

環境

年報

2025 Vol.30



早稲田大学環境保全センター

WASEDA UNIVERSITY ENVIRONMENTAL SAFETY CENTER

「環境」 Vol. 30 目 次

巻頭言

労働安全衛生法の2025年4月1日改正と本学の対応

環境保全センター所長 山崎 淳司 ----- 1

話題提供

所沢キャンパス環境水のCOD/TOC比の測定

環境保全センター 柳澤 恒夫 ----- 3

センター利用者報告

超難処理金鉱石のバイオ酸化処理とチオ尿素抽出の組み合わせによる
金の完全回収に関する研究

理工学術院 教授 笹木 圭子 ----- 8

2024年度 分析室 施設利用者の研究テーマ・利用内容 ----- 14

2024年度業務報告

年間活動日誌 ----- 20

実験系廃棄物処理 ----- 23

定期排水分析他 ----- 25

教育・研究支援 ----- 26

化学物質管理 ----- 27

作業環境測定 ----- 28

PRTR制度および東京都環境確保条例対象物質の集計結果 ----- 29

対外活動報告

私立大学環境保全協議会活動報告 ----- 30

組織

センターの組織 ----- 33

労働安全衛生法の2025年4月1日改正と本学の対応

環境保全センター所長 山 崎 淳 司

2024年9月に、菅原義之前所長の後任として環境保全センター所長に嘱任致しました。本センターは、1979年12月に設立され、本年報も今年vol.30を数えますが、歴代の所長を務められた先生方や職員の方々が、実績を着実に積み上げてこられた本センターのさらなる発展の一助になるよう努めてまいります。

本センターの活動基盤となる法令の1つである労働安全衛生法は、労働者を雇用する事業者に対して、労働者の安全と健康の確保を目的として、1972年に制定された法律で、これまで数回改正されてきました。2024年4月の改正では、各事業所の化学物質の管理方法が法令準拠型から自立管理型へ移行し、事業所ごとに化学物質管理者の選任義務等が定められました。本学ではすでに、キャンパス等で担当者を決めて対応する体制を構築しております。これは、労働安全衛生法に基づくリスクアセスメント対象物質が大幅に増加したことが背景にあり、2025年4月の改正では、約1600物質となりました。2026年4月1日にも追加が行われ、合計約2300物質が対象となる予定です。これは、国がGHS分類（化学品の分類）で危険性、または、有害性があると区分した全ての化学物質が対象となるためで、表示・通知義務対象物質が大幅に追加され、また、リスクアセスメントの実施義務も拡大されました。

本センターでは、本法令に基づき、国・自治体等が制定する各種の規定・規制に対応して、早くより、全学の化学薬品を一括管理する化学物質管理システム（CRIS）を構築し、随時バージョンアップとアップデートを実施し、周知と活用促進を行っております。また、教職員と学生が、安全に研究・教育活動を行えるように、定期的な安全衛生一斉点検をととして、全キャンパスの研究室および実験室の薬品・高圧ガス・放射線・電気等の管理状況がチェックされていますが、並行して、当センターでは、作業環境測定を実施して、実験実施場所の環境をモニターし、さらに、全キャンパスに対して、定期的な排水分析を継続的に行っております。それら測定・分析の結果を踏まえて、各箇所と連携しながら、必要に応じて、実験室管理箇所や研究室等にアドバイスを行い、常に実験が安全に行える環境を維持するように活動しております。

また、安全に研究活動を実施するためには、新しく研究を開始した学生や研究員に対する安全教育が必要不可欠であり、毎年度始めには、対象学生全員に対して、安全講習会を実施しております。内容は、上記の法令改正や起こってしまった事故事例も踏まえて、毎年ブラッシュアップしており、充実してきております。また、安全講習会は、複数回ハイブリッドで開催しており、講習会に対面で参加できない学生にも周知に努めています。安全教育は、今後も、体系化と内容の充実を目指して、より効果的な講習会実施方法の改善に努めていきます。

さらに、本センターの分析機器や実験器材を利用した研究支援は、現在全体の業務の中で大きなウエイトを占めています。前年度2025年3月に終了した、文部科学省の先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）においても、本センターは一翼を担っており、そこで構築した支援体制をさらに充実させ活用していくために、機器共用利用を促進し、可能な範囲で研究活動の支援に力を注いでいく所存です。

本センターの基本使命である学内の環境保全とともに、すべての研究・教育活動が安全に実施されるように、教職員が一丸となって業務を遂行していく所存ですので、今後ますますの皆様のご理解とご支援をお願い申し上げます。

所沢キャンパス環境水のCOD/TOC比の測定

環境保全センター 柳 澤 恒 夫

1. はじめに

日本国内における淡水に関しては、主に飲用水、環境水（水源の水など、浄化すれば飲用水に供される水）、排水・下水（前二者の用途には用いられない水）の三つのカテゴリーに分けられ、環境基本法や水質汚濁防止法等で包括的に水質の管理法が規定されていると共に、それぞれ別個に法規により、水質基準とそれらを分析・定量するための規則が定められている。

近年では、環境保護の観点から、毒性・汚染度の高い排水・下水の水質基準、及び、飲用水の水質基準が細分化・厳格化されており、一部では、旧来からの分析・評価方法では必要な水質測定値を得ることが難しい事態に陥っている。幸いにして、環境保全センターでは、必要な精度を持つ分析評価機器の管理・運営が十分なされており、早稲田大学各キャンパス内に存在する水質汚濁防止法上の特定施設からの排水について定期的に水質検査を行い、その結果をキャンパス内に掲示する形で公表することが着実に行われてきている。

水質基準項目は、現時点においてもすでに、五十項目以上にわたっているが、これらの中でも、基本的な水質基準項目の一つとして、溶存有機物の総量が挙げられる。この項目は、対象とする淡水に含まれる有機物量の目安として用いられるが、この値は、従来、化学的酸素要求量（以下COD）を採用してきた。COD測定法自体は、20世紀初頭から欧米を中心に水質検査法の一つとして採用され、日本では、1906年の日本薬学会飲料水検査法に定められて¹⁾以来、基本的な水質検査法として、採用され続けている最も普及した検査方法の一つである。

CODの利点としては、以下のようなものがある。¹⁾

- ・測定操作自体が簡便である。
- ・ウォーターパス以外の電気機器が不要である。
- ・必要な試薬類の質・量共に豊富で、入手が簡単である。

・データ数値の積み重ね量が膨大であり、任意の時期間のデータ数値の比較が、簡単に行える。

その反面、CODの欠点として、以下の点が上げられる。¹⁾

- ・JIS規格等で規定されているCOD分析方法では、過マンガン酸カリウムが使われているために酸化力が十分ではなく、酸化しきれない有機物が残るため、実態とは異なる数値が出ることが多い。
- ・塩素、鉄、亜硝酸性窒素等の妨害物質の存在がCODの数値に影響を与える。
- ・反応により還元されて発生した一酸化マンガン、後から追加された過マンガン酸カリウムが再び酸化しようとするため、高濃度領域では過大なCOD数値が出る。
- ・数値の読み取りは、ビュレットの目盛りから読み取るため、定量を行う測定者による個人差がやすく、精度が上がらない。
- ・滴定時の溶液温度による反応速度への影響が大きく、滴定終点が発色の有無であることから、精密な再現性を取ることが難しい。
- ・過マンガン酸カリウムの代わりに重クロム酸カリウムを用いれば、酸化力の問題は解決できるが、今度は、測定後に発生する廃液のコストが大きくなる。

これらのCODの欠点のほとんどが、測定結果の精度に関わるため、昨今の水質基準値の厳格化にそぐわないとの指摘が多くあるのが現状である。そこで、CODに代わる水中の総有機量を求めるための水質検査法として、全有機炭素量（以下TOC）が採用されるようになった。

TOCは、日本では1972年に島津製作所より初の実用分析機が発売された比較的新しい分析方法である²⁾。日本で普及しているTOC測定装置は、高温下で試料水溶液を触媒と乾燥空気を用いて燃焼させ、発生したCO₂を赤外分光法により定量する方式（燃

焼触媒酸化方式)を採っている。実際には、水溶液試料燃焼後得られる全炭素量(以下TC)からブランク値としての無機炭素量(具体的には、ブランクとして試料水に含まれるCO₂量、以下IC)を差し引いた値を、TOCの値として採用することとなる。

TOCの利点としては、以下のようなものがある。³⁾

- ・触媒を用いて有機成分を燃焼させてしまうため、含まれる全ての有機炭素量の測定ができる。(有機成分によって酸化できる／できないがない。)
- ・測定値に影響する妨害物質がほとんどない。
- ・目視で判断する部分がないため、精度・再現性共に良好である。
- ・測定に必要なサンプル量が少ない。(一回の測定にCODは100mL以上必要だが、TOCは20mLあれば十分)
- ・オートサンプラーを用いれば、測定の自動化が可能である。(手間がかからない)

これらの利点により、1990年代より日本薬局方(一般試験法)、水道法(施行規則)、旅館業法・公衆浴場法(衛生等管理要領)などで水質検査項目としてTOCが採用され、すでに施行されている。

しかし、TOCには、以下の欠点がある事が知られている。

- ・濃度が高く、含有する全有機量を気化することができなかった場合、及び、気化できない無機物が含まれている場合、それらがそのまま燃焼触媒の触媒毒となる。
- ・固形物成分が多く含まれる場合、燃焼効率を落とすと共に、TOC測定機内の配管に詰まりを起こす。
- ・雰囲気空気中のCO₂の影響を受けやすいため、TOCとICの数値の差が小さい場合、分析精度が落ちる可能性がある。
- ・揮発性の有機物は、TOCの数値に表れない。(揮発性有機物の量は別途測定を行ったVOCの値が採用される)
- ・環境水や排水／下水に関しては、サンプル採取場所・時期により、COD／TOCの比が一定しない。

COD／TOC比がサンプリング採取場所・時期によって変化する点については、環境水や排水の水質検査結果を過去のデータと比較する際に問題となりうる。実際、第9回厚生科学審議会生活環境水道部

会水質管理専門委員会(平成15年4月21日)資料2「過マンガン酸カリウム消費量と全有機炭素の関係について」では、浄水と水道原水約2200検体について、CODとTOCを測定して、その相関を調べたところ、決定係数(R²)は0.735を示し、直線性にはやや問題があると考えられる。このため、現時点では平成15年の水道基準に関する厚生労働省省令の改正(水質基準に関する省令(平成15年厚生労働省令第101号))により、水道水・水道原水の溶存有機物量の測定は、CODよりTOCに変更する旨施行されたにもかかわらず、国土交通省など省庁で行われている水質検査こそ、TOCによる数値データが示されているが、都道府県等自治体による水質検査では、滋賀県などの少数を除き、TOCによる水質検査は行われていないのが現状である。

早稲田大学環境保全センターで定期的に水質検査を行っている範囲においては、特定施設からの排水については、その濃度の高さ、燃焼触媒の触媒毒の存在などから、従来通り、CODを測定することとしている。また、所沢キャンパスの環境水については、埼玉県内の公共用水域(河川及び湖沼)の水質測定は、(国土交通省により測定された)江戸川以外はTOCの測定を行っていない⁵⁾事から、こちらに関しても、COD測定を基本としている。しかし、滋賀県をはじめとして、公共用水(いわゆる環境水)の水質検査項目に精度向上を目的として、TOCを採用する都道府県が増加していることを踏まえ、所沢キャンパス環境水についても、TOCによる水質検査方法の確立、及び、COD/TOC換算係数の測定には、将来的に意味があるものと考えられる。

本稿においては、環境省が制定した「水溶性有機炭素成分測定方法 第二版」を参考として、所沢環境水のCOD/TOC比を測定した結果を報告する。

2. 実験方法

1) 所沢環境水の採取

採水は、図1.に示されている位置で行われた。

採水は、三ヶ月おきに、測定月第一火曜日午前中に行われた。採取水は、直ちに保冷剤入りのクーラーボックスに保存して、宅配便にて、西早稲田キャンパスまで翌日午前中着で配送された。

2) 試料水の前処理

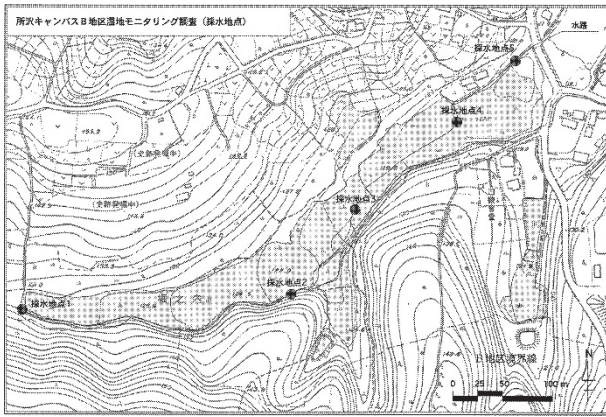


図1. 所沢キャンパスB内採水地点図

ブランク、及び、所沢キャンパスより、西早稲田キャンパスの環境保全センターに、採水日の翌日到着した採水試料1～5それぞれについて、合計6本のポリエチレン製の蓋付き広口ボトルを用意し、ブランクボトルには超純水、残りのボトルには、それぞれ対応する試料を250mLずつ入れ、蓋をして、室温で一晩静置した。静置後試料の上澄み液を以後の分析に使用した。

