

陸の水

==== No.76 =====

日本陸水学会東海支部会

ニュースレター（2017年7月28日）

発行：日本陸水学会東海支部会

連絡先：〒501-6021 岐阜県各務原市

川島笠田町官有地無番地

国立研究開発法人土木研究所

自然共生研究センター

末吉 正尚

Tel:0586-89-6036、Fax: 0586-89-6039

E-mail: m-sueyoshi55@pwri.go.jp

目次

- 第31回談話会の案内 (p. 1)
- 第14回サマースクールの案内 (p. 1～2)
- 第30回談話会の報告 (p. 3～5)
- 平成27年度研究助成報告 (p. 5～9)
- 編集後記 (p. 9)

第31回 東海陸水談話会の案内

「自然界の三酸素同位体異常を指標に用いた河川・湖沼の窒素循環定量化」

講師：名古屋大学大学院環境学研究科教授 角皆潤 先生

日時：平成29年10月30日（月） 18時～20時

場所：愛知工業大学本山キャンパス <http://www.ait.ac.jp/access/motoyama/>

講師の略歴

東京大学理学系研究科化学専攻修了，博士（理学）．日本学術振興会特別研究員（東京大学），科学技術振興事業団研究員（名古屋大学，東京工業大学），東京工業大学大学院講師，北海道大学大学院助教授・准教授を経て，2012年4月より現職．

※名古屋大学教員データベースシステム

http://profs.provost.nagoya-u.ac.jp/view/html/100006388_ja.htmlより抜粋

平成29年度「第14回サマースクール」の案内

「アカウミガメの巡廻調査を通じて海とのつながりを感じよう」

日時：2017年8月26日（土）13時～27日（日）14時ごろ（1泊2日）

場所：表浜まるごと博物館（愛知県豊橋市寺沢町）ほか田原市周辺

<http://www.omotehama.net/marugoto/index.html>

実習内容

今回のサマースクールでは、渥美半島の表浜海岸の「表浜まるごと博物館」をベースに海岸や沿岸生態系を知ることによって海とのつながりを学んでいきます。アカウミガメの巡廻調査を体験することによって野生動物の世界を感じて、様々なことを考えるきっかけとなればと思います。

※巡廻調査は二日目の早朝（4時頃）になります。

集合場所

車の方：直接「表浜まるごと博物館」に13時集合

<https://goo.gl/maps/dQmLvbRESs42>

公共交通機関の方：JR 東海道本線「二川駅」12時30分集合（南口ロータリー集合）

宿泊先

表浜まるごと博物館（愛知県豊橋市寺沢町内原162番地）

<http://www.omotehama.net/marugoto/index.html>

参加費（予定）

一般：7,000円、大学生・年金の方：5,000円、子供：1,000円

夕食（カレー）、朝食、保険代込

必要品

砂浜を歩く格好、帽子、着替え、タオル、筆記用具、常備薬、洗面用具、寝袋、タオルケットなど

※宿泊先にはバスタオル、石鹸、シャンプー等がありません。各自ご準備ください。布団の数が限られています（15組のみ）。できるだけ寝袋・タオルケット等持参でお願いします。

申し込み方法

以下を記載の上、EメールもしくはFAXにて連絡先にご連絡ください。

- ・氏名（性別）
- ・年齢
- ・区分（一般、学生、年金生活者、子供、未就学児）
- ・住所
- ・連絡先電話番号
- ・Eメール
- ・当日の交通手段（自家用車 or 公共交通機関）
- ・夕食はカレーです。辛いもの（可・不可） 辛いものが苦手な方は子供用のカレーを準備します。

