

3.5.5 自律分散型拠点構築による地域防災力向上

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

ライフラインの被災による被害波及と復旧過程を記述・解析するモデルを構築することは、都市機能の防護戦略の策定、安全で迅速な機能回復過程の実現、地域防災力の向上を図るために重要である。このためには「広域連携」、「復旧調整」、「自律分散」という相互補完的な対策軸における被害軽減戦略を提案し、社会的インパクトを最小化することが必要である。

本研究では、ライフライン被害波及構造モデル、自立分散型拠点の配置モデル、広域連携・復旧調整モデルを構築し、これらをベストミックスした復旧戦略を示す。

(b) 平成22年度業務目的

前年度から引き続き、2カ年にわたる以下の項目に関する業務を行う。

1) 神奈川県を対象とした自律分散型拠点構築の対象地区の抽出・分類

前年度、おもに横浜市を対象に行った、文献調査・GISデータ解析等による自律分散型拠点の対象施設が集積している地区の抽出・分類を、範囲を広げて行う。

2) 地区の要求性能の整理、自立性向上方策の検討

1) で抽出された地区ごとの要求性能を整理するとともに、自立性向上方策を検討する。なお、特に自律分散型拠点の重要な対象施設に関しては、重要設備の設置状況の実態把握に基づく詳細な検討を行う。

3) 自立分散型拠点の計画と評価

建物間・施設間で設備能力を相互に融通するようなシステムでは、オフピーク時に地区の中で最も効率のよい設備から優先的に運転して、地区全体の省エネルギーに貢献することが可能である。このような平常時と非常時ともに機能を発揮する自立分散型拠点の計画とシミュレーションによる評価についてまとめる。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
横浜国立大学大学院環境情報研究院	教授	佐土原聡	
横浜国立大学大学院環境情報研究院	准教授	吉田 聡	
横浜国立大学大学院環境情報研究院	特別研究教員	稲垣景子	
横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター	講師	古屋貴司	
横浜国立大学大学院環境情報研究院	産学連携研究員	岡西 靖	

(2) 平成22年度の成果

(a) 業務の要約

1) 神奈川県を対象とした自律分散型拠点構築の対象地区の抽出・分類

文献調査・GISデータ解析等による自律分散型拠点の対象施設が集積している地区

の抽出・分類を、神奈川県にも広げて行った。

2) 地区の要求性能の整理、自立性向上方策の検討

1)で抽出された地区ごとの要求性能を整理するとともに、自立性向上方策を検討した。なお、特に自律分散型拠点の重要な病院に関して、重要設備の設置状況の実態把握に基づく詳細な検討を行った。

3) 自立分散型拠点の計画と評価

病院を対象に、平常時と非常時ともに機能を発揮する自立分散型拠点の計画とシミュレーションによる評価をまとめた。

(b) 業務の成果

1) 神奈川県を対象とした自律分散型拠点構築の対象地区の抽出・分類

主な防災関係施設が立地している地区の概要を把握するため、神奈川県において、250mメッシュ（4分の1地域メッシュ）単位で条件を整理した。地震ハザードステーション J-SHIS（地形・地盤分類や地震動予測地図）等においても 250mメッシュ単位でデータ提供されており、将来的に他の要素と比較しやすく汎用性が高いと考えられる。神奈川県は、面積約 2,400km²、人口約 900 万人（平成 21 年 10 月 1 日現在）で、県内には 3つの政令指定都市（横浜市、川崎市、相模原市）がある¹⁾。

まず、各地区の活動量を定量的に把握するため、「エネルギー需要量」を指標に、各地区の現況を概観する。エネルギー需要量の高い地域は、活動の活発なエリアと考えられ、都市機能継続のニーズが高い地域と捉えることも可能と考えられる。