3) CODの測定方法

CODの測定は、JIS K 0102-1 17「100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD_{Mn})」に基づき行った。

4) TOCの測定方法

TOCの測定は、島津製作所製TOC測定機(TOC-V CSH)にオートサンプラー(ASI-V)を組み合わせて測定を行った。

データへの雰囲気中のCO₂の影響を排除するため、検量線に用いたフタル酸水素ナトリウム溶液の希釈水には、サーバーからくみ取った超純水に直ちに希塩酸を加えて、pHを約2.7に調整した純水を用いた。また、測定試料に関して

は、測定用バイアル瓶に測定試料を注入した後、希塩酸を添加してpHを約3に調整し、さらに、純窒素で約2分バブリングを行うことにより、溶存CO₂の除去を行った。TOC測定機にセットできる試料量(20mL)の関係で、TOCの測定は、TC測定(n=5)の結果のみを採用し、IC測定は省略した。

3. 結果

2023年9月～2025年6月の期間中に8回測定したCOD、TOC、COD/TOCの測定結果を以下の表に示す。

なお、TOCのデータについては、厚生労働省制定の「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン(最終改正 平成29年10月18日)」に基づき、妥当性を評価し、得られた全てのデータについて、妥当性があることを確認している。

4. 考察

全ての測定値について、大きなCOD/TOC比の数値のブレは見られず、図2. に示したとおり、CODとTOCの測定値は、ほぼ直線関係にあると考えられる。

分析日時別のCOD/TOC比のばらつきについては、図3. にあるとおり、2024年3月測定分のデータでは、数値にややばらつきが見られるものの、全体的に同一測定日時に数値が二倍・三倍異なるというような数値の変動は見られず、図2. の結果と併せて、「同一水系では、COD/TOC比はほぼ一定になる」とする日本政府の見解⁴⁾と一致する。

また、COD/TOC比の数値の変動も測定日時が後になるほどばらつきが減少する傾向にあり、分析担当者の習熟度がCOD/TOC比の数値に与える影響をうかがえる。

採水地点別のCOD/TOC比のばらつきに関して

表1. COD、TOC、COD/TOC測定結果

採水箇所	2023年9月		COD/TOC	2023年12月		COD/TOC	2024年3月		COD/TOC	2024年6月		COD/TOC
	TOC	COD		TOC	COD		TOC	COD		TOC	COD	
採水地点1	2.10mg/L	3.6mg/L	1.72	1.24mg/L	2.2mg/L	1.78	0.98mg/L	2.5mg/L	2.55	1.47mg/L	3.7mg/L	2.52
採水地点2	6.56mg/L	14.5mg/L	2.21	18.21mg/L	28.1mg/L	1.54	3.10mg/L	6.7mg/L	2.17	1.85mg/L	4.3mg/L	2.33
採水地点3	2.01mg/L	3.5mg/L	1.72	1.29mg/L	2.4mg/L	1.86	0.80mg/L	2.2mg/L	2.79	1.31mg/L	3.3mg/L	2.51
採水地点4	1.39mg/L	2.6mg/L	1.85	1.01mg/L	1.8mg/L	1.77	0.54mg/L	1.7mg/L	3.05	1.99mg/L	4.6mg/L	2.31
採水地点5	2.61mg/L	5.0mg/L	1.93	1.52mg/L	2.1mg/L	1.38	0.90mg/L	1.8mg/L	2.04	1.78mg/L	3.7mg/L	2.08
採水箇所	2024年9月		COD/TOC	2024年12月		COD/TOC	2025年3月		COD/TOC	2025年6月		COD/TOC
	TOC	COD		TOC	COD		TOC	COD		TOC	COD	
採水地点1	0.74mg/L	1.7mg/L	2.25	1.25mg/L	2.4mg/L	1.90	2.20mg/L	4.2mg/L	1.91	1.90mg/L	3.0mg/L	1.58
採水地点2	2.10mg/L	5.3mg/L	2.52	9.38mg/L	16.5mg/L	1.76	3.44mg/L	6.5mg/L	1.90	1.77mg/L	3.5mg/L	1.98
採水地点3	0.73mg/L	1.8mg/L	2.44	1.04mg/L	2.1mg/L	1.99	1.94mg/L	3.4mg/L	1.75	1.78mg/L	3.3mg/L	1.86
採水地点4	1.31mg/L	2.6mg/L	1.99	0.93mg/L	1.8mg/L	1.89	1.44mg/L	2.9mg/L	2.03	1.93mg/L	3.6mg/L	1.86
採水地点5	1.38mg/L	2.5mg/L	1.81	1.14mg/L	2.0mg/L	1.71	1.73mg/L	2.5mg/L	1.47	1.43mg/L	2.6mg/L	1.81

は、測定回数がまだ少ないため、有意に数値の傾向を議論できる段階ではないが、図4. に示したように、各測定地点間で極端に異なる数値を示す傾向は

見られない。この点からも、所沢キャンパス水系内の水溶性有機物の組成に大きな偏りは無いものと考えられる。

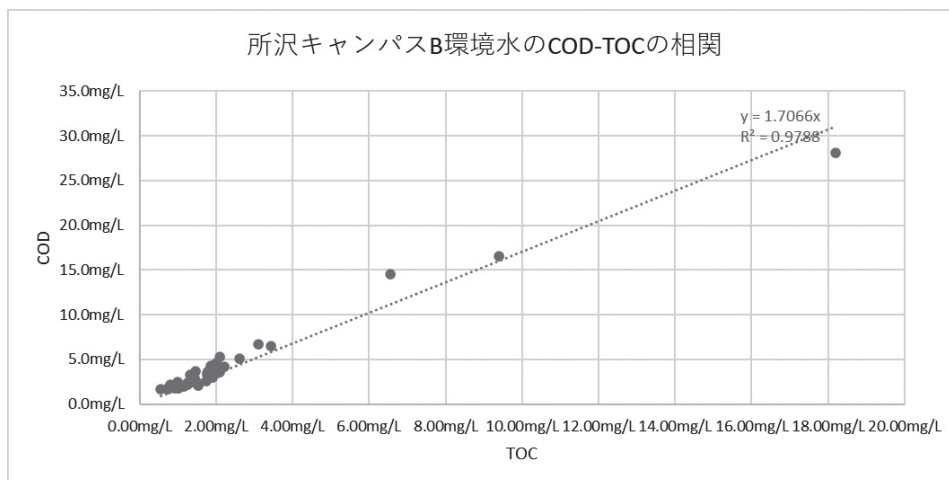


図2. 所沢キャンパスB環境水のCOD-TOCの相関

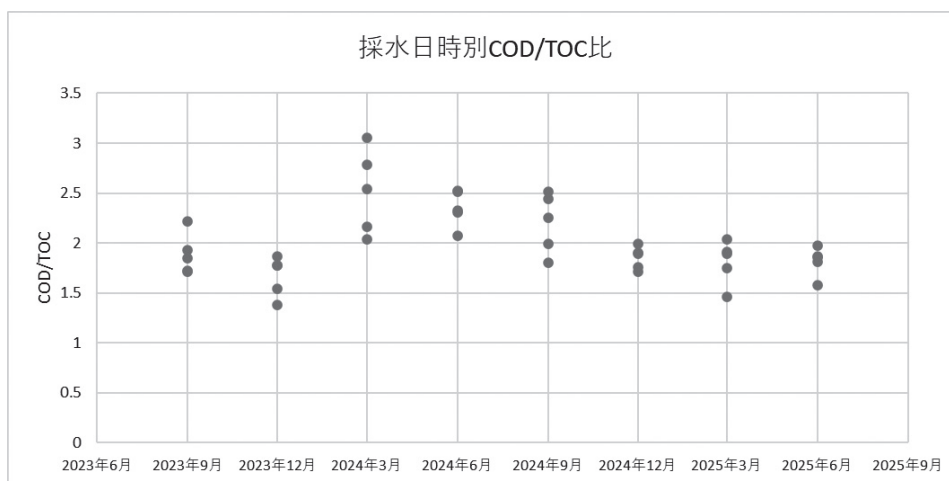


図3. 採水日時別COD/TOC比

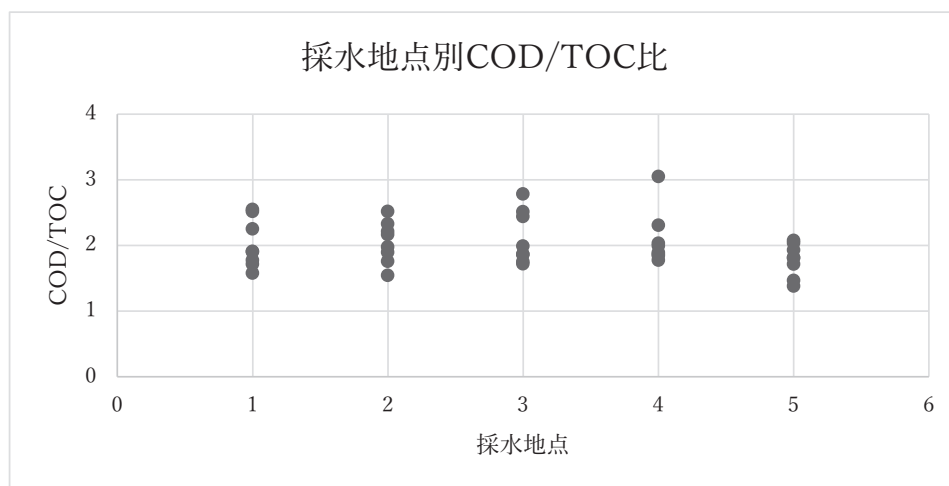


図4. 採水地点別COD/TOC比

5. 結論

以上より、所沢キャンパス内の同一水系では、濃度に関して、若干の季節変動は見られるが、COD/TOC比に大きな変化がないことが確認できた。

この結果より、将来、法規・条例の改正により、水中の溶存有機物の総量の報告値がCODからTOCによる測定値へと変更されたとしても、蓄積されてきたCODのデータと新たなTOCのデータの比較が容易になるものと期待できる。

また、COD/TOC比をモニターすることにより、予想外に溶存有機物の総量が増加した場合においても、（乾燥・濃縮により）単純に濃度が増加したのか、新たな汚染源が発生したのかなどの見極めの手がかりとなり得るものと考えられる。

6. 謝辞

実験を進めるに当たって、環境保全センターの全スタッフにさまざまなご協力・アドバイスをいただきました。改めて感謝いたします。

Reference

- 1) 第7回厚生科学審議会生活環境水道部会水質管理専門委員会 配布資料1-4（平成15年2月17日）など
- 2) 島津製作所 TOC アカデミー <https://www.an.shimadzu.co.jp/enviro/water/index.htm>
- 3) 厚生科学審議会 水質基準の見直し等について（答申）資料3 水質基準等の見直しについて（平成15年4月28日）など
- 4) 第9回厚生科学審議会生活環境水道部会水質管理専門委員会 配布資料2（平成15年4月21日）など
- 5) 埼玉県 令和5年度公共用水域及び地下水の水質測定結果 第1章 公共用水域の水質測定結果（令和7年3月31日）

超難処理金鉱石のバイオ酸化処理とチオ尿素抽出の組み合わせによる金の完全回収に関する研究

理工学術院 教授 笹 木 圭 子

1. はじめに

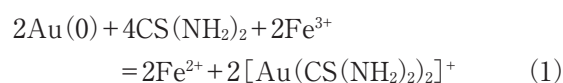
金は、古代から人を魅了し、審美的価値および機能的価値のほかに、貨幣的価値を備えた特別な貴金属である。金の生産国は、中国、ロシア、豪州に続き、中央アジア、アフリカ諸国の途上国が上位を占め、その資源量は限られているにもかかわらず、その化学的・物理的性質から宝飾品、電子機器、触媒、医療などに、用途は多様化している。先進国では、都市鉱山からの金回収技術開発にも精力的であるが、分離、精製のステップを重ねるごとにリサイクルループが大きくなり、金の再生は、CO₂排出量や環境負荷物質の排出を抑える要求との両立が困難となっている。

天然の金鉱石のうち、開発対象とされていないタイプのもので、炭素質難処理金鉱石 (double refractory gold ores, DRGOs) が挙げられる。これは、全体の金生産量に対して、数分の1程度と推定されている。難処理金鉱石とは、金粒子がpyrite (FeS₂) や arsenopyrite (FeAsS) などの硫化鉱物に埋包されており、硫化鉱物の分解過程を必須の前処理として要求されるもので、全体の約3分の1を占めると試算されている。このタイプの鉱石は、「難処理」とはいうものの、化学酸化、あるいは、微生物酸化によって硫化物を分解し、金をシアン化によって抽出させるプロセスが、すでに確立されている。ところが、これにさらに細かい炭素質物質が混ざっている金鉱石 (DRGOs) では、シアン化過程において、Au(CN)₂⁻錯体が、わずか数%しか含まれていない炭素質に選択的に吸着し、いったん抽出したAuが、再び固相に戻ることに伴う回収損失 (preg-robbing) が起こるリスクが知られる。その損失は、30~70%にまで及ぶことがあり、DRGOsは、一般の金鉱石よりも、金含有率が高いとされているにもかかわらず、経済性が成り立たないため、「超難処理金鉱石」とも呼ばれ、現行では、開発の

