

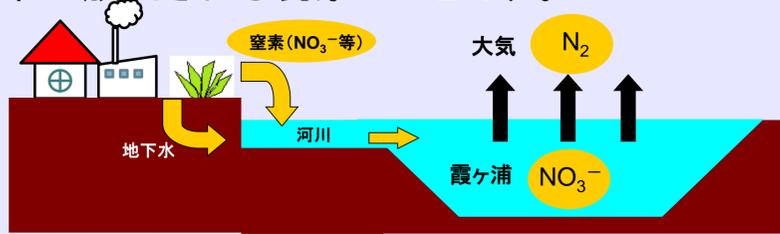
## 5-1 湖内脱窒現象の解明

～ 霞ヶ浦の上流から下流にかけて、窒素濃度が低下する理由 ～

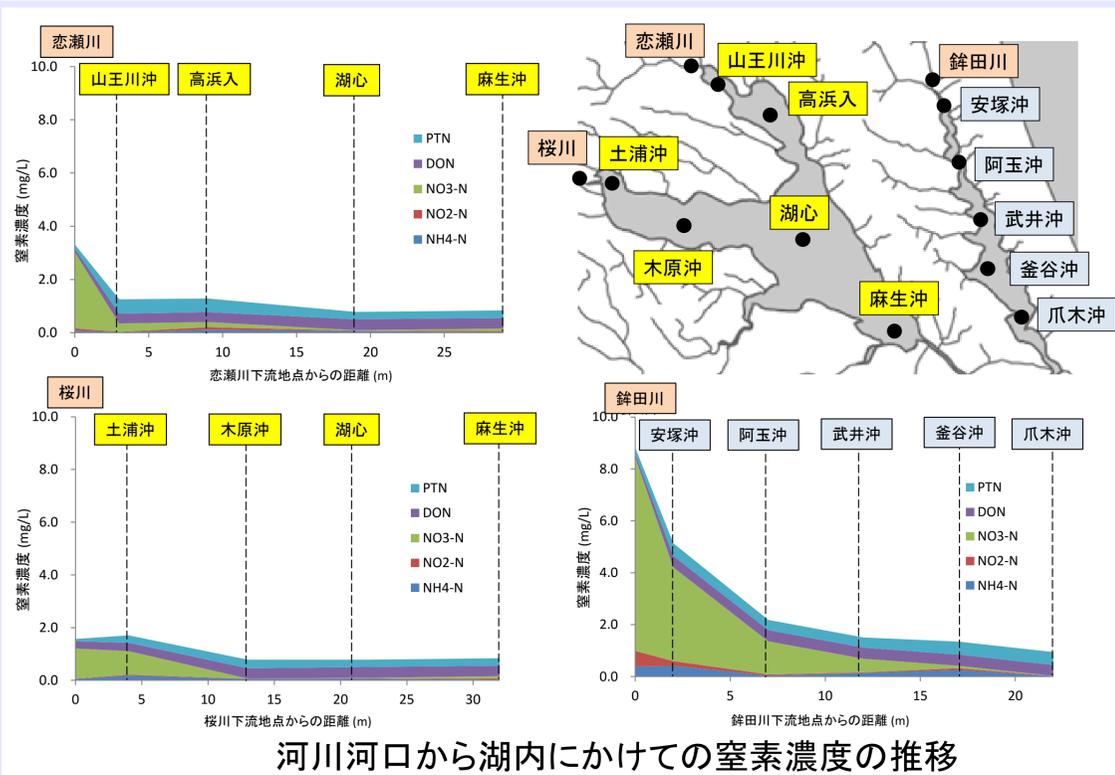
霞ヶ浦の窒素濃度は、「脱窒現象」により上流部から中流部にかけて低下します。この研究では、霞ヶ浦の脱窒の起こりやすさ(脱窒活性, 脱窒速度)を測定し、霞ヶ浦全体で脱窒される窒素量を見積もりました。

### 霞ヶ浦の窒素濃度の傾向

霞ヶ浦の窒素濃度は、流入河川の河口から霞ヶ浦上流部、中流部に進むにつれて低下します。この窒素濃度低下の原因の一つとして、「脱窒現象」による窒素の除去が考えられます。「脱窒現象」とは、水中に含まれる窒素の成分の一つである硝酸イオンが、脱窒菌の作用により気体の窒素に変換されて大気中へ放出される現象のことです。



