

フューチャー・アース構想の推進事業

フューチャー・アース：課題解決に向けた
トランスディシプリナリー研究の可能性調査
終了報告書 (Phase1)

課題名 「分野間連携による水災害リスク管理の社会実装」
(Implementing Water-Related Disaster Risk Management
through Inter-disciplinary Approaches)

代表者

所属・役職 国立研究開発法人土木研究所
水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM)
センター長
Director, International Centre for Water Hazard and Risk
Management (ICHARM), Public Works Research Institute (PWRI)

氏 名 小池俊雄
Toshio Koike

目次

1. 課題名.....	2
2. 可能性調査（FEASIBILITY STUDY. FS）実施の要約	2
2 - 1. 解決すべき課題と、トランスディシプリナリー研究（TD研究）として取り組む社会的必要性／FSのねらい	2
2 - 2. FSの実施内容・方法.....	2
2 - 3. 主な結果・成果	2
2 - 4. FSの考察・結論	2
3. FSの具体的内容	3
3 - 1. 解決すべき課題と、TD研究として取り組む社会的必要性／FSのねらい	3
3 - 2. FSの実施内容・方法.....	4
3 - 3. FSの結果・成果	5
3 - 4. FSの考察・結論	22
3 - 5. 会議等の活動.....	23
4. FSの実施体制図	224
5. FS実施者	25
6. FS成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	27
6 - 1. ワークショップ等	27
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	28
6 - 3. 論文発表	28
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	29
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等.....	29
6 - 6. 特許出願.....	29

1. 課題名 分野間連携による水災害リスク管理の社会実装

2. 可能性調査（Feasibility Study. FS）実施の要約

2 - 1. 解決すべき課題と、トランスディシプリナリー研究（TD研究）として取り組む社会的必要性／FSのねらい

頻発・激甚化する水災害から迅速に復旧して、より良く復興できるレジリエントな社会の構築が求められており、そのためにはコミュニティや個人の人防災リテラシーの向上が必要と考えられている。そこで、社会と科学・技術が共同して、災害リスクに関する包括的で確かな情報を共有し、各地の社会状況に応じた多様な対応策のオプションを整備し、適時で健全な意思決定を支援するとともに、政策決定者、市民、さらにはこれらを支援する地域の研究者と協力して、科学知を社会に実装していくための能力開発を継続的に実施することが必要である。

本FSでは、データ統合・解析、モデル統合、アジア域における水災害分野の協働の枠組みに関するこれまでの研究成果を基に、地方、国、アジア地域の各レベルにおいて、地域住民や実務者、関連の研究者や研究機関、および国際機関、開発援助機関との協働による水災害レジリエンス構築の過程を設計する。

2 - 2. FSの実施内容・方法

- (1) 分野間連携による「データ統合・解析システム(DIAS)」を基盤とする水災害および関連データの統合的アーカイブとアセスメントの設計
- (2) フィリピンにおける洪水常襲地帯のコミュニティ防災計画策定を通じたTD研究
- (3) パキスタンにおける国レベル洪水早期警報システムの導入を通じたTD研究
- (4) アジア域における水災害レジリエンス確立を目指すTD研究

2 - 3. 主な結果・成果

- (1) 分野間の相互影響評価システムの開発、適応策のオプション提案、その経済・社会的評価の統合システムの開発とDIASへの実装とユーザインタフェース・可視化モジュールの高度化を設計した。
- (2) 地域コミュニティが自ら危機管理計画を作成し、それを地域コミュニティが利用し、発展させていく体制のプロトタイピングに成功した。
- (3) 洪水予警報システムを運用し、リアルタイムの洪水予測を実施するために必要となるモデルの理解、トラブル解決やモデルのカスタマイズする知識と経験を有する実務者の育成に成功した。
- (4) アジアで共通する洪水、渇水、気候変動影響など水問題の解決に向け、5項目の課題とそのスパイラルアップの実施体制づくりを提案した。

2 - 4. FSの考察・結論

水災害レジリエンスの強化と持続可能な開発を推進するには、データ基盤の効果的な利用に基づいて分野間連携と社会と科学の連携を支援し、地域コミュニティ-地方行政組織-国の縦横の連携を支援し、国際ネットワークの活性化させることが肝要である。

3. FSの具体的内容

3 - 1. 解決すべき課題と、TD研究として取り組む社会的必要性／FSのねらい

1) アジアの水災害と人間安全保障の向上のためのTD研究の必要性

アジアはモンスーンで特徴付けられる世界でもっとも大規模な水循環の場である。ここには世界の約6割の人口が集中しており、今なお急激な人口の伸びを示しており、活発な社会経済活動が展開されている。アジアモンスーンはこれらを支える豊かな水資源を与え、その下に健康、食料、エネルギー、生物多様性などの人間安全保障を確保するための開発が行われてきた。

しかし、この世界最大の水循環システムの時空間変動性は大きく、その結果甚大な洪水被害が生じ、その規模は世界の人的被害の8割にも及んでいる。また豊かな水資源を利用して形成された社会においては、渇水時に受ける経済的、社会的打撃が深刻となる。さらに、多くの地域が活発な造山帯にあるため、地すべり、土石流などの土砂災害も頻発している。

このような状況下で、気候の変化によって、狭い地域で強い雨が降りやすくなり、渇水を受ける面積が拡大し、さらには強い台風やサイクロンの発生が指摘されている。その結果、アジアにおける河川、水資源管理が一層困難となるばかりでなく、健康、食料、エネルギー、生物多様性などの人間安全保障は大きく揺らぎ、危機は多方面に及ぶ。

防災・減災の一義的責務は国家にある。被害データを取得し、統計化して、リスクアセスメントにより、社会資本整備の計画と投資を適切に進めることが求められている。そのためには、水災害による直接の被害に加え、健康、食料、エネルギー、生物多様性などの公共的利益分野と水災害との関連性や危機の波及効果を明確にして、国や地域の政策として主流化することによって、包括的な解決を目指すことが急務である

また、水災害から迅速に復旧してより良く復興できるレジリエントな社会の構築が求められており、そのためにはコミュニティや個人々の防災リテラシーの向上が必要と考えられている。そこで、社会と科学・技術が共同して、災害リスクに関する包括的で確かな情報を共有し、各地の社会状況に応じた多様な対応策のオプションを整備し、適時で健全な意思決定を支援するとともに、政策決定者、市民、さらにはこれらを支援する地域の研究者と協力して、科学知を社会に実装していくための能力開発を継続的に実施することが求められている。

2) FSのねらい

本FS研究は、将来の水災害リスクを未然に防ぎ、現在の水災害リスクを軽減し、水災害が生じても迅速に復旧、より良く復興できるレジリエントな社会を構築することによって、持続可能な開発に貢献できる科学・技術を構築し社会に実装することの可能性とその道筋を探ることを目的とする。

この包括的な課題を解決に導くには、まず第一にデータや情報が、水、気候、健康、食料、エネルギー、生物多様性など関連する分野間と様々なステークホルダーの間で共有され、相互に容易に利用できるデータ基盤を構築しなければならない。本FS提案者はITおよびGISの先端研究者と協力して「データ統合・解析システム(DIAS)」を開発し、極めて多様な現場データや大容量でリアルタイム性を有する衛星や数値予測モデルの出力をアーカイブし、品質管理し、その内容を明示するメタデータ登録を支援するシステムを構築して

きた。

第二に、これらのデータを効果的に用いて、水災害分野と様々な分野と連結した情報の創出が不可欠である。本FS提案者は、本研究共同研究者と協力して、DIASを効果的に用いた下記の分野間連携研究を通して、データや情報の相互利用のみならず、水循環モデルとそれぞれの分野のモデルとダイナミックに連結して統合的な情報を創出する「水循環統合システム（Water Cycle Integrator(WCI)）を開発し、国内外に適用してきた。

- 健康：洪水時の水系感染症評価システム
- 食料：水循環-稲作結合モデル、水循環-動学植生結合モデル、水文-農業統合渇水指標
- エネルギー：洪水-発電最適管理システム
- 生物多様性：水循環-生態系サービス総合評価システム
- 経済：洪水、渇水モデルと動学的一般均衡モデルとの結合システム
- 地域管理：気候の変化による水循環変動と産業連環分析、地域管理の結合システム

第三に、データシステムと分野間連携研究の成果を社会実装するための、フィールド研究および地域、国際協力の枠組み作りが不可欠である。ICHARMでは、フィリピンのルソン島パンパンガ川流域において、住民や地域行政組織と協力して、ハザード、脆弱性、暴露の評価によるリスクアセスメントを実施し、危機管理計画（contingency plan）の策定などを進めている。またUNESCO、国際協力機構（JICA）と協力して、パキスタンのインダス川流域における洪水の観測、予測、危機管理を所掌する政府機関と協力して洪水予測システムを開発・実装し、政策決定者や実務者の能力開発プログラムを進め、自立的に問題解決する体制の構築に成功している。一方、本FS提案者は、地球観測の政府間部会（GEO）の枠組みで2005年にアジア水循環イニシアチブ(AWCI)を設立し、18の参加国と協力して各国それぞれ1つのデモンストレーション河川流域を設定し、データの投入、品質管理、メタデータ登録を完了し、水循環モデルを開発し、気候変動の影響評価を各国の実務者と協力して進めてきた。このように地方レベル、国レベル、アジア域レベルでの協働の機会が広がってきた。

