

霞ヶ浦（西浦）における全リンの長期連続観測



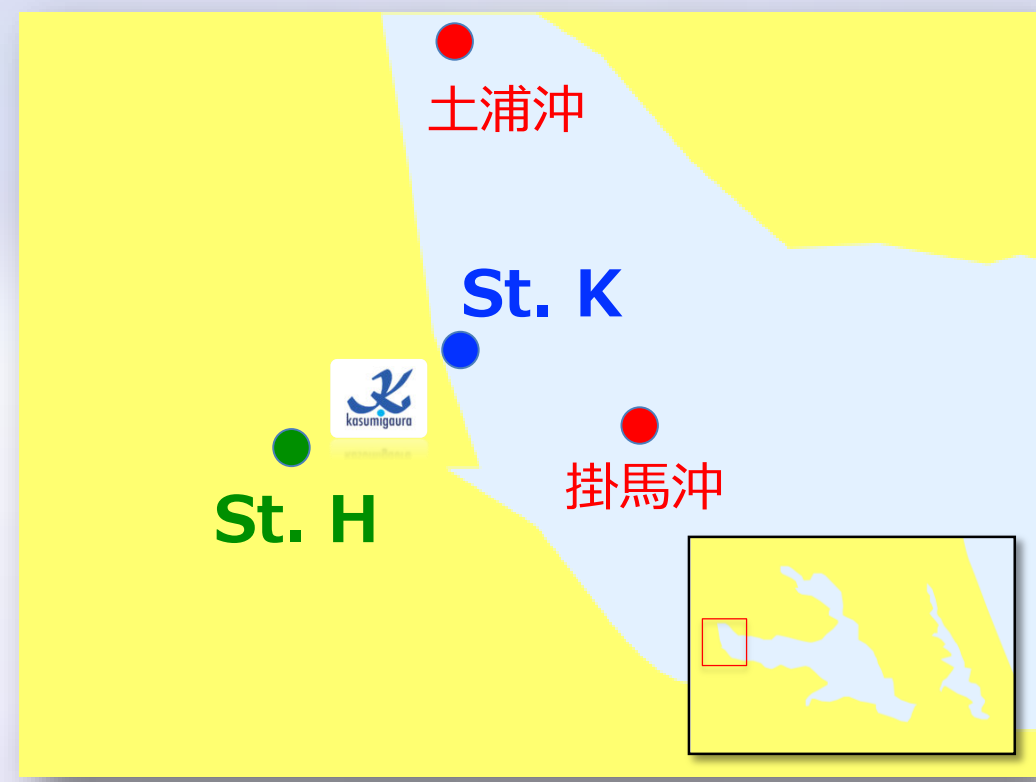
森下大数・武田悠杜・海老原洸希

(霞ヶ浦高等学校 生物部)

