

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 25 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24710183

研究課題名(和文) 災害・地球環境問題への総合対策としての地域エネルギー拠点計画手法の開発

研究課題名(英文) A Planning Method for the Development of a District Energy Base for Mitigating Disasters and Global Environmental Problems

研究代表者

稲垣 景子 (INAGAKI, KEIKO)

横浜国立大学・都市イノベーション研究院・特別研究教員

研究者番号：20303076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、災害対応と地球環境問題の解決に寄与する分散型の地域エネルギー拠点の計画手法を開発することを目的とし、各種統計データや建物現況等をGIS上で整理し、平常時の需要量の地理的分布を把握するとともに、重要施設におけるコージェネレーションシステム導入の可能性と効果を防災面と環境面から評価し、拠点適地の抽出手法と拠点構築の具体像を提示した。本研究の成果は、限られたエネルギー資源を無駄なく使い、災害時にも機能を維持できる都市・地域づくりに寄与すると考える。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to develop a planning method for a distributed district energy base to mitigate disasters and global environmental problems. In the study, we evaluated the possibility of a co-generation systems installation and its effects in important facilities, such as government buildings or hospitals, in terms of disaster and environmental management. A method for selecting suitable districts for the energy base was also proposed, which showed concrete examples of an energy base. The results of this study will make a considerable contribution to future urban and community planning and allow them to make good use of energy and maintain urban functions during disasters.

研究分野：都市防災

キーワード：減災 防災 エネルギー全般 建築環境・設備 都市計画・建築計画

1. 研究開始当初の背景

(1) 東日本大震災を契機に検討すべき地域エネルギーの課題

東日本大震災(2011年3月)を契機に、限られたエネルギー資源を無駄なく使い、災害時にも機能を維持できる都市・地域づくりが求められている。

これまで、需要家側のライフライン地震対策は、主に火災を防ぐため電気やガスを止めることと復旧までの非常用設備の整備であったが、東日本大震災では発電所が停止した結果、ライフラインの機能停止が広域に及び、需要家に節電対策が求められ都市機能が停滞した。この影響は長期間におよび、3日~数日程度の備蓄では対応できないことが判明した。東日本大震災以前から地域域型BCP(業務継続計画)としてDCP(地域継続計画)の概念も示されており、大規模な常用発電設備を有する六本木ヒルズ地区等もあるが、災害時に各地域で要求される機能をふまえた上で施設を計画する手法は確立していない。また、発電機や燃料を保有する施設が地域のライフスポットとなった例もあり、非常時に自立可能な拠点は地域社会に貢献している。

(2) 地球環境問題への対応(緩和策・適応策)としての地域エネルギー

気候変動対策としてCO<sub>2</sub>等の排出を抑制する「緩和策」と自然災害に対する「適応策」も求められている。再生可能・未利用エネルギーの活用は、広域供給網に依存せずオンサイトでのエネルギー生産・利用を目指すことにつながり、環境負荷低減(緩和策)だけでなく、広域供給網が寸断された時の地域の自立(適応策)にも役立つ。さらに、エネルギー消費の削減・制御は、CO<sub>2</sub>等排出量の抑制だけでなく、ライフライン施設規模の縮小、ひいては発電所事故のリスク低減につながるため、今後、重要な防災対策として位置付けられるものと考えられる。

(3) エネルギーシステムの分散化とスマート化

電力自由化に伴い各所で発電が行われ、電気自動車や大型蓄電池が実用化された結果、エネルギーシステムの小型分散化が進みつつあるが、これらを環境だけでなく防災(施設・地域の自立性)の視点から評価する手法は確立していない。

さらに、各地でスマートグリッドの実証実験が行われ、スマートメーターの設置が進められるなど、情報通信技術によるエネルギー需給制御が実運用され始めており、近い将来、詳細データに基づいて地域毎にエネルギー利用のあり方を検討できるようになると考えられる。

(4) 防災性能・環境性能を備えた地域エネルギー拠点の方向性

成熟社会を迎え、環境面・財政面等からストックの活用が求められるなか、拠点の構築と維持には、街区内で高性能な施設・設備を共有する仕組みが有用と考えられる。すでにエネルギー面的利用の実例もあり、省エネ・省CO<sub>2</sub>性だけでなく防災・減災性の向上にも貢献するとされる。ただし、省エネ面では定量的な計画・評価手法が確立されつつあるものの、防災面では未確立の状況にある。また、防災拠点に指定される公共施設は複数隣接するケースも多く、複数施設での設備共有は環境面・防災面の効果を生む可能性を有している。

