

自動車由来のベンゼンに対する 曝露アセスメント

梶原秀夫¹・伏見暁洋²・増田厚²・石塚悟³

1 科学技術振興事業団

2 横浜国立大学環境科学研究センター

3 石川島検査計測

ベンゼンに関する知見

ベンゼンの毒性

- ・人に対する発ガン性物質であることが知られている(白血病の原因物質)。

日本における大気環境中ベンゼンへの取り組み

- ・1996年5月、大気汚染防止法の改正に伴い、優先取組物質として指定
- ・1997年2月、環境基準濃度を年平均値 $3 \mu\text{g m}^{-3}$ (= 0.94 ppb)に制定
- ・1999年末を目処に、ガソリン中のベンゼン含有量の規制値を現行の5%から1%に削減(中央環境審議会答申)

ベンゼンの排出源

- ・主排出源は自動車からの排出ガス

大気中ベンゼン濃度の測定

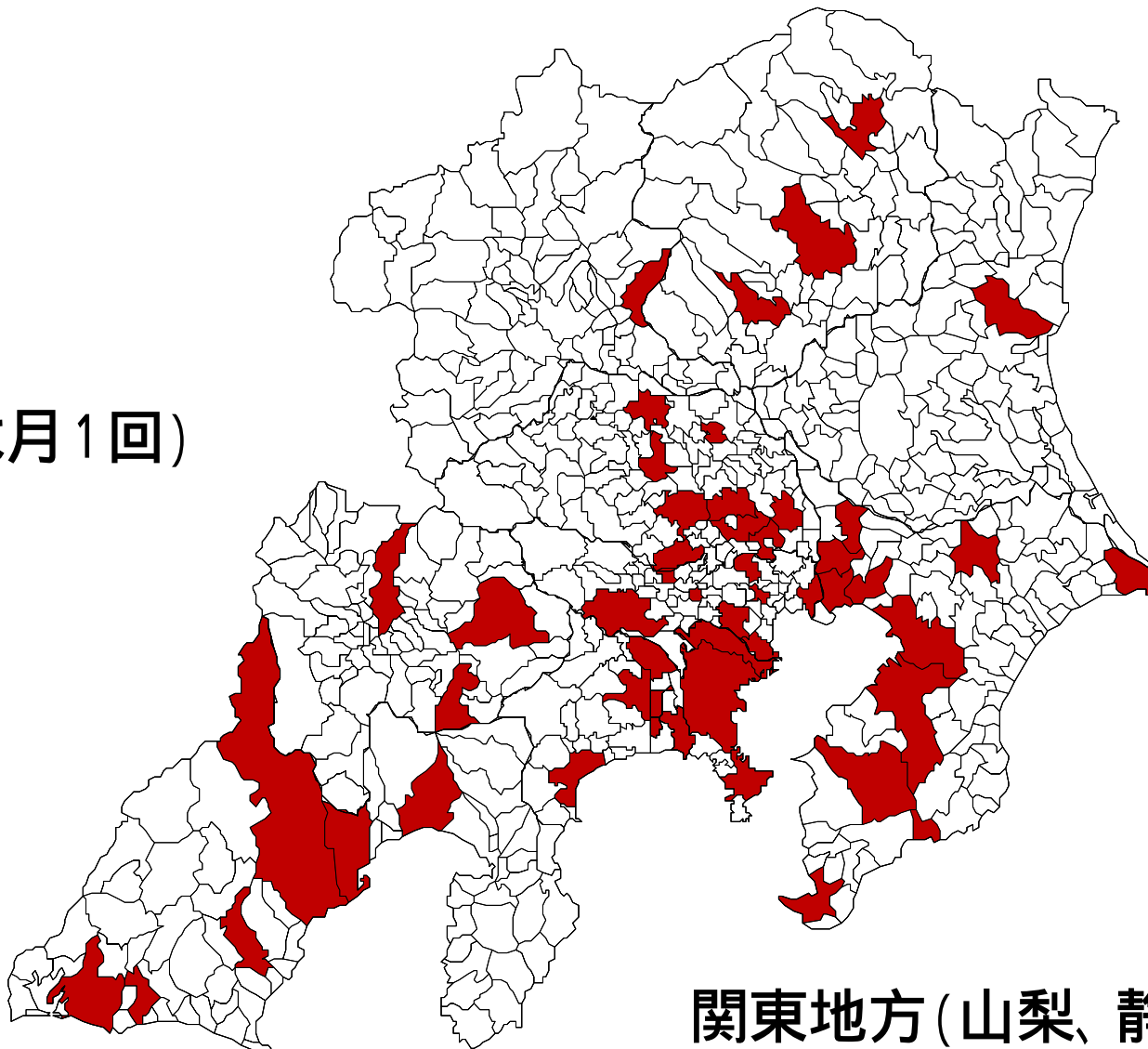
- ・平成9年度に自治体による測定開始
月に1回実施
測定地点数の問題、日変動の問題
コスト(装置、人件費)



ベンゼンの測定データだけで全国におけるベンゼン濃度の分布を把握するのは困難

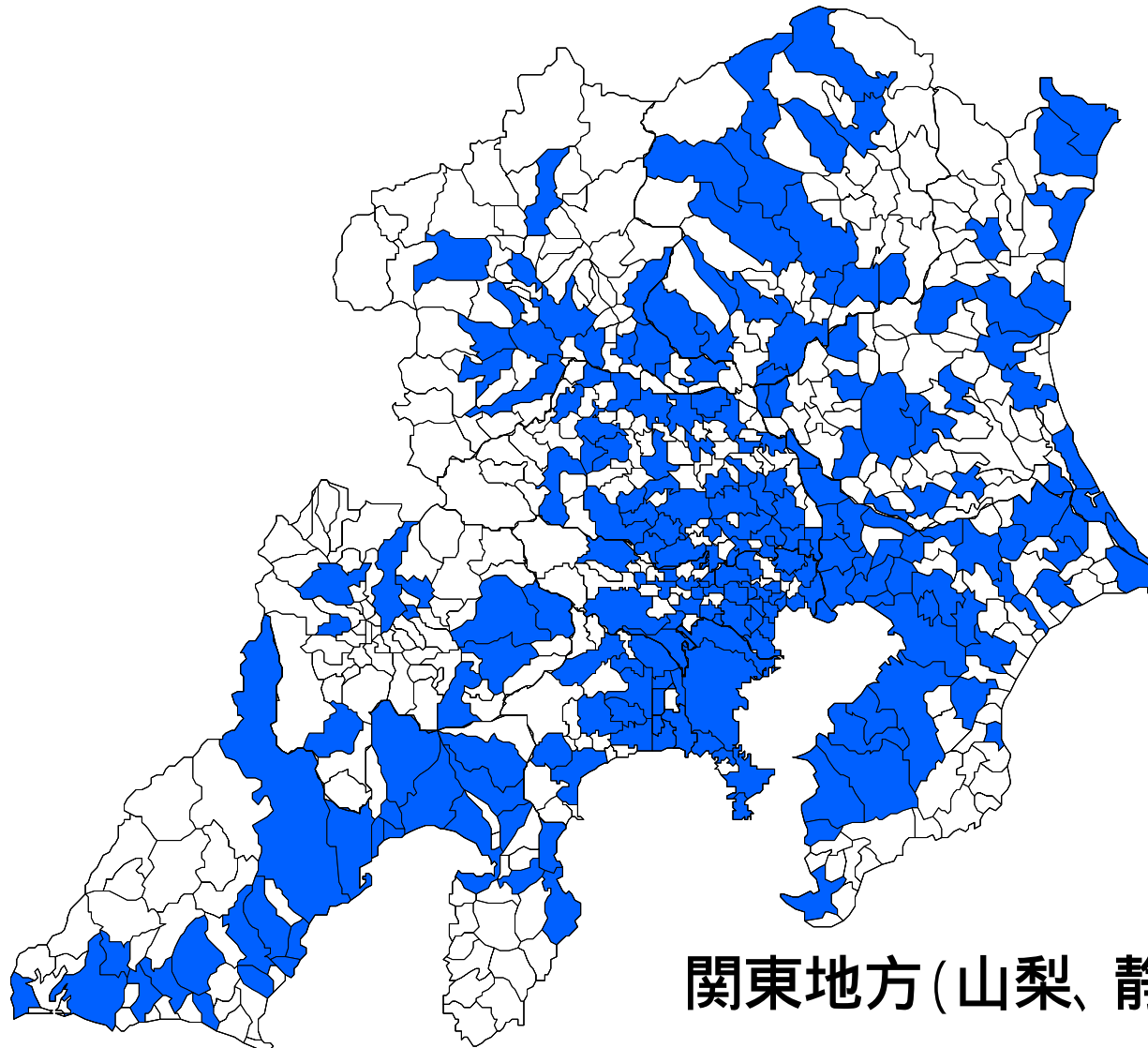
ベンゼン濃度の観測が行われた市町村
(平成9年度 有害大気汚染物質モニタリング調査)