本FSでは、上述の3つの成果（DIAS、WCI、協働）を基に、地方、国、アジア地域レベルにおいて、地域住民や実務者、関連の研究者や研究機関、および国際機関、開発援助機関の協力を得て、下記の実施項目A)、B)、C)の可能性を明らかにして、実施計画を立案することにある。

- A) 水災害および関連データの統合的アーカイブ
- B) 分野間連携による水災害リスクの統合的アセスメント
- C) 水災害に対するレジリエンスの確立と能力開発

3 - 2. FSの実施内容・方法

本FSでは、地方レベル、国レベル、アジア地域レベルにおいて、それぞれのステークホルダーおよび関連研究者、研究機関と協力して、3-1で記した実施項目A)、B)、C)に対するニーズと意義、および実施可能性を明らかにし、実施の内容、体制、手順、予算などを含む実施計画を策定した。

具体的には、実施項目A)、B)については、研究協力者の支援を得て、気候の変動下において、水災害のリスクの軽減のために、地方、国、アジア地域の各レベルに適用可能なデ

ータ統合・解析システム (DIAS) を用いた分野間連携プラットフォーム構築計画を策定した。

一方実施項目C)については、地方レベルにおいては、フィリピンルソン島パンパンガ川流域を対象として、住民、地域コミュニティ、地方行政組織との協議を進めた。国レベルにおいては、パキスタンのインダス川を対象として、気象局、国家災害管理局、水・電力開発局、農業研究所などの政府機関、研究機関との協議を進めた。

さらに、実施項目A)、B)、C)全体をアジア地域レベルで協議するために、AWCIによって2013年にまとめられたプロジェクトデザインマトリクス(PDM)を基に、アジア河川流域機関ネットワーク(NARBO)ならびに各国の研究者、国連機関(UNESCO、WMO、UNISDR)、国際開発援助機関(世界銀行、アジア開発銀行、JICA)、関連する研究コミュニティ(データ基盤、水災害リスクの統合的アセスメント、)を招聘して国際ワークショップを開催して協議を進めた。

3 - 3. FSの結果・成果

(1) 分野間連携による DIAS を基盤とする水災害および関連データの統合的アーカイブとアセスメントの設計

(実施項目 A、B)

本FSでは多様な分野の研究者の協力を得て、2つのフェーズからなる開発計画を策定した。フェーズ1では、各分野における気候変動の影響評価技術の開発と汎用性の向上を行い、その成果を国内の関係者が利用できるようモデルやツールをウェブ上で公開することとした。フェーズ2では、評価技術のパッケージングによる対象地域の統合的支援システムを開発して、気候変動の影響評価や適応策と緩和策を単数または複数講じた場合の効果をGIS上で分かりやすく表示し、地域に適した適応策の最適化を支援する。さらに、適応策の選択により起こりうる将来に対して、地域社会の未来をデザインする協働企画の手法とツールを開発する。

【フェーズ1】

気象-水-農業-健康-都市-生態系の各分野における気候変動の影響評価技術の更なる開発の推進による精度と汎用性の向上を実現し、広く利用できるモデルやツールをウェブ上で公開する。

- a. 気象、水循環と水災害、農業生産性、健康、生態系サービス（主に生態系機能からの評価）等の各分野における影響評価システムの開発
- b. 項目 a の地域経済スケールにおける中・長期的経済評価と社会的評価システムの開発
- c. a, b の評価システムの DIAS 上への実装とユーザインタフェース・可視化モジュールの開発。また多様なデータの統合に必要なオントロジーを開発する。
- d. モデル地域社会を対象に、a-c を市町村レベル、県レベル、広域圏（複数県）レベルで適用する。またそのために必要な都市・国土マイクロジオデータや人の流動データを開発する。

各分野では、下記を実施する。

擬似温暖化手法に基づく極端気象イベントの力学的ダウンスケーリングと影響評価手法の開発：

治水計画策定の基礎情報となる最大クラス洪水の推定のため、①擬似温暖化手法に基づく極端気象イベントの力学的ダウンスケーリング手法の構築、②その結果に基づく流出解析システムの構築、および波浪推算及び高潮推算、③②と組み合わせた低平地における河川水位推定手法の開発、④シミュレーション結果に基づくリスクポートフォリオ作成システムを開発する。

水循環統合モデルの構築：

精度の高い水循環に関する理解とリアルタイム水害予測のための気候-河川・氾濫-下水道-潮汐を接続するシームレスモデルおよび水-エネルギー収支水循環分布モデル（WEB-DHM）を構築し、水文解析のためのユーティリティとして、地域社会等でも使いやすいかたちに汎用化して一般公開する。

農業生産性への影響評価システム開発と適応策のオプション提案：

水循環-稲作結合モデルを対象地域に適応させるために必要なデータ収集とモデルの改良を行う。併せて既存作物モデルを改良し、大豆、小麦を含めた土地利用型作物の気象生産性評価システムを構築する。気候変動の影響評価と対応策のシミュレーションを行い、適応策のオプション提案を行う。

媒介生物の変化を含む暑熱環境による健康への影響評価システム開発と適応策のオプション提案：気候変動下でのデング熱等の感染症媒介蚊の生息分布の変化を予測し、感染症リスクの予測と最適予防策の提言に繋げる。環境・生態・疫学データを収集し、「気候変動→水環境変化→蚊の生息分布の拡大→蚊媒介感染症リスクの増大」の仮説的關係を定量化するモデルを構築する。

都市環境と居住者の生活の質(Quality of Life: QOL)への影響評価システム開発と適応策のオプション提案：

気候変動が都市環境の変化を通じて居住者の QOL にいかなる影響を及ぼすかを評価するシステムを、他分野で明らかにされたメカニズムを取り込んで構築する。QOL 価については、健康・生命被害と生活水準低下を合わせて評価し余命尺度で統合するとともに、平常時における評価と、災害激化を考慮した巨大災害発生時における評価を合わせて行えるものとする。

生態系サービス（森林生態系サービスや関連する水循環サービスなど）への影響評価システム開発と適応策のオプション提案：

生態系サービスに関して、気候変動に対して脆弱なサービスの抽出、そうしたサービスがどのような環境および人為要因により生成、減損されているかを特定し、環境や人為要因の分布傾向から評価を行う。さらに、主に土地利用のオプション（どの環境をどのように維持または改変していくか）とそのオプションによって種多様性をどの程度維持できるかを示す手法を構築する。

地域経済への影響評価手法の開発：

気候変動による水災害に関する地域経済スケールの中長期的影響の評価モデルを開発する。

モデルではサプライチェーンの途絶の影響や、企業の倒産や撤退、事業継続のためのファイナンスの可能性、住民の移住とコミュニティの変容などを考慮する。また、非市場データの収集方法やパラメータのキャリブレーションの方法を開発する

【フェーズ2】

評価技術をパッケージングすることで地域社会の統合的支援システムを開発して、気候変動の影響評価や適応策と緩和策を単数または複数講じた場合の効果をGIS上で分かりやすく表示し、地域に適した適応策の最適化を支援する。その際、分野間連携による統合的影響評価による効果的かつ実践的な適応策を提示し、その効果を検証する枠組みを提示する。

- a. 水ー農業ー健康ー都市ー生物多様性・生態系の相互影響評価システムの開発
- b. 水ー農業ー健康ー都市ー生物多様性・生態系の相互影響を考慮した適応策のオプション提案
- c. 項目 a, b と経済・社会的評価の統合システムの開発
- d. a, b, c の評価システムの DIAS への実装とユーザインタフェース・可視化モジュールの高度化
- e. a-dをモデル対象域の中で市町村レベル、県レベル、広域圏（複数県）レベルで高度化さらなる横展開を可能とするマイクロジオデータ基盤やオントロジー基盤を高度化

気象・水災害リスク変化の評価システム開発と適応策のオプション提案：

地域特性、物理的説明力、システムの使いやすさなどを考慮した河川流域の洪水、渇水、平時の水循環特性などを包括的に表現する統合的水循環モデルを開発する。適応策として、当水循環モデルシステムとDIAS上の気象予測、地上観測データとを統合した早期警戒システムをDIAS上で開発する。さらに農業、健康、都市、経済グループと共同で水災害リスク計量手法を開発し、DIASに実装する。

