

戦 48 統合水資源管理を支援する共通基盤の開発に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 26

担当チーム：水災害研究グループ（水文）

研究担当者：深見和彦、鍋坂誠志、佐山隆洋、
宮本 守、川上貴宏、小澤 剛

【要旨】

発展途上国を中心に干ばつ・渇水等の水資源関連の水災害が世界で頻発している。この水資源に係る災害を軽減するためには、河川流域において持続的に利用可能な水資源量を適切に評価し、的確な水資源開発計画の立案を進める一方で、利用可能な水を水利用者間で適切に調整管理していく統合水資源管理が必要である。そのためには、流域スケールで水文・水資源を定量的に評価するためのモデリング評価ツールが必要である。

今年度は、統合水資源管理支援共通基盤ツールの開発の前提とすべきいくつかの技術的事項の検討を実施した。まず衛星観測雨量データについて、メコン川における 2010 年渇水を対象とした、平年と当該年の雨量比較による渇水分析の事例研究を行い、国際河川等における水資源管理への衛星観測雨量の適用性を明らかにした。次に、IFAS に長期流出計算用モデルを搭載し、長期流出計算の共通基盤としての基本性能を実装した。さらに、IFAS と CommonMP の連携方策について検討を行った。

キーワード：IFAS、人工衛星雨量、統合水資源管理、長期流出計算、CommonMP

1. はじめに

近年、世界的に渇水による災害が増加傾向にあり、オーストラリアや中国・インド・タイ等における渇水は記憶に新しい。また、メコン川流域では、上流域の国がダム建設をすすめ、多量の取水をしたことが渇水の原因になったという報道が一時なされた。結果的に、上流国のダムによる渇水ではないという見解が示されたものの、関係者間で共有すべき公正な共通のデータがなければ、今後水資源に係る諸調整が難しくなることも想定される。このため ICHARM は、総合洪水解析システム(IFAS)の開発で培った技術や資産を応用し、統合水資源管理に資するツール開発を行うこととした。

平成 22 年度は、人工衛星観測による雨量データを水資源解析に利用する事例解析を行い、その利用可能性を示すとともに、水資源管理の関係者間で共通のツールを持つために重要な意味をもつと期待される水・物質循環解析のための汎用プラットフォーム(CommonMP)への対応戦略の検討、および、IFAS を基盤としてツール開発を行うために必要となる長期流出解析モデルの実装について、調査検討を実施した。

2. 人工衛星雨量情報の水資源解析への応用に関する事例解析

2. 1 衛星観測雨量データの特長

これまで ICHARM では、発展途上国においても、洪水予警報システムの整備に不可欠となるリアルタイムでの降雨分布情報を取得する手段として、人工衛星による観測雨量を利用することを提案してきた。

しかし、(1)インターネットの HP から無料でダウンロードできる、(2)対象流域だけでなく同一の精度で全世界の降雨データが得られる、(3)過去のデータも蓄積されている、(4)観測施設や伝送装置等の維持管理の負担が減る、といった衛星観測雨量データの特長を考慮したとき、そのメリットは、特に長期流出解析が重要となる水資源解析において生きることが想定できる。そこで、2010 年に渇水の原因分析が国際政治上の問題にも発展したメコン川の事例を対象として、衛星雨量の有効性を確認する事例解析を行った。

2. 2 検討方法

メコン川のような国際河川で、国境をまたがって統一的な基準にもとづき水文観測や水資源管理を行うことは、政治・行政面や費用面の問題もあり難しい。このように地上水文情報(雨量)が乏しい地域において、衛星観測雨量は、客観的かつ均質な情報が得られる点で大きなメリットとなる可能性がある。そこで、メコン川流域において、2010 年に発生した渇水の原因分析への衛星雨量の利

用可能性について検証を試みた。

現在、世界の各機関において表-1のように複数の衛星降雨プロダクトが提供されており、一般に空間解像度は $0.1^{\circ}\sim 0.25^{\circ}$ 、時間解像度は1～3時間程度である。ここでは、5年以上にわたる複数年の雨量を共通の観測条件の下で比較・検討する必要があるため、データの連続性を考慮し、対象とする衛星降雨プロダクトをNASA-3B42RTとした。衛星雨量の精度は地上観測雨量と比較して劣るものの、過去8年にわたる共通の観測条件のもとで、比較できることは、本解析の目的には有効であると期待される。流域平均雨量算出地点を中国-ラオス国境付近及びパクセ地点に選定し、各地点より上流域の平均雨量を用いて検討を行った。

