

# ベンゼン排出量の削減と日本人の健康リスク

梶原秀夫<sup>1</sup>，伏見暁洋<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学 大学院自然科学研究科

<sup>2</sup> 横浜国立大学 環境科学研究センター

Health Effects due to the Reduction of Benzene  
Emission in Japan

○Hideo Kajihara<sup>1</sup>, Akihiro Fushimi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Technology,  
Niigata University

<sup>2</sup> Institute of Environmental Science and Technology,  
Yokohama National University

## Back Ground

### Benzene

- ・発ガン性物質 (Human Carcinogen)
- ・自動車排出ガス寄与大 (Highly Contributed from Vehicle Exhaust Gas)

### 日本のベンゼンへの取り組み (Countermeasure for benzene)

- 1996 大気汚染防止法改正 (Revision of Air Pollution Control Law)
- 1997 環境基準値 (Environmental Quality Standard)  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2000 ガソリン中ベンゼン含有率 (Benzene content in gasoline) 5% → 1%

全国規模での実測 : 高コスト  
Monitoring nationwide : consuming and expensive



迅速・低コストな濃度予測法必

## 大気汚染物質の測定局数

### The number of air monitoring stations

物質	自排局	一般局	合計
Pollutants	RAP stations	GAP stations	Total
CO	33	153	492
NOx	389	1466	185
SPM	254	1540	1794
SO <sub>2</sub>	105	1605	1710
Ox	38	1139	1177
NMHC	179	359	538

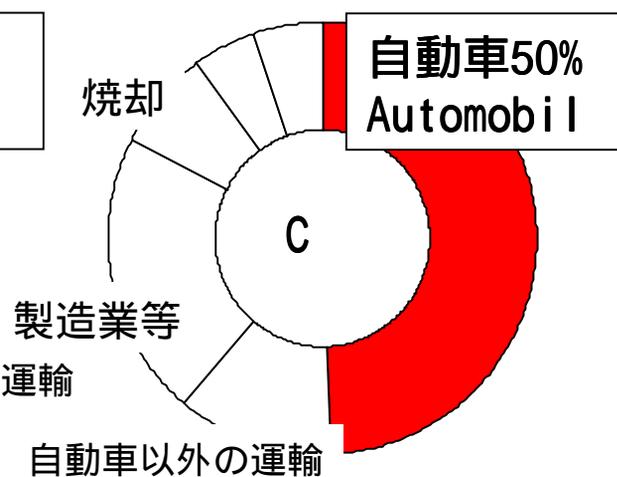
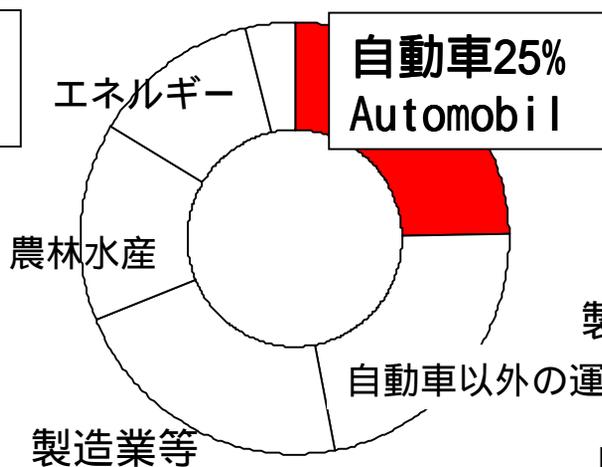
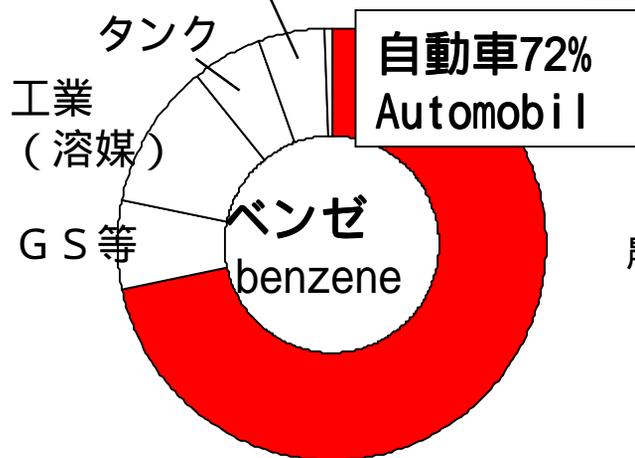
RAP: Roadside Air Pollutants , GAP: General Air Pollutants  
SPM: 浮遊粒子状物質 , Ox: 光化学オキシダント , NMHC: 非メタン炭化水素

NOx : 全国を網羅的に予測可能

NOx : adequate for nationwide prediction

# 発生源 Discharge Source

工業（製品・原料）



## 車種別寄与率と生成機構

	燃料別寄与率 (%)	生成機構
ベンゼン	ガソリン車 88*	不完全燃焼
	ディーゼル車 12	
CO	ガソリン車 85**	不完全燃焼
	ディーゼル車 15	
NOx	ガソリン車 25**	高温燃焼
	ディーゼル車 75	

NOxよりCOの方が相関  
高いと考えられる

\*環境庁(1996)、\*\*環境庁(1998)

全国の測定局における  
汚染物質濃度間の相関係数  
Correlation Coefficients among pollutants

	NO <sub>x</sub>	SPM	O <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NMHC
NO <sub>x</sub>	1	0.716	-0.673	0.801	0.586	0.720
SPM		1	-0.477	0.593	0.497	0.679
O <sub>x</sub>			1	-0.627	-0.410	-0.560
CO				1	0.481	0.736
SO <sub>2</sub>					1	0.491
NMHC						1