対象外に分類されている。

HSAB (hard and soft acid and base) 理論でもよく説明されるように、シアンイオンは、Auとの相性がよく、安定なシアン金錯体Au(CN)₂⁻を形成し、著しく毒性が高いにもかかわらず、工業的Auの水溶液抽出では、もっぱらこのシアン化法に依存してきた。DRGOsからの金をシアン抽出するためには、前処理として、硫化物分解だけではなく、炭素質分解、あるいは、改質の工程が必要である。金鉱石の硫化物分解に関しては、従来から、鉄酸化菌を用いたバイオ酸化、化学酸化、圧力酸化等が提案され、実用化もされている。炭素質分解に関しては、鉱石の焙焼が実用されていることがあるが、SO_xやヒ素酸化物などの大気汚染を起こすリスクがある。研究レベルでは、酵素処理、微生物による炭素質分解、マイクロ波処理等が提案されてきた。とくに、筆者らの先行研究¹⁻¹⁰⁾では、DRGOsに対して、化学酸化やバイオ酸化と、それに続く、炭素質分解を組み合わせ、逐次的前処理法を提案し、シアン抽出による金抽出率の向上を、QEMSCANによる固相側の鉱物相の直接観察を合わせて考察し、報告してきた。

シアン化イオンは、その毒性の高さから、近年使用規制が強化されてきており、様々な代替抽出剤の研究が行われている。シアン化物に代わる金の抽出剤としては、ハロゲン、チオ硫酸塩、チオ尿素等が提案されている (Table 1)。チオ尿素による金抽出は、主に酸性条件下で行われ、Fe³⁺やH₂O₂等の酸化剤の存在下で、式 (1) のように、金チオ尿素錯体 [Au(CS(NH₂)₂)₂]⁺を形成しながら抽出する。



チオ尿素を金抽出に用いる利点としては、金への高い選択性、速い浸出速度、環境負荷の低さが挙げられる。また、酸性での硫化物分解工程を必要とす

Table 1. Summary of gold extraction techniques

Ligands	Reactions	Remarks
Cyanide (CN ⁻)	$4\text{Au} + \text{O}_2 + 8\text{CN}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Au}(\text{CN})_2^- + 4\text{OH}^-$ pH 11-13, log β_2 38.3	Cyanidation-CIP/CIL process is conventional. Toxic
Thiosulfate (S ₂ O ₃ ²⁻)	$2\text{Au} + 0.5 \text{O}_2 + 4\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + 2 \text{OH}^-$ Alkaline pH (ammonia), log β_2 28	Oxidant: O ₂ Accelerated by Cu ²⁺ Au(0) is covered by CuS.
Ammonia (NH ₃)	$2\text{Au} + 0.5 \text{O}_2 + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Au}(\text{NH}_3)_2^+ + 2 \text{OH}^-$ pH>9, log β_2 23	Slow leaching kinetics
Thiocyanate (SCN ⁻)	$\text{Au} + \text{Fe}^{3+} + 2\text{SCN}^- = \text{Au}[\text{SCN}]_2^- + \text{Fe}^{2+}$ at pH 1-2, high temperatures, log β_2 17.1	ORP 0.69 V (high) Oxidant: Fe(III)
Thiourea (TU)	$\text{Au} + \text{Fe}^{3+} + 2\text{CS}(\text{NH}_2)_2 = \text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]_2^- + \text{Fe}^{2+}$ at pH 1-2, log β_2 22	ORP 0.4-0.6 V Oxidant: Fe(III) Large consumption of TU Low stability of TU
Halides (X ⁻)	$\text{Au} + n\text{X}^- = \text{AuX}_n^{(n-m)-} + m\text{e}^-$ ➤ X = Cl: $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{Cl}^-$ @pH 1, log β_2 9.1 $\text{HOCl} + 2\text{e}^- = \text{Cl}^- + \text{OH}^-$ @pH 5 ➤ X = Br: $\text{HOBr} + 2\text{e}^- = \text{Br}^- + \text{OH}^-$ @pH 1-6, log β_2 12.3 ➤ X = I: $\text{I}_3^- + 2\text{e}^- = \text{I}^-$ @pH 1, log β_2 18.6	Oxidant: Cl ₂ at pH 1 HOCl at pH 5 HOBr at pH 1-6 I ₃ ⁻ at pH 1 Coexisting components consume X ⁻ and back to Au(0) from AuX _n ^{(n-m)-} .

る硫化物含有金鉱石に対しては、前処理後のアルカリ消費が不必要になるという利点も加わる。ただし、金チオ尿素錯体の炭素質への親和性については、いまだ明確にされていない。

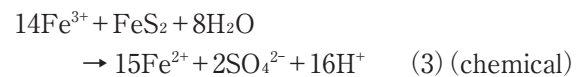
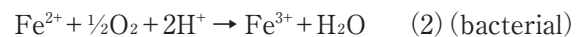
チオ尿素を抽出剤として用いた、DRGOsの開発可能性について検討するため、異なるグラファイト化度を持つDRGOsに対して、種々の硫化物分解および炭素質分解の前処理を施し、鉱石の特性や前処理方法によるチオ尿素による金抽出特性に及ぼす影響について調べ、DRGOsからの金のチオ尿素抽出の有効性を明らかにしようとした。

2. 方法

DRGOsとして、産地の異なるSYM, UZB, PFC, GFCの4種を入手した。試料は、それぞれ浮選精鉱により、金品位が元鉱石に対して、約10倍に高められたもので、粒子表面の浮選試薬を取り除くために、エタノール及び1M HNO₃により、洗浄されている。4種のDRGOsは異なる金品位及び炭素含有量をもちながら、似たような共存鉱物（石英、粘土鉱物、黄鉄鉱など）からなっていることが、元素分析値（Table 2）およびX線回折パターン（Fig. 1）

からわかる。

エタノール洗浄および1M HNO₃洗浄を行ったサンプルをDWと称し、DWに対して、鉄酸化菌 *Acidimicrobium ferrooxidans* ICP、硫黄酸化菌 *Acidithiobacillus caldus* KUの混合培養によるバイオ酸化処理（BIOX）を、45℃にて、2週間行った。このバイオ酸化では、以下のような連鎖反応が期待され、黄鉄鉱をはじめとする硫化鉱物は溶解し、金は脱離または露出する。



BIOX後の試料は、濾過した後凍結乾燥を行い、0.8 M シュウ酸溶液にパルプ濃度20%になるように添加し、25℃で24時間振とうさせ、jarositeのようなFe³⁺を含む二次鉱物を溶解させる。

チオ尿素（TU）抽出は、TU最終濃度が、5 mM、Fe₂(SO₄)₃最終濃度が、4.7 uMになるように試薬を添加し、H₂SO₄により、pH 1に調整した溶液を作成し、三角フラスコにパルプ濃度1.25%になるように、鉱石を添加し、これらをシェーカーに入れて、125 rpm、

Table 2. Elemental compositions of several DRGOs

(%)	Au (g/t)	C	Mg	Ca	Al	Si	S	Na	K	Ti	Fe	As	Others
SYM DW	24.0	4.20	0.86	0.40	8.28	18.06	8.53	-	2.38	0.58	14.50	-	42.21
SYM BIOX	-	8.12	0.51	0.02	9.79	23.57	0.91	-	3.43	0.99	3.40	-	49.26
UZB DW	30.1	2.60	0.71	0.05	13.55	31.19	9.34	0.55	6.27	1.66	29.34	0.70	4.04
UZB BIOX	-	4.02	0.60	0.06	15.70	41.30	3.48	0.60	9.64	2.88	18.30	0.34	3.08
GFC DW	2.0	0.51	0.18	0.80	12.20	49.10	1.23	1.69	4.34	1.19	7.64	0.54	20.54
PFC	5.5	1.33	0.62	2.14	8.87	26.96	1.29	-	2.03	0.33	5.20	-	51.23

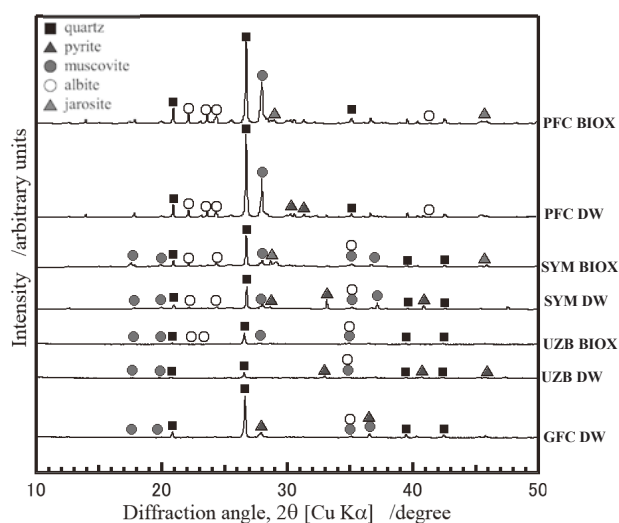


Fig. 1 XRD patterns for several DRGOs (PFC, SYM, UZB, GFC) and treated ones. Treatments were performed by acid washing (DW), followed by bio-oxidation (BIOX) in some cases.

40℃で48時間振とうさせて行った。

比較対照として、シアン抽出は、2.5mM KCN (pH>12) の溶液に、パルプ濃度5.00%となるように、鉱石を添加し、これらをシェーカーに入れて、125 rpm、40℃で48時間振とうさせて行った。いずれも、一定時間ごとに試料採取して、ICP-MSによるAu濃度測定を行った。乾式法による金の含有量を母数として、抽出率を求めた。

チオ尿素抽出された金錯体を三菱ケミカル陽イオン交換樹脂DIAION PK216LHおよび陰イオン交換樹脂WA21Jにより、回収を試みた。 $[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2]^+$ は、陽イオンであるが、抽出液には、桁違いに大量の Fe^{3+} が含まれるケースであるため、Auと親和性の高いアミン基を豊富に持つWA21Jも選定の候補に挙げた。浸出液12.5 mLに樹脂1 mLを分散させ、

室温にて、100 rpmで2時間振とうする三重試験とした。

3. 結果および考察

XRD分析結果より、DWの主な構成鉱物として、pyrite、quartz、muscovite、albite、chloriteが見られた。出発試料に対するMLA分析の結果、6%の金粒子がpyriteに包括されていた。出発試料のチオ尿素抽出結果は、60%を示した。バイオ酸化後の試料に対するXRD分析の結果、pyriteのピークは消滅したが、二次鉱物であるjarositeのピークが現れた。生成したjarositeは、金粒子を再包括し、金抽出の阻害要因となるため、除去する必要がある。シュウ酸洗浄を行うことにより、jarositeのピークは、消滅した。

Fig. 2には、バイオ酸化前及び後のTU抽出およびシアン抽出の経時変化を示している。まず、シアン抽出では、酸洗浄のみの処理では、抽出率は、70%以下に抑えられ、SYM、UZBでは、再吸着も顕著にみられるし、バイオ酸化後であっても、抽出率は、向上するものの、再吸着は、STMで顕著に見られている (Fig. 2(a)'~(d)'). 一方、TU抽出の経時変化では、バイオ酸化前では、抽出率が80%を超えるのも困難な程度であるが、バイオ酸化後には、シアン抽出で散見されるAu錯体の固相への再吸着は、いずれの場合もなく、平衡に達するのに要した浸出時間は、金の含有率に依って異なるものの、6~30時間程度であった。すなわち、金含有量、炭素含有量、グラファイト化度の異なるさまざまな炭素質金鉱石に対して、チオ尿素抽出は、平易な方法で、炭素質に対して、何も処理しなくても短時間で高い金抽出率を達成していることを示している。

