

## c. アジアの流域水管理の課題と政策シナリオ

### 1) アジアの河川での総合的流域水管理に向けて

モンスーン・アジア地域等においては、気候変動や急激な人口増加と開発に起因して洪水や渇水、都市化に伴う水需給の逼迫や水質の悪化など深刻な水問題が顕在化している。これらの水問題の解決と流域の持続的発展のために、いわゆる「統合的流域水管理」が目指されているが、その実現のためには、自然現象の解明のみならず地域の地理的社会的な特性や実情を重視した対応が不可欠である。地球規模・地域規模の自然的要因と共に、当該国・地域や関係諸国の社会的要因も考慮して、将来に向けて合理的かつ継続的な対策として、水問題への誤りのない対応が選択される必要がある。

科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業（CREST）「水の循環系モデリングと利用システム」の「人口急増地域の持続的な流域水政策シナリオ—モンスーン・アジア地域等における地球規模水循環変動への対応戦略—」（代表：砂田憲吾）では、湿潤地帯から乾燥地帯にわたるアジア地域等を対象に異なる典型的な水問題を抱える8河川流域を選び、それぞれの流域での水問題の実態を構造的に把握・分析して、問題解決のための政策シナリオの提言を目標としている。また、そこで得られる結果や手法を集約し、統合的流域水管理を実現するための「アジア版総合的ツールボックス」（ガイドライン）を提示することを試みている。以下では、このプロジェクトでの取組みを整理する。

### 2) 水政策シナリオとツールボックスの開発

はじめに、自然的条件としての気候変動が降雨や流出に及ぼす影響と、社会条件の変化、主に人口増加が、流域の水・物質の循環に与える影響の、基本的な2つの外力条件の変動を把握する。続いて、洪水、水不足、水質の問題に注目して地域ごとに水問題を構造的に把握し、政策シナリオ研究を実施する。すなわち、人口増に伴う都市化、土地利用の変化が新たな洪水対策を必要としてきていること、アジアの乾燥地域では、水資源を灌漑に用い、塩害や湖沼等での土地の乾燥化の問題を抱えていること、国際流域においては、水資源の逼迫に起因する流域国間の緊張発生や係争を防止・軽減するために、国家としての行動規範が確立される必要があること、などを研究対象としている。加えて、都市化や人口増加による水質汚濁の進行に伴って生じている、水質問題・環境問題も重要な対象である。

以上の代表的河川流域における課題分析のもとに、解決のための水政策シナリオを提案する。続いて、各流域・各地域で提案される水政策シナリオを整理し、わが国の首都圏河川流域を含めて、各河川流域での水政策の歴史的評価と相互の比較を行いながら、アジアの河川流域に適用可能なツールボックスの開発を行う。