申し込み〆切り：2017年8月4日（金）

連絡先：サマースクール行事担当 新実 E-mail: tomo.niinomi@gmail.com

FAX: 0561-56-6140

第 30 回 東海陸水談話会の報告

「変動する環境下で生息場の複雑さがもつ意味を考える」

日時：2017 年 6 月 23 日（金）18 時半～20 時半

場所：愛知工業大学本山キャンパス

講演者：国立研究開発法人土木研究所自然共生研究センター 専門研究員 末吉正尚

第 30 回という記念すべき回に発表させて頂きました。また、CPD 単位の登録も本回より開始され、環境コンサルタント会社の方から大学の方まで様々な方が発表を聞きに来て下さいました。この発表は、演者が学部～博士課程まで取り組んでいた研究で、自然撓乱に対する生物の抵抗性の話を前半部、人為改変に伴う抵抗性の低下の話を後半部として紹介させて頂きました。簡単ですが、この場で発表の概要をご紹介します。

自然撓乱に対する生物の抵抗性

自然撓乱という単語を聞いて、どのような現象を思い浮かべたでしょうか？洪水や台風などは、日本において人々の生活にも関わる代表的な自然撓乱として挙げられるでしょう。生態学における撓乱の定義は、“生態系、群集、個体群の構造を乱し、資源・基質の利用可能量・物理環境を変えるような、時間的に不連続なイベントⁱ”と定義されています。この自然撓乱は、イベントの発生する時間的間隔・影響を及ぼす空間的な広さの時空間スケールで整理できます。例えば、先ほど挙げた洪水などは、規模の大小はありますが、年に数回発生し、河川の全域もしくは一部の流程で影響を及ぼします。一方で、火山の噴火などは、数百年～数千年といった時間間隔で発生し、周囲の生態系を一新させる非常に大規模な撓乱となります。多くの場合、これら様々な撓乱は、影響を及ぼした環境に生息する生物の生息密度や現存量の減少を引き起こします。しかしながら、撓乱による生物の減少は一時的なものであり、撓乱後の新規個体の移入・再生産によって生物相は回復し、新たな相へと遷移します。この撓乱に伴う生物の一連の応答の中で、撓乱による減少に抵抗する力をレジスタンス（Resistance）、撓乱後の回復に関わる力をレジリアンス（Resilience）と呼びますⁱⁱ（※回復力を Recovery と呼び、減少・回復を含めた全体を Resilience と呼ぶ場合もある）。最近、日本では地震や集中豪雨などの災害が多く、国全体で国土強靱化（national resilience）と銘打って災害への resistance や resilience の強化が求められています。では、生態系において、高い resistance や resilience はどのような要因で決定づけられているのでしょうか。

一つ目に紹介した話題は、自然撓乱の中でも最も長期かつ大規模な気候変動に関するものです。温暖な間氷期にあたる現在の生物相は、最終氷期を生き残った生物たちによって構成されています。ヨーロッパでは、最終氷期の間、地域のほとんどが永久凍土に覆われてしまい、南方の一部のみが温帯性生物の避難場（Refugia）として機能していたことが化石や遺伝子解析などから示されています。避難場は、地域の環境の変化に対して安定的（頑強）な撓乱の影響を受けにくい場所であり、言い換えれば、resistance の非常に高い環境となります。そして、避難場で生き残った個体は、間氷

期に入り、再び温暖な環境に戻ったヨーロッパ全土に、移入・分散したといわれています。つまり、寒冷化という強い攪乱を受けた中北部ヨーロッパの生物相は、南部の避難場からの移入によって現在の状態に回復できたといえるでしょう。このように、攪乱が起こった地域に存在する避難場の存在は、地域全体の **resilience** に大きく貢献しています。そのため、避難場がどのような場所に形成されるのかを明らかにできれば、地域全体の **resistance**、**resilience** の強化につながると考えられます。Shimokawabe et al. (2016)ⁱⁱⁱ は、私が博士課程時代に当時修士生だった学生と一緒に高山植物の避難場を調べた研究になります。高山植物（冷温性生物）は先ほどの最終氷期の温帯性生物とは異なり、現在は、高山帯という限られた寒冷地域に避難しています。一方で、一部の高山植物は低標高にも局所的に生息していることが知られています。その一つが風穴です。風穴は崖錐地に形成されやすく、堆積した岩石の隙間から吹き出る冷風によって低温が維持されている環境になります。遺伝的な構造や伸長量調査から、風穴の高山植物コケモモは高山とは遺伝的に大きく異なり、少なくとも 500 年以上は生息していたことが示されました。高山帯の生息域縮小が懸念される中、風穴のような広域分布外の避難場を守ることも高山植物の将来の保全に重要となると考えられます。

