

「水俣病の原因解明における数学」

飯島 光治

はじめに

改めて私が水俣病に関心を持ったのは NHKテレビの  
 'その時、歴史は動いた'(2009.1.28)で、チッソ附属病院長  
 の 糸川一氏のことが取り上げられていたことで。その後  
 水俣病関連の本を4冊読み、その後ここで取り上げます  
「水俣病の科学」(西村肇、岡本達明 日本評論社 2009/刊)  
 全343頁を。

以下の内容は、主にこの本より。

この本の特徴は 患者の方々の「こんな苦しめて  
 このわけを知りたい。」の声をきっかけに、この本は

(1) 水俣病の科学的な因果関係の解明を、目的  
 とする。解明するまでに 27年の歳月がかかる。

(2) 自然科学者\*と人文科学の研究者(岡本氏)との  
 共同研究が強みを発揮した稀有の例だと思ふ。

\* 西村氏と赤木洋勝氏(国立水俣研究  
 センター)

3人のうち、1人でも欠けたら手も足もでなかったとあります。  
 よって(1)かつ(2)の本は、最初で最後ではないかと。

さらに 科学と技術のあり方—何のためにあるのか—  
 も 問題提起しています。(ふつうの人々のために!)

化学式がでてきて、内容的にわからないうちにも多く  
 ありました。なぜの追求ということで、読むことができました。  
 また読んでいてこのテーマが。

小倉金之助 (1885~1962) 先生は、明18 昭37 数学教育の意義は、科学的精神的養成にありといひ、ここで科学的とは実証的かつ合理的をいふと思ひます。実証的といふことは、この本には データとしての図が58、表が30あります。また小倉先生は、科学的精神の核心は関数概念といひましたが、因果関係の法則を表すのが関数です。この本の第2, 3章にその実例がみられます。

## 1 水俣病の歴史の中より

水俣病は 世界初の海の魚介類による公害  
— 公害というより、チソによる社害では —

- 1953年末 (昭28) 最初の急性激症型患者
- 1956年4月 (昭31) 全く新しい「奇怪な病気」として 医者に認知。
- 1956年11月 伝染病ではなく、ある種の重金属中毒。  
 ㊦ 水俣工場は従業員 ~~約4000~~<sup>3600</sup>名  
 (+関連企業) 敷地が、15万坪
- 1959年7月 (昭34) メケル水銀 (有機水銀) 説  
 (熊本大研究班)  
 ㊦ ハンターとラッセルの論文 (1940)  
 \* 1956年より、3年かかったのは水銀は高価なので、工場は排水するこは無いだろうと考へた。
- 1959年7月 チソ交論 — なぜ水俣湾だけに限つてあつたのか。
- 1959年8月~11月末 水俣以外の しらぬい 不知火海沿岸でも患者発生し、一挙に緊迫し、チソに浄化設備を作らと要求。

○ 1959年10月

糸田川一氏、アセトアルデヒド工場の  
精留塔ドレン (= 精留塔の塔底液) を  
猫に投与 → 水俣病を発症。

1960年(昭35)8月にも再び実験を再開。

→ 猫7匹が発症。

→ チッソ: この事実をひた隠す。メチル水銀が

工場内で生成する事は絶対にありえないと  
強弁。官・産・学を動員、2つの組織をつくる。

→ 1976年(昭51)、西田元工場はこの報告を  
受けていない(熊本地方検察庁にて)というが、糸田川氏  
は、チッソ定年後9年目病床で(死の3ヶ月前)「知  
っていた。」と答える。

○ 1959年12月

チッソ、浄化装置サイクリターを設置するも  
アセトアルデヒド廃水は、入っていない。

\* メチル水銀  
を含む

\*\* 粉鉛採集器

かつ尾尾鉛毒事件の時も、この一匹撤  
するころが、~~採集器~~の設置(1891年  
昭24年)

→ 熊本大石研究班もこれで大丈夫という。  
(1960年10月) → 漁師や住民は鮭魚を  
食べ始める。

○ 1959年12月

チッソ患者に、見舞金を払う。→ これで  
患者との紛争を、解決と。

○ 1961年末~1962初(昭36~昭37) 水俣病、第2の発症期。

チッソ工場、技術部: 塩化メチル  
水銀を抽出 → 極秘に。

○ 1962年夏頃

入鹿山教授(熊本)、排出汚泥から  
塩化メチル水銀を抽出。

○ 1963年12月(昭38) 入鹿山教授、原因を正式に発表。  
(1953年より、10年後)

