



文部科学省「21世紀気候変動予測革新プログラム」
平成21年度研究成果報告会 2010/1/13



C-09: 気候変動に伴う 全球および特定脆弱地域への 洪水リスク影響と減災対策の評価

Assessment of the impact of climate change on flood disaster risk and its
reduction measures over the globe and specific vulnerable areas

研究代表: 竹内邦良

**深見和彦、田中茂信、猪股広典、馬籠純、Pham Thanh Hai,
Rabindra Osti, Ali Chavoshian**

**(独)土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
(ICHARM)**

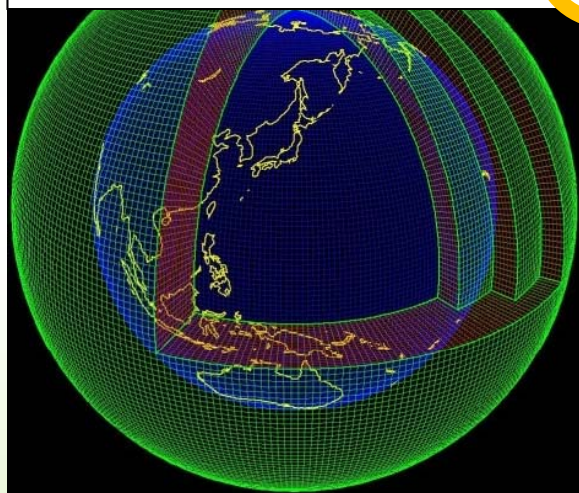
気候変動に伴う全球および特定脆弱地域への 洪水リスク影響と減災対策の評価

全球・特定脆弱
地域への適用

主要陸地
10-40kmメッシュ河道網図

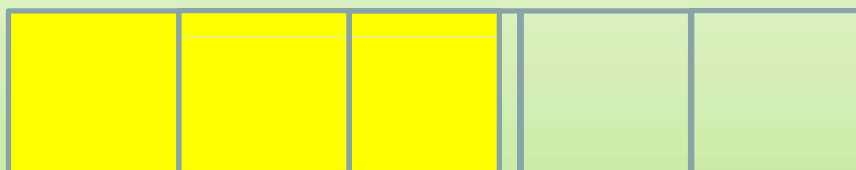
気象研 全球
20kmメッシュ予測モデル

バイアス補正

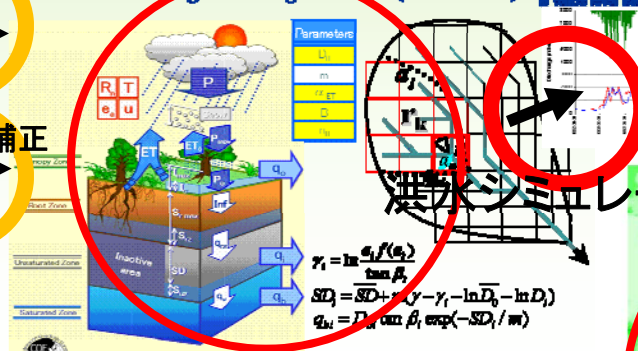


比較を通じた不確実性評価

東京大学気候システム研究センター
大気海洋結合モデル全球地表面30キロメッシュデータ(現況+近未来)



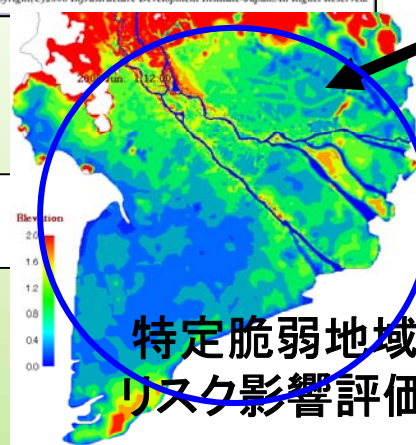
Block-wise use of TOPMODEL with
Muskingum-Cunge method (BTOPMC)



洪水シミュレーション

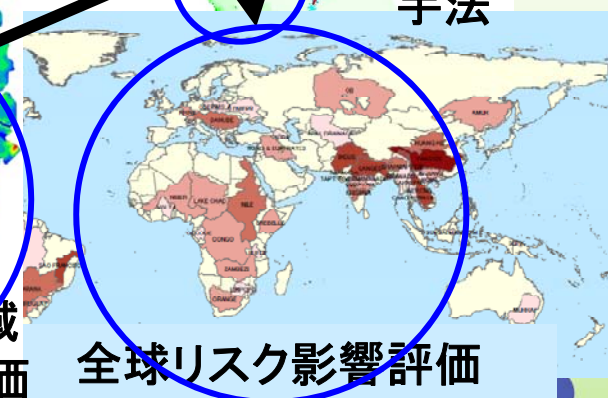
氾濫
解析

影響評価
手法



特定脆弱地域
リスク影響評価

全球リスク影響評価



全体研究計画

サブテーマ(1)

世界の洪水リスク変化予測と対策シナリオに関する研究

- 1.1 全球詳細河道網の作成
- 1.2 GCM予測降雨の現実降雨への補正
- 1.3 全球用流出モデルの整備と洪水シミュレーション
- 1.4 洪水リスク評価の手法開発
- 1.5 対策シナリオの構築・費用の評価手法の検討

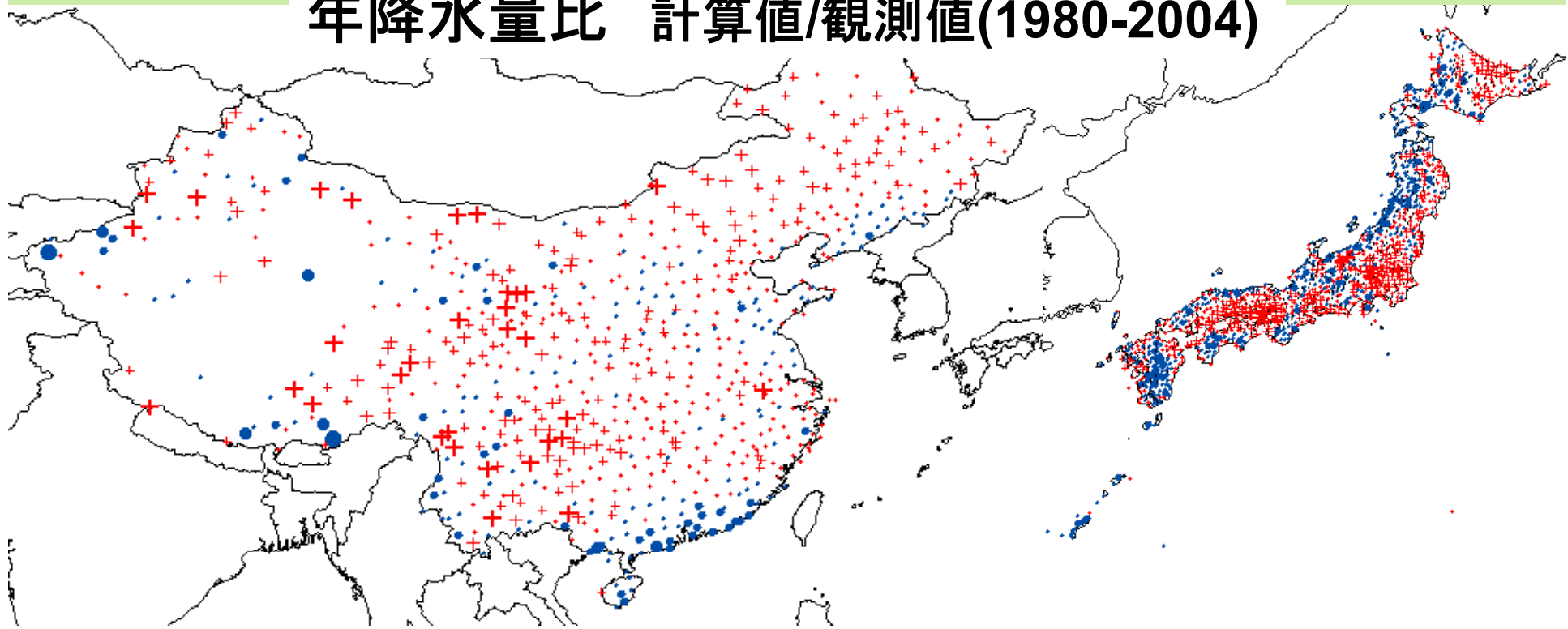
●サブテーマ(2)

