

ナショナル・レジリエンス(防災・減災)懇談会

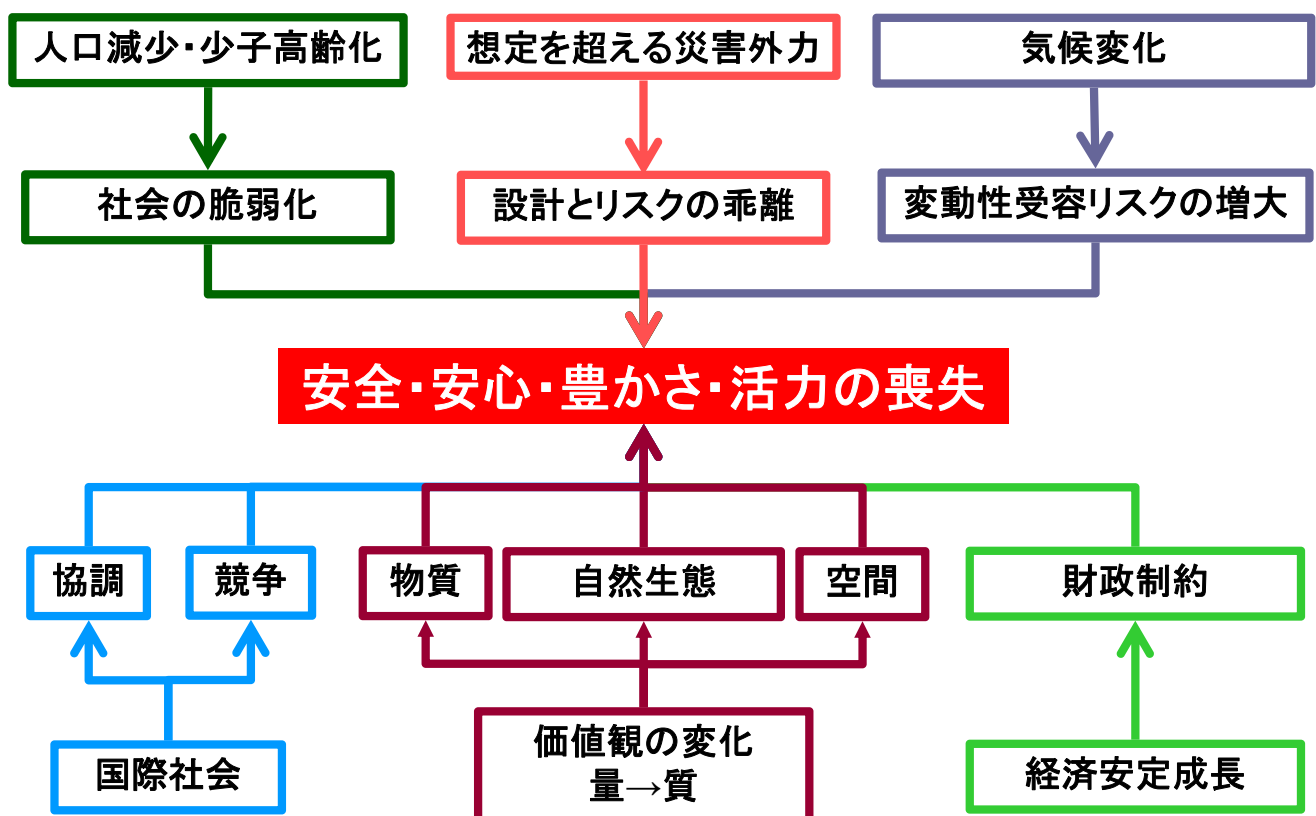
持続可能な開発とレジリエンス
を支える科学・技術

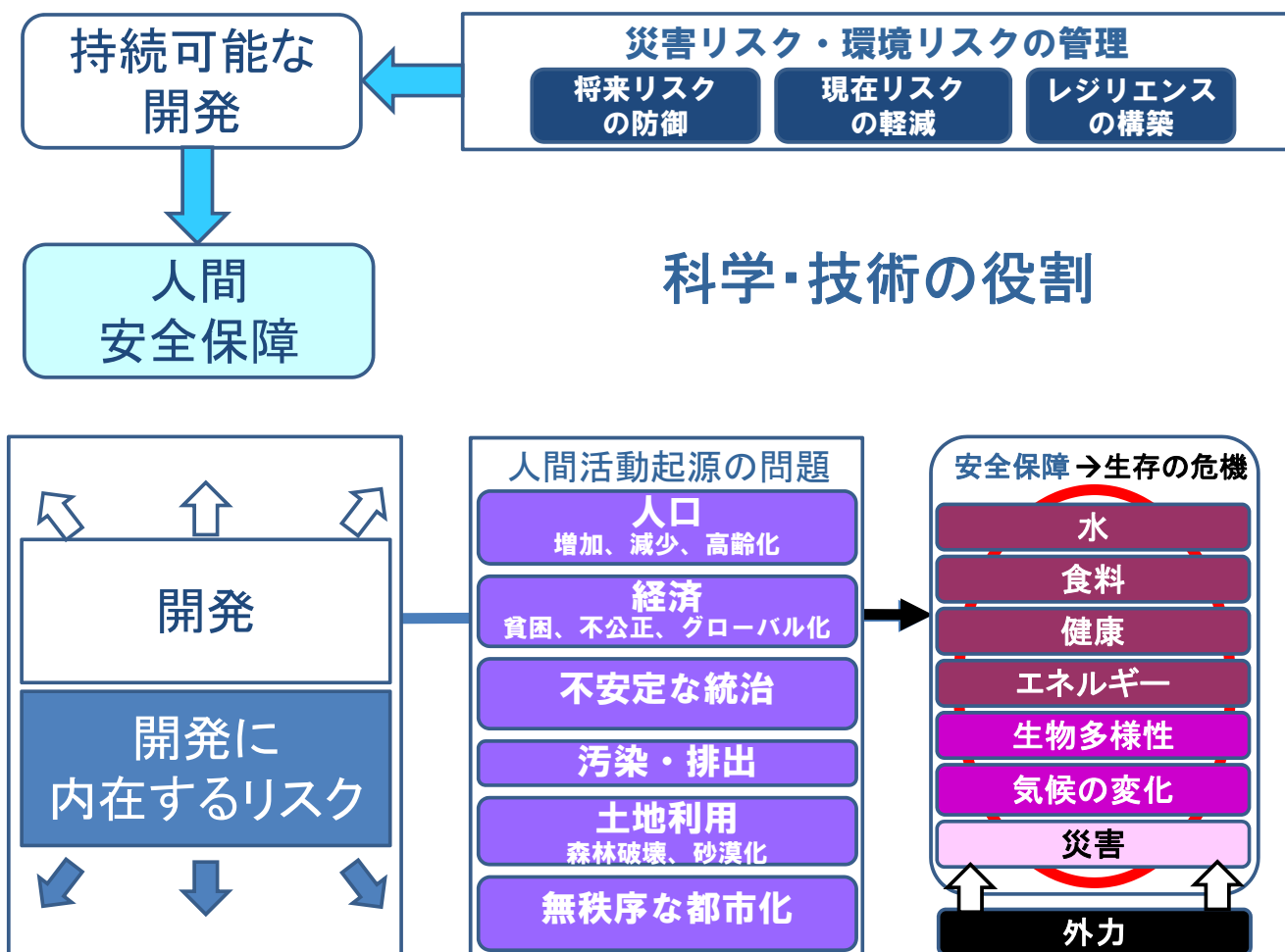
小池俊雄

東京大学大学院工学系研究科
東京大学地球観測データ統合連携研究機構(EDITORIA)
水災害・リスクマネジメント国際線センター(ICHARM)

変化する自然と社会

2





困難で脅威的な状況にも関わらず、うまく適応する能力

レジリエンス(resilience)

レジリエンスの尺度(精神医学)

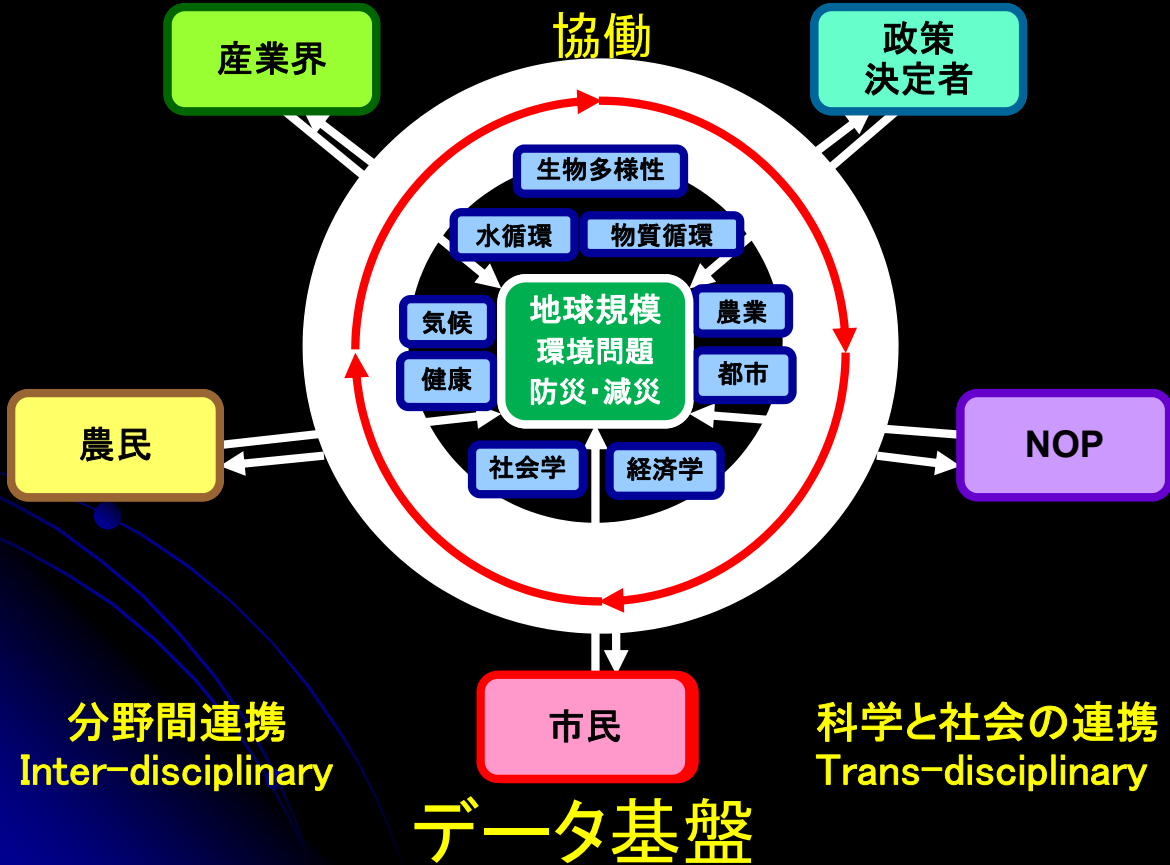
- 子供: ストレスの感知力、現実統制力、問題解決能力、対処法戦略
- 大人: 幅広いパーソナリティ、認知力、対人関係の特徴や機能

