

DIASコミュニティフォーラム

水循環と社会

小池俊雄

国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) センター長
東京大学名誉教授・日本学術会議会員・社会資本整備審議会河川分科会会長

3つのグローバルアジェンダ

仙台防災枠組み・持続可能な開発目標・パリ協定

- 災害リスクの軽減、持続可能な開発、気候変動
一国単独では対処できず、協調した行動が必要

March 2015
Sendai
Framework
on Disaster
Risk
Reduction

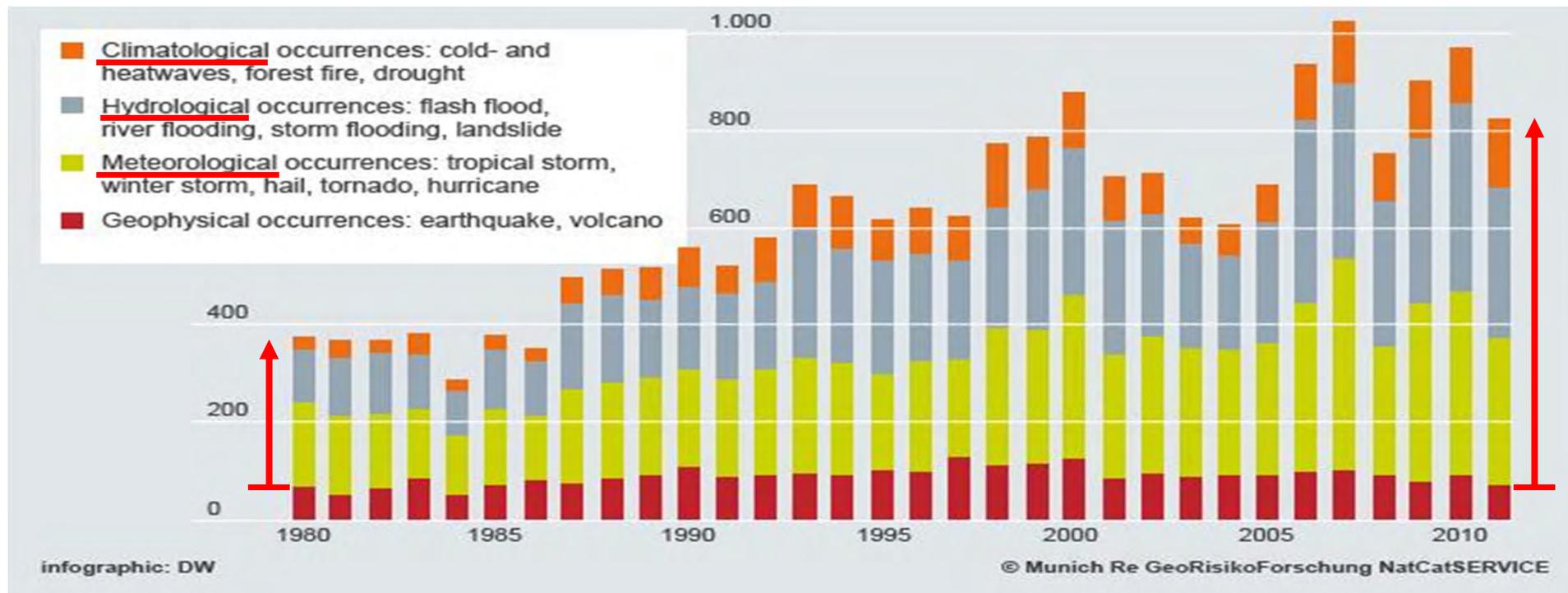
September 2015
Sustainable
Development
Goals

December 2015
Paris
Agreement
(COP 21)

気候と水循環の変動(4次報告・特別報告・5次報告)

現象及び変化傾向	変化発生の評価 (特に断らない限り 1950 年以降)	将来変化の可能性	
		21 世紀末	
ほとんどの陸域で 寒い日や寒い夜の 頻度の減少や昇温	可能性が非常に高い {2.6} 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	ほぼ確実 {12.4} ほぼ確実 ほぼ確実	
ほとんどの陸域で 暑い日や暑い夜の 頻度の増加や昇温	可能性が非常に高い {2.6} 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	ほぼ確実 {12.4} ほぼ確実 ほぼ確実	
ほとんどの陸域で 継続的な高温/熱波の 頻度や持続期間の増加	世界規模で確信度が中程度 ヨーロッパ、アジア、オーストラリアの大部分で可 能性が高い {2.6} 多くの(すべてではない)地域で確信度が中程度 可能性が高い	可能性が非常に高い {12.4} 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	
大雨の頻度、強度、 大雨の降水量の増加	減少している陸域より増加している陸域のほうが 多い可能性が高い ^(c) {2.6} 減少している陸域より増加している陸域のほうが 多い可能性が高い ほとんどの陸域で可能性が高い	中緯度の大陸のほとんどと湿潤な熱帯 域で可能性が非常に高い {12.4} 多くの地域で可能性が高い ほとんどの陸域で可能性が非常に高い	
干ばつの強度や 持続期間の増加	世界規模で確信度が低い {2.6} いくつかの地域で変化した可能性が高い ^(d) いくつかの地域で確信度が中程度 1970 年以降多くの地域で可能性が高い ^(e)	地域規模から世界規模で可能性が高 い(確信度は中程度) ^(h) {12.4} いくつかの地域で確信度が中程度 可能性が高い ^(e)	
強い熱帯低気圧の 活動度の増加	長期(百年規模)変化の確信度が低い {2.6} 1970 年以降北大西洋でほぼ確実 確信度が低い 1970 年以降いくつかの地域で可能性が高い	北西太平洋と北大西洋でどちらかと言 えば ^(f) {14.6} いくつかの海域でどちらかと言え ば可能性が高い	
極端に高い潮位の 発生や高さの増加	可能性が高い(1970 年以降) {3.7} 可能性が高い(20 世紀後半) 可能性が高い	可能性が非常に高い ^(l) {13.7} 可能性が非常に高い ^(m) 可能性が高い	3

水災害の発生頻度の変化



気候学的災害: 寒波・熱波、森林火災、渇水

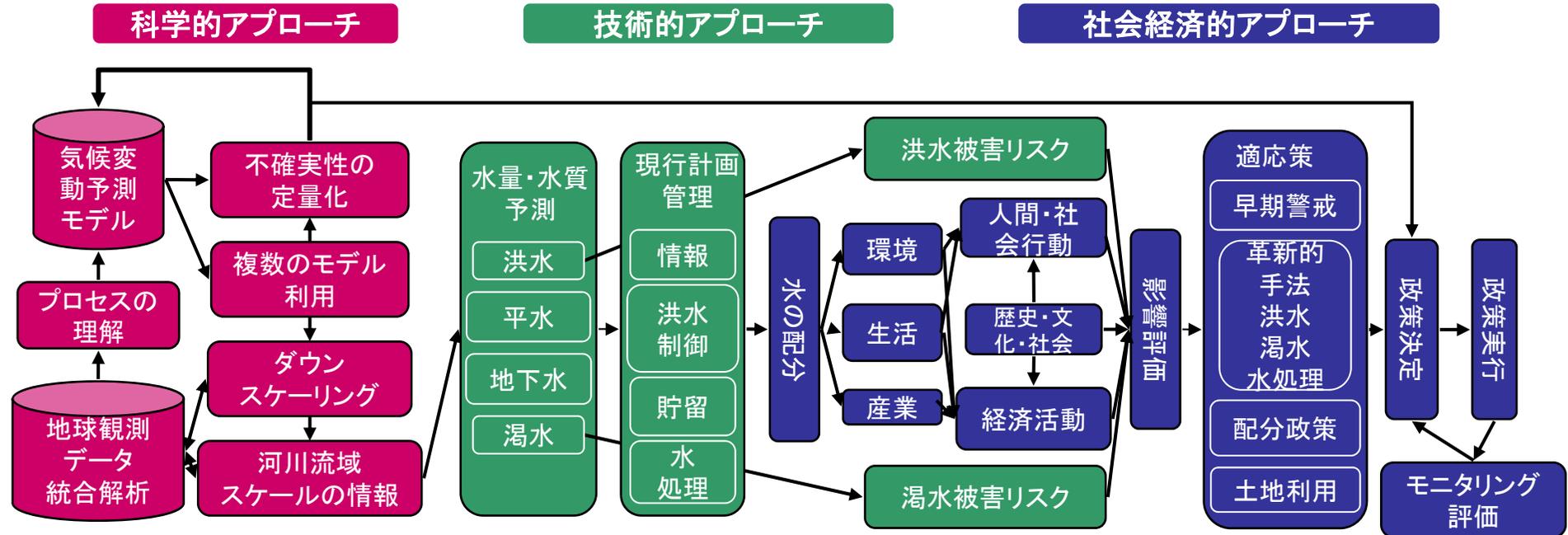
水文学的災害: 洪水、河川氾濫、沿岸氾濫、土砂災害

気象学的災害: 台風、大雪、雹、竜巻、ハリケーン

地球物理学的災害: 地震、火山

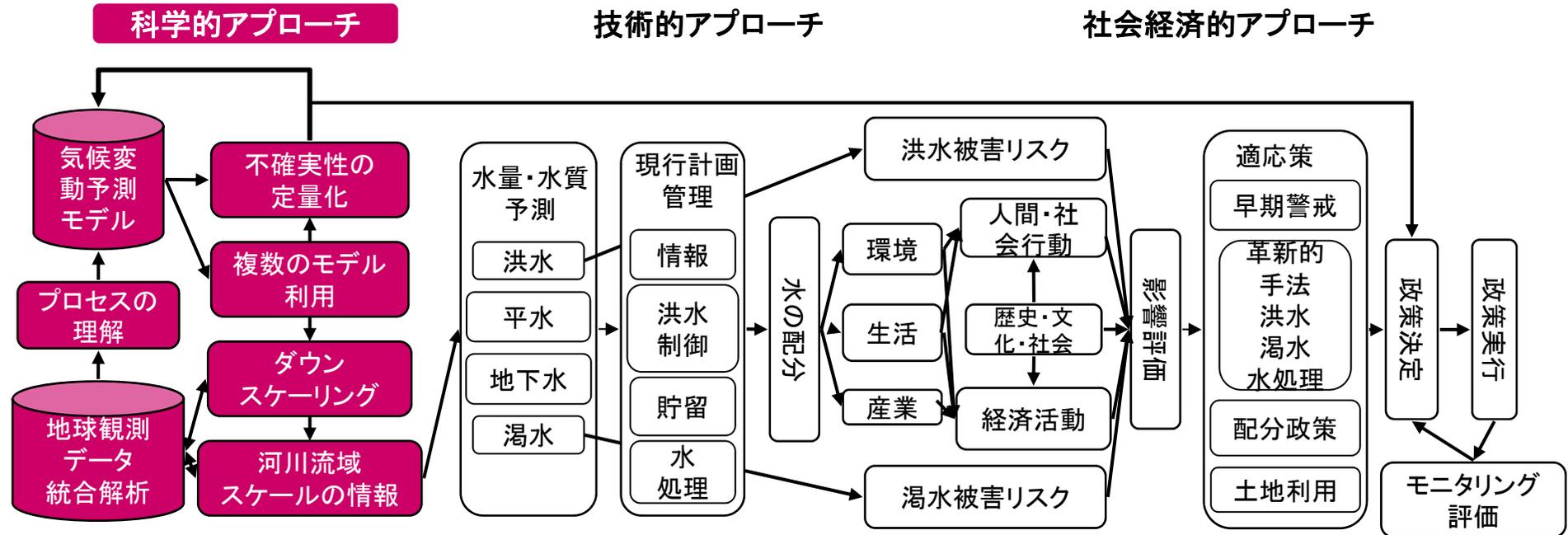
気候変動への適応

End to End

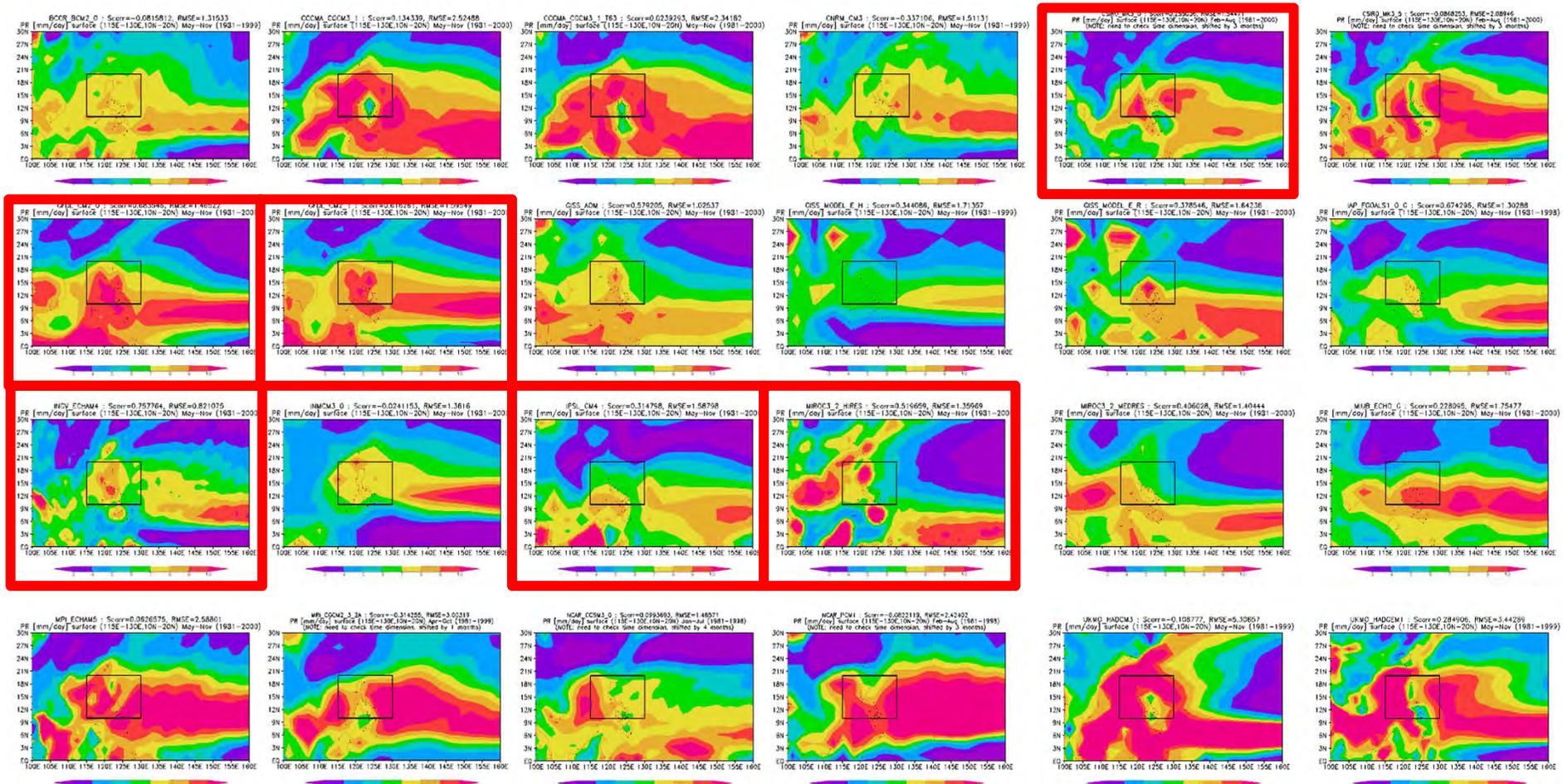
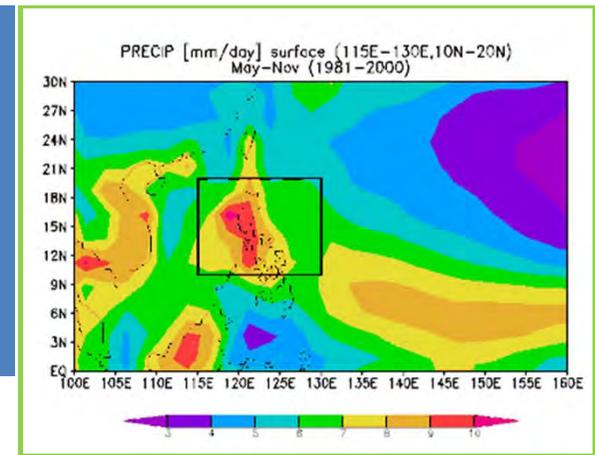


気候変動への適応

End to End



MODEL SELECTION: Precipitation (May-November)



Meteorologic Element	Precipitation ▾	Level / Layer:	Ground/water surface ▾
Emission Scenario	rcp85 ▾		
Processing Region	West: <input type="text" value="107.5"/>	North: <input type="text" value="16.5"/>	East: <input type="text" value="107.75"/>
		South: <input type="text" value="16.25"/>	
Grid Interval	<input type="text" value="0.25"/> deg (fixed)		
Option	nEx: <input type="text" value="10"/>	nloop: <input type="text" value="30"/>	