(測定は月1回)



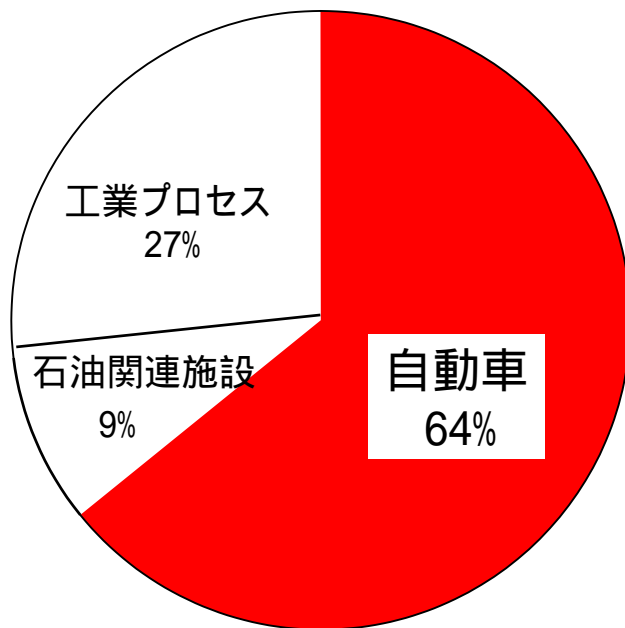
関東地方(山梨、静岡含む)

**NO_xの連続監視(1時間値)が行われている市町村
(平成8年度現在)**

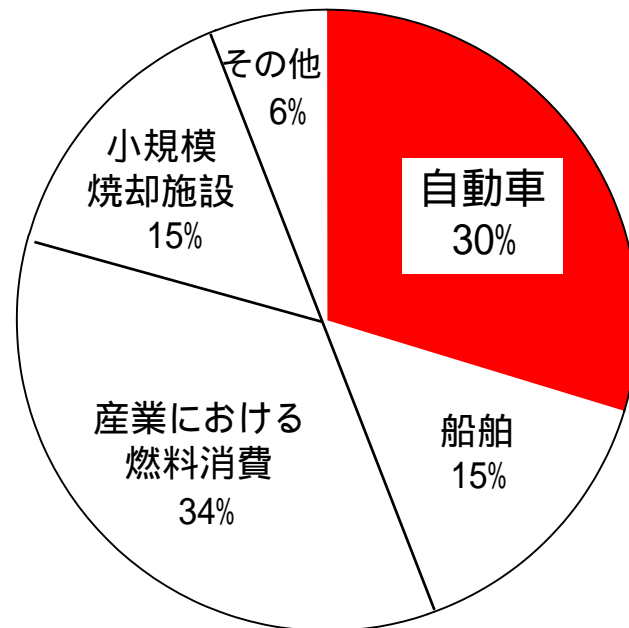


関東地方(山梨、静岡含む)

日本におけるベンゼン・NO_xの排出割合



(a) ベンゼン排出割合
(データは通産省(1995)、石油連盟(1994)による)



(b) NO_x排出割合
(データは環境庁(1994)による)

NO_x濃度からベンゼン濃度を予測する

測定データの蓄積

・NO_xは全国規模で常時測定が行われている。

一般環境大気測定局(一般局)1461箇所
自動車排気ガス測定局(自排局)382箇所



全国での濃度分布の把握が可能である。

ベンゼン濃度とNO_x濃度との相関

・居住地域での大気環境においては、ベンゼン、NO_x共に、大部分が自動車排ガスが影響を与えている。



ベンゼン濃度とNO_x濃度の高相関があることが予想される。

目的

全国の測定局におけるNO_x濃度データより、全国におけるベンゼン濃度の予測

日本全体でのベンゼン曝露による集団リスクの算出

ガソリン中のベンゼン含有率に対する規制についてのリスク便益分析

本研究の構成

NO_x全国監視局データ

(一般局) 1461箇所
(自排局) 382箇所
平成8年度

NO_x曝露解析

NO_x曝露濃度に対する
人口分布

大気連続測定

ベンゼン、NO_x濃度の実測

濃度相関の解析

NO_x濃度とベンゼン濃度
の回帰分析

ベンゼン曝露予測

ベンゼン曝露濃度に対する人口分布

リスク評価

ベンゼンによる発ガンリスクの人口分布
年間発ガン数の見積り

リスク便益分析

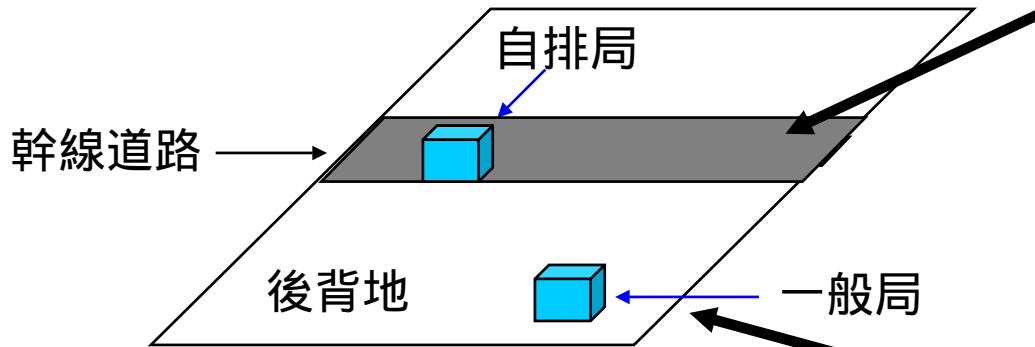
ガソリンに対する規制についての
考察

NO_x曝露濃度に対する人口分布把握のための方法

測定局の設置状況による市町村の分

分類	自排局	一般局	沿道人口	一般環境人口	計
カテゴリー (都市部)		×	650万人	5800万人	6500万人
カテゴリー (郊外)	×		-	3000万人	3000万人
カテゴリー (過疎部)	×	×	-	3100万人	3100万人
計			650万人	11900万人	12600万人

都市部



沿道・・・幹線道路端から30mの範囲。人口の10%が沿道に住み、自排局のNO_x曝露を受けると仮定。
(東京都の統計に基づく)

