

研究レポート集 2009

Report

第10号



THE YAKUMO FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

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11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。

財団法人 八雲環境科学振興財団
理事長 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. 寄附行為	4
5. 平成20年度事業実施状況	9
6. 年度別助成事業実施状況	12
7. 研究発表会実施状況	17
8. 平成20年度環境研究助成報告	19
9. 平成20年度国際研究交流助成報告	114
10. 平成20年度研究集会助成報告	120
11. 平成20年度その他の助成報告	124
12. 助成実施要項	131
13. ご寄附のお願い	137

1. 巻頭言

私の卒業研究テーマは「広島県の湿原植生」であった。湿原に生育する植物の生育要因の解析がやりたかったテーマなのだが、当面は植物の名前を調べるだけでも結構大変であった。植物図鑑も現在のように完備されていなかったし、西日本では研究者も研究事例も少なく、情報の蓄積が少なかったからである。

当時は湿原を牧場・牧草地や畑に開墾していた時代であり、湿原の研究は最も社会貢献の可能性の低いジャンルの研究であった。生産に貢献できない草地の保護・保全は難しく、「先生の研究対象だから保護しようといっているのだろう？」と言われる始末。氷河時代の遺存植物だから、とか岡山県ではここにしかないのだから、などと言ってもなかなか聞き入れられなかった。せめてもの抵抗は、湿原をみてもらい、心が和みませんか？ そうであったら、残しませんか？ といった感じ。

世の中は変わるもので、データの蓄積と解析から、絶滅に瀕している生物のリスト、いわゆるレッドデータブックがまとめられるなど、保護の基準が決まってきた。このような法的環境の整備は、開発圧力の上昇が背景にあった。リゾート法の制定(1987)によるリゾート開発ラッシュは自然保護の必要性を大きく高めることになった。

開発と自然保護の妥協点として湿原や湖沼の移設の必要性が生じることになった。それまでは移設の技術が無いために消滅する運命をたどっていた自然が、形が変わるとはいえ生き残り、場合によってはより発展する可能性も残されたのであった。湿原や湖沼・森の移動には信じられないほどの経費が必要となるが、開発圧力の高さがそれを可能にした。それまで行われなかった湿原の移設は、岡山が日本で初めての成功事例となった。その一部は、岡山県自然保護センターの湿生植物園として18年ほどの歴史を持っている。

科学は発達するにつれて先鋭化し、結晶化して現実の世界とは関わりのない深みへと進んでいくように見える。しかしながら、一定の成果が出てくるとすぐさま現実の世界へと関わりを持つようになり、環境との関わりが出てくる。現在では、過去に開墾されてしまった牧草地を湿原に復帰させる試みが各地で行われている。昔、社会に貢献できなかった基礎的な研究が、今必要な知見・技術となった。

評議員 波田善夫
(岡山理科大学学長)

2. 財団の概要

名 称	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)
出 捐 者	株式会社エイト日本技術開発 他
基本財産	2億5,000万円(平成21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
理 事 長	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	岡山大学特別顧問 (前岡山大学学長)
	目瀬 守男	美作大学名誉学長
	赤木 靖春	学校法人加計学園専務理事
	山北 次郎	岡山県立大学情報工学部教授
	沖 陽子	岡山大学大学院環境学研究科教授
	伊丹 文雄	財団法人倉敷スポーツ公園理事長
	小谷 敏幸	(株)エイト日本技術開発 相談役
監 事	西田 秀史	弁護士
	大橋 莊平	税理士
	小谷 浩治	(株)エイト日本技術開発 管理本部総務部長
評 議 員	本水 昌二	岡山大学名誉教授・特任教授
	杉尾 剛	岡山大学大学院自然科学研究科教授
	波田 善夫	岡山理科大学学長
	西垣 誠	岡山大学大学院環境学研究科教授
	飯島 祥二	岡山商科大学大学院商学研究科教授
	阿部 宏史	岡山大学大学院環境学研究科長
	岩田 正晴	ロック地域計画事務所 代表
	谷本 俊夫	(株)エイト日本技術開発 取締役
	高橋 尚城	(株)エイト日本技術開発 顧問
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学研究科教授
	熊澤 貴之	岡山県立大学デザイン学部講師
	吉田 庄太	(株)エイト日本技術開発 監査役
	永井 泉治	(株)エイト日本技術開発 経営企画部長

4. 寄附行為

第 1 章 総則

(名称)

第 1 条 この法人は、財団法人八雲環境科学振興財団という。

(事業所)

第 2 条 この法人は、事務所を岡山県岡山市津島京町三丁目 1 番 2 1 号に置く。

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) その他前条の目的を達成するために必要な事業

第 3 章 資産及び会計

(資産の構成)

第 5 条 この法人の資産は、次に掲げるものをもって構成する。

- (1) 設立当初の財産目録に記載された財産
- (2) 寄附金品
- (3) 財産から生ずる収入
- (4) その他の収入

(資産の種別)

第 6 条 この法人の資産は、基本財産と運用財産の 2 種とする。

2 基本財産は、次に掲げるものをもって構成する。

- (1) 設立当初の財産目録中、基本財産の部に記載された財産
- (2) 基本財産とすることを指定して寄附された財産
- (3) 理事会で基本財産に繰り入れることを議決した財産
- (4) 基本財産とされている株式にもとづく新株の発行により取得した株式

3 運用財産は、基本財産以外の資産とする。

(資産の管理)

第 7 条 この法人の資産は、理事長が管理し、その方法は、理事会の議決により定める。

2 基本財産のうち、現金は、郵便官署若しくは確実な金融機関に預け入れ、信託会社に信託し、又は国債、公債その他確実な有価証券に換えて、保管しなければならない。

(基本財産の処分の制限)

第 8 条 基本財産は、譲渡し、交換し、担保に供し、又は運用財産に繰り入れてはならない。ただし、この法人の事業遂行上やむを得ない理由があるときは、評議員会の同意を得た上、理事会において、理事現在数の 4 分の 3 以上の議決を経、かつ、岡山県教育委員会の承認を得て、その一部に限りこれを処分し、又は担保に供することができる。

(経費の支弁)

第 9 条 この法人の業務遂行に要する経費は、運用財産をもって支弁する。

(事業計画及び収支予算)

第 10 条 この法人の事業計画及びこれに伴う収支予算は、理事長が作成し、毎会計年度開始前に評議員会の同意を得た上、理事会において理事現在数の 3 分の 2 以上の議決を得なければならない。これらを変更する場合も同様とする。

2 理事長は、前項の議決があったときは、直ちにその事業計画書及び収支予算書を岡山県教育委員会に届け出なければならない。

(暫定予算)

第11条 前条の規定にかかわらず、やむを得ない理由により予算が成立しないときは、理事長は、理事会の議決を経て、予算成立の日まで前年度の予算に準じて収入支出することができる。

2 前項の収入支出は、新たに成立した予算の収入支出とみなす。

(事業報告及び収支決算)

第12条 この法人の事業報告及び収支決算は、毎会計年度終了後、理事長が事業報告書、収支計算書、正味財産増減計算書、貸借対照表及び財産目録等として作成し、監事の監査を受け、評議員会の同意を得た上、その会計年度終了後3か月以内に理事会において理事現在数の3分の2以上の議決を得なければならない。

2 理事長は、前項の議決があったときは、同項に規定する書類を、その会計年度終了後3か月以内に岡山県教育委員会に報告しなければならない。この場合において、資産の総額に変更があったときは、2週間以内に登記し、登記簿の謄本を添えるものとする。

(長期借入金)

第13条 この法人が資金の借入をしようとするときは、その会計年度の収入をもって償還する短期借入金を除き、理事会において理事現在数の3分の2以上の議決を経、評議員会の議決を得て、かつ岡山県教育委員会の承認を受けなければならない。

(新たな義務の負担等)

第14条 8条ただし書及び前項の規定に該当する場合並びに収支予算で定めるものを除くほか、この法人が新たな義務の負担又は権利の放棄のうち重要なものを行おうとするときは、評議員会の同意を得た上、理事会において理事現在数の3分の2以上の議決を経なければならない。

(会計年度)

第15条 この法人の会計年度は、毎年4月1日に始まり、翌年3月31日に終わる。

第4章 役員及び評議員

(役員の種類)

第16条 この法人に、次の役員を置く。

(1) 理事 6人以上9人以内(うち理事長1人とする。ほかに専務理事1人をおくことができる。)

(2) 監事 3人

(役員を選任)

第17条 役員は、評議員会において選任する。

2 理事は、互選により、理事長及び専務理事をおくときは専務理事を選任する。

3 理事のうちには、理事のいずれか1人及びその親族その他特殊の関係のある者の合計数が、理事現在数の3分の1を超えて含まれることになってはならない。

4 監事のうちには、監事のいずれか1人及びその親族その他特殊の関係のある者の数、又は、理事のいずれか1人及びその親族その他特殊の関係のある者の数若しくは評議員の1人と親族その他特殊の関係のある者の数の合計数が監事総数(現在数)の3分の1を超えて含まれることになってはならない。又監事には職員が含まれてはならない。

5 理事及び監事は、相互に兼ねることができない。

6 理事に異動があったときは、2週間以内に登記し、登記簿の謄本を添え、遅滞なくその旨を岡山県教育委員会に届け出なければならない。

7 監事に異動があったときは、遅滞なくその旨を岡山県教育委員会に届け出なければならない。

(理事の職務)

第18条 理事長は、この法人を代表し、業務を統括する。

2 理事長に事故があるとき又は理事長が欠けたときは、専務理事がその職務を代行する。専務理事なきときはあらかじめ理事長が指名した順序により、他の理事がその職務を代行する。

3 理事は、理事会を組織して、この寄附行為に定めるところにより、この法人の業務を議決し、執行する。

(監事の職務)

第19条 監事は、次に掲げる職務を行う。

(1) この法人の財産及び会計を監査すること。

(2) 理事の業務執行の状況を監査すること。

(3) 財産、会計及び業務の執行について、不正の事実を発見したときは、これを理事会及び評議員会並びに岡山県教育委員会に報告すること。

(4) 前号の報告をするため必要があるときは、理事会及び評議員会の招集を理事長に請求し、又は招集すること。

(役員任期)

- 第20条 役員任期は、2年とする。ただし、補欠又は増員により選任された役員任期は、それぞれ前任者又は現任者の残任期間とする。
- 2 役員は、再任されることができる。
 - 3 役員は、辞任した場合又は任期終了の場合においても、後任者が就任するまでは、その職務を行わなければならない。

(役員解任)

- 第21条 役員が次のいずれかに該当するときは、理事会及び評議員会において、それぞれ理事現在数及び評議員現在数の3分の2以上の議決により、これを解任することができる。この場合、理事会及び評議員会において議決する前に、その役員に弁明の機会を与えなければならない。
- (1) 心身の故障のため、職務の執行に堪えないと認められるとき。
 - (2) 職務上の義務違反その他役員としてふさわしくない行為があると認められるとき。

(評議員選出)

- 第22条 この法人に、評議員7人以上10人以内を置く。評議員現在数は、理事現在数以上であるものとする。
- 2 評議員は、理事会で選出し、理事長が任命する。
 - 3 評議員及び役員は、相互に兼ねることができない。
 - 4 前2条の規定は評議員にこれを準用する。この場合において、これらの条文中「役員」とあるのは「評議員」と読み替えるものとする。
 - 5 評議員のうちには、役員のうち1人と親族その他特殊の関係のある者の数又は、評議員のうち1人及びその親族その他特殊の関係のある者の合計数が評議員現在数の3分の1を超えて含まれることにはならない。

(評議員職務)

- 第23条 評議員は、評議員会を組織して、この寄附行為に定める事項のほか、理事会の諮問に応じ、理事長に対し必要と認める事項について審議し、助言する。

(報酬等)

- 第24条 役員及び評議員は無給とする。
- 2 役員及び評議員には、費用を支弁することができる。
 - 3 前2項に関し必要な事項は、理事会の議決を経て、理事長が別に定める。

第5章 会議

(機能)

- 第25条 理事会は、この寄附行為に別に規定するもののほか、この法人の運営に関する重要な事項を議決し、執行する。
- 2 次に掲げる事項については、理事会は、あらかじめ評議員会の同意を得なければならない。
 - (1) 事業計画及び収支予算の決定
 - (2) 事業報告及び収支決算の承認
 - (3) 不動産の買入れ又は基本財産の処分若しくは担保の提供
 - (4) 長期借入金についての事項
 - (5) 新たな義務の負担及び権利の放棄についての事項
 - (6) その他、この法人の業務に関する重要事項で理事会において必要と認めるもの
 - (7) その他理事長が付議した事項

(招集)

- 第26条 会議は、理事長が招集する。
- 2 理事長は、理事現在数の3分の1以上又は第19条4号の規定により監事から招集の請求があったときは、速やかに理事会又は評議員会を招集しなければならない。
 - 3 会議を招集するときは、理事又は評議員に対し、会議の日時、場所、目的及び審議事項を記載した書面をもって、開会の日の7日前までに通知しなければならない。

(議長)

- 第27条 理事会の議長は、理事長がこれに当たる。
- 2 評議員会の議長は、その評議員会において、出席した評議員のうちから選出する。

(定足数)

- 第28条 会議は理事現在数又は評議員現在数の3分の2以上の者が出席しなければその議事を開き議決することができない。

(議決)

第29条 会議の議事は、この寄附行為に別に規定するもののほか、出席理事又は評議員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(書面表決等)

第30条 やむを得ない理由のために会議に出席できない理事又は評議員は、あらかじめ通知された事項について、書面をもって表決することができる。この場合において、前2条の規定の適用については、出席したものとみなす。

(議事録)

第31条 会議の議事については、次の事項を記載した議事録を作成しなければならない。

- (1) 会議の日時及び場所
 - (2) 理事又は評議員の現在数
 - (3) 出席者及び出席者氏名（書面表決者及び表決委任者の場合にあつては、その旨を付記すること。）
 - (4) 審議事項及び議決事項
 - (5) 議事の経過の概要及びその結果
 - (6) 議事録署名人の選任に関する事項
- 2 議事録には、議長及び出席した理事又は評議員の中からその会議において選任された議事録署名人2人以上が、署名押印しなければならない。

第 6 章 選考委員会

(選考委員会)

第32条 この法人には、第4条の事業の対象となるものを選考するため、選考委員会を置く。

(選考委員)

第33条 選考委員会は、6人以上9人以内の選考委員をもって組織する。

- 2 選考委員は、学識経験者のうちから、理事会で選出し、理事長が委嘱する。
- 3 選考委員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。
- 4 第17条第3項の規定は選考委員について準用する。この場合において「理事」及び「理事現在数」とあるのは、それぞれ「選考委員」及び「選考委員現在数」と読み替えるものとする。
- 5 委員のうちには、この法人の役員及び評議員が2名を超えて含まれることにはならない。

第 7 章 寄附行為の変更及び解散

(寄附行為の変更)

第34条 この寄附行為は、理事会及び評議員会において、それぞれ理事現在数及び評議員現在数の4分の3以上の議決を経、かつ、岡山県教育委員会の認可を受けなければ変更することができない。

(解散)

第35条 この法人は、民法第68条第1項第2号から第4号までの規定によるほか、理事会及び評議員会において、それぞれ理事現在数及び評議員現在数の4分の3以上の議決を経、かつ、岡山県教育委員会の承認があつたときに解散する。

(残余財産の処分)

第36条 この法人の解散に伴う残余財産は、理事会及び評議員会において、それぞれ理事現在数及び評議員現在数の4分の3以上の議決を経、かつ岡山県教育委員会の許可を得て、地方公共団体又はこの法人と類似する目的を有する公益法人に寄附するものとする。

第 8 章 事務局

(事務局及び職員)

第37条 この法人の事務を処理するために、事務局を設置する。

- 2 事務局には、必要な職員を置く。
- 3 職員は、理事長が任免する。
- 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、理事会の議決を経て、理事長が別に定める。

(書類及び帳簿の備え付け等)

第38条 この法人の事務所に、常に次の書類及び帳簿を備えなければならない。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) 寄附行為
- (2) 役員、評議員及びその他の職員の名簿、役員の就任承諾書並びに履歴書
- (3) 過去3年度の各年度末の財産目録および収支決算書
- (4) 資産台帳及び負債台帳
- (5) 収入支出に関する帳簿及び証拠書類
- (6) 寄附行為に定める議決機関の議事録
- (7) 許可、認可等の書類
- (8) 登記に関する書類
- (9) 官公署からの示達文書
- (10) 現年度の事業計画及び収支予算書
- (11) 過去3年度の監事が監査に関して作成した書類
- (12) その他必要な帳簿及び書類

第 9 章 補則

(株式の権利行使の制限)

第39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現在数の3分の2以上の同意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

(細則)

第40条 この寄附行為の施行について必要な事項は、理事会の議決を経て、理事長が別に定める。

附 則

- 1 この寄附行為は、岡山県教育委員会の設立許可があった日から施行する。
- 2 この法人の設立当初の役員及び評議員並びに選考委員は、第17条及び第22条並びに第33条の規定にかかわらず、別紙役員名簿及び評議員名簿並びに選考委員名簿のとおりとし、その任期は、第20条第1項の規定にかかわらず、平成11年3月31日までとする。
- 3 この法人の設立初年度の事業計画及び収支予算は、第12条の規定にかかわらず、設立者の定めるところによる。
- 4 この法人の設立当初の会計年度は、第15条の規定にかかわらず設立許可のあった日から平成11年3月31日までとする。
- 5 この寄附行為は、平成13年6月18日一部改正。

5. 平成 20 年度事業実施状況

平成 20 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 839 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。

1. 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 自然環境の改善に寄与するものとします。	平成20年度募集テーマ A：生態系の保全に関する研究 B：都市・農村環境に関する研究 C：地域未利用資源活用に関する研究
2. 助成金額と件数	
総 額 ・ ・ ・ ・ ・ 400 万円程度 1 件あたり助成額 ・ ・ 50 万円以内 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 8 件程度	総 額 ・ ・ ・ ・ ・ 300 万円程度 1 件あたり助成額 ・ ・ 100 万円以内 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 3 件程度
3. 助成対象となる期間	
平成 21 年 3 月 31 日まで	平成 21 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 21 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 20 年 5 月 1 日から平成 21 年 4 月 30 日までに出発帰着する下記の派遣又は招聘

- 国外で開催される環境科学に関する研究集会への国内研究者の出席。但し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。
- 国内で開催される環境科学に関する研究集会での発表、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

III. 研究集会助成

1. 助成対象

平成 20 年 10 月 1 日から平成 22 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」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

- 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19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20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、海外研究集会等での発表を目的とする場合、論文採択が予定の段階でも応募できますが、助成金の振込は、正式決定後とします。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20年 4月18日（金）（必着）	平成20年 5月	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			

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。

<http://www.8con.co.jp/zaidan/>

応募申請書類は下記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 岡山市津島京町3丁目1番21号
 (株) エイトコンサルタント経営企画部内
 (財) 八雲環境科学振興財団 事務局 (担当: 三宅)
 TEL: 086-252-7670
 FAX: 086-252-8918
 Eメール: yakumo@8con.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

累計 (平成 10 年度～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	285 件	127 件	69,426.3 千円
国際研究交流助成事業	106 件	66 件	12,922.2 千円
研究集会助成事業	12 件	11 件	3,300 千円
合計	403 件	204 件	85,648.5 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	岡山口イダルホテル
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	岡山口イダルホテル
発表者数	10名
協 賛	岡山教育委員会、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

平成 21 年度 (予定)

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

平成 20 年度 環境研究助成報告

8. 平成 20 年度 環境研究助成報告

①特定研究

助成対象者	所 属	研究テーマ	ページ
前 田 守 弘	岡山大学大学院 環境学研究科	有機物施用畑における環境負荷の実態解明に関する研究	20
村 上 賢 治	岡山大学大学院 自然科学研究科	微生物し尿処理過程で発生する希硫酸水と鶏糞灰を組み合わせた新規肥料開発	29
大 橋 唯 太	岡山理科大学 総合情報学部	岡山平野における大気熱環境の面的分布の実態調査	35

②一般研究

助成対象者	所 属	研究テーマ	ページ
仲 章 伸	倉敷芸術科学大学 生命科学部	ケイ素を利用した新規機能性物質の合成に関する研究	44
神 田 竜 也	岡山大学大学院 環境学研究科	荒廃農地の放牧利用による農村環境・資源管理の可能性 —集落共同管理の事例を中心として—	50
大 庭 伸 也	岡山大学大学院 環境学研究科	絶滅危惧種タガメの繁殖・越冬成功に適した餌の解明	58
山 田 真 路	岡山理科大学 理学部	バイオ素材、特にDNAを用いた環境汚染物質除去担体の作製	70
齋藤 美絵子	岡山県立大学 デザイン学部	大型街頭ビジョンにおける双方向情報伝達のしくみとその効果	76
藤 澤 和 謙	岡山大学大学院 環境学研究科	締固められた堤体材料の表面侵食特性の把握とその成果の流域・農村環境保全への応用	82
崎 田 真 一	岡山大学環境管理センター	湿式ボールミル法を用いた産業廃棄物の再資源化技術の開発	88
近 藤 文 義	岡山大学大学院 自然科学研究科	大気—海洋間の二酸化炭素交換量の直接評価手法に関する研究	94
鳥 居 雅 之	岡山理科大学 総合情報学部	黄砂起源地の環境磁気学的推定	100
小 田 淳 子	吉備国際大学 国際環境経営学部	循環型社会の構築に向けた小売企業向け取り組みガイドラインの策定に関する研究	106

※所属は、助成申請時

有機物施用畑における環境負荷の実態解明に関する研究

岡山大学大学院環境学研究科 前田守弘・松本智也・梅谷真慈
mun@cc.okayama-u.ac.jp

1. はじめに

環境省の平成19年度地下水質測定結果によると、硝酸性窒素の環境基準超過率は全国平均で4.1%と高く（環境省水・大気環境局，2008），畑地への施肥や家畜排せつ物との関連が指摘されている．一方，食の安全・安心を求める消費者ニーズから有機農業への関心と期待が高まるなか，平成18年に有機農業推進法が施行され，翌年にその基本方針が示された．基本方針のなかで，有機農業は「自然循環機能を増進し，農業生産に由来する環境への負荷を大幅に低減するもの」と表現されており，硝酸性窒素による地下水汚染の解決にも期待が寄せられている．しかし，各種資材を連用した調査によると，家畜ふん堆肥からの窒素溶脱は連用当初に小さいが，数年後には化学肥料並に上昇しており，長期的な視点からすると有機物の施用で窒素負荷が小さくなるわけではない（Maeda et al., 2003）．また，リン濃度の高い家畜ふん堆肥を連用すると，これらが作土に蓄積することも報告されている（Zhao et al., 2005, 後藤ほか, 2008）．しかしながら，こうした研究事例はまだ少なく，また，地域性と関係が深いことから有機物施用と環境負荷の関係には不明な点が多い．今後，環境負荷の小さい有機農業あるいは有機物活用農業の促進を図るためには，現地調査事例を蓄積し，地域における有機物管理の適正利用指針を早急に提案する必要がある．

本研究では，有機物施用畑を中心に，岡山県内における窒素，リン等の土壌調査を実施する．これまでの研究は作土のみを調査したものが多く，ここでは土壌中で移動性の高い硝酸性窒素を扱うことから，下層土も調査対象とする．また，周辺表流水の水質調査をおこない，土壌圏から水圏への窒素，リンの移動性を調べる．

2. 試験方法

2.1 調査地の概要

1) 岡山県南東部畑作地域

本地域は瀬戸内海式気候に属し，年間を通して降水量が少なく，日照時間が長い．本地区から約10 km離れた虫明気象観測所のデータによると，過去30年平均年間降水量は1094 mm，平均気温は14.8℃である（気象庁，2009）．

同地域の専業農家割合は39%と高く，作物は野菜が中心で，夏はトウガン，カボチャ，スイカ，冬はハクサイ，キャベツが主要作物である．また，畜産が盛んで，乳用牛，肉用牛あわせて約1600頭が飼育されており，畑地では牛ふん堆肥，乾燥鶏ふん，マッシュルーム堆肥などの有機物施用量が多い（赤井ほか，2000）．地形から，旧干拓地と傾斜畑に分けることができ（図1），旧干拓地では褐色低地土，傾斜畑では黄色土が中心である．

2) 笠岡湾干拓地

岡山県西南端に位置する笠岡湾干拓地は国営事業として1990年に完成した．農業用地は1190 haあり，畜産を中心とした農業が営まれている（笠岡市，2009）．現在では，畜産農家

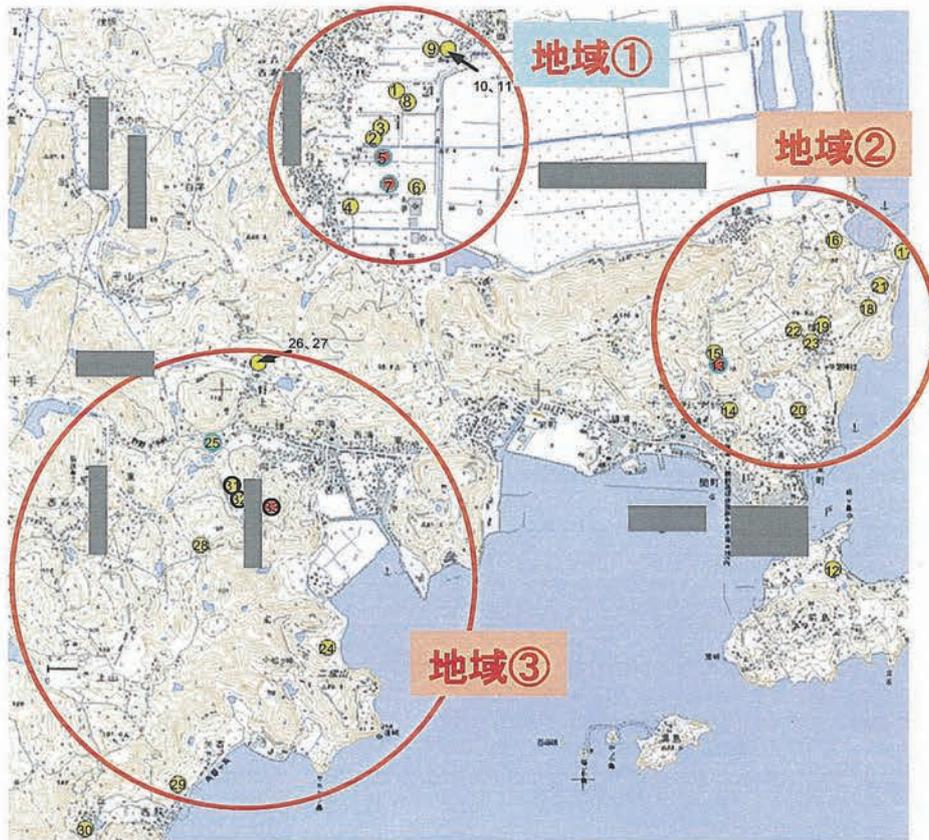


図1 岡山県南東部畑作地域における採土および採水調査地点
 注) ①は旧干拓地域, ②, ③は傾斜畑地域, 黄色は土壌採取地点, 青丸は採水地点, 赤は選定畑を示す。

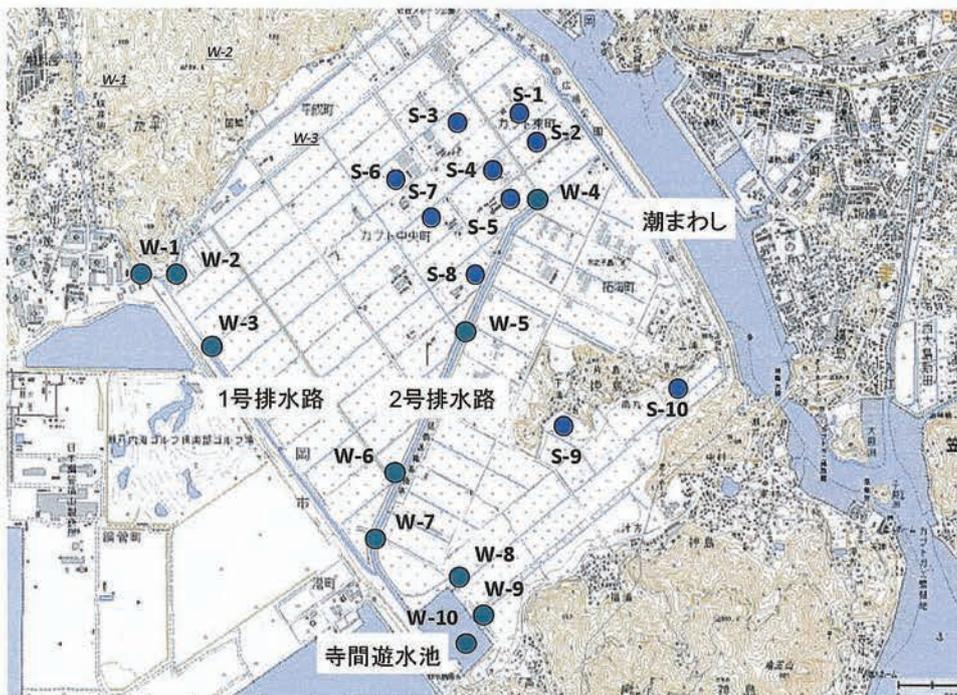


図2 笠岡湾干拓地内における採土および採水調査地点
 注) Sは土壌採取地点, Wは採水地点を示す。

18 戸 (176 ha), 耕種複合農家 26 戸 (132 ha), 園芸複合農家 49 戸 (99 ha) が入植しており, それとは別に粗飼料基地 381 ha が存在している。

笠岡気象観測所の気象データによると, 過去 30 年平均年間降水量は 1053 mm, 平均気温は 15.4°C で (気象庁, 2009), 南東部畑作地域とほぼ同様であった。土壌型は灰色低地土である。

干拓地内の畑地排水は圃場脇の排水路から主要排水路を経由して寺間遊水池に貯留された後, 笠岡湾に排出される (図 2)。なお, 灌漑用水には高梁川の水が用いられている。また, 東側堤防を浸出した海水 (潮まわし) を流入起点に持つ 2 号排水路に途中から流入する水路はほぼ等間隔に 3 本あり, 東から順に, 畜産農家圃場と園芸作物圃場 (堆肥施用量少, S-1, 2), 畜産農家圃場 (同多, S-6~8), 飼料作物栽培圃場 (同中) の中をそれぞれ流下している。

2.2 土壌および表流水の採取

1) 岡山県南東部畑作地域

2008 年夏 (7/7, 7/23, 7/24, 8/6) に旧干拓地と傾斜畑を含む 33 圃場の作土 0~15 cm を採取した。各圃場 3 箇所ずつ採取したものを混合し, 分析に供した。続いて, 11 月 6, 7 日に, 旧干拓地および傾斜畑から次の特徴を持つ 4 圃場を選定し, 深さ 100 cm まで 10 cm 毎に土壌採土器 (ダイキ理化, DIK-100A-K2) を用いて 3 連で採土した。

- 1) 地点 5 (地域①): キャベツ栽培跡地。化成肥料のみ。無機態窒素含有量が高い。
- 2) 地点 7 (地域①): ハクサイ栽培後期。化成肥料のみ。トルオーグリン酸に対する水溶性リン酸の比率が高い。
- 3) 地点 13 (地域②): ハクサイ栽培後期。大豆カスなどの有機物を施用。トルオーグリン酸含有量が高く, 下流にため池を配する。
- 4) 地点 33 (地域③): ホウレンソウ栽培初期。有機農業圃場。

なお, 地点 33 付近には採水ポイントがなかったため, 近傍地点 25 脇を流れる水路にて採水を行った。地点 25 (地域③) は鶏ふんと化成肥料が併用されている。上記サンプリング日に加えて, 前日に約 12 mm の降雨があった 2009 年 1 月 12 日に, 土壌採取地点周辺の表流水を採水した。対照として, 地域外にある吉井川支流の千町川にて 7/7 と 1/12 に採水を行った。

2) 笠岡湾干拓地

2008 年 11 月 11, 12 日に, 図 2 の 10 圃場において作土 (0~20 cm) および下層土 (20~40 cm) を圃場毎に 3 箇所ずつサンプリングし, その後も混合せずにそれぞれに分析に供した。また, 主要排水路および寺間遊水池で採水を行った。

2.3 分析方法

採取した土壌は室内で約 2 週間自然乾燥し, 2 mm のふるいをかけたものを風乾土とし, pH (1:5), EC, 粒径組成, 全窒素, 全炭素, トルオーグ (可給態) リン酸, 水溶性リン酸, リン酸吸収係数の分析に供した。また, 一部は生土のまま, 無機態窒素 (硝酸態およびアンモニア態) 窒素および交換性陰イオンの分析に用いた。なお, 分析方法は土壌環境分析法 (土壌環境分析法編集委員会, 1997) に準拠した。

水試料については, pH, EC, 全窒素, 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$), アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$), 全リンを測定した。分析法は水の分析 (日本化学会北海道支部編, 1994) による。また, 表流水サンプルに含まれる硝酸性窒素の窒素および酸素安定同位体自然存在比 (それぞれ, $\delta^{15}\text{N}$ 値と $\delta^{18}\text{O}$ 値) を

脱窒菌を用いた手法で測定した(Sigman et al., 2001). ここでは分析結果の一部を紹介する.

2.4 アンケート調査

岡山県南東部畑作地域においては、岡山県農業試験場によるアンケート結果を用いた(未発表データ). 調査項目は栽培作物(前作, 本作, 後作), 有機物施用量, 化学肥料施用量等である.

笠岡湾干拓地においては、栽培作物(前作, 本作, 後作), 圃場面積, 家畜飼養頭数, 堆肥施用量, 施肥量について、土壌調査圃場所有農家に対して独自アンケートを行った.

3. 結果および考察

1) 岡山県南東部畑作地域

①土壌

全体調査では、一部を除いて、無機態窒素が作土に残留している傾向はなかった(図 3). $\text{NO}_3\text{-N}$ が高かった地点 10 はハウス内シロウリ栽培跡圃場であり、塩類集積が生じている可能性がある. また、地点 5 はトウガン栽培跡圃場であるが、有機物資材を施用していない畑であり、次作のための施肥直後だった可能性がある.

一方、トルオーグリン酸は多くの圃場で高く、平均で $3400 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ であった(図 4). 地点 33, 32 を除くすべての圃場で、岡山県が推奨するトルオーグリン酸の適正值($200\sim 750 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$: 岡山県農林水産部, 2004)を超過していた. 一般には、トルオーグリン酸が $1000 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ を超えるとリン酸施肥を中止してもよいとされている(藤原ほか, 1996). また、水溶性リン酸含有量は $80\sim 450 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ の間にあり、平均値は $165 \pm 70 \text{ (SD) mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ であった. 水溶性リン酸とトルオーグリン酸の相関は低い($r^2 = 0.21$)ものの、移動性の高い水溶性リン酸含有量がトルオーグリン酸の適正值に近い値であったことはリン酸施用量を直ちに削減する必要性を示唆している.

選定畑では深さ 100 cm までの土層を調査した. 下層土の $\text{NO}_3\text{-N}$ はすべての土層で低濃度であった. しかし、旧干拓地・地点 7 の下層では $\text{NH}_4\text{-N}$ が高かった(図 5). 溶存態有機炭素が高い嫌気条件化では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が $\text{NH}_4\text{-N}$ に還元されることが知られており(前田, 2003), それにより $\text{NH}_4\text{-N}$ が高濃度になった可能性が考えられる. 一方、トルオーグリン酸はいずれの圃場でも表層で高い値であった(図 6). しかし次層においては、傾斜畑で急激に低下したのに対して、旧干拓地では表層とほぼ同含有量であった. これは、傾斜畑の表層が流亡しやすいためと考えられる. さらに下層においては、旧干拓地で傾斜畑よりも高濃度であった. これは下層が還元的になり、リン酸が可溶化したためと考えられる.

②水質

調査地域内に存在する表流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の概況を把握する目的で、7月, 11月, 1月に広域で採水した. 本試験の採水地点は必ずしも流量の豊富な水路ではなく、圃場脇の小側溝から採水した地点もある. このため、ここで示す濃度の水が河川や海域に直接流出するわけではないことに留意したい.

地域内の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度および $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は 1月に概ね高かった. 中でも、地点 25-1 で $\text{NO}_3\text{-N}$ が最高濃度であった. これは、地形的に上流における排水の影響を受けている可能性が高い. 地点 25 を除くと、旧干拓地(地点 5, 7)において $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が高い傾向にあり、畑圃場からの流

出が懸念される。これは、地形的な理由か、化成肥料のみを使用しているためかは本試験では判定できない。水溶性リン酸濃度が 303 mg kg^{-1} と高かった地点 7 では、7 月の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が全体の最高値 (4.5 mg L^{-1}) であった。

7/24 のサンプリングにおいて $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定したところ、河川水で +7.9‰、地点 5-2 で +7.4‰、地点 7-2 で +4.6‰、地点 25-1 で +12.4‰ と、有機物を施用した傾斜畑で高い傾向にあったが、地点 25-1 は前述のように他要因の影響を受けている可能性がある。

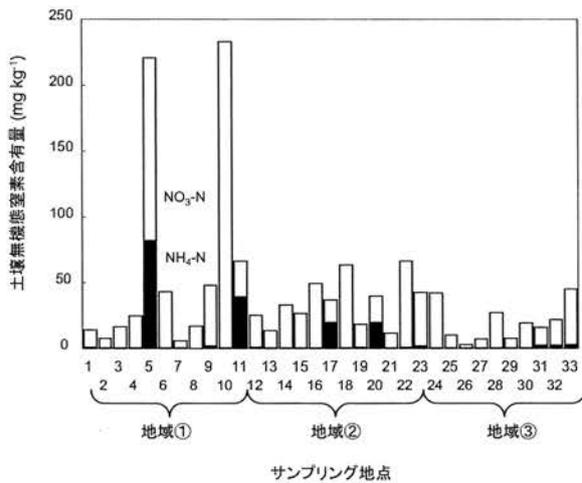


図 3 岡山県南東部における畑作地域別にみた土壌中無機態窒素含有量

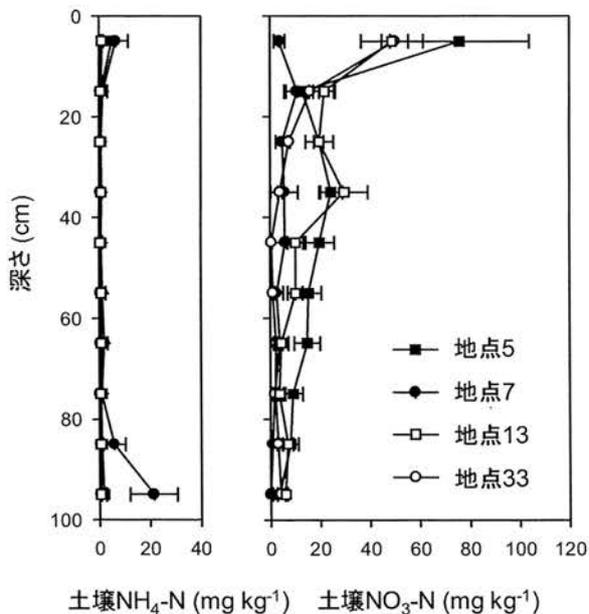


図 5 岡山県南東部選定圃場における無機態窒素含有量の鉛直分布

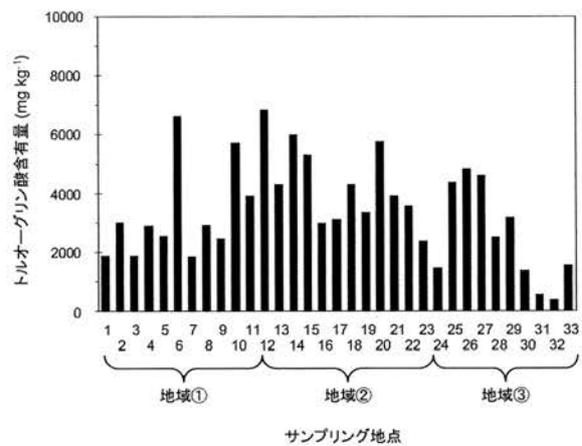


図 4 岡山県南東部における畑作地域別にみた土壌中トルオーグリン酸含有量

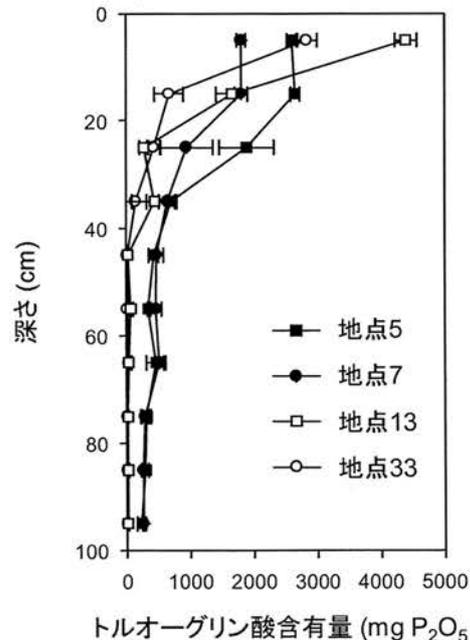


図 6 岡山県南東部選定圃場におけるトルオーグリン酸含有量の鉛直分布

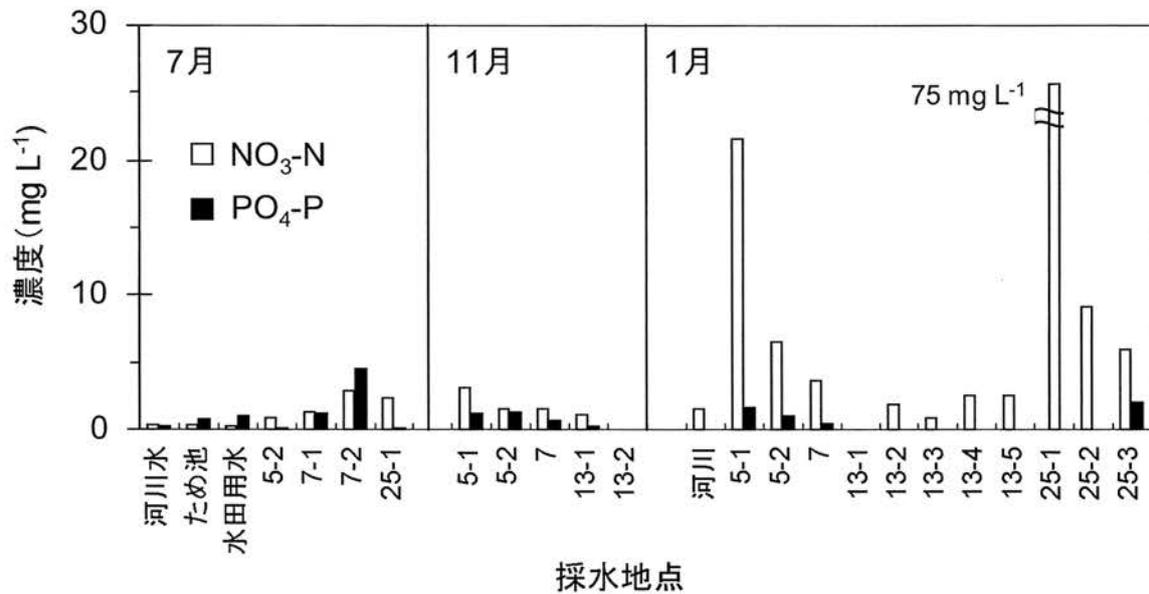


図7 岡山県南東部における表流水の硝酸性窒素およびリン酸態リン濃度
 注) 土壌採取地点番号に続く数字は異なる水路であることを示す。また、地点13-2はため池である。

2) 笠岡湾干拓地

①土壌

作土の無機態窒素含有量は NO₃-N が主体であり、先述の岡山県推奨基準内であった(図 8)。しかし、下層土にも作土と同程度の無機態窒素が含まれており、大型機械による深耕で窒素が下方にまで混合されていることがわかる。深さ 40 cm までに存在する無機態窒素を積算すると 41~551 kg N ha⁻¹ となり、多くの圃場で施肥相当量が深さ 40 cm までに蓄積していた。蓄積量が特に多いのは無機態窒素含有量の高い S-5~8 の畜産農家圃場であった。アンケート調査結果によると、S-4, 5, 6, 8 で堆肥多投入にともなう窒素投入量が多く、無機態窒素含有量の傾向と概ね一致した。これらの圃場では堆肥施用量の適正化が必要である。一方、S-7 は遊休地であるにもかかわらず、無機態窒素濃度は高レベルであった。過去の堆肥施用が影響している可能性があり、堆肥由来窒素の消長を調べるには長期的な視点が必要である。

トルオーグリン酸は作土と下層土の差が小さく、無機態窒素と同様に、作土と下層土が混合されていることが伺える(図 9)。S-2 作土および S-6 圃場において 1000 mg P₂O₅ kg⁻¹ を超過していた。S-2 は化学肥料の施用が主体である。リン蓄積については、堆肥だけでなく、化成肥料の施用にも注意が必要である。

②水質

水路の全窒素ならびに全リン濃度は堆肥投入量の多い畜産農家圃場からの排水を含む地点 W-4, 5 で高濃度であった(図 10, 11)。笠岡湾干拓地水質保全対策検討委員会(2008)は同地点の全窒素、全リン濃度のモニタリングを 1996~2006 年に行っており、その結果は本研究結果の傾向と一致する。無機態画分を分析したところ、W-5 では NH₄-N の割合が高く、土壌表面からの直接流出も考えられた。また、寺間遊水池 W-10 で有機態窒素の割合が高いのは同水路の起点に流入する W-12 の影響を受けたためとわかった。リンについては無機態成分が多いことがわかった。本サンプリングは晴

天時に行っており、今後は定期的なサンプリングを継続するとともに、雨天時流出の際の無機態／有機態割合を明らかにする必要がある。

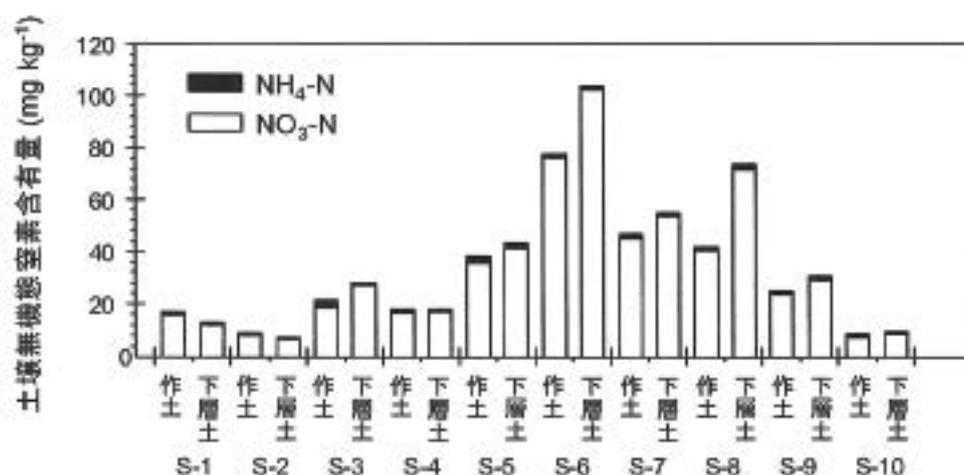


図8 笠岡湾干拓地における圃場別の土壌中無機態窒素含有量

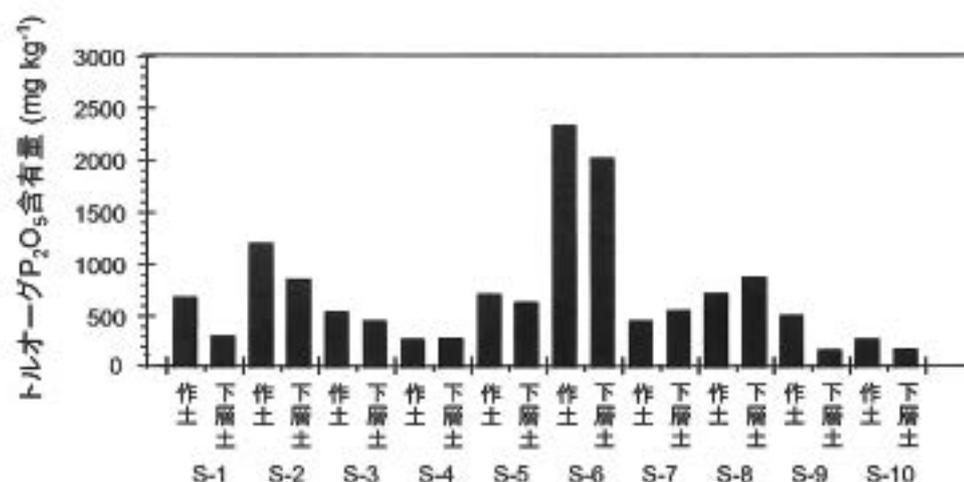


図9 笠岡湾干拓地における圃場別の土壌中トルオーグリン酸含有量

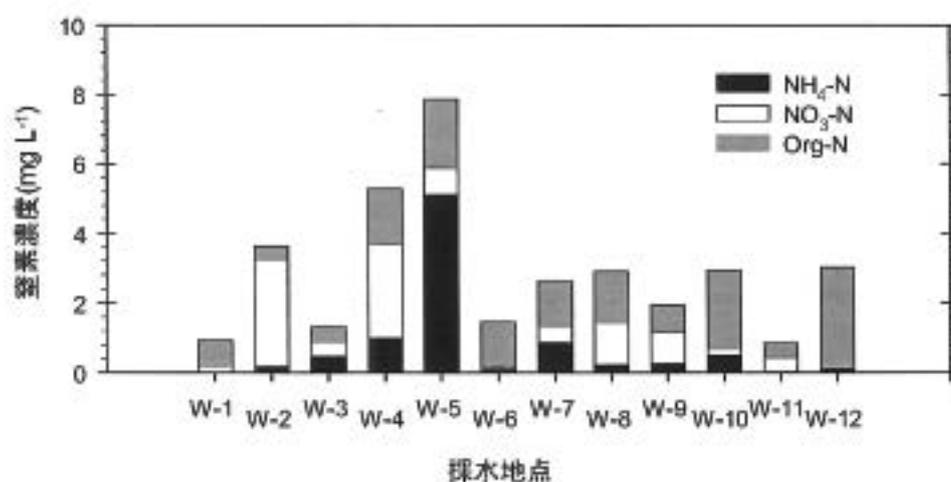


図10 笠岡湾干拓地における水路の形態別窒素濃度

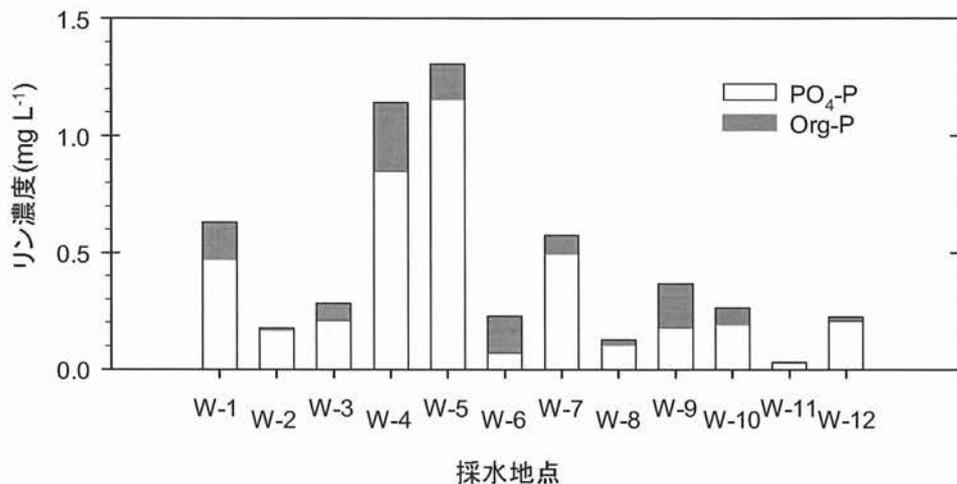


図 11 笠岡湾干拓地における水路の形態別リン濃度

4. まとめ

岡山県南東部および笠岡湾干拓地内において農地土壌とその周辺表流水の調査を行った。その結果、岡山県内で有機物を活用した農業を展開していく上での課題が明らかとなった。すなわち、岡山県南東部においては、トルオーグリン酸の土壌蓄積が深刻であり、下層でも値の高い旧干拓地では水路への流出が示唆された。NO₃-N については、土壌含有量が低いにも関わらず、水路で高濃度のNO₃-N が認められ、流出メカニズムの解明が待たれる。笠岡湾干拓地においては、畜産農家圃場で無機態窒素およびトルオーグリン含有量が下層でも高いことがわかった。また、同圃場群から流出した窒素およびリンが 2 号排水路の水質を悪化させていることが示唆された。

