

環境エネルギー科学技術に関する 研究開発課題の事後評価結果（案）

平成28年3月

環境エネルギー科学技術委員会

環境エネルギー科学技術委員会委員

	氏名	所属・職名
主査	安井 至	一般財団法人持続性推進機構環境人材育成 コンソーシアム代表幹事、東京大学名誉教授
主査代理	高村 ゆかり	名古屋大学大学院環境学研究科教授
同	橋本 和仁	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻教授
	市橋 新	公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所 主任研究員
	江守 正多	国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室長
	沖 大幹	東京大学生産技術研究所教授
	奥 真美	首都大学東京都市教養学部教授
	加藤 昌子	北海道大学大学院理学研究院教授
	河宮 未知生	国立研究開発法人海洋研究開発機構 統合的気候変動予測分野長
	小長井 誠	東京都市大学総合研究所教授
	関 正雄	損害保険ジャパン日本興亜株式会社CSR部上席顧問
	関根 千津	住友化学株式会社理事
	関根 泰	早稲田大学先進理工学部教授
	館山 佳尚	国立研究開発法人物質・材料研究機構ナノ界面ユニット ナノシステム計算科学グループリーダー
	田中 栄司	株式会社地球快適化インスティテュート顧問
	手塚 宏之	JFEスチール株式会社技術企画部地球環境グループ リーダー・理事
	花木 啓祐	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授
	松橋 隆治	東京大学大学院工学系研究科教授
	山地 憲治	公益財団法人地球環境産業技術研究機構理事・研究所長
	渡辺 径子	上越教育大学学校教育実践研究センター准教授

気候変動適応研究推進プログラムの概要

1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成22年度～平成26年度

中間評価 平成24年8月、事後評価 平成28年1月

2. 研究開発概要・目的

気候変動の影響が顕在化し長期的な影響リスクが高まる中、世界的に気候変動に対する適応策の必要性が高まっている。文部科学省では、「低炭素社会づくり研究開発戦略」を策定し、地球観測や気候変動予測、環境に係る基礎研究に加え、先端的な低炭素化のための技術開発や避けることのできない地球温暖化の影響に適応するための研究開発など低炭素社会づくりに向けた研究開発を総合的に推進している。この戦略の一翼として「気候変動適応戦略イニシアチブ」を立ち上げ、当該事業の中に、気候変動適応に関する研究水準の大幅な底上げ、適応策検討への科学的知見の提供、気候変動による影響に強い社会の実現に貢献することを目的として本事業を設定した。

気候変動を考慮した適応策の立案には科学的根拠となる気候変動予測情報が不可欠となるが、現在の気候変動予測の空間解像度では地域規模の使用には不十分であるなどの課題がある。そこで、本事業は、気候変動予測の成果に基づいて、地域規模で行われる気候変動適応策に科学的知見を提供することを目的とし、必要となる研究開発を推進するものである。研究の推進にあたっては、各課題が都道府県などの対象地域を定め、(1) 先進的なダウンスケーリング手法の開発、(2) データ同化技術の開発、(3) 気候変動適応シミュレーション技術の開発、の3つの研究テーマで研究を行う。また、気候変動予測の時間的、空間的分解能の向上や予測に含まれる不確実性の低減、気候変動適応シミュレーションの評価などを行うために必要不可欠となる観測研究の実施も含まれる。

3. 研究開発の必要性等（※中間評価時点）

【必要性】

気候変動に対する対策の推進は世界的な喫緊の課題である。とりわけ、気候変動の影響が顕在化する中で、地球温暖化の緩和に加えて、被害の軽減を図るための適応策の推進が必須の状況にあり、地域レベルでの気候予測ダウンスケールをはじめ適応策検討の科学的基礎となる研究が緊急に必要とされている。

本事業は、全球規模の気候変動予測情報及び観測情報等を地域規模で活用できるようにするためのダウンスケーリング技術、不確実性を低減するためのデータ同化、さらに適応シミュレーション技術を開発することにより、我が国及び世界が直面する気候変動への適応策を立案するための科学的知見を創出することを目的としており、高い社会的ニーズに対応して国が実施すべきものである。

【有効性】

気候変動の影響は、広範囲にわたることが明らかになる一方で、適応策の研究はまだ断片的に行われているに過ぎない。そのため、地域規模の気候予測技術の高度化や災害、水資源、健康、生物多様性、農林水産業等について回復力（レジリエンス）や適応性を増進する研究の推進は、安全・安心な低炭素社会の構築に対して有効性が大きい。今後、各省庁による研究とも連携して、総合的な適応策検討の科学ベースを構築していく必要がある。

