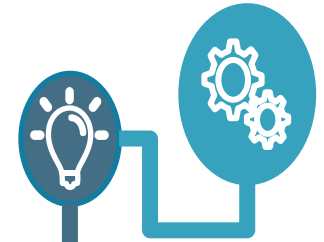
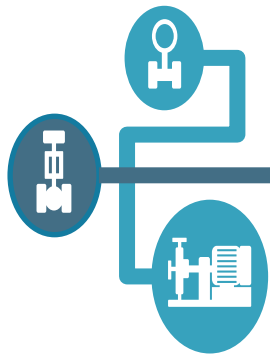


2025年9月16日（火）

第10回 OmegaLand ユーザー会

～スマートオペレーション実現に向けた現場活用と継続的な価値創出～



気象ビッグデータを活用したプロセス設計の可能性

再生可能エネルギー用 OmegaLand カスタムユニット開発の事例

長岡工業高等専門学校
物質工学科
エネルギープロセス研究室
准教授
熱海 良輔

1. 研究背景
2. 風況ビッグデータを活用した動的プロセスシミュレーション技術
3. 日射量ビッグデータを活用した動的プロセスシミュレーション技術
4. 気象ビッグデータを活用したプロセス設計手法

【気象ビッグデータを活用したプロセス設計手法】

- 気象条件の変動により再生可能エネルギー製造量が変動し、プロセス全体に影響
- プロセス設計で気象条件の変化を考慮する必要があるが、**現在のDSで気象ビッグデータを利用することは困難**
- 入手可能な**気象ビッグデータをDSで利用するためのプロセスモデル開発**が重要

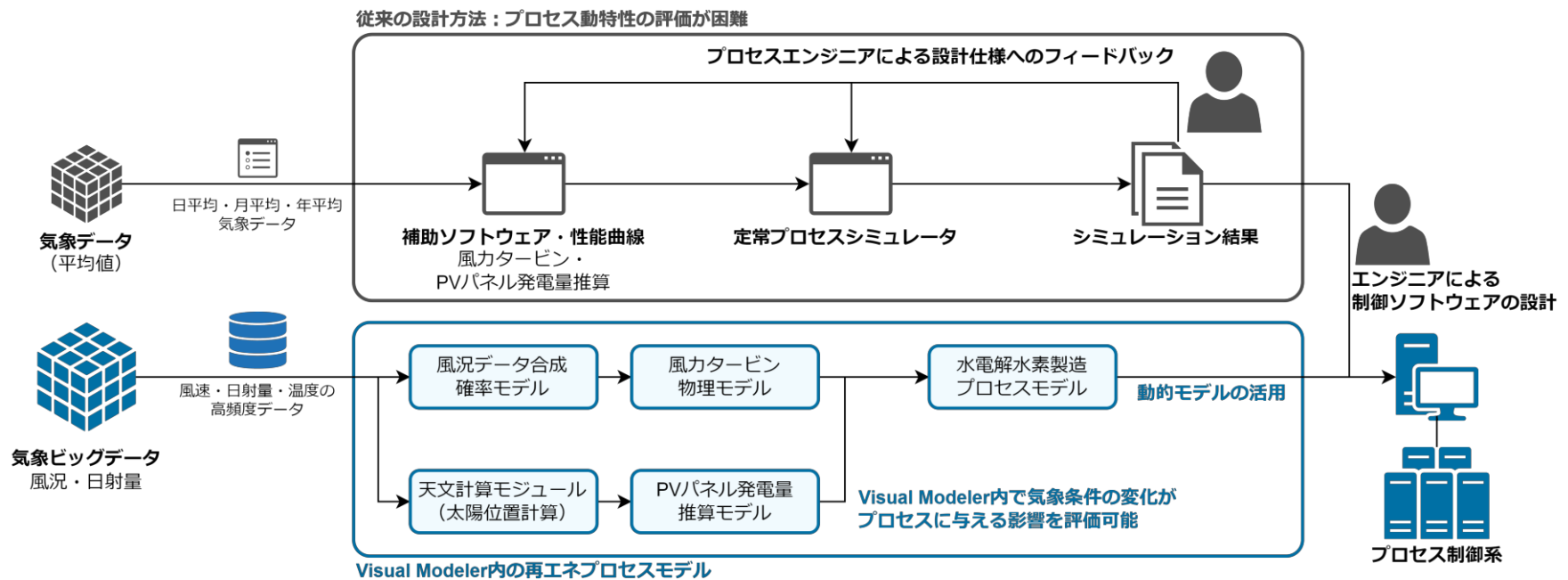


Fig. 従来の再エネ製造・利用プロセスの設計手法と
当研究グループが提案する気象ビッグデータとDSを活用したプロセス設計手法

気象BDを活用するためには、気象現象等を考慮した新たな物理モデルの開発が必要

【気象ビッグデータを利用可能なDS技術の開発】

- 風況および日射量BDをOmegaLand上で利用可能な新たなプロセスモデルを開発
- 風況BDはデータ頻度が低いため、機械学習と確率モデルにより高頻度データを合成
- 日射量BDを活用するため、太陽位置計算を考慮したプロセスモデルを開発

