

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	くまもと ゆういちろう	提出年月日	令和6年4月1日	
申請者氏名	熊本 雄一郎			
所属・職名	国立研究開発法人海洋研究開発機構・グループリーダー			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☒ 重点共同研究 ☐ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☐ 単年 ☒ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☒ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	放射性物質をトレーサとする北極海における海水循環の研究 (採択番号 23001)			
研究実施期間	令和5年4月1日 ～ 令和6年3月31日			
センター教員	環日本海域環境研究センター 統合環境領域 准教授 井上睦夫			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	熊本雄一郎	海洋研究開発 機構	グ ル ー プ リーダー	研究統括、放射性 Cs の測定と解析
	分担者	井上睦夫	金沢大学環日 本海域環境研 究センター	准教授	Ra 同位体の測定と解析
		松中哲也	金沢大学環日 本海域環境研 究センター	助教	ヨウ素 129 の測定と解析
		松崎浩之	東京大学タン デム加速器研 究施設	教授	ウラン 236 の測定と解析
		高田兵衛	福島大学環境 放射能研究所	准教授	トリチウムの測定と解析
		藤原 周	海洋研究開発 機構	研究員	試料採取、海洋物理解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	放射性セシウム	海水	10	
	分析した試料	放射性セシウム	Cs 濃縮樹脂	9	

研究目的・期待される成果	近年の地球温暖化の進行に伴い、その影響が北極圏の多くの地域・海域で観測されている。冬季に海水が形成されるという意味ではオホーツク海と同じく日本海域も北極圏の一部（最南端）であり、温暖化によって日本海の海水循環が停滞している可能性がすでに報告されている。北極海においても夏季の海水後退が年々拡大しているが、その影響の大きさも含めて、北極海内の海洋循環についてはよくわかっていない点が多い。これまでの研究では、海水に溶存している放射性物質をトレーサとして、北極海の海洋循環が議論されてきた。1970年代以降英国とフランスの核燃料再処理施設から漏出した放射性セシウム ^{137}Cs は、北極海における大西洋起源水の循環過程の解明に貢献してきた。最近の報告 (Smith et al., 2021) では、同じく再処理施設に由来する放射性ヨウ素 (^{129}I) の時間変動から、カナダ海盆のビューフォート周回流の十数年規模の変動が北極海の海洋循環に大きく影響している可能性が指摘されている。本研究では、北極海で新たに海水試料を採取し、これまで比較的多く測定されてきた放射性セシウム (^{134}Cs, ^{137}Cs) と放射性ヨウ素 (^{129}I) に加えて、ラジウム同位体 (^{226}Ra, ^{228}Ra)、ウラン同位体 (^{236}U)、トリチウム (^3H) を同時に測定することによって、北極海における太平洋起源水と大西洋起源水の寄与率、温暖化に伴う北極海内の海洋循環の変動をより定量的に議論することを目的とする。海水試料の採取は、海洋研究開発機構の「みらい」航海、北海道大学水産学部の「おしよろ丸」航海で実施することを計画している。それら航海の実施に係る海洋物理学者も本研究に参画しており、海洋物理学的な視点も加えて多角的に解析することで、北極海の海洋循環の議論を深化させる。本研究によって得られる成果は、将来の温暖化の進行に伴う北極海における環境変動予測研究に資することが期待される。 ※申請書に記載した事項を要約して下さい。
---------------------	---

利用・研究
実施内容・
得られた成
果

北極海表層では低気圧性循環場が支配的であるが、カナダ海盆には低塩分の高気圧性循環、Beaufort Gyre が存在しており、その変動が北極海の海水循環に影響を与えている可能性が指摘されている。1960 年代以降に英仏両国の核燃料再処理工場から北大西洋に放出された放射性ヨウ素 (I-129) と放射性セシウム (Cs-137) は、極向きの表面海流に沿って北極海に流入し、低気圧性循環に沿って数十年という時間スケールでカナダ海盆に輸送された。それぞれの放出履歴に違いに起因して、カナダ海盆における I-129/Cs-137 濃度比は年代ともに増大している。カナダ海盆におけるその変化から、北極海における海水循環の変化を議論する。

Cs-137 と I-129 を測定するための海水試料は、海洋研究開発機構の「みらい」MR20-05C 航海 (2020 年 9～11 月) 中、北極海カナダ海盆の観測点 (北緯 74.5 度/西経 161.9 度) において、表層から深度 800 m までの 9 層で採取された。Cs-137 は、海水約 40L にキャリア Cs を添加後、硝酸酸性下でリンモリブデン酸アンモニウムに選択的に吸着させることによって濃縮した。測定は、金沢大学低レベル放射能実験施設の低バックグラウンド仕様 Ge 半導体検出器を用いて行った。I-129 は、海水約 1L にキャリア I を添加後、溶媒抽出されたものをヨウ化銀沈殿として回収した。測定は、東京大学タンデム加速器研究施設の加速器質量分析計を用いて行った。

北極海カナダ海盆の深度 800 m 以浅の海水は、大まかに 2 つの起源を持つ。ひとつはおおよそ 200 m 以浅の低温・低塩分の太平洋起源水であり、その下層の高温・高塩分の大西洋起源水とは明瞭に区別される。また 1960 年代以降の英国セラフィールド、仏国ラ・アークの核燃料再処理工場からの漏洩のため、大西洋起源水の Cs-137 と I-129 濃度は太平洋起源水よりも高い。2020 年の観測においても、深度 200～800 m の大西洋起源水の Cs-137 と I-129 濃度 ($2\sim3 \text{ Bq m}^{-3}$ と $2\sim3\times10^{12} \text{ atoms m}^{-3}$) は、深度 200 m 以浅の太平洋起源水のそれぞれの濃度 ($1\sim2 \text{ Bq m}^{-3}$ と $0.1\sim1\times10^{12} \text{ atoms m}^{-3}$) よりも高かった。

I-129 と Cs-137 はともに核燃料再処理工場からの漏出水にその起源を持つが、前者は 1990 年代後半以降、後者は 1980 年代を中心に放出量が増大したため、I-129/Cs-137 濃度比は 1980 年以降徐々に増加している。もし北部北大西洋の流出海域の表層海水が北極海カナダ海盆に輸送されるまでの間に、その濃度比が大きく変わっていないと仮定することができれば、流出海域とカナダ海盆のそれらを比較することによって、両海域間の表層水輸送時間を推定することができる。2020 年にカナダ海盆で観測された I-129/Cs-137 濃度比は、約 $120\times10^{10} \text{ atoms Bq}^{-1}$ であった。この濃度比が北部北大西洋の流出海域で観測されたのは、おおよそ 1995 年であった。このことから、流出海域の表層水が極向きの表面海流に沿ってカナダ海盆に到達するのに、約 25 年を要したことが推定される。

一方、カナダ海盆のほぼ同じ観測点において 1993 年に測定された大西洋起源水の I-129/Cs-137 濃度比 (約 $8\times10^{10} \text{ atoms Bq}^{-1}$ 、Smith et al. (1998)) は、北部北大西洋の流出海域では 1980 年代前半に観測されている。この結果から、流出海域からカナダ海盆への輸送時間は 10 年程度と計算される。これは、上記の 2020 年の観測結果から導かれた約 25 年という輸送速度に比べて明らかに短い。Smith et al. (2021) は、北極海における I-129 濃度の時間変化から、北極振動に起因して北極海カナダ海盆の Beaufort Gyre が 1990 年代は弱化、2000 年代以降は強化されたのではないかと推測した。しかしながら、上記の結果は流出海域における I-129 と Cs-137 濃度の時間変化に依存している可能性があるため、今後より定量的な議論を進める必要がある。

※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	上記の研究成果の一部は、日本放射化学会第 67 回討論会（2023 年 9 月 22 日、広島大学西条キャンパス）、日本海洋学会 2023 年度秋季大会（2023 年 9 月 27 日、京都大学吉田キャンパス）において、口頭発表した。また、その内容を取りまとめ、POLAR SCIENCE 誌に投稿し、2024 年 3 月 27 日に受理された。
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	いわた あゆみ	提出年月日	2024 年 4 月 30 日	
申請者氏名	岩田 歩			
所属・職名	気象庁 気象研究所 気象予報研究部 第四研究室 研究官			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☒ 重点共同研究 ☐ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☐ 単年 ☒ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☒ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	エアロゾル-雲相互作用に及ぼす越境汚染と国内排出の影響評価			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター教員	金沢大学 環日本海域環境研究センター 准教授 松木 篤			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	岩田歩	気象研究所	研究官	総括・解析・粒子捕集・測定
	分担者	松木篤	金沢大学	准教授	観測・データ提供
		折笠成宏	気象研究所	室長	データ提供
		田尻拓也	気象研究所	主任研究 官	観測・解析
		岩本洋子	広島大学	准教授	データ解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	粒子状物質	フィルター試料	120	
		鉱物標準試料 (黄砂標準物質, 長石, 雲母, カオリナイト)	粉末	6	
	分析した試料	粒子状物質	フィルター試料	112	
研究目的・ 期待される 成果	大気エアロゾルが雲形成を介して気候変動に影響を与えることは広く知られており、さらにはエアロゾル粒子が雲微物理過程に様々な影響を及ぼすことで、地上降水量の変動にも繋がる。そのためエアロゾル-雲の相互作用の理解向上が長期気候変動や降水過程の正確な予測には不可欠であるものの、その理解度は依然として低い。我が国では大陸からの越境汚染や海洋上の輸送、国内の排出源などの影響を受け、多種多様なエアロゾルが見られるため、とりわけ氷晶核(Ice Nuclei, IN)として働く粒子濃度は約3桁の範囲内で大きく変動するが、現在の気象モデルでは一意的に表現されている。本研究では、大陸からの越境汚染、輸送、国内の排出源の影響を受ける特徴的な粒子特性がもたらす雲微物理過程へのより正確な影響を明らかにすることを最終目的とし、本申請では日本に輸送される粒子を水際でとらえることができる能登大気観測スーパーサイト珠洲測定局と国内の輸送と排出源の影響を受けるつくば市気象研究所の2地点における同時観測・粒子捕集を行うことで、とりわけ「IN濃度に及ぼす大陸から輸送される黄砂と局所的な砂塵の影響」、「輸送に伴う粒子変質が及ぼすCCN特性への影響」の2点に着目する。 これにより室内実験にて示される鉱物組成がもたらす氷核特性の違いが実大気においてどの程度反映されるのか？を黄砂と砂塵の違いから見いだすことを試みる。さらに地理的特徴の異なる珠洲とつくばにおける粒子雲凝結核(CCN)活性の同時観測と各地点において蓄積されてきた観測データを含めた統一的な解析から、空気塊の国内輸送によって変化する粒子特性が及ぼすCCN特性への影響を評価することを試みる。 ※申請書に記載した事項を要約して下さい。				

・能登とつくばにおける観測および粒子捕集体制の構築

本研究ではつくば市にて、能登大気観測スーパーサイトに構築されている粒子捕集および観測体制と並行した、粒子捕集・観測体制の構築を行う。つくば市における観測体制は以下の装置により構成され 2023 年 4 月より本格的に観測を開始した。

- ・ SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer, DMA Model3081+CPC Model3775 high, TSI)
- ・ APS (Aerodynamic Particle Sizer, Model 3221, TSI)
- ・ OPC(optical particle counter, KC-01E, RION)
- ・ CCNC (Cloud Condensation Nuclei Counter, CCNC-200, DMT)
- ・ SMCA (Scanning Mobility CCN Analysis, SMPS+CCNC-100, DMT)
- ・ 偏光 OPC (Polarization OPC, YGK 社)

これらのつくば市における 4 月から 1 月までの結果では、11・12 月に総粒子濃度(約 $4.2\text{E}+3$ 個/ cm^3)は高くなり、5・8 月が最も低い濃度($2.1\text{E}+3$ 個/ cm^3)を記録した。特に 8 月は 100nm 以上の粒子濃度が低く、そのモード径は他の期間に比べて低くなる傾向を示した。過去の観測データの解析における能登大気観測スーパーサイトにおける総粒子濃度の年間変動の傾向では 5 月から 8 月にかけて高い濃度を記録し 1・12 月が最も低い濃度を記録しているため、その違いは顕著である。

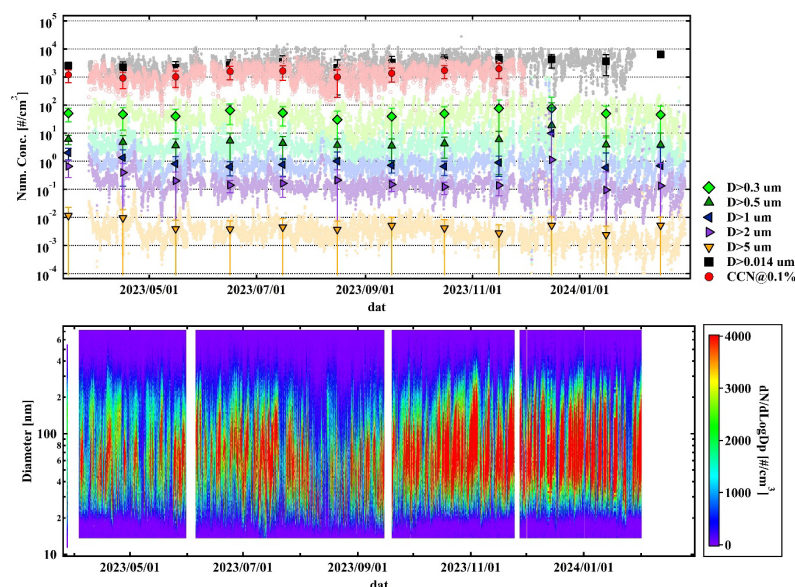


Fig. 1 2023 年度つくば市にて観測された粒子物理特性観測結果の概要

つくば市における粒子捕集体制は 10 月より本格的に始動し、2 種のフィルター上におよそ 1 週間粒子を捕集し、3 月末までに 26 期間(52 試料)において粒子試料を得た。

能登大気観測スーパーサイトにおける粒子捕集は 8 月より本格的に開始し、3 月末までに 30 期間(60 試料)を得た。これらの試料は氷晶核粒子濃度・粒子化学成分(金属・水溶性イオン・炭素)・バイオエアロゾル粒子濃度が分析される。

また 2024 年度春季に期待される大陸からの黄砂飛来に備え、つくば市での観測地では、より高い時間分解能における氷晶核粒子濃度の変動を捉えるための、連続粒子捕集装置の設置と鉙物粒子と同じく、氷晶核粒子濃度への大きな影響が示唆されるバイオエアロゾルの連続観測体制を構築した。2024 年 4 月 30 日現在、既に 4 月 18 日～4 月 21 日までの黄砂飛来において、観測と並行した 3 時間ごとの氷晶核粒子濃度およびバイオエアロゾル計測のための試料を得た。

・能登・横浜にて捕集した微小粒子中の氷晶核粒子濃度と化学成分の関係性

本研究では越境汚染や日本海側・太平洋側の地域的特徴が及ぼす氷晶核粒子濃度変動への化学成分の影響を調査するために、能登と太平洋側都市域(横浜)の氷晶核粒

	子濃度を比較するために 2021 年 2 月～2022 年 2 月に能登・横浜にて捕集した 1μm 以下の微小粒子に含まれる氷晶核粒子濃度の計測を実施した。さらに本研究では生物起源のバイオエアロゾル粒子の影響を除くために、加熱処理後の主に非生物起源と考えられる熱耐性氷晶核粒子濃度を計測し、化学成分との相関関係を調査した。 これらの調査の結果、能登では、調査した全期間においては、Al や鉍物成分のみならず様々な要素(有機炭素・黒色炭素・0.5μm 以上の粒子濃度など)が、氷晶核濃度および熱耐性氷晶核濃度と相関した一方、横浜では両氷晶核濃度が、鉍物成分(Al)と強く相関した。特にダストイベントを含む 2 月～6 月の期間においては、高い鉍物成分に依りて、氷晶核粒子濃度との高い相関を示したが、K⁺, Pb, OC も同様に強い相関関係を示した。10 月～2 月においては能登・横浜とも低い鉍物成分濃度に対応して、それらの要素と両氷晶核濃度との相関は見られなかった。一方で特に熱耐性氷晶核濃度は Pb や能登においては K⁺との強い相関を示した。 これらの結果は、微小粒子中の氷晶核粒子濃度は、鉍物成分濃度が低い期間においては、その低い濃度の鉍物成分濃度では説明することができないことを示し、ゴミ、石炭、バイオマスなどの人為起源燃焼によって排出される粒子がその代替として氷晶核粒子濃度の変動に影響を及ぼしていることを示している。 一方で、能登およびつくば市で捕集された粗大粒子を含む総粒子濃度における氷晶核粒子濃度の調査では、微小粒子に含まれる氷晶核粒子濃度は総粒子濃度に対しておよそ 2 桁低いことが明らかとなった。したがってこれらの成果は、鉍物やバイオエアロゾルなどの高い氷核特性をもつ粒子以外の粒子が及ぼす大気中の氷晶核粒子濃度の変動を左右した興味深い事例を捉えているものの、総氷晶核粒子濃度に対する寄与は小さい可能性がある。
	※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	【口頭・ポスター発表】 岩田歩, Samuel Gray MURRAY HRWITZ, 栗原一嘉, 松木篤, 奥田知明, 横浜、能登における氷晶核粒子濃度に対する粒子組成および熱感受性生物起源粒子の寄与, 第 64 回大気環境学会年会, 2023. 9.13-15, 茨城県 また、Ayumi Iwata, Samuel Gray Murray Horwitz, Kazuki Kurihara, Atsushi Matsuki, Tomoaki Okuda, Contribution of Chemical Components to Variability in Submicron Ice Nucleating Particle Concentrations in Urban and Rural Sites of Japan として Atmospheric Research への投稿準備中である。
	※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	みずの ゆうき	提出年月日	2024 年 4 月 30 日	
申請者氏名	水野 佑紀			
所属・職名	東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻人類生態学教室・助教			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☒ 重点共同研究 ☐ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☐ 単年 ☒ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☒ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	能登半島住民を対象とした化学物質曝露と健康影響のヒトバイオモニタリング研究			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日			
センター教員	環日本海域環境研究センター 助教 本田 匡人			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	水野佑紀	東京大学	助教	調査設計 試料採取 試料測定
	分担者	本田匡人	金沢大学	助教	試料測定
		梅崎昌裕	東京大学	教授	調査設計 試料採取
		木部未帆子	東京大学	助教	試料採取
愛甲達也		東京大学	修士1年	試料採取	
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料			物質名	形態（形状）	試料数
		申請書に記載 した試料	尿（ヒト）	液体	300
		分析した試料	尿（ヒト）	液体	256
研究目的・ 期待される 成果	本研究の目的は、能登半島の住民を対象としたヒトバイオモニタリングを実施し、化学物質曝露とそれに伴う健康影響を検討することである。欧米諸国などと比較して不足する日本でのヒトバイオモニタリング研究を、環日本海域の中でも日本海に大きく突出した地理的特徴を持つ能登半島で実施することは、東アジア大陸部からの越境輸送の実態を把握する上でも意義があると考えられる。 石川県珠洲市住民を対象に調査を実施し、質問紙調査（属性・生活習慣など）、身体計測、血圧測定、および生体試料（尿・糞便・濾紙血）の採取を実施した。調査参加者は115名（男女含む）であった。化学物質曝露評価の最初の対象として、尿中微量元素濃度を測定し、カドミウムなどの有害重金属類への曝露評価を実施する。曝露による健康影響の1つとして、慢性炎症に着目し、濾紙血中の高感度C反応性タンパク（hs-CRP）濃度を測定する。また、併行するプロジェクトで腸内細菌叢解析も実施する。 本研究の特色は、日本の農村部の住民として能登半島北端の石川県珠洲市の中で、生活環境の異なる複数の地域（内浦・外浦・山間部）の住民を対象として調査を実施するところにある。農村部としての特徴だけでなく、農村部内での地域間差にも着目することで、より詳細な検討が可能になる。さらには、本研究と環日本海域センターによる環境モニタリングを統合的に評価することで、化学物質曝露という側面に着目した、能登半島における環境とヒトとの関係性の解明につながる貴重な知見が得られると期待する。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	本研究課題は、複数年（2年）での申請で、2023年度はその2年目であったため、2021年度に実施した調査の参加者から収集した生体試料の分析と、得られたデータを用いた統計解析を実施した。 参加者から採取した尿（随時尿）を用いて、尿中微量元素濃度による曝露・摂取の評価を実施した。尿の前処理として、内標準元素の添加、硝酸の添加（0.1 M、酸性条件での測定のため）、酢酸の添加（4%、サンプル間の炭素濃度のばらつきを相対的に小さくするための炭素源としての添加）を実施し、超純水で10倍に希釈し、濾過によって沈殿物を除去した。誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）を用いて、多元素同時分析を実施して前処理済の尿中微量元素濃度を測定した。 濾紙血を用いて、健康影響指標の1つとして濾紙血中 hs-CRP 濃度を、酵素結合免疫吸着測定（ELISA）法を用いて測定し、個人の慢性炎症レベルを定量的に評価した。 糞便中の微生物由来の DNA を抽出し、次世代シーケンサーを用いた 16S rRNA 解析による腸内細菌叢の組成を評価した。 ICP-MS を用いた尿中微量元素濃度の分析法の検討から、カドミウム (Cd)、ヒ素 (As)、鉛 (Pb) などの有害微量元素に加えて、セレン (Se) などの必須微量元素も良好な感度・精度・真度で測定できていることを確認した。参加者の尿中微量元素濃度の測定から、Cd が比較的非汚染地域の中では高いレベルにあることがわかった。これは、日本人の主食であるコメが主要な曝露源となり、慢性的な曝露があることを反映していると考えられた。しかし、他の As や Pb などと同様に、健康影響の懸念があるほど深刻な曝露がある可能性は低いという結果が得られた。参加者の濾紙血中 hs-CRP 濃度について、東京で過去に実施された調査の報告値と比較すると低かったため、慢性炎症のレベルは比較的低いことが示唆された。腸内細菌叢の解析は、現在引き続き進めているが、日本人を対象とした先行研究の報告と比較して、本研究の参加者で特徴的に多い細菌群があることを示唆する結果が得られている。さまざまなデータが集まりつつあるため、現在はそれらを統合して、データ間の関連解析を進めているところである。
見込まれる 成果物	※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。 【報告済】 2022 年度東京大学健康総合科学科卒業論文，那賀裕朗，「日本の農村地域の住民の Cd 曝露と血圧の関連－石川県珠洲市における研究－」 - 那賀裕朗，水野佑紀，増田桃佳，今井秀樹，梅崎昌裕．日本の農村漁村地域住民の尿中 Cd 濃度とその関連要因の探索．第 94 回日本衛生学会学術総会，2024 年 3 月 7-9 日，鹿児島． 【報告予定】 発表予定論文タイトル案 - Urinary trace element concentrations among Japanese in rural areas. また、今後は生体試料中の化学物質の測定を進め、さまざまな物質についての曝露評価を実施予定である。その結果についても、順次成果報告として国際誌への論文投稿を行う。 ※原著論文発表，レビュー等原著論文以外による発表，口頭発表，卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は，別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	ホン・チュンサン	提出年月日	R6 年 4 月 日	
申請者氏名	洪天祥			
所属・職名	韓国外国語大学校・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 若手研究者育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(新規) (重点共同研究のみ、複数年(2年)の申請が可能です。) ☐ 複数年(2年目)(2019年度に複数年で採択された課題については、こちらを選択ください。)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨り推進する学際的研究			
研究課題	多環芳香族炭化水素類の骨代謝に対する作用の網羅的解析			

研究実施 期間	2023年 4月 1 日～ 2024年 3 月 31日				
センター 教員	鈴木信雄				
研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	洪天祥	韓国外国語大 学校	教授	研究総括
	分担者	鈴木信雄	金沢大学	教授	魚類を用いた実験
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	benz[a]anthracene	粉末	1	
	分析した試料	benz[a]anthracene	粉末	1	
研究目的・ 期待される 成果	（環日本海域との関連性がわかるように記載してください） 研究の意義 越境汚染物質である多環芳香族炭化水素類の骨に対する作用（特に遺伝子発現）を調べ、環境汚染物質のリスク評価につなげ、多環芳香族炭化水素類の毒性発現機構の解明を目指す。 目的 越境汚染物質である多環芳香族炭化水素類は、大気のみならず海水中にも含まれる。さらに、<u>富山湾に生息するミシマオコゼの胆汁中に多環芳香族炭化水素類が検出されている（Suzuki et al., 2018）</u>。申請者の洪と鈴木は、これまで、<u>キンギョのウロコを用いて、汚染海水の骨への作用を調べた実績がある（Suzuki et al., 2016）</u>。そこで本研究では、多環芳香族炭化水素類の魚類の骨に対する影響評価を網羅的に行う。 特色				

	これまでに、鈴木教授を中心とする金沢大学臨海実験所の研究グループとの共同研究の成果として、多環芳香族炭化水素類 benz[a]anthracene がキンギョのカルシウム代謝に作用することを明らかにしている (Suzuki et al., 2017)。また、近年、鈴木らは、<u>本化合物がメジナの骨代謝に影響を及ぼしていることを報告した (Zanaty et al., 2020)</u>。本研究では、特に benz[a]anthracene の魚類の骨に対する影響評価を網羅的に行う。 <u>期待される成果</u> <u>Benz[a]anthracene が海産魚類の骨代謝に作用することから (Zanaty et al., 2020)</u>、骨に対する毒性作用が推測される。次世代シーケンス技術を用いた遺伝子の網羅的解析を行うことで、多環芳香族炭化水素類の毒性発現機構に関する新たな成果の取得が見込める。
※申請書に記載した事項を要約して下さい。	
利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	材料のメジナ (<i>Girella punctata</i>) は、金沢大学臨海実験施設前 (石川県、九十九湾) にて釣りにより採集し、屋外の水槽にて 2 週間ほど慣らしたのちに実験で使した。すべての実験は、金沢大学動物実験倫理規定に従い実施した。 メジナを 0.04% 2-phenoxyethanol (和光純薬株式会社、大阪) を用いて麻酔後、Benz[a]anthracene (BaA) (東京化成工業株式会社) BaA を 10 ng/g body weight の割合で投与して、対照群には溶媒のみ (0.5% ジメチルスルホキシド溶液) を投与した。BaA 投与後、26℃の屋内水槽にて 10 日間飼育した。飼育期間中に、1 日、3 日、6 日、9 日の 4 回投与を行い、10 日間の飼育後、メジナを再度、0.04% 2-phenoxyethanol で麻酔して、メジナのウロコを採取して RNAseq 解析を行った。 RNAseq 解析の結果、細胞死を誘導する遺伝子は変化していたが、細胞死を誘導する遺伝子の発現が低下しており、さらに細胞死を抑制する遺伝子の発現が上昇していた。長期間の BaA の投与により、BaA の毒性ではなく、BaA の毒性による修復が生じている可能性が高い。今後は、短時間の投与による影響を評価していく予定である。なお、出版物として、海水の毒性評価に関連したデータを共同研究の一環として発表した。
※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。	
見込まれる 成果物	<u>Hong, C.-S.</u>, Kuroda, K., Sato, M., Hatano, K., Watanabe, K., Hirayama, J., Sakatoku, A., Toyota, K., Rafiuddin, A.M., Matsubara, H., Honda, M., Srivastav, A.K., Lee, S. and Suzuki, N.: Analysis of seawater toxicity at five concentrated seawater discharge sites in Korea using a goldfish scale-based <i>in vitro</i> bioassay system. Intern. J. Biol. Environ. Invest., 3: 1-8 (2023)
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

様式 3 (共同研究)

2023年度金沢大学環日本海地域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	サムロンク アモンサクン	提出年月日	令和6 年 4 月 9 日	
申請者氏名	Thumronk AMORNSAKUN			
所属・職名	Prince of Songkla University・准教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☐ 一般枠 ☒ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☒ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	海産甲殻類の幼生に対する多環芳香族炭化水素類の影響評価 Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on marine crustacean larvae			
研究実施期間	R5 年 4 月 1 日～ R6 年 3 月 31 日			
センター 教員	鈴木 信雄			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	Thumronk AMORNSAKUN	Prince of Songkla University	准教授	研究総括
	分担者	鈴木信雄	金沢大学	教授	サンプリング及びデータ解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料			物質名	形態（形状）	試料数
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	研究の意義 多環芳香族炭化水素類は、成体よりも幼生の方に影響が大きい。本研究では、海産の甲殻類に対する多環芳香族炭化水素類の毒性学に貢献できる。 目的 能登半島九十九湾で採集できるアカテガニのゾエア幼生は、アカテガニの放卵個体を用いたら、容易にサンプリングできる。そのゾエア幼生に対する多環芳香族炭化水素類の毒性を評価する。 特色及び期待される成果 本研究の特色は、海産甲殻類の幼生に対する多環芳香族炭化水素類の影響を調べることである。これまで、甲殻類の毒性評価は、淡水産のミジンコを用いた研究が多く、他の甲殻類に対する研究は少なく、さらに海産の甲殻類の研究は、ほとんどない。本研究は、海産の甲殻類に対する多環芳香族炭化水素類の毒性学に貢献できる可能性が高い。				

利用・研究
実施内容・
得られた成
果

背景・目的：多環芳香族炭化水素（PAHs）は、化石燃料や不完全燃焼に由来する有機化合物で、大気、水、土壤に広く分布している。水域環境では、油流出事故は主要航路とよく相関し（Brekke and Solberg, 2005）、海洋生物に影響を与える PAH 汚染を直接引き起こす（Peterson, 2003）。さらに、ディープウォーター・ホライズンや、エクソン・バルディーズ号、ナホトカ号などの沈没した石油タンカー船からの偶発的な油流出は、海域に PAH 汚染を引き起こし、海洋環境に深刻な影響を与えた。そのため、海洋生物に対する PAHs の毒性を評価するための研究を行う必要がある。

本研究では、海洋生物としてアカテガニに着目した。アカテガニ *Chiromantes haematocheir* (De Haan, 1833) は、十脚目カラスノエンドウ科に属する甲殻類で、日本の本州から南西諸島の海岸や森林に生息する。アカテガニの成体は森林に生息しているが、ゾエア期、メガロパ期から稚ガニになるまでの成長過程において、一時的に海中で生活するという独特の生活史を持つ。特筆すべきは、1 匹のメスを 1 回放流することで、約 2 万～3 万匹のゾエア幼生を得ることができる。そのため、このゾエア幼虫を用いた様々な条件下での実験を一度に行うことが可能である。

一方毒性評価では、benzo[a]pyrene など毒性が強いことがよく知られている一部の PAHs のみに着目されてきた。昨年度、米国環境保護庁（US EPA）が定める代表的な 16 種類の PAHs について、アカテガニ *C. haematocheir* のゾエア幼生に対する毒性影響を調べた。その結果、Fluorene の毒性が高いことが判明した。そこで Fluorene の毒性試験を行った。

材料と方法：2022 年 8 月から 9 月にかけて、能登半島・九十九湾沿岸で産卵したアカテガニ *C. haematocheir* の雌を採集した。卵を持ったカニを夕方自然海水の入ったバケツに入れ、一晩放置した。翌朝、バケツに放たれたゾエア幼生を回収し、毒性実験に使用した。

fluorene (Tokyo Chemical Industry Co., Tokyo, Japan) を購入して、ゾエア幼生に対する毒性を調べた。Fluorene をジメチルスルホキシド（DMSO）で 10^{-2} M の濃度に、次に海水で 10^{-5} M の濃度に希釈し、それぞれの PAH がゾエア幼虫の生存率（%）に与える毒性を評価し、EC50 を算出した。

結果と考察：24 時間及び 48 時間暴露後のゾエア幼生の生存曲線を図 1 に示す。幼生の生存曲線は、24 時間（図 1 A）と 48 時間（図 2B）は、同じような傾向を示した。次に、フルオレンの半量最大（50%）有効濃度（EC50）を算出した。24 時間と 48 時間におけるフルオレンの EC50 は、それぞれ 8.96×10^{-6} M と 7.05×10^{-6} M であった。

本研究により、Fluorene がアカテガニ幼生に毒性を示すことが明らかになった。今後は、遺伝子発現の変化を調べていく予定である。

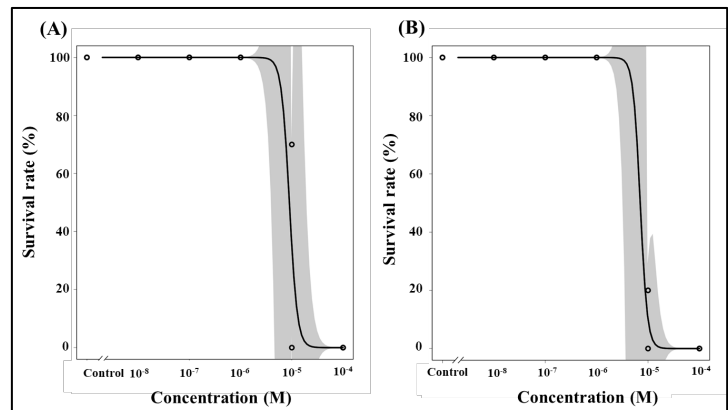


図 1 アカテガニ幼生の fluorene に対する生存曲線

見込まれる 成果物	Kawamura, R., Rafiuddin, M.A., Toyota, K., Honda, M., <u>Amornsakun, T.</u>, Tabuchi, Y., Hattori, A., Harumi, T., Hirayama, J., Urata, M., Matsumoto, K., Nishimoto, S., Srivastav, A.K., Suzuki, N. and Matsubara, H.: Fluorene is highly toxic to zoea larvae of the red-clawed crab <i>Chiromantes haematocheir</i>. Int. J. Zool. Inv., 9: 1-7 (2023)
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Deddy Irawan Permana Putra	Date	04/25/2024	
Affiliation Position	Researcher of National Research and Innovation Agency of Indonesia			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile	-	
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Long-term Potential Migration of Fukushima-derived Radiocesium into Indian Ocean from N Ocean through Indonesian Throughflow.			
Program Period	04/01/2023 ~ 03/31/2024			
K-INET Research Staff	Prof. Seiya Nagao Shinya Ochiai Mutsuo Inoue			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Deddy Irawan Permana Putra	BRIN (National Research and Innovation Agency of Indonesia)	Researcher	Researcher / collecting samples, measurement and data analysis
	Member(s)	Prof. Seiya Nagao	Kanazawa University	K-INET Staff	Analysis & discussion
		Shinya Ochiai	Kanazawa University	K-INET Staff	Analysis
		Mutsuo Inoue	Kanazawa University	K-INET Staff	Analysis & discussion
Dr. Wahyu Retno Prihatiningsih		BRIN (National Research and Innovation Agency of Indonesia)	Researcher	Researcher / analysis and discussion	
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					
Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample	
	Applied sample	Seawater samples from Tanjung Lesung	Water	11 samples	
	Analyzed sample	Seawater sample prepared by AMP method	Solid	11 samples	
Purpose of the Research/ Expected Results		In recent years, the main source of contamination radiocesium in marine waters comes from the accident of the Fukushima Nuclear Power Plant on March 2011. The total amount of ^{137}Cs was estimated to be 15 - 27 PBq directly released into Pacific Ocean. Based on current system in the Indonesian Throughflow (ITF), most of water mass originates from North Pacific (92%) and South Pacific waters (8%) with a total flow rate about 15 Sv. The water mass then transported to the Indian Ocean through the Lombok Strait, the Ombai Strait, and the Timor Trajectory, with volumes of 1.6 Sv, 4.9 Sv and 7.5 Sv, respectively. The water mass from the Pacific Ocean that contains radiocesium element has a potential to migrate from North Pacific Ocean to Indian Ocean through ITF is relatively high. Many studies have been conducted in this area, but the data produced is still limited. Moreover, the complexity of the current system in Indonesian territory is still difficult to understand. In this study, we determine the ^{137}Cs concentration in the coastal and offshore of the Sunda Strait, Bali Strait and Molucca Sea during 2023-2024. The water currents and their mixing patterns, including the time- scales water circulations, in the study area were investigated with a particular focus on ^{137}Cs concentrations in surface seawaters. The radiocesium analysis data obtained will be compared with previous studies conducted in the South China Sea, and the North Pacific Ocean, including radiocesium data from the Indian Ocean. This research will continue into its second year from April 2024 to 2025 with a focus on adding data on Radioactivity Concentration Measurements in Fish and Shellfish Samples from the Java Sea for Seafood Safety: Concentration Factor of ^{137}Cs over a decade of FNDPP. Research evaluation will be conducted in early 2025 and discussed with all team members for further manuscript writing for publication or continued data addition.			

Description of the measurement site

The Indonesian seas are the primary low-latitude connection between the global oceans that allow the transport of water mass from the Pacific Ocean to The Indian Ocean. The water mass containing radiocesium elements from the Pacific Ocean has a significant potential to migrate from the North Pacific Ocean to the Indian Ocean through the Indonesian Throughflow (ITF). The determination of radiocesium concentration was conducted in seawater of Tanjung Lesung, Sunda Straits (S 6° 32' 02.0" E 105° 37' 27.2") as the third largest outflows of ITF with volume 2.7 Sv. Sunda Straits connects the Java Sea with the Indian Ocean which is characterised by the prevailing Northwest and Southwest Monsoon Currents. Moreover, in the inflows of ITF, radiocesium was determined in seawater of Ternate, Molluca Sea (N 0° 45' 33.7" E 127° 18' 33.2") originates from the North Pacific Current. Tanjung Lesung and Ternate are considered ideal for investigating the complexity of radiocesium migration through ITF.

