

# 自然環境も AI で予測： 山岳地域における 降水量予測ソリューション

Google  
Cloud  
Next

Tokyo

Proprietary

# はじめに

# Google と 水 の重要な関係

## 管理と消費

81 億ガロン／年  
(約 310 億リットル)

前年比 +28%

## スチュワードシップ

45 億ガロン／年  
(約 170 億リットル)

淡水消費量の 64%

## リスク管理

潜在的な水リスク管理

水不足リスク  
洪水リスク  
水質リスク  
風評リスク  
規制上のストレスなど

## 水 x AI

Flood Hub  
GenCast  
WeatherNext  
Freshwater Ecosystems  
Explorer  
Global Wetland Watch

# 栗原 俊

サントリー グローバル  
イノベーション センター 株式会社  
水科学研究所



# カンタン・シュツコ

# スキ

株式会社 Recursive  
プロジェクト マネージャー



# 目次

- 01 サントリーの水に対する取組み
- 02 水循環理解の意義と課題
- 03 山岳降水量予測モデルの構築
- 04 開発内容と学び
- 05 最後に

# 01. サントリーの水に対する取組み

# サントリー グループ コーポレート メッセージ

「水と生きる」企業として  
水と生命を守り続けていくために

## 水と生きる SUNTORY

自然と水の恵みに生かされる企業として、貴重な水資源を守ること。  
「人間の生命の輝き」をめぐす<sup>いのち</sup>想いを、「水」に託して伝えるメッセージ。

