

## 研究開発プログラム

# 水災害の激甚化に対する 流域治水の推進技術の開発

プログラムリーダー: 水災害研究グループ長

研究期間: 令和4年度～令和9年度

## 研究の背景・必要性

- 地球温暖化の顕在化により、日本各地でこれまで経験したことのないような豪雨による水災害が増加。
- IPCC第6次評価報告書からも降雨現象の極端化により将来において水災害のさらなる激甚化が予想される。
- このような状況を踏まえ、国土交通省では2℃上昇シナリオから治水計画における計画降雨を設定。本州以南では計画降雨は従前の1.1倍、洪水流量は1.2倍と推定され、さらなる対策の必要性が明らかとなった。
- また、想定されるあらゆる規模の洪水に対して、被害の防御に加え、被害の軽減を図る必要がある。
- このため国土交通省では、河川整備だけでなくあらゆる関係者が協働して流域全体で行う「流域治水」への転換を打ち出し、R3年5月に法的枠組みを整備したところである。
- 流域治水の推進のためには、洪水等外力規模を見極め、流域の各主体が協働して、氾濫をできるだけ防ぐ・減らす、被害対象を減少させる、被害の軽減・早期復旧・復興のための対策を総合的かつ多層的に取り組む必要がある。
- このため流域の関係者全員による水防災への参画・協働を促す技術・情報・仕組みの構築が求められている。

最大規模の洪水流量

気候変動を踏まえた基本高水流量

従前の基本高水流量

ダム・洪水調節施設

河道の流下能力

流域治水

被害の軽減・早期復旧・復興

被害対象の減少

氾濫をできるだけ防ぐ・減らす

ダム・洪水調節施設

河道の流下能力の向上

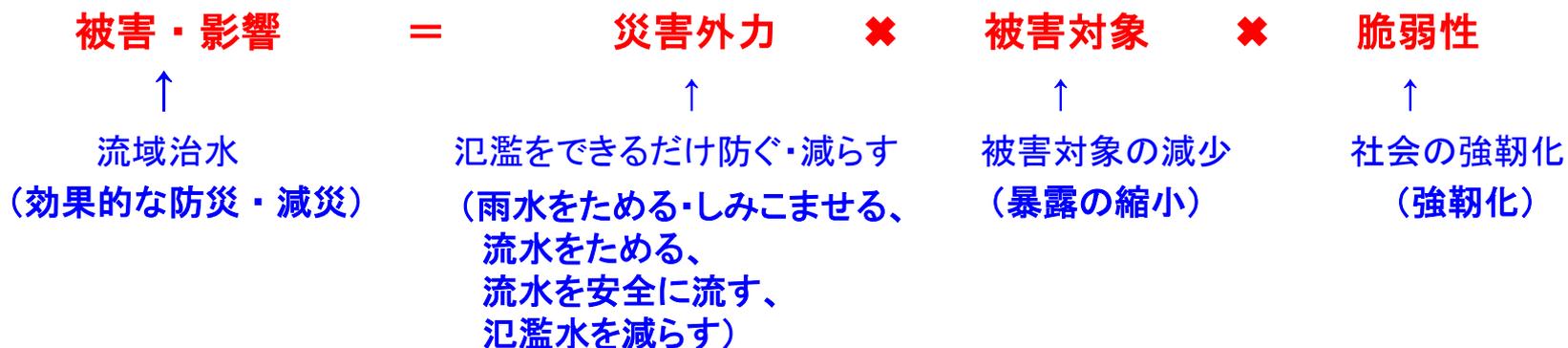


流域治水

気候変動による水災害の激甚化

## 研究の目的

水災害の激甚化に対して、気候変動影響を踏まえた 1. 水災害外力を適切に想定し、2. 氾濫をできるだけ防ぐ・減らす、3. 被害対象を減少させる、4. 被害が発生した場合でも致命的とならず速やかに復旧・復興のための対策を総合的に図るための技術開発を目的とする。



## プログラム目標と達成目標

プログラム目標	達成目標
流域治水の推進技術の開発	(1) 将来の水災害外力の想定技術の開発・高度化
	(2) 流域治水による取り組みを的確に評価・実現する手法の構築
	(3) 適切な洪水氾濫リスク評価手法の開発
	(4) 水災害に対する社会の強靱化を図る技術開発

