

第28回農業農村情報研究部会勉強会
東京大学農学部7号館にて

日本列島の水・物質循環を可視化する 1 Kmメッシュ国土水循環モデル構築の試み

2010年9月8日

 株式会社 地圏環境テクノロジー
Geosphere Environmental Technology Corp.



会社概要

商 号 : 株式会社 地圏環境テクノロジー

Geosphere Environmental Technology Corp.

設 立 : 平成12年9月25日

資本金 : 1,000万円

本 社 : 東京都千代田区神田小川町2-1 檜ビル6F

TEL 03-5283-5825 FAX 03-5283-5826

<http://www.getc.co.jp>

代表者 : 代表取締役会長 登坂 博行 (東京大学大学院工学系研究科
システム創成学専攻 教授)

代表取締役社長 西岡 哲

顧 問 : 小島 圭二 (東京大学名誉教授、地圏空間研究所 代表)

技術顧問 : 山田 正 (中央大学理工学部 教授)

水情報が水問題の解決のカギ

日経新聞

異常気象 政治・経済にも影



中国・甘肅省で土石流 死者337人

首相、現場で陣頭指揮

【北京10日電】中国甘肅省の南西部で、大雨をきっかけに土石流が発生し、死者337人に達した。中国共産党の最高指導者、胡錦濤首相は、現場で陣頭指揮を執った。中国共産党の最高指導者、胡錦濤首相は、現場で陣頭指揮を執った。中国共産党の最高指導者、胡錦濤首相は、現場で陣頭指揮を執った。



「エルニーニョ」現象 関係か

【ワシントン10日電】気象学者らは、今回の異常気象は「エルニーニョ」現象と関係があるとしている。エルニーニョ現象は、太平洋の赤道付近で海水が暖かくなり、気候に影響を与える現象である。

ハキスタン洪水 耕地面積の3%が冠水

【ワシントン10日電】ハキスタン南部で洪水が発生し、耕地面積の3%が冠水した。洪水は、農作物の収穫に影響を与えている。

中国成長 水問題に直面

湖汚染 市民がパニック

水道悪臭 一斉に水買い

【北京10日電】中国中部の湖北省で、湖の水が汚染され、市民がパニックを覚えている。水道局から悪臭が漂い、市民は水を買い集めている。中国中部の湖北省で、湖の水が汚染され、市民がパニックを覚えている。

工場を行政・NGO監視

【北京10日電】中国で、工場からの排水を行政機関とNGOが監視している。監視は、水質汚染を防止するために行われている。

ロシアの猛暑 森林火災

【モスクワ10日電】ロシアで猛暑が続き、森林火災が発生している。火災は、森林資源に大きな被害を与えている。

インフレ率 上方修正も

【ワシントン10日電】中国のインフレ率が上方修正された。これは、物価の上昇を示している。

緑に濁る水

【北京10日電】中国で、水が緑色に濁っている。これは、水質汚染の兆候である。

危険は商機

【北京10日電】中国で、水問題が商機を生んでいる。企業は、水資源の確保を競っている。

アジア 水争奪戦

中国ダム火種

【北京10日電】中国で、ダム建設が水争いを招いている。ダム建設は、水資源の分配に影響を与えている。

水をかき集める北京

【北京10日電】北京で、水をかき集めている。これは、水不足を解消するために行われている。

深刻な不足 経済に影

【北京10日電】中国で、水不足が深刻になり、経済に影響を与えている。水不足は、農業と工業に影響を与えている。

温暖化で不安増幅

【北京10日電】中国で、温暖化が水問題を不安増幅させている。温暖化は、水資源の減少を引き起こしている。

水質は劣化 災害は続発

【北京10日電】中国で、水質が劣化し、災害が続発している。水質劣化は、人間の健康に影響を与えている。

花れる浄水器

【北京10日電】中国で、浄水器が花売りをしている。浄水器は、水質改善に役立つ。

私たちはデータと知識を統合し、どこまで自然現象にせまり、情報を活用できるようになれるか？



アポロから見た地球

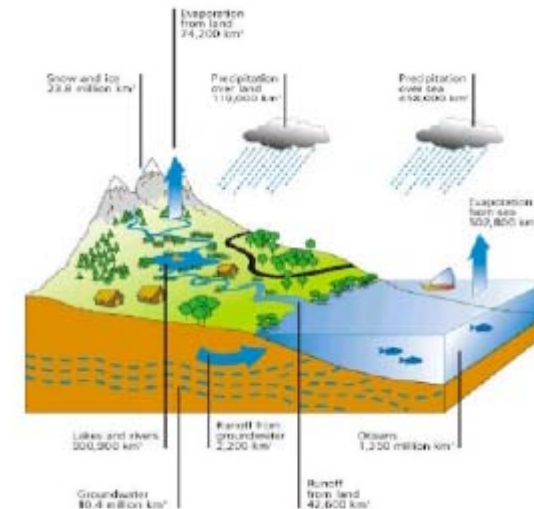


統合水資源理(IWRM)の概念

Integrated Water Resources Management

統合水資源管理(IWRM)とは

水や土地、その他関連資源の調整をはかりながら開発・管理していくプロセスのことで、その目的は欠かすことのできない生態系の持続発展性を損なうことなく、結果として生じる経済的・社会的福利を公平な方法で最大限にまで増大させることにある（世界水パートナーシップ）

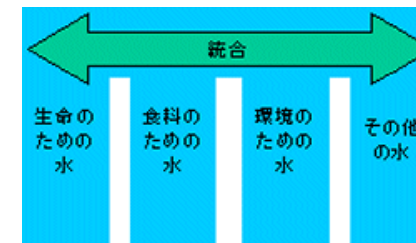


(1) 自然界を統合的に考慮する

水資源と土地資源、水量と水質、表流水と地下水など、自然界での水循環における水のあらゆる形態・段階を統合的に考慮する

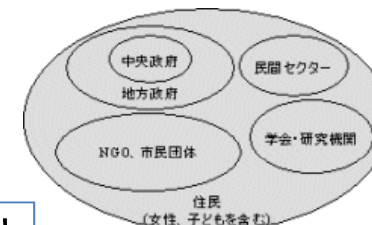
(2) 様々な水関連部門を統合的に考慮する

従来別々に管理されていた水に関連する様々な部門を統合的に考慮する
(河川(治水)、上下水道、農業用水、工業用水、環境のための水、等)



(3) 様々な利害関係者の関与を図る

中央政府、地方政府、民間セクター、NGO、住民などあらゆるレベルの利害関係者を含む参加型アプローチ (ジェンダーの視点は特に重要)



日本水フォーラムホームページより

背景・動機

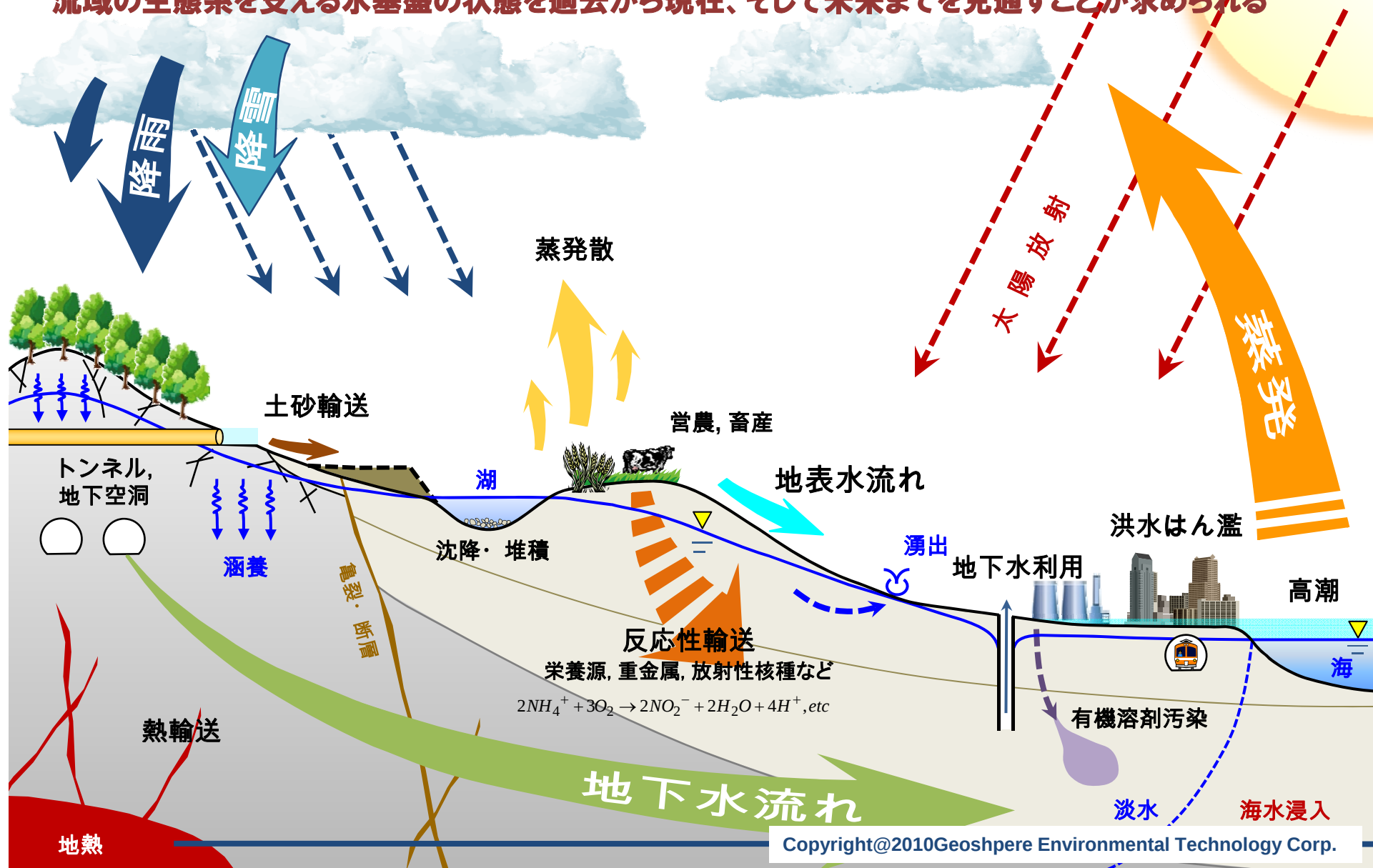
- 世界各地で局地豪雨後の洪水、高潮による水災害、土砂災害の発生、地球温暖化、気候変動に伴う水資源腑存域の変化等の様々な水問題の尖鋭化
- 気象、地形、水文観測データ等の誰もが容易に利用できるデータの充実
- 超並列計算技術の普及
- 利用可能な基本データを搭載した3D国土モデルにより、絶えず変化する気象条件を与え続け、その応答を検証し続けることが可能
- コンピュータ上に作り上げた国土モデルを絶えず動かし、自然を知ろうとする継続的な試みは、様々な水問題に迅速に貢献できる情報(知識)の蓄積となる