# サントリー グループのサステナビリティ活動

人と自然と響きあう社会の実現へ

## 天然水の森



## 愛鳥活動

### Today Birds, Tomorrow Humans.

今日、鳥たちに訪れる幸福は、  
明日の人間を幸せにするかもしれない

野鳥を見つめ、環境を知る。  
それは、鳥だけでなく、人、  
さらにはすべての生き物が  
豊かに暮らせる環境を未来に引き継ぐこと。

それが、「サントリーの愛鳥活動」です。



©Illustrated by  
Masayuki Yabuuchi

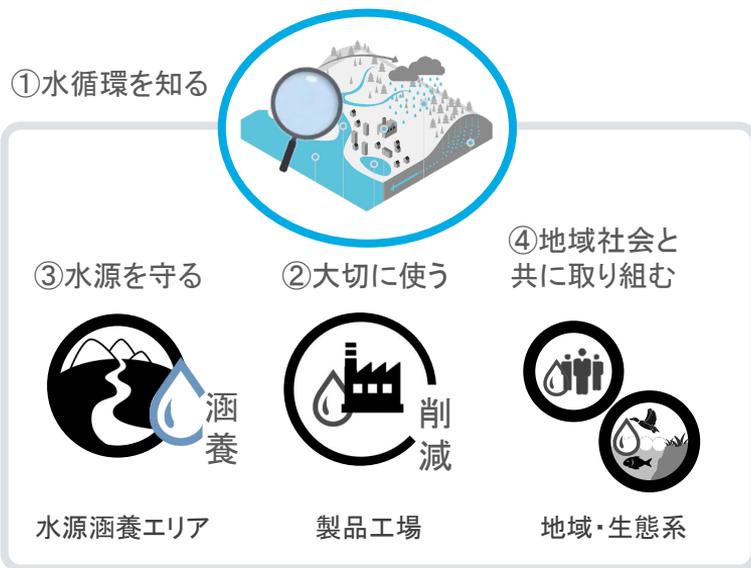
## 水育



※サントリー次世代環境教育「水育」ウェブサイトより

# サントリー水科学研究所

将来の持続可能な水資源を守るためには、地下水の流れの解明など、科学的アプローチで水循環を理解することが重要



サントリーグループ「水理念」

河川流量や  
地下水位、水質等  
データを収集

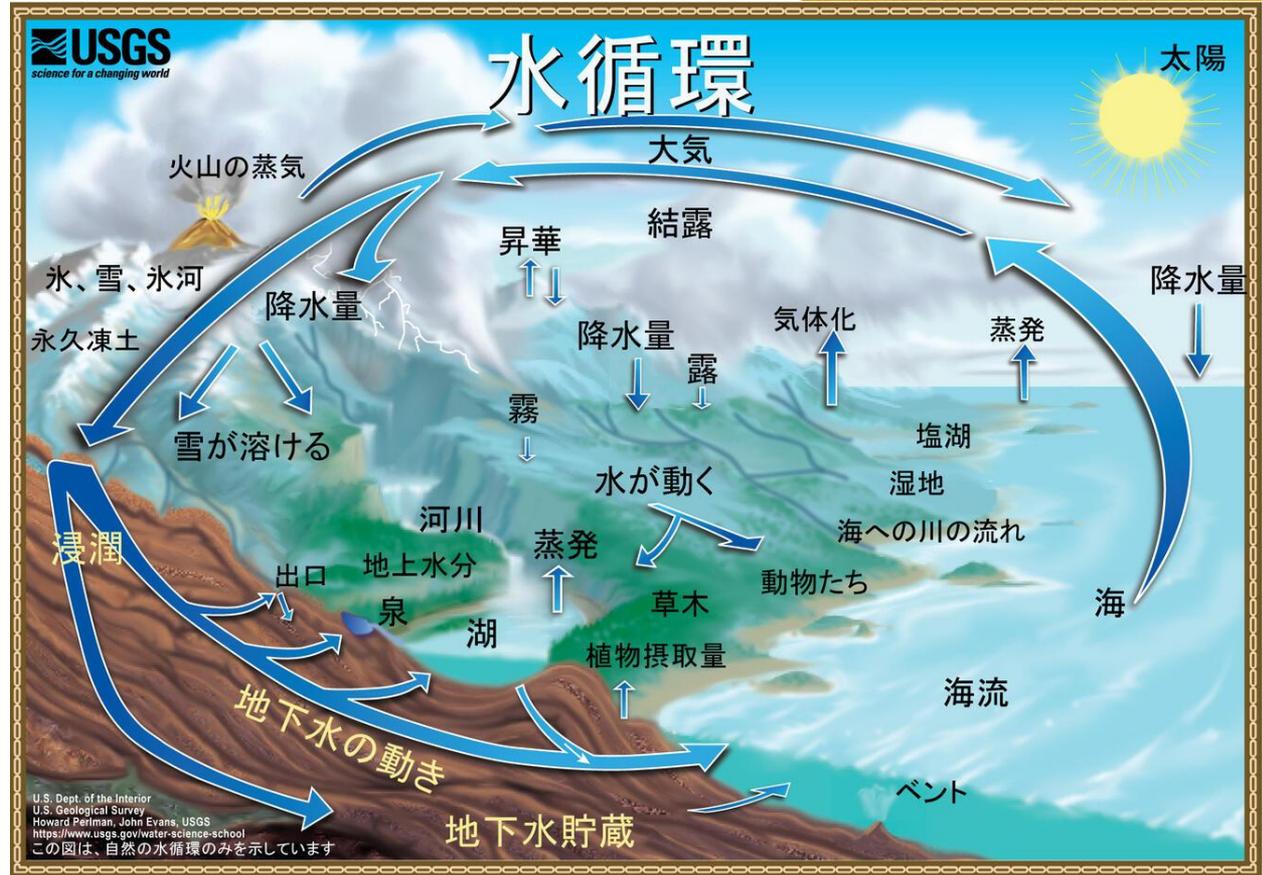


収集したデータを活用し地  
下水の流れを  
シミュレーション

## 02. 水循環理解の意義と課題

# 水循環とは

あらゆる形で長い旅をする水 - その複雑な循環システムを解き明かすことで、世界の水の危機を救えるのではないかと注目されている研究分野

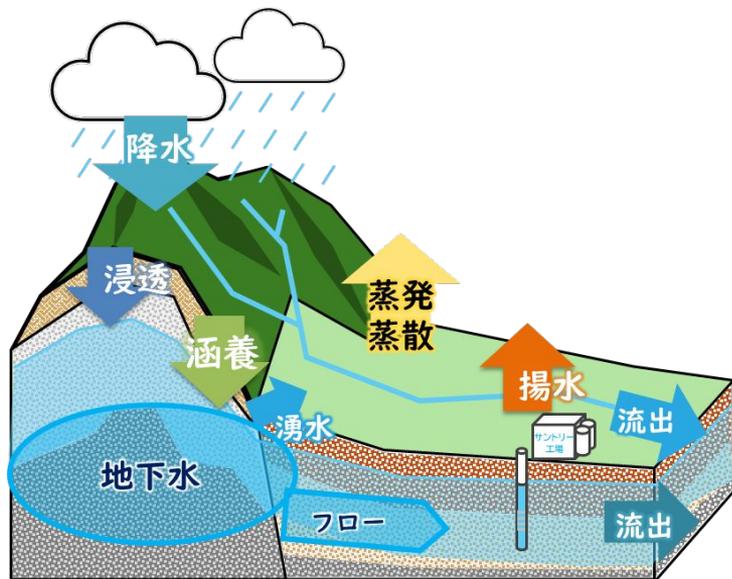


出典: U.S. Geological Survey

<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/shuixunhuan-water-cycle-japanese>