上の例のうち、SYMからTU抽出された抽出液を

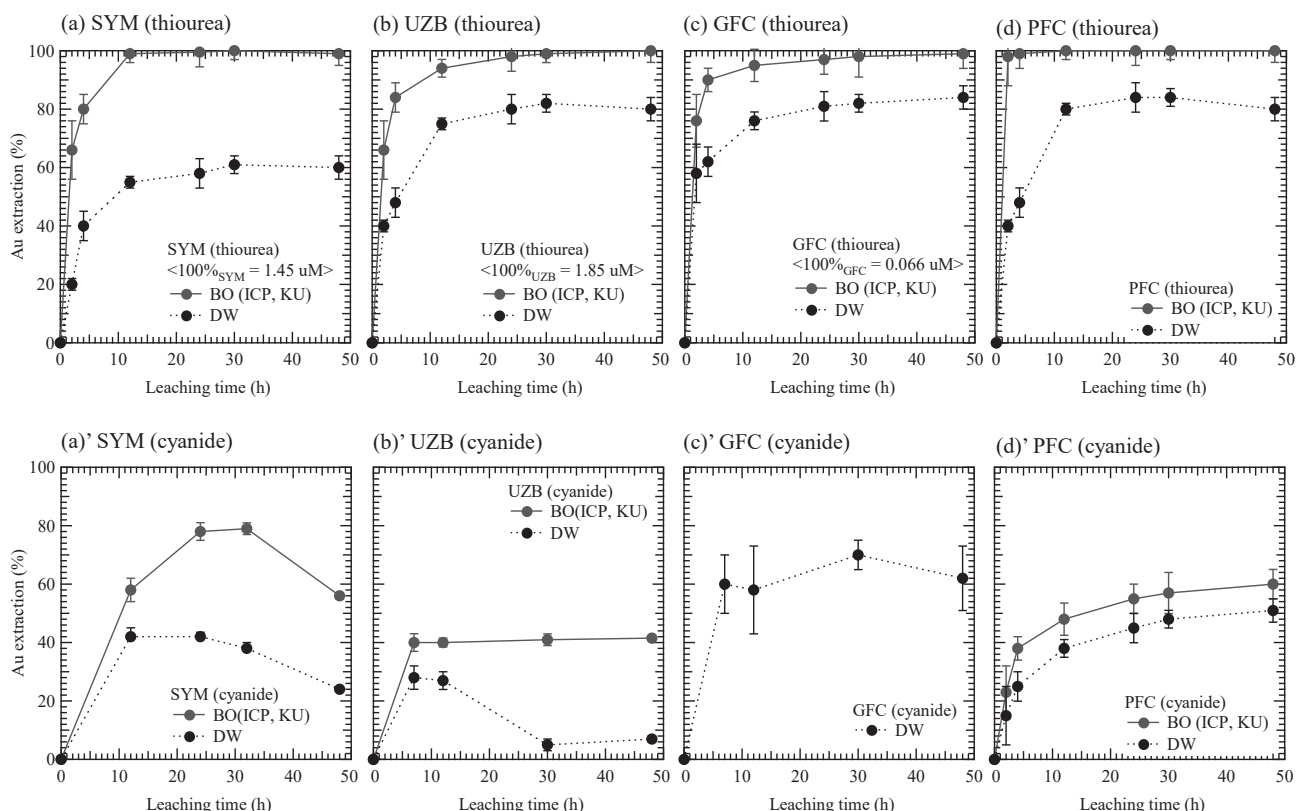


Fig. 2 Gold extraction behaviors from several DRGOs (SYM, UZB, GFC, PFC) by (a)~(d) thiourea and (a')~(d') cyanide.
DW: acid washing, BO: biooxidatuion.

Table 3. Adsorption characteristics of (a) $\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2^+$ and (b) Fe^{3+} on DIAION WA21J and PK216LH from the extracted solutions in thiourea leaching from SYM as shown in Fig. 2(a).

(a) Initial Au concentration 4.86 μM ($n = 3$)

ion exchange resin	equilibrated concentration (mM)	adsorption density (mmol/mL)	Recovery (%)
WA21J	1.073 ± 0.333	0.0474 ± 0.0042	77.93 ± 6.85
PK216LH	$0.190 \pm 1.54 \times 10^{-4}$	$0.0584 \pm 1.54 \times 10^{-4}$	96.09 ± 0.25

(b) Initial Fe concentration 4.20 mM ($n = 3$)

ion exchange resin	equilibrated concentration (μM)	adsorption density ($\mu\text{mol/mL}$)	Recovery (%)
WA21J	3.953 ± 0.417	0.0030 ± 0.0052	5.86 ± 9.94
PK216LH	Not detected	0.0551 ± 0.0035	>99.9

イオン交換樹脂への吸着試験に供した。抽出液の中には、Au 4.86 μM およびFe 4.20 mMが含まれていた。それぞれの平衡状態における濃度を Table 3に示す。陽イオン交換樹脂PK216LHでは、3桁高い濃度で共存する Fe^{3+} イオンも吸着したうえでも、Auの回収率は96%を示した。一方の陰イオン交換樹脂WA21Jでは、 Fe^{3+} イオンはほとんど吸着しないものの、Auを78%回収した。このことは、より共存陽

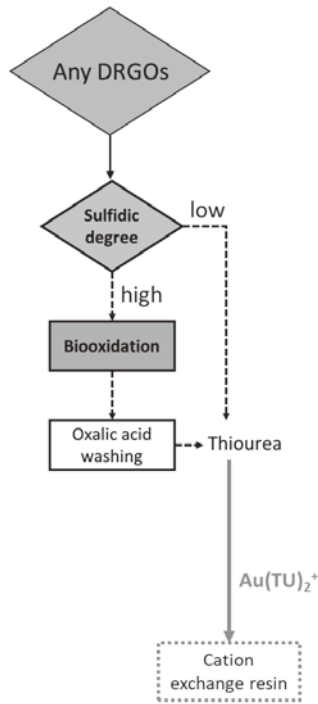
イオン濃度が高い浸出液に対しての、WA21Jの適用可能性を示唆している。

4. 結論

世界五大陸に分布し、開発を断念されている超難処理金鉱石 (DRGO) を複数の産地から入手して、これらに対して、浮選濃縮、薬剤除去洗浄、混合培養によるバイオオキシデーション、チオ尿素による

(a) Thiourea leaching

Sasaki et al., Hydrometallurgy, 2024



(b) Cyanidation (conventional)

Sakai et al., Hydrometallurgy, 2022

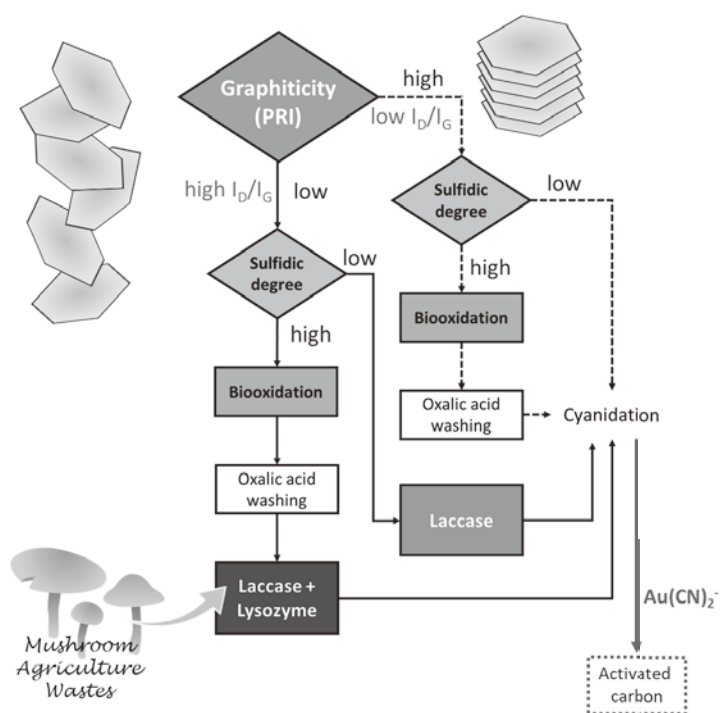


Fig. 3 Proposed flowchart of the gold recovery from DRGOs, including (a) thiourea leaching ; (b) conventional cyanidation.

Au抽出により、ほぼ完全に金を抽出、さらに、一般的な陽イオン交換樹脂により、ほぼ完全回収できることを示した。この方法は、従来行われてきた焙焼による大気汚染や、現在も行われているシアン抽出による甚大な環境負荷を回避し、pHを大きく変動させることなく、一貫して酸性側でプロセスを完結させる点で検討に値する (Fig. 3(a))。

このプロセスは、研究レベルでは優れた方法であるが、実規模スケールに拡張するには、チオ尿素の薬剤コストが継続的に全体のコストを圧迫し、いまだにシアン抽出法を維持したまま、前処理として、炭素質を生物化学的、あるいは、物理的に改質し、DRGOsから金回収率を向上させる研究もおこなわれている (Fig. 3(b))。

文献

1. Keiko Sasaki, Ikumi Suyama, Ryusei Takimoto, Kojo Twum Konadu, Hirofumi Ichinose, Jacques Eksteen, Complete gold extraction and recovery from double refractory gold ores by thiourea after bio-oxidation of sulfides by mixed cultures, *Hydrometallurgy* 227 (2024) 106330.
2. Cindy, Diego M. Mendoza, Kojo T. Konadu, Hirofumi Ichinose, Keiko Sasaki, Multiple laccase-mediator system treatments for carbonaceous matter degradation in double refractory gold ore, *Hydrometallurgy*, 221, 106129 (2023)
3. Kojo T. Konadu, Didi X. Makaula, Mariette Smart, Cindy, Diego M. Mendoza, Elaine Opitz, Susan T. L. Harrison, Keiko Sasaki, Enzymatic degradation of carbonaceous matter in contrasting South African refractory gold ores using cell-free spent medium from *Phanerochaete chrysosporium*, *Hydrometallurgy*, 220, 106087 (2023)
4. Keiko SASAKI, Ikumi SUYAMA, Yuji AOKI, Kojo T. KONADU, CINDY, Hajime MIKI, Tsuyoshi HIRAJIMA, Significance of Fe contents on the surface of the gold ores in gold leaching by thiourea and ethylene thiourea, *Minerals Engineering*, 191, 107957 (2023)
5. Ryotaro Sakai, Cindy, Diego Mendoza, Konadu Kojo, Yuji Aoki, Tsuyoshi Hirajima, Hirofumi Ichinose, Keiko Sasaki, Laccase-

- mediator system for enzymatic degradation of carbonaceous matter in the sequential pretreatment of extremely refractory gold ore, *Hydrometallurgy*, 212(2022) 105894.
6. Cindy, Ryotaro Sakai, Diego Mendoza, Konadu Kojo, Yuji Aoki, Keiko Sasaki, Significance of acid washing after biooxidation of sulfides in sequential biotreatment of extremely refractory gold ore from Syama mine, Mali, *Minerals*, 11(2021) 1316.
 7. Diego Mendoza, Kojo Konadu, Hirofumi Ichinose, Keiko Sasaki*, Degradation of powder activated carbon by laccase mediated system: model experiment for improvement of gold recovery from carbonaceous gold ore, *J. Environ. Chem. Eng.*, 9 (2021), 106375
 8. Kojo T. Konadu, Diego M. M. Flores, Robert J. Huddy, Susan T. L. Harrison, Takashi Kaneta, Keiko Sasaki, Biological pretreatment of carbonaceous matter in double refractory gold ores: a review and some future considerations, *Hydrometallurgy*, 196 (2020) 105434 (SI)
 9. Kojo T. Konadu, Robert Huddy, Susan T. L. Harrison, Kwadwo Osseo-Asare, Keiko Sasaki, Improvement of gold recovery from double refractory gold ore in sequential degradation using a thermophilic iron oxidizing archaeon followed by fungal crude enzymes, *Mineral. Engng.*, 138 (2019) 86–94.
 10. Kojo T. Konadu, Susan Harrison, Kwadwo Osseo-Asare, Keiko Sasaki, Transformation of the carbonaceous matter in double refractory gold ore after sequential biooxidation by iron-oxidizing archaeon followed by crude lignin peroxidase released from white-rot fungus, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 143 (2019) 104735.
- 謝辞：**本研究は、JSPS 科研費 JP19KK0135、研究拠点形成事業 JPJSCCB20200003により、助成を受けたものである。

2024年度 分析室 施設利用者の研究テーマ・利用内容

基幹理工学部

■機械科学・航空学科

【鈴木 研究室】

- ・液体金属の拡散係数の測定及び挙動の解析（修士課程）
- ・液体金属の拡散係数測定（教職員等）

■材料科学専攻

【国吉 研究室】

- ・シリコン廃棄物を用いたCO₂還元反応の量子化学計算及び実験による解析（修士課程）

創造理工学部

■総合機械工学科

【中垣 研究室】

- ・岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発（修士課程）
- ・CCSの内の化学吸収法におけるアミン溶液の加速劣化について（修士課程）
- ・電気化学的部分酸化による電力併産型カーボンリサイクル基幹物質転換に関する研究（修士課程）
- ・海水を用いたカーボンリサイクルにおけるCO₂鉱物化操作の検討（学士課程）

■建築学科

【輿石 研究室】

- ・樹脂含浸技術を応用した竹材の利用に関する研究（学士課程）

【田邊 研究室】

- ・超高層オフィスビルにおける室内環境が植物の生育に及ぼす影響の評価（修士課程）

■社会環境工学科

【赤木 研究室】

- ・高炉水砕スラグ系材料の硬化メカニズムならびに注入固化工法への応用に関する研究（修士課程1名、学士課程3名）
- ・ポリウレタン系材料の発泡を考慮した浸透性能評価および注入改良土の経時劣化評価に関する実験的検討（修士課程）
- ・ポリウレタン系材料の地盤注入における浸透性能の向上と環境影響に関する研究（修士課程）

