

研究レポート集 2014

Report

第15号



THE YAKUMO FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

公益財団法人 八雲環境科学振興財団

設立の趣旨



今日の環境問題は、従来の公害問題とは異なり、日常的な事業活動や生活活動に起因する部分が非常に多く、また、地球環境問題が示すように空間的・時間的広がりをもつ深刻な問題であります。岡山県は、豊かな自然と温暖な気候に恵まれた風土を背景に、古代吉備文化に代表される古い歴史と多彩な文化を持つ住みよい地域であります。しかし、より便利で快適な暮らしへと進展していく中で、現状の自然環境、社会環境、生活環境などは必ずしもバランスのとれた状態とは言い難く、多くの問題を抱えているものと思われまます。

株式会社エイト日本技術開発（旧株式会社エイトコンサルタント）は、昭和30年に八雲測量社として創業し、今日まで「自然との共生」を基本理念に、地域の社会資本整備の要請に応じて参りました。これまでの足跡を振り返りますと、今日の成果を成し遂げることができたのも、社会全般のご指導とご支援によるものと深く感謝するとともに、これまで以上の社会貢献ができないかと日頃配意しておりました。

このような中で、21世紀に向けた「環境」に関するテーマについて、産官学がより一体となった学術研究面での充実および地球環境保全を視野に入れた国際的な意識の醸成を奨励することが必要であると考えました。そして、環境科学に関する調査研究の推進や創造性豊かな研究者の養成を支援することにより、岡山県における学術および技術開発の進展並びに国際研究交流の増進に貢献していくことを目的として、平成10年7月29日、「財団法人 八雲環境科学振興財団」が設立され、おかげさまで16年目を迎えました。

今後とも当財団の育成につきまして、御協力、御支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

公益財団法人 八雲環境科学振興財団
代表理事 小谷 裕 司

目 次

1. 巻頭言	1
2. 財団の概要	2
3. 役員等名簿	3
4. 定款	4
5. 平成25年度事業実施状況	13
6. 年度別助成事業実施状況	16
7. 研究発表会実施状況	24
8. 平成24年度環境研究助成報告	28
9. 平成25年度環境研究助成報告	35
10. 平成25年度国際研究交流助成報告	115
11. 平成25年度研究集会助成報告	118
12. 平成25年度その他の助成報告	122
13. 助成実施要項	130
14. ご寄附のお願い	136

1. 巻頭言

八雲環境科学振興財団は、岡山県内の、大学等の研究機関に所属する研究者または研究グループを対象に、環境科学に関する調査研究の推進や、想像性豊かな研究者の養成を支援することによって、岡山県における学術および技術開発の進展に寄与することを目的として、平成10年に創立されました。

爾来、延べ185件の環境研究助成、81件の国際研究交流助成、21件の研究集会助成を行ってまいりまして、この度『研究レポート集』第15号の発刊に至りました。このことは、財団活動が着実に成果を挙げつつあるという一つの証しであり、財団の委員の一人として大変喜ばしく思うと共に、財団運営に関わって頂いている諸先生方のご尽力と、財団の趣旨をご理解下さり、成果を挙げて頂いた研究者諸氏のご努力の賜物と、深く感謝いたすところでございます。

日本は平成23年3月の東北地方太平洋地震によって、未曾有の被害を受け、未だ、被災者は劣悪な環境下で耐えています。被災者の救援、被災地の復旧は我が国の最優先課題であることは論を待たないし、放射能汚染を初めとして、対処すべき環境問題も多く内在しています。しかしながら、震災とは別に、人類が抱えている環境問題は実に多種多様で、当財団の研究テーマの多様性からもそのことは十分伺えます。

特に近年、世界においても、我が国においても、気候の変動に起因する災害が多発しています。高温、豪雨、干ばつ、大型台風、局地的異常気象、これらの事象はおおむね地球温暖化、それに伴う海流や偏西風等の変化に原因が有ると言われています。また、地球温暖化によって、熱中症の多発、この夏から秋にかけて東京を中心に世間を騒がせた、デング熱のような感染症を媒介する動物の生息域の拡大等の健康問題。農水産物の生育適地の北上等の問題も懸念されます。

地球温暖化の要因としては、国際的な専門家がつくる、地球温暖化についての科学的な研究の収集、整理のための政府間協議機構『気候変動に関する政府間パネル（I C C P）』の評価報告書では“我々を取り巻く気候システムの温暖化は決定的に明確であり、人類の活動が直接的に関与している”とされており、化石燃料の使用によって発生する温室効果ガスの大幅かつ持続的な削減が必要であると指摘されています。温室効果ガスの削減に向けた国際的取組みは、1977年の『京都議定書』、2010年の『カンクン合意』等で目標が示され、また、現在も新しい合意に向けて準備がなされつつありますが、各国ともそれぞれの事情を抱えており、定めた削減数値を確実に実行出来るという保証は有りません。

環境問題に対する一般市民の関心には、マスコミの影響にもよって流行り廃りが有ります。しかし、環境科学に取り組んでいらっしゃる研究者諸氏におかれましては、問題の本質、重要性を捉えて、世俗の関心に迎合することなく、人類の将来の安寧のために、不断の努力をお続けくださいますよう期待いたしますとともに、当財団がその一端を担わせて頂けますことを願う次第でございます。

評議員 谷本 俊夫

(E・Jホールディングス(株)顧問)

2. 財団の概要

名 称	公益財団法人 八雲環境科学振興財団
所 在 地	岡山県岡山市北区津島京町三丁目1番21号 (株式会社エイト日本技術開発内)
主務官庁	岡山県教育委員会
設立許可	平成10年7月29日 (平成14年8月26日 特定公益増進法人に認定) (平成24年10月1日 公益財団法人に移行)
出 捐 者	株式会社エイト日本技術開発 他
基本財産	2億5,279万円(平成26年3月末現在)
事業概要	(1) 環境研究助成事業 環境科学に関する研究費用の助成(年間12件程度) ①特定研究(テーマ指定) 一件当たり100万円以内 ②一般研究(テーマ自由) 一件当たり 50万円以内 (2) 国際研究交流助成事業 環境科学に関わる海外渡航費用の助成及び海外研究者招聘費用の 助成(年間4件程度) 一件当たり 20万円以内 (3) 研究集会助成事業 環境科学に関する研究集会等の開催費用の助成(年間2件程度) 一件当たり 30万円以内
助成対象	岡山県内の大学等の研究機関に所属する研究者又は研究グループ

3. 役員等名簿

役職名	氏 名	現 職 等
代表理事	小谷 裕司	(株)エイト日本技術開発 代表取締役社長
理 事	河野伊一郎	岡山大学名誉教授 (元学長)
	赤木 靖春	学校法人加計学園専務理事
	沖 陽子	岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
	辻 英明	岡山県立大学学長
	佐藤 豊信	岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
	伊丹 文雄	E・Jホールディングス(株) 顧問
監 事	西田 秀史	弁護士
	石村 顕示	税理士
	小谷 浩治	E・Jホールディングス(株) 管理本部副本部長
評 議 員	本水 昌二	岡山大学名誉教授
	杉尾 剛	岡山大学名誉教授・杉尾化学合成独立栄養細菌研究所所長
	波田 善夫	岡山理科大学学長
	西垣 誠	岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
	阿部 宏史	岡山大学理事・副学長
	鳥越 良光	岡山商科大学大学院商学研究科教授
	岩田 正晴	ロック地域計画事務所 代表
	谷本 俊夫	E・Jホールディングス(株) 顧問
	藤井 勉	(株)エイト日本技術開発 取締役
選考委員	稲井 寛	岡山県立大学情報工学部教授
	坂本 圭児	岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
	星野 卓二	岡山理科大学総合情報学部教授
	大久保賢治	岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
	永井 泉治	(株)エイト日本技術開発 事業推進企画部長

4. 定款

公益財団法人 八雲環境科学振興財団 定款 第1章 総則

(名称)

第1条 この法人は、公益財団法人八雲環境科学振興財団（英文名：Yakumo Foundation for Environmental Science）と称する。

(事業所)

第2条 この法人は、主たる事務所を岡山県岡山市に置く。

第2章 目的及び事業

(目的)

第3条 この法人は、環境科学に関する調査研究の推進や創造性豊かな研究者の養成を援助・支援することによって、環境科学の振興を図り、もって学術及び技術開発の進展に寄与することを目的とする。

(事業)

第4条 この法人は、前条の目的を達成するため、次の事業を行う。

- (1) 環境科学に関する調査研究の助成及び研究者の養成援助
 - (2) 環境科学に関する国際研究集会等への派遣並びに国際研究交流の助成
 - (3) 環境科学に関する学術講演会、フォーラム、シンポジウム、研究集会等の助成
 - (4) 環境教育活動への支援等による環境科学の啓発
 - (5) 環境科学に関するフォーラム、シンポジウム、セミナー、研究発表会等の開催
 - (6) 出版物の編集および刊行
 - (7) 環境科学に関する技術開発・実用化に向けた研究開発等の企画、資料・情報の収集及び提供、調査・研究及び支援
 - (8) その他前条の目的を達成するために必要な事業
- 2 前項の事業については、岡山県において行うものとする。

(事業年度)

第5条 この法人の事業年度は、毎年4月1日に始まり、翌年3月31日に終わる。

第3章 財産及び会計

(財産の種別)

第6条 この法人の財産は、基本財産及びその他の財産の2種とする。

2 基本財産は、この法人の目的である事業を行うために不可欠なものとして理事会及び評議員会で定めた財産とする。

3 その他の財産は、基本財産以外の財産とする。

(基本財産の維持及び処分)

第7条 基本財産については、適正な維持及び管理に努めるものとする。

2 この法人の公益目的事業遂行上やむを得ない理由があるときは、理事会の議決に加わることのできる理事の3分の2以上の議決を経て、評議員会において、議決に加わることのできる評議員の3分の2以上の議決により承認を得た後、基本財産の全部若しくは一部を処分又は担保に提供することができる。

(財産の管理・運用)

第8条 この法人の財産の管理及び運用は、理事長が行うものとし、その方法は理事会で定める。

2 財産は、安全確実な方法で運用しなければならない。

(事業計画及び収支予算)

第9条 この法人の事業計画書、収支予算書については、毎事業年度の開始日の前日までに、理事長が作

成し、理事会の決議を経て、評議員会の承認を受けなければならない。これらを変更する場合も同様とする。

2 前項の書類については、毎事業年度の開始日の前日までに行政庁に提出し、主たる事務所に、当該事業年度が終了するまでの間備え置き、一般の閲覧に供するものとする。

(事業報告及び決算)

第10条 この法人の事業報告及び決算については、毎事業年度終了後、理事長が次の書類を作成し、監事の監査を受けた上で、理事会の承認を経て、定時評議員会に提出し、第1号及び第2号の書類についてはその内容を報告し、第3号から第6号までの書類については承認を受けなければならない。

- (1) 事業報告書
- (2) 事業報告の附属明細書
- (3) 貸借対照表
- (4) 正味財産増減計算書
- (5) 貸借対照表及び正味財産増減計算書の附属明細書
- (6) 財産目録

2 前項の計算書類等については、毎事業年度の終了後3ヶ月以内に行政庁に提出するものとする。

3 第1項の書類のほか、次の書類を主たる事務所に5年間備え置き、一般の閲覧に供するとともに、定款を主たる事務所に備え置き、一般の閲覧に供するものとする。

- (1) 監査報告
- (2) 理事及び監事並びに評議員の名簿
- (3) 理事及び監事並びに評議員の報酬等の支給の基準を記載した書類
- (4) 運営組織及び事業活動の状況の概要及びこれらに関する数値のうち重要なものを記載した書類
(公益目的取得財産残額の算定)

第11条 理事長は、公益社団法人及び公益財団法人の認定等に関する法律施行規則第48条の規定に基づき、毎事業年度、当該事業年度の末日における公益目的取得財産残額を算定し、前条第3項第4号の書類に記載するものとする。

(長期借入金及び重要な財産の処分又は譲受け)

第12条 この法人が資金の借入をしようとするときは、その事業年度の収入をもって償還する短期借入金を除き、評議員会においては評議員の総数及び理事会においては理事の総数の3分の2以上の議決を経なければならない。

2 この法人が重要な財産の処分又は譲受けを行おうとするときも、前項と同じ議決を経なければならない。

(会計原則)

第13条 この法人の会計は、一般に公正妥当と認められる公益法人の会計の慣行に従うものとする。

第4章 評議員

(定数)

第14条 この法人に、評議員7名以上10名以内を置く。

(評議員の選任及び解任)

第15条 評議員の選任及び解任は、一般社団法人及び一般財団法人に関する法律第179条から第195条の規定に従い、評議員会において行う。

2 評議員を選任する場合には、次の各号の要件をいずれも満たさなければならない。

(1) 各評議員について、次のイからへに該当する評議員の合計数が評議員の総数の3分の1を超えないものであること。

イ 当該評議員及びその配偶者又はその親族

ロ 当該評議員と婚姻の届出をしていないが事実上婚姻関係と同様の事情にある者

ハ 当該評議員の使用人

ニ ロ又はハに掲げる者以外の者であって、当該評議員から受ける金銭その他の財産によって生計を維持しているもの

ホ ハ又はニに掲げる者の配偶者

ヘ ロからニまでに掲げる者の親族であって、これらの者と生計を一にするもの

(2) 他の同一の団体(公益法人を除く。)の次のイからニに該当する評議員の合計数が評議員の総数の3分

の1を超えないものであること。

イ 理事

ロ 使用人

ハ 当該他の同一の団体の理事以外の役員（法人でない団体で代表者又は管理人の定めのあるものにあつては、その代表者又は管理人）又は業務を執行する社員である者

ニ 次に掲げる団体においてその職員（国会議員及び地方公共団体の議会の議員を除く。）である者

① 国の機関

② 地方公共団体

③ 独立行政法人通則法第2条第1項に規定する独立行政法人

④ 国立大学法人法第2条第1項に規定する国立大学法人又は同条第3項に規定する大学共同利用機関法人

⑤ 地方独立行政法人法第2条第1項に規定する地方独立行政法人

⑥ 特殊法人（特別の法律により特別の設立行為をもって設立された法人であつて、総務省設置法第4条第15号の規定の適用を受けるものをいう。）又は認可法人（特別の法律により設立され、かつ、その設立に関し行政官庁の認可を要する法人をいう。）

3 評議員は、この法人の理事又は監事若しくは使用人を兼ねることができない。

4 評議員に異動があつたときは、2週間以内に登記し、登記事項証明書等を添え、遅滞なくその旨を行政庁に届け出なければならない。

（権限）

第16条 評議員は、評議員会を構成し、第20条に規定する事項を決議する。

（任期）

第17条 評議員の任期は、選任後4年以内に終了する事業年度のうち最終のものに関する定時評議員会の終結の時までとする。ただし、再任を妨げない。

2 任期満了前に退任した評議員の補欠として選任された評議員の任期は、退任した評議員の任期の満了する時までとする。

3 評議員は、第14条に定める定数に足りなくなるときは、任期の満了又は辞任により退任した後も、新たに選任された者が就任するまで、なお評議員としての権利義務を有する。

（報酬等）

第18条 評議員は無報酬とする。

2 評議員には、その職務を行うために要する費用の支払いをすることができる。

第5章 評議員会

（構成）

第19条 評議員会は、すべての評議員をもって構成する。

（権限）

第20条 評議員会は、次の事項について決議する。

(1) 理事及び監事の選任及び解任

(2) 理事及び監事の報酬等の額

(3) 役員及び評議員に対する報酬等の支給の基準

(4) 定款の変更

(5) 事業計画及び収支予算の承認

(6) 貸借対照表及び正味財産増減計算書類の承認並びにこれらの附属明細書の承認

(7) 残余財産の処分

(8) 基本財産の処分又は除外の承認

(9) その他評議員会で決議するものとして法令又はこの定款で定められた事項

2 前項の規定にかかわらず、個々の評議員会においては、第23条第1項の書面に記載した評議員会の目的である事項以外の事項は、決議することができない。

（種類及び開催）

第21条 評議員会は、定時評議員会として毎年度5月に1回開催するほか、必要がある場合に開催する。

(招集)

- 第22条 評議員会は、法令に別段の定めがある場合を除き、理事会の決議に基づき理事長が招集する。
- 2 評議員は、理事に対し、評議員会の目的である事項及び招集の理由を示して、評議員会の招集を請求することができる。
- 3 前項による請求があったときは、理事長は遅滞なく評議員会を招集しなければならない。

(招集の通知)

- 第23条 理事長は、評議員会の開催日の5日前までに、評議員に対して、会議の日時、場所、目的である事項を記載した書面をもって招集の通知を発しなければならない。
- 2 前項にかかわらず、評議員全員の同意があるときは、招集の手続きを経ることなく、評議員会を開催することができる。

(議長)

- 第24条 評議員会の議長は、その評議員会において、出席した評議員の中から選出する。

(定足数)

- 第25条 評議員会は、評議員の過半数の出席がなければ開催することができない。

(決議)

- 第26条 評議員会の決議は、法令又はこの定款に別段の定めがある場合を除き、決議について特別の利害関係を有する評議員を除く評議員の過半数が出席し、その過半数をもって行なう。
- 2 前項の規定にかかわらず、次の決議は、決議について特別の利害関係を有する評議員を除く評議員の3分の2以上に当る多数をもって行なわなければならない。

- (1) 監事の解任
- (2) 評議員に対する報酬等の支給の基準
- (3) 定款の変更
- (4) 基本財産の処分又は除外の承認
- (5) その他法令で定められた事項

- 3 理事又は監事を選任する議案を決議するに際しては、各候補者ごとに第1項の決議を行なわなければならない。理事又は監事の候補者の合計数が第30条に定める定数を上回る場合には、過半数の賛成を得た候補者の中から得票数の多い順に定数の枠に達するまでの者を選任することとする。

(決議の省略)

- 第27条 理事が評議員会の目的である事項について提案した場合において、その提案について、議決に加わることのできる評議員の全員が書面又は電磁的記録により同意の意思表示をしたときは、その提案を可決する旨の評議員会の決議があったものとみなす。

(報告の省略)

- 第28条 理事が評議員の全員に対し、評議員会に報告すべき事項を通知した場合において、その事項を評議員会に報告することを要しないことについて、評議員の全員が書面又は電磁的記録により同意の意思表示をしたときは、その事項の評議員会への報告があったものとみなす。

(議事録)

- 第29条 評議員会の議事録については、法令で定めるところにより、議事録を作成する。
- 2 議長とその会議に出席した評議員2人は、前項の議事録に記名押印する。

第6章 役員等

(役員の設定)

- 第30条 この法人に、次の役員を置く。
- (1) 理事 6名以上9名以内
 - (2) 監事 3名

- 2 理事のうち1名を理事長とし、この者をもって、一般社団法人及び一般財団法人に関する法律上の代表理事とする。

(役員を選任)

第31条 理事及び監事は、評議員会の決議によって選任する。

2 理事長は、理事会の決議によって理事の中から選定する。

3 監事は、この法人の理事又は使用人を兼ねることができない。

4 理事のうち、理事のいずれか1名とその配偶者又はその親族その他法令で定める特別の関係にある者の合計数は、理事総数の3分の1を超えてはならない。監事についても、同様とする。

5 他の同一の団体（公益法人を除く）の理事又は使用人である者その他これに準ずる相互に密接な関係にある者として法令で定める者である理事の合計数は、理事の総数の3分の1を超えてはならない。監事についても、同様とする。

6 理事又は監事に異動があったときは、2週間以内に登記し、登記事項証明書等を添え、遅滞なくその旨を行政庁に届け出るものとする。

(理事の職務及び権限)

第32条 理事は、理事会を構成し、法令及びこの定款で定めるところにより、職務を執行する。

2 理事長は、法令及びこの定款で定めるところにより、この法人を代表し、その業務を執行する。

3 理事長は、毎事業年度に4ヶ月を超える間隔で2回以上、自己の職務の執行の状況を理事会に報告しなければならない。

(監事の職務及び権限)

第33条 監事は、次に掲げる職務を行う。

(1) 理事の職務執行を監査し、法令で定めるところにより、監査報告を作成する。

(2) 監事は、いつでも、理事及び使用人に対して事業の報告を求め、この法人の業務及び財産の状況の調査をすること、並びに各事業年度に係る計算書類及び事業報告書を監査すること。

(3) 評議員会及び理事会に出席し、必要あると認めるときは意見を述べること。

(4) 理事が不正の行為をし、若しくはその行為をするおそれがあると認めるとき、又は法令若しくは定款に違反する事実若しくは著しく不当な事実があると認めるときは、これを理事会に報告すること。

(5) 前号の報告をするために必要があるときは、理事長に理事会の招集を請求すること。但し、その請求があった日から5日以内に、2週間以内の日を理事会とする招集通知が発せられない場合は、直接理事会を招集すること。

(6) 理事が評議員会に提出しようとする議案、書類その他法令で定めるものを調査し、法令若しくは定款に違反し、又は著しく不当な事項があると認めるときは、その調査の結果を評議員会に報告すること。

(7) 理事がこの法人の目的の範囲外の行為その他法令若しくは定款に違反する行為をし、又はその行為をするおそれがある場合において、その行為によってこの法人に著しい損害が生ずるおそれがあるときは、その理事に対し、その行為をやめることを請求すること。

(8) その他監事に認められた法令上の権限を行使すること。

(役員任期)

第34条 理事及び監事の任期は、選任後2年以内に終了する事業年度のうち最終のものに関する定時評議員会の終結の時までとする。ただし、再任を妨げない。

2 補欠として選任された理事又は監事の任期は、前任者の任期の満了する時までとする。

3 理事又は監事は、第30条に定める定数に足りなくなるときは、辞任又は任期終了後においても、新たに選任された者が就任するまで、なお理事又は監事としての権利義務を有する。

(役員解任)

第35条 理事又は監事が、次のいずれかに該当するときは、評議員会の決議によって解任することができる。ただし、監事を解任する場合は、議決に加わることのできる評議員の3分の2以上の議決に基づいて行わなければならない。

(1) 職務上の義務に違反し、又は職務を怠ったとき

(2) 心身の故障のため、職務の執行に支障があり、又はこれに堪えないと認められるとき。

(報酬等)

第36条 役員は無報酬とする。

2 役員には、その職務を執行するために要する費用の支払いをすることができる。

(取引の制限)

第37条 理事が次に掲げる取引をしようとする場合は、その取引について重要な事実を開示し、理事会の承認を得なければならない。

- (1) 自己又は第三者のためにする、この法人の事業の部類に属する取引
 - (2) 自己又は第三者のためにする、この法人との取引
 - (3) この法人がその理事の債務を保証することその他理事以外の者との間におけるこの法人とその理事との利益が相反する取引
- 2 前項の取引をした理事は、その取引の重要な事実を遅滞なく、理事会に報告しなければならない。

(責任の免除)

第38条 この法人は、役員的一般社団法人及び一般財団法人に関する法律第198条において準用される第111条第1項の賠償責任について、法令に定める要件に該当する場合には、理事会の決議によって、賠償責任額から法令に定める最低責任限度額を控除して得た額を限度として、免除することができる。

(顧問)

第39条 この法人に、顧問を若干名おくことができる。

- 2 顧問は、学識経験者又はこの法人に功労のあった者のうちから、理事会において選任する。
- 3 顧問の任期は、2年とする。ただし、再任を妨げない。
- 4 顧問は、無報酬とする。ただし、その職務を行うために要する費用の支払いをすることができる。

(顧問の職務)

第40条 顧問は、理事長の諮問に応え、理事長に対し、意見を述べることができる。

第7章 理事会

(構成)

第41条 理事会は、すべての理事をもって構成する。

(権限)

第42条 理事会は、次の職務を行なう。

- (1) 評議員会の日時及び場所並びに目的である事項の決定
 - (2) 規則の制定、変更及び廃止に関する事項
 - (3) 前各号に定めるもののほか、この法人の業務執行の決定
 - (4) 理事の職務の執行の監督
 - (5) 理事長の選任及び解職
- 2 理事会は次に掲げる事項その他の重要な業務執行の決定を、理事に委任することができない。
- (1) 重要な財産の処分及び譲受け
 - (2) 多額の借財
 - (3) 重要な使用人の選任及び解任
 - (4) 第38条の責任の免除

(種類及び開催)

第43条 理事会は、通常理事会及び臨時理事会の2種とする。

- 2 通常理事会は、毎事業年度に4ヶ月を超える間隔で2回以上開催する。
- 3 臨時理事会は、次の各号の一に該当する場合に開催する。
 - (1) 理事長が必要と認めたとき
 - (2) 理事長以外の理事から会議の目的である事項を記載した書面をもって理事長に招集の請求があったとき
 - (3) 前号の請求があった日から5日以内に、その日から2週間以内の日を理事会とする理事会の招集通知が発せられない場合に、その請求をした理事が招集したとき
 - (4) 第33条第5号の規定により、監事から理事長に招集の請求があったとき、又は監事が招集したとき

(招集)

第44条 理事会は、理事長が招集する。ただし、前条第3項第3号により理事が招集する場合及び前条第3項第4号後段により監事が招集する場合を除く。

2 理事長は、前条第3項第2号又は第4号前段に該当する場合は、その請求の日から2週間以内の日を臨時理事会の開催日として招集しなければならない。

3 理事会を招集するときは、会議の日時、場所、目的である事項を記載した書面をもって、開催日の5日前までに、役員に通知しなければならない。

4 前項の規定にかかわらず、役員の前員の同意があるときは、招集の手続きを経ることなく理事会を開催することができる。

5 理事長に事故があるとき又は理事長が欠けたときは、各理事が理事会を招集する。

(議長)

第45条 理事会の議長は、理事長がこれに当たる。

(定足数)

第46条 理事会は、理事の過半数以上の出席がなければ会議を開くことができない。

(決議)

第47条 理事会の決議は、決議について特別の利害関係を有する理事を除く理事の過半数が出席し、その過半数をもって行なう。

(決議の省略)

第48条 理事が理事会の決議の目的である事項について提案した場合において、その提案について、議決に加わることのできる理事の前員が書面又は電磁的記録により同意の意思表示をしたときは、その提案を可決する旨の理事会の決議があったものとみなすものとする。ただし、監事が異議を述べたときは、その限りではない。

(報告の省略)

第49条 理事又は監事が理事及び監事の前員に対し、理事会に報告すべき事項を通知したときは、その事項を理事会に報告することを要しない。

2 前項の規定は、第32条第3項の規定による報告には適用しない。

(議事録)

第50条 理事会の議事については、法令で定めるところにより、議事録を作成する。

2 出席した理事長及び監事は、前項の議事録に記名押印する。

第8章 委員会

(委員会)

第51条 この法人の事業を推進するために、理事会はその決議により、委員会を設置することができる。

2 委員会の任務、構成及び運営に関し必要な事項は、理事会の決議により別に定める。

(選考委員会及び委員構成等)

第52条 この法人は、第4条第1項第1号から第3号に定める助成の対象となる者を選考するために、選考委員会を置く。

2 選考委員会は、6名以上9名以内の委員をもって組織する。

3 選考委員会の委員は、その3分の2以上が学識経験者でなければならない。

4 前項の委員は、この法人の理事及び評議員以外の者から、理事会で選出し、理事長が委嘱する。

5 選考委員会の議事の運営の細則等は、理事会が決定する。

(選考委員の任期)

第53条 選考委員の任期は、2年とする。ただし、再任を妨げない。

2 補欠又は増員により選任された選考委員の任期は、前任者又は現任者の残任期間とする。

3 選考委員は、その任期満了後でも、後任者が就任するまでは、なおその職務を行う。

(選考委員の解任)

第54条 選考委員が、次のいずれかに該当するときは、理事現任数及び評議員現任数の各々の3分の2以上の議決により、理事長がこれを解任することができる。

(1) 職務上の義務違反その他選考委員たるにふさわしくない行為があると認められるとき

(2) 心身の故障のため、職務の執行に支障があり、又はこれに堪えないと認められるとき

2 前項の場合、当該選考委員にあらかじめ通知するとともに、理事会及び評議員会で議決する前に、当該

選考委員に弁明の機会を与えなければならない。

3 前項の場合において、やむを得ない理由があるときは、当該選考委員から提出された弁明書をもってこれにかえることができる。なお、弁明書が一定の期限までに提出がなされないときは、第1項に規定する議決のみにて解任することができる。

第9章 定款の変更、合併及び解散等

(定款の変更)

第55条 この定款は、評議員会において、議決に加わることのできる評議員の3分2以上の議決を経て変更することができる。

2 前項の規定は、この定款の第3条「目的」、第4条「事業」及び第15条「評議員の選任及び解任」についても適用する。

3 公益社団法人及び公益財団法人の認定等に関する法律第11条第1項各号に掲げる事項に係る定款の変更（軽微なものを除く）をしようとするときは、その事項の変更につき、行政庁の認定を受けなければならない。

4 前項以外の変更を行った場合は、遅滞なくその旨を行政庁に届け出なければならない。

(解散)

第56条 この法人は、基本財産の滅失によるこの法人の目的である事業の成功の不能その他法令で定められた事由によって解散する。

(公益認定の取消し等に伴う贈与)

第57条 この法人が公益認定の取消しの処分を受けた場合又は合併により法人が消滅する場合（その権利義務を承継する法人が公益法人であるときを除く。）には、評議員会の決議を経て、公益目的取得財産残額に相当する額の財産を、当該公益認定の取消しの日又は当該合併の日から1ヶ月以内に、公益社団法人及び公益財団法人の認定等に関する法律第5条第17号に掲げる法人又は国若しくは地方公共団体に贈与するものとする。

(残余財産の帰属)

第58条 この法人が清算をする場合において有する残余財産は、評議員会の決議を経て、国若しくは地方公共団体又は公益社団法人及び公益財団法人の認定等に関する法律第5条第17号に掲げる法人に贈与するものとする。

第10章 事務局

(事務局及び職員)

第59条 この法人の事務を処理するため、事務局を設置する。

2 事務局には、必要の職員を置く。

3 重要な職員は、理事長が理事会の承認を得て任免する。

4 職員は有給とすることができる。

5 事務局の組織及び運営に関し必要な事項は、理事長が理事会の議決を経て、別に定める。

(備え付け帳簿及び書類等)

第60条 この法人の事務所には、常に次に掲げる帳簿及び書類を備えておかななければならない。ただし、他の法令によりこれらに代わる書類及び帳簿を備えたときは、この限りではない。

(1) 定款

(2) 役員、評議員及びその他の職員の名簿、役員就任承諾書並びに履歴書

(3) 認定、許可、許可等及び登記に関する書類

(4) 定款に定める機関（理事会及び評議員会）の議事に関する書類

(5) 財産目録

(6) 役員等の報酬等に関する規定

(7) 事業計画書及び収支予算書

(8) 事業報告書及び計算書類等

(9) 監査報告書

(10) 行政庁からの示達文書

(11) その他法令で定める帳簿及び書類

2 前項各号の帳簿及び書類の閲覧については、法令の定めによる。

第11章 情報公開及び個人情報の保護

(情報公開)

第61条 この法人は、公正で開かれた活動を推進するため、その活動状況、運営内容、財務資料等を積極的に公開するものとする。

(個人情報の保護)

第62条 この法人は、業務上知り得た個人情報の保護に万全を期すものとする。

(公告の方法)

第63条 この法人の公告は、電子公告により行なう。

2 事故その他やむを得ない事由により、電子公告をすることができない場合は、官報に掲載する方法による。

第12章 補則

(株式の権利行使の制限)

第64条 この法人が保有する株式について、その株式の発行会社に対して株主としての権利を行使する場合には、下記の事項を除き、あらかじめ理事会において理事の総数（理事現在数）の3分の2以上の承認を得なければならない。

- (1) 配当の受領
- (2) 無償新株式の受領
- (3) 株主割当増資への応募
- (4) 株主宛配付書類の受領

(実施細則)

第65条 法令及びこの定款に定めるもののほか、この法人の運営に必要な事項は、理事会の決議により理事長が別に定める。

附 則

1 この定款は、一般社団法人及び一般財団法人に関する法律及び公益社団法人及び公益財団法人の認定等に関する法律の施行に伴う関係法律の整備等に関する法律第106条第1項に定める公益法人の設立の登記の日から施行する。

2 一般社団法人及び一般財団法人に関する法律及び公益社団法人及び公益財団法人の認定等に関する法律の施行に伴う関係法律の整備等に関する法律第106条第1項に定める特例民法法人の解散の登記と、公益法人の設立の登記を行なったときは、第5条の規定にかかわらず、解散の登記の日の前日を事業年度の末日とし、設立の登記の日を事業年度の開始日とする。

3 この法人の最初の理事長は、次に掲げる者とする。

理事長 小谷裕司 とする。

4 この法人の最初の評議員は、次に掲げる者とする。

本水 昌二 杉尾 剛 波田 善夫 西垣 誠 阿部 宏史

鳥越 良光 岩田 正晴 谷本 俊夫 藤井 勉

5. 平成 25 年度事業実施状況

平成 25 年度の助成事業は、環境研究助成、国際研究交流助成、研究集会助成の公募を行い、総額 593 万円の助成を実施した。

当年度における公募の概要は次のとおりである。

募集の目的

当法人は、環境科学に関する調査研究の推進や創造性豊かな研究者の養成を支援することによって、岡山県における学術及び技術開発の進展に寄与することを目的とし、次に掲げる助成事業を行います。

I. 環境研究助成

一般研究	特定研究
1. 助成対象研究	
テーマは設定しません 自然科学と社会科学の両分野の研究で自然環境の改善（環境科学）に寄与するものとします。	平成 25 年度募集テーマ A. 災害と地域の環境に関する研究 B. 水資源・水環境の保全・再生に関する研究 C. 地域活性化に関する研究（新テーマ）
2. 助成金額と件数	
総 額 ・ ・ ・ ・ ・ 350 万円程度 1 件あたり助成額 ・ ・ 50 万円以内 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 7 件程度	総 額 ・ ・ ・ ・ ・ 100 万円程度 1 件あたり助成額 ・ ・ 100 万円以内 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 1 件程度
3. 助成対象となる期間	
平成 26 年 3 月 31 日まで	平成 26 年 3 月 31 日まで

4. 助成対象となる費用

研究に直接必要な経費を助成します。汎用性のある機器（パソコン、ファクシミリ、コピー機、携帯電話、カメラ等）の購入費は助成対象外とします。

5. 助成対象者の義務等

下記の事項について財団所定の「合意書」を締結し、履行していただきます。

- 助成期間終了後 3 ヶ月以内に研究レポート（1 頁 2,000 字、A 4 で 6 頁程度）の提出
- 平成 26 年 11 月頃に開催予定の財団主催の研究報告会にて研究成果の発表
- 財団所定の「報告書（経費使用明細書含む）」の提出
- 対外的に研究成果を発表する場合には、当財団の援助を受けたことを明示
- 研究を中止又は延期した場合はその理由書と経費使用明細書の提出及び助成金の精算

6. 選考基準

- 当財団が助成するにふさわしい研究
- 学術的・社会的要請が高く将来性豊かな研究
- 独創性・先駆性に優れた研究

Ⅱ. 国際研究交流助成

1. 助成対象

平成 25 年 6 月 1 日から平成 26 年 5 月 31 日までに出発帰着する下記の派遣又は招聘
○国内外で開催される環境科学に関する国際研究集会での発表、又は共同研究を目的とした、海外研究者の招聘。

2. 助成金額と件数

- 総 額 ・ ・ ・ ・ ・ 80 万円程度
- 1 件当たり助成金 ・ ・ 20 万円以内
- 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 4 件程度

3. 助成対象となる費用

派遣又は招聘に必要な渡航費及び滞在費並びに研究集会参加費

4. 助成対象者の義務等

- 公開講演会又は研究発表会にて発表をお願いする場合があります。この場合謝金はお支払できません。
- 派遣又は招聘完了後 1 ヶ月以内に財団所定「報告書」の提出。
- 渡航又は招聘を中止若しくは延期した場合、その理由書の提出と助成金の精算
- 研究集会等での発表を目的とする場合、研究発表後 1 ヶ月以内に発表論文と応募者が発表者であることが証明できるものを提出すること。

Ⅲ. 研究集会助成

1. 助成対象

平成 25 年 10 月 1 日から平成 27 年 3 月 31 日までに岡山県内で開催される、環境科学に関する研究集会、学術講演会、シンポジウム等

2. 助成金額と件数

- 総 額 ・ ・ ・ ・ ・ 60 万円程度
- 1 件当たり助成金 ・ ・ 30 万円以内
- 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 2 件程度

3. 助成対象となる費用

研究集会等の開催に要する会場費、印刷費、通信運搬費等の費用

4. 助成対象者の義務等

- 研究集会等の開催が、当財団の助成を受けている旨の明示
- 研究集会等終了後 1 ヶ月以内に財団所定「報告書」および財団から助成を受けたことを示すもの（ポスター、HP、チラシ等）の提出。
- 開催を中止又は延期した場合、その理由書の提出と助成金の精算

応募手続き

1. 応募資格

- 環境科学との関連性がないものについての助成は認めません。申請書所定欄に環境科学との関連性について記述して下さい。
- 岡山県内の大学等の研究機関に所属する研究者（博士課程(後期)の大学院生を含む）。
- 研究機関の長又は学長若しくは学部長等の推薦を受け、申請書所定欄に記入して下さい。大学院生はそれに加えて、指導教官からの推薦状（様式自由）を添付して下さい。
- 環境研究助成、国際研究交流助成、研究集会助成に重複して応募はできますが、それぞれ 1 件までとします。また重複して応募された場合でも、助成対象となるのは 1 人又は 1 グループにつき最大 1 件とします。
- 平成 24 年度に助成対象者となった研究者（共同研究者を含む）は、平成 25 年度は同一の助成部門（「環境研究助成の特定研究部門」、「環境研究助成の一般研究部門」、「国際研究交流助成部門」、「研究集会助成部門」）に再応募することはできません。
- 国際研究交流助成において、研究集会等での発表を目的とする場合、応募者が発表者であることを要件とします。また、論文採択が予定の段階でも応募できますが、選定された場合の助成金の振込は、採択後とします。申請時において決定している場合は、「論文採択通知」等の写しを申請書に添付して下さい。

2. 募集期間と選考手続

	応募締切	最終決定	結果通知
I. 環境研究助成	平成 25 年 4 月 15 日（月）（必着）	平成 25 年 5 月下旬	申請者及び推薦者に採否、助成金額及び交付期日と方法を通知いたします
II. 国際研究交流助成			
III. 研究集会助成			

※ 書類に不備があった場合、選定されない場合があります。

3. 申請書類

- 応募申請書様式は、各大学等の事務室等に配布しています。
- または、当財団のホームページからダウンロードして下さい。
- 申請書の様式は変更しないでください。

<http://www.ej-hds.co.jp/zaidan/>

応募申請書類は、下記の財団事務局にご送付下さい。

応募申請書類送付先・問い合わせ先

〒700-8617 岡山市北区津島京町3丁目1番21号
 (株) エイト日本技術開発 管理本部内
 公益財団法人 八雲環境科学振興財団 事務局
 TEL:086-252-7670
 FAX:086-252-8918
 Eメール: yakumo@ej-hds.co.jp

6. 年度別助成事業実施状況

平成 10 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
国際研究交流助成事業	7 件	7 件	1,357 千円
合 計	7 件	7 件	1,357 千円

平成 10 年度は、環境研究助成事業は実施いたしませんでした。

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
国際研究交流助成事業	岡山大学	5 件
	岡山県立大学	1 件
	岡山商科大学	1 件

平成 11 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	24 件	11 件	5,886.3 千円
国際研究交流助成事業	13 件	10 件	1,938.2 千円
合 計	37 件	21 件	7,824.5 千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	7 件
	岡山理科大学	2 件
	岡山商科大学	1 件
	津山工業高等専門学校	1 件
国際研究交流助成事業	岡山県工業技術センター	1 件
	岡山大学	5 件
	岡山県立大学	3 件
	岡山理科大学	1 件

平成 12 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	20 件	13 件	6,620 千円
国際研究交流助成事業	9 件	8 件	1,517 千円
合 計	29 件	21 件	8,137 千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	5 件
	岡山理科大学	4 件
	岡山商科大学	1 件
	川崎医科大学	1 件
	津山工業高等専門学校	2 件
国際研究交流助成事業	岡山県工業技術センター	1 件
	岡山大学	7 件

平成 13 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	14件	12件	6,370千円
国際研究交流助成事業	16件	12件	2,350千円
合計	30件	24件	8,720千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	7件
	岡山県立大学	1件
	川崎医科大学	1件
	倉敷芸術科学大学	2件
	津山工業高等専門学校	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	7件
	岡山県立大学	2件
	岡山理科大学	1件
	津山工業高等専門学校	1件
	財団法人淳風会	1件

平成 14 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	27件	12件	7,200千円
国際研究交流助成事業	10件	7件	1,400千円
研究集会助成事業	2件	1件	300千円
合計	39件	20件	8,900千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	7件
	岡山理科大学	3件
	岡山商科大学	1件
	川崎医科大学	1件
国際研究交流助成事業	岡山県工業技術センター	1件
	岡山大学	4件
	岡山理科大学	1件
	津山工業高等専門学校	1件
研究集会助成事業	岡山大学	1件

平成 15 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	28件	13件	6,900千円
国際研究交流助成事業	9件	3件	600千円
研究集会助成事業	2件	2件	600千円
合計	39件	18件	8,100千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	5件
	岡山理科大学	3件
	岡山県立大学	1件
	倉敷技術科学大学	2件
	吉備国際大学	1件
	津山工業高等専門学校	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	3件
研究集会助成事業	岡山大学	2件

平成 16 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	42件	12件	6,800千円
国際研究交流助成事業	12件	4件	800千円
研究集会助成事業	4件	4件	1,200千円
合計	58件	20件	8,800千円

※ 研究集会助成事業は平成 17 年度開催 採択 2 件を含む。

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	7件
	岡山理科大学	2件
	岡山商科大学	1件
	美作大学	1件
	就実大学	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	2件
	岡山県立大学	1件
	岡山県工業技術センター	1件
研究集会助成事業	岡山大学	3件
	岡山理科大学	1件

平成 17 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	34件	13件	6,860千円
国際研究交流助成事業	10件	5件	1,000千円
研究集会助成事業	1件	1件	300千円
合計	45件	19件	8,160千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	8件
	岡山理科大学	3件
	岡山商科大学	1件
	美作大学	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	1件
	岡山理科大学	1件
	岡山県立大学	1件
	岡山県工業技術センター	1件
	津山工業高等専門学校	1件
研究集会助成事業	川崎医科大学	1件

平成 18 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	37件	14件	8,250千円
国際研究交流助成事業	8件	4件	760千円
研究集会助成事業	1件	1件	300千円
合計	46件	19件	9,310千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	9件
	岡山理科大学	2件
	岡山県立大学	1件
	吉備国際大学	1件
	津山工業高等専門学校	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	3件
	岡山商科大学	1件
研究集会助成事業	岡山大学	1件

平成 19 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	25件	14件	7,250千円
国際研究交流助成事業	3件	2件	400千円
研究集会助成事業	1件	1件	300千円
合計	29件	17件	7,950千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	9件
	岡山理科大学	3件
	吉備国際大学	2件
国際研究交流助成事業	岡山大学	2件
研究集会助成事業	岡山大学	1件

平成 20 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	34件	13件	7,290千円
国際研究交流助成事業	9件	4件	800千円
研究集会助成事業	1件	1件	300千円
合計	44件	18件	8,390千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	7件
	岡山理科大学	3件
	岡山県立大学	1件
	吉備国際大学	1件
	倉敷芸術科学大学	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	3件
	岡山理科大学	1件
研究集会助成事業	川崎医科大学	1件

平成 21 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	26件	13件	7,090千円
国際研究交流助成事業	6件	2件	400千円
研究集会助成事業	1件	1件	150千円
合計	33件	16件	7,640千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	5件
	岡山理科大学	2件
	岡山県立大学	1件
	吉備国際大学	2件
	津山工業高等専門学校	2件
	くらしき作陽大学	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	1件
	岡山県工業技術センター	1件
研究集会助成事業	岡山理科大学	1件

平成 22 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	39件	12件	7,360千円
国際研究交流助成事業	3件	3件	600千円
研究集会助成事業	3件	2件	530千円
合計	45件	17件	8,490千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	9件
	岡山商科大学	1件
	津山工業高等専門学校	1件
	川崎医療福祉大学	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	3件
研究集会助成事業	岡山大学	1件
	岡山理科大学	1件

平成 23 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	29件	11件	6,890千円
国際研究交流助成事業	7件	5件	1,400千円
研究集会助成事業	2件	2件	600千円
合計	38件	18件	8,890千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	5件
	岡山理科大学	1件
	岡山県立大学	1件
	津山工業高等専門学校	2件
	就実大学	1件
	岡山農林水産総合センター 生物科学研究所	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	3件
	岡山理科大学	2件
研究集会助成事業	岡山大学	1件
	川崎医科大学	1件

平成 24 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	28件	12件	6,917千円
国際研究交流助成事業	5件	4件	744千円
研究集会助成事業	2件	2件	600千円
合計	35件	18件	8,261千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	5件
	岡山理科大学	2件
	岡山県立大学	1件
	津山工業高等専門学校	2件
	倉敷芸術科学大学	1件
	岡山農林水産総合センター 生物科学研究所	1件
国際研究交流助成事業	岡山大学	3件
	岡山県工業技術センター	1件
研究集会助成事業	岡山理科大学	2件

平成 25 年度

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	19 件	10 件	4,738 千円
国際研究交流助成事業	2 件	2 件	400 千円
研究集会助成事業	2 件	3 件	800 千円
合 計	23 件	15 件	5,938 千円

○所属機関別助成実績

	所属機関	助成件数
環境研究助成事業	岡山大学	4 件
	岡山理科大学	4 件
	山陽学園大学	1 件
	倉敷芸術科学大学	1 件
国際研究交流助成事業	岡山大学	2 件
研究集会助成事業	岡山大学	1 件
	就実大学	1 件
	岡山理科大学	1 件

累計 (平成 10 年度～平成 25 年度)