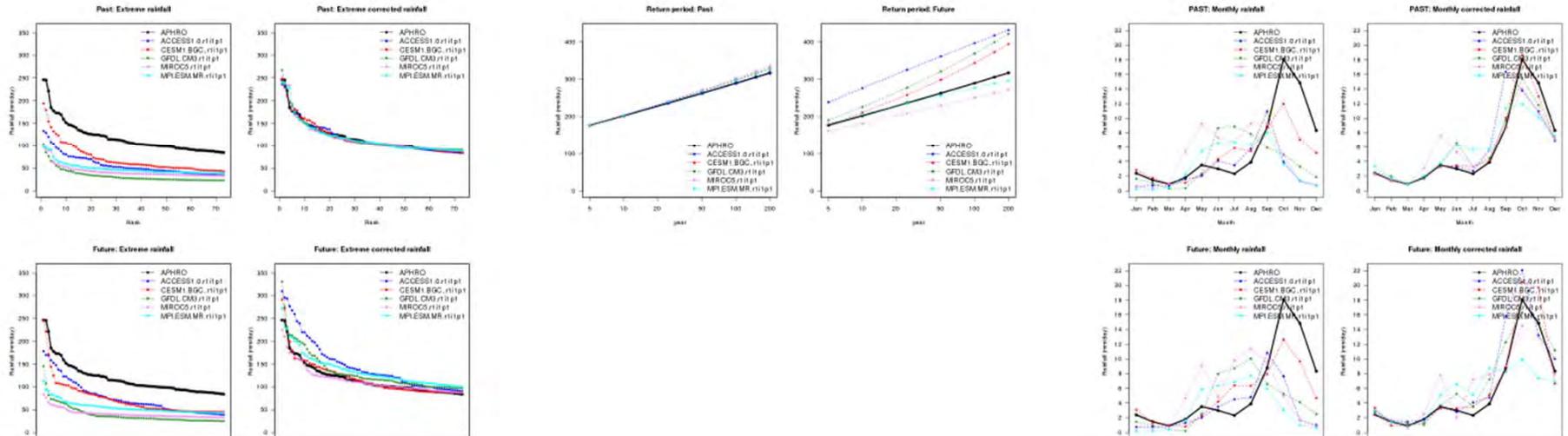
Climate Model	ACCESS1.0 CESM1(BGC) GFDL-CM3 MIROC5 MPI-ESM-MR
----------------------	---

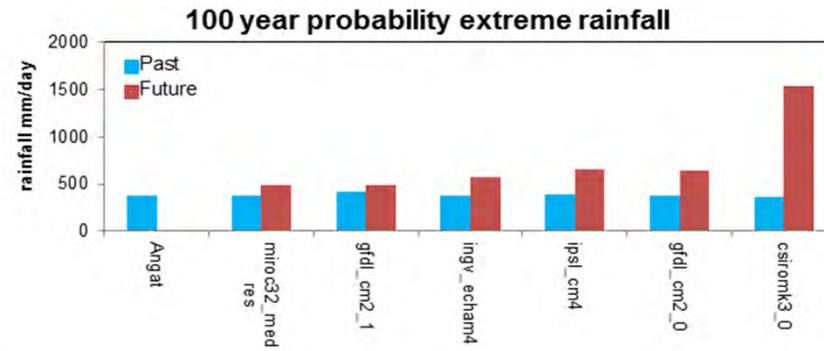
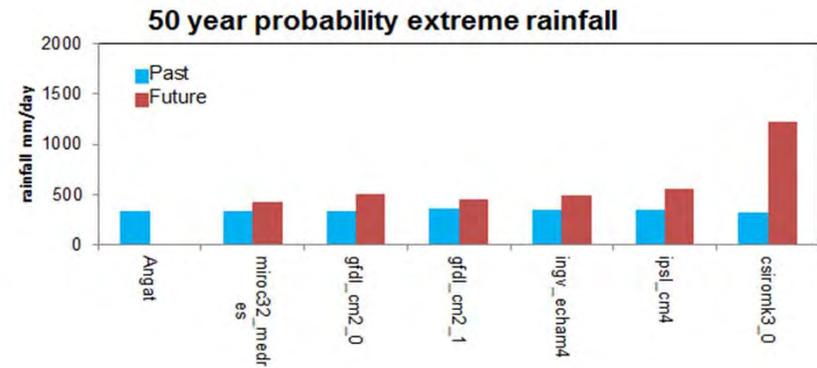
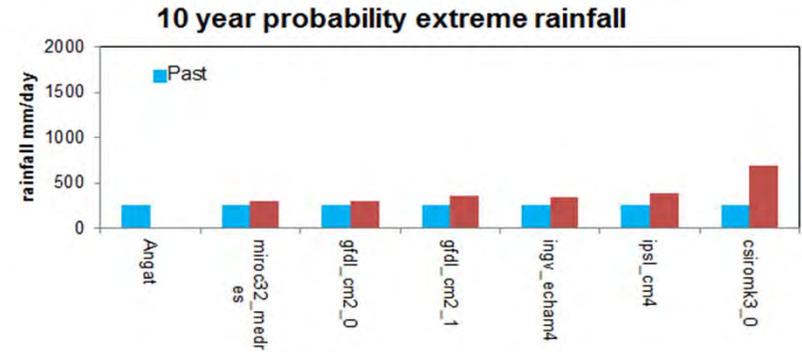
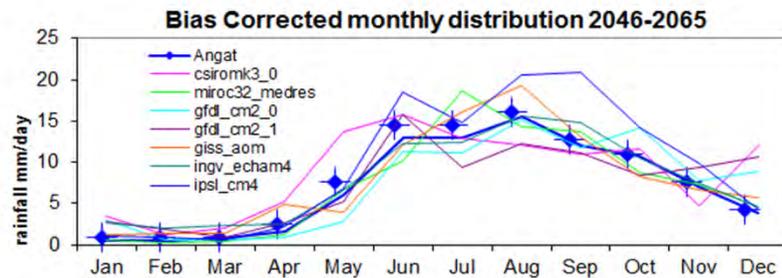
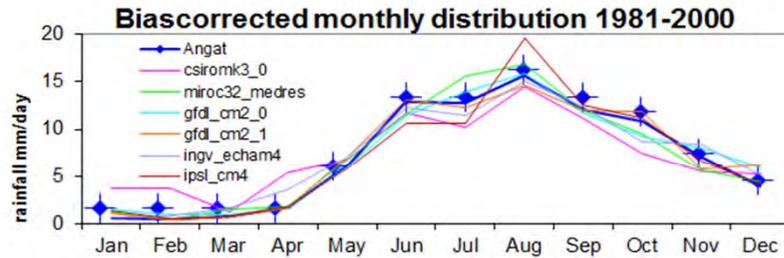
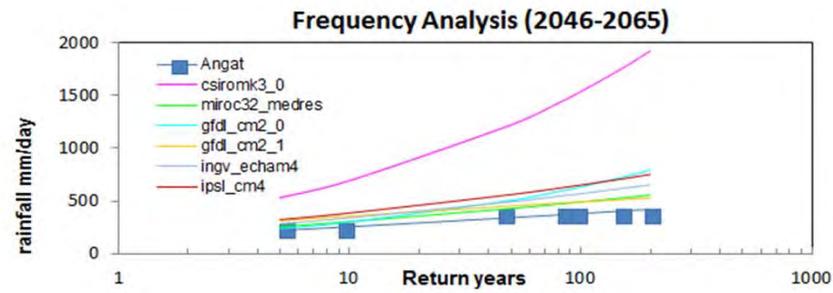
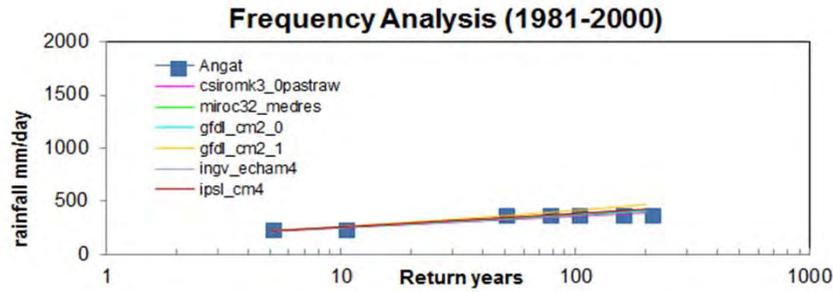
Time Range				
Past	From:	<input type="text" value="1"/> ▾	<input type="text" value="Jan"/> ▾	<input type="text" value="1981"/> ▾
	To:	<input type="text" value="31"/> ▾	<input type="text" value="Dec"/> ▾	<input type="text" value="2000"/> ▾
Future	From:	<input type="text" value="1"/> ▾	<input type="text" value="Jan"/> ▾	<input type="text" value="2046"/> ▾
	To:	<input type="text" value="31"/> ▾	<input type="text" value="Dec"/> ▾	<input type="text" value="2065"/> ▾

Bias Correction Results

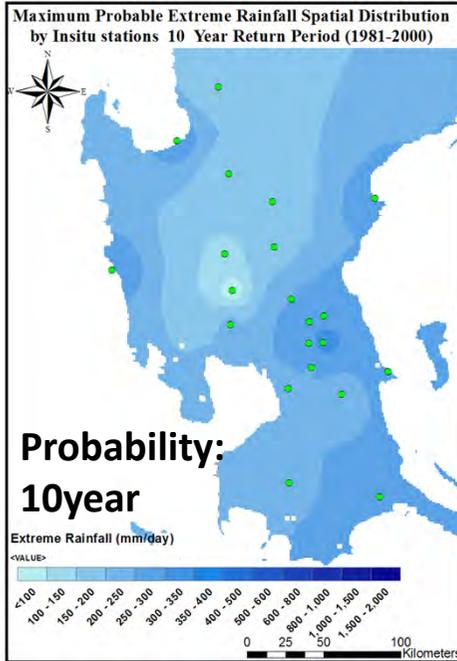
[Open in New Window/Tab](#)

Download : [ZIP archive of output files](#)

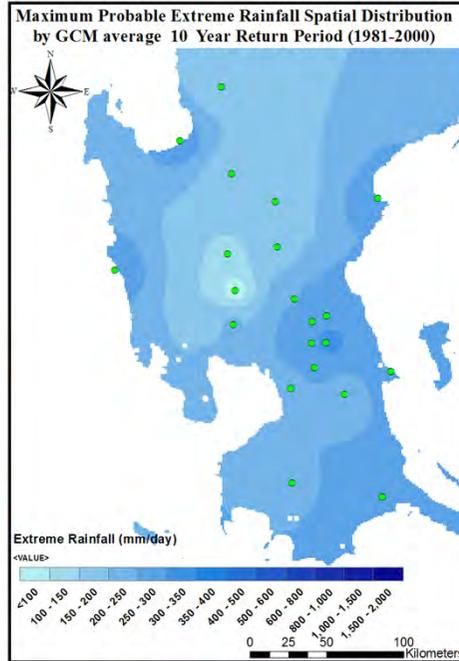




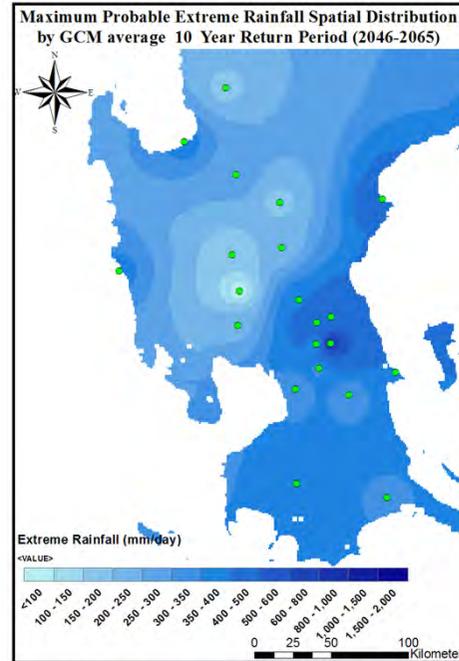
Insitu-station



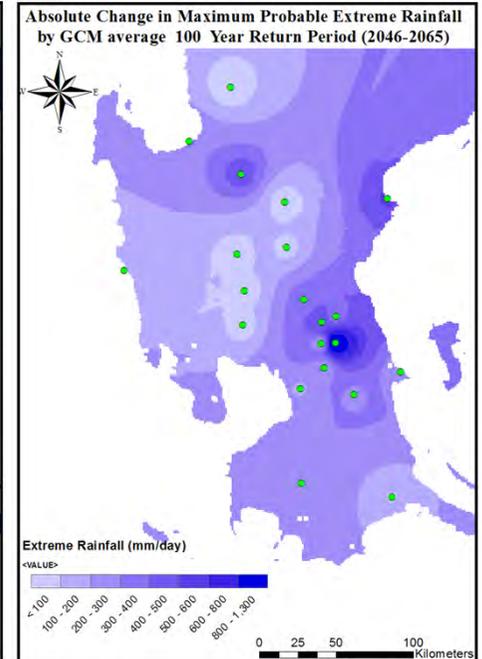
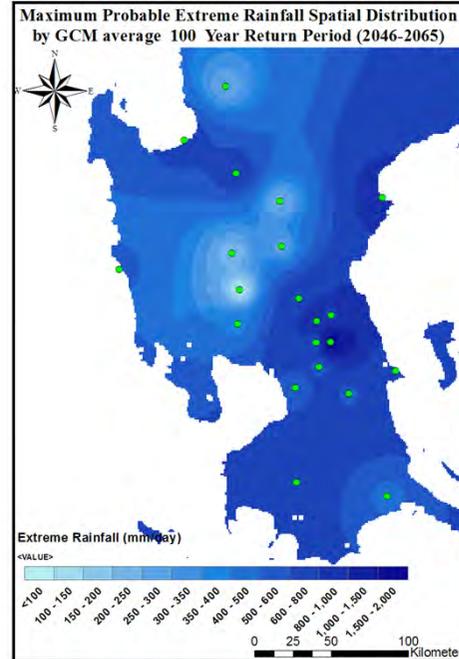
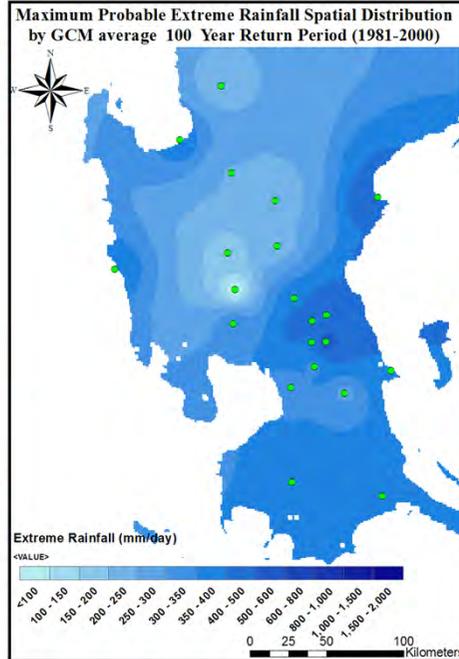
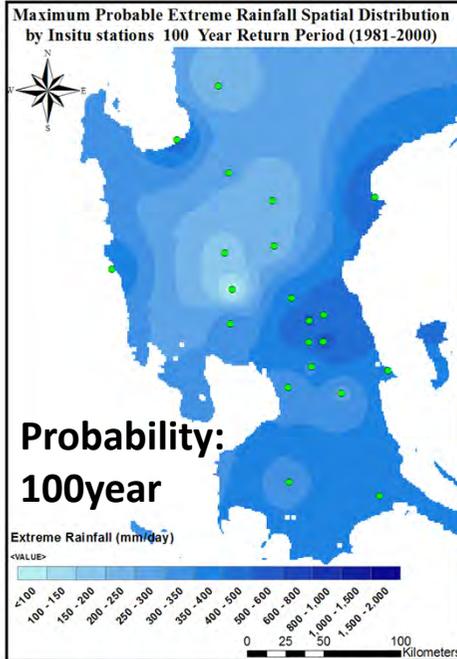
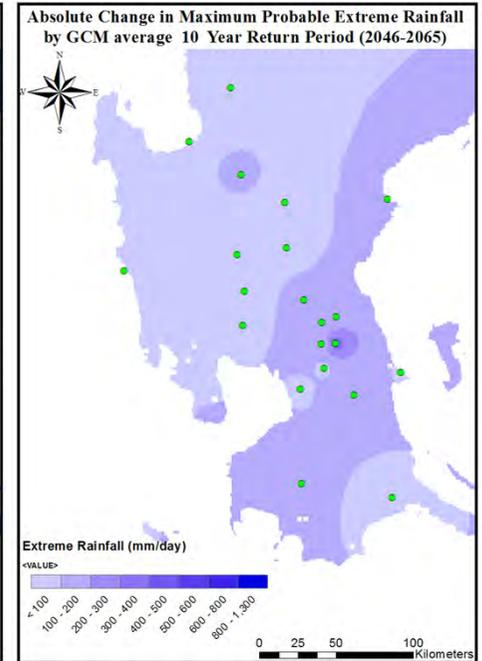
Corrected GCMavg



