

II-473

模擬埋立カラムを用いた埋立層内汚水中の溶存カドミウムの挙動に関する研究

北海道大学工学部 学員 土手 裕 正員 田中 信寿
正員 神山桂一 森川 淳一

1. はじめに 前報¹⁾では、埋立層内汚水中の溶存Cd濃度に影響を与える化学種として OH^- , Cl^- , CO_3^{2-} を考え溶存Cdの挙動を明らかにした。しかし、実際の埋立層内汚水中には他の物質も存在しているので、模擬埋立実験によってより実際に近い状態での溶存Cdの挙動を調べる事を本研究の目的とした。そのために、人工ごみ又は焼却灰を充填したカラムを嫌気状態に保ち、海面埋立を想定して模擬海水に浸漬させた場合と、陸上埋立を想定して湿潤状態にした場合とについて実験を行った。

2. 実験方法 実験条件を表1に、人工ごみの組成を表2に示す。人工ごみには厨芥は含まず、有機物は人工ごみ、焼却灰ともグルコース、ポリペプトンで加えた。また、Cdは始めは添加せずに、二週間ほど水の循環のみを行ってから総水量に対して約10(mg/l)になるように加えた。模擬海水の組成²⁾を表3に、実験装置を図1, 2に示す。一日に一度、水コレクターの水をカラム上部から循環させ、約一週間に一度の割合で1ℓ採水し、同量の模擬海水あるいは蒸留水を補充水として加えた。pH, ICは原液をそのまま分析した。

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$, Cl^- , SO_4^{2-} , Cdについては0.45μメンブランフィルターで加圧ろ過した後、ろ液を $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ はインドフェノール青法, Cl^- はチオシアン酸水銀(Ⅱ)法, SO_4^{2-} は比濁法, Cdは硝酸-過塩素酸法で有機物を分解した後原子吸光法によりそれぞれ分析した。

3. 結果 実験結果を図3, 4, 5, 6に示す。図中の右下がりの破線は補充水を加えることによる希釈効果を表し、ある物質の濃度変化の傾きが破線の傾きと等しければその物質は見かけ上希釈のみで減少し、濃度変化の傾きがより右下がりであれば減少反応が、そうでなければ生成反応が見かけ上起きていることを意味している。ただし、模擬海水の成分については見かけ上の反応がなければ濃度は一定である。図中の溶存可能Cd濃度とは、 OH^- , Cl^- , CO_3^{2-} により推定¹⁾(方法1)されるCd濃度と、Cdが全て溶存していると仮定し、添加したCd量およびサンプリングにより抜き取ったCd量から計算(方法2)される濃度のうちの小さい方の値である。カラムNo 1, 2, 3ではpHが低い事や Cl^- 濃度が高いために、方法1による溶存可能Cd濃度が方法2による値よりも大きくなり、方法2の値がプロットされている。方法1による推定値が有効なのはカラムNo 4のみで、初期の数回のサンプリングでは実験値とほぼ一致している。次に溶存Cdの挙動と他の物質の挙動との関係を見ると、カラムNo 1では溶存Cdは他の物質の影響を受けずに希釈のみで減少しているが、その他のカラムでは溶存Cd濃度が希釈による以上に減少しているときには、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ の生成反応, SO_4^{2-} の減少反応が起きていることが分かる。その関係をより明確にするために、カラムNo 1以外のカラムについて次式で計算される反応速度を図7, 8, 9に示す。

$$R = \frac{(C_j - \alpha C_{j-1})V - C_0 Q}{WV(\Delta T)} \quad (1)$$

表1 実験条件

カラムNo	1	2	3	4
充填物	人工ごみ	焼却灰	人工ごみ	焼却灰
放置条件	模擬海水に浸漬	模擬海水に浸漬	湿潤	湿潤
充填量(g)	1120	6420	1110	6300
総水量(ℓ)	5.05	4.20	4.57	4.25
添加グルコース量(g)	210	87.5	126	75
添加ポリペプトン量(g)	130	52.5	78	45
添加カドミウム量(g)	47.9	34.7	45.1	34.2
カドミウム初期濃度(mg/l)	9.48	8.26	9.87	8.05

表3 模擬海水組成

	濃度(mg/l)
NaCl	25400
MgCl ₂	5000
Na ₂ SO ₄	3900
CaCl ₂	1100
KCl	700
NaHCO ₃	200

表2 人工ごみ組成

紙、繊維、落葉	62.8
土	3.9
プラスチック	17.8
ガラス	8.8
金属	6.7

単位: 重量%

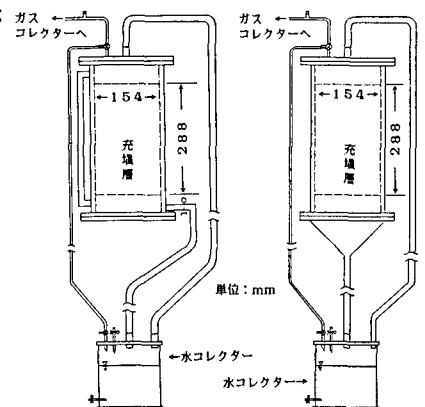


図1 実験装置(浸漬)

図2 実験装置(湿潤)

R: 反応速度

($\text{m mol}/(\text{l} \cdot \text{d})$)

C_j : j 回目にサンプリングした時の濃度(mg/l)

V: 総水量(l)

Q: 補充水量(l)

