

水環境・大気環境に関する研究

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 教授 石塚 正秀

連絡先 ishizuka.masahide@kagawa-u.ac.jp



私の研究室では、水や大気に含まれるさまざまな物質とその動態に着目して研究を行っています。

水環境に関しては、瀬戸内海に流れ込む河川水に含まれる窒素・リン・ケイ素などの栄養塩、植物プランクトン、濁りの元となる土砂、マイクロプラスチックを対象としています。また、GIS（地理情報システム）を使って、水ストレスや水環境ストレスに関する研究も行っています。同時に、雨が降った後の水の動き（洪水、氾濫）の解析も数値シミュレーションモデルを用いて行っています。

大気環境に関しては、モンゴルのゴビ砂漠から発生する黄砂や PM_{2.5} などの大気浮遊物質、森林から放出されるキノコ孢子などのバイオエアロゾルや孢子に含まれる放射性セシウムを対象としています。これらの物質は、生態系や気候、人の健康などの公衆衛生に影響するため、どれだけの量がいつどのように発生し、移動するのかを明らかにすることが重要です。

水や大気中を移動する物質は、自然に発生するものもありますが、人が原因で発生するものもあります。また、降水や風、砂漠の土壌などの自然物も、社会活動に伴う地球温暖化による地球環境の変化といった人為的な要因による影響を受けています。つまり、水・大気環境の研究は、自然科学的要素と社会科学要素の両面を有しています。

環境の研究は、方程式を解いて唯一つの解が得られるというものではありません。その時その瞬間に生じている現象は二度と再現することはできません。だからこそ、現地データを計測することがとても重要になります。さらに、環境に関するビックデータを利用して、多角的に現象をみる目も重要です。分からない現象に対して、なぜそうなっているのだろうかと考えを巡らすことが、難しいところでもあり、楽しみ・醍醐味でもあります。

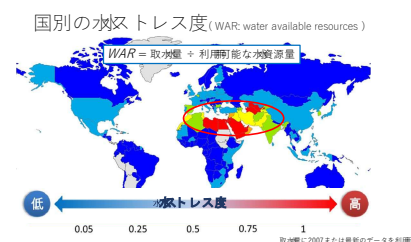
環境問題への対策は、後手に回ることが多くあります。しかし、そうならないためにも、今、何が起きているのかを理解し、そして、将来起こりうるリスクと持続性を考えて、今、何をすればよいのかについて、学生と一緒に考えながら、研究を行っていきたいと考えています。



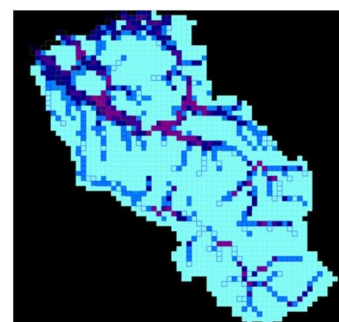
筑波実験植物園におけるキノコ孢子の野外計測



高松市を流れる河川におけるマイクロプラスチック調査



世界における国別の水ストレス度



河川の氾濫解析シミュレーション



モンゴルゴビ砂漠における黄砂と気象の観測

ため池の空き容量を活用した流出低減効果の検討

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 教授 角道 弘文

連絡先 kakudo@eng.kagawa-u.ac.jp



1. はじめに

2018 年 7 月の西日本豪雨では西日本を中心に甚大な被害が発生するなど、生命や財産を脅かすような深刻な水被害が各地で多発している。豪雨対策として、河川と流域の両面から水害の軽減・防止を図る総合的な治水対策の必要性が指摘されており、ため池の空き容量を活用した治水対策が期待されている。本研究では、T 池（高松市、貯水容量 176 万 m^3 ）を対象に、必要な農業用水の確保を前提とした空き容量を設定し、その空き容量を保持するための運用ラインを考案した。過去のデータをもとに運用シミュレーションを行い、本方式による流出低減効果について検証した。

2. 研究方法

2-1 データ

貯水池の水収支計算に必要なデータは貯水量 $V(t)$ 、流入量 $Q_{in}(t)$ 、配水量 $Q_{re}(t)$ である。自己集水域からの流入量の推定は日降水量データより 2 段タンクモデルで行った。タンクモデルに必要な蒸発散量はソーンスウェイト法により推定した。配水量の推定は土地改良区の配水計画表、日降水量をもとに行った。計算対象年は、異常渇水年であった 1994 年、県下に豪雨被害をもたらした 2004 年、2018 年を含む 1985～2018 年とした。

2-2 空き容量の設定

計算対象年の要貯水量を日単位で求めた。要貯水量とは、当該日より灌漑期末日まで過不足なく配水を行える貯水量を指す。求められた各年の要貯水量の日別の最大値を抽出し、それらを近似して得られた直線を運用ラインとした（Fig-1）。運用ラインより上方が出水時の流出を調整する空き容量となる。

2-3 シミュレーションケース

運用ラインに基づく管理（ケース A）の有効性を検証するため、実管理に準拠した管理（ケース R）との比較を行った。運用ラインに沿った管理を行うため、ケース A では無降雨日にユル（取水施設）の施設容量を上限とした調整放流を行う操作条件とした。

3. 研究結果

ケース A では、本来なら水位が高く保たれている灌漑期上旬に発生した 2018 年の西日本豪雨でも、空き容量を活用して流入量の

100%を調整することができることが分かった（Fig-1）。また、灌漑期間中に日降水量 27.5mm 以上となった日（218 日）を対象に、各ケースにおける流出調整割合の相対頻度をみると、ケース A では、対象流出のすべてが空き容量によって補足されることが分かった（Fig-2）。



Fig-1 シミュレーション結果（2018 年）

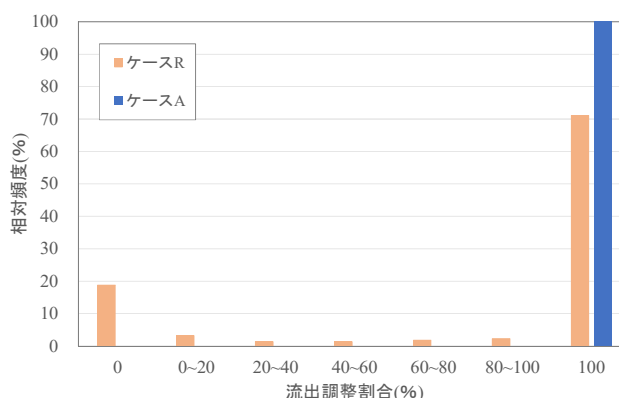


Fig-2 流出調整割合の比較

水産資源生産力および水圏環境改善システムの開発

香川大学創造工学部 環境デザイン工学領域 教授 末永 慶寛

連絡先 suenaga@eng.kagawa-u.ac.jp



1. 研究の目的

これまで困難とされていた、従来の魚礁構造物には無い流動制御機能を持つ水産資源増殖構造物を開発すると共に、産業副産物のリサイクルによる多孔質構造を持つ生物親和性の高い基質を対象海域に設置し、海水の流動環境制御、底質環境改善、餌料環境改善および藻場造成技術を開発することにより、人工種苗放流海域における稚魚の育成環境を整え、放流後の水産資源への添加率向上を目指す。

