

# 流域における水、空気、熱、化学物質、土砂の動きを視る

## GETFLOWS®の概要

株式会社地圏環境テクノロジー

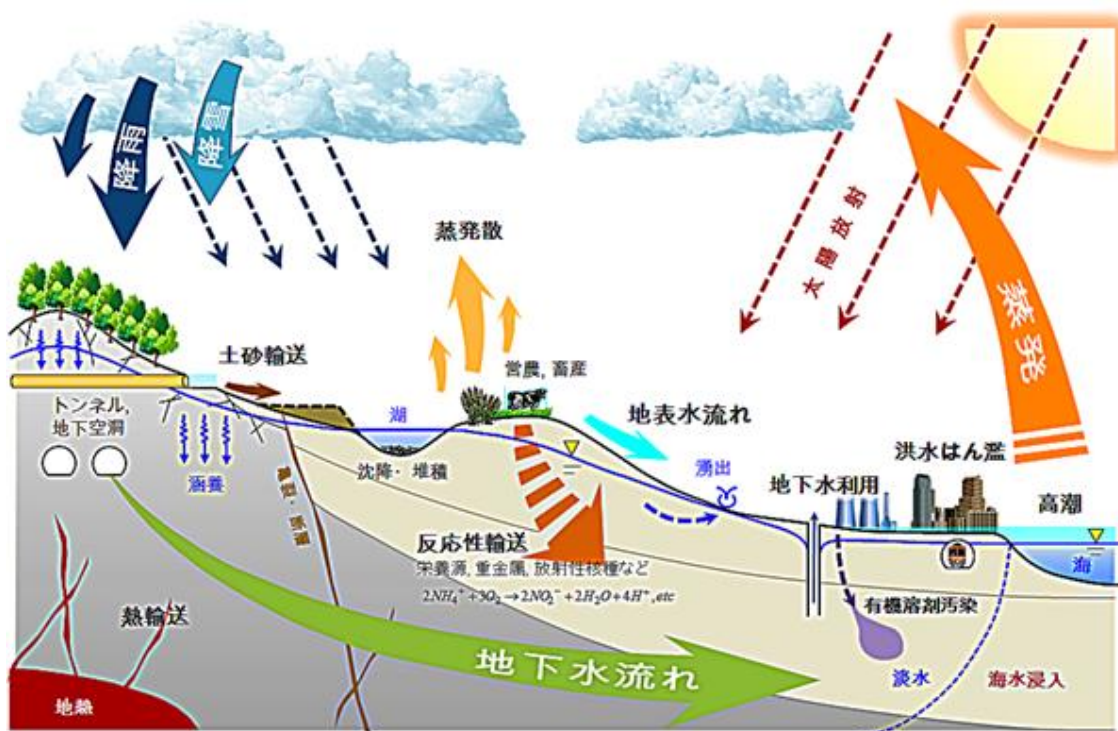
### GETFLOWS®とは

統合型水循環シミュレータ GETFLOWS® (GEneral purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator) は、陸域で生じる様々な水問題における物質（水・空気・化学物質・土砂）の挙動やエネルギーを任意の時間・空間スケールで解析する高性能数値シミュレータです。

GETFLOWS®は、地表水や地下水の流れに関連した極めて広範な分野における地圏流体モデリングと数値シミュレーションを可能とします。「地圏流体」とは河川や湖沼等の地表水、地盤中の地下水、空気等の圧縮性流体から成る包括的な流体システムを意味します。

### GETFLOWS®の主な対象分野

地下水解析、河川流出解析、洪水・はん濫解析、地表水・地下水の相互作用や水収支解析、斜面崩壊の解析、汚染物質を含む移流分散解析、油層解析、地熱・地中熱解析、人工構造物の影響解析など