# 水循環の理解

サントリーではサイエンスに基づき、地面の下の見えない水の動きを「見える化」  
将来の水資源を守る活動を行っている



保存すべき  
エリアを定める



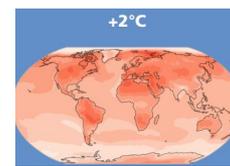
持続可能な  
水の利用



森林管理の効果を  
評価する



気候変動下の  
干ばつリスクの評価



出典: IPCC AR6 Synthesis Report

何が起きたら、地下水にどのような影響が出るのかを把握しておく必要がある

# 水循環理解の活用先

水循環に関する研究内容を広く活用するため、社外に向けた活動を実施

## 地域への貢献



熊本地域の水循環モデルを構築し、  
熊本県に活用していただいた

## 企業様への貢献

地下水を見える化して、用水確保をサポート

水のある景色を未来に引き継ぐ

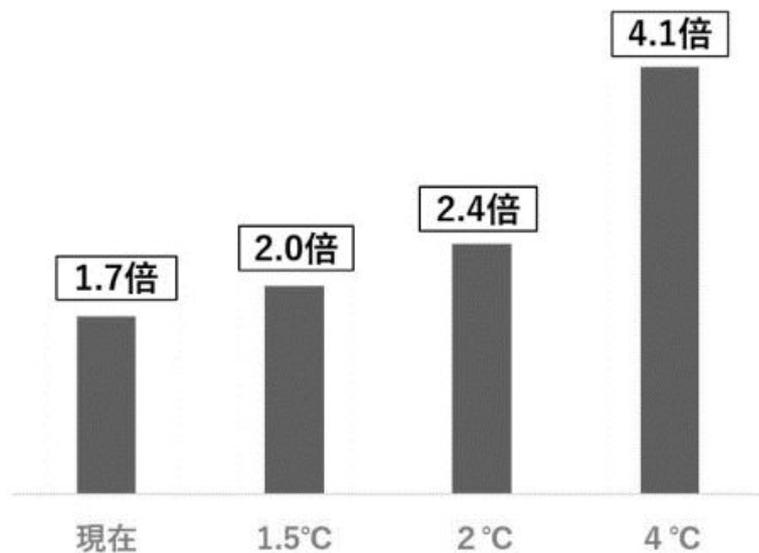
WATER SCAPE

事業・工場操業におけるリスクの軽減、アクションプランの構築、社内外への報告・説明など、さまざまな課題・目的に対応したアウトプットをご提供いたします。

持続可能な用水確保に向けた  
取り組みをサポートするサービスを展開

# 環境変化

気候変動や地域社会の劣化による水量低下・枯渇は、顕在化しつつある重篤なリスク



気温上昇により、10年に1回発生する  
干ばつ発生頻度の増加



耕作放棄地の増加に伴う涵養機能の低下

# 将来のリスク評価に向けたステップ

## データ収集・水循環理解

データ収集し、  
自然の複雑な現象を理解



## モデル構築

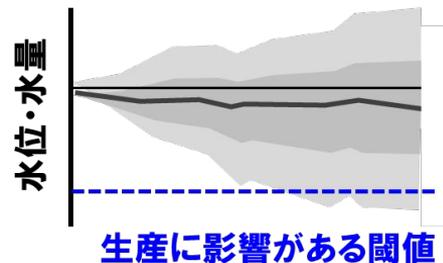
