

第II部門 河口沿岸域の水質変動に及ぼす河川懸濁物質の影響解析

大阪大学工学部 学生員 ○中谷 祐介
大阪大学大学院工学研究科 正会員 西田 修三

1. はじめに

大阪湾湾奥に位置する淀川河口沿岸域では現在もなお赤潮が頻発しており、その発生原因の一つとして出水時における懸濁態リンの集中的な負荷が挙げられる。河口域において河川懸濁物質は凝集、吸脱着、沈降、堆積、分解、溶出、再懸濁など複雑な過程をたどり、時空間的にも大きな変動を示すため、その動態には未解明な点が多く残されている。本研究では淀川河口沿岸域における河川懸濁物質の吸脱着現象に着目し、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の吸脱着特性を室内実験によって明らかにした。さらに実験結果を踏まえ、河川懸濁物質が淀川河口沿岸域の溶存態リン酸 ($\text{D-PO}_4\text{-P}$) 濃度の変動に与える影響について解析を行った。

2. 実験概要

河口沿岸域において、懸濁物質に吸着したリン酸は周囲水に溶存したリン酸と吸着平衡を保つような緩衝作用を有している。その吸着平衡状態は様々なパラメータによって変化し、また各流域の土地利用の形態や地質の違いによっても懸濁物質の吸着特性が異なると考えられる。

そこで淀川流域における河川懸濁物質の吸脱着特性を調べるため、吸脱着に関するパラメータと考えられる塩分、 $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度、水温を様々に変化させ、各条件下における平衡 $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸着量を室内実験によって求めた。ここで、本来ならば pH も吸脱着に関して依存性を持つと考えられるが、その調整が困難であり、また河口域では塩分とほぼ一意の関係にあることから今回は pH の調整は行わなかった。

ポリ瓶内であらかじめ過した河川水と海水を混合し、表-1に示すようにパラメータを変化させた各サンプルについて、河川水の SS 濃度が 1,000 mg/l になるように懸濁物質を投入した。サンプルは恒温槽にて2日間保存し、十分に吸着平衡に達したとみなして懸濁物質の投入前後における $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度の変化量から吸脱着を算定した。

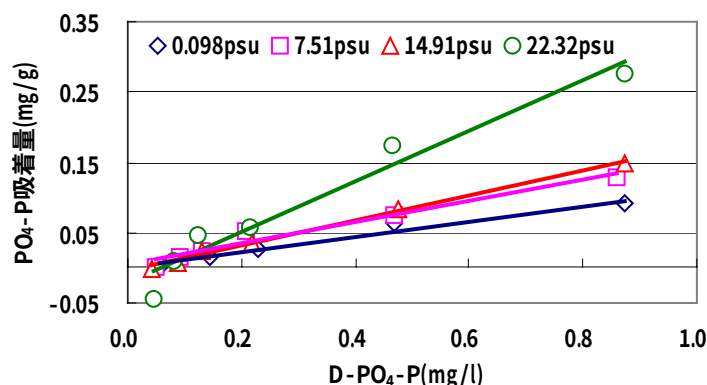
今回の実験に用いた河川水および海水は、淀川（豊里大橋）と神戸空港にて採水後、捕集粒子径が $1\mu\text{m}$ のガラス繊維ろ紙でろ過し、冷蔵保存したものをを用いた。また、豊里大橋橋脚付近における河岸堆積土をデシケータ中で乾燥させたものを河川懸濁物質として扱った。なお、土の粒径は $50\sim 500\mu\text{m}$ の細砂が主成分であった。

3. 実験結果

図-1に 20°C 吸着平衡状態における $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸着量の塩分依存性を示す。塩分の上昇に伴い吸着量が増加し、特に高塩分において急激な吸着量の増加が見られた。この他に 10°C 、 30°C の場合においても同様の傾向が見られた。図中の直線は線形近似曲線を示し、いずれの場合も $R^2 > 0.94$ と高い相関が得られた。また、塩分に比べて水温による影響は小さく、吸着現象には塩分 (pH) が支配的であることがわかった。

表-1 実験のパラメータ設定

水温($^\circ\text{C}$)	10, 20, 30
塩分(psu)	0.098, 7.51, 14.51, 22.32
添加 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度(mg/l)	0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0

図-1 20°C における $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸着量

4. 淀川における河川懸濁物質の吸脱着特性

実験結果をもとに、多変量解析によって $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸着量、 $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度、塩分の関係性を定式化した。その結果を表-2に示す。このうち 20°C における式から得られるダイヤグラムを図-2に示す。ある地点における塩分と $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度が既知の場合、この図を用いて $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸着量を求めることができる。つまり、淀川から流出する懸濁物質の流出過程をプロットすることにより、河川懸濁物質が河道部から沖へ流下する間の吸着平衡状態の遷移を追うことができる。

5. 河川懸濁物質が河口沿岸域の $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度の変動に及ぼす影響