特定脆弱地域の洪水リスク変化予測と対策シナリオに関する研究

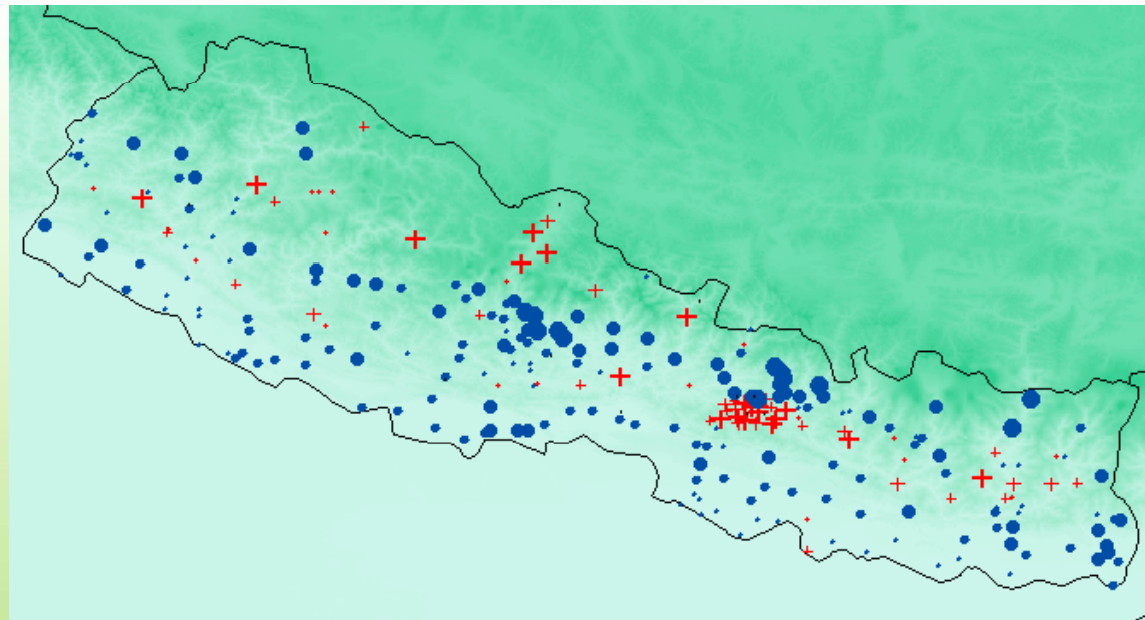
- 2.1 特定氾濫原・メガデルタ洪水氾濫シミュレーション
- 2.2 特定脆弱地域の洪水リスク変化・対策研究
- 2.3 地域洪水マネジメント能力開発



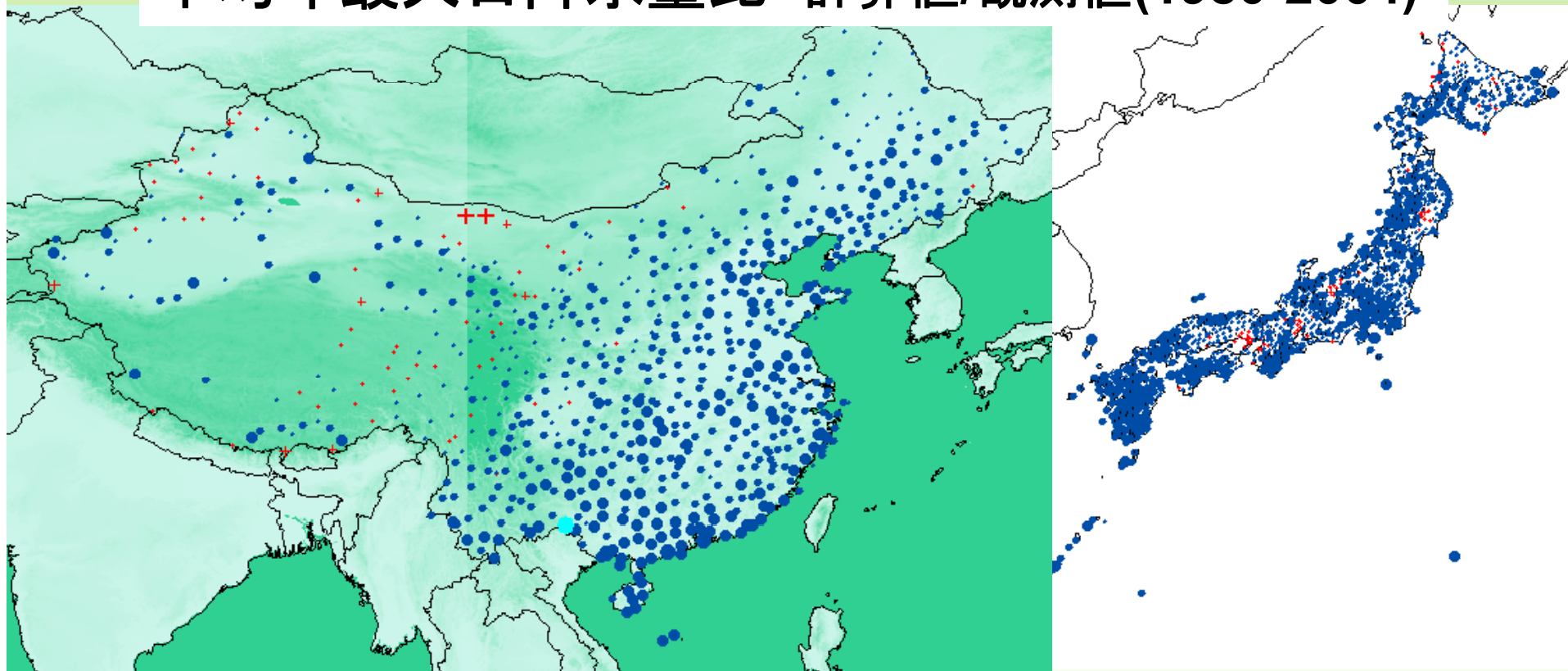
年降水量比 計算値/観測値(1980-2004)



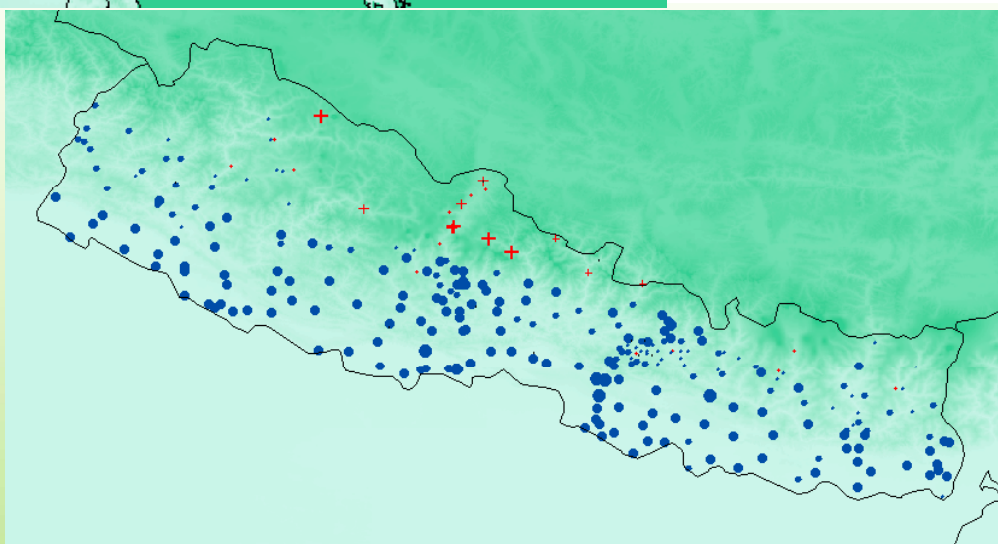
赤:計算値 過大
青:計算値 過小



平均年最大日降水量比 計算値/観測値(1980-2004)



赤: 計算値 過大
青: 計算値 過小



②GCM20降水量のバイアス補正手法の開発 ～ハイブリッド・クォンタイル法～

①極値(非超過確率の全体上位0.5%)

⇒通年で補正を行う

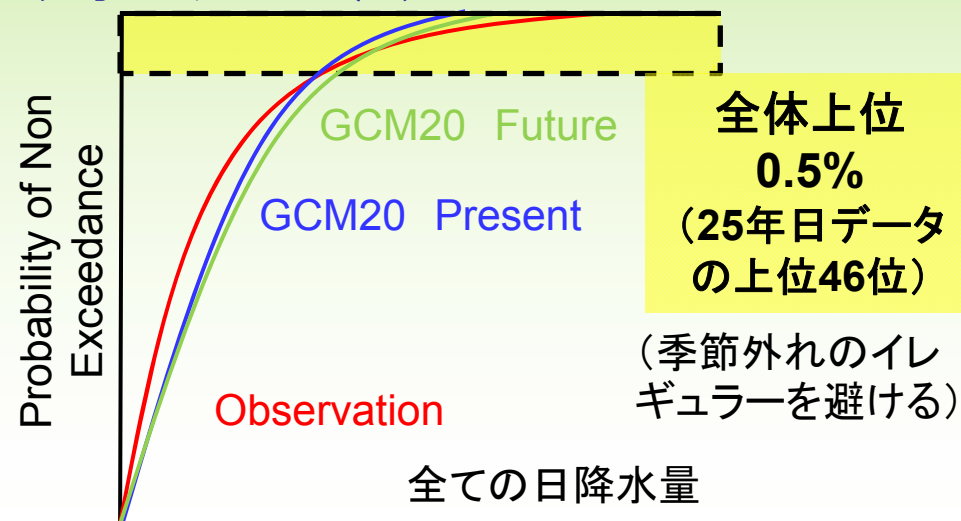
②その他のデータセット

⇒月別に補正を行う

補正方法:クォンタイル毎には、現況の観測値(P_Obs_q)と計算値($GCM20_Pre_q$)の比(α_q)は、将来の推定値(P_Fut_q)と計算値($GCM20_Fut_q$)の比と同じであるとする。

