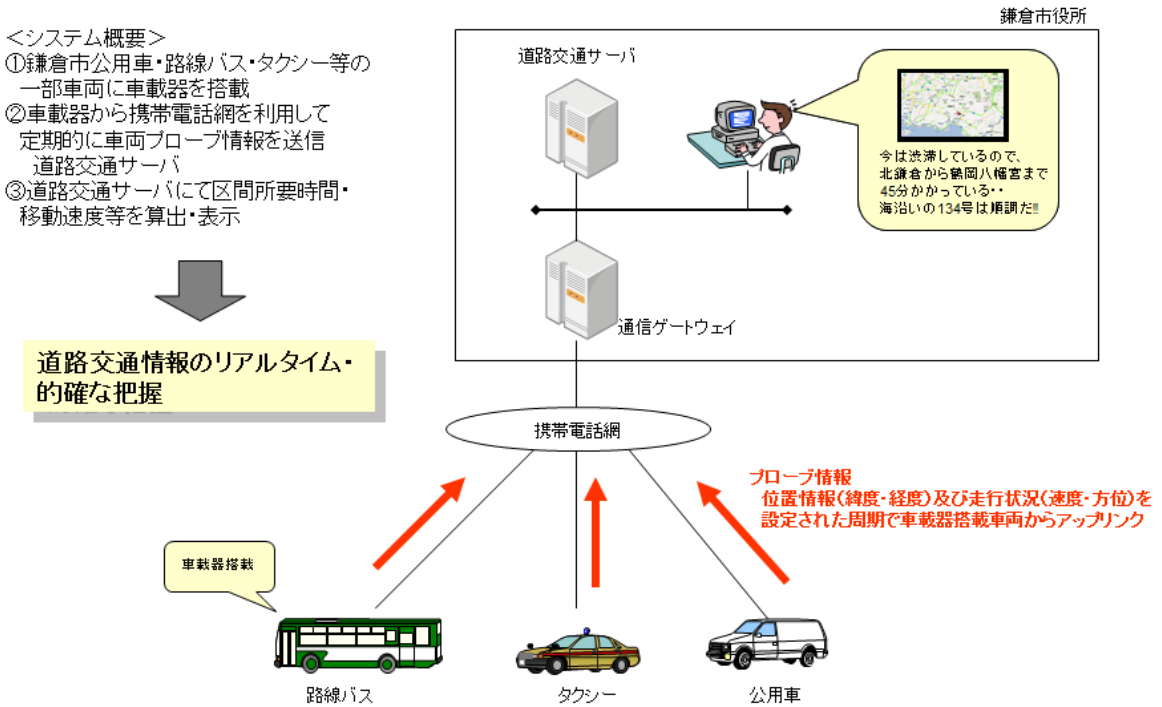


図7.6.1 STEP1: 公用車・バス・タクシー等によるプローブ情報のリアルタイム収集

< I. 携帯電話網利用の場合 >

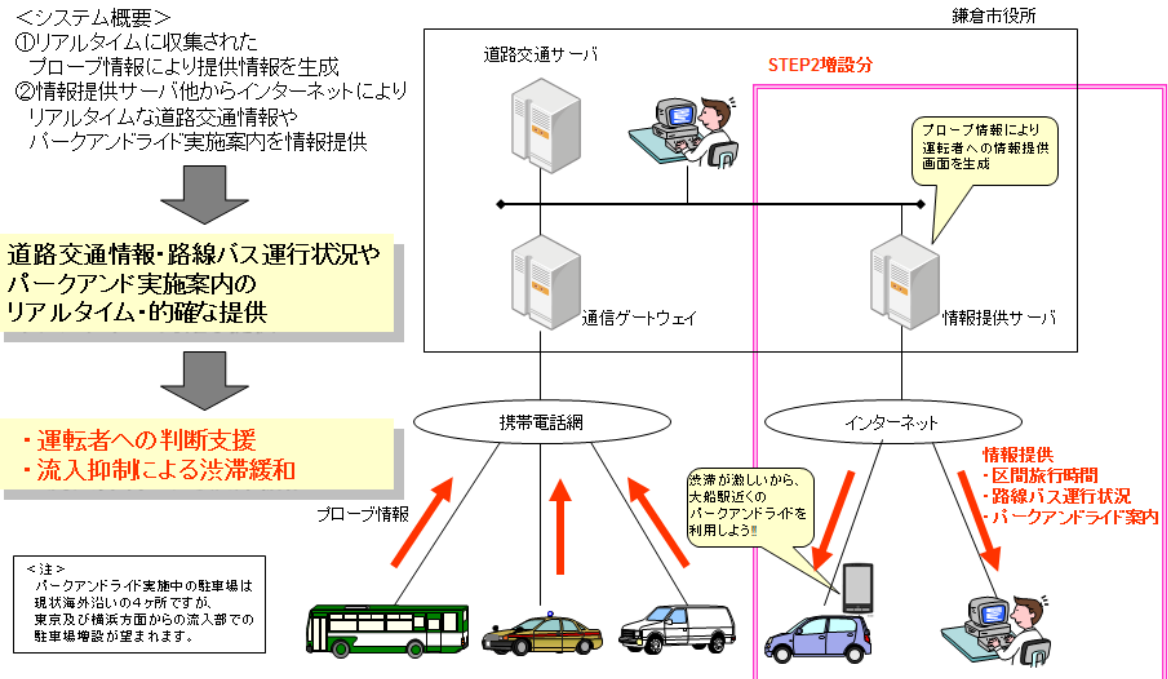


図7.6.2 STEP2: スマートホン等への道路交通情報・パークアンドライド案内の提供

< I. 携帯電話網利用の場合 >

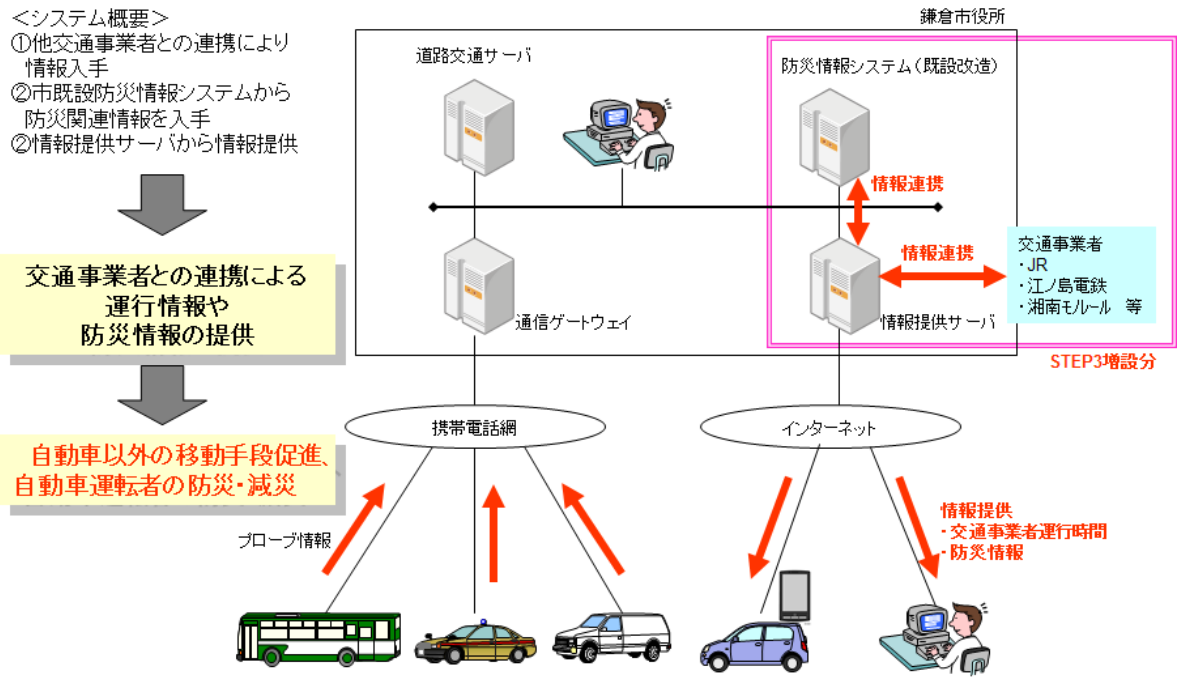


図7.6.3 STEP3: JR等鉄道事業者との連携による他交通手段や防災情報の情報提供

< II. ITSスポット方式利用の場合 >

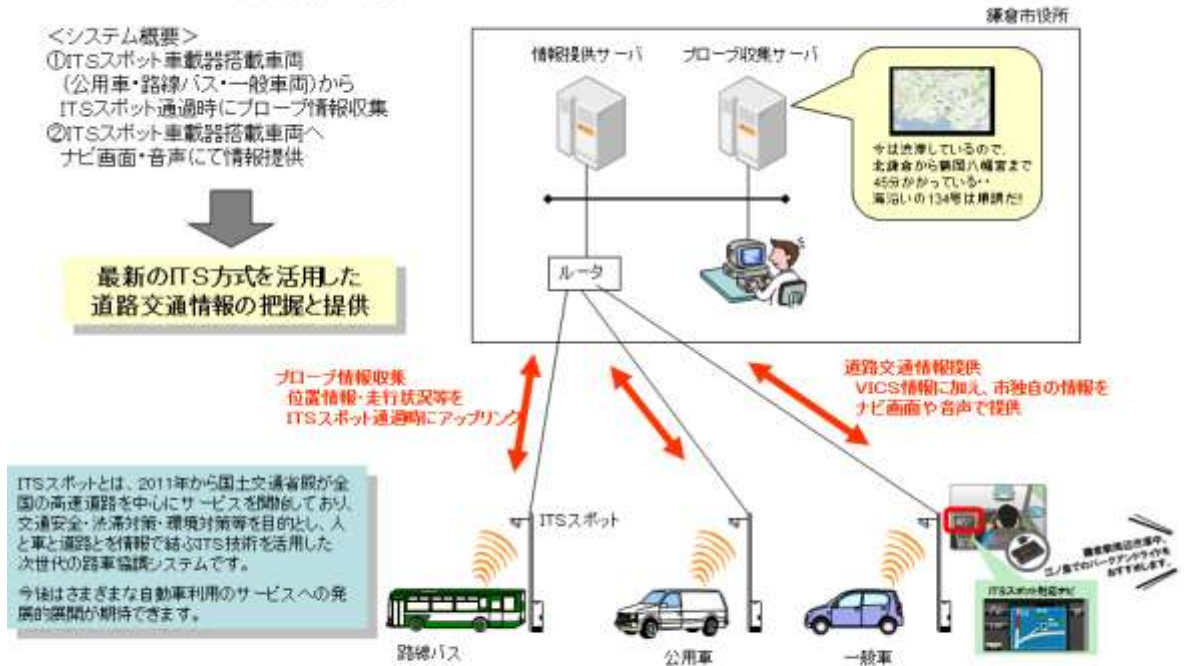


