

9. 第3期中期目標・計画期間の活動状況

9.1 研究現況調査報告（4年目終了時）

本報告の対象期間となっている平成29年度から令和元年度の3年間は、国立大学法人評価では平成28年度に6年間が始まった第3期中期目標期間の2年目から4年目に該当した。第3期中期目標期間の研究所の活動実績は、4年目終了時である令和2年3月に見込まれる6年間終了時の内容で評価されることになっている。研究所は、教育・研究の区分では「研究」として、分野の区分では「総合融合系」として、活

動報告することが求められた。

次頁以降に、4年目終了時に京都大学に提出した以下の研究現況調査報告をそのまま掲載する。結果的には、第9章は研究所の活動の概要版になっている。なお、別添資料は膨大であるため、その一覧だけを最後に添付している。

- ・ 研究現況調査報告
- ・ 別添資料一覧

25. 防災研究所

(1) 防災研究所の研究目的と特徴	25-2
(2) 「研究の水準」の分析	25-3
分析項目Ⅰ 研究活動の状況	25-3
分析項目Ⅱ 研究成果の状況	25-12
【参考】データ分析集 指標一覧	25-13

(1) 防災研究所の研究目的と特徴

防災研究所は創設以来、地震、火山噴火、台風、豪雨、洪水、高潮、津波、地滑りなど、多種多様な自然災害とその防災に関わる研究に取り組んできている。研究所は、自然科学から人文・社会科学に亘る災害学理の追求という基礎研究を展開すると同時に、防災に関する我が国唯一の共同利用・共同研究拠点として、基礎研究の成果を統合して防災学を構築するという目的を掲げている。

地球規模あるいは地域性の強い災害の軽減と防災に関わる課題に取り組み、現実社会における問題解決を指向した実践的な研究を実施する点にも特徴がある。防災学の視点で、安全・安心が持続可能な地域社会さらには国際社会の構築に貢献することは、研究所の存立理念である。地域および世界に開かれた研究所として、学術的知識の伝達ならびに地域社会や国際社会との連携を図っていく点も活動として重要である。それらを実現するために、次世代の人材さらには国際的リーダーとなり得る人材を育成・輩出するという、教育面にも配慮した運営が行われている。

第3期中期目標期間において推進する研究の特徴は、以下の3つの目標にまとめられる。

- (1) 自然災害の最近の変容だけでなく将来の変容も見据え、防災に対する指針を導くための基礎研究を展開することを通じて、災害学理を追究する。
- (2) 現実社会が切望する核心的な防災ニーズを発見し、それを学際的体制と複合融合的研究アプローチを通じて解決する実践的研究を推進する。
- (3) 防災に関する我が国唯一の共同利用・共同研究拠点として、共同研究、突発災害調査、研究ネットワーク、災害データベースの構築にリーダーシップを発揮するとともに、世界の防災研究に関する拠点とし活発な国際交流を展開する。

(2) 「研究の水準」の分析

分析項目Ⅰ 研究活動の状況

< 必須記載項目 1 研究の実施体制及び支援・推進体制 >

【基本的な記載事項】

- ・ 教員・研究員等の人数（別添資料 5225-i1-1）
- ・ 共同利用・共同研究の実施状況（別添資料 5225-i1-2～3）
- ・ 本務教員の年齢構成（別添資料 5225-i1-4）
- ・ 指標番号 11（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 研究所は 2010 年に「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」としての認定を受け、2016 年度から認定の第 2 期に入った。新たに国際共同研究の枠組みを拡充して、共同研究を一層推進している。別添資料 5225-i1-2 のとおり、2018 年 10 月に文部科学省が公表した拠点の中間評価結果は A（活動は概ね順調に行われており、関連コミュニティへの貢献もあり、今後も共同利用・共同研究を通じた成果や効果が期待される）であった。現在、巨大地震災害、極端気象災害、火山災害、防災実践科学の 4 テーマおよび国際展開を、共同研究として取り組む重点課題としている。所外の研究者が代表となって実施する共同研究と防災学の関連分野における重要テーマを集中討議する研究集会を毎年公募しており、共同利用・共同研究拠点委員会における審査を経て、別添資料 5225-i1-3 のとおり採択課題は決定された。2019 年度は、共同研究（一般、国際、滞在型、地域防災実践型、萌芽的、重点推進型がある）27 件、拠点研究 6 件、研究集会 15 件を採択した。各年度の採択数はほぼ一定を保っている。このほかに、施設・設備利用型共同研究も随時受け入れている。[1.1]
- 別添資料 5225-i1-3（特に 12 頁以降）のとおり、2001 年に所内に設置された自然災害研究協議会は、全国に 8 地区部会をもち、自然災害研究の企画調査、突発災害調査、研究連絡ネットワークの構築および研究の国際展開の協議を推進している。突発災害調査の実績は、2016 年に 4 件、2017 年に 5 件、2018 年度に 4 件、2019 年度に 2 件であった。その中には、2016 年熊本地震、2017 年栃木県那須町雪崩災害、2017 年 7 月九州北部豪雨、2018 年草津白根山噴火、2018 年 7 月豪雨、2018 年北海道胆振東部地震、2018 年台風 21 号、2019 年台風 15・19 号といった甚大災害が含まれており、それらの調査は科学研究費補助金・特別研究促進費を獲得した。調査・研究成果は、毎年秋に開催している自然災害科学総合シンポジウムと、2 月に開催している防災研究所研究発表会で報告され、日本の防災研究の中核的役割を果たしている。[1.1]
- 防災研究所は「東日本大震災を踏まえた今後の科学技術・学術政策の在り方について」（建議）に基づく「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（2014～2018 年度）に参画し、地震・火山噴火の解明と予測のための研究、及

び地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究（計 15 研究課題）を、所内の防災分野及び人文・社会科学分野も含む研究体制で実施した。2019 年度以降は、引き続き「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第 2 次）」として、地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究までを含む計 14 の研究課題を実施している。[1.1]

- 防災研究所は東京大学・地震研究所と共同で、全国の地震・火山や総合防災の関連分野の研究遂行に資するため、拠点間連携共同研究の公募を行なっている。その成果は、後述する防災研究所研究発表会で報告されている（別添資料 5225-iC-2）。[1.1]
- 別添資料 5225-i1-1 のとおり、本務教員のほかに 30～50 名の研究員が在籍し、そのうち外国人は 2017 年度以降 6～7 名を占める。これは、国際共同研究を推進した結果である。研究所が独自にもつ技術室には約 20 名の技術職員が在籍し、データ整理・分析、実験、フィールドワークさらには所内委員会に参与している。事務補佐員としても 40 名以上が勤務しており、運営費が削減されている状況下で、教員と研究員が研究に専念し易い環境作りに、職員数維持の視点から努力している。[1.1]

< 必須記載項目 2 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上 >

【基本的な記載事項】

- ・ 構成員への法令遵守や研究者倫理等に関する施策の状況（別添資料 5225-i2-1～9）
- ・ 研究活動を検証する組織、検証の方法：防災研究所自己点検・評価実施内規（別添資料 5225-i2-10～13）
- ・ 博士の学位授与数（課程博士のみ）（入力データ集）

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 構成員への法令遵守や研究者倫理などの施策は、全学の規定および研究所のある宇治キャンパスの規定に従って行われ、全学規定の講習は e-learning で受講が義務付けられている。宇治キャンパス内でも定期的に、経理事務、研究公正、実験に関係した規定などを周知する講習会が開催されている。[2.1]
- 別添資料 5225-i2-12 のとおり、研究教育水準の向上を図って、研究所が掲げる目的と社会的使命を達成するために、研究教育活動の状況について自己点検・評価を行う「自己点検・評価委員会」を所内に設置している。委員会は、研究所の在り方と目標、研究活動、教育活動、教員組織、管理運営、財政、施設設備、学術情報、国際交流、社会連携などに関して点検・評価し、少なくとも自己点検評価報告書を 3 年毎に、外部有識者による評価を 6 年ごとに作成して、それらを公表することになっている。2017 年度には、別添資料 5225-i2-13 の自己点検評価報告書を刊行した。2020 年度に、自己点検評価報告書と外部評価書の刊行が予定されており、その準備のために、研究所が独自に運用している自

己点検データベースに構成員が活動を毎年報告している。[2.1]

- 研究活力の向上と恒久的な維持のために、本学が推進する「若手重点戦略定員」に応募し、助教ポストを所長裁量とする、本学からの支援財源に研究所の自己財源を組み合わせる、という大胆な改革が評価された。その結果、「次世代防災・減災研究推進プロジェクト」を新たに立ち上げ、2019年度と2020年度に計4名の若手重点戦略助教を採用する手続きに入っている。[2.2]