個別システムを結節するインターフェイスの開発：

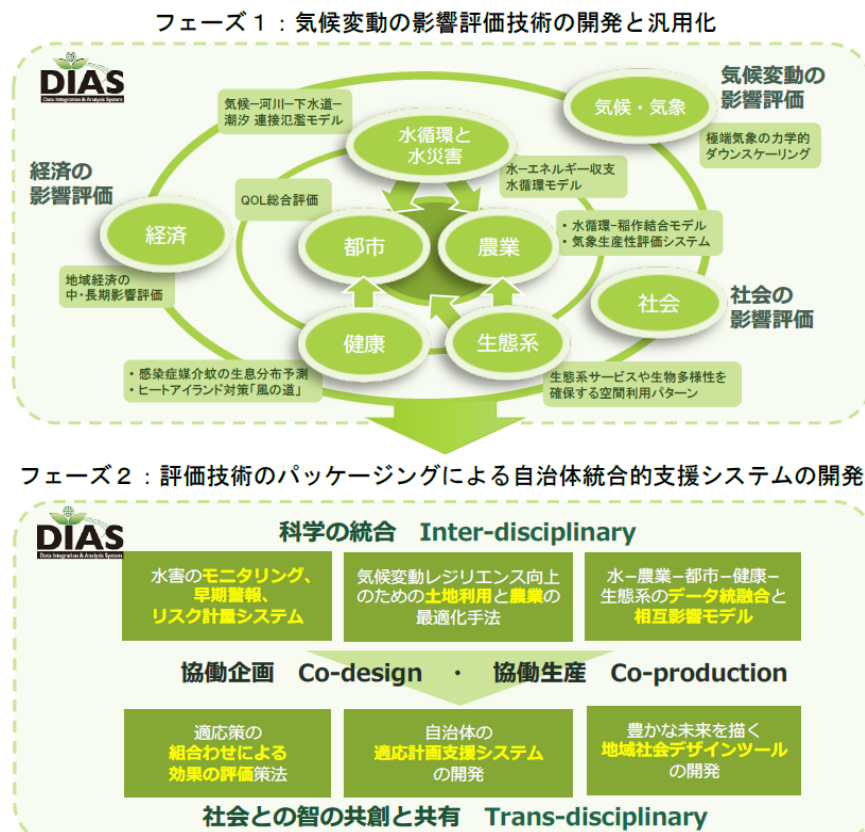
多様な分野のデータ統合のためにオントロジーを整備し、統合を通じて対象地域のマイクロジオデータを整備・開発する。またマイクロジオデータ（詳細地理情報）のアーカイブと利用ツールを準備することで、気象・水災害、都市環境、暑熱環境等の影響評価システムの適用・横展開、さらに適応策オプションの検討を支援する。

統合的影響評価にもとづくオプション選択による適応可能性の可視化：

例えば、都市と健康、生態系分野が連携し、気候変動影響下でのレジリエンスを高め、暑熱曝露などのリスクを緩和しつつ、生態系サービスや基盤となる生物多様性を確保できる土地利用パターンを検討する。また、健康および都市分野と連携として、ヒートアイランド対策として「風の道」による気候緩和効果の評価を加味した土地利用指針を策定する。この結果を他グループの作成した指標と比較することで、トレードオフ（社会サービスが生態系サービス維持のためにどの程度減損されるかなど）などの観点からも検討し、最終的に複合的オプションをステークホルダーへ提供する。

地域社会の適応計画支援システムの開発：

気候変動の影響評価や適応策を単数または複数講じた場合の効果という不確実性の大きい評価を、ロバスト意思決定手法等を用いて起こりうる将来の影響をGIS上で分かりやすく表示し、地域ごとに適応策の最適化を支援するシステムを構築する。また、気候変動と関わる環境特性や評価に必要な生物種分布情報収集などの監視の継続的实施へ向けて市民参加型モニタリングの運営基盤を構築し、市民・行政・研究者間の相互的な情報発信、環境への知識と意識の共有を図る。これらの評価結果を他グループ作成の指標と比較することで、トレードオフ（例えば、種多様性維持のために他の社会サービスや社会インフラがどの程度減損されるかなど）などの観点からも検討し、最終的に複合的オプションをステークホルダーへ提供する。影響評価やモデルの高度化、モデル間の接続性の向上とともに、様々なモデル地域社会のニーズに則して開発したシステムを横転換できるように、ニーズのパターンごとにシステムの統合化を行う。また、各適応策の長期的な経済効果を定量的に評価するシステムを開発することにより、費用対効果分析を通じて、政策決定の議論に有効な情報を提供する。



期待されるアウトカム

- ・ 2020年度：モデル地域社会（広域圏）での気候変動影響評価の定常的な実施と、地域ステークホルダーとの熟議による評価の実施と結果の共有、およびモデル地域社会における影響評価に基づく適応策オプションの試行とPDCAサイクルの確立

- ・ 2030年度：影響評価に基づく適応策オプションの試行とPDCAサイクルの確立の事例の増加と、国際的適用例の試行

波及効果

- ・ 日本モデルとして国際的に広く適用され、先進国に普及すると同時に、国際開発援助を通して開発途上国の適応事例が増加する。その結果、緩和策に関わる南北問題の解決の糸口を見出せるようになる。

(2) フィリピンにおける洪水常襲地帯のコミュニティ防災計画策定を通じた TD 研究 (実施項目 C、地方レベル)

1) FSのねらい

災害による被害を最小化するためには、あらかじめ起こりうる災害を設定した上でリスクを定量的に把握し、必要な事前対策を検討しておく必要がある。これらの立案・検討は、過去の被災実績やシミュレーションを踏まえた科学的なアプローチにより実施する必要がある。UNISDRの定義によれば、災害リスクアセスメント（リスク評価）には、「ハザード（外力、Hazard）の調査、暴露（Exposure）と脆弱性（Vulnerability）の分析、想定されるリスクシナリオに対する対処能力（Coping Capacity）の有効性の評価」が含まれる。しかし、途上国では一般に、過去の被災実績の記録や自然環境に関するデータの蓄積が乏しいためハザードの把握が難しい、人口・建物統計などの社会環境データも乏しいため暴露と脆弱性の分析が困難である、災害対応の記録が乏しいため災害への対処能力の把握や検証も十分ではない、等の課題がある。このため、途上国では、科学的な根拠のある定量的な分析に基づいてハード対策の設計や避難対策や救援物資などの備えを行うことが困難となり、頻発する災害のたびに甚大な社会的影響を受け、地域の持続的な発展が妨げられることとなる。

このような状況に対して、ICHARMは地域コミュニティの協力により必要なデータを補完することで、科学的根拠に基づいた災害リスクアセスメントの実施と事前計画の立案を行うことを提唱し、アジアの洪水常襲地帯の一つであるフィリピン共和国パンパンガ川流域をケーススタディエリアとした2年間に渡る活動に取り組んできた。本TD研究では、これらの活動の一環として、リスクアセスメントの結果に基づき、コミュニティレベルで、科学的根拠に基づく危機管理計画を作成する方法を提案する。さらに、パンパンガ川流域の洪水常襲地帯のコミュニティを対象とした実践活動を通して、提案手法の検証を行う。最後に、対象流域だけではなく他地域も含めて、本手法を地域に根付かせるための方法を考察した。

アジアの洪水常襲地帯の地域特性を考慮して、現地の自然・社会環境に適合した事前計画を立案するためのいくつかの着眼点を整理する。これらの地域では、我が国とは自然環境・社会環境が全く異なるため、我が国での手法をそのまま持ち込むことは無意味である。我が国での経験を活用するのであれば、これらの手法を現地の環境に適合させた形で軌道修正し、展開する必要がある。以下では、このような観点からの計画立案の際に参考となる我が国の事例も挙げる。

① コミュニティとしての事前計画立案へのニーズ

洪水常襲地帯では、地域全体の浸水により、浸水域外からの支援が届かない状況になっても、コミュニティは自助・共助の力で自ら対応できるよう備えておく必要性が高い。大原（2015）によれば、例えばフィリピン共和国では国からの奨励の下、州・市レベルでの洪水対応計画（Contingency Plan）の作成が行われているが、コミュニティレベルでの計画検討は進んでいない。

日本では、平成25年の災害対策基本法改正（平成26年4月1日施行）により、市町村内の一定の地区の居住者及び事業者（地区居住者等）が、「災害時に、誰が、何を、どれだけ、どのようにすべきか」を検討し、地区防災計画を定めることができる制度が創設された。地区防災計画ガイドライン⁴⁾では、コミュニティにおいて平常時・発災直前・復旧期・

復興期の各段階で想定される防災活動を整理しておくことが重要とされている。

②災害時の地域機能の継続へのニーズ

洪水常襲地帯では浸水が地域全体に広がり、自治体の行政機能の喪失により、地域の業務継続が困難になる可能性が高い。よって、①で挙げた地区防災計画の考え方だけでなく、BCP(事業継続計画)の考え方を踏まえて地域機能の継続を図る必要がある。

自治体によるBCP作成の事例としては、千葉県流山市の事業継続計画がある。本計画は地震災害編と風水害編に分かれている。人的・物的資源の制約下で行うべき非常時優先業務が着手目標時間に応じてS・A・B・Cの4段階で分類されている。本来は、コミュニティでもBCPを作成することが望ましいが、市町村やその上位の行政機関においてBCPの概念が全く普及していないアジアの洪水常襲地帯において、コミュニティのみがいきなりBCPを作成するのは、階層的な行政組織間の連続性から見てあまり好ましくないと考えられる。