1 Kmメッシュ国土水循環モデル構築の開発目標

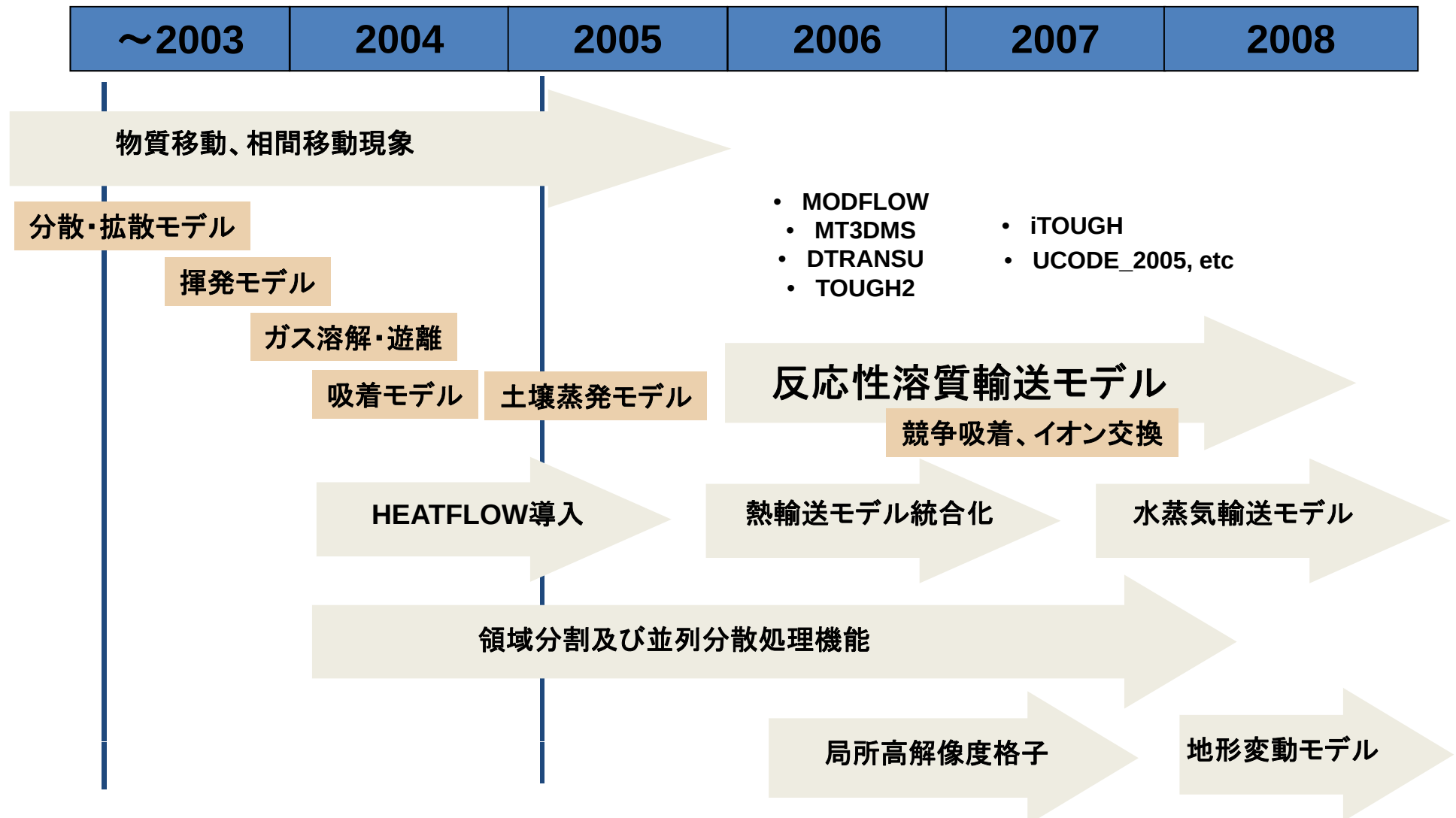
- 日本国土全体の地上から地下までを3次元メッシュに細分化した数値モデルの構築と水循環シミュレーションの実施
- 世界の主な流域への水資源・環境情報プラットフォームに展開
- 水問題に関する様々な情報コンテンツの創出
- 増え続けるフィールド情報の蓄積と共に絶えず更新することができ、国土水循環に関する自然情報配信サービスを行うためのコンピュータシステムの開発

流域を丸ごと描き出す水・物質循環物理モデル GETFLOWS

流域の生態系を支える水基盤の状態を過去から現在、そして未来までを見通すことが求められる



技術開発の経緯



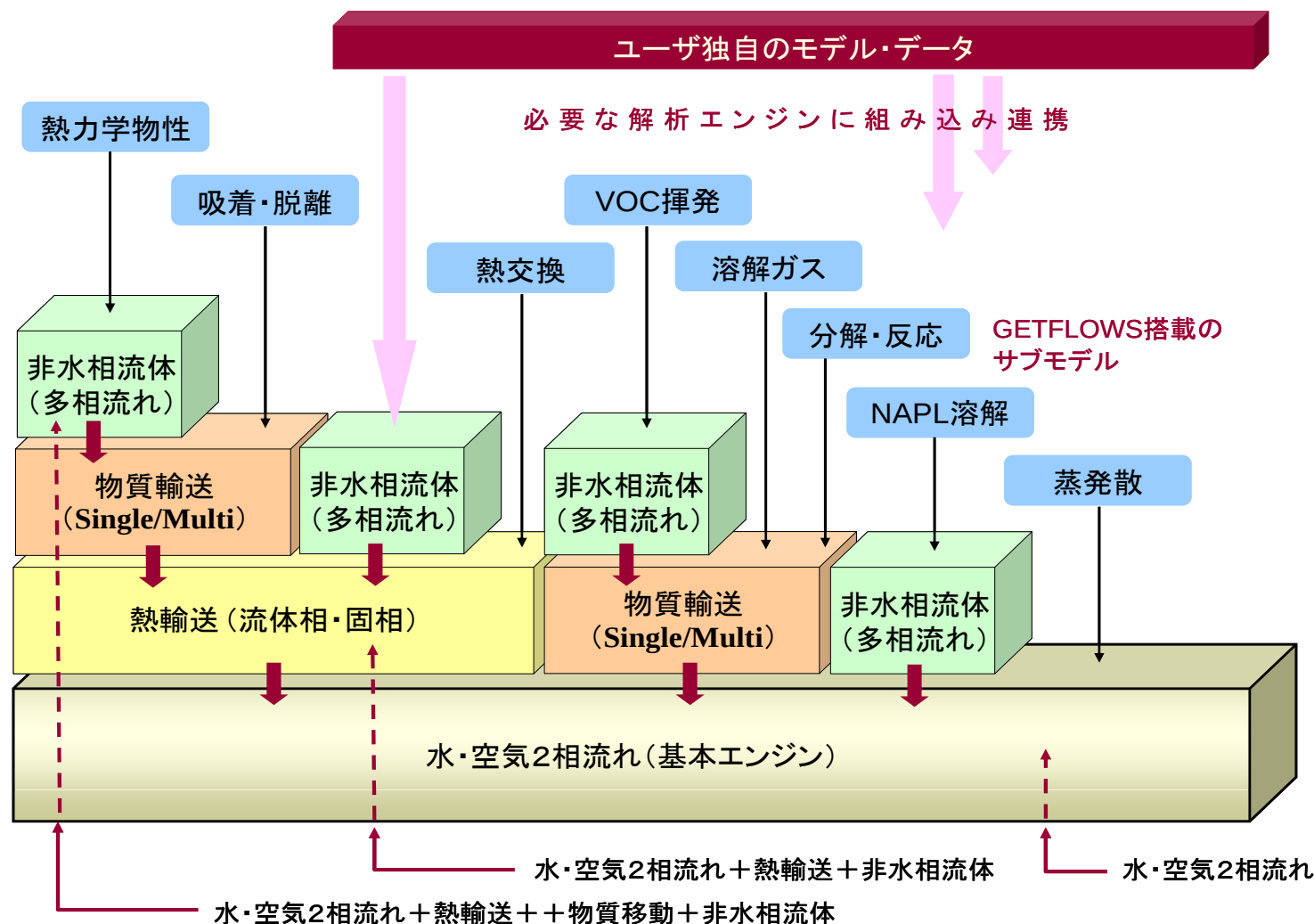
統合型水物質循環シミュレーションシステム GETFLOWSの特徴

■ 地表水と地下水を分離することなく、両者を完全に一体化(連成)させた汎用流体シミュレータ

- 従来、別々の数値モデルによって定式化されてきた地上、地下の水の動きを、数値精度を維持したまま数学的に統一化させ、地上に降り注いだ雨水の行方を追跡する
- 陸面における地表水と地下水の交換をその場所の降雨、地形起伏、土地利用、地質等の違いによって決まる物理量として解析し、雨水がしみ込みやすい場所、地下水が湧き出しやすい場所、その強さを捉える
- さらに、水の動きのみならず、空気、油、重金属、有機性溶剤等の汚染物質を含めた流体(多相多成分系流体)のダイナミクスを解析可能
- 領域初期化による自然状態の復元シミュレーションへ

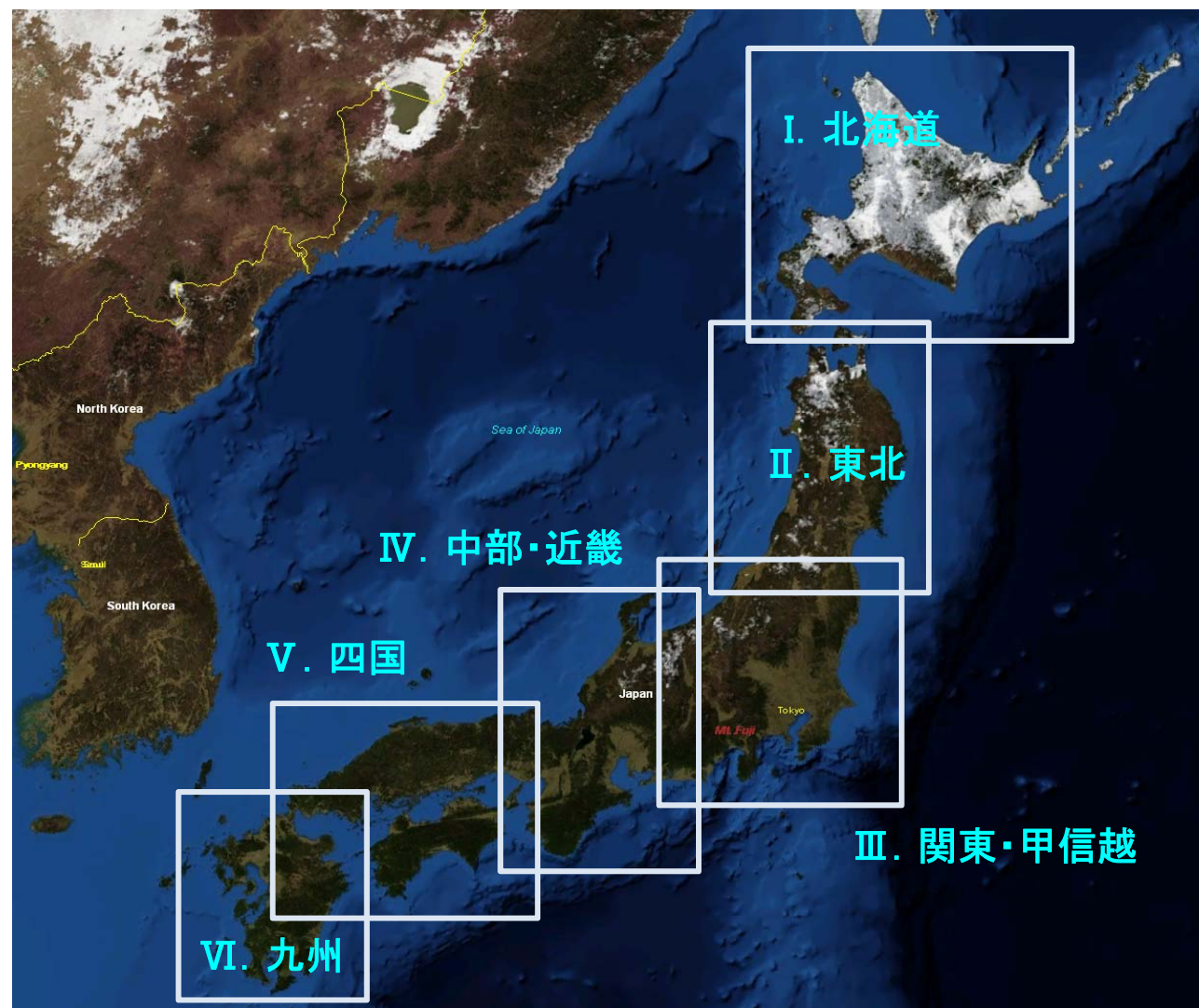
■ 局地域から広域の三次元問題を実用的速度で解くことを可能とし、ロバスト(頑健)な数値的安定性を実現

