

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23年度業務目的

- ・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と3.5.6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。

(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都市イノベーション研究院	教授	佐土原聡	
同上	准教授	吉田聡	
同上	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	特任教員(講師)	古屋貴司	
横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院	産学連携研究員	岡西靖	

(2) 平成23年度の成果

(a) 業務の要約

- ・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と3.5.6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した。
- ・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

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た。また、地域安全学会等（日本建築学会および土木学会）の国内学会において成果発表及び議論を行った。

(b) 業務の成果

1) 自律可能性の実態とライフライン被害に関する検討結果に基づく分析

本研究では、地方公共団体の災害対策本部が設置される庁舎と災害拠点病院を重要拠点と位置付け、自律可能性の実態把握を行った。1都3県（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県）に立地する当該施設（都県庁舎、政令市庁舎、東京23区および政令市の区役所庁舎、災害拠点病院）に対し、平成19年度より建物設備やエネルギー・水消費量等に関するアンケート調査を継続してきた。以下に、給排水設備に関する調査結果の概要を記す。

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1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った。水槽容量の平均値は、病院8.38 L/m²、庁舎5.27 L/m²で、タンク貯水率100%の場合、既往調査¹⁾に基づく水消費量原単位（病院7.59 L/m²、庁舎1.86 L/m²）と比べると病院は約1日分、庁舎は約3日分の消費量にほぼ等しい。20 L/m²を超える施設もあるが、病院3日分の消費量に満たない。

一方、井水（地下水）、雨水、中水（雑用水）の利用は増えつつあり（病院の利用率は各30%、17%、30%）、各施設で、上水用の水槽以外に、雑用水槽、雨水貯留槽、貯湯槽、蓄熱槽、防火水槽等が設置されている現状が明らかになった。また、排水方式については、自然排水方式（重力式排水方式）と機械式排水方式、両方式を併用している施設も散見された。

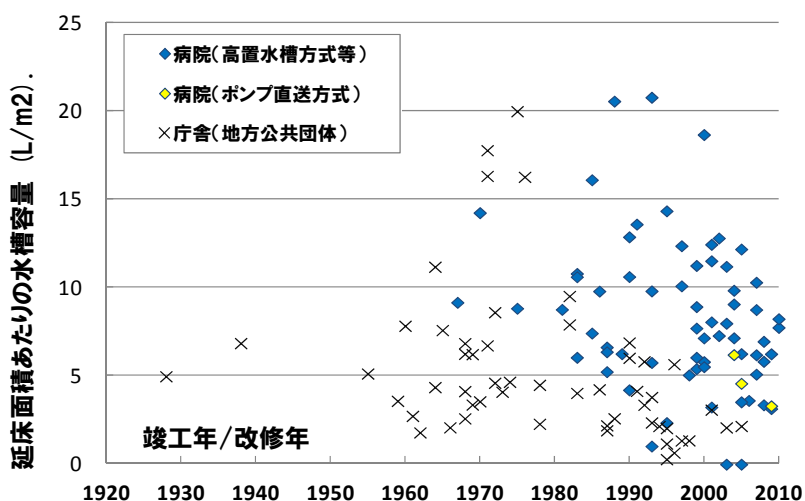


図1. 病院・庁舎における延床面積あたりの水槽容量と建物竣工・改修年との関係

次に、ライフライン施設被害と被害波及モデル、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和あわせて分析する。

庁舎と病院の上水用水槽貯留水での給水機能維持期間と、各所在地の上水道（配水管）の応急復旧日数との関係を図2および図3に示す。給水機能維持期間は、各施設の受水槽と中間・高置水槽の容量を、当該施設の年間水消費量で除して算出した。上水道（配水管）の応急復旧日数は、ライフライン施設被害と被害波及モデル、広域連携による復旧効率化の検討結果に基づく市町村単位の平均値である²⁾。全ての庁舎と病院で、水槽貯留水のみでは需要量を復旧まで賄うことができない結果となった。病院の方が、機能維持期間が短い、井水・雨水・中水利用は多い。井水を利用して、ポンプ用電源を確保できれば、給水機能を維持できる可能性が高く、雨水や中水を利用している施設では、貯留水を生活用水として利用できる。ただし、井水・雨水・中水利用がなく、水槽容量が1日分の需要量に満たない病院もあり、給水機能の維持に支障が生じる可能性がある。