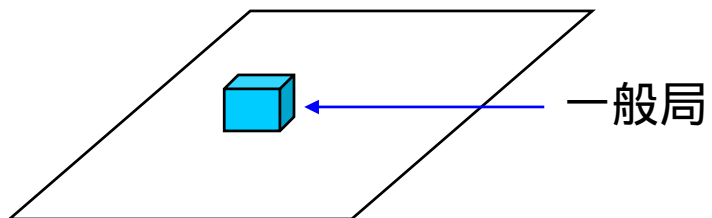
一般環境・・・人口の90%が一般局のNO_x曝露を受けると仮定

例

< 渋谷区 > 人口18万3千人

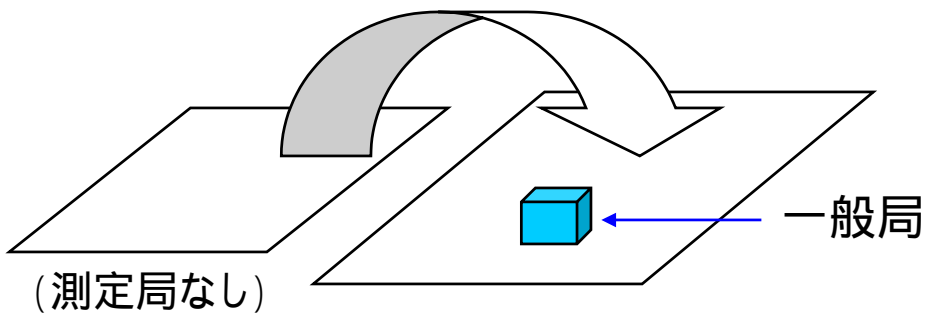
	NO _x 濃度	曝露人口
幹線道路沿い(自排局)	129ppb	1万8千人
後背地(一般局)	61ppb	16万5千人

郊外



全人口が、一般局のNO_x曝露を受けると仮定

過疎部



全人口が隣接する市町村における一般局NO_x曝露を受けると仮定

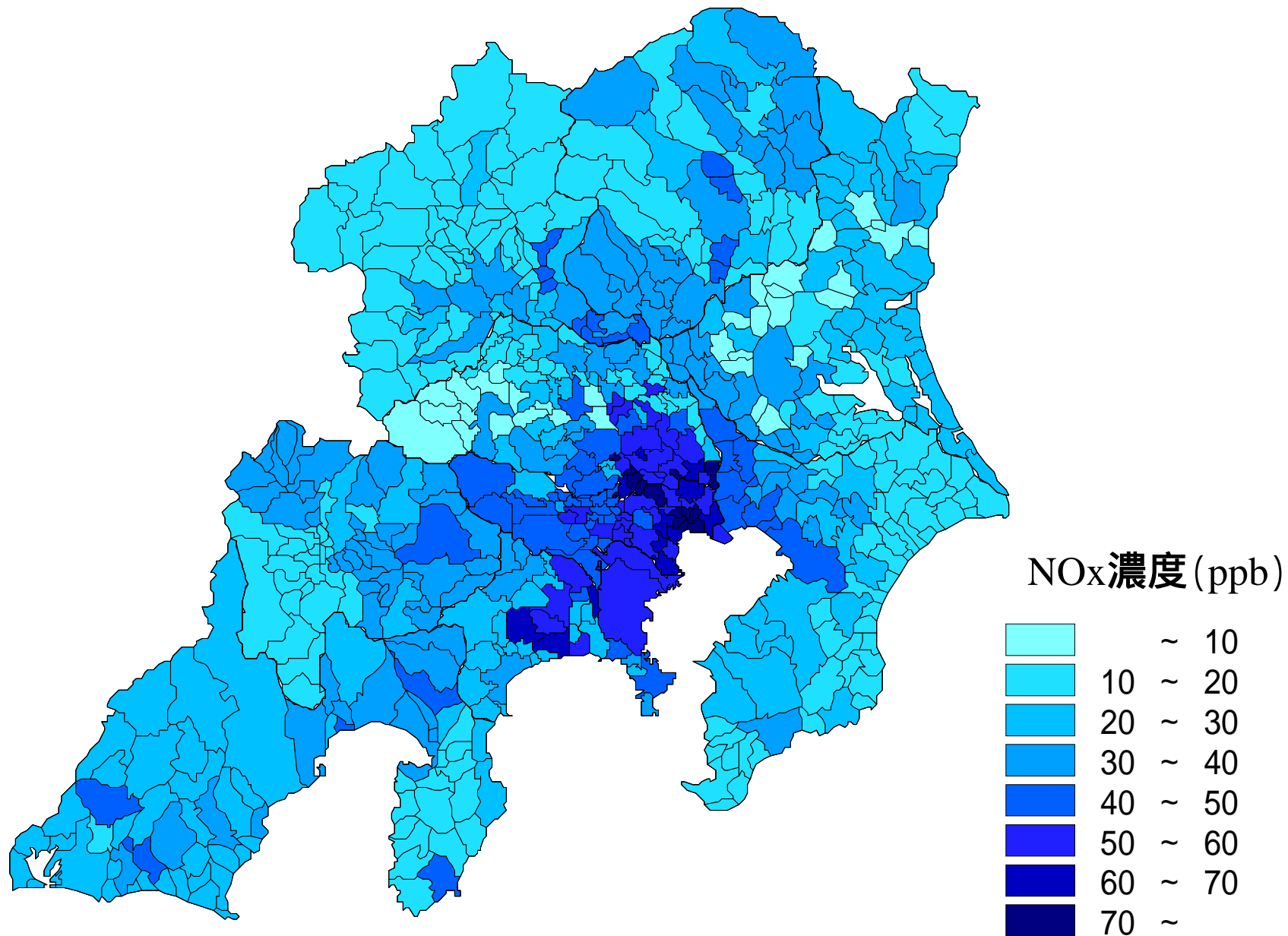
各カテゴリーごとのNO_x濃度

濃度

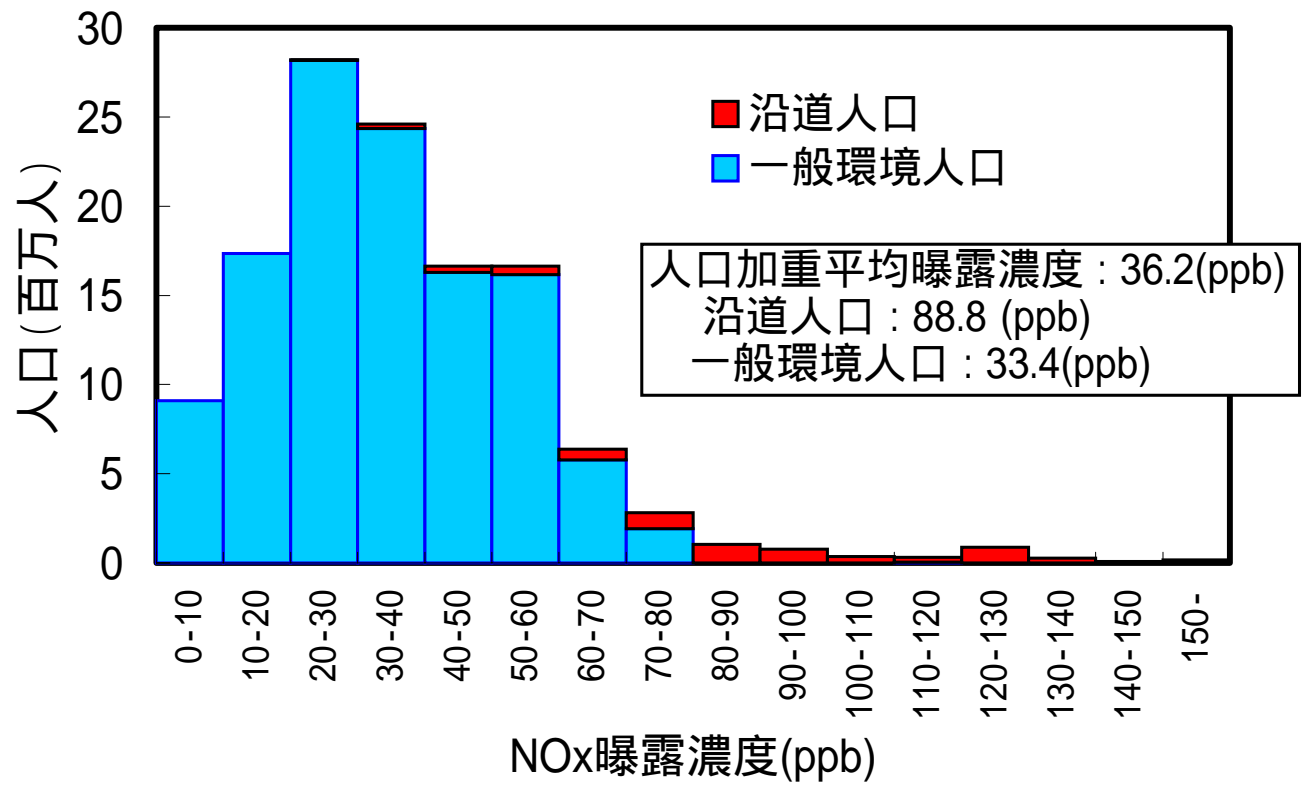
分類	自排局	一般局	沿道濃度 (ppb)	一般環境濃度 (ppb)
カテゴリー (都市部)		×	88.8	41.3
カテゴリー (郊外)	×		-	30.8
カテゴリー (過疎部)	×	×	-	21.1
計			88.8	33.4

