

国連世界防災会議へ向けての ICHARM の活動 ～Global Water-related Disaster Risk Indices の開発～

栗林大輔・岡積敏雄・李商恩・マキシム グシエフ・郭榮珠・安田成夫

1. 世界の水災害軽減に向けての取組み

世界では災害が頻発し、人命や資産に多大な影響を与えている。災害の中でも洪水や濁水などの水関連災害が占める割合は高く（図-1）、最近30年の災害数では96%を占めている。最近5年の洪水災害に限っても、2010年パキスタン、2011年タイ、2014年イギリスなどにおいて、数十年～数百年に一度の規模の被害が発生し、対策が求められている。

これら世界規模の水災害に対応するために、国際連合（以下、国連）を始め様々な国際機関において取組みが行われており、「**国連世界防災会議***」はその主要な活動の一つである。国連世界防災会議は、国際的な防災戦略について議論する国連主催の会議であり、2015年3月に仙台市において開催予定の第3回会議では、第2回会議（2005年・神戸）で策定された、2015年までの10年間の国際的な取組指針である「兵庫行動枠組2005-2015(HFA)」の後継枠組が策定される予定である。一方、水関連災害の被害軽減を目指した今後の国際的な取組みを促進する上で、『防災に関するターゲット（目標）』の設定の必要性が認識されており、ICHARMとしても目標設定に向けた研究を進めてきたところである。そのため、ICHARMは防災の事前対策に資するIndices（指標）の開発に取り組んでいる。

第3回世界防災会議の場において、国連国際防災戦略（UNISDR）は報告書「Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR) 15」を公表するべく準備を進めており、現在は防災専門家からのコンサルテーション（協議・助言）を求めている段階である。報告書では、事前対策の重要性を柱とする防災の主流化が謳われる予定であるが、ICHARMとしてはこの報告書の中にICHARMの研究結果が盛り込まれるよう活動している。

災害被害を軽減するためには、事前の減災対策と効果的な防災投資が欠かせないが、そのためには災



図-1 世界の災害数の推移
(EM-DAT のデータベースから ICHARM が作成)

害のリスクを正確に見積もる必要がある。次章以降では、ICHARMが開発を進めている、データの乏しい途上国でも簡便に水災害リスクを定量的に評価できる指標（Global Water-related Disaster Risk Indices、以下GWDRI）の概要とその活用方法について説明する。

2. GWDRIの概要

一般に、GWDRI のようなリスク評価は、図-2のように 5 つの多次元アプローチに区分される。まず、対象とする自然外力の規模（①外力評価）と外力にさらされる度合い（②暴露評価）を把握する。並行して、外力への脆弱性を特定する（③脆弱性評価）。②と③を掛け合わせることで、人や資産の被害に関するリスクを定量化でき（④リスク評価）、災害リスク軽減行動が効果的であるかどうかの比較評価が行える（⑤事前準備）。

GWDRI においては、①を想定氾濫域の浸水深、②を当該氾濫域に住む人口、③を災害弱者（子供、高齢者）を要素とした関係式、④を人命に関するリスク指標とし、⑤において試行的にダムや堤防などの構造物対策の効果評価を行っている。これら一連の流れにより、災害の事前予防戦略やそれに向けての効果的な防災投資の必要性を正当化できる。次章では、実際に GWDRI をアジアの 3 流域（フィリピンのパンパンガ川、タイのチャオプラヤ川、日本

ICHARM activities for the World Conference on Disaster Reduction ~Development of Global Water-related Disaster Risk Indices~