<必須記載項目3 論文・著書・特許・学会発表など>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究活動状況（10_総合融合系）（別添資料 5225-i3-1）
- ・ 指標番号 41～42（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 年度による変動はあるものの、著書数は日本語で年 39～53 冊、英語で年 10～37 冊である。学術論文では、査読付き論文が日本語で年 50～89 編、英語で年 142～189 編、査読のないその他の論文が年 251～399 編発表されている。研究所に対する関係者の第一の期待は、基礎研究を展開することを通じて災害学理を追究し、防災・減災に関する新たな知を想像し、社会に向けて発信することにある。教員一人当たりの年間査読論文数は 2.6、その他の論文数は 3.8 である。査読付き論文では、英語による論文が日本語によるものの 2 倍以上あり、継続的・国際的に研究成果が発信されていることがわかる。[3.0]

<必須記載項目4 研究資金>

【基本的な記載事項】

- ・ 指標番号 25～40、43～46（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

（特になし）

<選択記載項目A 地域連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

（特になし）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

A.1：産官学連携などによる共同研究の推進

- 産官学が連携する文部科学省の受託研究「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」では、リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発を担当し、桜

島等の噴火による降灰の予測を行っている。気象庁とは「南九州の活動的火山の災害軽減に関する共同研究(その2)」を実施し、わが国で最も活動的な火山群の災害の軽減に貢献している。原子力規制庁とは、「火山灰濃度観測手法の開発に関する共同研究」を行い、原子力発電施設の冷却を阻害する火山灰の濃度把握による事故の防止につながる研究を行っている。[A.1]

- 別添資料 5225-iA-1 のとおり、「住民参加型の伝統的河川工法を用いた木津川の河床地形管理手法の開発」では、摂南大学、国土交通省、京都府および京都市とともに市民団体（NPO 法人など）と連携して、河川の土砂管理手段に伝統的工法を活用する可能性探り、河川環境の改善対策を検討している。[A.1]
- 「地域連携による超高密度地震観測」の一環として、宮城県大崎市の市街地に地震計を超高密度で東京工業大学と展開し、200 以上地点で地震の揺れを観測している。大量の地震計を市街地に敷設するためには、地域と市民の協力が不可欠であり、このようなコミュニティリソースを活用することで精度の高い新しい地震観測を進めている。得られた地震記録は学術的に大変貴重で、Web サイトを通じてデータを広く公開している。なお、これらの取組については、毎日新聞（2014 年 3 月 11 日朝刊 25 面（宮崎版））で取り上げられた。当初の目的であった地震危険度評価に留まらず、不確定性の確率論的／統計的な新しい理論の構築や、大量の地震記録を利用した機械学習への応用など多様な研究の基礎データとして活用されている。[A.1]
- 地域性が高い自然災害の研究を推進する目的で、研究、教育、防災・災害対応等の分野において高知県と相互に協力し、人的・知的・物的資源の交流を図る協定を 2016 年に締結した。これは研究所の公開講座を京都以外で開催する契機になった。研究所の観測所のある宮崎県とも、同様の協定を結ぶ準備を進めている。[A.1]
- 今後、大規模噴火の発生が予想される桜島を対象に鹿児島県及び鹿児島市と「火山観測計の設置及び観測データの提供に関する基本協定」を締結し、大規模噴火に備える対策研究を推進するとともに、活動火山対策特別措置法の定める火山防災協議会の活動を通して、火山活動、対策の情報交換、県及び市が持つデータの提供を受けるとともに、火山災害対策の助言等を行っている。また、火山防災協議会の構成メンバーである国土交通省大隅河川国道事務所とは桜島のデータ交換を行い、砂防事業者の安全確保や土石流検知と予測の研究も行っている。[A.1]

< 選択記載項目 B 国際的な連携による研究活動 >

【基本的な記載事項】

（特になし）

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

B.1：国際的な共同研究の推進

- 別添資料 5225-iB-1 のとおり、研究所は、自然災害の防止に関する学術研究と交流を推進するため、世界各国の大学や研究機関と学術活動に関する部局間協力協定を締結している。教員、研究者および大学院学生の交流、共同研究計画の策定と実施、講義や講演会による知識伝達、学術情報や研究出版物の交換などを積極的に進めている。交流協定数は2017年4月にすでに56あったが、2019年4月には68にまで増加している。全学で際立った国際交流協定数を誇っている。[B.1]
- 別添資料 5225-iB-1 のとおり、研究所が主催した国際研究集会の数は、2016年度に5、2017年度に4、2018年度に10であった。海外から招聘した学者と研究者は、2016年度が56名、2019年度が48名であり、最近は50人前後で推移している。外国人訪問者数は、2016年度が520、2017年度は招聘学者と招聘研究者を含めて391であった。外国からの訪問者数は多く、将来の連携研究の可能性を潜在的に高めている。[B.1]
- 別添資料 5225-iB-1（最終頁）のとおり、国際的な大型研究プロジェクトである「地球規模課題対応国際技術協力プログラム（SATREPS）」では、防災部門の3課題で日本側の研究代表者を務めた。2014年度からの5年間では、「インドネシア：火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」と「バングラデシュ国における高潮・洪水被害の防止軽減技術の研究開発」を、2015年度からの5年間では「メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究」を牽引した。[B.1]
- 第3期では気象災害に関する共同研究が増加傾向にあり、グラスゴー大学計算科学部との「都市域の気流・乱流を解析する超高分解能数値モデルの開発」、同済大学との「気象モデル・LESモデル結合による都市街区スケールの大気乱流・風環境の解析」などを進めている。海面温度利用によるサイクロン数値予報向上、世界的落雷位置標定ネットワークの構築、欧州中期予報センターの数値モデルによる気象のメカニズムや予測の研究教育活動にも参加している。[B.1]

B.2：国際的な研究ネットワークの構築，研究者の国際交流

- 別添資料 5225-iB-1（3頁目）のとおり、「世界防災研究所連合（GADRI）」は、世界各国の災害・防災研究を標榜する研究機関と情報、知識、経験さらには理念を共有化し、学術面から災害リスク軽減と災害レジリエンスの向上に貢献することを目的とした団体で、2019年10月末現在183の機関（48か国）が加盟している。当研究所がイニシアティブをとって設立したこともあり、組織運営に積極的に関与してきた。現在、防災研究所が事務局を務め、事務局長も送り出している。2016年度と2018年度には第3回と第4回の世界防災研究所サミットを京都大学宇治キャンパスで開催した。過去2回のサミットには毎回約35の国・地域から約250名が参加した。学術研究と防災対応現場の要求との齟齬、防災に関する情報の共有化と整備など、きわめて今日的な課題を討議した。災害リスク軽減に関する科学技術ロードマップの改訂など連合が今後取り組むべき活動の方向性を誘導したことは、防災研究所が国際的に防災研究を先導して

いくことと認識され、研究所の活動に重要な情報が一層集約され易い環境を整備した。2017年度には防災研究所から選出された事務局長が、国連防災計画の科学技術アドバイザーグループのメンバーに選出され、研究所の国際的認知度の一層の高まりに貢献した。[B.2]

- 別添資料 5225-iB-2 のとおり、中近東・北アフリカなどの乾燥・半乾燥地域のワジ（涸れ谷）流域において頻発する突発性の出水を管理し、減災と水資源開発を複合目的とする方策を提案・社会実装することを目的として、国際ネットワークを形成した。研究所が呼びかけて国際シンポジウムを立ち上げ、第1回会議をGADRIの地域課題として京都で開催し、その後、エジプト、オマーン、モロッコで開催した。第5回会議は5年間のまとめとして再び京都で開催する予定である。[B.2]
- 別添資料 5225-iB-3 のとおり、2017年度に、日本学術振興会「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」に「自然災害のメカニズム解明と総合防災学確立に向けた国際共同研究ネットワークの形成」が採択された。地球温暖化により強大化する極端気象災害と洪水災害・高潮災害、南海トラフなどの沈み込み帯で想定される巨大地震による地震・津波災害と斜面災害、大規模火山噴火災害とそれに伴う土砂災害など、将来の大規模自然災害の被害軽減に向けて総合的な防災研究を進めるプログラムである。防災研究所が総力を結集して、世界防災研究所連合（GADRI）とも連携しつつ、上述の大規模自然災害の被害軽減に向けた最先端国際共同研究ネットワークの構築に取り組んでいる。[B.2]

<選択記載項目C 研究成果の発信／研究資料等の共同利用>

【基本的な記載事項】

（特になし）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

C.1：研究成果の発信/研究資料などの共同利用を推進するための工夫

- 別添資料 5225-iC-1 の「京都大学防災研究所 年報」は、主に刊行前年度における研究所の活動と研究成果をまとめた刊行物であり、毎年10月に刊行している。その内容は「年報A」と「年報B」に大別される。年報Aは、研究所の活動状況を掲載している。具体的には、前年度の退職教員の最終講義録と業績一覧、主要な災害に関する特別寄稿、共同研究の報告、当該年度における組織と人員配置である。年報Bは、前年度の研究発表講演会における発表を含む研究論文と調査資料を掲載している。第60号（2017年度刊行）から第62号（2019年度刊行）の掲載論文数は、順に46、54、48であった。年報は、研究所ホームページと京都大学学術情報レポジトリ KURENAI に公開され、研究機関などに約400部を寄贈しており、研究成果の普及に努めている。[C.1]
- 別添資料 5225-iC-2 の「京都大学防災研究所 研究発表講演会」は毎年2月に開