本事業では、適応策に関する科学技術的な成果と共に、社会的合意形成に有効な知見が得られることが期待でき、政府主導の施策としては極めて優先度の高い事業である。また、得られた成果は、開発途上国の課題解決にも寄与するものが多く、この面でも日本が率先して研究開発することは有効である。

【効率性】

本事業は、専門的知見を有する専門家を、プログラムディレクター（PD）、プログラムオフィサー（PO）として任用し、計画の妥当性や進捗状況を評価し、課題間の緊密な連携を図りながら推進する体制となっている。また、定期的に外部有識者が参画する研究調整委員会等を開催して評価を受けており、事業の進捗管理や効果的・効率的な運営がなされている。

4. 予算（執行額）の変遷

年度	H22(初年度)	H23	H24	H25	H26	総額
執行額	6.0億円	5.7億円	5.6億円	5.6億円	4.8億円	27.7億円

5. 課題実施機関・体制

研究代表者

（プログラムディレクター：茨城大学 三村信男、
プログラムオフィサー：早稲田大学 太田俊二・筑波大学 武若聡）

- 気候変動に適応する河川・水資源地域管理システムの開発
（研究代表者：東京大学 小池俊雄、以下「小池課題」という。）
- 日本海沿岸域における温暖化に伴う積雪の変化予測と適応策のための先進的ダウンスケーリング手法の開発
（研究代表者：海洋研究開発機構 木村富士男、以下「木村課題」という。）
- 北海道を対象とする総合的ダウンスケール手法の開発と適用
（研究代表者：北海道大学 山田朋人、以下「山田課題」という。）
- 流域圏にダウンスケールした気候変動シナリオと高知県の適応策
（研究代表者：農業環境技術研究所 西森基貴、以下「西森課題」という。）

- 高解像度気候変動シナリオを用いた大都市圏の風水害脆弱性評価に基づく適応に関する研究
(研究代表者：防災科学技術研究所 大楽浩司、以下「大楽課題」という。)
- 都市・臨海・港湾域の統合グリーンイノベーション
(研究代表者：海洋研究開発機構 高橋桂子、以下「高橋課題」という。)
- フィードバックパラメタリゼーションを用いた詳細なダウンスケールモデルの開発と都市暑熱環境・集中豪雨適応策への応用
(研究代表者：名古屋大学 飯塚悟、以下「飯塚課題」という。)
- 気候変動下における四国の水資源政策決定支援システムの開発
(研究代表者：高知工科大学 那須清吾、以下「那須課題」という。)
- 大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用
(研究代表者：東京大学 中島映至、以下「中島課題」という。)
- 東北地域のヤマセと冬季モンスーンの先進的ダウンスケール研究
(研究代表者：東北大学 岩崎俊樹、以下「岩崎課題」という。)
- 地球環境変動下における農業生産最適化支援システムの構築
(研究代表者：東京大学 二宮正士、以下「二宮課題」という。)
- 気候変動に伴う水産資源・海況変動予測技術の革新と実利用化
(研究代表者：海洋研究開発機構 淡路敏之、以下「淡路課題」という。)

主管研究機関 北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、高知工科大学、海洋研究開発機構、農業環境技術研究所、防災科学技術研究所

共同研究機関 北海道大学、弘前大学、岩手県立大学、秋田大学、筑波大学、千葉大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、石川県立大学、京都大学、高知大学、高知工科大学、九州大学、海洋研究開発機構、国立環境研究所、産業技術総合研究所、水産総合研究センター、農業環境技術研究所、農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター、農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター、青森県産業技術センター、富山県環境科学センター、富山県農林水産総合技術センター、高知県農業技術センター、日本気象協会北海道支社

事後評価票

(平成28年1月現在)

1. 課題名 気候変動適応研究推進プログラム

2. 評価結果

(1) 課題の達成状況

【達成状況】

全球規模の気候変動予測モデルの成果を地域規模の気候変動予測や影響評価の検討などに活用することを目指して、力学的ダウンスケーリングと統計的ダウンスケーリングによる複合的なダウンスケーリング手法や新規で先進的なダウンスケーリング手法を複数開発した。また、地域規模における気候変動影響評価及び適応策の検討に科学的知見を提供するシミュレーションモデルに対し、その不確実性の低減を目指して、観測データを同化する技術を複数開発した。さらに、全球規模の気候変動予測モデルの成果をダウンスケーリングして得られた地域規模の予測情報を活用することによって地域の気候変動適応策立案を可能とする気候変動適応シミュレーション技術を複数開発した。

