

研究レポート集 2005

Report

第6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れます。

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16年度事業実施状況	9
6. 年度別助成事業実施状況	12
7. 平成16年度環境研究助成報告	16
8. 平成16年度国際研究交流助成報告	121
9. 平成16年度研究集会助成報告	126
10. 助成実施要項	130

1. 巻頭言

「自然の叡智に学ぶ」をテーマとして、平成 17 年 3 月 25 日から 185 日間にわたって開催された愛知万博（愛・地球博）が閉幕しました。

21 世紀は、人類と自然とが持続的に共生できる社会を実現するための様々な努力が必要とされています。20 世紀の我が国は高度経済成長により暮らしは大変豊かになった一方で、大量生産・大量消費・大量廃棄によるゴミの増加・水質汚濁・大気汚染・土壌汚染などの身近な問題から、地球の温暖化、オゾン層の破壊などの地球規模の環境問題が発生しています。

今年の夏もことのほか猛暑が続きました。そして近年世界各地でも異常気象と考えられる現象が頻発していますが、我々にも地球温暖化現象と考えられる状況が季節ごとに肌で感じられるところでもあります。

我が国では、上陸数が史上最多だった昨年につき、今年も台風が猛威を振るい、各地で豪雨による災害が発生しています。国外に目を向ければ、ヨーロッパ各地での水害や、米国南部（メキシコ湾）への巨大なハリケーン「カトリーナ」の襲来などにより、ライフラインも家屋も破壊され避難生活者は数 100 万人にも上るといわれていますが、これらも地球温暖化の影響でしょうか。

一方で河川や湖沼における水質汚濁や道路沿線における自動車排出ガスなどによる大気汚染なども依然として深刻な状況が続き、現在のところ必ずしも十分に改善されているとはいえない状況にあります。

このような状況の中で、長期的かつ地球規模の観点にたって今後進めるべき環境対策を、産学官および住民が一体となって取り組んでいくことが重要ではないかと思えます。

現在、我が社では環境関連技術として、環境アセスメント・生態系調査評価・廃棄物関連・土壌地下水汚染対策・地球温暖化対策（省エネ照明技術）などに取り組んでいますが、地球温暖化という大問題の中で、自然と共生する新技術を持って、社会に貢献する努力をしなければと思っています。

以上のような状況の中で、(財)八雲環境科学振興財団では、平成 10 年 7 月に設立されて以来「環境問題に関する研究の助成」や「国際研究交流への助成」などに努めてきたところです。

今後ますます重要になる環境科学の研究において、岡山県内の研究者に広く活用され、特に若手研究者の養成支援の一助になれば幸いです。

評議員 高橋 美行
(株)エイトコンサルタント取締役)

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	岡山県岡山市津島京町三丁目1番21号 (株式会社エイトコンサルタント内)
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	株式会社エイトコンサルタント他
基本財産	2億5,000万円(平成17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5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)エイトコンサルタント代表取締役社長
理 事	河野伊一郎	独立行政法人 国立高等専門学校機構理事長 岡山大学特別顧問 (前岡山大学学長)
	目瀬 守男	美作大学学長
	赤木 靖春	学校法人加計学園専務理事
	名合 宏之	岡山大学名誉教授
	山北 次郎	岡山県立大学情報工学部長
	小谷 敏幸	(株)エイトコンサルタント取締役
監 事	西田 秀史	弁護士
	大橋 莊平	税理士
	小谷 浩治	(株)エイトコンサルタント情報通信部門長
評 議 員	本水 昌二	岡山大学大学院自然科学研究科教授
	杉尾 剛	岡山大学大学院自然科学研究科教授
	波田 善夫	岡山理科大学総合情報学部教授
	西垣 誠	岡山大学大学院環境学研究科教授
	沖 陽子	岡山大学大学院環境学研究科教授
	飯島 祥二	岡山商科大学商学部教授
	高橋 美行	(株)エイトコンサルタント取締役
谷本 俊夫	(株)エイトコンサルタント取締役	
選考委員	波田 善夫	岡山理科大学総合情報学部教授
	阿部 宏史	岡山大学大学院環境学研究科教授
	稲井 寛	岡山県立大学情報工学部教授
	飯島 祥二	岡山商科大学商学部教授
	坂本 圭児	岡山大学大学院環境学研究科教授
	高橋 尚城	(株)エイトコンサルタント取締役
	吉田 庄太	(株)エイトコンサルタント顧問

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が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なってはならない。

(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なってはならない。

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ったときに解散する。

(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 16 年度事業実施状況

これまでの助成事業費は、平成 10 年度が 135 万 7 千円、平成 11 年度が 782 万 4 千 5 百円、平成 12 年度が 813 万 7 千円、平成 13 年度が 872 万円、平成 14 年度が 890 万円、平成 15 年度は 810 万円であった。

本年度の助成事業は、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 880 万円（平成 17 年度開催 研究集会助成 2 件（60 万円）を含む）の助成を実施した。

本年度における公募の概要は次のとおりである。

I. 環境研究助成

一般研究	特定研究
1. 助成対象研究	
テーマは設定しません 自然科学と社会科学の両分野の研究で自然環境の改善に寄与するものとします。	平成16年度募集テーマ A. 省資源・リサイクルの促進に関する研究 B. 地域問題と都市・農村環境に関する研究 C. 土壌汚染調査・浄化に関する研究
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 ・ ・ ・ ・ ・ 200 万円程度 1 件あたり助成額 ・ ・ 100 万円以内 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 2 件程度
3. 助成対象となる期間	
平成 17 年 3 月 31 日まで	平成 17 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 17 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 16 年 5 月 1 日から平成 17 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 ・ ・ ・ ・ ・ 160 万円程度
- 1 件当たり助成金 ・ ・ 20 万円以内
- 助成件数 ・ ・ ・ ・ ・ 8 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 16 年 5 月 1 日から平成 17 年 4 月 30 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

※ 研究集会助成については、平成 16 年度事業として平成 17 年度開催集会に対しても追加募集。平成 17 年 4 月 1 日から平成 18 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

- 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

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15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16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

募集期間	平成16年3月1日～4月15日（木）（必着）
選考期日	5月上旬開催予定の選考委員会にて選考 5月下旬開催予定の理事会にて最終決定
結果通知	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

※「国際研究交流助成」は、応募状況により、6月に再募集を行う場合があります。

3. 申請書類

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

<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総合企画部内
（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

累計 (平成 10 年度～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	155件	73件	39,776.3千円
国際研究交流助成事業	76件	51件	9,962.2千円
研究集会助成事業	8件	7件	2,100千円
合計	239件	131件	51,838.5千円

平成 16 年度 環境研究助成報告

7. 平成16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
目瀬 守男	美作大学	市町村合併と地域社会・環境の再編に関する総合的研究	17
嶋 一徹	岡山大学大学院 環境学研究科	道路緑地帯土壌における浮遊重金属蓄積とタケ炭資材による汚染防止に関する実証的研究	30

②一般研究

助成対象者	所 属	研究テーマ	ページ
石原 浩二	岡山理科大学理学部	海洋性微細藻類を用いる環境ホルモン等の海洋汚染物質の回収除去法の開発	40
直井 岳人	岡山商科大学商学部	観光地としての歴史的町並みの評価とその保全形成手法：観光地としての歴史的町並みの特性と訪問客の心理的要因との関係	46
堀田 昌子	岡山大学大学院 医歯学総合研究科	環境中の重金属による生体影響の評価	60
三谷 公里栄	就実大学薬学部	新規分析システムを用いた人畜由来排泄物中の医薬品による環境水汚染評価	67
星野 卓二	岡山理科大学 総合情報学部	岡山県カヤツリグサ科植物における絶滅危惧種の分布調査と遺伝的多型の解析	73
宮竹 貴久	岡山大学大学院 環境学研究科	里山指標昆虫ケシキスイ類の個体群動態に関する研究	81
三木 直子	岡山大学大学院 環境学研究科	半乾燥地の極相種である常緑針葉樹臭柏 (<i>Sabina vulgaris</i>)の動態および環境ストレス耐性について	91
鈴木 茂之	岡山大学大学院 自然科学研究科	沖積層から推定される環境変遷及び洪水災害の要因	104
岩田 徹	岡山大学大学院 環境学研究科	大気・海洋間の二酸化炭素交換に関する研究	110
押谷 潤	岡山大学大学院 自然科学研究科	家電シュレッダーダストからの塩素含有プラスチックの乾式比重分離	116

市町村合併と地域社会・環境の再編に関する
総合的研究
— 吉備中央町を事例に —

研究代表者：目瀬守男 ※1
共同研究者：小坂田稔 ※2
共同研究者：梅澤啓一 ※3
共同研究者：北本裕之 ※4

はじめに

本研究は「市町村合併と地域社会・環境の再編に関する総合的研究」の報告書である。

平成17年3月31日を目標として全国的に市町村合併が推進されたが、岡山県においても平成12年に市町村合併検討委員会を設置し、平成13年3月に岡山県市町村合併推進要綱を策定し、それに基づいて合併が推進された。

合併推進に当たっては、平成14年4月の県内78市町村を基本的には19（15市4町）にするものであった。しかし、その推進に当たって、メリット、デメリットが議論され、合併により市町村等地域社会や環境が大きく変わることが予想されたため、合併に至る過程は決して平坦なものではなかった。

そこで本研究においては、合併地域の経過を踏まえながら、合併によって地域社会や環境をどの様に再編したらよいか焦点を当て、研究を行うことにした。

研究に当たっては、岡山県で最初に合併が行われ、しかも対等合併の地域である吉備中央町（平成16年10月1日合併）を研究対象に選定し、住民参加型の計画手法であるシャトル・サーベータ法を活用して、研究を行った。

研究内容は、トータルとしての地域社会を構成する各分野に及び、具体的には地域産業、地域生活（教育、健康・医療・福祉）、土地利用、都市計画と環境、地域づくりと行財政に及んだ。すなわち、合併新町の将来の再編課題や再編方向までを課題に入れて研究が行われた。しかし、問題が広範囲に及んだため、充分解明できなかった課題もあるが、皆様方のご批判、ご示唆をいただければ幸いである。

また、本研究を可能にしたのは、前賀陽町長 重森計己氏（現吉備中央町長）及び前加茂川町長 片山舜平氏のご理解とご支援の賜であり、また、両町民、各組織・団体、旧町行政及び新町の議会の皆様のご協力があったからである。

最後に、本研究が実施できたのは、財団法人八雲環境科学振興財団の特定研究によるものであり、財団理事長 小谷裕司氏をはじめ、財団関係者の皆々様に暑く御礼を申し上げたい。

- ※1 美作大学・美作大学短期大学部 学長 教授（美作大学地域生活科学研究所 所属）
- ※2 美作大学 生活科学部 福祉環境デザイン学科 教授（美作大学地域生活科学研究所 所属）
- ※3 立正大学 社会福祉学部 人間福祉学科 教授
- ※4 美作大学 生活科学部 福祉環境デザイン学科 助教授（美作大学地域生活科学研究所 所属）

2. 研究課題と研究方法

1 研究の背景と研究方法

1) 研究の背景

平成17年3月31日を目標として、全国的に市町村合併が推進された。その背景には、(1) 地方分権に応じた体制づくり、(2) 生活圏の拡大への対応、(3) 多様な行政サービスの提供、(4) 厳しい財政状況への対応などがあった。

このような背景の中で市町村合併が推進されたが、合併によるメリットと同時に、デメリットも指摘された。メリットとしては、(1) 広域的なまちづくり、(2) 住民サービスの維持向上、(3) 行財政運営の効率化と基盤の強化、(4) 地域のイメージアップなどがあげられた。しかし、一方ではデメリットもあるのではないかと指摘もあり、例えば、(1) 旧町村の役場がなくなり、新しい役場までの距離が遠くなるのではないかと、(2) 住民サービスの水準が低下しないかと、(3) 住民の声が行政に反映されにくくなるのではないかと、(4) 中心部だけ発達し、周辺部が取り残されるのではないかと、(5) 地域の伝統や文化、コミュニティが失われるのではないかと、等の留意点があげられた。(岡山市町村合併推進室資料)

岡山県では、平成12年に岡山県市町村合併検討委員会(委員長:目瀬 守男)を設置し、市町村合併のパターンを作成し、平成13年3月に岡山県市町村合併推進要綱を策定し、それに基づいて合併が推進された。

合併パターンは、地理的一体制・歴史的経緯、住民の日常生活圏、市町村広域行政圏域、国の行政区域、産業・経済圏域などの市町村の結びつきに関する客観的なデータを活用して決められ、平成14年4月の県内78市町村を基本的に19(15市4町)にするものであった。そして、市町村合併は平成14年~16年度にかけて推進された。

本研究で取り上げた研究対象地区は吉備中央町(旧加茂川町、旧賀陽町2町の合併)であり、平成16年10月1日、岡山県で最初に合併が行われた。

表1 岡山県市町村合併状況(平成17年5月30日現在)