コンピュータ上で過去から  
現在を再現



## 感度分析・将来予測

将来変化シナリオをもとに  
将来変化を計算

将来の地下水位・河川水量を  
予測・評価する



# 水循環の複雑さ

水循環の将来予測を行うためには水循環モデルを精緻に再現する必要があるが、  
そのためにはデータの正確性が必須

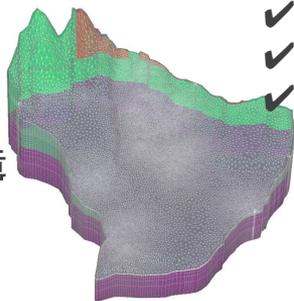
器(モデル)を準備し  
器にデータを与える

モデルに与えるデータ

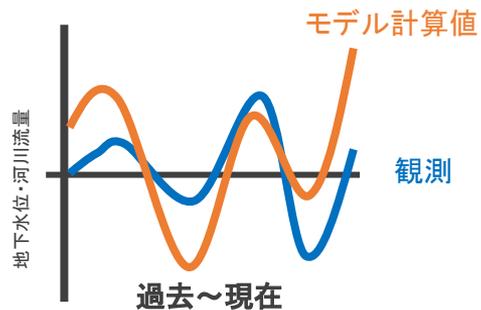
- ✓ 降水量
- ✓ 蒸発散量
- ✓ 揚水量

モデルの内部構造

- ✓ 地形
- ✓ 地質
- ✓ 断層の有無
- etc



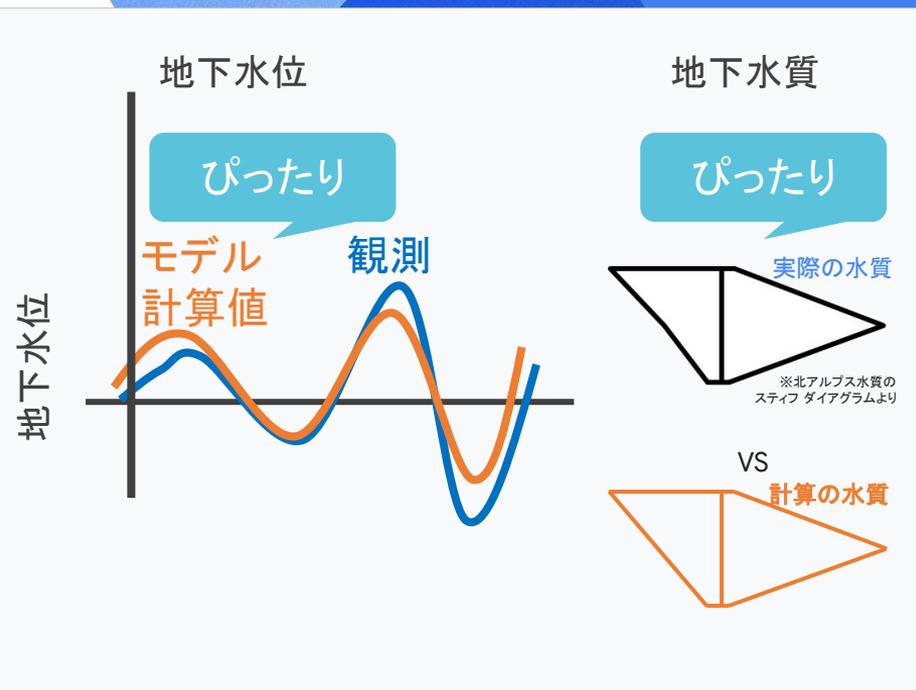
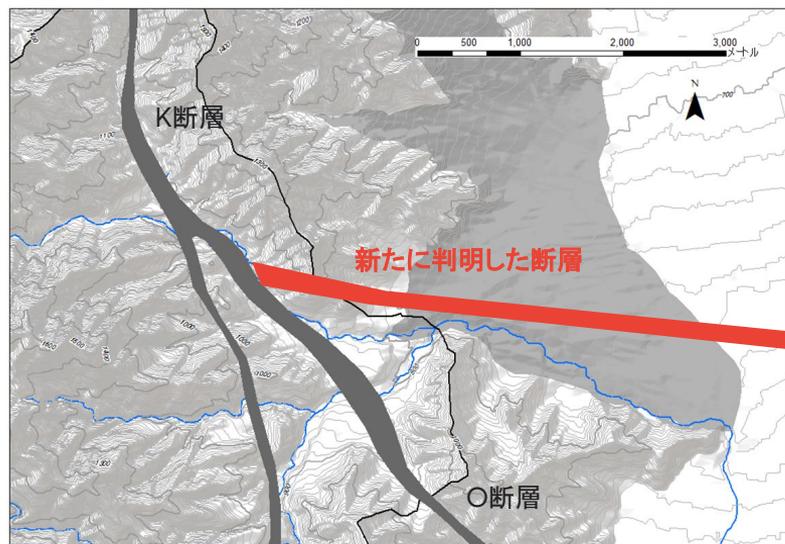
水位や流量が計算される



再現度をいまいちだと  
将来の予測が不確実性の高い  
結果になってしまう

# 水循環の複雑さ

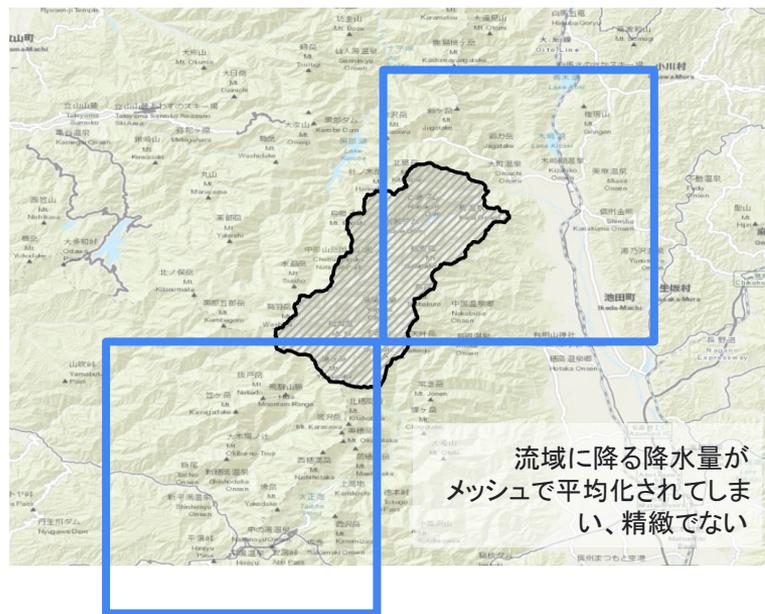
天然水北アルプス信濃の森工場の水循環理解では断層の存在が鍵だった



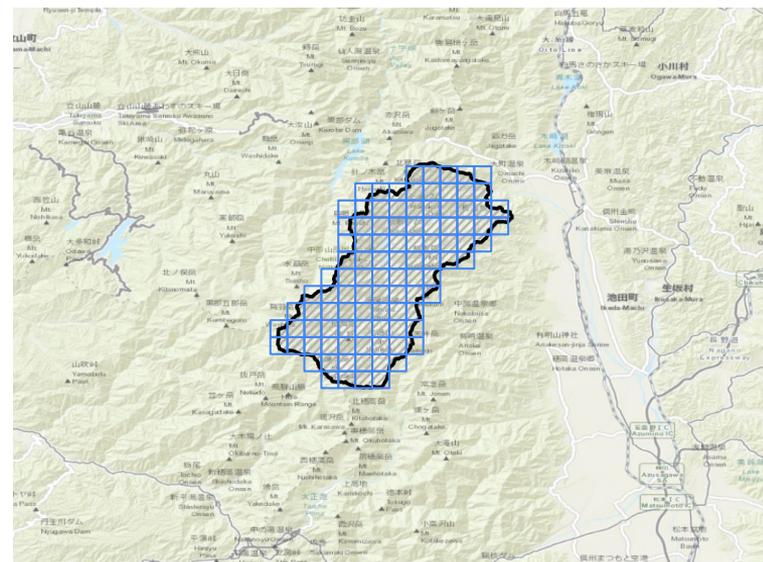
# 水循環の複雑さ

普段から得られる降水量と比べ、水科学研究所で行っている水循環理解にはより精緻に、より局地的に、より長期的な観点での降雨量予測が必要

天気予報のメッシュサイズ(イメージ)



水循環理解に必要なメッシュサイズ(イメージ)