2. 研究の概要

自然エネルギー（潮流）の流動制御機能の定量化

流動制御機能により発生した渦は、従来の直立壁構造物では、構造物高さの約 10 倍程度後方まで確認されているが、本構造物では、**高さの約 20 倍程度**後方まで発生可能となる。これは、本構造物(図 1)の形状特性により、下流側へ形成される渦の軸方向と流れの主流方向が平行な位置関係になり、3 次元的に影響範囲を広げる。構造物により制御された流動場は、湧昇流の発生に伴い、底層の高濃度の栄養塩を上層に巻き上げ植物プランクトンから小型魚類に渡る**食物連鎖を活性化**させる。同時に、稚魚の好適な餌場、隠れ場を提供すると共に(図 2)、海水の鉛直混合も促進され底層に酸素を供給し、半閉鎖性の内湾域で頻発する**貧酸素化も抑制**する。これにより、従来の人工魚礁では困難であった**水質・底質環境の改善機能**も現地観測により実証した(図 3)。



図 1 構造物形状



図 2 放流稚魚の保護・育成機能

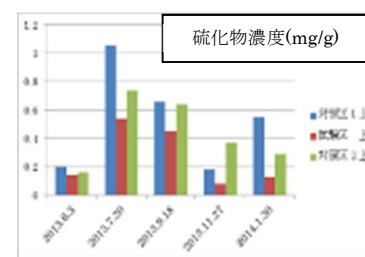


図 3 底質改善機能の検証

3. 成果の活用

- ・流動制御機能により、目詰まりの抑制、既存基質の数倍～数十倍の餌料増殖機能を持つ。
- ・単体ブロック設置工事に比べ作業効率が高く、工期を 1/3 以上短縮させ、経済性を実証。
- ・鉛直混合促進に伴う水質・底質改善を実現。河川、湖沼等の他水域にも適用可能。
- ・構造物上に浮泥が溜まりにくく海藻胞子の着生を促進し、良好な生物保護育成場を提供。
- ・産業副産物の有効利用によるCO₂排出抑制、窒素除去等の環境負荷低減効果が高い。
- ・水産のみならず、建設業、二次製品製造業、鉄鋼業、コンサルタント業等への業務拡大。
- ・水産資源生産力向上、安定した漁業生産による漁業振興への貢献大。

4. 関連する事業採用実績、受賞歴、特許、等

- ・農林水産省、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業に採択(H24-H26 年度)
- ・実用化に伴い、瀬戸内海、日本海、大阪湾等における水産基盤整備事業等で採用
- ・文部科学大臣表彰科学技術賞（技術部門：H19、開発部門：H29、理解増進部門：H31）受賞
- ・PACON International, Service Award (2008), Ocean Service Award (2014) 受賞
- ・発明の名称：浮体動揺抑制装置および生簀、末永慶寛，他 12 名，特許第 6156906 号，2017。
- ・発明の名称：人工魚礁，末永慶寛，他 4 名，特許第 5704558 号，2015。
- ・発明の名称：機能性多孔質体，末永慶寛，他 3 名，特許第 5754045 号，2015。

近世城郭石垣の力学的安定性の解明

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 教授 山中 稔

連絡先 yamanaka.minoru@kagawa-u.ac.jp



1. 研究の背景と目的

戦国時代から江戸時代初期にかけて全国各地に築造された近世城郭石垣は、老朽化の進展と近年の自然災害の多発により、崩壊事例が多発している。2018年7月と9月の豪雨により丸亀城南西部の石垣が大きく崩壊したことは記憶に新しく、現在、石垣修復工事が現在急ピッチで進められている。

文化財石垣の修復工事では、その価値である「歴史の証拠」の保全を前提としつつ、もう一方の価値である「安定した構造体」としての性質を保持し、双方をいかに統一的に伝承するのが技術的課題となっている。城郭石垣に代表される文化財石垣の修復工事では、「安定した構造体」を後世に継承するためには、文化財保護の観点から原型復旧すべきとする意見と、安全性確保のためは現代工法の導入やむなしとする意見との、相反する意見の狭間で具体的修理方法が模索されている。

現代工法であるアンカー工や地盤改良工等の適用を避けた上で力学的安定性を確保するためには、その前提条件となる伝統工法で構築された石垣の力学的安定性を定量的に評価する必要がある。すなわち、石垣の修理方法を決定するためには、まずは、石垣が有するせん断抵抗力や背面盛土からの主働土圧への抵抗力を評価する必要がある。

本研究では、2018年7月と9月の豪雨による丸亀城石垣の崩壊事例をもとに、これまで明らかにされていなかった城郭石垣が有するせん断抵抗力および土圧抵抗力を、FEM解析により解明するものである。この解明によって、丸亀城石垣の豪雨による崩壊メカニズムがより確証できるとともに、石垣構造物としての各部位が有する力学的安定効果を定量化でき、さらには石垣復旧工事における石垣石や裏込め栗石層の構築方法への的確な情報提供が可能となる。

2. 数値解析による城郭石垣の力学的安定性評価

丸亀城南西部の地質断面図を参考に FEM 解析モデル作成した。自重による石垣変形挙動について検討するため、強度減少法を用いた斜面安定解析を行った。強度減少法は斜面の破壊条件を扱うため非線形弾塑性解析であり、構成則はモール・クーロン式である。FEM 解析に用いる物性値（石垣の変形係数 E 、栗石・間詰部の変形係数 E 、粘着力 c 等）について、既往研究を参考にある幅を持って設定し、実際の変形崩壊事例と照合することで妥当な値について検討した。

解析結果の一例として、変位ベクトル図を図-2 に示す。背面盛土の変位ベクトルは小さいが、石垣の下部が大きくはらみ出す形状となっている。栗石の粘着力が小さい場合では、石垣が全体にたわんで背面からの力を受け止めるように変形し、栗石層の粘着力が高い場合には、石垣と盛土が前方へ押し出されるように変形することが明らかとなった。