市町村名	合併市町村	合併日
①高梁市(たかはしし)	高梁市、有漢町、成羽町、川上町、備中町	04/10/1
②吉備中央町(きびちゅうおうちょう)	加茂川町、賀陽町	04/10/1
③瀬戸内市(せとうちし)	牛窓町、邑久町、長船町	04/11/1
④津山市(つやまし)	津山市、加茂町、阿波村、勝北町、久米町	05/2/28
⑤井原市(いばらし)	井原市、美星町、芳井町	05/3/1
⑥鏡野町(かがみのちょう)	鏡野町、富村、奥津町、上齋原村	05/3/1
⑦赤磐市(あかいわし)	山陽町、赤坂町、熊山町、吉井町	05/3/7
⑧岡山市(おかやまし)	岡山市、御津町、灘崎町	05/3/22
⑨総社市(そうじゃし)	総社市、山手村、清音村	05/3/22
⑩備前市(びぜんし)	備前市、日生町、吉永町	05/3/22
⑪美咲町(みさきちょう)	中央町、旭町、柵原町	05/3/22
⑫新見市(にいみし)	新見市、大佐町、神郷町、哲多町、哲西町	05/3/31
⑬真庭市(まにわし)	北房町、勝山町、落合町、湯原町、久世町、美甘村、川上村、八束村、中和村	05/3/31
⑭美作市(みまさかし)	勝田町、大原町、東粟倉村、美作町、作東町、英田町	05/3/31
⑮倉敷市(くらしきし)	倉敷市、船穂町、真備町	05/8/1
⑯和気町(わけちょう)	和気町、佐伯町	06/3/1
⑰浅口市(あさくちし)	金光町、鴨方町、寄島町	06/3/21

2) 研究課題と方法

本研究では具体的に市町村合併地域（吉備中央町）を取り上げ、市町村合併により地域社会を如何に再編していく必要があるのかを、住民参加型の計画手法であるシャトル・サーベ法を用いて計画策定を行ったものである。本町を取り上げた理由は、岡山県の中央に位置し、新しい吉備高原都市があるとともに、古い農村部があり、これが町村合併によりどう変わるべきか明らかにしようとしたからである。

ここで地域社会の再編は、厳密には地域社会構造の再編であり、計画の長期・短期から見れば、長期計画（戦略的計画）の分野である。地域社会構造再編の計画的枠組み（トータルシステムとサブシステム）は図1のとおりである。

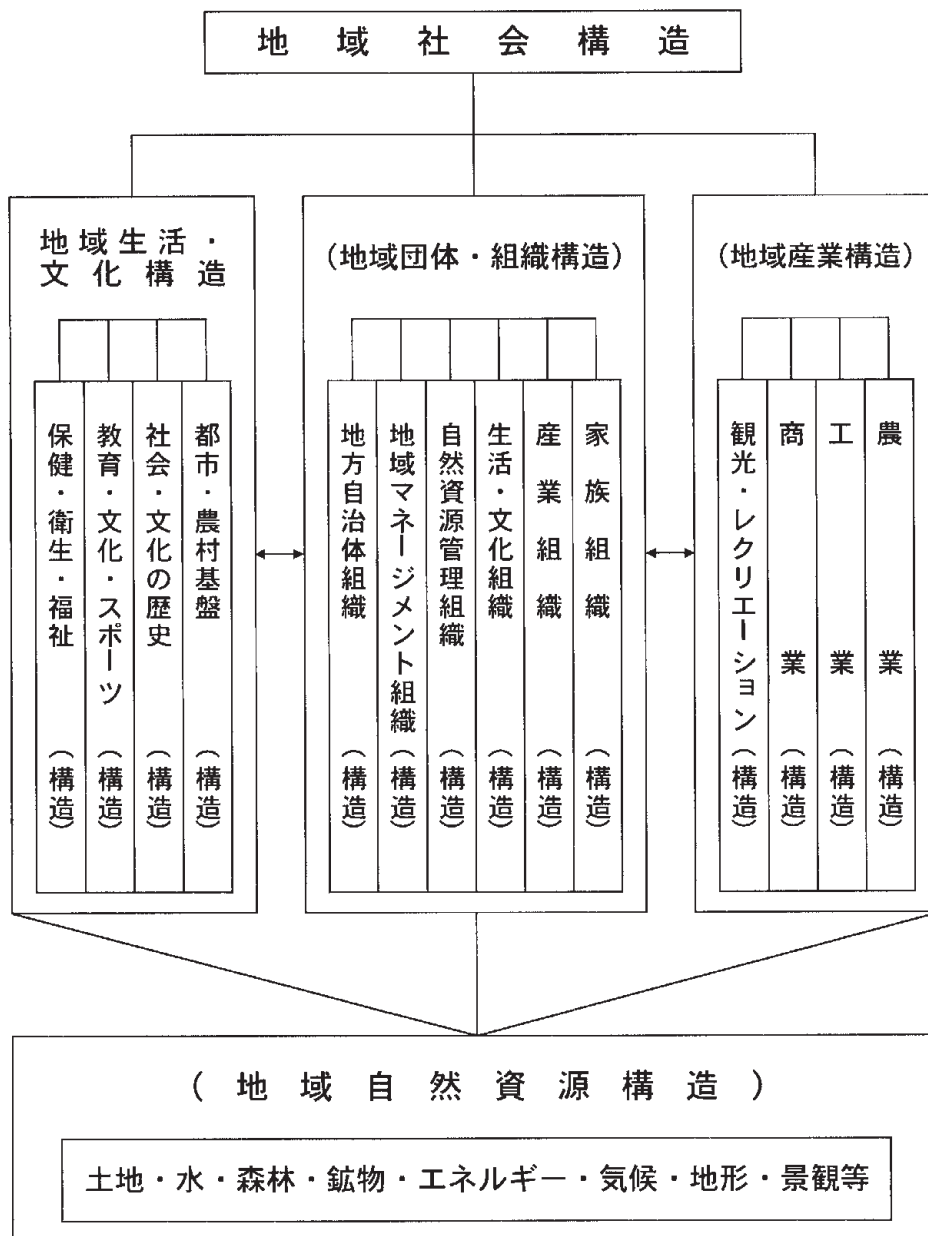
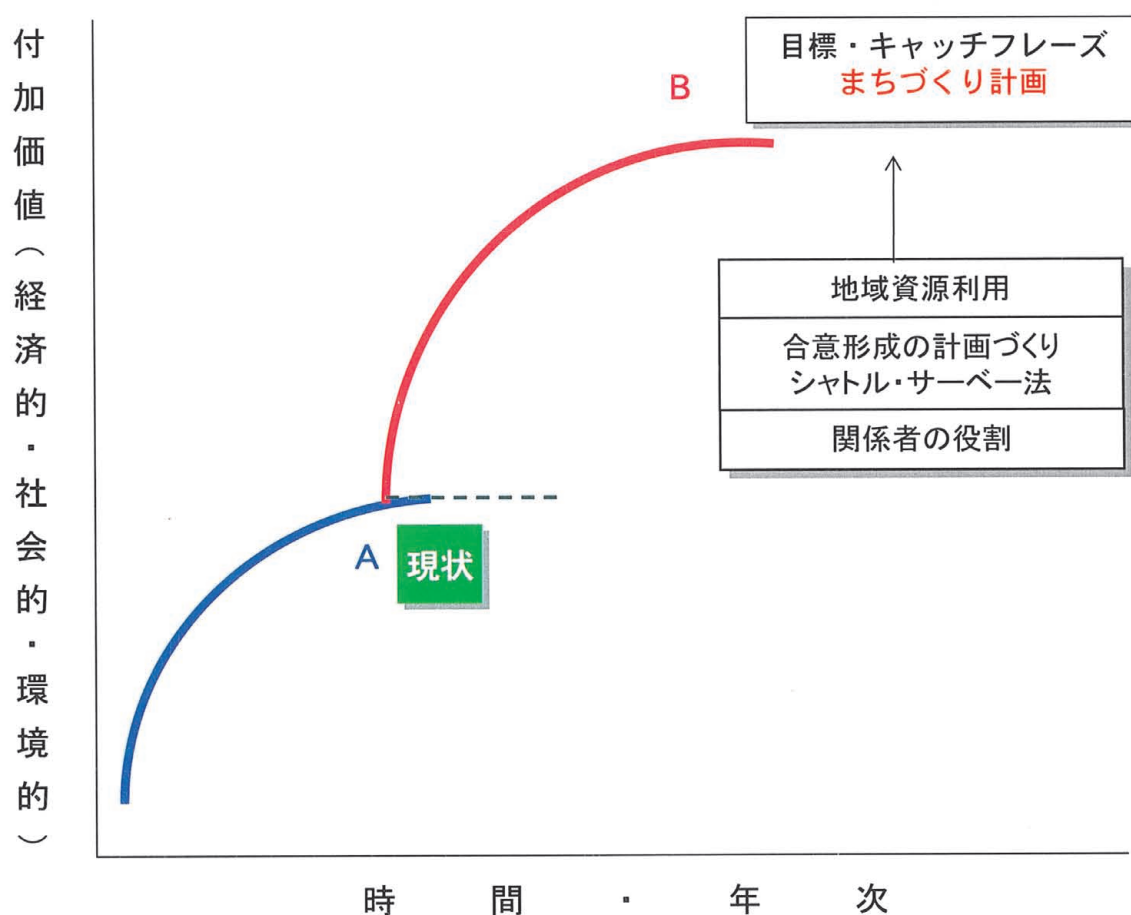


図1 地域社会構造と地域団体・組織構造の枠組み

トータルとしての地域社会構造は、地域産業構造、地域生活・文化構造、地域団体・組織構造及び地域自然構造の4つのサブシステムからなり、各サブシステムはさらにサブ・サブシステムに分割をすることができる。そして、この地域社会構造を簡易にしたものがシャトル・シートであり、地域住民、組織団体、市町村行政、議会等の意見を聴取する時にこれに集約化し、一覧表化することができる。さらに、基本計画の策定に使用することができる。

次にシャトル・サーベの手法であるが、これは計画策定組織が、地域住民、組織団体、行政、議会等からボトムアップ→トップダウンを繰り返しながら計画構想を策定する方法である。そして、図2の地域活性化（ジャンプ）概念図に示したように、市町村合併により地域社会構造を再編し、AからBへシステムを転換し、地域社会の活性化を図ろうとするものである。



目瀬守男 「地域資源管理学」明文書房 p196

図2 地域活性化（ジャンプ）概念図

吉備中央町では、シャトル・サーベ法により計画策定を行った。具体的には、美作大学・美作大学短期大学部生活科学研究所の所員を中心に数人の外部非常勤研究員を加えて、総勢20数人によって研究が実施された。

第1回の旧加茂川町、旧賀陽町の地区別懇談会は両旧町長が参加して行われた。次に第2回の分野別懇談会は平成16年9月4日、旧両町合同で実施された。第3回の合併後の議会との懇談会は、平成17年3月3日に実施された。その他、補完調査は、調査期間中適宜行われた。

2 地域の概況と市町村合併の経過

1) 地域の概況

吉備中央町は、岡山県の中央部に位置し、南は岡山市、総社市、西は高梁市、北は真庭市、東は建部町にそれぞれ隣接している。また、本町は標高200～500mの吉備高原地帯に位置し、準高冷地農業が展開している。本町の総面積は268.73km²である。

本町には、昭和50年代から県によって協力に推進された保健・福祉・文化のセンター（人間尊重、福祉優先を掲げ、住宅地とともに青少年の研修施設や身体障害者リハビリ施設、病院等が整備された。）としての吉備高原都市がある。1993年に前期計画区域の基盤整備が終了し、その後事実上開発は凍結された。町は合併後、都市振興策を企画する総合調整事務所を開設し、県大阪事務所に職員を派遣して企業誘致等を推進している。

また、同都市を核とした地域振興や農業基盤の強化を柱に町づくりを進めている。

人口は、平成2年15,111人、平成12年14,651人と減少し、吉備高原都市の開発が行われたにも係わらず人口減少が続き、平成12年の高齢化率は33.62%である。

就業構造について見ると、平成12年の総就業者数は7,490人であり、そのうち第1次産業は1,994人(26.6%)、第2次産業2,340人(31.2%)、第3次産業3,156人(42.1%)となっており、近年、第3次産業の増加が著しい。