○ 1965年(昭40) 新潟、水俣病発症 (昭和電工、  
鹿瀬工場)

かつ4次提訴人(2009.6.10)  
(44年後)

- 1968年9月 (昭43) 政府、水俣病の原因について断定。  
 (1956年～は12年後)  
 ㊦ 1970年までの認定患者は、121名。
- 1973年 (昭48) 水俣病1次訴訟公判判決  
 — 加害企業の責任を認められる。  
 認定患者に1人当り1600～1800万円  
 払い。
- 1995 (平成7年) 政府は水俣病事件の政治的解決  
 → ケッソは1人当たり260万円支払い。  
 受け取った人は、1万人を超える。
- 2004.10月 (平成16年) 関西訴訟の最高裁判決  
 — 国と県の初の行政責任を認める。  
 国の認定基準を事実上否定。  
 → 行政と司法の「二重基準」状態に。
- 2009.7.15 (平成21年) 未認定患者の救済法施行  
 — ケッソの分社化、救済対象者の  
 症状拡大。未認定患者は3万人と  
 いわれる。
  - ㊦ 現在ケッソの従業員 約3600人の  
 9割以上は、1973年の訴訟判決後  
 に、入社し、水俣病発生時を知らない。  
 「水俣病のくびきから逃れたい」がケッソ  
 の本音。 "東縛"
  - ㊦ 2000年末までに、胎児性水俣  
 病は、66名。

## < 補記 >

1. そのそもその原因として、創業(資料として1932~)

以来(創業者野口<sup>ヒナウ</sup>遵)<sup>(昭7)</sup>の<sup>(昭7)</sup>チノツの技術体質がある。

(優秀な技術陣だったにも、かかわらず)「ものを創り、安全、人の命は2の次!。爆発してもかまわん」という。

それに対し武谷三男氏(1911~)は安全性の考え方を提唱。「危険が証明されないものは、安全」という考え方にに対し、「安全が証明されないものは、危険」という。

(「安全性の考え方」(岩波新書)。1973年の第1次訴訟に、水俣病研究会は、この考えを踏まえる。

1956年以後の水俣病の発症は、水銀の排出量の今までにない増加\*があった訳ですが、この本では具体的に排出量を推論し計算し、他のデータと比べ一致するとしています。さらに増加の原因としてつぎとめたことは、

(\* 1951年~53年に)

(1) 助触媒に二酸化マンガンを使用を止める。(1950年 4ヶL水銀排出量 3.0 kg/年  
止めること → 1952年 " " 32 kg/年)

3年未満パイロリンダー(硫化鉛石の廃棄物)を使用 - コストダウンのため -

(2) 老朽機器を限界まで使う。

(3) 母液酸化装置がうまく稼働せず。  
(パイロリンダー使用で)

2 宇井純氏(1932~2006)のことは。

1960年頃は、水俣病の因果関係すら一時は企業側の反論\*のために迷宮入りした時期であり、その当時の熊本大の医師たちができるだけ水俣病を、限定してとらえ、反論の余地のない症例だけを記述しようとするのも、ある程度やむを得ないことであらう。しかしその結果が、少なからず視野狭窄、運動失調、知覚障害の3つが、同一患者にそろそろなければ水俣病とはいえない

という概念を作りあげ、さらにその論文が国際的に引用されることを通じて、固定化した水俣病の概念が世界中に広まっていった。日本で水俣病の概念の拡張を最初に迫られたのは、新潟での再発であり、さらに1971年にはじまる認定闘争を通じて、患者自身の血のにじむ努力と、原田氏\*\*らの協力でようやく水俣病が前記3つの症状の組合せにとどまらず血液硬化、筋肉痛、心臓病などの全身病を併発することがわかりかけてきた。実はこういう全身病への手がかりは、初期から今日まで水俣病患者の直接の死因が、ほとんどすべて肺炎であり、水俣病にかかると感染症にかかりやすくなることも、ある程度はつかまっていたはずなのであるが、その手がかりから発展出来なかったのは、むしろ水俣病をとりまく政治情勢がそれだけきびしい点にあった。