都市部の沿道濃度は過疎部の一般環境濃度の4倍強

平成 8年度の 大気中のNOx濃度の観測値(ppb)から推定された全体の濃度 / 関東地方



NOx曝露濃度に対する人口分布ヒストグラム



沿道の人口は高濃度側に集中

本研究の構成

NO_x全国監視局データ

(一般局) 1446箇所
(自排局) 382箇所

NO_x曝露解析

NO_x曝露濃度に対する
人口分布

大気連続測定

ベンゼン、NO_x濃度の実測

濃度相関の解析

NO_x濃度とベンゼン濃度
の回帰分析

ベンゼン曝露予測

ベンゼン曝露濃度に対する人口分布

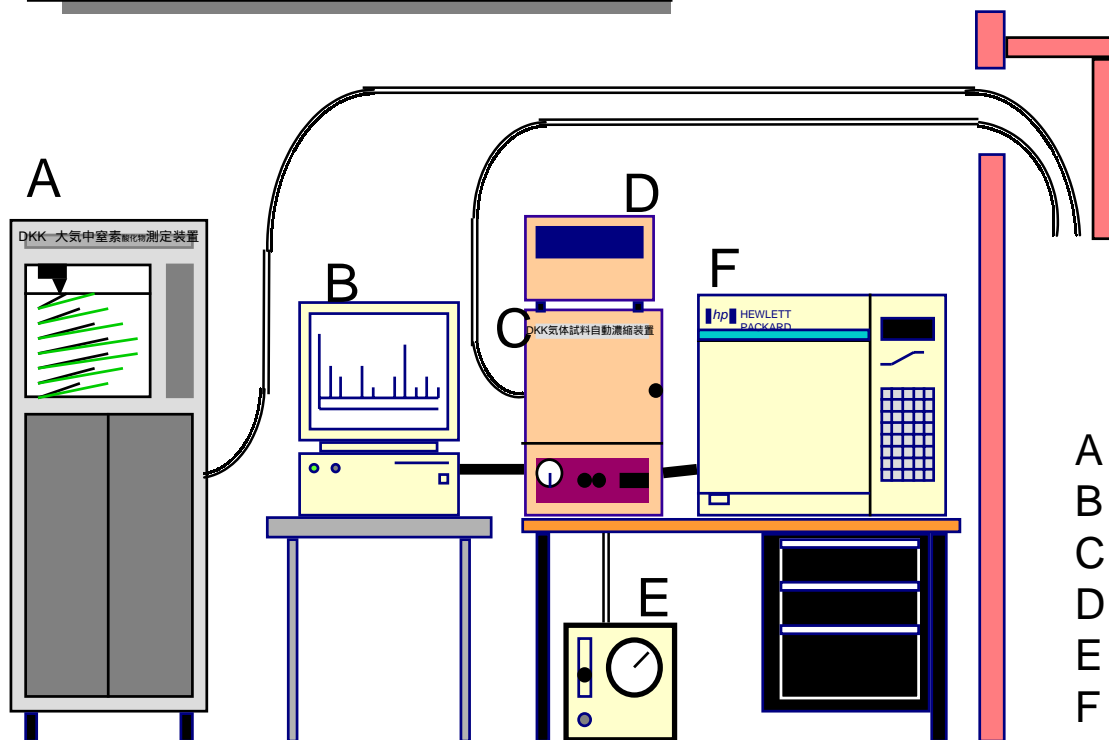
リスク評価

ベンゼンによる発ガンリスクの人口分布
年間発ガン数の見積り

リスク便益分析

ガソリンに対する規制についての
考察

大気測定装置図



- A : 大気中窒素酸化物測定装置
- B : ガスクロマトグラフ制御システム
- C : 大気試料濃縮装置 (吸着濃縮型)
- D : 濃縮装置専用コントローラー
- E : 大気試料吸引ポンプ
- F : ガスクロマトグラフ

測定地点 : 横浜国立大学環境科学研究センター (以下、環境研)

測定期間 : 1997年5月 ~ 1998年10月

測定間隔 : 1時間

測定物質 : NO, NO₂, ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、クロロベンゼン、スチレン

ベンゼン・NOx濃度の週内挙動(例)