観測をはじめたきっかけ

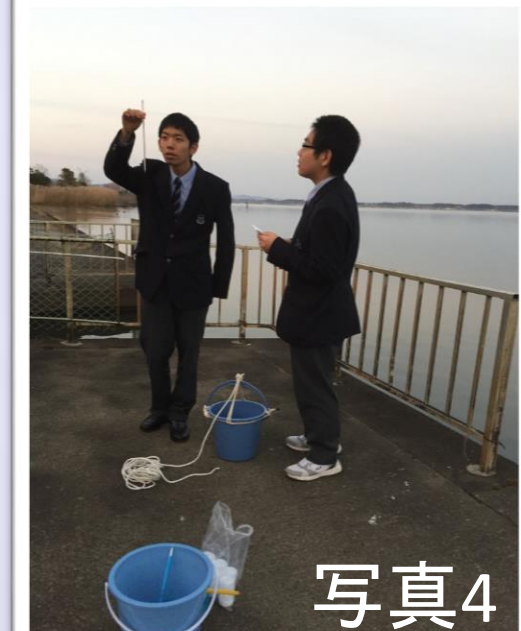
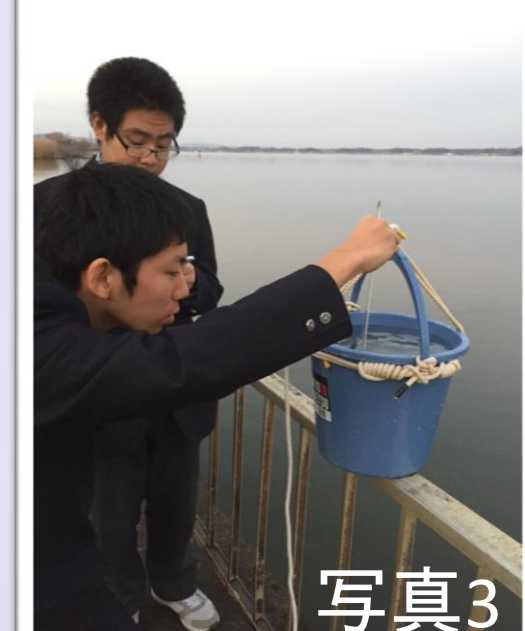
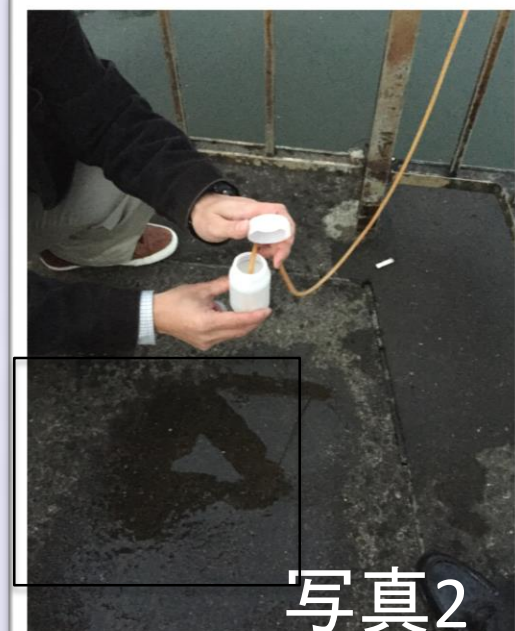
2018年の霞ヶ浦高校生物部は当時1年生だった森下・武田の二人きりだった。当時は理科室で飼われている亀や熱帯魚の飼育が唯一の活動だったので、顧問の先生の提案で1年間あるいは3年間活動できるような研究テーマを決めることになった。僕らの学校は校名の通り日本第二の湖である霞ヶ浦のほとりにあり、霞ヶ浦に関係したテーマにすることはすぐに決まった。森下が「祖父が子供の頃は霞ヶ浦で泳いでいたらしい。霞ヶ浦を泳げるくらいきれいになりたい」と発言した。そこで先生に「霞ヶ浦をきれいにすることをテーマにすることを提案すると、先生から「霞ヶ浦は本当に汚い湖なの？ 君たちの言う“きれい”“汚い”の基準は何？」と問われて困ってしまった。それから本やインターネット検索で基準を調べると、COD（化学的酸素要求量）やBOC（生物化学的酸素要求量）が水質汚濁に関する環境基準であること、全窒素や全リンが湖沼などの富栄養化の指標として使われていることが分かった。窒素やリンは植物の生育に不可欠なものだが、大量な窒素やリンが湖に入ると富栄養化が進み、植物プランクトンの異常増殖を引き起こすらしい。僕は生物部なので、全窒素・全リンを調べて霞ヶ浦の富栄養化の状況を確認することで「まずは霞ヶ浦がきれいなのか、汚いのか」を調べてみたいと考えた。先生に相談すると、「全窒素を正確に測るには分析方法が少し複雑で難しいが、全リンならば十分に高精度分析が可能だし、実験器具や分析計も準備ができる。1年以上連続で観測できたら貴重なデータになるのではないかとアドバイスを下された。このようなきっかけで、僕たちは霞ヶ浦の全リンの長期連続観測を開始することになった。

観測地点



全リンの連続観測は、霞ヶ浦の観測地点として学校近くにある茨城県企業局南水道事務所裏を観測点K (St. K)、河川の定点として学校の南側を流れる花室川を観測点H (St. H) とした(左図)。観測点Kでは岸からバケツを投げ入れ、バケツ内に湖水が満水したら10~30秒程度放置した上で引き上げた(写真1)。観測点Hでは花室川にかかる橋の中央から、同様の方法で河川水を採取した。その後、バケツ内からチューブを通して各々100 mLの湖水・河川水を試料ビンに採取した(写真2)。