算定方法を図 1 に示す。建物用途毎のエネルギー需要原単位^{2), 3)}・水需要原単位^{4), 5)}と平成 17 年度都市計画基礎調査（建物現況）データを用い、各地区の熱と電力、水の年間需要量を算定した。なお、ここでは管理部門を対象とすることから、民生部門のエネルギー・水消費動向を対象とし、工場や農業施設、処理施設等は対象としない。単位面積あたりの熱（暖房・給湯・冷熱）需要量を図 2 に示す。

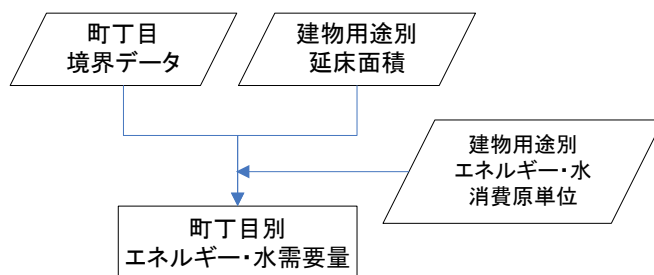


図 1. 各地区のエネルギー・水需要量の算定手順

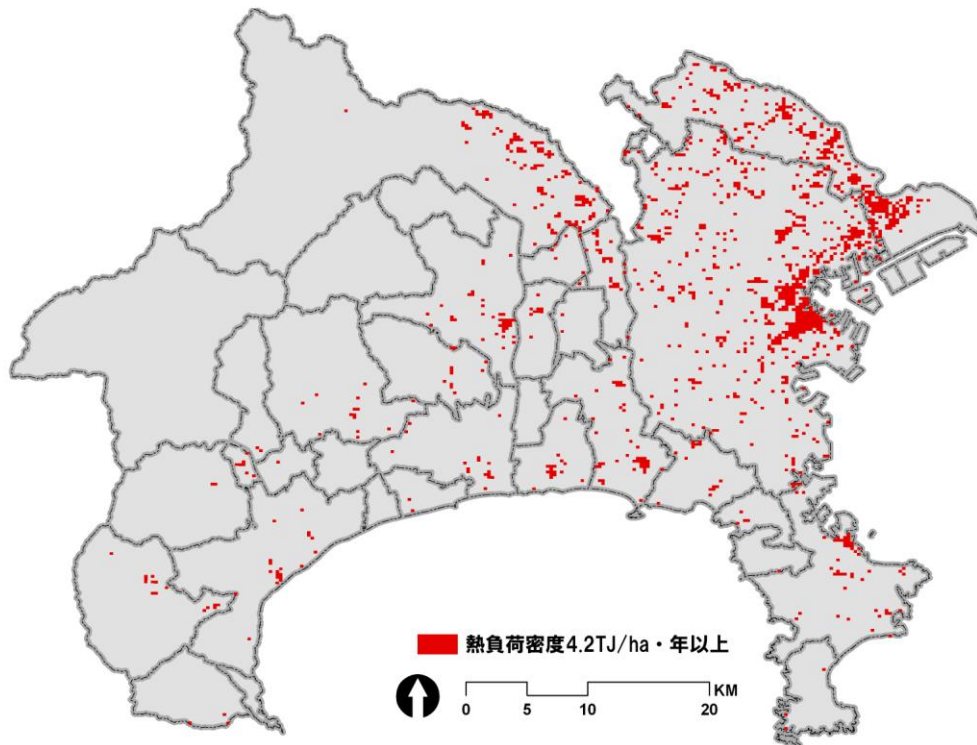


図 2. 神奈川県の高熱需要量（民生用）

エネルギー面的利用^{※注}の導入適地の最低条件とされる熱負荷密度 4.2TJ/ha・年以上の地区は、全県で計 8475ha (1,356 メッシュ) あり、横浜市や川崎市の湾岸エリアをはじめ、相模原市東部など各地に点在している（図 2）。エネルギー面的利用の導入適地と防災関係施設が重なる地区として、政府や県の防災機関入居施設が集積する官庁街（関内地区）や、各市の災害対策本部が設置される「市役所」、政令指定都市の区本部が設置される「区庁舎」、「災害拠点病院」、広域避難場所の「大学」等が立地する郊外地区が抽出された。