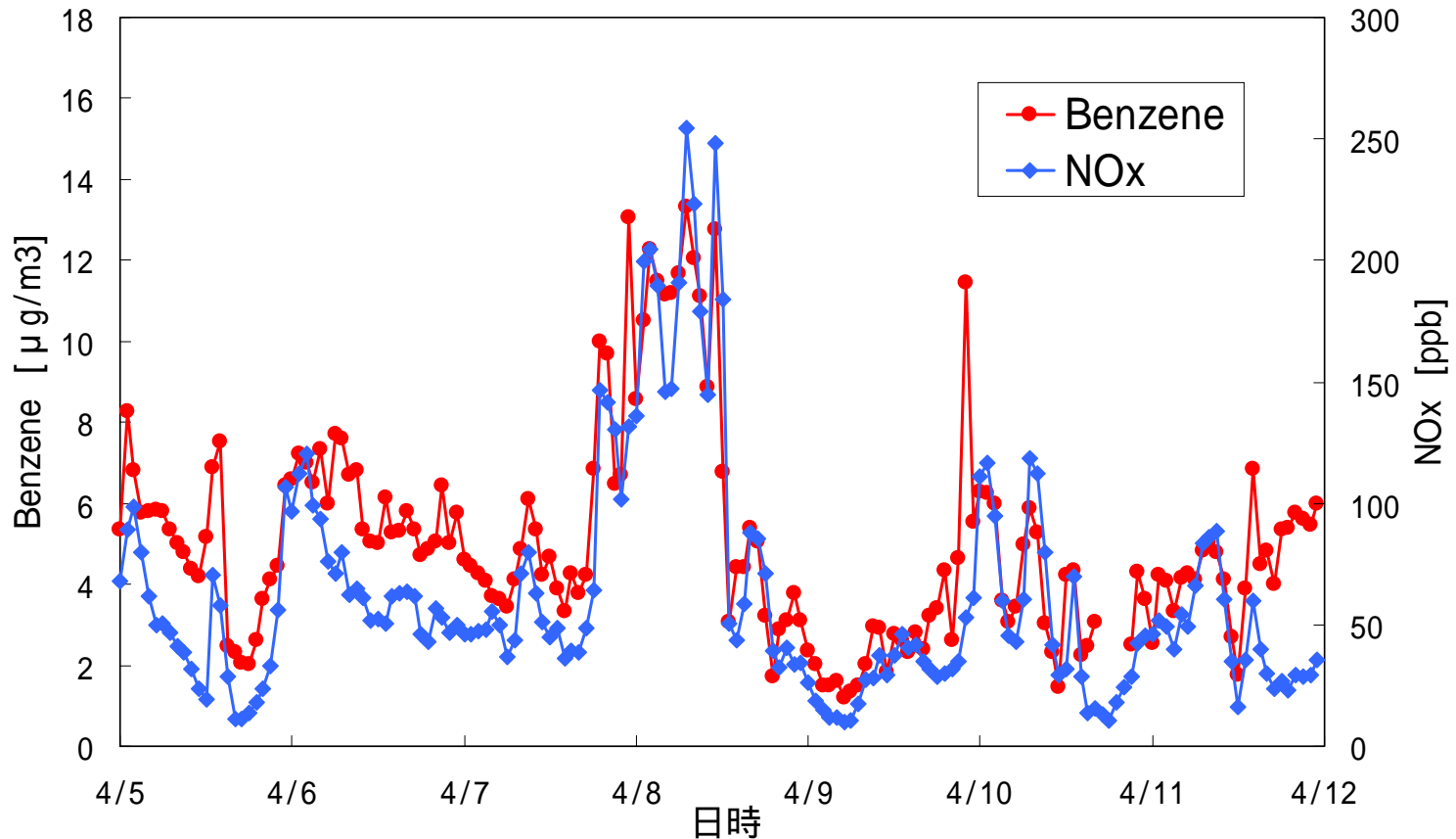
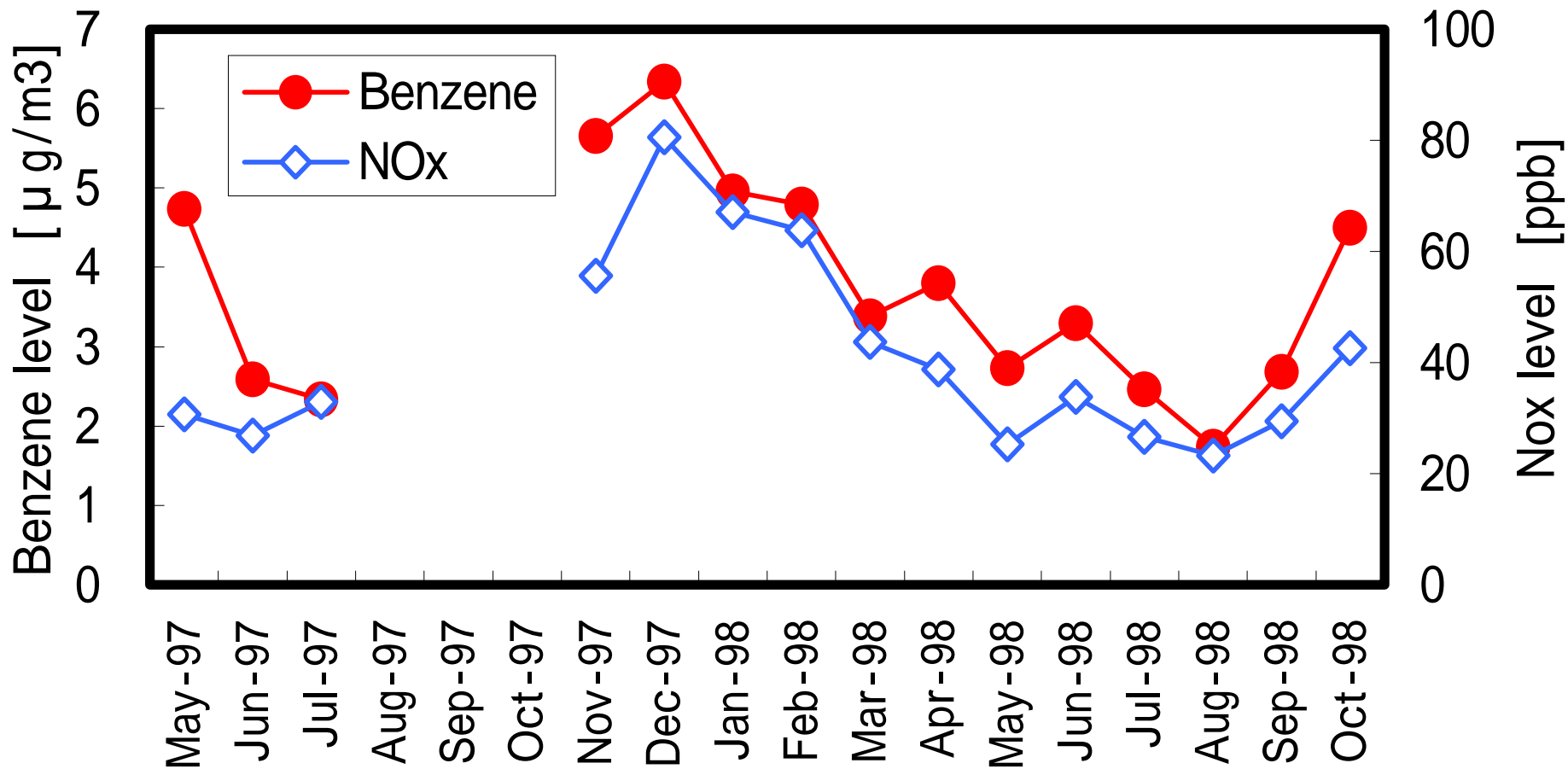