## 概観 Overview

人口分布 Population Distribution

測定局データ  
Station's data

人口センサス  
Census

濃度相関 Correlation

ベンゼン, NOx, COの測定  
Monitoring of Benzene,  
NOx, CO

ベンゼン濃度に対する人口分布  
Population distribution for benzene level

人口リスクの定量 Population Risk

削減の定量 Evaluation for

リスクベネフィット Risk Benefit

## 測定条件 Monitoring Condition

物質 Material : **CO, NO, NO<sub>2</sub>, benzene**

地点 Site : **横浜国立大学 Yokohama National University**

間隔 Interval : 1 hour

## 分析装置と手法 Apparatus, Method

ベンゼン

自動濃縮装置 (GAS-10, DKK) により濃縮  
GC-FID (HP-6890) により検出

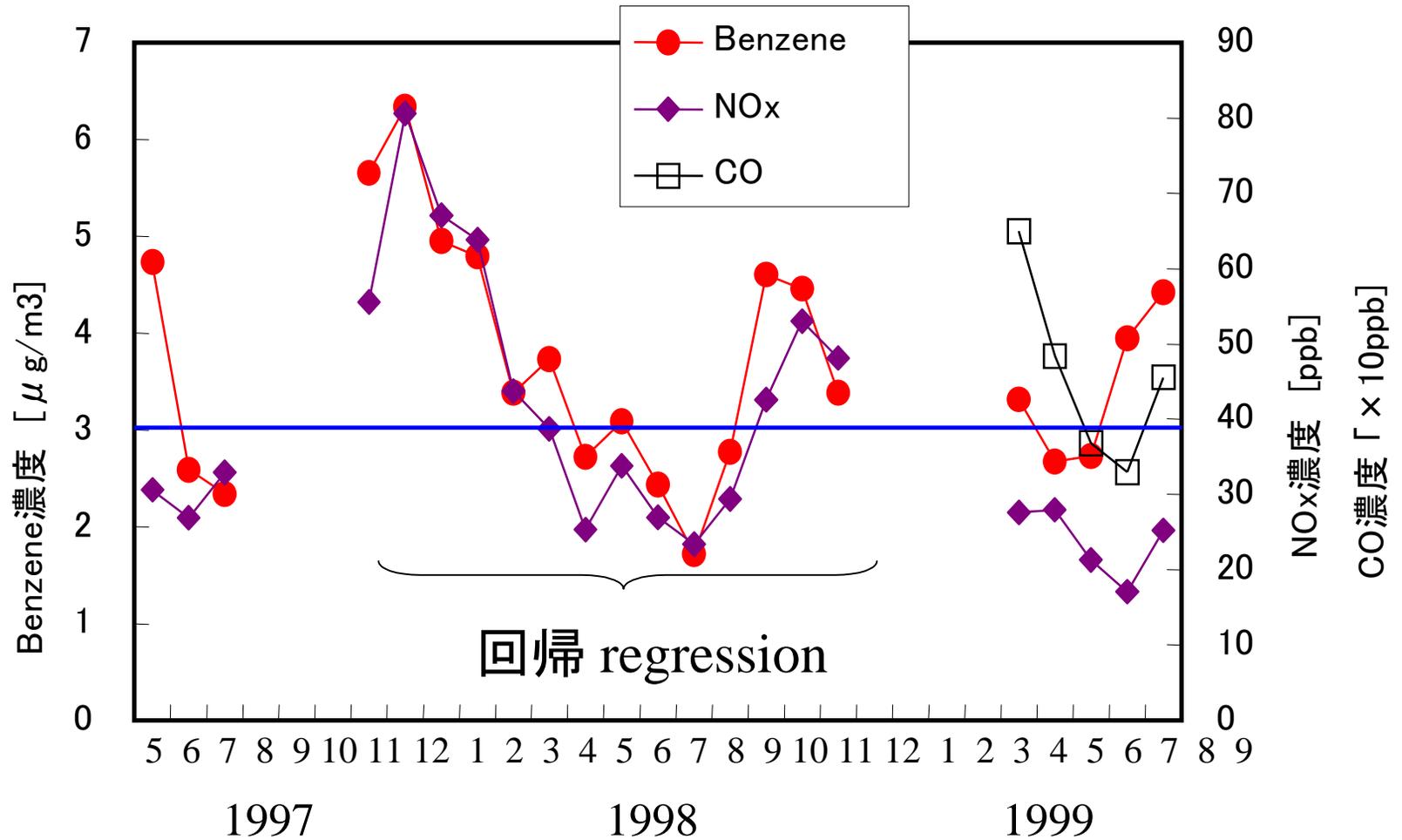
NO、NO<sub>2</sub>

Saltzman法 (GPH-74M, DKK)

CO

非分散赤外線吸収法 (APMA-360, HORIBA)

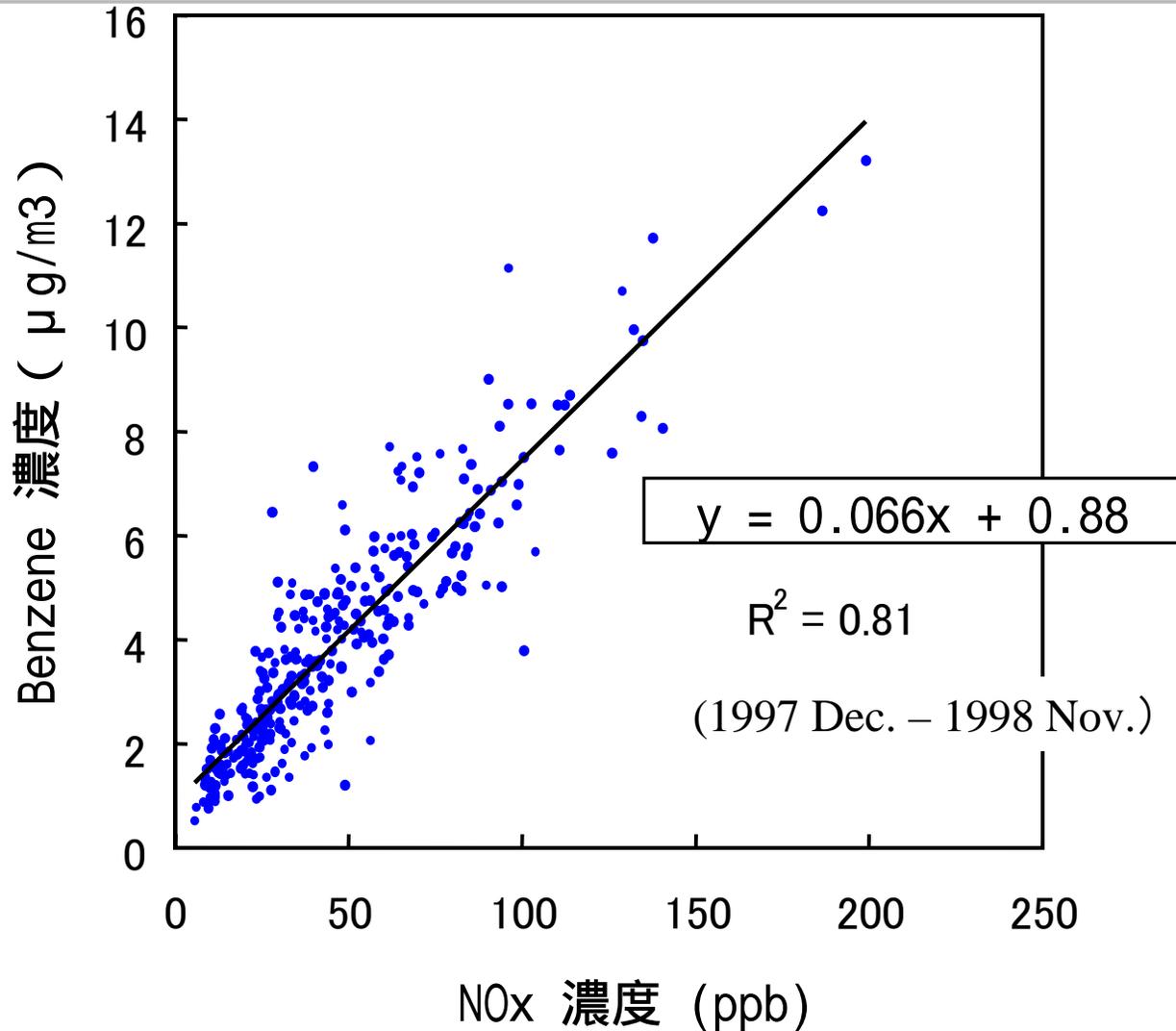
# ベンゼン濃度の季節変化 Seasonal



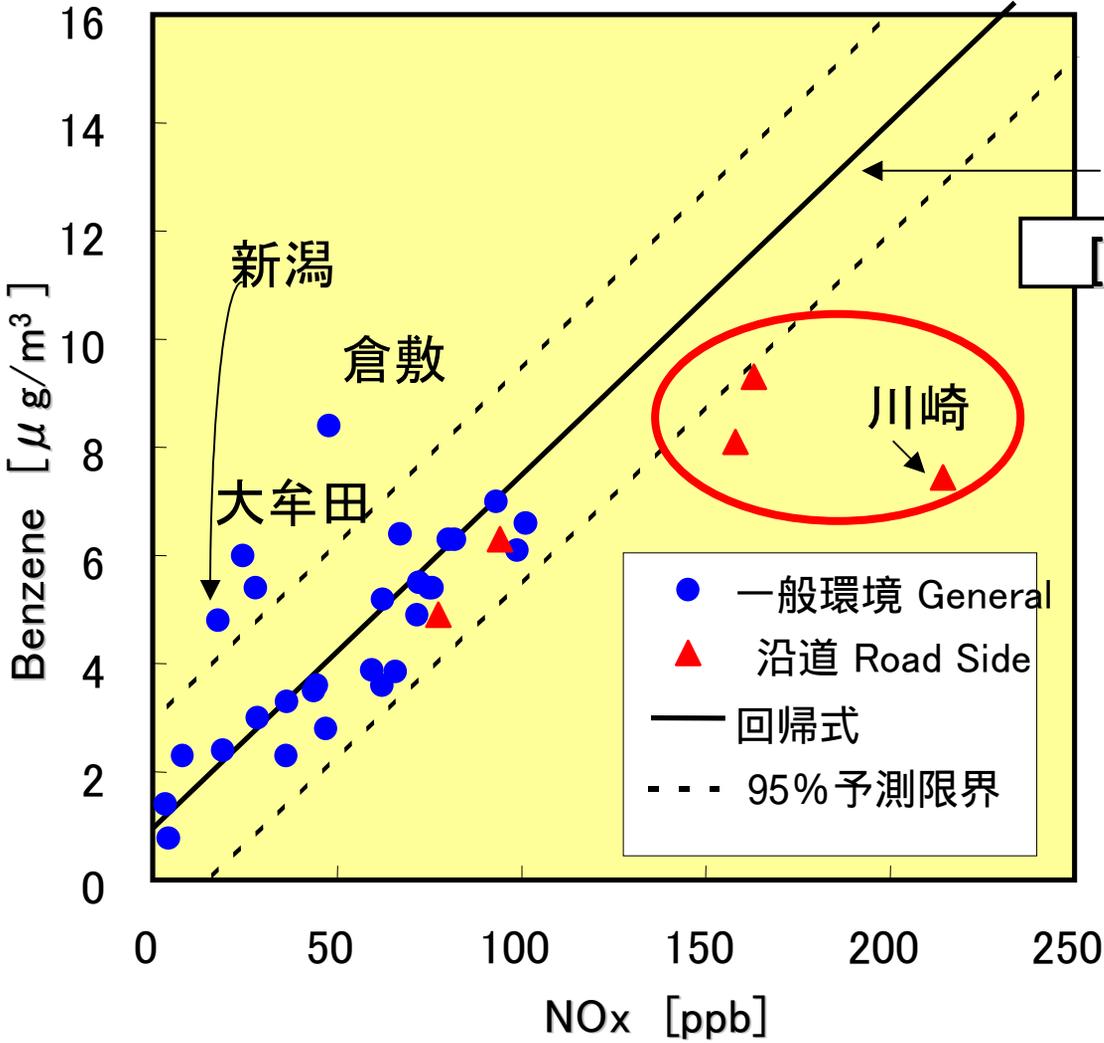
(<http://www.kan.ynu.ac.jp/~benz/> “今日の大気汚染”)