エネルギー需要量の高い地区は、首都圏の機能維持対策の重点地区と捉えられるとともに、建物間でのエネルギー設備の相互融通可能性を検討する資料となる。

※注：エネルギー面的利用

地区・街区レベルの複数の建物で共有の熱源等の設備を利用すること。スケールメリットを活かした高効率設備の導入や、エネルギー利用に時間差がある複数の建物での、地区内で生成されたエネルギーの融通、蓄熱・蓄電システム等によるエネルギー利用の平準化等により、高効率な設備の能力を十分に活かした運転ができるため、地区全体のエネルギー消費量を削減できる⁶⁾。広域な供給エリアへ大規模エネルギープラントから供給する「熱供給事業型」、小規模な特定地域内へ集中的なエネルギープラントから供給する「集中プラント型」、近接する建物所有者が協力し、エネルギーの融通、あるいはエネルギーの共同利用を行う「建物間融通型」に分類される⁷⁾。

2) 地区の要求性能の整理, 自立性向上方策の検討

a) はじめに

エネルギー需要量の大きい都市活動の集積地は、地震時にも機能維持が求められ、地区のエネルギー負荷が高いことは要求性能の一つと考えられる。そこで、本節では、前節 1) で抽出された地区ごとの要求性能を整理するとともに、自立性向上方策を検討する。さらに、自律分散型拠点の重要な病院施設に関して、重要設備の設置状況の実態把握を行う。

b) 地区の整理

県内でエネルギー需要量の大きいメッシュ（熱負荷密度 4.2TJ/ha・年以上）が集積するエリアは、主に、関内駅周辺（約 600ha）、横浜駅周辺（約 300ha）、川崎駅周辺（約 500ha）であった。いずれも、県庁や市役所、学校、大規模病院など公共性の高い施設が立地し、災害時には、災害対策本部の設置や、地域防災拠点、災害拠点病院としての活用が予定されている。また、スタジアムや競輪場などの公共空地もあり、広域避難場所に指定されている。民間のオフィスや商業施設、宿泊施設も集積しており、県や政令市の中核と言える。

横須賀、藤沢、厚木などの中核都市においても、エネルギー需要量の大きいエリアが、それぞれ 100ha 程度存在する。郊外の自立性を確保するために、これらのエリアが担う役割も大きい。

他に、エネルギー需要量の大きいメッシュが点在する箇所がある。学校や病院などの施設が立地しているケースが多い。これらについては、施設単体が自立性を確保することで、地域のライフスポットとなりうると考えられる。

c) 病院施設の現状調査

次に、首都圏の災害拠点病院を対象に、エネルギー・給水設備の概要と消費の実態、また災害時の備えについて現状を把握することを目的としアンケート調査を実施し、68 病院から回答を得た（回収率 59.1%）。表 1 にアンケート調査の概要を示す。以下に調査結果の概要を示し、庁舎を対象とした既往調査の結果⁸⁾と適宜比較する。

表 1. アンケート調査概要

	東京都	神奈川県	埼玉県
調査期間	2010 年 10 月～2011 年 3 月		
調査項目	(1) 建物概要, (2) エネルギー・給水設備の概要, (3) 防災対策, (4) 水・エネルギー消費量（月別）等		
対象病院数	70	33	12
回答数	39	21	8
回収率	55.7%	63.6%	66.7%

給水方式は、9 割以上の病院が高置水槽方式（他方式併用含む）で断水・停電時に残留水を使える可能性がある。一方、ポンプ直送方式、圧力タンク方式のみのケースもある。また、約 2 割の病院で蓄熱式空調システムが導入され、蓄熱槽が整備されている。

受電方式は、系統停電に備えてスポットネットワーク受電（他方式併用含む）（15%）や、ループ受電（9%）、2 回線受電（55%）を採用している施設が多いが、1 回線受電もある

(21%)。都市ガスの供給方式は、高圧または中圧方式が半数程度を占めるが、中圧・低圧併用(37%)や低圧(14%)もある。災害拠点病院が自立性の高いシステムを導入しているとは限らない。また、37%の病院で常用の自家発電設備を整備している。

