

東京都における大気汚染対策 の歴史と今日の課題

柿沼潤一

東京都環境科学研究所

概 要

1 東京都のプロフィール

2 大気環境改善の歴史

社会的背景と対策の進展

3 今日の課題と取組

光化学オキシダントと微小粒子状物質

1 東京都のプロフィール

地域と人口



日本



関東地方

東京都

多摩地域

30 市・町・村

面積：1,160km²

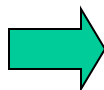
人口：4.2 百万人

特別区地域

23 区

面積：622km²

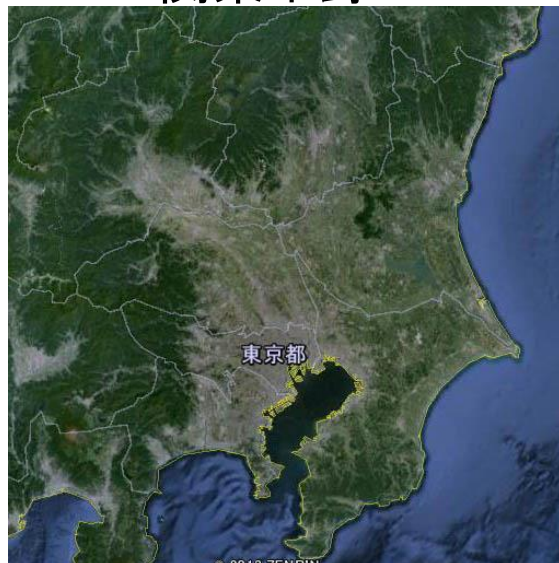
人口：9 百万人



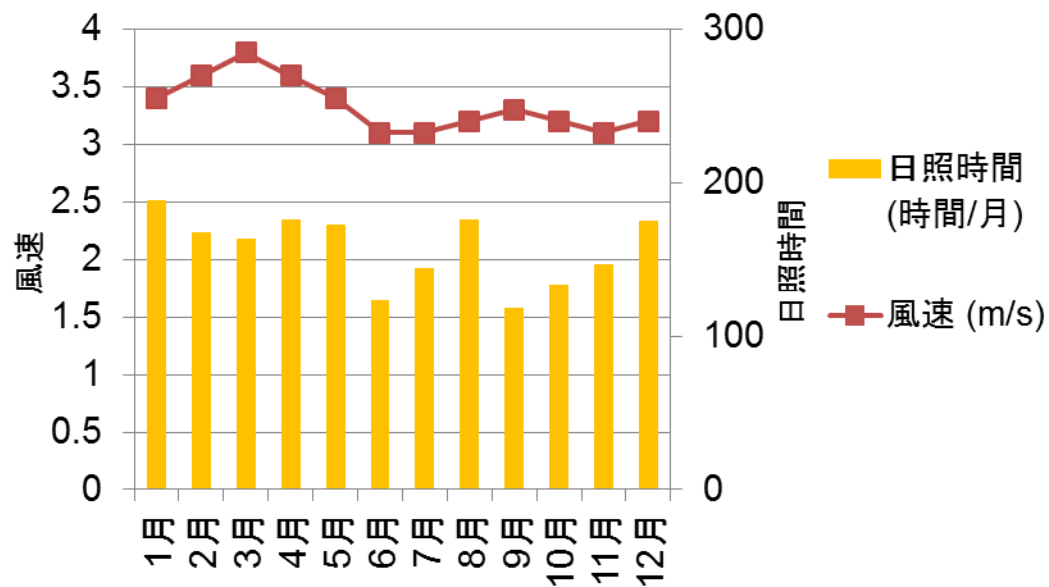
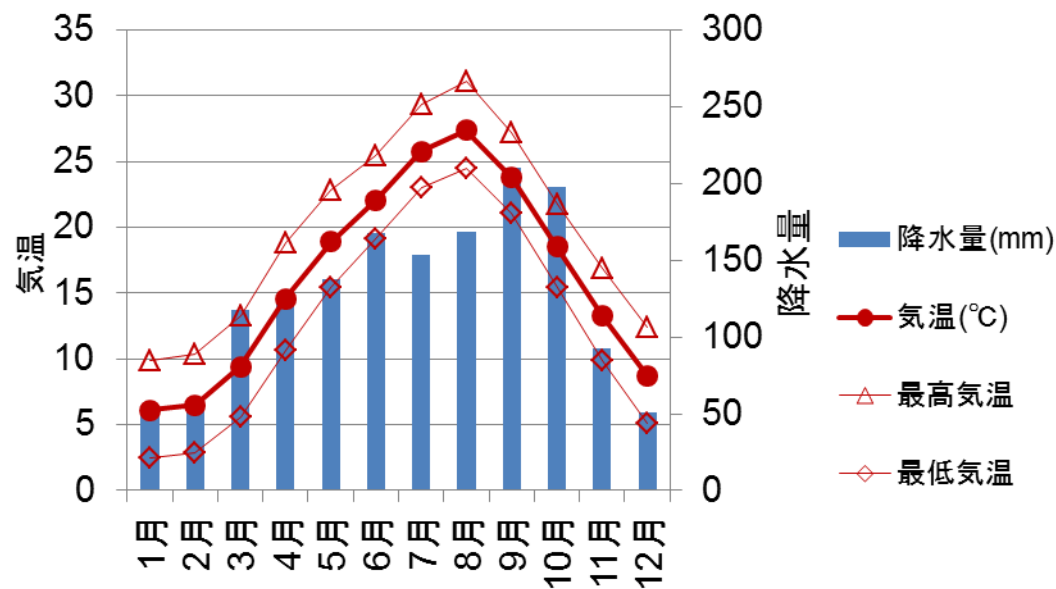
90km

地形と気象

関東平野



100km



大気環境監視の対象物質と環境基準値

2013年度

汚染物質	環境基準		測定		
	平均化時間	基準値	頻度	測定場所	
				一般局	自排局
二酸化硫黄 (SO ₂)	1日	0.04ppm	連続	20	5
	1時間	0.1ppm			
一酸化炭素 (CO)	1日	10ppm	連続	11	17
	1時間	20ppm			
浮遊粒子状物質 (SPM)	1日	0.10mg/m ³	連続	47	35
	1時間	0.20mg/m ³			
二酸化窒素 (NO ₂)	1日	0.04-0.06ppm	連続	44	35
光化学オキシダント (Ox)	1時間	0.06ppm	連続	41	
ベンゼン	1年	0.003mg/m ³	12回/年	12	2
トリクロロエチレン	1年	0.2mg/m ³	12回/年	12	2
テトラクロロエチレン	1年	0.2mg/m ³	12回/年	12	2
ジクロロメタン	1年	0.15mg/m ³	12回/年	12	2
ダイオキシン類	1年	0.6pg-TEQ/m ³	4回/年	20	
微小粒子状物質 (PM _{2.5})	1日	35μg/m ³	連続	47	35
	1年	15μg/m ³			
非メタン炭化水素(NMHC)			連続	25	3
有害大気汚染物質 23 物質 (VOCs, Metals, PAH)			12回/年	12	2

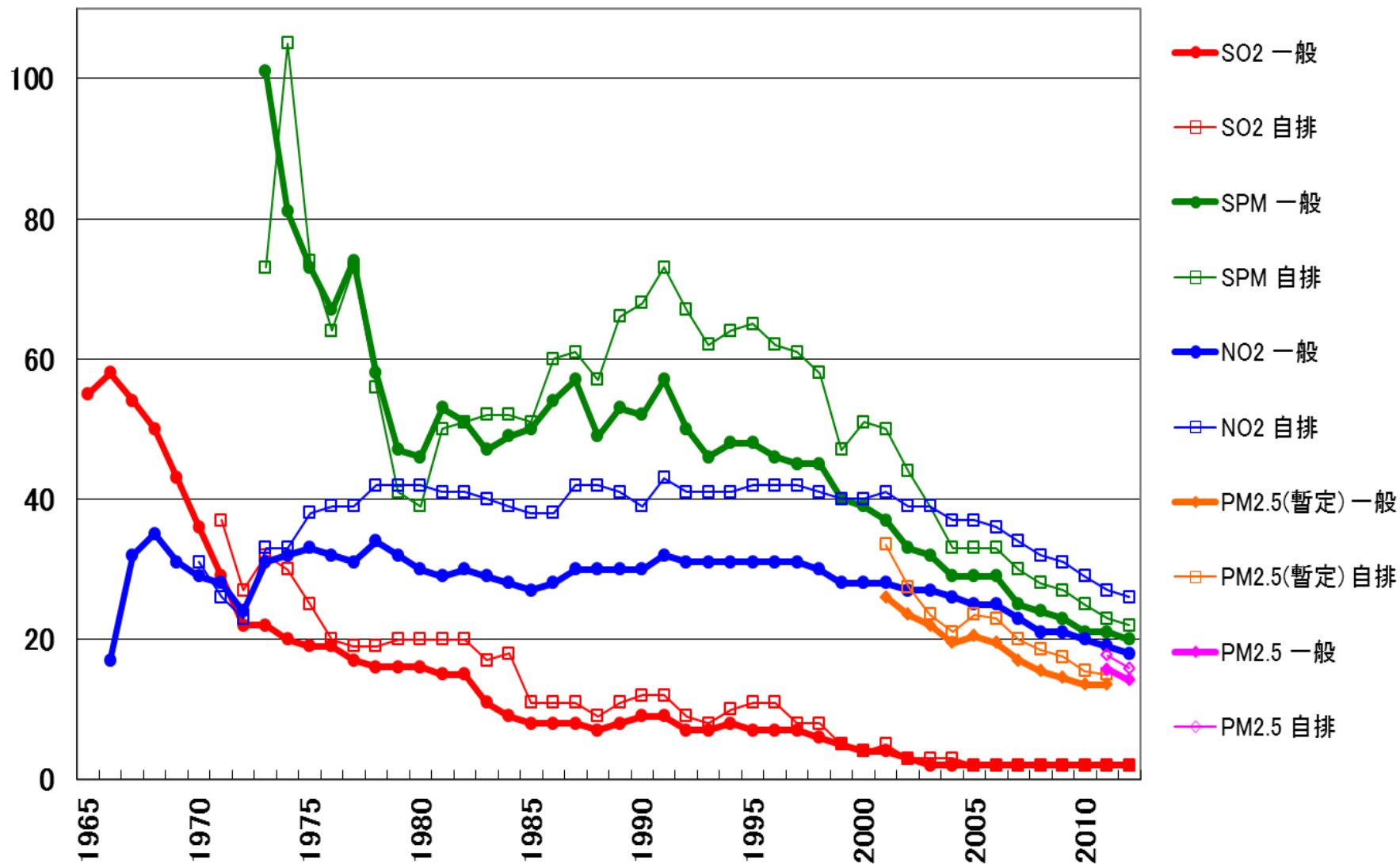
“SPM”：粒子径10 μm で100%の捕集効率を持つ分粒装置を透過する微粒子。
概ね PM₇ に相当。

2 大気環境改善の歴史

社会的背景と対策の進展

大気質の経年変化(年平均値)

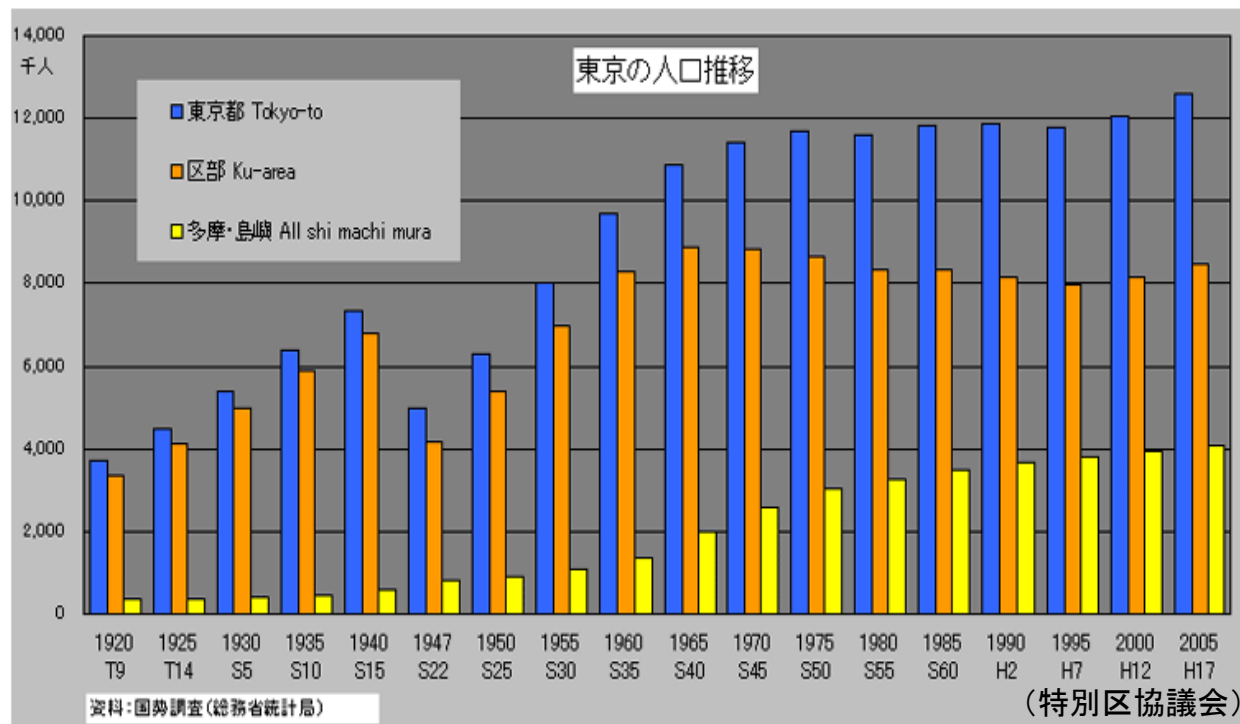
単位 : ppb(NO_2, SO_2) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM, $\text{PM}_{2.5}$)