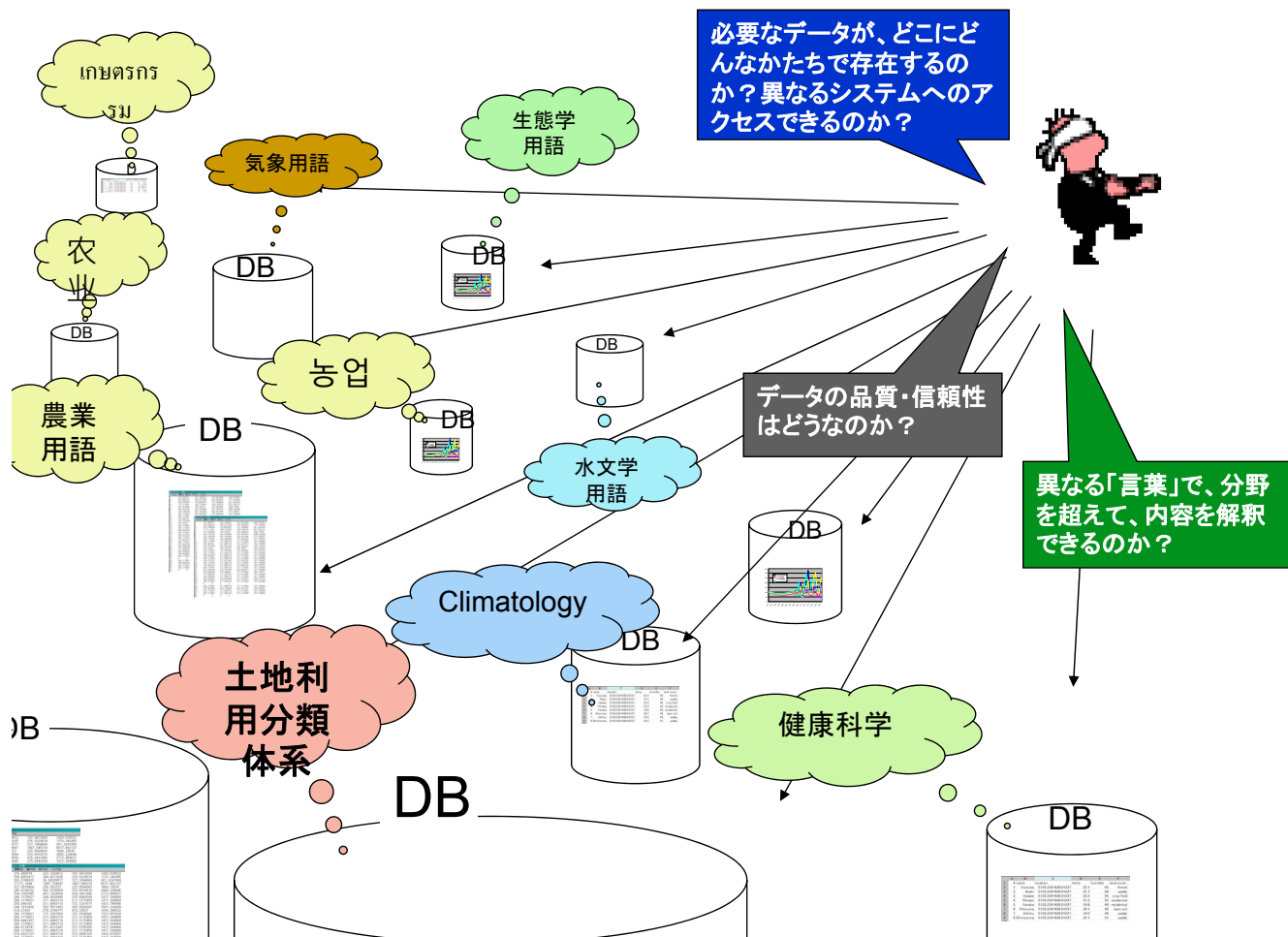


レジリエントな社会づくり

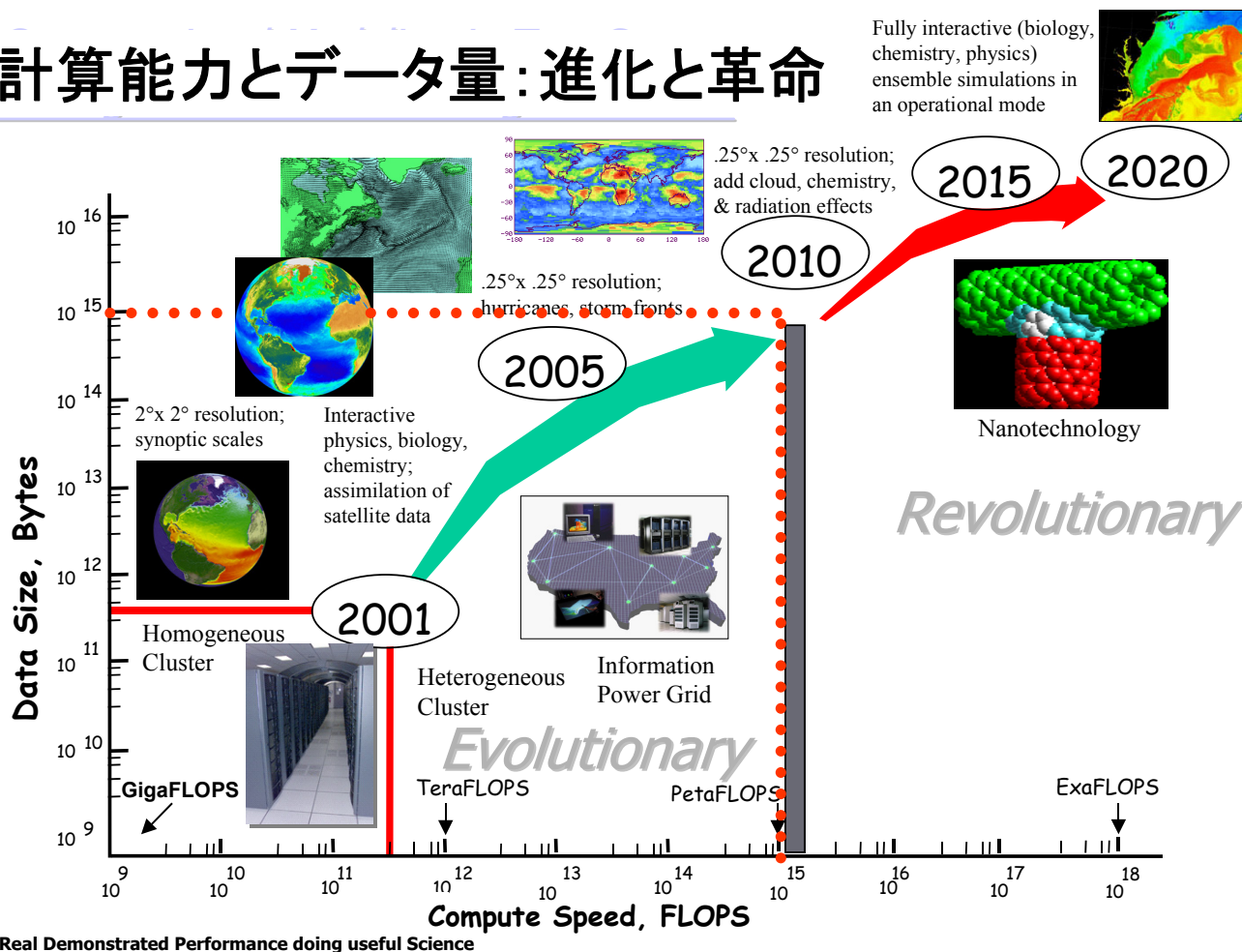
1. 確かな情報の共有
2. 対応策のオプションと戦略的対応
3. 情報に基づくガバナンスの確立
4. ネットワーキング