α : 洗い出し率
($\equiv 1 - Q/V$)

C_0 : 補充水中の濃度
(mg/l)

W: 式量(例えば SO_4^{2-} については96)

ΔT : サンプリング
間隔(d)

カラムNo 2, 4 では実験開始当初では明確な関係は分らないが、それ以外では各カラムとも溶存Cd濃度の減少速度が大きくなっているときに、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ の増加速度、 SO_4^{2-} の減少速度も大きくなっており、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ の増加と SO_4^{2-} の減少が溶存Cd濃度に影響を与えていることが分かる。

以上の様な関係は次のように説明できる。 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ の生成はタンパク質の分解を意味し、タンパク質中の硫黄の一部が S^{2-} になる。また SO_4^{2-} の硫黄も硫酸還元菌の働きにより S^{2-} に還元される。これらの S^{2-} と Cd^{2+} が難溶解性の硫化カドミウム(CdS)を作るので、溶存Cdが液相から除去されると考えられる。

4. 結論 本研究で次のことが明らかになった。溶存Cdは S^{2-} が存在する場合には、 S^{2-} と反応して硫化カドミウムを生成して液相から除去され、 S^{2-} の供給源はタンパク質および SO_4^{2-} である。溶存Cd濃度への S^{2-} の影響は、 OH^- , Cl^- , CO_3^{2-} に比べて非常に大きい。

参考文献 1) 土手, 田中, 神山; 第41回土木学会年講2-883(1986)

2) 和田 清夫; 海洋の事典, 東京出版, p76(1972)

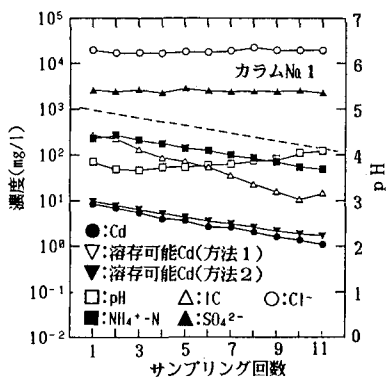


図3 実験結果(人工ごみ, 模擬海水浸漬)

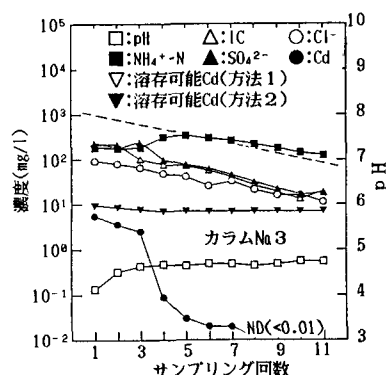


図5 実験結果(人工ごみ, 湿潤)

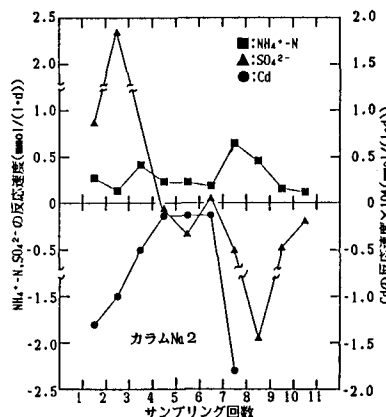


図7 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, SO_4^{2-} , Cdの反応速度(焼却灰, 模擬海水浸漬)

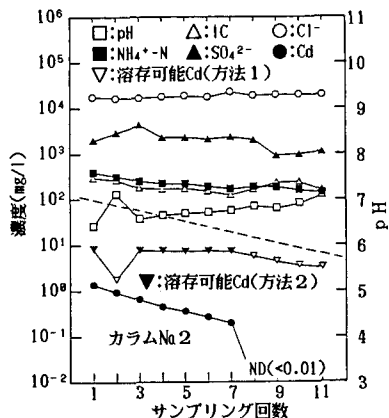


図4 実験結果(焼却灰, 模擬海水浸漬)

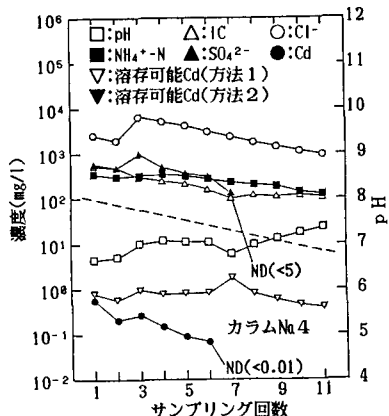


図6 実験結果(焼却灰, 湿潤)

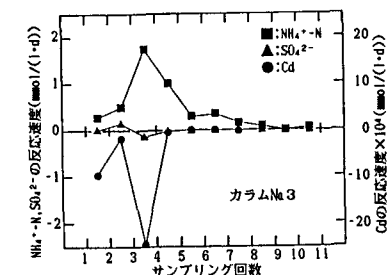


図8 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, SO_4^{2-} , Cdの反応速度(人工ごみ, 湿潤)

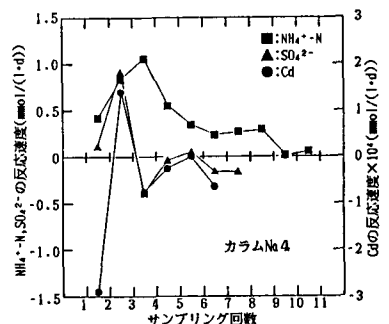


図9 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, SO_4^{2-} , Cdの反応速度(焼却灰, 湿潤)