現在、解析モデルや入力値を変化させ実際の変形挙動と対比させるとともに、地下水位と変形量との関係について検討しているところである。

3. 貴重な文化財である城郭石垣の保全と復旧に向けて

文化財石垣の修復においては、石垣の本質的価値を後世に伝えるために、伝統工法を基本に考え、現代工法の適用は控えなければならない。土木工学、地盤工学の研究者に課せられた役割は大きい。

本研究の成果は、丸亀城石垣だけでなく我が国の近世城郭の石垣安定性評価手法として活用が可能で、社会的有用性の高い解析手法となり得ると考えている。

丸亀城石垣の修復においては、地元大学の研究者として積極的にかかわっていきたい。

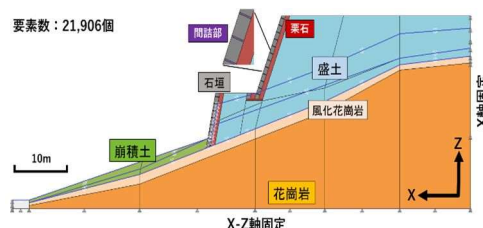


図-1 FEM 解析モデル図

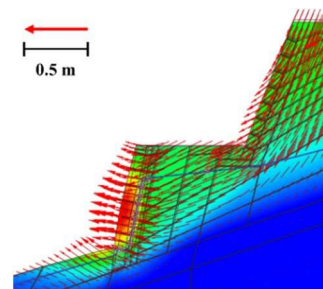


図-2 変位ベクトル図



丸亀城石垣修復現場の前で研究室学生と

魚骨由来の吸着材による重金属や放射性物質の吸着に関する研究

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 教授 吉田 秀典

連絡先 yoshida@eng.kagawa-u.ac.jp



(1) 研究背景

近年、豊洲の土壌汚染など、重金属による環境汚染が問題になっている。重金属による環境汚染は人体に対して非常に有害である。例えば、ヒ素は気管支炎や肝臓癌、六価クロムは皮膚癌や肺癌、水銀は腎障害などを引き起こす。このような重金属を環境中から取り除くことが急務である。また、2011年の東京電力福島第一発電所のインシデントにおいては、多くの放射性物質が広い範囲にわたって拡散し、依然として除染されていない森林等が広範囲に存在する他、除染された汚染土壌についても、依然として減容化が進んでいない。こうした課題の解決に向け、再資源材料である魚骨由来の吸着材（Fishbone Absorber、以降 FbA と称する）に関して、重金属や放射性物質の吸着特性について検討を行っている。

(2) FbA について

本研究で用いる吸着材 FbA は魚骨の焼成によって作られ、リン酸カルシウムの一種である（右写真参照）。漁業などで廃棄処分される魚骨を再利用したもので、製造においては煮沸、焼成など、単純な作業工程より製作され、安価で大量生産が見込める。さらに、人工骨や人工歯根など医療面で用いられていることから、環境面においても安全性は高い。



(3) 研究目的

本研究では、土壌や地下水を汚染している重金属や放射性物質の除去を念頭に置いた上で、その基本的な吸着性能を把握することを主目的としている。

(4) 実験・分析手法

1. 円筒容器に蒸留水 300mL を投入する。
2. カドミウム、亜鉛、鉛、ニッケル、マンガン、鉄、塩化水銀（Ⅱ）、ニクロム酸カリウム硝酸溶液、および三酸二ヒ素・塩化ナトリウム・塩酸酸性溶液をそれぞれ 10mL、また、塩化セシウム水溶液、炭酸ストロンチウム硝酸溶液を 5mL 添加する。試料は別々の容器に添加して、別々に実験を行う。
3. 市販の水切りネットに FbA10 欠片（約 6.0g）を投入し、一定期間（7 日間）浸漬させる。
4. 浸漬後、容器から FbA を取り出し、溶液を ICP-AES（Cs のみ AAS）を用いて分析する。

(5) 実験結果

実験では、浸漬を始めて 7 日後の蒸留水に含まれるイオンの残存濃度（図 1）、pH（図 2）について分析を行った。試験結果は残存率にて示す。FbA による吸着効果を明確にするために、FbA を用いていない供試体（None）を比較材料として用意し、同条件にて実験を行った。図 1 より、None では、ほとんど全てのイオンが残留したが、FbA を用いた場合、残存率が減少していることが分かる。特に、Cd、Pb、Zn、Fe、Sr に関しては、ほとんど全てを吸着している。次に、図 2 より、FbA を用いると全ての供試体で pH が酸性からアルカリ性へと変化していることが分かる。これは FbA に多く含まれる Ca と交換が行われているためと考えられ、最適な吸着には pH の調節等も考える必要があろう。

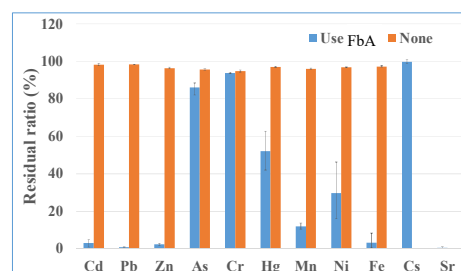


図 1 各イオンの残存率

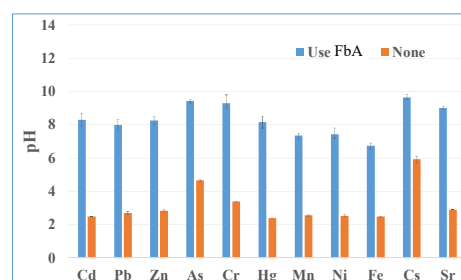


図 2 各検液の試験後の pH



1. 研究の目的と研究方法（図1、表1）

本研究では東日本大震災の被災地の一つである岩手県大船渡市のJ、Kの2つの防災集団移転地（以下、J高台、K高台）を調査対象とする。「元の地区に近接しており、元のコミュニティもまとまって移転した場合」に該当し地域コミュニティの継続性が高いK高台と、「元の地区とは離れてしまい、出身地区が異なる住民が混在している場合」に該当し地域コミュニティの継続性が低いJ高台を対象として取り上げて、仮設住宅から防災集団移転地への移転の際のコミュニティの継続性の違いが高齢者の交流関係にどのような影響を与えたのか、そして高齢者の孤立化を防ぐためにどのような支援が求められているのかを明らかにする。大船渡市のJ・K高台住宅の住民を対象にアンケート調査、J仮設10名、K仮設17名にインタビューを実施した。