主要な研究内容の項目と対象河川を示すと次のようになる。

#### A. 外力変動の評価

A-1：急激な人口変動や都市開発、産業発展に起因する変動外力の評価

A-2：気候モデルによる気候変動外力の評価

#### B. 典型的な問題を持つ研究対象流域と水政策シナリオの作成

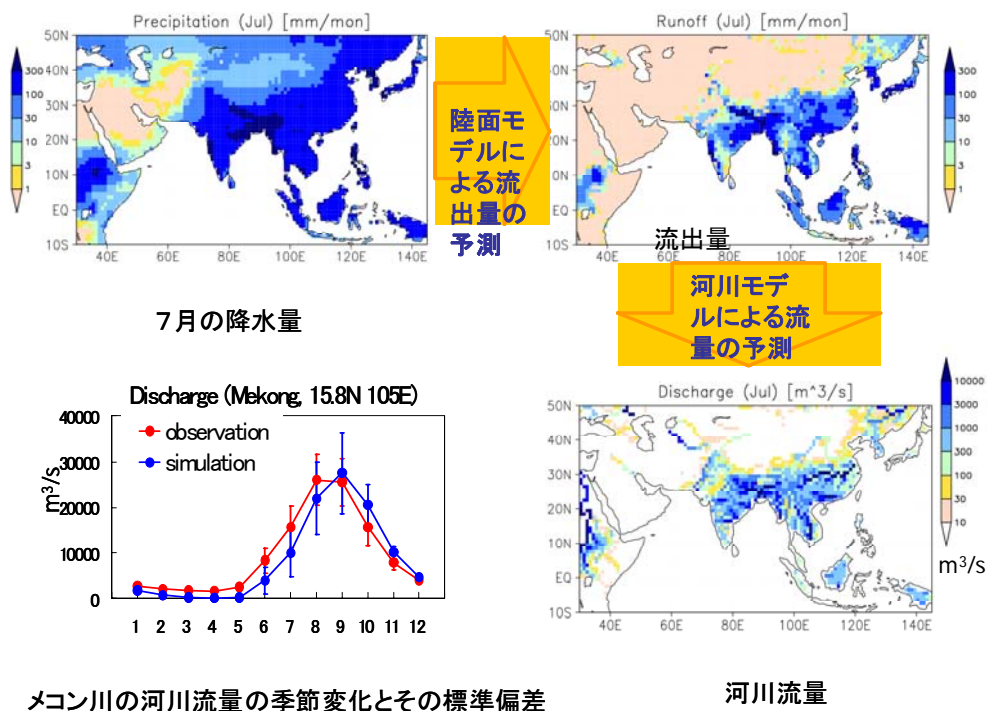
B-1：洪水問題が主な対象流域：長江，メコン河，チャオプラヤ川，ブランタス川

- B-2：水不足問題が主な対象流域：アラル海流入河川，ユーフラテス川
- B-3：水質問題が主な対象流域：ベトナムの河川，ガンジス川
- C. アジア地域における水管理のためのツールボックスの開発
  - C-1：わが国首都圏河川流域の水政策の歴史的経緯およびその評価と対比
  - C-2：アジア版ツールボックスの開発と水管理の支援手法

### 3) 取組みと成果の概要

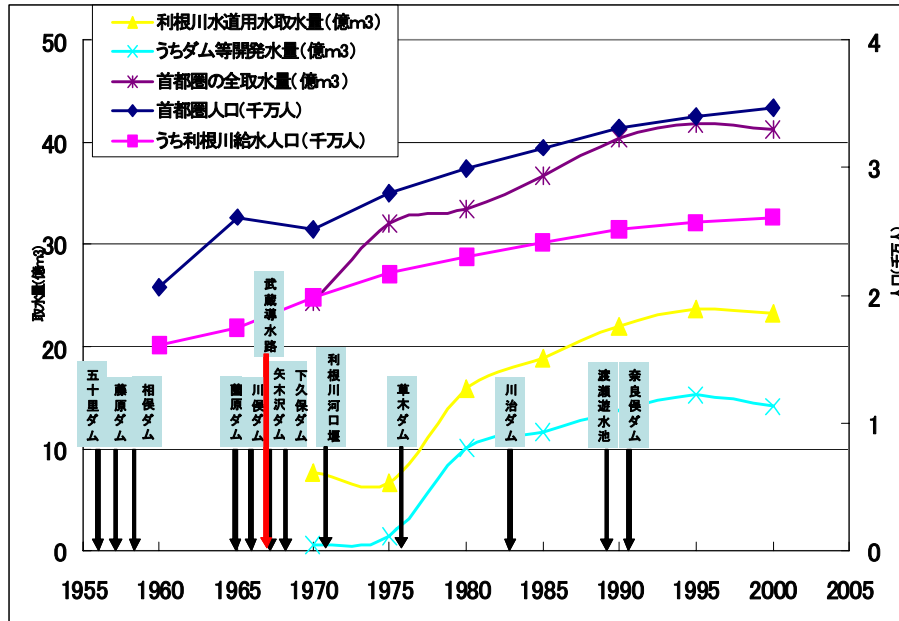
#### A. 外力変動の評価

気候モデルによる水文量変動の評価としては、1986-95年の降水量データを用いて陸面・河川モデルの検証を行っている。現モデルによるメコン河の流量の算定例は【図8】のようになる。今後はモデルの精密化を行い、温暖化の影響を考慮していく予定である。