一方、岩手県大槌町花輪田地区では、BCPの視点を考慮した地区防災計画作成の取り組みが行われている。事業継続マネジメントシステムの国際規格であるISO22301:Societal Security -Business continuity management systems/社会セキュリティ-事業継続マネジメントシステムの要求事項(JIS Q22301)では、事業影響度分析(Business Impact Analysis)分析及びリスクアセスメント(Risk Assessment)に基づく事業継続戦略(Business Continuity Strategy)の決定及び事業継続計画(BCP)の作成を規定している。花輪田地区では、災害によるインパクトに対する住民の理解を促進し、計画立案への自発的な態度を醸成することを目指して、ISO22301に則った災害リスク解析やインパクト解析に基づく地区防災計画の検討が行われている。計画立案に際しては、コミュニティ外部から計画を押し付けるのではなく、住民自らがリスクを理解し、自発的に計画づくりを行うことが重要である。花輪田地区の事例は、これらのプロセスに、ISO22301に基づく科学的なアプローチが有効であることを示唆している。

③動的な浸水リスク情報へのニーズ

浸水は徐々に広がるため、河川の上流・下流等の場所に応じた浸水状況の時系列での変化をあらかじめ想定し、これらの動的な変化に応じた事前計画をあらかじめ立案しておくことが重要である。現地の市町村でも洪水対応計画が作成されつつあるが、時系列に沿った対応の記述は行われておらず、浸水シミュレーション等に基づく時系列に応じた動的なリスク情報へのニーズが高い。浸水状況の変化をあらかじめ認識しておくことにより、浸水前から災害弱者を避難させる、食糧や財産等を2階等の高所に移動させる、などの被害軽減対策が可能となる。

浸水シミュレーションを活用した事例としては、県・市町・民間及び国の各機関の連携により作成された佐賀平野大規模浸水危機管理計画がある。本計画では、破堤条件の異なるいくつかの浸水シミュレーションに基づき、浸水の進展状況に応じて起こりうる事象を示したシナリオを作成するとともに、各機関や各分野で必要な対策を整理している。アジアの洪水常襲地帯においても、このような浸水シミュレーションと被災シナリオに基づく計画立案が必要である。

④発災規模の異なる浸水リスク情報へのニーズ

洪水常襲地帯では毎年のように洪水が発生している。よって、いつも経験している規模の洪水だけでなく、再現期間の長い大規模洪水など、発災規模の異なる洪水が発生した場合に被災状況がどのように異なるかを理解しておくことが重要である。

滋賀県では、県独自の条例である流域治水条例を定め、詳細な地盤データを用いた高精

度な浸水予測に基づき、10年、100年、200年という複数の再現期間別の浸水想定マップ（地先の安全度マップ）を公表している。また、床上浸水発生確率図、家屋水没発生確率、家屋流出発生確率などの被害発生確率図も公表している。床高などの閾値を用いて、再現期間別の浸水マップ（ハザードマップ）を被害発生確率マップ（リスクマップ）に変換することで、事前計画の検討に活用しやすくなる。

⑤計画更新へのニーズ

我が国の地区防災計画ガイドラインにも示されている通り、作成された地区防災計画は、PDCAサイクルに従って定期的に更新される必要がある。アジアの洪水常襲地帯では毎年のように洪水が発生するため、これらの経験を踏まえて定期的に更新を行うことが前提となる。よって、計画作成時点で、定期的な更新をコミュニティ自らで実施できるよう体制を整備しておく必要がある。

⑥浸水履歴を踏まえた浸水リスク情報へのニーズ

毎年のように洪水が発生する洪水常襲地帯では、浸水履歴マップのような地図にまとめられていなくても、住民が浸水しやすい地域や例年の浸水高さなどをよく理解している。よって、浸水シミュレーションが住民の感覚にそぐわない場合は、シミュレーションの結果そのものの信頼感の喪失につながる。浸水シミュレーションを行う際には、過去の降雨時の浸水高さ情報を収集し、これらの浸水履歴をうまく反映できるよう解析モデルのキャリブレーションを行い、住民の納得感を高めておく必要がある。我が国では、洪水が稀にしか発生しないため、実際の洪水現象によりハザードマップを検証するという機会は少ないが、この点を理解しておく必要がある。

⑦タイムライン型計画（事前行動計画）へのニーズ

前章で述べた通り、途上国では、ハード対策の整備水準が低いこともあり、自治体の機能を喪失するほどの大規模な洪水に見舞われる可能性が高い。近年、我が国では米国のハリケーンサンディでの対応を参考として、巨大台風等の接近が予測される場合に、台風上陸までの猶予時間に応じて段階的に鉄道停止、学校閉校、事前の広域避難などの被害軽減対策を実施するタイムライン型の計画（事前行動計画）が導入されつつある。具体例としては、荒川下流タイムライン検討会による荒川下流タイムライン、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会による危機管理行動計画（第三版）がある。

本来、途上国ではこのタイムライン型計画の効果が大きいと考える。しかし、一方で途上国では、台風経路やそれに伴う影響の予測技術に乏しく、十分な科学的な知見に基づくタイムラインの準備が困難な状況にある。タイムライン型の対応は、予測が外れた場合の空振りの損失が大きいため、途上国においてこのような大胆な事前対応を実施するのは難しい。本節では、これらの課題を認識した上で、今後の展望として、タイムライン型計画へのニーズも挙げておく。

2) 実施内容と方法

対象地域は、ルソン島のマニラ首都圏の北西部に位置するパンパンガ川流域の南端にあるブラカン州カルンピット市（Calumpit Municipality、Bulacan Province）である。本市は、パンパンガ川・アンガット川など複数の河川の合流点に位置するために、毎年のように洪水に見舞われる。カルンピット市は人口101,068人（2010年）、面積56.25km²の小さな市であり、市内には29のバラングイ（Barangay、市以下の最も小さい行政単位）が存在する。近年では特に、2011年9月の台風Pedringにより市庁舎が約1.2mの浸水を受ける

などの市全域での大洪水が発生し、約5,000人が避難生活をおくった。

フィリピンでは2010年に防災に関する初めての法律であるThe Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act (Republic Act No.10121)が制定され、防災体制の整備が進んでいる。国の防災行政機関であるNational Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC) を筆頭に、地方 (Region) ・州(Province) ・市町村(City 又はMunicipality) ・バランガイ (Barangay) の各レベルに防災担当部署が設置され、災害時にはこれらの部署が連携して対応にあたる。カルンピット市の防災担当部署はMunicipal Disaster Risk Reduction and Management Council (MDRRMC) であり、市内の各バランガイにはBarangay Disaster Risk Reduction and Management Council (BDRRMC) がある。カルンピット市は、周辺の洪水常襲地帯の中でも、災害対策への関心が高い自治体であり、2014年度には市の災害対応計画であるContingency Planを作成している。なお、このContingency Planは、2011年の台風Pedringと同程度の洪水を想定して市の各部署の取るべき災害対応を記述したものであるが、洪水氾濫解析やリスク評価に基づく定量的な記述がされているものではない。

また、本市は独自のコミュニティ警報システムを有する。これは、あらかじめ市内の電柱を地面から2ft (約60cm) ごとに3色 (黄 : 0-2ft、赤 : 2-4ft、緑 : 4ft以上) に色付けしておくことで、浸水の程度を一目でわかるようにし避難誘導に活用するという仕組みである。この電柱はColors of Safety Markersと呼ばれており、市内に約190箇所ある。各電柱に対して、連絡担当の住民が割り当てられており、この電柱が浸水し始めた時に市の防災担当部署(MDRRMC) に連絡する仕組みとなっている。住民は浸水高さが「赤 (2-4ft) 」のレベルの間に避難所に避難することになっており、浸水高さが「緑 (4ft以上) 」になると市の救助用大型トラックが浸水域に入れなため救助不能である旨が周知されている。

ICHARMでは、2014年4月から2016年3月までの2年間に渡る研究プロジェクトとして、カルンピット市を対象とした洪水リスクアセスメントに基づく現地での危機管理計画作成支援活動を行ってきた。本TD研究は、この現地活動の最終段階で、市の防災担当職員及び29あるバランガイ (コミュニティ) のリーダーを招いたワークショップを開催し、成果の共有を図る目的で実施された。



図 コミュニティ警報システムに用いる電柱

3) 結果と成果

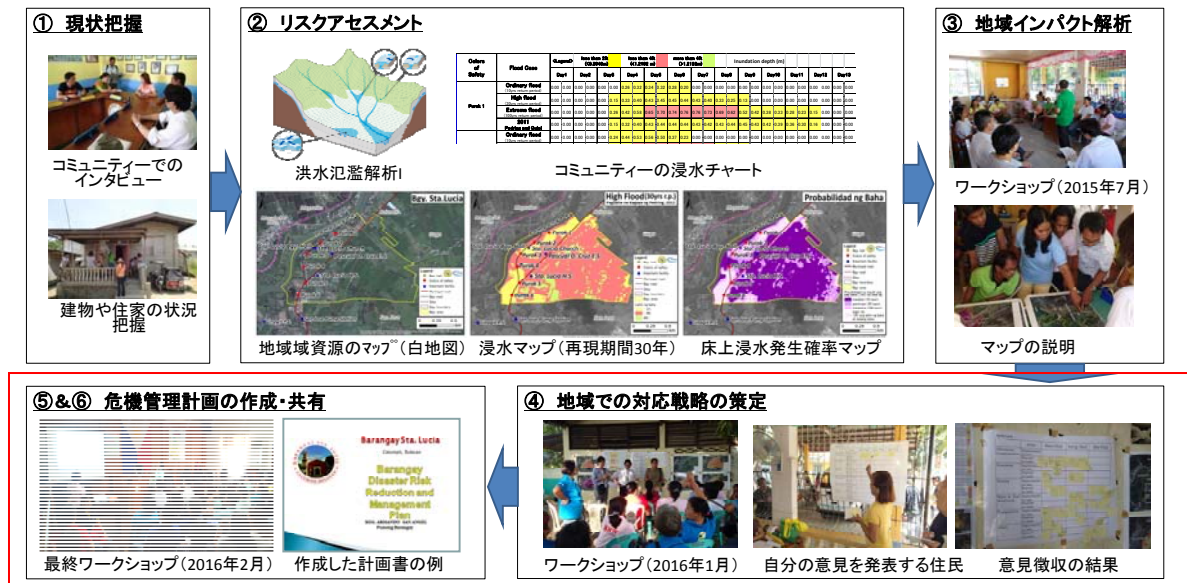


図 各ステップでの活用の流れ(赤枠が本TD研究の対象)