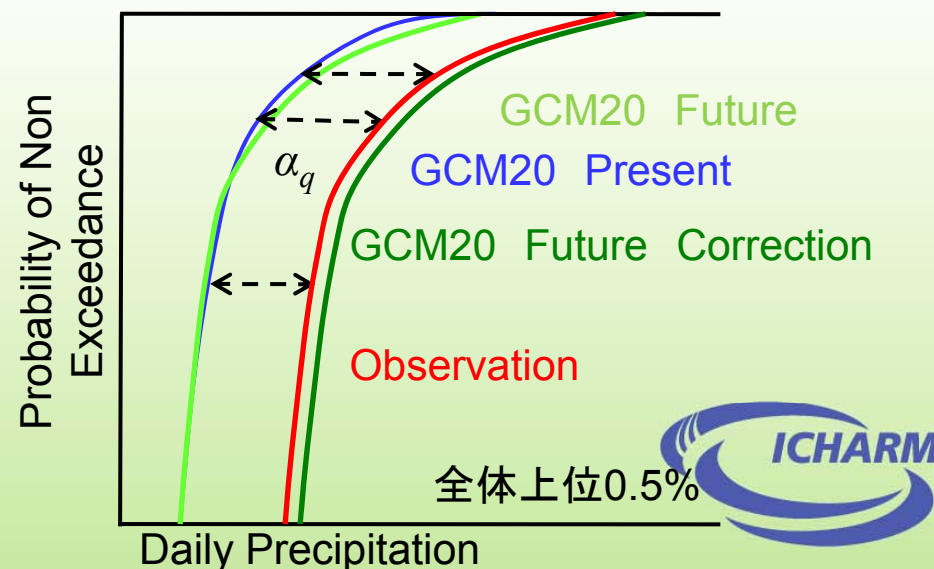
$$\frac{P_Obs_q}{GCM20_Pre_q} = \alpha_q$$

$$\frac{P_Fut_q}{GCM20_Fut_q} = \alpha_q$$

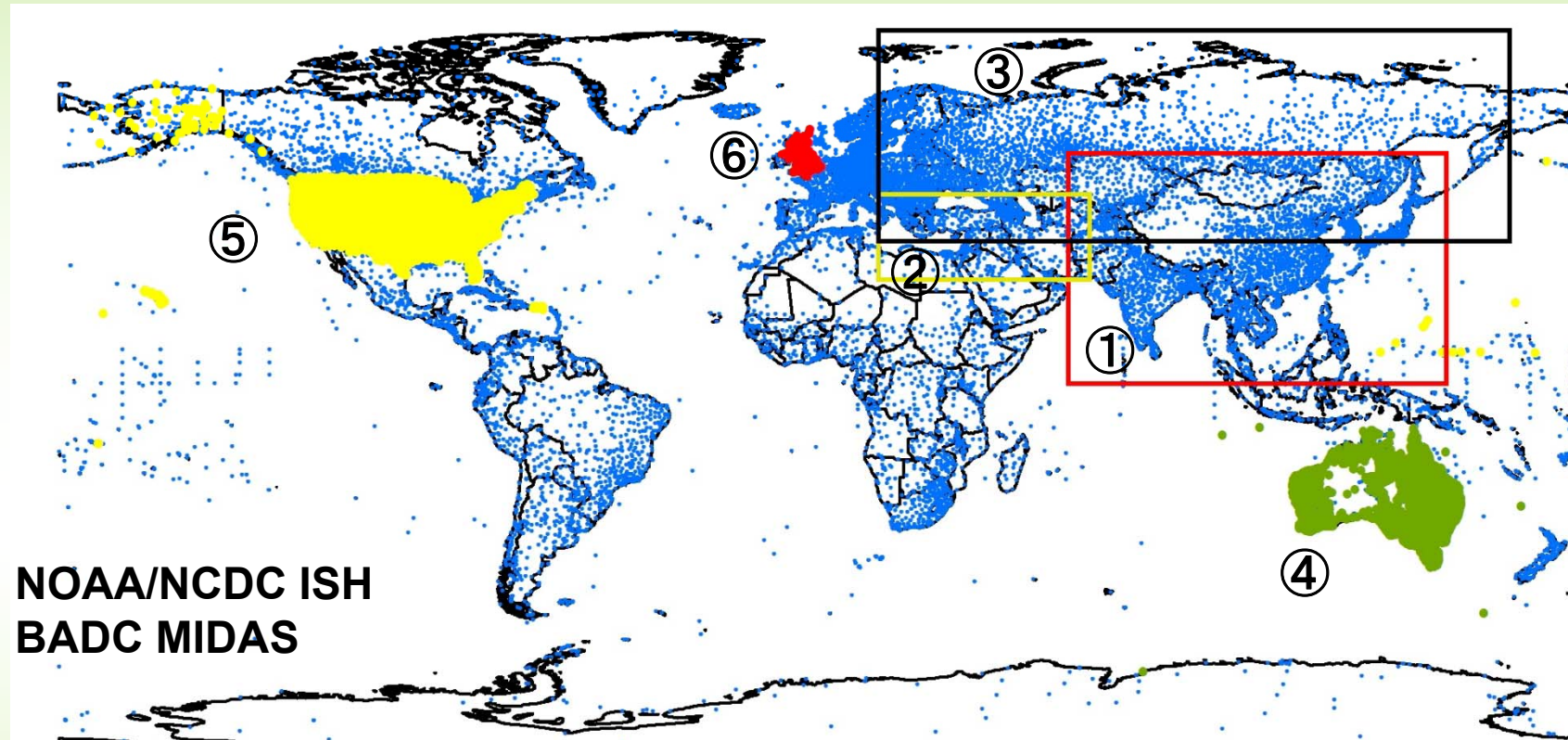


Daily Precipitation

全体上位0.5%のみ抽出



収集した観測日降水量データ



APHRODITE (Yatagai)

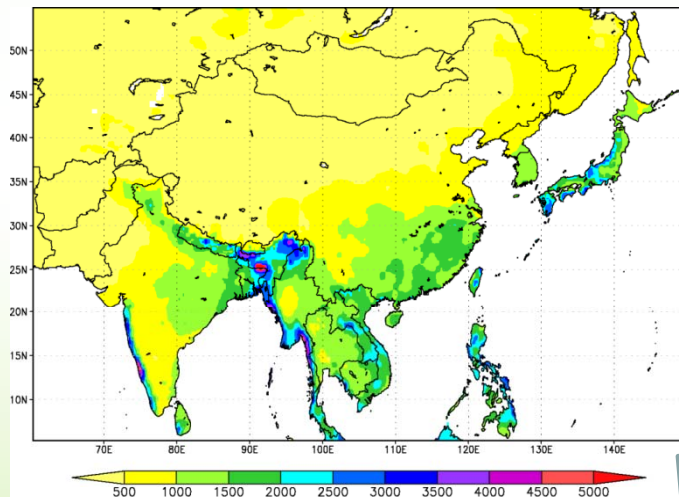
各国の気象機関から集めたデータ

Number	Country	Number	Country	N of Stations	Area (km ²)	Area per station (km ² /sta)
1	APHRODITE Monsoon Asia	4	Australia	4,520	7,686,850	1,700
2	APHRODITE Middle East	5	U.S.A	6,206	9,626,630	1,551
3	APHRODITE Russia	6	U.K	193	244,820	1,268

ハイブリッドクウォンタイル法による GCM20のバイアス補正結果 ～現在気候の年降水量(25年平均値)の再現性～

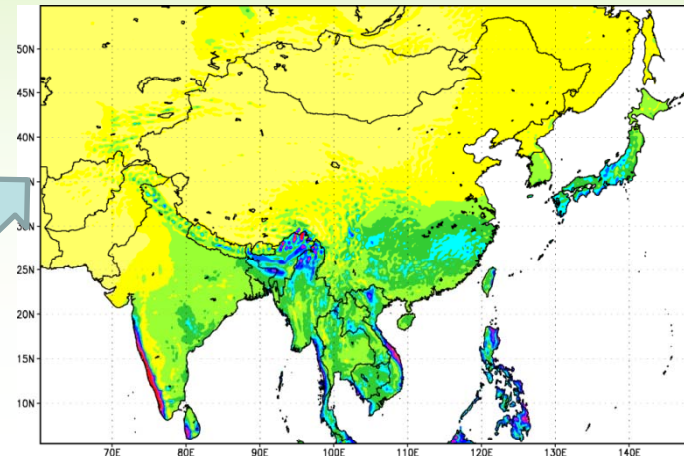
GCM生値は、中国東部、インド中南部、
インドシナ半島等で過大評価傾向、
ネパールで過小評価傾向

APHRODITE MA 年降水量平均
(現在気候:1980-2004)



mm/year

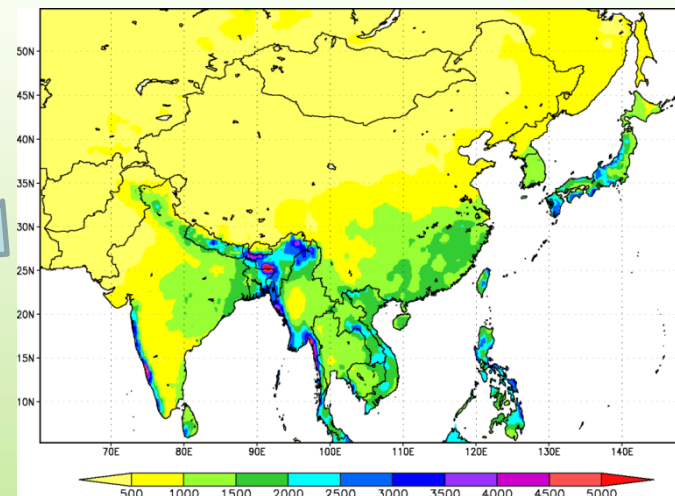
ハイブリッド法によるバイアス補正により、
年降水量の平均値は観測とほぼ同じ分布を
示すようになる。



GCM20生値
年降水量
平均値

現在気候
(1980-2004)

mm/year



ハイブリッド法
バイアス補正
年降水量
平均値

現在気候
(1980-2004)

