

2018年9月13日(木)8:45～10:15

廃棄物資源循環学会 D5埋立地早期安定化・跡地利用



# クローズドシステム(CS)処分場における 散水制御のためのモデル化について

石井一英

(北海道大学、

NPO最終処分場技術システム研究協会(LSA))

# CS処分場における散水の考え方

## ①散水量の設定

地域の年間降雨量の平均値

→ 固液比の目安値（計画・設計・管理要領2010改訂版）

## ②散水をほとんど行わない（蒸発量と同等の散水しかしない）

→ 埋立終了してからの散水に戸惑っている。

## ③処理飛灰中の塩類 → 高負荷

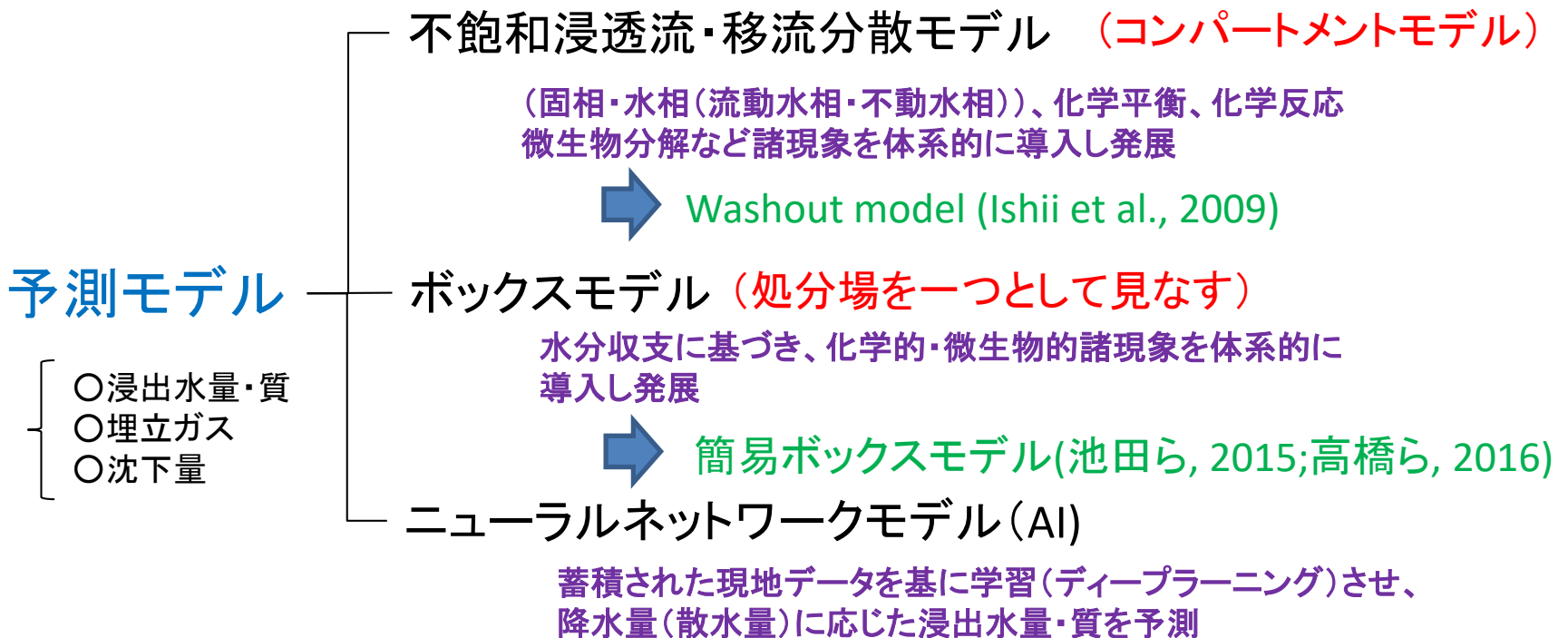
→ 処理プロセスによっては散水制限、停止

## ④埋立廃棄物の種類によっては、散水はそもそも必要無い？

「施設の耐用年数の範囲内で、埋立廃棄物が有する汚濁ポテンシャルをできるだけ低い状態にまで低下させるのが望ましい」と考え、いわゆる、浸出水処理が必要であると判断されている廃棄物（焼却残渣、不燃物）の埋立に際しては、散水は必要であるというのが基本スタンス

# 目的

散水-浸出水モデル化と最適化を検討するために既報告のモデルよりCS処分場の散水制御のためのモデル化について考察したい



# Washout model

## 1. Water balance (不飽和浸透理論)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial z} \quad (1) \quad (\text{鉛直一次元, Klute's equation})$$

$$q = -D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} + k(\theta) = -k(\theta) \frac{\partial h}{\partial \theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} + k(\theta) \quad (2)$$

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[ 1 + (\alpha h)^n \right]^{-1+1/n} \quad (3) \quad (\text{水分特性曲線 van Genuchten(1980)})$$

