

千葉県環境審議会大気環境部会

(1) 日時 平成23年2月3日(木) 14:00~

(2) 場所 千葉県自治会館9階第3会議室

資料2

# 今後の窒素酸化物対策について

## 窒素酸化物の 大気環境シミュレーションモデルの検討

平成23年2月3日

千葉県環境生活部大気保全課

# 目次

はじめに

シミュレーションの概要

シミュレーションモデルの選定

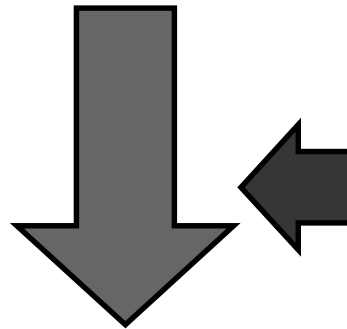


目的

◎千葉県の大気環境の状況

- 二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)の環境基準未達成局が残っている。
- 「二酸化窒素に係る県環境目標値」の達成率が低い。

課題



大気環境  
シミュレーション

発生源に対する今後の施策策定を検討

検討内容

- 将来の窒素酸化物濃度を予測するために以下を検討
  1. モデルの実績、最新の研究、特徴などを整理
  2. 予測に用いる大気環境シミュレーションモデルを選定

## モデルで解析する現象



- ①汚染物質の大気中への放出（排出）
- ②風に流され（移流）
- ③風の乱れにより広範囲に散らばり（拡散）
- ④化学反応により他の物質に変化（反応）
- ⑤地面や建物へ付着、雨による洗い流して消滅（沈着）
- ⑥汚染物質の到達（環境濃度）



シミュレーションモデルが必要な理由

- 汚染物質濃度を良好な状態に維持
- さらによりよい状態に改善

大気汚染のプロセスを再現して  
排出量から環境濃度を求める手法

排出量の変化に応じた濃度  
を予測できる手法

大気環境シミュレーションモデル

入力：現状の排出量

入力：将来の排出量

規制の対象  
・ 排出量

モデル：大気汚染のプロセス

出力：現状の環境濃度

出力：将来の環境濃度

環境の指標  
・ 環境基準  
・ 環境目標

# 目次

はじめに

シミュレーションの概要

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションの基本条件

対象地域

千葉県全域  
(周辺地域：東京都、神奈川県、埼玉県、茨城県)

対象物質

窒素酸化物  
(シミュレーションにより二酸化窒素を予測)

対象年度

現況：平成20年度(2008年度)  
将来：平成32年度(2020年度)

発生源

現状において、  
いつ、どこ、何から、窒素酸化物量がどれだけ排出されているかを把握

工場・事業場	：ばい煙発生施設
一般家庭	：一般家庭で使用される燃焼機器
自動車	：幹線道路・細街路を走行する自動車
船舶	：千葉港・木更津港を利用する船舶
航空機	：成田国際空港を離発着する航空機
群小発生源	：小規模燃焼機器や小型焼却炉
建設機械類	：建設機械・産業機械・農業機械
隣接都県	：茨城県、埼玉県、東京都、神奈川県の発生源

将来の排出量：経済状況、人口、規制の動向などを考慮して算定  
(平成23年度に調査の実施を予定)

シミュレーションにより解析する必要のある事項

- (1) 現状及び将来の二酸化窒素環境濃度
  - ア. 現状濃度の再現性
  - イ. 将来濃度の予測
- (2) 発生源区分別の寄与濃度
- (3) 発生源対策実施時の環境濃度



シミュレーションにより解析する必要のある事項

現状及び将来の二酸化窒素環境濃度

【現状濃度の再現性】

- シミュレーションモデルが、どの程度、現在の大気環境を再現しているかを把握（再現性確認方法は資料2-2 3章）
- モデルの再現性を評価する指標が、わかりやすい形で定量化され、評価されている。

例：NO<sub>x</sub>マニュアル

県民や事業者に今後の対策等について理解と協力を得るために重要。

【将来濃度の予測】

- 将来濃度の予測においては、再現性を確認したモデルを用いる。
- モデルの不確実性の程度（モデルの限界）を理解し、将来予測濃度の精度を考慮したうえで検討していく。