シミュレータ(GETFLOWS)の基本構成



もうひとつの国土をコンピュータ上に構築する。 対象領域

- 日本全国(離島は除く)の陸域及び周辺海域(海岸線から約50kmの範囲)を含む400,000km²を対象とする
- 全国を6つの地域に分け、それぞれの境界をオーバーラップさせた領域を計算単位とする
- 空間分解能は、平面1kmメッシュ、深度方向は地層構造を考慮して格子高さを設定
- 領域全体を約4,300万格子で表現(計算自由度1億3,000万超)

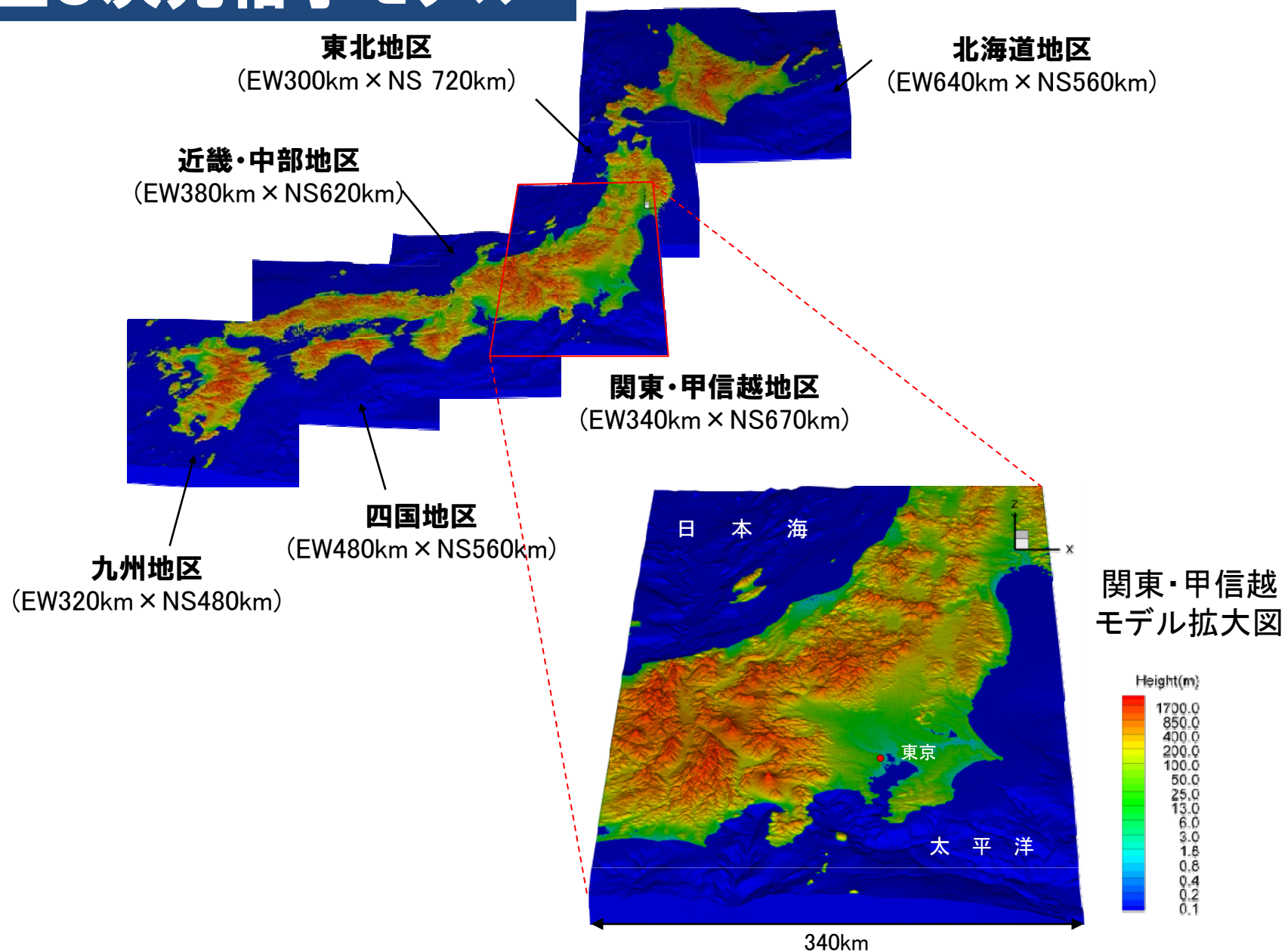


利用データ

分類	データ項目	データ仕様		出典・発行機関例
		期間/発行	解像度/縮尺	
気象	降水量	1971～2000	1km	(財)気象業務支援センター
	気圧	—	—	標準大気圧
	気温	1971～2000	1km	(財)気象業務支援センター
	可照時間	1971～2000	1°	(財)気象業務支援センター、理科年表
	潮位	—	—	(財)気象業務支援センター、気象庁
水文	河川流量	1938～2003	—	日本河川協会雨量流量年表データベース
地形	陸域	H13	50m	国土地理院数値地図(標高)
	海域	—	2分(約4km)	ETOPO2(NOAA)
	湖沼・河床			既存研究論文、古文献ほか
土地利用	土地利用	H9	1km	国土交通省国土計画局国土数値情報
土壌・地質	表層土壌	2007	1/200,000	産業技術総合研究所20万分の1地質図
	地下地質	2002		既存地質調査資料ほか
人工系	ダム・堰	H17	—	国土交通省国土計画局国土数値情報
	下水道管、水質	行政区毎	行政区毎	国土交通省国土計画局国土数値情報 自治体下水道局他
地下水	揚水量	S34～H18	行政区毎	環境省全国地盤環境情報ディレクトリ他
	地下水位	—	—	産総研環境水文図、地下水マップ他

**まずは、利水や構造物等の人間活動を考慮
しない自然状態の基本情報のみを用いる**

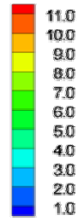
国土3次元格子モデル



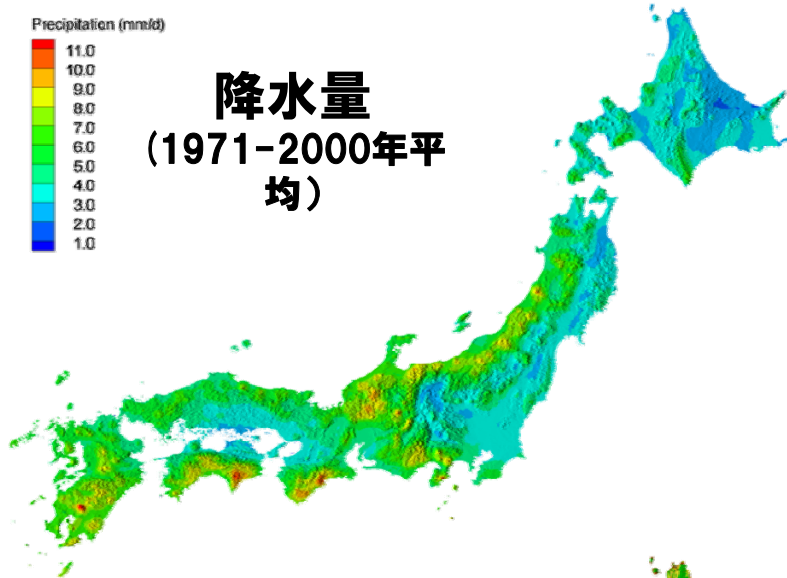
1Kmメッシュ国土水循環モデルの構築

1 kmメッシュ陸面データ

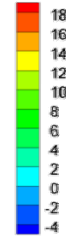
Precipitation (mm/d)



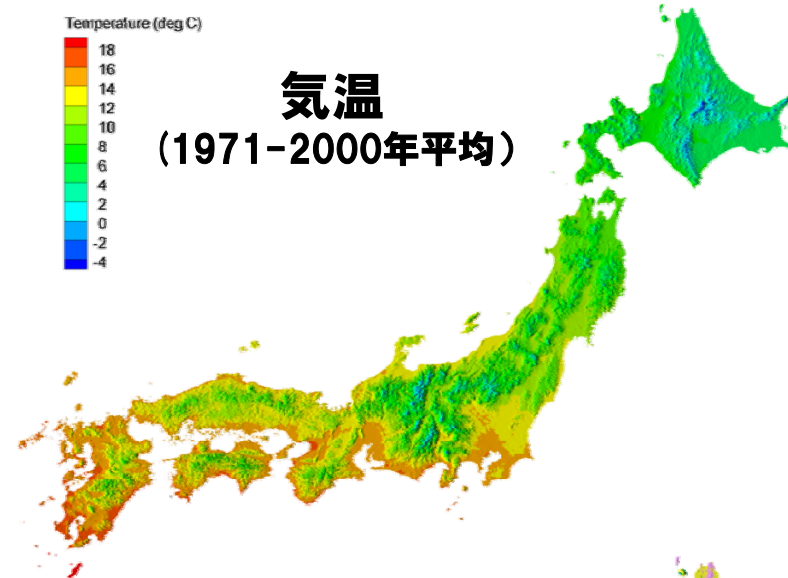
降水量
(1971-2000年平均)



Temperature (deg C)



気温
(1971-2000年平均)



Land Use



土地利用
(1997年)



Geology

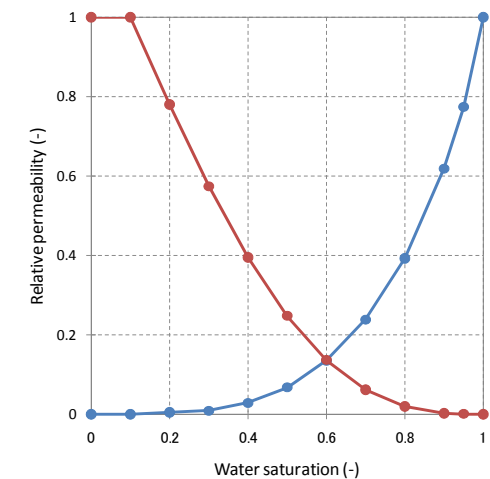


表層地質
※表土層1mを非表示

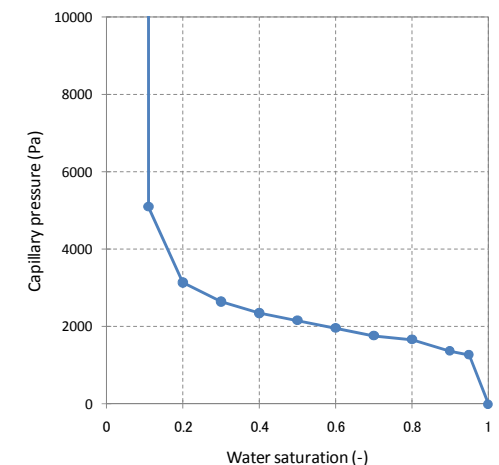


地盤物性、土地利用

地盤条件	密度		2.5[Mg/m ³]			
	圧縮率		10[GPa ⁻¹]			
	地質区分		表土層、沖積層、洪積層、基盤岩			
	絶対 浸透率	表土層	1 × 10 ⁻² [cm/s]			
		沖積層	1 × 10 ⁻³ [cm/s]			
		洪積層	1 × 10 ⁻⁴ [cm/s]			
基盤岩		1 × 10 ⁻⁶ [cm/s]				
有効 空隙率	表土層	0.50				
	沖積層	0.20				
	洪積層	0.10				
	基盤岩	0.01				
土地利用	等価粗度		田	0.04	農用地	0.04
			森林	0.10	荒地	0.037
			建物	0.02	幹線交通	0.02
			用地	0.04	河川・湖沼	0.03
			海浜	0.03	海水域	0.03
			ゴルフ場	0.037		