2. 高齢者サポート拠点利用の有無（表1）

J高台の高齢者は16kmほど離れたS地区に位置するS高齢者サポート拠点を利用しているが、K高台の高齢者は利用していない。

3. 高台住宅内の友人の有無（図2）

「友人」と呼べる人の有無を尋ねたところ、J高台では男女ともに「いる」と回答した人がいなかったのに対し、K高台では反対に男女問わずすべてが「いる」と回答した。

4. 高台の生活への満足度と交流関係への不満（図3、表2）

K高台では高齢者も含めてすべての人が「暮らしやすい」「まあまあ暮らしやすい」と答えたのに対し、J高台におけるその割合は男性で63%、女性では25%であった。どのような点で暮らしにくいと思うかを聞いたところ、表2に示されるように移転により友人と離れてしまったことや、集会所や公民館などの交流スペースがないこと、日常的に頼れる人がいないことなどが特に高齢者を中心に多く挙げられた。

5. 結論

このような交流関係に関する不安や不満は、公民館や集会所がなく、地域活動も乏しく、日常的な交流関係も希薄なJ高台の高齢者にとって深刻な問題となっている。防災集団移転地において

も、高齢者サポート拠点や支援員制度など仮設住宅時代の高齢者支援の社会的資源を有効に活用して、積極的な高齢者支援を行うことが必要になると考えられる。

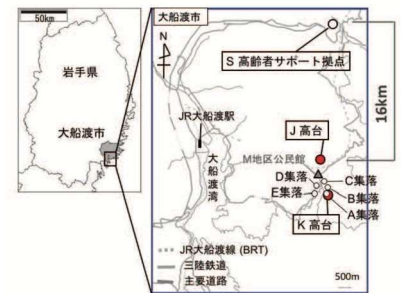


図1. 調査対象の各高台住宅の位置

表1. 調査対象の各高台住宅の概要

地区	R地区	
対象高台	J高台	K高台
配置図		
世帯数	23戸	12戸
入居	2015年3月	2015年2月
公民館	なし	あり（高台住宅内）
自治会	なし	あり（以前の自治会を継続）
入居者の出身 集落別世帯数	B(5戸)、C(2戸)、 D(5戸)、E(11戸)	A(12戸)
現在のコミュニティの状態	仮設住宅からの知り合いはいるが、各戸の住宅を抽選で決めたため隣は知らない人も多く、隣近所での交流はあまりできていない。	仮設住宅からの知り合いが多く、近隣の住民同士での交流も活発である。
高齢者サポート拠点の利用	一部の住民の利用あり	なし

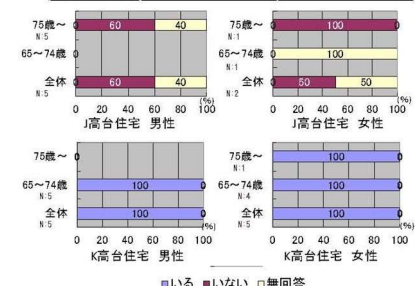


図2. 高台住宅内の友人の有無

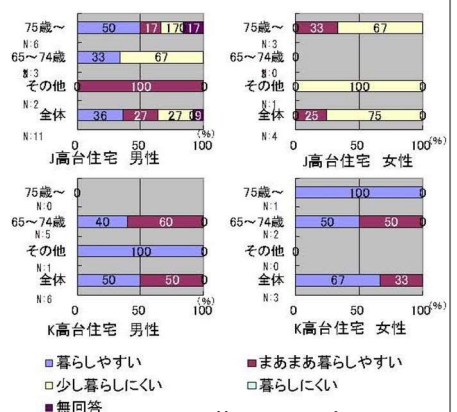


図3. 暮らしやすいか

表2. 暮らしにくい理由

・友人が近くにいない
・仮設住宅時代の友人が同じ高台住宅にいない
・日常のちょっとした手伝い（電球交換や荷下しなど）を頼める人がいない
・緊急時に助けを呼べる人がいない

（順不同、複数回答あり）

四国地方における南海トラフ地震発生後の木造建物の被害推定に関する研究

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 准教授 宮本 慎宏

連絡先 miyamoto.mitsuhiro@kagawa-u.ac.jp

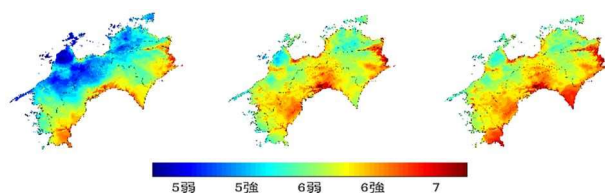


1. はじめに

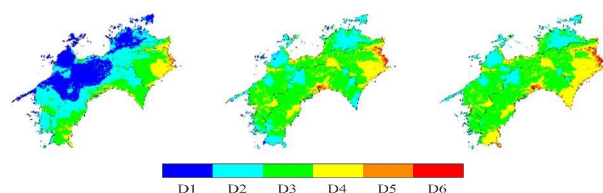
南海トラフ地震は今後 30 年以内に高確率で発生することが予想され、地震発生後の一般的な木造建物の被害を推定することで、四国地域全体の被害をおおよそ把握することができる。木造建物の耐震性を評価する指標の一つとして耐震評点がある。耐震評点は外力に対する保有耐力の安全率に相当し、比較的入手が容易である。そこで本研究では、耐震評点の分布を基に、地域性を反映した損傷度関数を推定し、南海トラフ地震を想定した四国地方の木造建物の被害推定を目的とする。

2. 四国地方の木造建物の被害推定

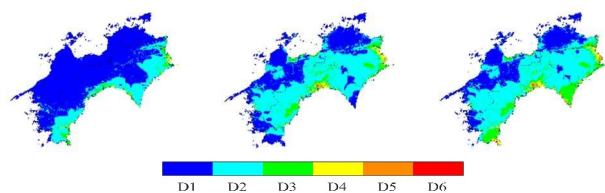
内閣府により公表されている想定震度のうち、基本ケース、陸側ケース、最大クラスの想定震度（図 1）と四国四県の損傷度関数を用いて被害推定を行った。損傷度関数を用いた被害推定（図 2~4）では、耐震評点 I_w が小さいと香川県、高知県の損傷度が相対的に小さく、耐震評点 I_w が大きいと愛媛県、徳島県の損傷度が相対的に小さくなった。各県庁所在地での被害推定（図 5~7）および評点分布より、松山市は $I_w=0.5$ 以上(65%)、高松市は $I_w=0.4$ 以上(72%)、高知市（中部を除く）は $I_w=1.4$ 以上(8%)、徳島市は $I_w=1.0$ 以上(18%)の建物が全壊の危険性が低く、耐震性が確保されている。一方、高知市中部では $I_w=1.0$ 以上でも、半壊以上の被害が推定されたため、耐震補強によるハード対策以外にソフト対策も重要になる。また、上記の耐震性が確保された建物以外は耐震補強が必要であり、松山市は 35%、高松市は 28%、高知市は 92%、徳島市は 82%の建物が該当する。