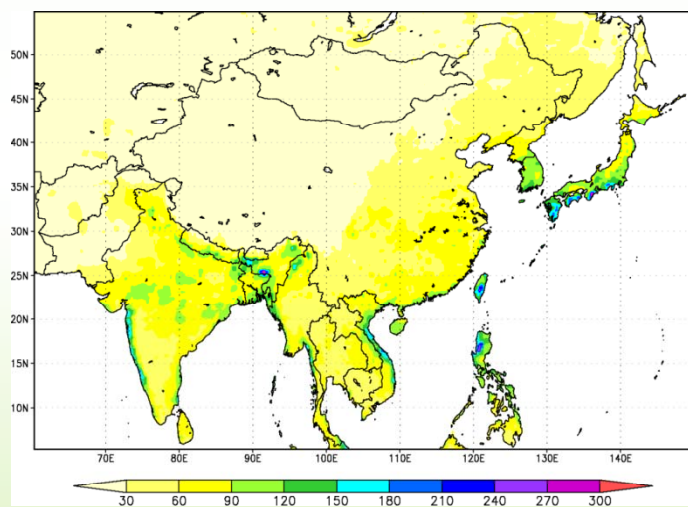
mm/year



ハイブリッドクウォンタイル法によるGCM20の補正結果 ～現在気候の年最大日降水量(25年平均値)の再現性～

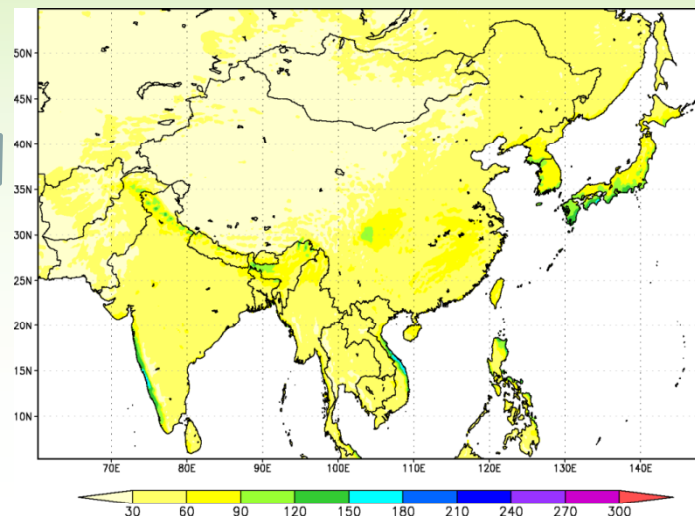
地域によって傾向は異なるが、
多くの地域でGCM20が過小評価傾向

APHRODITE MA 年最大日降水量平均値
(現在気候:1980-2004)



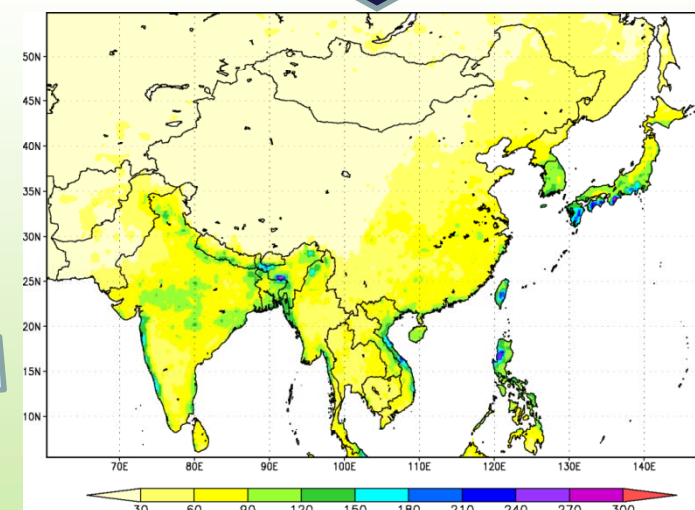
mm/day

補正により、年最大日降水量の平均値は
観測とほぼ同じ分布を示すようになる。



mm/day

GCM20生値
年最大
日降水量の
平均値
現在気候
(1980-2004)



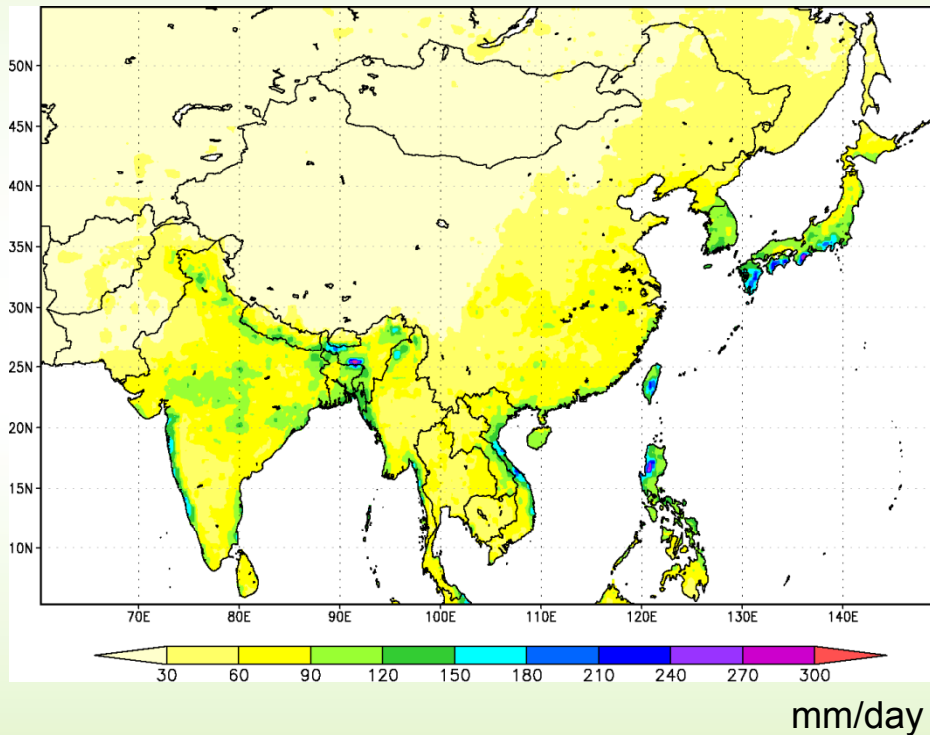
mm/day

**ハイブリッド法
バイアス補正**
年最大
日降水量の
平均値
現在気候
(1980-2004)

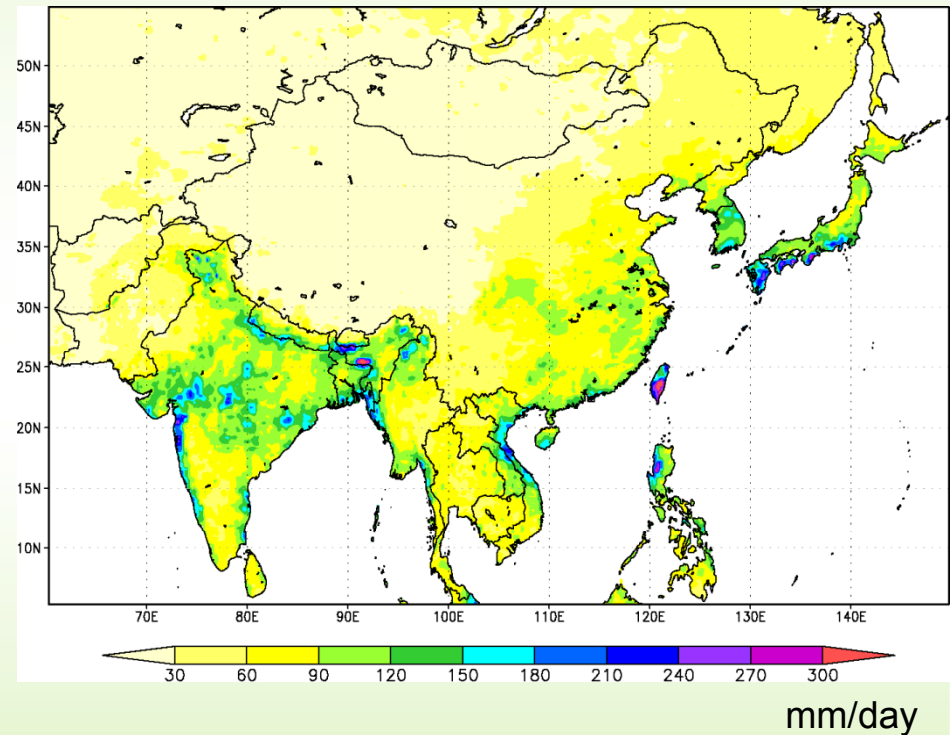


ハイブリッドクウォンタイル法によるバイアス補正を加味した GCM20による極値降雨の将来予測

GCM20補正 年最大日降水量の平均値
(現在気候:1980-2004)