図7.6.4 STEP1、2: プローブ情報のリアルタイム収集と提供

7.6.5 導入に向けた実証実験の提案

当初からの全面的なシステム導入は、システム導入効果検証等の面で困難と想定される。

したがって、システム導入効果検証や利用者アンケートを目的とした「実証実験」からスタートすることを提案する。(実証実験範囲は、STEP 1 及び STEP 2 の一部機能)

●実証実験の内容

導入の容易性・コストの観点から、携帯電話網方式で開始。

ただし、将来的本格整備時には、ITSスポット方式の導入も検討し方式策定。

実証実験 1：プローブ収集実験

- ・一部の公用車または路線バスを選定し車載器を搭載
- ・プローブ情報を収集し、区間旅行時間等のリアルタイム算出精度等を検証

実証実験 2：情報提供実験

- ・収集されたプローブ情報より、旅行時間・パークアンドライド案内等の情報提供を実施
- ・渋滞抑制へ向けての効果検証
- ・利用者へのアンケートによるユーザ評価

●実証実験のスケジュール案

	13年度		14年度	
	上期	下期	上期	下期
実証実験計画策定	→			
関係省庁協議	→			
システム調達・製作		→		
実証実験 1			→	
実証実験 2			→	
成果・課題のまとめ				→
本格導入案協議				→

7.6.6 WG5のまとめ

本節では、現状の課題を分析した上で、渋滞緩和に役立つであろうシステムやその導入方法について一例を示した。

このようなシステムの導入だけで直ちに目に見える改善が可能になる程簡単な問題ではない筈であるが、少なくとも、市独自に現状の交通状況を把握することは、パークアンドライドの利用促進など、従来の施策との相乗効果を生む可能性も大きいと思われる。

