

身の周りの水を水質調査から科学する

# 身近な 環境化学実習 2016-2020

## 身の周りの水を水質調査から科学する 身近な環境化学実習 2016-2020

[サブタイトルの変遷]

2016：身近な水を水質調査から科学する  
2017：駒場の水を科学する  
2018：駒場の水を科学する  
2019：駒場の水を水質調査から科学する  
2020：身近な水を水質調査から科学する

[担当教員]

堀まゆみ  
中村優希

身近な環境化学実習2016-2020  
2021年3月発行

著者：堀まゆみ／中村優希  
編集：有限会社 原宿春夏（浅井 春美／坂口 鈴香）  
本文デザイン：富田 真樹子  
装丁：亀井 敏夫  
発行元：東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 自然科学教育高度化部門



# 身近な環境化学実習 2016-2020

## Contents

1	自然科学教育高度化部門 ADVES	3
2	身近な環境化学実習 一身の周りの水を水質調査から科学する	4
	■ 実習の歩み	4
	■ 履修者の推移 ■ 授業構成	6
3	実習概要	8
	■ 目的 ■ 本実習の概要 ■ 実習スケジュール	8
	■ 事前ガイダンス・事前アンケート	9
	■ 実習のながれ	10
	■ 2020年度のオンラインでの開講と今後の展開	12
4	ADVESラボ・スタディースペース	13
5	プレゼンテーション	14
	■ 目的 ■ 概要	14
	■ 工夫している点 ■ 学生のプレゼンテーション	15
6	学生のプレゼンテーション紹介	16
	● 理科1類1年生(当時) 重松 韻矢さん	16
	● 文科3類1年生(当時) 松島 かれんさん	20
7	受講生の感想	24
	● 理科1類1年生(当時) 近藤 和貴さん	24
	● 文科3類1年生(当時) 松島 かれんさん	25
	● 理科1類1年生(当時) 重松 韻矢さん	26
	● 理科2類1年生(当時) 作山 みゆさん	27
8	学生アンケート	28
9	座談会	30

### 担当教員



特任助教 堀 まゆみ  
Mayumi HORI

専門分野：環境分析化学  
担当授業：身近な環境化学実習  
一身の周りの水を水質調査から科学する、  
ADVESラボで研究体験、  
教養学部生のためのキャリア教室



特任助教 中村 優希  
Yuki NAKAMURA

専門分野：触媒反応・有機合成化学  
担当授業：環境化学実験 I-II-(b)、  
物質化学 I、身近な環境化学実習、  
ADVESラボで研究体験、  
教養学部生のためのキャリア教室

## ADVESが展開している実習

### ■ 身近な環境化学実習：一身の周りの水を水質調査から科学する

文理の垣根をなくし、化学実験体験および学生の積極的な議論を目的とした実習授業を4日間の集中講義として開講しています。キャンパス内や全国の水道水、世界のミネラルウォーターなどを試料として、「水」というテーマの中から、学生自らが課題を見つけ、実験を計画・遂行・考察します。最終日には、学生同士のピアレビューを取り入れたプレゼンテーションを行い、結果や考察に対する理解を深め議論できる場を設けています。学生自身が実験をデザインする自由度の高い実習内容は好評を得ています。



### ■ 身近な生命科学実習：マグロ属魚類の魚種類別実験

マグロの魚種を判別する実験体験を、3日間の集中講義として開講しています。マグロのPCR実験を通じて、DNA、PCR、次世代シーケンスなどの身近な生命科学用語を理解し、基礎的な実験スキルや考察方法を取得できるようなカリキュラムを実施しています。また、講義時間内で外部講師による特別セミナーを設け、「考えるトレーニング」についても取り組んでいます。



### ■ 環境科学実験 I-II-(b)

海外から進学してきた留学生のための、PEAKのES (Programs in English at KomabaのEnvironmental Sciences) コースの必修および選択科目として、化学分野の実習シリーズを実施しています。実験に必要な基礎知識の講義を実習の前週に行い、希望する学生に対してオフィスアワーを別途設けることで、さまざまな国から集まってきた多様なバックグラウンドを持つ学生に柔軟に対応しています。また、講義で使用する実習書の翻訳・編集も手がけ、教材開発にも注力しています。





## 実習の歩み

この実習は、私たちの生活にとっても身近な存在の「水」を科学的に分析して考える集中講義です。みなさんは「水」と聞いてどのようなイメージを持ちますか？私たちの生活において、身近な「水」として挙げられるのが、水道水や市販の水かと思えます。

水道水は採取場所や日時によって違いがあるのか、水道水と市販の水はどう違うのか、市販の水にはさまざまな種類があるがいったいどのような違いがあるのか、水道水を飲む？ミネラルウォーターが安全？などさまざまな疑問があるかと思えます。水道水やミネラルウォーターを題材に、水の成分にはどんな違いがあり、その理由は何かを考えることから環境化学に目を向けて欲しいと思い、この授業を企画しました。

授業を考えるにあたり、以下の2つのことを主軸に考え、従来のいわゆる「体験型」講義から脱却し、測定装置も研究室レベルの精度のものを使用して、学生の積極的な参加・議論を目的とした実習を展開しています。

- 文理の垣根をなくした、自然科学に興味を持ってもらえる授業の展開
- 学生が自由に実験を行える、自由度の高い実習内容

文科生にとって、大学に入学して以降、実験操作を行う機会はほとんどありません。そのような中で、文科生にも実験を体験できる機会が必要だと思いました。一方で、理科生には必修科目の基礎実験がありますが、実験の基礎を学ぶものであり、実習書に従い、決められた手順で実験を行うものです。学生の中には、決められた手順で実験を行うだけでは面白くない、という意見もあり、両者の意見をくみ上げられないかと考

えました。そこで、学生自らが分析試料を選択し、実験を計画・実行・考察する、という自由度の高い実習内容にすることを決めました。ただし、自由すぎると学生はどうすればいいかわからなくなるので、事例などを提示し、実験計画や考察を導くところかきやヒントを増やしながら授業を行っています。

さらに、日本全国の水道水や世界のミネラルウォーターなど約50種類の水を用意し、さまざまな種類の水があるということを知ることによって、学生の「水」への興味、意識を高める狙いがあります。おそらく、他学部や他大学における水を題材とした実験で、これほどまでバリエーション豊かなサンプルを用意している授業はないはずです。

また、実験結果に対するプレゼンテーションを取り入れ、さらに評価シートを用いてお互いの発表を評価しあうピアレビュー方式を採用することで、学生間で活発に議論できる機会を作りました。これらの手法を導入した背景には、さまざまな学問領域を自由に横断し、多角的に物事を考えるトレーニングができるようにする、座学の授業で得た知識を身の周りの環境に適應する楽しさを実習を通して伝える、という意味が込められています。また、この実習を通して、自然科学研究のプロセスを学び、研究の面白さを前期課程の学生にも伝えられるよう努めています。

一般的に、「環境化学」には、教科書的な答えがありません。そして、現場の環境に合わせた考察をしていく必要があります。例えば、ある物質の濃度が高かったとします。その土地の地質、都市部なのか山間部なのか、周囲に工場や廃棄場あるいは農地があるのかなど、理由は複数の道筋から考えられます。このように、一概には答えは出ませんが、この授業の考察では、理由が論理的に考えられていればOKとしています。「なぜか」

を考察するのが環境化学の第一歩。学生には、生物も物理も社会学も文理問わず色々な学問を総動員して仮説を立て、検証する楽しさと難しさを味わってもらっています。

身近なものに着目するという部門のキャッチフレーズから、自分たちが普段過ごしている駒場キャンパスに焦点を当て、そ

の中でも何気なく接している水道水を題材にし、それを自分の目で確かめられるという点において履修者の興味関心を得られていることが、授業後に独自に実施したアンケート調査からわかり、学生の興味と講義題材がマッチした実習になっていると感じます。実際に履修した学生からもとても好評であり、満足度の高い講義を展開できています。

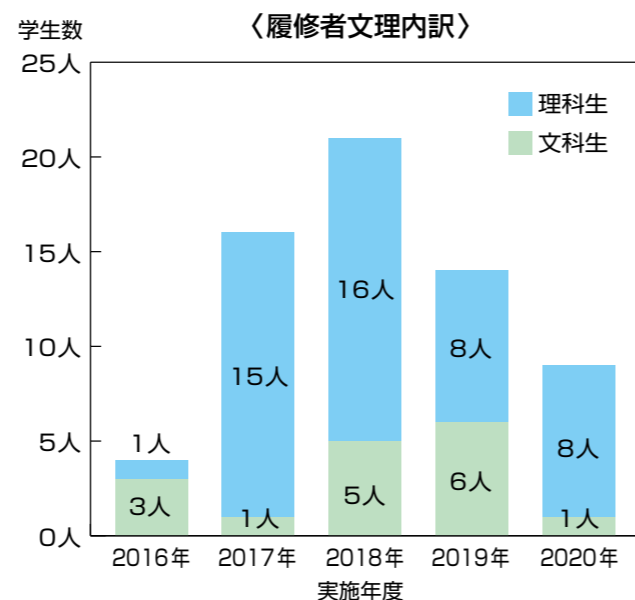
2018A list

水道水				
都道府県	商品名	種類	表示硬度 (mg/L)	
1	北海道	旭川のおいしい水 大雪のしずく あさひかわの水	石狩川浄水場で作られた水道水から塩素を除去してボトリング	25
2	福島	ふくしまの水	福島市水道水	15
3	福島	木戸川の水	小山浄水場(柳井町)水道水 給水区域:広野町、柳井町、高岡町、大熊町、双葉町	16
4	茨城	ひたちの水	十王川の水を浄水し、水道水にしたもの	29.5
5	栃木	飲ませいちご市のおいしい水道水	鹿沼のおいしい水道水	34
6	埼玉	天然井戸水 朝霞の雫	朝霞市内の深井戸から汲み上げた地下水	60
7	千葉	ちばボタ	オゾンと活性炭で高度浄水処理をした水道水 ちば野菊の里浄水場(松戸市)	56.3
8	東京	東京水	東村山浄水場 水道水	36.0 - 78.5
9	神奈川	神奈川のおいしい水 森のハーモニー	相模原市緑区の鳥屋浄水場で浄水した水	30
10	新潟	柳都物語	新潟市水道水(高度浄水処理水)を原料としたもの	40
11	富山	とやまの水	富山市水道水	29
12	石川	金沢企業局 ペットボトル金沢の水	末浄水場の水	23
13	静岡	静岡の水	水道水原水を製造業者で加熱等の殺菌処理を行ったもの	75
14	愛知	とよづい	小鷹野浄水場の水	69
15	京都	保津川のみぐみ	亀岡の水道水	表示なし
16	鳥取	よなごの水	米子市水道局 車尾水源地 深井戸3号 深さ86 m地下水	71.6
17	島根	緑の水	水道水(松江市島部浄水場)	30.1
18	広島	飲んでみんさい! 広島の水	牛田浄水場 水道水	19.6
19	山口	大吟醸の水	水道水をさらに活性炭処理	23.7
20	山口	淡如水	佐渡川の地下水(伏流水)を原水とし、防府市の上水道水源地から採取した水道水を活性炭でろ過、加熱殺菌したもの	24
21	愛媛	松山市 松山の水	近い将来、発生が予想されている南海トラフ巨大地震に備え、飲料水の備蓄をPRするため、水道水を原料にしたもの	表示なし
22	福岡	北九州の水道水	北九州市 水道水	表示なし
23	福岡	筑後川のみぐみ	筑後川から取水し、放光浄水場にて浄水処理をしたもの	表示なし
24	長崎	あじさいの雫	長崎市水道水入りペットボトル	25
25	大分	湯浴みの水	水道水原水(地下水)	表示なし
26	大分	耶馬溪源流水 青の洞門	大分県中津市耶馬溪町、山國川の源流近くから湧き出たミネラルたっぷりの、体にやさしい天然水	16
27	宮崎	天下一の水	水源の水を塩素を使わずに加熱殺菌してボトリング	表示なし
28	熊本	熊本水物語	水道水と同じ地層から湧き出る地下水を原料としてボトリング	84
ミネラルウォーター類(日本)				
採水地/メーカー	商品名	種類	表示硬度 (mg/L)	
29	山梨	横浜市水道局/はまっ子どうし	道志川の清流水 ボトルドウォーター	30
30	JES	希望の命水(めいずい)	(鉱物ミネラル抽出液)	116
31	コカ・コーラ	い・ろ・は・す	ナチュラルミネラルウォーター 鉱水	36.1
32	伊藤園/島根県浜田市	澄かたて、澄みきった日本の水 島根(沖縄県を除く/愛知以西エリア限定販売)	ナチュラルミネラルウォーター 鉱水	83
33	サントリー	奥大山の天然水	ナチュラルミネラルウォーター 鉱水	20
34	サントリー	阿蘇の天然水	ナチュラルミネラルウォーター 鉱水	80
35	サントリー	南アルプスの天然水	ナチュラルミネラルウォーター 鉱水	30
36	兵庫	神戸ウォーター六甲布引の水	ナチュラルミネラルウォーター 鉱水	113
37	上信越高原国立公園内	earthwater	ナチュラルミネラルウォーター	16
38	鹿児島県垂水市	財宝 天然 アルカリ温泉水	ナチュラルミネラルウォーター	4
39	大分	温泉水マグナ1800(長湯温泉)	ミネラルウォーター 温泉水	1800
ミネラルウォーター類(海外)				
国	商品名		表示硬度 (mg/L)	
40	フランス	エバー/Hepar	ナチュラルミネラルウォーター	1849
41	イタリア	クールマイヨール/Courmayeur	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	1612
42	フランス	伊藤園 エビアン	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	304
43	スペイン	ソラン・デ・カブラス	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	253
44	フランス	ボルヴィック/Volvic	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	60
45	オマーン	マサフィー/masafi	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	39
46	アメリカ	クリスタルガイザー	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	38
47	イタリア	サンタンナ/Sant'Anna	ナチュラルミネラルウォーター 温泉水	8.1
48	ルーマニア	アクアカルパチカ / AQUA CARPATICA	ナチュラルミネラルウォーター 鉱泉水	表示なし
49	マレーシア	オキシゲナイザー(高濃度酸素水)	飲用精製水	2