Future Corr_GCMavg

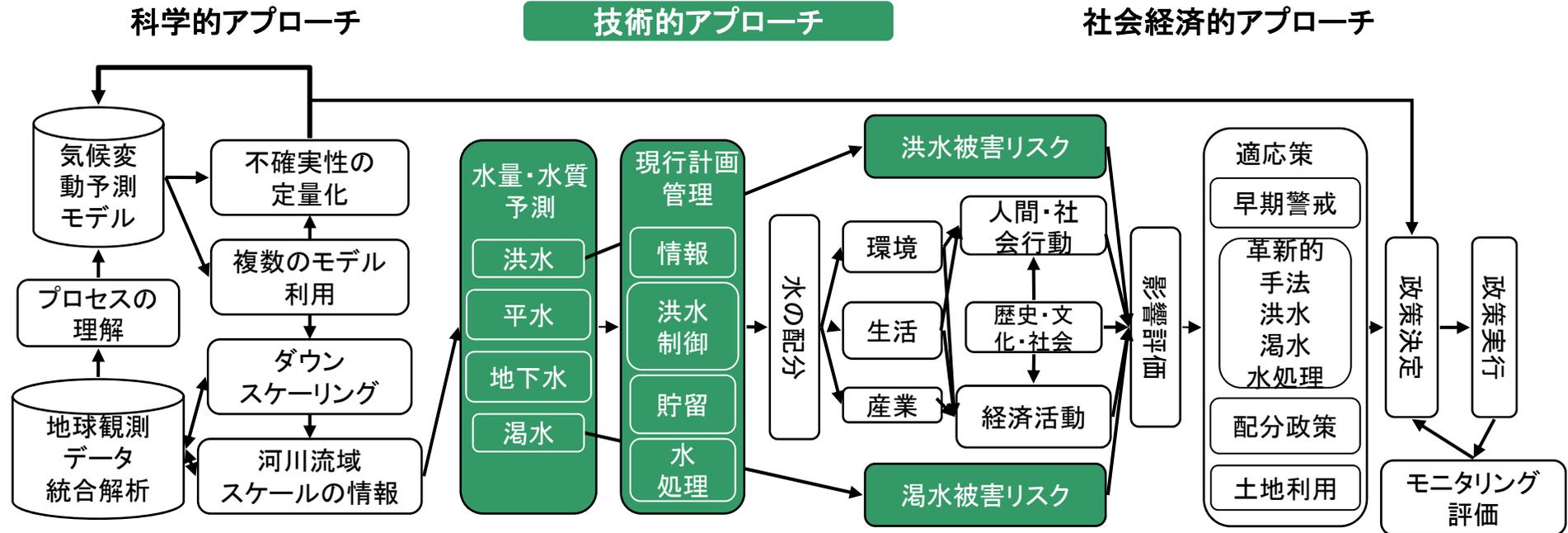


Future - Past



気候変動への適応

End to End

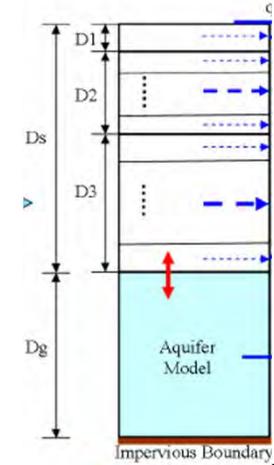
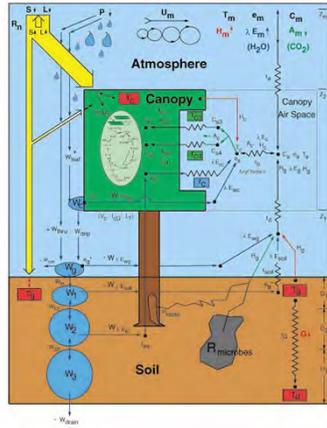


陸域水循環モデルが備えるべき機能

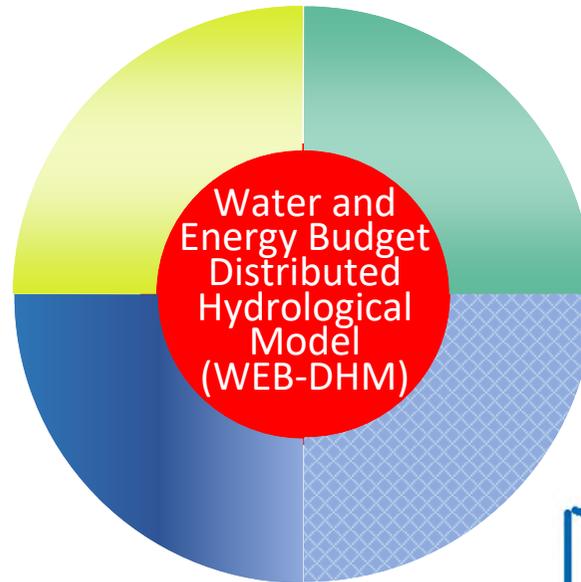
- 様々な水循環過程と結合
 - 大気過程
 - 植生成長、作物生産
 - 積雪・氷河・凍土
 - 水質変化
 - 土砂生産・輸送
- 初期値設定、パラメータ調整のない自立的計算
 - 洪水、渇水の予測
 - 気候の変化の影響評価
- 様々な水文・気象条件下で適用
 - グローバルデータセット利用
 - 同化による初期値・パラメータ・大気強制力推定
- 社会の意思決定に有益な情報提供
 - 水資源管理システムとの結合

Hydrometeorology-Agriculture Coupled Model

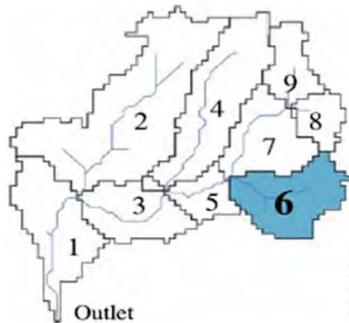
Energy and Water flux Balance



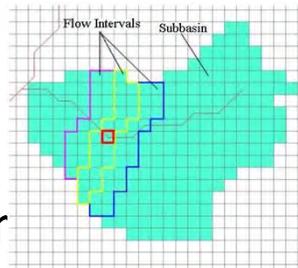
Vertical Soil moisture Profile



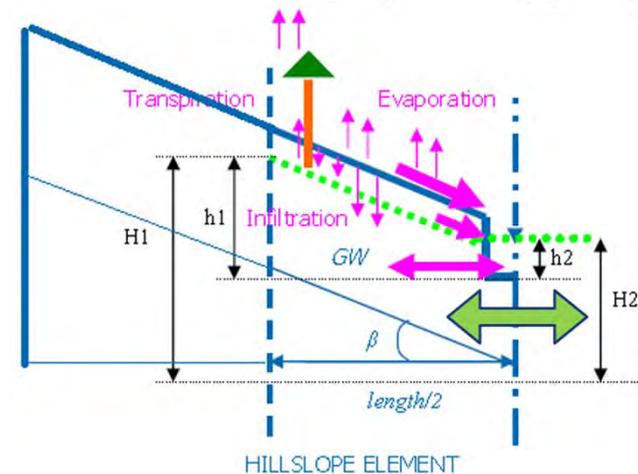
Lateral flow, Gridded to Flow-interval



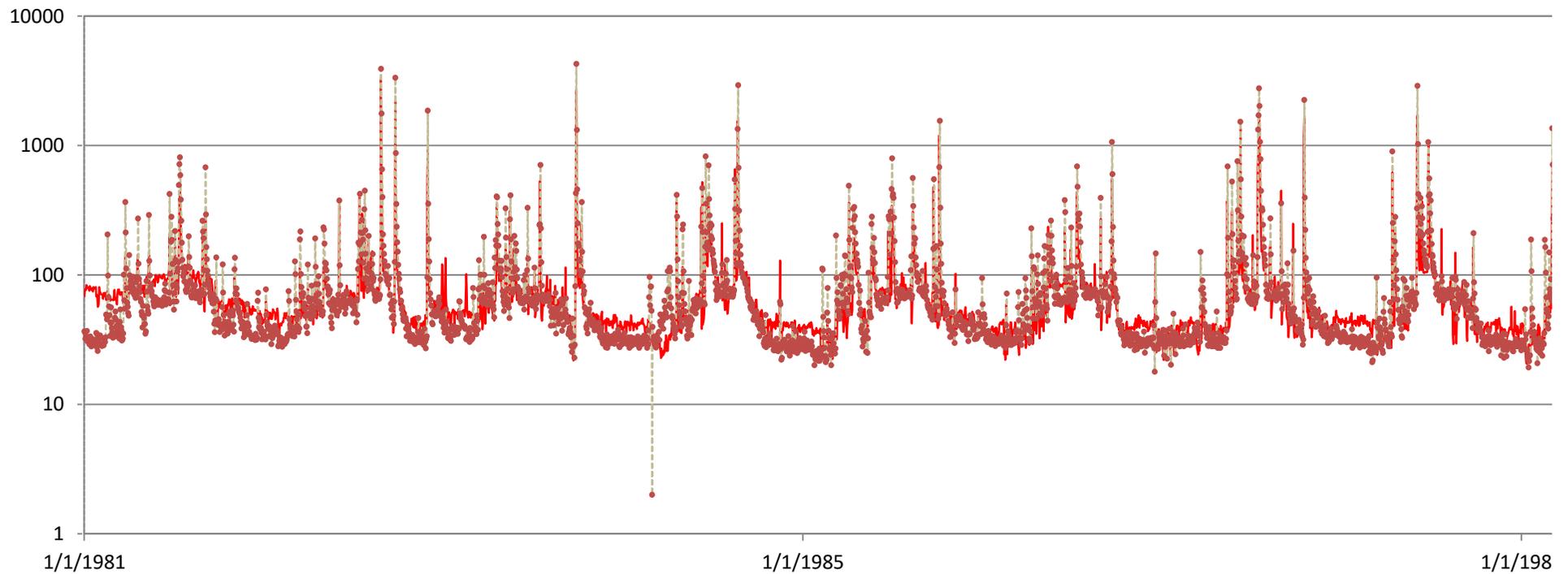
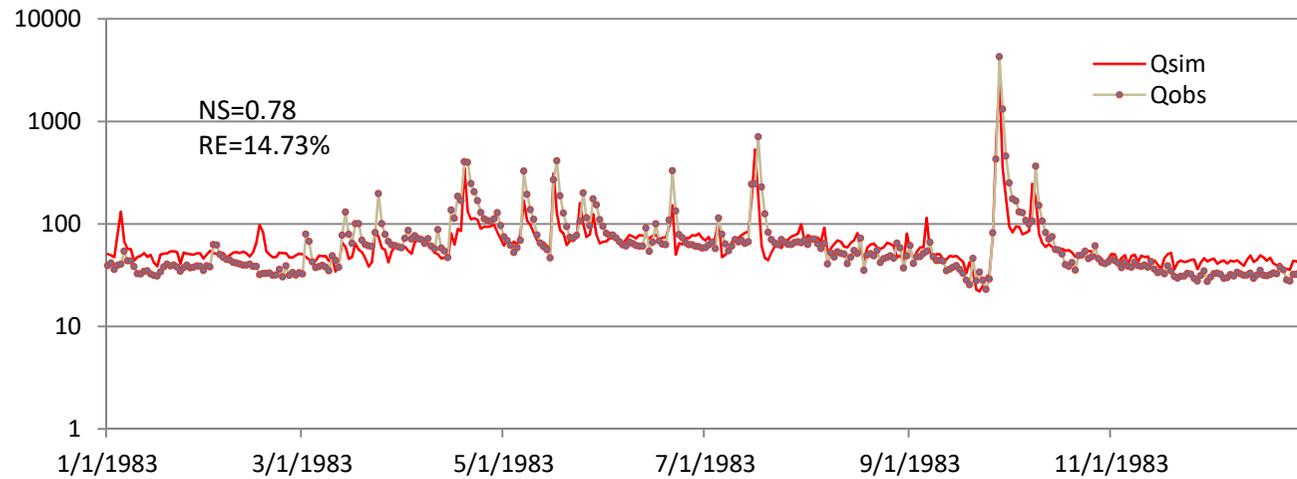
Riverflow Via Kinematic Wave Equator



from P. Lawford

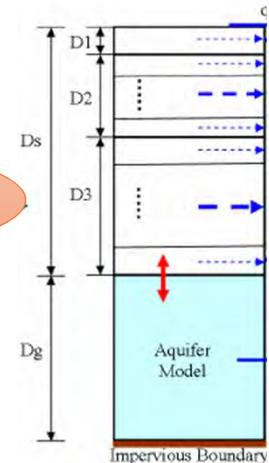
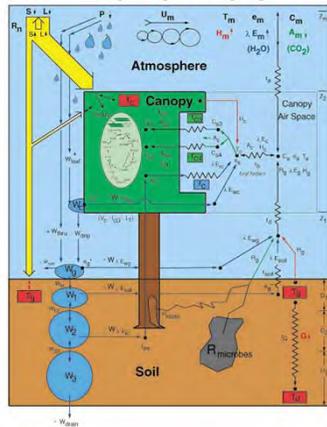


池田ダム流入量の再現精度(1981-2000)



Hydrometeorology-Agriculture Coupled Model

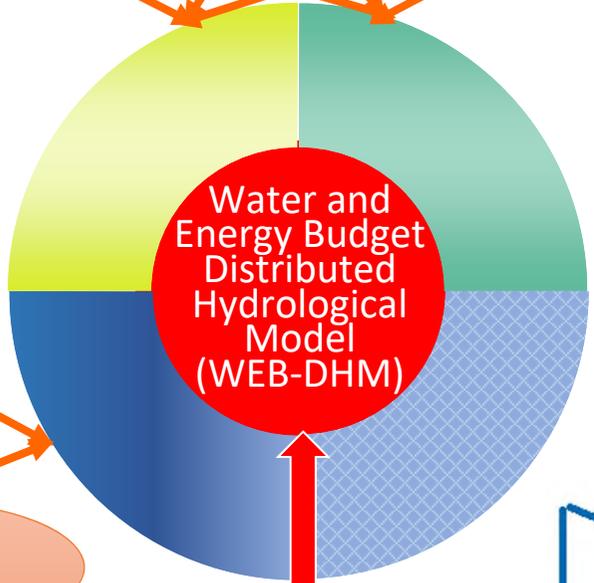
Energy and Water flux Balance



Vertical Soil moisture Profile

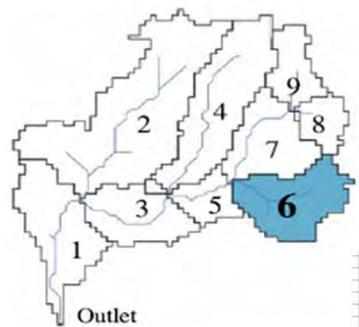
Irrigation System

Dam Operation

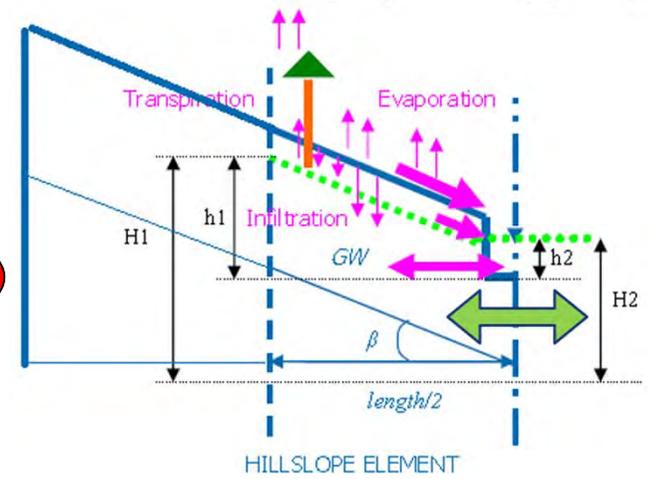
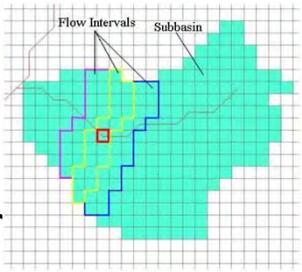


Rainfall, Runoff & Inundation (RRI)