### GETFLOWS®が対象とする水循環過程の概念

出典：地圏環境テクノロジー「GETFLOWS®とは」 <http://www.getc.co.jp/software/aboutgetf/>

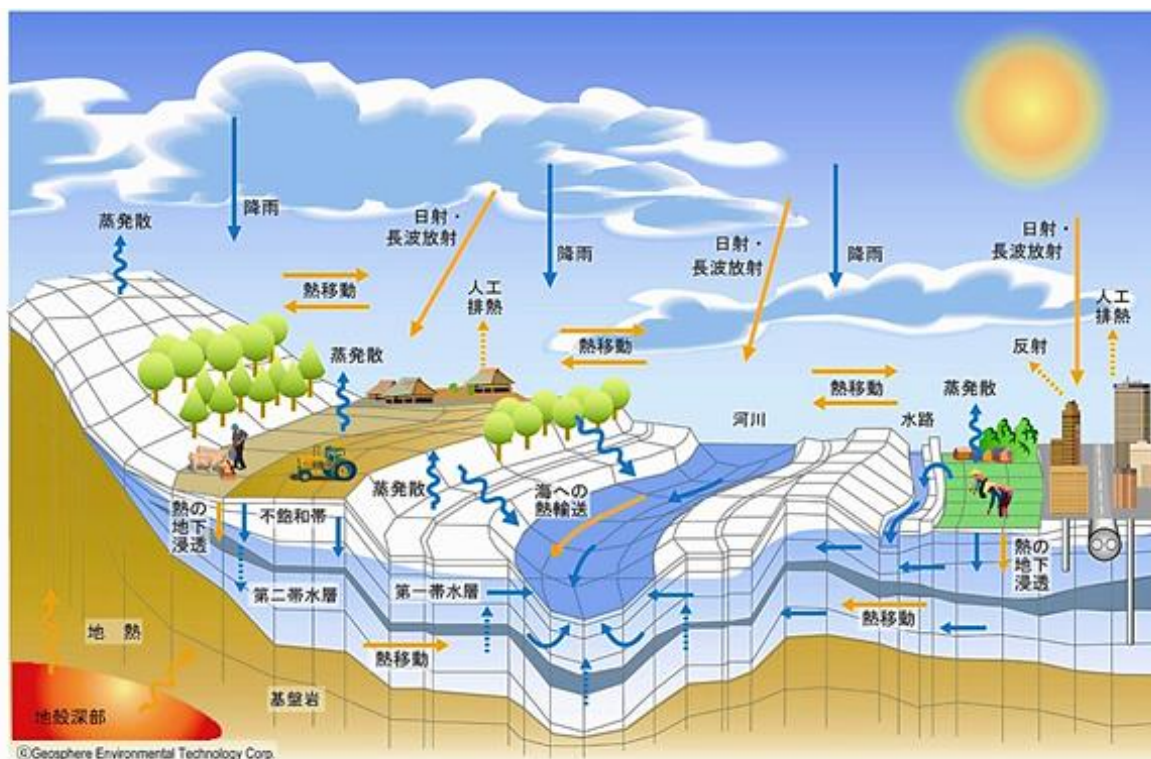
※株式会社地圏環境テクノロジーは、東京大学より GETFLOWS®の技術移転を受け、その開発継続と保守・普及ならびに GETFLOWS®を用いた様々な解析業務を請け負う専門会社として 2000 年に創業しました。

※『GETFLOWS』は株式会社地圏環境テクノロジーの登録商標です。

## 流域の水・物質循環を丸ごと描き出す物理モデル

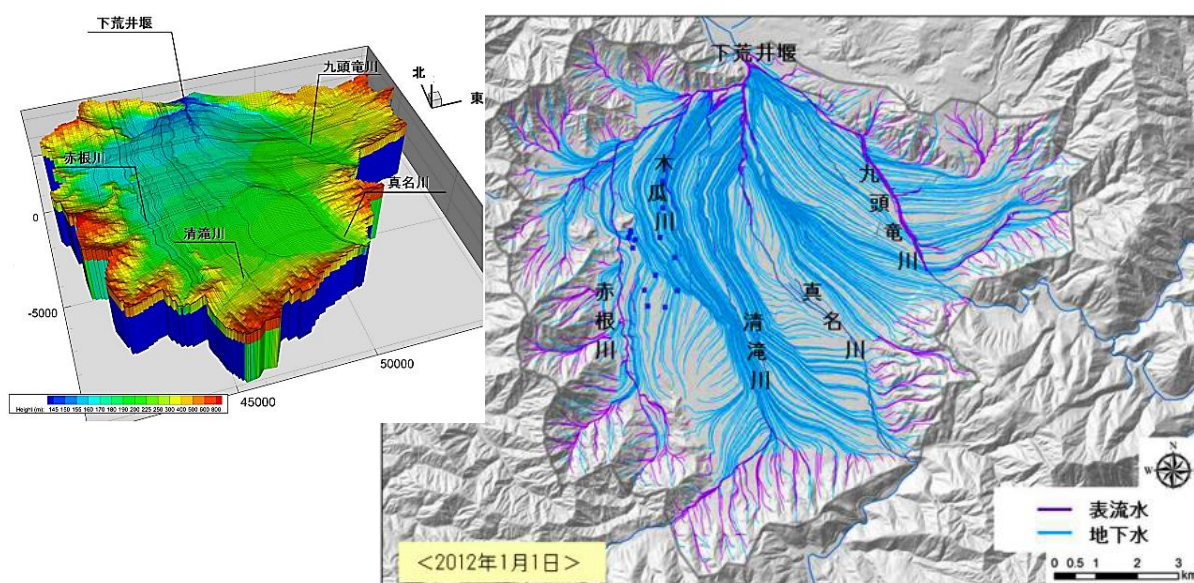
GETFLOWS®は流出係数等の経験値パラメータを用いない物理モデルで、コンピュータ内に流域の3次元模型を作り、水・物質循環の過去から現在、そして未来までを見通すことができます。

具体的には流域やその一部を構成する都市など、解析目的に応じた解像度で水循環の過去（原風景）、現在をバーチャルに再現し、気候変動などのシナリオを自由に組み込み未来を予測します。



