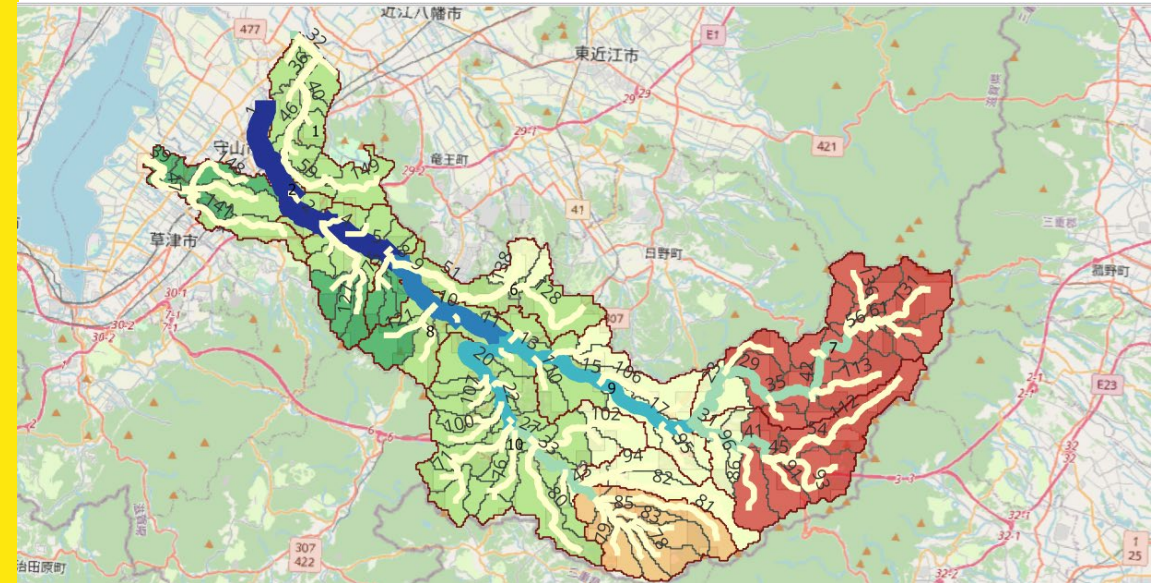


Sabbatical Research

サバティカル・リサーチ

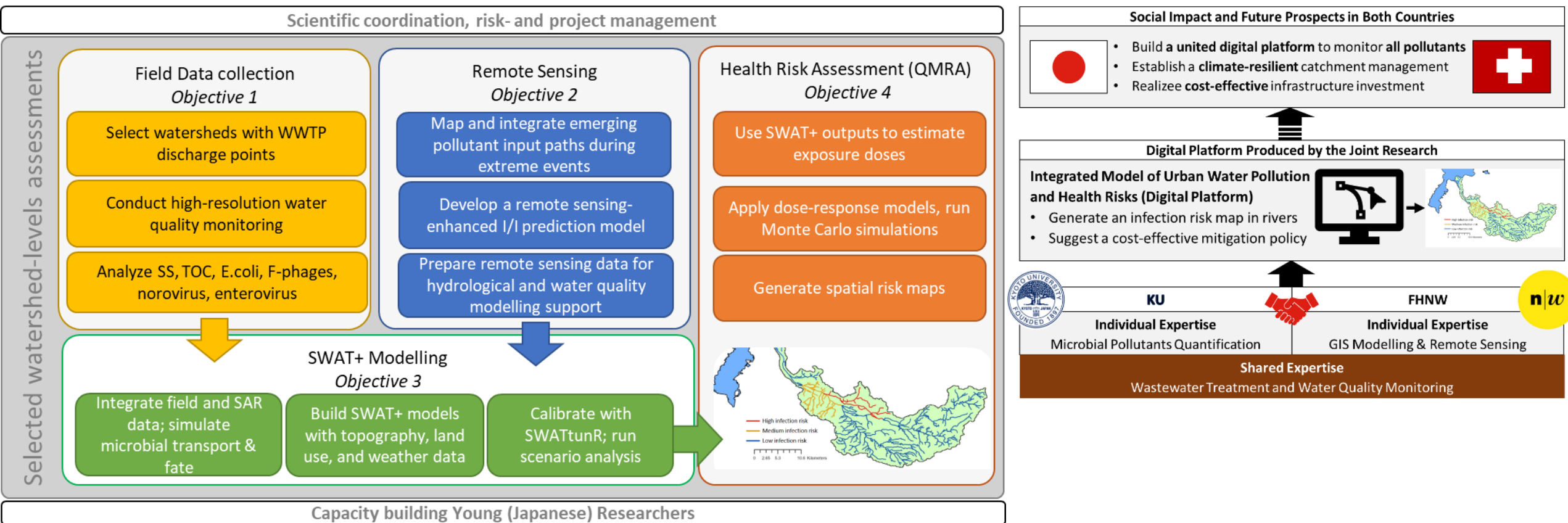


Christoph Hugi
18.07.2025

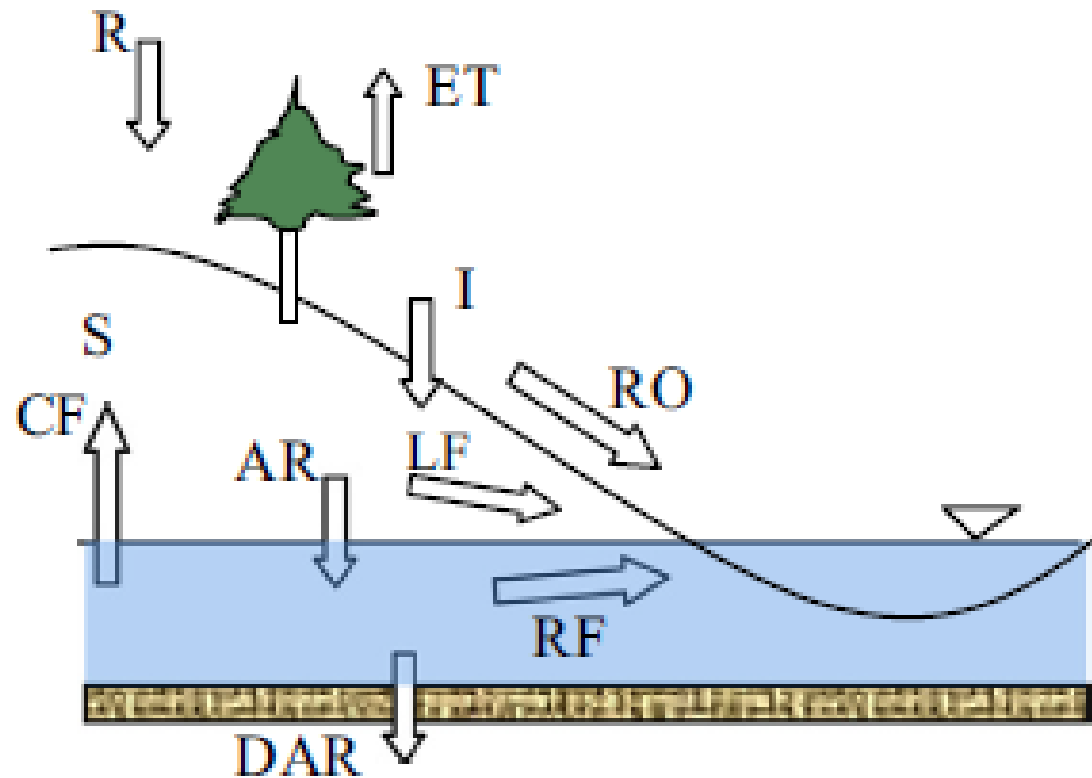
Agenda

1. Joint Proposal / 共同提案
2. SWAT+ Modelling / SWAT+モデリング
3. Water Reuse Tool Poseidon / 水再利用ツール ポセイドン

1. Proposed Joint Research Project: Integrated Modelling of Urban Water Pollution and Health Risks: A SWAT and QMRA Framework for Climate-Resilient Catchment Management in Japan and Switzerland / 都市の水質汚染と健康リスクの統合モデリング：日本とスイスにおける気候変動に強い集水域管理のためのSWATとQMRAのフレームワーク



2. SWAT+ the Hydrological Model / SWAT+水文モデル



R=rainfall,
ET=evapotranspiration,
I=infiltration,
RO=runoff,
RF=return flow,
LF=Lateral flow
CF=capillary flow,
AR=aquifer recharge,
DAR=deep aquifer recharge
S=Soil moisture

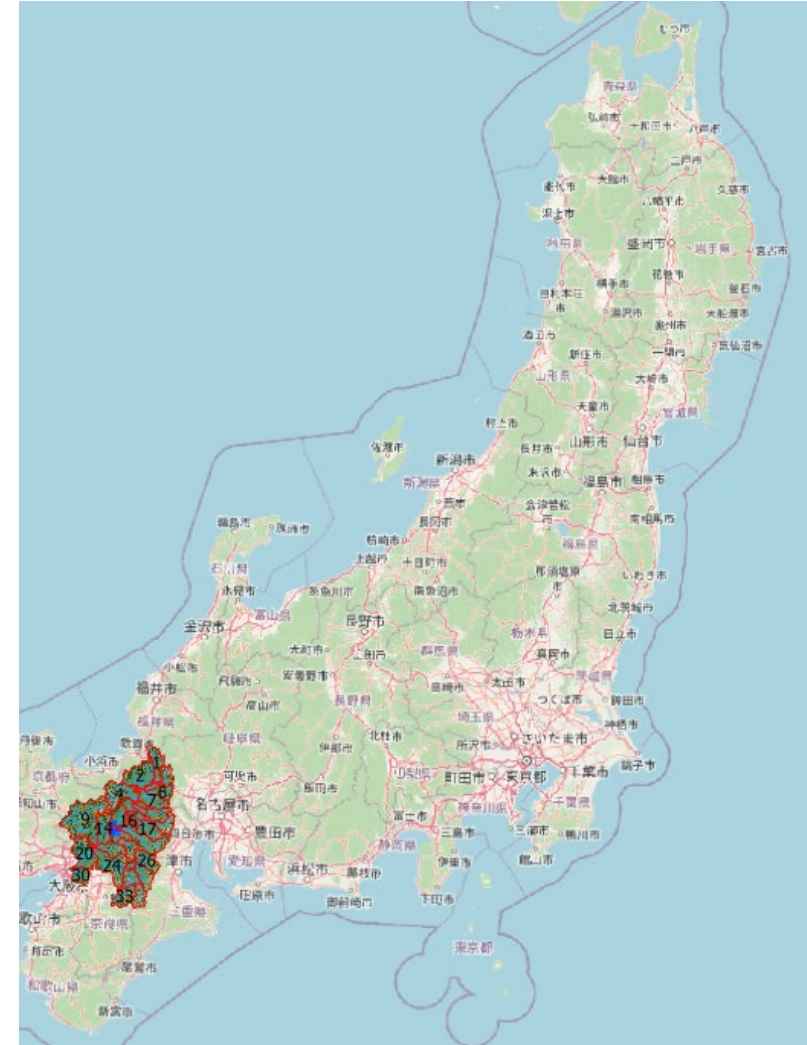
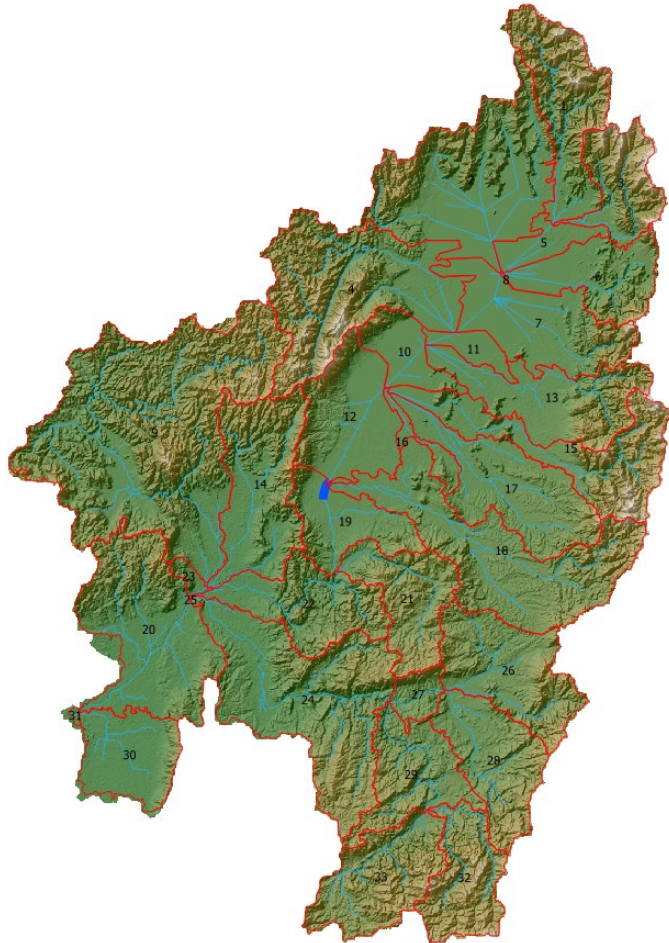
Fig. 1. Schematic illustration of the conceptual water balance model in SWAT.