Lateral flow, Gridded to Flow-interval

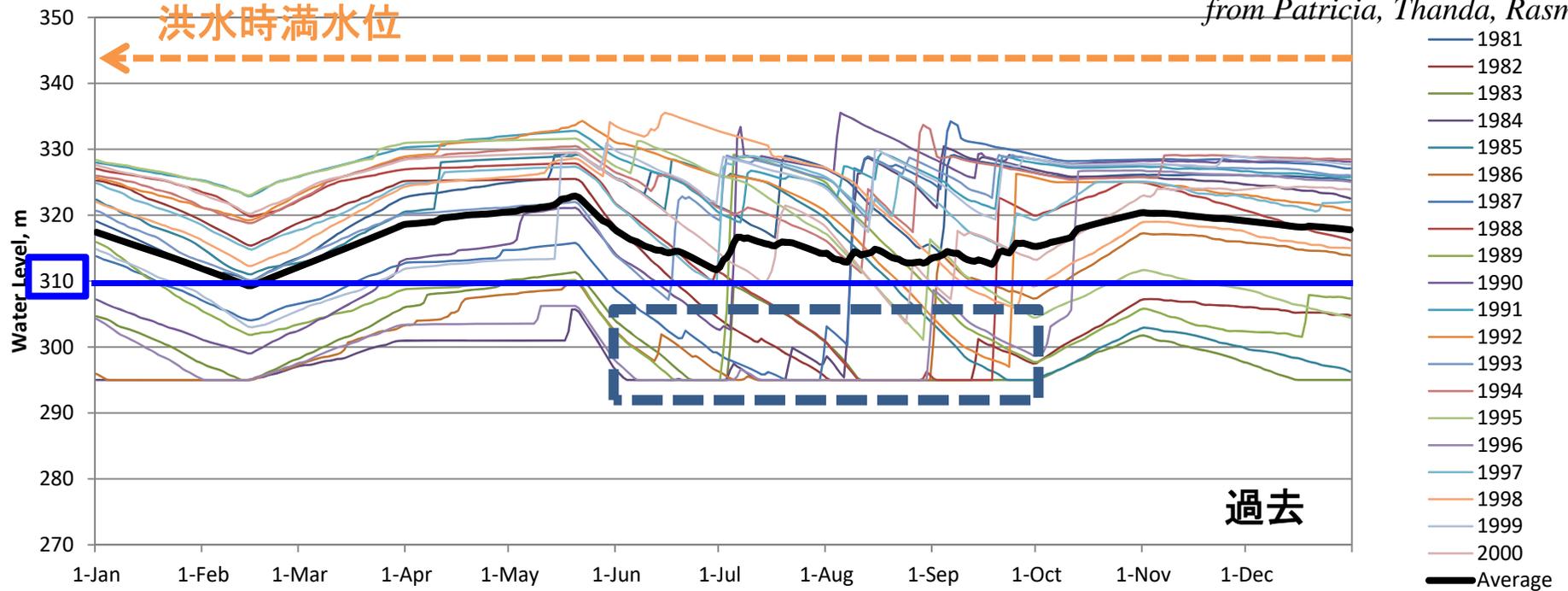


Riverflow Via Kinematic Wave Equator

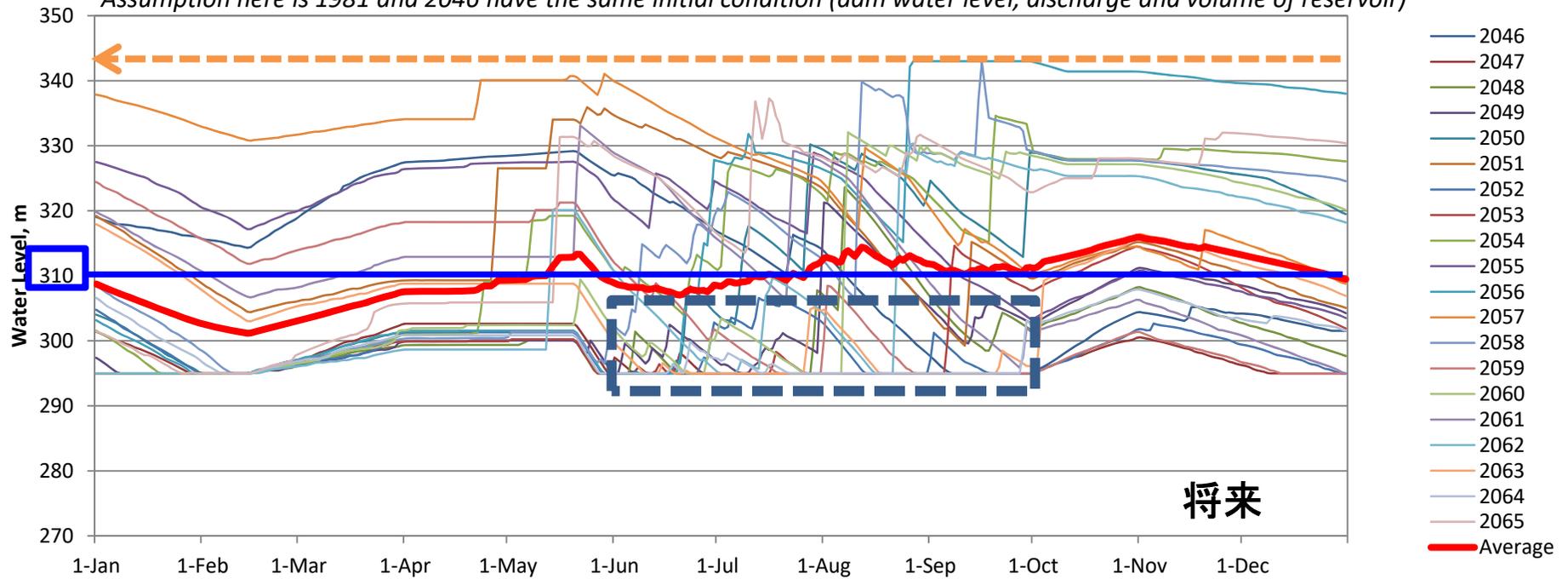


from P. Lawford

from Patricia, Thanda, Rasmy

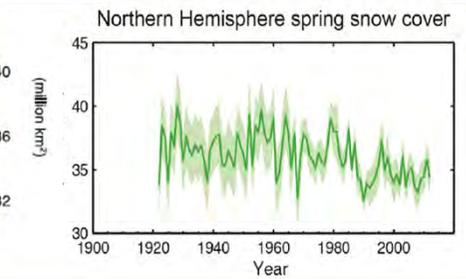
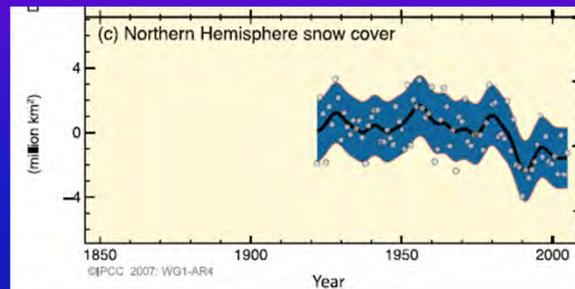


*Assumption here is 1981 and 2046 have the same initial condition (dam water level, discharge and volume of reservoir)

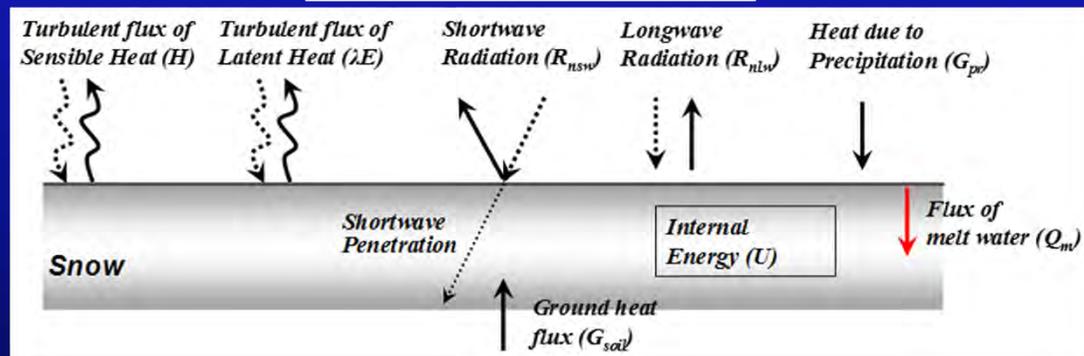


Snow & Glacier

Warming of the climate system is unequivocal.
IPCC/ AR4 (2007) , AR5 (2014)



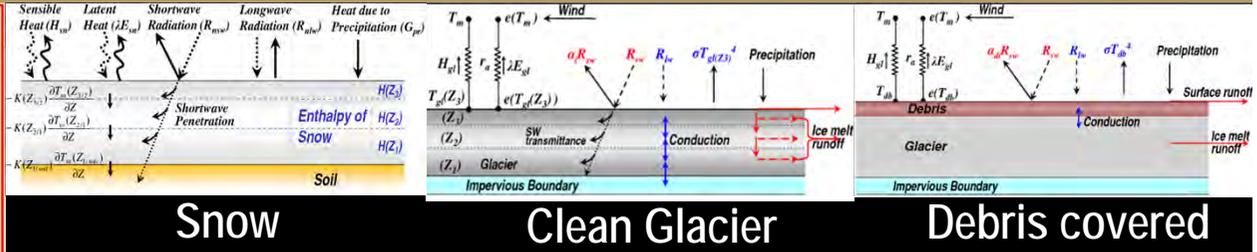
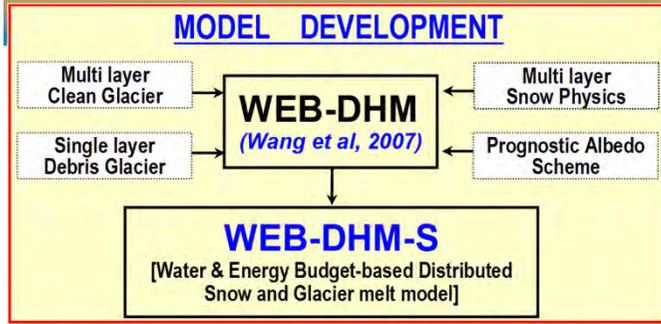
Energy Budget



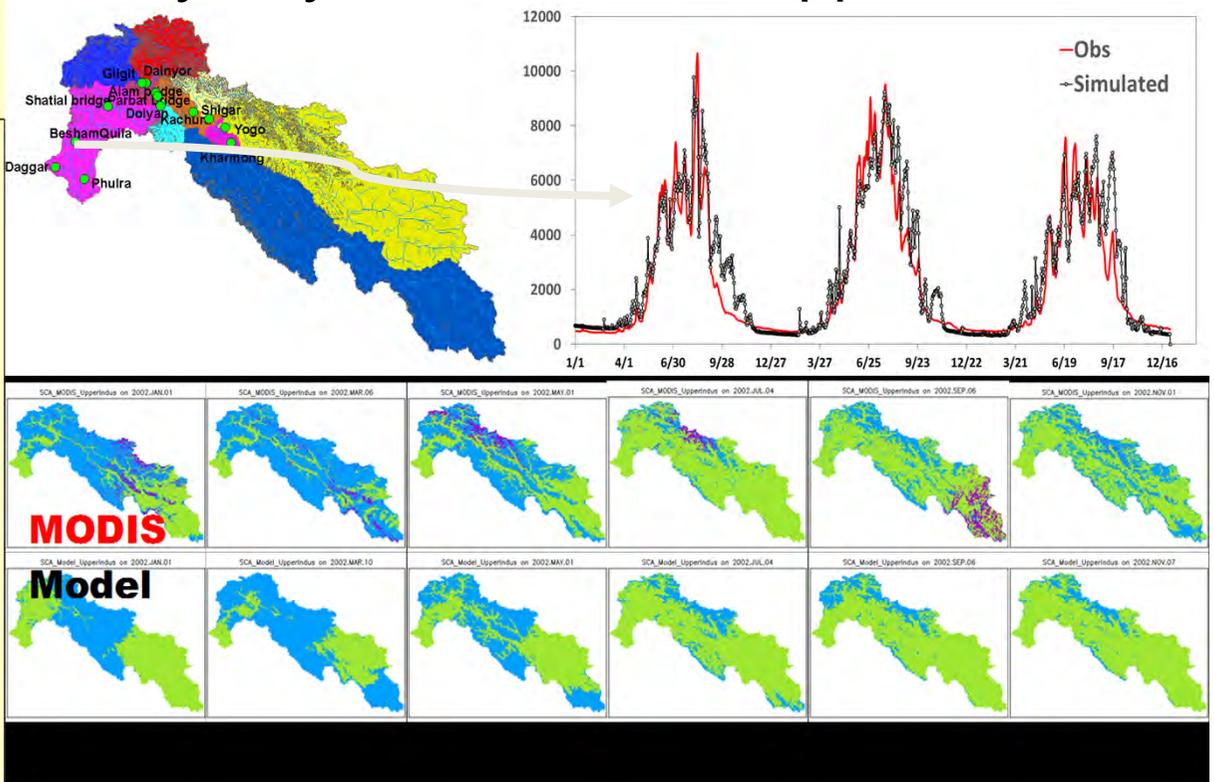
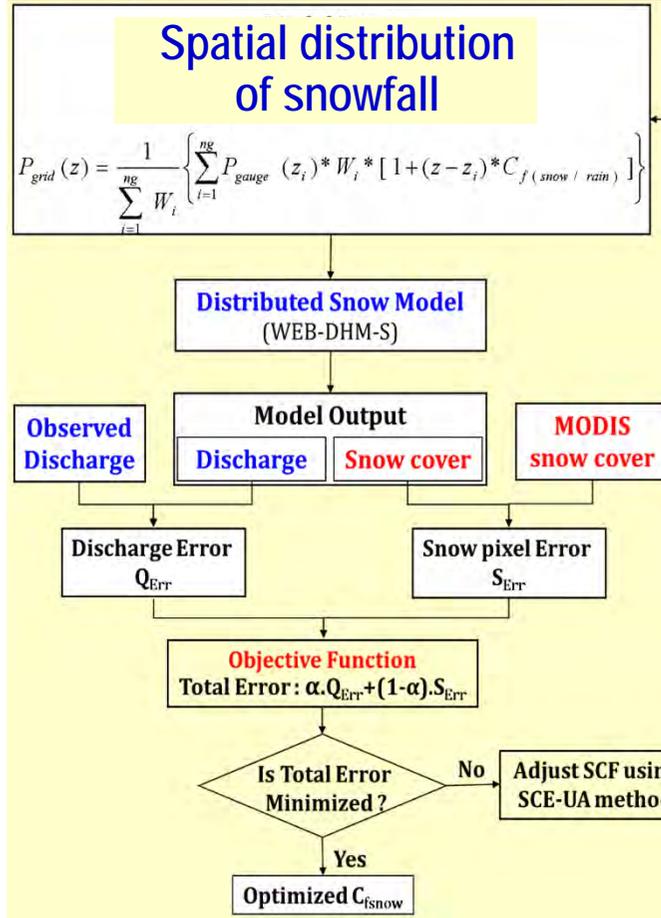
- Energy budget
- Precipitation
 - ✓ amount
 - ✓ pattern (solid or liquid)
 - ✓ spatial distribution