表-1 主な衛星観測雨量プロダクト

Product name	3B42RT	CMORPH	Q MORPH	GSMaP
Builder	NASA/GSFC	NOAA/CPC	NOAA/CPC	JAXA/EORC
Coverage	50N~50S	60N~60S	60N~60S	60N~60S
Spatial resolution	0.25°	0.073°	0.073°	0.1°
Time resolution	3 hours	30 minutes	30 minutes	1 hour
Delay of delivery	6 hours	18 hours	3 hours	4 hours
Coordinate system	WGS			
Data archive	Dec. 1997~	Recent 1 week	Recent 1 week	Dec. 2007~
Data source (sensor)	Aqua/AMSR-E, AMSU-B, DMSP/SSM/I and TRMM/TMI and IR	TRMM/TMI, Aqua/AMSR-E, AMSU-B, DMSP/SSM/I and IR		TRMM/TMI, Aqua/AMSR-E, DMSP-F13-15/SSM/I, DMSP-F16-17/SSM/I, IR data

2. 3 検討結果

2003年から現在までの1月1日からの累積流域平均雨量をそれぞれの上流域で各年毎に算出したものを図-1及び図2に示す。図-1から、中国上流域では、2009年は1年を通して他の年に比較して著しく少雨傾向であり、同じく、メコン川が大渇水となった2003年²⁾の雨量をも下回っていること、その少雨が2010年においても継続していることがわかる。一方、流域をパクセ上流域にまで広げると、図-2から他年と比較して2009年から2010年は少雨傾向ではあるものの、著しく少ないとまでは言えない。このことは、2010年の大渇水の原因は中下流域ではなく上流域にあること、

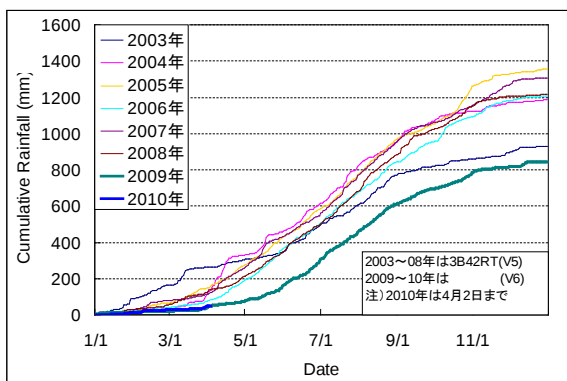


図-1 上流域(中国)における累加平均雨量年次比較

しかし、その原因はダムではなく、2009年以来の著しい少雨傾向の継続にあること、を強く示唆している。これらの検討結果は、衛星観測雨量の特長を生かした水資源解析・渇水原因分析が可能であることを示すものである。