※窒素の反応  $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$



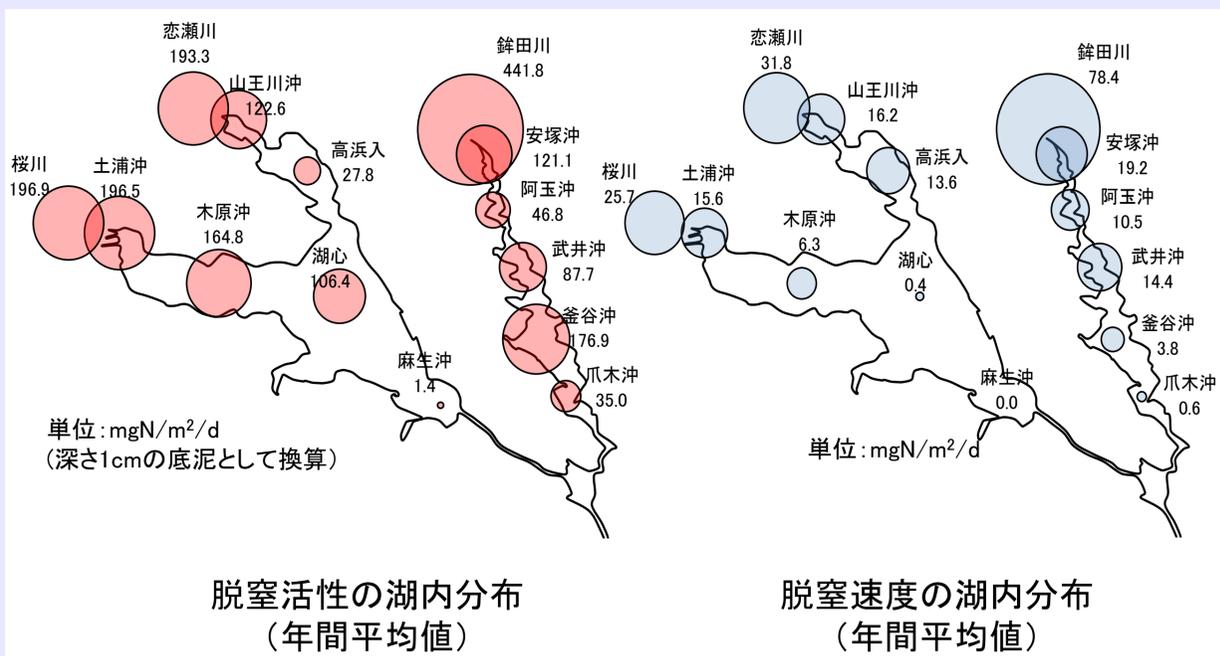
河川河口から湖内にかけての窒素濃度の推移

### 脱窒活性と脱窒速度

「脱窒活性」とは一定条件における脱窒量のこと、「脱窒速度」とは現地の環境に近い条件で実験を行って算出した一日あたりの脱窒量のことです。

脱窒活性はほぼ全域で見られますが、河川の河口や霞ヶ浦上流域で高い傾向があります。また、底泥が砂質である麻生沖は活性が低い値でした。

脱窒速度は、脱窒活性と同様、河川の河口や上流域で高い傾向がありました。また、硝酸濃度が低い下流域では脱窒はほとんど起きていませんでした。



脱窒活性の湖内分布 (年間平均値)

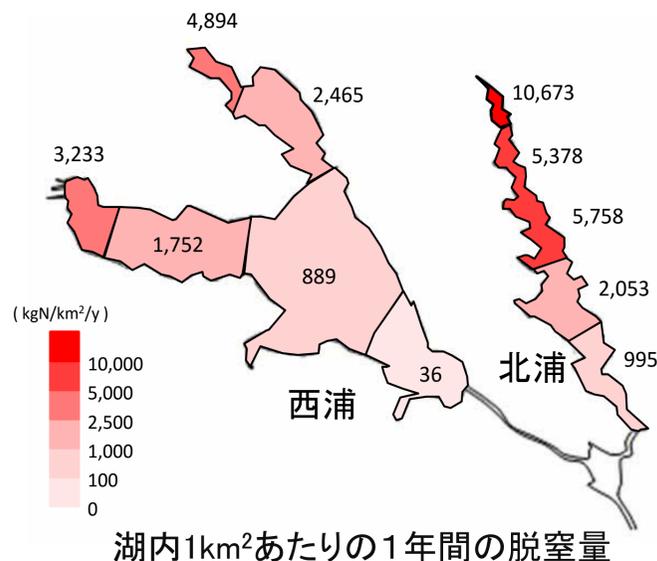
脱窒速度の湖内分布 (年間平均値)