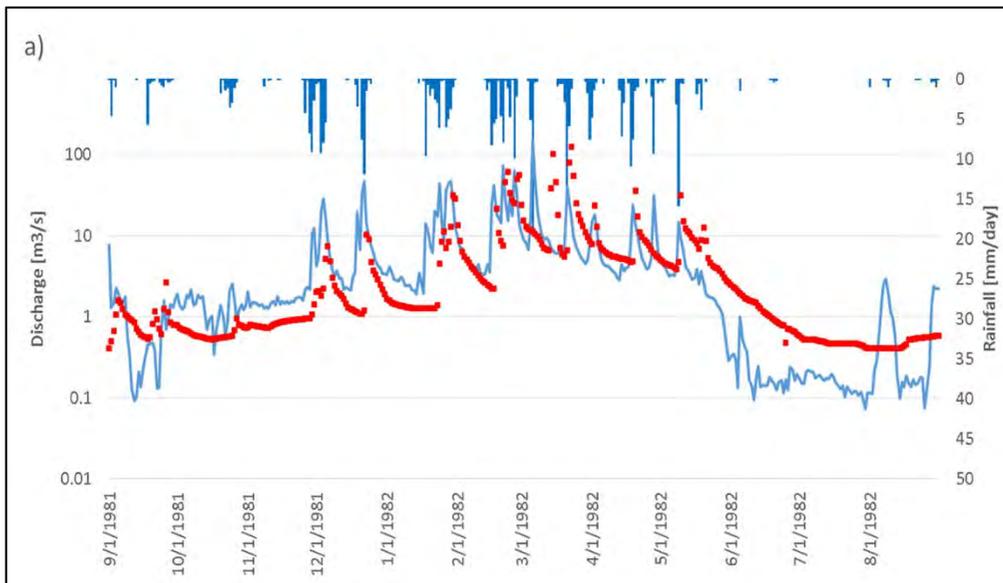
Snow & Glacier



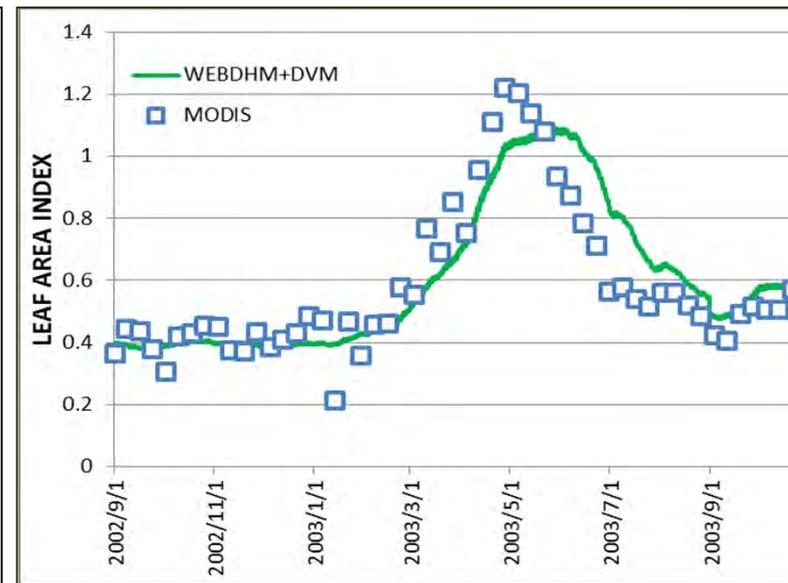
Fully Physical Model → Upper Indus



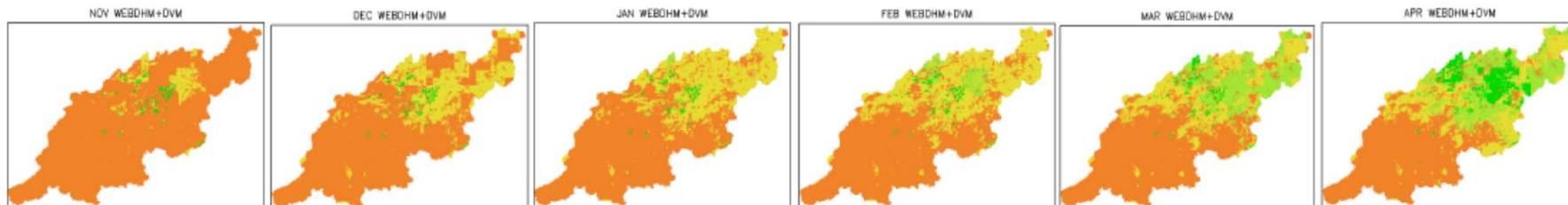
→ Coupling with Climate Models



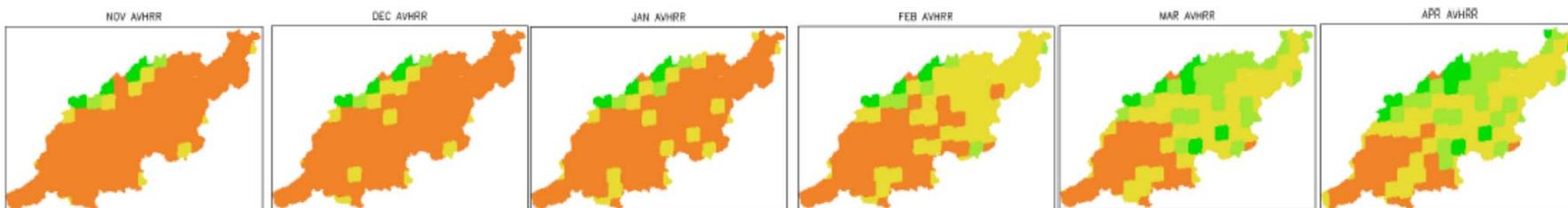
River Discharge (obs. & simulated)



LAI (obs. & simulated)



Seasonal variation of LAI by the Coupled Model (above) and MODIS (below)



- Agricultural Drought Index -

Drought indices (SA index)

Green: simulated annual peak LAI and Orange: nationwide crop production



- The drought index calculated from the model-estimated annual peak of leaf area Index correlates well with the drought index from nationwide annual crop production.
- Severe droughts (food shortage) in 1988-1989 and 1994-1995 are reported on FAO report [FAO, 2005]

Drought Early Warning System based on Satellite Land Data Assimilation

From 20070101 To 20070331 = 90days, 90frames

200701

200801

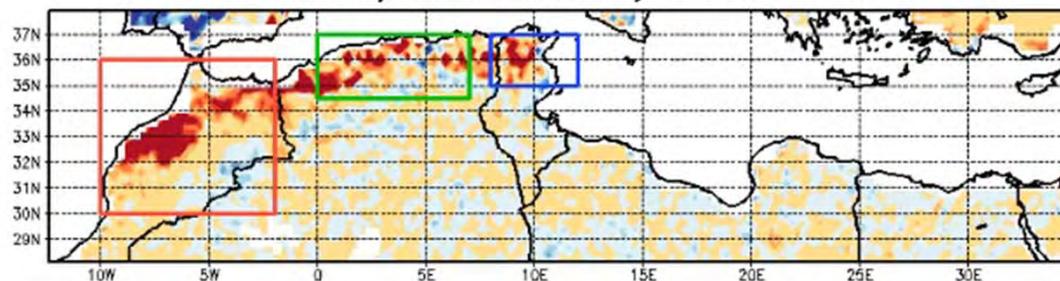
200802

200803

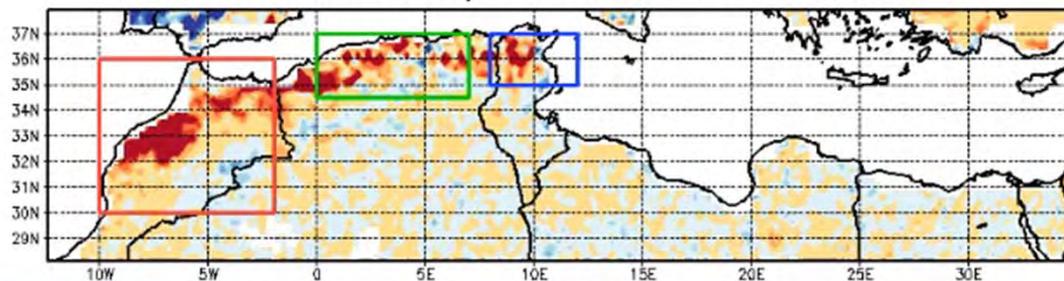
Loop: Int.: 100 (ms) #: 1 /90



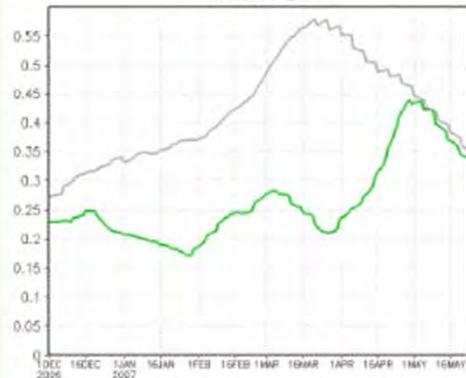
Reanalysis LAI anomaly 20070101



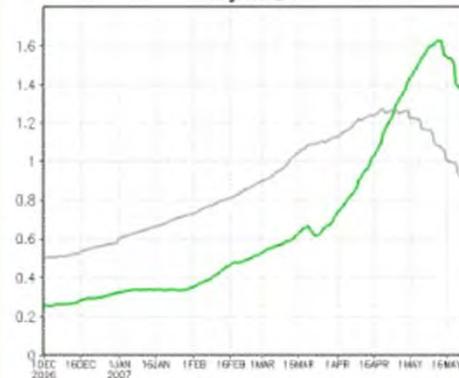
Forecast LAI anomaly ave 20070101 from 200701



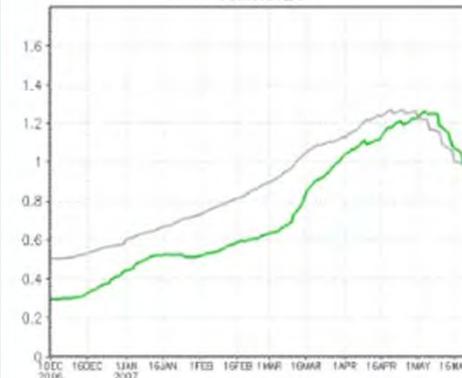
Morocco LAI



Algeria LAI

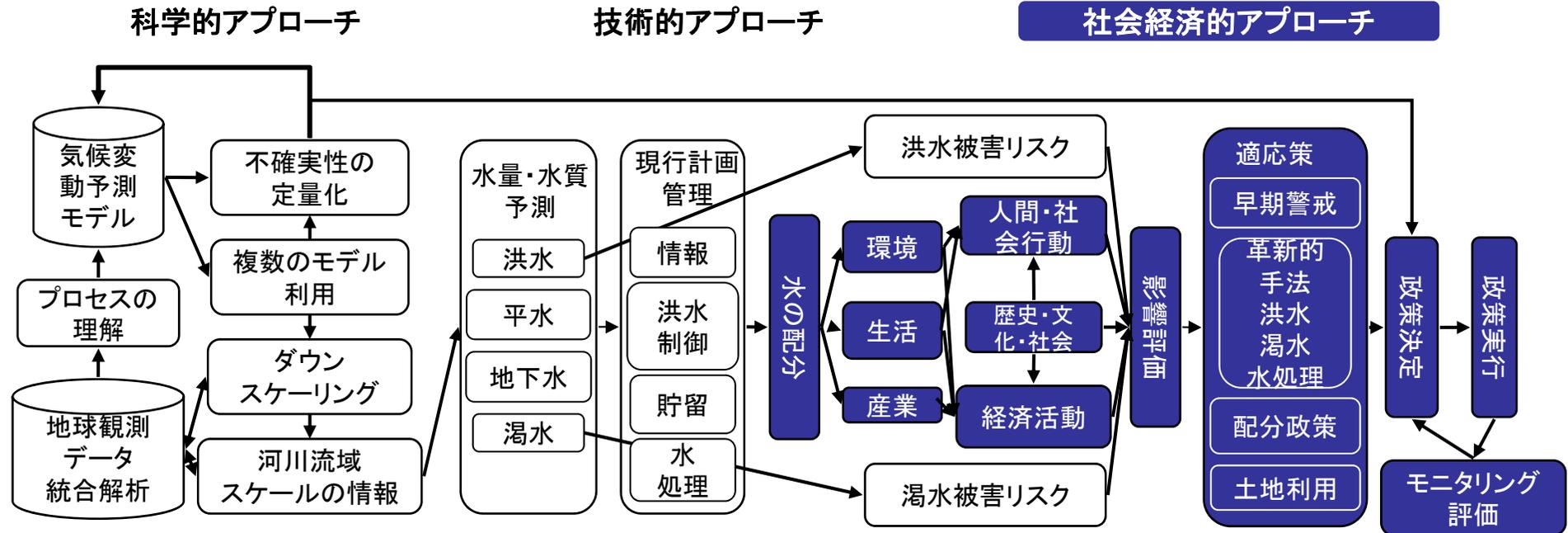


Tunisia LAI



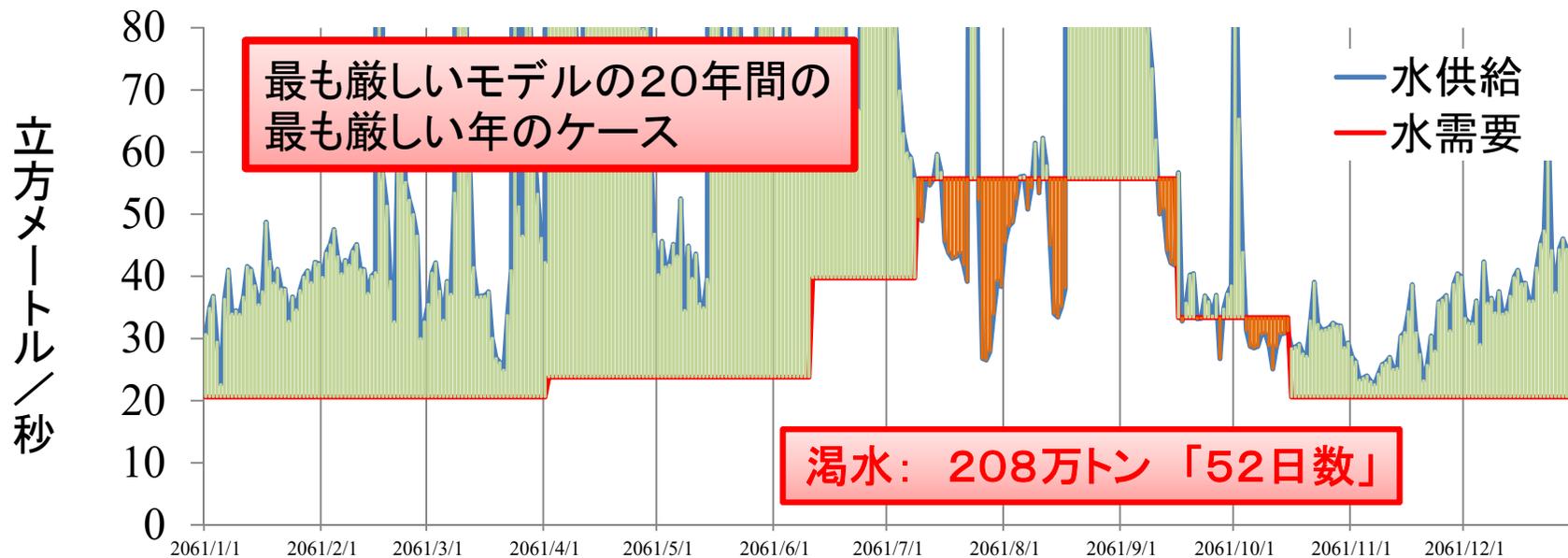
気候変動への適応

End to End



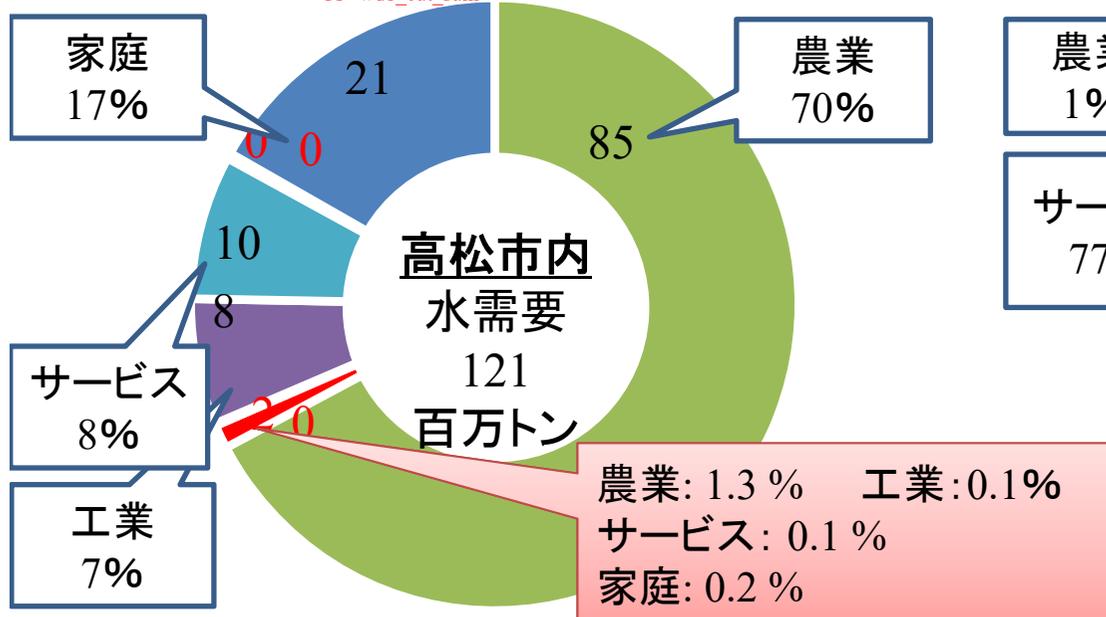
高松市: 2060年の渇水予測

* 経済的ダメージは、2005年の各県における
取水制限、用途間調整に基づき予測



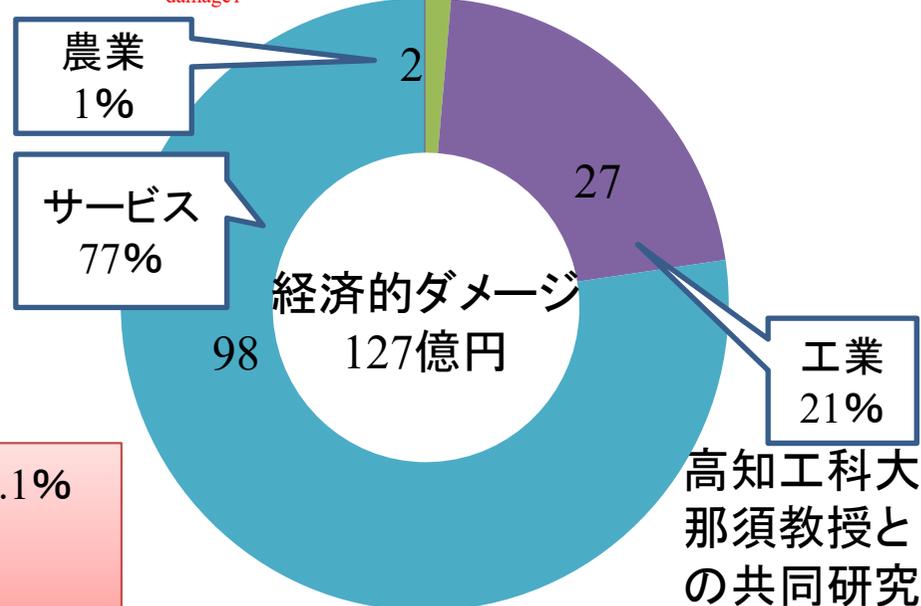
高松市の水需要

IO+wd1_cut_sum



高松市の経済的ダメージ

damage1



- 渇水量 208万トン(52日間)
- 経済的ダメージ 127億円

渇水量 208万トン

経済的 127億円

→ 経済的損失 6,106円/トン

気候変動の適応策の検討

			計算条件	渇水軽減効果 (万トン)	対策後の 渇水量 (万トン)	経済的ダメージの 軽減効果 (億円)	対策後の 経済的ダメージ (億円)	費用 (億円)	経済的 被害計 (億円)
水資源の 開発	新たな 水源の 開発	ダム(栲川ダム)	緊急水の112万トンが利用可と仮定 (費用) 工事費3.6億円/年*50年 維持管理費0.13億円/年	112	96	68.3	58.6	3.7	62.7
		宝山湖	渇水時100万トンが利用可と仮定 (費用) 調整池5.08億円/年*50年	100	108	61.0	65.9	5.0	70.9
		海水の淡水化	0.29(トン/秒)で52日間稼働 (費用) 工事費2.8億円/年*50年 維持管理費28.9億円/年	130	78	79.5	47.4	31.7	79.1
	既存の 水源施 設の活 用・保全	ため池、地下水		-	-	-	-	-	-
		ダムオペレーション		-	-	-	-	-	-
		水源林の保全		-	-	-	-	-	-
水需要の 抑制	水資源 の有効 利用	3R(産業)	52日間のみリサイクル率を3%向上 (費用) 152円/トンの経費、設備費除く	98	110	67.1	59.8	1.5	61.3
		漏水量の削減		-	-	-	-	-	-
		雨水利用の促進 (協力率30%) (普及率100%)	1世帯年間7,000トン雨水貯蔵量見込み *非渇水時の雨水貯蔵量を、ダム等に 溜めておけると仮定 (費用) 200㊦容量:約8万円	32 108	176 100	19.7 65.8	107.2 61.1	- -	(107.2) (61.1)
	節水の 推進	節水意識の啓発		-	-	-	-	-	-
		節水機器の普及 (普及率30%) (普及率100%)	節水型機器により、1人1日0.48トン節 水渇水時の52日間の効果 (費用) 洗濯機10万円、トイレ30万円	32 105	176 103	19.2 64.1	107.7 62.8	- -	(107.7) (62.8)
		水道料金の値上げ	水道料金を5%up(142→149.1円/トン) *単価を5%upすると、使用量が3%削減 されると仮定。市民には負担と不満も。	22	186	13.3	113.6	-	(113.6)