用意した水サンプルのリスト (2018年度版)

## 履修者の推移

この実習は、2016年度から始まりました。初年度は4名(文系3、理系1)の履修者でしたが、2017年度(2年目)には16名、2018年度(3年目)には50名の希望者から21名を選抜、2019年度(4年目)には28名から13名を選抜、ADVESラボ1名(理2)を選抜しました。3年目までの経験より、きめ細かい指導や実験室のスペースの関係から、15名程度が望ましいことがわかってきたため、4年目(2019年度)からは、履修人数を最大15名に制限しました。2020年度(5年目)は、コロナ禍の状況の中、オンライン授業開催になりましたが、9名が履修登録をしています。



## 授業構成

この授業は4日間の集中講義形式(10:30~18:00)で展開しています。2018年度までは3日間の講義期間でしたが、「追加実験がしたい」「考察の時間を増やしてほしい」などの、

時間に余裕が欲しいという学生からの要望、かつ指導面でもより細かい指導ができるように、2019年度からは4日間に実習日数を増やしました。

	AM	PM
集中講義前【任意】	●実習日前に採水 ●経時変化の観測	
Day 1	①知識の共有 ①試料選定・サンプリング	②五感を使って水の状態を調べる(利き水) ③定性・半定量分析(簡易分析、パックテスト)
Day 2	●どんなことを調べるか実験内容を考える ③定性・半定量分析(簡易分析、パックテスト)	④定量分析(分光光度法) ⑤結果考察
Day 3	⑥プレゼンテーション資料作成 ⑦発表練習	⑧プレゼンテーション(ピアレビュー)



	AM	PM
集中講義前【任意】	●実習日前に採水 ●経時変化の観測	
Day 1	①知識の共有 ①試料選定・サンプリング	②五感を使って水の状態を調べる(利き水) ③定性・半定量分析(簡易分析、パックテスト)
Day 2	●どんなことを調べるか実験内容を考える ③定性・半定量分析(簡易分析、パックテスト)	④定量分析(分光光度法) ⑤結果考察
Day 3	⑥考察、プレゼンテーション資料作成	⑦追加実験、文献サーチ ⑧スライドチェック
Day 4	⑥プレゼンテーション資料作成 ⑨発表練習	⑩プレゼンテーション(ピアレビュー)

1日目は、水に関する基本知識を共有した後、学生に自由なサンプリングを認め、キャンパス内へ採水に行ってもらいます。採水地としては、教室棟、体育館、水飲み場など、各自が気になる水道水を採取しに行ってもらいます。水道水のほかにも、キャンパス内の池(駒場池)や小川の水を採水する学生もいますし、事前に高層ビルなどに採水に行く学生もいます。

採取後は、分析の前に、水道水やミネラルウォーターを目・鼻・舌で利き水をしています。これがアイスブレイクの役割を果たしていて、特に文科生にとっては「水を調査・分析する」という堅苦しいイメージを払拭し、興味と親しみを持ってもらえる良い取り組みになっています。

次に、簡易分析キットで成分を分析します。環境化学のフィールドワークなどでよく使う「パックテスト(共立理化学研究所製)」というもので、水を入れると成分濃度に応じて試薬に色が付き、試料中濃度がわかります(比色分析)。

2日目は、研究室レベルの高精度定量分析を実施しています。自ら手を動かし、試薬の調製など本格的な実験操作を行います。

3日目(4日目)は、追加実験や考察、プレゼンテーションです。2016~2018年度では、3日間の集中講義として展開していたので、2日目の午後から3日目にかけて、駆け足でプレゼンテーション作りの指導と発表を行っていました。

2019年度には、追加実験や考察の時間に1日分を追加し、講義期間を4日間にしました。講義日を1日増やしたことで、プレゼンテーションの準備時間をしっかりと確保できるようになりました。講義の2日目にプレゼンテーションの概要や作り方、ならびに評価方法を説明し、3日目には、学生全員のプレゼンテーションスライドをチェックして指導したことで、追加実験の時間も確保することができ、考察内容に深みが増したと共に、全体的なプレゼンテーションの質も向上しました。

また、教員としても学生一人ひとりに対して、実験計画から考察、プレゼンテーション資料の事前チェックなどの指導が細かくでき、両者にとって充実した授業になりました。プレゼンテーション資料の事前チェックでは、実験結果や考察について相手に伝えたいことを論理立てて効果的に説明できるよう指導ができ、学生のプレゼンテーション能力の向上につなげています。

授業後の学生アンケートからも、実験を計画でき実行できる自由度の高い実習内容が大変好評でした。授業日数を増やしたこともプラスに働き、学生満足度の高い講義を展開すること

ができています。加えて、理転を悩む文科生が、進学選択の前に自然科学研究の一端に触れられ、将来を考える良い機会となっていることも実感としてあります。ほかの授業で得た知識や初年次ゼミナール、ALESS/ALESAでの学びとリンクできるような指導をし、学生の中の縦割りの知識につながりを持つように努めています。

また、2019年度からは、研究をしてみたいという学生の要望を取り入れた授業「ADVESラボで研究体験」を新たに開講しました。各自の実験計画に基づき集中講義期間を超えた長期スパンで実験を遂行し、論文形式でのレポートとして完成させ、一連の研究活動が体験できるプログラムとしています。



パックテスト



測定装置(紫外可視分光光度計)



定量分析

水道水は採水する場所・日にち・時間によって違いがあるのか、水道水とペットボトルの水はどう違うのか、ミネラルウォーターといってもいろいろな種類があるがいったいどのような違いがあるのか、ラベルに書いてある数値はどう解釈したらよいか、といったさまざまな水に関する疑問を、実習を通して多角的に考察し解決していきます。

## 目的

駒場キャンパス内の各建物の水道水や市販されているペットボトルウォーターについて、化学分析(試料サンプリング・前処理操作・測定)を実際に体験し、試料を構成している化学成分が何であるか(定性分析)、および、それらの成分の量あるいは濃度はどれくらいであるか(定量分析)といった情報を取得し、得られた結果から身近に接している水の状態を水質から捉え、環境化学的に解釈し考察することを目的としています。また、本

実習を通して、同一事象に対する物事の捉え方の違いを理解し、答えは一つではないことを理解することも目的の一つにあります。

さらに、実験器具の使い方や実験ノートのとり方だけでなく、水の汚染や環境基準といった用語の理解、水の化学的な測定方法、データの解釈の仕方についても学びます。

## 本実習の概要

環境化学(環境問題)には、教科書的な答えがありません。そのケースに応じた答えを出す必要性があります。本実習では、駒場キャンパス内の水道水、市販のボトルドウォーター、ポ

トル詰めされた日本各地の水道水などを試料とし、データの解釈の仕方について学びます。

- 1 駒場キャンパス内の水道水を採取する
- 2 五感を使って水の状態を調べる
- 3 水試料について比色法を用いて、定性的かつ半定量分析を行う
- 4 分光光度法を用いて、試料中の硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、りん酸態窒素、鉄などの定量を行う
- 5 得られたデータをまとめ、プレゼンテーション、ディスカッションを行う

## 実習スケジュール

	AM	PM
集中講義前【任意】	●実習日前に採水 ●経時変化の観測	
Day 1	●知識の共有 ●試料選定・サンプリング	●五感を使って水の状態を調べる(利き水) ●定性・半定量分析(簡易分析、バックテスト)
Day 2	●どんなことを調べるか実験内容を考える ●定性・半定量分析(簡易分析、バックテスト)	●定量分析(分光光度法) ●結果考察
Day 3	●考察、プレゼンテーション資料作成	●追加実験、文献サーチ ●スライドチェック
Day 4	●プレゼンテーション資料作成 ●発表練習	●プレゼンテーション(ピアレビュー)

## 事前ガイダンス・事前アンケート

本実習は、履修可能人数を最大15名としているため、事前に「履修登録」し、「事前ガイダンス」を受けただうえで、「事前アンケート」を提出した学生の中から、抽選にて選抜を行っています。ガイダンスは、例年12:20~12:50のお昼休みに1日だけ開催しています。事前アンケートは、紙媒体の場合はガイダンス終了時に提出、Googleフォームの場合は、ガイダンス日の15時までを回答期限としています。

### 事前アンケートの内容

- ◆自分でデザインした実験をしてみたいですか
- ◆この授業を履修しようと思った動機・学びたいことを自由に書いてください
- ◆この授業に関して質問などがあれば、記入してください

### 事前アンケートの役割

抽選の際の参考情報として利用します。下記2点を重点的に見て、評価しています。

- 1: 自分でデザインした実験をしてみたい意欲のある学生を優先的に選抜
- 2: 「履修の動機」に具体性があるか  
この授業では、学生の積極的な姿勢を求めているので、実習への熱意を具体的に記述している学生に注目します。

### 事前アンケート事例

- ◆この授業を履修しようと思った動機・学びたいことを自由に書いてください
  - この授業のように、一つのテーマについてまとめた時間の実験・研究をする機会は是非とも有効活用したいと思った。また、自分は将来化学系を志望しているので、この機会に化学実験の体験をしたい。
  - 自分は将来的に農学部の環境系の学科への進学を考えているのですが、水はその分野でも重要な位置にあると考えます。このゼミナールは、そんな自分の考えと一致しており大変意義深いものとなると予感しています。
- ◆この授業に関して質問などがあれば、記入してください
  - 実家の水や旅行先の温泉の水などを駒場まで持ってくる時に、保管する容器はどうしたらいいのでしょうか？ペットボトルなどに入れると他の成分が混ざってしまいそうだったのですが…。



## 2 五感を使って水の状態を調べる ～利き水～

水の状態を調べる方法として、私たち人間に備わっている五感を使う方法があります。そこで、利き水(tasting)に挑戦します。

味覚、のどごし、におい、などの五感と水のイメージから、どの水を飲んだか当ててみます。

用意した水(日本各地の水道水、ミネラルウォーター、海外のミネラルウォーター)を飲み比べ、軟水と硬水の違いや地域による味の違いなどを実際に体験します。

## 3 定性・半定量分析ー簡易検査キット(パケットテスト)を用いた水質分析

味覚やイメージだけではわからないものを、パケットテストで色を使って水質を観察します。

採取した水道水や用意してある水サンプルについて、パケットテストを利用し、色で成分量を比較し、試料濃度を測定します。(パケットテストとは:標準色と試料の色を見比べて、試料濃度を測定する簡易分析試薬。)

ここでは、「どんなテーマにするか」を考えながら実験をすることがポイントです。利き水で水を試飲した感想やパケットテストの結果を踏まえ、「どんなことに着目し、どんな水を分析するのか」を考えます。