統合型水循環モデルの概念図

水循環解析モデルは、目には見えない地下水についても、地表水と地下水と一体化し連続的な流れとして可視化することができます。



水循環解析により得られた流線軌跡図の例（大野盆地モデル）

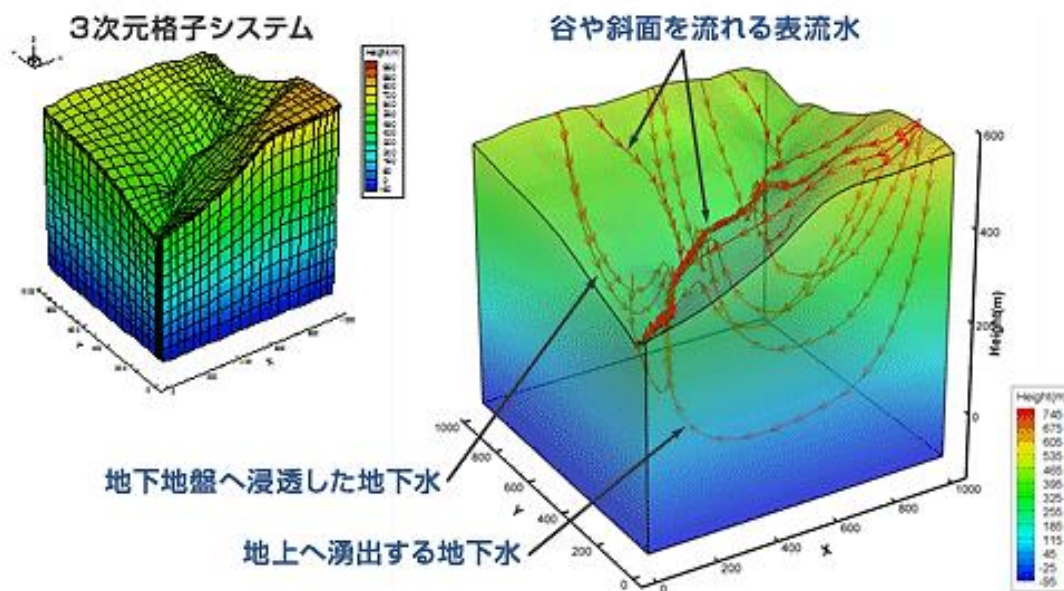
出典：国土交通省国土技術政策総合研究所，国土技術政策総合研究所資料 No.883，

「水循環解析に関する技術資料～地表水と地下水の一体的な解析に向けて～」，2016

**地表水と地下水を分断せず、両者を完全に一体化した地表水・地下水連成解析を実装**

GETFLOWS®は世界でもあまり例を見ない、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）させた流体シミュレータで、日本の先端技術の一つです。

地上に降り注いだ雨が地下へ浸み込み、地盤中を流動し、一部が谷地へ湧き出し渓流水となって流下します。一方、地下へ浸み込めない場所では、地表水となって直接流出します。GETFLOWS®では、これらの自然本来の切れ目のない水の流れを IT 技術により計算し、その結果を可視化します。



水・空気 2 相流動シミュレーションにより得られた流線の軌跡

出典：地圏環境テクノロジー「GETFLOWS®とは：特徴」 <http://www.getc.co.jp/software/aboutgetf/feature/>

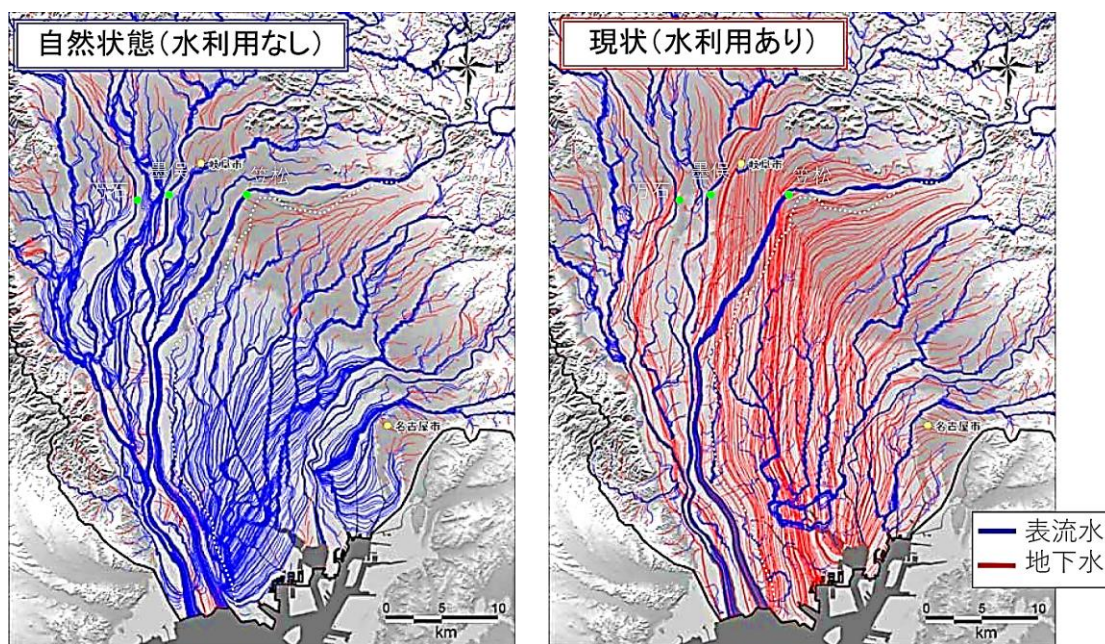
**主な入力データと出力項目**

分類		主な入力データ
気象		降水量、降雪量、気温、湿度、風速、日照時間、潮位
地形		DEM（陸域、水域、河床、湖沼、ダム湖底）
地質		表層土壌、地下地質、透水係数、絶対浸透率、相対浸透率、有効間隙率、粒度、密度、毛管圧力、分散長、屈曲度、熱伝導率、比熱ほか
土地利用・被覆		土地利用、等価粗度係数、植生
土砂		粒径・混合比、土粒子密度、掃流砂輸送パラメータ、浮遊砂輸送パラメータ、乱流拡散係数、土砂交換層の最大厚さ
水利用	点源	河川取排水、地下水揚水（孔径、スクリーン深度）、ダム、堰、ほか
	面源	灌漑水（水田・畑地）
物質負荷	点源	生活排水、事業排水、畜産
	面源	大気降下物質、地力、営農施肥
		主な出力項目
一次出力		圧力、飽和度、温度、濃度、地形変化量
二次出力 (処理データ)		水位、水深、土壌水分量、全水頭、質量、体積、フラックス、熱量、流動経路、移行時間、平均年代