2. 研究の目的

本研究では、地域のエネルギー利用に着目し、災害対応と地球環境問題の解決に寄与する分散型の地域エネルギー拠点の計画手法を開発する。エネルギーの分散化は、ライフライン途絶時には地域の機能維持に役立ち、平常時には省エネルギーに寄与し、再生可能・未利用エネルギーの適切な活用による負荷低減を可能にする。この様な地域エネルギー拠点の計画要件を、需要密度等の地域特性に基づき整理し、その要件を満たす地域を抽出する手法の開発および評価指標づくりを目指す。

3. 研究の方法

首都圏域の各種統計データや建物現況等をGIS上で地理空間情報として整理し、エネルギー消費原単位(表1)を用いて平常時の需要量の地理的分布状況を把握するとともに、官公庁施設や医療施設等の重要施設におけるガスコージェネレーションシステム(以下CGS)の導入を事例に、地域エネルギーシステム導入の可能性と効果を防災面と環境面から評価する手法を検討した。

また、東日本大震災における供給系ライフライン途絶時の建物機能や発電設備導入に係る実態調査を行った。あわせて、東日本大震災を契機に各地で導入が進められている地域エネルギーシステムの実態調査、再生可能エネルギー固定価格買取制度や電力小売り自由化に関する社会動向、電源・蓄電設備やエネルギー管理システムなどの技術開発状況、防災や建築等に関するルール規定等に関する調査を実施した。

表1. 建物用途別の年間エネルギー消費原単位

		住宅	医療	業務	商業	宿泊	娯楽	文化	教育
温熱	MJ/ 年m <sup>2</sup>	71	335	247	147	335	180	360	239
給湯		201	862	8	96	251	268	0	0
冷熱		75	515	553	523	419	293	180	92
電気	kWh/ 年m <sup>2</sup>	46	185	189	226	200	200	63	55

#### 4. 研究成果

本研究では、東京都および神奈川県を主な対象地としてスタディを実施し、防災性能と環境性能の観点から地域エネルギー拠点構築の効果と課題を整理し、拠点適地の抽出手法と拠点構築の具体像を提示する。

CGS導入対象の官公庁施設、医療施設、本社では、平常時は導入施設の全ての電熱需要をCGSで賄い、余剰排熱を周辺施設へ供給することも検討した。駅構内は熱需要量が少ないため、駅の全電力をCGSで賄い、熱は全て周辺施設へ供給する設定とした。本研究では、設備の導入・維持管理には平常時の効果の確保が重要であるとの観点から、兼用CGS導入による省エネルギー・省CO<sub>2</sub>効果を確保した上で、災害対応に貢献できる可能性を確認した。また、持続可能な拠点整備を目指し、既存の重要施設への設備導入や更新を前提とした。

東京都を対象としたスタディでは、災害時に自立的に機能することが求められ、平常時の環境性能も向上する可能性を有する地域エネルギー拠点の候補地として、多様な施設が混在する地域と病院を中心とする15地区が抽出された(図1)。東京都全域の建物と駅に対するエネルギー削減率は6.36%、CO<sub>2</sub>排出量の削減率は4.26%と試算された。災害発生後の緊急対応期に機能維持が求められる施設で電気・熱を確保するとともに、平常時の省エネ性向上を見込み、発電設備が持続的に運用されるための経済性も確保できる可能性が示唆された。また、重要建物と駅周辺で非常時にもエネルギー供給が継続され、帰宅困難者・滞留者問題の緩和にも寄与すると考えられる。一方、ガス導管や製造施設の被災、二次災害防止の供給遮断等によりエネルギー供給源を断たれる可能性もあり、地盤条件等を考慮しガス供給網を耐震化するとともに、供給停止に備えた予備燃料の備蓄と燃料調達方式等を検討する必要がある。あわせて、電力供給網の耐震化・応急対策が講じられ、供給信頼性が総合的に高まることが望まれる。

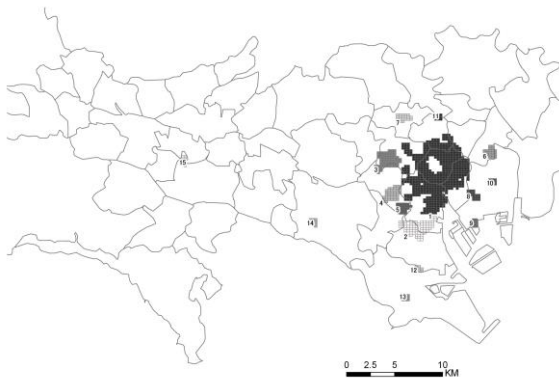


図1. 拠点候補地区 (東京都)

さらに、神奈川県において災害時にも機能継続が望まれる「官公庁施設」「医療施設」と、避難所としての機能継続が期待される「教育施設」「福祉施設」の4用途を対象にスタディを実施した。ここでは、①災害時にも機能継続が望まれる重要施設にCGSを導入し排熱を面的利用することで環境負荷低減効果も得られる可能性が高い5地区、②環境負荷低減は期待しにくい19地区、③重要施設はないものの宿泊施設や商業施設など公共性の高い施設を核に環境負荷低減効果が見込める19地区を抽出し(図2)、環境性、防災性に経済性も加え総合評価した。