催され、当該年度に退職する教員による特別講演、災害調査報告、そして数か所の会場に分かれての一般講演とポスター発表でプログラム構成されている。2016年度以降の毎年の講演数は、特別講演が最大3、災害調査報告3～6、一般講演147～179、ポスター発表54～64であった。質疑応答を伴う研究発表会は、研究に対する学外からの意見を伺う重要な機会であり、年報とは異なる役割を果たしている。[C.1]

- 別添資料 5225-iC-3 の公開講座は、研究成果の社会還元の一環として毎年開催され、隔年で京都以外でも開催されている。一般市民の防災に対する関心の高まりから参加者は増加傾向にあり、参加者数は、2016年度の東京で143名、2017年度の京都で111名、2018年度の福岡で234名、2019年度は161名であった。開催した。受講の無料化、講義資料のWeb公開、来場できない方への動画配信など社会貢献と啓蒙を重視し、時代に対応した取り組みをしている。[C.1]
- 所内に設置されている自然災害研究協議会（別添資料 5225-i1-3 後半）は、別添資料 5225-iC-4 のとおり、毎年9月に自然災害科学総合シンポジウムを開催している。災害調査を報告すると同時に、研究連絡ネットワークの構築や研究成果の統合に関する新たな展開を広く協議している。[C.1]
- 別添資料 5225-iC-5 および別添資料 5225-iC-6 のとおり、研究所のホームページに「研究資料データベース」を置き、配信動画、画像、講義資料、実験映像などを提供している。貸出可能な資料に関しては、Web上で利用申請も可能にしている。所内には「データベース SAIGAI」と「災害史料データベース」がある。データベース SAIGAI は、災害に関する調査や解析の資料の書籍情報を統一書式でデータベース化し、全国の研究者に提供している。約127,000件が登録されている。災害史料データベースは約13,000件の資料が電子データとして保管されている。[C.1]
- 別添資料 5225-iC-7 のとおり、研究所全体の活動と研究成果を、一般や中高生などの研究者以外に発信する目的で、「ニュースレター」を2017年度までは年4回、2018年度以降は年3回発行している。毎号12～16頁で、特集を設定してある視点で研究や調査をクローズアップしている。若手研究者や卒業生の連載記事、行事報告、受賞報告などの活動も紹介している。来客、見学者、イベント来場者のために2500冊用意しているほか、ホームページでも閲覧できる。[C.1]
- 別添資料 5225-iC-8 の阿武山観測所では、一般市民のボランティアガイドにより、見学会等を通じて地震学の萌芽期から重点的活断層調査といった最新の研究成果までを一般に広く発信したり、自治体主催のイベントや教員研修会等において出前授業を行ったりして、オープンサイエンス的な取り組みを行っている。[C.1]
- 別添資料 5225-iC-9 のとおり、宇治キャンパスでは毎年10月にキャンパス公開を行っている。防災研究所は、十数の研究室が公開ラボに協力し、定員300人の講演会場での特別講演も引き受けて、研究成果の発信と防災に関する啓蒙活動を行っている。この時期の約一カ月間は、別添資料 5225-iC-10 のとおり、全

学が全国にある教育研究施設を公開しており、宇治川オープンラボラトリー、阿武山観測所、潮岬風力実験所、徳島地滑り観測所、宮崎観測所および桜島火山観測所を公開している。[C.1]

<選択記載項目 D 総合的領域の振興>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

D.1：総合的領域の振興を推進するための工夫

- 所内に設置されている自然災害研究協議会（別添資料 5225-i1-3 後半）は、別添資料 5225-iC-4 のとおり、毎年 9 月に自然災害科学総合シンポジウムを開催し、自然災害研究の企画調査と突発災害調査を年度毎に報告している。地震、火山噴火、台風、豪雨、洪水、高潮、津波、地滑りなど多種多様な自然災害を同じ会場で議論することは、総合的領域の「国内」の振興に貢献している。[D.1]
- 世界防災研究所連合（GADRI）は、世界各国の災害・防災研究を標榜する研究機関と情報、知識、経験さらには理念を共有化し、学術面から災害リスク軽減と災害レジリエンスの向上に貢献することを目的とした団体である（別添資料 5225-iB-1）。現在、防災研究所が事務局を務め、事務局長も送り出している。学術研究と防災対応現場の要求との齟齬、防災に関する情報の共有化と整備など、きわめて今日的な課題を討議しており、学術分野だけに留まらず、政策提言をしかも国際的に行っており、総合的領域の「国外」の振興に貢献している。[D.1]
- 新たな研究領域である総合防災研究は、防災研究所がイニシアティブをとり、2001 年に国際応用システム分析研究所（オーストリア）と共催で開催した総合的災害リスク管理に関する国際シンポジウムに遡る。その後、日本をはじめ世界各国が災害に見舞われ、災害リスク軽減の重要性が認識されるに伴って、総合的な災害リスク管理の重要性は広く認識されるようになった。2010 年に国際総合防災学会を設立し、その事務局を防災研究所が務めている。2016～2019 年にはイスファハーン（イラン）、レイキャビック（アイスランド）、シドニー（オーストラリア）、ニース（フランス）で国際会議を開催した。別添資料 5225-iD-1 のとおり、各会議には 200～400 人が集い、研究成果の共有並びに今後の方向性に関する議論を行っている。理学、工学はもとより、社会科学、人間科学、計画学等の幅広い研究者が集い、実証科学かつ実践科学である総合防災学の発展に貢献している。[D.1]
- 別添資料 5225-iB-3 のとおり、2017 年度に、日本学術振興会「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」に「自然災害のメカニズム解明と総合防災学確立に向けた国際共同研究ネットワークの形成」が採択された（選択記載項目 B）。研究所が扱う地震・津波、火山噴火、気象、高潮、斜面

などの自然災害を分野を超えて総合的に扱い、防災研究を深化させるプログラムである。大規模な複合災害を扱うことで、これまで想定されて難かった現象を考え、総合的領域の新興を図る取り組みである。[D.1]

- 別添資料 5225-iD-2 のとおり、文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」(統合プログラム、2017～2021 年度)では、領域テーマ D「統合的ハザード予測」を研究所が担っている。このプログラムでは、ハザードへの影響評価にとどまらず、社会・経済も考慮したリスク評価を中核に据え、理学・工学にとどまらず、経済学・計画学的視点を取り入れた広範な研究協力体制をとり、気候変動の影響評価を多角的な観点から推進し、有効な適応策を見出すことを可能とするような連携が図られている。所内から参加している研究者も多数あり、現在、ユニット化等の組織化へ向けての検討も進めつつある。[D.1]

<選択記載項目 E 学術コミュニティへの貢献>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

E.1：会議開催、シンポジウム、ワークショップ

- 研究所は共同利用・共同研究拠点として、公募により研究集会 15 件程度を採択している(必須記載項目 1)。主催した国際研究集会の数は、2016 年度に 5、2017 年度に 4、2018 年度に 10 であった(選択記載項目 B)。毎年、公開講座と研究発表講演会も開催している(選択記載項目 C)。[E.1]

E.0：その他

- 研究所は、「京都大学防災研究所国際表彰規程」を 2011 年に制定した。研究所の研究教育、研究所が主催する研究集会における招待講演、研究所の企画運営、研究所による国際共同研究および現地調査などで、著しく貢献した者を表彰する制度である。表彰した個人や団体には称号「DPRI フェロー」も授与している。2019 年度までに 7 名を表彰しており、継続的な制度運営が行われている。2016 年度には、スイスのローザンヌ大学教授のミシェル・ジャボイエドフ博士に研究教育貢献賞を、オーストリアの国際応用システム分析研究所のリスク・レジリエンスプログラム(団体)に国際学術貢献賞を授与した。2018 年度には、米国のネバダ大学リノ校のジョン・G・アンダーソン博士に研究教育業績賞を授与した。2019 年度には、英国のノーザンブリア大学教授のアンドリュー・コリンズ博士に研究教育貢献賞を授与した。別添資料 5225-iE-1(2 頁以降)のとおり、授与と受賞者による記念講演は、該当年度の研究発表会で行われた。受賞理由、受賞者の業績および記念講演資料は、研究所のホームページで公開されている。2017 年度に受賞該当者はなく、賞の質を保つ適切な運営がされている。この表彰制度は、研究所が国際防災拠点としての地位を確立するための取り組みでもある。[E.0]

- 別添資料 5225-iE-2 のとおり、本務教員だけでも、年間 10 件ほどの研究業績の受賞がある。学会が学術論文 1 編に対して与える論文賞、長年の研究成果を総括して与える学会賞・業績賞から研究成果の実用化に与える技術賞まで幅が広い。授与する学会としては、土木学会、日本建築学会、日本地震学会、日本火山学会、日本自然災害学会、応用地質学会などがある、また、文部科学大臣や気象庁長官による授与もある。指導した学生の受賞を含めれば、その数は 2 倍以上になる。これらの受賞は研究所のホームページで公表されており、研究成果が高い外部評価を受けている証になっている。[E.0]