二つ目の話題は、水生昆虫の洪水時の避難場に関するものです。洪水攪乱と水生昆虫との関係性は多くの研究者によって調査されており、そのほとんどが攪乱後の急激な個体数・現存量の減少を報告しています。その一方で、攪乱後の回復 (**resilience**) が非常に早いことも知られています。この理由として、河川内に形成される避難場の存在が指摘されてきましたが、洪水時の調査の困難さもあり、どこが避難場なのかはあまり分かっていませんでした。Sueyoshi et al. (2014)^{iv} では、北海道で毎年発生する雪解け洪水を対象に、洪水前中後で水生昆虫が河川内のどこに移動しているのかを明らかにしました。山地河川の約 200m 区間の水域を網羅的に調べた結果、瀬や淵では洪水時にほぼ 0 にまで個体数が減ったのに対し、よどみや支流ではほとんど減少がみられないか、むしろ増加する傾向が確認されました。加えて、平水時は陸域だった河原に多くの水生昆虫が移入していることが確認されました。洪水後は、避難場の生息密度は逆に減少し、瀬淵の生息密度は回復する傾向が見られました。これらの結果から、洪水時も緩やかな環境を保つよどみ・支流や河原などが水生昆虫の避難場として、河川全体の **resilience** に貢献していることが示唆されました。海外の研究例では、上流が洪水時の避難場となっていることも報告されており、河川生物は上流といった広域スケールから、よどみや河原のような局所スケールまで大小さまざまな空間スケールの避難場を利用することによって個体群を維持してきたのでしょう。

後半の部、3つ目の話題は、農地利用による避難場消失と洪水攪乱影響の増加に関するものです。近年、河川では様々な人為的改変が起こっており、その一つに農地利用による水路化と河床への細粒沈殿があります。水路化はもともと曲がりくねっていた川をまっすぐな川へと変えてしまい、水生昆虫にとって重要な避難場であるよどみや河原をなくしてしまいます。加えて、氾濫原の農地化によって川の周囲の河畔林がなくなると、地表の細かい土砂が降雨などによって河川に流入しやすくなり、川底を砂が覆う現象（細粒沈殿）が起こります。細かい土砂で覆われた河床は洪水によって流されやすくなり、そこに棲む生物も一緒に流される可能性が高くなることが予想されます。このような人為的改変と自然攪乱との相互作用は、近年注目されるテーマの一つでもあり、人為的景観における生物多様性保全のためにも、その影響を評価することが求められています。Sueyoshi et al. (2017)^v では、北海道の森林・農地景観を流れる河川

を対象に、農地影響の異なる様々な河川区間で雪解け洪水の影響を検証しました。その結果、農地影響が強く、洪水の強度が高いほど、洪水によって水生昆虫の個体数が大きく減少しました。この反応は種によって異なり、いくつかの種（造網性トビケラなど）は洪水強度に対して非常に高い **resistance** を示していましたが、農地影響が強くなると急激に個体数が減少する結果が示されました。多くの場合、人為改変の生物への影響評価は平水時に行われますが、今回示されたような自然撓乱との相互作用を考慮しないと、時間が経つにつれて（撓乱イベントが起こるたびに）予期しない生物多様性の減少が引き起こされかねないでしょう。

参考文献

ⁱ Pickett & White (1985): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, New York, USA; ⁱⁱ Nimmo et al. (2015): Vive la resistance: revising resistance for 21st century conservation. Trends in Ecology & Evolution, 30:516-523; ⁱⁱⁱ Shimokawabe et al. (2016): Genetic structure of *Vaccinium vitis-idaea* in lowland cool spot and alpine populations: microrefugia of alpine plants in the midlatitudes. Alpine Botany 126:143-151; ^{iv} Sueyoshi et al. (2014): The relative contributions of refugium types to the persistence of benthic invertebrates in a seasonal snowmelt flood. Freshwater Biology, 59:257-271; ^v Sueyoshi et al. (2017): Response of aquatic insects along gradients of agricultural development and flood magnitude in northern Japanese streams. Aquatic Sciences, in press.