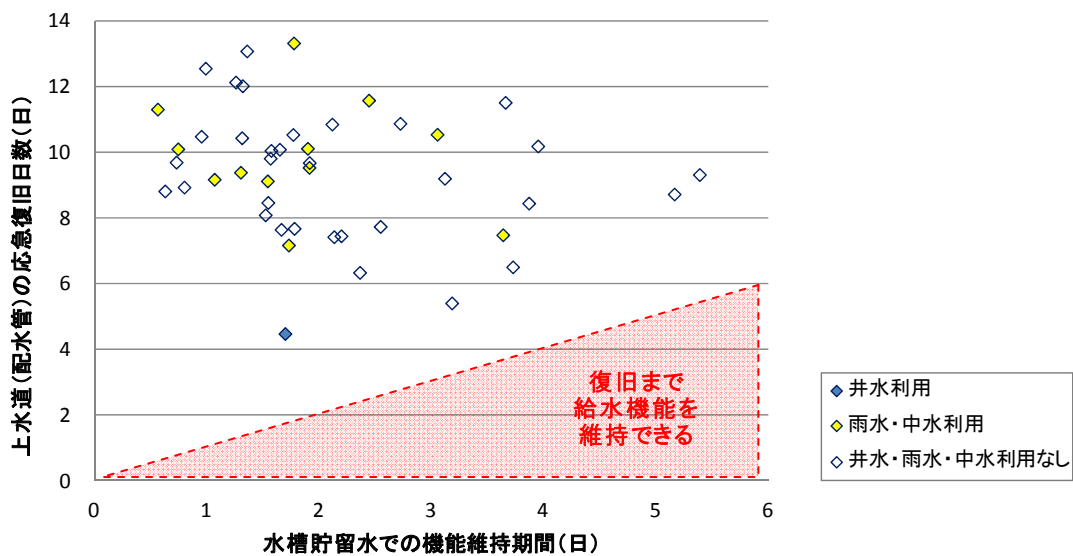


図2. 庁舎における水槽貯留水での機能維持期間と上水道（配水管）応急復旧日数

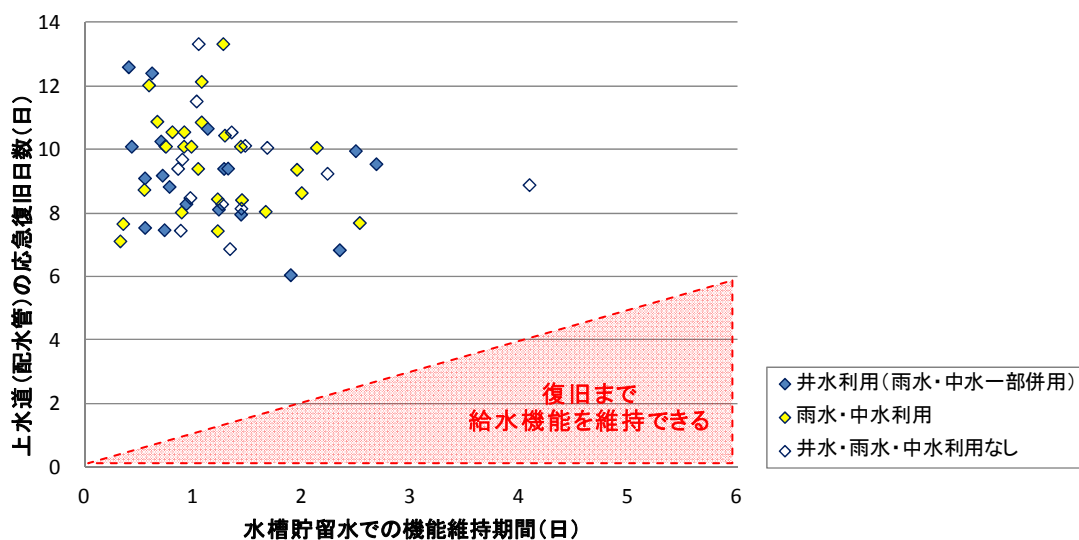


図3. 病院における水槽貯留水での機能維持期間と上水道（配水管）応急復旧日数

続いて、1都3県の地方公共団体庁舎（島しょ部を除く）と災害拠点病院の所在地における上水道（配水管）の応急復旧日数と下水道（流下機能）の応急復旧日数²⁾を、図4および図5に示す。庁舎では上下水道復旧に最大約1ヵ月間を要し、病院では上水復旧に最大2週間、下水道復旧に約1ヵ月を要する。都県別にみると、東京都区部は、上下水道とも応急復旧日数が長く、下水道の応急復旧がより長い。また、庁舎の約6割（都県・政令市の7割、東京23区と政令市区役所の9割）、災害拠点病院の約8割が、上水道より下水道の応急復旧に日数を要するため、上水道からの給水支障だけでなく、下水道への排水支障も各施設で考慮する必要がある。