本市では、市民、商工業者、交通事業者、行政機関及び学識経験者で構成する鎌倉市交通計画検討委員会において、交通渋滞緩和に向けて調査検討が進められている。今回提案した内容も参

考にして頂き、他の施策も併せた総合的な効果を検討された上で、先ず、小規模な実証実験を開始されることを提言する。

## 8 今後の計画、市政への反映

今回の研究は、本市のエネルギー政策の在り方を考えるため、個々の技術研究だけでなく、導入可能な手法の調査とともにそれらを最適に組み合わせて全体最適を実現することを目的に実施した。導入可能な手法の調査にあたっては、これまであまり議論されてこなかった省エネルギー、創エネルギー技術をも対象とし、また、従来の経緯にとらわれることなく調査・研究を進めることとした。

研究は、この様な主旨のもとスタートしたが、着手後の7月9日には、「鎌倉市省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関する条例（以下「エネルギー条例」）が制定された。このため、当研究はエネルギー条例に規定された「省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入に向けた施策に関する基本的な方針（以下「エネルギー基本計画」）」策定に向けた調査・研究といった役割をも担うこととなった。

そこで、本研究では平成25年度中に策定が義務付けられたエネルギー基本計画、現在、見直しが進められている鎌倉市環境基本計画、さらには、鎌倉市地球温暖化対策地域推進計画などの行政計画への位置付けをも想定し、まちづくりの視点から総合的な施策構築についての検討も行うこととした。

また、得られた成果は、第3次鎌倉市総合計画（第3期基本計画・実施計画：平成25年度策定予定）、都市マスタープランなどの行政計画に位置付け全市的に取組んで行くことが重要である。

今回の研究結果を再度概説すると次のとおりとなる

- ① 本市の電力使用量をはじめとした、各種データの収集整理を行い、今後、予定している「エネルギー基本計画」策定に活用できる共通データとして整理を行った。
- ② 一定規模の面積における太陽光発電事業の収支見込みのシミュレーションを実施し、その事業性を確認した（設置面積約3,400㎡、設備容量504kw、20年間累積収支約1億8千万円：事業採算性有）。
- ③ 太陽光以外の賦存量の大きな再生可能エネルギーとしては、一般廃棄物等のバイオマスがあげられ、本市のスマートシティを形成するうえでその核となることが期待される（一般廃棄物焼却によるエネルギー回収量は、一般ごみ4万トンに剪定枝1万トン、さらに面的利用による最大化を図ることで年間1,800万kWh、一般家庭約3,600世帯分の電力量になる）。
- ④ 主に家庭用温水器に活用されている太陽熱は、給湯需要の多い公共施設（隣接複数建物間での熱融通も含）において省エネルギーの手法として有効であるが、費用面での課題がある（設置費は、太陽光発電よりも低価であるが、固定価格買取制度などの仕組みがなく費用対効果の面で不利となる。このため、補助金等の活用でイニシャルコストを低減することが求められる）。
- ⑤ 地中熱空調は、その省エネルギー効果が期待されるが、最も効果が上がる建物規模は比較的小規模なものと思われ、導入にあたっては最適な規模を見極めることが必要である。
- ⑥ 河川熱利用・地下水熱利用については、可能性はあるものの今回の研究では、具体的な効果を確認するまでには至らなかった。事業化に向けては、各種データ収集や環境への負荷等について、今後、詳細な調査を継続的に実施し、検証を行うことが求められる。

- ⑦ 小水力、小型風力発電の導入は、今後の技術革新等を注視していくことが必要で、現時点では環境教育などの分野での活用が有効と考えられる。
- ⑧ 本市における再生可能エネルギーは、非常に限られており、これを最大限有効に活用することが求められるとともに、省エネルギーの推進も創エネルギー同様の効果があるということが出来る。このため、創エネルギーの最大化はもちろんのこと、省エネルギーの推進にも積極的に取り組み、これらを組み合わせることが鎌倉のエネルギー政策となる。