本プログラムは、12の個別の研究課題で構成されるが、それぞれの課題が研究者と対象地域の地方自治体等とでチームを構成し、現場の課題に具体的に対応するための研究開発を遂行した。その結果、いずれの課題も対象地域における気候変動適応策の検討に活用可能な科学的知見を創出し、所期の研究開発目標を達成した。対象地域の農業従事者や漁業従事者等が利用可能なインターフェイスを構築するなど、対象地域の自治体等における成果の社会実装が進んだ課題も多くあった。

プログラム全体としては、後述のとおり、PD・POの強力なリーダーシップの下、課題の構造化、課題相互及び他の研究プログラムとの連携、自治体等との社会実装レベルでの連携、民間企業との対話、及び東日本大震災からの復興への貢献等の当初の想定以上の成果の創出等を達成し、目標以上の成果をあげたといえる。特に、環境省の環境研究総合推進費S-8「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」(以下「S-8」という。)と共同で出版した「気候変動適応策のデザイン」は、多くの地方自治体や企業が気候変動の影響とリスクに対応する際の手引となる書籍であり、本プログラムの成果を広くかつ長期にわたり活用可能とした。

【必要性に対する評価】

先進的なダウンスケーリング手法、観測データの同化技術、気候変動適応シミュレーション技術を開発することにより、我が国及び世界が直面する気候変動への適応策を立案するための科学的知見を創出し、地域レベルでの気候変動適応策検討の科学的基礎となる研究成果をあげることで、所期の目的を達成したと評価できる。

【有効性に対する評価】

開発された成果を研究対象地域で実証することで、技術の有効性を確認した。さらに、研究開発成果の社会実装を推進することで、成果の社会還元に努めた。これらの成果によ

り、気候変動適応に関する研究水準の大幅なレベル向上、気候変動適応策検討への科学的知見の提供、気候変動による影響に強い社会の実現への貢献といった、本プログラムの所期の目的を達成したと評価できる。

また、PD・P0の強力なリーダーシップの下、S-8及び文部科学省の「気候変動リスク情報創生プログラム」（以下「創生P」という。）とのプログラム間の連携を図ったことは高く評価できる。前述の「気候変動適応策のデザイン」は、本プログラムのPD・P0が監修者・編者となって出版されたもので、成果の社会実装支援におけるS-8との連携成果として高く評価できる。これらの活動を通じ、気候変動適応研究に関する研究者が多数育成され、我が国における気候変動適応研究の中核となる研究グループが形成された。

【効率性に対する評価】

PD・P0のリーダーシップの発揮によって効果的、効率的な運営体制を整備したことにより、プログラム全体の研究の進行管理を円滑に実施した。特に、本プログラムでは、当初12の課題が個別に選定されたが、これを水領域、都市領域、農林漁業領域の3研究領域に分類してプログラムを構造化し、研究領域ごとに意見交換、研究連携を実施させたことにより、異なる地域・課題の研究が協力し、個別課題が有機的に連携を実現した。

本プログラムの実施期間中に東日本大震災が発生したが、その後の計画の見直しや研究活動の加速により、深刻な遅れを生じることなく、当初の目標を達成した。さらに、一部課題では、震災からの復興への貢献等の観点から、新たな研究テーマを設定し、当初想定していなかった成果をあげた。

【中間評価における指摘事項への対応】

「気候変動適応策のデザイン」の出版や、関係機関・自治体等との情報交換の推進により、本プログラムが単に12の地域の課題解決にとどまらず「オールジャパン」を意識した効果的事業となることを目指したことは高く評価できる。

日本各地域でのダウンスケーリングや不確実性の検討については、各課題における個別研究に加え、より汎用的な視点に立ち、本プログラム一体となった研究開発の推進を図った。しかしながら、温室効果ガス排出シナリオ、全球気候モデル、ダウンスケーリング、データ同化等における不確実性の評価は膨大な内容を含むため、広く普遍的な評価ができるレベルには至っておらず、今後の研究プロジェクト等において不確実性のより詳細な評価がなされることを期待する。

