

底泥に蓄積したクロルデンへの代替案評価

岐阜大学工学部

学生員○山田貴久

岐阜大学工学部

正員 東海明宏

岐阜大学流域環境研究センター 正員 湯浅 晶

1. 目的

化学物質が、河川・湖沼・港湾に排出された後、分解性の低いものは、排出後も長くその環境に残留する。そのうち水溶解性の高い物質は水中に、疎水性の高い物質は底泥中に残留する傾向がある。化学物質の環境への放出量が削減されると、環境中濃度は低下するが、分解性の低い物質の場合、底泥中に残留した成分が、2 次的な汚染源として継続する可能性がある。

本研究では、この点について対象化学物質に有機塩素化合物クロルデンをとりあげて、底泥中濃度および魚体中濃度の低減対策として、底泥の除去を想定した。対策評価モデルのパラメータの不確実性を考慮し、最適となる底泥除去面積を指標に検討をする。

2. 方法¹⁾

化学物質の挙動は、水中および底泥の間で濃度が平衡状態にあると仮定したモデルを用いる。そこに生息する魚は、呼吸・餌からクロルデンを摂取し、排泄・成長により体内中濃度は希釈される機構をとりいれている。ゆえに、魚体中での物質収支は(1)式のようなになる。

$$\frac{dv_i}{dt} = K_u c + \sum_{j=1}^n \alpha C_{ij} w_j - (K + G) v_i \quad (1)$$

v_i : i 年の魚体中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

K_u : 鰓からの摂取速度係数 ($\ell/\text{gwet day}$)

c : 溶存濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)

α : 化学物質吸収効率

C_{ij} : 魚 i による餌 j の消費割合 ($\text{gwet 餌}/\text{gwet 魚 day}$)

w_j : 餌 j の魚体中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

K : 排泄による速度係数 ($1/\text{day}$)

G : 成長速度係数 ($\text{gwet}/\text{gwet day}$)

底泥除去の目標値は次のように決めた。底泥中濃度と魚体中濃度が平衡状態にあると仮定し、人へのリスクを目標値とした場合の魚体中濃度 BB_i を決めることで、底泥を除去する目標の濃度を式(2)で求めた。 BB_i は、1 人 1 日あたりの海産生物摂取量、 ADJ (1 日許容摂取量) から計算される。

$$SC_i = \frac{BB_i \cdot SC_a}{BB_a} \quad (2)$$

SC_i : 目標とする底泥中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

BB_i : 目標とする魚体中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

SC_a : 現在の底泥中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

BB_a : 現在の魚体中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

底泥を除去する深さを 1 m と仮定した。また、底泥除去面積を得るために、底泥中化学物質の面的分布が(3)式に従うと仮定した。これは、高濃度域があり、周辺に向かって低濃度になっていくことを示すものである。

$$\frac{dSC}{dA} = -k \cdot SC \quad (3)$$

SC : 底泥中濃度 ($\mu\text{g/gwet}$)

A : 底泥除去面積 (m^2)

k : 底泥中化学物質の分布係数 ($1/\text{m}^2$)

次に底泥除去による損失費用を考える。損失費用としては、底泥除去の費用と追加調査費用の2つである。底泥除去面積を $A_d(\text{m}^2)$ 、最適な除去面積を $A_c(\text{m}^2)$ とすると、 $A_d \geq A_c$ であれば目標の底泥濃度に達し、費用はその除去分となる。一方、 $A_d < A_c$ であれば除去が不十分なため、さらに目標の濃度になる A_c まで除去しなければならない。そのため、追加の調査費用が必要となる。以上のことから損失費用および期待損失は次のように示される。

$$L(A_d|A_c) = \text{unitcost} \cdot A_d \quad (A_d \geq A_c) \\ = \text{unitcost} \cdot A_c + \text{addcost} \quad (A_d < A_c)$$

$L(A_d|A_c)$: A_d に関する損失費用 (円)

unitcost : 単位面積あたりの除去費用 (円/ m^2)

addcost : 追加の除去費用 (円)

$$E[L(A_d)] = \int_{A_c} L(A_d|A_c) f_{A_c}(A_c) dA_c$$

$E[L(A_d)]$: A_d に関する期待損失 (円)

$f_{A_c}(A_c)$: A_c の確率密度関数

3. 適用事例

クロルデンは、1987年特定化学物質として指定され、使用禁止となった物質であり、その後の環境への放出量は激減していると思われる。環境測定データは、1978年以来環境庁によって測定された全国39地点における化学物質モニタリングデータを用いた。

図1は、使用開始から禁止にいたるまでの年ごとのクロルデンの使用量と海産生物中濃度を示したものである。1987年にクロルデンの使用が禁止されてからも、数年にわたり魚類・貝類から検出されており、底泥が2次の汚染源になっている可能性が示唆されている。

図2には、1982年における底泥中濃度と魚体中濃度の関係を示した。底泥中濃度が高くなると、魚体中濃度も高くなる傾向にあるのがわかる。

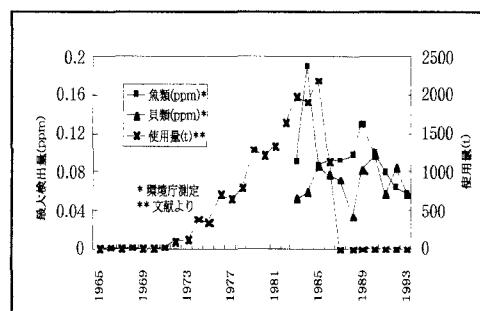


図1 クロルデンの消費量と海産生物中濃度の推移

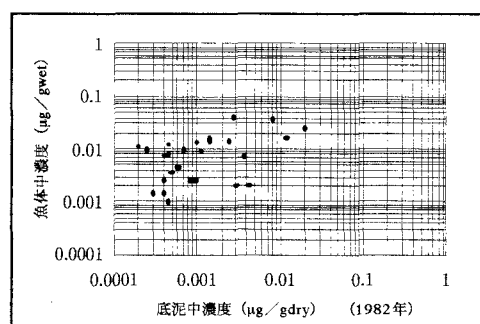


図2 t-クロルデンの底泥と魚体中濃度

対策評価モデルのパラメータを用いた結果について検討する。詳細は、講演時に述べる。

【参考文献】

- 1) Maxine E. Dakins, John E. Toll and Mitchell J. Small: Risk-based environmental remediation: Decision framework and role of uncertainty: Environmental Toxicology and Chemistry, Vol.13, No.12, pp.1907-1915, 1994.