

「水俣病の原因解明における数学」

飯島光治 (埼玉)

はじめに

水俣病は、20世紀最大の公害といわれ

5、現在(2009年)も問題になつていま

す。以下「水俣病の科学」(西村肇、岡本

達明 日本評論社 2001刊)より。こ

の本は、患者の方又からのこゝろに苦しま

せて、そのツケが知りたいの声より、19

10 73年から27年かけて因果関係を。今ま

での研究では、はつきりしなかった原因で

あるメチル水銀の生成機構を明らかにし

またメチル水銀の排出量を 経年(193

8年~)で、だしてあります。読んでいて、

15 このテーマが。

<数学(関係)>

単位としてのppm, <sup>2100g/m</sup> <sup>71g/m</sup>  $\mu g$ ,  $ng$ 。平均

値について。有効数字、概数・概算。単位

20 の換算計算。内包量、緩内包量。正比例、

反比例。連立方程式。対数目盛。微分方程式  
 (変数分離形)。回帰分析をし、回帰直  
 線を求める。等

以上について

5 ◎ ppm ... 100万分の1 (kg, g等の  
 重さの) \* 国が定めている魚の総水銀濃  
 度の暫定的 (= 仮の) 規制値は, 0.4 ppm。

μg (マイクログラム) ... 1ミリg (=  
 1000分の1g) の1000分の1。

10 ng (ナノグラム) ... μgの1000分  
 の1。 \*  $\mu\text{g} = \frac{1}{1000}\text{g}$ ,  $\text{ng} = \frac{1}{1000}\mu\text{g}$ 。

◎ 平均値が、意味のあるのは、データが  
 平均値の周りに集まっでいて、平均値が  
 データを代表できる時。従って極端な値  
 15 は、除いた方が。

◎ 有効数字が、技術者にとっての重々意  
 味。

◎ 概数, 概算 ... 推論において。たとえ  
 計算でいた450人<sup>人</sup>を, 500人<sup>人</sup>に。

20 ◎ 単位の換算計算

(例)  $10 \text{ ng/l} = 10^{-5} \text{ ppm}$

∴  $10 \times 10^{-9} \div 1000 \text{ g} = 10^{-8} \div 10^3 = 10^{-11}$

$= 10^{-5} \times 10^{-6} = 10^{-5} \text{ ppm}$ 。(100万 =  $10^6$ )

(注) 1kg = 水 1l がもつ質量。

### ⑤ 内包量, 複内包量

◦ 単位重量当たりの表面積 (内包量)

◦ 海面での光合成量は, 瀬戸内海で

$0.5 \text{ g}^{\text{C}}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$  程度 (複内包量)

◦ 酸素の取り込み速度 (= 体重当たりの魚

の呼吸量)の単位は,  $\text{ml O}_2/\text{kg hr}$

即ち 1kg, 1時間当たり。(注) hr

hr ... (時間) (複内包量)

### ⑥ 正比例, 反比例

◦ ヒバリガイモドキ (= 貝) の食料である

プランクトンの水銀濃度は, 海水の

$\times$ ケル水銀濃度に, 比例するとみえる

ことができる。

◦  $\times$ ケル水銀の排出量と, 海水の  $\times$ ケル

水銀濃度との関係は, 比例関係。

◦ カタチイワシの水銀濃度は, ながり

面積に、反比例して減少する。

(例) 1 ppm をこえる海域面積が 1 km

m<sup>2</sup> → 0.5 ppm をこえる海域面積は、2 km

m<sup>2</sup>, 0.1 ppm をこえる海域面積は、1

0 km<sup>2</sup>。

。×4ル水銀の濃度は、排水口からの距離

の2乗に、反比例して、減少する。

。上記の例で、実際には距離の測定が、

難しいので、等濃度線をひく。すると

濃度 C は、排出量 L に比例し、等濃度

線の広がり面積 S に、反比例すること

を発見。即ち  $C = (10^{-3} \sim 10^{-4}) \times \frac{L}{S}$  (C

: ppm, L: kg/日, S: km<sup>2</sup>) ここで

排水量 = 廃水量 × 濃度。(注) 廃水と

は、製造工程に起因するもの。冷却水

は、廃水ではない。この式より L

が計算される。本書では、1956年

当時の千川のアセトアルデヒド工場

からの×4ル水銀排出量を推定。即ち

湾口部を除く水俣湾の面積は、2 km<sup>2</sup>

より平均濃度を表す等濃度線の広がり

面積を、その半分の  $1 \text{ km}^2$  とし、計

算し、 $L = \text{約 } 4 \sim 40 \text{ kg/年}$ 、平均的推定

をすると、排出量は、 $\text{約 } 10 \text{ kg/年}$  と推定。

### 5 ◎ 微分方程式 (変数分離形)

X ケル水銀の生成の速度を、濃度の差

として (濃度が高くなると、速度は遅

くなる。)。X ケル水銀の濃度が増加  $\Leftrightarrow$

$$\frac{dc}{dt} = k(c^* - c) \quad \text{これを解くと } c =$$

10  $c^*(1 - e^{-kt})$ 。  $c^*$  は、平衡濃度 (= 濃

度が、上昇しておちつく所。)