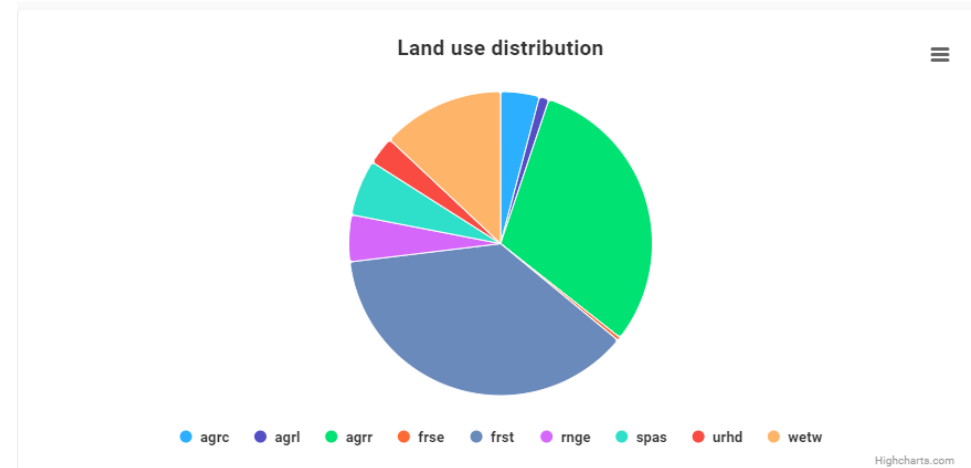
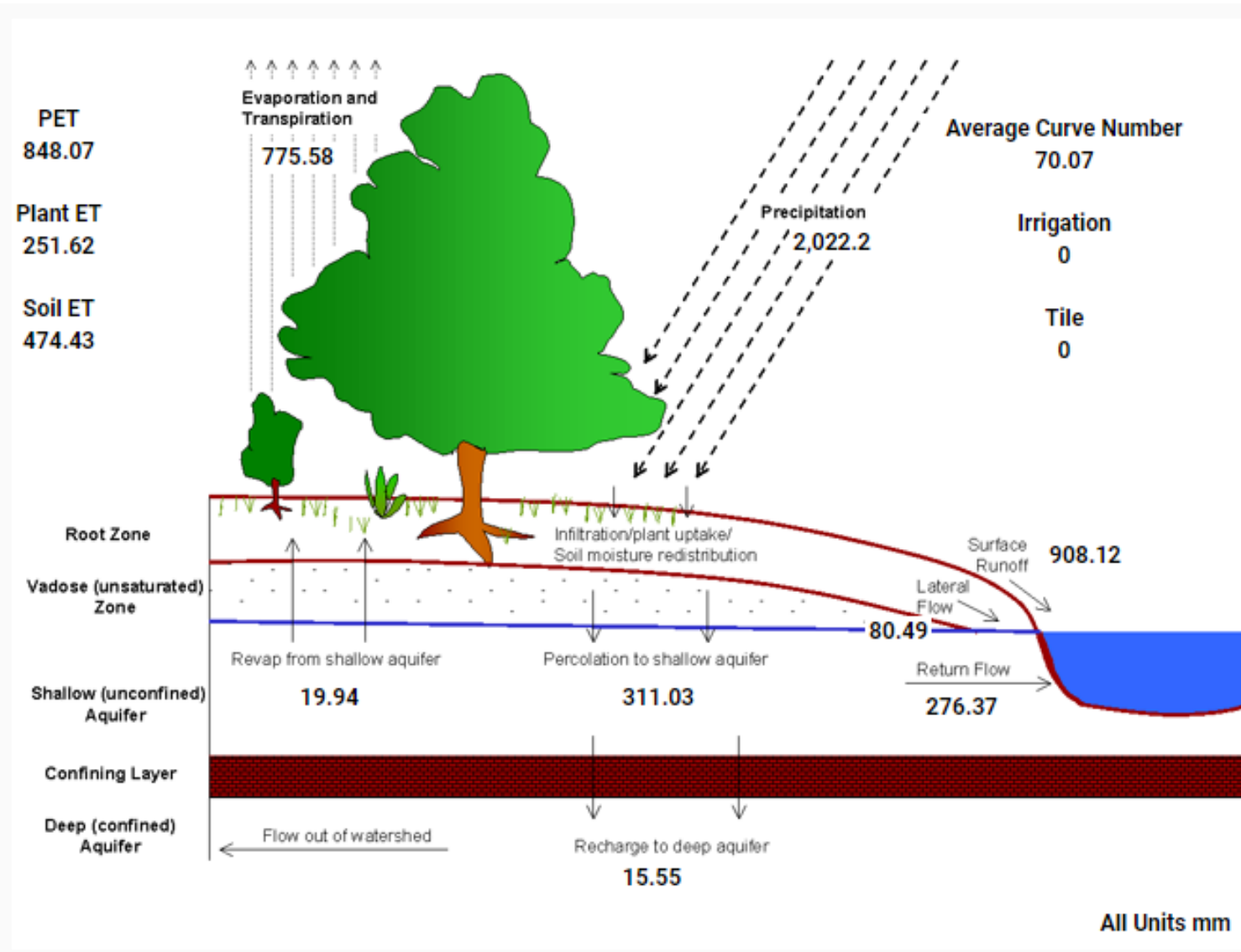
Source: K.C. Abbaspour et al. / Journal of Hydrology 524 (2015), p. 734

Data description and sources used in the initial model setup / 初期モデル設定に使用したデータの説明とソース

Data type	Resolution	Source
Digital Elevation (DEM)	90x90 m, better data available	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/
Soil	5x5 km, better data available	FAO–UNESCO global soil map http://www.fao.org/nr/land/soils/digital-soil-map-of-the-world/en/
Landuse	1x1 km, better data available	Global Landuse/Land Cover Characterization USGS http://landcover.usgs.gov/glcc/
Climate	Observed daily, better data available	National Climate Data Center (NCDC), http://www.ncdc.noaa.gov/
River discharge (Lake Biwa/Yasu)	Daily but missing data (2010/18-2023)	

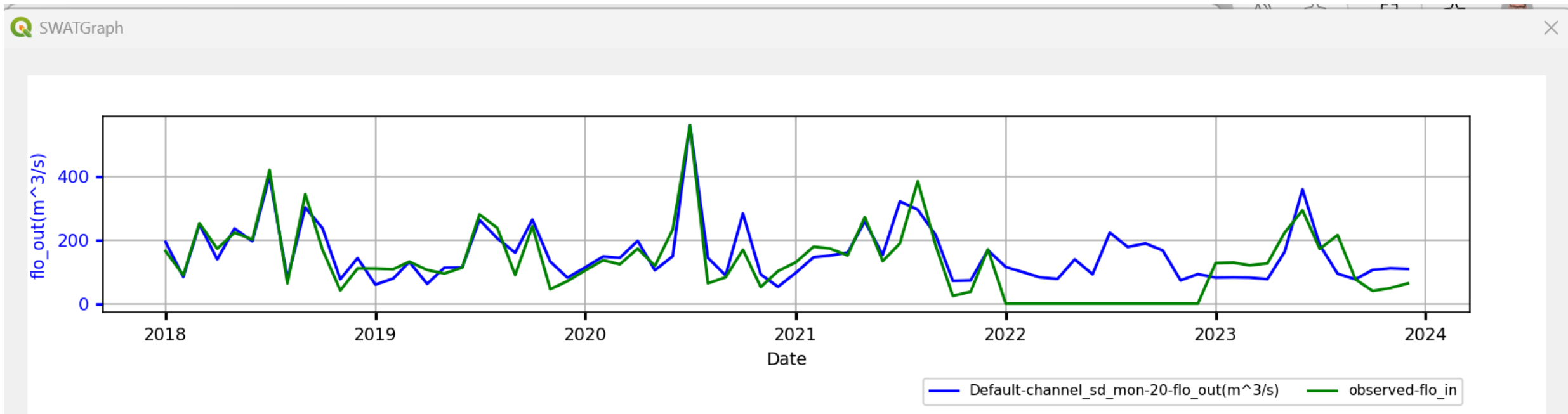
Lake Biwa Catchment Area / 琵琶湖集水域





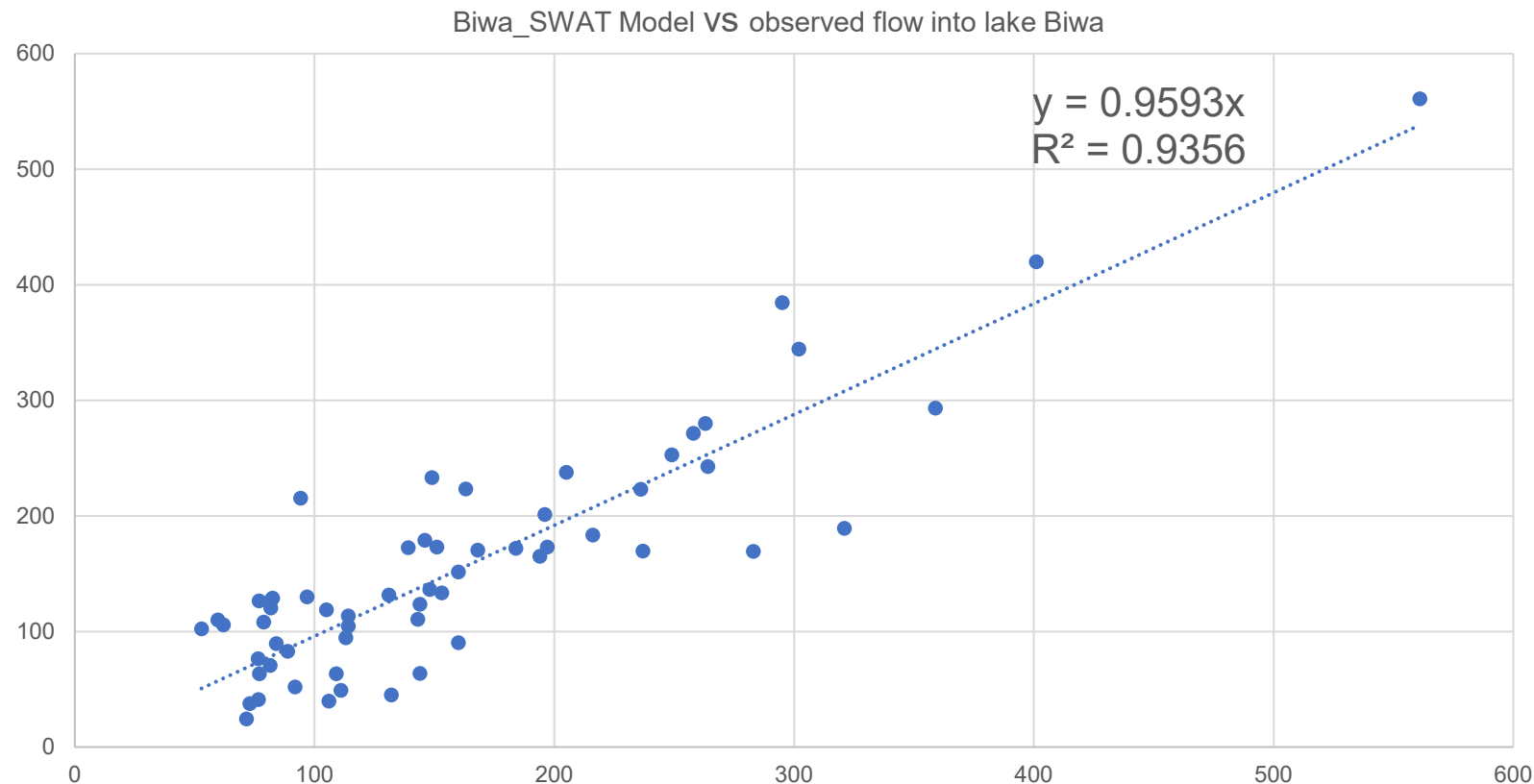
Results: Calculated Inflow Lake Biwa vs simulated (monthly)