1950年代 -1

①社会背景

・東京への人口集中



・工業等制限法1959(廃止2002)

東京区部などで大規模な工場、教室等の新・増設禁止

既成市街地への産業・人口の集中防止が目的

今日では、特別区部では大規模工場はほとんどなくなった

1950年代 -2

②発生源

・市街地

石炭燃焼によるビル暖房

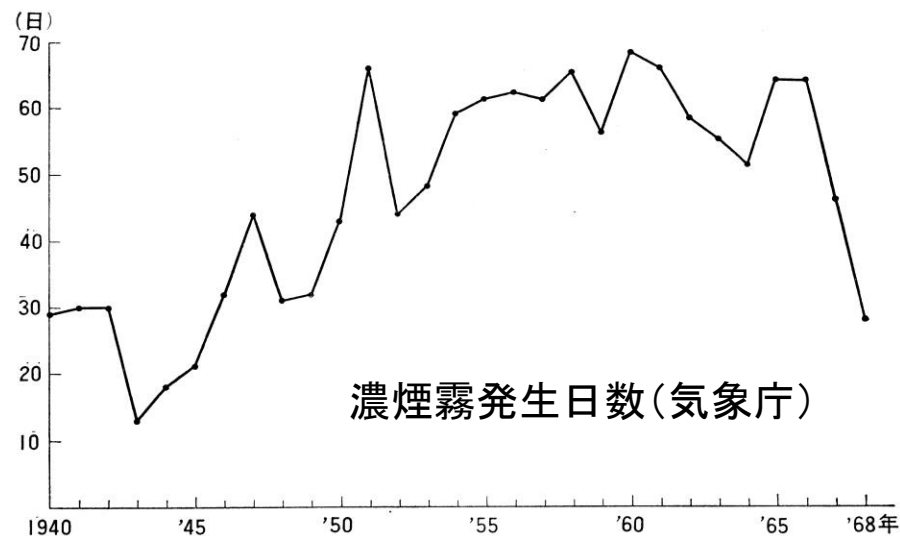
・降下ばいじん量

138トン/月・km²(4.5g/日・m²)

(丸の内 1955頃 冬季)

・濃煙霧(視程≤2km)発生日数

1950年代を通じて増加



濃煙霧発生日数(気象庁)

丸の内 三菱1号館付近 (1955)



③対策

東京都

・工場公害防止条例1949

工場設置認可制度の導入

科学的な基準の定めはない

・ばい煙防止条例1955

Ringelmann濃度表による煤煙規制

濃度表によるばい煙監視



④大気質

大気中の汚染濃度の記録なし

1960年代 -1

①社会背景

・経済成長

東京オリンピック1964

・工業都市で健康被害が顕在化

四日市喘息、川崎喘息 → 公害裁判

・自動車公害の顕在化

黒いスモッグ ⇒ 白いスモッグ

四日市市の石油化学工業地帯

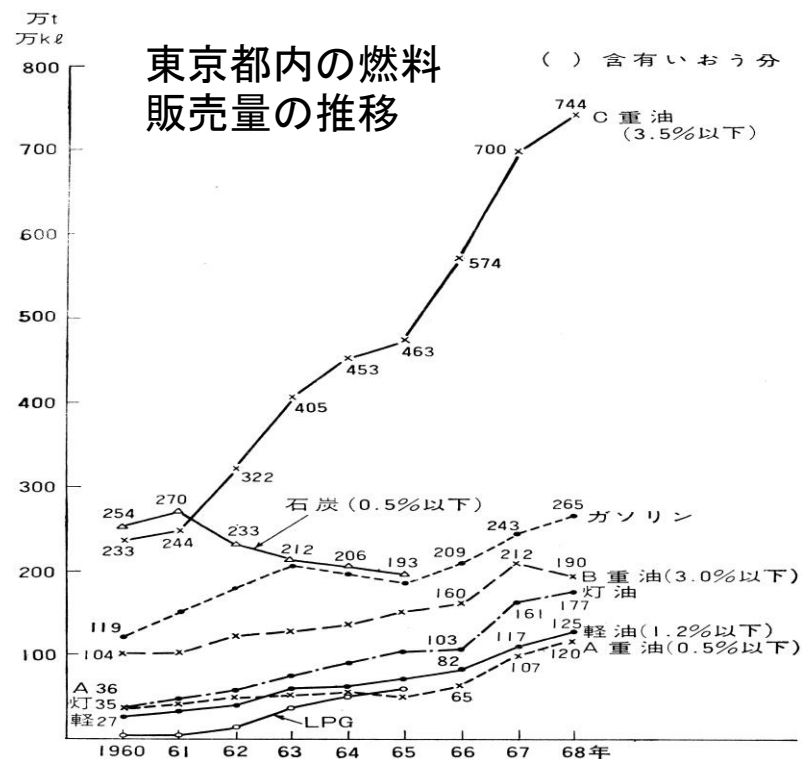
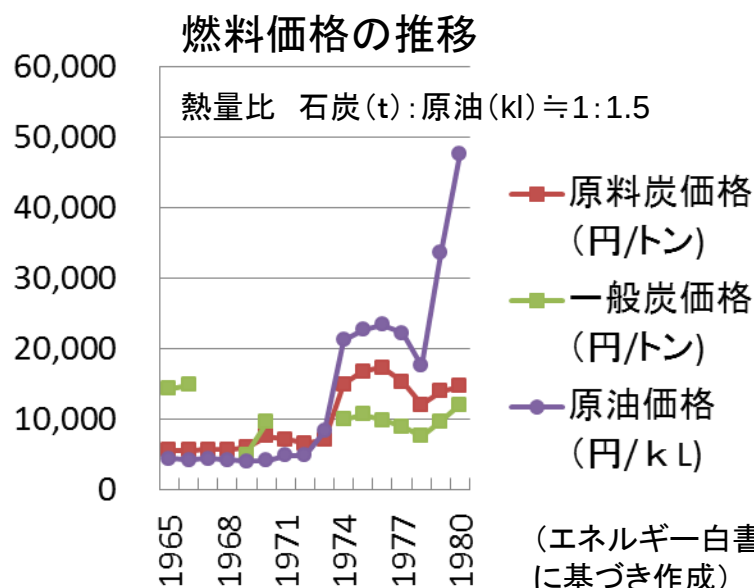


(四日市市)

②発生源

・一次エネルギー

石炭から石油への転換が進展



1960年代 -2

③対策

東京都

・ばい煙防止条例改正1963

法対象外の中小施設を規制(11807施設)

・工場移転・集団化1964～

・東京電力との公害防止協定1968

大井火力発電所建設に際し、低硫黄原油使用等を協定

・東京都公害防止条例1969

工場のほか指定作業場に届出義務
小規模事業者・一般都民の義務

・1都3県公害防止連絡協議会1969

高濃度SO₂移流を防ぐため、共同で
工場に排出低減を要請

国

・ばい煙規制法1962

ばい煙発生施設の事前届出制

ばい煙(煤塵とSO₂)などに排出基準

発電所、ガス製造所は対象外

中小施設は対象外(対象3350施設)

・大気汚染防止法1968

拡散希釈を考慮した排出基準

東京の面的発生源に効果無し

自動車排出ガス(CO)が規制対象に

発電所、ガス製造所は対象外

1960年代 -3

④大気質の経年変化

・PM(Dust)濃度は低減

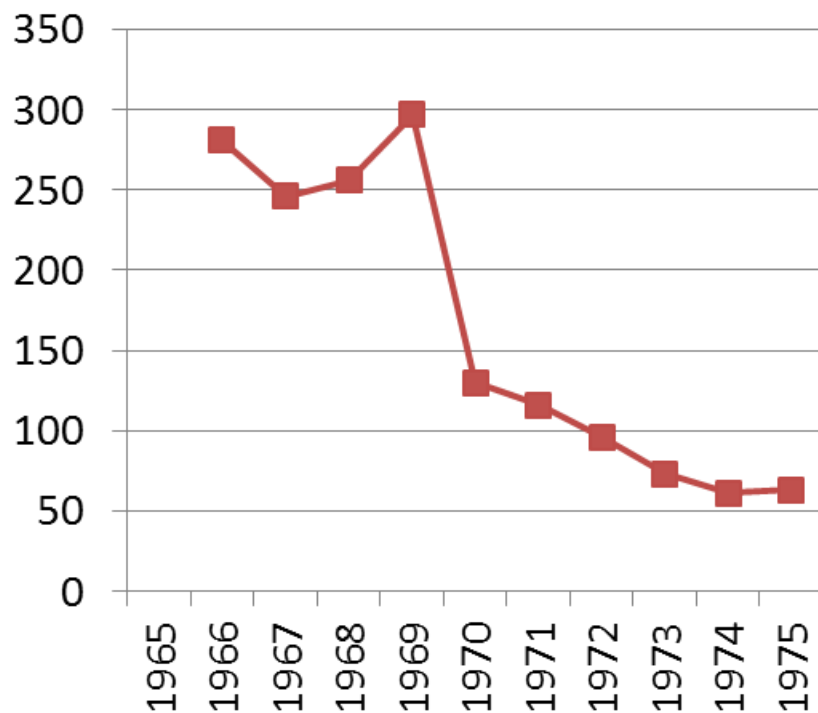
石油燃料への転換が進展

・SO₂汚染の激化

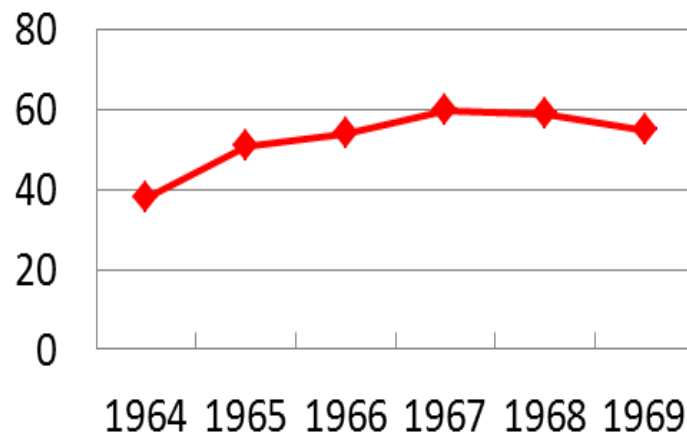
輸入原油の大部分が中東産の高硫黄原油

1960年代末から、燃料油の低硫黄化が始まりSO₂濃度の上昇は停止

μg/m³ **DUST** 区部一般局 年間平均値



ppb **SO₂** 区部一般局 年間平均値



1970年代 -1

①社会背景

・自動車公害の認識の広がり

牛込柳町鉛中毒事件1970 (後に中毒の事実是否定)

三元触媒開発の必要性和相まってガソリン無鉛化の契機になった

・光化学スモッグの顕在化

東京立正高校事件1970

運動中の生徒多数が倒れた光化学オキシダント被害最初の例

光化学オキシダント被害頻発

1都6県で28000人(1971)