↑ 又は ↓ 降し

おめりに

以上の数学の例は、全部各々の量の内容

15 の上に成り立っています。対教目盛を用

いて図を。現行の対教指導で、対教目盛を

扱う必要を、感じます。連立方程式は、実

際するととして内容は、ありません。回帰

分析、回帰直線も、この図の分析は、ふつ

20 うこれですととして、内容はありません。

(私は、この勉強をと。)

以上切実な問題の原因解明のための1つとして、数学が用いられていることで、教科書の内容のみでは、気がない各教材の意義を感じさせてくれました。(誤差、近似、対数目盛、対数直線をする必要)

<追記1>

(1) 平均値について、たとえばクラスの平均で、100点と0点は、除いた方が良いのでしょうか。→平均点が高ければ、100点は除かなくて良い。低ければ除く?

(2) 単位の換算計算例

◦  $10 \mu\text{g}/\text{l}$  の  $1\%$  は、 $100 \text{ ng}/\text{l}$

$$\therefore 10 \times 10^{-6} (\text{g}/\text{l}) \times 10^{-2} = 10^{-7} = 10^2 \times 10^{-9}$$

$$= 100 \text{ ng}/\text{l}$$

◦  $3 \text{ ng}/\text{ml} \cdot \text{日} \times 3 \text{ cm} \times 0.3 \text{ km}^2 \times 360 = 10 \text{ kg}/\text{年}$

$$\therefore 3 \times 10^{-9} (\text{g}) \times 10^3 \times 3 \times 0.3 \times 10^{10} \times 360$$

$$= 9.72 \text{ kg}/\text{年} \approx 10 \text{ kg}/\text{年} \quad (\text{根元算例})$$

(注)  $\text{ml} = 1 \text{ g}$ ,  $1 \text{ km}^2 = 1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m}$

$$= 10^6 \text{ m}^2 = 10^6 \times 100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 10^{10}$$

(3) このレポート P5 の  $L = 約 4 \sim 40 \text{ kg/年}$  に つ

いて この時濃度  $c$  は  $10^{-5} \text{ g/g} = 10^{-5} \text{ ppm}$

(上の単位換算例)  $c$  と  $L = C \times S \times \frac{1}{10^{-3} \sim 10^{-4}}$

$$= 10^{-5} (\text{ppm}) \times 1 (\text{km}^2) \times \left\langle \frac{10^{-3}}{10^{-4}} \right\rangle = \left\langle 10^{-2} = \frac{1}{100} (\text{kg/日}) \right\rangle$$

$$\frac{365}{100} = 3.65, \quad \frac{365}{10} = 36.5 \text{ より}$$

$L: 4 \sim 40 (\text{kg/年})$  \*  $L$  の単位は  $(\text{kg/日})$  より。

(4) 微分方程式 (変数分離形) に ついて

$$\frac{dc}{dt} = k(c^* - c)$$

$$\rightarrow \frac{1}{k(c^* - c)} dc = dt \rightarrow \frac{1}{k} \int \frac{1}{c^* - c} dc = \int dt$$

$$\rightarrow -\frac{1}{k} \log(c^* - c) = t + C' \quad (C' \text{ は定数})$$

$$\rightarrow \log(c^* - c) = -kt - kC'$$

$$\rightarrow c^* - c = e^{-kt - kC'} = D e^{-kt} \quad (D = e^{-kC'})$$

$$c = c^* - D e^{-kt} \quad (t=0 \text{ かつ } c=0 \text{ より } c^* = D)$$

$$\therefore c = c^* - c^* e^{-kt} = c^* (1 - e^{-kt})$$

(5) 「水俣病の科学」に、酸欠の取り込

み速度 (= 体重当りの魚の呼吸量) の単位

は  $(\frac{\text{ml O}_2}{\text{kg hr}})$  で、これを 1.4 倍すると

(  $\frac{mg}{kg} \frac{O_2}{hr}$  ) とあとののですが、1.4倍と

は？ また1.4倍して  $ml \rightarrow mg$  になら

ないと思うのですが。(注)  $ml = 1g$ 。

あと徳山湾がでてくるのですが、どこに

あとのでしよるか。\* (5) は和かうの質問で

す。 \* 中国地方とわかる。

<追記2>

水俣病は、チッソが原因ですが、国、県

の行政もそれに加担した。戦後日本の暮ら

しを豊かに(高度経済成長)の裏に、恐ろ

しいことが、起こっていた。患者土人の1

人は、自分もチッソではの境地に。(「証

言 水俣病」(栗原彬編 岩波新書 20

00年刊での籾方正人氏)