### 霞ヶ浦における脱窒量の算出

脱窒速度の結果から湖内1km<sup>2</sup>あたりの脱窒量を算出しました。霞ヶ浦、北浦ともに上流域の脱窒量が大きいことがわかります。

これを元に1日当たりの脱窒量を計算したところ、西浦では638kg、北浦では325kgの窒素が脱窒されていることがわかりました。

霞ヶ浦に流入する窒素の量は、西浦で10789 kg/日、北浦で4547 kg/日と推計されているので、約6%の窒素が脱窒により、除去されていることになります。



湖内1km<sup>2</sup>あたりの1年間の脱窒量

## 5-2 りんについての汚濁機構解明

### ～ りんの負荷源 ～

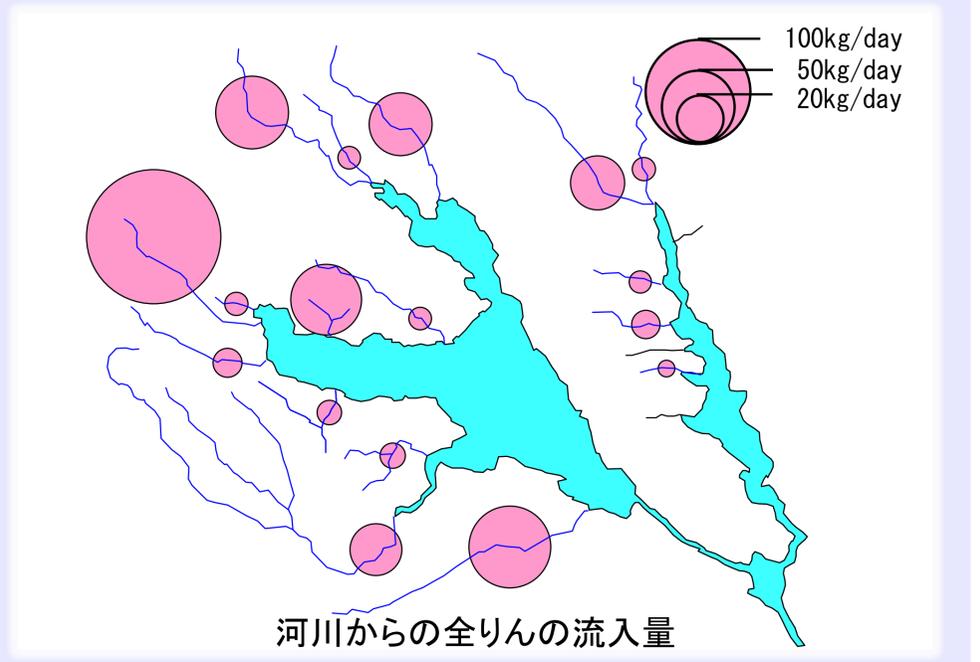
流入河川のりん濃度が低下しているにも関わらず、湖内のりん濃度は長い間上昇し続けてきましたが、近年、ようやく低下する傾向が見られています。さらに湖内の全りん濃度を低減させるためには、湖底に堆積した底泥からのりんの溶出対策も必要になります。

#### 流入河川からの全りん平均負荷量

湖内の水質が悪化する原因の一つに、河川を通じて流域から入っている負荷が原因となっています。

平成17～18年度における、霞ヶ浦に流入する河川からの全りん負荷量を見ると、主に桜川や恋瀬川といった大きな河川から、より多くのりんが流入していることが確認されました。

