



# 環境報時



# 2021



**KOSEN**  
国立高等専門学校機構

左より

大熊町遊休地花畑造成：福島高専

オゴノリ(海藻)間引き、肥料ヘリサイクル：松江高専

# CONTENTS —目次—

<a href="#">はじめに</a>	・ ・ ・ ・ ・	1
<a href="#">国立高等専門学校機構について</a>	・ ・ ・ ・ ・	2
・ 国立高等専門学校機構の概要		
・ 高専機構の目的と業務		
・ 国立高専の学校制度上の特徴		
・ 高専機構の現状		
<a href="#">高専機構における環境方針等について</a>	・ ・ ・ ・ ・	5
・ 高専機構環境方針		
・ 国立高専機構施設整備 5 か年計画		
・ 国立高等専門学校機構インフラ長寿命化計画		
・ 国立高等専門学校機構エネルギー管理指針		
・ 環境物品等の調達を推進を図るための方針、その他		
・ 環境目的・目標に対する令和 2 年度自己評価		
<a href="#">環境負荷及び低減への取組</a>	・ ・ ・ ・ ・	9
・ 主要な環境パフォーマンス指標等の推移とその分析		
・ 高専機構の物質・エネルギー収支		
・ 環境負荷の産出・排出等の状況		
・ 資源の循環的利用		
<a href="#">環境保全技術に関する教育・研究</a>	・ ・ ・ ・ ・	19
・ 環境保全技術に関する教育・研究の状況		
・ 国立高専における環境保全技術に関する教育・研究の事例		
<a href="#">マネジメントシステムの状況</a>	・ ・ ・ ・ ・	44
・ マネジメントシステム構築状況		
・ 法規制の遵守状況		
<a href="#">地域及び社会への貢献についての取組状況</a>	・ ・ ・ ・ ・	46
・ ステークホルダーへの対応		
・ 環境に関する社会貢献活動		
<a href="#">第三者評価</a>	・ ・ ・ ・ ・	53
<a href="#">総括</a>	・ ・ ・ ・ ・	54
<a href="#">資料</a>	・ ・ ・ ・ ・	55
・ 本報告書の対象となる、組織・範囲・期間等		
・ 環境報告ガイドラインとの対照表		
・ 国立高専別エネルギー収支状況		
・ 各換算係数一覧		

### 世界に誇る「KOSEN」

国立高等専門学校（以下「国立高専」という。）は、中学校卒業後の15歳の才能に溢れた若者を受け入れ、本科5年一貫の教育によって高度な専門性を持つ「社会の財産」である人「財」を育てるわが国のユニークな高等教育機関です。

国立高専の本科卒業生、専攻科修了生は、我が国の産業や社会の発展を担う中心的な役割を果たし、産業界はもとより、国際社会からも高い評価を受けています。国立高等専門学校機構（以下、「当機構」という。）では、日本型高等専門学校教育制度の導入支援に取り組み、モンゴル、タイ、ベトナムに高専や高専コースを開設するなど、独自の教育システムへの理解が促進され、アジアを中心に「KOSEN」という名称で認識されています。

当機構は、第4期中期目標期間（2019年度～2023年度）であり、Society5.0で実現する新しい時代の担い手として、社会・経済構造の変化等を踏まえ、全国51校の国立高専が有する強み・特色を活かし、高専教育の高度化・国際化を推進することにより、地域の問題から地球規模の社会の諸課題に自律的に立ち向かう人「財」の育成に努めています。

本報告書は、令和2年度（2020年度）の当機構の事業活動に関わる環境情報をまとめたものです。令和2年度の実績として温室効果ガス排出量等は、前年度実績から約15%減少し、7年連続して前年度実績を下回る結果となりました。

また、総エネルギー投入量については、昨年度から引き続いての減少となり、前年度実績から約8.8%減少することができました。しかし令和2年度における数値の減少は、新型コロナウイルス感染症対策により、例年とは異なる活動環境となったことが影響したと考えられます。この結果によらず、各国立高専が環境問題に対して積極的に取り組むことが重要でありますので、高専機構環境方針等のもと、今後も持続的に取り組んでまいります。

持続可能な開発目標（SDGs）を、重点的な目標の一つとした国立高専機構施設整備5か年計画2021を策定し、施設整備の観点からも社会の財産としての人「財」育成への対応を強化するとともに、カーボンニュートラルを意識した省エネの一層の促進を目指します。今後も、国内外や政府等の動向を踏まえつつ、当機構としてもSDGsの基本的な考え方である「誰一人取り残さない」社会の実現を目指し、取り組んでまいります。

国立高専は、これからも、社会を適正かつ健康的に発展させ未来を創造する言わば、世界に誇る高度な「社会のお医者さん(Social Doctor)」や「クリエイター(Creator)」、「イノベーター(Innovator)」として令和時代に活躍できる人「財」を育成し、輝く未来社会の創造を先導してまいります。

本報告書を通じて、当機構における環境に関する取組を御理解いただくとともに、引き続き関係各位の温かいご支援を賜れば幸いです。



令和3年9月

**独立行政法人国立高等専門学校機構  
理事長 谷口 功**

# 国立高等専門学校機構について

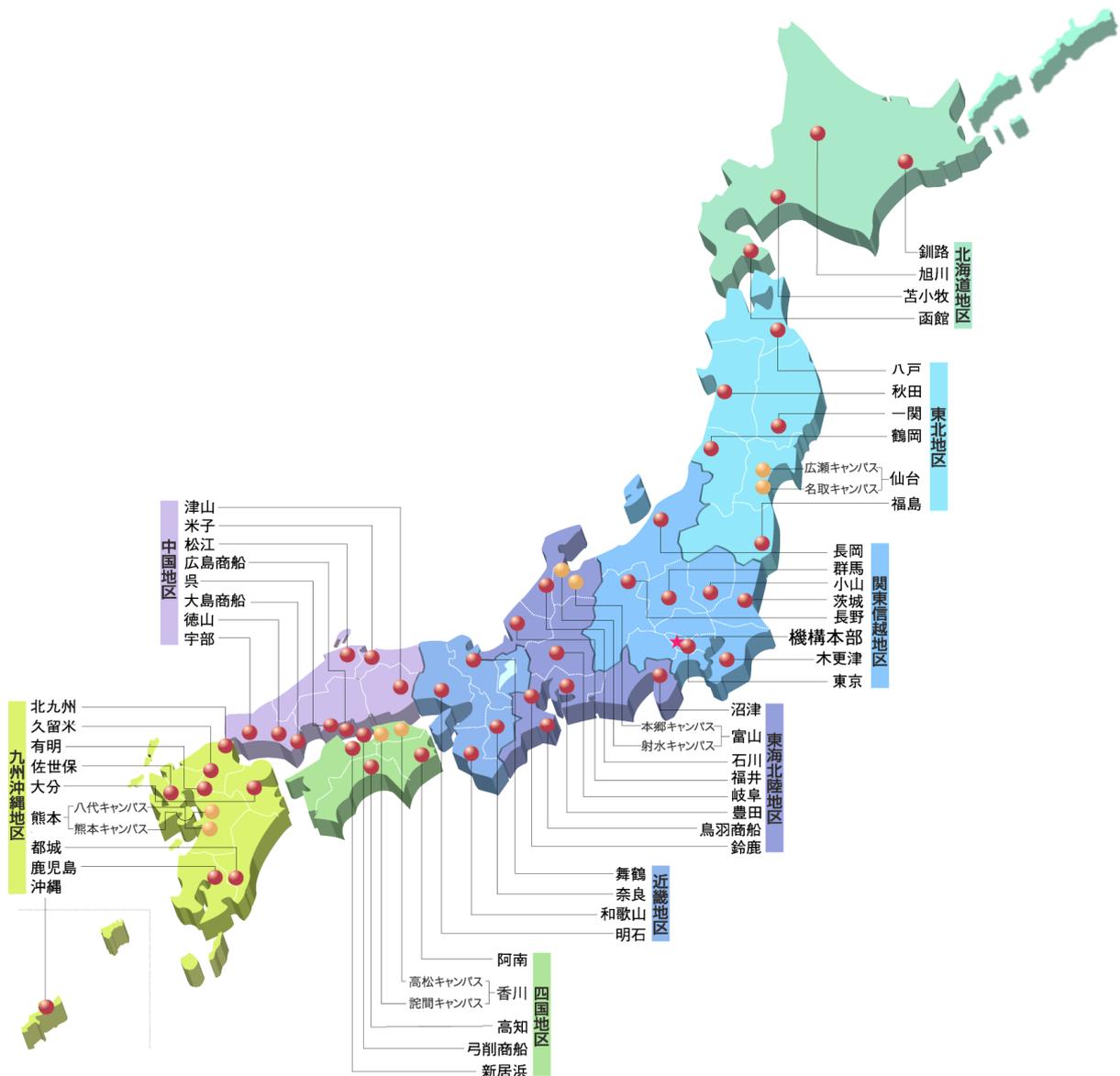
## ◆ 国立高等専門学校機構の概要

国立高専は昭和36年、我が国の経済高度成長を背景に、産業界からの強い要望に応えるため、実践的技術者の養成を目指し、中学校卒業者を入学資格とする5年制の高等教育機関として学校教育法の改正により、工業に関する高等専門学校を制度化したことに始まりました。

翌昭和37年以降、順次各地に高等専門学校の設置を進め、現在、全国に51校の国立高専(55キャンパス)を設置しています。

また、平成15年には、「独立行政法人国立高等専門学校機構法」(平成15年7月16日法律第113号。以下「機構法」という。)が成立し、翌平成16年に全国の国立高専を設置・運営する組織として、独立行政法人国立高等専門学校機構(以下「高専機構」という。)が発足しました。

そして、平成21年10月には、国立高専のさらなる高度化に向けて4地区の8校の国立高専を4校の国立高専に再編し、それぞれ2キャンパスを有する国立高専として新たにスタートしており、さらに、令和元年度から、第4期中期目標期間を迎えました。



## ◆高専機構の目的と業務

### 〈目的〉

独立行政法人国立高等専門学校機構は、国立高等専門学校を設置すること等で、職業に必要な実践的かつ専門的な知識及び技術を有する創造的な人材を育成するとともに、わが国の高等教育の水準の向上と均衡ある発展を図ることを目的とする。

(機構法第3条より抜粋)

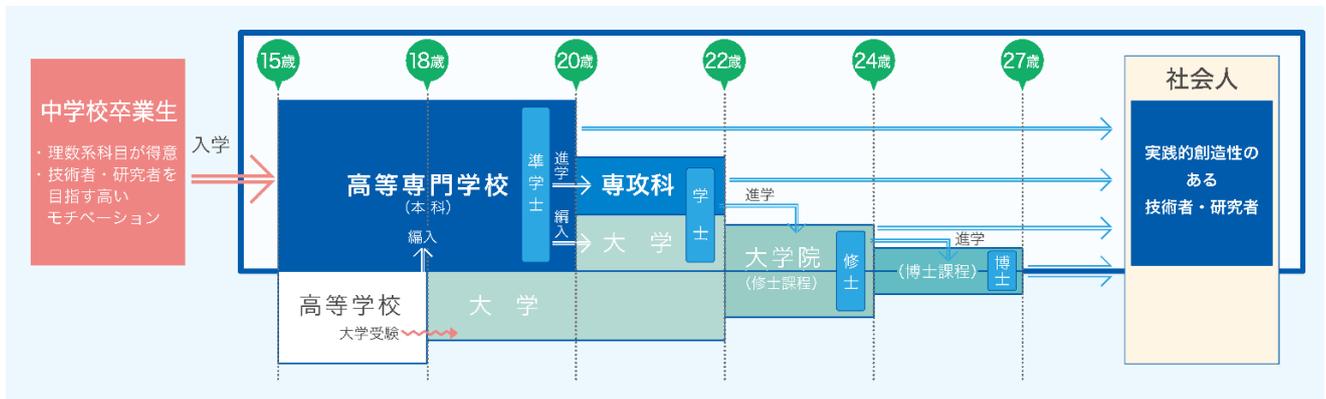
### 〈業務の範囲〉

高専機構は上記の目的を達成するために、以下の業務を行っています。

1. 国立高等専門学校を設置し、これを運営すること。
2. 学生に対し、修学、進路選択及び心身の健康等に関する相談、寄宿舎における生活指導その他の援助を行うこと。
3. 機構以外の者から委託を受け、又はこれと共同して行う研究の実施その他の機構以外の者との連携による教育研究活動を行うこと。
4. 公開講座の開設その他の学生以外の者に対する学習の機会を提供すること。
5. 前各号の業務に附帯する業務を行うこと。

(機構法第12条より抜粋)

## ◆国立高専の学校制度上の特徴



- 本科は15歳からの5年間の一貫教育
- 実験・実習を重視した専門教育
- 専攻科でのより高度な2年間の教育
- 多様な背景を有する優れた教員
- 「生徒」ではなく「学生」として主体性を重視
- 全てのキャンパスに学生寮を設置
- 少人数によるきめ細やかな教育
- 活発な課外活動

- ロボコンをはじめとするさまざまなコンテスト
- 卒業後の多彩なキャリアパス
  - ・本科（5年）卒業者の進路
    - 約60%が就職
    - 約40%が進学（専攻科進学、大学編入学）
  - ・専攻科（2年）修了者の進路
    - 約70%が就職
    - 約30%が進学（大学院入学）

# ◆高専機構の現状

## 1. 学校数・在学生数・教職員数

令和3年5月1日現在

学校数	在学生数	教職員数
51校	51,267 (2,960) 人	6,035人

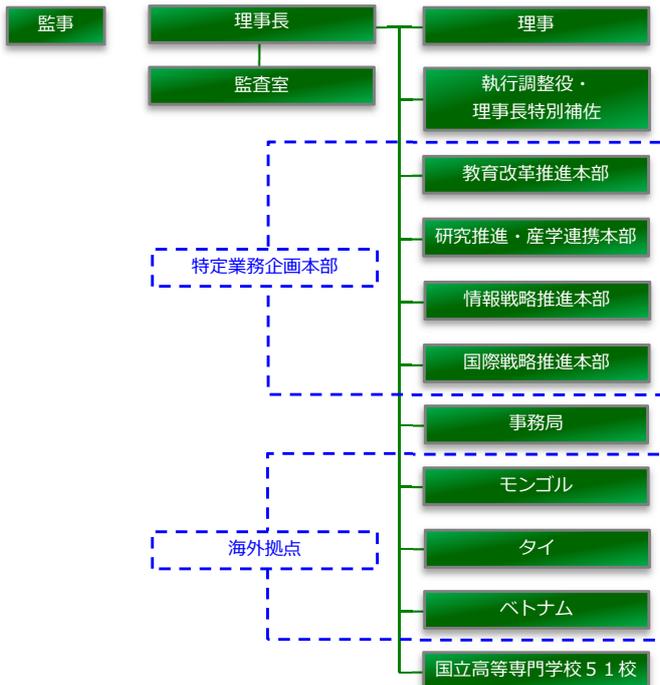
( ) は、専攻科の在学生数(内数)

## 2. 在学生数の分野別内訳

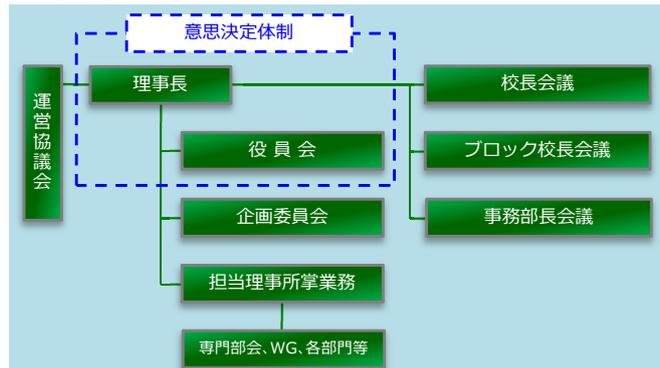
令和3年5月1日現在

本科学生 計48,176人								専攻科生	計
機械系・材料系	電気・電子系	情報系	化学・生物系	建築系・建設系	商船系	複合系	工業・商船以外		
7,676人	10,158人	5,965人	4,282人	5,735人	1,189人	12,690人	612人	2,960人	51,267人

## 3. 高専機構の運営組織



意思決定体制



全国立高専（全キャンパス）一覧

令和3年4月1日現在

函館工業高等専門学校	舞鶴工業高等専門学校
苫小牧工業高等専門学校	明石工業高等専門学校
釧路工業高等専門学校	奈良工業高等専門学校
旭川工業高等専門学校	和歌山工業高等専門学校
八戸工業高等専門学校	米子工業高等専門学校
一関工業高等専門学校	松江工業高等専門学校
仙台高等専門学校（広瀬キャンパス）	津山工業高等専門学校
〃（名取キャンパス）	広島商船高等専門学校
秋田工業高等専門学校	呉工業高等専門学校
鶴岡工業高等専門学校	徳山工業高等専門学校
福島工業高等専門学校	宇部工業高等専門学校
茨城工業高等専門学校	大島商船高等専門学校
小山工業高等専門学校	阿南工業高等専門学校
群馬工業高等専門学校	香川高等専門学校（高松キャンパス）
木更津工業高等専門学校	〃（詫間キャンパス）
東京工業高等専門学校	新居浜工業高等専門学校
長岡工業高等専門学校	弓削商船高等専門学校
富山高等専門学校（本郷キャンパス）	高知工業高等専門学校
〃（射水キャンパス）	久留米工業高等専門学校
石川工業高等専門学校	有明工業高等専門学校
福井工業高等専門学校	北九州工業高等専門学校
長野工業高等専門学校	佐世保工業高等専門学校
岐阜工業高等専門学校	熊本高等専門学校（八代キャンパス）
沼津工業高等専門学校	〃（熊本キャンパス）
豊田工業高等専門学校	大分工業高等専門学校
鳥羽商船高等専門学校	都城工業高等専門学校
鈴鹿工業高等専門学校	鹿児島工業高等専門学校
	沖縄工業高等専門学校

# 高専機構における環境方針等について

## ◆高専機構環境方針

(平成18年2月1日制定)

### 1. 基本理念

高専機構は、地球環境問題が現在における最重要課題の一つであると考えます。地球環境保全への貢献のためには、教育・研究を積極的に展開していくことが重要であり、地域環境との共生を柱とした環境との調和と環境負荷の低減に努めます。

### 2. 基本方針

1. すべての活動から発生する地球環境に対する負荷の低減と汚染の予防に努める。
2. 地域社会との連携による環境保全活動に積極的に参画するとともに環境保全技術に関する教育・研究の実践を進める。
3. すべての活動に関わる環境関連法規、条例、協定及び自主規制の要求事項を遵守する。
4. この環境方針を達成するため、環境目的及び目標を設定し、教職員、学生が協力してこれらの達成に努める。
5. 環境マネジメント組織を確立し、環境目的及び目標の定期的な見直しと継続的な改善を実施する。

## ◆国立高専機構施設整備5か年計画

### 重点的な施設整備の方向性（重点的な施設整備等）

#### 国立高専機構施設整備5か年計画（平成28年6月理事長決定）（抄）

##### 3. 整備内容

##### （5）サステナブル・キャンパスの形成

国立高専の施設整備に当たっては、平成27年度を基準として今後5年間でエネルギー消費原単位を5%以上削減するとともに、省エネ法に基づく基準よりも高い省エネルギー性能を目指した取組を推進する。

（略）

これらの取組を通してサステナブル・キャンパスの形成を図るとともに、将来を担う学生に対する環境教育の場並びに最先端の知識を実践する場として、国立高専のキャンパスを活用していく。

## ◆国立高等専門学校機構インフラ長寿命化計画

#### 国立高等専門学校機構インフラ長寿命化計画（個別施設計画）2018 （平成31年3月理事長決定）（抄）

##### 3章 計画策定後のフォローアップと今後の課題

##### 3. 今後の課題

##### （3）SDGs(持続的可能な開発目標)に貢献するインフラ長寿命化計画

インフラ長寿命化計画は、施設整備と維持管理の観点から持続可能な社会を実現するための計画であり、SDGsに盛り込まれた国際目標を実現するための具体的な方策である。単なる老朽施設の更新ではなく、安全安心な教育研究環境の整備、施設の長寿命化による環境負荷の低減、エネルギー使用量の削減等によって、将来にわたって良好な教育研究環境の確保を目指すというインフラ長寿命化計画の基本方針は、SDGsが目指す「持続可能な開発目標」と一致する。

具体的には、17の国際目標のうち、⑦エネルギー及び⑩都市は、施設の長寿命化計画とほぼ同様の内容である。また、④教育及び⑨イノベーションは、インフラ長寿命化計画が支え高専教育の高度化に合致する。

このように、インフラ長寿命化計画は、ハード系（⑦エネルギー、⑩都市）とソフト系（④教育、⑨イノベーション）の双方からSDGsに貢献するものであり、国立高専機構並びに各国立高専は、その実施を通じてSDGsの目標達成に向けてより積極的に貢献していくことが望まれる。

## ◆国立高等専門学校機構エネルギー管理指針

「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)に規定された「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」に適合した、エネルギー管理を行うためのマニュアルとして定め、毎年度見直しを行っています。

## ◆環境物品等の調達を推進を図るための方針

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」(グリーン購入法)第7条第1項に基づき、毎年度「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を策定・公表し、これに基づいて環境物品等の調達を推進しており、21分野276品目について、調達目標を定めています。

## ◆その他

「国等における温室効果ガス等の排出の削減に配慮した契約の推進に関する法律」(環境配慮契約法)及び、「国及び独立行政法人等における温室効果ガス等の排出の削減に配慮した計画の推進に関する基本方針」に基づき、エネルギーの合理的かつ適切な使用等に努めるとともに、経済性に留意しつつ価格以外の多様な要素をも考慮して、温室効果ガス等の排出の削減に配慮した契約の推進に努めており、契約の終結の実績の概要を公表しています。

## ◆環境目的・目標に対する令和2年度自己評価

平成27年度を基準として今後5年間でエネルギー消費原単位5%以上のエネルギー消費量の削減※など、「高専機構環境方針」に基づき定めた「環境目的」及び「環境目標」（平成18年決定、平成25年改訂）に対する令和2年度の自己評価は下表のとおりであり、11項目中10項目の「環境目的」についてその目標を達成することができました。

	環境目的	環境目標	取組と効果	自己評価
1	総エネルギー投入量の把握	投入量を把握する	平成16年度～令和2年度の総エネルギー量を調査・把握した。	○
2	エネルギー消費量の削減	平成27年度を基準として今後5年間でエネルギー消費原単位を5%以上削減する	令和2年度は、総エネルギー投入量が前年度比約8.8%減少し、平成27年度を基準としたエネルギー消費原単位は約15%の減少となった。	○
3	温室効果ガス排出量の把握・削減	排出量を把握し、削減に努める	平成16年度～令和2年度の温室効果ガス排出量を調査・把握した。令和2年度は前年度比約15%の削減となり、7年連続の前年度比減となった。	○
4	水の使用量の削減	使用量を前年度以下とする	前年度比約28.7%の削減となった。	○
5	廃棄物の分別状況の把握	分別状況を把握する	各校でも分別状況を調査し、現状の把握を行った。	○
6	廃棄物排出量の把握	排出量を把握し削減目標を定める	一般廃棄物について全ての国立高専で排出量を把握したが、その他の廃棄物については、一部高専で把握出来なかった。	△
7	グリーン購入の取組促進	グリーン購入特定調達品目の調達割合を100%とする	特定調達品目の調達割合の目標設定100%としており、達成できた。	○
8	環境保全技術に関する教育の推進	環境に係る教育・学習機会を維持、増加させる	各校において環境関連の教育を継続的に進めており、コンテストにおいても環境に関するテーマに取り組む機会が多い。	○
9	環境保全技術に関する研究の推進	環境に関連する研究に積極的に取り組む	教職員及び学生共々、積極的に取り組んだ。 (国立高専における環境保全技術に関する教育・研究の事例 (p22) にて一部紹介)	○
10	事業活動に伴う法規制の確認	本部及び全国立高専で確認を行う	令和2年度も確認を行った。	○
11	法規制の遵守	違反件数を0とする	遵守状況の確認を行った結果、令和2年度中に法令違反はなかった。	○