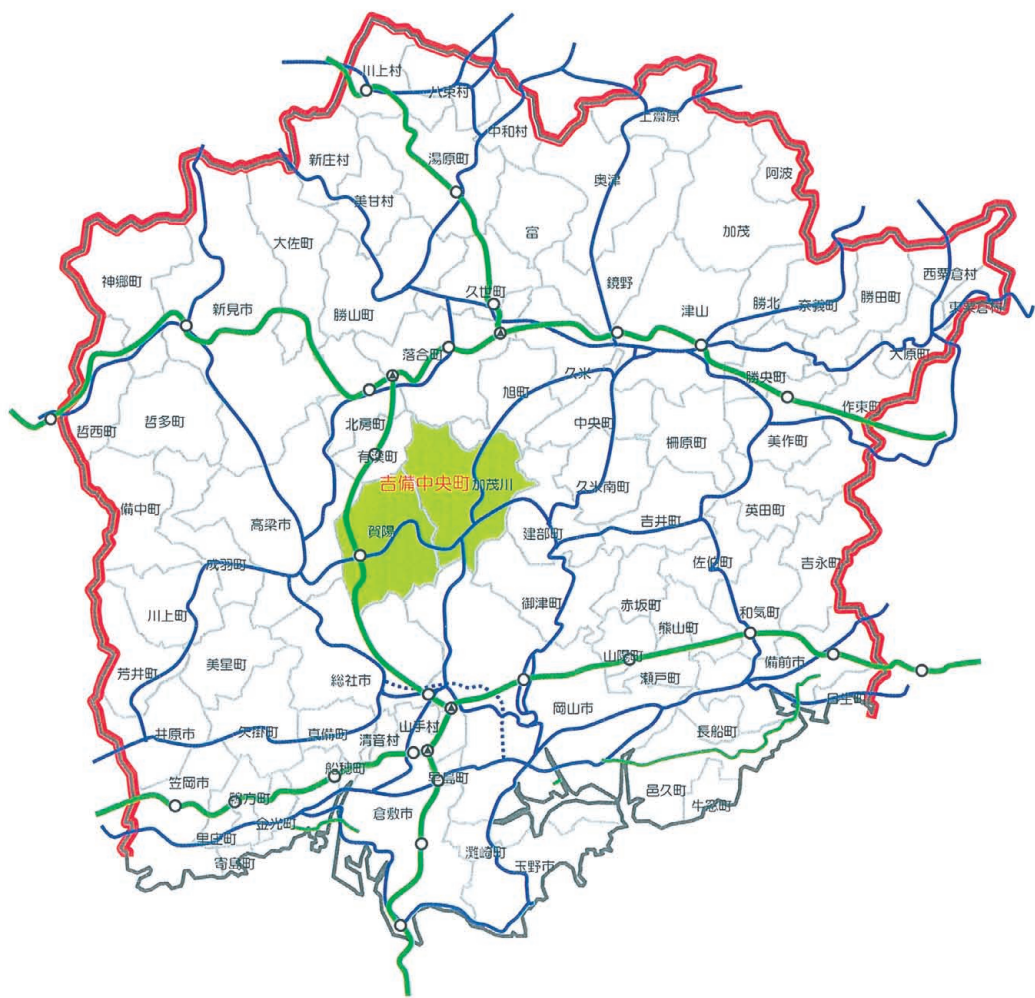


図3 吉備中央町の位置図

2) 市町村合併の沿革

吉備中央町を構成する旧加茂川町は、昭和7年に加茂村、福山村、吉備郡菅谷村が合併して津賀村となり、同28年に江与味村のうち、大谷杉谷、粟井谷が新山村に編入され、昭和30年に津賀村、円城村、長田村、豊岡村、新山村の5ヵ村が合併して加茂川町となった。

旧賀陽町は、明治22年の市町村制施行によって、上竹荘村（有津井村・納地村）、豊野村（豊野村・稔村）、下竹荘村（黒土村・田土村・湯山村）、吾川村（吉川村・黒山村）と吉備郡大和村（北村・岨谷村・宮地村・西村）となり、昭和30年にこれら5ヵ村が合併して賀陽町となった。

そして、昭和45年5月1日、佐与谷地区が高梁市に編入合併された。このような経過を経て、平成16年10月、旧加茂川町及び旧賀陽町が合併して、岡山県で初めて吉備中央町が誕生した。

なお、旧加茂川町は、備前の国に属し、大字集落は小規模であり、小学校区は約4つの大字で構成されている。一方、旧賀陽町は、備中の国に属し、大字集落は大きく、約2つの大字で小学校が設置されてきた。従って、これまで町村自治は、加茂川地区では大字を中心に、一方、賀陽地区では小字を中心に行われてきた。従って、市町村合併によって自治単位をどうするかが課題となっている。

なお、国・県の市町村合併の概要を国・県の資料により示すと次のとおりである。すなわち、国では、平成11年3月31日、3,232市町村が、平成17年4月10日に2,394市町村となり、合併により838市町村の減少があった。次に岡山県においては、合併前の58市町村が市町村合併により34市町村に減少している。

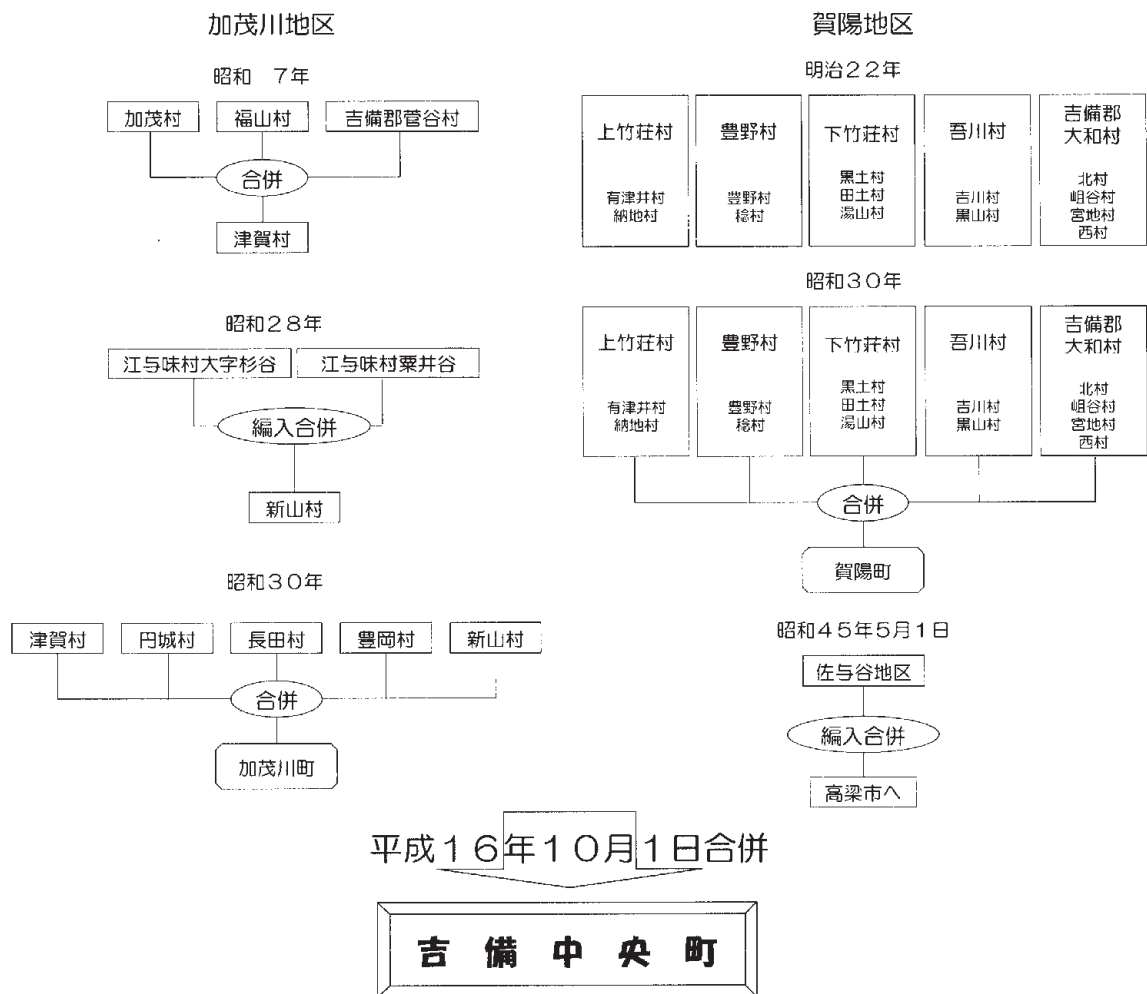


図4 市町村合併の沿革

3 研究成果の総括

1) 住民参加による長期再編計画構想（みんなで描くまちづくり）

シャトル・サーベ法による、住民参加による「みんなで描くまちづくり構想」は次表のとおりである。

表2 ーみんなで描くまちづくり 吉備中央町の振興構想ー

	I 産 業				II 教育・文化・スポーツ	III 保健・福祉・医療・生活環境	IV 土地利用計画 都市基盤整備	V 環境保全	VI 地域づくり 人づくり
	1 農林水産業	2 工 業	3 商 業	4 観光・レクリエーション					
全 体	<p><農 業> ○農業担い手の育成 ・自立経営農業の育成 ・後継者の確保 ・新規就農者の確保 ・Iターン就農者の定着条件整備 ・高齢者農業の促進 ○準高冷地農業の振興 ・野菜（白菜・ほうれん草・キャベツ・ナス・トマト） ・花卉（切り花、カーネーション、バラ等） ・果樹（ピオーネ） ○畜産の再編強化 ・肉用牛・乳用牛 ・自給飼料の増産 ・畜産糞尿処理施設の整備と土づくり ○水稲生産の合理化 ・集落営農組織の育成 ・集落営農組織の主幹組織の育成 ・有機・無農薬栽培の推進（安全・安心） ○地産地消の推進 ・道の駅（賀陽・加茂川） ・吉備高原都市 ・アンテナショップ ・丸ごと市場 ○農地の保全対策 ○農業公社の強化 ○高齢者が農業を続けられるシステムづくり <林 業> ○造林の推進 ○間伐の推進 ○林道・作業道の増設 ○松茸生産の活性化 ○森づくり運動の展開 ○バイオマスの研究と実用（エコセンター） ○ドングリ里山の開発</p>	<p>○環境保全型工業システムの形成 ○地場産業の育成・強化 ○既存工業の定着条件の整備 ○工業誘致の積極的推進 ○6次産業化の推進 ・仕組みづくり ○産・官・学による産業振興 ○起業の推進と育成</p>	<p>○環境保全型商業システムの形成 ○商業の推進・育成 ○道の駅の育成・強化と供給体制の強化 ○商工会の合併 ○農家に商工会に入会促進</p>	<p><観 光> ○観光資源の発掘と利用 ○観光ルートの設置 ○観光ボランティアの育成 ○観光農園の振興 ○体験農園の振興 ○観光・レクリエーション施設の活用</p>	<p><学校教育> ○学校・学区の再編成 ○保育園・幼稚園の再編成 ○学校教育内容の充実 ・総合学習の充実 ・パソコン導入・IT教育 ・部活動の充実 ○新しい時代に対応した教育 ・豊かな自然の中での教育（里親制度） ・ボランティア教育 ○地産地消給食の推進 <社会教育> ○家庭・地域・学校が一体となった地域教育の推進 ・あいさつ運動 ・マナー教育（家庭のしつけ教室） ・心の教育 ○地域活性化と音楽 <地域文化> ○地域伝統文化の伝承 ○文化財の保護 ○賀陽・加茂川の3大祭 ○新興文化の育成 ○国際交流の進展 <スポーツ> ○スポーツの強化 ○組織の再編・統合 ○スポーツによる地域間交流 ○スポーツ指導者の養成</p>	<p><健康づくり> ○健康づくりの推進 ○健康日本21運動の展開 ・健康な生活習慣の確立 ・健康づくり支援組織の充実・強化 ○生涯現役生きがい対策 ○安全・安心の生活環境づくり ○スクールバスの見直し ・小学生の肥満対策 ・歩く習慣 ○町民の足の確保 ○高齢者の運動能力のアップ ○小規模公民館での健康づくり ○地元リハビリ施設の積極的活用 <医 療> ○広域地域医療体制の確立 ・小児科専門医による乳幼児定期検診 ○吉備高原地域の医療環境の点検と活用 ○救急医療・夜間休日急患対策として搬送システムの充実 <福 祉> ○子育て支援・少子化対策 ・0歳保育 ・幼保一元化 ・出産費用支援 ○高齢者施設の充実 ・地域福祉のシステム化（4段階） （大字・小学校区・町・広域） ・地域介護管理システムの確立 ・グループリビング・グループホームの設置 ・弱者福祉の充実 ○福祉活動への住民参加</p>	<p>都市基盤整備 <土地利用計画> ○土地利用計画のゾーニング ○事業計画のエリア設定 ○吉備高原都市成熟の新しい方向づけ <ライフライン型基盤整備> ○道路網の多段階連結 ○デットエンドの解消 ○災害避難拠点施設の高高度化 ○ハザードマップの作成等 ○防災情報・通信網の確立 <情報インフラの整備> ○TV受信条件の改善 ○情報通信網の高高度化 ○メディアリテラシーの向上 <交通体系の総合的な整備> ○バス交通の相互連携・調整 ○新規交通手段（町営路線）の検討 ○都市核区域（吉備高原都市中心地区）でのタウンモビリティの実施 生活環境基盤整備 <供給・処理施設の適正化> ○上下水道・し尿処理施設の整備の均斉化 ○ゴミ処理システムの適正化 ○多面的エネルギー対策推進 ○徒歩圏のユニバーサルデザイン整備 <居住環境の整備> ○若者定住向け住宅・宅地の供給 ○新規就農者向け住宅・宅地の整備 ○グループリビング等の条件整備 ○空家・古民家の再生・利活用方策 <公共施設の適正配置> ○公共施設の適正統廃合 ○IT化等による各種サービスの再編・適正化 <各種交流の推進> ○地域間交流の推進 ○国際交流の推進 ○世代間交流条件の整備 ○大学等の交流施設の誘致 ○グリーンツーリズムの実施 環境・景観整備 <新ふるさと景観整備> ○景観良好地区の指定保全 ○親水公園、ビオトープ体験空間の形成 ○標識・看板等の美観阻害要因の排除 <景観協定等の新設・見直し></p>	<p>○ゴミ問題解決のためのシステムの構築 ○リサイクルセンターの設置 ○ゴミ多品目分別の推進 ○地球温暖化対策 ・庁舎・学校・公共施設への太陽エネルギー導入 ・木質バイオマスエネルギーの活用 ・各家庭への新エネルギーの導入 ○自然再生構想と推進 ・野生動物対策と保護 ・景観作物事業の展開 ○ユニバーサルデザインの導入（人にやさしい生活環境づくり）</p>	<p><地域づくり組織> ○地域自治組織の再編 ・新町ー旧町ー旧小学校区ー地区（大字または小字） ・旧小学校区の組織強化 ・公民館単位の活動強化 ○キャッチフレーズ ・ロマン高原・吉備中央 ・ハート・オブ・岡山 ・ワンダフル高原・吉備中央 ○各種地域組織の合併・強化 ・婦人会 ・商工女性会 ・青年協議会 ○吉備高原都市との一体的振興 ○老年パワーの活用 ・いきいき交流 ・生涯学習 ・ボランティア活動 ・体力増強活動 <人づくり組織> ○各種ボランティア組織の育成・強化 ・女性の社会的活動の推進 ・高齢者による生きがい事業の実施 ・スポーツ指導者 ・農業技術指導者 ・新規就農者の指導 ○新しい町づくりの理念の教育 ・両町の融和の促進 ・情報開示・情報の共有化</p>