平成 27 年度 研究助成報告

「河川水の調査を目的とした硝酸イオンの紫外吸光光度法による測定」

報告者：加藤学園高等学校 化学部 3 年真野恵輔，永田光正

1. 動機及び目的

本校化学部では昭和 53 年から継続して沼津市内を流れる河川の水質調査を実施している。昭和 53 年は 7.3%だった沼津市内の下水道普及率は平成 27 年に 57.8%となり、河川の水質は改善されつつあるⁱ。しかし市内を流れるほぼすべての河川の全窒素濃度が 1 mg/L 以上、全リン濃度が 0.1 mg/L 以上の値であり、河川の富栄養化が問題となっているⁱⁱ。これは下水処理場の標準活性汚泥法では、有機物は分解されるものの窒素とリンの多くが水中に残ってしまうことが原因だと考えられる。富栄養化が進行すると、プランクトンの異常発生による水質汚濁のみならず、アオコや赤潮の発生といった地域産業に大きな影響を及ぼす環境問題の一因となるおそれがある。

本校化学部では、河川の富栄養化を防止するために生活排水処理に関する研究を平成 2 年より始め、廃材を再利用した処理剤を作製し、平成 25 年には窒素とリンを除去する連続式高度生活排水処理装置を開発した。ここでは製紙の過程で産業廃棄物となるスラッジ灰を吸着材として有効活用しているⁱⁱⁱ。

水質調査における各測定項目の測定法は公定法として日本工業規格(JIS)に定められている。本化学部でも水質調査には公定法を採用しているが、硝酸イオンの測定に用いられる公定法は、実験操作の過程でカドミウムを使用するために、廃液が環境中に漏えいしないように気を付けなければならない^{iv}。そのため本化学部では代替法として紫外吸光光度法(以下 UV 法)を用いて測定を行っている。UV 法は試料水の pH 調整をした後に硝酸イオンが光を吸収する 220 nm の吸光度を測定し定量する簡易な方法である。しかし、水中に存在するなんらかの有機物の吸光波長帯と重なるために、その

ような妨害物質が混入しているときには実際の硝酸イオンの濃度より大きく定量してしまう可能性がある。そのため、UV 法では試料水中の硝酸イオン濃度をどの程度正確に測定できているか疑問であった。

本研究では廃液中の硝酸イオン濃度測定のための UV 法の検討を目的に、試料水に含まれる硝酸イオン濃度を UV 法および高精度な濃度測定が可能なイオンクロマトグラフィー法（以下 IC 法）を用いて比較検証したので報告する。

2. 方法

静岡県東部に位置する沼津市内を流れる 5 つの主要河川から平成 27 年 7 月 19 日に採水し試料水とした。試料水中の硝酸イオン濃度を以下の 2 つの方法で測定した。なお、硝酸イオン濃度は硝酸イオン態窒素濃度($\text{NO}_3^- \cdot \text{N}[\text{mg/L}]$)として表している。

＜紫外吸光度法^{vi}(UV 法)＞

試料水 25 mL を試験管にとり、塩酸(1+16)を 5 mL 加えて pH を 2~3 に調整し、検液とした。その後、検液の一部を石英セル(光路長 10 mm)に移し、波長 220 nm における吸光度を分光光度計(UV-1200, 島津製作所製)で測定した。得られた吸光度は精製水でブランクをとって調整し、 KNO_3 標準溶液から作成した検量線を用いて試料水中の硝酸イオン態窒素濃度を得た。