※「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)に基づく「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」において、事業者はエネルギー消費原単位を中期的に1%以上低減することとされていることから、「エネルギー消費量の削減」に関する目標として5年間で5%以上の削減を掲げたもの。

## 環境負荷及び低減への取組

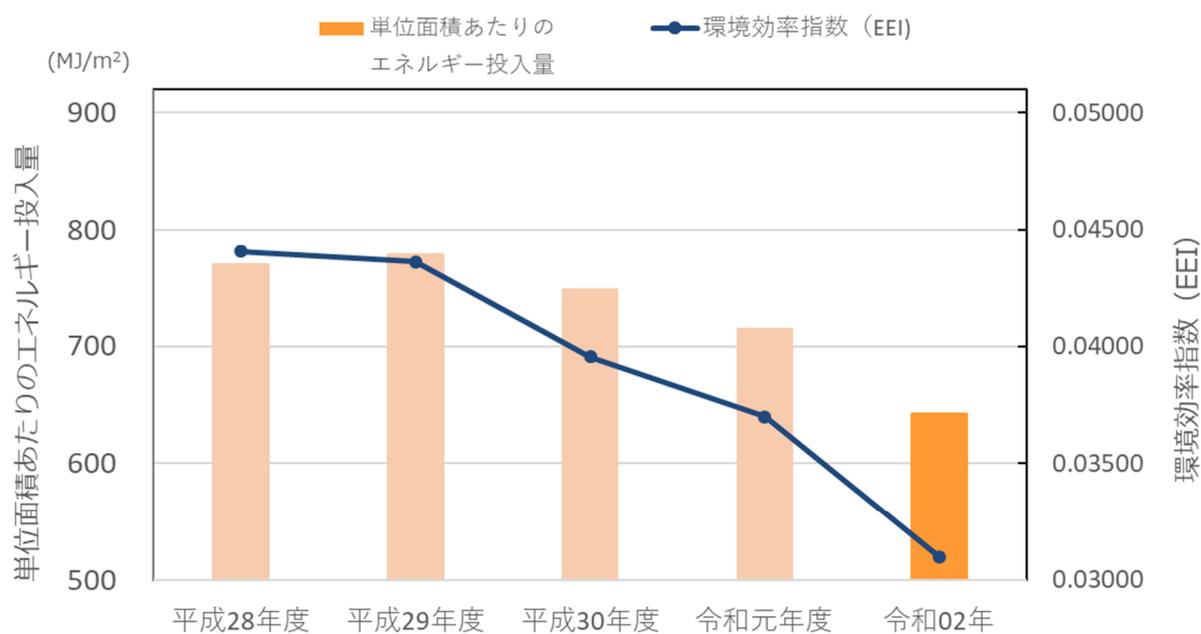
### ◆主要な環境パフォーマンス指標等の推移とその分析

#### 1. 主要な環境パフォーマンス指標

報告対象期間	H28.4 －H29.3	H29.4 －H30.3	H30.4 －H31.3	H31.4 －R02.3	R02.4 －R03.4
総エネルギー投入量 (GJ)	1,304,857	1,319,633	1,270,184	1,215,414	1,108,193
温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	74,673	73,895	67,115	63,692	54,168
水資源投入量 (m <sup>3</sup> )	2,100,328	2,105,220	2,065,947	1,973,033	1,406,378
総排水量 (m <sup>3</sup> )	1,917,363	1,942,775	1,870,842	1,824,923	1,352,884
建物延べ面積※1 (m <sup>2</sup> )	1,694,930	1,694,930	1,696,695	1,699,485	1,725,039
単位面積あたりの エネルギー投入量 (MJ/m <sup>2</sup> )	770	779	749	715	642
環境効率指標(EEI)※2 (t-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	0.04406	0.04360	0.03956	0.03700	0.03100

※1 建物延べ面積は51校の国立高専の面積（校舎＋寄宿舍）に本部棟を加えた面積とする。

※2 環境効率指標（EEI）は、温室効果ガス排出量／建物延べ面積とする。  
延べ面積当たりの事業活動に伴うCO<sub>2</sub>排出量が何tであることを示し、値が小さいほど良い結果であるといえる。



単位面積あたりのエネルギー投入量と環境効率指標の推移

## 2. 分析

総エネルギー投入量  
1,108,193 GJ

前年度比  
91.2%

温室効果ガス排出量  
54,168 t-CO<sub>2</sub>

前年度比  
85.0%

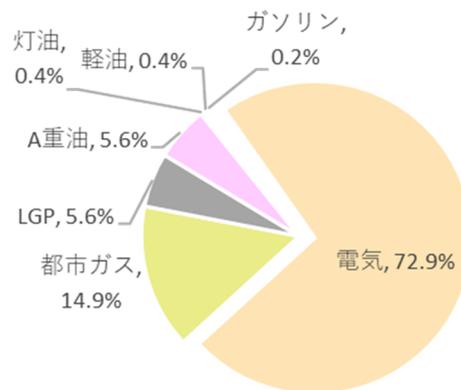
### ○要因

・新型コロナウイルス感染症対策で、遠隔授業や寄宿舎の閉寮期間が平年より長かったこと等により、電気の使用量が減ったことがエネルギー投入量の削減につながったと思われます。

・断熱性能向上、高効率機器、LED器具への更新等、省エネルギーにつながる建物改修等を積極的に実施しました。

・休憩時間の消灯を励行するとともに、人感センサーを活用しました。

### エネルギー使用割合



水資源投入量  
1,406,378 m<sup>3</sup>

前年度比  
71.3%

総排水量  
1,352,884 m<sup>3</sup>

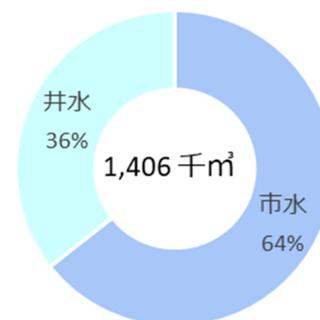
前年度比  
74.1%

### ○要因

・新型コロナウイルス感染症対策で、対面授業のための登校や部活動での合宿などが平年より少なかったこと、寄宿舎での浴槽の使用を取り止めたことにより、水資源投入量の削減につながったと思われます。

・建物改修やライフライン再生工事で、節水器具への更新を行うとともに、漏水等の問題を改善しました。

### 水資源投入量



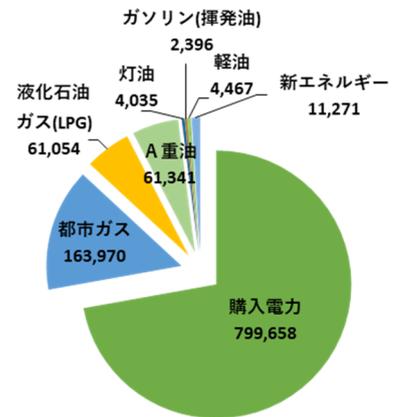
## ◆事業活動に伴うエネルギー投入量と環境負荷の排出量

高専機構の教育・研究活動の実施に伴う、総エネルギー投入量と代表的な環境負荷の排出量は以下のとおりです。

### INPUT

総エネルギー投入量 1,108,193 GJ

水資源投入量 1,406 千m<sup>3</sup>



令和2年度  
総エネルギー投入量(GJ)



弓削商船高専 練習船「弓削丸」

### 教育・研究活動



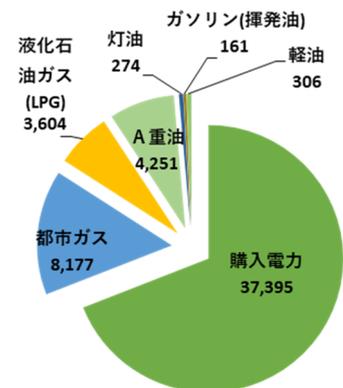
沖縄高専 航空技術者プログラム授業

### OUTPUT

温室効果ガス排出量 54,168 t-CO<sub>2</sub>

総排水量 1,353 千m<sup>3</sup>

廃棄物総排出量 3,768 t



令和2年度  
温室効果ガス排出量(t-CO<sub>2</sub>)

## 1. 総エネルギー投入量の算定式（令和2年度）

エネルギーの種類		年間エネルギー使用量	×	換算係数 <sup>※1</sup>	=	エネルギー投入量
電気	電気事業者	昼間電力	61,616 MWh	×	9.97 GJ/MWh	} = 799,658 GJ
		夜間電力	19,973 MWh	×	9.28 GJ/MWh	
	その他の電気事業者	0 MWh	×	9.76 GJ/MWh		
化石燃料	都市ガス	3,648 千m <sup>3</sup>	×	$\frac{43.0 \sim 46.05}{\text{GJ/千m}^3}$ <sup>※1</sup>	=	163,970 GJ
	液化石油ガス(LPG)	1,202 t	×	50.8 GJ/t	=	61,054 GJ
	A重油	1,569 kL	×	39.1 GJ/kL	=	61,341 GJ
	灯油	110 kL	×	36.7 GJ/kL	=	4,035 GJ
	ガソリン（揮発油）	69 kL	×	34.6 GJ/kL	=	2,396 GJ
	軽油	118 kL	×	37.7 GJ/kL	=	4,467 GJ
電気及び化石燃料の投入エネルギー量 [ F ]					=	<b>1,096,922 GJ</b>
新エネルギー	太陽光発電	1,105MWh	×	9.97 GJ/MWh	=	11,019 GJ
	風力発電	0.02MWh	×	9.97 GJ/MWh	=	0 GJ
	太陽熱利用	252GJ	×	1.00 GJ/GJ	=	252 GJ
新エネルギーがなかった場合に投入される化石燃料等によるエネルギー量 [ N ]					=	<b>11,271 GJ</b>
総エネルギー投入量（各エネルギー投入量の合計値）[ T ] (F+N)					=	<b>1,108,193 GJ</b>
新エネルギー比率（( N / T ) × 100（%））					=	<b>1.017 %</b>

## 2. 温室効果ガス排出量の算定式（令和2年度）

エネルギーの種類	エネルギー投入量	×	排出係数 <sup>※1</sup>	=	エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出量
電気	購入電力	81,589 MWh	×	$\frac{0.099 \sim 0.81}{\text{t-CO}_2/\text{MWh}}$	= 37,395 t-CO <sub>2</sub>
化石燃料	都市ガス	163,970 GJ	×	$0.0136 \times 44 \div 12$ <sup>※2</sup> t-CO <sub>2</sub> /GJ	= 8,177 t-CO <sub>2</sub>
	液化石油ガス(LPG)	61,054 GJ	×	0.0161 × 44 ÷ 12 t-CO <sub>2</sub> /GJ	= 3,604 t-CO <sub>2</sub>
	A重油	61,341 GJ	×	0.0189 × 44 ÷ 12 t-CO <sub>2</sub> /GJ	= 4,251 t-CO <sub>2</sub>
	灯油	4,035 GJ	×	0.0185 × 44 ÷ 12 t-CO <sub>2</sub> /GJ	= 274 t-CO <sub>2</sub>
	ガソリン（揮発油）	2,396 GJ	×	0.0183 × 44 ÷ 12 t-CO <sub>2</sub> /GJ	= 161 t-CO <sub>2</sub>
	軽油	4,467 GJ	×	0.0187 × 44 ÷ 12 t-CO <sub>2</sub> /GJ	= 306 t-CO <sub>2</sub>
温室効果ガス排出量（エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出量の合計量）					= <b>54,168 t-CO<sub>2</sub></b>

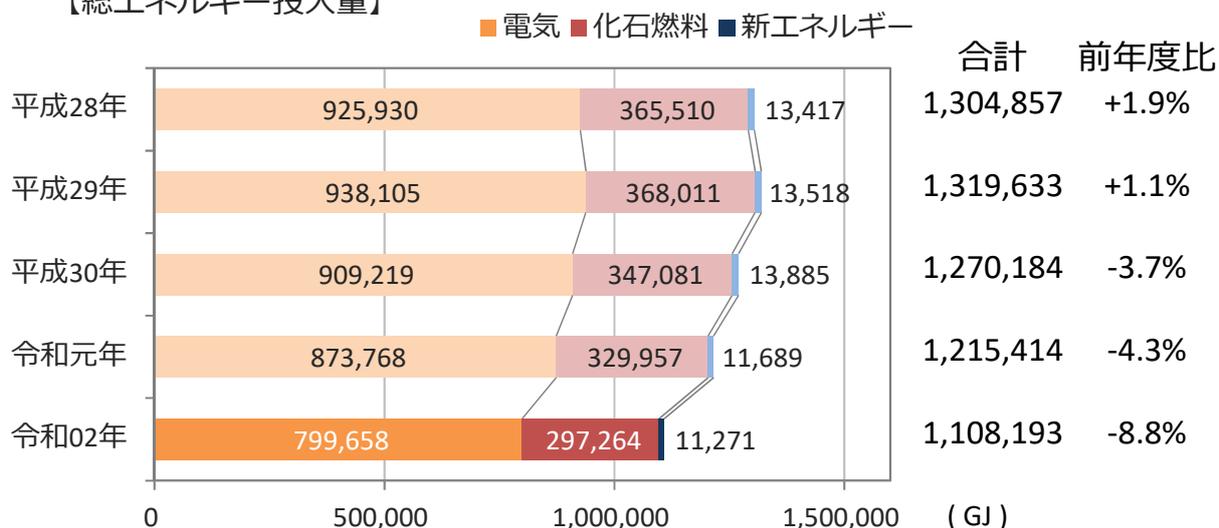
※1：各係数は、P59資料参照

※2：化石燃料の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量は、各燃料の単位熱量あたりの炭素排出量（tC/GJ）に44/12を乗じたものを排出係数として算出

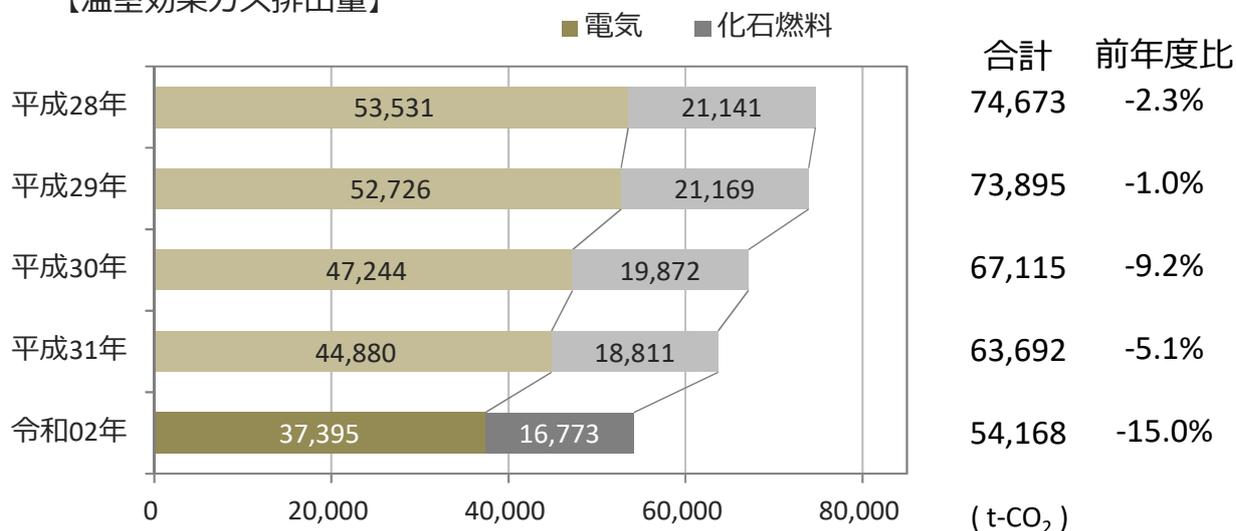
### 3. エネルギー・水資源収支の推移

令和2年度における事業活動にかかる総エネルギー投入量は、熱量換算で1,108,193GJとなり、前年度実績から約8.8%の削減となっています。また、令和2年度における温室効果ガス排出量は54,168t-CO<sub>2</sub>となり、前年度実績から約15.0%の減少となっています。（要因の分析についてはP10参照。）

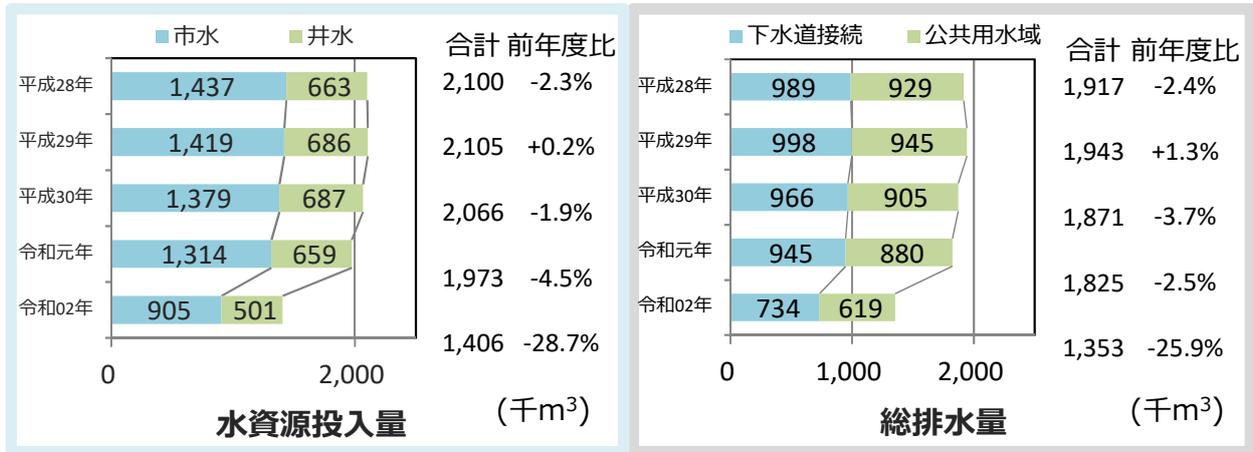
【総エネルギー投入量】



【温室効果ガス排出量】



令和2年度における水資源の投入量は1,406千m<sup>3</sup>、総排水量は1,353千m<sup>3</sup>となり、前年度と比較すると、投入量で約28.7%、総排水量で約25.9%の削減となっています。



#### 4. 廃棄物総排出量

令和2年度における廃棄物総排出量は、3,768tとなりました。廃棄物の量を把握することが重要であり、それを踏まえて立てた目標の達成に向けて行動することが肝要です。

一般廃棄物については、全ての高専で重量による把握が行われていますが、一部の廃棄物の排出量が把握出来ませんでした。

今後は主たる廃棄物について、削減目標を定める段階に進めていきます。

種類	重量把握 (t)
一般廃棄物	2,319
産業廃棄物	1,389
特別管理一般廃棄物	1
特別管理産業廃棄物	59
<b>合計</b>	<b>3,768</b>

## ◆環境負荷の産出・排出等の状況

### 1. 化学物質の管理

化学物質の管理について、「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法)の対象となる国立高専は計1校となります。

また、令和2年度現在で化学物質の一元管理を行っている国立高専は計21校となりました。なお、一元管理を行っていない国立高専でも、学科や各研究室単位で化学物質の受払簿を設け、適切な管理を行っています。



有機化学合成実験の様子（鈴鹿高専）

### 2. フロン排出抑制法への対応状況について

フロン類の排出については、「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」(フロン排出抑制法)に従い、フロン類の漏えい算定量を高専機構の事業所全体で把握し、適切に管理しています。

令和2年度の国立高専におけるフロン類の漏えい量は、1,171t-CO<sub>2</sub>となり、昨年度比約16%減となったものの、特定漏えい者として令和2年7月に文部科学省へ漏えい量を報告しました。

漏えい量減少の要因としては、老朽した空調設備の更新を積極的に行ったためと考えられ、引き続きフロン類の排出抑制に努めます。



## 4. 吹き付けアスベスト等※1の対応状況について

「石綿障害予防規則」により、事業者は労働者を就業させる建築物に吹き付けられたアスベスト等が、損傷・劣化等により粉じんを発生させ、及び労働者がその粉じんにばく露するおそれがあるときは、当該吹き付けアスベスト等の除去、封じ込め、囲い込み等の措置を講ずることが義務付けられています。

※1 吹き付けアスベスト等とは、アスベストを含有する吹き付け材（吹き付けアスベスト、吹き付けロックウール及び吹き付けパーミキュライト等）及び保温材、耐火被覆材、折板裏打ち石綿断熱材をいいます。

### ◆ 高専機構における現状

国立高専にて発見された「吹き付けアスベスト等」について、措置済状態になく、かつ、損傷、劣化等による石綿等の粉じんの飛散により、ばく露のおそれがあるものは、次の通りです。（表1）

これについては、令和3年度中の撤去を予定しています。

表1. 室内等に露出した吹付アスベスト等の措置状況

令和3年3月31日時点

調査対象 国立高専数	損傷、劣化等による石綿等の粉じんの飛散により、ばく露のおそれがあるもの※2	
	国立高専数（校）	室数（室）
51	1	1

※2 封じ込めは未完だが、建物への立ち入り禁止措置を講じている。

また「石綿含有保温材等」について、文部科学省の調査に基づき、平成30年10月1日時点において、すべて措置済状態にあります。（表2及び3）

表2. 室内等に露出した石綿含有保温材等の措置状況

平成30年10月1日時点

国立高専数	①露出して使用されている保温材、耐火被覆があるもの			②左記①のうち、措置済状態ではないもの（損傷、劣化等による石綿等の粉じんの飛散により、ばく露のおそれがあるもの）		
	国立高専数	室数	通路部分	国立高専数	室数	通路部分
51	30	1,657	178	0	0	0

表3. 煙突に使用した断熱材の措置状況

平成30年10月1日時点

国立高専数	調査中高専数	煙突の保有状況	①左記のうち、石綿含有断熱材を使用しているもの	②左記①のうち、措置済状態にあるもの	左記①のうち、措置済状態ではないもの	
					③損傷、劣化等による石綿等の粉じんの飛散により、ばく露のおそれがないもの	④損傷、劣化等による石綿等の粉じんの飛散により、ばく露のおそれがあるもの
		国立高専数（本数）	国立高専数（本数）	国立高専数（本数）	国立高専数（本数）	国立高専数（本数）
51	0	32 (64)	3 (4)	3 (4)	0 (0)	0 (0)

これらは現在、大規模改修等に併せて除去等を進めています。また、石綿等の飛散がないよう表面の状態等の点検・維持管理を徹底していきます。

## ◆資源の循環的利用

### 1. グリーン購入の状況及び方策

令和2年度グリーン購入の特定調達品目の調達状況については、『環境物品等の調達の推進を図るための方針』において、調達目標100%に対し、目標設定のとおり調達することが出来た品目が100%となりました。

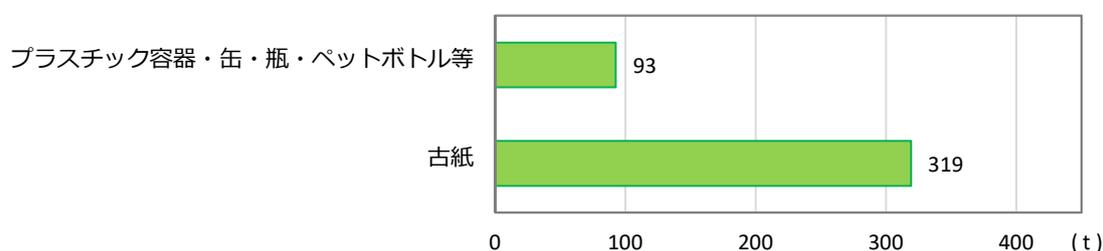
環境物品等の調達の推進に当たっては、引き続き、できる限り環境への負荷が少ない物品等の調達に努めることとしており、環境物品等の判断基準を超える高い基準のものを調達としています。また、グリーン購入法適合品が存在しない場合についても、エコマーク等が表示され、環境に配慮されている物品を調達するよう努めています。