【図8】気候モデルによる河川流量の変動予測

急激な人口変動の影響について、先行事例として昭和30年代からのわが国の首都圏人口急増、給水人口急増に伴う利根川からの取水の急増とダム等の開発水量の増加を定量的に評価した。【図9】は急激な水需給の変化を示しており、アジア他地域との比較の一つに用いられる。



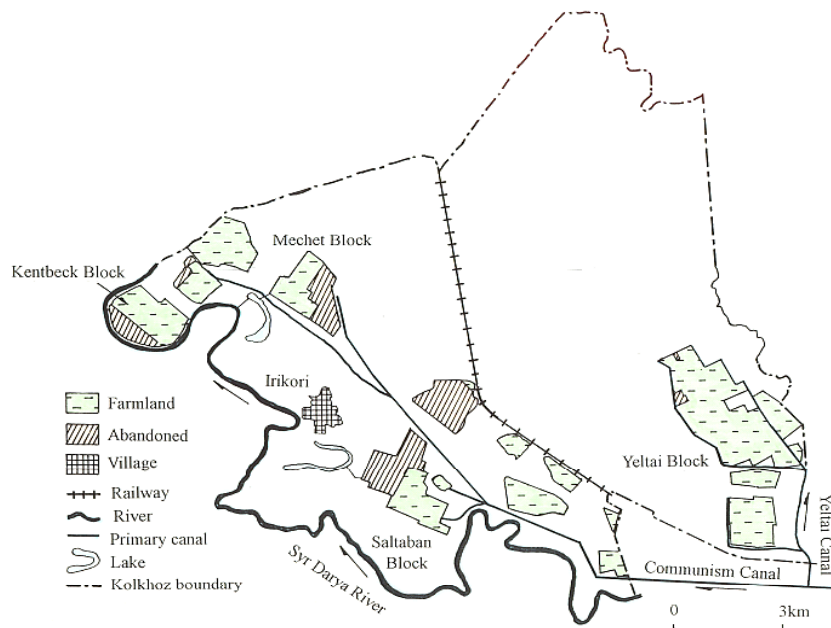
【図9】首都圏流域における人口増加に伴う水道用水確保の変遷

## B. 水政策シナリオの作成

洪水問題が中心となる河川流域を対象として、長江では洪水防御政策や現場の管理体制の実態調査を行った。洞庭湖では土砂堆積と湖岸域の無秩序な農地（垌田）造成に起因して、洪水調節機能が大幅に低下した。1998年に発生した大洪水を契機に、「平垌行洪，退田還湖，移民建鎮」という政策が実施されるようになったが、この中国独自の制度の評価と他国への適用性について研究を進めている。メコン河では国際河川としての認識のもと、洪水管理、水・エネルギー開発、流域管理について考察し、チャオプラヤ川ではバンコク首都圏の治水対策から流域全体洪水対策について分析を行っている。ブランタス川では火山噴出物や流域開発の影響を受けて土砂の生産が激しく、スングルーダムなど上流のダム貯水池で著しい土砂堆積が生じており、中下流の河道変動、水量・水質の管理について、それぞれ詳細な現地調査と解析を実施している。

水不足問題が中心となる河川流域として、アラル海流入河川では塩類集積被害灌漑農地（例：【図10】）での水管理の実態解明を行っており、さらに流域全般の水需給、水環境の現状掌握、将来動向の評価を進めている。ユーフラテス川では国際水問題を科学的知見で改善することをめざし、流域国間の協調について具体的な提案と協議・検討の場を設けてきている。

水質問題が中心となる河川流域を対象として、ガンジス川支川都市域ヤムナ川での排水系・水質実態を調査した。【表1】は対象地域の状況と水質測定結果の一例を示す。これらの結果をもとに、将来を想定した段階的な下水道整備手法を検討して行く予定である。ベトナム地域の河川を対象に塩水対策、農水・都市用水開発、水質悪循環について詳細な調査を実施している。



