

## 戦-26 世界水アセスメントに関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：水災害研究グループ（防災）

研究担当者：吉谷 純一、アベ川 功十

### 【要旨】

本研究の全体的な目標は、世界の洪水リスクの現況をモニターし、水関連災害削減政策の有効性と進展度を評価しようとする国連世界水アセスメント計画への貢献を目指して、世界洪水リスク地図を作成することである。

平成 18 年度は洪水リスクと脆弱性を特定する現存の科学的手法を調査し、世界洪水リスク評価に適した枠組みを選定した。また指標開発のための現存の枠組みおよび洪水リスク指標群を作成するために必要な災害データベースを調査した。平成 19 年度は世界洪水リスク地図を作成するために必要な世界の陸地の基礎情報を収集・分析した。

キーワード：国連世界水アセスメント計画、洪水リスク指標、加害外力、脆弱性、防災力

### 1. はじめに

国連世界水アセスメント計画(WWAP)は、1977 年国連水会議や 1992 年水と環境に関する国際会議などで警鐘された世界の水問題の現状を、継続的に評価し、改善に向けた行動の検証を行うことを目的とする国連全体での唯一の水に関する取り組みで、2000 年より開始されている(今村、2008)。本研究は世界洪水リスク地図を作成することを目的とし、WWAP の上記目的に資することを目指している。研究は、当研究課題の招聘研究員の沖大幹東京大学生産技術研究所教授および沖研究室員と定期的に情報交換を行いながら進めた。

### 2. 洪水リスクの基礎概念

前年度に調査した洪水リスクの基礎概念を再整理の上以下に述べる。洪水に限らず自然災害全般を扱う防災分野では、以下の概念式が一般に用いられている(Davis, 1978)。

リスク = 加害外力 x 脆弱性 …概念式(1)

リスクは災害死者数や経済被害等を指標として災害発生確率等で表される。過去の災害履歴をリスクとする場合もあるが、たまたま被災経験がない、あるいは記録がなくても高リスクの場合も多々ある。過去の災害データから作成したリスク地図は、災害データの可視化・再加工であり、災害情報が寄せられない空白地域、近年は偶然災害が発生していない地域で、高い危険性を有する地域を特定する利用には不十分である。UNDP の国別の Disaster Risk Index (DRI)、世界銀行/コロンビア大学の Natural Disaster Hotspots 世界地図(World Bank, 2006)、ダートマス大学の Dartmouth Flood Observatory 世界地図はい

ずれも、過去の災害データベースである EM-DAT(Hoyois ら、2007)などの災害情報を元に行っているため、災害情報空白地域の特定には使えない。これを行うためには、概念式(1)の右辺の2項を個別に評価し、リスクとの関係を過去のデータから解析し、その関係を空白域にも適用することができる。このアプローチによる洪水に関する研究は、国土技術政策総合研究所が国内河川流域を対象に試算した洪水脆弱性指標(梅村ら、2004)、大都市の自然災害全般のリスク評価を行ったミュンヘン再保険会社の大都市災害指標(Munich Re, 2003)などがある。

加害外力とは地震の大きさ等の自然現象に起因する因子で、脆弱性は人口や建築物の耐震性等の社会的因子を指し、人口も資産もない地域で大きな加害外力があっても災害は発生しないことを概念的に表すものである。水害の場合、降雨量や氾濫原人口がそれぞれに該当することは理解できるが、治水施設により洪水流量が減少した効果は外力の減少と扱うのか脆弱性の低下と扱うのかの共通認識はなく、さらに、予警報システムや地域防災体制を強化の効果は人口増などの意図しない脆弱性増加と一緒に評価されてしまい、効果評価のためには不都合なため、本研究では国際赤十字赤新月社連盟が推奨・実践する以下の概念式で整理することを基本とした。

リスク = 加害外力 x 脆弱性 / 防災力 …概念式(2)

防災力とはハード・ソフト対策の両方による適応能力である。リスクを3因子で説明する方針は、WWAP が推奨する DPSIR の枠組み(原動力、圧力、状態、影響、対応)を簡素化したものであり、なおかつ、発展途上国の