(「水俣病とカタダインテイク」『展望』1975.8月号より)

\* 1959年10月、ケッソは水銀濃度を14ヶ所調査。その際水俣川河口と下流(最高2.3μg/l)で他より高濃度がでたため、農薬の影響であると主張。この主張のため、都合の悪いデータは秘匿した。

\*\* 原田正純氏(1934~) 熊本大

### 3 メチル水銀\*について (\*CH<sub>3</sub>Hg)

脳神経を損傷する。(→視覚、聴覚、感覚、運動などに関係する部位が、損傷を受ける。) 他の水銀は脳血液関門でチェックされて、脳の中に入れない。母体内に入ると、胎盤を通過し、胎児の脳に蓄積される。(→胎児性水俣病に)

## 2 本書に登場する数学(関係)

- 単位として ppm, μg (マイクログラム), ng (ナノグラム) がよく出てくる。 ppm ... parts per million の略。 100万分の1 (1 ppm)  
(例) 0.4 ppm ... 国が定めている魚の総水銀濃度の暫定的規制値。  
μg ... 1/1000g (=  $\frac{1}{1000}$ g) の  $\frac{1}{1000}$ 。 即ち  $\frac{1}{10^6}$ g。  
ng ... μg の  $\frac{1}{1000}$  即ち  $\frac{1}{10^9}$ g。
- 平均値 を考えるのが意味があるのは、データが平均値の周りに集まっていて、平均値がデータを代表できる時 (P183)
- 記号 が言葉に比べて有利な点は、簡潔で、指示が精密で、しかも演算可能だから。 さらに文字の使いかたが列挙の利便に約束とか習慣があるため、一々定義を見なくても、その意味が瞬間的にわかるのも便利な点。  
(例) 濃度は C, 圧力は P。 X ケル水銀 M ...  
水 W の時、 $C_M$  ... X ケル水銀の濃度,  $P_W$  (水蒸気の圧力) (P261)
- 有効数字 が技術者にとっての重い意味 (P145)  
("測定値や近似値で意味のある数字")
- 概数, 概算 (P196)
- 正比例, 反比例  
(例1) (ヒバリガイモドキの食料である) フラウンクソンの水銀濃度は海水の "X ケル水銀濃度" に比例するとみることができる。 (P155)  
(例2) X ケル水銀の排出量と海水の X ケル水銀濃度との関係は比例関係 (P156)  
(例3) カタクチイワシの水銀濃度は、たがり面積に反比例して減少する。 → 1 ppm をこえる海域面積が  $1 \text{ km}^2$   
⇒ 0.5 ppm をこえる海域面積は  $2 \text{ km}^2$

0.1 ppmを越える海域面積は  $10 \text{ km}^2$  とする。  
(P207)

(例4) メチル水銀の濃度は、排水口からの距離値の2乗に反比例して減少する。  
(P196)

|    |   |   |                |                |                 |
|----|---|---|----------------|----------------|-----------------|
| キリ | 0 | 1 | 2              | 3              | 4               |
| 濃度 | C | C | $\frac{1}{4}C$ | $\frac{1}{9}C$ | $\frac{1}{16}C$ |

(例5) 例4で実際には距離値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に反比例するニヒを発見。  
(P179) C: ppm

$$\text{即ち } C = \underbrace{(10^{-3} \sim 10^{-4})}_{\text{比例定数}} \times \frac{L}{S} \quad (L: \text{kg/d} \quad S: \text{km}^2)$$

$$\text{ここで } \frac{\text{排出量} = \text{廃水量} \times \text{濃度}}{\text{排水}} \quad (\text{廃水の量})$$

(注) この式より  $L = C \times S \times \frac{1}{10^{-3} \sim 10^{-4}}$   
として排出量が計算できる。

(例6) <sup>かん</sup>間隙水 (= 底泥の中の水分) の水銀イオン濃度が底泥の固体水銀濃度の平方根に比例する  
特別のXカニズム (P193)

### 。 複内包量

例 海面での光合成量は、瀬戸内海で  
 $0.5 \text{ g C/m}^2 \text{ 日}$  程度 (P196)

酸素の取り込み速度 (= 体重当りの魚の呼吸量)  
→ 単位は  $(\text{ml O}_2 / \text{kg hr})$

これを 1.4倍 すると  $(\text{mg O}_2 / \text{kg hr})$  とする。  
(?) (P195)