Distribution of cultivated areas in the studied kolkhoz

【図 10】シルダリア川流域における塩類集積による耕作放棄農地の分布

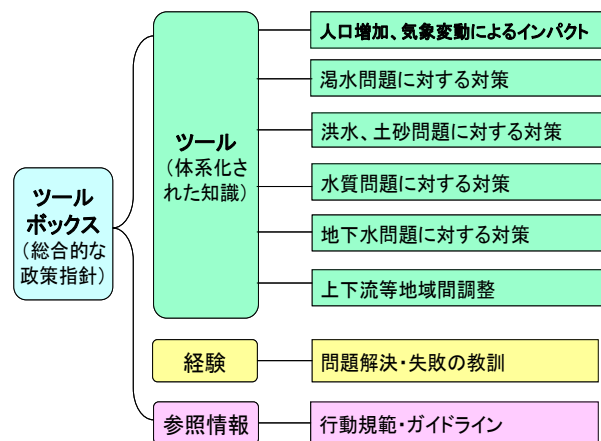
【表 1】ニューデリーを横断する河川の水質結果

項目	単位	上流			備考
		Palia	Oldia	Mahatpur	
pH		7.2	7.5	7.1	
DO	mg/L	5.7	2	0	
T-BOD <sub>5</sub>	mg/L	<1	30	35	
T-COD <sub>Cr</sub>	mg/L	3	96	122	
T-N	mg/L	1.6	32.4	45.33	
K-N	mg/L	1.4	20	37	
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	1	17	32	
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	0.2	0.7	0.03	
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	<1	11.7	8.5	
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	1.3	3.1	9.1	
SS	mg/L	5	61	27	
大腸菌群数	MPN法	MPN/100mL	2.4E+05	1.5E+07	9.4E+08
	平板培養法	cfu/mL	4.0E+02	1.1E+05	8.0E+05
高毒性大腸菌群数	MPN法	MPN/100mL	2.4E+05	1.5E+07	9.4E+08
	平板培養法	cfu/mL	2.1E+03	8.5E+04	7.1E+05
大腸菌	MPN法	MPN/100mL	2.4E+05	1.1E+07	9.4E+08
	平板培養法	cfu/mL	2.7E+03	7.8E+04	6.1E+05
腸球菌	MPN法	MPN/100mL	2.3E+03	9.4E+05	9.4E+05
サルモネラ菌			検出	検出	検出

※ T-N=K-N+NO<sub>2</sub>-N+NO<sub>3</sub>-Nより計算した。検出下限値以下の場合は0とした。

### C. アジア地域等における水管理のためのツールボックスの開発

水文事象、需要、社会経済、インフラ、地域調整、環境などに関する手法・指標をもとに、経験、参照情報を再編して、アジアの河川流域に適用可能なツールボックスの開発の準備を進めている（【図 11】参照）。また、水政策支援ネットワークの整備として、情報ネットワークの構成の検討を開始している。



【図 11】 ツールボックスの開発準備

#### 4) 研究成果を対象地域・流域へ

ここで紹介してきたアジアの河川における調査研究によって得られる成果と意義は、次のようにまとめられよう。

まず、各地域における水政策のシナリオの提示では、対象地域・流域の水問題・課題について関連～因果関係の抽出にもとづいて「構造的に分析」されること、各流域で採られた水政策の成否と歴史的経過・対応の変遷が基礎となること、などからより客観的科学的視点からの水政策提示として対象流域、ひいては社会に直接貢献できるものとなろう。

続く水管理のためのツールボックスの構成では、地理的社会的特性の異なる多様な地域、しかも発展に時間（時代）差のある水政策とその評価の集積が基本となる。ここでは、いわば流域水管理の「知恵と経験」がアーカイブされることになり、水文学・水資源管理の研究の発展に寄与でき、学術的な新たな展開も予想される。この事業は本研究の枠組みだけでは十分ではないかも知れないが、挑戦に値する重要な課題と考えられる。

自然の水循環の解明だけからでは現実の社会の水問題の解決は困難である、との発想のもとに、調査研究が進められているが、研究目標の到達時点において、地域のより適切な水管理のために、あらためて流域の水循環系の次世代モデリングについての要請を提示することも課題として認識している。すなわち、地域社会に即したモデルの備えるべき時間的・空間的なスケール、精度、モデル要素、検討項目などである。

#### 参考文献：(2.3.3 (1))

Alcamo, J., T. Henrichs, and T. Rösch, 2000: World water in 2025-global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. *Tech. Report*, Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel, Kassel, Germany.