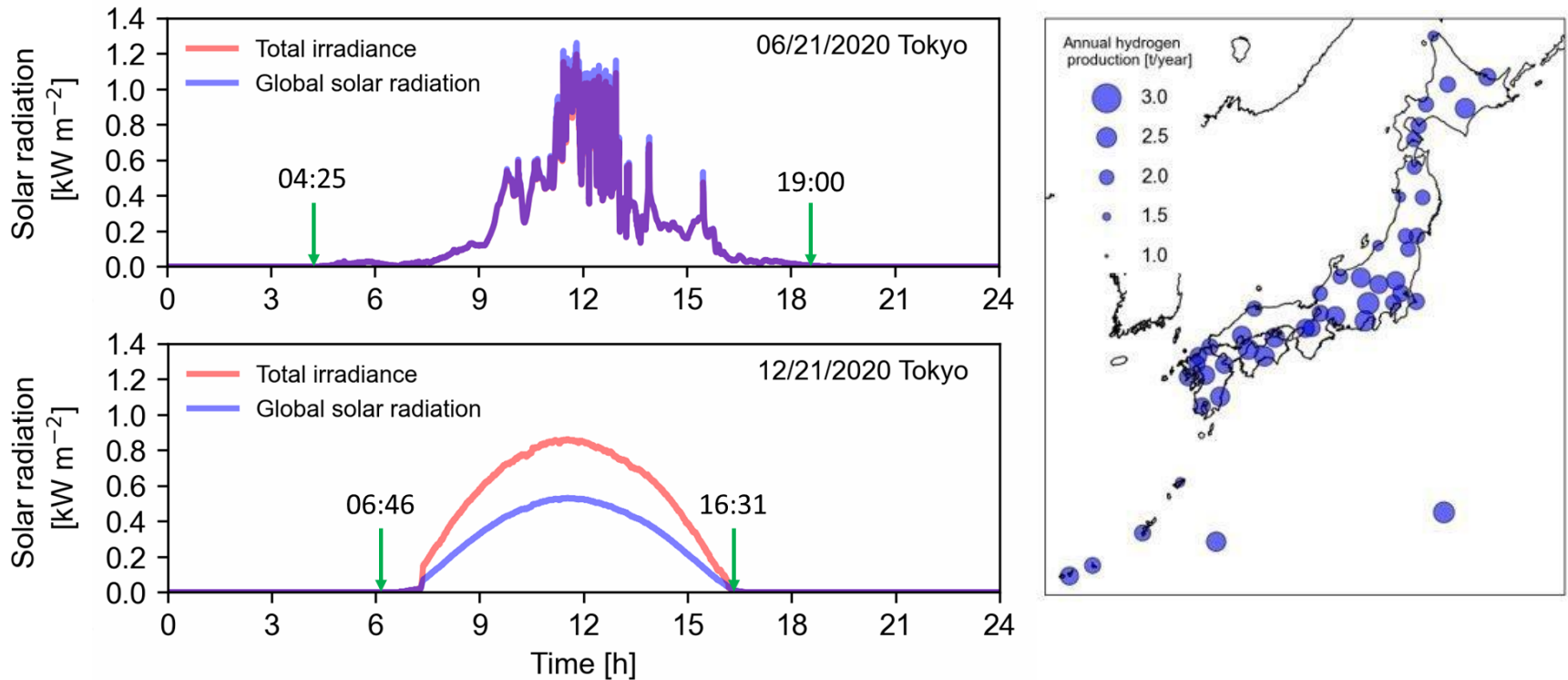


Fig. 日射量ビッグデータを活用したプロセスシミュレーション結果の例

(左) 2020年東京の夏至における日射量および発電量、(右) 100 kW級PV発電システムの年間水素製造量ポテンシャル

気象条件等の物理モデルをDSプロセスモデルに組み込むことにより、今日ビッグデータからグリーン水素製造プロセスの設計・評価が可能

2. 風況ビッグデータを活用した動的プロセスシミュレーション技術

【風速出現確率におけるWeibullパラメータの推算】

- 風速出現確率がWeibull分布に従うことに着目し、平均風速・最大瞬間風速からWeibullパラメータを推算する手法を考案
- 風況ビッグデータから機械学習によりWeibullパラメータを予測
- 確率モデル（逆関数サンプリング法）により学習データを合成

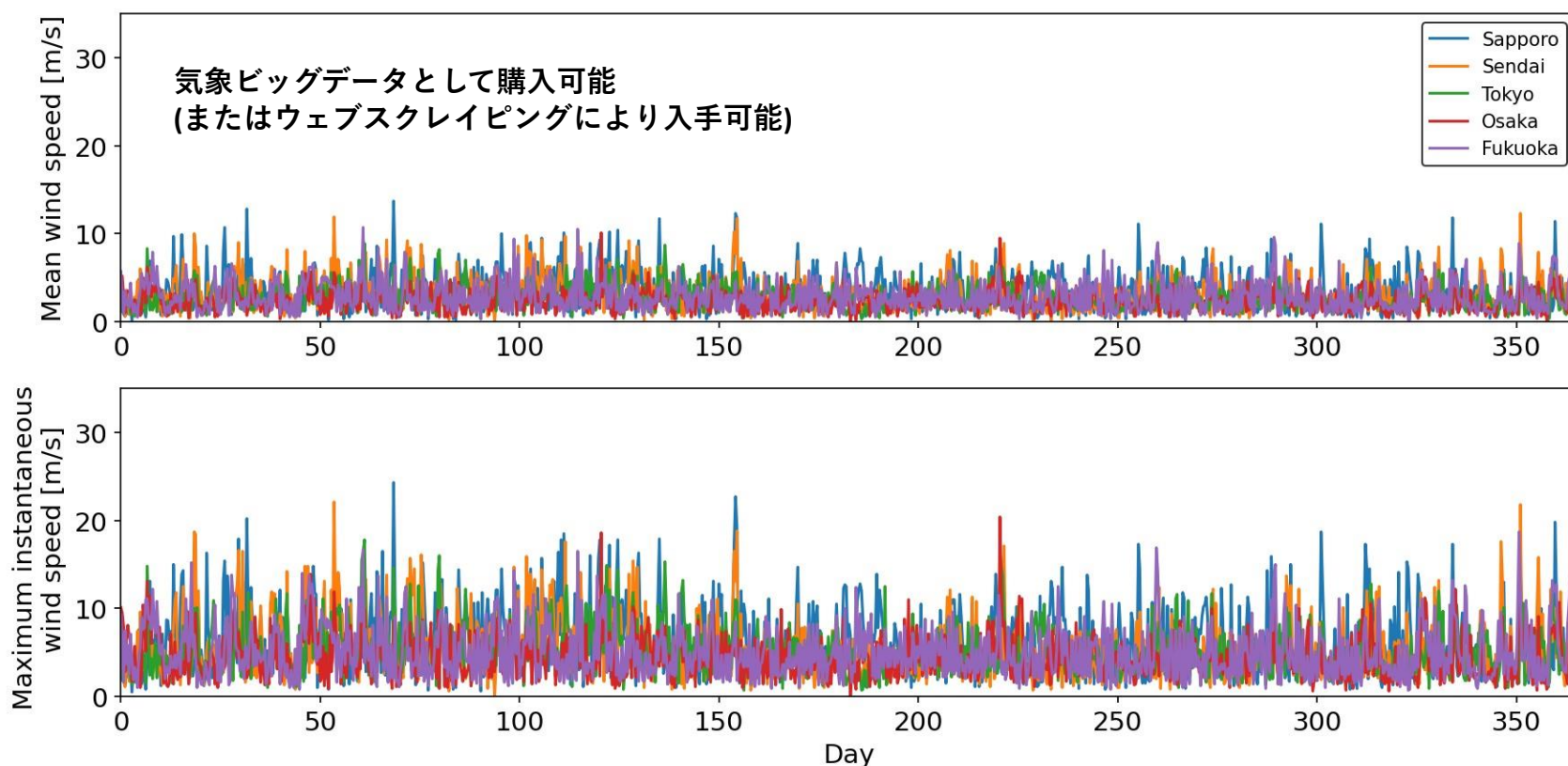
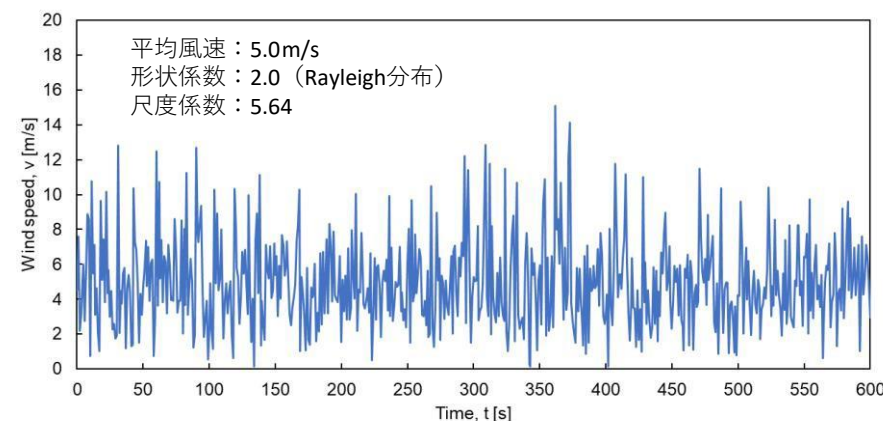
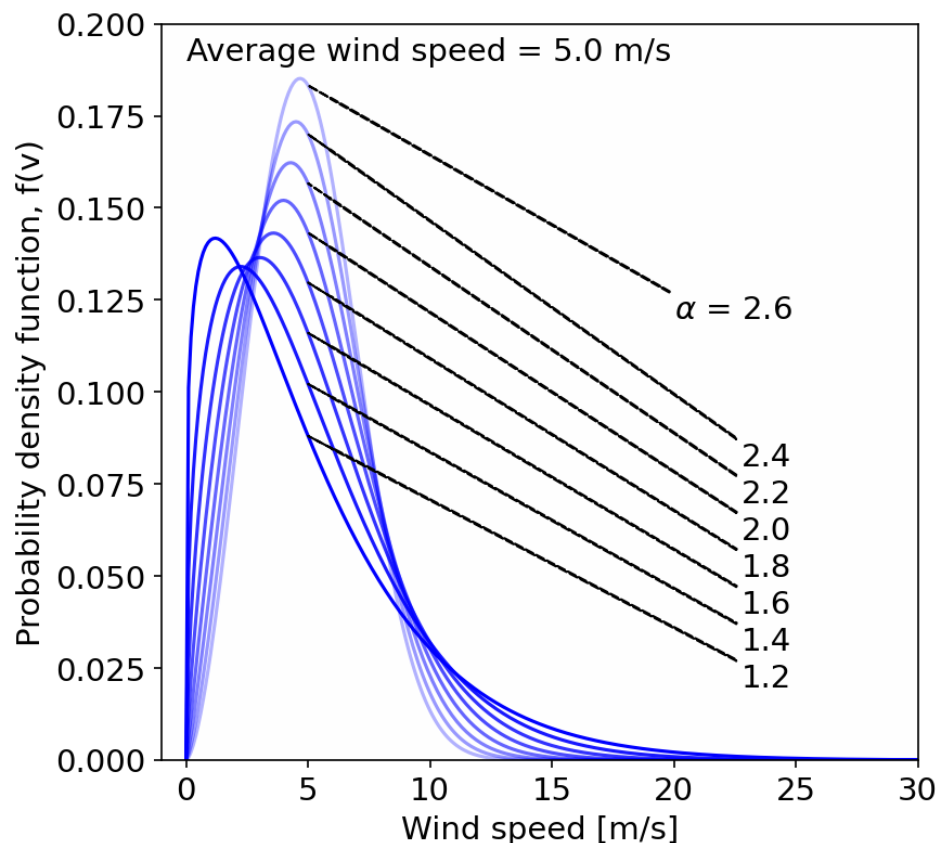