【秋山 研究室】

- ・カーボンネガティブコンクリートの材料・構造開発（修士課程）
- ・炭酸マグネシウムを用いたカーボンネガティブコンクリートの開発（修士課程）
- ・コンクリートに二酸化炭素を貯留させたカーボンネガティブコンクリートの開発研究（学士課程）

【小峯 研究室】

- ・Diffusion of cations in compacted bentonite（博士課程）
- ・遊離Caを保有する煤塵を活用したCO₂固定における反応量推移予測（修士課程）
- ・Ca成分を含んだ素材のCO₂固定化反応における定量的・定性的評価方法の提案に向けた実験的研究（修士課程）
- ・コンクリート再生骨材の材料劣化を考慮した環境影響評価とCO₂を活用した溶出抑制技術（学士課程）
- ・煤塵のCaイオンの炭酸화를活用したCO₂固定化システム構築とCaCO₃の回収および結晶構造解析（学士課程）
- ・Investigation of property changes of Bentonite modified through Electrochemical Treatment（学士課程）
- ・ベントナイトの膨潤特性に及ぼす温度履歴に関する実験的研究（教職員等）

【榊原 研究室】

- ・The Effect of Magnetite Concentration on Bio-Fenton Reaction（博士課程）
- ・磁気フィルター付き膜分離促進活性汚泥法に関する研究（修士課程）
- ・Effectiveness of the Magnetic Filter in a Bio-Fenton SB-MBR（修士課程1名、学士課程1名）

- ・ The Study of an Advanced Activated Sludge Process with Bio-Fenton Reaction under practical application conditions (修士課程)
- ・ The modification of magnetic filter in Bio-Fenton sequencing batch membrane bioreactor equipped with magnetic filters (修士課程)
- ・ 元荒川に生息する珪藻の存在量の計算モデルの作成 (学士課程)
- ・ バイオフィェンTON MBRを用いた合成廃水の処理 (学士課程)
- ・ Enhanced removal of antibiotics in wastewater by applying an advanced activated sludge process (教職員等)

■環境資源工学科

【伊坪 研究室】

- ・ スマートフォンの環境影響評価 (学士課程)
- ・ リチウムイオン電池の再生に注目した環境影響評価 (学士課程)
- ・ 製品等のライフサイクルに注目した環境影響評価 (教職員等)

【大河内 研究室】

- ・ カンボジアにおける有機大気物質の実態解明と健康および環境影響評価 (修士課程)
- ・ 首都圏小規模森林が都市大気オゾンとPM2.5に及ぼす影響評価 (修士課程)
- ・ 化学・安定同位体分析を用いた豪雨の実態と生成機構の解明 (修士課程)
- ・ マイクロカプセル香害の実態解明と呼吸器系保護具試験法に関する検討 (修士課程)
- ・ カンボジアにおける大気汚染の実態解明と健康及びアンコール遺跡群への影響評価 (修士課程)
- ・ 国内主要樹種の大気中マイクロプラスチック捕捉能評価と早成桐による大気浄化技術開発 (修士課程)
- ・ 富士山体を用いた自由対流圏及び大気境界層の雲水化学の長期動態と濃度支配要因 (修士課程)
- ・ 大気中ナノ・マイクロプラスチックの迅速分析法の確立と無人航空機による鉛直観測法の検討 (修士課程)
- ・ 室内環境中マイクロプラスチックの実態解明と柔軟剤マイクロカプセル分析法の検討 (学士課程)
- ・ 福島県里山における放射性物質の長期動態と環境調和型除染技術開発の提言 (学士課程)
- ・ 丹沢山塊の渓流水化学特性と大気沈着影響の評価 (学士課程)
- ・ マイクロプラスチックの大気沈着挙動の解明とプラスチック削減対策技術の提言 (学士課程)
- ・ 大気エアロゾル中マイクロプラスチックの実態解明と健康影響評価 (学士課程)

【川邊 研究室】

- ・ リサイクル資材を活用した酸性坑廃水の中和処理及び重金属除去に関する研究 (修士課程)
- ・ 天然岩石を利用した酸性廃水処理過程における二酸化炭素固定化の検討 (修士課程)
- ・ 表層土壌中の重金属類の移動挙動に及ぼす生物学的影響 (学士課程)
- ・ 廃棄物を用いた重金属除去 (学士課程)
- ・ 地下環境下における重金属類の動態に及ぼす嫌気性微生物の影響 (学士課程)
- ・ 廃棄物等を活用した酸性廃水の中和処理および有害重金属除去に関する研究 (修士課程)

【笹木 研究室】

- ・ 炭素質難処理金鉱石のチオ尿素抽出 (学士課程)
- ・ ウズベキスタンにおける銅精錬尾鉱を利用した光触媒複合体の合成及びその水素生成への応用 (学士課程)
- ・ 鉄鋼スラグを基とした光触媒の複合化による活性の向上 (学士課程)
- ・ ジオミメティクスに起因する光触媒複合体の合成、特性化、グリーンマテリアルとしての応用 (教職員等)
- ・ バイオプロセスを導入した超難処理金鉱石からの金の完全回収 (教職員等)

【所 研究室】

- ・ 電気パルス法を用いたCFRP積層板およびCFRP-銅板積層体からのCF分離 (博士課程)
- ・ 電気炉系スラグに含まれるCr化合物の回収に向けた処理プロセスの検討 (博士課程)
- ・ PFOA removed by in-situ formation of LDH (博士課程)
- ・ The separation and extraction of valuable metals from the spent lithium-ion batteries (博士課程)
- ・ Insights into the mechanism of direct stabilization of boron in landfill leachate by in-situ formation of LDH (博士課程)
- ・ As (V)・As (III) 共存状態での水酸化第二鉄共沈によるFeおよびAs濃度変化分析 (修士課程)
- ・ 電気パルス法によるリチウムイオン電池正極活物質の剥離における化学的な機構解明 (修士課程)
- ・ 最終処分場環境下における水銀吸着黄鉄鉱の化学的安定性評価 (修士課程)
- ・ ダイレクトリサイクルに向けたLiB正極合材からの正極活物質の単体分離と回収の検討 (修士課程)
- ・ Phosphorus recovery from Sewage Sludge Ash (修士課程)
- ・ 電気パルス法による金属樹脂接合体の分離 (学士課程)
- ・ 木質ペレットの粉碎特性把握 (学士課程)

- ・イオン液体を用いた電気パルス法によるリチウムイオン電池正極活物質の剥離メカニズムの解明（教職員等）
- ・バイオマスペレットの粉碎特性把握（教職員等）
- ・Study on Heavy Metals volatilization Using Chlorine-containing Plastics（教職員等）
- ・Arsenic fixation in groundwater using limestone（教職員等）

【山口 研究室】

- ・モーター材料の効率的なリサイクル技術の開発（修士課程）
- ・廃太陽光パネルのシリコンを用いたマグネシウム製錬（修士課程）
- ・太陽光パネルから金属シリコンとガラスの分離・除去（修士課程）
- ・ロータリーキルン炉を用いたCu₂O系スラグの酸化に関する研究（修士課程）
- ・Al₂O₃-TiO₂-CaO-SiO₂四元系スラグを用いた白金族金属の回収（修士課程）
- ・廃太陽光パネルのシリコンからの有価金属の分離とフェロシリコン製造（修士課程）
- ・蓄電池のリサイクル関連技術開発（修士課程）
- ・酸化精製による銅からの鉄、ニッケル、錫の除去（学士課程）
- ・溶融フラックスを用いたサーボモータからのレアアースの分離・回収（学士課程）
- ・非鉄金属の乾式製錬およびリサイクルに関する研究（教職員等）

先進理工学部

■物理・応用物理学科

【勝藤 研究室】

- ・NaCl型V_{1-x}Nb_xOにおける絶縁体-金属転移（修士課程）

■化学・生命化学科

【柴田 研究室】

- ・ロジウム触媒を用いた[2+2+2]付加環化反応によるカンナビノールの合成（修士課程）

【中尾 研究室】

- ・ヤマトシジミの貝殻劣化の原因を探る（学士課程）
- ・食品成分の分析及び機能探索（学士課程）

【古川 研究室】

- ・二酸化炭素の電解還元による再資源化（修士課程2名、学士課程1名）
- ・二酸化炭素の光還元（修士課程1名、学士課程1名）
- ・人工光合成実現に向けた新規CO₂還元光触媒の開発（修士課程）
- ・Ni-BDC及びFeCo-BDCを用いたCO₂の光還元（学士課程）

■応用化学科

【梅野 研究室】

- ・相互依存する上下流経路を持つテルペン高生産株の進化的デザイン（博士課程）
- ・新規DMAPP/IPP比スクリーニング法を用いた4-ヒドロキシ-3-メチル-2-プテニル二リン酸レダクターゼIspHの生産物特異性の改変（修士課程）
- ・人メチルトランスフェラーゼの進化工学（修士課程）
- ・2-oxoglutarate依存性ジオキシゲナーゼの特異性改変AIの開発（学士課程）

【江口 研究室】

- ・防カビ、水分保持を目的とした粘土ナノシートを用いた高効率な青果物の保護シートの開発（学士課程）

【小柳津・須賀研究室】

- ・アニオン性ポリマー含有熱硬化膜の作成と超親水性および機械強度の実現（修士課程）
- ・コーティングにおける二酸化炭素の可逆的吸着挙動の評価（学士課程）

【木野 研究室】

- ・非リボソーム型ペプチド合成酵素の機能ドメインの単独発現と活性評価（修士課程）
- ・Fatty acyl-AMP ligaseを用いた脂肪酸アミドの化学酵素的合成（修士課程）
- ・ジケトピペラジン類の効率的酵素合成法（修士課程）
- ・ヒスタミンメチル化酵素を用いたバレニン合成法の開発（学士課程）
- ・NRPS由来アデニル化ドメインの機能拡張とオリゴペプチド合成への展開（学士課程）
- ・カルボン酸レダクターゼ由来アデニル化ドメインを利用したアミド合成（学士課程）

【桐村 研究室】

- ・ グルコース転移酵素 XgtA による α -Glucosylglycerol の合成および異性体の精製条件の確立（修士課程）
- ・ Xanthomonas campestris WU-9701 由来グルコース転移酵素 XgtA を用いて合成した α -グルコシルグリセロールの異性体の HPLC 分析条件の確立と主生成物の同定（修士課程）
- ・ Pseudomonas. sp WU-0701 由来アコニット酸イソメラーゼの触媒機構の解明（修士課程）
- ・ XgtA は、第三級アルコールを基質とした時に配糖体を生成するかどうか（学士課程）

【小堀 研究室】

- ・ 尿路結石形成プロセスにおける添加剤の CaC_2O_4 結晶化への影響（学士課程）

【下嶋 研究室】

- ・ シロキサン系ビルディング分子を用いた金属活性点の構造が制御された多孔質触媒の合成（博士課程）
- ・ 層状ケイ酸の表面 SiOH 基への Sn 修飾による配位不飽和サイトの設計（修士課程）
- ・ 熱・電気伝導率制御に向けたナノ多孔質熱電変換材料の結晶成長制御（修士課程）
- ・ かご型シロキサンで被覆された TiO_2 エアロゲルの合成（修士課程）
- ・ ナノ多孔質酸化鉄を鋳型とした鉄含有メソポーラスゼオライトの作製（修士課程）
- ・ シリカナノシートを用いたシロキサン系自己修復材料の作製（修士課程）
- ・ 界面活性剤を用いたシリカナノ粒子の合成（学士課程）
- ・ ナノ多孔質金属酸化物の細孔内でのゼオライト形成過程の解明（学士課程）
- ・ 金属オキソクラスターのシロキサン架橋による多孔質触媒の作製（学士課程）
- ・ 平面4座シロキシ配位子を用いたメタロシロキサン分子合成（学士課程）
- ・ ナノ多孔質石英の細孔構造制御と圧電触媒特性の評価（学士課程）
- ・ 酸化物ナノ多孔体の精密合成（教職員等）

【菅原 研究室】

- ・ Phase transfer of inorganic nanosheets from aqueous to organic phase by stirring in the presence/absence of phase transfer reagents（博士課程）
- ・ Ultrafine Bimetallic Nanoparticles Confined in Highly-ordered Mesoporous Carbon Films for Oxygen Evolution Reaction（博士課程）
- ・ 層間に金属ナノ粒子を有する二層構造のニオブ酸ナノシートの作製（修士課程）
- ・ ニオブナノシート及び層状ニオブ酸への有機基の修飾（修士課程）
- ・ ヤススナノシートを用いた単層ナノシート薄膜の作製（修士課程）
- ・ 無機ナノシートを用いたミストデポジション法による3次元構造の作製（修士課程）
- ・ ニオブ酸カリウム由来の二層ナノシートへの有機金属化合物導入および触媒活性評価（修士課程）
- ・ Preparation of semi-homogeneous catalyst using single and double layered hexaniobate and porphyrins（修士課程）
- ・ Composite of graphene and core-shell MOF derived cobalt-embedded hierarchical porous carbon for supercapacitor（修士課程）
- ・ ミストデポジション法を用いたナノコンボジット水蒸気バリア膜の作製（学士課程）
- ・ Mo_6 錯体で修飾された HTO ナノシートの合成（学士課程）
- ・ リン系カップリング剤を用いて表面修飾したアルミナナノ粒子のポリマー鎖長の制御（学士課程）
- ・ 高密度に金属単原子をドーブさせたメソポーラスカーボンの作成（学士課程）
- ・ 蛍光物質を層間挿入したナノシートの蛍光特性（学士課程）
- ・ Design of high dispersible and enantioselective catalyst for epoxidation of alkenes（学士課程）