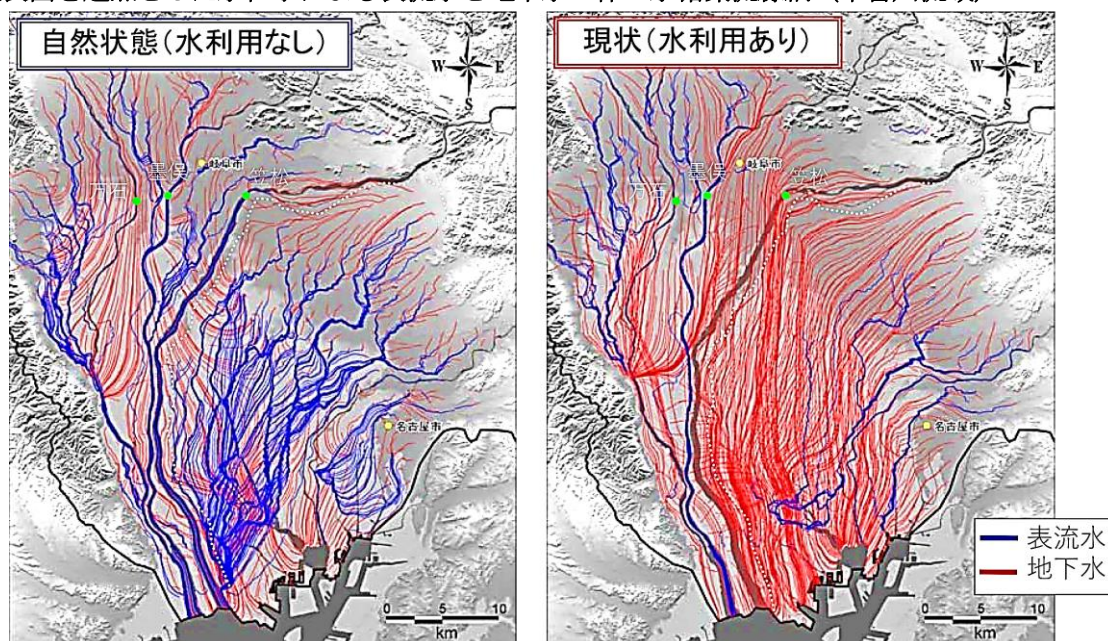
## 流域モデリングによる水循環解析の事例

自然本来の切れ目のない水の流れは、流域モデリングと呼ばれる流域スケールで地上と地下の流体挙動を一体的に統合化する技術を用います。従来の数値解析手法では、河川、斜面、帯水層など流域の構成要素を限定してモデル化しています。GETFLOWS®で取り扱う流域モデリングは、降雨、積雪・融雪、地表水流れ、地下水流れ、蒸発散、土壌浸食・堆積、水利用などの地上で生じる複雑な物理化学過程と地下の流体挙動を一体化して取り扱います。なお流域モデリングでは、気象条件や地形・地質等の基本的な情報は公開情報だけでも効果的な結果が得られるケースが多くあります。

これまでに、相模川流域、木曾川流域、熊本広域流域圏をはじめ、国内外の様々な実流域へ適用されています。特徴的なことは流域の水収支を明らかにすることが出来るため、降雨や水利用量の変動により発生する影響の種類や範囲を予測することや対策案の検討に用いられています。



地表面を起点とした水粒子による表流水と地下水一体の水循環流線網（木曾川流域）



第1礫層を起点とした水粒子による表流水と地下水一体の水循環流線網（木曾川流域）

出典：国土交通省中部地方整備局木曾川上流河川事務所「木曾川水系の水循環について」

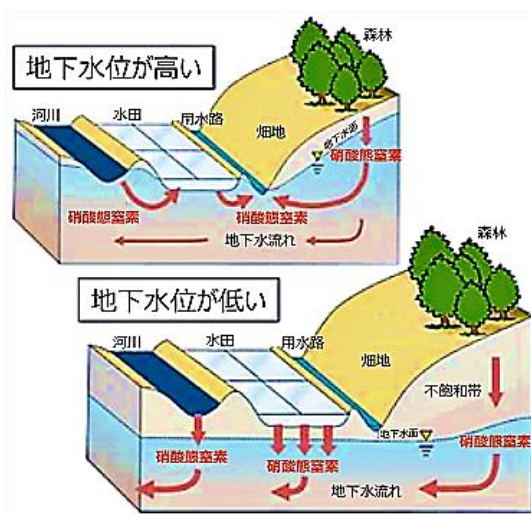
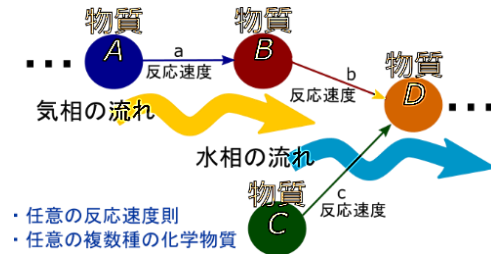
<http://www.cbr.mlit.go.jp/kisojyo/information/121023/index.html>