併せて、試料採取時の気温・試料水温・天気を観測野帳に記録した(写真3, 4)。学校に持ち帰った試料ビンは直ちに冷凍保存した。本連続観測は2018年12月21日に開始し、新型コロナウイルス感染症対策のための臨時休校が始まる前の2020年2月27日まで、生物部の活動日である火曜・木曜を中心に1週間に2回ずつ実施した(夏休み等の長期休みを除く)。



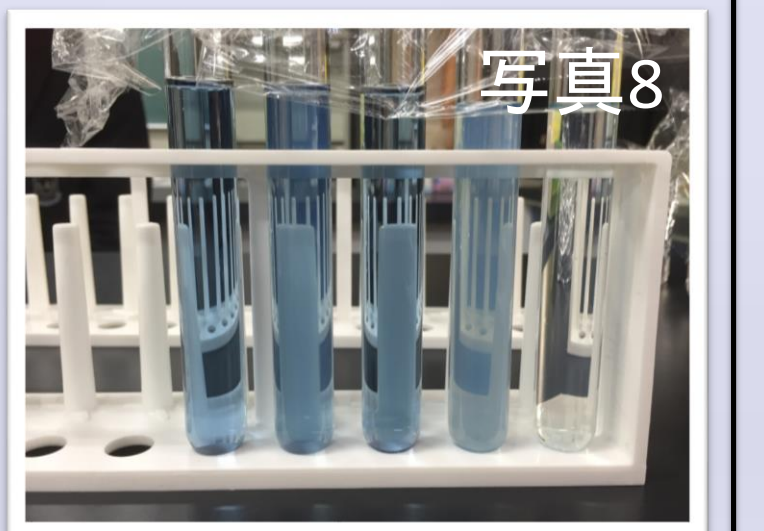
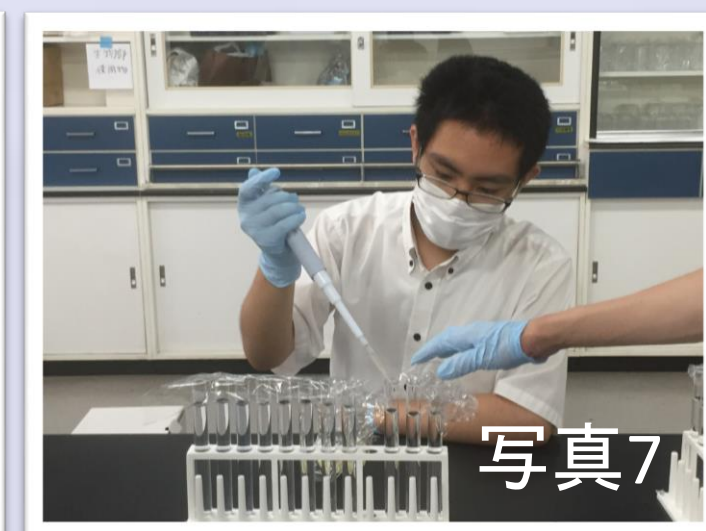
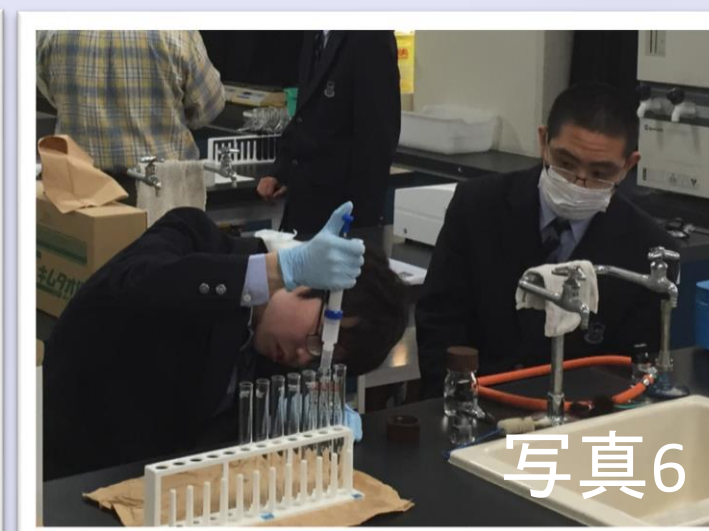
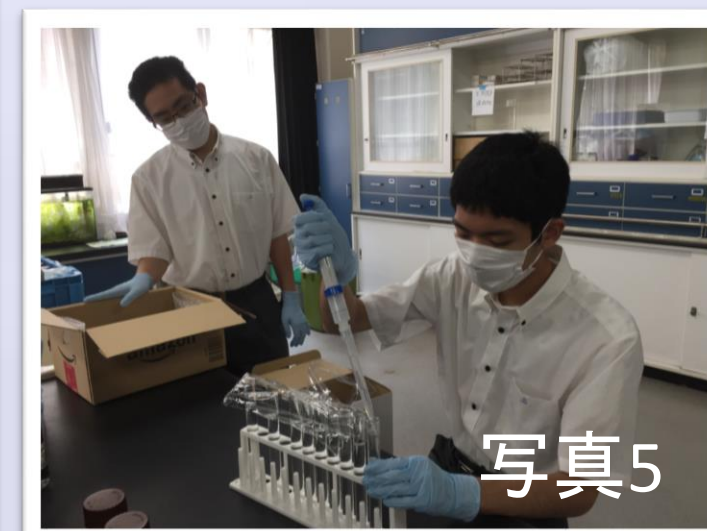
分析方法