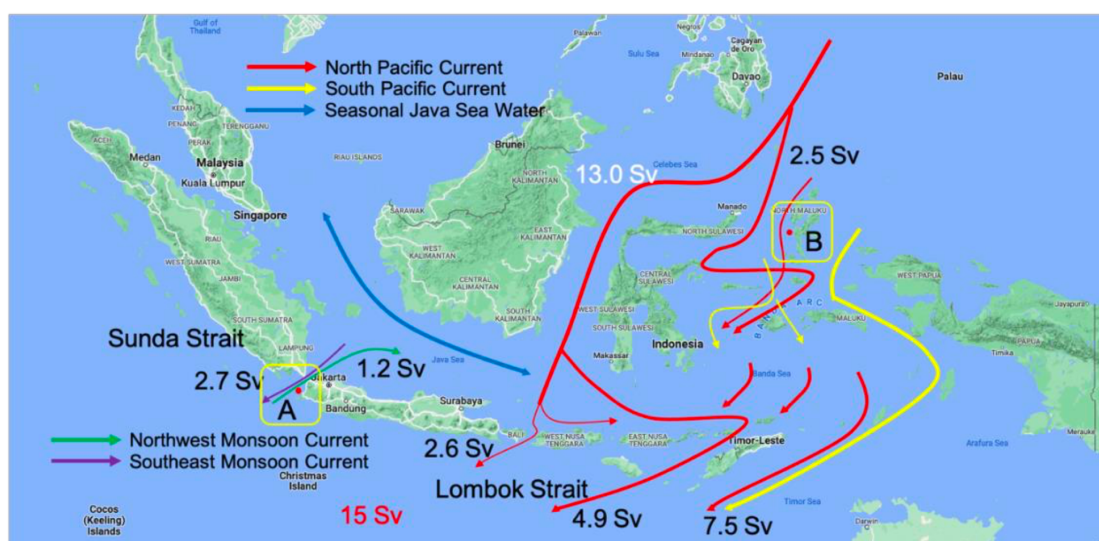


Fig. 1 Measurement Site, (A) Tanjung Lesung, Sunda Straits and (B) Ternate, Molluca Sea

Radiocesium migration through ITF

Radiocesium is one of the major accident-derived radionuclides from the Fukushima Daichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2011. The distribution and dynamics of radiocesium in the ocean over a decade of accidents are still becoming a global concern due to it remaining in the environment for a long period and gradually migrating to each marine compartment [1]. The distribution of radiocesium in the Indonesian Seas, specifically in the areas of Tanjung Lesung and Ternate as part of ITF was measured in a time frame between January to November 2023. The result of the research showed that the average concentration of ^{137}Cs in Tanjung Lesung is 1.16 ± 0.07 mBq/L and the concentration of ^{137}Cs in Ternate is 1.34 ± 0.20 mBq/L. Overall, the concentration range of ^{137}Cs from the two areas is $0.89 \pm 0.06 - 1.46 \pm 0.06$ mBq/L. Compared with previous studies conducted in the Pacific-Indian Ocean and Indonesian Seas as well, the research result indicates that the concentration of ^{137}Cs was higher than in previous studies. However, ^{134}Cs were not detected in any of the samples from those two areas. The absence of ^{134}Cs in seawater suggests there is likely no direct influence from the release of radiocesium from Fukushima. Other than that, the absence of ^{134}Cs was probably caused by consideration of its time decay. Therefore, further studies are needed to investigate comprehensively the migration and fate of the radiocesium through ITF.

Details of the
project/
Results

Table 1.0 Radiocesium (^{137}Cs and ^{134}Cs) in seawater samples from fixed monitoring station in the Tanjung Lesung, Sunda Strait.

Date (y/m/d)	Geographical position		Stations	Radioactivity (mBq L ⁻¹)	
	Latitude	Longitude		^{137}Cs	^{134}Cs
2023/01/26	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 1	1.34 ± 0.08	B.D.
2023/02/28	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 2	1.30 ± 0.09	B.D.
2023/03/29	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 3	1.20 ± 0.09	B.D.
2023/05/04	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 4	1.16 ± 0.09	B.D.
2023/05/25	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 5	1.12 ± 0.07	B.D.
2023/06/26	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 6	1.12 ± 0.06	B.D.
2023/07/27	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 7	1.03 ± 0.06	B.D.
2023/08/29	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 8	1.46 ± 0.06	B.D.
2023/10/05	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 9	0.96 ± 0.06	B.D.
2023/11/02	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 10	1.14 ± 0.06	B.D.
2023/11/29	S 6° 32' 02.0"	E 105° 37' 27.2"	Tj. Lesung 11	0.89 ± 0.06	B.D.

Results

B.D. is below detection

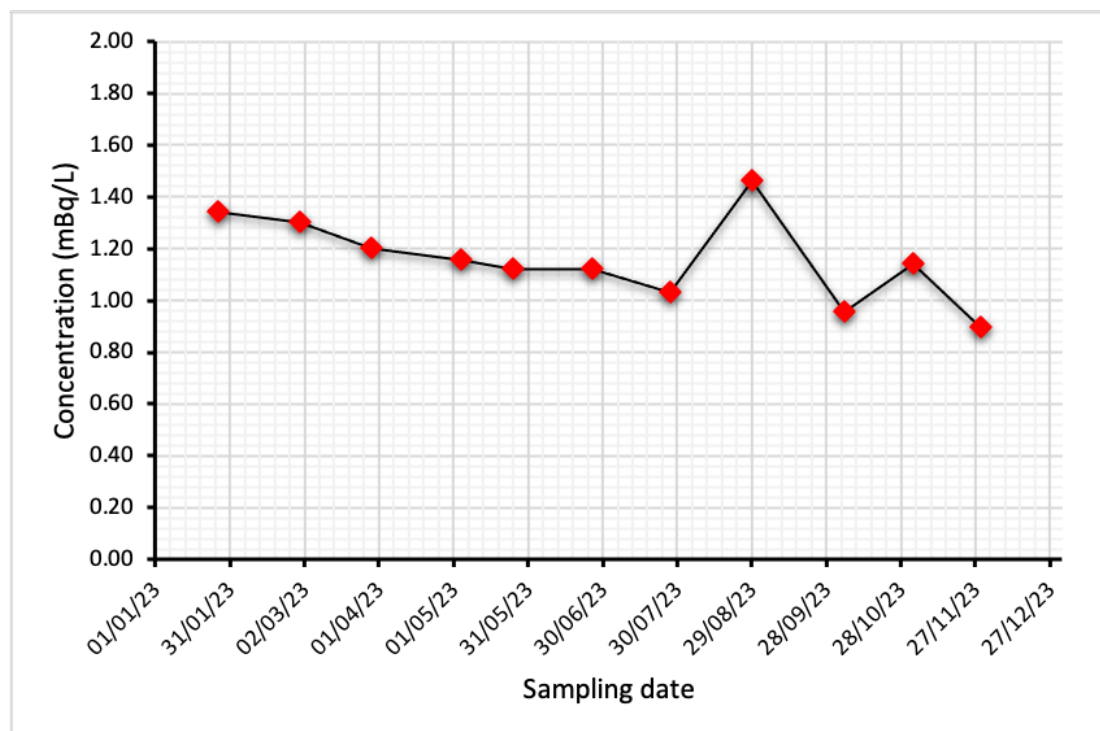


Figure 2. Temporal Variation of ^{137}Cs from January to November 2023

※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to theK-INET office.

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2024

Name	Sherif Elshahat Elsayed Mansour	Date	07/04/2024	
Affiliation Position	Geology Department, Faculty of Science, Port Said University, Assistant Professor			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program ☐ Joint research within Kanazawa University	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☐ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☒ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Tectonothermal and Sedimentologic Evolution of Oil-bearing Basins of the Gulf of Suez Implication to Reservoir Architecture			
Program Period	04/01/2023-03/31/2024			
K-INET Research Staff	長谷部徳子			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Sherif Mansour	Port Said Univ.	Assistant Prof.	Sampling and analyses
	Member(s)	Noriko Hasebe	Kanazawa Univ.	Prof.	Support of analyses
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					
Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample	
	Applied sample	mineral	solid	5	
	Analyzed sample	mineral	solid	85	
Purpose of the Research/ Expected Results	Rifts provide majority of the recoverable hydrocarbon (Oil and Gas) worldwide, with a total recoverable Oil reserve of approximately 2 x 10¹¹ barrels (Morley, 1999). Japan sea is one the rifts and hydrocarbon reservoir was formed. Niigata prefecture is famous as a reservoir in Japan. However, the Japan sea reservoirs are less productive compared to the Gulf of Suez rift, Egypt. We plan to study development of Gulf of Suez rift thermochronologically under the known stratigraphy and tectonics of the region to find out what makes the difference between two regions as hydrocarbon reservoirs.				

Details of the
project/
Results

The resulting ages can be categorized into three distinct magmatic episodes: (1) Syn-tectonic magmatic events (ca. 758-653 Ma) are exemplified by the intrusion of both types of granitoid plutons that are classically termed "Older, Gray, or Calc-alkaline" and the "Younger, Red, or Alkaline" granitoids. Specifically, samples SQ12, SQ08, SQ06, and SQ03 yielded concordant ages of 758 ± 5 Ma, 722 ± 5 Ma, 675 ± 5 Ma, and 653 ± 7 Ma, respectively, overlapping with the previously documented ages of the "Older" granites. (2) Dokhan Volcanic activity (approximately 611-603 Ma) is illustrated by samples SQ13, SQ16, and SQ14, with ages of 618 ± 5 Ma, 608 ± 3 Ma, and 606 ± 5 Ma, respectively, in agreement with the published ages of the Dokhan Volcanics. The Dokhan Volcanics precede other post-tectonic rock units, likely marking the onset of an extensional stage in the studied region. (3) Post-tectonic magmatic events (ca. 572-551 Ma) are characterized by granitic intrusions termed the "Older, Gray, or Calc-alkaline " and "Younger, Red, or Alkaline" granites and represented by samples SQ10, SQ05, SQ01, SQ09, and SQ15, yielding concordant ages of 583 ± 5 Ma, 569 ± 3 Ma, 563 ± 5 Ma, 561 ± 4 Ma, and 555 ± 4 Ma, respectively. These results align with the published ages of the Younger granites in different regions of the ANS.

Granitoid rocks of both Calc-alkaline or Gray and Alkaline or Red granitoids, which are classically referred to as Older and Younger granitoids, respectively, coexist in the magmatic activities of both the Syn-Orogeny and the Late-Orogeny. Therefore, the classical connection between the Calc-alkaline or Gray granites as Older rock suite, and Alkaline or Red granites as a younger rock suite is misleading.

Xenocrysts with pre-Pan-African ages (Paleo-Mesoproterozoic) were detected in three different samples (SQ03; grains C7, D3, SQ08; grains B9, C2, and SQ12; grains C9, D6), yielding concordant ages of 1130 ± 15 Ma, 1210 ± 18 Ma, 1879 ± 22 Ma, 1401 ± 25 Ma, 1385 ± 12 Ma, and 1232 ± 27 Ma, respectively. Zircon grains with comparable ages are progressively being identified in modern research on the basement rocks of the juvenile ANS and clastic sedimentary rocks. These xenocrysts raise questions about the possibility of a previous occurrence and erosion of pre-Pan-African crust.

Inherited zircon grain was observed in sample SQ15 (grain E1), yielding a concordant age of 735 ± 7 Ma, which was consistent with the published reworked nature of the older Pan-African magmatic intrusions of the ANS Neoproterozoic crust.

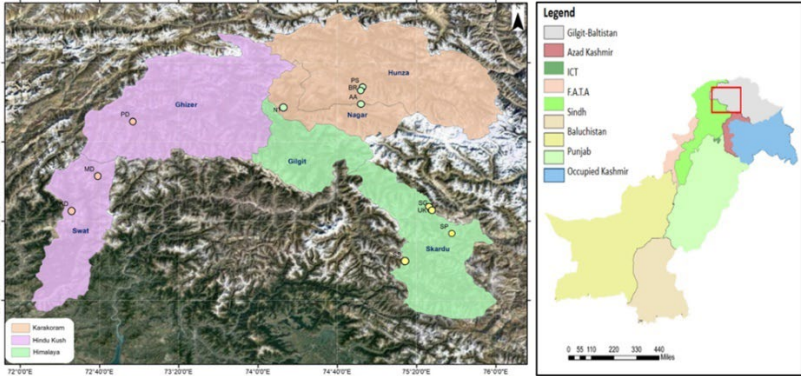
Zircon grains with younger ages (compared to the interpreted ages of crystallization populations) were identified in two different samples (SQ01; grains C6, D2), and SQ03; grain D8), with concordant ages of 430 ± 6 Ma, 475 ± 14 Ma, and 530 ± 10 Ma, respectively. These may represent new growth during magmatic differentiation or overgrowth during metamorphism. The age of 530 ± 10 Ma (SQ03, grain D8) could document further ex-tension of post-tectonic magmatic activity. While, the ages of 475 ± 14 Ma and 430 ± 6 Ma (SQ01, grains C6, D2) are of uncertain significance, however, dykes with consistent ag-es were documented in South Sinai (Sharm El Sheikh area).

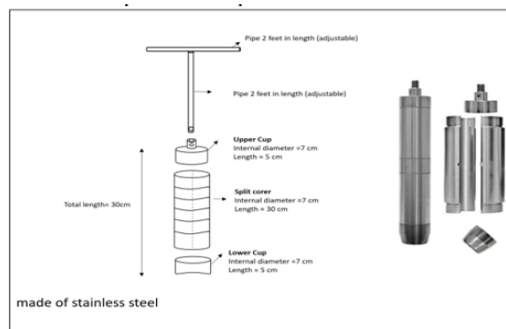
Results	"Geochronological Constraints on Evolution of the Arabian–Nubian Shield in Eastern Desert, Egypt", submitted to Minerals "Time constraints on the tectonic evolution of Meatiq area, the Central East Egypt" in preparation to submit Geochemistry Geophysics Geosystems
※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to theK-INET office.	

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Prof. Dr. Riffat Naseem Malik	Date	MM/DD/YYYY 30/04/2024		
Affiliation Position	Department of Environmental Sciences, Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan/Professor				
Postal Address					
Phone Number		Facsimile			
E-mail Address					
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☐ international	Research period ☐ one year ☐ two years	☐ new ☐ continue	
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region				
Research Theme	²¹⁰ Pb chronology of selected lakes from Northern Region of Pakistan and Their Potential for Persistent Organic Substances (PTSs) '				
Program Period	MM/DD/YYYY ~ MM/DD/YYYY 04/1/2023 ~ 03/31/2024				
K-INET Research Staff	Seiya Nagao/Professor Division of Integrated Environmental Studies in Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Japan. Shinya Ochiai / Assistant Professor Division of Integrated Environmental Studies in Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Japan.				
Research		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task

	Applicant	Riffat Naseem Malik	Department of Environmental Sciences Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan	Professor	Resources, Supervision, Funding Acquisition, Project Administration.
	Member(s)	Hafiz-ur-Rehman	Graduate School of Science and Engineering Kagoshima university Korimoto, Kagoshima, Japan	Associate Professor	Technical assistance
		Abdia Farooqi	Department of Environmental Sciences Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan	Associate Professor	Technical assistance
	※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.				
Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample	
	Applied sample	Sediment core samples from remote Himalayan lakes	Freeze dried sediment samples	11	
	Analyzed Sample	Sediment samples	--	11	

Purpose of the Research/ Expected Results	Fresh water lakes in the mountainous region of Hindukush-Karakorum-Himalayan (HKH) of Pakistan exhibit unique characteristics and are highly vulnerable to persistent toxic substances via local activities and atmospheric long-range transport. This region also exhibits higher altitude ranges which favors scavenging and accumulation of Persistent Toxic Substances (PTSs). Local emissions, physiography and climatic properties of these regions also add-in to enrichment of pollutants. A significant fraction is deposited into snowpacks and reaches the hydrological cycles during snow melt, thus rendering to the lake sediments, get deposited and bioaccumulate in the biota. As limited information is available for selected lakes therefore it is important to study these lakes. ※ Submit the application form.
Details of the project/ Results	1. Details of the project/Results A total of two lakes in HKH region of Pakistan were selected and sediment cores from these lakes were extracted using stainless steel sediment core sampler (details about of sampler and samples are given in Fig 2a). Each core is ~30 cm long and were sectioned into two halves and further sliced from the surface to the base using a stainless-steel slicer (Fig 2b, c). Each slice weighed, labelled, and kept frozen and sent to Japan for further analysis. As sediment cores were not enough therefore it was decided to restrict Total Hg analysis, MeHg and ³⁷Cs analysis. The results were shared and discussed in detail with Prof. S. Nagao in meetings held time to time online during 2023-24.  Figure 1: Study area comprised of HKH region of Pakistan and locations of selected lakes



(a)

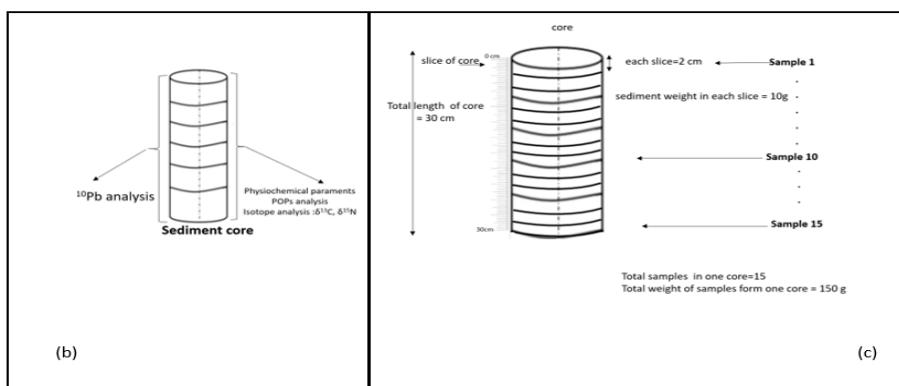


Figure 2: Stainless steel corer used for sampling (a), division of sediment core into two section (b) and details about slicing of each core (c)

2. Results

Spatial profiling and Sedimentation flux of contaminants in selected lakes

Results

The concentration of total MeHg and total metals detected in both lakes are given in **Table 1**, **Fig 3** and **Table 2** indicate accumulation and burial fluxes of lakes. Total MeHg of Borith lake was 0.39 ng/g for HK region, and 7.14 ng/g for the Passu lake. Among total Hg Borith lake showed lower concentration in sediment core as it is a saline lake (BR) and Hg concentration was 2.66 ($\mu\text{g/g}$). Higher levels of total Hg contamination compared to the US-EPA value of 0.2 $\mu\text{g/g}$ was found which indicating some anthropogenic Hg input to these lakes (Huang et al., 2020). Trace metals (TMs), were analyzed in each sub-section of all the sampled cores (Fig 3). The sediment core of lake BR showed a comparative higher concentration towards the surface, whereas the rest of the cores did not show many vertical variations. Whereas for the PS sediment core maximum accumulation values of Zn and Pb were found in the middle sections i.e. 10 cm and 15 cm,

respectively. No consistent trends of As were observed through the cores of any region.

¹³⁷Cs inventory, sedimentation, and mass accumulation rates

Mass accumulation rate (MAR) was determined by dividing “m” over the time elapsed between the sampling year (t_0) and the year of ¹³⁷Cs activities i.e. 1986 for the most recent peaks and 1963 for the deeper peaks (Bravo et al., 2009; Baskaran et al. 2015). MAR of the lakes for the aforementioned years, was calculated by the following formula (USGS, 1993; Bing et al. 2016). As the moisture content (MC%) showed a small variation along the depth, the timescale can be applied directly to the depth intervals of the sediments. Based on this correlation, the sedimentation rate (cm/year) was also calculated for each core along with their estimated MAR (g/cm²/year). The average sedimentation rate (SR) was much lower than the average SR and MAR.

Higher MAR in the Passu Lake could be because these lakes act as water reservoirs for the local population, whereas natural geology and low OM (a binding agent for sediments) can also be contributing to their higher SR. Further, frequent flash floods might be causing the higher MAR (Canpolat et al., 2020).

Table 1. Information of cores and ¹³⁷Cs and MAR values of both Lakes cores

Lake + Core No.	section depth (cm)	¹³⁷ Cs inventory I=Ai*mi	MAR ₁ =m ₁ /(2018-1963)	MAR ₂ =m ₂ /(2018-1986)	Avg MAR (g/cm ² /yr)
Borith Core 2	1	137.18	0.364	0.031	0.20
Borith Core 2	2	89.17			
Borith Core 2	3	77.03			
Borith Core 2	4	83.72			
Borith Core 2	5	72.88			
Borith Core 2	10	149.79			
Borith Core 2	15	266.53			
Borith Core 2	20	290.31			
Borith Core 2	25	221.96			
Borith Core 2	30	164.45			
Passu Core 1	1	137.72	0.455	0.313	0.38
Passu Core 1	2	132.45			
Passu Core 1	3	114.93			
Passu Core 1	4	106.51			

Passu Core 1	5	120.13
Passu Core 1	10	574.30
Passu Core 1	15	372.00
Passu Core 1	20	199.66
Passu Core 1	25	293.80
Passu Core 1	30	197.69

Table 2 Information on different parameters measured along with MeHg in two Lakes

Region	Borith	Passu
Altitude (m)	3490.00	2590.80
Hg $\mu\text{g/g}$	2.66	8.01
LOI %	62.31	2.59
$\delta^{13}\text{CVPDB} \text{ ‰}$	-27.46	-20.25
$\delta^{15}\text{NAir} \text{ ‰}$	-0.45	3.05
C %	32.20	1.24
N %	1.82	0.10
C/N	17.74	13.54
MeHg ng/g	0.39	7.14

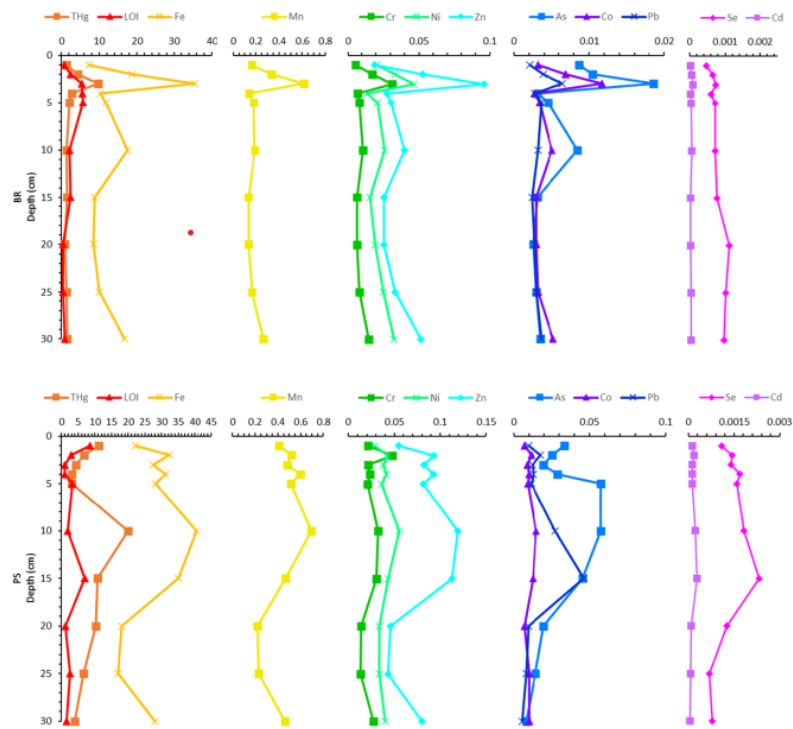


Fig3 studied metals in two lakes cores and ^{137}Cs in Borith (Br) and Passu (PS)Lakes

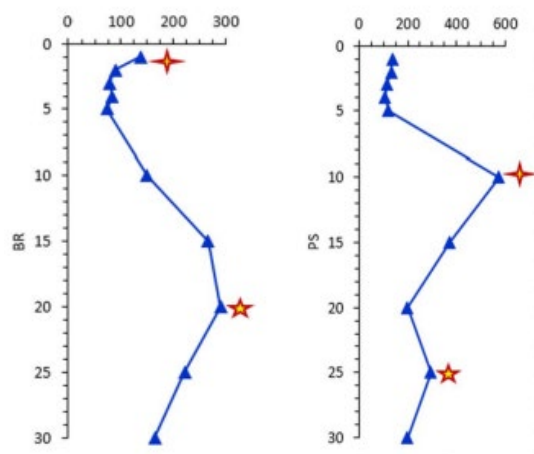


Fig 4. Vertical profiles of ^{137}Cs (dpm/cm²) in sediment cores of two lakes

References

- Bing, H., Wu, Y., Zhou, J., Li, R., & Wang, J. (2016). Historical trends of anthropogenic metals in Eastern Tibetan Plateau as reconstructed from alpine lake sediments over the last century. *Chemosphere*, 148, 211–219.
- Bravo, A. G., Loizeau, J. L., Ancey, L., Ungureanu, V. G., & Dominik, J. (2009). Historical record of mercury contamination in sediments from the Babeni Reservoir in the Olt River, Romania. *Environmental Science and Pollution Research*, 16, 66–75.
- Huang, J., Kang, S., Yin, R., Guo, J., Lepak, R., Mika, S., Tripathi, L., & Sun, S. J. E. P. (2020). Mercury isotopes in frozen soils reveal transboundary atmospheric mercury deposition over the Himalayas and Tibetan Plateau. *Environmental pollution*, 256, 113432.
- Baskaran, M., Miller, C., Kumar, A., Andersen, E., Hui, J., Selegue, J., Creech, C., & Barkach, J. (2015). Sediment accumulation rates and sediment dynamics using five different methods in a well-constrained impoundment: Case study from Union Lake, Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 41, 607–617.
- USGS (1993). Publications of the U.S. Geological Survey. U.S. Department of the Interior Varol, M. Ö., Eriş, K. K., & Çağlar, M. (2020). Trace metals in core sediments from a deep lake in eastern Turkey: concentration profiles, eco-environmental risks and possible sources. *Ecotoxicology and Environmental Science*, 189, 110060

※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。

※Write down the schedule of the published original papers, the publication without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to the K-INET office.

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Jiun-Chuan Lin (林 俊全)	Date	04/30/2024	
Affiliation Position	Professor, Department of Geography, National Taiwan University			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Estimation of landslide environment based on lacustrine sediments in Taiwan and Japan			
Program Period	04/1/2023 ~ 03/31/2024			
K-INET Research Staff	Shinya Ochiai			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Jiun-Chuan Lin	National Taiwan University	Professor	data analysis
	Member(s)	Kenji Kashiwaya	Kanazawa University	Emeritus Professor (Cooperative Researcher)	data analysis
		Shinya Ochiai	Kanazawa University	Assistant Professor	sediment analysis
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					
Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample	
	Applied sample	-	-	-	
	Analyzed sample	-	-	-	
Purpose of the Research/ Expected Results	Island arc in East Asia including Taiwan and Japan is strongly affected by the most active tectonic and climatic changes and related sediment disasters in the world. The evaluation of the period and scale of these changes are necessary to prediction and prevention of the future sediment disaster. However, information of the past sediment disaster is limited especially before historical age. This study aims to reveal the record of the past sediment disaster induced by heavy rainfall, earthquake, and snowmelt based on physical properties of lacustrine sediments of Ri Yue Tan (Sun Moon Lake) in Taiwan and some lakes in the Circum-Sea of Japan areas. This information is expected to contribute disaster prevention in this area. Statistical analyses and re-analyses are applied for physical properties and radionuclides of the lacustrine sediments from lakes of Taiwan and the region facing to the Japan Sea. The analyzed data are compared with the geomorphological and land cover ones using GIS technique to evaluate the record of the past landslide environments in the areas. For the analyses and comparison, measurement of radionuclides and physical properties of lacustrine sediment, and accumulated lacustrine data in K-INET are required.				
※Submit the application form.					

Details of the project/ Results	Sedimentary records of Ri-Yue Tan (Sun Moon Lake, the largest lake in Taiwan) provide precious hydro-environmental information during the past 15000 years. The interval is roughly divided into four stages from the viewpoint of hydro-geomorphological conditions; i) high water level with large artificial water inflow (1934 AD – present), ii) low water level comparatively large catchment area (1919 AD – ca.2800 yr BP), iii) frequent high water level with small catchment area (ca. 2800 yr BP – ca.13500 yr BP), iv) low water level with comparatively large catchment area (ca.13500 – 15000 yr BP). Changes in the conditions are mainly shown in the physical properties; small mineral grain size and large grain density suggest enough water with high water level while large grain size and small density mean low water level and limited water discharge. Dam construction (1919 – 1934 AD) for more water supplies to the newly established power station greatly influences the hydro-geomorphological and environmental conditions in the Ri-Yue Tan lake-catchment system. Additional artificial water inflow with mineral material through the waterway from Wujie reservoir has transported more sediments (roughly twice) after the dam construction than before. Increase in water level due to the construction caused water-area enlargement and original catchment-area shrinkage, meaning changes in material production (erosion), transportation, and sedimentation in the system. Increase in water amount supplied from the reservoir is also printed in physical properties (small mineral grain size and large grain density) and chemical properties (Organic, HCl soluble, and bi-SiO₂ contents) of the lacustrine sediments.
Results	Kashiwaya, K., Liu, S., Ochiai, Lin, J.C., Hydrogeomorphological changes in an artificial modified lake catchment system inferred from lacustrine sediments of Ri Yue Tan (Sun Moon Lake) Lake), central Taiwan, submitted.
※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to theK-INET office.	

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Aadrean	Date	2024/-5/27	
Affiliation Position	Andalas University, Biology Department. Assistant Professor			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile	-	
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☐ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☐ international	Research period ☐ one year ☐ two years	☐ new ☐ continue
Research Field	☐ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	A comparative study of diversion ditch effects on macroinvertebrates in rice fields in Japan and Sumatra			
Program Period	2023-04-01 ~ 2024-03-31			
K-INET Research Staff	Nisikawa Usio			
	Name	Affiliation	Position	Role/Research Task

Research Team	Applicant	Aadrean	Andalas University, West Sumatra, Indonesia	Assistant Professor	Overall study
	Member(s)	Ferdi Andeska	Merangin University, Jambi, Indonesia	Lecturer	Field study
		Nisikawa Usio	Kanazawa University, Japan	Associate Professor	Supplying Japanese macroinvertebrate data, providing technical advice
	※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.				
Assay sample(s)			Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample
	Applied sample		-		
	Analyzed sample		-		
Purpose of the Research/ Expected Results	This proposed study is an important supplement to the Kakenhi project (2022–2026 Fostering Joint International Research; PI: Nisikawa Usio), which aims to develop wildlife-friendly rice farming using small-clawed otters as a flagship. The Kakenhi project mainly aims to elucidate the ecology of small-clawed otters and assess implementation of diversion ditches as small-clawed otter foraging habitats. In this proposed project, we aim to assess the effects of diversion ditch construction on macroinvertebrate assemblages in paddy fields, which serve as an indicator for paddy field biodiversity. By comparing the effects of diversion ditch construction on macroinvertebrate diversity in rice fields in Japan and Sumatra, the proposed project will also contribute to understanding of effectiveness of diversion ditch construction on paddy field biodiversity in a tropical region beyond the Sea of Japan area. In Indonesia, wildlife friendly farming has not attracted attention by farmers. If successful, the results of this proposed study could provide scientific evidence to support the development of wildlife-friendly rice farming in Indonesia. This would not only benefit the biodiversity of rice fields, but also the local communities that rely on these ecosystems for their livelihoods. Ultimately, this study has the potential to contribute to the coexistence of ecosystems and human society and promote sustainable agriculture in Indonesia.				
※ Submit the application form.					

Details of the project/ Results	This study consists of two phases: first, analyzing the dynamics of macroinvertebrates in rice fields, and then experimenting with a diversion ditch. However, we have not yet completed the diversion ditch experiment. Dynamics of Macroinvertebrates in rice fields We have successfully analyzed the macroinvertebrate dynamics, identifying 21 species. In analyzing the abundance and frequency of the data, the species with the highest abundance and frequency are <i>Melanoides</i> sp., <i>Pomacea</i> sp., and Chironomidae.. <i>Melanoides</i> sp. has the highest abundance at 56.88 and a presence frequency of 94.44%, making it the most dominant species in this site. <i>Pomacea</i> sp. is also highly abundant with a value of 11.38 and a frequency of 95.83%, indicating that this species is frequently found in almost all observation locations. Chironomidae has significant abundance at 17.92, although its presence frequency is lower at 47.22%. On the other hand, the species with the lowest abundance and frequency are <i>Dyticus</i> sp., <i>Macrothelmis</i> sp., and <i>Placobdella</i> sp. <i>Dyticus</i> sp. shows the lowest abundance with a value of only 0.03 and a frequency of 1.39%, indicating that this species is rarely encountered. <i>Macrothelmis</i> sp. is also very low in abundance (0.01) and only found in 1.39% of observation locations. <i>Placobdella</i> sp. has similarly low abundance (0.01) and a frequency of 1.39%, indicating very limited presence in this ecosystem. Temporal analysis is still in progress. As an early result, some species show significant temporal differences. For example, Chironomidae had low occurrence in the first two weeks, then appeared abundant after that. Ditch Experiment For the diversion ditch experiment, we have identified two potential locations and discussed them with the owners, who agreed. We are now preparing technical agreements, including compensation and labor. A master's student has been assigned to this project.
Results	This project has resulted in the creation of one poster, which was submitted to the K-INET conference. Additionally, This project will produce a bachelor's thesis that scheduled for completion in July–August 2024 by a bachelor student, Sekarwengi Nugroho. It will also produce a master's thesis that scheduled for July–August 2025 by a master student, Fitrah Kesuma Siregar.

※ Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to the K-INET office.

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Indra Chandra	Date	03/29/2024	
Affiliation Position	Engineering Physics, School of Electrical Engineering, Telkom University			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☐ international	Research period ☐ one year ☐ two years	☐ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Deployment of low-cost environmental sensors on the telecommunication tower for air quality system.			
Program Period	04/01/2023 ~ 03/31/2024			
K-INET Research Staff	Yayoi Inomata			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	I. Chandra	Telkom University	Assistant Professor	System development; field observation; and data analysis.
		Y. Inomata	Institute of Nature and Environmental Study, Kanazawa University	Associated Professor	Environmental aerosol data analysis
	※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.				
Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample	
	Applied sample	-	-	-	
	Analyzed sample	-	-	-	
Purpose of the Research/ Expected Results	The proposal goals are: 1. Design a system for the type of tower, a self-supporting tower (SST; 40-80 m) and pole (~15 m). 2. Design of case for complying with the regulation. 3. Deploy the system in one or more towers. 4. Visualize the PM2.5 data for advanced analysis.				
※Submit the application form.					

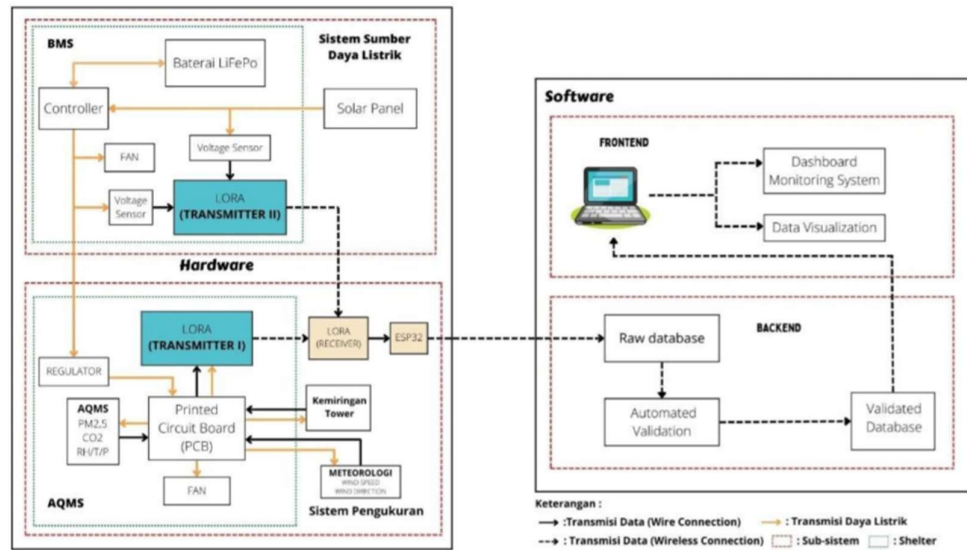


Fig. 1 System design for telecommunication-tower-based air quality monitoring systems using low-cost sensors.

Details of the
project/
Results

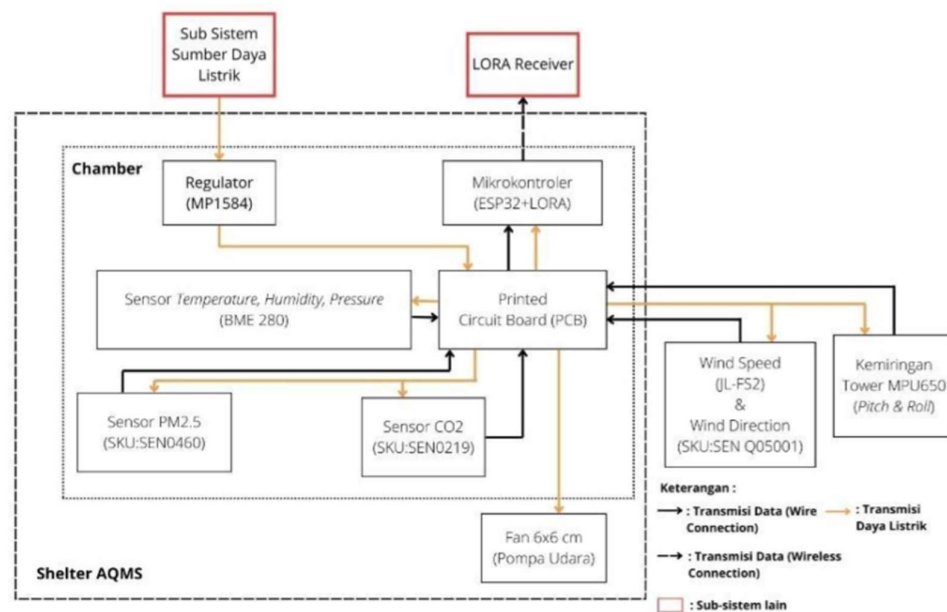


Fig. 2 The measurement system consists of pollutant detectors (PM2.5 and CO2), meteorological parameters (temperature, relative humidity, pressure, wind speed, and wind direction), and tower health (pitch and roll).