相対浸透率曲線

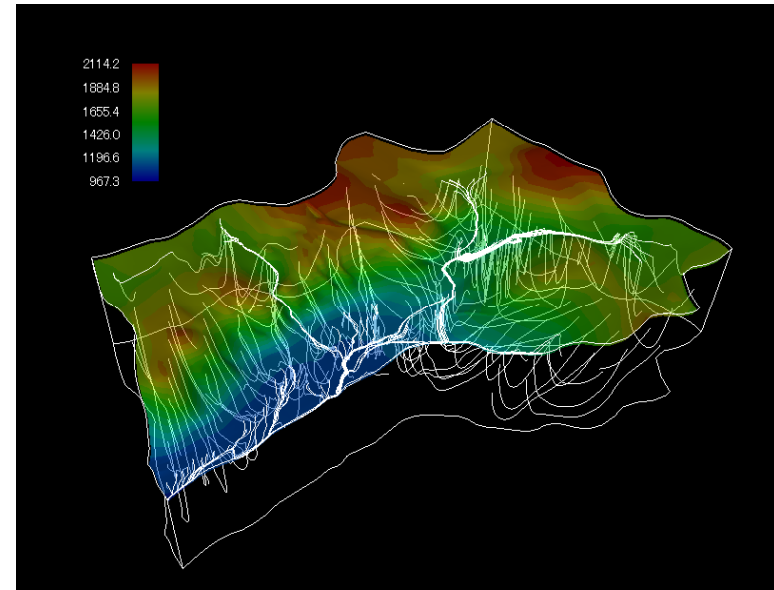
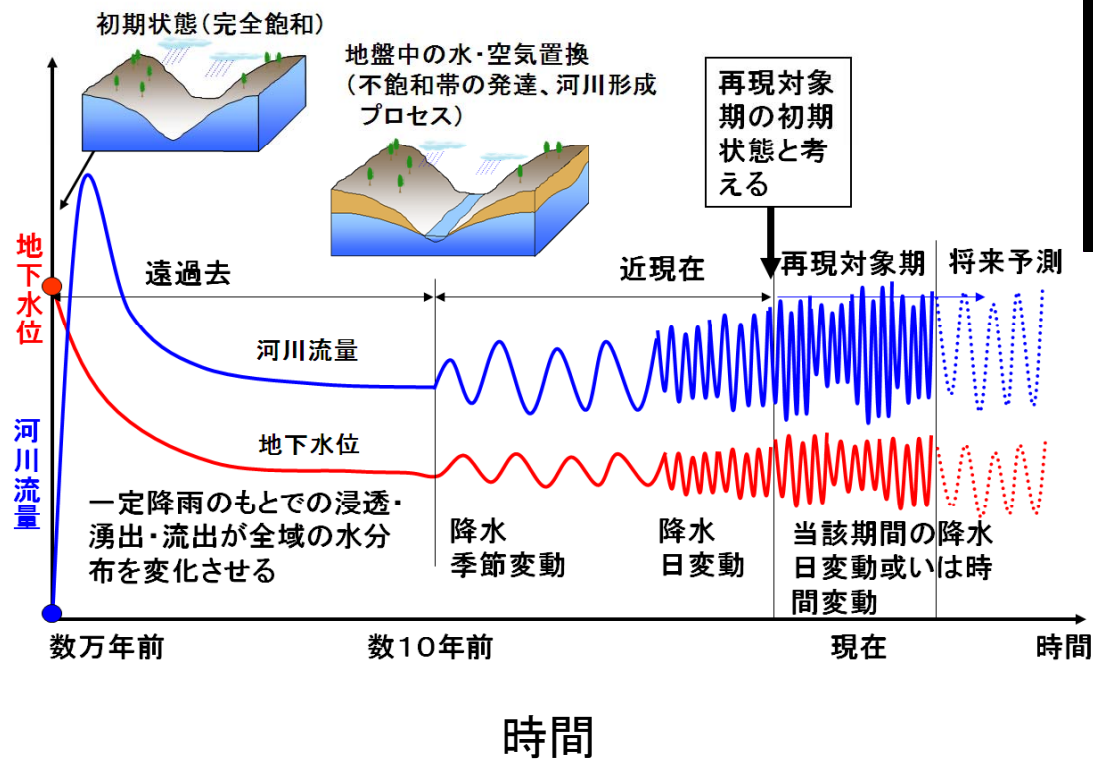


毛細管圧力曲線

天地創造

自然の水循環をコンピュータ上に作り出す

水位を地表面においた完全飽和状態を初期条件とし、流域の平均降水を連続的に与えたときの水、空気2相流動過程を追跡する。まずは揚水等の人間活動は考えない自然状態を復元する

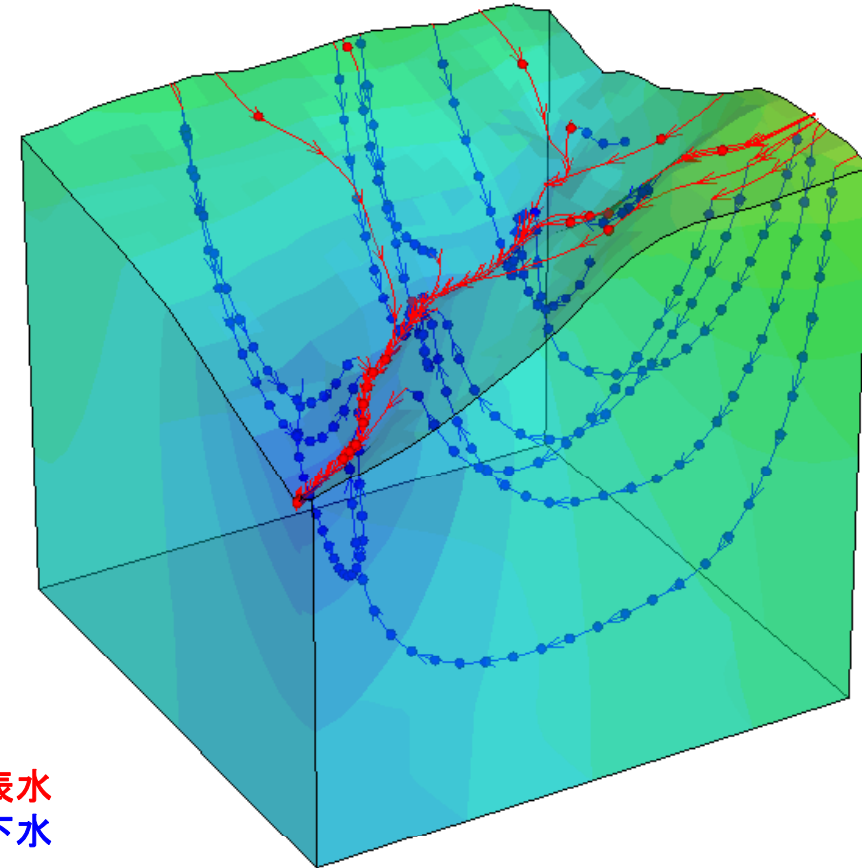
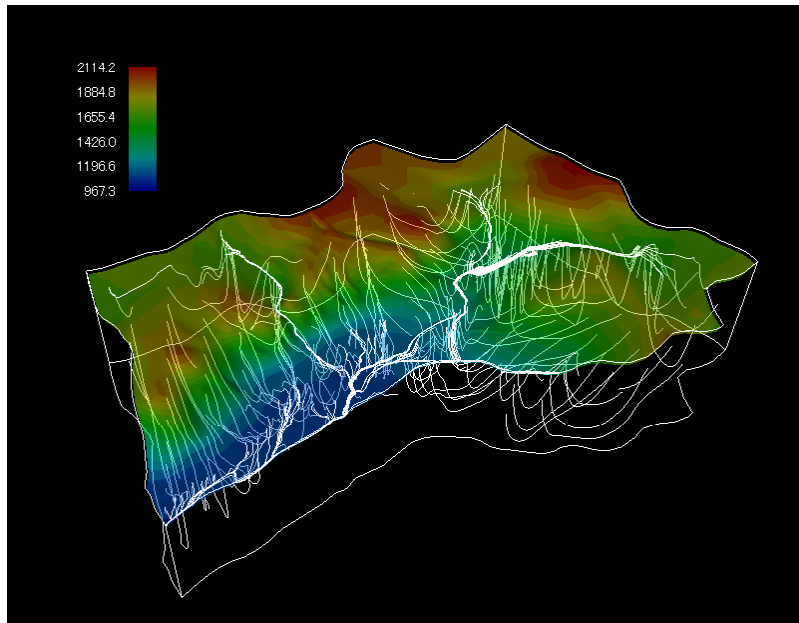


水循環を可視化する

山に降った雨は大地にしみこみやが
て川となって海に注ぐ

降水量・地形・地質構造とバランス
し、自然状態における地表水・地下
水流動状況が描き出される
→領域初期化シミュレーション

地表水と地下水は連続している

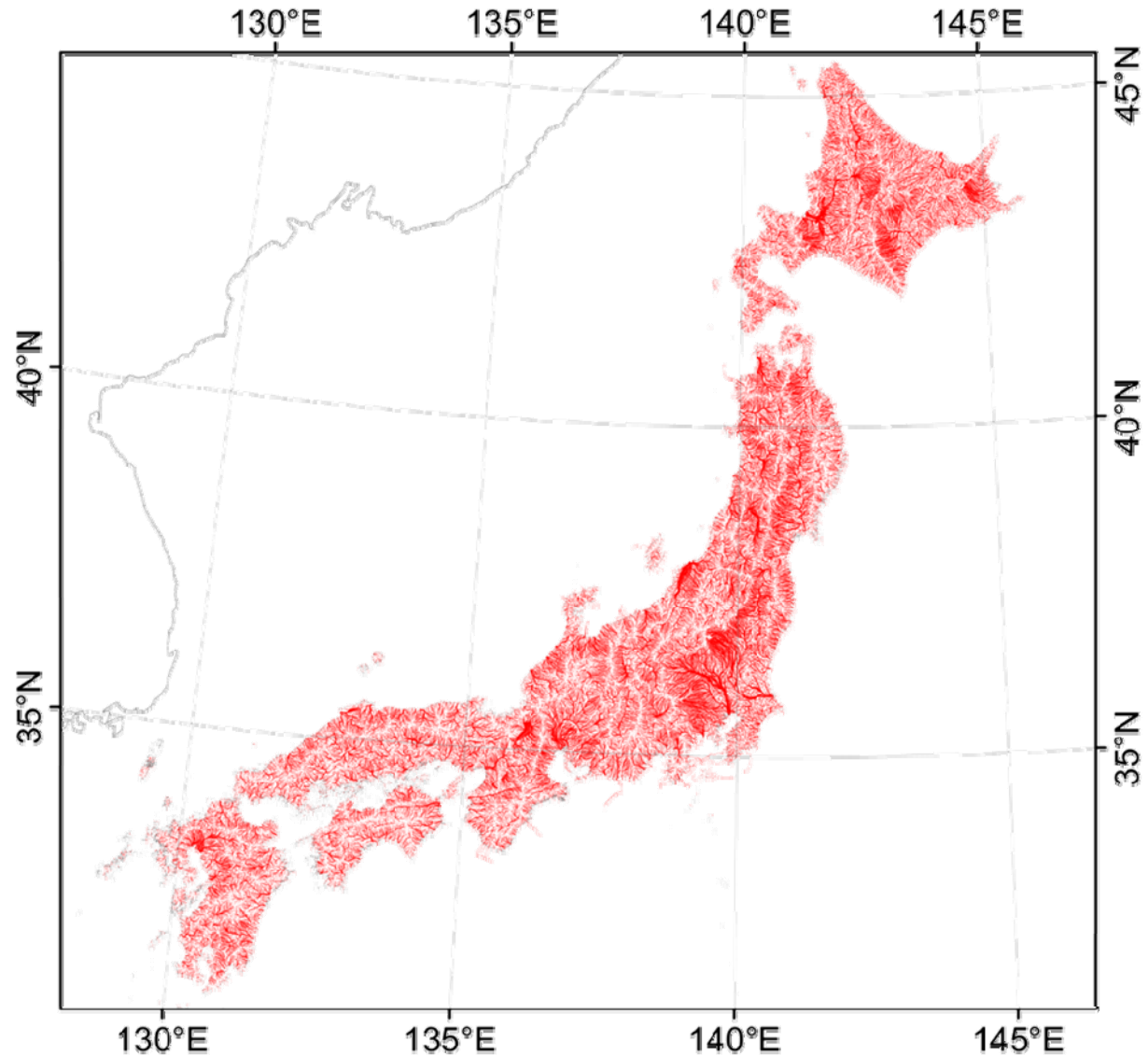
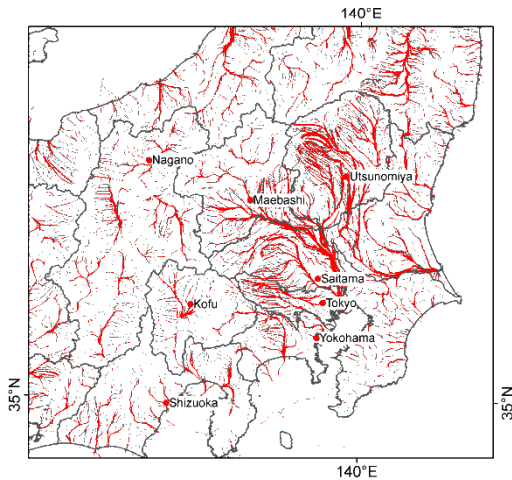