# ベンゼンとNOxとの相関

The Correlation between benzene and NOx



# 回帰式の検証 Verification of regression equation



$[B] = 0.066 [NOx] + 0.88$

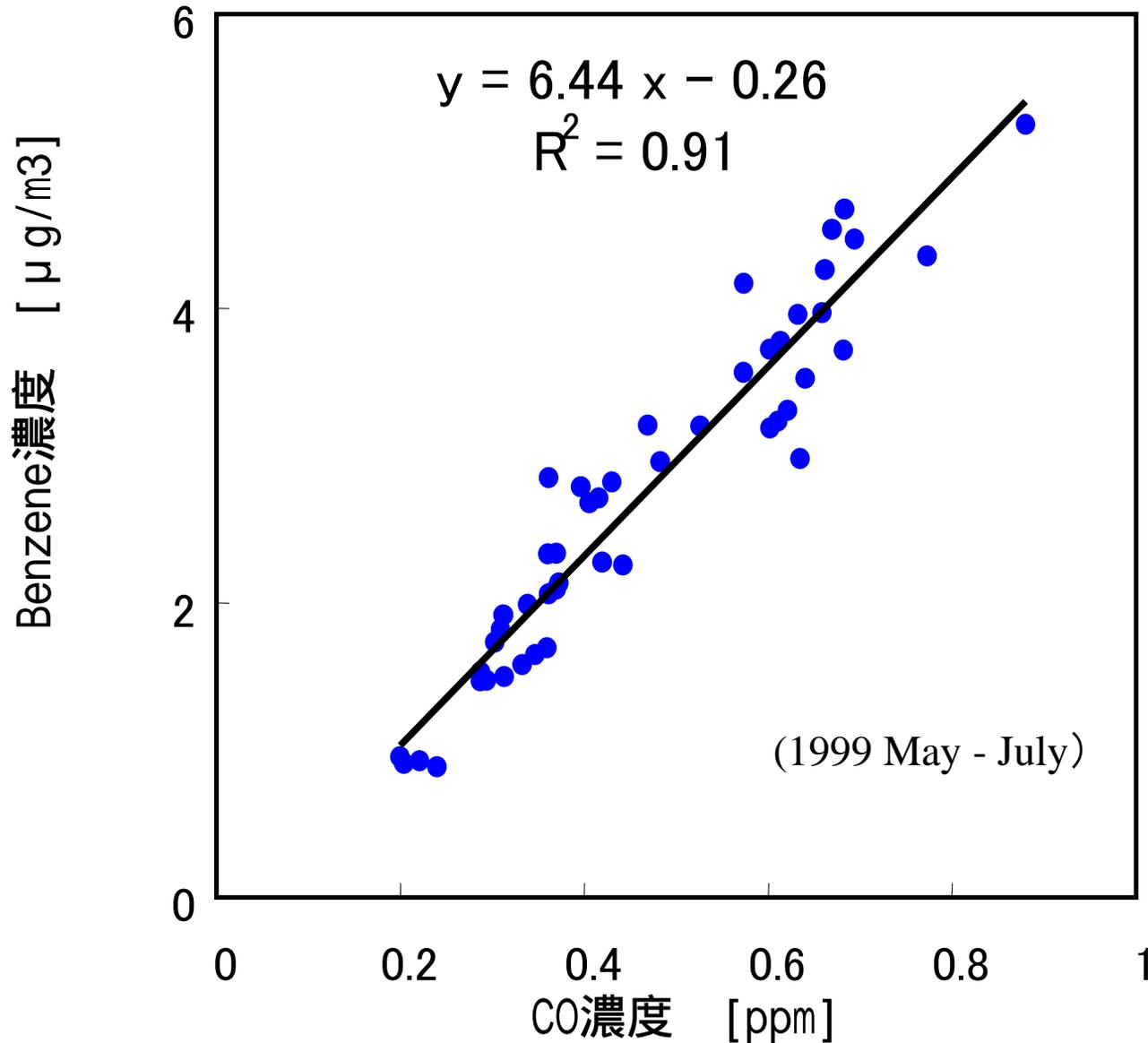
連続測定による回帰直

一般環境 General 23/27  
沿道 Roadside 2/5

全国データ: 平成8,9年度 環境庁(月1回)  
平成9年度東京都、川崎市(年数回)

# ベンゼンとCOとの相関

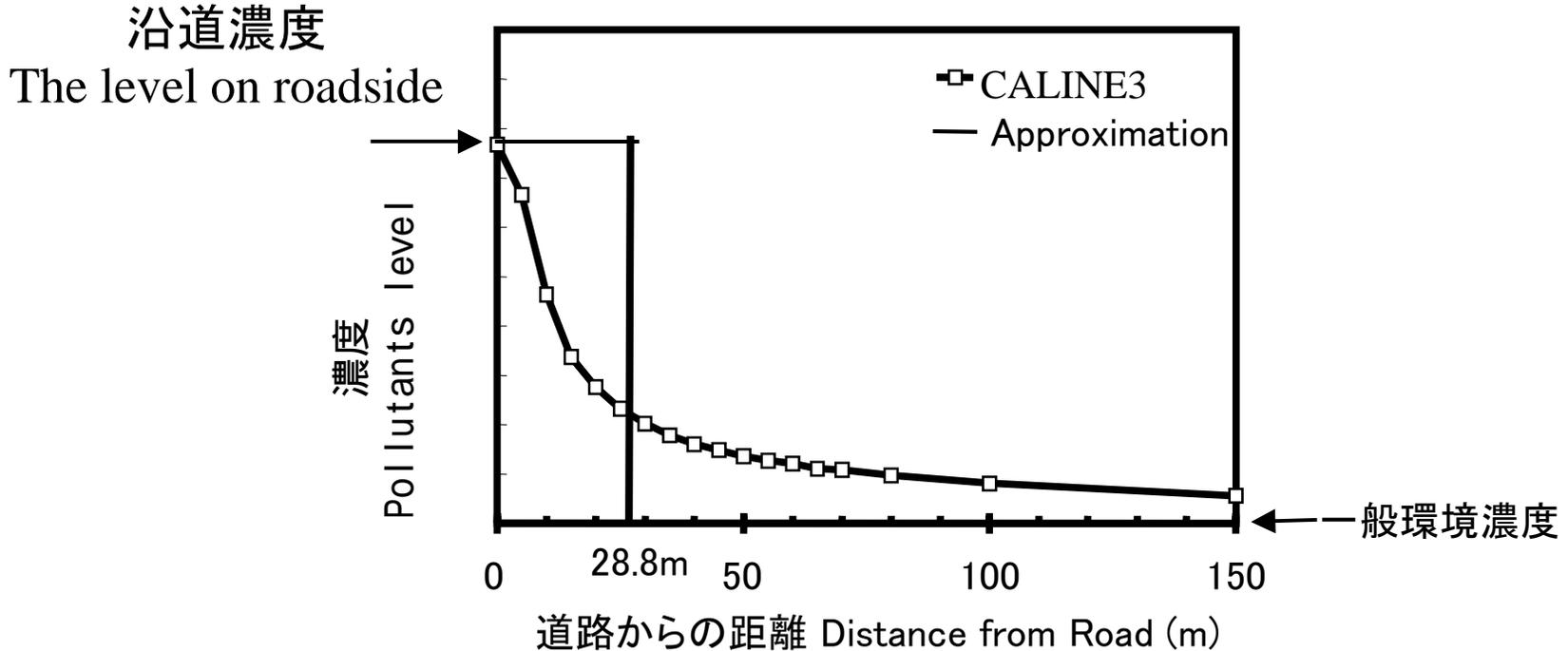
The Correlation between benzene and NOx





# 沿道人口の見積もり Estimation for Roadside

Simulation of pollutants level discharged from automobile on road



沿道から30m以内に居住する人口\*

東京都人口

$$= \frac{121 \text{ 万人}}{1160 \text{ 万人}}$$

$$\doteq \underline{10 \%}$$

(\*平成元年度 環境庁 全国沿道騒音実態調査より)