表-1 洪水リスク地図作成に利用可能な世界データ

大カテゴリー	小カテゴリー	データの単位			内容	作成者/元データ
		国別	流域別	メッシュ		
リスク	洪水実績	●	●		流域別洪水発生回数(1980-2000年)	EM-DAT
			●		流域別洪水頻度(1980-2000年)	EM-DAT
		●			国別洪水・暴風雨発生回数(2000-2006年)	EM-DAT
			●		洪水ハザード	CHRR/CIESEN
	水害実績	●			洪水・暴風雨による死者数(2000-2006年)(人)	EM-DAT
		●			1洪水・暴風雨あたりの死者数(2000-2006年)(人)	EM-DAT
		●			洪水・暴風雨による年間平均死者数(2000-2006年)(人)	EM-DAT
			●	洪水によるトータル経済損失	CHRR/CIESEN	
			●	洪水による経済損失比	CHRR/CIESEN	
			●	洪水による死亡リスク	CHRR/CIESEN	
加害外力	気候・水文			●	年間平均降水量(mm)	USGS/American Geological Institute
				●	月別最大降水量(mm)	USGS/American Geological Institute
				●	月別降水量差(月別最大降水量-月別最小降水量)(mm)	USGS/American Geological Institute
			●		比流量(河川流量/流域面積)(m <sup>3</sup> /s/100km <sup>2</sup> )	Federal Institute of Hydrology, Germany
			●		最大比流量(最大流量/流域面積)(m <sup>3</sup> /s/100km <sup>2</sup> )	Federal Institute of Hydrology, Germany
				●	年間流出量(mm/yr)	Federal Institute of Hydrology, Germany
				●	月別流出量差(最大流出量-最小流出量)(mm/mo)	Federal Institute of Hydrology, Germany
		●		河況係数(年間:最大流量/最小流量)	Federal Institute of Hydrology, Germany	
	地形・地被	●			森林率(%)	FAO/FAOSTAT
			●		森林率(%)	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI
				●	NOAA/全球植生指数 8年間(1983~1990年) 平均最大値	GRID-Nairobi
			●		草地率(%)	IUCN, IWMI, Ramsar
		●			乾燥地率(%)	FAO
			●		乾燥地率(%)	IUCN, IWMI, Ramsar
			●	標高(m)	USGS/GTOPO30	
		●	傾斜角(°)	USGS/GTOPO31		
		●	流域平均傾斜角(°)	USGS/GTOPO32		
		●	河川密度(河川延長/流域面積)(km/km <sup>2</sup> )	Federal Institute of Hydrology, Germany		
		●	流域形状係数(流域面積/主流路長 <sup>2</sup> )(km/km <sup>2</sup> )	Federal Institute of Hydrology, Germany		
脆弱性	人口	●			国別人口密度(人/km <sup>2</sup> )	UN Population Division
		●			国別総人口(1,000人)	UN Population Division
			●		流域内平均人口密度(人/km <sup>2</sup> )	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI
				●	人口密度(人/km <sup>2</sup> )	CIESEN, Colombia University and CIAT
				●	総人口(1,000人)	CIESEN, Colombia University and CIAT
		●			海岸から100km以内に住む人口(1,000人)	UNEP/DEWA/GRID-Europe
	貧困	●			一人当たりGDP(2000年)(基準年USD/人)	World Bank
		●			貧困人口(消費\$1/日以下)の割合(%)	World Bank
		●			貧困人口(消費\$2/日以下)の割合(%)	World Bank
		●			失業率(%)	ILO
	個人資産	●			耐久性住居率(%)	World Bank
	経済 (防災力指標にもなる)	●			損害保険料(百万ドル)	Swiss Re (スイス再保険会社)
		●			援助依存率(%)	World Bank
		●			海外からの直接投資額(百万経常USD)	World Bank
●				経済活動人口(1,000人)	ILO	
●				被援助額(百万経常USD)	World Bank	
●				個人消費(2000年)(基準年100万USD)	World Bank	
●				政府支出(百万経常USD)	World Bank	
●				GDP(2000年)(基準年100万USD)	World Bank	
都市化		●		都市及び市街地率(%)	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI	
		●		流域内大都市数	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI	
	●			都市人口率(%)	UN Population Division	
土地・産業	●			土地の農業利用率(%)	FAO	
		●		耕地率(%)	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI	
		●		灌漑耕地率(%)	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI	
●			GDPに対する農業生産の割合(%)	World Bank		
防災力	教育	●			成人識字率(%)	World Bank
		●			初等教育の就学率(%)	UNESCO
		●			中等教育の就学率(%)	UNESCO
		●			教育指数	UNDP
	情報・通信	●			通信手段の普及度(固定電話数/1,000人)	World Bank
		●			通信手段の普及度(携帯電話数/1,000人)	World Bank
		●			ラジオによる情報収集力(ラジオ数/1,000人)	World Bank
		●			テレビによる情報収集力(テレビ数/1,000人)	World Bank
	●			デジタルアクセスインデックス(DAI)	International Telecommunication Union	
	保健・衛生	●			衛生的な飲料水の人口カバー率(全体)(%)	WHO/UN Children's Fund
		●			衛生的な飲料水の人口カバー率(都市部)(%)	WHO/UN Children's Fund
		●			衛生的な飲料水の人口カバー率(村落部)(%)	WHO/UN Children's Fund
		●			衛生的な下水設備の人口カバー率(全体)(%)	WHO/UN Children's Fund
		●			衛生的な下水設備の人口カバー率(都市部)(%)	WHO/UN Children's Fund
●			衛生的な下水設備の人口カバー率(村落部)(%)	WHO/UN Children's Fund		
治水	●			国民1人当り国家予算(国家予算/国別総人口)(ドル/人)	Central Intelligence Agency	
		●		ダム数(基)	IUCN, IWMI, Ramsar, WRI	