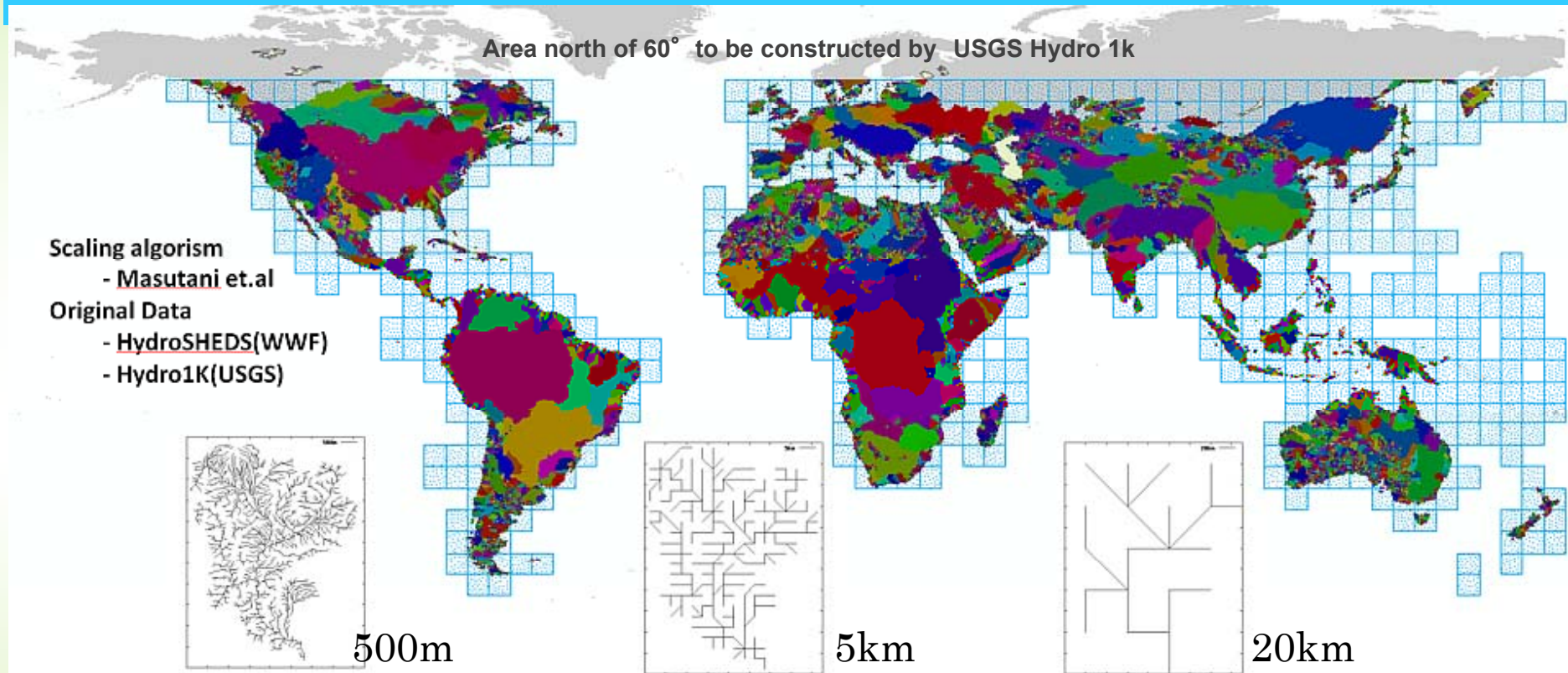
GCM20補正 年最大日降水量の平均値
(将来気候: 2075-2099)



- 中国東部やインド中部をはじめとして、
全体的に平均年最大日降水量が増加する。

スケールフリー全球河道網データ整備

From 90m to 20km

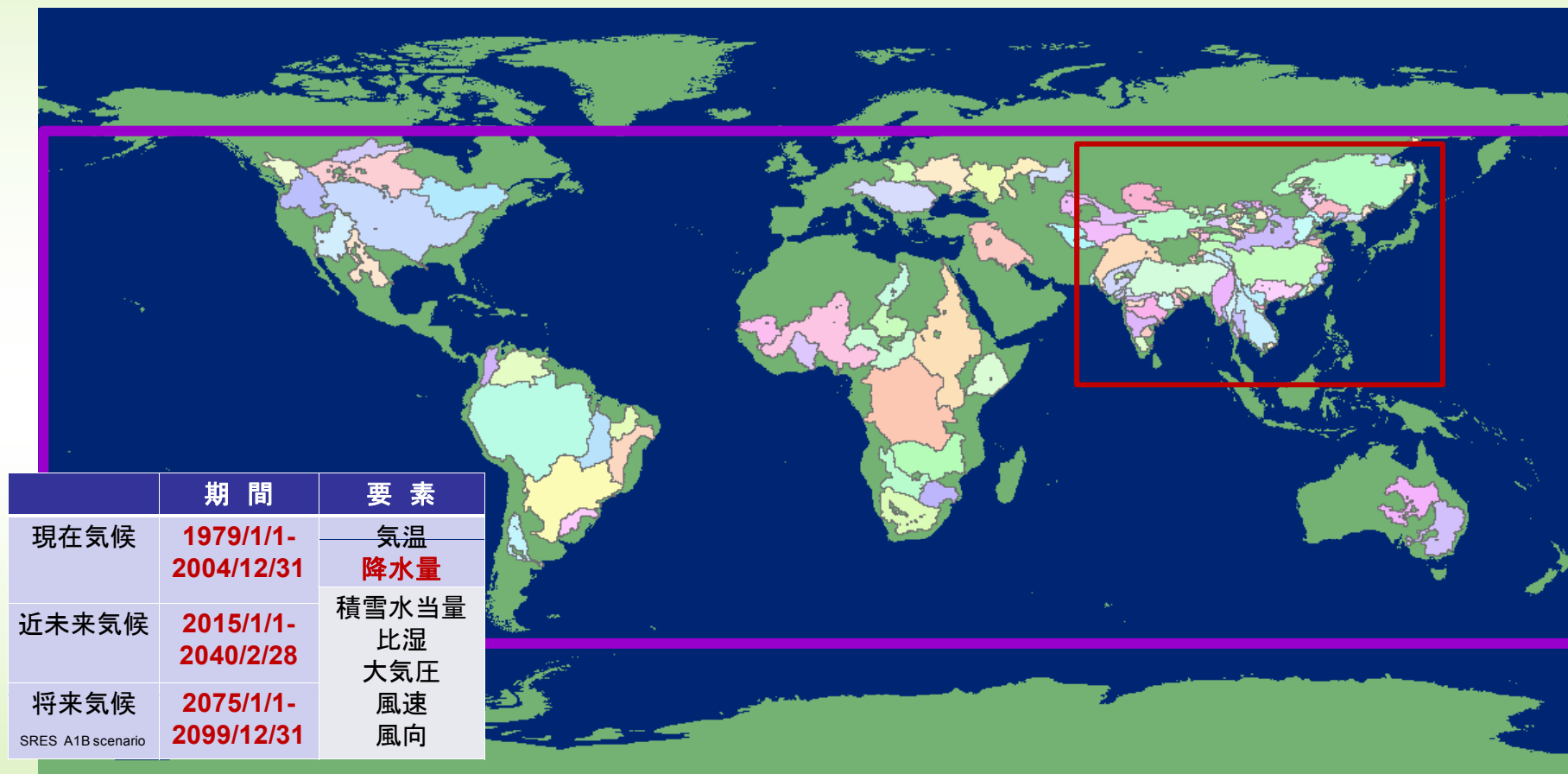


• Conserves elevation, river length and gradient
Enables hydrological simulation independent of spatial resolution

High level resolution	3'' ($\doteq$ 90m original), 6'', 9'', 12'', 15''
Middle level resolution	30'' ($\doteq$ 1km), 45'', 60'', 90'', 2.5'
Low level resolution	5' ($\doteq$ 10km), 10''



気候変動による河川流量の将来変化予測 全球展開状況 2009/12現在(試験版)