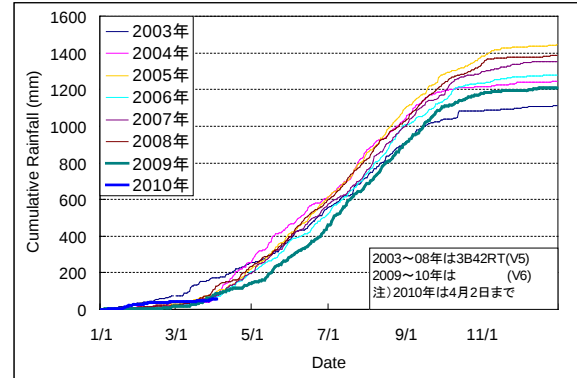


図-2 パクセ上流域における累加平均雨量年次比較

3. IFAS をベースとした長期流出計算への拡張検討

3. 1 検討方法

土研分布モデルは、流域をメッシュで区切り、メッシュ毎に複数段のタンク構造により浸透・貯留・流出発生過程を表現し、それらのタンクを落水線方向に連結して流域の流出現象を表現するモデルである。元来は、長期・短期流出両用の3段タンクを有するVer.1^{1),2)}、短期(洪水)流出解析用として2段化することにより計算時間の短縮を図ったVer.2、長期流出用に降雨遮断や蒸発散量の評価精度を高めるため、Ver.2における上段タンクを大気～陸面相互作用と一体化したForce-Restoreモデルで置換したVer.3、の3つのバージョンが存在する。洪水予警報システムの整備・普及を目的として開発されたIFASは、土研分布モデルVer.2を搭載している。土研分布モデルVer.2は、洪水流出解析を目的として国内で開発・検証されたとは言え、通常のタンクモデルとは異なり、メッシュ毎にタンクを2次元的に連結したモデルとなっており、その連結されたタンクが総体として、河川流域での中長期的な水貯留機能を表現できる可能性もある一方で、海外の大陸スケールでの河川への長期流出への適用性はこれまで検証されていない。このことから、IFASを統合水資源管理のための基盤ツールとして活用するための潜在能力を評価するため、ミャンマー国のチンドウィン川(Hkanti 地点、27,420km²)を対象として2008年の長期流出計算を通じた検証計算を行った。一方、IFASに対して3段タンク(Ver.1)モデルを追加し、それを用いて同様に長期流出計算を行い、2段タンク

(Ver.2) モデルとの比較計算を行った。

ここで、IFAS の下層モデルにおいては、地下での損失がなく、全ての水が流出するようにモデリングされているが、深層への降下浸透による損失分についても考慮できるよう、下層タンクの損失項を追加も併せて実施した。

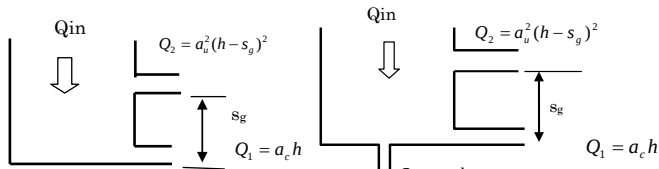


図-3 地下水タンク損失項追加の概要
(左：従来の下層モデル、右：新しい下層モデル)

表-2 地下タンク損失項の基礎式

	$h < s_g$	$s_g \leq h$
被圧	$Q_1 = a_c h$	$Q_1 = a_c h$
不圧地下水		$Q_2 = a_u^2 (h - s_g)^2$
地下浸透損失	$Q_3 = a_l h$	$Q_3 = a_l h$
基礎式	$\frac{dh}{dt} = Qin - a_c h$	$\frac{dh}{dt} = Qin - a_c h - a_u^2 (h - s_g)^2$

なお、降雨流出解析における入力雨量としては、JAXA-GSMaP について、IFAS 上で雨域移動情報により自己補正した衛星観測雨量を用いた。

3. 2 検討結果 (2 段及び 3 段タンクモデルを用いた流出解析の比較)

図-4 に 2 種類の流出解析モデルによって流出計算を行った結果を現地における観測流量ハイドログラフを比較したものを示す。2 段タンクモデルでは、2008 年に 3 回発生した主要洪水のピークの再現性は高いものの、流出がすぐに逓減し、長期の流出傾向を再現する上で限界があることがわかった。一方、3 段タンクモデルでは、7 月上旬に発生した年最大規模の洪水波形が過大評価となったが、他の 2 つの主要洪水はピークレベルを的確に再現できた。年最大洪水波形のずれについても、上流側で洪水氾濫が発生していた可能性を考慮すると物理的に説明できる可能性がある。また、2 段タンクでは表現しきれなかった逓減部の流出量の再現性能が大幅に向上している。このことから、3 段タンクとすることで、解析対象とできる水循環・流出現象の幅が広がったと言える。現在は、土地利用情報によりパラメータを 1 次近似する表層タンク以外のパラメータは、日本の流域の情報を基

にパラメータをセットしているため、今後、下層のタンクを含めて、世界の様々な流域に対象を広げて、最適な 1 次近似パラメータの設定値について、より広範に研究を進めていく必要がある。