高知工科大
那須教授と
の共同研究

Flood Contingency Planning

Workshops for sharing results and discussing Barangay/Municipal Plan

Workshop at Municipality (2015.2)



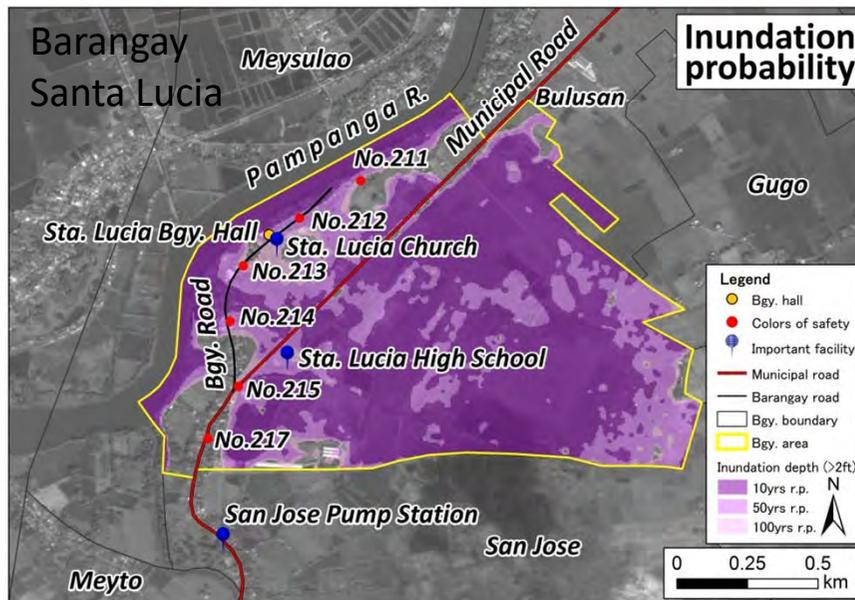
Workshop at Barangays (2016.1)



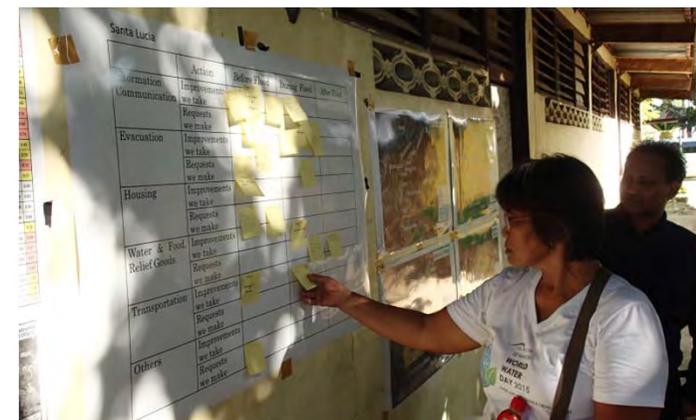
Explanation of scenario



Discussion with local residents



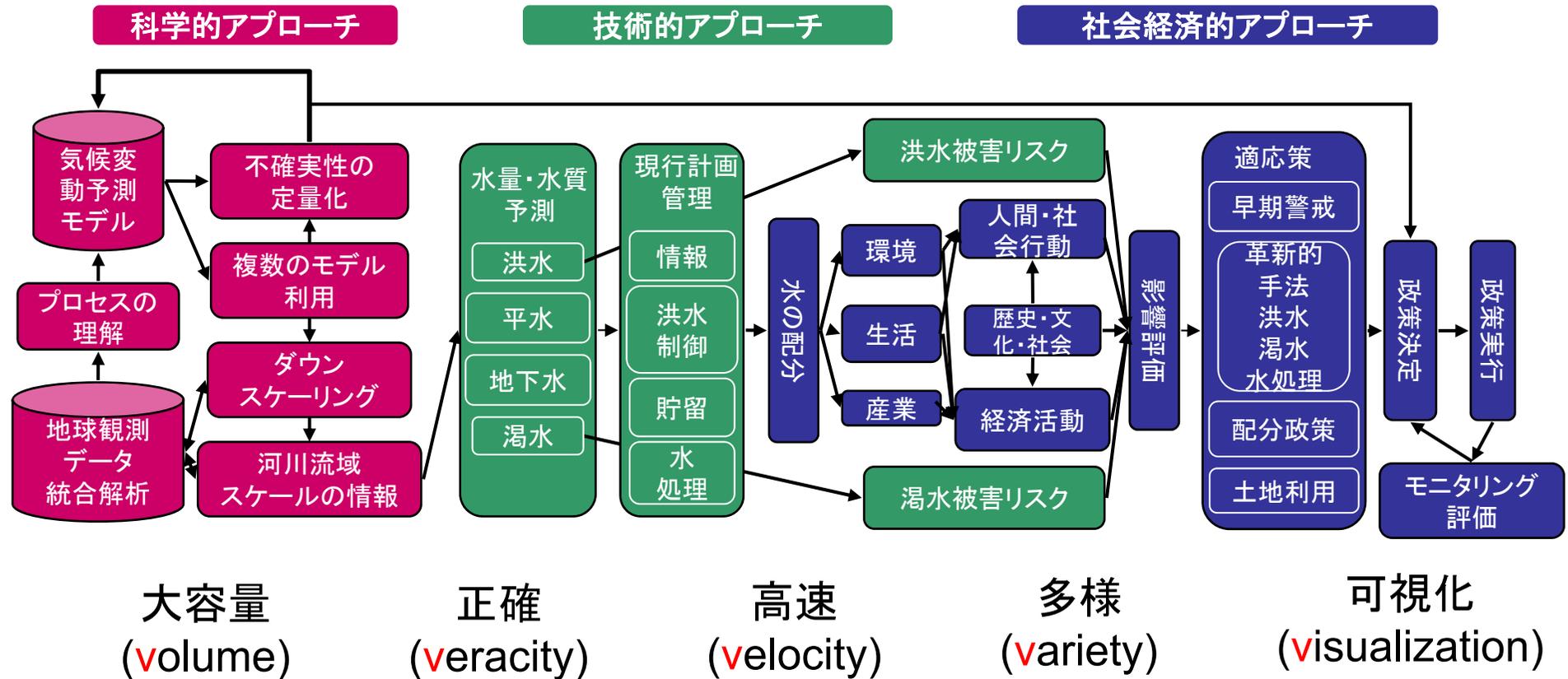
Probability map of first flood inundation



Identification of necessary action for developing Barangay contingency plan (what they do? What they request)

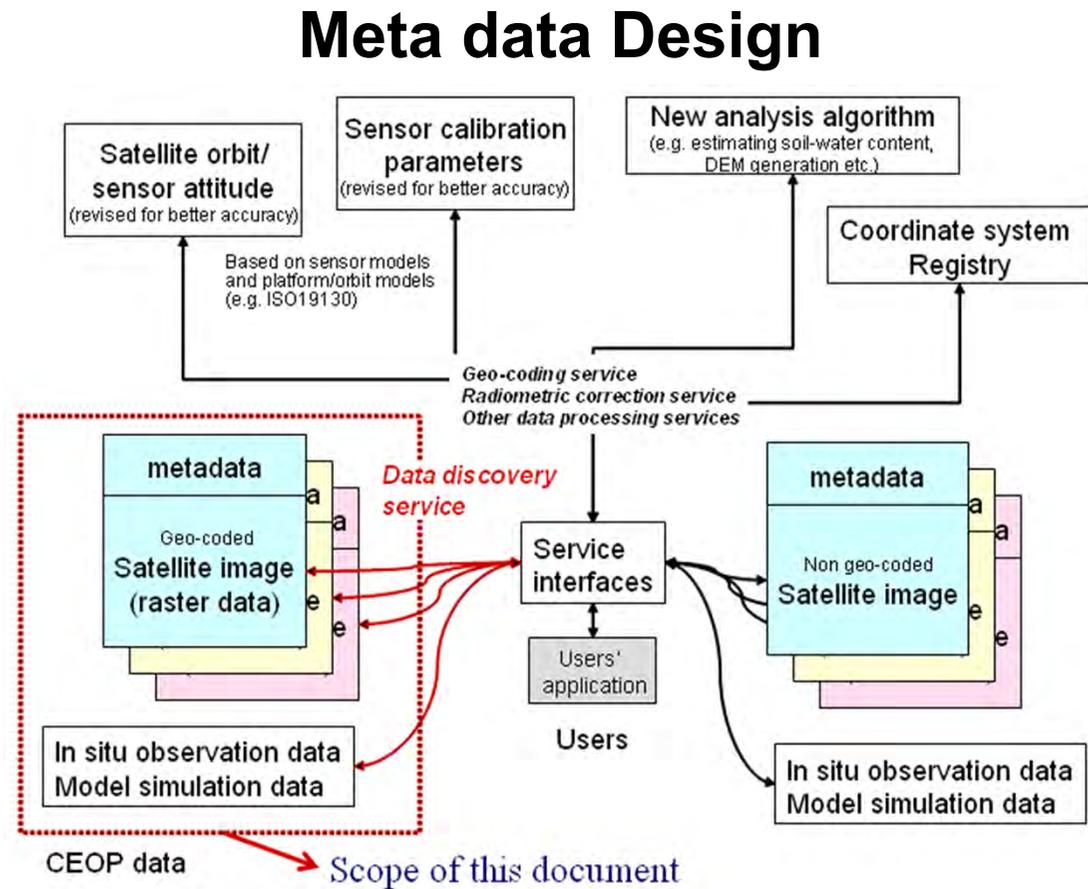
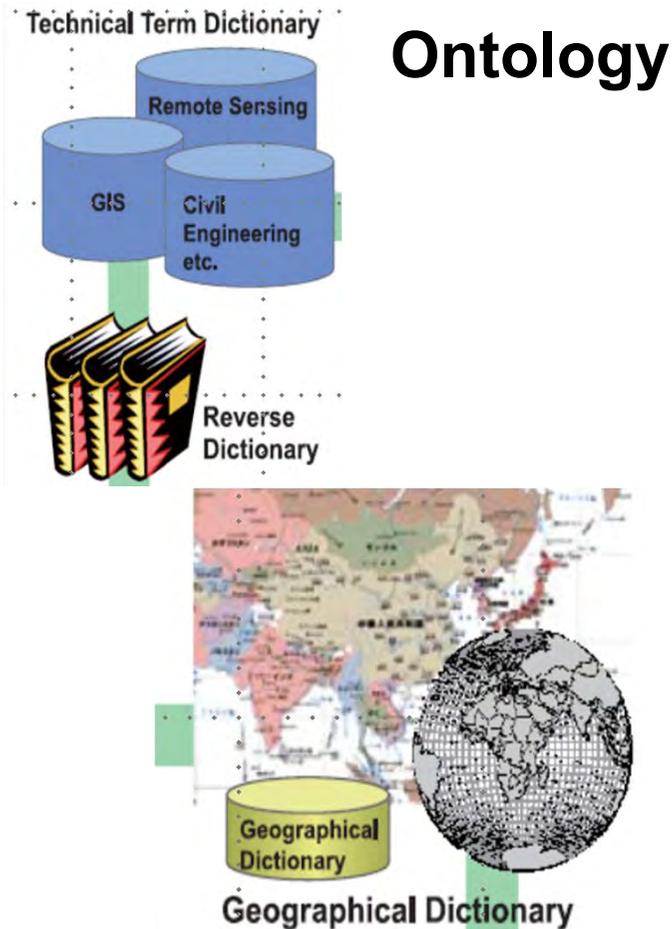
気候変動への適応

End to End



科学・技術グループと政策決定者・実務者・市民・企業との協働の場

tackling a large increase with **variety** of the Earth observation data.

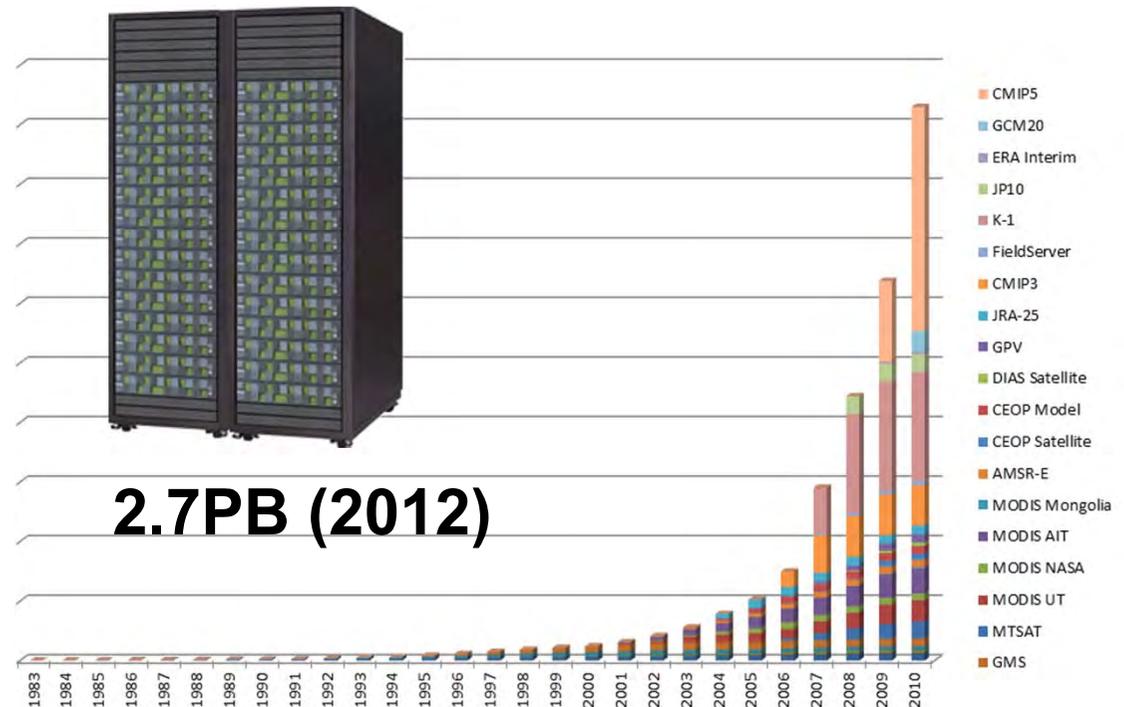


tackling a large increase in **volume** of the Earth observation data.