∴ (水銀を含め、排水中の重金属は、底泥粒子の表面に付着または吸着するので) 単位重量当りの表面積 が大きい微小粒子のほうが、含有量が高くなる。 < 内包量 >  
(P138)



以上の他 連立方程式, 対数目盛, 両対数プロット  
 (P251) (P182) (P188)

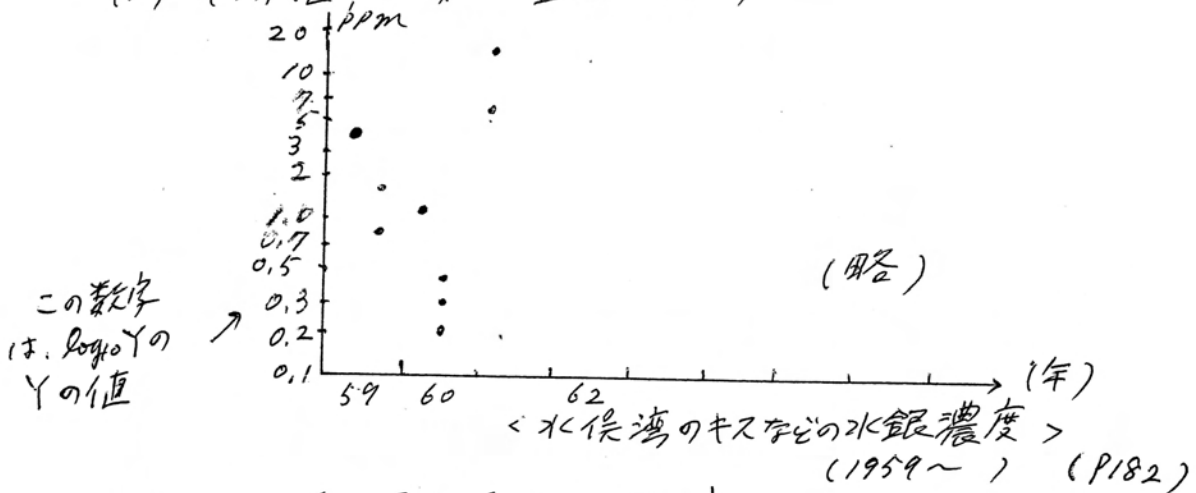
微分方程式(変数分離形) (P257)

回帰分析をし回帰直線を求める。(本書ではしていないが) (P182) 等々が。

以上、切実な問題の原因分析のための1つとして数学が使われているという事で、改めてこれらの数学の意義がわかるがあり、数学を学ぶにはその内容の面白さ(豊かさ, 深さ)だけではない意味があることを。

## 2 の補足

(1) 平均値 対数目盛(縦軸)



(2) 正比例, 反比例の例5の実例

1956年当時のチリのアセトアルデヒド工場からのメチル水銀排出量の推定; 湾口部を除く水俣湾の面積は約  $2 \text{ km}^2$  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、濃度として  $10 \text{ ng/l}$

$$= 10^{-5} \text{ ppm} \quad (\because 10 \text{ ng/l} = 10 \times 10^{-9} (\text{g}) \times \frac{1}{1000 \text{ g}} = \frac{1}{10^4})$$

$$= \frac{1}{10^5} \times \frac{1}{10^6} = 10^{-5} \times 10^3 \text{ ppm})$$

\*  $1 \text{ kg} = \text{水} 1 \text{ l}$  がその質量。

$$\begin{aligned} \therefore L(\text{kg/日}) &= C \times S \times \frac{1}{10^{-3} \sim 10^{-4}} \\ &= 10^{-5} (\text{ppm}) \times 1 (\text{km}^2) \times \left\langle \frac{1}{10^{-3}} \right. \\ &= \left\langle \begin{array}{l} 10^{-2} = \frac{1}{100} (\text{kg}) \\ 10^{-1} = \frac{1}{10} (\text{kg}) \end{array} \right. \rightarrow \begin{array}{l} \frac{365}{100} = 3.65 \\ \frac{365}{10} = 36.5 \end{array} \end{aligned}$$