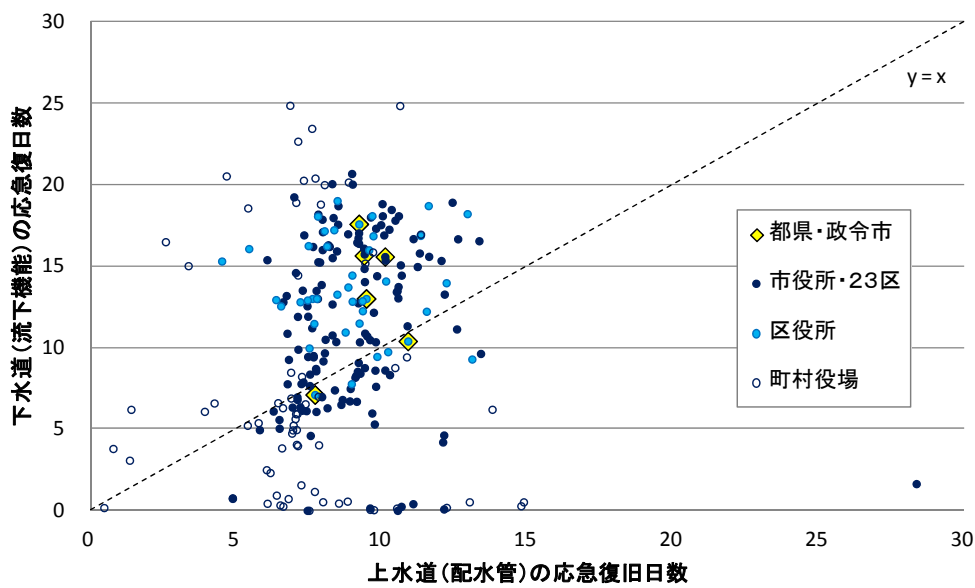


図4. 庁舎所在地における上下水道の復旧日数

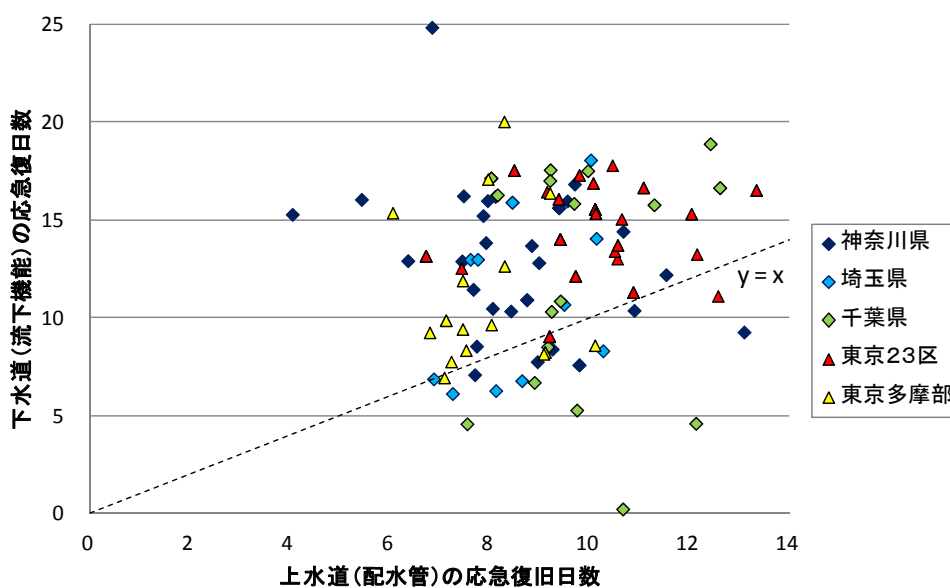


図5. 災害拠点病院所在地における上下水道の復旧日数

以上をふまえ、配水管復旧まで上水用受水槽と中間・高置水槽の貯留水で給水機能を維持できるケースと、維持できないケースに分類し、主な対応を整理した（表1）。庁舎・病院の現状は、機能維持できないケースに分類される結果となった。貯留水や地下水利用等で給水機能を維持できる場合においても、下水道復旧までは上水道の利用制限を受けると考えられるため、節水等の配慮が求められる。

表1. 上水道復旧までの対応の分類整理

分類	主な対応	庁舎・病院の現状
受水槽・高置水槽水で機能維持できる場合	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水槽からの漏水・水槽への泥水流入防止 ■ 停電時の受水槽からの応急給水 ■ (下水道・排水設備被害がある場合)節水 	ほぼ該当しない
受水槽・高置水槽水で機能維持できない場合	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下水の利用(ポンプ用電源の確保) ■ 再生水の利用 ■ 蓄熱槽水・貯湯槽水の利用 ■ (消火活動後)防火用水の利用 ■ 雨水・河川水・海水(淡水化)の利用 ■ 近隣の応急給水水槽水の利用 ■ 飲料メーカーからの飲料水調達 ■ 節水+応急給水 	大半の施設が該当する

2) 自律分散型拠点の計画と手法

これまで、自律分散型拠点の構築方策として、公共的施設の立地する高密度需要地を候補地とし、建物間で連携するなどしてエネルギーや水を地域で共用する仕組みを提案し、環境性の向上を図りながら、ライフライン途絶時における自律性を確保する方向性を目指してきた^{3), 4)}。