得られた結果のうち既に一定の熟度のあるものは、第3次鎌倉市総合計画（第3期基本計画・実施計画：平成25年度策定予定）、鎌倉市環境基本計画、鎌倉市地球温暖化対策地域推進計画、鎌倉市都市マスタープラン等の行政計画に位置付け、その実現を目指すこととするが、特にスマートシティの形成にあたっては都市の在り様も合わせて検討を進めることが必要なことから都市マスタープランとの連携は今後非常に重要となると考えられる。また、各種施策を実現するには、「都市の低炭素化の促進に関する法律」の活用が有効であり、こういった側面からも都市マスタープランとの連携は不可欠である。

今回の研究において詳細調査にまで至っていないものについては、研究項目ごとの必要性を判断し、国の補助金などを活用して実証実験を行うなど、その導入の可否を含め、継続的に調査・研究を進めることとする。

**【鎌倉市のエネルギービジョンを考える（スマートシティの将来イメージ）】**

まずは、太陽光発電の積極的導入を進め、電力自給率を高める。特に公共施設においては屋根貸し方式の他、一定の面積確保ができる場所では、自らが事業主体となることも検討し、先導的な役割を果たすこととする（※エネルギー基本計画：※は、関連する行政計画等を示し、当該計画等に位置づけることでその実現を目指すものとする。）。

また、住宅や民間事業所における太陽光発電の設置促進も積極的に推進する。推進にあたっては、国県の補助事業等を積極的に活用するとともに、市として目標値を設定し、財政的・技術的支援等の充実を検討することが求められる。（※鎌倉市環境基本計画、エネルギー基本計画）

——— 太陽光発電施設導入割合と効果のシミュレーション ———

住宅導入率(%)	現状 2(%)	8(%) (10%)	18(%) (20%)	28(%) (30%)	38(%) (40%)	48(%) (50%)	58(%) (60%)	68(%) (70%)	78(%) (80%)	88(%) (90%)	98(%) (100%)
住宅導入件数(件)	967	4,884	9,768	14,652	19,536	24,420	29,304	34,188	39,072	43,956	48,840
発電量 (MWh/年)	3,721	15,043	33,846	52,650	71,453	90,256	109,060	127,863	146,667	165,470	184,273

※住宅に3.5kWの設備設置を仮定、年間発電時間：1100(h)

※木造・木造以外の家屋数は62,000戸、そのうち、新耐震対応家屋10,112戸、昭和57年以降建築家屋38,728戸、合わせて48,840戸

さらに、一般廃棄物焼却から回収できるエネルギーは、面的利用の他、新たな技術を積極的に導入することで、その最大化を図る（※鎌倉市ごみ処理基本計画、ごみ焼却施設基本構想・基本計画）。

その結果、太陽光発電と一般廃棄物等のバイオマスエネルギーを核として、電力需給を考えることとなるが、これらを有効利用するためにCEMS・BEMSを活用し電力の潮流制御を行う。ま



た、CEMS・BEMSを支え、必要に応じて電力供給を行う施設として、ガスコージェネレーションや蓄電池等の導入も検討する。

太陽熱、地中熱、河川熱、地下水熱利用については、実証実験等によりさらにその効果検証を進め、可能なものから導入し、エネルギー自給率を高めていく。また、自給したエネルギーは避難所で活用するなど、発災時の効果的な活用にも取り組み、災害に強いまちづくりの推進を図る。

その他、CO<sub>2</sub>排出量の大きい自動車交通への対応（従来から検討されている施策の推進とともにリアルタイムの渋滞情報提供の組み合わせにより、その排出量削減に努める。）、新たなまちづくりが進む地域における対応（既往の省エネ・創エネ施策の他、新たな技術を積極的に導入にすることにより、域内のエネルギー自給率を高める。）などにも取り組みスマートシティを形成する。また、創エネルギーとともに省エネルギーの推進にも積極的に取り組み需要側からのコントロールを行う。省エネルギー施策の推進にあたっては、太陽光発電の設置促進と同様に、国県の補助事業を積極的に活用するとともに、市として目標値を設定し、財政的・技術的支援等の充実を検討することが求められる。※鎌倉市環境基本計画、エネルギー基本計画）