・公害の克服が大きな政治課題

公害国会1970

・四日市公害裁判の判決1972

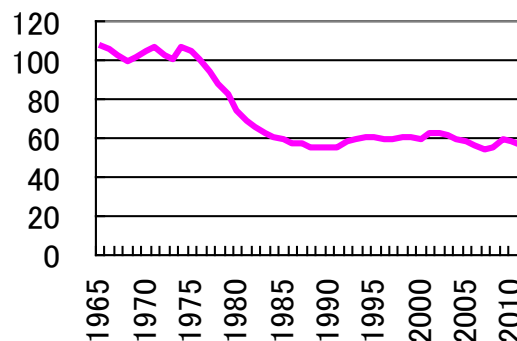
ばい煙排出工場群に損害賠償責任を認めた

・石油価格高騰(オイルショック)1973

燃料の効率的利用が進展

製造業のエネルギー消費原単位
の推移

(1973年=100)



公害裁判の原告勝訴
を伝える新聞

1970年代 -2

②発生源

・自動車公害の激化

貨物車のディーゼル化の進行

～その後もこの傾向は長く続く

低効率の自家用貨物車の走行距離が長い

NOx排出量の大半が自動車からの排出

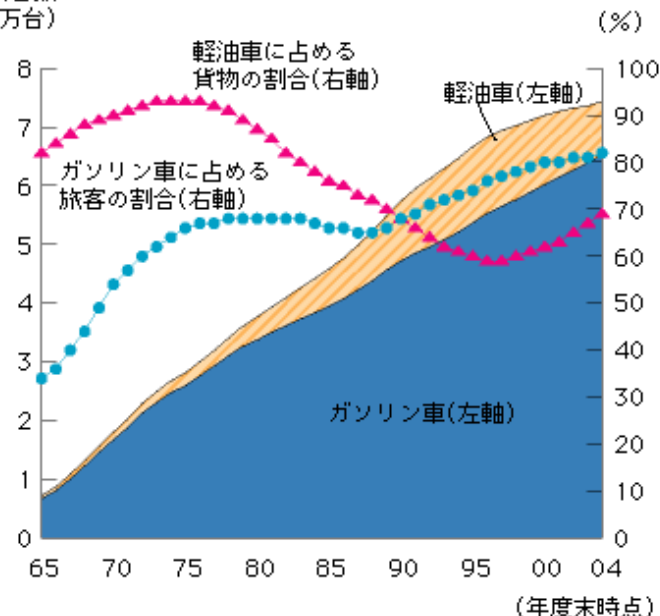
東京都内のNOx排出量(1976)

固定発生源21,000トン/年

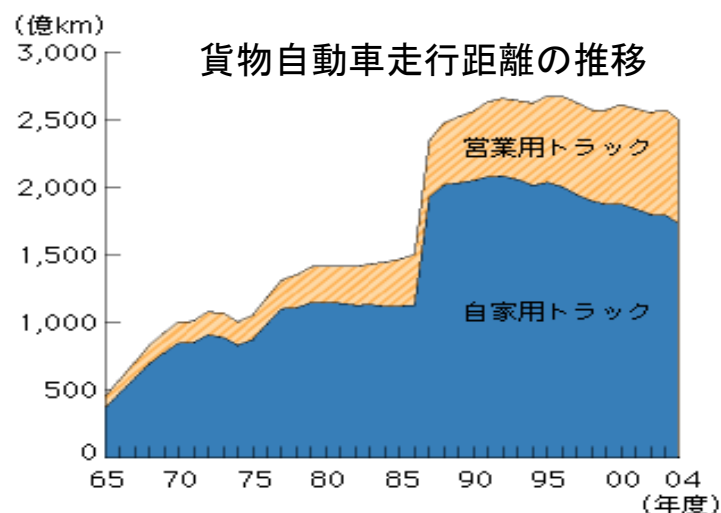
移動発生源72,000トン/年

⇒沿道のNO₂汚染が進行

保有台数 燃料別自動車保有台数の推移
(千万台)



資料：(財)自動車検査登録協会「自動車保有車両数」



資料：国土交通省「自動車輸送統計年報」
(注) 1987年度より軽自動車を含む。

1970年代 -3

③対策

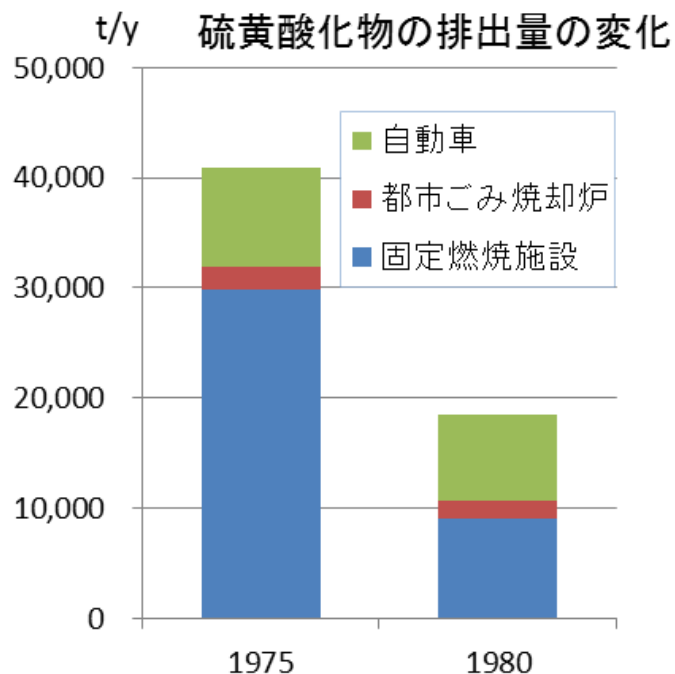
東京都

・燃料規制(硫黄含有量基準)1971

燃料の良質化がSO₂濃度低減に効果

・SO₂総量規制1976

大規模固定発生源に対し、排出量規制を導入



国

・公害健康被害補償法の制定1973

排出者の負担で大気汚染認定患者の被害を補償

・固定発生源NOx排出ガス規制導入1973

・SO₂総量規制制度導入1974(地図)

・自動車排ガス規制の強化1978

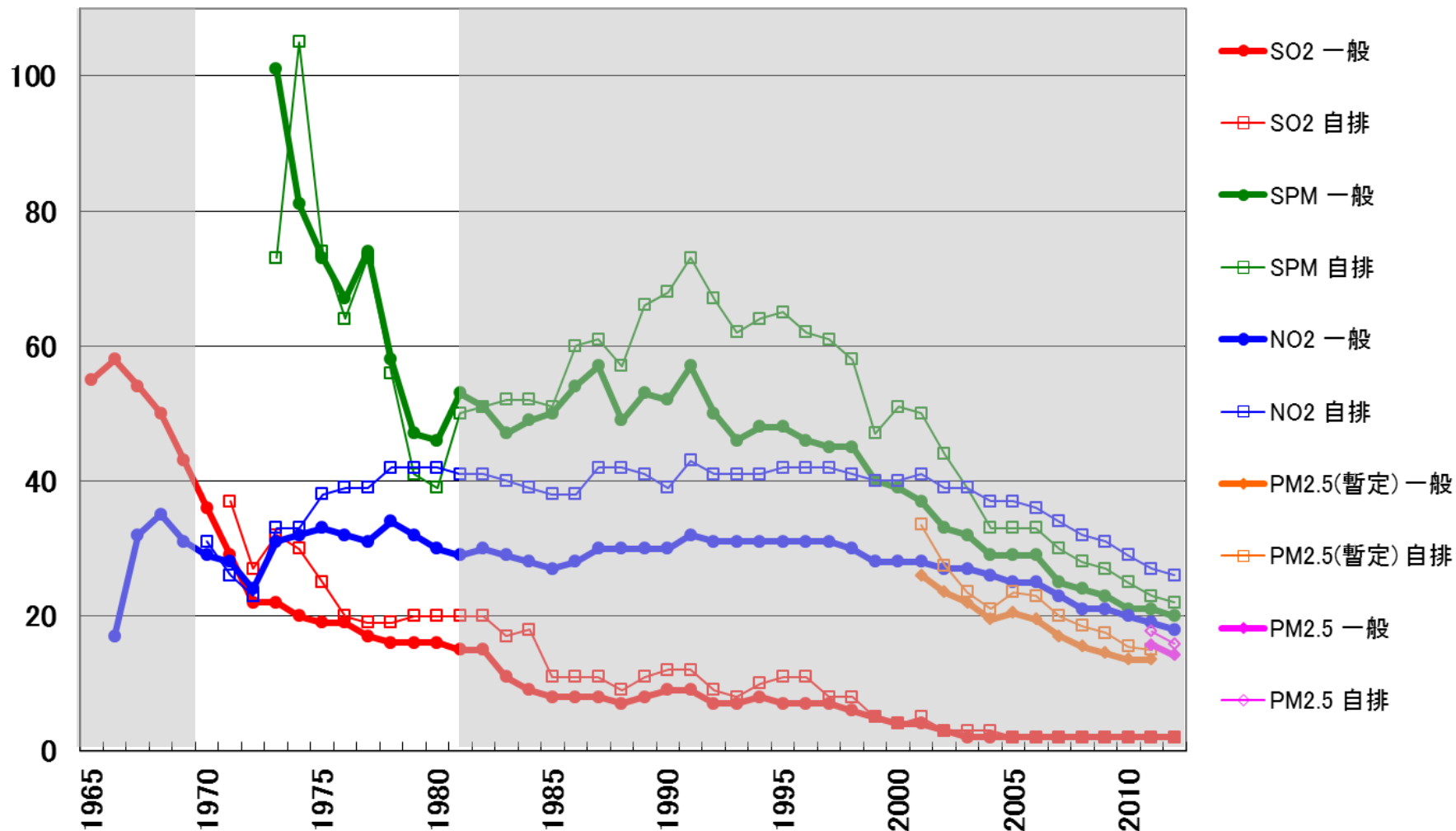
(日本版マスキー法)



1970年代 -4

④大気質の経年変化(年平均値)

単位 : ppb(NO_2, SO_2) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM, $\text{PM}_{2.5}$)



- ・固定発生源の燃料改善が有効な SO_2 ・SPM濃度は大きく低減.
- ・高温燃焼に由来する NO_2 濃度は特に沿道で上昇.

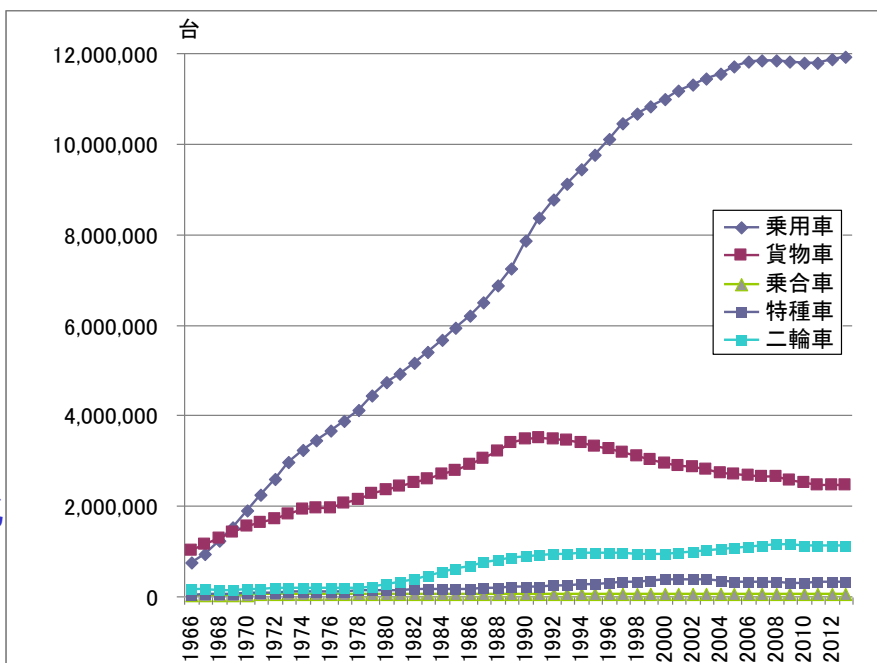
1980年代 -1

①社会背景

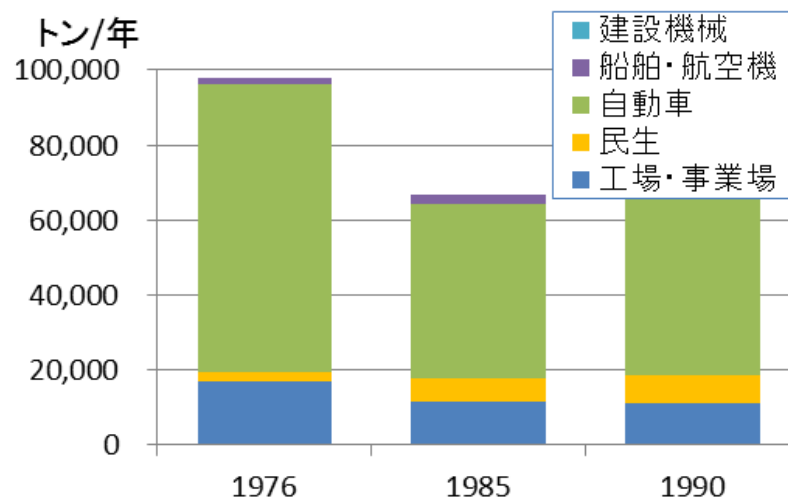
- ・都市生活型公害
- ・公害健康被害補償法改正1987
新規の患者認定を停止
- ・景気拡大(バブル経済)
貨物自動車の増加、PM汚染の激化