IPCC AR4 (2007): 40TB → IPCC AR5 (2012): 2.6PB



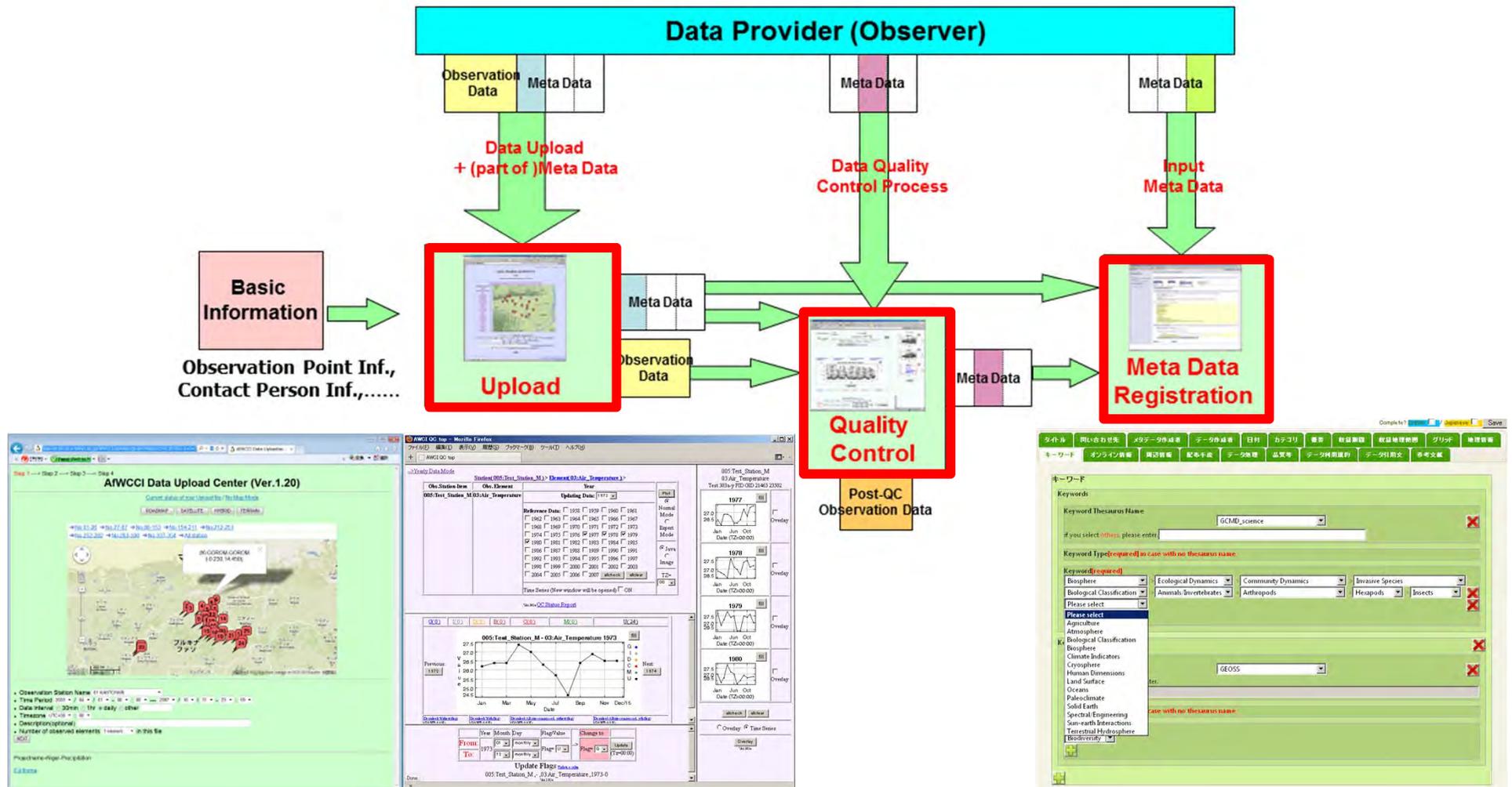
600TB (2007)



Data Integration and Analysis System

a legacy for Japan's contributions to GEOSS

maintaining data **veracity**, including data loading, QC and metadata registration





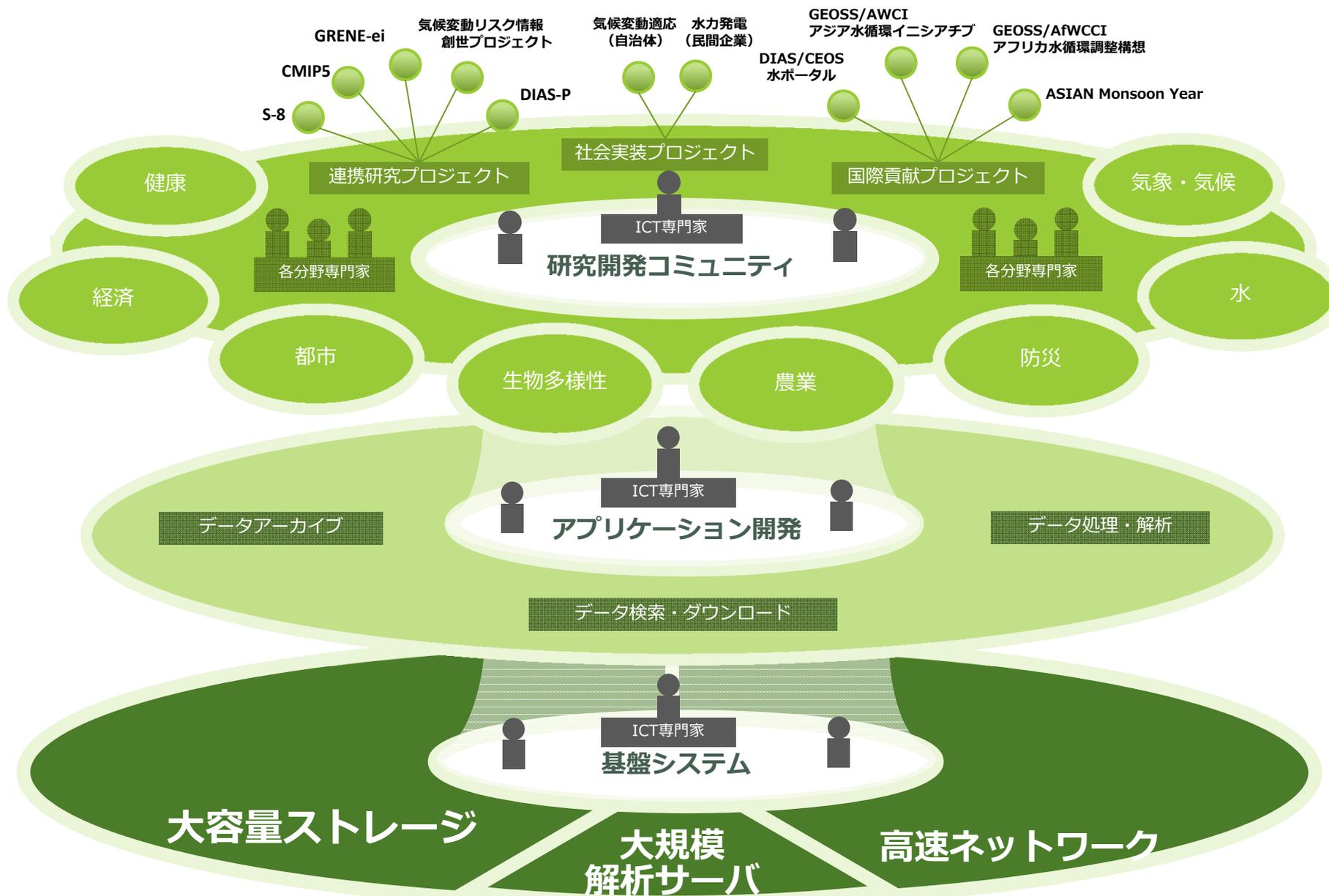
Data Integration and Analysis System

a legacy for Japan's contributions to GEOSS

archiving very high **velocity** data and
disseminating **visually**.



5Vへのチャレンジ データ統合・解析システム



大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方 答申

～ 社会意識の変革による「^{みずぼうさい}水防災意識社会」の再構築 ～ 平成27年12月

○ 行政・住民・企業等の各主体が水害リスクに関する知識と心構えを共有し、氾濫した場合でも被害の軽減を図るための、避難や水防等の事前の計画・体制、施設による対応が備えられた社会を目指す。

○ 対応すべき課題

- 危険な区域からの立ち退き避難
 - ✓ 市町村・住民等の適切な判断・行動
 - ✓ 市町村境を越えた広域避難
- 水防体制の弱体化
- 住まい方や土地利用における水害リスクの認識の不足
- 「洪水を河川内で安全に流す」施策だけで対応することの限界

○ 住民目線のソフト対策への転換

これまでの河川管理者等の行政目線のものから住民目線のものへと転換し、利用者のニーズを踏まえた真に実戦的なソフト対策の展開を図る

- 円滑かつ迅速な避難の実現
 - ・ 家屋倒壊危険区域等、立ち退き避難が必要な区域を表示するなど、避難行動に直結したハザードマップに改良
 - ・ 広域避難等の計画づくりを支援する協議会等の仕組みの整備
 - ・ スマートフォン等を活用したプッシュ型の河川水位情報の提供 等
- 的確な水防活動の推進
 - ・ 水防体制を確保するための自主防災組織等の水防活動への参画 等
- 水害リスクを踏まえた土地利用の促進
 - ・ 開発業者や宅地の購入者等が、土地の水害リスクを容易に認識するため、様々な場所での想定浸水深の表示
 - ・ 不動産関連事業者への洪水浸水想定区域の説明会等の開催 等

○ 危機管理型ハード対策の導入

従来の「洪水を河川内で安全に流す」対策に加え、氾濫した場合にも被害を軽減する「危機管理型ハード対策」を導入する

- 減災のための危機管理型ハード対策の導入
 - ・ 越水等が発生した場合でも決壊までの時間を少しでも引き延ばすよう堤防構造を工夫する対策の推進
 - ・ 堤防構造の工夫や氾濫水を速やかに排水するための排水対策等の「危機管理型ハード対策」とソフト対策を一体的・計画的に実施するための仕組みの構築 等

答申の概要～中小河川等における水防災意識社会の再構築のあり方について～

平成29年1月

対策の基本方針

今回の一連の台風の被害の特徴や気候変動、人口減少等における社会情勢を踏まえ、財政的にも体制的にも厳しい中小河川等において、今回のような痛ましい被害を二度と出さないという強い決意のもと、

目標

『逃げ遅れによる人的被害をなくすこと』

『地域社会機能の継続性を確保すること』

- 水害リスク情報等を地域と共有することにより、要配慮者利用施設等を含めて命を守るための確実な避難を実現すること
- 治水対策の重点化、集中化を進めるとともに、既存ストックの活用等、効率的・効果的な事業を推進し、被災すると社会経済に大きな影響を与える施設や基盤の保全を図ること

河川管理者、地方公共団体、地域社会、企業等、関係者が相互に連携・支援し、総力を挙げて一体的に対応

実施すべき対策

■関係機関が連携したハード・ソフト対策の一体的な推進

- 都道府県管理河川においても協議会の設置を促進
- 協議会による取組の継続・実効性が確保される仕組み構築

■水害リスク情報等の共有による確実な避難の確保

- 浸水想定区域を公表する水位周知河川の指定を促進
- 早期に体制が整備されるよう簡易水位計の開発・設置の促進
- 浸水実績等水害リスク情報として周知する仕組み構築
- 要配慮者利用施設において避難確保計画や避難訓練実施を徹底させるための仕組み構築 など

■河川管理施設の効果の確実な発現

- 操作不要な樋門等の導入を推進
- ICT等最新技術の活用による河川管理の高度化を推進 など

■関係機関と連携した適切な土地利用の促進

- 水害リスク情報の提供、災害危険区域指定事例の周知 など

■重点化・効率化による治水対策の促進

【人口・資産が点在する地域等における治水対策】

- 輪中堤などの局所的な対応による効率的な対策を推進
- 避難場所など関係者が一体となった取組による整備促進
- 浸水被害の拡大を抑制する自然地形等を保全する仕組み構築
- ため池などの貯留機能の保全などの流出抑制対策推進

【上下流バランスを考慮した本川上流や支川における治水対策】

- ダムなどの既存ストックを最大限活用した効率的な対策実施
- ダムの再開発等の工事を国等が代行する仕組み構築

【社会経済に大きな影響を与える施設の保全】

- 重要施設の管理者と連携した被害軽減対策を推進 など

■災害復旧、水防活動等に対する地方公共団体への支援

- 災害復旧申請作業など一連の災害復旧への支援について検討
- 大規模な災害復旧工事を国が代行する仕組み構築
- 発災前の警戒段階からの支援を検討
- 災害対応等に豊富な知見を有する行政経験者等を活用
- 建設業者がより円滑に水防活動を実施できる仕組み構築 など

「水防法等の一部を改正する法律」 (2018.6.19)

① **逃げ遅れゼロ** 実現のための多様な関係者の連携体制の構築

□ **大規模氾濫減災協議会制度の創設**

- 国及び都道府県知事は、多様な関係者が連携して大規模氾濫に対する減災対策をハード・ソフト両面から総合的・一体的に推進するため、洪水予報河川・水位周知河川について、大規模氾濫減災協議会を組織（国協議会は必置、都道府県協議会は任意設置）。
- 大規模氾濫減災協議会では、「水害対応タイムライン」の作成・点検、ICTを活用した災害情報の共有強化等について協議。協議結果には尊重義務

□ **要配慮者利用施設における避難確保計画の作成等の義務化**

- 洪水及び土砂災害のリスクが高い区域にある要配慮者利用施設の管理者等に対し、避難確保計画の作成、避難訓練の実施を義務化し、利用者の確実な避難確保を図ることとする。
- 当該計画を作成しない場合には市町村長が作成の指示を行い、これに従わない場合はその旨を公表することができる。

□ **浸水実績等を活用した水害リスク情報の周知等**

- 住民等の的確な避難の判断等に資するよう、**洪水予報河川や水位周知河川に指定されていない中小河川についても、過去の浸水実績等を市町村長が把握したときは、これを水害リスク情報として住民等へ周知する制度を創設。**

「水防法等の一部を改正する法律」 (2018.6.19)

② **社会経済被害の最小化** 実現のための既存資源の最大活用

□ **民間を活用した水防活動の円滑化**

- 水防管理者等に水防活動のために認められている権限の一部を、水防管理者から水防活動の委任を受けた民間事業者が行使できることとし、民間事業者による水防活動を円滑化。

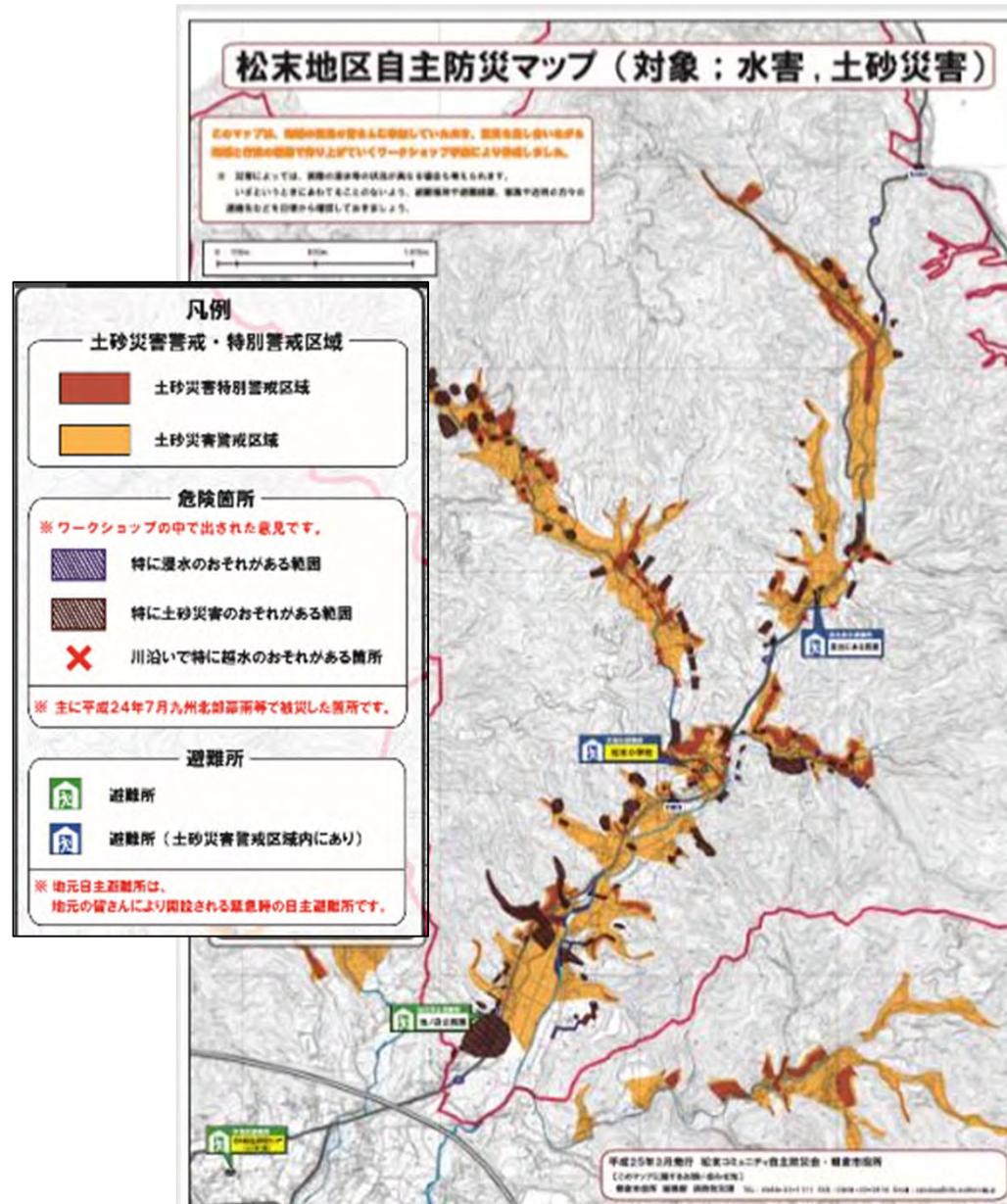
□ **浸水拡大を抑制する施設等の保全**

- 輪中堤防や自然堤防等が存する区域が、洪水の際に浸水の拡大を抑制する効用を有する場合、水防管理者がこれを浸水被害軽減地区として指定し、保全を図る。
- 浸水被害軽減地区の保全により、住民避難までのリードタイムを確保し、又は水防団等が土のう積み等を行う箇所を重点化し、もって水災による被害の軽減を図る。