全リンの分析は、工場排水試験方法に定められている「ペルオキシ二硫酸カリウムによる分解法」を用いた。

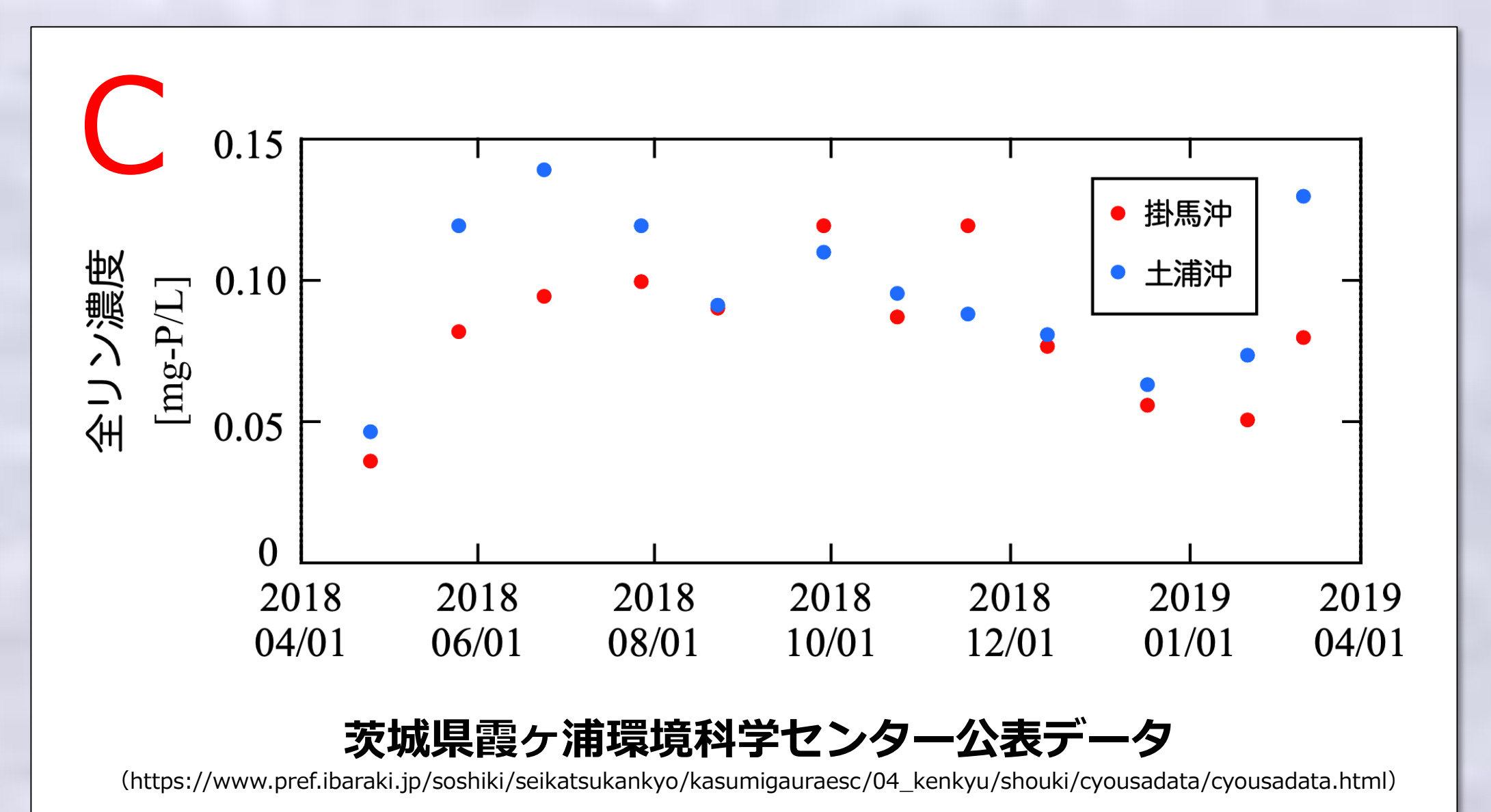
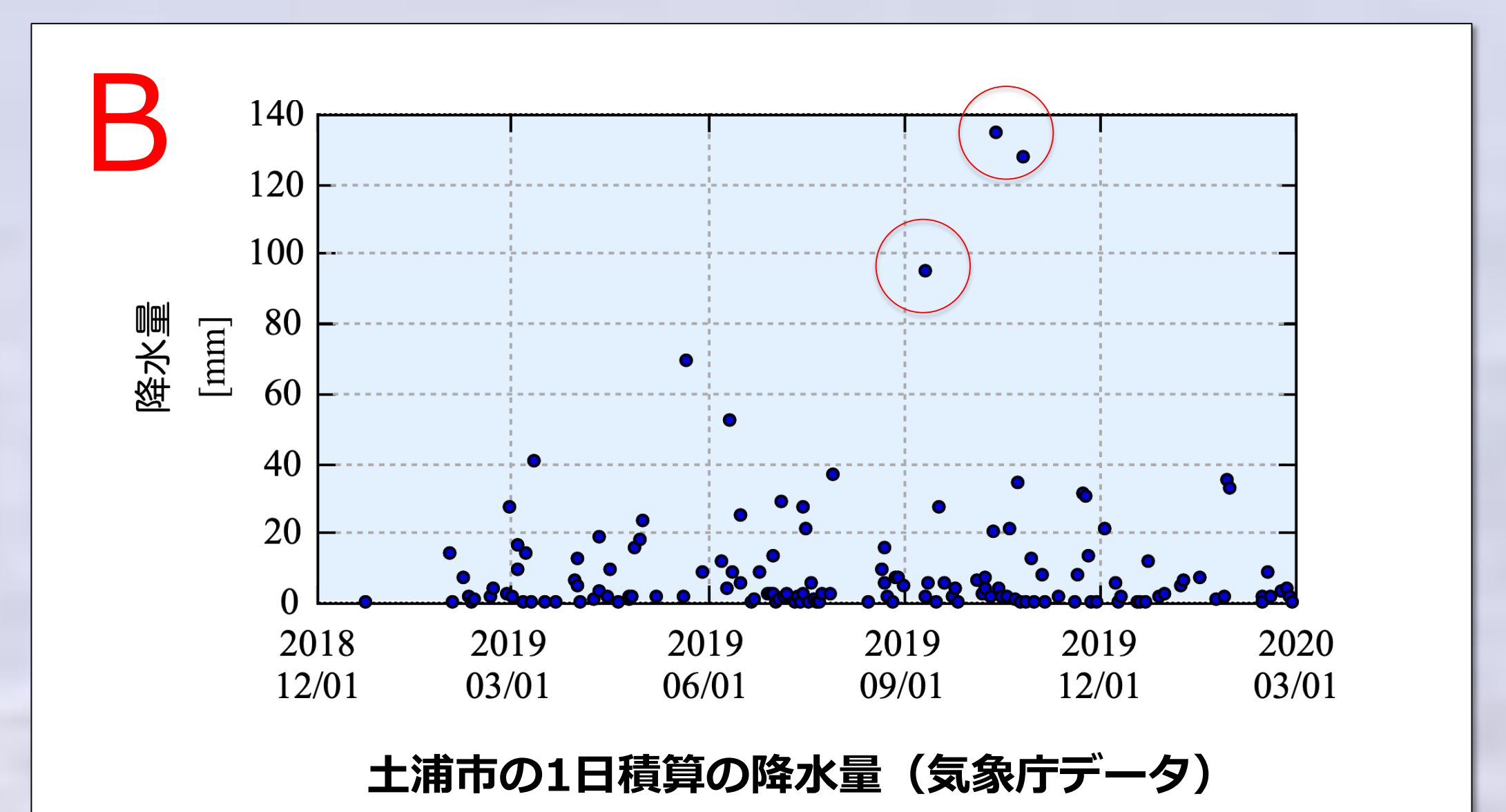
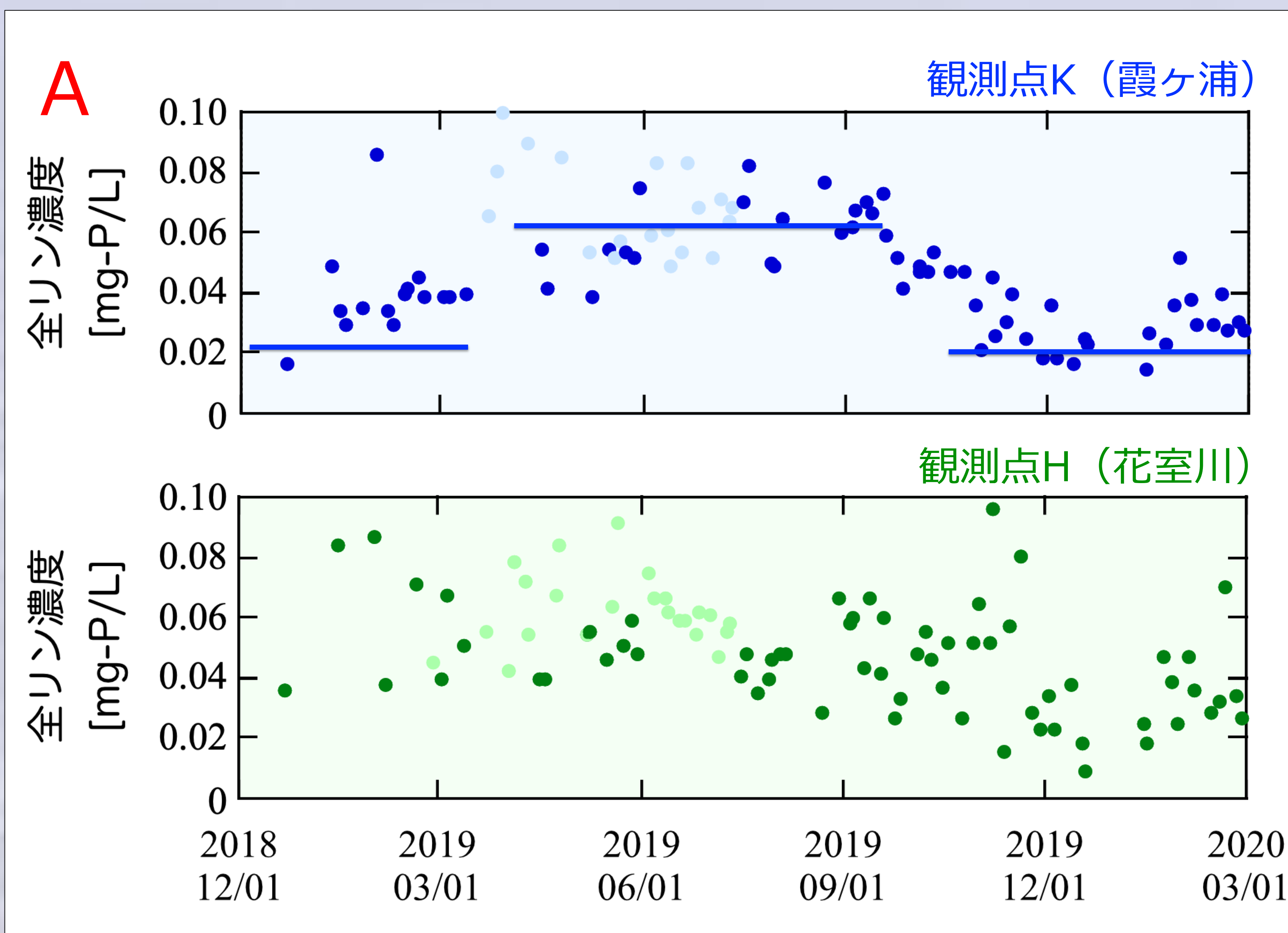
- 1) 自然解凍した試料ビンから湖水・河川水をそれぞれ50mLずつ分解ビンに取り、ペルオキシ二硫酸カリウム溶液10mLを加えて密閉して混合した。
- 2) これをオートクレーブに入れて加熱し、約120°Cに達してから30分間加熱分解した。
- 3) 分解ビンを取り出し、放冷後、上澄み液25mLを試験管に分取した(写真5)。
- 4) モリブデン酸アンモニウム-アスコルビン酸混合溶液(発色試薬)2mLを加えて振り混ぜた後、室温で約15分間放置した(写真6, 7)。
- 5) この溶液の一部を吸収セルに移して、分光光度計を用いて波長880nmの吸光度を測定した。
- 6) ブランク試験として、蒸留水50mLを分解ビンに取り、湖水や河川水と同様の操作を行って吸光度を測定し、試料について得た吸光度を補正した。
- 7) 下記の検量線から3)で分取した溶液25mL中のリンの量を求め、試料中のリン濃度(mgP/L)を計算した。