リスクアセスメント

A. ハザード分析

ICHARMで開発された降雨流出氾濫解析モデル(RRIモデル)を用いて、近年の既往最大の洪水である2011年の台風Pedringや再現期間別の計画降雨を用いた洪水氾濫解析を行い、想定浸水域を把握した。RRIモデルは、河川流量から洪水氾濫までを流域一体で予測することができるモデルであり、二次元の拡散波近似解析、側方地中流・鉛直浸透流の反映、河道と斜面のインタラクション等の特徴を有する。大原(2015)では、標高データとして、米国地質調査所(USGS)が提供するHydroSHEDSの15秒間隔(約500m)のデータを用いていた。このデータは無償提供のオープンデータとしては精度が高い方であるが、コミュニティのリスクを議論するには解像度が粗い点が課題があった。その後、フィリピン共和国の国家地理資源情報庁(National Mapping and Resource Information Authority)が全国的に整備しつつある合成開口レーダInterferometric Synthetic Aperture Radar (IfSAR)による標高データ(5mメッシュ)の無償提供を受けることができたため、今回はこのIfSAR標高データを用いた。しかし、5mメッシュの標高を用いて氾濫解析を行うと膨大な計算時間を要するため、まず250mメッシュの平均標高データを作成し、これを用いた洪水氾濫解析により想定浸水域を出力し、さらに得られた浸水面の平均高さ5mメッシュでの標高データの差分を用いて、5mメッシュでの想定浸水高さを算出した。

マップの作成段階で、市の防災担当者及びコミュニティにもマップを見てもらったところ、再現期間の異なるマップが多数あると住民が混乱するとの意見が出たため、日常的な洪水規模(Ordinary Flood、再現期間10年)、近年の既往最大規模(High Flood、再現期間30年)、最大規模(Extreme Flood、再現期間100年)という3種類のマップを作成することとした。最新の雨量データを用いた頻度解析から、これは2011年の台風

Pedringに相当する洪水規模であると想定される。浸水マップには、誰でも容易に理解できるよう、コミュニティ警報システムに用いられている3つの警戒色（黄・赤・緑）を用いることとした。また、表記は現地語であるタガログ語に翻訳した。

B. 曝露分析

市内に29あるバランガイの庁舎、避難所などの重要拠点の災害リスクへの曝露状況を把握するためには、これらの緯度経度情報を把握する必要がある。また、市内に約190箇所あるコミュニティ警報システムの電柱についても、同様に緯度経度情報を把握する必要がある。筆者らは、定期的に現地を訪問する度にこれらのデータ収集を行ってきたが、全てのデータを網羅するのが困難であった。よって、カルンピット市の防災担当職員に対してGPSの操作方法を伝授するとともに、1か月間に渡り機器を貸与し、職員自らで全ての位置データ取得を実施してもらった。

C. 脆弱性分析

大原（2015）で述べた通り、住民へのアンケート調査と住宅の実測調査を実施し、住宅の平均床高を把握した。これによれば、1階建て住宅の平均床高は0.54mであり、コミュニティ警報システムの黄色にほぼ相当する。

D. リスクアセスメント

滋賀県の事例を参考にして、再現期間別の浸水マップと平均床高の値を用いることにより、1階建て建物の床上浸水発生確率マップ（リスクマップ）の作成も行った。再現期間が10年、30年、100年の洪水で、浸水深さが1階建て住宅の平均床高相当（コミュニティ警報システムの黄色の高さ相当）となる地域をマップに図示した。これはすなわち、1階建て住宅の床上浸水発生確率1/10、1/30、1/100となる地域に相当する。また、洪水の規模に応じて浸水が何日間続くかを理解するために、浸水チャートも作成した、半日単位での浸水状況を、コミュニティ警報システムの3色を用いて表現している。

E. 作成したマップ等のコミュニティでの評価

パンパンガ川沿いの特に浸水リスクの高い二つのバランガイにおいて、2015年7月にそれぞれのコミュニティの防災担当者とのワークショップを開催し、上述した浸水マップや浸水チャート等に対する意見を徴収した。マップの色使いや表現については「わかりやすい」との評価を得た。一方、床上浸水発生確率については、確率の概念が住民にとっては難しいため、「発生確率1/10」などの凡例表記ではなく、「よく起こる」「稀に起こる」「非常に稀に起こる」などの平易な表現にした方が良いとの意見が出された。

地域インパクト解析

2015年7月にコミュニティで開催したワークショップでは、再現期間別の想定浸水マップや浸水チャートの説明を行った後に、再現期間10年、30年、100年で想定される浸水時に地域で発生しうる課題について議論も行った。具体的には、佐賀平野大規模浸水危機管理計画のシナリオを参考にして「情報連絡、避難、住まい、水や食料、医療対応、交通、その他」に関する懸案事項について住民からの意見を挙げてもらった。各意見はポストイットに記述してもらい、模造紙に印刷した表を用いて意見の集約・整理を行った。この結果、両バランガイともに、Ordinary Floodでも停電・断水は起こるが、既往最大規模のHigh Floodになるとライフラインの途絶・避難所でのスペースの不足・携帯電話のバッテリー切れによる情報からの遮断・地域全体の浸水による移動の困難などが発生することが確認された。最大規模のExtreme Floodでは、特に、住宅の著しい浸水により、

屋外避難者が増加することや住宅再建のための建設資材が不足する点が懸念された。

地域での対応戦略の策定

2016年1月には、再度、両方の balan-gai でワークショップを開催し、③の地域インパクト分析の結果に基づいて、地域の機能継続のために行うべき対応戦略の議論を行った。我が国の地区防災計画ガイドラインを踏まえつつ、平常時・浸水中・浸水後という3段階でコミュニティが取るべき戦略を議論することとし、住民からの意見をポストイットを用いて模造紙上の表に整理した。住民からのこれらの意見をまとめた。この結果、①コミュニティ警報システムの電柱を活用した市との相互の情報連絡を強化する、②自家発電機、携帯電話、船等を用いた外部との接点を維持する、③住民の迅速な避難支援と避難者の把握を行う、④浸水しないように救援物資を搬送し迅速に配布する、⑤早期の生活再建を支援する、というような戦略が共有された。

なお、浸水は広域に広がるため、市の職員もこの浸水域内に支援に入ることは難しく、救援物資は balan-gai の人々が自ら市庁舎に船で取りに行く。この際、大量の物資を運べない、救援梱包等の不備により救援物資が浸水する、搬送しても浸水しない置き場所がない、等の点が課題である。一方で、浸水の度に搬送しないよう、 balan-gai に備蓄しておくという発想はあまりないようである。停電になると、携帯電話がバッテリー切れになり、地域外と全く連絡が取れなくなり孤立することへの懸念は大きく、 balan-gai が1台所有する自家発電機を用いた携帯電話の充電への関心は高い。

危機管理計画の作成

ワークショップ終了後から1か月の間、これらの2つのコミュニティにおいて、ICAHRMが提供した浸水マップや浸水チャート及び2回に渡るワークショップの議論を踏まえて、自らのコミュニティの危機管理計画を作成してもらった。途中、メールを中心としてファイルやコメントのやり取りを行い、計画書の改善を図った。危機管理計画書の内容については、市の防災担当者との協議も行い、最終的には組織表、地域資源マップ、対応戦略、組織別対応等の内容となった。コミュニティメンバーの中にはパソコンやiPadを使いこなしている人がおり、資料作成はこれらのメンバーが担当して行った。

危機管理計画の共有

市内の29ある balan-gai の関係者を招いた最終ワークショップを2016年2月に開催し、筆者らの浸水シミュレーションの結果や危機管理計画の作成方法に関するレクチャーを行った後、計画作成を体験した2つの balan-gai の担当者から、自らの balan-gai で作成した危機管理計画書を紹介してもらった。また各 balan-gai に対して、A1版の浸水マップ・床上浸水発生確率マップ・衛星画像のみの白地図を配布し、今後その他の balan-gai も同様の取り組みを実施できる環境整備を行った。

(3) パキスタンにおける国レベル洪水早期警報システムの導入を通じた TD 研究 (実施項目 C、国レベル)