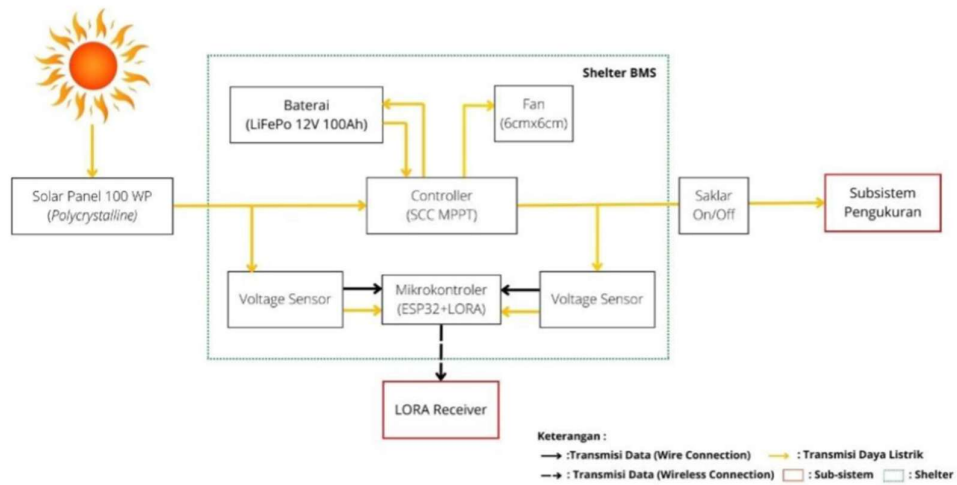


Fig. 3. Battery management system.

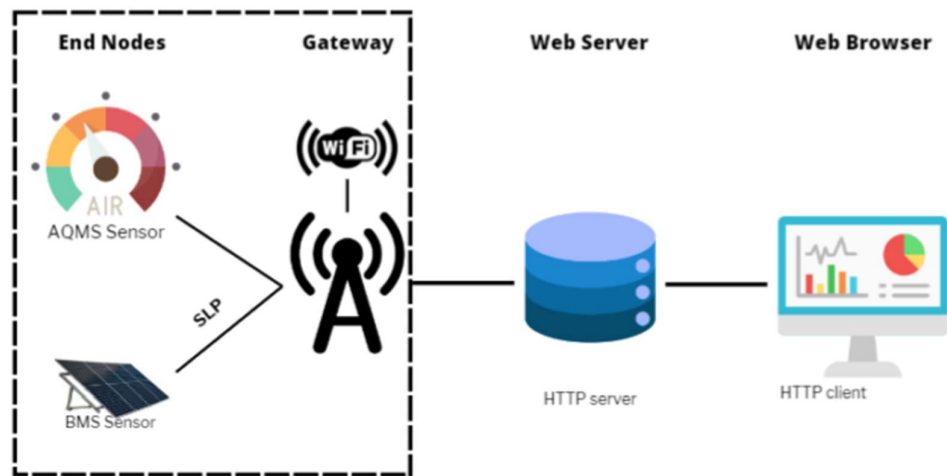


Fig. 4. Communication system from the station to the server.



Fig. 5. Design and implementation of telecommunication-tower-based air quality monitoring systems using low-cost sensors.

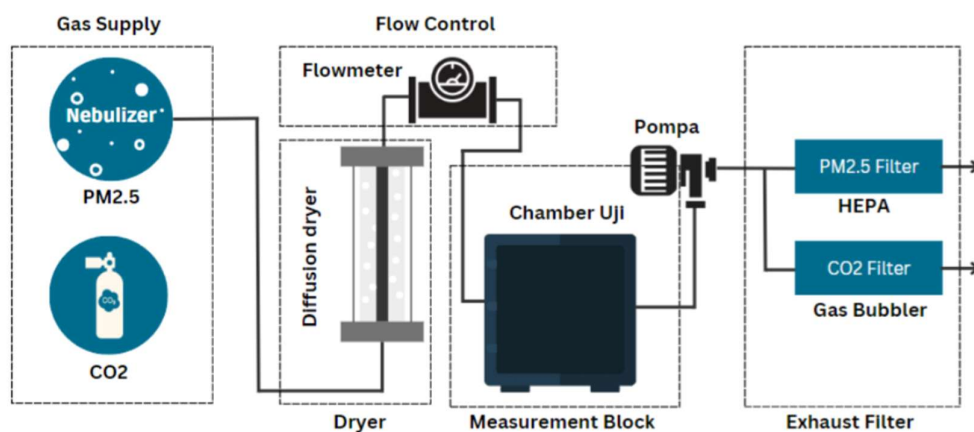


Fig. 6. Calibration system for PM2.5 and CO2 sensors.

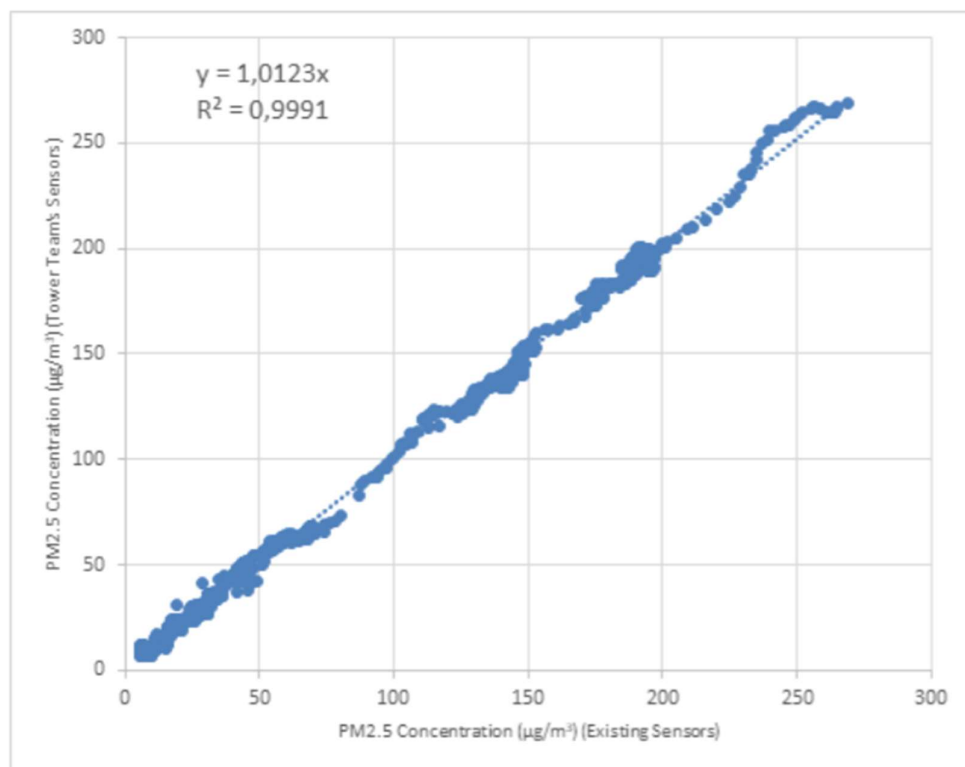


Fig. 7. PM2.5 calibration result.

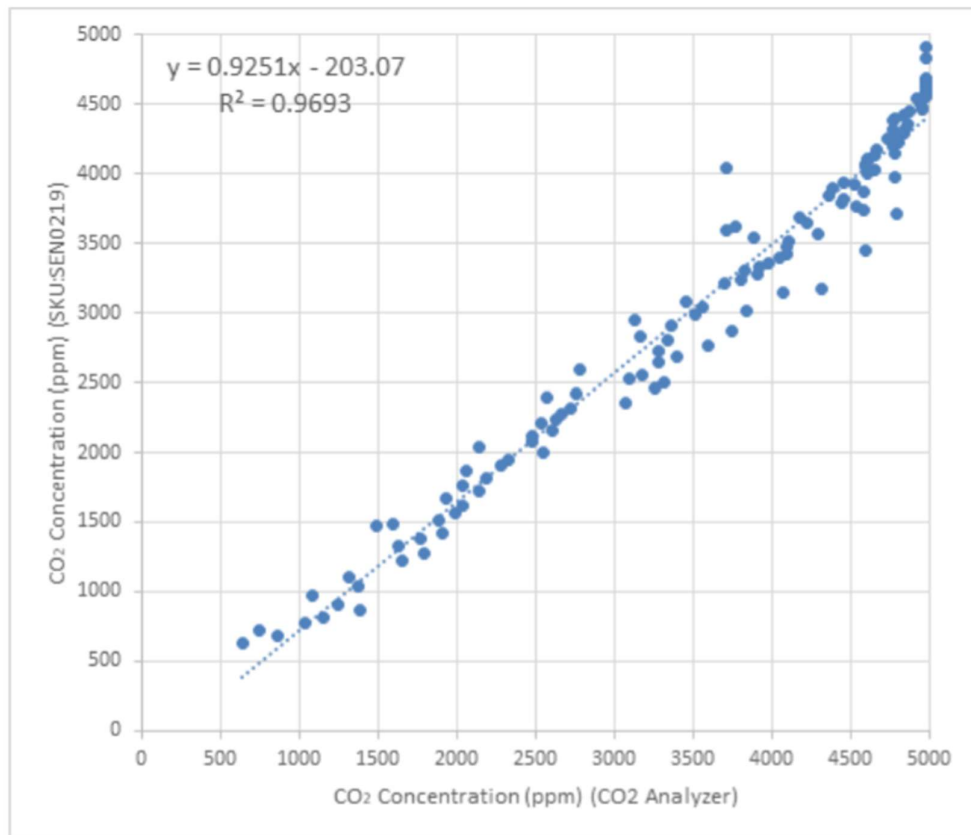


Fig. 8. CO2 calibration result.

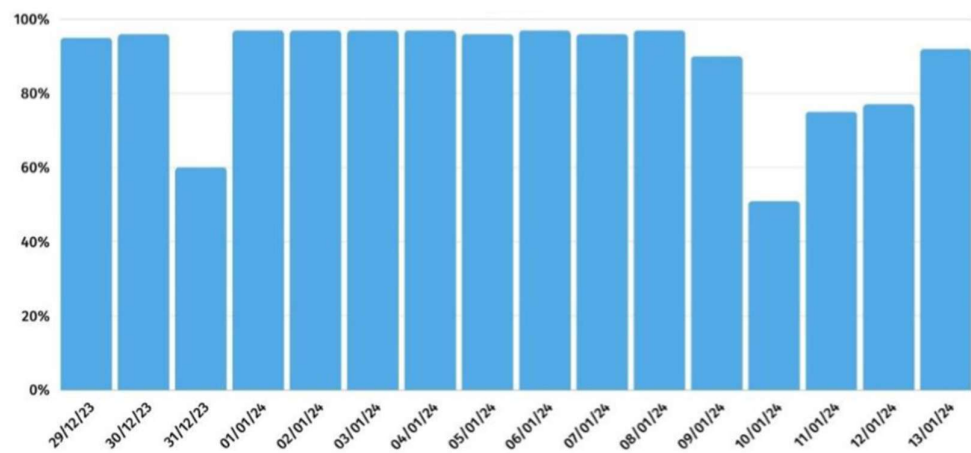


Fig. 9. Quality of service for data acquisition.

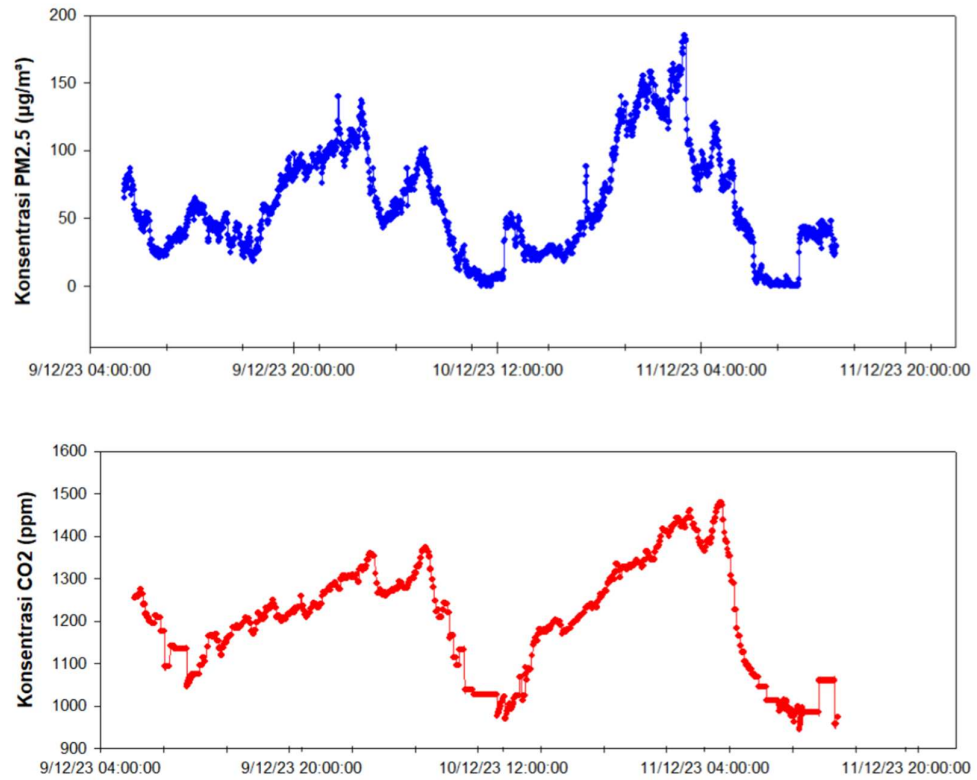


Fig. 10. Preliminary field measurement of (a) PM2.5 and (b) CO2 concentrations.

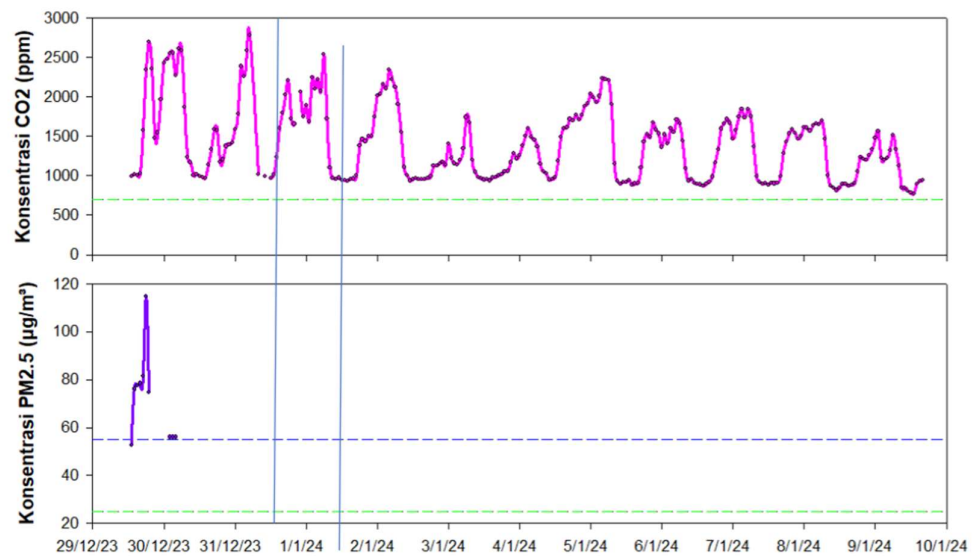


Fig. 11. Field measurement of a) PM2.5 and (b) CO2 concentrations. PM2.5 data failed due to heavy rain and stopped transmitting the data. Meanwhile, some CO2 data might contain some data errors.

Results	There is a correlation of data trends in the tower with existing stations above indicates that from December 30, 2023, to January 2, 2024, the CO₂ levels in the tower were exceedingly high, exceeding 2000 ppm. Our analysis suggests that there was a leak in the system, allowing water to enter the shelter. However, from January 3, 2024, onwards, the data began to stabilize and resembled the trend data observed at the Deli station. This may be due to the tower station being approximately 40 meters horizontally apart.
	The aforementioned data is collected every 2 minutes over a period of 24 hours, providing a detailed overview of rapid changes over time. Additionally, it is important to note that wind speed has a significant impact on the tilt of telecommunication towers, reflected in the changes in tilt along the x and y axes with increasing wind speed. The event on January 10 indicates extreme weather conditions, with heavy rain and strong winds reaching speeds of up to 19.67 m/s, impacting the tower's tilt, particularly along the y-axis, which reached a value of 35.84 degrees.
	Based on the pre-designed structure, the shelter design for the AQMS system is constructed in a box shape combined with a semi-circle, resembling a "U" shape to mitigate strong winds. Additionally, the design incorporates air ventilation to prevent overheating inside the shelter. As for the inlet, it is designed like a ventilation hole with slanted partitions to allow rainwater to drain out directly. However, in its implementation, the intended shape of the inlet was not achieved, as the partitions were only reduced in size on the inside, preventing water from draining out when it entered. This can disrupt the measurement system within the measuring chamber, leading to damage to several sensors. Thus, while measurements and sensor readings can still be obtained, there are slight flaws in the implementation of the design, making it somewhat less effective in protecting the system from rainwater. However, the system's resilience against strong winds is adequate, as evidenced by no reported incidents of system failure. To address the water issue, additional funnels or modifications to the inlet can be made. Modifications involve adding a funnel cover without altering the shelter's structure. The cover funnel is designed to prevent rainwater from entering through the shelter's ventilation funnel. The new funnel only has an opening at the bottom to serve as the air inlet into the measuring chamber. The cover funnel will be made of stainless steel for lightweight and easy construction. Additionally, the stainless-steel cover funnel will not interfere with the electrical system as it is located outside the shelter. The BMS shelter design conforms to the established plan, ensuring a stable BMS system without disruptions during data collection and transmission. As of now, the BMS data remains stable and effective according to the expected patterns, demonstrating the effectiveness of the shelter design implementation.
※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to the K-INET office.	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	じゃりーぽん るあんぐすり			
申請者氏名	Jareeporn Ruangsri	提出年月日	2024 年 4 月 30 日	
所属・職名	Prince of Songkla University, Assistant Professor			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☐ 一般枠 ☒ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☒ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	タイ王国沿岸部と日本海における抗菌酵素 L-アミノ酸オキシダーゼを持つ魚種の地域間比較 Antibacterial L-amino acid oxidase activity screening in marine organisms of Japan and Thailand coastal area.			
研究実施期間	2023 年 5 月 1 日～ 2025 年 3 月 31 日 (1 年目)			
センター教員	木谷洋一郎			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	Jareeporn Ruangsri	Prince of Songkla University	Assistant Professor	研究統括
	分担者	木谷洋一郎	金沢大学	准教授	データ解析・遺伝子発現解析・LAO活 性測定
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料			物質名	形態（形状）	試料数
		申請書に記載 した試料	組織抽出液	液体	50
		分析した試料	組織抽出液	液体	40
研究目的・ 期待される 成果	【研究の意義】 L-アミノ酸オキシダーゼ（LAO）はL-アミノ酸を分解する過程で過酸化水素を産生し、これが抗菌作用を示す。魚類においては体表粘液や血液中に含まれる魚種がいくつか見つかっている。一方、魚種間での LAO 分布には偏りがあり、分担者による先行研究では日本国で採取された魚種の約 70%で LAO 活性が見られないことが明らかとなっている。 【目的】 本申請課題では魚類 LAO の魚種間分布を熱帯域でも調査する端緒として、日本海における魚種スクリーニングを行う。 【特色】 LAO の魚種間分布について地域差を考慮した研究は行われていない。また生物相が全く異なる両地域についてこれを調べることで、LAO がどのようにして魚類の生体防御物質として進化してきたか理解するヒントとなる。 【期待される成果】 LAO の魚種間分布には法則性が見られず、生息域、種関係、健康状態など様々な要因が推定される。現在までに熱帯域にのみ生息する魚種について LAO 活性を議論した報告はなく、LAO 魚種間分布の謎を明らかとするきっかけとなる。また将来の水温変化等環境の変化に伴い新しく発生するであろう魚病への対策の一助ともなるかもしれない。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	魚類のL-アミノ酸オキシダーゼ (LAO) はその体表粘液や血液中に存在し生体防御に関与していると考えられる。一方、LAOは魚類において種特異性を示すが、種分化とLAOの有無における関連性は不明な点が多い。LAOの魚種特異性はLAOの分子進化を解明する端緒となりうると考え、全地球的に魚種網羅的な調査を計画しこれを進めている。その過程でホシササノハベラ<i>Pseudolabrus sieboldi</i>血清が強力なLAO活性を示すと見出した。本研究ではホシササノハベラLAOについて生化学的な性状、一次構造そして組織間分布について検討を加えた。 ホシササノハベラ野生個体を採取し、血清、皮膚、鰓、腎臓、肝臓を得た。はじめに、血清におけるLAO基質特異性を調べた。基質にはタンパク質構成アミノ酸20種を用いた。次に、ゲルろ過HPLCに血清を供し、LAOが持つ補酵素フラビンアデニンジヌクレオチドに特徴的な吸収波長 (447 nm) で溶出をモニターし分子量を推定した。最後に次世代型遺伝子配列解析装置 (NGS) を用いたLAO遺伝子配列解析を試みた。各組織から総RNAを抽出しライブラリ調製後、NGSに供し遺伝子断片配列を得た。すべての配列情報をもとにアセンブリを行ったのち、各配列にアノテーションを付与した。LAO類似遺伝子配列を対し、各組織から検出された遺伝子断片配列を再度マッピングし、これを遺伝子発現量として各組織間で比較した。 ホシササノハベラ血清のL-アミノ酸基質特異性を調べたところ、メチオニンと最も反応性が高かったほか、フェニルアラニンとロイシンにも同等の反応性が見られた。このほかにもアルギニン、ヒスチジン、リシン、トリプトファン、チロシンと、広範なL-アミノ酸と反応した。ゲルろ過HPLCの結果、28.0分と30.4分にピークが見られ、溶出時間からそれぞれ78.6および44.0 kDaと見積もられた。NGSの結果から、大きく3つのクレードに分類される異性体が検出された。各LAO異性体の組織別発現パターンを解析したところ、体表に発現するLAOと肝臓に発現するLAOが存在し、構造依存的な組織特異性を示すことが示唆された。NGSにより解析された遺伝子配列は断片的な情報を計算機上で再構築したものであるため実際の遺伝子とは構造が異なることが多いため、得られた情報をもとに設計した遺伝子特異的プライマーを使用して遺伝子クローニング法により全長を確認する予定である。また、たのべら類についても日本海およびタイ王国沿岸部で採取しLAO活性をしらべ、魚種特異性ならびに構造活性相関についても検討していく。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	成果の一部は令和 6 年度日本水産学会春季大会 (2024 年 3 月 28 日) で公表した。またいくつかの追試を行ったのちに国際誌へ投稿予定である。 ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)				
申請者氏名	Debbie L Hay	提出年月日	2024 年 4 月 30 日	
所属・職名	Department of Pharmacology and Toxicology, University of Otago			
連絡先住所	〒			
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☐ 一般枠 ☒ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☒ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	軟骨魚類の体液カルシウム調節における多環芳香族物質の影響評価に向けた基礎的研究 The basic research to evaluate the influence of polycyclic aromatic hydrocarbons on the regulation of body fluid calcium levels in cartilaginous fishes			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター教員	関口俊男・金沢大学環日本海域環境研究センター 臨海実験施設			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	Debbie L Hay	University of Otago	教授	研究統括 リガンド受容体解析
	分担者	関口俊男	金沢大学	准教授	発現ベクターの構築 遺伝子発現解析
		鈴木信雄	金沢大学	教授	遺伝子発現解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	日本海は、閉鎖的な海域であり日本本土や大陸からの長期的な汚染物質の流入による汚染物質の蓄積が懸念されている。申請者らは、環境汚染物質の中で多環芳香族炭化水素類（PAH）類に着目している。PAH 類は硬骨魚類に対する免疫毒性や発生異常、骨代謝への影響などが報告されている。一方、サメやエイなどを含む軟骨魚類については PAH 類の影響についての報告は少ない。そこで 本研究では、<u>アカエイをモデルとして軟骨魚類における PAH の影響評価を目指した基礎的研究</u>を行う。本研究では、体液カルシウム濃度調節系に着目し、その調節に関わるホルモンを同定する。将来的にはこのホルモンが PAH 影響評価のマーカーになるか検討する。 本研究により、軟骨魚類の体液カルシウム濃度調節に関わるホルモンが同定できる。さらに、このホルモンと PAH 類との関係を調べることで、PAH 影響評価に対する新規のマーカーの同定にもつながる。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	本申請では、アカエイをモデルとして軟骨魚類の体液カルシウム濃度調節機構を明らかにし、将来的に PAH に対する軟骨魚類体液カルシウム濃度調節機構への影響評価につなげる。脊椎動物の体液カルシウム濃度調節に関するホルモンの 1 つに、カルシトニン (CT) がある。本年度は、アカエイ CT を候補として以下の研究を実施した。 初めに、鰓後腺から RNA を抽出し、RNA-seq 解析を行なった。Blast 検索を行い RNA-seq 情報の中から CT 類似配列を同定した。アカエイ CT は、32 アミノ酸残基であり N 末端側の Cys 残基を含めた配列に、他の脊椎動物の CT との高い配列類似性が認められた。また C 末端には、他の脊椎動物 CT 同様にアカエイ CT でも Pro-NH₂ が認められた。さらに得られた配列を元にアカエイゲノム情報を参照すると、アカエイ CT 遺伝子が 5 エキソン、4 イントロン構造であることを明らかにした。CT と CT gene-related peptide (CGRP) は共にエキソン 4 にコードされていた。他の mRNA の配列情報からエキソン 4 の 3'オルタナティブスプライシングサイトの違いにより CT と CGRP 配列を含む mRNA もしくは、CGRP 配列のみを含む mRNA が産生されることを突き止めた。なお CT と CGRP 配列を含む mRNA は、読み枠の違いで CGRP ペプチドを翻訳できない。このようにアカエイ CT の遺伝子構造は、CT と CGRP が異なるエキソンにコードされている四足動物と硬骨魚類 CT の遺伝子構造とは異なることが判明した。またアカエイの脳、鰓、消化管、心臓、腎臓、肝臓、鰓後腺を用いた RT-PCR による組織発現分布解析を行なった結果、CT 配列を含む mRNA が、鰓後腺のみで発現すること、CT と CGRP の両方を含む mRNA がユビキタスに発現することを明らかにした。これらの発現パターンは、他の脊椎動物 CT と CGRP のものと類似している。これらのことからアカエイ CT 遺伝子は、独特な遺伝子構造を持つものの、他の脊椎動物と類似する発現パターンを示すことを明らかにした。この様な性質が軟骨魚類に特徴的なものかどうかを、現在検討中である。具体的にはゲノム情報等が公開されている他の板鰓類 (イヌザメ、トラザメ、ジンベイザメ) の CT 遺伝子構造と mRNA 配列を解析している。最後に CT 受容体の同定を進めている。CT 受容体 (CTR) の候補は 2 つ存在する。四足動物や硬骨魚類では、CTR と、類似する CTR 様受容体 (CTR like receptor, CLR) とを、分子系統解析で明確に区別することができる。しかしながら、アカエイの場合は、2 つの候補遺伝子が、脊椎動物の CTR と CLR が作るクレードの中間地点に来てしまい、明確に区別することが出来なかった。そこで 2 つの CTR 候補の両方についてアカエイ CT との応答性を検討する。現在、塩基配列を人工合成し発現ベクターを構築した。今後、哺乳類細胞株を用いたセカンドメッセンジャー解析を行う予定である。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	Identification of ligand-receptor relationship between calcitonin and calcitonin receptor in cartilaginous fish, <i>Hemityrion akajei</i> Masaya Higashino, Wataru Takagi, Susumu Hyodo, Tatsuya Sakamoto, Yasuhisa Kobayashi, Nobuo Suzuki, Debbie L Hay, Toshio Sekiguchi 論文投稿予定 ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Chong Han	Date	4/8/2024	
Affiliation Position	Northeastern University/Professor			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Photochemical formation of sulfates droved by brown carbon near Japan sea region			
Program Period	4/1/2023 ~ 3/31/2024			
K-INET Research Staff	Ning Tang			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Chong Han	Department of Resource and Environment, School of Metallurgy, Northeastern University, China	Professor	Study of composition and structure, and the aging process of brown carbon
	Member(s)	Ning Tang	Kanazawa University	Professor	Sampling
		Wangjin Yang	Department of Resource and Environment, School of Metallurgy, Northeastern University, China	Lecturer	Analysis of composition and structure of brown carbon
		Hongxing Yang	Department of Resource and Environment, School of Metallurgy, Northeastern University, China	Grade 5, doctoral student	Research on the reaction of brown carbon with SO ₂ to form sulfates
		Jianwei Zheng	Department of Resource and Environment, School of Metallurgy, Northeastern University, China	Grade 3, doctoral student	Analysis of changes in composition and structure of brown carbon in the aging process
		Hao Na	Department of Resource and Environment, School of Metallurgy, Northeastern University, China	Grade 2, doctoral student	Analysis of changes in optical property of brown carbon
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					
Assay sample(s)		Name of Sample		Form(Shape)	The number of sample
	Applied sample	Brown carbon; HULIS; WS-BrC; MS-BrC; Aerosols		Solid or liquid state	120

	Analyzed sample	Brown carbon; HULIS; WS-BrC; MS-BrC; Aerosols	Solid or liquid state	120
Purpose of the Research/ Expected Results	As an important pollution gas, SO₂ mainly originates from the emission of fossil fuel combustion, and its concentration is up to hundreds of ppb in polluted areas. Near 50% of global SO₂ can be converted to sulfates, which play a key role in the haze events. Sulfates are generally considered to be formed via homogeneous pathways, involving the oxidation of SO₂ by OH radicals and stabilized Criegee intermediates (sCIs) in the gas phase, and by various dissolved oxidants (e.g., H₂O₂, O₃, NO₂, and O₂ catalyzed by transition-metal ions) in the aqueous phase. It is noted that traditional atmospheric models including the gas and aqueous-phase oxidation of SO₂ cannot reproduce high loadings of particulate sulfates during huge haze events. The heterogeneous formation of sulfates on aerosols has been incorporated into atmospheric models, which bridges the sulfate gap between the field observations and model predictions to some extent. However, the knowledge about the heterogeneous formation of sulfates on the interface of organic aerosols is still scarce. Brown carbon (BrC) is a kind of organic substance that can absorb light radiation in the visible and near ultraviolet wavelength ranges. BrC has significant environmental effects, such as affecting global radiative forcing and regional climate. BrC consists of various organic species, such as nitroaromatic compounds (NACs), aromatic carbonyls (ACs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and phenols (PHs). BrC can stimulate photochemical processes inside or on the surface of aerosols through energy, electron or hydrogen transfer pathways. It has been reported that the heterogeneous reaction of SO₂ with BrC is a new pathway for sulfates. However, the reaction process of SO₂ on BrC has not been fully explored. Therefore, it is very important to investigate the formation of sulfates by the SO₂ uptake on BrC. In addition, in the atmospheric transportation, the compositions and structures of BrC would be modified, further impacting its optical properties and radiative forcing. Therefore, the investigation on the atmospheric aging of BrC by SO₂ is urgently needed. Hence, heterogeneous photochemical reactions between SO₂ and typical organic compounds in BrC (ACs, PAHs and PHs) were carried out using a flow tube reactor coupled with a SO₂ analyzer. The uptake coefficients of SO₂ were measured under different conditions, such as total irradiance, relative humidity (RH), O₂ content and initial SO₂ concentration. The sulfate production and the changes in the compositions of organics were analyzed with <i>in situ</i> attenuated total internal reflection infrared (ATR-IR) spectrometer. The specific role of reactive radicals in the conversion of SO₂ to sulfates was explored according to the analysis of electron spin resonance (ESR) spectrum. Atmospheric implication of the photochemical reaction between SO₂ and BrC was discussed on the basis of experimental results.			

※ Submit the application form.

1 Photo-enhanced uptake of SO₂

Figure 1a shows temporal changes of the SO₂ concentration when 4-BBA was exposed to SO₂ in the dark and under irradiation. The errors in all tables and figures are the standard deviations of three replicate experiments. During the exposure of 4-BBA to SO₂ (40 ppb) in the dark, there was only a minor change in the SO₂ signal. Under irradiation, the SO₂ signal sharply dropped to the smallest value within the first 1–2 min, reflecting a strongly photoinduced interaction between SO₂ and 4-BBA. As the reaction proceeded, a gradual increase in the SO₂ concentration was observed due to the depletion of reactive sites on 4-BBA. Finally, it remained constant, and the SO₂ uptake reached a steady state. After switching off the light and terminating the exposure of 4-BBA to SO₂, SO₂ rapidly recovered to its initial concentration, and its desorption from the surface didn't occur. This suggests that the reactive uptake is the major pathway of the SO₂ loss. Figure 1a clearly displays that the SO₂ loss under irradiation was much larger than that in the dark, meaning that light significantly enhanced the SO₂ uptake on the 4-BBA surface.

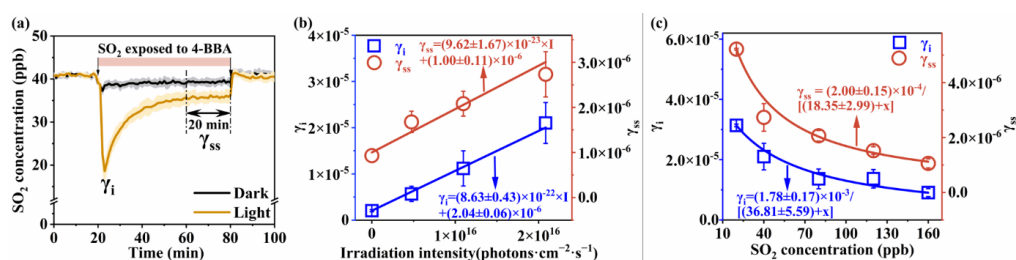


Figure 1. (a) Temporal changes of the SO₂ concentration (initial concentration: 40 ppb) during the heterogeneous reaction of SO₂ with 4-BBA in the dark and under irradiation (2.08×10^{16} photons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$). (b) The γ_i and γ_{ss} of SO₂ on 4-BBA at different irradiation intensities. (c) The γ_i and γ_{ss} of SO₂ on 4-BBA at different initial SO₂ concentrations under irradiation (2.08×10^{16} photons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$); Solid lines were the fitting results using the equation 2. The shaded regions and errors represent the standard deviation of three replicate experiments. Reaction conditions: 4-BBA mass of $15.9 \mu\text{g cm}^{-2}$, O₂ content of 20%, temperature of 298 K and RH of 60%.

To further understand the effect of light on the uptake of SO₂ at the surface of typical organics in BrC, Table 1 summarizes γ_i and γ_{ss} of SO₂ on ACs, PAHs and PHs. For all organics in Table 1, light has a general enhancement on the heterogeneous uptake of SO₂, where $\gamma_{\text{light}}/\gamma_{\text{dark}}$ ranged from 1.22 to 10.27. In particular, $\gamma_{\text{ss-light}}/\gamma_{\text{ss-dark}}$ of SO₂ on ACs was larger than those on PAHs and PHs. This may be ascribed to the higher activity of the triplet excited state of ketonic carbonyls (C=O) to SO₂. The triplet excited states generated from 4-BBA and MBB may be efficiently quenched by S(IV) species with different quenching rates, which may account for larger $\gamma_{\text{i-light}}/\gamma_{\text{i-dark}}$ (10.27) of SO₂ on 4-BBA compared to that (1.52) on MBB. Similar light enhancement roles were also found on other surfaces, including FA/HA, real PM_{2.5}, and some photocatalytic mineral dust. The initial SO₂ uptake coefficients ($0.40\text{--}3.33 \times 10^{-5}$) obtained here were comparable with those on FA/HA ($4.59\text{--}13.44 \times 10^{-5}$) and real PM_{2.5} ($1.70\text{--}3.80 \times 10^{-5}$) but greater than those on mineral dust ($\sim 10^{-7}\text{--}10^{-6}$), implying that the heterogeneous photochemical uptake of SO₂ on BrC may be an important sink for SO₂.

The evolution of γ_i and γ_{ss} for SO₂ on 4-BBA as a function of irradiation intensity was shown in Figure 1b. The γ_i and γ_{ss} increased from $(2.05 \pm 0.22) \times 10^{-6}$ and $(0.93 \pm 0.15) \times 10^{-6}$ in the dark to $(2.10 \pm 0.44) \times 10^{-5}$ and $(2.73 \pm 0.50) \times 10^{-6}$ at the irradiation intensity of 2.08×10^{16} photons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectively. Moreover, they exhibited linear relationships with the irradiation intensity, further confirming the photochemical nature of the SO₂ uptake on

4-BBA.

Table 1. The γ_i and γ_{ss} of SO₂ on different organics in the dark and under irradiation. The heterogeneous reactions of SO₂ with 4-BBA, MBB, PY and FL were conducted at RH of 60%, while its reactions with SG and SA were performed at RH of 75%.

