

# 環境リスク論5,6回 演習

## ベンゼンの環境リスク

真名垣 聡

### 1-1 背景

・化学物質の基準値を例に、環境リスクの計算に使う用語や原理を学ぶ。

大気環境や水環境、食品や水道水などに様々な基準値が決められている。これらの基準値は、近年リスクの大きさを基礎にして決められるようになってきたがどのようにして決められているのか。言いかえればどのようにリスクは計算されているのかを演習によって学んでいく。

演習例としてベンゼンを取り上げ、人の健康リスクを算定する。

ベンゼン (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

分子量：78.1

構造式：



用途：合成原料(染料、ゴム、洗剤、有機顔料)

国内生産量: 平成12年における国内生産量は粗製ベンゼンとして519,867t、純ベンゼンとして4,425,468t、輸出量は272,166.373t、輸入量は7,150.732tである。

ヒトへの毒性：

遺伝毒性；ベンゼン10ppm超で暴露された作業者の末梢血リンパ球に染色体の数的・構造的以上が認められており、遺伝毒性があることが示唆されている。

発がん性：認知されている (Pliofilmコホート研究を代表に多くの疫学的研究報告がある。結果、ベンゼン暴露量と急性骨髄性白血病による死亡との間に用量依存性が認められている)

環境への排出：

2010年度のPRTRデータによれば、わが国では1年間に約9,800トンが環境中へ排出されたと見積もられている。主に自動車やオートバイなどの排気ガスに含まれて排出されたもので、ほとんどが大気中へ排出されたと推定されている。

わが国における法規制：

法律名	項目
化学物質排出把握管理促進法	第一種指定化学物質
消防法	危険物第4類第一石油類
労働安全法	管理濃度1ppm(作業環境)
環境基本法	環境基準
水道法	水質基準 0.01mg/L (10 μg/L)
大気汚染防止法	環境基準
他	

諸外国：

WHO (mg/L) 0.01, EU (mg/L)0.001、U.S. EPA(環境保護局) 0.005

## 1-2 演習課題（提出課題）

以下の4題について課題をエクセルにて作成いただき、Web状にある提出ボックスから提出してください。

1. ベンゼンの水質基準値は計算するとどの程度のリスクを想定していることになるか
2. ベンゼンの大気環境の基準値( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を計算するといくつになるか
3. 自分の街のベンゼン濃度はいくつになるか
4. 日本全国のベンゼンによるリスクの影響を受ける人口に算定するとどの程度になるか  
(大きな都市と自分の街だけでもかまわない。)

エクセルで計算過程を示してください。

また、4番目の課題に関しては図も作成してください。

1. ベンゼンの水質基準値は計算するとどの程度のリスクを想定していることになるか

WHO(世界保健機構)でも日本の水道水基準値でもベンゼンの水質基準値は $10\mu\text{g/L}$  ( $0.01\text{mg/L}$ ) である。この基準値は、仮にベンゼンを含む水を一生飲み続けたとき、「水道水中のベンゼンだけによる生涯での発がんリスクの増加が、ある値を超えない」という考え方で決められている。では、どの程度のリスクを想定していることになるか計算してください。ここで、発がんリスクとは、一生涯の間にある人数ががんにかかる確率があることを意味する。

ではこのリスクはどのように計算できるか。

以下の3つの仮定をもとに環境リスク論第3,4回の配布資料P.21~23等を参照に計算してください。

1. 1日2Lの水を飲むとする
2. 体重は70kgとする
3. 体重1kg当たり毎日1mgのベンゼンを生涯摂取すると、生涯で $3.5 \times 10^{-2}$ の発がんリスクの増加があるとする (実際は $1.5 \times 10^{-2} \sim 5.5 \times 10^{-2}$ で、その中央値を採用している)。

2. ベンゼンの大気環境の基準値( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を計算するといくつになるか

1と同様の仮定を用いてください。ただし、呼吸経路での吸収効率を50%、空気の吸入量を $20\text{m}^3$ 、過剰がん発生率を  $5.0 \times 10^{-6}$ とします。

### 3. 自分の街のベンゼン濃度はいくつになるか

#### 3.1

ある地点のベンゼン濃度は測定することで把握可能であるが、時間変動や費用の観点から代表的な地点をいくつか選択し継続的な観測（モニタリング）をおこなっている。しかし、自分の街はどのような状況かを知ることはできず別の方法を用いる必要がある。

このような場合、濃度の概要を知る手段として、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)の測定値から推定する手法がある。環境中に存在するベンゼンとNO<sub>x</sub>は発生源が同じであるため両者の濃度には一定の相関関係が一般的に認められる。また、NO<sub>x</sub>は測定局の数も多いことからこの相関関係を利用してベンゼン濃度を測定していない街の濃度を推定することが可能となる。

ベンゼン濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )とNO<sub>x</sub>濃度(ppb=  $10^{-3}$  ppm)の測定値をプロットし、その関係を求めると次の式が得られることが知られている。

$$\text{ベンゼン濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0.067 \times \text{NO}_x\text{濃度}(\text{ppb}) + 0.90 \quad (R^2=0.74)$$