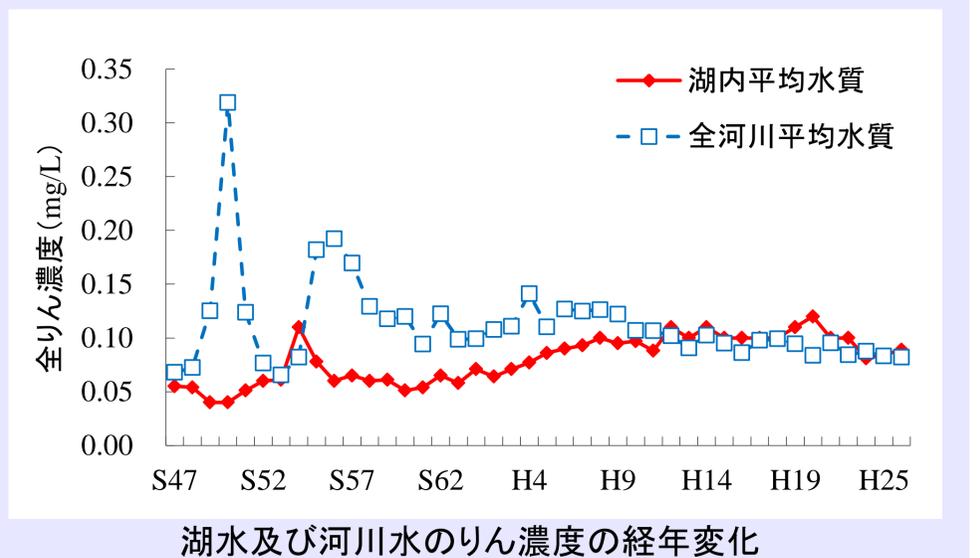
一方、北浦の主な流入河川である鉾田川と巴川からの負荷量は西浦に比べて少なく、西浦の方がより河川からりんが流入していることも分かりました。



#### 河川と湖内の全りん濃度の経年変化

霞ヶ浦に流入する河川の全りん濃度は、昭和49年のピークを境に低下する傾向を示しており、近年は横ばいの状況が続いています。一方、湖内の全りん濃度は昭和47年から平成20年まで上昇し続けていましたが平成20年以降はやや低下する傾向が見られます。

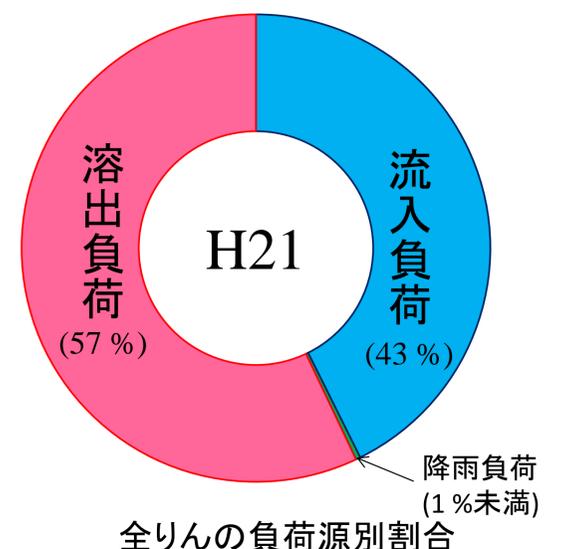
このように、河川水質が低下する傾向を示しているにもかかわらず、湖内水質が改善されないことから、流域以外からの負荷があることが推測されます。



#### 流域以外の負荷源について

流域以外の負荷源については、湖底に堆積した底泥に含まれる大量のりんであることが考えられています。どういう状況で、底泥からりんが湖水に溶出するか実験をしたところ、底層の溶存酸素濃度が低下すると溶出しやすくなることが分かりました。また、底泥から溶出したりんの湖水に与える影響を調べると、およそ57%にも達することが分かりました。