	応募件数	助成件数	助成金額
環境研究助成事業	426 件	185 件	102,422 千円
国際研究交流助成事業	129 件	81 件	16,466 千円
研究集会助成事業	22 件	21 件	5,980 千円
合 計	574 件	287 件	124,868 千円

7. 研究発表会実施状況

平成 12 年度

開催日時	平成 12 年 9 月 29 日 (金) 13 時～
場 所	岡山ロイヤルホテル
発表者数	8 名
協 賛	株式会社エイトコンサルタント
出席者	約 50 名

平成 13 年度

開催日時	平成 13 年 11 月 6 日 (火) 13 時～
場 所	岡山ロイヤルホテル
発表者数	10 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント
出席者	約 60 名

平成 14 年度

開催日時	平成 14 年 11 月 8 日 (金) 13 時～
場 所	リーセントカルチャーホテル
発表者数	12 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 60 名

平成 15 年度

開催日時	平成 15 年 11 月 6 日 (木) 13 時～
場 所	リーセントカルチャーホテル
発表者数	12 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 60 名

平成 16 年度

開催日時	平成 16 年 11 月 4 日 (木) 13 時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	13 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 50 名

平成 17 年度

開催日時	平成17年10月26日(水) 13時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	12名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約80名

平成 18 年度

開催日時	平成18年11月1日(水) 12時30分～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	14名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ 岡山旭ライオンズクラブ 岡山吉備ライオンズクラブ 岡山ブルーライオンズクラブ
出席者	約100名

平成 19 年度

開催日時	平成19年11月12日(月) 12時30分～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	14名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約80名

平成 20 年度

開催日時	平成20年11月4日(火) 13時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	12名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイトコンサルタント 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約50名

平成 21 年度

開催日時	平成 21 年 10 月 30 日 (金) 12 時 50 分～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	13 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイト日本技術開発 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 50 名

平成 22 年度

開催日時	平成 22 年 11 月 1 日 (月) 12 時 50 分～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	13 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイト日本技術開発 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 50 名

平成 23 年度

開催日時	平成 23 年 10 月 25 日 (火) 13 時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	12 名
協 賛	岡山県教育委員会 株式会社エイト日本技術開発 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 50 名

平成 24 年度

開催日時	平成 24 年 10 月 5 日 (金) 13 時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	12 名
協 賛	株式会社エイト日本技術開発 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 60 名

平成 25 年度

開催日時	平成 25 年 11 月 14 日 (木) 13 時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	12 名
協 賛	株式会社エイト日本技術開発 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 60 名

平成 26 年度（予定）

開催日時	平成 26 年 10 月 28 日（火） 13 時～
場 所	岡山大学創立五十周年記念館
発表者数	11 名
協 賛	株式会社エイト日本技術開発 岡山グリーンライオンズクラブ
出席者	約 60 名

平成 24 年度 環境研究助成報告

8. 平成 24 年度 環境研究助成報告

① 一般研究

助成対象者	所 属	研究テーマ	ページ
後藤 和馬	岡山大学大学院 自然科学研究科	水環境中微生物に由来する酸化ケイ素を鋳型に用いた 多孔質炭素材料の開発	29

平成 25 年 6 月 29 日

平成 24 年度 八雲環境科学振興財団
環境研究助成

「水環境中微生物に由来する酸化ケイ素を鋳型に用いた
多孔質炭素材料の開発」
研究報告書

岡山大学大学院自然科学研究科
地球生命物質科学専攻
助教 後藤和馬

【序論】

物質の中に多数の小さな穴（細孔）を多数持つ材料は多孔質材料と呼ばれており、その細孔に様々な物質を吸着することができる。代表的な多孔質材料である活性炭は、上水道や工業廃水などの浄化や悪臭ガスの吸着除去など、分子を吸着する性質を利用してさまざまな用途に幅広く用いられている。活性炭の細孔のサイズは一般に幅広く分布しており、2 ナノメートル以下のマイクロ孔から数十～数百ナノメートルの大きな孔まで広く存在しているため細孔径の制御は容易ではない。そのため近年、細孔径を制御したメソポーラス炭素材料の開発が盛んに行われてきている。代表的なものにアルミノケイ酸塩細孔結晶であるゼオライトを鋳型として用い熱処理することで作製されるゼオライト鋳型炭素と呼ばれる多孔質炭素材料があり、電気二重層キャパシタ等の蓄電材料として高い適性を示すことが報告されている。しかし原料の合成ゼオライトの価格が比較的高価であるため量産が難しい、などの問題を抱えている。

本研究では、環境中の水（地下水や雨水、湖水）等に幅広く存在する鉄バクテリアが退社の副産物として排出する酸化鉄を用い多孔質炭素材料を作製することを目的とした。鉄バクテリアは水中の Fe^{2+} イオンや Mn^{2+} イオンを酸化して固定化する微生物であり、微生物の種類によりチューブ型やリボン型など独特の形を持つ酸化鉄を形成する。本研究ではこのバクテリア由来酸化鉄、および酸化鉄を処理して得られる酸化ケイ素化合物（シリカ）を鋳型として用いることで、既存のゼオライト鋳型炭素法に比較してはるかに廉価な天然素材原料から、新たな高機能多孔質炭素材料を作製することを試みた。鉄バクテリアは溝や小川の底など自然界の様々な場所で見られるが、日本ではこのバクテリアを使った自然浄水法が 20 年程前からいくつかの市や町で普及し、化学物質を使用しない安全な飲み水を提供している。このような浄水場では、鉄酸化細菌の一種である *Leptothrix ochracea* が地下水中の Fe^{2+} を体内に取り込み Fe^{3+} に酸化して、体外に特殊な形状、すなわち、Fig. 1 に示すような直径約 $1\ \mu\text{m}$ の中空パイプ状の酸化鉄（*Leptothrix* 由来バイオジナス酸化鉄：L-BIOX）を形成する。このような浄水場で得られる浄水沈殿物は、高純度の酸化鉄であることが分かっているが、現在、このような酸化鉄は無償物として大量に廃棄されている。つまり、L-BIOX を多孔質炭素合成の鋳型として用いることができれば、無償で無機鋳型を得ることができ、さらに浄水場の廃棄物を減らすことができる。

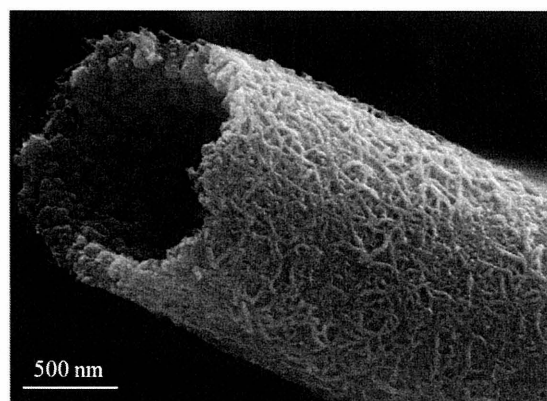
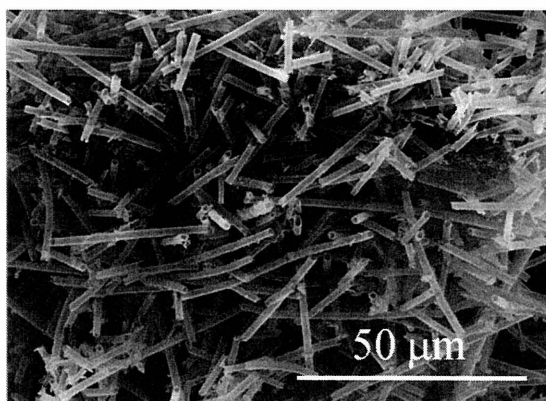


Fig. 1 微生物により形成された酸化鉄マイクロチューブ

鋳型炭素法では、まず鋳型となる原料に炭素源を導入して重合などの方法で充填し、これを熱処理することで重合した有機物を炭化する。その後鋳型部分を取り除くことで、炭素骨格のみからなる材料を作製することができる。すなわち鋳型に多孔質物質を用いることで、その多孔質物質の孔に対応した多孔質な炭素材料を作製することができる。本研究ではこの方法を用いて多孔質炭素材料を作製することを目指した。得られる材料は原料であるチューブ状酸化鉄の形状を受け継ぐことで高い比表面積値を持つ多孔質材料となり、各種吸着材料や電池材料として用いることができると期待されるため、特に電気二重層キャパシタ等の蓄電デバイスとしての応用を視野に入れた開発を目指した。

【実験】

・微生物由来酸化ケイ素を用いた多孔質炭素作製の試み

本研究では、まず初めに、微生物由来酸化鉄を熱処理および酸処理して得られる酸化ケイ素化合物（シリカ）を用いた多孔質炭素の作製を試みた。一応はサンプル作製について成功したが、その収量は多くなく、また、酸化鉄から酸化ケイ素化合物を得る段階での収率が特に低かった（10%程度）ため、本方法は良質のサンプルを廉価に大量に得る手段としてはあまり適していないと判断した。むしろ、酸処理前の微生物由来酸化鉄自体を用いた多孔質炭素作製を行うほうが収率ははるかに良いため、以後は酸化鉄を用いた多孔質炭素開発研究にシフトした。次節以下にその実験および結果を示す。

・フルフリルアルコール（FA）を炭素前駆体として用いた酸化鉄鋳型炭素の作製

鋳型として微生物由来酸化鉄を用い、以下の方法により多孔質炭素を作製した。酸化鉄サンプルを真空乾燥後、フルフリルアルコール（FA）と重合開始剤であるシュウ酸二水和物を加え真空下で1時間攪拌、さらに窒素ガスを導入して24時間攪拌した。その後酸化鉄 / FA複合体を150℃で8時間熱処理することでFAを重合させ、その後電気炉にて900℃、3時間熱処理することでポリマーを炭素化し、酸化鉄 / 炭素複合体を得た。これを12%塩酸中におくことで酸化鉄を溶解・除去し、多孔質炭素サンプルを得た。また、一部のサンプルについては、さらにフッ化水素酸中におくことで、酸化鉄中に含まれていたケイ素成分の溶解・除去を行い、多孔質炭素の高比表面積化を図った。

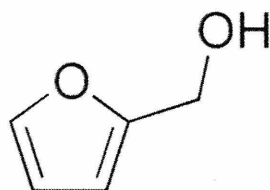


Fig. 2 フルフリルアルコールの構造式

【結果と考察】

フルフリルアルコールを炭素前駆体として用いて合成した酸化鉄 / 炭素複合体について、塩酸処理した後の走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察画像を Fig. 3 に示す。

Fig.3(a)のようなチューブ状の酸化鉄の形を保持した部分と、そうではない炭素粒子が集合したような部分 (Fig. 3(b)) が観測された。EDX による元素分析の結果、塩酸処理により鉄はほぼ除かれていることが分かった。酸化鉄自身は通常塩酸には溶解しないが、900°Cでの炭素化処理の際に酸化鉄も鉄に還元され、これが塩酸によって除去されたものと考えられる。サンプルの表面は起伏に富んでおり、鑄型である酸化鉄が抜けたような形の数 μm の孔や、数十~100 nm の細孔を多くもつことがわかった。

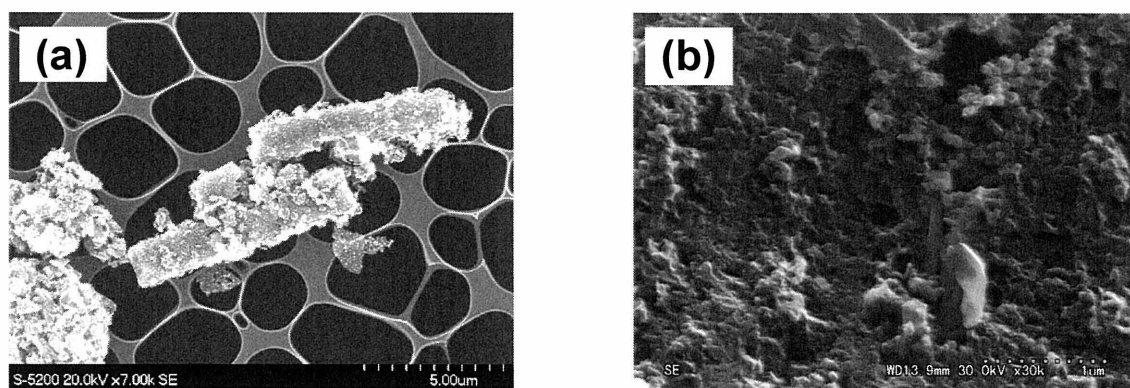


Fig. 3 塩酸処理後サンプルの SEM 写真
(後ろに見える網目構造は支持用のマイクログリッドである)

さらにフッ化水素酸処理を行ったサンプルの SEM 観察画像を Fig. 4 に示す。フッ化水素酸処理後のサンプルにおいても、チューブ形状は維持されていることが確認できた。

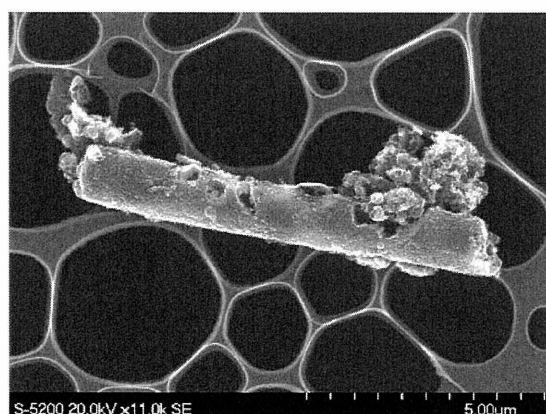


Fig. 4 フッ化水素酸処理後サンプルの SEM 写真

サンプルの BET 比表面積を測定したところ、塩酸処理後サンプルにおいて $420 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ の値を示し、得られた炭素材料が多孔質であることが確認できた。また、フッ化水素酸処理後サンプルでは比表面積はさらに上昇し、 $930 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ の値を示した。フッ化水素酸処理により、炭素材料中に残されているケイ素のナノサイズ粒子が除去され、比表面積が増大したものと考えられる。サンプルの塩酸処理後とフッ化水素酸処理後について、窒素吸着等温線測定を行った結果を Fig. 5 に示す。どちらの吸着等温線も BDDT 分類における IV 型の吸着等温線に該当する形状を示し、 $p/p_0=0.5\sim 0.9$ の分圧領域にメソ孔に帰属できるヒステリシスループが観測された。このことから、サンプルはメソ孔を多数もつ多孔質体であることがわかった。塩酸処理後とフッ化水素酸処理後では、窒素吸着等温線の形自体には大きな変化はないものの、後者においては低相対圧力部分での吸着量が増加しており、マイクロ孔が増加していることが確認できる。このことから、フッ化水素酸処理によって炭素中に残されたケイ素のナノ粒子が除去され、マイクロ孔が形成されたと考えられる。

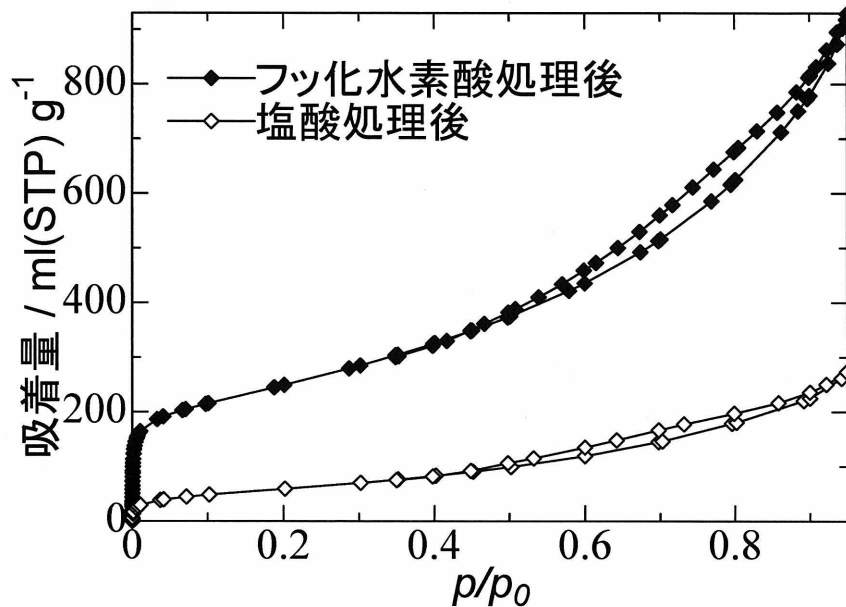


Fig. 5 窒素ガス吸脱着等温線

Fig. 6 に Fig. 5 の吸着等温線を Horvath-Kawazoe (HK) 法によって解析したサンプルの細孔径分布を示す。吸着等温線から読み取れる特徴と同様、特にフッ化水素酸処理により 1 nm 以下のマイクロ孔カテゴリーに分類される細孔の容積が大幅に増加したことが確認できた。

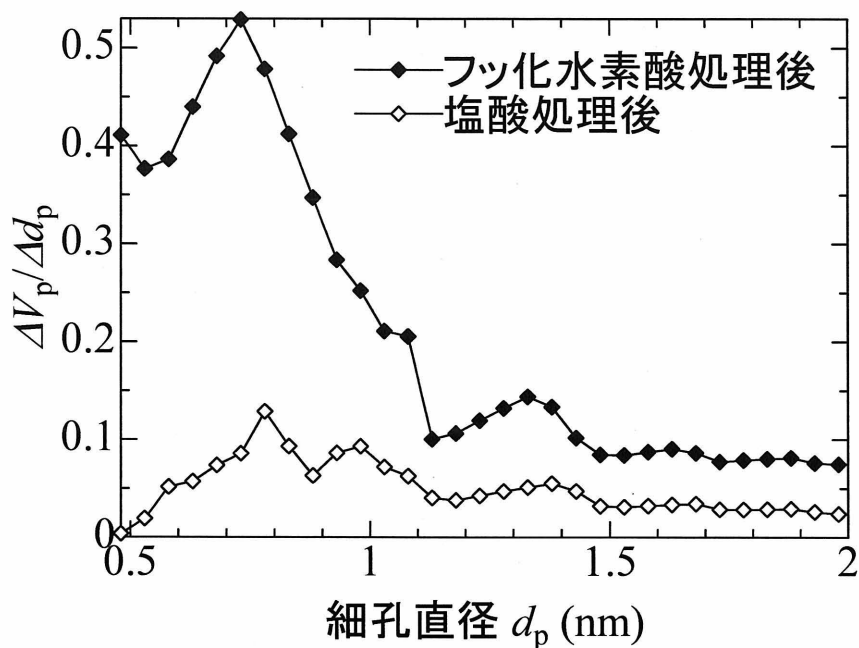


Fig. 6 細孔径分布曲線 (HK 法)

【結論および今後の研究の発展】

本研究では、微生物由来チューブ状酸化鉄を鋳型として用いて、多孔質炭素材料を得ることに成功した。フルフリルアルコールを炭素前駆体として使用し、重合開始剤であるシュウ酸を用いることで炭素質材料を酸化鉄と効率よく導入することができ、酸化鉄-炭素複合体を得た。複合体の塩酸処理後は $420 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 、フッ化水素酸処理後では $930 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ と高い比表面積を示し、ミクロ孔・メソ孔が発達した構造を有することがわかった。

現在、フルフリルアルコール以外の炭素前駆体を用いた多孔質炭素作製を行っており、フェノール樹脂等の熱硬化性樹脂を用いて同様の多孔質炭素を作製することに成功しつつある。さらに、本多孔質材料を吸着材料や電気二重層キャパシターなどの蓄電材料、さらに電池電極材料等に利用する研究を進展中である。予備的なキャパシター性能試験では、十分な容量が得られており、今後さらに研究を進展させていく予定である。

平成 25 年度 環境研究助成報告

9. 平成 25 年度 環境研究助成報告

① 一般研究

助成対象者	所 属	研究テーマ	ページ
金尾 忠芳	岡山大学大学院 環境生命科学研究科	枯渇する金属資源の省エネルギー的回収を目指した鉄酸化細菌の遺伝子工学	36
澁谷 俊彦	山陽学園大学	都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～ 銀塩写真画像のデジタル化による景観の時間変化の数値把握	42
太田 謙	加計学園 自然植物園	児島半島における現存および過去の植生に関する研究 －岡山市近郊の植生環境の変遷を理解するために－	48
仲 章伸	倉敷芸術科学大学 生命科学部	ケイ素の特長を生かした色素増感太陽電池の開発	55
金田 隆	岡山大学大学院 自然科学研究科	オンサイト計測のための高感度マイクロペーパー分析 デバイスの開発	61
亀島 欣一	岡山大学大学院 環境生命科学研究科	層状複水酸化物を利用した新規水処理触媒の開発	67
宮本 真二	岡山理科大学 生物地球学部	瀬戸内臨海平野に記録された災害履歴と遺跡の立地環境の解析	73
頼藤 貴志	岡山大学大学院 環境生命科学研究科	岡山市における大気汚染粒子状物質曝露と疾病別救急 受診の因果関係評価	77
実吉 玄貴	岡山理科大学 生物地球学部	石英粒子のカソードルミネッセンスを用いたモンゴル ゴビ砂漠産盗掘恐竜化石の産地同定	101
矢野 興一	岡山理科大学 生物地球学部	絶滅危惧に瀕しているノグサ属ノグサ（カヤツリグサ 科）の系統分類学的研究およびその生活史特性の解明	109

枯渇する金属資源の省エネルギー的回収を目指した鉄酸化細菌の遺伝子工学

岡山大学環境生命科学研究所生物資源科学専攻 (岡山大学農学部)
金尾忠芳

【緒論】

近年の中国を始めとする新興諸国の急速な発展は、石油など様々な資源の需要を著しく増大させた。特に銅などの金属類が不足し、その価格が急騰している[1]。銅は 2002 年から 10 年間で約 6 倍に高騰し、国内でも数年前には工事現場の銅線が次々に盗難にあったほか、神社の御堂の屋根の銅板までも剥がされる被害が報告された[2]。現在、採算の取れる銅含有量の高い高品位鉱石が採掘できる鉱脈は既に不足傾向にあり、金属資源の枯渇に加え乱採掘と酸性鉱山廃水による重大な環境破壊が懸念される。この様な事態に対して、銅含有量 1%以下の低品位鉱石から微生物の能力で銅を溶出・回収する技術であるバイオリッチングが解決策として期待されている。バイオリッチングとは、微生物の金属酸化能力を利用して銅などの重要金属を溶出させる技術であり、採掘した鉱石の粉碎や溶融にかかるエネルギーとコストが不要となる省エネルギー・低コストで目的金属の回収が可能となる。多くの銅鉱山では、銅含有量の低下が進行し、従来法では採算が取れなくなる一方で、低品位鉱石中の銅の総量は十分埋蔵されていると見積もられている。そして、この様な低品位鉱石中の銅はバイオリッチングによる回収でしか採算があわない。このバイオリッチングにおいて最も重要な働きをするのが鉄硫黄酸化細菌 *Acidithiobacillus ferrooxidans* である。本細菌は、鉄イオン (Fe^{2+}) や硫黄化合物を酸化した際の還元力とエネルギーで二酸化炭素を同化して生育・増殖する。鉄イオンは中性では水酸化鉄 III (鉄サビ) となって沈殿するが、酸性では Fe^{3+} イオンとして溶解し、これが鉱石中の銅をイオンとして溶かし出す。その際 Fe^{3+} は Fe^{2+} に還元されるが、これを鉄酸化細菌が酸化することで Fe^{3+} を再生して銅を溶出するサイクルが形成される (図 1)。また、銅鉱石は硫化銅として存在するため、 Fe^{3+} によって溶出する際に硫黄の皮膜を形成することがあるが、本菌はこの皮膜を酸化することで硫酸を生成して、鉄イオンが安定して存在する酸性環境を形成する。この様に *A. ferrooxidans* は、バイオリッチングに相応しい能力を持つため、この応用に広く利用されている[3]。しかしながら本菌において、特定遺伝子破壊や形質転換法などの遺伝子組換え技術に関して有効な手法の開発が遅れており、現時点でその能力を最大限に利用しているとは言い難い。また鉄や硫黄を代謝する酵素について、あるいはその代謝を制御するメカニズムについてなどバイオリッチングに最も密接な本菌の能力については未解明な部分も多く、これらを解明することで高効率なバイオリッチングが期待できる。

本研究課題は、*A. ferrooxidans* に特定の遺伝子を導入する有効なシステムを開発することで、本菌の持つ鉄や硫黄化合物の酸化能力を解明し、これらを最大限に引き出すことを目的とする。遺伝子工学的に鉄や硫黄の代謝能を強化することでバイオリッチングや酸性鉱山廃水の処理能力の向上が期待できる。これを金属資源の省エネルギー回収技術や鉱山廃水処理技術に応用することで、資源の確保と環境保全に貢献する研究となりえる。

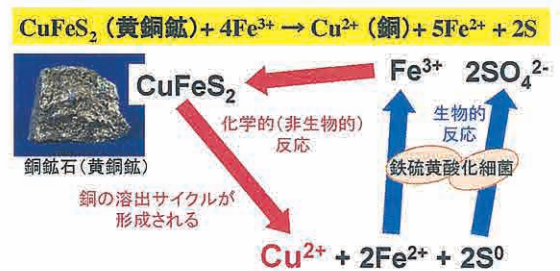


図 1. バイオリッチングの原理

Fe^{3+} を鉄酸化細菌によって再生することで銅を溶出するサイクルが形成される。

【実験方法】

鉄硫黄酸化細菌 *A. ferrooxidans* ATCC23270 標準菌株をモデル微生物として本菌株への外来遺伝子導入方法の検討、および本菌株における有効な遺伝子発現プロモーターの探索を行った。

本菌株への外来遺伝子導入方法は、近年中国の研究グループによって既に学術論文に報告されており[4]、本方法を基に当研究室にて再現実験を行うこととした。本方法は、目的遺伝子を外部から菌体細胞へ導入するために、大腸菌を利用した接合伝達法を利用している。性繊毛を有する大腸菌 *Escherichia coli* SM17-1 株および伝達性プラスミド pJRD215 を用いて、*A. ferrooxidans* 23270 株との共培養およびカナマイシン耐性を指標とした選抜を行った。

プラスミドドナーとなる pJRD215 ベクターを保有する *E. coli* SM17-1 株をカナマイシンを添加した LB 培地にて一晚培養し集菌した。これに対し、受容菌株である *A. ferrooxidans* ATCC23270 株は、無機塩テトラチオン酸培地にて 9 日間培養し、対数増殖期から定常期に入ったばかりの菌体細胞を集菌した。両者を菌数比で 4:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:4 の割合で混合し膜上で 30°C, 3 日間培養して接合実施期間とした。この後、これら菌体を膜から無機塩培地に洗浄することで抽出、集菌し、カナマイシンを添加した無機塩テトラチオン酸プレート選抜培地に塗布してコロニーの形成を試みた。

一方で、*A. ferrooxidans* 菌体細胞内での高発現プロモーターの探索のために、本菌株を二価鉄 (Fe^{2+})・元素硫黄 (S^0)・テトラチオン酸 ($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$) を唯一のエネルギー源として生育させた。培養後、それぞれの全菌体タンパク質を変性ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) によって分離し、クーマシーブリリアントブルー (CBB) 染色した後、各生育基質における菌体タンパク質を比較して顕著に増減するタンパク質バンドを確認した。さらにこのタンパク質バンドを切り出し、エドマン分解による N-末端アミノ酸配列の解析から遺伝子を同定した。同定した遺伝子について、全ゲノム塩基配列データベースを利用して、その周辺領域の遺伝子のアノテーションを行い、オペロンや遺伝子クラスターの有無を調べた。遺伝子の発現量は、定量的 RT-PCR によって測定され、転写開始点の決定は γ - ^{32}P ATP および γ - ^{32}P CTP で放射ラベルした基質によるプライマー伸長法によって行われた。これにより同定されたプロモーター領域は *lacZ* control vector にサブクローニングし、大腸菌に導入してプロモーター活性を確認するため、 β -ガラクトシダーゼを利用したリポーターアッセイを行った。

【実験結果】

1. *A. ferrooxidans* ATCC23270 株と *E. coli* SM17-1 株における pJRD215 ベクターの接合伝達

E. coli SM17-1 株 pJRD215 (ドナー) : *A. ferrooxidans* ATCC23270 株 (受容菌株) の菌数比率を上記方法で述べたように変え、接合実験を行った。

3 日間接合期間をおいたものを終濃度 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ カナマイシンを含む選抜プレートに塗布し 20 日間 30°C で培養した結果、2:1 混合比で接合し塗布したものに対してのみ 11 個のコロニーの形成が確認できた (図 2)。これらのコロニーをカナマイシンを含む 30 mL 無機塩テトラチオン酸培地に植菌し、増殖させた。現在これらのカナマイシン耐性を獲得したコロニーからプラスミドの検出を行っている。



図2. 接合実験後に得られた *A. ferrooxidans* カナマイシン耐性菌株のコロニー

2. *A. ferrooxidans* ATCC23270 株における高発現プロモーターの探索

本菌株を二価鉄 (Fe^{2+})・元素硫黄 (S^0)・テトラチオン酸 ($\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$) を唯一のエネルギー源として生育させ、この全菌体タンパク質を SDS-PAGE に供した。この結果、テトラチオン酸生育の菌体タンパク質の約 50 kDa 付近に顕著なバンドが確認された (図 3)。

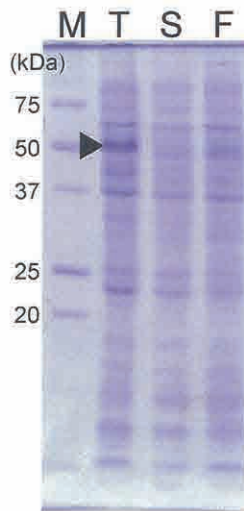
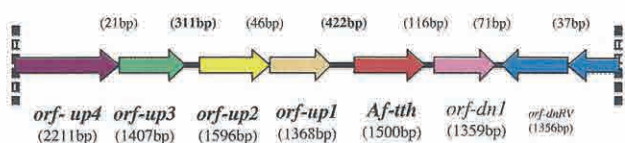


図3. 各生育菌体の SDS-PAGE

F, 二価鉄、S, 元素硫黄、T, テトラチオン酸の生育菌体をそれぞれ示す。M, 分子質量マーカータンパク質。大きさは kDa で図中に表示した。

この 50kDa タンパク質はテトラチオン酸ハイドロラーゼ (*Af-Tth*) であり、これに関しては「硫黄を消化する酵素の解析」[5]として以前にその成果を報告している。*Af-tth* 遺伝子の発現量を定量的 RT-PCR によって調べた結果は、二価鉄生育菌体における発現量を 1 とした場合、硫黄生育菌体では約 60 倍、テトラチオン酸生育菌体では約 180 倍高く発現していることが分かった。本研究においてこの再現性が確認できたことから、*Af-tth* 遺伝子の発現を支配するプロモーターを目的のプロモーターとして、まずはその上流域の遺伝子の発現状況を調べた。*Af-tth* 遺伝子上流には二成分制御系転写制御タンパク質をコードしていると推定される 2 つの遺伝子が 2 組 (合計 4 つの遺伝子) 存在していることが明らかとなっている (図 4)。今回はこの 4 つの遺伝子の内、センサーに反応して特定の DNA 領域に結合 (または解離) すると推定される転写制御タンパク質遺伝子 (*orf-up1, up3*) について、二価鉄・硫黄・テトラチオン酸生育菌体での定量的 RT-PCR を行った。



Af-tth : tetrathionate hydrolase gene

orf-up1 : sigma-54 DNA binding transcriptional regulator protein
orf-up2 : sensor (ATPase like) His kinase
orf-up3 : NtrX, (herix-turn-herix, Fis family)
orf-up4 : NtrY, (ATPase like His kinase)
orf-dn1 : hypothetical, Phosphate-selective porin O and P precursor
orf-dnRV : TrmE, tRNA modification GTPase

図4. *Af-tth* 遺伝子周辺の遺伝子クラスター

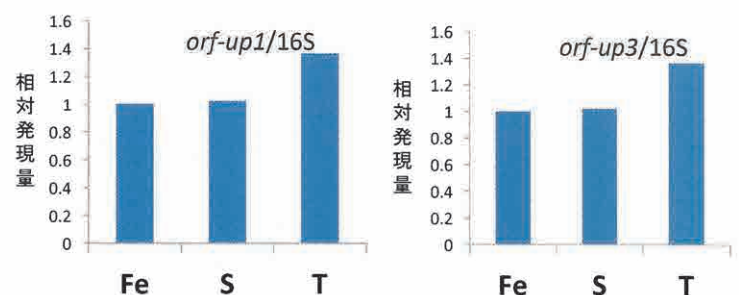


図5. *orf-up1, up3* の鉄 (Fe), 硫黄 (S), テトラチオン酸 (T) 生育菌体における両遺伝子の発現量の比較。

この結果、*orf-up1, up3* とともに二価鉄・硫黄・テトラチオン酸生育菌体においてその発現量は、3 者間で 1 ~ 1.5 の範囲内で、顕著な違いは認められなかった。また各遺伝子間を挟んだプライマーによる RT-PCR は期待されるサイズの DNA 断片を増幅し、これらの遺伝子が共発現していることが明らかとなった。(Data not shown)

これらのことから下図 6 で示されるような遺伝子の発現が予想される。すなわち、*Af-tth* 遺伝子と *orf-up1* 遺伝子の両者において、異なるエネルギー基質による生育菌体内で発現量が大きく異なることから、両遺伝子間の 422 bp の遺伝子間領域に *Af-tth* 遺伝子の発現量を変化させるプロモーターの存在が強く示唆された。そこで、これを特定するべく *Af-tth* 遺伝子の転写開始点の決定をプライマー伸長法によって確認した。

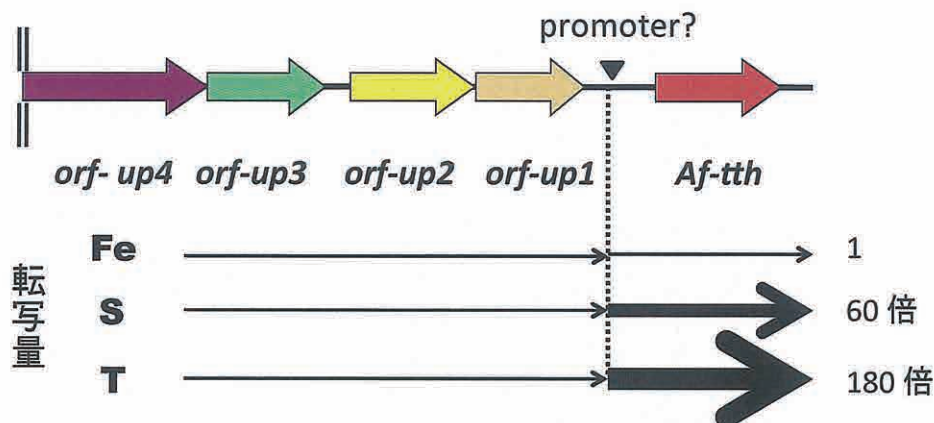


図6. 各生育基質における *Af-tth* 遺伝子クラスターの発現量の変化。

γ -[32 P] ATP によって放射ラベルしたプライマーを用いて常法に従って転写開始点を決定したところ、*Af-tth* 遺伝子の開始コドンから上流 208 bp の G と決定された。またその上流にはプロモーター配列と推定される -10 領域と -35 領域が確認できた。これらの結果を以下の図 7 に示した。

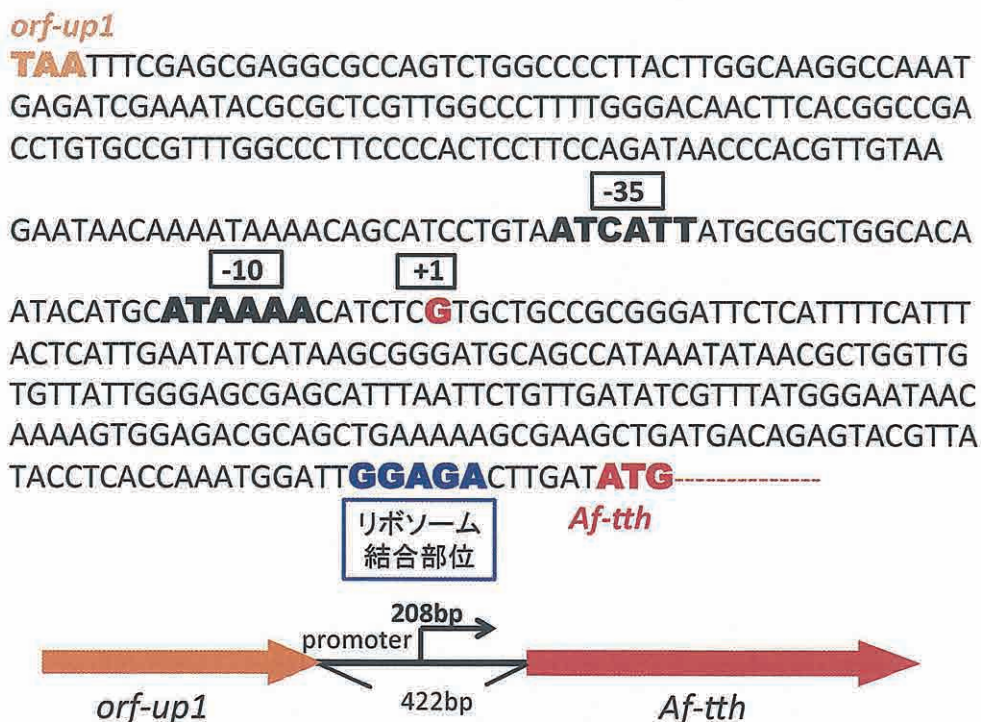


図7. *Af-tth* 遺伝子の転写開始点と予想されるプロモーター配列の決定。

このようにして新たに決定された *Af-tth* 遺伝子上流の間隙領域に存在するプロモーターが、実際にプロモーター活性を示すのかどうかを *lacZ* 遺伝子によるリポーターアッセイを行った。

この 422 bp の遺伝子断片を PCR によって増幅し、プロモーター欠損 β -ガラクトシダーゼ遺伝子をもつプラスミド β -galactosidase control vector の *lacZ* 遺伝子上流に組込んだベクタープラスミドを構築した。これを *lacZ* 遺伝子欠損大腸菌である *E. coli* DH5 α 株に導入し、50 μ g/ml のアンピシリンと X-gal を含む LB 栄養培地プレートで培養したところ、*lacZ* 遺伝子の発現を意味する青色のコロニーが観察された。さらに、この組換え大腸菌の無細胞抽出液の β -ガラクトシダーゼ活性を測定した結果、コントロールである *E. coli* DH5 α 株の無細胞抽出液では 2 ± 1 mU/mg であったのに対し、組換え体では、 8 ± 1 mU/mg の微弱であるが有意な差で本酵素活性が検出できた。

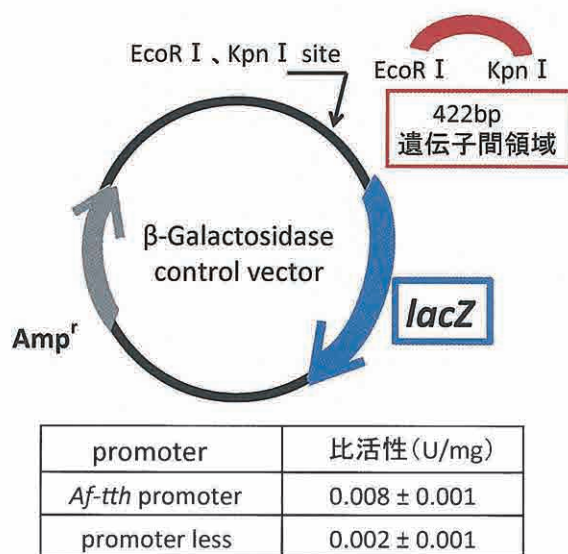


図8. *lacZ* 遺伝子によるリポーターアッセイ法で構築されたプラスミドと β -ガラクトシダーゼ酵素活性測定。

【まとめ】

本研究課題において *A. ferrooxidans* における高発現プロモーターの探索を行った結果、テトラチオン酸ヒドロラーゼ遺伝子上流にある遺伝子間領域に新たなプロモーターが存在することを明らかにした。このプロモーターは *A. ferrooxidans* 菌体内においてその発現量が制御されている。二価鉄で生育した際には基底レベルでこの発現を抑制し、元素硫黄やテトラチオン酸生育によって飛躍的に高発現するプロモーターであると考えられる。この転写制御に関しては、すぐ上流に存在する2組の二成分制御系と推定される4つの遺伝子による制御を受けている可能性が極めて高いが、このことを証明するにはさらなる研究が必要である。*orf-up1, up3* の大腸菌組み換え発現による組換えタンパク質を利用し、本プロモーター領域との特異的な結合を *in vitro* ゲルシフトアッセイなどによって、この関係と役割を明らかにすることができると期待される。

加えてこのプロモーター領域は、単独でも大腸菌内で微弱ではあるが確実に遺伝子を発現させる活性を有していることが分かった。したがって、もし大腸菌内で *orf-up1, up3* を機能的に共発現することができれば、発現量を高めることができるかもしれない。

今後は、このプロモーターを利用して *A. ferrooxidans* 菌体内で発現させたい遺伝子を組み込んだプラスミドベクターを用いて接合伝達によって導入する。そして導入した菌株をテトラチオン酸で培養することで、通常の鉄生育菌体の 180 倍ものタンパク質生産が理論上可能となる。効率的なバイオリッチングには高い鉄酸化活性や硫黄酸化活性を有する菌株が有効であると考えられており、本手法を利用することで、このような有用菌株の創成が期待できる。

【謝辞】

本研究を行うにあたり、資金面でご支援を頂きました 公益財団法人八雲環境科学振興財団 に深く感謝の意を申し上げます。

参考文献

- [1] 石油天然ガス・金属資源開発機構 JOGMEC, 2013. 3. 金属資源レポート「銅の需給動向」
- [2] 毎日新聞, 2011. 11. 1. 「神社で銅板泥棒多発、3市町村で14件、奈良。」
- [3] Rawlings DE, Microb. Cell Fact., **4**, 13 (2005)
- [4] Wang H *et al.*, Appl. Environ. Microbiol., **78**, 1826-1835 (2012)
- [5] 金尾忠芳、研究レポート集 2008, 第9号, 20-29, 財団法人八雲環境科学振興財団

公益財団法人八雲環境科学振興財団 環境研究助成報告書 研究レポート
都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～
銀塩写真画像のデジタル化による景観の時間変化の数値把握

澁谷俊彦（山陽学園大学）

1. 研究の目的（再確認）

1) 研究の目的（再確認）

研究の目的は申請書・報告書に記載したとおりである。この目的に沿って研究を進めた。以下は「本研究の特色」の中の「研究の目的」部分を要約したものであるが、一年間の研究を経ても目的に変更はない。

①本研究全体の特色は、市街地景観の都市間比較と時間比較、つまり定点撮影を長期間にわたって継続している点にある。この継続性のメリットを高めるためにもアナログ画像のデジタル化を行う必要がある。

②データの変換の意義は、蓄積している銀塩写真により1次～3次調査時に撮影した銀塩写真 35 ミリネガフィルム画像をデジタル化することにより、景観要素の面積比較の数値化をおこない、都市間比較、時間比較をおこなうことができる。銀塩写真データ化により、時間比較を調査当初の1978年の画像まで数値化することができる。

③今後の駅前広場計画、市街地景観計画の基礎データとして意義有るものだと考えている。

2) 銀塩写真画像のデジタル化の方針

本来銀塩写真 35 ミリネガフィルムをデジタル化し、台形補正をおこなって180度画角の繋ぎ写真にすることが望ましいが、予算上の制約から、銀塩写真 35 ミリネガフィルムのコマ単位のデジタル化と、現在までに完了していた銀塩写真プリント繋ぎ写真のスキャンによるデジタル化を並行して実施することにより、デジタル化を進めた。

3) 銀塩写真の再整理

デジタル化の対象になる、本来銀塩写真 35 ミリネガフィルムと、銀塩写真プリント繋ぎ写真の量が多いため、再整理2時間を要した。再整理してフォルダーに収納していった。（写真1-1、1-3参照）



写真1-1 銀塩写真 35 ミリネガフィルムをフォルダーへ再整理



写真1-2 銀塩写真 35 ミリネガフィルムをのデジタル化済みフォルダー（ディスクとサムネール）



写真1-3 銀塩写真繋ぎ写真再整理フォルダーと、デジタル化データ収納ディスク

2. 銀塩写真ネガフィルムのデジタル化

1) 銀塩写真ネガフィルムの再整理

銀塩写真のネガフィルムを再整理し、デジタル化作業のための発注準備をおこなった。フォルダ6冊に整理した。(写真参照)



写真2-1: 銀塩写真ネガフィル(フォルダ6冊)

2) 銀塩写真ネガフィルムのデジタル化の実施

銀塩写真ネガフィルムを1コマずつデジタル化し、ディスクに保存し、サムネイルを作成した。データはディスク4枚に収納した。写真2-2はディスクとサムネイルの全てである。

デジタル化作業は(株)アサノカメラ(岡山市北区)に発注した。



写真2-2 写真2-3: ディスク(フィルムより)とサムネイルの全て

3) デジタル化データのディスクとファイルの構成

4枚のディスク(フィルムより)のファイルは図2-1、図2-2のとおりである。ファイル名は、撮影年と撮影地点である。デジタル化により、必要な写真を取り出すことが出来るようになった。

