

## 第2回 理研データ同化ワークショップ

# エネルギー事業での数値解析活用事例と データ同化への期待

---

2017年9月26日

大阪ガス(株)

エネルギー技術研究所

西村浩一

---

## 自己紹介・会社紹介

### ガス会社における数値計算の活用事例

商品開発・設計支援

未知現象の解析

気象予測

### データ同化研究に期待すること

# 自己紹介

---

**西村浩一**

**兵庫県神戸市出身**

**修士**

**「スペクトル法による地球規模大気拡散モデルの開発」**

**博士**

**「乱流の普遍的微細渦構造に基づく摩擦抵抗低減」**

**気象予報士**

# 大阪ガス株式会社 会社概要

本 設 事 業 資 本 金 売 上 高	社 立 業 開 始 資 本 金 上 高	大阪府中央区平野町4丁目1番2号 明治30(1897年)年4月10日 明治38年(1905年)10月19日 1,321億円 10,397億円(個別) ※連結 13,220億円
従 業 員 数		5,824名(嘱託等含む、出向除く) ※連結 20,844名
グ ル ー プ 会 社		約160社
主 要 事 業		①ガスの製造、供給および販売 ②LPGの供給および販売 ③電力の発電、供給および販売 ④ガス機器の販売 ⑤ガス工事の受注

(2016年3月31現在)



# ガス事業

供給区域	2府4県 (79市33町)
お客さま数	725万戸
ガス販売量 (2015年度)	8,021百万m <sup>3</sup>
ガス導管総延長	約61,400Km

(2016年3月31日現在) 単体



大阪ガスグループの都市ガス事業者 (2016年3月31日現在)



# 電力事業

火力発電※

1,723MW

再生可能

118MW



国内電源

1,841MW

※バイオマス混焼およびコージェネレーションを含む



# ガス事業における技術開発

➤ 自ら用途を開発して、市場開拓・事業拡大を進めてきた。

1900

1950

2000

ガス燈



家庭用熱需要（厨房・暖房・給湯）

産業用熱需要（ボイラ・炉）

冷熱（ガス冷房）

電力



# シミュレーション技術の開発と活用

➤ 1980年代後半から、事業にあわせて領域を拡大・深化。

1990

2000

2010

空調

産業用熱需要（炉・バーナ）

業工用コージェネ（エンジン・タービン・環境評価）

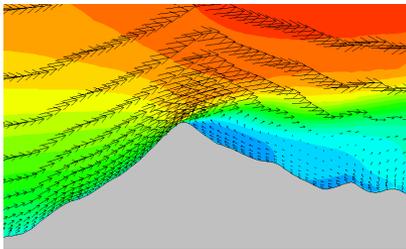
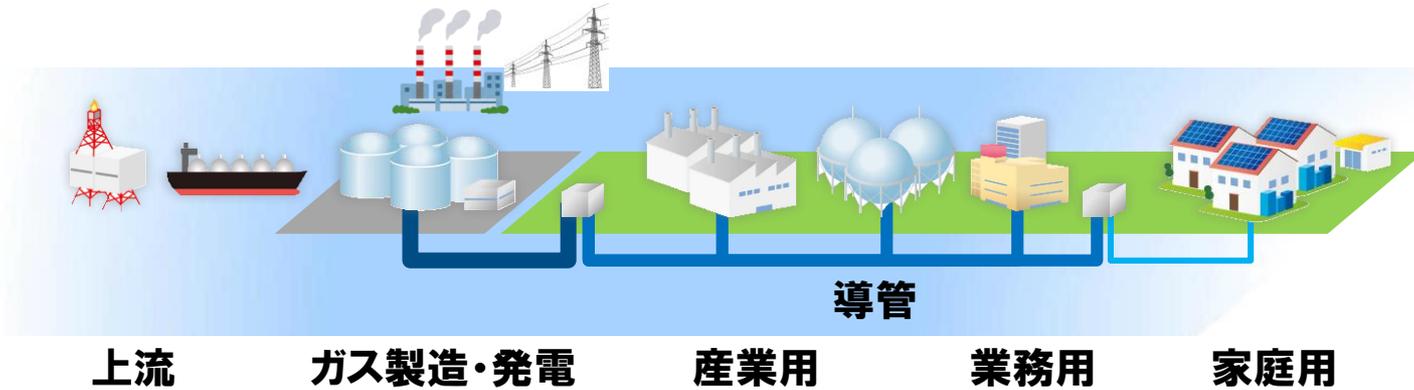
家庭用コージェネ（エンジン・燃料電池）

電力（火力・風力）

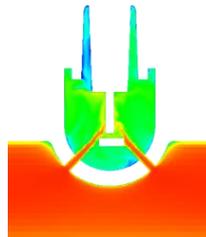
気象

# 大阪ガスでのシミュレーション活用例

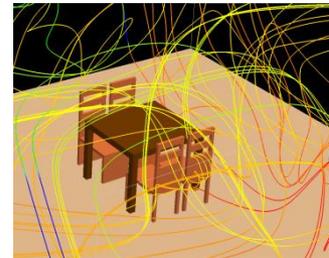
➤ 上流から下流まで幅広く活用（製造業とは少し異なる）。



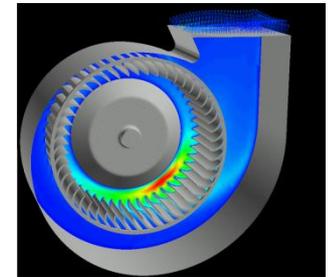
風力発電



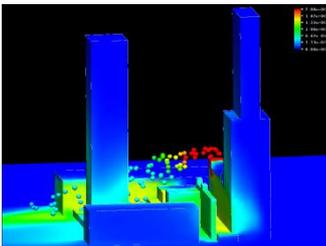
ガスエンジン内流れ解析



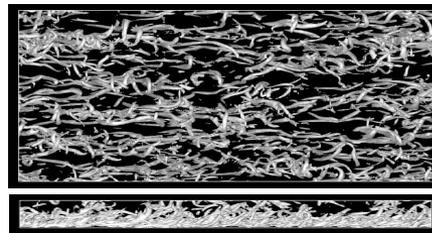
室内空調



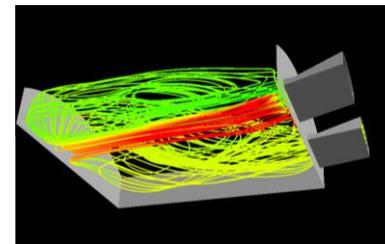
ファンの流動解析



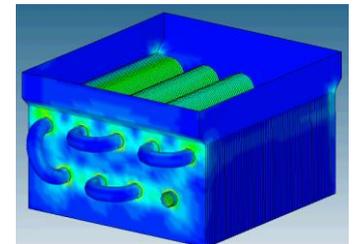
ビル風



圧損低減剤「エコミセル」  
(乱流の微細構造)



工業炉



熱交換器

# 開発環境（計算機・ソフトウェア）

➤ 現在は商用コード中心に、自社コードとオープンソースを併用。

1990

2000

2010

計算機

汎用機

EWS

スーパーコンピュータ (VP, SX)

スカラー並列機

社外計算機

ソフトウェア

自社コード

商用コード

オープンソース

※自社コード

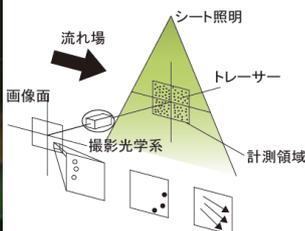
- ・乱流燃焼 (LES燃焼モデル)
- ・乱流構造 (チャネル乱流DNS)
- ・波動音響

※オープンソース

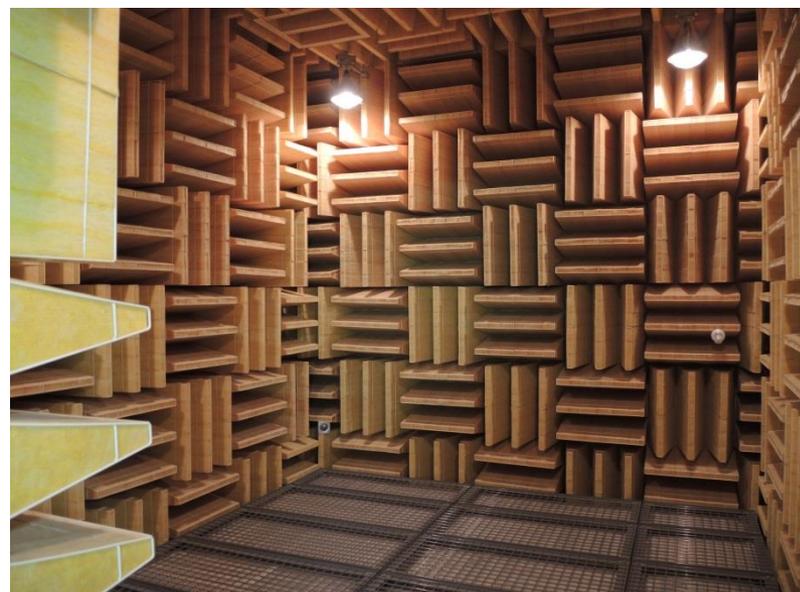
- ・非定常解析
- ・気象

# 検証設備

➤ 検証のための計測技術・設備も保有.



高速PIV※



無響室

※Particle Image Velocimetry

---

# 事例1

商品開発・設計支援

工業用バーナ

# 工業炉・工業用バーナ

- 材料や部品を加熱して、溶解・熱処理などを行う装置。
- 目的に応じて様々なバーナを開発している。



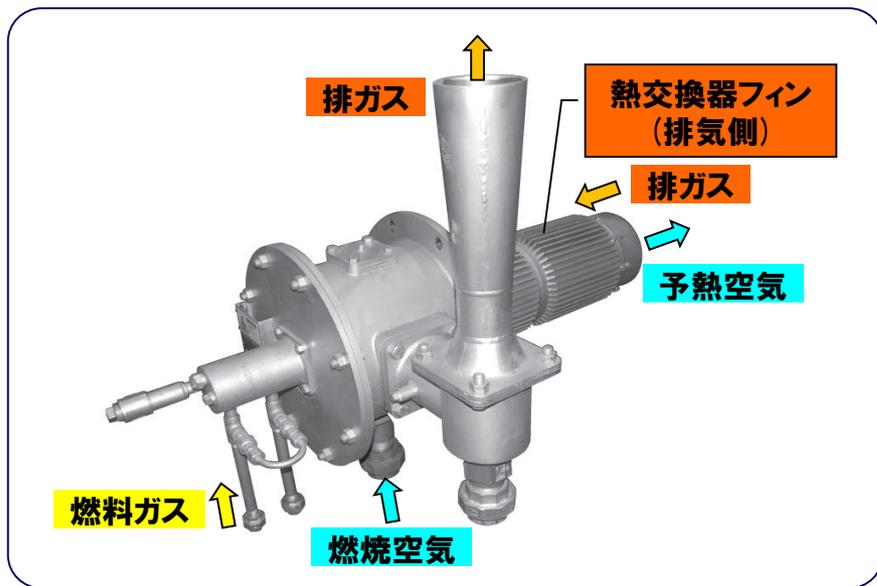
工業炉の例



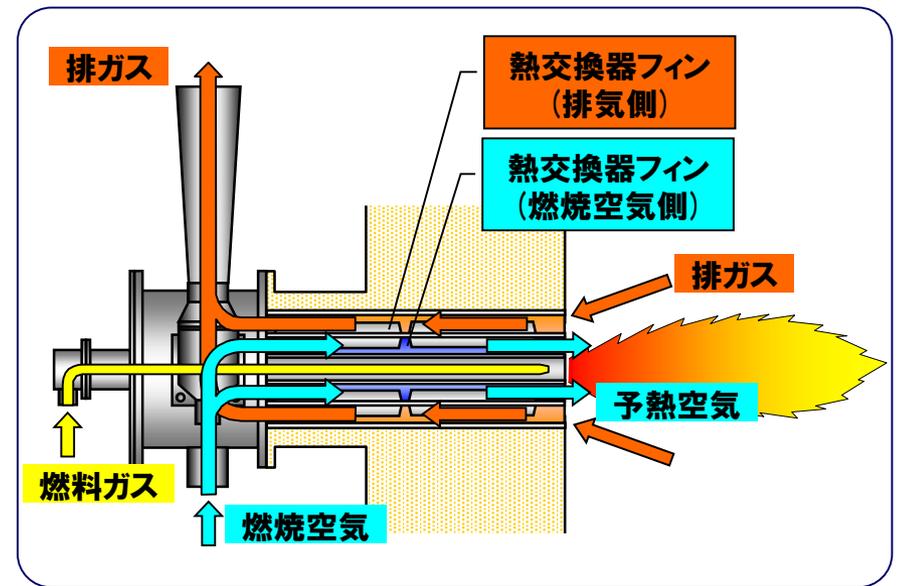
バーナ開発

# 排熱回収用熱交換器内臓型バーナ

➤ 熱交換器フィンを短期間で最適化し、高性能モデルを開発する。



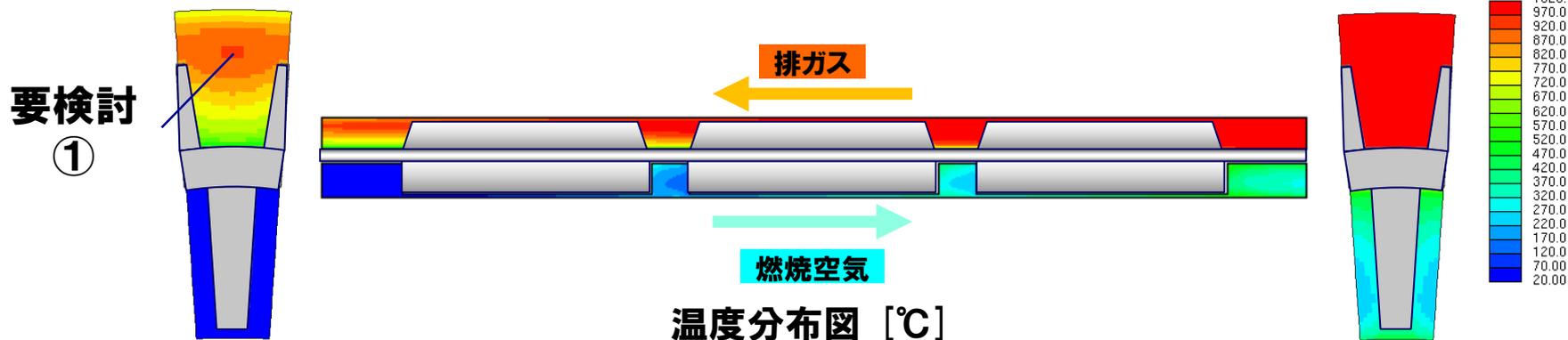
外観



断面図

# シミュレーションによるバーナ開発支援①

➤ シミュレーション精度を確認するとともに要検討点を抽出。



## 実測とシミュレーションの比較

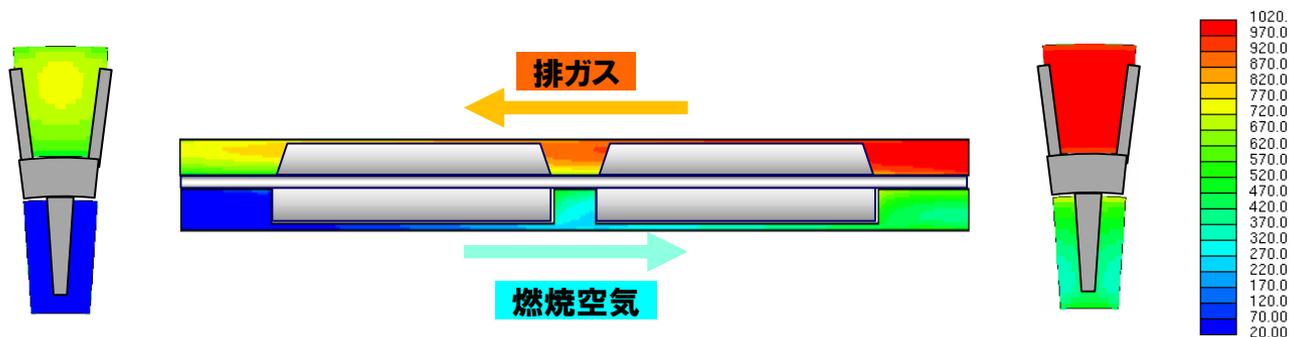
	実測値	シミュレーション
予熱空気温度 [°C]	519	493
排ガス側圧損 [Pa]	66	60

要検討

②

## シミュレーションによるバーナ開発支援②

- フィン形状を最適化，試作回数を減らし，開発期間を大幅短縮．
- 目標性能を満足しつつ小型化にも成功．

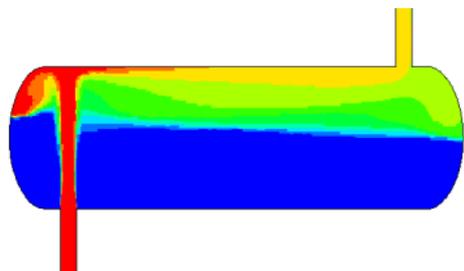


	実測値	シミュレーション
予熱空気温度 [°C]	574	582

## その他, 商品開発・設計支援

- その他にも商品開発や設備設計支援に広く活用中。  
→うまくいかないときもある(経年劣化, 環境影響, 計測信頼性)

ガスエンジン



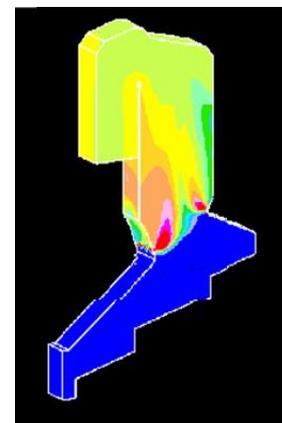
混合タンク

バーナ



吸収塔

空調機



焼却炉

---

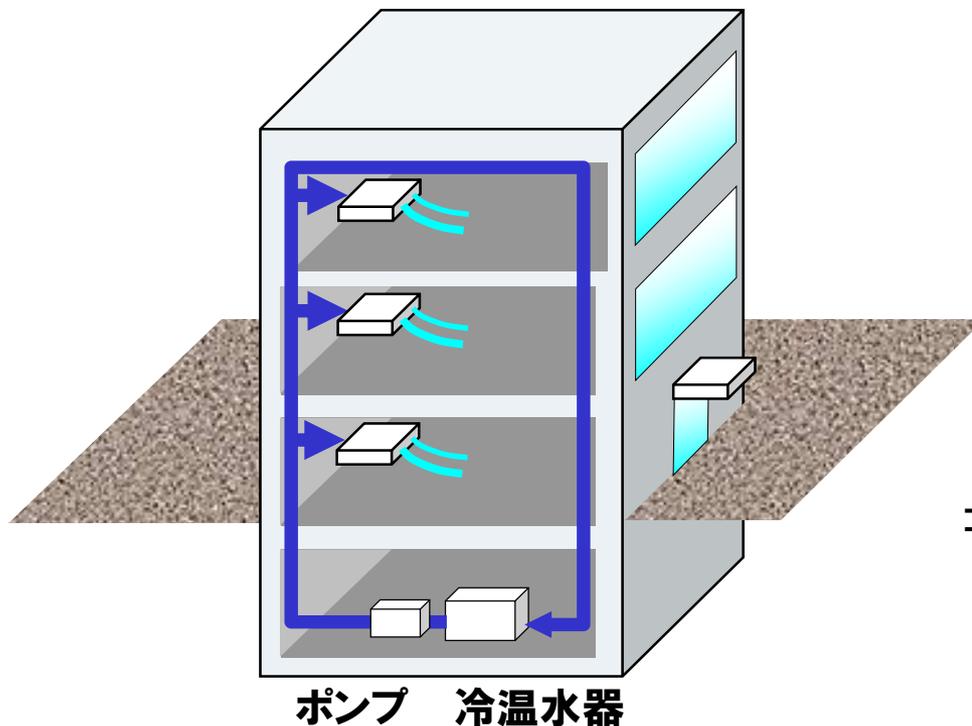
# 事例2

## 現象解析

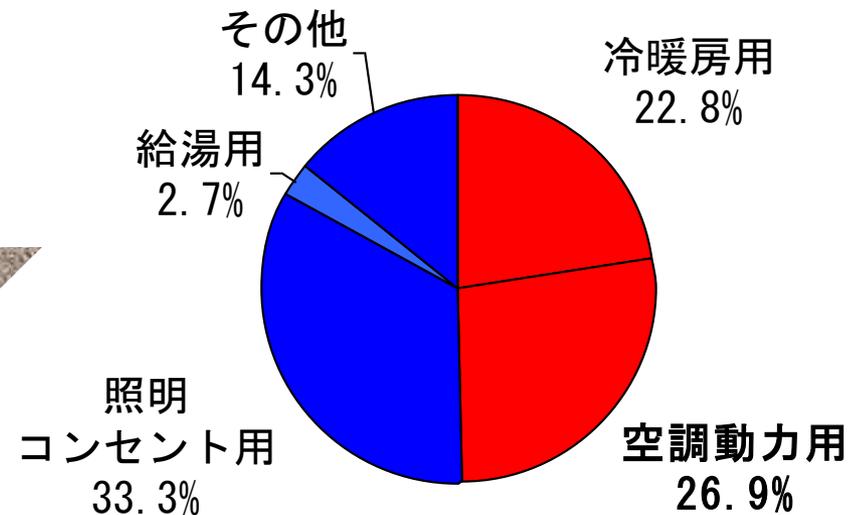
### 「エコミセル」の摩擦低減効果予測

# ビル空調

- セントラル型ビル空調では、動力費用(冷媒輸送)が大きい。
- 動力は輸送配管の摩擦抵抗に抗するのに費やされる。



セントラル空調の概念



事務所ビルのエネルギー消費内訳

住宅・建設省エネルギーハンドブック2002より

# 摩擦低減剤「エコミセル」

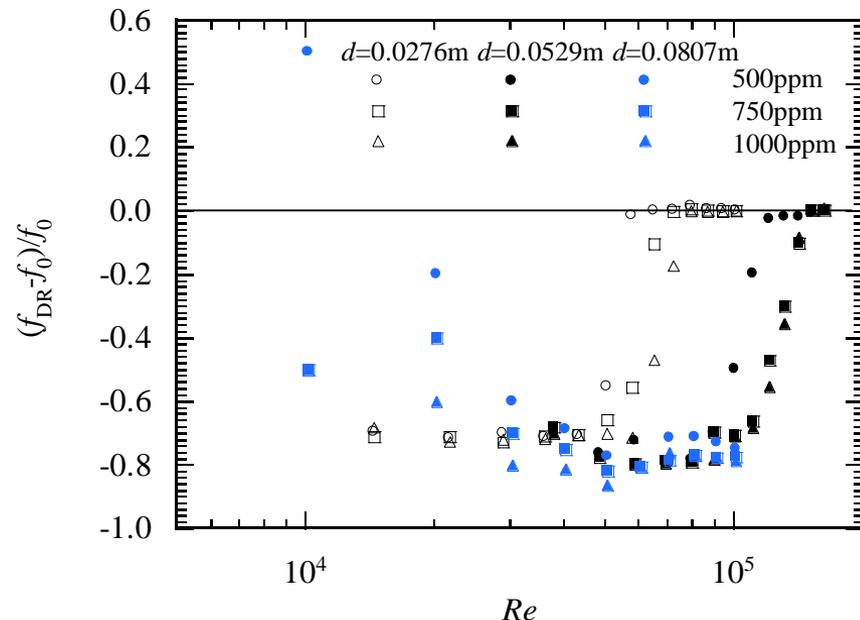
- トムズ効果※を利用し空調動力を低減する「エコミセル」を開発。
- $Re$ 数では摩擦低減が整理できずスケールアップが困難。

※管内流にある種の高分子や界面活性剤を添加すると摩擦抵抗が減少する現象

Toms, B. A. (1948) モノクロロベンゼン+メタクリル酸メチル  
White, A., Savins, J. G. (1967) 水+界面活性剤

冷温水圧損低減剤  
**エコミセル**

直管部で最大80%の動力低減  
(系全体でも20-30%程度)

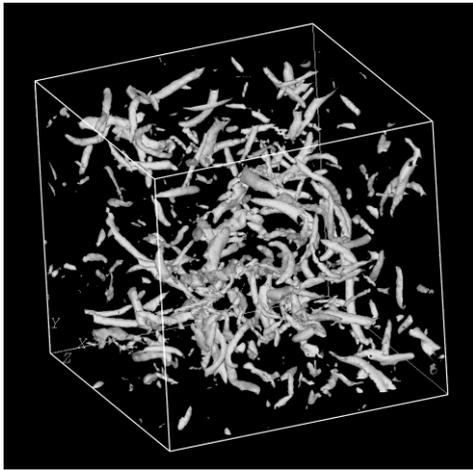


縦軸：摩擦抵抗係数の水に対する変化率, 横軸： $Re$

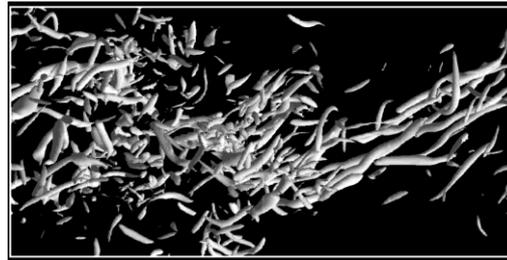
# 摩擦低減効果の予測 考え方①

- 乱流中には微細渦構造(コヒーレント微細渦)が普遍的に存在.
- 摩擦抵抗は壁面近傍の微細渦構造によるものである.

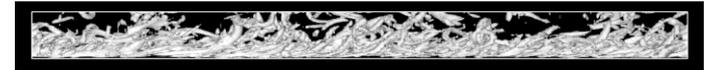
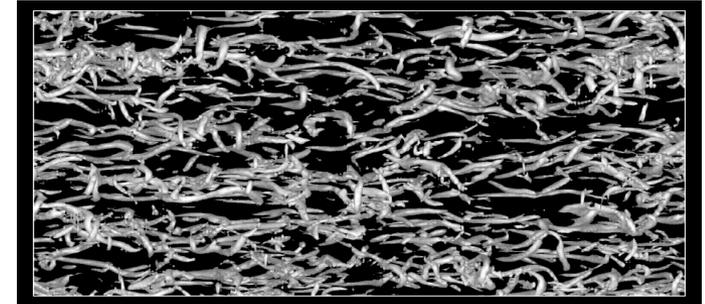
## Iso-surface of Second Invariant of Velocity Gradient Tensor



Tanahashi et al. 1997



Tanahashi et al. 1997



Turbulent Channel Flow  
( $Re_\tau=180$ )

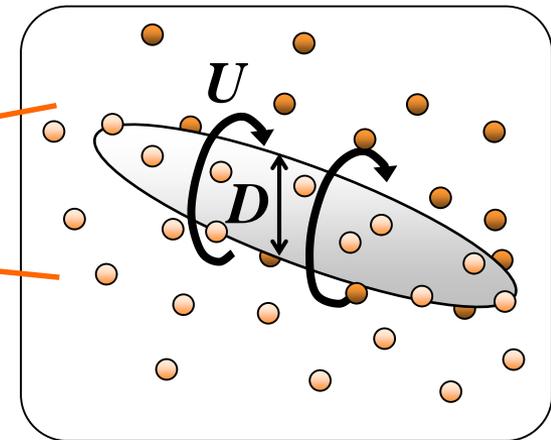
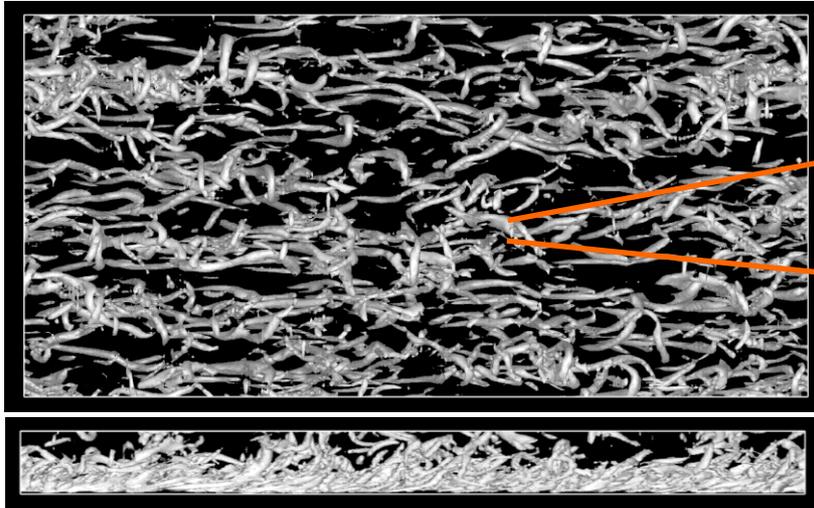
Homogeneous Isotropic Turbulence

Turbulent Mixing Layer

## 摩擦低減効果の予測 考え方②

- 摩擦低減は微細渦と添加剤の相互作用によるもので、特定条件下でのみ効果が発現する。
- 添加剤が同じ場合、微細渦の時間スケール  $\tau_c$  で整理可。

$$\tau_c \equiv \frac{D}{U}$$



Turbulent Channel Flow  
( $Re_{\tau}=180$ )

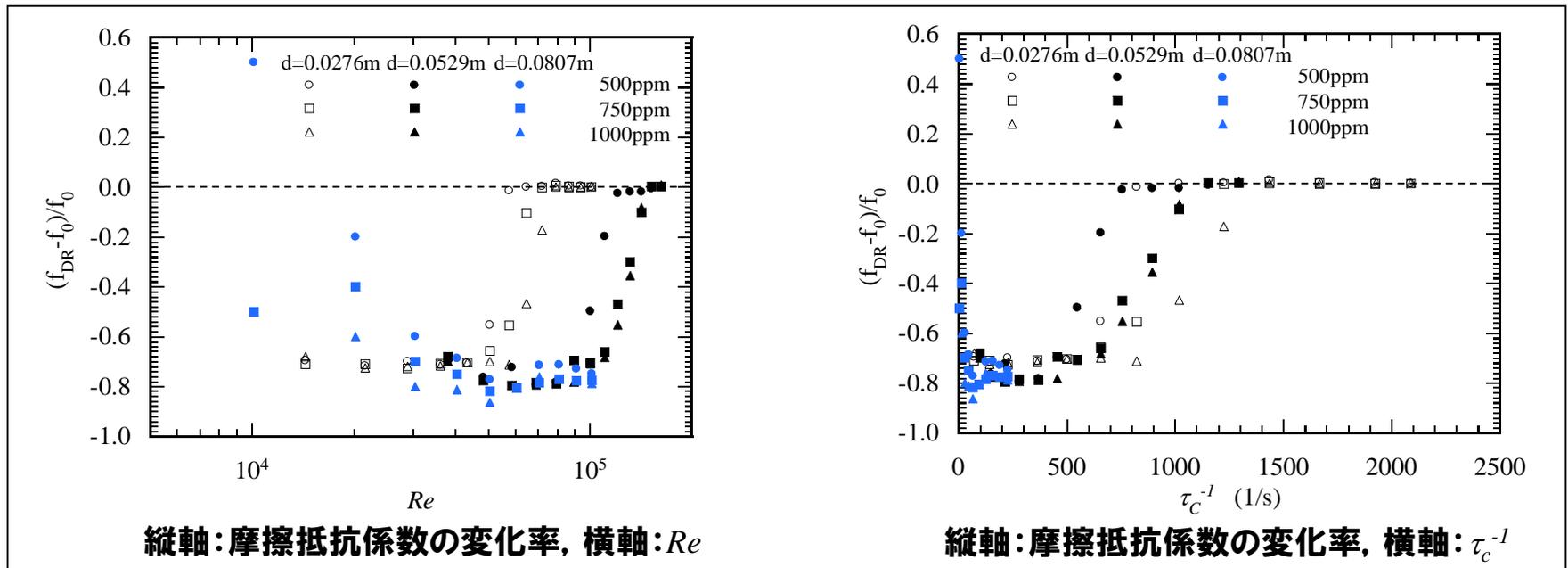
# 摩擦低減実験データの $\tau_c$ による整理

➤  $\tau_c$ ※を用いれば管径・流速によらず濃度別に効果が整理可能。

例えば1000ppmの場合、管径によらず、

- $1/\tau_c < 500$ 以下 : 低減効果大 (約80%)
- $500 < 1/\tau_c < 1500$  : 低減効果小さくなる
- $1500 < 1/\tau_c$  : 低減効果なし(水と同程度)

※  $\tau_c$  はDNSの統計処理結果と実験値から算出。



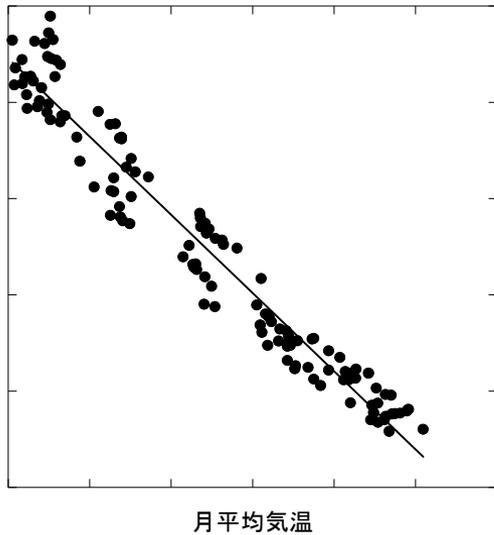
---

# 事例3

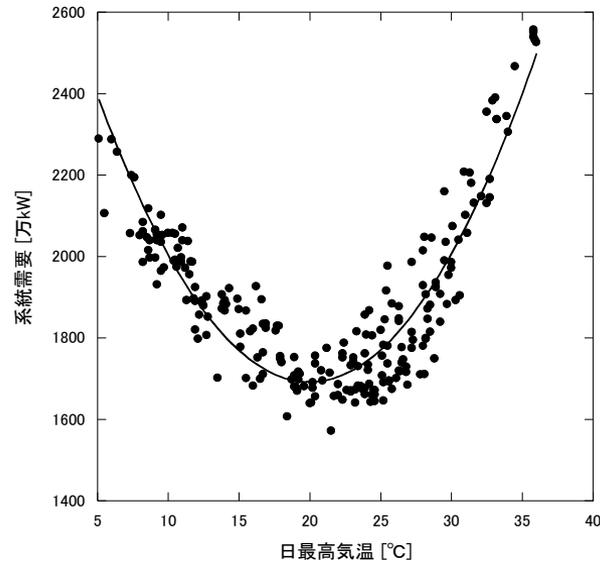
気象シミュレーション

# エネルギー事業と気象①

- エネルギー事業はお天気産業の側面がある(気象条件の影響)。
- 設備運用や維持管理も天候と深い関係がある。



家庭用ガス需要と気温



電力需要と気温

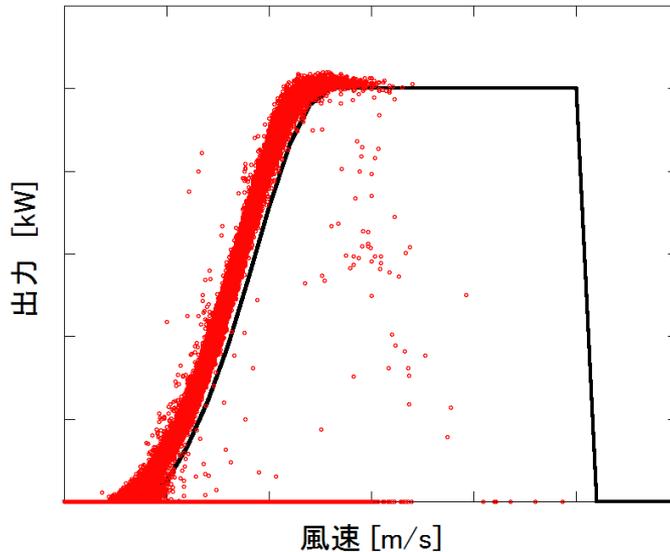


設備運用・維持管理

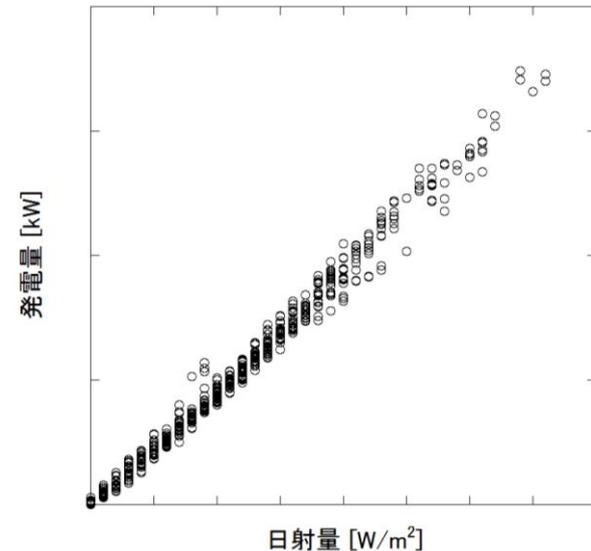


## エネルギー事業と気象②

- 風力・太陽光は天候でエネルギーの生成量が決まる(不安定).
  - 欧州では電力系統運用に気象情報が活用されている.
- エネルギー事業では気象情報の活用が今後ますます重要.



風速と風力発電量



日射量と太陽光発電量

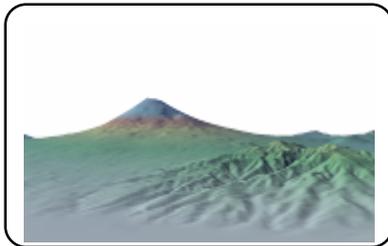
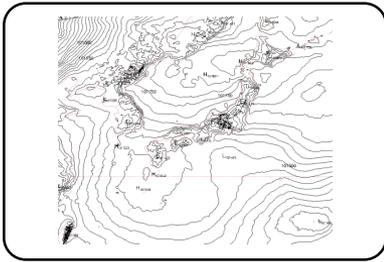
# 大阪ガスでの気象シミュレーション活用

気象シミュレーションを独自に運用し、

- 通常の天気予報よりも高い精度の気象情報を活用する。
- 通常の天気予報では得られない気象情報を活用する。

気象データ(初期条件・境界条件)

JMAGPV・ECMWFデータ



地形データ  
国土地理院データ

気象シミュレーション  
プログラムWRF※



※ WRF: Weather Research and Forecasting  
米国の公的研究機関及び大学のグループで開発されているオープン  
ソースの気象シミュレーションプログラム

独自の気象予測結果



# 数値気象庁GPVについて

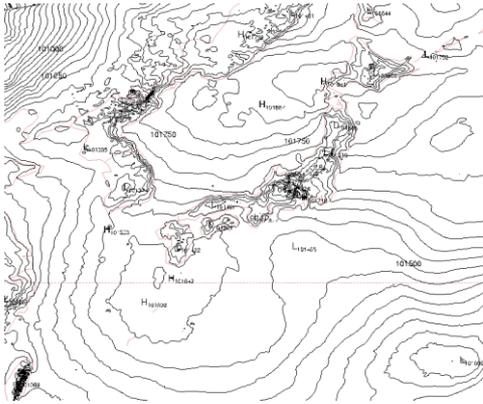
➤ 実事業での活用を考えると、2-3日のリードタイムがほしい。

データ名	内容	配信回数 (回/日)	予測時間 (時間)	時間間隔 (時間)	解像度 (km)
日本域GSM	全球数値予報モデル	4	84(264)	地上:1(3) 上空:3(6)	20
MSM	メソ数値予報モデル	8	39	地上:1 上空:3	地上:5 上空:10
LFM	局所数値予報モデル	24	9	地上:0.5 上空:1	地上:2 上空:4

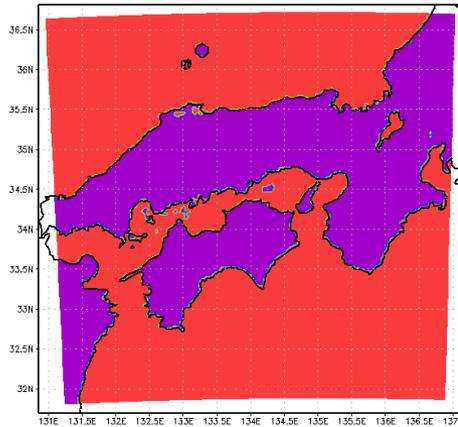
# 活用状況

- 西日本を対象に、3日先までの気象シミュレーションを解像度を上げて日々運用中。
- シミュレーションで再現しきれない部分については機械学習を用いて精度向上。

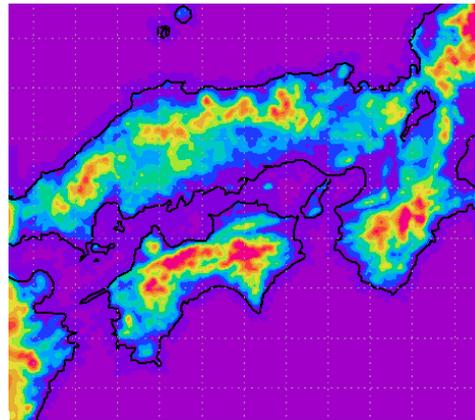
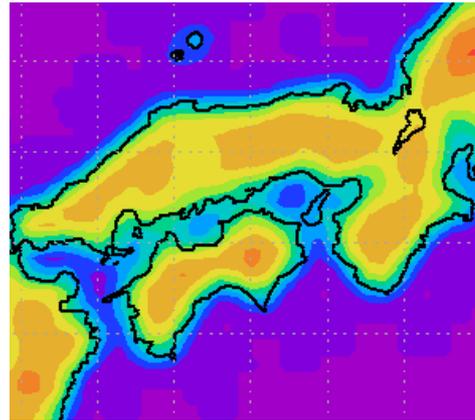
20km  
(JMA/GSM)



2.2km  
(大阪ガス)

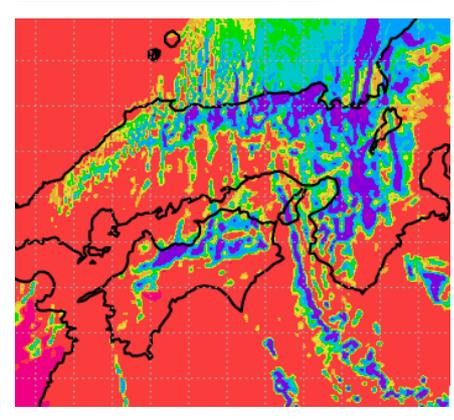
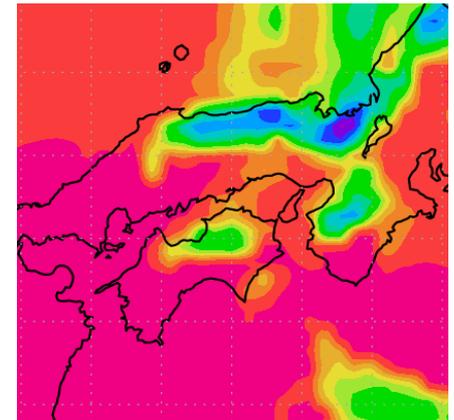


計算対象領域



計算上の地形

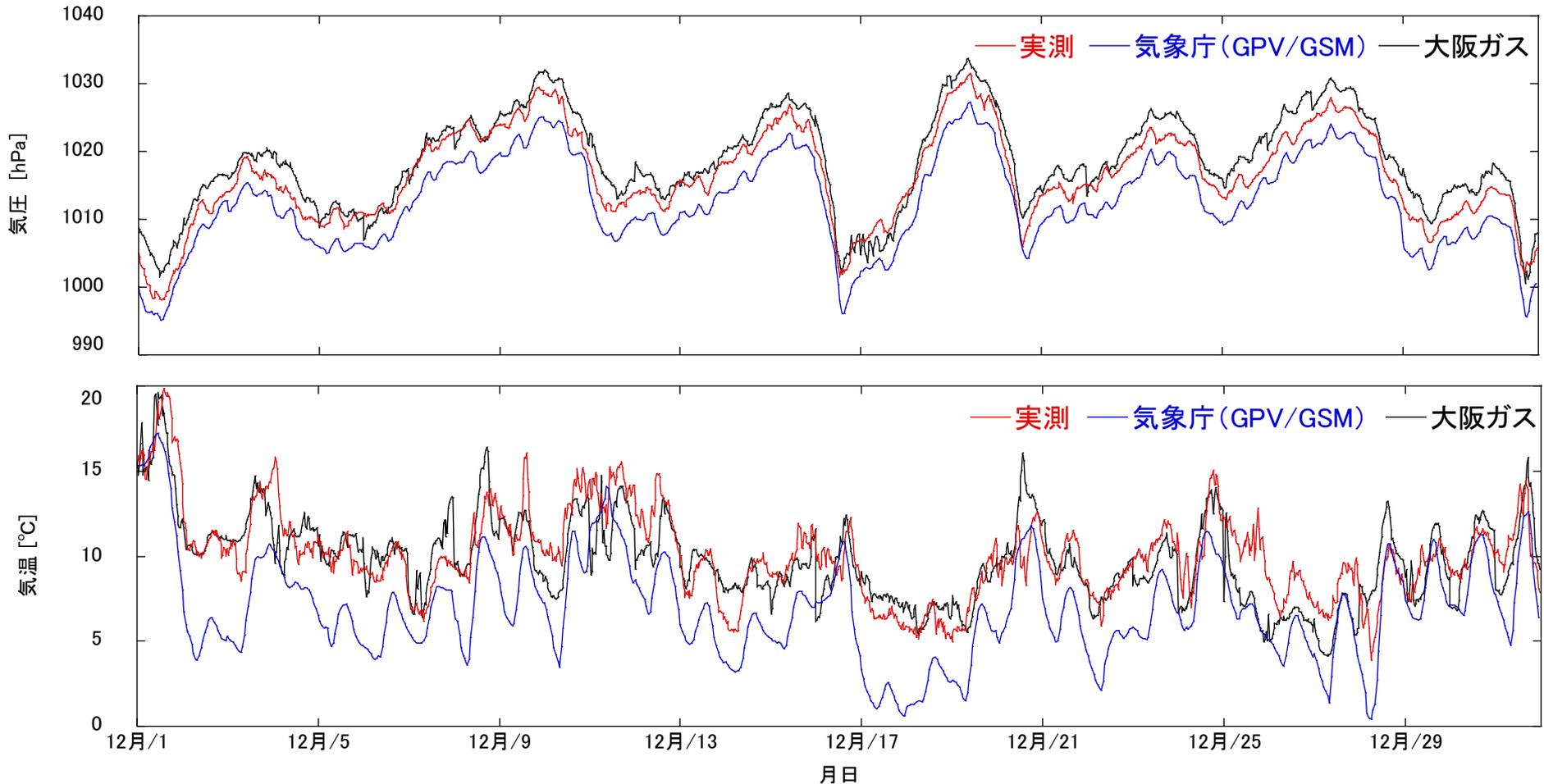
84時間先予測の比較



日射量 [W/m<sup>2</sup>]

# シミュレーション結果の活用例

➤ 自社設備内気温予測で、GPVをそのまま利用するより改善されることを確認。



大阪ガス内施設での予測と実測の比較  
(2014.12の例)

# データ同化研究に期待すること

---

民間での気象予測でも活用したい。  
質的, 量的に不十分  
時間的, 空間的に不均質

装置などのシミュレーション改善にも活用したい。

digital twin

経年劣化や環境影響で境界条件が明確でない場合  
十分とは言えない計測データしか得られていない  
不十分だが古くからの蓄積はある

---

以上