大規模災害発生時に建物機能を維持できるかについて、病院、庁舎とも約半数が機能を「維持できない」または「維持できるか不安」と回答している(図3)。また、建物機能維持に不安のある部分として、庁舎では建物の耐震性や情報通信を挙げる割合が高いが、病院では水供給や電力供給、冷熱供給の不安を抱える割合が高い(図4)。

病院の建物は、約7割で耐震化、3割以上で免震化されているものの、水槽や配管を耐震化しているケースは少なかった。また、上水用受水槽や雑用水受水槽、雨水貯留槽は地下に設置されるケースが多いが、上水用中間・高置水槽と貯湯槽・蓄熱槽の一部は屋上階に設置されていた。自家発電設備の燃料タンクも、約9割が地下または地上に設置されているが、屋上に設置されているケースもあった。タンクのスロッシング対策をはじめ、各階の建築設備や機器類の地震時挙動⁹⁾をふまえた耐震対策が求められる

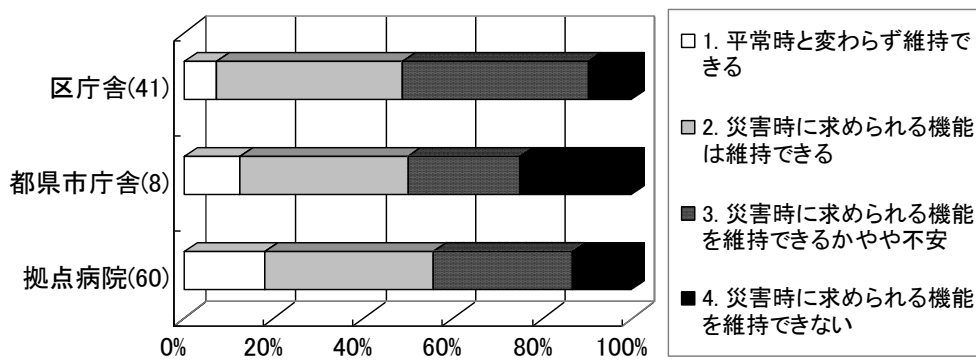


図3. 大規模災害発生時の建物機能維持に関する意見

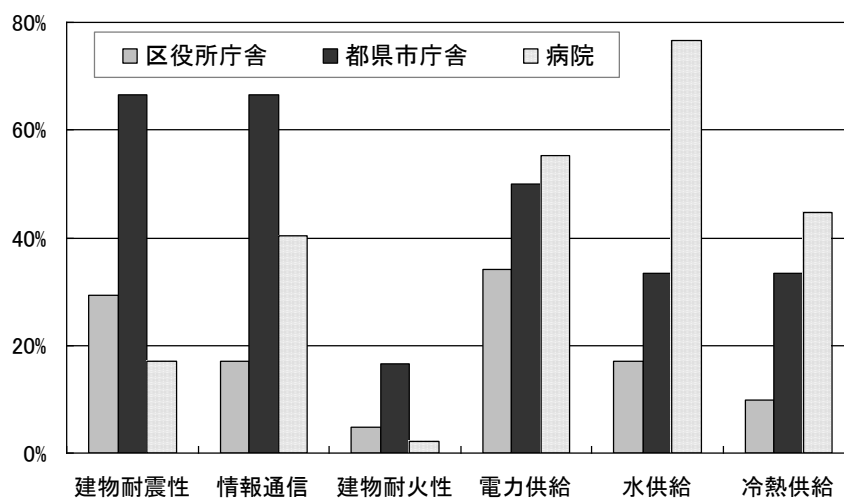


図4. 大規模災害発生時の建物機能維持に不安のある部分

各施設の延床面積あたりの水槽容量と建物竣工年・改修年との関係を図5に示す。ここでは、上水用受水槽と中間・高置水槽容量の合計を水槽容量とした。高置水槽方式は断水・停電時に貯留水の利用が可能だが、近年、水槽容量が減少傾向にある。タンク容量が小さく停電時に給水できないポンプ直送方式の病院もある。平均水槽容量は病院 8.38 L/m²、庁舎 5.27 L/m²で、タンク貯水率 100%の場合、水消費量原単位⁵⁾と比べると病院の水槽容量は、約1日分の消費量にほぼ等しい(庁舎は3日分)。一方、井水、雨水、中水の利用は増えつつある(病院の利用率は各36%、24%、41%)。