以上の結果から土壌診断に基づかない有機物の施用はリン酸等の蓄積が起きること等がわかった。今後は同地区において、詳細な調査を継続するとともに、有機物施用が亜酸化窒素ガスの放出に及ぼす影響を含めて、農業地域における包括的な栄養塩管理に関する研究に発展させる予定である。

6. 謝辞

本研究は財団法人八雲環境科学振興財団平成 20 年度環境研究助成によって実施することができました。岡山県農業総合センター農業試験場化学研究室赤井直彦氏、岡山県農業普及指導センター松本旭氏、JA せとうち山本致氏ほか関係各位には南東部畑作地域、笠岡市役所永瀬秀雄氏ほか市役所職員の方々には笠岡湾干拓地において、土壌サンプリングの際に便宜を図っていただきました。また、岡山大学環境理工学部沖教授、石黒教授、中嶋助教には機器分析についてご協力いただきました。土壌圏管理工学研究室の学生諸君には試料採取および分析を手伝っていただきました。ここに記して、深く感謝いたします。

参考文献

赤井直彦・石橋英二・大家理哉 (2000) 畑作地帯における浅層地下水の実態調査, δ¹⁵N 法による地下水の硝酸態窒素汚染源の推定事例集, 日本土壌協会

- 岡山県農林水産部（2004）岡山県土づくりマニュアル（改訂版），岡山県農林水産部
- 笠岡市（2009）笠岡湾干拓地，<http://www.city.kasaoka.okayama.jp/001p/000v.html>
- 笠岡湾干拓地水質保全対策検討委員会（2008）笠岡湾干拓地水質保全対策検討委員会検討結果のとりまとめ，77p.
- 環境省水・大気環境局（2008）平成19年度地下水質測定結果，<http://www.env.go.jp/water/chikasui/index.html>
- 気象庁（2009）過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 後藤逸男・吉田綾子・稲垣開生（2008）有機農業の土壌環境への影響評価と環境保全効果の検証成果集，農業・食品産業技術総合研究機構
- 土壌環境分析法編集委員会（1997）土壌環境分析法，博友社
- 日本化学会北海道支部編（1994）水の分析第4版，化学同人
- 藤原俊六郎・安藤徹郎・加藤哲郎（1996）土壌診断の方法と活用，農文協
- 前田守弘（2005）硝酸性窒素の動態，地下水・土壌汚染の基礎から応用－汚染物質の動態と調査・対策技術（日本地下水学会編），139-160
- Maeda, M., Zhao, B., Ozaki, Y., and Yoneyama, T. (2003) Nitrate leaching in an Andisol treated with different types of fertilizers, *Environ. Pollut.* 121, 477-487
- Sigman, D.M., Casciotti, K.L., Andreani, M., Barford, C., Galanter, M. and Bohlke, J.K. (2001) A bacterial method for the nitrogen isotopic analysis of nitrate in seawater and freshwater. *Anal. Chem.* 73, 4145-4153
- Zhao, B., Maeda, M., Zhang, J., Zhu, A., and Ozaki, Y. (2005) Accumulation and chemical fractionation of heavy metals in Andisols after a different, 6-year fertilization management, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 13, 90-97

岡山大学大学院自然科学研究科（農学系） 村上 賢治
大阪大学大学院工学研究科生命先端工学専攻 畑 直樹

岡山県では現在、採卵鶏が約 800 万羽、ブロイラーが約 200 万羽飼養されており、膨大な量の鶏糞が日々排出される。この畜産廃棄物である鶏糞は、約 900℃で燃焼させることにより、10%程度に重量が減少し、衛生的に処理することができるようになる。生じた灰は、作物の成育に必要な無機養分を多く含み、pHが 11~13 と高アルカリ性であることから、施肥効果や酸性土壌の pH 矯正効果を有する（畑ら，2006）。しかし、高アルカリ性であるために、大量に施用すると土壌 pH が上昇しすぎる懸念があり、また、窒素を含む肥料と混合するとガスを生じる可能性がある。一方で、岡山市にある神崎衛生施設組合からは、生物脱臭過程の最終産物として pH 1 以下の希硫酸（バイオ強酸水）が生じ、大部分は中和処理された後、廃棄されている。そこで、このバイオ強酸水により鶏糞灰を中和すれば、新たな肥料としての利用展開が期待できると考えた。これまでの実験で、強酸水処理により鶏糞灰中のリンなどの成分が可溶化することが示されており（畑ら，2007）、元の鶏糞灰とは違った効果を持つことも期待できる。

本研究では、このバイオ強酸水を鶏糞灰の中和剤として利用した新しい肥料の開発を目的とし、バイオ強酸水で中和した鶏糞灰を土壌に施用してホウレンソウおよびニンジン栽培し、成育にどのような影響を及ぼすかについての検討を行った。

材料および方法

鶏糞灰と中和処理

鶏糞灰は、岡山県の高梁、新見地域にある丸紅畜産（株）関連農場の焼却炉で生産されたものを用いた（第 1 図）。丸紅畜産（株）関連の 16 カ所の農場では、年間約 2 万トンの鶏糞を焼却し、約 2 千トンの鶏糞灰を産出している。バイオ強酸水は、神崎衛生施設組合の処理施設（岡山市神崎町）で生産されたものを用いた（第 2 図）。この施設では、年間約 4 千トンのバイオ強酸水が生産される。今回用いたバイオ強酸水の pH は 0.78 であった。



第 1 図 鶏糞灰



第 2 図 バイオ強酸水

鶏糞灰は、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リンなど、植物の栄養に必須な要素を多く含み、多くの微量元素も含んでいる（第 1、2 表）。

第1表 鶏糞灰の含有成分(多量要素)

(%)										
有機N	K	Ca	Mg	Na	Al	Si	PO ₄	SO ₄	Cl	
0.3	13.4	20.7	3.5	2.2	0.2	1.1	27.5	4.8	2.9	

—:未測定

第2表 鶏糞灰の含有成分(微量要素)

(ppm)											
Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Ni	Ba	Ti	Cr	Pb	Cd
4136	2117	2018	108	239	8	16	760	114	3	1	0

—:未測定

鶏糞灰 1 g に対してバイオ強酸水を 20 ml の割合で混合し、懸濁液を 1 週間以上置いた後、乾燥させ粉末にしたものを‘バイオ灰’として実験に用いた。鶏糞灰の水溶液 pH は 11.2 であったが、バイオ灰では pH が 7.1 となった。バイオ灰はバイオ強酸水に由来する SO₄²⁻が多量に供給された結果、処理後の重量が約 1.3 倍となった。したがって、原灰と同量の無機成分を施用するために、バイオ灰は元の鶏糞灰の 1.3 倍の量で施用して比較試験を行った。

ハウレンソウのポット栽培試験

基本土壌は、真砂土：ピートモス（体積 1 L 当たり消石灰 5 g で中和）を 2：1 で混ぜ合わせたものに、窒素源として被覆尿素肥料の LP コート 30 日タイプ（N42%）を 1 g/L 土の割合で加えたものとした。15 cm 径ポットを用い、1 L の土を入れた。鶏糞灰またはバイオ灰を、含まれる灰成分が 5 または 10 g/L 土になるよう基本土壌に混和した。対照区として、LP コート無添加の土壌に植え、標準または 1/2 濃度の園試処方培養液を与え栽培する区を設けた。

ハウレンソウ‘おかめ’（タキイ種苗）を供試した。2008 年 9 月 24 日に播種し、10 月 10 日に本葉が 3～4 枚になった苗を 1 株ずつポットへ定植した。各処理区 10 株ずつとした。鶏糞灰区またはバイオ灰区では、水道水を与え管理した。標準または 1/2 濃度の園試区では、それぞれの培養液を同様に与えた。最大葉長が 20～25cm になった 11 月 28 日に生育調査を行った。株当たり地上部生体重、最大葉の長さ、葉数、葉の葉色度、硝酸濃度を測定した。

ハウレンソウの圃場栽培試験

1 区画 1 × 1 m とし、波板を埋め込むことによりそれぞれの区画を仕切った。区画当たりパーク堆肥を 8 L 施用した。処理区当たり 3 区画とした。

慣行栽培（対照区）、鶏糞灰区、バイオ灰区の 3 処理区を設けた。対照区は、苦土石灰を 100 g/m²施用し、N 成分が 21 g/m²となるよう普通化成肥料(N-P-K=8・8・8)を 260 g/m²施用した。鶏糞灰およびバイオ灰区は、窒素源として被覆尿素肥料の LP コート 30 日タイプ(N42%)を 50 g/m²施用し、N 成分が 21 g/m²となるようにした。鶏糞灰区では、無処理の鶏糞灰を 200 g/m²施用した。バイオ灰区では、灰成分で 200 g/m²になるよう施用した。

2008 年 9 月 10 日に播種し、9 月 29 日に、本葉が 3～4 枚となったところで、株間 5 cm、条間 20 cm の 2 条植えで、1 区画あたり 28 株定植した。いずれの処理区も水道水を適宜かん水して栽培し、10 月 27 日に、収穫および生育調査を行った。1 区画 28 株のうち両端を除いた 24 株を調査株とした。株あたりの地上部生体重、最大葉の長さ、葉数、葉の緑色度、硝酸濃度を測定した。

ニンジンのプランター栽培試験

ミニニンジンの‘ピッコロ’（タキイ種苗）を供試した。真砂土：ピートモス（体積1L当たり消石灰5gで中和）を2：1で混ぜ合わせたものに、窒素源としてLPコート70日タイプ(N42%)を、土1L当たり1または2g施用し、鶏糞灰またはバイオ灰を、含まれる灰成分が2gまたは4g/L土になるよう施用した。これらの土10Lをプランターに入れ、1列5か所×2列で数粒ずつ点播し、水道水を与えて管理した。対照区として、2分の1濃度の園試処方培養液を与える区を設けた。処理区当たり3プランターとした。発芽後、適宜間引いて1プランターあたり10株にした。1月30日に、収穫および生育調査を行った。調査項目は、地上部の重さ、肥大根の重さ、肥大根の長さおよび直径、肥大根の硝酸濃度とした。

ニンジンの圃場栽培試験

‘向陽二号’（タキイ種苗）を供試した。1区画1×1mとし、波板を埋め込むことによりそれぞれの区画を仕切った。区画当たりパーク堆肥を18L施用した。処理区当たり3区画とした。

対照区（慣行栽培）、鶏糞灰区、バイオ灰区を設けた。対照区は、苦土石灰100g/m²、普通化成肥料(N・P・K=8・8・8)260g/m²、苦土重焼リン(P35%)80g/m²施用した。施用したN成分は21g/m²となった。鶏糞灰およびバイオ灰区では、窒素源として被覆尿素肥料のLPコート70日タイプ(N42%)を50g/m²施用し、N成分が21g/m²となるようにした。鶏糞灰区では、無処理の鶏糞灰を200g/m²施用した。バイオ灰区では、灰成分で200g/m²になるよう施用した。

2008年9月10日に、畝上に条間15cmの2条で播種した。いずれの処理区も水道水を適宜かん水して栽培した。適宜間引きを行い、10月28日に株間10cmとした。土寄せ、中耕を適宜行った。12月23日に、収穫および生育調査を行った。調査株は、1区画当たり10株とした。調査項目は、地上部および肥大根の生体重、肥大根の長さおよび直径、肥大根の硝酸濃度とした。

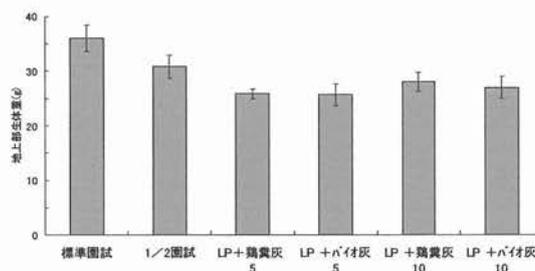
結果

ハウレンソウのポット栽培試験

栽培開始時の土壌pHは、無処理鶏糞灰を混和した処理区で高かった（第3表）。一方、ECは、バイオ灰を混和した処理区で高かった。地上部生体重は、標準濃度園試区が最も大きく、次いで1/2濃度園試区となったが、鶏糞灰またはバイオ水灰区はいずれも1/2濃度園試区と有意差がなかった（第3図）。最大葉長、葉数、葉の緑色度は、処理区間で有意差がなかった（第4表）。葉硝酸濃度は、標準濃度園試区で最も高く、鶏糞灰5g区で最も低かった（第4図）。他の鶏糞灰またはバイオ灰区は、いずれも1/2濃度園試区より低くなる傾向がみられたが、有意差はなかった。

第3表 栽培開始時の土壌pHおよび電気伝導度(EC)

処理区	pH	EC (mS/cm)
標準濃度園試	6.7	0.12
1/2濃度園試	〃	〃
LP + 鶏糞灰 5	7.8	0.34
LP + バイオ灰 5	6.9	0.97
LP + 鶏糞灰 10	8.2	0.52
LP + バイオ灰 10	6.9	1.62



第3図 ハウレンソウの地上部生体重

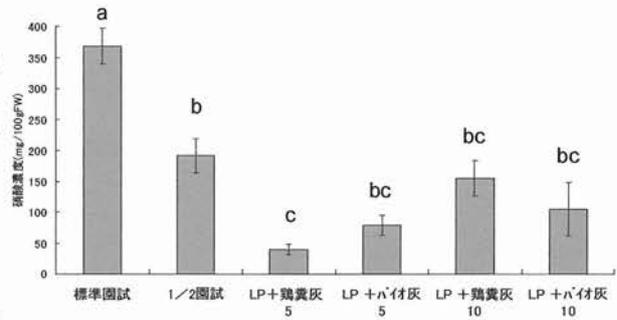
異なる英文字間でTukey検定より5%水準で有意差あり

第4表 ホウレンソウの生育

処理区	最大葉長 (cm)	葉数	葉の緑色度 (SPAD計値)
標準濃度園試	24.6 a	26.9 a	50.1 a
1/2濃度園試	22.9 a	26.7 a	48.2 a
LP ² +鶏糞灰 5	24.9 a	26.0 a	48.6 a
LP+バイオ灰 5	23.2 a	27.0 a	47.4 a
LP+鶏糞灰 10	21.9 a	26.7 a	48.1 a
LP+バイオ灰 10	22.8 a	27.0 a	49.7 a

²被覆尿素肥料(LPコート30日タイプ)

列内の異なる記号を付した数値間でTukey検定により5%レベルで有意差あり



第4図 ホウレンソウの葉硝酸濃度

異なる英文字間でTukey検定より5%水準で有意差あり

ホウレンソウの圃場栽培試験

地上部生体重は、バイオ灰区が最も重くなり、次いで鶏糞灰区となったが、処理区内の区画間でのバラツキが多く、有意差は無かった(第5表)。最大葉長、葉数、葉の緑色度については、処理区間で有意差はなかった。葉中の硝酸濃度は、バイオ灰区が他の2処理区より高くなった。

第5表 圃場栽培ホウレンソウの成育と葉の硝酸濃度

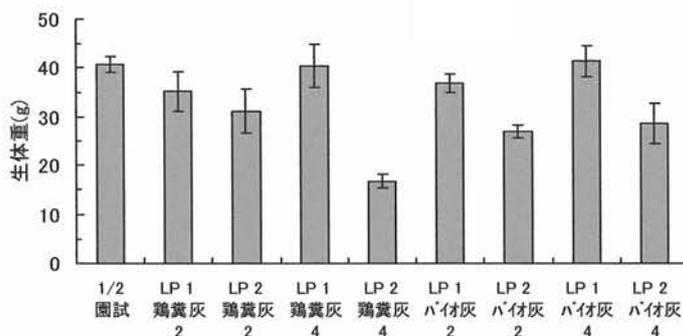
処理区	地上部生体重 (g)	最大葉長 (cm)	葉数	葉の緑色度 (SPAD計値)	硝酸濃度 (mg/100gFW)
対照区 ²	17.3 a	22.4 a	15.9 a	47.8 a	188 b
鶏糞灰+LP	22.3 a	25.1 a	17.8 a	45.4 a	190 b
バイオ灰+LP	28.8 a	26.7 a	16.5 a	43.7 a	232 a

²化成肥料+苦土石灰

列内の異なる記号を付した数値間でTukey検定により5%レベルで有意差あり

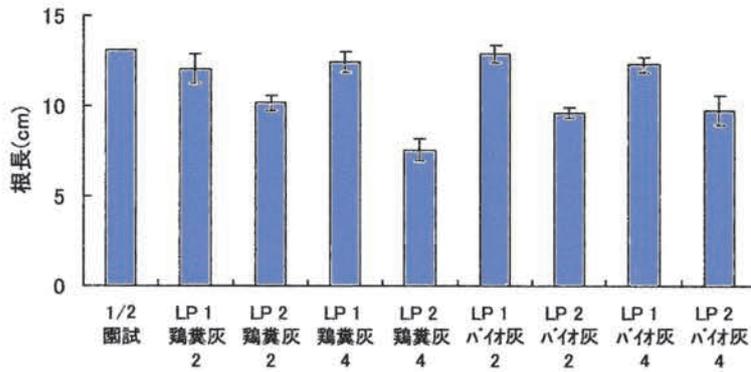
ニンジンのプランター栽培試験

肥大根の生体重は、LPコート2g+鶏糞灰4g施用区で値が小さかったが、他の処理区間では有意差は無かった(第5図)。肥大根長では、LPコート2gを施用した各処理区で短くなった(第6図)。肥大根の硝酸濃度では、LPコート2g+鶏糞灰4g施用区で値が大きく、他の処理区間では有意差は無かった(第7図)。全体的にみて、LPコートを2g施用すると肥大根の成育が抑制され、硝酸濃度が上昇する傾向が見られた。無処理の鶏糞灰と、バイオ灰との成育に及ぼす違いは明らかではなかった。



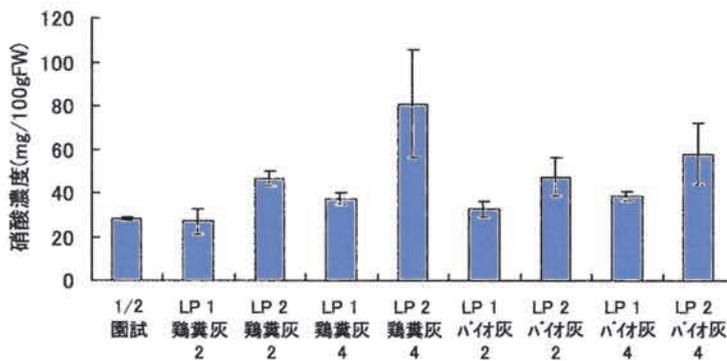
第5図 ニンジン肥大根の生体重

分散分析の結果、肥大根の生体重は、LPコート1gで大きく、灰の種類は影響なく、灰の量は、LPコート1gの場合影響がなかったが、LPコート2gの場合、無処理鶏糞灰4gで値が小さかった。



第6図 ニンジン肥大根の長さ

分散分析の結果、LPコートは1gで生育が良く、灰の種類と量は肥大根長に影響しなかった。



第7図 ニンジン肥大根の硝酸濃度

分散分析の結果、LPコートは2gで硝酸濃度が高く、灰の種類と量は硝酸濃度に影響しなかった。

ニンジンの圃場栽培試験

肥大根の重さは、処理区間で有意差は見られなかったが、バイオ中和灰区でやや重くなった（第6表）。他の項目については、処理区間でほとんど差が無く、同様の成育を示した（第8図）。

第6表 圃場栽培でのニンジンの成育と肥大根の硝酸濃度

処理区	地上部生体重 (g)	肥大根生体重 (g)	肥大根長 (cm)	肥大根径 (cm)	肥大根硝酸濃度 (mg/100gFW)
対照区 ²	34.5 a	158.2 a	14.4 a	4.8 a	20.0 a
鶏糞灰+LP	33.5 a	154.9 a	14.9 a	4.8 a	22.9 a
バイオ灰 +LP	36.0 a	170.2 a	15.2 a	4.9 a	20.0 a

²化成肥料+苦土重焼りん+苦土石灰

列内の異なる記号を付した数値間でTukey検定により5%レベルで有意差あり



バイオ灰

鶏糞灰

慣行栽培

第8図 収穫時の肥大根

考 察

本研究において、バイオ強酸水で中和した鶏糞灰を施用してホウレンソウおよびニンジンを栽培した結果、明らかな成育抑制、養分過剰などの症状は見られず、ホウレンソウの圃場栽培においては、バイオ灰区が慣行栽培より成育が上回るという結果が得られた。ニンジンにおいても慣行栽培より肥大根重がやや重かった。以上の結果より、バイオ強酸水で中和した灰は、野菜の栽培のための肥料として実際に用いることができると判断された。

葉や根に含まれる硝酸は、その低減が望まれており、窒素施用量の制御が低減に有効と考えられている。バイオ灰は、窒素成分をほとんど含んでいないことから、窒素成分を別に与えることにより、その施用量を制御できる利点がある。本研究では、ホウレンソウのポット栽培において、対照区よりも硝酸濃度が低くなる傾向が認められ、バイオ中和灰と緩効性窒素肥料との組み合わせが、硝酸低減のための効果的な栽培法になり得ることが示された。

第3表に示した結果から、バイオ灰は無処理の鶏糞灰と異なり、多量に施用した場合でも土壌pHの上昇はみられない一方、可用性成分の増加により土壌ECが高くなった。本研究の結果では、無処理の鶏糞灰とバイオ灰の間には、植物の生育に特に違いは認められなかったが、施用量を変化させた場合、生育に違いが生じる可能性があり、今後検討する必要がある。また、バイオ灰は中性であることに加え、リン酸などの成分が、一部水溶性で速効性となっていることから、追肥としての利用も期待できる。さらに、水溶性成分を液肥の原料として利用し、残りは圃場に施用する肥料とすることも考えられるだろう。

バイオ灰は、バイオ強酸水由来の多くの硫酸イオンを含んでいる。近年、硫安を含まない高度化成肥料が多く用いられるようになった結果、S(硫黄)含量の少ない圃場が現れてきている。Sが欠乏すると含硫アミノ酸の不足を通じてタンパク質の合成が低下するので、N欠乏によく似た症状を呈する(第9図)。その点でバイオ灰は、S欠圃場においてその効果をより発揮する可能性があり、今後検討する必要がある。



正常葉



硫黄欠乏症状を呈した葉

第9図 硫酸塩を含まない培養液で生育させた植物の葉に現れる硫黄欠乏症状

引用文献

- 畑 直樹, 王 先裕, 辻 汐観, 村上賢治, 榎田正治. 2006. 鶏ふんは肥料を残して燃えつくす—余剰副産物「鶏ふん燃焼灰」のリサイクル—. 農業および園芸 81 : 654-663.
- 畑 直樹, 村上賢治, 榎田正治, 秋庭英治, 太田靖子. 2007. 鶏ふん燃焼灰のバイオ強酸水処理に伴う肥料成分の溶出量の変化. 農業および園芸 82 : 1295-1301.

岡山平野における大気熱環境の面的分布の実態調査

大橋唯太*・重田祥範**・塚本修**

*岡山理科大学総合情報学部 **岡山大学大学院自然科学研究科

要 旨

岡山市街地を中心とする気象の面的観測を 2008 年 8 月に実施した。その結果、夜間には、郊外よりも都市部の気温が高くなるヒートアイランド現象が顕著に出現する様子が確認された。一方、日中には、都市部で周辺部郊外よりも約 1～2℃低温な環境となるクールアイランド現象が出現していた。この大気熱環境の形成メカニズムを解明するため、航空機を用いて上空から熱赤外カメラによる市街地表面の温度測定を 2008 年 8 月 5 日と 7 日に実施した。市街地中心部の表面温度は郊外住宅地域よりも 10℃ほど低い様子が明らかとなった。

また、岡山市街地を構成する主要街区(商業用途と住宅用途)を選んで街区スケールの集中気象観測も実施した。その結果、日中を中心に、商業街区の気温の空間偏差が住宅街区の約 2 倍にまで大きくなることが明らかになった。また、商業街区では夜間において気温と天空率のあいだに有意な負の相関がみられた。さらに、商業街区の日中は気温とアスペクト比のあいだにも有意な負の相関が認められ、街区内で建物が密集する場所ほど気温が低くなる特徴もわかってきた。

1. はじめに

近年、都市部におけるヒートアイランド現象が環境問題の一つとしてメディアでも大きく取り上げられている。このヒートアイランド現象は都市大気の大気熱環境を指し、これまで多くの研究がされてきた。しかし、都市域のような複雑な地表では土地被覆やビルなどの構造物の影響を強く受けて大気が不均質であるため、ある地点で測定した気温がどの程度の空間スケールを代表しているかは定かでない。この問題は、観測地点をできるだけ多く設定し、その平均気温を用いることで、ある程度克服される(菅原, 2001)。

都市大気の大気熱環境は、街区用途の違いによっても影響を受けることが指摘されている。川邊(2005)や Ohashi et al. (2008)は、岡山市内の商業街区と住宅街区を対象に気象観測を実施した。この研究ではヒートアイランドを構成する街区スケールレベルの大気熱環境を把握することに眼目が置かれた。そこでは、住宅街区の気温が商業街区よりも高くなる傾向が示され、特に商業街区では気温の空間不均一性が風速の影響を強く受けていることや、建物による日陰の形成の重要性などが指摘された。しかし、都市大気熱環境と密接な関係が考えられる建物高度や道路幅などの街区構造パラメータと気温との対応性は議論されておらず、岡山市街地を含む岡山平野の大気熱環境の実態とその形成メカニズムは不明な点が多い。

また、岡山市を対象とした過去のヒートアイランド研究では、夏季の日中に都市部で郊外よりも 1.5℃低温になるクールアイランド現象が、一方、夜間には等温線が市街地を中心に同心円状に分布する明瞭なヒートアイランド現象の出現が報告されている(重田, 2009)。しかし、そ

のほとんどが地上気温に限られた研究であり、実際に熱環境(すなわち気温)形成のメカニズムを理解するためには大気と接する地表面温度の実態を明らかにすることが必要不可欠である。

そこで本研究では、熱赤外カメラをヘリコプターに搭載して上空から岡山市の地表面温度測定を 2008 年夏季 8 月に実施した。また、これと同時に地上気温の測定も実施し、地表面温度と気温との関連性を把握したうえで岡山市街地を中心とする都市大気熱環境を考察する。また、岡山市内の商業街区と住宅街区を対象として定点型観測を多地点で実施することで、気温と街区構造の関係性についても調査した。

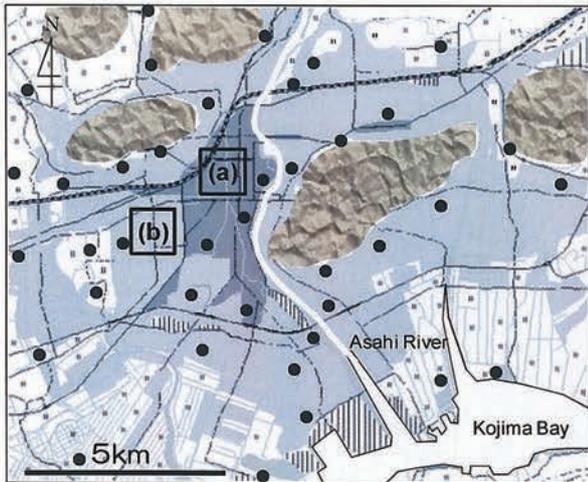
2. 研究方法

2.1 定点型の気温測定

岡山平野を対象に、定点型による細密かつ長期的な地上気温の連続測定を実施した。測定地点は岡山市街地を中心とする東西約 13km、南北 13km の地域とした(第 1 図)。岡山平野内の合計 45 地点(3.7km²内に 1 地点の空間密度)で、公園のポールを利用して気温測定器を設置した。都市部と郊外で測定環境の条件をできる限り厳密に統一するため、全ての測定地点に天空率(空に見える面積率)0.5 以上かつ地表面が裸地である公園を選択した。

また、同時に街区スケールを対象とした気温測定を、商業街区と住宅街区の各 8 地点(0.12km²内に 1 地点の空間密度)で実施した(第 2 図)。

測定期間は 2008 年 8 月 1 日～31 日とした。気温の測定には、シェルター付きサーミスタ温度計(おんどり Jr.



第 1 図 観測対象地域. 黒丸が地上気温の測定地点, 矩形領域(a)(b)は第2図の集中観測地域を表す.



第 3 図 地上気温測定に使用した測器.



第 2 図 細密気温観測を実施した地域. 第1図の(a)(b)の地域に相当する.

RTR-52;T&D 社製)を使用した(第 3 図). データのサンプリング間隔は 1 分とし, 解析にはその 20 分平均値を用いた. なお, 測定器の実用度を定量的に確認するため, 観測実施前後に観測時と同様の気象条件ならびに恒温水槽条件下でそれぞれ温度計を検定した. その結果, 測器間の器差はセンサ自体の誤差を含めても $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内であることが確認された.

測定地点の天空率は, 魚眼レンズを装着した一眼レフカメラを用いて地表面上約 2.5mの高さ(測定器の直上)で撮影することで求めた. 撮影した画像は, 全天写真解析プログラム CanopOn2 で解析した.

2.2 航空機観測

ヘリコプターによる地表面温度の測定は, 2008 年 8 月 5 日と 7 日の 2 回実施した. 測定の時間帯は, 1 節で触れた市街地中心部の低温化が出現すると予想される 11~13 時を対象とした.

熱赤外カメラ (TH7102; NEC 三栄社製) をヘリコプター AS350B3 機に搭載し (第 4 図), 高度約 800m から 10 秒毎に地表面放射温度を連続撮影した (第 5 図). 岡山市北区北方付近を測定開始地点 (図中の START), 南区西市付近を測定終了地点 (図中の END) とし, 8 月 5 日は 12 時 48 分~13 時 58 分, 同月 7 日は午前 11 時 15 分~午後 12 時 17 分に表面温度の水平分布を測定した. ヘリコプターの飛行高度は 800m 前後であり, このとき熱赤外面像の空間分解能は約 1.3m を有し, 解析に採用した撮影画像は 362 枚に及んだ. 画像 1 枚は南北約 310m, 東西約 410m の撮影範囲をもつ.

また, ヘリコプターの前部に既述の温度計を接着し, 表面温度の水平分布観測後に高度 1300m までの気温と比湿 (水蒸気量) の鉛直プロファイルも測定した. この測定地点は第 5 図に示すように, 南から順に岡南飛行場



第4図 観測に使用したヘリコプターAS350B3 型機.

(20~1300m), 豊成北公園(260~1300m), 下石井公園(260~1300m), 岡山大学(260~1300m)とした.

2.3 放射温度の大気補正

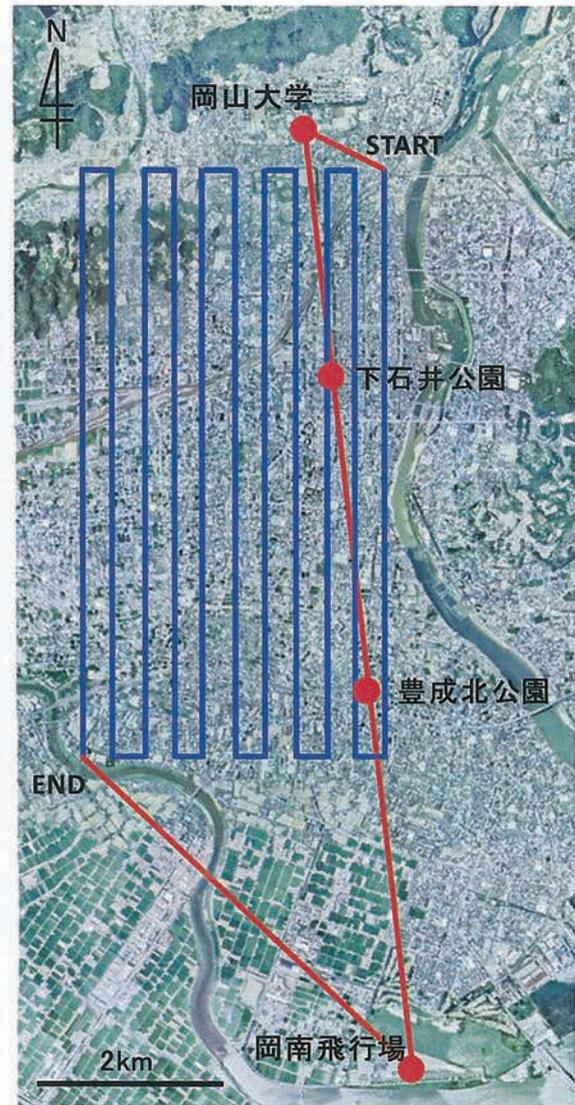
地表面はその温度に応じた赤外放射エネルギーを射出している。したがって、地表面から離れたある高度において、地表面から射出される赤外放射量を測定することによって地表面温度を推定することができる。この場合、地表面と観測する高度のあいだに存在する温室効果気体(H₂O や CO₂ など)の赤外線吸収・射出作用を補正する必要がある。補正の手法には森(1995)や近藤(2000)の補正式がよく用いられている。本研究では近藤(2000)によって提案されている補正式を用いて、熱赤外カメラで測定された放射温度に対して大気補正を施した。大気補正には次式を用いる。

$$T_s^s = \frac{T_{obs}^s - \varepsilon^* T^s - (1 - \varepsilon_{sfc}) T_{sky}^s}{(1 - \varepsilon^*) \varepsilon_{sfc}} \quad (1)$$

ここで、 T_s は求める地表面温度、 T_{obs} は $\varepsilon_{sfc}=1$ の設定で赤外カメラによって測定された放射温度、 ε^* は赤外カメラの波長範囲(8.5~12.5 μ m)に対する大気平均射出率(0.019)を表す。 ε_{sfc} は物体表面の射出率を示し、物体に応じて0.96~0.97の範囲で与えた(近藤, 2000)。 T は地表面と測定高度のあいだの平均気温を表し、気温の鉛直プロファイルによって得られた800m高度までの平均気温27.9℃を与えた。 T_{sky} は天空の放射輝度に相当する天空有効温度を示す。この T_{sky} は天頂角が約50°のときの放射強度で換算される温度にほぼ等しいので(近藤, 2000)、ヘリコプター観測の前後に赤外カメラを天頂角約50°の方向に向けて測定された放射温度15.1℃を用いた。

2.4 地表面温度の時間補正

地表面温度を移動しながら測定する場合、移動に伴う時間の経過に起因する温度変化と、観測者自身の移動に起因する温度変化の情報が混在することになる。そこ



第5図 ヘリコプターによる地表面温度の測定範囲. 青線は飛行ルート, 赤丸は気温プロファイルの測定地点を示す.

で、ある時刻の地表面温度を時間的な線形内挿によって推定することで温度分布を作成した。以下の計算式によって各メッシュの地表面温度 $T_s'(x,y)$ を時間補正した。

$$T_s = T_s' + \frac{T_2 - T_1}{\Delta t_l} \Delta t \quad (2)$$

ここで、 T_s は補正後の表面温度(または壁面温度)、 T_s' は補正前の表面温度(壁面温度)、 Δt は補正時刻までの時間(秒)を表す。また Δt_l は往路時と復路時の測定時間間隔(秒)、 T_1 と T_2 はそれぞれ往路時と復路時の表面温度である。表面温度の変化量 $(T_2 - T_1) / \Delta t_l$ は、飛行の往路と復路で測定された同一区域の表面温度を用いた。その区域には、アスファルト面が多く占める交差点、

低層住宅街区、水田や裸地が多く占める地域などの4区域を選んだ。その結果、各区域における表面温度の変化量は、観測経路往復のあいだ約90分間で4.2~4.7℃と、区域間の差が小さかったため、この平均値である0.081(℃/秒)を $(T_2 - T_1) / \Delta t$ として採用した。

3. 結果と考察

3.1 地上気温の水平分布 (8月平均)

観測期間2008年8月の日最高気温・日最低気温・気温日較差の平均分布を第6図に示す。日最高気温(第6図a)は領域南東部で低く、反対に南西部で高かった。その気温差は2℃以上も認められた。岡山地方気象台が位置する付近では、観測領域内で平均的な気温を示しているようであった。南東部の低温域は児島湾と瀬戸内海から海風が冷気として侵入しやすいことによってもたらされたと考えられる。一方、夜間の最低気温(第6図b)から、JR岡山駅とその南部に続く都市化進展範囲で気温の高いヒートアイランド現象が明瞭に出現していた。月平均でこれだけはっきりしていれば、ほぼ毎晩のようにヒートアイランドが発生していたものと考えられる。その気温差は1.5~2℃であることが図からも読み取ることができる。

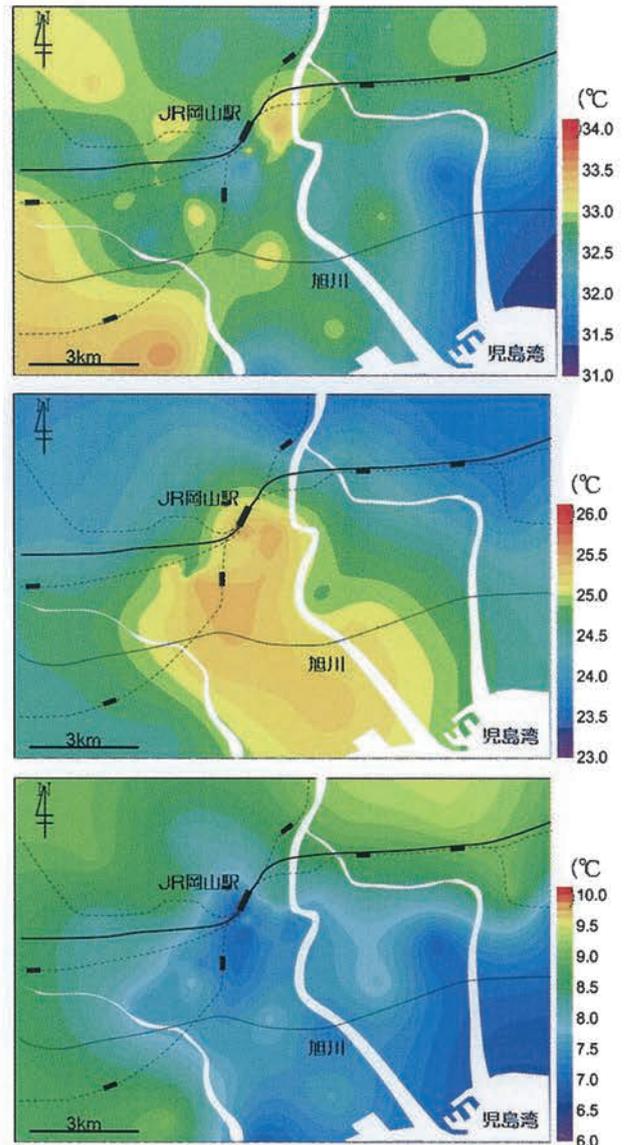
第6図(c)には、一日の気温差を示す日較差を分布とした。気温の日較差が小さい、つまり日中と夜間の気温差の小さい地域がJR岡山駅周辺の都市部と観測領域南東部の沿岸にはっきりと現れていた。これは、先述のとおり南東部では通常よりも海風が日中の気温上昇を、都市部ではヒートアイランドが夜間の気温低下をそれぞれ抑制した結果だと言える。

第7図に、2008年8月11日午前10時の気温分布を示す。この日は典型的な夏晴れであった。JR岡山駅を中心に東西にやや伸びた低温域がみられた。この中に含まれている岡山地方気象台では同時刻に31.8℃を記録した。しかし、その周辺地域、特に南西部では既に気温は33℃を超えており、同じ岡山平野内であっても大きな気温差が生じていたことがわかる。都市部で気温の上昇が鈍い理由としては、建物密集化に伴う熱容量と日陰面積それぞれの増加が関与していると推測する。

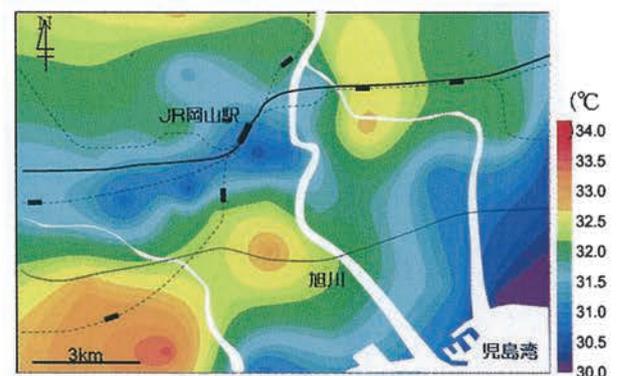
3.2 熱赤外カメラによる表面温度の測定

ヘリコプターによって上空約800mから撮影した、2008年8月7日午後12時の熱赤外画像を第8図に示す。東西410m×南北310mの1画像を時間補正した表面温度として接合させたものである。ヘリコプター観測は8月5日と8月7日に実施したが、8月5日は残念ながら雲が多く最適な画像が得られなかった(現在も解析中)。一方の8月7日は天候に恵まれ、雲もほとんど存在せず鮮明な画像を取得することができた。

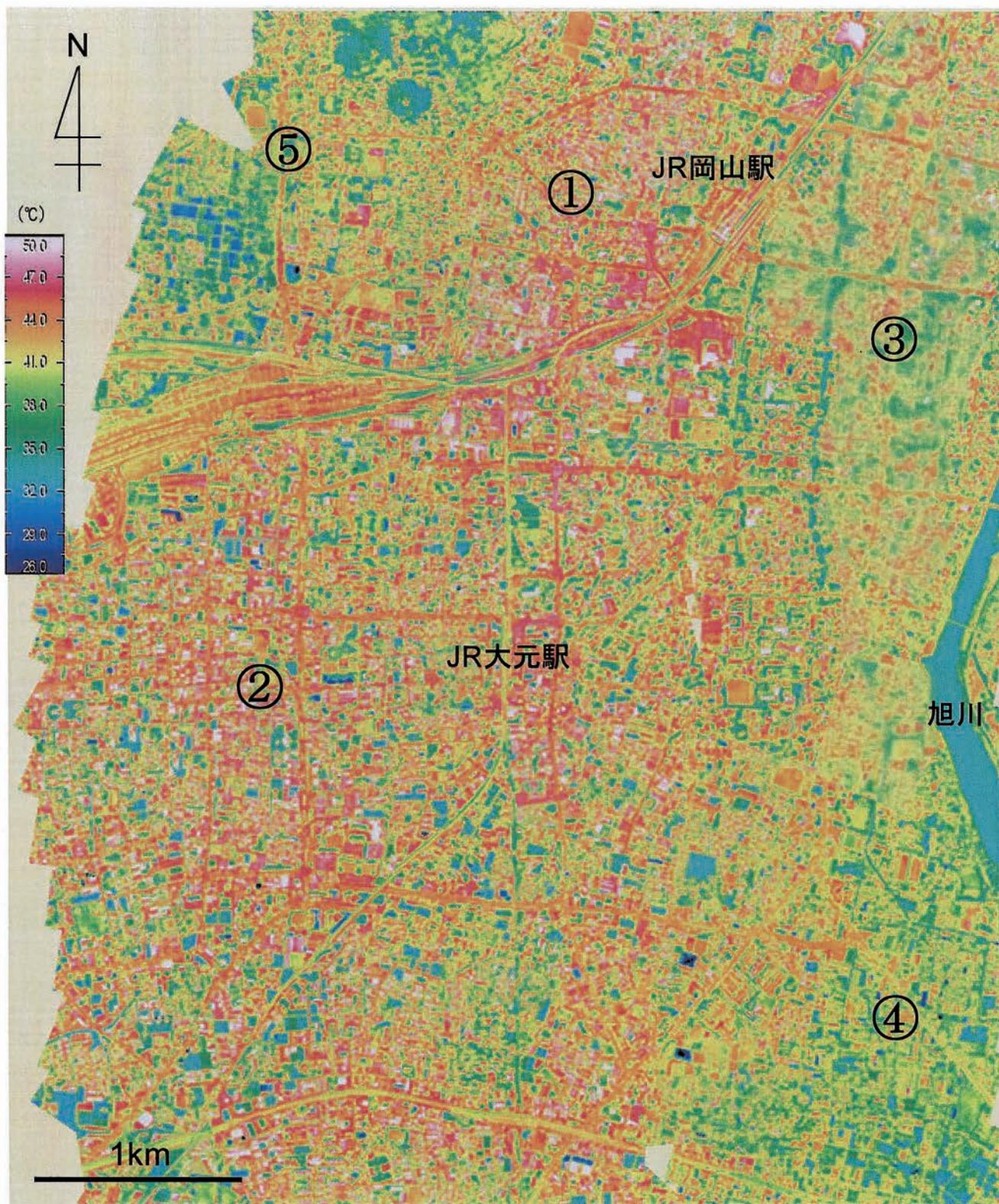
測定範囲内で表面温度が高い地域は、JR岡山駅の西側(図中①付近;北区奉還町,富町,寿町),JR大元駅の西側(図中②付近;北区下中野,上中野,今)であった。これらの地域には戸建住宅やアパートなどの建築物が多



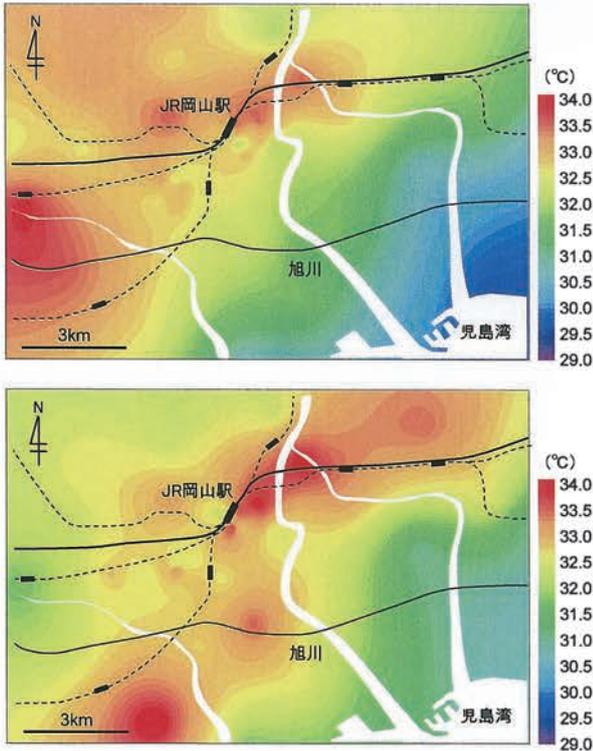
第6図 2008年8月に観測された(a)日最高気温・(b)日最低気温・(c)気温日較差の平均分布。



第7図 岡山市の都市部で発生する低温領域の典型的分布(2008年8月11日午前10時)。



第 8 図 熱赤外カメラによって撮影された岡山市街地の表面温度(2008 年 8 月 7 日午後 12 時推定値).