＜イオンクロマトグラフィー法 (IC 法)＞

陰イオン用イオンクロマトグラフィー(Dionex ICS-1100, Thermo scientific 社製)に、測定用に調整した試料水を通し、得られたチャートから試料水中の硝酸イオン態窒素濃度を得た。この測定は平成 27 年 7 月 21 から 23 日にかけて、静岡県環境衛生科学研究所に試料を持ち込み行った。

また、本研究では試料水中の有機物濃度を知るために化学的酸素要求量(COD)の測定を酸性高温過マンガン酸法で行った。

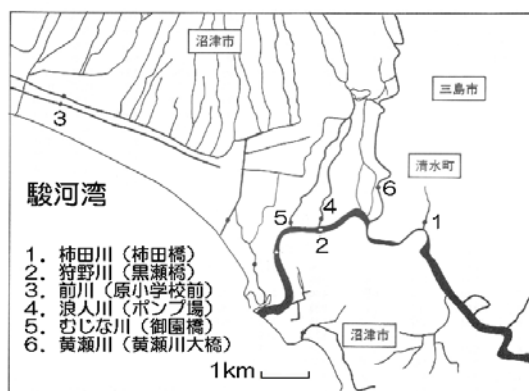


図 1. 採水地点

結果と考察

河川水を試料として、含まれる硝酸イオン態窒素濃度を UV 法および IC 法を用いて測定した結果を図 2 に示す。むじな川、浪人川、狩野川そして柿田川において、UV 法と IC 法での測定値がよく一致していることがわかる。

しかし、今回測定した 5 つすべての試料で UV 法が IC 法よりもやや大きな測定値を示している。これは仮説通り、硝酸イオンの他にも紫外領域に吸収帯をもつ物質が試料水に含まれているために、実際の硝酸イオン濃度よりも大きな測定値になったためであると考えられる。

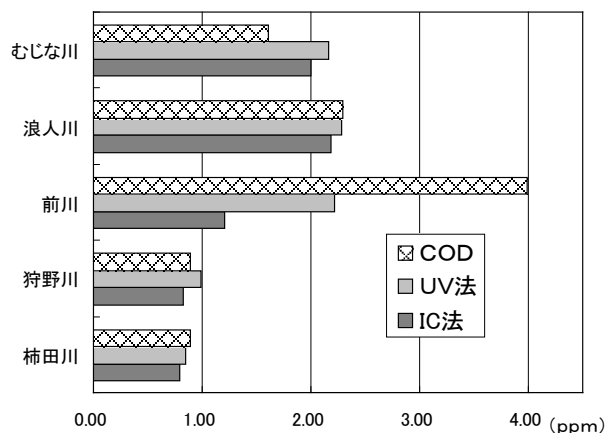


図 2. 河川水の COD および硝酸イオン態窒素濃度の UV 法と IC 法による測定結果

表 1 水質分析の結果 (mg/L) と測定誤差

	柿田川	狩野川	前川	浪人川	むじな川
COD	0.90	0.90	3.99	2.29	1.61
UV 法	0.85	0.99	2.21	2.29	2.16
IC 法	0.79	0.83	1.21	2.18	2.00
誤差(%)	7.6	19.3	82.6	5.0	8.0

※測定誤差は UV 法と IC 法の値の差を IC 法の値で除して得た

特に前川においては UV 法と IC 法で非常に大きな誤差があった(表 1)。前川では COD についても他の河川と比較して非常に高く、有機物が多く含まれていたことがわかる。文献調査の結果、ベンゼン環をもつ有機化合物が吸光度測定妨害物質となる可能性があることがわかった。そこで、生活排水に含まれる有機物が UV 法に与える影響について追加調査を行った。主要な台所用洗剤、身体用洗剤そして住居用洗剤を用いて、220 nm における吸光度を測定した。測定の際、洗剤の濃度はすべて 1 mg/L となるように精製水で希釈して測定を行った。なお、この測定法は硝酸イオンの定量と同様に pH 調整後に測定した。