検量線の作成

リン標準液(1.0μgP/mL)の2-15mLを段階的に全量フラスコ100mLに取り、それぞれ蒸留水を標線まで加えた。その25mLをそれぞれ試験管に分取し、4), 5)の操作を行って吸光度を測定し(写真8)、採取した溶液25mL中のリンの量と吸光度との関係線を作成した。



全リンの測定結果と考察



2018年12月21日から2020年2月27日の観測点K(霞ヶ浦)と観測点H(花室川)の全リン濃度(mgP/L)の経時変化を左上図Aに示した。分析値のうち色の薄いものは、分析時に発色試薬の配合を間違えて測定ができず、加熱分解済みの試料を長期保管して後日測定をし直した試料を示している。これらの試料の一部には他の値にくらべて極端に高い濃度(0.15-0.25mgP/L)が含まれていたために、同時に測定した試料はすべて参考値とした(色を薄くして示した)。

観測を実施した1年2ヶ月の間で、霞ヶ浦・花室川ともに0.01-0.10 mgP/Lの範囲で変化していた。環境省の「生活環境の保全に関する環境基準(湖沼)」によると、年間平均値で0.1mgP/L以下の場合には水産3種(コイ、フナ等の水産生物用)の適応性が認められるそうなので、CODや全窒素のデータがないけれども、少なくとも全リンの基準ならば僕たちが観測した水域はコイやフナが生育するには十分の「きれいさ」だということが分かった。最も低い基準値(自然環境保全の適応性)0.005mgP/L以下にはほど遠いけれども、案外きれいな湖なのかなと思った。一方で、僕たちが泳げるくらいの「きれい」の基準は、年間平均値で0.01mgP/L以下(水道1級:ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの)だろうか? 今回の結果を眺めると、そういう意味では霞ヶ浦はまだまだ「汚い」湖なのかもしれない。

左上図Aによれば霞ヶ浦では11月から3月の冬の期間は0.04mgP/L以下と低く、4月から9月の春・夏の期間に高くなる(0.05-0.08mgP/L)ような季節的な変動をしていることが分かった。一方で花室川にはそのような変動は明確ではなかった。したがって、霞ヶ浦に見られる季節変動は周辺河川の影響ではないようだ。霞ヶ浦の全リン濃度の変化と降水量との関係についても調べてみた。観測点Kに最も近い気象庁の観測所は土浦市木田余東台にあり、同観測所における観測期間中の降水量(1日積算値)を右上図Bに示した。春から梅雨時期にかけて降水量が増えるが必ずしも降雨イベントの前後で霞ヶ浦の全リン濃度に変化が見られるわけではなかった。また、2019年は9月(台風15号)と10月(台風19号)に大きな台風が関東を直撃した(赤丸で囲んだ)が、霞ヶ浦の全リン濃度には変化がなかった。右下図Cには、茨城県霞ヶ浦環境科学センターが毎月1回行っている霞ヶ浦全域調査のうち、僕らの観測点に近い土浦沖・掛馬沖(各観測点は「観測地点」欄の地図に赤丸印で示した)の2018年4月から2019年3月の全リン・データをグラフで示した。全リン濃度は全体的に僕らの値よりも高いが、観測した時期が丸1年ズれているものの「夏に高く冬に低くなる傾向」が同じように見られ、特に掛馬沖は顕著である。したがって、僕らが発見した全リンの季節変動は霞ヶ浦(西浦)西岸域の特徴なのだろう。