第9図 ヘリコプター観測が実施された2008年8月7日(a)午前11時と(b)午後12時の地上気温の水平分布。

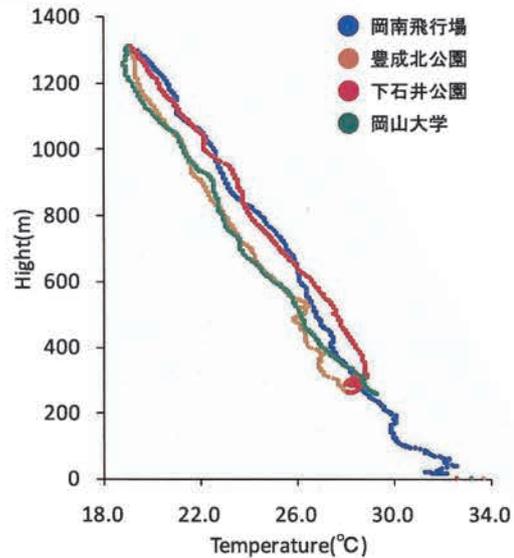
く存在し自然地は少なく、44～47℃の表面温度を示していた。反対に表面温度が低い地域は JR 岡山駅の東側(図中③付近;旭川まで至る一帯)、観測領域南東端(図中④付近;北区十日市東町, 同中町, 南区豊成), 北区京山・大安寺一帯(図中⑤付近)で、35～38℃(図中の緑色)や 32～35℃(図中の水色)が目立った。

①と②の地域で表面温度が高くなっているのは幹線道路や低層戸建住宅のようであった。材質にも依るが、木造など熱容量の比較的小さな物質が建物に使用されていることが考えられる。これらの地域では建物が低いため道路に日射がよく当たることで路面温度も高くなりやすい。

一方、③は高層建物が密集する地域で、岡山市で最も人間活動が盛んな場所である。にもかかわらず表面温度が低いのは建物(コンクリート)の熱容量が大きく、温度が上昇しにくいことや建物による日陰の影響が考えられる。④と⑤の地域では畑や水田が多く存在することが表面温度の低さにつながっている。

3.3 地上気温の水平分布 (8月7日)

8月7日に観測された地上気温の水平分布を第9図に示す。午前11時・12時ともに観測領域の南東付近は海風の影響で気温が低い。表面温度にみられた JR 岡山駅東側③の高温域は認められず、JR 岡山駅周辺とその南西部で気温の高い地域が広がっていた。



第10図 気温の鉛直プロファイル(2008年8月7日午後12時30分)。

3.4 鉛直プロファイル

(1) 気温

2008年8月7日に測定された気温の鉛直プロファイルを第10図に示す。高度1300mまでで気温は19～34℃の範囲内で高度とともに低下していた。1300mまでの鉛直方向の気温変化率は岡山大学で-0.8℃/100m, 下石井公園・豊成北公園・岡南飛行場ではいずれも-0.7℃/100mであった。

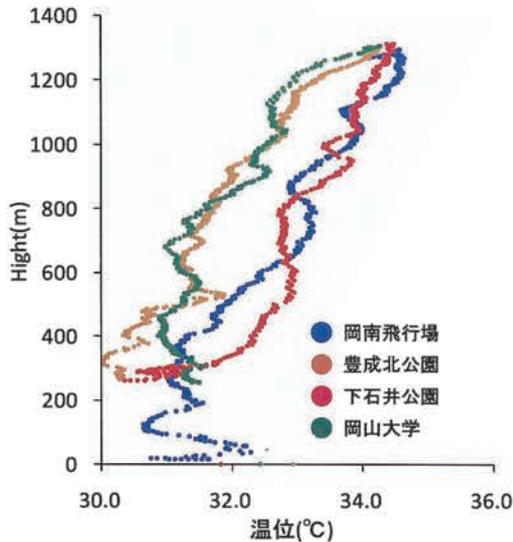
(2) 温位

測定された気温と気圧を用いて、次式で定義される温位 θ を算出した。

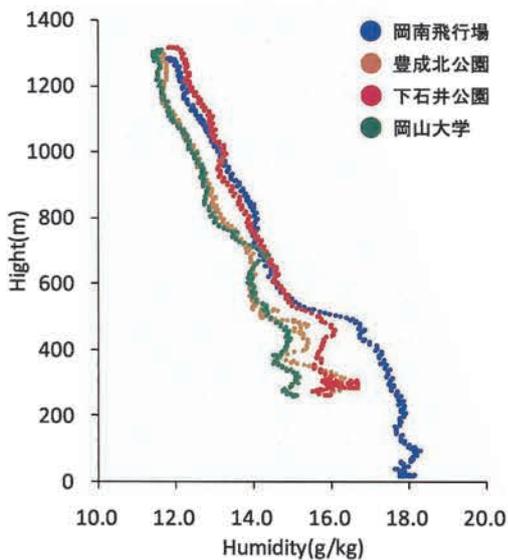
$$\theta = T \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R_d}{c_p}} \quad (3)$$

T は気温、 P は気圧、 P_0 は標準気圧(1000hPa)、 R_d は乾燥空気に対する気体定数、 c_p は定圧比熱を表す。この温位の計算によって、大気の熱的安定度を明らかにすることができる。

2008年8月7日における温位の鉛直プロファイルを第11図に示す。温位は30～35℃の範囲内で高度とともに上昇する傾向がみられた。これは大気が熱的に安定な状態であることを意味している。1300mまでの鉛直方向の温位変化率は岡山大学と岡南飛行場で+0.2K/100m, 下石井公園と豊成北公園では+0.3K/100mであった。しかし、下層では温位が高度によらず一定に近く、岡南飛行場で約400m, 岡山大学では約700mまで中立な対流混合層を確認できる。



第 11 図 温位の鉛直プロファイル(2008 年 8 月 7 日 午後 12 時 30 分).



第 12 図 比湿の鉛直プロファイル(2008 年 8 月 7 日 午後 12 時 30 分).

(3) 比湿

測定された乾球温度(気温)と湿球温度, 気圧を用いて比湿 q (kg/kg)を計算した.

$$q = \frac{0.622e}{P - 0.378e} \quad (4)$$

ここで e は水蒸気圧を表す. この比湿は大気中の絶対水蒸気量を意味している.

2008 年 8 月 7 日の比湿の鉛直プロファイルを第 12 図

に示す. 測定高度内で比湿は 11~19g/kg の範囲内で推移し, 高度とともに低下していた. 1300m までの鉛直方向の比湿変化率は岡山大学と下石井公園で -0.3 (g/kg)/100m, 豊成北公園と岡南飛行場では -0.4 (g/kg)/100mであった. また, 沿岸部から内陸部に向かうにつれて比湿は減少傾向にあった. 特に, 沿岸部と内陸部での比湿差は, 高度 600m 付近よりも下層で大きい. 岡南飛行場で約 500m, 岡山大学では約 700m まで高度によらず比湿の一定な層が認められており, 先述の等温位高度とはほぼ一致している. このような結果から, 沿岸部では湿潤な海風が貫入した混合層が, 一方の内陸では海風の影響が小さいよく発達した対流混合層が出現していたことが考えられる.

4. 地上気温の街区特性

土田・吉門(1995)を参考に, 観測期間中, 日積算日照時間が 6.0 時間以上かつ無降水の好天静穏日を抽出し, 街区別(第 2 図の細密気象観測地域)の地上気温の特徴を分析した. 条件判定には岡山地方気象台で観測された毎時気温を使用し, その結果 31 日中 13 日が選択された.

4.1 街区気温の時間変化

好天静穏日で平均した商業街区と住宅街区の地上気温(8 地点の平均値)の時間変化を第 13 図に示す. 商業街区と住宅街区の気温のあいだに有意な差は見られなかった. しかし, 気温の空間に対する標準偏差は, 住宅街区では一日を通して大きな変化がみられないが, 商業街区は日中を中心に極大値をとるような特徴が現れた. これは, 住宅街区の街区構造が空間的に均一に近いのに対して, 商業街区はその不均一性が顕著であることに起因するものと考えられる.

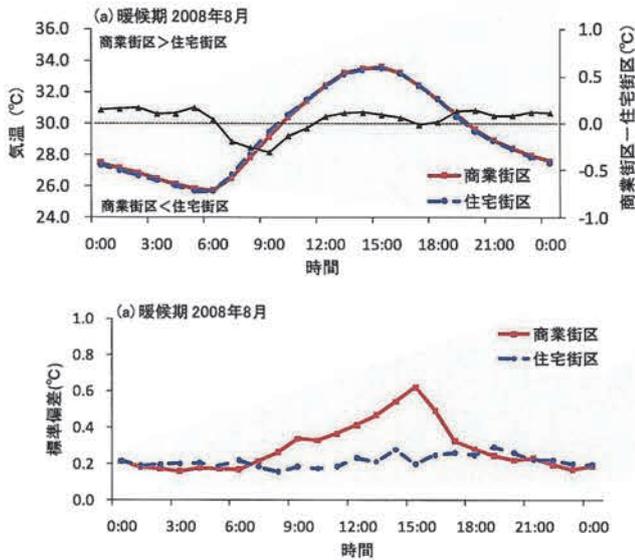
4.2 都市構造との比較

(1) ポリゴンデータからの街区構造パラメータの算出

街区気温の特性を街区構造パラメータと比較して議論するため, 各観測地点を中心とする 100m 四方の格子を作成し, 建物ポリゴンデータ((株)ゼンリン電子地図 Z Professional 4 及びデジタウン)から街区構造を示す平均建物幅, 平均建物高度, 平均道路幅, 建物面積占有率, 道路面積占有率, 公園・緑地面積占有率, 駐車場・裸地面積占有率をそれぞれ算出した. その結果を, 観測地点で実際に測定した天空率とともに表 1 にまとめる.

(2) 好天静穏日の気温と天空率の関係

商業街区と住宅街区の地上気温と天空率を比較することで, 測定地点の周辺環境が気温に及ぼす影響を調べた. 時刻ごとに地上気温と天空率の相関を求めた結果を第 14(a) 図に示す. 相関係数の有意値は, サンプル数 8 の場合 5% 有意水準で ± 0.71 以上である. 商業街区では日中の街区気温と天空率のあいだに相関はみられないが, 夜間には有意な負の相関が出現する.



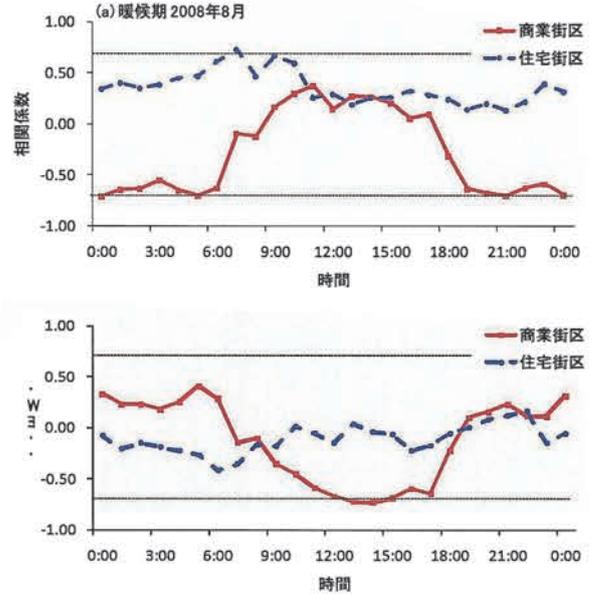
第 13 図 好天静穏日で平均された商業街区と住宅街区における地上の(a)空間平均気温と(b)その空間標準偏差の時間変化。

これは、街区内の天空率が大きい場所ほど気温が低いことを意味している。つまり、建物の密集化に伴い天空率が小さい場所ほど地表面の夜間放射冷却が働きにくい。

一方、住宅街では午前中に有意な正の相関がみられた。これは、街区のなかで天空率が大きい場所ほど日射量の増加による地表面加熱が明瞭になるためと考えられる。

(3) 晴天静穏日の気温とアスペクト比の関係

次に、街区構造を表すパラメータとしてアスペクト比を考える。アスペクト比は対象物の辺の比率を意味し、これを商業街区と住宅街区でそれぞれ求めた。アスペクト比は 0~1 の範囲をとっており、1 に近いほど建物間の距離が短い、または建物が高いことを表している。アスペクト比の算出式を以下に示す。



第 14 図 晴天静穏日における街区気温と(a)天空率、(b)アスペクト比のあいだの相関係数。点線は 5%有意水準(±0.71)を示す。

$$\text{アスペクト比} = H / W \quad (5)$$

ここで、 H は観測地点を中心とする 100m 格子内の平均建物高度 (m)、 W は平均空間幅 (m) である。なお、 W は次式から求めた。

$$W^2 = (\text{公園} \cdot \text{緑地面積}) + (\text{駐車場} \cdot \text{裸地面積}) + (\text{道路面積}) \quad (6)$$

商業街区と住宅街区における地上気温とアスペクト比の相関係数の時間変化を第 14(b) 図に示す。商業街区では日中に負の相関が、反対に夜間には正の相関が現れている。日中はアスペクト比が小さい(空間幅が広い、または建物が低い)場所で気温が高くなりやすく、これは地表面で形成される日向・日陰の影響が反映されたものと考えられる。

一方の住宅街区では気温とアスペクト比のあいだ

第 1 表 各観測地点を中心とした 100m 格子の平均街区構造パラメータ。占有率は地表面における面積占有割合を表す。

街区	番号	天空率	建物高度(m)	建物幅(m)	建物表面積(m ²)	道路幅(m)	建物占有率(%)	道路占有率(%)	公園・緑地占有率(%)	駐車場(裸地)占有率(%)	空間幅(m)	アスペクト比
商業	①	0.58	10.6	22.9	1498.4	7.7	20.5	23.9	30.0	25.6	89.2	0.12
	②	0.58	10.5	30.5	2207.4	26.0	9.3	58.1	0.0	32.6	95.2	0.11
	③	0.47	19.8	15.3	1445.7	29.1	27.9	47.0	0.0	25.2	84.9	0.23
	④	0.32	53.5	33.8	8388.6	10.4	36.4	20.5	0.0	43.1	79.8	0.67
	⑤	0.45	11.3	20.9	1378.8	7.0	52.5	14.2	0.0	33.3	68.9	0.16
	⑥	0.50	27.1	23.2	3062.3	7.4	19.8	24.0	45.1	11.3	89.6	0.30
	⑦	0.27	27.1	18.3	2314.6	27.5	26.6	47.5	0.0	25.9	85.7	0.32
	⑧	0.80	13.2	11.3	720.7	8.0	17.3	15.6	32.7	34.5	90.9	0.14
住宅	①	0.72	8.0	12.7	565.1	19.8	27.7	32.9	0.0	39.4	85.0	0.09
	②	0.48	11.7	17.7	1142.0	12.5	24.2	19.5	0.0	56.3	87.1	0.13
	③	0.77	8.0	11.1	479.2	7.0	2.4	7.3	87.2	3.2	98.8	0.08
	④	0.42	10.6	10.1	534.4	14.0	5.2	31.0	0.0	63.9	97.4	0.11
	⑤	0.71	8.0	15.1	709.1	16.6	13.3	39.5	9.9	37.4	93.1	0.09
	⑥	0.88	8.0	14.6	681.6	4.9	12.3	13.2	38.3	36.2	93.6	0.09
	⑦	0.79	7.6	11.0	456.5	25.0	10.5	51.9	4.4	33.3	94.6	0.08
	⑧	0.84	8.3	13.4	628.5	6.4	12.3	13.9	50.6	23.2	93.6	0.09

に明瞭な相関はみられなかった。

5. 本研究の成果と今後の展望

岡山市街地で上空から熱赤外面像が撮影され、その熱環境の実態が明らかになったのは、おそらく本研究が初めてではないかと思われる。政令指定都市へ移行した岡山市は今後も都市化が進展することが予想され、本研究の成果は都市計画の重要な基礎資料となり得る。観測データは膨大なため解析は現在も進行中であるが、岡山市街地の気温と表面温度の空間分布を今後も詳細に調査・考察していく予定である。

謝辞

本研究に多大なるご支援をいただきました、(財)八雲環境科学振興財団「平成 20 年度環境研究助成」に心より感謝申し上げます。本研究の遂行にあたり、終始多大なるご尽力をいただきました四国航空(株)造田健蔵氏を始め、パイロット、関係皆様に厚くお礼申し上げます。地上気温の測器設置に関して御協力をいただきました岡山市公園緑地課に厚くお礼申し上げます。天空率の計算には、全天写真解析プログラム CanopOn2 (<http://takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon2>)を使用させていただきました。

引用文献

- 川邊智一・大橋唯太, 岡山市におけるビル街と住宅街の気象要素の違いについて, 日本気象学会2005年度春季大会講演予稿集, 2005, p.347.
- 近藤純正, 地表面に近い大気の科学, 東京大学出版会, 2000, 324pp.
- 森牧人, 熱画像式赤外線放射温度計の局地気象観測への応用について, 局地気象研究会講演論文集, 1995, Vol.11, pp.31-40.
- Ohashi Y., Kawabe T., Shigeta Y., Hirano Y., Kusaka H., Fudeyasu H., and Fukao K., Evaluation of Urban Thermal Environments in Commercial and Residential Spaces in Okayama City, Japan, Using the Wet-Bulb Globe Temperature Index, Theoretical and Applied Climatology, 2008, Vol.95, pp.279-289.
- 重田祥範・大橋唯太, 細密な気象観測によるヒートアイランド強度の時空間的解析 —岡山市を対象にした例—, 天気, 2009, Vol.56, pp.443-454.
- 菅原広史, Heat exchange between urban structures and the atmospheric boundary layer, 2001 年度東北大学大学院理学研究科博士論文, 2001.
- 土田誠・吉門洋, 東京湾岸の冬季の海風, 天気, 1995, Vol.42, pp.23-32.

ケイ素を利用した新規機能性物質の合成に関する研究

倉敷芸術科学大学生命科学科 仲 章伸

1、はじめに

近年、高度化社会の様々な場面で、材料の中に用いられている種々の元素について、元素資源供給限界の兆しが見え始めている。液晶テレビやプラズマテレビの透明電極として不可欠なインジウムは、あと10年を待たずに枯渇するとも言われている。迫り来る元素危機の打開策として、資源の有限性、環境負荷へのリスクを考え、重元素から軽元素へ、貴金属元素から卑金属元素へ、希少元素からどこにでもある元素へと、使用元素をシフトしていく必要があると思われる。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、持続可能な社会を実現することを目的とする。ケイ素は周期表で14族に属し、炭素の真下に位置しており、他のどんな元素よりも、炭素に良く似ている。しかし、ケイ素の価電子はM殻にあり、いくつかの点では炭素とは異なり、むしろゲルマニウムやスズのような金属性に近い性質も示すことが知られている。このようなケイ素の特徴を生かし、これまで使用されている物質にケイ素を組み込むことにより、これまでになかった新しい性質が発現し、その用途が膨らんでいくことが期待できる。新規機能性材料への応用という面では、ケイ素-ケイ素結合を含むポリマーは、従来の炭素を骨格とするポリマーあるいはケイ素-酸素を骨格とするシリコンには見出せない機能を秘めていることが明らかになってきている。近年、ケイ素-ケイ素結合を骨格とするポリシラン系およびシリレン-あるいはジシラニレン- π -電子系ポリマーの合成と機能材料に関する研究が活発に行われてきている。当研究室では、ジシラニレングループと π -電子系ユニットを規則正しく繰り返し単位として含み、かつ多次元構造を持つナノサイズ分子の設計およびその合成法の開発を行っており、これらナノサイズ分子の電気的および光化学的特異性の発現を報告してきている。

また、ケイ素化学に関する基礎的な研究を積み重ねていくことにより、その性質を統一的に理解することが出来るようになれば、枯渇してしまった元素の代替元素として利用できる可能性が大きくなるものと思われる。

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性質を明らかにし、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

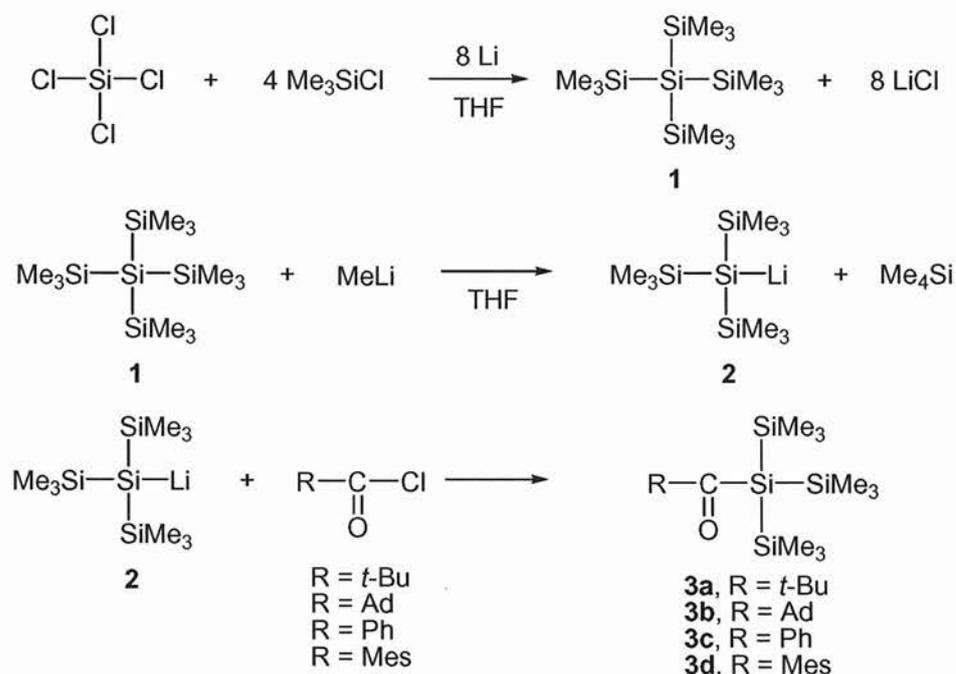
なことであると考えられる。本研究では、ケイ素化学に関する基礎研究と応用研究の両側面からのアプローチを行った。

2、結果と考察

(1) ケイ素化学に関する基礎研究

ケイ素-炭素二重結合（シレン）は、炭素-炭素二重結合とは異なり、空气中で不安定な化学種であり、その合成法は限られたものとなっている。シレンの合成法としては、 π -電子系置換ジシラン類の光反応が最も詳細にかつ系統的に研究が行われている。しかし光反応では、出発原料の濃度、反応試剤の種類など、様々な制限を受けることが明らかにされている。そこで、より簡便で利用しやすいシレン合成法の開発を行うことを目的として、アシルポリシラン類の熱反応を行った。原料であるアシルポリシラン類は、Scheme 1 のルートで行った。

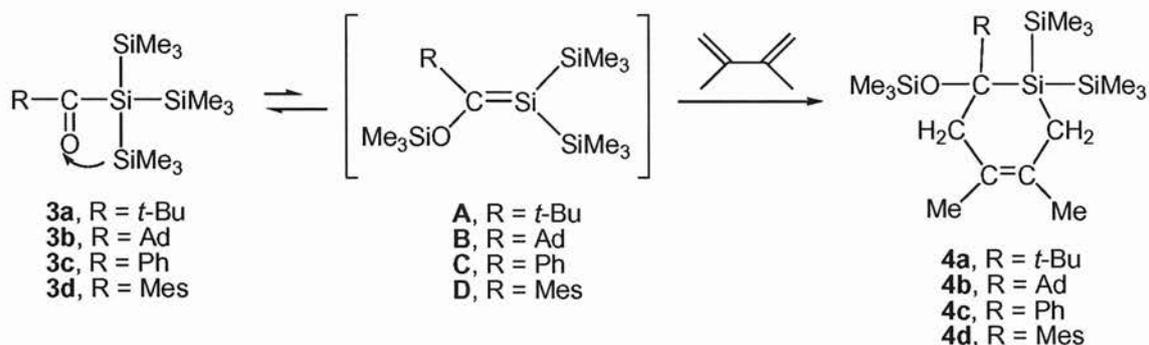
Scheme 1



テトラクロロシランを THF 溶媒中、リチウム存在下トリメチルクロロシランと反応させ、テトラキス(トリメチルシリル)シラン (1) を得た。化合物 1 を THF 溶媒中、メチルリチウムと反応させることにより、トリス(トリメチルシリル)シリルリチウム (2) を合成した。続いて、各種アシルクロライドとの反応を行うことにより、高収率で様々なアシルポリシラン (3a-3d) を合成することに成功した。

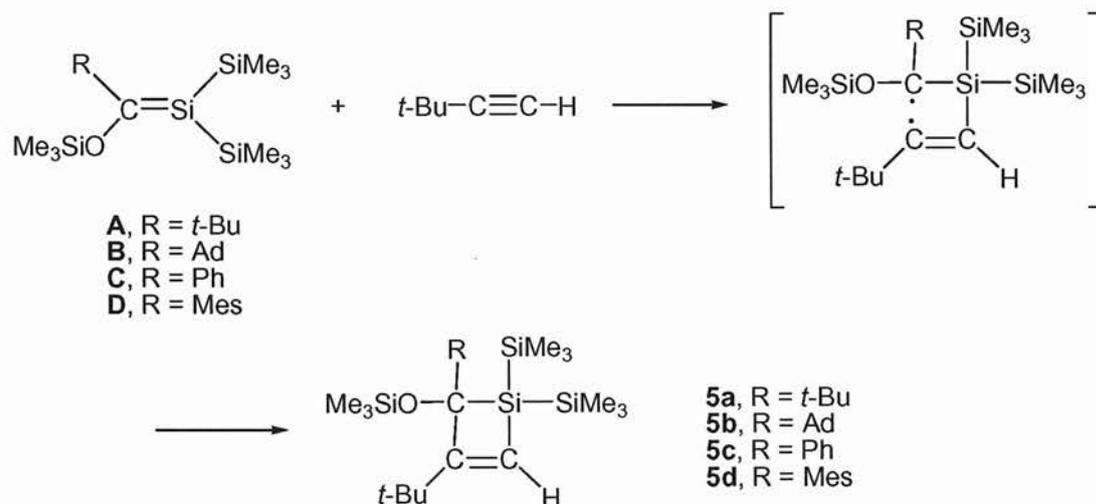
合成したアシルポリシラン類 (3a-3d) をそれぞれ単独で熱反応を行ったところ、すべて原料が回収された。しかし、それぞれの熱反応を 2,3-ジメチル-1,3-ブタジエン存在下で行うと、シレン (A-D) とブタジエンが[2+4]環化付加した化合物 (4a-4d) が得られた。この結果より、アシルポリシランとシレンは熱平衡状態にあり、捕捉剤である 2,3-ジメチル-1,3-ブタジエンが存在しているときには、生成したシレンとの反応が起こるものと考えられる。

Scheme 2



次にアシルポリシラン類と、捕捉剤としてアルキンとの反応を行った。アシルポリシラン (3a-3d) を *t*-ブチルアセチレン存在下熱反応を行うと、形式的にシレン (A-D) とアルキンの三重結合が[2+2]付加して出来たと考えられるシラシクロブテン (5a-5d) が高収率で得られた。

Scheme 3



炭素の化学においては、熱による[2+2]付加は禁制であり、通常ありえない。本研究で得られたシレンとアルキンとの[2+2]環化付加反応の機構を、コンピュータを用いて

の計算化学的手法を用いて検討を行ったところ、まずケイ素-炭素結合が出来、ピラジカル的な遷移状態を経て反応が進行していることを明らかにした。

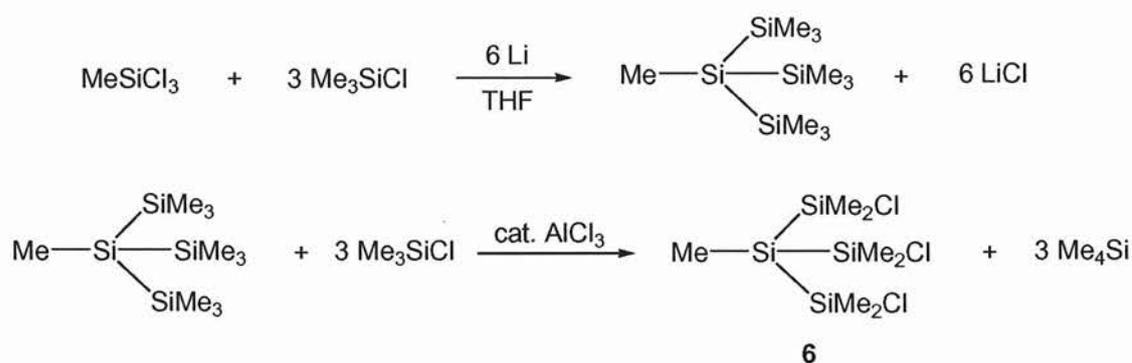
以上のように、ケイ素化学に関する基礎的な研究においては、ケイ素-炭素二重結合化学種であるシレンの簡便な生成法を見出すとともに、炭素化学とは異なるシレンの反応性を明らかにすることが出来た。

(2) ケイ素化学に関する応用研究

近年、ポリシラン類あるいはジシラニレン- π -電子系ポリマーなど主鎖にケイ素原子を含む有機ケイ素ポリマーの感光性、導電性などの特異な性質に注目が集められており、これらを利用した新しい機能を持つ材料の開発が行われている。しかし、これらポリマーのほとんどすべては一次元ポリマーであり、多次元ポリマーやデンドリマーなどのナノサイズ分子についての報告例はほとんどない。そこで、ケイ素-ケイ素結合と様々な π -電子系を含むナノサイズ星型分子の合成を行い、その光化学的および電気化学的性質を明らかにし、省エネルギー発光材料の開発を目的として実験を行った。今回、ケイ素-ケイ素結合とオリゴチエニレンユニットを含む星型化合物に焦点を絞り、研究を行った。

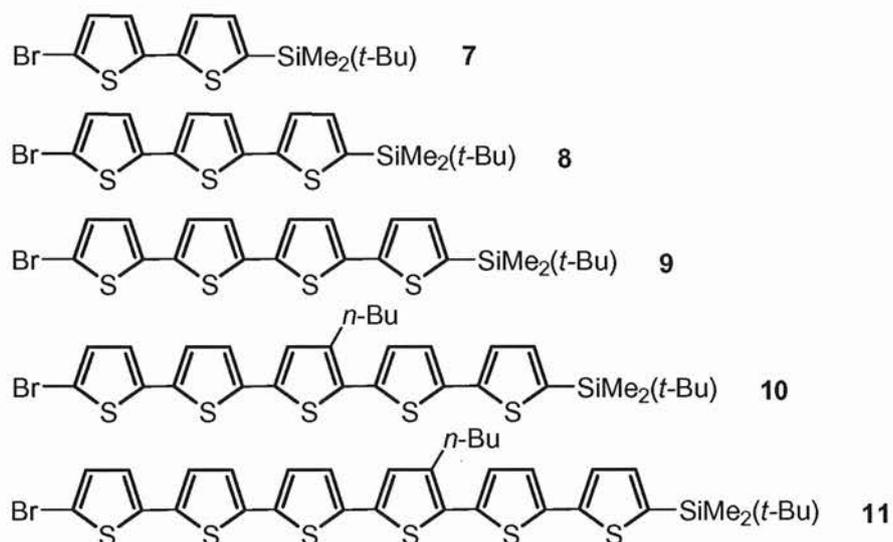
合成法としては、ケイ素-ケイ素結合をもつコア部分とオリゴチエニレンを骨格とするアーム部分を別々に合成し、それらを結合させるという手法を用いた。まずコアとして、トリス(クロロジメチルシリル)メチルシラン(6)を選択した(Scheme 4)。

Scheme 4



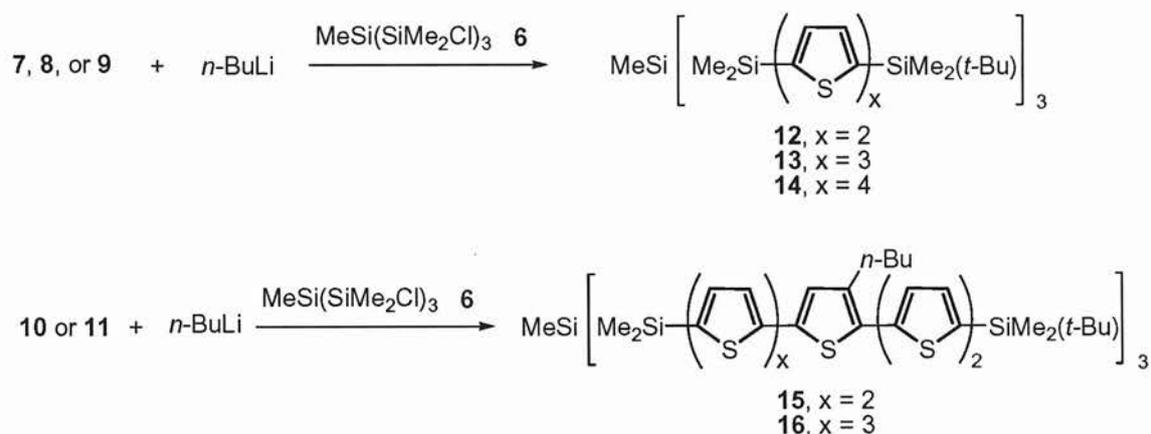
メチルトリクロロシランをTHF溶媒中、リチウム存在下でトリメチルクロロシランと反応させ、トリス(トリメチルシリル)メチルシランを得た。続いて、これを塩化アルミニウム触媒存在下によるトリメチルクロロシランとの不均化反応を行うことにより、ほぼ定量的に化合物6を得ることに成功した。

アーム部は、これまでに報告されている合成法を組み合わせることにより、5種類のオリゴチエニレンユニット(7-11)を用意した。



合成した化合物 7-11 をそれぞれ *n*-ブチルリチウムによりリチオ化し、コアであるトリス(クロロジメチルシリル)メチルシラン 6 と反応させることにより、三方向にアームが伸びた含ケイ素星型化合物 12-16 を得た (Scheme 5)。

Scheme 5



これら星型化合物 12-16 の構造は、質量分析、 ^1H , ^{13}C , ^{29}Si NMR および元素分析により決定した。

次に、これら星型化合物 **12-16** 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 (Table 1)。

Table 1. Absorption and Emission Data (in dioxane) for Compounds 12-16

Compd	λ_{\max} , nm		$\Phi_F(\text{ns})^a$
	absorption	emission	
12	335	374	0.50
13	373	430	0.20
14	404	472	0.27
15	417	506	0.43
16	435	529	0.61

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

紫外可視吸収スペクトルの吸収極大は、チエニルユニットが 2 から 6 に伸びるにつれて、長波長側にシフトしていた。同時に蛍光発光の極大波長も長波長側にシフトする現象が見られた。これらは、オリゴチエニル部分に大きく依存していることが分かった。また、蛍光の量子収率はチエニルユニットが 3 のときにもっとも小さな値を示し、チエニルユニットが増加するにつれて、増大した。チエニルユニットが 2 個のとき、 $\Phi_F = 0.50$ と大きな値を示したが、これはケイ素-ケイ素結合とビチエニルユニットとの $\sigma-\pi$ 共役の影響であるものと考えている。

以上のように、ケイ素化学に関する応用的な研究においては、含ケイ素星型ナノサイズ分子の合成を行い、ケイ素-ケイ素結合とオリゴチエニルユニットによる $\sigma-\pi$ 共役による効果を明らかにし、ケイ素原子の特性を生かした機能性物質の創製が期待できる結果を得た。

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。

I はじめに

わが国では、中国地方や九州地方の山間地をはじめとして、荒廃農地の解消・利用のために肉用牛の放牧が取り入れられている。荒廃農地の放牧利用に関する研究では、畜産農家の労働軽減、飼料コストの削減、荒廃農地の解消と新たな農村環境の創出といった機能が明らかにされてきた（高橋、2001；三島、2005など）。また、放牧の機能がどれほどの労働軽減や飼料コストの削減につながったかという詳細な研究もみられる（千田、2005）。農村環境の創出機能に注目した飯國（2002）は、このような放牧を「空間創出型放牧」とよんでいる。

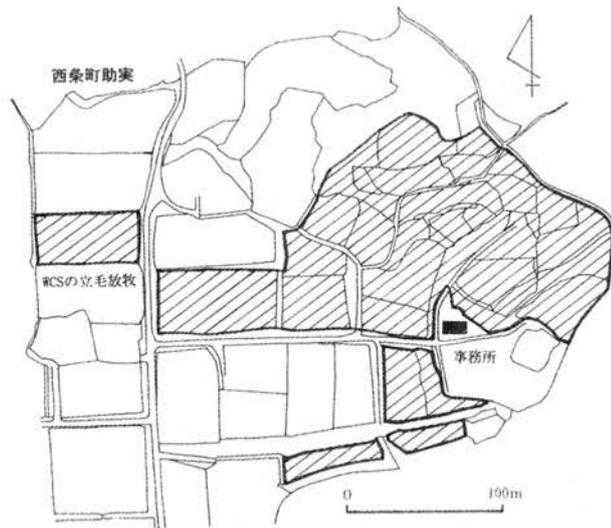
本稿では、畜産だけでなく環境創出機能にも寄与する荒廃農地の放牧利用を取り上げ、農地の管理機能や放牧成立を可能とする条件を考察する。とくに本稿では、集落・集団・任意組合の取り組みに着目したい。

II 集落・集団・任意組合による荒廃農地の放牧利用

ここでは、集落・集団・任意組合による荒廃農地の放牧利用について、以下の3事例を報告する。

1. 東広島市西条町の放牧夢クラブ

放牧夢クラブ（以下、夢クラブとする）は、水田と林地の荒廃地での放牧を主たる目的として、有志3戸によって2006年7月に結成された。2009年現在、会員は6戸であり、その多くは兼業農家である。放牧地は、会員所有の田、林地（竹林含む）計2haとなっている（第1図、写真1）。放牧の動機は、①用水路の老朽化によって、水不足が生じ、減収や耕作放棄が進行したため、その農地管理を図るため、②イノシシの出没による水稲被害が顕著となり、個人の対応では限界であったため、③竹の侵入によって耕起不能となり、この侵入を防ぐための3点にある。夢クラブでは、放牧開始初期にレンタル牛2頭を放牧した。その後2007～2008年にかけては繁殖牛を新たに購入していき、2009年現在は成牛3頭を所有・放牧している。2008年1月には簡易畜舎が完成した。また、夢クラブではこれまで分娩を畜産農家に委託していたが、2008年12月には自然分娩に切り替えた。



第1図 放牧夢クラブの放牧地

飼料としては、飼料稲（WCS）とイタリアンライグラスをそれぞれ11～12月、11～3月に

立毛の状態を利用し、4月から秋にかけては放牧地に繁茂する草を利用している。補助飼料には、乾草、野菜くず、米糠を給与する。

クラブのおもな収入は、子牛の売上金と助成金である。助成金は、水田放牧の実施にもなう産地づくり交付金（10aあたり3万円、ただし30a以上、2ヶ月、2頭以上の放牧実施が前提）であり、放牧地に飼料を作付した場合は金額が加算される。支出は、飼料代、施設整備が占める。

2. 山口県柳井市のレンタル放牧

山口県では、荒廃農地を有する耕種農家や集落に対して肉用牛を貸し出し、そこに放牧する制度が進められている。山口県では貸し出す牛のことをレンタカウとよんでおり、その放牧はレンタル放牧という。2002年には、県内の柳井市が独自にレンタカウ制度を開始した。

柳井市日積地区〇集落では、集落協定による共同取り組みとして、2007年から標高300m付近の耕作放棄地39aでレンタル放牧を実施している（写真2）。当集落の水田は、部分的に区画整備されているが、集落の最奥部には小区画の棚田が存在する。中山間地域等直接支払制度の概要をみると、集落協定の参加は18戸、協定面積は9.9ha、交付単価は体制整備単価となっている。当地区のレンタル放牧による荒廃農地の復旧には、直接支払制度の加算措置が適用されている。

柳井市におけるレンタカウ制度の継続要因としては、①繁殖牛60頭を飼養する市内のS農家がレンタカウ制度による牛の貸し出しに協力しており、レンタル牛の強固な供給先があること、②レンタル放牧における市、農協、家畜保健所のバックアップ体制が確立していることである。

3. 天草地方における耕作放棄地の集団的な放牧利用

天草市の旧河浦町では、1997年に町内の樹園地跡地7.2haをシバ草地に転換し、3戸の肉用牛繁殖農家によって放牧が進められた（写真3）。放牧地開設時が電気牧柵の普及前であったため、この放牧地外周には有刺鉄線が張り巡らされている。放牧地には湧水や小河川があり、放牧牛の飲用水として利用されている。3戸のうち1戸は周年放牧を実施しており、放牧地の横に畜舎を併設している。他の2戸は夏期に放牧している。この2戸は、畜舎から放牧地まで20分ほどかかるため、入退牧の移動コストが大きい。

Ⅲ 島根県における集落型放牧利用の展開

島根県では、地域資源を活用し集落を母体とする地域一体となった放牧の取り組みを地域放牧と称して、2006年から「地域放牧推進事業」を開始した。筆者は、集落をベースとした直接支払制度の協定組織や放牧組合などの放牧を集落型放牧利用と位置づけている。

以下、その概要を述べ、より詳細な放牧利用の実態について、邑南町須摩谷を対象にみていくことにしよう。

1. 集落型放牧利用の類型と現状

県では、集落型放牧利用（地域放牧）の類型を「農地保全型」と「放牧経営型」の2つに位置づけている。すなわち前者は、構成員の畜産農家や任意の組織が農地の保全管理や鳥獣害対策として、農村環境の改善を目的とする取り組みである。一方、後者は任意組織や集落営農組織が放牧を取り入れた飼養管理を行い、経営の一部門として収益を積極的に

確保する取り組みである。県が集落営農組織に対して放牧を取り入れた繁殖経営を推進する背景には、米以外に収益性の高い部門に位置づけ、これを組みこんだ経営体系を確立させることにある。

第1表は、島根県における集落型放牧の概要をまとめたものである。構成人数の多い地区の主体は、直接支払制度の協定組織や集落営農組織が該当する。放牧を開始してから4年以上を経たA、B、C

では、放牧面積が大きく、これに比例して放牧頭数も多い。島根県の集落型放牧のパイオニアともいえるBは、2000年から耕作放棄地や樹園地などを中心に放牧を進めてきた。DとF～Kは地域放牧推進事業の対象組織である。これらの組織も今後、自前で放牧牛を飼養し、飼養数の増頭や放牧に対する地域の合意によっては、これから放牧面積を拡大していくことが予想される。

2. 邑南町須摩谷における農林地の放牧利用

邑南町須摩谷（第1表のA）は、旧石見町内矢上地区の南部に位置する。総戸数は30戸、その大半を兼業農家が占めている。住民の高齢化が進んでいるものの、高齢者の独居世帯はなく、重世代にわたる世帯が多い。

須摩谷では、中山間地域等直接支払制度（第1期）の導入にあたって、耕作放棄地や放棄の可能性のある農地の保全管理が問題となっていた。そこで、牛の放牧導入にその保全管理の可能性を見出し、管理の困難な農林地を対象に肉用牛の放牧を行うこととした。2002年には、集落全戸によって「須摩谷和牛放牧組合」が結成された。放牧組合は、島根県の「がんばる島根農林総合事業」によって放牧施設を整備した。対象放牧地は、地権者らと放牧地周辺住民の了解を得て選定した（第2図）。2003年には隠岐から和牛3頭を購入し、2004年から本格的に放牧を開始した。放牧地は2年間で8牧区まで拡大された（第2表、写真4～6）。放牧は2008年12月現在で成牛6頭、放牧期間は5月～11月の約7ヶ月間行われている。12月～4月は第2図の牧区①で飼養される。放牧時の補助飼料給与は毎朝おもに2人が担当し、放牧地の牛の移動（転牧）は4～5人で行う。また、肉用牛繁殖には自然分娩を行い、生まれた子牛も放牧させている。このため、新規の放牧環境の馴致は必要ない。住民による放牧の効果と意識では、イノシシが周囲の田畑に近寄らなくなった、人力による手入れが不要であるといった点が評価されている。

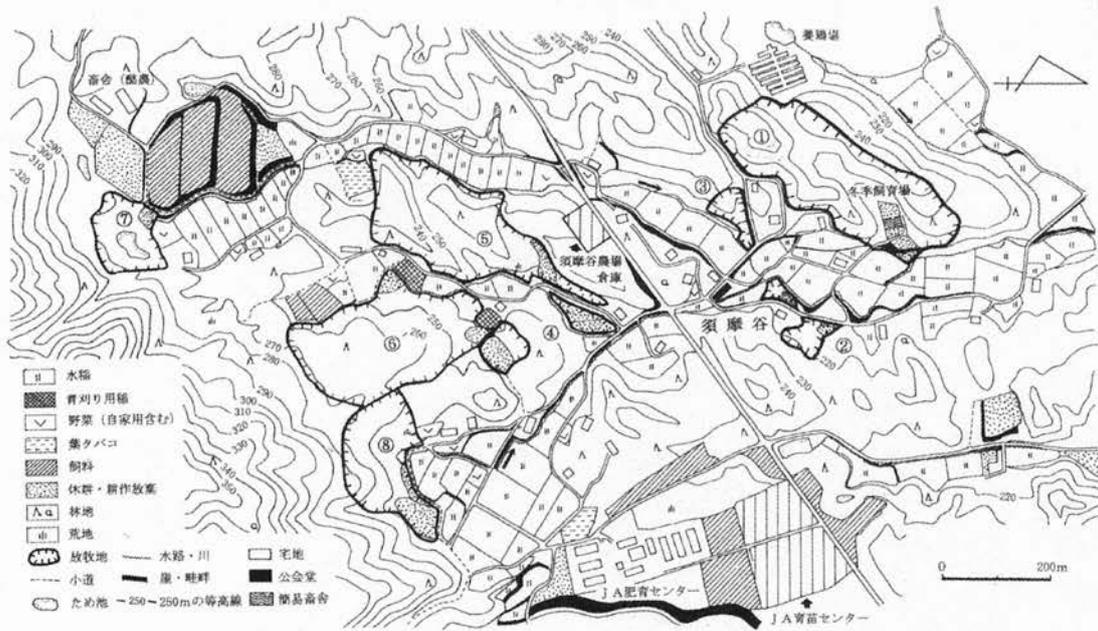
子牛の販売状況では、子牛を販売できたのは2004年からであり、販売金額は2007年度に計100万円を突破した。飼料の購入金額は、飼養頭数の増加にともない上昇している。2007年の放牧組合の年間収支は、収入2,807,712円に対し、支出は2,702,115円であった。2007年は、畜舎のコンクリート舗装のために、2007年は班（集落）から100万円を借りてこれにあてている。すなわち、この借入金を除けば、当然赤字決算となる。

第1表 島根県における集落型放牧利用の概要

名称	参加数	頭	面積	牧区	開始年	備考
A	30	<u>4</u>	19ha	8	2003	
B	9	<u>12</u>	19	8	2000	
C	22	<u>12</u>	9.5	12	2004	
D	6	2	3	1	2006	畑中心
E	20	<u>3</u>	2.6	1	2004	
F	6	6	2.6	10	2006	
G	6	3	1.4	1	2007	
H	6	2	1.1	2	2006	
I	44	2	1	1	2007	
J	46	2	0.7	1	2007	畑中心
K	18	2	0.4	1	2007	

資料:島根県農業技術センターの事例調査(2008年1月調査)。

注)頭数は繁殖牛。下線は、牛を自前で飼養している。



第2図 須摩谷集落の土地利用と放牧地

資料：現地調査（2008年7月）、須摩谷農場資料による。

須摩谷では、農作業機械・施設の共同利用、農地集積、協業化を目的として、2005年に集落内の29戸によって農事組合法人「須摩谷農場」（以下、法人とする）を設立した。法人では、農業用機械の整備、水稲栽培（ハナエチゼン、ハーブ米、飼料用の青刈り稲）、野菜作、ゆず酢の加工に取り組んでいる。法人では、集落全戸加盟、農地集積率100%（水田）を目指したが、現状では1戸が不参加、集積率は全体の7割にとどまった。

第2表 須摩谷放牧地の面積、土地所有、放牧日数

牧区	面積	所有件数		放牧日数	備考
		水田・畑	山林		
①	477 a	1 戸	4 戸	20日前後	※不在地主
②	44	1	1	1週間	
③	33	0	1	2、3日	
④	30	1	0	2、3日	
⑤	430	※1	5	20日前後	
⑥	566	3	3	20日前後	
⑦	113	1	2	？	
⑧	207	1	2	20日前後	
計	1,900	9	18		

資料：現地調査（2008年7月）による。

1) 牧区の番号は第2図に対応。

2) 所有件数の合計はのべ件数である。

コミュニティを基盤とした組織が放牧に取り組む意義は、これまでの検討から以下のようにまとめることができる。第1は、集落内の荒廃農地や林地をいくつかの団地として利用できる点である。当集落では、放牧地の選定にあたって集落内での合意を図る機会があり、放牧地のローテーション方法、管理体制のソフト面を集落内で明確化できた。第2に、農業継続環境の改善としての側面である。放牧を取り入れた畜産は、営農組織とのタイアップによって、草資源の有効利用を図りながら、農林地を維持でき、既耕地での作付も継続的となる効果をもたらす。第3に、放牧導入時の設備投資・維持にかかる費用を、集落

組織を主体とする補助事業でまかなうことができる点である。換言すれば、これらの組織が助成の受け皿を果たし、資金を組織内で運用できる。

放牧利用の課題としては、地道に子牛を育成して繁殖雌牛を確保していくのであれば、最終的に収益を見込むのに時間がかかることである。増頭を見込むならば、放牧牛を放牧環境と放牧密度の点から2ヶ所以上に分けて実施する必要がある。または、隣接集落との提携において放牧地を拡大し、放牧管理の一部を代行してもらうことが考えられる。