結果 琵琶湖流入量計算値とシミュレーション値の比較(月別)



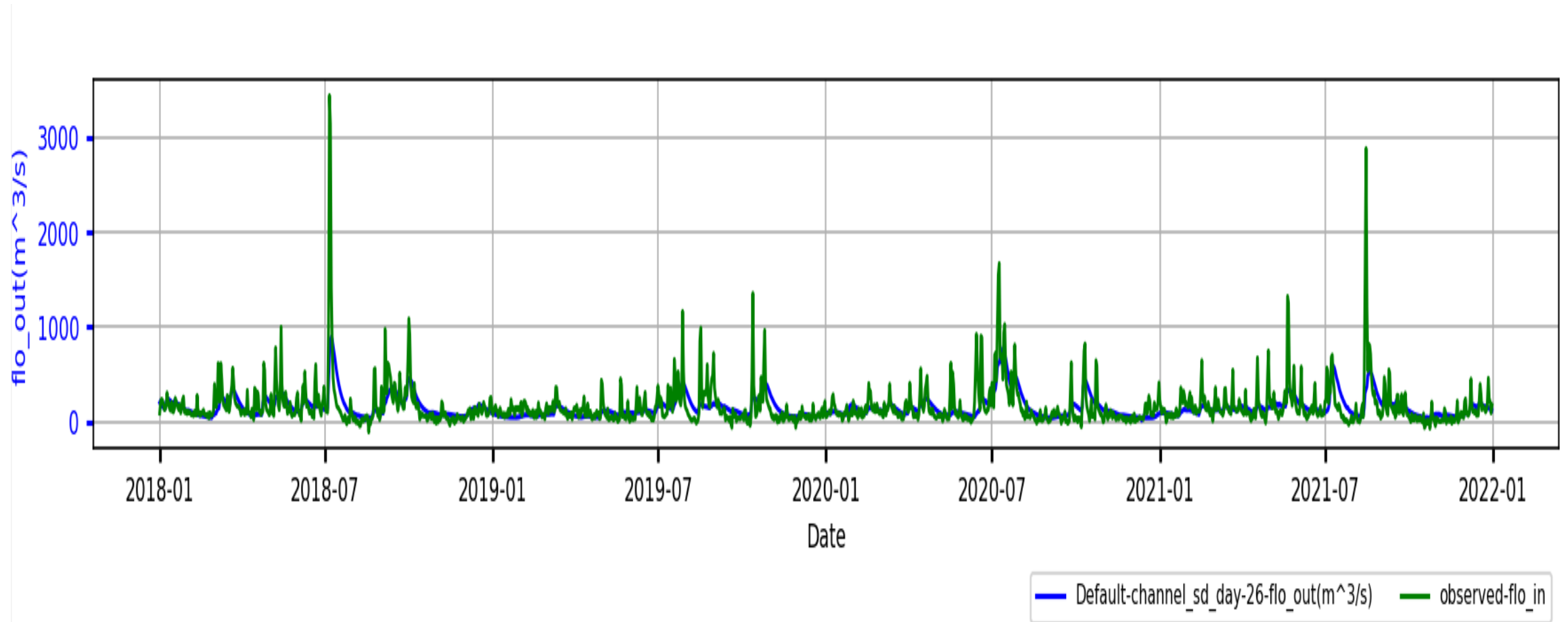
Results: Calculated inflow lake Biwa vs simulated (monthly)

結果 琵琶湖流入量計算値とシミュレーション値の比較(月別)



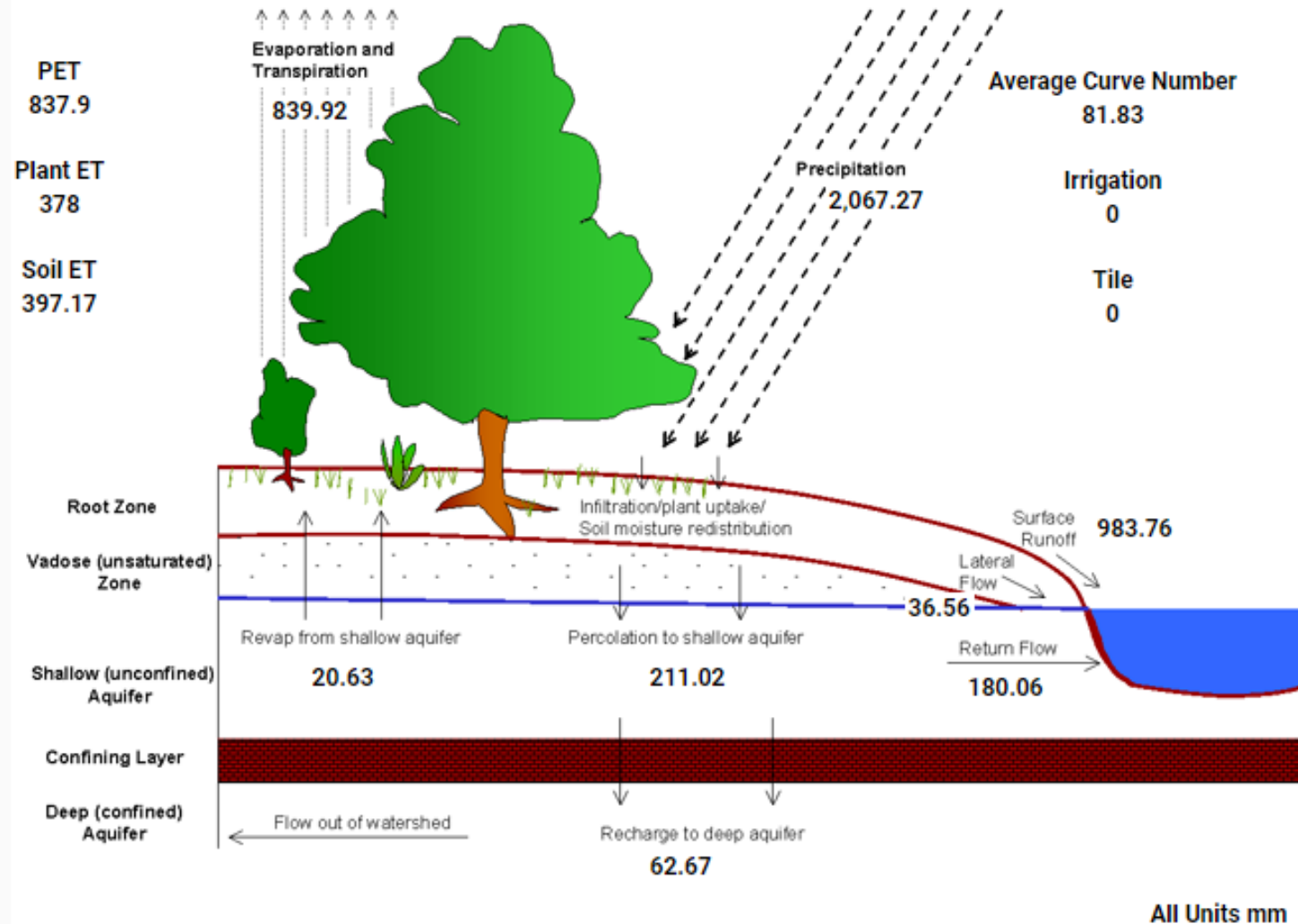
Results: Calculated inflow lake Biwa vs simulated outflow Ch26 (daily)

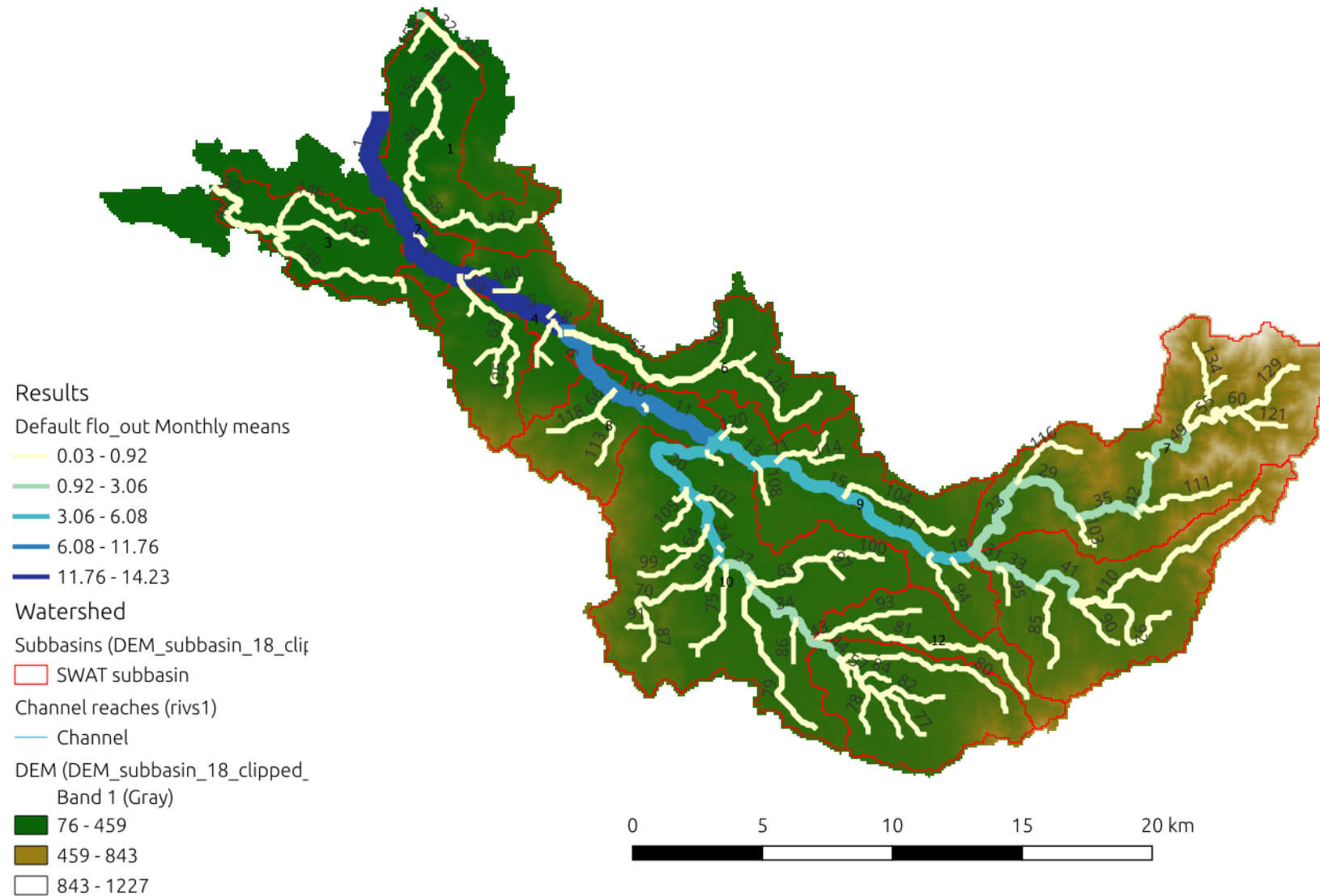
結果 琵琶湖流入量計算値とCh26シミュレーション値の比較(日毎)