②発生源

- ・固定発生源
NOx排出量低減はわずか
- ・自動車
ディーゼル貨物車の増加・大型化
直接噴射型ディーゼル車の普及
NOx排出の増加
PM排出の再び増加
特に沿道環境が悪化



東京都内の自動車保有台数の経年変化
(自動車検査登録情報協会のデータをもとに作成)



NOx排出量の推移

1980年代 -2

③対策

東京都

・NOx総量規制削減計画1983

目標:1985年に一般局で環境基準適合

大規模固定発生源に対し、排出濃度
規制に加え排出量規制の導入が中心

自動車排ガスの増加で結果的にNOx
排出量・NO2環境濃度の低減は不十分

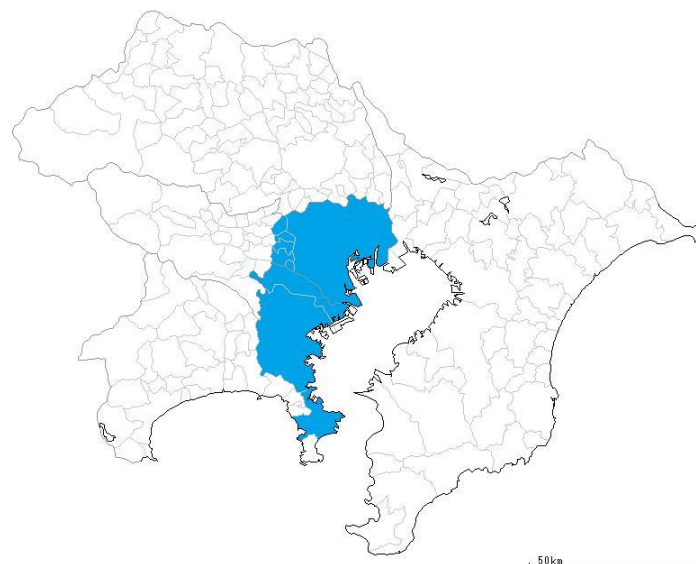
・小型ボイラ等の低NOx性能認定制度

法規制対象外のボイラのNOx排出低減

国

・大気汚染防止法の改正1981

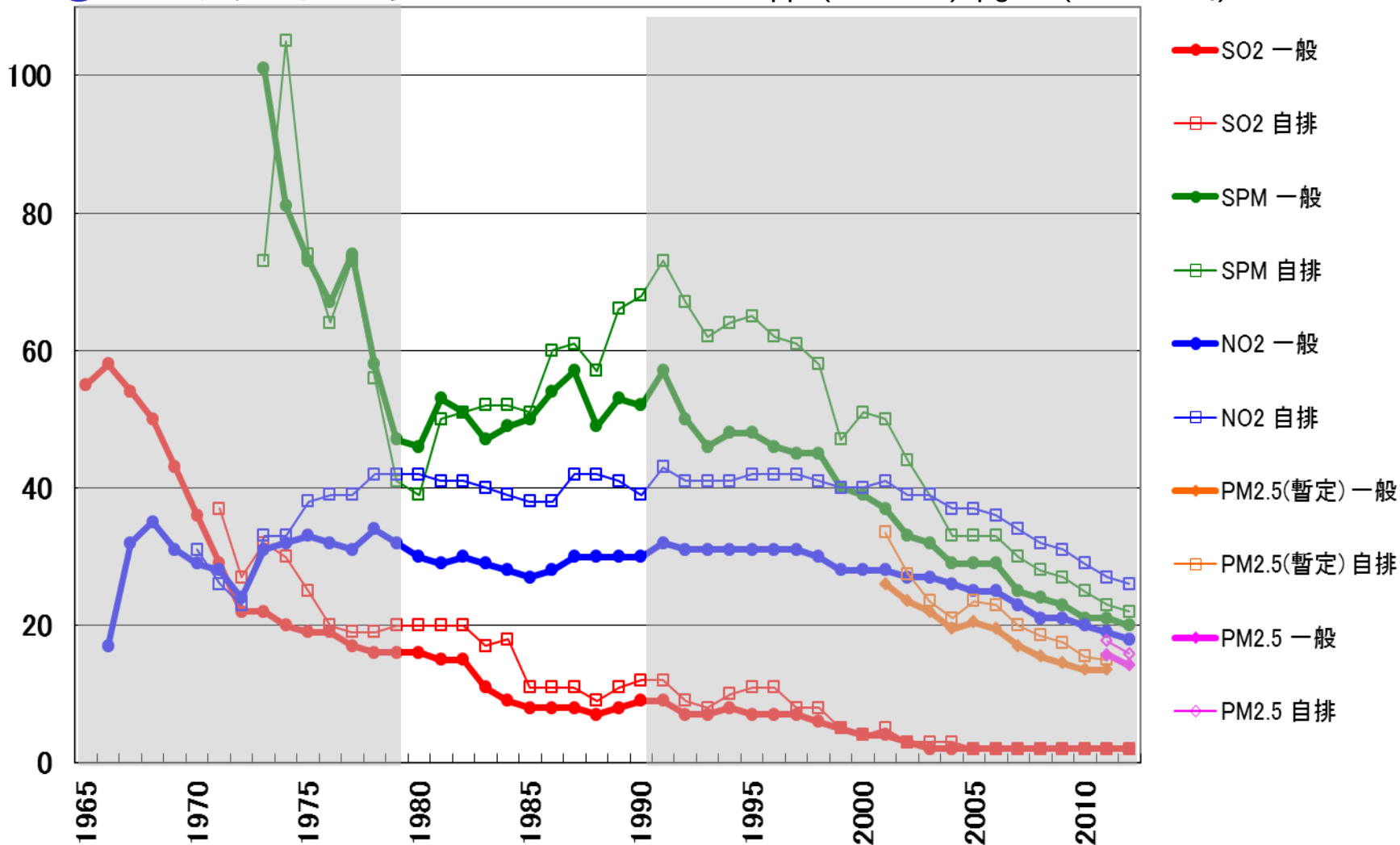
NOx総量規制制度を導入



NOx総量削減対策地域
東京都・神奈川県

1980年代 -3

④大気質の経年変化(年平均値) 単位：ppb(NO_2, SO_2) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM, $\text{PM}_{2.5}$)



- ・SPM汚染再び激化 — 自動車排出ガス
- ・SPM・ NO_2 ともに沿道汚染が深刻化

1990年代 -1

①社会背景

- ・地球規模の大気汚染が話題に
フロン、温室効果ガス

- ・東京大気汚染裁判1996

原告:喘息患者ら633人

被告:国・東京都・道路公団・ディーゼル自動車メーカー

請求事項:損害賠償・救済制度・汚染物質排出の差止め

- ・所沢ダイオキシン事件1996

多数の産業廃棄物焼却炉からのダイオキシンによる農産物汚染の懸念

②発生源

- ・自動車公害

ディーゼル車排出ガス規制は順次強化されたが、効果は限定的
沿道の環境は依然として改善せず

1990年代 -2

③対策

東京都

・自動車NO_x総量削減計画1993

目標: 自動車排出NO_x総量

33000トン(2001)

・ディーゼルNO(ノー)作戦1999

NO_x規制に偏重した自動車排出ガス対策からPM重視へ

国

・自動車NO_x法の制定1992

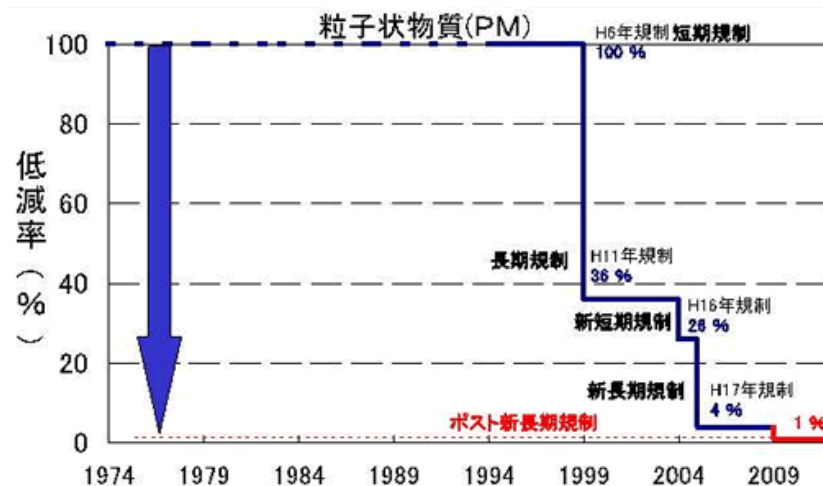
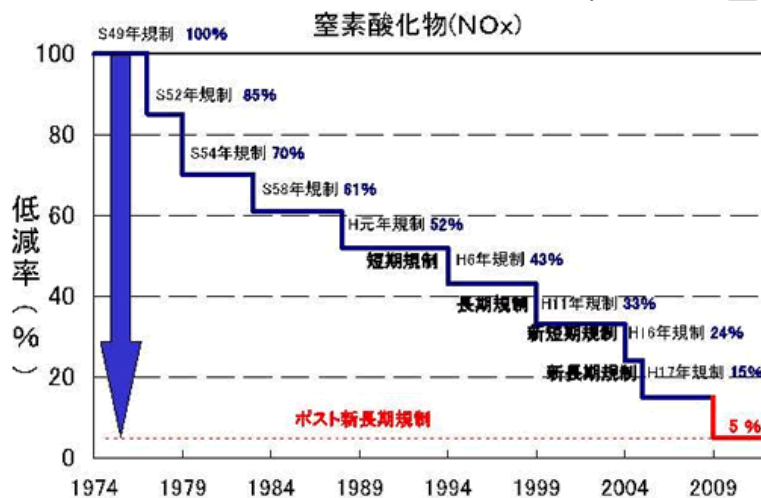
車種規制を導入

(対策地域内で、基準に適合しない(古い)車両を登録できない)

・ダイオキシン類対策特別措置法1999

ダイオキシン類の排出規制を導入

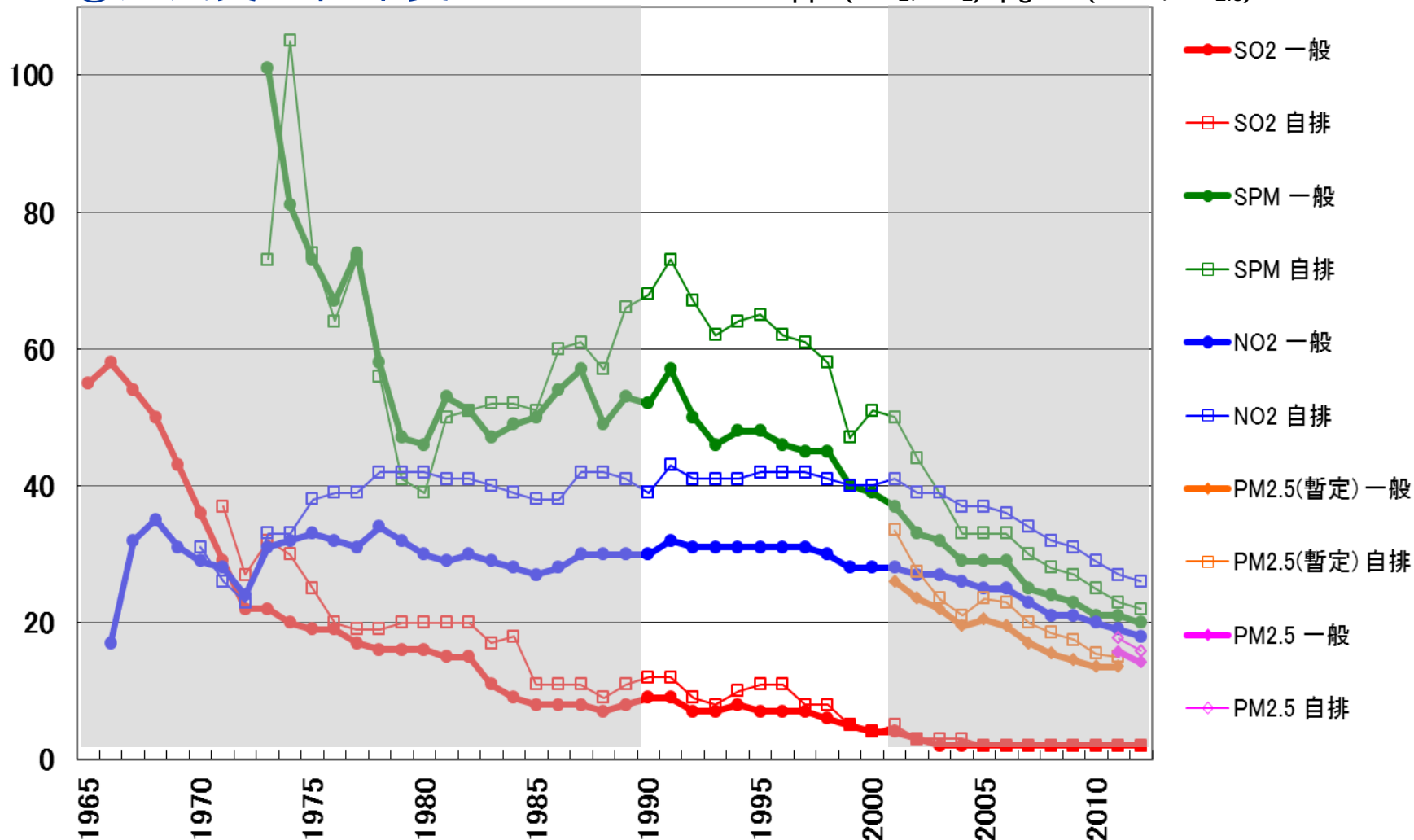
ディーゼル重量車排出ガス規制値の推移



(九都県市あおぞらネットワーク)