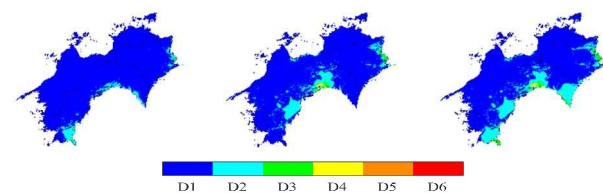
(a) 基本ケース (b) 陸側ケース (c) 最大クラス
図 1 南海トラフ地震の想定震度分布



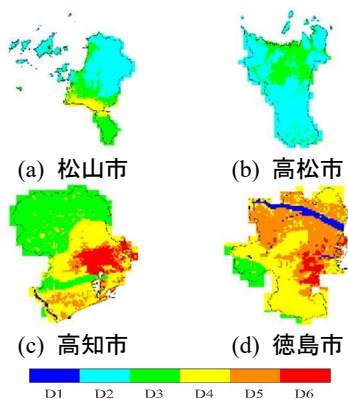
(a) 基本ケース (b) 陸側ケース (c) 最大クラス
図 2 損傷度マップ ($I_w=0.4$)



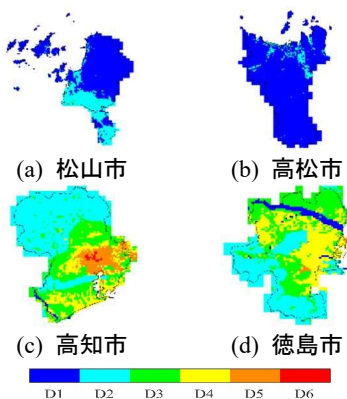
(a) 基本ケース (b) 陸側ケース (c) 最大クラス
図 3 損傷度マップ ($I_w=0.7$)



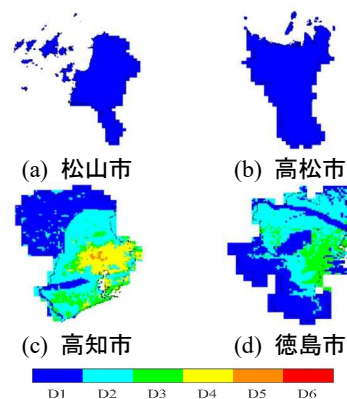
(a) 基本ケース (b) 陸側ケース (c) 最大クラス
図 4 損傷度マップ ($I_w=1.0$)



(a) 松山市 (b) 高松市 (c) 高知市 (d) 徳島市
図 5 最大クラスの損傷度マップ ($I_w=0.4$)



(a) 松山市 (b) 高松市 (c) 高知市 (d) 徳島市
図 6 最大クラスの損傷度マップ ($I_w=0.7$)



(a) 松山市 (b) 高松市 (c) 高知市 (d) 徳島市
図 7 最大クラスの損傷度マップ ($I_w=1.0$)

礫材と高分子補強材を用いた新たな土中抵抗部材の提案

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 講師 荒木 裕行



1. 研究背景

地下に埋設された上水道管等の圧力管の屈曲部には、スラスト力と呼ばれる不平均力が作用します。スラスト力は平常時には周囲の地盤で抵抗されていますが、地震時に地盤が液状化すると地盤の抵抗力は極端に低下するため、管の変位や破損が生じます。スラスト力に対する抵抗力を増す対策としては屈曲部にコンクリートブロックを打設する手法が一般的です。コンクリートブロックは平常時の抵抗を増す効果はあるものの、地盤が液状化した時に抵抗を増す効果はなく、逆に屈曲部に大きな慣性力を生じさせて管を離脱させる一因となる可能性もあります。

2. 提案手法

コンクリートブロックに代わる対策として、礫材を高分子補強材で拘束した構造の土中抵抗部材(蛇籠型受圧体)を用いる手法を提案しています。蛇籠型受圧体を屈曲部の外側地盤に埋設してスラスト力に抵抗するもので、以下のメリットが期待できます。

- ・ 礫材：液状化の抑制・液状化からの回復促進により有効応力を残存させ、抵抗力を確保。
- ・ 礫材を拘束：部材としての強度・剛性を向上。
- ・ 地盤に埋設：打設・養生が不要で工期を短縮。埋設管と剛接しないため、管に作用する慣性力を増大させない。

3. 実験による対策効果の確認

対策効果の確認のため模型実験を実施しました。地盤の過剰間隙水圧比を静的に上げて平常時～液状化を再現し、埋設管模型にスラスト力を載荷した際の埋設管の水平変位と地盤の変形を計測しました。

- ・ 無対策(Case N1)では、過剰間隙水圧比がわずかに高まると埋設管が急激に不安定になった。
- ・ 蛇籠型受圧体を設置したケース(Case A3～C1)では、液状化の程度が高まった状態下での埋設管の変位はいずれのケースでも無対策よりも小さく、変位抑制効果があることが認められる。
- ・ 蛇籠型受圧体の幅を拡大すると、蛇籠の回転挙動と曲げ変形が抑制され、埋設管の安定性が高まる。

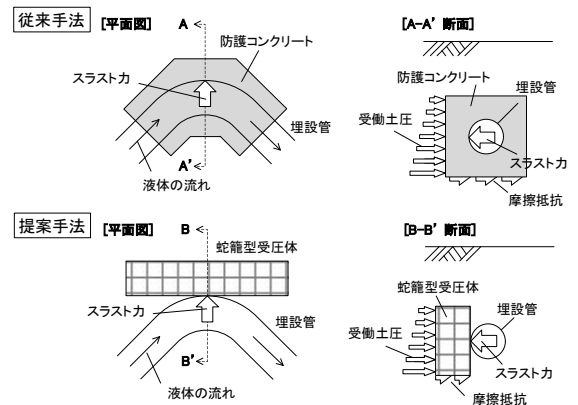


図1 スラスト力防護対策の模式図(従来手法と提案手法)

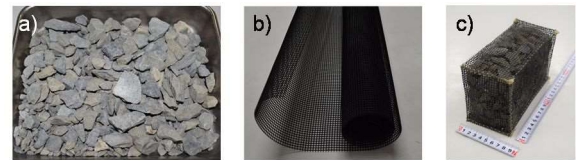


図2 a)中詰材の礫, b)高分子補強材(ジオグリッド), c)蛇籠型受圧体模型

表-1 実験条件

	Geogrid gion model	
	W [mm]	Layout
Case N1	None	
Case A3	25 (0.5D)	
Case B5	50 (1.0D)	
Case C1	75 (1.5D)	