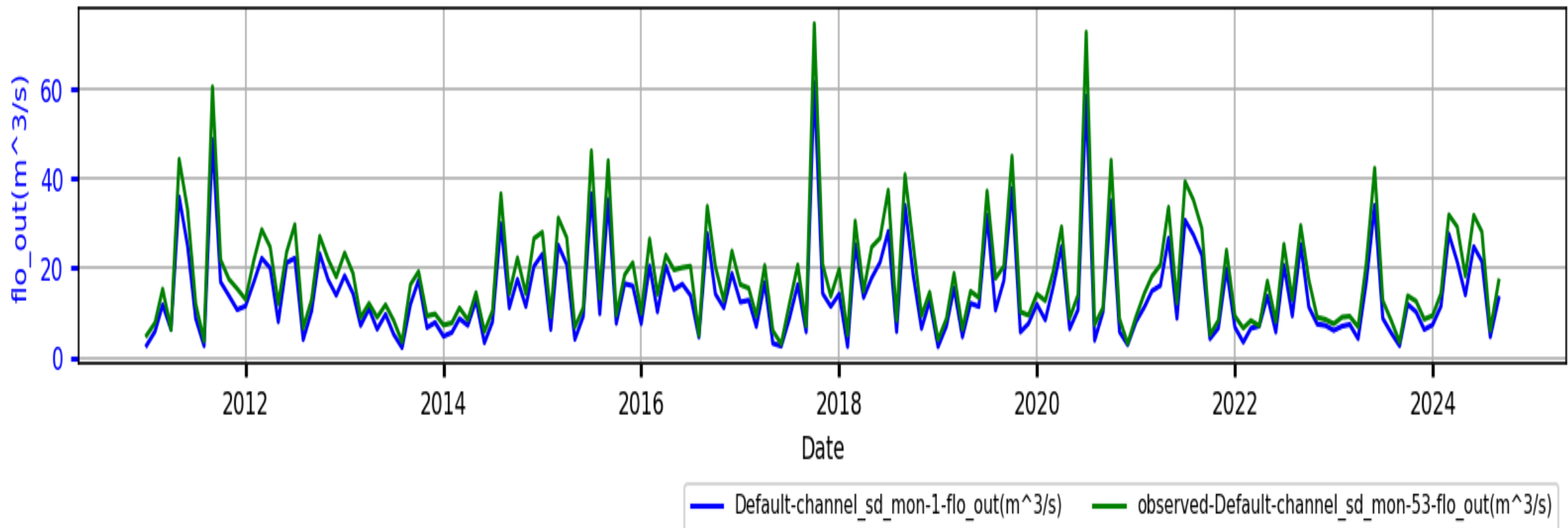
Yasu River Catchment / 野洲川流域





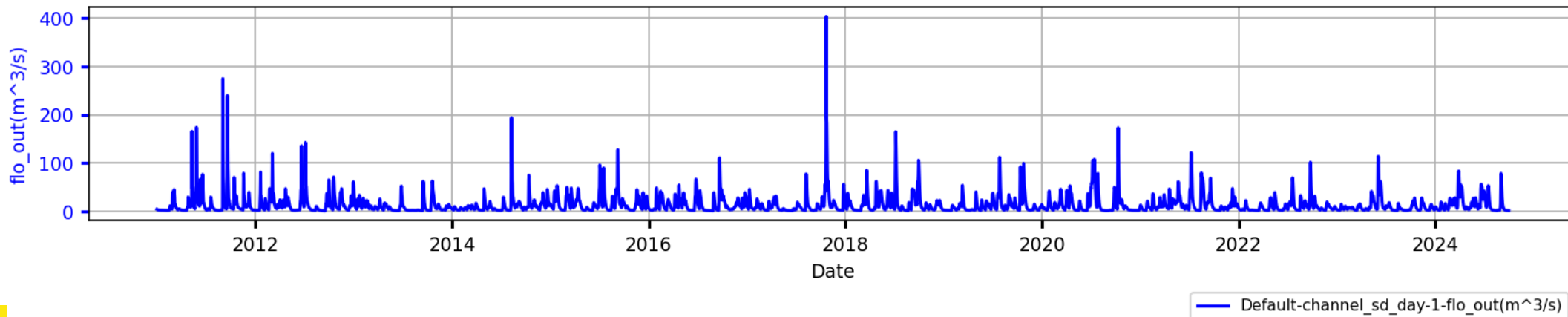
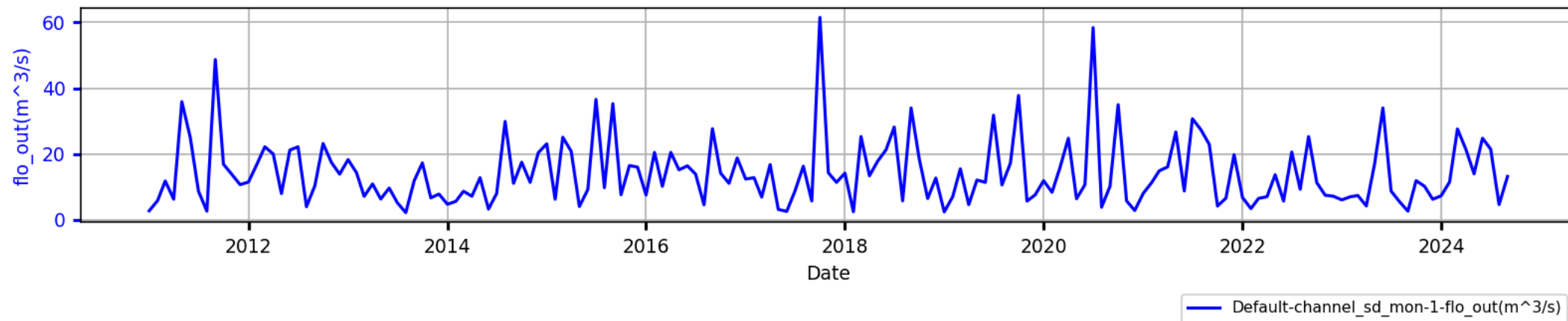


Compare Model Biwa_SWAT with Yasu-SWAT monthly results: High correlation as expected $R^2=0.99$
モデルBiwa_SWATと野洲SWATの月別結果を比較する: 予想通りの高い相関 $R^2=0.99$



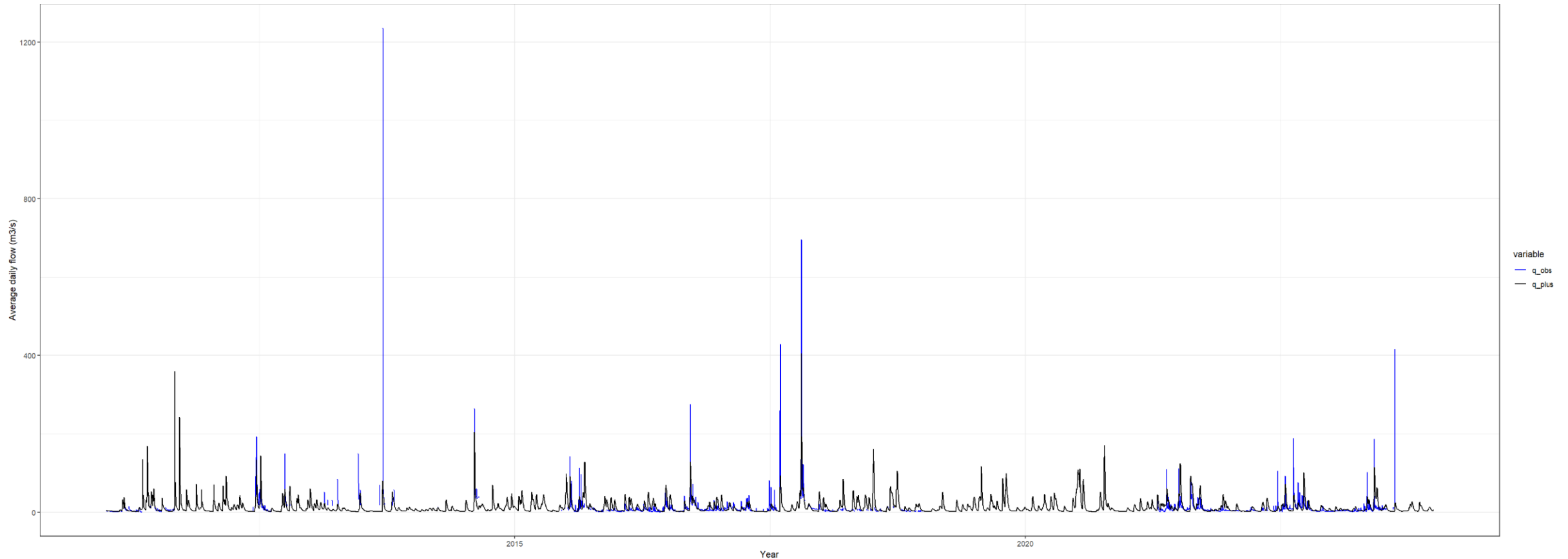
Monthly and Daily: Peak intensity daily much higher