さらに、物品等の納入事業者、役務の提供事業者、工事の請負事業者に対して事業者自身が、環境物品等の調達を推進するよう働きかけています。

### 2. 資源の再資源化

適切な廃棄物の処理とともに、環境教育の一環としてリサイクルなどの3R活動にも取り組んでいます。

学校における主な消費資源の一つである紙類については、古紙として回収・再資源化に取り組んでいるとともに、その他の廃棄物についても積極的な再資源化を行っています。



令和2年度再資源化量

### 3. 環境保全に関するコスト

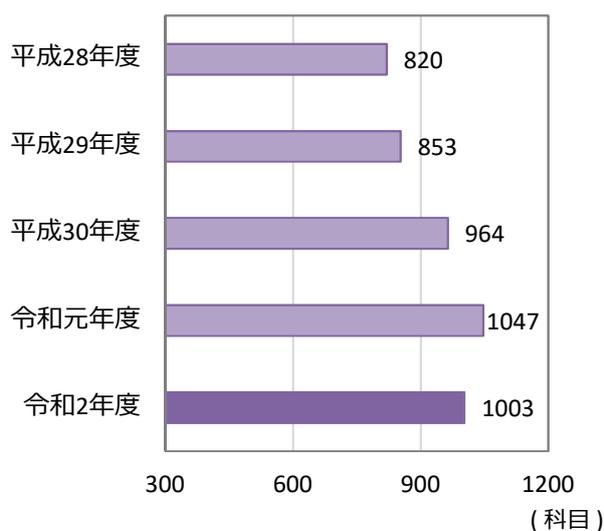
令和2年度における、国立高専全体における環境保全に資する支出は、約1,555百万円となりました。

主な使途としては、建物の新営や改修の際の断熱や複層ガラス等省エネ対策、LED照明・高効率空調設備など省エネ設備への更新コスト、フロン類の処分費が計上されています。

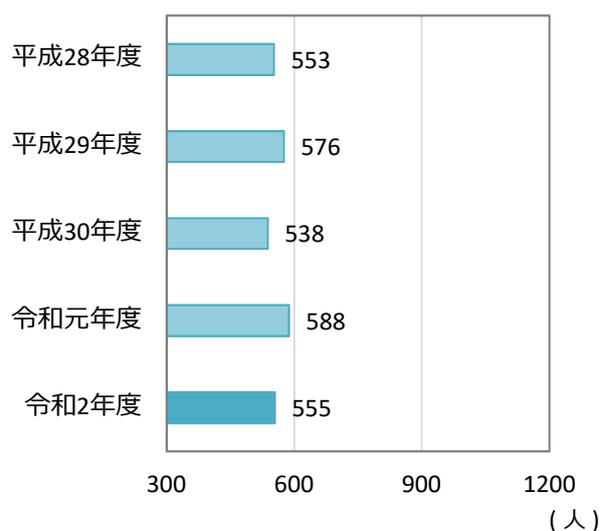
## ◆環境保全技術に関する教育・研究の状況

### 1. 環境関連科目数及び研究者数の状況

国立高専において、環境関連の教育・研究を継続的に進めており、令和2年度の環境関連科目数は、前年度から微減し、1003科目(前年度比95.8%)となっています。また、環境に関連する研究を行っている研究者の数は、前年度の588人から減少し、555人(前年度比94.4%)となっています。



環境関連科目数の推移



環境関連研究者数の推移

### 2. コンテスト等における取組

令和2年度に行われたコンテストにて、多くの学生が環境にまつわる地域課題の解決や環境保全に関するテーマに取り組みました。

中でも『高専ワイヤレスIoTコンテスト』（通称『WiCON』）2020年度コンテストでは、第5世代移動通信システム（5G）及びワイヤレスIoTの関連技術を活用することによって、自然環境における問題解決や、自然や地域とのより豊かなつき合い方の提案も多く取り上げられました。

次ページ以降では、環境をテーマとした研究事例を紹介します。

## ◆ 国立高専における環境保全技術に関する教育・研究の事例

国立高専では環境に関する様々な教育・研究が行われています。令和2年度に行われた環境保全技術等に関する教育・研究の中から一部を紹介します。

	教育・研究内容	所属 氏名
1	マイクロ波を利用するメタン分解技術 (水素社会実現とカーボンニュートラルに貢献する技術)	旭川工業高等専門学校 物質科学工学科 教授 宮越 昭彦 物質科学工学科 准教授 小寺 史浩
2	廃棄太陽光パネルを用いた独立電源の制作	富山高等専門学校 電子情報工学科 教授 小熊 博 電子情報工学科 教授 水本 巖
3	新しい日射遮蔽手法による省エネルギーへの取り組み	岐阜工業高等専門学校 建築学科 教授 青木 哲
4	吉野産木材の廃材おがくずの再利用法に関する研究	奈良工業高等専門学校 機械工学科 准教授 谷口 幸典
5	生分解性ポリマーを利用した生物学的六価クロム還元法の開発	和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 准教授 青木 仁孝
6	水辺の環境を良くしたい！小さな浮遊ごみを捕集するクラゲ型ロボット	津山工業高等専門学校 総合理工学科 教授 細谷 和範
7	下水道未整備地区の逆襲 -インフラテックコン2020に参加して-	阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 准教授 川上 周司 創造技術工学科 専攻科1年 泉 良樹
8	皮膜廃細線からの金属銅の抽出技術	香川高等専門学校 一般教育科 教授 岡野 寛 ㈹リック香川株式会社 代表取締役 出口 三徳
9	地盤の透水性評価によるため池・河川堤体や盛土斜面環境の重要性	香川高等専門学校 建設環境工学科 教授 向谷 光彦 建設環境工学科 准教授 荒牧 憲隆 技術専門職員 岡崎 芳行 技術専門職員 中島 香織 株式会社四電技術コンサルタント 土木事業部・地質技術グループ 熊野 一美
10	排水ゼロディスチャージを実現する閉鎖循環式養殖システムの開発	香川高等専門学校 建設環境工学科 教授 多川 正 水産研究・教育機構 水産技術研究所 森田 哲男 水産研究・教育機構 水産大学校 教授 山本 義久
11	大深度地下圏におけるバイオメタン生産技術開発に関する研究	香川高等専門学校 建設環境工学科 准教授 荒牧 憲隆 北海道科学技術総合振興センター・幌延地圏環境研究所 村上 拓馬
12	カラフトマスが利用可能なポータブル魚道システムの開発	香川高等専門学校 建設環境工学科 講師 高橋 直己
13	環境調和型の顔料への適用を目指した新たな着色無機ガラスの作成	新居浜工業高等専門学校 数理科 教授 朝日 太郎

	教育・研究内容	所属 氏名
14	ウルトラフィンバブルを用いた通謀排水処理技術の開発	高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科 教授 山崎 慎一
15	文化的景観の保全と官学連携による博物館展示の試み	高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科 准教授 北山 めぐみ
16	ジャンボタニシをやっつけろ！～省力的かつ環境にやさしい工学的防除技術の開発～	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科 准教授 柳生 義人
17	浄水汚泥による水産加工排水のリン除去・回収	大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋 都市・環境工学科 専攻科1年 伊東 大智 技術専門職員 山本 佳奈 松尾機器産業株式会社 技術開発部 岩崎 博美
18	閉鎖系水域の有機物と栄養塩同時除去による水質浄化	大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋 技術専門職員 山本 佳奈 株式会社日水コン 下水道事業部 小野 夏帆 松尾機器産業株式会社 技術開発部 岩崎 博美
19	重金属汚染水系の修復	大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋 技術専門職員 山本 佳奈 日鉄環境株式会社 佐藤 拓郎 日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 事業機開発企画部 GM 宮永 俊明
20	産業副産物による海底レアアースの濃縮回収	大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋 技術専門職員 山本 佳奈 東亜建設工業株式会社 横浜支店 田淵 雅也 日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 事業機開発企画部 GM 宮永 俊明
21	青色LED照射による有用微細藻類の培養	大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋 都市・環境工学科 専攻科1年 赤嶺 拓海 技術専門職員 山本 佳奈 株式会社明電舎 戦略企画部長 平井 和行
22	下水処理水を用いた給餌用海洋性藻類 Phaeodactylum の培養	大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋 都市・環境工学科 専攻科1年 荒巻 拓海 技術専門職員 山本 佳奈 株式会社明電舎 戦略企画部長 平井 和行

環境報告書2021では、研究事例や取組紹介ページにおいて、達成を目指すターゲットのアイコンを配置しています。国立高専では国立高等専門学校機構インフラ長寿命化計画（個別施設計画）で掲げた内容をはじめ、SDGsの達成に向けて様々な取組を行っています。



# マイクロ波を利用するメタン分解技術 (水素社会実現とカーボンニュートラルに貢献する技術)



旭川工業高等専門学校 物質化学工学科 教授 宮越 昭彦  
准教授 小寺 史浩

## はじめに

地球環境に優しいエネルギー資源として水素が注目されています。水素の製造手段には温室効果ガスであるメタンの分解 ( $\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$ ) が有力です。とくに北海道はメタン資源が豊富であり、例えば、十勝平野や根釧台地で盛んな牧畜業からはメタン発酵によるバイオガスや北海道近海の海底にメタンハイドレート鉱床が多数発見されています。

北海道はメタンを利用するエネルギー産業の点に有利な条件が揃っています。

【北海道はメタン資源の宝庫】



牧畜が盛んな地域からバイオガスを生産

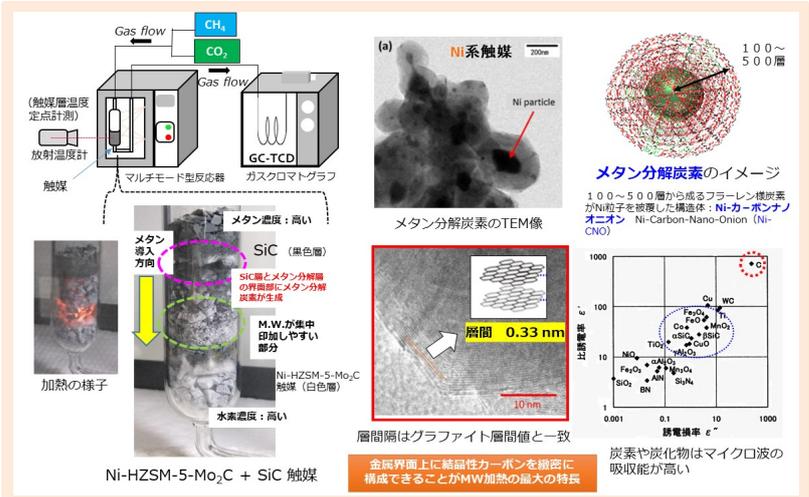
## 研究内容

我々の技術はマイクロ波(MW)加熱装置と触媒を組み合わせた反応プロセスによりメタン分解して、高純度水素と機能性炭素を併産するものです。これは最近定められた水素製造の分類としては、“CO<sub>2</sub>を副生させないターコイズ水素に相当します。

また、メタン分解成分は右図のように金属(ニッケル)を中心として球状炭素がナノレベルで多層配置したタマネギ様炭素(ニッケルカーボンナノオン; Ni-CNO)が得られます。

Ni-CNOはMWの吸収率が高く、導電性も高い点から、燃料電池用の白金/炭素電極の代替材や水の電気分解による水素製造触媒として2次利用できる目途がついています。

【MW加熱分解により高純度水素と機能性カーボンが併産できる】



## おわりに

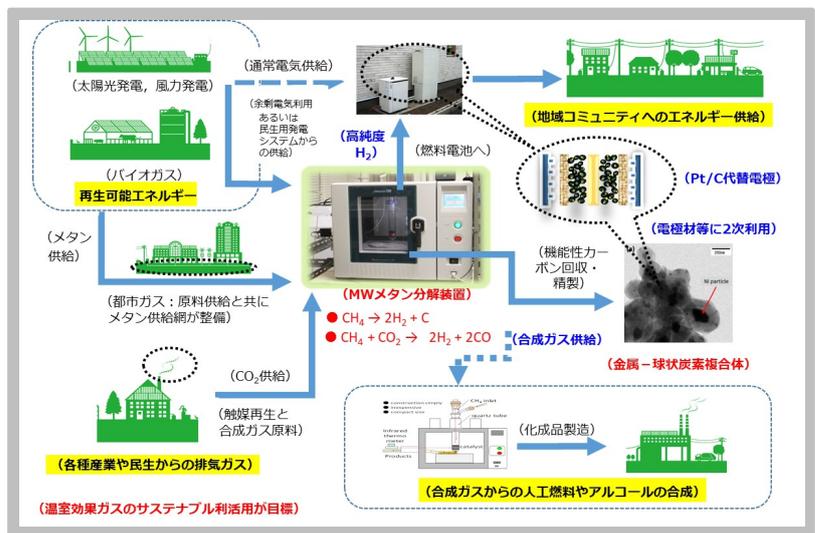
我々が目指す「次世代のエネルギーシステム」を右図に示します。

メタンは各産業から回収するほか、下牛処理でも嫌気性ガスとして排出されます。これらメタンを太陽光発電等の再生可能エネルギー電力でMW分解システムを稼働させ、得られた水素を燃料電池へ、副生されたNi-CNOを機能性カーボンとして回収します。なお、触媒寿命を延ばす手段としてCO<sub>2</sub>で加熱処理することで触媒再生が可能です。

なお、本法はメタンとCO<sub>2</sub>の混合ガスを分解させて合成ガス(COとH<sub>2</sub>)を得るにも有効です。

実現すればメタンやCO<sub>2</sub>を機能性炭素や化成品原料として「炭素成分を循環的に利用」することが可能になります。

【本システムがインフラ化すると  
水素利用とカーボンニュートラルな循環が可能】



# 廃棄太陽光パネルを用いた独立電源の製作



富山高等専門学校 電子情報工学科 教授 小熊 博  
富山高等専門学校 電子情報工学科 教授 水本 巖

## はじめに

我々は、廃棄パネルと廃棄鉛蓄電池を用いた独立電源システムを構築した。家庭用もしくは小規模太陽光発電所に使用した太陽光パネルは20年ほど経つと約9割に発電量が劣化することもあり、廃棄対象になる場合がある。また60Ahから100Ah程度の鉛蓄電池も電荷容量が85%程度になると廃棄対象になる。劣化パネルの発電量は劣化状況よりも、むしろ日照量に大きく影響されるので、太陽光が十分に降り注ぐ海外等の設置場所では、十分に発電量を確保できる。また鉛蓄電池も、我々が開発した鉛蓄電池回復器で、製造から約5年以内、放電容量が新品の85%台の電池であれば、大概の電池は90%から95%台に回復することが出来る(参考文献)。これらを用いて灌漑ポンプが駆動できる独立電源システムを構築した。

## 研究内容

本システムは建て替えの際に廃棄した、約20年経過した日本製一般家庭用パネル、200ワット、開放端電圧20V、最大供給電流6A、の廃棄太陽光パネル4枚を、仮設台座に固定した(図1)。鉛蓄電池は定格容量60Ah(実容量は5A定電流放電で放電終止電圧10.2Vで5時間)、停電時の予備バックアップ電源として4年間使用されていた鉛蓄電池6個の内、再生後の状態が比較的良い物を4個選別して組み込んだ。電源は電池直列4台で、48V系定格容量500WDCACインバーター、過充電過放電制御付き48V系充放電コントローラー、灌漑用ポンプ(200W,AC100V,40リットル/分)で、灌漑ポンプ駆動システムを構築した。実際に北陸地方での夏場8月期に、晴天下でのポンプ駆動は、定常運転時約200Wの消費電力で約5時間以上駆動した。途中で規定電圧に降下したため過放電防止機能が働き、途中停止し、太陽光パネルの充電によって再稼働復帰電圧まで充電されたため、再び灌漑ポンプは動いた。この様にパネルによる発電量が十分な時は、ほぼ終日灌漑し続けることが可能である(図2)。

## おわりに

本稿では、パネル数を4枚、電池容量を比較的4個と小規模なシステムで実験したが、フォークリフト用蓄電池48V、200Ahなどの大容量電池に加え、パネルも直列4段、4組並列で26A注入等すれば、より大きな灌漑ポンプや独立電源システムの製作が可能である。なお鉛蓄電池回復器は48V電池にも対応している。



図1 太陽光パネル仮設置き台

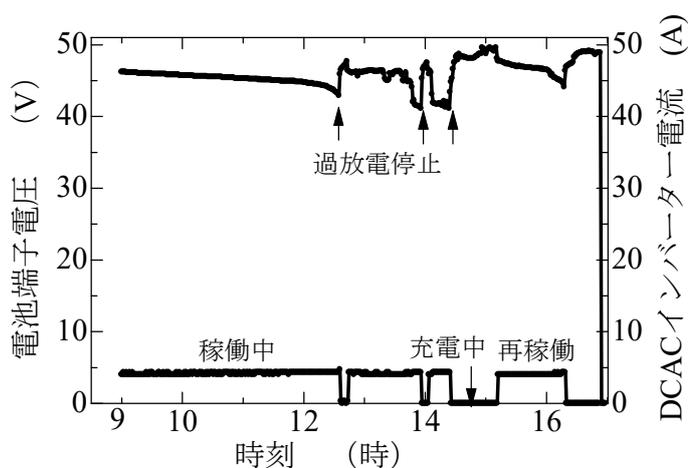


図2 灌漑ポンプ駆動時の端子電圧推移 (8月晴天時)

## 参考文献

特許第6362252号 鉛蓄電池の充放電装置

ハウステック(高田,鈴木)・独立行政法人国立高等専門学校機構(小熊,水本,山本)・トリニティJapan(能村,和泉)



## はじめに

地球温暖化対策としてパリ協定が2015年に採択された。その後、脱炭素化社会の実現へ向けて、各国では温暖化ガス排出削減目標を高めることを次々に表明している。目標達成のためには、業務・住宅分野において、さらなる建物の省エネルギー化が必須である。

建築物において熱的に弱いのは窓であり、これらの遮蔽手法は建物のデザイン性にも影響するため、遮蔽性能の追求だけではなく、多様な選択肢が求められている。現在、その選択肢を増やすべく、①プルアップ型遮蔽装置、②レンチキュラーシートを用いた日射制御手法を提案し、効果検証を行っている。

## 研究内容

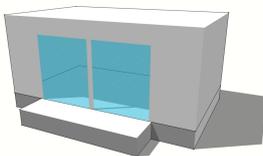
①プルアップ式の遮蔽装置は、遮蔽に必要な面積だけ遮蔽することで、視覚的快適性と両立や、冬季での日射導入にも有効な手法である。

これまでに模擬住宅を使用し、ロール式の装置を例として実験を行い、室温への影響や、日射位置に応じたプルアップ高さの検証を行っている。

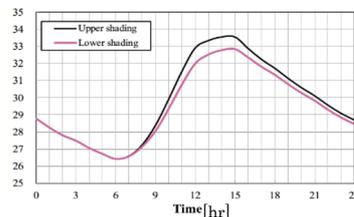


実験の風景

また、日射量や太陽位置による室内温度・室内照度への影響を検証するために、シミュレーションツールTRNSYSやSolar Designerを用いた遮蔽効果の検証も行っている。単室の解析モデルを作成し、庇と下部・上部遮蔽装置を組み合わせた室温を比較した結果、下部遮蔽では室温の上昇を抑制することができることが確認できている。今後は適切な庇の長さや遮蔽高さを検討予定である。



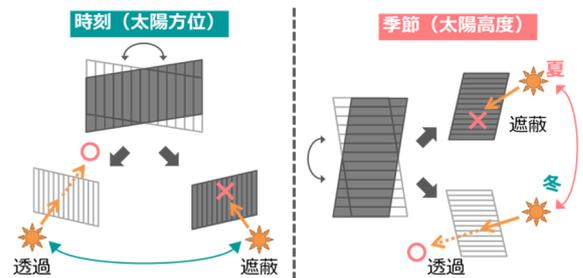
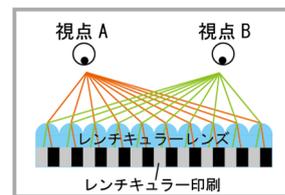
解析モデル例



解析結果例

②レンチキュラーは見る角度で絵柄が変わる文具などで広く親しまれているものである。元々の素材は透明のPETであり、拡大すると表面には小さな「かまぼこ」型のレンズがたくさん並べられており、その下の層の印刷面には細かく分断された画像が交互に並んでいる。この印刷面がレンズ作用と視点移動により絵柄が変化して見える仕組みとなっている。

この絵柄が変化するレンズ作用を応用することで、時刻や季節に応じた日射・日照調節が可能かどうかを実験的に明らかにすることを目的としている。



レンチキュラーによる遮蔽の原理

## おわりに

今後は省エネルギー効果について、気象条件を加味しながら数値化していく予定である。

研究は現在進行中ではあるものの、このテーマに研究に従事した学生を含め、成果発表は英字査読論文2編、国際会議での発表2件、国内学会発表11件になっている。また、LIXIL住生活財団、越山科学技術振興財団、小川科学技術財団などから研究助成を受けた。また企業との連携も進め、他の材料を用いてデザイン性を確保しつつ遮蔽する方法も検討する予定である。

## はじめに

- ✓ 吉野の木材産業の持続的発展のため、廃材となるおがくずの再利用が必要
- ✓ 木材の持つ自己接着性を利用した、クリーンなものづくりを提案

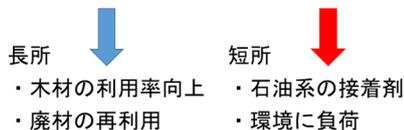
## 研究内容

### 研究背景

木材の利用

古来：構造材料

近年：合板やパーティクルボードなど木板を積層したものや繊維を固めたもの



これを解決しうるのが、木材の持つ自己接着性である。

### 原理

木材の主成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであり、これを加熱することでリグニンが特に軟化し、冷却すると固化する。



さらに、湿潤状態で加熱するとこれらの成分の軟化する温度が低下することが分かっている。

蒸煮処理

本研究

- 圧粉成形～蒸煮処理を施したヒノキおよびスギのおがくずの試験片を作製し、強度を曲げ試験によって評価する
- おがくずの再利用例としてスプーン形状の圧粉体固化製品の作製を試みる



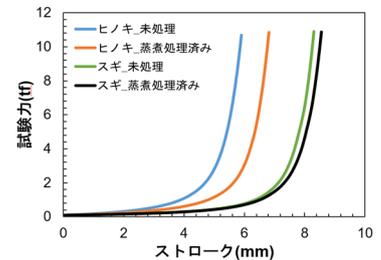
Top punch

Bottom punch

## 実験結果：おがくずの成形性の比較

- ヒノキとスギではスギのほうが同じ試験力でもストロークが高く成形性が良い
- ヒノキは成形前に蒸煮処理を施すことで成形性が良くなる
- スギは成形前に蒸煮処理を施しても大きな変化は見られない

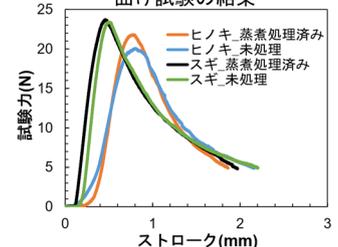
成形時のパンチストロークと試験力の関係



## 実験結果：曲げ強度の比較

- ヒノキに比べ、スギの圧粉体は剛性がある
- 曲げ強度を計算するとヒノキもスギも最大応力値が4.3 MPa程度で変わらなかった
- 蒸煮処理を施したおがくずを用いた試験片の曲げ強度は大きくなっていった