*土木用語解説：国連世界防災会議（WCDRR）

の利根川) に適用し、各流域における指標の適用性の検証と、指標を用いて水災害対策構造物の有効性を評価することを試みる。

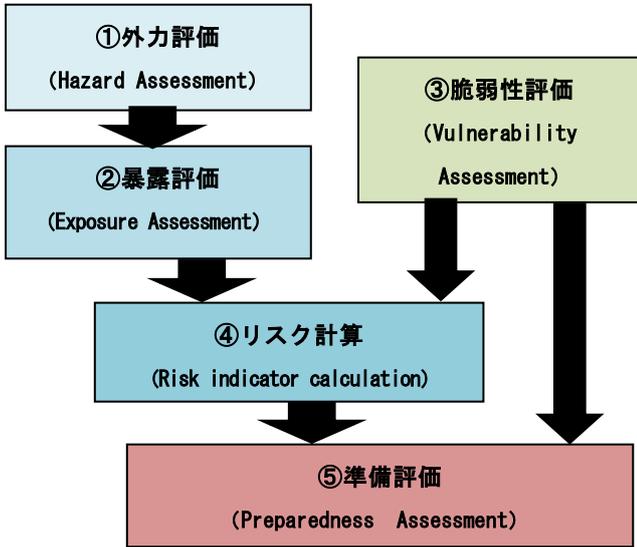


図-2 リスク評価指標の多次元アプローチ概念図

3. GWDRIの適用

3.1 流域の概要

本研究で対象とする、フィリピンのパンパンガ川、タイのチャオプラヤ川、日本の利根川の各流域の概要を表-1 に、各流域における過去の大災害の概要を表-2 に示す。

各流域はいずれも首都に近い人口稠密な地域を貫流し、毎年サイクロンや台風の襲来を受けている。パンパンガ川においては、5年再現確率程度の流下能力しか持たない箇所が多く、近年毎年のように大規模な洪水が発生している。チャオプラヤ川においては、2011年には大規模な洪水が発生し、約20か所で堤防が破堤した。氾濫は7月から長期にわたり、11月末までにはバンコク近郊の工業地域及びバンコク市街が浸水し、市民生活に多大なダメージを与えた。利根川においては、1947年カスリーン台風により甚大な被害を受けた後は、堤防改修や上流でのダム整備が進み、本川が破堤するような被害は発生していない。

3.2 洪水外力の評価

まず、洪水を引き起こす原因となる外力を評価するために、以下のように簡素化した方法を用いた。

- ① どこでもだれでも幅広く入手可能な流量データを選定し、入手(詳細なデータは現地調査に

表-1 流域の概要 1),2),3)

	パンパンガ川	チャオプラヤ川	利根川
延長(km)	265	1,100	322
流域面積(km ²)	10,540	163,000	16,840
流域内人口(百万人)	5.8	23	12
国全体に占める流域内人口割合(%)	6.8	40	10
中流域での河床勾配	1/1,000～ 1/2,500	1/11,000～ 1/12,000	1/4,000～ 1/6,000
年平均気温(°C)	27.5 [CLSU Munoz [地点]	28 [Nakhon Sawan]	15 [前橋]
年平均降水量(mm/year)	2,100	1,500	1,300
近年の最大ピーク流量(m ³ /s)	1,880 [Arayat, 2004] [地点、年]	6,900 [Nakhon Sawan, 2011]	9,200 [八斗島, 1998]

表-2 過去の大災害の概要 1),2),3)

	パンパンガ川	チャオプラヤ川	利根川	
過去50年間における最大災害年月	2004年8月	2011年7～11月	1947年9月	
氾濫域(km ²)	1,151	28,000	440	
影響人口(千人)	757	13,500	600	
被害家屋(戸)	全壊	120	2,300	23,700
	半壊	1,200	97,000	31,400
被害農地面積(ha)	71,772	1,800,000	177,000	
死者(人)	14	660	1,100	

て補完)

- ② ICHARM が改良を行ってきた分布型水文モデルである BTOP モデル⁴⁾を用いて洪水流量を試算

- ③ 同じく ICHARM が開発を進めている FID モデル⁵⁾にその流量を適用し、想定氾濫域を特定

上記方法によって、データが乏しい途上国の流域においても、例えば50年再現確率のような特定の再現確率に対応した氾濫を再現でき、外力評価の比較が可能になる。ここでは、洪水外力の評価として、50年再現確率の外力に対する、水災害対策構造物の有無による想定氾濫域の浸水深の差を算出した。それぞれの流域における水災害対策構造物は以下のように設定した。すなわち、パンパンガ川とチャオプラヤ川においては、既存の堤防高はそのままダムの有無による浸水深の差を、利根川においては既存のダムの効果を見込んだ上で堤防の有無による浸水深の差をそれぞれ算出した。