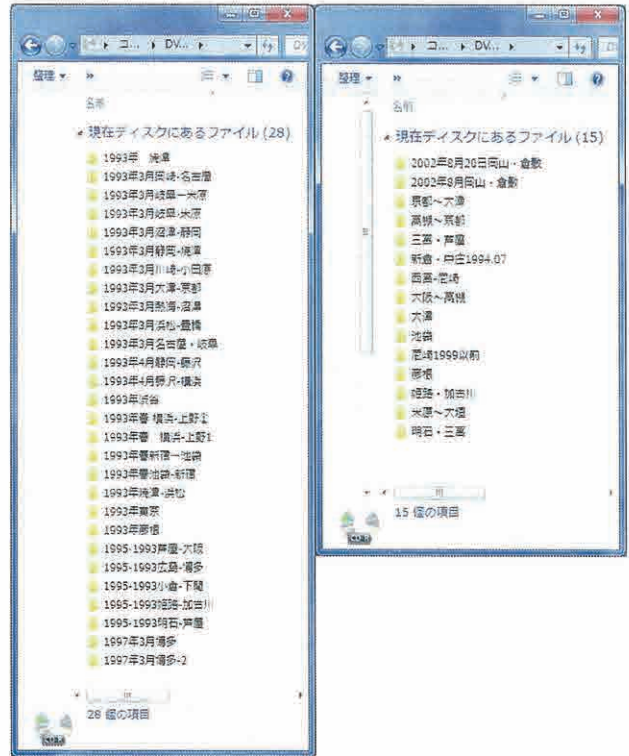


図2-1: ディスク(フィルムより)のファイルディスク1と2

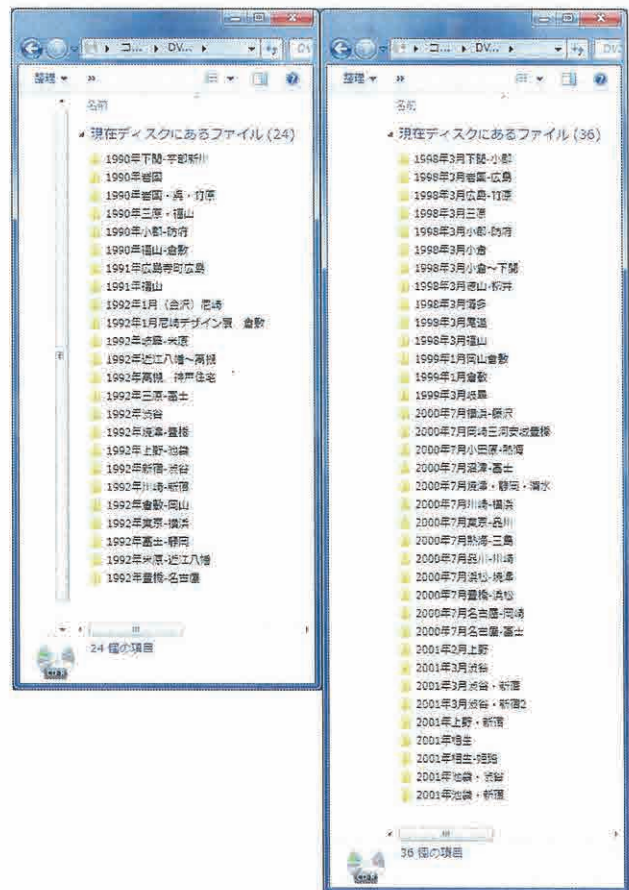


図2-2: ディスク(フィルムより)のファイルディスク3と4

ファイル内の写真の状況は、写真2-3に示すとおりである。写真2-3の写真はディスク(フィルムより)1に1993年の東京駅である。

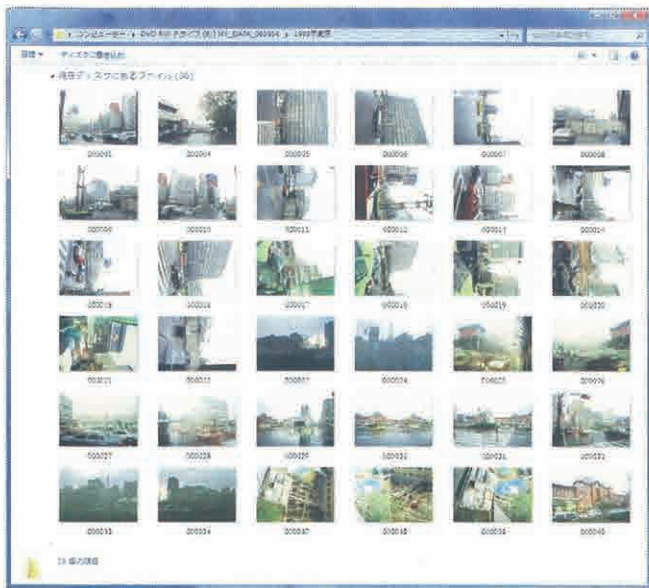


写真2-3: ディスク(フィルムより)1の例 東京駅 1993 写真

4) デジタル化データの活用

デジタル化した写真は、1枚単位で資料として活用することができる。写真2-4はディスク(フィルムより)3に納められた2000年7月のもので旧丸ビルが撤去され、無い時期のものである。



写真2-4 東京駅 2000.07 丸ビルが無い時期の景観



写真2-5 東京駅 2000.07 連続写真(ネガより/扇形は未調整)

繋ぎ写真にすることにより、駅前景観の全体を把握することができる。銀塩写真と異なり劣化が少ないことと、画像処理ソフトの使用により、レンズの収差によるズレを修正することも可能になる。

5) デジタル化後撮影した撮影時期の画像との比較

写真2-5は、現地調査撮影をデジタル化した後の写真(台形補正実施)である。銀塩35ミリネガフィルムのデジタル化した画像と、比較が容易になったことが解る。



写真2-6 東京駅 2007 丸ビル・新丸ビル建て替え後の景観

写真2-4と2-6を比較するだけで、僅か7年間の東京駅丸の内側の市街地の変動の大きさを把握することができる。今後の研究の合理化に、大きな効果が期待できる。

3. 銀塩写真プリント繋ぎ写真のデジタル化

1) 銀塩写真プリント繋ぎ写真の再整理

銀塩写真プリント繋ぎ写真を台紙に貼り付け再整理し、デジタル化作業の発注準備をおこなった。A3 版の台紙に市街地側繋ぎ写真と、駅側の繋ぎ写真を貼り付けていった。これをフォルダー6冊に分けて収納した(写真3-1参照)。



写真3-1: フォルダーに整理した銀塩写真プリント繋ぎ写真
フォルダー1の内容を写真3-2に示す。博多～岡山間でA3版で38枚になった。



写真3-2: フォルダー1の内容(博多～岡山)

2) 銀塩写真プリント繋ぎ写真のデジタル化の実施

銀塩写真プリント繋ぎ写真に以下の整理番号を設定した。

- 調査地点番号(博多から東京渋谷へ向けての順番)
- 調査年(西暦)
- アルファベットの駅名称
- 鉄道を西から東への直線と見なし北側をn、南側をsと

した。東京の山手線は別に方向で設定した。

A3 版スキャナーでスキャンし、整理番号を付けた。ディスクへは、調査年別のファイルに大別し、その中に博多から東京渋谷までの写真データを収納した。スキャンの作業は研精堂印刷(岡山市北区)に依頼した。

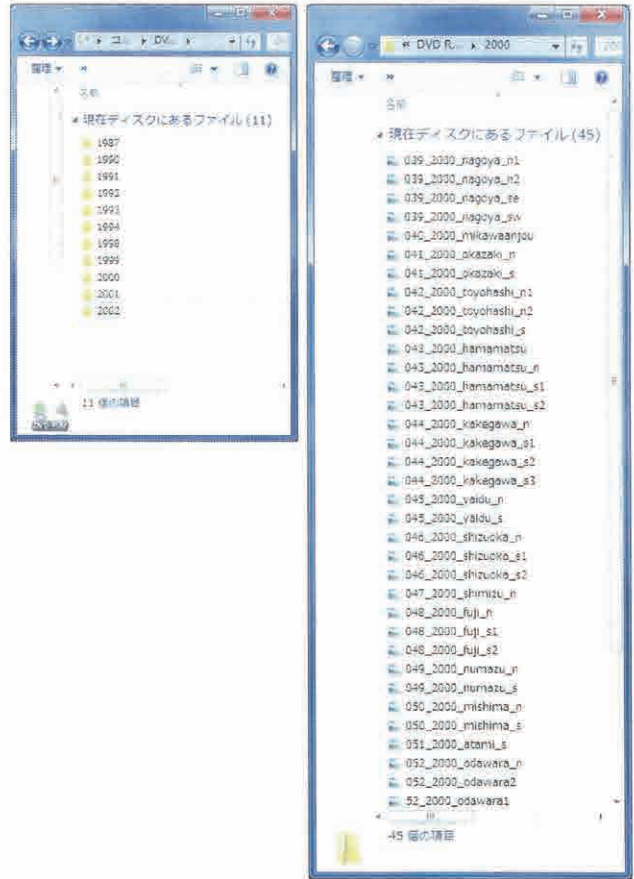


図3-1: 調査年別ファイル 図3-2: 2000年度の内容

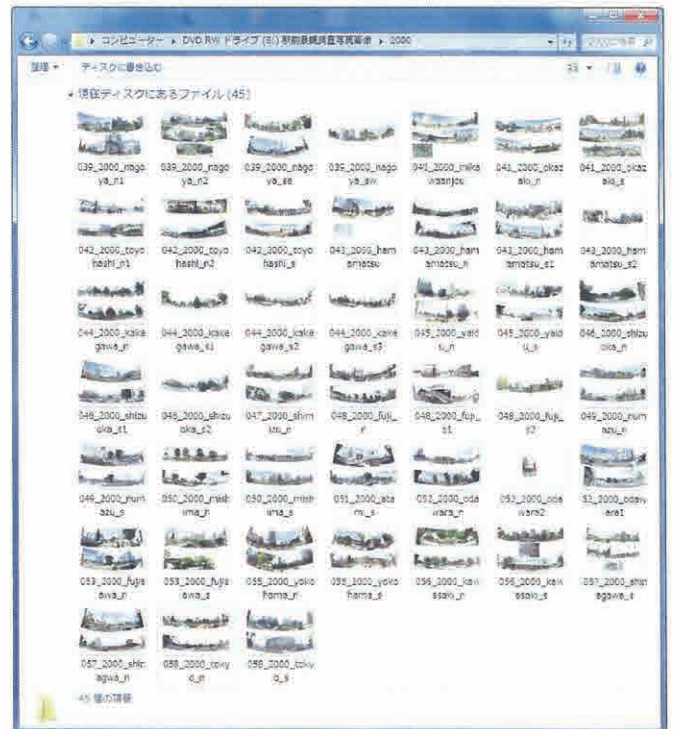


図3-2: 調査年別ファイル 図3-2: 2000年度の内容



写真3-3 東京駅 市街地側 2000.07 連続写真(プリントよりデジタル化/扇形未調整)



写真3-4 東京駅 駅側 2000.07 連続写真(プリントよりデジタル化/扇形未調整)

3) 銀塩写真プリント繋ぎ写真のデジタル化の効果

デジタル化したプリント繋ぎ写真は、台形変形があるのが難点ではあるが、デジタル化時点で経年劣化を補正したため資料としての有効性が回復できた。

「都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～」の研究は継続しておこなっている。2014年3月には第40稿の学会発表をおこなった、(図4-1参照)

銀塩写真のデジタル化が作業途中であったため、銀塩写真による調査時点のデータを効果的に組み込むことが困難であったが、駅前景観の研究を継続した。

4. 2013年度の研究

都市の景観に関する研究
～駅前広場の景観について その4 第6次調査結果(小野田～岩国間)
キーワード:景観 駅前広場 小野田 宇部 新山口 防府 徳山 萩 岩国 湯谷俊彦(山陽学園大学)

1. 研究の目的と範囲
本研究は、我が国の各都市の代表的市街地景観であるJR駅前の市街地景観について都市間比較と、時間経過による変動について調査分析をおこなう。景観の改善と地域特性の実現に資することを目的としている。調査対象都市は、福岡市のJR博多駅から東京圏内のJR山手線のターミナルまでの主要都市の駅である。調査地点は主要改札口から周辺距離で広場到達した所である。

図1:調査対象都市-駅-位置図
凡例:①小野田 ②宇部 ③新山口(北口・南口) ④防府(北口・南口) ⑤岩国(北口・南口) ⑥徳山(北口・南口) ⑦萩

第5次調査を、1987年の調査開始から25年を経過した2012年から2013年の1年間にわたって実施した。本稿では小野田から岩国までの第6次調査結果の整理と、時間的な変動についての考察を行う。

2. 各駅前広場の景観
本稿において報告する駅前広場の景観は、小野田、宇部、新山口北、新山口南、防府、徳山北、徳山南、萩北、岩国北、岩国南の8駅10地点である。

001 小野田/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
2005年3月の合併により山陽小野田市が発足し、2006年、山陽小野田市都市マスタープランが策定された。小野田市都市マスタープラン地域別WSでは、駅周辺の交通施設整備や小野田駅前商店街に関する意見が出ている(山陽小野田市都市マスタープラン地域別ワークショップ開催 NO.3)。しかし1982年に設立された小野田駅前商店街振興組合の活動にも市街地景観に影響を及ぼすものは確認できなかった。

002 宇部/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
宇部市の発展として、JR宇部駅宇部新11駅に対しては、2013年3月宇部市により宇部新川駅周辺の再生に関する協議会が設立され「公共交通の利用促進、活気のある駅前広場及び駅舎を核とした周辺の再開発」の検討が進んでいるが(宇部市HP2014.01閲覧)、JR山陽本線宇部駅については同レベルでの検討の動きは確認できない。

003 新山口北/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
山口市による新山口駅ターミナルパーク整備事業が、2007年(平成19年)11月に整備構想が、そして2009年(平成21年)12月に同基本計画が策定された。2016年度までの事業完了を目標として整備が進められている。
計画によると、北口では、駅舎の増上化により、現駅舎が撤去され、駅前広場が緑地帯(南側)に広がる。さらに西街区が撤去され駅前広場が西に肉付け拡大される。橋上駅から北口に出た左(西)側に新設される駅前広場でタクシー一般乗用、右(東)側が既存の駅前広場でバス用、という構成である。
現在の調査地点の正面街区は、整備事業地区には含まれていない。
南口については、当事業による広場拡大等は計画されていない。(山口市HP・市民ワークショップニュース2014.01閲覧)

004-1 防府北/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
防府市による防府駅周辺整備は、1970～1986年度の防府駅南土地区画整理事業(みなぐち駅前広場新設)、1993～2009年度の防府駅北土地区画整理事業、1992～2006年度の防府駅「めんじゅんぐち」市街地再開発事業(北口東街区)、1992～2005年度のプロムナード(北口と南口駅前広場への街路整備)、2002～2003年度のめんじゅんぐち多目的広場(北口西街区)で整備が完了している。

004-2 新山口南/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
新山口駅南口(新幹線口)広場に面する市街地の2007年から2012年にかけての変動は少ない。遠く左側街区の先にビル(MY 小筋ビル)が新築されたが、原形が覆れているため、景観上の変動としては小さい。

005 徳山北口/2007.09/2012.03
徳山駅北口(めんじゅんぐち)広場に面する市街地の変動は、正面街区中央部へのホテル(スーパーホテル)の新築である。2007年調査時点で工事仕上になっていたものが2012年調査時点で完成した。正面街区では、ビルが撤去されている

Studies on the Urban Landscape
Landscape of the Station Plaza 40
SHIBUYA Toshihiko

図4-1: 都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～40 日本建築学会中国支部 2014.03 p.1

003-1 新山口北/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
山口市による新山口駅ターミナルパーク整備事業が、2007年(平成19年)11月に整備構想が、そして2009年(平成21年)12月に同基本計画が策定された。2016年度までの事業完了を目標として整備が進められている。
計画によると、北口では、駅舎の増上化により、現駅舎が撤去され、駅前広場が緑地帯(南側)に広がる。さらに西街区が撤去され駅前広場が西に肉付け拡大される。橋上駅から北口に出た左(西)側に新設される駅前広場でタクシー一般乗用、右(東)側が既存の駅前広場でバス用、という構成である。
現在の調査地点の正面街区は、整備事業地区には含まれていない。
南口については、当事業による広場拡大等は計画されていない。(山口市HP・市民ワークショップニュース2014.01閲覧)

003-2 新山口南/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
新山口駅南口(新幹線口)広場に面する市街地の2007年から2012年にかけての変動は少ない。遠く左側街区の先にビル(MY 小筋ビル)が新築されたが、原形が覆れているため、景観上の変動としては小さい。

004-1 防府北/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
防府市による防府駅周辺整備は、1970～1986年度の防府駅南土地区画整理事業(みなぐち駅前広場新設)、1993～2009年度の防府駅北土地区画整理事業、1992～2006年度の防府駅「めんじゅんぐち」市街地再開発事業(北口東街区)、1992～2005年度のプロムナード(北口と南口駅前広場への街路整備)、2002～2003年度のめんじゅんぐち多目的広場(北口西街区)で整備が完了している。

004-2 新山口南/1987.03/1990.03/1998.03/2005.03/2007.09/2012.03
新山口駅南口(新幹線口)広場に面する市街地の変動は、正面街区中央部へのホテル(スーパーホテル)の新築である。2007年調査時点で工事仕上になっていたものが2012年調査時点で完成した。正面街区では、ビルが撤去されている

えき看板の取手がえられて角度であり、変動量は少ない。今後、駅舎(客車線部分)の橋上により、景観の視点場が変わることになる。

SHIBUYA Toshihiko

図4-2: 都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～40 日本建築学会中国支部 2014.03 p.2

が、調査時から距離が離れていること推定されたビルは緑色が小さいため、視覚上の影響は小さい。

004-2 防府 南 / 1998.03 / 2005.03 / 2007.09 / 2012.03



2012.03
防府駅前南口(みさとでら)広場に関する市街地景観の変動は、右街区全体へのホテル(ホテルルートイン)の新築である。駅前景観全体における変動としては大きい。これで南口広場に面する街区には建築物が建ち込んだ。
防府では、毎朝朝に北口と南口の両方にホテルが各1棟新築された。新幹線駅のある新山口と徳山に接した防府においてホテル需要が高まっていると推測される。

005-1 徳山 北 / 1998.03 / 2005.03 / 2007.09 / 2012.03

徳山市・新南陽市等の合併により、2003年4月徳南市が成立した。徳南市により2008年度から徳山駅周辺整備事業が進められている。北口広場(歩行者空間)が「歩道の配置が特色」、南口広場(現在の基本形式を継承)の高層複合基本計画が策定された。南北自由通断整備事業は2015年度完成を目指して工事中であり、徳山駅北口の建て替え(3階建て)整備基本構想も2018年度完成を目指して進められている。(徳南市HP2014.01閲覧)



徳山駅周辺整備事業の概要(徳南市HP 2014.01閲覧)



2012.03
徳山駅北口広場に面する市街地景観の変動は、右街区の小規模なビルと電柱の張り替えのみで、基本的変動は無い。

005-2 徳山 南 / 1998.03 / 2005.03 / 2007.09 / 2012.03



2012.03
徳山駅南口広場に面する市街地景観の変動は無い。

006 柳井 / 1998.05 / 2005.03 / 2007.09 / 2012.03

柳井市としての大きな発展は認められていない。1999年新井駅の開業の柳井区・柳井駅前(ショッピングセンター)・スターマックス柳井ショッピングセンターが建設されているが、柳井駅前広場との関連性は殆ど見られない。



2012.03
柳井駅前広場に面する市街地景観の変動は、正面街区への2008年マンション(スイートレジデンス柳井駅前)地上13階建

図4-3: 都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～40 日本建築学会中国支部 2014.03 p.3

て「住戸」が新築されたことである。高層ビルが建った柳井駅前の景観としては大きな変動である。

007-1 徳南 北 / 1998.03 / 2005.03 / 2007.09 / 2012.03

徳南駅周辺整備のデザインが2012年3月決定した。北口(西口)広場のロータリーの撤去・交通機能の再配置が、南口(東口)広場では現状の維持増進から機能変更に示されている。駅舎の橋上化、河川広場が自由通断の新設も計画されている。



2012.03
徳南駅北口(西口)広場に面する市街地景観の変動は、2011年調査時点で、右街区の広場に高層マンション(アルファスライツ徳南駅前 13階建て 84住戸)が工事中であった点である。その他にはほとんど変動はない。

007-2 徳南 南 / 1998.03 / 2005.03 / 2007.09 / 2012.03



2012.03
徳南駅南口(東口)広場に面する市街地景観の変動は、正面街区への2008年マンション(スイートレジデンス柳井駅前)地上13階建

山崎学 著 著

Prof. Kazuo Sakai

図4-4: 都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～40 日本建築学会中国支部 2014.03 p.4

5. 研究の成果・今後の研究への活用

1) 既存研究の中で景観の見えかかりの面積把握の最も進んだ例

現在までの研究で、景観の見えかかりの面積把握を最も深めた研究が、「都市の景観に関する研究～駅前広場の景観について～その36変動の多い市街地の詳細分析 池袋駅東(東口中央)1987-2007年～」渋谷俊彦(山陽学園大学)日本見地学会中国支部発表 2012年3月である。分析対象は池袋東南口である(写真5-1参照)



写真5-1: 池袋東南口

調査写真の画像に、メッシュを被せ、建築物外壁、看板、緑、工作物の4種類に分けて、面積のカウントをおこなっている。

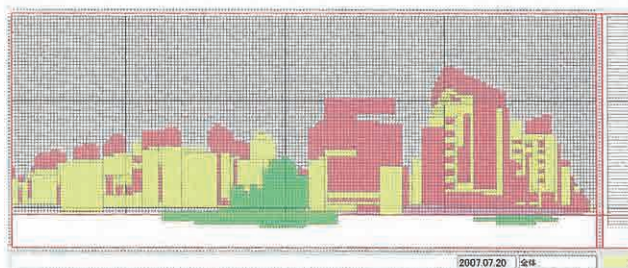


図5-1: 池袋東南口(建築物外壁・看板・緑・工作物の面積)

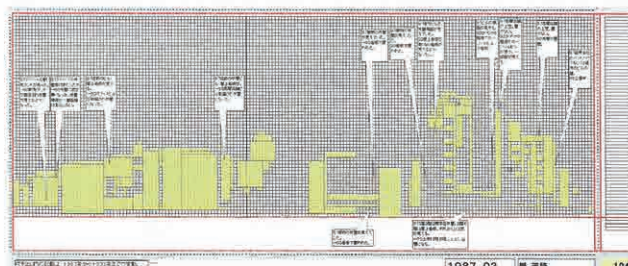


図5-2: 池袋東南口(建築物外壁の時間変動)

今回の銀塩写真のデジタル化により、今後この作業の公立が飛躍的に向上する。

6. おわりに

貴財団(公益財団法人八雲環境科学振興財団)に助成頂いたことにより、長年の懸案であった銀塩写真で撮影した時代の調査資料のデジタル化が実現した。

欧米諸国だけでなく、各国の都市景観の改善は進んでいる。これに対して基本の都市景観の改善の歩みは遅い。この成果を今後の研究と都市景観の改善に役立てていきたい。

今回の助成に感謝いたしております。

児島半島における現存および過去の植生に関する研究

一岡山市近郊の植生環境の変遷を理解するために一

学校法人 加計学園 自然植物園
太田 謙

I. はじめに

岡山市の南にそびえる児島半島は、堆積岩である古生層と花崗岩が分布しており、地質によって地形が異なり（小出、1952）、はげ山の発生状況や発達している植生に違いがある（千葉、1991）ことが知られている。千葉は、地形や植生の違いに関しては、母岩の性質の違いとともに人間活動が大きく影響することを指摘している。歴史的な要因に関しては、民俗学的なアプローチが必要であるが、面的な情報を得ることは困難である。

太田ほか(2011)は、児島半島の南にある小豆島において、森林植生が島の生活、および地域の木材供給源として重要であったことを指摘している。今回の調査予定地である児島半島の植生や自然環境については、出崎海岸の泥炭層に含まれる植物遺体（佐藤ほか 2011）、特徴的なはげ山に関する研究（小出 1952）、植物群落の分布（石橋 1980）、植生図の作成（環境庁 1982；環境省 2004）などの優れた研究が行なわれている。しかし、近代の植生の詳しい変遷については、植物群落の組成の記載や植生図の作成があるだけで、変遷を追及した研究は行なわれていない。

近代の植生の詳しい変遷を調べる方法として、航空写真や人工衛星画像による手法がある。航空写真は、1947年ごろから数年おきに撮影され、国土地理院などにより管理されている。それらを収集すれば、比較的安価な費用により、過去の植生を復元する資料とすることができる。さらに、復元した植生を植生図としてまとめ、地理情報システム（GIS）の技術を用いて解析すれば、時間的な変遷を効率的に解析することが期待できる。

本研究は現地調査によって現存植生を調べ航空写真から過去の植生を明らかにし、GIS技術を用いながら児島半島の植物群落の分布と立地環境の関係を明らかにし、さらに群落分布の変遷と環境条件の関係を解明することを目的とする。その成果から、児島半島の現在の自然環境をまとめると共に、過去に岡山市をはじめとする周辺地域にいかに関与したかを明らかにすることを目指す。

II. 解析対象地

解析対象地域は、岡山県南部の岡山市南区および玉野市の北緯 34 度 32 分 59 秒から北緯 34 度 35 分 40 秒、東経 133 度 56 分 33 秒から 134 度 1 分 52 秒に位置する（標高 0 m～403m）である。岡山市の近年の年平均気温（±標準偏差）は $16.1 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、年平均降水量（±標準偏差）は $1,118 \pm 218 \text{ mm}$ である（気象庁の HP）。地質は中生代の花崗岩と、古生代後期の堆積岩で一部は広域変成作用を受けている（岡山県内地質図作成プロジェクトチーム 2009）。現地踏査と DEM の作成は、東西 10km×南北 6.5km の範囲で行った。

III. 方法

1. 植生調査と植生図

植生調査は 2013 年 11 月および 2014 年 5・6 月にブラウーンブランケ（1964）の方法に従い、調査区域内に方形区（面積 25～400m²）において行った。植物の和名と学名は、顕花植物は佐竹ほ

か(1981; 1982a; 1982b; 1989a; 1989b)に従った。シダ植物は岩槻(1992)に従った。

群落は、階層別表操作により、各調査地点の種組成を比較して区分した。植生調査データの管理と表操作には、植生解析プログラム VEGET for WINDOWS (渡部・波田 未発表)を用いた。

現存植生図は群落を凡例として、現地踏査によって作成した。なお、その際には空中写真の判読を補助的に用いた。過去の植生図は1970年撮影の航空写真(CG-70-2X、C5の9~11、C6の8~10)の判読によって作成した。

2. 地質

地質は岡山県内地質図作成プロジェクトチーム(2009)を用いた。原図では調査範囲内の地質区分は12種類である。岩石の成因に着目して、中生代の花崗岩と、古生代後期の堆積岩の2種類に統合した。礫、砂、シルト及び粘土などは解析対象から除外した。

3. DEMの作成と地形属性の算出

DEM(Digital Elevation Model)の作成はSTRIPPE法(Noumi 2003)の方法によった。格子間隔は25mとし、国土地理院発行の1/2.5万地形図の「岡山南部」と「八浜」と「西大寺」と「犬島」を用いて作成した。格子数は262×411であり、総セル数は107,682である。

作成したDEMから傾斜角度(Horn 1981)・集水面積(小池文人のHP)・ラプラシアン(太田ほか2010)の3つの地形属性を算出した。

4. オーバーレイ作業と解析

植生図はデジタルデータに変換した後に、画像解像度を調節してDEMの格子数に相当するピクセル数とした。さらにDEMに対応するラスター型の行列式に変換し、DEMと同様の実距離座標を与えて管理した。地質図についても同様の処理を行った。

解析は、格子点を1つの調査地とみなし、植生図の各群落が、地質ごとに地形属性に対してどのような確率分布を示すかに着目して行った。

IV. 結果

1. 群落の区分と概要

調査の結果、主要な森林植生として7の群落が認められた。

A. アカマツ林

アカマツ林はアカマツが優占する常緑針葉樹林である。以下の2種類に下位区分された。

A-a. アカマツーススキ群落

アカマツ林の中で、低木林または疎林の群落である。群落高は3~6m程度であった。アカマツの他にネズミサシなどが混生し、林床にはススキやハギ類などが特徴的に出現する。

A-b. アカマツ群落

アカマツ林の中で、高木林に達した群落である。群落高は6~16m程度である。林内にはコバノミツバツツジなどのツツジ類やネジキなど高い頻度で出現する。

B. コナラ林

コナラ林は、コナラまたはアベマキが優占する落葉広葉樹林である。群落高は10~21m程度の高木林である。

C. ウバメガシ林

ウバメガシ林は、ウバメガシが優占する常緑広葉樹二次林である。群落高は6~12mの低木林から亜高木林である。

D. クスノキ林

クスノキ林は、クスノキが優占する常緑広葉樹林である。群落高は15~24m程度である。クスノキの純林が多かったが、一部にアラカシが多い場合もあった。よく発達した林分では、林床にシロダモ、マサキ、サネカズラなどが特徴的に出現した。しかし、一部には林床にシロダモなど特徴的な植物が欠ける場合も見られた。

E. アカメガシワークズ群落

アカメガシワークズ群落は、アカメガシワなどの低木類やクズなどの藤本類が優占する群落である。群落高は3~5m程度である。耕作放棄地とみられる場所に分布する場合と、急傾斜地の谷筋に分布する2つのパターンが見られた。

F. 竹林

マダケやモウソウチクが優占する竹林である。群落高は10~17m程度であった。集落や耕作地の周辺に分布していた。

2. 植生図

植生図を作成した結果、森林植生に関しては8の群落が認められた。その他の群落や土地利用に関しては7が認められた(図3)。

3. 地質ごとの植生配分

地質地域ごとの植生の配分を割合で示した。花崗岩地域に広く分布するのはアカマツ群落(68.9%)である。堆積岩地域にはほとんど分布していないアカマツーススキ群落(4.4%)とウバメガシ群落(3.6%)が見られた(図1)。

堆積岩地域ではコナラ林が68.3%を占めており、次いでアカメガシワークズ群落(14.9%)が広い面積を占めていた。アカマツ群落は花崗岩地域に比べると少なく、5.5%であった。また、花崗岩地域には分布していないクスノキ林(10.1%)が見られた。

4. 地形と植生の対応関係

地質地域ごとに各地形属性に対する植物群落の確率分布を箱ひげグラフにまとめた(図2)。

4-1. 花崗岩地域

傾斜角度

アカマツーススキ群落の傾斜角度の中央値は19.3度と最も大きく、アカマツ群落、コナラ群落、ウバメガシ群落の順に小さくなる。

集水面積指数

ウバメガシ林は集水面積指数の中央値が2.9であり花崗岩地域では最も小さく、次いでアカマツーススキ群落の3.1であった。アカマツ群落は中央値が4.6であり、アカマツーススキ群落よりも指数が大きい。コナラ林は中央値が6.1であり、アカマツ群落よりもさらに集水面積指数が大きい。

ラプラシアン

アカマツーススキ群落のラプラシアン中央値は-0.29であり、ラプラシアン値は小さい。ウバメガシ林のラプラシアン中央値は-0.14であり、アカマツーススキ群落と共に、凸型地形に分布が偏っていた。アカマツ林の中央値は0.00である。コナラ群落の中央値は0.07であり、アカマツ群落に比べると少し大きい。

4-2. 堆積岩地域

傾斜角度

コナラ群落の傾斜角度の中央値は23.7度であり、アカマツ群落の中央値は19.0度であった。この2つの群落の傾向は、花崗岩地域と逆であった。これら2つの群落に比べて、クスノキ群落の傾斜角度の中央値は25.1度とやや大きい。

集水面積指数

クスノキ林は集水面積指数の中央値が5.5であり他の群落よりも指数が大きい。コナラ林の中央値4.7に比べると、アカマツ群落は中央値3.5であり指数がより小さい。

ラプラシアン

アカマツ林の中央値はラプラシアン値-0.16である。コナラ林は中央値-0.07であった。クスノ

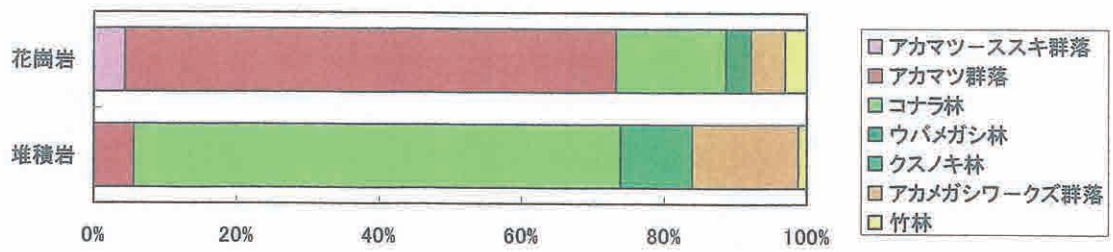


図 1. 児島半島における主な森林植生の地質ごとの分布割合。

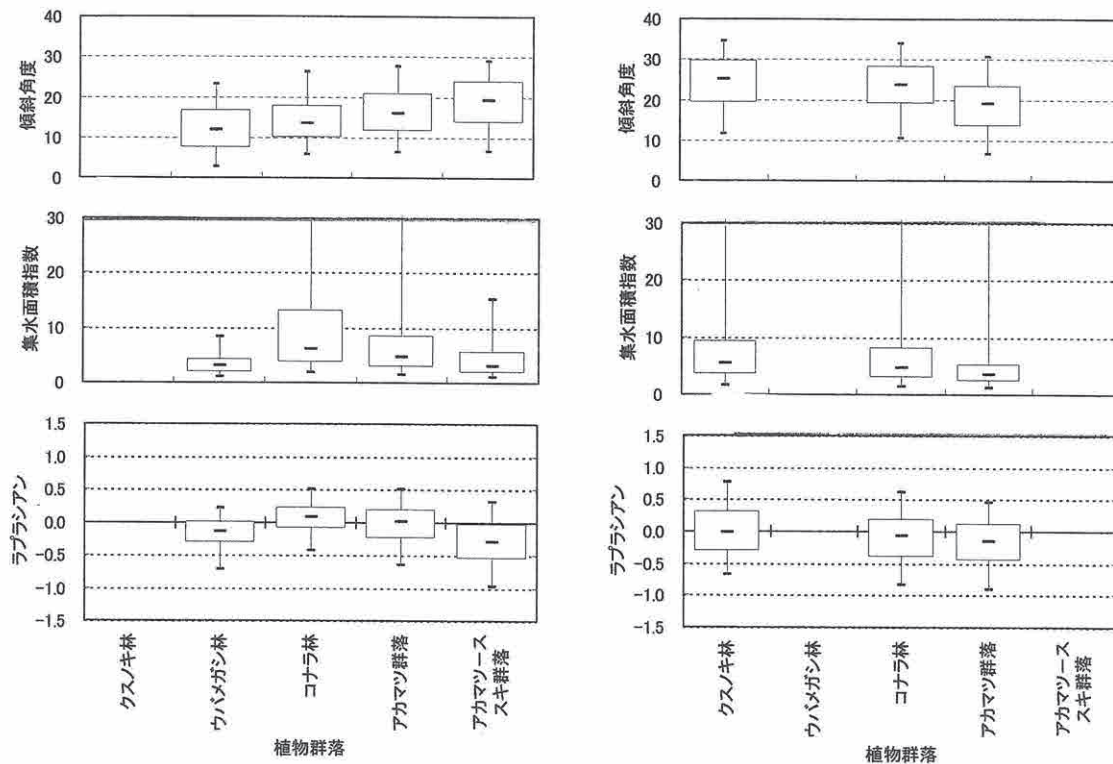


図 2. 児島半島における地形属性に対する植物群落の確率分布の箱ひげグラフ

(左列：花崗岩地域，右列：堆積岩地域，上段：傾斜角度，中段：集水面積指数，下段：ラプラシアン)

箱ひげグラフは、箱の上端が 75%値、下端が 25%値、中央線が 50%値を示す。髭の上端は 95%値、下限は 5%値である。

キ林の中央値は0.01であり、コナラ林に近い。

5. 1970年の植生

1970年の植生図を作成した結果、10の群落区分や土地利用が認められた(図4)。

5-1. 花崗岩地域

花崗岩地域に広く分布するのは、マツ中木林とマツ低木林であった。この2つの群落は山地斜面部に広く分布していた。山頂および尾根と斜面上部には、無植生の禿山が点在していた。斜面下部には耕作地が広がっていた。

5-2. 堆積岩地域

堆積岩地域に広く分布するのは、広葉樹高木林であった。南向き斜面の尾根地形にマツ高木林がみられ、谷地形の一部には広葉樹低木林が見られた。北向き斜面の一部には常緑樹広葉樹林も見られた。斜面下部から平野部には耕作地が分布しており、斜面部に果樹園と畑、平野部に水田が広がっていた。

6. 植生の変化

6-1. 花崗岩地域

花崗岩地域において1970年に最も多かった群落はマツ中木林であり、2013年に最も多かった群落はアカマツ林であった。そのため、この期間においては森林の優占種の変化は見られなかった。また、1970年に禿山やマツ低木林であった地点は、2013年にアカマツ林に変化している場所も多かった。一方で、1970年には見られなかったが、2013年にはコナラ林が見られるようになってきている。1970年において耕作地であった場所の一部は、2013年にアカメガシワークス群落などに変化していた。

6-2. 堆積岩地域

堆積岩地域において1970年に最も多かった群落は落葉樹高木林であり、2013年に最も多かった群落はコナラ林であった。そのためこの期間において森林の優占種の大きな変化は見られなかった。1970年に見られたマツ高木林は、2013年には比較した範囲内においては全て消滅しコナラ林などへと変化していた。また、1970年に見られた常緑広葉樹林は、2013年にはクスノキ群落となっていた。常緑広葉樹林の面積としては増加していた。

V. 考察

近隣の香川県小豆島の花崗岩地域では、アカマツ群落が最も広く分布している(太田ほか 2011)。児島半島においても同様の傾向であったため、花崗岩地域の植生分布の傾向を再確認することができた。小豆島地域においては、児島半島の堆積岩と同質の岩石は分布していない。そのため、今回調査された、古生代後期の堆積岩の解析結果は非常に重要であると考えられる。

香川県小豆島の花崗岩地域では、アカマツ群落の分布はコナラ群落に比べて、集水面積が小さくラブラシアン値は小さかった(太田ほか 2011)。児島半島においても同様の傾向を示していた。そのため、瀬戸内沿岸地域の花崗岩地域においては、アカマツ群落とコナラ群落の分布する立地の違いとして普遍的な傾向であると考えられる。

児島半島の花崗岩地域における植生の変化としては、1970年のマツ低木林とマツ中木林が、2013年にはアカマツ群落となっていた。2013年のアカマツ群落は、亜高木林から高木林である。そのため、群落高としてはおおむね発達したと見ることができる。

一方で、堆積岩地域における植生の変化としては、アカマツ林は明らかに減少したといえるだろう。これは、1980年代に流行した松枯れ病の被害であると想定される。松枯れ病の被害は地形によ

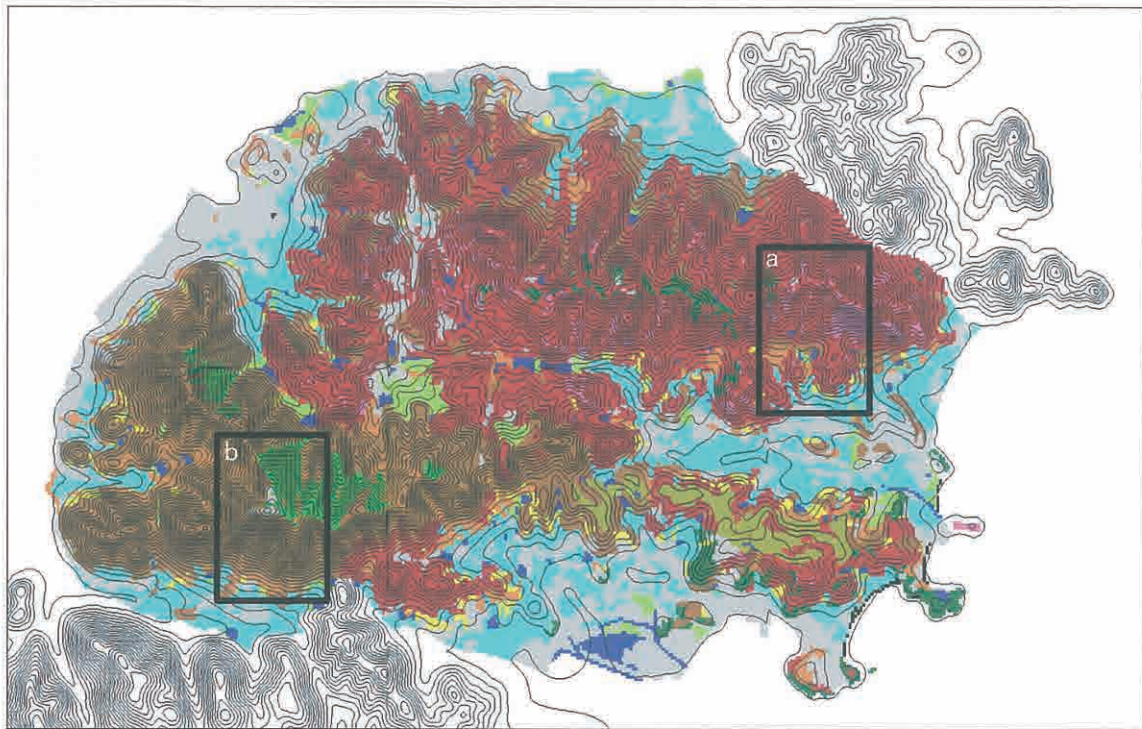


図 3. 岡山県児島半島の植生図

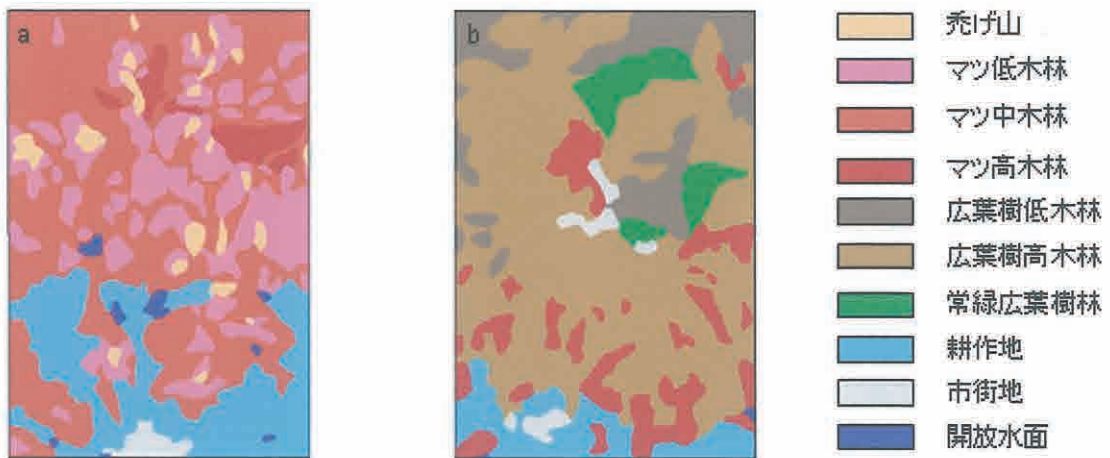


図 4. 岡山県児島半島の 1970 年の植生図 (図 3 の a および b の範囲の抜粋)

って異なること（三木ほか 2001）が指摘されており、今後は地質条件による違いについても詳細に検討する必要があるだろう。

1970年から2013年の間において、金甲山周辺には広葉樹の森林が存続し続けていたことが明らかとなった。これは、周辺地域への木材資源や燃料などの供給源としては非常に能力が高いことを示していると考えられる。そのため、児島半島の山林は周辺地域にとって非常に重要な存在であった可能性が高いと考えられるだろう。今後はさらに時代を遡り、金甲山周辺の落葉広葉樹林の起源について解明されることが興味深い。

VI. 引用文献

- ブラウン＝ブランケ, J. 1964. 植物社会学 I (鈴木時夫訳. 1971). 12-192pp. 朝倉書店, 東京.
- Horn, B. K. P. 1981. Hill Shading and the Reflectance Map. *Proceedings of the IEEE*. 69: 18-19.
- 石橋 昇. 1981. 広島県西能美島の森林植生. 広島大学学校教育学部紀要 2(4): 84-85.
- 岩槻邦男. 1992. 日本の野生植物 シダ. 平凡社, 東京.
- 小出 博. 1952. 応用地質—岩石の風化と森林立地—. 古今書院, 東京.
- 松下まり子・佐藤裕司・鈴木茂之・行基幸一・百原 新・植田弥生・加藤茂弘・前田保夫. 2004. 岡山県玉野市出崎海岸に埋没する完新世中期の泥炭層の古環境解析. 岡山大学地球科学研究報告 11(1):39-47.
- 三木直子・坂本圭児・西本孝・吉川賢・波田善夫. 2001. マツ材線虫病被害の発生に対する立地の影響. 日本緑化工学会誌 27: 108-113.
- Noumi Y. 2003. Generation of DEM using inter-contour height information on topographic map. *J. of Geosciences, Osaka city university* 46: 217-230.
- 岡山県内地質図作成プロジェクトチーム. 2009. 岡山県内地質図 (5万分の1・岡山県全域/21図幅) 及び説明書. 岡山南部・玉野, 西大寺・高松. 西部技術コンサルタント, 岡山.
- 太田謙・森定伸・波田善夫. 2010. 香川県小豆島の植生分布と地質・地形との対応関係. *HIKOBIA* 15: 415-425.
- 太田 謙・波田善夫. 2011. 岡山市瀬戸町における堆積岩地域の森林植生と地形属性. *HIKOBIA* 15(4): 41-49.
- 佐竹義輔・原寛・亘理俊次・富成忠夫. 1989a. 日本の野生植物 木本 I. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・原寛・亘理俊次・富成忠夫. 1989b. 日本の野生植物 木本 II. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫. 1981. 日本の野生植物 草本 III. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫. 1982a. 日本の野生植物 草本 I. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫. 1982b. 日本の野生植物 草本 II. 平凡社, 東京.
- 千葉 徳爾. 1991. はげ山の研究. そしえて, 東京.