$\therefore L$ : 約4 ~ 40 kg/年  
 $\rightarrow$  平均的推定をすれば, Xキル水銀排出量は 約 10kg/年。

(3) 正比例, 反比例の例6について

平方根に比例するとは,

|         |                |   |   |   |                       |
|---------|----------------|---|---|---|-----------------------|
| 固体水銀濃度  | a              | 2a                                      | 3a                                      | 4a                                      | -----                 |
| 水素イオン濃度 | b <sub>0</sub> | $\sqrt{2} \cdot 2a$<br>b'' <sub>1</sub> | $\sqrt{3} \cdot 3a$<br>b'' <sub>2</sub> | $\sqrt{4} \cdot 4a$<br>b'' <sub>3</sub> | -----<br>と113とで(どうか?) |

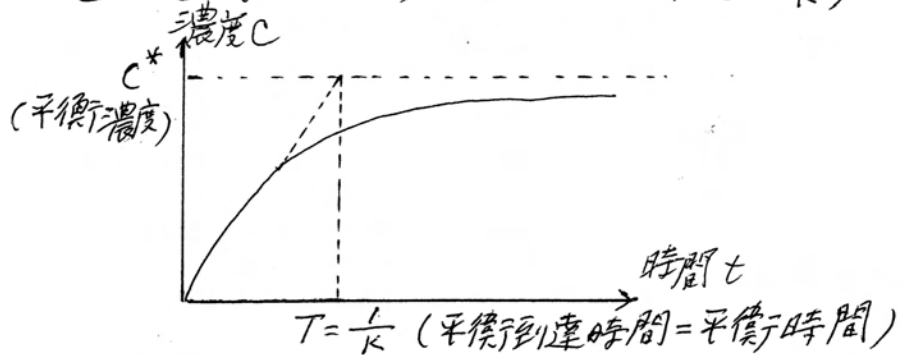
(4) 微分方程式 (変数分離形)

Xキル水銀生成の速度式 =  $k(C^* - C)$  より

Xキル水銀の濃度が増加する。

$$\Leftrightarrow \frac{dC}{dt} = k(C^* - C) \quad \text{これを解く}$$

$$C = C^* (1 - e^{-kt}) = C^* (1 - e^{-t/T}) \quad (T = \frac{1}{k})$$



\* 平衡 = フリ合いのとれていること = 均衡

\* 著者について

西村肇: 1933 ~

岡本達明: 1935 ~

プロセス工学理論を作る。量子化学を用いる。  
 大卒で唯一人のXキルの第1組合に。組合委員長を務める。(1970 ~ 1977) 「民衆にとって日本の近・現代とは何であったか」を明らかにすることをライフワークとし。

< 補記 >

1 数学に追加を。

単位の換算計算。

(例) (1)  $10 \text{ ng/l} = 10^{-5} \text{ ppm}$

$\therefore 10 \times 10^{-9} (\text{g}) \div 1000 \text{g} = 10^{-8} \div 10^3$   
 $= 10^{-11} = 10^{-5} \times 10^{-6} = 10^{-5} (\text{ppm})$

(注)  $1 \text{ kg} = \text{水} 1 \text{ L}$  のもつ質量。

(2)  $10 \text{ } \mu\text{g/l}$  の 1% で  $100 \text{ ng/l}$

$\therefore 10 \times 10^{-6} (\text{g/l}) \times 10^{-2} = 10^{-7}$   
 $= 100 \times 10^{-9} = 100 (\text{ng/l})$

(3)  $3 \text{ ng/ml} \cdot \text{日} \times 3 \text{ cm} \times 0.3 \text{ km}^2 \times 360$

$= 3 \times 10^{-9} \times 10^{-3} \times 3 \times 0.3 \times 10^{10} \times 360$   
(kg) (単位を cm (=)

$= 9.72 (\text{kg/年}) \approx 10 (\text{kg/年})$

(注)  $\text{ml} = 1 \text{ g}$

2 図に 対教目盛 (半対教, 両対教) を用いて

います。現行の対教指導で、対教目盛を扱う必要を感じました。

また 回帰分析、回帰直線はここでは扱っていませんが、これに関連して今度の指導要領では、相関係数が入ってくる (数 I に) と

江藤邦彦さん (埼玉) より聞きました。

私は勉強の必要を感じました。

(補記は 2009.9.9 記)

◎ ご質問、ご意見ありましたら下記までに。

〒344-0041 埼玉県春日部市増富763-1

飯島光治