月次と日次：毎日のピーク強度ははるかに高い



Compare Model with measured Data from Yasu River

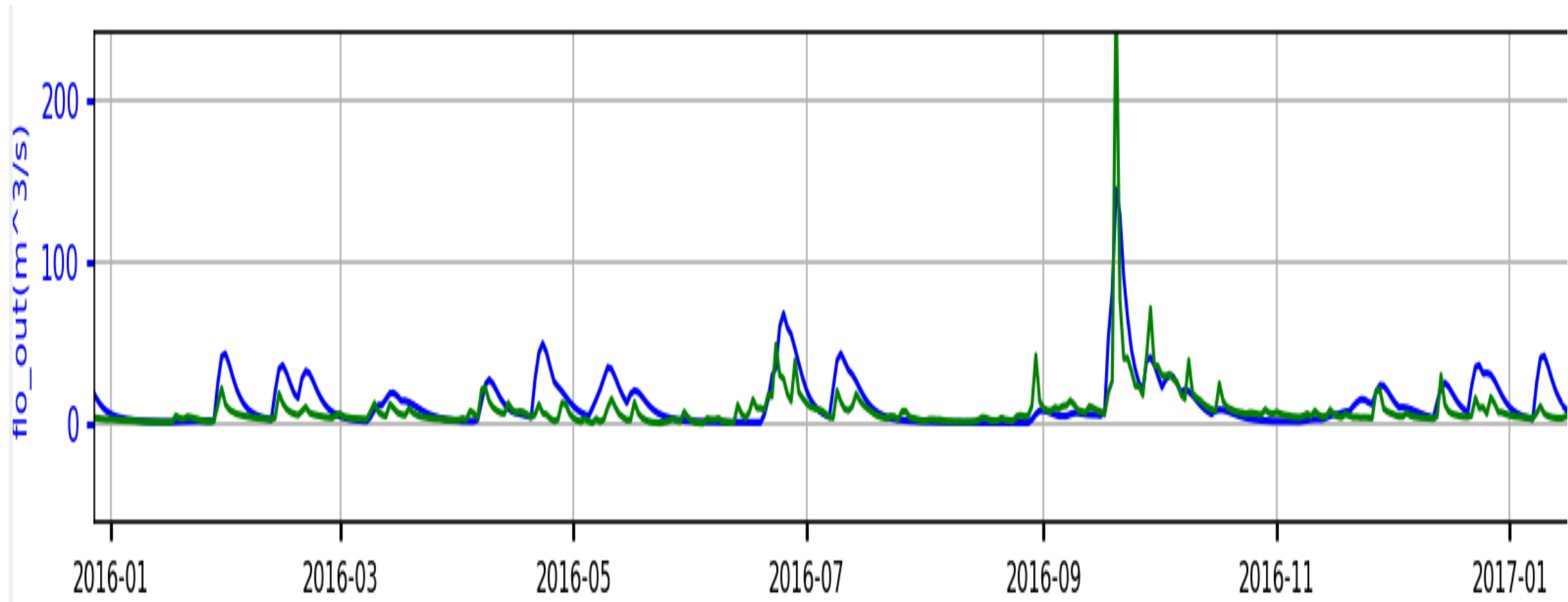
野洲川の実測データとモデルの比較



Model run 25_06_09_Daily

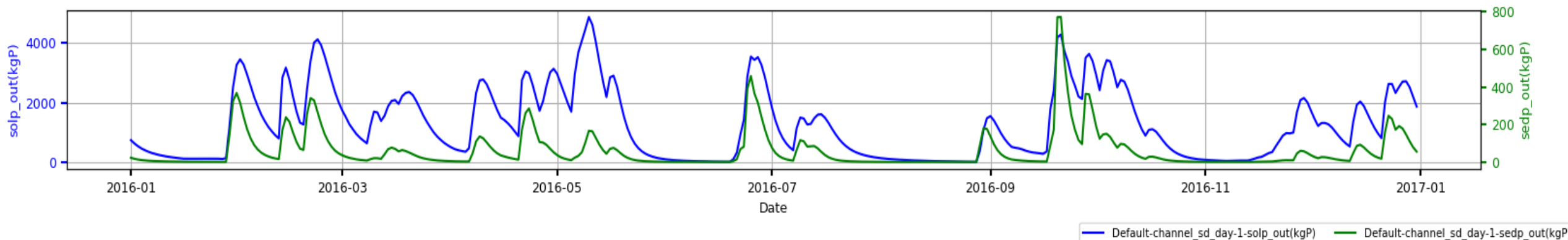
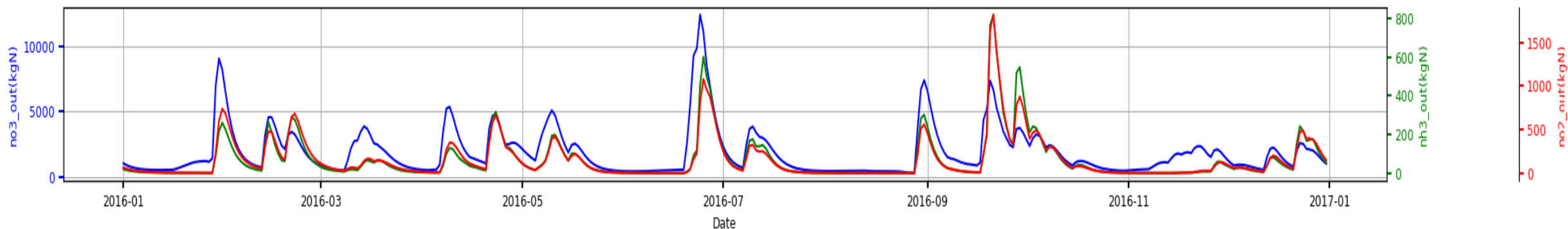
Compare Model with measured data Yasu River 2016

モデルを実測データと比較する 野洲川 2016



Estimated Nutrient-Loads (N and P) in the Yasu River

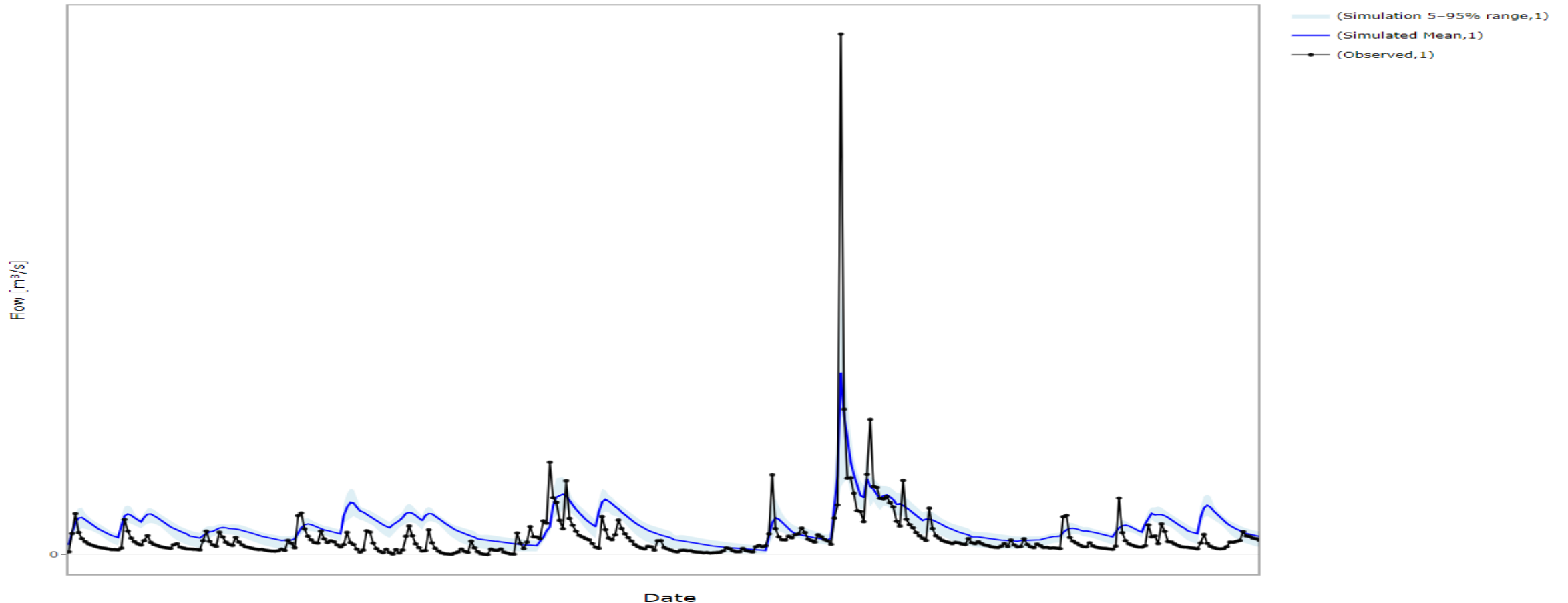
野洲川における推定栄養塩負荷量(NとP)



Calibration with parameter variation simulations

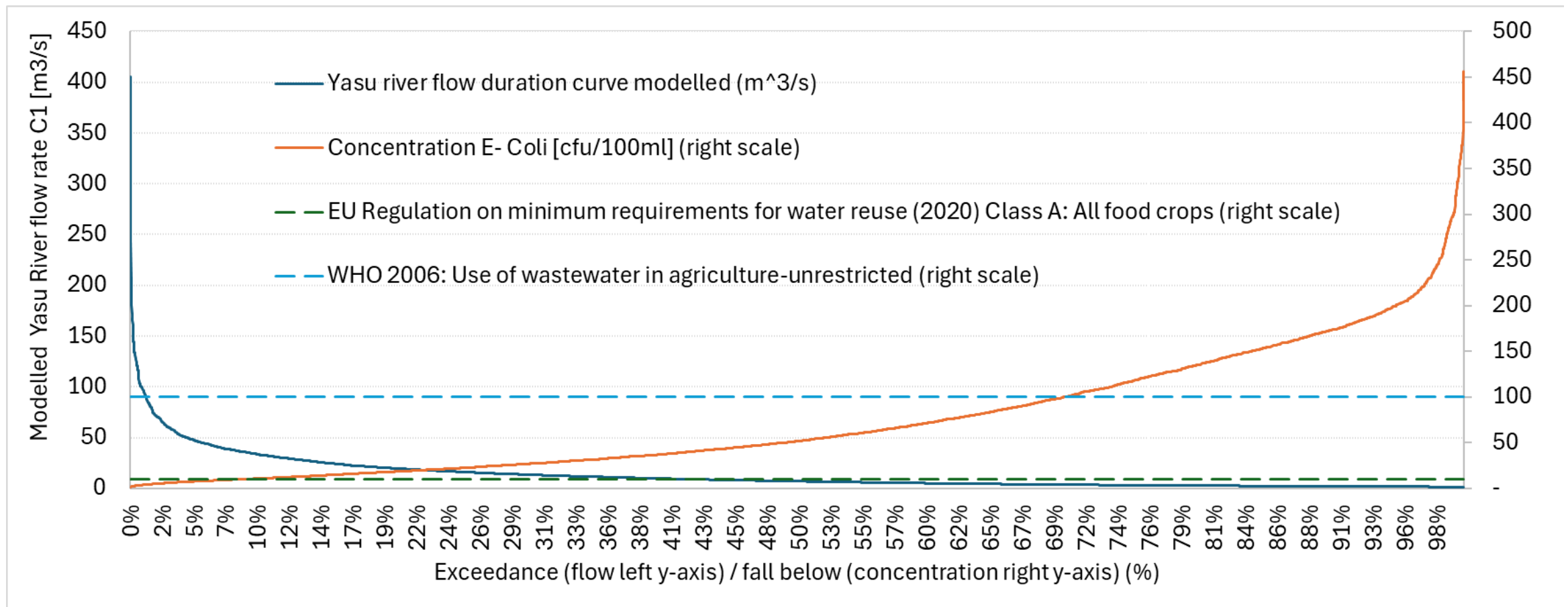
パラメータ変動シミュレーションによるキャリブレーション

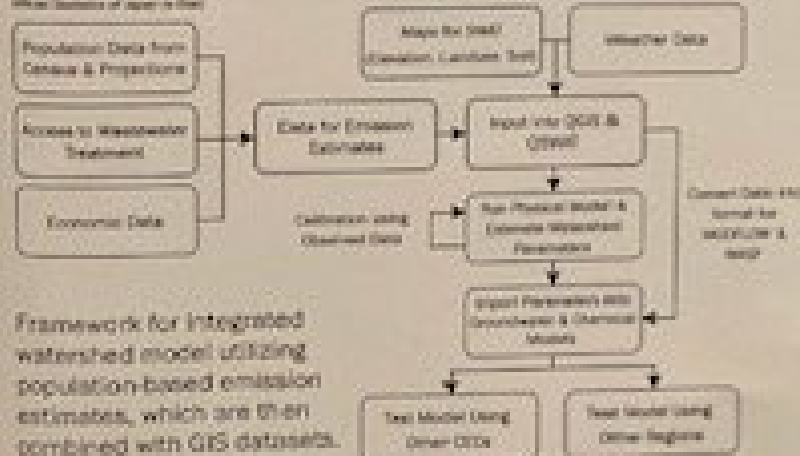
Observed Discharge and Simulated Ensemble



Quantitative and qualitative situation of river Yasu (modelled based on E-coli load calculated by Morino-san)

野洲川の量的・質的状況(森野さんが算出したE-coli負荷量を基にモデル化)





Framework for integrated watershed model utilizing population-based emission estimates, which are then combined with GIS datasets.

Emission Estimates for PFDA & PFOS

The following estimates for PFDA & PFOS emissions were derived from Lindim et al 2015.²¹

1. Airborne Deposition over Land & Water

E_{ATM} = airborne deposition rate, assumed to be constant throughout the entire sub-catchment area:
 • PFDA estimated at 8 ng/m²/day, PFOS estimated at 2 ng/m²/day²²

$$E_{soil_ATM} = E_{ATM} * A_{soil_SC} \quad (Eq. 1)$$

$$E_{water_ATM} = E_{ATM} * A_{water_SC} \quad (Eq. 2)$$

where:
 A_{soil_SC} = land area of sub-catchment (m²)
 A_{water_SC} = water area of sub-catchment (m²)

2. Per-capita Emissions through Human Activity

$$E_{soil_SC} = DS * P_{SC} * E + E_{soil_ATM} \quad (Eq. 3)$$

$$E_{water_SC} = (1 - DS) * P_{SC} * E + E_{water_ATM} \quad (Eq. 4)$$

where:
 P_{SC} = population of each sub-catchment area
 E = estimated per capita emission of each compound
 • PFDA estimated at 18.3 ng/m²/day, PFOS estimated at 21 ng/m²/day²³
 DS = 0.5 fraction of contaminant emissions from transport of soil



Estimates for PFDA & PFOS using the SWAT simulation extended to February 2025. Black dots indicated samples collected from Sendai city (2021 - 2024)

Future Work

- Emission factors and model inputs need to reflect local conditions using high-resolution and up-to-date datasets.
- Integration with tools like MOOFLUX and WASP to improve simulation of subsurface flow, degradation, and additional processes.
- Explicit representation of WWTP effluent and other outflows to capture realistic loading scenarios.
- Apply climate variability, extreme events, and machine learning techniques to improve model simulation and prediction capabilities.

Conclusion

- PFAS can serve as a representative compound for developing a scalable CEC modeling framework.
- Emission estimates were integrated into a SWAT-based framework to simulate contamination within a Japanese watershed.
- Current model simulates spatial and temporal patterns of PFAS pollution.
- Results can support further modeling of groundwater flow, environmental fate, and transport.

Acknowledgements

This research project is supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT) through the MEXT Scholarship program.

References

- [21] Lindim, C., T. T. Oquendo, and J. Vergara. 2015. Estimating emissions of PFOS and PFDA to the Delicate River catchment and simulating them using a watershed model (SWAT) coupled with a fate model. *Environ. Model.* 107: 1-11.
- [22] Environmental Protection Agency. 2015. PFAS in the environment. EPA-823-R-15-001.