# 海外での水循環理解の課題

研究対象のスペインのセゴビアも降水量データが不足しており、精緻に水循環を再現できない可能性がある



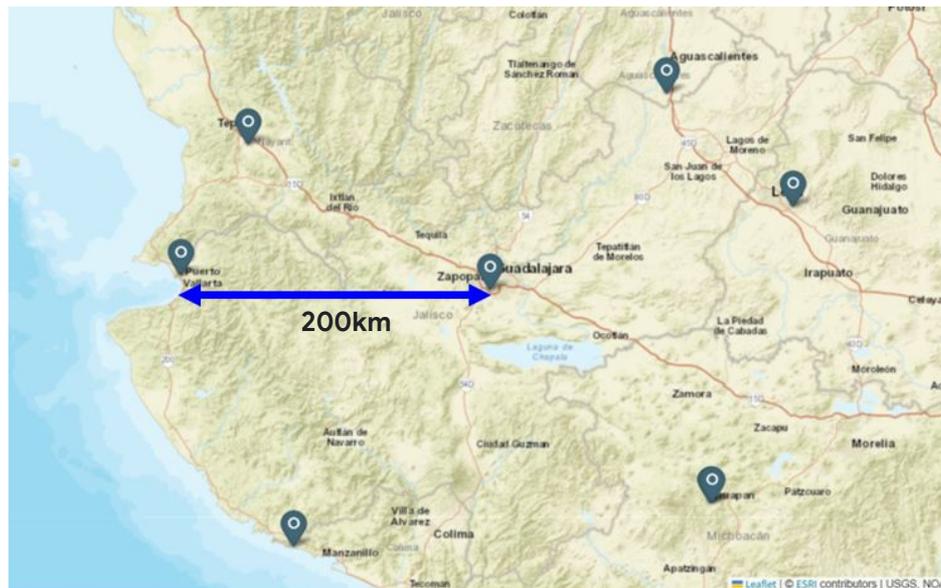
# 海外での水循環理解の課題

日本の雨量計設置網



災害につながるような降水イベントが多く、  
密な観測網が必要であり、多く設置されている

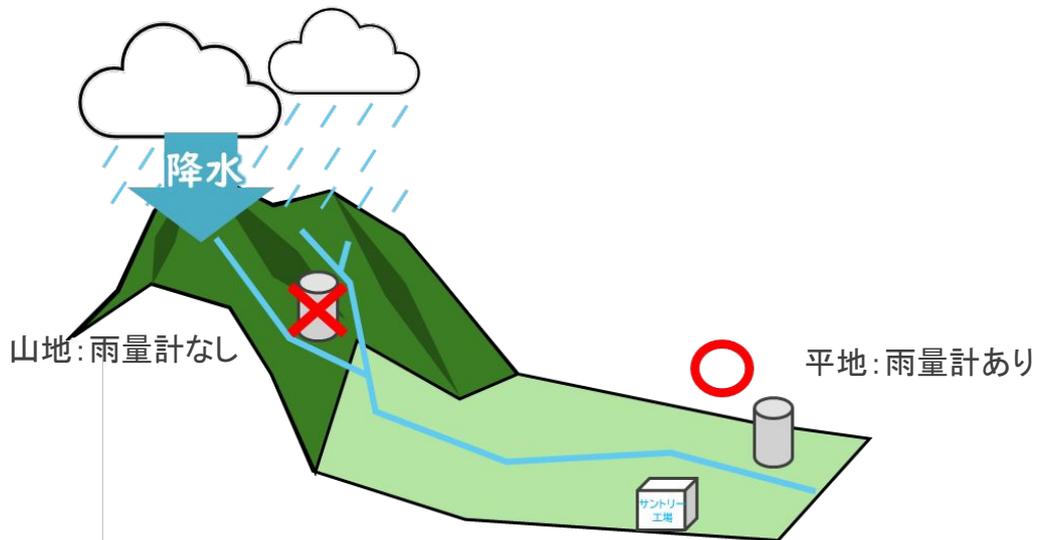
メキシコの雨量計設置網



乾燥地で気候が安定しているため、最小限の設置

# 海外での水循環理解の課題

「山地の降水量」を推定することが水循環を理解する上で非常に重要

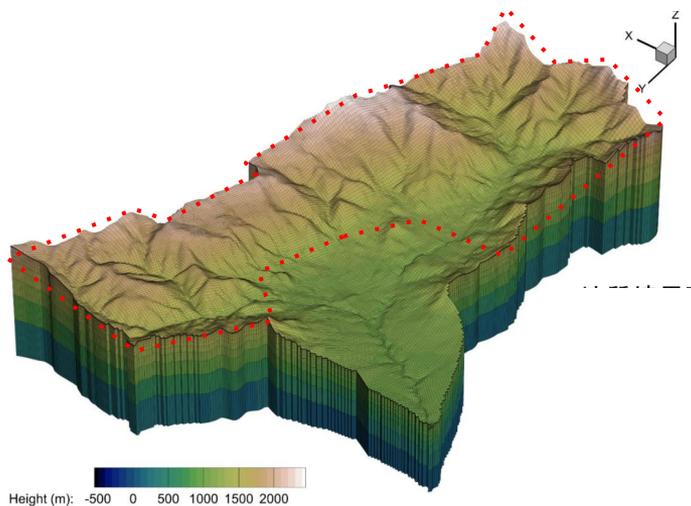


観測網が密な日本でも山地には観測データが少なく、  
山地の降水量の正確な把握は、気象学や水文学での共通の課題

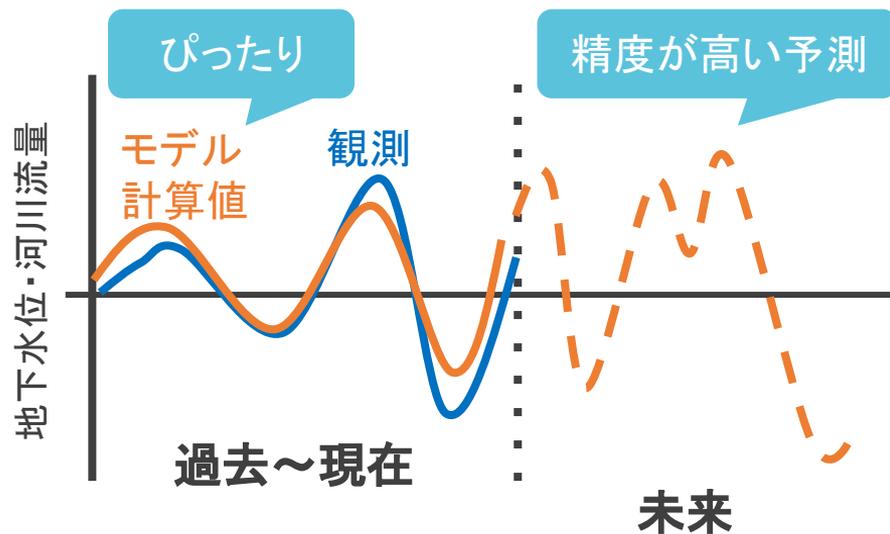
# 03. 山岳降水量予測モデルの構築

# 今回の取り組みの目的

将来の予測値の不確実性を減らすための技術開発



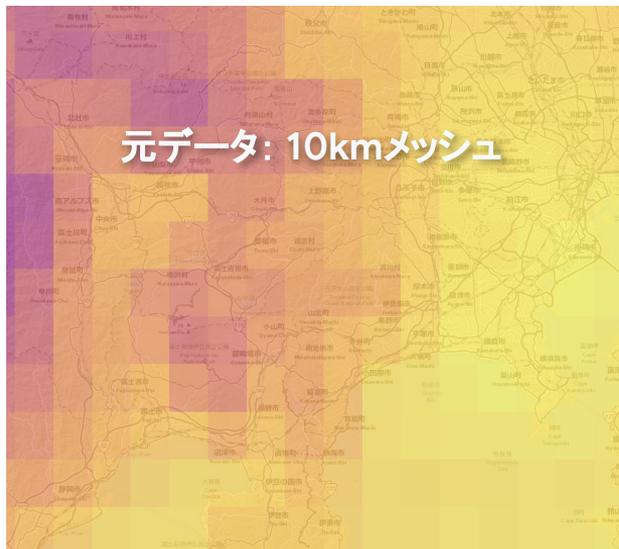
山地の降水量を正確に推定できれば



高精度に水位や流量が計算されるモデル構築ができる

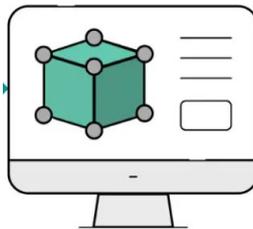
# Recursive のサイエンス AI を活用

物理も組み合わせた物理ハイブリッドAI モデルを用い、降水量の高解像度メッシュマップを作成する技術開発を行った

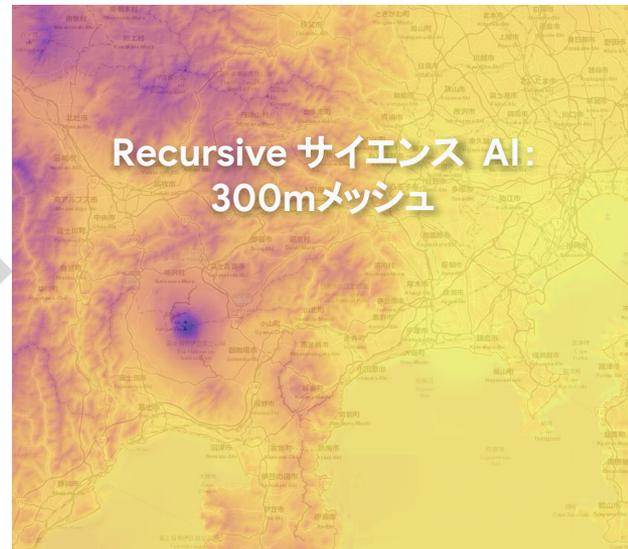


## Recursive サイエンス AI

高精度な物理  
シミュレーション



 recursive



✓ 平均誤差  $\pm 1^{\circ}\text{C}$

物理則も踏まえつつ、画像を高解像度化する AI 技術を活用し、高精度の内挿補間を実現



# 04. 開発内容と学び

# recursiveのご紹介



持続可能な社会の構築を目指し、  
最先端の技術で AI ソリューションを  
開発する多国籍エンジニア集団

「より公平で、持続可能な社会の構築に貢献する」をビジョンに掲げる Recursive では、各国から集まったエンジニアが最新のテクノロジーをリアルタイムで把握し、AI ソリューションの開発に活かしています。お客様の課題を深く理解し、柔軟に開発を進められることが我々の持ち味です。