曲げ試験の結果



## 実験結果

粒度を細かくしたスギの蒸煮処理粉末圧粉体



粒度を細かくしたことで良好な形状が得られた。しかしそれでもまだ強度は不足しており、成形圧力を高くしないといけないことが分かった。

## おわりに

成形前のおがくずに蒸煮処理を施すことで、成形性がよくなる

スギとヒノキを比較するとスギの方が成形性が良いが曲げ強度はあまり変わらなかった

抽出リグニンを添加することで、おがくず成形体を実用化できる可能性がある。

## はじめに

クロム Cr は、合金製造、メッキ加工、皮革製品の化学処理など、様々な用途で使用される有用な重金属である。一方、六価クロムCr(VI) は高い毒性と大きい移動性を示すため、低毒性かつ移動性も小さい三価クロムCr(III) に還元処理する必要がある。近年の研究では、多種多様な微生物がCr(VI) を還元する能力を持っていることが明らかとなっている。このため、それらを活用した低コスト・低環境負荷型のCr(VI) 生物還元法が注目されている。しかし、Cr(VI) 生物還元法には、Cr(VI) 還元に必要な水溶性有機栄養源の供給が不足する場合には残存Cr(VI) による汚染、過剰供給した場合には二次汚染(有機汚濁)を引き起こしてしまう欠点がある。そこで本研究では、水溶性の低分子有機物を持続的に徐放する性質を持つ生分解性ポリマーを固体基質として用いた簡易なCr(VI) 生物還元法の適用可能性について検討した。

## 研究内容

## 1. 方法

本研究では、生分解性ポリマーを利用したCr(VI) 生物処理法の適用可能性を調査するため、活性汚泥からCr(VI) 還元微生物群集の集積培養を試みた。培養の植種源に用いた活性汚泥は、和歌山工業高等専門学校に設置されている排水処理装置より採取した。先行研究により、この活性汚泥にはCr(VI) 還元微生物が含まれることを確認している(Aoki et al., 2020, J Environ Sci Heal A)。固体基質として使用する生分解性ポリマーには、安価かつ生物学的窒素除去技術で固体基質としての有効性が確認されているポリカプロラクトンを使用した。集積培養は、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$  に設定された暗室で実施した。集積培養の際には、定期的は無機栄養培地(Cr(VI) 濃度:10-50 mgCr(VI)/L)の交換を行った。Cr(VI) 濃度は、ジフェニルカルバジド法により測定した。集積培養開始から79日目まではエアレーション有りの好気条件、80日目以降はエアレーションを停止させた低酸素条件下でCr(VI) 還元微生物群集の集積培養を実施した。

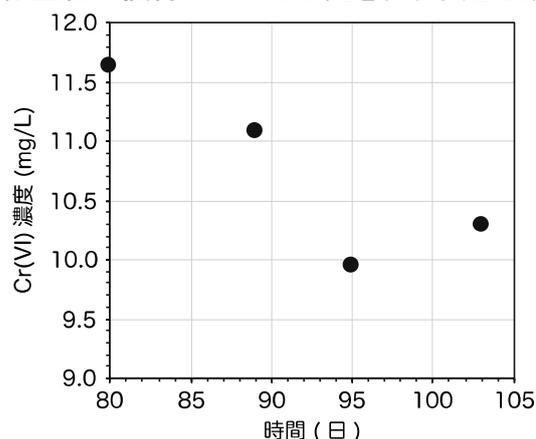
## 2. 実験結果と今後の展開

好気条件で集積培養した期間のCr(VI) 濃度の経時変化からは、明確なCr(VI) 濃度の低下は確認できなかった。図1は、エアレーションを停止させた低酸素条件下で集積培養を行った際のCr(VI) 濃度の経時変化である。低酸素条件下で実施した際のCr(VI) 濃度の低下も僅かであり、約3週間で1 mgCr(VI)/L 程度の除去しか確認することはできなかった。この原因を明らかにするため、集積培養に利用したポリカプロラクトンの重量変化を調査したところ、投入した約25 g(乾燥重量)のポリカプロラクトンの約3.9%のみしか分解していないことが明らかとなった。この結果から、本研究で確認された低いCr(VI) 除去効率は、ポリカプロラクトンの低い分解効率による可能性が示された。今後は、Cr(VI)存在下でも高効率にポリカプロラクトンの分解が可能な環境微生物の獲得に向けた研究を行う予定である。

## おわりに

## 3. 謝辞

本研究は和歌山高専教育研究奨励費の助成を受けて実施したものであり、ここに感謝の意を表します。



# 水辺の環境を良くしたい！小さな浮遊ごみを捕集するクラゲ型ロボット

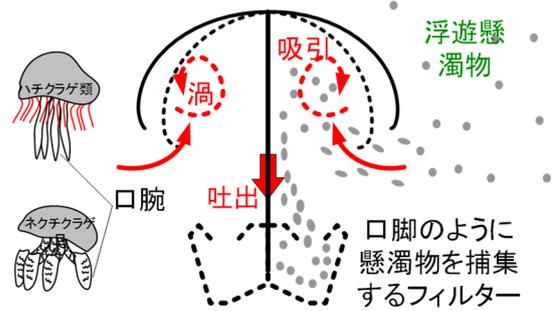


津山工業高等専門学校 総合理工学科 教授 細谷 和範

## はじめに

近年、マイクロプラスチックなどの水辺で浮遊するごみの増加が懸念されています。浮遊するごみのサイズは様々ですが、直径5 mm以下のマイクロプラスチックは、網や吸引ポンプで回収可能であるものの、現在のところ広範囲のごみを長期間にわたって回収するためのロボタ性がありません。また、回転軸を持つモーターやタービンポンプの腐食や付着生物による目詰まりが心配されます。

そこで本研究では単純な機構でかつ数週間の期間にわたって水面付近を漂う微小なごみを回収する装置として、ロボタ性とメンテナンスが良く、クラゲの採餌方法をヒントに右図のようなごみ捕集システムを考えました。

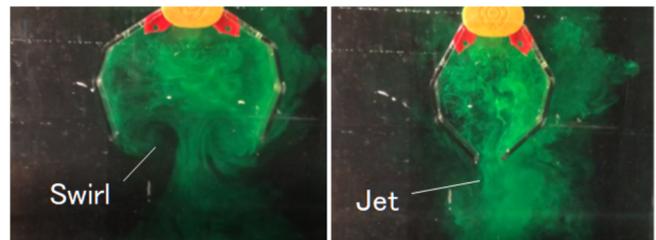


周囲の水塊を吸引し、下方へ吐出するごみ捕集ロボット

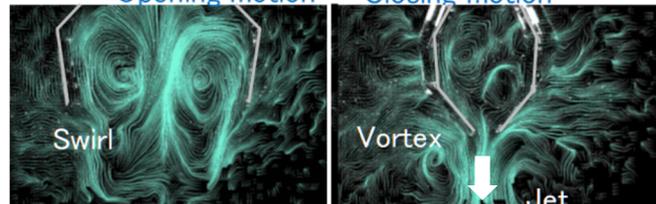
## 研究内容

この研究では、大阪工業大学の谷口研究室と協働して課題の解決を試みました。津山高専は流体力学の視点からごみ捕集に適した傘の動きと流れの評価を担当し、大阪工業大学は柔軟なシリコンラバーにSMAアクチュエーターを埋め込んだロボットの開発を担当しました。

津山高専は二次元性の強い流れを生むロボットハンドと傘となる板が放射状に配置されたロボットとDCサーボモーターを製作して実験を行いました。実験では、開く動作によって傘周囲からの水塊を吸引する流れと、閉じる動作によって下方へ噴流状の流れを作り出し、2次元の流速ベクトル場を画像処理により測定するとともに、水塊の輸送効率(ポンプ効率)を求めました。実験の結果、傘が作り出す流れは渦状の流れが大きく影響しており、やみくもに開閉させるよりも流れの循環を発達させることで、より多くの水塊を取り込み、下方へ輸送できることがわかりました。ただし、実験で用いたロボットのポンプ効率は5%程度と小さい結果となりました。

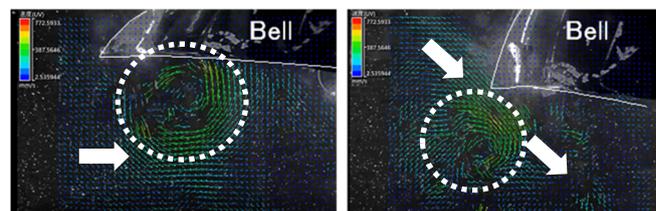


Opening motion Closing motion



Opening motion Closing motion

傘周囲の流れの可視化と流線場



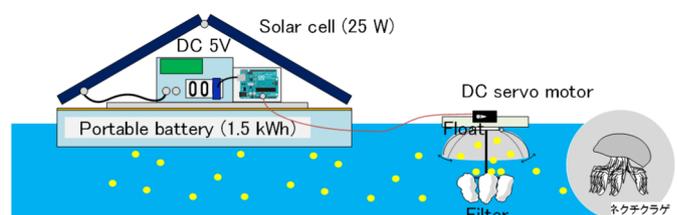
Opening motion

Closing motion

流れの循環構造がより多くの水塊を取り込む様子

## おわりに

遊泳しながらごみを捕集するクラゲ型ロボットは見た目にもユニークで、さまざまなシーンで活躍できるポテンシャルを有しています。現在、右図の実証試験装置を用いて運用性の評価を進めており、今後さらに発展させていきたいと考えています。



ソーラーセルを用いた運用システム

# 下水道未整備地区の逆襲 -インフラテコン2020に参加して-



阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 准教授 川上 周司  
 阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 専攻科1年 泉 良樹

## はじめに

我々の研究室では、卒業研究メンバーでチームを結成し、インフラテコン2020での課題解決に取り組んだ。テーマは企業からの挑戦状「第三世代の下水道を描け！」に照準を絞り、徳島県の水環境の問題から特に単独浄化槽の問題を取り上げ、独自の方法で合併浄化槽への転換を促す方法を提案した。結果、地域賞、下水道広報プラットフォーム特別賞を受賞した。本報では課題の背景、我々の提案について説明していきたい。

## 研究内容

インフラテコン2020のキーワードの一つで「地域」という言葉に着目した。すると徳島県には下水道自体が少なく、ほとんどが浄化槽による分散型処理が主流であることがわかった(図1)。費用対効果の問題等、構造的に転換が進まない現実が見えてきた。

浄化槽法定検査をIoT化し、浄化槽内から得られる微生物(腸内細菌)による健康情報の売却益で、合併浄化槽への転換を促す方法を提案した(図2)。あえて分散型になっている浄化槽だからできた発想である。

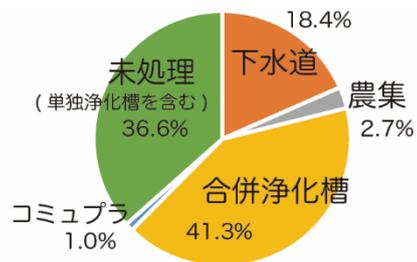


図1 徳島県の事業種別現況処理人口 (R1年)  
 (参照：徳島県ホームページより)

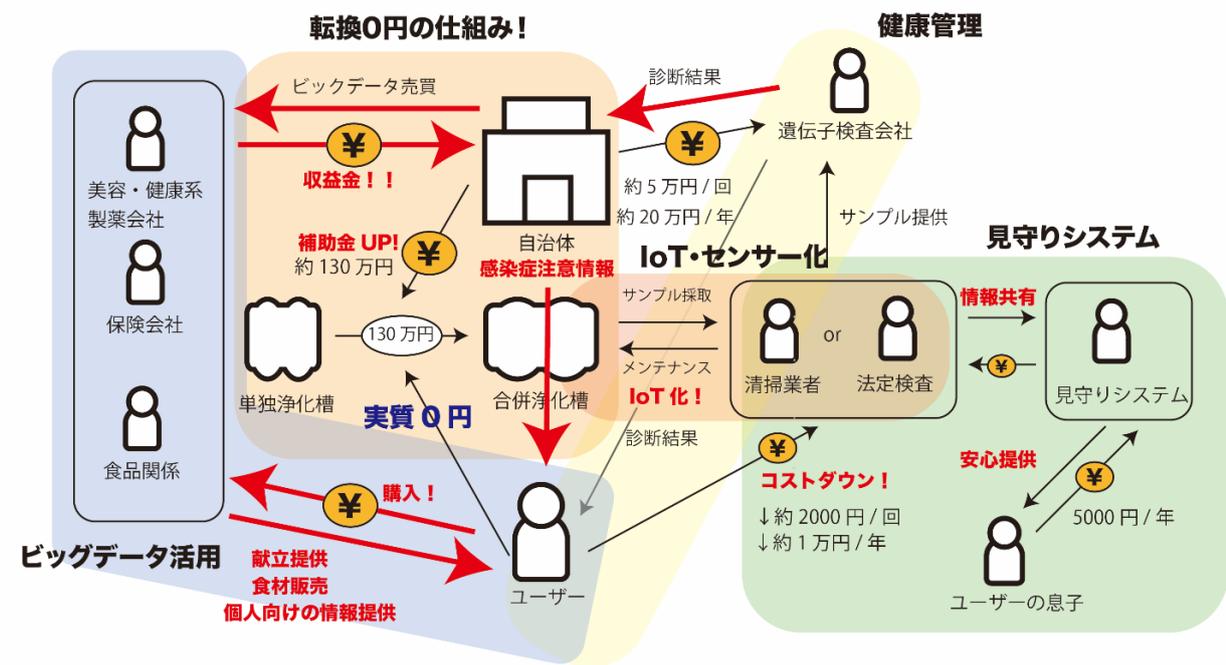


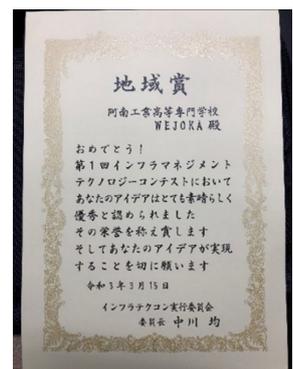
図2 我々が提案する第三世代の浄化槽のあり方

## おわりに

この提案には、個人情報やどう扱うのか、未開発のセンサーをどうやって開発していくかといった問題もある。

最後にこのインフラテコン2020を通じて、学生の成長を感じられたことがあった。特に外部の有識者と接する機会が増えてきて、自分たちの提案が的外れではないことがわかってくると、行動が変わったように思う。大変貴重な場を提供いただけたと感じる。

インフラテコン2020に携わった全ての皆様に感謝いたします。ありがとうございました。



# 被覆廃細線からの金属銅の抽出技術



香川高等専門学校 一般教育科 教授 岡野 寛  
ポリテック香川株式会社 代表取締役 出口 三徳

## はじめに

建物の解体や各種家電製品・自動車リサイクルの際に排出される被覆配線の内、ある程度の太線は機械的加工により、被覆部分(主にポリ塩化ビニル)と金属とを分離しリサイクルされています。しかし、1mm以下の細線、自動車のハーネスや特に今後増加していく情報通信機器の解体の際に発生する極細線については、機械的加工では効率が悪く、また他に有効な処理方法がないため、有価物であるにもかかわらず産業廃棄物として埋め立て処分される比率が高まっています。また、一部は海外へ輸出され、ダイオキシン発生が伴う焼却などの不法な手法でリサイクルされているとの噂が絶えませんでした。しかしここ数年は、アジア諸国でも監視を強化した結果、輸出が制限され日本国内に処理しきれない廃細線が山積されている状況です。ナゲット加工など一部実用化されていますが、極細線に関しては効率が悪く、新規のリサイクル技術の開発が求められています。

## 研究内容

香川高等専門学校とポリテック香川株式会社は、この問題を解決するための新規の手法の開発を続けてきました。その結果、廃油を用いて、廃被覆配線(極細線)から有価金属を回収する手法の開発に成功いたしました。図1に処理プロセスの概略を示します。

- ① 廃油中でのポリ塩化ビニル被覆廃配線の熱処理
- ② 炭化した配線の真空乾燥(減圧条件下での焼成)
- ③ 機械的振動による金属と炭化物の分離

という、三段階のプロセスにより、ダイオキシン類を一切発生させずに廃被覆配線(細線)から有価金属を回収することができました。また、廃油中に石灰を混入することで、ダイオキシンのみならず処理装置の金属部分の腐食につながる塩化水素の発生も低減可能です。金属と同時に得られる炭化物については、固形燃料やアスファルトのガラへの利用を検討中です。

図2に試作した処理プラントの外観を示します。24時間稼働することで、1日に約1トンの廃線を処理することが可能です。また、廃油には植物油も使用可能で、香川県のうどん屋から大量に排出される使用済みてんぷら油のリユースにもつながります。

本技術は、日本(特許第5134719)、米国(US8,747,519,B2)、中国(CN 105637688 B)など5カ国の特許を取得しています。

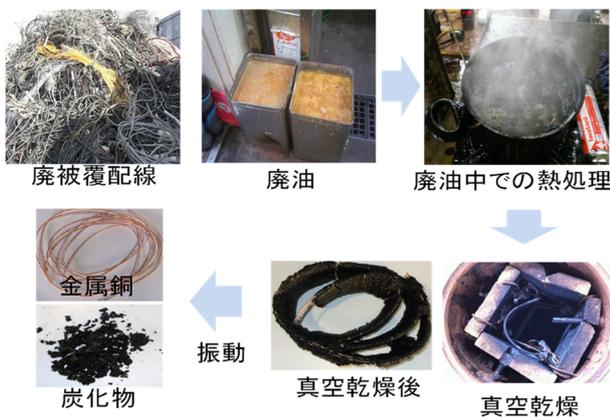


図1 処理プロセスの概略



図2 廃線処理プラントの外観

## おわりに

本技術は、廃プラスチック処理にも応用可能です。塩素系樹脂が混在していても、廃油を利用してダイオキシンを発生させずに容易に炭化させることが可能です。今後多方面への展開を視野に入れています。

# 地盤の透水性評価によるため池・河川堤体や盛土斜面環境の重要性



香川高等専門学校 建設環境工学科 教授 向谷 光彦  
 香川高等専門学校 建設環境工学科 准教授 荒牧 憲隆  
 香川高等専門学校 技術専門職員 岡崎 芳行, 中島 香織  
 株式会社四電技術コンサルタント

土木事業部・地質技術グループ課長 能野 一美

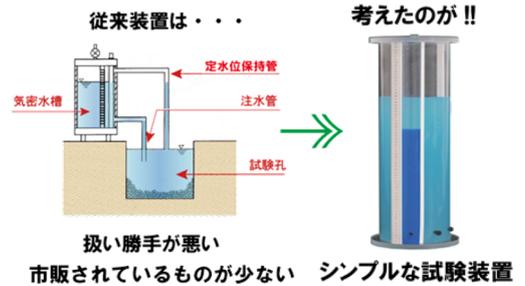
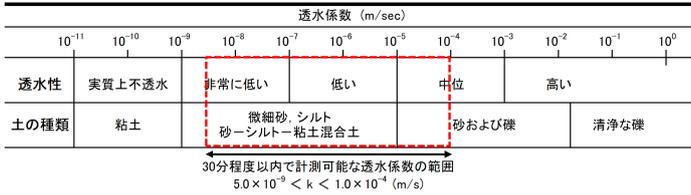
## はじめに

現場透水試験から得られた土の透水係数は信用できないと言われていました。それなら構造がシンプルで使いやすく、かつ高精度で幅広い地盤材料に適用できる装置を開発しよう！が発想の原点です。市販のペットドリンカーで採用されているマリオットサイフンの原理を応用して、現場に適用できる試験装置を開発しました。多様なニーズに対応して、汎用性に優れた装置の概要について解説します。

## 研究内容

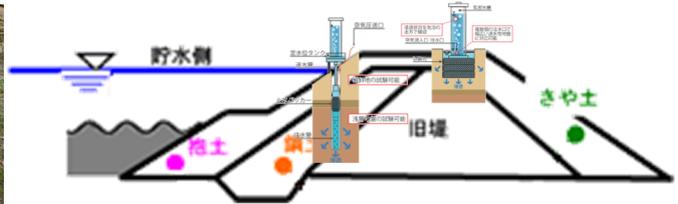
①試験装置の構造はシンプルに♪ .. ペットドリンカーのメカニズムに習って、極めてスマートな装置です。

②対象となる地盤はワイドに♡ .. 大・小管の使い分けで、透水係数  $5.0 \times 10^{-9} < k < 1.0 \times 10^{-4} [m/s]$  まで1つの装置で測れます。(30分程度以内の計測を想定した場合)

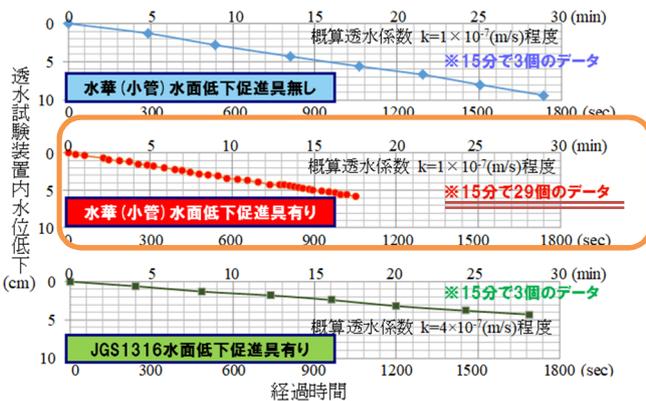


③試験の深さは表層から地中まで 🔍 .. 堤防の表層から堤体内部まで計測できるアタッチメントを開発しました。

④粘土でも促進器具でスイスイ ⏱️ .. 市販の自転車タイヤゴムチューブと洗濯ホースを組み合わせた治具を装着し、1時間以内に試験が終了されます。



⑤砂礫でも円筒金網で孔壁安定 ♻️ .. 市販の円筒金網を加工して挿入することで、孔壁が崩れずに試験することができます。



## おわりに

本試験装置は、地盤工学会:新規規定地盤工学会基準・同解説 地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法(JGS1319-2017)のp.14に装置の例として引用されています。また、丸善出版から2015年12月に発行された「地盤工学・実務シリーズ 32 防災・環境・維持管理と地形地質」のp.102に原位置透水試験の実施例として本装置が掲載されています。また、地盤工学会誌、2020年4月号に「地下水面より上の地盤を対象とした透水試験における低透水性地盤の測定時間短縮方法について」の論文が掲載されています。本装置の平準化、広報活動のため、2015年から毎年1~2回の講習会を開催し、多数の参加者を得て好評です。本研究の成果が認められ、平成24年度地盤工学会四国支部賞、平成26年土木学会四国支部賞、平成28年地盤工学会四国支部賞を受賞しています。今後も市民や現場の声に対応して、ため池・河川堤体や盛土斜面の透水性から安全環境の評価に貢献していきます。

# 排水ゼロディスチャージを実現する閉鎖循環式養殖システムの開発



香川高等専門学校 建設環境工学科 教授 多川 正  
 水産研究・教育機構 水産技術研究所 森田 哲男  
 水産研究・教育機構 水産大学校 教授 山本 義久

## はじめに

飼育水を浄化循環して再利用する飼育方式である閉鎖循環式陸上養殖は、主流の海上養殖に見られる台風などの気象条件によるトラブルや残餌や糞による海洋の水質汚濁などの問題が発生せず、さらに飼育魚の飼育のトレーサビリティの明確化や内陸部や工場内にも設置可能な点から注目されている。しかしながら、山本や森田らによって研究開発された高い生残率が達成可能な閉鎖循環式陸上養殖システムであっても、残餌や魚の糞、フィルターの洗浄などで飼育システムの全水量当たり約0.5~1%以下ではあるが、廃棄処分が必要な高濃度の廃水が発生し、引き抜いた水量分だけ飼育用水の補給が必要であるため、排水・廃棄物のゼロディスチャージは未到達であった。