Organics	Dark		Light		$\gamma_{i-light}/\gamma_{i-dark}$	$\gamma_{ss-light}/\gamma_{ss-dark}$
	$\gamma_i \times 10^{-5}$	$\gamma_{ss} \times 10^{-6}$	$\gamma_i \times 10^{-5}$	$\gamma_{ss} \times 10^{-6}$	dark	dark
4-BBA	0.21 ±	0.93 ±	2.10 ±	2.73 ±	10.27	2.94
	0.02	0.15	0.44	0.50		
MBB	1.62 ±	1.03 ±	2.46 ±	3.40 ±	1.52	3.30
	0.49	0.11	0.32	0.55		
PY	2.89 ±	0.78 ±	3.33 ±	1.69 ±	1.15	2.16
	0.85	0.23	0.84	0.30		
FL	2.17 ±	1.41 ±	2.68 ±	1.73 ±	1.24	1.22
	0.74	0.10	1.00	0.48		
SG	0.59 ±	1.00 ±	1.45 ±	2.13 ±	2.47	2.12
	0.11	0.22	0.15	0.53		
SA	0.28 ±	1.02 ±	0.40 ±	1.47 ±	1.43	1.44
	0.07	0.04	0.02	0.31		

The changes of γ_i and γ_{ss} at different initial SO₂ concentrations were displayed in Figure 1c. The γ_i and γ_{ss} showed an inverse correlation with the SO₂ concentration, and they decreased from $(3.14 \pm 0.04) \times 10^{-5}$ and $(5.22 \pm 0.03) \times 10^{-6}$ at 20 ppb SO₂ to $(9.07 \pm 1.31) \times 10^{-6}$ and $(1.06 \pm 0.17) \times 10^{-6}$ at 160 ppb SO₂, respectively. The Langmuir–Hinshelwood (L–H) mechanism was usually used to explain the heterogeneous reactions of trace gases on the surface. Thus, the dependence of γ upon the SO₂ concentration was tried to be described by the equation 1,

$$\gamma = \frac{(2r_{tube}/c)k[S]_TK_{SO_2}}{1 + K_{SO_2}[SO_2]_g} \quad (1)$$

where $[SO_2]_g$ is the gas-phase concentration of SO₂; k is the reaction rate constant of SO₂ absorbed on the 4-BBA surface; $[S]_T$ is the total number of surface-active sites of 4-BBA; K_{SO_2} is the Langmuir adsorption constant of SO₂. Equation 1 can be simplified to the equation 2 due to the constant mass of 4-BBA during the reaction,

$$\gamma = \frac{a}{1 + K_{SO_2}[SO_2]_g} \quad (2)$$

where $a = (2r_{tube}/c)k[S]_TK_{SO_2}$. The equation 2 was used to fit the data in Figure 1c, and the fitting result was well performed. Accordingly, the effect of the SO₂ concentration on γ_i and γ_{ss} followed the L–H mechanism.

2 Photo-enhanced Formation of Sulfates

The *in situ* ATR–IR spectra of 4-BBA exposed to 200 ppb SO₂ under irradiation were conducted and displayed in Figure 2. It was observed that some changes in the peaks occurred, indicating the modification of 4-BBA. To obtain better IR spectra signals, a higher SO₂ concentration (2 ppm) was chosen to investigate the composition changes of 4-BBA in the dark and under irradiation (Figure 3). Slight absorption peaks were observed in the dark (Figure 3a), while there were dramatic changes in the IR spectra under irradiation (Figure 3b), which definitely suggests an essential influence of light on the composition modifications of 4-BBA. Table 2 summarizes the assignments of all IR absorption peaks. As the reaction proceeded, an obvious increase in the peak intensities for water absorbed on

the surface was observed within the range of 3700–3000 cm^{-1} and at 1624 cm^{-1} (Figure 3b). Ketonic carbonyls (C=O) at 1661 cm^{-1} were continuously generated with the time (Figure 3b), which may be attributed to the oxidation of 4-BBA by some reactive oxygen species (ROS). The generation of carboxylates (COO^- , 1595, 1546, 1417, and 1397 cm^{-1}) may be derived from the deprotonation reaction of carboxylic acids (COOH , 1690 cm^{-1}). Figure 4 displays that COOH (1690 cm^{-1}), C–O (1290 cm^{-1}), and C=O or C–H (708 and 692 cm^{-1}) were consumed, meaning that 4-BBA was involved in the photochemical reactions. Figure 5 shows the UV–vis absorption spectra of fresh and aged 4-BBA. The absorbance of 4-BBA aged by SO_2 was unchanged, meaning that the optical properties of chromophoric groups remained stable.

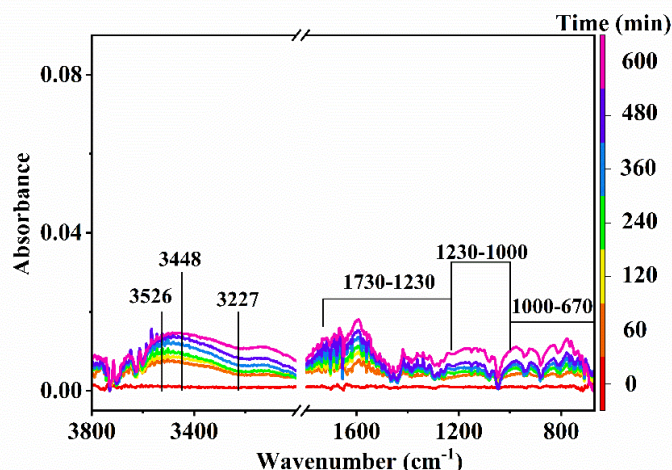


Figure 2. Temporal changes of *in situ* ATR–IR spectra in the range of 3800–670 cm^{-1} under irradiation. Reaction conditions: O_2 content of 20%, temperature of 298 K, RH of 60%, and SO_2 concentration of 200 ppb.

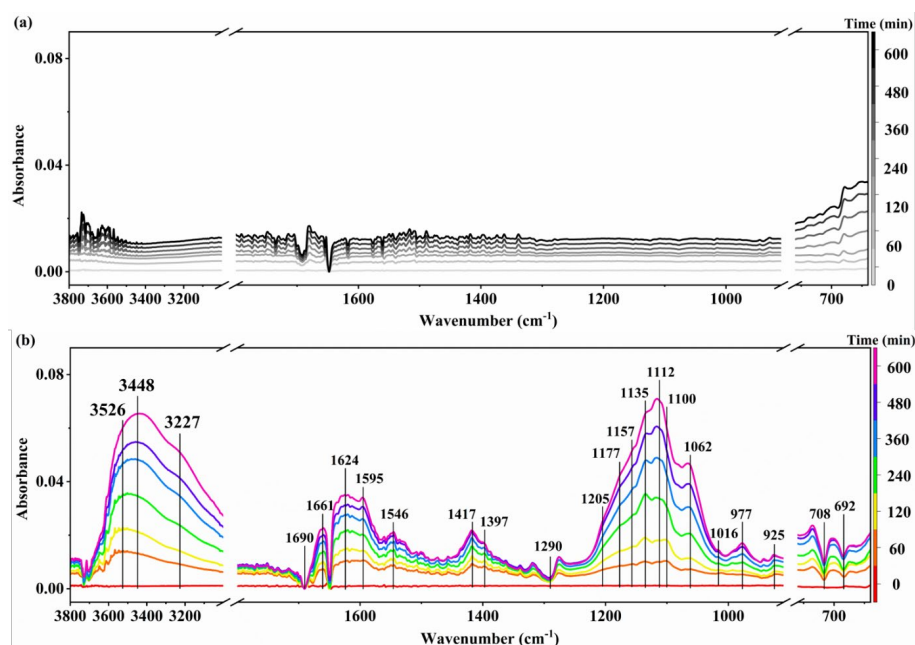


Figure 3. Temporal changes of *in situ* ATR–IR spectra in the range of 3800–670 cm^{-1} in the dark (a) and under irradiation ($7.35 \times 10^{15} \text{ photons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (b). Reaction conditions: O_2 content of 20%, temperature of 298 K and RH of 60%.

Table 2. Assignments of in situ ATR-IR absorption bands of 4-BBA oxidized by 2 ppm SO₂

Wavenumber (cm ⁻¹)	Functional group
3526, 3448, 3227	OH stretching vibration of adsorbed water
1690	Stretching vibration of C=O in carboxyl (COOH)
1661	Ketonic carbonyl (C=O)
1624	OH bending vibration of adsorbed water
1595, 1546	Asymmetric COO ⁻ stretching vibrations (ν _{asy} (COO ⁻))
1417, 1397	Symmetric COO ⁻ stretching vibrations (ν _{sy} (COO ⁻))
1290	C-O Stretching vibration
1205, 1177, 1157	Asymmetric stretching vibration of sulfate
1135, 1112	Bidentate sulfate
1100	Solvated sulfates
1062	Stretching of bisulfate
1016	Symmetric stretching vibration bands of sulfate
977	Asymmetric stretching vibration ν ₃ bands of sulfite
925	Symmetric stretching vibration ν ₁ bands of sulfite
708	In plane deformation of C=O or C-H bending of aromatic rings
692	Out of plane deformation of C=O or out-of-plane bending of aromatic C-H

As shown in Figure 3b, the broad band between 1230 and 1000 cm⁻¹ can be assigned to the absorption combination of sulfates and bisulfates. Based on the second derivative spectra (Figure 6), several overlapping peaks in Figure 3b were identified and analyzed. The peaks at 1205, 1177 and 1157 cm⁻¹ were related to the asymmetric stretching vibration of sulfates. The bands at 1135 and 1112 cm⁻¹ were ascribed to the bidentate sulfates. The peak at 1100 cm⁻¹ can be assigned to solvated sulfates. The absorption peaks around 1062 and 1016 cm⁻¹ were attributed to the stretching of bisulfates and the symmetric stretching vibration of sulfates, respectively. It was clearly observed that the continuous accumulation of sulfates on the 4-BBA surface occurred under irradiation. These confirm that light can significantly enhance the sulfate formation. In addition, the bands at 1000–900 cm⁻¹ (Figure 3b) were assigned to sulfites including asymmetric stretching ν₃ vibration (977 cm⁻¹) and symmetric stretching ν₁ vibration (925 cm⁻¹) of sulfites, suggesting that sulfites can be also formed.

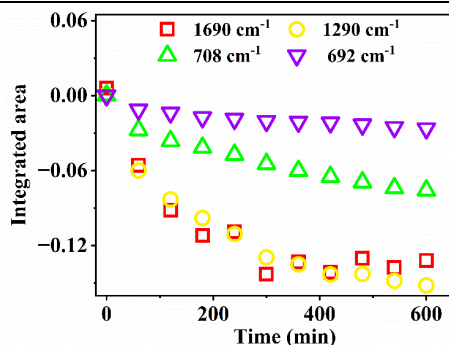


Figure 4. Temporal changes in the integrated areas of peaks at 1690, 1290, 708 and 692 cm^{-1} .

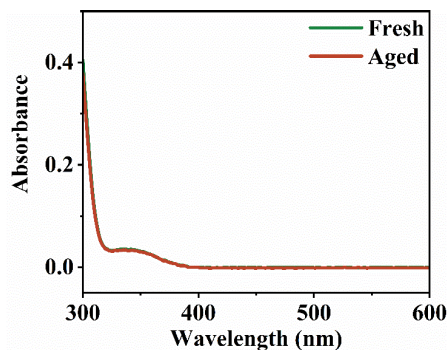


Figure 5. The UV-vis absorption spectra of fresh 4-BBA and 4-BBA aged by SO_2 (2 ppm) for 10 h under irradiation. Reaction conditions: total irradiance of $2.08 \times 10^{16} \text{ photons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, temperature of 298 K, RH of 60%, and O_2 content of 20%.

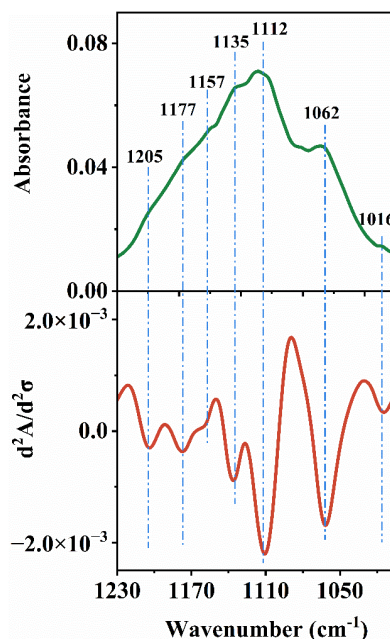


Figure 6. Second derivative spectra in the region of 1230–1005 cm^{-1} when 4-BBA was exposed to 2 ppm SO_2 for 600 min under irradiation.

3 Roles of H_2O and O_2 in photochemical formation of sulfates

The variations of γ_i and γ_{ss} for SO_2 on 4-BBA at different RH levels were shown in Figure 7a. Both γ_i and γ_{ss} displayed an increasing behavior with RH, and they increased from $(1.47 \pm 0.13) \times 10^{-6}$ and $(0.97 \pm 0.08) \times 10^{-6}$ at RH = 10% to $(30.85 \pm 7.34) \times 10^{-6}$ and $(8.15 \pm 2.31) \times 10^{-6}$ at RH = 90%, respectively. This suggests that H_2O markedly promotes the heterogeneous uptake of SO_2 on 4-BBA. The accumulation of H_2O on 4-BBA may not only

facilitate the solubility of SO₂, but also be in favor of the ROS generation, hence accelerating the oxidization of SO₂.

The effect of O₂ on the heterogeneous uptake of SO₂ on 4-BBA is illustrated in Figure 7b. There was a dramatic difference in the uptake process of SO₂ in the presence and absence of O₂. The SO₂ uptake was stable and time-independent in N₂. The average uptake coefficient (γ_{avg}) of SO₂ in N₂ was $(1.94 \pm 0.09) \times 10^{-6}$, which was smaller than γ_{ss} ($(2.73 \pm 0.50) \times 10^{-6}$) in air. It means that O₂ joins in the heterogeneous reaction of SO₂ on 4-BBA.

To investigate influences of H₂O and O₂ on the changes in the compositions on the surface, the IR spectra of 4-BBA exposed to 2 ppm SO₂ under various conditions are displayed in Figure 7c. Stronger band intensity of sulfates (1230–1000 cm⁻¹) at RH = 60% was observed in comparison to that at RH = 10%, suggesting that H₂O was tightly linked to the formation of sulfates. Under N₂ condition, the peaks of sulfates were also identified, but their intensities were obviously smaller than those in air. This means that O₂ plays a significant but unnecessary role in the photochemical formation of sulfates. The peaks of H₂O and carboxylates in N₂ were markedly weaker than those in air, which was in accordance with sulfates. It was noted that H₂O had consistently increasing trends with sulfates and carboxylates, implying that the accumulation of H₂O may be mainly attributed to the hygroscopicity of sulfates and carboxylates.

To further explore the contribution of H₂O and O₂ to sulfates, the formation amounts of sulfates were quantified on the basis of integrated IR peak areas of sulfates in Figure 8. As shown in Figure 7d, sulfates grew linearly with reaction time, and the straight-line slopes can represent the formation rates of sulfates. The formation rate of sulfates in air at RH = 60% was estimated to be 2.43×10^{16} ions min⁻¹, which was ~219 and ~7 times larger than that in air at RH = 10% and the one in N₂ at RH = 60%, respectively. This confirms that H₂O and O₂ have great effects on the sulfate production.

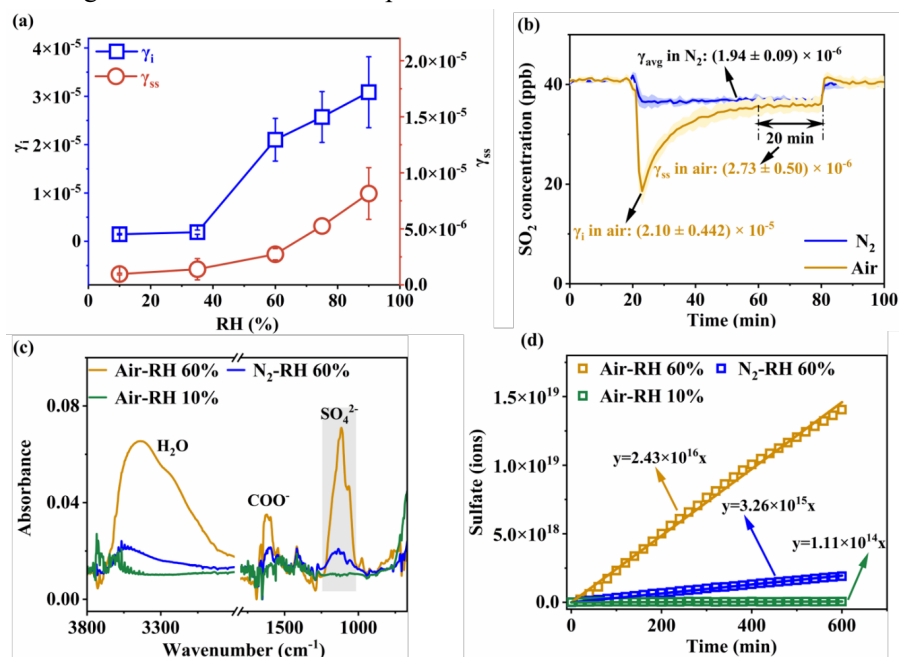


Figure 7. The γ_i and γ_{ss} for the heterogeneous reaction of SO₂ on 4-BBA ($15.9 \mu\text{g cm}^{-2}$) at different RH (a); Temporal changes of the SO₂ concentration during the heterogeneous reaction of SO₂ with 4-BBA ($15.9 \mu\text{g cm}^{-2}$) in N₂ and air (b); ATR-IR spectra of 4-BBA exposed to 2 ppm SO₂ for 600 min at RH = 10% (in air) and 60% (in N₂ and air) (c); Sulfate formation on 4-BBA as a function of time during the reaction with SO₂ (d). Reaction conditions: temperature of 298 K, irradiance of 2.08×10^{16} (Figure 7a–b) and 7.35×10^{15} photons cm⁻² s⁻¹ (Figure 7c).

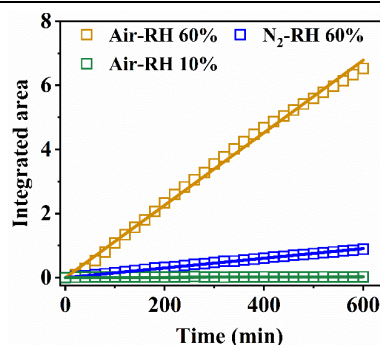


Figure 8. Temporal changes in the integrated peak areas of sulfates (1230–1005 cm^{-1}).

4 Photochemical conversion mechanisms of SO_2 to sulfates

The photochemical formation pathways of sulfates by the SO_2 uptake were proposed on the basis of experimental results (Figure 9). Gaseous SO_2 was adsorbed on the 4-BBA surface (R1), and subsequently reacted with the adsorbed water (H_2O (ads)) to form bisulfites or sulfites (R2–R3). Previous studies have proved that aromatic carbonyls can accept photons to produce their triplet excited states, which can lead to the generation of ROS (eg., $^1\text{O}_2$, $\bullet\text{O}_2^-$ and $\bullet\text{OH}$ radicals) through electron, energy or hydrogen transfer. The ESR spectra were used to examine the formation of photoinduced electrons and ROS, which may be responsible for the rapid sulfate formation on the 4-BBA surface under irradiation. As shown in Figure 10a, three characteristic peaks with an intensity pattern of 1:1:1 were assigned to the radical spin-label of TEMPO that can trap the photo-induced electrons. It was noted that the peak intensities under irradiation were lower than those in the dark, suggesting that TEMPO was consumed through photoinduced electrons from 4-BBA (R4). This supports the speculation of Wang et al. that the main pathway between the triplet states of 4-BBA and SO_2 was motivated by an electron transfer process.

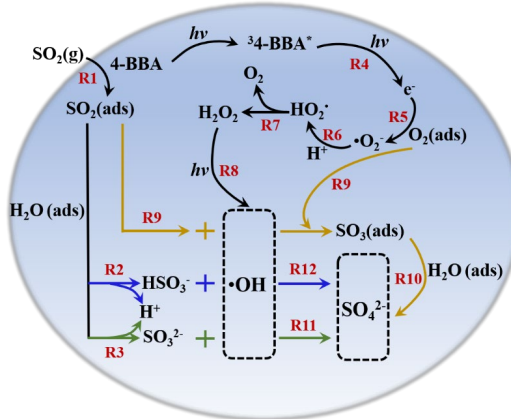


Figure 9. The proposed photochemical conversion mechanisms of SO_2 to sulfates on 4-BBA.

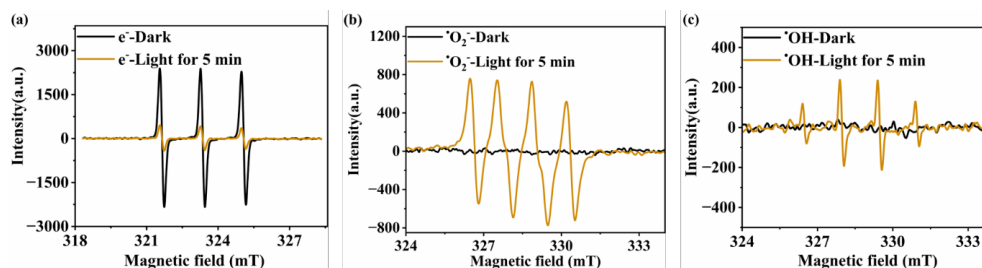


Figure 10. ESR spectra for the detection of e^- (a), $\bullet\text{O}_2^-$ (b) and $\bullet\text{OH}$ (c) in 4-BBA solution in the dark and under irradiation (5 min), respectively.

Adsorbed O_2 ($O_2(ads)$) can accept electrons to generate $\bullet O_2^-$. Figure 10b shows that the signals of $DMPO-\bullet O_2^-$ adducts were detected under irradiation, confirming the presence of $\bullet O_2^-$ (R5). SO_2 can be oxidized by $\bullet O_2^-$, and then sulfates were ultimately produced through free radical chain reactions. Figure 11 displays that the sulfate formation was dramatically suppressed when PBQ acted as the scavenger of $\bullet O_2^-$, highlighting an important contribution of $\bullet O_2^-$ to sulfates.

$\bullet O_2^-$ has been demonstrated as a significant intermediate species for the $\bullet OH$ production (R6–R8). As shown in Figure 10c, a typical 1:2:2:1 quartet signal of $BMPO-\bullet OH$ adducts appeared under irradiation, determining the photogeneration of $\bullet OH$. Thus, the roles of $\bullet O_2^-$ in the sulfate formation may include two possibilities: SO_2 was directly oxidized by $\bullet O_2^-$, or $\bullet OH$ originating from $\bullet O_2^-$ triggered the sulfate generation. When an $\bullet OH$ scavenger $NaHCO_3$ was premixed with 4-BBA, sulfates exhibited a very weak formation (Figure 11), providing strong evidence that $\bullet OH$ was a dominant active species being responsible for sulfates (R9–R12).

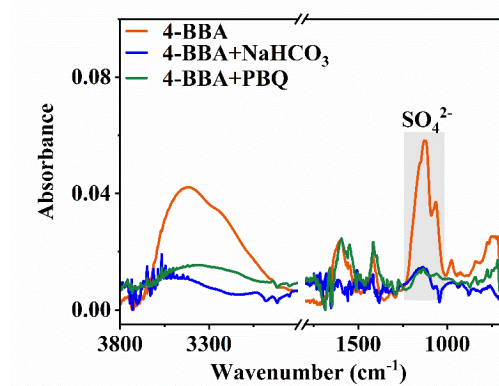


Figure 11. Sulfates formation on the surface of 4-BBA in the presence and absence of $\bullet OH$ and $\bullet O_2^-$ scavengers, respectively. Reaction conditions: O_2 content of 20%, temperature of 298 K, RH of 60% and irradiance of $7.35 \times 10^{15} \text{ photons cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Under irradiation, the reaction of H-atom abstraction from adsorbed water by the excited state of organic matter (OM) (eg., $^3OM^*$) was also proposed as a possible source of $\bullet OH$. Thus, it was possible that $\bullet OH$ stemming from $^34-BBA^*$ may contribute to the sulfate formation. However, there was little sulfate production in the presence of PBQ (Figure 11), which can inhibit the production of $\bullet O_2^-$ and subsequent $\bullet OH$. This indirectly suggests that the role of $\bullet OH$ stemming from $^34-BBA^*$ should be minor in the sulfate generation. This speculation can be further identified with the ATR-IR results in N_2 (Figure 7c), where $^34-BBA^*$ was regarded as the unique $\bullet OH$ source. Accordingly, $\bullet OH$ deriving from $\bullet O_2^-$ was a main active species for the sulfate generation.

5 Atmospheric implications

The atmospheric lifetime of SO_2 (τ_{SO_2}) with respect to the heterogeneous photochemical reaction on BrC was calculated by the equation 1,

$$\tau_{SO_2} = \frac{1}{k_{1, SO_2}} = \frac{4}{\gamma \omega A} \quad (1)$$

where γ and ω represent the uptake coefficient and the mean molecular velocity (314.05 m s^{-1}) of SO_2 , respectively; A is the surface area density of aerosols ($6.25 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-3}$). Based on the results in Table 1, the γ_i on BrC was estimated to be 4.01×10^{-6} – 3.33×10^{-5} . Assuming that the mass fraction of organics in aerosols was 20%, τ_{SO_2} was calculated to be ~4–30 days, which was larger than that (2.9–5.8 days) due to the dry deposition for a typical

	boundary layer height (1000 m). In contrast, this value was much shorter than those for the SO₂ uptake on natural volcanic dust (2.7-81 years) and Arizona test dust (ATD) (346 days), while it was comparable with those for the reactions on CaCO₃ particles (~20 days) in the presence of NO₂ and on TiO₂ (5.79-59 days) during the photocatalytic process. Moreover, it was close to the SO₂ lifetime of 3.6-20 days for the gas-phase reaction with •OH, which had an atmospheric concentration of 10⁻⁶ molecules cm⁻³. These mean that the loss of SO₂ by the heterogeneous photochemical reaction on BrC could not be neglected in the atmosphere. To reveal the significance of sulfates generated from the SO₂ photochemistry on BrC in the real atmosphere, the formation rates of sulfates (R_{real}) were estimated using the equation 6, $R_{\text{real}} = \frac{R \times M}{N_A m} \times m_{\text{BrC-real}} \quad (6)$ where R refers to the formation rate of sulfates (2.43×10^{16} ions min⁻¹) obtained from Figure 3d; M is the molar mass (96 g mol⁻¹) of sulfates (SO₄²⁻); N_A represents the Avogadro constant (6.02×10^{23} mol⁻¹); m is the mass (200 µg) of 4-BBA used in ATR-IR experiments. R_{real} could be assessed as 14.3 µg m⁻³ h⁻¹ according to the reported BrC mass concentrations ($m_{\text{BrC-real}} = 12.3$ µg m⁻³) in observational researches. It was noted that there may be some uncertainties in extrapolating our results to the real atmosphere due to the discrepancies in the reactivity of atmospheric BrC and 4-BBA. The R_{real} (14.3 µg m⁻³ h⁻¹) was obviously larger than that from gas-phase SO₂ oxidation through •OH (~0.001-0.1 µg m⁻³ h⁻¹), and those in heterogeneous photooxidation pathways on the surfaces of nitrates (~10⁻⁴-1 µg m⁻³ h⁻¹), soot (0.01-0.018 µg m⁻³ h⁻¹), and natural dust (0.195-0.365 µg m⁻³ h⁻¹). Sulfate formation rate obtained here was comparable to those from aqueous-phase SO₂ oxidation by NO₂ (0.15-12.4 µg m⁻³ h⁻¹), H₂O₂ (2.13-21.3 µg m⁻³ h⁻¹) and transition-metal ions catalysis (~0.1-10 µg m⁻³ h⁻¹) at an aerosol pH of 4-5. These highlighted that the photochemical oxidation of SO₂ on BrC can act as a significant source of sulfates in the atmosphere, and should be taken as an important pathway for atmospheric models to exactly predict the heterogeneous formation of sulfates.
Results	(1) Wangjin Yang, Jiawei Ma, Xiangli Nan, Ran Yan, Ning Tang, Tao Du, Chong Han*, The pH dependence of photochemical reactions between methoxyphenols with Fe(III)-oxalates. <i>Atmos. Environ.</i>, 2023, 303, 119749. (2) Hao Zhang, Xuan Zhang, Yan Wang, Pengchu Bai, Lulu Zhang, Lijiang Chen, Chong Han, Wangjin Yang, Qimin Wang, Yunping Cai, Seiya Nagao, Ning Tang*. Factor analysis of recent variations of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and 1-nitropyrene (1-NP) in Shenyang, China from 2014 to 2020. <i>Atmos. Pollut. Res.</i>, 2023, 101900. (3) Lulu Zhang, Lu Yang, Kiriko Kashiwakura, Lixia Zhao, Lijiang Chen, Chong Han, Seiya Nagao, Ning Tang*. Autumn and spring observations of PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in China and Japan.

Environ. Pollut., 2024, 123139.

(4) Xuan Zhang, Hao Zhang, Yan Wang, Pengchu Bai, Lulu Zhang*, Akira Toriba, Seiya Nagao, Nobuo Suzuki, Masato Honda, Zhijun Wu, **Chong Han**, Min Hu, **Ning Tang***. Estimation of gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and characteristics of atmospheric PAHs at a traffic site in Kanazawa, Japan. *J. Environ. Sci.*, 2025, 149, 57-67.

※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to theK-INET office.

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Lulu Zhang	Date	04/23/2024	
Affiliation Position	School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, Wuhan, China • Associate Professor			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Characteristics of particulate PAHs and NPAHs in Wuhan and Kanazawa under different backgrounds			
Program Period	04/01/2023 ~ 03/31/2024			
K-INET Research Staff	Ning Tang			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Lulu Zhang	School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, China	Associate Professor	Methodology, Sampling, Chemical analysis, Laboratory studies
	Member(s)	Ning Tang	Kanazawa University	Professor	Sampling, Chemical analysis
		Kewu Pi	School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, China	Professor	Chemical analysis
		Huiqin Zhang	School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, China	Associate Professor	Chemical analysis
		Wenwen Yan	School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, China	First-year graduate student	Sampling, Chemical analysis, Laboratory studies
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					
Assay sample(s)		Name of Sample		Form (Shape)	The number of sample
	Applied sample	PAHs, NPAHs, Water-soluble inorganic ions		Particulate phase	240

	Analyzed sample	PAHs, NPAHs, Water-soluble inorganic ions	Particulate phase	240
Purpose of the Research/ Expected Results	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) have been widely studied due to their carcinogenic and mutagenic potentials. PAHs in ambient air mainly originate by means of the imperfect combustion of organic materials such as solid and oil fuels. Some nitro-PAHs (NPAHs) have been reported to have greater direct mutagenicity than their parent PAHs. Most NPAHs are emitted from combustion sources together with PAHs, while several NPAHs, such as 2-nitrofluoranthene and 2-nitropyrene, are exclusively generated through atmospheric reactions. PAHs and NPAHs loaded on fine particles can penetrate deeply into the alveoli and pose health hazards to humans. In addition, NPAHs are the main chromophores of brown carbon due to strong light-absorbing ability, which contributes greatly to climate change and air pollution. Therefore, it is necessary to elucidate the characteristics and sources of PAHs and NPAHs to relieve the adverse effects on climate change, ecological environment, and public health. Wuhan in China and Kanazawa in Japan have different emission sources and atmospheric conditions, which possibly cause different characteristics of PAHs and NPAHs. This study will make full use of the atmospheric laboratories and air monitoring stations of Hubei University of Technology and Kanazawa University to conduct seasonal air particulate sampling in Wuhan and Kanazawa. The samples will be examined for PAHs, NPAHs, and other chemical components such as water-soluble inorganic ions to learn their characteristics, main sources, and variation tendency under different pollution backgrounds. Based on these data, the reasons for regional differences will be explored in depth.			

※ Submit the application form.

PM_{2.5} samples were collected in Wuhan and Kanazawa in spring (March, 2024), summer (June - August, 2023), autumn (September - November, 2023), and winter (January, 2024). PAHs, NPAHs, and water-soluble inorganic ions in each sample were analyzed in the Hard Ware Laboratory-3 at Kanazawa University.

The mean concentration of nine PAHs in PM_{2.5} in Wuhan during summer sampling was 0.40 ± 0.26 ng/m³. Based on our previous summer observations [1,2] (Fig. 1), the PAHs concentration in Wuhan was comparable to that in Kanazawa and Sapporo, and lower than that in Shanghai, Shenyang, and Sagami-hara, with factors of 3.5, 6.4, and 2.3, respectively.

The composition of PAHs in Wuhan was significantly different from other cities in China and Japan (Fig. 2), which was characterized by a higher proportion of BbF and BkF and a lower proportion of BgPe and IDP.

As reported in our previous studies [1,2], the BbF and IDP ratios of PAHs in summer in Shenyang and Kanazawa both fell in the interval indicating traffic emissions (Fig. 3). Interestingly, PAHs in Wuhan showed lower IDP ratios, which is consistent with the range for petrol vehicle exhaust [3]. Due to the complexity of emission sources in Wuhan, the sources of PAHs need to be further explored.

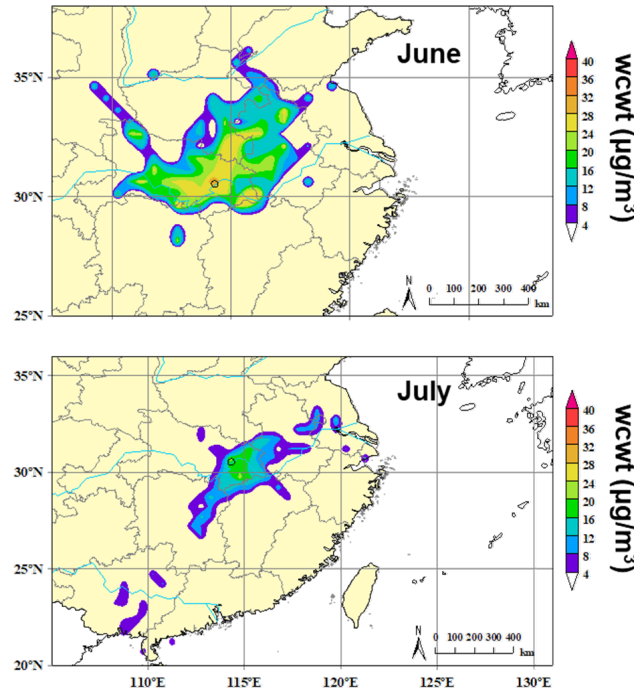


Fig. 4. Potential source area of PM_{2.5} in Wuhan in summer.

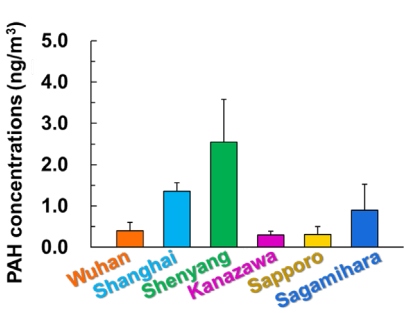


Fig. 1. Mean concentration of nine PAHs in PM_{2.5} in different cities in summer.

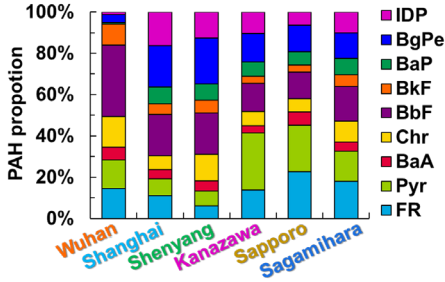


Fig. 2. PAH composition in different cities.

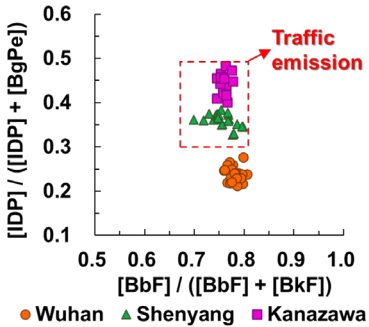


Fig. 3. PAH ratios in different cities.

During the summer sampling, the external sources of PM_{2.5} in Wuhan were distributed in the neighboring cities (Fig. 4), showing a low contribution to the PM_{2.5} concentration in Wuhan. It can be inferred that PAHs in Wuhan in summer were mainly related to local emissions and were less influenced by regional transport.

Based on the present results, the composition and sources of PAHs in Wuhan were significantly different from other cities in China and Japan, and the reasons need to be comprehensively analyzed in combination with observations in other seasons.

Results	[1] Zhang Lulu, Yan Wenwen, Kohtani Shigeru, Fukuyoshi Shuichi, Hu Min, Nagao Seiya, Tang Ning*, 2024. Promotive effects of marine-derived dimethyl sulfoxide on the photodegradation of phenanthrene in the atmosphere. Science of the Total Environment, 926, 171938. [2] Zhang Lulu, Yang Lu, Kashiwakura Kiriko, Zhao Lixia, Chen Lijiang, Han Chong, Nagao Seiya, Tang Ning*, 2024. Autumn and spring observations of PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in China and Japan. Environmental Pollution, 343, 123139.
※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to the K-INET office.	

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Pham Chau Thuy	Date	04/26/2024	
Affiliation Position	University of Engineering and Technology, Vietnam National University, Hanoi /Lecturer			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☐ international	Research period ☐ one year ☐ two years	☐ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Using a new 1-nitropyrene-pyrene method (NP method) to quantify emission sources and health risk assessment of combustion-derived atmospheric particulates in Hanoi, Vietnam			
Program Period	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日			
K-INET Research Staff	Prof. Ning Tang			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Pham Chau Thuy	Vietnam National University, Hanoi	Lecturer, Associate Professor	Investigation, Sampling, and writing paper
	Member(s)	Ning Tang	Kanazawa University	Professor	Analysis, writing and review paper
		Kazuichi Hayakawa	Kanazawa University	Emeritus Professor	Review paper
		Akira Toriba	Nagasaki University	Professor	Review paper
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					
Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample	
	Applied sample	Ambient air samples	Nano samples	60	
	Analyzed sample	PAHs and NPAHs			
Purpose of the Research/ Expected Results	The main objectives of this project are to determine the contribution of emission sources to combustion-derived atmospheric particulates and their health risk assessment in Hanoi, Vietnam as follows: • To measure the concentration of different fractions of atmospheric PM, PAHs and NPAHs absorbed in PM in urban area and sub-urban area of Hanoi. • To estimate emission sources contribution of combustion-derived atmospheric particulates in Hanoi by using a new NP method using 1-nitropyrene (1-NP) and pyrene (Pyr) as markers. • To assess health risk different of age groups exposed to atmospheric particle-bound PAHs and NPAHs in different areas in Hanoi metropolitan region by employing a quantitative risk assessment method used for PAHs, NPAHs combined with Incremental lifetime cancer risk (ILCR) model.				

	Expected scientific outcomes • The characteristic of atmospheric PAHs and NPAHs distribution in Hanoi, Vietnam • Source apportionment of atmospheric particles based on markers of pyrene (Pyr) and 1-nitropyrene (1-NP) in Hanoi. • Health risk assessment of atmospheric particles related PAHs and NPAHs in Hanoi.
--	--

※ Submit the application form.