モデルの不確実性はモデルにより異なる。

シミュレーションに求める内容

発生源区分別寄与濃度の把握

○発生源対策を検討する上で、  
それぞれの発生源がどの程度の寄与をしているかを把握し検討

→発生源区分別寄与濃度を把握することにより、  
県全体だけでなく、地域ごとに異なった対策を検討  
より効果的な対策を進める

例：  
寄与濃度が高い  
→対策効果が大

場所によって  
寄与が異なる。

発生源対策時における環境濃度の把握

○将来濃度を推定した後、環境基準や環境目標値を達成できない地点や地域  
においては、様々な対策を検討していく必要がある。

○今後は、自動車を含め、様々な発生源に対してより効果的な対策を検討

○シミュレーションの時間が短ければ、より多くの検討ができる。

○より多くの検討ができるモデルを選定する必要がある。

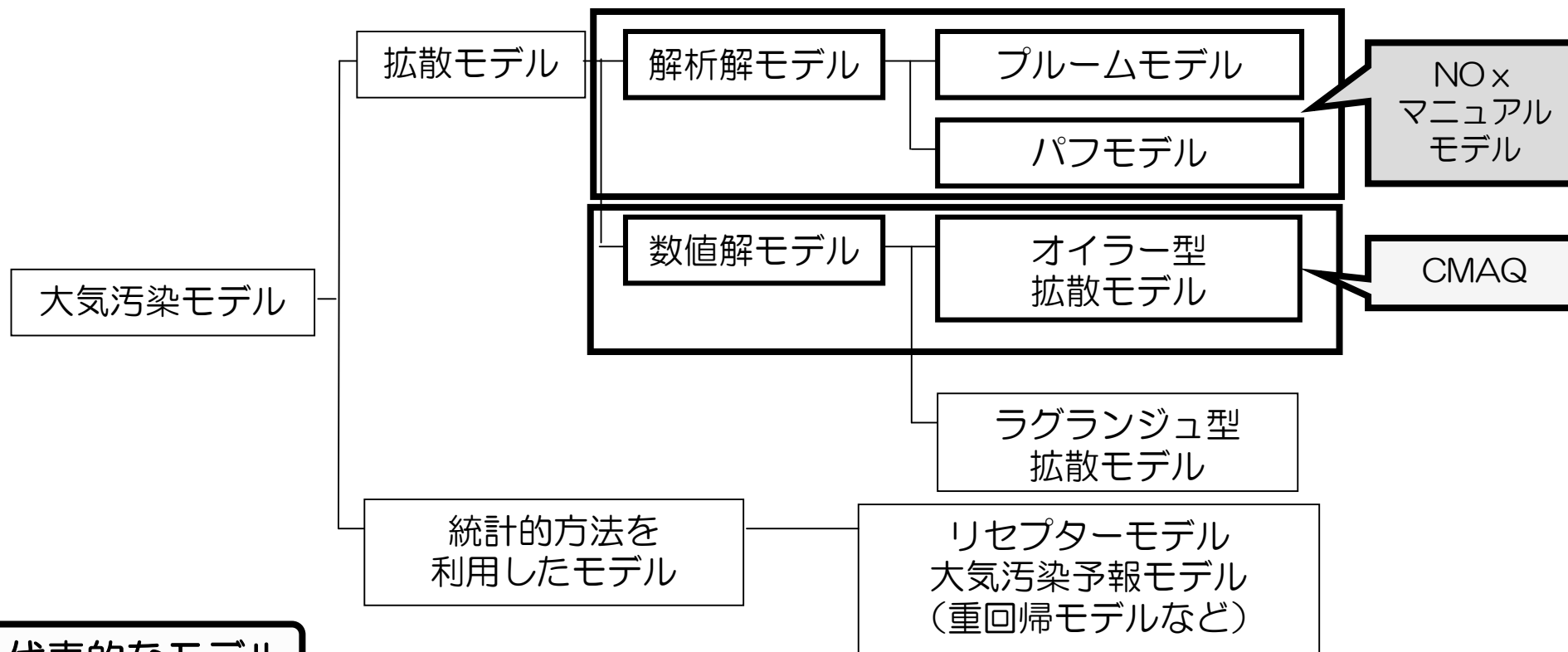
# 目次

はじめに

シミュレーションの概要

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションの種類