パケットテストを利用して、何かしら傾向が見えてきたら、実験テーマの方向性を定め、深掘りしていきます。

パケットテストの結果はその日のうちに提出してもらい、教員が全員分の測定結果をまとめ、2日目の朝までに学生全員に配布・共有します。



## 4 定量分析

研究室レベルの高精度な分析機器を使用した定量分析の展開です。パケットテストでは、発色させた試料を標準色と比色し、おおよその濃度を測定しています。定量分析では、実験器具を用いて、試薬の調製やサンプルの調製を行い、測定装置を用いて、濃度を正確に測定し、数値として示します。本実習では、分光光度計またはデジタルパケットテストを用いて定量分析を行います。

ここでも、やみくもに分析していると考察が発散してしまうので、得られた結果から何がいえそうかを考えながら、実験を組み立てることを指導しています。自分がどんなストーリーを展開していくのかによって、何を分析するかは変わるので、よく考えて分析することを促します。



## ■ 実習のながれ

この授業では、各自で実験を計画し、試料を採取・分析、考察する、という自由度の高い実習プログラムを組んでいます。

そのため、与えられた題材をもとに、どんなものを対象に、何を調べてみるかは学生自らが決めていきます。

さらに、得られたデータを考察し、授業時間内でまとめ、発表します。

持ち帰りの課題などはないので、すべて授業時間内に完結できるようにしています。

学生は、与えられた時間枠の中で、分析時間、考察時間、プレゼンテーション資料作成時間を総合的に考えて、どんな実験にするかを計画します。実習の流れの詳細については、以下の通りです。

### 0 知識の共有

水についての知識や、環境化学的な考察の仕方、水に関する環境問題などについてレクチャーを行い、学生と知識を共有します。

また、日本各地の水道水、ミネラルウォーター、海外のミネラルウォーター、軟水から硬水まで幅広い種類の水を合わせて約50種類を用意し、一つひとつ紹介していくことで、水への興味を誘い出します。



### 1 試料選定、サンプリング

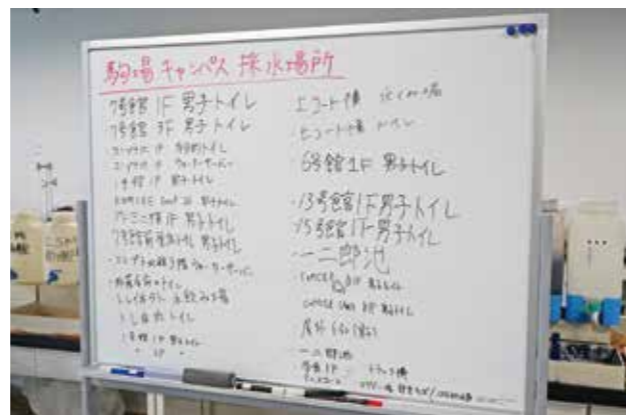
どんな水を分析するか考え、キャンパス内の水道水の採水場所を学生自身が決め、採取に出かけます。

採水地点数は、制限しません。調べたい水がある場合は、事前に採水します。

#### 〈採水場所を決める際の着目ポイント例〉

- 建物の1階と上階では違いがあるのか
- これまでの結果と比較する(経年変化)
- 日によって変化はあるか(経時変化)
- 駒場池や井戸水も対象として良い

採取し終わったら、学生同士で採水場所を共有し、なぜその場所の水を採水したかなどを発表します。



ADVESのオフィススペース(17号館1階)の一部を、講義やオフィスアワーに使用できる実験部屋(ADVES ラボ)と自習部屋(スタディースペース)として整備し、開設しています。

## ADVES ラボ

特別な試薬などを使用せずに行える試料調製や、水の実習のための予備実験を実施・指導できる実験部屋として開設しています。作業を行うための実験台とツールの導入や、測定のための装置を設置するなど、実験を行える環境を整えました。作業中は、窓を開けることで、十分に換気ができるよう配慮しています。

また、実験中でも調べ物ができるように、室中にはWifiも完備しています。



## スタディースペース

実験や実験結果をまとめる際に必要な文献調査や、デスクワークなどを効率的に行えるような自習スペースを整備しています。本棚には、参考資料を陳列し、デスクの上には調べ物を行うためのPCも設置しています。また、学生が持ち込んだラップトップでも作業ができるよう、デスクスペースを設けるほか、Wifiも完備しています。

デスクスペースは用途別にレイアウトを変更することが可能となっていて、文献調査やデスクワークのほかにも、オフィスアワーやミーティングにも使用できる仕様になっています。



現在は、ADVES ラボ・スタディースペース共に、主に水の実習講義のための施設として開設しています。今後は、更に実験設備や参考文献などを整え、使用用途を拡充していく予定です。

## 5 考察、資料作成、発表

実験で得た結果の精査、数値から考えられることは何か(なぜ高い/低い値なのか)について考え、考察をします。



## 6 プレゼンテーション

最後に、10分程度のショートプレゼンテーションを行います。学生が各自実験を開始した時点で、資料作成方法のレクチャーを行います。プレゼンテーション資料の大枠が完成したところで、教員が資料の事前チェックを行い、ブラッシュアップします。完成したら発表練習を各自行い、プレゼンテーションに備えます。プレゼンテーションでは、学生間で相互評価のピアレビューを実施しています。

## 2020年度のオンラインでの開講と今後の展開

2020年度は、COVID-19/新型コロナウイルス感染症の影響により、従来の対面式ではなく、オンラインで講義を開講しています。オンラインで集中講義を実施することは、学生の集中力の持続が困難なことから、集中講義ではなく、ターム開講として講義を分散して実施することとしました。

実習内容を一部変更し、測定機器を用いた定量分析の部分は省略しています。採水容器や水のサンプル、バックテストを郵送により学生に配布することにより、実験室環境を自宅に構築し、オンラインで実験ができるようにします。採水の仕方やバックテストのやり方などは、動画を撮影し、学生がいつでも閲覧できるようにしています。プレゼンテーションについては、

## ◆ 追加実験

考察を通して、不足しているデータ、自分の主張に対するサポートデータなど、どういことが足りないかを考え、必要に応じて追加実験を行います。バックテストや定量実験だけでなく、ろ紙上の沈殿物の酸抽出や顕微鏡観察など、実験室にある設備をフル稼働させながら、考察に必要なデータをそろえていきます。



## ◆ 以上のプログラムで4日間の実習は終了です

この実験プログラムを料理に例えるならば、  
 サンプル採取 → 何を料理するか考える  
 結果が揃う → 具材が揃う  
 考察 → 調理  
 発表・ディスカッション → 出来上がった料理の試食会となります。  
 いかに上手く調理できるかが腕の見せどころになります。

学生が余裕を持って発表に臨めるように、2週間に渡ってレクチャーやスライドチェックを実施することで、直接指導ができない部分を補います。

また、質問や相談などする時間をZoomによるオフィスアワーとして設けることで、授業時間以外に気軽に教員と話ができる環境を整えています。これによって、学生一人ひとりの進捗状況を細やかに確認し、手厚く指導していきます。

2021年度以降は、2020年度のオンライン講義を振り返り、利点をうまく取り入れていくことで、実験ならびにプレゼンテーション指導内容の拡充を図り、より効率的に学生の学びへと繋げていきたいと考えています。

## ■ 目的

学生に「研究」を体験してもらうためには、ただ実験を計画して行うだけではなく、得られたデータを解析し、まとめ、結論を導き出すことと、その成果を他者にうまく伝えるといった一連のプロセスが重要です。また、「同じ『水』という研究題材であっても、人によって着眼点や発想が違って来る」ということを肌で感じ、学びへと繋げてもらいたいという狙いからも、この講義では、学生一人ひとりにプレゼンテーションを行ってもらい、さらに、それぞれのプレゼンテーションをお互いに評価し合うピアレビューを取り入れています。



## ■ 概要

学生は、講義の最終日に、「なぜこの研究テーマを選んだのか?」という背景から、それぞれの実験で得られた結果についての考察と今後の展望までのストーリーを組み立て、10分間で発表します。一人あたりの持ち時間は、発表10分と質疑応答5分の計15分になります。一つのプレゼンテーションにつき、必ず一つは質問するつもりで参加することを徹底しているため、全ての学生がお互いの発表に自然と集中でき、質疑応答も活発に行っています。

質疑応答後は、発表者以外の全ての学生に5分程度でピアレビューを行ってもらいます。具体的には、評価シートにある全ての項目について記入してもらい、その場で集計したのちに、それぞれの発表者にフィードバックとして返却しています。他者の発表の良かった点や改善できる点などを指摘することで、自身のプレゼンテーションの振り返りだけでなく、新たな発見や視座の広がりへと繋げています。

毎年、多くの学生が、返却された記入済みの評価シートをその場で読んで、振り返ってくれています。特に、改善できる点が気になる学生が多いようで、「やっぱりここが足りなかったよな」など、感想を述べあっている姿をよく目にします。他者のプレゼンテーションを評価することで、自分に何が欠けていたかを既に反省できているのか、「やっぱりな」という感想が多く、当初の、学びへ繋げるという目的が達成できている手応えを感じています。プレゼンテーションをやらせればなしにせずに、学生の熱が冷めないうちにタイムリーにフィードバックを行うことで、よりスムーズに学びへと繋げていってもらえるよう、工夫しています。

観点	項目	評価
I. 内容	① 発表内容はテーマに沿っていたか	4 3 2 1
	② 発表の構成は適切であったか	4 3 2 1
	③ 話の内容をわかりやすく正確に伝えていたか	4 3 2 1
	④ 発表時間を守り時間配分は適切であったか	4 3 2 1
II. プレゼン用ツール・動作	① 資料は分かりやすかったか	4 3 2 1
	② 図、表、グラフ等を用いて見やすかったか	4 3 2 1
	③ ツールの操作や活用を習熟していたか	4 3 2 1
	④ 大事なポイントが強調されて伝わったか	4 3 2 1
III. 話し方	① 声の大きさは適切であったか	4 3 2 1
	② 話すスピードは適切であったか	4 3 2 1
	③ 明確でメリハリのある話し方であったか	4 3 2 1
	④ 間の取り方は適切であったか	4 3 2 1
IV. 動作	① ボディラングージは適切であったか	4 3 2 1
	② アイコンタクトは適切であったか	4 3 2 1
	③ 動きは伝わったか	4 3 2 1
特に評価したい点とその理由	改善点に対するアドバイスや指摘	
あなたの興味関心からの感想	その他なんでもどうぞ	

ピアレビューで実際に使用している評価シート

## ■ 工夫している点

この講義では、研究テーマの設定における自由度が非常に高く、そこがチャレンジングだと感じている学生は少なくありません。それに加えて、プレゼンテーションのスタイルも自由にしてしまうと、学生にとってストレスになってしまう可能性があります。そこで、研究テーマ設定と得られた結果、そしてその考察を、論理的かつ端的にまとめ、お互いの発表内容を評価し合って活発な議論へと導くために、細かいルール設定を心がけています。

以下に、プレゼンテーションで取り入れている代表的なルールを紹介します。

- 発表時間は、一人10分+質疑応答5分で、特に実験データのスライドについては、一つのスライドにつき1分以上は説明時間を確保する(理想のスライド数は5~6枚)
- 「1スライドに掲載していい内容は、1テーマだけ」を徹底する
- テーマカラーをうまく選ぶことで、与えたい印象を操作する(ただし、色はたくさん使いすぎない。理想は3色まで)
- グラフや表を効果的に使って、データの見せ方を考える
- 発表練習を最低3回はする
- カンペは禁止
- 発表順は、学生同士で決める
- 発表時は、レーザーポインターか指し棒を使用する
- 進行は、発表者が行う
- 発表時間と質疑応答の時間を守るために、教員がお知らせベルを3回鳴らす(7分・10分・15分で鳴らす)
- 最低でも一人3回は質問する
- 評価シートの全項目を、忖度なしで記入する(白紙の項目があっても書かないし、良いことばかり書いても発表者のためにはならないことを予め周知)



## ■ 学生のプレゼンテーション

実際の事例として、重松韻矢さん(p.16~p.19)と松島かれんさん(p.20~p.23)に、プレゼンで使用したパワーポイントを掲載してもらいましたので、ご参照ください。