1)FSのねらい

パキスタンのインダス川流域において、ユネスコのプロジェクトの枠組にて、ICHARMが人材開発とともに、構築・導入した洪水早期警報システム（Indus-IFAS）の事例を検証し、その手法の有効性と関連する水分野における課題解決の可能性について検討する。すなわち、洪水や渇水をもたらす水問題をシミュレーションする技術として、河川の流量（水位）及び氾濫の予測計算を行うツールの整備、及びそのシステムの持続的な運用及び将来におけるカスタマイズ（入手可能な観測データの充実とともに、より精度の良いモデルのチューニングを自ら実施する）能力の開発を合わせて実施する枠組みの有効性を検証する。これらの水に関するシミュレーション技術によって、洪水、渇水が社会・経済・環境に与える影響及び新たな対策に必要な投資の議論といったTD研究の基礎的な情報を創出する環境が整備されることの検証をFSのねらいとしている。なお、インダス川はパキスタン国及び隣接国を含む流域を有しており、本プロジェクトは国レベルでの取り組み事例である。

2)実施内容と方法

インダス川流域は、平成22年の大洪水により、死者1,985名、直接被害額100億米ドル（Annual Flood Report 2010, Pakistan Government）といった甚大な被害が生じた。このため、我が国は、ユネスコを通じたパキスタン支援として、平成23年7月から「パキスタンにおける洪水予警報及び管理能力の戦略的強化」プロジェクトを実施した。本プロジェクトにおいて、ICHARMは、ユネスコと契約（平成24年2月～平成26年6月、USD 943,000）し、パキスタン気象局（PMD）に対してインダス川流域における洪水予警報システムの構築及び運用のための人材開発支援を行った。また、SUPARCO（パキスタン宇宙上空研究委員会）に対して洪水氾濫ハザードマップ作成支援を実施した。パキスタンでは、多くの途上国が抱えるように、観測データ、人材、予算の制約の面で課題があり、持続可能なシステム運用のための効率的なプログラムが必要とされた。FSでは、本プロジェクトで実施した課題解決の手法の有用性及び今後の拡張可能性について検証する。また、途上国の抱える同様の課題への対応・解決手法に関し、情報を共有し意見交換を行う場（AWCS2016）を設け、そこで得られた知見をまとめる。

3)結果と成果

インダス川流域における洪水予警報システム構築における課題を記述する。流域の東支川（パンジャブ地方）において、過去に西欧の援助により部分的に洪水予測システム（但し、カスタマイズできないモデル）が導入されているが、本川を含むその他の流域では、洪水予測システムがない状況であった。このため、多くの地域で洪水予測情報が得られず、被害の拡大が大きな課題となっている。また、流域の東部上流はインド、西部上流はアフガニスタンであり、水文観測情報の入手が困難である。流域全体としてもWMOの雨量計設置基準を遥かに下回っている。なお、流域の北部はチベット高地につながり、融雪出水の影響を考慮する必要があるが、これらの観測情報が十分得られない状況である。このように観測データが圧倒的に不足しているのが第一の課題である。次に、多くの国が実施している開発援助は有償モデルを提供しているが、インダス川東部支川のようにモデル構造の詳細が開示されていない場合があり、それを理解し、自由にカスタマイズすることができないといった課題がある。システムを運用し、リアルタイムの洪水予測を実施するためには、モデルを理解する研修が必要であり、トラブル解決やモデルのカスタマイズについ

ても知識と経験が必要であり、そのための人材開発が不可欠である。このように、1) 限られた水文観測データ、2) 限られたモデル改良の自由度と開発・改良・運用に要する費用、3) システム運用の人材の確保が課題である。水問題を解決するためのベースとなるシミュレーションシステムは、リアルタイムの洪水予測情報の提供とともに、気候変化の影響検討、施設整備計画の必要性和効果の検証、意思決定プロセスにおける情報提供といった水問題を議論する上で基幹となる技術であることから、そのシステムを運用できることは、水マネジメントの上で重要な課題である。

ユネスコプロジェクトにおいて、ICHARM が提案し構築したシステムの概要について記述する。ICHARM では、上記の課題解決のためのフリーソフトウェアである IFAS（総合洪水解析システム）及び RRI（降雨流出氾濫解析）モデルを開発してきた。これらのモデルは、グローバルデータや衛星観測降水（補正必要）を入力し、無償でモデルを構築し、運用することができる。また、広大な対象流域において計算効率を上げるため、上流域を IFAS、下流域を RRI の結合モデルを Indus-IFAS として構築した。地上観測雨量の他に衛星観測降水データや NCEP 降水予測データも入力できるようにした。更に、融雪の影響や当面の観測施設不足による不確実性の課題を解決するため、上流の堰やダム地点における流量観測データを境界条件として入力する工夫も施した。過去の複数の実績洪水をもとに流出係数を決定し、他の実績洪水を用いモデルの精度検証を行い、PMD の運用に使用可能なモデルパフォーマンスを確保した。また、氾濫計算結果については、SUPARCO の GIS システム上でも表示できるように設計した。このように、観測データが不足している地域においても無償で提供されるグローバルデータを活用し、運用可能なレベルの精度を確保したシステムを構築・提供した。

システムを運用するために実施した人材開発の概要について述べる。上記システムの運用にあたっては、降雨流出過程の基礎、モデルによる近似構造、パラメータ設定、リアルタイムの運用手順についての知識と演習が不可欠である。ICHARM は、複数の現地ワークショップやトレーニング、本邦での管理者研修、さらには、ICHARM が有する1年間の修士課程への政府職員の受け入れ（計6名）を実施した。これらの研修を通じ、PMD等の担当者が Indus-IFAS を操作することが可能になった。実際に、修士課程修了者が、PMDの洪水予測部（FFD）の担当官として配属された。

プロジェクトを通じて得られた結果を検証する。Indus-IFAS は、平成25年度から PMD で試行が始まり、平成26年6月からは、PMD のホームページで実際に予測結果が公表され運用されている。洪水予測情報が公開されたことにより、洪水発生前に時間的余裕（リードタイム）をもって洪水発生の注意喚起が行えるようになり、その社会的意義は大きいと考えられる。なお、平成27年度より、本プロジェクトの後継であるフェーズ2プロジェクト（平成28年2月～平成29年9月、USD 663,000）が開始され、西欧の支援により構築された東部支川の古いモデルを改め、全流域を対象とした Indus-IFAS システムへと更新し、更にレーダ観測雨量の入力や融雪計算機能も備えるなどインダス川流域全体の総合的な洪水予測システムへと Indus-IFAS の機能の拡張及び必要な人材開発を現在も引き続き実施しているところである。このように、実践を通じ、更に必要な機能強化を図っていくアプローチは有効だと思料される。

FS を実施した結果、データが限られた地域において、グローバルデータや衛星観測データを活用し、人材開発プログラムとセットで効率的に実運用可能な洪水予警報システムを構築することが実例をもって示され、実現可能な有効な手法であることが検証できた。こ

これらの基本的な水文流出氾濫シミュレーションシステムを構築し、更に有益なデータを入力することで、洪水のみならず渇水を含む長期的な水収支計算、気候変動による影響の検証、社会・経済・環境への影響評価ツールとのリンケージによる総合的な影響評価、適応策の検討、意思決定プロセスの情報提供等、様々な水関係の TD 研究に結合していくことが可能であると考えられる。

(4) アジア域における水災害レジリエンス確立を目指す TD 研究

(実施項目 A、B、C、国レベル)

2015年3月14-18日仙台で開催された第3回国連防災世界会議では2015年以降の防災枠組み(仙台枠組み)が採択され、各国が簡潔で焦点を絞った前向きで実践主義の防災戦略が合意された。この枠組みは4つの優先行動のうちの第1に「災害リスクの理解」を掲げ、データ収集・分析・管理・活用の促進、災害リスクの評価、地形情報の利用、防災教育、普及促進を上げており、科学技術の役割への期待を高めるものになっている。アジア太平洋地域で防災に対して総合的な取組みの実践と防災を主流化、ひいては持続可能な開発のための第一歩を踏み出す必要がある。

本 TD 研究では、2016年3月1及び2日の2日間、東京でアジア水循環シンポジウムを開催し、これまでの地球観測の政府間部会 (GEO) によって構築されたアジア水循環イニシアチブ(AWCI) やアジア河川流域機関ネットワーク(NARBO)の活動を踏まえ、またデータ統合・解析 (DIAS) によるデータアーカイブ、モデル統合、気候変動影響評価などを用いて、洪水や渇水の問題に焦点を当て、具体的な取組みを皆様と議論し、水災害に対して、以下の5項目を構造化した実施戦略を合意した。

- 1) 水災害データの収集、保存、共有、統計化
- 2) 水災害リスクのアセスメント
- 3) 水災害リスクの変化のモニタリングと予測
- 4) 水災害リスク軽減の政策事例の提示、評価と適用支援
- 5) コミュニティ防災・減災の実践力の向上支援

さらにこの5項目を中心とするPDCAサイクルを確立して (demonstration)、社会に試験実装し(Prototyping)、実運用(operation)へ進む、スパイラルアップする下図の枠組みを合意した。