3. Introduction of the Decision-Support Tool Poseidon

**意思決定支援ツールのプレゼンテーション
ポセイドン**

Objectives and Building Blocks of Poseidon / 目的と構成要素 ポセイドン I

Poseidon is a transparent, expandable **free decision support tool** that enables easy **pre-feasibility studies for water reuse options** and aims at promoting water reuse and building capacities in this field.

ポセイドンは、水の再利用オプションに関する事前実現可能性調査を支援する透明性の高い無料の意思決定支援ツールであり、水の再利用の促進とこの分野における能力向上を目的としています。

Article and Tools are Open Access:

Article:

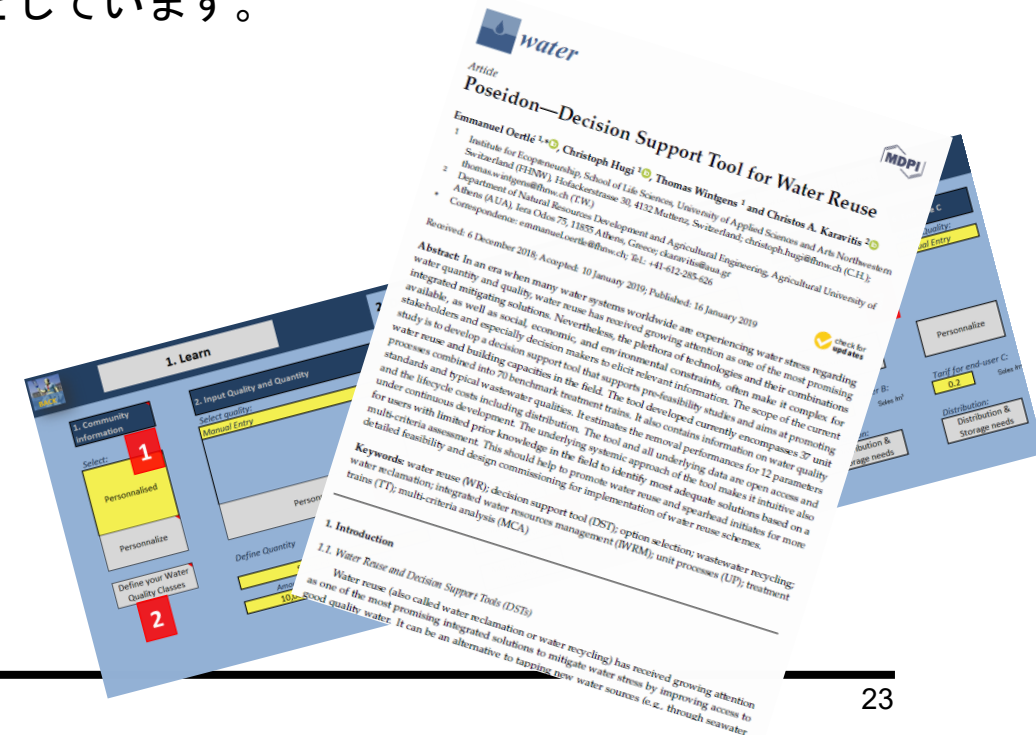
<https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/153>

Excel-Tool Poseidon:

https://zenodo.org/record/3341573#.X_cosBYo9PY

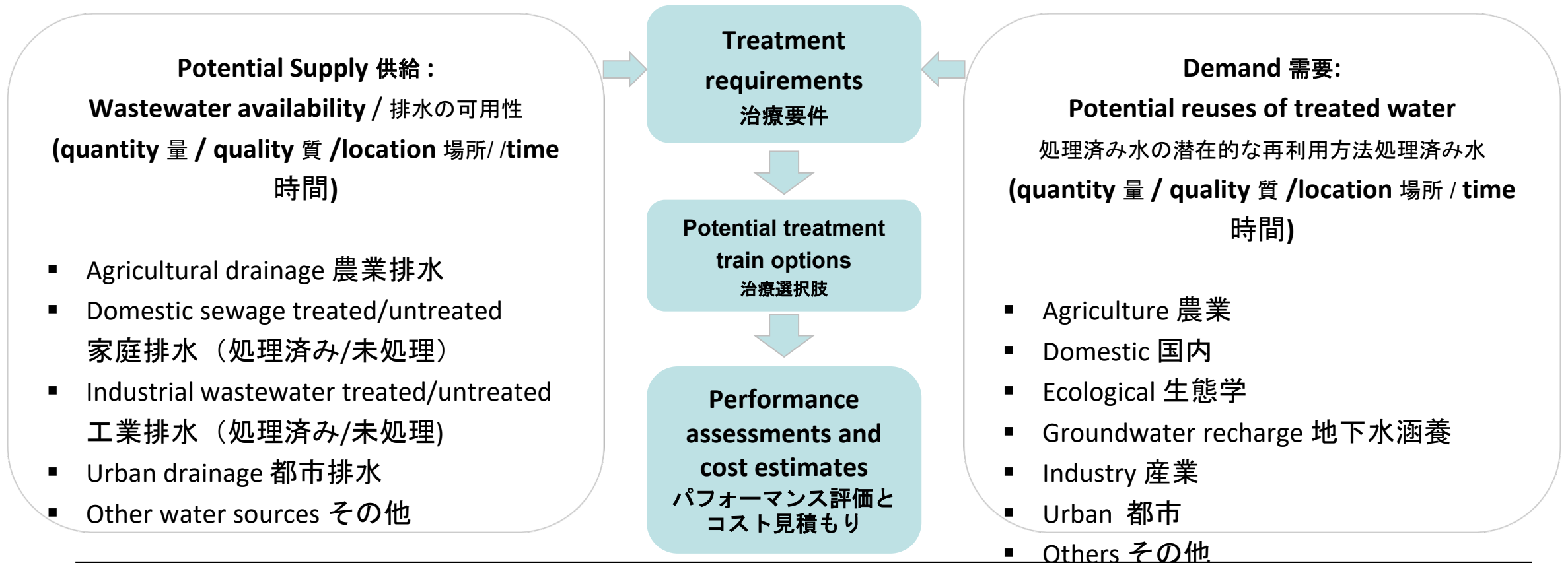
Web-based-Tool Poseidon:

[Poseidon Web](#)



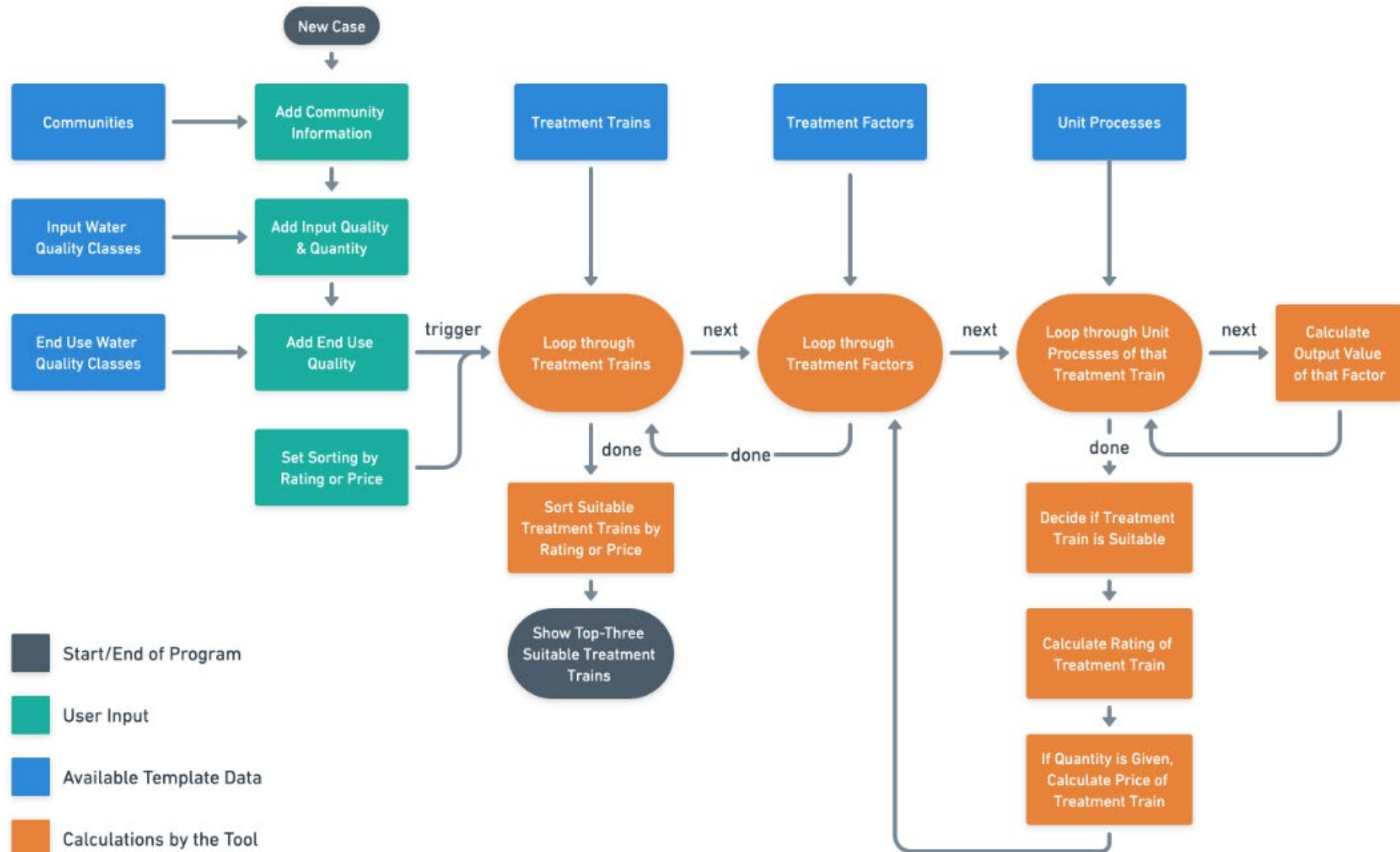
Water Reuse Methodology – Poseidon / 水の再利用手法 – ポセイドン

Is water reuse a feasible solution to cover water demands of the study site?
研究対象地域の水需要を賄うための水の再利用は、実現可能な解決策でしょうか？