データ・情報の共有
知識、経験、考え方の交換

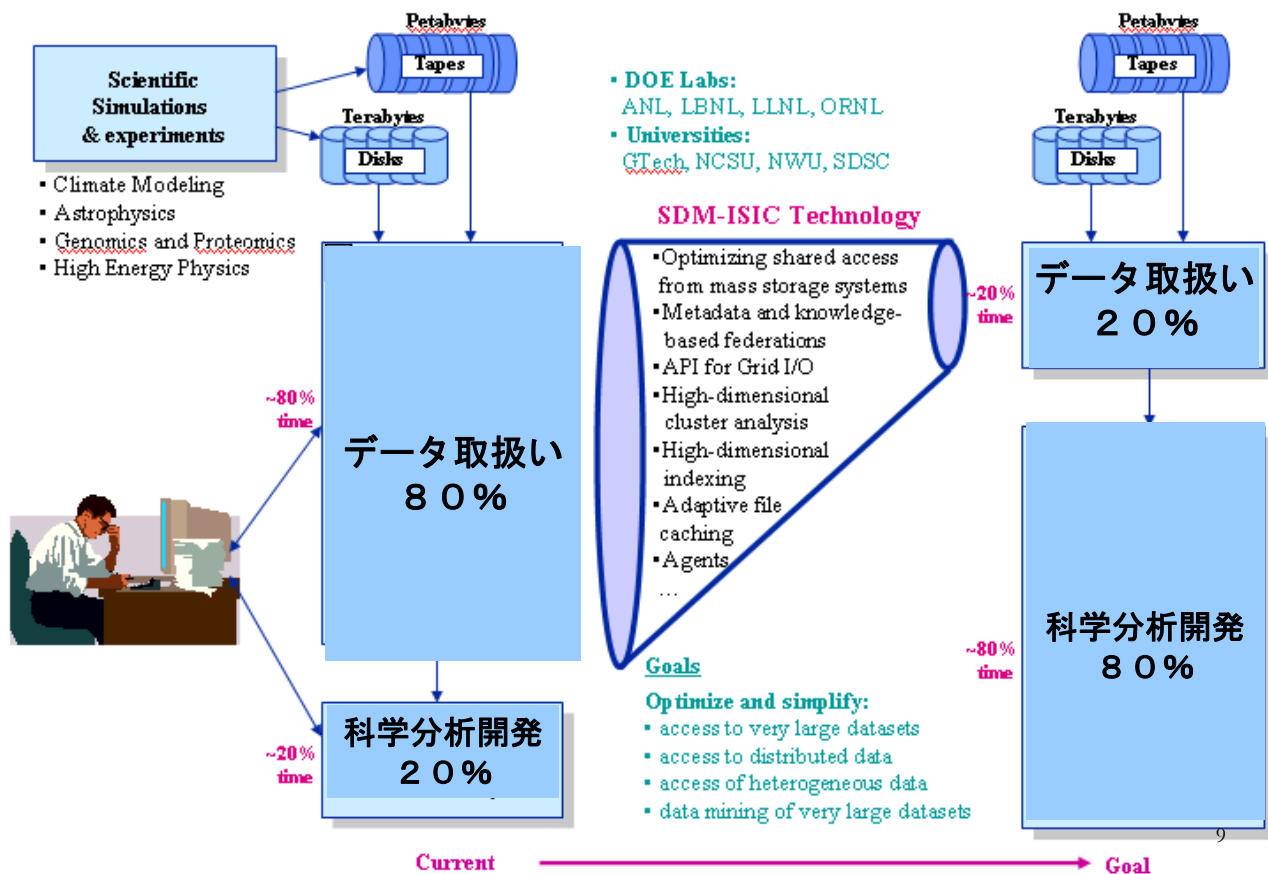




計算能力とデータ量：進化と革命



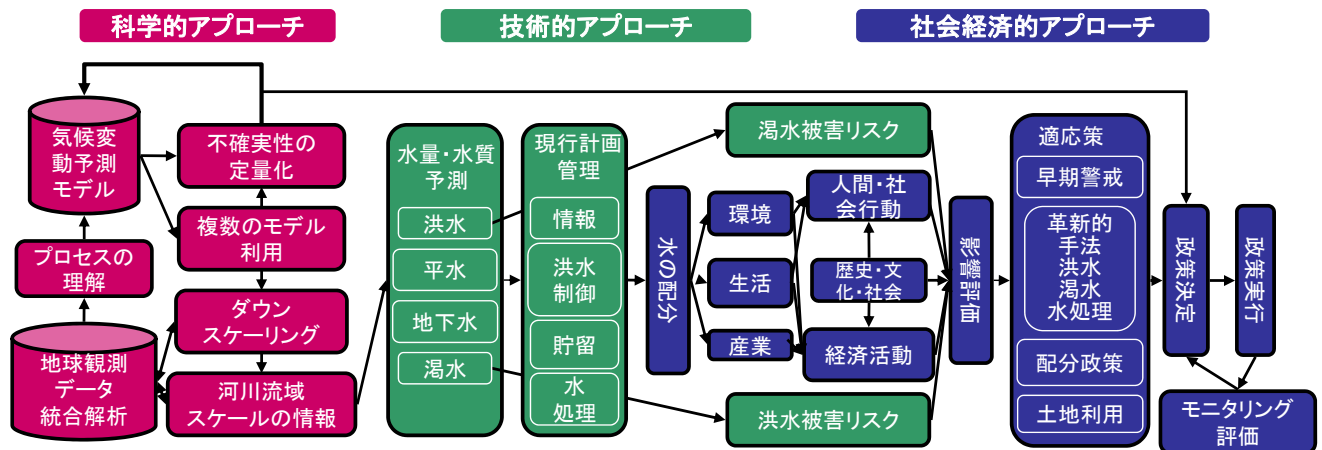
Scientific Data Management ISIC



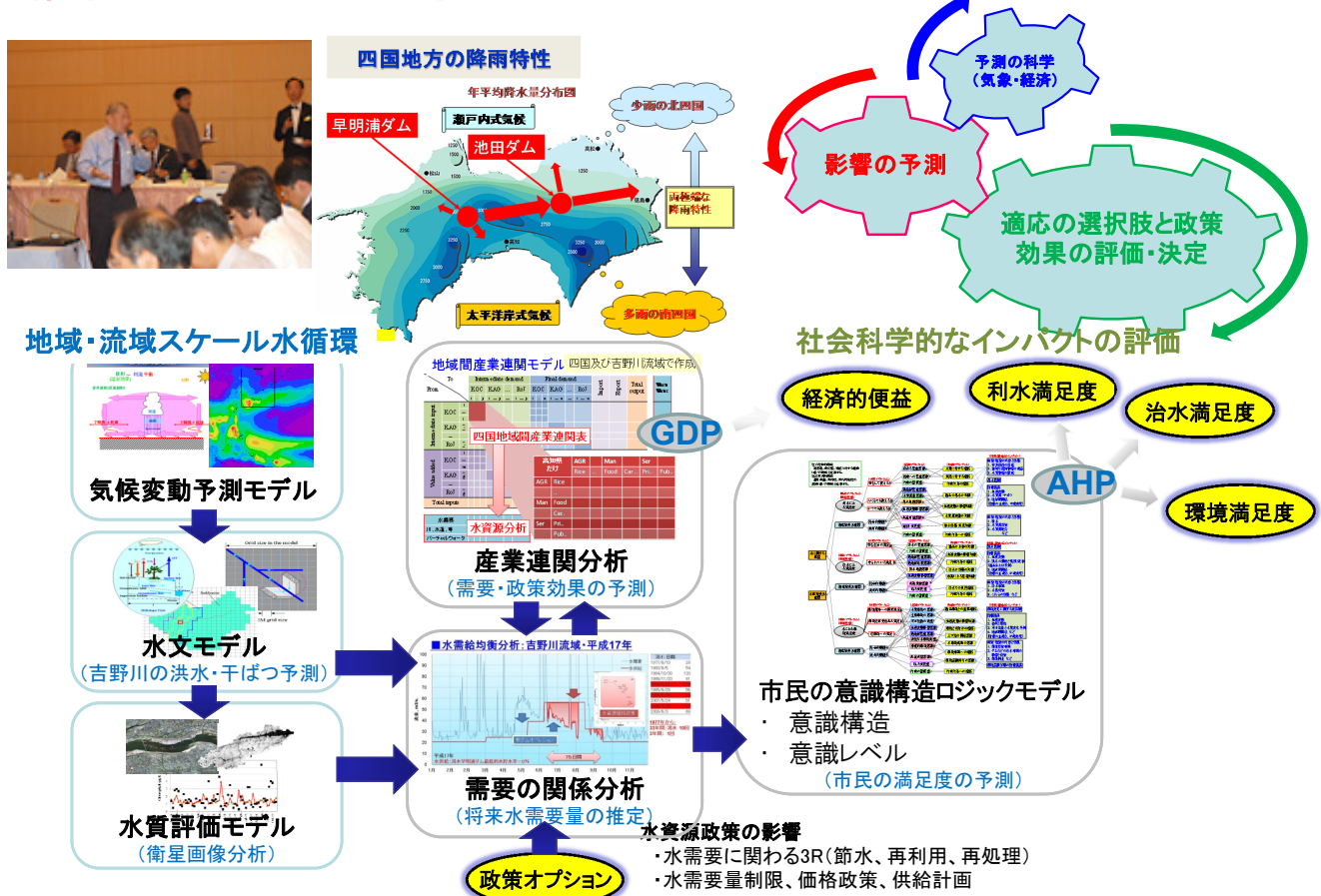
最先端ソフト・ハード情報科学技術 による地球環境イノベーション: データ統合・解析システム



End to End の適応策: Holisticなアプローチ



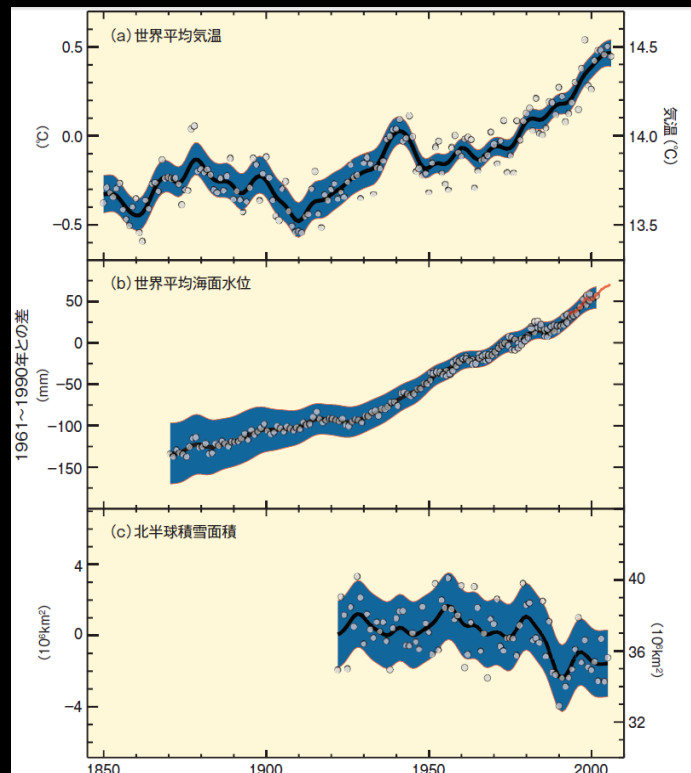
情報共有、相互理解で適応策を合意形成することが重要



気候は変化しているのか？ 何が原因か？

気候システムの温暖化には
疑う余地がない。

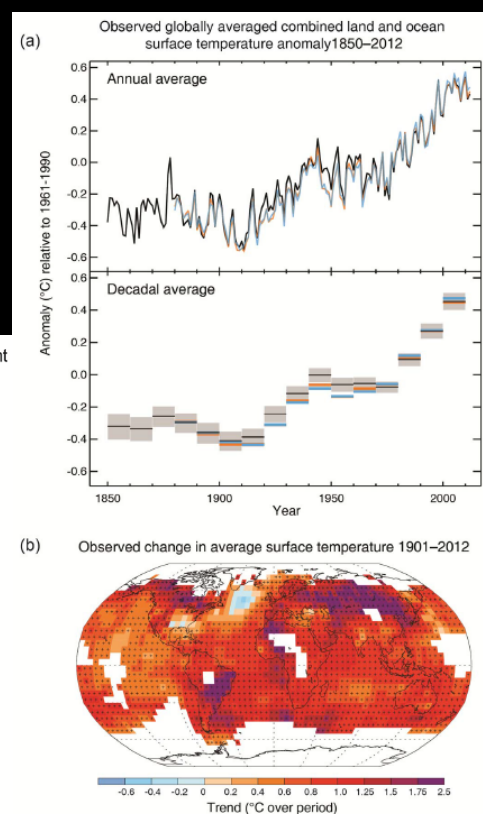
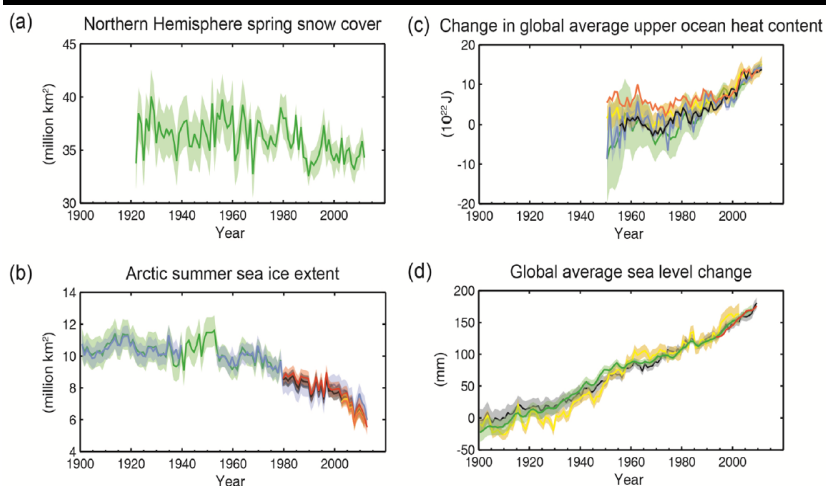
気候変動に関する政府間パネル(IPCC)
第4次評価報告書統合報告書,2007