従業員数

49 名

博士・修士号獲得数

23<sup>+</sup>

公開論文数

44 件

国籍数

22 カ国

エンジニア比率

44%

女性比率

37%

お客様（一部）

SUNTORY  
SUNTORY GLOBAL INNOVATION CENTER

IHI

みんなにスマイル。  
教育同人社

KURITA

Tomorrow, Together  
KDDI

木と生きる幸福  
住友林業

ふるさとチョイス  
ふるさと納税総合サイト

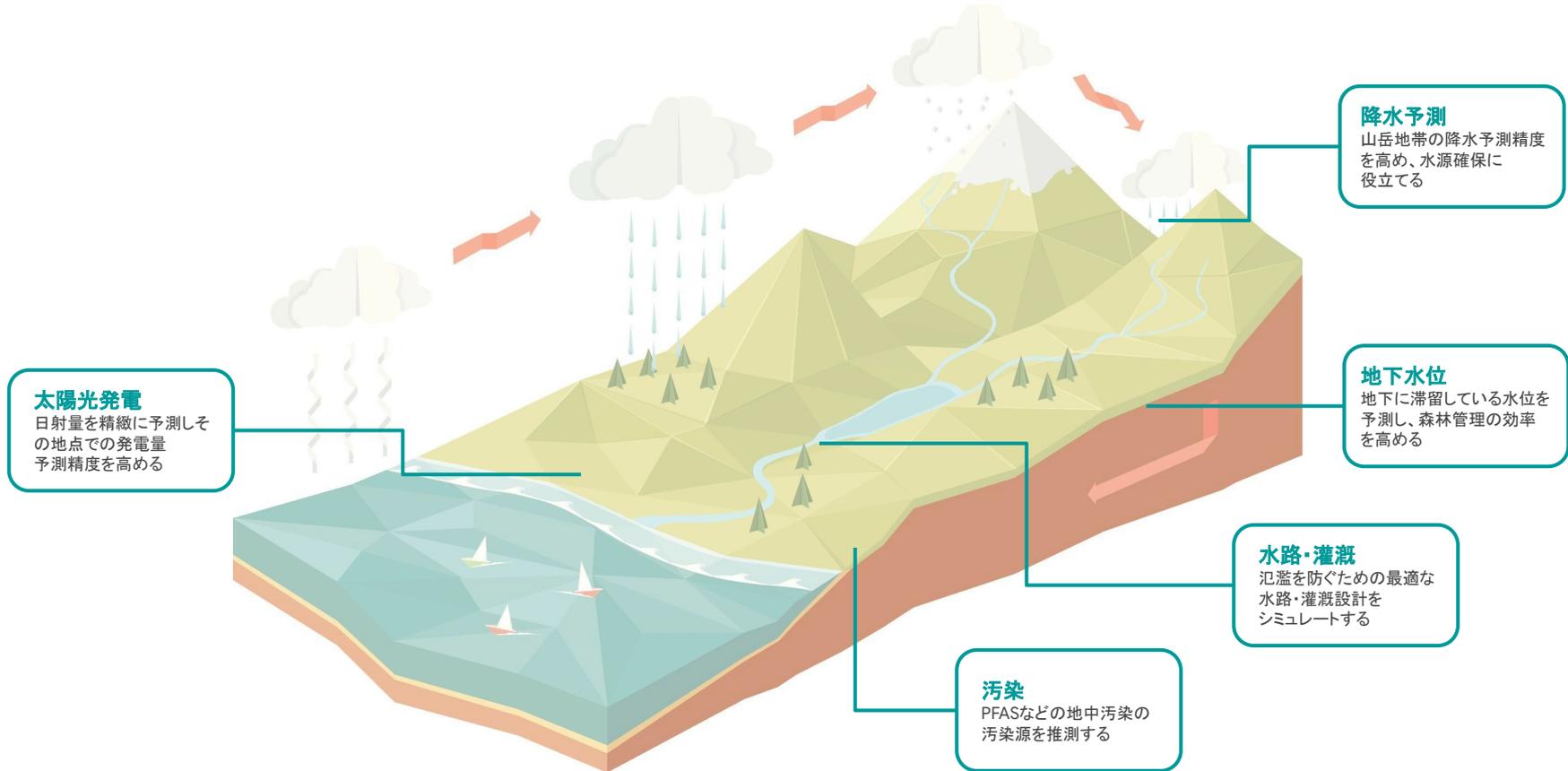
MS&AD  
三井住友海上

CyberAgent.

maruho

ROHTO

# Recursive サイエンス AI: 自然環境のデジタル・ツイン



# Recursive サイエンス AI: 最先端の機械学習技術を導入

## PINN

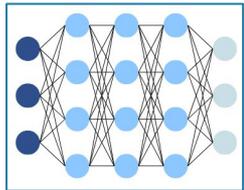
(Physics Based Neural Network・  
物理学ベースの  
ニューラル ネットワーク)

ニューラル ネットワークの損失関数に  
物理ベースの方程式を含めることで、  
両者の長所を得られる

データのみモデル

物理モデルのみ

ハイブリッド・モデル



データのためのディープ・ニューラル・  
ネットワーク(DNN)

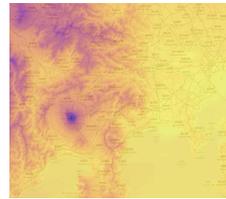
$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + b \frac{\partial u}{\partial x} + b \frac{\partial v}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + g \frac{\partial h}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + g \frac{\partial h}{\partial y} &= 0 \end{aligned}$$

浅水方程式  
(PDEの例)



## Upscaling (アップ スケーリング)

地形などを考慮し、低解像度データを  
高解像度データに変換

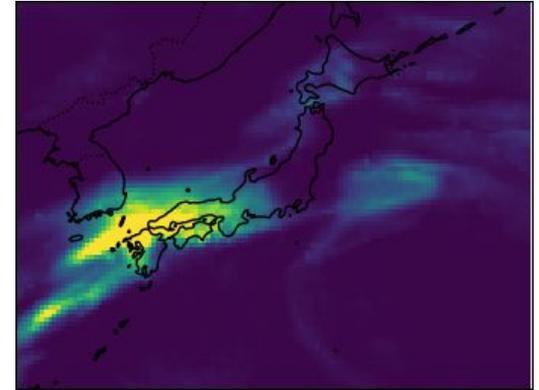


アップ スケーリング前後の気温



## Climate GenAI (気候 GenAI)

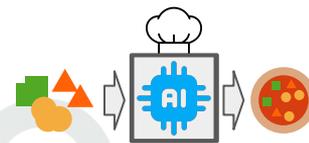
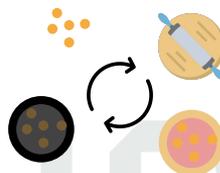
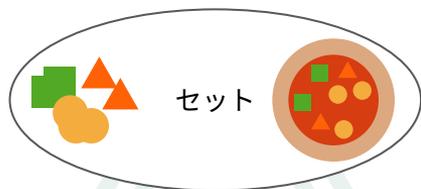
GenCast など Google の大規模な  
事前学習済みモデルを活用



Google の GenCast が日本の降雨量に  
適用され、将来の降雨予測を生成

# AI のモデリングとピザ作りの類推

材料      美味しい サンプルピザ      調理方法      調理実習      味見      提供



レシピ



入力データ      ターゲット出力      AI モデルの種類      学習      検証      推論

# 水科学研究所との取り組み内容

PoC では、最先端 AI 技術と Google Earth Engine の広範データを用い、精密な降水量推定モデルの開発を目指した。長野の日本北アルプス やスペインのセゴビア山岳地帯 で、高解像度降水量メッシュ マップを作成。