IV 考察

ここでは、II、IIIで報告した放牧事例をもとに、集落・集団・任意組合による放牧の成立条件を放牧地の立地条件、資金、人的側面から比較考察する。

1. 放牧地の立地条件

放牧地が集落、民家の近隣にある場合は、放牧牛の脱柵や水質汚濁が住民から懸念されることがある。須摩谷では、集落内での合意によって放牧を開始したため、大きな問題となっていない。夢クラブでは、住宅地近郊に位置するため、とくに脱柵や水質問題に気を配る必要があった。夢クラブでは、放牧開始時に町内会や周辺住民へ周知を進めたので、放牧実施が今は大きな問題となっていない。また、放牧地が住宅地近郊にあるため、休日には家族で牛を見に来る人が増え、癒しの空間となっている。天草の事例では、集落から離れた山頂付近に放牧地があり、下流域への水質の問題はあまり懸念されていない。

また、放牧地であった場所は、上記4事例とも荒廃農地・林地であった。

2. 資金調達

経営のための資金調達には、天草の事例を除き助成金が必須となっている。須摩谷では中山間地域等直接支払制度および産地づくり交付金、夢クラブでは産地づくり交付金が畜産経営にあてられている。東広島市の産地づくり交付金では、水田放牧による農地の維持管理も対象となる。須摩谷・夢クラブは、助成金以外には子牛の売上金が収入の一部を占めるが、期待できるほどの純収益に至っているとはいえない。このため、両者の放牧の飼養管理は基本的に無償で行われている。須摩谷では今後10頭まで増頭を考慮しており、すでに設備投資をほぼ完了し終えたため、飼養管理に対する利益配分が課題としてあげられる。一方、夢クラブでは、これ以上の放牧面積拡大はのぞめそうになく、面積当たりの放牧頭数は4頭ぐらいが限界であるとみられている。夢クラブのリーダーは、借地料や労賃の支払い意思があるものの、現在の助成金と子牛の売上金で経営を維持していくことができるかを懸念している。

柳井市のように集落内でレンタル放牧を実施した場合、かかる費用はレンタル料などが主であり、それは直接支払制度の助成金でカバーされる。また、解消後は、牛を返却するため、牛を借り受ける集落が負担する資金は大きくはない。資料によると、レンタルカウのコストは2頭で24,000円である。よって、金額面からみれば、小規模で放牧を実施する場合、レンタル放牧は有効であるといえよう。

3. 集団で取り組む際の現状と条件

集団・集落内で放牧に取り組むには、地域内で農地を守るという目的・意識形成が必要である。放牧を進めるにあたって、放牧利用の組織化をはかっても、なかには農外就業者が含まれることが想定されるため、飼養管理の従事者は自ずと限られる。そこで重要とな

るのが、組織内で飼養管理に従事する実働部隊が機能するかどうかである。須摩谷では、こうした飼養管理の従事者は、おもに集落営農の中心労働力の5人である。また、夢クラブでは、毎朝の給餌には3人1組の交替制で従事するが、現状では従事者はこのうちの1～2人に限られている。須摩谷の放牧は、集落内のリーダー的な存在や同年代であり、物心の知れた者同士の取り組みといえる。夢クラブでも、広報、経理も引き受けているリーダーの放牧実施に果たす役割が大きいといえる。両者は、熱心なリーダーおよび組合員が存在し、単なる義務感だけでなく牛が好きであるといったことが共通しており、このことが組織機能の継続の一因と考えられる。

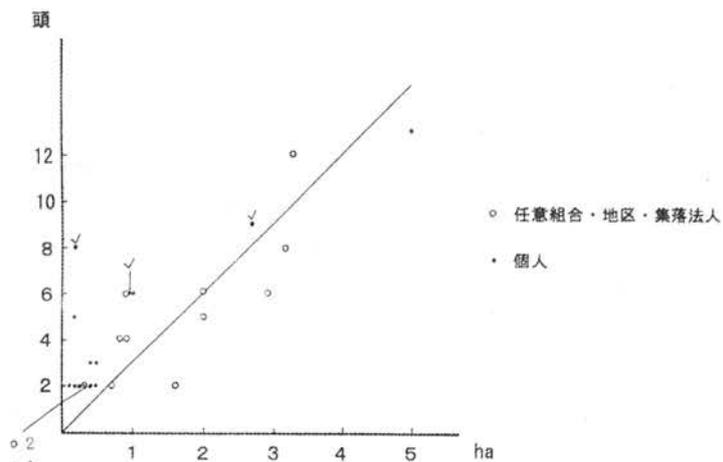
一方、柳井市のレンタル放牧は、過去の実績をみるかぎり、放牧が継続的に行われている例はほとんどなく、その多くが放牧開始から1～3年で終了している。この理由は、レンタルカウを導入して荒廃農地が解消されたとしても、その農地を依頼した側が今後維持していくことができなければ、再度放棄される状態となる。これまでも、レンタルカウ導入には直接支払制度の助成金をあてた地区が存在するが、第1期の制度終了と同時に放牧を中止した地区があった。市の働きかけによってレンタル放牧を開始した地区も多い。したがって、集落内に今後のビジョンがなければ、レンタル放牧は助成金を消化するための消極的な取り組みに終止するであろう。

天草の荒廃農地の放牧利用は、牧地造成事業の実施によって3戸の共同利用が実現した。ここでは、主体が個々の畜産農家であり、とくに飼養管理の共同的な作業が目指されているわけでない。放牧面積が大きいので、各農家の放牧が労働力衰退時の対策としては有効であるといえよう。

4. 土地利用調整と放牧畜産の局面

まず、個人と任意組合等の集団での放牧の違いについて、放牧面積と放牧頭数の関連から把握してみよう。第3図は、広島県における2006年度の水田放牧について、放牧面積と年間放牧頭数の関係を示したものである。実施面積では、個人は1ha以下が圧倒的に多い。

一方、組合等の実施では、2haを超えるものも多く全体的に多様なモードを示している。これは、個人の放牧農家が放牧面積を確保するのに、自己の所有地であると50a～1ha前後が上限であり、これ以上の実施は借地を必要とすることが考えられる。一方、集団利用の場合では、集落・集団に含まれる農家の土地を利用でき、また分散する圃場をローテーションして利用するために多くの面積で放牧が可能となる点を指摘できる。この点は、すで



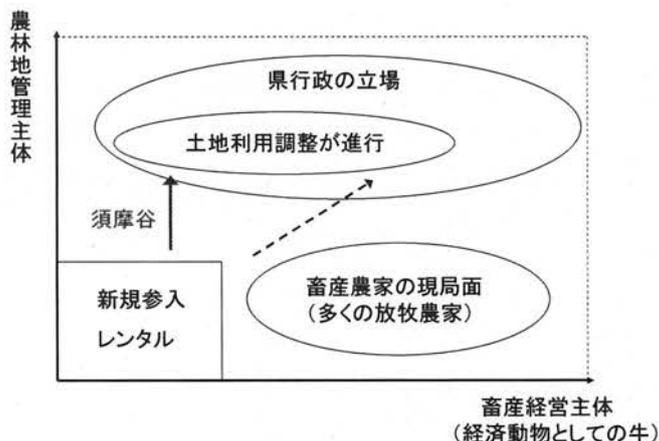
第3図 広島県の水田放牧面積と年間放牧頭数

資料:広島県畜産振興課による。

- 1) 転作田・耕作放棄地が対象。林地を含むものは除いた。
- 2) 任意組合のうち、18ha・45頭、40ha・30頭は図表現の便宜上省略。
- 3) 放牧牛は肉用牛(チェックは乳用牛)。

に島根県の地域放牧、および須摩谷の放牧の傾向から判断できるであろう。

次に、荒廃農地の放牧利用を第4図のような概念図として提示し、これまでの検討に少し説明を加えたい。島根県や広島県当局は、こうした放牧を農地管理主体としてみなすものと経営にも反映されるような利益も見込んだものを想定している。この領域は図の上部に位置する。須摩谷の放牧は、Ⅲでみたように農地管理主体の色彩が強いといえる。一方、長門市油谷地区の肉用牛繁殖農家を主体とする水田放牧では、その多くが畜産経営を主とし放牧地の確保が限られるために、図の右下に示される（筆者の2007年調査による）。ここに集落・集団と個々の畜産農家による放牧の違いが認められる。



第4図 放牧畜産の局面

V おわりに

本報告では、集落・集団・任意組合を主体とする荒廃農地の放牧利用を取り上げ、荒廃農地の管理機能と放牧を可能とする条件を検討した。また、これまでの自身の研究から、放牧利用の段階と方向性を図示することを試みた。筆者は今後、研究を継続することで、より確立した放牧利用のモデルを構築したいと考えている。

[追記] 本稿の調査は、八雲環境科学振興財団「環境研究助成」(2008年度)の一部を利用しました。心よりお礼申し上げます。

文 献

- 飯國芳明 (2002) : 「空間創出型放牧」の展開と課題. 高知論叢 (社会科学)、75、pp. 75-103.
- 千田雅之 (2005) : 『里地放牧を基軸にした中山間地域の肉用牛繁殖経営の改善と農地資源管理』. 農林統計協会、197 p.
- 高橋佳孝 (2001) : 草食家畜の生産と農村景観. 田淵俊雄・塩見正衛編『中山間地と多面的機能』. 農林統計協会、pp. 115-140.
- 三島徳三 (2005) : 『地産地消と循環型農業—スローで持続的な社会をめざして—』. コモンズ、221 p.

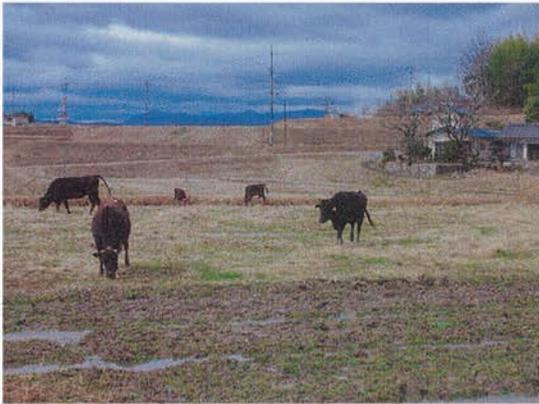


写真1 放牧夢クラブの水田放牧
(2009年2月25日撮影)

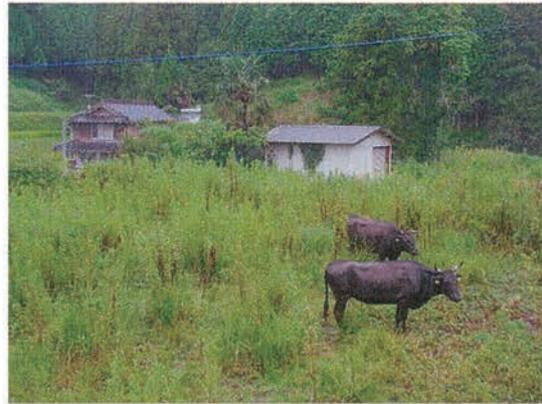


写真2 柳井市のレンタル放牧
(2008年8月29日撮影)

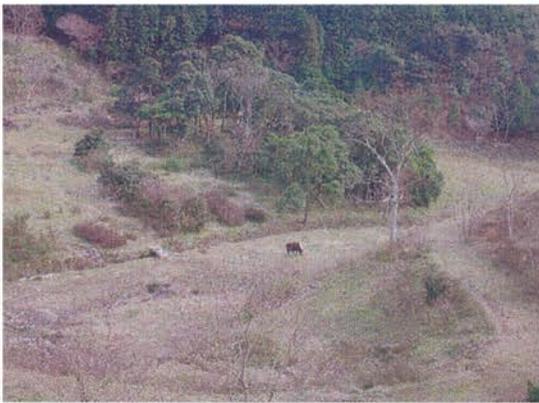


写真3 天草市の共同放牧場
(2009年3月6日撮影)



写真4 須摩谷の放牧（牧区①）
(2008年7月26日撮影)



写真5 須摩谷の放牧（牧区①、畜舎）
(2009年7月25日撮影)



写真6 須摩谷の放牧（牧区⑤）
(2009年7月30日撮影)

はじめに

我が国の主要農地である水田は、米を生産すること以外の多面的機能が重要視されつつあり、その一つとして生物多様性の保全機能が脚光を浴びている（食糧、農業、農村基本法、1999年制定）。これに伴い、水田の継続利用が自然湿地の代替機能として、里山に生息する野生生物の保全に繋がるという考え方が浸透しつつある。人為的環境である水田は多くの生物に利用されているが、そこに生息する淡水魚、両生類、鳥類などは、近年の水路の改変や水管理技術の変更によって大きな影響を受けている事が報告されている（例えば Fujioka and Lane, 1997 など）。水田に生息するドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*（コイ目：ドジョウ科）も圃場整備事業が原因で、個体数の減少に繋がったと推察されている（田中 1999）。

日本最大の水生昆虫であるタガメ *Kirkaldyia (= Lethocerus) deyrolli*（カメムシ目：コオイムシ科）は、近年その個体数を激減させている。環境省編レッドデータブックでは絶滅危惧 II 類に指定され、神奈川県および長野県では絶滅種として扱われている他、全国 46 道府県の地方版レッドデータブックに掲載されている

（Association of Wildlife Research & EnVision 2007）。まさしくタガメは絶滅の恐れのある昆虫のレギュラー選手となってしまうている。タガメはその和名（田亀）の通り水田を主な繁殖地として生活する里山環境の代表的な昆虫であるが、長期残効農薬の多用や生息地の破壊、都

市化などによりその個体数が激減したと考えられている（市川 1993b）。

タガメの卵塊は水面上の棒きれや抽水植物に産み付けられる（橋爪 1994）。この卵塊や孵化直後の幼虫を父親が保護する習性があるが（Ichikawa 1988, 大庭 2002, Ohba et al. 2006）、卵保護中の雄を獲得するために雌が卵を壊すという卵壊し行動が発見された（Ichikawa 1990）。これは昆虫における初めての子殺し行動であり、動物行動学や行動生態学など、学術的にも注目されている。また、高次捕食者ゆえに水田生態系の象徴的な存在として生物指標としても重要な種である。本種を将来的に保全・保護するためには基礎資料の収集と保全・保護方策の確立が重要である。近年は兵庫県姫路市のタガメビオトープ事業（市川 2004）などに代表されるように、保全への気運が高まりつつある。

本種のような捕食性昆虫にとって、採餌は繁殖と並んで重要な活動の 1 つであるので、前述のタガメの減少要因に加えて、タガメをボトムアップ的に支える餌資源の保護は本種個体群の維持に不可欠である。タガメの仲間は世界的に見ても最も体サイズが大きな水生昆虫で、海外では魚類や両生類などの脊椎動物を好んで食べる事が知られている（Smith 1997；図 1）。ときには爬虫類や水鳥までを捕食してしまうことも知られ（Smith 1997）、日本産のタガメが野外においてヘビを捕食することも目撃されている（森・大庭 2004）。2000 年以降、筆者を

含む複数の研究者が野外における定量的なタガメの餌メニューを明らかにした

(Hirai and Hidaka 2002, Ohba and Nakasuji 2006, Hirai 2007, Ohba et al. 2008). それらの調査結果から、タガメ成虫はカエル類を主に捕食することと、幼虫はオタマジャクシを主に捕食することが明らかにされた。特に Hirai and Hidaka (2002) や Hirai (2007) は、兵庫と大阪で調査を行い、両地域でカエル類がタガメの餌メニューの上位を占めたことから、タガメはカエル類に依存した食性であることを強調する論文を公表している。しかし、この結論には疑問が残る。なぜならば、定量的な報告ではないが一昔前の水田では、ドジョウを主に捕食していたという報告(市川 2007)があること、そしてドジョウトリムシという地方名がつけられている地域があることから、カエル類ではなくドジョウを主食にしていることを連想させるからである。

一般に捕食者の餌メニューは、環境中に存在する餌の種類や捕食者自身の餌選好性に大きく影響される。タガメが主にカエル類を捕食しているのは、水田に存在する餌動物の種類の違いを反映したものなのか、最も適切な餌であったドジョウの減少に伴い、餌メニューがカエル類にシフトしたのかは定かではない。もし、ドジョウが最も適切な餌であるのならば、現在の研究例(カエル類が主な餌メニュー)を参考に保護方策を決定するのは危険である。本種は里山で越冬後、春になると溜池や水田に移動・採餌を行い、5月末から8月上旬にかけて繁殖を行うことが知られており、繁殖期にどのような

餌動物が重要なのかは、本種の保全・復元を画策する上で非常に重要な資料となる。しかしながら、野外で食べている餌メニューの観察のみならず、飼育実験から、本種の繁殖に寄与する餌動物を調べた研究は皆無である。

岡山県版レッドデータブックにおいてタガメは絶滅の1つ手前の絶滅危惧種として記載されているが、岡山県北部や岡山県境の兵庫県西部では比較的個体数が多く残存する地域がある。これらの地域にてタガメを採集し、本研究ではタガメの餌選好性や餌の違いが繁殖に及ぼす影響の調査、餌動物の栄養学的分析を行い、その結果から本種の成虫、とくに繁殖に適切な餌動物を明らかにすることを目的とした。



図1. トノサマガエルを捕食するタガメ。

材料および方法

2008年5月末に兵庫県西部の水田地帯より、約30頭のタガメ成虫を採集した。その後、島根県のフィールドステーションに持ち運び、29度一定、16明期8暗期条件にてタガメを個体別に維持した。特に断りが無い限り、一日おきにトノサマガエル *Rana nigromaculata* やニホンアマガエル *Hyla japonica*、シュレーゲルアオガエル *Rhacophorus schlegelii* のオタマジ

ヤクシを与え、毎日水替えを行った。

餌選好性の観察

タガメ成虫の餌選好性を調べるため、ドジョウとカエル（トノサマガエル幼体）、そして比較的多く水田などで観察される水生昆虫としてヤゴ（シオカラトンボ *Orithetrum albistylum speciosum*：トンボ目：トンボ科）を選定し、それらが同数ずつ存在する環境を設定した。タガメの繁殖期にはニホンアマガエルが最も多く捕食されていることが報告されている（Hirai and Hidaka 2002; Hirai 2007）が、ニホンアマガエルは手足にある吸盤で観察に使用する衣装ケース（詳細は後述）の壁面や天井に上ってしまい、タガメにほとんど捕食されないことが確認されたので、ニホンアマガエルと同サイズで手足に吸盤を持たず、ニホンアマガエルと同程度の大きさ、同時期に出現するトノサマガエル幼体を実験に用いた。55センチ×40センチ×34.5センチの衣装ケースに熱帯魚用の大磯砂利を約1センチの厚さに敷きつめ、水深を5センチに保った。足場として直径2センチ、高さ15センチの円柱木材を2本突き立てた。タガメやトノサマガエル幼体が陸上で休息できる環境を再現するため、衣装ケースの約3分の1には大磯砂利で陸地を作った。タガメの個体間の空腹レベルを一定に保つため、実験開始1日前から絶食させた。ドジョウ（全長3~5センチ）、トノサマガエル幼体（3~3.5センチ）、シオカラトンボのヤゴ（約2センチ）を2頭ずつ導入したが、これらの餌動物間の食い合いは確認されなかった。タガメ成虫を1頭

導入し、24時間後にそれぞれの餌の被食数を確認・記録した。なお、繁殖期の雄は採餌活性が低いため、タガメの雌のみを実験に用いた。繰り返しを8回行った。

次に同様の実験手法で、上記3餌種よりドジョウを除いた場合、つまりトノサマガエル幼体とシオカラトンボのヤゴが存在した場合のタガメの餌選好性も調べた。繰り返しを7回行った。

繁殖実験

タガメ雌成虫の産卵に対する餌の効果調べるため、ドジョウ、カエル（ニホンアマガエル）、ヤゴ（トンボ科及びヤンマ科など複数種を含む）の3給餌区を設けた。ドジョウ4個体、カエル4個体、ヤゴ10個体をそれぞれの給餌区のタガメに毎日与えた。予備実験から観察されたタガメが1日で十分に摂食し、食べ残す餌量に基づいて1日あたりの給餌個体数を決定した。直径10センチ×高さ10センチのプラスチックカップにタガメを1個体入れ、カップの内面には園芸用ネットを貼り付けて、水交換が出来るようにした。水深を10センチに保った衣装ケースにそれぞれのカップを導入し、急激に水質が悪化するのを防いだ。飼育法の詳細は Ohba (2008) に従った。

毎日のタガメの摂食量を記録し、生体重を測定した。卵でタガメ雌成虫の腹部が膨らむのが確認されたら、雄2匹と棒（直径2センチ、高さ15センチ）2本、水深を10センチに保ったプラスチック製のケース（45センチ×17センチ×高さ20センチ）に雌を入れ、産卵させた。翌日に産卵が確認されなかったときは、さ

らに 1 日雌に餌を与え、再度産卵容器に導入し、この手順を繰り返した。産卵が確認された場合は卵塊をデジタルカメラで撮影し、パソコンに取り込んで卵数をカウントした。実験前に卵巣内に蓄えた卵をリセットすることを目的として、野外より採集した雌に最初の卵塊を生ませた後に、各給餌区に導入して繁殖実験を開始した。各給餌区の産卵数、タガメは 1 シーズンに複数個の卵塊を生むので、次の卵塊を産卵するまでの日数（産卵間隔）、1 日あたりの卵生産数、次の産卵までに捕食した餌動物の数を 3 給餌区間で比較した。

栄養成分分析

タガメ亜科に属す、タガメと近縁種の *Lethocerus uhleri* の消化酵素には 3 種のタンパク質分解酵素が確認され、糖質分解酵素のアミラーゼは確認されていない (Swart et al. 2006)。つまり、脊椎動物食のタガメの仲間はタンパク質が豊富な餌として魚や両生類を利用していると考えられる。そこで、タガメの繁殖期（6 月）に野外よりニホンアマガエル、ドジョウ、シオカラトンボのヤゴを採集し、餌の質の指標としてそれぞれの総タンパク質量を分析した。

消化部位の確認

上記 3 餌動物をタガメに与え、残った食べ残しを実態顕微鏡下で解剖した。

総タンパク質量分析

解剖により消化部位を確認した後（詳細は結果を参照）、未消化部分以外

を分析対象としてタンパク質量分析を行った。ドジョウとニホンアマガエルは水で洗浄後、体表面の水分をふき取り、凍結乾燥させた。凍結乾燥後、未消化部位を除去し、乾重量を測定した。予備実験において、シオカラトンボのヤゴは凍結乾燥後、消化部位と未消化部位が分離できないことが分かっていたので、凍結乾燥前に消化部位を取り出し、それを凍結乾燥させ、乾重量を測定した。以降、分析対象（＝消化部位）部分を試料と称す。

試料をエッペンドルフチューブに入れ、細胞質分解溶液 500 μ l を加えて粉碎した。粉碎後、4 度、12000g 条件で 15 分間遠心した。上清を回収後、再び 200 μ l 加えて攪拌させた後、再度遠心し、上清を回収した。蒸留水で 20 倍に希釈した上清液に、5ml のプロテインアッセイ液を加えて緩やかに攪拌後、10 分室温でインキュベーションした。タンパク質量が少ないことが予想されるシオカラトンボのヤゴの上清液は、希釈せずにプロテインアッセイ液を加えて攪拌・インキュベーションした。その後、分光光度計にて吸光度を測定し、予め求めておいた検量線より試料 1mg あたりのタンパク質量を計算した。

消化部位乾重量の比較

体重あたりのタガメに摂食される部位の重さを調査するため、ドジョウ、ニホンアマガエル、シオカラトンボのヤゴ各 10 個体を調査地より採集した。採集された各餌動物の生体重を電子天秤で測定し、そのうち半数をタガメに

与えた。タガメが餌動物を捕獲・捕食し、自ら餌動物を離してから30分以内に餌動物の死骸を取り出した。タガメに与え摂食された餌と、そうでない餌の両方を凍結乾燥した。その後、捕食されなかった餌動物の生体重とそれらの乾重量から推定乾重量に関する回帰式を導いた。次に、捕食される前に測定しておいた餌動物の生体重から、上記で求めた回帰式を用いることで各餌動物の捕食前推定乾重量を計算した。推定可食部乾重量は以下の式により算出した。

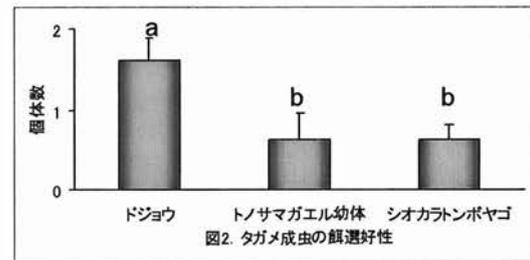
推定可食部乾重量(g) = 捕食前推定乾重量(g) - 捕食された後の乾重量(g)

さらに簡単のため、全体重に占める可食部のパーセンテージを餌動物間で比較した。

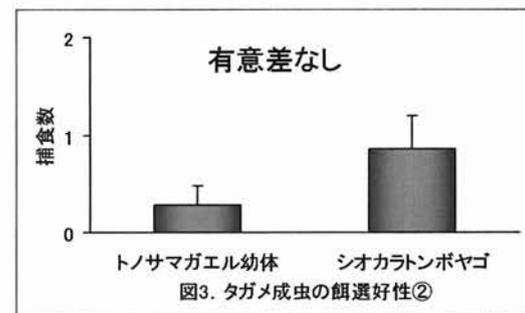
結果

餌選好性の観察

タガメ成虫は3種の餌動物を捕食したが、餌の種類によって捕食された個体数に違いがあった ($F_{2,18} = 5.36, P = 0.01$, 一元配置の分散分析, 対数変換データを使用, 図2, データは生データの平均+標準誤差)。タガメ成虫はトノサマガエル幼体やシオカラトンボのヤゴよりも有意に多くドジョウを捕食した ($P = 0.02$, シェッフエの多重比較検定)。シオカラトンボのヤゴとトノサマガエル幼体の捕食された個体数に有意な違いは無かった ($P > 0.07$)。

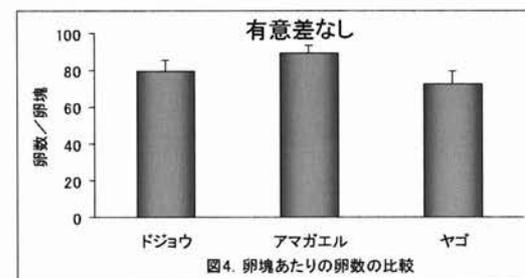


上記3餌動物よりドジョウを除いた場合、つまりトノサマガエル幼体とシオカラトンボのヤゴが存在した場合には、シオカラトンボのヤゴをより多く捕食する傾向にあったが、タガメの餌選好性に有意な違いは検出されなかった ($F_{2,12} = 1.86, P = 0.20$, 一元配置の分散分析, 対数変換データを使用, 図3)。

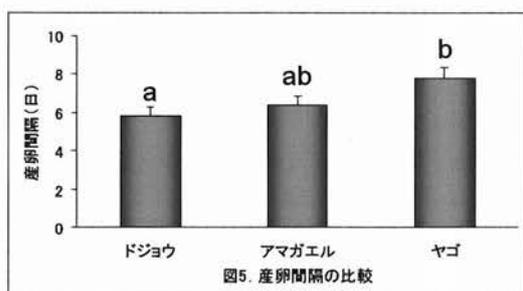


繁殖実験

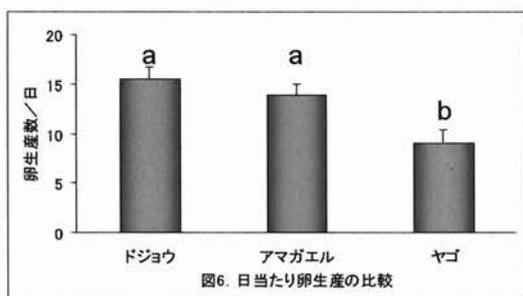
3給餌区のタガメ雌の卵塊あたりの卵数を比較したところ、餌間で有意な違いは検出されなかった ($F_{2,41} = 1.89, P = 0.16$, 一元配置の分散分析, 図4)。野外における平均卵数72.4 (市川1993a)と同様に、いずれの給餌区においても平均70卵以上を産卵した。



次に卵塊を生む間隔（産卵間隔）を給餌区間で比較したところ、餌動物間で違いが観察され ($F_{2,41} = 3.90, P = 0.028$, 図5), ヤゴ区では、ドジョウ区よりも次の産卵が出来るまでに日数を要した ($P = 0.03$). 一方、ドジョウ区とニホンアマガエル区、ニホンアマガエル区とヤゴ区に違いは無かった ($P > 0.17$).

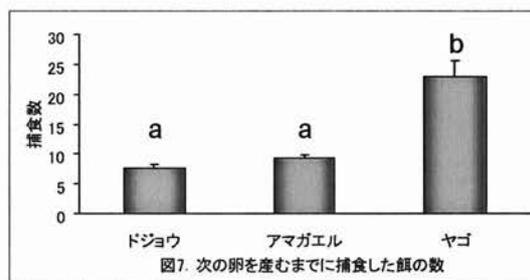


同様に日当たり卵生産数を給餌区間で比較したところ、餌動物間で違いが観察された ($F_{2,41} = 7.19, P = 0.002$, 図6). ヤゴ区ではドジョウ区やニホンアマガエル区よりも日当たり卵生産数が有意に少なかった ($P = 0.03$) が、ドジョウ区とニホンアマガエル区に違いは無かった ($P = 0.62$).



次の産卵までに捕食した餌の数を 3 給

餌区間で比較したところ、違いがみられ ($F_{2,43} = 27.16, P < 0.001$), ドジョウ区とニホンアマガエル区では10個体以下で差は無かった ($P = 0.79$) が、ヤゴ区では20頭以上を要し、他の2給餌区よりも有意に多かった ($P < 0.001$).



栄養成分分析

消化部位の確認

タガメが捕食した際に摂食する部分を調査するため、タガメに捕食された後の各餌動物の解剖を行った (図8). タガメに捕食された後のドジョウおよびニホンアマガエルともに骨と表皮、内臓のみが観察された. 一方、シオカラトンボのヤゴは表皮のみとなり、体内の内容物はほとんどなく、空洞になっていた.

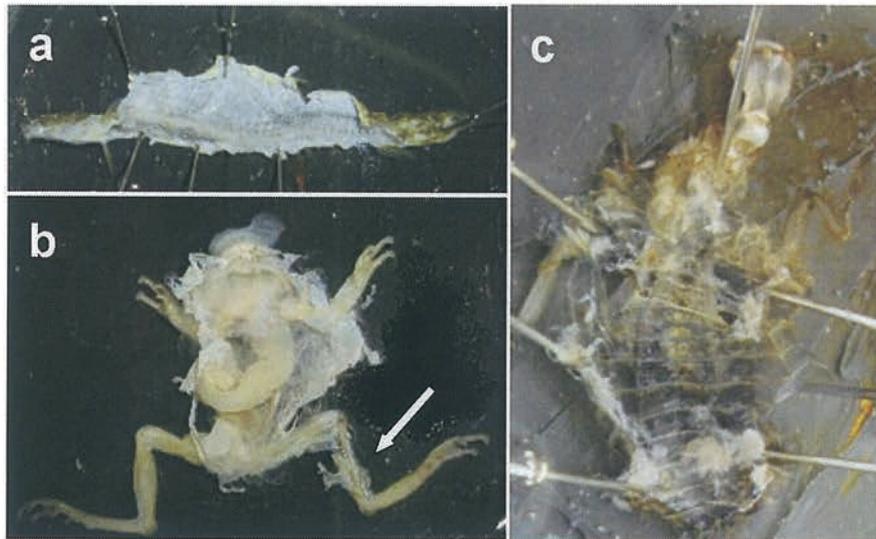
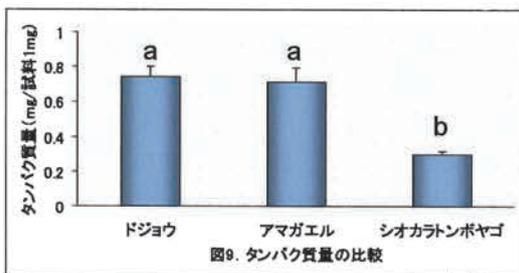


図8. タガメに捕食された後のドジョウ(a), アマガエル(b), シオカラトンボのヤゴ(c). アマガエルの後脚(矢印)は他の部位に比べ顕著に消化されていた。

総タンパク質量分析

タガメ可食部の試料あたりのタンパク質量は、餌動物間で有意に異なった ($F_{2,21} = 19.15, P < 0.001$, 図9)。ドジョウとニホンアマガエル間で有意差はなく ($P = 0.94$), シオカラトンボのヤゴはドジョウとニホンアマガエルに比べ有意に少なかった ($P < 0.001$)。



消化部位乾重量の比較

餌動物間で推定乾重量あたりの推定可食部乾重量に有意な違いが検出された (餌動物; $F_{1,2} = 9.31, P = 0.0043$, 推定乾重量 (共変量); $F_{1,1} = 114.47, P < 0.001$, 共分散分析, 図10). 3種の餌動物では、

ドジョウの直線が最上部に位置した。これはドジョウの体重あたりの可食部重量が他の餌に比べて大きいことを示している。

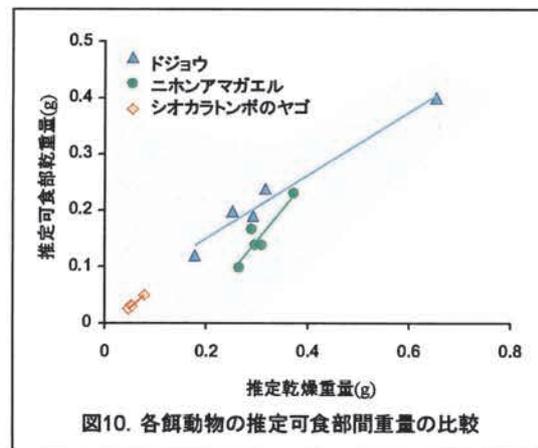
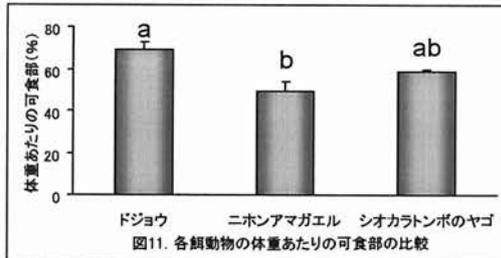


図10. 各餌動物の推定可食部重量の比較

さらに、体重あたりの可食部も餌動物間で異なった ($F_{2,12} = 9.62, P = 0.003$, 一元配置の分散分析, 逆正弦変換データを使用, 図11)。ドジョウとニホンアマガエル間に有意差が認められた ($P = 0.003$, シェッフエの多重比較検定) が、ドジョウとシオカラトンボのヤゴ, ニホンアマガエルとシオカラトンボのヤゴ間に有意差

はなかった ($P > 0.09$). ドジョウは体全体の平均 69%がタガメに摂食されるが、ニホンアマガエルはほぼ半分の 49%であった。



考察

本研究では、タガメのドジョウやカエル類、ヤゴ類に対する餌選好性や餌の違いが繁殖に及ぼす影響の調査、餌動物の栄養学的分析を行った。3種の餌動物が同数存在する場合、タガメはトノサマガエル幼体やシオカラトンボのヤゴよりもドジョウを多く捕食した。ドジョウを好むのはタガメが脊椎動物を好むからだと考えられるが (Smith 1997), 野外で餌として最も多く観察されているカエル類はシオカラトンボのヤゴと同程度の数しか捕食されていなかった (図2)。トノサマガエル幼体を捕食しにくいのは、通常は陸地で過ごすため、タガメとの遭遇頻度がドジョウに比べて低いからだと考えられる。シオカラトンボのヤゴは水中で生活しているが、脊椎動物であるドジョウの方が、より好まれる傾向にあるのかもしれない。その結果としてタガメはシオカラトンボのヤゴよりもドジョウを多く捕食すると考えられる。トノサマガエル幼体とシオカラトンボのヤゴが存在した場合、捕食された数に違いはなかったが、シオカラトンボのヤゴがより多く捕食さ

れる傾向にあった (図3)。それは上述の遭遇頻度が、普段陸地に居るトノサマガエル幼体よりもシオカラトンボのヤゴの方が高いためだと考えられる。Hirai and Hidaka (2002)や Ohba and Nakasuji (2006), Hirai (2007)は定量的な野外観察からタガメ成虫にカエル類が多く捕食されているのを目撃している。これは各餌動物に対する餌処理時間の違いが関係しているのかもしれない。ニホンアマガエルを捕食した場合、タガメが捕獲してから餌を放すまでにおよそ5時間を要すが、シオカラトンボのヤゴの場合、長くても3時間程度である (大庭, 未発表)。ハンドリングタイムが長い餌動物ほど、観察者に発見される確率が高まるので、野外においてヤゴ類も捕食されているが、これまで行われてきた直接観察による調査方法の問題から過小評価されているのかもしれない。

3餌動物間で卵塊あたりの産卵数に違いはなかった (図4)が、産卵後、次の産卵が可能となるまでの期間 (産卵間隔) はヤゴ区で最も長かった (図5)。このことは、タガメの雌は体内に保有する卵がある個数に達するまで摂食を続け、その後卵塊を産下することを示唆していると考えられる。同様に、産卵間隔と産卵数のパラメータを用いて日当たり卵生産数を算出したところ、ドジョウ区とニホンアマガエル区に差はなかったものの、ヤゴ区では、ドジョウ区の約半分の卵生産数であった (図6)。加えて、タガメの雌が次の卵塊を産下するまでに、ドジョウやニホンアマガエルのおよそ3倍のヤゴ類を必要とすることが分かった (図7)。

以上のことから、ヤゴ類よりもドジョウやニホンアマガエルを捕食することで、タガメの産卵間隔が短くなることが明らかとなった。このことは、限られた繁殖期により多くの卵塊を産むことができるので、ドジョウやカエル類はタガメにとって重要な餌資源であるといえる。

タガメ亜科昆虫の消化酵素にはプロテアーゼを多く含むことを考慮し、各餌動物のタンパク質量を測定したところ、試料あたりのタンパク質量はドジョウとニホンアマガエルで差は無く、シオカラトンボのヤゴが最も少なかった(図9)。この結果は、産卵数や産卵間隔、日当たり生産卵数の結果と矛盾しない。体重あたりの可食部はカエルよりもドジョウが多かった(図10, 図11)。このことは、餌を捕獲するコストと1回の捕獲により得られるベネフィットを考慮するとカエルよりもドジョウが餌として更に優れていることを示唆している。繁殖実験では、タガメの繁殖パラメータに関してドジョウとアマガエル間に顕著な違いは観察されなかった(図4~図7)。この原因は、室内条件で人為的に十分量のニホンアマガエルを与えたからだと考えられる。今回の室内条件よりも、野外条件ではタガメがカエル類を捕獲するのはさらに難しいと予想されるので、ドジョウを捕食させた場合よりも産卵数は減るかもしれない。

結論として、タガメ成虫の餌として重要なのは、ヤゴ類よりもタンパク質を多く含むドジョウとカエル類の両方であると考えられるが、遭遇頻度と全体重あたりの可食部重の結果より、ドジョウがタ

ガメの餌として適していると考えられる。したがって、現在、水田でカエル類が多く捕食されているのはドジョウの個体数の減少により、タガメ成虫の主要な餌がドジョウからカエル類にシフトした可能性がある。

しかし、ドジョウだけでなくカエルも重要な餌であると考えられる。なぜならば、ドジョウの稚魚はタガメ幼虫が老齢になる時期に増加するが、カエルの幼生・オタマジャクシはタガメ若齢幼虫が出現する時期に短期間で増加するからである(大庭, 未発表)。そのためタガメ若齢幼虫に豊富なバイオマスを提供できるのは、ドジョウではなく、カエル類の方であると考えられるので、ドジョウはタガメの成虫に、カエル類(オタマジャクシ)はタガメの幼虫に、それぞれ重要であることが示唆された。

本研究の結果は、タガメを含む水田の生物多様性を保全していくためには、ドジョウが生息できる水田を保全していくことが重要であることを暗示している。カエル類は稲作害虫の天敵としても重要視されている(平井, 2007)ほか、カエル類の個体数は、近年世界的に減少している(Pechmann et al., 1991など)。もし、ドジョウの個体数が今よりもさらに多くなれば、タガメ成虫の捕食圧がドジョウに集中し、カエル類の個体数減少が緩和できるかもしれない(ドジョウによるカエル類に対する正の間接効果)。このことはカエル類による害虫類の抑制にもつながるだけでなく、持続的な農業生態系管理において重要な総合的生物多様性管理(作物生産と生物多様性保全を両立する

ための概念；桐谷 2004) を考える上で重要な事例を提供するだろう。

謝辞

岡山大学資源生物科学研究所の積木久明教授，泉 洋平博士からはタンパク質分析について有益な議論をして頂き，分析手法について御指導を賜った。Charles C. Swart 博士 (Trinity College) からはタガメの消化酵素や餌動物の栄養成分分析について議論していただいた。この研究を行うきっかけを与えてくださった市川憲平博士，タガメの飼育など日常的な御助力を賜った長崎大学熱帯医学研究所病害動物学分野の園田友里さん，川島恵美子さん，そして，餌動物の採集を手伝って下さった神奈川大学理学部生物学科の山根大樹さんに感謝の意を表す。長崎大学熱帯医学研究所病害動物学分野の高木正洋教授および皆川 昇教授には，本研究を継続することについて了承して頂いた。最後に，2008 年度財団法人八雲環境科学振興財団より助成金を賜ったことを深謝すると共に，ここにその成果を報告させていただく。

反省

今回の研究では繁殖のみならず，越冬成功に適した餌動物の解明を試みた。しかし，サンプル数の確保が難しかったことと，越冬成功を越冬後の生存率で評価しようとしていた点が問題となり，今回は断念せざるを得なかった。今後このあたりの問題を解決する必要がある。

引用文献

- Association of Wildlife Research & EnVision, 2007. *Search system of Japanese red data*. Available from: <http://www.jpnrdb.com/index.html>.
- Fujioka M, Lane SJ (1997) The impact of changing irrigation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research* 12: 101–108.
- 橋爪秀博 (1994) タガメのすべて；水生動物との共生を願って。トンボ出版，大阪。16 pp.
- 平井利明 (2007) ダイズ畑におけるニホンニホンアマガエルの餌構成 広食性捕食者は害虫防除に役立つか？ *日本応用動物昆虫学会誌* 51: 103–106.
- Hirai T (2007) Diet composition of the endangered giant water bug *Lethocerus deyrollei* (Hemiptera: Belostomatidae) in the rice fields of Japan: Which is the most important prey item among frogs, fish, and aquatic insects? *Entomological Science* 10: 333–336.
- Hirai T, Hidaka K (2002) Anuran-dependent predation by the giant water bug, *Lethocerus deyrollei* (Hemiptera: Belostomatidae). *Ecological Research* 17: 655–661.
- 市川憲平 (1993a) 雄が子守をする虫たち；4. タガメの生態 (1). *海洋と生物* 15: 353–356.
- 市川憲平 (1993b) タガメ。滅び行く日本の昆虫 50 種 (朝比奈正二郎 編)。築地書店，東京。pp 60–62.
- Ichikawa N (1988) Male brooding behaviour of the giant water bug *Lethocerus deyrollei*

- Vuillefroy (Hemiptera: Belostomatidae). *Journal of Ethology* 6: 121–127.
- Ichikawa N (1990) Egg mass destroying behaviour of the female giant water bug *Lethocerus deyrollei* Vuillefroy (Heteroptera: Belostomatidae). *Journal of Ethology* 8: 5–11.
- 市川憲平 (2004) 放棄田ビオトープによる里の自然再生とタガメやその他の水生動物の定着. ホシガキグリーン財団研究報告 第7: 137-150.
- 市川憲平 (2007) タガメの章 (内山りゅう編). 今, 絶滅の恐れがある水辺の生き物たち. 山と溪谷社, 東京.
- 桐谷圭治 (2004) 「ただの虫」を無視しない農業 —生物多様性管理. 築地書館, 東京.
- 森 哲・大庭伸也 (2004) 野外におけるタガメによるヘビ類の摂食例. *日本爬虫両生類学会報* 2004: 78–81.
- 大庭伸也 (2002) タガメの卵塊における一斉孵化メカニズムとその意義. *昆虫ニューシリーズ* 5: 157–164.
- Ohba S (2008) The number of tadpoles consumed by the nymphs of the giant water bug *Kirkaldyia deyrolli* under laboratory conditions. *Limnology* 9: 71–73.
- Ohba S, Hidaka K, Sasaki M (2006) Notes on paternal care and sibling cannibalism in the giant water bug, *Lethocerus deyrolli* (Heteroptera: Belostomatidae). *Entomological Science* 9: 1–5.
- Ohba S, Nakasuji F (2006) Dietary items of predacious aquatic bugs (Nepoidea: Heteroptera) in Japanese wetlands. *Limnology* 7: 41–43.
- Ohba S, Miyasaka H, Nakasuji F (2008) The role of amphibian prey in the diet and growth of giant water bug nymphs in Japanese rice fields. *Population Ecology* 50: 9–16.
- Pechmann, J. H., D. E. Scott, R. D. Semlitsch, J. P. Caldwell, L. J. Vitt and J. W. Gibbons (1991) Declining amphibian populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science* 253: 892–895.
- Smith, R. L. (1997) Evolution of parental care in the giant water bugs (Heteroptera: Belostomatidae). In *The evolution of social behavior in insects and Arachnids. II. Evolution of Sociality* (J. C. Choe and B. J. Crespi eds.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 116–149.
- Swart, C.C., L. E. Deaton and B. E. Felgenhauer (2006) The salivary gland and salivary enzymes of the giant waterbugs (Heteroptera: Belostomatidae). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 145: 114–122.
- 田中道明 (1999) 水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響. *魚類学雑誌* 46: 75–81.

本助成金による研究発表

著書

Ohba S (印刷中) Foraging behavior and raptorial character in giant water bug. In: Aggressive Behavior (Columbus, F. ed), Nova Science publishers, NY.

解説書

大庭伸也 (2009) タガメは田んぼで何を食べているのか. *昆虫と自然* 44: 8-11.

学会発表

大庭伸也. タガメと餌動物および捕食者間の種間相互作用. 日本昆虫学会第 68 回大会, 公開シンポジウム『ため池と田んぼの昆虫たち』. 高松. 2008 年 9 月.

大庭伸也・立田晴記. 続・タガメ幼虫の形態形質と餌サイズの関係. 日本動物行動学会第 27 回大会. 金沢. 2008 年 9 月.

大庭伸也. タガメにおけるオタマジックシ食の利益. 第 24 回個体群生態学会年次大会. 東京. 2008 年 10 月.