【関根 研究室】

- ・ かご型シロキサンを用いた凝集抑制を有する単原子合金触媒の開発（修士課程）
- ・ セルロースから LP ガスへの直接転換触媒の開発（修士課程）
- ・ 金属ドーブによる酸化セリウム上の水ネットワークの制御（修士課程）
- ・ 金属酸化物の酸化還元反応を用いた CO_2 の再資源化（修士課程）
- ・ Pt 担持耐水性ルイス酸・塩基触媒を用いたセルロースから C3・C4 炭化水素への転換（学士課程）
- ・ 触媒を用いた稲わらからバイオマスエネルギーへの転換（教職員等）
- ・ 電場印加反応場を利用した逆水性ガスシフト反応（教職員等）

【野田・花田 研究室】

- ・ ヨウ素を用いたカーボンナノチューブの安全で高度な精製（修士課程）
- ・ 層状複水酸化物触媒と CNT 三次元電極を用いた高効率水電解水素製造（修士課程）
- ・ CO_2 吸収型コンクリート中の特殊混和材 γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ の CO_2 吸収反応の詳細解析（修士課程）

- ・使用済みリチウムイオン電池の正極材の簡易リサイクル（修士課程）
- ・リチウムイオン電池正極活物質の直接リサイクル（修士課程）
- ・CNT集電体ベースSiO₂/Li₂S₈全電池の開発（修士課程）
- ・複数種のカーボンナノチューブを三次元集電体として用いたリチウム金属二次電池の開発（修士課程）
- ・Metal atomic ratio of Ni, Co, Al in LiNiCoAlO₂ battery cathode material（学士課程）
- ・化学気相成長法によるシリコン-活性炭複合体の作製とリチウムイオン電池負極への応用（学士課程）
- ・アーク放電によるMg微粒子のフロー合成と水素吸蔵特性の評価（学士課程）
- ・CNTの高度な分散（学士課程）
- ・水素吸蔵合金と有機金属構造体の複合化による高容量水素貯蔵材料の開発（学士課程）
- ・CO₂吸収型コンクリート（教職員等）

【本間・福永 研究室】

- ・Electrochemical nitrate reduction reaction to ammonia（博士課程）
- ・CO₂電解還元用新規複合電極の開発（修士課程1名、学士課程1名）
- ・銅電析法により作製したガス拡散電極のCO₂電解還元特性（修士課程）
- ・中温型SOFCの研究開発（修士課程）
- ・新規PCFCの研究開発（学士課程）
- ・PTFEを用いたCO₂電解還元用触媒の開発（学士課程）

【松方 研究室】

- ・酸素条件下、未燃炭化水素等を利用したNTA用触媒の高活性化技術の開拓（教職員等）

【門間 研究室】

- ・フッ化物シャトル電池へのCu/CNT複合正極の適用（修士課程）
- ・Li-O₂電池用レドックスメディエータ固定化非炭素電極の作製とその評価（修士課程）
- ・フッ化物イオン電池におけるフッ化ランタン層を付与することによる電解液への銅イオンの溶解抑制（学士課程）

【山口 研究室】

- ・ジルコノセン-可視光レドックス触媒系による脱塩素型二量化反応の開発（修士課程）

■生命医科学科

【朝日 研究室】

- ・銅酸化物高温超伝導体の擬ギャップ相における空間・時間反転対称性の評価（学士課程）

【武岡 研究室】

- ・カチオン性アミノ酸型リポソームの安定性評価（修士課程）
- ・Assessment of Liposome Stability/Fusogenicity and Synthesis of Arginine Head Amino Acid Based Cationic Lipids（学士課程）
- ・人工的に作成した脂質小胞と細胞応答の関係（教職員等）

■電気・情報生命工学科

【大久保 研究室】

- ・水系レドックスフロー電池用の高濃度・高安定な新規電解液の開発（修士課程1名、教職員等1名）
- ・フェロシアン化カリウムおよびフェロシアン化ナトリウムの混合（修士課程）
- ・ナトリウムイオン電池の正極材料としての、ブルシアンブルー類似体の開発（修士課程）
- ・次世代レドックスフロー電池用電解液の開発（教職員等）
- ・ナトリウムイオン電池正極材料の構造制御（教職員等）

教育学部

■理学科生物学専修

【細 研究室】

- ・ヘビの臭腺分泌物に含まれる機能物質の特定（修士課程）

■理学科地球科学専修

【太田 研究室】

- ・Modification of bentonite by metals and biochar for the removal of ammonium and phosphorus in water（博士課程）

【フェイガン 研究室】

- ・ルテニウムのマイクロ蒸留技術開発（教職員等）

人間科学部

■人間環境学科

【平塚 研究室】

- ・ 森林管理の有無がコナラ二次林の外生菌根菌バイオマスに与える影響（学士課程）

学外

【東京都市大学 放射線応用工学研究室】

- ・ 温泉からラジウムを取り出す（修士課程）
- ・ 溶融塩化物への酸化物添加によるマンガン、鉄、コバルトおよびニッケルの沈殿形成（修士課程）

【北海道大学大学院獣医学院 毒性学研究室】

- ・ マイクロ・ナノプラスチックによる動物の健康影響評価（博士課程）

2024年度業務報告

年 間 活 動 日 誌

2024年度は、労働安全衛生規則改正に対応した規約改正を受け、新たな体制での化学物質リスクアセスメントを実施した。それらの結果を踏まえ、適切な化学物質の取り扱い方法等を使用者に展開している。また、化学物質管理体制整備や課題について、講演等で展開するとともに、他大学等と意見交換を行った。今後も法令改正等に対応し、本学における化学物質の、より適正な使用に向けた取組を進めていく。

また、本学における共用機器管理施設として、文部科学省コアファシリティ構築支援プログラム最終年度における体制を整備するとともに、映像教材の作成、教育誌への寄稿など、学外への発信にも取り組んだ。

4月

	定期排水分析
	作業環境測定
8日	2024年度 化学物質取扱いに関する環境保全・安全説明会
16日	西早稲田キャンパス安全衛生委員会
17日	TWIns化学物質管理システム説明会
22日	TWIns安全衛生委員会
24日	教育学部理学科1年生対象安全講習会

5月

	定期排水分析
	作業環境測定
14日	西早稲田キャンパス安全衛生委員会
22日	第1回環境保全センター運営委員会
27日	TWIns安全衛生委員会
28日	西早稲田キャンパス安全担当者会

6月

	定期排水分析
	作業環境測定
7日	令和6年度つくば会（労働安全衛生法改正）
11日	安全衛生管理委員会
11日	西早稲田キャンパス安全衛生委員会
24日	TWIns安全衛生委員会
25日	早稲田キャンパス安全衛生委員会

7月

	定期排水分析
	作業環境測定
	安全衛生一斉点検（～8月）
	薬品在庫照合・化学物質リスクアセスメント（～9月）
18日	大学等環境安全協議会 総会・研修発表会（～19日）
23日	西早稲田キャンパス安全衛生委員会
24日	中国環境科学院来訪
29日	TWIns安全衛生委員会
30日	局所排気装置メーカー見学会

8月

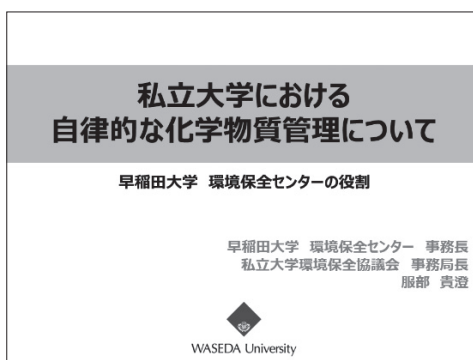
- 1, 26日 安全な研究活動のための化学物質リスクアセスメント演習
- 21日 本庄キャンパス化学物質管理 視察
- 27日 エネルギー管理委員会
- 28日 西早稲田キャンパスBCP訓練

9月

- 定期排水分析
- 作業環境測定
- 5日 私立大学環境保全協議会 第37回夏期研修研究会（金沢工大薬大学）（～6日）
- 11日 西早稲田キャンパス安全担当者会
- 20日 年報「環境」第29号刊行
- 公益社団法人日本化学会 会誌「化学と教育」クロマトグラフィーによる環境分析 寄稿
- 24日 西早稲田キャンパス安全衛生委員会

10月

- 定期排水分析
- 作業環境測定
- 7日 環境省水銀廃棄物ヒアリング
- 7日 TWIns安全衛生委員会
- 8日 新潟医療福祉大学 化学物質管理 講演
- 15日 第2回環境保全センター運営委員会
- 15日 西早稲田キャンパス安全衛生委員会
- 19日 私立大学化学系教員連絡協議会
- 化学物質管理とリスクアセスメント 講演
- 28日 TWIns安全衛生委員会



他大学の教員向けの講演を通じて、
本学の取り組みを紹介した。

11月

- 定期排水分析
- 作業環境測定
- 11日 名古屋市立大学共用機器見学
- 12日 西早稲田キャンパス安全衛生委員会
- 18日 TWIns安全衛生委員会
- 26日 大学等環境安全協議会シンポジウムおよび第40回技術分科会（～28日）
- 29日 九州地区私立大学との意見交換（九州地区環境集会）

12月

- 定期排水分析
- 作業環境測定
- 16日 TWIns安全衛生委員会
- 17日 早稲田キャンパス安全衛生委員会
- 西早稲田キャンパス安全衛生委員会

1月

- 定期排水分析
- 作業環境測定
- 14日 西早稲田キャンパス安全衛生委員会
- 27日 TWIns安全衛生委員会

2月

- 丸善出版 映像でわかる分析機器の原理と使用法 撮影協力



理工センター技術部監修
大学生向け教材の撮影に協力した。

3月

	定期排水分析
	作業環境測定
3日	第3回環境保全センター運営委員会 環境保全センター利用の手引き 発行
4日	安全衛生管理委員会
6日	化学物質・実験系廃棄物管理担当説明会
10日	西早稲田キャンパス安全担当者会
12日	私立大学環境保全協議会 保護具着用管理責任者講習・第41回総会・研修研究会（～14日） （慶應義塾大学 湘南藤沢キャンパス）
17日	TWIns安全衛生委員会
18日	西早稲田キャンパス安全衛生委員会 2025年度 化学物質取扱いに関する環境保全・安全説明会
25, 28日	マスクフィットテスト

2024年度業務報告

実験系廃棄物処理

2024年度の実験系廃液・廃棄物発生量（搬入量）は、前年度と比較して、全体で約6%（約36,000 L）増加した。無機系固体廃棄物が減少したものの、他の廃棄物は、全体的に増加傾向にある。

1. 実験廃液・廃棄物搬入量（％）

（ ）内は23年度

			西早稲田 キャンパス	先端生命 医科学センター	研究開発 センター	材料技術 研究所	早稲田 キャンパス	所沢 キャンパス	その他 ^{注)}	合計
無機系	廃液	搬入量	12,800 (13,160)	120 (100)	12,570 (9,670)	820 (340)	360 (670)	0 (50)	2,120 (2,570)	28,790 (26,560)
		割合(%)	44.5%	0.4%	43.7%	2.8%	1.3%	0.0%	7.4%	100.0%
	固体廃棄物	搬入量	20,620 (22,940)	3,000 (3,340)	4,420 (4,020)	740 (1,300)	260 (620)	620 (760)	360 (560)	30,020 (33,540)
		割合(%)	68.7%	10.0%	14.7%	2.5%	0.9%	2.1%	1.2%	100.0%
有機系	廃液	搬入量	48,445 (45,965)	8,760 (8,130)	15,930 (13,375)	2,820 (3,430)	1,310 (1,780)	100 (290)	2,970 (1,780)	80,335 (74,750)
		割合(%)	60.3%	10.9%	19.8%	3.5%	1.6%	0.1%	3.7%	100.0%
	固体廃棄物	搬入量	134,950 (116,310)	95,030 (95,410)	58,920 (50,300)	10,990 (12,080)	2,620 (3,430)	15,280 (16,120)	7,200 (9,870)	324,990 (303,520)
		割合(%)	41.5%	29.2%	18.1%	3.4%	0.8%	4.7%	2.2%	100.0%
感染性	廃液	搬入量	263 (216)	1,399 (1,240)	12 (8)	0 (0)	10 (0)	134 (99)	91 (11)	1,909 (1,574)
		割合(%)	13.8%	73.3%	0.6%	0.0%	0.5%	7.0%	4.8%	100.0%
	固体廃棄物	搬入量	38,307 (30,788)	118,541 (110,026)	1,436 (971)	15 (12)	203 (123)	28,864 (34,037)	9,667 (11,169)	197,033 (187,126)
		割合(%)	19.4%	60.2%	0.7%	0.0%	0.1%	14.6%	4.9%	100.0%