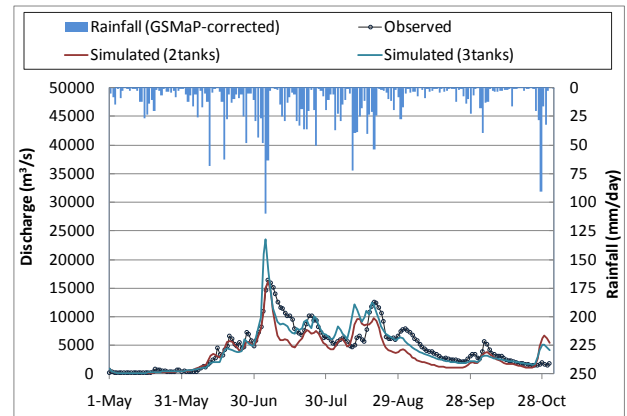


図-4 2 段タンクおよび 3 段タンクによる長期流出解析結果の比較 (ミャンマー国 Chindwin 川 Hkanti 地点)

4. IFAS-CommonMP の連携手法の検討

CommonMP は、水・物質循環解析のための汎用プラットフォームとして、国土交通省都市地域整備局下水道部、同河川局、同国土技術政策総合研究所、(社)土木学会、(社)建設コンサルタンツ協会、及び、(社)全国上下水道コンサルタント協会が共同で設立した「CommonMP 開発・運営コンソーシアム」によって開発が進められている。本研究で開発を目指す統合水資源管理のための共通基盤ツールについては、CommonMP と連携することで、国内外の多くの既存のライブラリや最新の研究成果との連携も可能となり、効率的な開発に資するものと期待される。このことから、ICHARM としても CommonMP コンソーシアムが主催する講習会に積極的に参加するとともに、その特性を踏まえた上で IFAS と CommonMP の今後の連携方策について検討を行った。

図-5 に示すように、CommonMP は、小さなサブ流域単位で様々なモデルを自由に組み合わせつつ、流域全体の解析モデルを構成する手法を得意とする共通基盤である。高度なシーズやニーズに対応して柔軟なモデル構築を行うことができる反面、モデルの利用者ではなくモデル構築者として見たとき、現状では、経験豊かな高度な専門家向けモデルであり、モデル構築に時間と手間を要する面もある。一方、IFAS は流域全体を一つの分布型モデルで表現することを得意とする一方、流出解析に必要な水文データや GIS データ取得から流出解析、結果表示までをあらかじめ準備された GUI 画面を通じて

一貫して簡便に行うことのできるパッケージソフトウェアであり、ある程度の流出解析の経験を有する技術者であれば、極めて短時間に簡便に分布モデル構築と計算作業を可能とする特長を有している。洪水予警報システムの基盤として開発していることから、様々な計算処理を比較的高速に行うための工夫も行われている。

これらの IFAS と CommonMP の大きくことなる特長をお互いに生かしつつ、高いシナジー効果を得るための連携方策として、図-6 に示すような基本構想を検討した。そこでは、迅速かつ簡便にモデル構築ができる IFAS の特長をそのまま生かしつつ、そこで構築したモデルやデータについて、CommonMP 上での動作を可能とすることによって、CommonMP 上の豊富なライブラリや機能を利用した、高度なニーズにも対応できるモデル拡張を可能としようとする構想である。今後、この基本戦略に基づき、IFAS の改良を漸次的に進めていく必要がある。