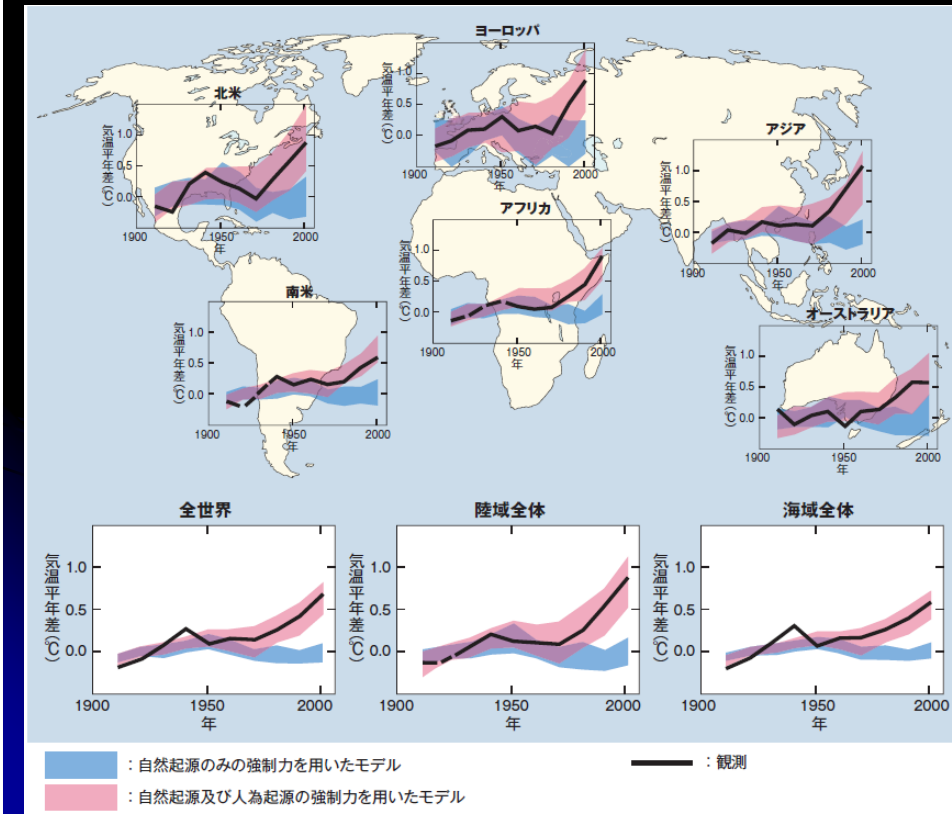
気候は変化しているのか？ 何が原因か？

気候システムの温暖化には
疑う余地がない。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)
第5次評価報告書統合報告書,2013

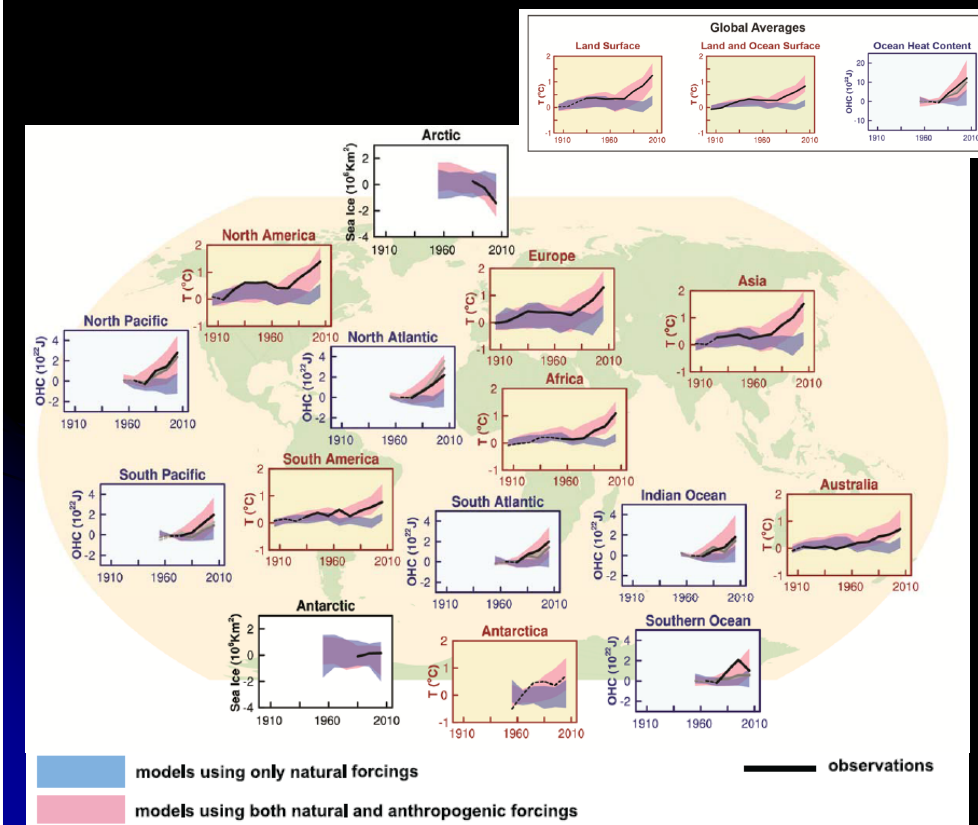


気候は変化しているのか？ 何が原因か？



20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い。(IPCC、2007)

気候は変化しているのか？ 何が原因か？



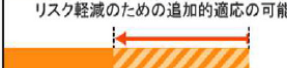
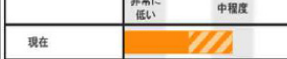
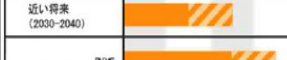
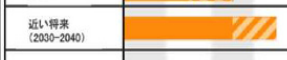
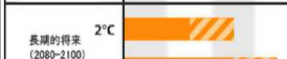
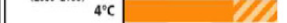
1951～2000年に観測された世界の地表温度の上昇の半分以上は、人為起源の温室効果ガス濃度の上昇と他の人為起源の外力が組み合わさって引き起こされたという可能性が極めて高い。(IPCC、2013)

気候の変化と極端事象 (IPCC第5次評価報告書総括)

第4次報告 (2007) 極端事象に関する特別報告 (2012) 第5次報告 (2013)

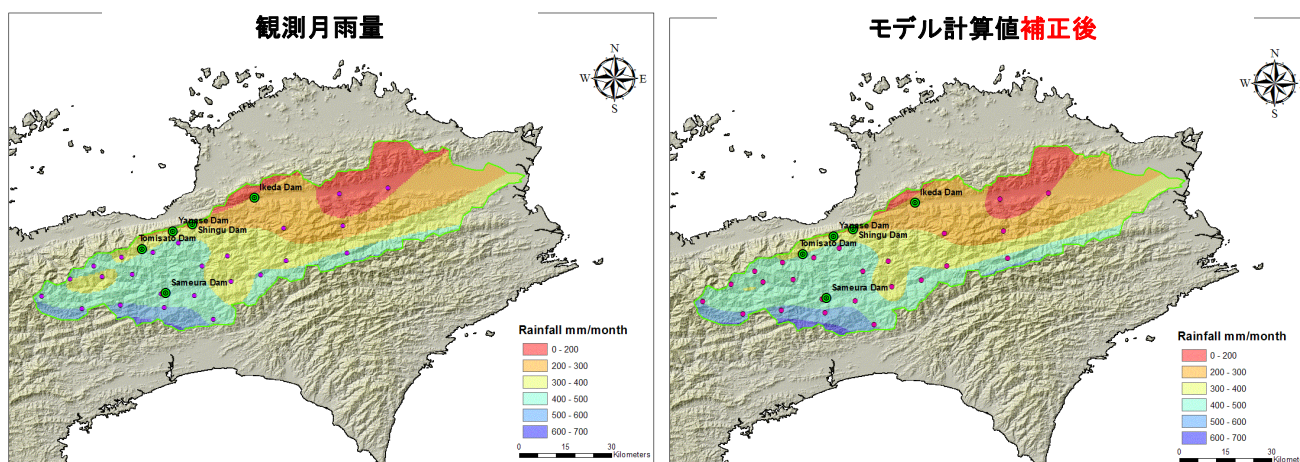
現象及び変化傾向	変化発生の評価 (特に断らない限り 1950 年以降)		将来変化の可能性 21 世紀末	
ほとんどの陸域で 寒い日や寒い夜の 頻度の減少や昇温	可能性が非常に高い 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	{2.6}	ほぼ確実 ほぼ確実 ほぼ確実	{12.4}
ほとんどの陸域で 暑い日や暑い夜の 頻度の増加や昇温	可能性が非常に高い 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	{2.6}	ほぼ確実 ほぼ確実 ほぼ確実	{12.4}
ほとんどの陸域で 継続的な高温/熱波の 頻度や持続期間の増加	世界規模で確信度が中程度 ヨーロッパ、アジア、オーストラリアの大部分で可 能性が高い 多くの(すべてではない)地域で確信度が中程度 可能性が高い	{2.6}	可能性が非常に高い 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	{12.4}
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) 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	{2.6}	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 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	{12.4}
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 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)	{2.6}	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) いくつかの地域で確信度が中程度 可能性が高い ^(e)	{12.4}
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 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	{2.6}	北西太平洋と北大西洋でどちらかと言 えば ⁽ⁱ⁾ いくつかの海域でどちらかと言えば 可能性が高い	{14.6}
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) 可能性が高い(20 世紀後半) 可能性が高い	{3.7}	可能性が非常に高い ^(l) 可能性が非常に高い ^(m) 可能性が高い	{13.7}

気候と水循環の変動 (IPCC第5次評価報告書総括)

影響をもたらす気候関連の要因										リスク水準及び適応の可能性		
										リスク水準及び適応の可能性 リスク軽減のための追加的適応の可能性  高次の適応下での リスク水準 現状の適応下での リスク水準		
温暖化傾向	極端な気温	乾燥傾向	極端な降水	降水	積雪面積	破壊的な サイクロン	海面水位上昇	海洋酸性化	二酸化炭素濃度			
アジア												
主要なリスク		適応の課題と展望					気候的動因		時間軸		リスク及び適応の可能性	
アジアにおけるインフラや居住に対し広範な被害をもたらす河川・沿岸・都市洪水の増加(確信度が中程度) [24.4]		・構造的及び非構造的対策、効果的な土地利用計画、選択的移住を通じた曝露の軽減 ・ライフラインインフラとサービス(例:水、エネルギー、廃棄物管理、食料、バイオマス、モビリティ、地域の生態系、通信)における脆弱性の低減 ・モニタリング及び早期警戒システムの構築;曝露された地域を特定し、脆弱な地域や世帯を支援し、生計を多様化させる対策 ・経済の多様化					  				非常に低い 中程度 非常に高い	
									現在			
									近い将来 (2030-2040)			
									長期的将来 (2080-2100)		2°C 4°C 	
暑熱に関連する死亡リスクの増大(確信度が高い) [24.4]		・暑熱に関する健康警戒システム ・ヒートアイランド現象を軽減するための都市計画立案;建築環境の改善;持続可能な都市の開発 ・屋外作業員の熱ストレスを回避する新たな働き方の実践									非常に低い 中程度 非常に高い	
									現在			
									近い将来 (2030-2040)			
									長期的将来 (2080-2100)		2°C 4°C 	
栄養失調の原因となる干ばつによる水・食料不足の増大(確信度が高い) [24.4]		・早期警戒システム及び地域対応戦略など災害へ備え ・適応的/統合的水資源管理 ・水インフラや調整池の開発 ・水の再利用を含む水源の多様化 ・より効率的な水利用使用(例:改良された農業慣行、灌漑管理、及びレジリエントな農業)					 				非常に低い 中程度 非常に高い	
									現在			
									近い将来 (2030-2040)			
									長期的将来 (2080-2100)		2°C 4°C 	