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

< 必須記載項目 1 研究業績 >

【基本的な記載事項】

- ・ 研究業績説明書

(当該学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準)

防災研究所は、自然科学から人文・社会科学にわたる災害学理の追求という基礎的研究を展開すると同時に、それらを統合して防災学を構築するという目的を掲げている。地球規模あるいは地域性の強い災害の軽減と防災に関わる多種多様な課題に取り組み、現実社会における問題解決を指向した実践的な研究を実施する点にも特色がある。防災学の視点で、安全・安心が持続可能な地域社会さらには国際社会の構築に貢献することは、防災研究所の存立理念である。地域および世界に開かれた研究所として、学術的知識の伝達ならびに地域社会や国際社会との連携を図っている点は最も重要であると考えている。また、それを実現するために、次世代の人材さらには国際的リーダーとなりうる人材を育成・輩出するという教育面も考慮している。

それらを踏まえて、学術的視点、実践的視点、地域・国際連携および研究を通じた人材育成という判断基準で研究業績を選定している。

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

(特になし)

【参考】データ分析集 指標一覧

区分	指標 番号	データ・指標	指標の計算式
5. 競争的外部 資金データ	25	本務教員あたりの科研費申請件数 (新規)	申請件数(新規)／本務教員数
	26	本務教員あたりの科研費採択内定件数	内定件数(新規)／本務教員数 内定件数(新規・継続)／本務教員数
	27	科研費採択内定率(新規)	内定件数(新規)／申請件数(新規)
	28	本務教員あたりの科研費内定金額	内定金額／本務教員数 内定金額(間接経費含む)／本務教員数
	29	本務教員あたりの競争的資金採択件数	競争的資金採択件数／本務教員数
	30	本務教員あたりの競争的資金受入金額	競争的資金受入金額／本務教員数
6. その他外部 資金・特許 データ	31	本務教員あたりの共同研究受入件数	共同研究受入件数／本務教員数
	32	本務教員あたりの共同研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	33	本務教員あたりの共同研究受入金額	共同研究受入金額／本務教員数
	34	本務教員あたりの共同研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	35	本務教員あたりの受託研究受入件数	受託研究受入件数／本務教員数
	36	本務教員あたりの受託研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	37	本務教員あたりの受託研究受入金額	受託研究受入金額／本務教員数
	38	本務教員あたりの受託研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	39	本務教員あたりの寄附金受入件数	寄附金受入件数／本務教員数
	40	本務教員あたりの寄附金受入金額	寄附金受入金額／本務教員数
	41	本務教員あたりの特許出願数	特許出願数／本務教員数
	42	本務教員あたりの特許取得数	特許取得数／本務教員数
	43	本務教員あたりのライセンス契約数	ライセンス契約数／本務教員数
	44	本務教員あたりのライセンス収入額	ライセンス収入額／本務教員数
	45	本務教員あたりの外部研究資金の金額	(科研費の内定金額(間接経費含む)＋共同研 究受入金額＋受託研究受入金額＋寄附金受入 金額)の合計／本務教員数
	46	本務教員あたりの民間研究資金の金額	(共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) ＋受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) ＋寄附金受入金額)の合計／本務教員数

研究に関する現況調査表 別添資料一覧 (防災研究所)

	番号	資料・データ名	備考
研究	5225-i1-1	防災研究所の教員・研究員等の人数 (2019 年度)	2019 年 5 月 1 日現在
研究	5225-i1-2	文部科学省による共同利用・共同研究拠点の中間評価 (防災研究所、2018 年度)	2018 年 10 月 30 日公表
研究	5225-i1-3	共同利用・共同研究の実施状況 (防災研究所、2016～2019 年度)	防災研究所要覧等から抜粋
研究	5225-i1-4	防災研究所本務教員の年齢構成 (2019 年度)	2019 年 5 月 1 日現在
研究	5225-i2-1	国立大学法人京都大学利益相反マネジメント規程	
研究	5225-i2-2	京都大学におけるライフサイエンス研究等に係る倫理の保持、安全の確保等に関する規程	
研究	5225-i2-3	京都大学化学物質管理規程	
研究	5225-i2-4	京都大学排水・廃棄物管理等規程	
研究	5225-i2-5	京都大学における公正な研究活動の推進等に関する規程	
研究	5225-i2-6	国立大学法人京都大学における競争的資金等の適正管理に関する規程	
研究	5225-i2-7	京都大学宇治地区化学物質管理委員会要項	
研究	5225-i2-8	京都大学宇治地区実験系廃棄物処理委員会要項	
研究	5225-i2-9	宇治地区研究にかかるコンプライアンス講習会開催状況 (2017～2019 年度)	
研究	5225-i2-10	京都大学における教員評価の実施に関する規程	
研究	5225-i2-11	自己点検評価報告書 (京都大学第 4 回教員活動状況報告書) (2018 年度)	
研究	5225-i2-12	防災研究所自己点検・評価実施内規	
研究	5225-i2-13	防災研究所自己点検評価報告書 (2017 年度)	
研究	5225-i3-1	防災研究所の研究活動状況 (10_総合融合系) (2016～2019 年度)	
研究	5225-iA-1	伝統的河川工法を用いた木津川の河床地形管理 (防災研究所 2018 年度)	
研究	5225-iB-1	防災研究所要覧 (2017 年度) 【抜粋】国際的な連携による研究活動	防災研究所要覧から引用
研究	5225-iB-2	The Fifth International Symposium on Flash Floods Web ページ/国際ネットワーク:ワジ流域の持続可能な発展のための気候変動を考慮した出水管理 (2019 年度)	
研究	5225-iB-3	頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム (防災研究所、2019 年度)	
研究	5225-iC-1	防災研究所年報 (2017-2019 年度)	目次
研究	5225-iC-2	防災研究所研究発表会 (2016-2018 年度)	2019 年度は 2 月開催
研究	5225-iC-3	防災研究所公開講座 (2016-2019 年度)	
研究	5225-iC-4	自然災害科学総合シンポジウム (防災研究所、2016-2019 年度)	
研究	5225-iC-5	防災研究所 Web ページ/防災研究所研究資料データベース (2019 年度)	ホームページから引用
研究	5225-iC-6	自己点検評価報告書 2017 年度 (pp. 38-39) データベース SAIGAI と災害史料データベース	自己点検評価報告書 (2017 年度刊行) から引用
研究	5225-iC-7	防災研究所ニュースレター (2016-2019 年度)	2019 年 9 月まで
研究	5225-iC-8	阿武山地震観測所パンフレット (防災研究所、2019 年度)	
研究	5225-iC-9	防災研究所 Web ページ/宇治キャンパス公開 (2019 年度)	
研究	5225-iC-10	京都大学 Web ページ/京大ウィークス (2019 年度)	
研究	5225-iD-1	国際総合防災学会の国際会議 (防災研究所、2016-2018 年度)	
研究	5225-iD-2	文部科学省 Web ページ/統合的気象モデル高度化研究プログラム (2019 年度)	
研究	5225-iE-1	防災研究所国際表彰 (2018 年度)	防災研究所要覧から抜粋
研究	5225-iE-2	防災研究所 Web ページ/主な受賞 (2016～2019 年度)	

9.2 研究業績説明書（4年目終了時）

9.1 節で示した研究現況調査報告に添えて、研究業績説明書も提出している。報告できる業績数は令和元年5月1日時点の専任教員数の20%までで、防災

研究所の上限は18件であった。各業績で選択できる研究成果数は最大3であり、原則として平成28年度から令和元年度に公表した業績に限定されていた。

著者・発表者等		タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)
著者・発表者等	Nakamichi, H., Leuchi, M., Triastuty, H., Hendrasto, M., Mulyana, I.	Differences of precursory seismic energy release for the 2007 effusive dome-forming 2014 Plinian eruptions at Katid volcano, Indonesia	Journal of Volcanology and Geothermal Research	382	68-80	2019	10.1016/j.jvolgeores.2017.08.004
著者・発表者等	Hotza, K., Leuchi, M., Okhara, T., M., Gunawan, H., Rosadi, U.	Magma intrusion and effusion at Sinabung volcano, Indonesia, from 2013 to 2016, as revealed by continuous GPS observation	Journal of Volcanology and Geothermal Research	382	173-183	2019	10.1016/j.jvolgeores.2017.12.015
著者・発表者等	Leuchi, M., Nakamichi, H., Mulyana, I., Shigemura, K., Nandika, R., A., Badi-Sartoso, A., Sulistyani, A., Aisyah, N.	Forecast of the pyroclastic volume by precursory seismicity of Merapi volcano	Journal of Disaster Research	14	51-60	2019	10.20965/jdr.2019.p.0051
著者・発表者等							
共同利用等							
重複して選定した研究業績番号							
判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【40字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会・経済・文化的意義」の双方の意義を有する場合は、600字以内】							
学術的意義							
社会・文化的意義							
研究テーマ 要旨【200字以内】	火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究 火山噴出物データに基づく火山灰や火砕流の噴出量予測モデルを構築し、火山活動状況に応じてハザード予測がリアルタイムで変化する意思決定支援システムを開発した。本システムはラハール等の土砂移動のハザード予測や大気中に拡散する火山灰ハザードの予測も行うことができる。本システムはメラピ火山山などインドネシア、ジャバ島の火山を対象として、インドネシアの火山災害の関係機関にすでに導入されている。						
小区分番号	防犯工学 関連						
小区分番号	25030						
重複番号							