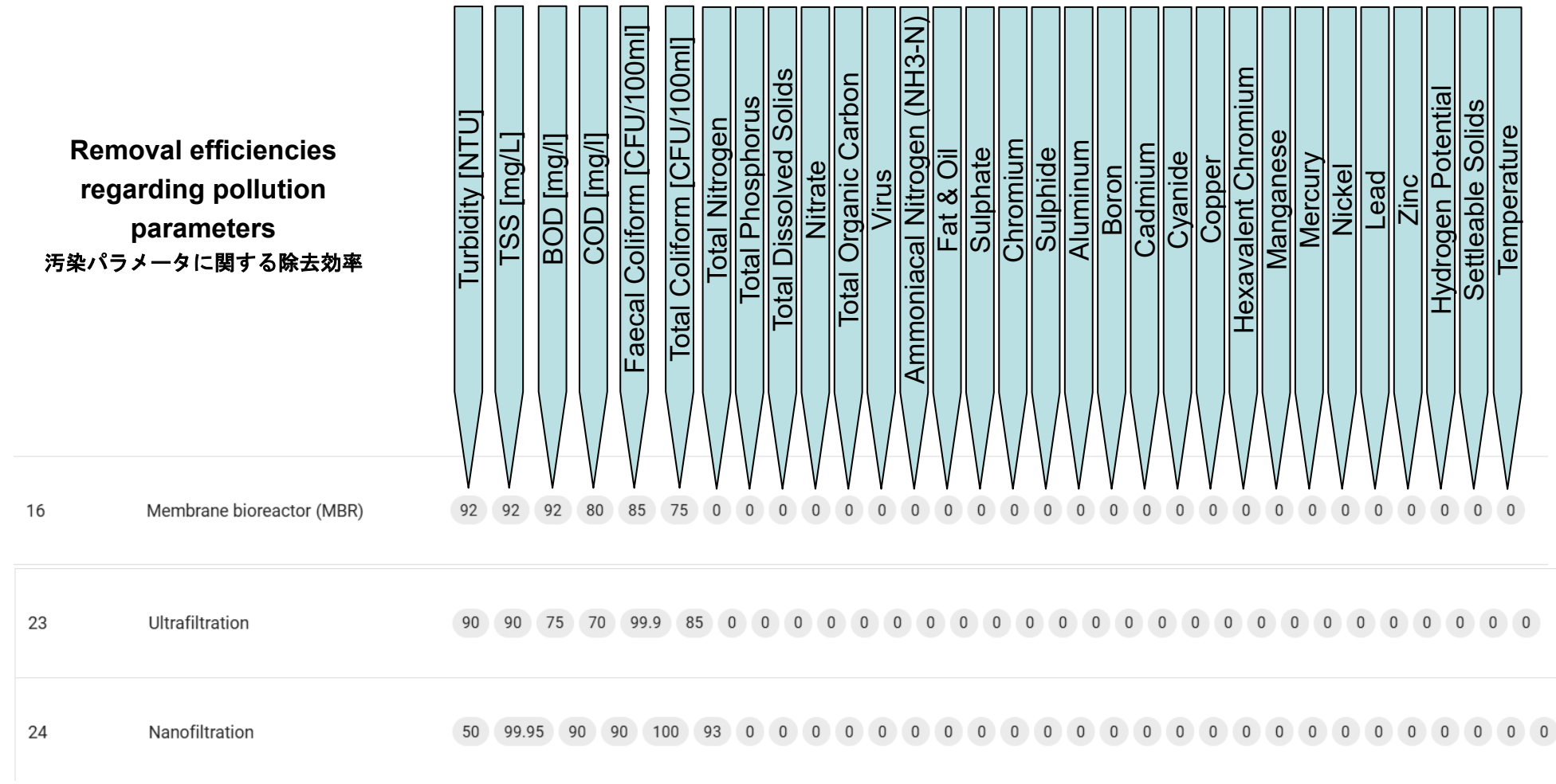
User Interface ユーザーインターフェース

Poseidon Web



Unit treatment processes and removal efficiency for pollution parameters (%)

汚染物質の単位処理工程と除去効率 (%)



If unknown, conservatively set to = 0
不明な場合は安全に0に設定してください。

Relevant in Japan for raw wastewater reuse -> MBR + Chlorination

-> Treatment train 42

日本において原水処理に適用される -> MBR + 塩素消毒 -> 処理工程 42

42	ローカルMBR	日本	サイズを超えている場合、廃水再利用システムまたは流出収獲システムを新しい建物に設置する必要があります。膜バイオリアクター（MBR）は、オンサイト廃水再生によく使用されます。MBRシステムは2007年に東京のビジネスコンプレックスビルに設置されました。システムの治療能力は680 m3/日で、水はトイレフラッシュの目的のみに使用されます。トイレのフラッシング用の廃水は、レストランのグレイウォーター、オフィスからのグレイウォーター、およびトイレからのブラックウォーター	日本の東京の私有地におけるオンサイト廃水再生/再利用システムに使用されるMBRシステムの例（米国EPA、2012）。	
42	Local MBR	Japan	a new building if the total floor area of the building exceeds a certain size. Membrane bioreactors (MBRs) are often used for onsite wastewater reclamation. The MBR system was installed in a business complex building in Tokyo in 2007. Treatment capacity of the system is 680 m3/day and reclaimed water is used solely for the purpose of toilet flushing. Wastewater reclaimed for toilet flushing includes greywater from restaurants, greywater from offices, and blowdown	An example of an MBR system used for onsite wastewater reclamation/reuse system in a private building in Tokyo, Japan (US EPA, 2012).	

Relevant in Japan for treated secondary effluent e.g. UF+UV (Okinawa) and Ozone + UF (Tokyo)

日本において、処理済み二次排水のUF+UV（沖縄）およびオゾン+UF（東京）に適用されます。

68	再利用のための二次排水の最終処理	UF（超濾過）とUV（紫外線）二次処理排水は再利用のため、さらに後処理されます。	-	23 36
69	再利用のための二次排水の最終処理	オゾンとUF処理後の排水二次処理排水は再利用のため、さらに後処理されます。	-	33 23
68	Secondary wastewater post treatment for reuse	UF and UV post treatment for reuse in Okinawa		23 36
69	Secondary wastewater post treatment for reuse	Ozone and UF post treatment for reuse in Tokyo		33 23

Example II: Secondary effluent from wastewater treatment plant in Japan

例II：日本における下水処理施設からの二次排水

1 コミュニティ情報 2 入力 3 使用を終了します

🌐 日本2024 \$ YEN

コミュニティ情報

国を選択します

日本2024 ▼

?

通貨を選択します

YEN ▼

?

土地費用

330000000 YEN

電気コスト

27 YEN

個人費用

3000 YEN

割引率

0.8%

戻る

次

例II: 日本における下水処理施設からの二次排水 II

1

コミュニティ情報

日本2024 ¥ YEN

2

入力

カスタム

入力

☐ プリセット
☒ カスタム

濁度

NTU

懸固

生酸需

mg/L

糞大腸菌

平均量

☒ 濁度
☒ 懸固
☒ 生酸需
☐ 化酸需
☒ 糞便中の大腸菌
☐ 総大腸菌
☐ 総窒素
☐ 総リン

mg/L

100ml

m³/日

3

使用を終了します

1

コミュニティ情報

日本2024 ¥ YEN

2

入力

カスタム

5000m³/日

入力

☐ プリセット
☒ カスタム

濁度, 懸固, 生酸需, 糞大腸菌

濁度

10

NTU

懸固

20

mg/L

生酸需

20

mg/L

糞大腸菌

100

CFU/100ml

平均量

5000

m³/日

例II：日本における下水処理施設からの二次排水 III

使用を終了します

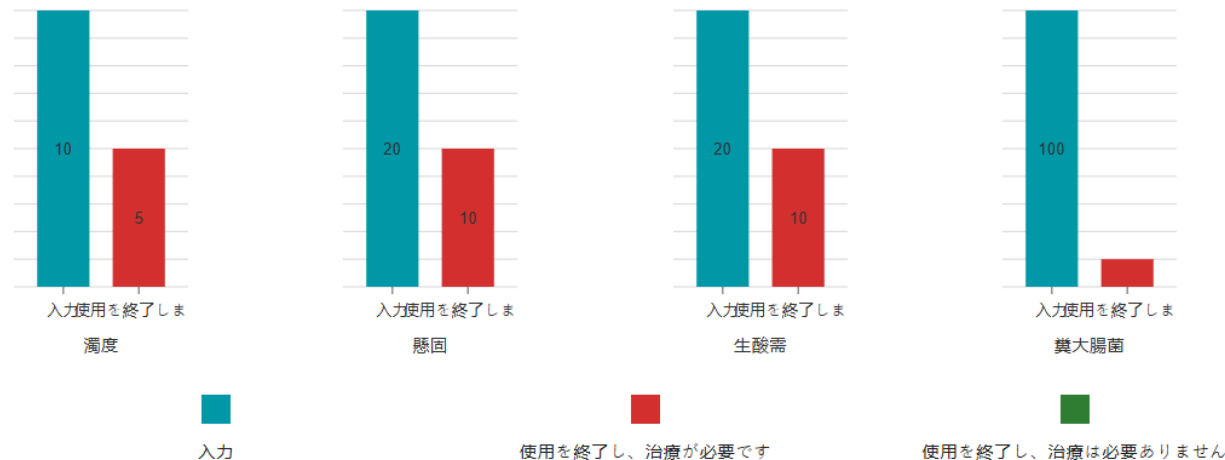
☒ プリセット ☐ カスタム

カテゴリを選択します

水の再利用に関する最小要件に関するEU規制 (2020)

水質クラス

クラスA: すべての食用作物



ソリューション (53)

入力に基づいて、次の治療列車がケースに最適です。

評価でソートします

1 カリフォルニア (米国) タイトル22

ケーススタディ: スペイン
評価: 1.67
治療費: 49.6 YEN/m³
ユニットプロセス: 21 36 35

2 再利用のための二次排水の最終処理

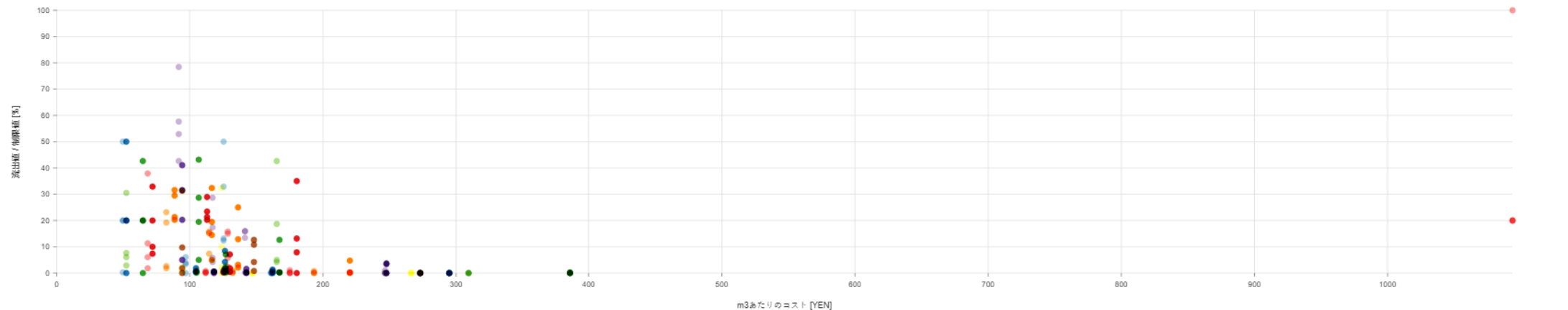
ケーススタディ: UF (超濾過) と UV (紫外線) 処理後の再利用に関する研究 (沖縄)
評価: 1.61
治療費: 52.1 YEN/m³
ユニットプロセス: 23 36

3 ラグーニング

ケーススタディ: オーストラリア
評価: 1.75
治療費: 52.5 YEN/m³
ユニットプロセス: 30 31 21 35

例II：日本における下水処理施設からの二次排水 IV

結果



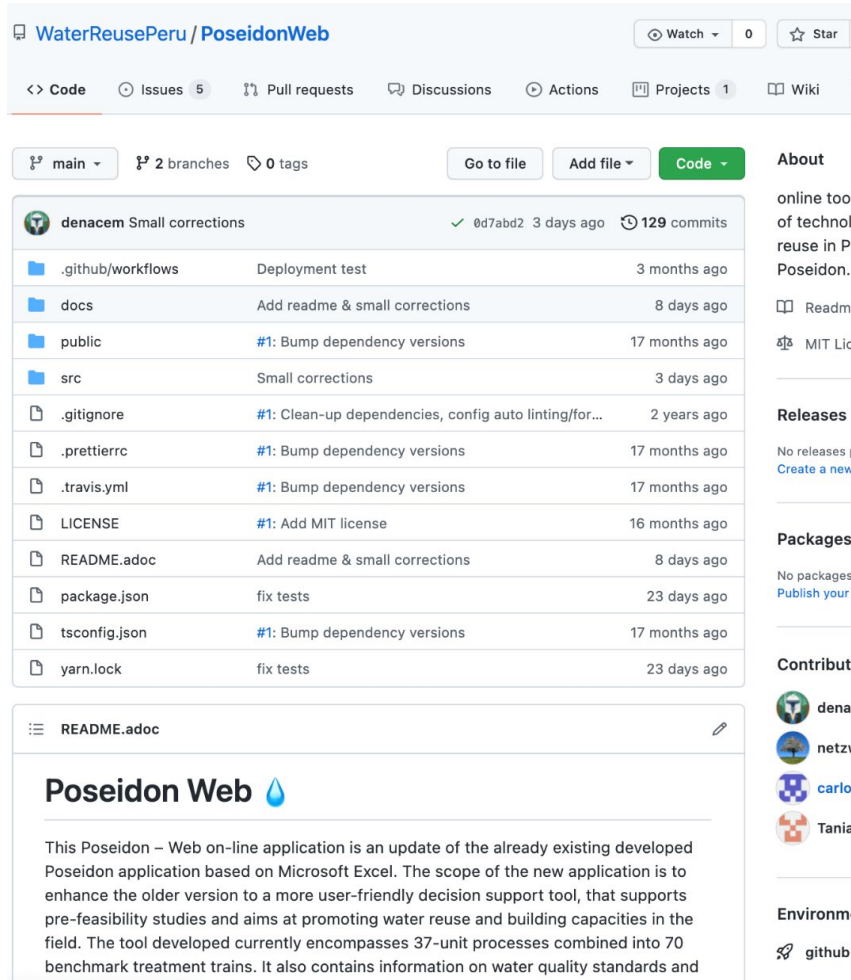
ランキング	治療列車	ユニットプロセス	出力値	立方メートルあた...	総資本支出 (設備...	運用コスト年率	年間の設備	年間総費用	土地の要件	年間の土地費用	エ
1	カリフォルニア (米国) タイトル22 - スペイン	21 36 35	1 2 5 0.037	49.6 YEN	664'000'000 YEN	45'500'000 YEN	45'000'000 YEN	90'600'000 YEN	0.33 ha	4'120'000 YEN	66
2	再利用のための二次排水の最終処理 - UF (超濾過) とUV (紫外線) 処理後の再利用に関する研究 (沖縄)	23 36	1 2 5 0.005	52.1 YEN	534'000'000 YEN	61'400'000 YEN	33'700'000 YEN	95'100'000 YEN	0.07 ha	848'000 YEN	98
3	ラグーニング - オーストラリアI	30 31 21 35	0.39 0.6 3 0.3	52.5 YEN	523'000'000 YEN	62'200'000 YEN	33'600'000 YEN	95'800'000 YEN	2.03 ha	25'200'000 YEN	25
4	再利用のための二次排水の最終処理 - オゾンとUF処理後の再利用のための処理 (東京)	33 23	1 2 4.3 0.005	64.8 YEN	590'000'000 YEN	80'600'000 YEN	37'700'000 YEN	118'000'000 YEN	0.03 ha	314'000 YEN	15
5	ラグーニング - オーストラリアII	30 21 36 30	0.3 1.1 3.8 0.19	68.4 YEN	605'000'000 YEN	84'100'000 YEN	40'800'000 YEN	125'000'000 YEN	3.75 ha	46'600'000 YEN	57