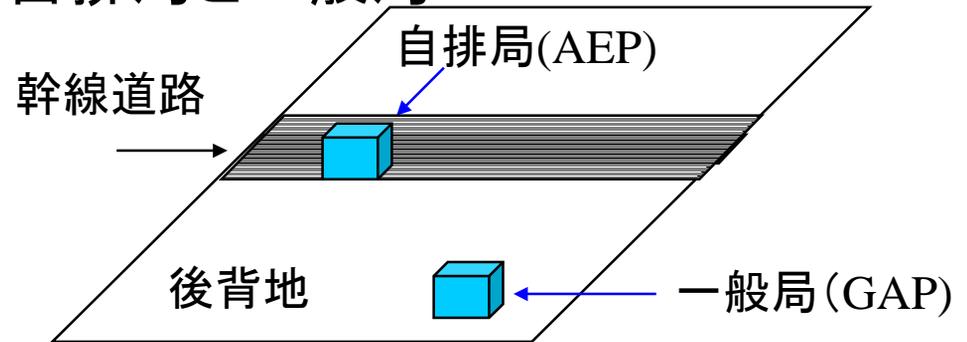
# 市区町村の分類

## Classification of the municipalities

### (a) 都市部

人口の10% : 沿道  
10% of the population : roadside  
人口の90% : 一般環境  
90% of the population : general env.

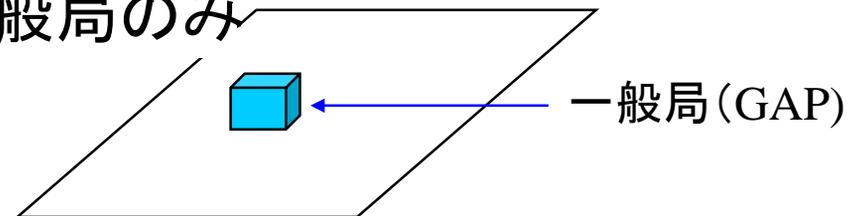
#### 自排局と一般局



### (b) 郊外部

全人口 : 一般環境  
Entire population : general env.

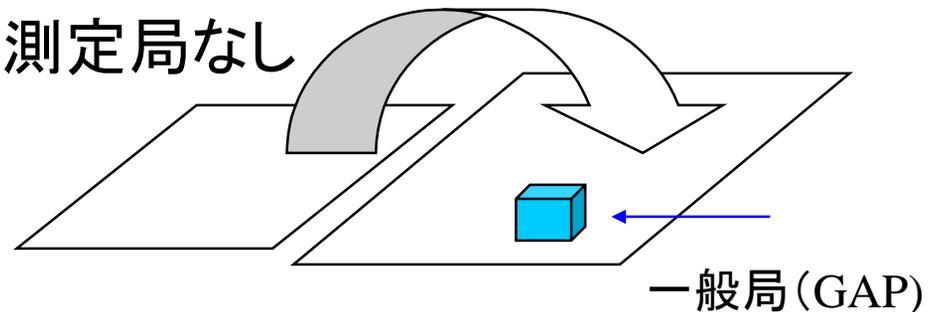
#### 一般局のみ



### (c) 農村部 RURAL

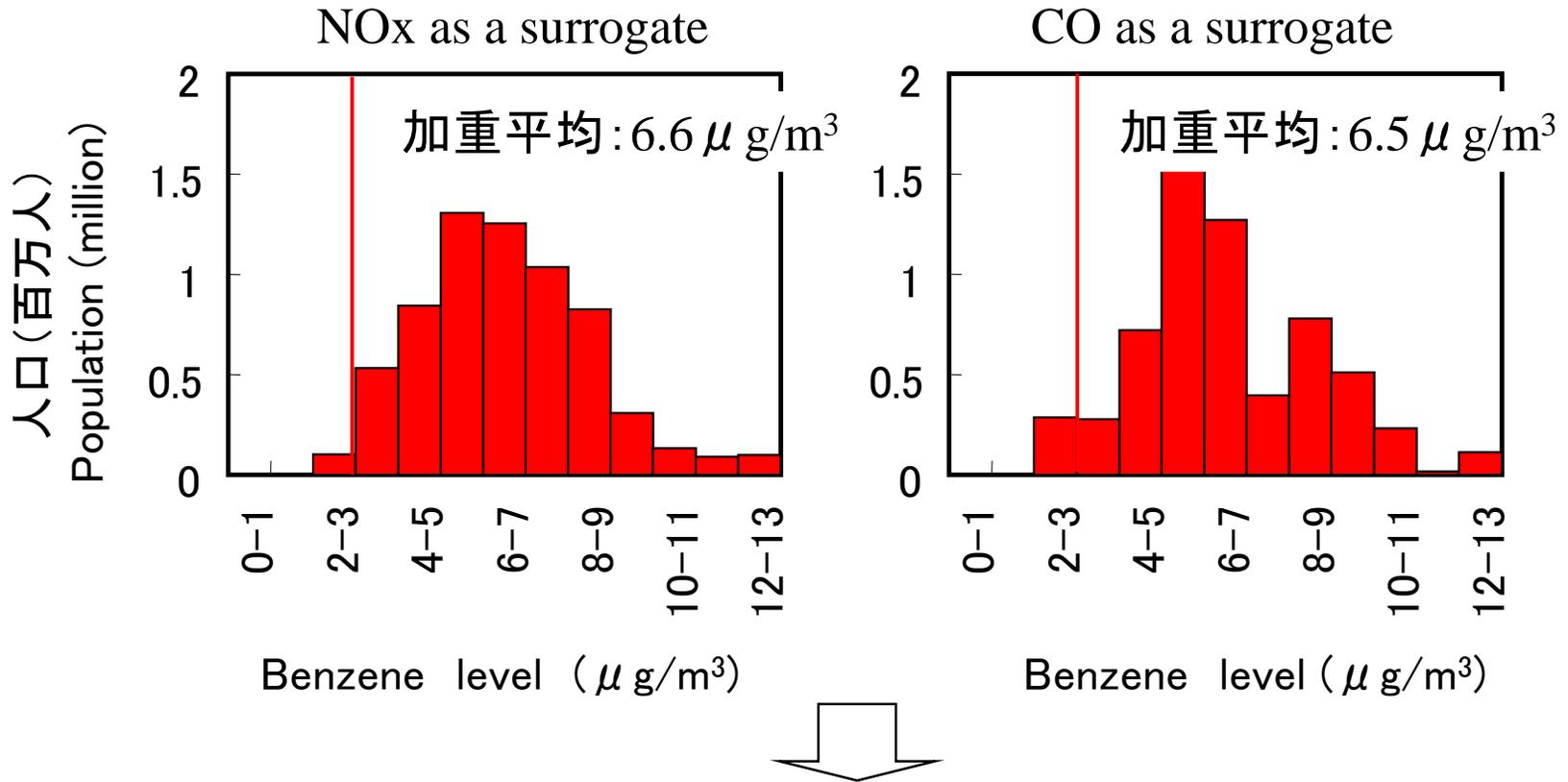
全人口 : 一般環境  
Entire population : general env.