つまり、湖内の全りん濃度を低減させるためには、底泥からのりんの溶出対策も必要になります。



## 5-3 りんについての汚濁機構解明

### ～ 底泥からのりの溶出量の地域差 ～

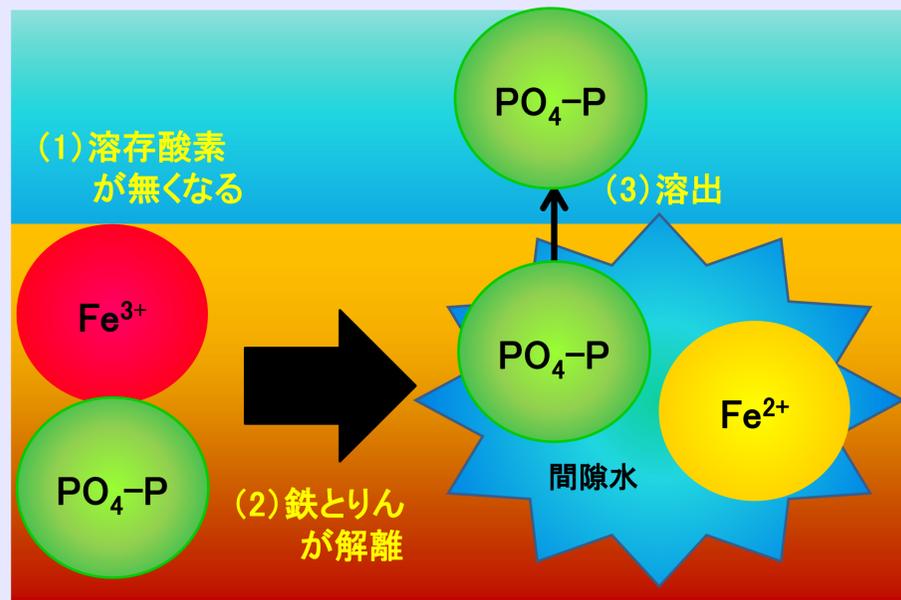
底泥からのりの溶出量は、湖内であっても地域によって異なります。湖心域のように硝酸性窒素濃度が低く、夏季に溶存酸素が無くなる箇所では溶出が多くなり、逆に河口域のように硝酸性窒素濃度が高く、溶存酸素が無くなりにくい箇所では溶出はほとんど見られません。

#### 底泥からのりの溶出メカニズム

底泥から溶出するりの起源は、主に底泥内の鉄と吸着しているりんで、底泥の直上にある湖水中の溶存酸素が無くなると底泥からりんが溶出します。

湖水中の溶存酸素は、空気中から供給されていますが、水温の高い夏には、微生物活動に伴う消費量が増大するのに加え、水深の深い場所では温度躍層により底泥直上の湖水に酸素が供給されにくくなります。

つまり、夏に水深の深い場所で溶存酸素濃度が低くなり、溶出が起きやすくなります。



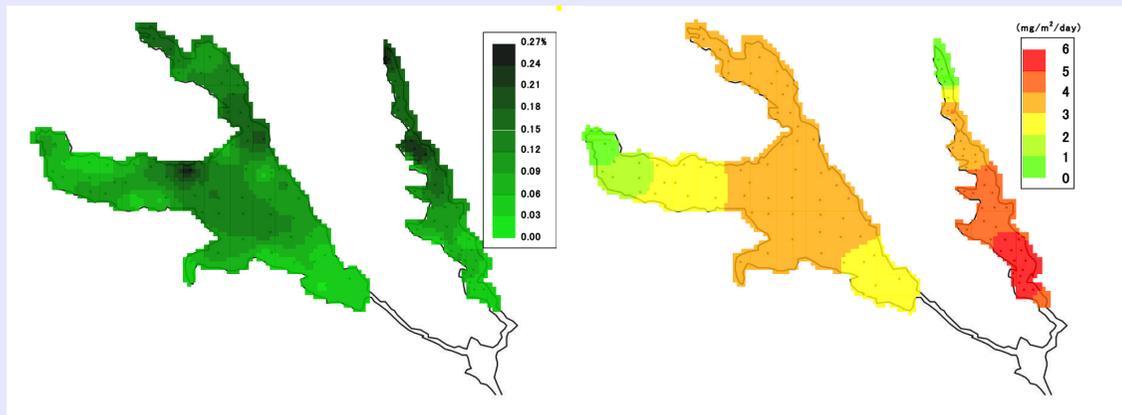
底泥からのりの溶出メカニズムの模式図

#### 底泥に含まれるりの含有量と溶出速度

底泥に含まれる全りん含有量は、西浦では高浜入りから湖心部で、北浦では北部ほど高い傾向が見られました。

一方、底泥からの溶出速度では、西浦では大きな地点差が無いものの、北浦では下流ほど高くなっていました。

特に北浦を見ると、底泥に含まれるりの含有量が高いからといって溶出速度が高いというわけでは無いことが確認されました。



底泥に含まれる全りん含有量  
(平成20年度 100地点調査)