領域1 東アジア (3万km²以上) 74流域

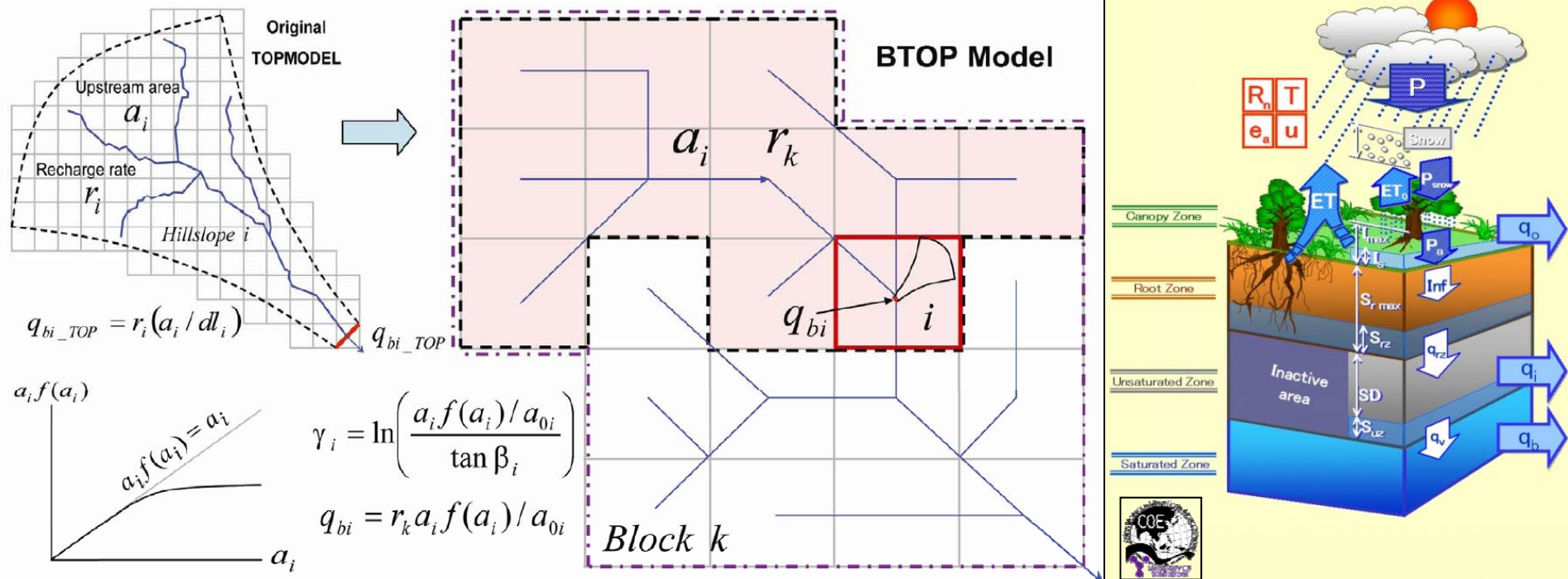
領域2 全球 (30万km²以上) 58流域

・日単位、20kmメッシュ、GCM20データ生値、気温・降水量以外は気候値

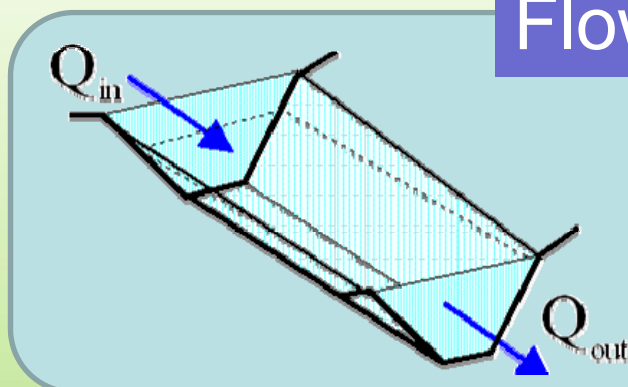


BTOP model

Runoff Generation



Flow Routing



Muskingum-Cunge(M-C)
Modified M-C
Modified Manning Eq.

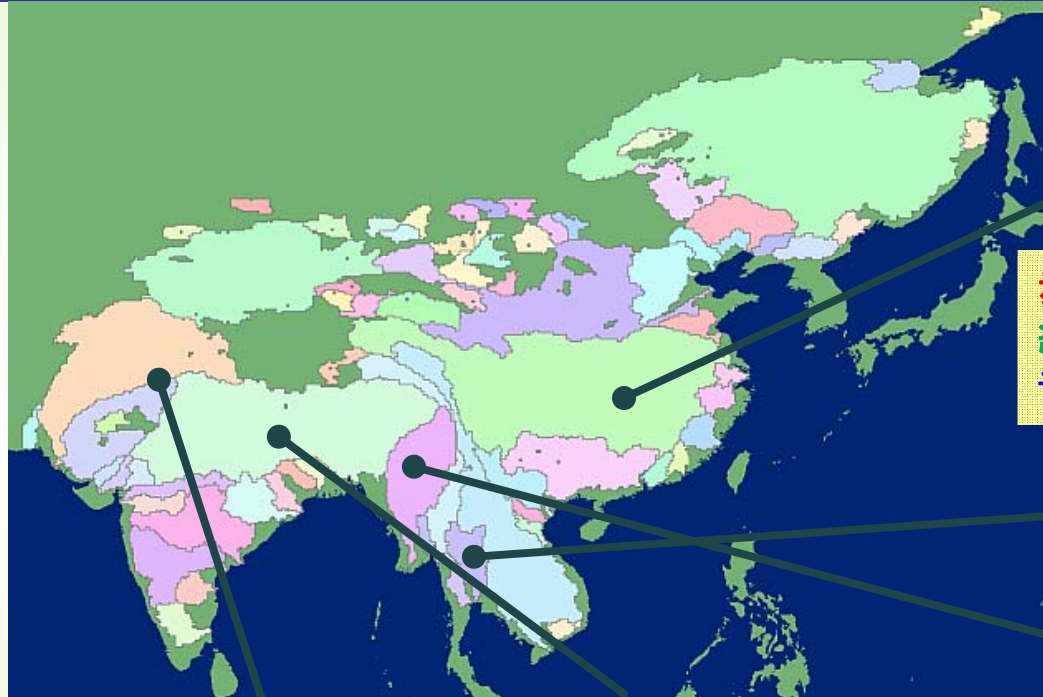
Takeuchi, Ao, Ishidaira, HSJ, 44(4), 1999

Takeuchi, Hapuarachchi, Zhou, Ishidaira, Magome, HP, 22, 2008

Takeuchi, Ishidaira, Sawada, Masumoto (eds) Studies of the MRB, HP, 22(9), 2008

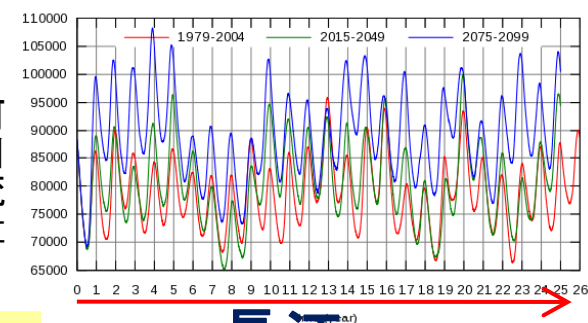
気候変動による河川流量の将来変化予測 全球展開状況 2009/12現在(試験版)

東アジア 74流域



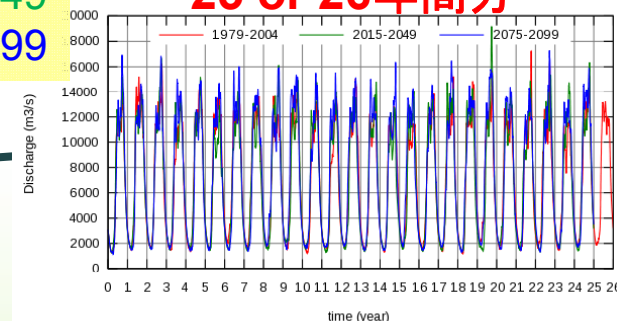
赤: 1979-2004
緑: 2015-2049
青: 2075-2099

河川
流量

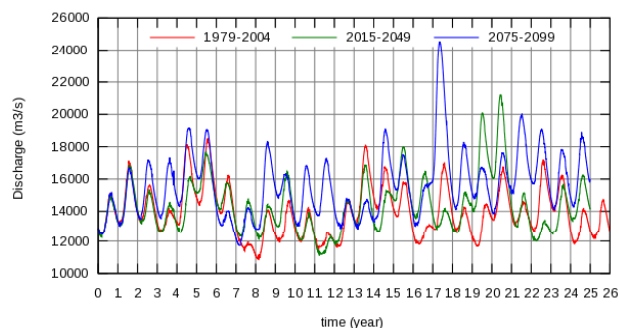


長江

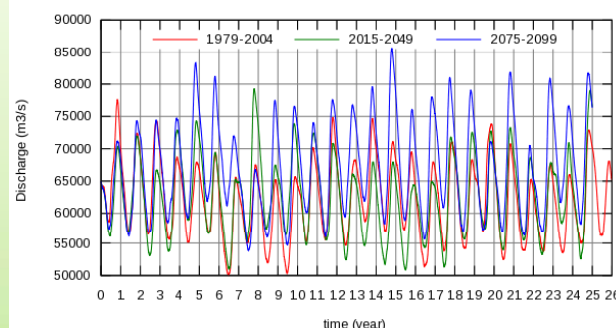
25 or 26年間分



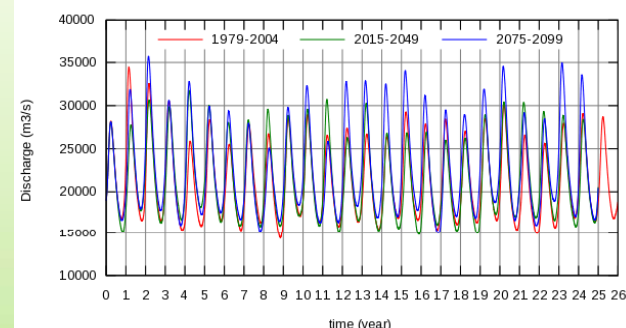
チャオプラヤ川



インダス川



ガンジス川



エーヤワディー川(イラワジ川)

50年確率年最大日流量の将来変化

全球 117 流域 (30万km²以上)

(GCM20データ生値、気温・降水量以外は気候値、モデル定数デフォルト設定)