#### 測定局なし



# 指標物質としてのNO<sub>x</sub>とCOの比較

## Comparison between NO<sub>x</sub> and CO as a surrogate

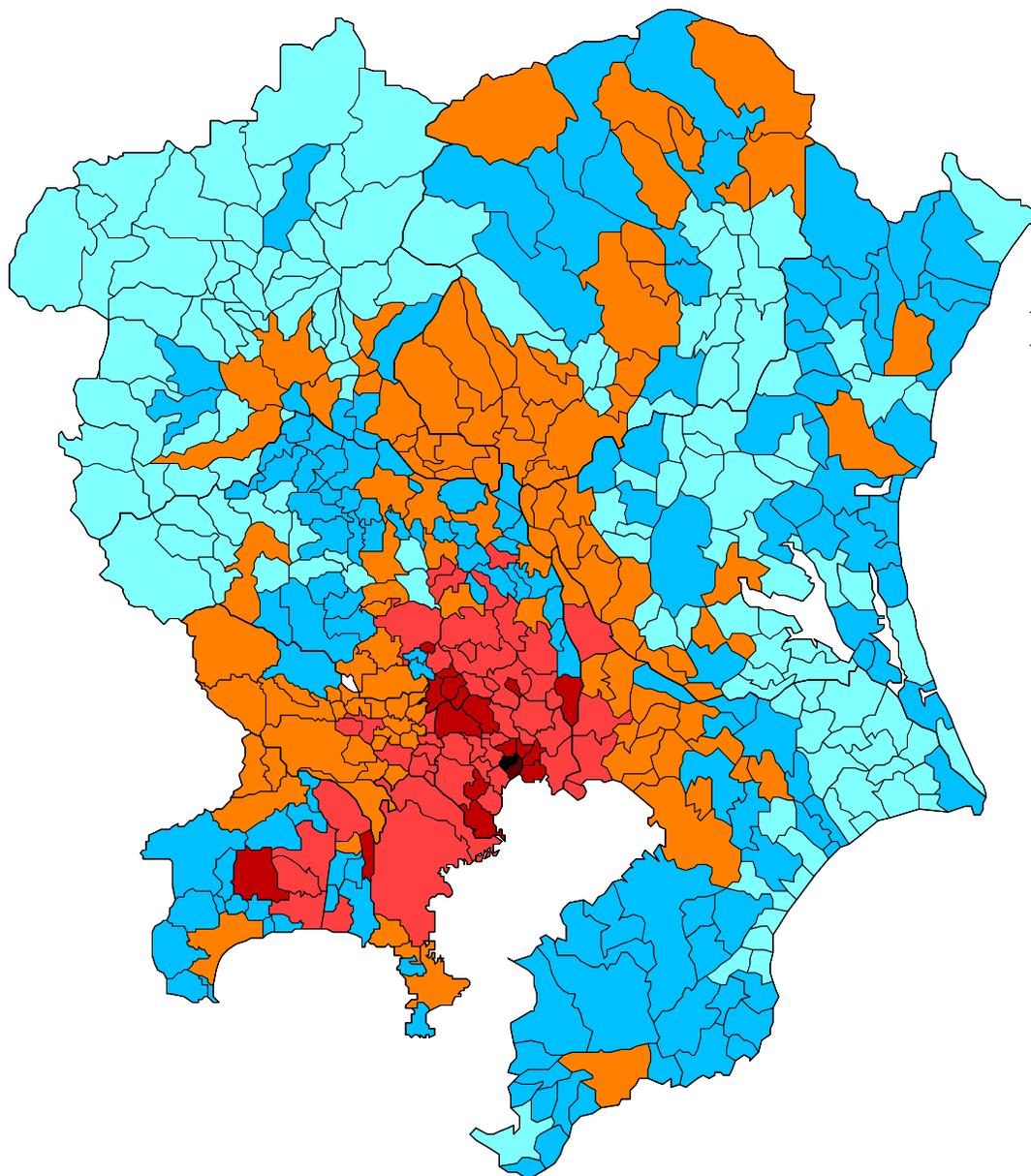


沿道にもNO<sub>x</sub>を適用可能

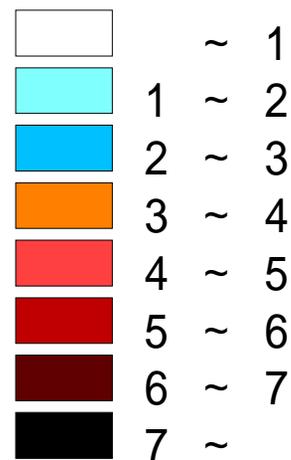
NO<sub>x</sub> is usable for roadside

# 関東地方におけるベンゼン濃度予測結果(1997)

一般環境のみを表示

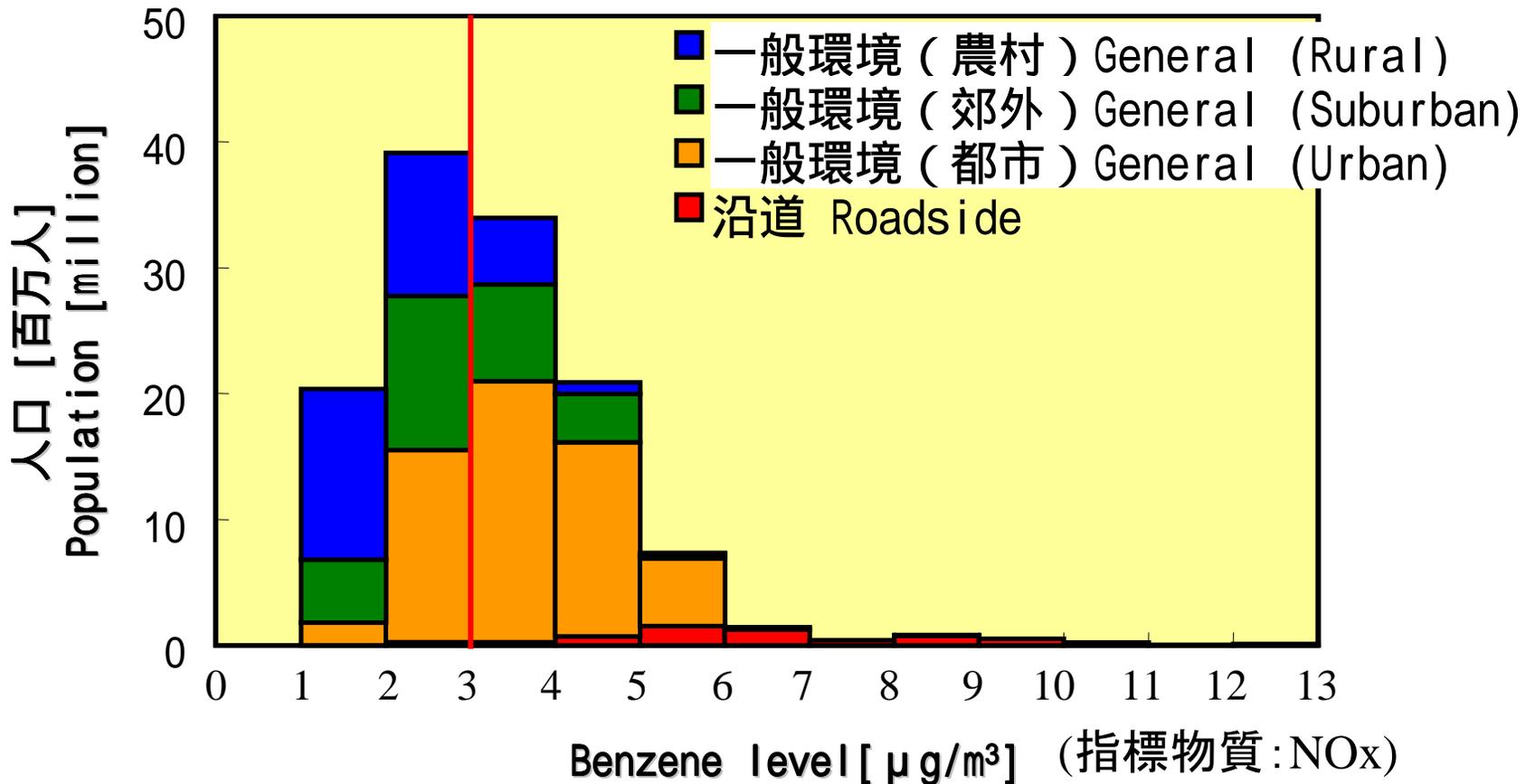


Benzene濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



# ベンゼン濃度に対する人口分布 (1997年度)

A histogram of Japanese population exposed to the predicted benzene levels (FY 1997)



人口の51%が環境基準濃度以上(1997年度)

51% of total population : greater than EQS level (FY1997)

# 人口集積リスクの算出

## The evaluation of population aggregated Risk

・ **Population aggregated Risk(人口集積リスク)**

$$= \sum \{ (\text{population}) \times (\text{level}) \times (\text{Unit Risk}^*) \}$$