図 ベンゼン濃度とNOx濃度の経時変化

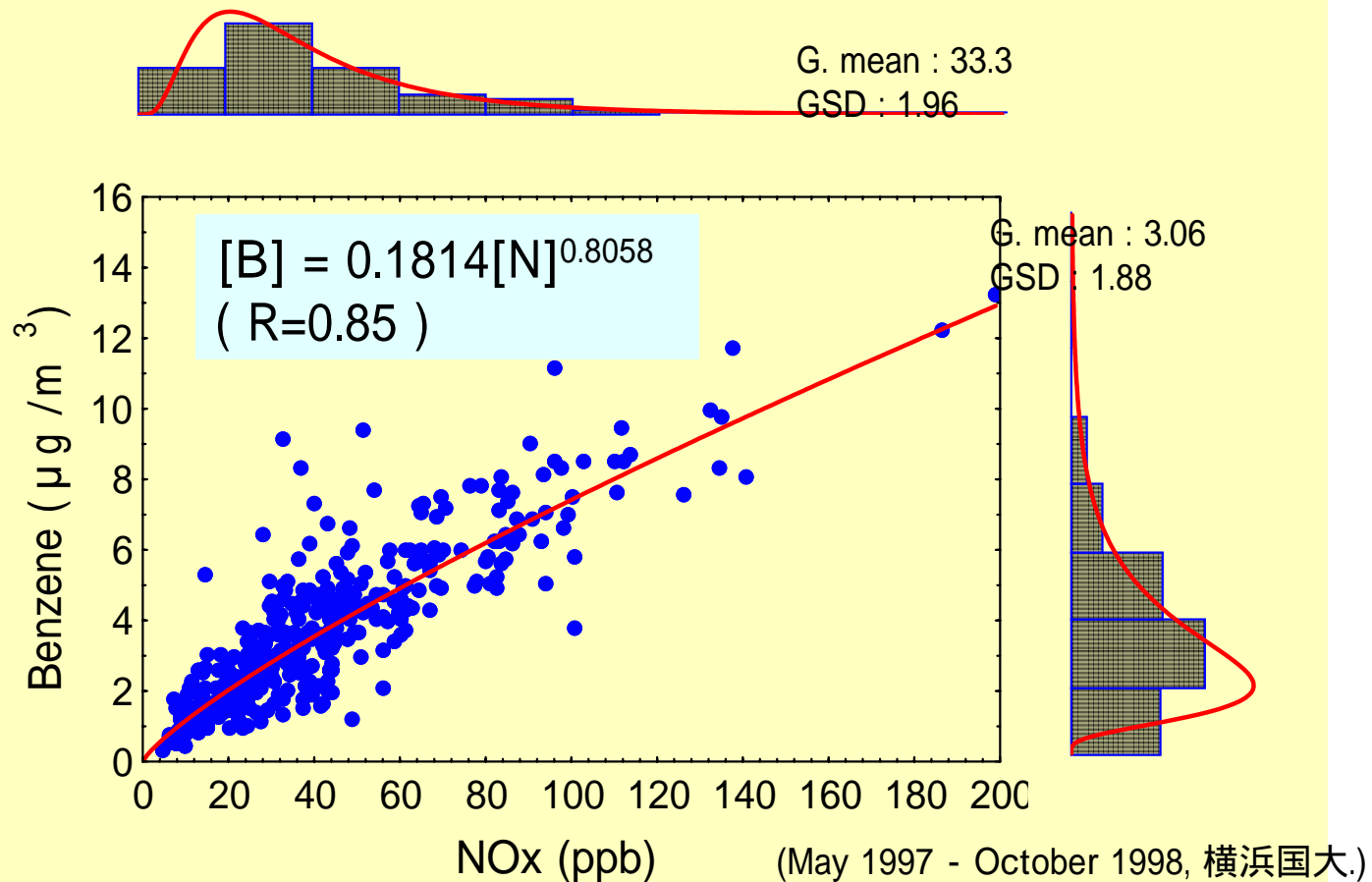
ベンゼン、NOx濃度は、同様の濃度挙動を示す。

ベンゼン・NOx濃度の季節変化



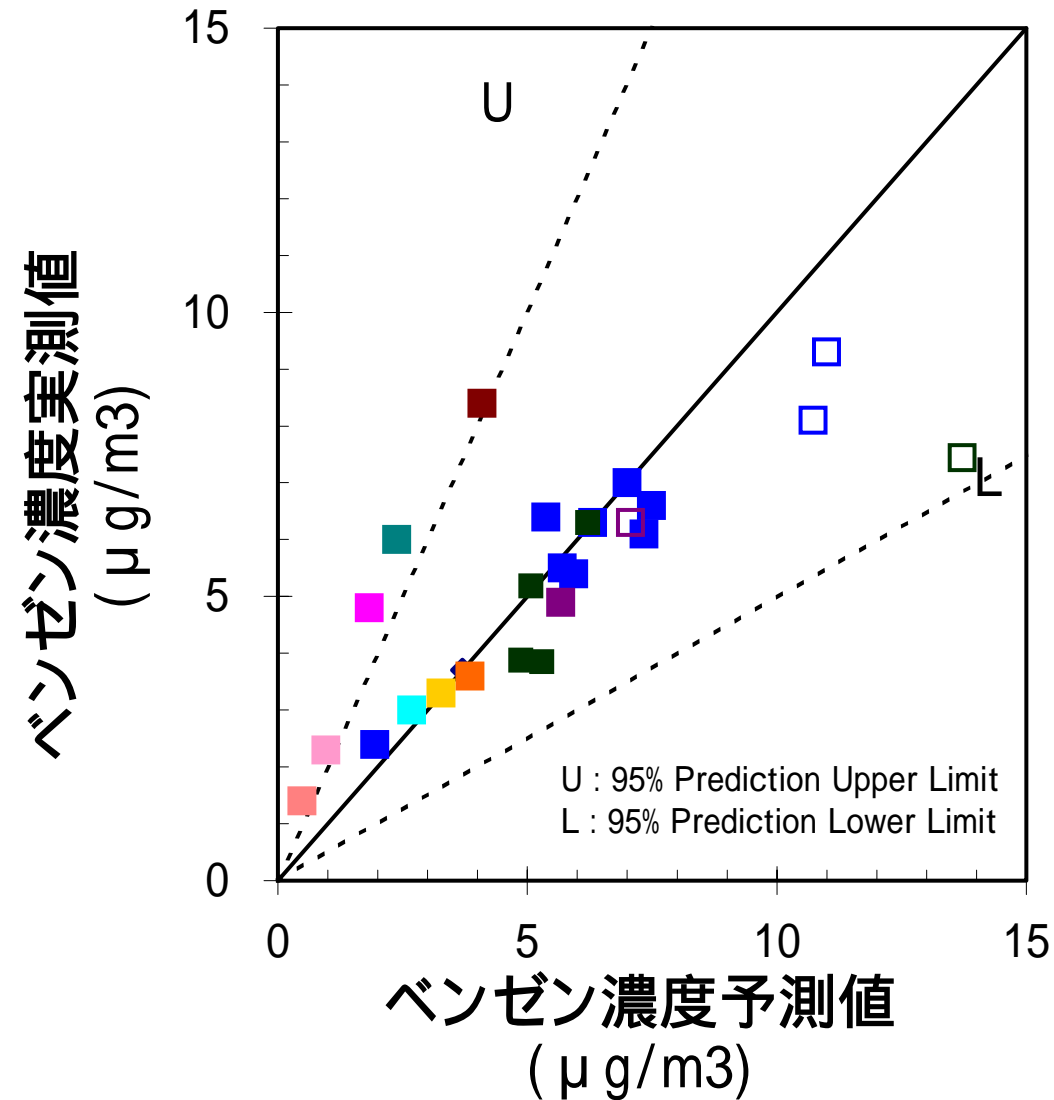
夏低く、冬高い。傾向が一致

横浜国大で観測したNO_x濃度とベンゼン濃度の相関図



NO_x濃度とベンゼン濃度との間の回帰式
 $[B] = 0.1814[N]^{0.8058}$ が得られた

回帰式の有効性の確認



- 東京 一般環境
- ◆ 横浜 一般環境
- 川崎 一般環境
- 札幌 一般環境
- 新潟 一般環境
- 倉敷 一般環境
- 名古屋 一般環境
- 大阪 一般環境
- 大牟田 一般環境
- 松江 一般環境
- 宇部 一般環境
- 籠岳 一般環境
- 大阪 沿道
- 東京 沿道
- 川崎 沿道