Details of the project/ Results	The results presented the characteristic of atmospheric PAHs and NPAHs distribution in different areas in Hanoi, Vietnam in including downtown area (XT), suburban area (GL) and rural area (DA) in winter and summer in Hanoi, Vietnam, from 2019 to 2022. The mean concentrations of PAHs and NPAHs ranged from 0.76 ng m⁻³ to 50.2 ng m⁻³ and 6.07 pg m⁻³ to 1.95 ng m⁻³, respectively. The concentrations of PAHs and NPAHs in winter were higher than in summer, except for NPAHs in XT. We found the benzo[a]pyrene (BaP)/benzo[ghi]perylene (BgPe) ratio could effectively identify biomass burning in this study, in which a higher [BaP]/[BgPe] value indicates a greater effect of biomass burning on PAHs and NPAHs. The results indicated that atmospheric PAHs and NPAHs were mainly affected by motor vehicles (especially the unique motorcycles in Southeast Asia) in the summer in Hanoi. In winter, all sites were affected by the burning of rice straw to varying degrees, especially DA. The incremental lifetime cancer risk (ILCR) in Hanoi was first determined through ingestion, inhalation and dermal absorption. The results showed that residents in Hanoi faced high health risks, while females experienced higher health risks than males. The ingestion and dermal pathways indicated higher exposure risks than the usually considered inhalation pathway.
Results	1. Hao Zhang, Chau-Thuy Pham, Bin Chen, Xuan Zhang, Yan Wang, Pengchu Bai, Lulu Zhang, Seiya Nagao, Akira Toriba, Trung-Dung Nghiem, Ning Tang, “<i>Main Emission Sources and Health Risks of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nitro-Polycyclic Aromatic Hydrocarbons at Three Typical Sites in Hanoi</i>”, Atmosphere, Volume 14, Issue 5, Pages 782, April 2023, https://doi.org/10.3390/atmos14050782 2. Chau -Thuy Pham, Trung - Dung Nghiem, Huu-Tuyen Le, Ha Duc Chu, Thu Tran Viet, Kazuhiko Sekiguchi, Ning Tang, Kazuichi Hayakawa, Akira Toriba, “<i>Size distribution of airborne particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons during rice straw open burning in Hanoi, Vietnam</i>” Atmospheric Pollution Research, Volume 15, Issue 6, 2024, 102115, https://doi.org/10.1016/j.apr.2024.102115. ※ Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to the K-INET office.

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2024

Name	Altansukh Ochir	Date	04/29/2024	
Affiliation Position	Professor (tenure), D.Envi School of Engineering and Applied Sciences National University of Mongolia			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	"Study on dynamics of nutrients, organic matter and trace metals in lakes at semi-arid region of Mongolia			
Program Period	04/01/2023 ~ 04/01/2024			
K-INET Research Staff	Seiya NAGAO			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Ochir Altansukh	NUM	Professor	Supervisor
	Member(s)	Seiya NAGAO	KU	Professor	Supervisor
		Noriko HASEBE	KU	Professor	Field work
		Keisuke FUKUSHI	KU	Professor	Analysis/field work
		Shinya OCHIYA	KU	Professor	Analysis/field work
		Davaasuren Davaadorj	NUM	Professor	Analysis/field work
		Bat-Erdene Ariunsanaa	NUM	Ph.D	Analysis/field work
		Bavuu Gantsooj	NUM	MSc student	Analysis/field work
		Sh. Rentsenkhand	NUM	MSc student	Analysis/field work
		Munkhsuld Enkhuur	TITech	Ph.D student	Researcher
		Tsegmid Bukhchuluun	BGRI of MAS	Ph.D student	Researcher
※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.					

Assay sample(s)		Name of Sample	Form(Shape)	The number of sample
	Applied sample	Samples for inorganic nutrients, major ions, DOC, and trace metals (Summer, Autumn) Samples for the phytoplankton community and its vertical profile in Lake Bulan and Lake Khilem	Frozen water samples, (for Lake Bulan, for Lake Khilem, for Lake Uureg)	Water – 29 Phytoplankton sample – 8
	Analyzed sample	samples for inorganic nutrients of Lake Bulan /July 2023 and August 2023 /, major ions, DOC, and trace metals and inorganic nutrients in Lake Khilem (autumn 2023) and Lake Uureg (autumn 2023)	Frozen water samples, (for Lake Bulan, for Lake Khilem, for Lake Uureg)	Water – 29

Purpose of the Research/ Expected Results	The previous year's results of our study in this field show one of the main controlling factors of biogeochemical dynamic in the lake environment is thermal and chemical stratification in the water body, under meteorological conditions. Especially in the water of Lake Bulan. In 2022 we collected phytoplankton samples and assessed the EWBL (environmental wellness biodiversity level) of Lake Bulan. To explain the relationship between WQP and nutrient level and EWBL we collected the samples in the summer of 2023 twice to check the nutrient level in the bottom layer of Lake Bulan, because the NH_4^+ concentration in water sample from August 2022 was extremely high 6.1mg/l in the bottom layer.
--	--

※ Submit the application form.

At Lake Bulan 3 levels of assessment were completed: WQA, Biological assessment, and EWBL /figure 1/

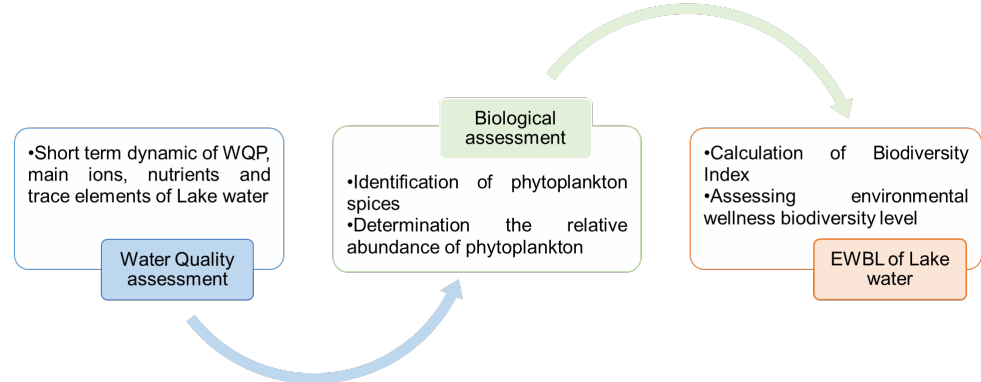


Figure 1. Study plan at Lake Bulan
Biological assessment results are introduced in Table 1.

Table1. biodiversity indexes and EWBL at Lake Bulan

Depth, m	Shannon- Wiener index	Evenness index	Margalef biodiversity index	Simpson Index	EWBL, %
0m	1.08 – poor	0.78 – stable	0.25 – affected	0.73 – one species dominated	44.8
1m	0.75 - bad	0.36 – stressed	0.23 – affected	0.87 – one dominated	49.5
2m	0.22 – bad	0.16 – stressed	0.07 – affected	0.99 – one dominated	48.7
3m	1.27 – poor	0.58 – unstable	0.24 – affected	0.59 -	57.4
4m	0.30 – bad	0.19 – stressed	0.23 – affected	0.84 = one dominated	47.2
5m	0.99 – bad	0.48 – stressed	0.23 – affected	0.5	54.7
6m	0 – bad	0 – stressed	0 – affected	1 – one dominated	29.4
7m	1.19 – poor	0.74 – unstable	0.24 – affected	0.39 -	68.8
8m	0.72 - bad	0.45 – stressed	0.17 – affected	0.66 – one dominated	50.6±10.7%

Details of the project/
Results

We compared NH_4^+ concentration from summer samples of 2020, 2022, and 2023 in figure 2. The result shows that the concentration of ammonium is higher in August, so we can suggest that in July thermal and chemical stratifications occur in this water body and get stronger in August and prevent the water mixing process fully. The thermocline border occurs around 5m-6 m in depth and this area in profile has the lowest EWBL assessment. And high ammonium concentration in bottom layer shows that the decomposition of organic matter is going very intensively in Lake Bulan.

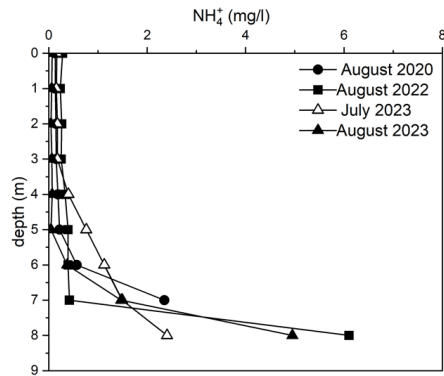


Figure 2. NH_4^+ concentration profiles in the summertime in Lake Bulan.
Note: closed circle -August 2020, closed square – August 2022, open triangle- July 2023, closed triangle – August 2023.

To compare biochemical conditions in Lake Bulan we select Lake Khilem, which was created from open pit gravel mining as Lake Bulan. And provided a study by similar research design with Lake Bulan.

The WQP profiles of the seasonal dynamic of Lake Khilem were completed. The profile has

a significantly different character from Lake Bulan /figure3/.

Lake Bulan and Lake Khilem were created same time (1968-1970), both are in the surrounding area of big cities and have soil water sources in the Kharaa River and Tuul River valley. Their water quality parameters, nutrient concentration, and its percentage were significantly different. We analyzed DIN concentration in samples from Lake Khilem in the autumn /figure 4/.

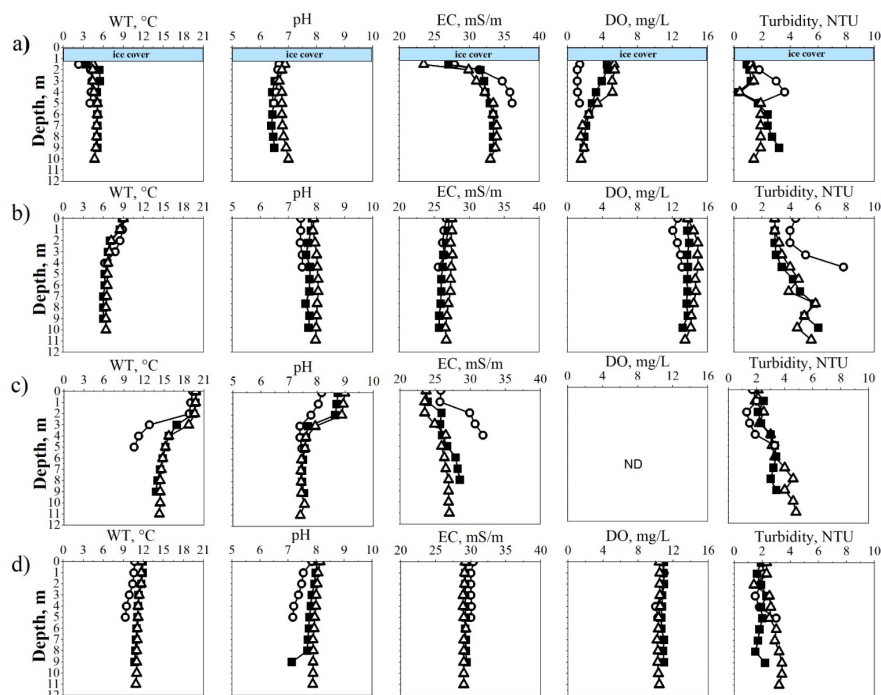


Fig. 3 Seasonal dynamic of WQP profile of water in Lake Khilem

Note: a) winter, b) spring, c) summer, and d) autumn.

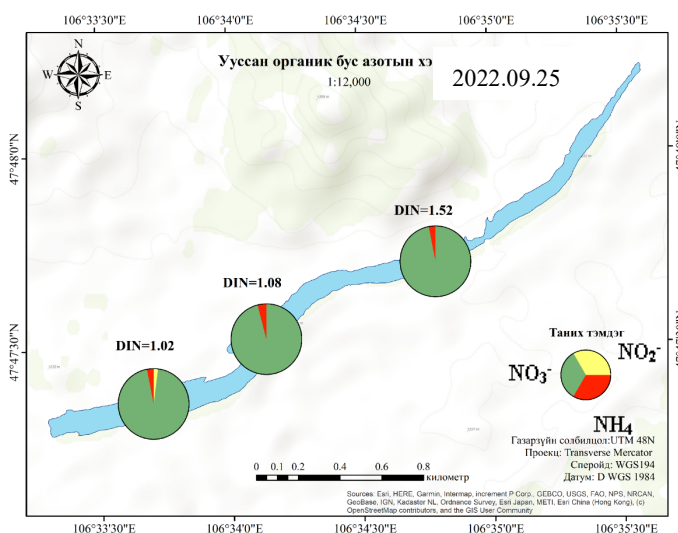


Figure 4. DIN concentration and its percentage

DIN concentrations in the surface water of Lake Bulan and Lake Khilem were 0.72 ± 0.10 mg/l and 1.21 ± 0.27 mg/l, and the dominant percentage in DIN were NH_4^+ and NO_3^- respectively. The result shows Lake Bulan is high polluted by organic matter and self-recovering process in this lake is weak. High concentration NO_3^- in Lake Khilem can present a high potential of self-recovering in the water environment. We suggest that one of key factors in WQ in gravel pit lakes is closing technology after gravel mining. Future study in this direction is needed.

Results	Proceedings of the International Conference on Future is Urban: Urban Resilience, Capacity Building, Nature-based Solution (ICFU 2022), Edited by Utpal Sharma, Swati Kothary, Vibha Gajjar, 2024 Water quality study of an artificial lake formed after gravel mining in an urban area (Mongolia) Symposium on corroborative research at Kanazawa University – March 2024 Water quality study and ewbl assessment of urban artificial lakes Master thesis: Wellness assessment of water Lake Bulan by the index of the phytoplankton community /Darkhan Province/, BAVUUDORJ Gantsooj. May 2023. Bachelor thesis: Study of the vertical distribution of water quality of artificial lakes created in urban settlement areas, GANZORIG Orgil, June 2023. Bachelor thesis: A study of water quality of gravel pit lake (In case of Lake Khilem), Amarjargal Mendjargal, May 2023. ※ Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to theK-INET office.
---------	--

Annual Results Report
Joint Research, Institute of Nature and Environmental Technology,
Kanazawa University, 2023

Name	Bin CHEN	Date	04/25/2024	
Affiliation Position	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences /Associate Professor			
Postal Address				
Phone Number		Facsimile		
E-mail Address				
Funding Category	☐ Key Joint Research Program ☒ Joint Research Program ☐ PhD student Support Program	☐ domestic ☒ international	Research period ☒ one year ☐ two years	☒ new ☐ continue
Research Field	☒ Understanding environmental pollution, environmental fluctuations, and the mechanisms behind these factors ☐ Investigating the effects of environmental change on human health ☐ Researching the effects of human societies on ecosystems ☐ Developing methods for the prediction of changes to local environments ☐ Researching topics related to sustainable development ☐ Interdisciplinary studies related to the Sea of Japan Sea region			
Research Theme	Variation of atmospheric components at Wajima and Beijing and their cl environmental effects			
Program Period	4/1/2023 ~ 3/31/2024			
K-INET Research Staff	Ning Tang			

Research Team		Name	Affiliation	Position	Role/Research Task
	Applicant	Chen Bin	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	Associate Professor	Plan and management of China side
	Member(s)	Tan Saichun	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	Associate Professor	Data analyzing
		Li Jiandong	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	Associate Professor	Data analyzing
		Dong Xiaofei	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	Ph,D researcher	Experiment and data Analyzing
		Tang Ning	Kanazawa University	Professor	Sampling
	※If there are any changes, please submit a newly revised application form to the K-INET office in consultation with K-INET staff.				
Assay sample(s)		Name of Sample		Form(Shape)	The number of sample
	Applied sample	O ₃ , SO ₂ , NO ₂ , Atmospheric aerosols		Gas, solid, liquid	3 years data
	Analyzed sample	O ₃ , SO ₂ , NO ₂ , Atmospheric aerosols		Gas, solid, liquid	3 years data

Purpose of the Research/ Expected Results	Rapid development of economy has prompted a series of air pollution issues all over the world and deteriorated air quality has attracted more and more attention due to its important roles in the atmosphere. Numerous epidemiologic studies have revealed a correlation between air pollution and human health, they pointed that prolonged exposure to air pollution increases the risk of death and disease and particulate matters also play an important role in affecting air quality and climate change. The common air pollutants include ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), particulate matter (PM_{2.5} and PM₁). O₃ can cause cell destruction which induce inflammatory reactions and respiratory diseases, so O₃ is often considered as one of the most harmful photochemical air pollutants. NO₂ mixes with other complex toxic substances is harmful to heart and lung. SO₂ can irritate respiratory tract and cause dyspnea. Particulate matter (PM) is a particularly pollutant, with aerodynamic equivalent diameter ranging in several orders, and the size of particle depending on the emission sources or formation processes in the atmosphere. PM_{2.5} and PM₁₀ (mass concentrations of particles with aerodynamic diameter less than 2.5 and 10 μm, respectively), have been routinely monitored and demonstrated associations between particles and health. Lacking of mature technology, knowledge about PM₁ and health are limited. As measurement techniques improved, more and more PM₁ measurements were performed and there is more evidence suggested that exposure to PM₁ may increase health risk. Therefore, it is very important to learn more about air pollutants, so then reduce their harmful effects on human health. Some pollutants exhibit similar change patterns in the atmosphere due to homologous emission sources affected by meteorological and topographic factor and complex interact between different pollutants. However, uneven emission sources distribute across different regions which leading to the spatial differences of pollutants. Therefore, it is critical to understand the long-term change characteristics of pollutants. Studies on serious pollution events mainly focus on that happened in megacities. However, there are fewer comprehensive investigations about concentration change of major pollutants for long-term observation in suburban region and the multi factors affecting the seasonal variations of different air pollutants remain
--	---

unclear. Greenhouse Gases (GHGs) result in global warming and accelerate the process of climate change, CO₂ and CH₄ are often considered as two important GHGs. So, it is of great significance to reveal the interannual and seasonal change patterns of atmospheric pollutants and GHGs in suburban area and explore their impact on environment and climate.

※ Submit the application form.

Details of the project/ Results	Atmospheric aerosols have significant impacts on climate and environment, so the study on aerosol optical properties is of great scientific significance for climate change and atmospheric environment. The variations in column-integrated aerosol optical properties over Beijing were investigated from March 2016 to December 2019 based on the SKYNET data products. Higher values of AOD and AE found in summer indicate that it is important to pay more attention to fine particle pollution in summer. By fitting the AOD data of SKYNET with AERONET at same waveband, we found that monthly variations in aerosol optical depth estimated from SKYNET observation were mostly consistent with the AERONET data. Aerosols were divided into several modes according to optical characteristics, which deepen some insight into aerosol optical and radiative properties and revealed that the weak absorption aerosol dominated and contributed much to the radiation transport in Beijing. Data derived from the polarization lidar CALIPSO were combined with aerosol optical depth (AOD) from SKYNET and these results were consistent, which further identified the scientific of data. The random forest algorithm was used to interpolate the missing AOD500nm observations. The original results and the interpolation results were fitted with MODIS respectively, which proved that the random forest algorithm can supplement the missing results well. This work will be of great significance in addressing the impacts of aerosols on climate and environment, and will help reduce the uncertainty of the impacts of aerosols on the Earth's radiation budget. All work will provide scientific support for the prevention and control of specific pollution. Asian dust (AD) events and total suspended particles (TSPs) were observed at the Kanazawa University Wajima Air Monitoring Station (KUWAMS), a Japanese background site, during the East Asian winter monsoon periods (from November to May of the following year) from 2010 to 2021. Nine kinds of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) were determined in each TSP sample. In this study, a total of 54 AD events were observed. According to the different pathways of long-range transportation, AD events were divided into AD-high events and AD-low events . The TSP concentrations increased sharply in the AD events and were higher in the AD high events than in the AD-low events. AD did not have a significant effect on the ΣPAHs characteristic variation, as ΣPAHs concentrations in non-AD
--	--

	periods, AD-high events, and AD-low events were 543 ± 374, 404 ± 221, and 436 ± 265 pg/m^3, respectively. The PAH compositions were also consistent. As a result, the TSP concentration was affected by the input air mass transported at higher altitudes from the desert region while the PAH concentration was impacted by the air mass at lower altitudes, which carried the PAHs emitted from fossil fuels and biomass combustion in northeastern China. Moreover, the health risks of PAHs were calculated with the inhalation lifetime cancer risk, which ranged from 10^{-6} to 10^{-5} ng/m^3, indicating a potential carcinogenic risk at the KUWAMS during the East Asian winter monsoon periods.
Results	(1) Bai, P., Wang, Y., Zhang, H., Zhang, X., Zhang, L., Matsuki, A., Nagao, S., Chen, B. & Tang, N. (2023). Characteristic Variation of Particulate Matter-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) during Asian Dust Events, Based on Observations at a Japanese Background Site, Wajima, from 2010 to 2021. <i>Atmosphere</i>, 14(10), 1519. (2) Xiaofei Dong, Bin Chen, Akihiro Yamazaki, Guangyu Shi, Ning Tang, Variations in aerosol optical characteristics from SKYNET measurements in Beijing, <i>Atmospheric Environment</i>, Volume 302, 2023, 119747, ISSN 1352-2310, https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119747. (3) Zhang, Hao, Chau-Thuy Pham, Bin Chen*, Xuan Zhang, Yan Wang, Pengchu Bai, Lulu Zhang, Seiya Nagao, Akira Toriba, Trung-Dung Nghiem, and Ning Tang. 2023. "Main Emission Sources and Health Risks of Polycyclic Aromatic

Hydrocarbons and Nitro-Polycyclic Aromatic Hydrocarbons at Three Typical Sites in Hanoi" Atmosphere 14, no. 5: 782.

<https://doi.org/10.3390/atmos14050782>

※Write down the schedule of the published original papers, the publishment without original papers, oral presentation, bachelor thesis, thesis of master degree and doctoral thesis. Applicants must report the results to theK-INET office.

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	みやがわ しんいち	提出年月日	2024 年 5 月 23 日	
申請者氏名	宮川 信一			
所属・職名	東京理科大学先進工学部・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	環境中化学物質の水生動物に対する影響解析			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日			
センター教員	豊田賢治 特任助教			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	宮川信一	東京理科大学	准教授	研究統括と遂行
	分担者	豊田賢治	金沢大学	特任助教	行動解析等
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	標準試薬	粉末、液体	20	
	分析した試料	標準試薬	粉末、液体	20	
研究目的・ 期待される 成果	ヒトが服用した医薬品や、化粧品などのパーソナルケア製品（Pharmaceuticals and personal care products; PPCPs）由来の化学物質が、河川や海を含む水系に流入することが、機器分析を用いた調査によって世界各地で明らかとなっている。これらの化学物質は、正しい使用法に限りヒトに対する安全性は一定程度確保されているが、環境に放出されたのち、水生生物にどのように作用するか十分に研究されておらず、自然環境および生態系への負荷が懸念されている。本研究では、多くの PPCPs の標的となる神経伝達物質受容体やモノアミントランスポーター及び甲状腺ホルモン受容体やエストロゲン受容体などの核内受容体に注目し、これらの生体分子を介する作用の試験法を確立するための基礎情報を得ることを目的とした。特に我が国が環境指標動物として推進するメダカや、その他の魚種・甲殻類等の水生動物の PPCPs 応答に関しては研究が遅れているのが現状である。本研究は、メダカ等の小型魚類に加え、環日本海域に棲息する水生動物をモデルとして、PPCPs による内分泌系かく乱影響の有無や、安全性評価を行うためのアッセイ系確立に向けた分子基盤を整備することを目的とした。本研究は国際的な安全性評価試験法開発に寄与するものであり、深刻度が年々増す環境問題に対して貢献するものである。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	(1) 環境中で検出される医薬品のなかでも特に抗うつ薬や精神病薬に注目し、これらの医薬品曝露によって生じるメダカ脳内代謝物の変動を、網羅的なメタボローム解析と、それに続くスパースモデリング部分的最小二乗判別分析 (Sparse partial least squares discriminant analysis ; sPLS-DA) によって調べた。その結果、ノルアドレナリンや L-DOPA のメチル化によって生成される 3-O-メチルドーパなどを、医薬品曝露と関連する代謝物として得た。 (2) メダカの視床下部-下垂体-甲状腺軸を制御する甲状腺刺激ホルモン (Thyroid stimulating hormone; TSH) に関する基礎情報を取得するとともに、甲状腺系かく乱化学物質のメダカに対する影響を遺伝子の面から解析し、生物影響の推定および影響評価を行うための指標となるマーカー遺伝子の同定を目指した。その結果、メダカには、2 つの TSHβ遺伝子のパラログ (TSHβ、TSHβ-like) が存在しており、それぞれの遺伝子の発現パターンを調べたところ、下垂体から発現し、TH の合成・分泌を制御するホルモンは TSHβ-like 遺伝子に由来することが示唆された。また、甲状腺ホルモンや甲状腺ホルモン合成阻害薬、さらに甲状腺ホルモン攪乱化学物質をメダカに曝露し、RNA-seq で得られた遺伝子発現変動を Gene ontology (GO) エンリッチメント解析した結果、メダカ生体での多岐にわたる生理的機能に影響を及ぼすこと示唆された。現在、マーカーとなる遺伝子は探索中である。 (3) 環境中に放出されている多くの化学物質が動物の内分泌系に作用し、生殖や性決定・分化、に悪影響を及ぼすことがある。本研究では、オスのメダカにエストロゲンが作用すると精巣中に卵が発生する現象 (精巣卵) に注目し、そのメカニズムについて解析した。メダカには 3 種類のエストロゲン受容体サブタイプ (ESR1、ESR2a、ESR2b) が存在する。ゲノム編集によってそれぞれのエストロゲン受容体をノックアウトしたメダカに、野生型メダカで精巣卵が出現する条件でエストロゲンを曝露したところ、ESR1-KO メダカおよび ESR2a-KO メダカでは精巣卵はみられなかった。ESR2b-KO メダカでは 6 匹中 2 匹に精巣卵が確認された。したがって、精巣卵形成には ESR1 および ESR2a が必要であることがわかった。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	上記の結果をまとめ、原著論文にまとめる予定である。また、これらの結果を踏まえて研究を継続し、2024 年度に修士の学生が修士論文をまとめる予定である。 ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	たぶち よしあき	提出年月日	2024 年 4 月 9 日	
申請者氏名	田淵 圭章			
所属・職名	富山大学 研究推進機構研究推進総合支援センター・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 若手研究者育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(新規) (重点共同研究のみ、複数年(2年)の申請が可能です。) ☐ 複数年(2年目)(2019年度に複数年で採択された課題については、こちらを選択ください。)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨り推進する学際的研究			
研究課題	多環芳香族炭化水素類の毒性機構の解明：特に benz[a]anthracene の魚類の肝臓に対する影響評価			

研究実施 期間	2023年 4月 1 日～ 2024年 3 月 31日				
センター 教員	鈴木信雄				
研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	田渕圭章	富山大学	教授	研究総括
	分担者	鈴木信雄	金沢大学	教授	メジナの実験
		服部淳彦	東京医科歯科 大学	教授	形態学的解析
		古澤之裕	富山県立大学	准教授	遺伝子発現解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	benz[a]anthracene	粉末	1	
	分析した試料	benz[a]anthracene	粉末	1	
研究目的・ 期待される 成果	（環日本海域との関連性がわかるように記載してください） 研究の意義 越境汚染物質である多環芳香族炭化水素類の骨代謝に対する作用（特に遺伝子発現解析）を調べ、環境汚染物質のリスク評価につなげる。<u>生物学、分子生物学に加えて毒性学の分野を融合した研究</u>により、多環芳香族炭化水素類の毒性機構の解明を目指す。 目的 越境汚染物質である多環芳香族炭化水素類は、大気のみならず海水中にも含まれる。さらに、<u>富山湾に生息するミシマオコゼの胆汁中に多環芳香族炭化水素類が検出されている（Suzuki et al., 2018）</u>。本研究では、多環芳香族炭化水素類の魚類の肝臓に対する毒性作用を解析する。 特色 多環芳香族炭化水素類は、脂質代謝に影響を与えていることを、Int. J.				

	Environ. Res. Public Health (2020) に報告済である。本研究では肝臓に対する作用を解析して、その機構解明を目指す。 期待される成果 既に、鈴木教授を中心とする金沢大学臨海実験所の研究グループとの共同研究の成果として、<u>Benz[a]anthracene がメジナの脂質代謝に影響を及ぼしていることを報告している (Zanaty et al., 2020)</u>。そこで、Benz[a]anthracene を投与したメジナの血液中のマーカーの変化を調べる。
※申請書に記載した事項を要約して下さい。	
利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	材料のメジナ (<i>Girella punctata</i>) は、金沢大学臨海実験施設前（石川県、九十九湾）にて釣りにより採集し、屋外の水槽にて 2 週間ほど慣らしたのちに実験で使った。すべての実験は、金沢大学動物実験倫理規定に従い実施した。 メジナを 0.04% 2-phenoxyethanol（和光純薬株式会社、大阪）を用いて麻酔後、Benz[a]anthracene (BaA)（東京化成工業株式会社）を 10 ng/g body weight の割合で投与し、対照群には溶媒のみ（0.5%ジメチルスルホキシド溶液）を投与した。BaA 投与後、26℃の屋内水槽にて 10 日間飼育した。飼育期間中に、1 日、3 日、6 日、9 日の合計 4 回薬物を投与した。10 日間の飼育後、メジナを再度、0.04% 2-phenoxyethanol で麻酔し、ヘパリン処理したシリンジを用いて、血液を採取後、遠心分離（6000 rpm, 5 分）により血漿を得た。その血漿は解析するまで-30℃で保存した。 血漿中の骨代謝のマーカーであるカルシウム及び無機リン濃度は、BaA を投与することにより、有意に低下した。さらに肝臓のマーカーである胆汁酸、総ビリルビン及び遊離ビリルビンも有意に低下することがわかった。従って、BaA はメジナの骨代謝及び肝臓における代謝を低下させている可能性が高い。今後は、胆汁中の BaA の分解物である水酸化体の濃度を測定し、水酸化体の毒性を調べる予定である。なお、出版物として、魚類の骨代謝に関連した基礎データを共同研究の一環として発表した。
※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。	
見込まれる 成果物	Kuroda, K., Srivastav, A.K., Suzuki, A., Rafiuddin, M.A., Toyota, K., Endo, M., Honda, M., Watanabe, K., Maruyama, Y., Tabuchi, Y., Hattori, A., Urata, M., Matsubara, H. and Suzuki, N.: Stanniocalcin in the corpuscles of Stannius inhibits the osteoclastic activation by regulating the Rankl/Opg expression. J. Biol. Regul. Homeost. Agents., 37: 5141-5149 (2023) Kuroda, K., Hatano, K., Kawamura, R., Fukushima, A., Sasayama, Y., Tabuchi, Y., Furusawa, Y., Ikegame, M., Hattori, A., Hirayama, J., Fukuda, T., Uekura, S., Matsubara, H., Kawago, U., Sekiguchi, T., Srivastav, A.K. and Suzuki, N.: Possible involvement of Calcitonin I and II in calcium metabolism of the female reproductive physiology of goldfish (<i>Carassius auratus</i>). Int. Aquat. Res., 15: 15-26 (2023)
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	ふるさわ ゆきひろ	提出年月日	2024 年 4 月 9 日	
申請者氏名	古澤 之裕			
所属・職名	富山県立大学 工学部医薬品工学科・准教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 若手研究者育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(新規) (重点共同研究のみ、複数年(2年)の申請が可能です。) ☐ 複数年(2年目)(2019年度に複数年で採択された課題については、こちらを選択ください。)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨り推進する学際的研究			
研究課題	能登海洋深層水による魚類の密度ストレス低減作用に関する研究			

研究実施 期間	2023年 4月 1 日～ 2024年 3 月 31日				
センター 教員	鈴木信雄				
研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	古澤之裕	富山県立大学	准教授	研究総括、解剖及び組織学的解析
	分担者	鈴木信雄	金沢大学	教授	ウロコを用いた解析
		田淵圭章	富山大学	教授	カルシトニンの分析
		本田匡人	金沢大学	助授	血液サンプリング
		服部淳彦	立教大学	教授	血液マーカー分析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	（環日本海域との関連性がわかるように記載してください） 研究の意義 海洋深層水とは水深 200 m 以深に存在する深海の海水のことであり、①常に低温に保たれ、②豊富なミネラルや無機栄養分を含み、③細菌数が少ないという特徴を持つ。このような特徴をいかして、冷媒やミネラル源といった工業的な利用や、ミネラル豊富で清浄であると言った健康的なイメージを利用した健康グッズが商品化されている。さらに、深層水で海産生物を飼育することで生育が良くなるという経験的なことから水産増養殖にも利用されている。しかしながら、科学的な根拠については、非常に少ないという現状である。また、深層水という概念は、日本にしかなく、海外（例えば、ノルウエー）では、水温の調節のために、深層水を利用しているに過ぎない。一方、金沢市の市場（近江町市場）では、深層水に入れて魚を飼育すると、通常の海水と比較して数日間魚を生かすことができるという経験的なことも知られている。そこで、海洋深層水は魚類に対するストレスを低減させ				

	る可能性があり、その原因を解明する。本研究は、深層水を用いた魚類の畜養に貢献できる可能性が高い。
利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	※申請書に記載した事項を要約して下さい。 1. 背景 海洋深層水は、経験的に魚を含めた海産動物の生育を改善する効果があることから、飼育水等に利用されているが、その詳しい機構は明らかになっていない。そこで本研究では、魚類のストレス応答に注目して実験を行った。 2. 実験方法 マリンテック（愛知県）から購入したヒラメ（<i>Paralichthys olivaceus</i>）を実験に用いた。イニシャルの採血後、6.25 倍の密度ストレス環境下において、表層海水及び能登海洋深層水で魚を飼育した。その後、5 日及び 10 日後に血液試料を再度採取して、ストレスマーカーである血漿コルチゾル濃度を測定した。また、深層水で飼育したヒラメの脳と表層水で飼育したヒラメの脳から RNA を抽出し、RNA-seq により発現が変動している遺伝子を網羅的に解析した。さらに、能登海洋深層水に特異的に含まれる有機成分を探索し、その成分を人工海水に添加して、ヒラメのストレス応答に及ぼす影響を調べた。 3. 実験結果及び考察 大きな水槽（241 g/62.5 L; 200 cm × 100 cm × 65 cm）で馴化したヒラメ（14 匹）を能登海洋深層水飼育群と表層水飼育群とに分けて、狭い水槽（平均密度：24 g/L）で個別飼育するという密度ストレスをかけて、エサを 1 日 1 回与えて 10 日間飼育した。その結果、表層の海水で飼育すると、血液中のコルチゾル濃度は上昇したが、能登海洋深層水で飼育すると、コルチゾル濃度は上昇しないことがわかった。また血液中のカルシウム濃度のみが低下して、カルシウム濃度を低下させるホルモンであるカルシトニンの濃度が上昇することも判明した。一方、能登の海洋深層水と表層の海水の組成を調べた結果、能登の海洋深層水にインドール化合物であるキヌレニンが特異的に存在することがわかった。我々はこれまで、同じインドール化合物であるメラトニンが哺乳類の骨のモデルであるウロコの培養系において骨芽細胞の活性を促進し、カルシトニンの分泌を促すことを証明しているため、キヌレニンがカルシトニンの分泌を促しているのではないかと考えた。そこで、キヌレニンの作用を詳しく解析した結果、キヌレニンがウロコの骨芽細胞に作用して、カルシトニンの分泌を促していることがわかった。また、人工海水にキヌレニンを添加してヒラメを飼育すると、血液中のコルチゾル及びカルシウム濃度が低下して、カルシトニン濃度が上昇することが判明した。さらにヒラメの脳の網羅的解析により、カルシトニンが脳の視床下部の副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン及び脳下垂体のプロオピオメラノコルチンの発現を抑制することもわかった。 以上のことから、能登の海洋深層水に含まれているキヌレニンがウロコの骨芽細胞に働き、カルシトニンをヒラメの血液中に分泌させ、そのカルシトニンが脳に作用し、コルチゾルの分泌に関与する副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン及びプロオピオメラノコルチンの発現を抑制することがわかった。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	Ikari, T., Furusawa, Y., Tabuchi, Y., Maruyama, Y., Hattori, A., Kitani, Y., Toyota, K., Nagami, A., Hirayama, J., Watanabe, K., Shigematsu, A., Rafiuddin, M.A., Ogiso, S., Fukushi, K., Kuroda, K., Hatano K., Sekiguchi, T., Kawashima, R., Srivastav, A.K., Nishiuchi, T., Sakatoku, A., Yoshida, M.A., Matsubara, H. and Suzuki, N.: Kynurenine promotes Calcitonin secretion and reduces cortisol in the Japanese flounder <i>Paralichthys olivaceus</i>. Sci. Rep., 13: 8700 (2023) Ikari, T., Hirayama, J., Rafiuddin, M.A., Furusawa, Y., Tabuchi, Y., Watanabe, K., Hattori, A., Kawashima, R., Nakamura, K., Srivastav, A.K., Toyota, K., Matsubara, H. and Suzuki, N.: Data on plasma cortisol levels in nibbler fish <i>Girella punctata</i> reared under high-density conditions in either surface seawater or deep ocean water. Data in Brief., 49: 109361 (2023) ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。
--------------	---