理科1類1年生(当時)  
重松 韻矢さん

1

## ウォーターサーバーの水は トイレの水より安全なのか

重松 韻矢  
2020/2/6  
- 駒場の水を水質調査から科学する -

2

必ずどちらかの水を飲んでください



3

### 遊離残留塩素について

- ・殺菌を目的に入れられた塩素のこと
- ・有機物を分解すると同時に減ってしまう
- ・24時間以上滞留状態にあると蒸発してしまう

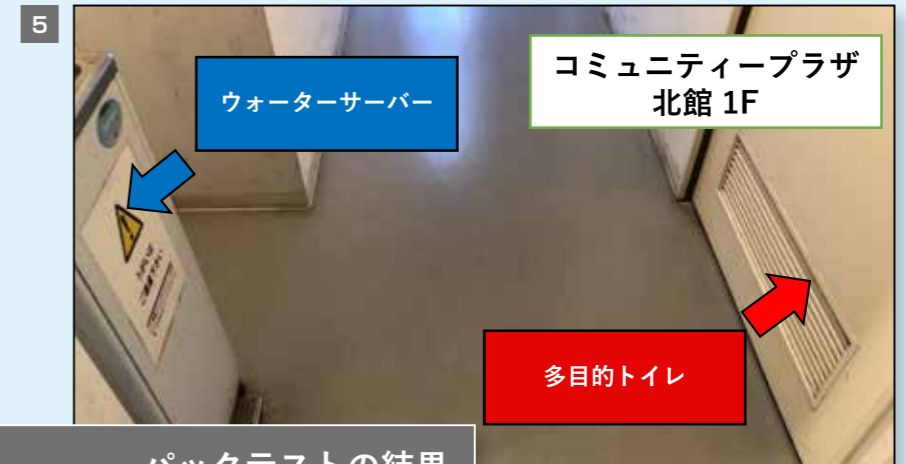
「遊離残留塩素が減っている」  
||  
「有機物との接触の可能性」・「どこかに水が貯められている可能性」

4

### 遊離残留塩素と安全性

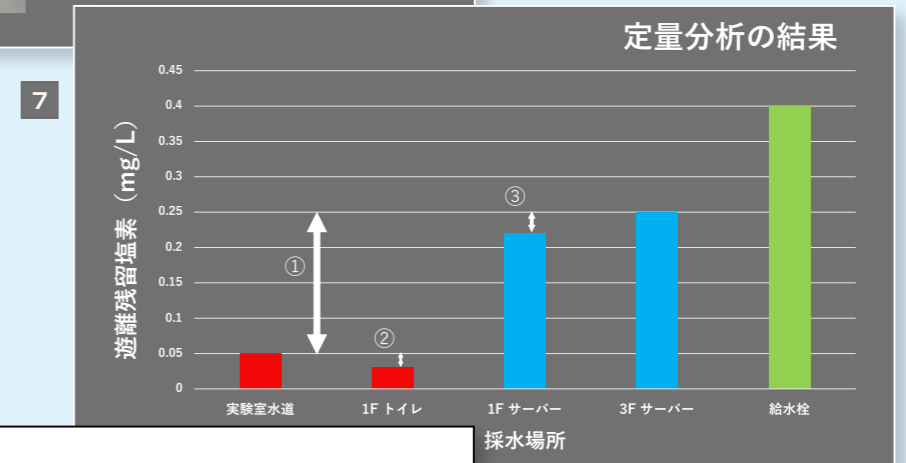
- ・消毒剤としての塩素はほぼ全ての細菌の殺菌に効果がある
- ・水道法で濃度を 0.1 mg/L 以上にするように決まっている

遊離残留塩素の減少  
↓  
細菌が繁殖しやすい環境の形成  
↓  
感染症のリスクが高まる



6

### パケットテストの結果

8

### 疑問点

- ① 水道の水とサーバーの水における差
- ② 実験室の水とトイレの水における差
- ③ 1Fのサーバーと3Fのサーバーにおける差

特に大きな差になった①に関して  
水道の水とサーバーの水で受水槽の有無が異なる？

### 考えられる要因

- ① 水道の水とサーバーの水における差
  - 水道の水は1度大きな受水槽に貯められ残留塩素が減るから
- ② 実験室の水とトイレの水における差
  - トイレの水は温めるタンクに貯められさらに残留塩素が減るから
- ③ 1Fのサーバーと3Fのサーバーにおける差
  - 3Fのサーバーの採水時刻が自動洗浄の直後であったから

### まとめ

遊離残留塩素濃度を0.1 mg/L以上にするよう、水道法で定められている

トイレの水 … 0.05 mg/L 未満

ウォーターサーバーの水 … 0.20 mg/L 以上



残留塩素の観点からは …

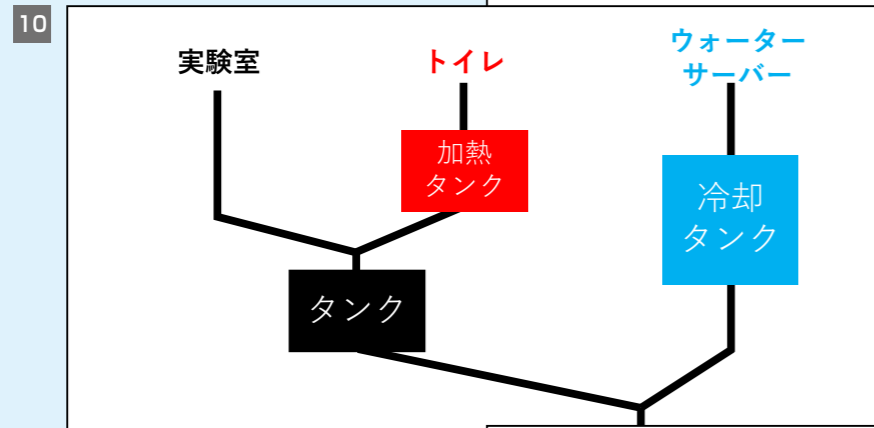
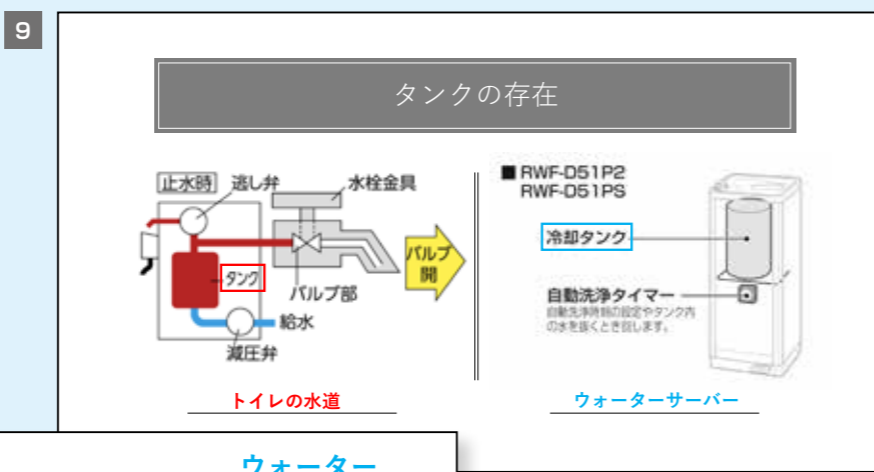
トイレの水よりウォーターサーバーの水の方が安全である!

### 参考

- <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2002/10/s1007-5c.html>  
水道法
- [https://search.toto.jp/tr/03629RS\\_200703.pdf?\\_ga=2.172138017.389348181.1580867867-1541350964.1580867867](https://search.toto.jp/tr/03629RS_200703.pdf?_ga=2.172138017.389348181.1580867867-1541350964.1580867867)  
TOTO蛇口
- <http://www.toshiba-living.jp/manual/pdf?no=63124&fw=1&pid=9338>  
TOSHIBAウォーターサーバー
- <https://www.catalabo.org/portal/cv.do?c=57736020000&pg=381&v=CATALABO&d=link>  
TOTO湯ぼと
- <https://www.waterworks.metro.tokyo.jp/suigen/kekka/today.html#suishitu>  
東京都水道局

### ◆ 授業でデザインした実験を続けるとしたら、どんな実験計画を立てるか、または、今後実験をやるとしたらどんなことをしたいか(やってみたいテーマ) など

今回僕は冷水機の水と水道水を残留塩素の観点から比較し、冷水機の水の安全性について調べました。冷水機の水の安全性は「自動冷却機能」によって担保されていると考え、自動洗浄直前と自動洗浄直後の水に含まれる残留塩素を測定しました。しかし、自動冷却機能が搭載されていない冷水機については測定できなかつたので、実験を続けるとしたら測定してみたいです。さらに今回コミプラ北館の冷水機は12時38分ごろに自動洗浄されていることがわかりましたが、どの時間帯に自動洗浄を設定するのが最も安全なのかについても調べてみたいです。



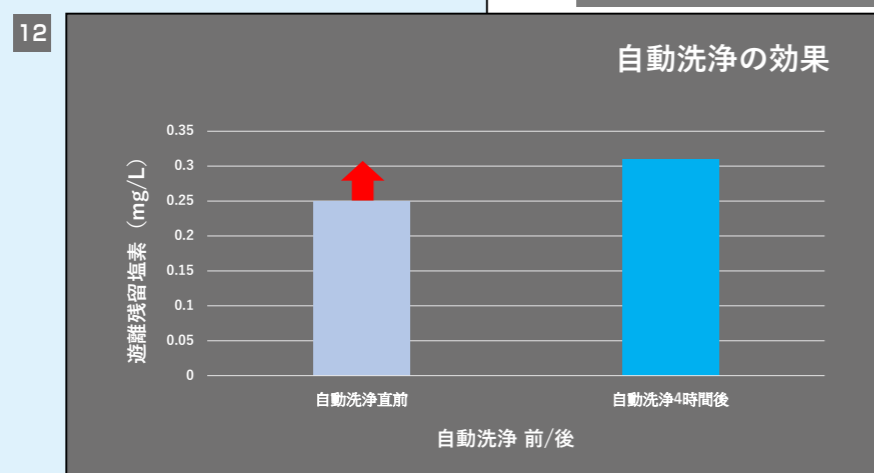
### 自動洗浄機能

24時間毎にウォーターサーバー内の飲料水を約5分間出し続けて水を入れ替える機能のこと

↓

冷却タンクがあっても、残留塩素を減らさずに水を出することができる

コミプラ北館 3Fのサーバーの自動洗浄の様子



13

14

15

12

11

9

文科3類1年生(当時)  
松島 かれんさん

1

## 駒場の水を科学する ～ラグビー場の2つの水道の違い～

松島かれん

2

### なぜラグビー場の2つの水道に着眼？

<日常生活からの興味>  
・ラグビー部部室側の水道水を自身の部活で使用する  
→どんな性質を持った水？安心して飲める？

<本授業でラグビー場へと調査に行ってみたら…>  
・練習時、気付かなかった水道の存在を発見：ラグビー部部室から離れたところの水道  
→いずれもラグビー場付近、地理的距離は近い。  
違いはある？

では…  
→包含している物質とその量を比較し、化学的な実験を試みる  
→さらに、付近の環境やその他の原因にも着眼して、研究してみよう

3

### 採水場所

←A地点  
←B地点 (左: 蛇口 右: 蛇口のすぐ上)

ラグビー場のラグビー部部室そばの水道をA、3号館側の水道をBとする。

4

### ラグビー場にある2つの水道水の違い

物質の種類	残留塩素	総残留塩素	全窒素(無機)	アンモニウム	鉄	硝酸態窒素	COD
部室側(A)	0.23mg/L	0.32	0.9	0.27	0	0.139	2.9
部室から離れた方(B)	0.05以下	0.05以下	1.1	0.20以下	0.05以下	1.535	8.5

比較したのは…  
ラグビー場にある部室の側の水道水 と ラグビー場にある部室から離れた3号館側の水道水

<読み取り結果>  
部室側の水道水のCODが高い→部室側の水道水より綺麗でない…？  
→残留塩素/全窒素(無機)/硝酸態窒素・アンモニウム)に着眼し、考察してみよう  
残留塩素: 殺菌目的で添加されるが、水道水に含まれていないということは有機物と接触した可能性  
全窒素(無機): 植物の窒素同化が影響し、樹木などの分解で上昇したり、肥料の関係で上昇したりして、CODを高めた可能性