## 研究内容

閉鎖循環式陸上養殖システムから排出される少量でありながら高濃度の廃水を浄化可能なDHS (Downflow Hanging Sponge) 型の廃水処理システムを考案し、設計、製作した。

本処理システムを閉鎖循環式陸上養殖システム内に組み込み、廃水中に含まれる浮遊物質、有機物を完全に浄化し、更に処理水の色度や濁度まで低下させ、飼育水として完全再利用させる。排水ゼロディスチャージの閉鎖循環式陸上養殖システムの実証実験を実施した。

図1に排水ゼロディスチャージ型閉鎖循環式陸上養殖システムの概念図を示す。実証実験はサツキマス150尾を飼育魚とした。システムは飼育水槽、受け水槽、生物ろ過水槽で構成され、高濃度の廃水は飼育水槽の底掃除や残餌、ネット洗浄などで1日当たり約26L/日発生し、すべて原廃水受槽に移送・貯留した。図2に高濃度廃水処理システムのフロー図を示す。原廃水受槽の高濃度廃水は嫌気性DHSリアクターに供給され処理を行い、処理水は下部沈殿槽にて砂分などの無機分は沈殿分離され、上澄水のみが脱窒リアクターに自然流下で流入する。続く脱窒DHSリアクターは、生物ろ過水槽内の飼育水を供給し、硝化の進んだ飼育水の脱窒を行う。嫌気性DHS 処理水内の残存した有機物も脱窒の水素供与体として利用され、沈殿槽より上澄水が最終処理水として生物ろ過槽に戻されて循環再利用される。色度、濁度の処理はゼオライトを主成分とする凝集剤を人工芝に塗布したものを両リアクター内に設置した。

図3に原廃水、嫌気処理水および脱窒処理水の外観写真を示す。有機物COD<sub>Cr</sub>濃度約6,000 mg/L、SS濃度3,000~7,000 mg/L、濁度1,200~2,000の廃水が両リアクターにより浄化され、最終処理水としてはCOD<sub>Cr</sub> 20 mg/L、SS ゼロ、NO<sub>3</sub>-N 50 mg/L以下、濁度0.2と良好な水質を飼育水に完全循環再利用可能で、飼育魚の生残率、成長も問題は確認されなかった。

## おわりに

本研究により、世界の誰もが達成することができなかった、閉鎖循環式養殖システムにおける注水と廃棄物排出ゼロを実現することができた。水質の浄化のコストも安価で、メンテナンスも不要な本システムは、海水の得られない内陸域の地域や国において水産資源の養殖を可能とする技術革新である。

謝辞: 本研究は農研機構生研支援センター「革新的技術を集約した次世代型閉鎖循環式陸上養殖生産システムの開発と日本固有種サクラマス類の最高級ブランドの創出」の支援を受けて実施した。

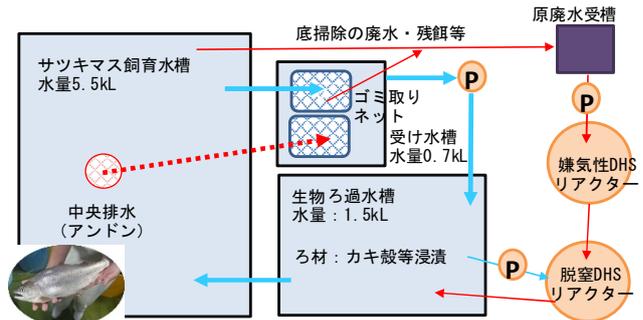


図1 排水ゼロディスチャージ型閉鎖循環式陸上養殖システムの概念図

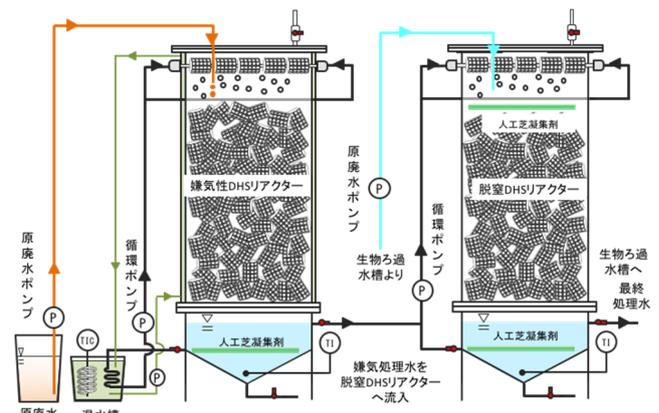


図2 高濃度廃水処理システムのフロー



図3 原廃水と処理水の比較(処理開始後50日目)  
 左から、原廃水、嫌気処理水、脱窒処理水

# 大深度地下圏におけるバイオメタン生産技術開発に関する研究



香川高等専門学校 建設環境工学科 准教授 荒牧憲隆  
 北海道科学技術総合振興センター・幌延地圏環境研究所 村上拓馬

## はじめに

世界のエネルギー資源開発の現状は、将来的なエネルギー需給のひっ迫が懸念される中で、石油・天然ガスの開発ニーズも、在来型資源にとどまらず、開発が困難な非在来型資源（シェールガスやシェールオイルなど）まで拡大している。

日本には、石炭などの堆積岩層が地下に広く分布し、その層に含まれる未利用有機物を微生物の作用によりバイオメタンに変換する方法の開発に取り組んでいる。これを、図1に示すようなバイオメタン生産技術としてバイオメタン鉱床造成/生産法 (Subsurface Cultivation and Gasification) を提案した。この技術の特徴として、1) 地下に存在する天然の地層をバイオメタン鉱床とする、2) 坑内採掘作業を伴わずバイオメタンの生産と回収を行う、3) バイオメタン生成にかかわる地下微生物を利活用することが挙げられる。

## バイオメタン鉱床造成/生産法 SCG method (Subsurface Cultivation and Gasification)

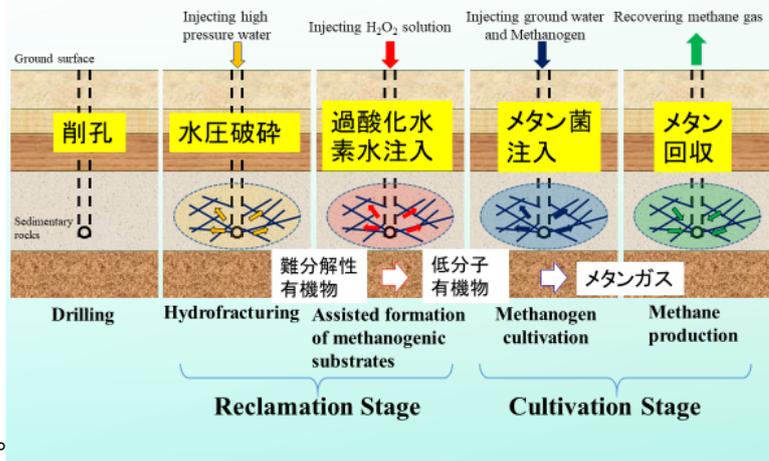


図1 バイオメタン鉱床造成/生産法  
 ※ この技術は、土壌汚染対策工法を参考としている

## 研究内容

大深度でのバイオメタン鉱床造成/生産法における安定的なガス生産、回収、供給を目指し、化学的、力学的、微生物学的にと多角的な視点から取り組んでいる。この技術の特徴の一つとして、メタン生成微生物の基質(エサ)となる有機酸の生成促進に、過酸化水素の地下への注入を試みた。現在のところ、室内試験レベルでは、安定的なバイオメタン生産が見込まれる一定の成果は得ている。現在では、地層内での微生物によるメタン生成プロセスの解明、有機酸生成促進によるガス坑井の安定性、周辺地下環境への環境影響評価などに取り組む予定である。

## おわりに

地下圏でのバイオメタン生成技術を確立することで、CO<sub>2</sub>を地上へと排出しないエネルギー生産システムを国内外の石炭層や泥岩層等の堆積岩が分布する地域に提案することができる。

さらに、地層内の有機物を微生物によってバイオメタンに変換する技術を確立することで、新たな国産エネルギーを創出することになるほか、メタンガスは環境負荷が少なく、多くの産業のリサイクル技術と組み合わせることで温室効果ガスの削減に寄与できる。また、産出したガスを地域において利活用することでエネルギーの地産地消が可能となり、地域貢献にも繋がる。

## 夢の実現へ！ —ローカルエネルギー地産地消モデルの提案—

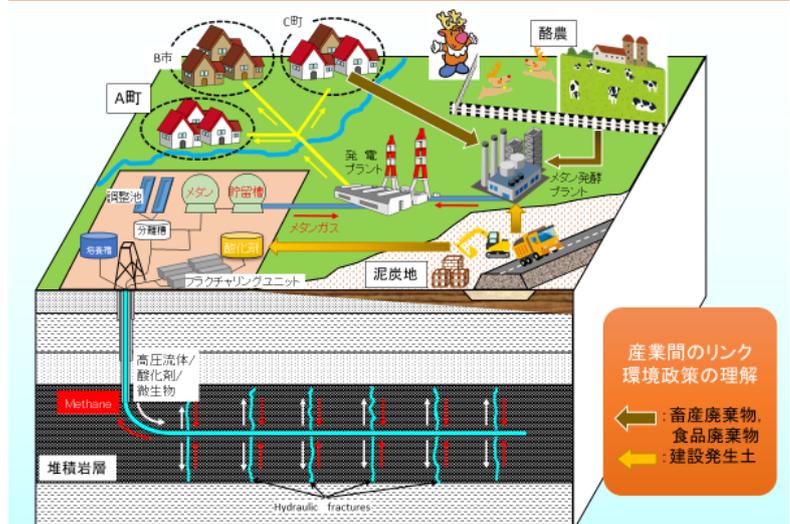


図2 ローカルエネルギーの地産地消モデル

# カラフトマスが利用可能なポータブル魚道システムの開発



香川高等専門学校 建設環境工学科 講師 高橋 直己

## はじめに

カラフトマス(*Oncorhynchus gorbuscha*)は水産有用種であり、かつ流域の生態系にとって重要な魚種である(図1)。堰などの河川横断構造物が存在すると、本種の産卵のための遡上行動が阻害される(図2)。この遡上阻害は、漁業資源への悪影響のみでなく、遡上個体を捕食するヒグマなどのエサ資源の減少など、さまざまな問題の要因となる。本種が遡上する地域には、落差約1 mの遡上阻害地点が数多く存在しているが、遡上阻害問題を解決するための低コストかつ効果的な手法は十分に検討されておらず、地域社会における深刻な課題となっている。本研究では、従来の固定式の魚道ではなく、容易に着脱できる可搬式の魚道を開発することで、必要に応じて速やかに現場に適用できる安価な魚道システムを提案することを目指して、試作魚道の製作と現地実験を実施した。



図1 河川を遡上するカラフトマス



図2 遡上阻害地点

## 研究内容

カラフトマスの遡上阻害が発生している現場(図2)に適用可能な、可搬(ポータブル)魚道システムを試作し、現地実験にて効果を検証した。

図3に可搬魚道システムの特徴を示す。この魚道システムの特徴は、人力で運搬し、河川や水路に着脱できる魚道ユニットを使用することで、水生動物が移動可能な流れを容易に創出することである。これにより、恒久的に魚道を建設する、しないの二択ではなく、「必要な時期に魚道を設置(もしくは撤去)する」という選択ができる。図4に、試作した可搬魚道システムを、図2の現場に適用した様子を示す。2020年8月27日から9月23日の期間に実施した試作魚道の設置実験では、約1,000匹のカラフトマスが試作魚道を利用し、提案魚道システムの有効性が確認された。(本実験の成果は、下記のリンク先にて、市民向けに配信している。)

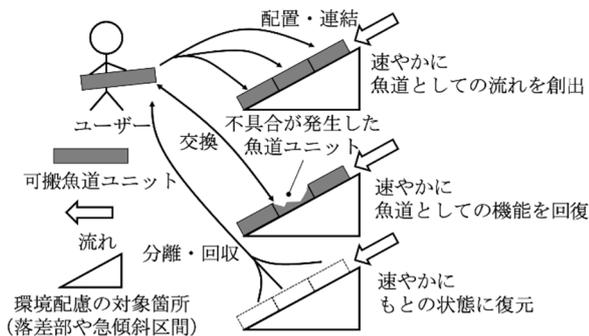


図3 可搬魚道システムの特徴



図4 試作魚道システムと遡上の様子



YouTube: サケ・マス類が利用可能なポータブル魚道カラフトマスが遡上する様子を、動画で配信。

<https://youtu.be/F4Zgvf7r8HU>

## おわりに

本研究では、落差約1mの遡上阻害地点においてカラフトマスの移動環境を構築するための、試作魚道システムを開発した。現地実験の結果、遡上期に約1,000匹のカラフトマスが遡上し、提案魚道システムが遡上阻害の解消に有効であることが確認された。今後は、魚道内における流速・水深分布や、カラフトマスの挙動の分析を進め、提案魚道システムを改良していきたい。

# 環境調和型の顔料への適用を目指した 新たな着色無機ガラスの作製



新居浜工業高等専門学校 数理科 教授 朝日太郎

## はじめに

既存の無機系顔料には、強い毒性を有する金属(カドミウム、六価クロム、鉛、アンチモン等)を含んでいるものが少なくなく、国際的な規制が厳格化する状況にある。そのため、重金属などの人体に負荷の大きい元素を含まない、新しい環境調和型の着色無機系顔料の開発が望まれている。我々は硫黄化合物によるガラスの着色現象に注目し、熔融時の条件を制御して、種々の色彩を発現させることを試みた。

## 研究内容

母体ガラスとしてホウ酸塩もしくはホウケイ酸塩ガラスを選択した。硫黄源として $\text{Na}_2\text{S}$ を添加した原料化合物を調製し、大気雰囲気下の $1000\sim 1300^\circ\text{C}$ の熔融温度で熔融した。その後、得られた融液を急冷してガラス試料を作製した。作製したガラス試料は硫黄の添加量や組成の変化に対応して無色～青色～茶褐色～赤茶色に着色が変化することが判明した(図1、2)。

各種分光分析の結果から、ガラスの硫黄による着色現象は、①ガラス中に生成する硫黄化合物の化学結合状態(価数)、②母体ガラスのガラス構造の変化(lose(緩んだ)な構造か、rigid(強固)な構造か)、③ガラス中に生成する硫黄化合物の分子サイズ(クラスター状態か、ガラス網目構成成分か)で変化することが判明している。特に青色に着色するガラス内には、クラスター状態の硫黄が存在していることが合わせて判明した。このように、ガラス内での硫黄の化学結合状態とガラス構造を制御することで、重金属元素など環境負荷の大きな元素を含まない安定した色彩を持つ着色ガラスを作製することができた。

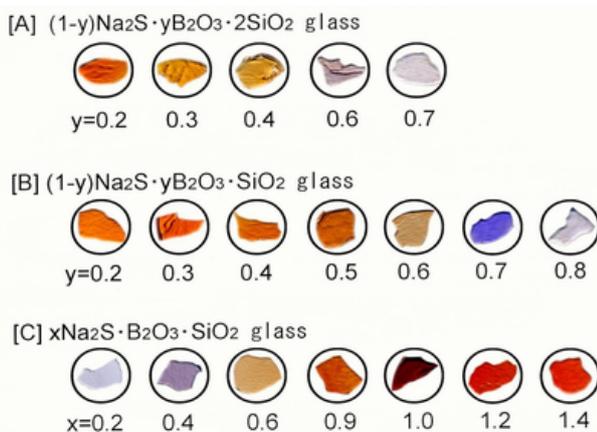


図1 硫黄含有ホウケイ酸塩系ガラスの着色<sup>1,2)</sup>

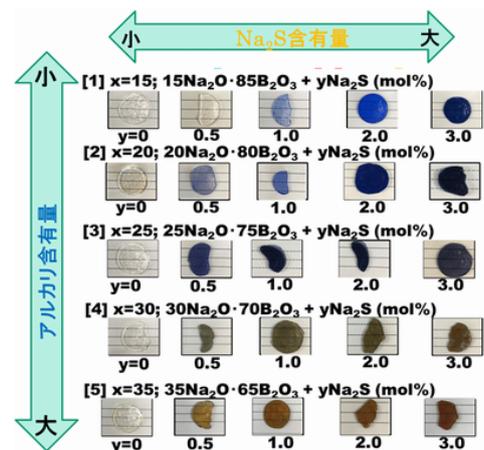


図2 硫黄含有ホウ酸塩系ガラスの着色<sup>3)</sup>

## おわりに

従来、ガラスの着色剤として広く使用されている遷移金属のほとんどは、人体や環境に対して有害であるため、優環境型顔料に使用できる元素の種類は限られている。しかしながら、今回作製した着色ガラスは、着色剤として硫黄元素のみを用いているため、新しいタイプの環境調和型顔料として使用できると考えられる。また、鮮やかな発色をしているため、今後は、ガラスの耐水性を高める成分を加えて、実用レベルでの使用に耐えうる優環境型無機系顔料として改良を重ねていきたいと考えている。

※本取り組みの一部は、平成29年度大倉和親記念財団の助成研究として行った。

参考資料:

- 1) 朝日ら, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, **114**, 697-704 (2006).
- 2) Asahi et al., *Journal of Ceramic Processing Research*, **9**, 401-406 (2008).
- 3) Asahi et al, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, **128**, 648-652 (2020).



## はじめに

高速道路サービスエリア(図1)のレストランなどから排出される厨房排水には高濃度の油脂や有機物が含まれている。これらの成分はグリストラップ(図2)などの除害施設で簡易処理された後、活性汚泥処理施設などで生物処理が行われている。しかし、流入する排水は時間的な濃度変動が大きく、グリストラップの簡易処理では処理しきれずに生物処理槽に過大な負荷がかかり、結果として、放流水の水質悪化を招き周辺環境に悪影響が生じてしまう。この環境保全への課題に対して、筆者らは農業分野や医療分野など様々な分野で応用されているウルトラファインバブル(以下、UFBと記す)を厨房排水の処理に適用する技術開発を行っている。

## 研究内容

図3にグリストラップの浮上分離機能にUFBを適用した連続実験装置を示す。この装置は浮上分離槽(40L)と沈殿槽(60L)により構成されている。比較的高濃度に調整された厨房排水を原水ポンプで浮上分離槽に連続的に流入させ、沈殿槽から流出する分離水は循環ポンプで浮上分離槽に返送される。UFBは浮上分離槽底部に間欠的に連続供給して、スカムの堆積性状や分離水の水質変化を約1ヶ月に渡って調査を行った。

図4に調査開始から18日目の浮上分離槽液面に堆積したスカムの外観を示す。スカムの堆積高さは時間経過とともに厚くなり、約1か月経過してもスカム内部に蓄積したUFBによって良好に形成維持された。

また、図5に流入水質に対する浮上分離水質の除去率の変化を示す。約1か月を経過しても分離水は良好な水質を安定して得ることができた。平均除去率は、CODcrで63%、SSで86%、n-Hex.で60%の値となり、高い分離性能を確認した。

## おわりに

UFBを使用した新たな厨房排水処理技術について実験的に検討を行った。その結果、従来のグリストラップと比較して、浮上分離にUFBを供給すると、より安定的で良好な水質が得られることが確認された。今後は浮上分離されたスカムの効率的な処理方法を実験的に明らかにし、運転コストの削減について検討していく予定である。

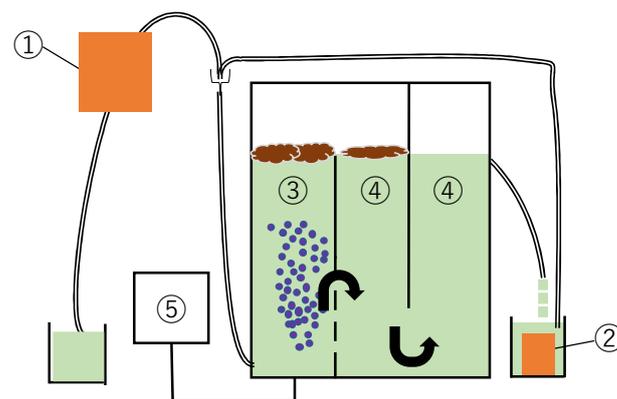
**謝辞** 本研究は株式会社Ligagicの受託研究で実施されたものであり、ここに感謝の意を表します。



図1 高速道路サービスエリア



図2 厨房排水が流入するグリストラップ



①原水ポンプ ②循環ポンプ ③浮上分離槽  
④沈殿槽 ⑤UFB発生装置

図3 UFB浮上分離の連続実験装置の概要



図4 浮上分離槽に堆積したスカム

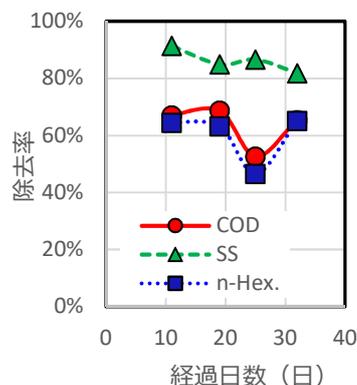


図5 浮上分離水の除去率の変化

# 文化的景観の保全と官学連携による博物館展示の試み



高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科 准教授 北山 めぐみ

## はじめに

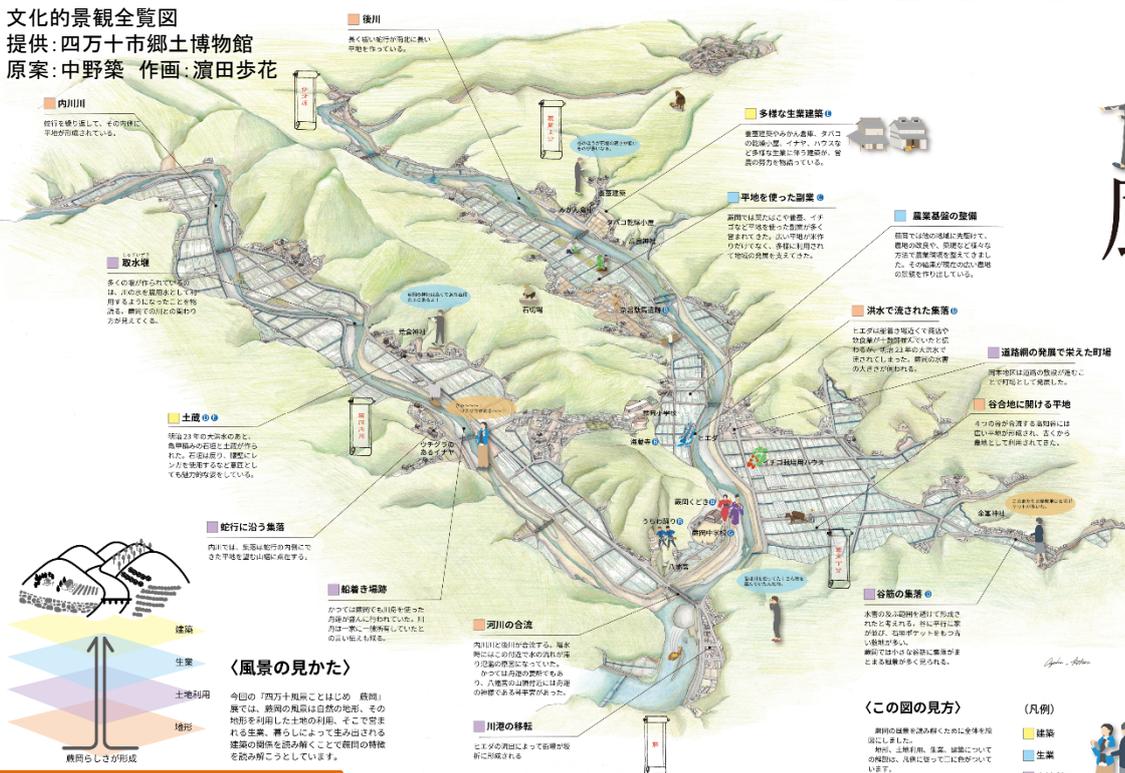
私たちが目にする風景は、自然が生み出した地形や気候と、それに応じた人々の住まい方によって、地域ごとに育まれた多様な姿を見せている。しかし、社会変化に伴い、その個性に気づかぬまま均質化されたり、失われつつあるものも少なくない。加えて、そこに住む人々にとっては当たり前過ぎて気づかないことも多い。本研究室では、こうした日常に潜む、風景が持つ個性について調査を行い、地域と共有する取り組みを行ってきた。