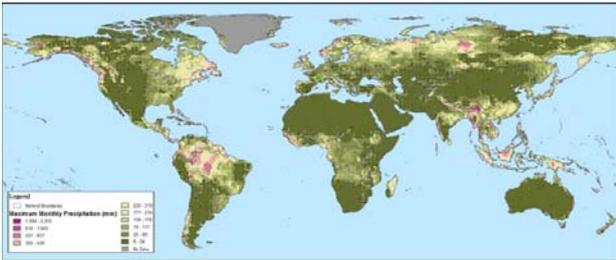


図-1 月別最大降水量 (mm) (元データ : USGS/AGI)

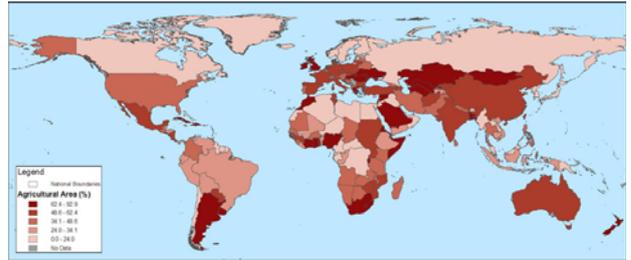


図-6 土地の農業利用率(%) (元データ : FAO)

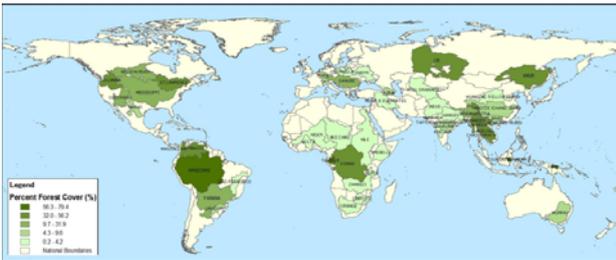


図-2 森林率(%) (元データ : FAO/AGI)

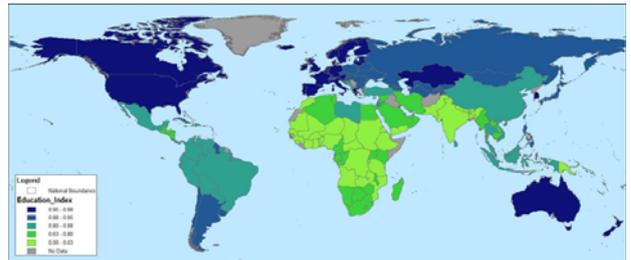


図-7 教育指数 (元データ : UNDP)

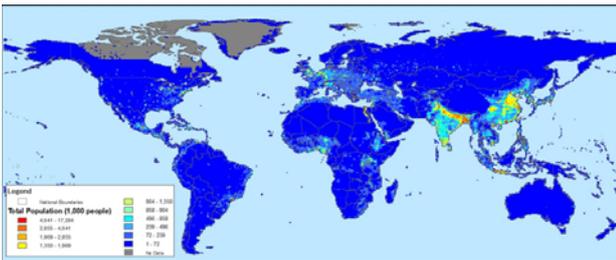


図-3 月別最大降水量 (mm) (元データ : USGS/AGI)