VII. 引用 URL

- 環境省(2004) 第6回自然環境保全基礎調査 植生調査 現存植生図. 岡山南部, 八浜, 西大寺, 犬島. 気象庁. 気象統計情報・過去の気象データ・岡山県・岡山. <http://www.data.kishou.go.jp/>
- 小池文人. 教育・研究・市民アセスメント用空間情報システムみんなで GIS, 2.50 地形データをもとにした集水量の計算. <http://www13.ocn.ne.jp/~minnagis/>

ケイ素の特長を生かした色素増感太陽電池の開発

倉敷芸術科学大学生命科学部 仲 章伸

1、はじめに

地球の表面に存在する元素の重量百分比を示したものはクラーク数と呼ばれている。このクラーク数では酸素が 49.5%で第一位、ケイ素が 25.8%で第二位を占めている。これほど多く存在するケイ素であるが、これまでのところ完全に有効利用されているとは言えない。我々は、地球上に無尽蔵に存在する元素であるケイ素の有効利用を目指して、様々な研究を行ってきた。その中で、有機ケイ素化合物は、これまでの炭素を中心とした有機化合物とは全く違う反応性を示すことを見出してきた。

近年、エネルギーの不足、地球温暖化、炭素資源の枯渇の問題は、人類の未来に深く影を落としてきている。その中で、化石燃料に依存しないエネルギーとして、太陽光を有効利用するシステムの開発が急務になっている。その高まりの中で、旧来の太陽電池に対し、低コストで耐久性の高い色素増感太陽電池ならびに有機薄膜太陽電池の開発が注目されてきている。特に、色素増感太陽電池は、材料が安価であること、製造プロセスが簡単であることから、発電コストを大幅に下げる可能性があるとされている。そこで本研究は、地球上に無尽蔵に存在する元素であり、環境への負荷が少ないケイ素を利用することにより、新規な色素増感太陽電池の作成を目的とした。ケイ素の特徴を生かし、うまく分子をデザインすることが出来れば、これまでにない光電変換を実現することができるようになると思った。

これまで注目され使用されてきたケイ素関連の材料は、ガラス、セラミック、太陽電池などに用いられている無機ケイ素や、シリコーンゴムやシリコーンオイルに代表されるケイ素-酸素結合を規則正しく交互に有するポリマーだけであった。昨今、元素危機がささやかにはじめた中で、地球の地殻の約 25%を占め、地球がなくなる限り存在し続けるであろうケイ素をもっと使用すべきであると考えている。環境にやさしく、人間生活を豊かにしてきたケイ素を、今までとは違った様式で利用することが出来るようになれば、自然への負担も軽減されつつ、エネルギー問題の解決にもつながっていくものと思われる。当研究室のこれまでの研究成果から総合的に判断すると、ケイ素と炭

素π-電子系とを組み合わせた化合物が良いターゲットになると考えた。ケイ素-ケイ素結合とπ-電子系ユニットの種類を変えることにより、極大吸収波長のチューニングは比較的容易であると思われ、また星型分子という形の特徴により、モル吸光係数も増大させることが出来、太陽光を有効利用するには最適の分子モデルであると思われる。

星型以外の形状をもつナノサイズ分子の合成法を確立することが出来れば、さらに高効率の色素増感太陽電池をつくることができると思われる。

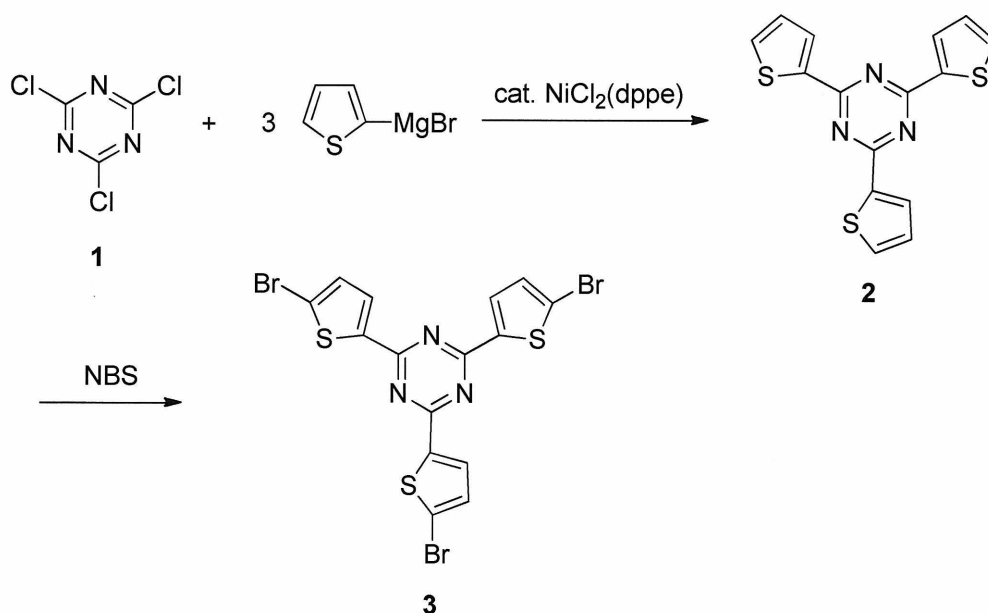
以上のように、地球上に無尽蔵に存在する原子であり、環境にやさしいケイ素の特徴を生かし、これまで以上に使用することが出来るようになれば、資源の有効利用という観点からだけでなく、持続可能な科学技術の発展の実現に対してもたいへん有意義なことであると考えられる。

2、結果と考察

まず、新規星型ケイ素化合物として、電子欠損型芳香族化合物であるトリアジンコアとし、ケイ素-ケイ素結合とビチエニレンユニットを規則正しく交互に有する化合物の合成のため、次のように実験を行った。

ジクロロ(ジフェニルホスフィノエタン)ニッケル錯体を触媒として、2,4,6-トリクロロトリアジン(1)を3当量のチエニルグリニヤール試薬と反応させたところ、化合物(2)が58%の収率で得られた。さらに化合物2をN-ブロモスクシンイミドと反応させることにより、2,4,6-トリス(ブロモチエニル)トリアジン(3)を収率85%で得ることに成功し

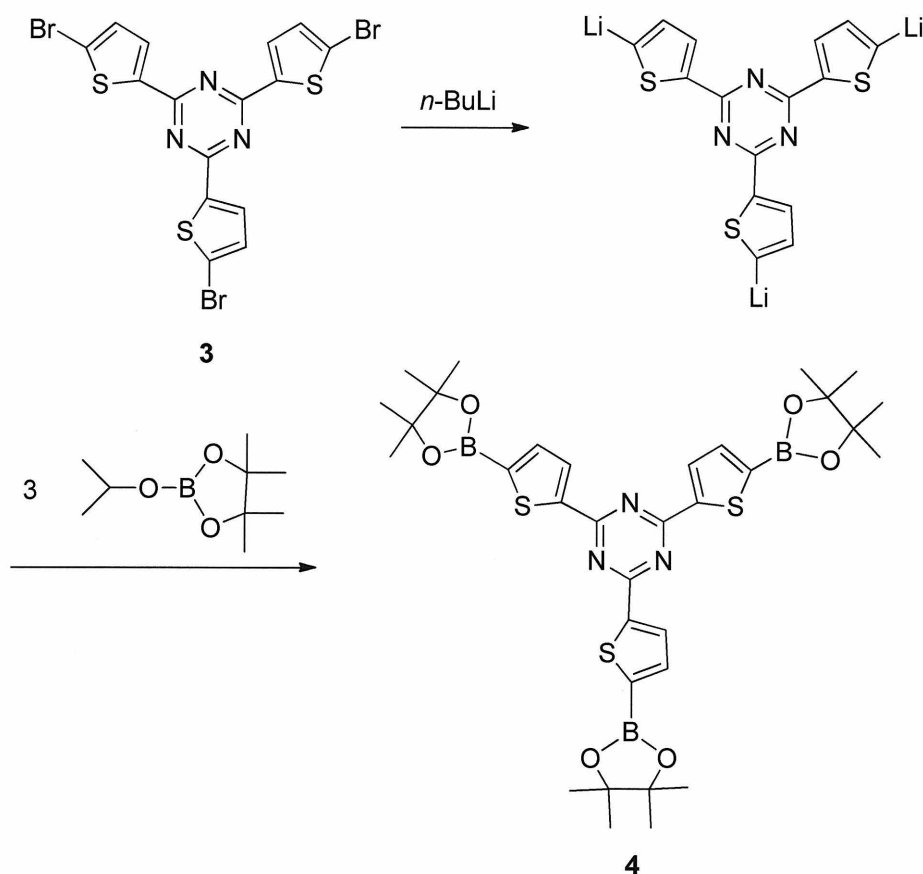
Scheme 1



た。化合物 **2** および **3** の構造は、質量分析、元素分析および ^1H NMR、 ^{13}C NMR により決定した(Scheme 1)。

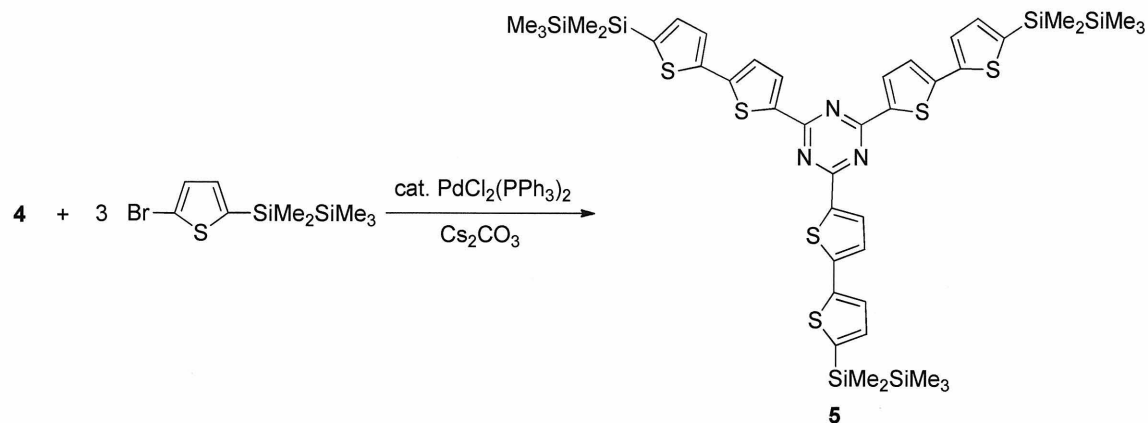
続いて、化合物 **3** を *n*-ブチルリチウムによりリチオ化し、そのリチオ誘導体を 2-イソプロポキシ-4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロランと反応させ、化合物 **4** を収率 72% で得た(Scheme 2)。化合物 **4** の構造も、各種 NMR および質量分析、元素分析により決定した。この化合物を合成ターゲットである星型化合物のコアとして使用した。

Scheme 2



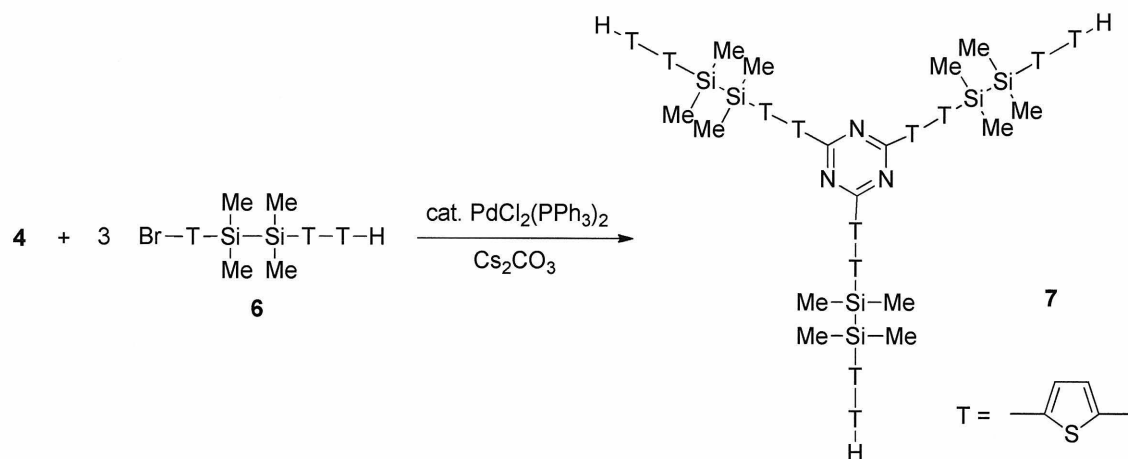
化合物 **4** をジクロロビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム錯体触媒存在下、2-(5-ブロモチエニル)ペンタメチルジシランと鈴木-宮浦クロスカップリング反応を行うことにより、新規含ケイ素星型化合物である 2,4,6-トリス(5'-ペンタメチルジシラニルビチエニル)トリアジン(**5**)を合成することに成功した(Scheme 3)。化合物 **5** の構造は、 ^1H 、 ^{13}C 、 ^{29}Si NMR および質量分析により決定した。

Scheme 3



また、さらに π -電子系を拡張した分子を合成するために、化合物 **4** と 1-(5-ブロモチエニル)-2-ビチエニルテトラメチルジシラン(**6**)を同条件下、鈴木-宮浦クロスカップリング反応をさせることにより、2,4,6-トリス(ビチエニルテトラメチルジシラニレンビチエニル)トリアジン(**7**)を合成した(Scheme 4)。化合物 **7** の構造も各種 NMR および質量分析により決定した。

Scheme 4



次に、今回新規に合成した化合物 **5** および **7** の紫外可視吸収スペクトルおよび蛍光発光スペクトルの測定を行った。結果を Table 1 および Figure 1 に示した。

星型化合物 **5** および **7** の紫外可視吸収スペクトルの極大吸収波長は、400 nm 付近に見られた。蛍光発光スペクトルの極大波長は 450 nm 付近に見られ、化合物 **7** のジオキ

サン中での蛍光量子収率は、96%とたいへん大きな値を示した。これらの化合物群は、発光材料としての応用も期待できると考えられる。

Table 1. Absorption and Emission Data (in dioxane) for Compounds 5 and 7

Compd	$\lambda_{\max, \text{Abs}}$ (nm)	$\lambda_{\max, \text{F}}$ (nm)	$\Phi_{\text{F}}^{\text{a}}$
5	398	451	0.67
7	399	452	0.96

^a Based on quinine sulfate ($\phi_{366} = 0.546$) as a standard.

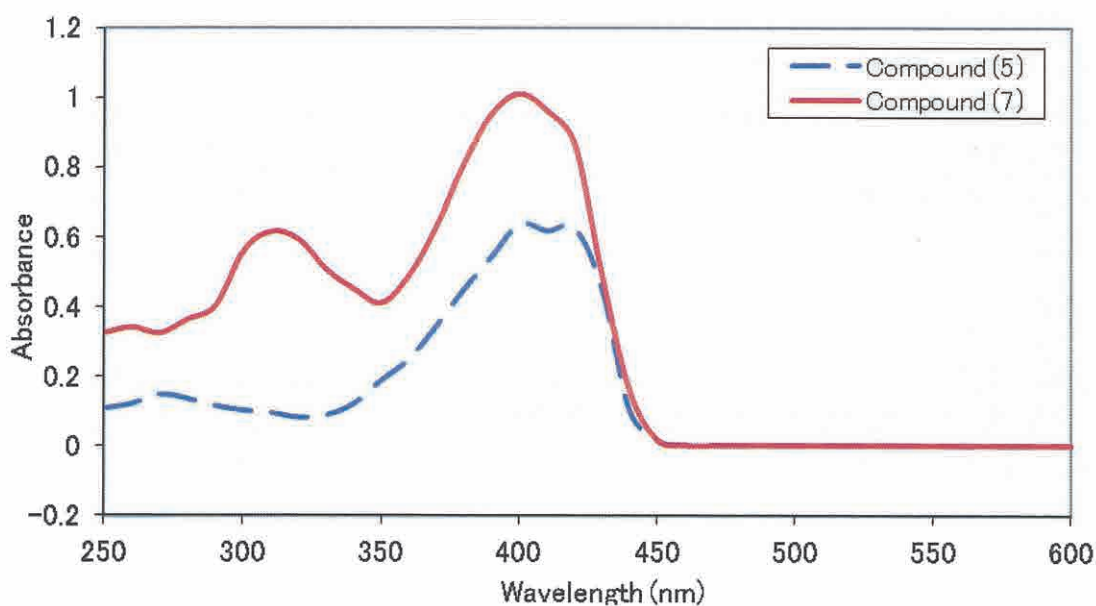


Figure 1. UV-vis spectra of 5 and 7 in 10^{-5} M dioxane solution

今回合成した化合物7をクロロホルム溶液にし、400 nm以下の波長の光をカットした高圧水銀灯の光を照射させることにより、ケイ素-ケイ素結合をラジカル的に解裂させ、酸化チタンナノ粒子電極に接着させた。これを用いて、色素増感太陽電池のセルを組み立て、IPCE(incident photon to current conversion efficiency)スペクトルおよびI-V特性の測定を行った。下にグラフを示す(Figure 2、Figure 3)。

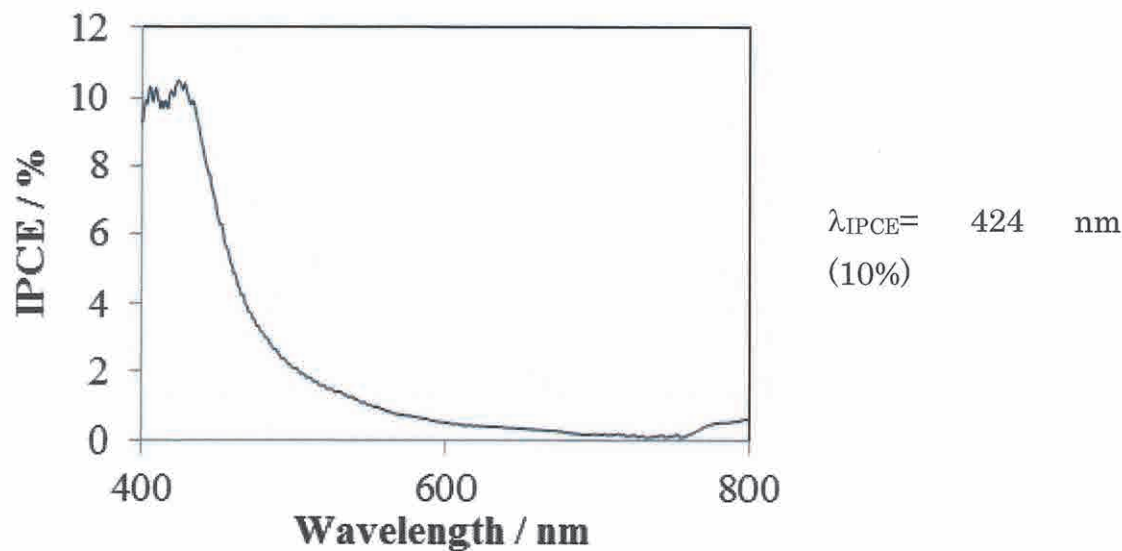


Figure 2. IPCE spectrum

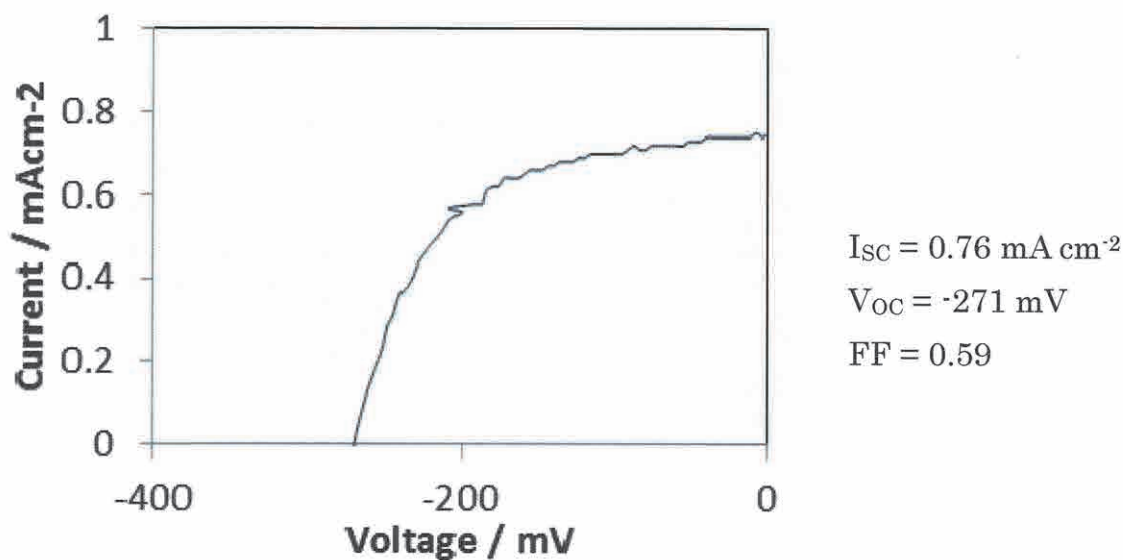


Figure 3. I-V plot

この結果より、PCE(power conversion efficiency)は、0.12%と低い値であったが、新規含ケイ素星型化合物を吸着させた酸化チタンナノ粒子電極を用いた色素増感太陽電池が、機能していることが明らかとなった。

今後は、より長波長領域の光を吸収する化合物の合成を行い、それらを酸化チタンナノ粒子電極に接着させ、色素増感太陽電池を作成し、さらなる高性能化を図りたいと考えている。

謝辞

本研究は、八雲環境科学振興財団の助成により実施されたものである。ここに謝意を表します。

オンサイト計測のための高感度マイクロペーパー分析デバイスの開発

岡山大学大学院自然科学研究科 金田 隆

1. はじめに

環境中には種々の金属イオンが存在しており、環境保全の観点から、それら金属イオンを簡便、高感度かつ高選択的に計測する技術の要求は高い。一般に、高感度な元素分析法としては、原子吸光分析法や ICP 発光法、ICP 質量分析法が広く用いられているが、これらの大型装置で測定するためには、試料採取や試料保管に十分な注意を払う必要がある。また、装置が大型であることから、オンサイトでの計測にこれらの装置を利用することは困難である。

一方、簡便な分析法として、近年、マイクロペーパー分析デバイス (μ -PAD) が注目を集めている[1-4]。この方法は、ワックスやフォトレジストにより紙上に流路を作製し、流路内に反応部や検出部を作製することで、試料中の目的成分を計測する方法である。素材はろ紙とワックスであるため、安価かつ可搬性に優れている利点を持つ。したがって、遠隔地でのオンサイト計測が可能であり、発展途上国における環境モニタリングに適したデバイスであると言える。

Henry らは、Fe, Ni, Cu の定量を可能とする大気中微粒子の金属イオン計測用 μ -PAD を開発した[5,6]。この μ -PAD は、フィルター上に捕集した大気中微粒子を酸で分解し、微粒子内の金属イオンを測定するためのものである。大気中微粒子には多量の金属イオンが含まれているため、開発された μ -PAD は、この目的には利用できるが、より希薄な天然水などの計測に適用するには感度が不十分である。そこで本研究では、金属イオンの濃縮、溶解、検出の機能を備えた 3 次元の μ -PAD を作製し、10 倍以上の検出感度の向上を目指すことを目的とした。濃縮機能を組み込むことで、基準濃度以下の金属イオンの検出を達成し、将来的には、3 次元 μ -PAD を用いたフィールドでのオンサイト金属イオン計測を目指している。

2. μ -PAD の作製

μ -PAD の作製は以下のように行った。流路を PowerPoint 2013 でデザインし、疎水性ワックスプリンター (ColorQube 8570DN, Xerox) でろ紙に印刷した。印刷したろ紙をホットプレート上で加熱することでワックスはろ紙に浸透し、印刷されていない部分に流路が形成される。流路に緩衝液や検出試薬を導入して乾燥後、試料を μ PAD の中心に滴下して流路に流すことで、金属イオンの検出を行った。本研究で作製した μ -PAD を Fig. 1 に示す。Fig. 1 の上下左右の小さな円に金属イオン

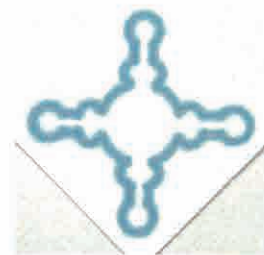


Fig. 1 μ -PAD fabricated by a wax printer.

の検出試薬を滴下して乾燥させた後、中心部に測定試料を滴下すると、測定試料はろ紙を浸透して検出部に達して呈色する。検出試薬は溶媒に溶かしたのちに、必要量をマイクロシリンジで取り、検出部分に滴下して乾燥させた。 Fe^{3+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} の検出試薬には、それぞれ *o*-フェナントリロン、ジメチルグリオキシム、バソクプロインを用いた。 Fe^{3+} の検出部は、 0.1 g mL^{-1} の塩酸ヒドロキシルアミンを $1 \mu\text{L}$ 滴下した後に、 0.7 mg mL^{-1} のポリアクリル酸 $0.35 \mu\text{L}$ と 8 g mL^{-1} の1,10-フェナントロリン $0.4 \mu\text{L}$ をそれぞれ2回滴下後、乾燥して作製した。 Ni^{2+} の検出部は 60 mM のジメチルグリオキシム $0.4 \mu\text{L}$ を5回、 3.1 M アンモニア緩衝溶液 $0.4 \mu\text{L}$ を2回滴下して乾燥させて作製した。 Cu^{2+} の検出部は、 0.1 g mL^{-1} の塩酸ヒドロキシルアミンを $1 \mu\text{L}$ 、 10 mM の酢酸 / NaCl 緩衝液 $0.5 \mu\text{L}$ を滴下した後、 50 mg mL^{-1} のバソクプロイン溶液 $0.5 \mu\text{L}$ と 40 mg mL^{-1} のPEG 1000 溶液 $0.5 \mu\text{L}$ をそれぞれ2回滴下して乾燥させることで作製した。

ろ紙の化学修飾は、2-アミノプロピルトリエトキシシランを用いて行った[7]。2-アミノプロピルトリエトキシシランのエ

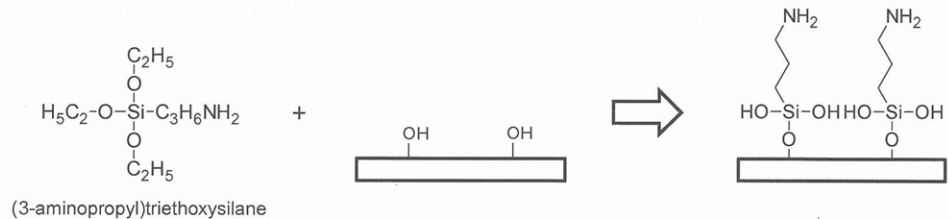


Fig. 2 Amination of filter paper by a silane coupling reagent.

タノール溶液にろ紙を浸し、反応させた後に、洗浄、乾燥し、アミノ化ろ紙を作製した。2-アミノプロピルトリエトキシシランとろ紙との反応の模式図を Fig. 2 に示す。

次いで、DTPA または EDTA をろ紙上のアミノ基と結合させ、金属イオン濃縮を試みた。ろ紙上へのキレート試薬の結合には、DTPA dianhydride, 並びに Isothiocyanobenzyl-EDTA を用いた。これらの試薬により、Fig. 3 に示すように配位子をろ紙表面に固定化することができる。

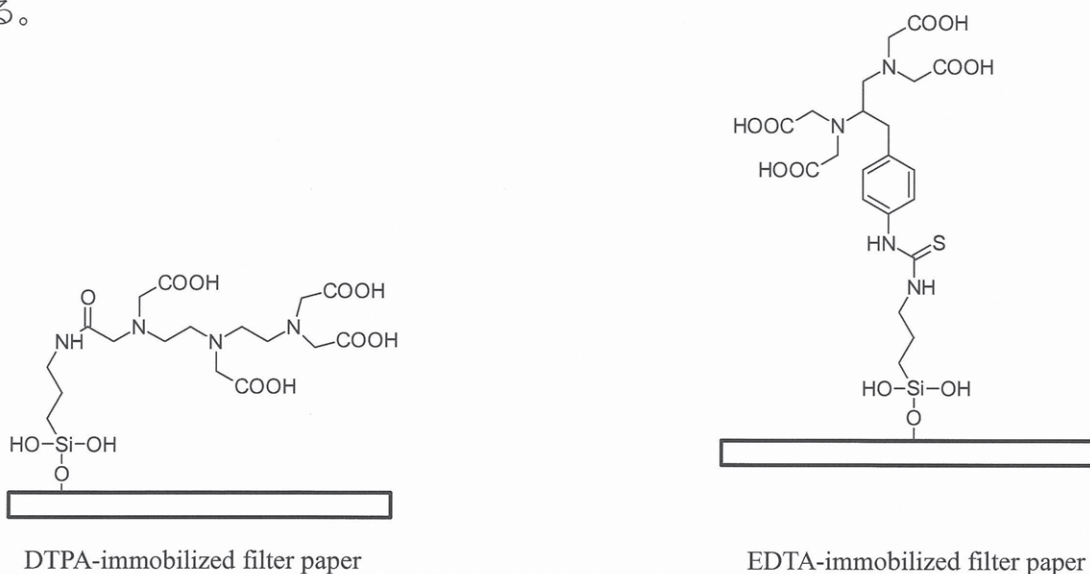


Fig. 3 Immobilization of chelate reagents on filter paper.

また、市販のキレートフィルター（Empore）を用いた場合の金属イオンの濃縮についても検討した。

3. 結果と考察

まず、予備的な検討のために、報告されている Fe, Ni, Cu 検出用の μ -PAD の作製を行った。作製した μ -PAD を用いて各金属イオンを検出した結果を Fig. 4 に示す。いずれの金属イオンも試薬との反応により呈色し、検出できることがわかった。このときの呈色の強度を画像処理ソフトウェアによりデジタル化して検量線を作成した。作成した検量線を Fig. 5 に示す。

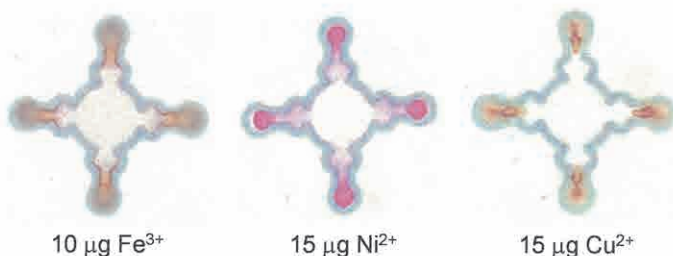


Fig. 4 Detection of metal ions by μ -PADs.

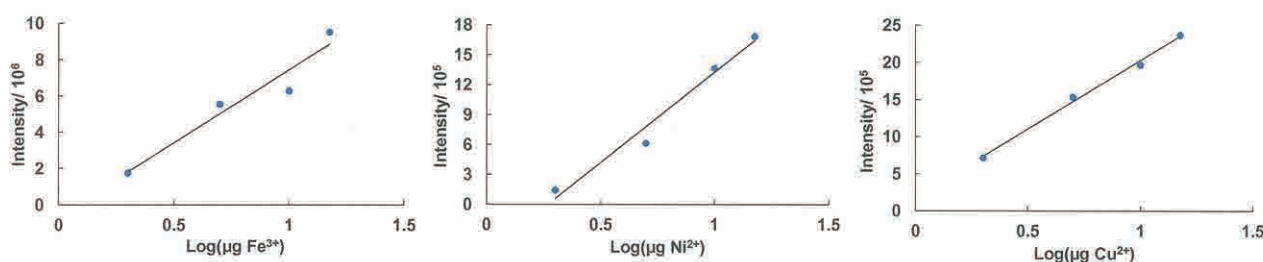


Fig. 5 Calibration curves of metal ions.

図に示されるように、いずれの金属イオンに対しても 2~15 μg の範囲で良好な直線関係が得られた。このときの検出限界はほぼ 2 μg であり、実用的な分析デバイスとして利用するためには、さらなる高感度化が必要である。

そこで次に、市販のキレートフィルターを用いて、これら金属イオンが濃縮できるかどうかについて検討した。0.1~20 $\mu\text{g L}^{-1}$ の Fe^{3+} 溶液 1 mL をキレートフィルターに滴下し、1 M HCl のエタノール溶液で溶出させ、発色させた結果を Fig. 6 に示す。 Fe^{3+} の濃度が 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ 以上で明らかな呈色が見られる。この溶液中の Fe^{3+} の絶対量は 10 ng に相当することから、200 倍の検出限界の低下が期待できる。しかし、市販のキレートフィルターは高価であり、安価な計測を目指す本研究での使用は望ましくない。よって、安価な計測デバイスの作製を目指して、ろ紙を化学修飾し、容易に濃縮を実現できる濃縮フィルター

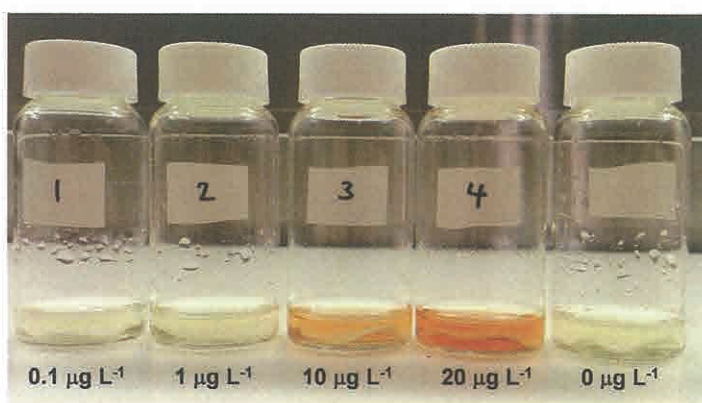


Fig. 6 Preconcentration of Fe^{3+} by chelate filter.

ろ紙を化学修飾し、容易に濃縮を実現できる濃縮フィルター

の作製を行った。

Fig. 2 の反応スキームにしたがってろ紙をアミノ化し、フルオレッセインイソチオシアン酸 (FITC) を用いてアミノ基が導入されたかどうかを確認した。Fig. 7 に示すように、アミノ化処理を行ったろ紙では、未処理のろ紙と比較して、顕著な色調の変化が認められた。この変化は FITC がろ紙上のアミノ基と反応したことを示している。そこで、Fig. 3 の反応スキームにより、アミノ化したろ紙に DTPA 並びに EDTA を固定化し、金属イオンの濃縮を試みた。

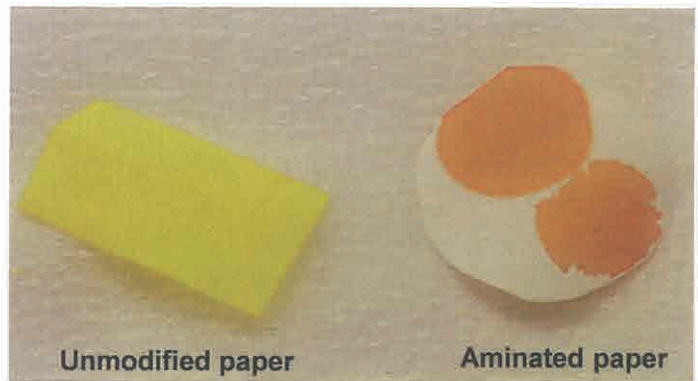


Fig. 7 Reaction of filter paper with FITC.

作製した化学修飾ろ紙が金属イオンを濃縮しているかどうかを確認するために、化学修飾ろ紙と通常のろ紙を二枚に重ね、そこに金属イオンを含む溶液を滴下した。金属イオンがろ紙に吸着していなければ、金属イオンは二枚目の通常のろ紙に浸透していくため、一枚目の化学修飾ろ紙と二枚目の通常のろ紙に含まれる金属イオンの量は同じであると考えられる。一方、二枚目のろ紙で金属イオンが検出されなければ、一枚目の化学修飾ろ紙に金属イオンが濃縮されていると考えられる。得られた実験結果を Fig. 8 に示す。

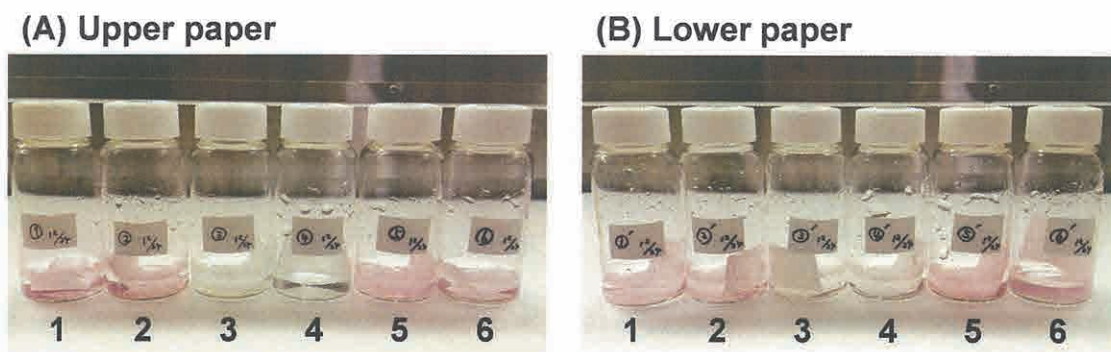


Fig. 8 Reaction of filter paper with Ni^{2+} .

(A) 1. Unmodified paper, 2. Aminated paper, 3. DTPA-added paper, 4. DTPA-immobilized paper, 5. EDTA-added paper, 6. EDTA-modified paper. (B) Unmodified paper under the paper of 1-6.

Fig. 8 では、未修飾のろ紙(1)、アミノ化したろ紙(2)、EDTA を添加したろ紙(5)、EDTA で修飾したろ紙(6)ではほとんど変化は見られない。このことは EDTA では濃縮は起こらない、あるいは EDTA がろ紙上に固定化されていないことを示している。一方、DTPA を添加、あるいは固定化したろ紙では、色調の変化が全く見られない。また、DTPA で修飾したろ紙(4)では、二枚目(Lower paper)でも呈色が見られない。この事実は、 Ni^{2+} は一枚目のろ紙で捕捉され、二枚目には浸透していないことを示している。さらに一枚目で呈色が見られ

ないことは、DTPA と Ni^{2+} との結合が強すぎるため、呈色試薬との反応を阻害しているものと考えられる。 Fe^{3+} についても同様の実験を行ったところ、DTPA 修飾ろ紙では、未修飾のろ紙に比べて呈色の度合いが小さく、DTPA と結合することにより、呈色試薬との反応が阻害されることがわかった。したがって、金属イオンを濃縮して検出するためには、より結合の弱い配位子や陽イオン交換基をろ紙上に修飾する必要があると考えられる。

4. おわりに

本研究により、 μ -PAD 作製技術と金属イオンの比色検出の技術は確立することができた。さらに市販のキレートフィルターを用いることで金属イオンを濃縮できることもわかった。この結果に基づき、濃縮機能を備えたろ紙の作製を試みたが、濃縮効果を確認することはできなかった。この原因はろ紙上に導入したキレート試薬の結合が強すぎることに起因することが示唆されたので、この結果に基づき、今後はイオン交換基や結合能の弱い配位子を導入する必要がある。また、金属イオンの捕集効率を上げるためには、ろ紙のアミノ化効率を向上させることが重要であり、修飾効率の高い方法を用いて、ろ紙をアミノ化する必要がある。その方法としては、フェニルジイソチオシアン酸がろ紙の化学修飾に適した試薬であるという報告があるため[8]、これについて検討を進めることで、ろ紙の修飾効率を向上できるものと期待できる。

このような濃縮機能を備えた μ -PAD の開発は、簡便かつ高感度な金属イオン測定デバイスとして、オンサイトでの測定に活用できる。したがって、さらに低濃度測定が要求される Hg, Pb, Cd 測定用の μ -PAD を作製する上で、必要不可欠な基礎技術となる。将来的には、Hg 測定用の濃縮機能を備えた μ -PAD を開発することを目指す。この目的は、現在でも問題となっているアフリカ地域での Hg による環境汚染状況を簡便かつ迅速に測定するためのデバイスとして利用できるものを開発することにある。Hg 測定用 μ -PAD の技術確立し、アフリカの共同研究者に μ -PAD を郵送し、現地で測定してもらいアフリカにおける Hg 汚染の状況を、簡便かつ安価に測定することで、アフリカでの環境問題の解明のための基礎技術として利用する。また、その他の汚染物質に対しても、様々な μ -PAD を開発し、アフリカ地域での環境化学的な研究の発展に貢献することができる。この共同研究の準備については、昨年度にアフリカの研究者との討論も実施しており、将来的な研究の方向性は明確なものであり、本研究の今後の発展が重要になってくる。

以上のように、本研究で得られた成果は、将来的に、後進国における環境問題の研究において重要な計測技術として発展することが期待されるものである。

4. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大なご支援をいただきました財団法人八雲環境科学財団に深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

- [1] A. W. Martinez, S. T. Phillips, M. J. Butte, G. M. Whitesides, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 46, 1318–1320 (2007).
- [2] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105, 19606-19611 (2008).
- [3] D. A. Bruzewicz, M. Reches, G. M. Whitesides, *Anal. Chem.*, 80, 3387-3392 (2008).
- [4] E. Carrilho, A. W. Martinez, G. M. Whitesides, *Anal. Chem.*, 81, 7091-7095 (2009).
- [5] M. M. Mentele, J. Cunningham, K. Koehler, J. Volckens, C. S. Henry, *Anal. Chem.*, 84, 4474-4480 (2012).
- [6] Y. Sameenoi, P. Panymeesamer, N. Supalakorn, K. Koehler, O. Chailapakul, C. S. Henry, J. Volckens, John, *Environ. Sci. Technol.*, 47, 932-940 (2013).
- [7] H. Koga, T. Kitaoka, A. Isogai, *J. Mater. Chem.*, 47, 9356-9361 (2011).
- [8] A. C. Araújo, Y. Song, J. Lundeberg, P. L. Ståhl, H. Brumer, III, *Anal. Chem.*, 84, 3311–3317 (2012).

層状複水酸化物を利用した新規水処理触媒の開発

岡山大学 大学院環境生命科学研究科 亀島 欣一

1. はじめに

過酸化水素やオゾン、その分解過程で活性酸素などのラジカルを生じ、このラジカルによる浄化作用や酸化作用が水処理に広く利用されている。しかし、水処理後にこれらを含む排水が環境中に放出されると、生じた活性酸素などのために却って水質悪化の原因となる。このため、過剰な過酸化水素やオゾンは水処理後に分解処理されている。とりわけ過酸化水素は、漂白剤、殺菌剤、酸化剤、表面処理剤など、工業的に広範囲で利用されており、安価で大量利用が可能な分解技術、特に分解触媒の開発が切望されている。

現状の過酸化水素、およびオゾンの分解技術として、白金などの貴金属を用いる方法、二酸化マンガンを用いる方法、および酵素触媒を用いる方法が知られており、実際に利用されている。しかし、貴金属は埋蔵量や価格が、二酸化マンガンは溶出するマンガンの毒性とそれに伴う環境汚染が、また酵素触媒では副生成する有機物による環境汚染がそれぞれ問題となっている。

一方、層状複水酸化物 (Layered Double Hydroxide, LDH) は、一般式 $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2] [A^{n-}_{x/n} \cdot yH_2O]$ (M^{2+} : 2 価の金属イオン, M^{3+} : 3 価の金属イオン, A^{n-} : 層間の陰イオン) で表される粘土鉱物の一種である。LDH は、構成する 2 価-3 価の陽イオンと陰イオンの多様な組み合わせの化合物が存在することが特徴であり、特に遷移金属イオンを含む系では、Fenton 反応¹⁾が生じることが報告されている。Fenton 反応は、主に鉄イオンと過酸化水素の溶液からラジカルが生じる反応で、



の反応式で表される。鉄イオンに限らず、価数変化が容易な種々の遷移金属イオンでも同様の反応が生じ²⁾、遷移金属を含む LDH でも報告されている^{3,4)}。しかし、著者らの研究グループは、遷移金属型 LDH の 1 つである Mg-Fe 型 LDH では予期される Fenton 反応が生じず、過酸化水素の直接分解が生じることを見出した。本研究ではこの現象に着目して、遷移金属型 LDH をベースとした過酸化水素・オゾン分解触媒について探索した。

2. 実験方法

2.1 層状複水酸化物の合成

金属硝酸塩のモル比が $Mg/Fe=2$ または 3 となるように、硝酸マグネシウム六水和物と硝酸鉄(III)九水和物をイオン交換水に溶解させ、 1.0 M の金属硝酸塩水溶液を調製した。次に、 1.25 M の炭酸ナトリウム水溶液中に調製した金属硝酸塩水溶液を滴下し、さらに 2.0 M の水酸化ナトリウム水溶液を加えて混合溶液の pH を 10 に調整した。この混合溶液を室温で攪拌しながら 24 時間熟成させた。その後、沈殿物を固液分離し、イオン交換水で洗浄し、真空乾燥機を用いて乾燥させて目的とする $Mg\cdot Fe\cdot CO_3$ 型 LDH が得られた。

2.2 キャラクターゼーション

得られた LDH の結晶相を XRD、層間イオンと水酸基の状態を FTIR、微構造観察を SEM-EDX、化学組成を XRF、および多孔性と比表面積を窒素吸着法でそれぞれ評価した。

2.3 過酸化水素・オゾンの分解実験

試料を 0.50 g 秤量し、 1.0 M に調製した 100 mL の過酸化水素水溶液に加えて、発生する酸素ガスを水上置換法により捕集した。反応初期の酸素が 100 mL 発生するのに必要な時間から、触媒の単位量、単位時間当たりの酸素発生速度を算出した。次に、 50 mM の過酸化水素水溶液を調製し、 100 mL の溶液に試料 0.2 g を分散させて、一定時間ごとに溶液を採取した。この溶液に硫酸チタン溶液を加えて黄色に発色させ、 $300\text{-}600\text{ nm}$ の範囲の光吸収を分光光度計で測定して、溶液内の残存過酸化水素量を算出した。

さらに、イオン交換水中にオゾン発生装置からバブリングでオゾンを供給し、 1 時間以上保持することで飽和オゾン水溶液とした。この溶液 100 mL に試料を 0.2 g 分散させて攪拌し、一定時間経過ごとに溶液を分取した。分取した溶液はインジゴ法でオゾンの残存量を測定した。

3. 結果と考察

3.1 $Mg\cdot Fe\cdot CO_3$ 型 LDH

作製した $Mg/Fe=2$ 、および 3 の $Mg\cdot Fe\cdot CO_3$ 型 LDH の XRD パターンと FTIR スペクトルを図 1 に示す。XRD パターンは、LDH としては一般的な空間群 $R\bar{3}m$ の三斜晶系に帰属され、図に示すように指数付けされた。FTIR スペクトルには層間イオンである CO_3^{2-} による 1370 cm^{-1} の吸収ピークに加えて、水酸化物層と層間水による 3500 cm^{-1} 付近のブロードな OH^- の吸収ピーク、および層間水による 1630 cm^{-1} の吸収ピークが観察された。また、 $Mg/Fe=2$ の LDH では原料塩由来の NO_3^- の吸収ピークが観察された。各 LDH の組成を ICP により分析したところ、 $Mg/Fe=2$ の LDH

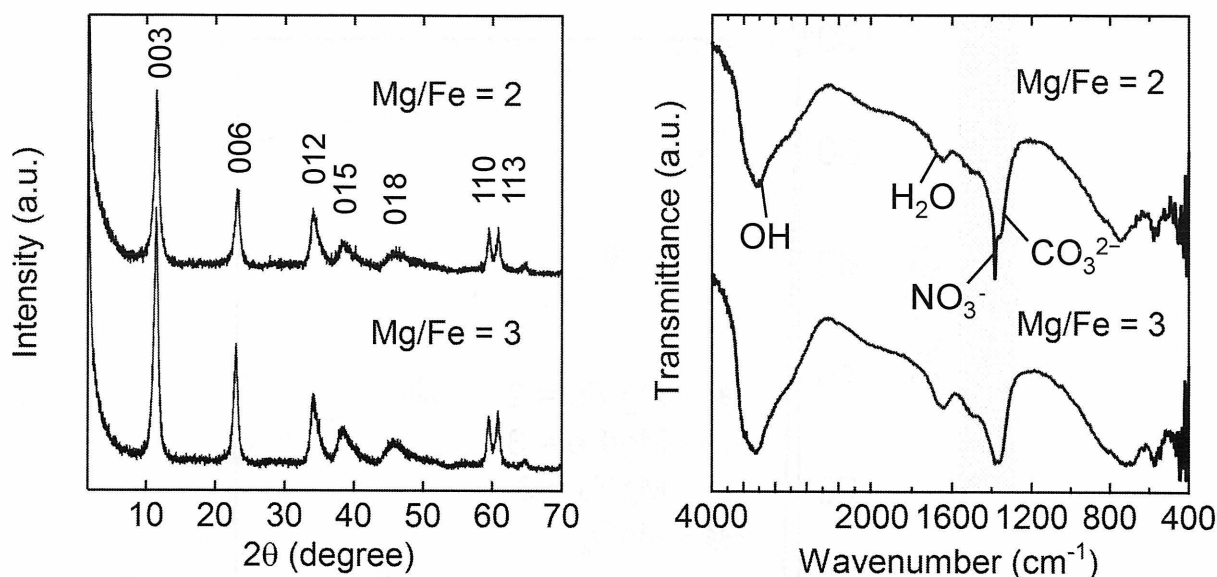


図1 Mg-Fe-CO₃型LDHの(a)XRDパターンと(b)FTIRスペクトル

はMg/Fe=2.09, Mg/Fe=3のLDHはMg/Fe=3.54であった. 従って, ほぼ目的とする組成のMg-Fe-CO₃型LDHが得られたことが分かった.