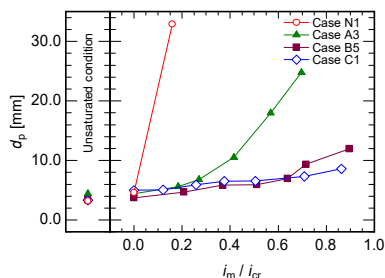


図3 過剰間隙水圧比(i_m/i_{cr})と管の変位(d_p)

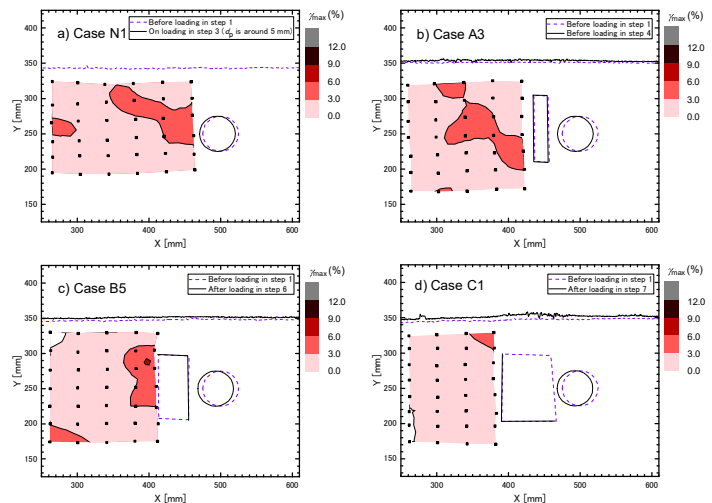


図4 管の変位が同程度の時の地盤のせん断ひずみ分布

Publication: Araki H. & Hirakawa D.: Effects of thrust protecting method for buried pipe using geogrid gion of different sizes, *International Journal of GEOMATE*, 16(58), pp.62-68, 2019.

地球温暖化に向けた適応策と緩和策

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 講師 玉置 哲也

連絡先 tamaki.tetsuya@kagawa-u.ac.jp



（１）適応策と緩和策とは

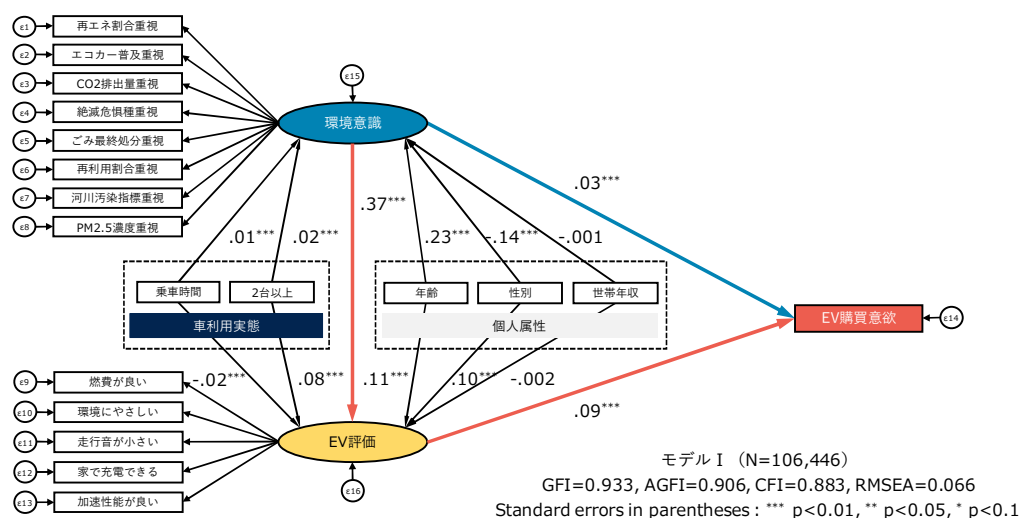
地球温暖化によってもたらされる影響は多岐に渡る．例えば，集中豪雨などの自然災害による被害の甚大化や自然環境の変化に伴う食糧問題，また，デング熱などの熱帯地方の疫病の拡大リスクの増加などが挙げられるが，どれも我々の生活に多大な影響をもたらす可能性を含んでいる．国を挙げて地球温暖化対策に取り組むことが不可欠であり，これらの対策は大きく 2 つに分けることができる．温室効果ガスなどの温暖化の原因とされる要因を取り除くような対策を**緩和策**と言い，再生可能エネルギーの開発などが挙げられる．一方で，温暖化による影響の軽減や防止策，さらには変動した気候条件を利用する対策のことを**適応策**と言い，具体的には自然災害対策の堤防の構築などが挙げられる．

（２）温暖化問題に対する理論研究

適応策や緩和策に対する投資はそれぞれの地域の経済状況に大きく依存する．また，それだけではなく，被害の想定の方針により大きく変化する可能性がある．Nozawa, Tamaki and Managi (2018)では，想定する関数の違いによって適応策を重視すべき場合と軽減策を重視すべき場合の両パターンが生じてしまう可能性について明らかにした．また，Tamaki, Nozawa and Managi (2017)では，最適経済成長モデルを用いて，生態系への負荷がかかる技術の利用について言及している．2 度目標や 1.5 度目標などの厳しい目標を達成するためには，生態系の価値評価の程度にかかわらずそれらの技術を利用し，目標を達成することが正当化される場合があることを示している．

（３）日本国内における緩和策

日本の CO2 排出量のうち運輸部門からの排出量は約 19%であり，そのうち自動車からの排出は運輸部門の 9 割近くを占めている．電気自動車などの次世代自動車の普及による CO2 削減効果には多くの期待が寄せられている．この研究では，個人の環境意識や電気自動車の評価が購買意欲や満足度にどのような影響をもたらすか分析している．