— 省エネルギー住宅への改修（断熱改修・家庭用コジェネ・HEMS・普及啓発等割合と効果のシミュレーション） —

住宅導入率(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
住宅導入件数(件)	5,381	10,762	16,144	21,525	26,906	32,287	37,668	43,050	48,431	53,812
HEMS(MWh/年)	1,883	3,767	5,650	7,533	9,417	11,301	13,184	15,067	16,951	18,834
断熱改修(MWh/年)	985	1,970	2,954	3,939	4,923	5,909	6,893	7,878	8,862	9,848
家庭用コジェネ(MWh/年)	2,421	4,843	7,265	9,686	12,108	14,529	16,951	19,372	21,794	24,215
削減消費量合計(MWh/年)	5,289	10,580	15,869	21,158	26,448	31,739	37,028	42,317	47,607	52,897
削減による市域推計電力消費量(MWh/年)	781,408	776,117	770,828	765,539	760,249	754,958	749,669	744,380	739,090	733,800

※市域における電力消費量:786,697(MWh/年) 平成22年度実績

※地球温暖化対策地方公共団体実行計画(区域施策)策定マニュアル/環境省 H21.6 参照

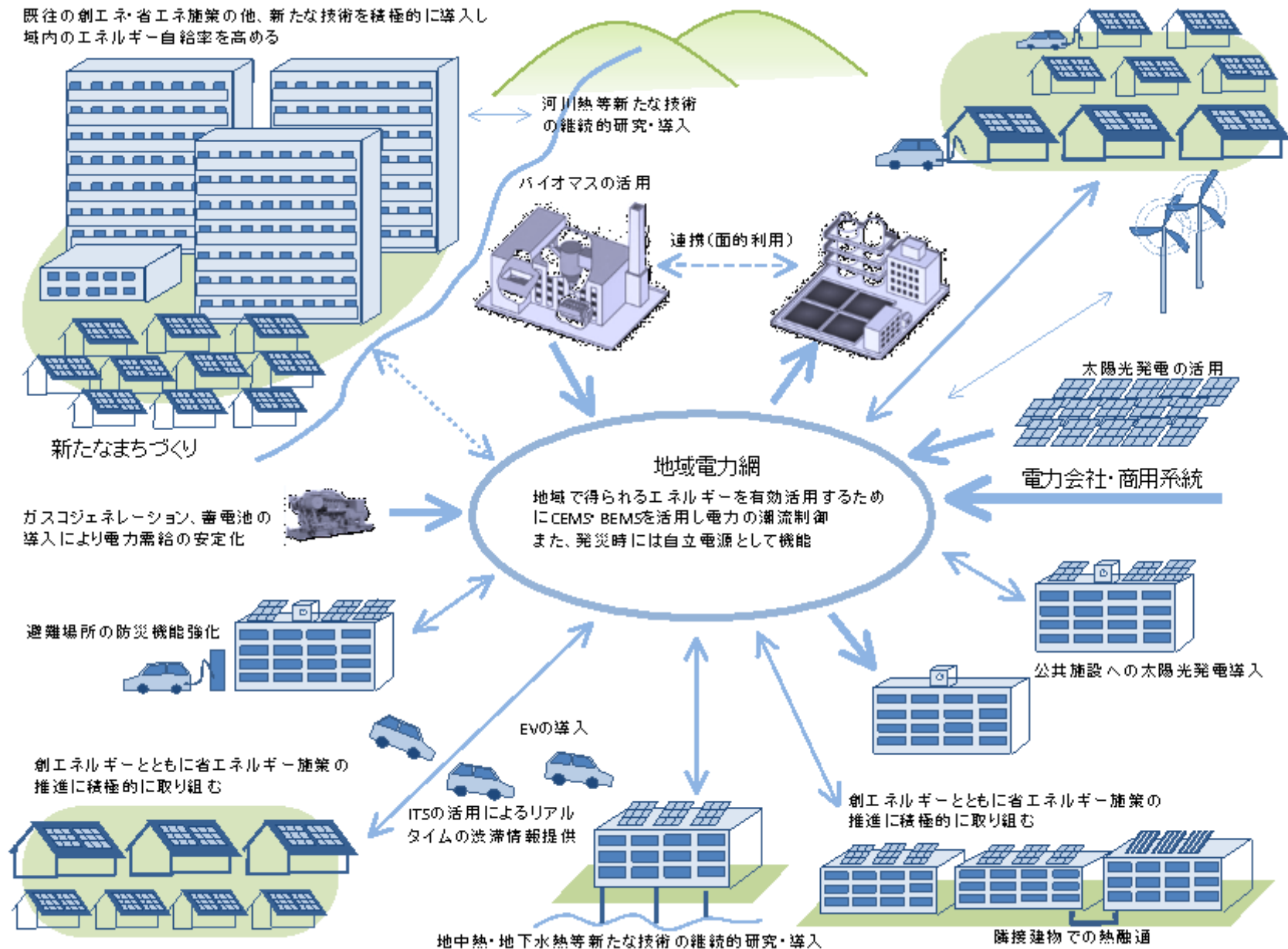
・HEMSによる世帯当たりの電力消費削減量:5,000(kWh)×0.07=350(kWh)  
一般家庭年間消費電力量:5,000(kWh)、導入削減効果:7%削減