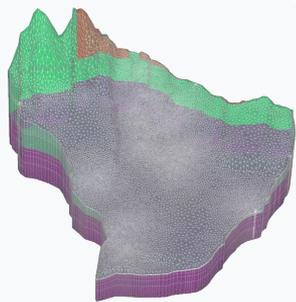
降雨量



地形



その他衛星データ等\*



Recursive  
サイエンスAI

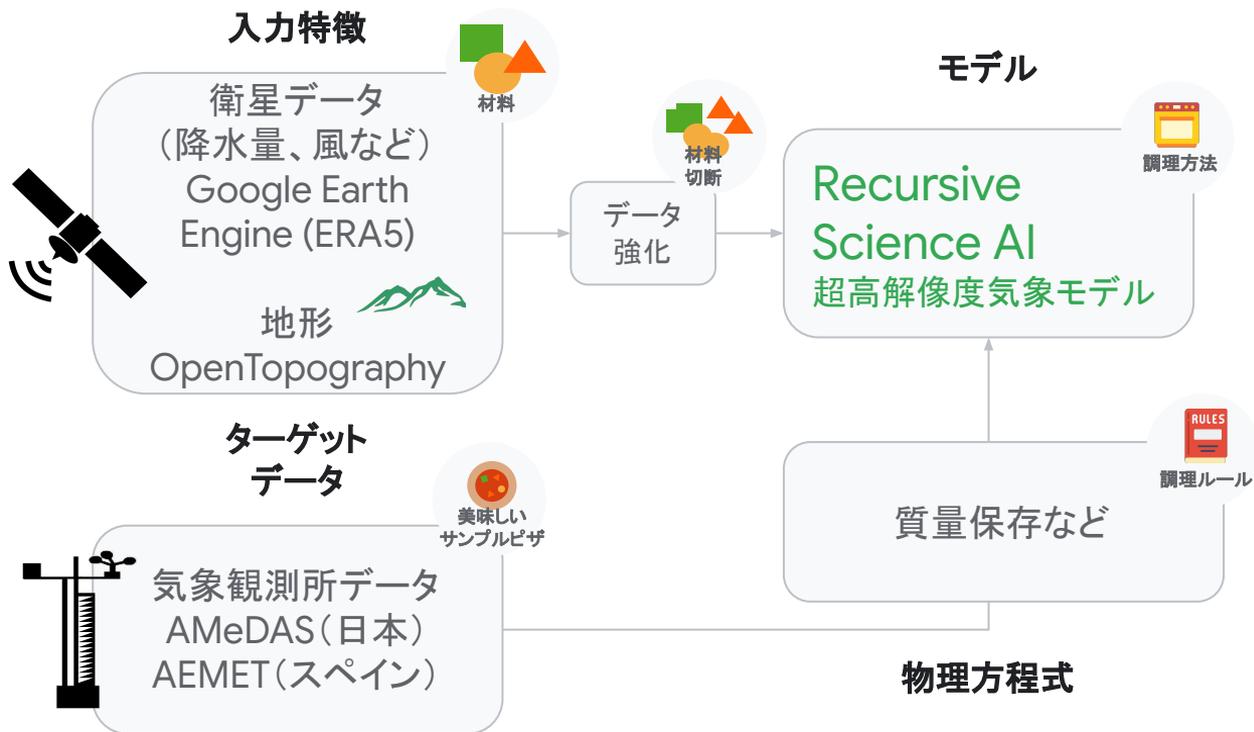
過去の降水量を示す高解像度



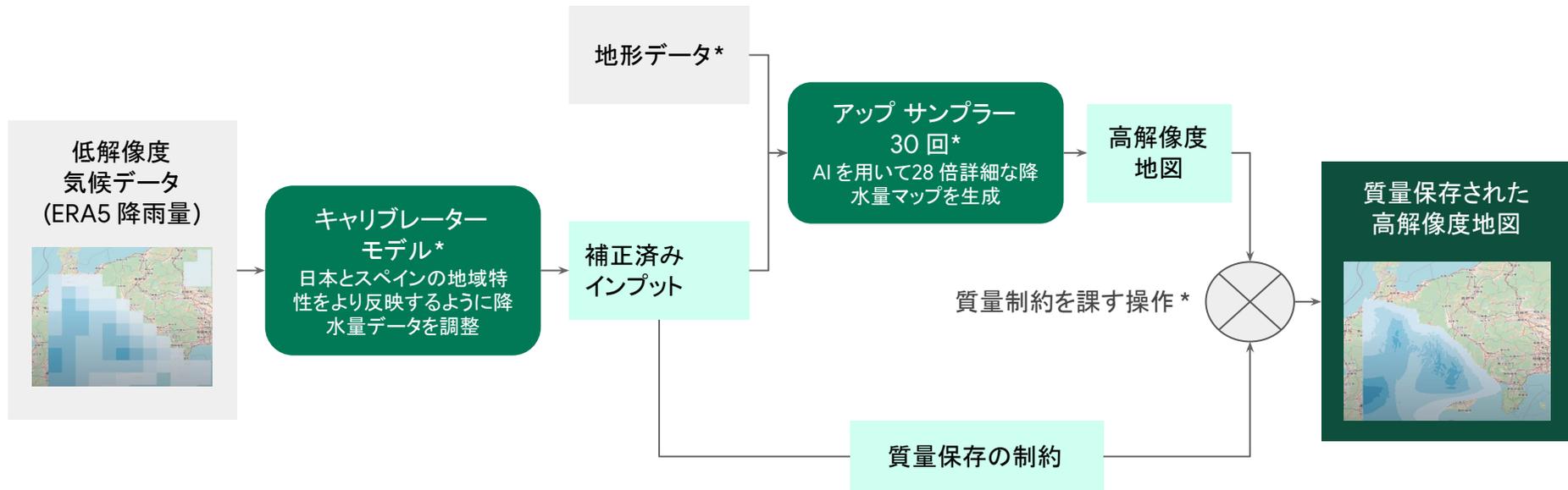
メッシュマップを作成

- 空間分解能：1km メッシュ
- 時間分解能：1時間

# サイエンス AI の構造



# 今回の取り組みの PoC 構造



## 結果

ディープラーニングを用いて物理的に妥当な高解像度降水量データを作成し、従来の手法を凌駕した。その結果、両方のテスト地域で月ごとの累積誤差が減少し20年分のデータが作成された。

しかし、

しかし、  
水科学研究所の観点からは、  
満足の行かない  
結果だった

# 両社の評価方法に生じた「ずれ」

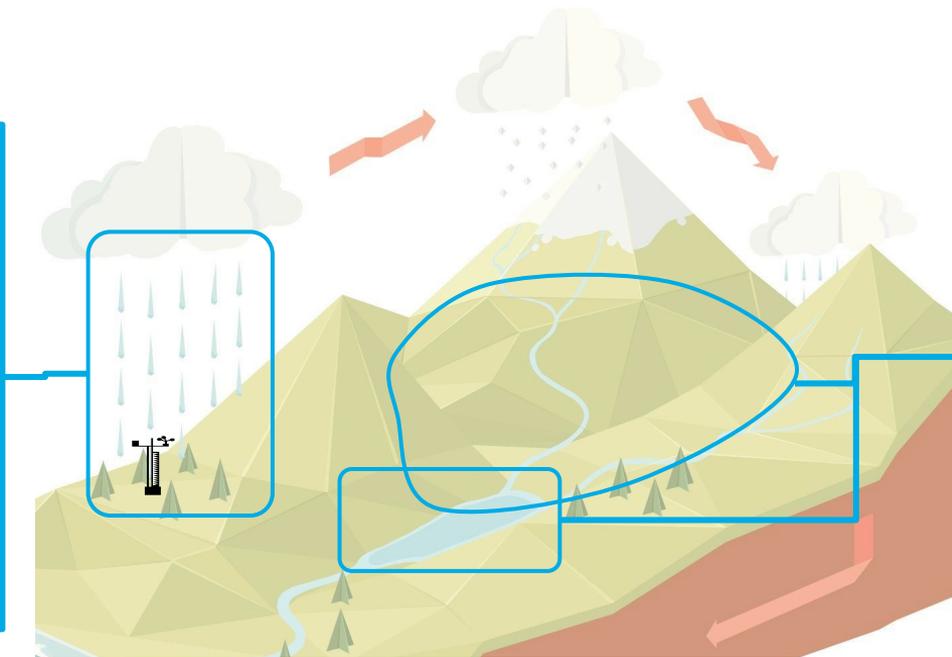
Recursiveでは ○  
アメダスデータで評価

メリット:

- データ取得が容易
- 時間単位でデータ取得できる

デメリット:

- 標高の高い地域の降水量を過小評価



水科学研では ✕  
流域内河川流量で評価

メリット:

- より高精度

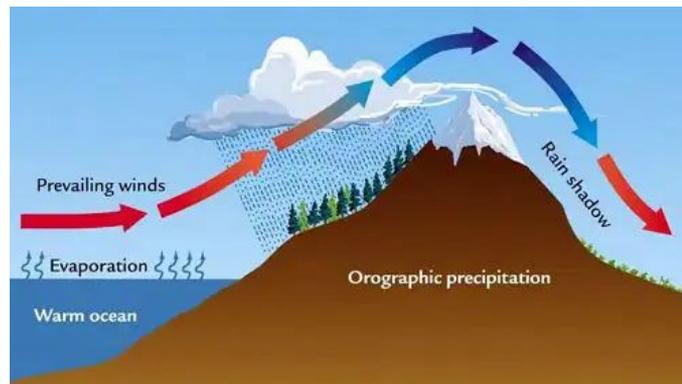
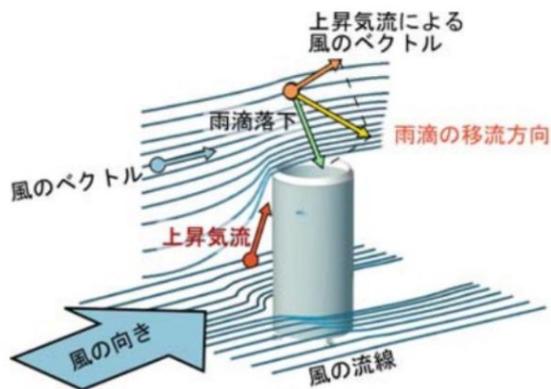
デメリット:

- 河川流量が公開されていないと評価できない
- 日/月平均のデータのみ取得可能

河川流量 (計算) =  
(降水量 - 蒸発散量) × 流域面積

# PoC から得られた仮説：モデルへの風の考慮が必要

アメダスデータとの比較では良い結果だったが、河川流量との比較では精度が低かったことから、重要な物理パラメータを考慮していなかったことが見えてきた



仮説 1: 山地では風が強いため、雨量計が過小に評価しているのではないかな？

仮説 2: 地形から発生する地域性降雨の考慮が必要ではないかな？

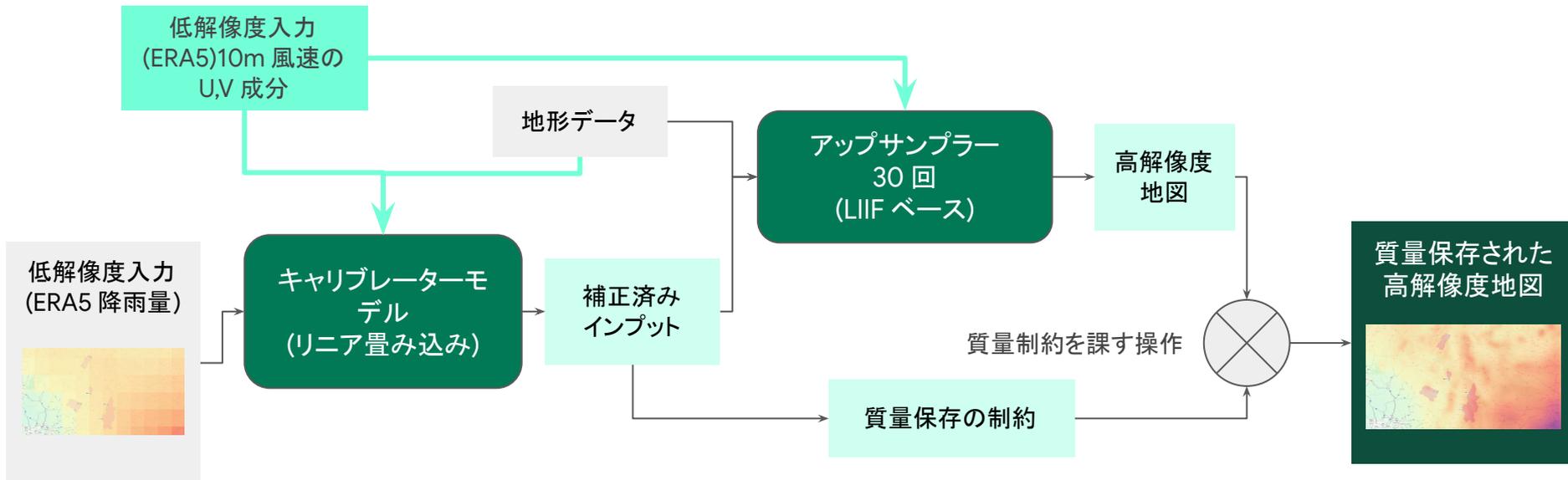
# 精度の改善に向けた試み

	出力 キャリブレーション クラスター法	エンド・ツー・エンドで キャリブレーションされ たDEM*	アップ サンプラーの 入力としての風	DEM+ 風キャリブレーション
風の影響 	×	×		
標高・地形 				

\*DEM: Digital Elevation Model (デジタル標高モデル) = 地形/標高

OK!

# 再検証：風向・風速データを追加したモデル構造を構築



## 結果

地形と風向風速を学習することで、長野県の5つの流域のうち、4つの流域で目標精度  $\pm 10\%$  以内を達成

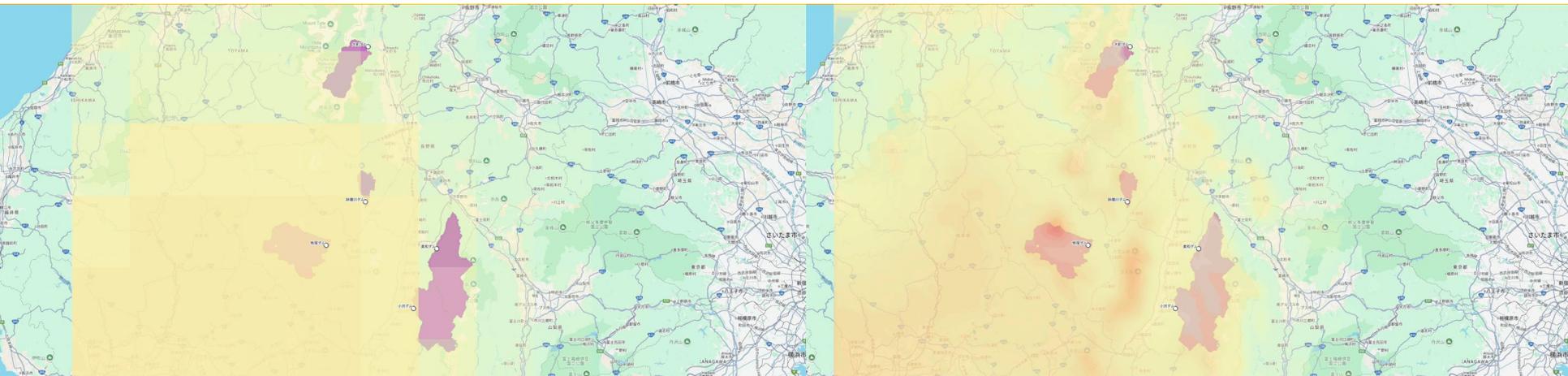
# 結果：高解像度の出力で、より現実に近い降水量を推測

Before

ERA5 降水量データ  
(28km メッシュ)

After

今回の取り組みの降水量出力  
(1km メッシュ)



降水量のスケール



少  
(透明=なし)

高

# 05. 最後に

## 前人未到のプロジェクトならではの学び

本プロジェクトの成功に必要な不可欠だったのは  
研究者の知見を開発サイドへ着実に連携できたこと  
侃侃諤諤とした議論のもと、互いの専門性を活かして  
アイデア出しをすることが何より重要