・ **年間発ガン数**

$$= (\text{population Risk}) / (\text{Life time})$$

\*Unit Riskとして  $5.0 \times 10^{-3} (\text{m}^3 / \mu\text{g})$  使

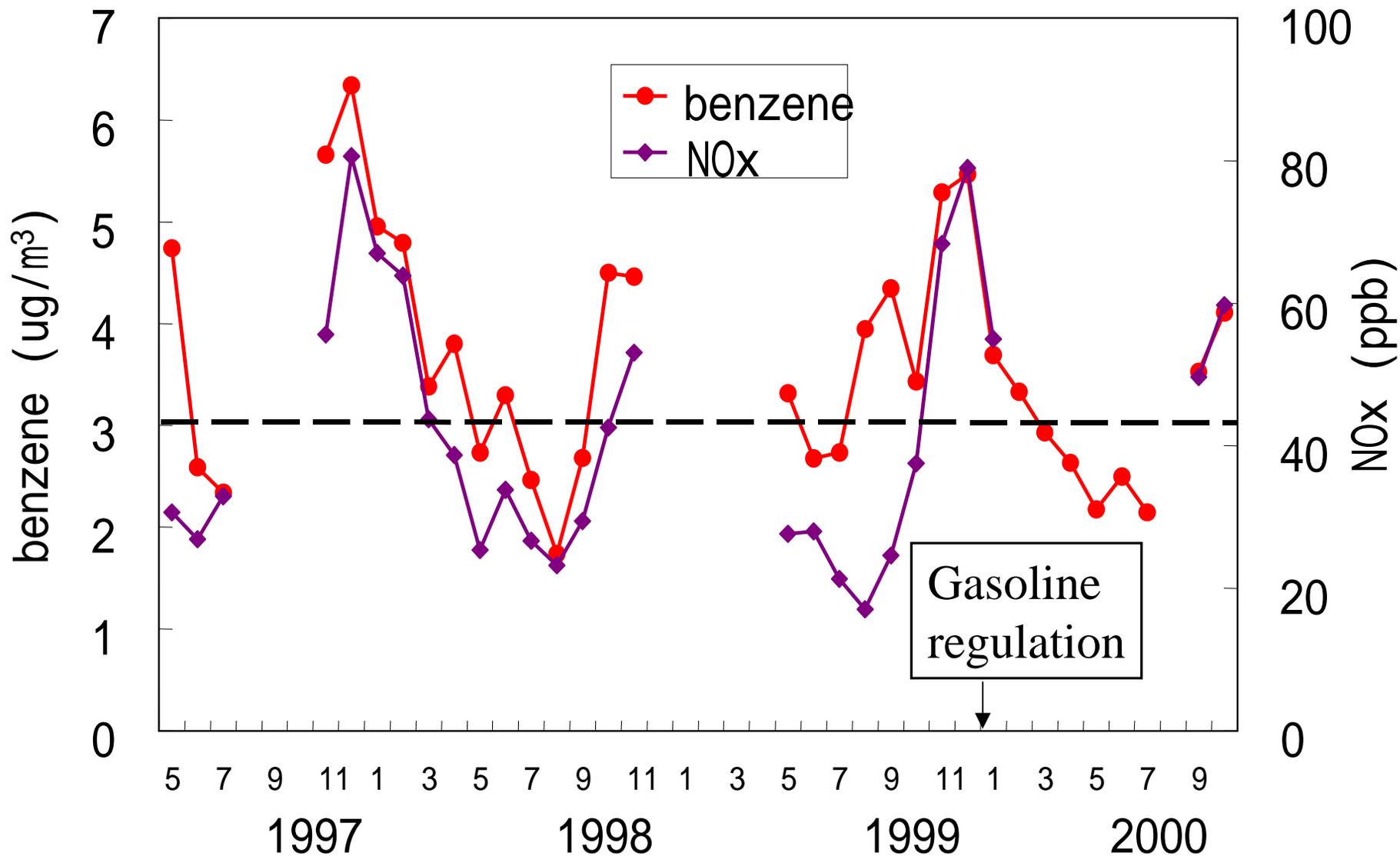
	Populatio (million)	Benzene ( $\mu\text{g}/^3$ )	Cancer (cases/year)
Roadsid	65	6.	3.
Genera	Urba	589	3.
	Suburba	292	2.
	Rura	312	2.
Tota	1255	3.2	28.