$$k(\theta) = a \theta^x \quad (4) \quad (\text{不飽和透水係数})$$

## 2. Mass balance of TOC constituents

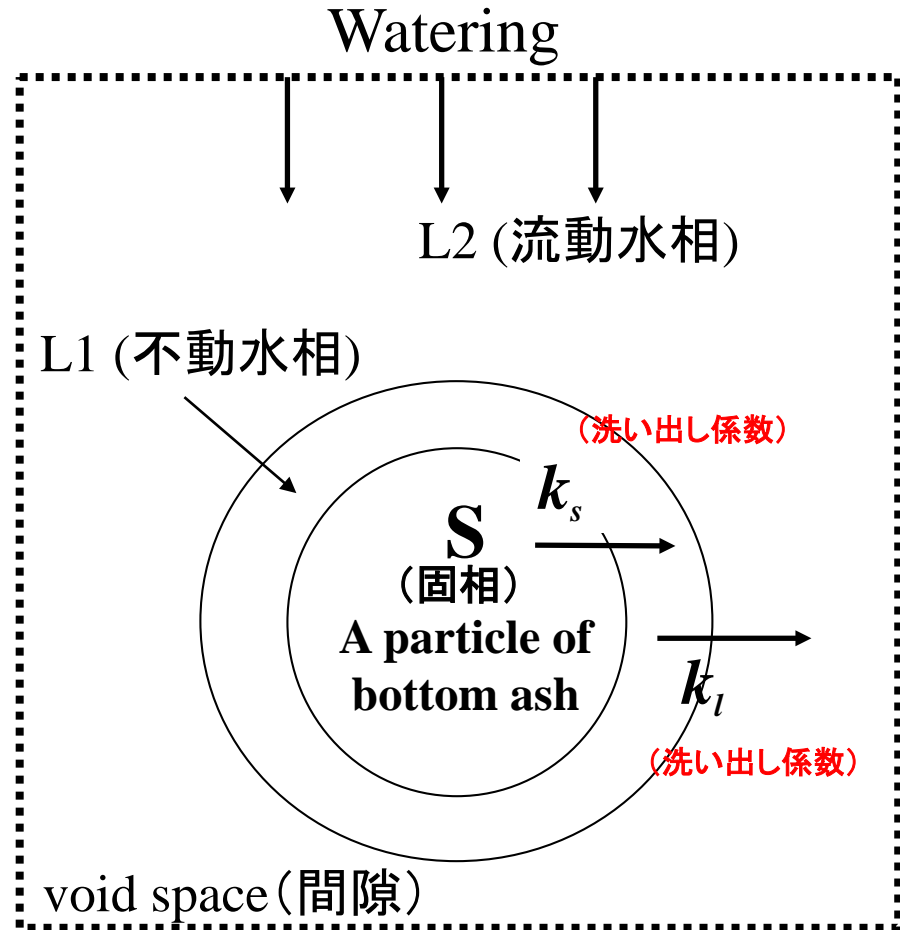
$$\theta_{L2} \frac{\partial C_{L2}}{\partial t} = -q \frac{\partial C_{L2}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial C_{L2}}{\partial z} \right) - k_l \theta_{L1} (C_{L2} - C_{L1}) \quad (5)$$

(L2相の収支)

$$D_z = D^0 \frac{\theta_{L2}}{\xi} + M^0 \frac{q}{\theta_{L2}} \quad (6)$$

$$\frac{\partial C_{L1}}{\partial t} = k_l (C_{L2} - C_{L1}) - k_s (C_{L1} - f C_s) \quad (7) \quad (\text{L1相の収支})$$

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} = -k_s \left( C_s - \frac{C_{L1}}{f} \right) \quad (8) \quad (\text{S相の収支})$$



# 簡易ボックスモデル

汚濁物質質量

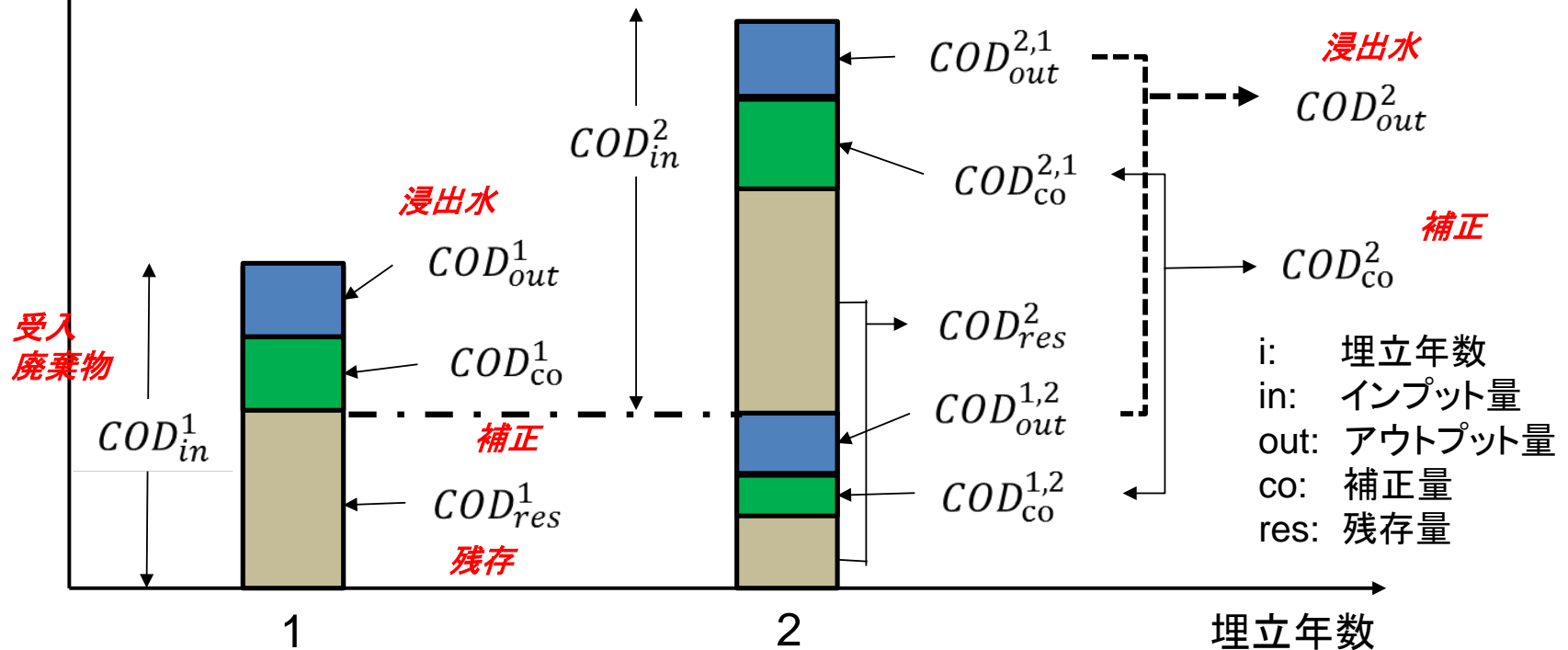
$$COD_{res}^i = COD_{res}^{i-1} + COD_{in}^i - COD_{out}^i - COD_{co}^i$$

$$COD_{out}^i = R \times (COD_{in}^i + COD_{res}^{i-1})$$

R:溶出率

$$COD_{co}^i = k \times (COD_{in}^i + COD_{res}^{i-1})$$

K:補正係数



池田勇太, 古市徹, 石井一英, 藤山淳史: 汚濁物質収支モデルを用いた最終処分場の安定化の判定に関する研究〜クローズドシステム処分場とオープン型処分場を対象として〜, 土木学会論文集G, 土木学会論文集G, Vol.71, No.6, II\_405-414, 2015