緑化法面の植生の変遷に関する研究

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 助教 小宅 由似

連絡先 oyake.yui@kagawa-u.ac.jp



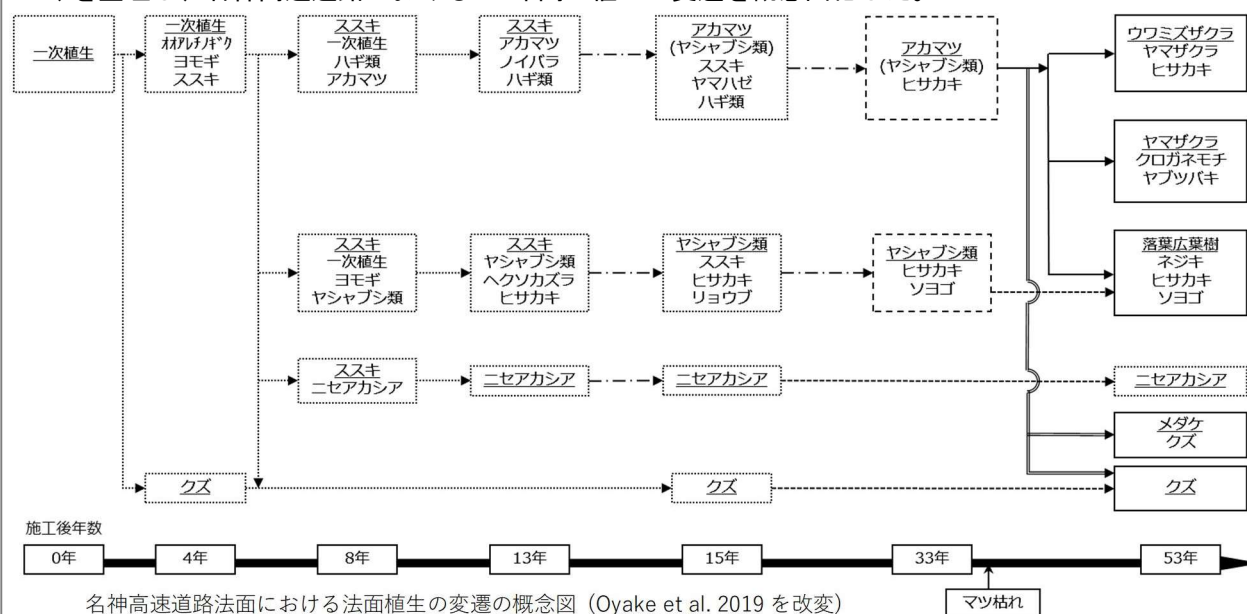
1. はじめに

日本は国土の約 73%が山地・丘陵地ながら人口密度が高いため平地造成の需要が高く、副産物として大型の法面が多く発生してきた。法面では省コストな表土安定を目的として種子吹付による緑化が実施されるケースがしばしばみられ、現行の緑化法面の植生評価は緑化後数年以内の表土安定を評価する量的指標(全植被率、導入植物の枯死率)により実施されている。一方で 1990 年頃以降の生態系保全に関する社会的要請の高まりに伴い、法面緑化においても植生回復、環境・景観保全をも目的に含むように変化してきた。日本においては法面造成に伴い喪失する植生の多くは森林であり、その回復には長期間を要することから、現行とは異なる新たな評価基準を開発・策定が急務である(吉田 2009)。

そこで、植生回復の過程をも評価しうる指標として植生の変遷に着目し、経過年数と成立植生による評価基準の整備を最終目的として、法面における長期的な植生の変遷の知見の蓄積と整理を手掛けている。

2. これまでの研究成果

日本最古の高速道路である名神高速道路(栗東 IC～彦根 IC 間)の 7 法面を対象として、造成後 53 年経過時点の成立植生の調査を実施した。調査対象法面において過去に実施された植生調査の結果(亀山 1978, 星子 1999)を整理し、名神高速道路における 53 年間の植生の変遷を概念図化した。



名神高速道路の法面植生の変遷様式は大きく 2 つのパターンに分類された。1 つ目のパターンでは落葉広葉樹林が成立しており、通常の植生遷移を辿っていると考えられた。2 つ目のパターンではクズやタケ類に優占された群落を観察され、経年に伴い植生遷移が進行する可能性は低いと判断された。

3. 今後の研究

以上の研究では 1 路線における法面植生の変遷のみ整理できており、植生評価の基準の整備には他地域や異なる年代の法面植生の変遷を調査する必要がある。2020 年度は九州自動車道・東名高速道路において植生調査を実施し、法面植生の変遷の概念図の補足・拡充を図る予定である。

参考資料

Oyake et al. (2019) Long-term vegetation transition on man-made slopes 53 years after construction in Central Japan. Landscape and Ecological Engineering 15: 363–378.

備考

九州自動車道、及び東名高速道路における研究は科研費「研究活動スタート支援」(課題番号 19K23680)により実施する。

救急車の出動状況を考慮した出動拠点の最適配置

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 助教 鈴木 達也

連絡先 t_suzuki@eng.kagawa-u.ac.jp



1. はじめに

近年、高齢化による救急搬送需要の増加が指摘されている。これに対して、限られた資本の中でマネジメントを効率化することは、サービス水準の維持という観点から人口減少や高齢化が進む多くの地方都市で重要な課題であるといえる。本論文では詳細な需要分布を基に救急搬送における適切な施設配置モデルを構築することで、施設の統廃合や救急部隊数の変更による影響を明らかにする。

2. 方法

本研究では、実際の救急現場への出動データを基にシミュレーションを行い、最寄りの救急隊が出動中のため、次に近い救急隊が対応するといった、部隊の不在状況の再現を試みる。また、この不在状況を考慮した救急車の出動拠点について、現場への到着時間最小化（移動距離最小化）を目的とした最適配置の計算を行う。

シミュレーションは、各年の1月1日から12月31日まで実際の需要発生日時、場所を再現し、その時最も早く現場へ到達できる救急隊を選択、出動させる。最適化計算に関しては、対象地域を約500m格子で区切った1758カ所を候補地として1カ所ごとに最適化を図る逐次最適化を行う。

3. 結果と考察

2014年の救急搬送需要の分布、現在の消防署配置、シミュレーションによる最適配置の結果を図1に示す。現在の配置に比べ、中心部に集中する配置となった。表1に、現在の配置と最適配置における現場への平均移動距離を示す。いずれの年もシミュレーションによる最適配置によって、現場への平均移動距離を短縮することができた。

さらに、施設を統廃合し、部隊数を維持することを想定した12署13部隊、施設を統廃合し、部隊数も削減することを想定した12署12部隊についても最適化計算を行ったところ、いずれも現在の配置よりも現場への移動距離を短縮することが可能であることが示された。

4. おわりに

現在の配置に比べ、中心部に偏った配置が得られたことから、中心部での集中した需要によって部隊の不在状況が生じており、移動距離に強い影響をもたらしていることが確認された。

本研究は科研費(17K14776)の成果の一部であり、鈴木・佐藤を再構成したものである。

参考文献

1) 鈴木達也, 佐藤栄治: 救急隊の出動状況を考慮した消防署最適配置分析-宇都宮市を事例として-, 日本建築学会計画系論文集, Vol.84, No.755, pp.97-106, 2019.1