みんなで描くまちづくり 吉備高原都市の振興構想

	I 産業				II 教育・文化・スポーツ	III 保健・福祉・医療・生活環境	IV 土地利用計画 都市基盤整備	V 環境保全	VI 地域づくり 人づくり
	1 農林水産業	2 工業	3 商業	4 観光・レクリエーション					
吉備高原都市	<ul style="list-style-type: none"> ○吉備高原都市内及び周辺の農業振興 ・都市近郊農業の推進 ・景観作物の導入 ・荒廃農地の保全 ・菜園、貸し農園 ・都市住民と周辺農家の相互協力、連携、交流 ○林業振興 ・都市近郊林の保全 ・都市住民による森林保全・ボランティアの育成 	<ul style="list-style-type: none"> ○工業誘致の協力・推進 ○6次産業化の推進 ○工業用地の多面的利用 ○インターネット環境の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ○都市商業の確立 ○商工会と都市地域商工会との協調 ○商業施設の活用(スーパー・ホテル) ○吉備高原都市商工協議会 ○森の市(毎月第3日曜) 	<ul style="list-style-type: none"> ○都市内各種観光・レクリエーション施設の活用 ・国立少年自然の家 ・各種施設等の活用 ○お祭りの活性化 ・加茂大祭 ・吉川当番祭 ○道の駅を核とした観光ルート設定 ・道の駅 ・重森三礼 ・鬼伝祭(10月) ・夏祭り(花火大会) ・さんさん祭 ○イベントの増加 ○県南・京阪神都市住民へ向けた宣伝強化 	<ul style="list-style-type: none"> ○教育とIT革命 ○岡山県教育センターの設置 ○都市住民と農村住民との協調 ○地域文化拠点としての機能充実 ○岡崎嘉平太記念館を拠点とする国際異文化交流 	<ul style="list-style-type: none"> ○吉備高原都市内福祉施設との連携 ○都市内福祉医療施設との協調・連携 ○医療施設・福祉施設を資源として活用 ○はるみの丘の活用 ○老人ホームの設置 ○豊かな自然の中で子育てできるメリット 	<ul style="list-style-type: none"> ○都市地域と周辺地域との土地利用の調整 ○住宅分譲地の完売体制 ○夢のある都市づくり ○21世紀型田園都市の形成 ○岡山から1時間の距離にある道のりを生かす ○基幹道路の整備と公共交通手段(町内マイクロバス)の必要性 	<ul style="list-style-type: none"> ○人にやさしい都市環境の充実 ○美しい自然環境の保全 	<ul style="list-style-type: none"> ○地域づくり組織・組織の育成・強化 ・各種ボランティア組織の育成 ・文化的組織の育成 ・国際交流組織の育成 ○人づくり組織の育成 ○岡山県との協調による地域振興 ○吉備高原都市促進協議会(議会) ○吉備高原都市サービス ○吉備中央町の行政と吉備高原都市の一体的推進 ○転入者の地域との交流を進める ○地域のPRが必要

2) 地域社会・環境の再編課題

本研究の課題を「地域社会・環境の再編に関する研究」としているが、この意味するところは、第一に市町村合併により、トータルとしての地域社会の構造をどう再編していくかという課題と、第二に今後の地域社会の持続的発展を考慮して、循環型社会にどう対応して行くべきかを考慮したものである。表2の「みんなで描くまちづくり構想」から、重要再編課題として取り出すと、表3のとおりである。

表3に示したように、地域社会・環境の重要課題は、トータルとしての地域社会の全体に及んでおり、具体的には産業、生活文化、健康・医療・福祉、都市計画・環境、地域づくりと行財政等のサブシステム及び、さらにサブ・サブシステムの構造再編を必要としている。

表3 地域社会・環境の重要再編課題

分野別		再編課題	
産業	農林業	①準高冷地農業の再編計画の検討 ②集落営農組織の全町的推進 ③地産地消運動の展開（サポーターの育成）	（環境保全型農業）
	工業	①工業誘致の全町的推進 ②産学官連携による地域産業の振興	（環境保全型工業）
	商業	①商工会の合併による商業の総合振興	（環境保全型商業）
	観光	①観光資源の発掘と施設の充実 ②歴史的資源の発掘	（環境保全型観光）
生活文化	教育	①学校・学区の再編 ②保育園・幼稚園の再編 ③家庭・学校・地域が一体となった地域教育の推進	（環境保全型教育）
	文化・スポーツ	①賀陽・加茂川の3大祭の伝承 ②スポーツ組織の統合強化	
健康・医療・福祉	保健と医療	①広域的地域医療体制の確立	（ユニバーサルデザイン）
	福祉	①子育て支援・少子化対策 ②地域ケアシステムの確立	（ユニバーサルデザイン）
都市計画・環境	土地利用と交通システム	①新土地利用ゾーニングの作成 ②吉備高原都市との一体的振興	
	都市計画	①ライフラインの確立 ②災害予防体制の整備	（ユニバーサルデザイン）
	住環境	①ユニバーサルデザインの推進（人にやさしい生活環境づくり）	（ユニバーサルデザイン）
	環境保全	①ゴミの多品目分別の推進 ②新エネルギーの導入 ③景観協定の新設と見直し	
地域づくりと行財政	地域と組織	①地域づくり組織（自治組織の再編）－旧小学校区の公民館組織の充実	
	行財政	①行政組織のスリム化と財政の効率化	

3) 施策の体系

長期構想を実現するための施策の体系は図5のとおりである。

まず、キャッチフレーズを「ロマン高原・吉備中央」とし、スローガンとして、新市建設計画のキャッチフレーズである「22世紀の理想郷 吉備中央町」を取り上げることとした。キャッチフレーズとして「ロマン高原・吉備中央」としたのは、旧賀陽町の合併前のキャッチフレーズである「ロマン高原・かよう」をベースに、吉備高原都市の「吉備」と旧加茂川町の「ハート・オブ・おかやま」、すなわち、岡山県の中央に位置することを考慮して、「ロマン高原・吉備中央」とした。

施策の体系としては、第1部：地域産業の再編、第2部：地域生活・文化の再編、第3部：健康・医療・福祉の再編、第4部：都市計画と環境の再編、第5部：地域づくりと行財政の再編としている。図に示せば図5のとおりである。

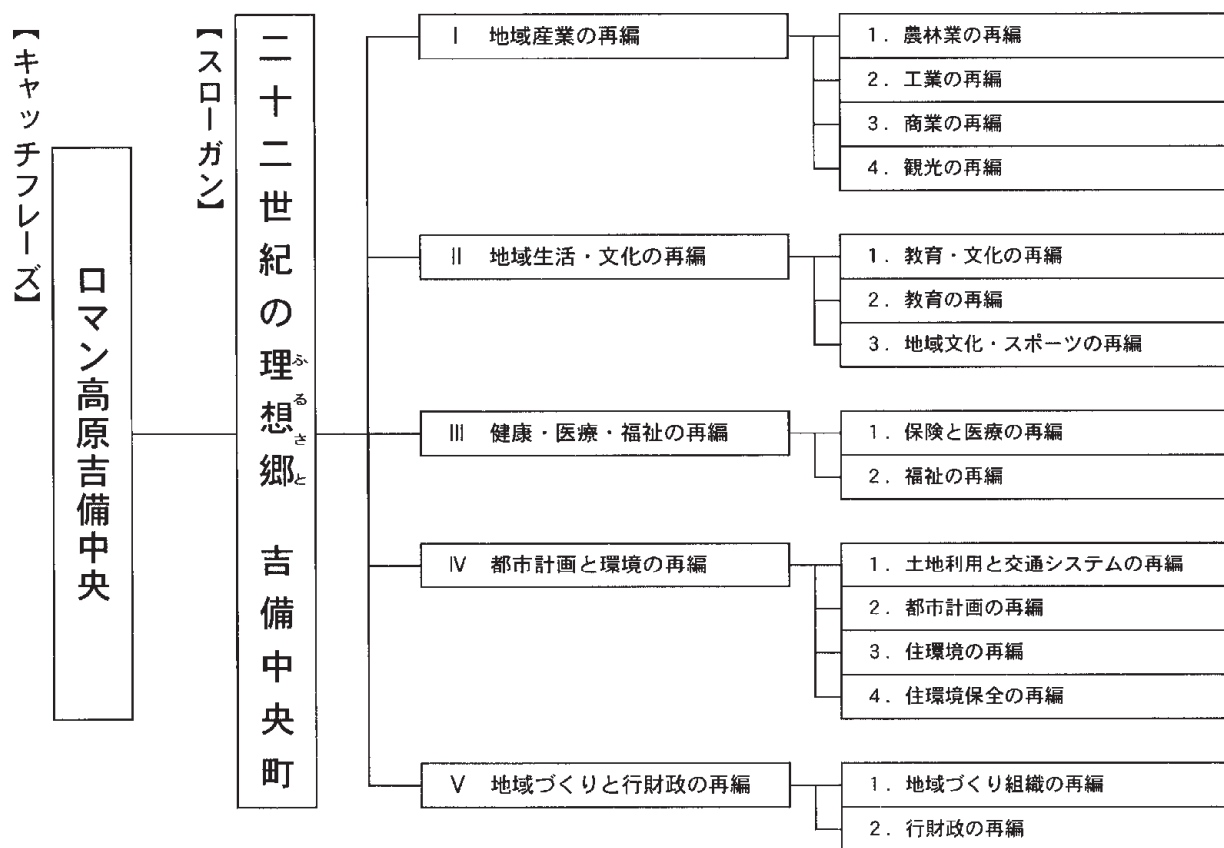


図5 施策の体系

4) 施策の大綱

夢のある「ロマン高原・吉備中央」のキャッチフレーズのもとで、「22世紀の理想郷 吉備中央町」の実現を目指した合併後の地域社会・環境の再編施策の大綱は次のとおりである。

(I) 地域産業の再編（活力ある産業の構築）

停滞している地域産業の持続的発展を考える場合に、その前提として、改めて環境保全型産業の育成を図ることが必要である。

①農林業

まず、吉備高原地域の準高冷地的地域特性を生かし、地域農業の再編を総合的に図ることが重要である。また、古くて新しい課題であるが、集落営農組織間のシステム化を図り、組織に活力を与えることが重要である。さらに、本町では地産地消運動が各地域で展開されて来たが、その経験を生かし、総合的に推進を図ることが望まれる。加うるに林業については、台風23号被害の復旧、松たけの再生等が必要である。

②工業

工業の活性化については、合併を契機とし、吉備高原都市を中心に県とタイアップし、全町的に工業誘致を図ることが望まれる。また、地場産業については、産学官連携を進め、合併のメリットを生かすことが重要である。