高橋東洋己, 藤山淳史, 石井一英, 佐藤昌宏: 最終処分場浸出水水質予測のための汚濁物質収支マクロモデルの構築—溶出パラメータの決定に着目して—, 第44回環境システム研究論文発表会講演集, pp.137-144, 2016

# 両モデルの比較

	洗い出しモデル(2相モデル)	簡易ボックスモデル
現象面からみた妥当性	汚濁物質の溶出過程及び散水による廃棄物層内の溶質の移動を <b>精緻に表現</b> している。	溶出過程及び廃棄物層内での移動を、 <b>溶出率と補正係数で丸め込んでいる</b> ため、現象面の妥当性では2相モデルよりも劣る。
パラメータが観測値等より求められる	埋立廃棄物の水分保持曲線、不飽和透水係数、総括物質移動係数を別途求める必要がある。あるいは、観測値から逆推定で求める必要がある。また不均質な廃棄物層を想定した場合、 <b>パラメータ数が増大</b> してしまう。	埋立廃棄物量、浸出水発生量と水質のみを用いて、パラメータである溶出率が求められ、埋立廃棄物中の残存汚濁物質質量(溶出ポテンシャル)により、補正係数を求める。廃棄物層を、 <b>不均質性も考慮し、1つのボックス</b> で代表させている。
観測データによる検証性	浸出水発生量と水質の観測データより <b>検証可能</b> である。	浸出水発生量と水質の観測データより <b>検証可能</b> である。
モデルの時間スケール	日、週、月、年の <b>いずれのスケールでも適用可能</b> である。	散水してから、浸出水が発生する間でのタイムラグおよび廃棄物層全体を1つのボックスと見なしていることを考慮すると、 <b>月、年スケールでの適用</b> となる。
埋立順序など埋立作業の考慮	<b>日々の埋立作業と連動が可能</b> である(計算速度の向上により)。	<b>月、年スケールの埋立作業であれば考慮</b> できるが、 <b>埋立順序や区画埋立などは考慮できない</b> 。
モデル化の手間	極めて手間がかかる。 <b>研究者レベルの専門家が必要</b> 。	2相モデルに比べて手間はかからない。 <b>ある程度の知識を持った専門家が必要</b> 。



現象論解明、あるべき設計理論



個別設計、維持管理での実務

# 北海道

自然降雨 (年間降雨量 1,320 mm, 年間降雪量 10 m)  
(平均 11 m<sup>3</sup>/日 浸出水発生)

E処分場  
7,100 m<sup>3</sup>



オープン型

可燃ごみ (生ごみ除く)  
不燃物

焼却灰  
不燃破碎物

D処分場  
3,825 m<sup>3</sup>

焼却炉 (F町)  
破碎机 (G町)

C処分場  
4,500 m<sup>3</sup>

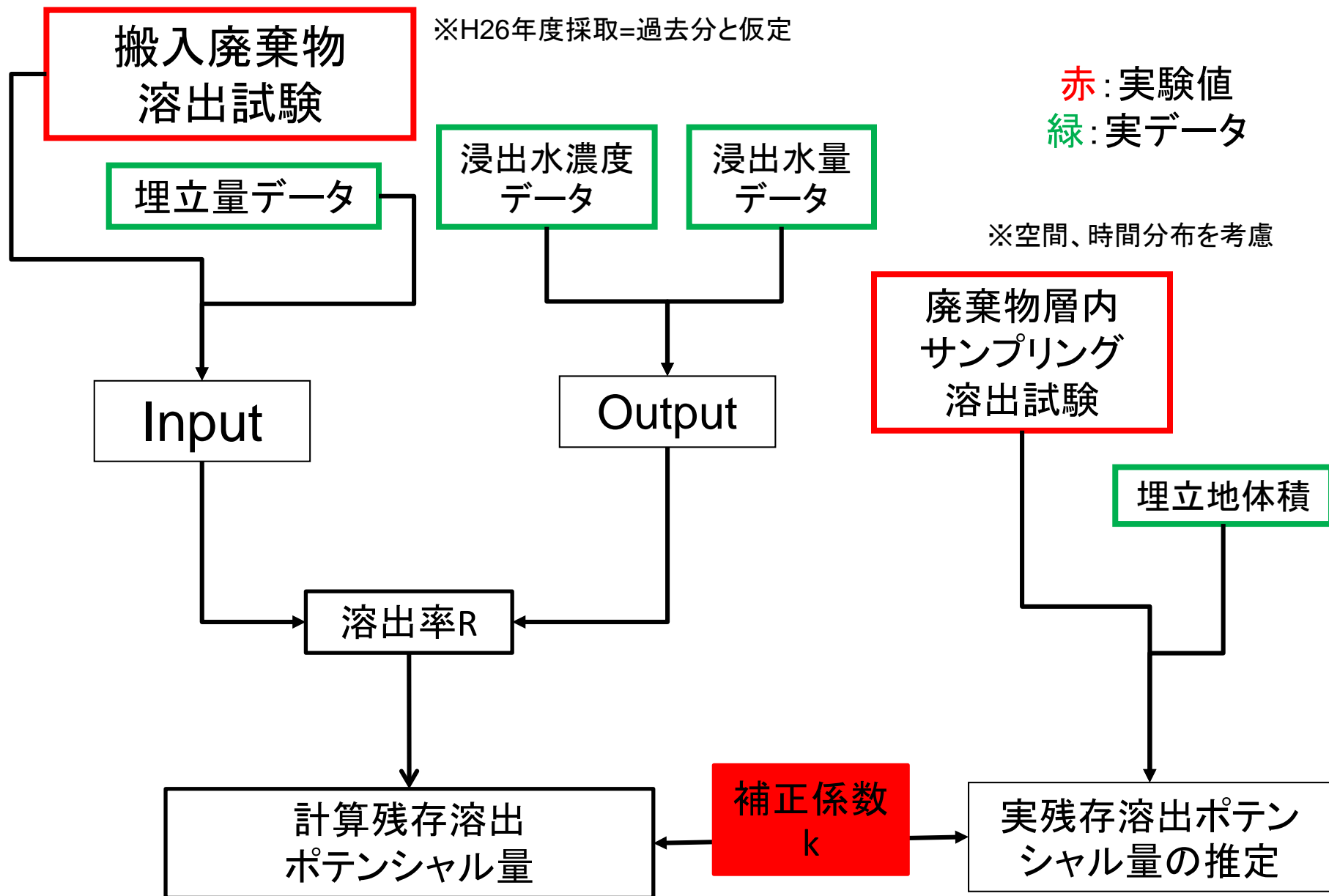
CS処分場

人工散水 (1.5~4 m<sup>3</sup>/日)