気候変動予測モデル出力の誤差補正(地域分布)

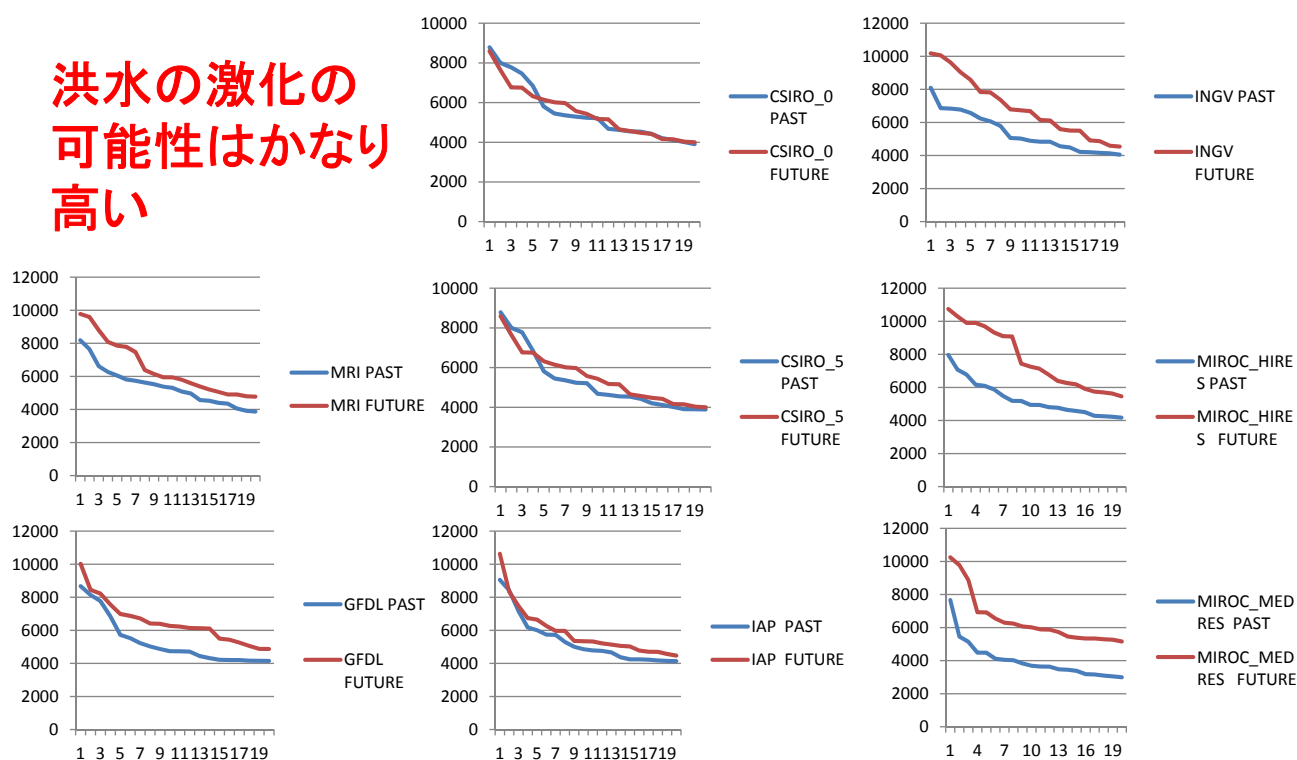
(1981-2000年の9月の20年間平均月降雨量)



池田ダム地点での洪水流量: 20年間の上位20位

現在(1981-2000) — 将来(2046-2065) 単位($\text{m}^3/\text{秒}$)

洪水の激化の
可能性はかなり
高い

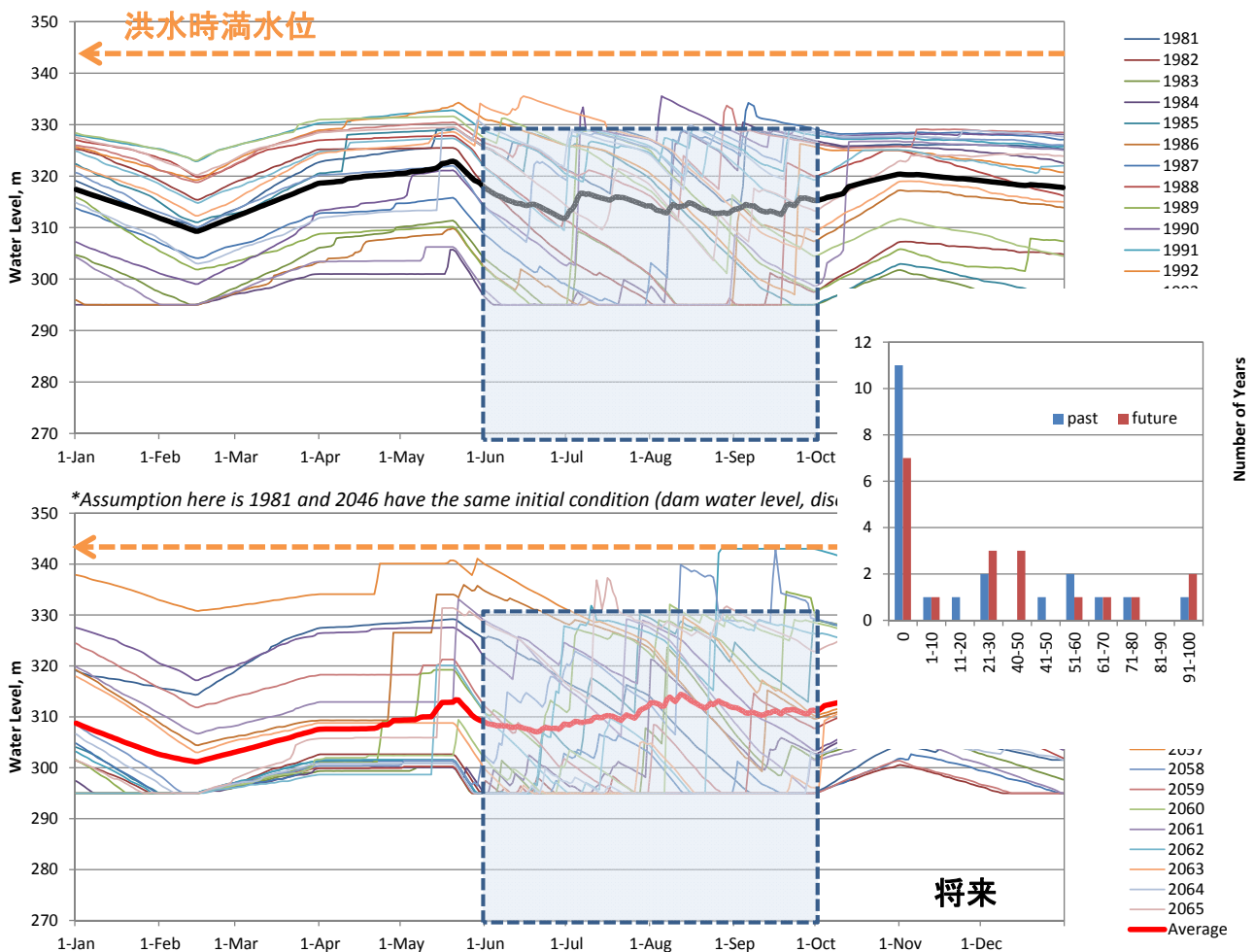


早明浦ダム地点での渇水流量の変化

(青:豊水傾向 赤:渇水傾向)

厳しい渇水が発生する可能性が高い

気候変動 予測モデル	渇水流量の平均値			渇水流量を下回 る日数の平均		渇水流量を下回 る日数の最大		1／10に相当 する渇水流量	
	現在	将来		現在	将来	現在	将来	現在	将来
CSIRO_0	2.96	3.00	↑	15	14	34	41	1.21	1.10
CSIRO_5	2.97	3.00	↑	14	14	35	41	1.21	1.10
INGV	3.23	3.13	↓	13	14	32	35	1.10	1.24
IAP	3.51	3.57	↑	16	16	20	22	1.22	1.26
MIROC_H	4.35	3.18	↓	20	13	79	33	1.28	1.22
MIROC_M	3.14	3.17	↑	14	14	39	41	1.22	1.21
GFDL	4.77	3.8102	↓	24	17	113	59	1.26	1.26
MRI	3.14	3.17	↑	14	14	39	41	1.28	1.23

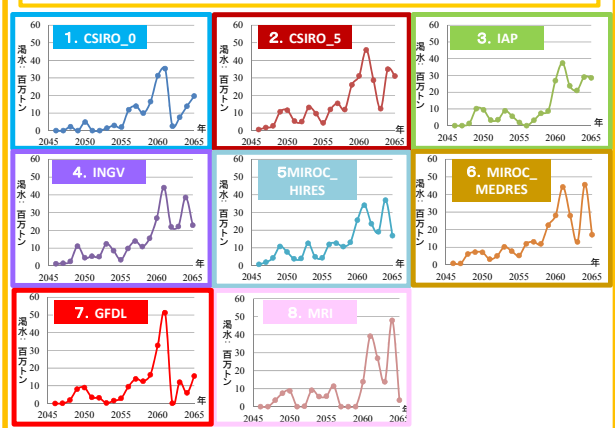


②気候変動が地域・流域スケールの干ばつ・水害・水質汚染に与える影響評価(経済)

③不確定性を考慮した社会的便益を最大化するオプション選択システムの構築(便益)

●水資源の水需給バランスの予測

四国中央市における2046～2065年の渇水予測



●社会経済シナリオの設定:17通り

- 耕地面積の将来動向(年率0%、-0.5%)
- 経済成長率(0%、2%)
- 人口(高位および中位の出生率)
- 一人当たりの水使用量(増加の有無)

組合せによる計16通り

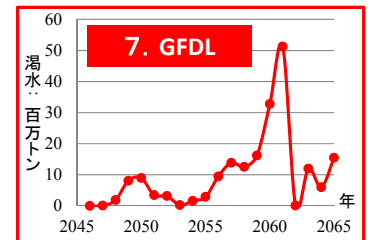
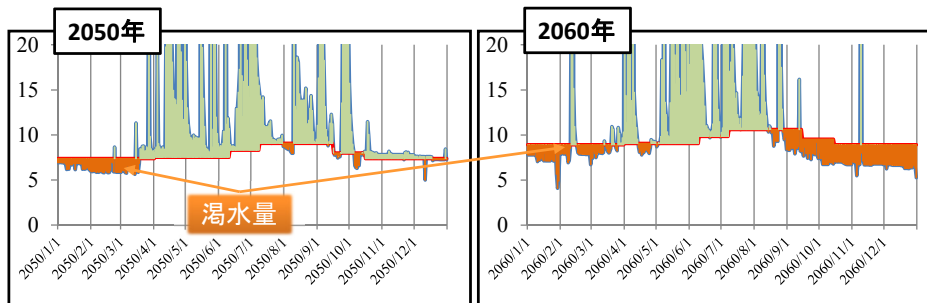
□ 中庸:

耕作面積0%, 成長率1%, 人口(中位), 水使用量(無)

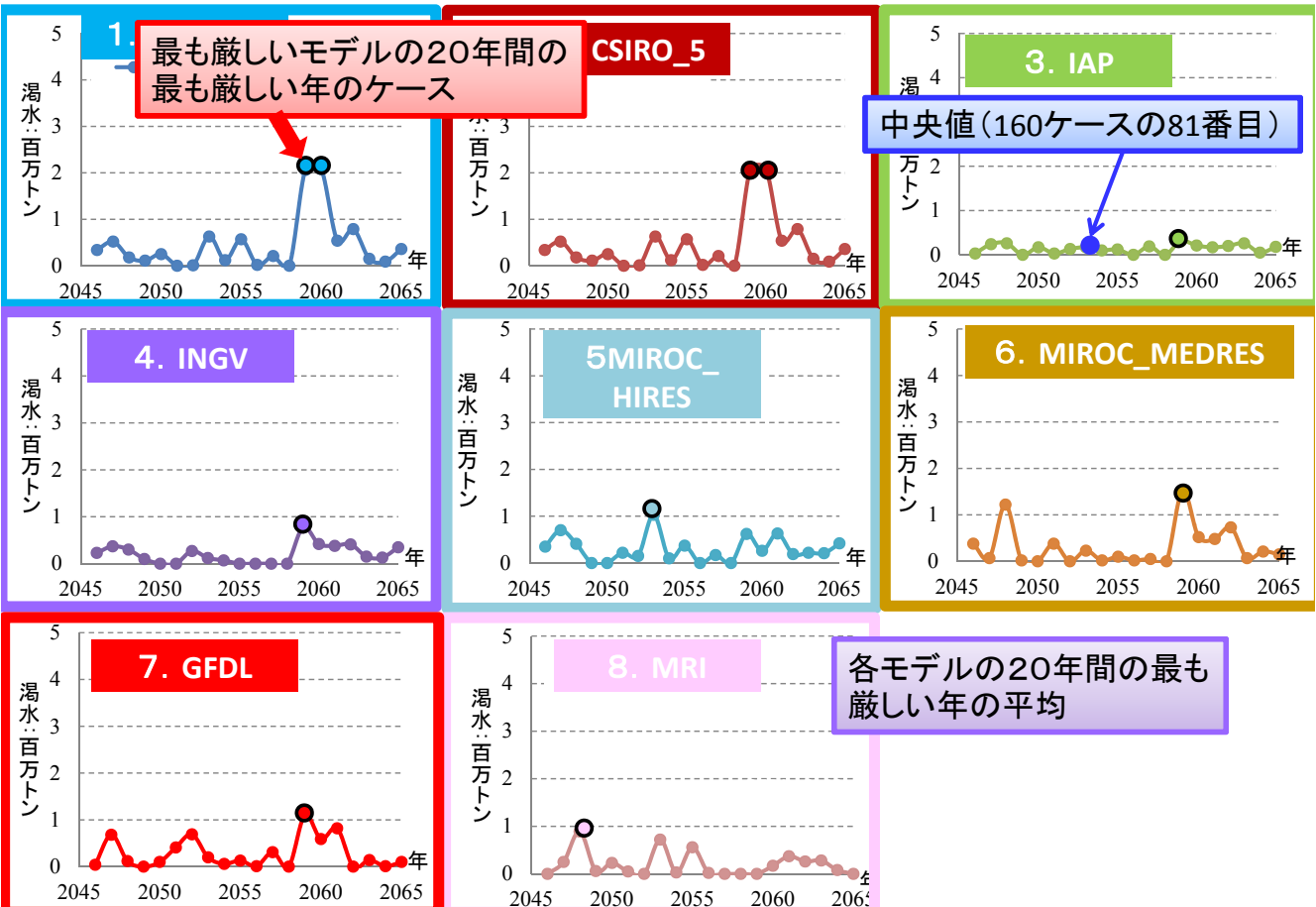
■ 最大:

耕作面積0%, 成長率2%, 人口(高位), 水使用量(無)

● 四国中央市における2046～2065年の渇水予測(気候予測モデル:GFDL、社会経済シナリオが厳しい場合)

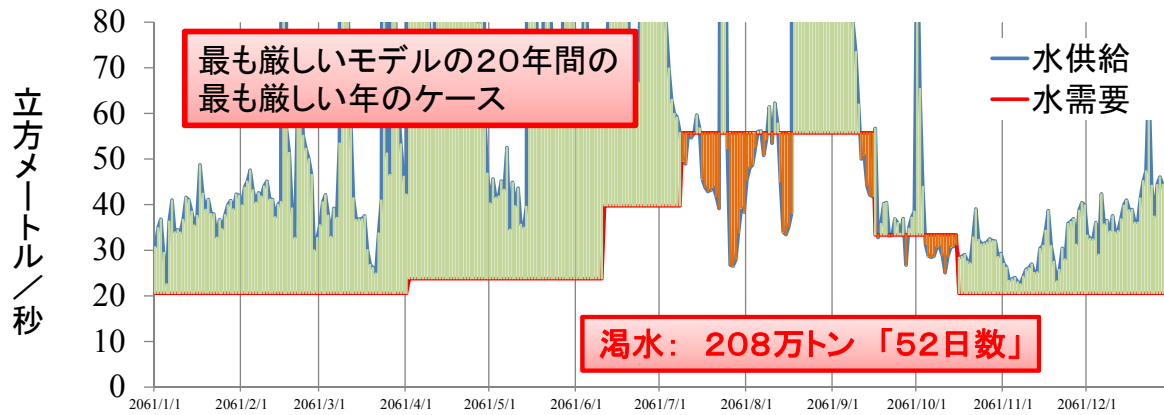


高松市の渇水:2046-2065年の渇水予測

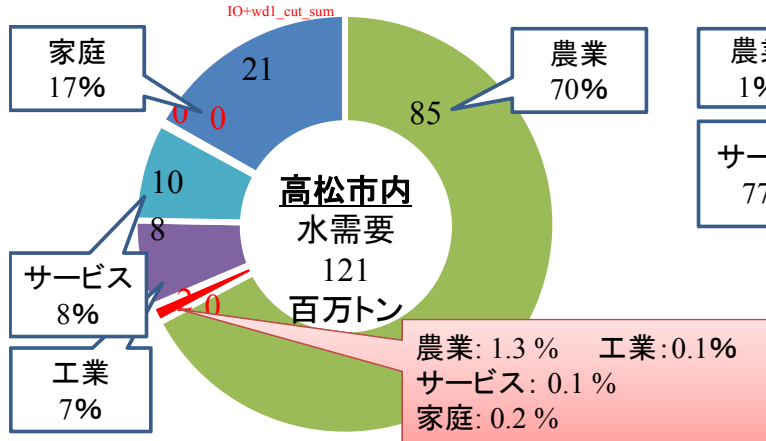


高松市: 2060年の渇水予測

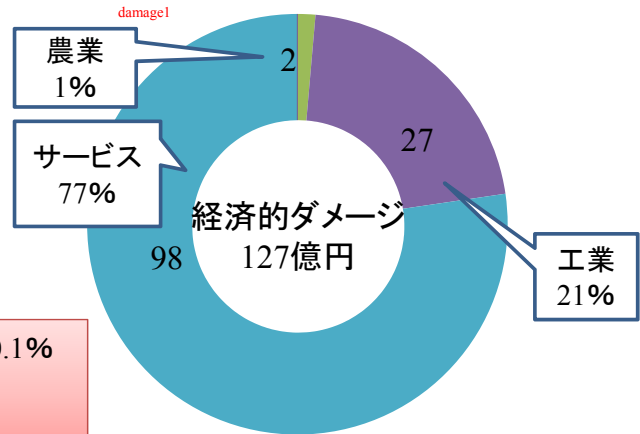
* 経済的ダメージは、2005年の各県における取水制限、用途間調整に基づき予測



高松市の水需要



高松市の経済的ダメージ



- 渇水量 208万トン(52日間)
- 経済的ダメージ 127億円

➡ 経済的損失 6,106円/トン

気候変動の適応策の検討

水資源の開発	新たな水源の開発	ダム(柵川ダム)	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
	既存の水源地の活用・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%)	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	32	176	19.7	107.2	-	(107.2)
		(普及率100%)	(費用) 200 台 容量:約8万円	108	100	65.8	61.1	-	(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%)	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	32	176	19.2	107.7	-	(107.7)
		(普及率100%)	(費用) 洗濯機10万円、トイレ30万円	105	103	64.1	62.8	-	(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)