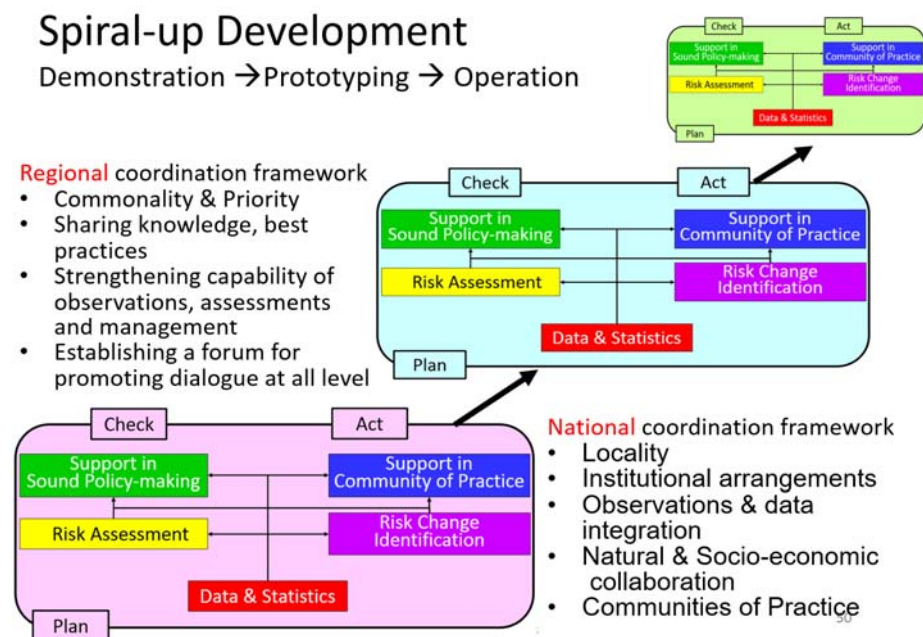


図 水災害レジリエンス構築のためのPDCAサイクルのスパイラルアップ

フィリピンサブセッション

ICHARM がフィリピン国パンパンガ河流域のブラカン州カルンピット市で実施した、コミュニティレベルでの「大規模洪水危機管理計画」の作成支援プロジェクトを紹介するとともに、カルンピット市、ブラカン州及びフィリピン中央政府（フィリピン大気地球物理天文局（PAGASA）、市民防衛局（OCD））から4人のパネリストを招き、各々の組織によるコミュニティを対象としたリスク軽減支援の取組みや課題、またリスク軽減に向けてどのようなデータや情報が必要となるのかについて議論した。

「大規模洪水危機管理計画」は、洪水氾濫状況を踏まえてコミュニティで洪水前、洪水時、及び洪水後に取り組むべき内容を項目別に記載する内容について共に意見が交わされた。また生命だけでなく財産を守るために、より強靱な地域づくりへの取組みが必要であることや、災害リスク軽減の取組みは、政治的な影響を排除するべきであること等について意見が述べられた。このサブセッションにより、地域の洪水災害リスクを軽減する上での課題や、国、州、市が連携しつつ進めるべき取組みの内容について会場を含め参加者が共有することが出来た。

洪水早期警報システムサブセッション

洪水早期警報システムについて、1)先端科学技術を活用した洪水早期警報システム構築にあたっての課題と解決策、2)適切な人材開発を伴った運用可能な洪水早期警報システム構築のための国際協力促進、の2つの情報共有を目的に、5題のプレゼンテーション及び議論を行った。すなわち、①ICHARMより、データ、予算、人材に限りがある地域において、洪水早期警報システムを導入する課題を踏まえ、リモートセンシングで得られたグローバルデータの活用、人材研修の重要性、フリーソフトとしてIFAS、RRIをICHARMで開発してきた歴史の紹介、②JAXAが取り組んできたGPM、GCOM-W1、GCOM-C1、AMSR2、ALOS2、HIMAWARIなど宇宙からの水観測技術についての紹介、③現地での取組事例として、PMD洪水予測部より、ユネスコプロジェクトを通じたインダス川流域におけるIndus-IFASの適用及び自立的な運用についての報告、④東京大学より、アジア地域における洪水早期警報GSMaPの活用として、カンボジア、フィリピン、スリランカにおけるGSMaPの検証及び補正に関する研究報告、⑤ヤンゴン工科大学より、ミャンマーの洪水管理の課題及び現在進められているBago川流域のSATREPSプロジェクトにおける洪水早期警報システム計画の報告がなされた。会場を交えた議論では、限りある現地データのモデルへの適用性やリモートセンシングと水理モデルで取り扱う解像度の差異等の課題が提起された。セッションを通じ、洪水早期警報システムへの科学技術の適用は、洪水マネジメント支援ツールとしても重要であることが確認された。

3 - 4. FSの考察・結論

TD研究（可能性調査）では、

- A) 水災害および関連データの統合的アーカイブ
- B) 分野間連携による水災害リスクの統合的アセスメント
- C) 水災害に対するレジリエンスの確立と能力開発

の3つの課題を掲げ、分野間連携で

- (1) 分野間連携による DIAS を基盤とする水災害および関連データの統合的アーカイブとアセスメントの設計

を実施して、計画案を策定するとともに、地方レベル、国レベル、アジア地域レベルにおいて科学と社会との協力を深め、下記3項目を実施した。

- (2) フィリピンにおける洪水常襲地帯のコミュニティ防災計画策定を通じた TD 研究
- (3) パキスタンにおける国レベル洪水早期警報システムの導入を通じた TD 研究
- (4) アジア域における水災害レジリエンス確立を目指す TD 研究

この中で、地方レベルの対象として選択したフィリピンルソン島パンパンガ川流域ではコミュニティ（バランガイという市以下の最も小さい行政単位）レベルで、下記の6項目について、住民参加型の協働研究を先行して試行した。

- ① 現状認識
- ② リスクアセスメント
- ③ 地域インパクト解析
- ④ 地域での対応戦略の策定
- ⑤ 危機管理計画の作成
- ⑥ 危機管理計画の共有

その結果、国－州－市－コミュニティの各レベルでの連携に加えて、国－州－市－コミュニティをつなぐ連携の構築による災害レジリエンスの強化が重要であることが分かった。

以上を踏まえ、次のステップでは、国－州－市－コミュニティの各レベルでの連携とこれらをつなぐ科学・技術の役割に焦点を置く必要がある。さらに、本枠組みで得られる経験の国際展開によって水災害レジリエンスの強化と持続可能な開発を推進するために、国際イニシアチブの計画による国際展開と協力枠組みの形成に注力する必要がある。

3 - 5. 会議等の活動（運営方針の協議に限る）

年月日	名称	場所	概要
2015年 10月21日	アジア・太平洋地域の水と災害に関する国際戦略構想に関するセッション	メダン(インドネシア)	アジア太平洋域での水災害の軽減と持続可能な開発のための基本方針（案）を策定
2015年 11月17日	第6回水と災害に関するハイレベル専門家パネル（HELP）会合	ニューヨーク 国連本部	水災害リスクとレジリエンスの計量方法に関する情報共有
2015年 11月17日	第2回国連水と災害に関する特別会合	ニューヨーク 国連本部	水災害の軽減と持続可能な開発のための基本方針を策定
2016年 3月1-2日	アジア水循環シンポジウム2016	東京	水災害の軽減と持続可能な開発のための実施計画枠組みを策定

4. FSの実施体制図

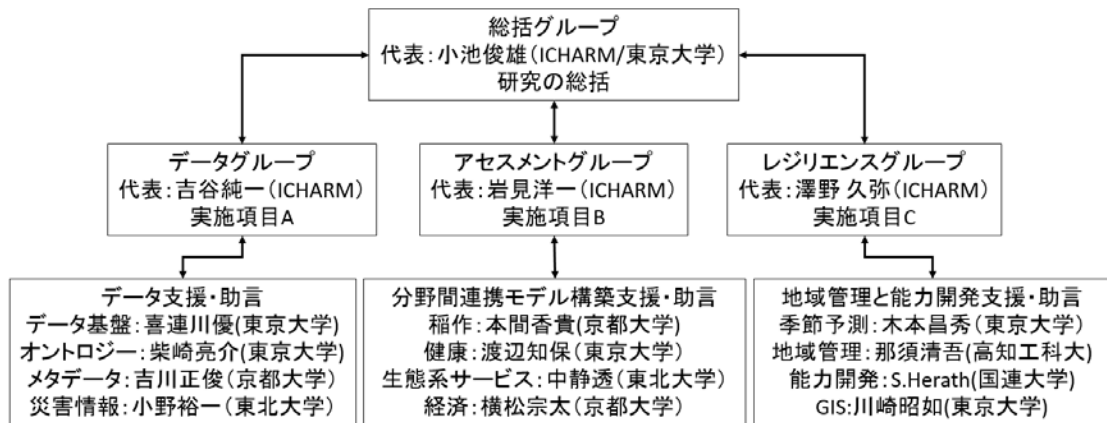


図 実施体制

実施項目

- A：水災害および関連データの統合的アーカイブ
- B：分野間連携による水災害リスクの統合的アセスメント
- C：水災害に対するレジリエンスの確立と能力開発

対象域

- 地方レベル：フィリピンルソン島パンパンガ川流域
- 国レベル：パキスタンインダス川流域
- アジア地域レベル：AWCI、NARBO対象河川流域

5. FS実施者

研究グループ名：総括グループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
○	小池俊雄	コイケ トシオ	国立研究開発法人土木 研究所、東京 大学	センタ ー長 教授	研究の総括
	吉谷純一	ヨシタニ ジュンイチ	国立研究開発法人土木 研究所	グルー プ長	データの統合的 アーカイブの方法論の構築
	岩見洋一	イワミ ヨウイチ	国立研究開発法人土木 研究所	上席研 究員	統合的リスクア セスメントの方法論の構築
	澤野久弥	サワノ ヒサヤ	国立研究開発法人土木 研究所	上席研 究員	レジリエンスと 能力開発の方法論の構築
	村瀬勝彦	ムラセマ サヒコ	国立研究開発法人土木 研究所	上席研 究員	国際協力体制の 構築