CS処分場

人工散水 (1~3 m<sup>3</sup>/日)

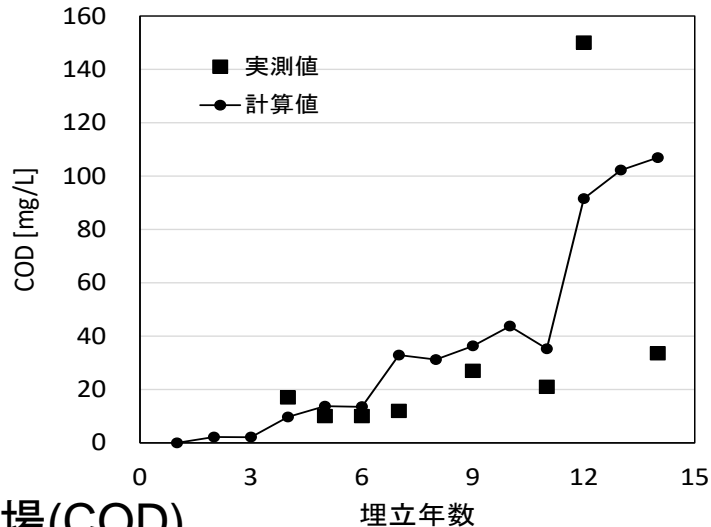
# パラメータ決定法（溶出率と補正係数）



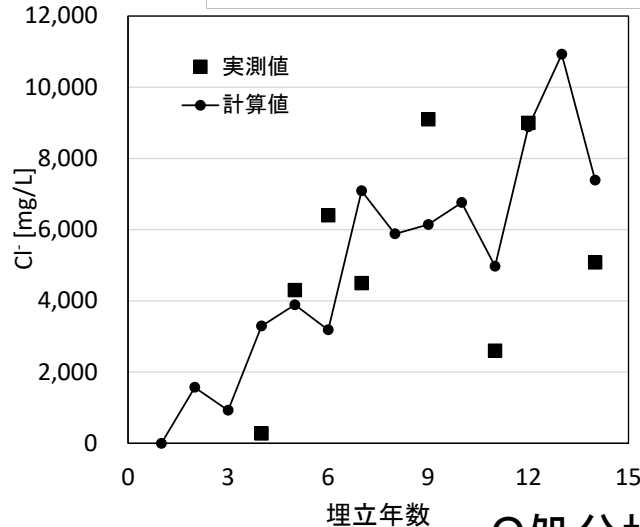


# 溶出率Rの決定 (CS処分場)

$R = 0.007$  (1/年)



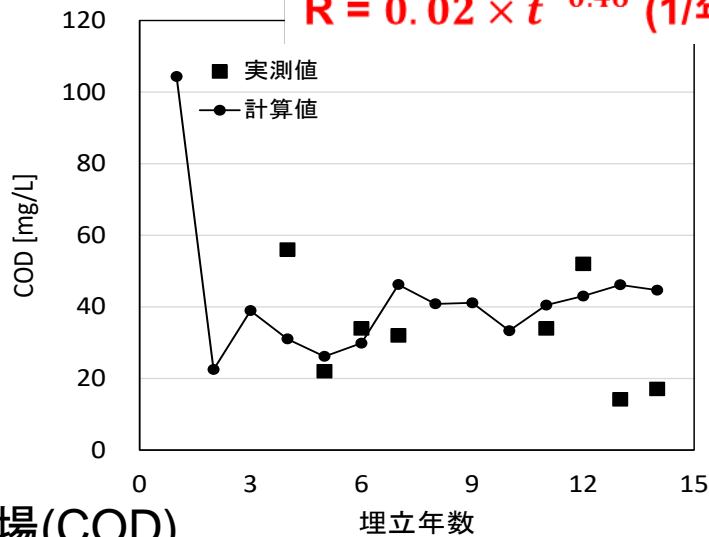
$R = 0.13 \times e^{-0.48t}$  (1/年)



C処分場(COD)

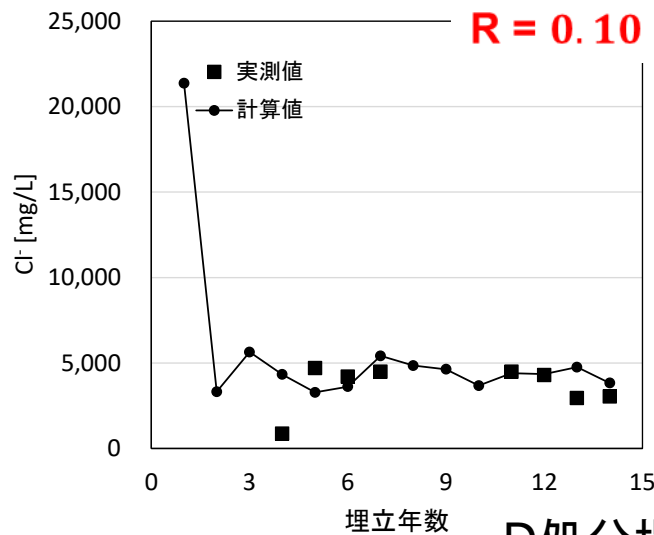
C処分場(塩素イオン)

$R = 0.02 \times t^{-0.46}$  (1/年)



D処分場(COD)