5

### 残留塩素/総残留塩素に関する結果

総残留塩素=遊離(残留塩素)+結合(残留塩素)  
遊離: 殺菌力の指標 結合: 汚れの指標

物質の種類	遊離	結合	総残留塩素
部室側(A)	0.23	0.09	0.32
部室側(B)	0.05以下	0.05以下	0.05以下

<二者の状況を比較>  
・Bは「木の下」にあり、Aより木との距離が近い。葉も見られる/Aは木との距離がBより遠く、葉もない。  
・Bは土壌が近くにあり木が数本立ち並ぶが、Aは付近はアスファルトで舗装され、木は2本あるのみ。  
・Bの蛇口は「上向き」であった/Aは「下向き」であった(4日間行ったところ、Bは3日間上向き、Aは1日上向き)  
・Aは、ラグビー部の練習で使用されていた(2/5採水時確認)が、Bは使用されていることを見たことはない。

<疑問>  
・Bは有機物と接触したことで残留塩素が含まれていないのか？  
(日本において、残留塩素が水道水に含まれていない、ということは有機物との接触が考えられるため)  
→本当に有機物が含まれているのだろうか？ その証拠は…？

6

### Bの値(残留塩素/COD/硝酸態窒素)の考察

①有機物との接触  
・CODに着目した時、BはAのおよそ3倍…！ (CODは「有機汚濁を測る指標」(参考文献1より引用))  
・定量分析してみると、硝酸態窒素の値もBはAのおよそ11倍…！  
(硝酸態窒素は生活排水、肥料などによって生み出される)  
→もしかして、何か有機物が混入しているのでは…？

②蛇口の向き  
・Bの蛇口が上向きで、雨水などが付着した可能性  
→2016年本講義の研究結果で、上向きの蛇口の方が下向きの蛇口よりCODが高いことが報告されている。  
→東京の天気(降水): 1/29 AM1~8、2/3 AM2~4 (参考文献2参照)  
もし上向きであった場合、有機物が蛇口の中に混入しやすくなるのではないかと  
→もしかして、何か有機物が混入しているのでは…？

③使用頻度  
・Bは、2/4採水の試料にも2/5採水の試料にも残留塩素は含まれていなかった  
→「学校や会社など、夏休みや連休で水を使用しなかったとき」(参考文献3より引用)に残留塩素濃度低下  
→実際、自身の部活でもあまり使用しない上、現在オフ期間。  
2/5採水時、ラグビー部がAを使用しているのを目撃したが、Bの使用はその時点では目撃しなかった

7

### 有機物の混入の可能性…？

・以上の考察から、Bの水道水には「有機物」が混入している可能性が浮上。  
→どのように調査すべきか…？ 先行研究…？ 文献…？

しかし…  
先行研究や文献を辿っても、本当にBの水道水に有機物が混入しているかどうかは、Bの水道水について直接的に調査された研究が今までない以上、確たる証拠は得られない…

→「本当に」有機物が混入しているか、自分の目で確かめてみたい  
→「顕微鏡」を使用してみる！

8

### Bの水道水の顕微鏡を用いた実験

<実験方法>  
① 2/3と2/6に、B地点で採水してきた試料をろ過する。(日付による変化も考察するため)  
② ろ過して得られたろ紙を顕微鏡で見比べて、有機物を探してみる  
③ 同様の手順で純水も顕微鏡で見比べてみる。

肉眼で見たとき、3つのろ紙には違いがほとんど見られなかった。  
→顕微鏡で見比べてみる…？

### ◆なぜこのテーマを選んだのか

調査するのであれば、出来るだけ自分にとって身近な水を研究したいと思いました。というのも、身近な水道などを研究対象とすれば、周辺の環境など研究を深められる可能性を有する知識を事前に持っているかもしれない、と思った上、受講の動機にも書かせて頂いたように、水の違いの原因に少しでも気付けたらと思ったからです。そこで、私はア式蹴球部女子に属しており、平日の夜、駒場キャンパスのラグビー場で活動しているため、ラグビー場の水道水について調べてみたいと思いました。また、練習中、ラグビー部の部室側にある水道の他に、もう一つ水道があることに以前気付い

たことを思い出し、その二つの水道水に違いはあるだろうか、と気になって調べることとしました。次に述べることは確定的な証拠があるわけではありませんが、ラグビー部部室側の水道水はよく使用されているのを見かける一方、もう一つの水道はあまり使われているのを見ることがなく、違いがあるのではないかと漠然と思ったことも理由の一つです。実際に、2地点で採水し、様々な成分を調べたところ、4日間のうちの日に採水した水道水も、二者の間に違いがある成分があったので、さらに興味深いと思い、テーマとして調べました。

### ◆実験結果と考察

部室側の水道水をA、部室から離れた方にある水道水をBと記述させていただきます。AとBの含有物質を比較したところ、Aは残留塩素が0.23mg/L含まれているのに対し、Bは0.05以下と判明し、この違いに興味を持ちました。硝酸態窒素はAが0.139、Bは1.535と大きく異なり、CODもAは2.9、Bは8.5と大幅に異なっていました。値の違いに加えて、他にも、Aと比較し、Bの方が木や葉との距離が近く、A付近はアスファルトで舗装されている一方、B付近は土壌が見られる、調査時、Aはラグビー部により使用されていたが、Bは使用されていなかった、などの違いから、Bは有機物と接触したことで残留塩素が含まれていないのではないか、という仮説を立てました。殺菌力の指標となる遊離塩素、汚れの指標となる結合塩素、そして総残留塩素の値はそれぞれ、Aは0.23、0.09、0.32、Bはすべて0.05以下でした。しかし、有機物が本当に混入しているかどうかは、AやBに関する先行研究もないため、確たる証拠は今回得られないのではないか、と思い、悩んでいました。その時、実際に顕微鏡で観察してみると、有機物を見つけられないだろうか、と先生からアドバイスをいただき、実際に、顕微鏡で見てみることにしました。AとBの水道水をろ過し、

そのろ紙を顕微鏡で見る、という実験をしました。Aのろ紙を確認することができず、実験として不備があることは否めず、大変申し訳ありません。しかし、純水と異なり、Bには何らかの物質が含まれていることが判明しました。さらに、2/3と2/6の採水を比較した時、2/6より、2/3の水の方が有機物を多く含んでいることが確認できました。2/3には明け方に雨が降っていたこと、2/3より毎日採水を行い、蛇口を使用したこと、2/6の採水試料に有機物が少なかったこと、ラグビー部の使用する水道はAであり、Bでなかったこと、自身の部活でもAの水道を利用し、Bは用いないことなどから、短い期間しか調査できていないので、推測の域を出ないのですが、使用頻度もまた、有機物の混入量、あるいは、残留塩素への影響を及ぼしている可能性を示唆したいと思います。今後についてですが、顕微鏡で確認された有機物のさらなる解析を進めれば、そもそもこの物体は何か、有機物の場合、どのようなもので、どのように混入しているのか明らかにすることができると思っています。木による影響や、蛇口の向きなど、影響を与えている要因を解明できたなら、Bの水道水の質の向上へ繋がると思っています。

### ◆授業でデザインした実験を続けるとしたら、どんな実験計画を立てるか、または、今後実験をやるとしたらどんなことをしたいか(やってみたいテーマ)など

授業でデザインした実験では、採水したものを顕微鏡で見て、何らかの物質があることを確認できたのですが、その物質が何か、という点の特定までは至りませんでした。その物質が何かを特定し、その物質が2地点の水道水の違いにつながっているのか、非常に気になっているので調べてみたいです。2地点の環境の違いが水道水の成分の違いに影響しているのか、その点を深めて調べてみた

いです。授業でデザインしたテーマとは大きく異なり、また、未熟な私にはあまりにも大きなテーマであると承知しておりますが、受講の動機として書かせて頂きましたように、自分がなぜ「白神山地の水」以外に苦味を感じていたのかを調べてみたいです。(p.25を参照) ペットボトルの飲料水の間に存在する成分の違いとその違いから生じる苦味の違いを調査してみたいと思っています。

9

### Bの水道水の顕微鏡を用いた実験

<実験結果>

純水のろ紙



2/3採水Bのろ紙



10

### Bの水道水の顕微鏡を用いた実験

<実験結果と考察>

- ・純水の方では何も確認できなかったが、Bの方には有機物と思われる物質の存在が確認できた。
- ・さらに、2/3と2/6の採水を比較した時、2/6より、2/3の水の方が有機物が多く含まれていることが確認できた。
- Bの水道水には「有機物」が含まれている!

- ・2/3には明け方に雨が降っていた。
- ・2/3より毎日採水を行ったこと
- ・2/6の採水試料に有機物が少なかったこと
- ・採水時、ラグビー部の使用していた水道はAであった。その時はBは使用されていなかった。
- ・自身の部活でもAの水道を利用し、Bを用いている時は目撃したことがない

→ある一定期間使用の有無を調査したわけではないので、推測の域を出ないが、使用頻度も有機物の混入量に「影響を及ぼしている可能性」。

11

### まとめ

<調査>  
距離の近いAとBの水道水に含まれる成分を比較→Bの方が残留塩素が少なく、COD、硝酸態窒素が多い

<仮説>  
残留塩素の特性(有機物との接触で濃度低下)やCODの特性(有機汚濁を示す)、硝酸態窒素の特性から、**Bの水道水に有機物が混入している**のではないかと...

<実験>  
Bの水道水と純水をいずれもろ過し、顕微鏡でろ紙を比較→**Bの水道水には有機物が確認された**

<考察>  
Bの水道水には有機物が混入していたため、残留塩素濃度が低下し、COD、硝酸態窒素が高い値を示した可能性  
→蛇口の向き、付近の環境の影響

<本研究が有する意義>  
Bの水道水に有機物が含まれる、という事実だけではない。顕微鏡で確認された有機物のさらなる解析を進めれば、その有機物がどのようなもので、どのように混入しているのか明らかにすることができる。水道の上空が木で覆われていることが影響しているのか?などが判明するだろう。  
→Bの水道水の質の向上へ  
→それは、飲料水としての安全性を高め、人間の健康にも影響

12

### 参考文献一覧

参考文献1:  
水環境学会 『CODあるいはBODはどちらも環境水質では』 (発行年不明)  
<https://www.jswe.or.jp/publications/jutaku/wsi/pdf/seikasyu-003.pdf> (最終閲覧日:2020年2月6日)

参考文献2:  
国土交通省気象庁 『各種データ・資料』 (2020)  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/hourly\\_s1.php?prec\\_no=44&block\\_no=47662&year=2020&month=02&day=03&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/hourly_s1.php?prec_no=44&block_no=47662&year=2020&month=02&day=03&view=p1) (最終閲覧日:2020年2月5日)

参考文献3:  
東京都福祉保健局 『残留塩素濃度の管理に注意を!』 (発行年不明)  
[https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/nisitama/soudan/chosui.files/zan-en\\_chuui.pdf](https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/nisitama/soudan/chosui.files/zan-en_chuui.pdf) (最終閲覧日:2020年2月5日)



理科1類1年生(当時)  
近藤 和貴さん

私は、かつてから川を渡る際にその水の水质を気にしてしまう程度は「水」というものに対する関心を持っていました。そんな中、1Aセメスターの履修科目を決める際にシラバスで本授業に行き着き、扱う内容を見て日本全体というマクロな視点で見ると水には硬さなどの地域差があって、また動いている水と動かない水(小川と池など)の間にも目で見てわかる程度の差があるが果たして駒場キャンパスという高々1kmの圏内に収まるサイズの土地の中の水道水で場所によって水质に違いはあるのだろうか、という疑問が生じたことが本科目の履修に至った直接のきっかけです。

ガイダンスの際にはなんとなくある程度決められた枠に沿って実験を進めて出た結果を発表の形で共有するというALESSに似たような授業体系なのかな、という感じがしました。しかし、実際に最後まで受講してみて抱いた感想としては実験器具の種類の制限を除けば極めて自由な形であり発表の際に全員のテーマも多様で、何かしら水に関わっているという点では共通であるものの、何をやってもいいんだ、という雰囲気を感じました。

私自身について、はじめはもともと知りたかったテーマに沿って駒場のあちこちで採水した水道水の硬度、pH、残留塩素、鉄分などを闇雲に測りたいだけ測ってデータを集めることに終始してしまい(そもそも計測する作業自体が面白かったというのもあります)、考察する時間を圧迫する結果となってしまいました。はじめは長すぎると思っていた4日間も後半では短すぎるように感じられ、もう少し時間がないと十分な結果を得られない、と不満を感じた反面、研究の体験というテーマに則するには限られた時間で必要なデータのみを集め報告するというプロセスを学ぶことが重要なのだと理解しました。