赤線: 地表水
青線: 地下水

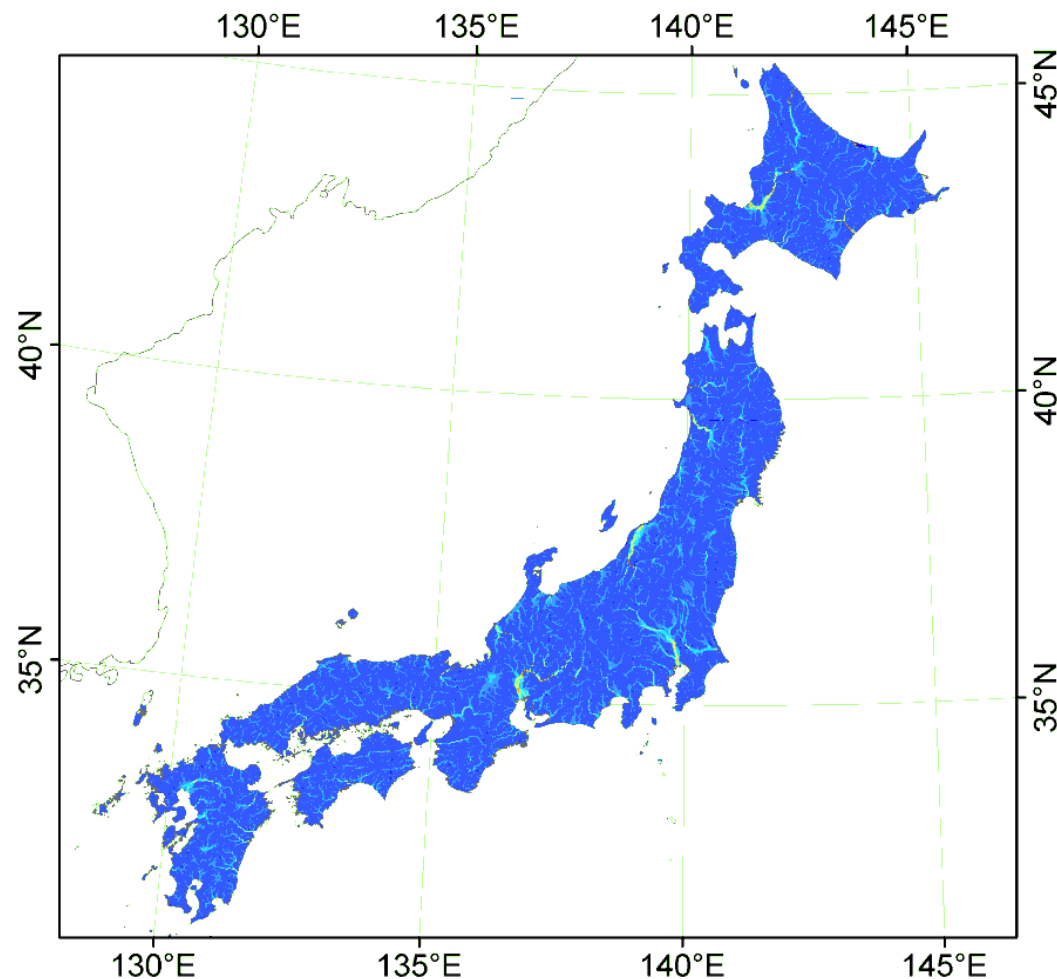
地表に降り注いだ雨は、地下にしみ込み、
河川に湧き出したりしながらやがては海に出ていく

日本全土の水・物質循環情報基盤の構築

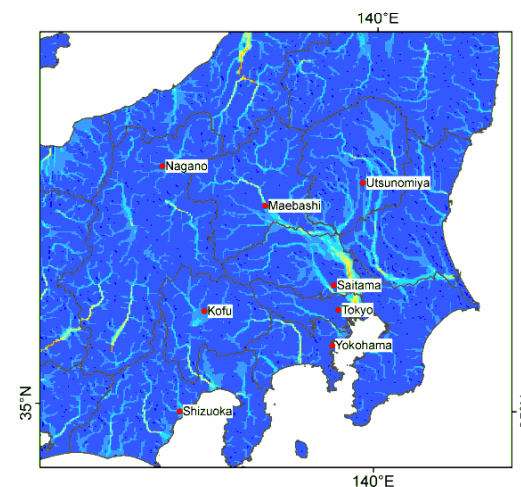
- ・ **3次元流線軌跡を二次元平面に
投影表示した**
- ・ **1つ1つの流線は、地表水、地下
水を区別しない流れの経路を表
現する**
- ・ **流動経路が密集する場所は主
要な河川網と対応する**
- ・ **流動経路の長い地区は、主に近
畿、四国、九州地区に見られる**
- ・ **関東、東北地区の太平洋側は流
動経路は比較的長い**



日本全土の水・物質循環情報基盤の構築



- 平衡状態に達した直接流出量（地表水流量）の空間分布には、現在の主要な河川網との明らかな対応が認められる
- 計算された地表水流量は10-400 m³/sの範囲にあり、主な1級河川の平均流量の範囲に一致する



地表水の流量図

主要なプロダクト

複雑な現象を大局から局所まで可視化する

水資源の最適な管理運用（スマートウォーター）

- ・ 空間的・時間的に不均一な水の実態の把握と過去の再現から未来予測
- ・ 上水、工業用水、農業用水等の水資源開発
- ・ 河川管理 洪水対策、ハザードマップ、国際河川における紛争回避
- ・ ダム、トンネル、大規模造成工事などによる地水環境変化の予測と対策
- ・ 都市開発マスタープランのための水資源情報など

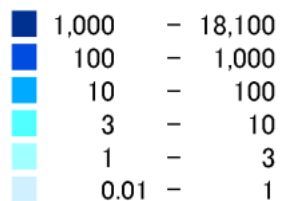
水資源の品質保証

- ・ 地表水・地下水の水質・水量の実態把握と過去の再現から未来予測
- ・ 上水道、飲料水メーカー等の水質管理、テロ対策
- ・ 工場、鉱山、産業廃棄物処分場、農業地帯、地下水汚染対策
- ・ 原油、LPG、圧縮空気、CO₂地下貯蔵施設等の建設、維持管理
- ・ 放射性廃棄物地層処分施設の建設、影響評価など

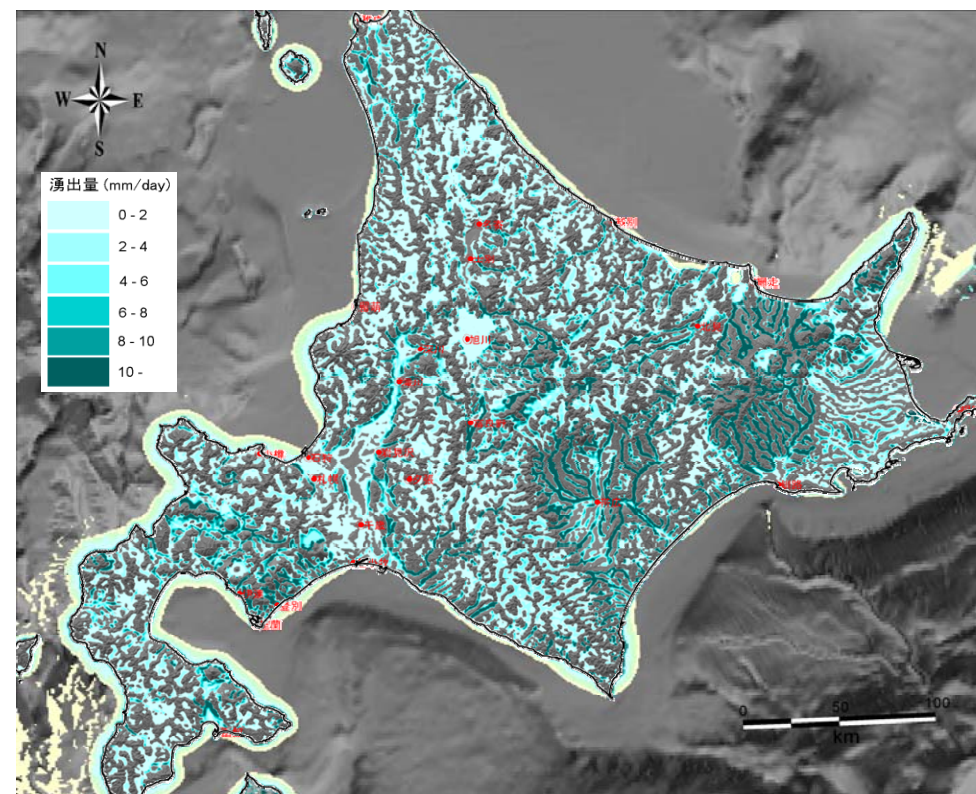
地表水分布



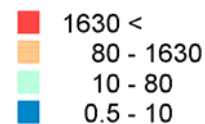
地表水分布 (m)



湧出域分布

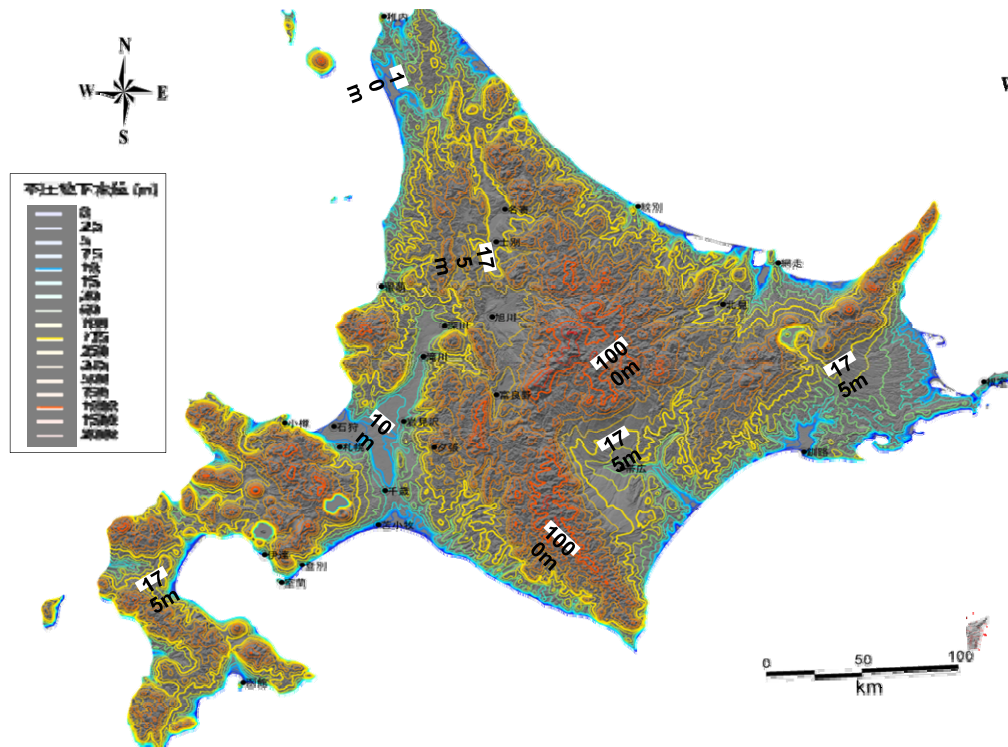


地表水流量(m^3/s)