図-3 の A-C にそれぞれの水災害対策構造物の有無に対する氾濫域面積の差を、表-3 にそれぞれの減少率を示す。図-3 の A はパンパンガ川における2つの洪水調整ダム、B はチャオブラヤ川における3つの洪水調整ダムによる浸水深の減少度合いを表している。それぞれ、ダムに近い場所ほど色が赤く、ダムによる氾濫削減効果が高いことがわかる。C は利根川において、堤防の有無による浸水深の減少度合いを表している。全流域において色が赤くなっており、堤防が洪水に対して重要な効果を発揮していることがわかる。なお、パンパンガ川での減少率が小さいのは、下流での氾濫はダムではなくスワンプ（湿地）の遊水効果で受け持つこととなっているため、ダムだけの効果として全体を評価すると効果が小さくみえる。

表-3 水災害対策構造物の有無による氾濫域の減少

防御策	パンパンガ川		チャオブラヤ川		利根川	
	ダム無	ダム有	ダム無	ダム有	堤防無	堤防有
想定氾濫面積 (km ²)	1,362	1,319	18,057	14,309	888	127
減少率(%)	3.2		20.8		85.7	

3.3 脆弱性の評価

3.2 で行った想定氾濫面積の算出結果を用いて、浸水深 10cm 以上の氾濫域に居住する人口（影響人口）をそれぞれ推計し、水災害対策構造物の有無による影響人口の減少を推計した。人口データとしては、全球規模で作成されている Landscan™ の「Global Population Database」を用いた。表-4 に推計結果を示す。

表-4 影響人口の比較

防御策	パンパンガ川		チャオブラヤ川		利根川	
	ダム無	ダム有	ダム無	ダム有	堤防無	堤防有
影響人口 (千人)	993	935	8,301	4,342	487	59
減少率(%)	5.8		47.7		87.9	