出水時における河口沿岸域の $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度の変動に及ぼす懸濁物質の影響を実験結果をもとに解析した。変動に影響を及ぼす要因として、海水混合による希釈効果と懸濁物質による吸脱着効果の2点を考慮して計算した。河川の代表点として枚方大橋、海域の代表点として西宮防波堤沖を取り上げ、河川懸濁物質が2地点の間を流下する場合を考えた。今回は $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の出水によって SS 濃度が $2,000 \text{ mg/l}$ に達した場合を想定しているが、出水時に観測された水質データがほとんどないことから、河川水の $\text{D-PO}_4\text{-P}$ は水文・水質モデルより得られた枚方大橋における T-P 濃度の値¹⁾から、概算によって 0.5 mg/l と設定した。また、西宮防波堤沖における塩分及び $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度は、大阪湾北部港湾域における水質観測の結果²⁾から、 $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度を 0.009 mg/l 、塩分を 30.0 psu とした。

流下地点の塩分と $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度の関係を図-3に、また吸脱着による $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度の変化を図-4に示す。低塩分では吸着、高塩分では脱着する傾向が見られるが、その変動量は希釈効果に比べて極めて小さいことが明らかになった。

今回の実験では細砂を用いたが、児玉ら³⁾によるとリンの吸脱着には $1\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ の土壤コロイドや粘土などの微細粒子による影響も無視できないとされており、今後、微細粒子を用いた実験や、凝集・沈降の解析を進めていく予定である。

表-2 吸着量の算定式

水温 ($^\circ\text{C}$)	算定式
10°C	$y = \{0.099 \exp(0.046S)\}$
20°C	$y = \{0.101 \exp(0.051S)\}$
30°C	$y = \{0.120 \exp(0.046S)\}$

y : $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸着量 (mg/g)

x : $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度 (mg/l)

S : 塩分 (psu)

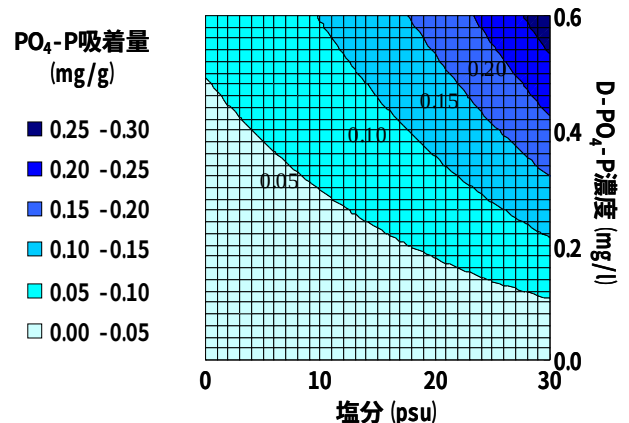


図-2 河川懸濁物質の吸着特性

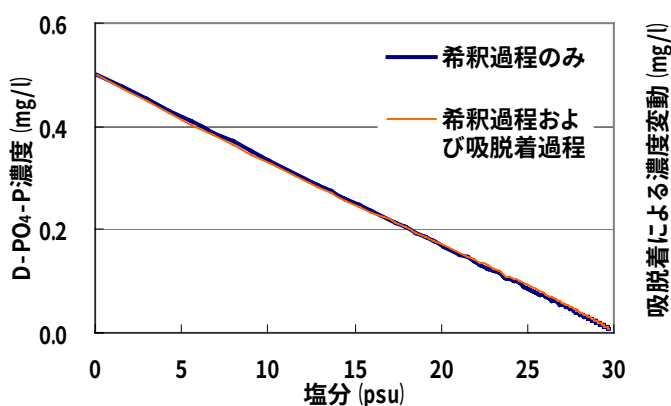


図-3 河川懸濁物質が $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度に及ぼす影響

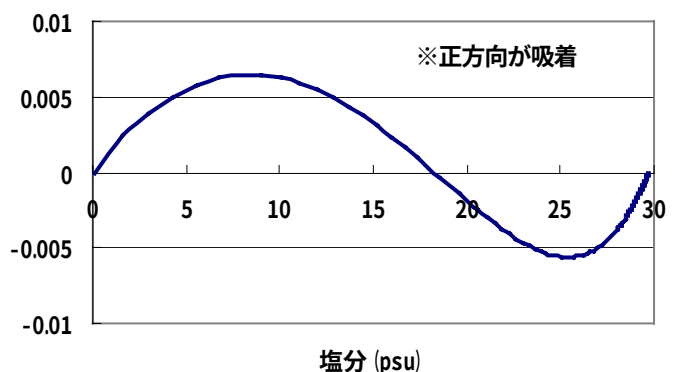


図-4 吸脱着による $\text{D-PO}_4\text{-P}$ 濃度の変動

【参考文献】

- 1) 西田修三 他(2007)：淀川流域圏の水環境と大阪湾への影響解析，水工学論文集，第51巻。
- 2) 西田修三 他(2006)：大阪湾奥部沿岸域における懸濁態物質の挙動と底泥特性，海岸工学論文集，第53巻。
- 3) 児玉真史 他(2004)：河川水中におけるコロイドリンの動態，水工学論文集，第48巻。