上水用の水槽に加え、雑用水槽、雨水貯留槽、貯湯槽、蓄熱槽等の貯留水も活用し、排水処理の状況や応急給水計画も含めて施設毎に詳しく検討する必要がある。

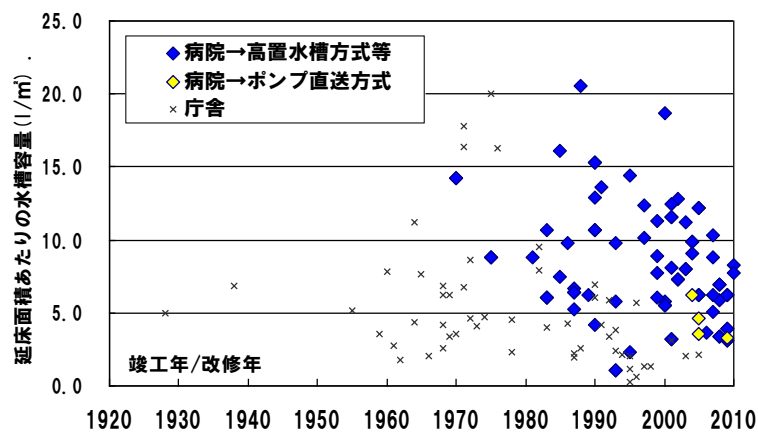


図5. 延床面積あたりの水槽容量と建物竣工・改修年との関係

各施設に整備されている自家発電設備容量の契約電力に対する割合と延床面積との関係を図6に示す。常用の発電設備がある場合、契約電力に自家発電設備の発電容量を加算した。発電容量の契約電力に対する割合は平均67%だが、大規模病院は60~90%、中規模病院は30~125%と、規模が比較的小さい病院でばらつきが大きく、対策が求められる施設もあると考えられる。また、発電容量が十分でも、燃料備蓄量が少ないケースもあり、機能維持には運用・調達面の対策も求められる。また、発電容量の大きな病院は、近年、設備を増強しており、常用発電設備(CGS/コージェネレーションシステム)の導入も増え、非常時の供給信頼性の向上にも寄与すると考えられる。