水俣病は、終わっていない。2009,

9月20, 21日、1044人を対象に検診。多

くの方に、水俣病の症状が、確認された。

(毎日新聞、10月30日付より。)

2009年

<追記3>

10月30日付の記事をもう少し詳しく  
紹介します。不知火海沿岸8市町村で。

データ提供に応じた受診者974人のう  
ち904人(92.8%)に水俣病の症状。現  
行の救済対象地域以外からの受診者213  
人のうち、199人(93.4%)に症状。

<追記2>での1044人が、受診して、

- 。四肢末梢優位の感覚障害771人(73.9%)
- 。全身性感覚障害247人(23.7%)
- 。口の周囲の感覚障害369人(35.3%)
- 。舌の二点識別覚障害268人(25.7%)
- 。両視野異常227人(21.7%)

(注)新聞では、百分率が、上かう順に  
79, 25, 38, 28, 23%となっ

ています。1044人→976人とすると、  
新聞での数字に。すると1044人のうち  
、976人に症状が。そしてその体認はと  
なり二とに。水俣病の「公式発見」一、19  
56年一から、53年後にもです。

本の紹介

「水俣病の科学」

西村肇 岡本達朗著 日本評論社 2001年6月刊 3500円

飯島光治

私が改めて水俣病に、関心をもったのはNHKテレビで、チッソ附属病院長の細川一氏を取り上げたことによる(2009年1月放送)。その後4冊の水俣病に関する本を読み、そして本書を。科学的内容があり、よくわからない所もありましたが、時間をかけて。

本書の特徴は、患者の方々のこんなに苦しませて、そのわけが知りたいの声をきっかけに、1973年より、27年かけて出来上がりました。本書は

- 1) 水俣病の科学的因果関係の解明を目的とする。
- 2) 自然科学者と人文科学の研究者との協同研究が強みを発揮した稀有の例だと思ふとあります。

ここで、自然科学者として西村氏の他赤木洋勝氏(国立水俣研究センター)も入ります。岡本氏は、ただ一人の大卒者として、チッソの第1組合委員長を(1970-77年)。1)かつ2)の本は、最初で恐らく最後では、ないかと。

研究には、今までのデータ(熊本大、チッソ、水産試験所、外国の論文等)を詳しく調べながら、この本には、初めて明きらかにしたという箇所に出会います。

- 1) 1987年、赤木と西村は、海中のメチル水銀濃度を、正確に測定することに初めて、成功した(p146)
- 2) 赤木は、魚介類の筋肉中の水銀は、ほとんど全量が、メチル水銀であることを実証。1985年に発表(p152)
- 3) 新しい科学である有機金属化学に基づいて、メチル水銀の生成機構を初めて本格的に論じた。等々<sup>化</sup>

本書の内容は、

- 序章 解かれなかった謎 (p13-p22)  
第1章 水俣のチッソのアセトアルデヒド工場 (p23-p101)  
第2章 海のメチル水銀汚染 (p102-p217)  
第3章 メチル水銀の生成から排出まで (p219-p315)  
結語 あとがき 補論 なぜ水銀が有機物に化合するか(補論はp333-p343)

第1章には、現場作業員の方の証言があり、全章に質問項目があり、一方通行になっていません。

水俣病は、20世紀最大の公害で、海からの初の汚染例。公害といっても、チッソの社害では。本書により、はっきりと原因を明かす一なせメチル水銀が、認定患者が多く発症した時期(実はその前から)に大量に排出されたかを一にした訳ですが、元々の原因としては、チッソの戦前からの、安全は、2の次とする技術体質にあります。まずモノを創れ、命は2の次、爆発してもかまわんという。漁民の抗議に耳を傾け、安全を真剣に考え、対策をたてていたら、こんな多数の長年にわたる被害は、防げたと本書にあります。

最後の方で、科学、技術の在り方を問うています。西村氏は1968年の大学紛争の頃、若き教官として議論を。水俣病の研究は、企業、大学にとってタブーであった。この40年間、全体としてどれだけ研究されたか。(応用化学者は、約5万人)。でも著者は、成果はどうだ!と聞いていません。長年の追求で、明きらかにしたが、患者の方々には、間に合わなかったと。  
(2009年、9月記)