## 陸域環境中の様々な形態の化学物質を対象とした輸送媒体間の移動現象を解析

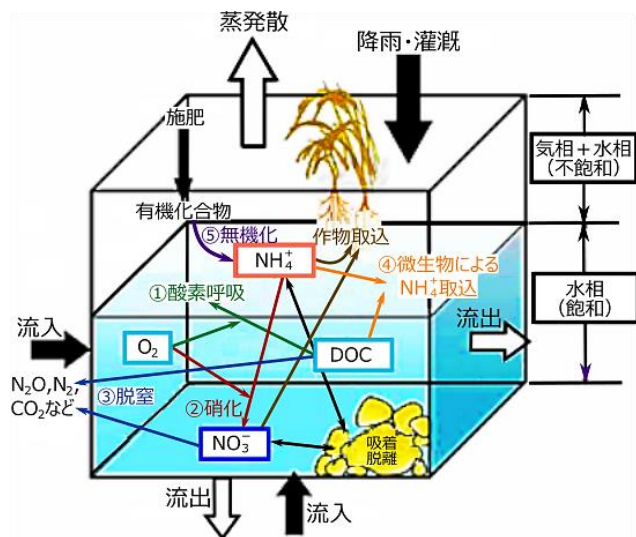
陸域環境中に放出された様々な形態の化学物質により引き起こされる様々な環境汚染を取扱うことが可能です。流れの状態や、さまざまな化学反応系に呼応した複雑な環境汚染問題を解析できます。

- ・流域および大陸スケールに及ぶ長期的な環境汚染
- ・異なる輸送媒体による移動現象、輸送媒体間の移動現象
- ・対象化学物質、共存する物質に応じた様々な生物化学的反応

水相	溶解性物質
気相	揮発性物質
固相 (粒状物質)	懸濁性物質



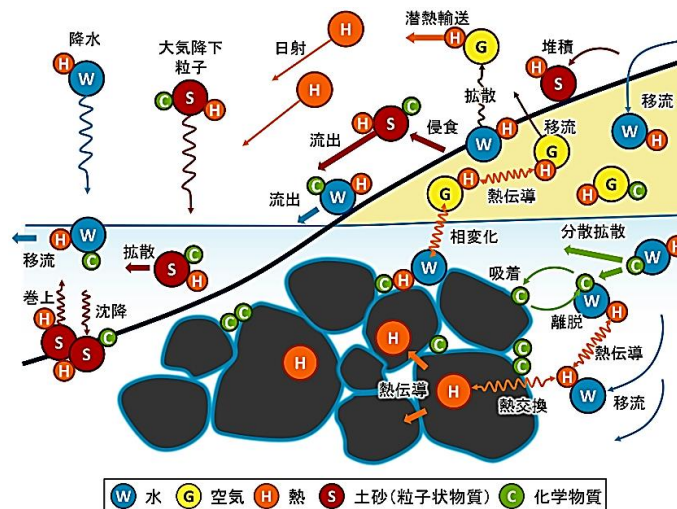
地表付近の流れの状態を考慮した負荷機構



窒素化合物の酸化還元反応

## 酸化還元場の変化を考慮した窒素化合物系の流域内の同時輸送解析の概念

出典：森ら、「流域スケールにおける窒素循環過程の数理モデリング」, 地下水学会誌第 58 巻, 2016



## 地表面付近の流体・熱・化学物質・土砂の同時輸送過程

出典：森ら、「流体・熱・化学物質・土砂の同時輸送過程を考慮した統合型流域モデリング」, 地球環境シンポジウム講演集, 2015, 土木学会

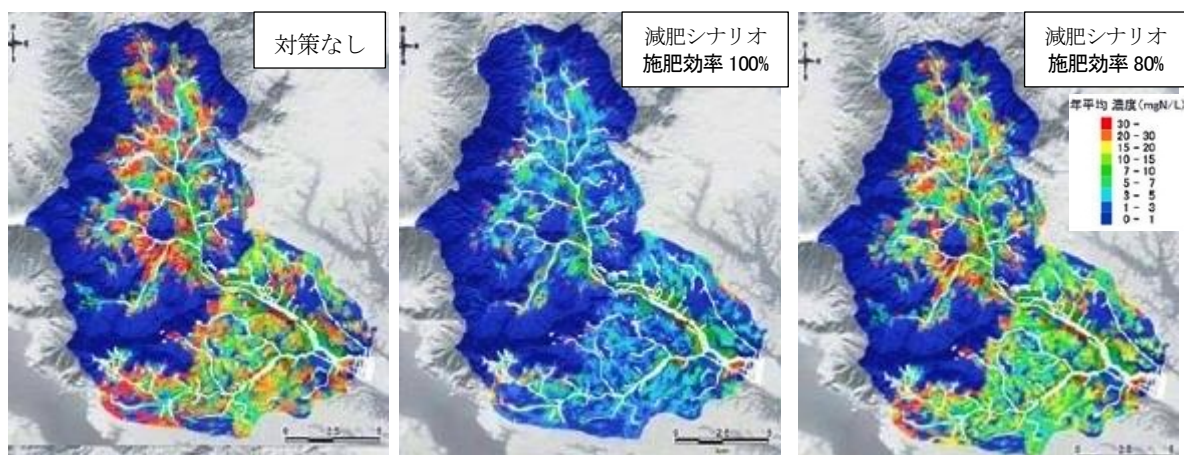
## さまざまな環境関連ビジネスへの適用例

GETFLOWS®は、点源、非特定排出源からの様々な汚濁物質について、分解・化学反応による物質の動態変化を考慮しながら、河川輸送、地盤内侵入、収着・脱離、移流分散等の物質移動過程を取り込んだより自然な物理モデルを提供します。