1990年代 -3

④大気質の経年変化(年平均値) 単位：ppb(NO_2, SO_2) $\mu\text{g}/\text{m}^3(\text{SPM}, \text{PM}_{2.5})$



- ・ NO_2 の環境濃度は横ばいのまま推移
- ・PM・ NO_2 ともに沿道で著しく高い濃度

2000年以降 -1

①背景

・自動車公害

ディーゼル車新車規制は順次強化されたが、効果は限定的

・東京大気汚染裁判の一審判決2002

原告の請求の一部が認められ、東京都以外の被告はいずれも控訴

和解成立2007

[和解条項]

・医療費助成制度創設

(国・自動車メーカー・道路公団が費用負担)

・環境対策の実施

(道路交通対策、PM2.5環境基準の検討、環境モニタリングの充実など)



一審判決時の都庁前 2002
(環境再生保全機構)

②発生源

・最新規制車でデフィートデバイス発見2011

公定モードを外れた走行条件(オフサイクル)でNOx排出が増大する事例を発見
⇒国・自動車業界の改善の取り組み

2000年以降 -2

③対策

東京都

- ・廃棄物焼却炉等にダイオキシン排出規制導入2000

PM・NOx排出低減に効果

- ・環境確保条例2000

ディーゼル車規制導入

小型焼却炉の使用等を禁止

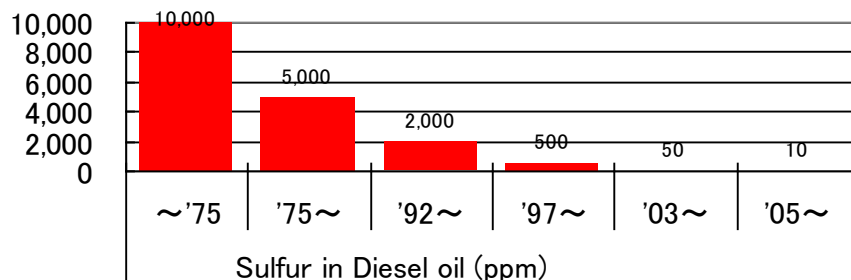
- ・自動車NOx・PM総量削減計画2003

目標:2010年度までに全ての測定局でNO₂・SPMの環境基準を達成

- ・東京都のディーゼル車規制開始2003

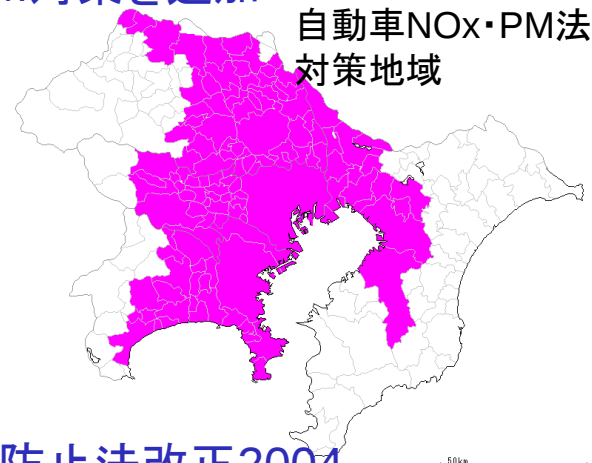
基準適合車以外のディーゼル車の運行規制(1都3県共同)

- ・都の要請による低硫黄軽油供給開始
硫黄含有量(10ppm) 2005



国

- ・自動車NOx・PM法2002
対象にPM対策を追加



- ・大気汚染防止法改正2004

VOC規制導入

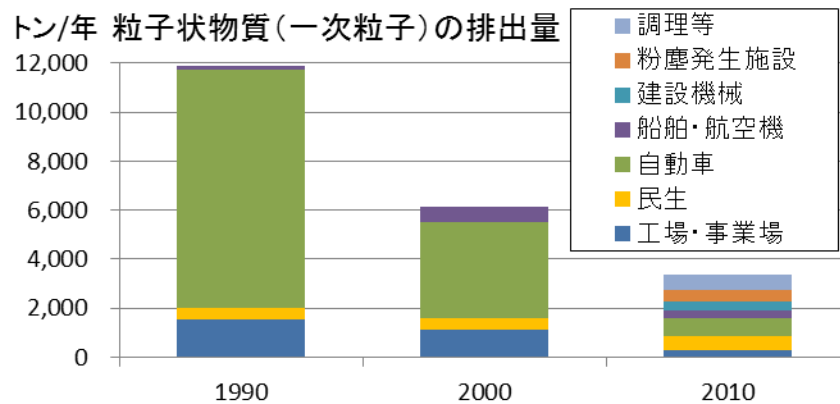
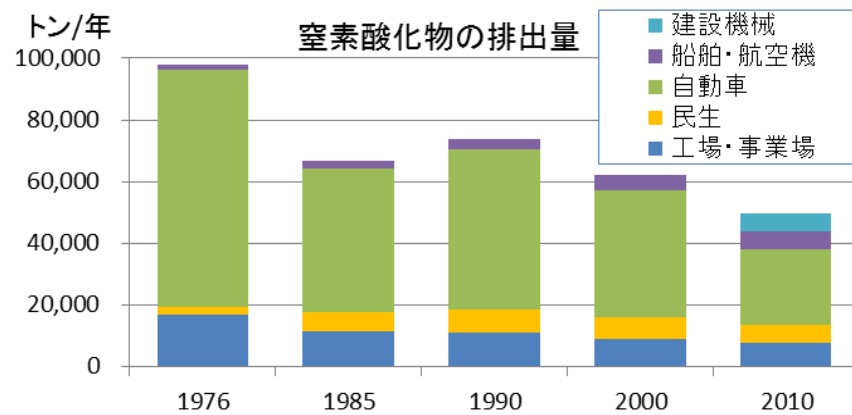
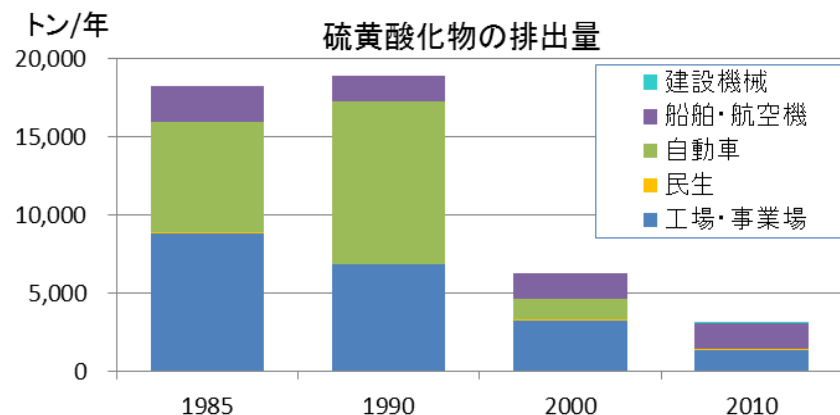
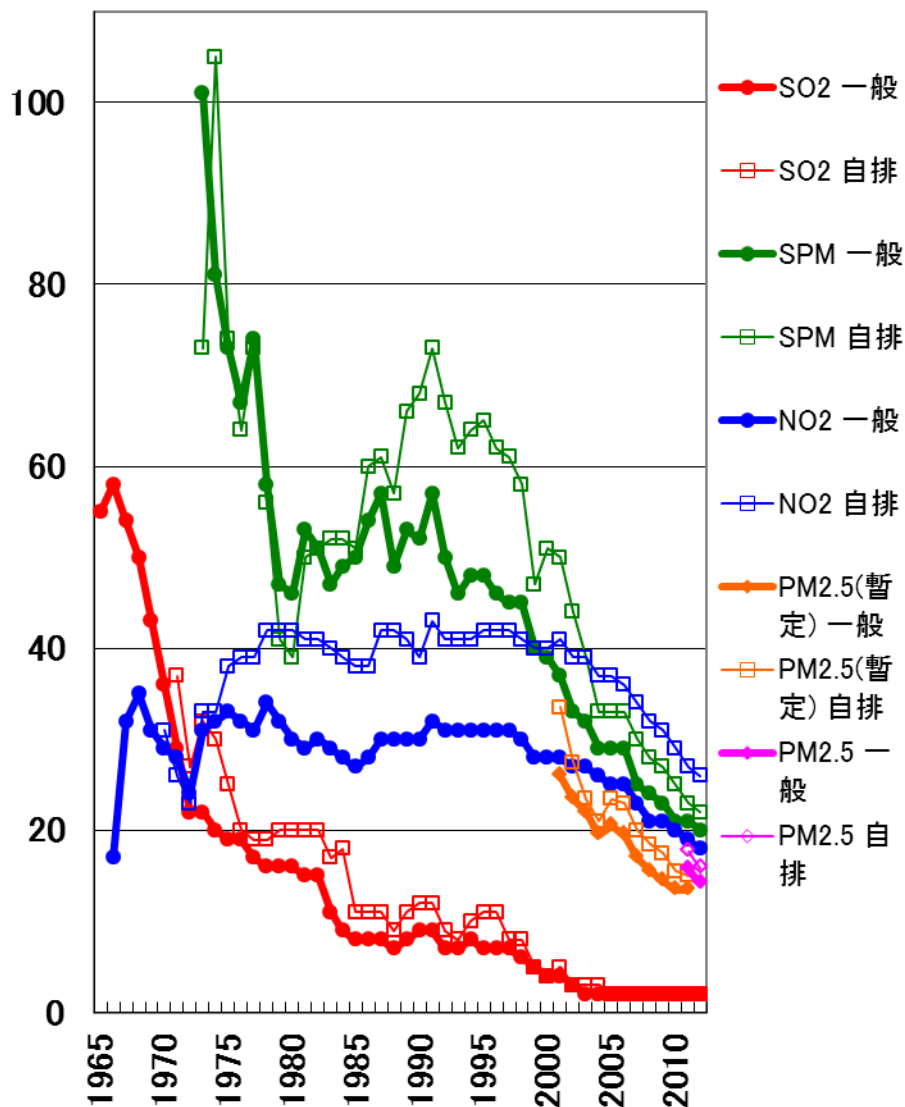
(大規模事業所に排出規制,他は業界の自主規制)