企業との連携については、本プログラムとして企業との意見交換会を開催することで、研究成果や今後の活用可能性について情報を共有するとともに、IT企業や保険会社等からのニーズを明らかにし、中間評価での指摘事項に着実に対応したものと評価できる。

(2) 成果

【学術的成果・人材育成等】

本プログラムでは、空間的により詳細で精度の高い気候モデルやダウンスケーリング手法を開発したほか、地域気候全般のみならず、降雨（小池課題など）、降雪（木村課題）やヤマセ（岩崎課題）といった局所的な気象現象の予測手法を高精度化することで、影響リスク評価の技術開発を中心に、気候変動適応研究の進展に貢献した。国際誌をはじめとする高い水準の学術論文による成果発表・受賞が多数あり、十分に科学コミュニティに貢献

したと言える（平成 27 年 8 月現在の論文数は、国際誌 324 報・国内誌 347 報）。特に、木村課題が開発した擬似温暖化手法が世界の研究者によって利用されるなど、気象学的、水文学的な研究開発は世界水準と言え、今後の研究への波及が期待できる。

また、本プログラムと S-8、創生 P の 3 プログラムの連携により、研究の最前線にいる若手を中心としてプログラムを超えた議論が実現されたことは、これまでにない取組であった。本プログラムの成果の基盤をつくった若手研究者や大学院生等は多数おり、国内外の大学・研究機関、自治体の研究部門、関連企業等に就職したほか、外国人研究者が母国の大学、行政機関に職を得た例もある。

これらのことから、本プログラムが気候変動適応研究という研究分野を確立し、我が国の気候変動適応研究コミュニティの活性化、人材育成と気候変動適応研究のレベル向上に貢献したものと高く評価できる。

【社会的ニーズへの対応】

山田課題や西森課題、那須課題、二宮課題、淡路課題など、自治体や地域の団体と連携した研究によって、社会的ニーズを顕在化させ、それを研究目的に取り込むといった双方向かつ発展的な研究の取り組みが行われたことは、本プログラムの大きな特徴であったと評価できる。本プログラムで開発された「イネいもち病感染リスク評価モデル」(岩崎課題)、「好適生息域推定モデル」(淡路課題)をはじめとする影響評価モデルは、自治体や漁業者等が活用可能なシステムに組み込まれ、提供された。また、各課題が具体的に地域の行政等と連携して課題を深掘りして研究開発を進めたため、成果の社会実装に関しては、円滑に運ぶものと期待できる。例えば、飯塚課題の研究成果が岐阜県多治見市の暑熱対策（ミスト散布）につながったほか、淡路課題で開発された漁場予測情報配信システムを継続的に運用するために、平成 27 年度から青森県が実用化するための事業を開始するなど、実装レベルまで研究開発を進めたのは大きな成果であり、自治体等の期待に十分応え得るものであったと評価できる。ただし、一部の課題においては、普遍的な技術の開発に注力したため、自治体等の現場レベルでの問題設定、対象地域との連携や社会実装に向けた取組が必ずしも十分でなかったものもある。適応策は地域の現場において主体的に取り組むことが重要であることに鑑みれば、今後の同種のプログラムにおいては、研究開発と地域（現場）との連携をより緊密なものにする努力が、これまで以上に必要である。

さらに、東日本大震災を機に、社会的ニーズの変化に対応して、柔軟に研究開発と成果の展開に取り組んだことは高く評価できる。例えば、中島課題では、開発したシステムを用いて、当初計画にはなかった福島第一原子力発電所事故の放射性物質の拡散シミュレーションや、平成 23 年 3 月の関東域における二酸化炭素の発生量減少の検知等を実施し、当初計画以上の成果を得た。

中間評価での指摘を受け、本プログラムとして企業との意見交換会を開催し、研究成果や今後の活用可能性等について情報を共有するとともに、IT 企業や保険会社等の気候変動適応に関するニーズを収集した。これにより明らかとなった自治体等とは異なるニーズ（企業の事業継続計画や、保険分野等への活用可能性）は、今後の気候変動適応研究への反映が期待される。

【アウトリーチ活動】

プログラム全体及び各課題がそれぞれにシンポジウムの開催等を通じて、国民への成果の発信や対話を積極的に実施した。特に、S-8 との協同で出版した「気候変動適応策のデ