業績番号		小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的意義	重複して利用可能な研究業績番号	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】					
著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版学会等	巻号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）							
3	25030	防災工学関連	研究テーマ 【400字以内、ただし、「学術的意義」及び「社会的意義」文化的意義の双方の意義を有する場合は、800字以内】	<p>リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発</p> <p>爆発的噴火が頻繁に繰り返される桜島を対象として、噴煙の検知を目的とした多項目リモートセンシング観測を行い、噴煙観測への気象レーダーの有効性を示した。さらに、噴火に伴う地震動と地震変動から火山灰噴出率と噴煙高度のリアルタイム推定手法を開発した。気象モデルWRFを用いて風速場を高分解能化する事により、火山周辺の風特性を再現し、降灰量の予測精度も向上させた。</p>	SS		<p>判断困難(第三者による評価結果や空襲の抑圧等)【400字以内、ただし、「学術的意義」及び「社会的意義」文化的意義の双方の意義を有する場合は、800字以内】</p> <p>【学術的意義】</p> <p>(1) レーダー観測により、火山噴火に伴う噴煙を確実に捉えられることを示した。特に、目視など可視光の観測では不能な冠雲状態での噴煙形成をレーダーによって捕捉し、噴煙高度を把握する手法を示した。</p> <p>(2) 噴火に伴う地震動と地盤の収縮量から火山灰噴出率を求めた観測式を開発し、さらに噴煙高度の推定まで拡張した。このような観測式は世界でも初めてであり、桜島における高層度観測がこれを可能とした。</p> <p>(3) 従来の火山灰拡散モデルはGlobalな風速場に基づいているが、火山体周辺の複雑な風速場を再現しきれない問題があった。気象モデルWRFにより高分解能の風速場、特に山頂下の鉛直成分を再現することにより、降灰予測の高精度化を課題代表者の井口は2019年度日本火山学会賞を受賞した。本研究は「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」の間評価でS評価を受けている。</p>	<p>① Poulidis, A., Takemi, T., Iguchi, M., and Rentfrew, I. A. A case study of Mt. Sakurajima, Japan. <i>Journal of Geophysical Research: Atmospheres</i>. 122:6322-6350. 2017. DOI:10.1002/2017JD026595</p> <p>② Poulidis, A., Takemi, T., Shimizu, A., Iguchi, M., Jenkins, S. F. Statistical analysis of dispersal and deposition patterns of volcanic emissions from Mt. Sakurajima, Japan. <i>Atmospheric Environment</i>. 179:305-320. 2018. DOI:10.1016/j.atmosenv.2018.02.021</p> <p>③ Iguchi, M., Nakamichi, H., Tanaka, Y., Shimizu, A., and MUKI, D. Integrated monitoring of volcanic ash and forecasting at Sakurajima volcano, Japan. <i>Journal of Disaster Research</i>. 14:798-809. 2019. DOI:10.20965/jdr.2019.p0798</p>					
4	25030	防災工学関連	研究テーマ 【400字以内、ただし、「学術的意義」及び「社会的意義」文化的意義の双方の意義を有する場合は、800字以内】	<p>津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の開発と社会実装</p> <p>本研究は、従来の津波避難訓練の改革のため、参加者の避難行動(実際の社会空間での移動)と想定される津波浸水状況を、スマホの画面上でオーバーレイ表示することにより、訓練の成否判定を高度化したことにより、訓練の参加者の集合的行動を指示する機能も有し、避難困難地域の特定、避難施設の立地計画など多くの業務側面で利用されている。</p>	SS	SS	<p>【学術的意義】</p> <p>津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」は、人間行動(避難行動)と自然現象(津波浸水)のオーバーレイ解析・表示機能により、第1に、訓練における避難行動が想定される津波に対して有効かどうかを判定する機能、第2に、避難開始のタイミングや避難先を変更した場合に生じる結果をシミュレートして表示する機能、第3に、複数の逃げトレ利用者(訓練参加者)が示す集合的避難行動を津波浸水状況とともに併進表示する機能、以上3つの革新的な技術を開発した点で、高い学術的意義を有する。同時に、これらは、特定の避難シナリオを訓練参加者にリアルタイムに意識づけると同様に、当該のシナリオに「想定外」が生じた場合の対応力を醸成する点で、防災心理学的にも重要な学術的な意義があると評価されている。</p> <p>【社会・経済・文化的意義】</p> <p>「逃げトレ」は、人間行動(避難行動)と自然現象(津波浸水)のオーバーレイ表示機能により、従来の津波避難訓練(津波浸水の発生から避難行動の開始)に比べて、市街のアプリストリートに無料の避難困難地域を事前に社会実装され、かつ、政府が公表した南海トラフ地震・津波の想定域を地域で利用可能でも、これまで1万人以上が利用するなどの社会的インパクトも大きい。加えて、こうした学術的かつ実証的意義は、平成30年度経済産業省「イノベーション推進基金」(55億約1800万円)の上付(2018年)を受賞し、同アプリの開発を含む研究代表者である先守が、2018年にIntegrated Disaster Risk Management Society (国際総合防災学会)より「実践科学賞」を受賞するなど、内外で高い評価を獲得している。</p>	<p>④ Noda, T., Yamori, K., & Harada, K. Development of disaster response applications and improvements in regional disaster prevention. <i>Journal of Disaster Research</i>. 14:375-386. 2019. DOI:10.20965/jdr.2019.p0375</p> <p>⑤ 杉山高志, 去守草也. 津波避難訓練支援アプリ「逃げトレ」の開発と社会実装. <i>実践社会科学心理</i>. 53:135-146. 2019. DOI:10.1310/jieesp.s14-6</p> <p>⑥ Yamori, K. Disaster information from the viewpoint of speech act theory. <i>Journal of Integrated Disaster Management</i>. 9:40-55. 2019. DOI:10.5595/jdrim.2019.0352</p>					

代表的な研究成果・成果物 【最大3つまで】									
著者・発表者等	タイトル・表題等	発表誌・出版 ・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)			
5	22040 水工学 学術的意義 研究テーマ 「研究テーマ 及び 要旨【200字以内】」	ストームジェネシスを捉えるための先端フュージョン観測と豪雨災害軽減に向けた総合研究 日本学術振興会・科学研究費助成事業の基礎研究Sとして進めている研究である。梅雨期の線状対流系集中豪雨と夏季の降雹によってもたらされるガリラヤ豪雨を対象として、マルチセンサーを用いた大規模フュージョン観測を実施することにより、積乱雲の生成・発達過程を解明し、危険性予測手法を開発し、災害予防手法の拡大を行っている。	SS	SS	【学術的意義】 様々な特性を持つ複教団のレーダーデータを豪雨が頻繁に生成される神戸市郊外に集結させて、世界最先端の大規模フュージョン観測実験を実施した。観測に基づく解析と強固な高圧帯状雲モジュールを用いた解析を組み合わせることで、豪雨の生成・発達メカニズムに関する知見を多面的に明らかにし、大規模な豪雨の発生メカニズムを明らかにした。また、ガリラヤ豪雨の初期発生・危険性予測手法を開発することによって、(1)は2019年7月、(2)は2016年日本気象学会の第2019年Best International Paper Awardを受賞した。 【社会・経済・文化的意義】 本研究の研究成果が国土交通省におけるガリラヤ豪雨予測の現実手法として導入済みである。また、レーダー水文学の国際会議における基調講演を行った。				
6	25030 防災工学 関連	気候変動がもたらすハザードの研究 文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」の領域課題「ハザード予測」を主眼としている。気候変動に伴うハザードの将来変化や社会影響とその科学的根拠、計画論も含めた後継しない適応策の基本的考え方、業務機関が適応に向けた諸施策を実施するための基礎的大規模・手法を創出している。	SS	SS	【学術的意義】 立派な学術的ハザード予測では、気候モデルを中心としたハザード予測と、食品産業技術総合研究機構及び日本大学北館で進められている、気候変動に伴うハザードの将来変化や社会影響を分析することで、適応策と必要ハザード予測情報などを創出している。また、気候変動に伴うハザード予測情報などの国際貢献を行っている。 日本全国の主要100水系の河川を対象に、ダム貯水池による洪水調節を考慮した洪水流出モデルの開発を進めている。また、三都府圏を対象として内水氾濫と外水氾濫の両者を考慮した氾濫モデルの開発を進めている。アンサンブル数を飛躍的に増加させることで、極端ハザードについて確率評価を可能とし、また影響評価対象が全面展開しつつある。				
		Early Detection of Baby-Hair-Cell Aloft in a Severe Storm and Risk Projection for Urban Flash Flood	Advances in Meteorology	Vol. 2017	Article ID 5962356	2017	10.1155/2017/5962356		
		Simultaneous Measurements of a Stratiform Cloud by Multipoint Videoonde Launchings	日本気象学会 英文レター誌 SOLA	Vol. 12	12-16	2016	10.2151/sola.2016-003		
		RCA Index Based Uprate Area and Its Verification Using Polarimetric Doppler Radar	Journal of Civil Engineers	Vol. 7 No. 2	127-132	2019			
		Future Changes of Extreme Weather and Natural Disasters due to Climate Change in Japan and Southeast Asia, Chapter 7, In Bridging Science and Policy Implication for Managing Climate Extremes	World Scientific Publishing Co., Pre Ltd		101-117	2018			
		Simulation- Based Exceedance Probability Curves to Assess the Economic Impact of Storm Surge Inundations due to Climate Change: A Case Study in Ise Bay, Japan	Sustainability		11	2019	10.3390/sul1041090		
		Future change of occurrence frequency of rainy days and its linked atmospheric patterns by multiscale analysis	SOLA		1479-85	2018	10.2151/sola.2018-014		