Fig. AMeDAS風況データ（2020年における札幌、仙台、東京、大阪、福岡）
（上）10分間平均風速の年間変化、（下）最大瞬間風速の年間変化

【風速出現確率におけるWeibullパラメータの推算】

- 風速出現確率がWeibull分布に従うことに着目し、平均風速・最大瞬間風速からWeibullパラメータを推算する手法を考案
- 風況ビッグデータから機械学習によりWeibullパラメータを予測
- 確率モデル（逆関数サンプリング法）により学習データを合成



Weibull分布における風況出現確率は、**形状係数 α** と**尺度係数 β** を用いて

$$F(v) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{v}{\beta} \right)^\alpha \right]$$

逆関数サンプリング法により、一様乱数 $U(t)$ を与えることで、風況データを合成可能

$$v(t) = -\beta [-\ln(1 - U(t))]^{\frac{1}{\alpha}}$$

Fig. 平均風速5 m/sの風況における形状係数 α に対する風速出現確率（左）および逆関数サンプリング法により合成した風況データ（右）

【風速出現確率におけるWeibullパラメータの推算】

- 風速出現確率がWeibull分布に従うことに着目し、平均風速・最大瞬間風速からWeibullパラメータを推算する手法を考案
- 風況ビッグデータから機械学習によりWeibullパラメータを予測
- 確率モデル（逆関数サンプリング法）により学習データを合成

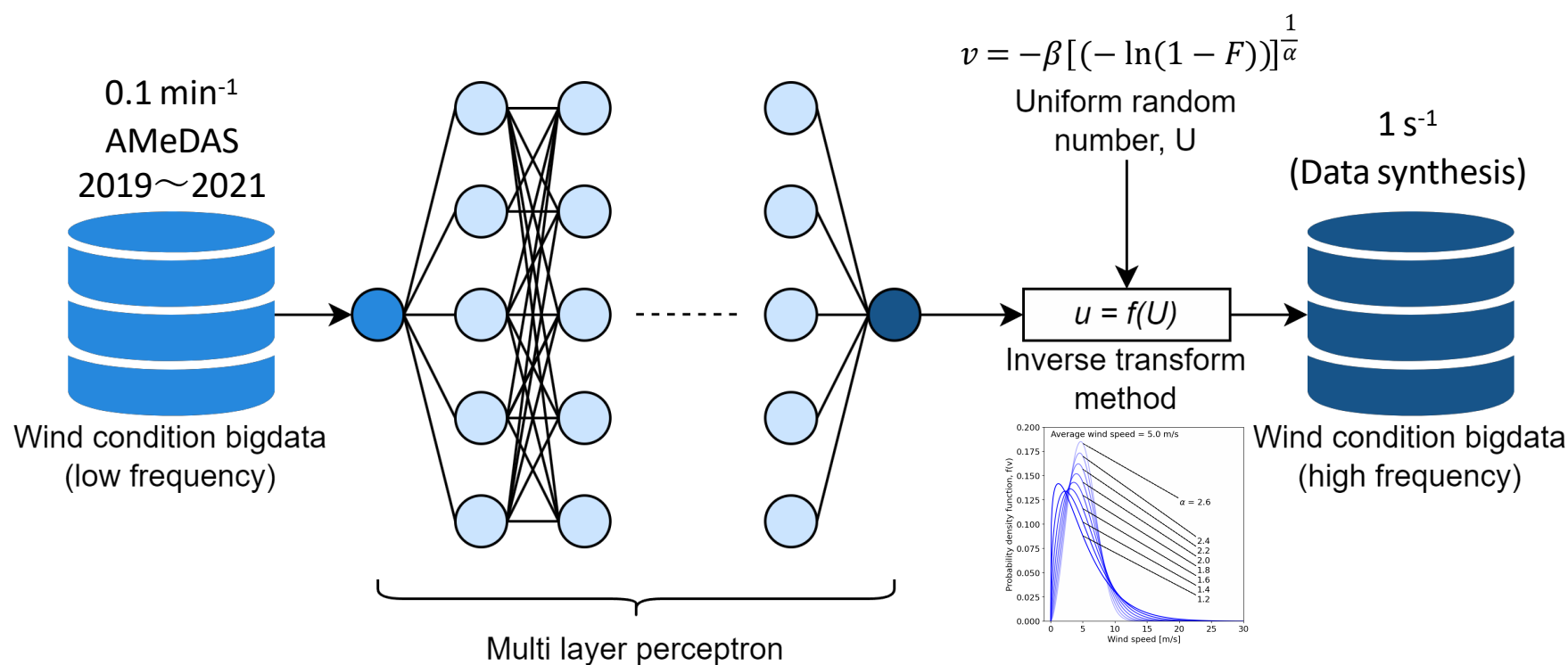


Fig. 逆関数サンプリング法とニューラルネットワークを利用した高頻度風況データ合成手法の概念図

2. 風況ビッグデータを活用した動的プロセスシミュレーション技術

【高頻度風況データを用いたDSによる水素キャリア製造プロセスの解析】

- 本研究で開発した手法により、高精度に高頻度風況データの合成が可能
- 風況BDと風車物理モデル、水電解水素製造モデル、アンモニア合成モデルを接続
- 計算コストが小さく、短期間で全国の水素製造ポテンシャルを評価可能

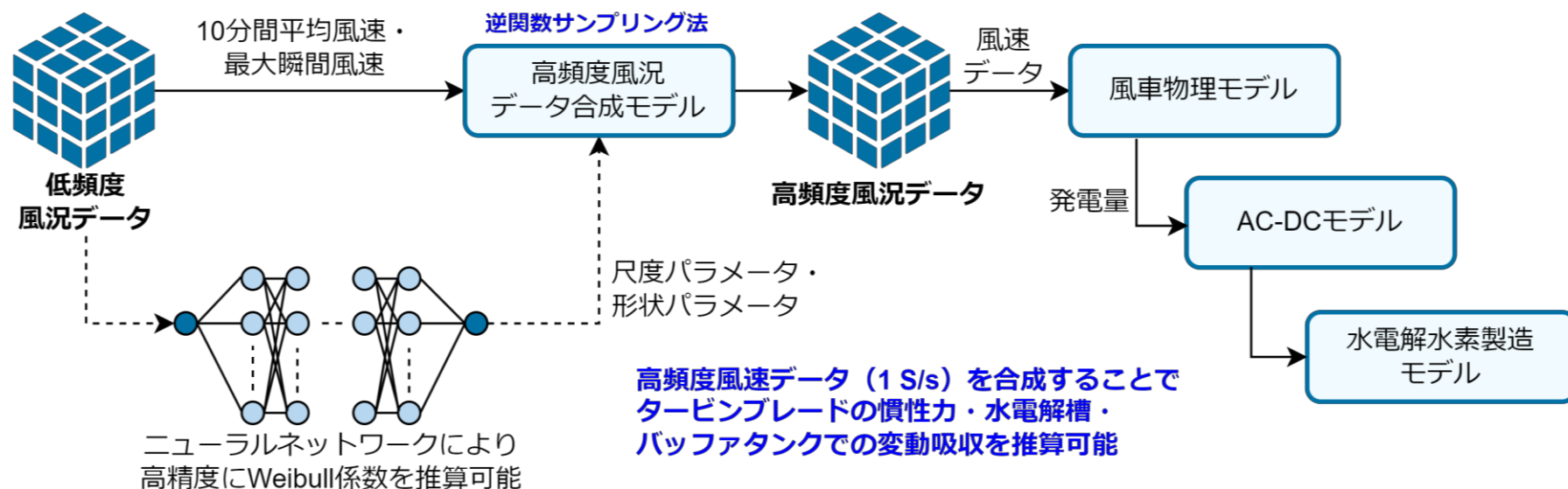


Fig. 高頻度風況データと風車物理モデル、動的プロセスシミュレータを活用したグリーン水素製造プロセス設計手法

2. 風況ビッグデータを活用した動的プロセスシミュレーション技術

【高頻度風況データを用いたDSによる水素キャリア製造プロセスの解析】

- 本研究で開発した手法により、高精度に高頻度風況データの合成が可能
- 風況BDと風車物理モデル、水電解水素製造モデル、アンモニア合成モデルを接続
- 計算コストが小さく、短期間で全国の水素製造ポテンシャルを評価可能

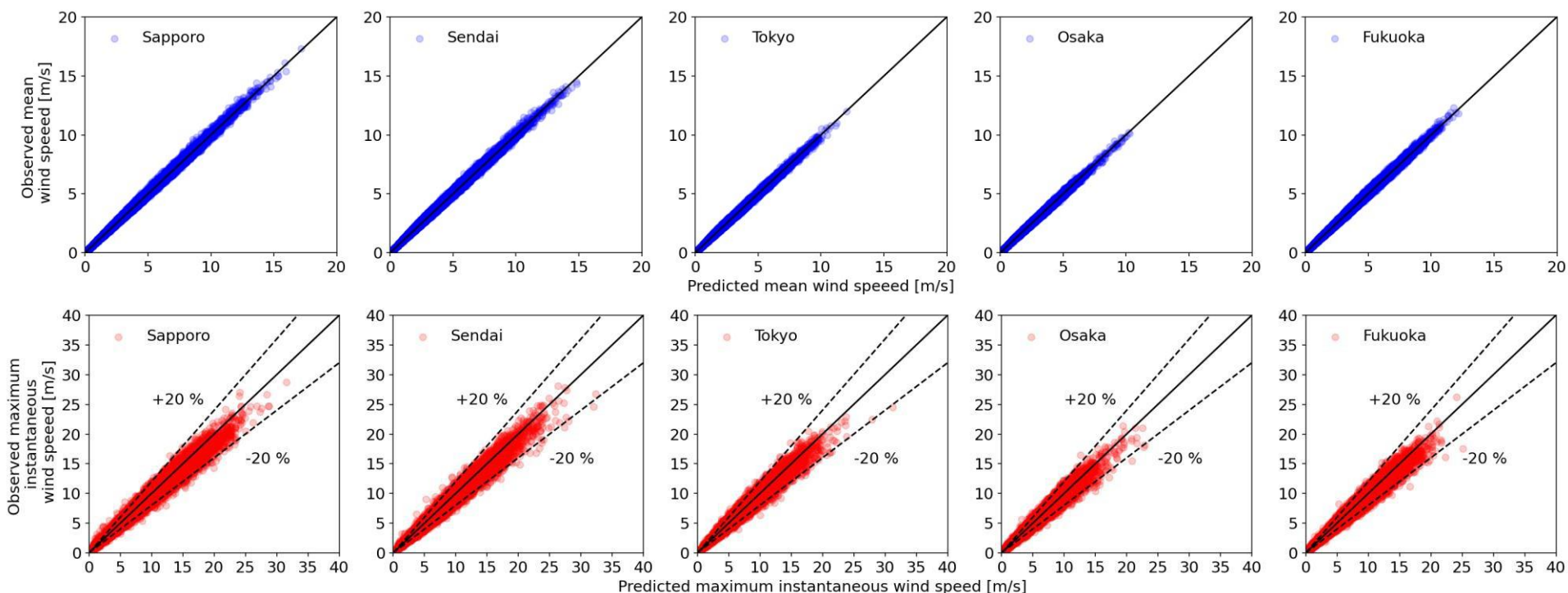


Fig. 逆関数サンプリング法とニューラルネットワークを利用した高頻度風況データ合成手法の概念図

合成した高頻度風況データは、10分間平均値・最大瞬間風速とほぼ同様の風況高頻度化させることにより、従来の動的プロセスシミュレータと連携可能

2. 風況ビッグデータを活用した動的プロセスシミュレーション技術

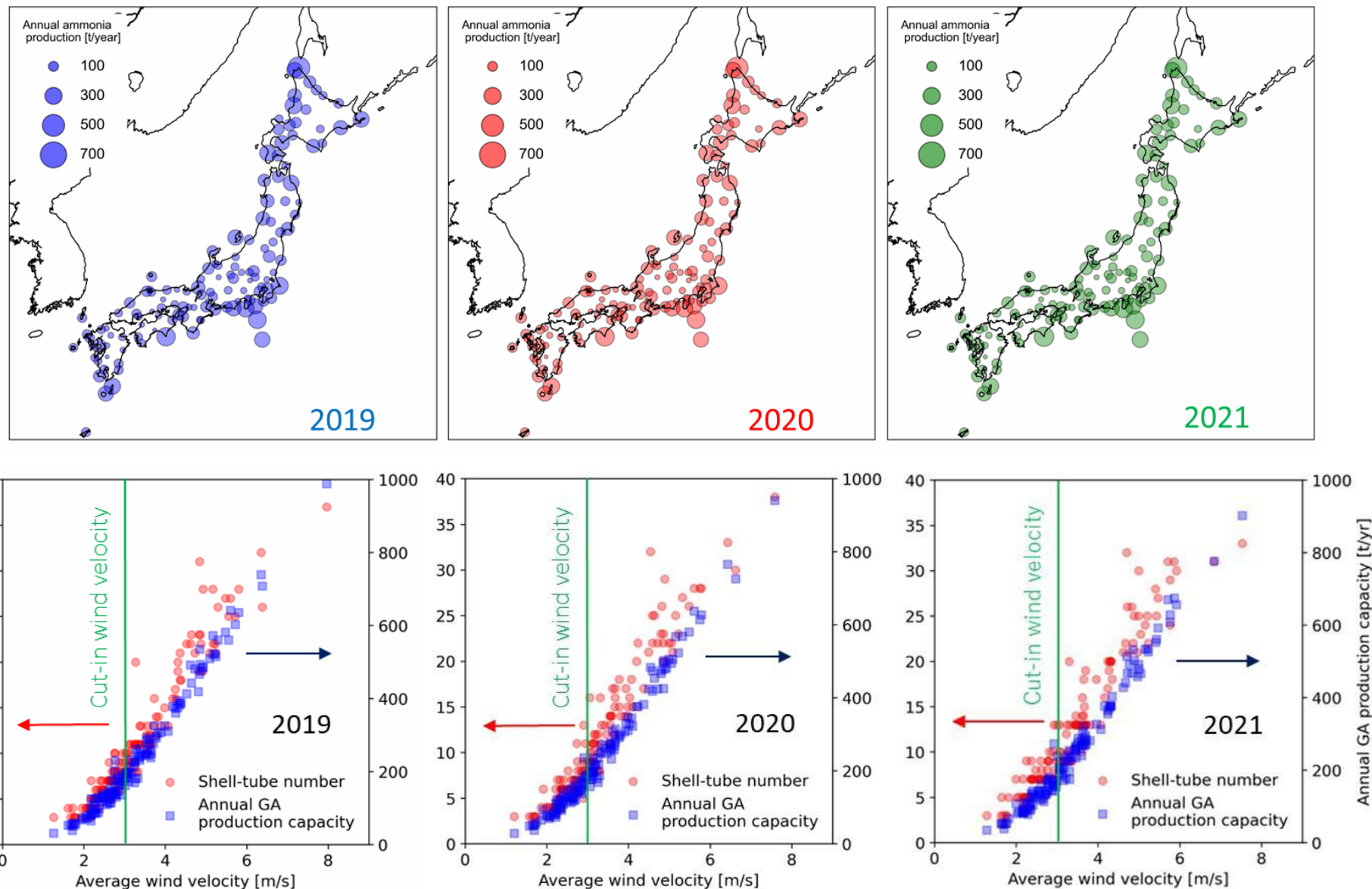
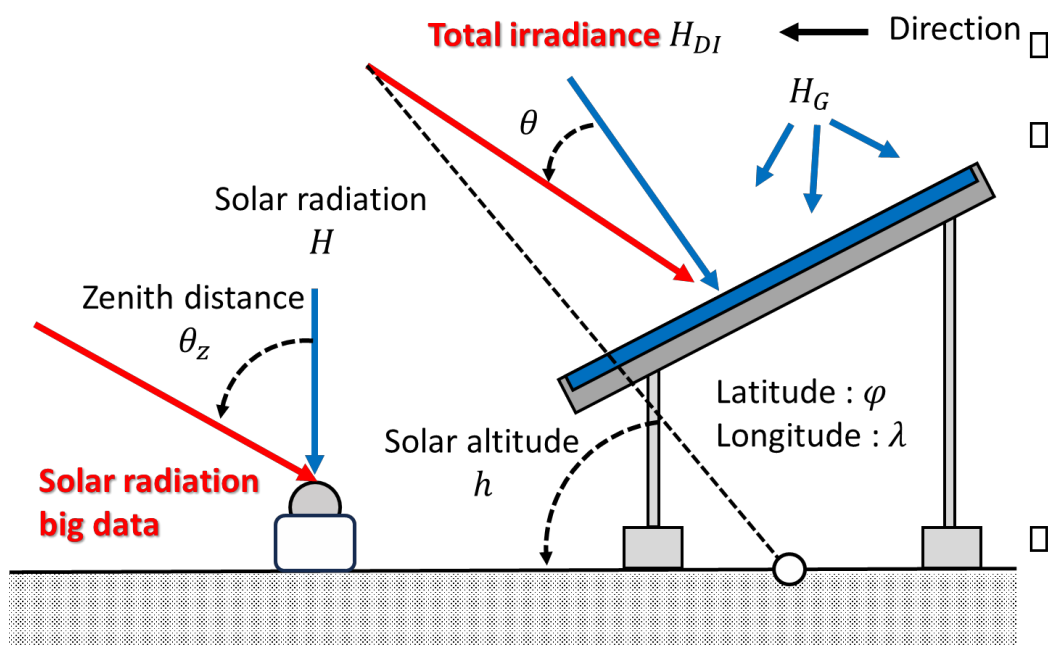


Fig. 高頻度風況データとDSによる全国のアムモニア製造ポテンシャルの評価（2019～2021）

【DSにおける日射量ビッグデータの連携手法】

- PVシステム発電量の計算では**日射量ビッグデータの取り扱い**と**太陽位置計算**が重要
- 日射量ビッグデータはErbsモデルにより直達日射量と散乱日射量を分離
- オプションとしてパノラマ撮影写真や3D都市モデルにより日陰の影響を考慮した日射量を推定することも可能



Solar altitude

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t$$

Erbs model

$$K_t < 0:$$

$$H_d = (1.0 - 0.09 K_t) H_G$$

$$0.22 < K_t \leq 0.80:$$

$$H_d = (0.9511 - 0.1604 K_t + 4.388 K_t^2 - 16.638 K_t^3 + 12.366 K_t^4) H_G$$

$$K_t > 0.80:$$

$$H_d = 0.165 H_G$$

Total irradiance

$$H_{DI} = H \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z}$$

Fig. 傾斜面日射量の計算手法およびErbsモデルによる直散分離計算手法

傾斜面日射量を算出するため太陽とPVパネル位置関係を天文学的に計算し、ISO C8907:2005太陽光発電システムの発電電力量推算方法により発電量を推算可能

【DSにおける日射量ビッグデータの連携手法】

- PVシステム発電量の計算では**日射量ビッグデータの取り扱い**と**太陽位置計算**が重要
- 日射量ビッグデータはErbsモデルにより直達日射量と散乱日射量を分離
- オプションとしてパノラマ撮影写真や3D都市モデルにより日陰の影響を考慮した日射量を推定することも可能

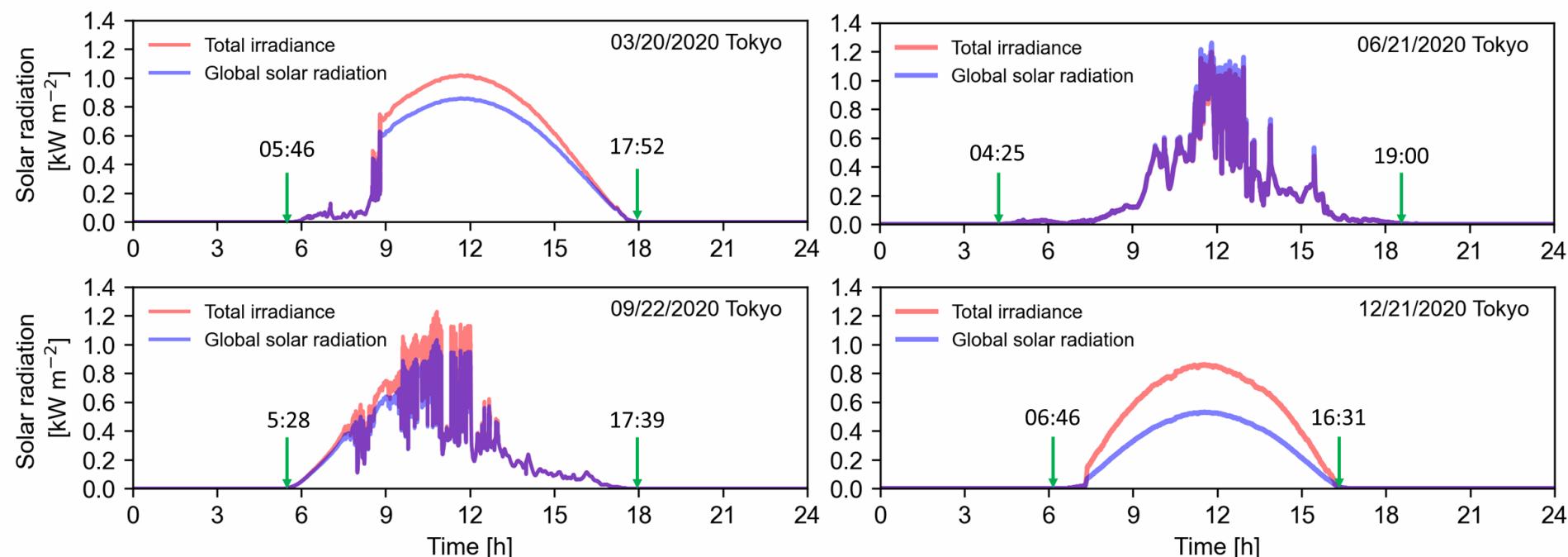


Fig. 2020年東京の日射量ビッグデータを用いた全天日射量及び傾斜面日射量推算値

【DSにおける日射量ビッグデータの連携手法】

- PVシステム発電量の計算では**日射量ビッグデータの取り扱い**と**太陽位置計算**が重要
- 日射量ビッグデータはErbsモデルにより直達日射量と散乱日射量を分離
- オプションとしてパノラマ撮影写真や3D都市モデルにより日陰の影響を考慮した日射量を推定することも可能

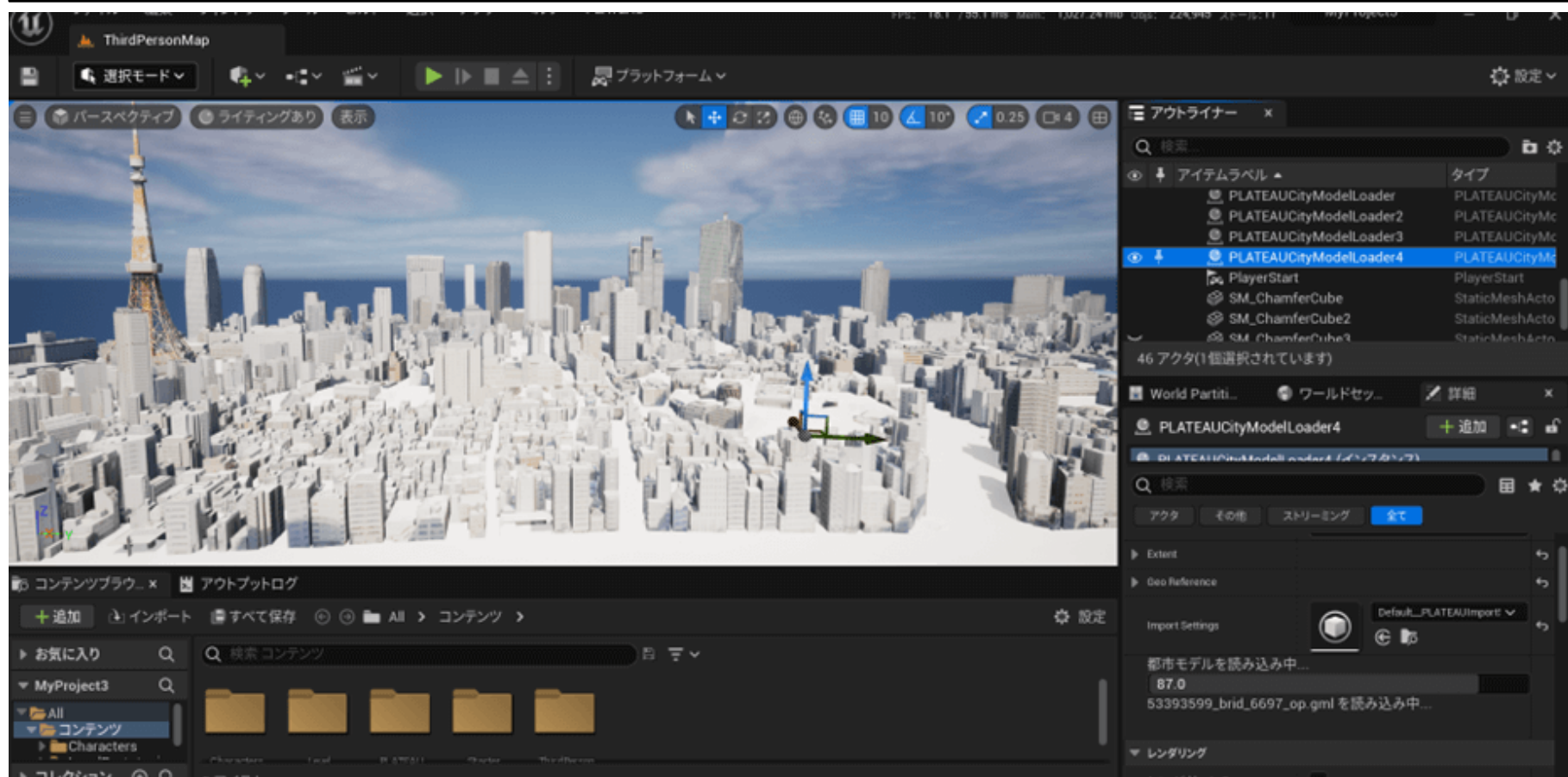


Fig. Unreal Engine 5を用いた東京都モデル（PLATEAU）を活用した日陰計算の様子

4.気象ビッグデータを活用したプロセス設計手法

【DSと気象ビッグデータを活用したプロセス設計】

- 風車物理モデルおよび風況ビッグデータを活用したDSモデルを開発
- 計算コストが小さく、様々なシナリオを想定した計算が可能
- 感度解析やグリーン水素製造量ポテンシャルの解析に利用可能

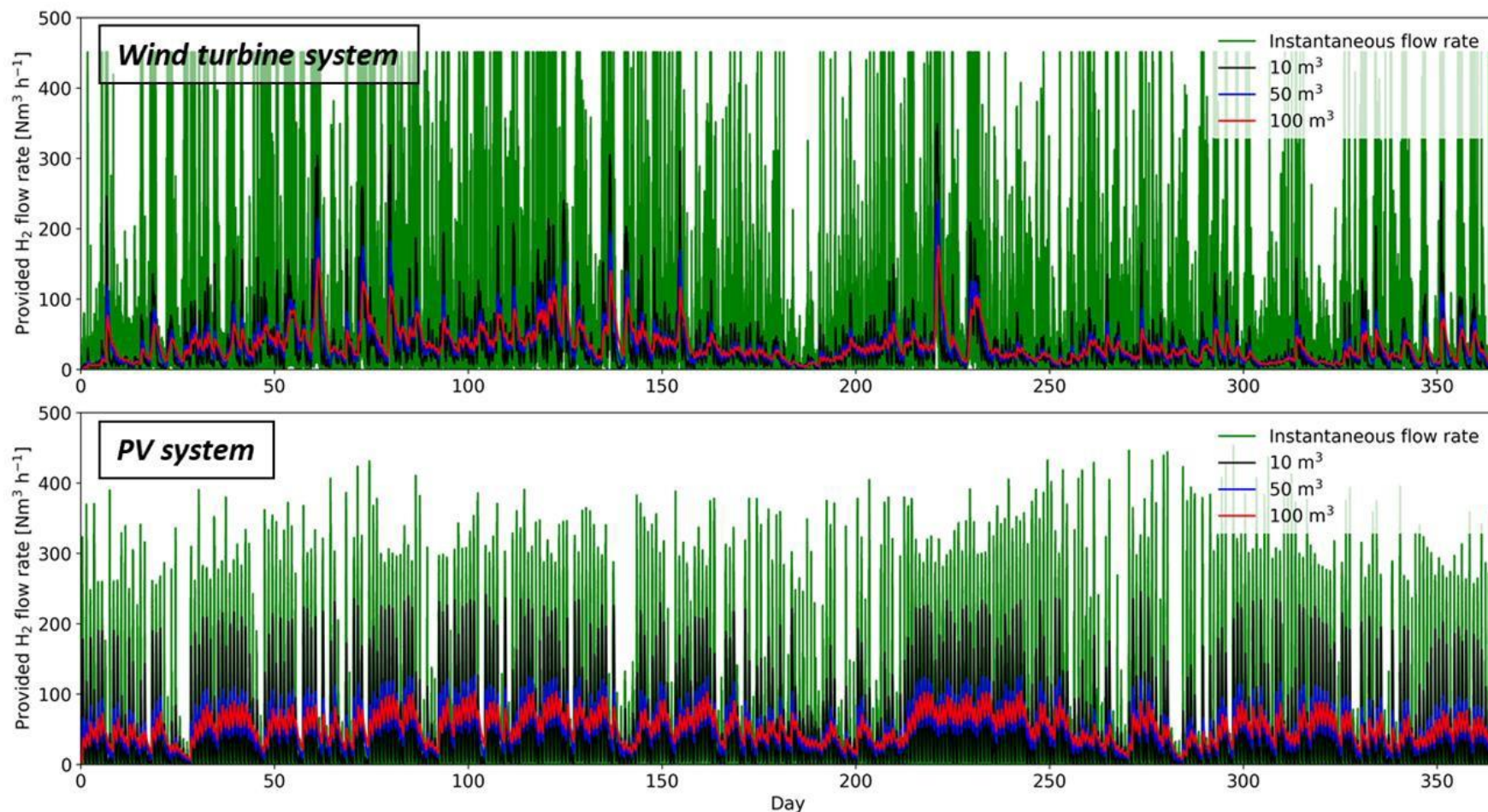


Fig. 2020年東京の風況または日射量ビッグデータを活用したグリーン水素製造量解析

【DSと気象ビッグデータを活用したプロセス設計】

- 風車物理モデルおよび風況ビッグデータを活用したDSモデルを開発
- 計算コストが小さく、様々なシナリオを想定した計算が可能
- 感度解析やグリーン水素製造量ポテンシャルの解析に利用可能

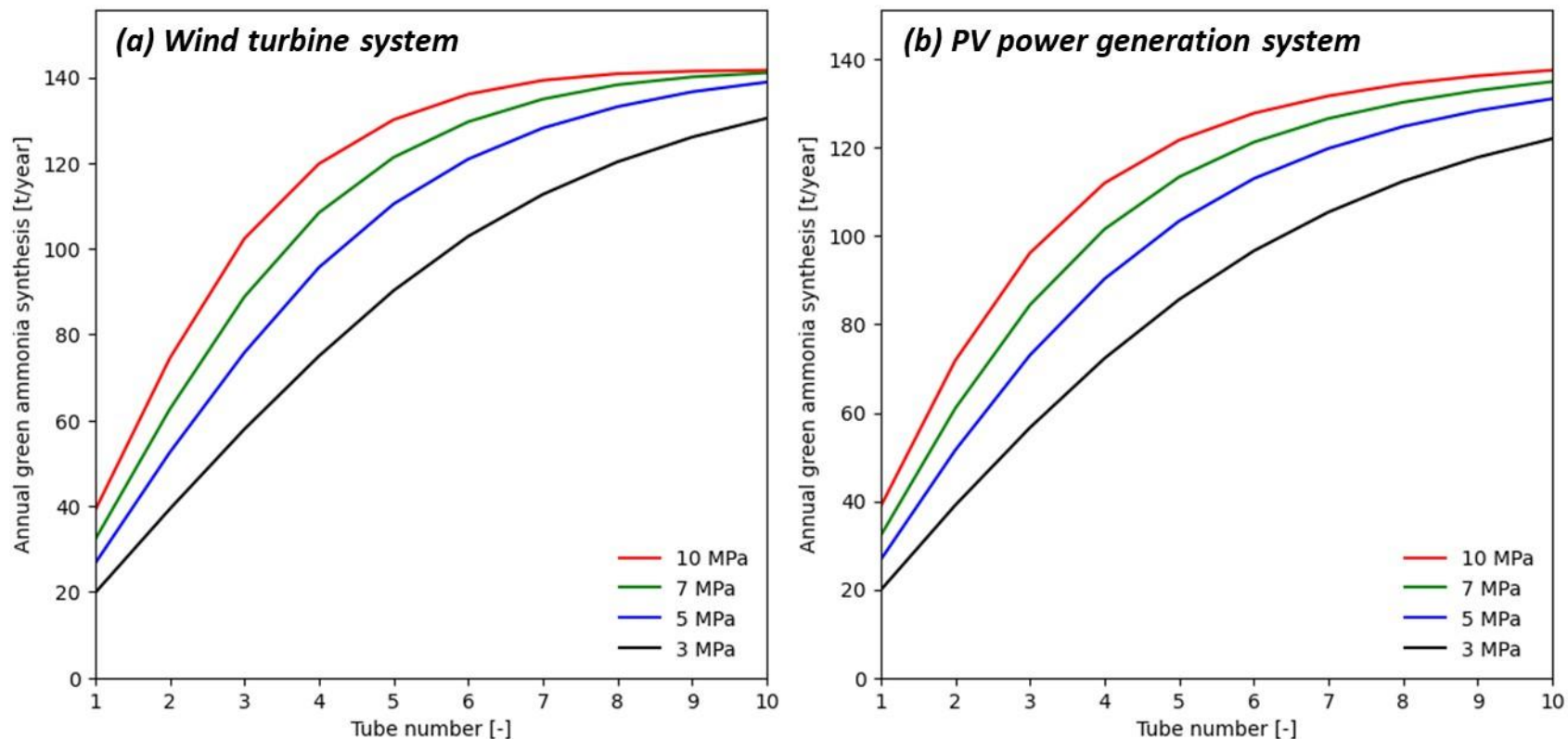
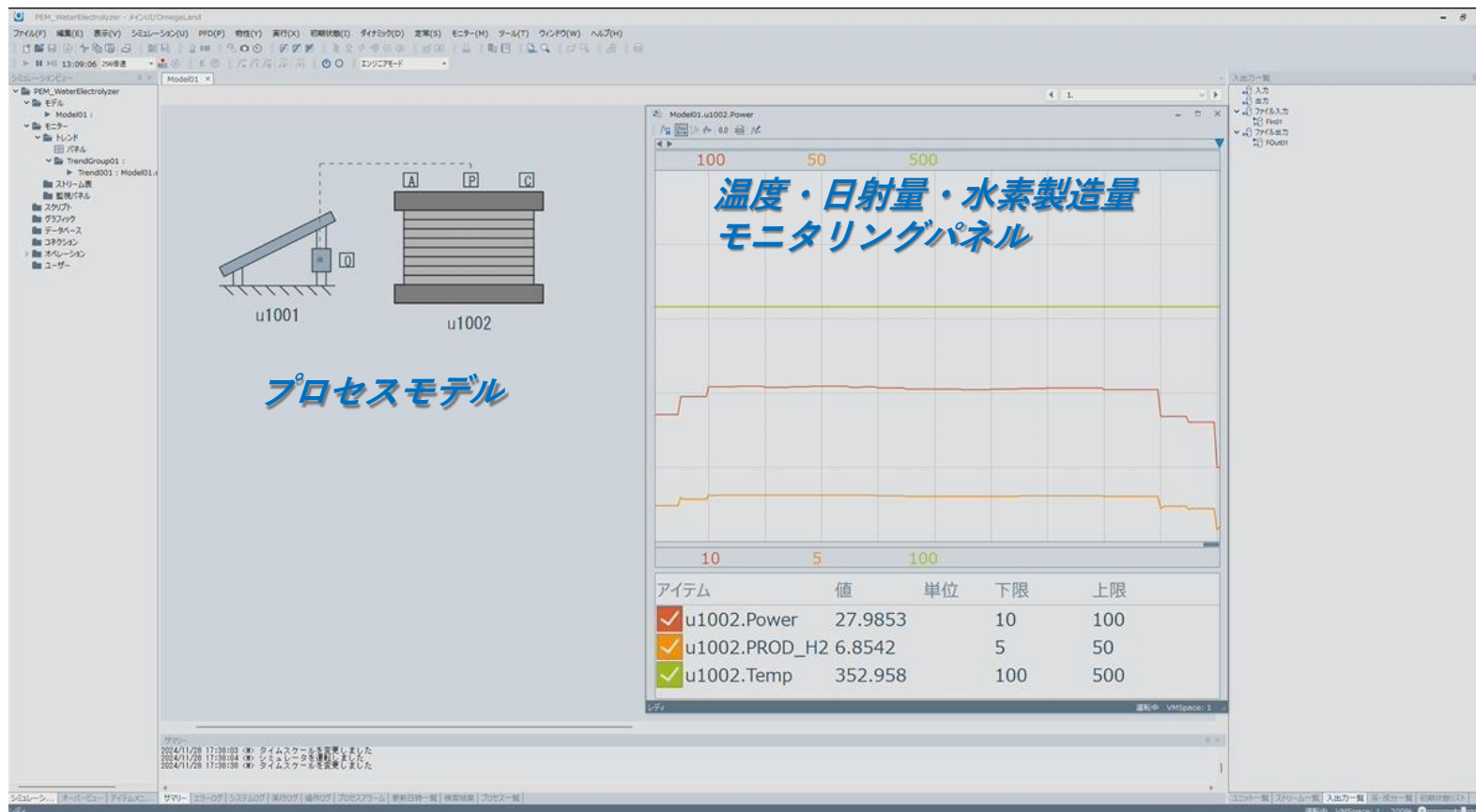


Fig. グリーン水素を用いたグリーンアンモニア合成プロセスにおける反応器圧力・体積が年間製造量に与える影響の評価
(a) 2 MW級風力タービンシステム、(b) メガソーラー発電システム

4.気象ビッグデータを活用したプロセス設計手法

【DSと気象ビッグデータを活用したプロセス設計】

- ・ 風車物理モデルおよび風況ビッグデータを活用したDSモデルを開発
- ・ 計算コストが小さく、様々なシナリオを想定した計算が可能
- ・ 感度解析やグリーン水素製造量ポテンシャルの解析に利用可能



**OmegaLand上で稼働するプロセスモデルにより
年間グリーン水素製造量解析やオペレーショントレーニングが可能**



ご清聴誠にありがとうございました。