ザイン」は、本プログラムのアウトリーチ活動の集大成であり、気候変動適応研究を広く周知・共有可能とするものと高く評価できる。

しかしながら、本プログラムでは、当初から研究者と自治体等がチームを組んで課題を設定したものの、全国の自治体の気候変動適応に関する幅広いニーズを探る仕組みが含まれていなかったことから、社会実装は各課題の取組の範囲内にとどまった。また、本プログラムの成果が、広く全国に周知されるまでには至っていない。後継事業においては、本プログラムにおける成功事例を含め、地域の気候変動適応策立案の重要性を普及するとともに、地域・分野を横断して広いニーズを集約し、これを研究開発に反映させる仕組みの構築が必要である。

(3) 今後の展望

【本プログラムの成果の活用】

本プログラムを通じて創出された将来予測情報や構築されたシステム等は、対象地域の自治体等に引き継がれ、今後も活用されていく見込みである。既に、木村課題、西森課題など、本プログラムの成果が自治体の計画等に取り入れられた例もあるほか、小池課題、高橋課題、飯塚課題、那須課題、淡路課題など、成果の継続的な活用に向け自治体等との具体的な連携協議が進んだ例もある。また、本プログラム終了の5年後には2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会が開催されるが、夏季の厳しい暑さの下開催される大会において、選手・観客の暑さ対策に資するデータを提供するため、本プログラム（高橋課題）の成果の活用が見込まれる。

一方、我が国のみならず気候変動適応策を必要としている諸外国においても、本プログラムの成果を積極的に活用されるように努め、国際貢献を進めていくべきである。既に、アジア・アフリカ諸国における「水・エネルギー収支分布型水文モデル」の技術移転（小池課題）、中国・韓国・アメリカ等の現地での実利用に向けた研究開発プロジェクト（大楽課題）等に、本プログラムの成果が活用されており、これらの取組の更なる発展を期待する。

【今後の研究開発の展望】

平成27年11月に閣議決定された「気候変動の影響への適応計画」を受け、気候変動適応研究に関する科学的知見が国民各層に認知され、活用されていくことが期待される。

本プログラムを通じ、具体的な気候変動適応策の提案とその実践・評価に向けた研究基盤が形成された。気候変動の影響やその重要性・緊急性は多岐にわたることから、今後は気候変動適応策を体系的に分類・整理し、これに基づいた個々の研究の位置づけを明確化することで、より効果的・効率的な気候変動適応研究の推進が望まれる。そのためには、社会的ニーズの掘り起こし・特定から、それを踏まえた影響リスク評価、適応策の検討・選択・策定・実施に至る各段階に応じた研究計画の設計が必要である。特に、社会的ニーズの掘り起こし・特定と、気候変動適応策の検討・選択・策定・実施においては、人文科学や社会科学の研究者との連携がこれまで以上に必要とされる。また、具体的な気候変動適応策の実施に当たっては、自治体全体の未来図を描ける立場の強力なリーダーシップの存在も必要である。

その際、社会的ニーズや気象・気候条件は、地域によって大きく異なることから、今後は、特定の地域・課題にとどまらず、全国の自治体等における気候変動適応策の検討・策

定に汎用的に生かされるような、信頼度が高い気候変動予測技術や気候変動影響に対する適応策の効果の評価を可能とする技術等の開発を着実に実施するとともに、研究者と自治体等が一体になった技術開発を推進し、その成果の社会実装の確実な実現に貢献することが期待される。また、そのための基盤となる全球気候モデルの高度化や、継続的な観測・モニタリングの維持、計算機リソースの確保も必要である。

【研究成果の活用と継続性】

気候変動適応研究の成果は、社会実装され実際の気候変動適応策実施に活用されることで真価を発揮すると考えられる。また、企業行動、投資家の投資行動などにも反映されることにより、研究の社会的価値はより高まることが期待される。そのため、今後の事業においては、国民各層に対するデータや情報の公開、手法の普及など、開発された技術が地域の気候変動適応策の立案・実施に実際に利用可能となる条件・環境を作る取組が必要である。さらに、開発されたシステムの維持・管理、育成された人材の散逸を防ぐための取組も、併せて必要である。

また、本プログラムは、基盤的な研究開発と先端的な影響評価研究を組み合わせることで成果の最大化を狙ってきたものである。先端的な影響評価研究は、開発されたモデルの社会実装によって評価することが可能であるが、基盤的な研究開発は必ずしも社会実装に直結しないものもあり、このような基盤的な研究開発を社会実装の観点からどのように評価するかが課題である。