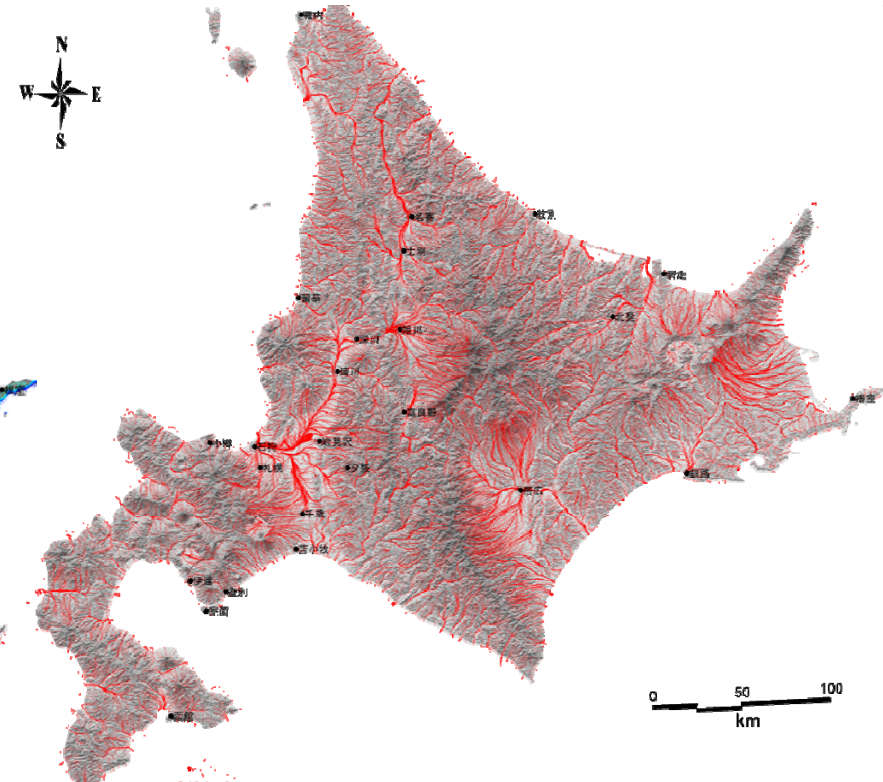


3次メッシュ内へ流れ込む地表水流量を積算

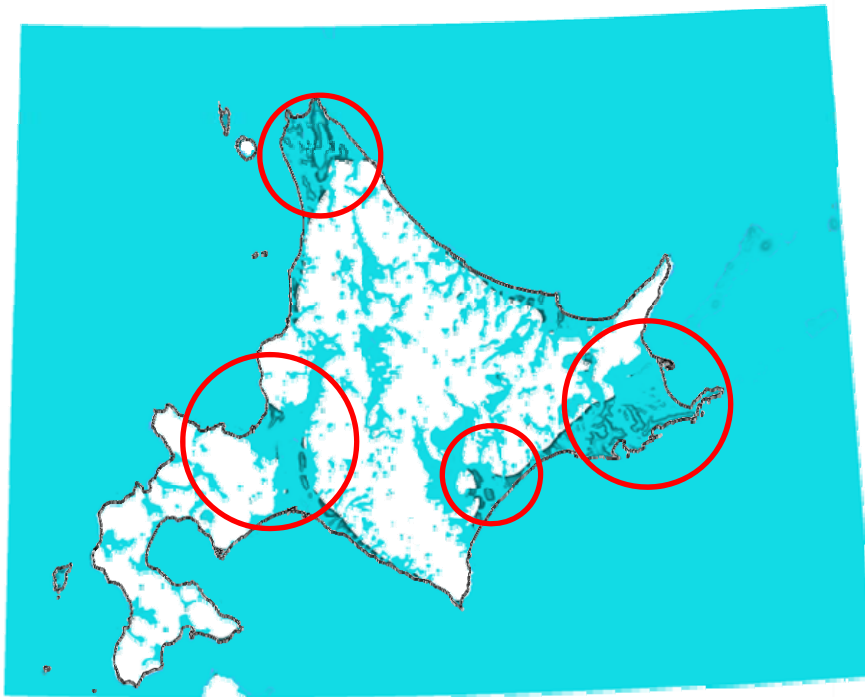
不压地下水位



3D流动经路

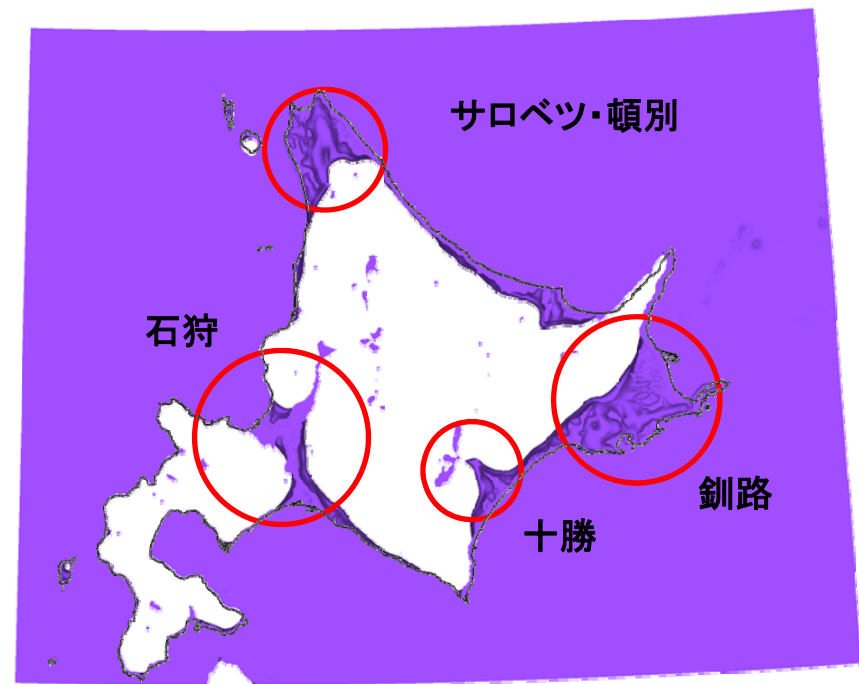


塩分濃度（等濃度面コンター）



塩分濃度 0.25%

（海水を100%としたとき）

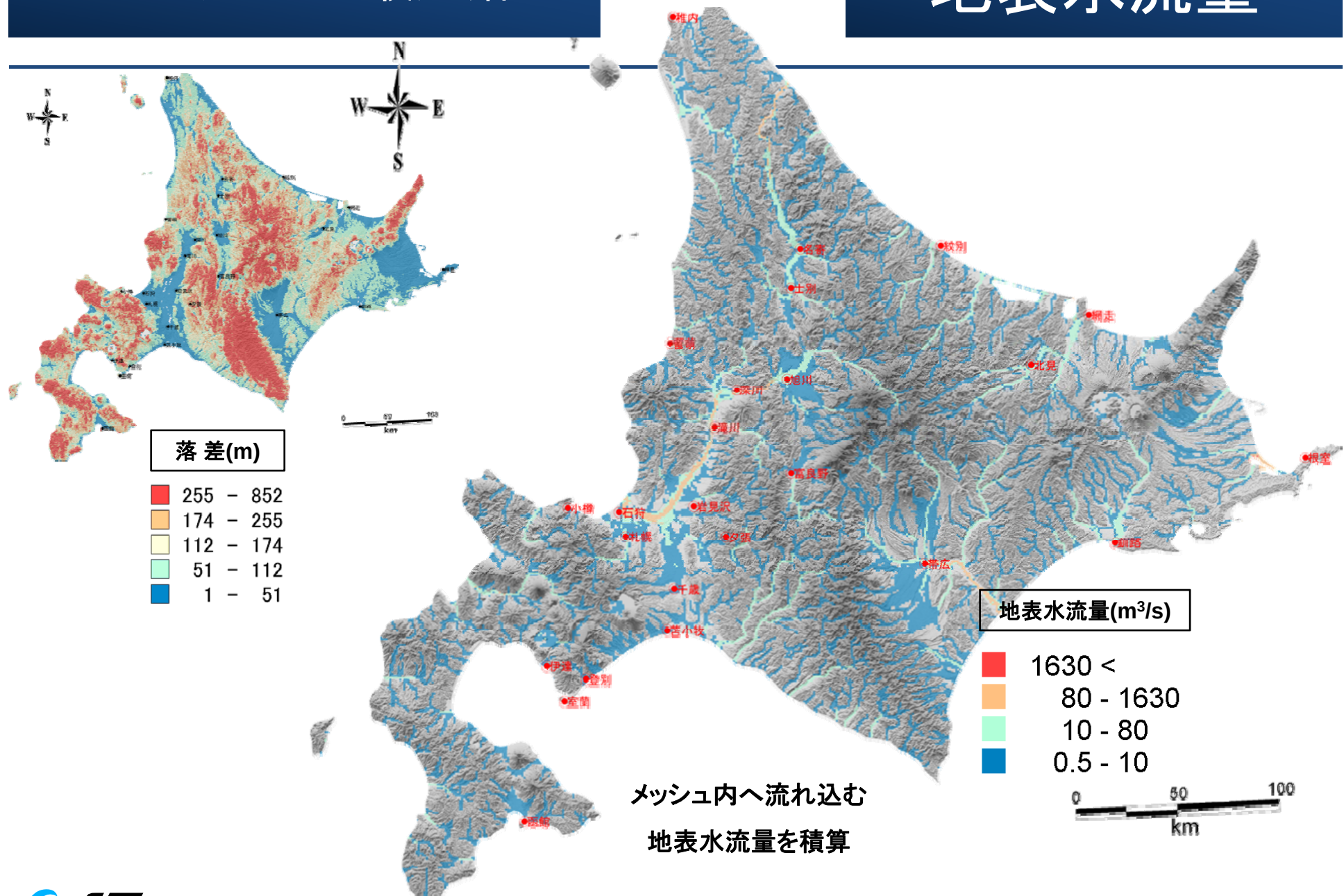


塩分濃度 10%

（海水を100%としたとき）

1kmメッシュ内最大落差

地表水流量

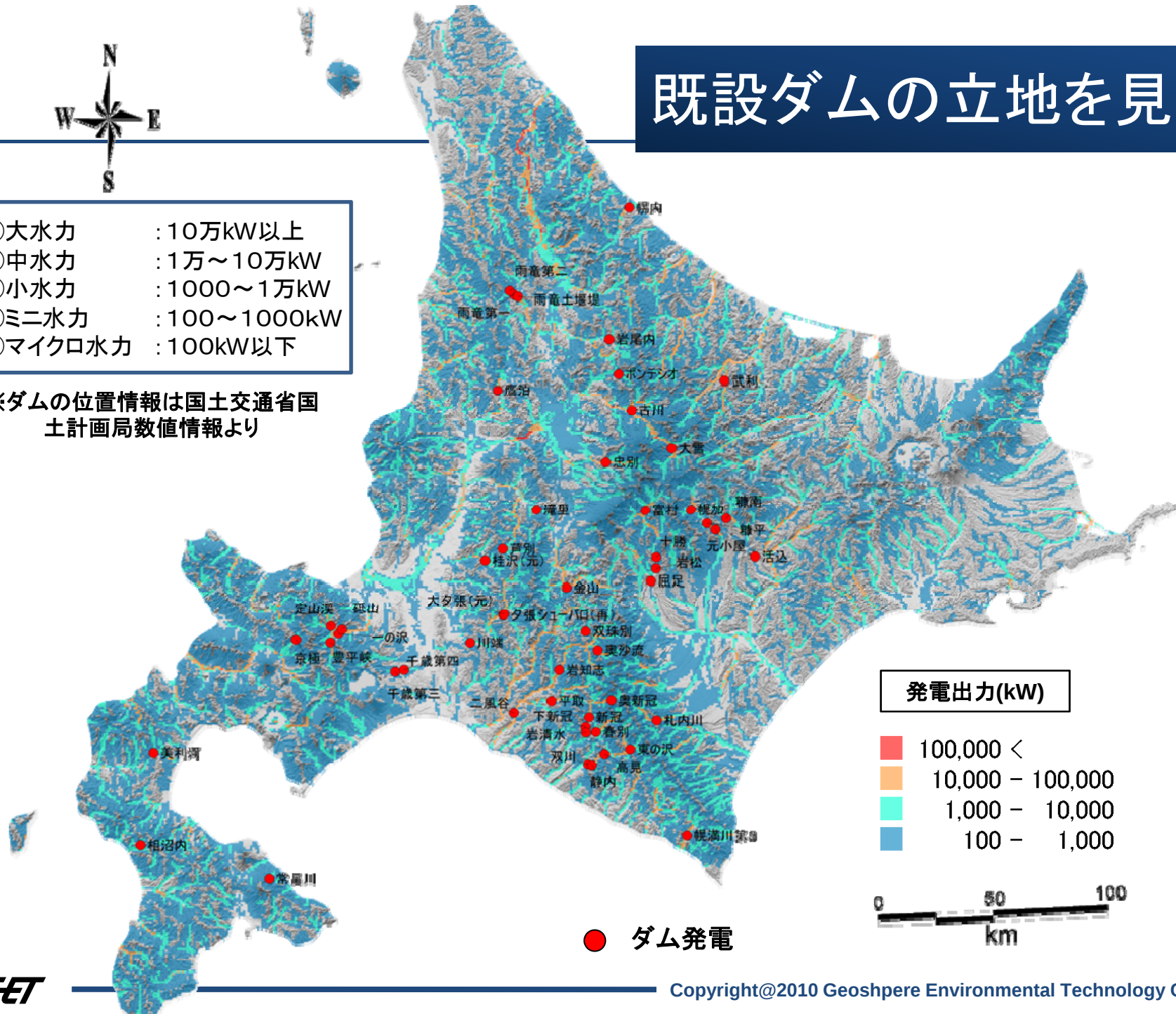