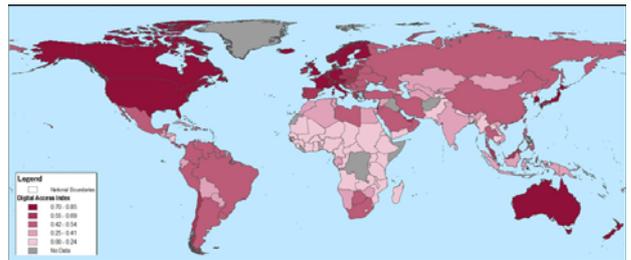


図-8 デジタルアクセスインデックス (元データ : International Telecommunication Union)

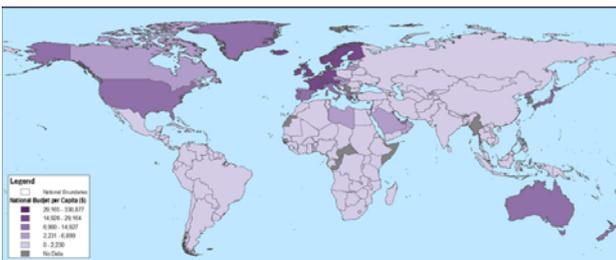


図-4 人口密度(人/km2) (元データ : CIESEN/Columbia University and CIAT)

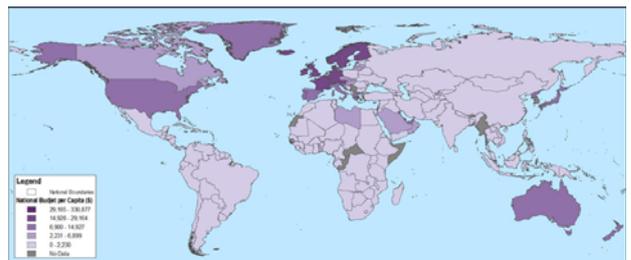


図-9 国民 1 人当たり国家予算(国家予算/国別総人口) (USD 人) (元データ : Central Intelligence Agency)

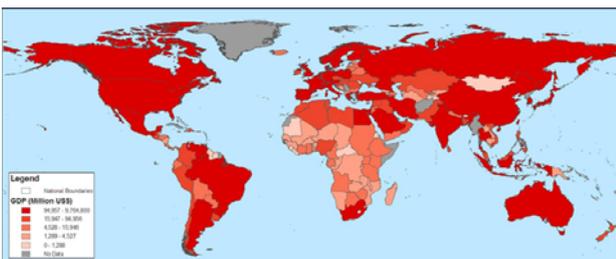


図-5 2000年のGDP(基準年 100 万 US ドル) (元データ : World Bank)

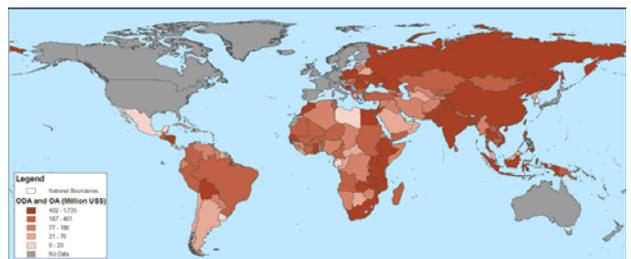


図-10 被援助額(百万 US ドル) (USD 人) (元データ : Central Intelligence Agency)

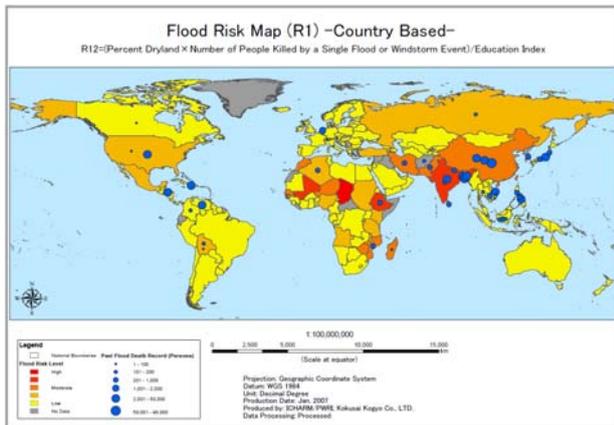


図-11 国別洪水リスク地図試作  
(図中の○は過去の洪水事象)