図 3 に各種洗剤による紫外吸光度を硝酸イオン態窒素濃度に換算した結果を示した。一部の洗剤の成分には 220 nm 付近に紫外吸光を示すものがあることがわかった^{vii}。前川は市街地を流れる流量の少ない川であり、採水地点の周辺には単独浄化槽か合併浄化槽で下水処理している住宅が多い。排水中にこれらの洗剤が高濃度で流入した場合、洗剤による紫外吸光が硝酸イオン測定妨害となる可能性は十分にある。そのため高濃度の洗剤を含む生活排水によって汚染されると UV 法による硝酸イオンの定量は難しくなると考えられる。

平成 27 年 12 月 10 日に再度、採水と水質調査を実施した。イオンクロマトグラフィー(761-CompactIC Metrohm 社製)による分析については千葉科学大学の手束研究室で 12 月 20 日に行った。柿田川、黄瀬川、狩野川は推量の多い大規模な河川であるのに対して前川、浪人川、むじな川は小規模な都市河川であり、生活排水の影響を受けやすい。今回も小河川の COD は大河川と比較してやや大きな値を示し、生活排水による有機汚濁が推定された。

前川の COD の値は前回の約半分であった。小規模な河川は生活排水による水質の変動が大きい。今回の前川は洗剤などの有機汚濁

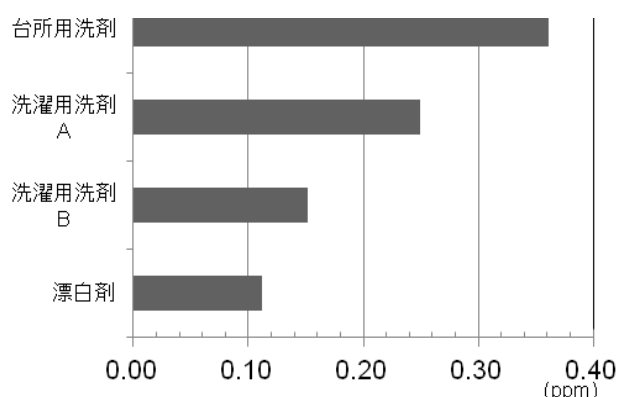


図 3 各種洗剤 1 mg/L 溶液の 220 nm での吸光度を硝酸イオン検量線により換算した結果(一部)

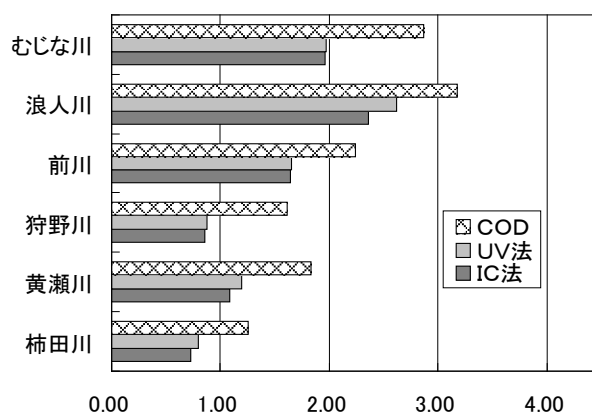


図 4 河川水の COD および硝酸イオン態窒素濃度の UV 法と IC 法による測定結果

が少なかったためか、UV 法と IC 法による硝酸イオン態窒素の値に差が見られない(図 4)。前川を除いて 12 月は 7 月と比較して河川の水量が少なく、COD の値がやや大きくなっているが、UV 法の IC 法との誤差は全ての河川について 10% 以下であった。(表 2)

表 2 水質分析の結果 (mg/L) と測定誤差

	柿田川	黄瀬川	狩野川	前川	浪人川	むじな川
COD	1.25	1.84	1.61	2.24	3.18	2.87
UV 法	0.80	1.20	0.88	1.65	2.61	1.98
IC 法	0.724	1.081	0.859	1.645	2.361	1.957
誤差(%)	9.1	9.9	2.2	0.6	9.7	1.0