ここでは、上記の検討をふまえ、給水と電力・熱供給に着目し、自律分散型拠点の計画手法を整理した（表2）。応急救援手法以外はオンサイト型を基本としている。「環境利用」や「地域での備えと共用」については、地域特性を考慮したうえで、適切な手法を導入する必要がある。特に「地域での備えと共用」の検討では、各地の需要特性を考慮する必要があるため、1都3県の範囲で需要量の密度マップを作成した。水需要に関しては、各自治体の年間有収水量を人口（平成17年国勢調査）や従業員数（平成18年事業所・企業統計調査）の地域メッシュ統計等に基づき按分し、250mメッシュ（1/4地域メッシュ）単位で推計した（図6）。さらに、神奈川県と東京都では、建物現況GISデータを用い建物用途別延床面積に消費量原単位¹⁾を乗じて需要量を算定し、図6の妥当性を検証した。この需要量密度にライフライン応急復旧日数の予測結果を乗じることで、供給支障による各地の影響を概観することが可能となる。一例として、図7に上水道供給支障期間の水需要密度を示す。なお、ここで作成したマップは、重点的に対策すべきエリア、すなわち、分散型拠点構築の候補地を抽出するための基礎資料として、マッシュアップシステムへデータ提供した。

表 2. 自律分散型拠点の計画手法

	水	電気	熱
ためる	受水槽	蓄電池	蓄熱槽 貯湯槽
つくる	再生水(中水)	発電機	発電機の排熱利用 (コージェネレーションシステム)
環境利用	地下水利用 雨水利用 河川水利用 海水(淡水化)利用	太陽光発電 風力発電 (水力/地熱/波力)	太陽熱
転用する	蓄熱槽 貯湯槽 防火水槽		
応急救援	給水車 給水船	電源車	トランスヒートコンテナ
地域で備える /共用する	応急給水槽・給水栓	建物間融通 スマートグリッド	建物間融通 地域冷暖房