・断熱改修による世帯当たりの電力消費削減量:5,000(kWh)×0.075×0.49=184(kWh)  
一般家庭年間消費電力量:5,000(kWh)  
家庭におけるエアコン電力消費割合:0.075  
断熱改修による省エネ率:49(%)  
※戸建旧基準から次世代省エネ基準(43%)及び次世代省エネ基準55%)の平均した基準(平均49%)を省エネ率とした。

・家庭用コジェネによる世帯当たりの電力消費削減量:5,000(kWh)×0.09=450(kWh)  
一般家庭年間消費電力量:5,000(kWh)  
導入省エネ率:9%

—— 将来イメージ図 ——

既往の創エネ・省エネ施策の他、新たな技術を積極的に導入し  
域内のエネルギー自給率を高める



【鎌倉市省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関する条例（以下「エネルギー条例」）に基づくエネルギー基本計画への反映】

エネルギー条例では、市の責務として

- (1) 市民及び事業者に対する省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入に向の促進に関する的確な情報の提供及び必要な支援
- (2) 省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関連する産業の育成
- (3) 省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に取り組む地域づくり
- (4) 次世代を担う子どもへのエネルギー利用及び環境のあり方についての教育に関する取組への支援
- (5) 公共施設における省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関する施策の実施

を掲げており、市長はこれらの施策に関する基本的な方針を示す計画を平成25年度中に策定することを規定している。

当研究では、公共施設における省エネルギー及び創エネルギー手法を研究し、その導入効果や市の特性に合うと思われる導入方法について提案してきた。これらの成果を参考に「(5) 公共施設における省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関する施策の実施」の方針を策定することが可能であると考ええる。

また、新たな手法の提案は、今後、実証実験等を進めていくなかで、エネルギー関連の産業育成や地域づくり、さらには、環境教育に繋げていくことが考えられる。研究成果とともにこれまでの過程で得られたデータなどを活用することで、実効性のある計画策定が可能であると考えている。

【都市の低炭素化の促進に関する法律（以下「エコまち法」）の活用】

エコまち法は、まちづくりに地球環境に優しい暮らし方や少子高齢社会における暮らしなどの新しい視点を持ち込み、住民や民間事業者と一体となって、コンパクトなまちづくりに取り組むための第一歩として制定された法律である。エコまち法では、国土交通大臣、環境大臣、経済産業大臣が共同で策定する「都市の低炭素化の促進に関する基本的な方針」に基づき市町村が作成する「低炭素まちづくり計画」の推進と、低炭素化に関する先導的な基準に適合する建築物を認定する「認定低炭素建築物」制度の運用を大きな柱としている。

研究成果の実現に向けては、この「低炭素まちづくり計画」を策定し、国からの財政支援等を受けることが効果的であると考えられることから、全庁的な協力体制を構築し、計画策定を目指すことが望まれる。

「低炭素まちづくり計画」には、計画の区域の他、計画の目標、歩いて暮らせるまちづくりなどを推進するための都市機能の集約化に関する事項、太陽光その他の化石燃料以外の未利用エネルギーや下水熱の活用などを推進するための緑・エネルギーの面的管理・利用の促進に関する事項、自動車に関するCO<sub>2</sub>の排出抑制などを推進するための公共交通機関の利用促進に関する事項、民間等の先導的な低炭素建築物・住宅の整備を進める建築物の低炭素化に関する事項などについて定めることとする。