北海道黒松内町「朱太川」

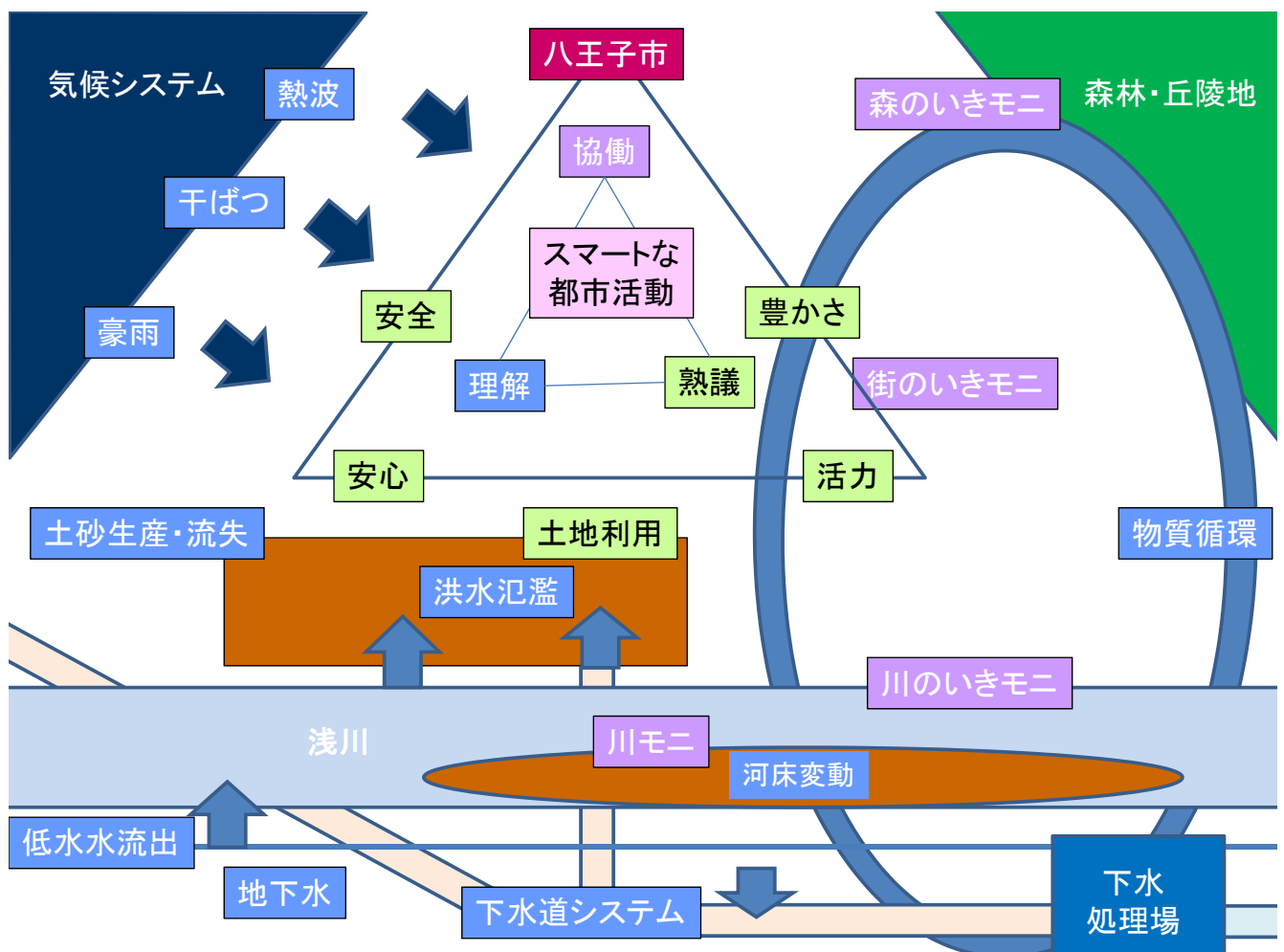
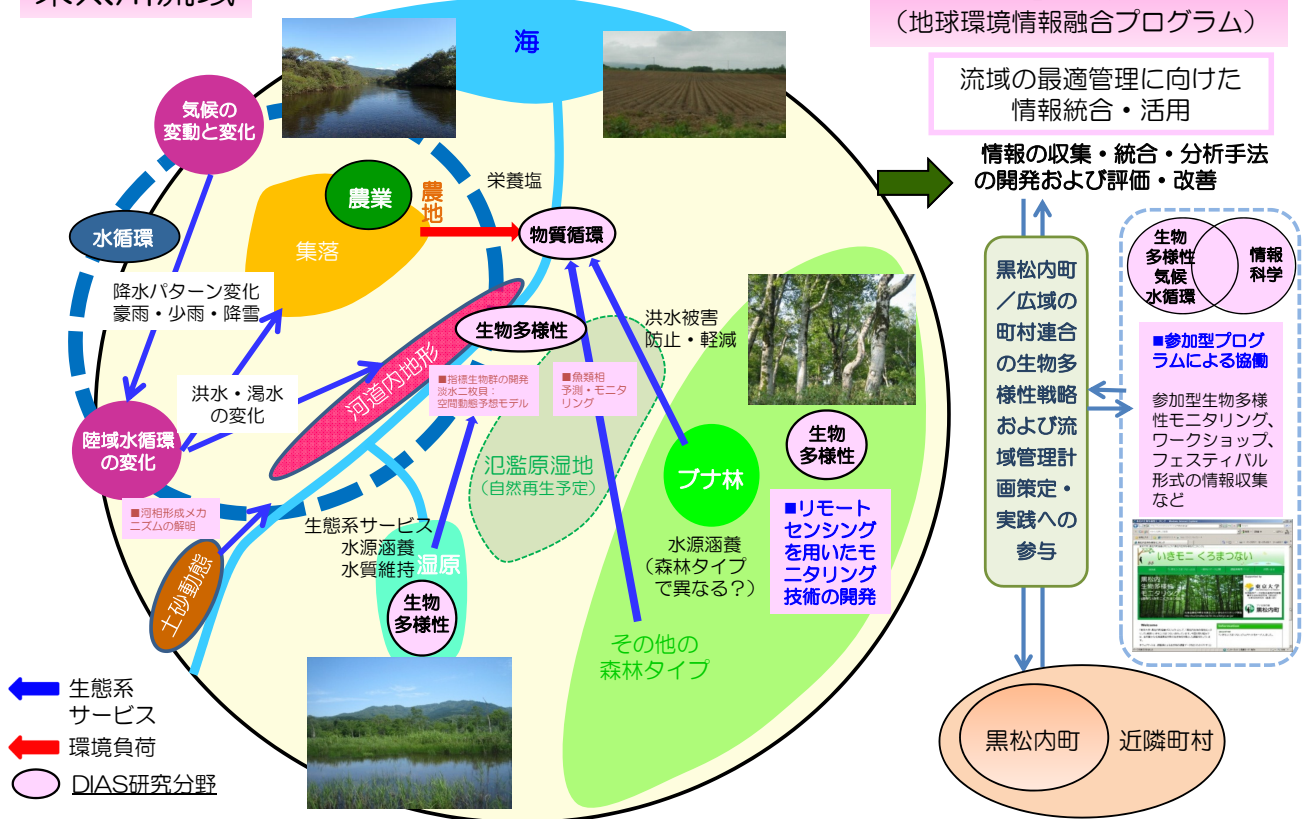
朱太川流域（モデル農村河川流域）

DIAS

（地球環境情報融合プログラム）

流域の最適管理に向けた
情報統合・活用

情報の収集・統合・分析手法
の開発および評価・改善



心理プロセス調査

「心理プロセス」とは？

流域のみなさんの川に対する知識・関心・行動の積極性と、その原因は...？

心理プロセス調査では、以下のような「5つの心理段階」と「5つの心の働き」があると想定して、分析します。

○ 5つの心理段階 ○

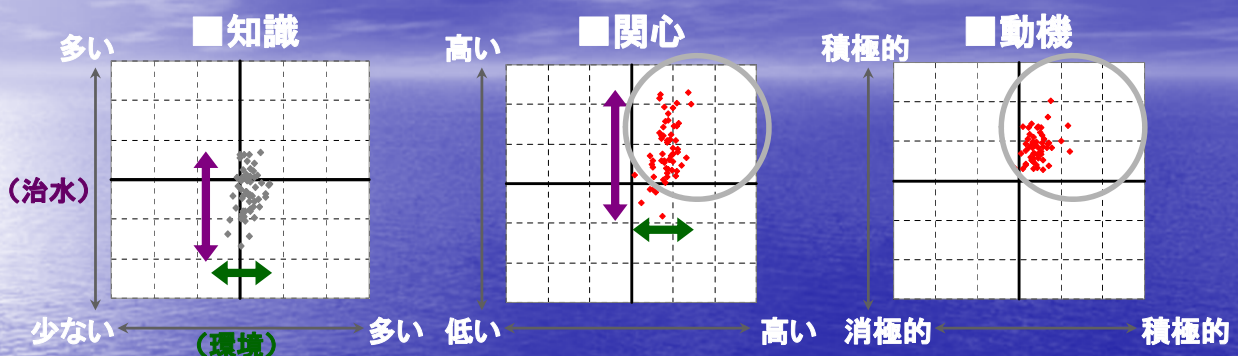
1. 「知識」：対象を知っている段階
(見たこと・聞いたことがある)
2. 「関心」：対象に興味・関心がある段階
3. 「動機」：対象に関わりたいと思う段階
4. 「行動意図」：具体的に行動しようと思う段階
5. 「行動」：実際に行動している段階

影響

○ 5つの心の働き ○

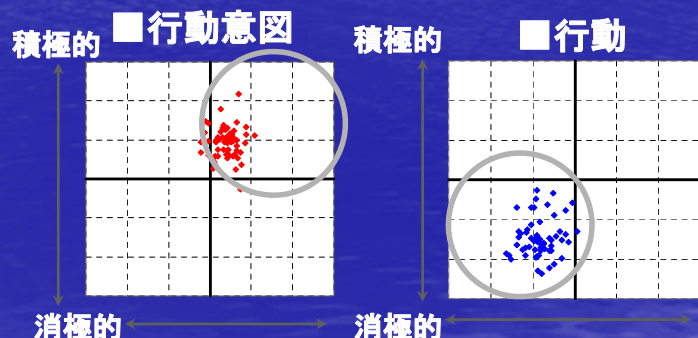
- このままでは危ないと感じる「危機感」
- やらなくてはいけないと感じる「責任感」
- 対策が有効であると感じる「有効感」
- 実行できる機会があると思う「実行可能性」
- 努力に見合った成果が得られると思う「報われ感」

流域のみなさんは、治水にも環境にも「関心」があり、「関わりたい・行動したい」と思っているが、「行動」していない。



■ 点が右上に固まっている
＝どの自治会も、「治水」「環境」とともに積極的

■ 点が左下に固まっている
＝どの自治会も、「治水」「環境」とともに消極的

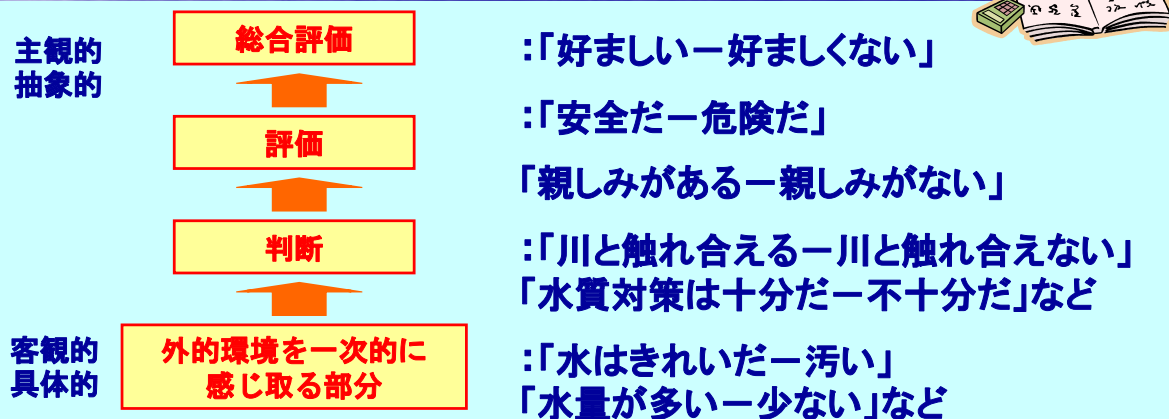


評価構造調査

「評価構造調査」とは？

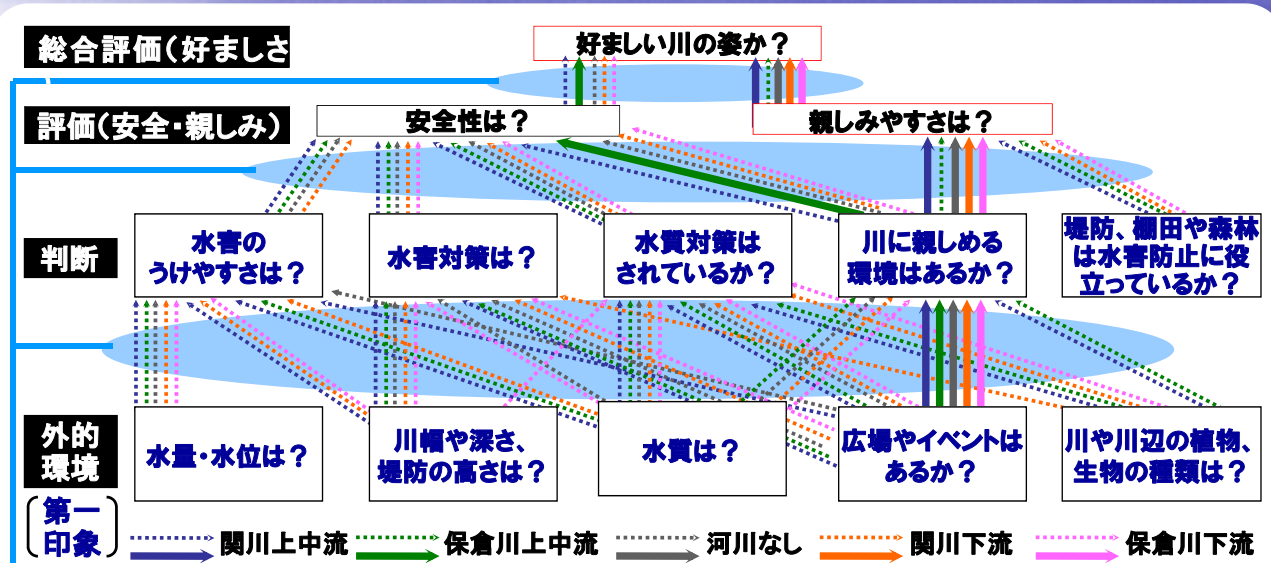
流域のみなさんは川をどのように感じ、どう評価しているか...？
評価構造調査では、以下のような4つの階層があると想定して調査・分析しています。