本研究の構成

NO_x全国監視局データ

(一般局) 1446箇所
(自排局) 382箇所

NO_x曝露解析

NO_x曝露濃度に対する
人口分布

大気連続測定

ベンゼン、NO_x濃度の実測

濃度相関の解析

NO_x濃度とベンゼン濃度
の回帰分析

ベンゼン曝露予測

ベンゼン曝露濃度に対する人口分布

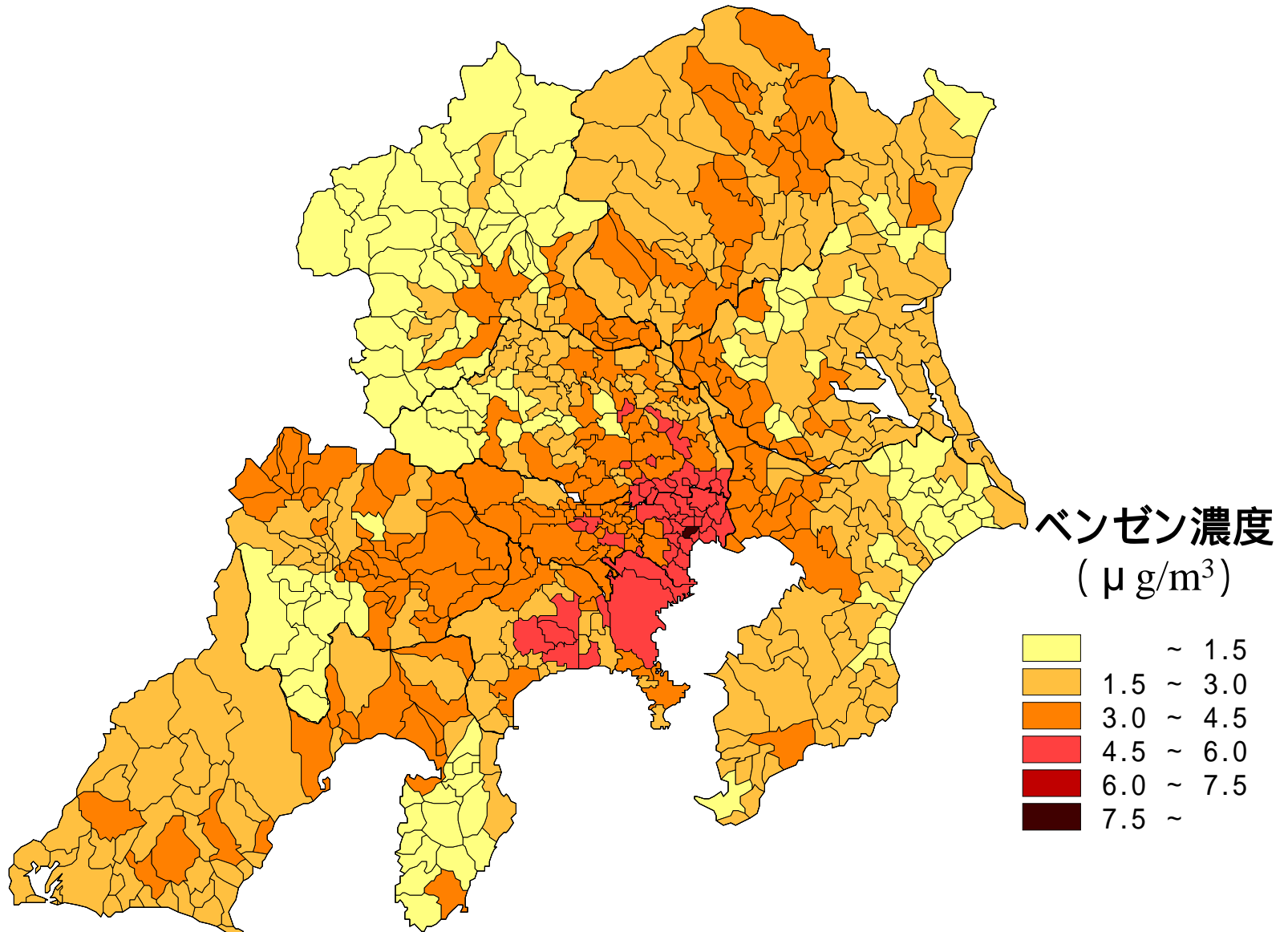
リスク評価

ベンゼンによる発ガンリスクの人口分布
年間発ガン数の見積り

リスク便益分析

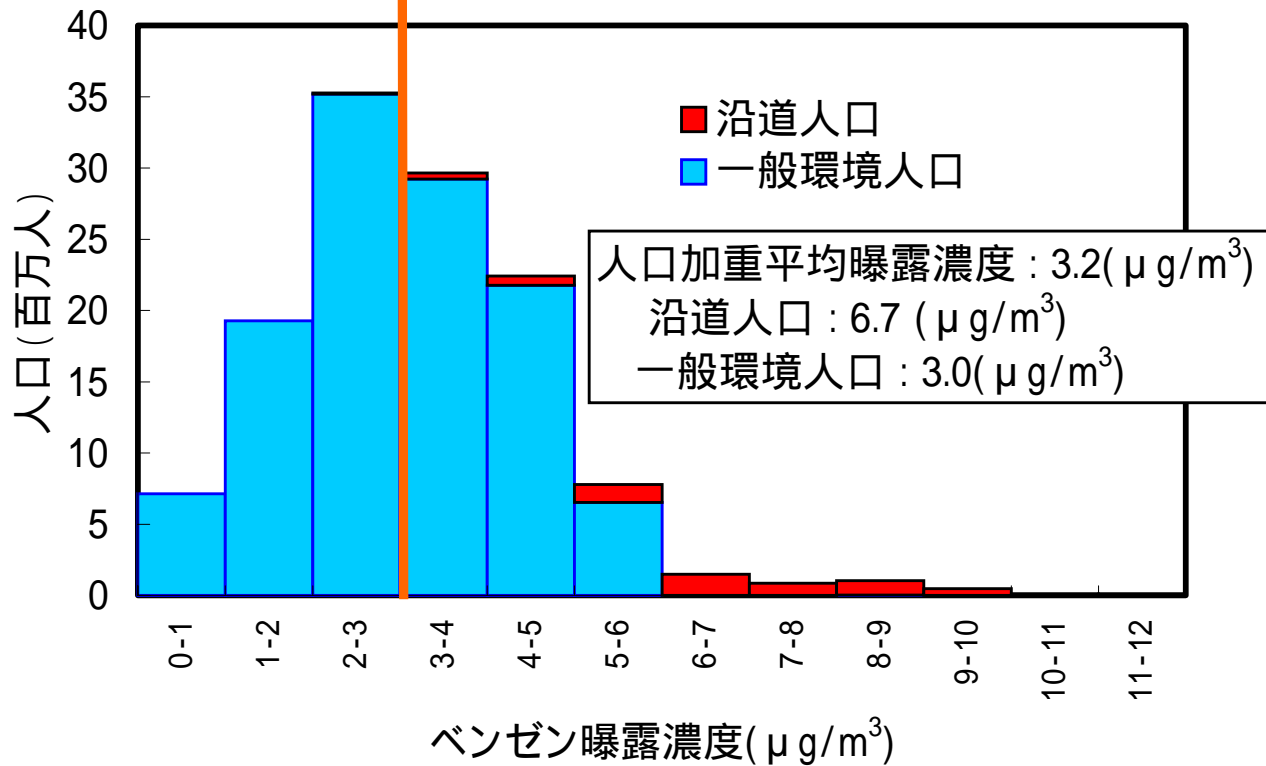
ガソリンに対する規制についての
考察

予測されたベンゼン濃度分布(関東地方、山梨、静岡含む)