バイオ素材、特に DNA を用いた環境汚染物質除去担体の作製

岡山理科大学 理学部 化学科
山田 真路

1. はじめに

日本は四方を海で囲まれているため、海から容易に海産資源を得ることが出来る。これら海産資源の中には資源として顧みられないだけでなく、産業廃棄物として処分されている物質も数多く存在している。その一つがサケ（鮭）の白子に含まれている DNA（デオキシリボ核酸）である。サケの白子は年間 1 万トン以上が産業廃棄物として処分されており、その中から DNA を取り出すと、年間千トン以上を取り出せる計算になる。そのため廃棄物である DNA を材料として利用する研究は、環境に優しい研究プロセスであるということも出来る。

現在行われている DNA に関する研究は主に遺伝子と言う観点からアプローチする研究であり、分子生物学や遺伝子工学などを中心に行われている。しかし、素材と言う側面から見ると DNA はアニオン性の高分子である。特に二重らせん DNA は特徴的ならせん構造を形成しているため、さまざまな分子と特異的・選択的に相互作用することが考えられる[1]。そのため、新しい機能性材料としての可能性を十分に秘めた素材であり、現在までに、申請者らの研究によって、二重らせん DNA の環境材料への応用を提案する事が出来た[2-6]。具体的にはダイオキシンや PCB、タバコの煙に含まれるベンズピレンのような平面構造を有した有害物質を DNA のインターカレーション機能（平面構造を有した分子が DNA の塩基対間に平行挿入する機能）により選択的に捕捉する材料である[3]。しかしながら、現在までの方法は DNA の材料化に DNA 溶液を乾燥後、紫外線を照射すると言う、煩雑な操作が必要であった[2-4]。そこで、近年、我々は、DNA と無機物を複合化させた DNA-無機ハイブリッド体の作製に成功した[7]。このような DNA 材料は、水に対して不溶であり、生化学的にも安定であった。さらに、ハイブリッド体中の DNA は二重らせん構造を保持しており、DNA のインターカレーション機能も有していた。

本研究課題では、近年、我々が開発した DNA-無機ハイブリッド体をガラスビーズ表面上に修飾することを試みた。このような、素材は調製が容易であり、DNA の固定化量をガラスビーズの大きさにより制御できるため、極めて簡便であると思われる。特に、本研究課題では、DNA が持っている分子選択性に注目し、平面構造を有しているダイオキシンや PCB 等の有害物質の除去を試みた。それと共に、作製した DNA 材料の再利用に関しても検討を行なった。

2. 実験方法

2.1. 研究試薬

DNA はサケ白子由来二本鎖 DNA・Na (Mw; > 5 × 10⁶) を用いた。シランカップリング剤にはビス[3-(トリメトキシシリル)プロピルアミン] (SiNSi) を用いた。図 1 に SiNSi の分子構造を示した。DNA-無機ハイブリッド体を修飾するガラスビーズはφ0.1 mm と φ0.5 mm の物を用いた。また、これらガラスビーズは使用する前に硫酸と 30%過酸化水素 (7:3) を用い親水化処理を行なった[8]。DNA を修飾する担体としては、ガラスビーズ以外に、シリカゲル、活性アルミナ、ヒドロキシアパタイト等も用いた。

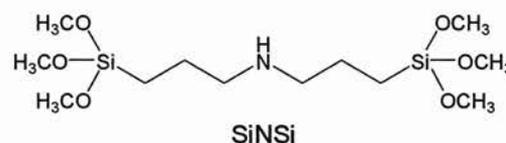


図1 ビス[3-(トリメトキシシリル)プロピルアミン]の分子構造

2.2. 有害物質

有害物質として、ダイオキシンの誘導体であるジベンゾ-*p*-ジオキシンとジベンゾフラン、PCB の誘導体であるビフェニル、平面構造を有さない物質としてビスフェノール A とジエチルスチル

ベストロールの計5種類を用いた。図2に用いた有害物質を、平面構造を有する物質、有さない物質に分けて分子構造を示した。実験にはこれら有害物質の飽和水溶液を用いた。また、濃度の決定に関しては既報の方法に従った[3]。この結果、ジベンゾ・*p*-ジオキシン、ジベンゾフラン、ビフェニル、ビスフェノールA、ジエチルスチルベストロールの濃度は、それぞれ、0.68、0.72、0.53、13、1.4 μM であった。一方、DNAにインターカレートする標準物質として[1,9]、臭化エチジウム (10 μM) も用いた。

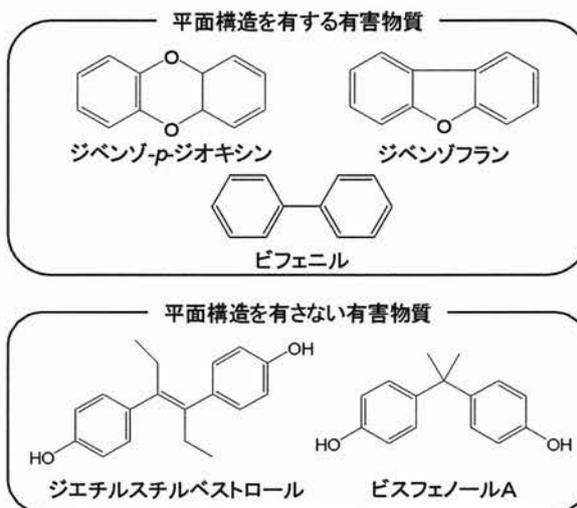


図2 実験に用いた有害物質

2.3. DNA-無機ハイブリッド修飾ガラスビーズの作製

DNA ビーズは、DNA と SiNSi を 3、10、23 wt% の割合で調製した溶液をガラスビーズに滴下後、乾燥することによって作製した。ガラスビーズ上への DNA の固定化量は、DNA ガラスビーズを 1M HCl 中、100 °C で 1 時間加熱し、260 nm の吸光度を測定することにより求めた。また、DNA ビーズの水への安定性は、DNA ビーズを水に浸漬し、時間経過ごとの溶出した DNA 量を定量することで評価した。

2.4. バッチ法による有害物質の除去

2.2. に示した有害物質の水溶液に DNA ビーズを添加後、24 時間放置した。DNA ビーズによる有害物質の除去は、DNA ビーズの添加前後の UV スペクトルを測定し、その吸光度の変化から除去率を計算した。

2.5. DNA カラムによる有害物質の除去

作製した DNA ビーズをカラム (パストゥールピペットを代用) につめ、DNA カラムを作製した。DNA カラムによる有害物質の除去は 2.2. に示した有害物質の水溶液をカラムに流すことにより行なった。また、有害物質の除去率は DNA カラムに流す前、流した後の溶液の UV スペクトルを測定し、吸光度の変化から求めた。

2.6. DNA カラムの再利用

有害物質を吸着した DNA カラムに、エタノールを流し洗浄した。その後、再度有害物質を流しその除去率を求めた。この操作を 10 回繰り返し行なった。DNA カラムに吸着させる有害物質として、ジベンゾフランを用いた。

3. 結果および考察

3.1. DNA ガラスビーズ上への DNA の固定化量

DNA ビーズは、DNA と SiNSi を 3、10、23 wt% の割合で調製した溶液をガラスビーズに滴下後、乾燥することによって作製した。DNA の固定化量は DNA ビーズを HCl 中で加水分解し、吸光度を測定することによって求めた。表 1 に様々な担体に対する DNA の固定化量を示した。その結果、 ϕ 0.5 mm のビーズを用いた場合、SiNSi の添加量が多くなるに従い、DNA 固定化量は増加し、23 wt% の SiNSi 添加において、ガラスビーズ 1 g あたり、3.0 mg であった。また、DNA 固定化量はガラスビーズのサイズにも大きく関係しており、 ϕ 0.1 mm のビーズを用いた場合、23 wt% の SiNSi 添加において、26 mg であった。サイズを小さくすることによる、DNA 固定化量の増加は表面積の増加によるものであると考えている。一方、DNA-無機ハイブリッド体は、ガラスビーズだけでなく、シリカゲル、ヒドロキシアパタイトにも固定化することが出来た。本

表1 担体 1 g あたりのDNA固定化量

担体	粒径	SiNSi添加量		
		3 wt%	10 wt%	23 wt%
ガラスビーズ	(ϕ 0.5 mm)	2.8 mg	2.9 mg	3.0 mg
ガラスビーズ	(ϕ 0.1 mm)	—	—	26 mg
シリカゲル	(ϕ 0.12 mm)	—	—	23 mg
活性アルミナ	(ϕ 0.12 mm)	—	—	1.7 mg
ヒドロキシアパタイト	(ϕ 0.12 mm)	—	—	20 mg

実験では、DNA の固定化量の多い、DNA ガラスビーズ (ϕ 0.1 mm) の使用を考えたが、DNA-無機ハイブリッド体の膨潤性[7]のため、DNA カラムが詰まることが生じた (後述)。そこで、本研究ではDNA ガラスビーズ (ϕ 0.5 mm) を使用した。

臭化エチジウムはDNA の塩基対間にインターカレートし、DNA を赤く染色することが知られている[1,2,3,9]。そこで、作製したDNA ガラスビーズを臭化エチジウムで染色後、紫外線を照射するとガラスビーズの表面が赤く発光することが確認された。図3に臭化エチジウムで染色後、紫外線 (254 nm) を照射したDNA ガラスビーズの写真を示した。これらの結果、ガラスビーズ表面上に存在するDNA は二重らせん構造を有し、インターカレーション機能を保持していることが確認された。同様の現象は、DNA を修飾した他の担体でも観察することが出来た。

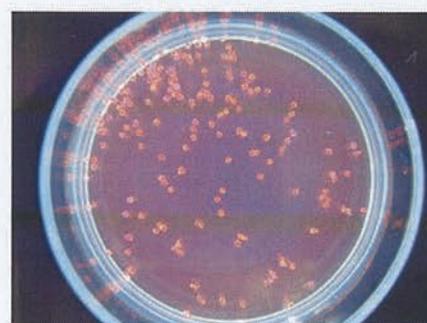


図3 臭化エチジウムで染色後、紫外線を照射したDNAガラスビーズ

一方、SiNSi と DNA との複合体形成メカニズムに関しては本研究課題の範囲外であるため割愛させていただく。また、SiNSi のようなシランカップリング剤の反応メカニズムに関しては成書[10]に委ねたいと考えている。

3.2. DNA ビーズの水への安定性

DNA ビーズの水への安定性を評価するために、DNA ビーズ (ϕ 0.5 mm) を水に浸漬し、時間経過ごとのDNA 溶出量を測定した。図4に SiNSi 添加量の異なるDNA ビーズの水への安定性を示した。この結果、DNA ガラスビーズは水への浸漬直後、DNA の溶出が見られるものの、その後は一定であった。また、SiNSi の添加量が多くなるに従いDNA の安定性は増加し、23 wt%の SiNSi を添加したDNA ガラスビーズが最も安定であった。この安定性は、近年我々が報告した、DNA-無機ハイブリッドマトリックスの結果[7]と一致した。そこで、本研究においては、23 wt%で作製したDNA ガラスビーズを一日以上水に浸漬し、水に溶解するDNA を十分に溶解した後、DNA-無機ハイブリッド修飾ガラスビーズとして利用した。

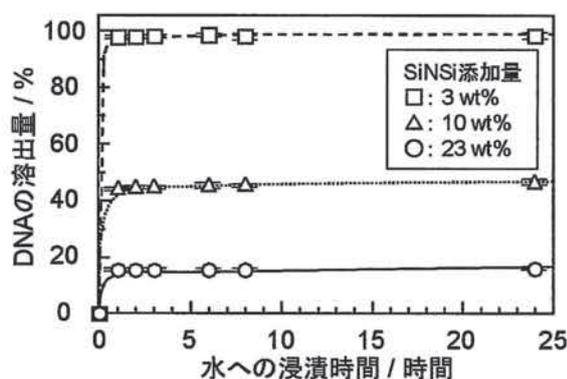


図4 SiNSi添加量の異なるDNAビーズ (ϕ 0.5 mm) の水への安定性

3.3. バッチ法による有害物質の除去

バッチ法による有害物質の除去として、有害物質を含んだ溶液にDNA ビーズを添加し、DNA ビーズ添加前後のUV スペクトルを測定し、その吸光度の変化から除去率を求めた。図5に平面

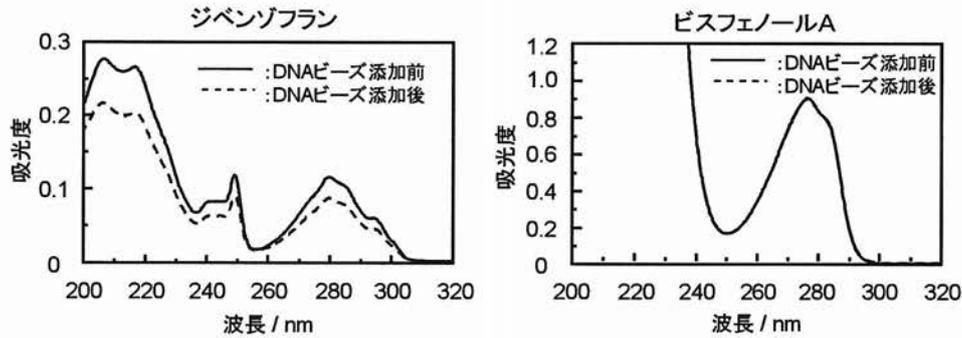


図5 バッチ法による、DNAガラスビーズによる有害物質の除去

構造を有したジベンゾフランと平面構造を有さないビスフェノール A に DNA ビーズを添加した前後の UV スペクトルを示した。この結果、ジベンゾフランの溶液に DNA ビーズを添加することによって、吸光度の減少が観察された。同様の現象は、平面構造を有するジベンゾ-*p*-ジオキシンとビフェニルでも得られた。一方、平面構造を有さないビスフェノール A に DNA ビーズを添加しても、吸光度の現象は確認されなかった。同様の現象は、平面構造を有さない、ジエチルステルベストロールでも得られた。これらのことから、DNA ビーズは分子構造の選択性を有し、有害物質を集積していることが示唆された。

図6に、DNA ビーズによる、有害物質の除去率を示した。この結果、平面構造を有する有害物質だけを選択的に除去し、その除去率は20%前後であった。一方、平面構造を有さない有害物質の除去は確認されなかった。また、DNA にインターカレートする標準物質である臭化エチジウムは100%除去することが可能であった。このような、分子選択性を有した有害物質の除去は、既報の結果[3,7]と一致しており、平面構造を有した有害物質はDNA にインターカレートすることによって除去されていることが示唆された。

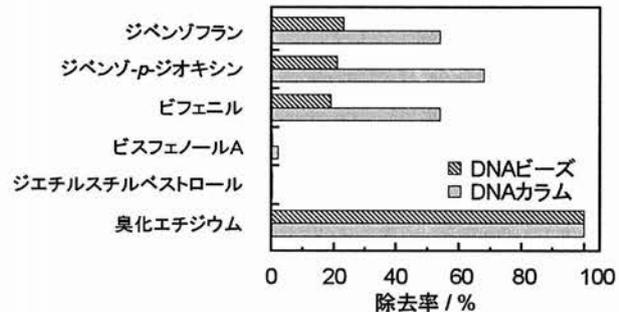


図6 DNAによる有害物質の除去率

以上のことから、DNA ビーズをバッチ法に利用することによって、平面構造を有した有害物質のみを選択的に除去することが出来た。しかしながら、有害物質の除去率を考えた場合、20%前後であり、決して高い値ではなかった。そこで、除去率をさらに上げるため、DNA カラムを作製し、有害物質の除去を試みた。

3.4. DNA カラムによる有害物質の除去

DNA ビーズをパスツールピペットに詰めることによって、DNA カラムの作製を試みた。DNA カラムによる有害物質の除去は DNA カラムに添加する前後の溶液の UV スペクトルを測定することによって評価した。図7に DNA カラムに添加する前後の臭化エチジウム、ジベンゾフラン、

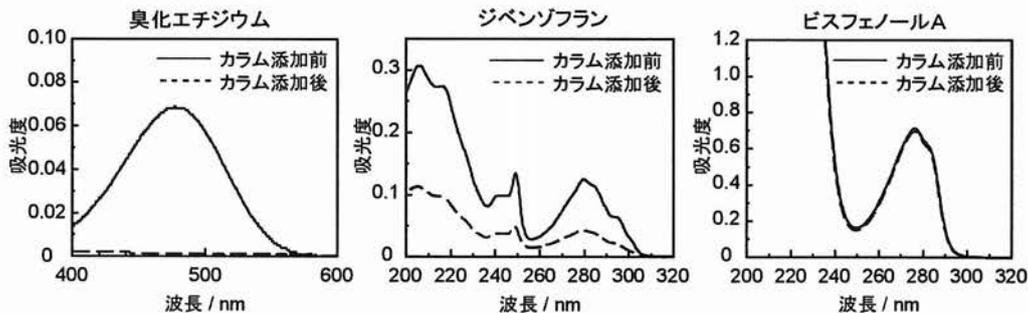


図7 DNAカラムによる有害物質の除去

ビスフェノール A の UV スペクトルを示した。この結果、DNA カラムに有害物質を添加することによって、除去されることが確認された。ジベンゾフランを DNA に添加した場合は、バッチ法とは異なり、60%以上の除去が確認された。同様の結果は、ジベンゾ-*p*-ジオキシンやビフェニルにおいても確認された。また、除去率も、バッチ法の場合と比較すると増加しており、最大で70%の除去が確認された(図6)。カラムを構築することによる除去率の増加は現在までに報告されているが[3]、今回の結果も、カラムにすることによって、有害物質と DNA との接触する回数が増えたため増加したと考えられる。一方、平面構造を有さない、ビスフェノール A とジエチルスチルベストロールはバッチ法と同様、除去は確認されなかった。このことから、DNA カラムも分子の選択性を有し、有害物質を除去する機能を有していることが確認された。

3.5. DNA カラムの再利用

3.4.の実験において DNA カラムによる有害物質の除去が確認されたので、DNA カラムの再利用を検討した。そこで、DNA カラムの再利用に適する溶媒の探索を試みた。この場合、水と混合しない溶媒や価格が高い溶媒、毒性が高い溶媒等の利用は不可である。そこで、エタノール添加によるカラムの再利用を試みた。また、カラムに吸着させる有害物質としてはジベンゾフランを用いた。図8にジベンゾフランを吸着した DNA カラムをエタノールで洗浄した時の UV スペクトルを示した。この結果、ジベンゾフランを吸着したカラムにエタノールを添加することによって、吸着したジベンゾフランがエタノール中に遊離されることが確認された。特に、6 ml 以上エタノールを添加することによってほぼ全てのジベンゾフランがエタノール中に遊離されることが確認された。そこで、有害物質を吸着した DNA カラムの再利用方法として、エタノール添加による洗浄を試みた。なお、エタノール添加による 220 nm 以下の吸光度の増加はエタノール自身の吸収によるものである。

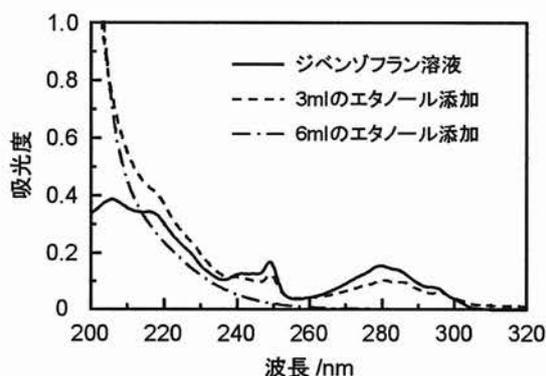


図8 DNAカラムをエタノール洗浄したときのジベンゾフランのUVスペクトル

図9にジベンゾフランを吸着した DNA カラムをエタノールで洗浄し、再びジベンゾフランを添加した時の除去率を示した。再利用は9回行なったが、除去率は一定であり、約60%であった。このことから、DNA カラムはエタノールを添加することによって再利用できることが示唆された。DNA にインターカレートしたジベンゾフランがエタノール中に遊離されるメカニズムは現在考察中であるが、エタノール添加により、DNA の構造が B 型から A 型に転移するため、その効果により、エタノール中に遊離されているものだと考えている。ヘキサンのような有機溶媒を用いたダイオキシン類の遊離は現在までに報告されているが[5]、エタノールのような、一般的で、かつ毒性が低い溶媒で遊離できるのは、DNA カラムの利点であると考えている。

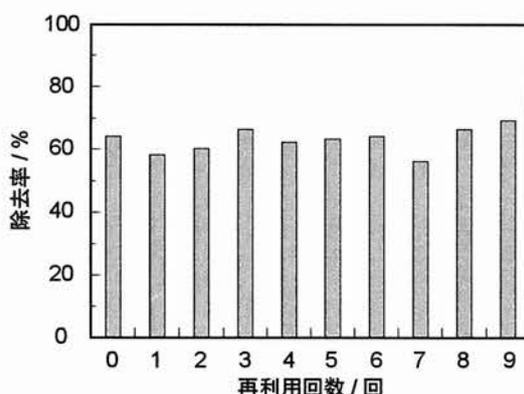


図9 エタノール洗浄によるDNAカラムの再利用。有害物質にはジベンゾフランを用いた。

3.6. 有害物質の除去メカニズム

DNA-無機ハイブリッド体修飾カラムによるジベンゾフランやジベンゾ-*p*-ジオキシン、ビフェニル等の平面構造を有した物質の選択的な除去メカニズムとしてはインターカレーションによる

除去であると考えられる[3,11-13]。インターカレーションは二重らせん DNA の塩基対間に平面構造を有した分子が平行挿入する現象[1]である。この結果、平面構造を有した分子を DNA カラムに流した場合は、DNA の二重らせん DNA 中にインターカレートし除去されるが、平面構造を有さない物質は、DNA にインターカレートしないために除去されないと考えられる。また、カラムの再利用に関しては、前述したとおり、エタノール中では DNA の構造転移が生じるため[1]、インターカレーションと逆の反応が起こり、有害物質がエタノール中に遊離したと考えられる。また、この構造転移は可逆であるため、除去率は低下しなかったと考えられる。

4. まとめ

ダイオキシンや PCB を除去する材料は活性炭や活性アルミナのようなものを使えば容易に作製することができる。しかしながら、活性炭の場合は有害な物質だけでなく、人体に有用な栄養成分やミネラルまで除去してしまう欠点を有している。そのため、当研究課題では「分子選択性」ということを重要視した。その結果、DNA-無機ハイブリッド体を用いることによって、平面構造を有した有害分子（ジベンゾ-*p*-ジオキシン、ジベンゾフラン、ビフェニル）のみを選択的に除去できることが確認された。有害物質を含んだ溶液に DNA ビーズを浸漬するバッチ法では最大で 30%の除去率であったが、DNA カラムにすることで最大で 70%まで除去することが出来た。一方、平面構造を有さない物質（ビスフェノール A、ジエチルスチルベストロール）の除去率はバッチ法、カラムを用いた方法、共に 0%であった。これらのことから、DNA カラムは従来からある活性炭や活性アルミナとは異なり、平面構造を有した有害物質のみを選択的に除去する機能を有していることが確認された。

現在までに、DNA が重金属イオンと相互作用することが知られている[4]。そのため、本研究課題で作製した DNA-無機ハイブリッドカラムは重金属イオンの除去に関しても有効であると考えている。また、一般的に、人工的に作られた物質で DNA と相互作用するものは人体に有害であると言われている。そのため、本研究課題で作製した DNA 素材を、従来からある浄化システムに加えることによって、更なる可能性が広がると考えている。また、それと共に、近年 DNA を材料とする様々な研究も報告されている[14-16]。岡山県においては資源豊かな瀬戸内海に面しているだけでなく、温暖な気候を利用した農作物の栽培も盛んであるため、これらの産業から出てくる廃棄物を利用する事も出来る。そのため、当研究課題を通して、岡山県の産業の発展にも貢献できると考えられる。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、ご支援いただきました財団法人 八雲環境科学振興財団に深く感謝の意を表します。

【参考論文】

1. W. Saenger, *Principles of Nucleic Acid Structure*, Springer-Verlag, Berlin, 1987.
2. M. Yamada, K. Kato, M. Nomizu, N. Sakairi, K. Ohkawa, H. Yamamoto, and N. Nishi, *Chem. Eur. J.* **8**, 1407 (2002).
3. M. Yamada, K. Kato, M. Nomizu, K. Ohkawa, H. Yamamoto, and N. Nishi, *Environ. Sci. Technol.* **36**, 949 (2002).
4. M. Yamada, K. Kato, M. Nomizu, M. Haruki, K. Ohkawa, H. Yamamoto, and N. Nishi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **75**, 1627 (2002).
5. X. D. Liu, Y. Murayama, M. Yamada, M. Nomizu, M. Matsunaga, and N. Nishi, *Int. J. Biol. Macromol.* **32**, 121 (2003).
6. X. D. Liu, M. Yamada, M. Matsunaga, and N. Nishi, *Adv. Polym. Sci.* **209**, 149 (2007).
7. M. Yamada and H. Aono, *Polymer* **49**, 4658 (2008).
8. A. Ulman, *An Introduction to Ultrathin Organic Films from Langmuir-Blodgett to Self-Assembly*, Academic Press, New York, 1991.
9. M. J. Waring, *Ann. Rev. Biochem.* **50**, 159 (1981).
10. E. P. Plueddemann, *Silane Coupling Agents*, 2nd ed, Plenum Press, New York, 1991.
11. C. Nagata, H. Fujita, A. Imamura, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **40**, 2564 (1967).
12. N. E. Geacintov, T. Prusik, J. M. Khosrofian, *J. Am. Chem. Soc.* **98**, 6444 (1976).
13. P. O. P. Ts'o, P. Lu, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **51**, 17 (1964).
14. M. Yamada and K. Hashimoto, *Biomacromolecules* **9**, 3341 (2008).
15. M. Yamada and M. Amoo, *Int. J. Biol. Macromol.* **42**, 478 (2008).
16. M. Yamada and T. Sugiyama, *Polymer J.* **40**, 327 (2008).

大型街頭ビジョンにおける双方向情報伝達のしくみとその効果

－ 大型街頭ビジョンを意識的に視聴させるための基礎的研究 －

岡山県立大学デザイン学部 齋藤美絵子

OKAYAMA PREFECTURAL UNIVERSITY Saito Mieko

Key words : movie billboards , advertising psychology , attention

1. はじめに

大型街頭ビジョンは、多くの人々が接する映像メディアとして、広告・街の景観・災害時の情報発信など、様々な役割が期待されており、駅前広場など人目につきやすい立地条件の良い場所に設置されているにもかかわらず、情報伝達という役割においては、効果的に活用されているとはいえない。

ニューヨークのタイムズスクエアや東京の渋谷駅前交差点など、ごく一部の大型街頭ビジョンは、エンターテインメントの象徴として街に活気を与え、複数のビジョンを一斉に使用するシンクロキャンペーンで話題を集めるなど比較的有効に活用されているが、情報を伝達しているというよりも、街の景観を彩る一部として存在しているとも考えることができる。このように、大型街頭ビジョンは情報伝達メディアというよりも、華やかさや新しさのイメージから、街を盛り上げるメディアの1つとして存在感を示してきたと考えられる。

多くの大型街頭ビジョンは、営利を目的とした商業CMだけでなく、公共広告や行政からお知らせ、災害情報など、重要な情報を発信しているにもかかわらず、通行者の注目度は低く、大型街頭ビジョンに目を向け、見入る人はほとんどいないというのが現状である。

2. 研究の目的

大型街頭ビジョンは情報発信メディアであるため、通行者にその情報が届かなければ役割を果たすことができない。そのため、第一に通行者の注意・興味をひくことが重要となり、それによって大型街頭ビジョンに注目させ、情報を受け入れる状態にさせることができると考える。本研究では、多くの通行者が大型街頭ビジョンに興味を持ち、注目する状態を作り出すために有効な方法を

明らかにし、活用につながることを研究の目的とする。

まず、現状調査として、岡山市内に設置された大型街頭ビジョンを取り上げ、3-1、3-2、3-3を行う。考察の後、仮説を導き、実験によって定量的に分析する。

尚、本研究における大型街頭ビジョンの定義として、1つ目は設置場所が公共の場であることとする。ショッピングモール内の大型ビジョン、競馬場内の中継用ビジョンなどは除外する。2つ目は同時に多数の人が1つの画面で視聴できるものであることとする。店頭の小さな宣伝用のディスプレイのように、同時に少数の人しか見られないものなどは含まない。3つ目は目的が1つに特定されていないものであることとする。自社の宣伝のみの大型ビジョン、上映映画の予告を流す映画館のディスプレイなどは含まない。

3. 岡山市内の大型街頭ビジョンの現状調査

3-1. 視聴者の意識調査

岡山市内の大型街頭ビジョンの現状を分析するため、視聴者の大型街頭ビジョンに対する意識について、アンケートを実施した(表1)。被験者は10～60代の男女142名である。

大型街頭ビジョンを見る頻度については、5段階の評価のうち、最も評価の高い「必ず見る」と回答した被験者はおらず、次に評価の高い「よく見る」と回答した被験者も2%しかいなかったことに対し、評価の低い「ほとんど見ない」「まったく見ない」を合計した割合は半数を超えたことから、大型街頭ビジョンは通行者にあまり見られていないことが分かる(図1)。

大型街頭ビジョンを見る時間については、10秒以下(28%)、10～30秒(38%)、30秒～1分(13%)、1～2分(6%)、それ以上(0%)、無回答(15%)という

結果であった。「10秒以下」「10～30秒」の合計が6割を占め、1分以上になるとわずか6%である。この調査結果から、通行者が大型街頭ビジョンを見る時間の長さは短く、じっくりとは視聴されていないことが明らかになった(図2)。

大型街頭ビジョンの必要性については、大型街頭ビジョンは必要である(7%)、あってほしい(40%)、どちらでもいい(41%)、なくてもいい(10%)、必要ない(2%)という結果であった。「あってほしい」と「どちらでもいい」と回答した人の割合がそれぞれ4割を占めており、どちらかといえば必要とする傾向にはあるが、「どちらでもいい」という回答の多さから、大型街頭ビジョンは通行者にあまり重要視されていないのが現状と考えられる(図3)。

大型街頭ビジョンに求めるものは、「身近な情報」「楽しさや面白さ」「得する情報」「癒し」「リアルタイムの情報」「視聴者の参加」「その他」の項目から複数回答可で選択させる形とした。多いものから順に、楽しさや面白さ(58%)、リアルタイムの情報(54%)、身近な情報(42%)、得する情報(42%)、癒し(7%)、その他(6%)、無回答(5%)、視聴者の参加(3%)であった。この結果から、娯楽性や身近な情報、リアルタイムの情報、得する情報などが求められていることがわかった(図4)。

以上のアンケート結果から、視聴頻度や視聴時間は少なく、大型街頭ビジョンは通行者にあまり視聴されていないことが分かった。あまり重要視もされておらず、通行者にとっては「あればよい」という程度の認識であるといえる。

3-2. 運営業者・各大型街頭ビジョンの調査

岡山市内の大型街頭ビジョンを運営する業者を対象にヒアリングを実施し、他にもパンフレットやウェブサイトなどから情報を収集して大型街頭ビジョンの放映状況についても調査を行った。

対象の業者(及び大型街頭ビジョン)は、岡山ステーションセンター(iVision)、天満屋アドセンター(ピーステーション)、山陽新聞社(さん太ビジョン)、NTT西日本-中国(リットビジョン)、互行産業(岡山ももたろうビジョン)である。

ヒアリングの項目は、設置目的、運営状況、設置時期、画面サイズ、主な放映内容、放映時間、条例や禁止事項、放映コンテンツの長さについて、コンテンツの制作について、市民への開放についてである。

表1 アンケート項目

問1) 大型街頭ビジョンの映像を見ることはありますか
回答) 必ず見る・よく見る・ときどき見る・ほとんど見ない・まったく見ない
問2) 大型街頭ビジョンをどのくらいの時間見えていますか
回答) 10秒以下, 10～30秒, 30～60秒, 1～2分, 2分以上
問3) 大型街頭ビジョンは必要だと思いますか
回答) 必要である・あってほしい・どちらでもよい・なくてもよい・必要ない
問4) 大型街頭ビジョンに求めるものは何ですか
回答) 身近な情報・楽しさや面白さ・得する情報・癒し・リアルタイムの情報・視聴者の参加・その他(複数選択可)

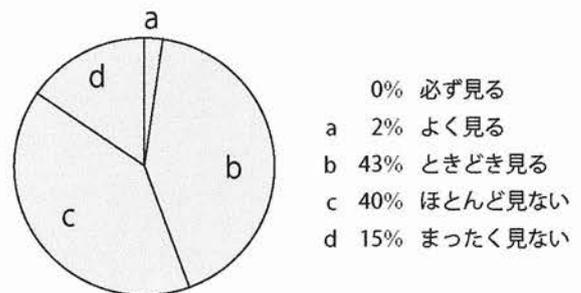


図1 大型街頭ビジョンを見る頻度

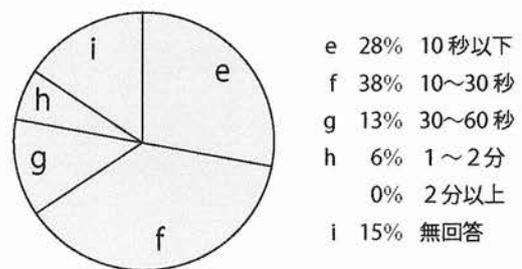


図2 大型街頭ビジョンを見る時間の長さ

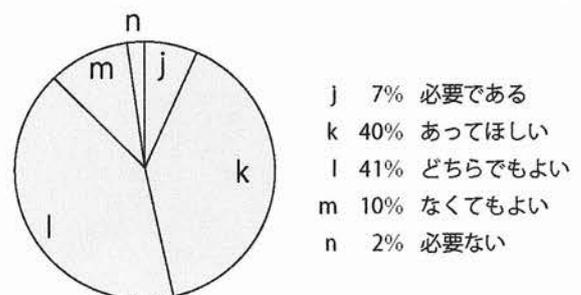


図3 大型街頭ビジョンの必要性

ヒアリング及び資料調査の結果、大型街頭ビジョンを設置する主な目的は、地域の人々への情報提供、話題の発信、運営業者のイメージアップ、緊急時の情報伝達、岡山の街に活気を与えるためなどであることがわかった。ほとんどの大型街頭ビジョンは、広告収入を見込んだ営利目的を必ずしも主としておらず、設置地域に貢献することを目的としている。

運営状況については、純粋に営利を追求していないため、大型街頭ビジョン単体としては赤字であるところや、運営状況が悪いため、一時的に休止を検討している業者があった。1社ごとでは運営が困難であるため、数社が共同で営業を行う計画があることも明らかになり、各業者の運営状況は厳しいことがわかった。

各大型街頭ビジョンにはそれぞれ特色があり、運営業者の業種や方針、目的によって求められる役割が違っていると考えられる。運営業者は、イメージアップや地域貢献など様々なプラス効果を期待して設置しているが、コストや映像放映のシステム面などに制約があり、導入当初の期待通りには運営できていないのが現状のようである。

3-3. 現地観察

岡山市内の大型街頭ビジョン5カ所（図5～9）を対象に現地観察を行い、通行者の様子、周辺環境について、平日と休日の2回（各2時間）観察を行った。5カ所に共通していたことは、大型街頭ビジョンが見える場所にある広場や信号待ちの際など、滞留できる状況であるにもかかわらず、留まって長時間視聴する通行者はほとんどいなかったことである。特に目立ったのは、多くの通行者は、画面に気付いており一瞬は目を向けるが、そこからさらに見入ることは稀であった。岡山市内の大型街頭ビジョンは通行者にあまり見られておらず、存在は認知されているが、情報伝達には至っていないことが確認された。

3-4. 結果考察

すべての調査結果から大きな問題として、大型街頭ビジョンは通行者の興味をひくことができず、注目されていないことが挙げられる。そのため、大型街頭ビジョンに対する一般の意識は低く、重要視されないことによって活用に繋がらず、運営状況にも悪影響が出ていると考えられる。そこで、通行者に大型街頭ビジョンを注目させることが必要であると考えた。

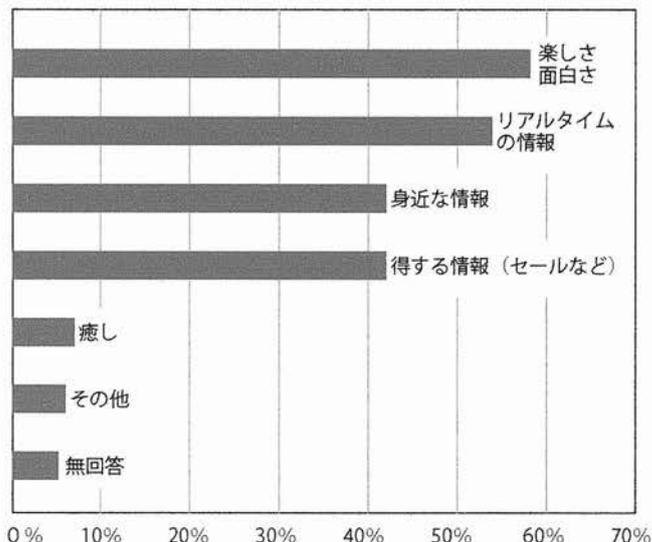


図4 大型街頭ビジョンに求めるもの



図5 iVision (岡山一番街)



図6 リットビジョン (駅西口)



図7 ビーステーション (表町)

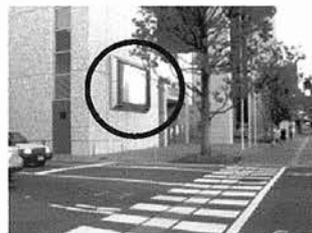


図8 さん太ビジョン (市役所筋)



図9 岡山ももたろうビジョン (駅前)

4. 仮説

大型街頭ビジョンが目に入ると一瞬は見るものの、すぐに興味を失い、意識を向けなくなるという通行者の行動パターンが確認されたが、この行動パターンについて既往の研究¹⁾では、通行者が大型街頭ビジョンに気付きチラッと見る一瞬の反応は、無意識の反応であり、この時は大型街頭ビジョンの放映内容に対して感情や評価はなく、ただ反射的に見ている状態とされている。この反応のことを「前意識的注意反応」と呼び、本人にとって自覚のない自動的なプロセスとされている。この反応を促すためには、画面の明るさやサイズ、位置、音の大きさなどが関係しており、主に設備（ハード）側に要因がある。

前意識的注意反応が起こり、大型街頭ビジョンを視聴した際、放映内容に興味湧き、能動的に見る状態のことを「注目している」状態と言える。能動的に視聴すると、放映内容を認識し、意識や記憶に残る。情報伝達メディアとしての大型街頭ビジョンの役割を考えれば、通行者に意識的に視聴させ、放映内容を記憶させることが重要である。通行者が視聴する上で重要と考えられるのが、この注目反応である。既往の研究¹⁾によると、この反応のことを「焦点注目反応」と呼び、一定時間意識的に視線を止めて、より詳細な情報処理を行う反応とされており、この反応へと誘導するためには、有益性・支持性・娯楽性・意外性・親近性の5つの要素が関係しており、主に放映内容（ソフト）に要因があるとされている。

そこで本研究では、大型街頭ビジョンに対する通行者の意識を「気付く」から「注目する」へ変化させるためには、焦点注目反応へと誘導する要素をもった数秒感のコンテンツ（以下、誘導コンテンツと呼ぶ）を使用することで注視度を上げることができるのではないかと考え、それを仮説として提示する。

5. 誘導コンテンツ

ここからは、誘導コンテンツの制作と放映方法について述べる。

既往の研究¹⁾より、焦点注目反応へ誘導する要素として、5つの要素（有益性・支持性・娯楽性・意外性・親近性）が挙げられたが、その中で、支持性と娯楽性については特に個人差が大きいと考え、本研究では除外する。通行者の意識調査アンケートで大型街頭ビジョンに求めるもの上位に挙げられた「楽しさや面白さ」「リアルタイムの情報」「身近な情報」「得する情報」と関わる要素を重視し、有益性・意外性・親近性の3つが重要である

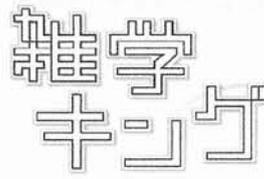


図10 雑学キングの画面



図11 ビジョン付近の中継映像

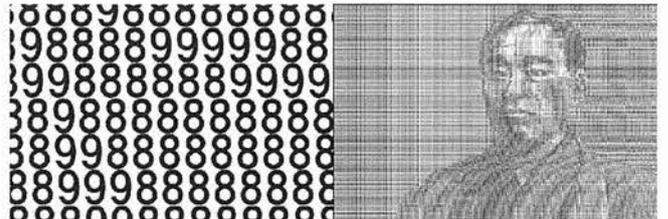


図12 トリック映像（始まりと終わりで見え方が異なる）

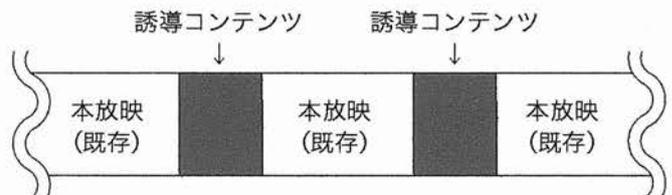


図13 焦点注目反応を促す映像の差し込みイメージ

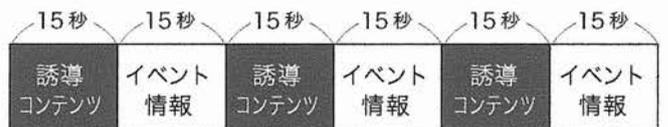


図14 実験で見せる映像①誘導コンテンツがあるもの

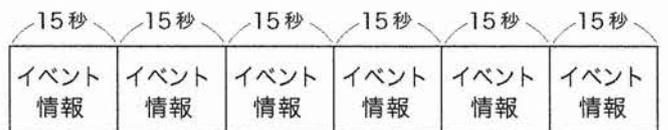


図15 実験で見せる映像②イベント情報だけのもの



図16 イベント情報の一例

と考えた。

本研究では、有益性を「視聴者にとって有益な映像」と考え、雑学・マナー・現代語などの知識を得られるコンテンツとした(図10)。親近性については「視聴者にとって関係のある映像」と考え、大型街頭ビジョン周辺の中継映像とした(図11)。意外性については「予想もしなかった意外な映像」と考え、アップからズームアウトすることで見え方がまったく変化するトリック映像とした(図12)。尚、映像の長さは、多くの大型街頭ビジョンが放映プログラムで定めている、15秒・30秒・60秒の枠の中で、短時間で効果を必要とするため、最も短い15秒とする。

また、誘導コンテンツは、効果的に放映プログラムに組み込まなければならない。具体的には、通行者が大型街頭ビジョンの存在に気がついたタイミングで誘導コンテンツを見せる必要がある。しかし、「大型街頭ビジョンに気付く」という前意識的注意反応は、通行者がいる時であればいつでも起こる可能性があり、タイミングを特定することはできない。さらに、大型街頭ビジョンは情報発信を行うことが重要な役割であり、広告媒体としても活用されているため、本放映を重視し、それらに意識を向けさせることが必要である。誘導コンテンツを活用し、通行者の関心をひく方法をとったとしても、それが本放映よりも長かったり目立つ結果になってしまうと目的から逸れてしまう。そのため、誘導コンテンツには、本放映に意識を誘導させるための補助的役割として放映されることが求められる。つまり、通行者の反応を前意識的注意反応から焦点注目反応へ誘導するきっかけとなり、既存のコンテンツを通行者に意識的に視聴させることが主な役割となる。以上のことから、本放映(既存のコンテンツ)と本放映(既存のコンテンツ)との間に誘導コンテンツを差し込むというプログラムで放映することとした(図13)。この仮説を検証するため実験を行う。

6. 実験

まず、実験の方法について述べる。

大型街頭ビジョンで放映されることを想定したイベント情報の映像(以下、イベント情報と呼ぶ)を用意し、A)誘導コンテンツがある場合(図14)と、B)誘導コンテンツがなくイベント情報ばかりが続けて放映される場合(図15)とでは、イベント情報に注目する度合いが異なるのかを調べる。

被験者は、大型街頭ビジョンを盛り上げる視聴層である10～20代の男女を中心に75名である。

表2 強く印象に残ったと回答した被験者の増減

①有益な映像	誘導コンテンツが無い場合	30%	12%増
	誘導コンテンツがある場合	42%	
②身近な映像	誘導コンテンツが無い場合	28%	20%増
	誘導コンテンツがある場合	48%	
③意外な映像	誘導コンテンツが無い場合	43%	7%減
	誘導コンテンツがある場合	36%	

表3 まったく覚えていないと回答した被験者の増減

①有益な映像	誘導コンテンツが無い場合	27%	1%減
	誘導コンテンツがある場合	26%	
②身近な映像	誘導コンテンツが無い場合	21%	11%減
	誘導コンテンツがある場合	10%	
③意外な映像	誘導コンテンツが無い場合	17%	2%減
	誘導コンテンツがある場合	15%	

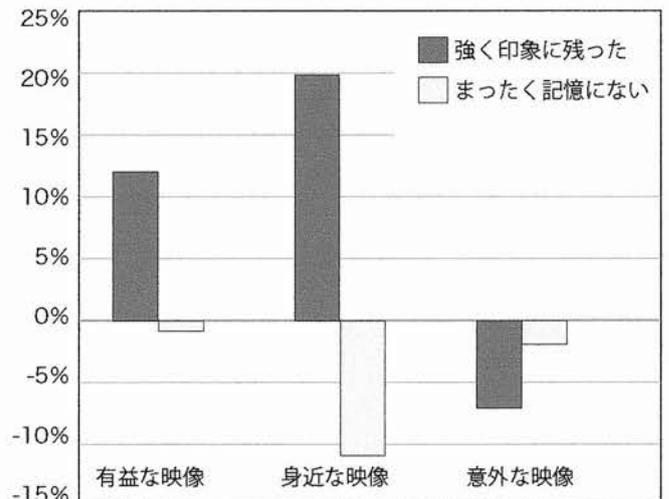


図17 誘導コンテンツがある場合の割合の増減

実験環境は、純粋に誘導コンテンツの効果のみを検証するため、他の要因をできるだけ排除する。具体的には、実際の大型街頭ビジョンを想定した環境ではなく、映像に集中して視聴できる室内で実験を行った。この際の放映画面の大きさは120インチで、被験者がスクリーンに向かって着席した状態で視聴する。一回の実験に参加する人数は約20名とし、映像の視聴時間は、【A】誘導コンテンツがある場合は5分間である。【A】では、誘導コンテンツとイベント情報が各10種類、交互に合計20種類を視聴する。【B】誘導コンテンツがなくイベント

情報ばかりが続けて放映される場合は、10種類のイベント情報を2分50秒間視聴する。

イベント情報は、架空のイベントや講座などの開催を告知する内容とし、10種類準備した。結果に影響が出ないよう、情報の種類を統一し、画面レイアウトを揃えるなど、デザインを統制した(図16)。

映像に注目した状態であれば、放映内容が視聴者の記憶に残ると考えられるため、イベント情報に対する記憶の程度を、注視度の変化の指標とする。具体的には、実験用の映像群の視聴の後、イベント情報の記憶の程度を評価尺度に基づき回答させる。

また、実験映像の放映順が結果に影響を与えないよう、被験者を約20名ずつ4つのグループに分けて実験を行い、それぞれ異なる配列パターンの映像群を見せた。

実験映像の視聴後に実施する評価アンケートは、イベント情報の記憶の度合いをそれぞれ評価させるもので、評価の差を明確にするため、3段階(1:強く印象に残った/2/3:まったく記憶にない)で回答させた。

つづいて、各イベント情報の記憶の度合い(3段階)について、結果を検証する。方法は、3段階評価のうち評価の高い「強く印象に残った」と、評価の低い「まったく記憶にない」の2つの項目を、誘導コンテンツがある場合とない場合と比較するため、割合の増減を算出した。

イベント情報(10種類の平均)が「強く印象に残った」と回答した被験者の割合は、有益性のある映像では12%増加、親近性のある映像では20%増加、意外性のある映像では7%減少した。被験者の割合の増減は、数値が増加するほど良い結果となる(表2)。

イベント情報(10種類の平均)が「まったく記憶にない」と回答した被験者の割合は、有益性のある映像では1%減少、親近性のある映像では11%減少、意外性のある映像では2%減少した。被験者の割合の増減は、数値が現象するほど結果が良いといえる(表3)。

以上の結果から、身近な映像、有益な映像、意外な映像の順に効果があることが明らかになった。通行者自身に関係のある事柄ほど効果があると考えられる(図17)。

7. まとめ

これまでの大型街頭ビジョンは、華やかさや新しさの象徴として存在し、発光体であることや音声を利用することで、街の中で目立ってはいるものの、通行者に放映内容を伝える情報伝達という点において効果的に機能していたとはいい難い。また、街の中で「賑やかさの演出」

や「目立つこと」に重点が置かれ、街の美観を損ねるケースも見受けられた。

しかし本研究では、大型街頭ビジョンに目を向けた人を放映映像へ引き込む「誘導コンテンツ」を開発し、有効性を確認することができた。これにより、大型街頭ビジョンにおいて「目立つ」よりも「伝わる」ことに重点を置いた放映が可能となる。大型街頭ビジョンは、都市景観を形成する一部であることから、「目立つ」よりも「伝わる」という機能に注目することが重要と考え、美観を損ねず効果的な情報伝達を行うことができれば、発信者のニーズを高め、新たな価値を生むことにつながると考えられる。

また、誘導コンテンツとしては「親近性」が最も効果が高かったことから、今後の研究ではさらに通行者の参加や、大型街頭ビジョンと通行者の間における双方向性などを加え、より身近に感じるコンテンツやシステムを開発していきたいと考えている。今回の研究を基礎的研究とし、より効果が期待できる活用方法を導き出していくことで研究を深めていきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、多大なご協力をいただいた、岡山県立大学大学院高野裕子さん、岡山ステーションセンター「iVision」ご担当 池島様、宗広様、山陽新聞社「さん太ビジョン」ご担当 横田さまに感謝申し上げます。最後に本研究に多大なるご支援をいただきました「財団法人 八雲環境振興財団」「環境研究助成」に深く感謝申し上げます。

学会発表等

齋藤美絵子、高野裕子、嘉数彰彦、「大型街頭ビジョンを意識的に視聴させるための方法についての研究」日本デザイン学会 第56回春期研究発表大会、名古屋、2009年6月26 - 28日。

参考文献

1. 仁科貞文・田中洋・丸岡吉人、2007、『広告心理』、電通

研究レポート

「締固められた堤体材料の表面侵食特性の把握と
その成果の流域・農村環境保全への応用」

岡山大学大学院環境学研究科

藤澤 和謙

1. はじめに

越流によって引き起こされる堤防の侵食は堤防の決壊の主要な原因となっており、近年では越流による堤防破堤を防止することが望まれている。越流が生じた際に、破堤に至る主な原因は越流水による堤体の侵食である。しかし、現在に至るまで人工的に締固められた幅広い粒度分布を有する土質材料の侵食特性は十分に明らかになっていない。そのため、近年の異常気象に起因する豪雨災害として堤防の決壊が数多く報告され、その方面の研究の未発達が明るみに出てきたものと推測する。この論文の目的は、安全な流域環境の維持を目指して、堤防などに使用される締固められた土の侵食特性を実験的に明らかにすることにある。日本の堤防に限らず、河川の氾濫を制御するためのそれには、およそ 15~50% の細粒分（粘土分+シルト分）を含む砂質土が推奨されている。本研究においては豊浦砂と粘土を所定の割合で混合した材料を用いて自作した実験装置を用いて侵食実験を行うことを試みた。本実験では土の侵食速度と土表面に作用するせん断力（摩擦）の関係を明らかにすることが主な目的となる。ここに土の侵食速度とは単位時間に土の単位表面積あたりから侵食される土粒子の体積を意味する。以下では本研究で行った実験結果を報告する。

2. 実験装置

侵食実験には透明なアクリルを用いて作成した循環式の開水路を使用する。透明なアクリルを用いた理由は土供試体が侵食される様子をそくほうから水平方向から観察できるようにするためである。図 1 及び 2 に開水路（長さ 350cm、幅 13cm）の概略図と実験装置の写真を示す。十分に乱流が発達した等流によって土供試体が侵食を受けるようにするため、下流端から 50cm の位置に供試体を設置、押し上げるための円形の穴を水路中央に設けた。供試体表面が均等に侵食されるよう、水流にさらされる供試体の直径は 5cm とした。また、穴の真上には、流速分布を測定するためのピトー管（ピトー管係数 1、最低水深 3mm を測ることができる）を取り付けられることができる。水路の上下流端に(0.4 m³=400 L) の貯水タンクを設置し、実験に必要な量の水を溜めることができる。タンクには水路を取

り付けるための穴を開け、下流側タンクと上流側タンクの間を塩ビ管でつなぎ、ポンプ（最大流量 $6.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 380\text{L}/\text{min}$ ）を設置することで循環式の開水路を実現した。侵食試験時の流速分布測定に必要な水深を実現できるようにポンプ流量、水路幅は決定された。流量を調節できるように、流量計（ $1.66 \times 10^{-3} \sim 8.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 100 \sim 500 \text{ L}/\text{min}$ ）とスルース弁を取り付けた。これにより流量を変化させ、水路を流れる水の流速と摩擦速度を制御することを可能にした。