\*Population weighted average

排出量の削減と濃度減少  
Reduction of discharge and  
ambient level

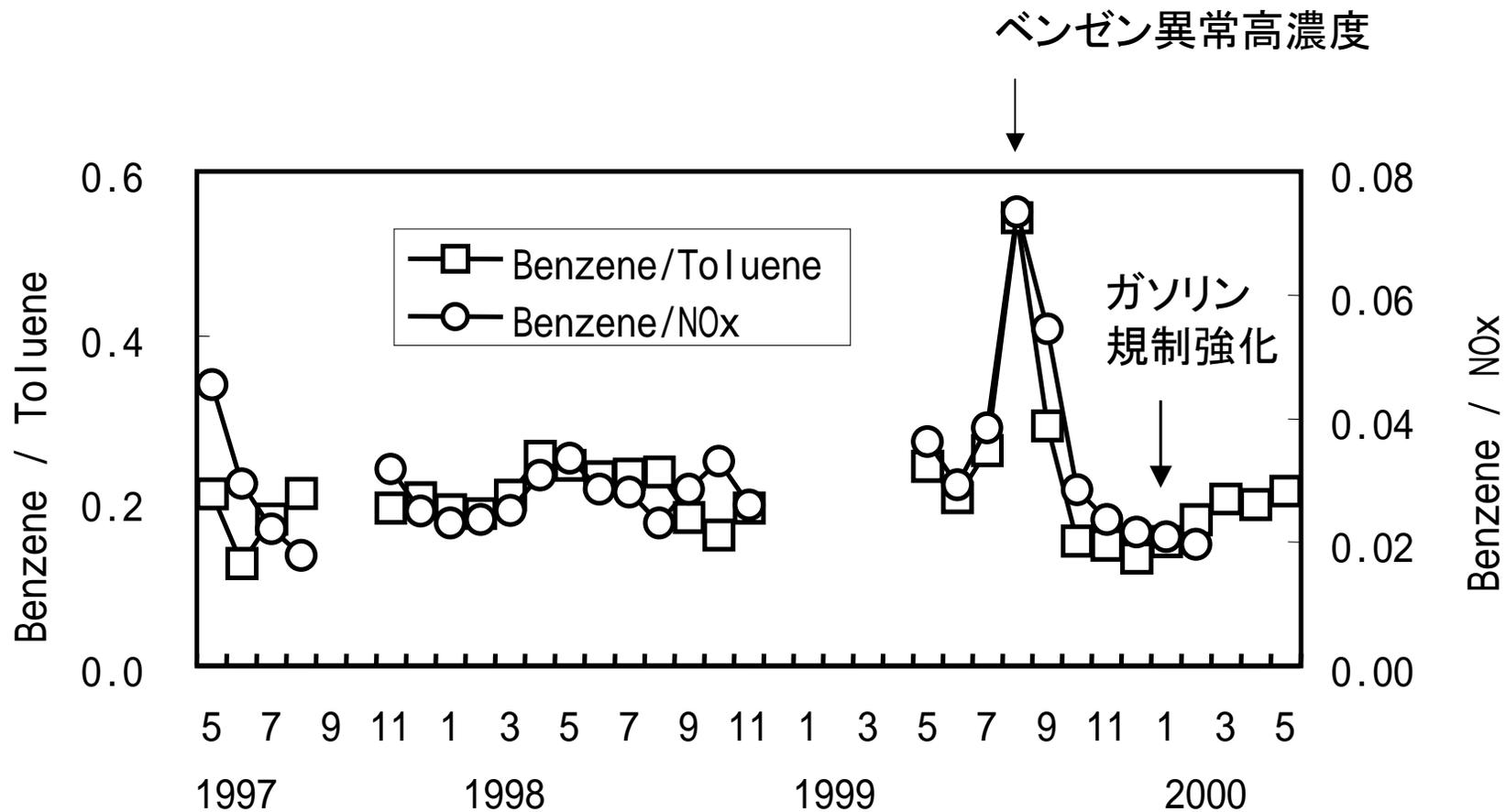
# モニタリング結果

## The result of monitoring



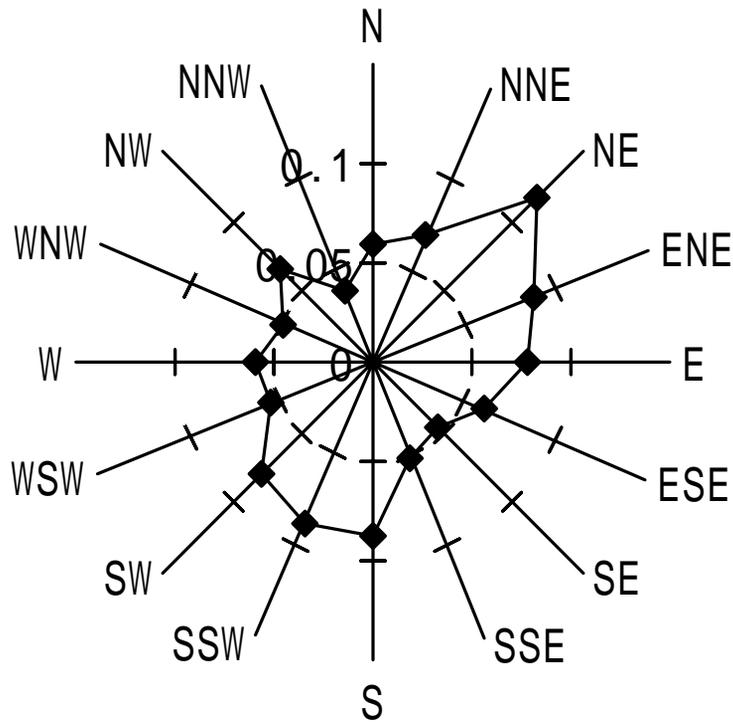
# ベンゼン/トルエン, ベンゼン/NO<sub>x</sub>比の変化

The time course of the ratio for  
benzene/toluene and benzene/NO<sub>x</sub>

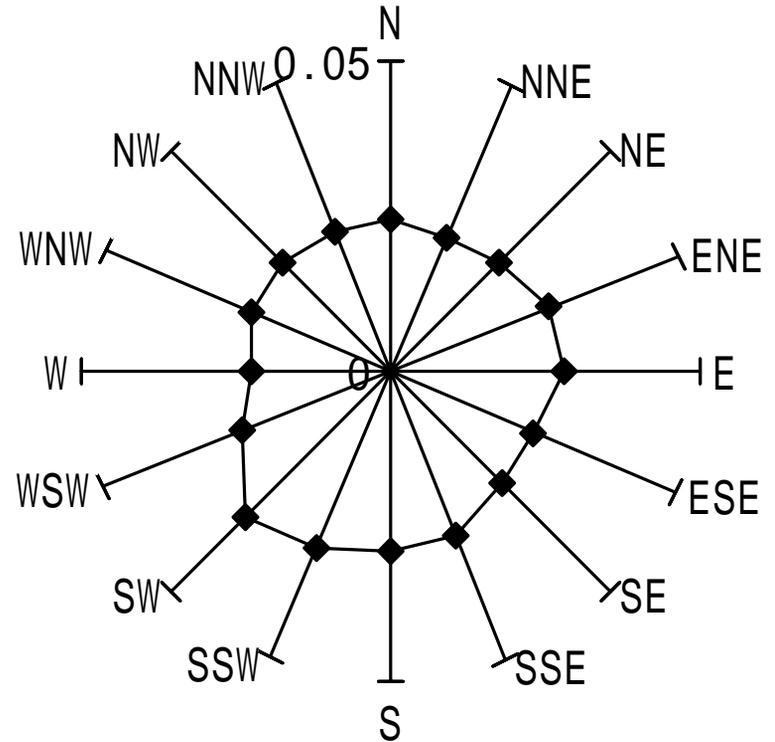


# ベンゼン/NO<sub>x</sub> 比の風向別分布

Distribution of the benzene/NO<sub>x</sub> ratio for wind direction



1999 August



1998

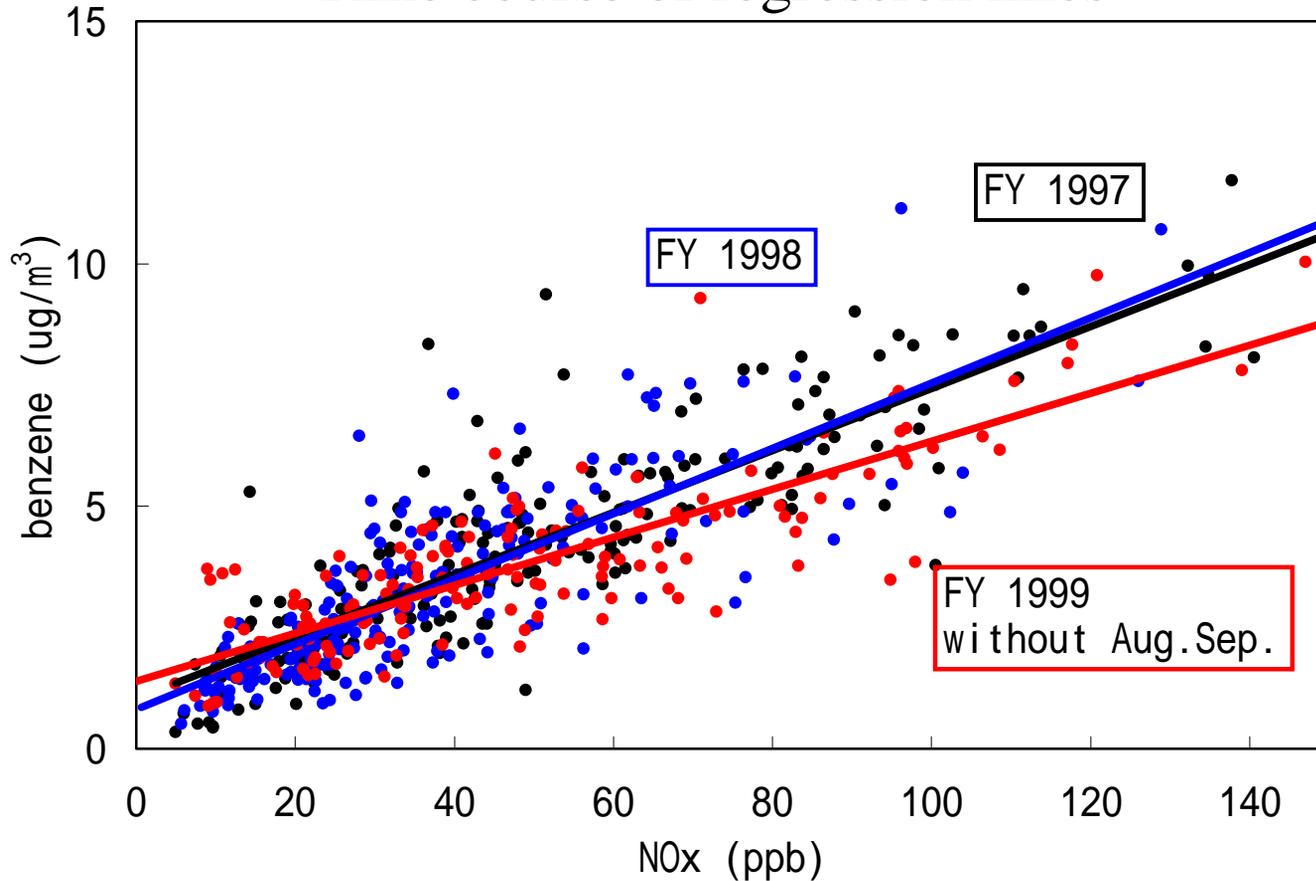
北東～東南東方向と南～南西方向 に一時的ベンゼン発生源  
Temporal emission source was suggested on the east and south side