環境問題への適用例としては、

- ・水源林の涵養量の定量化、土壌流亡問題（流体・土砂系の同時輸送解析）
- ・栄養塩負荷流入等による閉鎖性水域の水質汚染問題（流体・化学物質系の同時輸送解析）
- ・降下放射性セシウムによる流域汚染問題（流体・化学物質・土砂系の同時輸送解析）
- ・放射性廃棄物の地層処分システム性能評価（核種移行・被曝線量評価）

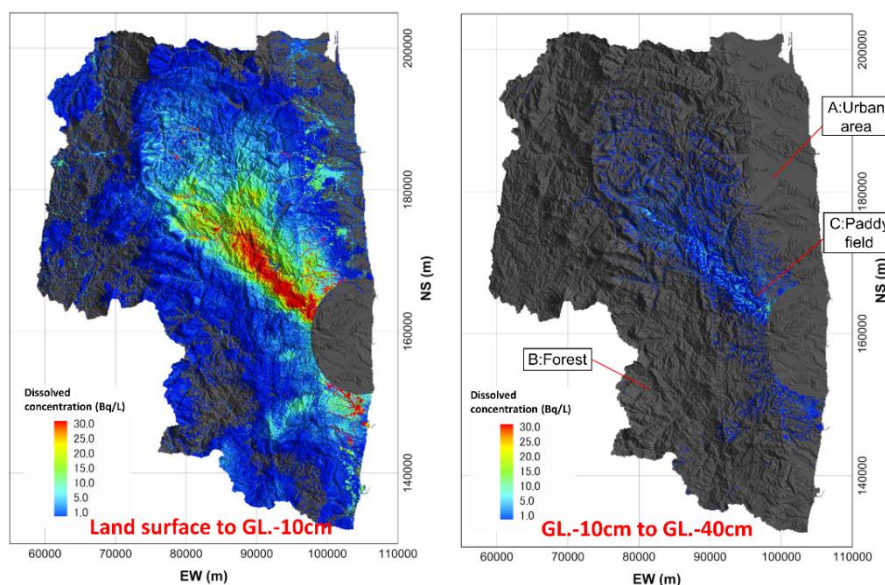
などの問題に対して、現状再現や将来予測などの課題解決のための解析を実施しています。



浅層地下水の窒素濃度予測値（作物の施肥効率率の向上による20年後の水質改善効果）

出典：農研機構、「恋瀬川流域における水・窒素動態統合モデルの開発とシナリオ分析」

<http://web08.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2006/nkk06-28.html>



降下放射性セシウムに起因する地下水中の<sup>137</sup>Csの空間分布の計算例

出典：Riverfront Research Center, Geosphere environmental technology and Yachiyo engineering corporation, “Multi-scale Watershed Modeling for Fukushima-derived Radionuclide Redistribution, Technical Meeting on Surface Water and Groundwater Contamination Following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (F3-tm-49278) 8e10 September 2014 (M0E27)”, IAEA/UNESCO Technical Meeting on Groundwater Contamination Following the Fukushima Nuclear Accident IAEA Headquarters, Vienna, 8 e 10 September 2014.

<http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/documents/FDNPP%20presentations/14Mori.pdf>

## 国土スケールの水循環ビジネスモデル

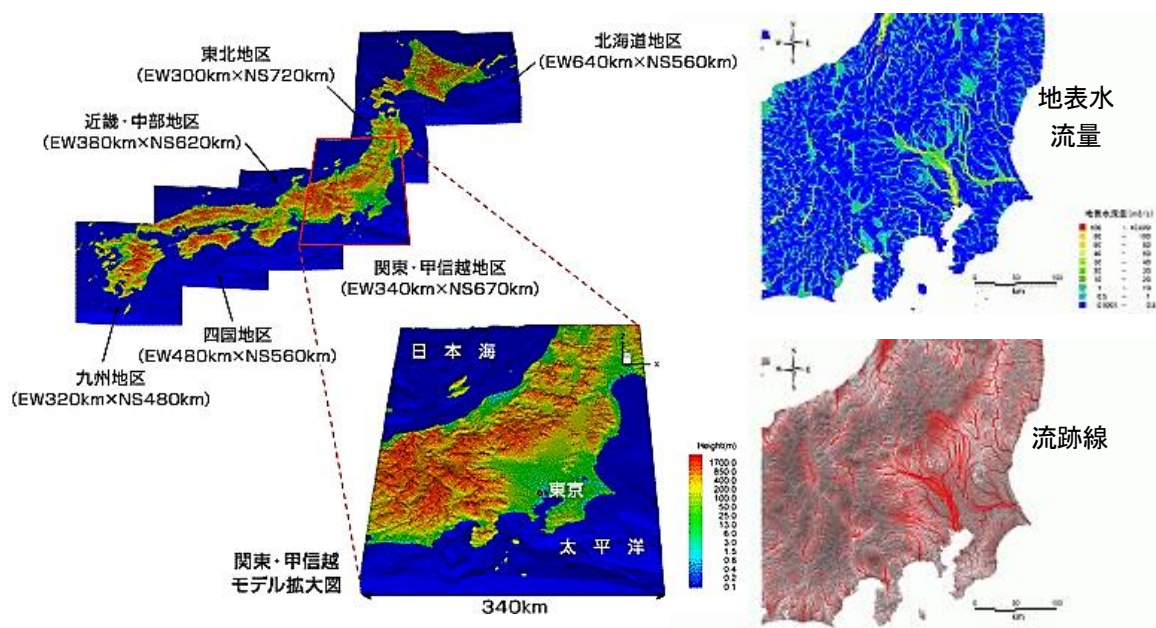
水循環解析は受託サービスが主体でしたが、国土全体の水循環を対象とした流域モデリングのコンテンツ化を目指し、独自の並列計算機システムを用いて地表水、地下水を一体化させた大規模3次元シミュレーションに取り組み、その成果として以下の第一次国土水循環モデル、第二次国土水循環モデルの開発に成功しました。