水問題の解決の取り組みをモニターしようとする WWAP の目的に合致するものである。

本来、加害外力、脆弱性、防災力は、それぞれ物理的な代表性の高い指標、例えば、洪水ピーク流量、氾濫域人口・資産、治水投資額等から代表性を分析して選定する必要があるが、世界を網羅するデータは種類が非常に限られるため、まず利用可能な世界データを網羅的に調査した。集めた世界データは、国別、流域別、メッシュ別の情報に整理した。

### 3. 加害外力、脆弱性、防災力に関連する世界データ

世界リスク地図作成に利用可能な世界データを収集した。世界リスク地図は、データの利用可能性に応じて、国別、河川流域別、メッシュのいずれかで作成することを想定した。その一覧を表-1 に示す。表中のカテゴリーで、洪水実績、水害実績としたデータは、概念式(2)でのリスクに相当する指標、気候・水文、地形・地被としたデータは加害外力に相当する指標、人口、貧困、個人資産、経済、都市化、土地・産業は脆弱性に相当する指標、残りすべては防災力に相当する指標と見なすことができる。表-1 に示した 70 種の世界データから加害外力、脆弱性、防災力のデータを再解析し地図にした。その例を図-1～10 に示した。図-11 には(乾燥地率) × (国別洪水死者数 / 1 洪水) / (教育指数) で表した洪水リスク地図試作版を示した。図中の個々の○印は EM-DAT に基づく 1950-2006 年に発生した大洪水イベントそれぞれを死者数に比例する大きさで表している。用いたデータの代表性の吟味なしに用いているためこれはあくまで試作版洪水リスク地図である。

先述のとおり、ここで示したデータは世界を対象として整備され入手可能なデータのみを記載しただけで、理

想的にはより代表性の高いデータの利用が望ましい。特に、防災力に関しては、例えば国別の治水投資額や洪水予警報システムの有無など、より洪水防御に直結するデータの利用が望ましいが、このようなデータベースは、必要性が一部専門家間で認識され国連機関が収集しようと努力はしているものの、ごく一部の国や地域の情報しか収集できていないのが現状である。ただし、防災力は治水投資額のような単一の指標で評価できるものではなく、コミュニティ間の意思疎通の程度、個人の意識、社会制度等、測定が困難な要素が複雑に相互作用を及ぼした結果であり、その評価は防災専門家の知見により総合的になされるべきものである。その試みとしては、日本の消防庁が都道府県に約 800 項目のアンケートを行った結果を分析し、災害全般に対する防災力を評価した事例(総務省消防庁、2004)があり、このような試みが世界各国になされることが理想である。

### 4. おわりに

今後、これらの元データの指標としての代表性を検討した上で、世界洪水リスク地図を作成する予定である。

### 参考文献

Davis, Ian (1978): Shelter after Disaster, Oxford Polytechnic Press

Munich Re (2003): Topics annual review natural catastrophe in 2002

P. Hoyois, R. Below, J-M. Scheuren and D. Guha-Sapir (2007) : Annul Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006. CRED, Brussels

United Nations Development Programme (2004) : REDUCING DISASTER RISK: A CHALLENGE FOR DEVELOPMENT

World Bank (2005) : Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis

今村能之(2008) : 世界の水問題解決に向けての国連世界水アセスメント計画(WWAP)の役割—国連の取り組みを通じた日本の国際的地位向上を目指して—、水文・水資源学会誌 Vol. 21, No. 2 (2008) pp. 140-157

総務省消防庁(2005) : 地方公共団体の地域防災力・危機管理能力評価指針の策定調査報告書、平成 15 年 10 月

梅村幸一郎・廣木謙三・加藤健一郎・橋本健・原雄一・尾年光(2004) : 水害脆弱性指標の構築 (FVI 一次試算値)、土木学会第 59 回年次学術講演会 (平成 16 年 9 月) , pp. 113-114

## **Study on World Water Assessment**

**Abstract:** The overall goal of this research is to develop a global flood risk map that can be used to monitor the present conditions of flood risks and to assess the policy effectiveness and progress in water-related disaster reduction in many parts of the world. Based on the FY2006 survey on the existing scientific approaches to identify flood risk and vulnerability, the scientific background and frameworks for indicators development, we collected and analyzed available world's datasets that can be used to produce a world flood risk map.

**Keywords:** UN-World Water Assessment Programme, flood risk index, hazard, vulnerability, coping capacity