## 取り組みの内容

四万十市教育委員会・四万十市立蕨岡中学校・高知高専が連携し、四万十市蕨岡集落の調査を行った。高専生は建物悉皆調査を実施し、特徴的な建築物について実測調査を行った。中学生は石垣の積み方や高さを調べ、ワークショップ形式で調査結果の分析を行った。その結果、時代に応じた3タイプの米蔵と反った形状の石垣に、水害をいなしながらも広い平地を生かして発展してきた蕨岡の風景の特徴を見出すことができた。



文化的景観全覧図  
提供：四万十市郷土博物館  
原案：中野築 作画：濱田歩花



# 蕨岡の風景が物語ること

## おわりに

本取り組みは「風景ことはじめ 蕨岡」として四万十市郷土博物館にて令和3年3~6月の約4ヶ月にわたり企画展示を行い、約1500名が来館し、みていただくことができた。高知県には、多様な風土が育んだ様々な風景を見ることができる。こうした取り組みを重ねることで、持続可能な地域づくり、地域固有の風景の保全につなげていきたい。

# ジャンボタニシをやっつけろ！ ～省力的かつ環境にやさしい工学的防除技術の開発～



佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科 准教授 柳生義人

## はじめに

### < ジャンボタニシとは？ >

ジャンボタニシは、田んぼに植えたばかりの**苗**や**レンコン**などの水田作物を食べてしまう**外来種**で、1980年代に食用として日本に持ち込まれました。生息地域では、常に食害のリスクがあるため、農家の方々にとって、**すごくやっかいな生き物**なんです。その名の通りジャンボなタニシで、野球ボールくらいの大きさに成長します。

### < 現行のジャンボタニシ防除対策 >

現在は、**水田の水深を浅く**してジャンボタニシの動きを封じたり、**人手による捕殺**、**農薬**による防除が行われています。ところが、雨で水かさが増したり、防除の手間や労力、環境負荷などから、決定的な防除対策にはなっておらず、**未だに大きな被害が発生**することがあります。



## 研究内容

### < ジャンボタニシはデンキ好き！？ >

佐世保高専では、ジャンボタニシの被害に対して、**省力的かつ環境にやさしい工学的防除法の研究**を進めています。ジャンボタニシの電気に対する特殊な行動特性を利用することで、水田の**ジャンボタニシの動きをコントロール**し、電極周辺に集めることに世界で初めて成功しています。また、ジャンボタニシに超音波を照射すると、**殺菌効果**があることも見出しました。令和2年度からは、水稻水田での実証実験を開始し、捕獲のための条件や実用化に向けたノウハウを蓄積しています。「電気」と「超音波」の技術を組み合わせることで、ジャンボタニシを**自動的に電気で集めて、超音波で駆除する装置の開発**を目指します。



## おわりに

工学的見地から**環境に配慮したジャンボタニシ防除対策モデル**を構築することで、**持続可能な農業**や**生態系の維持**を目指した**環境保全型農業**を推進していきます。

# 浄水汚泥による水産加工排水のリン除去・回収



大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋  
 大分工業高等専門学校 機械・環境システム工学専攻 1年 伊東 大智  
 大分工業高等専門学校 技術専門職員 山本 佳奈  
 松尾機器産業株式会社 技術開発部 岩崎 博美

## はじめに

浄水場で発生する副産物「汚泥」は、全産業廃棄物の約44%を占めており、その有効利用法が求められている。一方で、近年、リン鉱石の枯渇も問題となっており、リン資源の回収や再利用方法が求められている。我々のこれまでの研究成果では、大分県内の浄水場で使用されている凝集剤エスエスゲンは、一般的に使用されている凝集剤PAC(ポリ塩化アルミニウム)を特殊加工した複合材料であるが、そのエスエスゲンを使用した浄水汚泥(写真-1)が、一般的に使用されている凝集剤PACよりも、リン吸着性能が極めて高いことが判明している。

本研究では、本汚泥を高濃度リン含有排水の処理に適用する事で、地域で発生した産業廃棄物(浄水汚泥)を環境浄化へ応用することを目的としている。さらに、それを園芸用肥料などの別の形として再利用することで、産業廃棄物とリン資源の資源循環システム(図-1)を構築していくことを最終目標としている。



写真-1 エスエスゲン処理した浄水汚泥

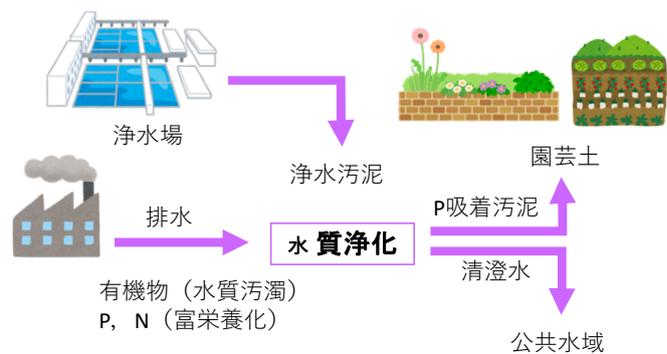


図-1 浄水汚泥を活用した資源循環システム

## 研究内容

本研究では、高濃度のリンが排出されている県内の某水産加工工場の排水を対象に、本汚泥を用いて、リンの吸着除去・回収効果について基礎的な評価を行った。実験は、ビーカー試験による汚泥のリン吸着特性の基礎実験、および実排水を対象としたカラム連続処理実験を実施した。連続処理実験は、透明アクリル製カラム(写真-2)を2本使用し、実排水は、チューブポンプを用いてカラム底部より上向流で供給した。カラム内の浄水汚泥充填量を変え、実排水を連続通水したときのリン除去性能について比較検討した。



写真-2 水産加工排水のリン除去連続処理装置

## おわりに

エスエスゲンで処理した汚泥(写真-1)の基本特性に関しては、汚泥単位重量当たりのリン飽和吸着量は、約28mg-P/g-汚泥であり、同除去速度は、約10mg-P/g-汚泥/hであった。実排水を用いた連続処理実験で供試した排水のリン濃度は、約50mg-P/Lと高濃度であった。カラム内の汚泥充填率34%(w/v)、HRTが2hrの条件では、排水供給3日間は、高濃度リン排水のリン除去率は100%を維持したが、その後のリン除去率は徐々に低下した。処理水は、無色透明な清澄液であった(写真-3)。

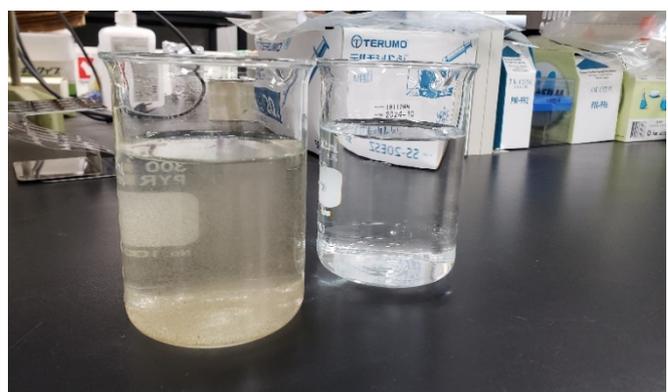


写真-3 水産加工排水の原水(左)と処理水(右)

# 閉鎖系水域の有機物と栄養塩同時除去による水質浄化



大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授  
 大分工業高等専門学校 技術専門職員  
 株式会社日水コン 下水道事業部  
 松尾機器産業株式会社 技術開発部

帆秋 利洋  
 山本 佳奈  
 小野 夏帆  
 岩崎 博美

## はじめに

大分県内で使用されている浄水汚泥の凝集剤には、PAC(ポリ塩化アルミニウム)にカルシウム系薬剤を混入した独自の凝集剤(エスエスゲン)を使用している(写真-1)。昨年度の卒業研究において、本凝集剤で濃縮した後に脱水した浄水汚泥(以下、浄水汚泥と称す)が、PACに比較してリンの吸着除去効果が極めて高い事が判明した。

県内には多くのゴルフ場があるが、その池は芝生生育のための肥料余剰分が流入して富栄養化状態である。このような閉鎖形水域環境を浄化するために、本研究では、浄水汚泥をリン除去資材として活用するための基礎実験を行った。なお、富栄養化した池水の有機性SS分は生分解性多孔質材で除去することで、有機物と栄養塩同時除去システムの基本性能について検討した。吸着除去された窒素を含む有機性SSろ過材(生分解性多孔質材)及びリン吸着汚泥を回収して、それらをゴルフ場内の園芸土や樹木の肥料として転用する事で、産業廃棄物の有効利用と新たな資源循環システムを構築してゆくことを最終目標としている。



写真-1 乾燥浄水汚泥

## 研究内容

本研究では、閉鎖系水域環境のモデルとして、校内の池水を実験室の水槽に採水し、窒素とリンを添加して約2ヶ月間かけて模擬富栄養化池水を作成した(図-1)。それを浄化するため、生分解性多孔質材で濾過した後に、カラム内に充填した浄水汚泥によってリンを吸着除去させた処理水を水槽へ返送する循環処理方式(図-1)について、有機物とリンの除去性能について評価した。

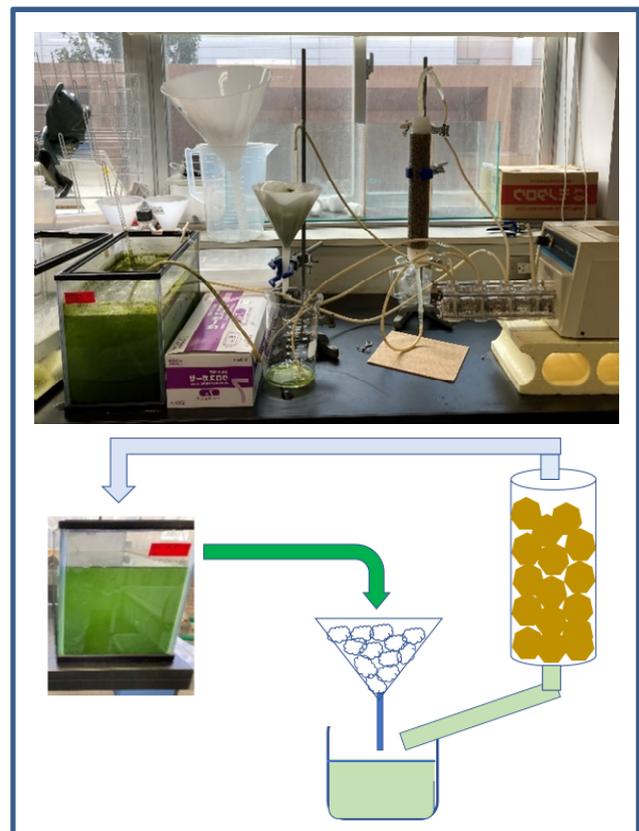


図-1 連続処理実験のフロー図

## おわりに

実験に供した模擬富栄養化池水のSSは平均2,230 ppm、リンは33ppmであった。これをHRT2hrで処理した際、ろ過後のSS除去率は78%、リンの除去率はほぼ100%であった。この処理水を水槽内に返送する事で、水槽内の水質が徐々に向上し、水槽内のリン除去率は7日目で95%に達した(写真-2)。

また、同様にTOCとNO<sub>3</sub>-N濃度も循環処理を続けていくうちに減少傾向が確認された。

以上より、今回検証した有機物と栄養塩同時除去システムは、ゴルフ場池等の閉鎖系富栄養化水域環境の浄化に適用出来る可能性が見えてきた。



写真-2 水質変化の様子  
 左 ; 模擬富栄養化池水  
 中央 ; 生分解性多孔質材処理後  
 右 ; 浄水汚泥処理後

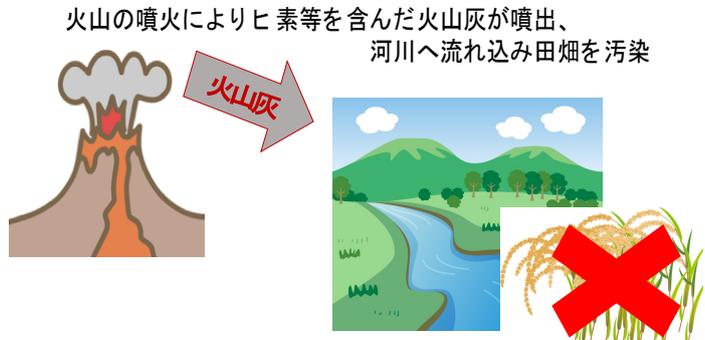
# 重金属汚染水系の修復



大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋  
 大分工業高等専門学校 技術専門職員 山本 佳奈  
 日鉄環境株式会社 佐藤 拓郎  
 日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 事業機開発企画部 GM 宮永 俊明

## はじめに

2018年春に霧島連山硫黄山が噴火、その火山灰に含まれたヒ素が大量に硫黄山周辺に噴出し、河川等の水系をつつじて近隣田畑を汚染した。その為、農作物の栽培に影響を及ぼし、周辺水田は長期間にわたり閉鎖した。一方、産業界では3Rの一環として、製造プロセスで発生する産業副産物の有効利用法が求められている。日鉄ケミカル&マテリアル株式会社は、製鉄プロセスから排出される副産物を原材料とした炭素鉄複合材(写真-1)を開発した。そこで、本研究では、この炭素鉄複合材を用いて、水域に汚染されたヒ素の吸着除去材料としての性能特性について検討した。



## 研究内容

使用した炭素鉄複合材(図-1)は、炭素と鉄のみで構成されており、局部電池効果により海水などの電界水中では継続的、安定的に鉄イオンを発生する。鉄が消費されると最終的には、炭素のみが残存する。炭素鉄複合材の製造方法は、原料とバインダーを混ぜて、還元雰囲気中で酸化鉄がメタルになる温度条件で焼くだけの簡単に製造できる特徴を有す。その構造は、鉄粉と炭素粉が直接接触し内部はポーラス構造で、プロトタイプは、鉄含有量が35%、見掛け密度が1.5~1.6、かさ比重が1.0~1.1、開気孔率が40~45%である。



写真-1 炭素鉄複合材

実験はまず、炭素鉄複合材の水中におけるFeの溶出特性について検証した。次に、火山灰による重金属汚染の原因となっているヒ素に着目して、炭素複合材の添加率を6条件に設定し、ヒ素濃度の時系列変化をもとに除去率を求めた。

## おわりに

水中におけるpHの挙動と鉄の溶解特性については、酸性水と中性水の各条件において時間の経過と共に鉄濃度とpHが上昇し、酸性条件では中性条件のおよそ100~200倍も高い濃度の鉄が溶出した。以上の結果、炭素鉄複合材は、電子の授受により局部電池効果で鉄を継続的に水中へ溶出させる事が分かった。

炭素鉄複合材の添加率によるヒ素濃度の時系列変化は、炭素鉄複合材の添加率が多いほどヒ素の除去速度が速まった。また、炭素鉄複合材の添加率15%の条件が最も速くヒ素濃度が減少した。さらに、炭素鉄複合材の添加率に関わらず、pH5以上でヒ素除去率は100%であった(図-2)。

本結果より、炭素鉄複合材の添加率が多いほどヒ素の除去効果が高い事が分かった。本現象は、炭素鉄複合材から2価鉄が溶出し、その鉄イオンとヒ素イオンが結合して沈着除去されると考えられた。

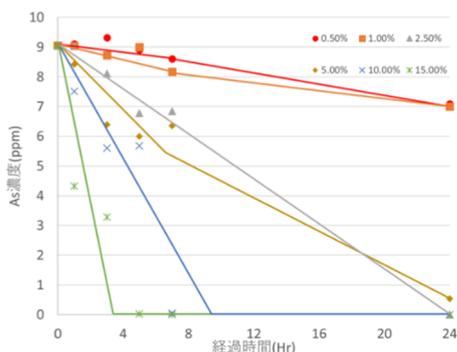


図-1 ヒ素濃度の時系列変化

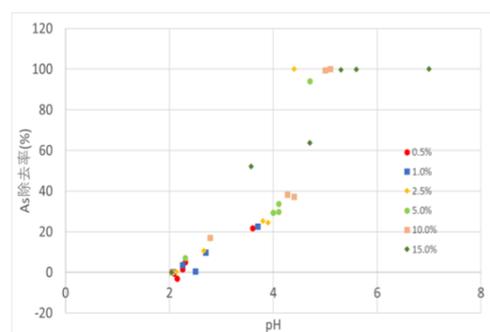


図-2 ヒ素の除去率とpHの関係

# 産業副産物による海底レアアースの濃縮回収



大分工業高等専門学校  
大分工業高等専門学校  
東亜建設工業株式会社  
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社

都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋  
技術専門職員 山本 佳奈  
横浜支店 田淵 雅也  
事業機開発企画部GM 宮永 俊明

## はじめに

レアアースは永久磁石やリチウムイオン電池をはじめとして現代の電化製品等に不可欠な有価元素であるがその賦存場所は中国の一部の地域に偏在している。ところが、2013年に日本の排他的経済水域 (EEZ) 内の南鳥島近海で高純度のレアアースを含む新しいタイプのレアアース泥が発見された。このような背景により、海底からのレアアースの回収技術の開発が望まれている。

一方、日鉄ケミカル&マテリアル(株)では、3Rの一環として製鉄製造プロセスで発生する産業副産物を加工した炭素鉄複合材を開発している。そこで、本テーマは、南鳥島近海の深海底に賦存するレアアース類の濃縮回収材料として、製鉄所の副産物を用いて、その基礎的な性能特性を検討した。

## 研究内容

実験は、以下の3項目について検討した。

(1) 様々なレアアース元素に対する炭素鉄複合材の回収特性

模擬レアアース混合水(La, Cm, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Er)を対象に、炭素鉄複合材を添加し、混合水中のレアアース濃度の時系列変化を追跡した。

(2) pHによるレアアースの濃縮回収特性

本実験には、レアアースの中でも南鳥島で存在が確認されており、かつ産業利用頻度の高いTb, Dy, Yを対象とした模擬レアアース混合水を調整し、pHを4, 5, 6, 7, 8に調整し(1)と同様の実験を行った。

(3) 海水および海水泥中からのレアアースの濃縮回収特性

Tb, Dy, Yを対象として、条件を実際の存在状態に近づけるために海水と泥を用い同様の実験を行った。

## おわりに

(1)各レアアースの炭素鉄複合材への回収率は、全ての元素において150分後には100%に達した(図-1)。この結果より、炭素鉄複合材は多くの種類のレアアースに対して高い回収性能を持っていると考えられた。

(2)初期pHが高いほど回収速度が速くなり、海水に近いpH8の条件では、20分後にほぼ100%に達した。なお、時間の経過とともにビーカー内に赤錆のようなものが析出し、それが黒い微粒子へと変化する様子が確認された(写真-2)。その微粒子をろ紙で回収し湿式分解した後ICPにて分析したところ、水溶液中で減少したレアアース類が検出された。

(3) 海水および海水と泥が存在している条件においても、レアアースの回収特性は、前実験のpH8の場合とほぼ同じ挙動を示した。

今後は、レアアースの濃縮回収メカニズムを探り、本技術の有効性を検証していく計画である。

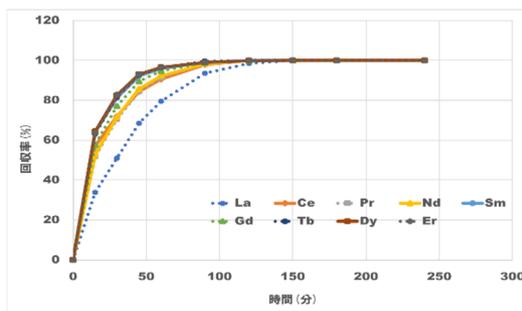
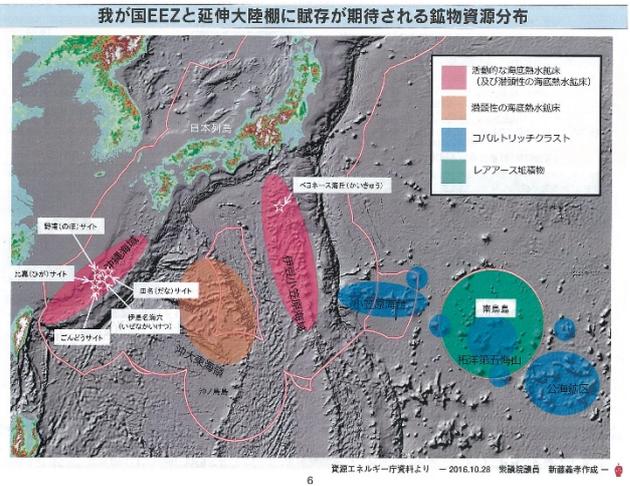


図-1 各レアアースの回収率



写真-2 実験後の様子



# 青色LED照射による有用微細藻類の培養



大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋  
 大分工業高等専門学校 機械・環境システム工学専攻 1年 赤嶺 拓海  
 大分工業高等専門学校 技術専門職員 山本 佳奈  
 株式会社明電舎 戦略企画部長 平井 和行

## はじめに

青色LEDは、ノーベル賞を受賞した日本発の技術である。我々のこれまでの研究成果では、光源として青色LEDを用いて照射すると、種々の海洋性微細藻類のうち珪藻類の増殖に効果があり優占化を図れる現象を見出している。また、海洋性珪藻類のなかには、健康サプリメントで注目を浴びているEPAやDHAといった多価不飽和脂肪酸の有用成分を生産する株が知られている。ちなみに、青魚系の魚介類に含まれるEPAやDHAは、餌となる微細藻類から摂取されていることも知られている。

ところで、国内の食料自給率は40%以下にまで低下しており、魚介類の漁獲高も年々低下しているため、これらの改善が望まれている。

一方、日本の下水処理水の再利用率はわずか1.4%に過ぎない。下水処理水には、微細藻類の生育に不可欠な窒素やリンなどの栄養塩が豊富に含まれたまま海域へ放出されている。

そこで、我々は下水処理水に含まれる栄養塩を活用して、EPAやDHAを生産する有用な微細藻類の選択的培養方法について検討している。

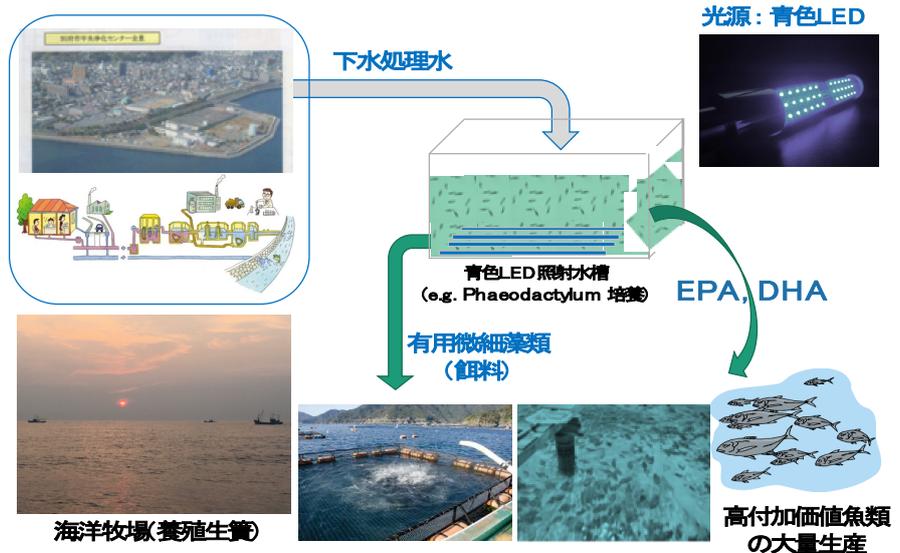


図-1 次世代海洋牧場構想の概念図

本研究の最終目標である「次世代海洋牧場構想」の概念を図-1に示す。特定の有用微細藻類を大量に培養する事が可能になれば、それを魚類養殖場へ給餌する事で水産資源の増産化と高付加価値ブランド魚による新たな地域経済効果が期待できる。