③商業

商業の活性化については、まず、商工会の合併を契機に組織の再編を総合的に図ることが望まれる。また、吉備高原都市地域と旧町地域商店街を一体的に捉え、特に吉備高原都市の商店街に賑わいを創出する努力が必要である。

④観光

観光について見ると、本町には、吉備高原都市、各地の寺社などの歴史的資源、温泉、観光農業、美しい農村景観などがある。

これらの良さを生かし、吉備高原都市を柱として、観光資源開発とルート設定を積極的に図ることが必要である。

(II) 教育・文化・スポーツの再編

①教育

合併によって強く再編が求められる分野の1つは教育の分野である。特に小学校は地区のセンター的役割を果たして来ただけに、学区の再編は慎重に行うことが必要である。次に、保育園・幼稚園の再編であるが、幼保一貫の中で再編を進めることが望ましい。さらに、これまで小・中学校教育は家庭－小学校－中学校というようにタテシステムで推進されていたが、児童の生きる力やモラル等を高めるため、学校と地域組織の連携により、地域教育の推進を図ることが望まれる。

②文化・スポーツ

地域文化の伝承をどう図るか、これが合併に際しての大きな課題である。特に賀陽・加茂川の三大祭の継承、地域に根ざした文化の伝承・活性化が必要である。また、スポーツ人口の減少の中で、合併により組織を強化し、新たな地域スポーツ組織の強化を図ることが必要である。

(Ⅲ) 健康・医療・福祉の再編

①保健・医療

保健・医療の問題については、全国共通の課題ではあるが、国・県の対応策の方向に沿って再編を進めるとともに、町においては、広域的な地域医療体制の確立を図る必要がある。

②福祉

少子・高齢化が進行する中での市町村合併であり、特に子育て支援・少子化対策は最優先すべき課題である。少子化対策は若者定住対策と併行して行う必要がある、これは保育行政と係わってくる。次に高齢化対策については、生きがい活動とともに、地域ケアシステムの確立が望まれる。

(Ⅳ) 都市計画と環境の再編

①土地利用と交通システム

本町の中心地域になる吉備高原都市は、旧加茂川町時代には町の西端、旧賀陽町の東端に位置し、旧両町にとっては、特別区の存在であり、県主導の都市形成が図られた地域であった。

しかし、この度の市町村合併により、吉備高原都市は町の中央に位置することになり、新町は田園都市的な様相を示すこととなった。

本町の新しいゾーニングについて見ると、新町都市核ゾーンを中心に、農産用地ゾーン、商工業立地ゾーン、多自然居住・拠点ゾーン、流通・防災・利便ゾーン、森林保全・景観ゾーンの6つに区別することができる。

次に交通システムについてであるが、市町村合併により、交通システムの再編に向けての町民ニーズが高まることが予想され、町独自で新交流システムを構築することが必要である。

②都市計画と住環境

合併により都市計画の策定が容易になり、特にライフラインの確立、災害予防体制の確立など、安全対策が必要になる。また、住環境の整備にあたっては、ユニバーサル・デザイン（人にやさしい生活環境づくり）の考え方を導入し、高齢化社会に積極的に対応していくことが望まれる。

③環境保全

本町の持続的発展にあたっては、循環型社会の形成が必要であり、産業のみならず生活の各分野にわたって環境問題に積極的に取り組んでいくことが必要である。特にゴミの多品目分別の推進、太陽エネルギーやバイオエネルギーなど新エネルギーの導入を積極的に図っていくことが望まれる。

(Ⅴ) 地域づくりと行財政の再編

①地域づくり組織

今日、「分権と参加」がキーワードになる中で、集落地区（小字又は大字）、旧町、新町、広域レベルでの各種団体の連携とネットワーク化が必要となっている。従って、各種自主組織・ボランティア団体などを育成していく必要がある。そして行政と住民の「協働」のまちづくりに向けて行政と住民の役割分担、責任のあり方を明確にして行く必要がある。特に本計画等策定にあたっては、住民参加型の計画手法であるシャトル・サーベ法を利用しており、計画の実践段階においても住民との協働で強力に町づくりを推進することが望ましい。

②行財政

合併後の町の総合計画を具体化していくため、町の行政機構を効率的・機動的な体制にしていく必要がある。

また、厳しい時代に対応し、今後の財政運営にあたっては、自主財源の確保に努めることはもとより、受益者負担の適正化を図り、行政と住民の守備範囲を良識的に認め合い、広域行政の推進とともに、機動的な財政運営に努め、財政基盤の強化と健全財政の維持を図る必要がある。

道路緑地帯土壌における浮遊重金属蓄積とタケ炭資材による 汚染防止に関する実証的研究

研究代表 岡山大学・農学部 嶋 一 徹
共同研究者 津山高等専門学校 藤原 敏

I. 岡山市主要幹線道路脇緑地帯の重金属集積の実態

摘要: 岡山市中心部の主要幹線道路脇の緑地帯 119 地点を選び、土壌表層における重金属元素の集積状況を調査した。その結果、深さ 0~2.5 cm の表土における重金属含有率は亜鉛 396.92 mg・kg⁻¹、鉛 52.13 mg・kg⁻¹、カドミウム 0.59 mg・kg⁻¹ であった。また、自動車タイヤには亜鉛、鉛が高濃度で含有されており、表土の亜鉛と鉛含有率には相関が認められたが、交通量と間には明確な関係は認められなかった。

キーワード: 重金属, 道路脇緑地帯, 土壌汚染

1. はじめに

近年、大気中や下降煤塵中の含有重金属や地下水中の重金属など、都市域における有害重金属汚染に大きな関心がよせられている。これら有害重金属の発生源としては、自動車・オートバイのタイヤおよびブレーキの磨耗粉塵、建築物などの脱落・風化にともなう重金属含有物質の粉塵化などがあげられる¹⁾。このうち自動車・オートバイなどに由来する粉塵は、その走行にともない巻き起こされる風によって空中を浮遊して、一部は道路脇粉塵として側溝などに堆積する²⁾。これら堆積した粉塵の大部分は降雨にともない共同溝へ洗い流され、直接河川へ流出する。また、有害重金属を含んだ道路脇粉塵の一部は、自動車等の走行や風雨によって、周辺住宅地へも多量に飛散し、土壌汚染の原因となっていることも予想される。

一方、都市域の主要道路には歩道との境界あるいは中央分離帯に緑化樹木が植栽され、都市域道路沿線の環境を保全している。これまで著者らは樹木葉が重金属元素を含んだ浮遊粉塵を捕捉するメカニズムを明らかにしてきた³⁾。また既往の研究では、工業地域と住宅地域を分離する緑地帯において、植栽樹木が有害粉塵などを捕捉する機能があることが知られており⁴⁾、道路沿線においても中央分離帯あるいは緑地帯に植栽された樹木類は単に人と自動車の交通を分離するばかりでなく、浮遊粉塵を捕捉して、そこに堆積させる機能も有している。しかし、これら樹木類による浮遊粉塵の捕捉により、植栽地点の表土には粉塵由来の有害重金属が蓄積して土壌汚染を招くことが懸念される。そこで、本報では都市域の道路脇緑地帯土壌における重金属集積の実態を解明することを目的とした。

2. 調査方法

2.1 調査地

調査地は岡山駅を中心として半径 3.5km 以内の主要幹線道路脇である。調査は国道および 2 車線以上の県道を対象として、道路脇に車道と歩道を分離するための緑地帯が設けられ緑化樹木が植栽されている任意の 119 地点を選んで行った。このうち 61 地点は信号機のある交差点付近、また残り 58 地点は交差点間の路線沿いである。

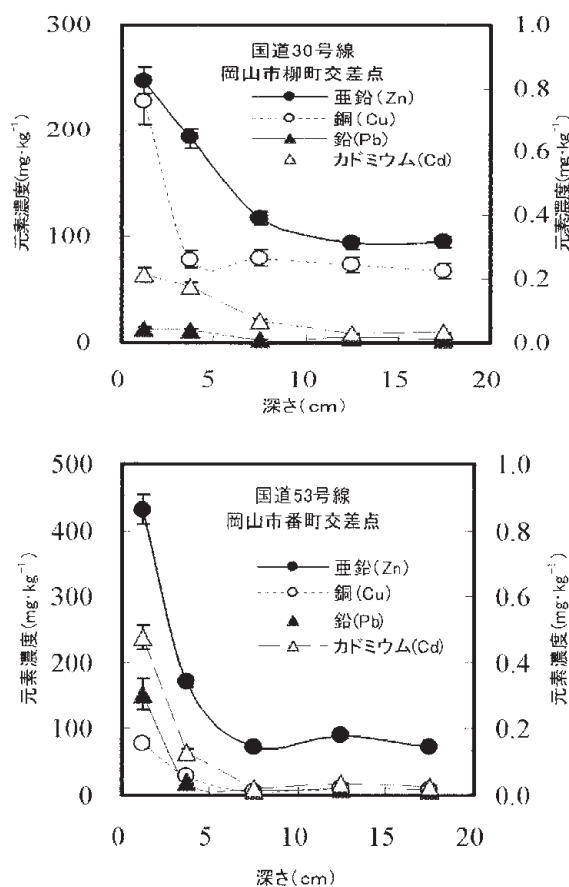


図-1 道路脇緑地帯の土壌重金属含有率の鉛直分布

2.2 土壌の採取と分析方法

土壌は各調査地点ごとに任意の3地点を選び植栽樹木の樹冠下から深さ2.5 cmまでの表土を採取した。採取した土壌はゴミや落葉などを除いた後、106℃で48時間乾燥させたのち重金属分析に供した。重金属含有率の分析は、浅見・加藤の熱塩酸抽出法¹⁾に準じて行った。すなわち粉碎試料2.5 gに6N塩酸10 mlを添加したフラスコに逆流冷却管をつけて静かに沸騰させた。加熱時間については、0.5, 1, 3, 6, 12時間と変化させて、任意の供試試料5点について重金属溶出量の変化を測定した結果、3時間が適当であるという結論が得られたので、本研究では加熱時間を3時間とした。加熱した6N塩酸溶液は、ろ過するとともに定容したのちグラファイト式原子吸光分光光度計(日立Z9000型)を用いて重金属元素濃度を測定した。

3. 結果と考察

3.1 道路脇緑地帯土壌における重金属元素の鉛直分布

道路脇緑地帯2地点を選び、土壌における重金属元素濃度の深さにともなう変化を図-1に示した。

これら2地点はいずれも日中12時間の平均自動車通行台数が30,000を超える岡山市中心部の交差点付近である。

いずれの重金属元素でも、その含有率は深さ0~2.5 cmまでの表層土がもっとも高くなっており、その後は深さにともない急激に減少する傾向が認められた。また、深さ10 cm以下では含有率の変化がほとんど認められなかった。この結果より、飛来あるいは植栽樹木により捕捉された粉塵由来の重金属元素の大半が土壌表層に蓄積されていることが予想された。

3.2 植栽地点表土における重金属蓄積

岡山市街地の主要幹線道路脇に緑地帯が設けられている119地点の表土における重金属含有率を表-1に示した。全調査地点の平均で比較すると、マンガンが461.41 mg・kg⁻¹

と最も高く、次いで亜鉛396.92 mg・kg⁻¹、銅94.81 mg・kg⁻¹、鉛52.13 mg・kg⁻¹、カドミウム0.59 mg・kg⁻¹の順であった。このうち亜鉛についてみると、非汚染土壌の平均値は54.9 mg・kg⁻¹であり²⁾、農用地については「土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準」として土壌(乾土)1 kgあたり120 mg未満という基準値が環境庁長官の通達として設定されている。調査地の平均は農用地の環境基準の約3倍であり、119地点のうち112地点で環境基準値を超えていることが判明した。

また、銅については非汚染土壌の平均値が24.8 mg・kg⁻¹であり²⁾、農用地(水田)における汚染対策地域の指定要件として125 mg・kg⁻¹以上という基準値が設定されている。本調査地の平均値は農地の汚染基準以下であるが、15地点では125 mg・kg⁻¹以上であった。

次に調査地点を、信号機の設置してある交差点付近と交差点以外の路線沿いに区分して平均値を比較すると、亜鉛、鉛では顕著な差異が認められなかったが、銅含有率については交差点付近の含有率が明らかに高くなる傾向が認められた。

3.3 表土における重金属元素含有率の相関

ここまで道路脇植地帯に土壌表層における重金属濃度をみてきた。これらの発生源のひとつは自動車通行にともなうタイヤ磨耗粉塵であることが指摘されている^{3) 4)}。そこでいくつかの自動車タイヤについて主要重金属元素の含有率を測定した結果を表-2に示した。自動車タイヤには亜鉛が非常に高い濃度で含まれおり、次いで鉛、カドミウムの含有も認められた。しかし、表土中の含有率が高いマンガンおよび銅についてはほとんど含まれていないことが判明した。