○ 河川評価の4つの階層 ○



流域住民のみなさんの川に対する評価の過程には多少の地域差があるが、主要な過程は共通している。

最も強い経路(太い矢印の流れ)は4地域で共通



矢印が交錯＝外的環境からの判断は、上の2層間より地域差が大きい

自治会ごとの車座意見交換会

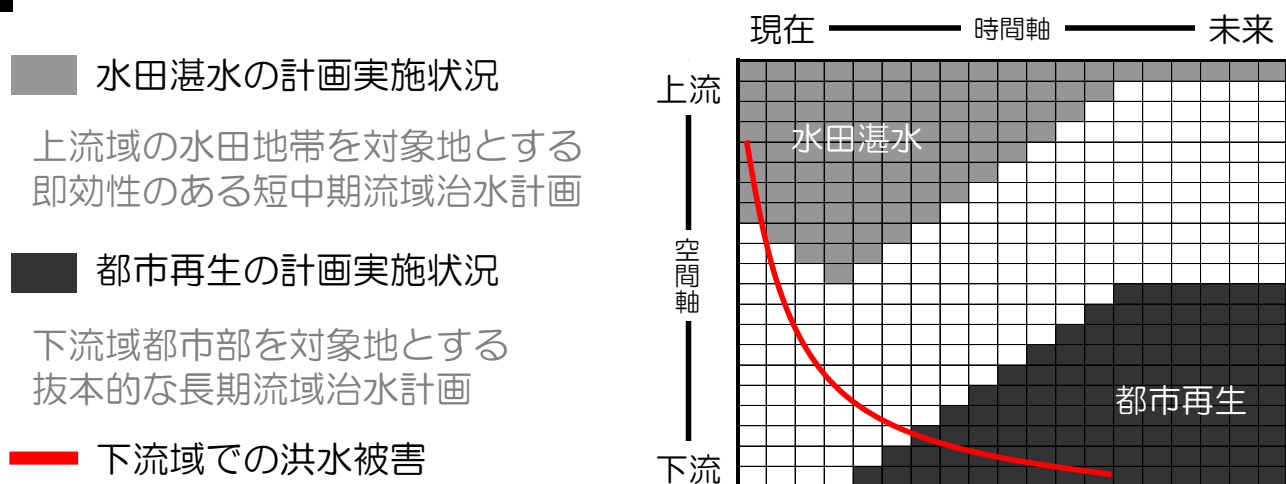


市単位の川のワークショップ

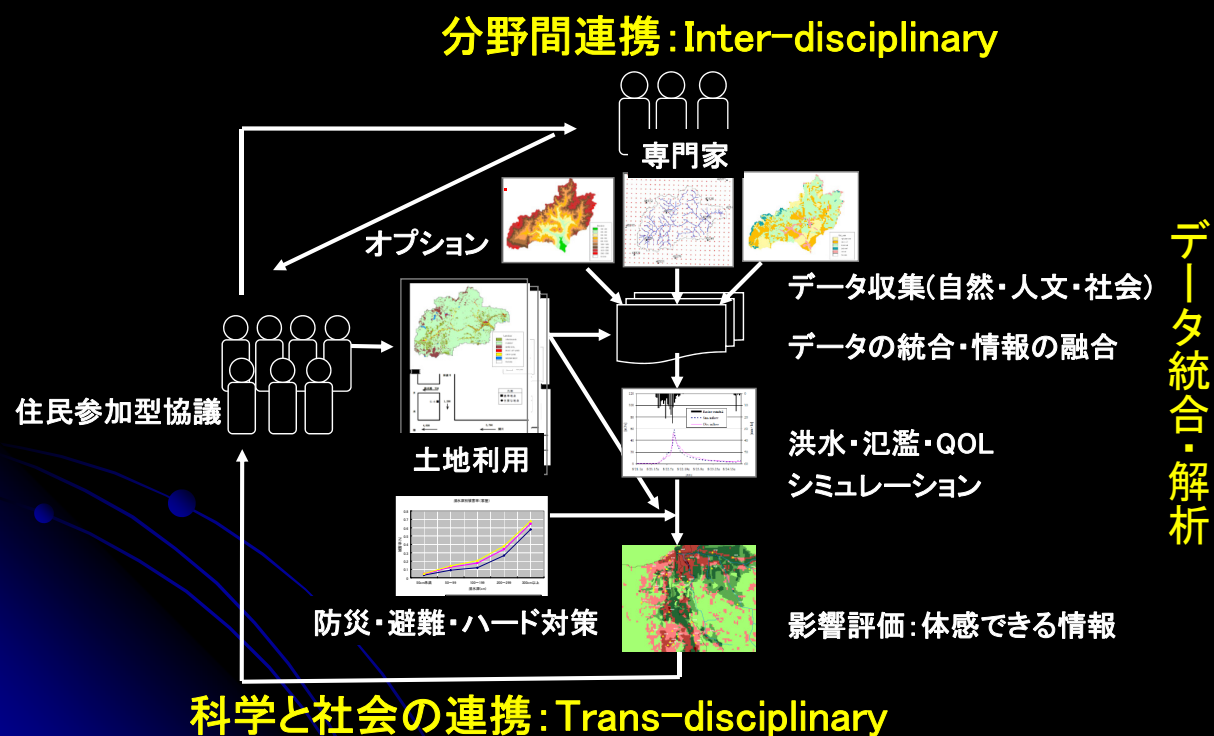


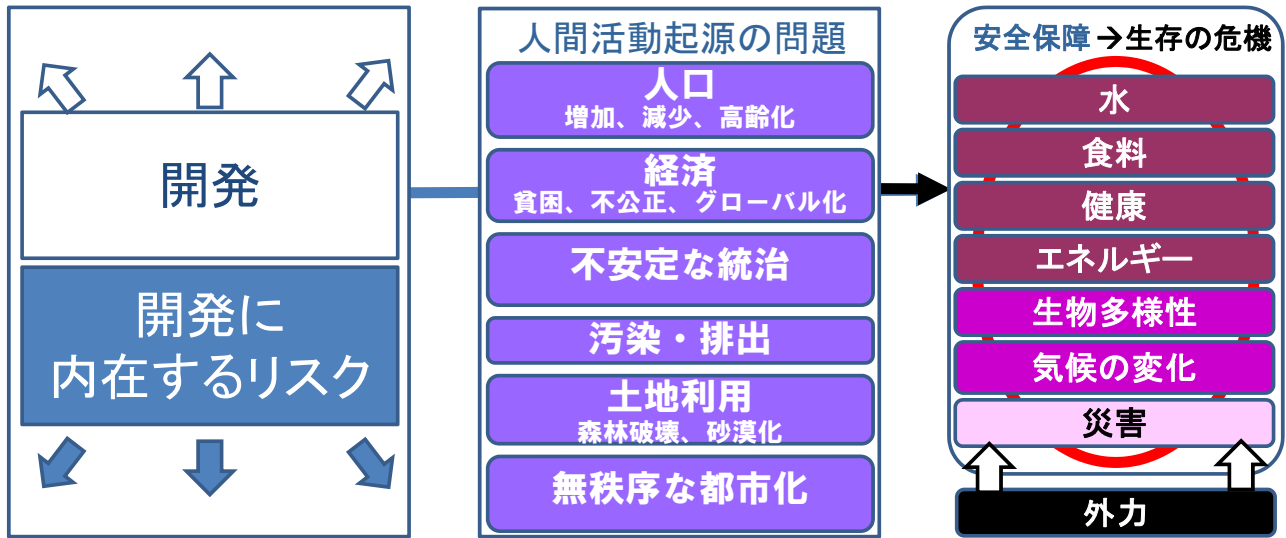
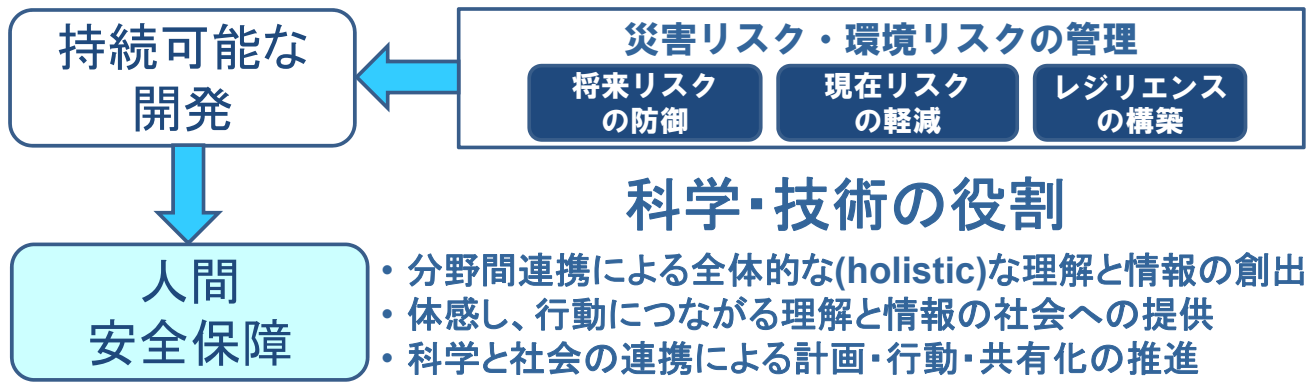
2つの提案と新たな空間軸／時間軸

- 1) 即効性のある短中期計画である水田湛水案により、水田への被害を許容しつつ、下流域都市部を治水。
- 2) 同時に、長期的視野のもと都市再生案の検討を進め、農村負担を縮小。
- 3) 都市再生が完遂された後、持続的な社会を形成。



影響評価と適応策の検討： 住民参加型協議





自然と社会の変化