3.2 過酸化水素分解性能の評価

作製したMg-Fe-CO₃型LDHによる, 過酸化水素水溶液(1.0 M)からの酸素生成速度を, 比較試料であるMg-Al-CO₃型LDH, および二酸化マンガン(MnO₂)の結果とともに表1に示す. なお, この反応で生じる気体をTCD検出器によるガスクロマトグラフィーで分析したところ, 99%以上が酸素であった.

表1 過酸化水素水溶液(1.0 M)からの酸素生成速度

試料	Mg/Fe=2	Mg/Fe=3	Mg/Al=3	MnO ₂
酸素生成速度 (mol/g _{cat} h)	0.14	0.09	~0	0.19

作製したMg-Fe-CO₃型LDHの酸素生成速度は試料のMg/Feの値により異なり, Mg/Fe=2はMg/Fe=3の1.5倍の生成速度であった. 試料に含まれるFe量が多い方が高い活性を示したことから, Mg-Fe-CO₃型LDHによる過酸化水素分解は含まれるFeに関連した反応であることが示唆された. また, Mg/Fe=2の酸素生成速度はMnO₂の74%であった. 従って, Mg-Fe-CO₃型LDHの過酸化水素分解性能はMnO₂には及ばないものの, ほぼ同程度であることが明らかになった. 一方, Feを含有しないMg-Al-CO₃型LDHでは酸素生成はほぼゼロであった.

次に, Mg-Fe-CO₃型LDHによる, 過酸化水素水溶液(50 mM)中の過酸化水素濃度の変化を, Mg-Al-CO₃型LDH, およびMnO₂の結果とともに図2に示す. 酸素生成速度の結果と同様に, 過酸化水素の濃度変化は試料のMg/Feの値により大きく異な

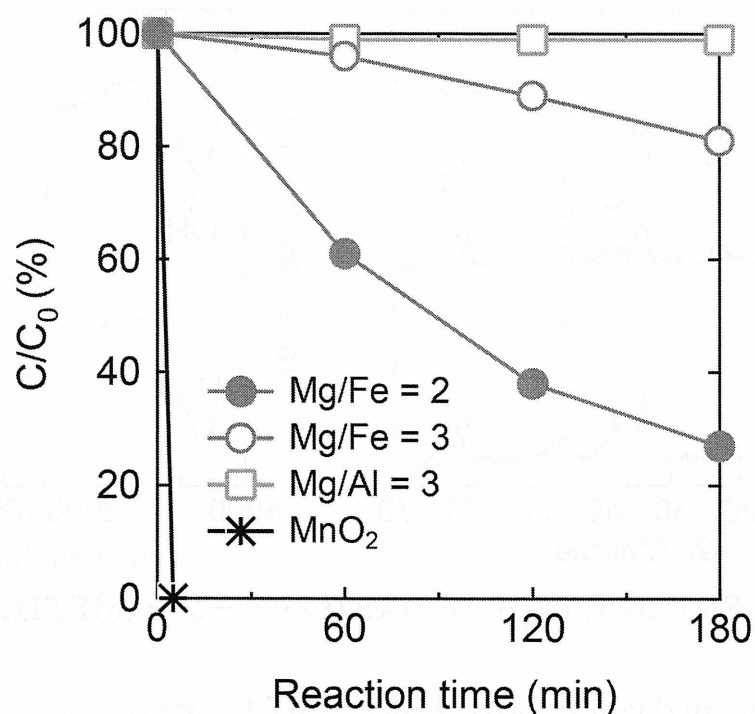
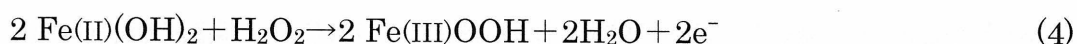


図 2 過酸化水素水溶液(50 mM)の過酸化水素濃度の変化

り, Mg/Fe=2 は Mg/Fe=3 の約 4 倍の速度で過酸化水素濃度が減少した. しかし, 酸素生成速度の結果と比べると Mg-Fe-CO₃型 LDH の濃度変化は MnO₂ よりも緩やかであった. また, 酸素生成速度の結果と同様に Mg-Al-CO₃型 LDH では過酸化水素の濃度変化はほぼゼロであった.

過酸化水素の MnO₂ による分解は, 単純に MnO₂ の表面反応で進行する. これは, 結果は省略するが, 粒径が異なる MnO₂ で分解性能が大きく違ったことから明らかになっている. つまり, 十分に粒径が小さい試料であれば, 過酸化水素濃度が 1.0 M でも 50 mM でも急速に分解することができると考えられる. (表面反応律速) これに対して, Mg-Fe-CO₃型 LDH で過酸化水素濃度が 1.0 M の場合に比べて, 50 mM では大きく分解性能が低下した. これは, LDH での反応が単純に粒子表面で起きているわけではなく, 層間での反応が大きく寄与していることを反映したためと推察される. つまり, 低濃度の条件では層間への過酸化水素の拡散が支配的となるため, 分解性能が著しく低下したと考えられる. (拡散律速)

MnO₂ による過酸化水素の分解は単純な触媒反応ではなく, MnO₂ の表面で Mn の急速な価数変化を伴う酸化・還元反応によることが報告されている⁵⁾. その報告での反応式をもとに, Mg-Fe-CO₃型 LDH を用いた場合の反応式を考えると次のようになる. 尚, LDH 中に存在する Fe(III)は水酸化物状態であるが, Fe(III)(OH)₃ は Fe(III)OOH+H₂O と同じであることから, 以下に示す反応式は Fe(III)OOH を用いて記述した.



過酸化水素分解反応後の溶液の鉄イオン濃度は検出限界以下であったことから、この反応は Mg-Fe-CO₃ 型 LDH として進行する不均一反応と考えられる。従って、Mg-Fe-CO₃ 型 LDH では、Fenton 反応のような均一反応は生じず、LDH の水酸化物層中の Fe の価数とそのサイト位置のままで 2 価と 3 価に可逆的に変化する不均一反応により過酸化水素が分解されることが明らかになった。

3.3 オゾン分解性能の評価

Mg-Fe-CO₃ 型 LDH による、飽和オゾン水溶液中のオゾン濃度の変化を、Mg-Al-CO₃ 型 LDH、および MnO₂ の結果とともに図 3 に示す。作製した Mg-Fe-CO₃ 型 LDH のオゾン分解速度は試料の Mg/Fe の値で異なり、Mg/Fe=2 より Mg/Fe=3 の方が高活性であった。この結果は、過酸化水素の結果と逆であった。また、Mg/Fe=2 と Mg-Al-CO₃ 型 LDH、Mg/Fe=3 と MnO₂ が同程度の活性を示した。LDH は塩基性固体であることから、このオゾン分解は LDH の固体塩基性による触媒反応と考えられる。反応後の溶液の鉄イオン濃度は検出限界以下であった。しかし、LDH では Mg の溶出が観察され、溶液の pH が 8~9 まで増加した。従って、Mg-Fe-CO₃ 型 LDH によるオゾン分解は、Mg の溶出に伴う溶液の pH 変化に依存することが明らかになった。

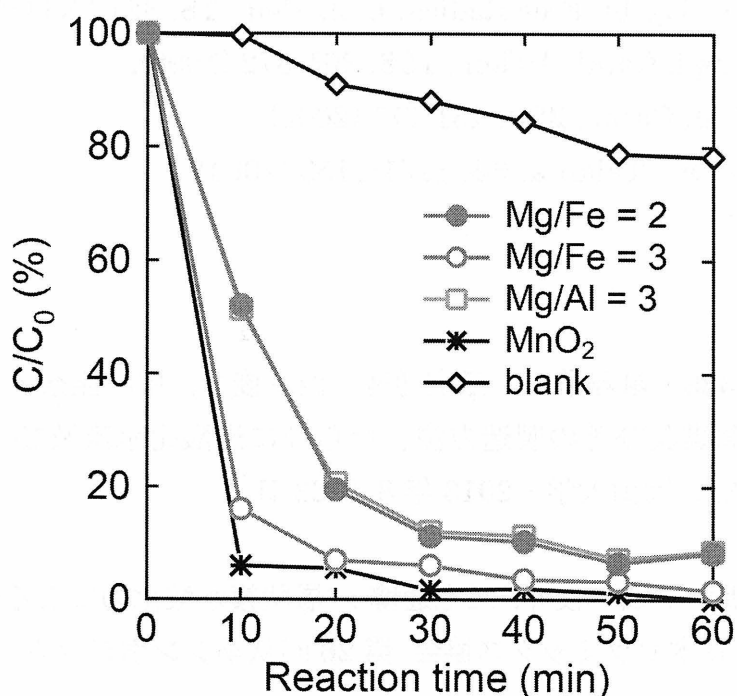


図 3 飽和オゾン水溶液のオゾン濃度の変化

4. まとめ

本研究により、Mg-Fe-CO₃型層状複水酸化物(LDH)が、過酸化水素とオゾンを経率よく分解できることが明らかになった。過酸化水素の分解において、よく知られた二酸化マンガンと同様に、Mg-Fe-CO₃型 LDH が変化することなく分解反応が進行した。この反応は、LDH 層中の鉄イオンの価数変化を伴う酸化・還元反応による触媒反応であることが示唆された。一方、オゾンの分解においては、Mg-Fe-CO₃型 LDH がもつ固体塩基性による触媒反応で、オゾンの分解が進行することが明らかになった。本研究で作製した Mg-Fe-CO₃型 LDH はユビキタスな元素から構成されているため、二酸化マンガンを代替する低環境負荷な過酸化水素・オゾン分解触媒として有望な材料と考えられる。今後はより高性能なエコフレンドリー材料を目指して、本研究を推進していく予定である。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、研究費を助成して頂いた（公財）八雲環境科学振興財団に深謝致します。

参考文献

- 1) H. J. H. Fenton, *J. Chem. Soc.*, **65**, 899-910 (1984).
- 2) S. J. Stohs & D. Bagchi, *Free Radical Biol. Med.*, **18**, 321-336 (1995).
- 3) K. Zhu *et al.*, *Appl. Catal. A-Gen.*, **168**, 365-372 (1998).
- 4) V. Rivers *et al.*, *J. Catal.*, **220**, 161-171 (2003).
- 5) N. W. Beyene *et al.*, *Talanta*, **64**, 1151-1159 (2004)

研究成果

特許：

- ・特願 2103-173339・亀島欣一，三宅通博，西本俊介，中村佳奈・過酸化水素及びオゾンの分解触媒及びその製造方法、ならびに過酸化水素及びオゾンの分解方法・国立大学法人 岡山大学・2013年8月23日

国内学会発表：

- ・中村佳奈，亀島欣一，西本俊介，三宅通博：“層状複水酸化物による過酸化水素とオゾンの分解”，日本セラミックス協会 第26回秋季シンポジウム，長野，2013年9月。
- ・亀島欣一，中村佳奈，西本俊介，三宅通博：“Mg-Fe 層状複水酸化物を用いた過酸化水素の分解”，日本セラミックス協会 2014 年年会 サテライトプログラム “第1回資源・環境関連セラミックス材料・技術研究講演会”，横浜，2014年3月。

瀬戸内臨海平野に記録された災害履歴と遺跡の立地環境の解析

宮本 真二

(岡山理科大学 生物地球学部 生物地球学科 地理・考古学コース 地理学研究室)

The Change of Archaeological Site Location and Disaster History along the Lowland Plain of facing the Seto Inland Sea, Western Japan

Shinji MIYAMOTO

Lab. of Geography, Department of Biosphere-Geosphere Science, Faculty of Biosphere-Geosphere
Science, Okayama University of Science, JAPAN

要 旨

日本列島における平野の土地開発史を検討するため、瀬戸内臨海平野（沖積平野）を対象に、地形環境変化と遺跡立地の特色について研究史の整理を行った。その結果、①沖積平野の陸化が遅く、それに対応した土地開発である。イベント発生の要因は、解明されていないが、②地形環境変化の時期が内陸の沖積平野の発達史と同時代性があることは、指摘できた。

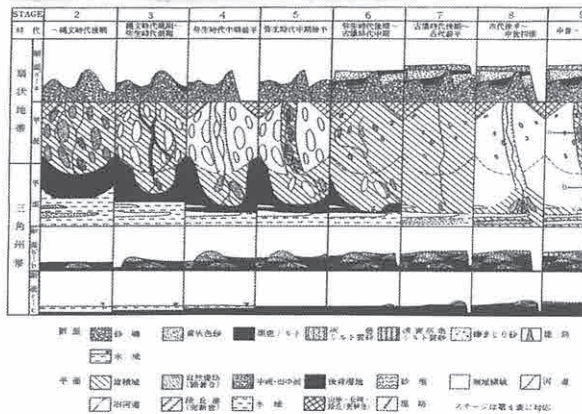
今後は、環境考古学やジオ・アーケオロジーといわれる考古学と地理学・地質学との共同研究から、短期間に発生した地形環境変化と人間活動の対応関係の解明研究が求められる。

1. はじめに

瀬戸内海の沿岸に展開する「臨海」沖積平野・沖積層に関する研究は、開発のためのボーリング調査が増加したことなどにより、1960年代頃から進展し、ボーリング・コア試料の分析による堆積環境の復原、¹⁴C年代測定や広域テフラを利用した編年研究により、おもに海水準変動との関係を中心に地形発達史研究が進展してきた（たとえば、藤原、1986）。またそれと同時に、沖積平野に埋没している遺跡の立地環境解析（地形環境研究）や、ジオ・アーケオロジーと称される考古学と地理学や地質学と学際的研究（宮本、2013a）が、高橋（1989・1990・1994・1995・2003：次頁図）らによって実施さ

れ、その結果、微地形の変化「モデル」が提示された。したがって、本研究で対象とする瀬戸内臨海平野は、日本列島に発達する沖積平野における地形発達と人間活動との対応関係を検討する場、もしくは他地域との比較研究を実施する上で適切な地域であるといえよう。しかし、いわゆる縄文海進以降の地形発達史的研究では、堆積層に関しても粘土から粗砂まで様々な層相を含みながら最上部層として一括されてきたように、より短期間に発生し、変化してきた微地形、それに対応してきた人間活動の実態を理解する上では、いまだ未解明な部分が多いことも事実である。

したがって、本研究では既存の研究群を整理し、今後の検討課題を提示した。

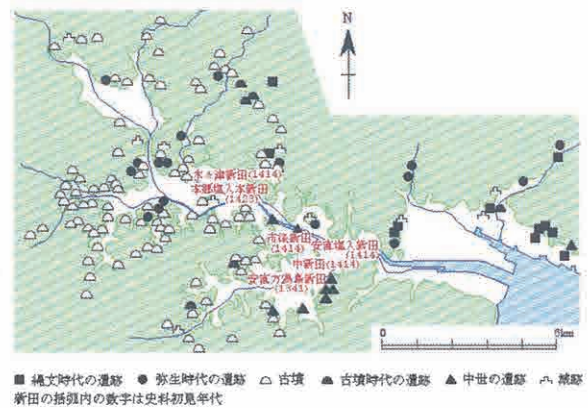


2. 瀬戸内海沿岸平野の地形発達史と遺跡立地研究

佐藤（1996：下図）の研究史整理に依拠すれば、瀬戸内海沿岸においては、広島平野，岡山平野の沖積層の堆積構造が明らかにされ，周防灘北岸沿岸低地および岡山平野においては遺跡の立地と海水準の関係について検討された。

また，高橋（1995）は，多くの遺跡発掘調査に関わって「地形環境分析」を行った結果から，瀬戸内海沿岸の平野の形成過程について縄文海進以降に11のステージを認め，さらに，どのステージに形成された部分が卓越しているかで平野を3タイプへ類型化し，各類型と歴史時代における土地開発との関係を考察した。このうち，近畿・山陰に多く分布するラグーン・タイプについては，歴史時代における地形環境についての研究が進められている（高橋，1989，1994）。

いっぽう，中国地方の瀬戸内海沿岸に分布するデルタ・タイプは，最近（完新世段丘Ⅱ面の段丘化以降）になって形成され，歴史時代の地形環境の変遷に関する研究はあまり実施されていないと指摘されている。



3. 内陸平野と臨海平野との対比

海水準変動の影響を受けずに形成された内陸の沖積平野と，海水準変動の影響を受けて形成された臨海平野の地形発達イベントを以下に要約する。

■内陸平野【近江盆地】（宮本，2013b）

- (1) 河川活動の活発化と微起伏の形成（約 20,000～15,000 年前）
- (2) 部分的な離水と土壌化の進行（約 15,000～2,800 年前）
- (3) 自然堤防状の微高地の形成（約 3200 年前頃）
- (4) ポイントバーの形成と側方侵食（約 3200～2700 年前）
- (5) 小規模な谷の埋積と生産遺構の形成（約 2800～1700 年前）
- (6) 湿地の形成開始（約 2700 年前頃）
- (7) 湿地の形成（約 2700～2500 年前）
- (8) 凹地（河道跡）の埋積（約 2500 年前頃）
- (9) 低地の埋積（約 1700 年前頃）
- (10) 土壌形成（約 1700 年前～15 世紀の間）
- (11) 細粒堆積物の供給（約 15 世紀）

①河川活動の活発化と微起伏の形成：（約20,000年前～15,000年前）



②部分的な離水と土壌化の進行：（約15,000年前～約2,800年前）



③谷の埋積と遺構の形成：（約2,800年前～（約1,700年前））



④土壌化の進展：（約1,700年前～700年前）



⑤大規模な洪水：（約700年前～500年前）



■臨海平野【沼田川下流平野】（佐藤，1996）

(1) 後氷期の海進によって沼田川下流域においても湾奥へ海水が進入し，約6,300年前のアカホヤ火山灰の降下を途中に挟みながら中部泥層の堆積が進展。

(2) 沼田川水系による土砂の堆積作用はあまり活発ではなく，平野の形成は遅れた。平野が拡大していく間，海水準はほぼ一定に保たれたままで，最高でも+0.6m以下。

(3) 平野の大部分は中世以降の干拓により陸化。

(4) 縄文海進以降の海水準の微変動に対応して形成された明瞭な完新世段丘も見られない。

(5) 遺跡は低地には存在せず，周囲に広がる丘陵の麓に位置している。多くの古墳があることから，古代にはすでに多くの人々がこの地域に居住していた。

(6) 古墳及び弥生時代の遺跡は本郷町

中心部から沼田川支流の梨和川の流域に分布しており，弥生・古墳時代には本郷低地では既に離水して平野が形成されていたと考えられる。

(7) 中世になると沼田低地でも離水が進展。

4. おわりに

瀬戸内臨海平野の地形環境変化と遺跡立地の特色として，①沖積平野の陸化が遅く，それに対応した土地開発である。イベント発生 of 要因は，解明されていないが，②地形環境変化の時期が内陸の沖積平野の発達史と同時代性があることは，指摘できる。このことは，藤原（1996）が指摘しているように，「流入河川の影響の少ない小規模な低地と海水準変動との整合性」を整理する必要がある。

また，学際性研究を重視する立場（宮本，2013，宮本・野中，2014）からは，瀬戸内臨海平野において，局所的には考古学的な調査や研究は進展しているが，「地形環境研究」は進展していない。逆説的には環境考古学や，ジオ・アーケオロジ的な分野横断型研究が進展していない事実にもする必要がある。

付記

本研究の研究経費として（公財）八雲環境科学振興財団 環境研究助成（一般研究）「瀬戸内臨海平野に記録された災害履歴と遺跡の立地環境の解析」，（研究代表者；岡山理科大学生物地球学部准教授：宮本真二）のほかに，科研費・基盤C「アジア・モンスーン地域における土地開発の歴史的変容とその要因解明」（研究代表者：宮本真二），同・基盤C「日本中世における「水辺推移帯」の支配と生業をめぐる環境史的研究」（研究代表者：橋本道範）の一部を使用した。

文献

- 佐藤崇徳 (1996) 沼田川下流平野の地形
発達. 地理科学, 51, 4, 237-251.
- 藤原健蔵 (編著) (1986) 『瀬戸内海地域
における完新世海水準変動と地形変
化』昭和 58・59・60 年度科学研究費
補助金 (一般研究 A) 研究
成果報告書.
- 高橋 学 (1989) 埋没水田遺構の地形環
境分析. 第四紀研究, 27, 253-272.
- 高橋 学 (1990) 播磨灘沿岸平野の地形
環境と土地開発. 『今里幾次先生古希
記念論文集刊行会』, 1-14.
- 高橋 学 (1994) 古代末以降における臨
海平野の地形環境と土地開発 —河内
平野の島畠開発を中心に—. 歴史地理
学, 167, 1-15.
- 高橋 学 (1995) 臨海平野における地形
環境の変貌と土地開発. 日下雅義 (編
著) 『古代の環境と考古学』古今書院,
158-185.
- 高橋 学 (2003) 『平野の環境考古学』.
古今書院.
- 宮本真二 (2013a) 「地理学と環境考古学」.
『動物考古学』, 30, 435-442.
- 宮本真二 (2013b) 近江盆地東部, 野洲
川下流域平野における地形環境の変
遷と遺跡立地. 半田山地理考古, 1,
1-10.
- 宮本真二・野中健一 (2014) 序章「人は
いかにして住まうか? 人間からとら
える自然 — 関係性の地理学の再構
築から環境史へ. 宮本真二・野中健一
(編著) (2014) 『自然と人間の環境史』,
海青社, 13-23.

公益財団法人 八雲環境科学振興財団平成25年度環境研究助成報告書
研究レポート

研究テーマ：

岡山市における大気汚染粒子状物質曝露と疾病別救急受診の因果関係評価

研究代表者：

頼藤貴志（岡山大学大学院環境生命科学研究科）

研究の概要：

今回の研究においては、大気汚染の短期影響に着目し、大気汚染曝露と循環器疾患発症・呼吸器疾患発症・心停止との関連を評価した。その際、2006年1月～2010年12月に救急外来を受診した岡山市住民を対象に研究を行った。研究では、疫学研究の中の（時間層別）ケースクロスオーバーデザインと言われるデザインを用いた。救急外来に搬送された65歳以上の患者で、循環器疾患10,949人、呼吸器疾患6,925人、心停止558人を研究対象者とした。研究期間中に岡山市内の観測地点で測定された浮遊粒子状物質(SPM)、二酸化窒素(NO₂)、二酸化硫黄(SO₂)、オゾン、および一酸化炭素(CO)の毎時濃度の情報を岡山県庁から取得した。条件付きロジスティック回帰を用い、大気汚染曝露と各健康アウトカムの関連を示す調整オッズ比(OR)と95%信頼区間(CI)を推定した。結果として、大気汚染による短期曝露により、循環器疾患、呼吸器疾患、心停止による救急搬送のリスクが上昇していた。

内容：本文9, 244文字、表4枚、図3枚

背景

大気汚染の健康影響を語る上で忘れてはいけないのは、国内では四大公害の内の一つ四日市喘息である。これは、1960年代、三重県四日市市塩浜地区に発生した。当時四日市コンビナートではペルシャ湾より輸入される硫黄分の多い石油を使用していたため、コンビナートより排出される二酸化硫黄（以下、SO₂）により、異臭魚・悪臭・酸性雨などの問題と同時に、喘息・上気道炎・慢性気管支炎・閉塞性呼吸障害の発症が見られた。当時海外でも同様に、大気汚染の健康影響の事例は見られており、1930年ベルギーで起きたSO₂による大気汚染では60人強の死亡が見られたと報告されている。また、1952年ロンドンでもSO₂や粒子状物質（以下、PM）による大気汚染で4,000人の死亡が生じ、気管支炎・肺炎・肺がん・心血管系疾患が多発したと言われている。このような事例を通し大気汚染が健康影響を引き起こすということがわかってきた。

そもそも、大気汚染とは大気中に溶解・浮遊するガスや粒子の大気への排出が過剰になった状態であり、汚染物質としては一酸化炭素（以下、CO）、二酸化窒素（以下、NO₂）、SO₂、PM、オゾンなどが知られている。特に、PMによる健康影響が最近注目されている。PMとは、空气中を浮遊する固体状、液体状、またはその混合した粒子であり、その空気力学径が健康影響を規定しているため、サイズでカテゴリー化され規制されている。国内では浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter、以下SPM）（空気力学径7μm以下の粒子）や微小粒子状物質（以下、PM_{2.5}）（2.5μm以下の粒子）が測定されている。最近PM_{2.5}の健康影響が注目されており、国内でも議論がされている。

上述した四日市やロンドンで大気汚染による健康影響が見られた頃より、基準値整備やその他の大気汚染対策により大気汚染の濃度は着実に減少してきた。アメリカでは、1990年代だけでもCOとSO₂の36%、PM₁₀（空気力学径10μm以下の粒子）の18%、窒素酸化物の10%、オゾンの4%が減少した。日本でも1970年代よりアメリカと同じく、COとSO₂の減少が大きい。このように各地域で大気汚染物質の濃度は減少したが、最近の疫学研究では以前より低濃度の汚染状況でさえ健康影響を引き起こすと指摘している。また、以前見られた固定発生源による大気汚染から、NO₂やPMなどの移動発生源による大気汚染へと問題が変化してきている。

2006年に、WHOより出版されたWHO Air Quality Guideline Global Updateには大気汚染による様々な健康影響がまとめられており、大気汚染は短期曝露による影響と慢性曝露による影響を起こしうるとされている。短期曝露による影響とは一過性の（時間により）変動する大気汚染曝露による影響であり、慢性曝露による影響とは大気汚染曝露のある一定期間での累積の影響と捉えることができる。両曝露とも呼吸器・心血管系の死亡の増加、呼吸器・心血管系疾患の罹患の増加、生理的機能への影響を引き起こすとされている。

特に、大気汚染短期曝露と循環器疾患の関連はこれまで数多くの研究で示されている。大気汚染と関連があるとされている特定の循環器系イベントには虚血性心疾患、心不全、不整脈、心停止、脳梗塞が含まれる。しかしながら、出血性脳血管疾患についての結果には一貫性がない。西洋諸国における同様の研究のほとんどで大気汚染レベルと脳梗塞は関連があるとされているが、出血性脳血管疾患に対してはされていない。一方、出血性脳血管疾患の発生率が高いアジア諸国

のいくつかの研究では、大気汚染レベルと出血性脳血管疾患の関連が示唆されている。

さらに、これまでのほとんどの研究では日毎の大気汚染と循環器系アウトカムに関連を評価しているが、虚血性心疾患または心停止、脳梗塞に対する大気汚染の毎時変動の影響を検証し、考えられる有害作用を実証したことがある疫学研究はごくわずかである。日本のある研究では暖かい季節に、死亡2時間前のSPMへの曝露と脳内出血死亡リスクの関連が示唆されているが、大気汚染毎時変化による出血性脳血管疾患罹患の影響を検討した研究はまだ行われていない。ディーゼル排気微粒子を吸入することにより、2時間後に血管緊張調節機能が障害され、その障害は6時間持続することを示したある実験研究の結果から、出血性脳血管疾患は大気汚染曝露後短時間でも引き起こされる可能性があることが考えられる。

また、呼吸器疾患に関しても短期影響が報告されているが、多くの研究は日々の大気汚染濃度と日々の呼吸器疾患の発生の関連を見ているだけである。例えば、最近ヨーロッパと北米で行われた多都市における研究では、日々の大気汚染濃度と日々の死亡又は入院との関連を検討していた。いくつかの研究が、より細かい時間単位での関連を検討している。例えば、Stiebらは、3時間毎の救急室への搬送と3時間平均した大気汚染濃度との関連を検討しているが(12時間前まで)、明らかな関連を認めなかった。しかしながら、こういった試みは珍しく、大気汚染の曝露と呼吸器疾患の関連が時間単位でどうなっているかの検証は少ない。

更に、上述の循環器疾患や呼吸器疾患との関連を示す研究は増えてきているが、大気汚染と心停止の関連を検討した研究は海外でも少ない。心停止とは、「心臓のポンプ機能の急激な停止で、適切な介入により回復可能だが、何もしない場合は死に至る」と定義されている。心停止は、急速に心臓死に至り、その影響は個人にとっても社会にとっても大きいため、心停止を予防するのは公衆衛生上重要である。喫煙、糖尿病、高血圧が心停止を引き起こすことは知られているが、大気汚染の影響も最近注目されている。今まで、世界中(アメリカ、ヨーロッパ、オーストラリア)で10の研究がおこなわれてきたが、知見はまだ一致していない。

以上のように、今回の研究においては、大気汚染の短期影響に着目し、大気汚染曝露と循環器疾患発症・呼吸器疾患発症・心停止との関連を評価した。その際、2006年1月～2010年12月に救急外来を受診した岡山市住民を対象に研究を行った。

方法

研究デザインと対象者

本研究では、疫学研究の中の(時間層別)ケースクロスオーバーデザインと言われるデザインを用いた。(デザインなど疫学的な用語については、補足：疫学用語の紹介の項を参照。)

岡山市消防局救急課から研究期間中の全119番通報の電子データ提供を受けた。通報時刻は患者が救急車要請を行った時刻とした。岡山市で2006年1月～2010年12月に救急車で救急外来に搬送された110,110人をデータから抽出した。岡山市は(2010年において)人口709,584人(65歳以上人口151,140人)、面積790km²を有する西日本の都市である。救急外来に搬送された65歳以上の患者で、循環器疾患10,949人、呼吸器疾患6,925人、心停止558人を研究対象者と

した。データからは個々の患者を区別できなかったため、同一対象者を重複計上している可能性がある。高齢者に限定したのは、大気汚染の健康有害作用を受けるリスクが高いとされているからである。疾患の種類は患者が搬送された病院の医師により診断された。疾患発生の正確な時刻の情報は得られなかったため、119番通報時刻を各症例の発症時刻とした。

大気汚染データと気象データ

研究期間中に岡山市内の観測地点で測定されたSPM、NO₂、SO₂、オゾン、およびCOの毎時濃度の情報を岡山県庁から取得した。研究期間中に、SPMは11地点、NO₂は11地点、SO₂は7地点、オゾンは8地点、COは2地点で観測されたデータを使用した。少なくとも2つの観測地点から30kmの距離でバッファリングすることにより市の全面積がカバーできる。つぎに、代表値として各大気汚染物質の毎時平均濃度を各観測地点の毎時濃度から計算した。研究期間中のSPM、NO₂、SO₂の毎時平均濃度代表値における欠損データはなかったものの、オゾンでは502時間分（全対象時間の1.15%）の、COでは26時間分（全対象時間の0.06%）の毎時濃度が欠損していた。また、日本気象庁管下の岡山地方気象台から気温と相対湿度の毎時データを取得した。気温と相対湿度については、欠損データはなかった。

健康アウトカム

疾患の種類診断は患者が搬送された病院の医師が行い、国際疾病分類第10版(ICD-10)に基づきコード化した。以下の疾患を主なアウトカムとした。心血管疾患(ICD-10: I10-I70 およびG45.9)、脳血管疾患(I60-I69)、出血性脳血管疾患(I60, I61, I69.0, I69.1)、脳梗塞(I63, I69.3)、一過性脳虚血発作(G45.9)、呼吸器疾患(J00-99)、肺炎とインフルエンザ(J10-22)、慢性閉塞性肺疾患。心停止は、救急隊員により心電図を施行され、心停止の所見(心室細動、心静止、無脈性電気活動)を呈し、搬送された病院の医師により循環器疾患と診断されたものとした。

統計解析

条件付きロジスティック回帰を用い、大気汚染曝露と各健康アウトカムの関連を示す調整オッズ比(OR)と95%信頼区間(CI)を推定した。大気汚染物質の急性曝露と健康アウトカムの線形相関を示した先行研究に基づき、曝露データは連続変数として扱った。そして、研究期間中の各大気汚染物質の四分位範囲(IQR)増加に対する調整オッズ比を推定した。全解析において、毎時外気温は自由度6の、毎時相対湿度は自由度3のナチュラルスプラインを用い調整した。症例発生時刻の気象データを用いた。

循環器疾患の解析においては、はじめに心血管疾患全体と脳血管疾患について、症例発生(119番通報)前0-6時間の各大気汚染物質濃度を平均し、その曝露の健康影響を評価した。つぎに、両疾患(心血管疾患と脳血管疾患)およびより詳細なアウトカム(出血性脳血管疾患、脳梗塞、一過性脳虚血発作)について、症例発生前の異なる6期間(0-6時間、0-12時間、0-24時間、24-48時間、48-72時間、72-96時間)のSPM濃度を平均し、その影響の評価を行った。SPMの短時間曝

露の影響をより詳細に評価するために、症例発生前 2 時間ごと (0-2 時間から 22-24 時間まで) の濃度を平均し、その健康影響を評価した。

呼吸器疾患の解析においては、症例発生前の異なる 6 期間 (0-6 時間、0-12 時間、0-24 時間、24-48 時間、48-72 時間、72-96 時間) の大気汚染濃度を平均し、その影響の評価を行った。また、いくつかの大気汚染濃度が同じアウトカムに関連しているときは、どの大気汚染物質が関連しているか検討する為に、二つ以上の大気汚染物質を同じモデルに入れた。更に、短時間曝露の影響をより詳細に評価するために、症例発生前 2 時間ごと (0-2 時間から 46-48 時間まで) の濃度を平均し、その健康影響を評価した。

心停止の解析においては、症例発生前の異なる 4 期間 (0-24 時間、24-48 時間、48-72 時間、72-96 時間) の大気汚染濃度を平均し、その影響の評価を行った。

解析は R 統計パッケージのバージョン 2.15.0 を用いた。また、本研究は岡山大学大学院医歯薬学総合研究科倫理審査委員会の承認を得て行われた (承認番号 556 と 851)。

結果

研究期間中の各大気汚染物質の平均値 (括弧内は標準偏差) は以下のとおりであった。SPM: 26.8 (18.3) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 NO_2 : 17.1 (8.1) ppb、 SO_2 : 3.0 (2.5) ppb、オゾン: 25.9 (17.9) ppb、CO: 0.6 (0.3) ppm。

循環器疾患の解析

オゾンを除き、症例発生前 0-6 時間のすべての大気汚染物質平均曝露濃度は、循環器系疾患あるいは脳血管疾患の発症リスクと正の関連があった (表 1)。

症例発生前の異なる 6 期間の平均 SPM 濃度の影響を調べると、最後の曝露 (症例発生前 0-6 時間前) は他の曝露期間よりも、出血性脳血管疾患以外の健康アウトカムと強く関連していた (表 2)。

症例発生前 0-6 時間前の平均 SPM 濃度が IQR 分増加する時の OR は循環器系疾患、脳血管疾患、脳梗塞、一過性脳虚血発作 (TIA) でそれぞれ 1.04 (95% CI: 1.01-1.06)、1.04 (95% CI: 1.00-1.08)、1.04 (95% CI: 0.98-1.09)、1.04 (95% CI: 0.95-1.13) となった。出血性脳血管疾患については、OR が最も高くなるのは症例発生前 48-72 時間の曝露 (OR=1.08, 95% CI: 1.00-1.06) で、OR は (症例発生前 96 時間までの) いくつかの曝露期間で高くなることが観察された。一方、脳梗塞と TIA では曝露影響の推定値は、症例発生から、より前の期間で (発症前 24-72 時間) OR は 1 より小さくなった。

症例発生 24 時間以内の曝露影響についてより詳細に調べた (図 1)。発症前 0-6 時間の SPM 曝露は循環器系疾患と脳血管疾患発症のリスク上昇とより強く関連していた。発症前 4-6 時間の SPM 曝露は出血性脳血管疾患のリスク上昇ともっとも強く関連していた (OR=1.06, 95% CI: 0.99-1.14)。一方、発症前 2-4 時間の SPM 曝露は脳梗塞のリスク上昇ともっとも強い関連があった (OR=1.04, 95% CI: 0.99-1.09)。しかしながら、脳梗塞への影響の推定値は、症例発生から、

より前の期間（10-20 時間）で OR は 1 より小さくなった。TIA の結果ははっきりしなかった。

呼吸器疾患の解析

6 つの期間の影響を見たところ、SPM が発症の 24-72 時間前、オゾンが 48-96 時間前の曝露が呼吸器疾患の発症と関連していた（表 3）。濃度が IQR 分増加する時の OR は、SPM 濃度 24-48 時間前に関しては、1.05 (95% CI: 1.01, 1.09)、オゾン濃度 72-96 時間前に関しては、1.13 (95% CI: 1.04, 1.23) であった。肺炎とインフルエンザに関しては、0-24 時間前の SO₂ 曝露が関連しており、OR は 1.07 (95% CI: 1.00, 1.14) であった。一方、慢性閉塞性肺疾患に関しては、結果ははっきりしなかった。SPM とオゾンを同時にモデルに入れて調整してみても、結果は変わらなかった。更に、SPM とオゾンを SO₂ のモデルに入れてみても、0-24 時間前の SO₂ の肺炎・インフルエンザに与える影響は変わらなかった (OR=1.07, 95% CI: 0.99, 1.17)。

48 時間以内の大気汚染濃度に関してより細かい時間単位で影響を見たところ、発症から 30-48 時間前の SPM 濃度が呼吸器疾患の発生と関連していた（図 2）。また、表 3 の結果から予測される通り、オゾンはリスクの上昇と関連していなかった。一方、SO₂ 曝露は発症から 8-18 時間前の曝露が、肺炎・インフルエンザリスク上昇と関連していた（図 3）。

心停止の解析

SPM、オゾン、NO₂、SO₂ の曝露が心停止のリスク上昇と関連していた（表 4）。濃度が IQR 分増加する時の OR は、発症から 48-72 時間前の SPM 曝露で 1.17 (95% CI: 1.02-1.33)、72-96 時間前のオゾンで 1.40 (95% CI: 1.02-1.92)、24-48 時間前の NO₂ 曝露で 1.24 (95% CI: 1.01-1.53)、48-72 時間前の SO₂ 曝露で 1.16 (95% CI: 1.00-1.34) であった。CO はリスク上昇と関連していなかった。

考察

本研究は、大気汚染短期曝露と循環器疾患発症・呼吸器疾患発症・心停止との関連を評価した。

循環器疾患に関する考察

循環器疾患に対する SPM 曝露の日内レベルの影響は先行研究と合致していた。米国での Peters らの研究によると、心筋梗塞発症前 1-2 時間の PM_{2.5} 濃度はそのリスク上昇と関連していた。Bhaskaran らもまた、PM₁₀ と NO₂ レベルは、イングランドとウェールズ地方において曝露後 1-6 時間の心筋梗塞発症リスクが一時的に上昇することと関連していることを示した。さらに、米国での Wellenius らの研究によると、PM_{2.5} の毎時変化は脳梗塞へのリスクを高め、脳卒中の発症リスクは曝露直後に上昇し、発症前 12-14 時間の間にピークに達していた。PM 曝露直後のリスクがこのような一時的に増加することは、ディーゼル排気の吸入により、曝露後数時間内の循環器障害、虚血、血栓性障害が引き起こされること示した実験研究により支持される。

出血性脳血管疾患のリスク上昇（発症前 2-4 時間および 48-72 時間）は、アジア諸国における

先行研究の結果と合致しており、日本を含むこれらの国々において出血性脳血管疾患の頻度が高いことで説明できる。脳梗塞やTIAと比較して出血性脳血管疾患で若干リスクが高く、リスク上昇は持続していたという本研究の結果は、出血性脳血管疾患と脳梗塞やTIAのメカニズムが違うことに帰する可能性もある。

呼吸器疾患に関する考察

SPM、オゾン、SO₂が呼吸器疾患のリスクと関連していた結果は、過去の研究と一致していた。多くの研究がPMやオゾンが呼吸器疾患による死亡や罹患と関連していることを示してきた。SO₂の研究は、PMやオゾンに比べると少ないが、メタアナリシスや多都市の研究でもSO₂が呼吸器疾患に悪影響を及ぼすことは示されている。そして、それらは香港で行われた、石油の硫黄分を制限した後にSO₂が減少した際の健康への好影響を評価した介入研究でも支持されている。

影響が出るラグが大気汚染物質で異なること（つまり、SO₂は8-18時間、SPMは1-2日、オゾンは2-3日）は検討する価値があると思われる。過去の研究とSPMやオゾンのラグは一致している。SO₂のラグがより短くなっていることも、大気汚染物質への曝露後18時間に肺胞洗浄液中に好中球が増加していることを示した実験により支持されるかもしれない。基本的に、SO₂は硫酸に変化し、PMを構成していく。上述の実験でも、硫黄成分は粒子中に多く含まれていた。今回、SO₂の影響がすぐに見られたことをSO₂だけに説明を求めることは難しいかもしれないが、PMはSO₂が同時に存在しPMの表面に吸収されると、PM自体の毒性が増加するのかもしれない。

心停止に関する考察

SPMの影響が認められたことは過去のアメリカ、ヨーロッパ、オーストラリアで行われた7つの研究と一致する。また、オゾンの知見も過去アメリカで行われた3つの研究と一致している。オゾンの知見はいまだはっきりしていないと考えられているが、最近11,677人の心停止の対象者を含んだ研究では、心停止の当日のオゾンや、発症の1-3時間前のオゾンの悪影響を示している。これらの知見は、PMやオゾンが心停止のリスクを上昇することを支持している。

また、我々はNO₂やSO₂も心停止のリスクを上昇させていることを示している。この結果は、それぞれの気体汚染物質の異なる毒性を示しているのかもしれない。しかしながら、SO₂は他の物質よりも地理的にばらつきがあることが示されており、今回の研究ではSO₂はNO₂やCOと関連しており、SO₂の影響は注意して解釈しなければならない。SO₂は、地域的な交通由来の大気汚染物質を反映するNO₂のマーカーになっているのかもしれない。過去のデンマークコペンハーゲンの研究では、Wichmannらは、NO₂と心停止の関連を示している。

研究の強みと限界

本研究の強みは、大気汚染と救急外来の両方の毎時データを取得することができ、大気汚染の毎時変化による疾患発症リスクの影響を調べることができた点である。（死亡に関する過去の研究では、大気汚染が新規のイベントの引き金となっているのか、あるいは既存の患者の死亡を促

進しているのか区別することができなかった。また、時間尺度を1日としていたため、大気汚染曝露と疾患発症の正確な一時的関連を判断できなかった。) さらに、循環器疾患においては、出血性脳血管疾患の発症率が高い日本において、その発症リスクに対する大気汚染の効果を検証することができた。

しかし、限界もいくつかある。第一に、疾患の正確な発症時刻を得ていなかったため、各症例の発症時刻として119番通報の時刻を用いたことである。しかし、全国民を対象とする国民皆保険制度や救急車搬送が無料であるなど、日本は医療へのアクセスが良いことから、発症時刻と119番通報時刻の時間差は無視できるものと考えられる。岡山市のデータでは発症時刻と119番通報時刻のタイムラグに関するデータがなかったが、2010年の東京都の循環器疾患に関する報告では、タイムラグの中央値とタイムラグ1時間以内の割合はそれぞれ、脳梗塞で46分と52.4%、脳内出血（出血性脳血管疾患の中の疾患）では38分と63.8%、くも膜下出血（出血性脳血管疾患の中の疾患）では30分と57.1%となっている。出血性脳血管疾患の方が脳梗塞よりタイムラグが短いという結果が、今回得られた疾患の影響において時間的なピークに違いがあることを一部説明できているかもしれないが、観察結果に大きく影響するものではないであろう。