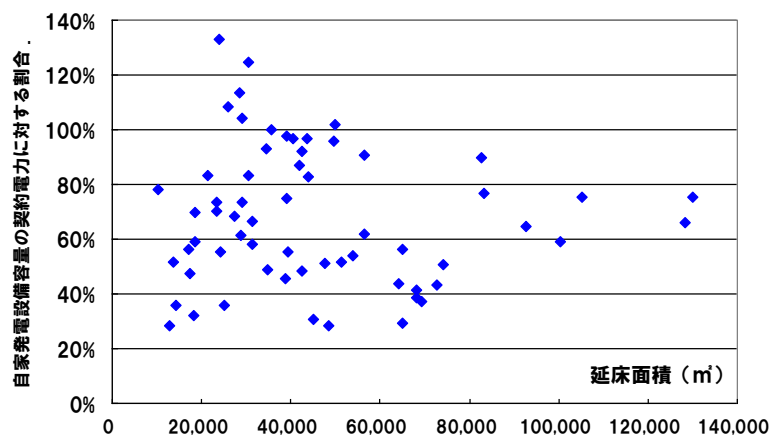


図6. 自家発電容量の契約電力に対する割合と延床面積との関係

3) 自立分散型拠点の計画と評価

前節の調査結果をふまえ、病院を中核とした地区において、平常時と非常時ともに機能を発揮する自立分散型拠点の計画とシミュレーションによる評価を行う。

横浜市内の病院（延床面積約 8 万 m²）と隣接する福祉施設（延床面積約 2 万 m²）を取り上げ、それらが設備を共有するケースを想定する。原単位の用途分類に基づき、病院は医療 100%とし、福祉施設は、医療 62%、文化 27%、教育 7%、業務 4%で構成されているものとした。建物間でエネルギー融通する場合の省エネルギー性をシミュレーション^{10), 11)}により検証した結果、病院の熱源設備が更新時期を迎え、C G S 化し隣接施設へ熱・電気融通を行う場合、従来と比べ、22.0%の省エネ効果が得られる結果となった。なお、シミュレーションでは設備導入時期を病院が 20 年前、福祉施設を 10 年前とし、病院を更新するという想定で行っているが、当該病院は、近年、設備を更新し、常用非常用兼用の発電機（C G S）と非常用発電機を有している。今後、熱・電気融通を行った場合の効果は、省エネ率 2.5%というシミュレーション結果が得られた。

病院設備の現状は、施設により様々だが、災害時も機能を維持できるよう各種設備を整備している。C G S 導入事例も多く、設備容量・需要量も大きいため、平常時のエネルギー面的利用の中核施設となりうる可能性を有している。図 7 に街区・地区内での設備更新と共有のイメージを示す。他機関や民間施設等を含めた周辺環境や立地条件もふまえ、長期的な施設整備と管理・運営の方向性を提示できれば、持続的かつ自律的に機能する拠点構築が可能となり、地域防災力の向上に寄与できるものと考えられる。

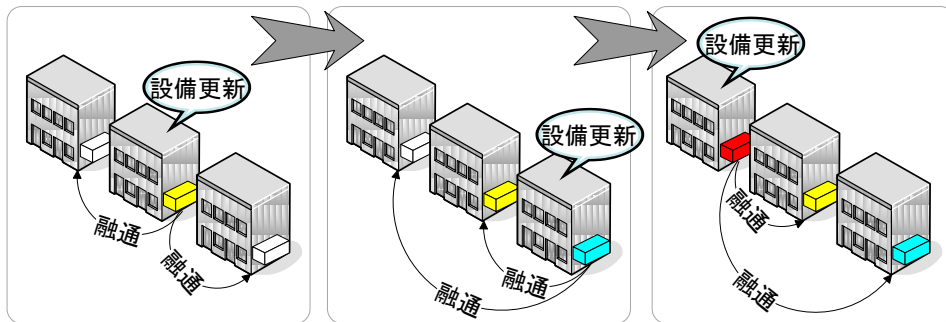


図 7. 街区・地区内での設備更新と共有のイメージ

(c) 結論ならびに今後の課題

1) 神奈川県を対象とした自律分散型拠点構築の対象地区の抽出・分類

自律分散型拠点の対象施設が集積している地区の抽出・分類を、神奈川県にも広げて文献調査・GIS データ解析等によって実施した。今後、首都圏域を対象に同様の整理を行い、集積地区の分類を実施する必要がある。

2) 地区の要求性能の整理、自立性向上方策の検討

1) で抽出された地区ごとの要求性能を整理するとともに、自立性向上方策を検討した。なお、特に自律分散型拠点の重要な病院に関して、重要設備の設置状況の実態把握に基づき検討を行った。病院設備の現状は施設により様々だが、災害時も機能を維持できるよう各種設備を整備している。C G S 導入事例も多く、設備容量・需要量も大きいため、平常

時のエネルギー面的利用の中核施設となりうると考えられる。

3) 自立分散型拠点の計画と評価

病院を対象に、平常時と非常時ともに機能を発揮する自立分散型拠点の計画とシミュレーションによる評価をまとめた。設備の常用化や、隣接する施設との共用化により、防災性と環境性を向上できる可能性を示唆できた。