既設ダムの立地を見る

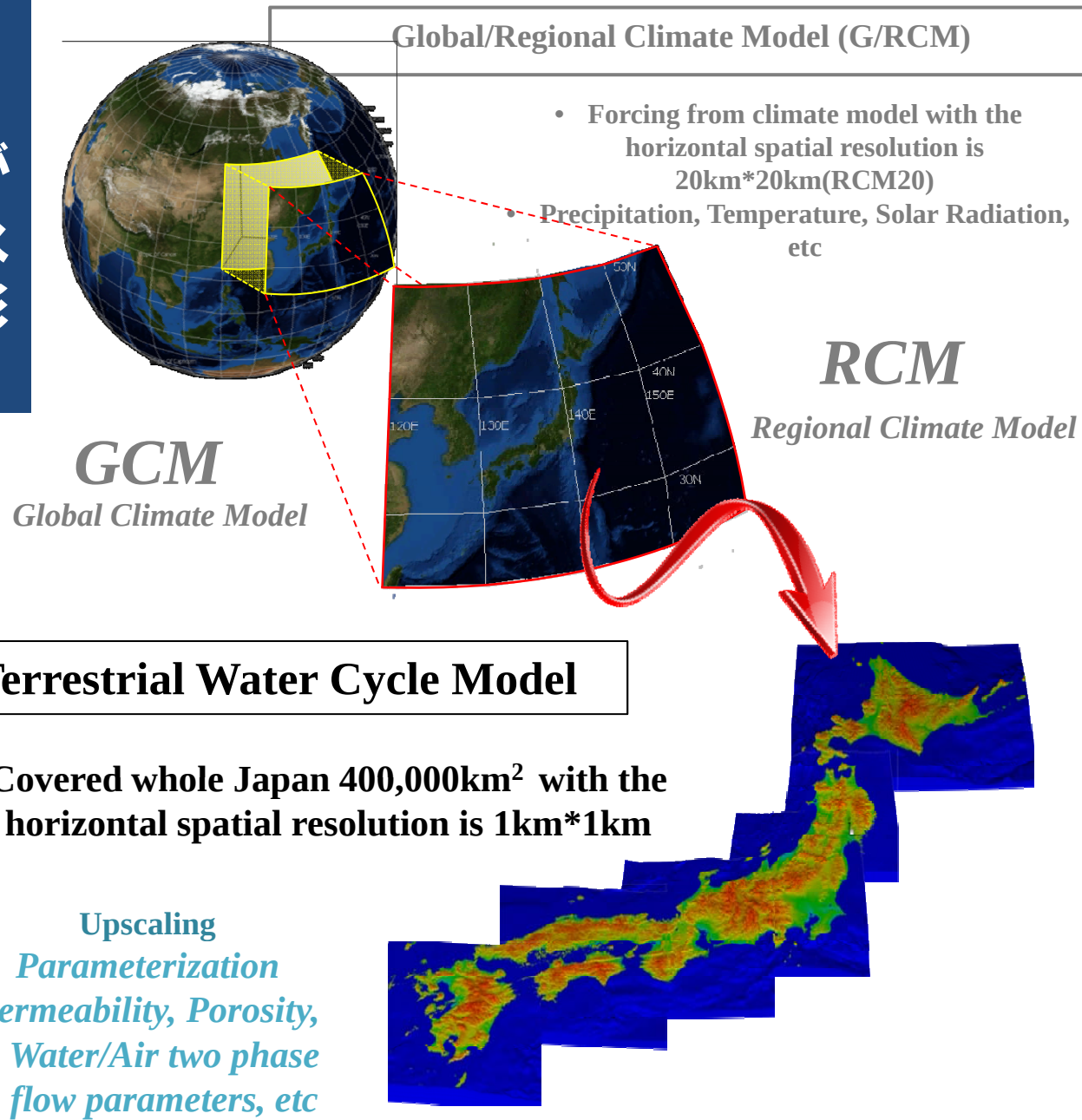


- ①大水力 : 10万kW以上
- ②中水力 : 1万~10万kW
- ③小水力 : 1000~1万kW
- ④ミニ水力 : 100~1000kW
- ⑤マイクロ水力 : 100kW以下

※ダムの位置情報は国土交通省国土計画局数値情報より

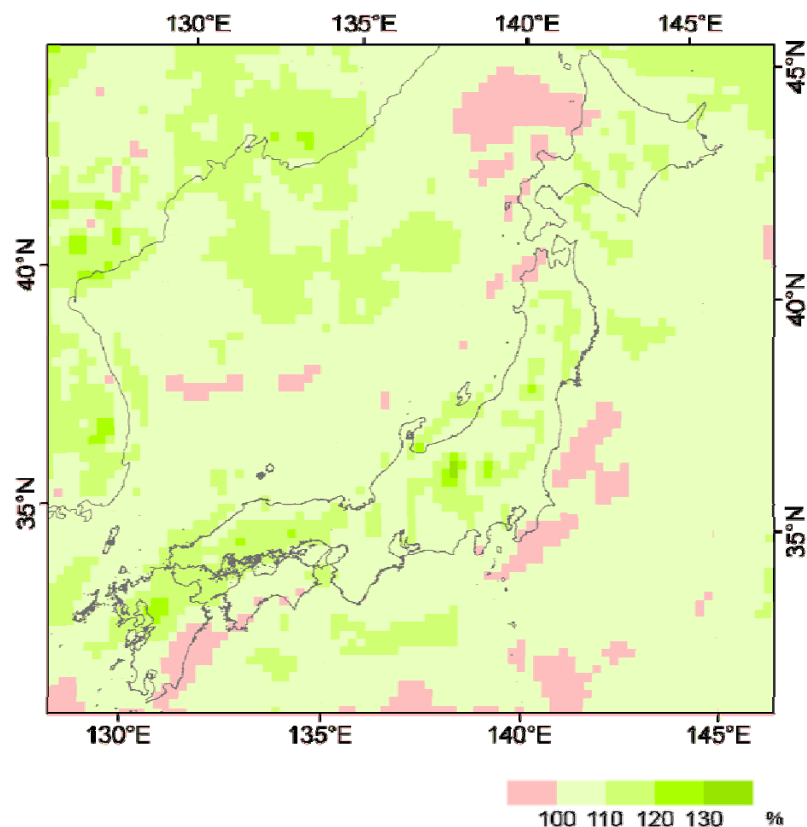


地球温暖化が 地域、国土スケールの水 循環システムに与える影 響を予測する



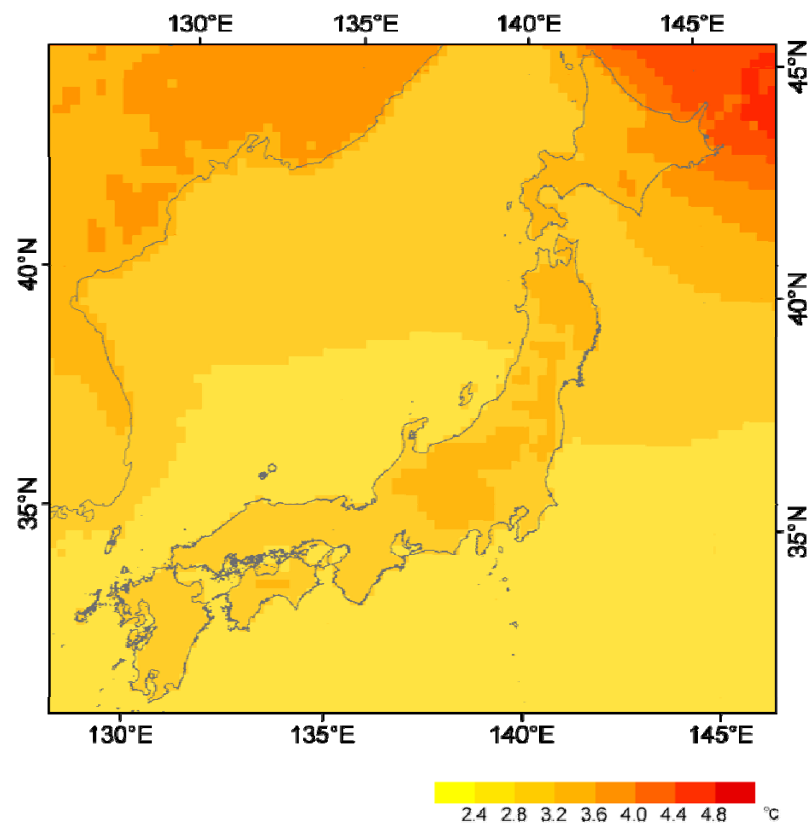
降水量・気温予測(2081-2100)

気候モデルRCM20による予測結果(20kmメッシュ)