#### 3.2 実際の計算

A市の一般環境測定局におけるNO<sub>x</sub>濃度の年平均値が35ppbで、1時間の最高値が120ppbであったとする。その際、上式を用いるとベンゼンの年間平均値は約3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値は8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となる。

このような方法を利用してあなたの街のベンゼン濃度を求めてください。一般環境局のNO<sub>x</sub>データは

<https://tenbou.nies.go.jp/download/>にあります。画面下にあるダウンロードから月間値・年平均データを選択。次に下記3つについて、それぞれ個別指定ボタンをクリックし好きな1.都道府県、2. 測定年度、3. 測定物質(04)を選び、ダウンロードファイル検索をクリック。データが出てきますので、ダウンロードしてください。測定地点が一番近いところを探しその値から、ベンゼン濃度の年平均値と1時間最高値を求めてみてください。

\* ダウンロードしたデータがテキスト形式になり、csv形式（エクセル）で開かないときは下記を参照  
ファイルの拡張子が.txtになっているので、テキストファイルとして認識されている。

例えばエクセルで開きたい場合、PCの環境に依存するが、

1. ファイルの拡張子を.csvに変更することで、ダブルクリックで開くようになる。
2. 別の方法としては、エクセルを開いてからテキストファイルもしくはcsvファイルをインポートする。下記を見ながらおこなう。

<https://support.microsoft.com/ja-jp/office/%E3%83%86%E3%82%AD%E3%82%B9%E3%83%88-txt-%E3%81%BE%E3%81%9F%E3%81%AF-csv-%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB%E3%81%AE%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9D%E3%83%BC%E3%83%88%E3%81%BE%E3%81%9F%E3%81%AF%E3%82%A8%E3%82%AF%E3%82%B9%E3%83%9D%E3%83%BC%E3%83%88-5250ac4c-663c-47ce-937b-339e391393ba>

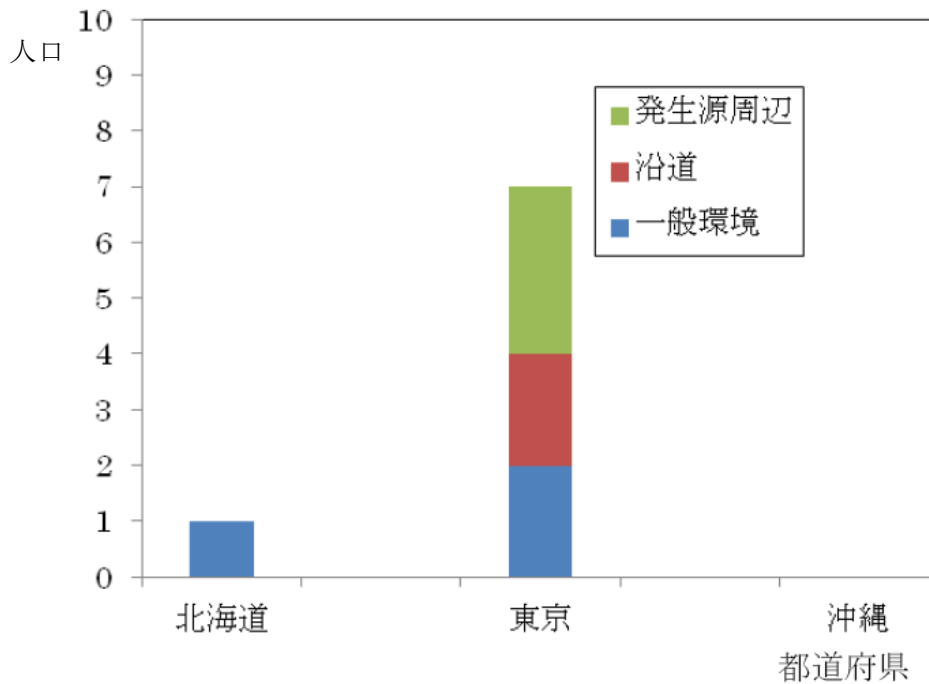
#### 4. 日本全国のベンゼンによるリスクの影響を受ける人口の算定をおこなう

わが国のベンゼン平均濃度は地域により1~15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の範囲内にある。では、高い濃度に曝されている人口はどのくらいいるのだろうか。

まず、地域を1. 一般環境、2. 沿道、3. 発生源周辺の3つの地区に分ける。それぞれの県における人口割合を一般環境に住む人口割合を仮に、85%、沿道を10%、発生源周辺を5%とする。

ここから、各都道府県の県庁所在地等を代表として、その平均値（別紙参照）にベンゼンのユニットリスク  $5 \times 10^{-6}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) をかけることで、その地域の発がんリスクを計算する。

この発がんリスクをもとに、各都道府県の人口([http://uub.jp/rnk/p\\_j.html](http://uub.jp/rnk/p_j.html))を一般環境、沿道、発生源周辺に分けて乗じ、ベンゼンによる発がんリスクの影響を受ける人口を都道府県別に図で示す。47都道府県でなくともよい。2, 3の都道府県で比較せよ。



参考図