Allan, J. A., 1997: “Virtual Water” : A long term solution for water short Middle Eastern Economies?, Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, Water and Development Session, **TUE. 51**, 14.45.

Falkenmark, M., J. Lundqvist, and C. Widstrand, 1989: Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches; aspects of vulnerability in semi-arid development, *Natural Resources Forum*, **14**, 258-267.

早瀬吉雄・増本隆夫（1998）：豪州マレー流域における地域資源特性と水田域の機能，農土誌，66（2），149-154.

気象庁：気象業務はいま 2004，2004.

気象庁ホームページ（[http://www.jma.go.jp/JMA\\_HP/jma/press/](http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/press/)）

京都大学防災研究所（編）（2003）：風水害論，防災学講座1，山海堂，184頁，2003。

- Masumoto T., Shimizu K. and Pham T. H. (2004) : Roles of floods for agricultural production in and around Tonle Sap Lake and its Vicinities, *ACIAR Proceedings*, No.116, "Water in Agriculture", pp.136-146
- 沖 大幹, 2003: 地球をめぐる水と水をめぐる人々, 『水をめぐる人と自然—日本と世界の現場から—』, 嘉田由紀子 編著, 有斐閣選書, 199-230. ISBN 4-641-28085-1.
- 沖 大幹, 2005: 水の管理と防災, 『国土の未来』, 森地茂 編著, 日経新聞社.
- Oki, T., Y. Agata, T. Saruhashi, D. Yang and K. Musiaka, 2001: Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways, *Hydrol. Sci. J.*, **46** (6) , 983-995.
- Oki, T., Y. Agata, S. Kanae, T. Saruhashi, and K. Musiaka, 2003a: Global Water Resources Assessment under Climatic Change in 2050 using TRIP, *Water Resources Systems ---Water availability and global change*, IAHS Publ. no. **280**, 124-133.
- Oki T., and S. Kanae, 2004: Virtual water trade and world water resources, *Water Science & Technology*, **49**, No. 7, 203-209.
- Oki, T., T. Nishimura, and P. Dirmeyer, 1999: Assessment of annual runoff from land surface models using Total Runoff Integrating Pathways (TRIP) , *J. Meteor. Soc. Japan*, **77**, 235-255.
- Oki, T., M. Sato, A. Kawamura, M. Miyake, S. Kanae, and K. Musiaka, 2003b: Virtual water trade to Japan and in the world, *Virtual Water Trade*, Edited by A.Y. Hoekstra, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No. **12**, 221-235.
- Oki, T. and Y. C. Sud, 1998: Design of Total Runoff Integrating Pathways (TRIP) ---A global river channel network---, *Earth Interactions*, **2**.
- Shiklomanov, I. A., 2000: Assessment of Water Resources and Water Availability in the World. UNESCO, Paris, France.
- 清水克之、増本隆夫、丹治肇、小川茂男 (2004) : 食料水需給モデルの開発とメコン流域への適用に向けた課題, *農土誌*, 72 (2), 13-16
- 「てんきや」ホームページ (<http://www.84p.net/tenkiya>)
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J. & Lammers, R. B., 2000: Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, **289**, 284-288.
- 和田一範・村瀬勝彦・富澤洋介 (2005) : 河川の高水管理における予測降雨情報の適用性, *土木技術資料*, VOL. 47 NO. 3 MARCH 2005
- 和田一範・川崎将生・富澤洋介 (2005) : 河川の高水管理における予測降雨情報の適用性に関する考察, *水文・水資源学会誌*第 18 卷 6 号 (2005)
- 和田一範・川崎将生・富澤洋介 (2006) : 高水管理実務における降雨予測情報の適用に関する考察, *ダム技術*, 2006 年 2 月
- 和歌山県河川課ホームページ (<http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080400/>)