## 研究内容

有用微細藻類として、DHAやEPAを体内に多く蓄積する海洋性珪藻類の *Phaeodactylum tricorutum* が知られている。そこで、本研究では、本珪藻をモデル生物として、給餌用有用微細藻類の青色LED照射による増殖基本特性について検討している。

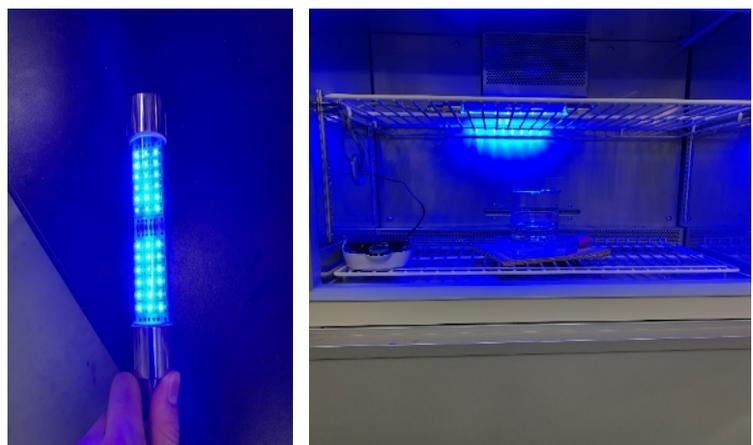


写真-1 青色LED (左) と恒温室内での培養状況 (右)

## おわりに

本研究では、光量子束密度が *Phaeodactylum* の増殖に大きく影響を及ぼすことを見出した。今後は、青色光に関する様々な視点から *Phaeodactylum* の最適培養条件と選択的培養方法について探求していく予定である。さらには、大量培養手法を確立して実際の養殖場で「次世代海洋牧場」の有効性についての実証試験を行っていきたい。

# 下水処理水を用いた給餌用海洋性珪藻 *Phaeodactylum* の培養



大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 教授 帆秋 利洋  
 大分工業高等専門学校 機械・環境システム工学専攻 1年 荒巻 拓海  
 大分工業高等専門学校 技術専門職員 山本 佳奈  
 株式会社明電舎 戦略企画部長 平井 和行

## はじめに

国内の多くの下水道施設は、高度処理が行われないうまま窒素やリンを含んだ処理水が海へ放流されている。これに対し、世界的にリン資源の枯渇が懸念されており、リンの回収と再利用が望まれている。一方、国内の食料自給率は40%以下にまで低下しており、魚介類の漁獲高も年々低下している(図-1)ため、これらの改善が望まれている。

これまでの研究では、青色LEDが海洋性珪藻類の優占化を促し、その珪藻類の中にはEPAやDHAといった有用成分を生産する *Phaeodactylum tricornutum* (写真-1)が知られている。なお、魚介類に含まれるEPAやDHAは、餌となる微細藻類から摂取していることも知られている。

そこで、豊富な栄養塩類を含む下水処理水を用いて有用微細藻類を青色LED照射下で培養し、それを魚に給餌することにより、付加価値の高い魚類を養殖する海洋牧場構想が本研究の最終目標である。

## 研究内容

本研究では、大分県内の複数箇所から採水した下水処理水と海水を用いて有用微細藻類の培養条件について検討した(写真-2)。

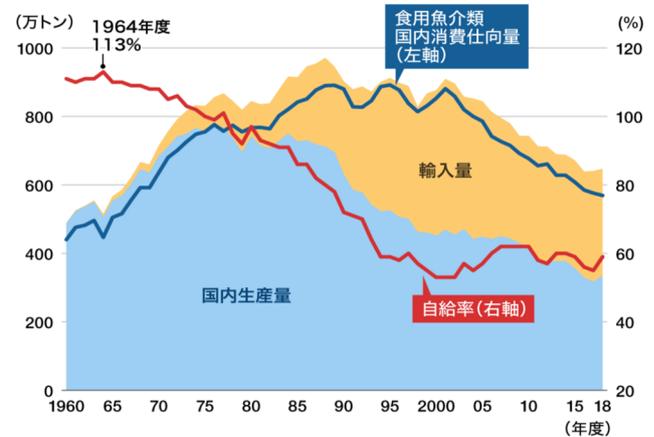
## おわりに

*Phaeodactylum tricornutum* の培養は、栄養塩濃度に左右されず何処の下水処理場でも同様に選択的に培養できる可能性が示唆された(写真-3)。これは、社会実装する際に全国での展開が期待できることを意味している。

今後は、高密度培養の方法について検討していく予定である。



写真-2 インキュベーター内の培養状況



出所:水産白書  
 自給率=(国内生産量÷国内消費仕向量)×100  
 国内消費仕向量=国内生産量+輸入量-輸出货量±在庫増減量  
 出典 <https://www.nippon.com/ja/japan-data/h00767/>

図-1 食用魚介類の自給率の推移



写真-1 モデル株の *Phaeodactylum tricornutum*



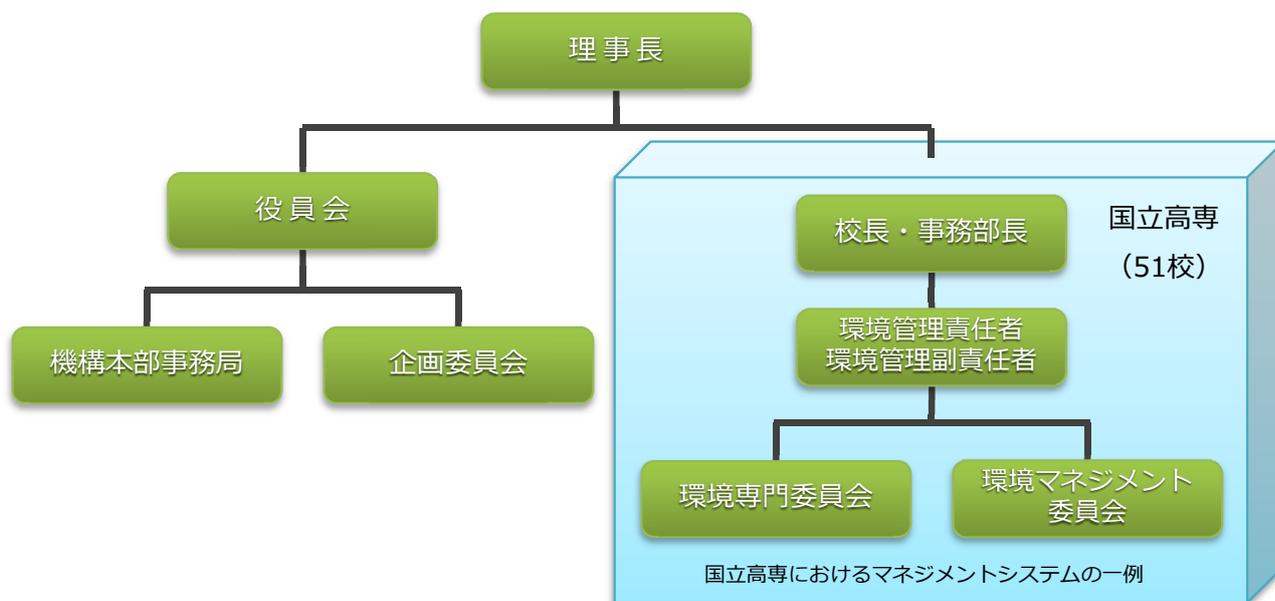
写真-3 培養10日目の増殖状況

# マネジメントシステムの状況

## ◆マネジメントシステム構築状況

マネジメントシステムの構築状況については、下図のとおり、全ての国立高専において環境に配慮した取組を行う組織（委員会）を設置しており、国立高専ごとにこれらの組織（委員会）が中心となって様々な環境への取組を行っています。

その他にも、環境に関するリスク（自然災害・事故等の緊急事態を含む）に焦点を当てて構築したリスク管理体制（環境リスクマネジメント体制）を整備している国立高専もあります。



高専機構におけるマネジメントシステム組織図

また、環境に配慮した取組を行うための組織に学生を参画させている高専もあります。学生の参画校は昨年度より増加しており、今後も全学的に取り組めます。



国立高専の中には、高専独自の環境報告書を取りまとめ、HPにて公表しているところもあります。

2019年度 和歌山工業高等専門学校 環境報告書  
(対象年度：2019年4月1日～2020年3月31日)

## ◆法規制の遵守状況

国立高専では、環境関連法規制等の遵守に努めています。

### 1. 公害規制法

公害防止に関する各種法規制の対象となる国立高専数は、以下のとおりです。

・大気汚染防止法		規制の対象となる施設・設備を有する高専数	25校		
・騒音規制法	対象地域	33校	・水質汚濁防止法	対象地域	24校
・振動規制法	対象地域	32校	・土壌汚染対策法	対象地域	1校
・悪臭防止法	対象地域	30校	・工業用水法	対象地域	2校

事業活動に伴う環境に関する関係法令等の遵守状況を確認しており、令和2年度は全高専において違反はありませんでした。

### 2. 公害防止等に関するコスト

令和2年度における、国立高専の公害防止等法規制に対応するための支出は、約543百万円となりました。

主な用途としては、工事に伴う非飛散性アスベストの撤去、PCB廃棄物の処分、排水処理設備やボイラーの維持管理、各種環境測定・調査・分析が計上されています。

## 地域及び社会への貢献についての取組状況

### ◆ステークホルダーへの対応

各国立高専では、ステークホルダー（いわゆる利害関係者）の方々からの求められる、環境に関する要請や期待について適宜対応しています。

以下に令和2年度の事例の一部ご紹介するほか、p47以降で詳細をご紹介します。

国立高専での事例	
・公園池の調査保全活動についての公開授業等（沼津高専）	・ほしいも加工残渣処理でひたちなか市と協力（茨城高専）
・地域の景観維持・継承に向けた調査の受託（高知高専）	・大谷地湿原保全・再生事業受託（長野高専）
	・周辺地域等から学生へ無料野菜市場開催（津山高専）

### ◆環境に関する社会貢献活動

各国立高専では、様々な社会貢献活動に取り組んでいます。

地域の小・中学校に出向いての出前授業や、地域の方に参加いただける公開講座の実施、また令和2年度においては、感染症対策により、WEB講座を開催した例もありました。

その他令和2年度の事例の一部ご紹介するほか、p50以降で詳細をご紹介します。

国立高専での事例	
・ひらめき☆ときめきサイエンス（全国各地）	・地域清掃活動（全国各地）
・ジュニアドクター育成塾（全国各地）	・福島県双葉郡大熊町の遊休地に花畑造成（福島高専）
・中学生向け「エコランカーキット」開発・配布（長野高専）	・植物工場製野菜の配布（釧路高専）
・RoHS指令適合品の購入（奈良高専）	・汚水処理施設における性能向上に関する研究協力（徳山高専）
・マイバッグ普及のためのデザインの提案（宇部高専）	・オゴノリ(海藻)間引き、肥料ヘリサイクル（松江高専）
	・学生寄宿舎におけるごみ削減活動（阿南高専）



舞鶴高専 公開授業の様子



香川高専 清掃活動の様子

# 地域自治体と連携した環境教育「門池環境調査隊！」

## 地元の公園池を通じて地域住民や小中学生と地域の環境について考える活動

### これまでの経緯

沼津高専の南800mほどのところに「門池」という池があります。門池は、沼津市北部にあった上津池をもとに江戸時代に農業のための灌漑用ため池として整備されたもので、現在では沼津市有数の広くて美しい公園を備えた公園池として再整備され、灌漑用だけでなく地域住民の憩いの場（散歩や運動、お祭り、魚釣り、昆虫採集など）や防災用などとして活用されています。周囲約1.3km、面積約13.5ha、深さ約5～6mの池で、2カ所のビオトープを備えているため、水中から陸上までの様々な生物が豊かな生態系を作っています。しかし、近年、富栄養化が進みアオコによる水の緑色化と悪臭などの問題が生じたことから、平成16年に地元の門池連合自治会が「門池の水を考える会（現門池の水と環境を考える会）」を立ち上げ、門池の環境保全について討論するようになりました。そして、自治会の環境活動に沼津高専、地元の小中学校、地元の釣り愛好会、沼津市が協力する形で、平成18年から「門池環境調査隊！」がスタートし、その後、現在に至るまで主に沼津高専の開催する公開講座として断続的に水質の検査や生物の調査などの活動が行われてきました。また、平成23年からは沼津高専の教員による門池の地勢や歴史、環境に関する出前授業が、地元の小中学校で実施されるようになっていきました。小中学生の門池に関する研究の成果は、沼津高専や沼津市、さらには自治会による環境調査の結果とともに、毎年自治会が開催する「門池の水と環境を考える会」で発表され、地域の皆さんが門池とその環境について考えるよい機会となっています。



門池の外観

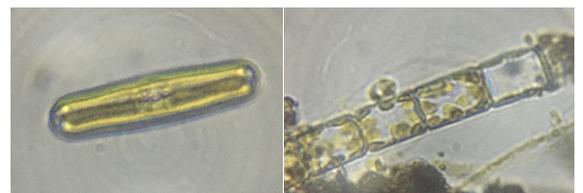


令和元年の「門池環境調査隊！」の活動の様子

### 令和2年度の活動

#### 1. 門池のプランクトンの調査

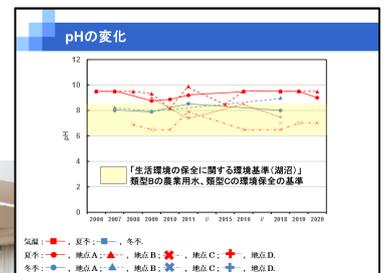
令和2年度は、残念ながら新型コロナウイルス感染症の流行のため、公開講座としての「門池環境調査隊！」は開催できませんでした。代わりに、「生物実験のきほん！生物顕微鏡観察 身近な微生物の観察」と題して10月に近隣の中学生を対象とした実験講座を開催し、門池の水に生息するプランクトンを顕微鏡観察で調査してもらいました。講座には18名の中学生が参加し、スマートフォン用アダプタを使って、自分たちが見つけたプランクトンの写真撮影や、その名前を調べて報告し合うことを行いました。



中学生が観察したプランクトン類（ケイソウの仲間）

#### 2. 地元自治会との連携

小中学生による水質調査は行えませんが、沼津高専、沼津市、自治会による水質調査は継続して実施されました。沼津高専による水質調査の結果については、12月に開催された「門池の水と環境を考える会」で報告し、地域の住民の方々とは今後の環境保全について話し合いました。この会では、門池周囲の水系に生息するホタルの現状とその保護の方針についても討論されています。次年度は、ホタルの幼虫の餌となるカワニナという貝の飼育について沼津高専が協力する予定になっています。



討論会の様子と発表スライドの一部

門池には、現在、環境啓発用に公園で見かける鳥類の看板が設置されています。自治体では、この看板に加えてこれまで「門池環境調査隊！」で観察されてきたプランクトンなどの水生微小生物、魚介類、昆虫などの看板を、公園内に設置したいと考えており、そのために沼津高専が所有する門池の生物の写真を自治会に提供しました(下の写真はその一部です)。



門池に設置されている野鳥の看板

### 3. 地元中学校での環境出前授業

地元の中学1年生を対象に、地域人材講話として門池の環境と生物についての出前授業を1月に行いました。まず、門池の水質の特徴と年間の変化について説明した後、門池の生物群としてプランクトン、魚介類、昆虫、鳥類などについて、実際の写真を見せたり、それぞれの関係を説明することで、その豊かな生態系を理解してもらいました。また、体験により理解と記憶を高めるため、最後に携帯型の顕微鏡を使って、門池のプランクトンのプレパラートを全員の生徒さんたちに観察してもらいました。



地元中学校での地域人材講話の様子

#### ・まとめ

沼津高専では、学校のすぐ近くにある門池を教材として、その環境や地理、歴史を地元の小中学生に理解してもらい、大人になっても地元を愛し大切にすることを養う取り組みを、自治会や小中学校、沼津市と協力して続けてきました。平成18年に「門池環境調査隊！」が始まって以降この活動に参加してくれた方々は、延べ人数で小学生24名、中学生82名、高校生10名、地域住民18名、本校学生65名、本校教職員43名、合わせて242名に上ります。その間に、自治会や沼津市による門池の水質のモニタリングも行われるようになり、門池の環境についての地元の住民の方々の関心の高まりが感じられます。今後も引き続き、学校を取り巻く様々な組織の方々と協力しながら、公開講座や出前授業等を通して地域社会に環境情報を提供し、環境保全の必要性の啓発を行っていきたいと考えています。

## ほしいも加工残渣処理でひたちなか市と協力

### 【取組の背景】

- 茨城高専があるひたちなか市は、全国のほしいも生産量7割を占める日本一のほしいも産地である。ところがほしいもを加工する際に出る皮などの残渣は産業廃棄物となるため、集荷・処理に要する手間とコストが地域の生産者にとって負担となっている。
- これを受けた茨城県、ひたちなか市、ひたちなか・東海・那珂ほしいも協議会では、発生する**ほしいも残渣を堆肥化し、サツマイモ圃場へ再活用**する実証実験を行っている。これまでの取り組みでは、作成した堆肥をサツマイモ圃場に還元することでイモ収量の増大を達成するなど、ほしいも加工残渣の有効利用に活路が見いだされている。一方で、生産者が**自宅などでほしいも残渣を堆肥化すると、その過程で悪臭**が発生し、対策が急務の課題となっている。
- 茨城高専では、令和2年12月にひたちなか市の担当者から相談が寄せられたことを契機とし、本課題の解決に向けた研究を行っている。

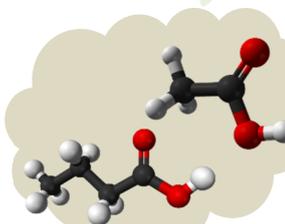


ひたちなか市内での干し芋生産



ほしいも残渣の堆肥化と有効活用

- ・公衆衛生上の問題
- ・近隣からの苦情
- ・作業性の悪化



堆肥の嫌気性発酵に伴う悪臭発生

ほしいも残渣の堆肥化の課題

### 【取組の進捗状況と展望】

- 茨城高専では本課題を解決する方法として、ほしいも残渣の堆肥化に伴って発生する悪臭物質の化学的性質に注目し、その揮発を抑制する添加剤の開発を目指している。現在は、①**悪臭物質群の同定**（右写真）と②**添加剤のスクリーニング試験**を実施している。添加剤については、数種類の鉱物系資材を候補としてピックアップし、施行した際の圃場への影響も含めて検討中である。
- 今回の案件では、ほしいも加工残渣を事業所や圃場・自宅の庭等で堆肥化することが前提であるため、悪臭の抑制技術においても個人レベルで実施できる程度に小規模かつ低コストである必要がある。地域との連携に強みのある高専という立場を活かし、上記のようなステークホルダーの要望・課題を汲み上げて課題解決の方法を共創していく。



ほしいも残渣の悪臭物質を分析する本校の学生

『環境報告書2018』で報告した，【全国高専学寮初 ゴミ・ゼロ宣言を目指して】の事業継続報告となります。

●背景

約400名の学生が日常生活をおくっている阿南高専学生寮(明正寮)における平成30年度以前のゴミの出し方は、ゴミ集積場にゴミを持ち込めばよい制度であり、また集積場所へゴミを持って行くのはゴミ出し担当の学生だけであった。そのため、学生自身でゴミを棄てる機会が少ないこともあり、ゴミ問題への意識は低い状況であった。また、平成29年度までは、分別も大きく3区分しかなかったため、分別に対する意識も希薄であった。

このような状況であったこともあり、ゴミが排出されるスピードが速くなるとともに、ゴミを収集する回数も増加していた。そのため、ゴミ処理費用は平成28年度には818,640円、平成29年度には885,564円と極めて高いコストがかかっていた。

そこで、この問題を解決するため平成29年度後期よりゴミ問題を含む学寮環境について対応する組織づくりをするとともに、学生に対するゴミ問題を意識づける活動を開始した。

●取り組みについて

・環境委員の設立

学寮内に新たにゴミ問題を含む学寮環境について対応する組織として、平成29年度後期から「環境委員」を設立。



[元事務局長からの講演風景]

・先進地域視察および講演会の開催

新たに環境委員となる学生を含め、ゴミの収集に対する先進地域である徳島県上勝町にあるゼロ・ウェイストアカデミーを訪れ、ゴミの分別の仕方、ゴミの出し方等を学習。

また、元国立高専機構本部事務局長に來校いただき、3年生に対しゴミ問題に対する講演を実施。

・ゴミ収集方法の変更

平成29年度までは大きく可燃物、廃プラ、混合という分類のみであったが、平成30年度からは燃えるゴミ、プラスチックゴミなど24種類に分別を変更した。また、衣類、生ゴミ等は学生自身が集積場所まで持ち込む方式に変更し、分別とともにゴミを少なくする意識を高める活動を実施した。

ゴミ収集場所については、できる限り分別しやすくするためボックスを置き、各寮生が対象のゴミを棄てやすくする工夫をした。

そして、この活動を通じて、地元の阿南市にゴミ処理に関する相談を行い、平成30年度から可燃物、プラスチックについては阿南市により収集いただけることになった。この際に処理いただけるゴミの量を削減する活動も実施し、従来あったゴミ箱の数も削減した。

・ゴミ処理費用削減効果

環境委員を立ち上げ、環境委員長をはじめとする学寮全体の組織的な取り組みにより、例年80万円以上必要であったゴミ処理費用を20万円弱にすることができ、1/4以上のコスト削減を達成することができた(図-1参照)。削減された費用は、寮の洗濯機や乾燥機の購入費用などに充てている。令和2年度は寮室内の新型コロナウイルス感染対策のための簡易パーティションカーテン購入費として有効に活用した。今後は寮祭や国際交流など交流活動経費等にも活用を予定する。

最後に、本取り組みが認められ、「とくしま環境賞」を令和2年7月1日に徳島県から受賞した。

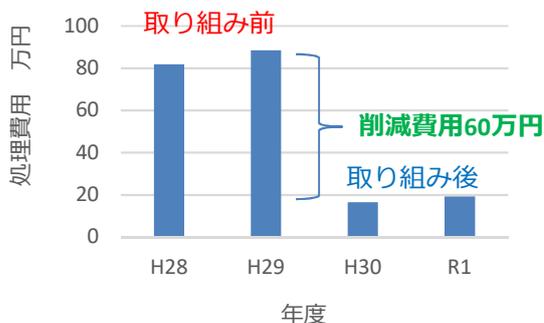


図-1 ゴミ処理費用削減効果



[県知事からとくしま環境省受賞の様子]

# 植物工場を核とした環境と社会に対する取組

本校の植物工場は、完全人工光型植物工場研究施設(図1左、栽培室床面積12.7m<sup>2</sup>)と太陽光利用型植物工場研究施設(図1右、栽培室床面積13.5m<sup>2</sup>)の各1棟で構成される。これらは、平成28年度本科改組における新教育課程で設定された、実社会や地域の課題発見と解決提案を目指す実践的な(PBL型)授業「複合融合演習」におけるテーマの一つとして設置された。包括的には、卒業研究や外部資金による研究なども含めて、持続可能な農業・食料生産システムの観点から、様々なアプローチが進行している。