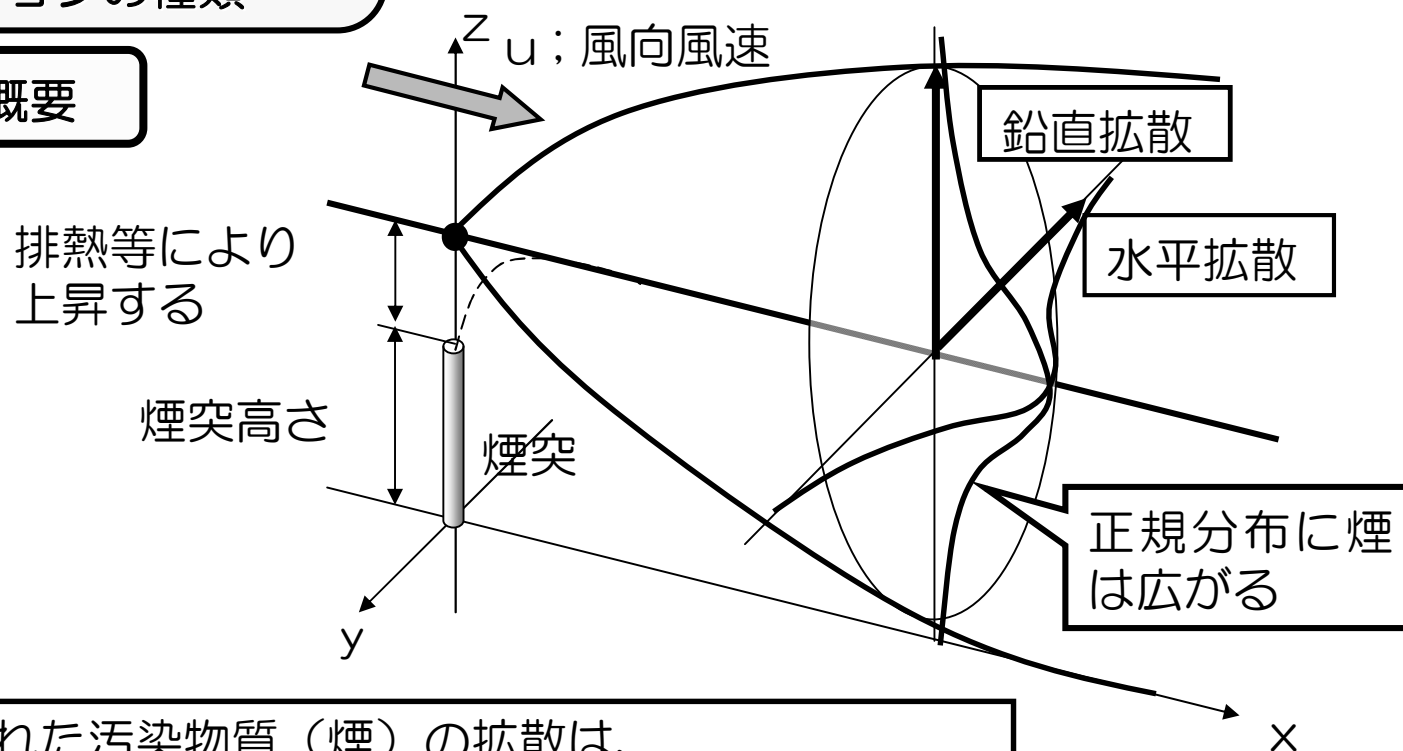
代表的なモデル

- 解析解モデル：  
窒素酸化物総量規制マニュアル方式のモデル（NO<sub>x</sub> マニュアルモデル）  
【選定理由】 行政での実績が多い。これまでの千葉県の対策でも利用
- 数値解モデル：化学物質輸送モデル（CMAQなど）  
【選定理由】 国内で利用者が増えつつある。

# シミュレーションモデルの選定

## シミュレーションの種類

### 解析解モデルの概要



- 煙突から排出された汚染物質（煙）の拡散は、風に流されながら正規分布に広がることを定式化したモデル
- 煙突毎に繰り返して、足し合わせて濃度を求める。


### 特徴

- 年平均値などの長期的な平均濃度の予測に適したモデル
- 計算する点の間隔（距離、位置）は自由に設定ができる
- 発生源の対象とする物質は、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMなど
- 歴史が長い
- 計算方法もマニュアルが整備
- 国・地方自治体の大気汚染対策の検討に利用
- 環境アセスメントにおける大気汚染予測の標準的な手法として採用