「低炭素まちづくり計画」には、当研究で得られた成果の他、環境基本計画やエネルギー基本計画などの内容をも位置付け、国の補助金や特例措置を積極的に活用し、その実現化を目指していくこととする。

〈参考〉「都市の低炭素化の促進に関する法律」に基づく低炭素まちづくり計画概要パンフレット（国土交通省発行：平成24年12月4日時点版）より抜粋

－予算による各種取組に対する支援（低炭素まちづくり計画を進めるための支援措置）－

- ・低炭素まちづくり計画作成への支援（国費率 1/2）
- ・エネルギーの供給ネットワークや関連施設の整備への支援（国費率 1/2.1/3 等）  
地域冷暖房をはじめ、エネルギーを面的に利用する施設の整備等を支援
- ・住宅・建築物の省CO<sub>2</sub>化への支援（国費率 1/2）  
住宅・建築物の先導的な省CO<sub>2</sub>技術に係る建築構造等の整備等を支援
- ・都市公園の整備、公共公益施設の緑化等への支援（国費率 1/2 等）  
都市公園の整備や公共公益施設の壁面・屋上等の緑化等を支援
- ・にぎわい交流施設の整備や太陽光パネルの設置など様々な事業への支援（国費率 1/2 等）  
交流促進事業（社会資本整備総合交付金）等により、太陽光パネルの設置、電気自動車充電施設、蓄電池の設置や図書館等のにぎわい交流施設の整備など、基幹事業と一体となってその効果を一層高めるために必要な事業を支援

－低炭素まちづくり計画による特例措置－

- ・公共交通機関の利用促進・貨物輸送の共同化の特例  
バス路線の新設・変更、物流事業者による共同での輸配送の実施等の事業について、実施計画の認定制度を創設し、道路運送法など各事業法による許認可等の特例を設けることにより、まちづくりと連携した公共交通機関の利用促進や貨物の運送の合理化を推進
- ・下水道法の特例  
下水熱を利用するため、民間事業者が許可を受け、下水道の排水施設に接続設備を設け、下水を取水することが可能とする
- ・緑地の保全及び緑化の推進に関する特例  
緑地管理機構の指定権者に市町村長を追加、低炭素まちづくり計画区域内の樹林地を管理協定制度の対象に追加
- ・都市公園等における占用許可の特例  
計画策定後、2年以内に占用の許可申請（都市公園等の区域内に太陽光発電設備設置）があった場合、技術的基準に適合する限り、占用の許可を義務付け

## 9 結言

東日本大震災は、東北地方を中心に甚大な被害をもたらしただけでなく、福島第一原発の事故により、我が国のエネルギー政策を根本から揺さぶるものとなった。

しかしながら、その後、エネルギーに関する様々な動きはあるものの、未だに解決や改善の糸口は見えない。その結果、2012年のLNG輸入額は前年に比し25.4%増の6兆円に達し、日本の貿易収支悪化の大きな要因となっている。また、日本国内の温暖化ガス総排出量が2011年度は1990年度比3.6%増えたとされており、国際社会に対し、削減目標を示すこともできない状態のままである。

これらの問題を改善するには、国任せ、人任せにせず、我々、地方自治体が主役となり、自立分散型のクリーンなエネルギーを自ら創り、自ら使えるスマートなまちづくりの推進が必要であり、既に先進的な自治体では、エネルギーの地産地消を念頭に置き、災害時にも対応できる自立したエネルギー供給システム構築への取組を始めている。鎌倉市としても、この課題に正面から向き合うために、本市のエネルギービジョンを策定するための研究をスタートし、これまで検討を進めてきた。

今後は、この研究成果をもとに具体的なビジョン策定に取り組むこととなるが、これには、日々進歩する最新の技術や法改正、社会・経済状況の動きを注視し、また、市民・事業者・行政がそれぞれの役割を認識し、連携体制を構築していくことが必要である。

前述のとおり、鎌倉市では議員提案により「鎌倉市省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関する条例」が制定されるなどその素地は整っている。今回の研究成果を活用し、安全で安心な、世界に誇れる持続可能な都市を築くための実行計画策定に一日も早く着手することを願って結びとする。