日本列島の自然状態の平均的な地表水、地下水流動パターンの特徴を可視化し、一次産業の効率化や防災などに寄与するコンテンツの提供ビジネスを開始しています。

### 「日本列島の水の流れを見る」～ 第一次国土水循環モデル

#### 第一次国土水循環モデルの特徴

- ・ 日本列島及び周辺海域を 1km メッシュに細分化した 3次元モデル
- ・ 領域全体 (1,460,000km<sup>2</sup>) を約 4,400 万格子で細分化
- ・ 気象・土地利用・地形・地質情報は公開情報を用いて同一のルールで組み
- ・ 地質区分は沖積層、洪積層、基盤岩類の3区分
- ・ 沿岸域における淡水と海水の相互作用を考慮
- ・ 利水や排水などの人為的な水利用は考慮しない
- ・ 一定降水量を与え続けた自然状態の平均的な水循環（平衡流動場）を再現



#### 第一次国土水循環モデルと解析結果表示例

出典：地圏環境テクノロジー「オープン国土水循環モデル」 <http://www.getc.co.jp/vision/open/>

### 「日本列島全体から流域単位まで水循環情報を可視化する」～ 第二次国土水循環モデル

第二次国土水循環モデルは、高解像度化と地質分類の詳細化を図り、日変動データに基づいた流域情報として提供できる日本列島の水循環情報です。

搭載される膨大な流域情報が、今後の継続的な蓄積・更新・再利用を効率的に行うことができるよう、全てのデータを空間3次元、時間1次元の軸と関係付け、オブジェクト指向の考え方に基づいたデータモデルとして整備しました。

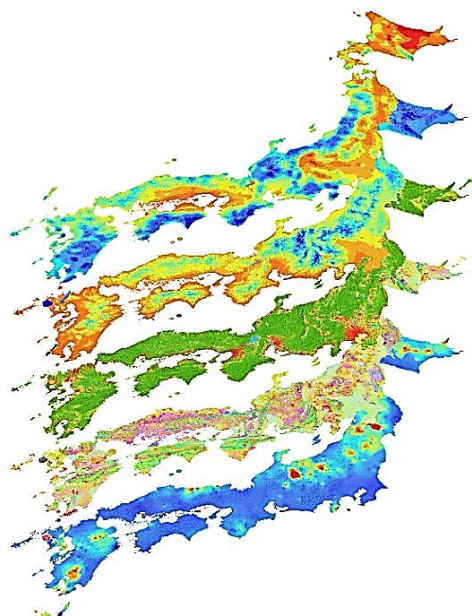
任意の時間、空間分解能を基本単位として、その1つ1つに対して、例えば気象、地形、土地利用、水利用、地質、熱に関するデータを組み合わせてパッケージ化しました。地図上の水平位置、垂直位置（深度）と時期を決めれば、基本単位に格納された全てのデータを特定し自在に操作することができます。

### 第二次国土水循環モデルの特徴

- ・ 水平解像度を 500m に高分解化、時間解像度を 1 日とした非定常解析を実施
- ・ 気象外力は過去 30 年の多年平均または日単位変動データを使用
- ・ 水、空気、熱、塩分の同時輸送過程を考慮
- ・ 詳細な陸面過程（降水遮断、積雪・融雪、蒸発散、熱収支など）を考慮
- ・ 3次元地質構造モデルの詳細化

### 第二次国土水循環モデルの基本諸元と利用データ

項目	諸元・利用データ
陸域範囲	北海道、東北、関東甲信越、中部東海、近畿、四国、九州
海域範囲	海岸線から 50km まで
深度	標高 -10,000m
解像度	空間 500m、時間 1.0 日
格子数	約 1 億 3,000 万
流体システム	非等温流体（水、空気）＋熱＋塩分
地形	国土地理院 50m メッシュ（標高）
地質	産総研シームレス地質図ほか
植生	環境省植生調査 2 次メッシュ
LULC	国土数値情報土地利用 3 次メッシュ
水・熱利用	生活、農業、工業
気象	メッシュ平年値 2010、レーダ解析雨量
地下温度	産総研地温勾配及び地殻熱流量 DB 他



### 地表水・地下水流動経路

地表付近に配置した水粒子の3次元流動経路を解析した結果の平面投影図  
青線は地表水、赤線は地下水を表す



### 地下水涵養量



### 第二次国土水循環モデルによる解析結果の表示例

出典：多田ら、「日本列島の水循環解析」, 地球環境シンポジウム講演集, 2015, 土木学会

<https://www.getc.co.jp/webmap/>



## 全球水循環ビジネスモデル構想

世界の主要な大陸における3次元水循環システムを公開されている地形データとその地域の平均的な気象データを用いて解析し、全球規模の陸水の動きをコンピュータ上に丸ごと創り上げ、グローバルにビジネス展開を進めて行く構想です。