降水量

※現状(1981-2000)に対する変化率

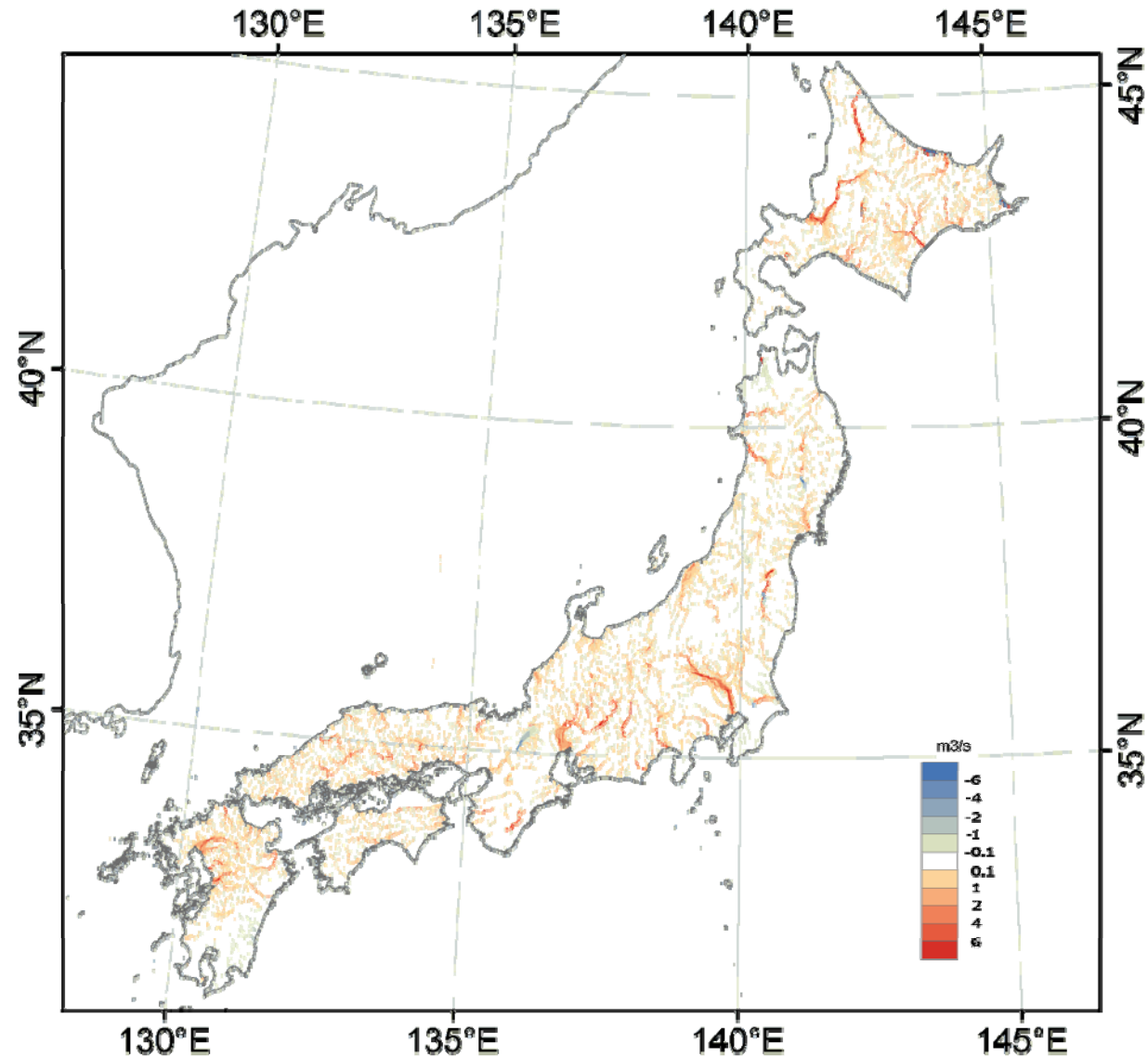


気温

※現状(1981-2000)に対する気温差

気候変動による流出量変化の予測

- 現在と100年後の平均地表水流量の差分コンター(変化量)を示す
- 将来の降水量減少が予測される一部の地域(九州南部、千葉房総半島ほか)を除き、ほとんどの河川で増加傾向を示す
- 流量増加のほとんどは毎秒数トンの範囲と小さいが、最も大きいところでは $30\text{m}^3/\text{s}$ を超える地点が見られた(15%増)

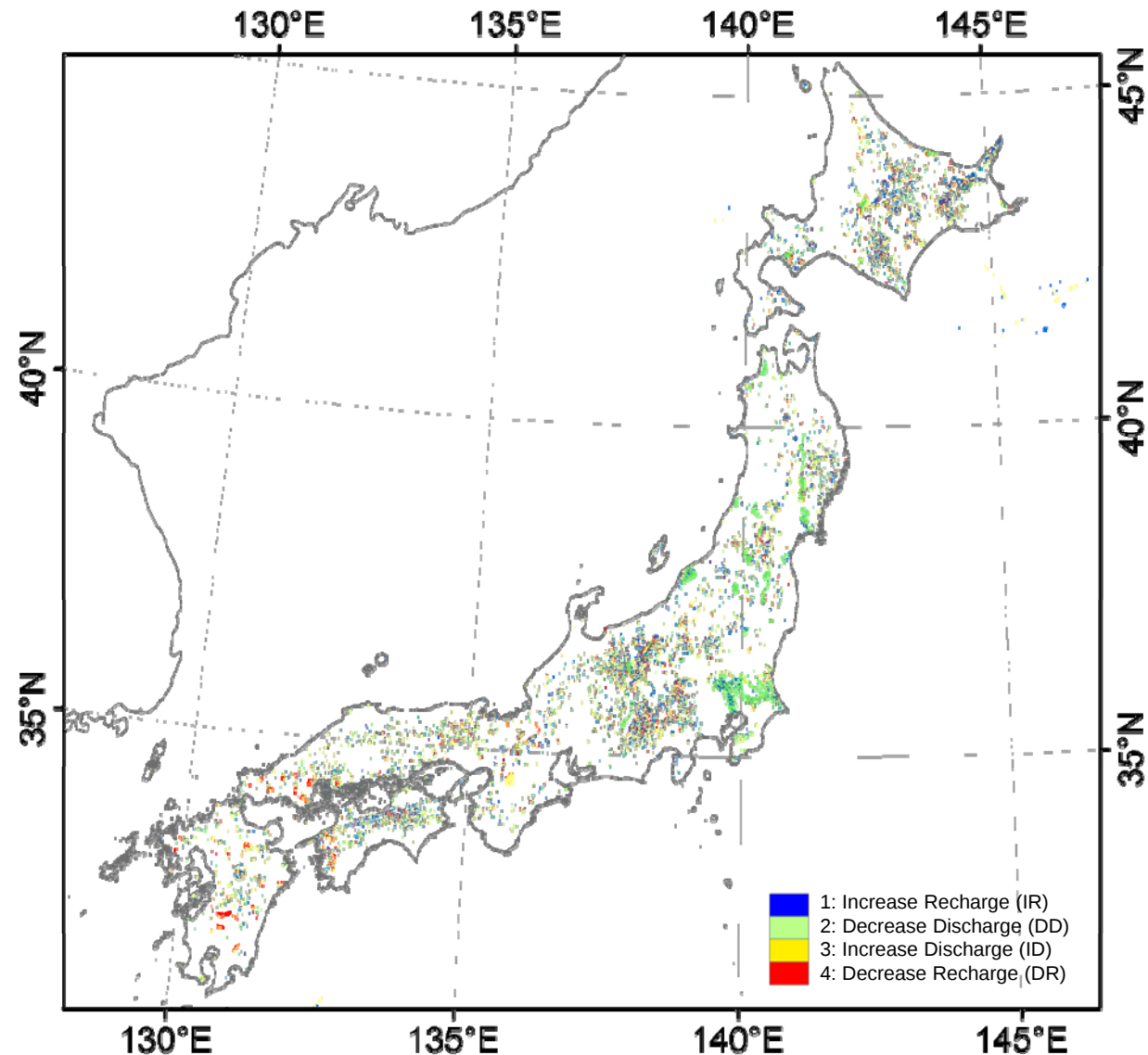


予測結果：涵養・湧出域分布の変化

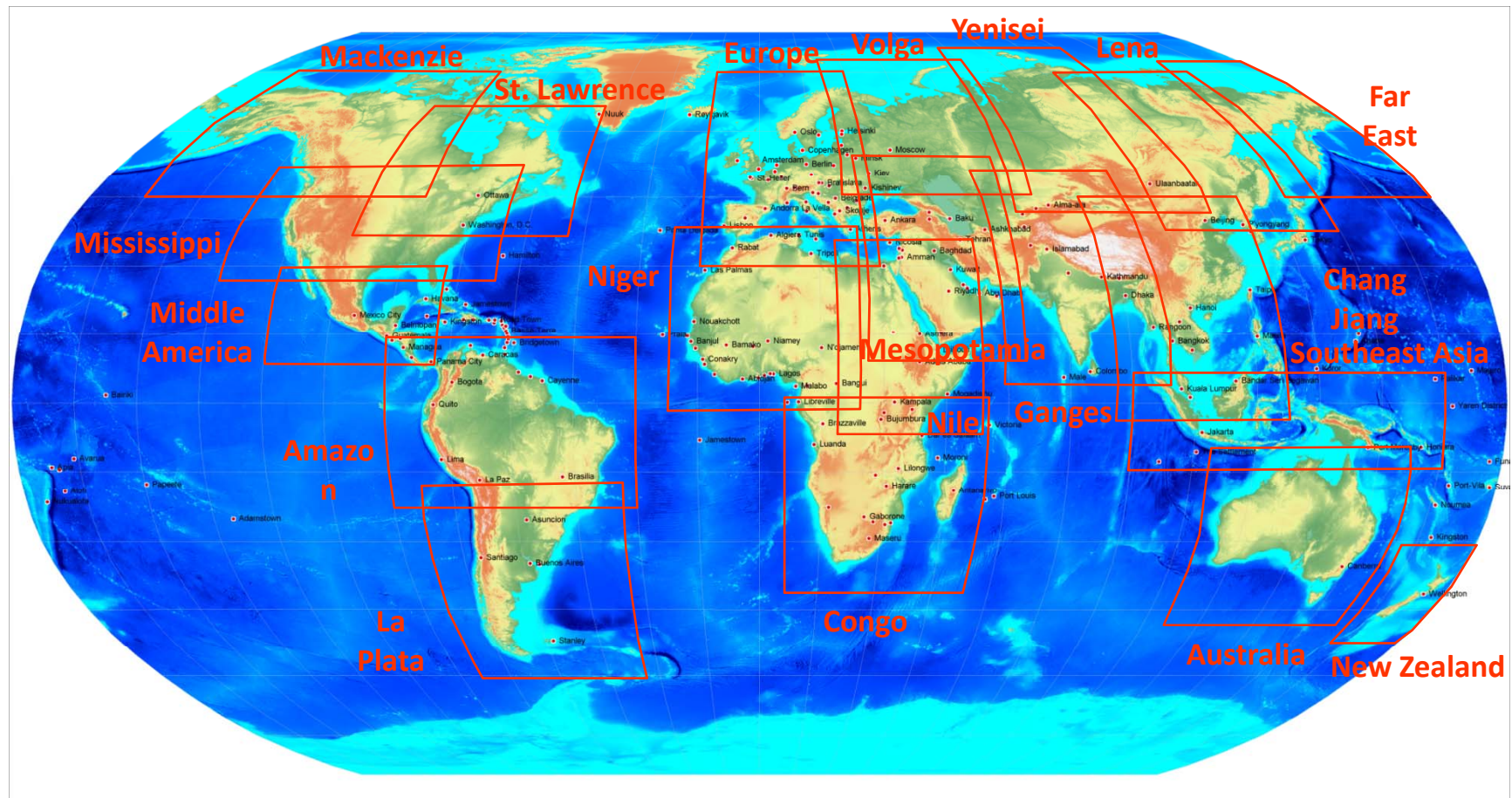
- 地下水湧出、涵養のそれぞれについて、増減の傾向変化をパターン化した

涵養増 ⇒ 青
涵養減 ⇒ 赤
湧出増 ⇒ 緑
湧出減 ⇒ 黄

- 関東平野、東北地区の盆地に湧出減の範囲が認められる
- これは、河川等の地表水量の増加と源頭高の高度が上昇したことによる
- 地下水フラックスの変化の幅は±5mm/d



全球シミュレーション構想



今後5年間をかけ、もうひとつの地球を作り上げていく計画です。

- ・ 主要大陸の深度10km範囲を平面10kmメッシュで格子分割した3次元数値モデル(基本格子システム)を構築します。
- ・ 人口密集地域や水の流れが複雑となる地域では部分的に5kmメッシュや1kmメッシュに細分化するネスティング(入れ子構造に格子分割を細分化すること)を行います。
- ・ 数値モデルの各格子には、地形標高、降水量、気温、土地利用、地層種別と透水性などのパラメータを組み込みます。

国土の水資源・環境基盤情報システム