□ **国等の技術力を活用した中小河川の治水安全度の向上**

- 既存ストックを活用したダム再開発事業や、災害復旧事業等のうち、都道府県知事等では施行が困難な高度な技術等を要するものについて、**国・水資源機構による工事の代行制度を創設**。
- 代行事業に要する費用負担は都道府県知事等が自らこれを実施する場合と同じ。

朝倉市での被災前からの自主防災マップ作りの活動



自主避難所の指定例

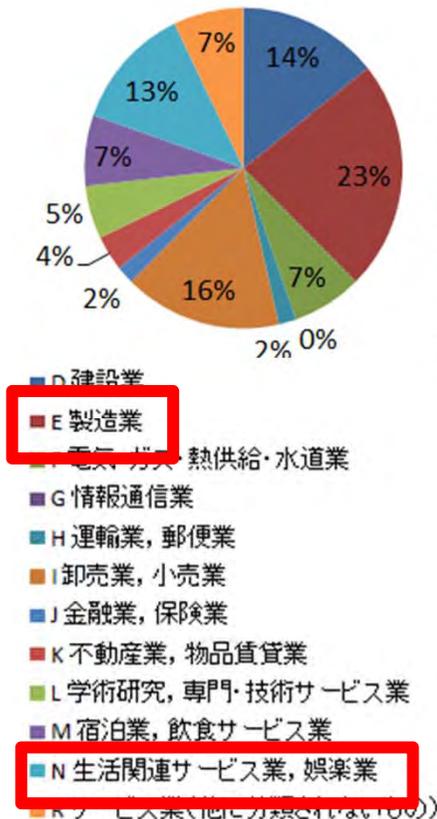


出典: 朝倉市自主防災マップのページ
<http://www.city.asakura.lg.jp/www/content/s/1332397590637/index.html>

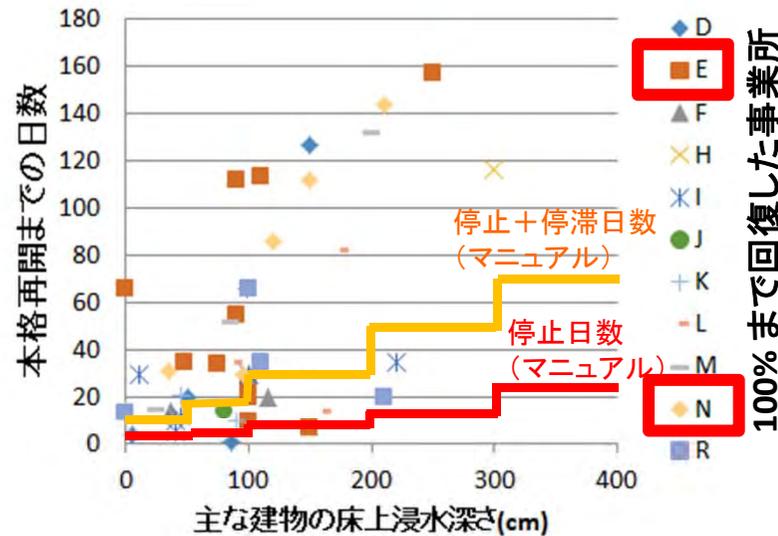
2015年関東・東北豪雨により被災した事業所の再開状況

2015年9月の鬼怒川水害では、常総市商工会に所属する事業所1,628社のうち、582社が浸水被害にあった。地域の被害発生度合及び回復力を評価するため、常総商工会の協力のもと、ランダムに抽出した60社を対象としたインタビュー調査を行い、浸水時の対応、被害状況、再開状況、浸水前後での水害対策の実施状況などを把握した。

調査対象の業種

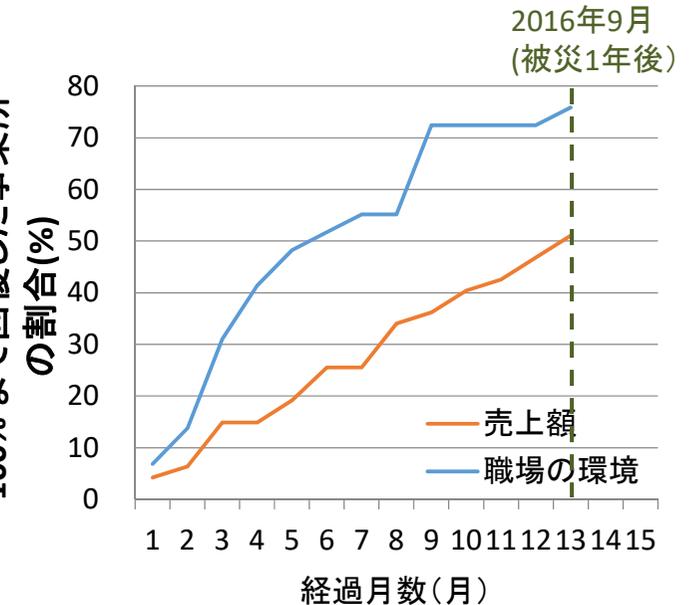


休業日数と浸水深さの分析



治水経済調査マニュアル(H7-8年の被災例に基づく)よりも、長い休業日数を要した事業所も多い。断水等により、浸水が浅くても長期の休業を強いられた事例もある。

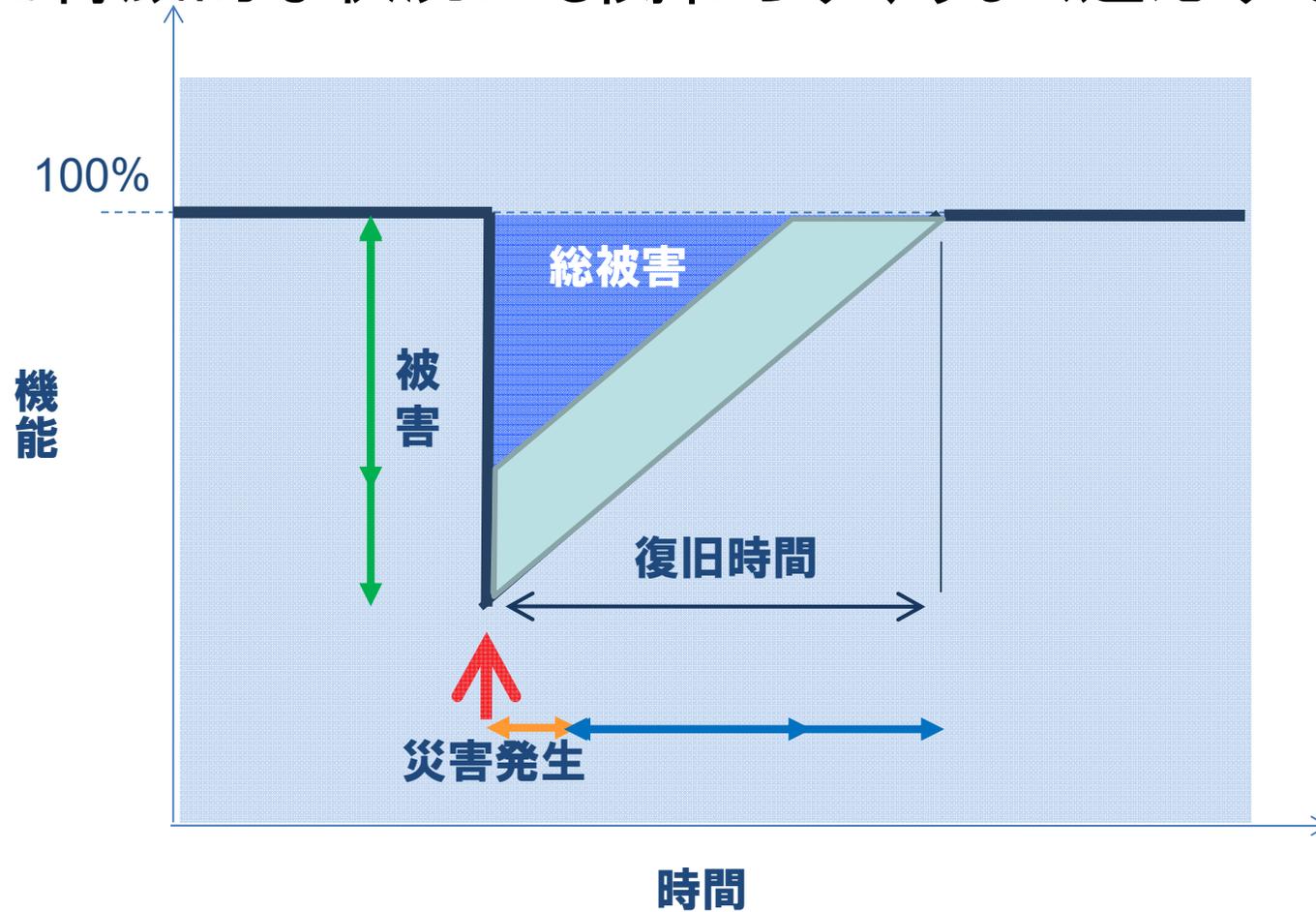
売上額・職場環境の回復状況



水害から1年後でも、売上が100%に回復した事業所は約半数。地域経済は今も回復の途上にある。

レジリエンス(resilience)

困難で脅威的な状況にも関わらず、うまく適応する能力



かく乱への
吸収・対処能力

想定を超える事態への
適応能力

新たな段階への
変容能力

International Symposium on Integrated Actions for Global Water and Environmental Sustainability -In line with the Commemoration of the 70th Anniversary of UNESCO, October 2015, Medan



Second UN Special Thematic Session on Water and Disasters, 2015, The UN Headquarters, New York



Asia Water Cycle Symposium (AWCS2016), March 2016, Tokyo



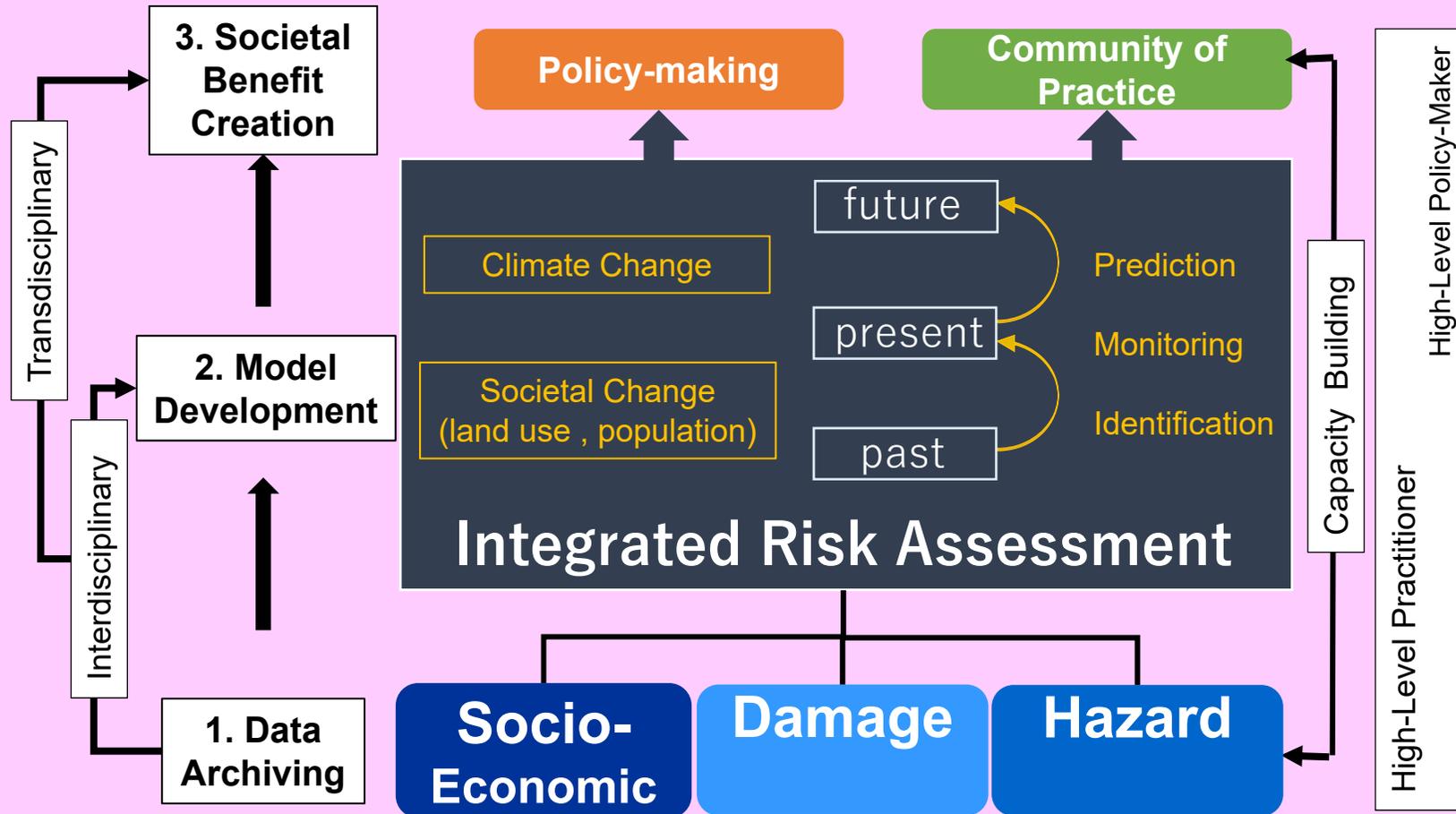
IFI Side Event at the UNESCO IHP IC on New Strategy for International Flood Initiative (IFI), June 2016, Paris



Third UN Special Thematic Session on Water and Disasters, 2017, The UN Headquarters, New York



Platform on Water Resilience and Disasters



International Cooperation

Activities in Asia-Pacific Region

- Pakistan

- Platform on Water and Disasters
- Activity: Meeting among related stakeholders in April, 2017
- Initial Target(s): Indus River

- Myanmar

- Platform on Water and Disasters
- Activity: Meeting among related stakeholders in May and November, 2017
- Initial Target(s): Bago River & Sittaung River

- Philippines

- Platform on Water-related Disasters (PLATFORM)
- Activity: Meeting among related stakeholders in March and June, 2017
- Initial Target(s): Pampanga River & Davao River

- Sri Lanka

- Platform on Water and Disasters
- Activity: Meeting among related stakeholders in August, 2017
- Initial Target(s): Kalu River, Kelani River, Malvaththu-Oya River

International Decade for Action, “~~Water for People~~ Panel members” (as of 3/21/2016) 2018-2028



Kevin Rutte
Prime Minister, Netherlands



János Áder
President, Hungary



Emomalii Rahmonov
President, Tajikistan

Special Advisors to the Panel



Dr. Han Seung-soo
Former prime Minister, South Korea



Manuel Pulgar-Vidal
Minister, Peru



Shift focus of disaster management from response to preparedness and resilience.



Political leadership is needed to raise awareness, strengthen science (that includes a gender perspective), policy and planning, upgrade education, and mobilize financing.



The HLPW Action Plan should be utilized as a useful guidance and connector for advancing the action towards achieving SDGs and Sendai Framework in an integrated manner. Platforms on Water Resilience and Disasters among all stakeholders should be formulated in countries to facilitate dialogue and scale up community-based practices.



Disaster risk prevention and resilience should be integrated in long-term planning.

Financing for and investment in water-related DRR and resilience should be significantly increased within the next five years. “Principles on Investment and Financing for Water-related DRR” should be used to make effective use of this increased investment and could help increasing investments in countries.

Co-convened by:



Abdullah Ensour
Prime Minister, Jordan



Sheikh Hasina
Prime Minister, Bangladesh



Malcolm Turnbull
Prime Minister, Australia



Ban Ki-moon
Secretary General, United Nations



UNITED NATIONS



WORLD BANK GROUP



Jim Yong Kim
President, World Bank Group