研究グループ名：データグループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
○	吉谷純一	ヨシタニ ジュンイチ	国立研究開発法人土木 研究所	グルー プ長	データの統合的 アーカイブの方法論の構築
	岩見洋一	イワミ ヨウイチ	国立研究開発法人土木 研究所	上席研 究員	リスクアセスメントのためのデ ータ要求
	澤野久弥	サワノ ヒサヤ	国立研究開発法人土木 研究所	上席研 究員	ステークホルダーとのデータ共 有
	小池俊雄	コイケ トシオ	国立研究開発法人土木	センタ ー長	DIAS との連携 方策

			研究所、東京 大学	教授	

研究グループ名：アセスメントグループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項 目
○	岩見洋一	イワミ ヨウイチ	国立研究開 発法人土木 研究所	上席研 究員	統合的リスクア セスメントの方 法論の構築
	澤野久弥	サワノ ヒサヤ	国立研究開 発法人土木 研究所	上席研 究員	ステークホルダ ーとのデータ共 有
	津田守正	ツダモリ マサ	国立研究開 発法人土木 研究所	主任研 究員	洪水氾濫解析
	宮本守	ミヤモト マモル	国立研究開 発法人土木 研究所	研究員	洪水氾濫解析

研究グループ名：レジリエンスグループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項 目
○	澤野久弥	サワノ ヒサヤ	国立研究開 発法人土木 研究所	上席研 究員	レジリエンスと 能力開発の方法 論の構築
	大原美保	オオハラ ミホ	国立研究開 発法人土木 研究所	主任研 究員	フィリピン調 査・解析
	バドリ バクタ シレスタ	バドリ バクタ シレスタ	国立研究開 発法人土木 研究所	主任研 究員	フィリピン調 査・解析
	南雲直子	ナグモナ オコ	国立研究開 発法人土木 研究所	専門研 究員	フィリピン調 査・解析
	パトリシ ア サン チェス	パトリシ ア サン チェス	国立研究開 発法人土木 研究所	専門研 究員	フィリピン調 査・解析

6. FS 成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6 - 1. ワークショップ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2015年 10月21日	アジア・太平洋地域の水と災害に関する国際戦略構想に関するセッション	メダン(インドネシア)	60名	ユネスコ創設70周年記念事業の一環として開催。データ、情報、知識の共有を進め、統合的洪水管理を実践することの重要性、資金調達方法や科学と社会の連携強化について議論。
2015年 12月 21-22日	大洪水によって変化する河川の予測や分析のためのワークショップ	イスラマバード (パキスタン)	100名	パキスタンの気象や農業部門の政府機関と国内大学等の参加を得て、洪水警報および管理能力の戦略的強化を議論。
2016年 1月	コミュニティーワークショップ	カルンピット市(フィリピン)	40名	地域インパクト分析の結果に基づいて、2つのバラングイ(市の最小行政単位)で地域の機能継続ために行うべき対応戦略の議論。
2016年 2月17日	コミュニティーワークショップ	カルンピット市(フィリピン)	100名	市内の29あるバラングイの関係者を招いて、市内で取り組みを広く共有するため、手法に関するレクチャー、計画作成を体験した2つのバラングイの担当者からの報告、同様の取り組みを実施できる環境整備を実施。
2016年2 月18日	中央政府とのワークショップ	マニラ市 (フィリピン)	30名	カルンピット市での活動結果を中央政府他と共有・議論し、今後の方向性を検討
2016年 3月1-2日	アジア水循環シンポジウム 2016	東京	170名	アジア太平洋地域で防災に対して総合的な取組みの実践と防災を主流化、ひいては持続可能な開発のために、データアーカイブ、モデル統合、気候変動影響評価などの統合・解析機能を効果的に用いた具体的取組みを議論。

2016年 3月 14-18日	RRIモデル実用化に向けた第 2回ワークショップ	マニラ近 郊（フィ リピン）	45名	洪水災害管理のための浸水分 析を含めた洪水予測システム 強化を目的としてICHARM が開発したRRI（降雨流出氾濫 モデル）の研修は理論と実践の 講習。自ら研修を行うことがで きる人材の育成にも貢献。
2016年 3月16日	フューチャーアースセミナー	つくば ICHARM	30名	京都大学防災研究所の横松宗 太准教授による「水災害とリス クマネジメントの経済モデル の開発」

6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍、DVD

- ・ なし

(2) ウェブサイト構築

- ・ アジア水循環シンポジウム2016、
<http://wci.t.u-tokyo.ac.jp/events/awcs2016/indexj.html>、2016年1月

(3) 学会

- ・ 吉谷純一、アジア太平洋地域防災・強靱化地域戦略専門家会合、「防災のための早期警戒システムのチャレンジとギャップ」2015年10月26日～28日、国連経済社会理事会アジア太平洋支部、バンコク
- ・ Patricia Sanchez, 国連気候変動枠組み条約第21回締約国会議（COP21）日本パビリオン：アジア・太平洋地域の水文リスクと災害金融・保険の役割、「アジア地域の水文リスク：科学的見地から」2015年11月30日～12月12日、パリ

6 - 3. 論文発表

(1) 査読付き（2件）

●国内誌（2件）

- ・ 大原美保、南雲直子、Badri Bhakta SHRESTHA、澤野久弥、地域データの乏しいアジアの洪水常襲地帯における簡便な洪水リスク評価手法に関する研究、地域安全学会、地域安全学会論文集、No.27、pp.225-235、2015年11月
- ・ 宮本守、松本和宏、津田守正、山影譲、岩見洋一、洪水予測適性を考慮した分布型流出モデルパラメータの同定手法の検討、水工学論文集、土木学会、Vo.72、pp.I_175-I_180、2016年2月

●国際誌（0件）

(2) 査読なし（0件）

6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議1件、国際会議2件）

- ・ 小池俊雄、第6 回水と災害に関するハイレベル専門家パネル (HELP) 会合、「災害リスクとレジリエンスをどのように測るか」、2015 年11月17日、ニューヨーク国連本部
 - ・ 小池俊雄、第2回国連水と災害に関する特別会合、「水災害軽減を推進するための科学技術の貢献 (モデレータ)」、2015 年11 月18 日、ニューヨーク国連本部
 - ・ 小池俊雄、日本地理学会「災害外力と脆弱性の変化を踏まえた洪水リスクコミュニケーション」、2016 年3月21日、東京早稲田大学
- (2) 口頭発表 (国内会議2件、国際会議 1 件)
- ・ Masahiko Murase, Yoichi Iwami, Hisaya Sawano, Yoshio Tokunaga, Minoru Kamoto, Junichi Yoshitani, Shinji Egashira, Kuniyoshi Takeuchi, Toshio Koike, International Flood Initiative activities toward robustness for flood management, World Engineering Conference and Cenvention 2015 WECC_Kyoto.
 - ・ 大原美保、藤生慎、澤野久弥、重川希志依、田中聡、水害向け建物被害認定アプリケーションの開発 ～平成27年9月関東・東北豪雨の浸水地域での試用～、地域安全学会第37回研究発表会 (秋季) 地域安全学会梗概集No37, pp.61-64.
 - ・ 南雲直子、大原美保、バドリ・バクタ・シュレスタ、澤野久弥、2015年台風24号及び27号によるパンパンガ川流域の洪水被害、日本地理学会発表要旨集、日本地理学会、Vol.89、pp.257
- (3) ポスター発表 (国内会議0件、国際会議1件)
- ・ Masahiko Murase, Junichi Yoshitani, Kuniyoshi Takeuchi, Toshio Koike, New mechanism under International Flood Initiative toward robustness for flood management in the Asia Pacific region, AGU Fall Meeting, 14-18 December 2015, San Francisco, USA, American Geophysical Union.

6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等

- (1) 新聞報道・投稿 (0件)
- (2) 受賞 (2件)
- ・ 地域安全学会年間優秀論文賞(2015年)：大原美保、南雲直子、Badri Bhakta SHRESTHA、澤野久弥、地域データの乏しいアジアの洪水常襲地帯における簡便な洪水リスク評価手法に関する研究、地域安全学会地域安全学会論文集、No.27、pp.225-235、2015年11月
 - ・ 感謝状 (フィリピン カルンピット市長)：ICHARMリスクマネジメントチーム、「大規模洪水危機管理計画」の作成支援、2016年2月
- (3) その他 (0件)

6 - 6. 特許出願

- (1) 国内出願 (0件)