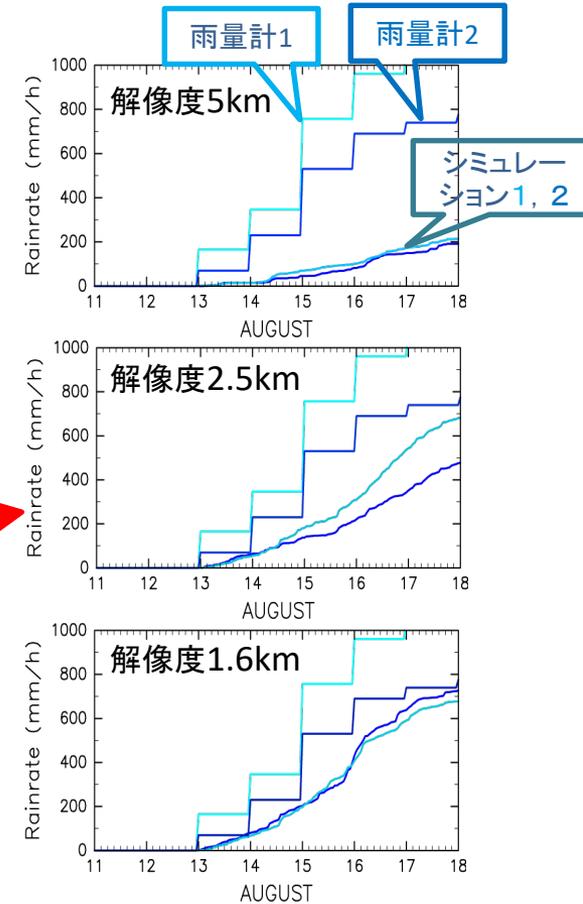
# 研究開発の成果・取組

# 達成目標(1) 将来の水災害外力の想定技術の開発・高度化

## 全球予測モデルのダウンスケーリング技術の検討

- 河川計画の基盤となる全国5kmダウンスケーリングは100km<sup>2</sup>以下の流域には対応できないため、そのような中小流域にも対応可能なダウンスケーリング手法を開発する。
- 力学的ダウンスケーリングの高解像度化、雲物理現象等に係るパラメタリゼーション、バイアス補正方法等の適用と感度分析
- 推定方法の感度分析を行うために、2018年に大規模洪水災害が起きた、インド・ケララ地方について、洪水の再現シミュレーションを実施し、感度分析を行った。

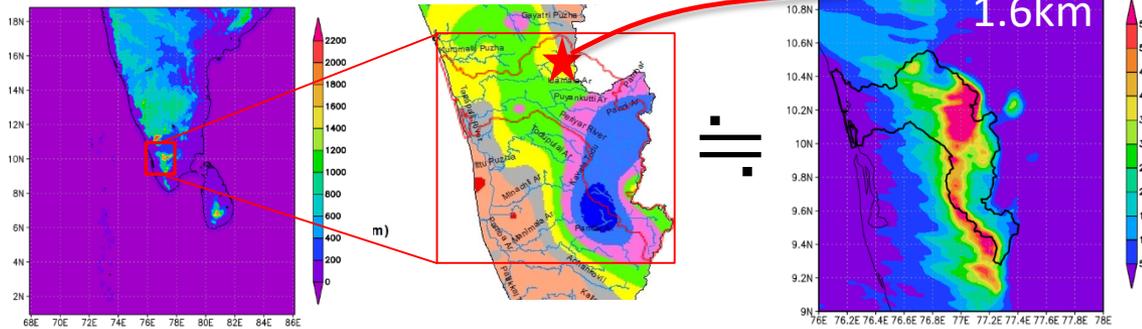
シミュレーションの解像度依存性



インド・ケララ地方地形

降雨分布(雨量計)

降雨分布(シミュレーション)