第二に、疾患の診断は患者が搬送された病院の医師により行われたことである。しかし、診断技術はこれらの病院において標準化されているものと考えられる。したがって、誤分類は系統的でなく、比較的まれである。

第三に、本研究では空間分布を配慮せず、全住民が同じ濃度に曝露されたと仮定していることである。この曝露測定誤差は信頼区間を広げることはあっても、バイアスはほとんどないか全くないと言える（バークソンエラー）。

最後に、自家用車で病院に到着した患者は含めなかった。したがって、本研究の結果を全救急外来に一般化できていない可能性がある。その上、データ上の各個人を区別できなかったため、同一対象者を重複計上している可能性がある。

結論

大気汚染による短期曝露により、循環器疾患、呼吸器疾患、心停止による救急搬送のリスクが上昇していた。

謝辞

研究のお手伝いをいただいた津田敏秀氏、入江佐織氏、時信亜希子氏に感謝いたします。

補足：疫学用語の紹介

オッズ比

曝露と結果の関連の度合いの指標。これが1より大きければ、両者には正の関連があり、1より小さければ負の関連がある。

ケースクロスオーバーデザイン

曝露の急性影響を調査する方法。病気になったケースのみを用いる。個々のケースに対し、イベント前（ケース期間）の曝露とコントロール（基準）期間の曝露を比較する。個人内の比較により、時間に影響されない交絡因子（たとえば、人口統計学的属性、既往歴、慢性疾患など）がデザイン上調整できる。時間層別した基準の選択は、条件付きロジスティック回帰の推定にバイアスがかからないようにする、あるいは時間推移によるバイアス（たとえば、季節、曜日など）を避けるために推奨されている。本研究では、同年同月同曜日の他の日の同時刻をコントロール期間として設定した。

四分位範囲

第1・第3四分位数の差

メタアナリシス

様々な研究結果を組み合わせる統計的手法。研究間の違いを考慮し、組み合わせることが可能なら、組み合わせで定量的な結果のまとめを提示する。

95%信頼区間

研究を行えば、100回中95回は信頼区間内の値をとる。これに含まれない値は偶然では説明できない結果であると考えられている。

参考文献

- Yorifuji T, Suzuki E, Kashima S.
Cardiovascular emergency hospital visits and hourly changes in air pollution.
Stroke. 2014 May;45(5):1264-8. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.005227. Epub 2014 Apr 1.
- Yorifuji T, Suzuki E, Kashima S.
Hourly Differences in Air Pollution and Risk of Respiratory Disease: a time-stratified case-crossover study (under review)
- Yorifuji T, Suzuki E, Kashima S.
Outdoor Air Pollution and Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Okayama, Japan (under review)
- 頼藤貴志、浦久保雄介、津田敏秀 大気汚染疫学の最新知見 環境と公害 38巻 11-16頁

表.1 119 番通報 6 時間前の各大気汚染物質の四分位範囲増加と循環器系外来受診の調整オッズ比* と 95% 信頼区間

	四分位範囲	循環器系疾患	脳血管疾患
SPM	20.6 μg/m ³	1.04 (1.01 - 1.06)	1.04 (1.00 - 1.08)
二酸化窒素	11.1 ppb	1.04 (0.99 - 1.08)	1.02 (0.96 - 1.09)
二酸化硫黄	2.3 ppb	1.03 (1.00 - 1.06)	1.03 (0.99 - 1.07)
オゾン	25.8 ppb	0.99 (0.93 - 1.05)	1.00 (0.92 - 1.09)
一酸化炭素	0.3 ppm	1.03 (1.00 - 1.07)	1.03 (0.98 - 1.09)

*外気温(自由度 6)と湿度(自由度 3)を調整

表2.119 番通報前の曝露期間別 SPM の四分位範囲増加に対する循環器系外来受診の調整オッズ比*

SPM	循環器系疾患	脳血管疾患	出血性脳血管疾患	脳梗塞	TIA
0-6 時間前	1.04 (1.01 - 1.06)	1.04 (1.00 - 1.08)	1.05 (0.97 - 1.13)	1.04 (0.98 - 1.09)	1.04 (0.95 - 1.13)
0-12 時間前	1.02 (0.99 - 1.05)	1.03 (0.99 - 1.07)	1.05 (0.97 - 1.13)	1.02 (0.96 - 1.08)	1.01 (0.92 - 1.11)
0-24 時間前	1.00 (0.97 - 1.04)	1.01 (0.96 - 1.05)	1.03 (0.95 - 1.12)	0.99 (0.92 - 1.06)	1.00 (0.90 - 1.10)
24-48 時間前	0.97 (0.94 - 1.00)	0.96 (0.92 - 1.00)	1.03 (0.95 - 1.12)	0.92 (0.86 - 0.98)	0.88 (0.79 - 0.98)
48-72 時間前	1.00 (0.97 - 1.03)	0.99 (0.95 - 1.03)	1.08 (1.00 - 1.16)	0.95 (0.89 - 1.01)	0.92 (0.83 - 1.01)
72-96 時間前	0.97 (0.95 - 1.00)	1.00 (0.96 - 1.04)	1.05 (0.97 - 1.13)	0.97 (0.91 - 1.03)	0.94 (0.85 - 1.03)

*外気温(自由度 6)と湿度(自由度 3)で調整。四分位範囲 = 20.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

SPM: 浮遊粒子状物質, TIA: 一過性脳虚血発作

表3. 119 番通報前の曝露期間別大気汚染の四分位範囲増加に対する呼吸器系外来受診の調整オッズ比*

	呼吸器疾患	肺炎・インフルエンザ	閉塞性肺疾患
SPM			
0-6 時間前	1.03 (0.99, 1.06)	1.02 (0.97, 1.07)	1.06 (0.96, 1.17)
0-12 時間前	1.03 (0.99, 1.07)	1.03 (0.98, 1.09)	1.04 (0.94, 1.16)
0-24 時間前	1.03 (0.99, 1.07)	1.03 (0.97, 1.09)	1.02 (0.91, 1.14)
24-48 時間前	1.05 (1.01, 1.09)	1.05 (0.99, 1.11)	0.99 (0.88, 1.10)
48-72 時間前	1.03 (1.00, 1.07)	1.01 (0.96, 1.07)	0.98 (0.88, 1.09)
72-96 時間前	1.01 (0.97, 1.05)	0.97 (0.91, 1.02)	0.90 (0.80, 1.02)
二酸化窒素			
0-6 時間前	1.02 (0.97, 1.08)	1.05 (0.97, 1.14)	0.97 (0.83, 1.13)
0-12 時間前	1.04 (0.98, 1.10)	1.07 (0.98, 1.17)	1.00 (0.84, 1.19)
0-24 時間前	1.04 (0.98, 1.11)	1.06 (0.97, 1.17)	0.95 (0.78, 1.15)
24-48 時間前	1.05 (0.99, 1.11)	1.06 (0.97, 1.16)	1.01 (0.84, 1.22)
48-72 時間前	1.02 (0.96, 1.08)	1.02 (0.94, 1.11)	0.96 (0.80, 1.14)
72-96 時間前	0.98 (0.92, 1.04)	0.93 (0.86, 1.02)	0.84 (0.70, 0.99)
二酸化硫黄			
0-6 時間前	1.01 (0.98, 1.05)	1.02 (0.98, 1.07)	1.02 (0.92, 1.13)
0-12 時間前	1.02 (0.98, 1.06)	1.05 (0.99, 1.11)	0.99 (0.88, 1.11)
0-24 時間前	1.03 (0.99, 1.08)	1.07 (1.00, 1.14)	1.00 (0.88, 1.14)
24-48 時間前	1.03 (0.98, 1.07)	1.05 (0.98, 1.11)	0.97 (0.86, 1.10)
48-72 時間前	1.02 (0.98, 1.07)	1.02 (0.96, 1.08)	0.94 (0.83, 1.06)
72-96 時間前	1.01 (0.96, 1.05)	0.96 (0.90, 1.03)	0.85 (0.74, 0.96)
オゾン			
0-6 時間前	1.01 (0.94, 1.09)	0.94 (0.84, 1.05)	1.10 (0.88, 1.39)
0-12 時間前	1.02 (0.94, 1.11)	0.94 (0.83, 1.06)	1.09 (0.84, 1.40)
0-24 時間前	1.04 (0.95, 1.15)	0.95 (0.83, 1.10)	1.29 (0.96, 1.74)
24-48 時間前	0.98 (0.89, 1.06)	0.87 (0.76, 0.99)	1.00 (0.76, 1.32)
48-72 時間前	1.09 (1.00, 1.19)	1.00 (0.88, 1.13)	0.98 (0.75, 1.28)
72-96 時間前	1.13 (1.04, 1.23)	1.06 (0.93, 1.20)	1.21 (0.93, 1.58)
一酸化炭素			
0-6 時間前	1.00 (0.96, 1.05)	1.01 (0.94, 1.07)	0.99 (0.87, 1.12)
0-12 時間前	1.00 (0.95, 1.05)	1.01 (0.94, 1.08)	0.95 (0.82, 1.10)

0-24 時間前	0.99 (0.94, 1.05)	0.99 (0.91, 1.07)	0.90 (0.76, 1.07)
24-48 時間前	1.03 (0.98, 1.09)	1.05 (0.97, 1.13)	0.96 (0.82, 1.12)
48-72 時間前	1.00 (0.95, 1.05)	0.99 (0.92, 1.07)	0.97 (0.84, 1.12)
72-96 時間前	0.94 (0.90, 0.99)	0.94 (0.88, 1.01)	0.81 (0.70, 0.94)

*外気温(自由度 6)、湿度(自由度 3)、60 歳以上の週数インフルエンザ患者数で調整。四分位範囲 = 20.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM)、11.1 ppb(NO_2)、2.3 ppb(SO_2)、25.8 ppb(オゾン)、0.3 ppm(一酸化炭素)。

表4.119 番通報前の曝露期間別大気汚染の四分位範囲増加に対する心停止外来受診の調整オッズ比

タイムラグ	SPM				一酸化炭素
	オゾン	二酸化窒素	二酸化硫黄	一酸化炭素	
0-24 時間前	0.99 (0.87-1.13)	1.19 (0.83-1.69)	1.13 (0.90-1.42)	1.14 (0.98-1.33)	1.01 (0.83-1.22)
24-48 時間前	1.07 (0.93-1.22)	0.83 (0.60-1.14)	1.24 (1.01-1.53)	1.07 (0.93-1.24)	1.15 (0.96-1.37)
48-72 時間前	1.17 (1.02-1.33)	1.26 (0.92-1.73)	1.16 (0.94-1.42)	1.16 (1.00-1.34)	1.06 (0.89-1.26)
72-96 時間前	0.95 (0.83-1.08)	1.40 (1.02-1.92)	0.90 (0.73-1.10)	1.01 (0.88-1.16)	0.87 (0.73-1.03)

*外気温(自由度 6)と湿度(自由度 3)で調整。四分位範囲 = 20.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM)、11.1 ppb(NO_2)、2.3 ppb(SO_2)、25.8 ppb(オゾン)、0.3 ppm(一酸化炭素)。

図1a. 循環器系疾患

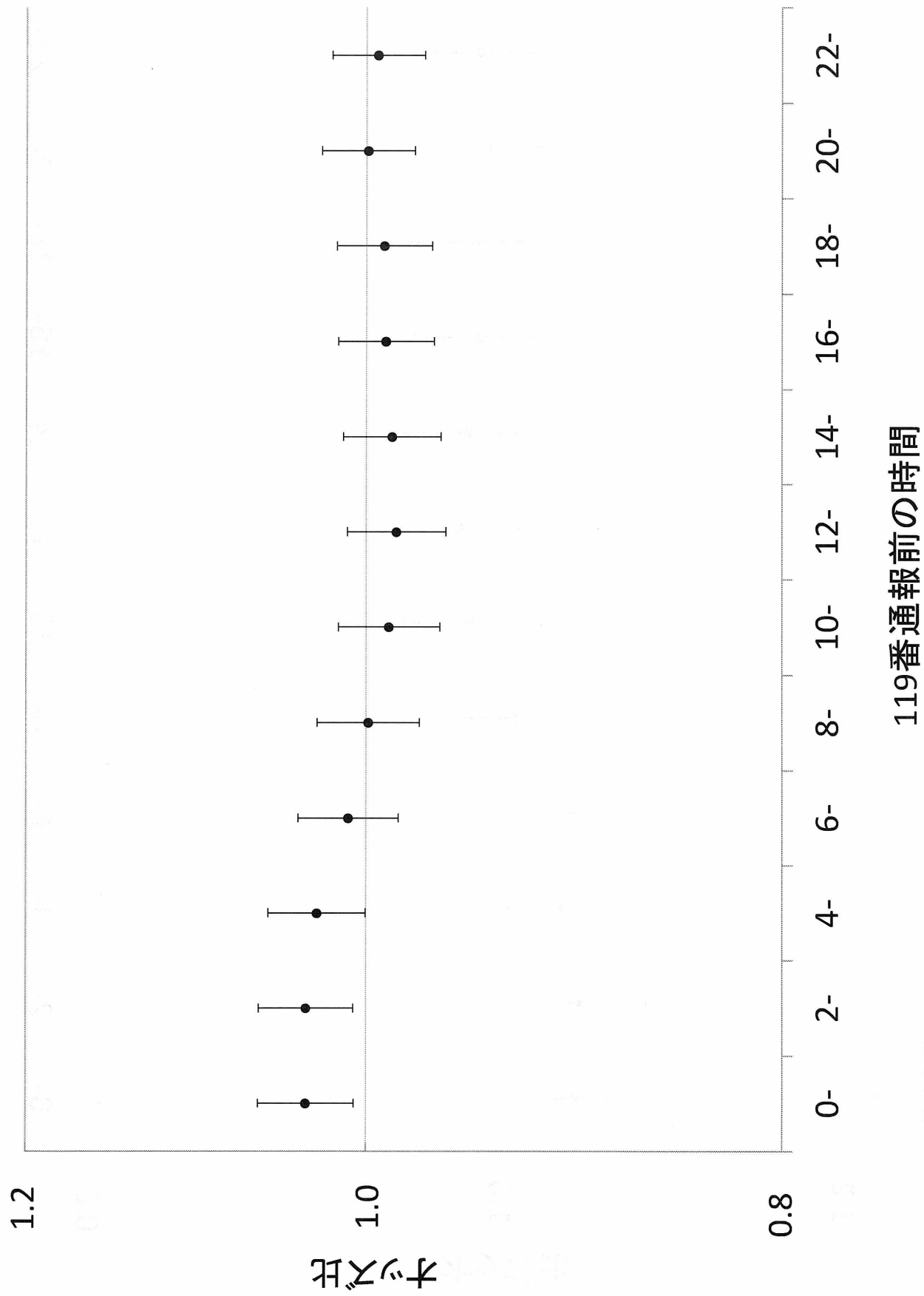


図1b. 脳血管疾患

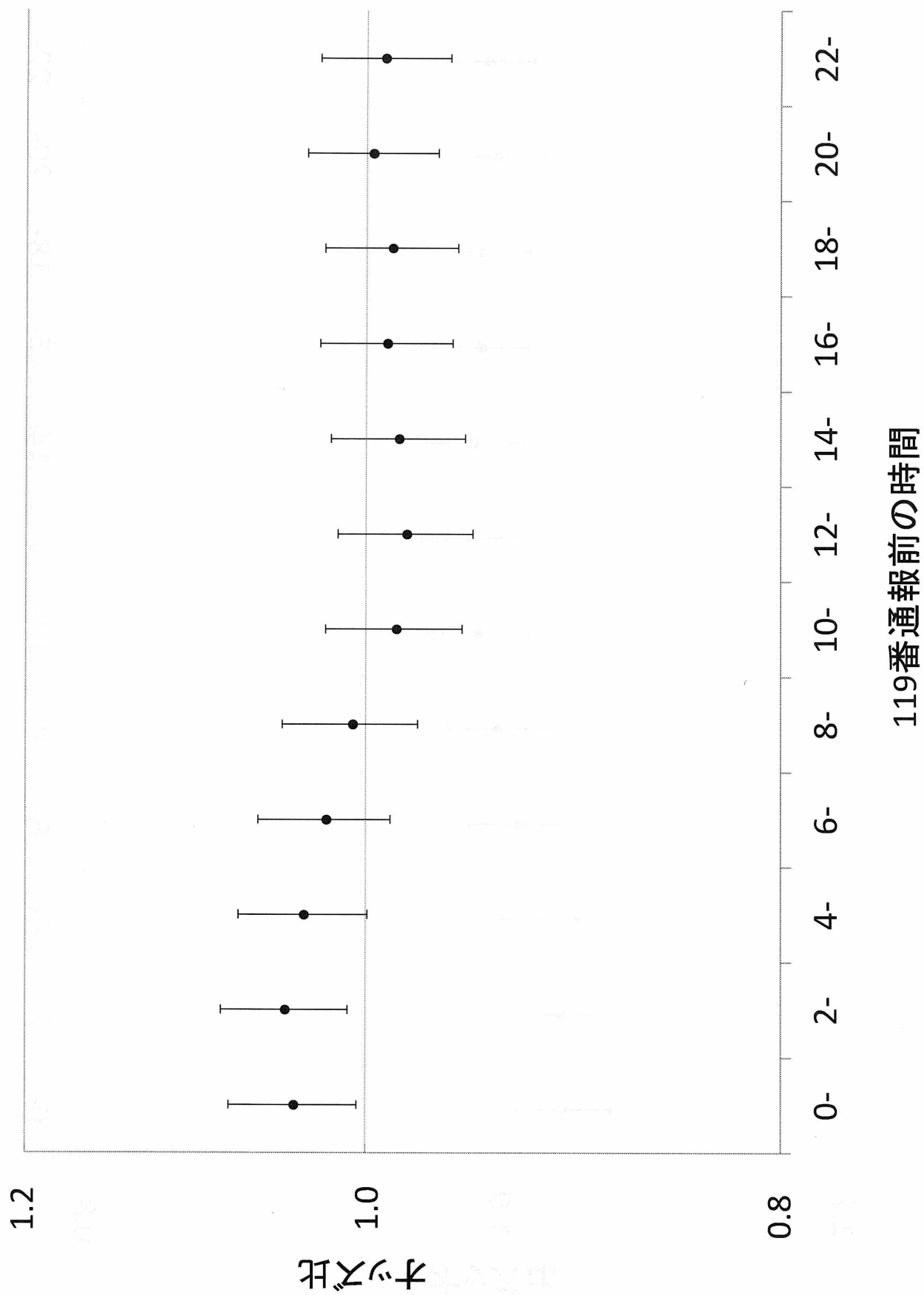
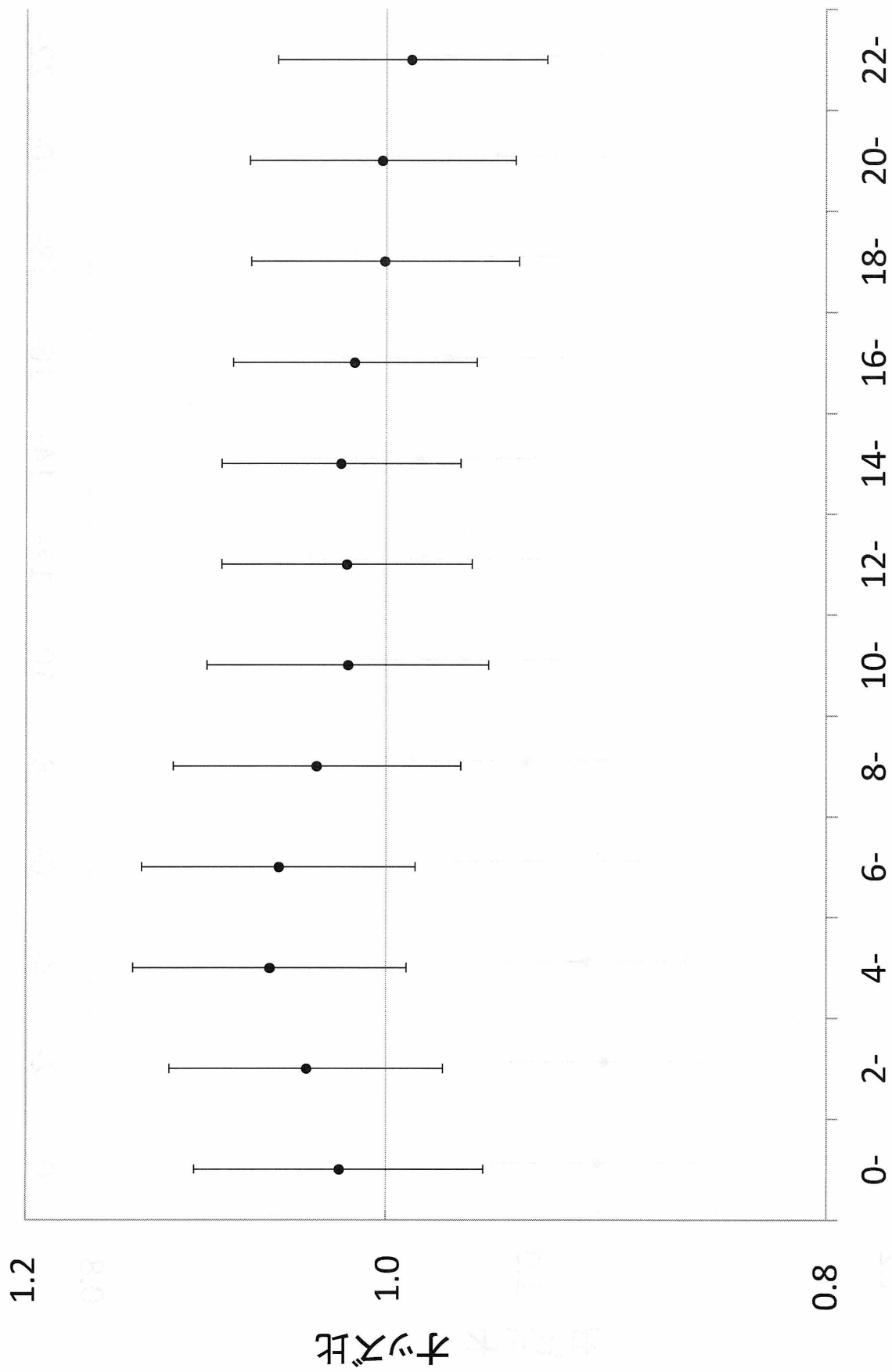


図 1c.出血性脳血管疾患



119番通報前の時間

図 1d. 脳梗塞

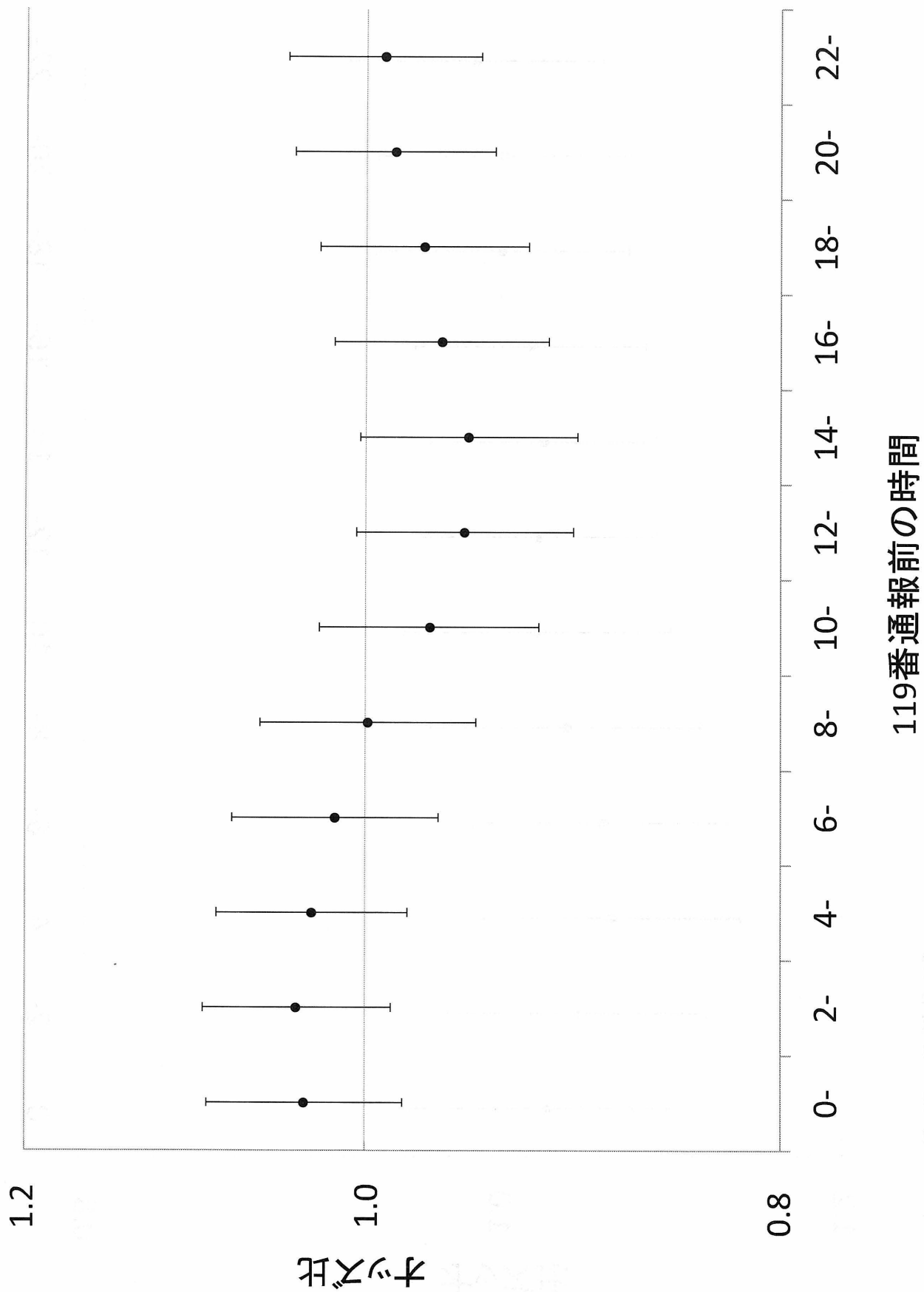


図 2a.浮遊粒子状物質(SPM)

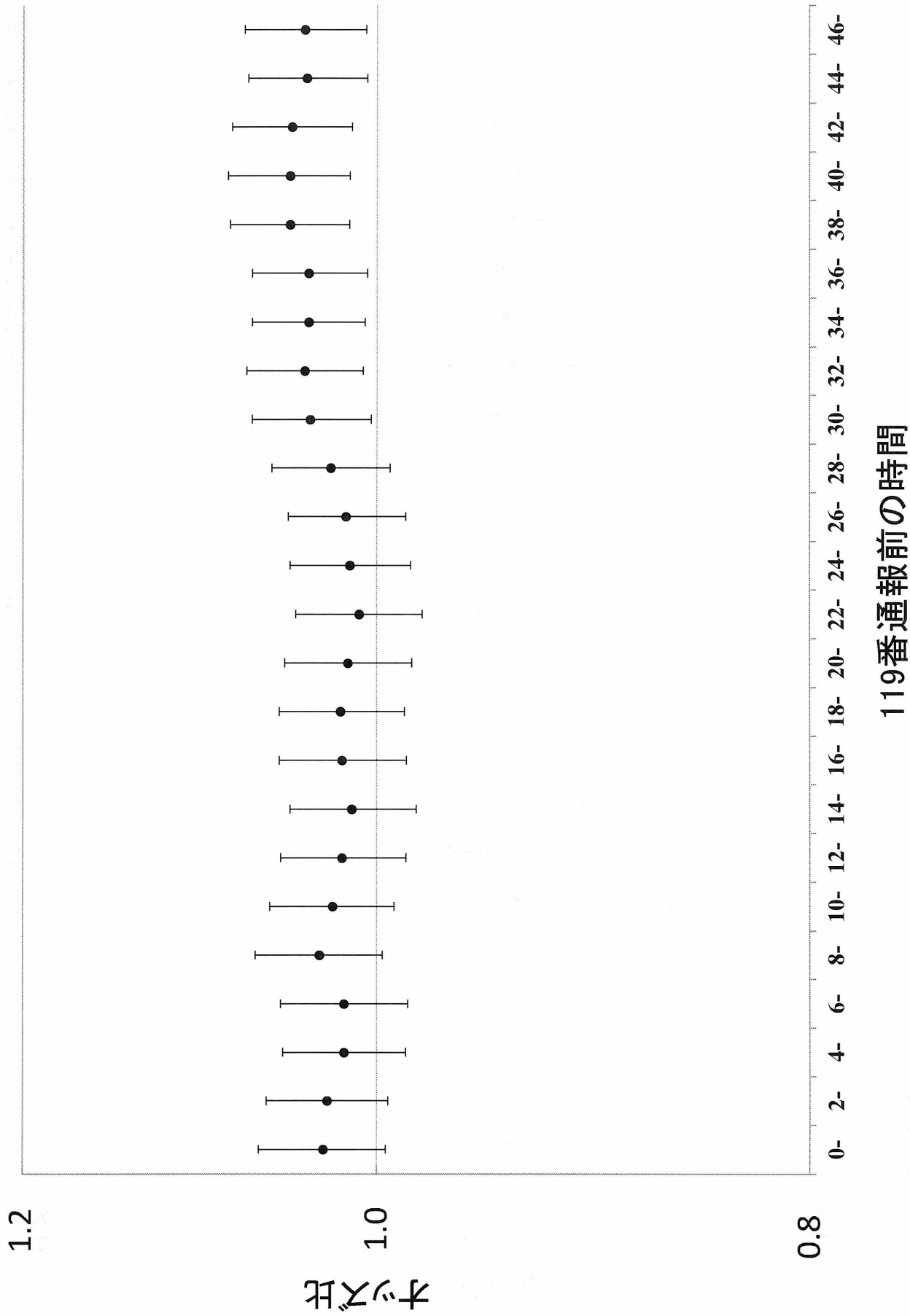


図 2b. 二酸化硫黄(SO₂)

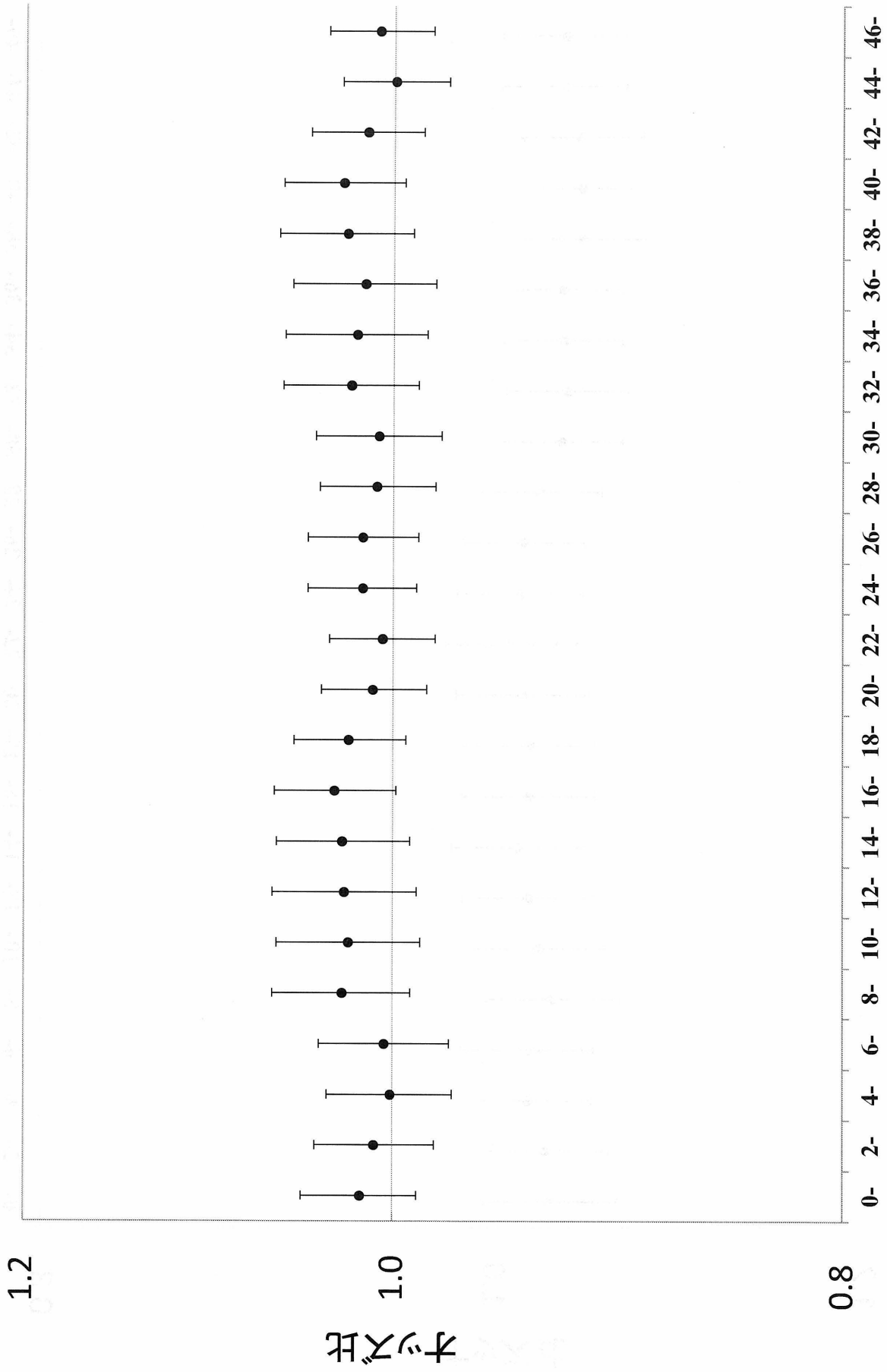


図 2c. オゾン

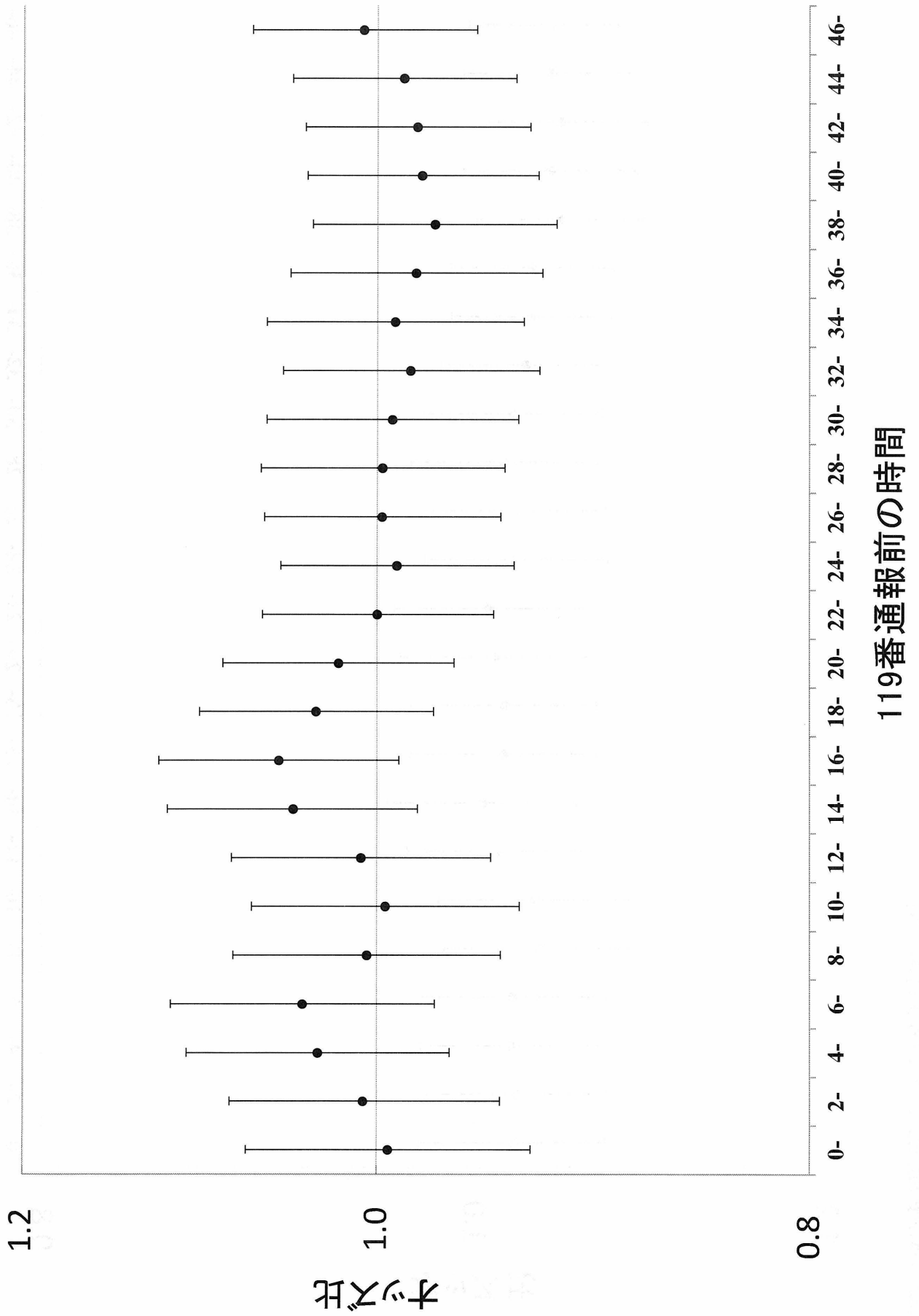


図 3a.浮遊粒子状物質(SPM)

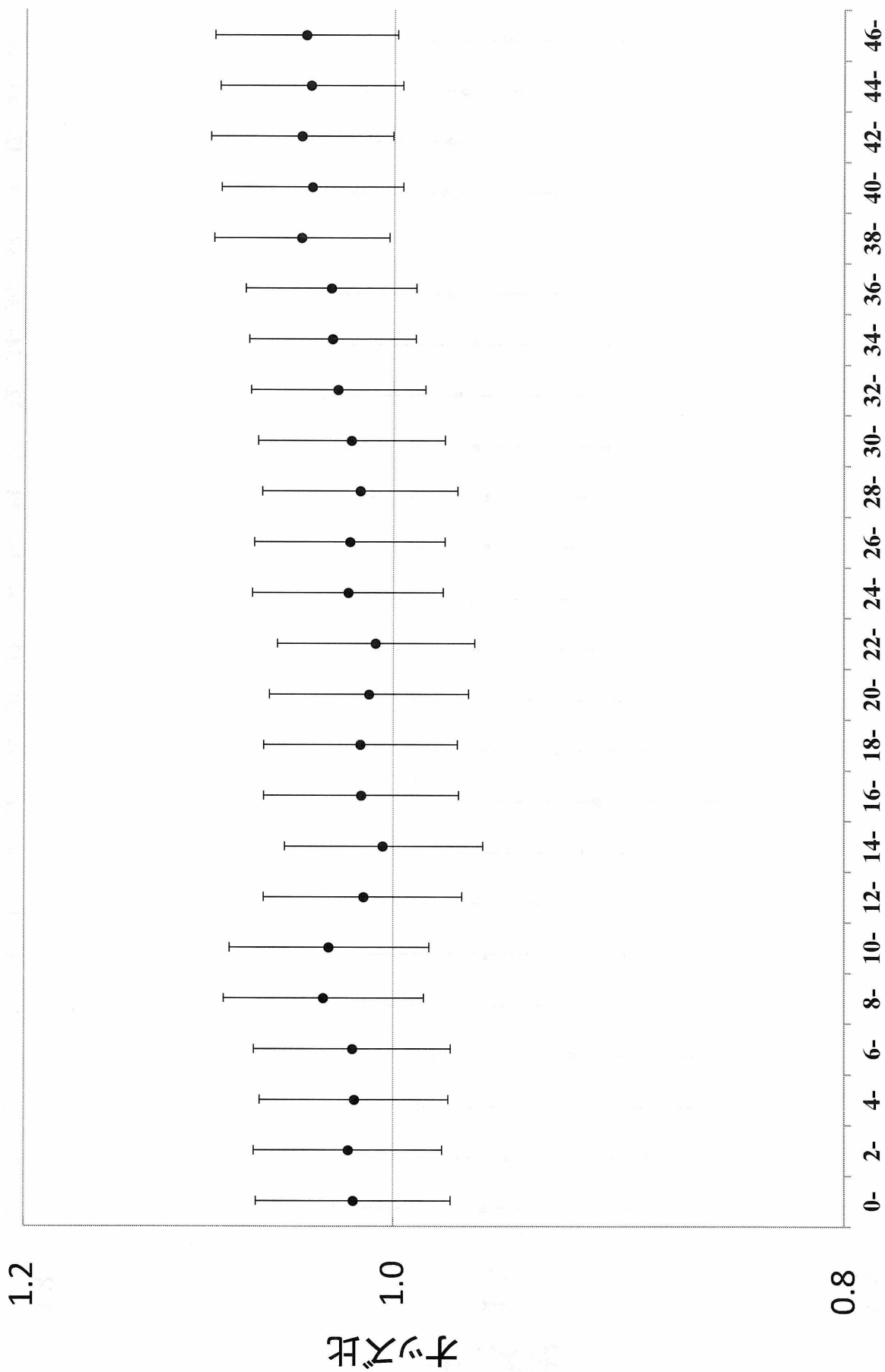


図 3b. 二酸化硫黄(SO₂)

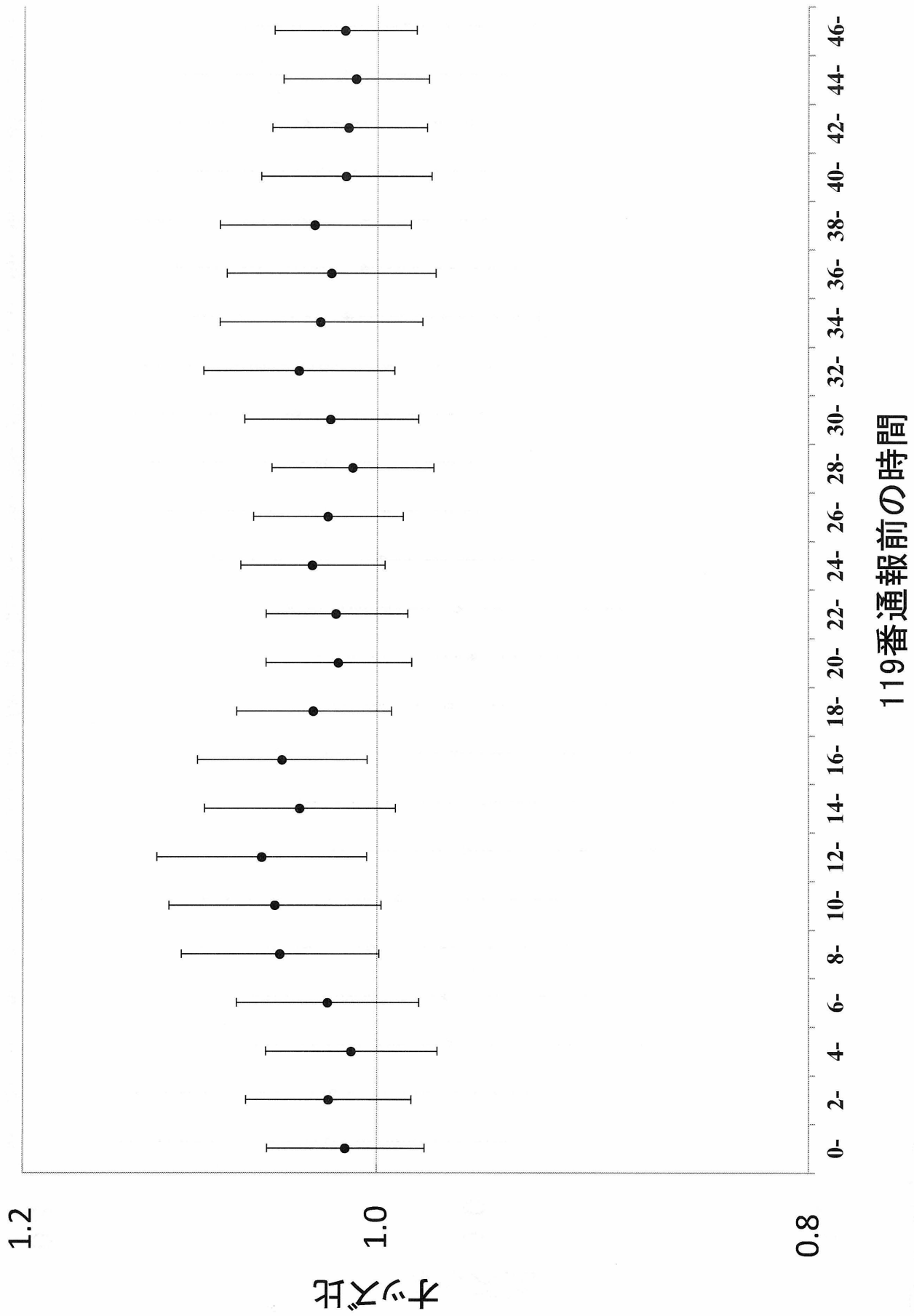
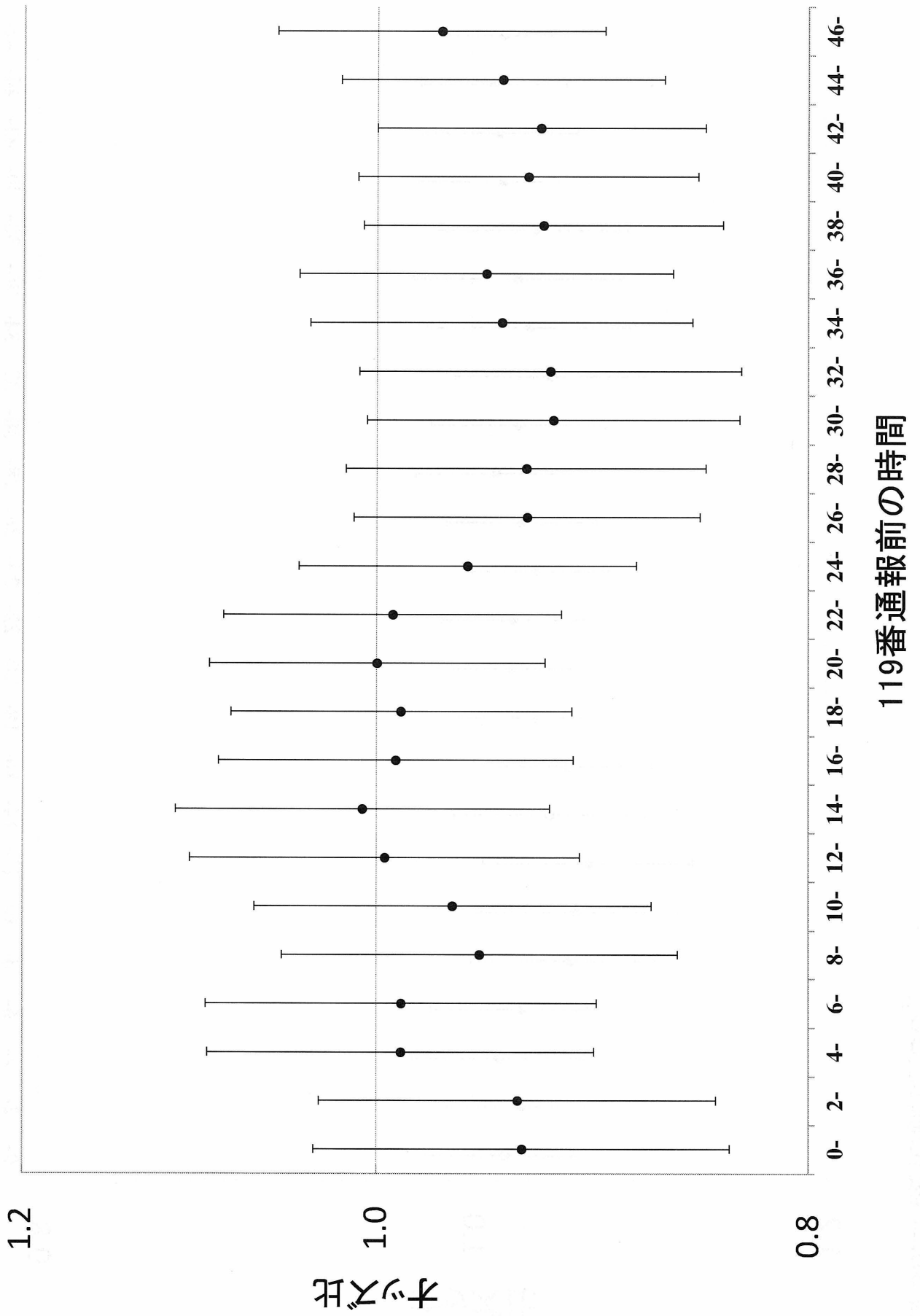