- ・都が主張してきた過渡走行モードによる自動車排ガス試験法(JE05,JC08)を採用2005

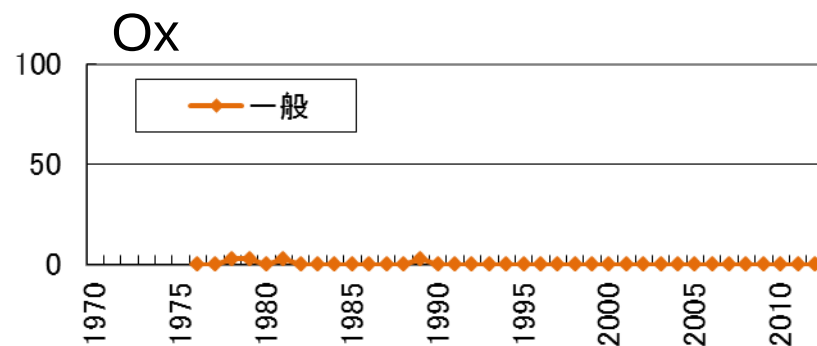
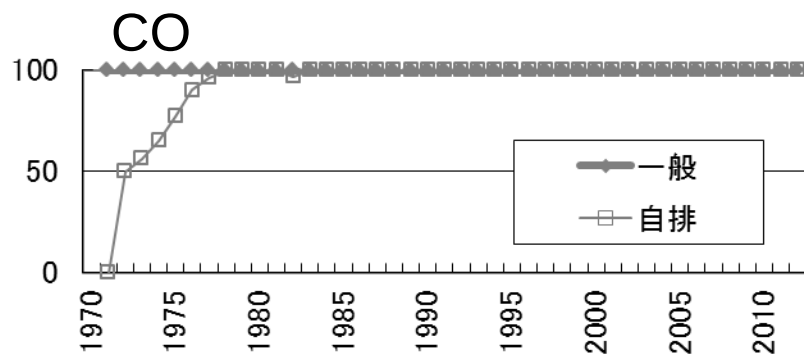
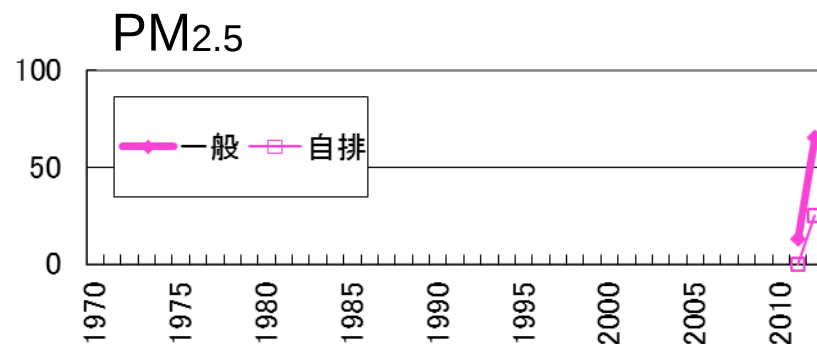
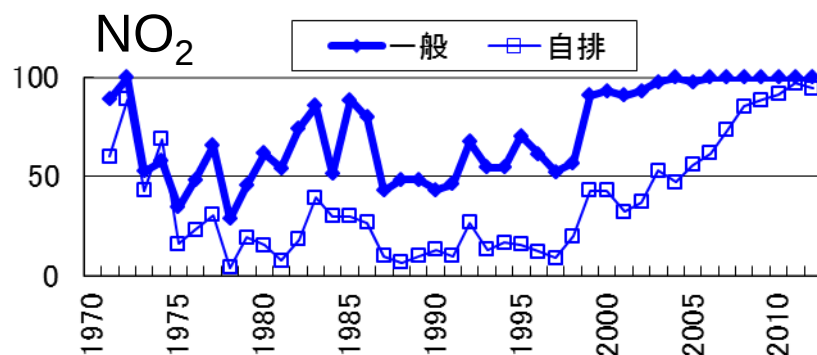
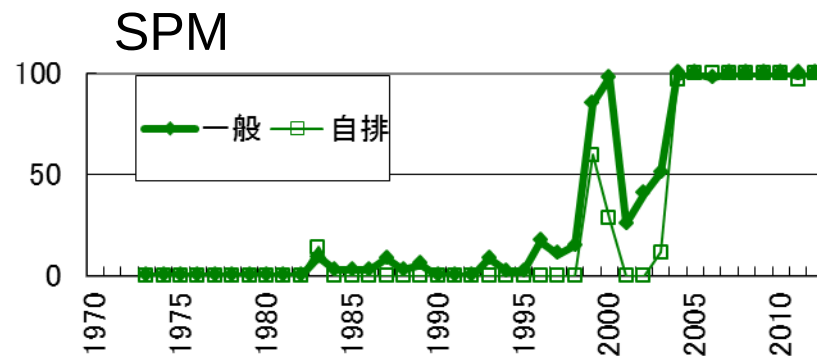
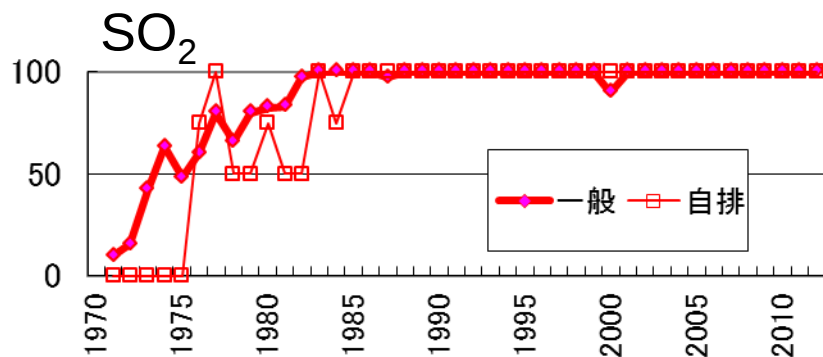
2000年以降 -3

④大気質の経年変化(年平均値)

単位：ppb(NO_2, SO_2) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM, $\text{PM}_{2.5}$)



環境基準適合状況の推移 (適合測定局数の割合: %)



大気環境基準の適合状況

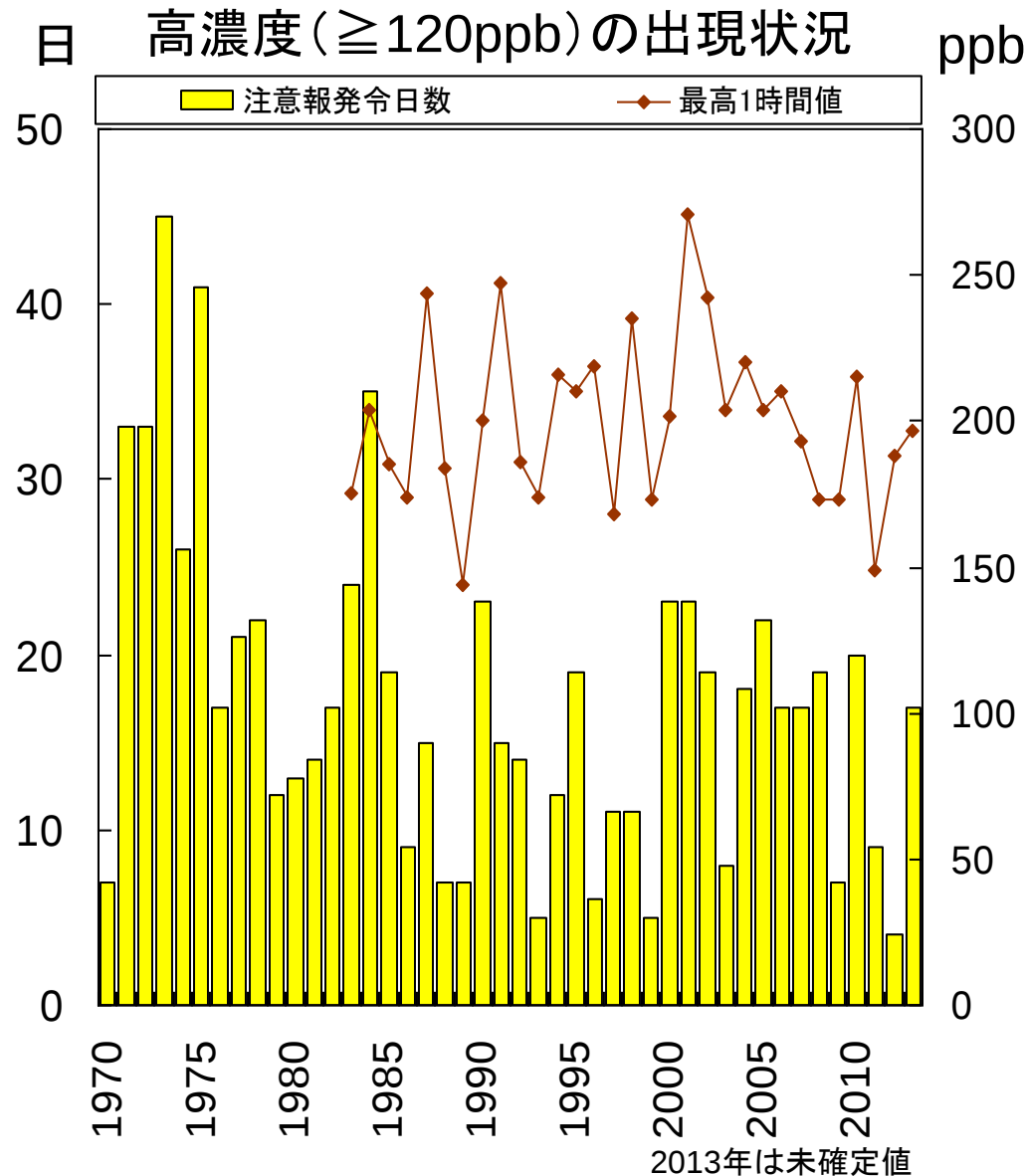
2012年度

汚染物質	環境基準		適合局数 / 測定局数	
	平均化時間	基準値	2012年度	
			一般局	自排局
硫黄酸化物 (SO ₂)	1日	0.04ppm	20/20	5/5
	1時間	0.1ppm		
一酸化炭素 (CO)	1日	10ppm	11/11	17/17
	1時間	20ppm		
浮遊粒子状物質 (SPM)	1日	0.10mg/m ³	47/47	35/35
	1時間	0.20mg/m ³		
二酸化窒素 (NO ₂)	1日	0.04-0.06ppm	44/44	33/35
光化学オキシダント (Ox)	1時間	0.06ppm	0/41	
ベンゼン	1年	0.003mg/m ³	12/12	2/2
トリクロロエチレン	1年	0.2mg/m ³	12/12	2/2
テトラクロロエチレン	1年	0.2mg/m ³	12/12	2/2
ジクロロメタン	1年	0.15mg/m ³	12/12	2/2
ダイオキシン類	1年	0.6pg-TEQ/m ³	20/20	
微小粒子状物質 (PM _{2.5})	1日	35μg/m ³	20/31	6/24
	1年	15μg/m ³		