表-1 岡山市内幹線道路脇の緑地帯表土における重金属含有率 (mg・kg⁻¹)

	亜鉛	銅	マンガン	鉛	カドミウム
交差点付近 (n=64)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)
交差点以外 (n=45)	359.2 (129.2~853.8)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)
全体 (n=109)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)	333.2 (89.1~1600.1)

表-2 自動車タイヤに含まれる重金属元素

製品	亜鉛	銅	マンガン	鉛	カドミウム
D社 乗用車スタッドレス	10810.90	<0.1	<0.1	3.49	0.46
D社 軽トラック用	10073.31	<0.1	<0.1	6.10	0.44
B社 バン用タイヤ	6977.03	<0.1	<0.1	2.73	0.34
B社 トラック用タイヤ	7178.75	<0.1	<0.1	3.03	0.38
T社 乗用車用タイヤ	6842.12	<0.1	<0.1	3.13	0.32

この結果から、重金属集積がタイヤ磨耗粉塵に由来するのであれば、亜鉛と鉛の含有率には相関が認められることが予想された。そこで両者の関係をみると有意な相関関係が認められた(図-2)。しかし、調査地点が交差点付近であるか、路線沿いであるかの違いによる差は認められなかった。

また、自動車タイヤにほとんど含まれていなかった銅について、路線沿いと比較すると交差点付近では平均含有率が高くなっていった(表-1)。そこで、亜鉛と銅含有率の関係を図-3に示した。その結果、両者の相関は低くなっていたが、これは岡山市内中心部を走る路面電車軌道沿いの交差点付近において、緑地帯土壌の銅含有率が特異的に高いためと判明した。これより発生源は自動車の通行ではなく、路面電車架線などの磨耗粉塵であることが考えられる。

3.3 交通量との関係

本調査地点のうち 24 地点では岡山市都市整備局による

交通量調査が毎年実施されている⁴⁾。そこで、これら 24 地点について、タイヤ中に高い濃度で含有されていた亜鉛、鉛と交通量との関係を示したのが図-4 である。その結果、亜鉛、カドミウムとも表土の含有率と交通量との間に明確な相関を認めることができなかった。このことは、自動車の通行にともなうタイヤ磨耗粉塵の発生が、自動車の通行台数だけで決定されているのではなく、交差点や道路の構造あるいは信号機の設定など多くの要因に支配されていることを示唆している。この点に関しては、今後さらに詳細な調査を行っていく予定である。

4. おわりに

以上、岡山市中心部の主要幹線道路脇の緑地帯 119 地点について、土壌表層における重金属元素の含有率をみてきた。その結果、亜鉛については調査地点の大半で農用地の環

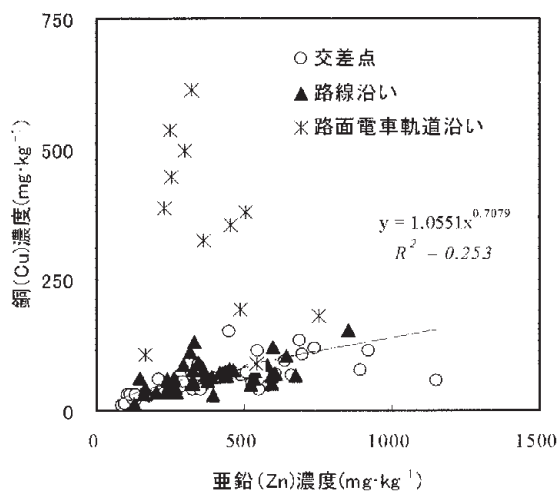


図-2 表土における亜鉛と鉛含有率の関係

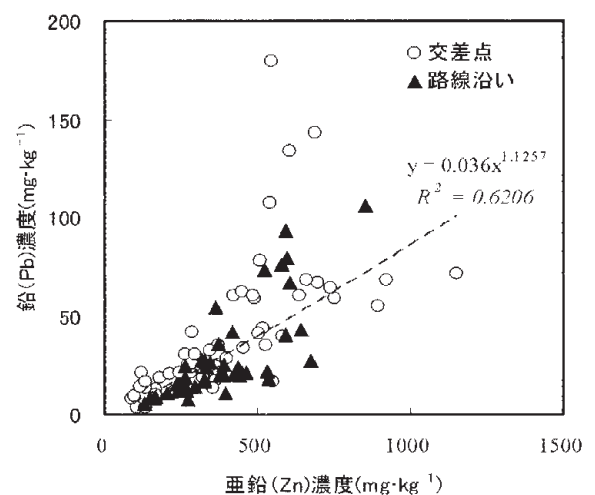


図-3 表土における亜鉛と銅含有率の関係

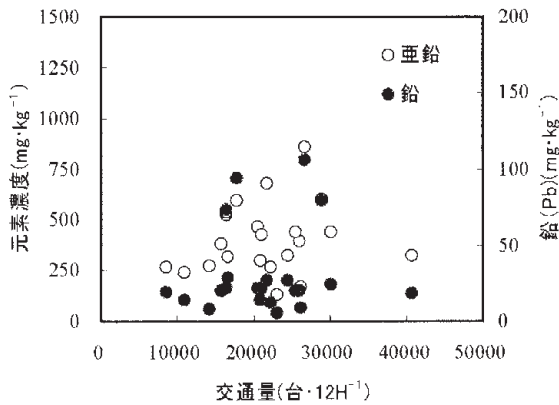


図-4 自動車通行量と道路脇緑地帯の表土における亜鉛、鉛含有率の関係

境基準を大きく上回る蓄積があることが判明した。

また、自動車タイヤには亜鉛、鉛が高い濃度で含有されており、緑地帯土壌表層においても、これら両者の含有率に相関があることが明らかになった。また、岡山市では路面電車軌道沿いの交差点付近では、表土の銅含有率が高くなっており、その発生源が自動車ではないものと思われた。さらに表土における亜鉛、鉛含有率と自動車通行量との間に明確な相関関係が認められなかったことから、自動車通行にともなう粉塵粒子の発生と、それらの土壌蓄積が交通量だけでなく、道路構造などにも大きく影響を受けているこ

とが示唆された。しかたがって、今後は道路構造や緑地帯の規模あるいは植栽樹木の種類などとの関係を明らかにする予定である。

引用文献

- 1) 浅見輝男・加藤景子 (1997) 土壌中のカドミウム、亜鉛、鉛、銅の全量定量法の比較, 日本土壤肥学会誌, 48: 335-336.
- 2) 浅見輝男・窪田正亜・南沢 究 (1988) 土壌中のカドミウム、アンチモン、ビスマスなどの重金属元素の自然界値, 日本土壤肥学会誌, 59: 197-199.
- 3) 浅見輝男 (2001) 道路脇粉塵からみた都市の有害重金属汚染, 日本の重金属汚染, アグネ技術センター (東京), 329-366.
- 4) 岡山市都市整備局 (2001) 道路交通情勢調査結果表, 岡山市, pp48.
- 5) 嶋 一徹・松崎由利子・千葉喬 三 (1993) 都市近郊林における浮遊粉塵の補足機能に関する研究, 日本緑化工学会誌, 19 (1): 225-262.
- 6) 杉浦公昭 (1975) タイヤ磨耗によるカドミウム汚染, 経済 9 月号, 新日本経済社 (東京), 70-85.

II. タケ炭の重金属吸着能とマルチング資材としての効果についての検討

摘要：未利用有機資源であるタケの有効利用を考え、タケ炭化物の重金属吸着能を木炭、活性炭のそれと比較した。その結果、炭化温度に関係なく炭化物の pH が塩基性を示し、カリウムを多く含むタケ炭は優れた吸着能を有していることが明らかとなった。そこで、道路中央分離帯内の植栽樹木下でタケ炭をマルチング資材として利用した際の、浮遊粉塵中の重金属吸着能について実証試験を行った。その結果、植栽下にタケ炭を敷設することにより重金属汚染の抑制に効果的であることが明らかとなった。

キーワード：未利用資源、タケ炭、重金属、吸着性能、マルチング資材

Abstract : The effective utilization of the bamboo which was unused organic resources was considered, and heavy metal adsorption ability of the bamboo carbide was compared with it of wooden charcoal and activated carbon. As the result, pH of the bamboo charcoal showed the basicity regardless of the carbonization temperature, and it became clear to have the adsorption ability which bamboo charcoal which mainly contains the potassium is excellent. Then, the practically experiment was carried out on heavy metal adsorption ability in the street dust in utilizing the bamboo charcoal under the planting tree in the roadside as a mulching material. It became clear to be effective in the control of the heavy metal pollution by laying the bamboo charcoal under the planting.

Key words : unused resource, bamboo charcoal, heavy metal, adsorption ability, mulching material

1. はじめに

タケは里山構成メンバーの一つであり、タケ林はかつて食料と同時に様々な生活資材を提供してきた。しかし、生活様式の変化にともないその利用は激減し、放置による「拡大するタケ林」が大きな社会問題となっている。最近、資源の有効利用および環境保全を目的とし、各地で補助金事業をはじめ市民レベルでタケ炭が生産され、それは木炭に比べ各種効能に優れているとされ販売されている。しかし、この効能については市販の書物による紹介が主なもので^{5),9)}、利用にあたっての定量的データは極めて少ない³⁾。

そこで、本研究では、吸着試験により炭化条件の異なるタケ炭の重金属吸着性能を木炭、活性炭のそれと比較すると同時に、資源回収の観点から脱着・再生特性についても検討した。また、最近、交通量の増加にともない都市部における重金属汚染が問題となっている。これらは、化石燃料の燃焼や自動車部品の磨耗に由来するもので、道路周辺環境ではこれらの蓄積が指摘されている^{1),2),7),9)}。しかし、これらに起因する土壌の重金属汚染防止あるいは抑制に関する報告例は見当たらない。そこで、実証試験として、タケ炭をマルチング資材として中央分離帯内に敷設した場合の、重金属吸着効果ならびに植栽の有無が資材の重金属吸着量におよぼす影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 炭化方法

供試材料としては 5 年生モウソウチク (Mo) と、比較のために用いたヒノキ (Hi) ならびにコナラ (Ko) であり、これらを

約 10 mm 角に切断し炭化を行った。炭化条件としては、土窯での調査結果より³⁾、炭化温度は 400、600 および 800℃で、昇温速度 5 °C/min、所定温度での保持時間は 1 時間とした。比較のために用いた活性炭は、おが屑を素材とし、塩化亜鉛法により賦活化した試薬特級粉末活性炭 (和光純薬工業製) である。

2.2 細孔構造測定

炭化物の比表面積測定は、窒素ガス吸着法 (日本ベル製 : BELSORP 28S) により行なった。また、水銀圧入法 (島津製作所製 : オートポア 9510) により、0.003 ~ 500 μm の範囲の細孔分布を求めた。

2.3 重金属吸・脱着、再生試験

吸着試験には 0.15 mm 以下に粉砕した粉炭を主として用いたが、脱着・再生試験では一部粒状炭を用いた。これら試料は試験前に乾燥炉 (106 °C) で十分に乾燥した後に用いた。

重金属水溶液は原子吸光分析用標準液 (1000 ppm) を用い、Zn および Cu について吸着試験を行った。いずれの溶液とも純水により初期濃度 10 ppm とした。また、初期 pH は 3.5 に調整したが、これにはアンモニア水、塩酸の特級試薬を用いた。吸着試験は、100 ml 容の蓋付き瓶に粉体試料 0.2 g を秤取り、重金属水溶液 50 ml を加え、30 °C の恒温槽内で 150 rpm で所定時間振とうした。その後、遠心分離機で 5000 rpm、10 min にて試料を分離し、上澄み液を回収して原子吸光分光光度計 (島津製作所製 : AA6800) で濃度を測定した。脱着試験には 800 °C にて焼成したタケ炭で、粒径 0.6~1.18 mm のものを用いた。すなわち、吸着試験後に試料の全量を回収し、106 °C で 24 時間以上の乾燥を行い、pH を 1~8 に調整した塩酸溶液 50 ml 中で 3 時間振とう後、溶液中に溶出した重金属濃度を測定した。また、再生試験は、pH 2.0 の塩酸溶液中で脱着後、試料の全量を回収し、乾燥後に吸着試験を実施した。

2.4 道路緑地帯での浮遊重金属補足に関する実証試験

タケ炭の重金属吸着能を利用した道路緑地帯での浮遊重金属捕捉に関する実証試験を行った。試験は図-1 に示したライシメーターに深さ 6 cm に土壌を充填し、その上部に供試資材を敷設したものを用いた。客土には 4 mm の篩を通過したマサ土を用い、資材には 800 °C で焼成した粒径 3.36~4.75 mm のタケ炭を用いた。また、比較のためほぼ同径のタケチップを用いた。設置場所は交通量が多く、土壌重金属集積が認められる⁷⁾岡山市内南町の県道 27 号線中央分離帯内と岡山大学農学部試験圃場内の 2 ヶ所とした。なお、中央分離帯内には高さ 1 m 程度のカナメモチが植栽されているため、植栽木の有無が重金属吸着量に及ぼす影響についても調査した。設置期間としては 04 年 7 月から 3 ヶ月間とした。この期間の降雨ならびに土壌通過水中の重金属量を測定した。設置期間の総雨量は 480 mm であった。