ベンゼン濃度と人口の分布

環境基準値

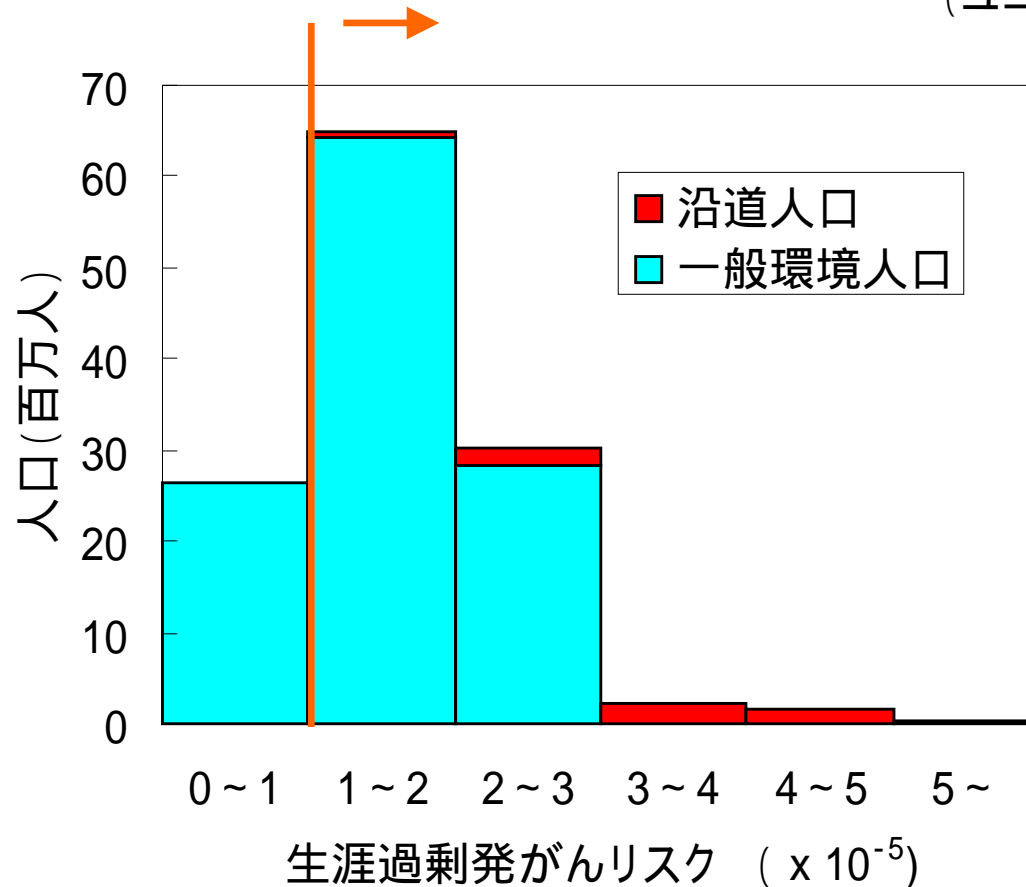


・全人口の51%が環境基準以上の濃度のベンゼンを曝露

発ガンリスクの算出

生涯発ガンリスク = ユニットリスク ($\text{m}^3 / \mu\text{g}$) \times ベンゼン濃度 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

(ユニットリスクは $5 \times 10^{-6} \text{m}^3 / \mu\text{g}$ とした)



79%の人口が
 1×10^{-5} 以上のリスク
を被る。

集団リスクの算出 (Aggregated Population Risk)

- ・集団リスク
= 各地域の { (人口) × (曝露濃度) × (ユニットリスク) } の和
- ・年間リスク
= (集団リスク) / (平均寿命)

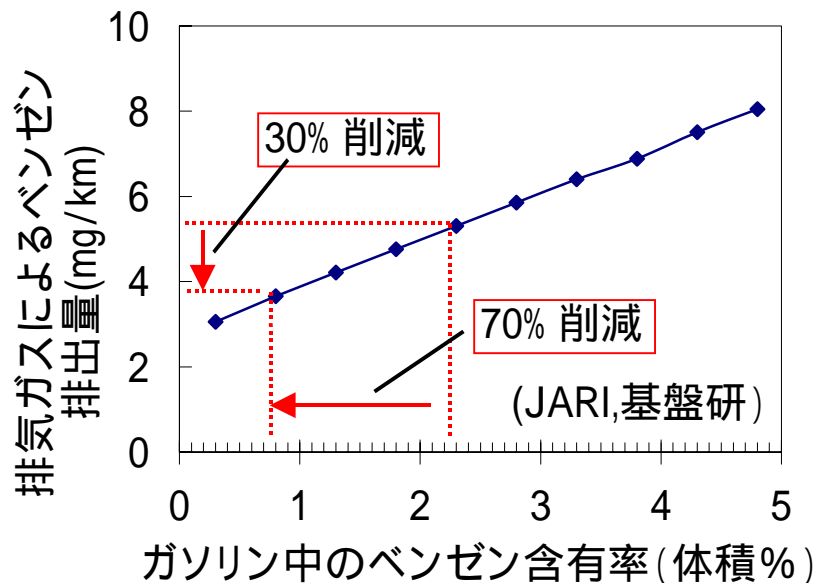
地域	人口(万人)	集団リスク	年間リスク
沿道	640	215	3.1
一般環境	11900	1787	25.5
計	12500	2002	28.6

大気中ベンゼンへの曝露によって、日本全体で年間28.6件の発ガンが予想される。

ガソリンに対する規制についてのリスク便益分析

- ガソリン中のベンゼン含有率については、平成11年末を目処に、1体積%を目処として低減を図ることが適当である。(中環審答申)-

ガソリン中のベンゼン含有率と排気ガスによるベンゼン排出量との関係



ベンゼン含有率が2.3体積% (規制前水準) から0.7体積% (規制後予測水準) に削減されたとき、自動車排出ガスによるベンゼン排出量は30%削減されると予想される。

ガソリンに対する規制によるリスク削減

< 規制によるベンゼン排出量の変化 >

排出源	ベンゼン排出量(トン/年)		
	規制前 *	規制後	削減率
自動車	13200	9240	-30%
ガソリタンク、スタンド	1200	365	-70%
化学工業	3800	3800	0%
コークス炉	100	100	0%
計	18400	13505	-27%

* 中央環境審議会

ガソリンに対する規制によって、ベンゼンの全排出量は27%削減されると予想される。ベンゼン濃度は排出量に比例すると考えると

$$\text{削減されるリスク} = 28.6 \text{ 件/年} \times 0.27 = 7.7 \text{ 件/年}$$

リスク便益分析

ガソリン中のベンゼン含有率削減のための1年あたりの費用

設備投資額：約1000億円（石油審議会より）

初期投資1000億円に25年償却、年利5%を仮定すると

1年あたり 70億円

運転コスト

0.26円/リットル × 5000万 ^キリットル/年 = 130億円

年間コスト

70億円 + 130億円 = 200億円

この対策によって削減されるリスクは1年あたり7.7件だから
ガン死を1件削減するための年あたりコストは

$$\begin{aligned} (\text{リスク削減費用}) / (\text{削減リスク}) &= 200 \text{ 億円} / 7.7 \text{ 件} \\ &= 26 \text{ 億円 / 件} \end{aligned}$$

まとめ

日本における大気中ベンゼンの人への曝露評価を、全国において測定が行われているNO_x濃度からベンゼン濃度を予測するという手法で行った。

ベンゼンの発ガンリスクに対する人口分布を求め、集団リスクを算出した。

日本における大気中ベンゼン曝露による1年当たりの発ガン数は28.6件と見積もられた。

ガソリンに対する規制によってガン死を1件削減するための、年あたりコストは26億円/件と見積もられた。

予備

なぜベンゼン濃度の予測にNO_xのデータを使うか (1)

< 自動車からの排出割合が多い大気汚染物質 >

	自動車からの排出量	全排出量	割合	備考
ベンゼン	13200トン	18400トン	72%	平成8年中環審報告書
NO _x (全国)	55万トン	224万トン	25%	平成6年度
NO _x (東京都)	-	-	68%	平成6年度
CO	191万トン	334万トン	49%	平成6年度

NO_x,COは自動車からの寄与が大きいので、ベンゼン濃度とも相関が高いことが予想される。

ベンゼン濃度の実測濃度分布

(平成9年度 有害大気汚染物質モニタリング調査)