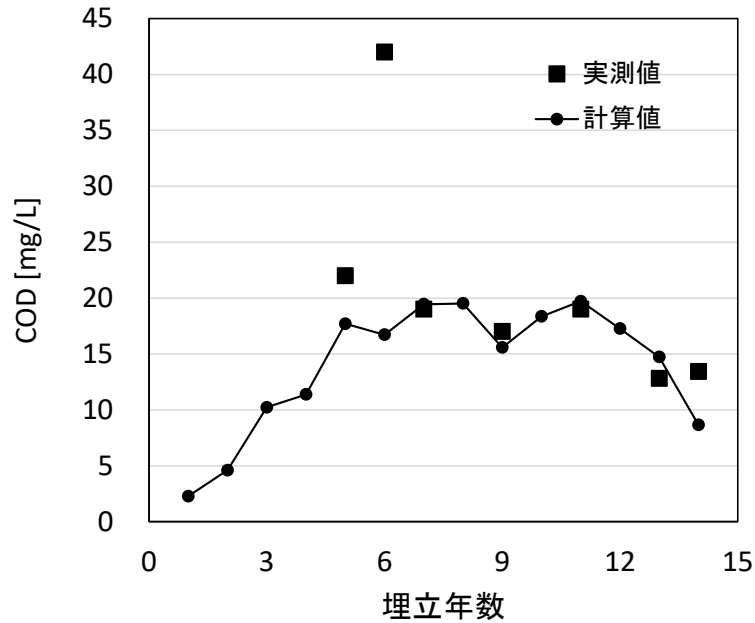
$R = 0.10 \times t^{-0.76}$  (1/年)



D処分場(塩素イオン)

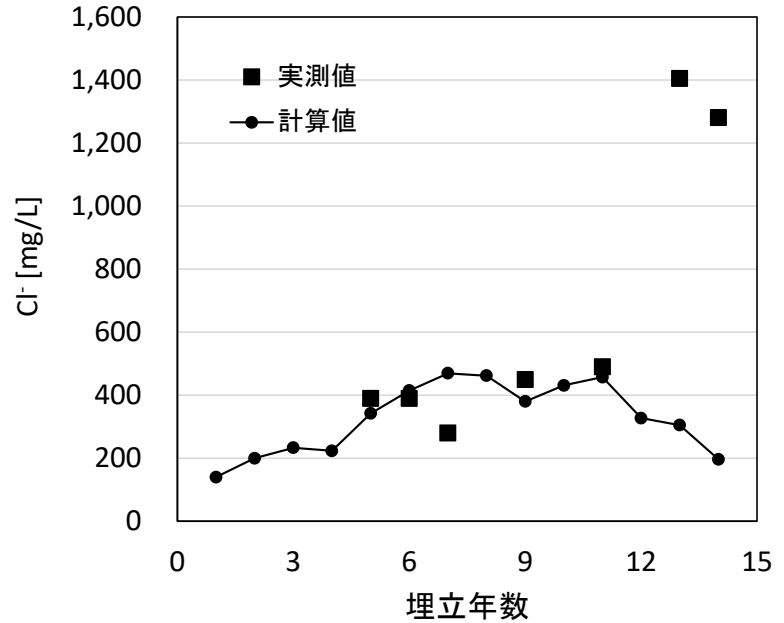
# 溶出率Rの決定（オープン処分場）

$$R = 0.41 \text{ (1/年)}$$



E処分場(COD)

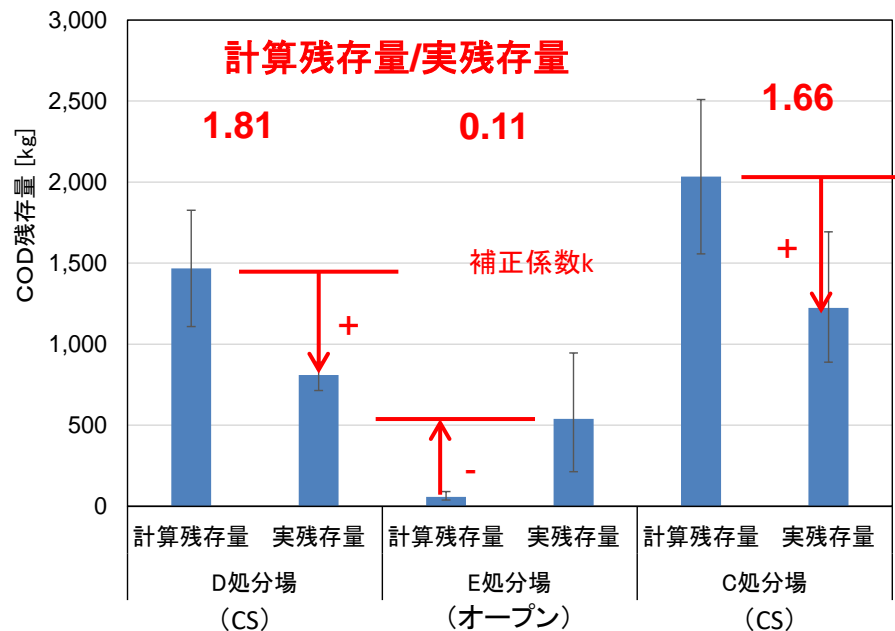
$$R = 0.27 \times e^{-0.82t} \text{ (1/年)}$$



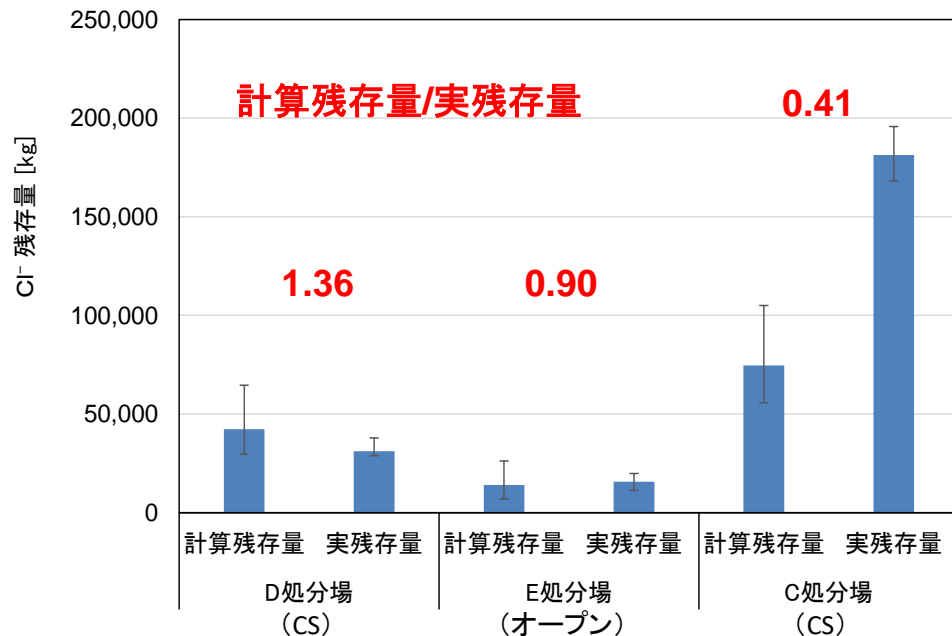
E処分場(塩素イオン)