注) その他は、戸山キャンパス、北九州キャンパス、高等学院、本庄高等学院、本庄キャンパス、理工学研究所、教育研究外活動（部活・サークル・ユニラブ）、および環境保全センター（不明物等の解体処理後の廃棄物を含む）である。

2. 実験廃液・固体廃棄物処理量（％）*

2025年3月31日現在

		2023年度 繰越量	2024年度 搬入量	2024年度 委託処理量	廃棄物残量 次年度繰越
無機系	廃液	1,110	28,790	28,760	1,140
	固体廃棄物	2,500	30,020	28,840	3,680
有機系	廃液	8,685	80,335	81,530	7,490
	固体廃棄物	3,580	324,990	322,280	6,290
感染性	廃液	11	1,909	1,880	40
	固体廃棄物	640	197,033	194,803	2,870

※繰越量、搬入量および委託処理量は容器容量にて算出した。

3. 廃薬品等処理量

() 内は23年度

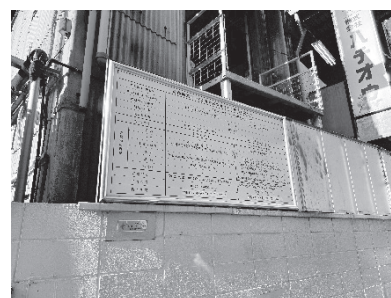
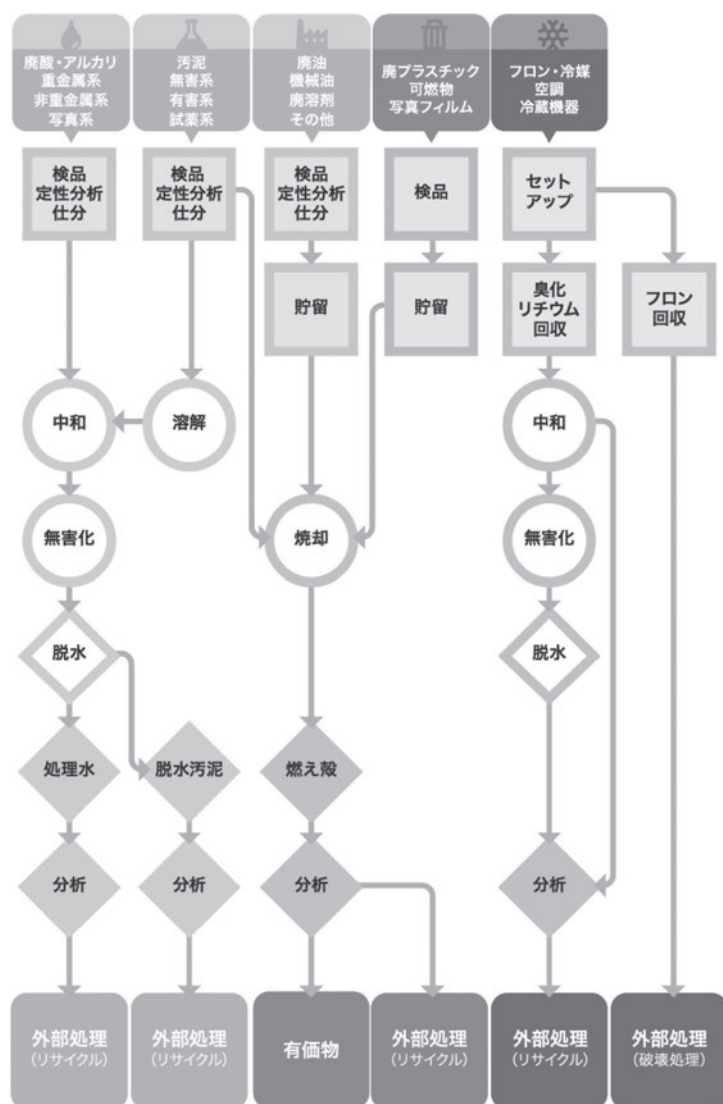
無機試薬	有機試薬	取扱注意試薬	内容不明物	薬品瓶等 ガラス屑	金属屑	廃土	廃バッテリー	高濃度廃液
96.8 kg 326本	317.9 kg 1169本	35.5 kg 2本	968.4 kg 153本	9,200 L ドラム缶46本	376.4 kg	フレコン9袋	971.2 kg	20 kg 4本
(112.1 kg 346本)	(162.7 kg 563本)	(32.0 kg 26本)	(58.0 kg 240本)	(10,200 L ドラム缶51本)	(828.0 kg)	(フレコン17袋)	(194.4 kg)	(25 kg 5本)

実験系廃棄物の処理施設視察（株式会社ハチオウ）

早稲田大学では、実験系廃棄物を28の収集区分に分別回収し、区分に応じて、適切な業者に廃棄物処理を委託しています。委託先である廃棄物処理業者に対して、環境保全センターでは、法令に従い、定期的に処理施設・処理フローを現地視察し、委託した廃棄物が適切に処理されていることを確認しています。2024年度は、無機廃液・不要薬品・廃プラスチック類（P区分等）（以下、廃プラ）の処理委託先である、株式会社ハチオウ（東京都八王子市）の処理施設を訪問しました。（2024年11月27日実施）

処理施設・処理フロー紹介

本学の無機廃液・不要薬品・廃プラの多くは、株式会社ハチオウで中間処理がなされ、処理後の残渣の多くは製品化リサイクルされています（下図）。処理委託した廃棄物は、まずは、同社での検品・定性分析・仕分が行われます。その後、廃棄物に応じてさまざまな工程を経た後、分析により、有害物質およびその他金属の除去を確認した後、最終処分業者へ引き渡され、製品化リサイクルされています。同社からは、本学からの廃棄物については、大きな問題なく、分別・内容申告がなされていることを確認できているとのことですが、引き続き、「正しく分別、詳しく記録」が求められています。特に内容不明薬品については、内容物の分析に多大な労力と費用が生じるため、注意が必要です。今回の訪問を通じて、同社では、整備の行き届いた設備と高い技術力によって、本学からの廃棄物が適切に処理されていることが確認できました。



外観と法定の掲示版



薬品等の一時仕分棚



焼却炉

定期排水分析他

1. 学内排水管理業務

下水道法における、特定事業場からの下水の排除に係る水質の基準について、超過は見られなかった。

【学内採水箇所】

西早稲田キャンパス：4 早稲田キャンパス（教育学部）：2 材料技術研究所：5
喜久井町キャンパス（理工研）：1 研究開発センター：4 先端生命医科学センター：1

【実施回数および分析項目数】

8,2月を除く毎月1回26項目（箇所により年2回31項目）の分析を実施

【結果】

採水年月	検査結果(採水箇所)	基準超過項目	分析値	基準値	備考
2024/04	基準超過無し				
2024/05	基準超過無し				
2024/06	西早稲田キャンパス 62号館(E棟)	ジクロロメタン	0.345	0.2mg/L以下	一過性の超過
2024/07	基準超過無し				
2024/09	基準超過無し				
2024/10	研究開発センター120号館 ナノライフ創新	亜鉛	3.8	2 mg/L以下	一過性の超過
	研究開発センター120号館 ナノライフ創新	pH	9.9	5～9	一過性の超過
2024/11	基準超過無し				
2024/12	基準超過無し				
2025/01	基準超過無し				
2025/03	基準超過無し				

＜東京都下水道局による立入水質調査結果＞

下記の通り、立入水質検査が実施された。

採水年月日	検査箇所	検査結果
2024/6/7	先端生命医科学センター	基準値内(pH のみの確認)
2024/11/9	研究開発センター	基準値内(pH のみの確認)
2024/12/6	西早稲田キャンパス	基準値内

2. 所沢B地区の自然環境水分析（人の健康の保護に関する環境基準）

6,9,12,3月に分析を実施

＜測定結果＞

採水日	採水場所	検出物質	濃度	基準値
基準値の超過なし				

教 育 ・ 研 究 支 援

環境保全センターでは、学内の研究活動を支援するために、分析室（設備・機器）を開放している。分析室の利用状況、運営状況は、以下の通りである。2024年度も引き続き、オンデマンドコンテンツの活用など、効率化を図りながら、従来の体制を維持し、実施した。また、老朽化した機器については、補助金、学内予算等により更新を進めている。

(1) 施設利用申込書提出者の推移

2022年度：155人（前年度比 1% 増↑）
2023年度：190人（前年度比 23% 増↑）
2024年度：189人（前年度比 1% 減↓）

(2) 機器器具更新

・ ICP-MS（Agilent 7900）

(3) 学外依頼分析等の受託

・ 学外の依頼分析（大学 1件）
・ 学外の機器利用（大学 のべ9件）

＜コアファシリティプログラムの参画について＞

早稲田大学は、2020年度、文部科学省「先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）」に採択され、共用研究設備の一層の有効活用のための事業を開始した。物性計測センター、材料技術研究所、先端生命医科学センター、研究開発センター、そして、環境保全センター等の研究支援関連箇所が対象となり、既存機器の高度化及びメンテナンス等を計画している。また、予約システムの整備、メーカーとも連携した教育機会創出、データマネジメント等も順次計画を進めているところである。

環境保全センターとしては、2024年度はHSS-GC-MS、HPLC、およびLC-MSに使用する窒素発生装置のメンテナンスを実施し、より安定的な運用を実現した。分析装置の予約状況をウェブから閲覧できる予約システムについても、運用を継続した。

分析機器・設備利用状況

分析装置名	利用時間(時)	分析装置名	利用時間(時)
ICP発光分光分析装置	384 (380)	液体クロマトグラフ	192 (94)
ICP質量分析装置	339 (514)	TOC計	196 (270)
ガスクロマトグラフ質量分析計	1,174 (1,063)	分光光度計	0 (20)
ガスクロマトグラフ(ECD)	0 (0)	ドラフトチャンバー	315 (664)
ガスクロマトグラフ(TCD)	149 (54)		
イオンクロマトグラフ	1,258 (935)		
超高速液体クロマトグラフQToF	913 (360)		

() 内は前年度数

化 学 物 質 管 理

1. 化学物質管理体制

本学では、学内で使用される全ての薬品および高圧ガスの出入りを各キャンパス薬品管理窓口にて、化学物質管理システム（CRIS）を利用し、効率的かつ安定した管理を行っている。なお、化学物質管理システム CRIS によるバーコード発行枚数（薬品登録件数）は、表-1 のとおりである。また、各キャンパス薬品管理窓口では、2009 年度から、薬品や高圧ガスの納品確認（検収）を継続して行っており、化学物質管理システム CRIS の利用との二重の管理体制を敷いている。

西早稲田キャンパスの薬品管理窓口（ケミカルショップ）では、上記の業務に加えて、研究用ドライアイスや液体窒素の販売および液体窒素供給のための実習も行っている（表-2 参照）。

（1）化学物質管理システム

表-1. 2024 年度キャンパス別 CRIS バーコード発行（薬品登録）件数 （単位：件）

キャンパス名	2024 年度	2023 年度	2022 年度
早稲田キャンパス	169	256	167
西早稲田キャンパス	11,697	11,994	11,234
所沢キャンパス	484	446	425
喜久井町キャンパス	25	44	10
戸山キャンパス	45	20	40
北九州キャンパス	392	360	335
材料技術研究所	759	717	854
研究開発センター	4,326	4,304	4,460
先端生命医科学センター	2,810	2,787	2,694
高等学院	109	128	93
本庄高等学院	34	20	43
本庄キャンパス	66	70	1
計	20,916	21,146	20,356

2. ドライアイス及び液体窒素利用状況

ドライアイスおよび液体窒素の供給量は、表-2 に示すとおりである。

表-2. 供給量内訳（kg）

品名	2024 年度	2023 年度
ドライアイス	1,546	1,239
液体窒素	13,207	14,199

3. 免税アルコール使用に関する業務報告

今年度も、従来どおり、4ヶ月ごとに区切り（計3回）、使用明細書、研究記録簿、回収記録、洗浄記録の報告を受けて、収支量のデータ記録から使用報告まで、円滑な運用を行った。年度の使用量を表-3 に示す。

表-3. 使用量内訳（L）

品名		2024 年度	2023 年度
発酵	99 度	101.20	112.00
	95 度	-	-
合成	99 度	161.48	330.38
	95 度	23.40	36.00

作 業 環 境 測 定

1. 2024年度総括

所定の化学物質等（有機溶剤・特定化学物質・金属）を使用する作業場所に対し、作業環境測定を実施することが、労働安全衛生法で定められている。早稲田大学では、各研究室・実験室の薬品取扱い状況に関するヒアリング及び化学物質管理システム（CRIS）による薬品購入量の調査によって、測定対象を精査している。また、一部の測定は、C測定*により実施した。