結果的にはキャンパス内の各水道の使用頻度の違いから生じる水の滞留時間の違いに残留塩素の濃度が依存すると考えると腑に落ち、更に駒場の水との比較のために用いた関東平野の地点ごとのボトリングされた水道水同士を比較して地質や河川の延長や井戸の深さなど多面的に考察することで2つのテーマからなるまとまったプレゼンが完成したわけですが、発表の準備の終了直前まで納得できない点をしらみ潰しにしていく作業が終わらずひたすら焦っていたと記憶しています。もともと授業に参加するにあたってテーマとしていた疑問は氷解したのですっきりしていますが、今後実験を続けることができるなら必要な箇

所を絞り切ってその地点における水质の経年変化を見るという実験をしてみたいと考えています。

この授業の中で、発表の構造および論理構造(時間不足で焦る中)迷いなく組み立てることができたという点で、科学論文のスタイルを学ぶALESSの授業は役に立ったと考えています。1Aセメスターで履修した基礎実験(物理)とは、初めに予測したものとは全く違う結果になりうる、実験の進め方は自分で決めなければならない、どこまで実験・考察すれば良いかは自分に委ねられるという点で本質的に異なるように感じましたが、それぞれ違う楽しみ方ができたように思えます。

やはりこの授業については前述の通り自由に進められる、ということが最大の魅力であり、それは同時に方針をうまく立てられない人や自分で疑問を見出すことが苦手な人には厳しいことだと思います。ただし授業の(分厚い)マニュアルは内容が充実していてその中から自分のする実験をデザインすることもでき、実験中に分からないことが出てきてもサポートの体制は充実しているので、何か実験をして疑問を解決するということを経験してみたい、と考えている人にとっては水について特段興味があるわけではなくてもびったりで、楽しく授業を受けることができると思います。

4日間の授業では先生方、TAの方には大変お世話になりました。ありがとうございました。



文科3類1年生(当時)  
松島 かれんさん

### ●受講のきっかけ

受講の契機は、自分自身の日常の中にあります。幼少期から、ペットボトルの飲料水や水道水の味の違いを不思議に思っていました。「白神山の水」というペットボトル飲料水があるのですが、その水以外の全ての水に「苦味」を感じていて、周りの人に「この水の味が少し苦手です」と伝える度に首を傾げられ、私が敏感なのか、それとも思い過ごしなのか、とても疑問に感じ、いつか理由がわかったらいいなと漠然と思っていました。また、私は海や川といった自然環境における水に興味があり、将来、水中生物の研究ができれば、と思っているため、「水」というキーワードのもと開講されている本授業に魅力を感じたことも理由の一つです。文理問わず多くの授業を受講できる前期教養学部だからこそ、文系に属しながらも理系に近い本授業にも迷うことなく、受講してみたいと思いました。

### ●ガイダンスを受けた時と実際に受講してみてどうだったか。

#### 前後でのイメージの変化など

ガイダンスを受けた時、受講させていただいたら非常に充実した学びを得られるのではないかと、思いました。文系の私には背伸びが必要だけれど、4日間を通して、多くの新しい知識が得られると思っただけでなく、実験をデザインする、という全く経験したことのない領域を体験させていただくことで、大きく成長できるように思いました。ただ、前述の通り、理系の知識が皆無なことが非常に心配で、先生に直接ご連絡したほど不安でした。ですが、実際に受講してみると、できないことへの不甲斐なさ以上に、新しい知識が得られること、実験を深めていく中で自身の成長を感じることに喜びが大きかったです。4日間の中で、2日目の後半あたりから3日目の前半まで、実験の考察がどうすべきなのか、調べるほど混乱してしまい、プレゼンができないまま終わってしまうのではないかと非常に焦りましたが、4日目の朝、顕微鏡で採水したものを見ていた中、何らかの物体の存在を見つけた瞬間の喜びは本当に大きかったです。実際に授業を受講する前、本授業を通して自分が成長できる、と確信する一方で、自分で実験をデザインし発表するなんてできないかもしれない、という不安も大きかったのですが、授業を終えた今は、疑問を突き詰めて研究していくことの面白さを知ることができ、受講して本当に良かったと心の底から思っています。

### ●自分で実験をデザインすることを体験してみて、どうだったか

自分で実験をデザインするにあたり、当初、どこから何にどのように手をつければいいのかかわからず、戸惑ってしまった瞬間がありました。また、疑問が生じ、調べたいテーマが決まっても、これを主張するためにどのようなデータを集めたらいいのだろう、このデータは何の証明につながっているのだろう、と実験をデザインして研究していく中で、何度も困難にぶつかっていました。理系の知識があったら、と思ってしまう時もありました。ですが、その度に先生や友人が相談に乗ってくれたり、適切なアドバイスをくださったことで、落

ち込んで立ち直り、実験を行うことができました。自分で実験をデザインすることは、もともと授業前の自分ひとりには非常に難しいものでしたが、先生方に助けて頂くことで多くの学びを得ることができたと思っています。

### ●授業での面白かった点や苦労した点

先生が研究でどのようなことをなさっているかのお話を伺ったことが非常に印象に残っています。というのも、先生のお話を聞き、今まで見ていた「水」のイメージが突然変化したように感じられたからです。水が循環していること、水が日常と深く結びついていること、など、理解しているつもりでしたが、どれほど自分の知識が浅いものかを痛感し、水の見方が大きく変わりました。メトヘモグロビン血症のことを知った時には衝撃が走りました。今こうして当たり前に水道水を使用していますが、自宅に水が来るまでにどれほどの作業が行われているのか、そして、水が人間にどれほど影響を与えているのかを認識し、水の奥深さを感じられたことが印象深いです。また、テーマを決め、実験対象のものを集め、調べ、考察する、という一連の流れを自分で行っていき、という初めての経験において、何度も戸惑いながらも、先生方からのアドバイスを頂くことで乗り越えられ、プレゼンまで迎えた瞬間の言葉にならない喜びは忘れられません。苦労した点として、私は2地点の水道水の違いを調べたのですが、その違いが果たして採水日に偶然生じた違いなのか、それとも、二者が常に抱える違いなのか、という点に不安を抱え、毎日採水し、調査していました。また、含まれている物質などを比較しても、その違いがどこからもたらされたかを深めていくにあたり、どこからどのように調べたら良いのかかわからず、非常に苦労しました。調べても、その後の考察をどのように進めたら良いかわからず、とても難しかったです。

### ●ALESA、初年次ゼミナールでの学びは、この授業に役立ったか

ALESAや初年次ゼミナールの学びが非常に役に立ちました。ALESAや初年次ゼミナールでは、自分の抱いた意見に対してどのようにその意見を論理的に証明し、他者に明瞭に伝えたいのか、というところを学べたように思います。疑問を明らかにする時、一つひとつの段階が着実に証明できているか、すなわち、論理に飛躍がないか、という点を非常に重視することの重要性を学びました。また、同時に、自身が研究して疑問を解消して終了するのではなく、プレゼンなどを通して、他者に伝えるところまでが大切であることや、研究を進めていくにあたり、先生や仲間と頻りにコミュニケーションを取り、評価して頂くことで自分では気付かなかった観点を教えて頂き、研究を深めていくことができる、とも学びました。この授業でも、まず、自分が調べたいことや明らかにしたい疑問を整理し、その疑問はどのようにしたら解明できるのかを考えていきます。最終的な自身の主張に辿り着くまで、その証明の過程に論理の飛躍はないか、非常に注意することができたのはALESAや初年次ゼミナールでの学びがあったからだと思います。また、それらの授業を通して、他者からアドバイスをいただく事の重要性を感じていたため、先生や友人に積極的に相談させて頂き、こまめに評価をしていただくことができました。本授業の最後に行ったプレゼンでは、ALESAや初年次ゼミナールでのプレゼンを通して学んだことを生かすことができただけでなく、プレゼン前に注意点を本授業内で教えていただいたことで、さらにプレゼンを深められ、自身の成長につながったのではないかと感じています。

理科2類1年生(当時)  
作山 みゆさん

私がこの講義を受講したいと思ったきっかけは、もともと水回りの環境や生態の研究に興味を持っていて、それに関係した主題科目をシラバスで調べていた時に、この講義を見つけて興味を沸かしたことであった。ガイダンスを受けた時は、水質調査の方法を軽く聞いただけで、大変そうというよりも面白いと感じた。しかし、実際に自分で実験を考えて、デジタルバックテストや分析を行ってみると、思うようにいかないことがたくさんあり、簡単な実験であったため研究といえないかもしれないが、身をもって研究の大変さを知る機会となった。

一番苦労したのは、予想と結果がかけ離れていることに対して考察することであった。私が考えた実験はただ水中の成分の数値を調べるのではなく、実験値と理論値から予想される値の比較をすることであったため、値に大きな差が出てきてしまったことへのショックやなぜそうなるのかという疑問が大きく、考

察がとても大変であると感じた。基礎実験でも、理論値と実験値を比較するという実験はあったが、基礎実験では予め手順を指示されているので、その点では自分で実験を考えることはより難しかった。しかしその一方で、考察を一つずつ考えていく中で分かったことがあった時や、改善点などを見つけてきた時は、分析が面白いと感じることもできた。

今後、この実験を続けるとしたら今回失敗に終わってしまった実験をもう一度行い、考察を深めたいと思う。また、今回私が使った水は室内の水道水のものであったので、有機物を含んでいる可能性の大きい屋外の水道水ではどのような結果が出るのかということも面白そうだった。最後に、この講義を受けてみて、実験や考察の大変さと面白さを繰り返し、目的に近づいていくのが研究であるのではないかと感じることが出来て、大変貴重な経験であった。

## TAの活躍 ～履修生からTAへ～

2019年度は学生の実験操作を安全かつ円滑に進めるために大学院生にTAを担ってもらいました。

2020年度はオンライン実習ということもあり、

過去にこの授業を受けた学生2名(2年生、履修当時は1年生)をTAとして採用しました。

オフィスアワーや授業における学生の質問対応、授業でレクチャーをしてもらうなど、受講したからこそわかる視点でTAとして活躍してもらっています。TAの声をご覧ください。

### 早川 健太さん

TAとして授業に関わるのは初めてで、果たして自分にその任は務まるのかと不安に思うこともありましたが、少しでも履修する学生のみなさんの力になればと思い、業務を引き受けることにしました。履修者と同じ学生としての目線、そして、本授業を履修した先輩としての目線を併せ持つTAという立場から、学生が「自ら」学びを深められるようなアドバイスをすることを心がけました。自分自身も他人に分かりやすく考えを伝える能力を鍛えられ、成長することができたと感じています。

### 重松 韻矢さん

TAとしての業務が初めてだったことに加え、この授業はオンラインかつ自分で実験の内容を考え実践することに重きを置いているので、生徒が自分で考える余地を残しつつ適切なアドバイスをすることはかなり難しかったです。

今まで自分の授業を担当して下さったTAの方を思い浮かべながら、生徒からの視点と教師からの視点、そのどちらも理解できるTAこそが重宝されるのだろうと改めて感じました。

理科1類1年生(当時)  
重松 韻矢さん

### ●受講のきっかけ

1Aセメスターの履修を決める際、僕は総合科目のことばかり考えていて、主題科目の存在を完全に忘れていました。その時、友達に「駒場の水のガイダンスに行かないか？」と誘われたのです。僕は「駒場の水…？」と最初は思いましたが、シラバスを読んでみたところ面白そうだったので、ガイダンスに参加することにしました。ガイダンスを聴きながら、僕は高校時代のことを思い出しました。僕の高校には各階に冷水器が設置されていて、生徒たちの間では「1階の冷水器は冷たくて美味しい」「トイレに近い冷水機は美味しくない」などさまざまな噂が飛び交っていました。僕は「3階の水は1階の水より硬水っぽい」という説を提唱していて、当時友達に何度も力説しましたが信じてもらえませんでした。この講義に参加すれば証明できるかもしれない！そう思った僕はその思いを紙に書いて提出し、ガイダンスを後にしました。

### ●ガイダンスを受けた時と実際に受講してみたのがどうだったか。

#### 前後でのイメージの変化など

ガイダンスを受けた僕には2つ不安がありました。1つ目は、講義時間の長さです。ガイダンスでは10:30~18:00が講義時間だと説明され、正直僕は約7時間も実験をしたらやることがなくなってしまうのではないかなと思っていました。実際に受講してみると、なんとその逆でした。得られたデータから仮説を立て、その検証のためにどんな実験をすればいいか考える。そしてその実験で得られたデータをもとに再び仮説を立てる。この繰り返しで時間はあっという間に過ぎて行き、僕の心配は杞憂に終わりました。2つ目はプレゼンテーションです。日本語でプレゼンできるというだけで安心感があったのですが、自分の実験がちゃんとプレゼンできるような内容になるかどうか不安でした。しかし、実際は実験結果をまとめるだけでもかなりのボリュームになり、むしろ話す内容を捨選択しなければいけないほどでした。