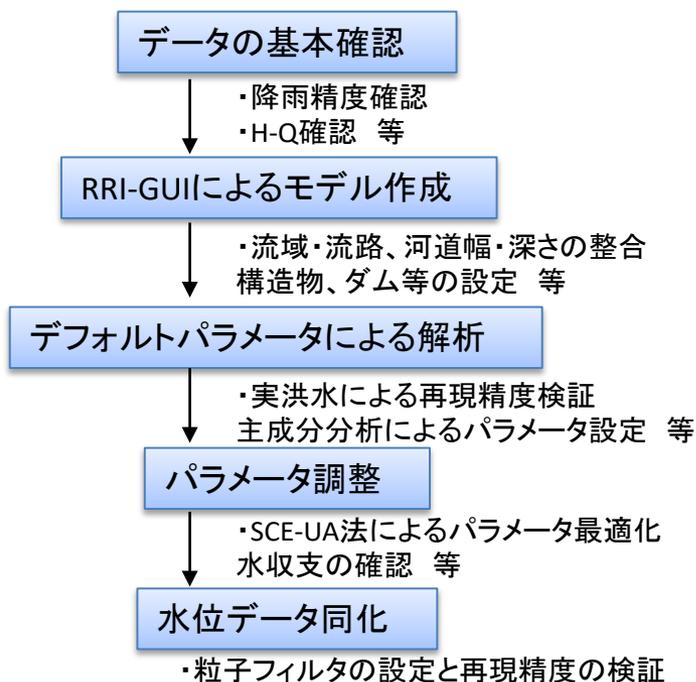


- インド・ケララ地方におけるシミュレーションでは、山岳風上側の豪雨域の再現に成功するとともに、山岳中腹域の複雑地形における定量的評価についてもモデル解像度1.6kmで十分な精度が得られるとの知見が得られた。
- 世銀の「Technical support for advanced rainfall monitoring/prediction with satellites and reservoir inflow prediction for optimized reservoir operation」と連携し実施した。

## 達成目標(2)流域治水による取り組みを的確に評価・実現する手法の構築

## WEB-RRIモデルの機能拡張（流域の特性や諸施策を考慮できる水循環モデルの構築）

- 約200河川の中小河川のモデル構築・検証を通じて、標準的なデータの基本確認、河道設定、モデルパラメータ設定等に対して生じた課題を解決し、その知見を蓄積、整理して、構造化することによってマニュアルを作成した。その結果、モデル作成過程での行き詰まりを減らし、多くの技術者がシステム開発できるようになった。



## 【研究成果】

約200河川は流域面積、土地利用、土壌・地質、降雨性状等は様々であり流出特性も異なる。種々の条件に対応できるモデルを開発するため、全ての河川で実洪水を用いてパラメータの精度検証・改善策の検討を行い、一般化を実現、その知見をマニュアルとして整理した。

- 1)パラメータ最適化手法の一つであるSCE-UA法を用いたモデルパラメータの自動設定手法を開発。
- 2)約200河川のモデル構築を踏まえて中小河川のパラメータとして平均的な値を示す一般パラメータを算出。
- 3)日本国内における高精度な流路網データ、降雨データ(気象庁の解析雨量等)を新たに追加したRRI-GUIの改良。
- 4)構築した約200河川から河川ごとの流域面積、土地利用割合、キャリブレーション後のパラメータ等をデータベース化し、主成分分析により洪水データが無い河川のパラメータを抽出する手法を開発。

R5年度

- 上記の成果を含むモデル構築方法をとりまとめ、河川管理者を対象とした「中小河川洪水予測モデル構築マニュアル」を作成した。この成果は**住民や行政への避難情報の提供のみならず、流域治水の計画立案に活用可能**である。
- 本研究は、PRISM「**観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発**」と連携し実施された。

## 達成目標(2) 流域治水による取り組みを的確に評価・実現する手法の構築

## WRF-LETKF(アンサンブル降雨予測モデル)の改良

- 洪水予測精度の向上を目的とした、降雨予測精度の向上につながる新たな同化データや高解像度化の検討
- 予測信頼度と計算速度を考慮したアンサンブル数の設定

現時点では予測が非常に困難な線状降水帯について、予測可能性を向上し、洪水被害の軽減を目指している。

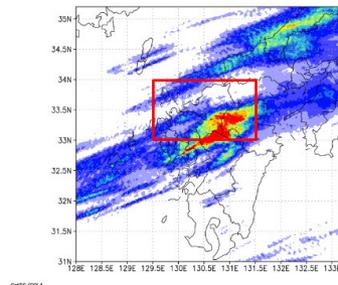
WRF-LETKFを用いた降水分布の再現(初期値作成)手法の改善を試みた。

既存手法(33メンバー、6時間毎同化)→改善後(51メンバー、3時間毎同化、新しいアンサンブルスプレッド増加手法)により、線状降水帯周辺の降水量再現に改善があった。