図 3c. オゾン



石英粒子のカソードルミネッセンスを用いたモンゴルゴビ砂漠産盗掘恐竜化石の産地同定

実吉玄貴・西戸裕嗣（岡山理科大学生物地球学部生物地球学科）

1. はじめに

モンゴル国ゴビ砂漠は、恐竜化石の産出数が世界第二位を誇る恐竜化石の一大産地である。近年、盗掘による恐竜化石の違法採取被害が拡大し、当局により摘発・押収された化石がモンゴル古生物センター（MPC）へ持ち込まれている。盗掘化石の多くは、産地や産出層が不明であり、保存状態が良好であっても学術的価値が損なわれており、摘発されたとしても、自然遺産としての恐竜化石が損失してしまう事態が数多く発生している。しかし、こうした盗掘化石も、その産出地や産出層を特定できれば、本来の「自然遺産」としての意義が回復する。また、発掘場所の特定は、盗掘を未然に防ぐ効率的なパトロール強化などへも効果的であり、世界的な自然遺産であるモンゴル産恐竜化石の保護へと貢献できる。

恐竜化石を発掘する場合、その多くは化石周辺の基質部（砂質・泥質部）ごと石膏ジャケットで採取されることから、MPC に保管される盗掘恐竜化石標本も、同様の状態で保存されている。一方ゴビ砂漠に分布する上部白亜系は、風成層（砂丘）起源の地層が広く分布し、堆積物中に多くの石英粒子を含む。石英は結晶化学的に均一であり、風化や変質に強く、経年変化の影響を受けにくい。そこで、盗掘恐竜化石標本の基質部から採取された石英粒子と、化石産地から採集された石英粒子から、カソードルミネッセンス（CL）による発光中心をもとめ、石英粒子の結晶学的特性から、盗掘化石を産出した地層および産地の特定を試みる。

2. 研究方法

2-1. 研究対象・地域

研究対象とした盗掘恐竜化石標本は、MPC に保管されるプロトケラトプス幼体集合化石であり、Nest と呼ばれる巢化石に分類される化石標本である（図 1）。同様の標本は、他に一例のみ報告されているだけで（Fastovsky et al., 2011）、世界的にも貴重な標本といえる。この先行標本は、ゴビ砂漠中央部に位置する Tugrikin Shireh から発見されている。Tugrikin Shireh とその周辺は、上部白亜系 Djadokhta 層が広く分布し、主に風成層から構成される（実吉・渡部, 2008; Watabe et al., 2010）。この研究では、Tugrikin Shireh とその周辺部（図 2）の地質調査を実施し、風成層の記載と伴に、石英粒子の採取を実施した（図 3）。



図 1 : MPC が保管する盗掘恐竜化石標本 (プロトケラトプス幼体化石標本)

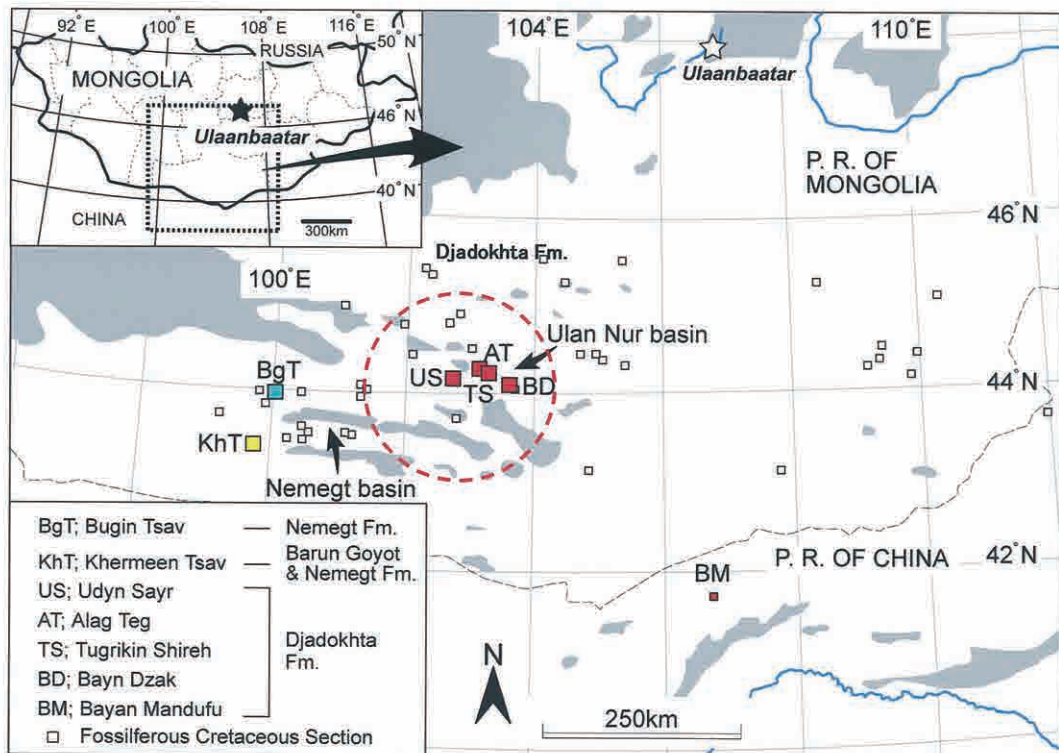


図 2 : 調査対象地域 (Jerzykiewicz, T., (2000) を一部改変)。Djadokhta 層の分布する地域の中で、TS; Tugrikin Shireh, AT; Alag Teg, BD; Bayn Dzak を主な調査対象地域とした。

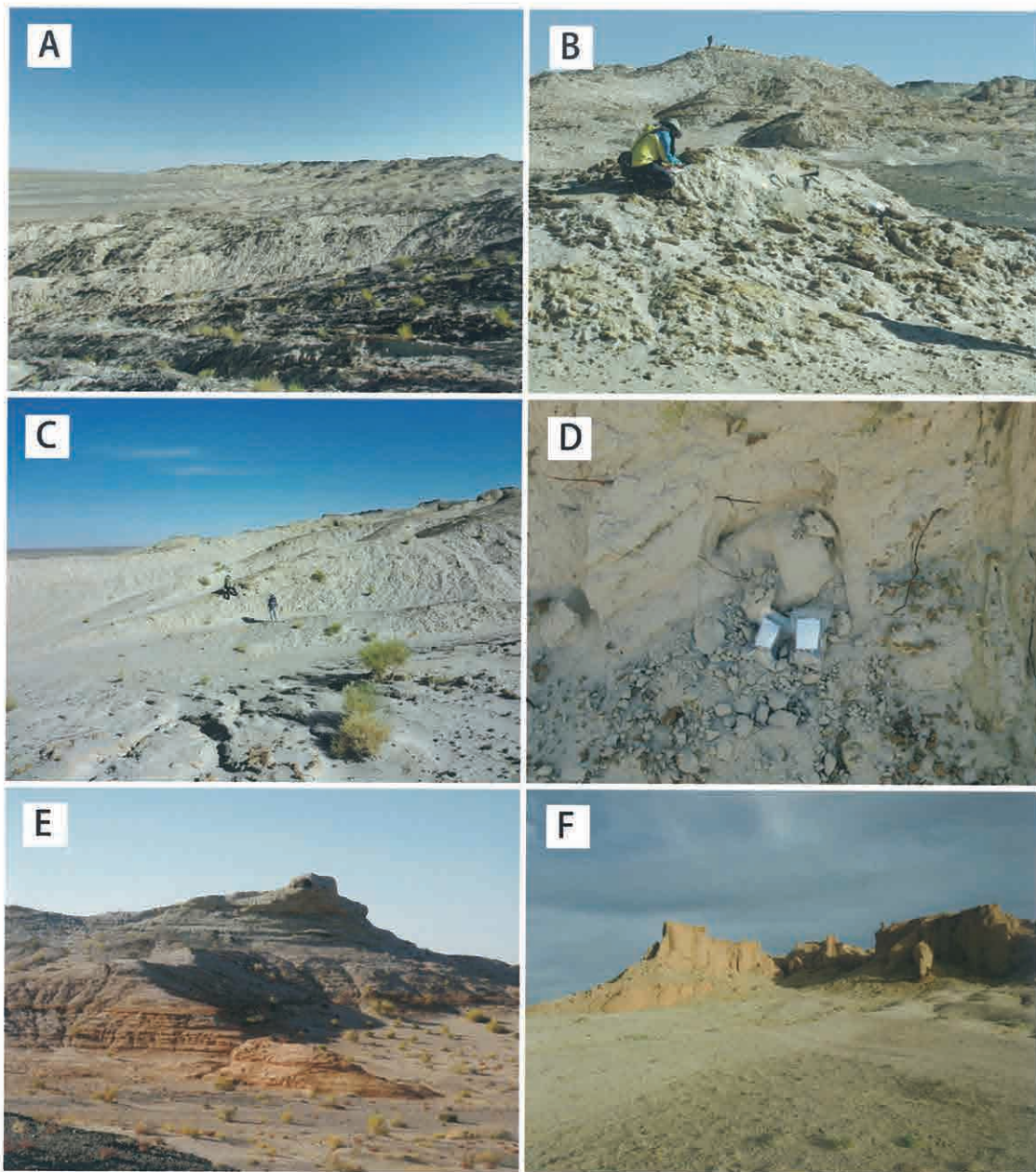


図 3 : 調査地域の露頭写真。A; Tugrikin Shireh の全景写真。B and C; Tugrikin Shireh での試料採取。D; Tugrikin Shireh における風成層の様子。大きな斜交層理に沿って、分析用試料を採取した。E; Alag Teg の露頭全景。F; Bayn Dzak の露頭全景。Flaming Cliff (燃える崖) と呼ばれ、恐竜産地として世界的に知られる風成層の露頭。

2-2. 分析方法

CLによる石英の発光中心は、自然放射線により形成される構造欠陥と、ごく微量の格子間不純元素に起因する。これらの発光中心の帰属は、Steeven-Kalceff (2009) によって検証が進み、スペクトルの波形分離を行うことで、発光成分を個別に定量評価できる。今回は特に、低エネルギー領域から高エネルギー領域へ向かって、 Fe^{3+} 、NBOHC (非架橋酸素正

孔構造欠陥)、 Ti^{4+} 、 Al^{3+} 、を識別した。

以上の分析を、研究対象とした盗掘恐竜化石標本（プロトケラトプス幼体集合化石）の基質部から採取した石英粒子と、地層から直接採取した石英粒子に対して実施した。CL分析のため、対象試料に対し $180\sim 250\mu m$ の粒子をふるい分けし、試料固定の後、CL測定用の薄片を作成した。カラーCL像（図4）と顕微鏡観察から、分析対象石英を決定し、CLによるスペクトル測定を実施した。測定されたスペクトルは、波形分離により前述した4つの発光中心に識別されそれぞれの面積比を用いた石英の鉱物学的特性の分類を実施した。

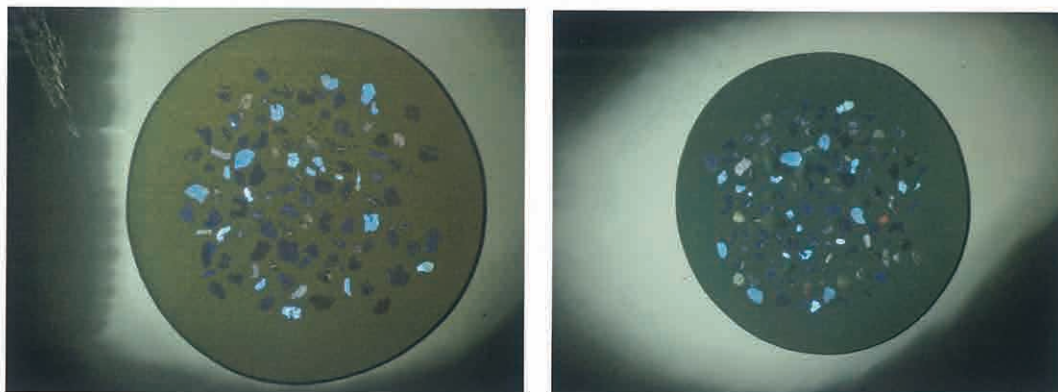


図4：石英粒子を含む試料のカラーCL像（左；Tugrikin Shireh、右；盗掘化石標本の基質部）。暗い青色が石英粒子、明るい青色は長石類を示す。

3. 結果・考察

本報告書では、主に Tugrikin Shireh の同層準5地点と、垂直方向3地点の計8地点（図5）について実施した、CL解析について報告する。また同様のCL測定を、プロトケラトプス幼体集合化石標本の基質部から採集した石英粒子に対して実施した。全ての試料について、CLスペクトルを感度良く検出できた。検出したスペクトルは、感度補正を実施した（図6）。感度補正後のスペクトルデータをエネルギー値に変換した後、Steeven-Kalceff (2009) に従い、波形分離を行った（図7）。各ピークの波形から、その面積比を算出し、石英粒子毎の特性を決定する。本報告書では、主にサンプル番号2-4における6番を例に、エネルギー値へ変換したCLスペクトル、波形分離結果、波形分離に伴うピーク的面積比を示す（図7）。

ピーク面積比から得られた石英粒子の特性をクラスター分析によって解析した。クラスター分析とは、一般的に、一群の対象において、類似する特徴を見出す際に使用される数学的手法である。クラスター分析の結果、Tugrikin Shireh の石英粒子は、主に6つのグループによって構成されることがわかった（図8・9）。6つのグループによる構成比率は、同層準（水平方向）および垂直方向ともに変化していないことから、Tugrikin Shireh に分布する風成層は、これら6グループによって特徴付けることが示唆された。

次に、これらの特性を、盗掘恐竜化石標本より採取した、石英粒子のCL特性と比較した。比較の結果、盗掘化石標本から得られた石英粒子のCL特性は、Tugrikin Shireh より得ら

れた石英粒子の6グループ分けできるCL特性のいずれかに極めてよく似た特徴を持つことが分かった (図 11)。これは、本研究にて研究対象とした盗掘化石標本が、Tugrikin Shireh 産であることを極めて強く示唆すると考えられる。

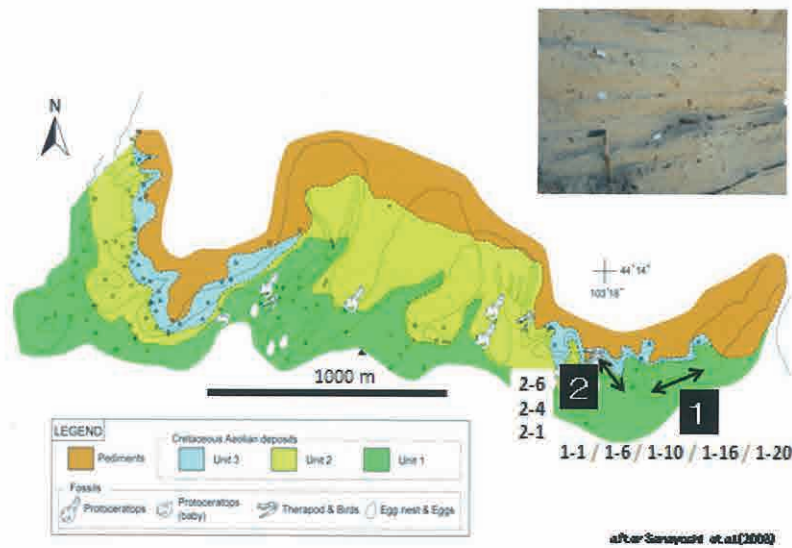


図 5 ; Tugrikin Shireh の地質図 (Saneyoshi et al., 2008 を一部改変) と、この研究で CL 解析を実施した石英粒子サンプルの採取ルート (図中 1 および 2 のルート)。

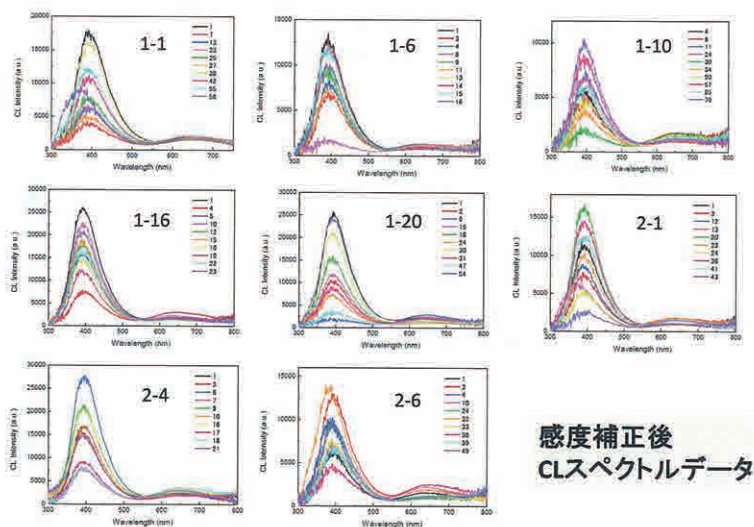


図 6 : Tugrikin Shireh の石英粒子の CL スペクトルデータ。スペクトル解析後の感度補正を実施している。

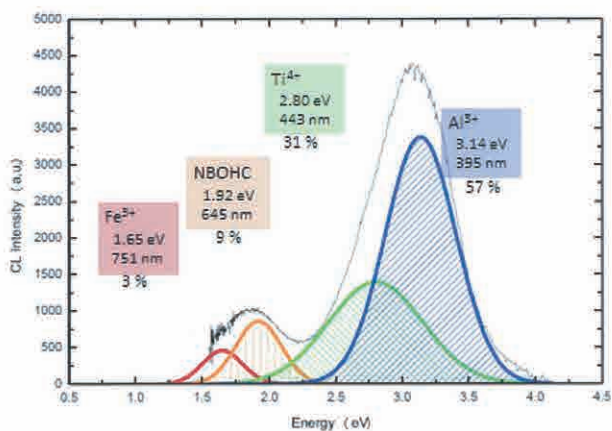


図 7 ; スペクトルデータに対し、波形分離を実施した例 (試料 2-6 中の石英粒子)。

クラスター分析

一群の対象のどれとどれが類似しているかを見つけ出すために用いられる数学的方法

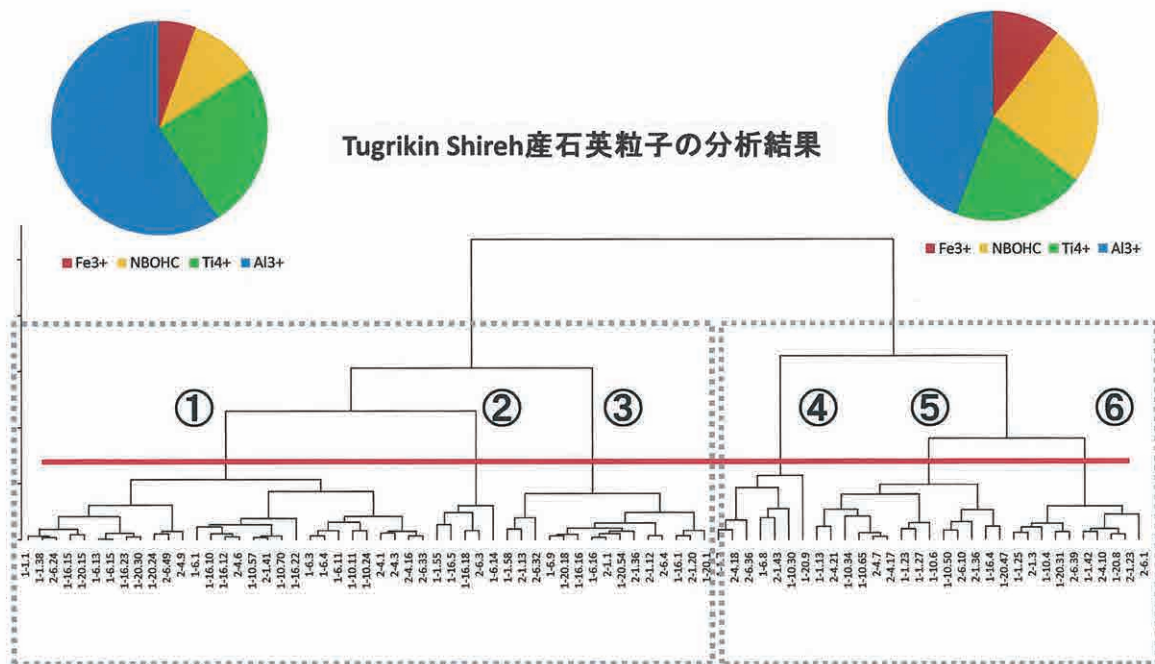


図 8 : クラスター分析の結果。波形分離したピークの面積比に基づき、①から⑥に分類できる。

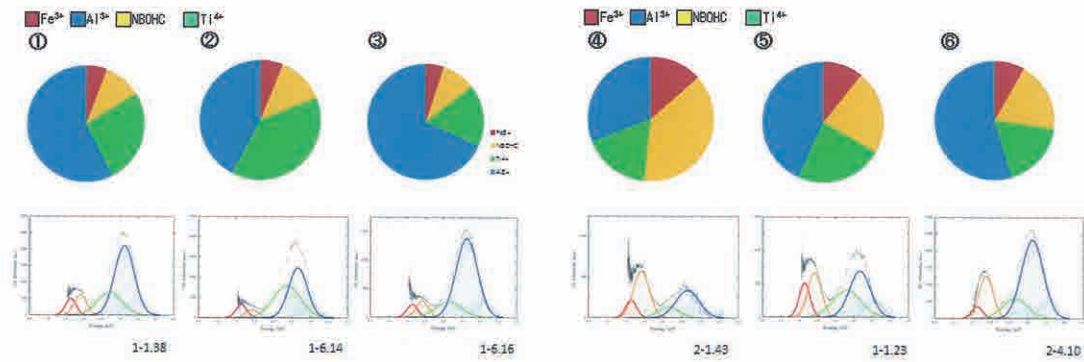


図 9 ; クラスタ分析によって区分された 6 つの石英粒子のタイプ分け

水平方向の石英粒子構成 (ルート 1)

垂直方向の石英粒子構成 (ルート 2)

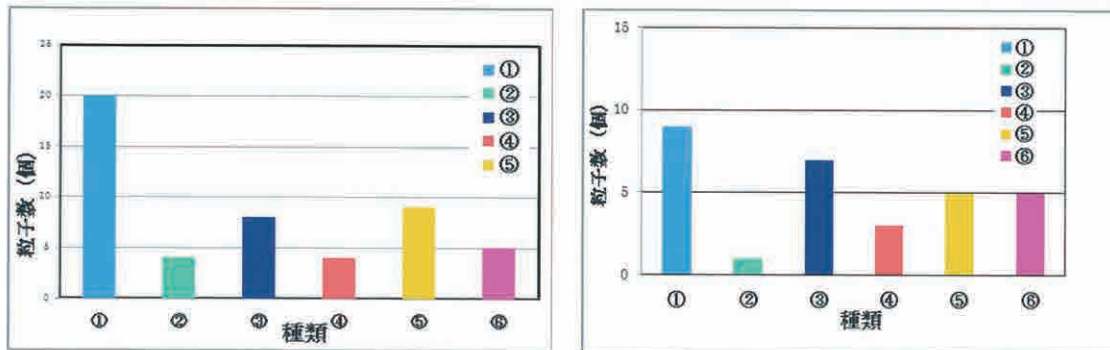


図 10 ; Tugrikin Shireh における 2 つのルートでみられる、6 タイプの石英粒子の量比。①タイプが最も多く、②および④が少ない傾向が類似し、産地内での違いは認められない。

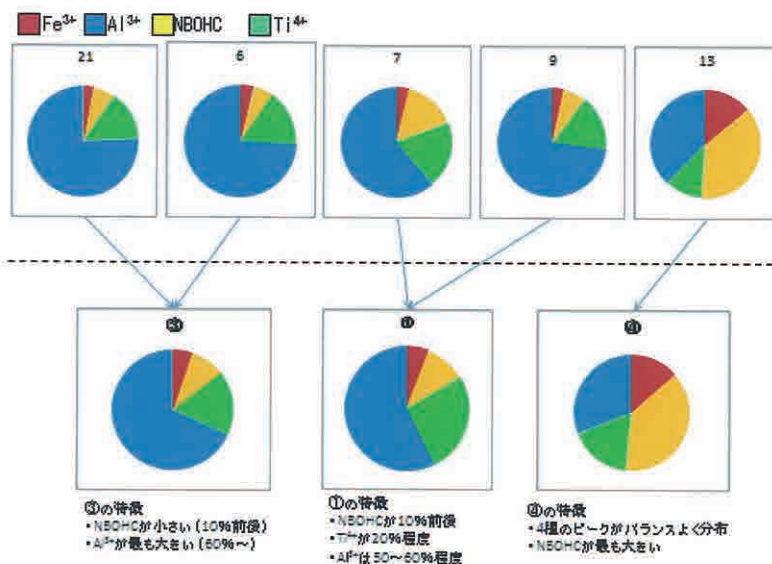


図 11; 盗掘恐竜化石の基質部より採取した石英粒子の CL 特性 (図上部) と Tugrikin Shireh の石英粒子の CL 特性 (図下部) との比較。分析した 5 つの石英粒子は、先に区分された 6 つの石英粒子の CL 特性と一致する。

4. まとめ

この研究では、一つの化石産地でのみ統計的な処理に基づいた結果を示したに過ぎない。今後、同様の風成層が確認されている Djadokhta 層が分布する他の化石産地について、CL 特性の解析を実施する必要がある。これにより、石英の CL 特性を用いた盗掘化石の産地同定が可能になるだけでなく、火山灰や微化石を含まない、ゴビ砂漠の上部白亜系の層序対比が可能になる。同様の分析を継続して実施することで、分析結果の成果向上等に寄与できるだろう。

最後に、共同研究者である MPC 所長 Tsogtbaatar 博士から、モンゴル産盗掘恐竜化石について以下の情報を得たので報告する。

- ① ゴビ砂漠で確認される盗掘サイトは、年々減少傾向にある。これは、モンゴルの警察や軍による取り締まり強化の結果である。一方で主な活動が発掘を伴わないマーケットへ移った可能性がある。
- ② 2012 年 5 月にニューヨークのオークションに出品されたタルボサウルス盗掘化石標本がよい例。
- ③ 今後、取締を強化しつつ、盗掘されてしまった標本の産地同定が進めば、化石の自然科学的意義の再確認ができ、極めて重要である。本研究に、モンゴル政府として大きな期待を持っている。

参考文献

- Jerzykiewicz, T. (2000) Lithostratigraphy and sedimentary settings of the Cretaceous dinosaur beds of Mongolia., *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, Cambridge University Press, 279-296.
- 実吉玄貴・渡部真人 (2008) モンゴル国南部ゴビ砂漠中央部に分布する上部白亜系ジャドフタ層の風成層とその古風向. *地質学雑誌*. 114, V-VI.
- Saneyoshi M., Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., (2008) Eolian environments, paleo-wind-direction and dinosaur habitats of the Upper Cretaceous Djadokhta Formation, Central Gobi Desert, Mongolia., *Geological Society of America 2008 Meeting, Houston, Program*, 252.
- Stevens-Kalceff M. A., (2009) Cathodoluminescence microcharacterization of point defects in α -quartz., *Mineralogical Magazine*, 73, 585-605.
- Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., Suzuki, S., and Saneyoshi, M. (2010). Geology of dinosaur fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous, Mesozoic) in the Gobi desert: results of the HMNS-MPC Joint Paleontological Expedition. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, 3, 41-118.

絶滅危惧に瀕しているノグサ属ノグサ (カヤツリグサ科) の
系統分類学的研究およびその生活史特性の解明

岡山理科大学 生物地球学部 生物地球学科
矢野 興一

[はじめに]

カヤツリグサ科ノグサ属ノグサ (*Schoenus apogon* Roem. & Schult.) は、本州から四国、九州、沖縄、オーストラリア、ニュージーランドの主に海岸近くの日当りの良い湿地に生育する多年生草本である。宮城県が分布の北限であり、日本の本土にはノグサ属としてはこのノグサ 1 種しか分布していないとされる。

ノグサは、オーストラリアからの材料に基づいて Robert Brown (1810) が *Chaetospora imberbis* R.Br. として発表し、その後、Roemer & Schultes (1817) が *Schoenus apogon* として発表した。日本のノグサに関しては、Franchet & Savatier (1879) が *C. albescens* と *C. japonica* の 2 種を新種として発表したが、その後この 2 種は、*S. apogon* と同一のものとして扱われてきた (Matsumura 1905, Ohwi 1944)。

しかし、これまでの研究から、日本のノグサには、静岡県を境にして、東日本と西日本で外部形態と細胞遺伝学的に明瞭に区別がつく 2 系統があることが分かってきた (矢野 他 未発表)。そのうち、東日本のノグサはオーストラリア産のものと同様の外部形態は類似しており、染色体数も同じであることも分かってきた。一方、西日本のノグサは、独立した種である可能性が高い。しかしながら、分類学的研究には、「種」の記載のもととなったタイプ標本の比較検討が不可欠であり、また、多くの個体を用いて変異性を検討する必要がある。さらに、海外のノグサも含めて、外部形態データや細胞遺伝学的データを用いた系統解析をも行うことによって、日本産ノグサの系統関係や遺伝的な多様性を明らかにできると考えられる。

また、日本のノグサは、開発などの影響で、生育地の多くが失われつつあり、多くの地域で絶滅危惧種にされている (茨木 他 2014)。特に、東日本では、千葉県に比較的多くの生育地があるものの、他の東日本地域ではほとんど生育していない。しかし、宮城県では、東日本大震災以降、海岸際にノグサが生育してきていることが知られている。従って、生育地が失われない限り、埋土種子として保存されている可能性が高いが、ノグサの生活史特性に関する研究はほとんどない。一方、西日本では、兵庫県や岡山県、香川県などの瀬戸内沿岸には比較的多くの個体が生育しているが、年々減少している傾向にある。ノグサの種子発芽特性や生活史特性を明らかにすることによって、このようなノグサの保護・保全にもつながると考えられる。

そこで本研究では、ノグサについて、外部形態と染色体データに基づく系統分類学的研究をおこない、系統進化・分類学的な関係や遺伝的多様性を明らかにするとともに、種子の発芽の予備実験をおこない、種子発芽特性や生活史特性を明らかにすることを目的とする。

[研究方法]

1. 材料の収集

2008年から2014年現在までに、日本国内では宮城県、千葉県、三重県、兵庫県、岡山県、徳島県、山口県、福岡県、大分県、国外ではオーストラリア、ニュージーランドからノグサを収集した。収集したノグサは外部形態解析用に押し葉標本を作製するとともに、細胞遺伝学的解析用の根端細胞試料、DNA解析用のシリカゲル乾燥葉試料を作製した。特に、今回はニュージーランドでの収集・調査をおこなった。

2. 外部形態計測

野外から収集した押し葉標本および国内外の各地の植物標本庫に収蔵されている押し葉標本を用いて、外部形態の測定をおこなった。特に、花序や鱗片、果実についてデジタルノギスを使用して大きさを計測した。

3. 染色体観察

ノグサの根端を現地あるいは実験室内で採取し、0.002M8-ヒドロオキシキノリンを用いて室温1時間処理した後に、4°Cの冷蔵庫で15時間前処理し、ニューカマー固定液で固定した。固定した根端細胞は、水和し、60°Cの1規定塩酸に10分間浸した。その後、シッフ試薬を用いて、室温で1時間フォイルゲン染色をおこなった後に、2%セルラーゼとペクチナーゼの酵素混合液を使用して、38°Cで1時間解離した。解離した根端細胞から成長点をスライドガラス上に取り出し、1%アセトオルセインを滴下、染色し、押しつぶし法で観察した。

4. 種子発芽実験および生活史の観察

岡山県瀬戸内市から採集され、岡山理科大学圃場に植栽されているノグサから果実を30個ほど採取した。発芽実験の予備実験として、採取した果実を、1) 湿った土にそのまま撒いて、室温で育成、2) 4°Cの冷暗庫で水につけて1ヶ月置いた後に、湿った土に撒いて室温で育成して観察した。

[結果および考察]

1. 外部形態計測

現在までに、国内外から収集したノグサの押し葉標本および兵庫県立人と自然の博物館 (HYO)、鹿児島大学 (KAG)、京都大学 (KYO)、神奈川県立生命の星・地球博物館 (KPM)、岡山理科大学 (OKAY)、東京大学 (TI)、徳島県立博物館 (TKPM)、イギリス・エディンバラ王立植物園 (E)、イギリス・ロンドン自然史博物館 (BM)、イギリス・キュー王立植物園 (K)、オーストラリア・シドニー王立植物園 (NSW)、オーストラリア・ニューイングランド大学 (NE)、ニュージーランド・Landcare Research New Zealand Limited (CHR) の各植物標本庫に収蔵されている押し葉標本360点を観察し、そのうち果実が熟している307点のノグサの外部形態計測をおこなった。

その結果、鱗片と果実の大きさが明瞭に異なる2系統があることが明らかになった(図1, 2)。すなわち、系統①は、鱗片の大きさが1.8-3.2 mmで果実の大きさが0.8-1.2 mmのものであった。系統②は、鱗片の大きさが3.8-5.4 mmで果実の大きさが1.2-1.6 mmのものであった(図3)。系統①には「種」の記載のもととなったタイプ標本も含まれることがわかった。



図1. 系統①のノグサ. 左側は腊葉標本、右側は鱗片 (A, B) と果実 (C).

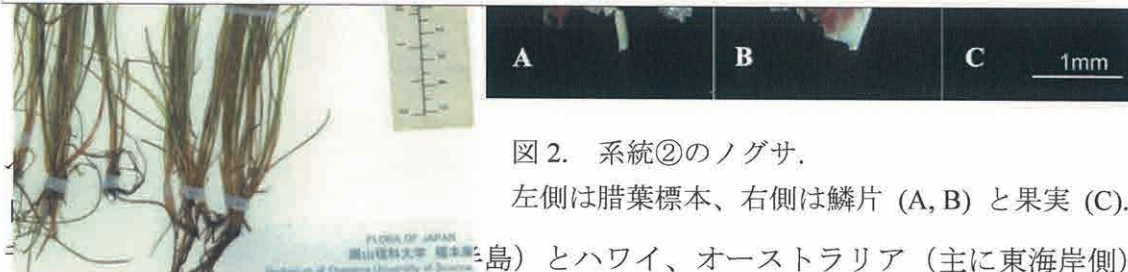
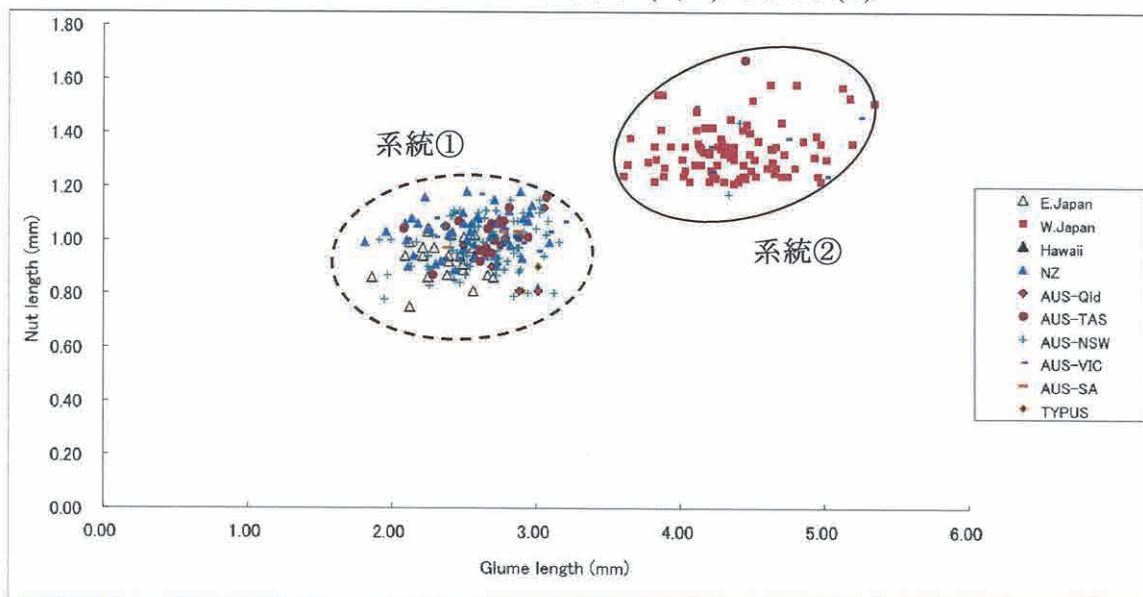


図2. 系統②のノグサ.

左側は腊葉標本、右側は鱗片 (A, B) と果実 (C).

系統①は、東日本(北海道、東北、関東、中部、近畿、四国、九州)とハワイ、オーストラリア(主に東海岸側)、ニュージーランドであることがわかった。一方、系統②は、西日本の本州(愛知、三重、和歌山、滋賀、奈良、大阪、京都、兵庫、岡山、広島、島根、山口)、四国(徳島、香川、愛媛)、九州(福岡、長崎、大分、鹿児島)、沖縄およびオーストラリアの一部であった。

図3. ノグサの果実 (Nut) と鱗片 (Glume) の大きさ.

2. 染色体解析

これまでにノグサの染色体は、岡山県産のものから染色体数 $2n=18$ (Yano & Hoshino 2006) が、ニュージーランド産でものから $2n=8$ (de Lange et al. 2004) が報告されている。しかし、その後の調査で、宮城県と千葉県産のものは $2n=8$ 、福岡県産のものは $2n=16$ 、大分県産のものは $2n=17$ 、三重県、兵庫県、山口県、徳島県産のものは $2n=18$ であることがわかった (矢野 他 未発表)。また、オーストラリア産のノグサも $2n=8$ であることがわかった (矢野 他 未発表)。今回は、さらに、ニュージーランド・北島でノグサの根端を採取して、染色体を観察した結果、ニュージーランド産のノグサの染色体数は、 $2n=8$ であり (図4)、以前の報告と一致した。

未発表データも含めて、ノグサの染色体数は、 $2n=8$ 、16、17、18 があり、倍数性と異数性があることがわかった。また、これらの染色体データと外部形態データを比較すると、 $2n=8$ は系統①であり、 $2n=16$ 、17、18 は系統②であることが明らかとなった。一般的に、倍数体は二倍体のものと比べて大型化する傾向があることが知られており、ノグサにおいても倍数化に伴って、果実や鱗片が大型化していると考えられる。

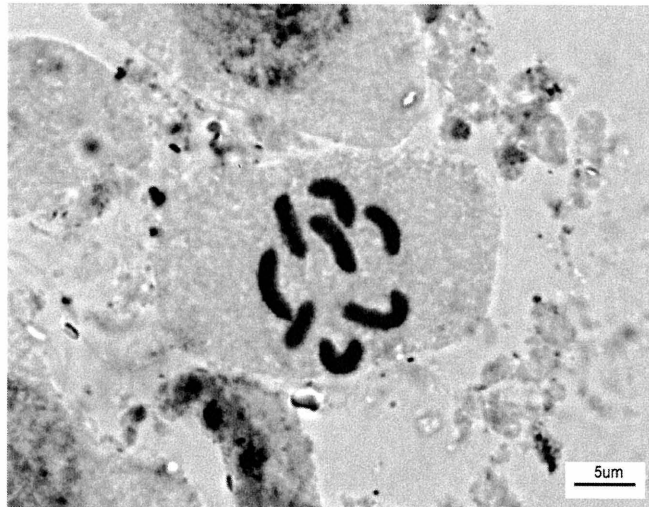


図4. ニュージーランド産ノグサの体細胞分裂中期染色体像 ($2n=8$).

3. 種子発芽の予備実験

発芽実験の予備実験として、7月に採取した果実を、1) 湿った土にそのまま撒いて、室温で育成して観察したところ、発芽する個体は少なく、1割程度の個体しか発芽しなかった。2) 4°C の冷暗庫で水につけて1ヶ月置いた後に、湿った土に撒いて室温で育成して観察したところ、発芽率は高く、ほとんどの個体は発芽した。中にはすでに水の中で芽を出している個体も見られた。同じカヤツリグサ科のクロミノハリイの発芽実験においても、発芽には一定期間の低温状態とその後の恒温状態 (25°C) が必要であることが知られており (矢野 他 2009)、ノグサの発芽も同様の条件なのかもしれないが、今後の詳細な調査が必要である。

4. まとめ

ノグサには大きく2系統があり、系統①は、鱗片の大きさが1.8-3.2mm、果実の大きさが0.8-1.2mmであり、染色体数が $2n=8$ であるもの。また、分布は、東日本 (北海道、宮城、福島、茨城、千葉、埼玉、神奈川、静岡県伊豆半島) とハワイ、オーストラリア (主に東海岸側)、ニュージーランドである。

系統②は、鱗片の大きさが3.8-5.4mm、果実の大きさが1.2-1.6mmであり、染色体数

2n=16、17、18であるもの。また、分布は、西日本の本州（愛知、三重、和歌山、岐阜、滋賀、奈良、大阪、京都、兵庫、岡山、島根、広島、山口）、四国（徳島、香川、愛媛）、九州（福岡、長崎、大分、鹿児島）、沖縄およびオーストラリアの一部である。

[分類学的再検討]

Schoenus apogon Roem. & Schult. (*Chaetospora imberbis* R.Br.) の記載のもとになったタイプ標本（オーストラリア産）の外部形態は、系統①に該当していることがわかった。また、Franchet & Savatier (1879) が発表した *C. albescens* (横須賀産) と *C. japonica* (九州日向産) の 2 種のタイプ標本（パリ自然史博物館収蔵）の写真から検討した結果、*C. albescens* (横須賀産) は系統①に、*C. japonica* (九州日向産) は系統②に該当した。

すなわち、系統①は *S. apogon* (= *C. imberbis* = *C. albescens*)、系統②は *C. japonica* であると考えられる。

したがって、日本産ノグサは、これまで 1 種として扱われてきたが、外部形態と染色体データから 2 種に区別できる可能性が示唆された。東日本に分布する系統①はオーストラリア・ニュージーランドまで広く分布する、いわゆるノグサ (*S. apogon*) そのものであると考えられる。一方、西日本に分布する系統②は、Franchet & Savatier (1879) の示す *C. japonica* であり、ノグサとは別種として扱う必要が示唆された。しかしながら、オーストラリアにも系統②の外部形態を示すノグサがあることから、系統②に関してさらなる詳細な調査・研究が必要である。

[今後の展望]

今後は、現存している可能性が高い日本各地のノグサを収集し、DNA を用いた遺伝的多様性を調べることによって、地域ごとの遺伝的変異を明らかにし、それとともに様々な条件での種子発芽実験をおこない、これらの結果に基づいて、絶滅危惧に瀕しているノグサの保護・保全の基礎データを提供できると考えられる。

また、系統②のノグサの分類学的再検討を詳細におこなうことによって、1 種と考えられてきた日本のノグサはじつは 2 種に分けることができると考えられる。その一方で、どのような過程を経て種分化したのかを明らかにすることによって、日本の植物相の多様性を理解する上での重要なデータとなると考えられる。

[謝辞]

本研究をおこなうにあたり、池田 博博士、伊藤 優博士、Karen L. Wilson 博士、Jeremy J. Bruhl 博士には研究協力して頂きました。また、天野 誠氏、早坂英介氏、米倉浩司氏、茨木 靖氏、山尾 僚氏、田中弘毅氏、葛西英明氏、林 佳貴氏、矢内正弘氏、松尾 幹生氏、丸岡道行氏、眞崎 久氏、西野友子氏、中野 剛氏には材料収集の協力や生育地の情報を提供して頂きました。また、BM、CHR、E、K、HYO、KAG、KYO、KPM、OKAY、T、TKPM、NE、NSW の各植物標本庫には標本調査閲覧の許可を頂きました。本研究の一部は、公益財団法人 八雲環境科学振興財団の平成 25 年度環境研究助成（一般研究）を得ておこないました。記して謝意を表します。

[参考文献]

- Brown R. 1810. *Prodromus Florae Novae Hollandiae*: 233.
- Franchet A. and Savatier Lud. 1879. *Enumeratio Plantarum in Japonia sponte crescentium* 2. 789pp. Paris.
- de Lange P.J., Murray B.G. and Datson P.N. 2004. Contributions to a chromosome atlas of the New Zealand flora-38. Counts for 50 families. *N. Z. J. Bot.* **42**: 873-904.
- 茨木 靖・木下 覺・矢野興一・小川 誠. 2014. ジョガマル池におけるノグサ *Schoenus apogon* Roem. et Schult. の生育状況. 徳島県立博物館研究報告 (24): 77-80.
- Matsumura J. 1886. *Catal. Pl. Herb. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo* 219.
- Ohwi J. 1944. *Cyperaceae Japonicae. II. A synopsis of the Rhynchosporoideae and Scirpoideae of Japan, including the Kuriles, Saghalien, Korea and Formosa.* *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B, Biol.* **18**: 26-29.
- Roemer J.J. and Schultes J.A. 1817. *Systema Vegetabilium* Edn. **16, 2**: 77.
- Yano O. and Hoshino T. 2006. A karyomorphological study of two species of Japanese *Schoenus* (Cyperaceae). *J. Jpn. Bot.* **81**: 319-323.
- 矢野興一・浅間 (尾崎) 聡子・正木智美・勝山輝男・池田 博・星野卓二. 2009. 岡山県産クロミノハリイ (カヤツリグサ科) とその保全について. *莎草研究* (14): 9-16.