測定結果を振り返ると、第2・第3管理区分となった箇所は、2箇所であった。第2・第3管理区分となった箇所については、都度、当該研究室の指導教員等に対して、測定結果の説明および改善提案を行った。

※作業環境測定基準の改正により追加された作業環境測定手法の1つで、有害物を取り扱う作業を行う複数の作業者の身体にサンプラーを装着して、原則、全作業時間を通して測定を行う。

参考：基準超過件数

2015	12
2016	11
2017	3
2018	8
2019	5
2020	3
2021	7
2022	7
2023	4
2024	2

2. 作業環境測定結果

2024年度測定箇所数を以下に示す。

期間 (24年4月～25年3月)	西早稲田 キャンパス	材料技術 研究所	研究開発 センター	先端生命 医科学センター	早稲田キャンパス/ 喜久井町キャンパス
測定箇所数（計 65 箇所）	48	2	8	4	3

上記測定箇所のうち、第2管理区分となった箇所について、詳細を以下に示す。

キャンパス	研究室名	測定月	基準超過項目	測定結果	特記事項	その後の経過
研究開発 センター	A 研究室	9月	クロロホルム	2	実験操作手順、安全教育の改善を提案	3月 第1管理区分
西早稲田	B 研究室	3月	クロロホルム	2	実験装置改良、実験操作手順による改善を提案	次回9月に 測定予定

3. 2025年度について

新規対象物質を含め継続的に、有機溶剤・特定化学物質・金属類の測定を実施し、第2・第3管理区分となった箇所に対しては、説明・改善提案を実施する。今までの測定で得られた知見から、問題が生じる多くの研究室には、設備的な改善が必要であるため、各学術院等との連携を深め、組織的な対策の検討を進める。

また、個人サンプリング法に基づくC測定、D測定については、2024年度と同様に、対象物質の使用量・頻度の高い箇所を中心に実施し、リスクアセスメントに基づく、個人ばく露測定との効率的な並行実施を引き続き実施検討する。

2024年度業務報告

PRTR制度および東京都環境確保条例対象物質の集計結果

2024年度1年間における各キャンパス毎の「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（PRTR制度）」（対象物質数：515物質かつ使用量1トン以上）における報告対象物質、ならびに「東京都環境確保条例」における適正管理化学物質（対象物質数：59物質かつ使用量100kg以上）の使用量、移動量（廃棄量）は、以下のとおりとなった（有効数字2桁）。

＜西早稲田キャンパス＞

	対象化学物質	2024 年度		2023 年度		備考
		使用量(kg)	移動量(kg) (廃棄量)	使用量(kg)	移動量(kg) (廃棄量)	
1	アセトン	8,400	5,500	7,400	5,300	
2	ヘキサン	4,900	4,000	5,700	3,600	PRTR 報告対象
3	メタノール	4,000	2,700	3,100	2,500	
4	ジクロロメタン	2,800	2,000	2,400	1,700	PRTR 報告対象
5	酢酸エチル	2,600	2,400	3,000	2,200	
6	クロロホルム	2,600	1,800	2,300	1,600	PRTR 報告対象
7	イソプロピルアルコール	460	190	490	130	
8	トルエン	330	310	270	190	
9	硫酸	150	150	150	150	
10	塩酸	150	36	160	32	
11	硝酸	100	100	130	120	

＜研究開発センター＞

	対象化学物質	2024 年度		2023 年度		備考
		使用量(kg)	移動量(kg) (廃棄量)	使用量(kg)	移動量(kg) (廃棄量)	
1	ヘキサン	2,600	700	1,900	550	PRTR 報告対象
2	クロロホルム	2,500	1,300	2,100	830	PRTR 報告対象
3	アセトン	2,300	1,100	2,000	1,000	
4	酢酸エチル	2,000	580	1,600	540	
5	メタノール	960	810	850	700	
6	ジクロロメタン	760	530	490	340	
7	塩酸	300	64	250	57	
8	硫酸	160	150	110	110	
9	イソプロピルアルコール	150	46	140	48	

＜先端生命医科学センター（早稲田大学分のみ）＞

	対象化学物質	2024 年度		2023 年度		備考
		使用量(kg)	移動量(kg) (廃棄量)	使用量(kg)	移動量(kg) (廃棄量)	
1	メタノール	120	94	100	59	
2	ジクロロメタン	120	55	120	13	

私立大学環境保全協議会活動報告

―「第 37 回夏期研修研究会」―

日時 2024年9月5日(木)、6日(金)

会場 金沢工業大学 扇が丘キャンパス(石川県野々市市)

今回の夏期研修研究会は、金沢工業大学を会場として、主に対面にて開催した。防災科学技術研究所 西様による同年に発生した能登半島地震、台湾花蓮地震について、被災地調査の結果紹介のほか、金沢工業大学 平本教授によるSDGs推進センターの活動のご紹介や、同大学 泉井教授による金沢工業大学におけるエネルギーマネジメントシステムを電力・エネルギーの地産地消という考えからの紹介など、最新の事例を取り上げた講演を実施するとともに、グループ討議も、グループ内講演やゲーミフィケーション体験などを行い、活発な意見交換となった。また、同大学の貴重な書籍紹介を含むキャンパス見学や講演で紹介されたスマートグリッド施設の見学など、充実した見学会も開催した。



9月5日(木)

1. 開会挨拶 私立大学環境保全協議会会長 飛田 満
2. 開催校挨拶 金沢工業大学学長 大澤 敏
3. 研修講演

「被災地調査から得られた知見とEーディフェンスを活用した今後の展望」

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 地震減災実験研究部門 西 峻汰

4. 事例報告

「コレクティブインパクトの創出を目指した金沢工業大学 SDGs 推進センターの取り組み」

金沢工業大学 経営情報学科 教授 / SDGs 推進センター所長 平本 督太郎

5. グループ討議

I：教育と連携

「SDGs の実現に向けた学生と地域の連携に大学が果たす役割を考える」

(グループ内講演) 株式会社 LODU取締役COO 亀田 樹

II：化学物質「新たな化学物質規制体系に向けた対応について」

(グループ内演習) 保護具着用管理責任者実技講習

III：施設・設備「大学施設で実現可能な ZEB 化改修について」

(グループ内講演)

「大阪大学キャンパスにおける脱炭素に向けた ZEB 化とエネマネの取り組み」

大阪大学 サステナブルキャンパスオフィス 准教授(環境・エネルギー管理部門長) 鈴木 智博



6. 情報交換会

9月6日(金)

1. グループ討議

前日より、引き続き討議を行った

2. 特別講演

「再生可能エネルギーと電力・エネルギーの地産地消」

金沢工業大学 工学部電気電子工学科 教授 泉井 良夫

3. 講演総括

4. キャンパス見学会

Aコース：キャンパス見学（ライブラリセンター（稀観書等）、夢考房等含む）

Bコース：扇が丘キャンパス直流スマートグリッド施設見学

—「第41回総会・研修研究会」—

日時 2025年3月13日（木）、14日（金）

会場 慶應義塾大学 湘南藤沢キャンパス（神奈川県藤沢市）

第41回総会・研修研究会は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスを会場として、対面を中心に開催した。特別講演として、同大学の有野先生によるカーボンニュートラルに向けた世界的な潮流について、ご紹介いただき、さらに、同じく同大学の和田先生より、環境省のカーボンニュートラルへの取り組みや、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにおけるさまざまな取り組みを紹介いただいた。また、2日目には、大学等環境安全協議会会長の大島先生より、同協議会の取り組みと私立大学環境保全協議会との連携に向けた考えを紹介いただいた。グループ討議も、グループ内講演も複数行い、Iグループでは多くの学生も参加するなど、各グループで活発な意見交換が行われていた。

また、3月12日、13日には、特別企画として、富士清空分析センター 奥田 篤史様、筑波大学 中村 修先生、帝京大学 津田 洋子先生を講師として、労働安全衛生規則の改正により、新たに保護具を使用する際に配置が必要となる、「保護具着用管理責任者講習会」を、法定講習として開催し、本学からも同資格の取得希望者が参加し、好評であった。



3月13日（木）

＜総会＞

◆議事 2024年度活動・決算報告・会員状況等

2025年度役員および委員会委員、活動計画・予算、今後の開催校等

＜研修研究会＞

1. 開会挨拶 私立大学環境保全協議会会長 菅原 義之

2. 開催校挨拶 慶應義塾大学 総合政策学部長 加茂 具樹

3. 特別講演

「カーボンニュートラルに向かう世界の動向」

慶應義塾大学 環境情報学部 特別招聘准教授 有野 洋

4. 研修講演

「環境省の脱炭素施策と慶応大学 SFC での取組について」

慶應義塾大学 環境情報学部 准教授 和田 直樹

5. グループ討議

I：教育と連携「生物多様性の保全に向けた大学と地域の連携① — 生物多様性保全の重要性 —」

（グループ内講演）「マサイマラの生物多様性・環境保護と観光の両立について」

株式会社道祖神専属サファリガイド／東京 eco 動物海洋専門学校非常勤講師 加藤 直邦

II：化学物質「新たな化学物質規制体系に向けた対応について」

II-A：化学物質 法改正概要 II-B：化学物質 アセスメント実務 II-C：化学物質 管理体制

II-D：化学物質 ばく露軽減措置 II-E：化学物質 安全教育 II-F：化学物質 実験系廃棄物

Ⅲ：施設・設備「大学施設で実現可能な ZEB 化改修について」

(グループ内講演)「大学における既設校舎の ZEB 改修検討事例」ダイキン工業株式会社

(情報提供)「TCFD 提言について」日建設計総合研究所

「PFAS について」株式会社環境向学

「ビル用マルチ (R32 冷媒仕様) の安全対策について (施設管理におけるポイント)」

ダイキン工業株式会社

6. 情報交換会

3月14日(金)

1. グループ討議

前日より、引き続き討議を行った

2. 話題提供

「多様化する大学の環境安全」

大学等環境安全協議会 会長 大島 義人

3. 講演総括

4. キャンパス見学会

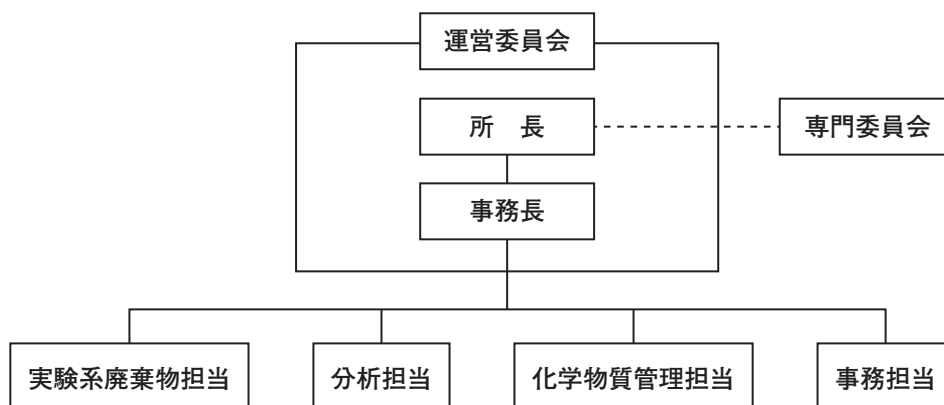


また、25年1月には、40周年記念誌となる、会誌第32号を発行した。設立40周年記念式典にて表彰された34名から寄稿をいただくほか、私立大学環境保全協議会のあゆみ等を掲載し、この10年間を振り返る記念誌となった。

組 織

センターの組織（2025年7月現在）

環境保全センターの運営に関する重要事項は、「運営委員会」で審議され、決定しています。また、所長の諮問機関として、「専門委員会」があり、各分野の専門知識を生かし、諮問事項に対して、適切な助言を行っています。



運営委員

副総長

理工学術院総合研究所長

各務記念材料技術研究所長

環境総合研究センター所長

理工学術院教授… 3 名

教育・総合科学学術院教授… 1 名

人間科学学術院教授… 1 名

高等学院教諭… 1 名

本庄高等学院教諭… 1 名

教務部長

研究推進部長

総務部長

理工学術院統合事務・技術センター長

理工学術院統合事務・技術センター技術部長

キャンパス企画部企画・建設課長

総務部環境安全担当課長

環境保全センター所長

環境保全センター事務長

専門委員

理工学術院教授… 8 名

教育・総合科学学術院教授… 1 名

環境保全センター事務長

スタッフ

所 長…山崎淳司

事務長…三浦克吉

専任職員… 7 名

常勤嘱託… 4 名

派遣社員… 1 名

株式会社ハチオウ（業務委託）

富士フイルム和光純薬株式会社（業務委託）

株式会社巴商会（業務委託）

私立大学環境保全協議会事務局… 1 名



環境 ～年報～

Vol.30

発行日：令和 7 年 9 月 25 日

発行所：早稲田大学環境保全センター

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

TEL. (03) 5286-3089

<http://www.waseda.jp/inst/esc/>

印刷所：株式会社 芳文社