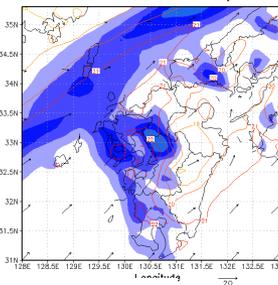
今後、洪水予測につながる定量的雨量予測について、検討を進める。

## 線状降水帯を対象としたWRF-LETKFによる再現方法の改善

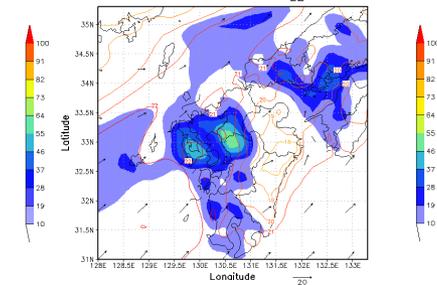
気象庁レーダー雨量



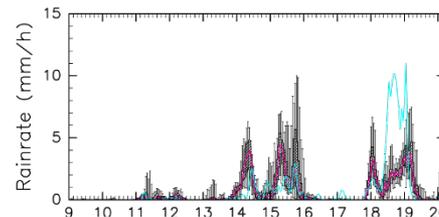
既存手法



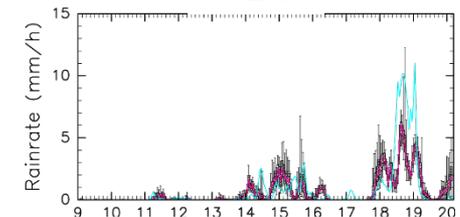
改善後



既存手法



改善後



上図: 2022年7月19日線状降水帯発生時の降水分布。左から観測値、既存手法による再現、改善後の再現値。  
下図: 赤線四角内の降水量変化、左から既存手法、改善後。黒がアンサンブルメンバー、ピンクがアンサンブル平均、青が観測値。

- 近年大規模な水災害を引き起こしている線状降水帯を対象としたWRF-LETKFによる降水量の再現を改善し、洪水予測可能性を進展させることができた。

# 達成目標(2) 流域治水による取り組みを的確に評価・実現する手法の構築

## 流入予測情報を踏まえたダム等施設操作方法の検討

■目的: 降雨・流入量予測に基づくダム等の最適操作方法の開発を進めるため、短期アンサンブル(39時間先)、長期アンサンブル(3か月先)を組合せ増電と洪水調節への貢献を検討

■考え方: 短期(39時間、33アンサンブル)の流入量予測を洪水調節、長期(3ヶ月:13アンサンブル)の流入量予測を増電目的とし、両者を同時並行で走らせるシミュレーションを行い、使用するアンサンブル、単一ダム操作方法、放流指示に基づく洪水調節と増電に向けた検討を行う。

●長期予測の特徴: リードタイムが長いため、渇水リスク対応や増電操作に有効(水の先使いや貯留操作の判断に有効)である。しかし、長期予測は的確な時期や量の予測が難しい→ 長期予測で出力される情報の「何を」「どのよう」に使うと増電に効果的か見出すことカギ

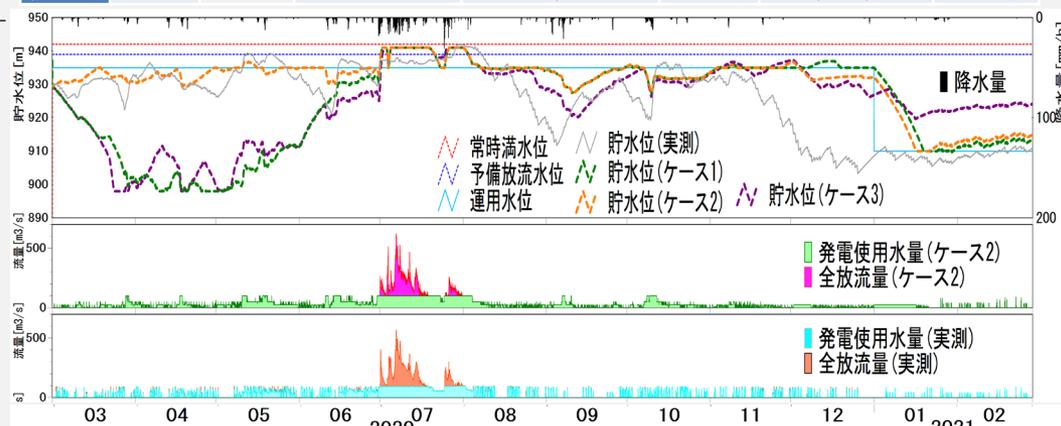
### ■検討内容:

- 大井川 畑薙第一ダム(2020年3月-2021年2月)をケーススタディとして実施
- 短期予測: 時間予測流入量をもとに、予測時点でHref(高低判断水位)よりも「水位」が高い場合は上位8位(25%相当)のアンサンブルを、低い場合は上位24位(75%相当)のアンサンブル流入量を使用。
- 長期予測: 予測開始時からN日後までの総流入量をN日間で除した平均流入量で検討。平均日数(N)を10, 30, 86日とし(暖候期:5~10月、寒候期:11~4月)に分け検討。予測時点で Href(高低判断水位)に相当する「貯水量」より多い場合は上位1位(最大rank01)を、低い場合は上位13位(最小rank13)のアンサンブル流入量で検討。3ケースで検討。
- システムからの放流量:
  - ・毎時、短期と長期両方の放流量(発電使用水量+ゲート放流量)を計算し、両者大きい値を次の1時間の放流量とする。
  - ・増電目的のため高い水位を保つ年間運用を目指す。

### ■検討結果:

ケース2(オレンジ線)に示す暖候期N=10、寒候期N=30としたもので実績比+6.0%の増電を示すことを見出した。なお、ケース1(緑線)は、年間発電使用水量が増えたものの4月時点水位の低下で-1.8%となった。これはN=86日で梅雨期以降の大きな出水イベントを含むため多くの水が使えたと判断され水位が低下したためである。ケース3(赤紫線)は-3.0%となった。これは常にrank6を用い運用水位とは関係なく増電操作が行われ3月下旬で最低水位までの低下が原因である。

	N [日]		アンサンブル(長期)	発電量指標(落差と水量)	増減 [%]	年間発電使用水量[m <sup>3</sup> ]	増減 [%]
	暖候期	寒候期					
実績	-	-	-	218,294	-	871,517,952	-
ケース1	N=10	N=86	Rank1 or 13	214,335	-1.80%	900,618,347	3.30%
ケース2	N=10	N=30	Rank1 or 13	231,465	6.00%	897,865,266	3.00%
ケース3	N=10	N=30	Rank6	211,687	-3.00%	890,741,812	2.20%



大井川 畑薙第一ダムにおける年間運用シミュレーション結果(2020年3月-2021年2月:1年間)  
[上表: ケース1~3での発電量比較、下図: 年間運用水位、ケース2・実測での使用水量と放流量]

出展: 中村 茂, 小池 俊雄ら: 長期・短期アンサンブル予測を組み合わせた発電ダムの操作支援システム, 土木学会論文集B1(水工学), 78巻, 2号, p. 1195-1200, 2022.

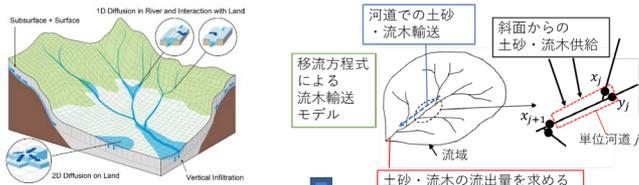
短期予測(39時間先)と長期予測(3ヶ月先)を同時に走らせ、洪水調節とともに長期予測の季節による平均日数や使用するアンサンブルのランクを適切に調整することで増電へ有効な情報であることを見出し、横展開に向けた最適ダム操作法の確立に方向性を示した。

# 達成目標(3)適切な洪水氾濫リスク評価手法の開発

## 土砂・流木・洪水等氾濫モデルの開発

■流域から流出する水・土砂・流木を一体的に解析するモデルを新たに開発

### 世界初の力学に基づく 流域レベルの土砂・流木流出モデル



RRIモデル

河道モデル

- ・今年度、崩壊・土石流・斜面侵食による土砂供給の要素を追加し、流域の面的な解析を可能にした。
- ・土砂・洪水氾濫のように河床変動が著しい場や、多量の流木を安定的に解析できる。
- ・水・土砂・流木を一体的に解析することで、例えば流木が橋梁に捕捉され、洪水流がその影響を受け、また地形が変化するという一連の過程を評価できる。
- ・土砂・流木の条件、河道の設定法について検討を行い、河川技術論文集に投稿。