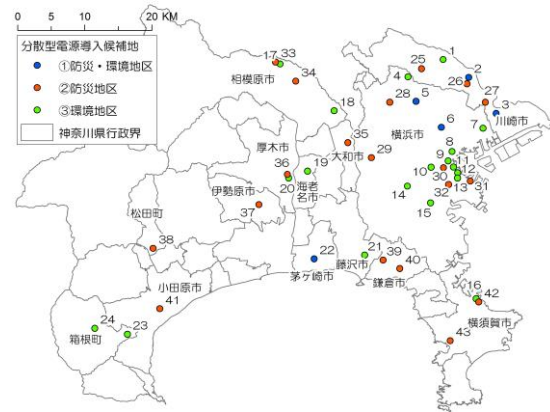


図2. 拠点候補地区 (神奈川県)

以上のスタディを通して、防災性能と環境性能の観点から地域エネルギー拠点を構築できる可能性を示唆するとともに、その効果と課題を整理し、拠点適地の抽出手法と拠点構築の具体像を提示した。

また、需要家側のエネルギー設備データを分析し、重要施設における分散型電源導入の妥当性を確認した。特に、拠点の中核となりうる病院における停電対応の実態と課題を整理し、非常用設備の整備と運用面での工夫の重要性を示した。主な知見を以下に挙げる。

- 停電中に機器を使わず、診療・手術・検査などを休止した。停電後も(計画停電では停電前も)機器を使うことができないため影響は長期に及ぶ。非常用回路につなぐ機器の選定や、発電容量増設や無停電電源装置の設置などが必要である。
- 発電機への切替え・復電時にエレベーターが停止し搬送に支障が生じた。すぐに点検・復旧できる体制(契約)が求められる。
- 燃料業者や、機器・設備の点検業者等に電話が通じなかったことも、病院の機能継続に影響を及ぼした。通信系ライフラインの支障が、停電対応にも影響したと言える。
- 発電機の燃料調達に苦労した。設備整備と併せて燃料の備蓄と調達・融通の仕組みを構築する必要がある。

さらに、ライフライン途絶が避難行動に与える影響を定量的に確認し、生活支障と避難行動との因果関係をモデル化した。今後モデルの精緻化と一般化により、施設利用者の許容レベルに応じた自立方策提示につながる可能性がある。

本研究の成果は、限られたエネルギー資源を無駄なく使い、災害時にも機能を維持できる都市・地域づくりに寄与すると考える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- 1) 稲垣景子、佐土原聡：首都圏における災害拠点病院の発電設備の実態と停電時の対応に関する調査、日本建築学会技術報告集、21(49)、pp. 1153-1156、2015.10  
【査読付論文】
- 2) 稲垣景子、佐土原聡：都市域における防災・環境面からみた分散型エネルギー拠点構築ポテンシャル評価、日本建築学会技術報告集、21(47)、pp. 205-208、2015.2  
【査読付論文】
- 3) 稲垣景子、佐土原聡：東日本大震災における停電時の生活行動に関する調査研究、電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)、Vol.134、No.3、pp. 398-403、2014.3【査読付論文】
- 4) 崔、佐土原聡、吉田聡、稲垣景子：東京都における自立分散型電源の導入拠点の構築に関する研究－官公庁施設と厚生医療施設を対象としたCGSの導入－、地域安全学会論文集、No.19、pp. 39-50、2013.3【査読付論文】
- 5) 稲垣景子、佐土原聡：家庭用発電設備の導入に係る住民意識調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、pp. 697-698、2013.8【査読なし】
- 6) 稲垣景子、佐土原聡：ライフライン途絶が生活行動に与える影響調査－東日本大震災を対象として－、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、pp. 917-918、2012.9【査読なし】

〔学会発表〕(計3件)

- 1) 稲垣景子、陳麗斯、佐土原聡：都市域における自立分散型電源の導入ポテンシャル評価、電気学会電子・情報・システム部門大会(電気学会C部門大会)、2013.9
- 2) Keiko INAGAKI, Satoru SADOHARA: A study on self-sufficient buildings against disaster: Survey of hospital facilities in Japan, 15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE), 2012.9
- 3) 稲垣景子、佐土原聡：停電時の生活行動に関する住民意識調査－東日本大震災

を対象として－、電気学会電子・情報・システム部門大会(電気学会C部門大会)、2012.9

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲垣 景子 (INAGAKI KEIKO)

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院・特別研究教員

研究者番号：20303076