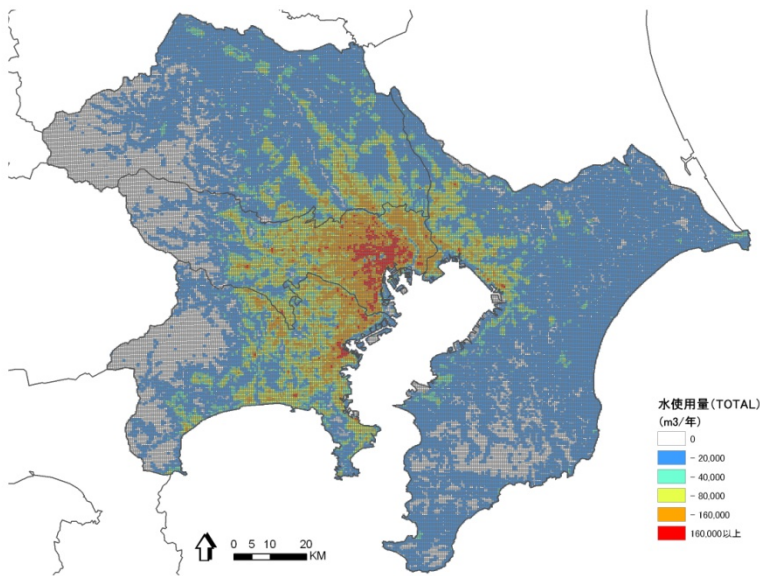


図 6. 水需要量密度

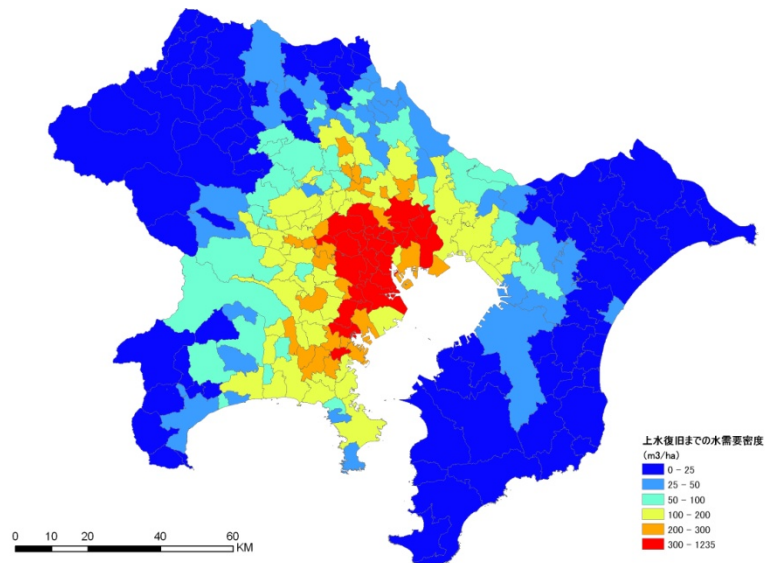


図 7. 上水道供給支障期間の水需要密度

病院施設は一般的に応急復旧対策の優先対象に位置付けられているため、予測結果より短時間で復旧すると考えられるが、分析の結果、上水用水槽の貯留水のみでの機能維持は、極めて困難なことが定量的に明らかになった。地方公共団体の庁舎施設でも同様の傾向が見られた。以上をふまえ、地方自治体や医療機関を対象とした「自律分散型拠点」の計画と手法に関する提案をまとめた。以下に、給水に関する提案概要を示す。

受水槽へ効率的な応急給水を受けるためにも、受水槽の拡充が求められる。また、断水・停電時にも利用可能な高置水槽は施設の自立性に寄与する。ただし、高置水槽については、旧式水槽の破損による溢水の危険性や、病院で採用されることの多い免震構造でのスロッシングの影響が指摘されており⁵⁾、タンクや配管の耐震対策も重要な課題である。受水槽から加圧給水する方式の場合は、停電に備えてポンプの電源確保が求められる。また、前述のとおり、井水、雨水、中水の利用は増えつつある。上水用の水槽に加え、雑用水槽、雨水貯留槽、貯湯槽、蓄熱槽、防火水槽等の貯留水活用や、周辺環境（河川水、海水の淡水化等）の活用も念頭に、災害時の応急給水計画を検討することは有用である。さらに、下水道復旧が上水道復旧より時間を要した場合、上水の使用が制限されるため、各種排水槽の容量や排水方式等を考慮し、節水に配慮する必要がある。