さらに平成 28 年 3 月に水質調査を繰り返した。採水・水質調査は 3 月 20 日に行い IC 分析については 3 月 30 日に常葉大学富士キャンパスの小川研究室のイオンクロマトグラフィーで実施した。同じ河川で 7 月、12 月と同様に UV 法と IC 法との誤差は 10% 以下であった。

沼津市内を流れる都市河川の水質は下水道普及率の向上によって改善され、ほとんどの調査地点で COD が 3 mg/L 以下になっている。有機汚濁が減少し、UV 法による硝酸イオン態窒素の分析データは信頼できると思われる。ただし、特に小規模な河川では生活排水の流入による水質の変動が大きく、UV 法では硝酸イオン態窒素の値が過大に示される危惧がある。

したがって UV 法による硝酸イオンの定量は、水量の多い大河川や生活排水による汚染の少ない河川に適していると結論付けられる。

3. 反省と課題

UV 法は操作が簡易で特殊な試薬も必要としないので、高校生レベルの研究活動にとって有用である。本研究は河川水中の硝酸イオン濃度を測定するために UV 法を用いた。住宅地を流れる水量が少ない河川では生活排水による汚染の影響を受け、有機物による測定誤差が認められる。しかし、有機物量の目安となる COD の値と誤差の大きさが一致しているわけではない。また本校化学部の生活排水処理で使用している有機物としてペプトンとグルコースを含む合成下水では UV 吸収が認められない。河川水中の有機物については、その種類によって UV 吸収の大きさが異なる。

測定法の改善や有機物濃度・種類と測定誤差の関係性については研究の余地がある。今後は研究を継続し、UV 法を河川水中の硝酸イオン濃度の測定法として十分な正確さを発揮できるように改善していきたい。

4. 謝辞

本研究は日本陸水学会東海支部会の平成 27 年度研究助成によって行われました。イオンクロマトグラフィー法(IC 法)は、静岡県環境衛生科学研究所、千葉科学大学、常葉大学の実験設備をお借りして行いました。また水質調査全般に関する助言をいただいた常葉大学の小川浩先生、水質浄化剤についての助言をいただいた千葉科学大学の手束聡子先生をはじめ、関係各位に深く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- i 沼津の下水道，静岡県沼津市公式ホームページ (<https://www.city.numazu.shizuoka.jp/kurashi/sumai/gesui/index.htm>)
- ii 水質汚濁に係る環境基準，環境省ホームページ(<https://www.env.go.jp/kijun/wt2-1-2.html>)
- iii 加藤学園高等学校化学部（2014）：製紙スラッジを利用した水質浄化材の研究，平成 26 年度静岡県高等学校生徒理科学研究発表会論文集
- iv 日本工業用水協会（1962）：JIS 工業用水試験方法解説書 JIS K0101，日本工業用水協会
- v 半谷高久，小倉紀雄（1995）：水質調査法 [第 3 版]，pp.272-274，丸善
- vi 日本分析化学会北海道支部編（2005）：水の分析 [第 5 版]，pp.320-323，化学同人
- vii 中原 勝儼（2002）：色の科学，p108，培風館

（編集後記）

今号より編集担当となりました末吉です。梅雨も終わりに差し掛かり、暑い夏がやってきました。今年のサマースクールの目玉は、渥美半島を訪れるアカウミガメの巡廻調査です。朝 4 時からの調査という非日常的な体験を通じて、身の回りに残された自然を見つめなおしてはいかがでしょうか。また先月の談話会では私が発表をさせていただきましたが、次回は 10 月 30 日に名古屋大学教授角皆潤先生に講演して頂きます。生物から見た河川の話から一転、同位体という化学的手法を用いた陸水の窒素循環定量化の話になります。皆様ぜひご参加ください。

（末吉 正尚）