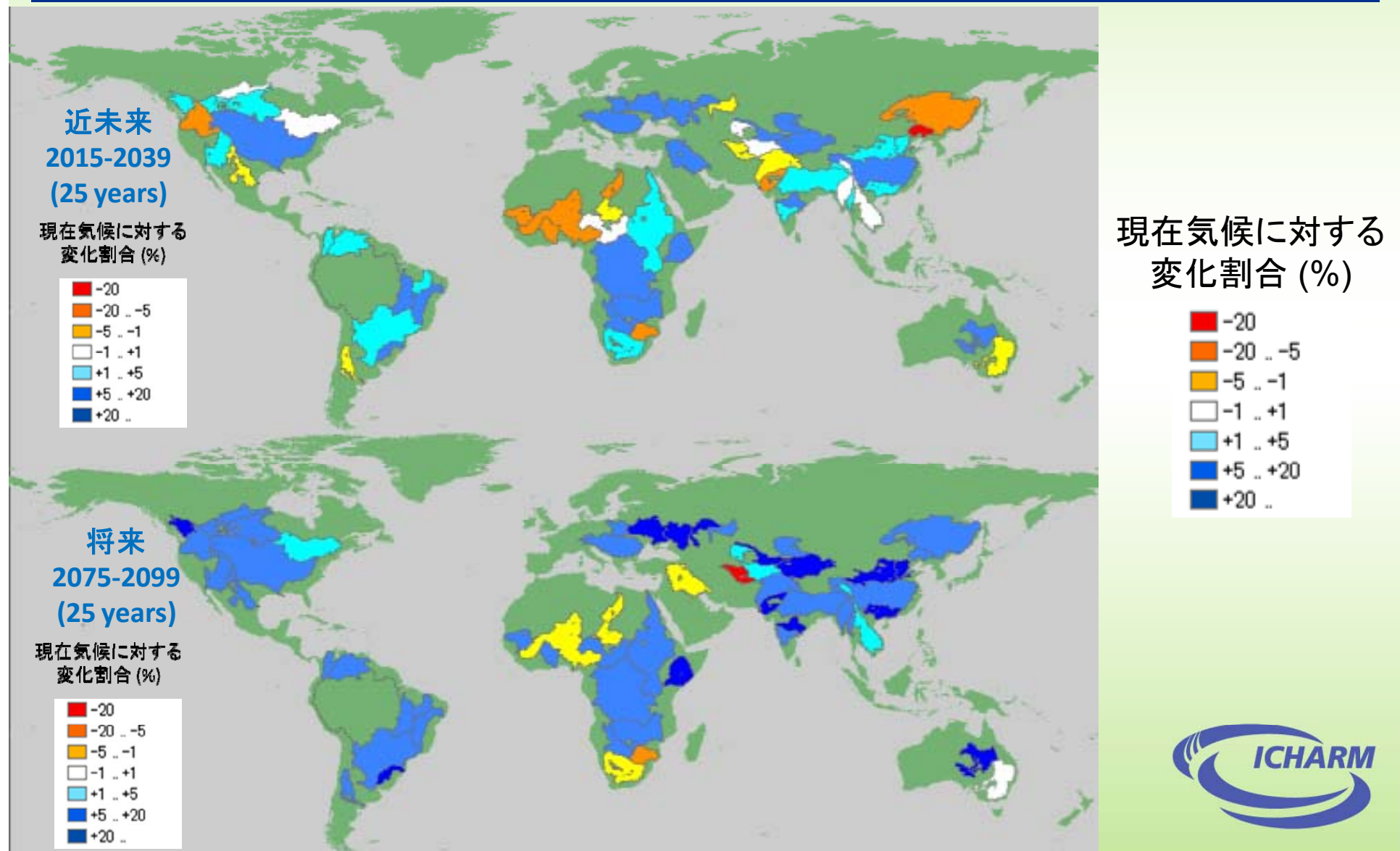
現在気候に対する
変化割合 (%)



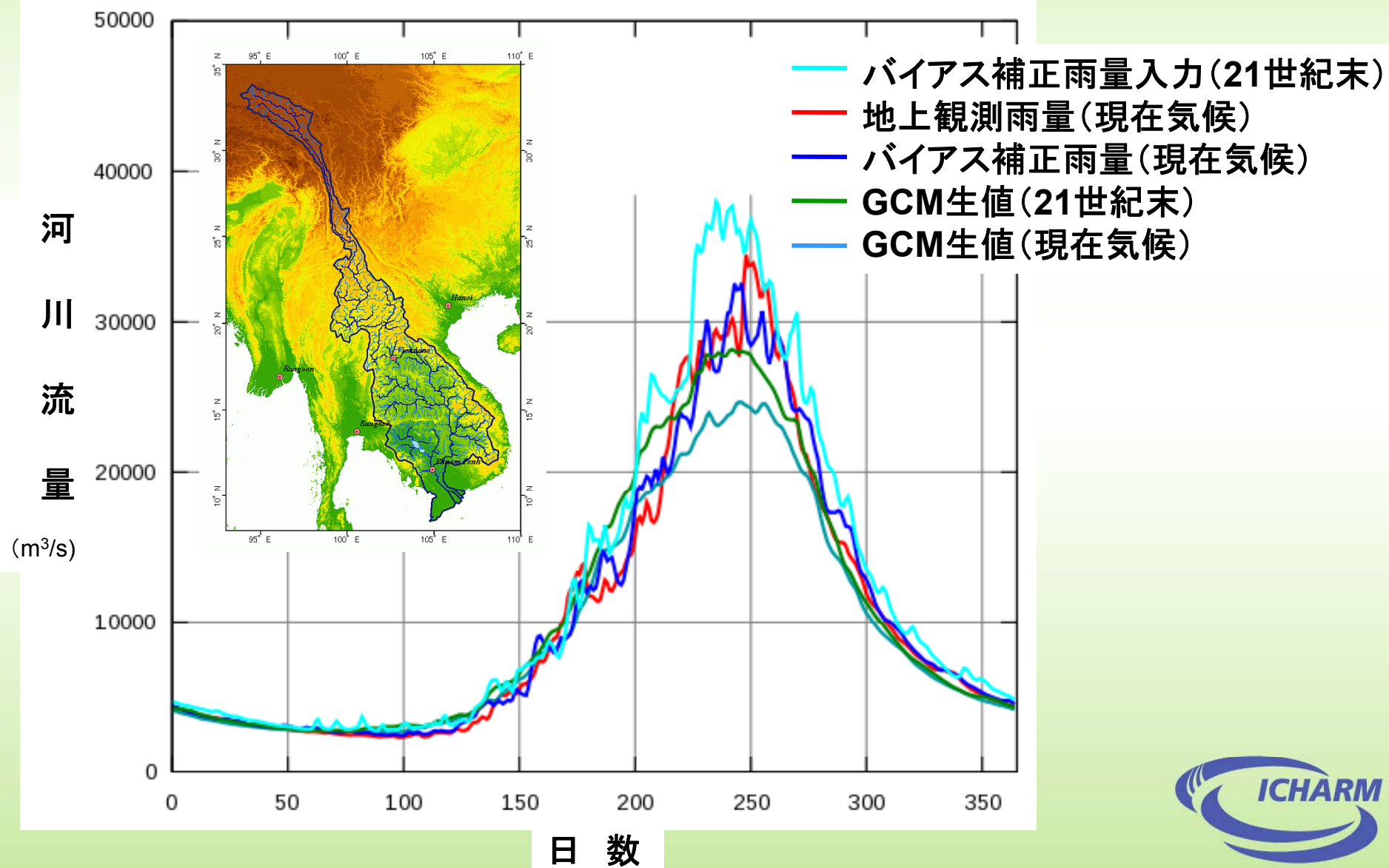
50年確率年最大日流量(河口地点)の将来変化

全球 117 流域 (30万km²以上)

(GCM20データ生値、気温・降水量以外は気候値、モデル定数デフォルト設定)



降水量バイアス補正の流出解析への影響の評価 メコン川 (Pakse 地点)



洪水氾濫解析モデルの構築

連続式

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0$$

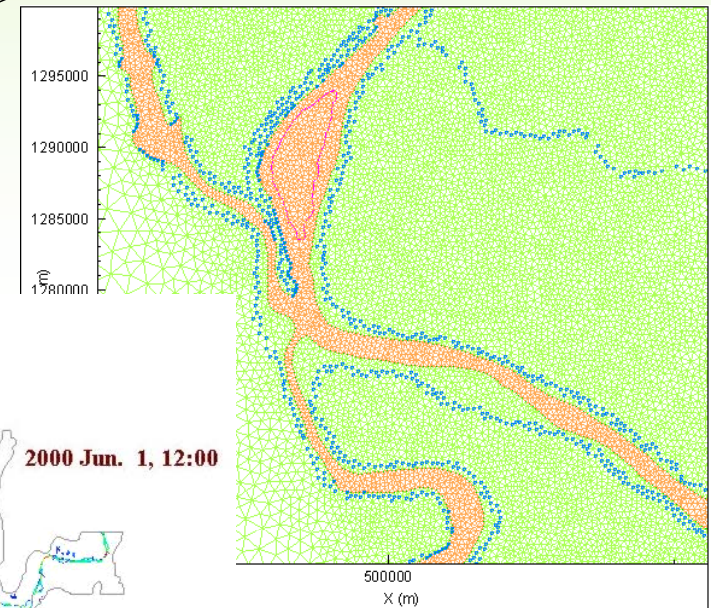
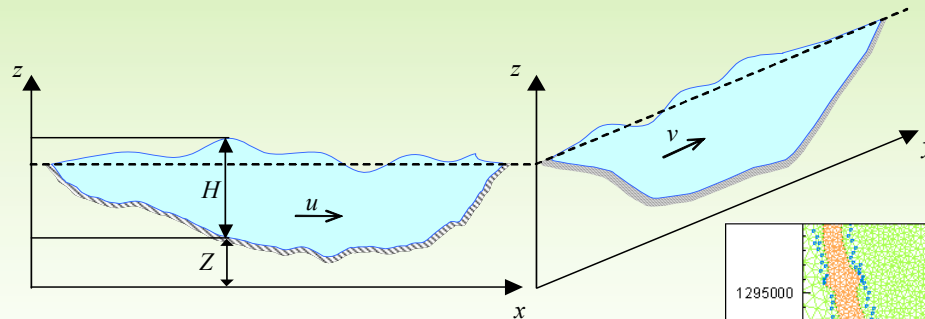
運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \varepsilon \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \varepsilon \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + g \frac{\partial(H+Z)}{\partial x} + \frac{gn^2(u^2+v^2)^{1/2}}{H^{4/3}} u = 0$$