3 今日の課題と取組

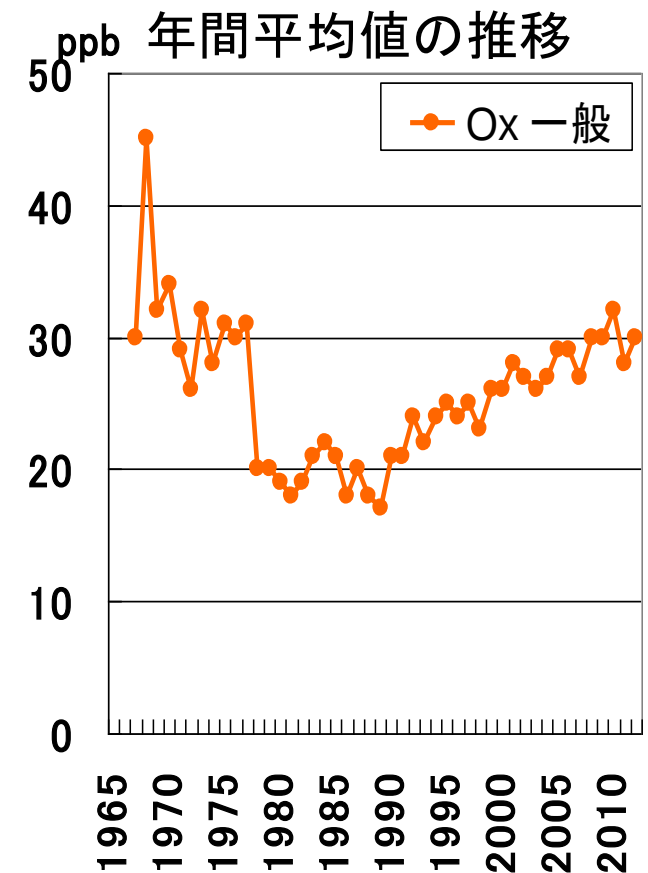
光化学オキシダントと微小粒子状物質

光化学オキシダント(オゾン)の経年変化

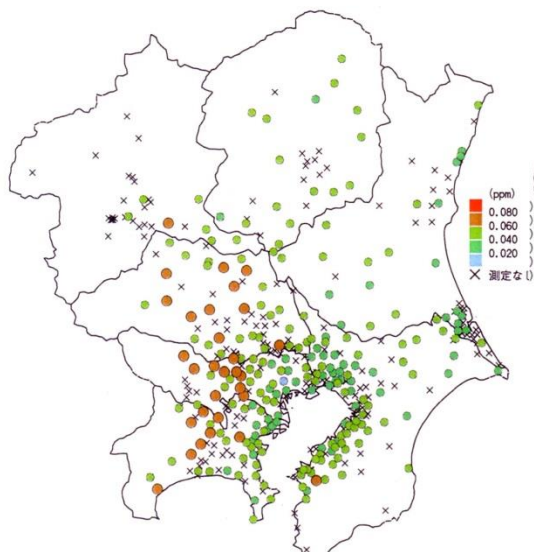


・夏期の最高濃度・出現頻度の低減が課題

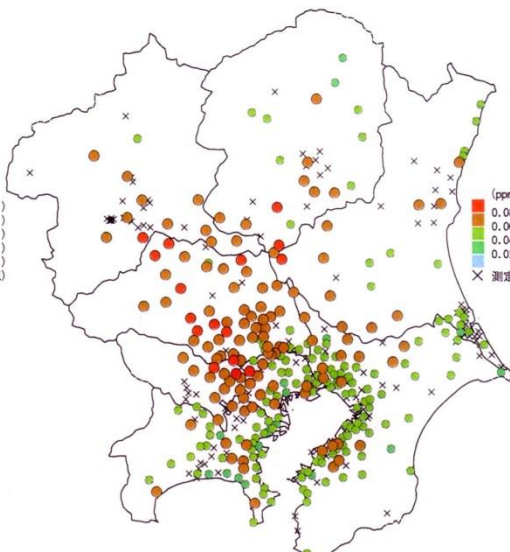
・年間平均値は、夜間や春期の濃度上昇の影響が大きい



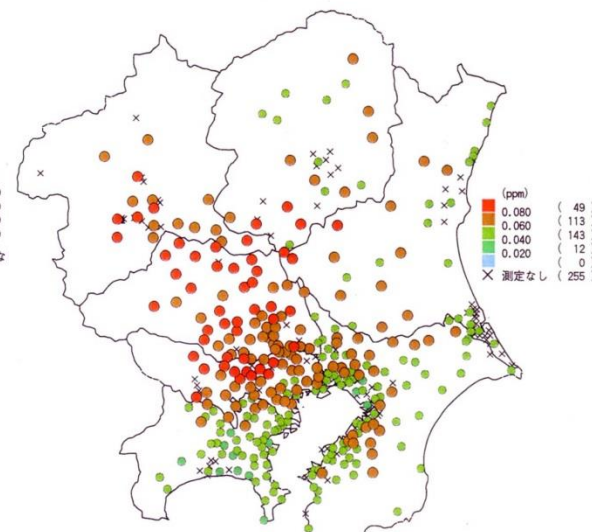
関東地域の光化学オキシダント高濃度出現状況



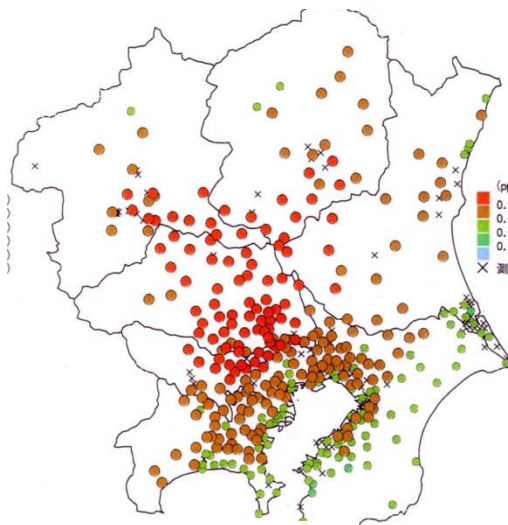
1980-1982平均



1990-1992平均



2000-2002平均

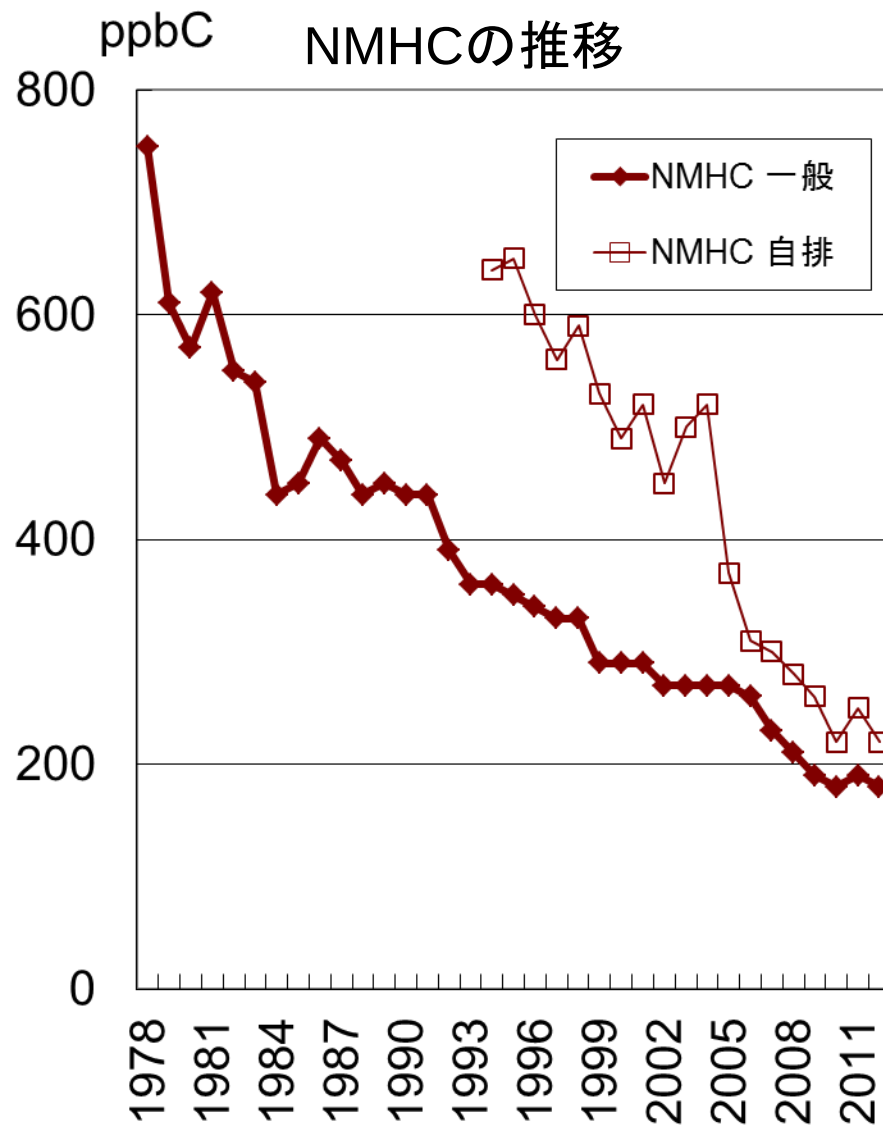
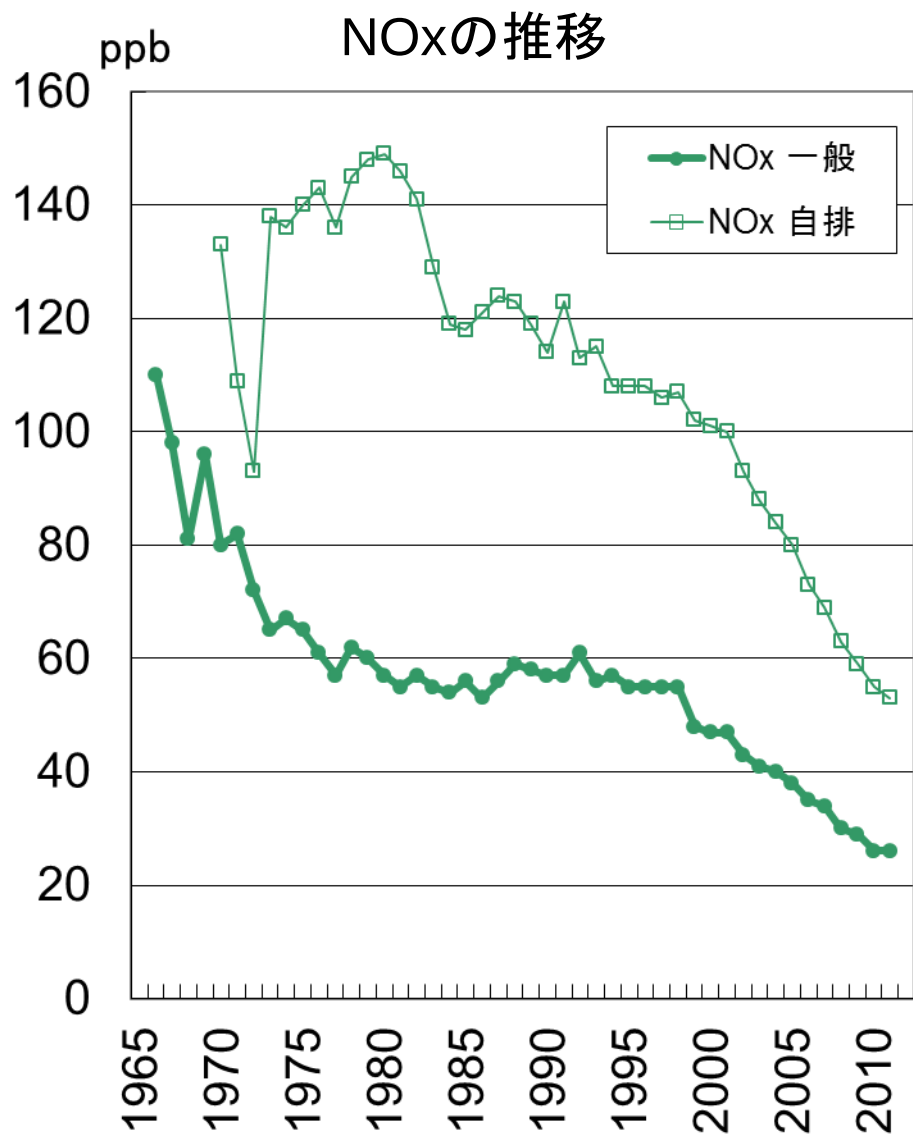


2009-2011平均

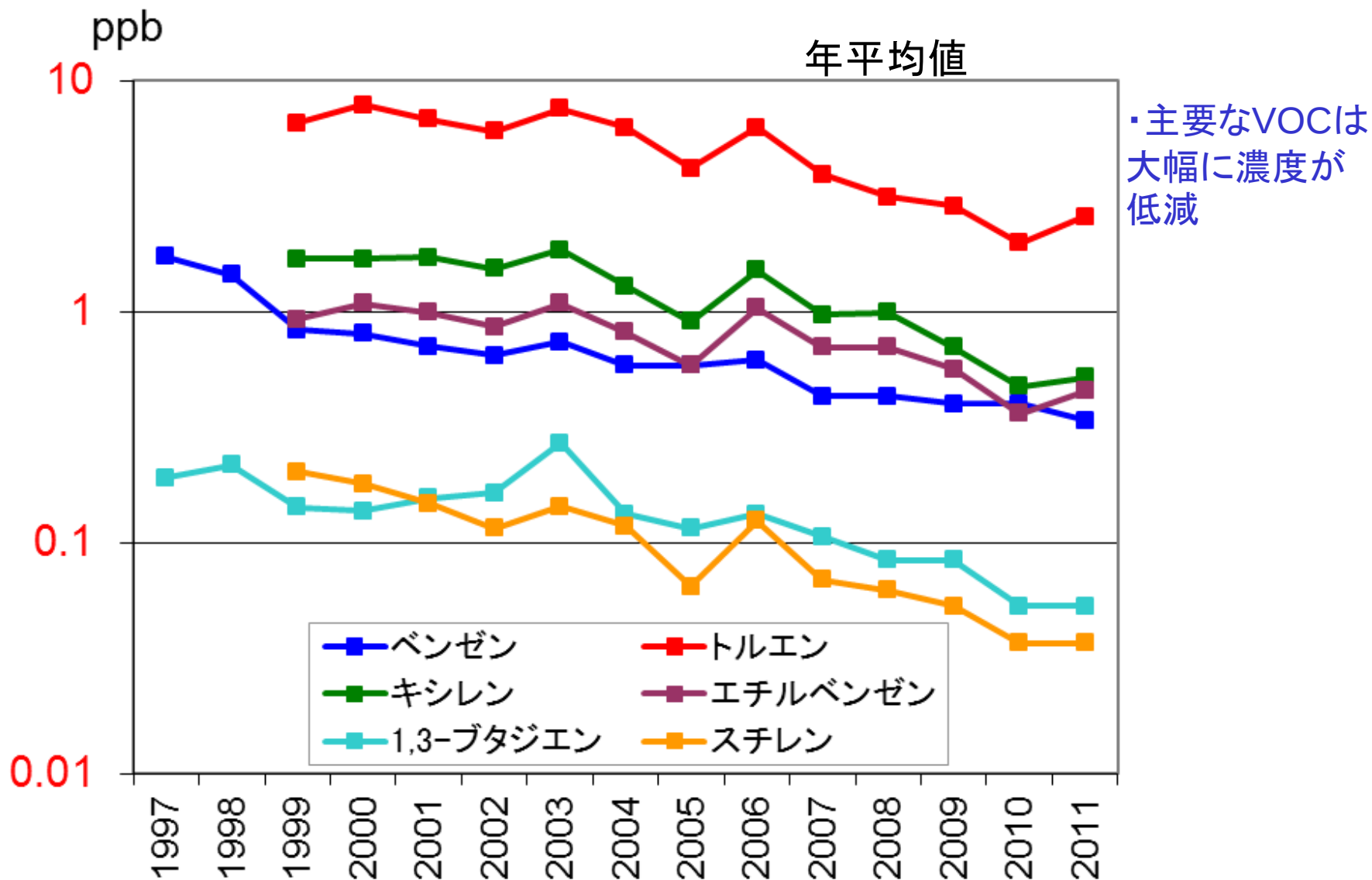
高濃度日 (max $\geq$ 120ppb) の13-16hの平均濃度の分布

