

## - 原子力緊急時対応システム -

渡辺 長深<sup>1)</sup>、糠塚 重裕<sup>2)</sup>、佐藤 晃祥<sup>2)</sup>、早川 信博<sup>1)</sup>、  
岡林 一木<sup>3)</sup>、大場 良二<sup>3)</sup>、原 智宏<sup>3)</sup>、池末 俊一<sup>3)</sup>、米田 次郎<sup>3)</sup>

1) MHI原子力エンジニアリング株式会社

2) 三菱重工業株式会社 原子炉安全技術部

3) 三菱重工業株式会社 長崎研究所流体研究室

日本機械学会

第18回動力・エネルギー技術シンポジウム

平成25年6月20日/21日 於、千葉大学西千葉キャンパス けやき会館

 MNEC MHI原子力エンジニアリング株式会社

- 原子力緊急時における住民防護のための十分かつ適切な情報のタイムリーな提供
- PWRプラント設計、環境評価、及び防災訓練における経験を活用し、原子力発電所における実用的な利用を目的としたシステム、MEASURESを開発

## Multiple Radiological Emergency

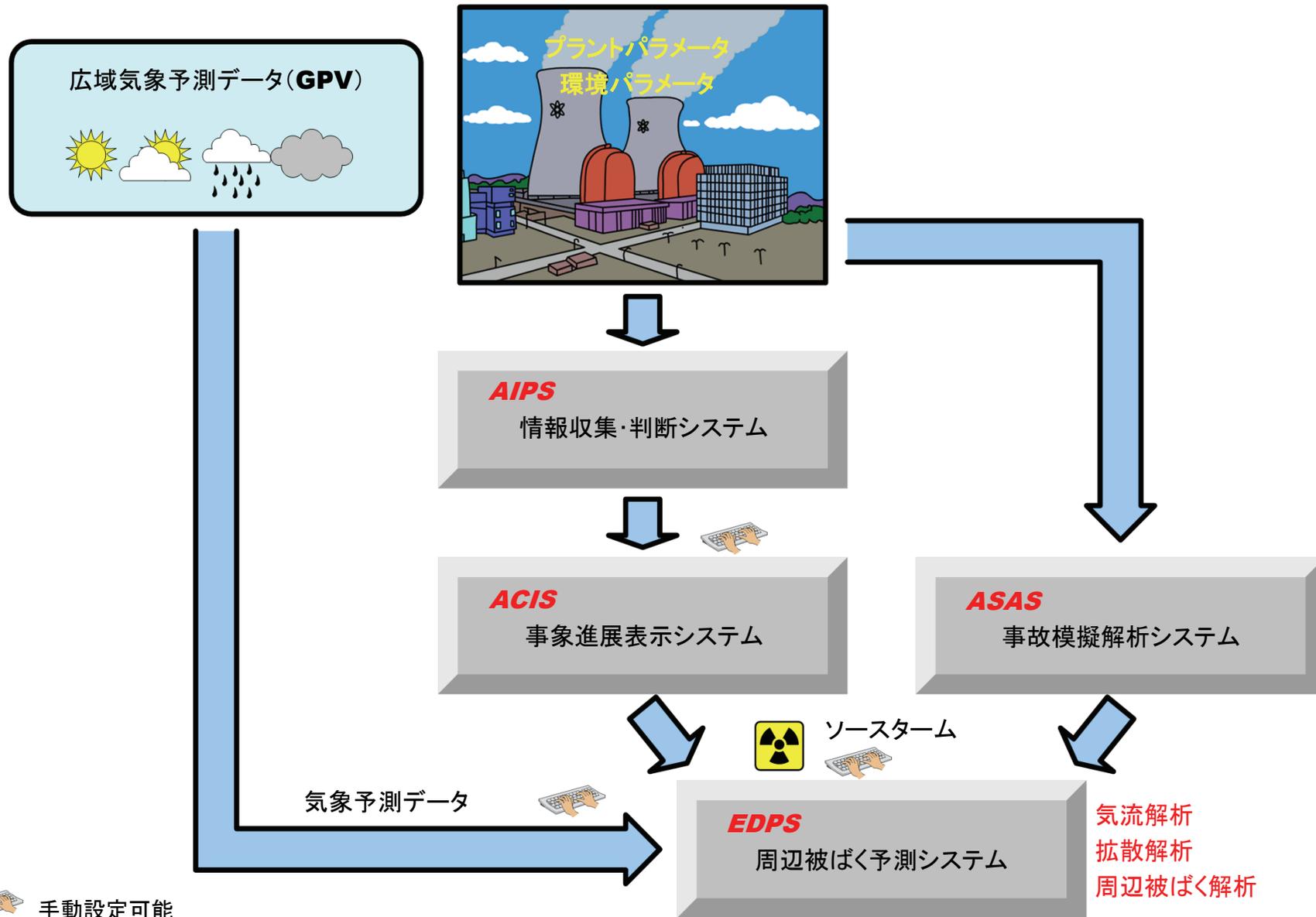
## Assistance System for Urgent Response

## 2. MEASURESのコンセプト及び基本構成

### 2.1 MEASURESのコンセプト

- いつ、どれだけの量が、どの核種が環境に放出される可能性があるのかを評価するための現在及び将来のプラント状態(予測)。
- どの方向に、何時、放出された放射性物質が拡散していくのかを評価するための、プラント周辺の気象(気流)情報に基づく拡散解析。
- 放射性物質の拡散の結果として、何時そしてどのように環境が汚染される可能性があるのかを評価するための被ばく予測解析。

## 2.2 MEASURESの基本構成



手動設定可能

## 2.2 MEASURESの基本構成

### **AIPS** 情報収集・判断システム

- 事故時状況確認を支援
- 起因事象同定を支援
- ACISへ事象情報を出力

**Accident Identification and Processing System**

### **ACIS** 事象進展表示システム

- 事象進展の状況把握を支援
- 事象進展のケーススタディーを支援
- 放出放射エネルギーデータベースを提供
- EDPSへソースターム情報を出力

**Accident Course Inference System**

### **ASAS** 事故模擬解析システム

- よりリアリスティックな事象進展の予測を支援
- 防災訓練事故シナリオの作成を支援
- EDPSへソースターム情報を出力

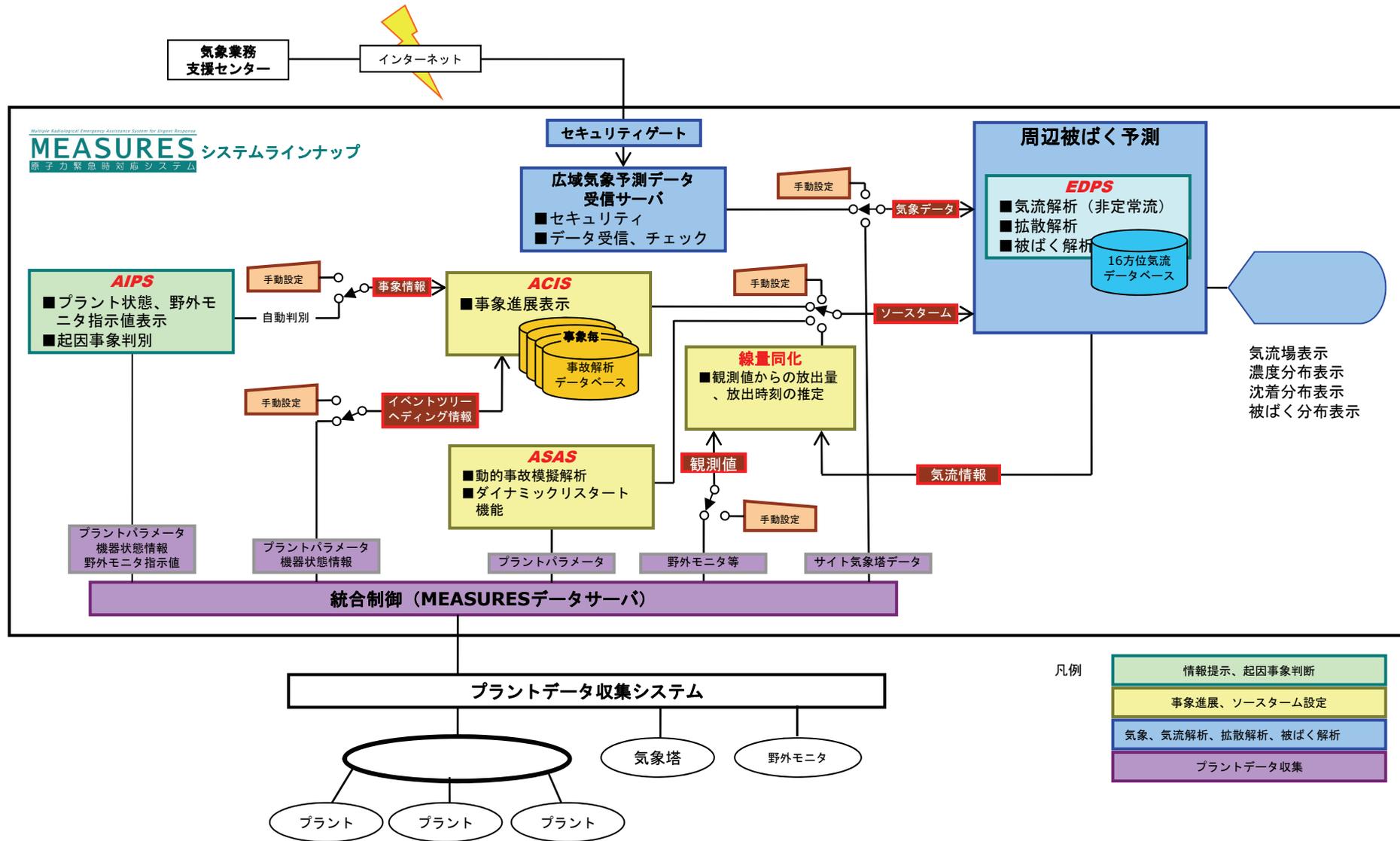
**Accident Simulation Analysis System**

### **EDPS** 周辺被ばく予測システム

- 周辺被ばく予測解析
- 種々の形式の解析結果の表示
- 高機能・高速処理(気流解析、拡散解析、被ばく解析)

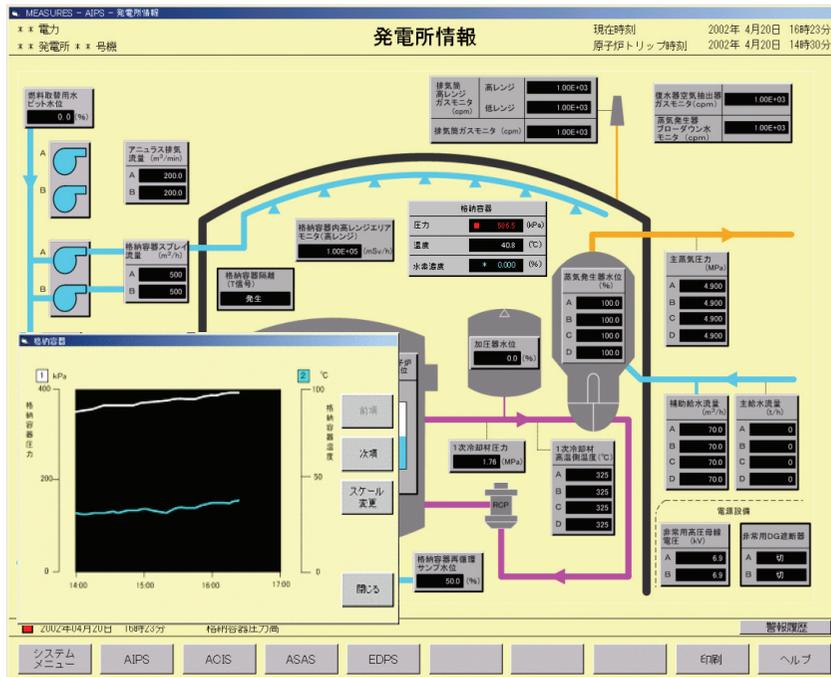
**Environmental Dose Projection System**

## 2.2 MEASURESの基本構成

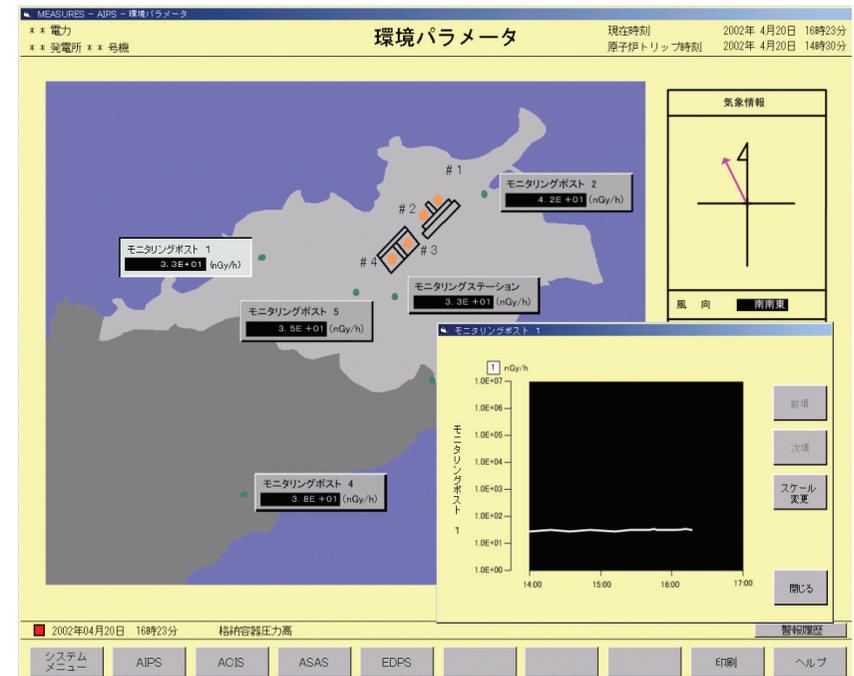


## 2.3 AIPS - Accident Identification and Processing System

### 情報収集・判断システム

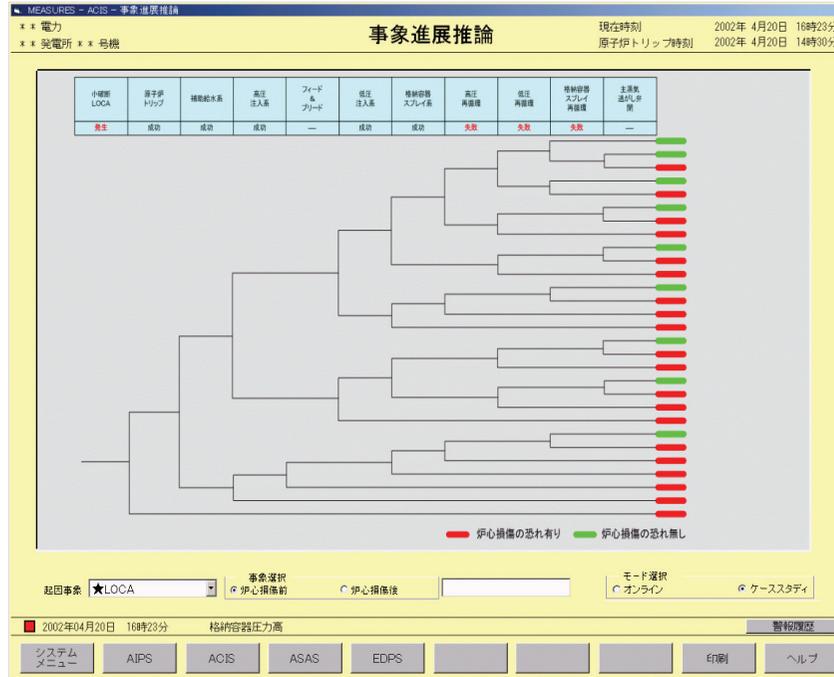


プラントパラメータ表示

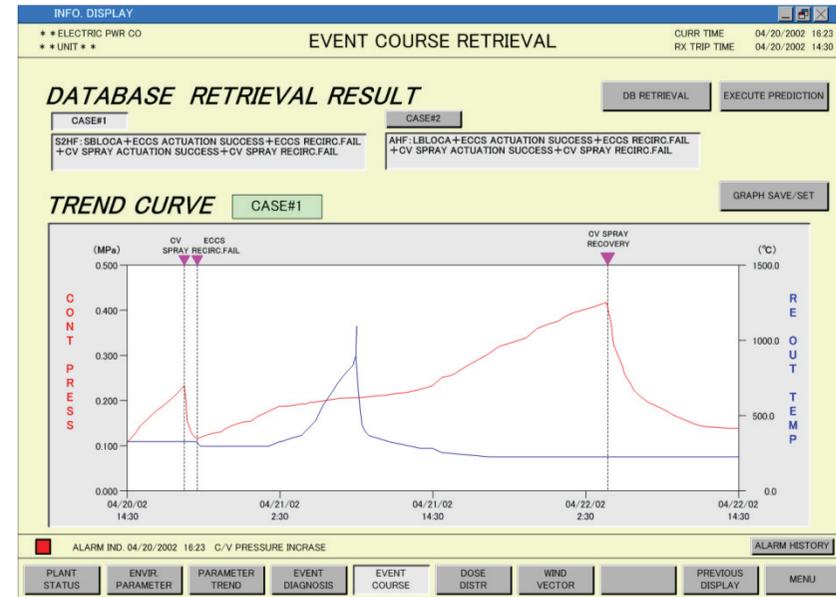


環境パラメータ表示

- データ収集
- 情報表示
- 起因事象の自動同定



イベントツリー表示

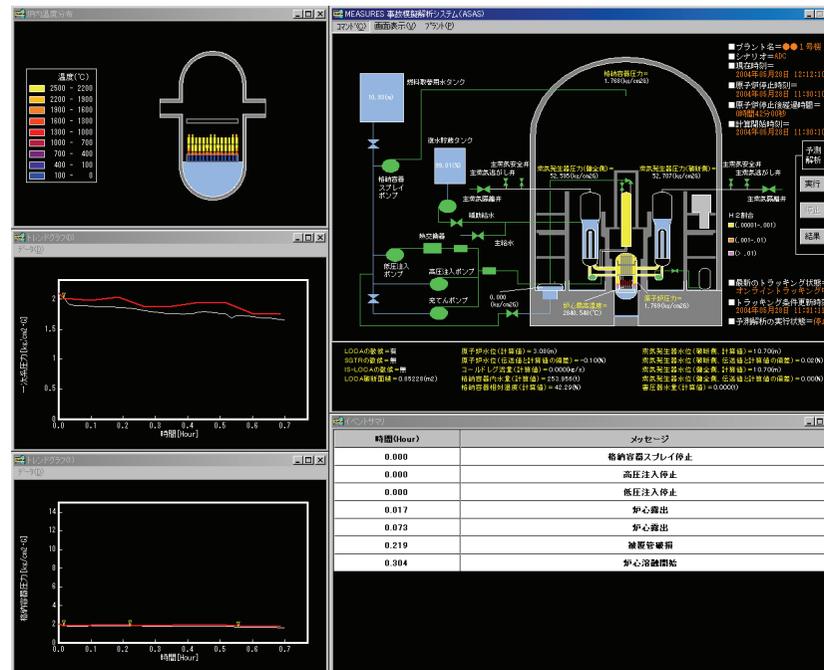


事象進展表示

- 事象進展表示
- 安全機能(ヘッディング)の手動設定→ケーススタディ機能
- ソースタムデータベース検索

## 2.5 ASAS - Accident Simulation Analysis System

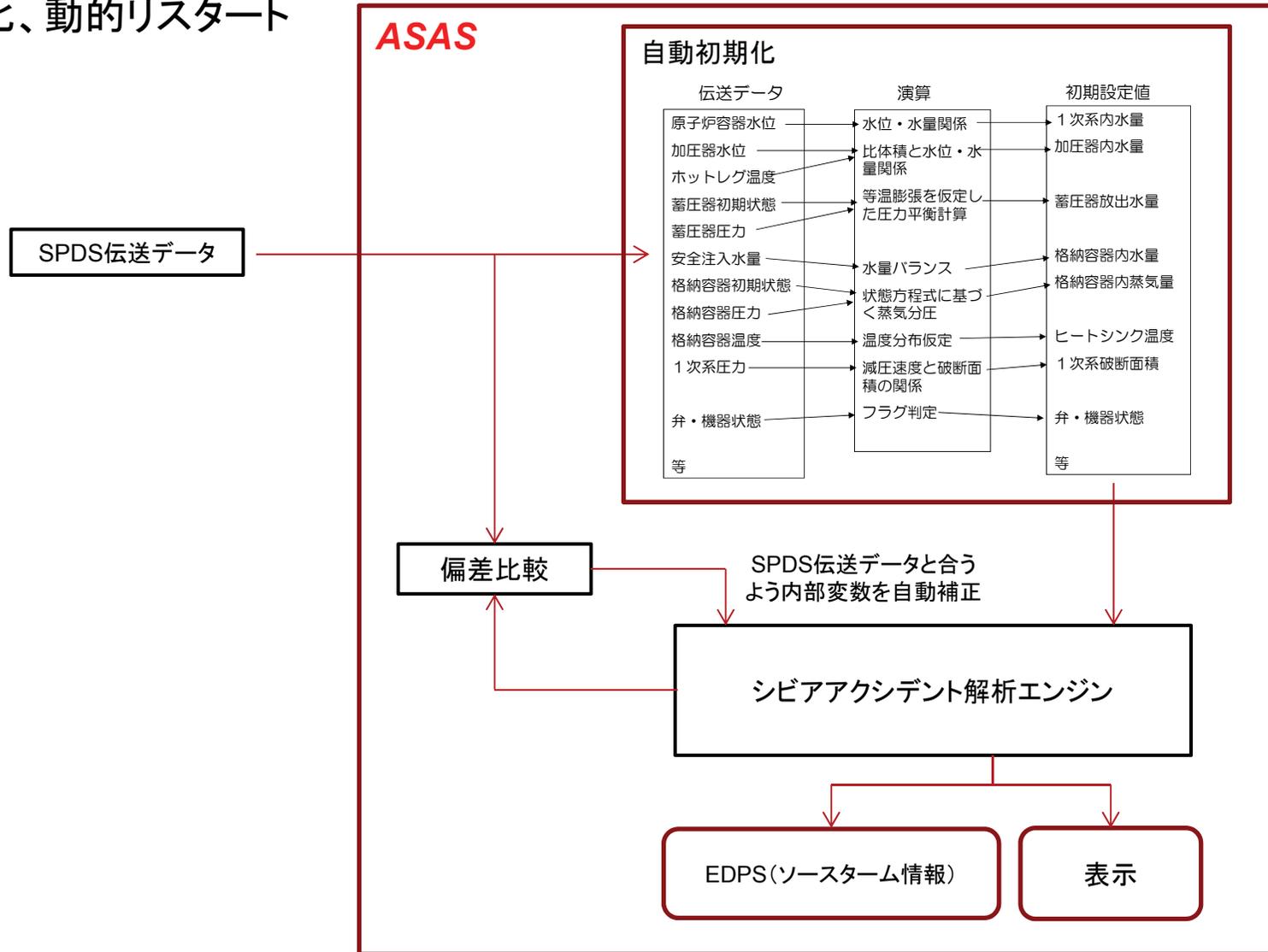
## 事故模擬解析システム



事故模擬解析表示

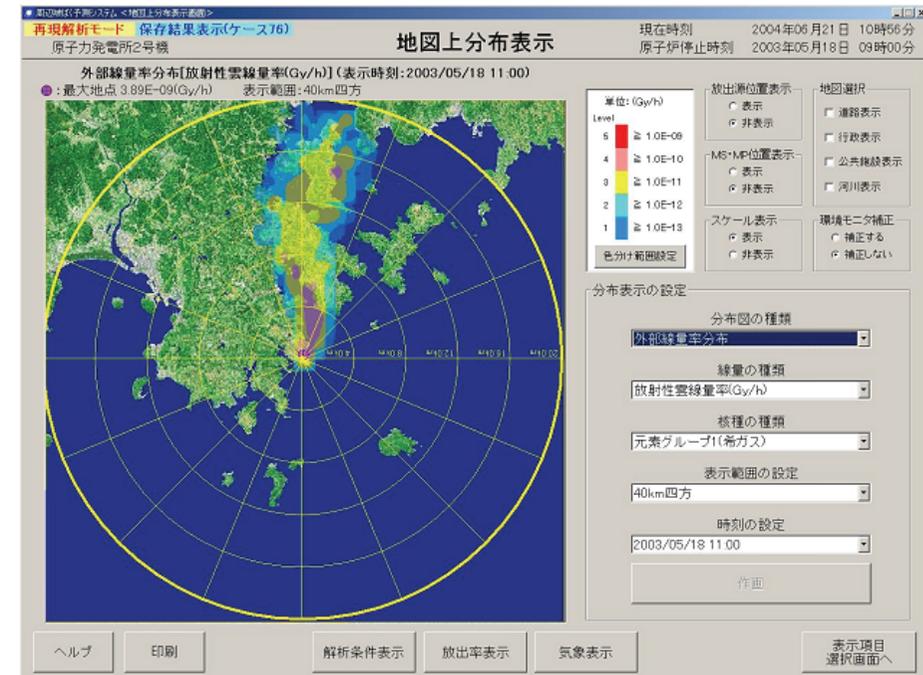
- シビアアクシデント解析エンジンによる事故模擬、ソースターム計算
- プラントパラメータによる自動初期化、動的リスタート機能
- 事故模擬解析機能による種々の防災訓練等の事故シナリオ作成支援

### ●自動初期化、動的リスタート





**風向ベクトル表示**

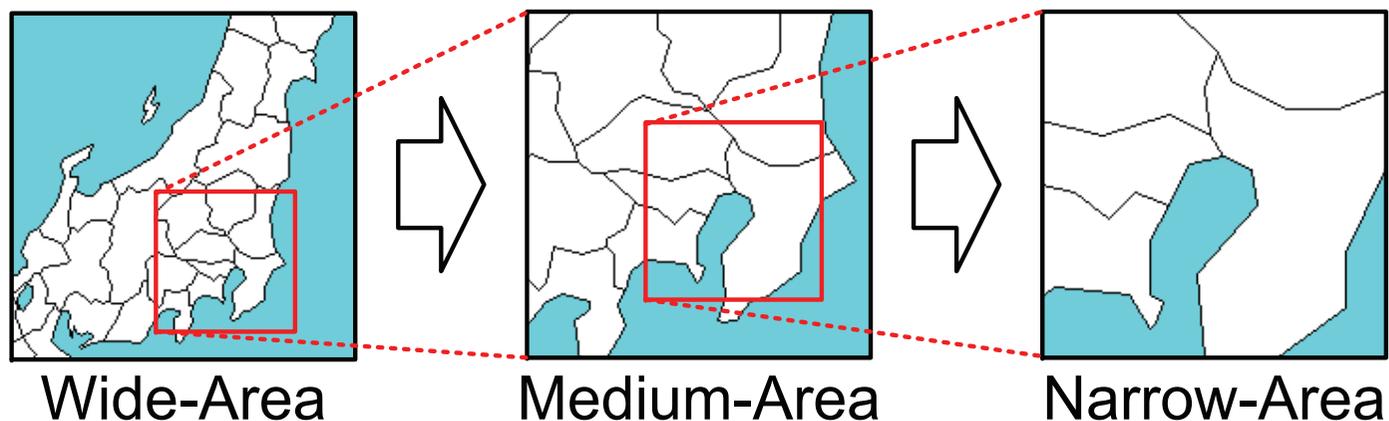


**線量分布表示**

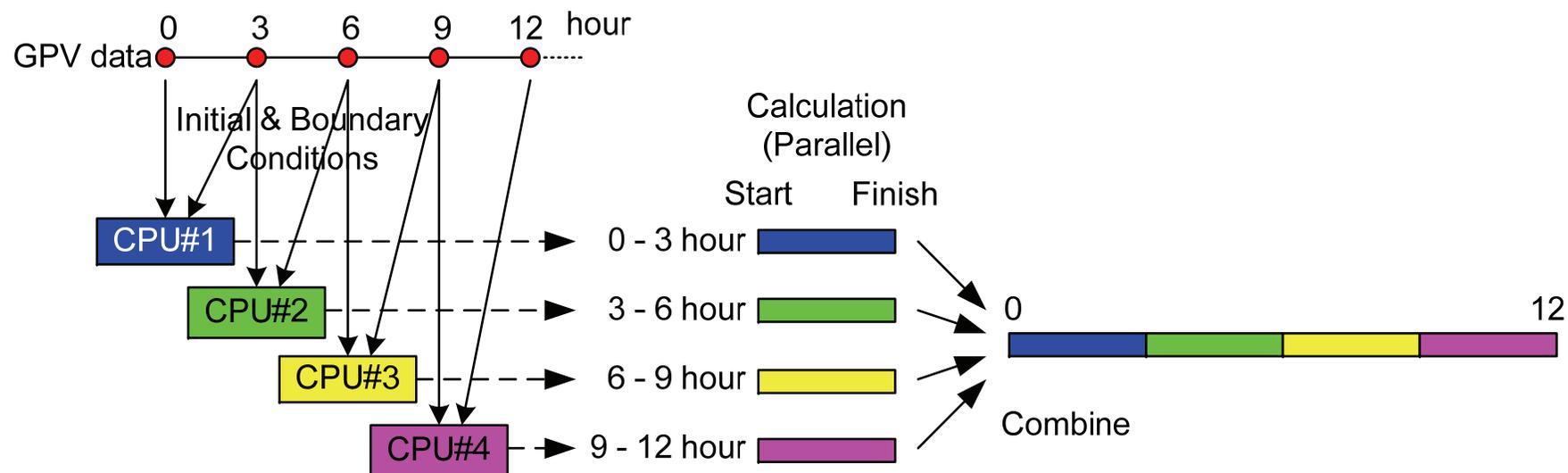
- 三次元気流分布解析 (RAMS)
- 三次元拡散解析 (HYPACT)
- 周辺被ばく解析
  - ◆ 風向ベクトル表示
  - ◆ 種々の分布表示 (気中濃度、線量、沈着、吸入等)
  - ◆ 放射性雲挙動のアニメーション
    - 高速処理 (並列処理)

## 2.7 詳細気流解析の高速化

### 1) 多重ネスティング法

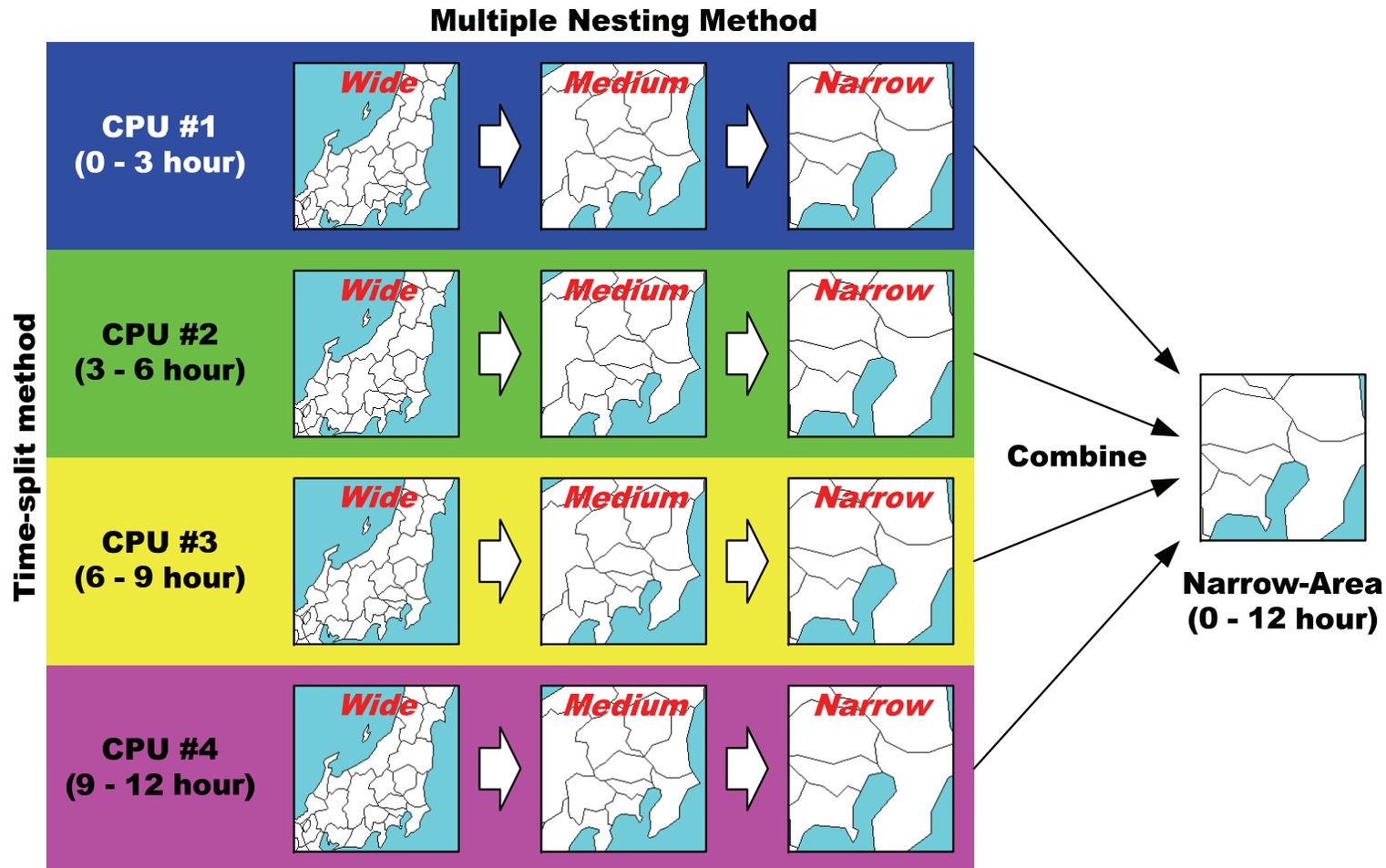


### 2) 時間分割法

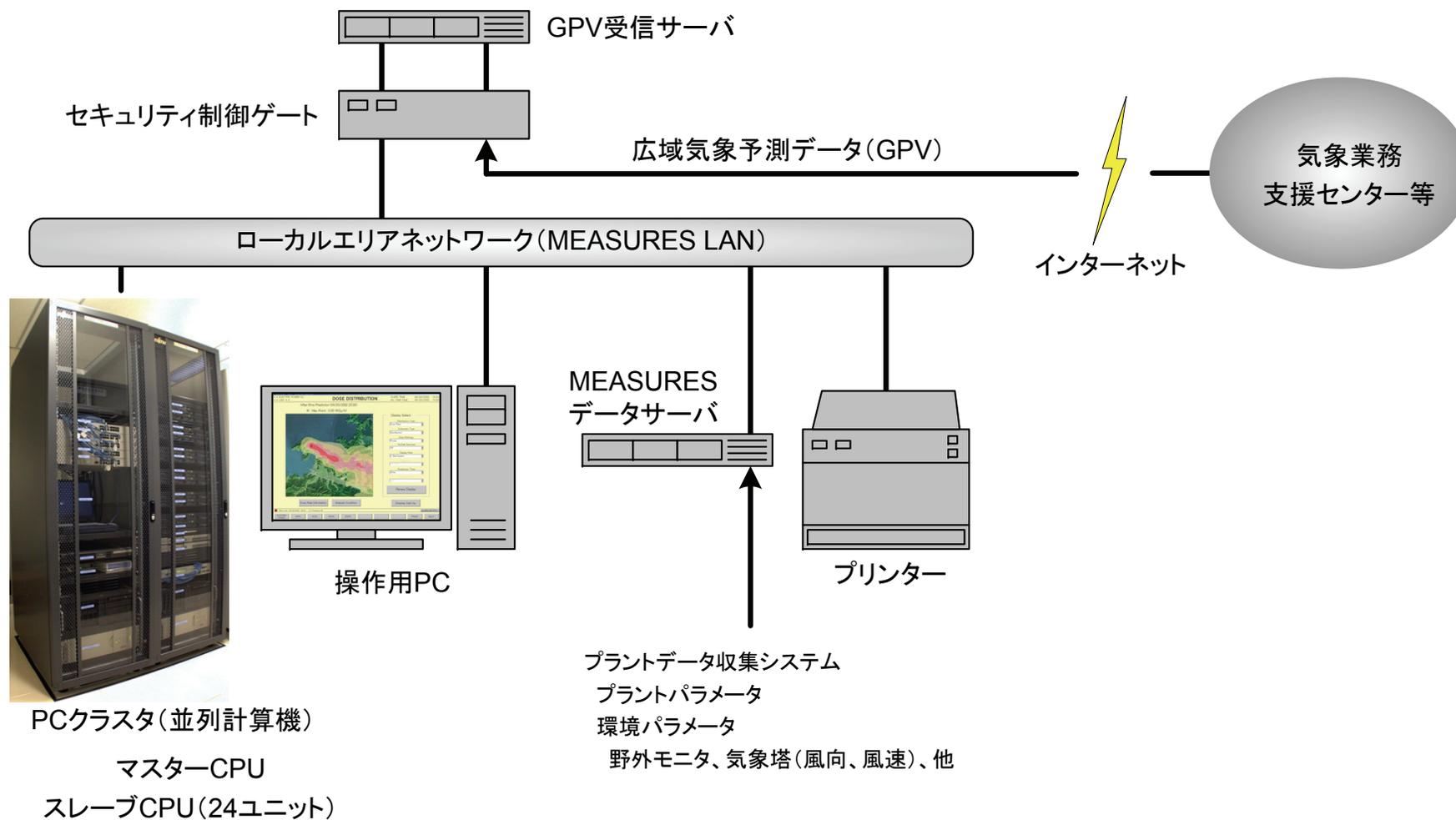


## 2.7 詳細気流解析の高速化

### 3) 多重ネスティング法、時間分割法の統合



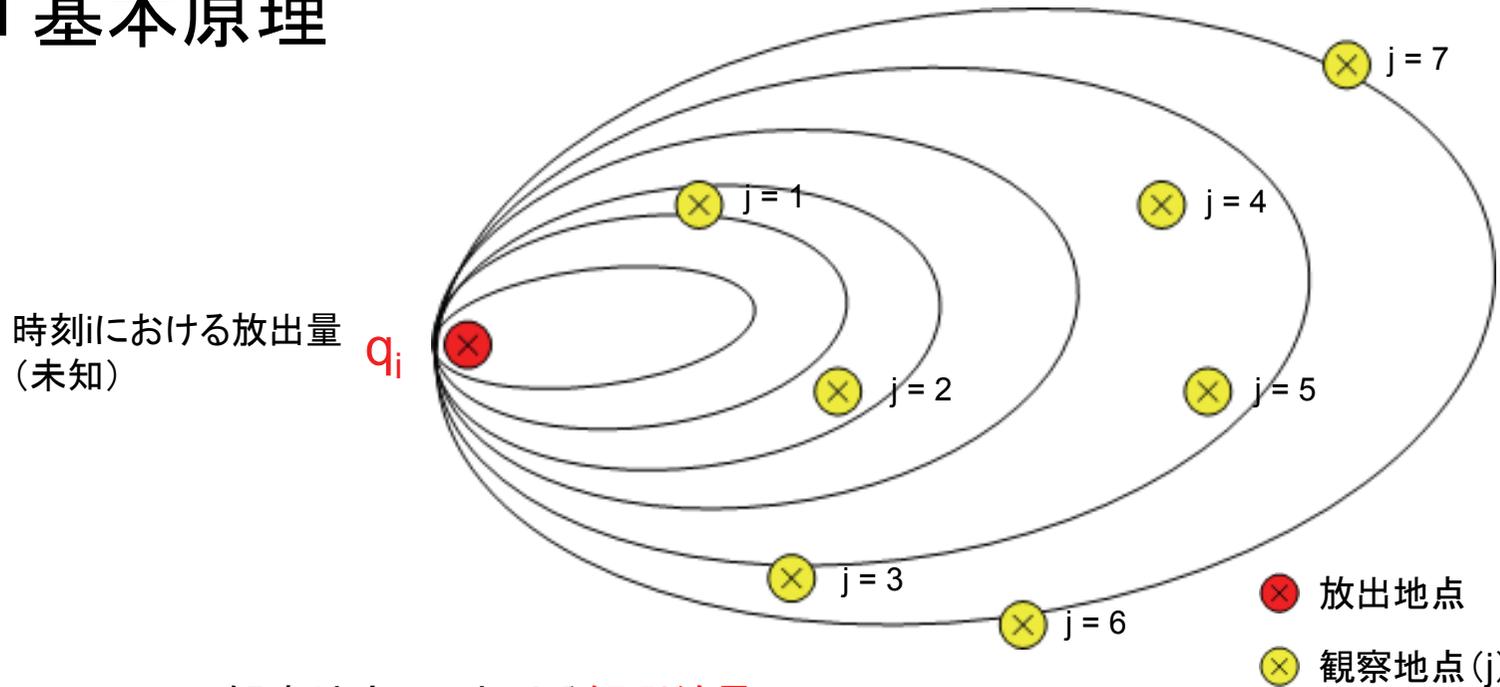
## 2.8 ハードウェア構成例



### 3. 福島事象を反映したMEASURESの拡張機能

- ソースターム推定手法
- 海洋拡散評価
- 中長期間の評価

## ■ 基本原理



$f_j$  : 観察地点  $j$  における観測線量

$\Phi_{ij}$  : 時刻  $i$ 、観察地点  $j$  における単位放出の計算線量

$F_j = \sum_i (q_i \cdot \Phi_{ij})$      $F_j$ : 観察地点  $j$  における計算線量

$\pi = \sum_j (F_j - f_j)^2 = \sum_j (\sum_i (q_i \cdot \Phi_{ij}) - f_j)^2$      $\pi$ : 残差ノルム

## 3.1 ソースターム推定手法

- 推定精度:

  - 観測点数/位置、測定誤差

  - 気流場

  - 等々

- 気流場

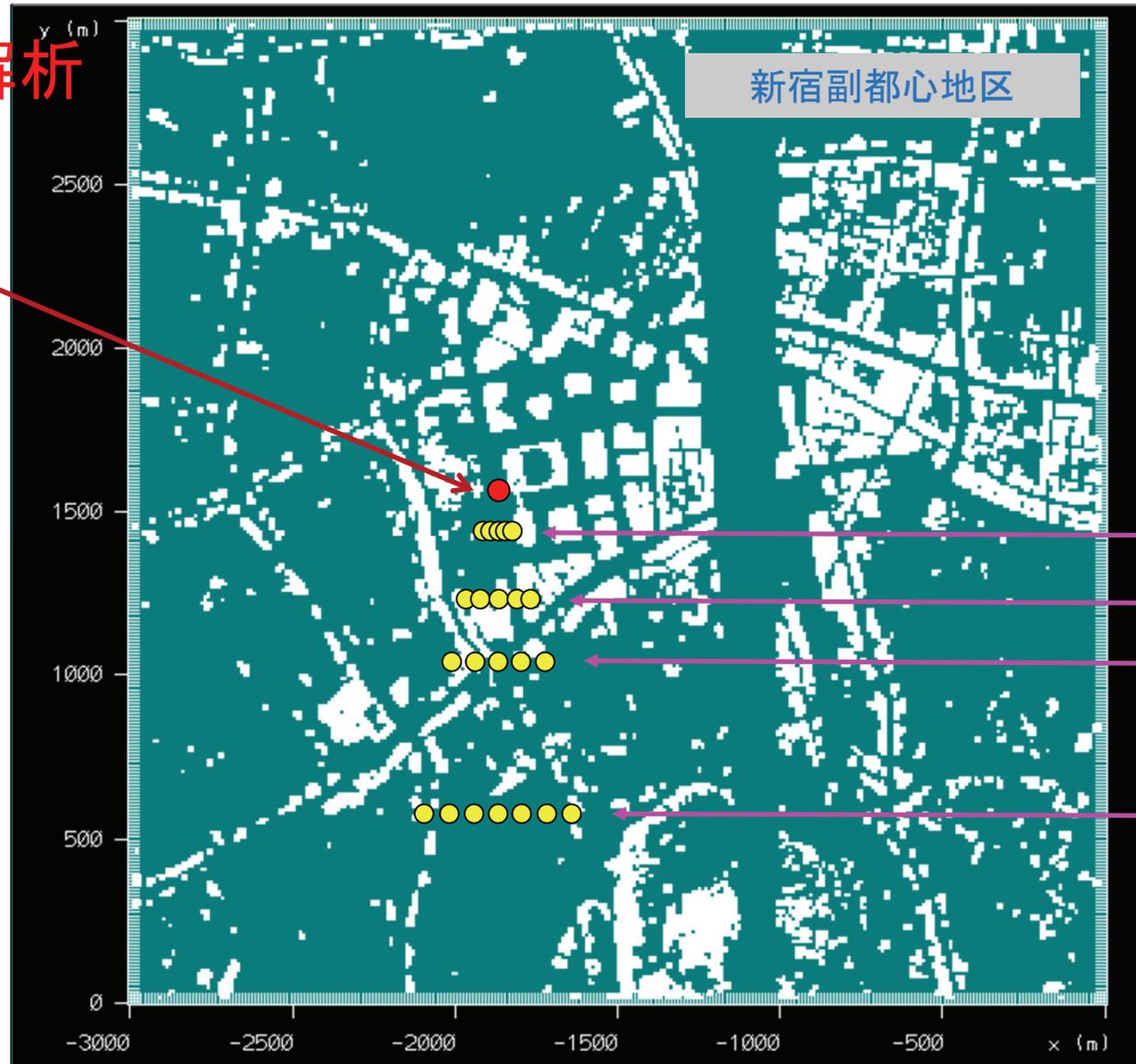
  - 一様流、プルームモデル等の簡易気流解析では不十分

  - EDPSの高速、高精度の非定常流解析能力を活用

### 3.1 ソースターム推定手法

#### ■ 試解析

放出地点



観測地点

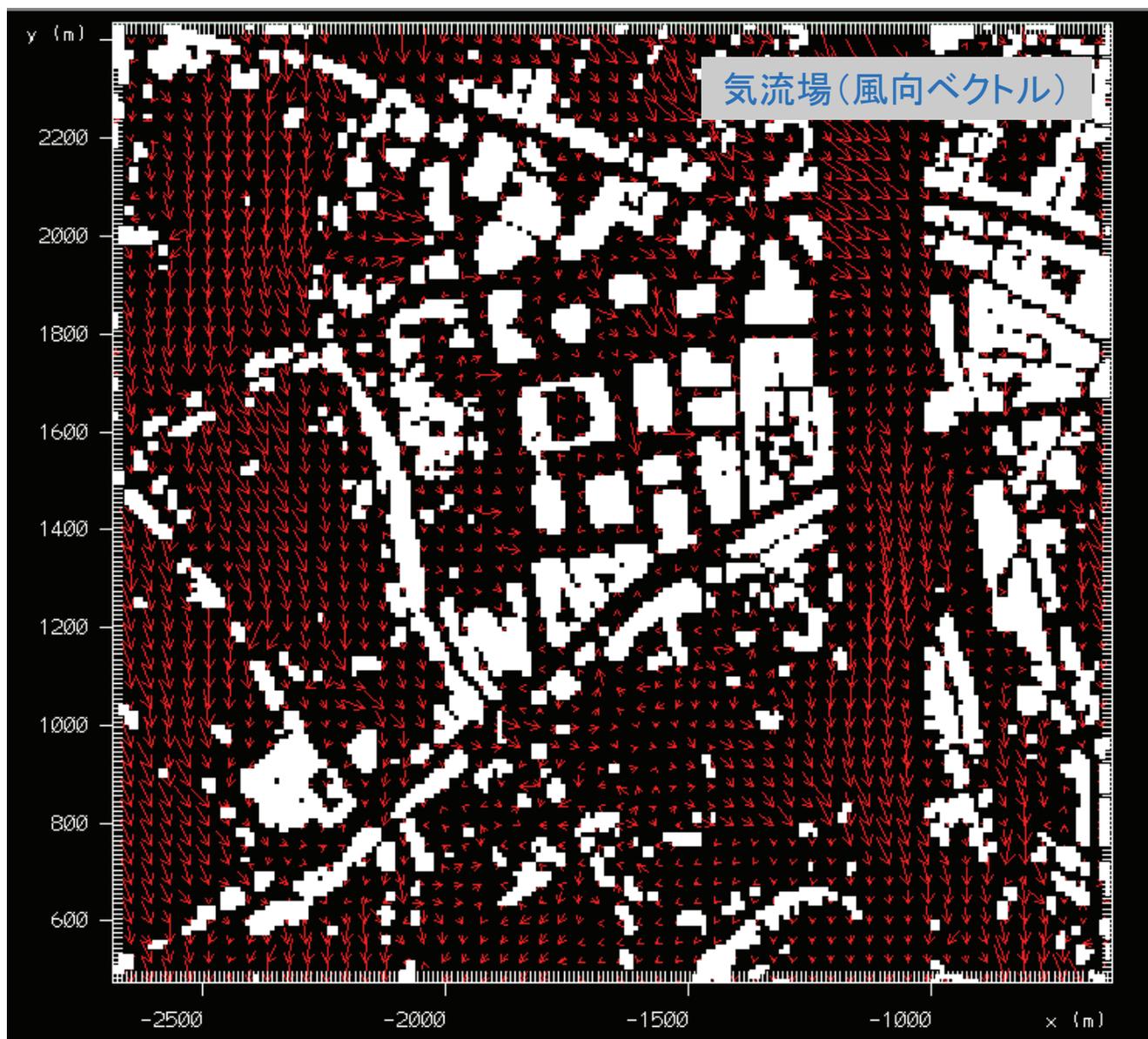
1 ~ 4

6 ~ 10

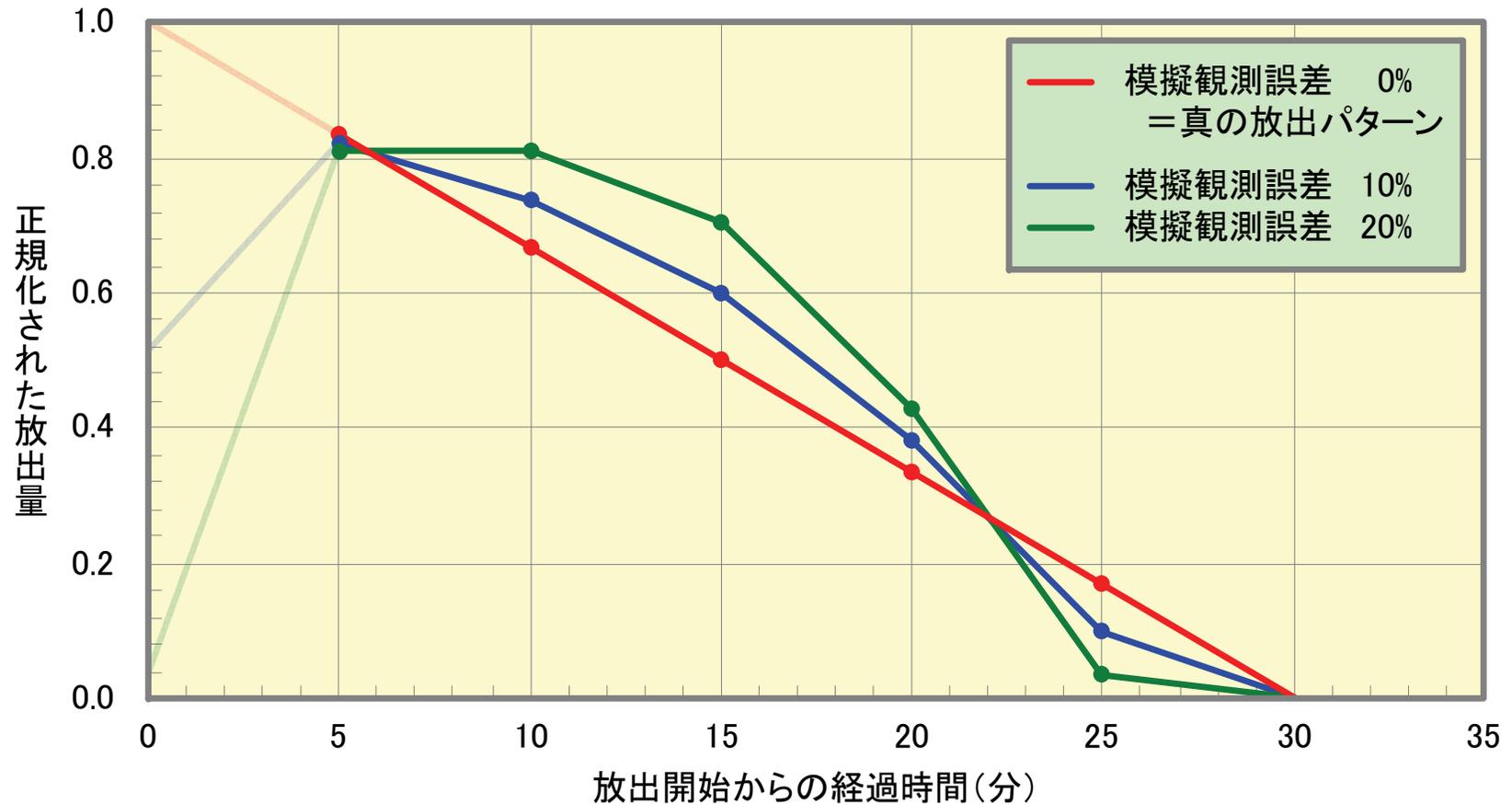
11 ~ 15

16 ~ 22

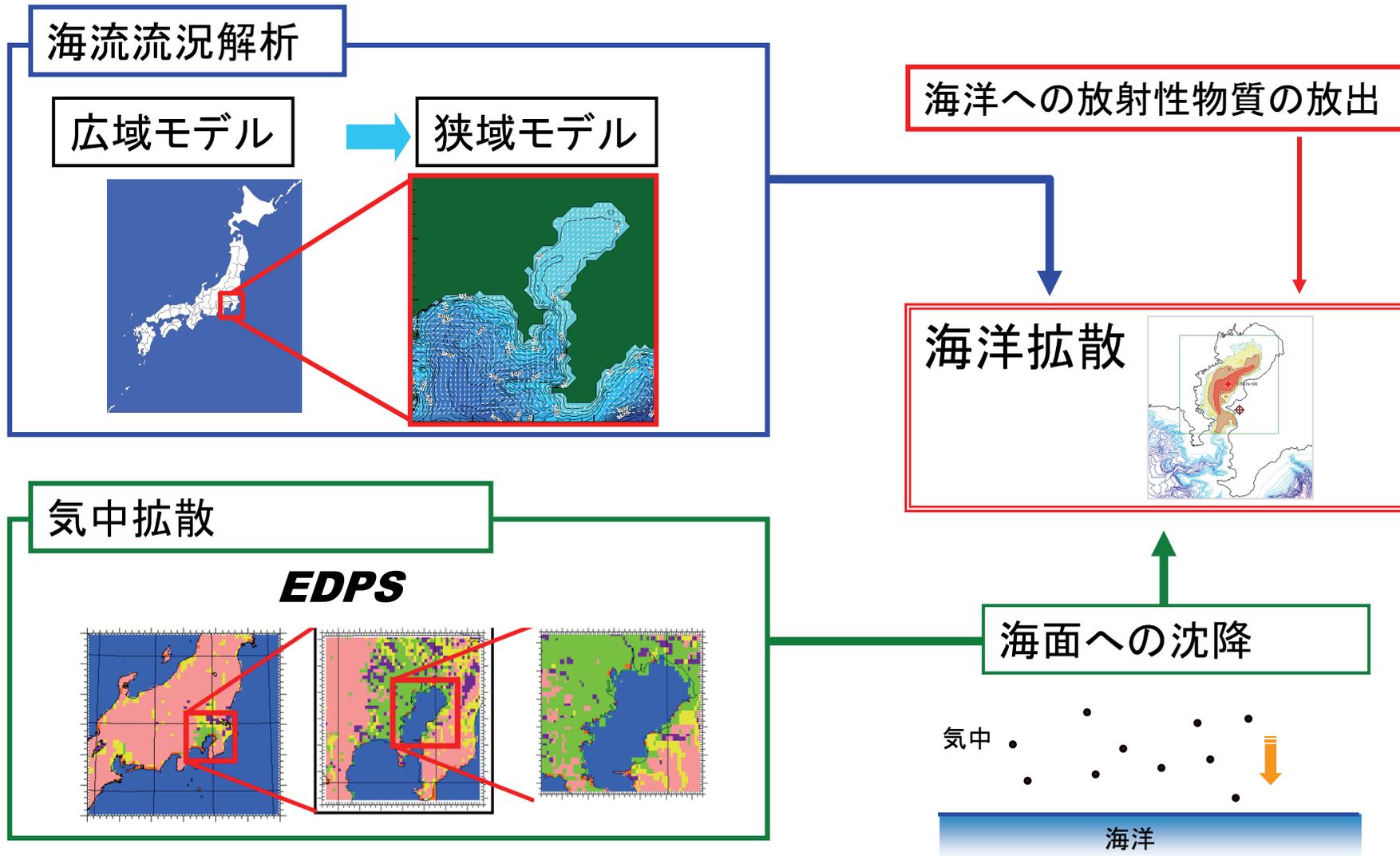
### 3.1 ソースターム推定手法



## ■ 評価結果(放出量推定)

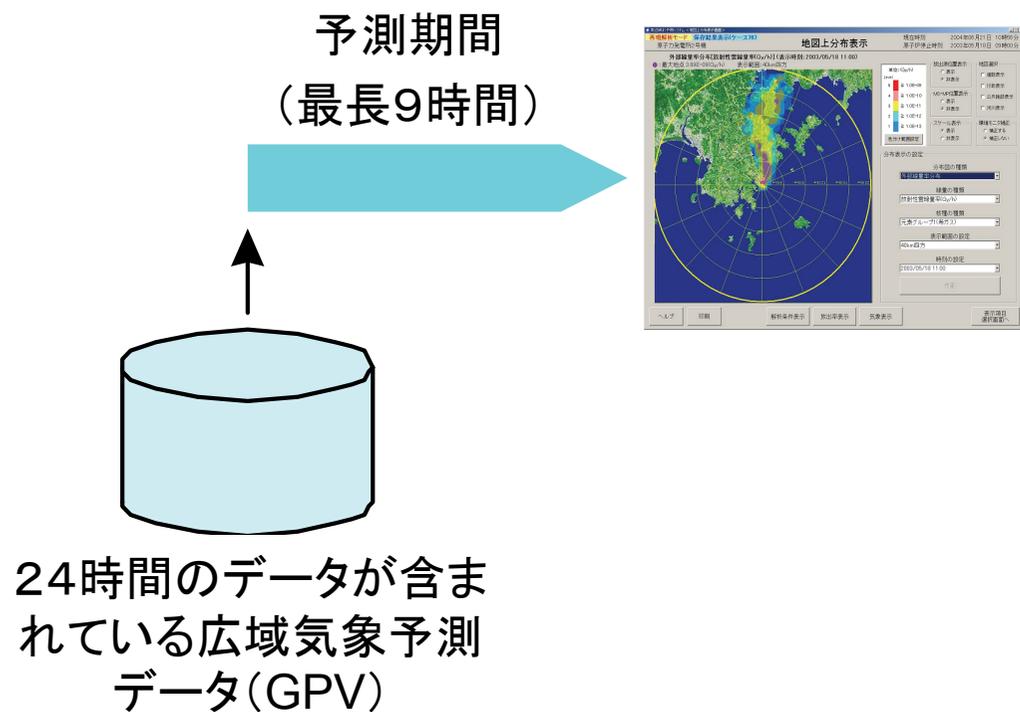


### 3.2 海洋拡散評価



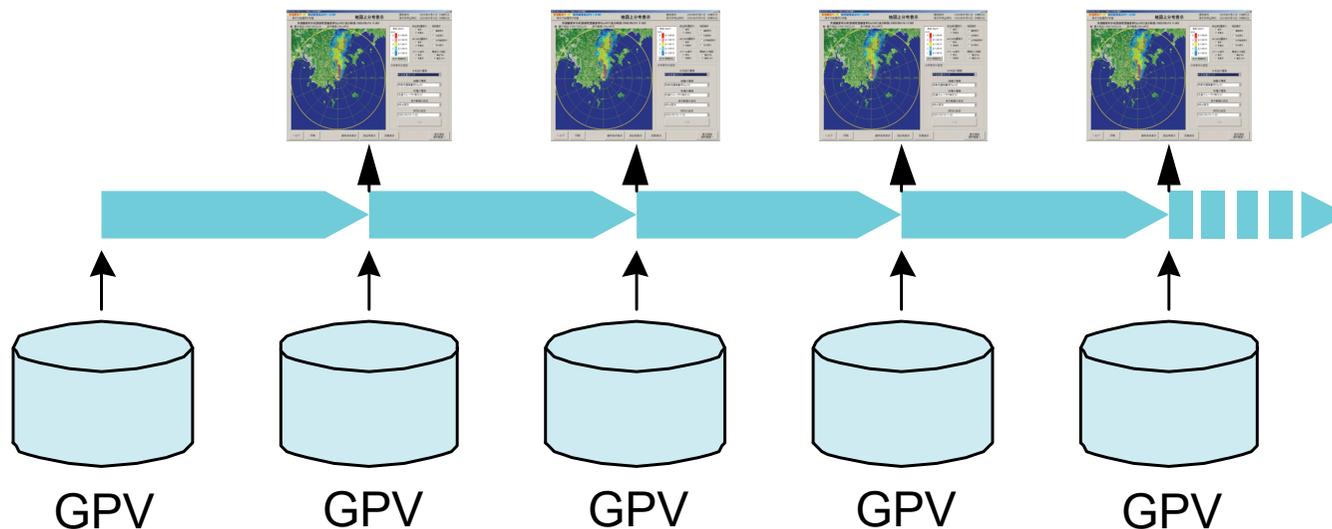
### 3.3 中長期の評価

## 基本仕様



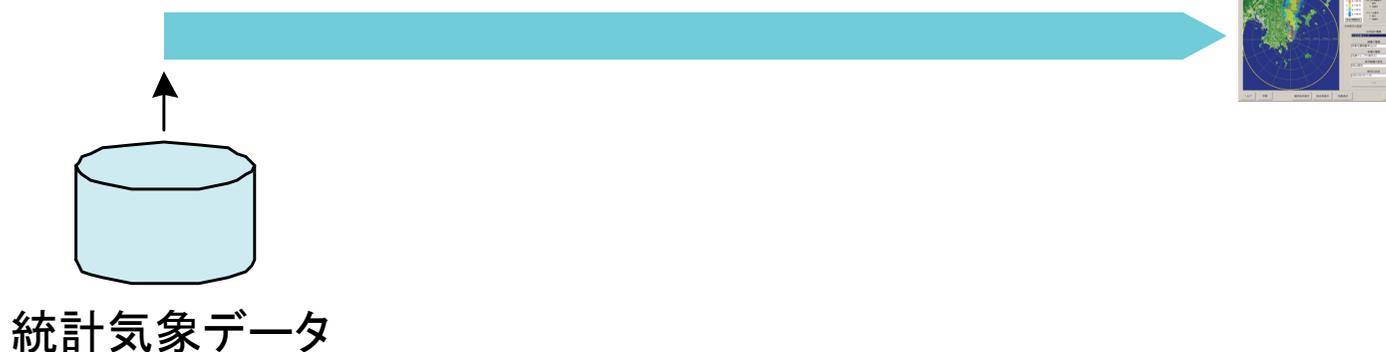
### 3.3 中長期の評価

1) 新たなGPVデータを取得する都度、継続して逐次解析可能なように改良



2) GPVデータで対応可能な期間を超えた長期評価

当該地域の過去の実気象データによる統計気象データの適用



## 4. 試解析による福島事象後の評価

- MEASURESに放射性物質の拡散の挙動の評価

範囲: 100km x 100km (2kmメッシュ)、期間: 2011/3/11～2011/3/30

- 降雨分布/降雨量のレーダーデータと降水による洗浄係数<sup>1)</sup>を用いた湿性沈着計算手法

- 特徴的な北西方向への分布パターンを再現

### 解析条件

初期条件/境界条件	気象庁による再解析データ <sup>2)</sup> (約20kmメッシュ)
降雨	レーダーAMeDAS解析データ
計算期間	2011/3/11 – 2011/3/30
核種	I-131, Cs-137
放出率	(独)日本原子力研究開発機構による推定値 (ex. $2 \times 10^{14}$ Bq/hr at 3/16 0:00)

1) 降水強度に応じて大気中から放射性物質が地面に落ちていく割合を示す係数

2) 気象庁モデルの計算結果を観測値で補正したデータ。

## 4. 試解析による福島事象後の評価

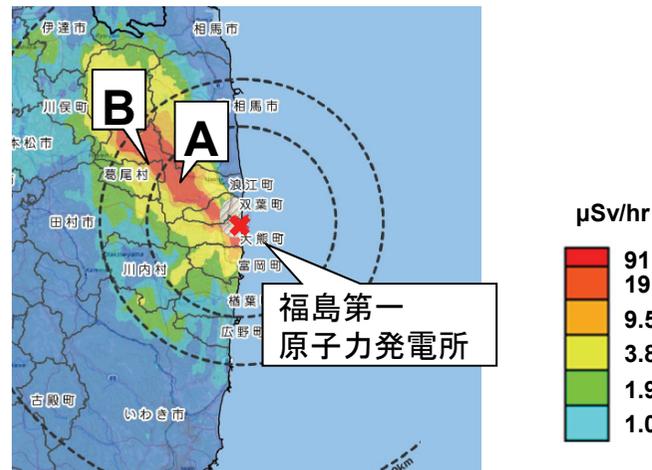


Fig. 4-1 Monitoring Map of Air Dose Rate by MEXT (4/29/2011)

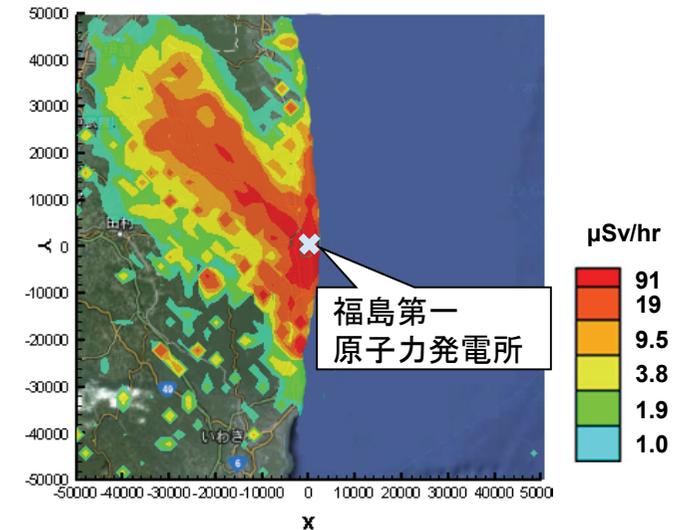


Fig. 4-2 Calculation of Effective Dose Rate of 4/29/2011 (Estimation from the calculated result at 3/19/2011 0:00)

- 3/16の湿性沈着を考慮して計算 (Fig. 4.2)
- 放射線崩壊による減衰効果を考え、4/29の線量率を算出
- 発電所から北西方向の高線量域に位置する地点A、地点Bの実測値とMEASURESによる計算値を比較

## 4. 試解析による福島事象後の評価

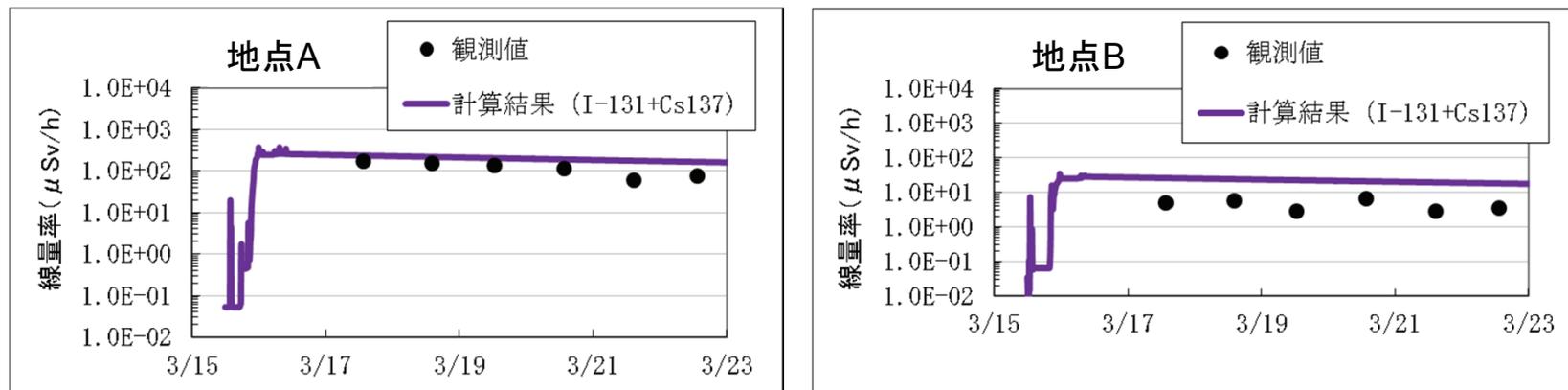


Fig. 4-3 Comparison of Effective Dose Rate between Observations and Calculations (Left: Point A, Right: Point B)

- 原子力防災対応活動の支援を目的として、**MEASURES**を開発。
- **MEASURES**の基本システムは、4つのサブシステム **AIPS**, **ACIS**, **ASAS**, **EDPS**から構成。
- **MEASURES**は、並列計算手法により、高速かつ高精度の気流解析、拡散解析が可能。
- 福島事象からの貴重な教訓を反映し、ソースターム推定手法、海洋拡散評価手法、中長期評価手法等の新たな機能の開発、実装を継続中。
- **MEASURES**による福島事象の事後解析を実施。
- **MEASURES**は、事故後解析にも適用可能。