# シミュレーションモデルの選定

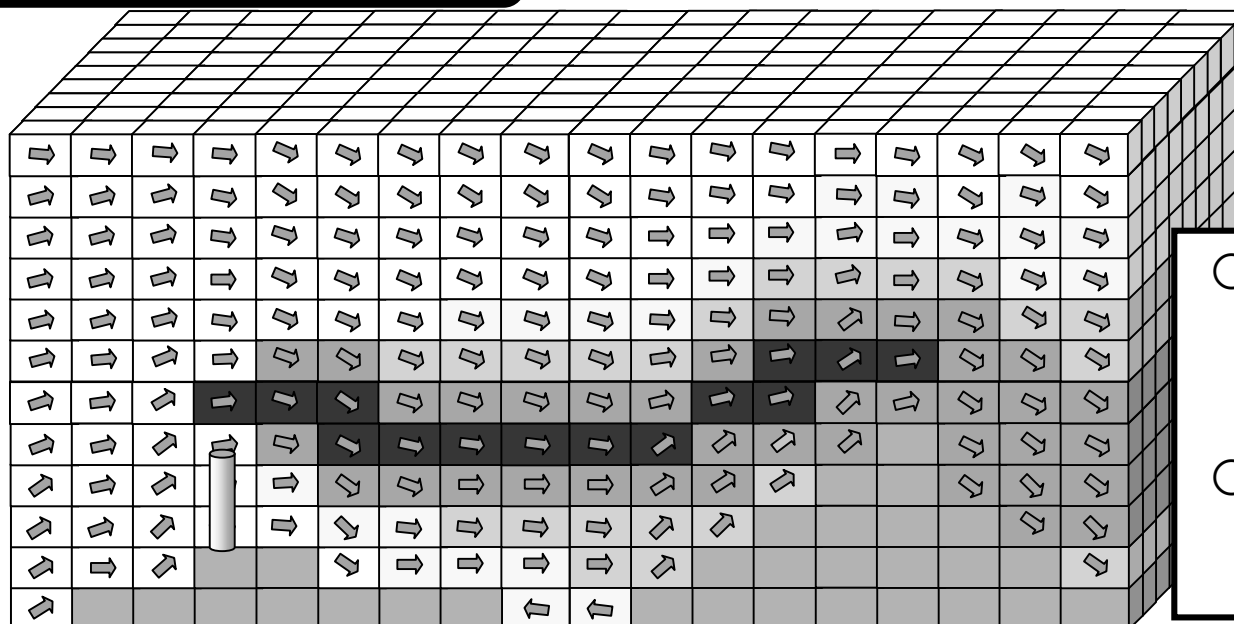
## シミュレーションの種類

### 数値解モデルの概要

 地形を表す格子



濃度を表す格子



- 空間を3次元の格子に分割し、格子毎に移流・拡散・反応・沈着のプロセスを計算するモデル。
- 分割した格子間の汚染物質の移動を計算することで時間変化する濃度を求める

### 特徴

- 以前はスパコンなどで長時間計算。現在は、PCでも計算も可能
- 解析解モデルに比べれば長時間の計算時間を必要
- 格子の大きさは、実用上5km程度
- 短時間で変化し、複雑な汚染の予測に適する
  - ・時間変化が重要な汚染、風の変化や地形の影響
  - ・隣国などからの影響、複雑な化学反応を伴う汚染
- 研究機関などでの研究実績は急速に増加
- 行政機関の検討に使われる例はまだ少ない

## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討

○解析解モデル：  
窒素酸化物総量規制マニュアル方式のモデル（NO<sub>x</sub>マニュアルモデル）

○数値解モデル：化学物質輸送モデル（CMAQ+数値気象モデルWRF）



○モデル自身の評価  
○大気環境予測モデルの利用上の評価



○千葉県の窒素酸化物対策を  
検討するモデルを選定

## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討

#### モデル自身の評価（その1）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ + WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
局地汚染（沿道など）	○	JEA式を利用	×	別モデルが必要
都市汚染（千葉県）	○		○	
隣県からの輸送	○		○	
長距離輸送 （国内、国外）	×	越境汚染などは 評価できない。	○	ネスティング技術 により評価可能
従来型汚染 （一次汚染、単純な化学 反応）	○	NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> 、 一次粒子など	○	NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> 、 一次粒子など
複雑な汚染 （複雑な化学反応）	△	O <sub>x</sub> は計算できない 二次粒子推定可能	○	O <sub>x</sub> 、 二次粒子とも計算 可



## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討

#### モデル自身の評価（その2）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ + WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
空間分解能	○	特定地点まで可能	△	格子サイズまで可能
短期評価 (1時間値、日平均値)	×	長期予測モデルのため不可	○	1時間値を直接評価
長期評価 (季別平均、年平均)	○	年平均値を直接評価	△	長期予測を行った場合は可能
日平均値の年間98%値	△	実測値の統計結果から推定	△	長期予測を行った場合は直接評価可能
バックグラウンド濃度の評価	△	越境汚染などの長距離輸送は困難。 (BGとして与える)	○	ネスティング技術により評価可能

## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討

#### モデル自身の評価（その3）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ + WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
発生源別寄与濃度	○	容易	△	ゼロアウト法では発生源数分の計算が必要
化学反応	△	簡易な反応のみを扱う。	○	複雑な反応が扱える。
O3変化への対応	△	NO2変換式で考慮	○	標準で可能
海陸風循環、 風向変化、長時間滞留	×	モデルの性能上不可。 BGとして評価する。	○	数値気象モデルの結果を利用できる。
複雑な地形	△	別モデルが必要 例:PSDMなど	○	格子サイズまでの地形を考慮可能
特殊な気象状況	△	別モデルが必要 例:OCDモデルなど	○	数値気象モデルの再現可能な現象

## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討

#### モデル自身の評価（まとめ）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ + WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
○の集計		7		12
△の集計		7		4
×の集計		3		1
モデル自身の評価		△		○

## 大気環境予測モデルの利用上の評価（その1）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ+WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
計算のしやすさ	○	拡散式がシンプル	×	計算は複雑
わかりやすさ	○	拡散式がシンプル	×	計算は複雑
モデルの限界	○	古くから利用され 性能が把握されて いる。	×	発展途上。
費用	○	計算時間が短く、 低コスト	△	計算時間が長く、高 コスト
計算時間	○	計算時間が短い。	△	年間計算では計算時 間膨大となる。

## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討

#### 大気環境予測モデルの利用上の評価（その2）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ+WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
実績	○	歴史が長く研究実績、 行政目的の利用実績 共に豊富にある。	△	研究は盛んに行われて いるが、 行政利用は少ない。
先進性	△	解析解型モデルの 研究は少なくな っている。	○	数値解モデルを 利用した研究が盛ん に行われている。
モデル評価	○	マニュアルに 基準がある	△	EPAにおいては、 他の事例と比較して 評価を進めている。
標準化 (マニュアル化)	○	マニュアルが整備 され、解説本も多い	×	国内でのマニュアル 整備は進んでいない。

## 大気環境予測モデルの利用上の評価（まとめ）

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式		CMAQ+WRF	
	評価	特徴	評価	特徴
○の集計		8		1
△の集計		1		4
×の集計		0		4
行政利用上の評価		○		△

## シミュレーションモデルの選定

### シミュレーションの検討結果

#### 検討結果のまとめ

- モデル自身の評価としては、  
解析解モデルの課題を解決した数値解モデルの方がよい
- 利用上の評価においては、実績や扱いやすさの点から解析解モデルの方がよい

評価項目	窒素酸化物総量規制 マニュアル方式	CMAQ + WRF (数値解モデル)
	評価	評価
モデル自身の評価	△	○
予測モデル利用上の評価	○	△
○の計	15	13
△の計	8	8
×の計	3	5
総合評価	◎	○

#### モデル選定結果

- 本県の検討に用いるモデルとしてこれらの点を総合的に判断  
解析解モデルである窒素酸化物総量規制マニュアル方式が適する。

おわり

作成

一般財団法人 日本気象協会  
事業本部 環境事業部 環境事業課  
平成23年2月1日