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	せき おさむ	提出年月日	年 月 日	
申請者氏名	関 幸			
所属・職名	北海道大学低温科学研究所・准教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	七尾湾における生物生産の時系列変動要因			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 30 日			
センター 教員	長尾誠也、落合伸也			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	関宰	北海道大学	准教授	バイオマーカー分析
	分担者	長尾誠也	金沢大学	教授	環境変動解析
		落合伸也	金沢大学	助教	堆積物年代の精密化
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	堆積物	粉末状	20	
	分析した試料	堆積物	粉末状	20	
研究目的・ 期待される 成果	日本海に面する七尾湾は近年著しい環境変化が起こっていると考えられており、それによる湾内の漁業への影響などが懸念されている。しかしその要因についてはよくわかっていない。そこで七尾湾で採取した海底堆積物コアの地球化学的分析から、七尾湾における過去数百年間の環境変動を復元し、近年の変化が特異的なものであるかの検証並びにその要因の解明をおこなう。本研究は有機地球化学的手法を用いて、水温、生物生産、底層の酸化還元状態など多角的に環境変動を復元する点に特色がある。本研究により、近過去の七尾湾の環境変遷の実態の解明が期待される。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	七尾湾から採取した堆積物コア（NW7 と N11）中の直鎖の炭化水素（n-アルカン）を測定した。その結果、すべての試料において、n-アルカンが検出された。炭素数が C25 以上かつ炭素数に奇数優位性を持つ n-アルカンは一般的に陸上高等植物由来であると考えられている。七尾湾の堆積物中の n-アルカンの分子組成もその特徴を有していることから、陸上植物起源の有機物が流入したと解釈できる。陸から海洋への陸上有機物の輸送過程として、河川による輸送と大気を経由した輸送が考えられるが、堆積物コア掘削地点は湾内であり、河川の河口に比較的近いことから、河川輸送が主であると推察される。 一方で、堆積物コア陸上起源 n-アルカン濃度を深度分布に着目すると、著しい変化は認められなかった。このことから、陸上起源の n-アルカンの供給は絶えず一定であったと考えられる。また、ハプト藻由来のバイオマーカーである炭素数 37 の不飽和ケトン（アルケノン）はすべてのサンプルで検出されなかった。このことから、七尾湾ではハプト藻類は生息していないか、生息していてもそのバイオマスは極めて少ないと考えられる。今後、他の藻類バイオマーカー（例えば、珪藻や渦鞭毛藻）の分析を進めれば、珪藻や渦鞭毛藻の生物生産変動に関する知見が得られるだろう。
※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。	
見込まれる 成果物	学会での口頭発表が見込まれる可能性がある。
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	なら ふみこ	提出年月日	2024 年 4 月 30 日	
申請者氏名	奈良 郁子			
所属・職名	名古屋大学環境学研究科日本学術振興会特別研究員			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	北陸地域における日本海沿岸の湖底及び海底堆積物を用いた白頭山噴火テフラ層(B-Tm)の新規探索			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター教員	松中 哲也			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	奈良郁子	名古屋大学	JSPS-RPD	解析・化学分析・試料調整
	分担者	松中哲也	金沢大学	助教	堆積物放射能測定
		渡邊隆広	日本原子力研 究開発機構	研 究 副 主 幹	微量元素分析
		落合伸也	金沢大学	助教	試料採取
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	湖底・海底堆積物	プラスチックケース 内に圧縮した乾燥堆 積物をビニール袋で 密封した状態	20	
	分析した試料	湖底・海底堆積物	プラスチックケース 内に圧縮した乾燥堆 積物をビニール袋で 密封した状態	20	
研究目的・ 期待される 成果	近年、火砕流埋没樹木の年輪年代測定により、北朝鮮と中国の国境に位置する白頭山（標高 2,744m）の噴火が、西暦 946 年に発生したと決定された(Hakozaki et al., 2018; Oppenheimer et al., 2017)。火山噴火は地質学的時間軸において一瞬の出来事であるため、湖底及び海底堆積物中に残された白頭山噴火テフラ(B-Tm)を単年の鍵層として利用できる。さらに白頭山噴火テフラが、これまで考えられていた降下範囲を超え、水月湖(福井県、Maclean et al., 2016)、久種湖(北海道・礼文島、Chen et al., 2016)、グリーンランド(Sun et al., 2014)で発見された。B-Tmが北陸地域の堆積物試料中に存在している可能性は非常に高い。一方で、北陸地域の日本海沿岸堆積物を用いたB-Tmの発見に関する研究は未だ報告されていない。本研究では、北陸地方の日本海沿岸で採取された堆積物試料を用いて微量元素分析を行い、堆積物に保存された火山ガラス(B-Tm)を新規に見出すことを目的とする。B-Tmの微量元素組成は非常に特徴的なパターンを持つことから、微量元素分析を行うことで堆積物中の火山ガラス(B-Tm)を検知できる。併せて、放射年代測定(Pb-210、Cs-137)を用いて、B-Tm層による年代補正を加えた堆積物試料の高精度年代モデルの構築を行う。本研究の遂行により、白頭山テフラを単年の年代軸とした、東アジア地域における気候変動記録の精密対比の実現が強く期待される。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	本研究では、北陸地方にて得られた気水湖及び人口湖の堆積物試料を用いて白頭山噴火テフラ (B-Tm) 層の発見を目指し、B-Tm 由来火山ガラスの探索を進めている。白頭山噴火テフラ (B-Tm) は、北朝鮮と中国の国境に位置する白頭山 (標高 2,744m) の噴火の噴火により降下したテフラであり、火砕流埋没樹木の年輪年代測定により西暦 946 年に噴火が発生したと決定されている (Hakozaki et al., 2018; Oppenheimer et al., 2017)。火山噴火は地質学的時間軸において一瞬の出来事であるため、湖底あるいは海底堆積物中に残された白頭山噴火テフラ (B-Tm) を単年の鍵層として利用できる (Nara et al., 2022)。さらに白頭山噴火テフラはこれまで考えられていた降下範囲を超え、水月湖 (福井県、Maclean et al., 2016)、久種湖 (北海道・礼文島、Chen et al., 2016)、グリーンランド (Sun et al., 2014) で発見されており、広範囲における鍵層としての利用が期待できる。B-Tm が北陸地域の堆積物試料中に存在している可能性は非常に高い。一方で、北陸地域の日本海沿岸堆積物を用いた B-Tm の発見に関する研究は未だ報告されていない。本研究では、北陸地方の日本海沿岸で採取された堆積物試料を用いて微量元素分析を行い、堆積物に保存された火山ガラス (B-Tm) を新規に見出すことを目的とする。B-Tm の微量元素組成は非常に特徴的なパターンを持つことから、微量元素分析を行うことで堆積物中の火山ガラス (B-Tm) を検知できる。 そこで本研究では、能登半島の付け根に位置する人工池 (ビシャグソ池、七尾市) 及び日本海側に位置する汽水域の堆積物を採取した。人工池の堆積物においては、地球化学的解析手法 (無機元素分析 (主要元素: SiO_2, TiO_2, Total Fe_2O_3, Al_2O_3, CaO, K_2O, 微量元素: Cl, V, Cr, Cu, Zr, Zn, Rb, Sr, Pb, U)、に加え、元素分析 (有機炭素量: TOC、窒素量: TN)、およびこれらの安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) 及び放射年代測定 (Pb-210、Cs-137、^{14}C 年代測定) を用いて環境変動解析も併せて進めた。汽水域の堆積物試料として、約 4m の連続した堆積物試料を採取することに成功した。汽水域の堆積物試料は、堆積物の観察、試料の分割及びサブサンプリングが終了し、化学分析及び年代測定が進められている。放射年代測定には、金沢大学低レベル放射能実験施設に設置されている Ge 半導体検出器 (LO-AX-51370-20, ORTEC, USA) を、無機元素分析には波長分散型蛍光 X 線測定器 (ZSX PrimusII, Rigaku) および携帯型エネルギー分散型蛍光 X 線測定器 (portable XRF; Niton XL3t-950S, Thermo Fisher Scientific) を用いた。目視による堆積物の観察からはテフラと認められる堆積物層は確認できなかったが、今後微量元素分析を進めることでテフラ層の探索を進めていく予定である。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	得られた成果を、査読つき国際誌である「Limnology」及び「Radiocarbon」に投稿予定である。 ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	はるみ たつお	提出年月日	令和6年 4月 24日	
申請者氏名	春見 達郎			
所属・職名	旭川医科大学解剖学講座（顕微解剖）・助教			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 若手研究者育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	日本海産魚類の受精におよぼす多環芳香族炭化水素類の影響			
研究実施期間	令和5年 4月 1日～ 令和6年 3月 31日			
センター教員	臨海実験施設 教授 鈴木信雄			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	春見達郎	旭川医科大学	助教	研究統括・精子の運動解析・精子の卵門進入解析
	分担者	松原創	金沢大学	教授	試料採集・受精卵の初期発生におよぼす PAHs の効果解析
		柳町隆造	ハワイ大学	名誉教授	研究助言
		鈴木信雄	金沢大学	教授	試料採集・PAHs の供給
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料			物質名	形態（形状）	試料数
	申請書に記載した試料		日本海産魚類	卵、精子 受精卵など	10 種 100 検体
	分析した試料		日本海産魚類を含む水生生物	卵、精子 受精卵、幼生など	2 種 25 検体
研究目的・ 期待される 成果		<u>研究目的</u> 魚類の受精は、種毎の多様性はあるが、そのほとんどで、初めに精子の卵への接近、精子の卵表面での接触遊泳（thigmotaxis）、そして最後に卵膜表面に 1 か所開いている卵門内に精子が進入して卵と受精する、という段階を経る。 申請者らのグループは、水浸レンズを用いた顕微鏡下での動画撮影により、これまで数十種類の魚類の受精過程の解析、特に「精子の運動性の解析」「精子の thigmotaxis 解析」「精子の卵門進入解析」を行ってきた。本研究では、これらの受精過程に対して、多環芳香族炭化水素類が影響するかどうかを検討する。加えて、受精後、受精卵や初期発生胚、あるいは幼生を多環芳香族炭化水素類に暴露し、孵化や発生への影響も同時に検討する。これらの実験を通して、PAHs の魚類の受精事象におよぼす効果を環境リスク評価の一手段として利用することを検討する。			
		<u>特色と期待される成果</u> これまでの PAHs のリスク評価は、生体や細胞内での代謝、および生体や細胞への毒性など主に生化学的な分析に基づいて行われてきた。申請者のグループの専門である、精子の運動性や、精子と卵の受精や、その後の発生など、顕微鏡下での「動的現象の解析」を PAHs のリスク評価の一つとして検討することは新しい試みである。受精という基本的な生命現象に、PAHs のような人為的な環境変化が影響を与えるとすれば、社会に対して新たな警鐘となりうる。			
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究
実施内容・
得られた成
果

本研究課題は、種々の毒性が知られている多環芳香族炭化水素（PAH）が、魚類を含む水生生物の受精や発生にどのような影響をおよぼすのかを調べる共同研究である。発表者のグループは、これまで北海道産の数十種類の魚種を用いて、それらの受精機構を解析してきた。それらの経験をもとにして、富山湾および能登半島に生息する、魚類を中心にその初期発生におよぼす PAH の影響を調べた。本年度は、ヤツメウナギ（円口類、淡水産）、トラフグ（硬骨魚類、浅海産）マダラ（硬骨魚類、深海産）、およびアカムツ（ノドグロ）（硬骨魚類、深海産）受精卵を用い、その培養液に種々の濃度の 16 種類の PAH（Naphthalene (Nep), Acenaphthylene (Acy), Acenaphthene (Ace), Fluorene (Flu), Anthracene (Ant), Phenanthrene (Phe), Fluoranthene (Flt), Pyrene (Pyr), Chrysene (Chr), Benzo[a]anthracene (BaA), Benzo[b]fluoranthene (BbF), Benzo[k]fluoranthene (BkF), Benzo[a]pyrene (BaP), Dibenzo[a,h]anthracene (DA), Indeno[1,2,3-cd]pyrene IP, Benzo[ghi]perylene BP) を加えた。その後、孵化まで培養を続け、その孵化率と奇形率を調べた。用いた PAH 濃度は、培養液（海水あるいは淡水）への溶解度で次のように決定した。 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ M (Nap、Acy、Flu、Phe、Ace、Flt)、 $10^{-7} \sim 10^{-9}$ M (Ant、Pyr、BaP)、 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ M (BaA)、 $10^{-9} \sim 10^{-11}$ M (Chr、BkF、BbF、DA)、 $10^{-10} \sim 10^{-12}$ M (BP)、 $10^{-11} \sim 10^{-13}$ M (IP)。

その結果、Ace、Flu、Ant 以外の 13 種の PAH に、4 種類のうちいずれかの魚種の初期発生に対する有意な発生阻害効果が認められた。一方、調べた 4 種の魚種全てに阻害効果を持つ PAH は無かった。調べた 4 種の魚種の中での特徴として、海産魚（トラフグ、マダラ、アカムツ）に共通して阻害効果を持つ PAH は、Phe と Chr であった。淡水魚（ヤツメウナギ）だけに阻害効果を持つ PAH は、Pyr であった。深海産魚（マダラ、アカムツ）だけに阻害効果を持つ PAH は、BbF であった。一方、PAH の中で、IP は、最も低濃度で阻害効果を示した PAH で、 10^{-13} M の濃度でヤツメウナギとアカムツの孵化率を有意に低下させた。4 種の魚種の中では、アカムツの孵化胚に最も高い奇形発生率が認められた。奇形の内容は、脊椎骨の湾曲（上部、下部）、顎の異常、心臓部の異常などである。

以上の結果から、PAH は、魚類卵の初期発生を阻害し、孵化率を低下させることが明らかになった、今回の結果では、魚類の特徴（淡水産と海水産、浅海産と深海産など）と、阻害効果を示す 16 種の PAH の種類とを関連付ける証拠は得られなかった。これは、今後さらにより多くの魚種について PAH の影響を調べる必要があることを示している。また、深海産のアカムツにおいて奇形率が高かったことは、PAH 暴露が少ないと推定される深海産魚の方が、PAH の毒性の感受性が高い可能性を示している。今後、より多くの海産魚や淡水産硬骨魚、さらには軟骨魚類を用い、初期発生への影響も調べていく必要がある。

※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	「原著論文」 Fluorene is highly toxic to zoea larvae of the red-clawed crab <i>Chiromantes haematocheir</i>. Ryoya Kawamura, Muhammad Ahya Rafiuddin, Kenji Toyota, Masato Honda, Thumronk Amornsakun, Yoshiaki Tabuchi, Atsuhiko Hattori, Tatsuo Harumi, Jun Hirayama, Makoto Urata, Kyoko Matsumoto, Sogo Nishimoto, Ajai K. Srivastav, Nobuo Suzuki, and Hajime Matsubara Int. J. Zool. Inv., 9(1):1-7. 2023 「口頭およびポスター発表」 日本動物学会第 94 回大会山形大会 魚類の受精における卵門の精子に対する誘引機構 春見達郎、松原創、小林寛、甲賀大輔、柳町隆造 2023 年 9 月 日本動物学会第 95 回大会長崎大会 魚類の精子の卵門進入解析の種々の試み 春見達郎、松原創 2024 年 9 月（発表予定） 第 9 回 生殖若手の会 魚類の受精の特徴（仮題） 春見達郎 2024 年 9 月（招待講演予定） ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。
--------------	---

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	はっとり あつひこ	提出年月日	R6 年 4 月 16 日	
申請者氏名	服部 淳彦			
所属・職名	立教大学スポーツウエルネス学部・特任教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 若手研究者育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(新規) (重点共同研究のみ、複数年(2年)の申請が可能です。) ☐ 複数年(2年目)(2019年度に複数年で採択された課題については、こちらを選択ください。)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨り推進する学際的研究			
研究課題	メラトニンによる多環芳香族炭化水素類のレスキュー作用の解析			

研究実施 期間		2023年 4月 1 日～ 2024年 3 月 31日			
センター 教員		鈴木信雄			
研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	服部淳彦	立教大学	研究総括	研究総括、解剖及び組織学的解析
	分担者	鈴木信雄	金沢大学	メジナの 実験・サン プリング	ウロコを用いた解析
		田渕圭章	富山大学	遺 伝 子 解 析	血液マーカー分析
		古澤之裕	富山県立大学	ネ ッ ト ワ ーク解析	遺伝子発現解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	Benz[a]anthracene	粉末	1	
	分析した試料	Benz[a]anthracene	粉末	1	
研究目的・ 期待される 成果		（環日本海域との関連性がわかるように記載してください） 研究の意義 多環芳香族炭化水素類は環境中に広く存在する環境汚染物質である。この物質の作用を回避するには、発生源にフィルターをかける方法がある。しかしながら、多環芳香族炭化水素類を完全に除去することは不可能である。そこで本研究では、この化合物の作用をリスキューできる手法を開発する。本研究で注目しているのは、食品中にも含まれる化合物であり、実現性が高いテーマである。 目的 越境汚染物質である多環芳香族炭化水素類の毒性作用は、活性酸素を発生させることに起因している。そこで、ラジカルスクベンジャーであるメラトニンによる多環芳香族炭化水素類のレスキュー作用を解析する。 特色			

	多環芳香族炭化水素類の水酸化体の毒性に注目しているのは、世界で金沢大学を中心とする我々のグループのみであり、非常に独創性の高い研究である。 期待される成果 申請者は、メラトニンの専門家であり、メラトニンに関する多くの研究実績を有する。特に、ラジカルスクベンジャーとしてのメラトニンに関する総説を 2023 年に Journal of Pineal Research に出版した。このジャーナルは、メラトニンのトップジャーナルであり、インパクトファクターが 13.007 である。
利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	※申請書に記載した事項を要約して下さい。 多環芳香族炭化水素類は環境中に広く存在する環境汚染物質であるが、この物質を完全に除去することは不可能である。そこで本研究では、この多環芳香族炭化水素類の障害をレスキューできる方法の開発を目指す。越境汚染物質である多環芳香族炭化水素類の主たる毒性作用は、活性酸素を発生させることに起因している。そこで、抗酸化作用を持ち松果体ホルモンとして知られているメラトニンに着目し、多環芳香族炭化水素類による障害に対するレスキュー作用を解析する。 メラトニンは松果体から夜間にのみ分泌される「夜の時刻情報の伝達物質」として知られているが、その分泌量は加齢とともに激減する。近年、メラトニンは松果体以外の生体内の様々な器官においても合成されること、また、我々による 1995 年の高等植物におけるメラトニンの発見以来、米、大麦、トマトをはじめとする様々な食用植物や薬用植物にもメラトニンの存在が報告されている。これまでの研究により、メラトニンの抗酸化作用には 2 つの経路が知られている。一つはメラトニンレセプターを介して細胞内の抗酸化酵素（例えばスーパーオキシドジスムターゼやグルタチオンペルオキシターゼなど）を上昇させる経路である。もう一つはメラトニン自身がフリーラジカル（ヒドロキシルラジカルなど）や活性酸素（過酸化水素など）を直接消去する経路である。 今回我々は多環芳香族炭化水素類の代表としてベンゾピレン（BaP）を、標的細胞としてヒトのニューロblastoma である SH-SY5Y 細胞を用いて、BaP の神経系に及ぼす影響（障害）について評価した。まず、SH-SY5Y 細胞において、メラトニンレセプターが発現しているかどうかを調べたところ、MT1 と MT2 という 2 種類のレセプターがともに発現していた。次に、BaP の添加により SH-SY5Y 細胞におけるドーパミンとセロトニンの産生量にどのような影響を与えるかを調べたところ、両伝達物質ともに有意に低下することが分かった。すなわち BaP は神経細胞に作用し、神経伝達物質の産生に悪影響を与えることが明らかとなった。次にメラトニンによるレスキュー効果を調べるために、BaP と同時にメラトニンを添加したところ、少なくともセロトニンの産生に対してレスキューすることが分かった。 今後は、メラトニンの BaP に対するレスキュー作用を詳細に調べるとともに、他の多環芳香族炭化水素類を用いた実験を行うことにより、メラトニンのレスキュー作用の全体像をとらえていきたいと考えている。加えて、食用植物や薬用植物の中に含まれているメラトニンおよびメラトニン代謝産物（これらも抗酸化効果を持つ）にもターゲットを広げていきたいと考えている。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	Hirayama, J., Hattori, A., Takahashi, A., Furusawa, Y., Tabuchi, Y., Shibata, M., Nagamatsu, A., Yano, S., Maruyama, Y., Matsubara, H., Sekiguchi, T., Suzuki, N.: Physiological consequences of space flight, including abnormal bone metabolism, space radiation injury, and circadian clock dysregulation: Implications of melatonin use and regulation as a countermeasure. J. Pineal Res., 74: e12834 (2023) Hattori, A., and Suzuki, N.: Receptor-mediated and receptor-independent actions of melatonin in vertebrates. Zool. Sci., 41: 105-116 (2024)
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	うめざき まさひろ	提出年月日	2024 年 4 月 4 日	
申請者氏名	梅崎 昌裕			
所属・職名	東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☒ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	能登半島における買い物環境の評価：食生活への影響			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター教員	本田匡人（金沢大学・環日本海域環境研究センター）			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	梅崎昌裕	東京大学	教授	総括
	分担者	本田匡人	金沢大学・環日 本海城環境研 究センター	助教	実地調査
		小坂理子	長崎大学	准教授	地理空間情報解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	該当なし			
	分析した試料	該当なし			
研究目的・ 期待される 成果	人間の健康維持には適切な食生活が必要である。しかしながら、高齢化・人口減少にともなう小売店の消滅にともない、食品の買い物のために多くの労力を必要とする地域が増加している。このような買い物環境の悪い地域に居住する住民はタンパク摂取量が不足するリスクが高いことが知られている。本研究は、地理情報システムを用いて能登半島の買い物環境マップを作成し、申請者のグループが実施した個人レベルの食事調査と統合することにより、能登半島においてタンパク摂取の不足するリスクの高い地域を表示するデジタル地図を作成することを目的とする。				

※申請書に記載した事項を要約して下さい。	
利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	珠洲市に居住し国民健康保険に加入する 40－74 歳の全住民に対して質問紙を郵送し、3033 人 (61.4%) から回答があった。質問紙には食物摂取頻度調査票が含まれ、その回答からそれぞれの個人のエネルギーと栄養素の摂取量を推定した。住所の提供に同意した個人については、東京大学の空間情報科学研究センターが提供するアドレスマッチングサービスを用いて、住所を緯度経度に変換した。さらにゼンリンの Telepoint Pack Database 2022 に含まれる生鮮食品店の位置情報を用いて、客観的な買い物環境の評価をおこなった。 年齢などの共変量を調整した分析の結果、買い物環境の相対的に悪いところに居住する個人は、脂質とタンパク質、カルシウムの摂取量が少なく、炭水化物の摂取量が多いという傾向がみられた。珠洲市においては 2024 年 1 月の震災により、多くの生鮮食料品店が被災し、その復興は途上である。バランスのとれた食生活は、特に高齢者の健康にとって重要である。買い物環境の再整備においては高齢者の人口分布を考慮し、さらに買い物環境の悪い地域には移動販売などの買い物支援を検討する必要があると考えられる。 さらに追加解析として、食事性炎症指数の地理的集積性の検討をおこなった。食事性炎症指数は栄養素や食品の摂取量から推定され、生活習慣病の基礎病態である慢性炎症の状態と関連することが知られている。地理的集積性を検出する SaTScanTM を使用して検討したところ、食事性炎症指数が高い／低い空間クラスターは珠洲市においては検出されなかった。住民への聞き取り調査では、内浦と外浦で食文化に違いが見られるという認識が示されたが、食事性炎症指数という側面においては地域差が大きいことが示された。
※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。	
見込まれる 成果物	Public Health Nutrition などの国際誌に発表準備をすすめている。
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	ひらやま じゅん	提出年月日	令和6年 4月 日	
申請者氏名	平 山 順			
所属・職名	公立小松大学保健医療学部 臨床工学科・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 若手研究者育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	大気汚染物質、多環芳香族炭化水素類の時計分子による生物の初期発生の制御に対する影響の解明			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	鈴木 信雄			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	平山 順	公立小松大学 保健医療学部 臨床工学科	教授	研究の総括および実施
	分担者	鈴木信雄	金沢大学 環 日本海域環境 研究センター 臨海実験施設	教授	組織切片の解析
		服部淳彦	立教大学 スポーツウェ ルネス学部	特任教授	形態学的解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				

研究目的・期待される成果	研究の背景と目的 Benz[α]anthracene (BaA) といった多環芳香族炭化水素類は、環日本海域の主要な大気汚染物質の一つであり、急性毒性や発癌性を有する。一方で、その生体への影響に関しては、未だ不明な点が多く存在する。体内時計は生体の重要な恒常性維持機構の一つである。この機構は、生物の初期胚には存在せず個体発生に伴い構築される。興味深いことに、体内時計の制御因子の一部が 哺乳動物や小型魚類の時計が存在しない発生初期の受精卵で高いレベルで発現していることが報告されている。申請者は、小型魚類のゼブラフィッシュをモデル生物とした解析から、主要な体内時計の制御因子(時計分子)が、発生初期の受精卵のストレス刺激に対する耐性獲得において重要な役割を担うことを見出している。<u>本研究の目的は、BaA の時計分子を介した受精卵のストレス耐性獲得への影響の分子機構を解明することである。</u> 研究の特色 体内時計は、睡眠などの多様な生理機能に約 24 時間の周期変動を作り出す恒常性維持機構である。これは、「自然界の昼夜の変化に対し体内環境を最適化する」という重要な役割を担っている。申請者は、体内時計制御における時計分子の化学修飾を介した機能調節の役割を報告してきた。また、これまでの<u>採択課題では、生化学的な解析などから時計分子の化学修飾に対し BaA が影響を与えることを見出し、その成果の一部を発表論文において言及した(研究成果 7 & 9)。</u>以上の成果に基づいて、本研究ではヒトと共通の体内時計を持つゼブラフィッシュを用いて、時計分子を介した発生初期の受精卵のストレス耐性の獲得に対する BaA の影響の背景にある機構の解明を目指す。<u>本研究の特色は 多環芳香族炭化水素類の新たな標的として、申請者が独自に見出した「時計分子による受精卵のストレス耐性獲得」という現象に注目し、BaA の生物への影響を解析する点である。</u> 期待される成果および本研究の意義 <u>本研究に期待される成果は、多環芳香族炭化水素類の発生初期の受精卵への影響の同定およびその分子機構の解明である。</u>多環芳香族炭化水素類は化石燃料の不完全燃料に伴って発生するが、特に能登半島といった環日本海域では、中国で大量に大気中に放出される多環芳香族炭化水素類が長距離輸送されてくる。<u>このような地理的な背景から、多環芳香族炭化水素類の健康への影響を理解することは、環日本海域において、大きな意義を有すると考えられる</u> ※申請書に記載した事項を要約して下さい。
---------------------	---

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	脊椎動物の細胞時計において、CLOCK:BMAL 二量体は主たる構成因子であり、転写活性化因子として機能する。CLOCK:BMAL 二量体の転写活性レベル（転写能）を生物発光レポーターを用いて可視化することにより、高い時間解像度で解析することを試みた。その結果、CLOCK:BMAL 二量体の転写能の日周変動の周期が BaA 処理により変化することを確認した。この結果は、Real-Time PCR により、CLOCK:BMAL 二量体の標的遺伝子である Per1 の発現レベルの周期変動の解析により示唆された結果と矛盾しない。細胞時計の日周性形成において、CLOCK:BMAL 二量体を含む構成タンパク質の化学修飾は重要な役割を担っている。そこで、BaA 処理したゼブラフィッシュ稚魚から調整したサンプルを用いて、細胞時計の構成分子のリン酸化修飾への BaA の影響を検討したが、明確な影響は観察されなかった。今後は、アセチル化修飾などの細胞時計の制御に関わることが報告されている他の化学修飾について BaA の影響を検証していきたい。 本研究では、体内時計の破綻したゼブラフィッシュを用いた網羅的な遺伝子発現解析より、CLOCK:BMAL 二量体の標的の中にストレス応答分子が複数含まれることを見出した。前段落に記述した通り、BaA は CLOCK:BMAL 二量体の転写能に作用するので、この作用を介して BaA がゼブラフィッシュのストレス応答に影響を与える可能性が考察できる。 生物の行動量の日周変動（行動リズム）は、体内時計を個体レベルで評価するための確立された指標である。これまでに、ゼブラフィッシュの発生過程における体内時計を、その稚魚の行動リズムを指標にして評価する系を構築している。今後はこの系を用いて、BaA の体内時計に対する影響を個体レベルで評価していきたい。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	<u>Hirayama, J.</u>, Hattori, A., Takahashi, A., Furusawa, Y., Tabuchi, Y., Shibata, M., Nagamatsu, A., Yano, S., Maruyama, Y., Matsubara, H., Sekiguchi, T., Suzuki, N.: Physiological consequences of space flight, including abnormal bone metabolism, space radiation injury, and circadian clock dysregulation: Implications of melatonin use and regulation as a countermeasure. J. Pineal Res., 74: e12834 (2022)(IF: 13.007) Miki, Y., Seki, A., Mishima, H., Maruyama, Y., Watanabe, K., Kobayashi-Sun, J., Kobayashi, I., Kuroda, K., Oshima, S. Okamoto, T., Matsubara, H., Srivastav, A.K., Tabuchi, Y., <u>Hirayama, J.</u>, Hattori, A. and Suzuki, N.: Melatonin is more effective on bone metabolism when given at night than during the day in ovariectomized rats. Mel. Res., 6: 161-172 (2023) ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	さかとく あきひろ	提出年月日	2024 年 4 月 11 日	
申請者氏名	酒徳 昭宏			
所属・職名	富山大学学術研究部理学系・講師			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	アコヤガイの大量死を引き起こす外套膜萎縮症の原因細菌に関する研究			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	鈴木信雄			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	酒徳昭宏	富山大学	講師	研究統括
	分担者	一色 正	三重大学	教授	感染実験
		鈴木信雄	金沢大学	教授	ヘモリシン解析
		松原創	金沢大学	教授	アコヤガイのサンプリング
		端野開都	金沢大学	M2	細菌感染診断法の開発
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	アコヤガイ		100 検体	
	分析した試料	アコヤガイ		30 検体	
研究目的・ 期待される 成果	目的：本研究では、①外套膜萎縮症を引き起こす原因細菌（MA3 株）の毒化機構を明らかにするために、ヘモリシン（溶血素）遺伝子の配列を決定し、その溶血活性を調べる。さらに、②細菌感染を調べる特異的な検出法を開発する。すなわち、16S rDNA と 23S rDNA の間に存在する Intergenic Spacer Region に存在する種特異的な配列を用いて、MA3 株に特異的なプライマーを設計後、PCR による検出法を開発する。本検出法を開発することで、環境中の本菌株の分布調査や、大量死を未然に防ぐ対策法の開発に大きく貢献できると考えられる。 期待される成果：本研究で対象とする外套膜萎縮症は毎年約 200 万ものアコヤガイが死亡しており、日本の真珠産業の衰退を招く重大な問題である。申請者の研究により、死亡したアコヤガイから単離された MA3 株は <i>Vibrio alginolyticus</i> に近縁な新種である可能性が示唆されているが、アコヤガイへの感染はこれまでに報告されていなかった。また、申請者は MA3 株のヘモリシン遺伝子（ビブリオ病の病原因子）の部分塩基配列を既に検出することができており、本研究で全塩基配列を明らかにすることで、大腸菌を用いた大量発現系を作製できるようになり、ヘモリシンの詳細な特性を調べるのが可能になる。一方で、MA3 株の特異的検出法を開発することは、環境中での本菌株の分布調査が可能になるだけでなく、本疾病の対策法の開発に繋がり、次世代型真珠養殖の創成に大きく貢献できると考えられる。 ※申請書に記載した事項を要約して下さい。				

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	本研究では、<i>Vibrio</i> 属細菌の主要な病原因子であるヘモリシン Vhe1 の解析を行った。その結果、Vhe1 は 417 のアミノ酸から構成される 47.2 kDa のタンパク質であり、これまでに特性解析の報告例の少ない TLH (thermolabile hemolysins) ファミリーに分類されると考えられた。さらに、ヘモリシンの酵素学的諸性質を解析するために、Vhe1 遺伝子を挿入した pET-47b ベクターを用いて大腸菌を形質転換させて、Vhe1 大量精製発現系を構築し、Ni-NTA アフィニティークロマトグラフィーで発現産物の精製を行った。大量精製系により得られた精製 Vhe1 の溶血活性、及びホスホリパーゼ活性について、①至適温度と至適 pH、②金属イオン (Cu^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Ca^{2+}) による活性阻害効果を解析した。また、③異なる長さの脂肪酸 (C4、C8、C10、C12、C16、C18) を持つリン脂質を用いて、ホスホリパーゼ活性の基質特異性を調べた。 ①溶血活性、及びホスホリパーゼ活性の至適温度と至適 pH について調べた結果、両方について至適温度は 50℃であり、至適 pH はそれぞれ pH8.5 および pH8.0 であった。 ②溶血活性、及びホスホリパーゼ活性に対する金属イオンの影響を解析した結果、CuCl_2、CdCl_2、ZnCl_2、NiCl_2 が溶血活性、及びホスホリパーゼ活性を有意に阻害することが分かった。その一方で、MnCl_2 と CoCl_2 に関してはわずかに活性を阻害するのみであり、CaCl_2 は活性を全く阻害しないことがわかった。 ③異なる長さの脂肪酸をもつリン脂質を基質として、Vhe1 のホスホリパーゼ活性を測定した結果、p-ニトロフェニルブチレート (C4) 及び、p-ニトロフェニルパルミチン酸 (C16)、p-ニトロフェニルステアリン酸 (C18) に対しては加水分解活性が低いものの、p-ニトロフェニルオクタン酸 (C8)、p-ニトロフェニルデカン酸 (C10)、p-ニトロフェニルラウリン酸 (C12) に対して高い活性を示すことが分かった。従って、Vhe1 は中鎖脂肪酸に対して特異的にホスホリパーゼ活性を示すことが示唆された。 これまでに、<i>Vibrio</i> 属細菌のヘモリシンの研究は、TDH (thermostable direct hemolysin) と TRH (TDH-related hemolysin) を中心に行われており、TLH の研究は殆ど行われていない。従って、TLH に属する Vhe1 の特性解析は、<i>Vibrio</i> 属細菌の病原性メカニズムを解明する上で重要な成果と考えられる。
見込まれる 成果物	※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。 【論文】 Sakatoku, A., Hatano, K., Takada, K., Shimizu, R., Suzuki, T., Seki, M., Suzuki, N., Tanaka, D., Nakamura, S. and Isshiki, T.: Purification and characterization of the lecithin-dependent thermolabile hemolysin Vhe1 from the <i>Vibrio</i> sp. strain MA3 associated with mass mortality of pearl oyster (<i>Pinctada fucata</i>). <i>Curr Microbiol.</i> 80: 288 (2023) ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	つつい ひでと	提出年月日	令和6年4月15日	
申請者氏名	筒井 英人			
所属・職名	長崎大学水産学部 特任研究員			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☒ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	富山湾深層水中の1次生産者・底次消費者の時系列変化と沿岸漁獲高との比較：海洋温暖化・酸性化の影響評価			
研究実施期間	2023年4月1日～2024年3月31日			
センター 教員	環日本海域環境研究センター 鈴木信雄先生			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	筒井英人	長崎大学水産 学部	特 任 研 究 員	海水ろ過・内容物の観察・海水成分分 析・アーカイブ試料管理
	分担者	鈴木信雄	環日本海域環 境研究センタ ー	教授・施設 長	試料収集・考察支援
		千手智晴	九州大学 応 用力学研究所	准教授	試料収集・考察支援
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	「あくあす能登」海洋 深層水	海水(液体)→濾紙へ 内容物を濾集。濾紙 の一部は切り取って 光学鏡用スライドガ ラス化	(約 12 リットルロン テナ換算)12 個，毎 月 1 ロンテナ分を濾 紙約 170 枚に濾集・ 一部を光学観察用ス ライドガラス化	
	分析した試料	「あくあす能登」海洋 深層水	海水(液体)→濾紙へ 内容物を濾集。濾紙 の一部を切り取って 光学鏡用スライドガ ラス化	(約 12 リットルロン テナ 1 個換算で)11 個。2024 年 1 月分 以外，毎月 1 個の海 水中に含まれる粒子 を濾紙約 211 枚に濾 集・光学スライドガ ラスを 371 枚作成	

1.研究目的

近年，全球規模で環境変動，たとえば海洋酸性化や温暖化といった気候変動に伴っての生物構成の変化や南方生物の北上が加速し始めている．日本海も例外ではなく，表層水温の上昇(例えば林ほか,2022)だけでなく，日本では相模湾以南の太平洋沿岸に分布するとされる小型ベントスのムラサキクルマナマコが日本海に移入・定着しつつある(山脇ほか, 2021)．一方，富山湾はシロエビやホタルイカ，ブリといった有用・高付加価値水産物に恵まれていることで有名であるが，全球規模で進行する環境変化の影響は免れないと考える．海洋環境が激変しつつあるにも関わらず，同湾の基礎生産力たるプランクトンの構成・多様性，時系列での推移をも踏まえたフラックス，現時点での漁獲・水産収量との比較や考察は乏しい．

そこで本研究は，富山湾深層水中に見出される基礎生産力とその時系列変化を明らかにする目的で，同湾の海洋深層水施設「あくあす能登」小木沖水深 300m で採水している深層水原水中の生物源沈降粒子に着目し，1)構成や種類，量といった多様性，2)それらの時系列上での変化を追跡することで現時点での富山湾の生物生産力を明らかにする．さらに，全球規模で進行中の海洋温暖化や酸性化による 3)現在と将来の生物生産との比較を目的とする試料のアーカイブ化， 4)沿岸漁獲との比較を目的とした．

2.期待される成果

2-1.富山湾深層水中のプランクトンフラックスの多様度

「あくあす能登」海洋深層水に見出される生物源沈降粒子はその多くが海洋由来のプランクトンで占められることがわかった．植物プランクトンとして珪藻，渦鞭毛藻，珪質鞭毛藻，動物プランクトンとして繊毛虫，放散虫，有孔虫などがあげられる．特筆すべき特徴として，大型動物プランクトンとしてはカラヌス(カイアシ類．コペポダとも)が特徴的で，同湾のプランクトン群集構成は同時期の東シナ海沿岸などとは比較にならないほど多様な構成であることがわかった．これは同湾が温暖な対馬暖流だけでなく，沿岸を南下する寒冷系の海流が同湾での混合によってできる，プランクトンブルームに恵まれる条件を満たす海域であることの証拠である．