3.2. Conclusions and Outlook

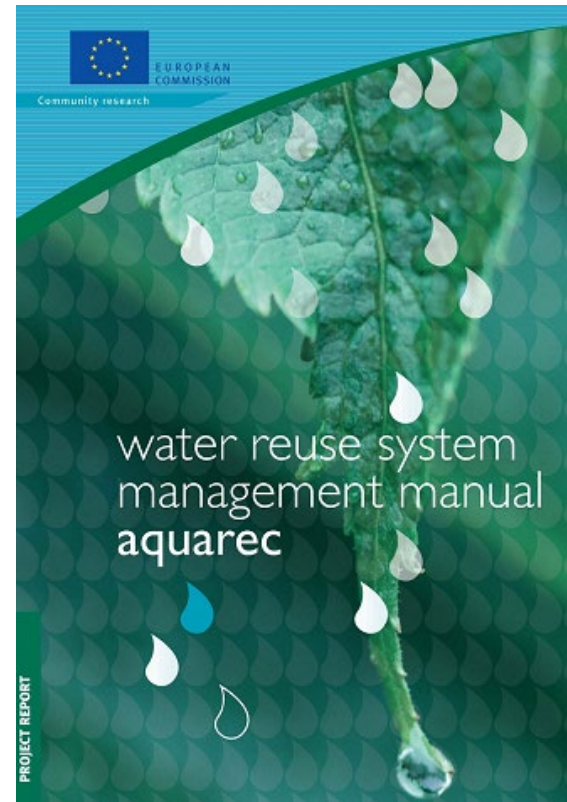
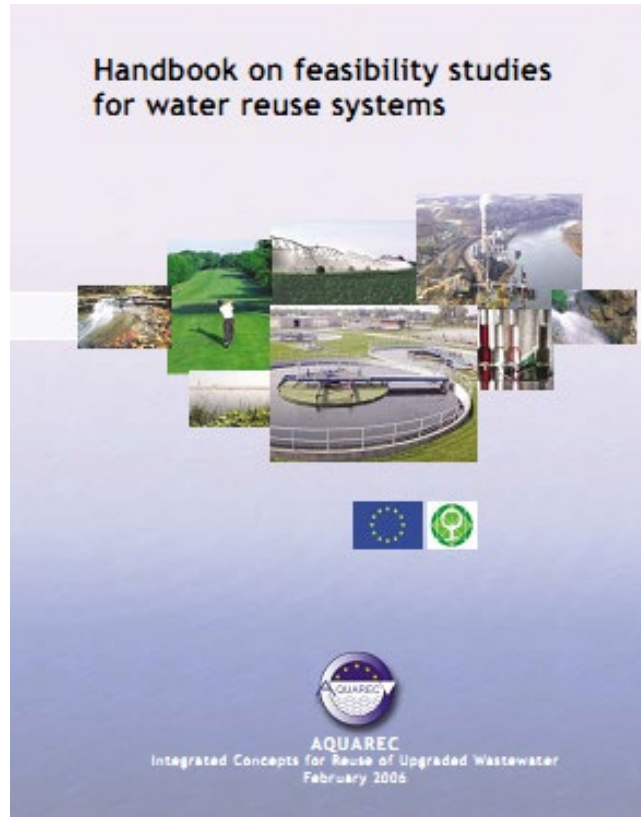


Future Developments 今後の展開



- Intentionally open source
意図的にオープンソース化しています
- Work in progress 開発中
- Currently implementing テストとバグの修正 :
 - Testing and bug removal 追加の処理工程
 - Additional treatment trains 追加の処理工程
 - Japanese water reuse standards and options
日本の水の再利用基準とオプション
- Further ideas 今後のアイデア :
 - We're open for suggestions
ご意見やご提案は歓迎しています

Feasibility Studies & Documentation 実現可能性調査および文書化



Water reuse system management manual - Publications Office of the EU



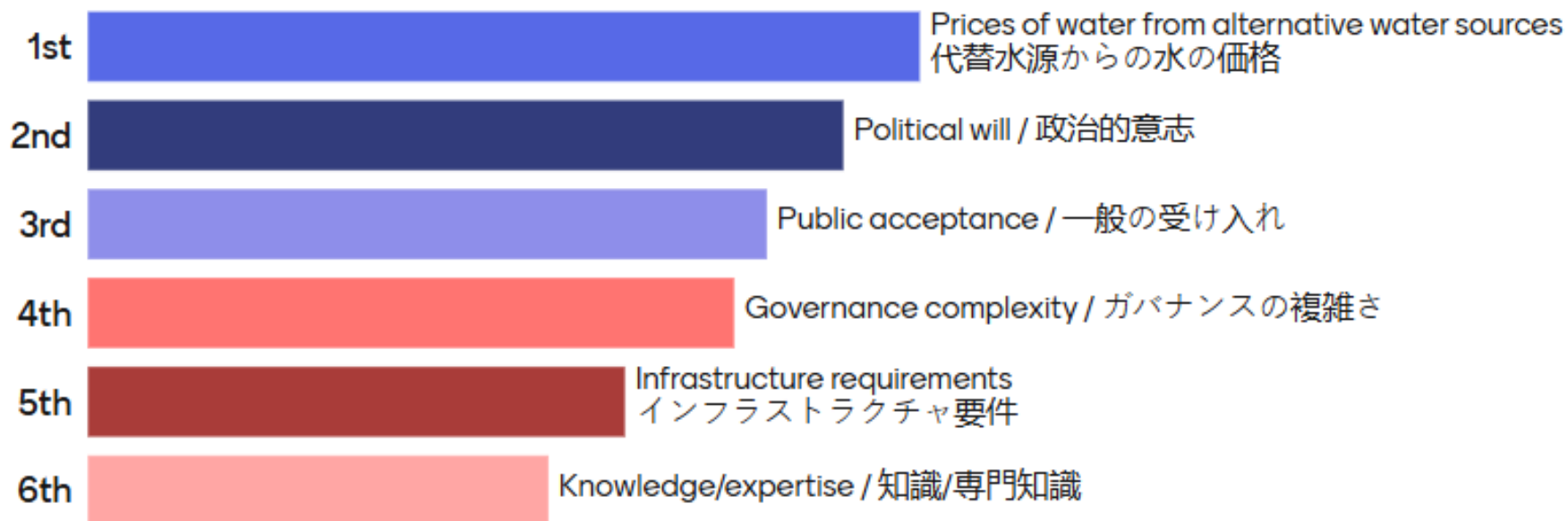
3. Short Survey 簡易アンケート



Given the current state of water reuse in Japan, how would you rate the following challenges for implementing water reuse from 1 most important to 6 least important?

現在の日本の水の再利用の状況を踏まえ、以下の水の再利用の実施に関する課題について、1（重要でない）から6（最も重要）の6段階で評価してください。

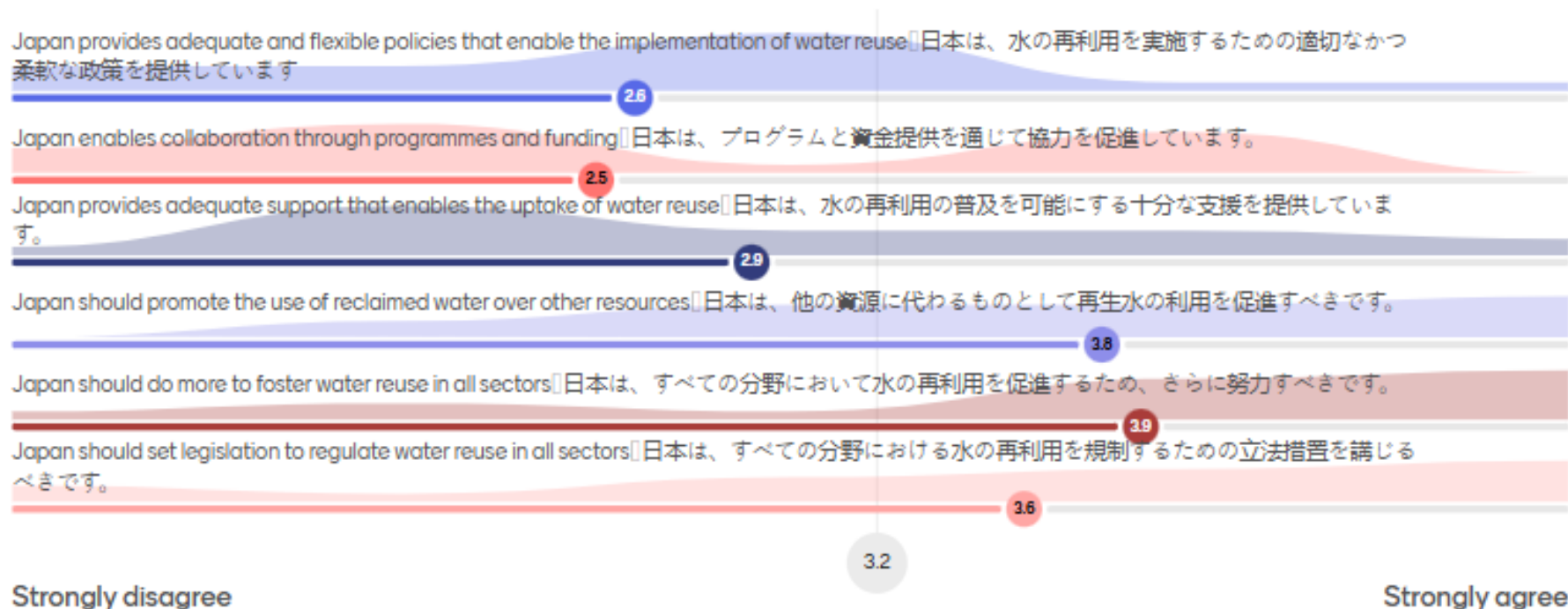
以下の水の再利用の実施に関する課題について、最も重要なものから最も重要でないものまで、1から6の順に評価してください。



How would you rate the following questions for implementing water reuse in Japan from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree)?

以下の質問について、水の再利用を実施する際に、1（強く反対）から5（強く賛成）の5段階で評価してください

How would you rate the following questions for implementing water reuse in Japan / 以下の質問について、日本における水の再利用の実施に関する評価をどのように付けますか？



Thanks for your interest
ご興味をお持ちいただき、ありがとうございます。