パンパンガ川においては、ダムの効果区域の直下だけで効果をみるとパンタバンガンダムで 30% の影響人口の減少がみられる。

チャオブラヤ川においては、氾濫域の減少は表-3 が示すように 20.8%であるが、人口稠密域であるため、影響人口の減少はそれを大きく上回る

47.7%となっており、ダムによる防御効果はかなり高い流域と言えよう。

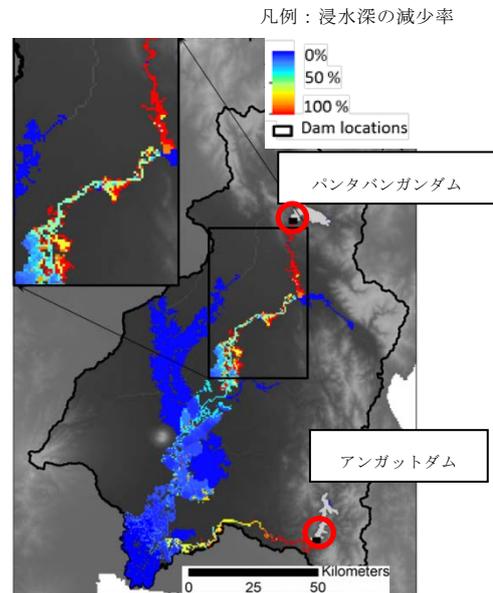


図-3 A. パンパンガ川（フィリピン）
（赤丸は効果を検証したダムの位置）

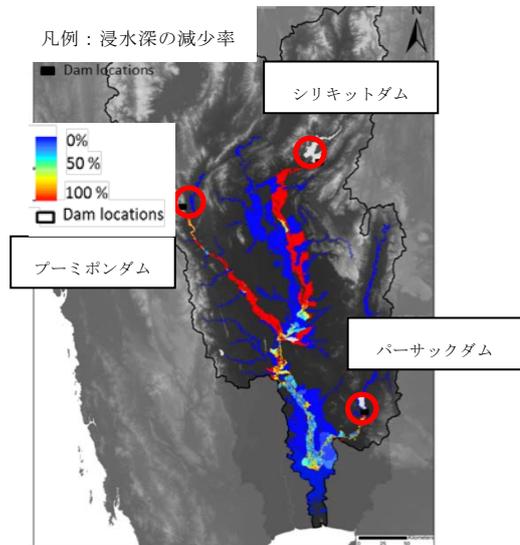


図-3 B. チャオブラヤ川（タイ）
（赤丸は効果を検証したダムの位置）

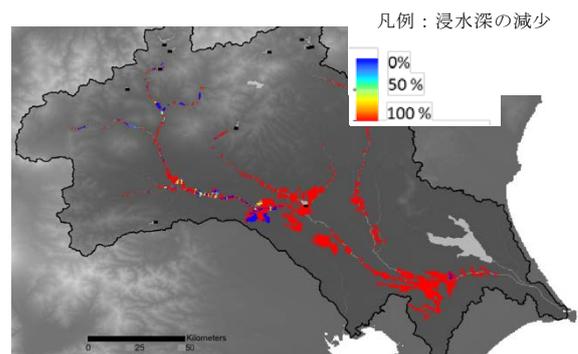


図-3 C. 利根川（日本）

利根川においては、氾濫域・影響人口の減少はいずれも約 9 割近くに達しており、特に支川も含めて中～下流域での堤防による洪水防御効果は劇的なものと言える。

3.4 リスク指標の算定

ここでは、パンパンガ川での過去の洪水による死者数データを用いて、人命に関するリスク指標値を算定した。まず、パンパンガ川の一定地域で過去 5 回の洪水死者数データ（2010 年 10 月、2011 年 8 月、9 月、2012 年 8 月、2013 年 8 月）を年齢層別に整理し、年齢層別の洪水での死亡率から求まる値をリスク指標値とする。この関係をパンパンガ川の流域全体に適用し、自治体の年齢層別の人口と掛け合わせることで自治体ごとの指標値を算定、リスクの高い自治体を特定した。結果を表-5 に示す。

表-5 人命に関するリスク指標値

影響人口(人)	934,814
人命に関するリスク指標値	258
リスク指標値の高い自治体	Arayat: 15, Macabebe: 15, Jaen: 14

3.5 まとめ

本研究では、水災害対策構造物の有効性を評価し、かつ各国の流域単位で比較可能とするためのリスク指標作成方法を開発した。本指標の特徴としては、

- データの乏しい途上国でも適用可能
- 概念的な指標ではなく、様々な水文的極端現象や重要な社会指標を考慮できる
- リスクが高い地域を特定できる
- ダムや堤防のような水災害対策構造物の有効性を示すことが可能
- 異なった流域間でのリスクの比較が可能などを上げることが出来る。

今後は、リスクの他の要素についても検討し、主に途上国での効果的な防災の事前戦略や防災投資に資するよう改良を重ねていく所存である。

参考文献

- 1) JICA 2013, The Study on Integrated Water Resources Management for Poverty Alleviation and Economic Development in the Pampanga River Basin, National Water Resources Board, The Republic of the Philippines
- 2) JICA 2013, Project for the Comprehensive Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin, Kingdom of Thailand
- 3) 利根川水系利根川・江戸川河川整備計画、2013 年 5 月、国土交通省関東地方整備局
- 4) Takeuchi, K., T. Ao and H. Ishidaira. 1999. Introduction of block-wise use of TOPMODEL and Muskingum-Cunge method for the hydro-environmental simulation of a large ungauged basin, Hydrological Sciences Journal, Vol.44, Issue 4: 633-646.
- 5) Kwak, Y., K. Takeuchi, K. Fukami and J. Magome. 2012. A new approach to flood risk assessment in Asia-Pacific region based on MRI-AGCM outputs. Hydrological Research Letters, Vol.6: 70-75.

栗林大輔	岡積敏雄	李商恩	マキシムグシエフ	郭榮珠	安田成夫
					
(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 主任研究員 Daisuke KURIBAYASHI	国土交通省総合政策局国際建設管理官 前(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 上席研究員、工博 Dr.Toshio OKAZUMI	(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 専門研究員、工博 Dr.Sangeun LEE	(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 専門研究員、工博 Dr. Maksym Gusyev	(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 専門研究員、工博 Dr.Youngioo KWAK	前 (独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ長、工博 Dr.Nario YASUDA