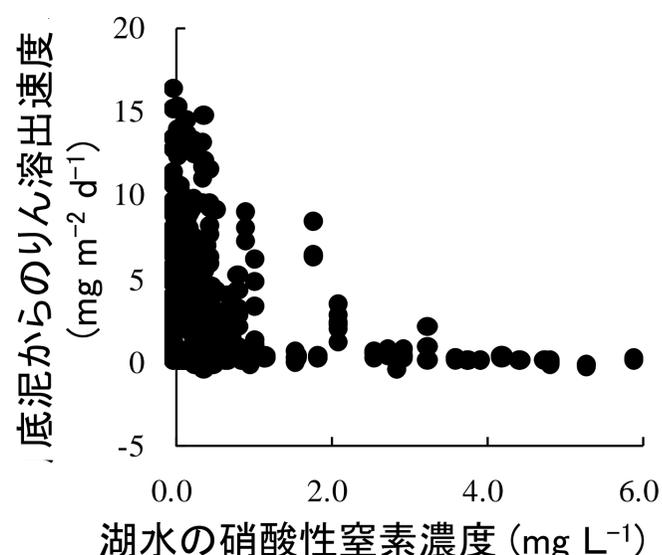
底泥からの溶出速度  
(平成17～18年度)

#### 硝酸性窒素による底泥からのりの溶出抑制

底泥からのりの溶出は、溶存酸素が無くなると起きやすくなりますが、硝酸性窒素があると溶存酸素が無くなってもりの溶出が抑制されることが先行研究で報告されています。

そこで、底泥からのりん溶出速度と湖水の硝酸性窒素濃度との関係を調査したところ、硝酸性窒素濃度が高いとりの溶出速度が低いことが確認されました。

このことから、河川から高濃度の硝酸性窒素が供給される地域では、りの溶出は起きにくいといえます。



## 5-4 りんについての汚濁機構解明

### ～ 西浦と北浦の全りん濃度の比較 ～

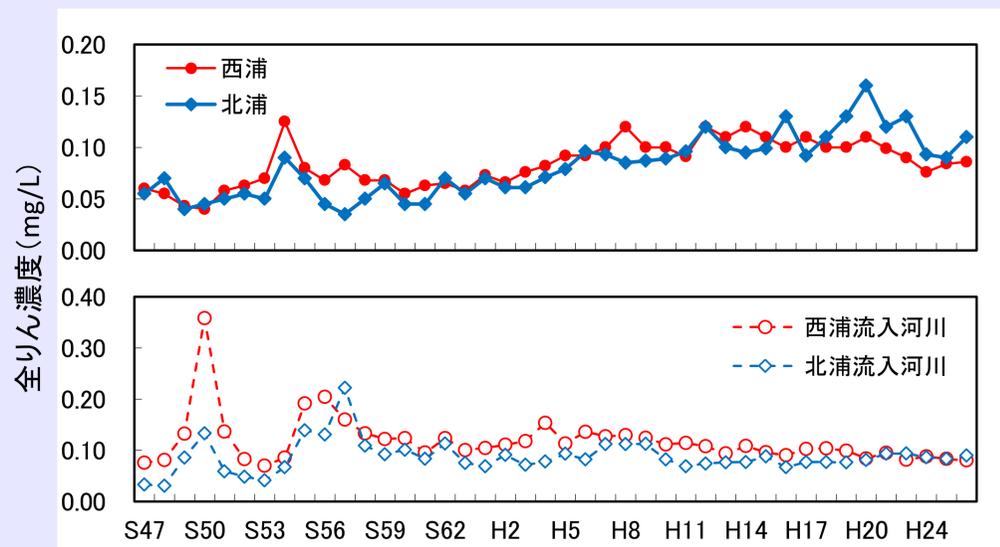
西浦と北浦の全りん濃度を比べると、近年は流入河川水質には違いが見られないのに、北浦の方が高い濃度で推移しています。この原因の一つとして、西浦に比べて北浦の方が底泥からのりんの溶出量が多いことが挙げられます。