図1. 植物工場研究施設の概観

## 技術革新で地域を活性化する持続可能な農業の提案

「ノーステック財団研究開発補助事業」等

北海道東部太平洋沿岸(道東)地域に適し、環境負荷(CO<sub>2</sub>換算排出量)と事業性指標(エネルギー等消費量)に係る諸課題の解決につながる植物工場向けエネルギー管理システム(FEMS)の基幹要素技術が開発された。この取組では、将来的な社会実装を目指して、本校近隣の植物工場事業者との共同研究とされた。また、一連の成果は、日本機械学会主催学生員卒業研究発表会等でも報告された。

- ① 構内LAN経由による遠隔管理・操作が可能な栽培環境の遠隔計測・制御システムが開発され、リアルタイムの可視化と栽培制御が可能となった。(図2)
- ② 農作物をネットワークカメラで遠隔撮影して生育状況や異常の有無を捉えることが可能な遠隔計測システムが構築され、機械学習に基づくAI遠隔制御の基礎データが取得された。(図3)
- ③ 植物工場稼働時のCO<sub>2</sub>換算排出量とエネルギー等消費量により、夏期における道東地域の優位性が確認された。(図4, 5)



図2. 遠隔計測・制御システム

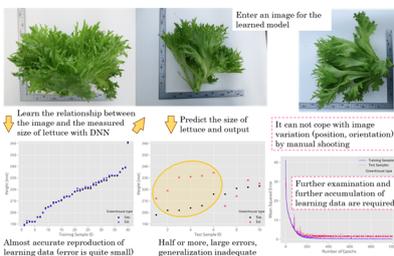


図3. 生育状況の推定結果例

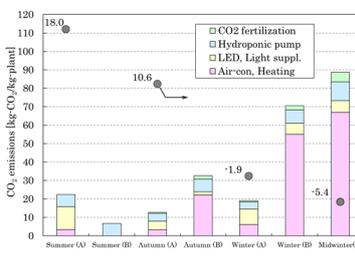


図4. CO<sub>2</sub>換算排出量

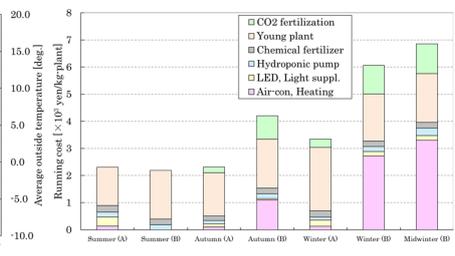


図5. エネルギー等消費量

## カーボンオフセットと安全性の両立に向けた取組

「住友電工グループ社会貢献基金助成事業」等

太陽光利用型植物工場研究施設に設備されている暖房用ガス焼き温水機からの排出ガスに含まれるCO<sub>2</sub>を安全に生育促進(光合成)に活用するため、同様に排出ガスに含まれるCO、HC、そしてNO<sub>x</sub>などの農作物の生育や作業者の健康を阻害する恐れのある物質を、効果的かつ効率的に許容限界(目標清浄度)以下に低減する技術開発が進められている。農業分野における環境・安全の指針構築による社会実装が将来的な目標とされている。

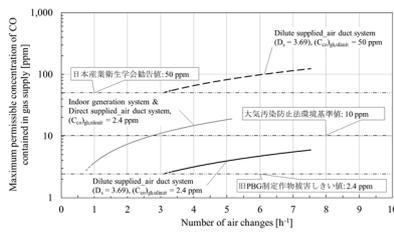


図6. 目標清浄度のモデル解析

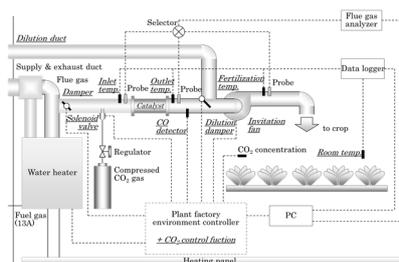


図7. システムの模式図



図8. 設置・運用状況

複合融合演習“未来型植物工場の研究”の学修目標と特徴

- ①異分野の学生と共に、体験的・主体的に学ぶことを通して、課題発見力、総合的な問題解決力、そしてコミュニケーション／プレゼンテーション力などを身に付ける。
- ②“KOSEN(高専)4.0イニシアティブ事業”に鑑み、IoTデバイスをネットワークに接続してRaspberry Piのプログラミングとデータ蓄積を通して第4次産業革命を推進するIoT活用技術を習得する。
- ③全分野(情報、機械、電気、電子、建築)の学生と教員が横断的に参加して、植物工場における完全無農薬の養液栽培を通して、第1次産業である農業においても理工学のような専門分野の知見が複合的に活用されていることを体験的に学ぶ。
- ④農業や地域が抱える様々な課題の解決につながるような創造的あるいは革新的な提案を目指す。



図9. 最終報告会の様子

学生が設定した課題例と解決提案例、及び栽培演習(図10)

- ・釧路に適しているのは人工光型か太陽光型か(図11)
- ・どのような植物(野菜)を育てることが可能か
- ・植物工場で海外の様々な植物を育てる
- ・植物工場における電力などの消費エネルギーを抑える(図12)
- ・植物工場の廃棄物から発電することは可能なのか
- ・可能ならどういった発電方法が適しているのか
- ・生産者が使いやすいタッチパネルとは(図13)
- ・東南アジアの野菜を釧路で栽培するための制御
- ・排水や防除なども含めて完全自動で行えるようにする
- ・データ処理等にプログラミングやAIの知識を適用する(図11)
- ・植物工場の事業性を評価する
- ・冬季に温度を維持するために最適な断熱方法は何か(図12)



図10.栽培演習の様子

太陽光型と人工光型の比較

人工光型(7/6~7/29)



太陽光型(10/7~11/11)



農産品	人工光型	太陽光型
1-9	6	0
10-19	10	2
20-29	24	14
30-39	33	28
40-49	12	33
50-59	8	26
60-69	1	18
70-79	0	8
80-	0	5
合計	94	134



図11.画像認識AIの基礎データ

図12.断熱の工夫による省エネ

図13.ユニバーサルデザイン化

## 第三者評価

環境報告書の更なる信頼性向上を目指して、第三者の方からのご意見をいただいています。

### ◆環境報告書について

全国に立地する51校の高等専門学校の事業活動にかかわる環境配慮への取り組みをまとめた本報告書は、本年度だけでなく過去から一貫した取り組みを俯瞰して見ることができ、国立高専機構の環境負荷低減に対する成果を分かりやすく解説し、適切な情報公開が行われていると評価します。

### ◆環境目的・目標に対する自己評価について

まず、環境目的の一つである「法規制の遵守」の目標「違反件数を0とする」について、平成26年度以降未達成となっていました。本年度は違反件数0件を達成されており、これは学生・教職員合わせて約5.8万人が全国のキャンパスに点在する高専機構において、法令遵守を徹底するには大変な苦労があったと推察し本目標の達成に対して敬意を評します。

総エネルギー投入量は前年度比で8.8%減、温室効果ガス排出量は15%減、水の使用量も28.7%減と過去実績と比べても大きく超えた削減量を達成できています。これは、日ごろからの取り組み・努力によって削減されたことでもあります。新型コロナウイルス感染症対策による影響が大きいと考えられるため、来年度以降数年にわたって傾向を見ていく必要があります。また、影響が長期化する場合は目標設定の見直しの検討も必要と思われる。

廃棄物総排出量については、報告書にも記載の通り全高専において一部を除き排出量の把握ができたこと、来年度は廃棄物の内容分析とともに削減目標の設定を期待いたします。しかしながら廃棄物の排出量は事業活動とも連動しており、廃棄量削減は長期的な取り組みになると思われ、特に3R（リデュース、リユース、リサイクル）について計画時における考慮が重要だと考えます。一般家庭におけるごみ削減のように小さな積み重ねから削減が始まることから、日々の授業や研究内で利用する物品のリユースやリサイクルなど教職員はじめ学生も参画した取り組みに期待いたします。

### ◆今後に向けて

持続可能な開発目標（SDGs）を含むSociety5.0を見据えた社会の実現に向かって地域社会における実装は重要で、日ごろから地域の課題や環境問題について取り組みが行われている高等専門学校が担う役割は大きいと考えます。全国の高専で行われている環境保全技術に関する教育・研究やSDGs達成に向けた取り組みがSociety5.0社会に繋がっていき、それらにかかわる教職員や学生が中核的な人材として育ち、新しい社会の実現に向けて寄与することを期待しています。



### 大蔵 峰樹

株式会社 ZOZOテクノロジーズ取締役、神山まるごと高専（仮称）  
学校長候補

1997年 福井高専卒業

2000年 福井大学大学院在学中に有限会社シャフトを設立

2005年 株式会社スタートトゥデイ（現株式会社ZOZO）入社

2015年 同社のエンジニア・デザイナーを集約した新会社、株式会社スタートトゥデイ工務店（株式会社ZOZOテクノロジーズの前進）設立とともに同社代表取締役CTOに就任

2018年 株式会社ZOZOテクノロジーズ取締役就任

株式会社スタートトゥデイにて開発・制作を行う創造開発部門と物流を担うフルフィルメント部門を束ね、大規模ECサイトを支える。

## 総 括

令和2年度の高専機構全体における総エネルギー投入量については令和元年度比約8.8%の削減、温室効果ガス排出量についても令和元年度比15%の削減となりました。また水資源について、水資源投入量は前年度比約28.7%減少、総排水量は前年度比約25.9%の減少となりました。

これらのことは、新型コロナウイルス感染症対策のため、オンラインによる授業の実施や学生寄宿舎における在寮期間の変化により、学生・教職員が学校で過ごす時間が減ったことが直接影響していると考えられます。

新型コロナウイルス感染症対策がもたらした新たな生活様式は、令和3年度以降においても、引き続きエネルギー使用量等に影響するものと考えられます。

廃棄物総排出量については、最も排出量の多い一般廃棄物について、国立高専における統一した重量の把握が出来ました。今後は具体的な排出量削減目標を定め、達成に向けて努力するほか、3R（リデュース、リユース、リサイクル）を推進する等、廃棄物総排出量の削減に向けた取組を推進していきます。

高専機構環境方針において、『地域社会との連携による環境保全活動に積極的に参画するとともに環境保全技術に関する教育・研究の実践を進める』としていることから、国立高専において行われている環境保全技術等に関する教職員及び学生による研究の一部と、コンテストにおける環境関係テーマへの取組を紹介させていただきました。国立高専では、それぞれが有する強み・特色・地域の特性を踏まえた教育・研究に取り組んでおり、これからも地域や産業界との連携等を行い、社会の課題解決に貢献できれば幸いです。

国立高専においては、環境変化に対応しつつ、これまでの環境に配慮した取組を継続していくことが重要と考えます。特に令和2年度においては、経年により機能劣化が著しく、高効率化が期待できる設備を重点的に更新し、光熱水量や燃料等の削減により生み出された財源を新たな設備改修に充当する仕組みを構築し、持続的なエネルギー削減につなげる取組を実施しました。

国立高専機構は、令和3年3月に『国立高専機構施設整備5か年計画2021（令和3～7年度）』を策定しました。その中で「カーボンニュートラルに対応するため、平成28年度から令和2年度までの平均を基準として5年間でエネルギー消費原単位を5%以上削減するとともに、「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」における建築物エネルギー消費性能基準よりも高い省エネルギー性能を目指した取り組みを推進する。」としています。新たな目標を掲げ、引き続き省エネ・温室効果ガス排出量削減に取り組んで参ります。

最後に、ご多忙中にもかかわらず、第三者評価をお引き受けくださいました大蔵峰樹様には、企業の取締役、また神山まるごと高専の学長にご就任予定という立場と同時に、国立高専の卒業生という立場から貴重なご意見をいただき、お礼申し上げます。頂戴したご意見を、今後の取組と次年度の環境報告書の内容の充実に役立たせたいと考えています。

## 資料

### ◆本報告書の対象となる、組織・範囲・期間等

本報告書は、環境省から公表されている「環境報告ガイドライン2018年版」を参考とし、「環境報告ガイドライン(2012年版)」に準拠して作成をしています。

本報告書の対象となる組織・範囲・期間は下記のとおりとなります。

組織：独立行政法人国立高等専門学校機構

範囲：機構本部事務局及び全国51校の国立高専の事業活動・教育活動  
(職員宿舎を除く。)

期間：令和2年4月1日～令和3年3月31日

~~~~~各資料について~~~~~

#### 【国立高専別エネルギー収支状況】

各国立高専の総エネルギー投入量及び温室効果ガス排出量について、令和2年度の実績値と前年度からの増減比率をグラフに示します。

前頁には、各国立高専の保有面積で按分した、単位面積あたりのエネルギー投入量及び温室効果ガス排出量についても、同様に実績値と増減比率をグラフに示します。

なお、各国立高専の値に差があるのは、各国立高専の立地する気候、保有する設備の種類、施設等の規模及び工業系や商船系など設置している学科等、特徴の違いによるものです。

#### 【環境報告ガイドライン(2012年版)との対照表】

本環境報告書について、環境報告ガイドライン(2012年版)との適合を示します。

#### 【各換算係数一覧】

本報告書の作成にあたり、総エネルギー投入量や温室効果ガス排出量等の算出に用いた換算係数を示します。

実際の算定式などの詳細については、P12の「総エネルギー投入量の算定式」及び「温室効果ガス排出量の算定式」をご覧ください。

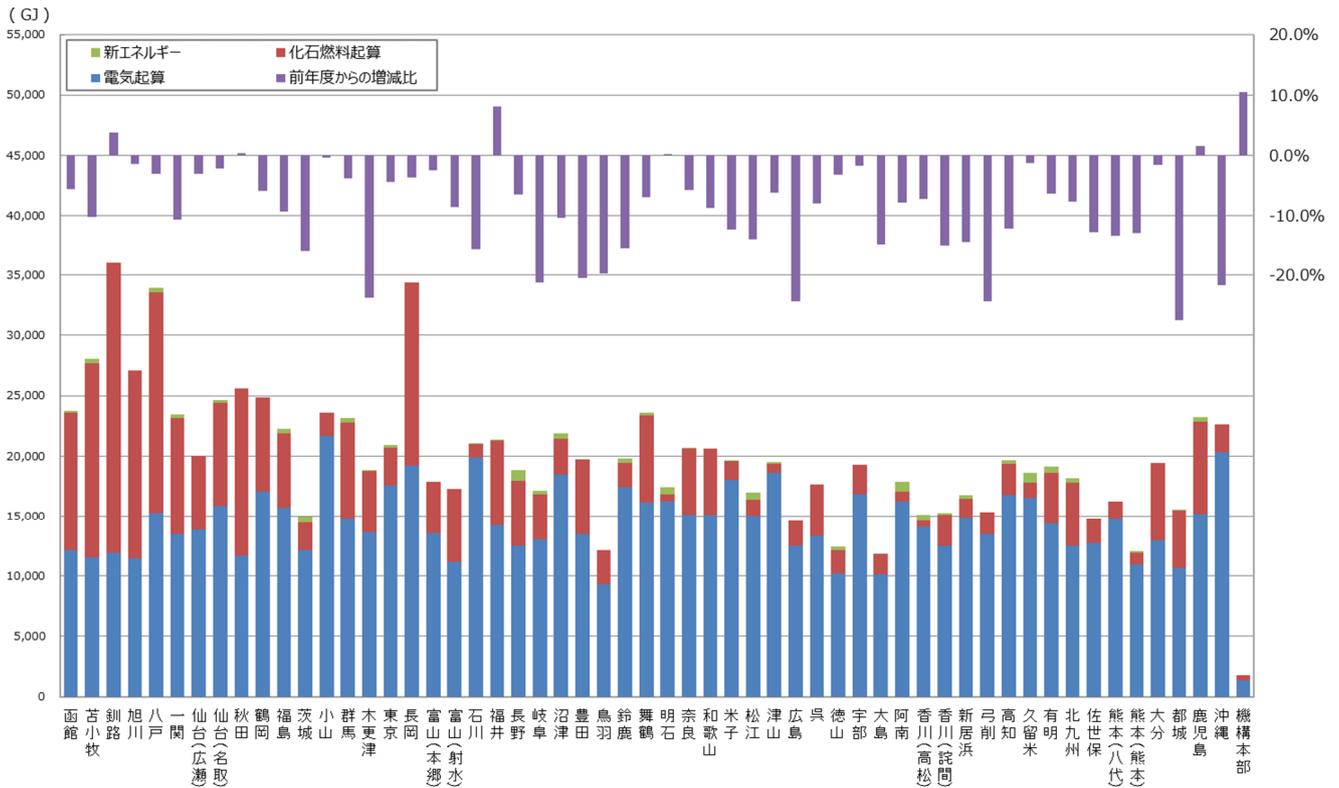
なお、各値の算出方法は、環境省が公表する「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」等を参考にしています。

~~~~~

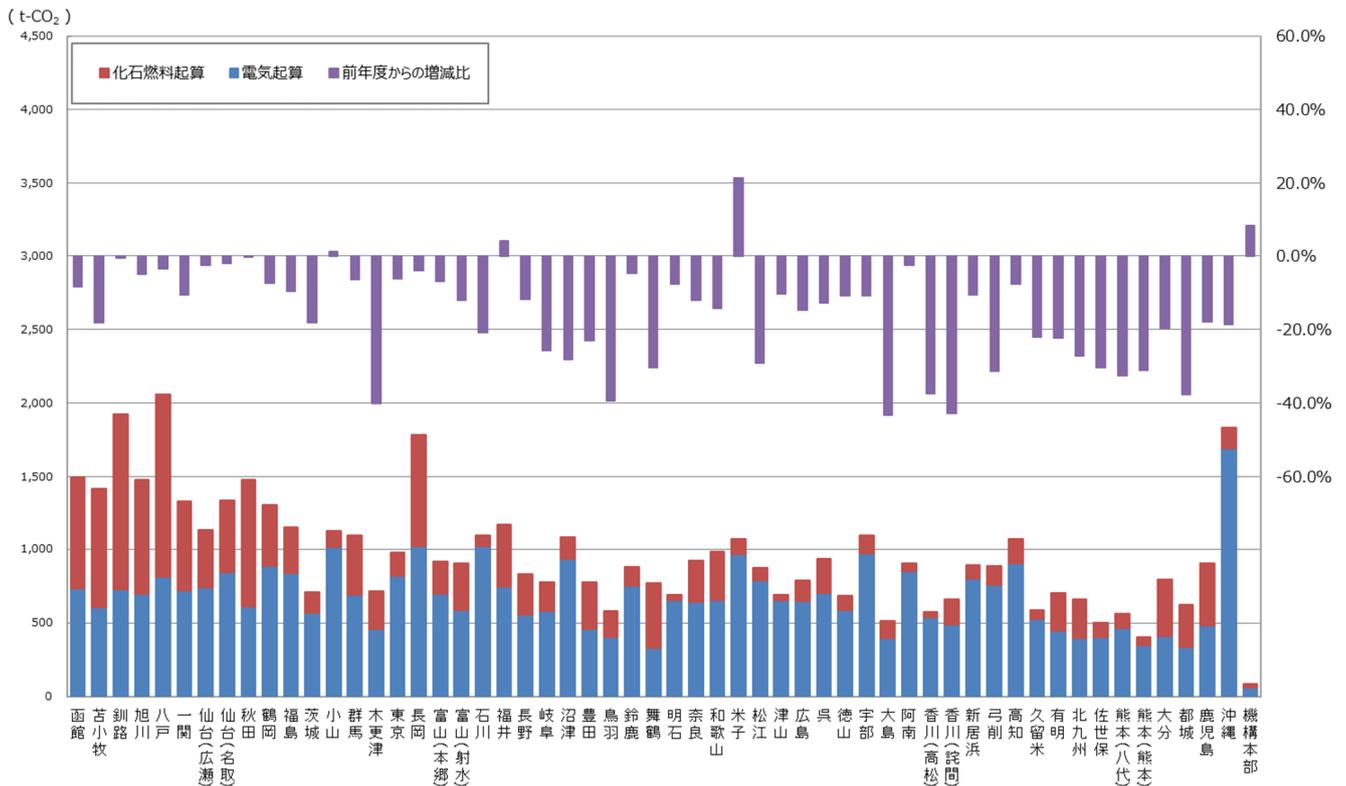


# 国立高専別エネルギー収支状況

令和2年度における各高専のエネルギー投入量（熱量換算後）【総投入量】



令和2年度における各高専の温室効果ガス排出量【総排出量】





## ◆各換算係数一覧

◆エネルギーの使用の合理化等に関する法律及びその他関係法令に基づく各係数は以下のとおりです。

単位使用量当たりの発熱量

種別		熱量換算係数	単位
電気	電気事業者 昼間買電	9.97	MJ/kWh
	電気事業者 夜間買電	9.28	MJ/kWh
	その他	9.76	MJ/kWh
揮発油		34.6	MJ/L
灯油		36.7	MJ/L
軽油		37.7	MJ/L
A重油		39.1	MJ/L
LPG		50.8	MJ/kg
都市ガス		44.8	MJ/m <sup>3</sup>

単位熱量当たりの炭素排出量

tC/GJ

種別	排出係数
揮発油	0.0183
灯油	0.0185
軽油	0.0187
A重油	0.0189
LPG	0.0161
都市ガス	0.0136

◆各事業者が示す各係数は以下のとおりです。

電気事業者別のCO<sub>2</sub>排出係数

t-CO<sub>2</sub>/kWh

電力事業者	R02排出係数 (実排出)	前回の排出係数 (実排出)
北海道電力	0.000593	0.000643
東北電力	0.000519	0.000522
東京電力 エナジーパートナー	0.000457	0.000468
中部電力ミライズ	0.000431	0.000457
北陸電力	0.00051	0.000542
関西電力	0.00034	0.000352
中国電力	0.000561	0.000618
四国電力	0.000382	0.000500
九州電力	0.000344	0.000319
沖縄電力	0.00081	0.000786
F-Power	0.000448	0.000508
エネット	0.000391	0.000426
丸紅新電力	0.000308	0.000442
テプコカスタマー サービス	0.000514	0.000491
九電みらいエナジー	0.000417	0.000465
パネイル	0.000501	0.000630
ミツウロコ グリーンエネルギー	0.000334	-
ゼロワットパワー	0.000099	-
ホープ	0.000524	-

都市ガス業者別の標準熱量 (13A)

MJ/m<sup>3</sup>

供給事業者 (供給地域)	標準熱量 (換算係数)
釧路ガス	45.0
旭川ガス (江別以外)	45.0
苫小牧ガス	45.0
北海道ガス	45.0
東部ガス (秋田) (福島)	46.04655 45.0
鶴岡ガス	46.0
仙台市ガス局	45.0
北陸ガス (長岡)	43.0
東京ガス	45.0
長野都市ガス	45.0
静岡ガス	45.0
東邦ガス	45.0
日本海ガス	45.0
大阪ガス	45.0
広島ガス	45.0
山口合同ガス	46.0
西部ガス (北九州) (佐世保)	45.0 46.0
久留米ガス	45.0
国分隼人ガス	46.04655

※ 供給地域により標準熱量が異なる都市ガス供給業者については、都市ガス供給を受けている高専の所在する地域のみを掲載している



# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



## 環境報告書 2021（令和3年9月発行）

独立行政法人国立高等専門学校機構

〒193-0834 東京都八王子市東浅川町701番2

作成部署：本部事務局施設部施設企画課

電話：042-668-5224

FAX：042-668-5230

E-mail：shisetsu@kosen-k.go.jp

URL：https://www.kosen-k.go.jp/