# 残存ポテンシャル量の計算値と実測値との比較

## 物質収支の判断の目安



(A) COD



(B) 塩素イオン

処分場	補正係数k
C処分場	0.083
D処分場	0.074
E処分場	-0.29

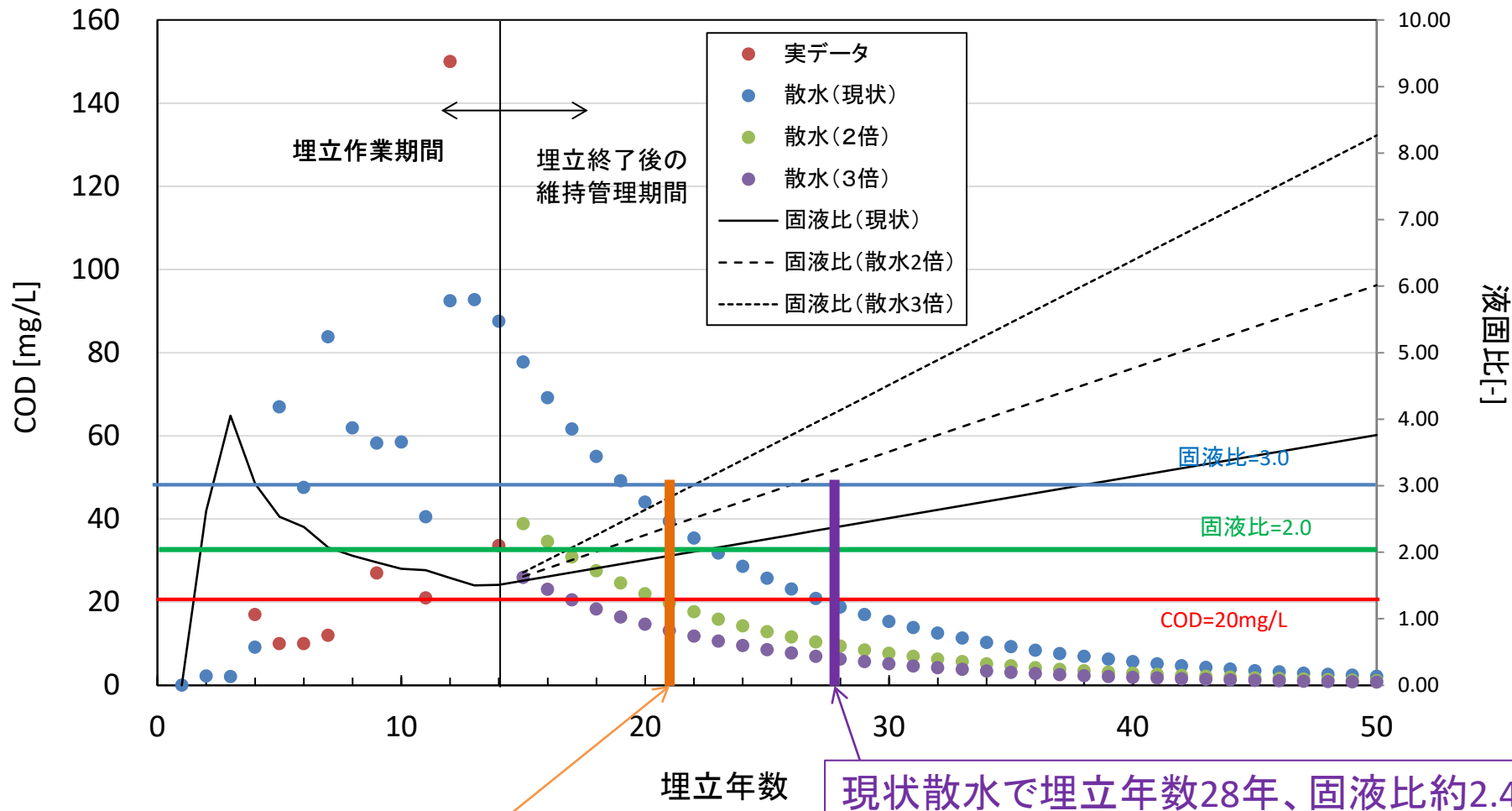
正の値: 汚濁物質減衰の要因が大きい  
(微生物等による分解など)

負の値: 汚濁物質増大の要因が大きい  
(嫌気性分解による溶出形態の変化や水質変化)

# E処分場(2015年5月中旬)の様子



# C処分場の埋立年数と固液比及びCOD濃度予測値



2倍散水で埋立年数21年、固液比約2.4

現状散水で埋立年数28年、固液比約2.4

## まとめ

- ①CS処分場の散水-浸出水モデル化の検討のために、既存モデル化の考察を行った。長短あるものの、実務面的な面、個々の処分場の実測値（浸出水発生量や浸出水質）からパラメータを求める簡易ボックスモデルの適用が相応しいと判断した。
- ②簡易ボックスモデルの適用例を示した。今後、LSAで保有するCS処分場での適用例を増やし、検討を深めたい。