2-2.陸上由来の生物・非生物源沈降粒子にもとづく同湾への基礎生産への影響

同深層水中には陸源由来の生物・非生物源沈降粒子も含まれている．生物源沈降粒子としては花粉，植物珪酸体があげられる．同湾の後背地域は標高 2000m 級の豊富な森林資源からなり，結果，トウヒ・ブナ・マツ，ハンノキ・カバノキなどの樹木系花粉，シダ・コケ由来の胞子が見出された．同地域では風雪季も含めた明確な気象も手伝って，例えば開花期の明確な植物花粉の出現も確認された．加えて，幾瀬(1956)による開花カレンダーとの比較から，同湾の深層水に流れ込む陸上生物源粒子がどの程度の時間をかけて沈降していることも期待される成果である．富山湾深層水中のプランクトンフラックスの増減はこうした陸上からの生物源・非生物源沈降粒子からの寄与も無視できないと考えられる．

2-3.カラヌス類のフラックス増減に基づく沿岸高付加価値水産物の収量予測

同湾の深層水単位水量中にはカラヌス類が多く見いだされることが先行の観察結果によって明らかになっている．同湾ではホタルイカ，シロエビ，ブリなど多くの高付加価値水産物に恵まれるが，こうした水産物は餌や環境あつてのものでもあるので，水産物収量の増減に関する考察や保護だけでなく，将来への水産資源持続のための根拠を明らかにしていかなければならない．

そこで本研究では「あくあす能登」深層水中にみられる，こうした餌となる動物プランクトンを長期時系列で観察を続けていくことで，同湾の水産物収量予想インジケータとしての有用性についても明らかにすることができると考える．

※申請書に記載した事項を要約して下さい。

利用・研究
実施内容・
得られた成
果

2-4. 令和 6 年能登半島地震の深層水への影響

2024 年 1 月 1 日、石川県珠洲市を震央とする $M_j7.6$ (気象庁, 2024 ほか) の地震が発生した。これに伴い、能登海洋深層水施設あくあす能登の採水施設での復旧ほかの影響により、深層水の採水は 2024 年 1 月のみ中断したが 2 月には復旧、採水の継続ができた。地震直前の採水は 2023 年 12 月 22 日 8AM に行っており、地震直前の海水に含まれる化学成分、例えば Ca (カルシウム)・ K (カリウム) イオン、生物構成などに大きな変化は見いだせなかったが、過去の石川県漁業水産実績統計との比較を行ったところ、a) プランクトンフラックスのピーク、b) 累積の地震エネルギー M_j または 震度イベントのあった時点から約 1-1.5 年ほどずれて漁期に比較的影響しないかに・えび・腹足類といった有用ベントスの収量への関係が示唆される。

2-5. 日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)とプランクトンフラックスの関係

近年、暖冬や短時間に極端な量の降雪といった異常気象は珍しくない。同現象の 1 つに、冬期日本海側で顕著な降雪をもたらす JPCZ が冬期の能登半島周辺の漁獲に影響している可能性がある。当然深層水中のプランクトンフラックスや群集構成も JPCZ の発達に連動あるいはその影響が指摘できると考える。

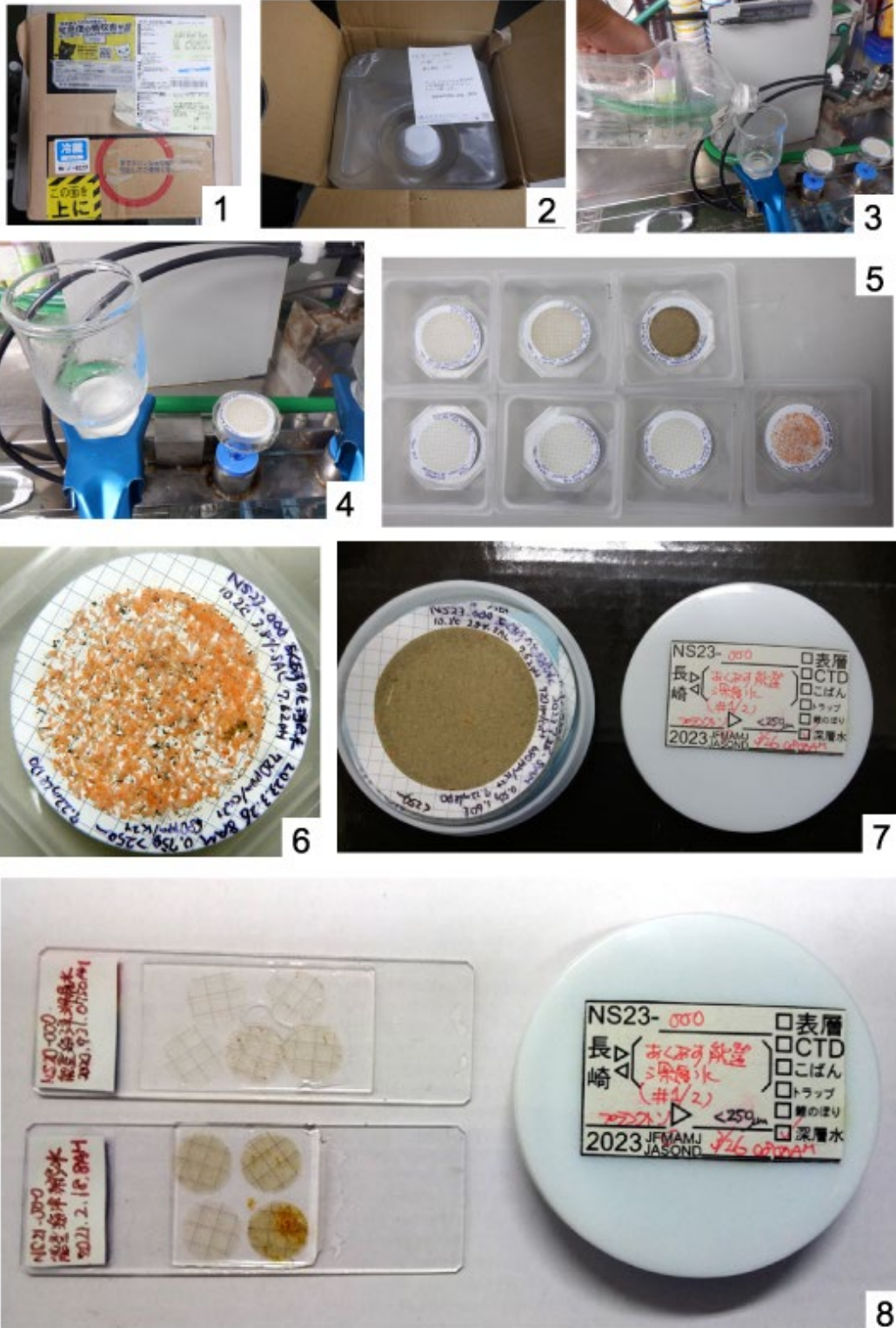
3. 研究実施内容

以下の写真 1-8 は同深層水のろ過作業状況をまとめたものである。

「あくあす能登」から得た海洋深層水原水は、海水分析と同時にろ過を行う。ローテナ 1 個には約 12 リットルの原水が入っており、この海水を全て目合い $0.45\mu\text{m}$ /直径 47mm のメンブレンフィルタ上へ濾集する(写真 1-7)。具体的には、 $250\mu\text{m}$ 以上のステンレスメッシュで予めカラヌス類を篩分し、 $250\mu\text{m}$ 以下の微細粒子をメンブレンフィルタ上へ展開する。写真 1 は配送直後のローテナで、写真 2 は開封したときの状態である。

これを写真 3 のように循環式アスピレータを使ってろ過を行う。写真 4 の左はろ過中の、右はろ過能力が限界に達し、脱塩を終えたフィルタである。写真 5 はろ過作業終了直後の状況である。この時のろ過結果は計 6 枚で、試料によってはろ過フィルタが 14 枚に達することがある。写真 5 右のピンク色のフィルタは $250\mu\text{m}$ 以上の、カラヌスのみを濾集したフィルタで、これを拡大したのが写真 6 である。フィルタ縁には原水を採水した際の状況をできるだけ詳しく記載しておく。これは観察野帳の喪失に備えたバックアップである。記載事項は、採水の日時・水温・塩分(‰)はもちろん、ローテナ試料到着時に行う海水分析結果として、塩分(PSU), pH, DO(溶存酸素), 栄養塩 2 項目を記載している。

写真 5 で得たメンブレンフィルタは室温で乾燥させ、白い軟膏プラスチックケースに保管する。写真 7 は将来の観察に備えたアーカイブの状態である。写真 8 はこのアーカイブ試料から直径 10mm の丸パンチで円状に切り取り、サブフィルタを得る。写真 8 左は写真 7 のアーカイブから、円状でパンチしたサブフィルタを顕微鏡用インマージョンオイルで封入し光学顕微鏡観察に調製したものである。



4.得られた成果

4-1.深層水原水中の主要プランクトン構成は主に温暖群集で構成される

深層水原水には多様なプランクトンが見いだされるが、生物的に寒暖に対し好悪の明確な珪質鞭毛藻 5 種を見いだした(図 1,写真 16-21).こうしたプランクトンの構成によって多様性が計算できる. 研究地域での生物多様度尺度を用いた時系列での変化が追跡可能になった. この尺度をもとに, 1)深層水中の $K \cdot Ca$ イオン, 塩分, 溶存酸素, pH との比較が検討可能となった. あくあす能登海洋深層水中に見られるプランクトンの多様性は能登半島を基準に a)西日本の, 特に高水温期の 10 月を基準に前後 2 ケ

月は東シナ海の中層に見られるプランクトンの構成に近くなり、b)最低水温期の2-3月でも多様性が高いことが確認された。図2の16-21は寒暖に明確な好悪のある珪質鞭毛藻で、16-17が温暖種、18-20が比較的温暖を好む種、21は寒冷種である。また、図1以外のプランクトンをもとに、種構成・多様度をもとに2)能登半島周辺の漁獲との比較が可能になることがわかった。

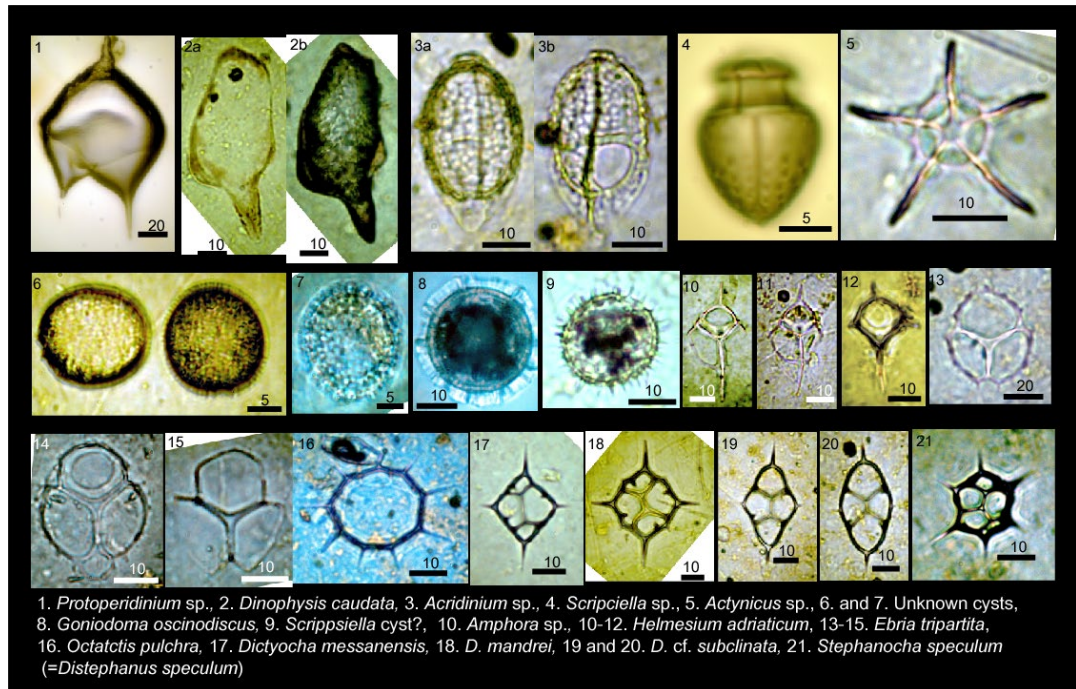


図1 あくあす能登海洋深層水原水中にみられるプランクトンの一部

1-9は渦鞭毛藻、そのうち6-9は渦鞭毛藻の休眠孢子と考えられるもの。9-21は珪質鞭毛藻。珪質鞭毛藻のうち、17-20は温暖な環境を好む種で、21は寒冷種。

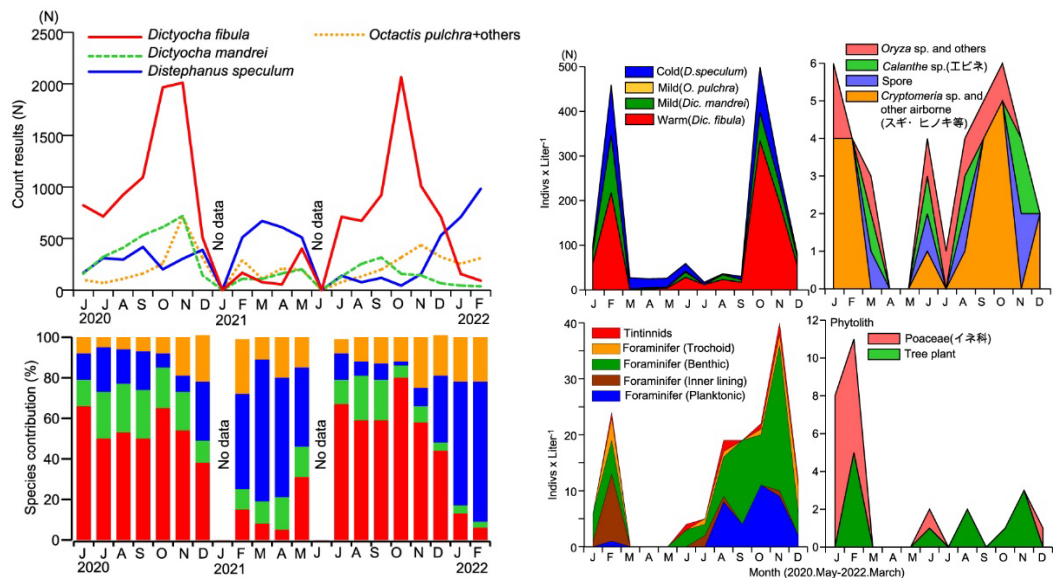


図2 左列は珪質鞭毛藻に着目した場合の時系列変化(解析がおいっている2022年2月まで、現在追加で顕微鏡観察・計数中)。右列は1年での時系列変化。2月と8月・10月を中心に珪質鞭毛藻のフラックスが増大する。右列は陸源性生物沈降粒子のうち花粉に着目した場合のフラックス(右上)、右下は植物珪酸体(=phytolith)に着目した場合のフラックス。右列・陸源生物源沈降粒子の2月のフラックス増は風雨・降雪が原因と考えられる。

4-2.能登半島周辺の漁獲推移とあくあす能登深層水中から得られる環境因子との比較

図3は石川県農林水産部による能登半島周辺の漁獲統計にもとづく漁獲別合計をまとめたものとあくあす能登深層水中の、図2左にあげた珪質鞭毛藻フラックスとの比較結果である。考察には検討を要するが、おおまかに a)赤線の温暖な環境を好むプランクトンフラックスと黄色の丸で強調した表・中層の漁獲統計には約1-1.5年程度のずれがあること、b)プランクトンフラックスピークの期間が長ければ長いほど漁獲統計が堅調に推移すると考えられる(図3左列)。特に冬期の表・中層を分布帯とする漁獲には日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)の関与も考えられ、最近の海洋温暖化・暖冬の影響はこうした漁獲だけでなく、プランクトンフラックスとの推移も含めて考えられるべきであることが明らかになった。

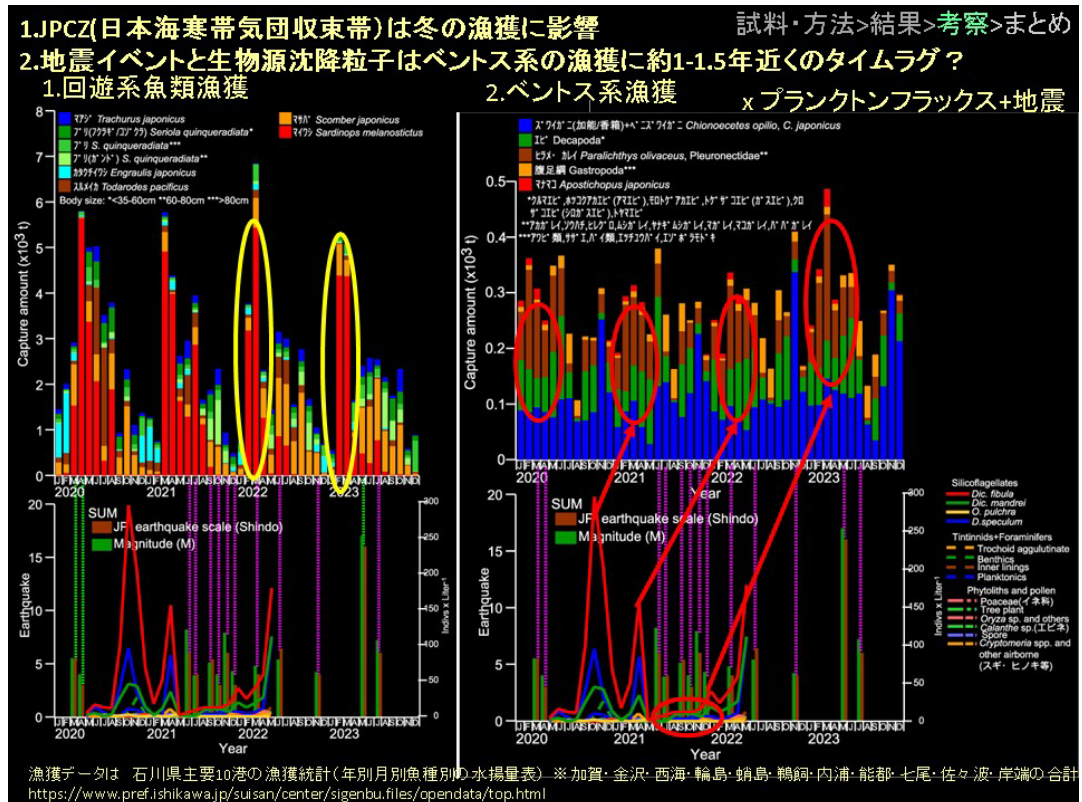


図3 あくあす能登深層水中にみられるプランクトンフラックス(下段、赤・青・緑線、珪質鞭毛藻)と漁獲統計との比較。上左は表層・中層を分布帯とする回遊系魚類、例えばイワシ・アジ・ブリなど、上右はカニ・エビなどのベントス系漁獲。

図3 上右はカニ・エビ・腹足類をまとめた、いわばベントス系の漁獲統計と珪質鞭毛藻とのフラックスを比較した結果である。図3左の表・中層の漁獲統計同様、プランクトンのフラックスから約0.5-1.5年程度の間隔において漁獲統計に反映すると考えられる。

4-3.あくあす能登深層水に見られる海水中の成分変化と令和6年能登半島地震に関連する考察

図4はあくあす能登海洋深層水中の、採水時水温・塩分・pH・溶存酸素(DO)・Ca、Kイオンと能登半島周辺の地震とを時系列上で比較した結果である。左列は上から採水時水温(°C)・塩分(左軸はパーミル、青線。右軸はPSU, 赤線)・DO(mg/L), 右列は上から pH, カルシウムイオン(Ca²⁺, ppm), カリウムイオン(K⁺, ppm)の時系列変化で、両列下段は能登半島周辺地震の累積地震エネルギー(Mj, マグニチュード, 緑の棒グラフ)と累積震度(気象庁震度, 茶の棒グラフ)である。比較の結果, DOやpH, Caイオン, Kイオンに正負いずれかの影響を与えていることがわかった(赤丸で強調)。塩

分. DO などのインジケータはプランクトンの増減以前の環境を形成するいわばベースとなるものである. 現在の仮考察としては, 海底に高濃度の栄養塩が蓄積→地震で攪拌+栄養塩が季節循環に沿わない強制攪拌→プランクトンへの栄養塩供給→プランクトンフラックス増→(食物連鎖を通じて)→能登半島周辺の漁獲統計押し上げ(ベントス系漁獲→表・中層漁獲増)のシナリオでの推移を想定している.

幸いに同地震のその後2月末にはあくあす能登深層水の原水採水が再開でき, 現在なお海水と同原水試料中のプランクトンフラックスの分析を継続している. 同地震は能登半島だけでなく同半島を中心とする近隣県各地の沿岸で地震イベントとその後のプランクトンフラックス増を確認している.

最終的に, a)2024年4-5月・10-12月のプランクトンフラックス増殖期との関連, b)深層水から得られる環境パラメータの時系列変化, c)大まかに2025年夏・秋季の大幅な漁獲増の正否検証が期待される.

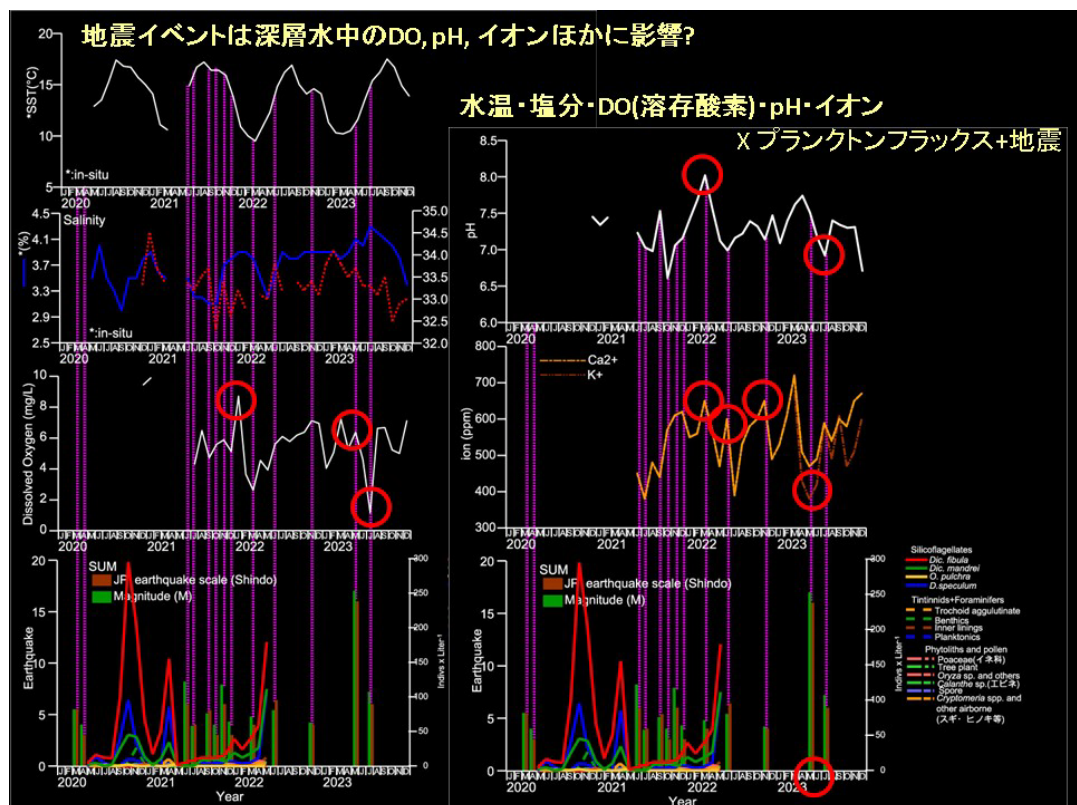


図 4. あくあす能登海洋深層水中の珪質鞭毛藻に基づくプランクトンフラックス(下段, 赤・青・緑の折れ線), 累積地震エネルギー(緑の棒グラフ)と海洋環境パラメータとの比較. 左列上から採水時水温(°C), DO(mg/L). 右列は上から pH, 海水中のイオン Ca(ppm, 赤茶色), K(ppm, こげ茶色)との比較. 紫色の縦線は地震エネルギーの発生時点を各環境パラメータに延長した読み取り用補助線である.

※1,000字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	5. 見込まれる成果物 5-1. 学会発表 2024 年 9 月 秋季日本海洋学会 口頭発表. 2024 年 12 月 AGU(American Geological Union)2024 ポスター発表. 2025 年 6 月 Ocean Science Meeting ポスター発表. 5-2. 論文投稿 Tsutsui, H., Suzuki, N., Senju, T., etal(2024) Plankton assemblages and its diversities in Deep sea/Aquas Noto deep sea, Ishikawa, Central Japan, Toyama Bay, Japan Sea 2020-2024. Deep Sea Research (I), in prep. Tsutsui, H., Suzuki, N., Senju, T., etal(2025) Land organic/inorganic debris and the flux in The Aquas Noto deeo sea, Ishikawa, Central Japan, Toyama Bay, Japan Sea 2020-2024. Deep Sea Research (I), in prep. Tsutsui, H., Suzuki, N., Senju, T., etal(2024) Relation of the plankton assemblages, Fisheries amount and the earthquake events around Noto Peninsula, Toyama Bay, eastern Japan Sea, Central Japan, 2020-2024. Deep Sea Research (I), in prep. ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。
--------------	---

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	いとう こうじ	提出年月日	令和6年 5月 23日	
申請者氏名	伊藤 浩二			
所属・職名	東海国立大学機構岐阜大学 地域協学センター 助教			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☒ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	地域未利用資源である竹を用いた水稻栽培技術の開発～水草保全を中心に			
研究実施期間	2023年4月1日～2024年3月31日			
センター教員	西川 潮			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	伊藤 浩二	岐阜大学	助教	雑草生育実験、植生調査、結果まとめ
	分担者	西川潮	金沢大学	准教授	竹サンプルの準備、圃場実験
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	本研究は、環日本海域をはじめ広く日本列島に生育するモウソウチクの粉碎物から生成・溶出する無機物・有機物が、イネの生育や水生生物に与える影響を調べ、水稻の無農薬無肥料栽培への応用を図ることである。これまでの研究から、竹粉を施用すると水田内にシャジクモ類が増加することが分かっているがそのメカニズムは定かではなかった。シャジクモ類の多くは環境省のレッドリスト種に選定されており、良好な水質の指標になることから、竹粉活用により高品質米の生産と絶滅危惧藻類の保全再生の両立が期待できる。また、シャジクモ類は水生動物の生息場所を提供することで、水田生態系内で重要な役割を果たしている可能性があることから、竹粉施用とシャジクモ類の関係性を解明することは群集生態学的にも重要な知見となりうる。 そこでシャジクモ生育と竹粉散布の関係性を実験室レベルで解明することで、圃場レベルで観察される両者の相関関係のメカニズムの一部を説明することを試みる。具体的には、角間キャンパス水田圃場で実施している水稻の無農薬無肥料栽培において生育する沈水植物のシャジクモ類を採取し、実験室内で竹粉浸出液、竹粉土壌培養液、蒸留水を用いて種子あるいは幼植物の生育実験を行うことで竹粉による生育抑制ないし生育促進効果を検証する。これにより環日本海域において放棄竹林のバイオマスの利活用を軸とした持続可能な資源循環型農林業モデルの創生への新展開への一助となることが期待される。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	<実施内容と成果> 1. 実験室内におけるシャジクモへの竹粉効果の再現 角間キャンパス内水田圃場（植物園）の水稲無農薬無肥料栽培区画において生育するシャジクモ類の成植物体を採取し実験室に持ち帰り、インキュベーター内で培養瓶に清潔な用土を入れ、植物体を移植し、25 度恒温・植物培養用 LED 明暗 12h 交代の環境下での定着・増殖を試みた。定着後に竹粉表層散布する瓶と対照区を設け、シャジクモの成長率を乾燥体重量で比較評価する予定であったが、植物体からの仮根成長が芳しくなく、実験に必要なサンプル数を確保できなかった。 そのため新たな培養方法として、シャジクモ類の卵胞子を含む水田土壌（前出）を採取、瓶に入れ培養することでサンプルが準備可能か、予備試験を行った。その結果、土壌中の卵胞子由来と思われるシャジクモおよびミルフラスコモの増殖に成功した。今後この「土壌撒き出し法」を用いることで竹粉影響実験のステップに進むことが期待できた。またこの実験の過程でシャジクモ類の卵胞子以外に、土壌に含まれる卵から発生したと思われる動物プランクトン（ミジンコ類）が水中に増殖し、その過程で撒き出し土壌のバイオターベーションを引き起こすことで、土壌表層に軟弱層を作り出すことを確認した。この軟弱層が雑草種子の発芽成長に影響を及ぼす可能性があり、次なる実験仮説を得た。 2. 水稲実験水田での竹粉散布実験とシャジクモ類への影響 角間キャンパス植物園内の実験水田区画において、2023 年春～秋にかけて水稲の無肥料栽培を行った。イネ苗定植前に米ぬかを散布する区画としない区画を設け、さらに定植後に水田土壌表層に竹粉を散布する区としない区を設けた。その内訳は Control、GB（竹粉施用）、RB（米ぬか施用）、GB+RB（竹粉＋米ぬか施用）の各 4 区画である。7/26 も実施した水田内雑草の植生調査では、竹粉散布区（GB および GB+RB）においてシャジクモ類の植被率が增大する傾向が認められたものの、処理区間での統計的に有意な差は認められなかった。 <まとめと今後の展望> シャジクモ類卵胞子を含む土壌を用いた実験手法を開発したことで、竹粉効果の検証段階へと進むことができるようになった。今後、竹粉がもつどの機能がシャジクモ類の繁茂に影響を与えるのかについてのメカニズムの解明に期待がかかる。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	<研究発表> 伊藤浩二・西川潮（2024）地域未利用資源である竹を用いた水稲栽培技術の開発～水草保全を中心に、金沢大学環日本海域環境研究センター2023 年度共同研究成果報告会（ポスター発表）、2024. 3. 8.（オンライン） ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	いとい しろう	提出年月日	R6 年 4 月 日	
申請者氏名	糸井 史朗			
所属・職名	日本大学・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☒ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	能登半島に生息するヒラムシ類におけるフグ毒(テトロトドキシン)の獲得経路に関する研究			
研究実施期間	2023年 4月 1日～2024年 3月31日			
センター 教員	鈴木信雄教授			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	糸井史朗	日本大学	教授	0466-84-3679
	分担者	鈴木信雄	金沢大学	教授	0768-74-1151
		松原創	金沢大学	教授	0768-74-1080
		小木曾正造	金沢大学	技 術 専 門 職 員	0768-74-1151
		周防玲	日本大学	助教	0466-84-3679
		白井響子	日本大学	修士課程 1 年	0466-84-3679
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	目的 膨大な量の神経毒テトロドトキシンを体内に保有するフグ類は、毒をどこから獲得しているのか。この疑問を明らかにすべく、多量の毒を体内に蓄積するヒラムシ類に着目し、以下の研究を実施する。これまでに設計したオオツノヒラムシを特異的に検出できるプライマーを用いる種特異的 PCR の条件の最適化を図り、これまで以上に感度良く検出することが可能となった。当該手法を用いて日本列島各地のフグ毒保有生物の消化管内容物を対象に調べたところ、フグ毒保有魚および貝類の毒化には、オオツノヒラムシの寄与が大きいことが示唆された。そこで本研究では、能登半島に生息するヒラムシを採取して、フグ毒であるテトロドトキシンの産生場になっているのか調べる。 特色及び期待される成果 本研究の特色は、フグがヒラムシを食べるという食物連鎖に注目している点である。日本海側の能登半島のヒラムシについてもテトロドトキシンの産生場になっている可能性が高いものの、これまでに調べられた例はなかった。また、二枚貝におけるテトロドトキシンによる毒化には、ヒラムシの幼生が関与している可能性が明らかにされつつある。現在進行している地球温暖化がこの二枚貝類の毒化に及ぼす影響について解明していきたい。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	能登半島の東側沿岸部（内浦）において、オオツノヒラムシおよび種々の貝類を採取し、神奈川県葉山町、茨城県ひたちなか市および静岡県下田市で採取したオオツノヒラムシの TTX および TTX 関連化合物の保有状況の比較を試みた。各試料から採取した組織の一部に酢酸を添加してホモジナイズし、加熱して遠心分離後、得られた上清を回収した。この上清の pH 調整後、活性炭カラムを用いて精製し、得られた酢酸溶出画分を TTX 類の分析試料とした。この画分を LC-MS/MS 分析に供し、TTX、5,6,11-trideoxyTTX、dideoxyTTXs、deoxyTTXs および 11-norTTX-6(S)-ol などの TTX 関連化合物の定性解析を試みた。その結果、能登半島沿岸で採取されたオオツノヒラムシからは、他地域のものと同様に、高濃度の TTX および 5,6,11-trideoxyTTX に加え、量的には多くないものの dideoxyTTXs や deoxyTTXs、11-norTTX-6(S)-ol などの TTX 関連化合物が検出された。これらヒラムシ体内における TTX および TTX 関連化合物には地域差は認められず、いずれの個体群でも同様な TTX の生合成系が働いていることが示唆された。なお貝類試料では、TTX および TTX 関連化合物が検出された個体は認められなかった。一方、ツノヒラムシを対象に TTX および TTX 関連化合物組成を調べたところ、TTX、5,6,11-trideoxyTTX、dideoxyTTXs および deoxyTTXs には地域差は認められなかったものの、能登半島の個体では 11-norTTX-6(S)-ol に相当するピークが認められず、異性体の存在が示唆された。現在、詳細を調べている。 上記の分析に使用したオオツノヒラムシおよび種々の貝類の炭素および窒素の同位体比を測定して比較した。種々の貝類の筋肉組織およびオオツノヒラムシの体組織の一部を乾燥・破碎・脱脂したものを試料として元素分析計に供し、炭素および窒素の安定同位体比を測定した結果、オオツノヒラムシの値は採取地域により大きく異なり、餌生物と推定される貝類の値との関係も地域により異なっていた。なお、特定の巻貝を餌として与えたオオツノヒラムシの炭素・窒素安定同位体比は、餌生物のそれを反映するものであった。神奈川県の試料においては、オオツノヒラムシの餌推定値と合致する値を有する生物種は、ケハダヒザラガイやケムシヒザラガイであった。一方、オオツノヒラムシを摂餌していることが確認されているクサフグの炭素・窒素安定同位体比は、沿岸部に生息する雑食性魚類に典型的な値を示し、クサフグの栄養源としてはオオツノヒラムシの摂取は重要な位置を占めるものではないことが示唆された。これらの結果は、クサフグにとってオオツノヒラムシは、栄養源として重要なのではなく、TTX の摂取源として重要であることを示唆する。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	Horita, Y., Tanaka, M., Ogiso, S., Matsubara, H., Suzuki, N., Tatsuno, R., Suo, R., Itoi, S.: Tetrodotoxins in the flatworm <i>Planocera reticulata</i>. International Symposium in Okinawa, 2023, on Ciguatera and Related Marine Biotoxins, 2023 年 11 月 13 日 Tanana, M., Asano, M., Ogiso, S., Matsubara, H., Suzuki, N., Suo, R., Itoi, S.: Regional differences in tetrodotoxins from the flatworm <i>Planocera multitentaculata</i>. International Symposium in Okinawa, 2023, on Ciguatera and Related Marine Biotoxins, 2023 年 11 月 13 日 Suo, R., Tanaka, M., Asano, M., Nakahigashi, R., Adachi, M., Nishikawa, T., Ogiso, S., Matsubara, H., Suzuki, N., Itoi, S.: Distribution of tetrodotoxin and its analogues in the toxic flatworm <i>Planocera multitentaculata</i> from the Honshu Island, Japan. Fish. Sci. 90: 319–326 (2024) ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	みやけひろし	提出年月日	2024 年 4 月 11 日	
申請者氏名	三宅裕志			
所属・職名	北里大学海洋生命科学部・教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☒ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	地球温暖化と海洋酸性化がミズクラゲの形成にあたえる影響			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	鈴木信雄			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	三宅裕志	北里大学	教授	飼育実験
	分担者	前田友花	北里大学	修士 1 年	出現解析、飼育実験
		鈴木信雄	金沢大学	教授	発現解析
		田沢修一	北里大学	修士 1 年	出現解析、飼育実験
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	目的：日本海の舞鶴から能登周辺海域のミズクラゲ個体群は世界的にも希な個体群で、プラヌラが大型で直達発生してエフィラを形成する。この直達発生は低水温期にのみみられる現象であり、エフィラを形成する際には、硫酸カルシウムからなる平衡石を形成する。今後地球温暖化や海洋酸性化が進むと、ポリプからのストロビレーションおよび直達発生によるエフィラ形成に影響を及ぼし、さらには、エフィラから形成され、遊泳時に平衡感覚をとるための平衡石形成にも影響を及ぼすと考えられる。そこで、直達発生下エフィラの個体群動態をあきらかにすると共に、プラヌラの直達発生するメカニズムと平衡石形成が水温と pH 変化によってどのように変わるかをあきらかにすることで、クラゲ類の大量発生への影響を考察する。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	2023 年度は、2022 年度同様に能登臨海実験施設周辺で、プラヌラがエフィラに直達発生するプラヌラを保持しているミズクラゲが出現しなかったため、敦賀湾において、直達発生するプラヌラを得た。そこで異なる pH 下において、通常のスロビレーションによるエフィラと直達発生したエフィラの平衡石の違いを見る実験を行った。 実験は、pH6.8、pH7.8、pH8.1（コントロール区）の 3 つの pH 値に調整した水槽で、ポリプを飼育し、水温を下げることでストロビラを形成させ、通常発生したエフィラを得た。また直達発生するプラヌラも上記の水槽で飼育し、直達発生したエフィラを得た。そして、それぞれの飼育区で得られたエフィラの平衡石を観察した。平衡石は平衡胞 1 つあたりの平衡石の個数と全ての平衡石の長軸（μm）および短軸（μm）を計測し、長軸（μm）$\times$短軸（μm）で平衡石の面積、短軸に対する長軸の割合で平衡石のアスペクト比を調べた。 コントロール区では、通常発生型、直達発生型ともに正常な形態のエフィラが得られた。通常発生型では、平衡胞あたりの平衡石の数の平均が 24.6 個、平衡石の面積は平均 $293.3 \mu\text{m}^2$、平衡石のアスペクト比の平均が 2.1 であった。一方で、直達発生型は、平衡胞あたりの平衡石の数の平均が 15.4 個、平衡石の面積が $114.6 \mu\text{m}^2$、平衡石のアスペクト比の平均が 3.6 であった。pH7.8 区でも、通常発生型、直達発生型ともに正常な形態のエフィラが得られた。通常発生型は、平衡胞あたりの平衡石の数の平均が 28.6 個、平衡石の面積の平均が $66.2 \mu\text{m}^2$、平衡石のアスペクト比の平均が 1.5 であった。一方で、直達発生型は、平衡胞あたりの平衡石の数の平均が 17.9、$1 \mu\text{m}^2$、平衡胞あたりの平衡石の大きさの平均が $111.0 \mu\text{m}^2$、平衡石のアスペクト比の平均が 3.5 であった。pH6.8 区では、ポリプは正常にストロビレーションできず、通常発生型は全て、縁弁葉の形成されない奇形個体であった。一方で、直達発生型は、縁弁、縁弁葉ともに正常に形成された。しかし、全ての個体において、平衡石は形成されていなかった。 以上の事から、通常発生型では、pH 間における平衡石の大きさ、アスペクト比に有意差が見られたが、直達発生型では有意差がみられなかった。また、pH6.8 区のような極度な酸性環境でも、正常な形態のエフィラ形成が可能であったが、平衡石を形成することは不可能であった。このことは、通常発生では、エフィラ形成に約 1 ヶ月必要であるが、直達発生は、約 1 週間と短期間である事に起因すると考えられた。直達発生型のエフィラは通常発生型のエフィラよりも、海洋酸性化の影響を受けにくいことが示唆された。しかし、直達発生は低水温に依存する。二酸化炭素濃度が上昇し、地球温暖化が進行すれば、直達発生が生じなくなると考えられる。海洋酸性化は、ミズクラゲのエフィラ形成における通常発生および直達発生の両方に影響を及ぼす可能性が示唆された。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	・前田友花 2024 年度 北里大学大学院海洋生命科学研究科修士論文 ・Plankton Benthos Research に投稿予定 ※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	ちえんぴしゃ	提出年月日	2024 年 3 月 30 日	
申請者氏名	陳碧霞			
所属・職名	琉球大学農学部・准教授			
連絡先住所				
TEL				
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☒ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	観光資源としての農業景観及び農村景観の保全及び観光活用に関する研究			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター教員	西川 潮			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	陳碧霞	琉球大学農学部	准教授	098-895-8773
	分担者	邱振勉	金沢大学環日本 海域環境研究センター	連携研究員	090-5936-2388
		西川潮	金沢大学環日本 海域環境研究センター	准教授	076-264-6211
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料				
	分析した試料				
研究目的・ 期待される 成果	【研究目的】 本研究は、利用客の視点から農村地域の魅力を見出だし、先行研究で明らかになった農家側の経営戦略に関する知見と統合することにより、国内外で注目を集めている春蘭の里ビジネスモデルの成功要因と、白米千枚田を事例として、景勝地としての農業景観の保全管理の現状及び課題を解明することを全体目標におく。この目標のため、本研究では、農家民宿「春蘭の里」の利用客へのアンケート調査と、利用客がインターネットに掲載したコメントを収集・解析するテキストマイニング手法により、春蘭の里の利用客の満足度に関する質的及び量的なデータを得る。また、千枚田保存会長小本隆信氏にヒアリング調査を実施、コロナの影響により千枚田保全管理にもたらす課題等を明らかにした。 【期待される成果】 2023年度は春蘭の里の利用客の満足度に関するアンケート調査を計画していた。春蘭の里創立者の多田喜一郎さんによると、ほとんどの外国人観光客は3月のさくら見、11月の紅葉の時期に、能登を訪れている。3月に、フランス人インバウンドは対して ※申請書に記載した事項を要約して下さい。				