高濃度の出現地域が広域化

光化学オキシダント前駆物質の環境濃度の推移

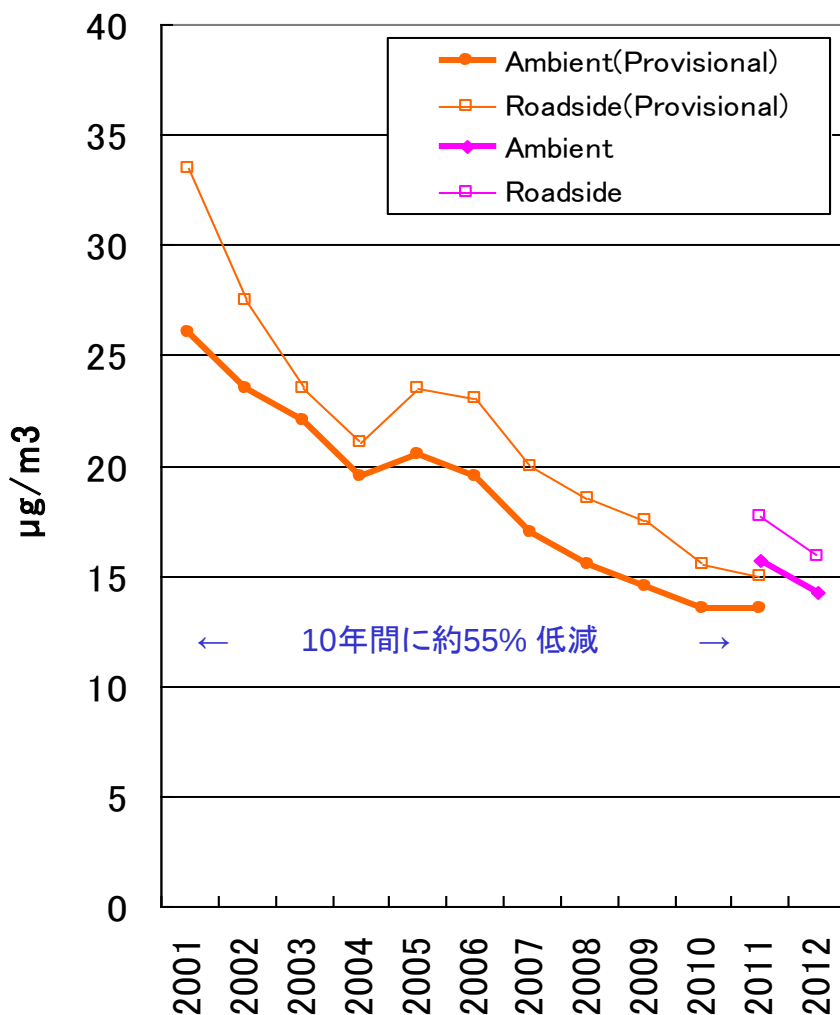


VOCの環境濃度の推移

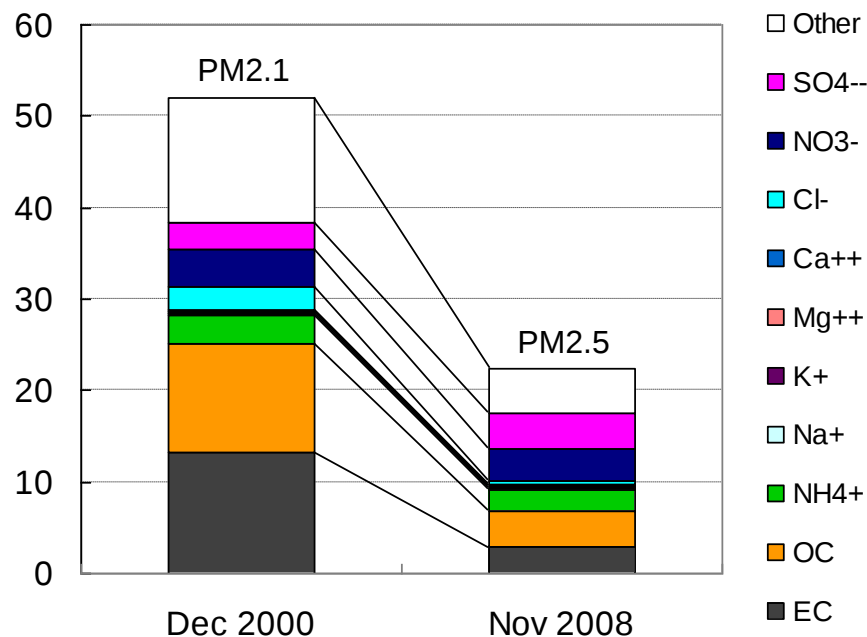


PM_{2.5} 環境濃度の推移と化学成分の変化

年平均値



2001-2011年度の測定値は、標準測定法と等価性がある測定機によるものではなく、その後の公定法による測定値とは直接の比較はできない。



・上記の期間に実施された対策が、下記の3成分の低減に効果を上げたと考えられる

EC：ディーゼル車規制(九都県市2003~)

OC：VOC 排出削減対策 (2001~)

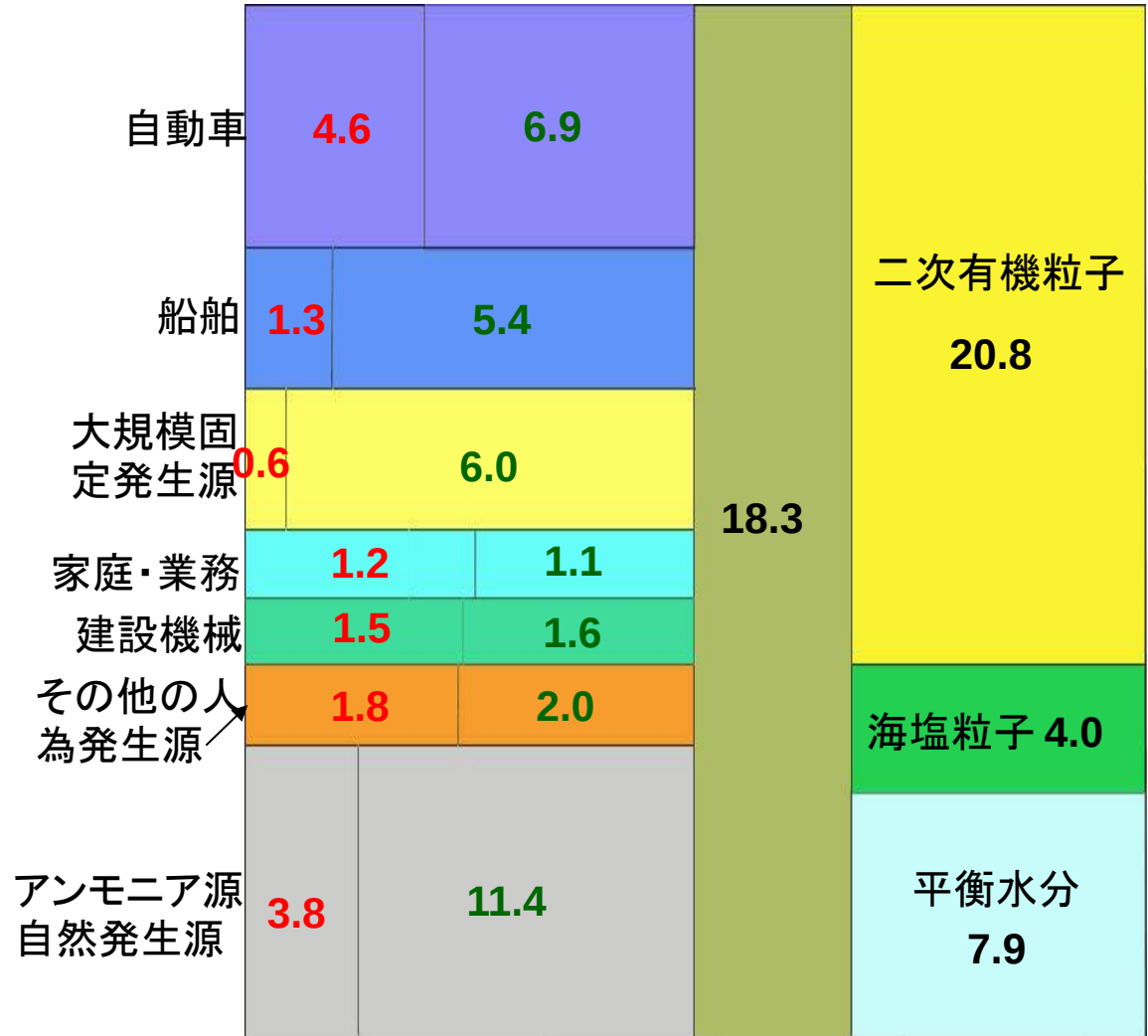
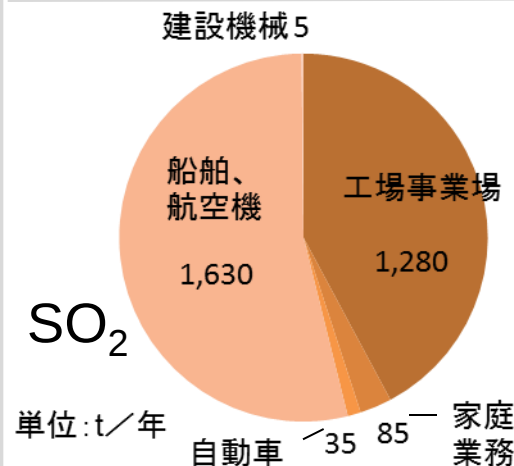
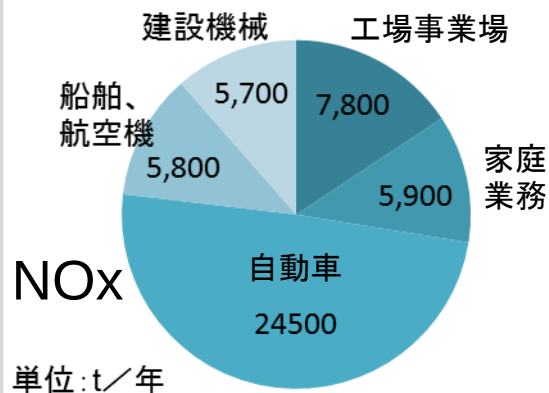
Cl⁻：廃棄物焼却炉のダイオキシン類排出規制 (2000~)

・その結果、硫酸塩と硝酸塩の微小粒子に占める比率が増加

PM_{2.5}の発生源別寄与濃度の推計値

← 49.2% →
 東京都内 関東6県
 ← 32.7% →
 他の地域 帰属不明

2010年度排出量(東京都)



数値は、PM_{2.5}: 19.1 µg/m³ (2008年度平均値) に占める割合 (%)

まとめ

- 1 光化学オキシダントとPM2.5という二次生成大気汚染の改善が東京の大きな課題
- 2 大気中で移流しつつ生成するため、原因物質の発生地域と汚染地域が異なる
- 3 生成機構には不明な点も多く、効果的な対策のためには一層の調査研究が必要
- 4 広域現象の正確な把握、二次生成機構の解明、対策の立案・実施などには、これまでの広域的な連携協力の更なる充実が重要

ありがとうございました