### ●自分で実験をデザインすることを体験してみて、どうだったか

最初はとにかくデータを得ようと簡易分析を繰り返しました。その後、得られたデータをどう料理するか考えることに一番時間を使ったと思います。この時に役に立ったのが各物質につい

ての基本知識で、信用できる情報から芋づる式に考察していくのが楽しかったです。自分で実験してみて、当たり前の話ではありますが、実験の方向性を決めるのはやはり知識に基づいた考察なのだと感じました。

### ●授業での面白かった点や苦労した点

実験を自分で考えることももちろん面白かったのですが、一番面白かったのはプレゼンの準備です。実験で得られたデータから自分なりの結論を導き出し、それをプレゼンに落とし込む作業。プレゼンの流れに加え、視認性や可読性を意識しながら行うプレゼン用のスライド作り。どちらも楽しかったです。2日間実験し続けたおかげか、話す内容に困ることはありませんでした。一方で苦労したのは、自分が期待する実験結果がなかなか得られないことです。自分の仮説から考えるとこのくらいの数値になるはず！と願いつつも全然違う数値が出た時には頭を抱えましたが、そこが実験の苦しい点でもあり新たな発見の可能性を秘めた面白い点でもあると思います。

### ●ALESS、初年次ゼミナールでの学びは、この授業に役立ったか

主にプレゼンテーションに関する知識は役立ちました。ALESSでは英語でプレゼンテーションを行っていたので、日本語でのプレゼンにはそこまで抵抗感はありませんでしたし、初年次ゼミナールで分子をデザインしてプレゼンを行った経験も活きたと思います。

### ●基礎実験との比較

基礎実験との一番の違いはやはり「実験が用意されているか」どうかだと思います。この講義ではテーマが「水」に限られているとはいえ、自分で実験を組み立てるので、基礎実験と比べると圧倒的に実験の自由度が高いです。そこが面白い点でもあり、大変な点でもありました。基礎実験の講義の際、実験中に起こったことは細かく実験ノートに記入してくださいと言われていましたが、この講義を通して改めてその大切さが身にしみました。基礎実験では基本的に実験で起こることや予想される実験結果が教科書に全て書かれています。そのため実験ノートの重要性をそこまで感じられませんでした。何が起るかかわからない本講義の実験では実験ノートを手放せませんでした。

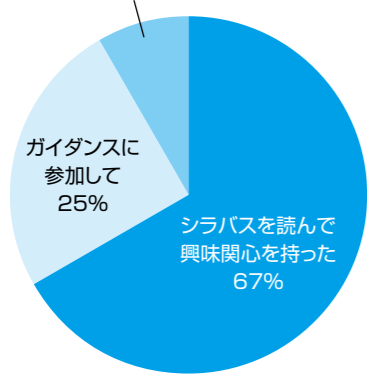
## 学生からのフィードバック

この授業では、学部で指定された授業評価アンケートのほかに、独自に用意したアンケートを授業最終日のプレゼンテーション後に学生に記入してもらっています。

2018年度と2019年度の学生に、履修しようと思ったきっかけを選択(複数可)してもらいました。アンケート結果から、シラバスに掲載する内容の重要性がわかりました。

### 履修の動機

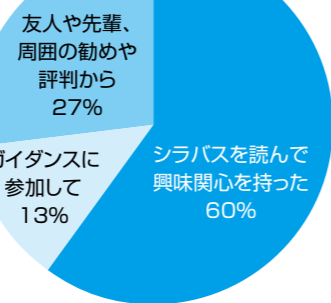
友人や先輩、周囲の勧めや評判から 8%



2018年

### 下記のような動機もありました

- 「環境物質科学」という授業を受け、その際に、大気・土壌・水循環という3つのテーマを中心に様々な内容を扱った。その中で、学問的だった内容を身の周りの環境に適応する楽しさを感じ、今回の授業もそういった楽しみがあると感じ、受講した
- 将来研究者になるつもりなので、その練習にと思い履修した
- 自分は文系ですが、理転をしようと思っています。なので、興味からこの授業に参加してみたいという一番の理由に加え、理転できた後、どんなことができるのだろう、実験はどんな感じなのだろう、ということを知りたいと参加した



2019年

2016～2019年度に学生から寄せられた生の声をいくつかご紹介します。4年間で寄せられたフィードバックの傾向としては、下記のような好意的なものが大半でした。

「水がきれい」といった漠然としたイメージから、実際に分析をして数値化されると、地域差や普段飲んでいる水の特性など詳細にわかって面白かった (2016受講)

(水の)飲み比べが面白かった。日本(各地)の中でも(その土地によって水の味に)違いがあるとは思わなかった (2016受講)

一つの物質に対してさまざまな原因や背景を考える難しさを実感した。さまざまな要素が絡みあっているというのとはとも興味深く、環境を扱う醍醐味だと思った。環境学を志す自分にとっては大変満足できる内容だった (2017受講)

環境問題でよく出てくるNOxをはじめとした物質がどう水の中に存在するか、地域差などがあることが体験から目に見えてわかり、一概にきれいな水として売られている水でも実際には数値としてそういえるかは微妙であるとはっきり実感した (2017受講)

3日間で単位がもらえるのは魅力 (2017受講)

調べれば調べるだけ明らかになると同時に謎が増えていくのがおもしろかった (2018受講)

他の人のプレゼンを聞いて、皆すごくレベルが高くて驚いた (2018受講)

これまでに東大で受けた授業のなかでは一番おもしろく、楽しかった。教員のサポートが手厚く、親身に相談に乗ってもらえた (2019受講)

普段なら入ることのない部屋で触れることのない薬品を使い、さまざまな分析が体験できてよかった。同時に高校1年以來、実験に触れてこなかったため、実験がこれほどシビアに行われていると知って驚いた。自分の実験だけでなく他の人の発表を聞き、水や水質についていくつもの新たな発見があり、ためになった (2019受講)

人と同じことをするにも時間がかかってしまうが、朝や昼の時間も自由だったので、実験に打ち込めた。3日目の午後、プレゼンの確認をしていただいた後しなければならないことが見えて、非常に焦ったが、4日目の午前も実験、プレゼンの準備ができたので、自分が気になっていたことを深く調べられ、新たな知見を得られたのでよかった (2019受講)

自分で課題を見つけ実験をデザインするなんて、実験をここ数年やっていない私でもできるのだろうか不安になった。だが、先生から多くのアドバイスをいただけたことや、自分の実験で興味深い結果が出たことなどに支えられ、自分で課題を見つけていくことが、中高生のとき与えられた方法で決められた実験をしていたことに比べ、いかに楽しく、可能性を感じるものなのかということを感じた (2019受講)

結論も論証も、他者を納得させられるようなものではなかったかもしれないが、4日間間違いなく自分の最善は尽くせたことに意義を感じている。実験を心底楽しいと思え、これからも調べてみたいと思うことができた (2019受講)

(自分で課題を見つけ、実験をデザインすることが) すごく不安だった。自分がやっていることに結果が出るのか、展望がまったく見えない時期もあり、精神的につらかった。ただ自分の論理の展開に応じて実験をデザインできるのは楽しかった (2019受講)

予想よりも楽しくて、1日に約6時間実験しても少しも苦ではなかった。強制されていなかったことも要因のひとつだと思う (2019受講)

実験のデザインは調べたいことが明確になればおのずと見えてきたが、その課題を見つけるのが難しかった。授業で行う基礎実験はルールが存在するのに対し、この実習ではいきなり放り出されて自分で実験を行うということで、基礎実験は楽しかったと思った (2019受講)

水というテーマは、思ったよりも調べられる範囲が広く、研究の奥深さを感じられた。 (2019受講)

改善してほしい点を記述してくれた学生もいました。我々は、こういった学生からの要望にできる限り応えるべく、毎年アンケートで寄せられた意見をもとに、次年度の実習内容をブラッシュアップしてきました。

思っていたよりも内容が単調で時間を持て余した。3日間の授業のゴール、目標がもう少しはっきり定められていてもよかった (2018受講)

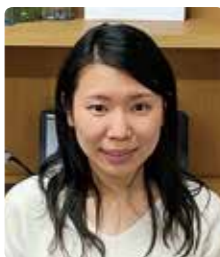
データの考察をもっと時間をかけてやりたかった (2018受講)

もう少し進行チェックの回数を増やしてもらえたら、ささいなことでも聞きやすくなるし、安心して進められると思う。4日間の短期間で、集中的にやり切ったことはなかったため、貴重な経験になった (2019受講)



## 身近な環境化学実習のこれまでとこれから

堀 まゆみ Mayumi HORI



環境中の有害物質(重金属類や福島第一原子力発電所由来の放射性物質など)に着目し、活発なフィールドワークを通して、動態解析や汚染メカニズム、環境修復法を探る研究を行っている。また、日本および世界の「水」に着目し、水道水や地下水の水質調査から、水環境の特徴を読み解こうとしている。

近年では、福島第一原子力発電所周辺での環境放射能の測定に携わる傍ら、福島県内の公立中学・高等学校、NPO団体での放射線教育を行っている。フィールドワークの豊富な経験を活かし、実践を通して学べる環境化学の講義を展開している。2019年度、2020年度 教養教育高度化機構奨励賞受賞。

専門分野：環境分析化学

担当授業：身近な環境化学実習 一身の周りの水を水質調査から科学する一、ADVESラボで研究体験、教養学部生のためのキャリア教室

中村 優希 Yuki NAKAMURA



有機化合物を内包できる「ナノ空間」を有する多孔質物質を利用し、新しい固体触媒反応の開発を行っている。また、自身の海外での研究活動より得られた知見を活かしてPEAKの化学実習や有機化学の講義を英語で展開し、教材の開発についても取り組む。そのほかにも、

教養学部生のためのキャリア教育、ならびに全学体験ゼミナール・全学自由研究ゼミナールにおけるプレゼン指導にも従事する傍ら、留学に興味のある学生への進路相談や指導についても精力的に実施している。2019年3月に編著者として『東大キャリア教室で1年生に伝えている大切なこと』(東大出版会)を出版。2010年度ロレアル・ユネスコ女性科学者 日本奨励賞受賞。2016年度、2019年度 教養教育高度化機構奨励賞受賞。

専門分野：触媒反応・有機合成化学

担当授業：環境化学実験 I・II-(b)、物質化学 I、身近な環境化学実習、ADVESラボで研究体験、教養学部生のためのキャリア教室

「身近な環境化学実習」を初年度から担当している中村先生と堀先生にお話を伺います。まず「水」をテーマにした理由からお聞かせください。

中村：文科生には、中学校以来実験をしていないという学生もいます。そういう学生にも実験する機会を与えたいと考え、自然科学分野における文理横断のテーマを目指しました。社会に出れば文理といった棲み分けは関係なくなりますからね。そんなときに堀先生が着任され、水をテーマとした実習を提案・企画してくださったんです。水は誰もが日々使う身近なものなので、テーマとして最適だろうということになりました。

堀：一口に「水」といってもさまざまな切り口があります。私の専門分野は環境分析化学ですが、研究対象は水道水ではなく、有害物質に汚染された水や土壌など、どちらかというと「汚染物質」寄りなんです。ただ文科生も実験するとすると、私の研究に沿った内容を実習テーマにしようと、実験器具の操作が難しかったり、事前レクチャーが必要だったりして、1年生に教えるにはハードルが高い。さらに、実験操作に不慣れな1年生に、強酸や強アルカリ

などの取り扱い注意の薬品を多用する実験は、安全性の面で不安がありました。水道水を対象に工夫すれば、簡単な操作で実験ができますし、危険な試薬を使わなくても済みます。

中村：また、店頭でもよく目にする身近なミネラルウォーターボトルのラベルの数値の見方などを学ぶことで、これまで特に深く考えることなくなんとなく触れてきたものに対する学生の視点や考え方を育て、教養を深めてもらいたいと考えています。

