

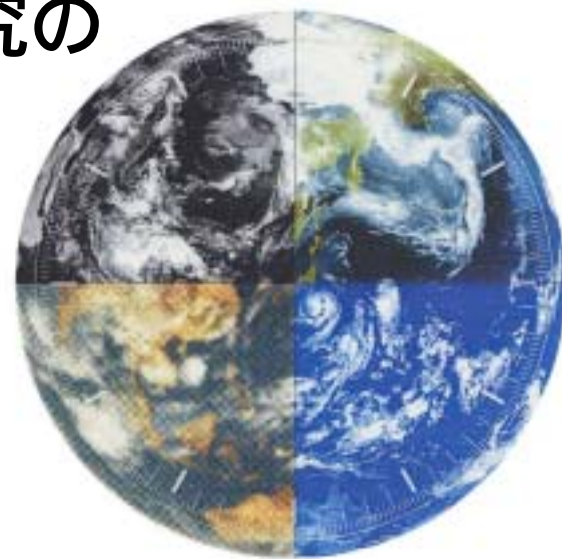


よりよい大気をめざして
自動車と燃料のさらなる挑戦

大気企画WG報告

JCAP 大気モデル研究の
コンセプトと進捗

平成15年11月12日



1. JCAP 大気モデル研究の背景

- JCAP の成果と課題
- JCAP の狙いと目標
- 開発体制と研究組織
- 研究課題

2. 研究コンセプト

- 研究のフロー
- 課題ごと研究の考え方
- ステップ の到達目標

3 . 研究の進捗

- 自動車排出量推計モデル開発
- 大気モデル、沿道モデル開発
- 微小粒子モデル開発

4 . まとめー現状の到達点と今後の課題ー

1. JCAP 大気モデル開発の目的

- データに基づいた中立かつ公平な環境政策決定に資するための、精度の高いデータと高度なツールを提供する。
- このために、
 - 自動車・石油両業界の技術力、国内一級の研究者の知見を結集し、国内のデファクトスタンダードとなりうる、大気モデルを開発する。
 - 海外の先端研究機関との共同により、世界トップレベルの大気モデルを開発する。

1-1 JCAP I の成果

<ねらい>

新燃料 / 新車両技術を導入することによる、O₃、NO₂およびSPMの都市域大気改善効果を明らかにする

<実施内容>

- 1) 車両排気: 車速に対する平均排出係数を用いた排出量推計
- 2) 大気モデル: 5kmメッシュによる都市域モデル(O₃、NO₂、SPM)
3次元沿道モデル(NO_x、SPM)
- 3) 粒子モデル: 有機 / 無機二次粒子を含むSPMの重量濃度推計

<成果>

- 新短期・新長期規制導入効果を評価。
- 規制導入により大幅な大気改善が見込まれるが、更なる改善にはディーゼルNO_x、および固定発生源を含む総合的な対策が必要

<課題>

- ・ **モデル推定精度のさらなる向上**
(過渡を含むリアルワールドエミッション) (粒子数評価)
(都市域から沿道に至る統一的な解析) 等

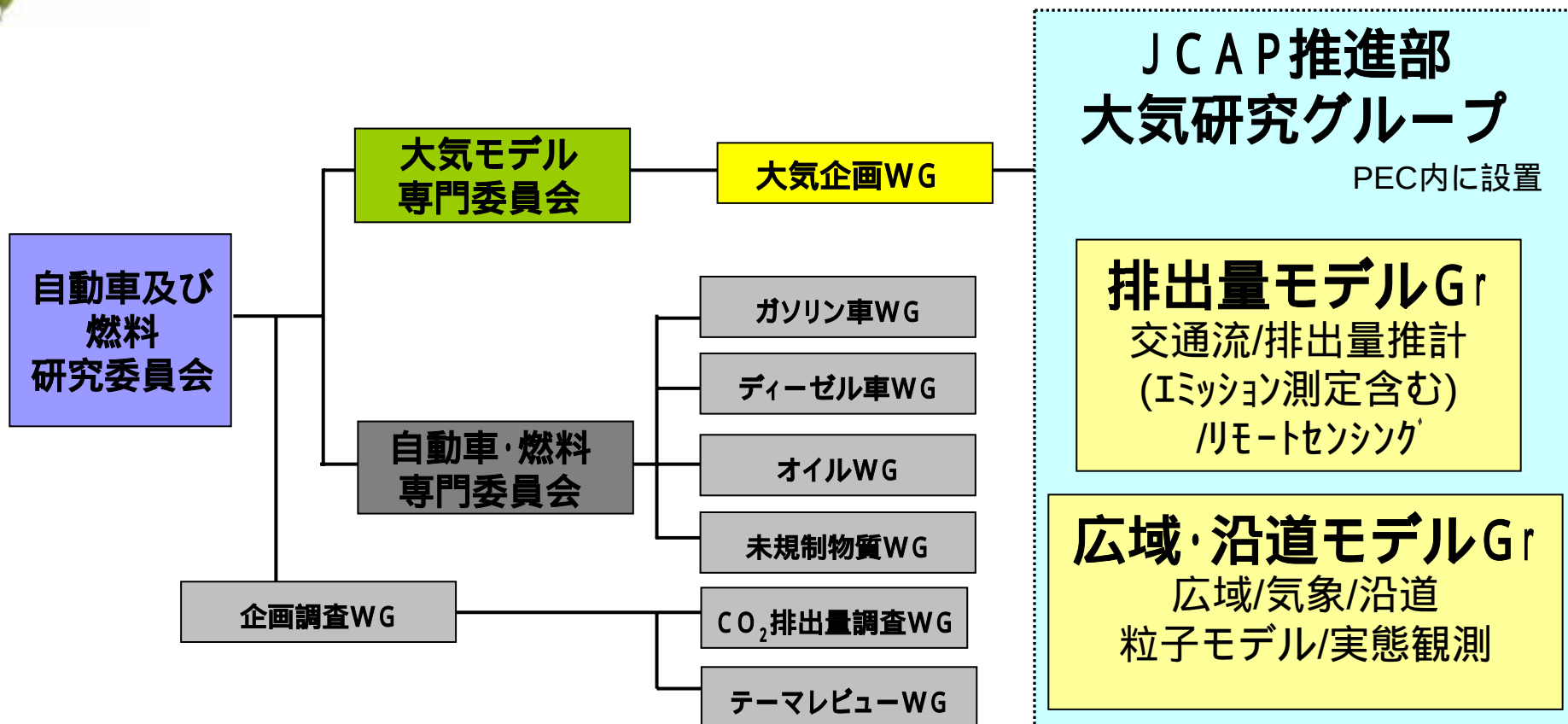
1-2 JCAP 大気モデル研究の狙い

- (1) JCAP で明らかにした課題を解決し、さらに信頼性の高い、デファクト化を目指した、都市域と沿道を統一的に解析できる、モデルの開発
- ・沿道に注力
 - ・微小粒子に注力
- (2) さらなる大気改善に向けた、効果的政策立案に資するデータおよびツールの提供

キーワード:

- ・リアルワールド・・実走行での排出量推計。
- ・高精度・・B/Gの寄与-マルチスケールモデル。
排出量推計。検証。
- ・沿道・・交差点近傍の濃度分布
-住民、歩行者、ドライバー、・・・
- ・ナノ粒子・・テールパイプアウト 動力学的挙動

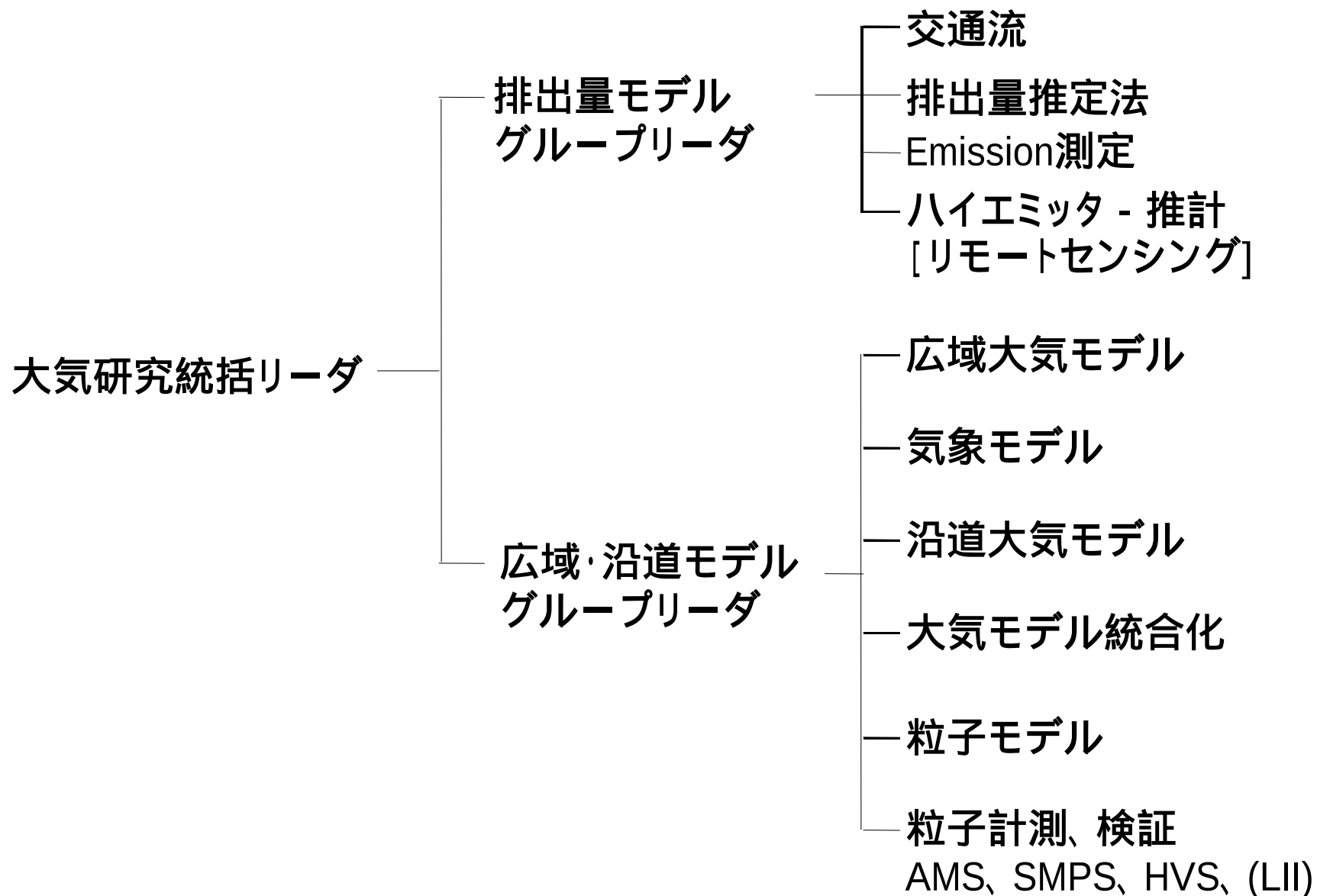
1-3 開発体制



大気モデル研究の位置づけ:

- 経産省エネ庁100%補助事業として実施
- PEC内に大気研究グループを設置して事業主体とする
- 業界を中心に研究員を集結して事業を推進する

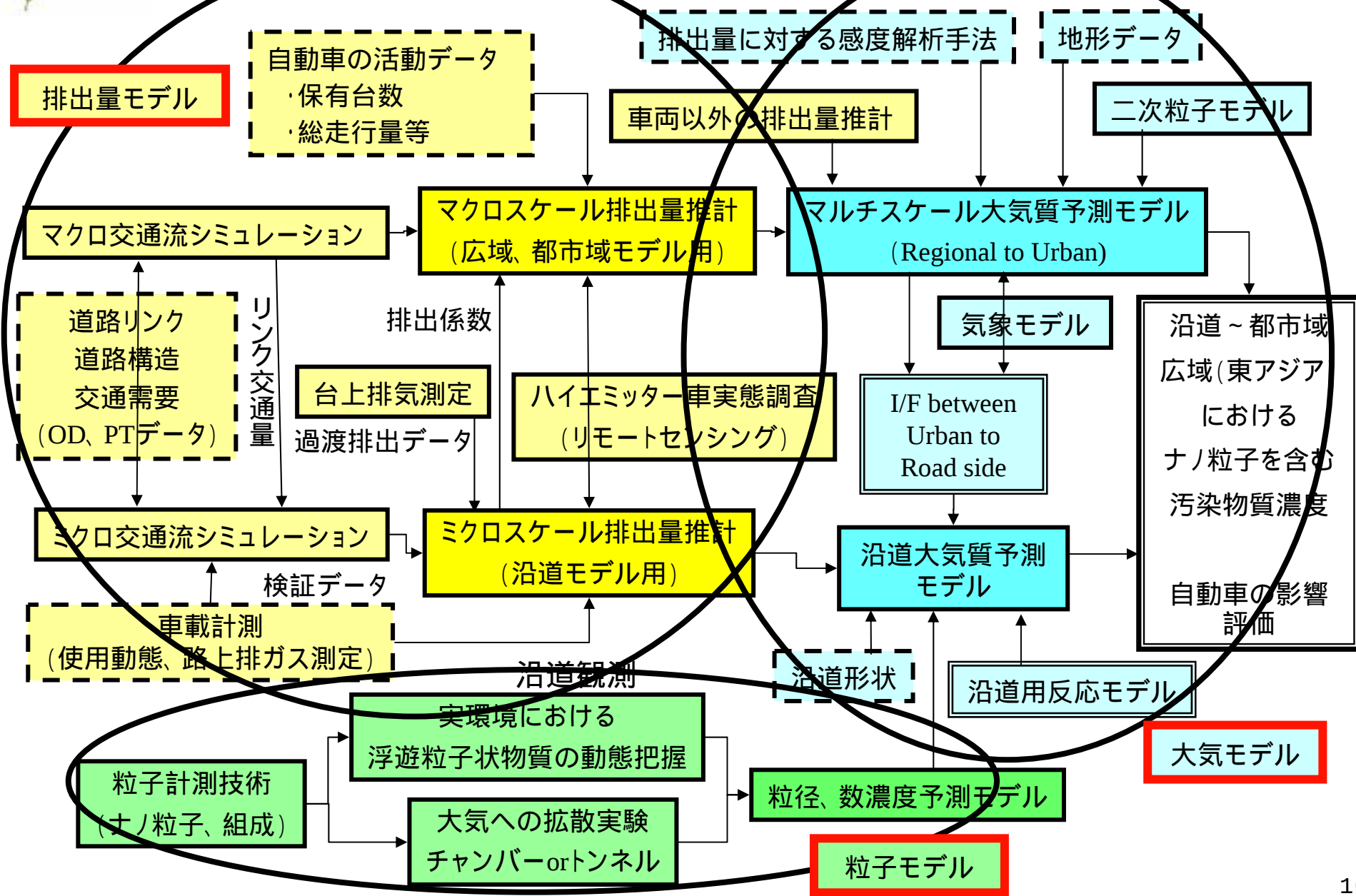
1-4 研究組織



2 . 研究のコンセプト

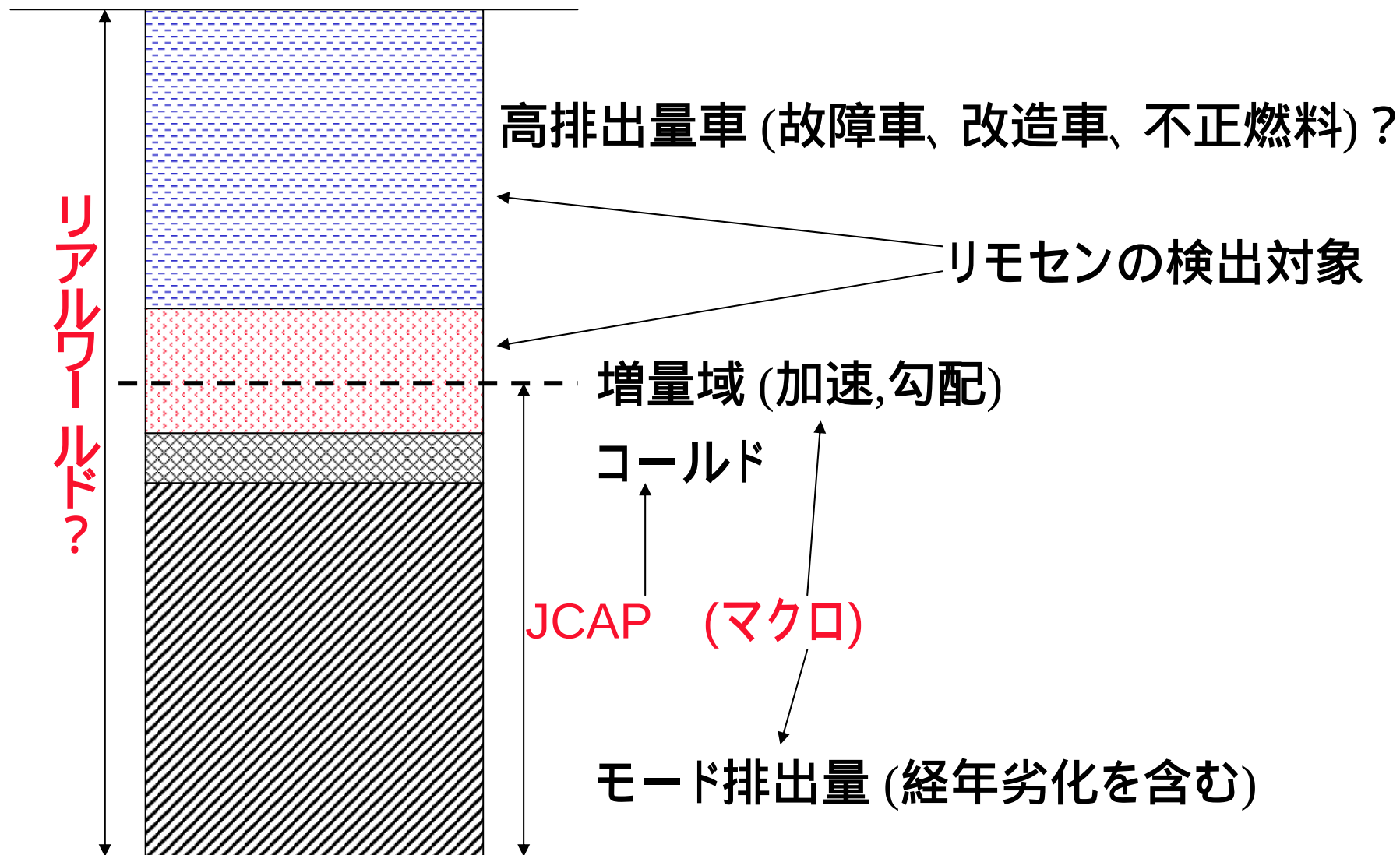
- 2-1 研究課題の相関図
- 2-2 研究のシナリオ - 1 - 排出量推計
- 2-3 研究のシナリオ - 2 - 大気モデル
- 2-4 研究のシナリオ - 3 - 沿道モデル
- 2-5 研究のシナリオ - 4 - ナノ粒子モデル
- 2-6 スケジュールと成果目標

2-1 研究課題の相関図



2-2 研究シナリオ１ - 排出量推計(１)

リアルワールド排出量とモード排出量(イメージ)



2-2 研究シナリオ１ - 排出量推計(2)

「過渡状態の排出量 = ベース排出量 + その他の排出量」

冷始動による排出量:

同一実走行モードで冷間 / 温間始動試験を実施。排出量の差より冷始動時排出量増加率を求める。

ベース排出量:

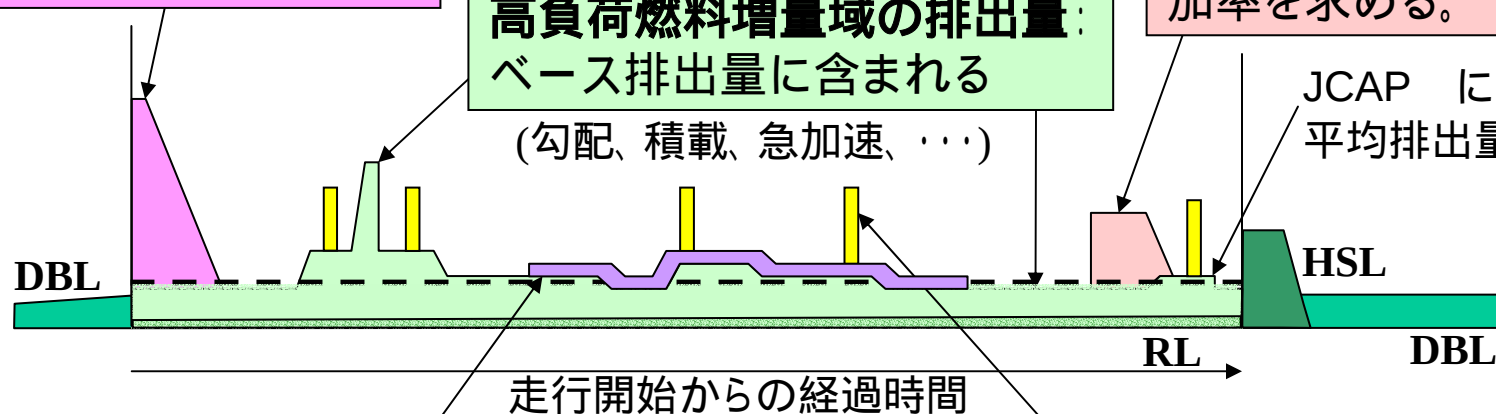
MEC01試験により速度・加速度・排出量データを求め、排出マップを作成する。

触媒温度低下による排出量:

東京都No.1モードやアイドリング試験を実施。触媒温度が低下して排出量が増加する条件、増加率を求める。

高負荷燃料増量域の排出量:

ベース排出量に含まれる
(勾配、積載、急加速、…)



エアコンによる排出量:

MEC01のStoich / AC Sectionの排出量の差より、エアコン使用時排出量増加率を求める。

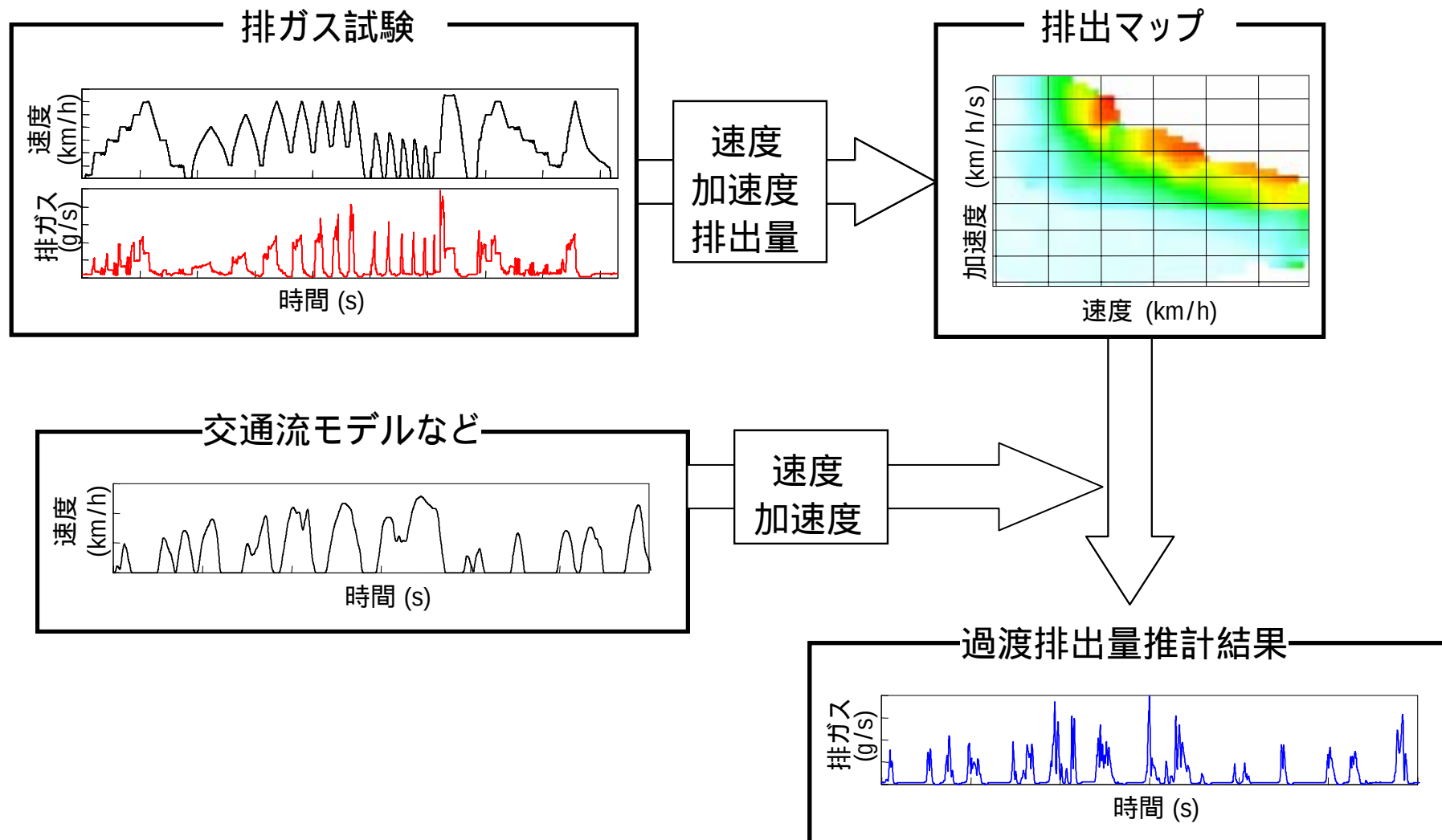
アクセル開度変動による排出量:

実走行モード試験を実施。速度・加速度・排出量データより、排出量変動条件、変動率を求める。

過渡状態のテールパイプ排出量の分割・求め方

2-2 研究シナリオ1 - 排出量推計(3)

ベース排出量の推計

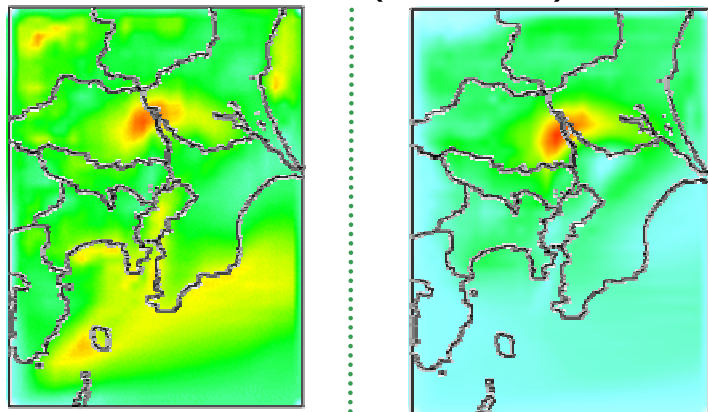


2-3 研究シナリオー2 - 大気モデル(1)

広域、沿道の境界条件の重要性

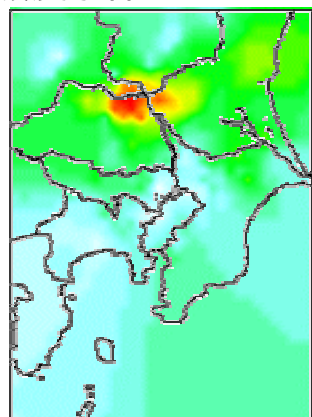
- 夏季境界条件 -

最大O₃濃度出現時 (15-16時) の濃度分布



常監局データの内外挿による境界濃度条件

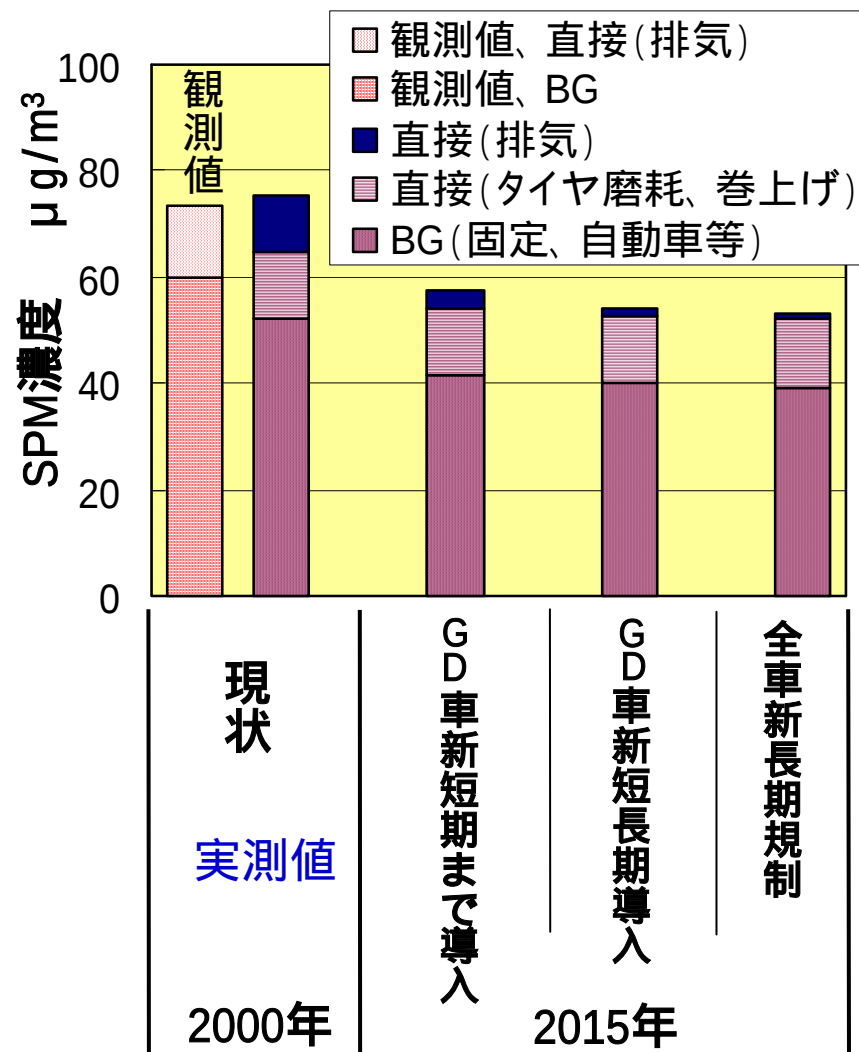
観測値を元にした境界条件



(ppb)

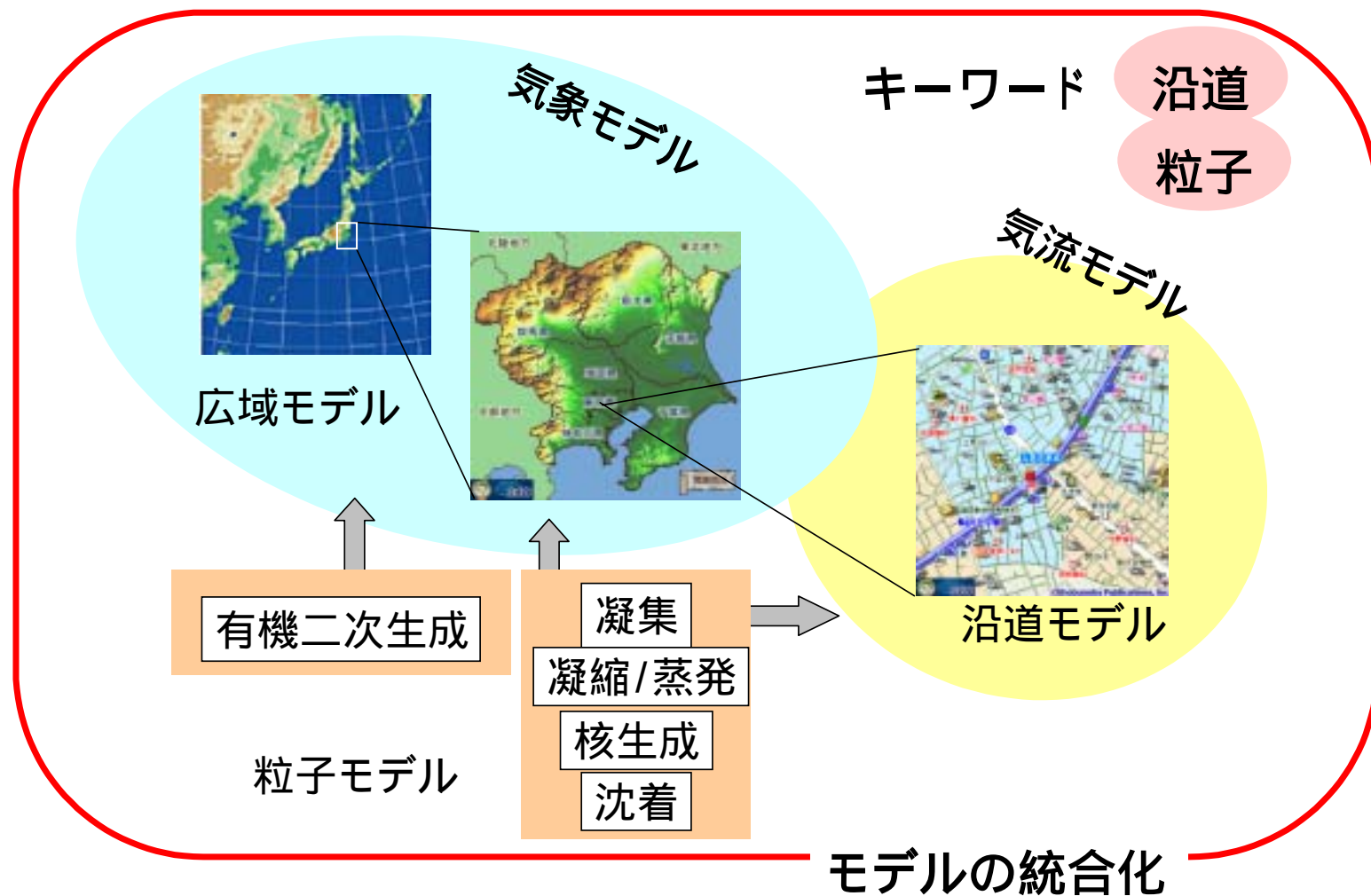
0 60 120 180

~ 日平均値 ~



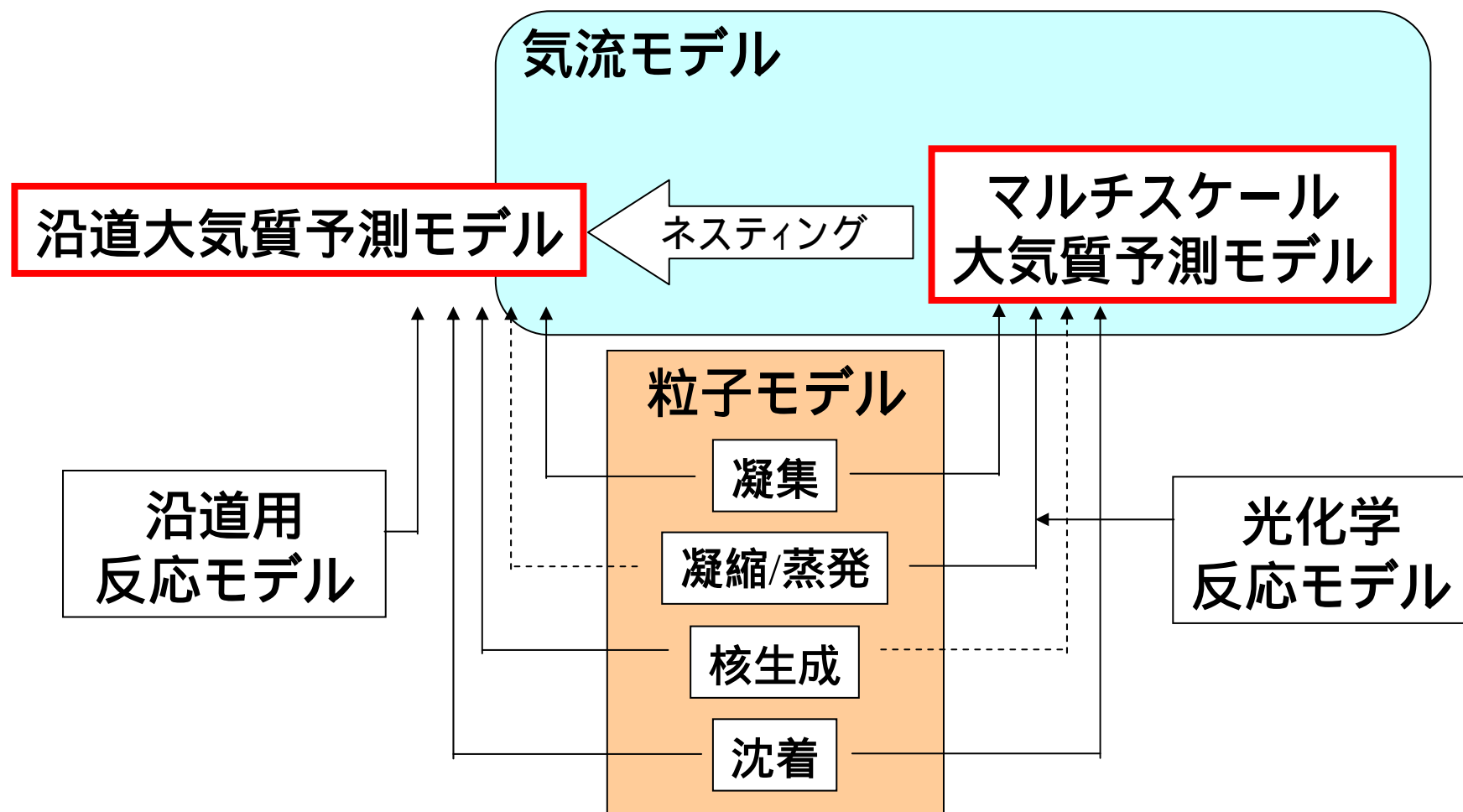
2-3 研究シナリオ 2 - 大気モデル(2)

大気・粒子モデル全体構成



2-3 研究シナリオ 2 - 大気モデル(3)

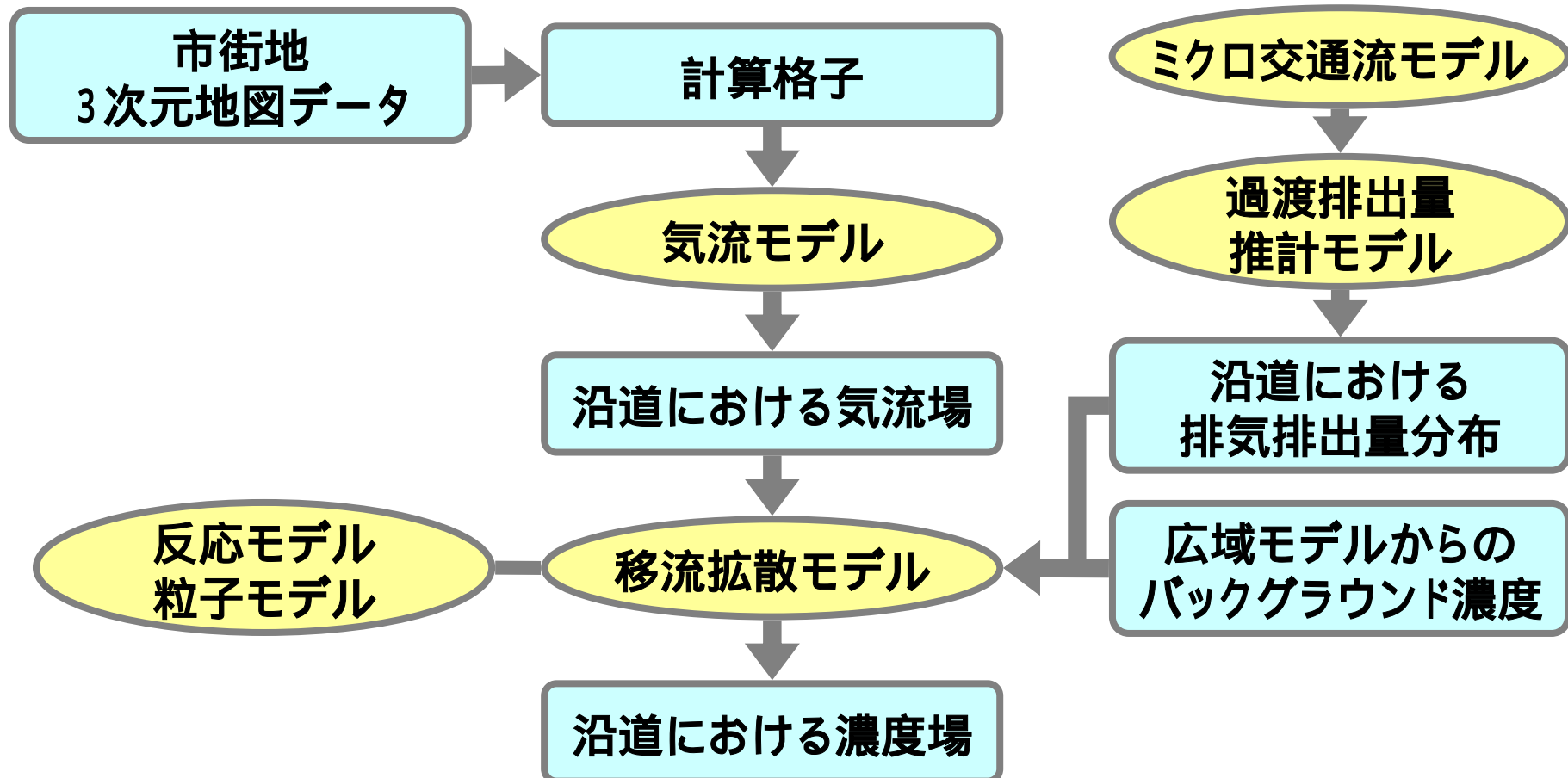
大気・粒子モデル全体構成 - つづき -



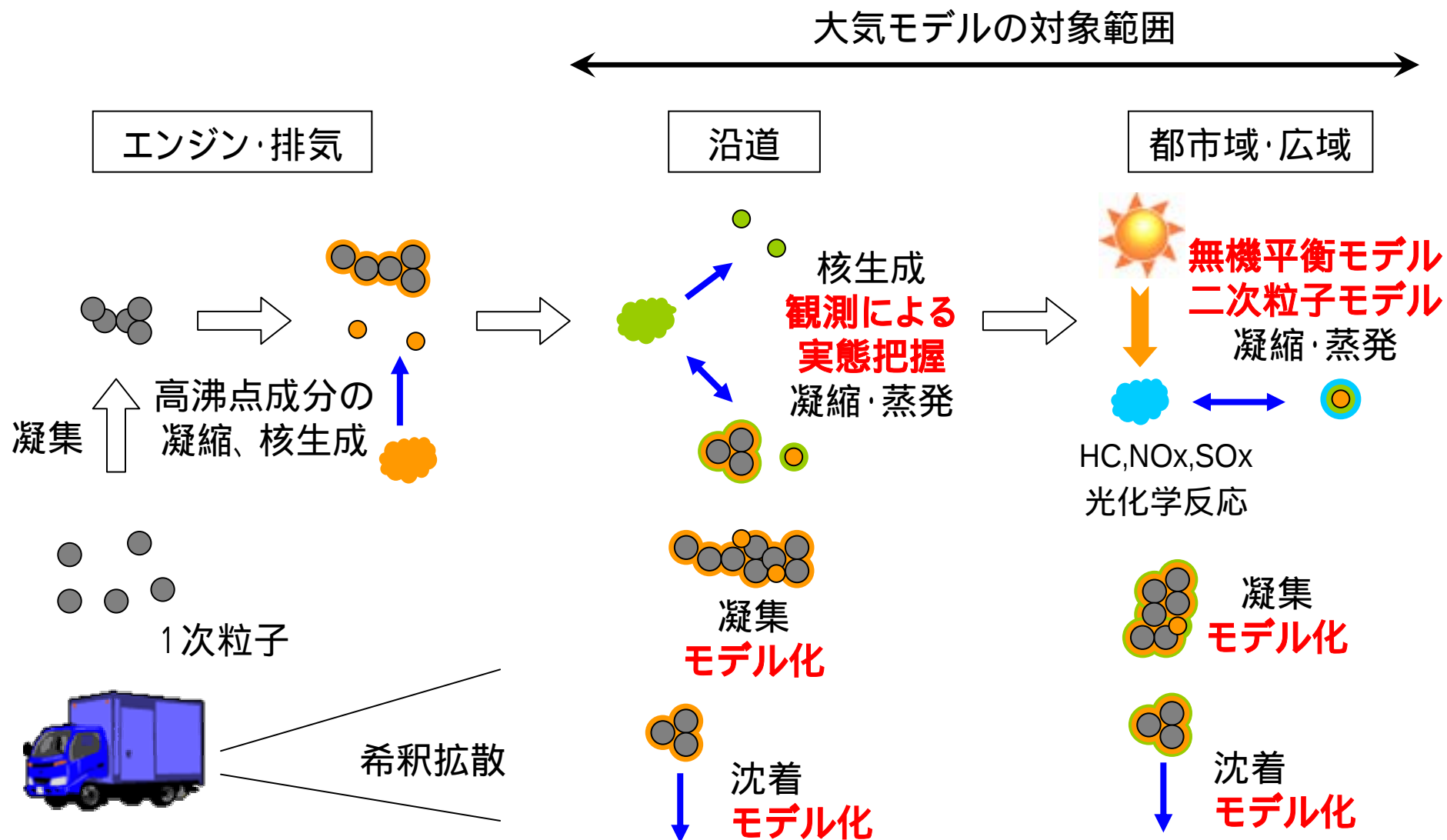
2-4 研究シナリオ3 - 沿道モデル

沿道モデル全体構成

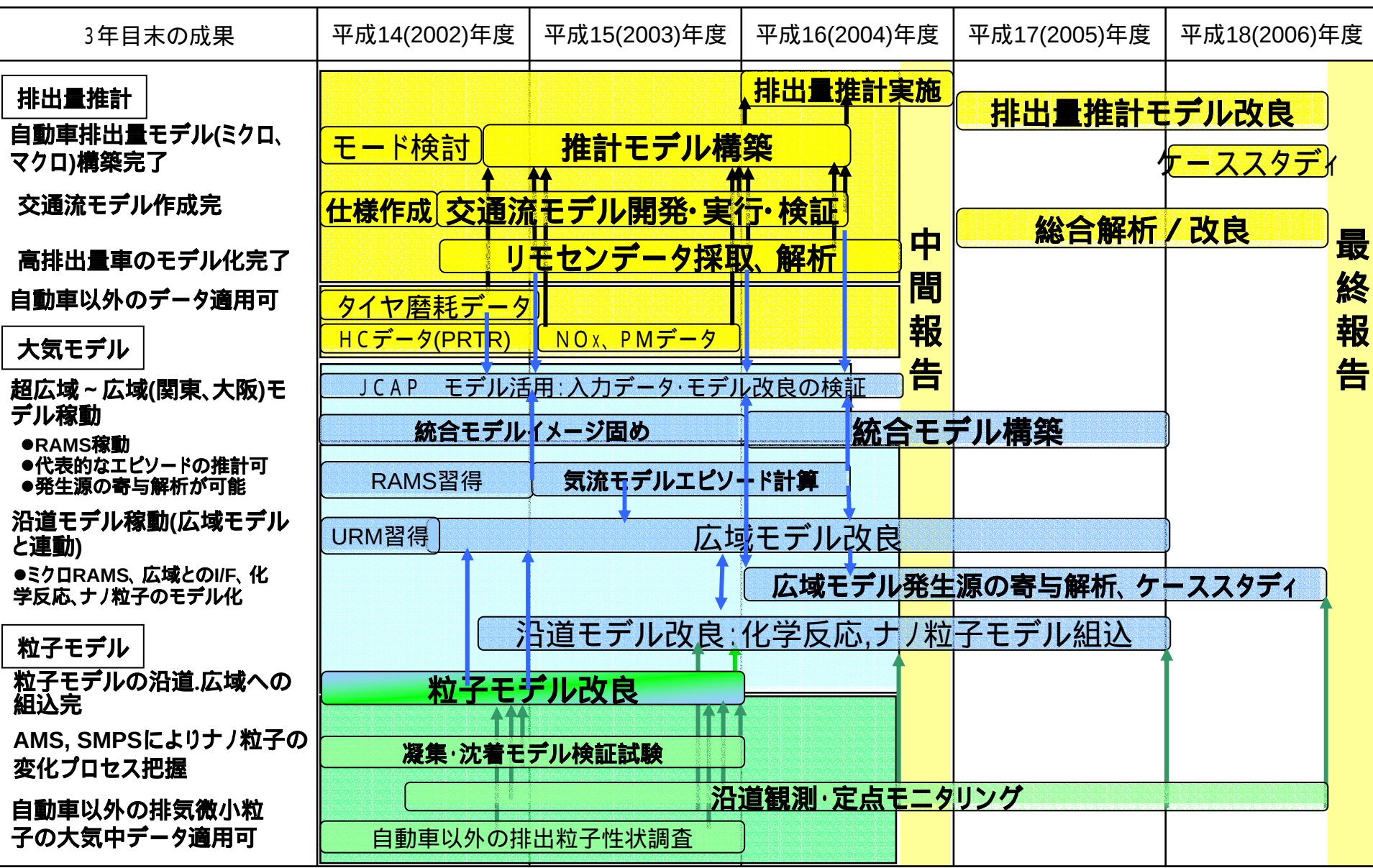
- JCAP Iのフレームを踏襲し要素モデルを高度化



2-5 研究シナリオ4 - ナノ粒子モデル 自動車排出ナノ粒子の大気中挙動(イメージ)

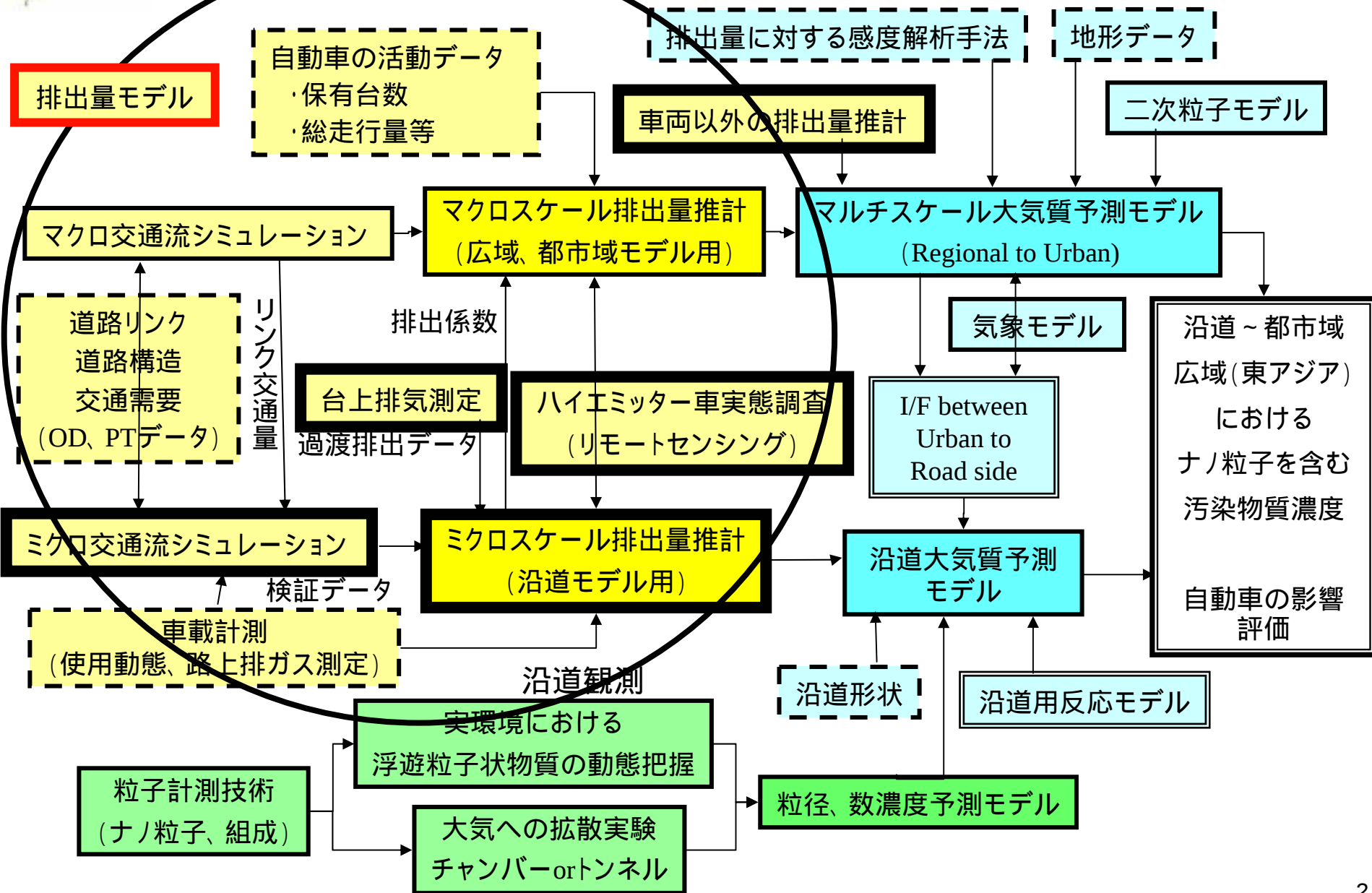


2-6 5年間のスケジュールと成果目標



- 3-1 排出量推計モデル開発
- 3-2 広域大気モデル、沿道モデル開発
- 3-3 ナノ粒子モデル開発、
沿道におけるナノ粒子観測
- 3-4 モデル統合化、外部との協力関係

3-1 排出量推計モデル報告概要



3-1-1 排出係数計測試験車両リスト

H15/9/4現在

		短期規制以前	短期規制	長期規制	新短期規制
ガソリン	乗用		S53 軽3台 (乗用9台済み)		2000 軽1台 (乗用10台、軽2台済み)
	軽貨物	S50	1990 (NOxのみ)	1998	2002
	軽量車 GVW 1.7t		○	3台	3台
	中量車 1.7t < GVW 2.5t		1988		2000
	重量車 2.5t < GVW		乗用と同規制なので必要なし		
	乗用 IW 1.25t	1989	1994 (NOxのみ)	1998	2001
	乗用 IW > 1.25t		○	○	○
ディーゼル	軽量車 GVW 1.7t	1992	1995	1998	2001
	乗用 IW 1.25t	1990 (NOxのみ)	1994 (PM)	1997	2001
	乗用 IW > 1.25t		○	(1台済み)	○ 2台
	軽量車 GVW 1.7t	1988	1993	1997	2002
	中量車 1.7t < GVW 2.5t			(2台済み)	○ 2台
	重量車 2.5t < GVW 8t	1988	1993	1997 (MT), 1998 (AT)	2003
	重量車 8t < GVW	1988 (DI), 1989 (IDI)	1994	1997 ~ 1999	2003 (12t以下), 2004 (12t超)
二輪	4st	規制なし	○ 25t 1台	○ 8t 2台 (4台試験済み)	○ 3.5t 2台, 8t 2台
	2st	規制なし	○ 25t 1台	(2台済み)	25t 2台
		4台		1998 (原1、軽2), 1999 (原2、小2)	

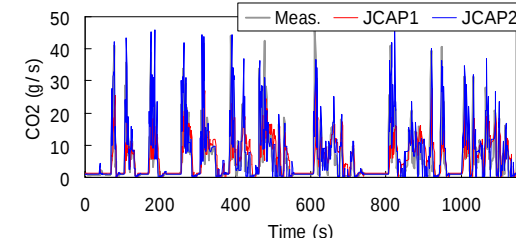
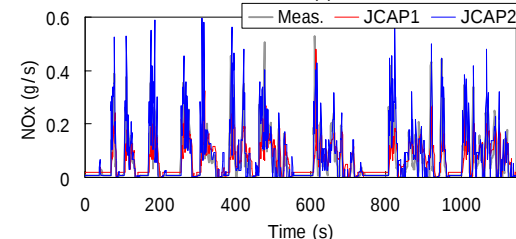
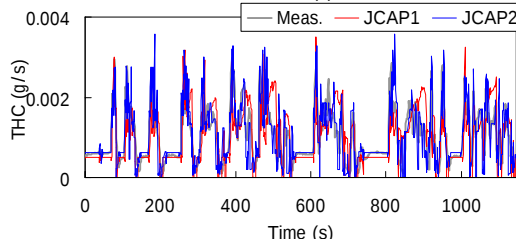
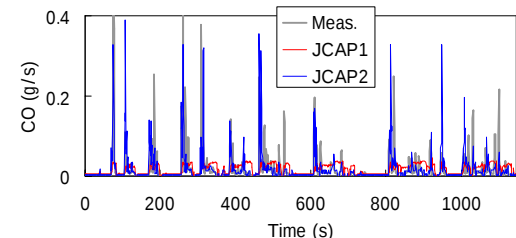
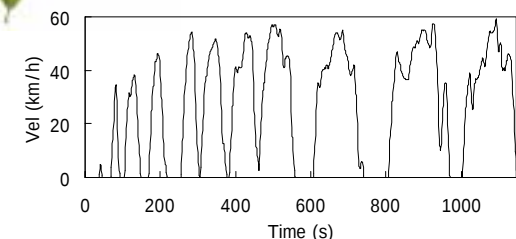
、○、 : 試験の優先度を示す

試験済み
今後の試験予定

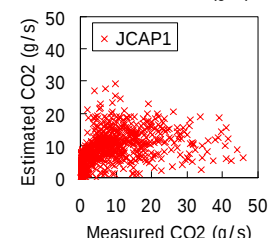
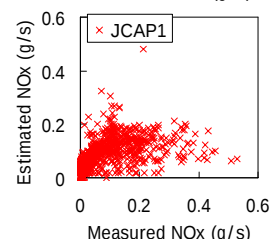
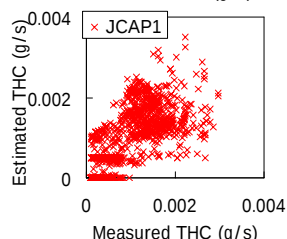
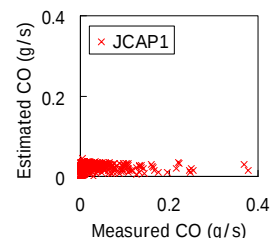
1. 新規制車から順に試験を実施 (H14年度) ・ 新車中心
2. 旧規制レベル車の試験実施 (主にH15年度) ・ 高走行距離車中心
3. 今後は最新規制車、新規制車のうち高走行距離車を中心に実施予定

3-1-2 結果の例-1- 排出係数測定

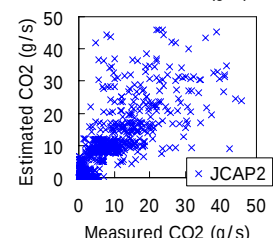
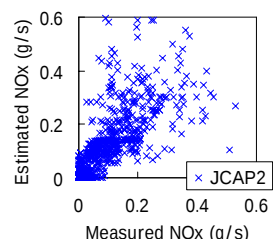
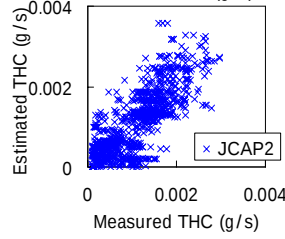
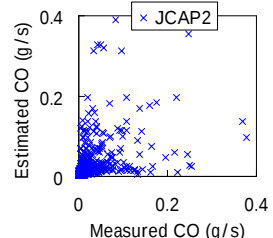
(長期規制重量ディーゼル貨物車、GVW25t)



JCAP



JCAP



**実走行モードの排ガス試験
結果と推計結果の比較
(平均速度26.6km/h)**

JCAP :
トルク-回転数マップより推計

JCAP :
JMEC試験より作成した
速度-加速度マップより推計

3-1-3 排出マップの改良について:

従来は横軸を速度、縦軸を加速度としたマップで過渡排出量を表していたが、勾配や積載量の影響を含めるため、縦軸を走行に必要な駆動力 F に変更した。

$$F = \underbrace{(1 + \gamma)m\alpha}_{\text{加速抵抗}} + \underbrace{\mu mg}_{\text{転がり抵抗}} + \underbrace{mg \sin \theta}_{\text{勾配抵抗}} + \underbrace{\lambda AV^2}_{\text{空気抵抗}}$$

ここで、

γ : 回転部分相当慣性重量比率
 m : 車重
 A : 車両前面投影面積

g : 重力加速度

α : 車両加速度

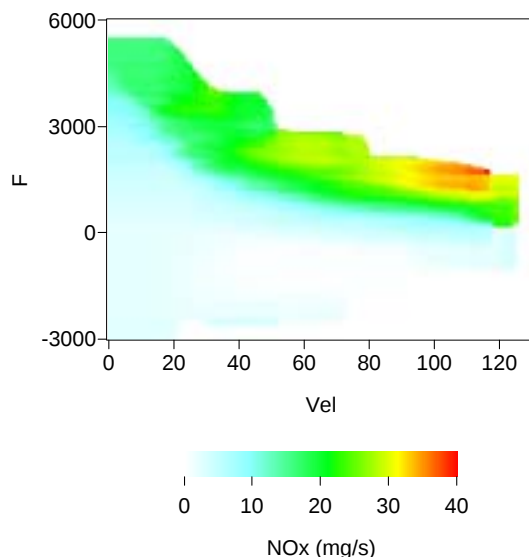
θ : 勾配

V : 車速

μ : 転がり抵抗係数

λ : 空気抵抗係数

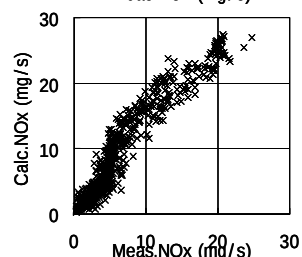
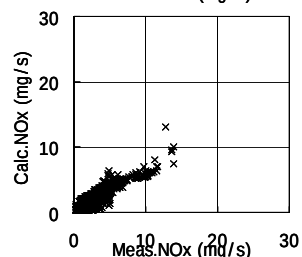
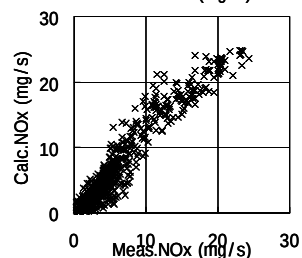
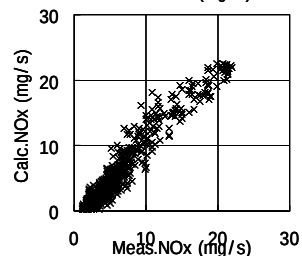
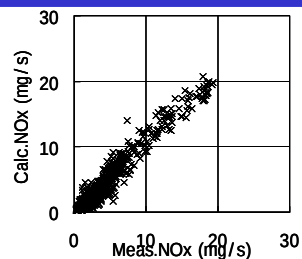
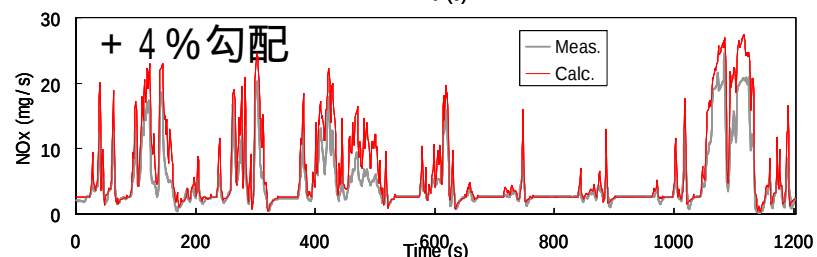
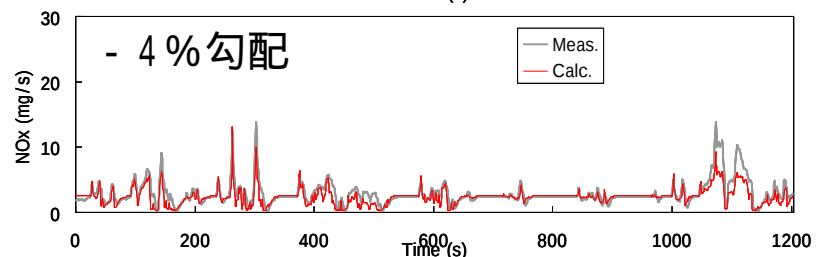
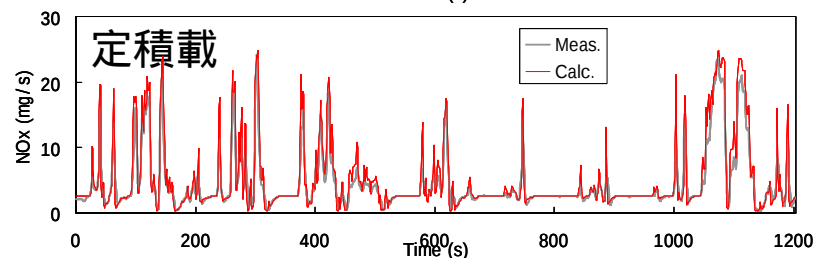
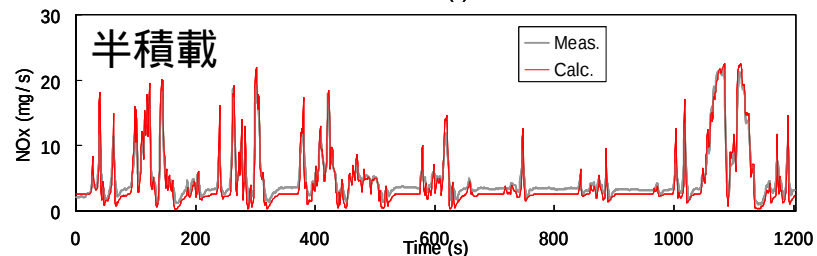
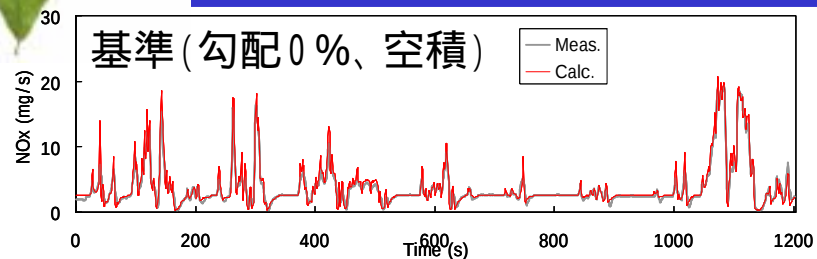
排出マップの例を示す (短期規制中量ディーゼル貨物車)



JMEC03試験結果を使用しマップ作成

このマップを用いることにより、速度・加速度マップよりも詳細に勾配・積載を含めた車両挙動と排ガスの関係を表現できると考える。

3-1-4 新たな排出マップによる排出量推計例

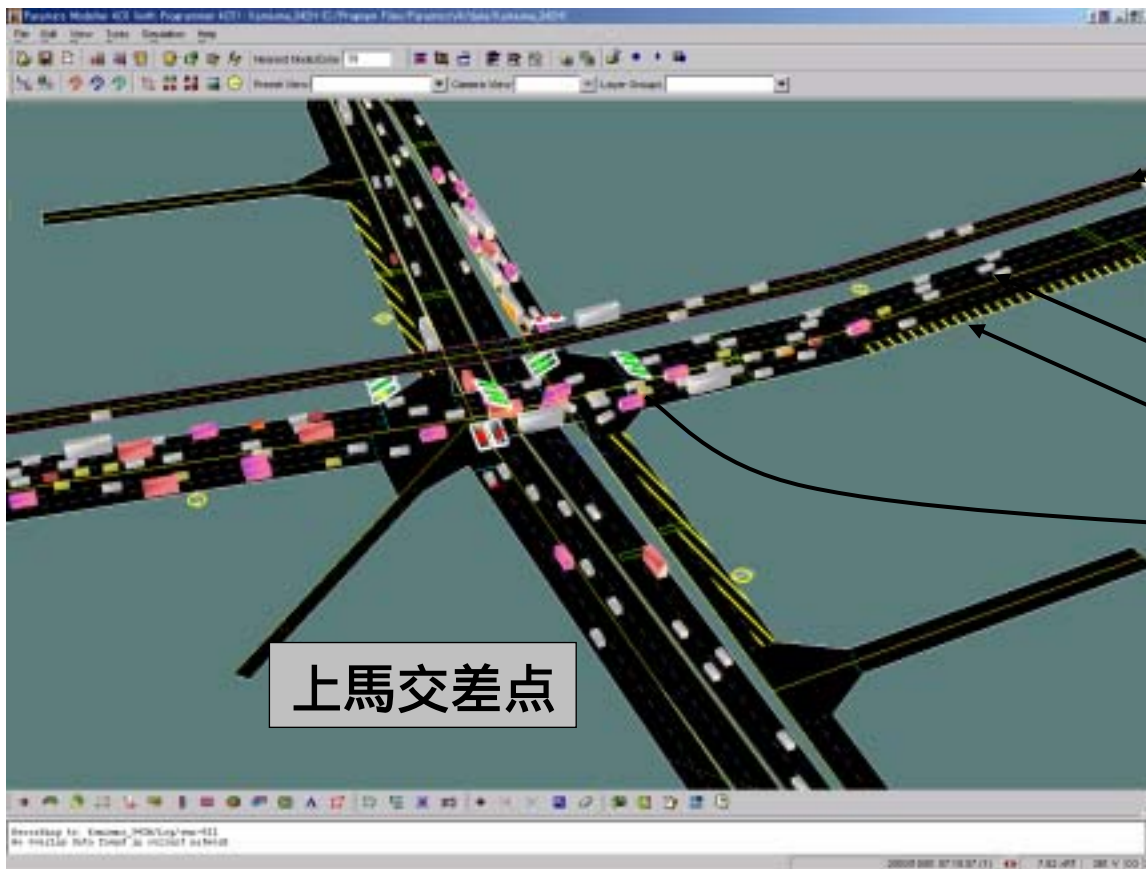


(短期規制中量ディーゼル貨物車、GVW2.2t) (対象成分: NOx)

**積載・勾配を変えた場合の
C D 3 4 排ガス試験結果と
推計結果の比較**

基準状態のJMEC03試験結果
より作成した1枚のマップで、
勾配、積載の影響を再現
できそうであることがわかった。
今後、検討を続ける。

3-1-5 沿道交通流モデルの開発 外部データの活用



上馬交差点

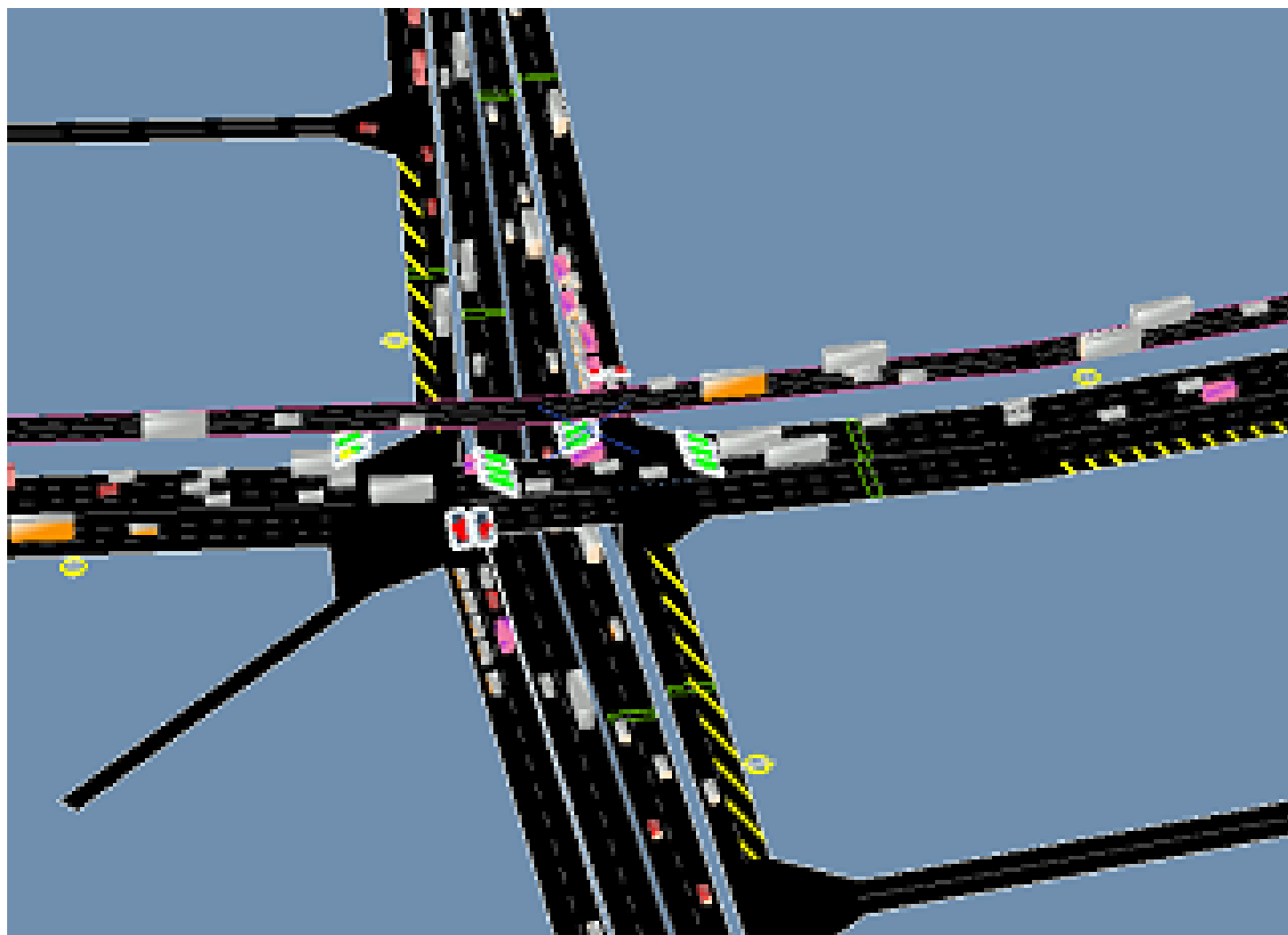
入力データ

- ・首都高の交通量
(首都高速道路公団殿)
- ・街路の交通量
(関東地方整備局殿)
- ・車種分布
- ・路上駐車
- ・信号パラメータ
(警視庁殿)
- ・第三京浜の交通量
(日本道路公団殿)

検証データ

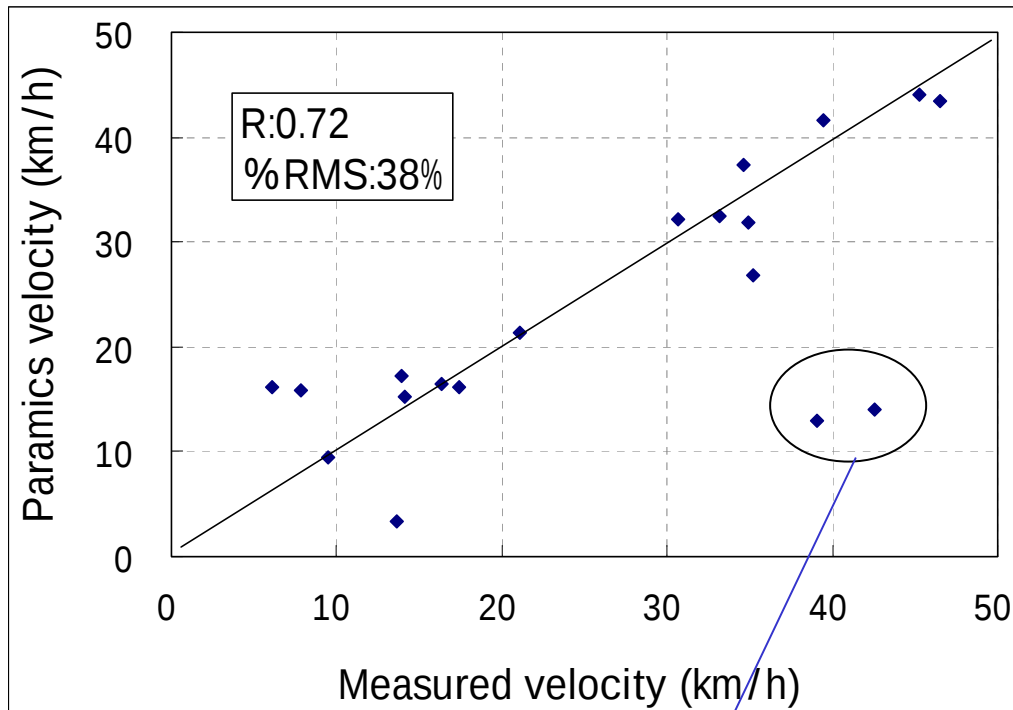
- ・走行速度
(首都・日本道路公団殿)
- ・街路の旅行時間、
速度・加速度分布

交通流 動画

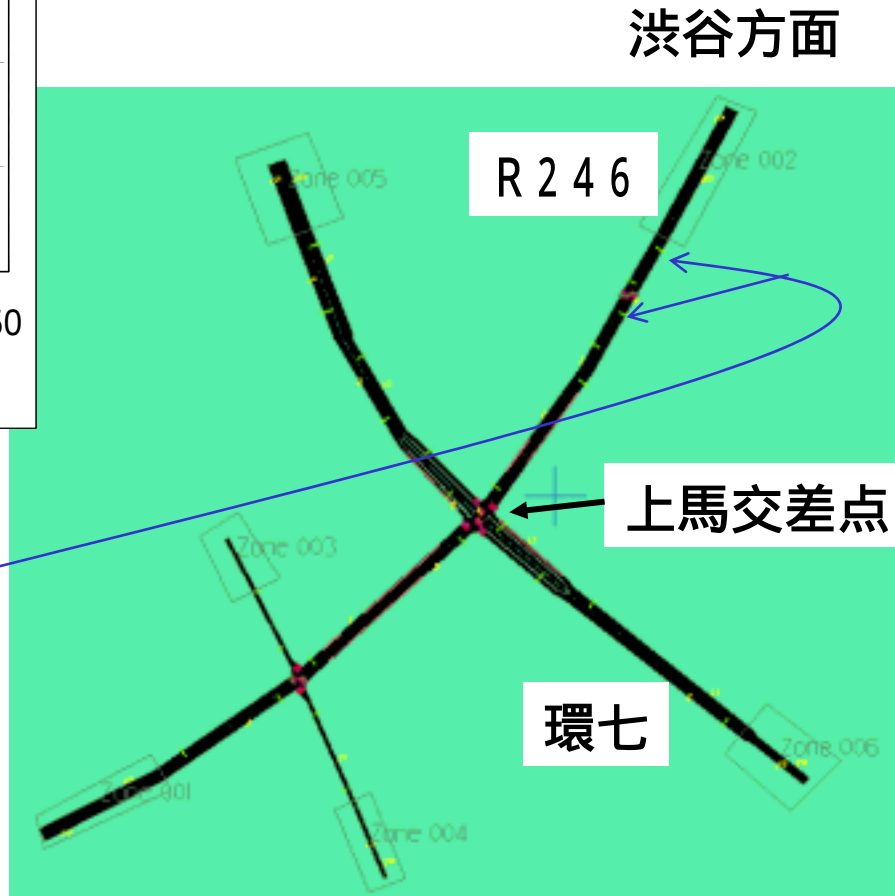


3-1-6 交通流モデル結果の例

Paramicsによる上馬での現況再現結果---走行速度



19リンクで実測値との比較
相関係数: 0.72
%RMS誤差: 38%

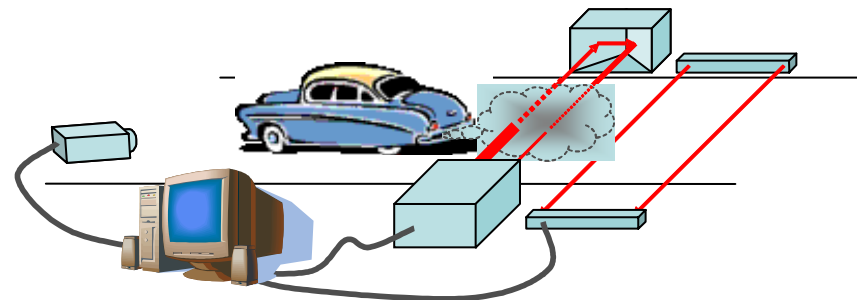


用賀方面

3-1-7 リモート・センシング装置(RSD)について

速度・加速度計測器

- 被計測車両の運転状態の把握
- 過度の加減速による、不正確な分析結果の除外



排出ガス計測器

- CO, CO₂, HC*: 赤外線(IR)を用い計測
- NO, PM**: 紫外線(UV)を用い計測
 - * プロパン(C₃H₈)換算
 - ** 通常のOpacity(不透過度)ではなく、燃料100gあたりのPMの重量(スモーク・ファクター)に換算。

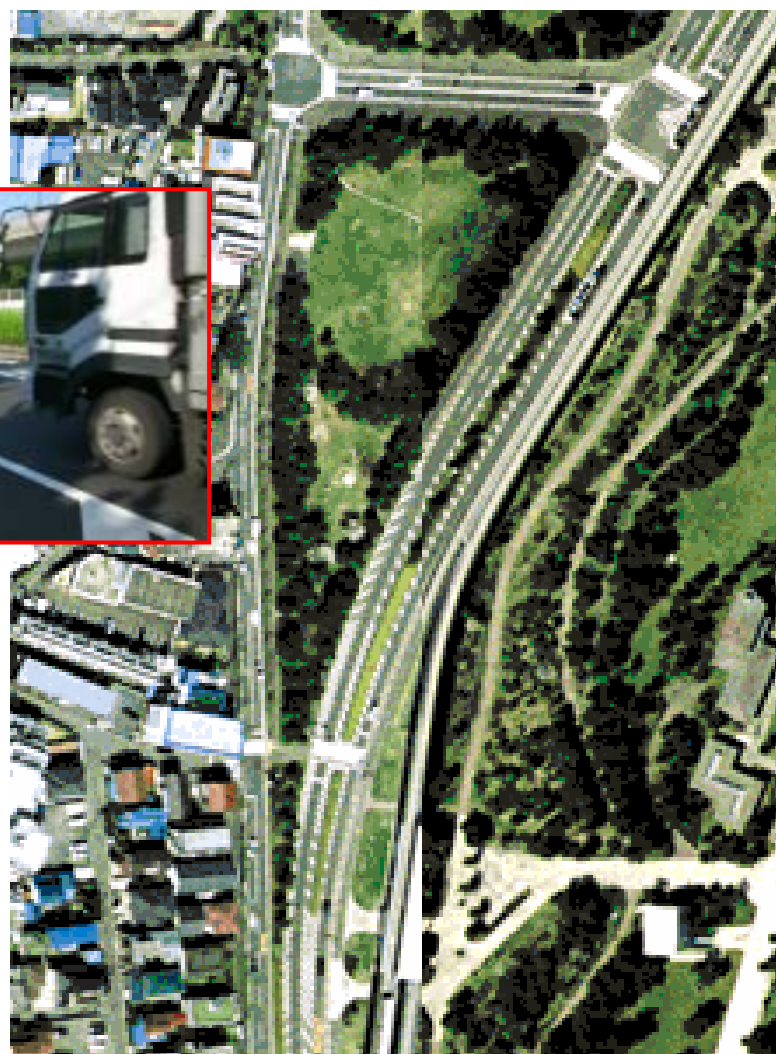
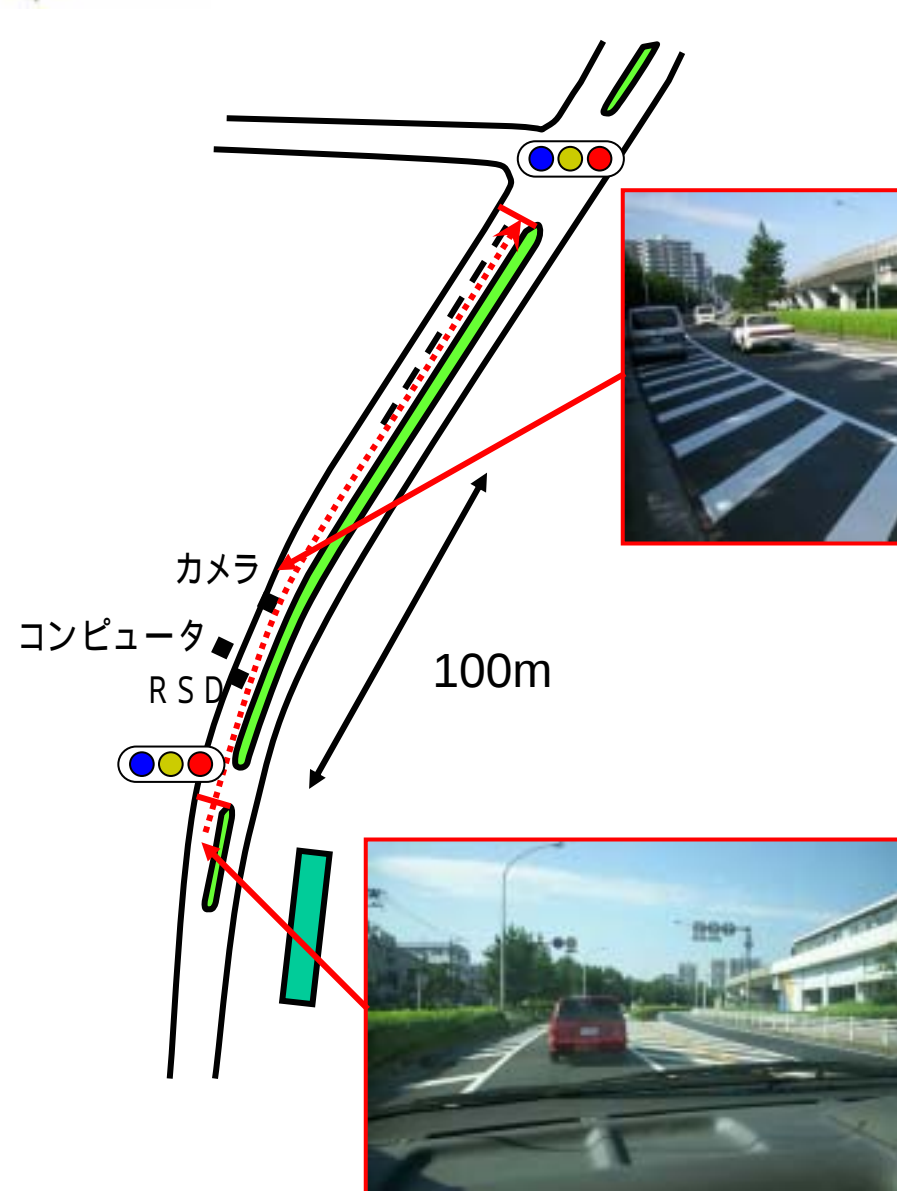
ナンバープレート画像記録装置

- ナンバープレートから、被計測車両の車種、対応規制、GVW、使用燃料等の情報を取得、排出ガス結果の解析に使用。

データ処理装置

- 速度・加速度、排出ガス計測値、車両の画像をリアルタイムで記録。ナンバープレート情報は、別途入力。

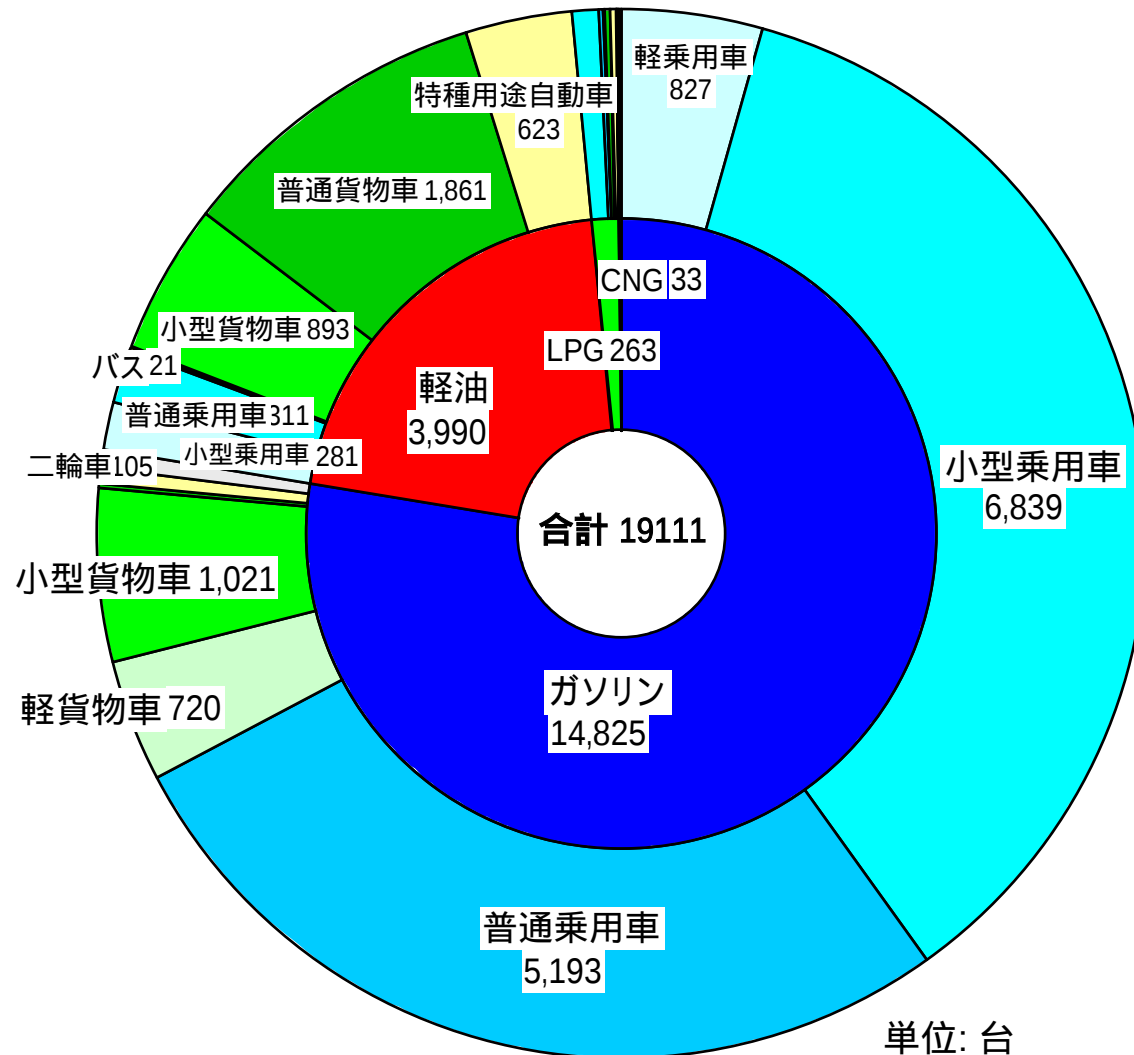
3-1-8 リモートセンシング路上計測の概要



実施場所: 神奈川県横浜市金沢区
実施期間: 平成14年10月5 ~ 11日

3-1-9 路上計測結果

使用燃料別・車種分類別計測車両台数



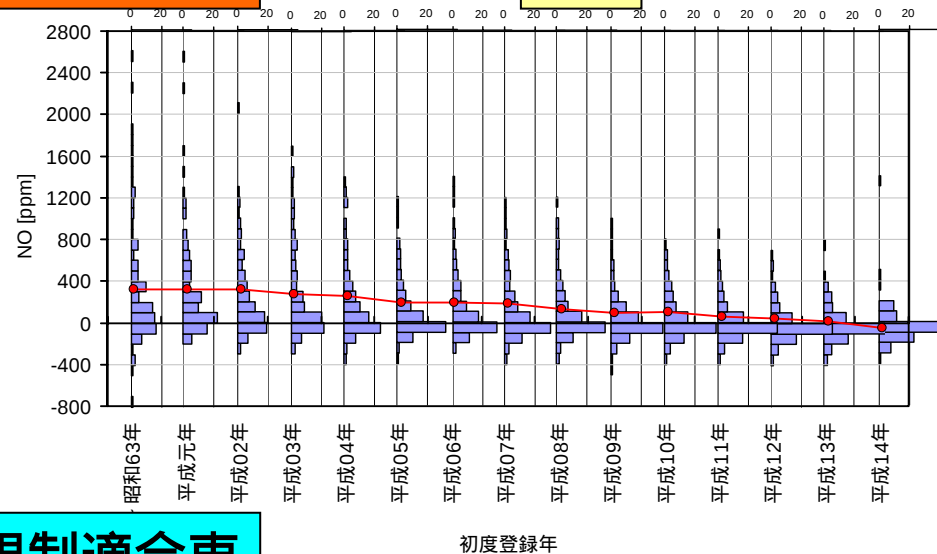
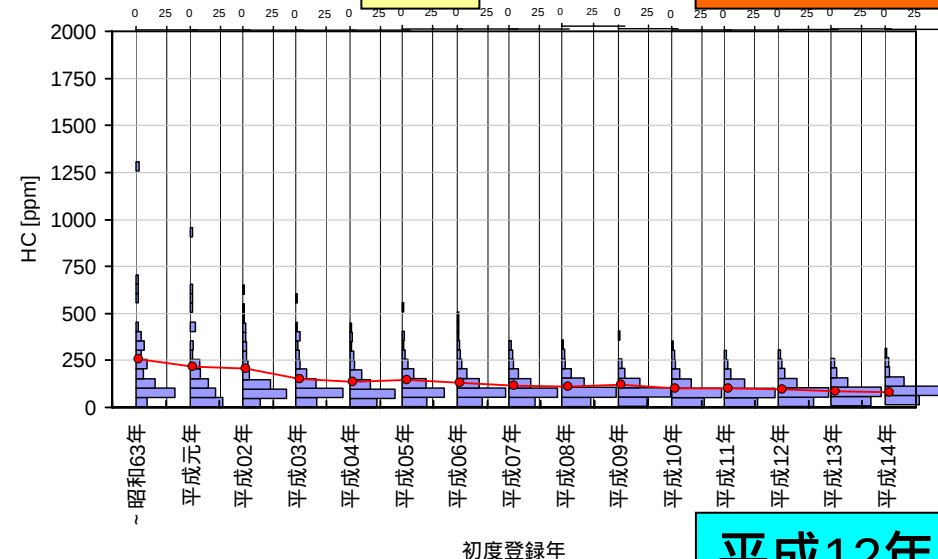
3-1-10 リモートセンシング路上計測結果の解析-1-

小型&普通乗用車(ガソリン車): 適合排出ガス規制別・初度登録年別計測結果

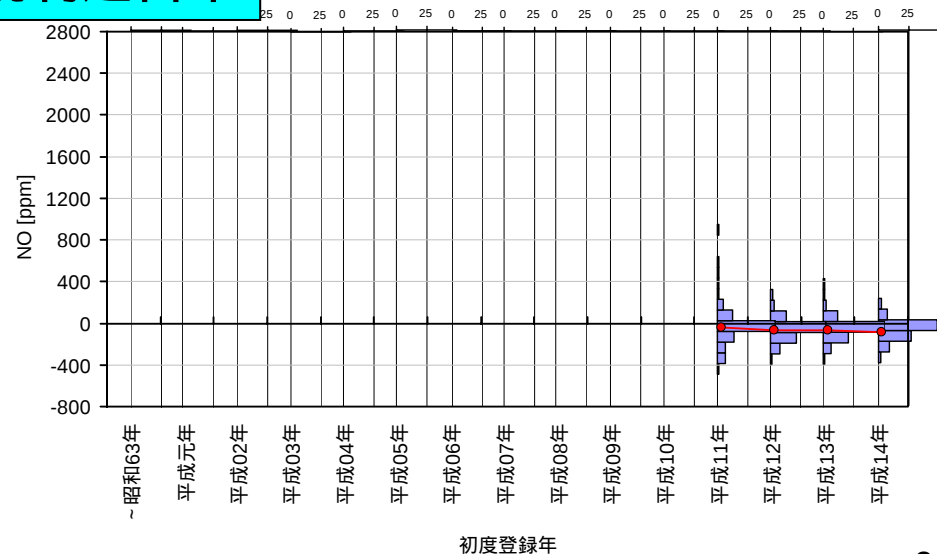
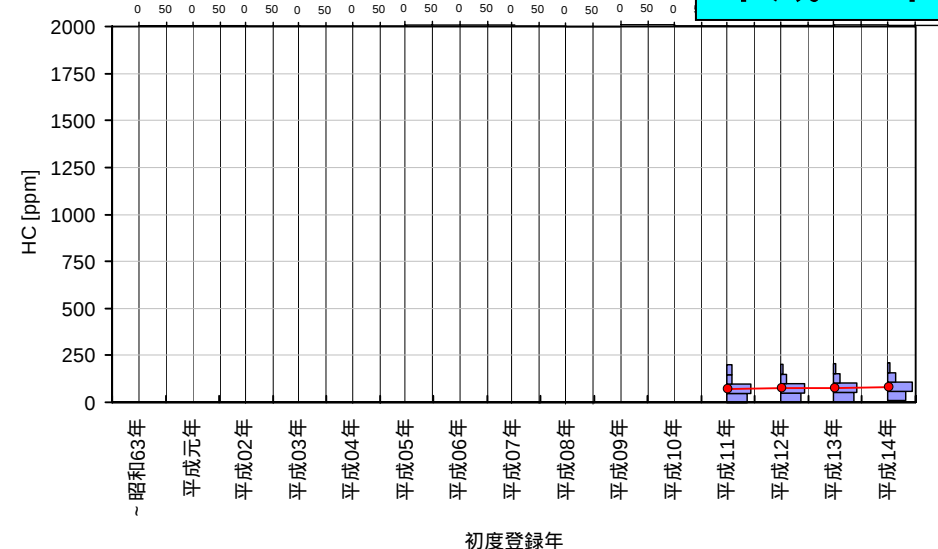
HC

昭和53年規制適合車

NO

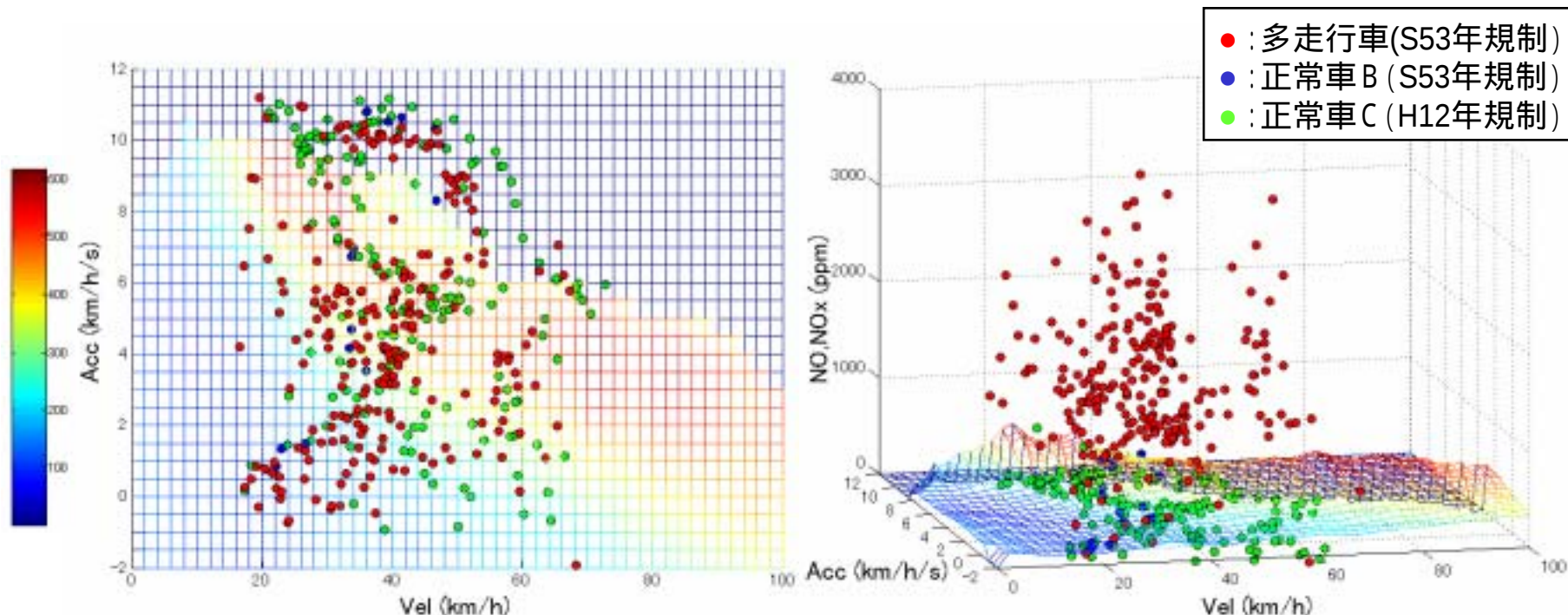


平成12年規制適合車



3-1-11 ハイエミッタの判別について

正常車AのNO_x濃度マップに多走行車G03と正常車B、CのRSD測定値を重ねて示す。
(正常車A:S53規制1.5L、正常車B:S53規制2L、正常車C:H12規制1.5L、多走行車:S53規制1.5L)



多走行車のRSD測定値は多くの点が正常車の数倍～数十倍の値

→ ハイエミッタの判別が可能

→ ハイエミッティングコンディションを把握し、判定レベルを適切に設定すれば、正常車をハイエミッタと誤認する可能性は低い

3-1-12 リモートセンシング路上計測結果の解析-2-

小型&普通貨物車(ディーゼル車):重量車 (3.5t < GVW < 8t)

適合排出ガス規制別・初度登録年別計測結果

NO

昭和57,58年規制適合車

短期規制適合車(H6)

平成元年規制適合車

長期規制適合車(H10)

初度登録年

初度登録年

34

3-1-13 タイヤ磨耗排出係数見直し

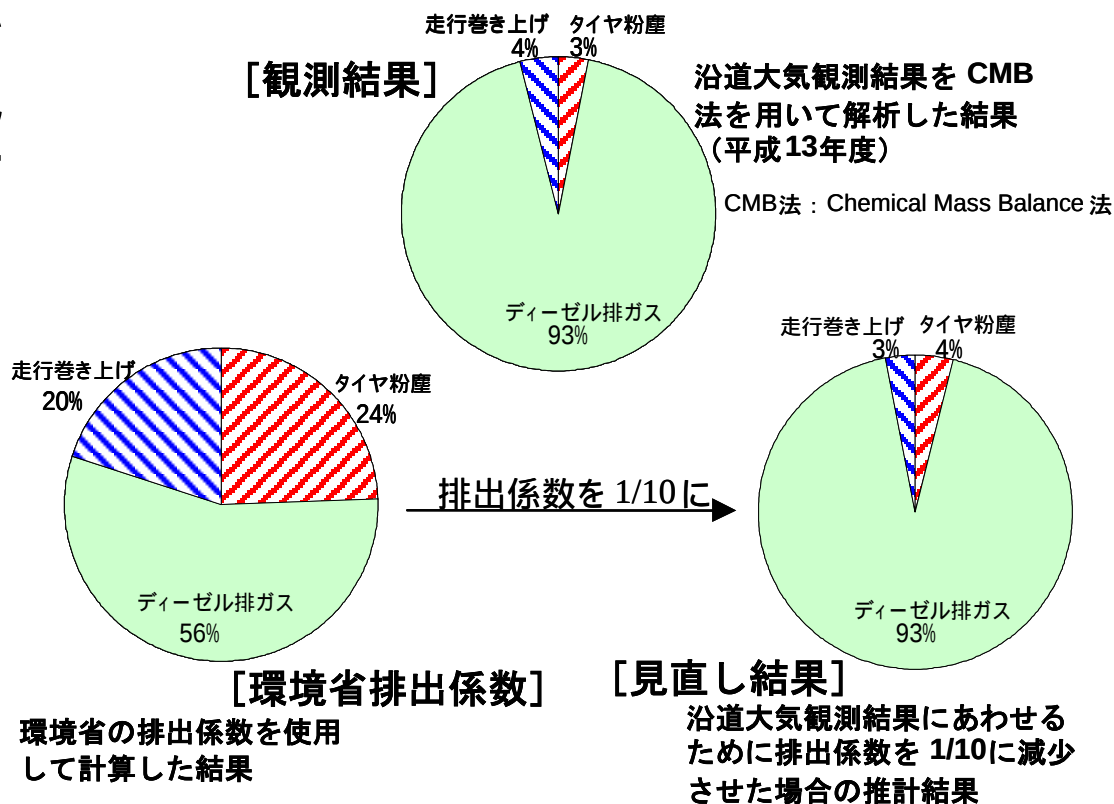
- タイヤ摩耗粉等の微小粒子に関する沿道大気観測（平成13年度）結果をもとに、タイヤ排出係数の検討実施。

- 検討結果について、国内外で公表

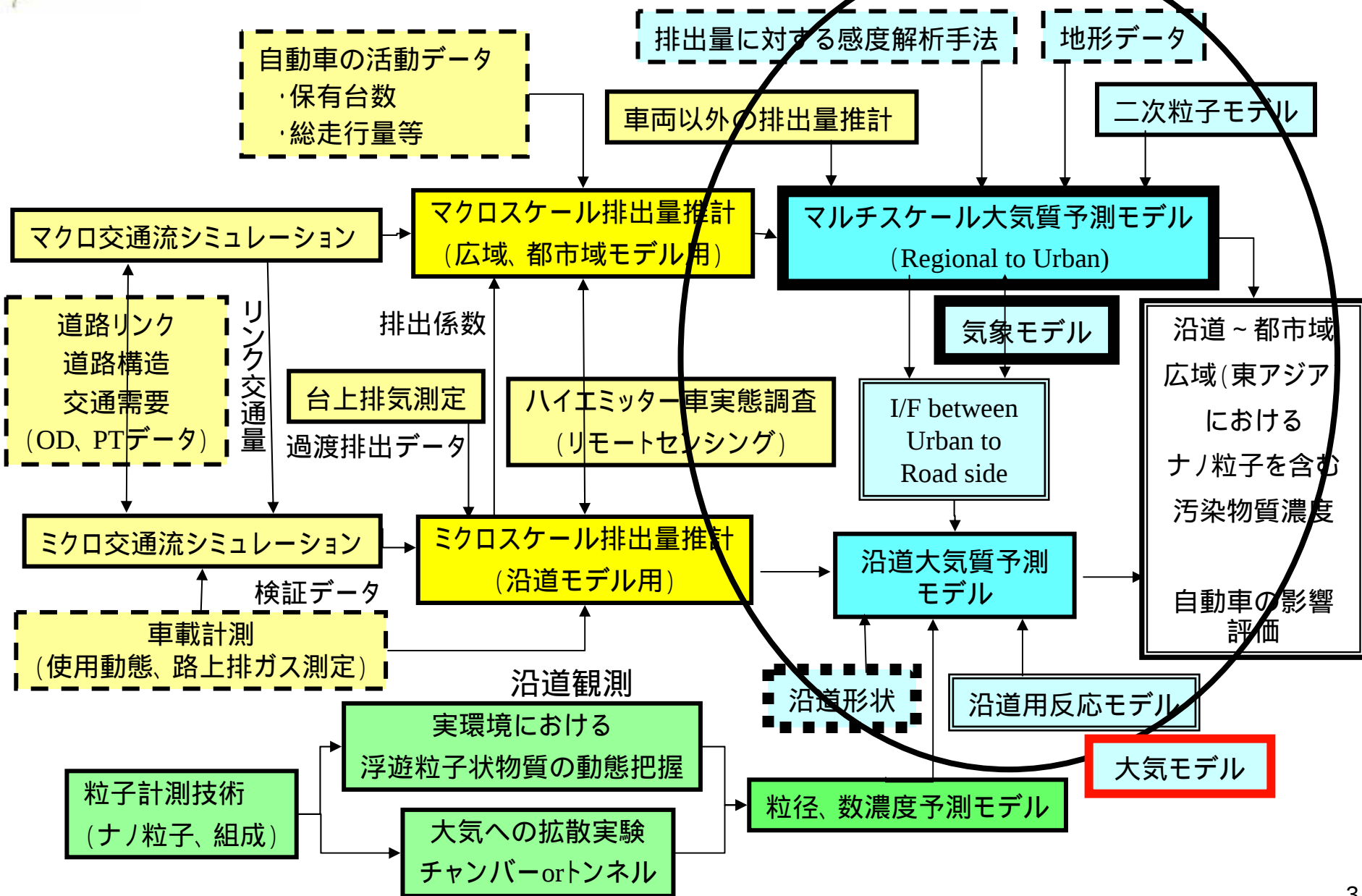
- 平成14年9月
大気環境学会

- 平成15年3月

Atmospheric Sciences and Air Quality



3-2 広域・沿道モデル報告概要



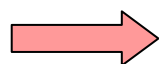
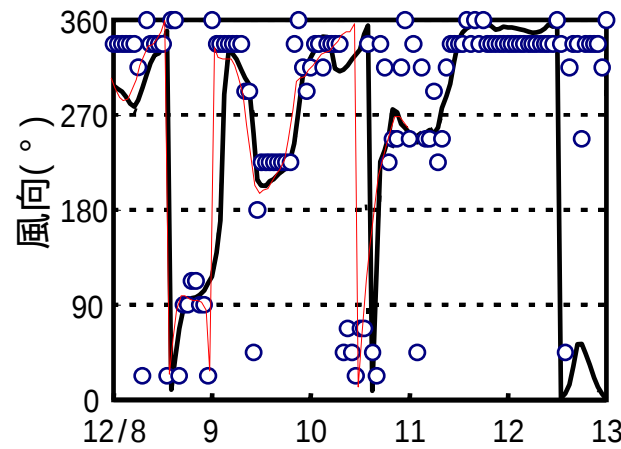
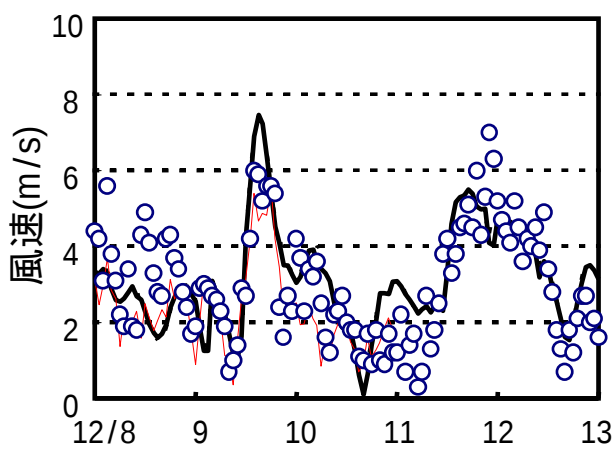
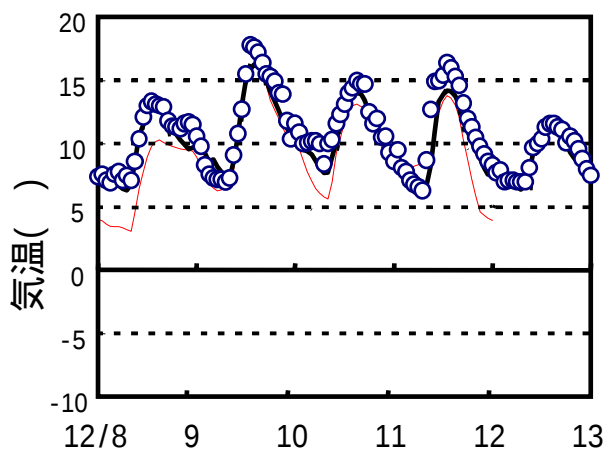
3-2-1 気象モデル結果の例

気象モデルRAMSの習得

人工排熱の考慮

- コンクリート・アスファルトの熱拡散係数・体積熱容量の考慮
- 日本に合う適切な土壌水分率の設定

東京の計算結果例(1999年12月8～10日) (○ 観測値 — JCAPP II — JCAPP I)



都市の再現性を向上

3-2-2 URM / CMAQ モデル構成

計算領域

Grid1: 東日本

Grid2: 関東圏

対象エピソード:

1999年12月6 ~ 11日

気象モデル: RAMSver4.3

エミッション:

G1: 全国二次メッシュデータ

G2: JCAP1データ

VOC、PM speciation は
JCAP1ベース、海塩は含まず

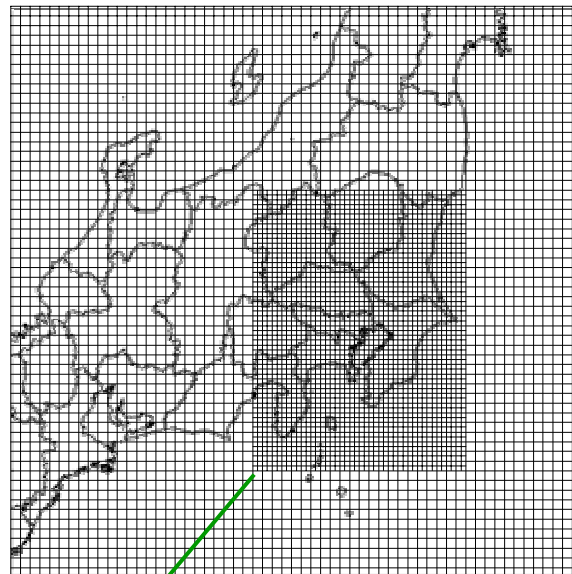
化学反応スキーム:

ガス: SAPRC99

粒子: ISOROPPIA

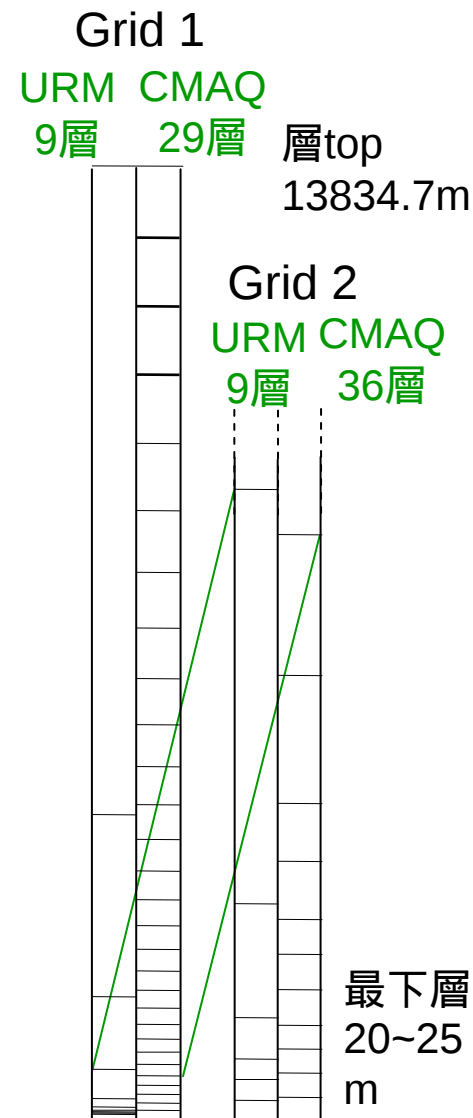
境界条件: JCAP I 観測値(海上境界濃度を全域に適用)

Grid1: 60 × 60 10 × 10km



Grid2: 48 × 60 5 × 5km

水平方向の構造

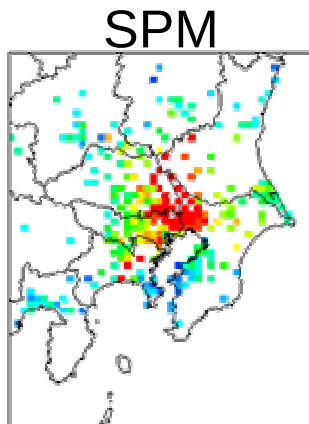
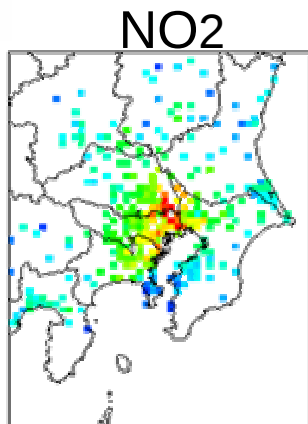


鉛直方向の構造

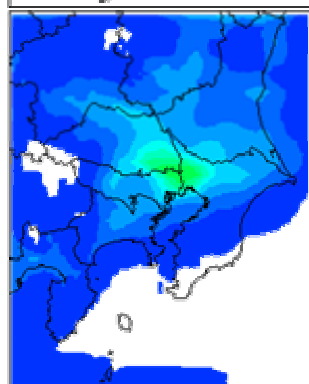
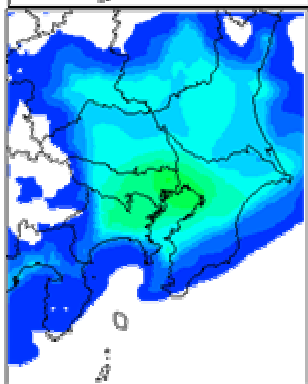
3-2-3 URM / CMAQ 計算結果例

'99年
12/10
21:00

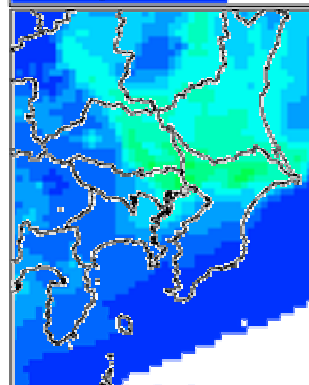
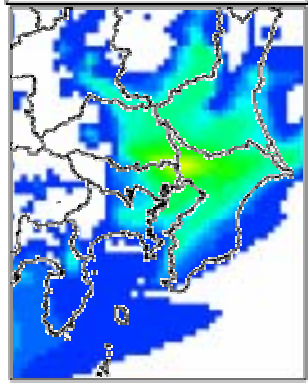
実測値



URM

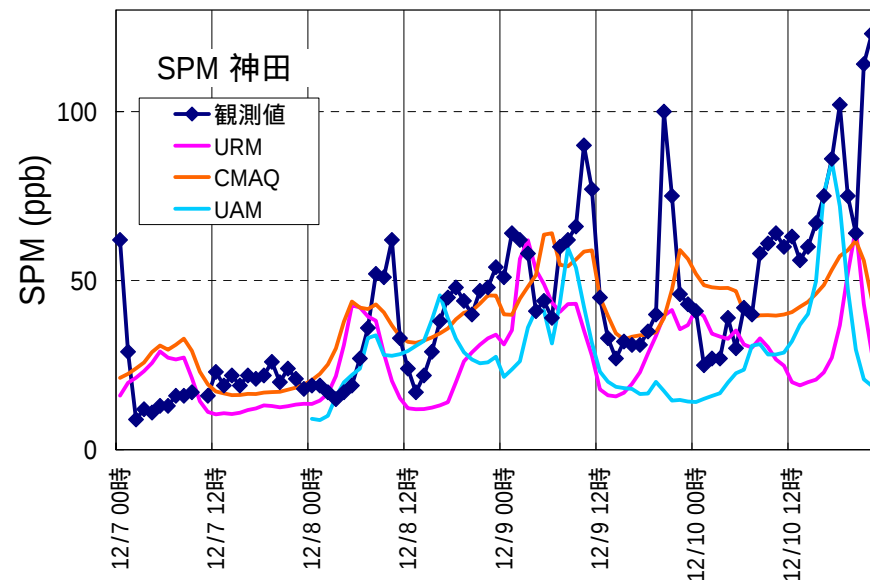
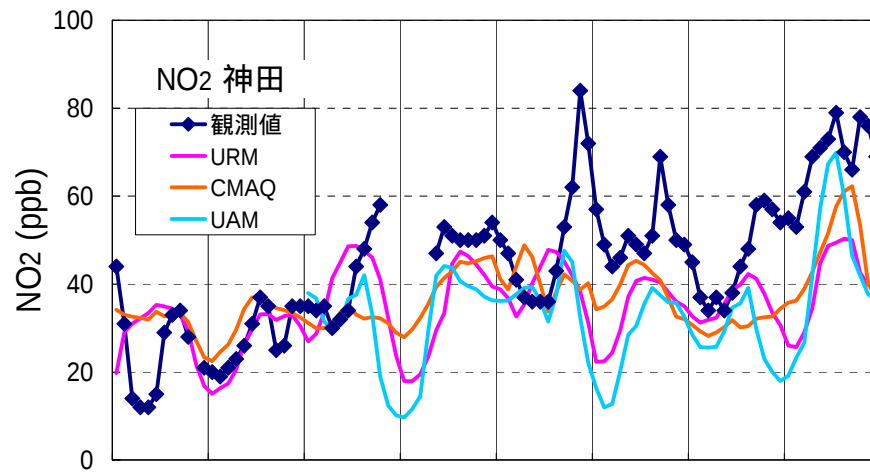


CMAQ



0 100 ppb

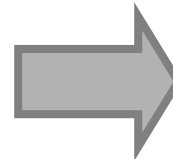
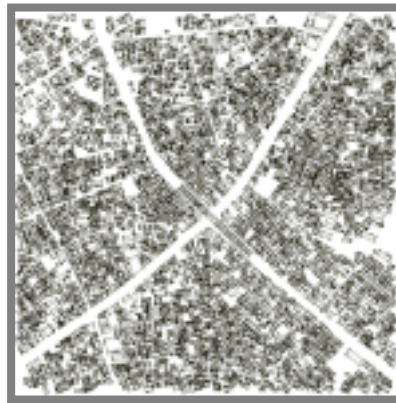
0 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



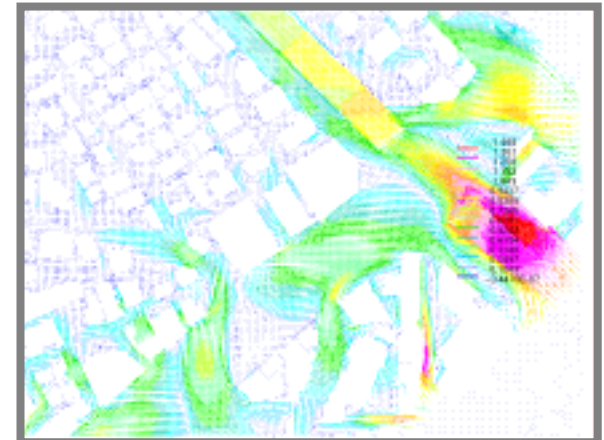
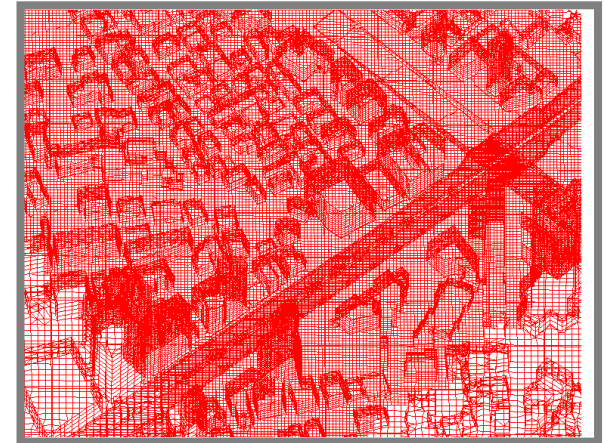
現状ではJCAP I モデルと
同程度の精度

3-2-4 沿道モデル

- 3次元地図データから、詳細な建物形状を考慮した非構造計算格子作成

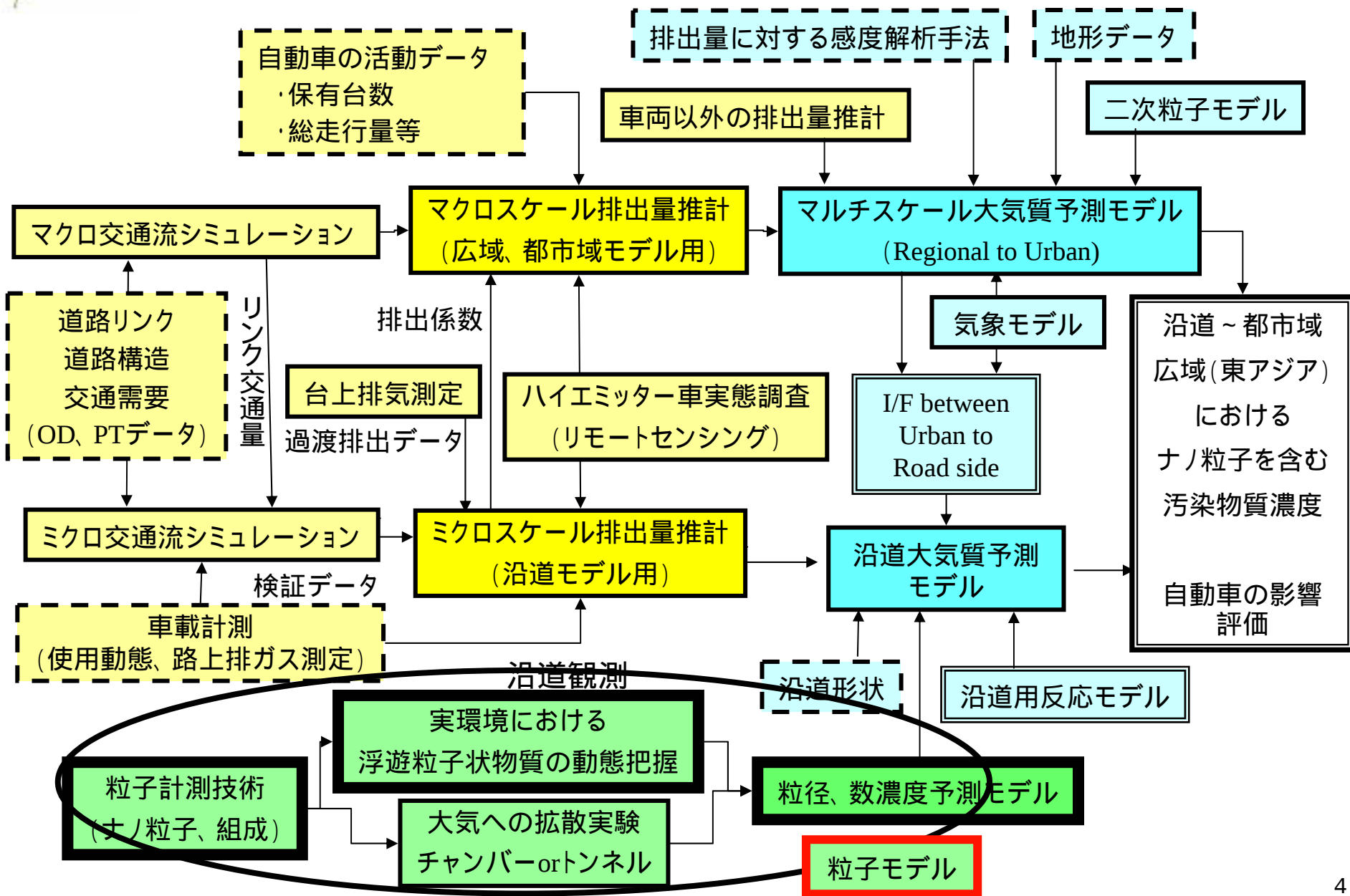


(最小グリッド幅2m)



- 気流計算に着手
(SSE, 2.2mの例)

3-3 粒子モデル報告概要



3-3-1 ナノ粒子モデルの概要

C: coagulation
D: deposition
N: nucleation
Cond: condensation
V: vaporization

(Roadside)

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \left(\frac{\partial N}{\partial t} \right)_C + \left(\frac{\partial N}{\partial t} \right)_D$$

(Urban area)

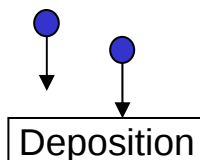
$$\frac{\partial N}{\partial t} = \left(\frac{\partial N}{\partial t} \right)_C + \left(\frac{\partial N}{\partial t} \right)_D + \left(\frac{\partial N}{\partial t} \right)_N$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = \left(\frac{\partial m}{\partial t} \right)_C + \left(\frac{\partial m}{\partial t} \right)_D + \left(\frac{\partial m}{\partial t} \right)_N + \left(\frac{\partial m}{\partial t} \right)_{\text{Cond/V}}$$



Initial
Conditions

Coagulation



Deposition

SOA model

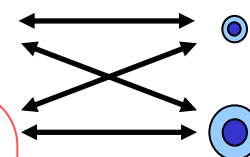
Condensation
Vaporization

Oxidation

VOC

Condensable SOA

SOA



ISORROPIA Equilibrium model

Secondary
Inorganic
Aerosol

Inorganic gas

SO₂

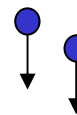
OH

H₂SO₄

H₂O

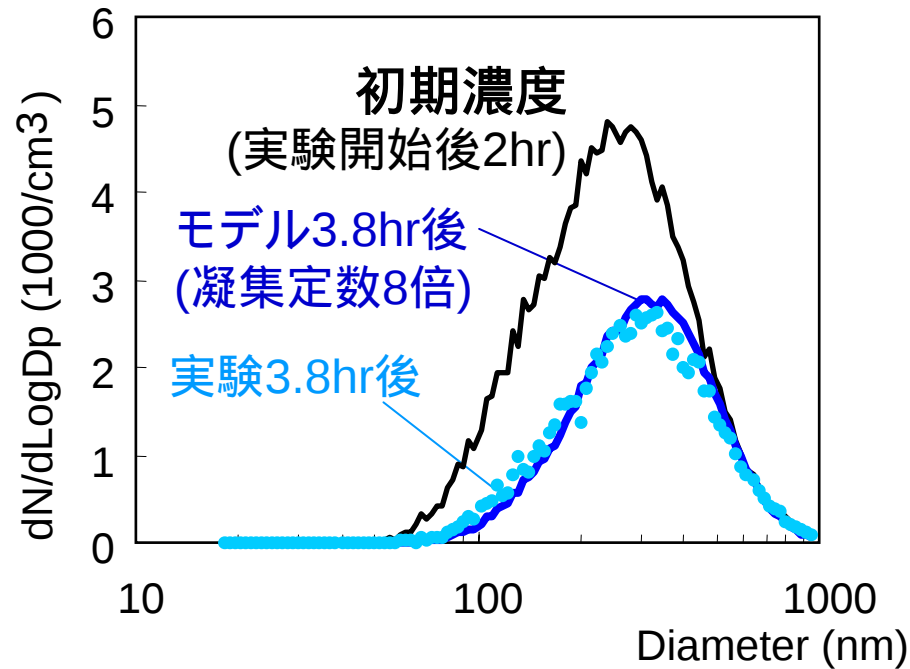
Nucleation

Coagulation



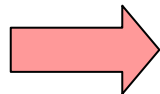
Deposition

3-3-2 ナノ粒子モデル検討結果の例



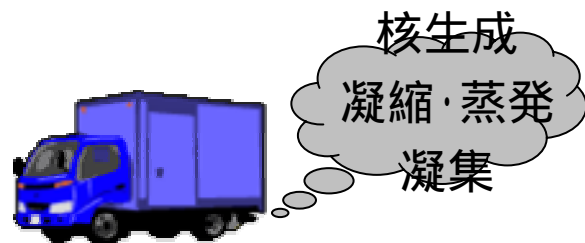
凝集モデル

…凝集速度定数7~8倍



測定の過大評価、モデルの過小評価の両面から要検討

3-3-3 沿道観測の概要

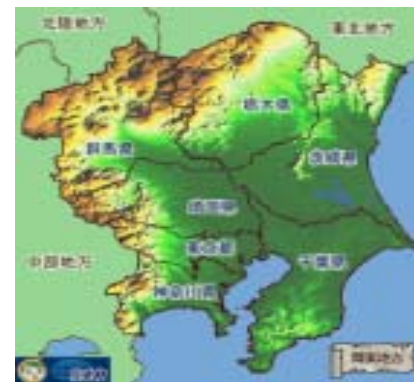


テールパイプ
粒子



凝集、沈着、
(核生成)、
(凝縮・蒸発)

沿道 広域



凝集、沈着
核生成、
凝縮・蒸発

実験実施

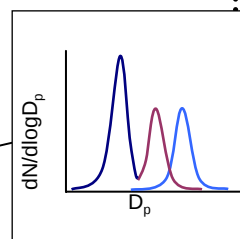
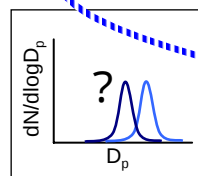
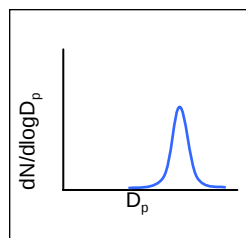
← 初期値を沿道観測により決定

結果解析

→ モデル化

風洞実験

数濃度
N



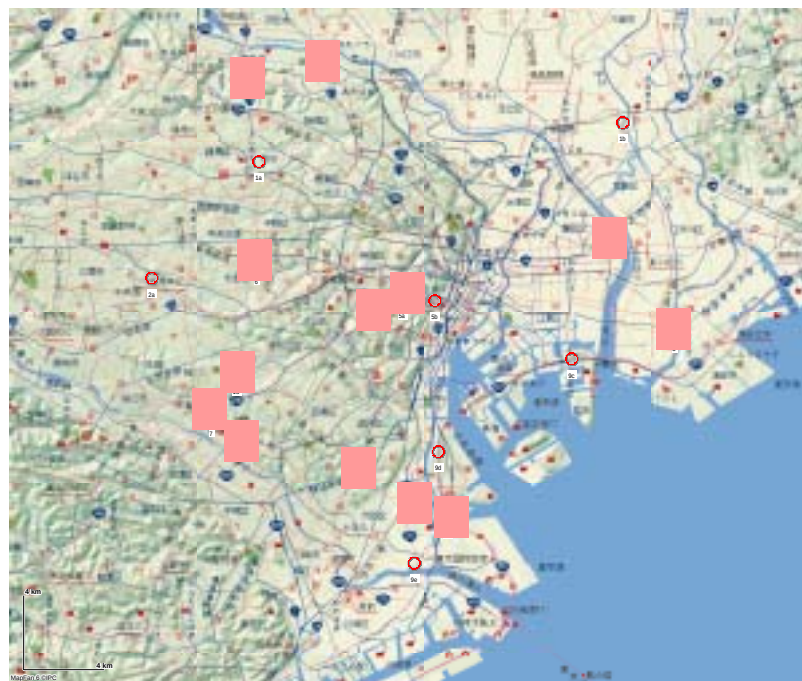
テールパイプ

歩道縁石

距離(または時間)

3-3-4 沿道観測結果の例 - 1 -

交通環境 ↔ 大気中粒子の粒径分布



交通量

大型車混入率

混雑時平均車速

をパラメータとして

→ 都内13地点を選定

粒径別粒子数測定装置(SPMS)
により、1カ所
2.5時間 × 1 ~ 3回の計測

ビデオカメラ

風向風速計

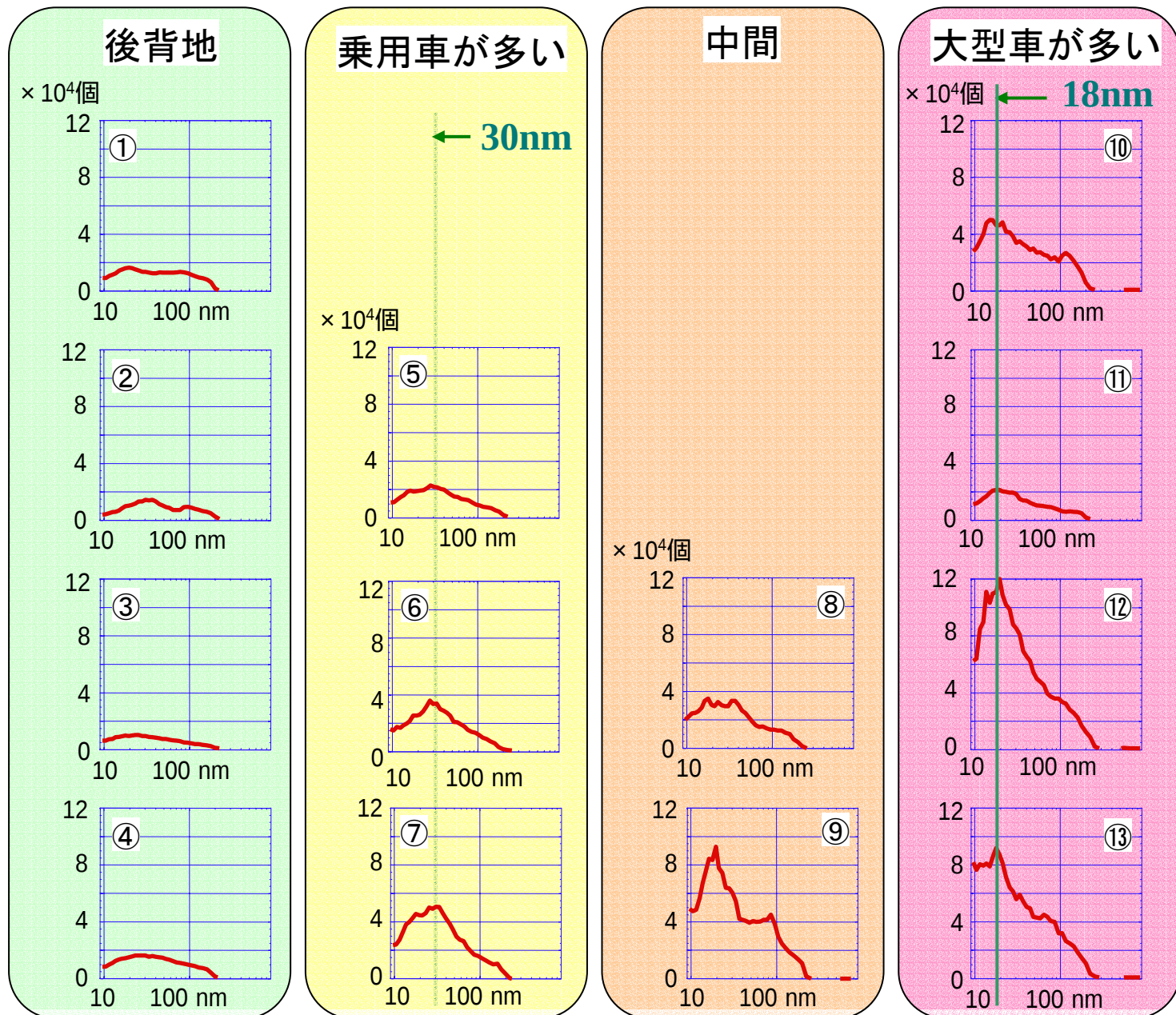
SMPSサンプリング口

温度湿度
センサ

観測車



3-3-5 沿道観測結果の例 - 2 -



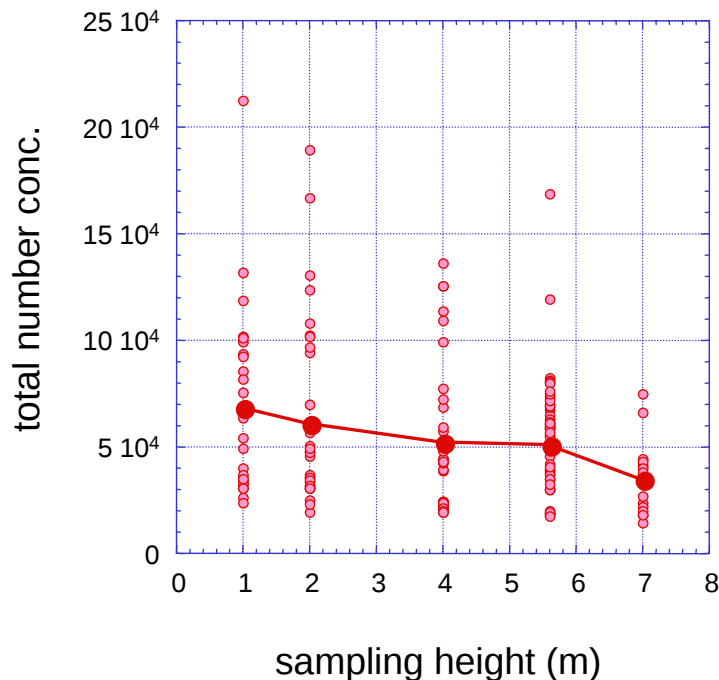
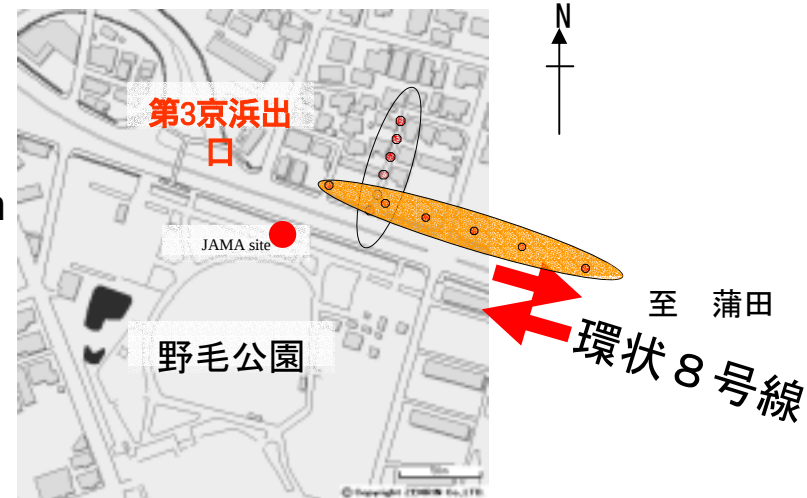
3-3-6 沿道観測結果の例 - 3 -

観測目的:

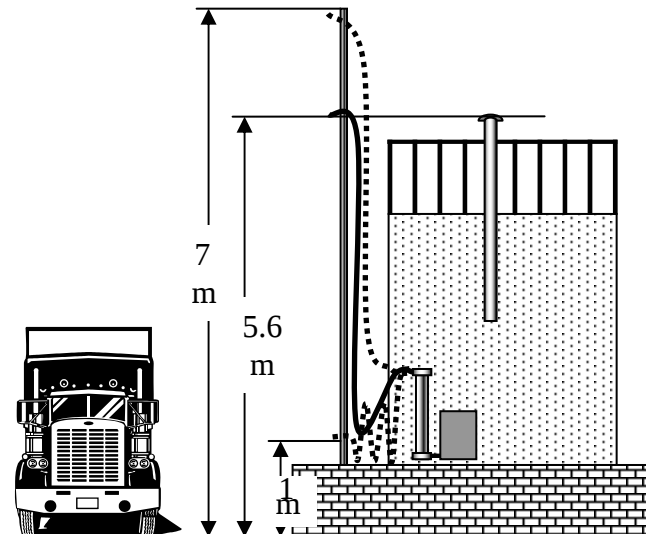
ナノ粒子モデル構築のための沿道境界条件設定

観測項目:

1. 鉛直プロファイル測定 高度1m, 2m, 4m, 5.6m, 7m
2. 交差点から道路方向に数濃度分布の変化
3. 沿道からの距離減衰測定

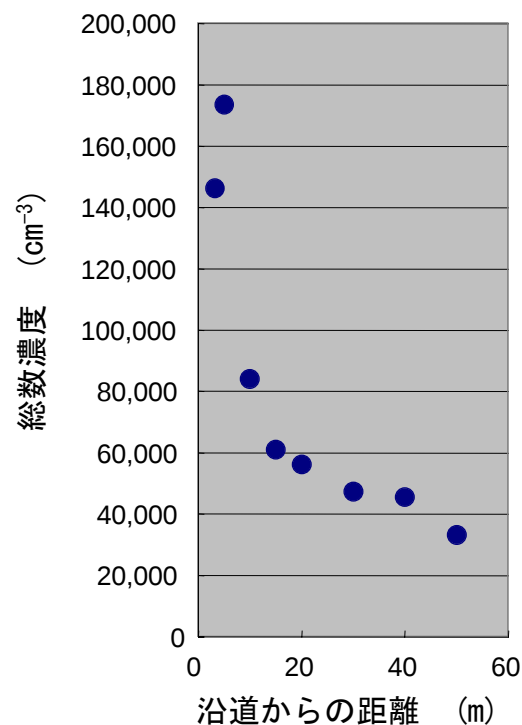


数濃度鉛直プロファイル

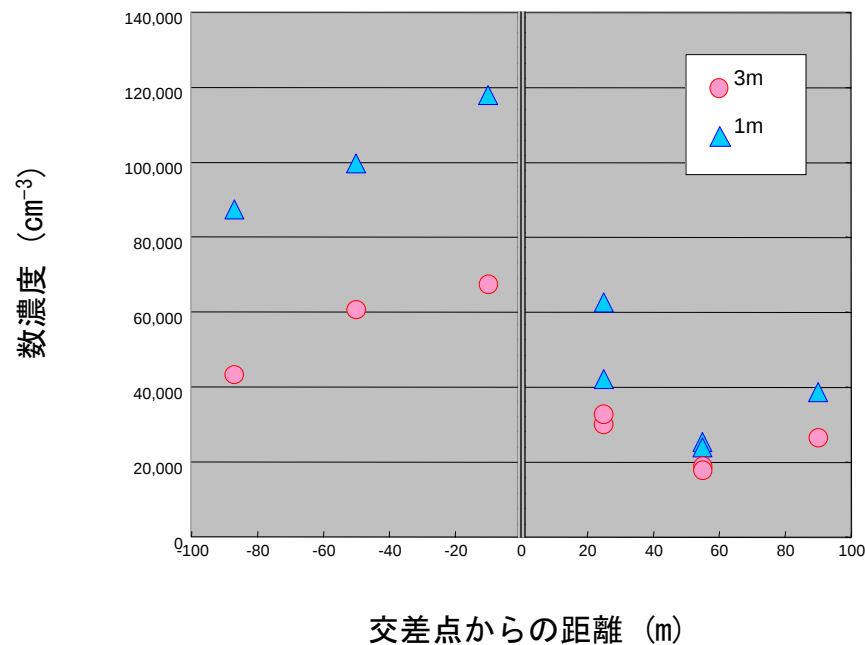
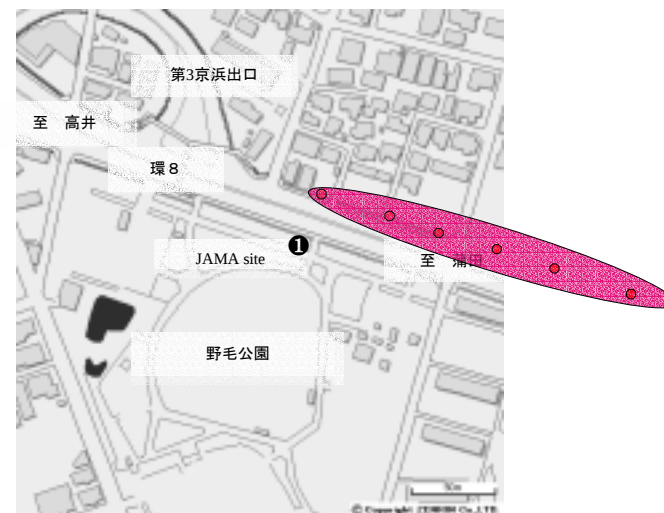


3-3-7 沿道観測結果の例 - 4 -

沿道距離減衰



交差点距離変化



エアロゾルの粒径と化学組成をリアルタイムで測定

1.粒子線形成

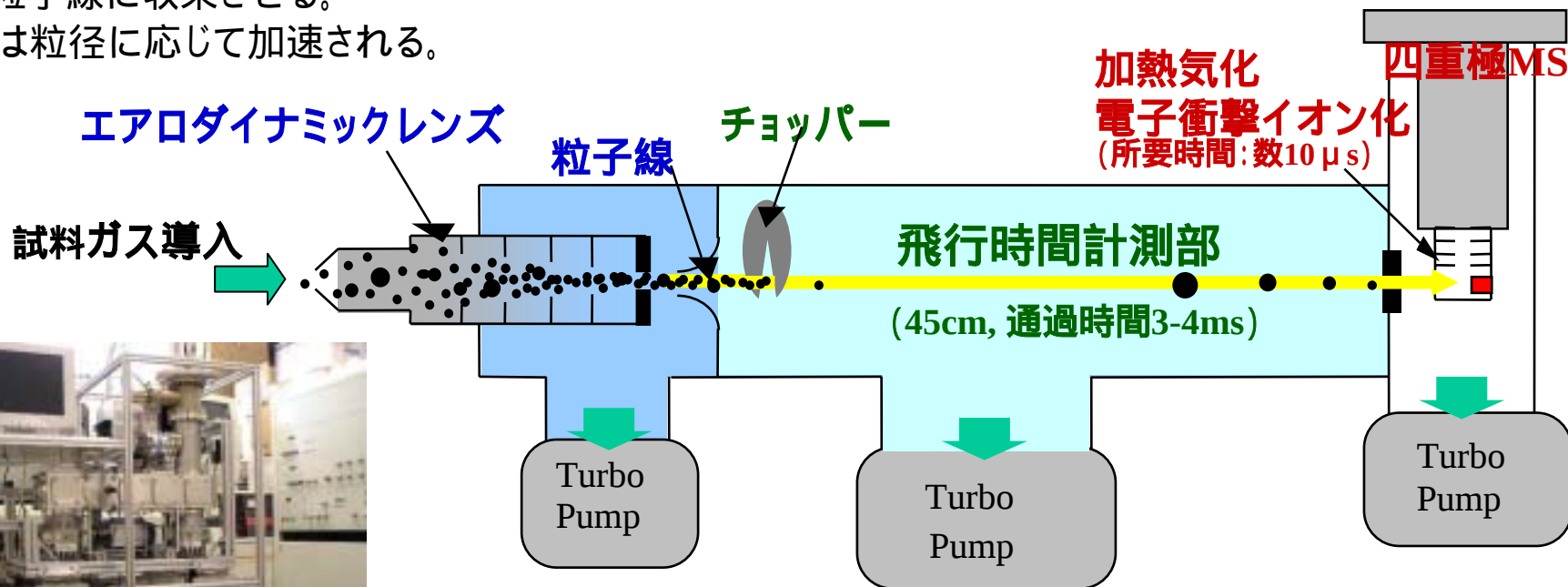
試料ガス中の粒子を
細い粒子線に収束させる。
粒子は粒径に応じて加速される。

2.飛行時間計測

粒子線をチョッパーで区切り
検出されるまでの時間を計測する。
粒径の小さいものほど飛行速度大。

3.成分分析(検出)

到達した粒子から放出される
イオン(予め選択)を検出。
飛行時間を参照して
粒径分布をイオン毎に求める。



粒子線を直接MSに導入し、粒子全体のMSスペクトルを得ることも可能(MSモード)

3-3-9 AMSの構成と測定原理-2-

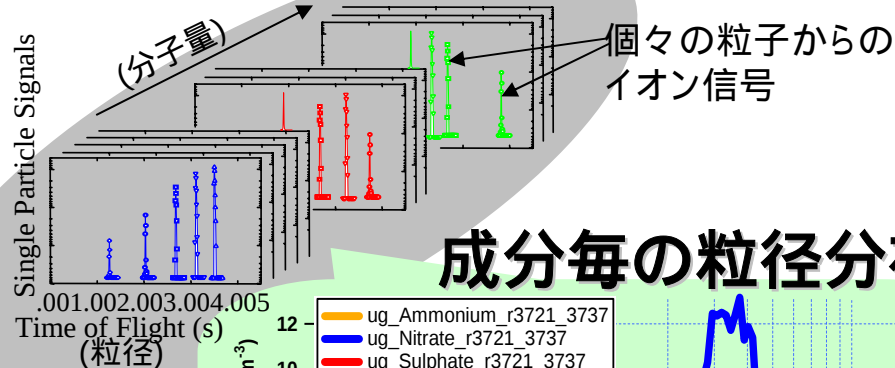
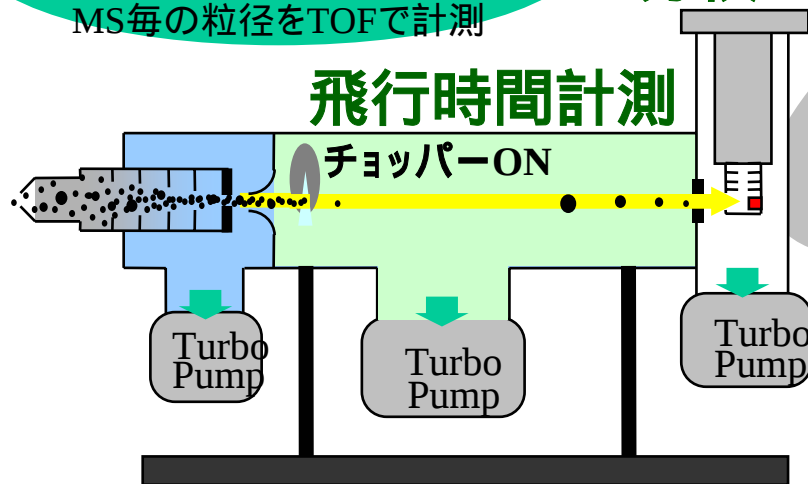
TOFモード

検出MSを固定、
MS毎の粒径をTOFで計測

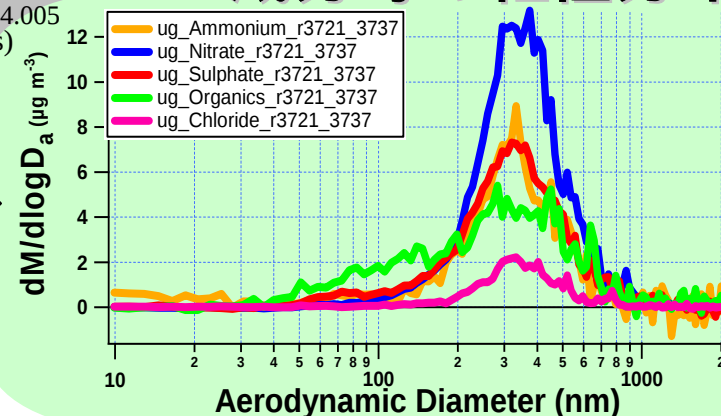
選択成分検出

飛行時間計測

チョッパーON



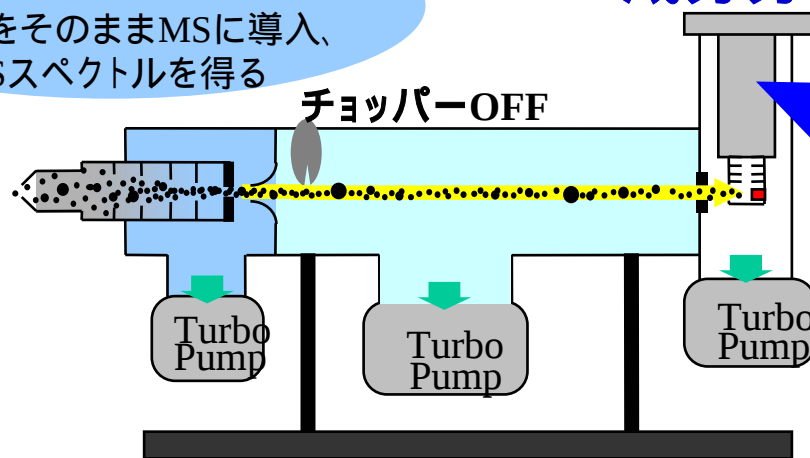
成分毎の粒径分布



MSモード

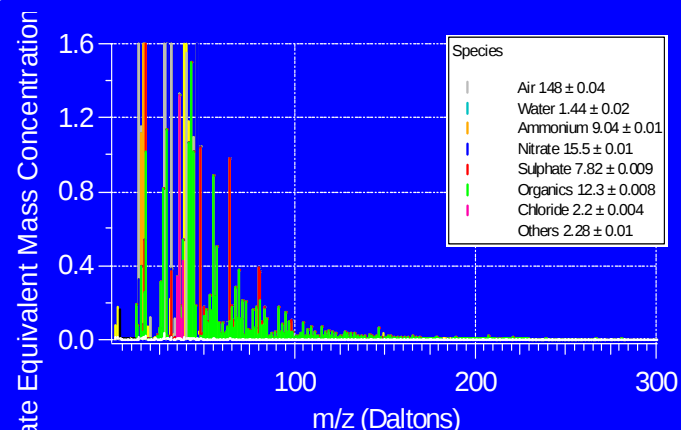
粒子線をそのままMSに導入、
MSスペクトルを得る

チョッパーOFF



成分分析

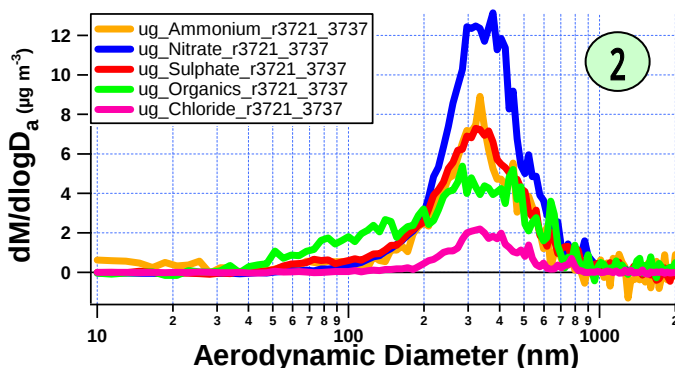
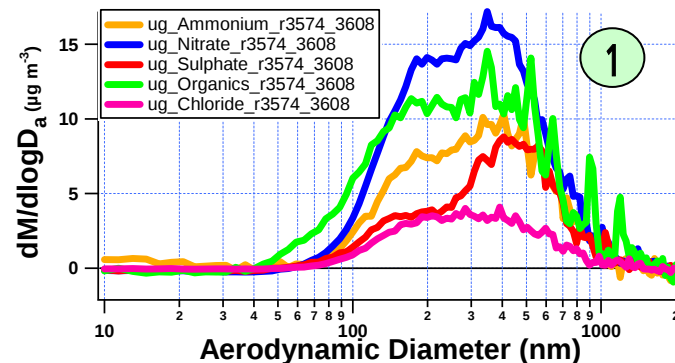
粒子全体のマスペクトル



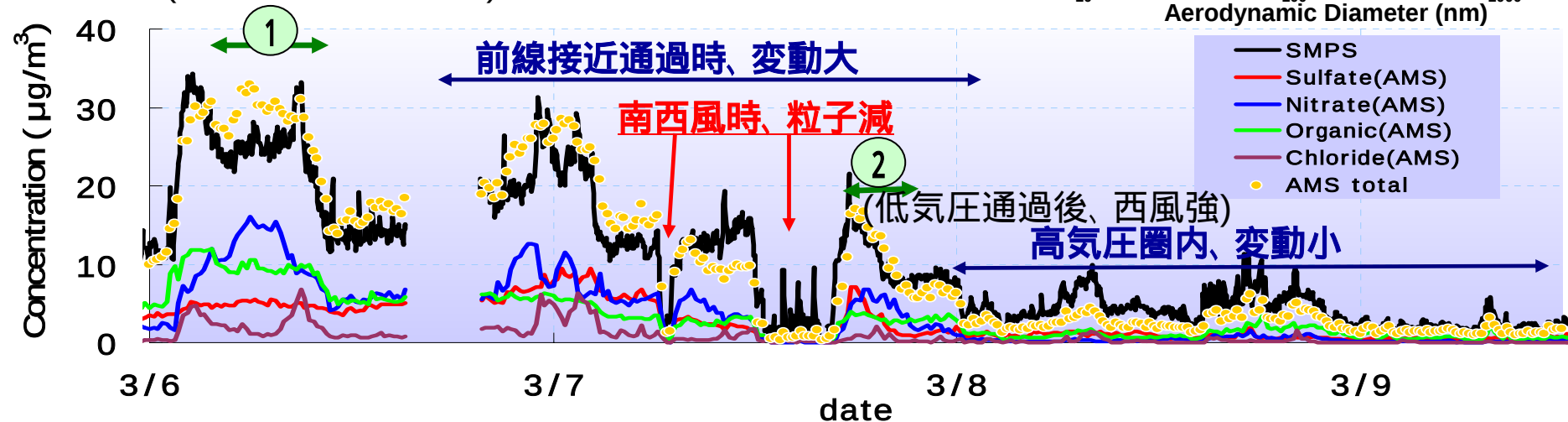
3-3-10 AMSによる大気観測結果の例

AMSによる大気連続観測の結果から、粒子生成・変化のメカニズムに関する研究への適用の可能性を見出した。

- ・AMS測定結果の変化はSMPS測定結果の変化と同傾向を示した(定量性は課題)。
- ・気象条件の変化に伴い、AMS測定値の顕著な変化が確認された。
- ・成分毎に濃度変化及び粒径分布の特徴に差が確認された。

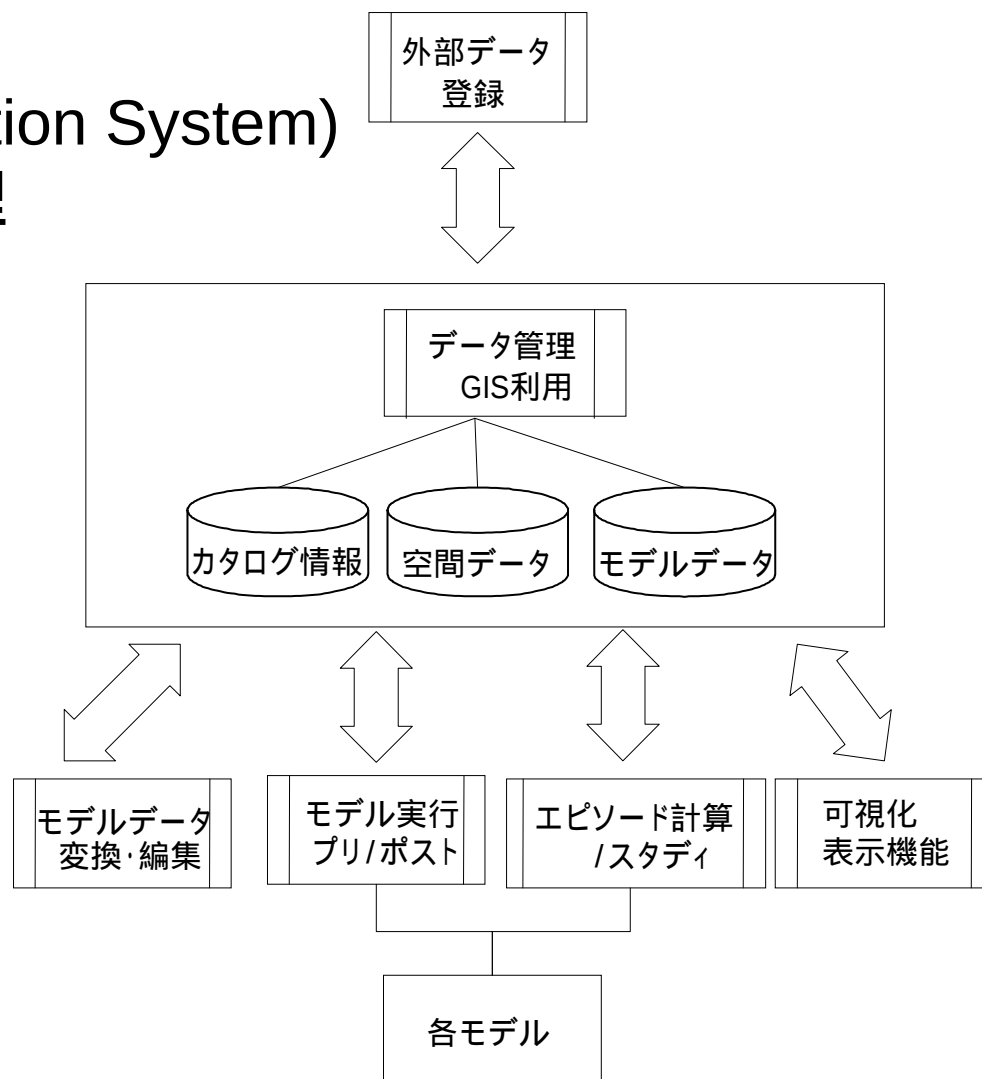


(高気圧中、北西風弱)



3-4 モデル統合化

- システム化の方針を決定
- GIS (Geographical Information System) を利用した空間データの管理
- 固定発生源排出量データを GISデータベースシステムとして構築
- H15年度開発予定 -
広域モデルデータ変換・編集システムの設計



- 公的機関との協力：環境省、国交省、警察庁、等
- 公的研究機関との交流：国環研、産総研、等
- 大学との共同研究：東工大、静岡大、中央大
- (外国大学との交流：Georgia Tech、UC Riverside、等)
- 諸外国研究機関との交流：EPA、JRC

4. まとめー現状の到達点と今後の課題ー

1. 3年間のモデル開発の半分が経過した時点で、ほぼ**予定通りの進捗**
2. **自動車排気データの蓄積**はJCAPが責任を全うする分野であり、今後ともデータの蓄積を継続
3. **大気モデル構築**には、さらに多くの研究資源投資が必要
4. **ナノ粒子モデル構築**に向けて、さらなる現状把握が基礎
5. ポスト新長期規制の動きがJCAPの計画より早く進行するため、今後**一層の研究の加速**が求められている
6. 完成されたモデルが広く活用されるためには、ユーザーフレンドリーなモデルにすることが重要であり、**統合システムの構築**が今後の重点課題のひとつ