2.5 カラム試験

重金属の垂直方向蓄積を調べる目的でカラム試験を行った。カラムとしては内径 20 mm、容量 50 ml のプラスチック製メスシリンダーに加工を加えたものを使用した。溶液濃度ならびに pH は先の吸着試験と同様で、流量約 35 ml/hr とし、所定量毎に溶脱水をサンプリングした。また、土壌としては 2 mm 以下のマサ土と、800 °C で焼成したタケ炭の 1.18~2.28mm の粒径のものを用いた。

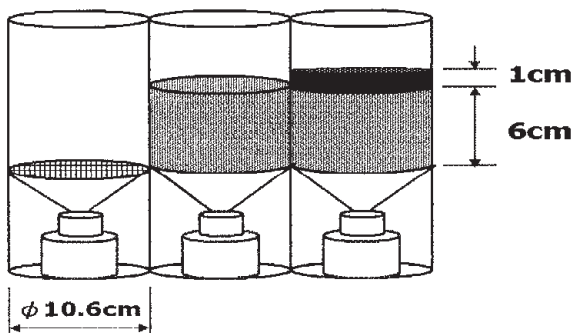


図-1 ライシメーターの概略図

Fig.1 Schematic diagram of Lysimeter

3. 結果ならびに考察

3.1 炭化物の細孔構造と pH

炭化温度の異なるタケ炭ならびにヒノキ炭の窒素吸着による BET 比表面積 (S) 測定結果を表-1 に示す。炭化温度の上昇にともない比表面積は増加し、素材の違いによる差異はほとんど認められず、800 °C で焼成した炭化物の比表面積は活性炭のそれの約 70 % である。

水銀圧入法による 800 °C 炭化物の細孔頻度分布測定結果を図-2 に示す。タケ炭は木炭に比べ 10~20 nm にピークをもつメソ孔の発達した炭化物である。

表-1 炭化物の比表面積

Table 1 Specific surface area of carbons

材料 (略号)	炭化温度 (°C)	比表面積 (m ² /g)
モウソウチク (Mo)	400	3.8
	600	290.4
	800	688.8
ヒノキ (Hi)	400	8.6
	600	323.1
	800	765.4
活性炭		1021.3

炭化物の pH は、木炭では炭化温度の上昇にともない酸性から塩基性へと変化するが、タケ炭のそれは炭化温度に関係なく塩基性を示し、カリウム濃度が高いことが特徴である³⁾。

3.2 吸・脱着、再生試験

一例として、炭化温度の異なるタケ炭、木炭 (ヒノキ炭、コナラ炭) ならびに活性炭の粉炭 (0.15 mm 以下) による Zn 吸着試験結果を図-3 に示す。炭化温度の高い炭化物の吸着能は高く、ほぼ 1 時間以内に吸着平衡に達する。ヒノキ、コナラを用いた木炭の吸着能はよく似た傾向であるが、タケ炭の吸着能はそれらに比べて高い。一般に、各種吸着性能には炭化物の比表面積が関係するといわれているが、比表面積の大きな活性炭よりもタケ炭の吸着能は高い。これには炭化物の pH が関係し、炭化温度に関係なく塩基性を示すタケ炭の吸着能が高くなったものと思われる。

試験後の溶液 pH は、残留濃度の変化と関係し短時間で溶液 pH は上昇するが、吸着平衡後はほぼ一定の値を示した。また、

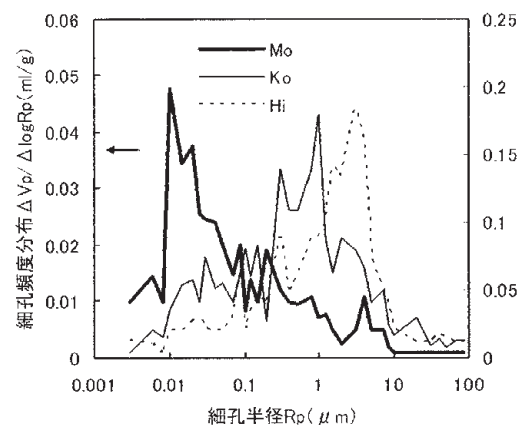


図-2 800 °C で炭化した炭化物の細孔分布

Fig.2 Pore distributions of charcoal carbonized at 800°C

残留濃度と吸着平衡後の溶液 pH との間には、Zn の場合一次式、Cu の場合指数関係が成り立ち、いずれの炭化物とも Zn よりも Cu 吸着能が優れていた。活性炭の吸着能は低い、これには、用いた活性炭は塩化亜鉛回収のために硫酸を用いて処理されているため、炭化物の pH が酸性であることが関係しているものと思われる。

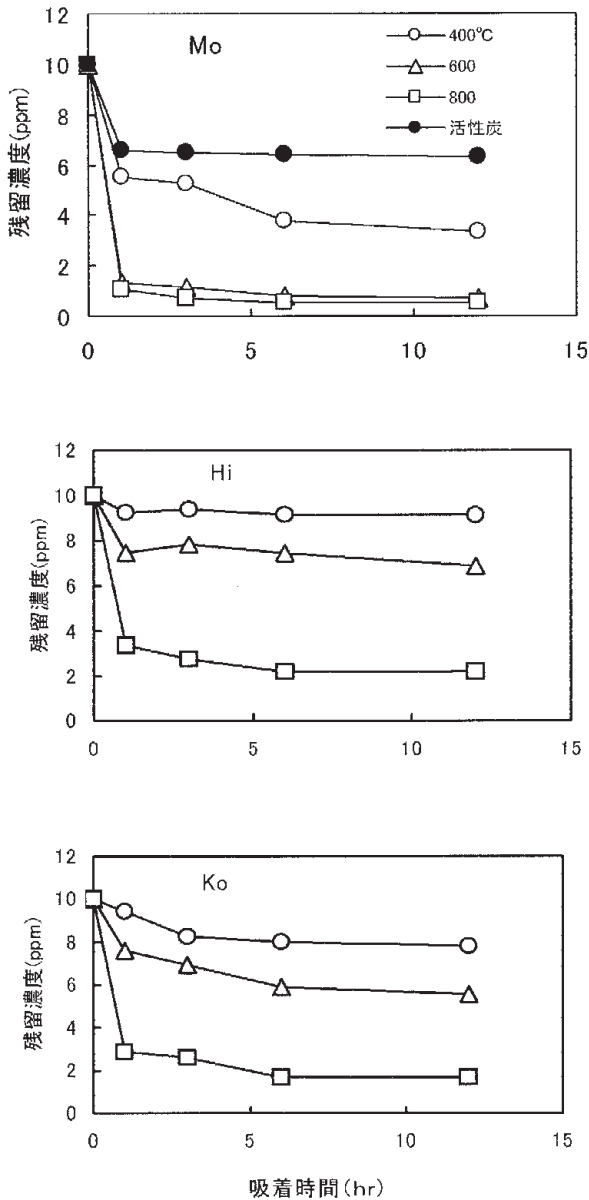


図-3 Zn 吸着特性
 注: Mo (モウソウチク) Hi (ヒノキ) Ko (コナラ)
 Fig. 3 Adsorption properties of Zn
 Note: Mo(*Phyllostachys pubescens*), Hi(*Chamaecyparis obtusa*), Ko(*Quercus serrata*)

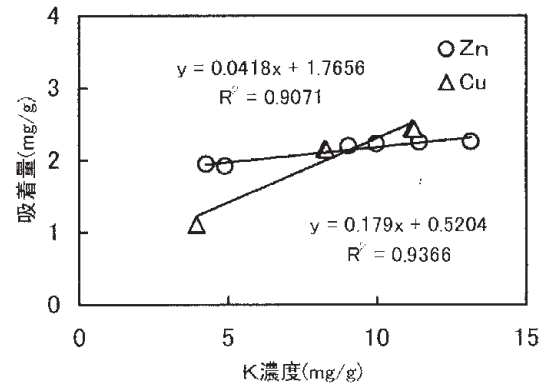


図-4 K 濃度と吸着量
 Fig. 4 K concentration and adsorbed amount

別報³⁾にて、タケ炭はカリウムを多く含むことを示したが、溶液中の K 濃度と炭化物の Zn ならびに Cu 吸着量について整理した結果を図-4 に示す。両者の間には良好な関係があり、K 濃度の高いタケ炭の吸着量は多い。また、K 濃度は Zn より Cu 吸着量に大きく関係することが明らかである。

そこで、800 °C で焼成したタケ炭粒状炭 (0.6~1.18 mm) 0.2 g を用い、pH 3.5 に調整した溶液 50 ml 中で K 量除去を目的とした洗浄処理後、Cu 吸着試験を実施した。洗浄回数と K 濃度、Cu 吸着量との関係を図-5 に示す。K 濃度の低下にともなう Cu 吸着量は急激に減少し、2 回の洗浄で K 濃度ならびに Cu 吸着量は一定となる。この結果より、重金属吸着には炭化物中の K 量が関係し、ヒノキ、コナラによる木炭よりタケ炭の吸着能が大きくなるものと推察される。

ここまでの結果より、今回の実験範囲内では 800 °C で焼成したタケ炭の重金属吸着能が最も優れていることが明らかとなった。ここまでの吸着実験は粉状炭を用いたが、実用性を考え粒径を変化させ (0.6~1.18, 1.68~3.36, 7~8 mm) 吸

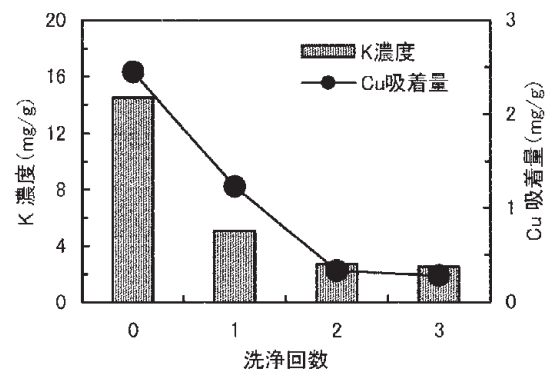


図-5 洗浄回数と K 濃度、Cu 吸着量
 Fig. 5 Change of K+ concentration and the amount of adsorbed Cu with washed times

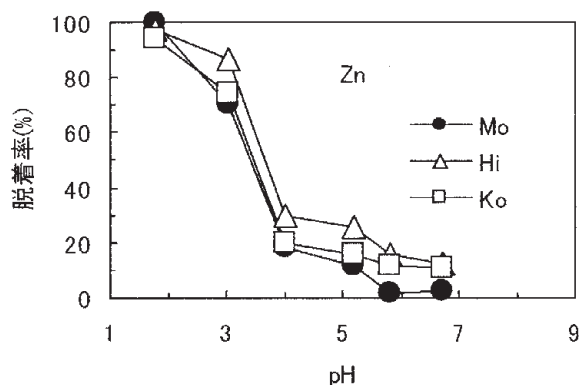


図-6 脱着特性
Fig. 6 Desorption property

着試験を実施した。その結果、7~8 mm のものを除き、粒径が大きくなるにしたがい吸着平衡に達するまでの時間は長くなるものの、吸着量には大きな変化は認められなかった。

そこで、粒径 0.6~1.18 mm とした 800 °C で焼成したタケ炭を用いて脱着・再生試験を行った。Zn についての脱着試験結果を図-6 に示す。脱着率(R)は次式で定義した。

$$R = \{1 - (Aa - Ad) / Aa\} \times 100$$

ここで、Aa は pH3.5 に調整された重金属溶液下での吸着量、Ad は所定の pH に調整された塩酸溶液下での脱着量である。木炭の吸着量はタケ炭に比べ低いが脱着傾向は素材の違いに関係なくほぼ同じであり、pH2 の塩酸溶液中ではほぼ 90 % の重金属が回収可能である。また、Cu の場合にも同様な傾向が認められた。

pH2.0 に調整した溶液中で脱着した試料の全量を回収し、再吸着試験を実施して再生能について考察した。試料は脱着試験後洗浄することなく、乾燥器内 (106 °C) で 24 時間の乾燥を行い実験に供した。初回ならびに再吸着平衡後の Cu 吸着量および K 濃度の変化をそれぞれ図-7(a)および(b) に示す。タケ炭では初回の Cu 吸着量は 2.42 mg/g と高いが、再吸着後のそれは 0.48 mg/g へと急激に低下した。これにともない再吸着後の溶液中の K 濃度(b) は初回に比べ大きく減少した。木炭によるカドミウム (II) ならびに鉛 (II) の吸着には K 濃度が支配的であると報告⁶⁾ されているが、本実験においても同様な結果となった。しかし、活性炭の Cu 吸着量は 2.32 mg/g から 1.82 mg/g へと若干減少するものの、K 濃度の変化は少なく、活性炭の吸着機構はタケ・木炭のそれと異なるものと思われる。また、この結果より、タケ・木炭は脱着後は、重金属吸着材としての再利用は困難であることが示唆された。別報⁴⁾ において、タケ炭は炭化温度に関係なく塩基性を示し、化学的な反応をとらぬ酸性ガスの吸着に効果的であることを明らかとした。重金属脱着後はタケ炭化物も酸性を示すことから、アンモニアガス吸着試験を実施した。その結果、タケ炭本来の酸性ガス吸着能に加え、優れたアンモニアガス吸