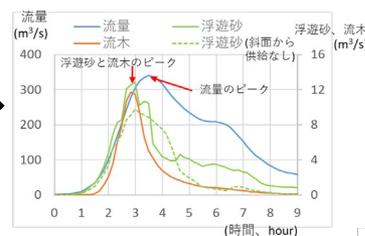
### 2017年赤谷川の災害への適用

流域の土砂・流木生産



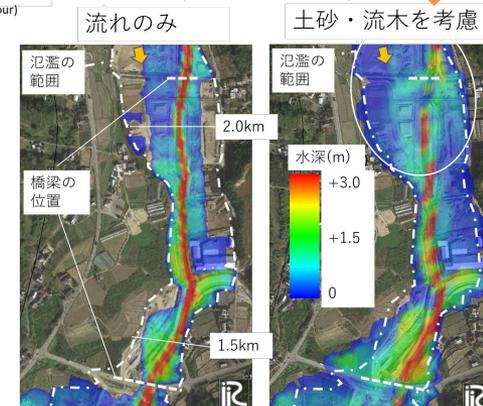
\* 計算の土砂移動痕跡は、河道部分を除くもの

下流に流出する水・土砂・流木量の算出



土砂・流木を考慮することで  
氾濫範囲を適切に評価

流域モデルを  
境界条件とした  
平面二次元の  
水・土砂・流木氾濫解析



R5年度

- ・流域から流出する水・土砂・流木の一体的解析が可能となり、中下流域を含む様々な現場で土砂・流木の挙動を考慮した洪水氾濫等を予測できる見通しが立った。
- ・今後、開発した土砂水理モデルを中下流域を含む様々な河川管理の現場に活用するために、他の研究グループと連携して検討を開始した。

# 研究開発成果の最大化のための 具体的な取組

## 国際貢献

### 第4回アジア太平洋水サミット (2022年4月23日～24日、熊本市)

- ICHARMは、分科会「水と災害/ 気候変動」、特別セッション「ショーケース」、統合セッション「科学技術」の企画・運営・取りまとめを担当。
- 分科会においては、「水循環のレジリエンスの促進」、「ファシリテーターの育成」、「End to Endの取り組みの推進」を提唱し、「議長サマリー」への反映に貢献。



分科会テーマ1: 水と災害 / 気候変動の参加者による集合写真

### 第9回洪水管理国際会議 (ICFM9) (2023年2月19日～22日、つくば市)

- ICHARMは12年ぶりにICFMを主催。日本を含む41か国から394名の洪水専門家が参加し、盛況のうちに終了。
- 国連水会議へのマイルストーンの位置づけとして「Statement of ICFM9」をとりまとめ。



参加者による集合写真

### 国連水会議2023 (2023年3月21日～24日、国連本部 (ニューヨーク))

- 46年ぶりに水に特化して開催。
- ICHARMは、21日の「第6回国連水と災害の特別会合」の科学技術パネルにおいて、小池センター長がモデレーターとなり、知の統合の実現、ファシリテータの育成、End-to-Endのアプローチなどに関する世界各地の取組を紹介。
- 国連水会議のテーマ別討議3「気候、強靭性、環境に関する水」における共同議長提案に、ICCHARMが提唱・主導する上記の概念が盛り込まれる。



水と災害の特別会合  
科学技術パネル登壇者による集合写真

R5年度

- **第4回アジア太平洋水サミット・ICFM9・国連水会議2023の一連の流れの中で、知の統合の実現、ファシリテータの育成、End-to-EndのアプローチといったICCHARMの取組を具体事例とともに世界に発信。その概念が、国連水会議2023のテーマ別討議3・共同議長提案に盛り込まれ、会議最終日の全体討議において報告された。**
- 国内外から参加した多数の洪水専門家とのネットワーキングにより、ICCHARMの活動3本柱である「国際情報ネットワーク」の強化に貢献。
- 各種国際会議を開催することで、ICCHARM職員の国際会議主催能力の向上にも貢献。

## 国際貢献

- 世界各国の政府職員が修士コースに参加し、水災害研究グループの研究成果や開発技術を活用して論文を作成することで、それらに習熟し、今後の各国での活用につなげた。
- 外国政府機関への水災害分野への技術協力の関係強化に卒業生が貢献している。
- 自然科学と政策学をつなぎ、各国政府のリーダー育成を目指す博士コースについて、JICA奨学金及び土研RA(リサーチアシスタント)制度の二つを活用してGRIPS/JICAと連携して実施。結果博士コースへ参加する学生を**これまでで最大の9名を確保した**。



## R5年度

- 13名の学生が修士取得し、無事帰国を達成した。また、10月より修士課程13名(6カ国)を新たに受け入れた。さらに、博士課程4名(4カ国)名を迎え入れ、博士課程は**三学年合わせて9名(7カ国)**となった。
- 2023年2月のICFM9に論文を発表したOB/OG17名を招聘して、フォローアップセミナーを開催し、現在の学生と情報交換を行った。

## 他機関(国総研、大学等)との連携・役割分担