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	ヒアリング調査及びアンケート調査を実施した。春蘭の里の多田さんおよび民宿オーナーに Forms でオンライン調査実施の協力をしてもらうように交渉した。結果として、4 月までは 4 部の調査結果を回収した、その中に対面 2 部、オンライン 2 部であった。アンケート調査結果は解析中。 しかし、地震の発生による能登半島までのアクセスができなく、農家民宿のオーナーたちも家などのインフラの復旧に専念した。観光客調査をやむをえず中断した。2024 年 1 月 1 日石川県能登半島に発生した令和 6 年能登半島地震による家屋倒壊や土砂災害、津波などにより、死者が 200 人を超えるなど、甚大な被害が発生した。観光名所として知られる石川県輪島市の「白米千枚田」では、田んぼやあぜ道には、長さ数メートルに及ぶ亀裂がたくさん入り、遊歩道の路肩は崩れたと報道された。農家民宿群「春蘭の里」春蘭の里では、約 50 の施設が奥能登 2 市 2 町に点在する一部で建築物全壊または瓦崩落などが確認された。新型コロナが 5 類に移行し、インバウンド需要が回復に向かう中で起きた地震は能登半島の観光業や宿泊業界への打撃は計り知れず。 観光産業はサービス業で、地域の自然・文化の体験であるため、自然災害、パンデミック、社会経済的不安定の影響に受けやすい。日本では、国内観光客も外国人観光客も、2011 年の東北大震災以降、国内外からの観光客は一般的に旅行リスクに対する懸念を強めている。しかし、観光地として危機管理、被災後の全体復興、観光業の回復などに関する知見はまだ十分ではない。今後は、能登半島地震を経験した地域を事例として、観光産業関係者らはどのように災害回復対応したかについてヒアリング調査を行い、将来的に観光産業における危機や災害への対処方法の改善につながる知見を探ることを研究目的としている。
※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。	
見込まれる 成果物	原著論文 Bixia Chen, Kiengkay Ounmany, Sukanlaya Choenkwan, Thomas Oni Veriasa, Nisikawa Usio. A cross-country analysis of homestay tourism and rural development in Laos, Thailand, Indonesia, and Japan 国際誌 The rural studies へ投稿中。 口頭発表 ixia Chen, Kiengkay Ounmany, Sukanlaya Choenkwan, Thomas Oni Veriasa, Nisikawa Usio. A cross-country analysis of homestay tourism and rural development in Laos, Thailand, Indonesia, and Japan. 金沢大学環日本海域環境研究センター2023 年度共同研究成果報告会、オンライン、3 月 8 日
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	ただ くになお	提出年月日	2024 年 5 月 23 日	
申請者氏名	多田 邦尚			
所属・職名	香川大学 農学部			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	播磨灘南部における堆積物から読み取る富栄養化史			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	長尾誠也			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	多田 邦尚	香川大学	教授	解析
	分担者	中國正寿	香川大学	特命助教	分析及び解析
		長尾誠也	金沢大学	教授	分析及び解析
		落合 伸也	金沢大学	助教	分析及び解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	堆積物	粉体	30	
	分析した試料	堆積物	粉体	30	
研究目的・ 期待される 成果	瀬戸内海を含む半閉鎖性海域は、1960年代から始まる近代化に伴い富栄養化し、過度な植物プランクトンの増殖や頻繁な赤潮発生を経験してきた。その対策として、瀬戸内海では、「瀬戸内法」が制定され、海に流れる窒素とリンの規制が取られた。これに功を称し、現在、瀬戸内海では美しい海としての姿を取り戻している。一方で、近年、瀬戸内海の漁獲量は低下の一途をたどっており、その要因の1つとして海域への栄養塩の負荷量減少を指摘する声も上がってきた。瀬戸内海の海洋環境が近代にかけてどのように変化してきたかを探ることは、豊かな海と美しい海のバランスを保つうえで重要な知見である。過去から現代にかけての環境変化を追う1つの有益な手法として、海底の底泥中に蓄積された化学組成の分析が期待される。海洋の有光層で一次生産者によって生産された有機炭素や窒素は、水柱を介し、底泥に蓄積する。したがって、生産される有機炭素や窒素量は、当時の水柱環境における一次生産者の活発さを反映する。そのため、瀬戸内海の海底堆積物を層状に分析することにより、瀬戸内海における富栄養化する以前の時代から、富栄養化した時代、そして現代と、一連の海洋環境史を読み取ることが可能となる。本研究が提供する時間軸は、過去200年（～1800年代）に遡る。これまで瀬戸内海で得られてきた実測値は、古くても1900年代半ばからに限られていた。そのため、本研究では、これまで論じられてこなかったより広いスケールで瀬戸内海の海洋環境の変化を追うことを可能とする。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	近年、漁獲量の減少が著しく、持続的な水産資源管理が求められている。一方で海洋の環境保全の為に、過去の海洋環境の変化を明らかにし、データを将来の予測に利用していくことが求められる。また、堆積物中の生元素を調査することで過去の水柱内の海洋環境を推定することができる。本研究では、ハマチ養殖発祥の地である播磨灘引田沖を調査定点とした。そして、播磨灘における他の定点と比較して、養殖による有機物負荷の影響を明らかにすることを目的とした。 播磨灘東部に位置する引田沖の Stn. 21 で 1 m 長ロングコアサンプラーを用いたサンプル採取を行った。また、比較対象として播磨灘北部の Stn. 9、播磨灘中央部に Stn. 15 と Stn. NH を設けた。サンプルは 1 cm あるいは 2 cm 間隔でカットし、凍結乾燥を行った。分析項目は堆積物中の炭素・窒素・全リン・形態別リン（有機態リン：OP, 吸着態リン：L-P, 鉄結合態リン：Fe-P, カルシウム結合態リン：Ca-P, 難分解性アパタイト及びその他無機態リン：Det-P）で、炭素と窒素は CHN コーダー（J Science Lab JM10）を用いて分析し、全リンは（Aspila et al, 1976）に従い、形態別リンは（Ruttenberg, 1992）と（Suzumura and koike, 1995）に従って分析した。年代測定は、堆積物中の鉛 210 を用いて行った。 TOC, TN, TP 濃度は各定点で深さとともに減少していた。Stn. 21 の表層 TOC, TN 濃度はそれぞれ 20.0 mg/g, 2.0 mg/g であり、これらは播磨灘中央部と同程度であった。また、Stn. 21 の C/N 比は 10-15 mol/mol であり、これは他の定点と同程度であった。一方で、Stn. 21 の表層 TP 濃度は 6.0 mg/g であり、これは他の定点（Stn. 9, Stn. 15, Stn. NH それぞれ 4.0 mg/g）と比較して高くなっていた。このことから、養殖場ではリンが特徴的な生元素であると考えられた。形態別リンは、有機態リンや吸着態リンが深さとともに減少する傾向がみられた一方で、養殖用の餌に含まれる魚類の骨成分由来と考えられる Ca-P は 3-21 cm にかけて他の深さと比較して高い濃度・割合であった（>0.20 mg/g, >40%）。このことは、21 cm 深前後の堆積年代で養殖によるリン負荷量が変化した可能性があると考えられた。実際に鉛 210 から得られた堆積速度（A コアで 0.68 cm/年, B コアで 0.77 cm/年）から深度 21cm 前後は、1985 年に相当し、この年代は、引田でハマチ養殖が大型化した時代と一致していた。このことから、堆積物には、確かに、過去の養殖の歴が記録されていることが確認された。 ※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。
見込まれる 成果物	※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	すずき きゅうま	提出年月日	2024 年 4 月 18 日	
申請者氏名	鈴木 究真			
所属・職名	群馬県水産試験場・水産環境係長			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	赤城大沼における放射性セシウム収支に関する研究			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	長尾誠也教授			

研究組織		氏 名一	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	鈴木究真	群馬県水産試 験場	水 産 環 境 係長	研究の総括
	分担者	長尾誠也	金沢大学	教授	^{137}Cs の測定
		落合信也	金沢大学	助教	^{137}Cs の測定
		阿久津崇	群馬県水産試 験場	主任	湧水の採水、前処理、 ^{137}Cs の測定
		塩澤佳奈子	群馬県水産試 験場	技師	湧水の採水、前処理、 ^{137}Cs の測定
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	放射性セシウム (^{137}Cs)	粉状（ポリエチレ ン製の袋に 2 重で 封入）	15	
	分析した試料	放射性セシウム (^{137}Cs)	筒状（ポリプロピ レン製の試験管に 封入）	15（8 試料は測定 済、7 試料について は測定準備中）	
研究目的・ 期待される 成果	福島第一原子力発電所事故の影響で放射性セシウムに汚染された赤城大沼における放射性セシウムの詳細な動態解析と将来予測を実施するためには、放射性セシウムの湖内における収支を明らかにする必要がある。放射性セシウムの収支を明らかにするためには、湖内の放射セシウムの現存量と流入・流出量の推定が必要となる。これまでに、魚類、湖水、河川水、湖底堆積物については、放射性セシウム濃度が測定できていることから、湖内の放射性セシウム現存量の推定は可能である。しかし、赤城大沼に流入する湧水については、放射性セシウム濃度が低く、群馬県で運用している同軸型の Ge 半導体検出器では検出限界値以下となることから測定値が得られていない。また、赤城大沼に流入する水は、湧水の比率が約 70%と最も高いことから、湧水の放射性セシウム濃度が測定できなければ、正確な収支計算を行うことは不可能である。そこで、本研究では金沢大学・低レベル放射能実験施設の超低バックグランド Ge 半導体検出器を用いて、これまでに検出限界値以下となった湧水サンプルと 2023 年に採水するサンプルの放射性セシウム濃度を測定する。 今回の赤城大沼における放射性セシウム収支を明らかにすることは、魚類等への水生生物への放射性セシウムの移行経路や汚染の長期化要因の解明にも繋がる。これらの結果は、環日本海域に存在するカルデラ湖や閉鎖性の強い湖沼でも参考とりうるデータであると期待される。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

赤城大沼内に流入する湧水サンプルについて、リンモリブデン酸アンモニウムと塩化セシウムによる共沈法で前処理を行い、金沢大学・低レベル放射能実験施設の超低バックグラウンド井戸型 Ge 半導体検出器を用いて放射性セシウムの測定を実施した。測定サンプルは、2017/11/24, 2018/8/7, 2019/10/18, 2021/8/23 に採水した湧水を用いて、無処理と 0.45 μm カートリッジフィルターでろ過したものを測定した。無処理の湧水を全 ^{137}Cs 濃度、0.45 μm 濾過した湧水を溶存態 ^{137}Cs 濃度、無処理の全 ^{137}Cs 濃度から 0.45 μm 濾過の溶存態 ^{137}Cs 濃度を引いたものを粒子体 ^{137}Cs 濃度とした。

赤城大沼湧水の ^{137}Cs 濃度の結果を表 1 に示す。超低バックグラウンド・高効率測定により、全 ^{137}Cs 濃度については測定した 4 検体全てで検出することができた。2021/8/2 の湧水サンプルについては、溶存態 ^{137}Cs 濃度および粒子体 ^{137}Cs 濃度も測定することができた。これらのデータから赤城大沼湖水中の溶存態 ^{137}Cs の比率は約 33% であるが、湧水中は 64% (0.082/0.126) と高比率であることが明らかとなった。

次に赤城大沼湧水と湖水の全 ^{137}Cs 濃度の結果を表 2 に示す。湖水の方が明らかに高濃度で推移していることが明らかとなった。チェルノブイリ原発事故後の調査から、地下水（湧水）の汚染は、河川水・湖水よりもかなり低いことが明らかとなっており、本研究も同様の結果であった。湧水の ^{137}Cs 濃度は赤城大沼湖水よりも明らかに低濃度であり、湧水が湖内に流入すれば、湖水の ^{137}Cs 濃度は徐々に低下するはずである。しかしながら、2017 年以降湖水は 40 mBq/L とほぼ一定となっている。湖内に流入する河川水についても湧水と同様に湖水よりも低濃度であることが明らかとなっており、湖底質から ^{137}Cs が再溶出している可能性が考えられた。

今後については、赤城大沼の水収支データと湖水、河川水、湧水の ^{137}Cs 濃度を用いて赤城大沼の ^{137}Cs 収支を明らかにすることで、湖沼生態系内における ^{137}Cs の動態を解明する予定である。

表1. 赤城大沼湧水の ^{137}Cs 濃度

年/月/日	mBq/L		
	全 ^{137}Cs 濃度	溶存態 ^{137}Cs 濃度	粒子体 ^{137}Cs 濃度
2017/11/24	0.090	ND	ND
2018/8/7	0.087	ND	ND
2019/10/18	0.073	ND	ND
2021/8/2	0.126	0.082	0.044

表2. 赤城大沼湧水と湖水の全 ^{137}Cs 濃度

年/月	全 ^{137}Cs 濃度 (mBq/L)		湖水/湧水
	湧水	湖水	
2017/11	0.090	41.041	457
2018/8	0.087	53.693	615
2019/10	0.073	39.239	541

※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	共同研究で得られた成果は学会等で発表する予定である。
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	ひらの てつし	提出年月日	2024 年 4 月 4 日	
申請者氏名	平野 哲史			
所属・職名	富山大学 学術研究部 薬学・和漢系・助教			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☐ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☒ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	環日本海域における農薬類のバイオモニタリングと神経毒性評価			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	本田匡人			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	平野哲史	富山大学	助教	研究統括 毒性評価
	分担者	本田匡人	金沢大学	助教	バイオモニタリング
		田渕圭章	富山大学	教授	遺伝子発現解析
		鈴木信雄	金沢大学	教授	毒性評価
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料			物質名	形態（形状）	試料数
		申請書に記載 した試料			
		分析した試料			
研究目的・ 期待される 成果	【研究の目的】 環日本海域においては諸外国と比較して高濃度での農薬汚染が懸念されている。また、国内使用量が急増しているネオニコチノイドやフィプロニル等の新規農薬類は昆虫の神経伝達系を標的として開発されているが、これまでの申請者らの研究により哺乳類の中枢神経系に予期せぬ影響を及ぼすことが明らかになりつつある。 一方で、これら農薬類がヒトの健康へ及ぼすリスクを評価するには、実際にどのような経路からどの程度曝露・蓄積されているかを解析するバイオモニタリングに加え、どのような濃度で有害作用が観察されるか実験的に調べる毒性影響評価の両方が必要となるが、それらに関する先行研究は依然として少なく基礎知見が不足している。 そこで本研究では、昨年度に引き続きネオニコチノイドやフィプロニル等の新規農薬類を対象として、ヒト由来サンプルを用いたバイオモニタリングとヒト中枢神経系培養細胞モデルを用いた神経毒性評価による双方向からのアプローチにより環日本海域における曝露実態に即した独自のリスク評価を行うことを目的とする。 【期待される成果】 本研究は、環日本海域における農薬類の曝露実態と中枢神経系における毒性影響を総合的に解明する初めての研究となり、将来的な「持続可能な開発目標（SDGs）」の達成に貢献する。さらに、本研究から得られる成果は、新規農薬類のリスク評価に関する新たな知見をもたらすことでレギュレトリーサイエンス、毒性学および社会医学分野においても多大な波及効果を生むことが期待される。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	【利用・研究実施内容・得られた成果】 ミクログリアの活性化により生じる慢性的な炎症応答がニューロンにおけるシナプス機能不全や異常タンパク質の蓄積の原因となるという「神経炎症仮説」は、種々の神経疾患の発症要因として注目を集めている。そこで本研究では、ミクログリアの活性化等を指標とした <i>in vitro</i> アッセイ系を新規に構築し、多数の化学物質の中から「神経炎症の惹起」のリスクを有する化学物質を同定する。さらに、ミクログリアーニューロン間のシグナル攪乱を新たな神経毒性の上流イベントとして影響メカニズムの解析を行うことを目的とした。 ヒト不死化ミクログリア細胞株 HMC-3 に農薬等の化学物質を曝露し、細胞生存性、ミトコンドリア膜電位、炎症性因子 (IL-6 等) の遺伝子発現量を測定した。その結果、フェニルピラゾール系農薬の 1 種であるフィプロニル (Fip) は濃度依存的な細胞生存性およびミトコンドリア膜電位の低下、ならびに IL-6 発現の上昇を引き起こし、体内主要代謝物であるフィプロニルスルホン (FipS) ではそれらの作用がさらに大きくなることを初めて明らかにした。 さらに、さらにヒト不死化ドーパミン作動性ニューロンである LUHMES との共培養モデルを用いた実験から、単独培養の LUHMES における FipS 曝露は神経突起伸長を抑制したが、共培養においては FipS 曝露による LUHMES の神経突起伸長の抑制作用が軽減する、すなわち FipS により活性化したミクログリアはニューロンへの神経毒性に対して保護的に働くことが明らかになった。 ミクログリアが培養上清中に放出したエクソソームを超遠心法により回収し、その機能を解析した結果、FipS 曝露群のエクソソームを LUHMES に曝露すると対照群と比較して神経突起長が増加したことから、エクソソームを介したミクログリアーニューロン間相互作用の存在が示唆された。エクソソーム中に含まれる microRNA に関する small RNA-seq 解析を行った後、FipS 曝露により発現上昇した miR-665 等の microRNA29 種に加えて、それらの標的として発現低下が予想される mRNA から構成された神経分化に関する機能的ネットワークが明らかとなった。 本共同研究により、化学物質曝露により活性化したミクログリア由来のエクソソームに含まれる microRNA がニューロンの分化に影響を及ぼす新たな相互作用メカニズムの一端が明らかになった。
見込まれる 成果物	※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。 【原著論文発表】 1. <u>Hirano T</u>, Ikenaka Y, Nomiyama K, Honda M, Suzuki N, Hoshi N, Tabuchi Y. An adverse outcome pathway-based approach to assess the neurotoxicity by combined exposure to current-use pesticides. <i>Toxicology</i>. 2023 Dec;500:153687. doi: 10.1016/j.tox.2023.153687. Epub 2023 Nov 29. PMID: 38040083. 2. <u>Hirano T</u>, Ohno S, Ikenaka Y, Onaru K, Kubo S, Miyata Y, Maeda M, Mantani Y, Yokoyama T, Nimako C, Yohannes YB, Nakayama SMM, Ishizuka M, Hoshi N. Quantification of the tissue distribution and accumulation of the neonicotinoid pesticide clothianidin and its metabolites in maternal and fetal mice. <i>Toxicol Appl Pharmacol</i>. 2024 Mar;484:116847. doi: 10.1016/j.taap.2024.116847. Epub 2024 Feb 7. PMID: 38336252. 上記に加え、翌年度以降に国際専門誌 (Environmental Pollution 誌等) への投稿を予定。 【学会発表】 1. <u>Hirano T</u>. Challenges and issues in detecting disturbances of higher brain function caused

	by environmental chemicals. 7th International Chemical Hazard Symposium ; 2023 Dec 13-14; Matsuyama. (招待講演) 2. <u>Hirano T</u>, Ikenaka Y, Hoshi N, Tabuchi Y. Assessment of combined neurotoxic effects of pesticides using adverse outcome pathway (AOP)-based approach. 10th International Congress of Asian Society of Toxicology ; 2023 Jul 17-20; Taipei. 3. <u>平野哲史</u>, 池中良徳, 星 信彦, 田渕圭章. フィプロニル代謝物によるミクログリアの活性化およびエクソソーム分泌を介したニューロンへの作用. 第 2 回環境化学物質 3 学会合同大会 ; 2023 May 30-Jun 2 ; 徳島. 4. <u>平野哲史</u>, 池中良徳, 星 信彦, 田渕圭章. フィプロニル代謝物が引き起こすミクログリアの活性化がエクソソームを介してニューロンに及ぼす影響. 第 50 回日本毒性学会 ; 2023 Jun 19-21 ; 横浜. 上記に加え、翌年度以降に第 51 回日本毒性学会、8th International Chemical Hazard Symposium、第 26 回日本内分泌攪乱物質学会研究発表会等での成果発表を予定。
--	---

※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	いいづか よしのり	提出年月日	2023 年 4 月 23 日	
申請者氏名	飯塚 芳徳			
所属・職名	北海道大学低温科学研究所・准教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☐ 新規 ☒ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	グリーンランド雪氷試料中の過酸化水素の同位体分析			
研究実施期間	2023 年 7 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター 教員	石野咲子			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	飯塚芳徳	北海道大学低 温科学研究所	准教授	雪氷試料の準備
	分担者	石野咲子	金沢大学環日 本海センター	助教	過酸化水素同位体比分析
		的場澄人	北海道大学低 温科学研究所	助教	過酸化水素濃度分析
		川上薫	北海道大学低 温科学研究所	博 士 研 究 員	過酸化水素濃度・同位体比分析
		松本真依	北海道大学環 境科学院	博士後期課 程 1 年	雪氷試料の準備・分析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	グリーンランドおよび 札幌の雪試料	遠沈管で冷凍保存 （分析直前に融 解）	20	
	分析した試料	グリーンランド南東ド ームの積雪試料	遠沈管で冷凍保存 （分析直前に融 解）	63	
研究目的・ 期待される 成果	大気中のオゾン（O_3）や OH ラジカルなどの大気酸化剤の情報は、大気中の物質循環の理解全体において非常に重要である。しかし、大気酸化剤の多くは、地表面へと沈着したあとに即分解消失してしまうため、アイスコアなどの古環境試料から直接測定することができない。これに対し過酸化水素（H_2O_2）は大気酸化剤のうち唯一アイスコアに保存される物質である。その H_2O_2 の濃度と三酸素同位体組成（$\Delta^{17}O$）という指標を用いることで、間接的に過去の大気酸化剤の情報を抽出できると期待される。そこで本研究では、貴センターの石野先生が有する同位体比質量分析計と前処理装置を用いて、グリーンランドの雪氷試料中 H_2O_2 濃度と $\Delta^{17}O$（H_2O_2）値を分析し、過去の大気酸化剤の変動復元を目指す。 申請者のグループでは、北半球の人新世（産業革命前から現在）の大気環境の復元を目的として、2021 年にグリーンランド氷床のアイスコアを取得している。このアイスコアは人新世を高時間解像度で復元するにあたり、世界で最も優れたコアの一つである。最終的に、このアイスコア試料の $\Delta^{17}O$（H_2O_2）値を分析し、過去 200 年間の大気汚染の増大と減少に伴う大気酸化剤の変遷を復元することを見据えている。この研究が成功すれば、北極域への越境大気汚染の包括的な理解に資する。貴センターが展開する地球規模の越境汚染の全体像把握に対し大きく貢献する。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

利用・研究 実施内容・ 得られた成 果	本研究では積雪試料の過酸化水素濃度の分析のため 2023 年 7 月に北大低温研でグリーンランド積雪試料の切り出しを行なったほか、2024 年 2 月に北海道北部で新たな積雪試料採取を行なった。採取した試料を 2024 年 3 月に金沢大で分析した。また、同位体分析手法の開発について、2023 年 8 月に北大低温研にて、2024 年 3 月に金沢大にて打ち合わせを実施した。 (1) H_2O_2 濃度に関して以下の成果を得た。 2021 年 5 月にグリーンランド南東ドームで採取された積雪（深度 0-3 m）の H_2O_2 濃度分析を行なった。夏に高く冬に高いという H_2O_2 の季節サイクルが明確に見られ、3 m で 1.5 年分のデータに相当することが確認された。同地点で掘削されたアイスコア試料（Kawakami et al., 2023）の表層部のデータともよく一致しており、相互の記録の正確さが確かめられた。また、(2) の同位体分析装置が完成した際のテスト試料として十分量の H_2O_2 を含んでいることが確認された。 (2) H_2O_2 の同位体比分析手法に関して以下の成果を得た。 金沢大において、同位体分析用前処理装置のテストと改良に取り組んだ。本装置は、過酸化水素を過マンガン酸カリウムと反応させて発生する酸素ガス（O_2）の同位体を測定するものである。しかし、装置配管および反応チャンバーの接続部から混入する微量の O_2 により、過酸化水素試料量に対して 50%程度のブランクが生じてしまうことが明らかになった。ブランクの除去を目的として分析手法の確立を試みていたが、2024 年 1 月 1 日に発生した能登を中心とする地震により、同位体比質量分析計（IRMS）が故障し、2024 年度内の研究継続を断念した。 なお、同年 4 月 23 日に修理が完了し、実験を再開している。今後、本共同研究の発展として、チャンバーの密閉性改良、真空系配管の導入による混入酸素除去効率の改善を進める。また、複数地域の降水および積雪試料を用いて同位体指標の変動の有無確認と、変動要因解析を進める予定である。
見込まれる 成果物	※1,000 字以上で具体的に記述して下さい。 原著論文（出版報告済み） Kawakami, K., Iizuka, Y., Sasage, M., Matsumoto, M., Saito, T., Hori, A., et al. (2023). SE-Dome II ice core dating with half-year precision: Increasing melting events from 1799 to 2020 in southeastern Greenland. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 128, e2023JD038874. https://doi.org/10.1029/2023JD038874 卒業論文 石津恵吾、令和 5 年度卒業論文「過酸化水素の $\Delta 17\text{O}$ の新規測定手法の開発：過去の対流圏 O_3 の変遷復元に向けて」、金沢大学地球社会基盤学類 地球惑星科学コース、2024 年 3 月 修士論文 坪井彩紀、令和 6 年度修士論文「大気化学輸送モデルを用いた過去 200 年間のグリーンランド大気中の過酸化水素濃度の変遷解析」、金沢大学地球社会基盤学専攻、2025 年 3 月

※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。

2023年度金沢大学環日本海域環境研究センター

共同研究 成果報告書

(ふりがな)	きむら ゆうじ	提出年月日	2024 年 4 月 24 日	
申請者氏名	木村 悠二			
所属・職名	日本大学 生産工学部 応用分子化学科 准教授			
連絡先住所				
TEL		FAX		
E-mail				
申請区分	☐ 重点共同研究 ☒ 一般共同研究 ☐ 博士後期課程学生育成共同研究	☒ 一般枠 ☐ 国際枠	研究期間 ☒ 単年 ☐ 複数年(2年)	☒ 新規 ☐ 継続
研究分野	☒ 環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究 ☐ 環境変化が健康に及ぼす影響に関する研究 ☐ 生態系と人間社会の共生に関する研究 ☐ 地域環境の将来予測に関する研究 ☐ 持続可能な社会創成に関する研究 ☐ 複数の研究分野に跨がり推進する学際的研究			
研究課題	陸域起源のマイクロプラスチック汚染の実態解明			
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～ 2024 年 3 月 31 日			
センター教員	井上睦夫准教授			

研究組織		氏 名	所 属	職名／ 大学院生・ 学部生は利 用時の年次	分担内容
	申請者	木村悠二	日本大学生産 工学部	准教授	サンプル採取（太平洋側）、マイクロ プラスチック分析及びデータ解析
	分担者	井上睦夫	金沢大学環日 本海域環境研 究センター	准教授	ガンマ線測定およびデータ解析
		長谷川一幸	（公財）海洋 生物環境研究 所	主 任 研 究 員	サンプル採取（日本海側）及びデータ 解析
		城谷勇陸	（公財）海洋 生物環境研究 所	研究員	サンプル採取（日本海側）及びデータ 解析
※ 申請時の分担組織を変更して許可を受けた場合は、変更後の組織を記載して下さい。					
分析試料		物質名	形態（形状）	試料数	
	申請書に記載 した試料	河川や湖沼の底質	粉末状	15	
	分析した試料	河川や湖沼の底質	粉末状	15	
研究目的・ 期待される 成果	近年、世界的にマイクロプラスチックに起因する環境汚染が問題となっており、実態調査・研究が進められている。マイクロプラスチックの発生源として陸上由来のものが多く、河川や湖沼を通じて環境中に排出されと考えられている。プラスチックの世界的な生産が始まったのは1930年頃であるが、プラスチックがいつから環境中に流出し、その後マイクロプラスチック化して堆積物中に蓄積しているのかについて、ほとんどわかっていない。また、堆積物中のマイクロプラスチックは流域周辺の人口やゴミの管理状況の変化によっても変わると考えられるため、年代別のマイクロプラスチックの沈降フラックスを算出することができれば、正確なマイクロプラスチック汚染の実態の把握や今後のマイクロプラスチック汚染の予測にも適用することが可能となる。 そこで本研究では、日本海側と太平洋側の周辺流域の人口動態及びゴミ処理量が把握されている調査点において、柱状サンプルを採取し、層状に分取したサンプルのマイクロプラスチック分析（個数、大きさ、種類）を実施する。さらに、同サンプルの年代測定を行うために²¹⁰Pb及び¹³⁷Csの放射能濃度を測定し、環境中にマイクロプラスチックが流出した年代を特定するとともにマイクロプラスチックの年代別沈降フラックスを算出し、日本海側と太平洋側でマイクロプラスチックの汚染実態や流出年代に違いがあるのかを解明する。				
※申請書に記載した事項を要約して下さい。					

陸域起源のマイクロプラスチック汚染の実態解明という研究課題において本申請年度は取り組んできたが、太平洋側のサンプルとして利根川水系の印旛沼においてサンプリングを実施し、検証を行なった。

印旛沼の2地点（西印旛沼：A2 ボート，北印旛沼：ペリカン）において柱状採泥器で底泥試料を採取した。採取した試料を深さ方向に3分割（上層：0-15 cm，中層：16-30 cm，下層：31-50 cm）して、試料に含まれるマイクロプラスチックの数，種類，大きさ（面積）を測定した。また，同試料の ^{210}Pb ， ^{134}Cs および ^{137}Cs の濃度を測定した。

2地点のマイクロプラスチックの検出数は，西印旛沼（A2 ボート）では上層：中層：下層＝72.7：36.4：18.4（個/kg-dry）で総検出総数7個，北印旛沼（ペリカン）では上層：中層：下層＝0：0：5.9（個/kg-dry）で総検出個数1個であった。検出されたプラスチックの種類は西印旛沼（A2 ボート）でポリエチレンとポリ塩化ビニル（平均面積18mm²），北印旛沼（ペリカン）でポリプロピレン（面積5.3mm²）であった。

西印旛沼（A2 ボート）地点では流入河川による流れがあるのに対して，北印旛沼（ペリカン）地点は近くに流入河川などないため，穏やかな地点となっていると考えられる。また，西印旛沼から北印旛沼を通り利根川へと流れていくため，多くの流入河川が西印旛沼へと通じており周辺環境の影響も受けやすく，マイクロプラスチックの堆積量の違いに現れたと考えられる。

印旛沼の2地点の ^{210}Pb ， ^{134}Cs および ^{137}Cs の放射能濃度を図1に示す。西印旛沼（A2 ボート）地点における ^{210}Pb ， ^{134}Cs および ^{137}Cs の濃度は，上層から下層にかけて減少する傾向は見られ，全ての層で ^{134}Cs が検出された。そのため，2011年の東日本大震災の際の福島第一原子力発電所の事故による影響が下層にまで及んでいることが確認された。

このことから，採取した試料は，周辺の浚渫などの影響で鉛直的に混合していることが示唆された。

北印旛沼（ペリカン）地点における ^{210}Pb ， ^{134}Cs および ^{137}Cs の濃度は，西印旛沼（A2 ボート）と同様に上層から下層にかけて減少する傾向は見られたが， ^{210}Pb と ^{134}Cs は上層のみで検出された。この結果から，採取した試料は浚渫などの影響を受けていない可能性が高い。

以上の結果から，浚渫などの影響が少ない地点を調査地点とすることで ^{210}Pb ， ^{134}Cs および ^{137}Cs の濃度変化を測定できる可能性が高いことがわかった。さらに，各層から検出されるマイクロプラスチックの数等を検証することで，本研究の目的であるマイクロプラスチックが流出した年代を特定するとともにマイクロプラスチックの年代別沈降フラックスを算出し，日本海側と太平洋側でマイクロプラスチックの汚染実態や流出年代に違いがあるのかを解明できると考えられる。

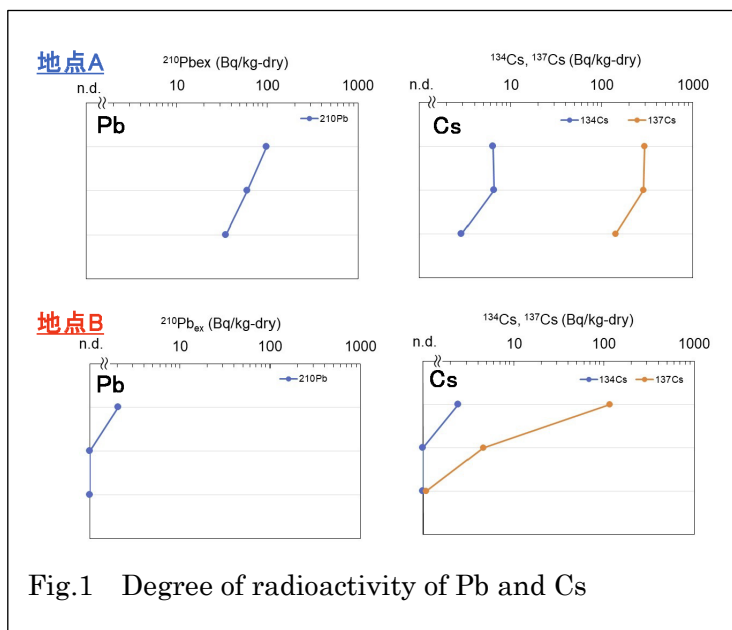


Fig.1 Degree of radioactivity of Pb and Cs

※1,000字以上で具体的に記述して下さい。

見込まれる 成果物	・ 2024, 2025 年度学会発表（発表者大学院生を予定） ポスターまたは口頭発表（参加学会は未定） ・ 2024 年度卒業論文 ・ 2025 年度修士論文
※原著論文発表、レビュー等原著論文以外による発表、口頭発表、卒業論文・修士論文・博士論文等の予定について記載して下さい。成果が出た場合は、別途事務局に報告して下さい。	