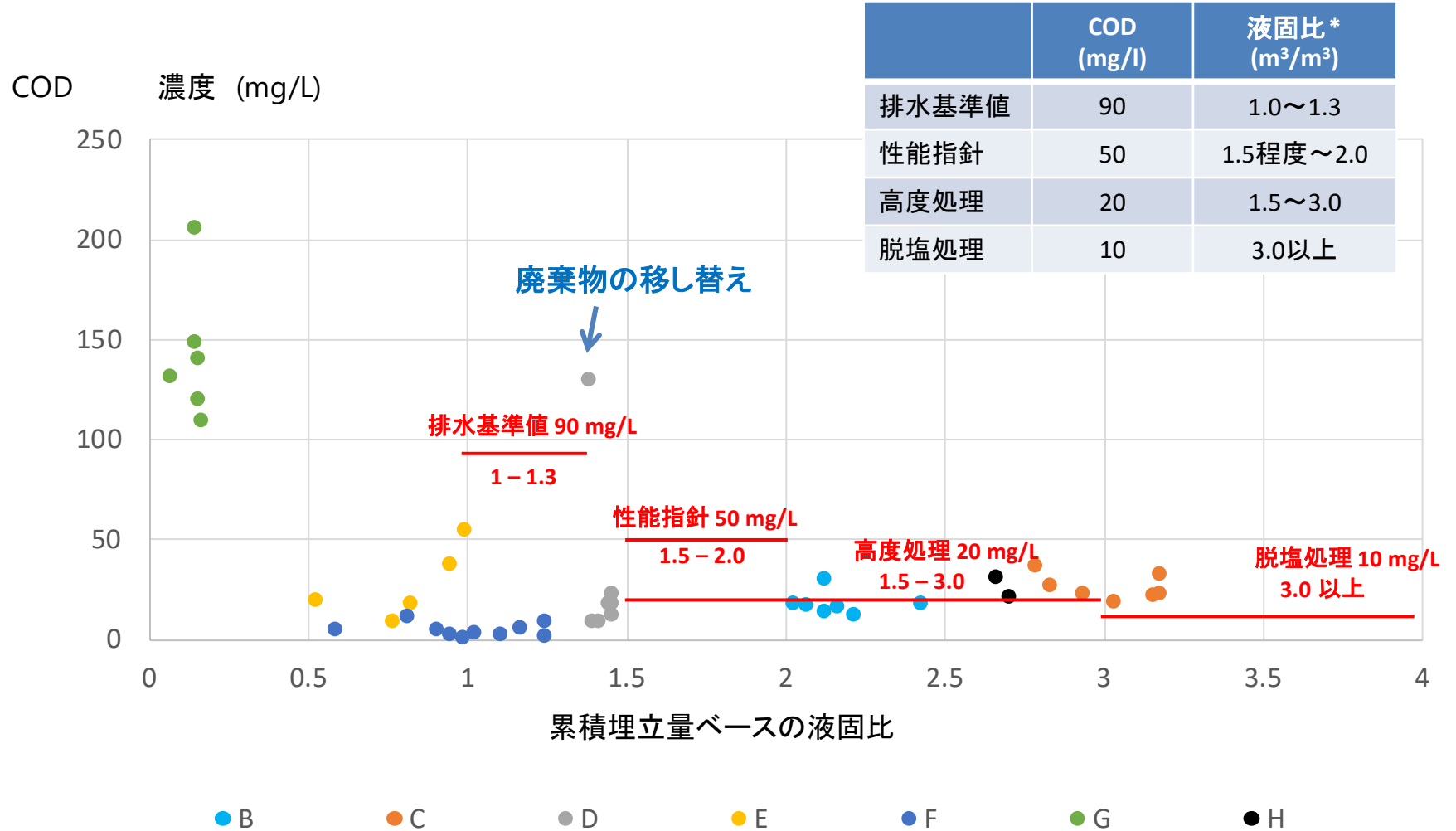
謝辞: 本研究は、LSAの特A分科会（CS処分場の散水方法の最適化に関する研究分科会）の成果を取りまとめたものである。メンバー各位に感謝すると共にデータをご提供下さった自治体に感謝する。