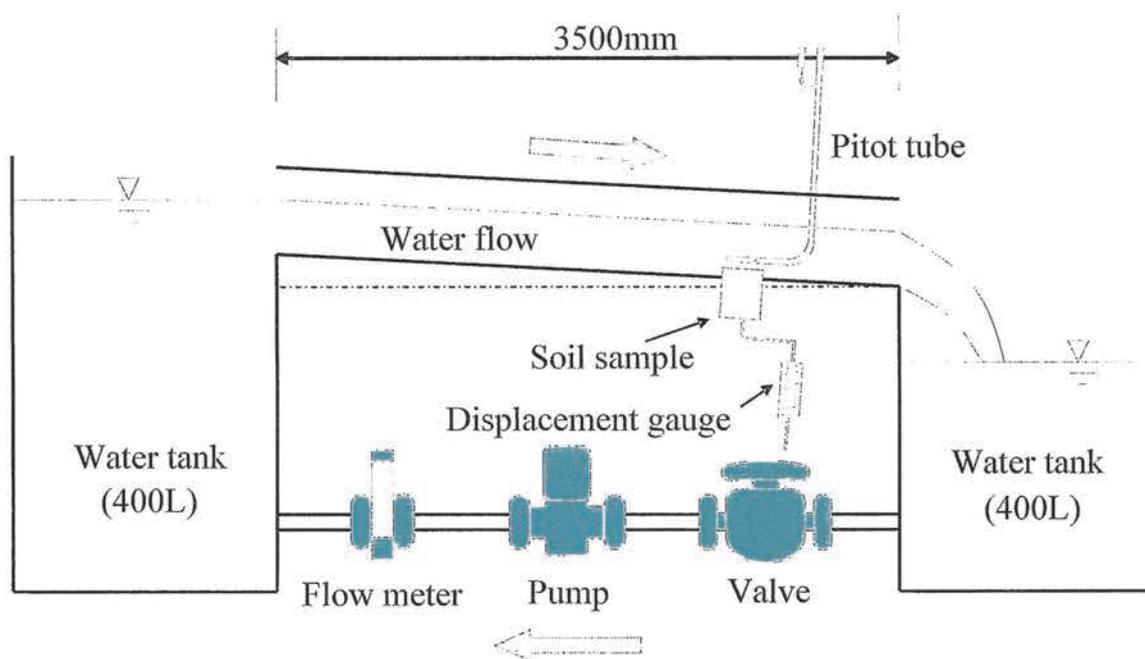


図1 実験装置の概略図



図2 実験装置の写真（左＝上流側、右＝下流側）

図4と図5に供試体が充てんされたアクリル円筒と侵食時に供試体を押し上げる装置を示す。この円筒を上で述べた開水路の下流側から50cm上流にある穴に取り付けて試験を行う。侵食試験では図5に示すハンドルを回すことでアクリル円筒中の土供試体を押し上げ、常に開水路の底面の高さと供試体の侵食面とを一致させる。この操作によって、供試体表面に加わるせん断力（摩擦）が試験中に低下することなく、ほぼ一定のせん断力による土の侵食速度を計測できる。

3. 試験方法

図3には上で説明した開水路の供試体設置部に供試体を据え付けた様子を示す。試験では侵食を受けた分だけ供試体を押し上げて供試体上面を水路底面と同じ高さに保持しながら、押し上げた速度を変位計によって測定する。水路底面に作用するせん断応力はピトー管を用いて供試体直上にて水路底面近傍の流速分布を測定し、以下に示す滑面の対数則から最小二乗法によってせん断応力 τ を決定した。

$$U = \frac{U^*}{\kappa} \ln\left(\frac{yU^*}{\nu}\right) + AU^* \quad , \quad U^* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \quad (1)$$

ここに κ はカルマン定数(=0.41)、 ν は水の動粘性係数、 A は実験定数(=5.29)、 ρ は流体の密度、 y は水路底面から流速測定点までの高さ、 U は流速、 U^* は摩擦速度を意味している。



図3 開水路に土供試体を取り付けた様子（開水路の下方から撮影）

土の侵食速度 E は時間間隔 Δt の間に押し出された土供試体の長さ Δz を測定し、間隙率 n を考慮して

$$E = (1 - n) \frac{\Delta z}{\Delta t} \quad (2)$$

で与えられる。実験では水路の傾斜、流量を変化させることで異なる底面せん断応力 τ を実現し、様々な底面せん断応力下で締固められた土供試体の侵食速度を計測した。本実験装置は摩擦速度にしておよそ 2~10cm/s の範囲の測定が可能である。

実験に用いた材料は豊浦砂と粘土(塑性指数=8.1%、液性限界=33.75%、塑性限界=25.66%)をそれぞれを重量比にして 7:3 と 6:4 の割合で混合した 2 種類の材料を用意した。図 4 にはそれぞれの材料の粒径加積曲線を示す。侵食試験には豊浦砂 70%と粘土 30%の混合材料を乾燥密度 1.68g/cm³ (Series 1) 及び 1.58g/cm³ (Series 2) に調整した供試体と、豊浦砂 60%と粘土 40%の混合材料を乾燥密度 1.68g/cm³ (Series 3) に調整した供試体を用い、合わせて 3 シリーズの試験を実施した。Series1 と Series2 では同じ材料の乾燥密度の違いが土の侵食速度に及ぼす影響を調べ、Series1 と Series3 では粘土の含有量が侵食速度に及ぼす影響を調べることを意図した。

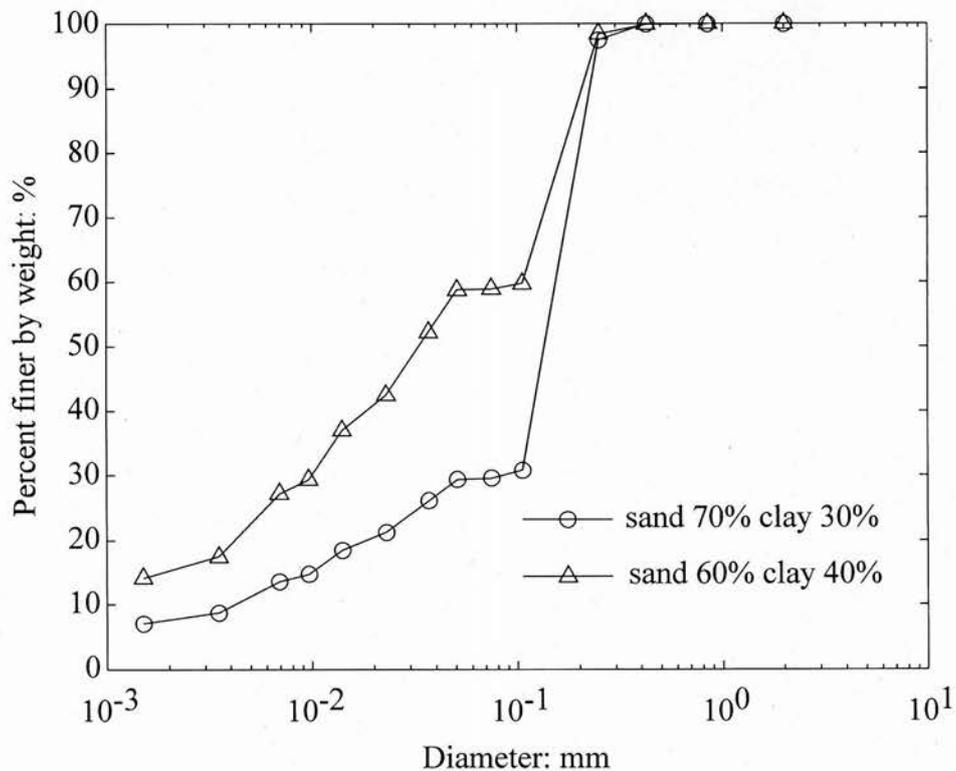


図 4 用いた材料の粒径加積曲線

4. 実験結果

上で説明した実験装置を用いて行った侵食試験結果を図5に示す。なお同図の×印で示す点は砂を混合せず粘土のみ用いてを乾燥密度 1.68g/cm^3 に調整し、作用するせん断応力を 9.58Pa として試験を実施した結果である。Series1~3のすべてにおいて供試体の侵食面に作用するせん断応力が増加するにつれて侵食速度も増加している。Series1と2を比較すると乾燥密度の大きな供試体 (Series1) の方が乾燥密度の小さな供試体 (Series2) に比べて侵食速度が遅く、侵食に対してより抵抗性を有することが分かる。また Series1 と 3 を比較すると粘土の含有量が多い材料の方が侵食に対する抵抗性を有している。

これは同図の×印の点が示すように粘土は砂に比べて非常に侵食速度が遅く、砂粒子の間隙を埋める粘土が砂粒子を結合し、密な材料ほどまた粘土の含有率が多いほど粘土分が砂の侵食を抑制するためと考えられる。

侵食速度 E は上記の結果から底面せん断応力 τ によって

$$E = \alpha(\tau - \tau_c)^\gamma \quad (3)$$

の形で表すことが既往の研究ではなされてきた。ここに τ_c は侵食が開始する底面せん断応力 (限界せん断応力) を表し、 α 、 γ は材料定数である。 α は侵食の速さ (侵食に対する耐久性) を表し、 γ は既往の研究によれば粘性土の侵食においては約 $1.0 \sim 4.0$ の値をとることが知られている。図5に示す結果より最小二乗法によって γ を決定するとおよそ $1.4 \sim 1.8$ の値をとる結果となった。

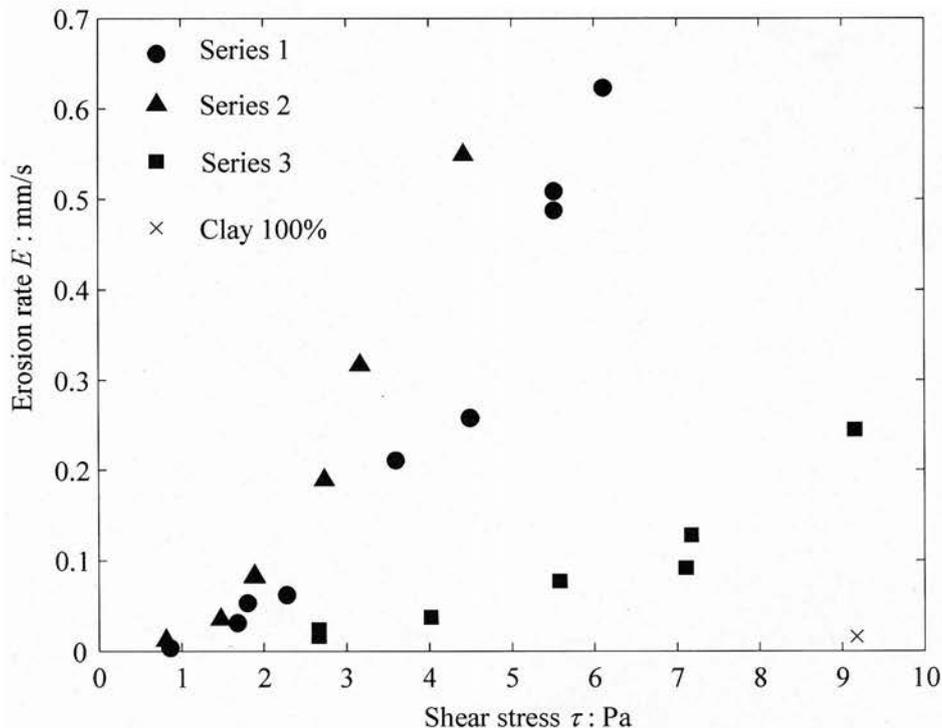


図5 作用したせん断応力と侵食速度の関係

5. 結論

本研究では堤体材料の侵食特性を把握するために、アクリル製の循環式開水路を使用して摩擦速度、侵食速度、底面せん断応力の各パラメータを求め、摩擦速度とせん断応力が侵食速度とどのような関係にあるのか明らかにすること試みた。

摩擦速度は、直接計測することが困難であるため水路上の水流の流速分布から非線形最小二乗法により算出した。摩擦速度からせん断応力を算出し、侵食速度との関係を明らかにした。これにより堤体材料にも使用されるような粘土分、シルト分、砂分を含む混合土の侵食特性が明らかになった。

実験結果では侵食速度は試験試料の粘土の含有量により異なり、粘土が多いほど侵食速度が顕著に遅くなる。また粘土の含有量が同じならば、限界せん断応力はほぼ同じであることがわかる。つまり用いる混合された砂分が同一の材料であれば、侵食の始まるせん断応力は粘土の含有量によって決まっている。

侵食速度は試験試料の粘土の含有量だけではなく、試験試料の乾燥密度によっても異なる。同じ試験試料であっても乾燥密度が大きいほど侵食に対する抵抗性が強く、本実験でも同一の摩擦速度において乾燥密度の大きい試験試料の方が侵食速度は小さくなっている。

侵食速度とせん断応力の関係は直線からややずれる結果となる。直線からのずれを表すパラメータである γ の値は約 1.5 程度となり、粘性土の侵食に関する既往の研究と一致していることが確かめられた。

湿式ボールミル法を用いた産業廃棄物の再資源化技術の開発

岡山大学環境管理センター 崎田真一

1. 緒言

岡山県では平成 14 年から 16 年にかけて「ごみゼロガイドライン」を定め、岡山県では汚泥、鉍さい、ばいじん・燃え殻を循環資源に指定している。シリカ (SiO_2) を主成分とする無機性汚泥、鉍さいはセメント原料、埋戻材、路盤材として利用されているが、重金属などの有害物質を含む、高濃度の塩化物イオンを含有する、また粒度が揃っていないなどの理由から未だ多量に埋め立て処分されているのが現状である。それにより、最終処分場の残余年数も短くなってきているうえに、汚染物質の溶出により環境汚染のリスクも高まってきている。また、金属資源は無限でなく、主要な鉍物資源の耐用年数はほとんどが 70 年以下と言われている。従って、これらの産業廃棄物を再利用・再資源化可能にする技術開発を至急行う必要がある。

無機性汚泥、鉍さいといった産業廃棄物を再資源化するためには、骨材として使用する以外は粉碎が必要である。ボールミル処理による粉碎は、非加熱なので低エネルギー低コストで済む。しかも湿式でボールミル処理を行うので、含水率が高くても差し支えなく処理が行える利点がある。EDTA (エチレンジアミン四酢酸) は鉄、亜鉛、鉛、ニッケル、銅、水銀など多くの金属イオンに対して極めて高い錯形成定数を有し、錯体をつくることで固体からの分離を可能とする。従って、EDTA を溶解させた水溶液で湿式ボールミル処理を行えば、無機性汚泥、鉍さいから非加熱で多種類の重金属を含む金属イオンを分離することができることはまず間違いない。また、分離後に残る固体は、シリカを主成分とする安定した組成のガラス、セラミックス用原料として使用可能な粉末になると考えられる。

そこで本研究では上記の着想に基づき、EDTA 水溶液存在下で湿式ボールミル処理を行うことにより、無機性汚泥から重金属を含む金属成分を分離してシリカ成分に富む粉末の回収を試みた。無機性汚泥は岡山大学環境管理センターにて無機廃液処理を行った際に排出されたもの(以下“スラッジ”)を使用した。

2. 実験

2-1. スラッジの組成分析

本研究では、実際に湿式ボールミル処理を行う試料として、岡山大学環境管理センターにて無機廃液処理を行った際に実際に排出された無機性汚泥(以下“スラッジ”)を使用した。このスラッジは産業廃棄物として業者委託により処理されている。環境管理センターでは凝集沈殿法により無機廃液処理を行っており、処理過程において有機物を吸着して除去するために粉末活性炭、ろ過剤として珪藻土を用いている。Fig. 1 にスラッジの写真を示す。かなり細かい粉末状であり、水分をかなり含んでいた。色が黒いのは活性炭のためである。



Fig. 1 環境管理センターで無機廃液処理後に排出された無機性汚泥(スラッジ)

スラッジの組成分析を行うために、スラッジの TG-DTA 測定を最初に行った。その結果に基づいて、スラッジを 100°C で 12 時間加熱乾燥して水分除去を行った後粉末状にした。また、水分除去したスラッジをさらに 450°C で 24 時間熱処理を行い、活性炭を除去した。熱処理後得られたスラッジ(以下“熱処理スラッジ”)粉末の組成分析を蛍光 X 線分析法を用いて行った。

2-2. 湿式ボールミル処理

湿式ボールミル処理はボールミル処理前後のスラッジ中の各元素の挙動を正確に評価するために、熱処理スラッジについて行った。熱処理スラッジ、EDTA 試薬(エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム水和物)、純水、直径 5 mm と 10 mm のジルコニアボール(直径 5 mm : 500 g, 直径 10 mm :

441 g)を 700 ml ポリアミド製ポットに入れて湿式ボールミル処理を 40 時間、ポットの回転数 200 rpm で行った。EDTA 試薬量は 37.224 g (0.1mol)で固定し、純水量を 50~300 ml, スラッジ量を 2.5 ~10.0 g まで変化させた。

湿式ボールミル処理後、吸引ろ過法によって固液分離を行った。固液分離後に得られた粉末を 50℃, 3 時間で完全に乾燥させた後、蛍光 X 線分析法により組成分析を行った。

3. 結果と考察

3-1. スラッジの組成分析

Fig. 2 にスラッジの TG-DTA 測定の結果を示す。TG では測定開始(室温)から 100℃と 400~450℃にかけて重量の減少が見られる。また DTA では 400~450℃にかけて発熱を示すピークが観察された。室温から 100℃と 400~450℃にかけての変化はそれぞれスラッジからの脱水, 活性炭の燃焼に対応する。その結果に基づいて乾燥温度, 熱処理温度をそれぞれ 100℃, 450℃とした。乾燥後, 熱処理後のスラッジ, 即ち乾燥スラッジ, 熱処理スラッジの写真を Fig. 3, 4 にそれぞれ示す。乾燥スラッジの色は活性炭が残っているため黒色であった(Fig. 3)が, さらに 450℃で熱処理を行うと, 徐々に活性炭による黒色の着色はなくなり 24 時間後には Fig. 4 のような茶褐色になった。

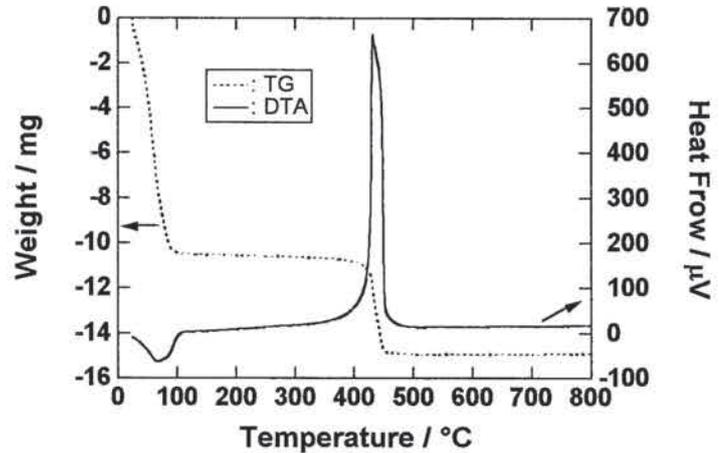


Fig. 2 スラッジの TG-DTA 測定の結果

100℃, 12 時間で完全に加熱乾燥させた乾燥スラッジと乾燥スラッジを 450℃



Fig. 3 スラッジを 100℃で 12 時間加熱乾燥後, 粉末状にした乾燥スラッジ



Fig. 4 乾燥スラッジを 450℃で 24 時間熱処理した熱処理スラッジ

で 24 時間熱処理した熱処理スラッジの重量測定を行った。その結果スラッジ 100g 中に, 水が 65.9 g, 活性炭が 20.1 g, 乾燥・熱処理後に得られる熱処理スラッジが 14.1g 含まれていた。

熱処理スラッジの組成分析を蛍光 X 線測定により行った結果を Table 1 に示す。熱処理スラッジ中の各元素がどういう化合物から成っているかまでは分からないので, 元素に対する mol 比で表示した。熱処理スラッジ中に 0.1mol%以上存在していたのは, Table 1 に示した Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr, K, Ca, Al, Si の 10 元素であった。0.1mol%未満で検出された元素も数個見られたが, これらは捨象して上の 10 元素で合計 100mol%になるように表示した。

熱処理スラッジ中で最も多いのは Si で 50.9%である。次が Fe で 31.2%を占める。あと Al, Ca が数%, Zr, Cu が 1~3%存在し, 残りの元素は 1%未満であった。従って, 熱処理スラッジの茶褐色は主に Fe₂O₃ からのものであると考えられる。

Table 1 熱処理スラッジの組成 (mol%)

Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zr	K	Ca	Al	Si
0.3	0.7	31.2	0.6	1.5	2.3	0.7	5.3	6.5	50.9

3-2. 熱処理スラッジの湿式ボールミル処理

3-2-1. 湿式ボールミル処理におけるボール、EDTA の効果

最初に、湿式ボールミル処理におけるボール及びEDTAの効果調べるため、ボールのみ、EDTAのみ、そして両方ポットに入れた場合でそれぞれ湿式ボールミル処理を行った。ここでは熱処理スラッジ3.5g、純水は100mlで実験を行った。処理後得られた粉末の組成を蛍光X線測定で明らかにした結果をFig. 5に示す。ボールのみの場合は、ほとんど金属を除去できず、Siの割合もほとんど増えていない。

EDTAのみの場合は、Ti, K, Alを除く金属の割合が若干減少し、Siの割合も50.9%から66.4%まで増加した。ボール・EDTA両

方入れた場合、Ti, K, Alを除いた金属の割合が著しく減少しており、Siの割合も75.7%まで向上した。この結果より、湿式ボールミル処理において金属成分の除去効果を上げるには、ある意味当たり前のことながら、ボールとEDTAの両方が必要であることが分かる。また、ボールの熱処理スラッジへの衝突が、熱処理スラッジ表面からの金属成分の溶出を促し、溶出した金属成分をEDTAが捕捉して錯体を形成するというメカニズムにより、熱処理スラッジから金属成分が除去可能になることをこの結果は示している。なお、EDTAのみで湿式ボールミル処理した場合にも、若干金属成分の除去効果が見られた。これは今回用いたスラッジの粒径が小さく、溶液と接触する表面積が大きいことから、ボールなしでもそのままスラッジ表面から金属成分が溶出しそれをEDTAが捕捉して錯体を形成したためと考えられる。

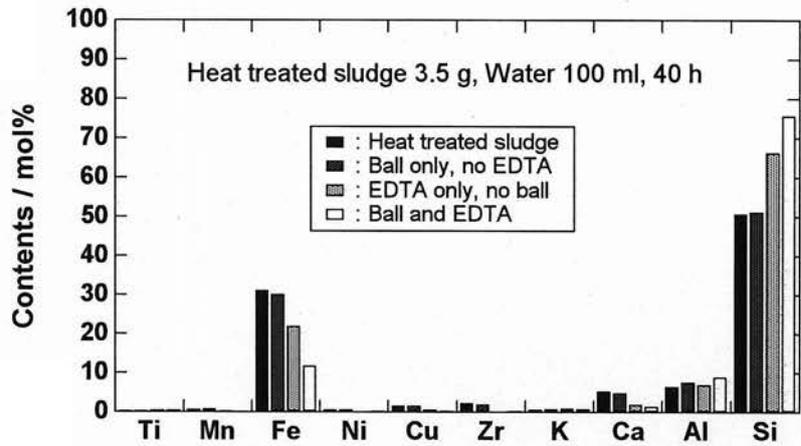


Fig. 5 ボールのみ、EDTAのみ、両方ありの場合で熱処理スラッジを湿式ボールミル処理して得られた粉末の組成分析結果

3-2-2. 純水量変化実験

熱処理スラッジを3.5gで固定し、純水量を50~300mlまで変化させて湿式ボールミル処理を行った。処理後得られた粉末の組成を蛍光X線測定にて求めた結果をFig. 6に示す。Mn, Fe, Ni, Cu, Zrに関しては、50~250mlでは存在比がかなり減少しているのに対し、300mlではあまり減少していないことが分かる。

「除去率=(処理前の存在比-処理後の存在比)/(処理前の存在比)×100」の式で各元素の除去率を計算したところ、50~250mlではMn, Fe, Ni, Cu, Zrでそれぞれ97.1~75.0%, 98.1~58.0%, 98.4

~60.9%, 98.1~62.6%, 100~89.3%で高いのに対し、300mlでは42.6, 11.4, 1.6, 14.8, 66.5%と除去率が著しく低下した。これは、純水量が増大すると水の抵抗のため熱処理スラッジに対するボールの衝撃力が弱まるが、ちょうど250と300mlの間に湿式ボールミル処理を行っても熱処理スラッジ表面からの金属成分の溶出が難しくなる位衝撃力が弱まる所が存在するためと考えられる。Feでは

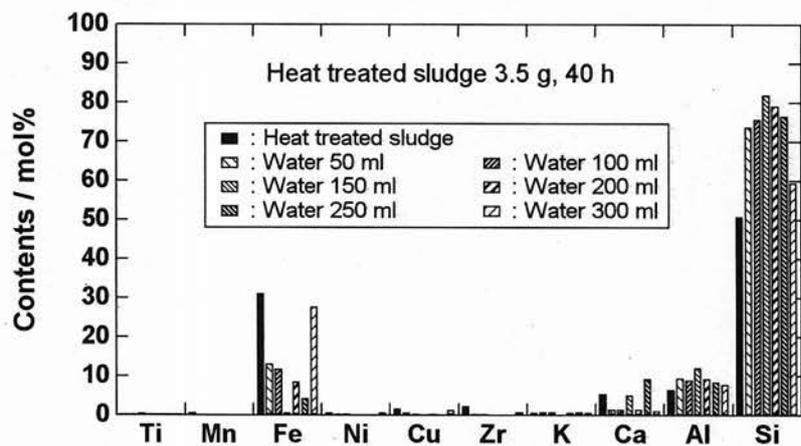


Fig. 6 純水量を変化させて固定量の熱処理スラッジを湿式ボールミル処理して得られた粉末の組成分析結果

50, 100 ml の除去率が 150~250 ml のものよりも低く, Cu では 50 ml の除去率が 100~250 ml のものよりも低かった。これは, 逆に純水量が少なすぎて EDTA が溶けきれず, EDTA の錯形成能力をうまく引き出せなかったためと考えられる。

Ti, K の割合は, 減少したのもあれば少し増加したのもあり, 系統的な結果を得ることができなかった。Ca は 50, 100, 200, 300 ml については, 割合がかなり減少し, 72~74% の比較的高い除去率を示したのに対し, 150 ml では割合はほとんど減少せず, 250 ml に至っては逆に増大した。150, 250 ml ではほとんどあるいは全く EDTA と錯体を形成しなかったと考えられるが, その原因については不明である。

Al の割合はいずれの純水量でも処理前に比べて 1~5% 程度増加した。これは Al 自体は EDTA と錯体を作らず, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の存在比の減少に伴って相対的に存在比を上げているためと考えられる。最も Mn, Fe, Ni, Cu, Zr を除去した 150 ml で Al の割合は最大の 12.1% を示したが, 除去率が最も低かった 300 ml では 7.9% で 1% 程度しか増加していないという結果もこの考えを支持しているといえる。

Si の割合は処理前の 50.9% から 50~250 ml で 73.8~82.0% まで増加したが, 300 ml では 59.5% とあまり増加しなかった。この結果は, 50~250 ml での Mn, Fe, Ni, Cu, Zr における高い除去率と 300 ml における低い除去率を反映した結果といえる。

特に純水量 150 ml の場合に, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の除去率と Si の割合が最も高かった。50, 100 ml では Fe と Cu の除去率が比較的低く, 300 ml では Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の除去率と Si の割合が低かったことを考慮すると, 純水量は 150~250 ml が最も適していると考えられる。

3-2-3. 熱処理スラッジ量変化実験

純水量を 200 ml に固定し, 熱処理スラッジ量を 2.5~10.0 g まで変化させて湿式ボールミル処理したときの蛍光 X 線測定による組成分析の結果を Fig. 7 に示す。Mn, Fe, Ni, Cu, Zr に関しては, 2.5~4.5 g では存在比が著しく減少しているのに対し, 5.0 g 以上での減少はあまりないかほとんど見られない。各元素の除去率を 3-2-2 と同様に計算したところ, 2.5~4.5 g では Mn, Fe, Ni, Cu, Zr でそれぞれ 75.0~64.7%, 88.5~72.5%, 92.2~78.1%, 94.8~86.5%, 99.6~97.9% で高いのに対し, 5.0 g 以上では 51.5~

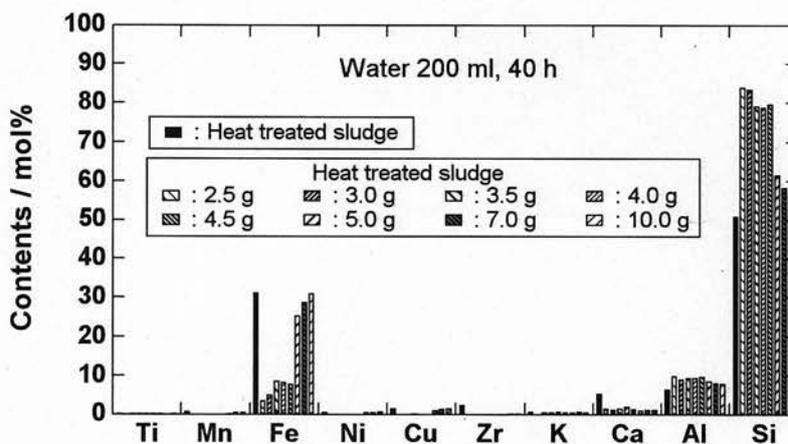


Fig. 7 熱処理スラッジ量を変化させて固定した純水量で湿式ボールミル処理して得られた粉末の組成分析結果

25.0%, 18.5~0.6%, 7.8~0.0%, 28.4~0.0%, 92.3~81.1% と除去率が低下した。特に Fe, Ni, Cu における除去率の低下が著しいのに対し, Zr では最も低いものでも 80% 以上の除去率を示している。これは, 熱処理スラッジ量がちょうど 4.5 g から 5.0 g に増加する間に熱処理スラッジ中の金属成分の量が各金属と錯体を作ることのできる EDTA の量を上回ったためと考えられるが, 4.5 g から 5.0 g の間で極端に除去率が変化している元素とそうでない元素とがあることから, さらなる検討が必要であろう。

Ca は 2.5~10.0 g までのすべての量に対して, 78.8~61.4% の比較的高い除去率を示した。従って, Ca はある意味 Mn, Fe, Ni, Cu, Zr 以上に EDTA と錯体を形成しやすいと考えられる。Ti, K の割合は, 3-2-2 と同様に減少したのもあれば少し増加したのもあり, 系統的な結果を得ることができなかった。

Al の割合は 2.5~4.5 g で 9% 台, 5.0 g 以上で 8% 台であった。3-2-2 の場合と同様, この場合も Al 自体は EDTA と錯体を作らず, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の存在比の減少に伴って相対的に存在比を上げているためと考えられる。

Si の割合は処理前の 50.9% から 2.5~4.5 g で 78.9~84.0% まで増加したが、5.0 g 以上では 61.6~56.1% と低い増加にとどまった。この結果は 3-2-2 の場合と同様、2.5~4.5 g での Mn, Fe, Ni, Cu, Zr における高い除去率と 5.0 g 以上における低い除去率を反映した結果といえる。

以上より、熱処理スラッジ量が 4.5 g 以下であれば、金属成分を除去するのに有効であるといえるが、2.5~4.5 g で熱処理スラッジ量が小さいほど除去率と Si の割合が高くなる傾向があった。特に 2.5 g のとき 84.0% とこの実験を通じて最大の Si の割合を示した。

3-2-4 回数実験

湿式ボールミル処理の回数を重ねることで、さらに金属成分の除去が可能になるのではないかと考え、熱処理スラッジ量 3.5 g、純水量 100 ml の条件で湿式ボールミル処理後得られた粉末を、再度同じ条件で 2 回目の湿式ボールミル処理を行った。1 回目、2 回目の湿式ボールミル処理後に得られた粉末の蛍光 X 線測定による組成分析の結果を Fig. 8 に示す。2 回目の湿式ボールミル処理により、Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の割合が著しく減少し、特に Fe は 1 回目の 11.8% から 2.4% まで大きく減少した。それに伴い粉末の色も薄い茶褐色から薄い肌色まで変化した。Si の割合は 1 回目の 75.7% から 80.1% まで向上した。それに対し、K, Al の割合はほとんど変化しなかった。Ca の割合は 1 回目の処理では減少したのに対し、2 回目では逆に増加した。1 回目では EDTA と錯体を形成したのに対し、2 回目では形成しなかったことが考えられるが、その理由については不明であり、今後の検討が必要であろう。

この結果は、湿式ボールミル処理の回数を重ねることで、Fe を中心とした着色金属成分を最終的には着色が見られなくらいほぼ完全に除去できる可能性を示唆しているといえる。

この結果は、湿式ボールミル処理の回数を重ねることで、Fe を中心とした着色金属成分を最終的には着色が見られなくらいほぼ完全に除去できる可能性を示唆しているといえる。

4. 結論

- ・湿式ボールミル処理において、ボールのみの場合は、ほとんど金属を除去できず、Si の割合もほとんど増えなかった。EDTA のみの場合は、Ti, K, Al を除く金属の割合が若干減少し、Si の割合も 50.9% から 66.4% まで増加した。ボール・EDTA 両方入れた場合、Ti, K, Al を除いた金属の割合が著しく減少しており、Si の割合も 75.7% まで向上した。従って、湿式ボールミル処理において金属成分の除去効果を上げるには、ボールと EDTA の両方が必要である。
- ・熱処理スラッジを 3.5 g で固定し、純水量を 50~300 ml まで変化させて湿式ボールミル処理を行ったところ、Mn, Fe, Ni, Cu, Zr に関しては、50~250 ml では存在比がかなり減少するのに対し、300 ml ではあまり減少しなかった。また、Si の割合は処理前の 50.9% から 50~250 ml で 73.8~82.0% まで増加したが、300 ml では 59.5% とあまり増加しなかった。50, 100 ml では Fe と Cu の除去率が比較的低く、300 ml では Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の除去率と Si の割合が低かったことを考慮すると、純水量は 150~250 ml が最も適していると考えられる。特に純水量 150 ml の場合に、Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の除去率と Si の割合が最も高かった。
- ・純水量を 200 ml に固定し、熱処理スラッジ量を 2.5~10.0 g まで変化させて湿式ボールミル処理したところ、Mn, Fe, Ni, Cu, Zr に関しては、2.5~4.5 g では存在比が著しく減少しているのに対し、5.0 g 以上での減少はあまりないかほとんど見られなかった。また、Si の割合は処理前の 50.9% から 2.5~4.5 g で 78.9~84.03% まで増加したが、5.0 g 以上では 61.6~56.1% と低い増加にとどまった。以上より、熱処理スラッジ量が 4.5 g 以下であれば、金属成分を除去するのに有効であるといえるが、2.5~4.5 g で熱処理スラッジ量が小さいほど除去率と Si の割合が高くなる傾向があっ

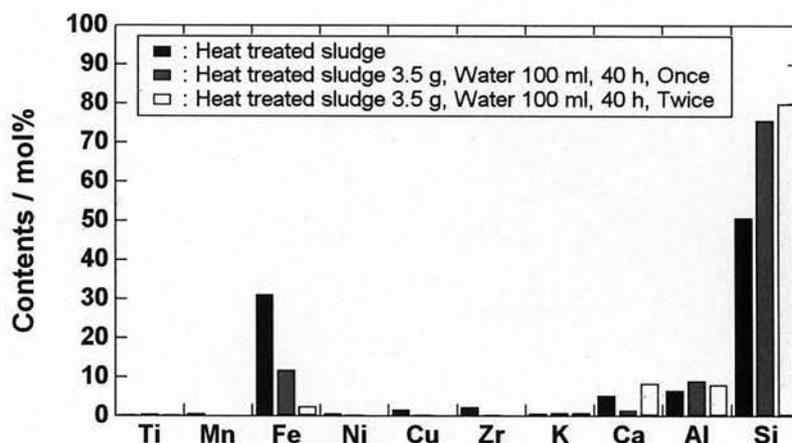


Fig. 8 同じ条件で熱処理スラッジを 1 回および 2 回湿式ボールミル処理をして得られた粉末の組成分析結果

た。特に 2.5 g のとき 84.0%とこの実験を通じて最大の Si の割合を示した。

- 純水量変化, 熱処理スラッジ量変化両方で, Al の割合はいずれの場合でも処理前に比べて増加した。これは Al 自体は EDTA と錯体を作らず, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の存在比の減少に伴って相対的に存在比を上げているためと考えられる。Ca は大抵の場合存在比がかなり減少し, 78.8~61.4% の比較的高い除去率を示したが, 一部減少しない場合があった。Ti, K の割合は, 減少したのもあれば少し増加したのもあり, 系統的な結果を得ることができなかった。
- 汚泥量 3.5 g, 純水量 100 ml の条件で湿式ボールミル処理後得られた粉末を, 再度同じ条件で 2 回目の湿式ボールミルを行ったところ, 2 回目の湿式ボールミル処理により, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zr の割合が著しく減少し, 特に Fe は 1 回目の 11.8%から 2.4%まで大きく減少した。Si の割合は 75.7% から 80.1%まで向上した。この結果は, 湿式ボールミル処理の回数を重ねることで, Fe を中心とした着色金属成分を最終的には着色が見られなくらいほぼ完全に除去できる可能性を示唆している。

大気－海洋間の二酸化炭素交換量の直接評価手法に関する研究

岡山大学大学院自然科学研究科（現・東京大学海洋研究所） 近藤文義

1. はじめに

大気中の二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、一酸化二窒素 (N_2O)、そしてハロカーボン類などの温室効果気体は、地表から赤外線のかたちで宇宙に逃げていくエネルギーを吸収して大気を暖め、地球の平均気温を上げる働きをする。過去 50 年間に観測された地球温暖化は、大部分が大気中の温室効果気体の濃度増加によるものであった可能性が高いとされている。これらの濃度増加は、化石燃料の大量消費など人為起源に由来するものであり、19 世紀以降増加し続けている。その中で CO_2 は、温室効果気体の中でも大気中に最も多く存在し、地球温暖化への影響が最も大きい。また、 CO_2 は、大気中に限らず、炭素としての形態で海洋や陸上生態圏にも広く分布し、炭素循環と呼ばれる循環を形成している。人為起源の CO_2 の放出により、大気中の CO_2 濃度が高くなるにつれて、海洋と陸域に取り込まれる割合が減少しはじめる予測も示されている。将来の大気中の CO_2 濃度、大気・海洋・陸上生物圏における炭素現存量の長期的な変化、そして各圏相互の CO_2 の交換量を正確に評価する必要がある。また、それらの年々変動の大きさや、これを引き起こす原因としての交換過程を解明するなど、炭素循環に関する理解を向上させる必要がある。

大気と海洋間の CO_2 交換を支配する過程を詳細に把握するためには、その量を交換過程と同じ時間スケールで測定する必要がある。10～30 分程度の時間スケールで CO_2 交換量を直接測定する渦相関法は、 CO_2 交換を支配する過程を定量的に理解することができると考えられている。これまでの観測結果から、渦相関法による CO_2 交換量を測定する上で、空気密度変動補正 (WPL 補正, Webb *et al.*, 1980) が高精度評価の鍵を握ることを明らかにした (Kondo and Tsukamoto, 2007)。渦相関法は、大気境界層内における鉛直風速と CO_2 混合比の乱流変動の直接測定から CO_2 交換量を評価する。 CO_2 の大気乱流変動を直接測定することのできる Open-Path 型の変動計 (OPGA) は、二酸化炭素の密度変動を測定するために WPL 補正が必要となる。一方で、 CO_2 のモル分率変動を測定する Closed-Path 型の変動計 (CPGA) は WPL 補正を必要としないが、 CO_2 交換量の過小評価の原因となる減衰した CO_2 の混合比変動を測定するため補正 (Fuehrer and Friehe, 2002) を必要とする。これらを背景に本研究では、外洋上において、両者の変動計によって CO_2 の交換量を同時測定し、CPGA に必要な応答補正の有用性と、両者の手法間に差異が生じる可能性について議論する。

2. 方法

測定は海洋研究開発機構（JAMSTEC）が運航する海洋地球研究船「みらい」の MR08-03 航海期間中において、9つの定点で計15回行われた。これらの定点において、船首を風上に向け維持し、相対風速が 4 ms^{-1} 以上かつ船首方位を維持できる一定の最小速度で 5.5~15 時間にわたって渦相関法によって海面交換量を連続観測する時間が設けられた。この航走によって、フォアマストトップデッキへ設置した観測システムが測定する大気乱流変動の各成分に対して、船体の動的かつ熱的な影響を最小にすることができる。

観測システムは2つ（乱流フラックス観測システムと船体の動揺補正システム）からなり、海面からの高度約 24 m（海面からの高度は喫水 6 m とした時）にあるフォアマストのトップデッキに装着した（図1）。乱流フラックス観測システムは、超音波風速温度計（KAIJO, DA-600-3TV）と Open-Path と Closed-Path 方式の非分散型赤外線 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ ガス分析計（LI-COR, LI-7500 と LI-7000）からなる。このシステムから風速と音仮温度、そして水蒸気と二酸化炭素の密度とモル分率の変動成分をそれぞれ測定した。また、CPGA は 8 Lmin^{-1} エアポンプ（YONAGOSHINKO, C4AP-01-S-12V）と長さ 2.8 m、外径 1/4 inch のナイロンチューブ（KOKUGO, N5-1-1/4）を用いて大気サンプルを引きこんで測定している。また、船体の動揺補正システムは、2軸傾斜計（Applied Geomechanics, MD-900-T）、3軸加速

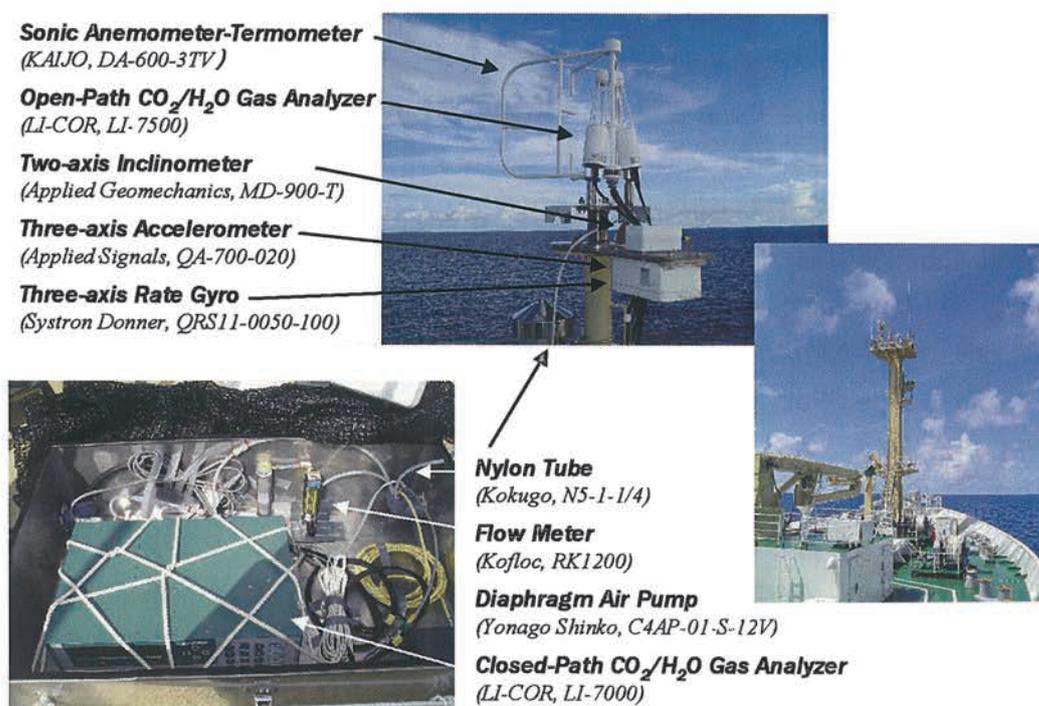


図1 乱流フラックス観測システムと船体の動揺補正システムの設置状況（写真左と上）。これらのシステムはフォアマスト（右写真）のトップデッキに設置した。

度計 (Applied Signals, QA-700-020)、そして 3 軸角速度計 (Systron Donner, QRS11-0050-100) からなる。これらのシステムからは、船体の水平 2 軸の揺れ角成分、船体の 3 軸加速度成分、そして 3 軸角速度成分をそれぞれ測定した。船体の動揺補正システムは超音波風速温度計によって測定された風速成分が船体の動揺によりみかけの風速成分を生むため、これを補正するために用いられた。

3. 結果

図 2 は、OPGA (1 と 3 段目) と CPGA (2 と 4 段目) によって測定された H_2O (青) と CO_2 (赤) のそれぞれ密度とモル分率 (図では密度に換算) の大気乱流変動の 3 分間の測定例である。OPGA の H_2O と CO_2 の各密度変動には逆相関の関係がみられる。接地境界層内において H_2O と CO_2 の密度の鉛直勾配が逆向きに存在していることからこのような逆相関の変動がみられる。つまり、 H_2O の密度は海面に近づくにつれ大きくなるから、上向きの鉛直風速が生じているときには密度が大きくなり、逆に下向きの鉛直風速が生じている

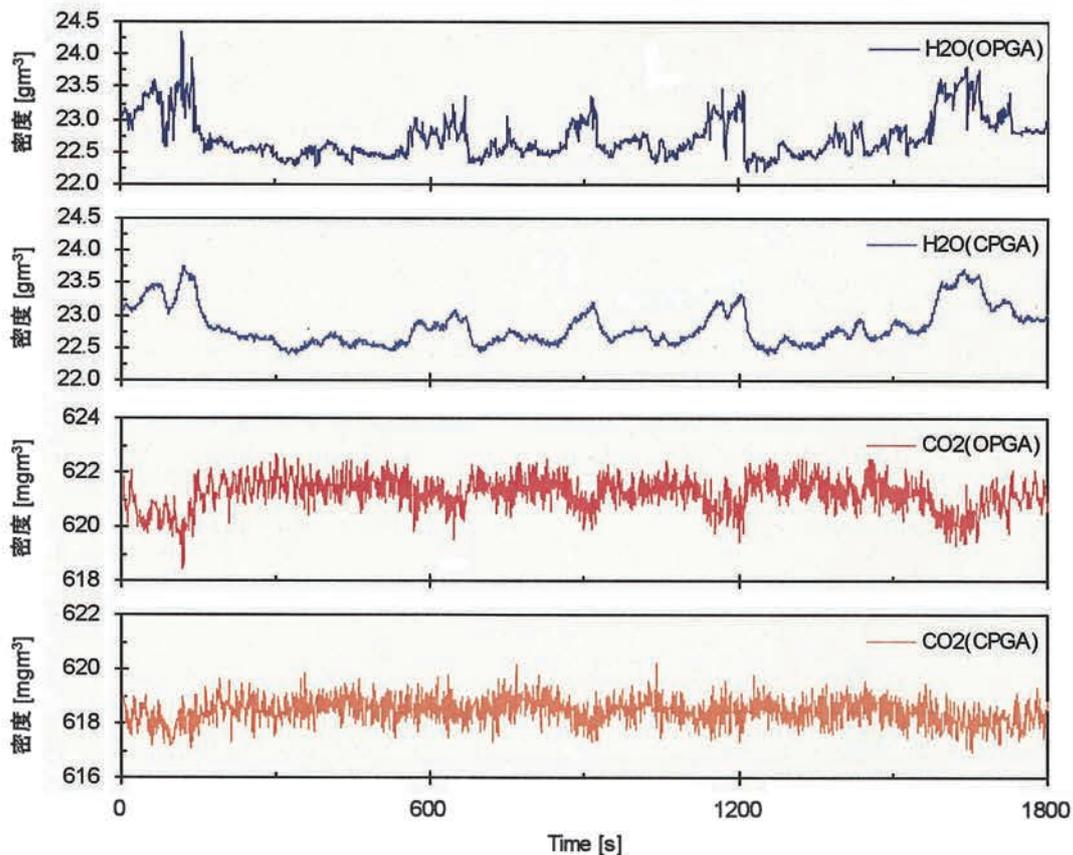


図 2 OPGA と CPGA によって測定された H_2O (青) と CO_2 (赤) のそれぞれ密度とモル分率の大気乱流変動の 3 分間の測定例。CPGA はモル分率から密度へ換算している。

ときには密度が小さくなる、逆に CO_2 の密度は地表面に近づくにつれ小さくなっているため、 H_2O の密度変動とは逆向きに振る舞う。また、CPGA の H_2O 密度変動はサンプルを引き込むことによって測定しているため、OPGA の H_2O 密度変動よりも高周波成分の変動が減衰している様子がみられる。しかしながら全体の変動はよく対応している。一方、CPGA の CO_2 密度変動は OPGA と比べて高周波成分の変動が大きくなっている。この原因は CPGA の分析精度の限界を示している。また全体の CO_2 密度変動は H_2O のように明瞭な変動をしていないため、OPGA では測定可能であったが、サンプルを引き込むことによって測定している CPGA では十分捉えきれない可能性がある。