# The map around the monitoring site (YNU)



# 回帰式の経年変化

## Time course of regression lines



$$B = 0.064 N + 1.04 \quad (\text{FY 1997})$$

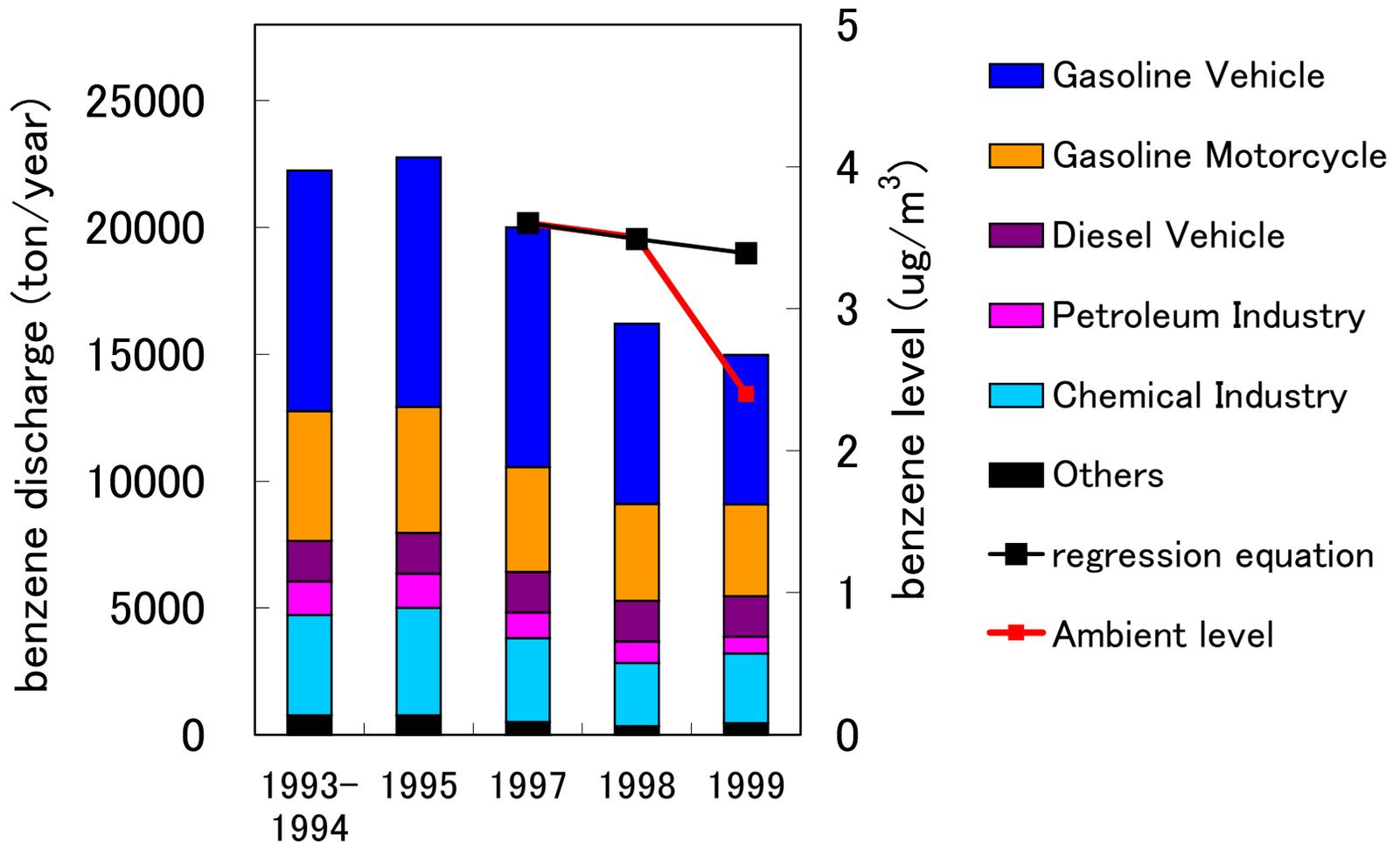
$$B = 0.067 N + 0.81 \quad (\text{FY 1998})$$

$$B = 0.050 N + 1.39 \quad (\text{FY 1999 without Aug. and Sep.})$$

Slope was 13% decreased

# 排出量と濃度の比較

Comparison of time course of discharge and ambient level

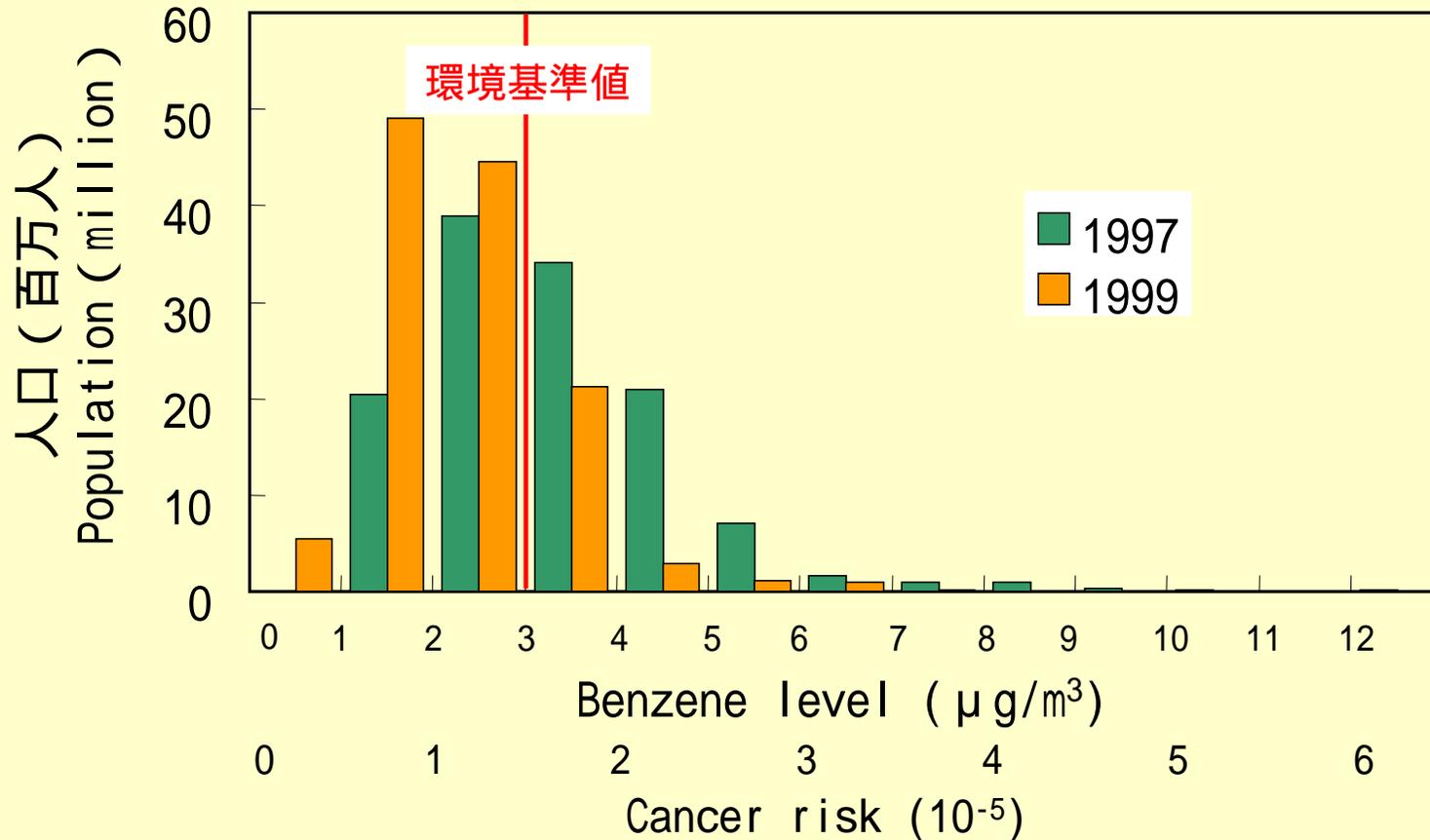


排出量 : -25%    濃度 : -18 ~ 33%

Discharge : -25%    level : -18 ~ 33%

# ベンゼンによるリスク-人口分布の経年変化

## The change of histogram for the benzene level and cancer risk



Over EQS population : 54% → 21%

# リスクベネフィット

# Risk Benefit

Under the assumption of 27% reduction

$$\begin{aligned} \frac{\Delta B}{\Delta R} &= \frac{\text{リスク削減のための費用 Cost for risk reduction}}{\text{削減されるリスクの大きさ Reduced Risk}} \\ &= \frac{256 \text{ (億円/年)}}{9.2 \text{ (発ガン・人/年)}} = \frac{25.6 \text{ (billion yen / year)}}{9.2 \text{ (cancer death / year)}} \\ &= 29 \text{ (億円/発ガン・人)} = 2.9 \text{ (billion yen / cancer death)} \\ &= 2.3 \text{ (億円/損失余命 1 年)} = 230 \text{ (million yen / life-year)} \end{aligned}$$

1人の発ガンは12.6年の余命短縮。(蒲生ら、1996)

## まとめ Summary

N0x を指標物質として日本の大気中ベンゼンによるリスク評価を行った。  
Risk assessment due to ambient benzene in Japan was performed using the N0x data as a surrogate for benzene data.

ここで報告した手法は日本以外の国における人口リスク評価する場合にも適用可能と思われる。

The method proposed here may be useful for estimating exposure level for total populations not only in Japan but also other countries.

大気中ベンゼン濃度は減少したことが確認され、減少の程度は排出量の減少率とほぼ同程度であった。

Ambient benzene level was confirmed to decrease, at the almost same rate as discharge.