ご静聴ありがとうございました。

K-ishii@eng.hokudai.ac.jp

# COD濃度と累積埋立量ベースの液固比の関係

石井ら(2017), クローズドシステム処分場における散水と浸出水の関係性に関する考察, 第28回廃棄物資源循環学会

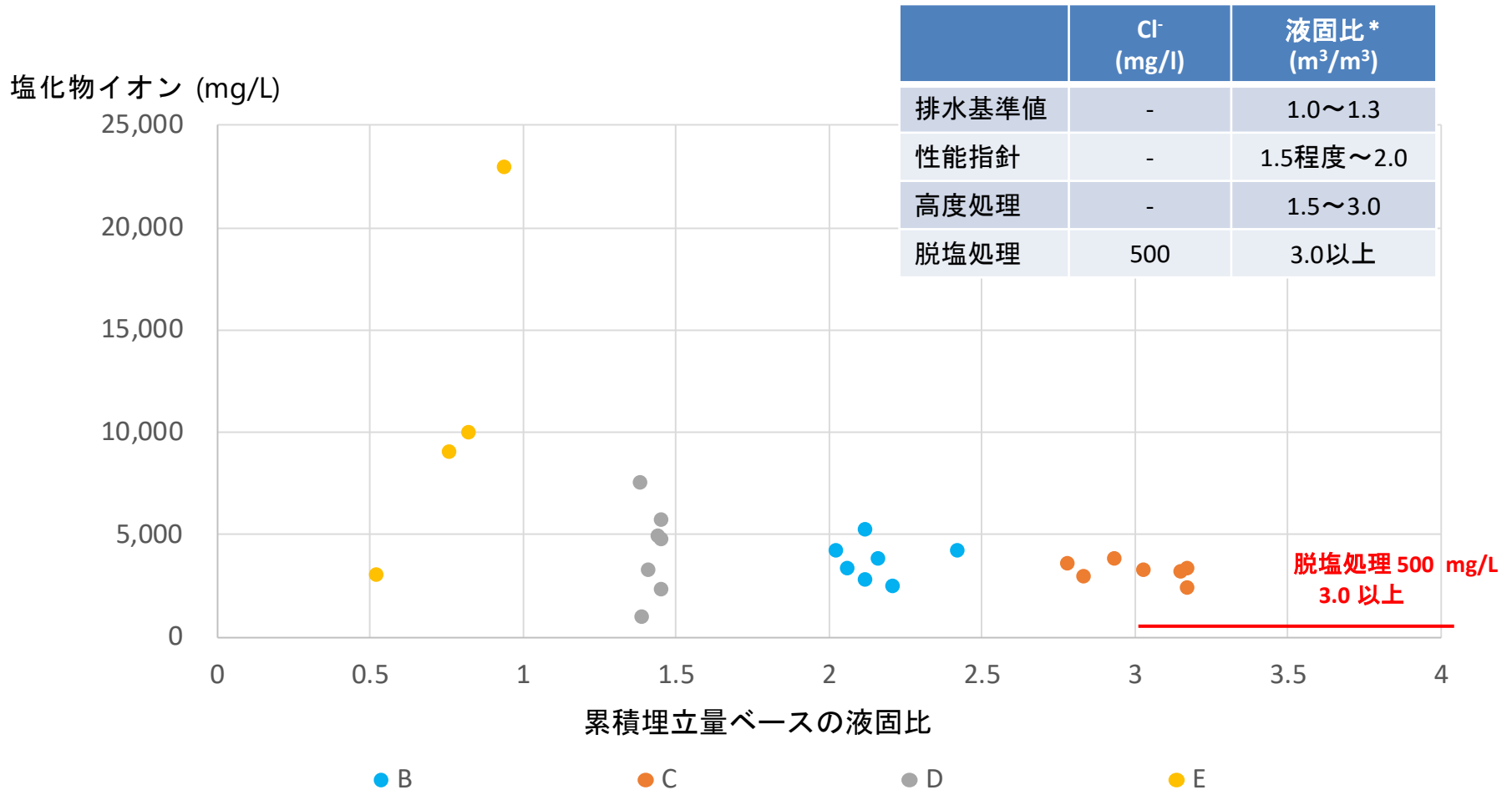


液固比1.5~3.0でCOD濃度20mg/L、あるいは液固比3.0以上でCOD濃度10mg/Lを満足するとは埋立中の現時点では言えない(埋立終了後の散水により達成する可能性はある)。



# 塩素イオンと累積埋立量ベースの液固比の関係

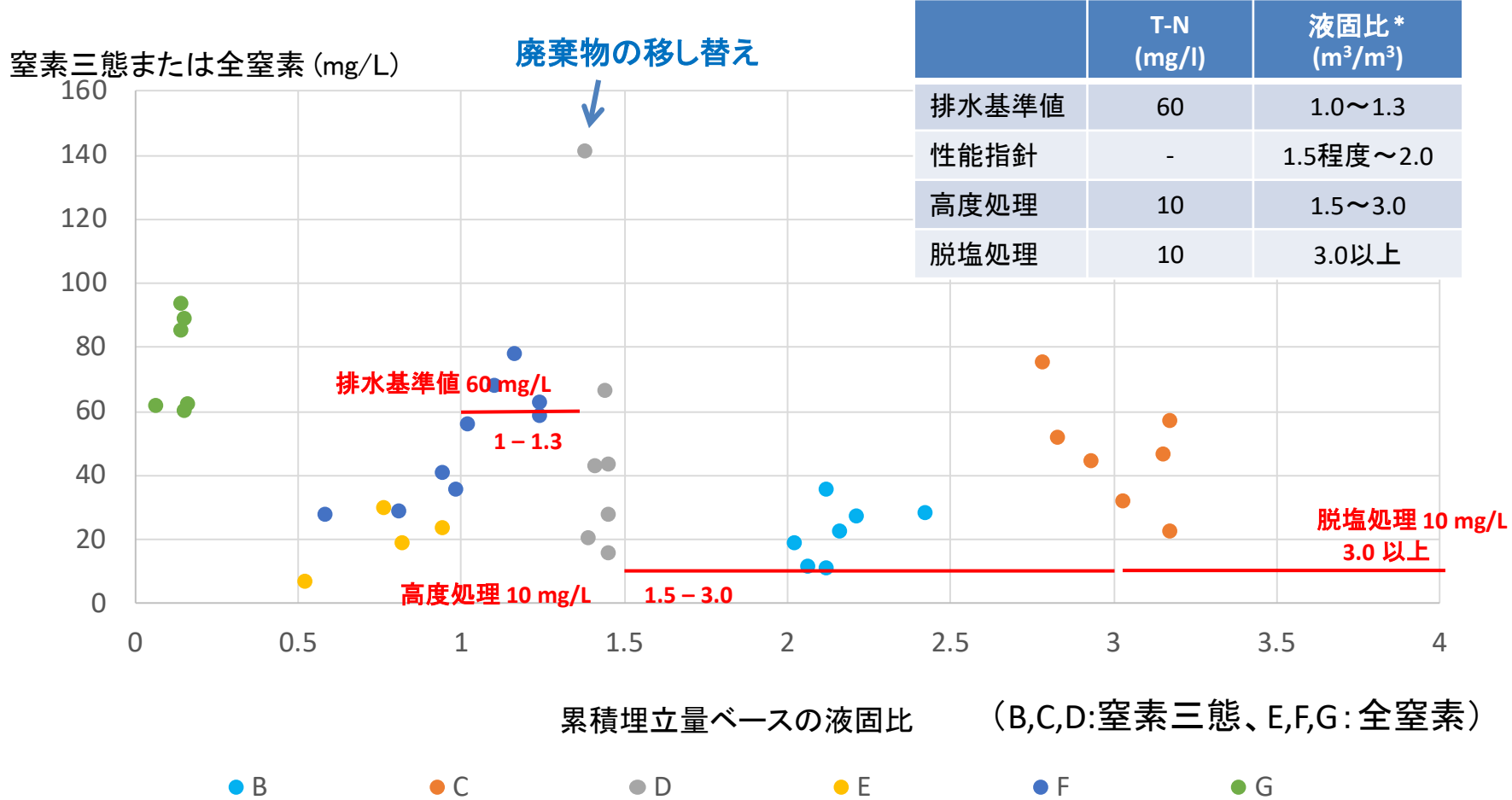
石井ら(2017), クローズドシステム処分場における散水と浸出水の関係性に関する考察, 第28回廃棄物資源循環学会



500 mg/L以下にするためには液固比3では不十分？

# 窒素三態 (or 全窒素) と累積埋立量ベースの液固比の関係

石井ら(2017), クローズドシステム処分場における散水と浸出水の関係性に関する考察, 第28回廃棄物資源循環学会



- ・全窒素濃度60mg/Lは厳しい状況、液固比を増加させても10mg/Lを達成するのは、現時点では困難である(COD同様に埋立終了後達成する可能性はある)。
- ・特にC施設において、累積埋立量ベースの液固比が高いわりに窒素三態濃度が高くなる原因を探る必要がある。

# パラメータ決定法（溶出率と補正係数）