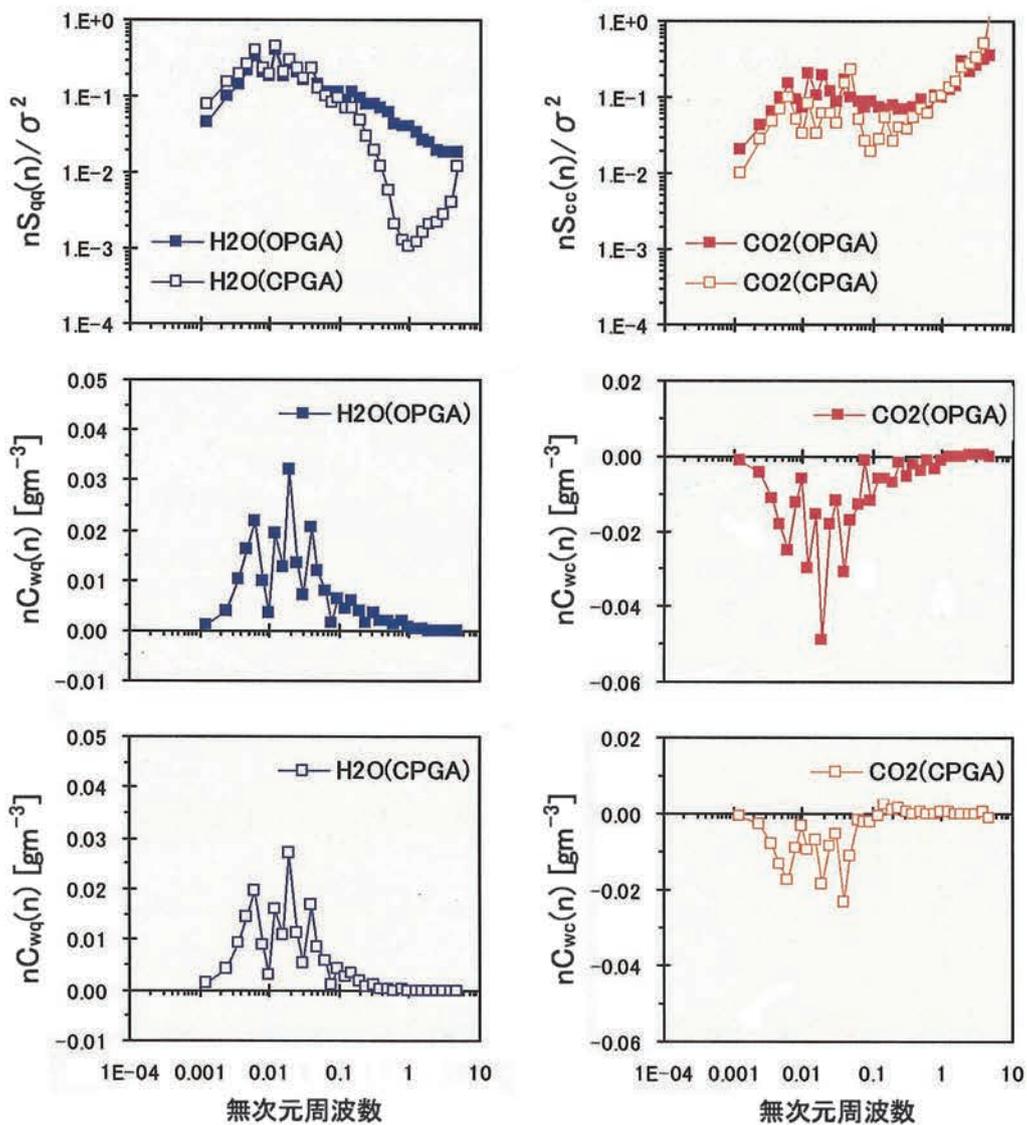


図3 OPGA と CPGA による H_2O (左) と CO_2 (右) のパワースペクトル (上段) と、鉛直風速とのクロススペクトル (中段は OPGA・下段は CPGA) の解析結果。CPGA のクロススペクトルには応答補正がされている。

図3は図2において示した大気乱流変動の測定結果を含めた30分間のデータを用いてスペクトル解析した結果である。H₂OとCO₂の密度変動ともに、0.1Hzより低周波側のOPGAとCPGAのパワースペクトルは相似になっている。つまり、0.1Hz(10秒)より大きな渦によって生じるH₂OとCO₂の密度変動は十分捉えられていることを示している。一方、0.1Hzより高周波側のOPGAのH₂O密度変動は-2/3乗で減衰する慣性小領域がみられたが、CPGAはサンプルの引き込みによる影響によってOPGAより大きく減衰している。また、CO₂の密度変動の0.1Hzより高周波側におけるパワースペクトルはOPGAとCPGAともにホワイトノイズがみられる。また、H₂OよりもCO₂密度変動の方が低周波まで減衰している。

OPGAのH₂OとCO₂密度の鉛直風速変動とのコスペクトル(Y軸の各値とX軸で囲まれた部分の面積は交換量を表している)は全ての周波数領域において相似となり、CO₂の密度変動のパワースペクトルにみられたホワイトノイズの影響はなかった。つまり、OPGAによるH₂OとCO₂の海面交換量に寄与する全ての渦のスケールの変動から海面交換量が評価できていることを示している。一方、CPGAのH₂O密度と鉛直風速変動とのコスペクトルは、パワースペクトルでみられたH₂Oの密度変動の減衰影響がコスペクトルにおいてもみられたが、これまで陸面交換量の補正として適用可能であった補正手法(Kristensen *et al.*, 1997)を海面交換量へ適用すると、OPGAと相似なコスペクトルが得られたことから有効な補正法であることがわかった。しかしながら、CPGAのCO₂密度と鉛直風速変動とのコスペクトルにH₂O密度と鉛直風速変動とのコスペクトルに適用可能であった補正法を適用しても、0.1Hzより高周波側のコスペクトルは減衰したまま(ほぼ零)となり、有効な補正とならなかった。この原因は陸上と比べて海上のCO₂の大気乱流変動が極めて小さいことが原因であると考えられる。これらの結果から、渦相関法によるOPGAとCPGAとの手法間について、H₂Oの海面交換量に差異はほとんどみられなかったが、CPGAのCO₂の海面交換量には過小評価が示唆される。

4. まとめ

本研究では初めて海洋上でOPGAとCPGAを用いた渦相関法によるH₂OとCO₂の海面交換量の比較測定を行った。OPGAは分析部が大気中に暴露しているため、大気中の乱流変動を精度良く直接測定することができるが、CO₂の密度変動を測定するため、海面上のCO₂交換量を評価するうえではWPL補正の影響が極めて大きい。一方、CPGAはCO₂のモル分率変動を測定するためWPL補正を必要としないが、大気サンプルを引きこんで測定する間接測定であるため応答補正を必要とする。これまで陸面で適用可能であった応答補正を海面で適用した結果、H₂Oの海面交換量は適切に補正されたが、CO₂の海面交換量は陸面と比べてCO₂の密度変動が小さいため、有効な補正とはならないことがわかった。

謝辞

本研究は、財団法人八雲環境科学振興財団の平成 20 年度環境研究助成事業一般研究により実施できたものである。ここに記して、深く感謝の意を示します。

参考文献

- Fuehrer, P.L. and C.A. Friehe: Flux corrections revisited. *Boundary-Layer Meteorology*, Vol. 102, pp. 415-457, 2002
- Kondo, F. and O. Tsukamoto: Air-Sea CO₂ Flux by Eddy Covariance Technique in the Equatorial Indian Ocean, *Journal of Oceanography*, The Oceanographic Society of Japan, Vol. 37, pp. 449-456, 2007
- Kristensen, L., Mann, J., Oncley, S.P., and Wyngaard, J.C: How close is close enough when measuring scalar fluxes with displaced sensors?, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 14, pp. 814-821, 1997
- Webb, E.K., G.I. Pearman and R. Leuning: Correlation of flux measurement for density effects due to heat and water vapour transfer, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 106, pp. 85-100, 1980

中国タクラマカン沙漠縁辺の表層・河床堆積物の環境磁気学的研究： 黄砂起源地推定のための基礎的研究

鳥居雅之・*三嶋一徳（岡山理科大学生物地球システム学科，*現：同志社大学大学院数理環境科学専攻），多田隆治・磯崎裕子（東京大学大学院地球惑星科学専攻）

1. はじめに

黄砂は春先に偏西風によって中国大陸方面から運ばれてくる細粒の物質であり，堆積物の粒子サイズでいえば砂ではなく，より細粒なシルトもしくは粘土である．少し前までは春の風物詩とされてきたが，2000年頃からは健康被害や交通障害をもたらす要因と考えられるようになってきた．とくに中国や韓国では深刻な環境問題として認識されている（甲斐，2007）．その一方で，黄砂は太平洋を越えて北米大陸にまで達し，さらに地球を周回することもある（Uno et al., 2009）．その過程で海洋に地殻物質，とくに生物生産に必須な鉄やリンを供給する重要な役割を果たしていることも分かってきた（Martin and Fitzwater, 1988）．

黄砂の発生源は，中国西部タリム（塔里木）盆地とその周辺の乾燥地や，中国北部からモンゴルにかけてのゴビ（戈壁）沙莫にあることを大多数の研究者が認めている（例えば岩坂，2006）．起源地推定のための ESR や同位体分析などの物質科学的研究も多数行われているが，まだデータ蓄積の段階であるように思える．本研究では，環境磁気学的手法で黄砂起源地推定のための基礎的研究に取り組んだ．環境磁気学は，堆積物中の微量・微小な磁性鉱物に着目し，その鉱物種，粒径分布，含有量などから，堆積粒子の起源地や移動過程を推定することを主な目的としている（鳥居，2005）．磁気的手法を用いると，非破壊で迅速な分析が可能となるので，多量の試料を比較的短時間に分析でき，本研究のような広域的な研究には適している．

2. 試料

本研究では，2007年7月に東京大学と中国科学院地球環境研究所の合同チームによって，黄土高原北部からタリム盆地西部に至る往復約 4000 km のルートに沿って採取された約 150 地点の試料のうち，タリム盆地中央部のタクラマカン（塔克拉玛干）沙莫をとりまく 28 地点の試料についてのみ報告する．残りの試料についての結果は，中国側研究者と協同で近い将来に他誌に発表する予定である．

試料は簡単に空中に巻き上げられそうなシルトサイズ以下の細粒な表層堆積物や，干上がった河床堆積物である．ただし，人為的汚染をさけるためできるだけ道路より離れた場所で採集してある．1 地点あたり 10g 前後の試料を 7cm³ の立方体容器にいれ，以下に述べるような種々の磁気的測定を行った．1 部の試料については，数 mg をさらに取り出し，-260°C～700°C までの温度変化にたいする磁性の変化を測定した．

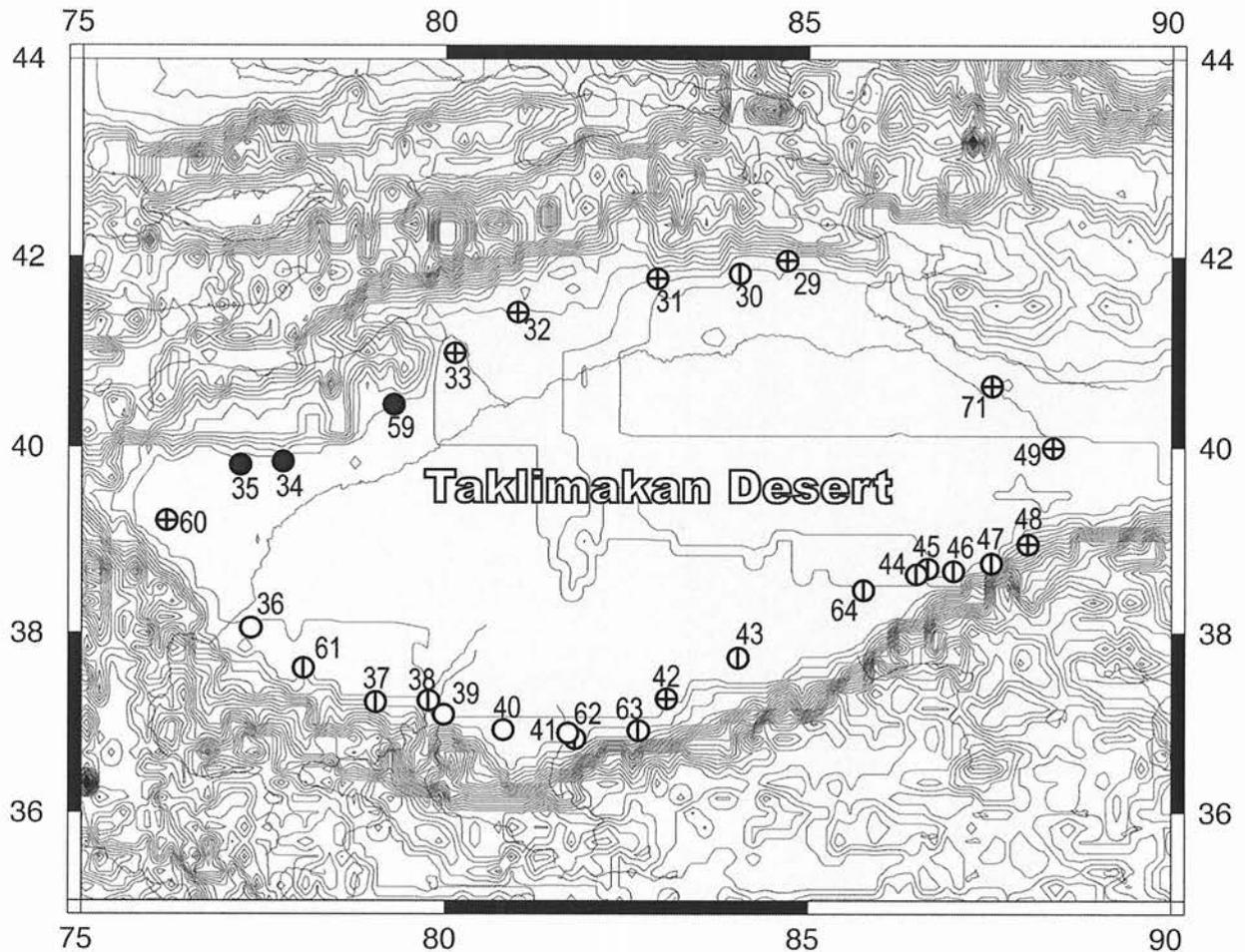


図 1. タクラマカン周辺の試料採取地点. 番号は試料番号(CS29-CS71)に対応. 各記号の意味は本文 4 節で説明している. 外枠の数字は緯度 (北緯) と経度 (東経) をそれぞれ示している. 地形図は Online Map Creation (<http://www.aquarius.geomar.de>)で作成した.

3. 分析方法

本研究では以下の磁気的パラメータを測定した. それらは(1)初磁化率 (χ) と(2)その周波数依存性 (χ_{fd}), (3)非履歴性残留磁化率 (χ_{ARM}), (4)等温残留磁化(IRM)と(5)飽和等温残留磁化(SIRM), (6)磁気ヒステリシス (飽和磁化(M_s), 飽和残留磁化(M_{rs}), 保磁力(B_c)および残留保磁力(B_{cr})), (7)高温磁気特性および(8)低温磁気特性である.

これらのパラメータは, それぞれ単独で試料中に含まれている磁性鉱物の量や鉱物種などについての情報を与えてくれるが, 複数を組み合わせることでより示唆に富む複合パラメータとなる. 試料中の磁性鉱物種の推定には IRM(0.3T)と SIRM を組み合わせた $S_{0.3T}$ と HIRM を用いた. これらと, 一部の試料について的高温磁気測定と低温磁気測定の結果を組み合わせることで, 微量しか含まれていない磁性鉱物であっても, 多数の試料を限られた時間内に分析することが可能となる.

また、磁性鉱物の平均粒径の推定には、初磁化率の周波数依存性 (χ_{fd})、非履歴性残留磁化率と初磁化率の比 (χ_{ARM}/χ)、および飽和残留磁化と飽和磁化の比 (Mrs/Ms) を用いた。この方法は試料中に多数含まれている磁性鉱物の平均的な粒径を相対的に示すことができ、数 10nm ~ 数 100 μ m の幅広い粒径分布に対応している。これらのパラメータの具体的な測定方法や解釈の詳細については誌面の都合で省略するので、鳥居(2008)などを参照されたい。

4. 結果と議論

試料中の磁性鉱物種の推定結果について述べる。全試料の $S_{0.3T}$ の値は、0.67~0.99 と非常に幅広い分布を示している。 $S_{0.3T}$ は簡単に言えば、試料の磁化のうちマグネタイト (Fe_3O_4) によって担われている磁化の割合を示している。日本のような火山国では、ほとんどの堆積物で 0.95 以上の値を示すのが普通である。もし、0.9 以下ならば、マグネタイトより高保磁力の磁性鉱物 (例えばヘマタイト (Fe_2O_3) やピロータイト (Fe_7S_8) など) が、かなり多量 (重量比) に含まれていると考えなければならない。

$S_{0.3T}$ の示す中が非常に大きいことに注目して、これに対する他のパラメータの変化を図 2 にまとめて示した。図 2a は初磁化率 (χ)、つまり誘導磁化の値であり、図 2b は飽和等温残留磁化 (SIRM)、つまり残留磁化の値である。これらはいずれも $S_{0.3T}$ の変化に対してはっきりした相関を示していない。ただし、第 41 地点の試料は χ も SIRM も他の試料と全く異なる値を示している。また、第 34, 35, 59 の 3 地点の試料は、他の試料とは傾向が異なっていることも分かる。さらに、 $S_{0.3T}$ にたいする χ_{ARM}/χ (平均粒径) を示している図 2c を見ると、きれいな逆相関が認められる。 χ_{ARM}/χ の値は小さいほど平均粒径が大きいことを意味しているので、マグネタイトの含有量が多い試料では、その平均粒径も大きいと解釈できる。図 2a, b で異常値を示している第 41 地点の χ_{ARM}/χ の値は最も小さい (平均粒径大)。このことから、この試料中には人工的な磁性体 (鉄製品の細片など) が含まれている可能性が高い。また、第 34, 35, 59 の 3 地点の試料中の磁性鉱物の平均粒径は小さいことが予想されるが、マグネタイト以外の磁性鉱物の含有量が多い (重量比では数 100 倍) と推定されるので、「平均粒径」という考え方を機械的に適用していいのかどうか、さらに検討が必要である。

次に、磁性鉱物の平均粒径を示す χ_{ARM}/χ と他のパラメータの関係を見てみる。図 2d は同じく平均粒径を示す初磁化率の周波数依存性 (χ_{fd}) である。両者の間にはきれいな正の相関が見られる。また図 2e でも、平均粒径に関係する Mrs/Ms との間に明瞭な正の相関を示している。つまり、互いに独立な方法で推定した平均粒径が矛盾していないことが分かる。

図 2f は、 χ_{ARM}/χ にたいする保磁力の大きな磁性鉱物によって担われている磁化の絶対値 (HIRM) との関係を示している。一般的な傾向として、平均粒径が小さいほど高保磁力成分が増えていることが分かる。この事実から、高保磁力成分の平均粒径が小さいのではないかと推定もできる。しかし、高保磁力成分が増えるに従って、マグネタイトの平均粒径が小さくなっていくという解釈も可能であり、より定量的な分析を行わないと簡単に結論は導けない。

$S_{0.3T}$ にたいする図 2a, b, c で, 第 34, 35, 59 の 3 地点の試料が特異的であると指摘したが, 図 2d, e, f でもこの 3 地点の試料は他の試料とは異なっているように見える. また, 第 48 地点の試料は第 35 地点と似た挙動を示している.

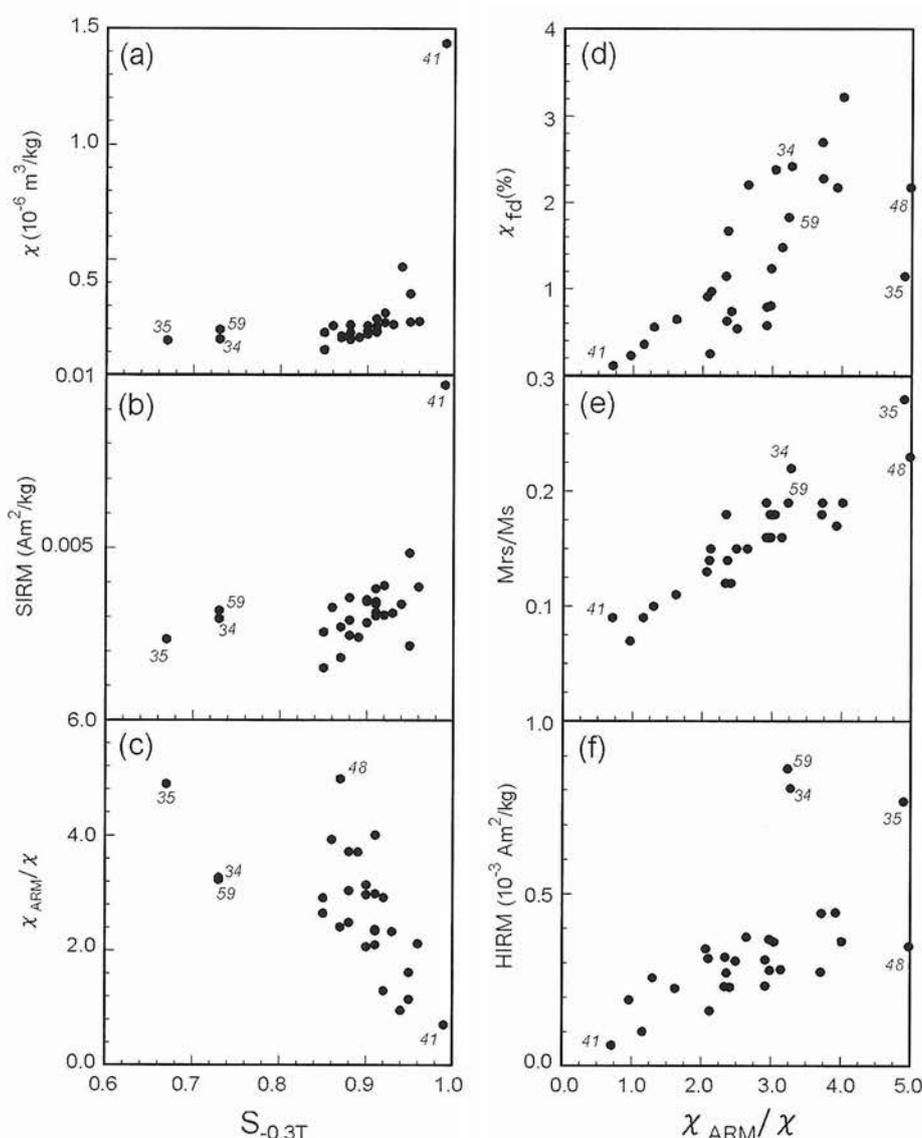


図 2. (a)~(c) : $S_{0.3T}$ に対する磁化率 (χ), 飽和等温残留磁化(SIRM)および非履歴性残留磁化率に対する初磁化率の比 (χ_{ARM}/χ). (d)~(f) : χ_{ARM}/χ に対する初磁化率の周波数依存性 (χ_{fd}), 飽和残留磁化に対する飽和磁化の比 (Mrs/Ms) および HIRM. 特異的なデータは地点番号を示している.

$S_{0.3T}$ の地域的な分布を検討してみる. 図 1 の試料採取地点図の記号は, $S_{0.3T}$ の大きさで区別してある. 白丸は $S_{0.3T} \geq 0.95$, 白丸に縦線は $0.95 > S_{0.3T} \geq 0.90$, 白丸に十字は $0.90 > S_{0.3T} \geq 0.85$, 黒丸は $0.85 > S_{0.3T}$ を意味している. 図から $S_{0.3T}$ の地域的な分布には明瞭な特徴が見られる. タクラマカン沙漠の南縁の試料は $S_{0.3T}$ の値が 0.9 以上のものがほとんどである. つまり, これらの試料中にはマグネタイトが卓越していると推定できる. 対称的に北縁の地点の試料中には, マグネタイト以外の高保磁力成分が多いことが推定できる. とくに北西部の第 34, 35, 59 の 3 地点は異常とも言えるくらい高保磁力成分に富んでいると考えられる.

タクラマカン沙漠の南縁は崑崙山脈である。崑崙山脈の西部は原生代の花崗岩類が露出している（例えば Derry, 1980）。一般に花崗岩類中には粗粒なマグネタイトが多く含まれている。従って、これら花崗岩類を多く含む崖錐に近い場所の南西部の表層・河床堆積物中には、粗粒なマグネタイトが多量に含まれていると考えるのは合理的である。一方、崑崙山脈の東部は同じく原生代ではあるが堆積岩が卓越している。従って、その裾野に形成された表層・河床堆積物中のマグネタイトが、西部に比べて少なくかつ細粒であるのも理解しやすい。

一方、タクラマカン沙漠の北縁は天山山脈である。天山山脈の地質は古生代の堆積岩が大部分である（Derry, 1980）。また、試料採取地点は南縁部のそれと比較して、山麓よりやや離れている。そのため、試料採取地点の表層・河床堆積物中のマグネタイトはより少なく、かつ細粒となっていると考えられる。ただし、第 34, 35, 59 の 3 地点については、近隣の地質をより詳しく検討する必要がある。例えばヘマタイトが卓越する赤色砂岩層などが分布しているのかもしれない。これは今後の中国側との共同研究のテーマとなるだろう。

黄砂との関係を考える上では、黄土高原に堆積している黄土との比較が重要である。図 3 は Bcr/Bc に対して Mrs/Ms を両対数グラフで示したもので、Day plot (Day et al., 1977) と呼ばれている。Day plot を用いると、磁気ヒステリシスのデータに基づいて磁性鉱物の磁区構造（平均粒径に対応）を推定できる。今回得られた結果は黒丸で示してある。白三角で示したのは、Torii et al. (2001)によって得られたタクラマカン沙漠内部の砂のデータである。また、実線はタクラマカン沙漠の砂と黄土の平均的トレンドを示している。Day plot では、図の右上にデータがあるほど磁性鉱物は細粒であると推定される。図 3 によれば、今回分析した表層・河床堆積物中の磁性鉱物は、沙漠内部の砂に含まれる磁性鉱物よりは明らかに細粒であると考えられる。これは、今回の試料がシルト～粘土サイズであることから、当然の結論である。同時に、黄土試料のトレンドとも一致することは、タクラマカン沙漠内部の砂と同じく、周辺の表層・河床堆積物も黄土の起源物質となり得ると考えても良さそうである。

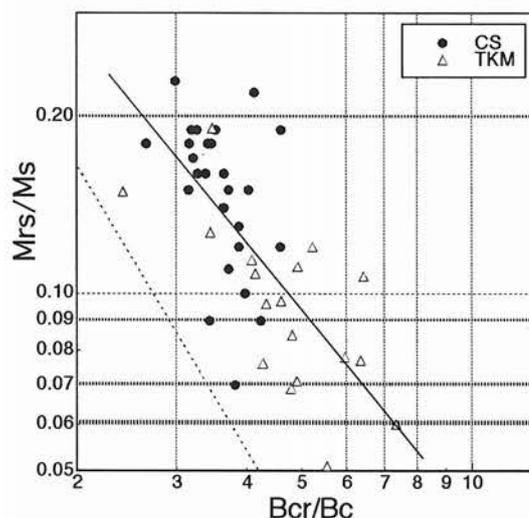


図 3. 対数 Day plot に示した表層・河床堆積物 (●) とタクラマカン沙漠の砂 (△: Torii et al., 2001).

タクラマカン沙漠で発生した砂嵐（沙塵暴：楊他，2003）は，黄土高原に細粒物質を供給し，そこからさらに上昇気流に巻き上げられて偏西風に乗って東に運ばれて黄砂となるのだろう．今回のデータは，タクラマカン沙漠周辺の表層・河床堆積物が黄土と黄砂の起源物質であると考へても矛盾しない結論となった．同時に黄土中に含まれている高保磁力成分の起源について，今後の研究の方向性を示すことができたと考えられる．

5. 謝辞

本研究で分析した試料は，中国科学院地球環境研究所（西安）の孫有斌博士の同意に基づき提供されたものである．熱磁気分析と磁気ヒステリシス分析は，同志社大学理工学部の林田明教授と福間浩司博士の好意によって行うことができた．分析のための費用の一部は，八雲環境科学振興財団の平成20年度環境研究助成から援助を受けた．以上の方々と組織に深く感謝いたします．

6. 引用文献

- Day, R., M. Fuller, and V. A. Schmidt, Hysteresis properties of titanomagnetites: grain-size and compositional dependence, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **13**, 260-267, 1977.
- Derry, D. R., World atlas of geology and mineral deposits, Mining Journal Books Ltd., London, pp.110, 1980.
- 岩坂泰信, 黄砂 その謎を追う, 紀伊国屋書店, pp.228, 2006.
- 甲斐憲次, 黄砂の科学, 成山堂, pp.146, 2007.
- Martin, J. H. and S. E. Fitzwater, Iron deficiency limits phytoplankton growth in the north-east Pacific subarctic, *Nature*, **331**, 341-343, 1988.
- 鳥居雅之, 環境磁気学-レビュー-, *地学雑誌*, **114**, 284-295, 2005.
- 鳥居雅之, 環境磁気学：堆積物中の磁性鉱物が示す環境変動, *まぐね*, **3**, 324-333, 2008.
- Torii, M., T.-Q. Lee, K. Fukuma, T. Mishima, T. Yamazaki, H. Oda, and N. Ishikawa, Mineral magnetic study of the Taklimakan desert sands and its relevance to the Chinese loess, *Geophys. J. Int.*, **146**, 416-424, 2001.
- Uno, I., K. Eguchi, K. Yumimoto, T. Takemura, A. Shimizu, M. Uematsu, Z.-Y. Liu, Z.-F. Wang, Y. Hara, and N. Sugimoto, Asian dust transported one full circuit around the globe, *Nature Geosci.*, **2**, 557—560, 2009.
- 楊德保・尚可政・王式功, 沙塵暴, 氣象出版社, 北京, pp.181, 2003.

循環型社会の構築に向けた小売企業向け取り組みガイドラインの策定に関する研究

吉備国際大学・環境経営学科 小田淳子

鳥取環境大学・環境マネジメント学科 荒田鉄二

1. はじめに

研究の背景

現代社会において、企業はより永続的な存在となることを目指すため、経済的な利益を上げることのみならず、CSR（企業の社会的責任）として環境配慮の取り組みが求められている。製造企業では環境負荷の把握と負荷削減に向けた環境対策の取り組みが進められているが、小売企業は製造企業に比べて取り組みの日がまだ浅い。特に一般消費者と日常的に接する機会の多いスーパーマーケット（SM）では、環境マネジメントシステムの導入など活動に熱心な企業は一部の大手企業や生活協同組合に限られ、企業規模による環境対応の差が指摘されている。

SMはメーカー、取引側の問屋、消費者をつなぐ流通企業の立場にあり、経営活動が地域の消費者のライフスタイルに与える影響は大きい²⁾。SMが環境対応を考える際、日々の事業活動で発生する直接的な環境負荷（店舗・事務所における電気・水・紙の使用とゴミの排出削減等）にまず目を向けがちである。しかしながら、SMの環境対応には、社会全体の環境負荷を削減するために小売企業として何ができるかという視点が重要であり、製品の開発・仕入れ・販売等の事業活動を通じて地域社会全体に波及効果をもたらすような取り組みを検討すべきであろう。SMは、製造業等の商品供給側に対しては環境配慮型の商品の開発・供給を働きかけ、消費者側に対しては環境配慮型の購買行動を働きかけること、また、地域におけるリサイクルの拠点となることを通じて、地域社会全体を循環型の持続可能なものとしていく上で大きな役割を果たし得る立場にあり、率先した取り組みが期待される。

岡山県内に店舗を構える小売企業（SMを対象）に焦点をあてると、ホームページや環境報告書などを通して環境対応を公表している企業は数少なく、環境取り組みの方針や環境配慮活動の実態は明らかでない。岡山県の循環型社会推進に向けて、持続ある消費社会を進める上では、地域の要となるSMに対して、小売りの本業に根ざした適切な

取り組みガイドラインが必要と考えられる。

研究の目的

本研究では、岡山県内の小売企業に向けた環境配慮取り組みガイドライン策定のための基礎的資料を得ることを目的として、岡山県内小売企業と先進的に取り組む県外小売企業を対象に、環境配慮活動に関する調査を行い、取り組みの実状を評価した。県内小売企業の調査では、書面と店頭で調査を行うとともに聞き取り調査を実施した。先進的取り組みを行う県外の小売企業を選定し、聞き取り調査と店舗の現地調査により、小売の本業として取り組むべき環境配慮活動を分析した。加えて、社会全体で環境にやさしい購買行動を推進するためには、消費者の側が小売企業にどのような取り組みを求めているのかを把握する必要がある。そこで消費者に質問紙調査を行い、商品購入・消費・廃棄に関して環境配慮行動を行う上で、小売りに求める項目、妨げになると考えている要因をまとめることにした。

2. 実施方法

2.1 岡山県内小売企業の環境配慮取り組み調査

2.1.1 エコ事業所認定店の環境配慮取り組み

岡山県では環境配慮に取り組む企業・小売店をエコ事業所として認定する制度（岡山エコ事業所認定制度）を設けている。そこで、小売店の環境配慮取り組みを評価する指標として認定基準項目に着目し、認定全小売店148店舗（2007年4月現在）を対象に調査票を送付し、認定届け時に提出した認定基準項目に関する回答を求めた。

2.1.2 環境配慮取り組みの店頭調査

認定小売店のうち経営グループと地域性を考慮して49店舗を抽出し、これにエコ事業所認定を受けていない小売店11店舗を加えて60店舗を対象に、エコ事業所認定項目に対応する環境配慮取り組みを店頭で調査した。調査項目は環境配慮商品（詰め替えおよび再生品）の販売・表示、野菜等3品目の容器形態別取扱状況、容器包装類の店頭回収・掲示状況であった。

2.1.3 小売企業の聞き取り調査

岡山県内に店舗を有する小売企業で 12 店舗以上を運営する 9 社を調査対象にした。調査対象の営業地域別の分類を図 1 に示す。2008 年 8 月～2009 年 2 月に小売企業の各本部を訪問し、グループ全体の環境取り組みに関して、環境担当者に直接面談方式による聞き取り調査を行った。調査項目は、①外部（消費者）に向けた環境関連の取り組みを主体とし、②環境に関する経営方針、③内部向け（小売企業自身）の環境関連の取り組み（店舗の排出量負荷低減、環境関連法令の遵守事項）、④現在、重点的に進めていることおよび課題であった。大手小売企業（I）は店舗訪問も行い、取り組みの現場を視察した。

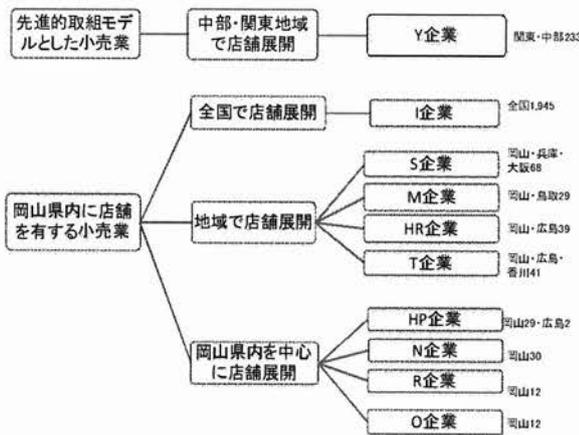


図 1. 環境取り組み調査の対象企業

2.2 先進的取り組みを行う小売企業の聞き取り調査

中部関東地域に 233 店舗を展開する Y 企業は環境マネジメントシステムを導入し、先進的な環境配慮活動を行っている^{3,4)}。2008 年 8 月～10 月に環境担当者と面談し、グループ全体の環境取り組みに関する聞き取り調査を行うとともに、代表的店舗の視察を行い取り組み現場を調査した。

2.3 消費者の求める小売企業の環境配慮取組み

2008 年 7 月 26 日開催の環境イベント「晴れの国フォーラム」の参加者および 2008 年 7 月 24 日に開催された（社）岡山県婦人協議会の役員会参加者を通じて同会員に質問紙を配布した。回収した回答者は環境イベント 179 名、岡山婦人協議会 269 名で、性別および年齢を確認できた回答者を分析対象とした。調査項目は過去の調査報告⁵⁾を参考にして作成し、大きく 2 つの項目群から構成

される。2 つの項目群にはいずれも具体的な意見が書ける自由記述欄を設けた。第 1 は、「消費者が小売店や製造業者に求める取組み」に対する 12 項目である。環境配慮商品 5、環境情報 2、簡易包装 4、店頭回収 1 の質問数を設定し、「大変重要である、やや重要である、あまり重要でない、わからない」の 4 段階の選択枝で回答を求めた。第 2 は、「消費者が日常の買い物で、環境に配慮した行動をとりにくい・環境に配慮した行動の妨げとなっていること」に対する 11 項目である。環境配慮商品 5、環境情報 4、簡易包装 2 の質問数を設定し、「全くそう思う、そう思う、思わない、わからない」の 4 段階の選択枝で回答を求めた。

3. 結果

3.1 岡山県内小売企業の環境配慮取組み

3.1.1 取り組みの設定項目

岡山エコ事業所認定小売店 148 店舗のうち 108 店舗（74%）から回答があった。各店舗とも 9～11 項目の認定基準を取り組み項目に設定しており、必須項目となる①再生品の販売・促進と②関連法令の遵守のほかに、③詰め替え商品の販売、④店頭回収の実施、⑤簡易包装などによる包装材の削減、⑥計り売り・ばら売りの実施、⑦廃棄物の減量化に関する取り組みが回答店舗の 96～100%を占めた。再生品の販売実績の公表（14%）、エコ製品の普及への協力（4%）、リターナブル容器商品の販売（3-4 割）の取り組み率は低かった。

3.1.2 取り組みに関する店頭調査結果

調査項目のうち、詰め替え（シャンプー、リンス、ボディソープ）及び再生品（トレットペーパー、ティッシュペーパー）の販売銘柄数に関する調査結果を図 2 に示す。ボディソープのみが取扱銘柄数の半数以上を環境配慮商品で占めたほかは取扱比率が高いといえず、エコ事業所認定の有無に関係なく商品の取扱傾向が類似した。ばら売りの行われる 3 品目（リンゴ、ニンジン、トマト）について販売形態別（ばら売り、トレイ又はパック入り、袋入り）の銘柄数をしらべた結果、リンゴのばら売り・はだか売りを半数銘柄以上そろえた店舗は認定店 83%、認定外店 73%で高いが、ニンジンは袋入り、トマトはトレイ・パック売りが主流であった。容器包装類の店頭回収は調査した認定店の 84%、認定外店の 64%で実施していた。回収品目はトレイ、牛乳パック、PET ボトルが主体で、この 3 品目全てを取り扱う店舗の比率は認定店が認定外店よりやや高かった。

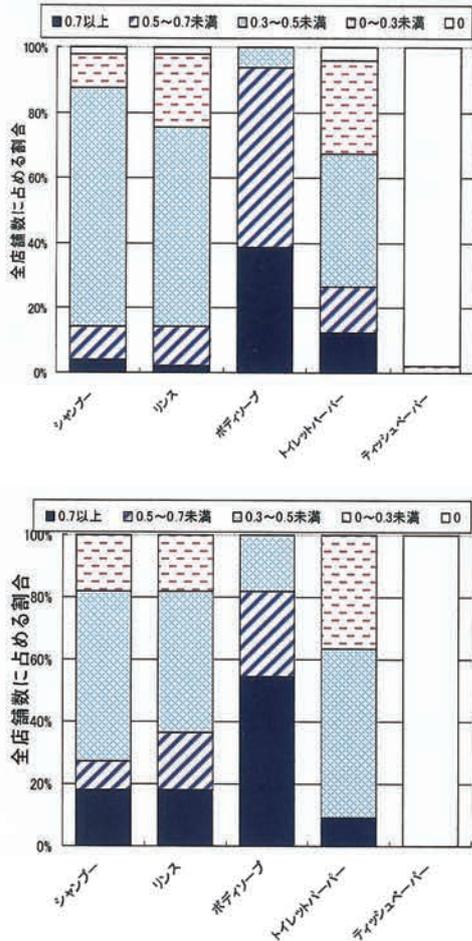


図2. 商品数に占める詰め替え・再生品の取扱い割合
(上段：認定小売店，下段：認定外小売店)

3.1.3 企業の聞き取り調査

(1) 外部（消費者）に向けた環境配慮活動

県内小売業9社の外部向け環境配慮活動に関する聞き取り結果を表1に示す。I企業は全国展開の大手小売企業で、経営理念の第一に掲げる項目は「地域貢献・社会貢献の積極的推進」である⁶⁾。外部向け活動では、レジ袋対応、環境配慮商品の開発・販売、容器包装類の店頭回収とリサイクル化、環境教育・環境学習、環境情報の開示など多岐にわたっており、関東地区のエコストア2店の現地調査から具体的な取り組みが確認された。県内9企業の全てで挙げられた取り組みはレジ袋削減と容器包装類の店頭回収であり、現時点で環境配慮活動の代表的な項目と捉えることができる。環境配慮商品の販売を挙げた4企業があったが、商品を限定すること、できるところからするなど、消極的な回答がみられた。「環境対応は環境法令の遵守で精一杯」とコメントした企業もあった。

表1. 岡山県内小売企業の消費者向け環境配慮活動

No.	企業名	外部（消費者）向けの環境配慮取組み
1	I企業	レジ袋（マイバッグ・マイバスケット、スタンプカード、有料化店の拡大）、環境配慮商品（ブランド製品の開発・販売、衣類他リサイクル製品の取扱い推進、フェアトレードやMSC認証・省エネ型など環境配慮項目が製品に“見える化”の表示取組み）、簡易包装（環境プロジェクトの取組）、店頭回収（トレイ、アルミ缶、PETに紙パック、バイオマス包装資材など多種類の回収）、リサイクル（不要衣料品の回収BOX設置、再商品化）、環境教育・環境学習（店内の環境取組学習）、環境情報の開示（環境配慮施設・設備の紹介、企業の環境取組のパネルや情報機器の設置）。
2	S企業	レジ袋等削減（デニムエコバッグ販売）、店頭回収（トレイ・PETは納入業者で、牛乳パックは物流便で収集）、配慮商品（以前にエコティッシュ取扱）、店内ベンチにリサイクル製品利用。
3	M企業	レジ袋削減（マイバッグ持参ポスター、ポイント加算）、リサイクルトレイの利用、店頭回収（市に協力する店頭回収場所と品目数の確保）。
4	HR企業	レジ袋削減（ポイント加算、袋の薄肉化、有料化の選択枝は検討）、店頭回収（トレイ、牛乳パック、PET、缶は部流センターの粘りピンで拠点収集。トレイはリサイクルに回るが、他は不明）。
5	T企業	レジ袋削減（マイバッグ販売、ポイント加算）、店頭回収、環境配慮商品（再生品・エコマーク商品の販売）、包装の簡易化（重宝ギフトの販売）。
6	HP企業	レジ袋削減（ポイント加算、一部で有料化店）、店頭回収（行政回収のない地域でのPET回収、新トレイ納入業者が使用済トレイを一手に回収。透明トレイの試験的回収。回収箱の表示は不十分）、環境配慮商品（特に再生トイレットペーパー取扱い）、バラ売りは出来ることからする。
7	N企業	レジ袋削減（マイバッグ、スタンプ加算）、再生品販売・バラ売り（エコ事業所認定項目）、店頭回収（トレイ・牛乳パック他）。
8	R企業	レジ袋削減（ポイント加算、レジに不要カード設置、社員向けにレジ袋削減運動の参加宣言）、店頭回収（透明トレイ）の検討。
9	O企業	レジ袋削減（マイバッグ運動）、環境配慮商品（品目の拡大、普及キャンペーン）、グリーン購入推進、リサイクル活動（飲料紙パック、発砲・透明トレイ、PET、トイレットペーパー外箱、ジッパー内袋、卵パックの回収）。

(2) 環境方針等

調査対象企業の環境方針等の作成に関する調査結果を表2に示す。岡山県内にある小売企業で環境方針を明確化・公表しているところは、全国規模のI企業（ISO14001）と県内に店舗展開するO企業（自社の環境マネジメントシステム）のみであった。自社の行動指針（T企業）、親会社の環境マネジメントシステム（R企業）を定めているが公表していない小売企業があった。M企業では、ISO14001の導入を検討したものの取り扱い品目が多く仕入れ先も日々変わるため、SM小売業種には馴染まないとして導入を断念していた。

(3) 環境担当の部署

企業経営には環境関連の法令遵守に対応が求められる。環境部署を設置し専任の担当者を定めている小売企業はI企業とO企業のみで、担当者の業務の一部に取り組んでいるところが多かった。企業によって、環境関係の業務のうち店舗設備に関しては「開発」、それ以外は「店舗運営部」というように部署を分ける場合があり、環境負荷量さえ把握できていない企業があった。

3.2 先進的な企業の環境配慮取り組み

環境配慮活動の先進的なモデルにしたY小売企業に対する聞き取り、現地調査、環境報告書およびホームページ情報を整理し、区分ごとの取り組み項目を表3に示す。

表3. 先進的な環境配慮活動の事例（Y企業）

取り組み区分	取り組み項目
外部向け（消費者）の取り組み [環境配慮活動]	<ul style="list-style-type: none"> 環境配慮商品（開発、品揃え、販売促進） レジ袋（マイバッグ、薄肉化、有料化） 店頭回収品目の拡大（容器包装類、衣類） 環境教育・環境学習 環境情報の開示
環境に関する方針	<ul style="list-style-type: none"> 環境目標の設定 環境マネジメントシステムの導入 環境報告書の作成 環境担当の責任者・部署の明確化
内部向け（小売業自身）の取り組み [法令遵守] [環境負荷低減]	<ul style="list-style-type: none"> 店舗・施設の運営に関すること <ul style="list-style-type: none"> 省エネルギー（電気・水道・ガス） 燃料（軽油）の削減 包装資材の使用削減 店内から排出する廃棄物 <ul style="list-style-type: none"> 分別収集と表示の徹底 排出重量の測定とデータ集約化 食品廃棄物のリサイクルループ 容器包装類のリサイクル バイオマスプラスチック容器の利用 物流システム <ul style="list-style-type: none"> 商品配送カート、通い箱の利用 配送の効率化、負荷低減車両
その他、外部向けの環境活動	<ul style="list-style-type: none"> 地域環境活動 温暖化防止活動 エコファースト制度

3.2.1 外部（消費者）向けの環境配慮活動

環境配慮商品：オリジナル商品「eco!on」（リサイクルショッピングバッグ、紳士用衣類等5種類）の開発と販売に加え、毎年の地域のグリーン購入キャンペーンに協力して、環境ラベル商品やバイオマス容器商品を購入するとエコ商品がプレゼントされる取り組みを行っている。

レジ袋：レジ袋有料化のキャンペーンでオリジナルマイバッグの提供やレジ袋辞退者にスタンプカードの押印、カードのポイントで割引やマイバッグとの交換を進める。エコバスケットの販売、マイバッグの品揃えを図り、レジ袋を回収して再生したレジ袋の使用を行う。レジ袋を有料化した店舗では、地域外から来る消費者も含めマイバッグ持参率は93%と報告されている³⁾。

店頭回収品目の拡大：消費者が排出するゴミには商品購入で持ち帰る容器包装類の占める割合が大きい。そこで各店舗は牛乳パック、発泡スチロー

ルトレイ、アルミ缶、PETボトルのほかに使用済みレジ袋やバイオマスプラスチック容器を回収し、再生利用した製品を販売や店内備品に使用している。特異な取り組みでは男性スーツ類・女性スーツ類の引き取り企画があり、自動車内装用フェルトにリサイクルされている。家電品リサイクル券の取り扱いもっており、消費者のリサイクル意識を図るねらいがある。

環境学習：店舗、NPO、一般消費者、本部が協力してグリーンコンシューマー育成プログラムを行っている。例えば、独自の環境フェアを開催し、環境紙芝居や環境クイズ等への参加、地産地消商品の購入、公共交通機関の来店などで、expo エコマネーの発行やグリーン購入によるポイント付加を行う。店舗独自では子供向けの環境学習プログラムを提供し、店舗内で環境にやさしい買い物、バックヤードにおける環境活動（廃棄物分類倉庫・ゴミ分別の表示、リサイクルステーション）の見学ツアー、エコクッキングなどを行う。地元NPOと企業との環境学習も取り入れている。

環境情報：店舗内に環境の取り組みを紹介するポスター掲示を行い、リサイクルステーションでは店頭回収容器の回収量データやリサイクルされた製品の展示を行う。これまでの取り組みや新たな環境フェアの企画を環境レポートやホームページで公開し、また子供環境レポートを作成して環境学習に活用している。

3.2.2 環境に関する方針

企業の環境活動を円滑に機能させるため、Y企業は専門部署（環境社会貢献部）を設置し、環境方針・環境目標の設定、環境マネジメントシステムの導入による運用、有効に機能しているかどうかの自己点検（内部監査）を行っている。環境方針5項目の第1に、「総合小売業として環境負荷の少ない安全安心な商品及びサービスに努めます」を挙げ、次いで「全従業員が環境問題に関心を持ち、『環境活動・環境教育』を通じて汚染の予防及び継続的な改善に努めます」としている（表2）。環境担当者から、「自社の社会的貢献とは消費者にとって環境にやさしい行動をとらせることが責務である」という説明があった。

3.2.3 内部向けの取り組み

小売り企業の環境問題への対応として、度重なる改正が行われた環境法令の遵守と事業活動に伴う排出物の環境負荷低減が必要不可欠である。関連法令には、改正容器包装リサイクル法（2007

年に小売業の排出抑制促進の事項を定める),改正食品リサイクル法(2007年に食品小売業のリサイクル率目標値 45%と定期報告を義務づける),省エネ法・地球温暖化対策推進法(2009年4月改正で法対象となる)がある。

店舗・施設運営:店舗で使用するエネルギー,商品物流の燃料,包装資材に対し毎年削減目標値を設定して,店舗毎に達成度を評価している。省エネ型の空調機・冷蔵ケース等の設備導入だけでなく,バックヤード全体にこまめな消灯を義務づけるなど(消灯・常灯のカードを吊り下げる),従業員の環境配慮取り組みに努めている。

店舗から排出する廃棄物:販売営業に伴う店舗排出ゴミ(段ボール,紙類,廃プラ,ピン・缶類,生ゴミ)の量的把握とリサイクル化を進めるため,テナントを含む店舗全体に排出物分別方式を導入している。各店舗で19分類された排出物を重量測定システムにより計量し,データを本部に集約する(図3)。毎月の排出量データを各店舗にフィードバックし従業員に周知することで,店舗全体の環境取り組みを進めている。環境報告書に年間排出量を記載し取組状況を情報提供している。