代表的な研究成果・成果物 【論文等】									
著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版 会社名	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)			
Yingying Sun, Fuko Nakai, Takatsugu Yamori, Michihito Hatazama	Tsunami evacuation behavior of coastal residents in Koshi Prefecture during the 2014 Iyosoda Earthquake	Natural Hazards	85(1)	283-299	2016	10.1007/s11069-016-2562-z			
Nakai F, Mochizuki J, Folieda S, Hatazama M, and Kumagai K	Evaluation of Evacuation Plan: Taking Account of Responsiveness to the Performance Uncertainty around Hazards and the Compliance of Evacuees	15th International Conference on Computers in Urban Planning and Management			2016				
Michihito Hatazama, Takato Kosaka, Aurora Herná ndez Hernández	Analysis on Evacuation Options with Agent-based Simulation in Tourist Area	IEEE, 5th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)			2019	10.1109/ICT-DM.2018.8636385			
佐山敬進、 寶 馨	リアルタイム 浸水ハザード マップの 水情報同化技 術	土木学会論文 集B1(水工学)	74・4	1297-1307	2018				
佐山敬進、 小林亮祐、 寶馨	現地情報の同 化による浸水 深分布の推定 —平成27年9月 鬼怒川洪水を 対象にした検 証—	土木学会論文 集B1(水工学)	74・5	1507-1512	2018				
佐山敬進、清 水原太郎、南 良忠、赤穂良 輔、寶馨	現地情報の同 化による浸水 深分布の推定 —実用手法の 提案と平成30 年7月豪雨によ る小田川水害 への適用—	土木学会論文 集B1(水工学)	75・4	1040-1049	2019				

共同利用等	重複して 研究業績 番号	研究業績 番号	共同利用等

社会的 意義	学術的 意義	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	研究業績 番号
【社会的意義】 経済、文化的意義 噴霧技術の新興地が認められ、京都大学より支援を受けて リアルタイム浸水ハザードマップの開発のため、現地情報同 化手法及び実証として特許出願(特願2016-041518)を行った。 自治体の新生産、特許性はJSTによる特許査定済み。さらに、 加賀川河川交差事業に採択されて実用化が実現した。さらに、 民間企業より出願特許の使用を希望する申し出があり、浸水 深分布を簡易に推定できるリアルタイム浸水ハザードマップの 開発に成功した。	SS	【学術的意義】 リアルタイム浸水ハザードマップの実現するために、現 地情報と事前に構築する多数のシミュレーション結果を同化 する技術を開発した。気象、水文分野で活用されている同化 技術を応用して、定量的な現地情報を用いて、迅速な浸水 深分布を推定する手法を開発した。同化技術の構築、推定に必 要となる現地情報の数や精度の関係、実用化に向けた実証に ついて科学的な検討を重ねて、3編の論文を土木学会で発表し た。	
【社会的意義】 経済、文化的意義 噴霧技術の新興地が認められ、京都大学より支援を受けて リアルタイム浸水ハザードマップの開発のため、現地情報同 化手法及び実証として特許出願(特願2016-041518)を行った。 自治体の新生産、特許性はJSTによる特許査定済み。さらに、 加賀川河川交差事業に採択されて実用化が実現した。さらに、 民間企業より出願特許の使用を希望する申し出があり、浸水 深分布を簡易に推定できるリアルタイム浸水ハザードマップの 開発に成功した。	SS	【学術的意義】 リアルタイム浸水ハザードマップの実現するために、現 地情報と事前に構築する多数のシミュレーション結果を同化 する技術を開発した。気象、水文分野で活用されている同化 技術を応用して、定量的な現地情報を用いて、迅速な浸水 深分布を推定する手法を開発した。同化技術の構築、推定に必 要となる現地情報の数や精度の関係、実用化に向けた実証に ついて科学的な検討を重ねて、3編の論文を土木学会で発表し た。	

研究業績 番号	研究業績 番号	研究業績 番号	研究業績 番号
25030	25030	25030	25030

代表的な研究業績・成果物 【論文らつまで】																		
著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版 社名等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)	共同 利用 等	重刊して 研究業績 番号	判断経緯(第三者による評価結果や客観的指標等) 【400字以内、ただし、「学術的意義」及び「社会・経済・ 文化的意義」の双方の意義を有する場合は、600字以内】	社会 文化 的 意 義	学 術 的 意 義	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	小区分名 小区分 番号	小区分 番号	業績 番号			
Katakami, S., Y. Ito, K. Ohta, R. Hino, S., Suzuki, and M. Shirohara	Spatiotemporal Variation of Tectonic Tremor Activity Before the Tohoku-Oki Earthquake	J. Geophys. Res.	123	6676-6688	2018	10.1029/2018JB016651			【学術的意義】 独立型海底地震観測網およびケーブール式の海底観測網S-netのデータを利用して、初めて日本海溝・千島海溝沿いのスロー地震や群発地震などの発生分布の全体像を明らかにした。特に論文(2)では、プレート境界の比較的表層に存在する深部低周波微動、超低周波地震およびスロースリップなどの「スロー」地震の発生域が、東北地方太平洋沖地震や過去の大地震の震源域と重複しないことを示し、スロー地震発生域が大地震の破壊を止めた可能性を示した。論文(2)は、国際学術誌Scienceに掲載されたことから、世界的に注目された研究であり、読売、朝日などの新聞各紙にも研究内容が掲載された。また、論文(1)と(3)については、2017年の米国地震学会で招待講演として発表された。さらには被引用回数も合わせて5件(10/28時点、Web of Science)で学術的に重要な成果を挙げている。		SS	巨大地震発生域周辺で観測されるスロー地震の役割 東北地方太平洋沖地震震源域付近で発生するスロースリップ地震の運動履歴を海底地震観測網観測データを用いて、この間に発生した巨大地震前後には巨大地震発生域周辺で発生するスロースリップ地震の発生域が東北地方太平洋沖地震発生域と重複しないことを示した。また、日本海溝沿いで発生するスロースリップ地震の発生域が東北地方太平洋沖地震発生域と重複しないことを示した。また、日本海溝沿いで発生するスロースリップ地震の発生域が東北地方太平洋沖地震発生域と重複しないことを示した。		巨大地震発生域周辺で観測されるスロー地震の役割		9	17040	
Ohta, K., Y. Ito, R. Hino, S. Ohyama, T. Matsuzawa, H. Shirohara, M. Shirohara	Tremor and inferred slow slip associated with aftershlip of the 2011 Tohoku earthquake	Geophys. Res. Lett.	44	4591-4598	2019	10.1029/2019GL082468												
森理本, 山瀬 一, 長嶋立明	微動と地震動の観測水平上下スベクトル比の相違とそれに着目した地震構造決定手法	日本地震学会論文集	第16巻 第9号	13-32	2017				【学術的意義】 これらの論文は一貫して追求している拡張波動理論に基づいて構築した新しい手法を応用したもので、30年以上に亘って論争が続けられてきた微動の水平上下比を利用する新しい方法として、広く引用されること期待される技術を開発している。(2)の論文(IF:2.736)はまだ掲載されて間もないにも関わらずSoil Dynamics and Earthquake EngineeringやGeophysics, Pure and Applied Geophysicsなどに6件引用され、またフランス、イタリヤ、米国、インド、イランから共同研究の申し入れがあるなど有用性・世界的な注目が集まっている。ちなみに、さらに最近の(3)の論文(IF:2.578)は2件の引用がある。またResearchGateでは(2)は412 Reads、(3)は478 Readsを得ている。		SS	地震構造の同定と地震増幅評価の高度化に関する研究 地震動の予測のためには、各地点固有の地震の増幅特性の評価が不可欠であり、その評価のためには高精度な地下構造の同定が必要である。本研究では拡張波動理論に基づいて、微動を用いて簡便にサイト固有の地震動増幅特性を把握し、その微動観測から得られる水平上下スベクトル比からせん断波速度を同定する方法を開発した。さらにその水平上下スベクトル比から直後、せん断波の増幅特性を把握する方法を開発した。		防振工学 関連		10	25030	
Kawase, H., Mori, Y., and Nagashima, E.	Difference of Horizontal Spectral Ratios of Observed Earthquakes and Microtremors and Its Application to S-Wave Velocity Inversion Based on the Diffuse Field Concept	Earth, Planets and Space	70:1	Open Access	2017	10.1186/s40623-017-0766-4												
Kawase, H., Nagashima, E., K. and Mori, Y.	Direct evaluation of S-wave amplification factors from microtremor H/V ratios: Double empirical corrections to "Wakamura" method	Soil Dynamics and Earthquake Engineering	126	Open Access	2018	10.1016/j.solidyn.2018.01.049			【社会・経済・文化的意義】 本研究で確立した技術の社会的価値として、世界的に増強調査事業を展開している応用地震(株)と共同研究を遂げた結果、彼らが増幅計測機器とセットで販売するデータ解析ソフトウェアのオプションとして組み込まれることになった。それにより、観測され解析結果が得られる度に世界地図にその結果がアップロードされ、同ソフトウェアのユーザーは誰でもその情報にアクセスできる。									