(d) 引用文献

- 1) 神奈川県統計センター：県勢要覧 2010（平成 22 年度版）
- 2) 日本地域冷暖房協会：プロジェクト 2010 日本全国地域冷暖房導入可能性調査研究 平成 6 年度報告書
- 3) 空気調和・衛生工学会：都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価，空気調和・衛生工学会，1994.
- 4) 空気調和・衛生工学会編：給排水衛生設備計画設計の実務の知識（第 3 版），オーム社，p. 37，2010.
- 5) 高口洋人，亀谷茂樹，坊垣和明，松縄堅，坂本雄三，伊香賀俊治，村上周三：非住宅建築物（民生業務部門）の環境関連データベース構築に関する研究－その 22 全国解析結果－，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp. 1135-1136，2009.
- 6) 国土交通省：平成 19 年度 国土交通白書，pp. 67-68，2008.
- 7) エネルギーの面的利用促進研究会：エネルギーの面的利用促進に関する調査報告書，平成 17 年 3 月
- 8) 稲垣景子，佐土原聡：災害時の自律性を確保する拠点区域の構築に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集，D-1，pp. 977-978，2009.
- 9) 佐藤栄児，酒井久伸，福山國夫，古川幸，鎌田崇義，笥淳夫，小林健一，井上貴仁，中島正愛：医療施設の機能保持性能を検証するための実大震動台実験－震災時における都市施設の安全性・機能性評価－，日本建築学会構造系論文集，NO. 650，pp. 771-780，2010.
- 10) 吉田聡，伊藤駿平，佐土原聡，椿高範，市川徹：建物間エネルギー融通の簡易モデルでのシミュレーション開発－既成市街地における建物間エネルギー融通に関する研究その 4－，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp. 777-778，2009.
- 11) 吉田聡，佐土原聡，市川徹：既成市街地における建物間エネルギー融通に関する研究簡易検討モデルの開発および検討結果，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，A-63，2009.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
自律分散型拠点構築による地域防災力向上一庁舎施設と病院施設を対象とした調査一・口頭発表	稲垣景子、岡西靖、佐土原聡	土木学会地震工学委員会（第2回 相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム論文集, pp. 115-118）	2010年12月	国内
電力供給停止時における電気自動車の蓄電設備としての可能性・ポスター発表	稲垣景子、吉田聡、佐土原聡	地域安全学会（地域安全学会梗概集, No.27, pp.67-70）	2010年11月	国内
災害時の自律性を確保する拠点区域の選定に関する検討一横浜市を対象としたケーススタディー・口頭発表	稲垣景子、佐土原聡	日本建築学会大会（学術講演梗概集 F-1, pp. 927-928）	2010年9月	国内
街区・コミュニティの低炭素化へ向けたエネルギーの面的・ネットワーク的利用に関する研究一第7報 公共施設・集合住宅等複合築のケーススタディー・口頭発表	吉田聡、佐土原聡、市川徹、清幹広、生田雄一	日本建築学会大会（学術講演梗概集 F-1, pp. 751-752）	2010年9月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所（雑誌等名）	発表時期	国際・国内の別
なし				

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果（記事タイトル）	対応者氏名	報道・掲載機関（新聞名・TV名）	発表時期	国際・国内の別
なし				

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成23年度業務計画案

平成19～22年度に把握した拠点の自律可能性の実態と、3.5.2「ライフライン施設被害の相関性と復旧過程の実態解明」と3.5.6「ライフラインの復旧最適化による企業の事業継続性向上に関する研究」のライフライン施設被害の面的拡がり、3.5.3 ライフライン被害波及モデル、3.5.4 広域連携による復旧効率化の検討結果に基づく拠点の自律の必要性とを合わせて分析し、その特性を分類整理する。

自律分散型拠点の分類結果をこれまでに検討を行った自律分散型拠点の構築方策にフィードバックして、各特性に合致した「自律分散拠点」の計画や手法をとりまとめ、地方自治体や医療機関等を対象とした提案書をまとめる。また、地域安全学会等の国内学会において成果発表及び議論を行う。