### 西浦と北浦の流入河川及び湖内りん濃度の推移

西浦と北浦の全りん濃度の推移をみると、平成19年度までは同程度で推移していたにも関わらず、平成19年度以降は、北浦で高濃度で推移しています。

一方、流入河川の全りん濃度を見ると、近年は共に同程度の濃度で推移しています。

このことから、底泥からのりんの溶出量が、西浦に比べて北浦の方が高いことが推測されます。

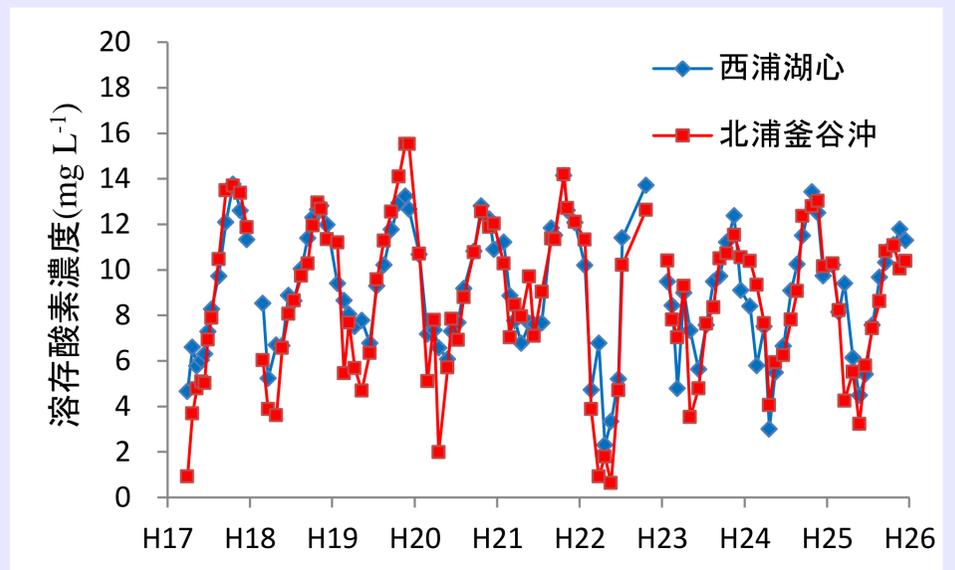


西浦、北浦及び流入河川水のりん濃度の経年変化

### 西浦と北浦の溶存酸素濃度

西浦(湖心)及び北浦(釜谷沖)における、平成17年度以降の底泥直上50 cmの溶存酸素濃度を比較すると、濃度が低下する夏季では、釜谷沖の方が低くなる傾向があることが確認されました。

この原因の一つとして、西浦湖心に比べて釜谷沖の方が1.0 mほど水深が深いことから、底層の貧酸素化が起こりやすく、底泥からのりんの溶出量が多くなることが推測されます。

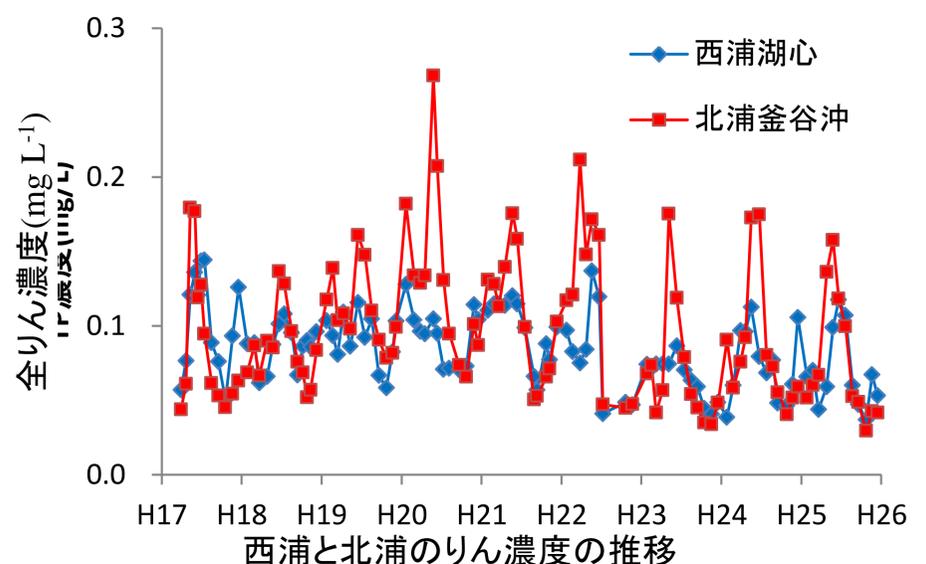


西浦と北浦の底層の溶存酸素濃度の推移

### 西浦と北浦の全りん濃度の季節変化

平成17年度以降の西浦(湖心)と北浦(釜谷沖)の全りん濃度の推移を見ると、特に底層DO濃度の低下する夏季には西浦湖心に比べて釜谷沖の方が高い濃度で推移しています。

つまり、西浦に比べて北浦の方が、底泥からのりんの溶出量が多く、結果として、北浦の全りん濃度が高くなっていると考えられます。



西浦と北浦のりん濃度の推移