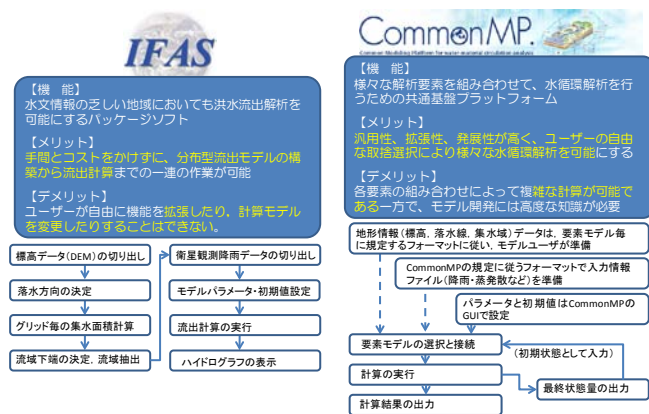


図-5 IFAS と CommonMP の特長の分析

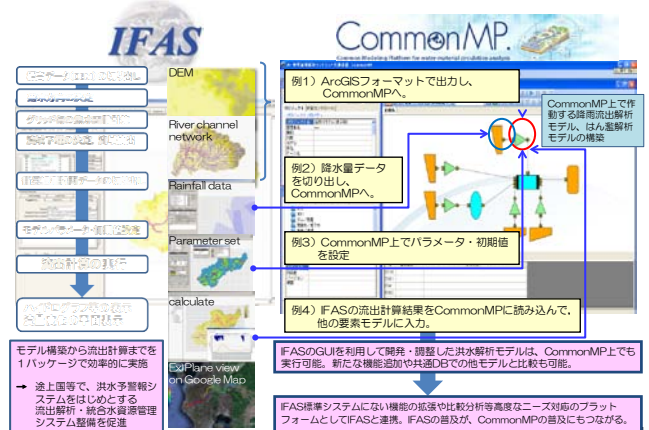


図-6 IFAS-CommonMP 連携の基本戦略 (案)

5. まとめ

今年度は、統合水資源管理支援共通基盤ツールの開発の前提とすべきいくつかの技術的事項の検討を実施した。

- ①衛星観測雨量データについて、メコン川における 2010 年渇水を対象とした、平年と当該年の雨量比較による渇水分析の事例研究を行い、国際河川等における水資源管理への衛星観測雨量の適用性を明らかにした。
- ②IFAS に長期流出計算用モデルを搭載し、長期流出計算の共通基盤としての基本性能を実装した。
- ③IFAS と CommonMP の連携方策について検討を行った。

6. 今後の課題

今後は、今回改良した IFAS を発展途上国の現地に適用しながら、現地での水資源賦存量、水利用実態、利水者間の利害調整の実態などを踏まえて、統合的な水資源管理の支援ツールに対して必要とされるモジュールの追加開発の検討を行っていく必要がある。また平行して、世界の異なる気候の流域で、IFAS に実装された分布モデルのパラメータ設置値の標準的な組み合わせを見だし、デフォルトパラメータとしてセットすることで、IFAS を水文データが乏しい河川でもさらに適用・利用勝手を改善した汎用的なソフトウェアに改良を加えていくことが重要である。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所河川部水文研究室：裏筑波流出試験地調査成果報告書、土木研究所資料、No. 2959、1991。
- 2) 杉浦正之、吉野文雄、レーダ雨量計に対応した実用的な分布型流出モデル、水文水資源学会 1989 研究発表会要旨集、pp. 243-246

1.6 DEVELOPMENT OF A FUNDAMENTAL TOOLKIT TO SUPPORT INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2010-2014

Research Team : Water-Related Hazard
Research Group
(Hydrology)

Author : Kazuhiko FUKAMI, Seishi
NABESAKA, Takahiro SAYAMA,
Mamoru MIYAMOTO, Takahiro
KAWAKAMI and Go OZAWA

Abstract:

The purpose of this research is to develop a fundamental toolkit in terms of basin-wide natural and artificial water cycle, to share basic quantitative statistics on the reality of water resources in a river basin, to share common understanding on water resources there, and to support decision making for integrated water resources management (IWRM). In FY2010, the Hydrologic Engineering Research Team of ICHARM, PWRI has conducted the following three studies:

- 1) A case study to clarify the potential of satellite-based rainfall data for water resource study, i.e. an analysis to clarify the reason of 2010 drought in the Mekong River.
- 2) Improvements of IFAS (Integrated Flood Analysis System) to adjust the IFAS to long-term hydrologic analysis, i.e. the implementation of a three-layer tank model for each mesh of a distributed-parameter hydrologic model, PWRI Distributed-Parameter Hydrologic Model (PDHM) Ver. 2.
- 3) Making strategy to coordinate cooperative development of IFAS-based IWRM-support tool with CommonMP

Key words: IFAS (Integrated Flood Analysis System), Satellite-based rainfall data, Integrated Water Resources Management, Long-term hydrological analysis, CommonMP