業 種 編 号	小 区 分 番 号	小 区 分 名	学 術 的 意 義	社 会 化 的 意 義	判 断 根 拠 (第 三 者 に よ る 評 価 結 果 や 客 観 的 指 標 等) 【40字以内、ただし、「学術的意義」及び「社会的、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、600字以内】	重 複 し た 研 究 業 績 番 号	代 表 的 な 研 究 成 果 、 成 果 物 【最大3つまで】					
							著 者 ・ 発 表 者 等	タ イト ル ・ 表 題 等	発 表 機 関 ・ 出 版 社 ・ 会 社 等	巻 ・ 号	頁	発 行 ・ 発 表 年 等
11	22040	水 工 学 期 連	SS	SS	<p>様々な流砂形態に対峙した河床変動解析モデルの開発</p> <p>豪雨時に降雨では高濃度に土砂を含んだ土石部や泥流が発生し、斜面や河床を侵食するとともに、緩急配座で土砂を犯塵・堆積させる。また、泥流が流れて込む河川では、掃流砂・浮遊砂・ウオッシュロードと呼ばれる形態で土砂が水とともに輸送され、河床や河岸を侵食するとともに、砂州などの土砂堆積現象を発生させ、地形を変化させる。このような様々な流砂形態による河川地形変動過程を再現する数値解析モデルを開発した。</p>	<p>【学術的意義】</p> <p>竹林によって開発された一般感應系による平面二次元河床変動解析モデルは、三大流路形態の一つである網状流路のカオティックな時空間的な変動特性を再現した世界で初めての力学数値シミュレーションモデルである。本研究では、時空間的に多線性を有した河川物理環境の形成方法が示され、河道内の生態システムの保存・創生のための一つの方向性が示された。また、斜面崩壊や浸食、河床侵食を起源とした土石流・泥流の発達、輸送、犯塵、堆積過程の数値シミュレーションが可能であり、粗粒土砂を多く含む土石流から細粒土砂の多い泥流まで幅広い高濃度土砂輸送現象を解析できる点が国内外の研究から高く評価されている。本解析モデルを導入しているバズリックドメインの河川流・河床変動解析ソフトウェアIRICに関する論文は、IF3, 673のAdvances in Water Resourcesに掲載されており、36の論文に引用されている。</p> <p>【社会的意義】</p> <p>開発された平面二次元河床・泥流や河岸浸食などの土砂災害及び地震時に発生可能な土石流、竹林によって解析された結果やその結果に対するコメント、解析モデルの開発について、新聞、テレビなどのマスメディアに2016年～2019年の4年間で62回紹介された。また、河川流と地形の時空間的な変化、つまり河道内の動物の生息場の物理環境の解析が可能であるため、防災だけでなく、河道内の生態システムの保存・創生のための河川整備計画の作成にも利用されている。本解析モデルを導入しているソフトウェアIRICは、全世界で4万回以上ダウンロードされており、世界中で最も利用されている河川の解析モデルの一つとなっている。</p>	<p>① 竹林進也、藤田正治 2016年4月熊本地震時に発生した山王谷川の土石流の流動特性を再現した河床変動解析モデルの開発</p> <p>② Takahayashi, H. Modelling braided channels under unsteady flow and the effect of spatially heterogeneous vegetation on bed and channel geometry</p> <p>③ Nelson, J. M., Shimizu, Y., Abe, T., Asahi, K., Gamou, M., Inoue, T., Iwasaki, T., Kawamura, S., Kimura, I., McDonald, R. R., Nabi, M., Nekatsugawa, M., Simoes, F. R., Takebayashi, H., Watanabe, Y.</p>	<p>土木学会論文集B1(水工学) Vol.174, No.5</p> <p>GRR Vol.18 671-702</p> <p>Advances in Water Resources Part A 93, 62-74</p>	<p>2018</p> <p>2017</p> <p>2016</p>	<p>10.1002/9781118971437.ch25</p> <p>10.1016/j.advwatres.2015.09.017</p>		

代表的な研究結果・成果物 【論文3つまで】										
著者・発表者等	タイトル・表題等	発表機関・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)	重複して掲載された研究論文のDOI番号	所属機関(第三種による評価結果や客観的指標等) 【400字以内】 文化的意匠の両方の意匠を有する場合は、600字以内	重畳して掲載された研究論文のDOI番号	
12	17030	地球人間 圏科学学問 連	研究テーマ 研究トピック 要旨【200字以内】 地盤災害に関する啓蒙書の刊行 地すべり、斜面崩壊などの地質災害に関する基礎的教科書と写真を中心とした書籍2冊(成果(1)、(2))、開発による地盤災害リスクの発生過程を人間の歴史に開示した書籍1冊(成果(3))、および都市域における斜面災害に関する新書1冊(成果には記載せず)を刊行した。成果(3)とした書籍は、第7回古代歴史文化賞優秀作品賞を受賞した。また、いずれの書籍も書評等で高い評価を受けている。	SS	社会、経済、文化的意義	学術的意義 成果(1)と(2)は、斜面変動現象の教科書として、この分野の学術的発展に大きく貢献している。著者の長年における研究の集大成とも言えるもので、(1)は、写真を主とした書籍で一般を対象とした啓蒙・入門書である。(2)は、地表で生じる地質災害を地質現象として理解するための教科書的なものである。成果(3)は、古代から近現代までの開拓の歴史や社会的背景と地盤災害の関係史を解説し、防災考古学という新たな学問領域を提唱している。そのユニークな視点が評価され、第7回古代歴史文化賞優秀作品賞を受賞した。過去の本賞受賞者は、文学、言語学、歴史学(建築史を含む)、考古学分野の研究者であり、理学・工学分野の研究者の受賞は初めてである。この受賞は、防災研究所が掲げる文理融合研究が、真に深い所で達成された成果であると言える。	17030	17030	17030	17030
13	17040	固体地球 科学学問 連	研究テーマ 研究トピック 要旨【200字以内】 2016年熊本地震に関する研究 2016年熊本地震の前震と本震について、近地で観測された地盤液状化現象を解析することにより、震源断層の破壊過程とそれによって生じた強震動について分析した。本震は、有田川断層帯のみならず前震の起きた日奈久断層帯の本震の断層に、震源から80km離れた大分県内でも大きな被害を被った原因が、本震で誘発された別の大断層にあることを抽出し、その発生過程を明らかにした。	SS	学術的意義 (1)の研究は、複雑な断層の破壊過程を明らかにする事にいち早く成功した。その結果は早期に政府の地震調査委員会に報告され、熊本地震の評価に活用された他、断層近傍地盤液状化現象の発生、被害種別等の入力地盤動揺検討等、地震学や地震工学の多数の研究で参照された。論文の被引用回数は71回(Springer Nature社刊、11/2時点)を超え、2019年1/2月度(Highly Cited Papers (Web of Science))に選ばれている。(2)の研究は、震災から約1ヶ月後の2016年5月12日NHKニュース7、ニュースウォッチ9、2016年10月28日NHK大分県分ニュースにて報道される等、社会的に大きな注目を集め、現象解明に関する情報発信を行った。掲載誌の2016年Highly Cited papersに選出され、学術的にも重要な成果を挙げた。	17040	17040	17040	17040	
			著者・発表者等 (1)千本良雅弘	タイトル・表題等 写真に見る地質と災害	発表機関・出版社・学会等 近未来社	巻・号 232p.	頁 2016	発行・発表年等 2016	掲載論文のDOI (付与されている場合)	
			著者・発表者等 (2)千本良雅弘	タイトル・表題等 災害地質学ノート	発表機関・出版社・学会等 近未来社	巻・号 240p.	頁 2018	発行・発表年等 2018	掲載論文のDOI (付与されている場合)	
			著者・発表者等 (3)釜井徳孝	タイトル・表題等 熊本県と都の防災学	発表機関・出版社・学会等 京都大学学術出版会	巻・号 201p.	頁 2016	発行・発表年等 2016	掲載論文のDOI (付与されている場合)	
			著者・発表者等 (1) Kimiyuki Asano and Tomotaka Iwata	タイトル・表題等 Source rupture processes of the foreshock and mainshock in the 2016 Kumamoto earthquake sequence estimated from the kinematic waveform inversion of strong motion data	発表機関・出版社・学会等 Earth, Planets and Space	巻・号 68	頁 147	発行・発表年等 2016	掲載論文のDOI (付与されている場合) 10.1186/40623-016-0519-9	
			著者・発表者等 (2) Miyazawa, M.	タイトル・表題等 An investigation into the remote triggering of the Oita earthquake by the 2016 Mw 7.0 Kumamoto earthquake using full waveform assimilation	発表機関・出版社・学会等 Earth, Planets and Space	巻・号 68	頁 205	発行・発表年等 2016	掲載論文のDOI (付与されている場合) 10.1186/40623-016-0565-z	
			著者・発表者等 (3)	タイトル・表題等	発表機関・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)	