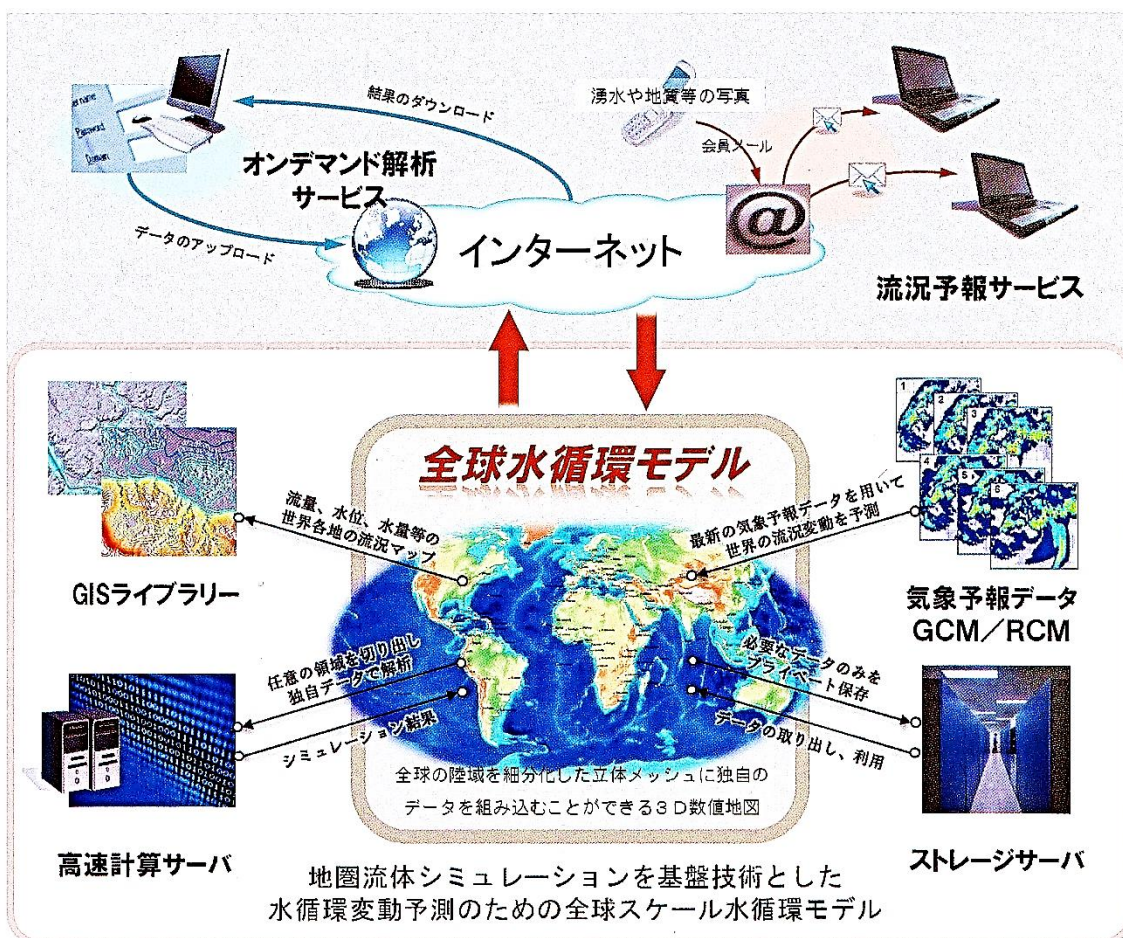
この構想は、地球温暖化、SDGs、人口増加と水不足、食糧生産などの世界の水問題と密接に関わる状況変化の中で、その傾向をいち早く捉え、私たちが実行できる様々な緩和・適応策のデザインへ貢献する継続的な情報発信を目指すものです。

絶えず変わり続ける水循環の境界条件を与え続け、地上で実際に観測された膨大なデータと比較し、シミュレーションとの差異を分析することは、私たちが直接視ることができない地下の様子を間接的に捉え、可視化することにつながります。さらに、大きな変動をできる限り早期に捉え、それらに対処する多彩な対策オプションの立案と実行を支援します。

全球水循環モデルは、世界の陸域及び近海域を細分化した立体メッシュに、利用者独自のデータを組み込むことができるB2Bビジネスモデルを目指します。

全球水循環モデル構想では次のような情報サービスが提供可能となります。

- 公開済みの共通データあるいは利用者独自のデータを用いて、必要な時に必要なだけ解析することができるオンデマンド解析サービス
- 独自データをウェブ上に保存できるホスティングサービス
- 世界の気象予報データを用いて最新の流況変化を配信する流況予報サービス
- 世界各地の流況に関する諸データをマップ化した水循環情報ライブラリサービス



## 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淡路町2-1 NCO 神田淡路町 3階  
TEL 03-5297-3811  
FAX 03-5297-3813  
URL <http://www.getc.co.jp>  
メール [get\\_support@getc.co.jp](mailto:get_support@getc.co.jp)  
代表者：代表取締役社長 田原康博

---

株式会社地圏環境テクノロジー

〒101-0063 東京都千代田区神田淡路町2-1 (TEL: 03-5297-3811)

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

---