食品廃棄物のリサイクル:店舗から出る食品廃棄物に,生鮮食品の調理くず,魚介類の調理くずや内臓,飲食の食べ残しや賞味期限切れ,食品廃油,天かすがある。改正食品リサイクル法遵守に向けたリサイクル率の目標値40%を達成するため,各地の店舗でリサイクルループを構築している(図4)。このループを利用して,農業生産者と消費者の交流,農業生産者間あるいは農業生産者と事業者との情報交換,こどもの収穫体験による環境教育が行われている。食品リサイクルの取り組みは環境省が進める『エコ・ファーストの約束』(環境先進企業としての地球環境保全の取組み)に認定されている。

容器包装類の再利用等:各店舗のリサイクルボックスで回収された使用済み容器包装類は商品物流便の帰りを利用してリサイクルセンターに集約されたのち,店舗毎に重量計測して圧縮したものを品目別にリサイクル工場で再生処理する。計量データは本部にフィードバックされる。プラスチック容器はSMのセルフ販売に欠かせないものであるため,持続可能原料の考え方からバイオマスプラスチック容器(卵・野菜用)の使用に取り組み,使用済みも店頭回収してリサイクルを行う。



図3. 排出ゴミの分別表示(左)と重量測定(右)

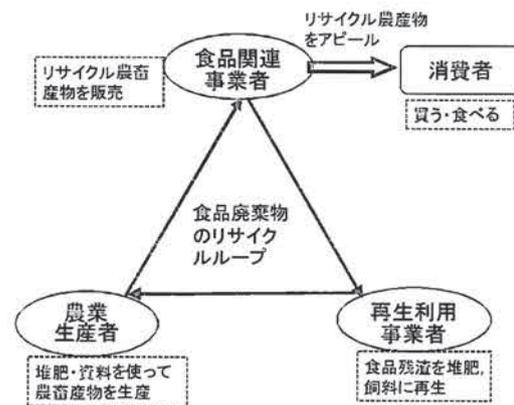


図4. 食品廃棄物のリサイクルループ

3.2.4 その他の外部向け活動

地域環境活動では,市民との協働でレジ袋削減活動を行い,店舗前庭に記念植樹(レジ袋の森)をしている。同地に夜間照明電力用のソーラー発電機も設置した。温暖化防止活動では,商品売り上げの一部を森林作りのための「緑の募金」に寄贈する企画をした。社会貢献活動では,子ども図書館,農業体験,夏休み自然体験などに取り組んでいる。

3.3 消費者の要求する小売企業の環境と取り組み

3.3.1 回答者の属性

有効回答者370名(男19%,女81%)の属性を表4に示す。環境への関心度について,イベント参加者およびNPO会員の94~95%が「ある」と答えており,商品購入時に環境のことを、「いつ

も、だいたい」考える人は、イベント参加者、NPO 会員ともに 80%を超えていた。

3.3.2 小売業・製造業に求める取り組み

小売業・製造業に求める取り組みに関して、環境イベント参加者および岡山県婦人協議会会員を合計した回答結果を図 5 に示す。肯定的回答（大変重要である）をした者の比率は、「商品の簡易梱包化」81%、「メーカーは不要な包装を取り除き シンプルに商品化」80%、「容器包装を積極的に回収」85%であり、容器包装類削減への要求が高かった。環境配慮商品の取り組みでは、「品目を増やす」で 70%、「わかりやすく陳列する」で 67%の者が「大変重要」と挙げた。

3.3.3 買い物行動で環境配慮の妨げとなること

図 6 に、環境配慮行動の妨げとなることに関する回答結果を示す。肯定的回答（全くそう思う、そう思う）に高値を示した項目は、「環境配慮商品の種類や量が少ない」、「どれが環境に配慮した商品なのか、わからない」で 79%、「商品の環境配慮の程度がわからない」で 81%と、環境配慮商品の取りそろえや商品情報の不足が挙げられた。「商品の一つ一つが過剰包装」や「簡易包装、計り売り・ばら売りが少ない」は 85~87%で更に高値を示し、容器包装類の簡素化が求められた。

4. 考察・まとめ

岡山県内小売業のうち環境取り組みの推進を掲げているエコ事業所認定小売店を調査した結果、取り組み項目（はだか売り・ばら売りの推進、環境配慮商品の取りそろえと表示など）に対して、店頭での実現が十分にはなされていないことが示唆された。県内小売企業 9 社の環境担当者の聞き取りから、大手小売企業を除いて、外部向けの主たる取り組みはレジ袋対応と容器包装類の店頭回収に限定された。主となる環境対応は自社の負荷低減にあると示唆され、環境部署の設置（2）や管理システムを導入（4）・公表（2）している企業の少ない状況が確認された。

先進的な環境配慮活動を行う小売企業の調査結果から、外部向けに環境配慮商品、レジ袋対応、店頭回収品目の拡大、環境学習、環境情報の開示など、多岐に亘る取り組みが地域との協働で行われていた。内部的には食品や廃棄物のリサイクルループが構築されていた。取り組みの背景には、小売の本業に根ざした環境理念と環境方針が明文化され、「総合小売業として環境負荷の少ない

安全安心な商品及びサービスの提供に努めます」という環境方針に基づき、「環境配慮商品の開発・発売」、消費者が商品の環境負荷を把握できるようにするための「カーボンフットプリントの導入」というように一貫性のある取り組みがされていた。また、取り組みを支える仕組みとして専門部署の設置と環境マネジメントシステムの導入・運用が確認された。

消費者から SM に求める環境配慮取り組みは環境配慮商品の普及、容器包装類の削減・回収、環境情報の提供であるが、現在の対応状況では行動の妨げになっていることが示唆された。

全国の上場食品小売業の環境力調査では、売上高 3000 億円以上の企業は 9 割が環境対策方針を明文化しているが、1000 億円以下の企業では明文化は 60%にとどまり、環境方針の策定・実行を行う部署にも企業の差が出ていることが報告されている⁸⁾。本研究でも、専門部署を設置してマネジメントシステムを導入しているのは売上高 7000 億円を超える Y 企業と I 企業、1000 億円以下で協同組合方式の事業を展開する O 企業であった。

環境対応の投資は回収できないためビジネスにつながりにくいと判断されがちである。しかし、現代の社会における環境側面の対応は本業であるビジネスにつながっていることが先進的取り組みからあきらかにされた。岡山県内の小売企業向け取り組みガイドラインには自社の負荷削減はもとより、消費者向けの環境配慮取り組みを盛り込むなど、環境方針作りから始める必要があると考えられる。

5. 研究の成果と今後の展望

小売企業の先進的取り組み事例から、本業と連動した企業戦略としての環境貢献・社会貢献が可能であることが示唆された。今後は地域の小売企業と消費者が一体となり、企業があるべき環境配慮取り組みとは何かについて議論を重ねて、ガイドラインを策定していく必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、財団法人八雲環境科学研究振興財団の 2008 年度環境研究助成を賜りました。ここに記して深謝申し上げます。また、消費者の質問紙調査に快く御協力頂いた、岡山県循環型社会推進課ならびに岡山県婦人協議会会員の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 商業界：SM・総合スーパー環境報告書，食品商業，Jan.2008，132～136（2008）
- 2) 日本能率協会コンサルティング編：環境問題と企業の責任，「環境経営への挑戦」，日本工業新聞社，39-45（2003）
- 3) ユニー株式会社環境社会貢献部：環境レポート2008，2008年9月発行
- 4) ユニー株式会社ホームページ，<http://www.uny.co.jp>，2009年4月27日

- 5) 内閣府国民生活局企画課：平成16～19年度国民生活モニター調査結果，2005年～2007年
- 6) イオン環境・社会報告書2008編集委員会：イオン環境・社会報告書2008，2008.5.7発行
- 7) 環境省，2008年4月21日報道発表資料：「ユニー株式会社による「エコ・ファーストの約束」について
- 8) 商業会：上場・公開企業一斉アンケートー食品小売業の環境力，食品商業，Jan.2008，132～141（2008）

表4. 回答者の属性

アンケート対象者	性別回答者数	年代(上位3位)	スーパーでの買い物回数	環境への関心度(ある)	商品購入時に環境のことを考える
環境イベント参加者	・男57名	①50代 27%	週1-2回 37%	95%	いつも 21%
	・女64名	②40代 24%	週3-4回 30%		だいたい 62%
	計121名	③60代 17%	週5回以上 18%		※考えない 15%
岡山県婦人協議会会員	・男12名	①60代 40%	週1-2回 37%	94%	いつも 40%
	・女237名	②50代 21%	週3-4回 35%		だいたい 48%
	計249名	③70代 19%	週5回以上 18%		※考えない 10%
回答者全体	・男69名	①60代 32%	週1-2回 37%	94%	いつも 34%
	・女301名	②50代 23%	週3-4回 33%		だいたい 53%
	計370名	③70代 17%	週5回以上 17%		※考えない 11%

数値は回答者の比率を示す。

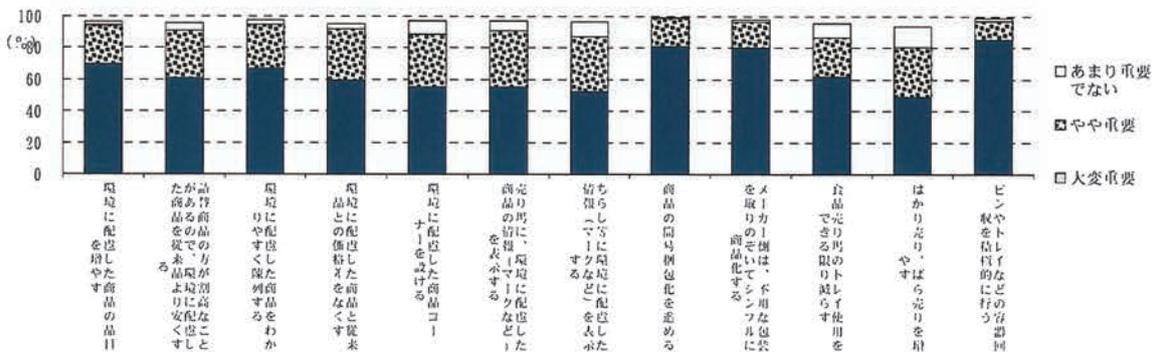


図5. 小売業製造業に求める取り組みの回答結果

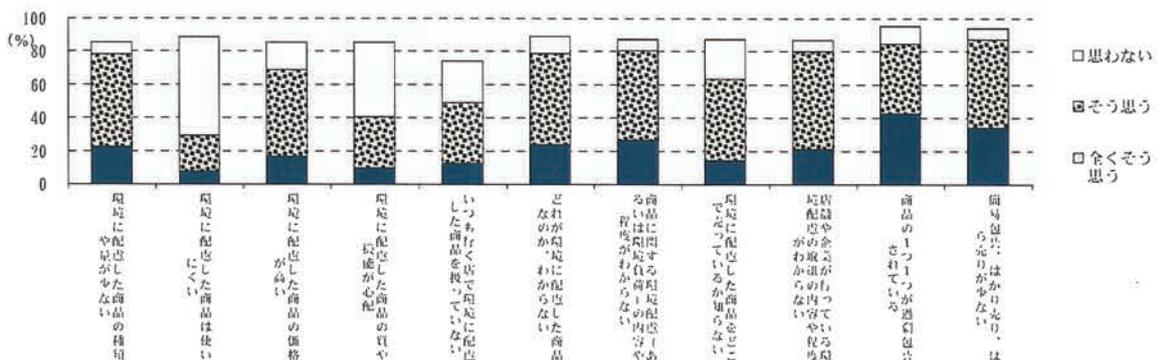


図6. 環境配慮行動の妨げとなることの回答結果

平成 20 年度 国際研究交流助成報告

9. 平成 20 年度 国際研究交流助成報告

①派遣

助成対象者	所 属	参加会議	ページ
河 原 伸 幸	岡山大学大学院 自然科学研究科	第 14 回レーザー技術の流体力学への応用に関する国際会議	1 1 5
高 橋 和 成	岡山理科大学大学院 総合情報研究科	日中菌学フォーラム	1 1 6
坪 井 和 也	岡山大学大学院 自然科学研究科	第 32 回国際燃焼シンポジウム	1 1 8
ROSI KETRIN KATARINA	岡山大学大学院 自然科学研究科	2008 China-Japan-Korea Symposium on Environmental Analytical Chemistry	1 1 9

河原伸幸

岡山大学大学院自然科学研究科

参加会議名	第14回レーザ技術の流体力学への応用に関する国際会議
主催団体名	レーザ技術の流体力学への応用に関する国際会議に関する委員会
開催期間	平成20年7月7日～平成20年7月10日
開催地	リスボン, ポルトガル

表 題 ガソリン PFI 方式インジェクタによる液柱分裂過程の可視化

<内容>

環境問題やエネルギー資源枯渇の問題などから、ポート噴射式火花点火機関では、排出ガス規制成分の低減と熱効率の向上が急務とされている。この要求に対して、シリンダ内で混合気を最適形成する必要があり、燃料の微粒化や気化、さらに燃料を搬送するための最適な空気の流れを形成する技術開発が行われている。インジェクタから噴出される燃料の噴霧特性を把握するために、実験的手法として噴孔の形状パラメータを変更することによる微粒化特性の評価、PDA を使った噴霧特性の把握が行われている。また数値計算的手法としては、離散液滴モデル(DDM)を用いた燃料挙動のシミュレーションやノズル内部の燃料流動の CFD 解析が行われている。これらから微粒化過程の定量的評価が行われているが、さらにノズル近傍での初期分裂過程を解明することが重要であり、そのためには超高速かつ微細現象を把握するシステムが必要である。

本研究では液柱分裂の様子を時系列で観察できる超高速ビデオカメラを用いて、ポート噴射用インジェクタのノズル近傍における燃料の初期噴霧分裂過程の高速・拡大撮影を行い、液柱分裂についての調査を行った。

高橋 和 成

岡山理科大学大学院総合情報研究科数理・環境システム専攻

参加会議名	日中菌学フォーラム
主催団体名	中国菌物学会 日本菌学会
開催期間	平成 20 年 7 月 28 日～平成 20 年 8 月 4 日
開催地	中国吉林省長春 吉林農業大学

表 題	Occurrence of myxomycetes in relation to decomposition of fresh leaf litter of deciduous tree and evergreens in a temperate forest of south-western Japan
-----	---

<内容>

Many myxomycetes occur in leaf litter and humus in forests. Some foliicolous species seem to be associated with forest floor litter (Gray and Alexopoulos 1968, Ing 1994). Certain tree leaves yield particular myxomycetes species (Härkönen 1981, Stephenson 1989). That is, myxomycetes which are likely to associate with the leaf litter microhabitat of trees. However, the relationship between the decomposition states of fallen leaves and occurrence of myxomycetes has not previously been investigated. In this study, the relationship between the decomposition of freshly fallen leaves of deciduous trees and evergreens and the occurrence of myxomycetes was investigated in a warm-temperate secondary forest.

The study site was located in Okayama city, south-western Japan. Observations were made over a 10-month period from February to November in 2007. Samples of leaf litter consisted of deciduous *Quercus variabilis* Blume and evergreen *Quercus glauca* Thunb. ex Murray, which co-dominated in the forest. The leaf litter samples were collected in December 2006 and in April 2007 at the respective defoliating season. The samples were deposited respectively in plastic containers (80 liters) in order to separate leaf litter from the soil of forest floor. Decomposition processes of the leaf litter were studied every month by the litter bag method. Myxomycete fruit-bodies were harvested by inspection every two weeks. Abundance of myxomycetes was estimated by calculating the number of leaves which produced fruitings of each species. The mean temperature exceeded 15°C from the end of May, when humidity became 80% or more, followed by the rainy season when high temperature and humidity were maintained until the end of July.

On leaf litter of *Q. variabilis*, the mass loss was faster during late July—mid September compared with other months. On leaf litter of *Q. glauca*, the mass loss was greatest during late June – mid September compared with other months. Species diversity of Myxomycetes on *Q. variabilis* was higher than on *Q. glauca* and species composition differed between two myxomycetes communities, e.g. the dominant species on *Q. variabilis* was *Didymium megalosporum* Berk. & Curt., while *Physarum melleum* (Berk. & Br.) Masee dominated on *Q. glauca*. At the time of about 20% of litter mass loss, the occurrence of myxomycetes reached at

peak with both tree species. That is, the species diversity of myxomycetes and abundance of fruiting bodies had maximized at the same stage of leaf litter decomposition by both the deciduous and evergreen trees.

In this study, myxomycetes occurred abundantly in the leaf litter accumulation deposited in the containers placed on the forest floor. Myxomycete communities differed between the leaf litter of broadleaves and of evergreens. Myxomycetes occurred in the initial decomposition stage of both types of leaf litter. Therefore, it is thought that many species of myxomycetes occur at the initial decomposition stage of freshly fallen leaves of various leaf types. Myxomycetes on decaying leaf litter may feed mainly on the leaching components derived from leaf litter and those microbes which use the more readily decomposed substances in leaf litter.

坪井和也

岡山大学大学院自然科学研究科

参加会議名	第 32 回国際燃焼シンポジウム
主催団体名	国際燃焼学会
開催期間	平成 20 年 8 月 3 日～平成 20 年 8 月 8 日
開催地	カナダ・モントリオール・マクギル大学

表 題 DNS データベースを用いた乱流予混合火炎の局所燃焼速度に関する解析

<内容>

航空機や自動車などのエンジンのエネルギー効率の向上や、環境汚染排出物の低減に資するエンジンの設計にあたって必要な、乱流燃焼の構造の詳細を定量的に調べるために、申請者が構築した乱流予混合火炎の直接数値シミュレーション (DNS) データベースに基づいて、温度の関数である進行度変数を用いて乱流予混合火炎面を同定し、局所燃焼速度、局所伸長率等を求め、それらの相関について検討した。

その結果、未燃気体と既燃気体の密度比の変化は局所接線方向ひずみ速度に影響を及ぼすものの、局所火炎曲率や局所伸長率に及ぼす影響は限定的である。局所伸長率及び局所火炎曲率と局所燃焼速度は正の相関を持つが、局所接線方向ひずみ速度と局所燃焼速度は負の相関を持つ。全体としては、局所伸長率への寄与は局所火炎曲率の方が大きく、そのため局所伸長率に及ぼす密度比変化の影響は小さい。

一方、物質拡散と熱拡散の比である Lewis 数の変化に対して、局所伸長率及び局所火炎曲率に対する局所燃焼速度の応答は、 $Le = 0.8$ の時は局所伸長率に対して多価、 $Le = 1.0$ の時は正の相関を持ち、 $Le = 1.2$ の時、相関は不明瞭である。局所接線方向ひずみ速度は、 $Le = 0.8, 1.0$ の時は負の相関を持ち、 $Le = 1.2$ の時には正の相関を持つ。この場合も、局所接線方向ひずみ速度よりも局所火炎曲率の局所伸長率への寄与の方が大きい。

ROSI KETRIN KATARINA

岡山大学大学院自然科学研究科

参加会議名	2008 China-Japan-Korea Symposium on Environmental Analytical Chemistry
主催団体名	中国国家自然科学基金委員会、日本分析化学会、韓国分析化学会
開催期間	平成20年11月1日 ~ 平成20年11月5日
開催地	アモイ(中国)

表 題 ICP-AESを用いる環境水中の極微量元素定量のためのキトサン樹脂を用いる多流路オンライン前処理法

<内容>

Urban and industrial activities can introduce trace metals into aquatic environment, causing permanent disturbances in environmental water ecosystems and leading to environmental and ecological degradation. In this study, a simple and faster of multi on-line pretreatment method (multi AutoPret) using chitosan-based chelating resin was developed for determination of trace metals in environmental water samples by ICP-AES. The multi AutoPret system consists of three sets of the Auto-Pret system and 1 more selection valve for selecting an introducing line to the plasma. As a chitosan-based chelating resin, ethylenediamine- *N,N,N'*-triacetate-type chitosan, was synthesized. The synthesized resin showed very good adsorption ability for transition metals and rare earth elements, while the resin did not adsorb both alkali and alkaline earth metals in acidic media. Almost all of the metals adsorbed on the resin can be easily recovered using a nitric acid solution, and then measured by ICP-AES. The effect of column conditioning, pH, flow rate during preconcentration and elution step, and nitric acid concentration used for recovering of metals retained on the column were examined. The proposed method was fast, less reagent consumption and waste, and low analysis cost compared to the batch-wise method. The proposed method using the synthesized resin can be applied to the determination of trace metals in environmental water samples. (都市及び産業活動は多種類の極微量元素を水環境に排出し、環境水を恒常的に汚染する。本研究では、キトサンを基材とするキレート樹脂を合成して多流路オンライン前処理システム(Multi-Auto-Pret)に用い、簡便で迅速なICP-AESのための捕集濃縮法を開発した。Multi-Auto-Pret システムは3組のAuto-Pret システムからなる。合成したエチレンジアミン *N,N',N''* 三酢酸タイプ樹脂は遷移金属及び希土類元素の捕集濃縮に適しており、アルカリ、アルカリ土類金属を吸着しなかった。その樹脂に吸着したほぼすべての金属は硝酸を使うことで容易に回収でき、そしてそれらをICP-AESで測定した。カラムコンディショニング、pH、前濃縮と溶離の間の流量とカラムに残存する金属の回収のために使用した硝酸の濃度の影響を調べた。本法はバッチ法に比べ、迅速で試薬の消費や排出を抑え、低い分析コストを実現できた。本法を環境水の極微量元素の定量に応用した)。

平成 20 年度 研究集会助成報告

10. 平成 20 度 研究集会助成報告

助成対象者	所 属	集会名	ページ
大 槻 剛 巳	川崎医科大学衛生学	第 18 回日本臨床環境医学会学術集会	1 2 1

大 槻 剛 巳

川崎医科大学 衛生学

研究集会名称	第18回日本臨床環境医学会学術集会
主催機関名	川崎医科大学 衛生学
共催者・後援者等	(合同開催) 第54回日本産業衛生学会・アレルギー免疫毒性研究会
開催期間	平成21年7月3日～平成21年7月4日
開催地	岡山市

<内容>

「創造—笑顔の未来へ—」というテーマの元に、平成21年7月3日（金）～4日（土）の2日間に渡って第18回日本臨床環境医学会学術集（なお、今回は第54回日本産業衛生学会・アレルギー免疫毒性研究会も合同開催とさせていただきます）を岡山市北区山陽新聞社ビル内「さん太ホール」にて開催させていただきました。会員の方々の多くは関東の方が多いのですが、梅雨真っ盛りの日程の中、100名を越える皆様にお集りいただきまして、無事学術集会を終えることが出来ましたこと、助成を頂戴しました八雲環境科学振興財団様に、謹んでご報告させていただきますと共に、改めて甚大なる謝意を表させていただきます。助成の報告として、日本臨床環境医学会の刊行誌に報告させていただきました内容の抜粋を転載いたしたく存じます。

.....

漠然としたテーマではありましたが、現在、医学医療関連の中でも、あるいは建築の分野においても、ひいてはマスメディアを通して一般社会的にも認知度が高まってきたシックハウス症候群や化学物質過敏症（医師国家試験の対象としても明記されております）ですが、実は病態の詳細や発症機転、治療について、まだまだ不明の部分も多く研究者は真摯にその解明と症例の救済に努力しなければならないと感じております。だからこそ、現在、そういった病気で苦しめられていらっしゃる方々に対して、あるいは昨今では電磁波についてもその健康影響や過敏症の存在などが認識されてきておりますが、これらはさらにその環境の状況そしてどのような部分で健康障害が惹起されるかなどは、まだまだ霧の中という印象ですから、そういった厳しい状況に置かれてしまっている方々に対して、それでも医学医療建築学などの分野から、その方々への福音となるべき研究を進めていかねばならず、それは曖昧な言葉かも知れませんが、「笑顔の未来」を目指すことであろう、そのための研究であれ心のネットワークであれ、新たに「創造」していくことであろう、という想いを込めて冠させていただきましたテーマだったのです。

日本臨床環境医学会が中心的に対象としていますシックハウス症候群や化学物質過敏症などは、多彩な症状が複合的に生じることが知られております。精神・神経・内分泌・免疫ネットワークの破綻という捉え方が出来るのかも知れませんが、しかし、こういったネットワークについても、昨今、脳科学などは一つのトレンドとなっはいますが、まだまだその複合的な病態について理解が深まっている、あるいは敷衍しているわけでもないというのが、正直なところでしょう。そこで今回の企画物（特別講演やシンポジウム）では、こういったネットワークのそれぞれの専門領域からの最先端のご講演をいただくことにより、参集された臨床環境医学の専門家たちは、それらをもう一度統合的に複合的に理解した上で、ネットワークの破綻について研究の新たな視点を構築することが「笑顔の未来の創造」にも必須ではないかという想いを込めまして、アレルギー・脳科学・精神疾患そしてストレス科学をご専門とされ、昨今、目覚ましい成果を挙げられ

てらっしゃる先生方をお招きいたしました。

特別講演では、佐賀大学医学部分子医化学分野の出原先生に「アレルギー疾患の発症機序における環境要因の役割」というタイトルで、SNPs も含めた遺伝要因や免疫反応の最前線をお話し頂きました。またシンポジウムではまず川崎医科大学解剖学の樋田先生に「環境センサーとしての嗅覚」という題で、素晴らしい電子顕微鏡写真とともににおいと（いう環境情報認知の機序を教示していただきました。続いて、国立精神・神経センター心身医学の安藤先生からは「女性の食行動の異常、摂食障害と環境・遺伝要因」と題して、シックハウス症候群や化学物質過敏症で観られる精神的な兆候とは異なるものの、非常にその対応の難しい摂食障害について臨床面そして研究面も含めて病態や治療に対してのアプローチの方策という色合いも含めてご説明いただきました。最後に、徳島大学ストレス制御医学の六反先生には「ここを映し出す DNA チップを用いたストレスゲノム研究」というタイトルで、最新のゲノム医学を複合的なストレス研究に如何に応用し、またその成果から何を学びどこを目指すかという観点について、示唆に富む内容をご紹介いただきました。

さて、拝聴した私たちは、実際に自らの研究に対峙する際にやはりあまりにも自身の視点を狭めたままでは、新たな発想の転換が得られにくい状況になり袋小路で右往左往という現状にもあります。これら招聘させていただきました先生方のご講演から、一度遠くで起こっている事象を間近で観る機会を与えていただいたと理解し、その立ち位置からもう一度それぞれの研究のベクトルについて考え直してみてもよいのかも知れません。時々鳥瞰的な視点に自らを運んでみるという機会としてうまく活用して下さったとしたら、このような企画を編み出してみたことも意義があったと思っただけなのでは、と考えております。

なお、2日目午後の市民公開講座は平成18年度から大槻が代表を務めさせていただいております科学技術振興調整費「アスベスト関連疾患への総括的取り組み」班との共同開催という形式を取らせていただきまして「アスベスト関連疾患の克服に向けて」と題して、内科臨床から岡山労災病院の岸本先生、外科臨床からは広島大学腫瘍外科の岡田先生にご講演頂き、基礎医学分野と班研究の紹介を大槻が行いました。ここでも50名近い一般の方々がお集りいただき、マスメディア的には少し下火になってきてはいますが実際に作業環境も含めた環境からの健康障害として問題となっており症例はまだ増加しているアスベスト関連の悪性中皮腫について早期診断の重要性や外科治療の実際、そして将来に向けた医学研究について、出来るだけ分かり易い形式でご紹介いたしました。ご参加の一般市民の方々からも、閉会後のロビーでもいくつかのご質問や、また現状の理解の手助けになったなどのご意見も頂戴でき、充実した2時間に出来たことと感じさせていただいております。

一般演題は44題を頂戴いたしました。本学会では通常1セッション1会場で進行することになっておりますし、口演発表も十分な発表時間と質疑応答時間を組み込みたいと思っておりましたので、内容の区別なくポスター発表も設定させていただきました。そしてポスター発表では、他の学会では少しずつ普及しておりますが、質疑応答なく90秒で、そしてスライド1枚でご発表の概要をまずご説明いただく90 seconds presentation を企画いたしました。そのご発表を聴かせて頂いた後、全員でポスター会場に移動して閲覧・質疑応答をフリーに行うという形式でした。このためポスター発表の皆様には、事前に1枚のスライド情報を送付いただくというご面倒をお願いすることになりまして、恐縮でしたが、ポスター前で地声だけで発表するような形式や、あるいは何も発表なくフリーな閲覧だけで経緯するポスター発表に比べて、ご発表の最重要点を簡潔に、かつ的確に拝聴出来た印象もあったかと思っております。ご協力ありがとうございました。

そして、一般演題の中から「事例セッション」を設けさせていただきました。これは本来学術

集会とは臨床環境医学に関連する学究の発表の場ではあるのですが、本学会では従来患者さんや支援団体の方々の声を聴かせて頂く場も併せて設けられていました。ただ、学究的な発表とそういったいわゆる生の声とは、やはりある趣が異なるのも事実ですし、患者さんの苦しみや生の声や調査について科学的検証の視点のみで評価することのすれ違い、あるいは学究的発表を現場にどのように応用するかについてはそれほど即自的な手段がないのが事実です。ですので、ここは舞台の違いを明らかにしてみてもどうかと、またこの事例セッションを聴かせて頂くにあたって、研究に立場を置いている者たちは、少なくとも病態研究に従事している限りその原点は対象としている健康障害に苦しまれてらっしゃる患者さんたちの生の声であることを、そして時にはその声に真正面から対峙する機会を避ける訳にはいかないであろう、という思いからこのセッションを企画したのです。ご発表いただいた方々には事前からおそらく不慣れな部分などでご面倒をお掛けしましたし、連絡などでも大変だったと思いますが、やはりこのような時間を設けさせていただいたことは本当に良かったと思っております。私は座長席で聴かせて頂いておりましたが、やはり胸に重いしかし確実な何かはずしりと残った様に感じております。この原点を忘れずに、私たちはそれぞれが中心に据えている病態研究、医学や環境の研究に邁進しなければならないのだという思い、勿論誰もがその思いを心の奥底に潜めているのですが、時には今回の様な形で、その思いをもう一度しっかりと取り出して、自らの掌全体でしっかりと触れてみて、そこから伝わる何かを思い出す、あるいは再確認するという作業として貴重な時間だったと思えました。重ねて事例セッションでご発表頂いた皆さまには、改めて感謝いたします。

このように非常に多くの様々のご発表の中で、例年のごとく会長賞と奨励賞を選定させていただきました。どちらの賞も基本的には日本臨床環境医学会がその中心に据えているシックハウス症候群や化学物質過敏症をその研究テーマとされていること、また口演とポスター発表についての差は付けないこと（このためにも 90 seconds presentation をしていただきました）と考えました。会長賞としては、その内容の充実度とともにまだ臨床への応用という観点からは検討の余地があるものの新たな視点を提示していただいたということで奈良県立医科大学生理学の高木都先生の「シックハウス症候群関連科学物質の循環器系と心筋活動への影響」を選ばせていただきました。また、奨励賞は、大学院生を含めた若手の発表者で、今後も本学会での活躍が期待されること、そしてこれまでもご発表いただいていたその方向性が将来の臨床応用に役立つであろうという視点から北里研究所病院臨床環境医学センターの松井孝子先生の「化学物質過敏症評価のための重心動揺検査に関する基礎的研究」を選ばせていただきました。ぜひ、お二人には今後とも日本臨床環境医学会の中でもご活躍いただきたく思っております。副賞は大槻の好みのままに、現代アート絵画の小品を贈らせていただきました。これもお気に入り下されば幸いです。

また今回の学術集会のウェブサイトは手作りでしたので、そのまま残しております。そして、たくさんスナップ写真や、休憩時間に映写させていただきました後樂園や岡山城（鳥城）のビデオもそのまま残しております。<http://www.kawasaki-m.ac.jp/soc/18jce/> に是非アクセスしていただければ幸いです。よろしく申し上げます。

こんな経緯で、2日間の会期が終了いたしました。丁度会期の週は、ほぼ日本列島全体が梅雨空と加えて南からの湿った大気の影響で、豪雨の被害の報道が届いてくるような時期だったのですが、幸いにも会期中は懇親会実施中以外、岡山地方は曇～晴れの空模様でした。

ご参加して下さった皆様には、梅雨空の狭間からテーマ通りの、笑顔の未来を見ることが出来たでしょうか？

以上です。再度、助成を賜りましたことにつきまして、感謝申し上げます。

平成 20 年度 その他の助成報告

11. 平成 20 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	子どもの「ものづくり」の創造的 思考	125

子どもの「ものづくり」の創造的思考

岡山市少年少女発明クラブ

【序にかえて】 クラブでは、2つの異なる性格の「ものづくり」をしている。1つは、子どもが各自で決めた「作りたいもの（製作キットを探して・本などの製作記事を見て・身近にあるものを真似して・自らの生活を見つめて＝いわゆる発明＝）を自己決定して作る」活動である。指導者や保護者は子どもの製作活動を援助する。援助する立場から見て作ろうとしているものの構造が合理的ではない（動かない・素材が不適切・高度すぎる）と感じて助言や質問をしても納得しなかった場合には、完成しないものづくりを目指して手伝うことさえある。

他の1つは、指導者が伝えたい素材や仕組み、加工技術を決めて実施する活動である。異年齢集団であることや生活経験（特に素材や加工の体験）が異なることから、全員同じ形のものに仕上がることはねらっていない。全体のイメージを理解した上で、（初めに、完成品や製作途中の実物で、工夫できそうな所を提示する）完成品の大きさや形、部品の配置などを変更したり、作動試験を経て作り直したりすることを期待している。

これらの活動には、しばしば、いくつかの充実感を伴う創造的思考が見られる。この稿では、子どもが「作りたいもの」を作る時に見られる思考のタイプについて、子どもが作ろうとした（作った）ものと合わせて紹介する。

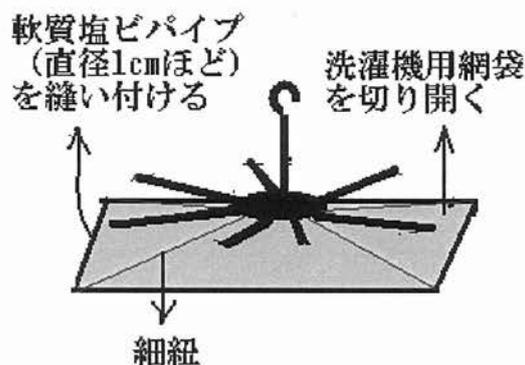
先に、生活上の改善したいことがあって、それを解決する仕組みを作る

例A 改善したいことがら：ハンカチやソックスなどの小物を洗濯して、ベランダで干していて、風にあおられて飛ぶのを防ぎたい。

解決に向けて：スーパー等にあるクリップ付きの物干しを使って、力強くはさみ付けるクリップを増設する。[だめ]→作りたいもののイメージではない。

：ベランダ全体を網で囲う。[だめ]→大げさ。工事が大変。発明で展示できない。

：物干し1つ1つに網をつける。[よい]→さらに、使っていない時は折りたたんで格納できるようにする。イメージ=下図



試作：四辺を支えるビニルパイプがイメージしたより柔らかく、網が中央付近で折れ曲がり、広がらない。

ビニルパイプを針金に変えると、数回

たんだり広げたりするだけで、不定形な曲がりがあり、使えない。

ヒノキ角材にビニルパイプを組み合わせて関節（格納時に折り曲げる）を作るが、（下図）網全体の形が安定しない。



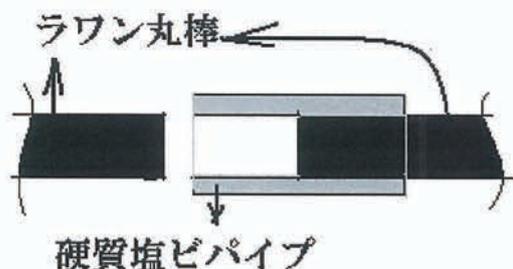
木の丸棒にすると、網となじみ易く網を広げるには都合がよいが、格納時に折りたたむことができない。

この試行錯誤の間、家とホームセンターとクラブとを行き来した。

援助：求めに応じて、ビニルパイプ、針金（鉄）。盆栽整枝用アルミ針金を紹介、提供。クラブ手持ちのヒノキ角材を使いかけたが関節がむずかしいとのこと。

丸棒をヒントに、釣竿をまねて下図のヒントを出した。

工具については、パイプカッターを提示し、使い方を教えた。



思考について：最初の「飛ぶのを防ぐ」というのは、「飛んでも逃げていかない」仕組みなので、イメージ図は自信をもつ

て早くできた。

試作することで、次々と問題点が出てきた。試作品の素材は、「視野に映る物」から選ばれることが多い。「ガラクタ」がヒントになる。

ひと通り、物と仕組みを体験すると、新しい視点（釣竿の継手）が抵抗なく受け入れられ、充実感になる。

この子どもは、ホームセンターをめぐって塩ビパイプの内径に合う外径の丸棒を探し、色をぬり、棒の長さをmm単位で測っていたことから充実感がうかがえる。

例B 改善したいことがら：省資源をテーマにして、水が植木鉢に集中する植木鉢の給水装置を作る。

解決に向けて：じょうろのようにしたのでは不要なところまで水が広がる。小さい穴を開けたパイプで植木鉢を囲う。



上図は支持台とパイプを一体化するような加工をしている場面。パイプを自由な形で支えられるような工夫をしている。

家で試行した結果、パイプに開ける小さい穴の大きさと向きが微妙でむずかしいことを確かめたところで中断。

新しい視点：水道の代わりに池の水を使うことで、省資源を目指すことに目標

を変更。池の水はとりあえずボトルかタンクで運び、ボトル（タンク）からは、空気圧（自転車の空気入れを使う）装置にする。

入手できたのはペットボトルで、容量が少ない。2本並列に連結して使うことにした。

材料探し：連結するパイプの枝分かれ部分に活栓が必要な設計で、鑑賞魚用の空気を配分する活栓を購入していた。



仕組み的には未完成であるが、子どもの充実感はかなりな物のようである。

保護者の話によると、活栓からの漏水がひどいとのことだった。

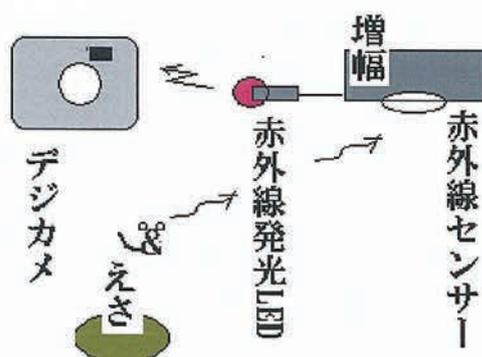
思考について：完成した仕組みを作るよりも、自分の設計がどのように動くか確かめることを楽しむ傾向が強い。したがって、多作である。デザインや丈夫さには拘らないので、作ることから次に確かめたい原理と仕組みが生まれているようである。

精度が悪い部品で起こる現象の中に予期しない原理が隠れていることがあることに、どのようにして気づかせるかが、この子どもへの課題になりそうである。

例C 作りたいもの：夜、家の外に来る動物の写真を撮りたい。

解決に向けて：自分用のデジカメがある。カメラはフラッシュがついていて赤外線フラッシュでシャッターが切れる。

次の図のような方針で作ることになった。

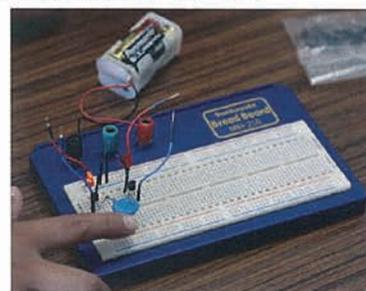


餌を食べに来た動物を赤外線センサー（キット完成品）でとらえ、信号を増幅して赤外線発光LEDを発光させる。デジカメは赤外線を感じてシャッターがきれる。

子どもには半田づけの体験があるが、赤外線センサーのキットは、細かい部分があるので、同じ製品で完成品を購入。

赤外線センサーはリレーを内蔵しているのでLEDの発光は簡単であるが、あえて増幅回路を作る道を選んでいる。

試行：完成を急ぐ心理が働いて配線ミスが出た。部品が小さいこ



とに引かれて、つい、団子状配線になったり、配置計画が不完全で、思いつき配線になったりすることがある。あらかじ

め、ブレッドボードで部品の位置や定数を調べていても半田づけする段になると、ブレッドボードとは別世界である。この子どももこの状態に陥り、家庭で寸暇を惜しんで半田づけしたらしい。

思考について：電子回路を組み立てる時、半田ごてを手にした後は全ての創造・思考を中断して、ひたすら（実体）配線図に従う覚悟で取り組ませるぐらいの構えがいるのではないか。

例D 改善したいことがら：雨水の有効活用。雨どいの水をタンクに蓄え、植木に散水する。とりあえずポリタンクを購入し、これで次のことを考える。

ワンタッチで散水を始め、一定量散水したらストップする仕組みを作る。

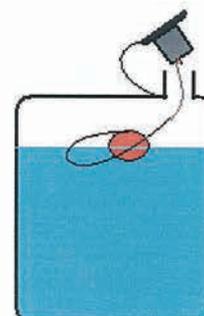
解決に向けて：開口部を上に向けて雨どいを受け（駐車場のとい）活栓を開放したまま、写真のような方向に置く。空気穴を開くと散水できると考えた。散水



を止める仕組みは次の図のとおり。水が減ると水面に浮いた浮きが下がり、糸で栓を引き込んで空気が入らないようにな

り、水が止まるという考え方である。

試行：かなり重い浮きでも密封できるほど栓を引き込むことはできない。タンク上部の空間が広がると、手で密封しても水は直ちには止まらない。



さらに、水が止まったとしても残りの水を使い切ることができないことに気づく。

再考：散水の始まりは人がするので、ワンタッチでスタートするのは諦めて、水を止める工夫に集中することにした。水洗トイレの球形止水弁を確かめたが、活栓付きの出口がやや高いところにあり、止水弁が出口に落ち込まない。

結局のところ、手動式給油用サイフォンの吸い込み口の高さを調節することで一定量以上の水が流出しなくなった。

思考について：最初の改善したい問題を解決する過程に、とりあえず購入したポリタンクがもぐりこんで、その構造にふりまわされることに終始した。例Bのように、確かめたい原理や構造を確認すると、次の課題へ移れる子どもでは陥りにくい落とし穴にはまり込んだ感じである。

次に紹介する、使いたい物を先に見つけて何か作ることのむずかしさと同じ苦労をしている。よくがんばったとは思いますが、充実感は味わえなかったのではなろうか。

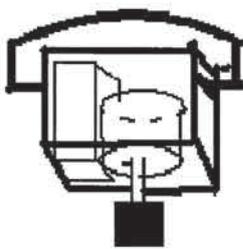
使いたい物を先に見つけていて、それを基にして、何かを作る

例A 使いたいもの：クラブのジャンク箱から見つけた減速ギア付きモーター。乾電池で回してみると、ゆっくり回転する。回転軸をつかんだ程度では止まらない。

作るもの：なかなか決まらない。指導者から、このモーターで小物の物干しを回転させて、風が無くても乾きやすい仕組みを作ったことがあると聞き、それを作ることにした。物干しの構造を観察してモーターの取り付け方を考えていたが、うまい方法が見つからない。(下図)



指導者が試作品を作り、取っ手がついた小箱にモーターと乾電池、スイッチを



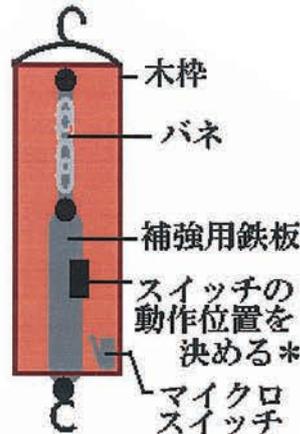
格納した左図のようなものを示し、これに小物干しをぶら下げればよいことを教えた。

新しい発想：別の指導者から、乾いたら回転が止まるようにしたら、省エネになるといわれ、そのままいただくことになった。また、洗濯物を吊り下げて回転させたとき、垂直方向に受ける力は予測するが、回転の反作用は予想外だったようで、回転に耐える吊り下げ方を工夫することも新しい課題

になった。

新しい知識：「乾いた」ことは何を見れば分かるかということから、「センサー」というものの「意味」「概念」知ることになった。「乾いた」を「軽くなった」で検出することにして、適当なバネかゴムを探すことになった。同時に、問題解決の話し合いをヒントにして、子どもは「乾くと何グラムほど軽くなるか」を確かめていた。

伝える：「スイッチ」子どもが作る電気回路は不安定になりやすい。原因は、接続



とスイッチである。ほんだ付け・わに口クリップ・マイクロスイッチを教えた。

ビニル線の被覆をはがすとき、ワイヤストリッパを紹介

すると、喜んで使う。

センサーの木棒は、補強用鉄板を通す穴が方形になる(円では、回転の反力に耐えられない)ので、指導者が作った。

洗濯物の重さによって、マイクロスイッチを作動させる突起(*)の位置を洗濯物の重量に応じて変えるため、永久磁石に金属板を接着した。この形は、補強板を何回も動かしてみても子どもが決めた。

電源は単一乾電池をセンサーの背中に取り付けて、バネの負荷を小さくするのが得策である。しかし、センサーを取り付ける前の仕組みをそっくり生かしたいという作った物への子どもの「執着心」

や、新しく乾電池ホルダーを求めねばならないことから、モーターと電源を一つの箱に収納したままにすることになった。

思考について：使いたい部品を先に決めてしまうと、靴に合う足を捜すようなところがあって、考えが前に進みにくいようである。この例のように、減速ギアを内蔵したモーターは、初体験ということも手伝って、指導者の出る場面が多くなったと思う。

例B クラブの子どもには、この思考パターンがしばしば見られる。模型自動車のウオームギアを使ったギアボックス



かを牽引することを考えていたが、牽引する相手に苦労をした。「糸が引く力を傘の骨に伝えて、開閉する」という「牽引する相手」が見つかり、作業に集中した。試行を重ねるごとにいくわす問題も、傘の体験が支えになって次々とクリアした。上図2枚は、傘のフックやバネを取り去り、滑らかに開閉ができるようになった傘を発展展に応募するため、展示用説明書の写真撮影をしている。充実感のあるまとめのひと時であろう。

作ってみたいキットを見つけてい

て、それを組み立てる

当クラブの子どもたちは、キットからものづくりを始めても、完成後には、それにさらに手をくわえる傾向がある。

キットは、ほぼ電子回路に限られていて、おそらく、説明書と首っ引きで組み立てた後、簡単な動作原理の説明書を読んで、キットのイメージをもつからだと思う。

電子回路では、回路図を探して、部品を集めて、回路を構成するやり方では、ブレッドボードが便利であるが、部品の大きさがトランジスタ程度あれば、簡単な回路に挑戦する子どもには半田づけに挑戦させたい。

半田ごては子どもの興味を強く引く道具である。使用に当たっては習熟する必要がある、技術に挑戦し克服する抵抗感が子どもを引き付けている。

【おわりに】 子どもが「ものづくりをする場」を運営している私どもの、子ども支援の考え方や、子どもの活動を紹介する機会を与えていただいた、八雲環境科学振興財団に深く感謝いたします。

(文責・水田雅明 写真・上田達伸ほか)

助成実施要項

12. 助成実施要項

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、財団法人八雲環境科学振興財団寄附行為（以下「寄附行為」という。）第4条第1号に基づき、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、寄附行為第32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10年9月1日から施行する。

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、財団法人八雲環境科学振興財団寄附行為（以下「寄附行為」という。）第4条第2号に基づき、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、寄附行為第32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10年9月1日から施行する。

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、財団法人八雲環境科学振興財団寄附行為（以下「寄附行為」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、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、寄附行為第32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14年2月21日から施行する。

13. ご寄附のお願い

財団法人八雲環境科学振興財団は、平成10年7月に設立され、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当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。

なお、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。

会員の種類及び特典

- ✚ 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 30,000円
- ✚ 特 典： ・財団の発行する研究レポート集、財団ニュースの配布
・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布

《 税制上の優遇措置について 》

本財団は、平成14年8月に岡山県教育委員会より「特定公益増進法人」として認定されており、このご寄附については、下記のとおり税法上の優遇措置を受けることができます。

法人様の場合（法人税法第37条・施行令第77条）

- ・・・ 特定公益増進法人に寄附をした法人は、確定申告によって法人税法上の損金算入限度額に損金算入限度額と同額が別枠で認められます。

個人様の場合（所得税法第78条・施行令第217条）

- ・・・ 所得の25%を上限として、ご寄附金額から1万円を差し引いた金額が所得控除の対象となります。

《 寄付金申込み手続き 》

【事務局】 ご不明な点は事務局までお問い合わせください。

住所：岡山市北区津島京町3-1-21（株エイト日本技術開発内）

TEL：086-252-7670 FAX：086-252-8918 E-mail：yakumo@8con.co.jp

【申込書】

URL：<http://www.8con.co.jp/zaidan/> ダウンロード願います。

【お振込先】

銀行名 三井住友銀行岡山支店

口座番号 No.6497055

口座名義 財団法人 八雲環境科学振興財団

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、中国地域（山口県、岡山県北西部、兵庫県北東部など）、九州北部を中心に記録的なゲリラ豪雨により、土砂災害や洪水が発生し、多くの被害が生じ、自然災害の恐ろしさを改めて実感した年でありました。

また、日本全国においても、例年より梅雨入りが遅れ、梅雨明け発表もされないまま9月を迎えるという、夏を実感する日がほとんど感じられない状況でした。

その他、国会においては民主党が政権与党として、はじめて政策運営を行うとともに、世界的にも新型インフルエンザが大流行し、世界各国において、感染予防対策等が注目されるなど新たな局面を迎えそうです。

財団法人 八雲環境科学振興財団
研究レポート集 第10号

平成21年10月発行

発行 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.8con.co.jp/zaidan/>

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