実習が始まった2016年度からの歩みを教えてください。

堀：最初は模索段階でした。1年目は、着目する物質を硝酸態窒素に決め、採水した水道水と用意したすべての水を分光光度計で分析するというなかなかハードな実験内容を設定しました。ところが学生全員が同じ物質を測定するので考察やプレゼンテーションも似通ったものになり、活気が出ません。そこで2年目は自由度を高めました。実験室にあるものは何でも提供することにして、測定する項目数を増やしたんです。これが好評で、次年度以降につながりました。

中村：毎年、学生たちには授業の前後にアンケートを取りますが、1年目の事前アンケートでは、「独自の实验をやりたい」という学生がいなかったんです。それで、教員側が測定する物質を指定した方がやりやすいのかなと思い、いわゆる東大的な実験を設定したのですが、次年度からは学生が自由な実験をやりたいと希望していなくてもあえて自ら立案したテーマについて実験させることにしたらこれがヒットしたというわけです。

堀：また2年目は、実験は個人でやってもグループでやってもいいとしました。でもグループでやらせると、手を動かさない学生も出てきました。

中村：グループでの実験でも、役割は均等に担い、例えばプレゼンテーションのスライド作成では、誰がどのページを担当したかがわかるようにしてもらい、何もしない学生がいないようにルールを細かく設定してはいたんですが、やはり「一人でストーリーを組み立てないと意味がない」ということで、次年度からは個人で取り組ませることにしました。

堀：このように毎年試行錯誤して、学生のアンケートもフィードバックしながら、少しずつ修正していったんです。学生のアンケートは、それを授業に生かさないアンケートの意味がありませんからね。

学生は希望すれば受講できるのでしょうか。

堀：実験室のキャパシティや私たちの指導の限界もあるので、例年50名ほどの受講希望者から15名前後まで絞っています。これも、授業前ガイダンス時に取る事前アンケートの志望動機から、やる気を感じられる学生を優先しています。

中村：授業前ガイダンスは誰でも受けることができます。単位が欲しくて受講を希望する学生もいますが、積極性がないと実験テーマを自ら設定して実習をやり遂げるのは厳しいので受講はお勧めしないと伝えていきます。



## それほど多くの学生が受講を希望する理由は何なのでしょう。

**中村:** 志望動機は大きく2つあるかと思います。サークルの先輩や友達に勧められたということと、シラバスを読んで興味を持ったというものです。過去に履修した学生がこの授業を勧められている理由として考えられることは、堀先生が毎年、試行錯誤されて組み立ててきている実習の流れが良いからではないかと思っています。まず各種の水を試飲して、同じ水でも味が違うことを実感させる。これで実験に抵抗のある学生でも興味を持たせることができます。次に実験操作が簡単なバックテストを行い、それ

から精密機器を使って分析するという徐々に慣らしていきける流れです。また教員に質問や相談したいときにはいつでもアクセスでき、手厚い指導が受けられることも魅力のようです。

**堀:** 自由度の高さも好評ですね。必修科目の基礎実験ではテキストに沿って決められた手順でしかできませんが、この実習は学生がやりたいことを自分で計画して実行する。そして教員に相談しながら、方向性を絞っていくことができます。

## 授業ではどんなところを工夫していますか。



**堀:** まずサンプルとして50種類の水をそろえてインパクトを強め、学生の興味を引くようにしています。学生が見たことのないような海外の水も集めていますし、国内でもいろいろな地方の水があります。ミネラルウォーターにもたくさんの種類があるので、どこが違うんだろうと興味をわくように学生の食いつきも良いですね。それから大まかな枠組みはありますが、先ほども言った、自由度を感じられる流れを大事にしています。ただ、自由度があるということは、それだけ自分で考えて進めなければならない場面も多く、学生たちは行き詰まることもあります。例えば、用意した項目をすべて調べてデータが出たものの、それをどう扱っ

ていいかわからず先に進めない学生には、「このデータについて考えてみてごらん」などと、さりげなくヒントを与えます。事前に、その行き詰まりを予測し、ヒントが含まれている資料や動画を用意しておいて見せることもあります。

**中村:** 学生の様子を把握するようにしているのも、この実習ならではの点だと思います。悩んでいるようだったら「大丈夫？」と声をかけたり、質問しづらそうにしている学生には実験終了後に雑談しながら質問を引き出したりもします。学生たちは、男女も、文理の類も年によりさまざま、毎年学生の傾向が変わるため、前年の進め方と同じようにいかないことも多々あります。堀先生と、授業日程の前半で「今年の学生はこういう感じだから、こういう風に指導しよう」などと指導方向を修正することもあります。

**堀:** 集中講義の期間を3日間だったのを4日間にしたのも、学生との会話がきっかけです。また、毎年、ガイダンス資料やテキストにも手を加えています。学生に配っている施設配管図も、過去の学生が施設係に問い合わせた入手したものです。これまでの学生の質問や行動が、今につながっているんです。

**中村:** いろいろな蓄積を感じますよね。過去にこんなことを調べた学生がいたよという、自分たちもやってみようという気持ちになる。こうした行動の背中を押すのも私たちの役割です。

**堀:** 過去の実験データは事前に配布していますし、テキストにも入れて確認するように伝えています。過去のデータのほかに、参考になりそうな資料や論文もテキストに入れているので、ページ数はかなりのボリュームです。これらが視点のヒントとなっていて、ある学生は「テキストが分厚くてびっくりしましたが、ここに考えるヒントが詰まっていた」と言ってくれました。



実習で使用する  
テキスト

## 集中講義の4日間でプレゼンテーションまで行うんですね。

**中村:** 私は以前からプレゼンテーション指導を一から実施したいと考えていました。国外から東大へ進学してきたPEAK (Programs in English at Komaba) の学生を対象とした化学実習の講義も担当しているのですが、フォーマルレポートを論理的に書けている学生は少なく、特に最初の実験レポートについては相当赤を入れて学生へ返却しなければなりません。そのためプレゼンテーションについても、基礎から指導する必要があると痛感していたのです。一般生に対してもプレゼンテーションのやり方を一から細かく指導している授業はほとんどなく、授業で発表させることはあっても、スライドの作り方などの詳細から教え込む機会はなかなかないかと思っています。それで、堀先生が水実習の講義企画を提案してくださったとき、プレゼンテーション指導の分担教員として講義の運営に参加することにしました。そうした経緯もあり、プレゼンテーションには力を入れています。発表したら終わりではなく、その後のディスカッションも活発にしたいと考え、発表10分質問5分で、全体を通じて一人3回は質問をするなど細かくルールを設定しました。ピアレビューの評価シートにも細かいチェック項目を設定し、すべての欄を埋めるように指示しています。そして記入してもらったシートはその場で集計して学生にフィードバックとして返却するようにしています。

**堀:** プレゼンテーションの進行も、最初は中村先生が行っていましたが、3年目からは発表者に任せています。カンペも禁止して、最低3回は練習するように伝えるなど、毎年少しずつ改善して、活発なプレゼンテーションが実現しています。プレゼンテーション資料をつくるためのガイダンスも行い、テーマカラーの使い方やデータの見せ方などでレクチャーします。

**中村:** 3年目まではプレゼンテーション資料の事前チェックができていなかったため、スライドのロジックがつかっていない学生がいたんです。それで4年目からは私たちが事前にチェックをして、資料の見せ方やつながりなどを指導しています。例えば、そこで私たちが「このデータからは結論が導けない」と指摘した場合には、学生は追加実験をしてデータを補うこともあります。この事前チェックを行うことによって、考えをまとめるステップをつくっているんです。とにかく実験をやればなしで終わらせたくない。考察までしっかりと取り組んでもらうことを大事にしています。

**堀:** 事前チェックは3日目に行うので、4日目のプレゼンテーション当日の午前に追加実験をしている学生もいます。学生たちは昼食を食べる間も惜しんで追加実験や資料作成をしています。私たちも同様ですね。学生にそこまで求めるからには、私たちも全力で取り組むという覚悟があります。

## 2020年度は実習をオンライン化しましたね。

**中村:** 私たちが所属しているのは自然科学教育“高度化”部門なのだから、コロナ禍だから実習はできないとは言いたくない。とはいえ対面での実習にもリスクがあります。そこでオンラインで実習ができないかと考えたんです。バックテストなら自宅でもできるのではないかと、手間はかかるがサンプルを送れば自宅でもできるだろう、どこまでやれるかチャレンジしてみようということになりました。

**堀:** 本格的に準備を始めたのは2020年9月。例年2月に集中講義という形でやっていますが、学生を拘束しないですむよう日程を分散させることにしました。

**中村:** アンケートでも、タームを通して実習をやりたいという学生がいたので、この機会に試してもいいかなと考えたんです。ちなみに、経時変化を見たいなどの理由から長期スパンで実習をやりたい学生に対しては「ADVESラボ」という授業を2019年度から提供しています。冬休みを使って春まで行うものですが、残念ながら昨年度はコロナ禍の影響で、履修していた学生は最後までやりきることが叶いませんでした。

**堀:** 学生の人数は、サンプルを送る作業を考えると、もし緊急事態宣言が出ても可能な人数にしたい、Zoomでプレゼンテーションするのも大人数だと厳しいということで、今年度は10名に絞りました。ただオンライン実習で難しいのは、画面越しだと学生の反応がわからないこと。対面授業では学生たちの反応や取り組む様子を見ながら、注意点など声かけがすぐにできる状況ですが、オンライン授業では私が伝えた内容を学生に的確に理解してもらえるように、追加で自由に質問などできるオフィスアワーを増やすとともに、採水やバックテストのやり方を動画にして、学生が見たいときに見ることのできる環境を用意しました。動画作成は大変でしたが、今年教材をそろえておけば来年以降の蓄積になります。

**中村:** 評価シートもオンライン仕様にするつもりです。事前に紙媒体のシートを送るか、Googleフォームなどのオンライン形式で集計するか、学生の要望を聞いて対応したいと考えています。また、学生の熱が冷めないうちにフィードバックができるよう、発表後すぐに記入してもらったシートを集計して学生に戻し、その日のうちに見ることができるようにして今後に生かしてもらえるようにするつもりです。

## 今後の展望をお聞かせください。

**堀:** 私は、何かしら学生の記憶に残る授業にしたいですね。正直なところ、準備は本当に大変です。でも、実習が始まって日ごとに明るくなっていく学生の顔を見たり、「楽しかった」という言葉ももらったりすると、やってよかったと教師冥利に尽きます。東大生は教科書的な答えが決まっていることに取り組むのは得意ですが、自分の意見を出したり、自分で答えを見つけたりするのは苦手です。すぐに答えを求める学生もいますが、学生自身が答えを導き出す、そんな思考のトレーニングをしたいのです。答えのないものに対して取り組む能力を高めてほしい。また答えが出たとし

てもそれが正解かどうかはわからないということに、早いうちに気づいてほしいと思っています。学生が手を動かし実験するだけの実習授業をやらさずそれがアクティブラーニングだと考える人もいますが、それは違います。実習でも双方向性を意識して、全力で取り組んでいきたい。それが真のアクティブラーニングではないでしょうか。ほかの授業や他大学でも私たちのやり方を応用してもらえるよう、学生が求めるような授業をこれからも年々ブラッシュアップしていきます！

**中村:** 私の場合は、ゆくゆくはこの授業をPEAK生も一緒に履修できるようにしたいと考えています。先にも少しご紹介しましたが、私が担当しているPEAK生の化学実験の内容は、一般生向けの基礎化学実験のものと同じなのですが、現在は別々の授業として開講されています。ですが、将来的にはPEAK生と一般生の垣根を取りはらい、全員が同じ空間で、互いが実験パートナーになるなどして実験を行なっていけるようにしたい。さまざまなバックグラウンドを持つPEAK生を巻き込むことで、課題を設定する際の着眼点や、それぞれの水に対するイメージなどのものの見方においても多様性が出て、お互いに良い刺激となるのではないかと期待しています。本来ならば、時間と労力をかけないと得られない留学体験を、授業を履修するだけで得

られるようになるという観点からも、この授業を文理だけでなく、一般生・PEAK生の垣根をも越えて、希望する学生に対しては実験やプレゼンテーションの指導を英語でも対応できるよう内容を拡充して展開していきたいです。また、コロナ禍で実習をどうするか悩んでいる大学も多いかと思いますが、テーマを決めればリモートでもここまでできるということをお示しできればと思っています。今回、実習をオンライン化した際にも強く感じましたが、堀先生と理想を共有し、意見を出し合って方針を決めていけることはとても心強いですし、やりがいもあります。これから二人で模索しつつ新しいコンテンツを導入することで、可能性を広げていけると確信しています。