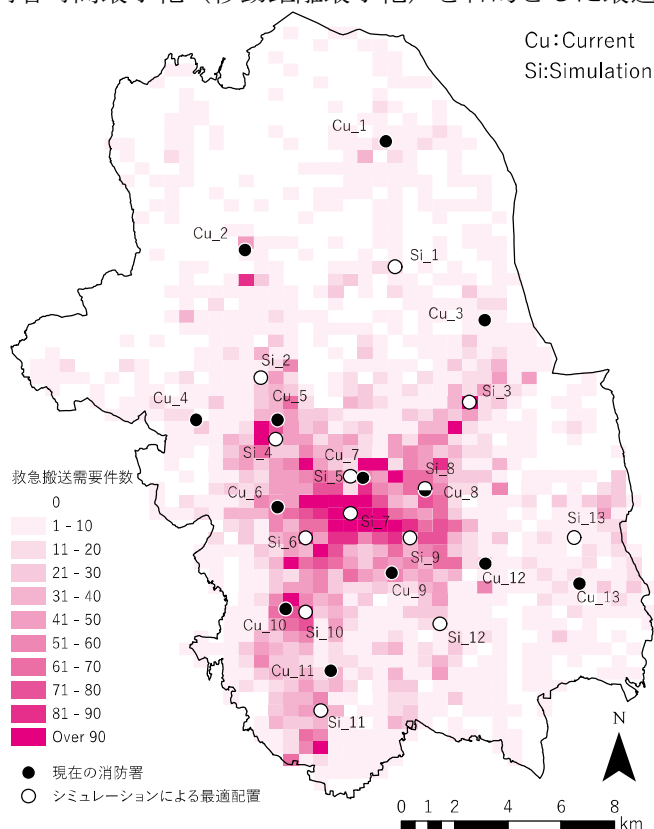


図1 現在の配置と最適配置

表1 各配置による現場への平均移動距離

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現在の消防署配置 (13署、13部隊)	2712.19	2647.09	2669.09	2756.95	2765.04	2777.39	2798.46	2798.11
最適配置 (13署、13部隊)	2326.43	2268.94	2290.75	2357.63	2379.42	2362.89	2370.97	2360.12
最適配置 (12署、13部隊)	2368.77	2314.54	2322.17	2378.44	2396.03	2389.99	2411.14	2398.93
最適配置 (12署、12部隊)	2439.13	2369.19	2377.10	2440.38	2474.75	2467.94	2495.65	2506.33

家庭用燃料電池の詳細計測に基づく導入効果評価および

集合住宅への導入法提案に関する研究

香川大学創造工学部環境デザイン工学領域 助教 山本 高広

連絡先 yamamoto.takahiro@kagawa-u.ac.jp



1. 研究背景と目的

家庭用燃料電池(以下 FCCGS)は発電時に発生する余剰排熱を暖房、給湯等の用途に再使用することで高い一次エネルギー削減効果を期待でき、気象条件等に左右されず、ある程度発電を調整し得る仕様から分散型電源の有望な一手段として注目されているが、2000 年代後半の販売開始以降、様々な仕様変更、並びに導入対象世帯の多様化が進む一方で、実測に基づく実住宅での導入効果に関する報告は少なく、実態について十分な知見が蓄積されているとは言えない。このような背景から、現在山本研究室では、実測やスマートメーター記録データから FCCGS の導入効果を明らかにするとともに、確認された問題を解決しうる設備の導入、使用方法の提案を目指しシミュレーション検討等の研究を進めている。

2. 実測に基づく家庭用燃料電池の性能評価

研究の第一段階として、福岡市東区アイランドシティ内の照葉スマートタウンにおいて、HEMS データに基づく FCCGS の発電実態の分析を行った。その結果、それぞれの家庭の世帯類型、電気使用の状況と、年間発電量、稼動時発電効率の関係を示し、電気、熱需要が同程度であっても負荷の発生パターンの差異により年積算発電量で 2 倍程度、通年発電効率で最大 3~4 ポイント程度の差異が生じることを明らかにした。また、これらの対象世帯から、代表的な世帯を選抜した上でさらに詳細な実測を行い、ユニット効率、利用端効率を評価するとともに、後述するシミュレーションプログラム開発に必要な機器仕様、特性に関するデータを収集した。

3. シミュレーション検討による導入法の提案

実測時に多くの世帯で確認された部分負荷運転の頻発および余剰排熱過多による発電強制停止を回避することを目的として、複数世帯による FCCGS の共有を提案し、その効果を実測に基づき開発したシミュレーションモデルによって推計した。その結果 2~3 世帯あたり 1 台程の密度で機器を共有することで、年負荷率を高め、イニシャルコスト、ランニングコストとも削減し得ることを確認した。

4. まとめ

これまでの研究成果により、現時点での導入方法並びに評価手法の問題を明らかにするとともに、設備の導入方法、住まい方によって導入効果を大きく改善し得ることを確認した。現在は、さらに考え得る対策として、家庭用蓄電池との連携や、近年注目が高まりつつあるエネルギー消費行動変容等のシナリオも含めたシミュレーション検討ならびにフィールド実験を進めている。

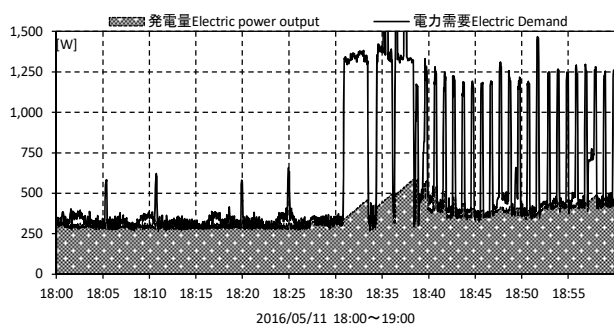


図 1 電気使用量と FCCGS 発電量の関係

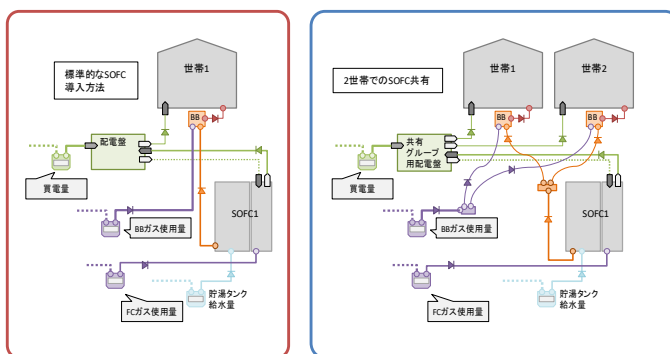


図 2 シミュレーションにおいて検討した 2 世帯での FCCGS 共有