代表的な研究成果, 成果物 【論文3つまで】														
業績番号	小区分番号	小区分番号	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	学術的意義	社会的意義 経済、	国際的意義	重複して 掲載した 研究業績 番号	著者・発表者等	タイトル・表題等	発表形態・出版 社名 ・巻号等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)
14	17030		地球入門 圏科学圏 深層崩壊の準備過程と発生場所予測に 関する研究 深層崩壊は、表層の風化物や堆積物の 崩壊ではなく、深層培養も崩壊する 現象であり、広範囲に感震な災害を引 き起こす点で、重要である。しかしな がら、この現象は、我が国の土砂災害 防止のための法的枠組みに含まれてお らず、不明な点が多く残されていた。 本研究は、深層崩壊のメカニズムを解 明し、また、その発生場所予測に向け た方向性を示した。	S				(1) Chigira, M., Suzuki, T. (2) Chigira, M., Sato, T., Matsushi, Y., Suzuki, T. (3) Arai, N., Chigira, M.	Prediction of earthquake- induced landslides of pyroclastic fall deposits (Invited) Landslides induced by the 2016 Kumamoto earthquake and its application to future earthquake- induced landslides (Invited) Rain-induced deep-seated catastrophic rockslides controlled by a thrust fault and river incision in an accretionary complex in the Shimanto Belt, Japan	Proceedings of the 12th International Symposium on Landslides The 6th International symposium on Mega earthquake induced geo- disasters and long term effects Island Arc	93-100 7-8 1-17	2016 2018 2018		
15	17040		日本列島のひずみ集中帯に関する研究 本研究は、GNSS等の宇宙測地観測デー タを用いて日本列島の地殻変動を解析 し、日本列島のひずみ速度分布をそれ 以前の研究に比べてより詳細に明らか にした。ひずみ速度の集中する「ひず み集中帯」で内陸地震の発生が顕著で かつ有効であることを例証した。	S				(1) 西村直也 (2) Mishimura, T., Yokota, K., Tadokoro, T. Ochi	GNSSデータか ら見出される 日本列島のひ ずみ集中帯と 活断層及び内 陸地震 Strain partitioning and interplate coupling along the northern margin of the Philippine Sea plate, estimated from GNSS and GPS-A data San-in shear zone in southwest Japan, revealed by GNSS observations	46 pp. 33-39 14 pp. 535-551 69	2017 2018 2017	10.11462/af.2017.46_33 10.1130/GES01529.1		

著者・発表者等	タイトル・課題等	発表機関・出版社・会誌等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)									
共同利用 研究業績 番号	重複して 選定した 研究業績 番号	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等) 【40字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会・経済・文化的意義」の双方の意義を有する場合は、600字以内】	学術的意義	社会的意義	研究テーマ 研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	小区分名 小区分名	小区分 番号	著者・発表者等	タイトル・課題等	発表機関・出版社・会誌等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)	
16	25000	防災工学 関連	S	S	ガラスの耐衝撃性能評価手法の開発 台風や竜巻による強風災害に際しては、風圧力だけでなく、飛来物による被害が多発している。本研究では飛来物を持つ衝撃力と、建物で最も弱い開口部のガラスの耐衝撃性能を明らかにするために、耐衝撃性能を測定するための試験手順を開発し、種々の種類のガラスについて耐衝撃性能を明らかにした。また、日本における強風災害時の代表的な瓦の衝撃力を試験用の標準試験体と試験手順を新たに提案した。	【学術的意義】 地球温暖化により、近年台風の強大化、竜巻等の頻発など、極端気象現象による強風災害の甚大化が進んでいる。建物の強風災害については、飛来物の衝突による被害が大半を占めるが、これまでに、強風による飛来物が持つ衝撃力と建物の耐衝撃性能は明らかでなく、また、試験・評価方法もオーライズされたものが日本にはなかった。本研究では建物で最も弱い開口部のガラスの耐衝撃性能を明らかにするために耐衝撃試験装置を開発し、種々の種類のガラスについて耐衝撃性能を測定するための試験手順を開発した。さらに、その成果に基づき、「JIS R 3109-2018、建築物ガラスの暴風時における飛来物衝突試験方法」が2018年に制定され、日本における外装材用ガラスの飛来物に対する耐衝撃性能評価手法が確立された。これにより、建物の飛来物による強風災害防止のための基礎となる外装材(ガラス)の耐衝撃性能評価方法が確立された。	【社会・経済・文化的意義】 【社会・経済・文化的意義】 耐震方法が確立されたことにより、強風等による被害の軽減が期待される。また、試験・評価方法の確立により、強風による被害の軽減が期待される。また、試験・評価方法の確立により、強風による被害の軽減が期待される。	① Takashi Maruyama ② 丸山 聡、西嶋 一 彦 ③ 丸山 聡、志村 正 幸、長瀬 寿一	Development of Resistant Test Glasses in Japan 合わせガラスの耐衝撃性能試験における信頼性評価方法の考察 ガラスの耐衝撃試験における加撃体の違いによる衝撃力の変化	The 10th China-Japan-International Workshop on Wind Engineering (CJR2015), July 30-31, 2015 JCGSSAR 2015 第24回 風工学シンポジウム論文集CD	2015 2015 2016	2015 2015 2016	10.14887/kazekosymp.24.0.265		
17	22040	水工学 関連	S	S	気候変動に伴う波浪の将来変化予測 世界気候モデルの研究グループと共同研究を行い、世界の海抜線の約50%が、21世紀末に波浪特性変化のリスクにさらされていることを明らかにした。現在通りの経済活動を継続する将来の気候シナリオでは、平均的な波浪高が±10%の幅で増加もしくは減少することがわかった。特に日本周辺は将来変化が大きく、平均的な波浪高が10%、周期が5%前後減少することが予測された。	【学術的意義】 気候変動による海面上昇の予測に比べて、波浪の将来変化予測は遅れており、IPCC第5次評価報告書(WG2)でようやく成果が得られてきた。しかし、信頼区間などの確率情報が不足しており、また、温暖化シナリオ毎の波浪の予測も行われていなかった。本成果では、多シナリオ毎の波浪の予測を行うための基礎となる。本成果は、気候変動に伴う波浪の将来変化予測を評価するための基礎となる。本成果は、気候変動に伴う波浪の将来変化予測を評価するための基礎となる。	【社会・経済・文化的意義】 【社会・経済・文化的意義】 気候変動に伴う波浪の将来変化予測は遅れており、IPCC第5次評価報告書(WG2)でようやく成果が得られてきた。しかし、信頼区間などの確率情報が不足しており、また、温暖化シナリオ毎の波浪の予測も行われていなかった。本成果では、多シナリオ毎の波浪の予測を行うための基礎となる。本成果は、気候変動に伴う波浪の将来変化予測を評価するための基礎となる。	④ Iwao Morim, Merik Bengt, Xiaolan L, Wang, Nick Carwright, Claire Trenham, Alvaro Senedo, Ian Young, Lucy Bricheno, Paula Camas, Mercè Casas-Prat, Li Erikson, Lorenzo Mentaschi, Nobuhito Mori, Tomoya Shimura, Ben Timmermans, Ole Arnesen, Øyvind Breivik, Arno Behrens, Mikhael Dobrynin, Melissa Stamma, Michael Wolfr, Babareh Kanrarzad, Shimura, T. N., Takami, and R. Mizuta	Robustness and uncertainties in global multivariate wind-wave climate projections Long term impacts of ocean wave-dependent roughness on global climate systems	Nature Climate Change Journal of Geophysical Research, Ocean	Vol. 9 122(1995-2011)	pp. 711-718 2019	2019	10.1038/s41558-019-0542-5	10.1002/2016.JCOI2621