平成 25 年度 国際研究交流助成報告

10. 平成 25 年度 国際研究交流助成報告

助成対象者	所 属	参加会議	ページ
真 野 峻 行	岡山大学大学院 環境生命科学研究科	第 10 回環太平洋セラミックスー ガラス技術会議	1 1 6
吉 田 圭 介	岡山大学大学院 環境生命科学研究科	第 35 回国際水理学会全世界会議	1 1 7

真野 峻 行

岡山大学大学院環境生命科学研究科

参加会議名	第 10 回環太平洋セラミックスーガラス技術会議
主催団体名	アメリカセラミックス協会
開催期間	平成 25 年 6 月 2 日～平成 25 年 6 月 7 日
開催地	アメリカ、サンディエゴ市

表 題 可視光照射下において酸化タングステンを用いた光触媒ーオゾン酸化法による水処理法の検討

<内容>

近年、酸化チタン光触媒と紫外光を用いた光触媒ーオゾン酸化法が優れた水処理効果を発揮することから注目を集めている。光触媒ーオゾン酸化法では、通常酸素によって消費される光触媒内に生じた励起電子が、強い酸化力を持つオゾンによって素早く消費されることによって光触媒の有機物分解効果を高めるとともに、励起電子と反応したオゾンから新たに有機物を分解する活性種が生成されることで優れた水処理効果を発揮する。しかしながら、酸化チタン光触媒では太陽光エネルギーの約 4 %程度である紫外光しか利用できないため、太陽光を用いてさらに省エネルギーかつ低環境負荷な水処理法を実現させるためには可視光の利用が求められる。そこで本研究では、可視光応答型光触媒である酸化タングステンを用いることで可視光利用できる光触媒ーオゾン酸化法を目指し、フェノール及びシュウ酸をモデル汚染物質として酸化タングステンを用いた可視光照射下の光触媒ーオゾン酸化法について検討した。また、これまでに光触媒ーオゾン酸化法への利用が報告されていない、いくつかの金属酸化物半導体においても光触媒ーオゾン酸化法について検討したので、同時に研究結果を報告した。

検討の結果、酸化タングステンを用いた光触媒ーオゾン酸化法は可視光照射下で優れた水処理効果を示し、酸化タングステンを用いることで可視光を利用できる光触媒ーオゾン酸化法が可能であることがわかった。また、酸化タングステン以外のいくつかの金属酸化物半導体においても可視光照射下で光触媒ーオゾン酸化法が可能であり、光触媒ーオゾン酸化法が今後有望な水処理法として期待できることを報告した。

吉 田 圭 介

岡山大学大学院環境生命科学研究科

参加会議名 第 35 回国際水理学会全世界会議
主催団体名 国際水理学会（IAHR）、中国国家水利部
開催期間 平成 25 年 9 月 8 日 ～ 平成 25 年 9 月 13 日
開催地 中国・成都

表 題 洪水時の旭川における植生に起因する流水抵抗の逆推定

<内容>

河川の植生は通常、水辺環境や河川ハビタットでの生物多様性の創出に重要な役割を果たす。しかし、植生は河川の流れの疎通能力を減少させ、流水抵抗を増し、積み重なった流木が時には橋に集積し、洪水の流れを妨げることがある。そのため、河川の洪水流を予測・制御するには、我々は植生の状況を把握したり、洪水時の植生による流水抵抗を解明する必要がある。一般に、河川の広大な領域で現地調査をするには面倒な作業と多くの時間がかかるが、その結果に基づく流推抵抗の評価は信頼性が乏しい。そのため、本研究では河川流のデータ同化手法を構築し、河川の高水敷の植生による流水抵抗を評価することとした。我々は、2011年9月に生じた日本の旭川下流部の洪水時の植生による流水抵抗の推定に本手法を適用した。同化したデータは20時間10分毎の河川縦断水位の観測値である。その結果、高水敷の河床粗度は植生が高水敷で密に繁茂するので低水路よりも高いことが分かった。また、粗度の値は河道区間で異なり、各々の値は現地調査時に観測した優先植生種に密接に関係することが示された。

平成 25 年度 研究集会助成報告

11. 平成 25 度 研究集会助成報告

助成対象者	所 属	集会名	ページ
山 崎 慎 一	岡山大学大学院 環境生命科学研究科	第 28 回 中国四国地区高分子若手研究会	1 1 9
須 藤 鎮 世	就実大学 薬学部	日本環境変異原学会第 42 回大会	1 2 0
齋 藤 達 昭	岡山理科大学 理学部	中国四国地区生物系三学会合同大会 岡山大会	1 2 1

山 崎 慎 一

岡山大学大学院環境生命科学研究科

名 称 第 28 回 中国四国地区高分子若手研究会
主催機関名 高分子学会 中国四国支部
開催期間 平成 25 年 11 月 14 日 ～ 平成 25 年 11 月 15 日
開催地 岡山市

<内容>

平成 25 年 11 月 14 日(木)～15 日(金)の二日間にわたって、岡山市街のアーケホテル岡山を会場として、中国四国地区の高分子若手研究者を一堂に会して、講演（招待講演 2 件：横浜国立大・大山先生および九州大学・川口先生）と研究発表（口頭 9 件、ポスター61 件）を設け、高分子科学に関する最新の研究成果について討論を行った。

参加人数（総計 115 名）の内訳は以下の通りである。

- ・一般参加者（大学）24 名、（企業）1 名
- ・学生参加者 90 名
- ・高分子学会または日本化学会会員数 82 名

また、参加者の主たる所属は以下の通りである。

- ・岡山大、山口大、徳島大、広島大、愛媛大、鳥取大

優秀発表に対し、口頭発表 1 件、ポスター発表 3 件に高分子学会中国四国支部長賞を授与した。

次回の開催地として、高松（世話役：徳島大）を決定し散会した。

須藤 鎮世

就実大学 薬学部

名 称	日本環境変異原学会第 42 回大会
主催機関名	日本環境変異原学会第 42 回大会 実行委員会
開催期間	平成 25 年 11 月 29 日 ~ 平成 25 年 11 月 30 日
開催地	岡山

<内容>

平成 25 年 11 月 29 日(金)~30 日(土)に、日本環境変異原学会 (JEMS) 第 42 回大会が同大会実行委員会 (実行委員長・大会長、須藤鎮世) の主催、就実大学後援のもとに、岡山コンベンションセンターにおいて開催された。大会にはイギリス、スイスを初め、約 320 名が参加した。これに先立ち、11 月 28 日(木)に就実大学において編集委員会、理事会、評議員会、および 3 つの分科会が開かれた。

学会では総会、学会賞 1 名および研究奨励賞 2 名の受賞講演、一般演題 105 (全てポスター展示)、一般口演 15、2 つのシンポジウムが催された。105 演題から評議員の投票によりベストプレゼンテーション賞が選ばれた。これらは財団法人食品薬品安全センターによる「秦野賞」、オックスフォード・ジャーナル社による「オックスフォードジャーナル賞」、およびエルゼビア・ジャパン株式会社による「エルゼビア賞」である。シンポジウム I は公益財団法人食品農医薬品安全性評価センターの後援による「変異と進化を考える：我々はどこから来たのか、どこへ行くのか」であり、5 名の演者が講演を行った。シンポジウム II は「光遺伝毒性」で、5 名の演者が講演を行った。

齋藤達昭

岡山理科大学理学部

名 称	中国四国地区生物系三学会合同大会岡山大会
主催機関名	中国四国地区生物系三学会合同大会（岡山大会）実行委員会
開催期間	平成26年5月10日～平成26年5月11日
開催地	岡山

<内容>

ポスター発表と公開講演会と懇親会は、5/10(土)の午後に開催された。また、口頭発表は5/11(日)の午前に開催された。動物学会のポスター発表の演題数は33で、口頭発表の演題数は11であった。植物学会のポスター発表の演題数は24で、口頭発表の演題数は12であった。生態学会のポスター発表の演題数は9で、口頭発表の演題数は8であった。高校生のポスター発表は、岡山県・広島県・鳥取県・山口県から12の高校からエントリーがあり、ポスター発表の演題数は36となった。発表に参加した高校生は、127名で、引率・指導教員は、29名であった。ポスター発表では、午後1時から3時半までの間、活発な議論が続いた。公開講演会は、「化石から見る動植物の世界」という講演会のタイトルで、石垣忍（林原自然科学博物館館長）による「足跡から見る恐竜の行動学」・西戸裕嗣（岡山理科大学教授）による「隕石衝突による地球規模の環境変化-生物の誕生・絶滅・進化-」・河野重範（三瓶自然館サヒメル学芸員 現栃木県立博物館学芸員）による「中四国の動植物化石」という3題の講演があった。参加者数は、300名（うち非会員160名）であった。懇親会は、学会員104名の参加があり、お互いの親睦を深めた。（岡山大会プログラムを参照）5/11(日)の午前中の口頭発表でも、学会員の間で活発な議論が行われた。

平成 25 年度 その他の助成報告

12. 平成 25 年度 その他の助成報告

助成対象名称	内容	ページ
岡山市少年少女発明クラブ	できた 遊んだ 気づいた 感性豊かにー ・発想・想像力を生かしてー	1 2 3

できた 遊んだ 気づいた

感性豊かに——・発想・想像力を生かして——

「はじめに」

携帯電話に使われる小型モーター 子どもの発想を大切にしながら、生活の中での便利さについて考えたり、ちょっとしたアイデアや工夫で課題を解決する方法を考えたりする中で、発想を形にし、物作りの楽しさを体験することを願っている。そのことから、発想力・創造力を伸ばすことができたらと考える。そのための実践を記す。

「クラブの活動概要」

クラブの活動は、二本の柱で成り立っている。

1 つ目は子どもが作ってみたいと思う物の工作を、素材・加工技術や仕組みの助言の両面から応援することである。作ってみたい工作物を考え、決めるにあたっては、引率保護者と子どもとの話し合いのほか、これまでに書きためられているメモの内容を参考にする。この活動を、宝箱活動と呼んでいる。

2 つ目は、指導者側からテーマをもとに素材や仕組み、加工技術を提示・提案して提供することによって、子どもの新しい体験や素材の知識を豊かにする「作って科学する」活動である。この活動でも、子どもの発想で工夫や変更・加工が自分なりの思いででき、提示物通りの模倣だけでなく、製作の途中で思いをもって変更したり、動作試験で作り直したりすることを大切にしている。

次は、平成25年度の開講式で伝えたクラブの性格の概要である。

「物を作ることの喜びを感じながら考えたことを形にしていくこと。当然、理科の知識も使うし入ってくる。製作していく中で「なぜだろう」といった疑問も生まれてくるだろうが、「なぜ」だけを追求していると、「なぜ、昆虫の足は6本？」のような、神様でなければわからないような「なぜ」

にぶつかることがある。このようなときは、「なぜ」より「どうなっているか」を頭に描き、しっかり観察する。



図1

最も大切なのは、自分がどのような物を作りたいのかをはっきりさせておくこと。

作っている途中では、「失敗を恐れない」「失敗が大事」「失敗の自由」保護者や友達、先生との「コミュニケーション」「考えをメモに残す」「どうなっている・どうなる」がキーワード。

自己紹介の中で、前年度に続いて在籍しているクラブ員が、前年度どんな思いでどんな作品を作ったかを実物を提示しながら話した。具体的で新入クラブ員に伝わりやすかったと感じている。

「宝箱」

自分の思いつきや考えをイラストや絵、文字で表現していく。困ったときは 指導員や保護者の方の意見も聞いた。

いきなり「便利な物を考えよう」では、何も生まれない。話し合いという名のもとに、「〇〇をつくったら？」と提案してみても子どもが受け入れる可能性は0に近い。保護者はサポートしようがない。

そこで、宝箱のきっかけになるのかも知れない

と考え、クラブ活動の前半に数回 40~60 分次のような活動を挿入した。

A 具体物で改良を考える。

クラブの会場が美術教室として設計されている。



図 2

そのため、机は図 2 のように天板がイーゼルの代用になるよう、跳ね上がる仕組みになっている。

そのため、うっかり天板の手前を押さえると天板が跳ね上がって危険である。この欠点を避けるしくみを考えて図示（アイディアスケッチ）するという活動を試みた。

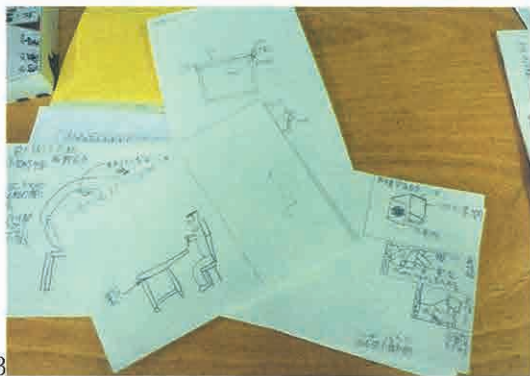


図 3

アイディアには 5 つのタイプがあった。図 3 の左の 4 枚はその一部である。

(あ) 天板が脚から離れないようにフックを掛ける。

(い) 天板が水平に回転する仕組みを作って、押さえると危ない部分を向こう側に回しておく。

(う) 人が動いて机を反対側から使う。

(え) 天板が跳ね上がらないように紐で縛る。

(お) ネジで天板を固定する。

(お) は、美術教室の机として使えなくなるのでだめという結論になったが、(あ) が優れている

と認めつつ、実際に作るなら (い) を作ってみたい子どもがあった。仕組みの（完成しないかもしれない）複雑さや動き（の楽しさ）が魅力であるらしい。[便利]だけでは満足できない物づくりの一面ではある。

B 素材の紹介その 1「振動モーターを使って」

携帯電話に使われている振動モーターを歯ブラシの背部分に取り付け、ブラシを机に乗せるように指示した。



図 4

数分間経つと、ネズミや小動物に似せた絵などを貼り付けて遊びだす。やがて図 4 のように 2 つの歯ブラシの向きやブラシの長さを変えて振動モーターの動きを変化させたり、接地面のあたり方を工夫したりして移動の方向を変えたり速さを競ったりしていた。子どもは遊びづくりの名手である。

発展的にモーターの振動数や振幅を変化させるにはどうしたらいいか、という質問もでてきた。動くものを操作していて新しい視点が生まれることはしばしば体験している。

C 素材の紹介その 2「ペルチェエレメントを使って」

体験したことが無いと思われる現象と素材を紹介し、ついでにその用途を考える活動を試みた。

ペルチェエレメントと乾電池の提示である。

なにも説明しないまま、乾電池とエレメントを渡した。黙っていたら、ポツリポツリと乾電池をつなぎ始めた。赤と黒 2 本の導線は乾電池につなげられやすい。やがて「熱い」「冷たい」の声が聞こ

えでしたが、表裏に「熱い面」と「冷たい面」ができることは言葉になりにくかった。

乾電池につないで「熱くなる」「光る」「動く」「音が出る」は体験的に納得しやすいが、「冷たくなる」は、にわかには受け入れにくかったようである。



図 5

図5のような持ち方をしていても「熱い面」と「冷たい面」ができるや、＋をつなぎかえると「熱い面」と「冷たい面」が入れ代るは発見できにくかった。言い換えると、物への働きかけ方を整理し、順序よくはたらきかけ「どうなっている・どうなる」を自ら調べる力の限界を示しているように思われる。

クラブの活動を通して、働きかけ方を整理し順序よく観察して「どうなっている・どうなる」を自ら調べられるようになれば、「発明」は無くても大躍進したといえるだろう。

ペルチェエレメントを調べた後、エレメントを使った「発明品」を考える宿題を出した。結果は図3の右のように、加熱か冷脚のどちらかに使い加熱と冷却を同時に使う案はなかった。「熱い面」と「冷たい面」が同時にできることは認めつつも「理解した・よくわかった」レベルになっていなかったのかもしれない。

「夢絵画」

科学・技術に対する興味関心を情操面から広げるねらいで、子どもの描く未来の夢の世界を絵にする活動である。具体的な物は現代の技術で作れ

なくても、絵ならば描ける。

夢の世界とは、つまり理想の世界と言うことになる。今子どもが最高に幸せで、これ以上望むものが何もないなら、『今の現実の世界』を描けばいいと思う。しかし、あんな世界こんな世界などと、かなえたい望みとかがあるなら、それがかなうような世界を描けば良いのである。

自分の飼っている生き物、たとえば 私は鳥を飼っていて、今何を考え、思っているのかなんてよく考える。『動物と会話できる世界』があるなら、一緒に飼っている生き物と会話してみたい。

『宇宙に行ってみよう』とか、食べることが大好きだけど、体重は気になるので、『食べても太らない世界』はどうか。とか、旅行も大好きだけど、言葉が通じないとおもしろくない。そこで、言葉の壁を取り除くことができる、『世界中の人と気持ちが伝え合え、話ができる世界』にも行ってみよう。』

他にも簡単に宇宙へ行けて、衛星軌道上に配置した太陽光パネルを電線でなく電波送信で、地上に電気を送ることである。



図 6

これで世界エネルギー問題が解決する。世界や月への旅行も海外旅行感覚で行けて、月の地下資源開発から地球の有限な資源だけでなくレアメタルなども、えることができる世界など夢は膨らむ。

「作って科学する」

創造的な物づくりを子どもたちには、材料に対する幅広い知識だとか、いろいろな現象のきまりや仕組みを伝えておきたい。そこで、クラブの指

導者が得意とする事柄をテーマにして、子どもが探求する活動をしている。年間の後半のクラブをこれに充て、通常1日1テーマで活動する。

A ブザー作成

めあては、電気の回路は乾電池（電源）を含んだ1つの輪になってつながっていることに気づかせることと、電磁石の仕組みとはたらきを教えることである。

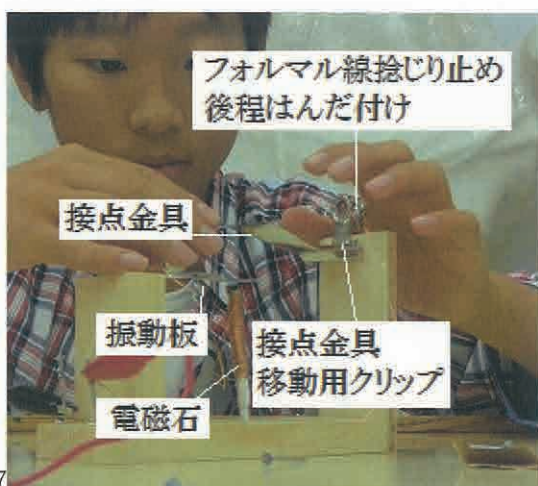


図 7

図7のように、鉄釘を鉄心にして電磁石を作り、振動板や接点はブリキ板を幅1cm程度に自分で切って製作させた。ブリキ板の長さ、接点の間隔や位置、導線の接続など、調節箇所をあえて沢山作った。動作してくれないブザーを調節することで、「どうなっているか」を追及できるのではと考えた。つなげば必ず鳴るブザーより、製作の前に提示した見本のようには鳴ってくれないブザーのほうが、「どうなっている」とか、回路、接点、振動、電磁石をより詳しくしらべることができる。

鳴りだした自分のブザーを誇らしげに保護者や指導員に見せ、満足した顔が見られた。さらに電磁石の位置を変えてみたり、振動版の形を変えたりして音の大きさ、高さが変化するもとも試す子どももいた。

B 科学ショー 「送風機で球体を浮かす」

岡山県生涯学習センター「サイピア」に科学ショーをお願いした。特徴は、1つの原理を活用し

て手を変え品を変え大きな現象を見せ、科学の現象に興味を引こうという活動である。提示するいくつかの現象の中に隠れた原理に、理屈抜きでなんとなく気づかせるところが発明クラブと共通するところがある。発明クラブでは実行できそうにない大きな現象をみせてもらえるので、「発明・工夫」の視点から有意義だと考えている。

その中の一つ、ビーチボールに下から風を当てると、球は宙に浮く。この時、少しぐらい球が左右に動いても、球は風の中から外れたりはない。なぜだろう？

風船を輪のようにつないだもの（図8）に送風機で風を送ると、空気の流れの横に吸い寄せられながら空気中に留まる。



図 8

送風機での提示実験をそっくり小型にした、小さな発泡スチロールボールをストローで吹く実験装置を一人一人が作り同じように球を吹いて浮かせた。さらに、ペットボトルや紙コップのような丸みのある物をストローで吹く実験を一人ひとりがすると、各自の思いで風の流れを細かく操作できるので、「なぜ」が「どうなる？」に変わり、子どもに図《9~11》のようなイメージができあがっていくようである。

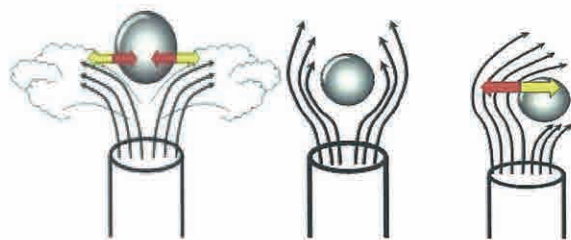


図 9

図 10

図 11

見える現象（球の動き）と隠れた働き（流れに垂直な力）がある。見えない理屈が先にある、見える現象に答える訓練をすることを幼い子どもにテストで求めることが多い学習では、わかっているつもりになってしまう。実際には何もできない子どもを作ることになってしまうのではないかと指導員たちの間での会話になっている。

C パズル作り



図 12

「発明・工夫」という言葉の印象からか、暮らしの中で便利に使われる物かその模型を作る方向に向く傾向がある。作者は子どもであるということから、ゲーム（ルールを含む）とかおもちゃにも関心を向けたいと考え、科学的な雰囲気が無いパズルづくりを取り上げた。数字ならベ板の駒に一工夫加えたクラブ指導者の作品である。ゲーム板そのものの形や仕組み、遊び方は完成して作りながら工夫することはない。説明通り、正確に組み立てることを求められる。おもちゃづくりの起爆剤としては、力不足であった。

D 空気砲

指導者の目標は、渦輪の目でとらえられる構造に気づくこと、段ボール箱の穴に手を加えて、より寿命の長い渦輪を作ろうとすることなど、現象をしっかり楽しむことであった。その上で、渦輪ができるわけを、水の渦や竜巻などと関係付けながら説明して、概要が理解でき



図13

るかどうかを確認することであった。

渦輪が図 13 のようになっていることは、容易に観察できる。しかし、段ボール箱の中で均一に広がっていた煙が、箱から出たら中央の煙がまわりを囲んだ渦に引き込まれ、リングになることが不思議だという明確な意識はなかった。



図 14

リングの中央の煙がうすいことに着目して穴の前にドーナツ型や円盤を置いて繰り返していた組が1つあったがリングにはならなかった。後日、「できなかった」で終わらないかもしれない。

渦ができるわけ（回転の始まり、うずの中は圧力が低い）の説明では、台風のコリオリの力、水の渦のまん中がくぼむ、竜巻は物を吸い上げるなどの現象と図 15 とを使った。

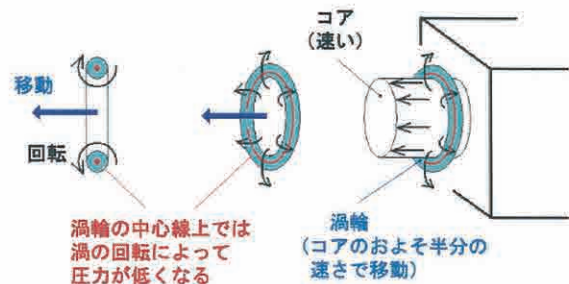


図 15 <http://youtu.be/y0tIy0m3sag>

コリオリの力を除くと、高学年の子供には伝わったのではないと感じた。

E どうする？どうなる物語

製作物も発想の視点も個別化しやすいクラブ活動にあって、一つの解決すべき問題場面（物語）を全員に提供して、問題解決のアイデアを出し合う。必要な技術的情報は共通的に指導者から提供する。「発明力」のとレーニングを狙って始めた活動である。前段の空気砲の問題解決の段階が偶

然「どうする？どうなる物語」の問題解決のしかたと同じ様になっている。

昨年度は、大地震にあったブター家が、ウサギ一家を助ける物語だった。

本年度は高層ビルでビル火災に巻き込まれた人をどのようにして救い出すかを問題にし、ビル火災の写真とはしご車の写真を提示した。

はしご車は伸縮したり、角度を変えたりする構造は複雑になるので避けることとし、送電塔やスカイツリーの写真と図 16 を示した。

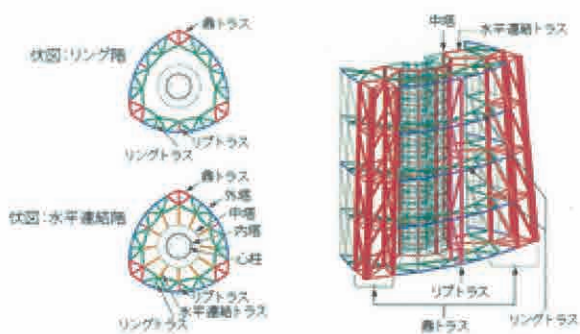


図 16 tokyo-skytree.jp

さらに、ストローを組み合わせてラーメン構造やトラス構造を作って見せ、断面が円やL型の柱と組み合わせると、いろいろな方向からの力に対して、強くなることを示した。

工作の材料は工作用紙 1 枚、頂上に単 2 乾電池を 1 つ載せる。工作の残りは家庭に持ち帰り、次の閉講式の前に、仕上げて見せ合うことにして工作を始めた。なお、工作に必要で、家庭ですぐに間に合わない物は、日ごろからクラブの道具や本、物を持ち帰ってよいことにしている。

次に、発表する場での助言例を記す。高くするか、強くするか、人が乗りやすいかなど、工作の重点は子どもにより多様である。狙ったことを実現するために採用した構造に目を向けた。ぎりぎりの強さで、高さだけを狙って作った搭に対して、倒れやすいなどという批評は当たらないと考える。

しかも、工作用紙は 1 枚だけを使い切るが、作り直しをしていないので乾電池が 2 つ乗るのは無駄などということもできない。

写真 A：兄が風邪で幼い妹が代役になり、父と来た。ありがとう。高く作ること材料を集中的に使い、壊れそうな所を探してトラス構造で補強している。家族みんなで楽しんだのもよかった。

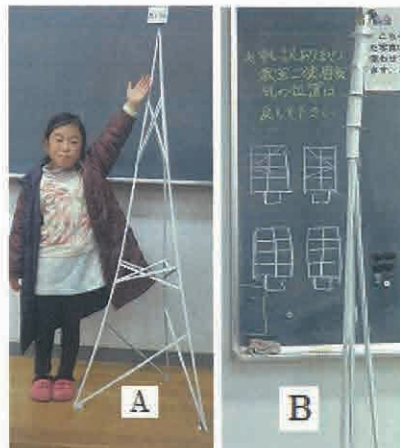


写真 B

：乾電池を立てて載せる専用の台を取り付け、高さを稼いだ。残った材料を使い切る工夫がある。

C：四角柱に



すると、強くなる。安定なので、乾電池の上に高さを伸ばす L 型の棒を加えてみた。高所作業用に使うつもりか？

D：柱を 1 本にして高さを稼いだ。倒れにくくするため



に材料を節約しながら底面を広げる工夫をした。

E：L 型を 4 本組み合わせ、しっかりつないだ。4 本の L 型を内側でつなぐ工作は苦労したと思う。少ない材

料で、太い柱になった。電池が 2 2 本乗ったとのこと。

F：良いデザイン。

搭は遠くからでも目立つのでデザインも大切。中に電球を入れて飾りの搭にしたい。



G：柱をつなぐのに、下の柱が太くなるようにして、上の重さを支えている。太い柱と細い柱をつなぐのは、間の板と接着剤の強さに頼った。

作品を見せ合う時、材料が余ったとか背が低いとか、子どもなりに他とくらべて自己評価している。一生懸命作ったけれど自信がない作品の欠点をさらに強調することはない。目当てをもって工夫した点を評価すべきだと考えている。

*このような立場で全ての作品について助言していくうち、「僕はこのことを工夫した」という発表をする子どもが出てきた。事後、全ての子どもが勇気づけられたという保護者の声があった。

「指導員からの思い」

それぞれの指導担当者が得意分野を生かした内容で、製作・実験・操作を立案実施する。担当以外の指導者は、クラブ員の自由な思考や試行を補助する。(話し合い、質問、手助けなどに心がけ、指示・命令はしない)。工夫した物を提示すると、喜ばれはするが、毎回は苦しい。こどもの考えを聞き出し、まとめたり補ったり手伝ったり材料を紹介していると、担当指導者は、気楽に取り組める。担当以外の指導者は、一人のクラブ員に時間を気にしないで付き添える。但し、かかりつきりになると、クラブ員からの指導者への声掛けができにくい傾向にある。子どもを交えた保護者との話し合いには、指導担当者との阿吽の呼吸を感じる。

保護者とクラブ員との会話は、学年が小さいほど、盛んである。会話の内容は、工作技術以外は指示にならないように留意している様子が見える。

「子どもたちからの感想」

自分の考えで実験できるのが面白い。空気砲をもっとしたい。振動が伝わるのが分かった。限られた紙で高い塔づくりにもう一度挑戦したい。搭の材料を木にかえて作りたい。どれも楽しい。これからも自分でいろんなものを作りたい。

自分で作りたい物をきめて作れたのがよかった。実験の時間が十分あって、自分で調べられた。電子部品を使った実験や工作をもっとしたい

「保護者の声から感想」

好奇心を刺激する内容で、保護者も楽しかった。発想次第で世界が広がることを子どもたちの感じたように思う。県外転居でやめるのが残念。学校とは違うやり方で楽しみでした。自分の考えを表現する力が高まったように思う。中学生になっても参加できる講座をぜひ作ってほしい。人間力・主張力が付いたみたい。自主、主体的な活動が中心になっているのがよかった。多くの他校の子どもと接触できてよかった。日常生活の中に、科学の力が多く生きていることにあらためて注目した。

発明品など、作り方を教えてもらえるのかもしれないと思っていたが、違っていた。

改めて、拙文を見直してみると、既知の発想法にある一つひとつの手段が見え隠れしていることに気づく。と同時に、具体物を手にして試行・思考することが核になっていることも見えてくる。しかし、いくつかの発想法のように抽象度が高い「言語操作による思考」に頼り過ぎるのは、無理であろう。子どもの自由なものづくりを促すのは、言語操作による思考に加え、具体物を手にして具体的な行動(見て、触って、感じる)をする勇気や意欲であり、その結果得られる充実感であろう。

「終わりに」

「物」や「発想」を介して子どもや保護者と向き合い、より豊かな親子関係の場を提供して下さっている生涯学習センターや八雲環境科学財団に大変感謝申し上げます。

(文責 阿比留博 水田雅明)

助成実施要項

13. 助成実施要項

公益財団法人八雲環境科学振興財団 研究助成制度実施要項

(趣旨)

- 第1 この要項は、公益財団法人八雲環境科学振興財団定款（以下「定款」という。）第4条第1号に基づき、公益財団法人八雲環境科学振興財団（以下「財団」という。）が行う、環境科学に関する研究助成の実施について定めるものとする。

(研究助成の対象)

- 第2 財団が行う研究助成は、次に掲げる学術研究に助成するものとする。
- 一 自然科学又は社会科学若しくは人文科学の分野における環境問題に係わる基礎並びに応用研究で、研究者が1人で行うもの、又は研究者が2人以上のグループで同一の研究課題について共同で行うもの。
 - 二 国の内外で、環境科学の学術的調査研究活動を行うもの。

(研究助成対象機関)

- 第3 財団の行う研究助成の対象者が所属する研究機関（以下「研究機関」という。）は、次に掲げるものをいう。
- 一 大学及び高等専門学校
 - 二 県及び県の附属研究機関
 - 三 民法第34条の規定により設立された学術的研究を行う法人
 - 四 前号に掲げるもののほか、学術的研究を行う機関で、財団において適当と認めるもの。

(推薦者)

- 第4 研究助成金の交付の申請には次の各号による研究機関代表者の推薦を受けなければならない。
- 一 研究機関に所属する研究者が1人で研究を行う場合は、当該研究機関の代表者又は学部長
 - 二 同一の大学で異なる学部の研究者2人以上が、同一の研究課題について共同して研究を行う場合は学長
 - 三 前号に掲げる場合を除くほか、異なる研究機関に所属する研究者2人以上が同一の研究課題について共同して研究を行う場合は、各研究機関の代表者

(研究助成の種別)

- 第5 研究助成は、その助成対象により、次のとおり区分する。
- 一 一般研究
財団が例示する先駆的又は独創的で将来性のある研究課題を対象とする。

二 特定研究

財団が毎年提示する基本テーマに関する研究課題を対象とする。

三 学術調査研究

国の内外で行われる環境科学に関する学術調査研究で、当財団において適当と認めたものを対象とする。

(研究助成の期間)

第6 前項に規定する研究助成の期間は、原則として1年とする。

(助成研究の募集)

第7 研究助成金の交付を申請しようとする者は、別に定める様式の研究助成申請書を、財団に提出するものとする。

(助成研究の選考)

第8 研究助成金の交付は、定款第52条に定める選考委員会において選考し、理事会の議を経て決定する。

(選考基準)

第9 助成の対象となる研究は、次の基準により審査する。

- 一 研究目的に対する学術的・社会的要請が大きいこと
- 二 研究計画が十分に検討され研究目的の達成可能性が高いこと
- 三 独創性に優れ、新たな研究分野として広がる可能性が高いこと
- 四 政府及び企業等の補助、助成が得難い等、当財団が助成する必要性が高いこと

(助成経費)

第10 助成研究者には、別に定める助成経費を支給する。なお、研究助成金は、申請課題の研究以外の目的に使用することはできない。

(報告書の提出)

第11 研究助成金の交付を受けた者は、助成期間終了後6ヶ月以内に、別に定める様式の研究成果報告書を、財団に提出しなければならない。

(雑則)

第12 研究助成金の交付を受けた者が、国立学校設置法第2条第1項に規定する国立学校に勤務するときは、助成金の受入れは、奨学寄附金委任経理事務取扱規則（文部省令第14号、昭和39年4月23日）に基づき、処理するものとする。

附 則

この要項は、平成24年10月1日から施行する。

公益財団法人八雲環境科学振興財団 国際研究交流助成制度実施要項

(趣旨)

- 第1 この要項は、公益財団法人八雲環境科学振興財団定款（以下「定款」という。）第4条第2号に基づき、公益財団法人八雲環境科学振興財団（以下「財団」という。）が選出する国内外の研究者等を、国内外で開催される国際研究集会等に派遣又は招聘することを助成すること並びに国内外の研究者（又はグループ）が共同で研究を行うことを助成することの実施について定めるものとする。

(国際研究交流助成の対象)

- 第2 この要項で対象とする国際研究交流助成は、次の条件を満たすものとする。
- 一 下記に示す国際研究集会への国内研究者の派遣
 - イ 外国で開催される研究集会であること。
 - ロ 国際的に権威のある学会、学術団体又は学術研究機関等が主催するものであること。
 - 二 下記に示す国内研究集会への海外研究者の招聘
 - イ 国内で開催される国際研究集会であること。
 - ロ 国際的に権威のある学会、学術団体又は学術研究機関等が主催するものであること。
 - 三 下記に示す国際共同研究のための派遣及び招聘
 - イ 協定等に基づき、国内外の研究機関で一定期間組織的に研究（研究機関の代表者が認めたもの）することを目的とした、国内研究者の派遣又は国外研究者の招聘であること。
 - ロ 国際的な共同研究を目的とした、研究者の交流や情報資料交換のための、一時的な国内研究者の派遣又は国外研究者の招聘であり、財団において適当と認めるもの。

(研究助成対象機関)

- 第3 財団の行う助成の対象者が所属する研究機関（以下「研究機関」という。）は、次に掲げるものをいう。
- 一 大学及び高等専門学校
 - 二 県及び県の附属研究機関
 - 三 民法第34条の規定により設立された学術的研究を行う法人
 - 四 前号に掲げるもののほか、学術的研究を行う機関で、財団において適当と認めるもの。

(推薦者)

第4 助成金の交付の申請には所属する研究機関代表者又は学部長の推薦を受けなければならない。

(助成対象研究者の募集)

第5 派遣又は招聘研究者の助成を希望する者は、別に定める助成申請書を所属機関の長を経て財団に提出するものとする。

(助成対象研究者の選考)

第6 派遣又は招聘研究者の助成選考は、定款第52条に定める選考委員会の議を経て理事会で決定する。

(選考基準)

第7 派遣又は招聘の助成は、対象研究者の以下の基準の充足状況により選考する。

- 一 優れた研究活動の実績があること。
- 二 国際研究集会においては、講演若しくは研究発表を行うこと又は座長になること等重要な役割を果たすこと。
- 三 国際研究交流における活動に必要な語学力を有すること。
- 四 国際研究集会への参加あるいは国際共同研究により、研究の著しい向上が期待されること。

(助成経費)

第8 派遣又は招聘研究者には、別に定める助成経費を支給する。

(報告書の提出)

第9 派遣研究者は又は招聘助成を受けた研究者は研究集会等終了後1ヶ月以内に、別に定める報告書を財団に提出しなければならない。

(雑則)

第10 助成金の交付を受けた者が、国立学校設置法第2条第1項に規定する国立学校に勤務するときは、助成金の受入れは、奨学寄附金委任経理事務取扱規則（文部省令第14号、昭和39年4月23日）に基づき、処理するものとする。

附 則

この要項は、平成24年10月1日から施行する。

公益財団法人八雲環境科学振興財団 研究集会助成制度実施要項

(趣旨)

- 第1 この要項は、公益財団法人八雲環境科学振興財団定款（以下「定款」という。）第4条第1号に基づき、岡山県内で開催される環境科学に関する研究集会、学術講演会、シンポジウム等（以下「研究集会」という。）に対し、公益財団法人八雲環境科学振興財団（以下「財団」という。）が行う助成の実施について定めるものとする。

(助成対象研究集会)

- 第2 財団が助成する研究集会は次のとおりとする。
- 一 学協会及びその支部が主催するもの
 - 二 公知された懇話会、研究会等が主催するもの
 - 三 財団が認める組織が主催するもの

(助成条件)

- 第3 研究集会への助成は、岡山県下の研究機関に常勤する研究者が世話人として申請するものでなければならない。
- 2 前項の研究機関は、次に掲げるものをいう。
- 一 大学及び高等専門学校
 - 二 県及び県の附属研究機関
 - 三 民法第34条の規定により設立された学術的研究を行う法人
 - 四 前号に掲げるもののほか、学術的研究を行う機関で、財団において適当と認めるもの。

(推薦者)

- 第4 助成金の交付の申請には、所属する研究機関の代表者又は学部長等の推薦を受けなければならない。

(助成研究集会の募集)

- 第5 助成金の交付を申請しようとする者は、別に定める様式の研究集会助成申請書を財団に提出するものとする。

(助成の選考)

- 第6 研究集会助成の決定は、定款第52条に定める選考委員会において選考のうえ、理事会の議を経て決定する。

(選考基準)

第7 助成の対象となる研究集会は、次の基準により審査する。

- 一 明確に限定された研究主題であり、新しい知識又は概念の展開の可能性が大きいこと
- 二 研究法などの点で学術的価値が高いこと
- 三 岡山県において開催する意義が明らかであること
- 四 研究集会を開催するための組織と運営が明確であること

(財団名表示の義務)

第8 採択された研究集会は、刊行する印刷物等に共催、協賛、賛助等の冠を付し、財団名を記載しなければならない。

(助成額の基準)

第9 研究集会への助成額の交付基準は別に定める。

(報告書の提出)

第10 助成金の交付を受けた者は、研究集会が終了した後、1ヶ月以内に別に定める様式の報告書を財団に提出しなければならない。

(雑則)

第11 助成金の交付を受けた者が、国立学校設置法第2条第1項に規定する国立学校に勤務するときは、助成金の受入れは、奨学寄附金委任経理事務取扱規則（文部省令第14号、昭和39年4月23日）に基づき、処理するものとする。

(実施細則)

第12 この要項に定めるもののほか、必要な事項は別に定める。

附 則

この要項は、平成24年10月1日から施行する。

14. ご寄附のお願い

公益財団法人八雲環境科学振興財団は、平成10年に設立され、これまでに、省資源・リサイクル、環境計測、生態系保全をはじめ環境科学に関する多くの助成事業を行ってまいりました。今後、当財団の事業をより実りあるものにするため、広い分野の多くの方々に財団設立の主旨をご理解いただくとともに、ご指導・ご支援をいただくことが必要と考えております。

この寄附金は、事業目的の達成のために運用財産として使用させていただきます。

なお、当財団は、平成24年10月に公益財団法人として認定されており、このご寄附については、優遇措置（免税）を受けることができます。

また、岡山県下で開催される研究集会等につきまして、企業等から寄附を受ける場合、あるいは研究者個人またはグループを指定し、企業から寄附を受ける場合において、当財団が同意する場合は上記と同様に優遇措置（免税）を受けることができます。

上記の主旨をご理解いただき、ご寄附にご協力をお願い致します。

1. 募集の内容及び特典

募集期間	随時
対象	個人・法人
寄付金	個人1口 5,000円、法人1口 10,000円 特定指定寄付金（事務局までお問い合わせ下さい）
特典	・財団が発行する研究レポート集、財団ニュースの配付 ・財団が主催する研究発表会、その他事業企画等のご案内 ・その他理事長が必要と認める資料の配付

2. 税制上の優遇措置について

当財団は、公益財団法人の認定を受けております。当財団に対する寄附金には、税制上の優遇措置が適用されます。詳細は所轄の税務署又は税理士にお尋ねください。

個人寄付の場合	「所得控除」が受けられます。 (寄付金額-2,000円)の金額が所得金額から控除されます。 控除額は所得金額の40%が限度となります。
法人寄付の場合	通常の一般寄付金の損金算入限度額と別枠で、損金算入が認められます。

3. 寄附金申込み手続き

寄附申込書をダウンロードのうえ、郵送にて当財団事務局宛に送付後、ご送金手続きをお願いいたします。 当財団ホームページ → <http://www.ej-hds.co.jp/zaidan/>

4. お振込先

銀行名	三井住友銀行岡山支店
預金種類	普通預金
口座番号	6497055
口座名義	公益財団法人八雲環境科学振興財団 (フリガナ) コウエキザイダンホウジンヤクモカンキョウカガクシンコウザイダン

☆ご不明な点は事務局までお問い合わせ下さい。

公益財団法人 八雲環境科学振興財団

〒700-8617 岡山市北区津島京町 3-1-21 (株式会社エイト日本技術開発内)

TEL : 086-252-7670

FAX : 086-252-8918

e-mail : yakumo@ej-hds.co.jp

公益財団法人 八雲環境科学振興財団は、その年の自然環境の状況を残していきたいという思いから、毎年、発行する研究レポート集の表紙にその年の自然環境のイメージを画像で現しております。

今年は、年明けから関東甲信地区で観測史上1位の記録的な大雪から始まり、夏には、四国地区を中心に各地区において局地的な豪雨に見舞われた。そして8月には、広島県において豪雨により大規模土砂災害が発生し、甚大な被害をもたらした。また、その翌月には、長野県と岐阜県の県境に位置する御嶽山において噴火が発生し、戦後最悪の火山災害となった。毎年のことではあるが、自然災害の恐ろしさを感じさせられる。

公益財団法人 八雲環境科学振興財団
研究レポート集 第15号

平成26年10月発行

発行 公益財団法人八雲環境科学振興財団
岡山市北区津島京町3丁目1-21
(株エイト日本技術開発内)
TEL (086)252-7670

印刷 吉備サプライ株式会社
岡山市北区野田4丁目2-20
TEL (086)805-2111



THE YAKUMO FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

telephone: 086-252-7670

facsimile: 086-252-8918

URL: <http://www.ej-hds.co.jp/zaidan/>

公益財団法人 八雲環境科学振興財団

〒700-8617 岡山市北区津島京町三丁目1番21号 (株)エイト日本技術開発内