また、電気や熱に関しては、設備の整備に加え、燃料の備蓄や調達ルートの確保が求められる。近年、太陽光等の自然エネルギーを活用した発電・熱供給システムや、コージェネレーションシステムの導入が進んでおり、これらを非常時に運用できるよう準備することも有用である。蓄電・蓄熱技術と情報技術の進展を活かし、非常時にも自立運転可能な自律的なエネルギーシステムの構築が求められる。

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度は、平成19～22年度に把握した拠点の自律可能性の実態と、ライフライン施設被害と被害波及、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した。上水用水槽の貯留水で業務を継続できる期間は、配水管の応急復旧日数の予測結果より短く、井水利用や、雨水貯留槽、貯湯槽、蓄熱槽、防火水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検討する必要があることを示した。

これらをふまえ、地方自治体や医療機関を対象とした「自律分散型拠点」の計画と手法に関する提案をまとめた。さらに、重点的に対策すべきエリア、すなわち、分散型拠点構築の候補地を抽出するための基礎資料として、1都3県において需要量の密度マップを作成し、マッシュアップシステムへのデータ提供を行った。

(d) 引用文献

- 1) 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.
- 2) 永田茂, 丸山喜久, 庄司学: 首都直下地震における9都県市の上水道の被害と応急復旧日数の検討, 土木学会地震工学委員会「第3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講演集」, D-1, pp.73-79, 2011.

- 3) 稲垣景子, 佐土原聡: 首都圏における地域防災力向上のための自立分散型拠点構築に関する調査分析, 地域安全学会論文集, No.10, pp.11-19, 2008.
- 4) 稲垣景子, 佐土原聡: 災害時の自律性を確保する拠点区域選定のための地域分類－横浜市の公共的施設を対象とした調査分析－, 地域安全学会論文集, No.12, pp.21-30, 2010.
- 5) 佐藤栄児, 酒井久伸, 福山國夫: 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 75(650), pp.771-780, 2010.

(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
災害拠点病院における商用電源停電時の課題と対策－首都圏の計画停電をふまえて－（口頭）	稲垣景子, 佐土原聡	日本建築学会・シンポジウム「東日本大震災からの教訓、これからの新しい国づくり」	2012年3月	国内
災害拠点病院における計画停電の影響と対応（口頭）	稲垣景子, 佐土原聡	土木学会「第3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」	2011年12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
Improvement of Local Capability Under Lifeline Disruptions by Construction of Distributed Self-Sustaining Zone - Based on Research of Disaster Base Hospitals in Tokyo Capital Area	Keiko INAGAKI and Satoru SADOHARA	Journal of Disaster Research, Vol.7 No.2	2012年2月	国際
首都圏の災害拠点病院におけるエネルギー・給	稲垣景子, 藤田寛之, 岡西	日本建築学会大会 学術講演梗概集,	2011年8月	国内

水設備の現状調査	靖, 佐土原聡	D-1, pp.861-862		
横浜市における建物間熱融通のポテンシャル (既成市街地における建物間エネルギー融通システムに関する研究その7)	崔錦丹, 佐土原聡, 吉田聡, 緒方隆雄, 渡部洋介, 進士誉夫	日本建築学会大会 学術講演梗概集, D-1, pp.971-972	2011年8月	国内
建物間エネルギー融通の簡易評価シミュレーションモデルの改良 (既成市街地における建物間エネルギー融通システムに関する研究その6)	吉田聡, 崔錦丹, 佐土原聡, 緒方隆雄, 渡部洋介, 進士誉夫	日本建築学会大会 学術講演梗概集, D-1, pp.973-974	2011年8月	国内
太陽エネルギーを活用した建物間エネルギー融通に関する研究	白石ひろ子, 佐土原聡, 吉田聡, 工月良太, 市川徹, 崔錦丹	日本建築学会大会 学術講演梗概集, D-1, pp.977-978	2011年8月	国内

マスコミ等における報道・掲載

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

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし