

よりよい大気をめざして
自動車と燃料のさらなる挑戦

大気モデルWG報告

2000. 9. 25

JCAP大気モデルWG
山崎 哲

報告内容

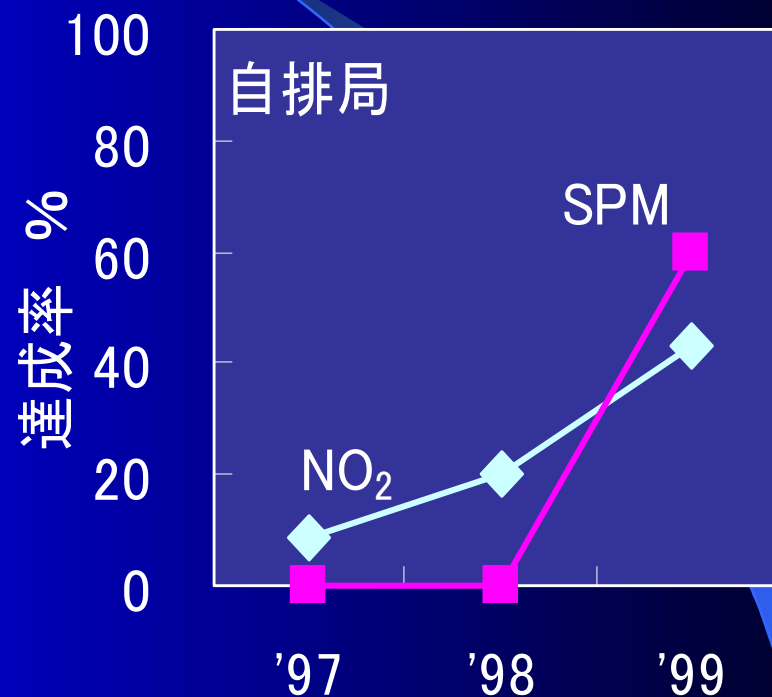
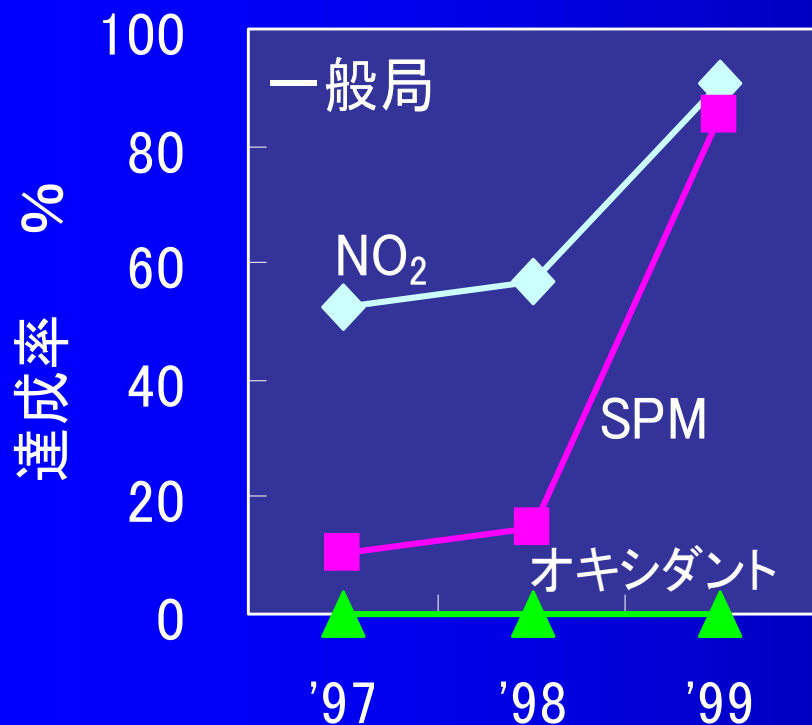
- 研究の目的
- 大気環境の現状と課題
- 大気モデルWGにおける研究の概要
- ディーゼル車PM対策の大気質改善効果評価

大気モデル研究の目的

自動車及び自動車以外の排出源からの総排出量の推計をベースに、大気モデルシミュレーションにより、排出ガス低減が大気環境におよぼす影響を解析し、各種大気環境改善施策の一助とする。

大気環境の現状と課題

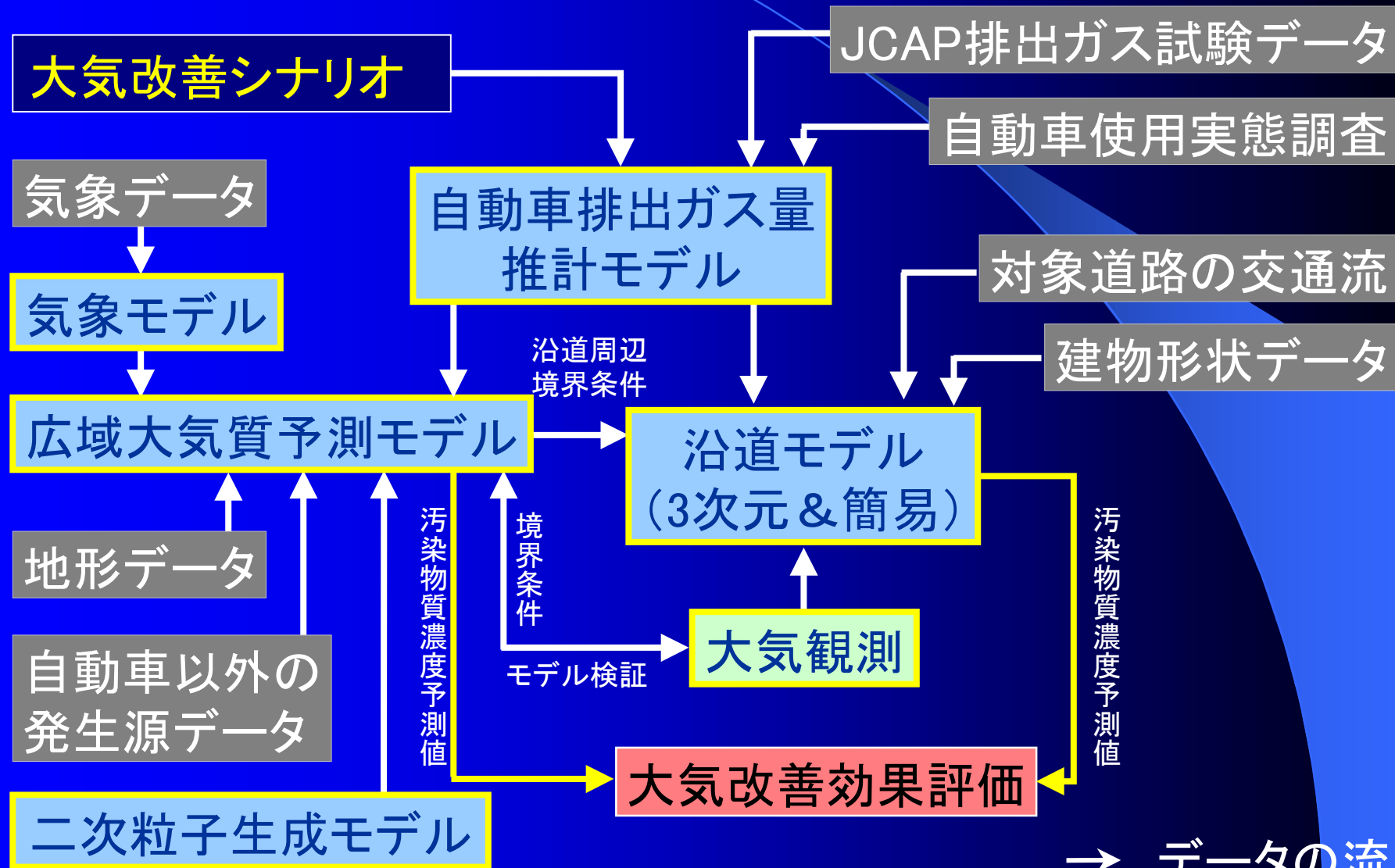
—都内における環境基準達成率—



都内の大気質は改善される傾向にあるが、沿道大気を中心にさらなる改善が望まれる

大気モデルWGにおける 研究の概要

大気モデルの全体構成



自動車排出ガス量推計モデルの開発

● JCAP推計モデルの特徴

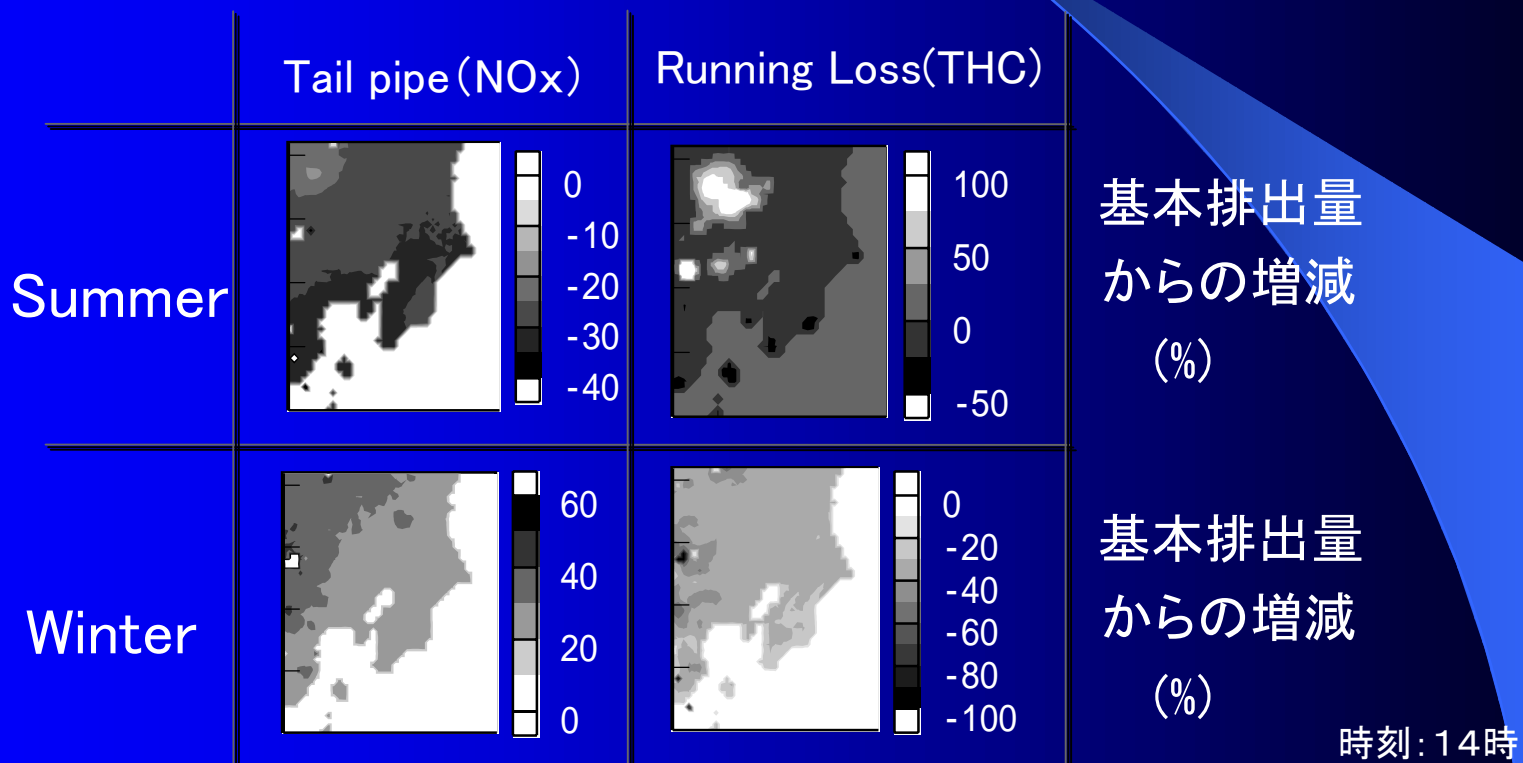
- これまで考慮されていなかった排出要因を考慮
 - 始動時の排出量
 - 燃料蒸発ガス
 - 排出量補正（温度、湿度、触媒の劣化等）
- 大気質予測モデルへの入力を考慮
 - 計算格子毎（約5.5km四方）の排出量を推計
 - 時間毎（1時間毎）の排出量を推計

● 開発状況

- モデルの基本ソフトウェアの開発を完了
- JCAP実験データをもとに各種補正係数等を設定中

排出量推計結果の例

対象排出要因: テールパイプ(ホット, 始動時), 蒸発ガス(Running Loss)
 温度補正、湿度補正、ソーク時間補正等を考慮した場合の試算例



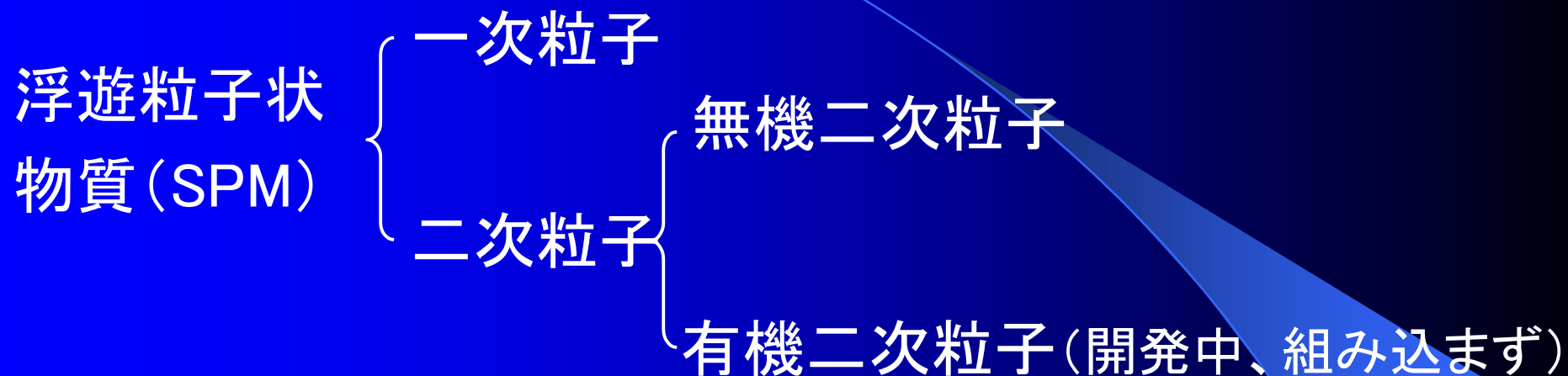
この試算例では、既存の補正係数 (TRIAS、米国EMFAC) を適用
 今後、JCAPガソリンWGの補正係数試験結果 (温度補正、ソーク時間補正等) を反映予定

3次元大気質予測モデルの開発状況

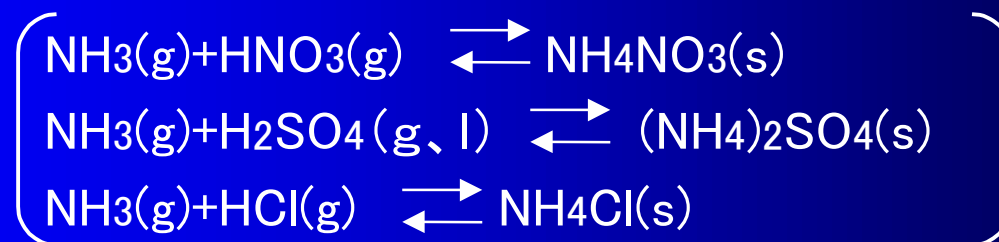
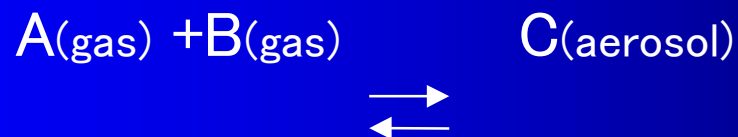


- 大気中における汚染物質の排出、移流拡散、化学反応による生成、沈着等の物理、化学現象を数値計算により予測
- 関東平野を対象に二次粒子を含む大気質予測が可能なモデルを開発中
- 現在、オゾン、NO₂、無機二次粒子までの予測が可能なレベルに到達

二次粒子を含むSPM濃度予測モデル

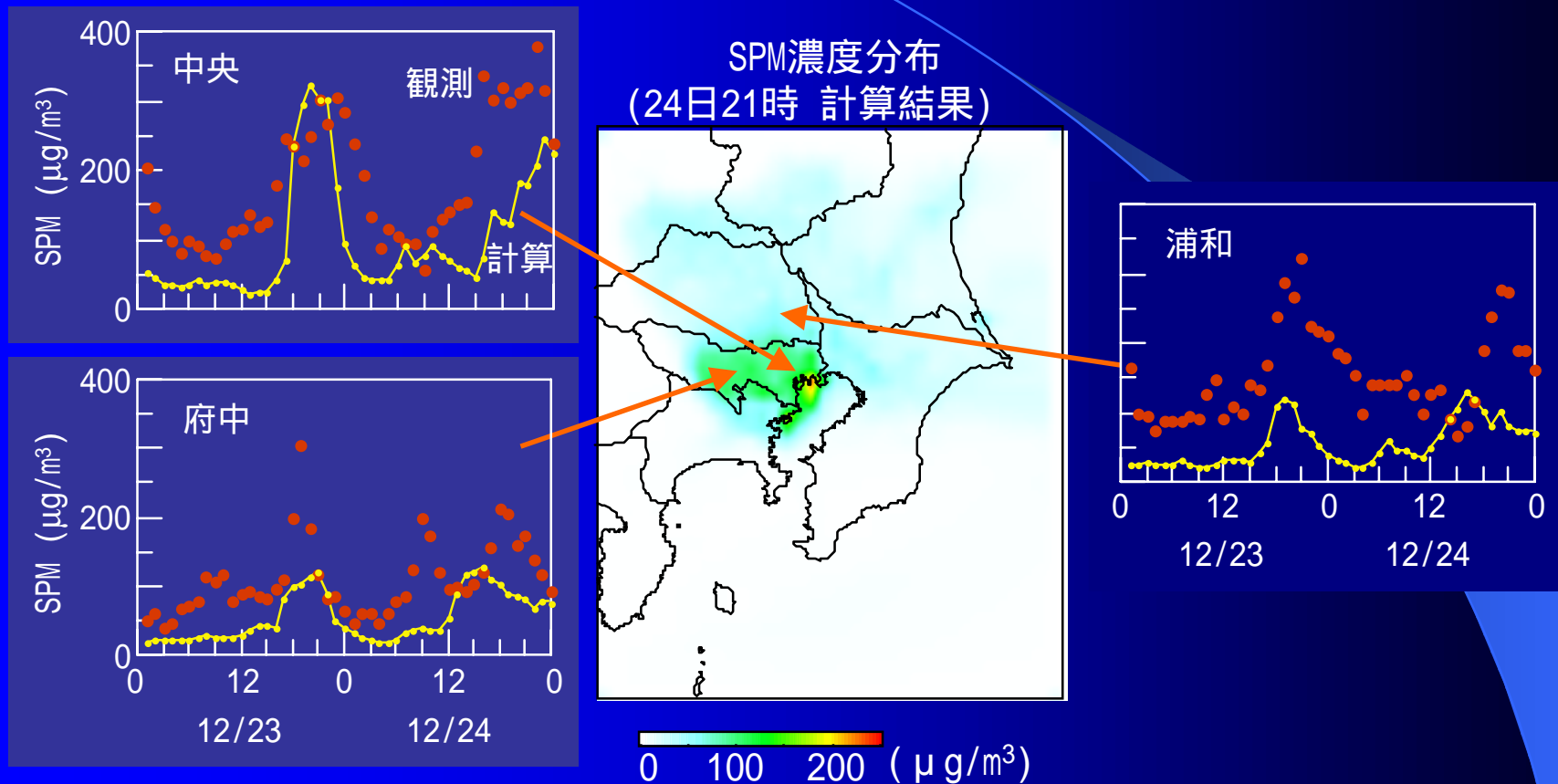


無機二次粒子モデル (気/固体平衡モデル)



化学平衡定数 $K = \alpha \exp\{\beta (T)\}$

二次粒子を含むSPM濃度予測例

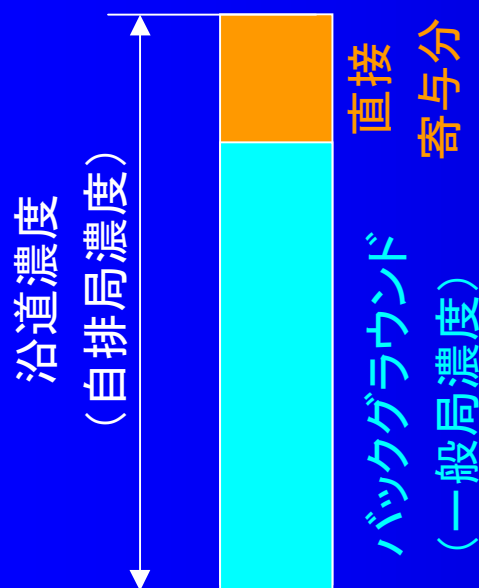


都心では観測値とおおよそ一致するも郊外では過小評価

沿道大気質の予測手法 一簡易手法

$$\text{沿道濃度 (自排局濃度)} = \text{バックグラウンド濃度 (一般局濃度)} + \text{道路を走行する自動車からの直接寄与分}$$

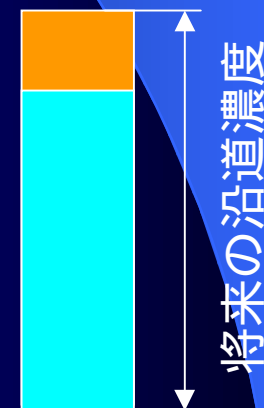
現況沿道濃度



将来の沿道濃度

直接排出寄与分の変化
= 自動車排出量の低減率に比例

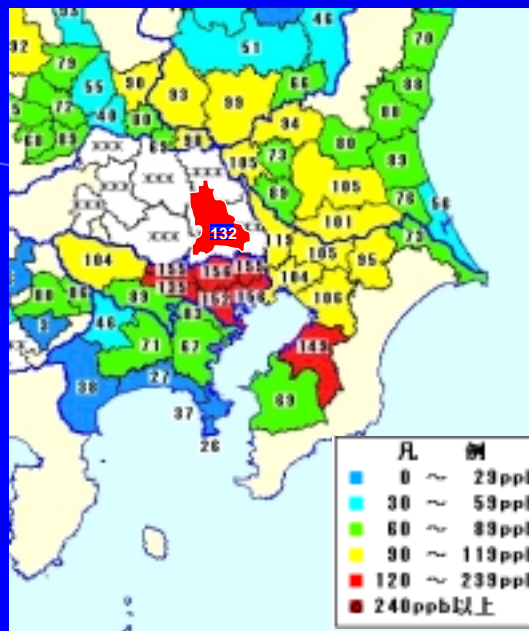
バックグラウンド濃度の低減量
= 広域大気モデルの結果を適用



大気観測

- 大気観測の目的
 - 大気質予測モデルの検証
 - 初期条件、境界条件データ等、大気モデル入力データの取得
- これまでに3回の観測を実施、現在解析中
 - 1999年夏期(広域観測、関東平野)
 - 1999年初冬期(広域観測、関東平野)
 - 2000年夏期(広域観測、関東平野)
 - 2000年初冬期(沿道観測を計画中)

2000年夏期大気観測例

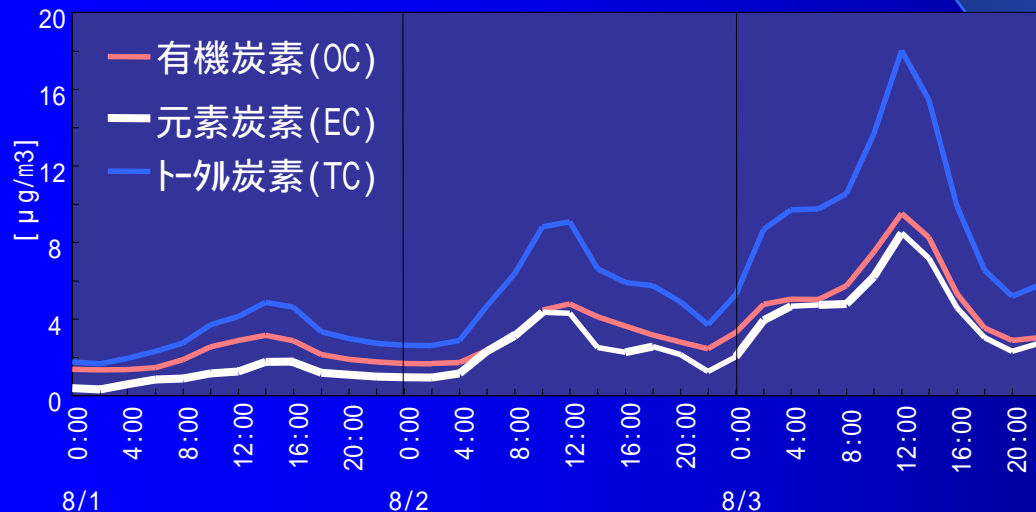


地上観測: 光化学オキシダント濃度

- 光化学スモッグ注意報が発令
- オキシダント・粒子状物質ともに高濃度時のデータが取得された

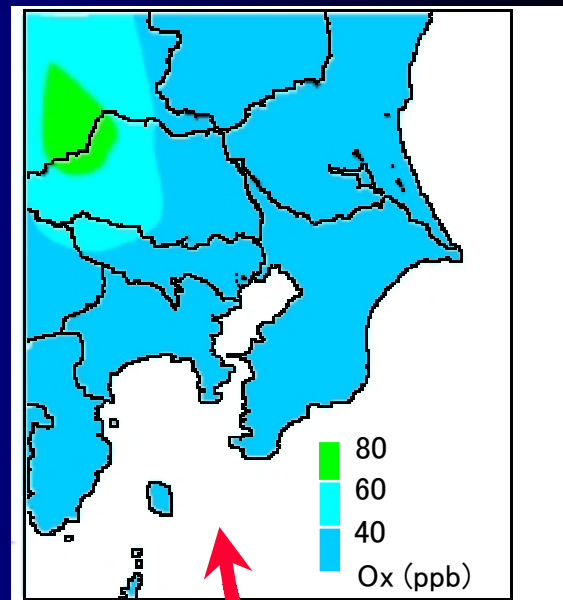


航空機観測: 視界の悪い上空



地上観測: 粒子中の炭素成分濃度

昨年度の夏期大気観測



- 内陸でも上空2000mまで強い南風が入り込み非常に清浄な大気状態
- 二次生成物の生成はわずか

ディーゼル車PM対策の大気質改善効果評価

今回は特に、

ディーゼル車からの排出ガスの低減が、大気中の浮遊粒子状物質（**SPM**）の濃度に及ぼす効果

に主眼を置き、解析を実施した。

今回のディーゼル車PM対策効果の評価内容

- 排出量低減効果の評価
 - JCAP自動車排出量推計モデルにより推計
- 広域大気質の改善効果評価
 - 3次元大気質予測モデルにより無機二次粒子を含むSPM濃度を予測
- 沿道大気質の改善効果予測
 - 簡易手法により沿道大気のSPM濃度を予測

評価対象としたディーゼル車対策ケース

	ケース名	元年以前	短期	長期	新短期	新長期
1	1994年	参考				
2	2000年	基準(推計値)				
3	2005年 (自然代替)	最新規制車に自然代替				
4	対策組合せA	長期車へ代替	DPF後付(70%)	自然代替	新長期レベル	
5	対策組合せB	長期車へ代替	酸化触媒(50%)	自然代替	新長期レベル	
6	DPF後付A	DPF後付(70%)			新長期レベル	
7	DPF後付B	DPF後付(85%)				
8	新長期規制車 に代替					全て 新長期

* 3~8の評価対象年は2005年、()内はPM除去率

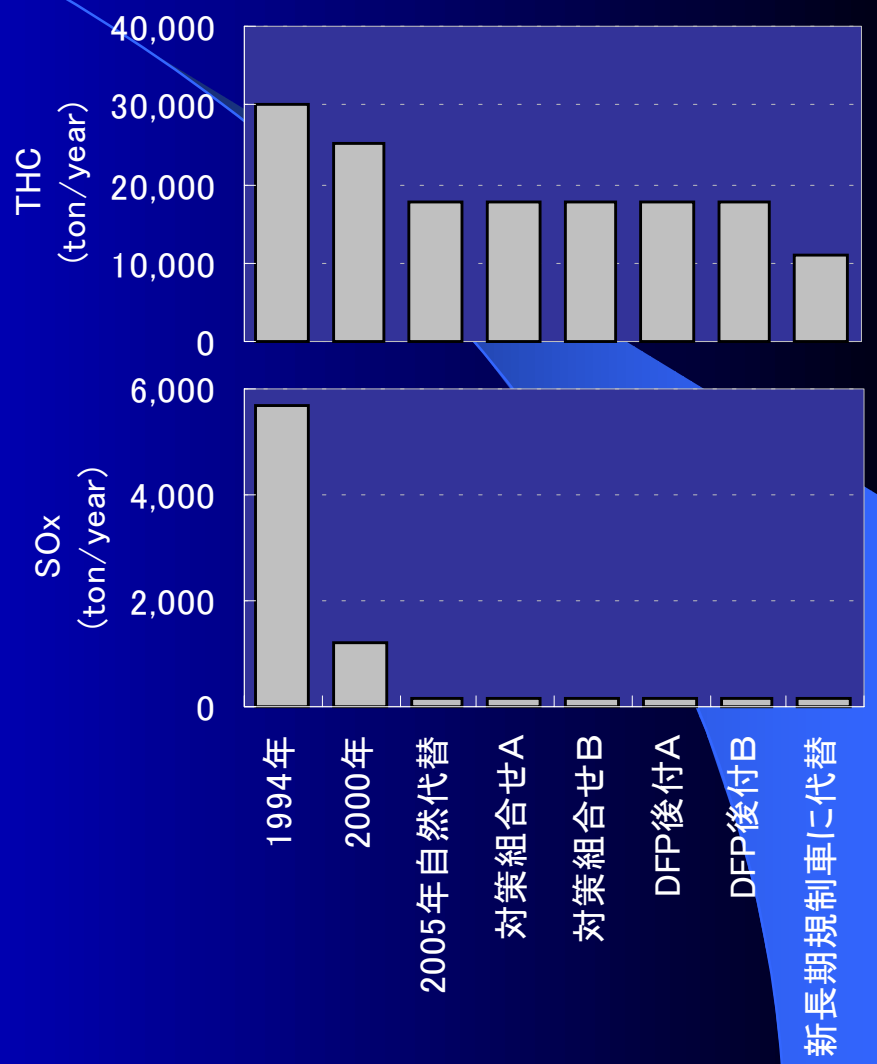
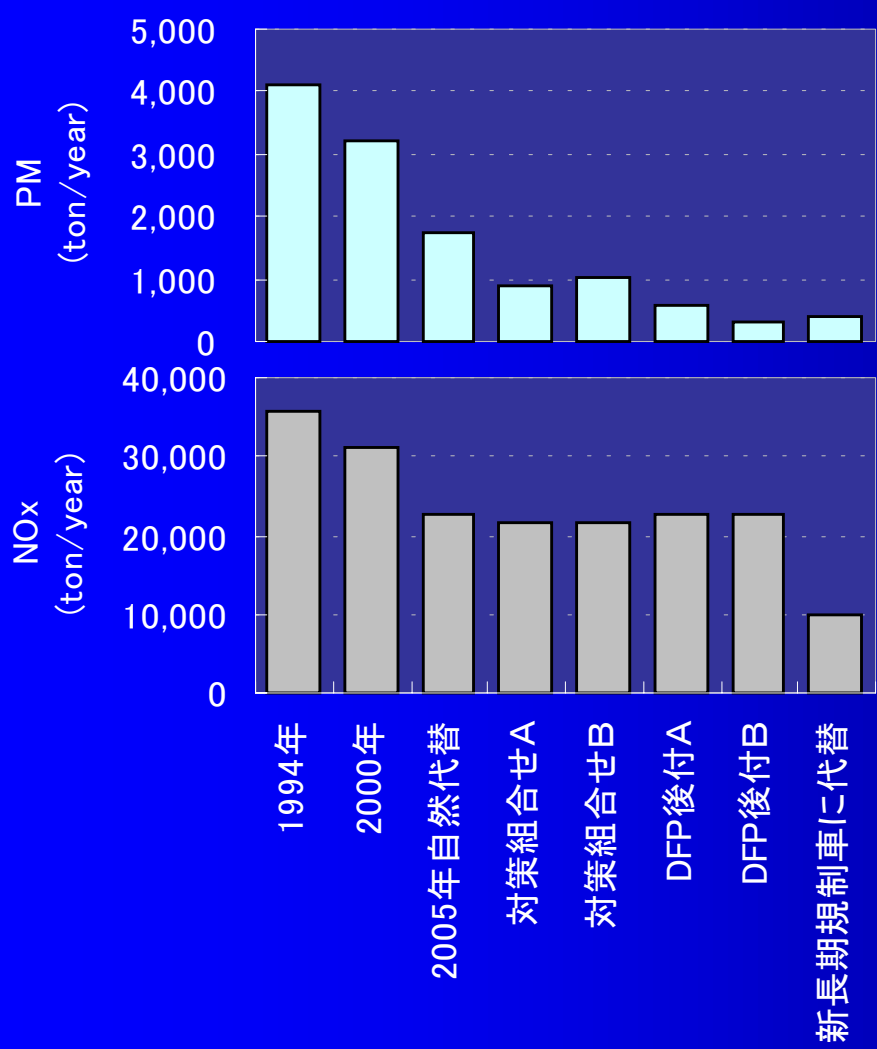
自動車排出量推計の前提条件

$$\text{排出量} = \text{車種別年式別排出係数} \times \text{車種別年式別走行量}$$

- 排出係数 (g/km/台)
 - 平成元年規制車 (短期規制車の一部) : 環境庁排出原単位
 - 平成元年以降の車両 : 元年規制車の排出係数 × 規制値の低減率
 - 巻き上げ, タイヤ磨耗排出係数 : SPM汚染予測マニュアル (環境庁)
- 走行量 (台・km)

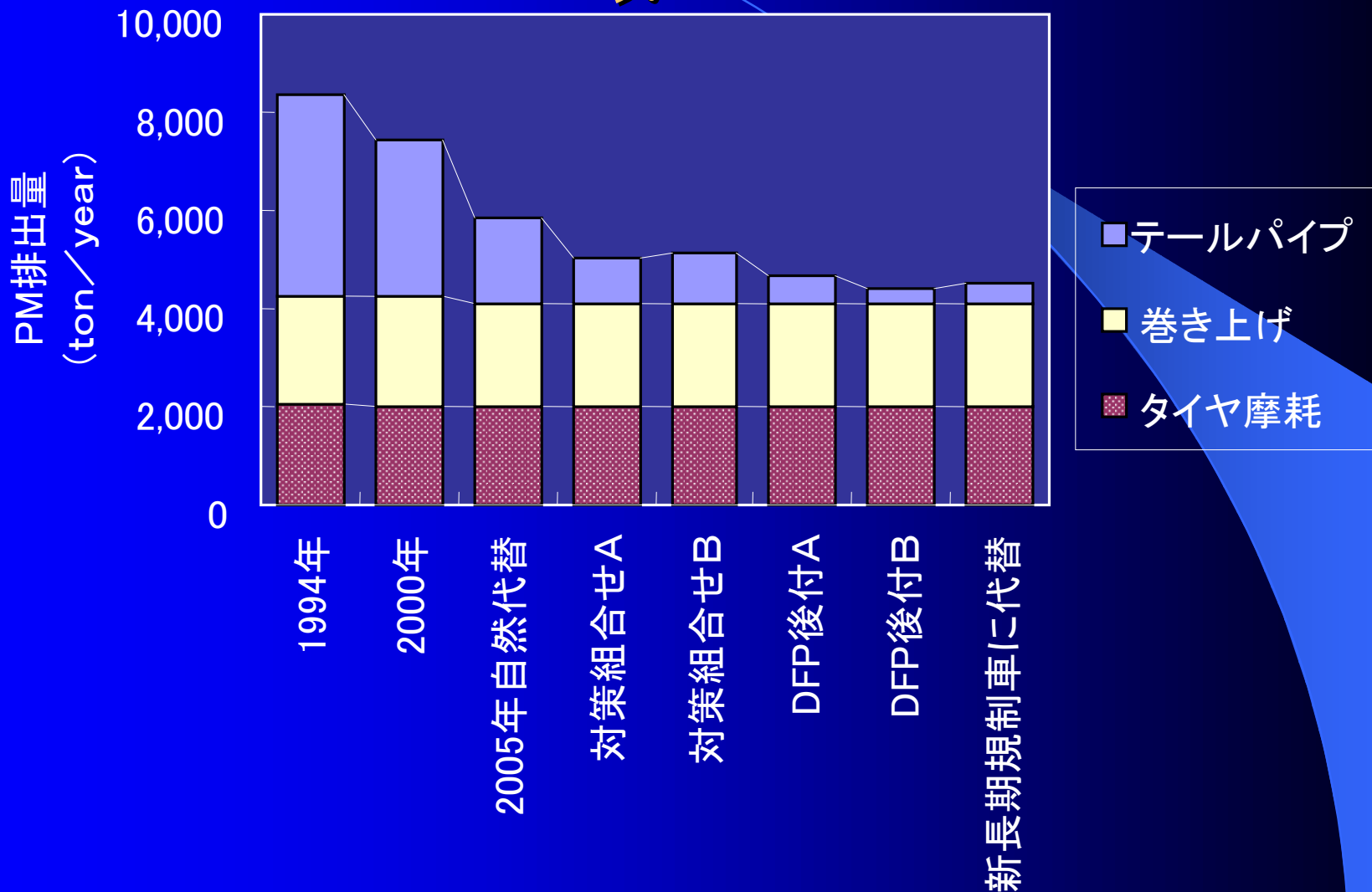
JCAP将来交通流予測調査データ (1988年, 2020年) と交通センサスデータ (1994年, 1997年) を用いて2000年, 2005年を推定
- 軽油の硫黄分規格
 - 1994年 0.2 %
 - 2000年 0.05 %
 - 2005年 50 ppm (想定)

テールパイプ排出量の削減効果 一都内全域



排出量の変化分には、ガソリン車の自然代替分の削減量を含む

自動車からの全PM排出量 - 都内全域 -



巻き上げ, タイヤ摩耗の排出係数: 浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル(環境庁)の値を採用

まとめ(1) —排出量推計結果—

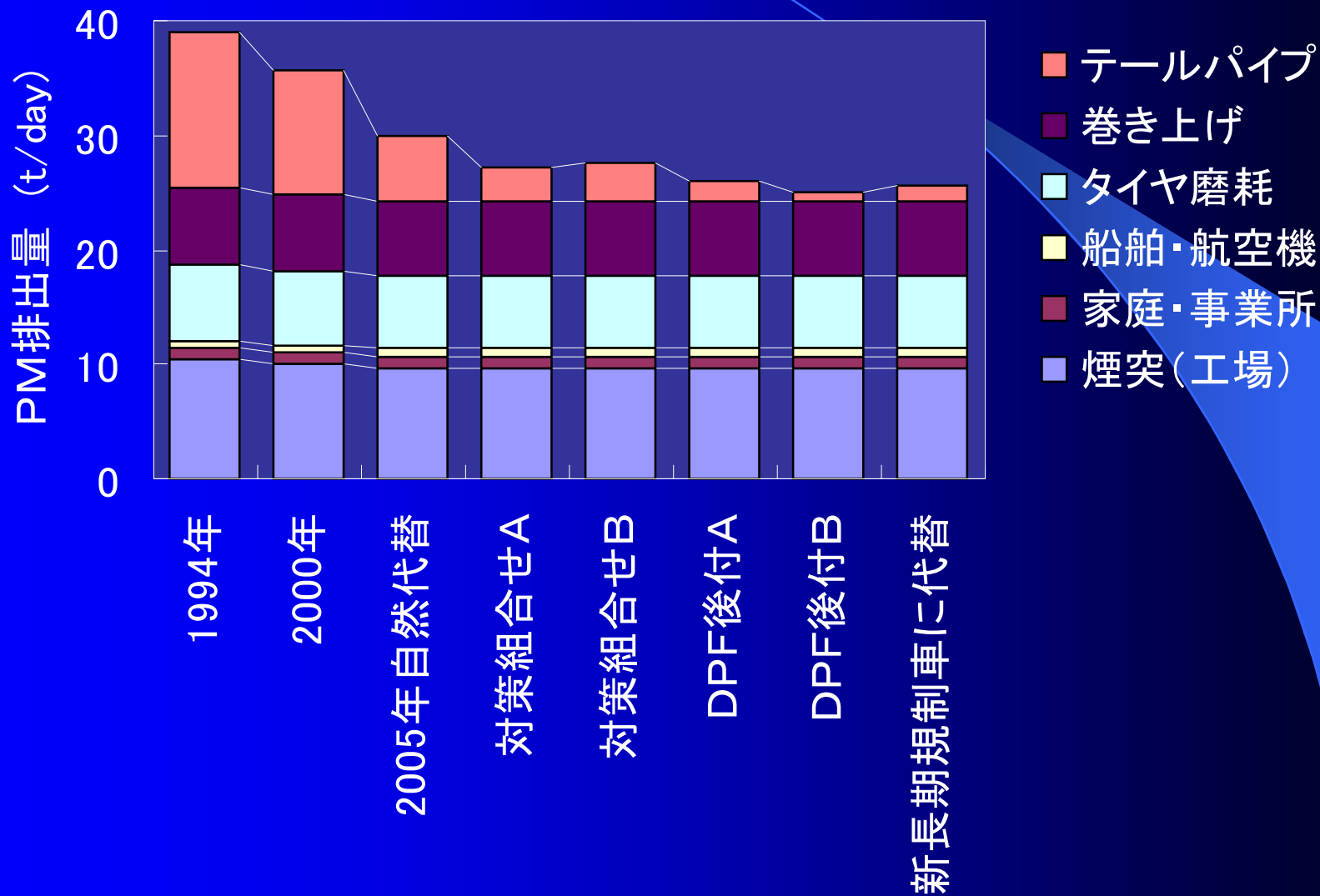
2005年の東京都内の自動車からの排出量

- テールパイプからのPM排出量
 - 自然代替ケース : 2000年比54%に低減
 - 各種対策ケース : 更に半減し、2000年比1/3以下に低減
 - テールパイプに比べて、タイヤ磨耗、巻き上げの影響が大きい
 - 全てのディーゼル車にDPFを後付けしたケースが最も削減量大きい
 - 現実的には、各対策間で効果に大きな差はないと考えられる
- HC、NO_x排出量
 - 全車を新長期対応車に置き換えない限りは、自然代替と比較して、各種対策を講じても低減効果に差は生じない
- SO_x排出量
 - 軽油中の硫黄分に比例して減少

広域大気質 (SPM) の予測—計算条件—

- 無機二次粒子を含むSPM濃度の予測を実施
- 大気シミュレーションモデル
 - CIT Airshed Model
 - 光化学反応モデル: SAPRC90
 - 無機二次粒子モデル: SCAPE2 (気/固体平衡モデル)
- 計算条件
 - 計算対象地域: 関東平野
 - 気象条件: 1994年12月23~25日 (高濃度SPMの気象条件を使用)
 - 排出量データ:
 - 自動車以外: 1994と2010年の推計データから2000と2005年を内挿
 - 自動車排出量: JCAP独自開発の推計モデルを用いて算出

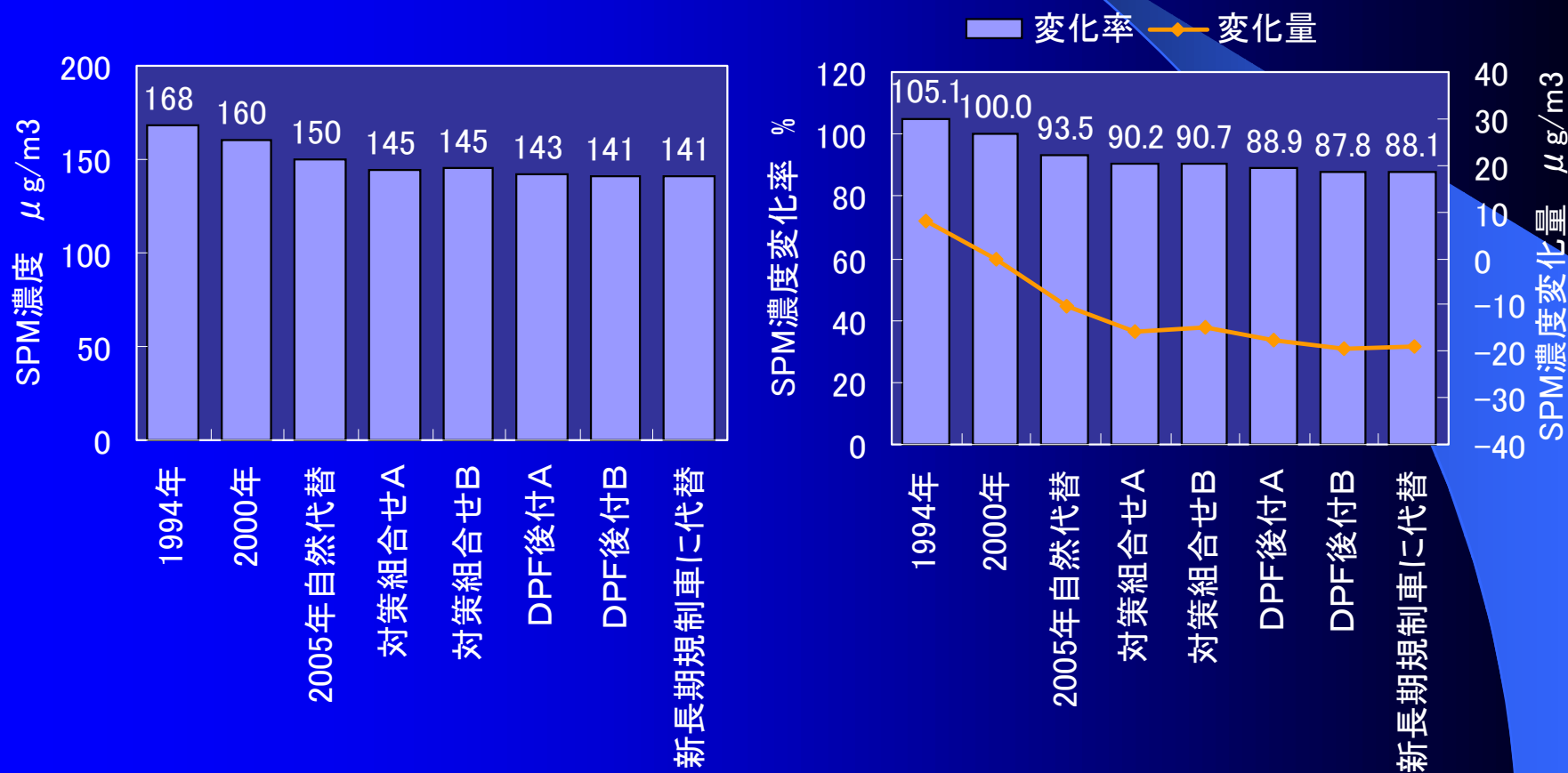
各種発生源からのPM排出量 — 都内全域 —



ディーゼル車対策によるSPM濃度の改善

都内23区24時間平均SPM濃度

SPM濃度 = 1994観測濃度 - 変化量(モデル計算結果)



計算対象日: 1994年12月24日(高濃度SPM出現日)

まとめ(2) - 広域大気質への影響 -

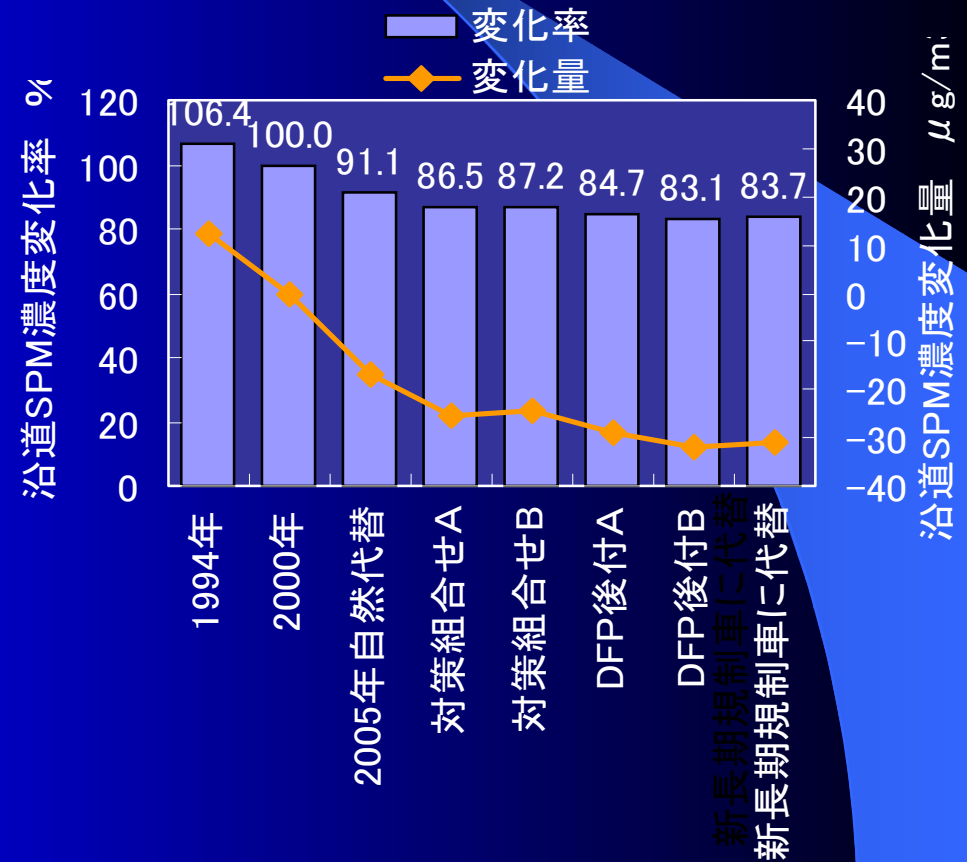
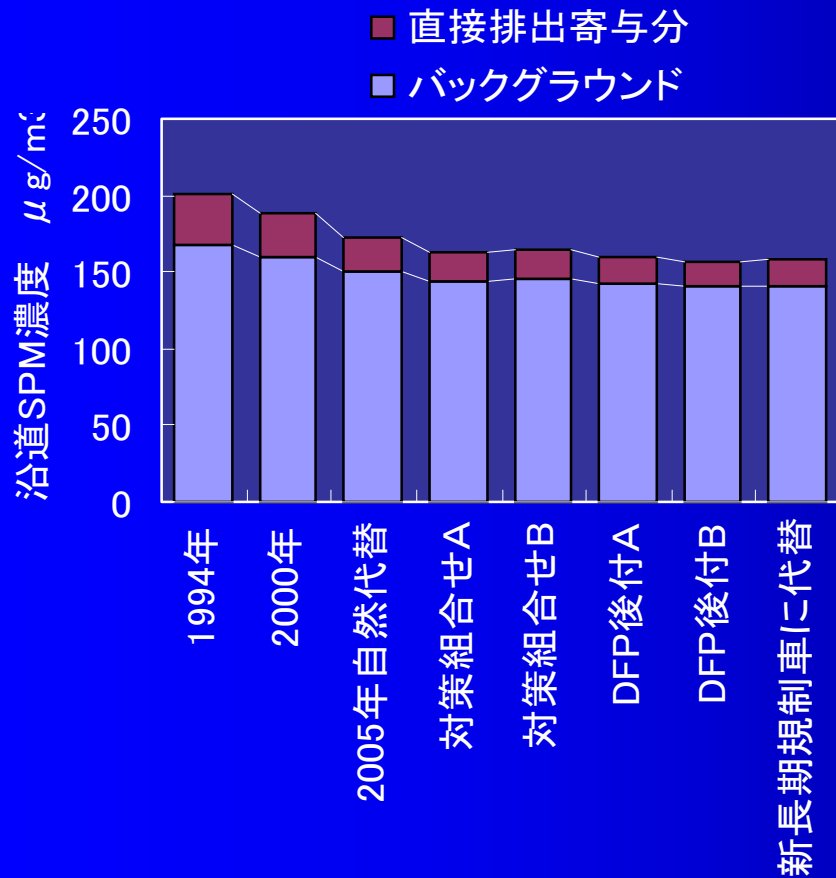
2005年のSPM高濃度条件下における広域大気質への影響

- 広域大気中SPM濃度(都内23区平均)
 - 自然代替ケース 2000年比7%低減
 - 各種対策ケース 最大で2000年比13%程度の低減
- 各低減対策のSPM濃度低減効果
 - テールパイプのPM排出量は1/3以下に低減されるが、高濃度条件下におけるSPM濃度の低減率は2000年比10%前後と排出量低減率に比べて小さい
- 今後の課題
 - テールパイプの排出量を削減していくと、固定発生源等の寄与率が高くなり、包括的な対策が重要と考えられる

ディーゼル車対策による沿道SPM濃度の改善 —東京23区内平均—

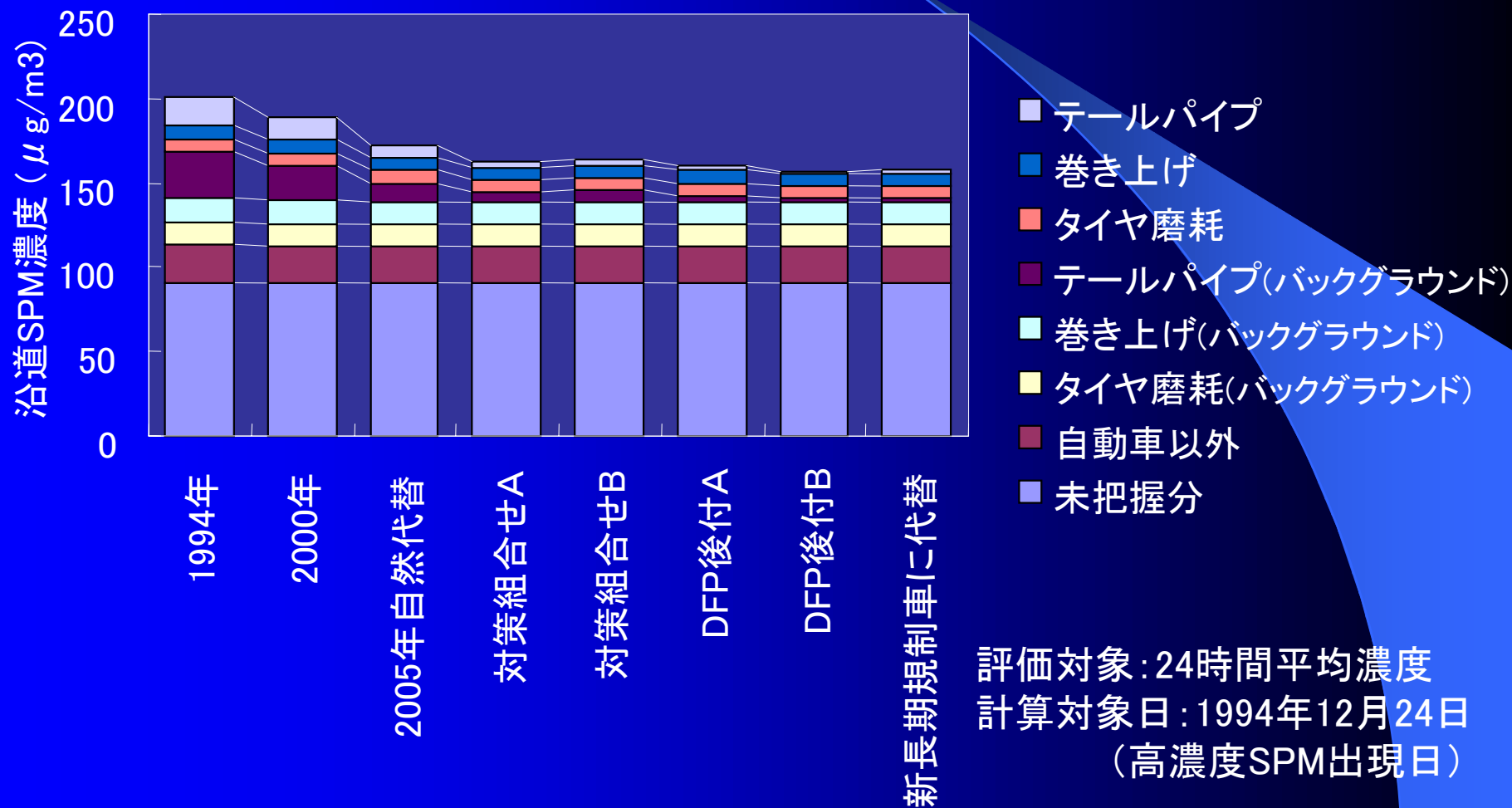
評価対象：24時間平均濃度

計算対象日：1994年12月24日（高濃度SPM出現日）



各種発生源の沿道SPM濃度への寄与

—東京23区内平均—

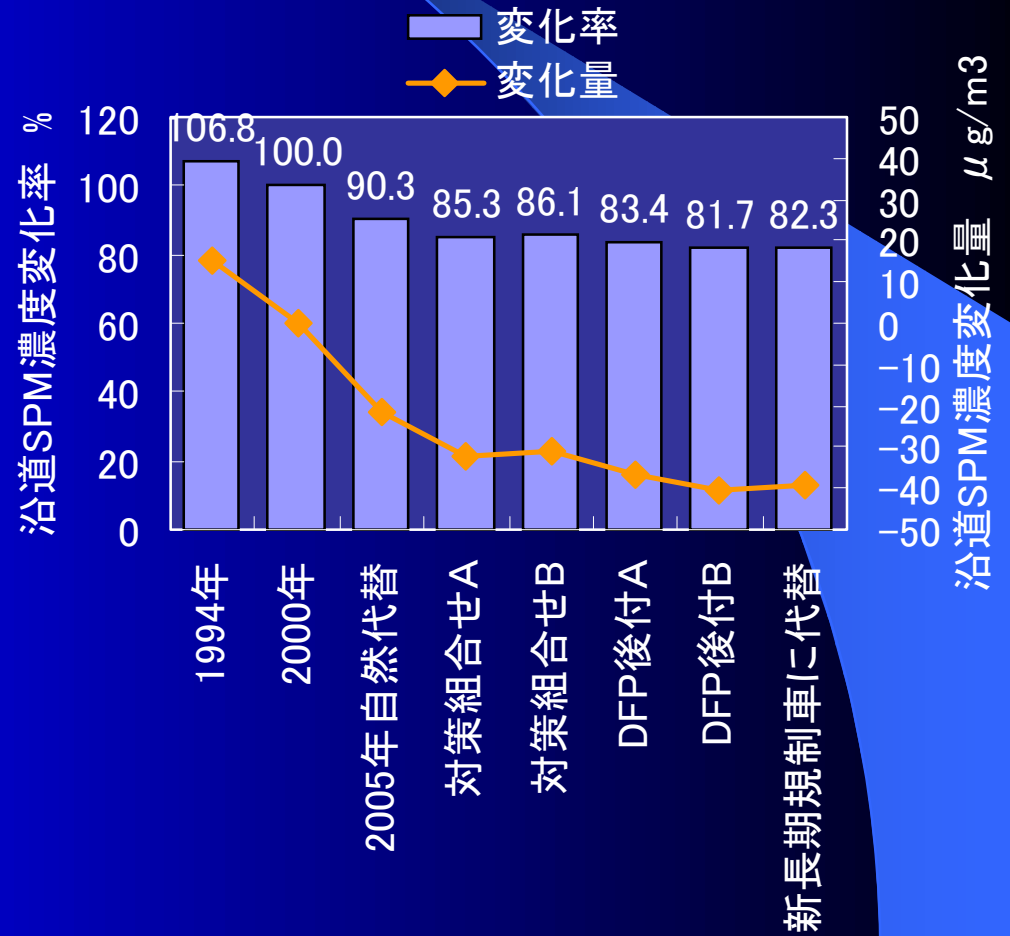
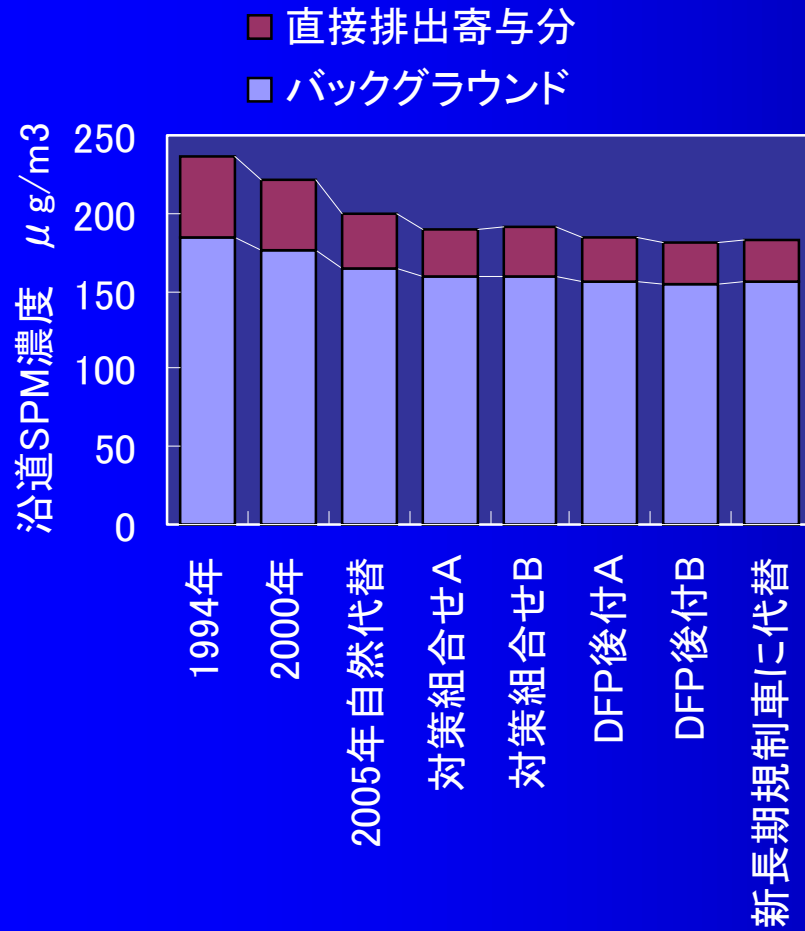


ディーゼル車対策による沿道SPM濃度の改善

—松原橋—

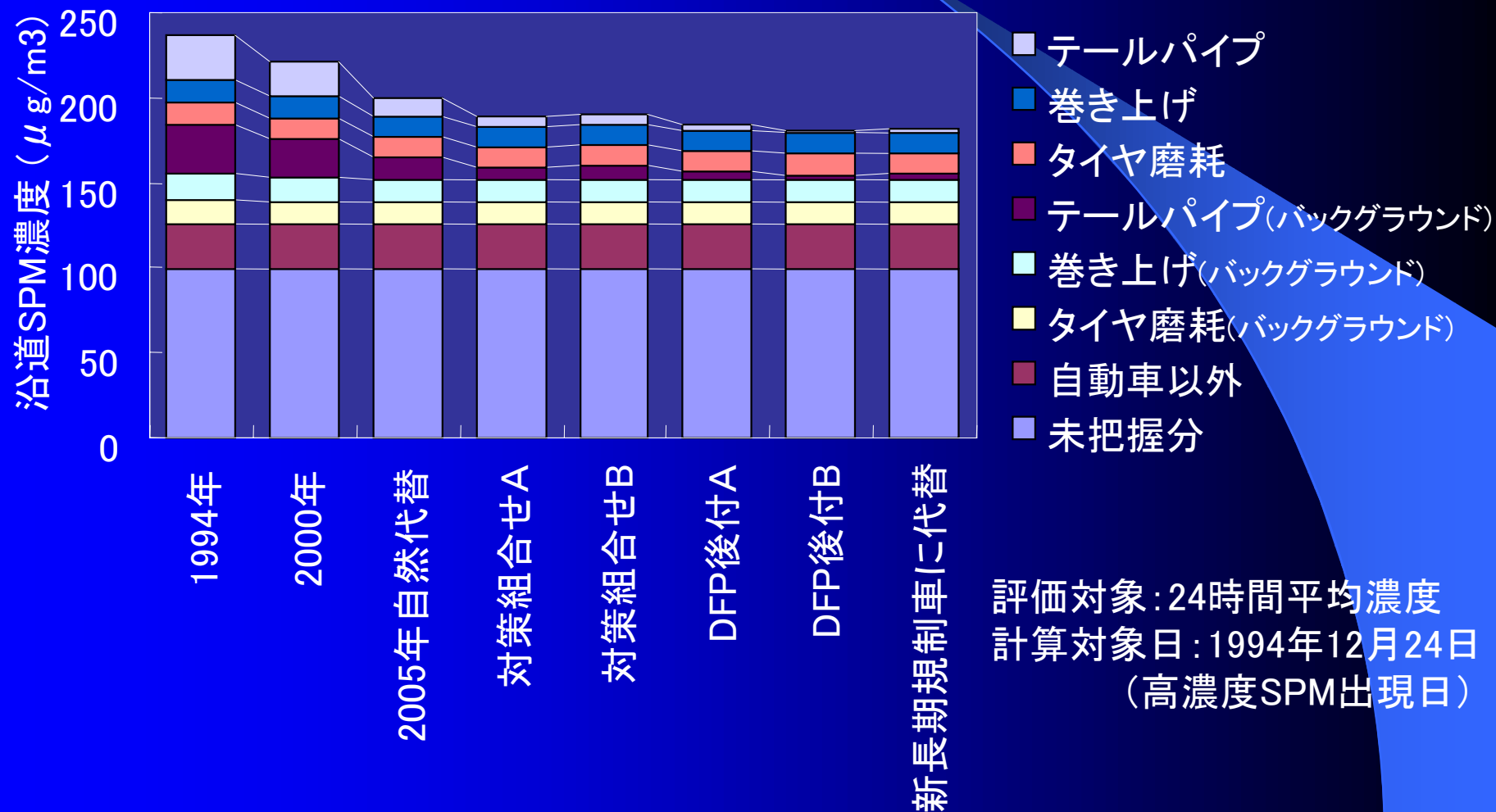
評価対象: 24時間平均濃度

計算対象日: 1994年12月24日 (高濃度SPM出現日)



各種発生源の沿道SPM濃度への寄与

—松原橋—



まとめ(3) —沿道大気質への影響—

2005年のSPM高濃度条件下における

- 沿道SPM濃度(都内23区平均)
 - 自然代替ケース 2000年比約10%低減
 - 各種対策ケース 最大で2000年比約20%低減
- 沿道SPM濃度(松原橋)
 - 自動車排出ガスの寄与率が高い松原橋についても評価を実施
 - SPM濃度の改善率は、都内23区平均と比べて顕著な差はない
- 沿道におけるバックグラウンド濃度の影響
 - 沿道濃度の10%~20%が自動車からの直接排出寄与分
 - 沿道と言えどもバックグラウンドの影響が大きい
- 今後の課題
 - 今後は現在十分把握されていない有機二次粒子や道路からの巻き上げ、タイヤの磨耗粉の検討が重要

全体まとめ

排出量推計、広域大気質推計、沿道推計のいずれの推計においても、2005年時点で見ると、自然代替による削減率が大きい。各種対策の実施により、更なる改善効果が期待できる。

各種対策による大気質改善効果に大きな差は見られず、実施の容易さ、対策費用などから検討を進めることが重要と考えられる。

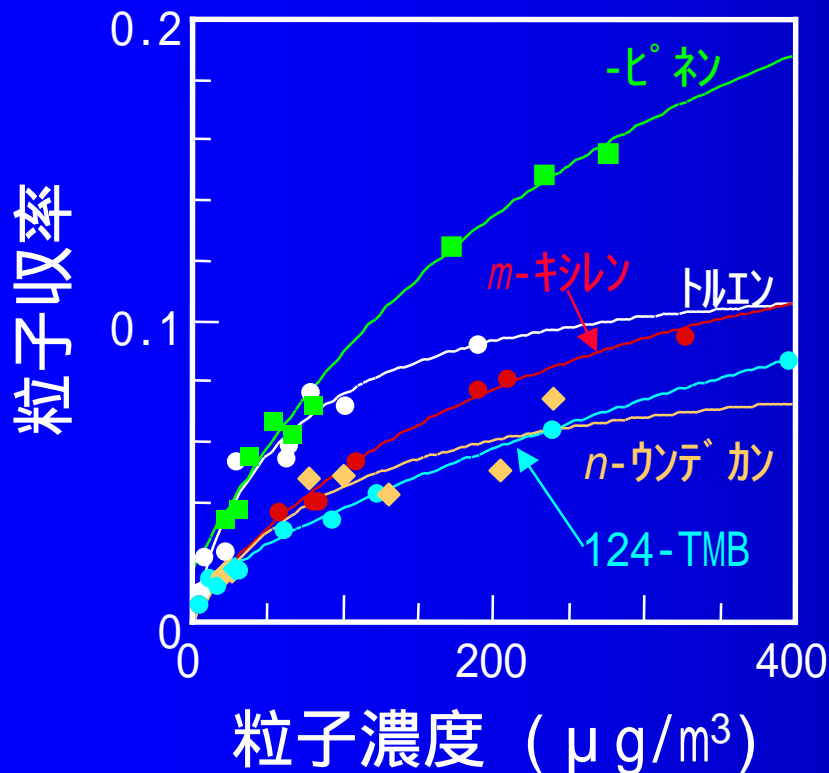
長期的には、全ての車両が新長期規制に対応した時点で、自動車のテールパイプからの排出寄与率が大幅に低下する等、顕著な効果が期待できる。

今後の課題と展望

- 有機・無機二次粒子生成モデルの開発、改良と大気観測等による検証（現在開発中）
- 3次元沿道モデルの開発及び検証（現在開発中）
- SPM排出源データの整備（タイヤ磨耗，巻き上げ，自動車以外，未把握の発生源等）

有機二次粒子モデルの開発

主要炭化水素の有機二次粒子生成収率



実験条件：303K, 60%RH

基本モデル

$$\text{粒子収率} = M_0 \sum_i K_i \frac{K_i}{1 + K_i M_0}$$

M_0 ; 粒子濃度

i ; 半揮発性反応生成物 i の収率

K_i ; i のガス/粒子分配定数

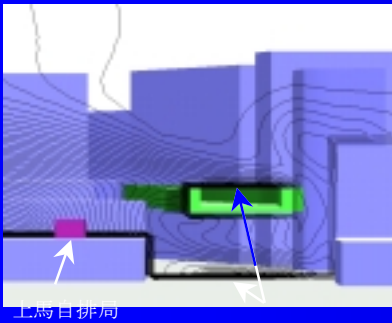
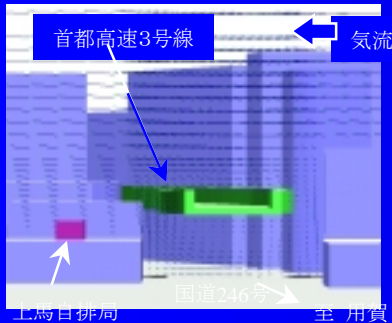
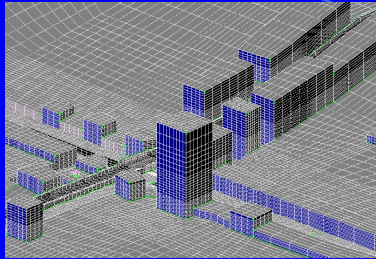
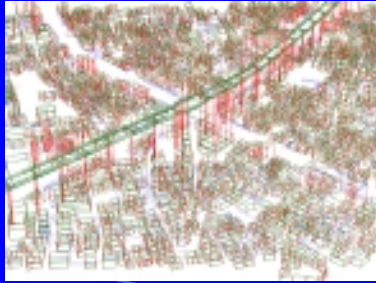
	1	K_1	2	K_2
トルエン	0.112	0.0153	0.004	
m-キシレン	0.168	0.0038	0.004	1.53
124-TMB*	0.262	0.0009	0.019	0.061
-ピネン	0.316	0.0030	0.017	
n-ウンデカン	0.092	0.0095		

*トリメチルベンゼン

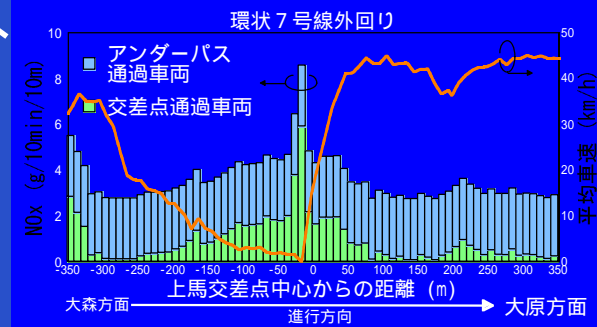
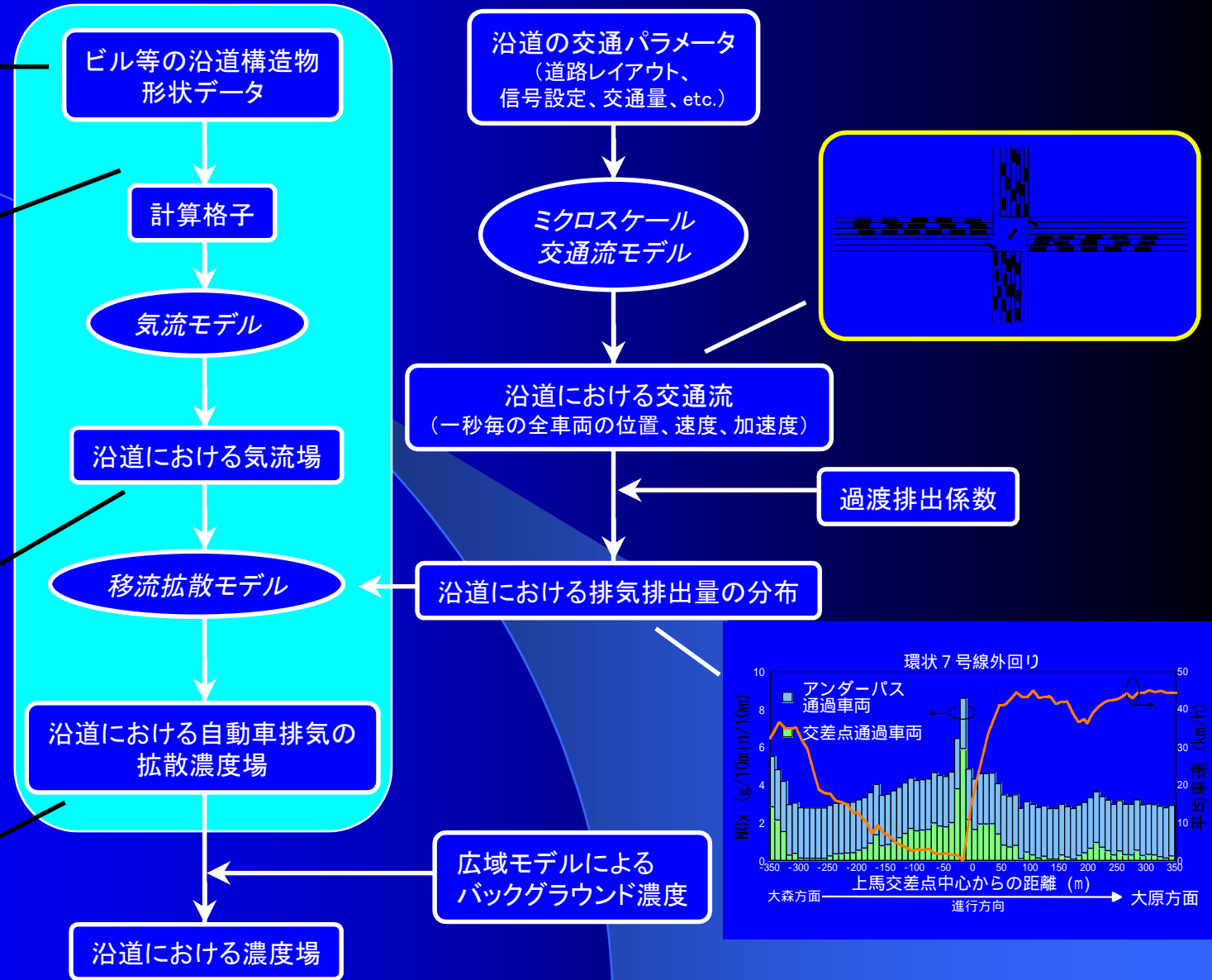
今後の課題と展望

- 有機・無機二次粒子生成モデルの開発，改良と大気観測等による検証（現在開発中）
- 3次元沿道モデルの開発及び検証（現在開発中）
- SPM排出源データの整備（タイヤ磨耗，巻き上げ，自動車以外，未把握の発生源等）

3次元沿道モデルの開発



路面近傍で排出されたガスが
ストリートキャニオン内を拡散



今後の課題と展望

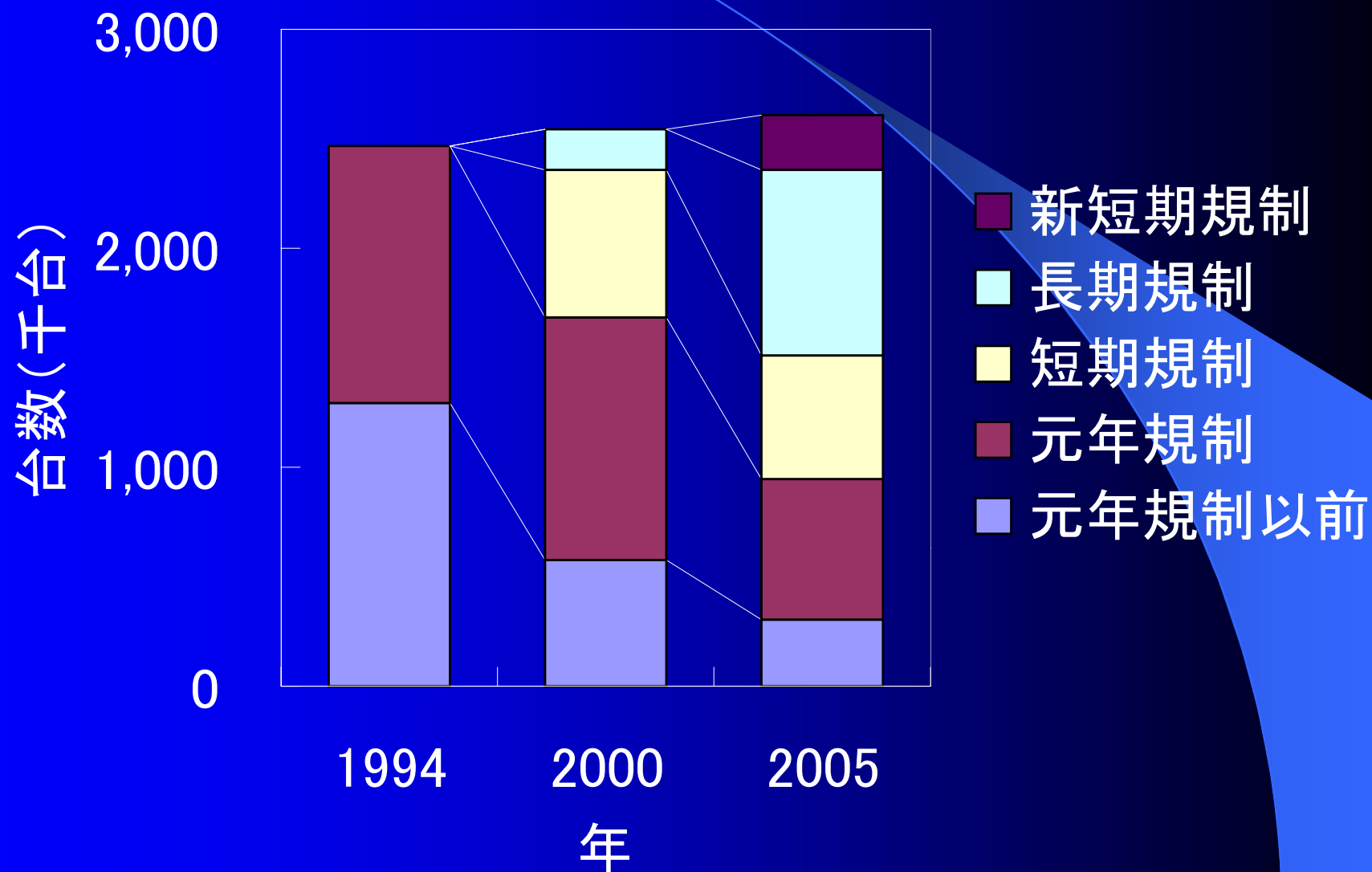
- 有機・無機二次粒子生成モデルの開発，改良と大気観測等による検証（現在開発中）
- 3次元沿道モデルの開発及び検証（現在開発中）
- SPM排出源データの整備（タイヤ磨耗，巻き上げ，自動車以外，未把握の発生源等）



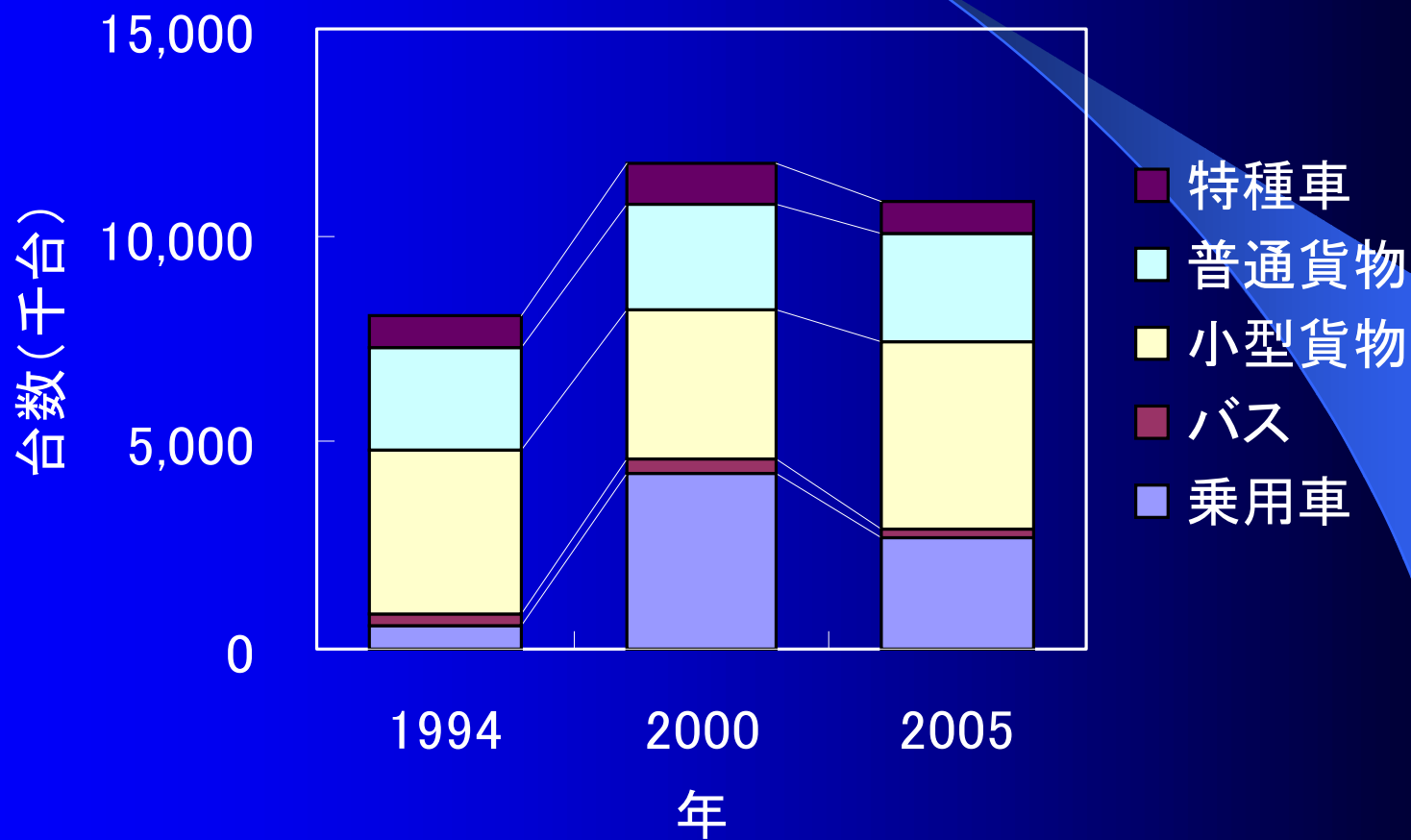
END

補足資料

ディーゼル普通貨物車保有台数

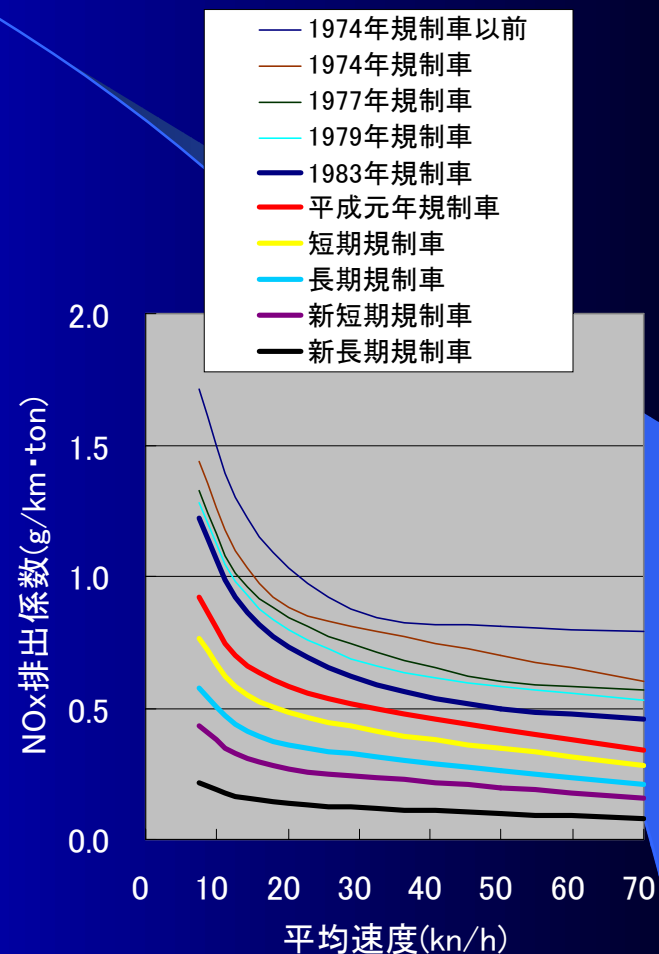
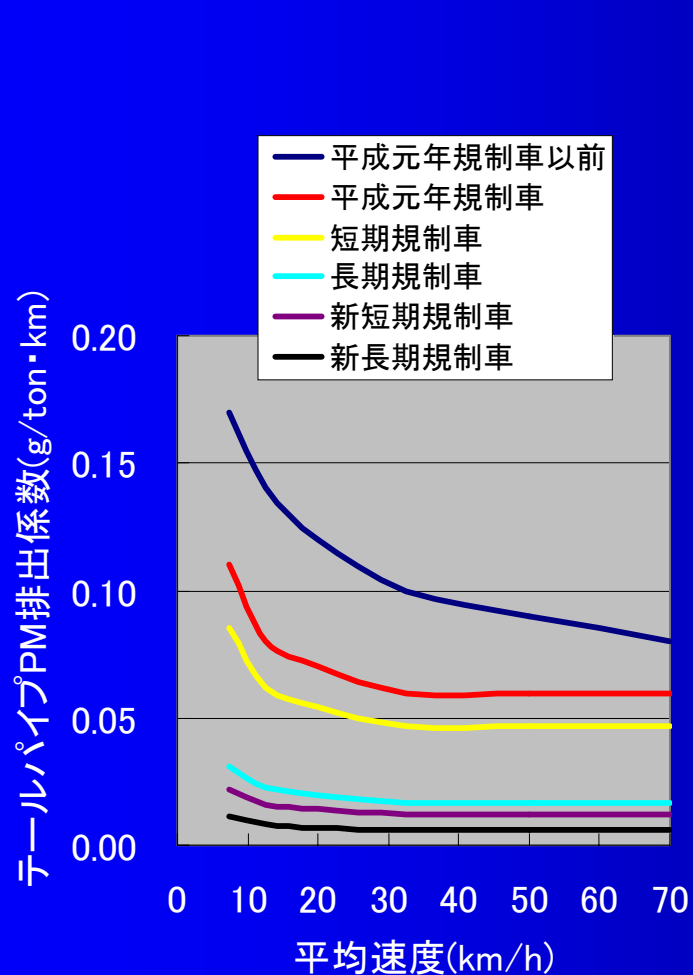


ディーゼル車保有台数の推移



車種別年式別排出係数の設定

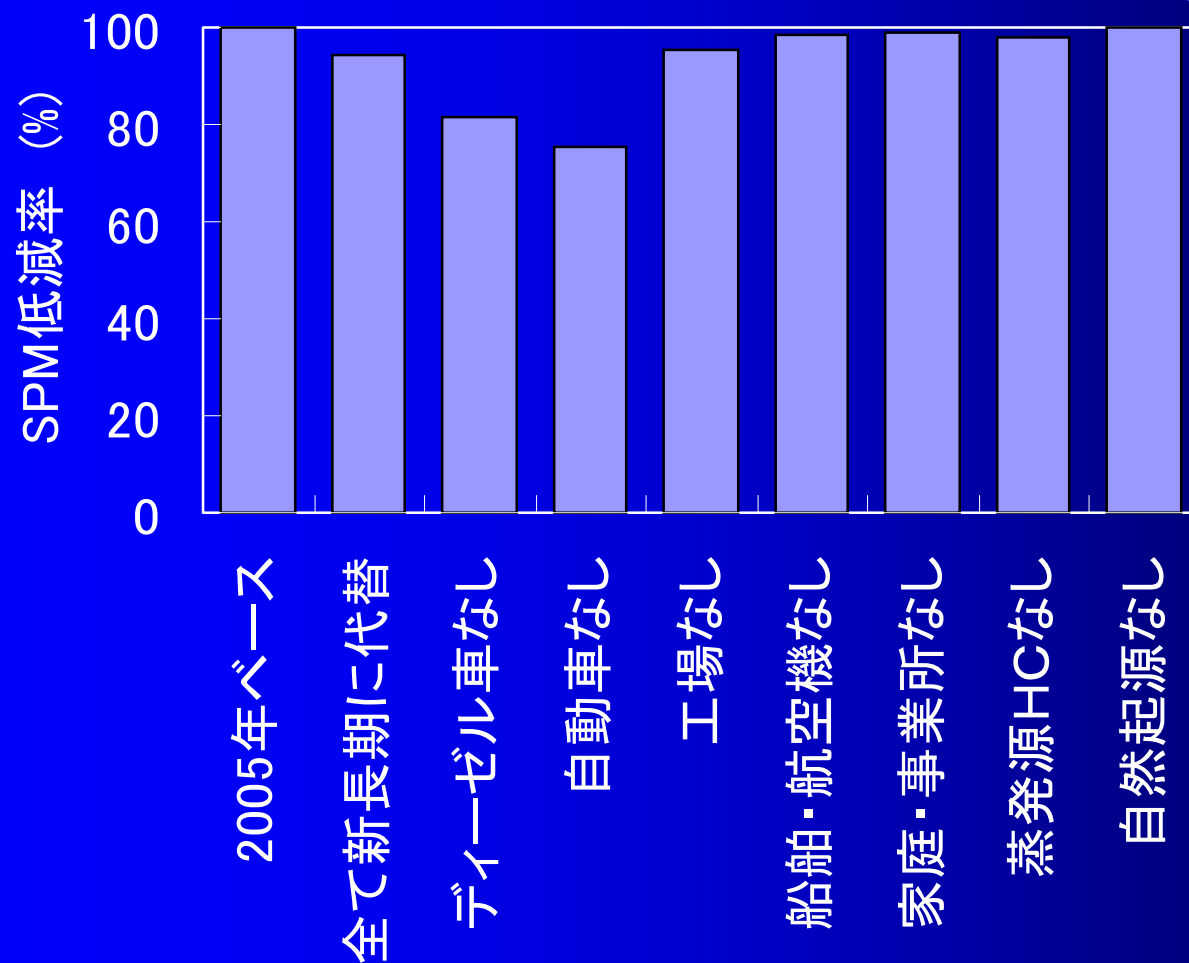
(ディーゼル貨物車:GVW2.5ton以上)



注) 短期規制以降の排出係数は、規制値削減率に比例して低減するとした推定値

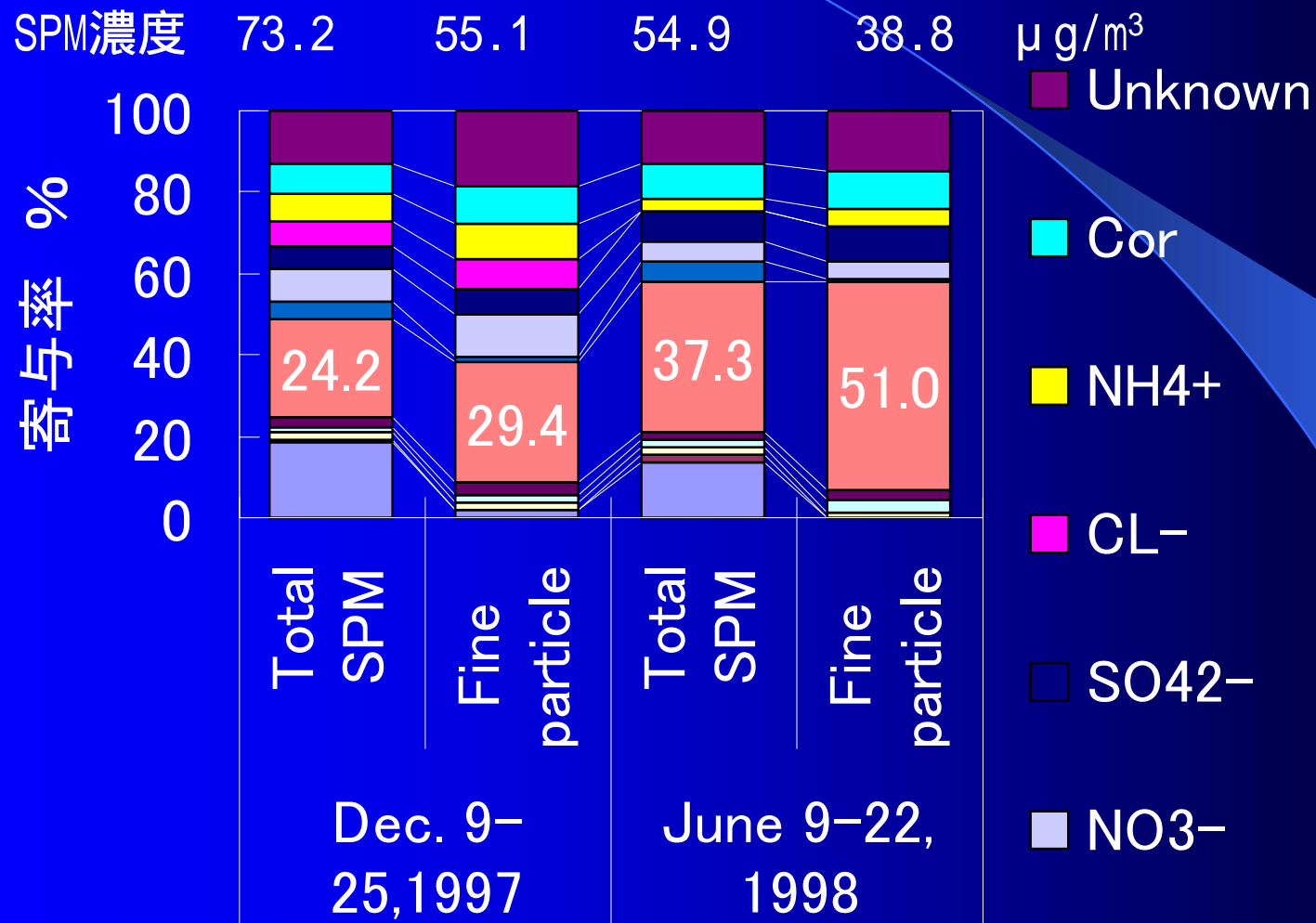
SPM濃度に及ぼす排出源別寄与率

都内23区24時間平均SPM濃度の低減率
計算対象日：1994年12月24日（高濃度SPM出現日）



注：ディーゼル車，自動車なしには，タイヤ磨耗，巻き上げの削減効果を含む

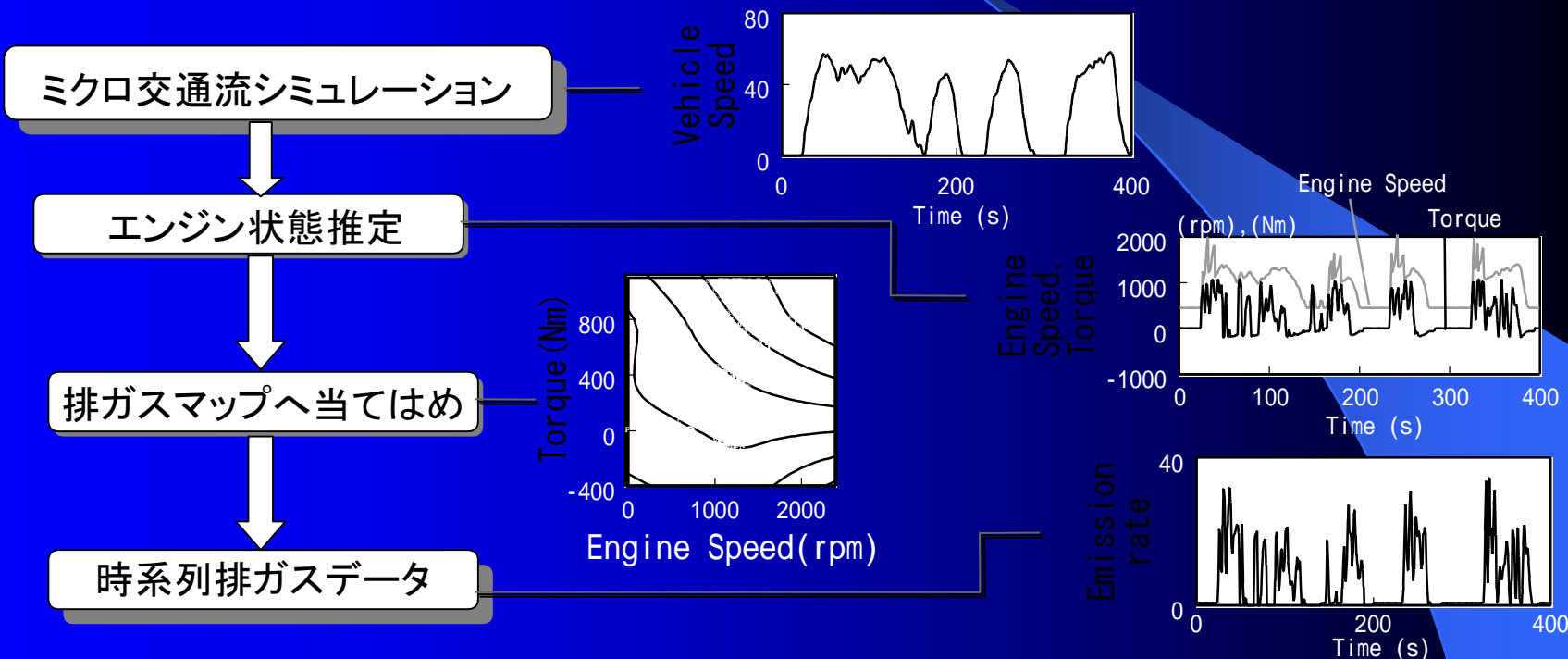
SPMに対する排出源別寄与割合



出典: 溝畑: 大気中微粒子の発生源と対策、大気環境学会・日本エアロゾル学会合同セミナー資料、平成12年6月

沿道モデル用排出量推計モデルの開発

目的 沿道大気質シミュレーション用の時系列排出量の把握

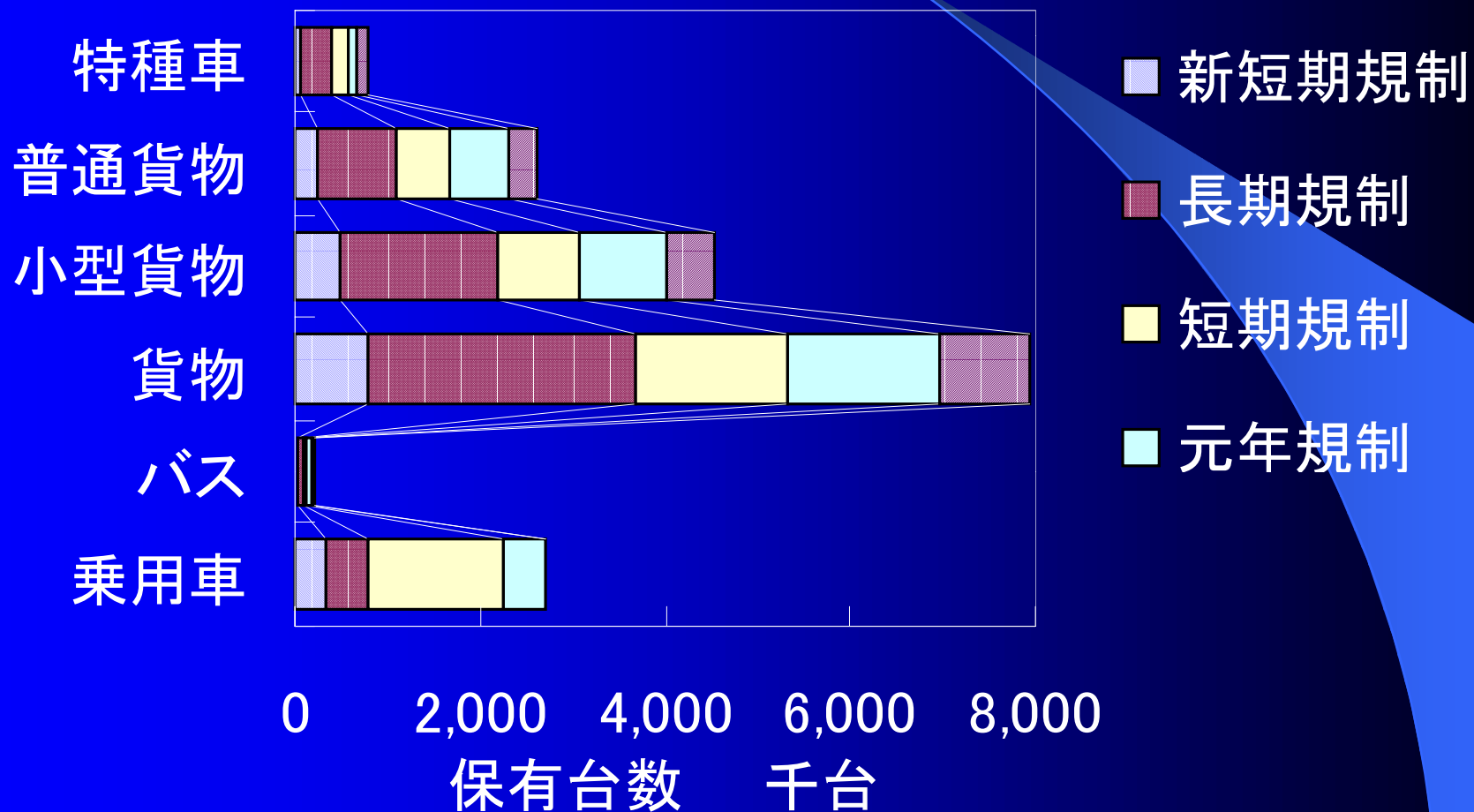


	THC	CO	NOx	CO2	PM
試算例 (車両:GVW20t)					
実測値 (g/km)	0.41	1.22	6.16	712	0.32
計算値 (g/km)	0.49	1.21	6.40	700	0.29
誤差 (%)	21	-1	4	-2	-10

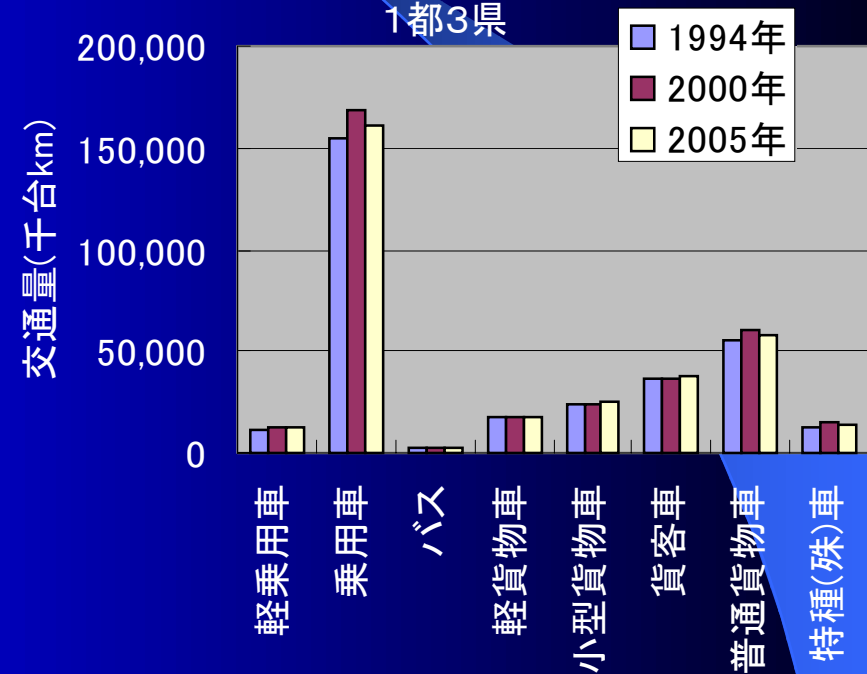
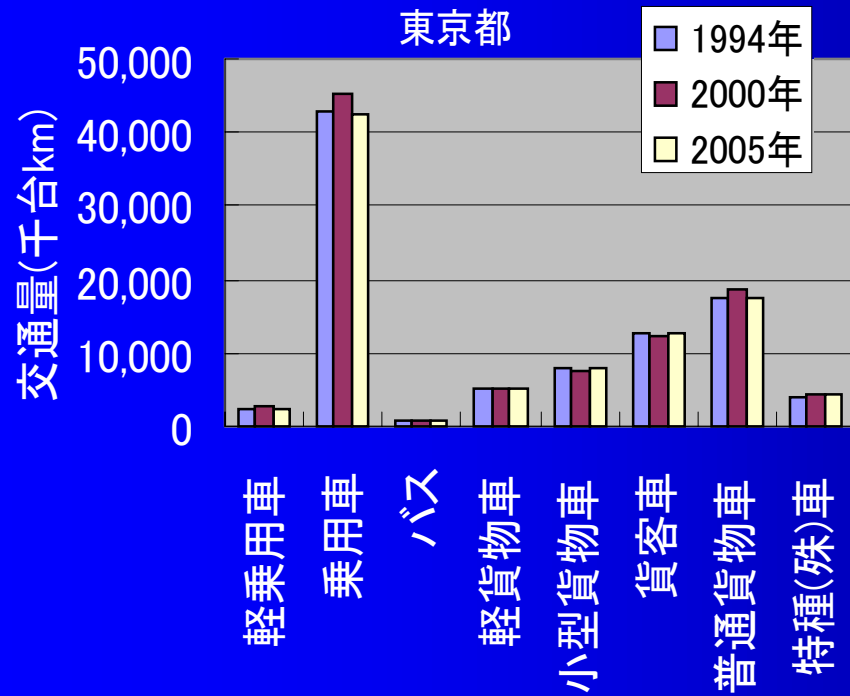
*)THC測定はバッグによるものなので、誤差大と考えられる。

車両(LD, HD各1台)による排ガスマップ試験終了 → データを反映予定

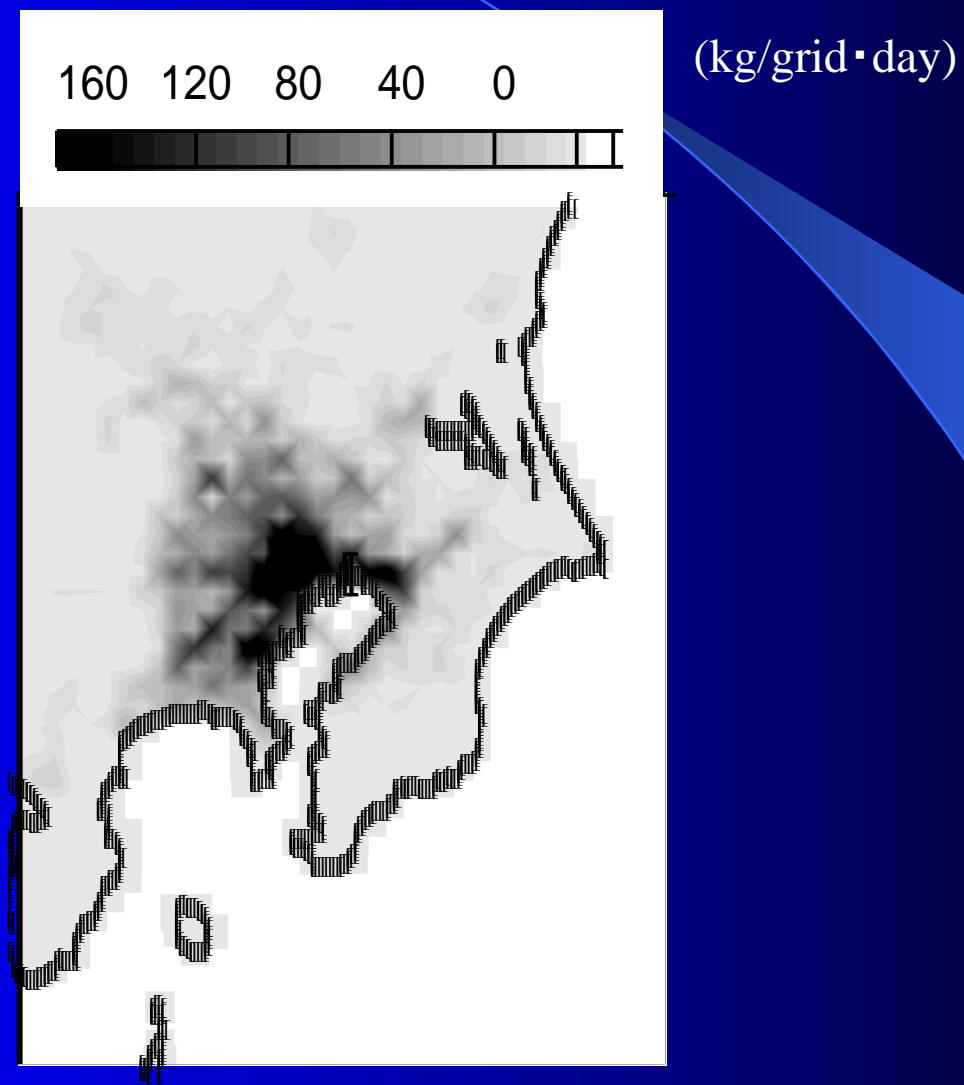
2005年における車種構成



一日あたりの車種別走行量の推移

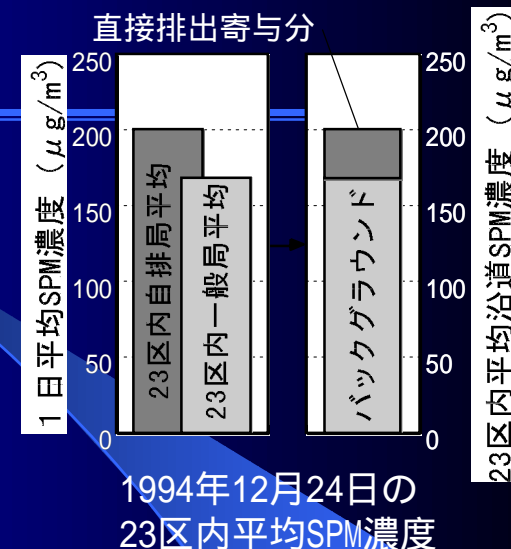


関東圏における自動車からのPM排出量分布

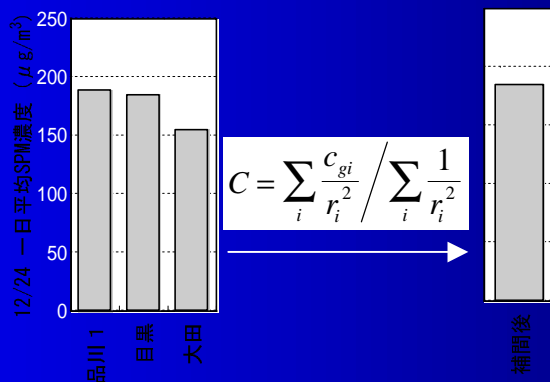


沿道大気質の解析法

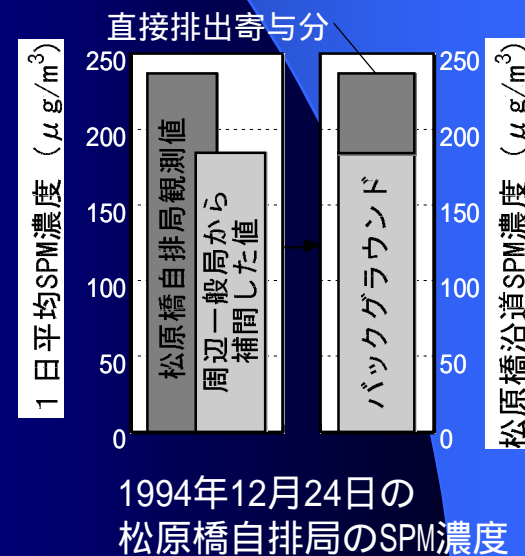
東京23区内：23区内の自排局の平均値と，一般局の平均値より，直接寄与分/バックグラウンドを算出．



松原橋：松原橋自排局観測値と，周辺一般局の補間値より直接寄与分/バックグラウンドを算出．

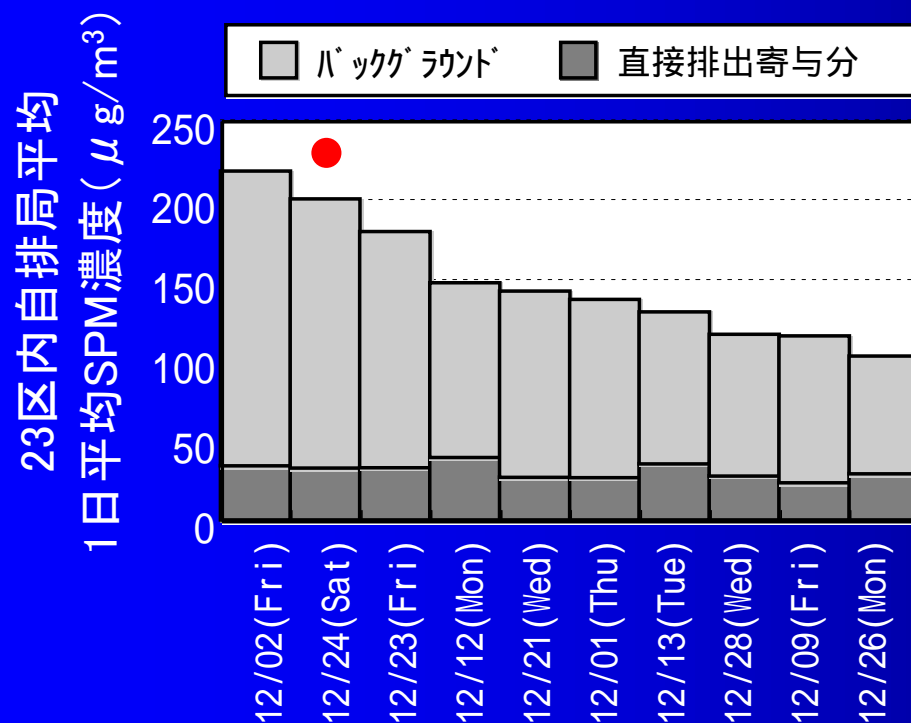


C: 自排局位置でのバックグラウンド濃度
 c_g: 一般局での測定濃度
 r: 自排局・一般局間の距離



沿道におけるバックグラウンドと直接排出の寄与

1994年12月高濃度SPM出現ケース（上位10日）



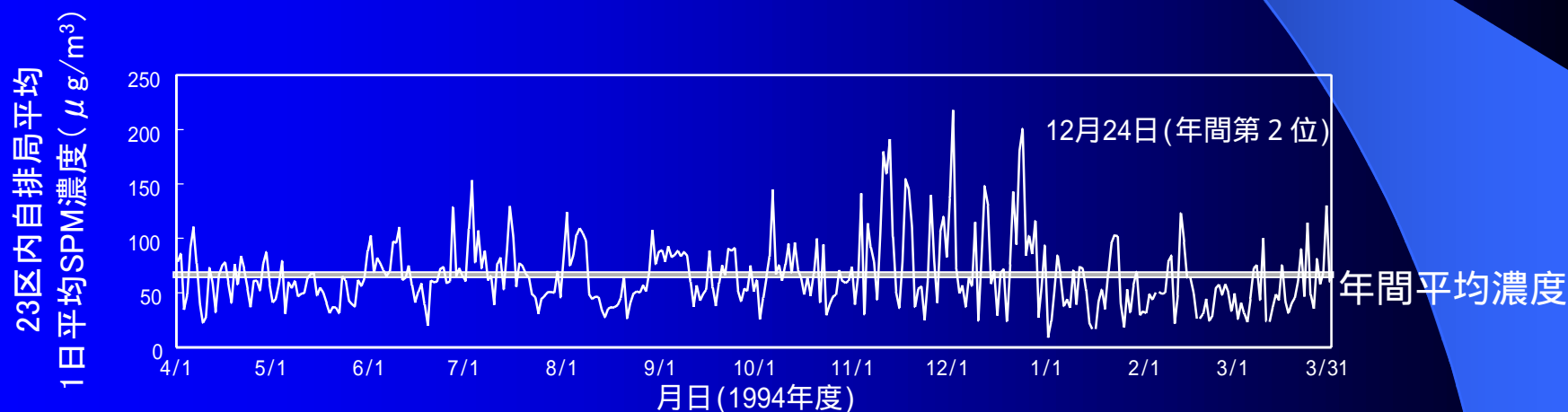
◆自動車排出直接寄与分 =
〔自排局濃度〕 - 〔一般局濃度〕
は、高濃度出現条件においては、
沿道濃度によらずほぼ一定。

◆高濃度の出現はバックグラウンドの影響大

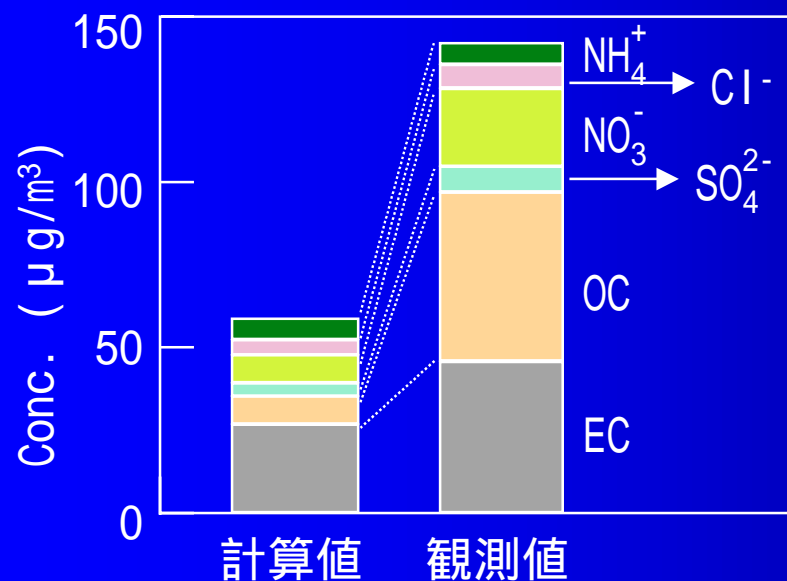
評価対象日の選定

評価対象日：観測データが充実している1994年12月24日を基準とした。
当日は、都内のほぼ全域でSPM濃度が環境基準未達
あった。

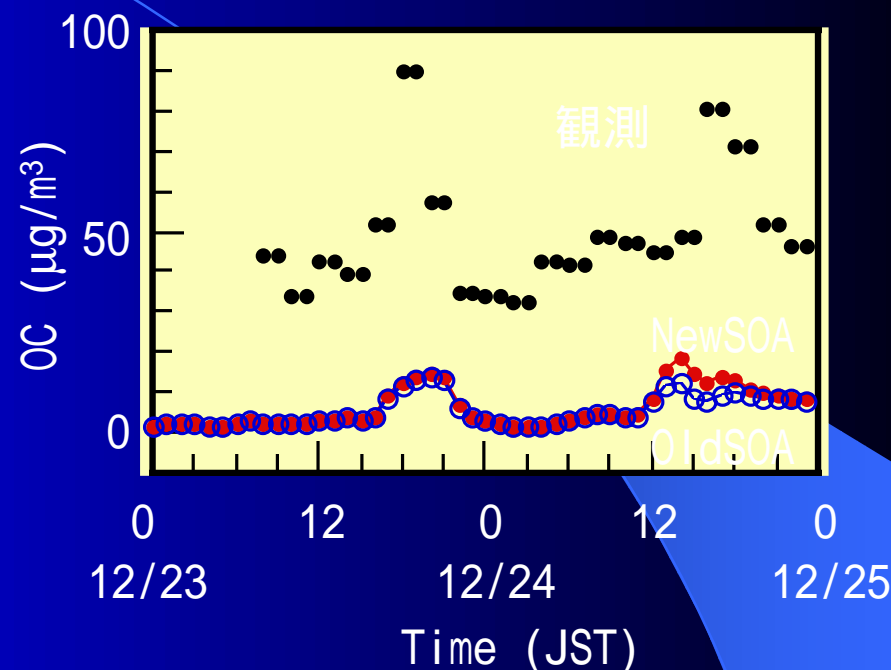
1994年度のSPM濃度の変化



二次粒子モデルの現状



郊外における粒子組成の比較
(府中, 12/24 21時)



OC濃度(一次+二次)の時間変化(府中)

NO_3^- , OC (有機二次生成)を過小評価

計算は反応の進行が遅い

今後；拡散など物理過程を中心に原因を究明

環境基準

物質	1時間値の 1日平均	1時間値	1時間値の 8時間平均値	年平均値
SO ₂	0.04ppm	0.1ppm		
CO	10ppm		20ppm	
SPM	0.1mg/m ³	0.2mg/m ³		
Ox		0.06ppm		
NO ₂	0.04~0.06ppm			
ベンゼン				0.003mg/m ³
トリクロロエチレン				0.2mg/m ³
テトラクロロエチレン				0.2mg/m ³