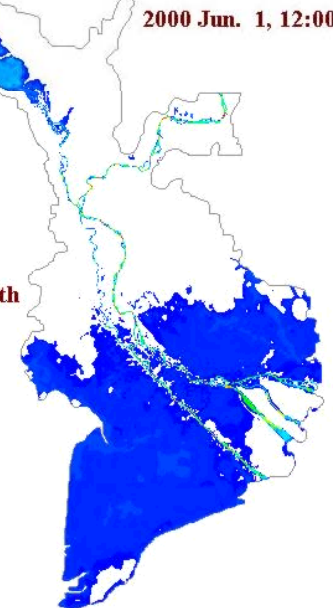
$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \varepsilon \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \varepsilon \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + g \frac{\partial(H+Z)}{\partial y} + \frac{gn^2(u^2+v^2)^{1/2}}{H^{4/3}} v = 0$$

- ・2次元不定流モデル
- ・有限要素法
- ・TIN(三角形要素)地形モデル
- ・移動境界条件

河道と氾濫原一体となった非定常解析
堤防や道路等の複雑地形も効率的に表現
→ 柔軟かつ効率的な氾濫解析を実現



Water depth

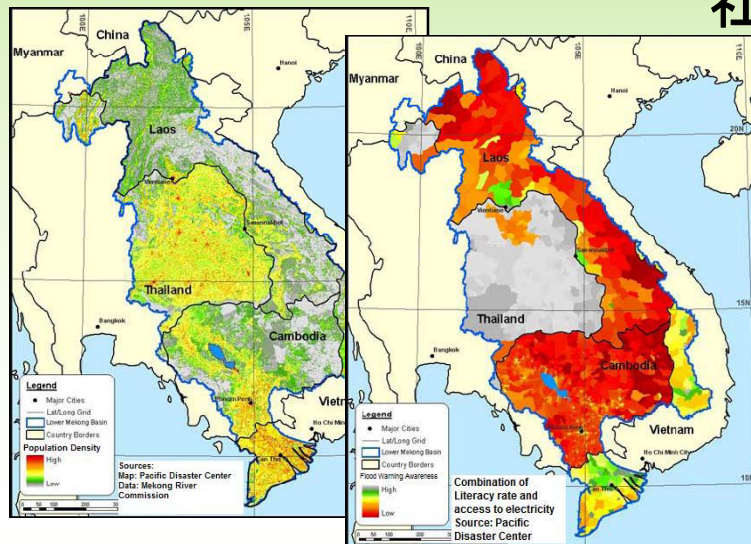


影響評価の方針

- 全球(世界の代表流域)
 - ・ 20キロメッシュ流出シミュレーションに基づく確率洪水
 - ・ 流量データの氾濫面積・水位情報への変換
 - ・ 代表流域での過去の大洪水・氾濫ケースの記録収集
 - ・ 人口、財産、産業活動の特定
 - ・ 被害推定
- 特定脆弱地域(メコン中下流 & ネパール)
 - ・ 二次元氾濫シミュレーション
 - ・ 詳細人口、財産、産業活動調査
 - ・ 被害推定



特定脆弱地域：メコン中下流域における洪水被害(人的被害、経済被害)を説明する 社会経済指標検討



人口

洪水警戒への意識

←識字率、電化率 (PDC)

1996年洪水における洪水被害(カンボジア)

Flood-affected areas		Damages (Million USD)	Human Losses	Damaged Rice Field (ha)	House Damaged
Province	Flooded people				
Rattakan	17410	0.93	3	2583	118
Stung Treng	51781	1.11	3	5958	253
Kratie	71333	1.23	4	6588	78
Kompong Cham	519632	2.42	1	28991	856
Phnom Penh	73149	1.8	1	6270	943
Kandal	332559	2.7	18	14826	583
Prey Veng	458437	8.71	75	80885	1044
Svay Rieng	100343	1.41	4	17876	55
Takoe	149814	4.56	34	29712	291
Kompot	12104	1.18	1	3811	200
Pursat	120545	4.3	8	37131	120
Battambang	98189	3.52	6	20173	167
Banley Meanch	35641	1.47	2	4250	192

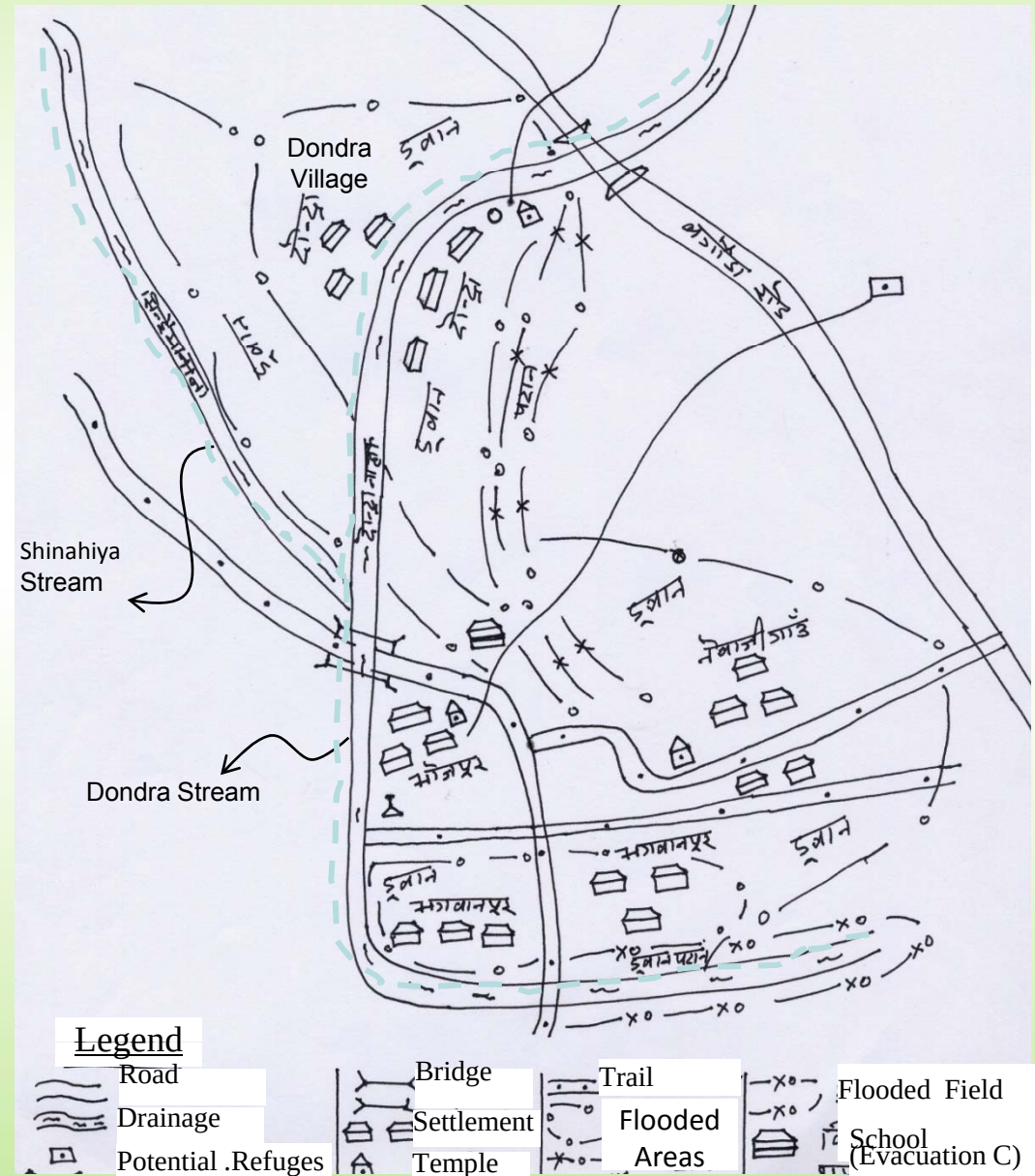
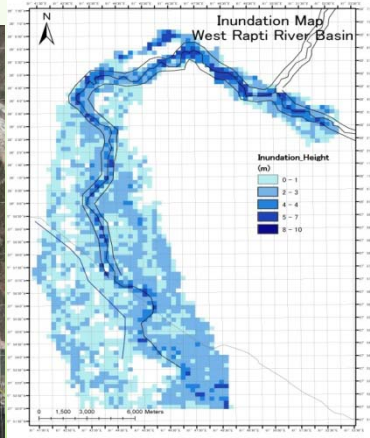
洪水被害との相関(決定係数)

Indicators	Human Losses	Economic Damages
Population density	0.40	0.58
Population growth	0.15	0.41
Rural population	0.34	0.10
Vulnerable ages (Dependency ratio)	0.55	0.01
Unemployment	0.01	0.24
Employment in agriculture sector	0.04	0.53
Poverty rate	0.27	0.31
Access to safe water	0.18	0.37
Access to electricity	0.12	0.41
Literacy rate	0.46	0.01

(カンボジア)



特定脆弱地域:ネパール西ラプティ川流域 洪水氾濫シミュレーションによる 洪水ハザード変化分析と地域に根ざした洪水災害リスク軽減手法の検討



今後の課題

- 全球での近未来・将来におけるバイアス補正雨量プロダクトの作成、および、評価
- 全球（主要河川流域）での近未来・将来における洪水ハザードの評価
- 世界で適用可能な洪水災害リスク評価手法の開発・検証と全球リスク変化マップの作成
- 特定脆弱地域における洪水災害リスク変化への適応策の事例検討