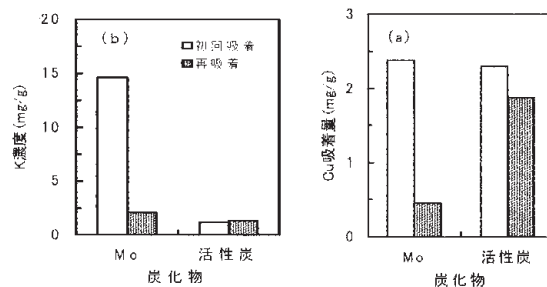


図-7 再生試験結果
Fig. 7 Results of regeneration test

着能をも示した。このことはタケ炭の用途拡大につながるものと思われる。

3.3 道路緑地帯での浮遊重金属捕捉に関する実証試験

中央分離帯内および岡山大学農学部試験圃場内に設置したライシメーターにより採取した、雨水ならびに溶脱水中の Zn と Cu 濃度測定結果を図-8、9 に示す。図中で A~D はライシメーターの種類であり、それぞれ雨水(A)、土壌(B)、土壌+タケ炭(C)、土壌+タケチップ(D)を意味しており、カナメモチ植栽下に設置したものは(U)を付して区分した。Zn についてみると、圃場内の雨水中の値に対し中央分離帯内植栽なしで約 10 倍、植栽ありで約 30 倍の濃度である。これには交通量の影響と、樹木葉により捕捉された重金属が降雨にともない落下することが関係していると考えられる。

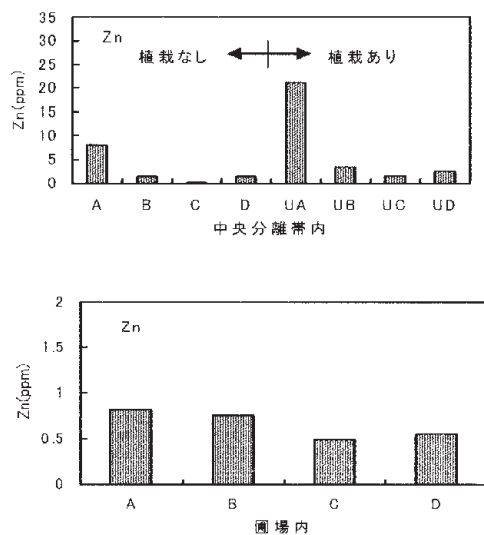


図-8 雨水、溶脱水中の Zn 濃度
Fig. 8 Zn concentration in rain and leaching water

Cu についても Zn の場合と同傾向には類似しているが、濃度的には低く、Zn 濃度の約 1/10 である。いずれの場合も土壌の重金属吸着は大きい、タケ炭による吸着効果は十分に認められる。

設置 3 ヶ月経過後にライシメーターを回収し、深さ 0~1

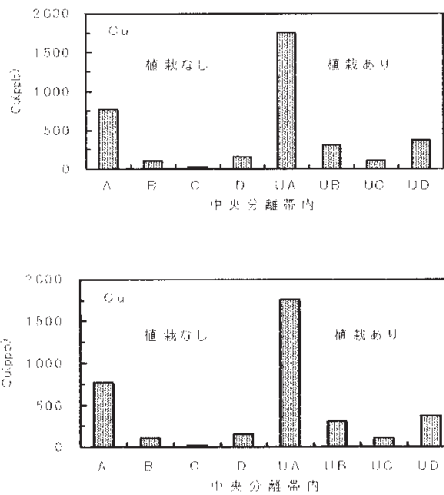


図-9 雨水、溶脱水中の Cu 濃度

Fig. 9 Cu concentration in rain and leaching water

図中で A~D はライシメーターの種類であり、それぞれ雨水(A)、土壌(B)、土壌+タケ炭(C)、土壌+タケチップ(D)を意味しており、カナメモチ植栽下に設置したものは(U)を付して区分した。

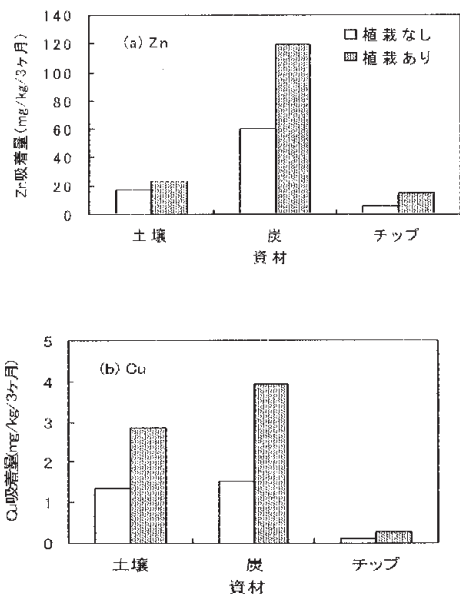


図-10 資材の重金属吸着量

Fig. 10 Heavy metal adsorbed amount by materials

cmの表土と資材について各3サンプルを分解し、資材の重金属蓄積量を測定した結果を図-10に示す。この結果より土壌、資材とも浮遊重金属を捕捉していることが明らかになった。また、タケ材をチップとして用いた場合、重金属吸着効果は低く、炭化物としての利用が都市域における土壌重金属の汚

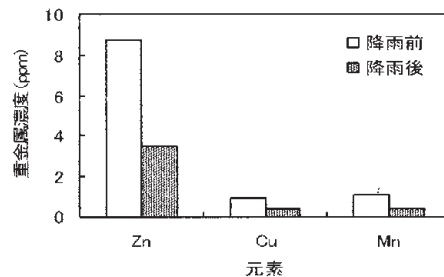


図-11 降雨前後における重金属の葉面付着濃度

Fig. 11 Heavy metal adhesion concentration on the leaves

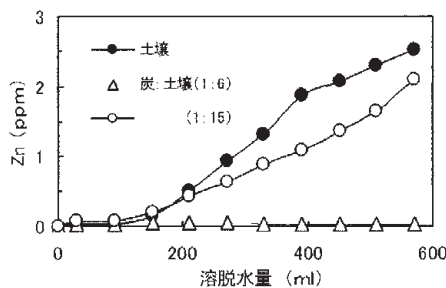


図-12 溶脱水中の Zn 濃度変化

Fig. 12 Changes of Zn concentration in leaching

染抑制には有効であることが確認できた。また、吸着量と植栽の有無の関係についてみると、いずれも植栽ありのものが高い値となっている。これは樹木葉が浮遊粉塵を捕捉するためであり、樹冠下では降雨にともないその一部が落下しているものと推察できる。そこで、設置場所付近で中央分離帯内の植栽であるカナメモチ葉40枚を採取し、浮遊粉塵中の重金属捕捉状況を調査した。調査は04年9月に5日間連続して晴天が継続した時期に行い、その後の降雨前後で葉面付着重金属がどのように変化したかを調べた。葉面付着した重金属の洗浄液としては0.2規定塩酸を用いた。その結果を図-11に示す。これまでの結果と同様に、Zn濃度はCuのそれの約10倍であり、葉面が捕捉した重金属の約60%は降雨により落下するが、元素に関係なく約40%は葉裏面に付着しているためか残留する。以上の結果より、道路脇植栽は景観のみならず浮遊粉塵中の重金属捕捉に効果的であり、土壌表面にタケ炭を敷設することで、これら樹木葉に捕捉された重金属の土壌集積を軽減できることが判明した。

カラム試験結果の一例として、図-12に溶脱水量とZn濃度変化を、また、図-13に資材のZn吸着量の垂直方向分布を示す。土壌だけの場合、溶脱水量約150ml(雨量換算で約440mm)あたりからZnの溶出が認められるが、タケ炭を土壌上に容積比にして1:6で敷設すると、検出濃度限界以下となった。しかし、容積比が1:15では、当然のことながらタケ炭の重金属吸着効果は低い。試験後(雨量換算で約1800mm)

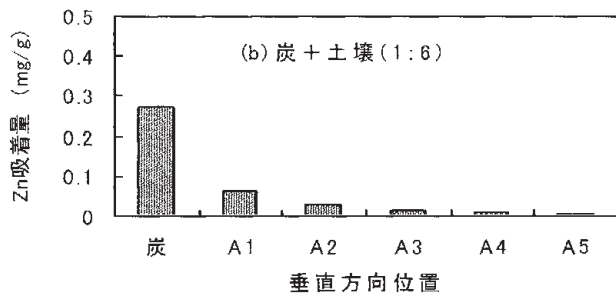
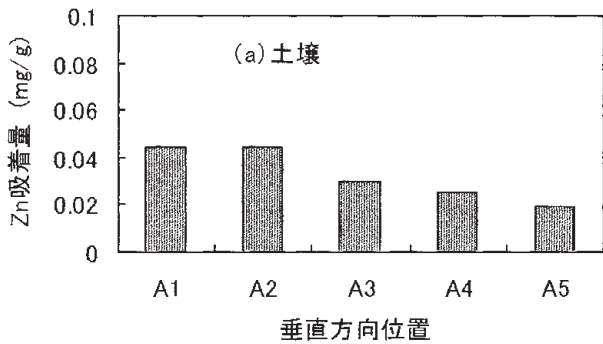


図-13 Zn吸着量の垂直分布

Fig. 13 Vertical distribution of amount adsorbed Zn

カラム内の土壌を表層から5つに区分(A1~A5)して、重金属吸着量の垂直分布を調べた。その結果、A1, A2では吸着平衡に達しているためかほぼ同じ値であるが、下層になるにしたがい吸着量は順次減少している。一方、タケ炭を敷設した場合は、タケ炭による吸着が多いため、土壌最表層での吸着は土壌のみの場合とほぼ同じであるが、それ以降では減少しており、タケ炭による吸着効果は明らかである。

Zn, Cuともに炭の吸着量は実証試験結果より高い値となったが、これにはカラム上部に溶液が滞留していたことが関係しているものと思われる。

4. まとめ

炭化温度の上昇にともないタケ・木炭とも比表面積は増加するが、タケ炭はメソ孔の発達した炭化物である。また、木炭のpHは炭化温度の上昇にともない酸性から塩基性へと変化するのに対し、タケ炭は炭化温度に関係なく塩基性を示し、カリウム分を多く含む炭化物である。

一般に、各種吸着性能には炭化物の比表面積が関係するといわれているが、重金属吸着には炭化物のpHが関係し、カリウム分を多く含むタケ炭の吸着能が優れている。タケ炭をマルチング資材として道路脇緑地帯に敷設することで、都市部における重金属汚染抑制効果が認められた。また、緑地帯の植栽は、景観のみならず浮遊粉塵中の重金属捕捉に効果的

であり、今後は、植栽の種類と捕捉能との関係について調査する必要がある。

現在の都市部における下水道は、生活排水をも含めた合流式であるが、豪雨の際には下水処理場の処理能力を超え、処理されず河川へ流されている。国土交通省は、今後、都市部の下水道として分流式を計画している。しかし、この方式では、重金属による汚染が問題となる。したがって、道路脇緑地帯にタケ炭をマルチング資材として敷設すると同時に、側溝排水枡中へ土壌とタケ炭を入れることは、都市部の土壌ならびに河川・海洋の重金属汚染抑制の一方策と思われる。

引用文献

- 1) 浅見輝雄・千島礼子(1978) 規模の異なる都市の道路わき粉じんの重金属含有率, 茨城大学農学部学術報告 26: 117-125
- 2) 浅見輝雄・木谷 悟・佐々木和加代(1984) 茨城県の主要都市道路わき粉じんの重金属含有量, 茨城大学農学部学術報告 32: 29-34
- 3) 藤原 敏・嶋 一徹・千葉喬三(2003a) 竹炭の基本的性質と調湿能, 木材学会誌 49(5): 333-341
- 4) 藤原 敏・嶋 一徹・千葉喬三(2003b) 竹炭の炭化条件とガス吸着特性, Bamboo Journal 20: 68-76
- 5) 池嶋庸介(1999) 竹炭・竹酢液の作り方と使い方, 岸本定吉監修, 農文協, 1-142
- 6) 甲斐登起雄・山本晋平・石原茂久(2001) 木質系炭化物のカドミウム(II)および鉛(II)の吸着特性, 資源処理技術 48(1): 9-18
- 7) 嶋 一徹・相原健児・千葉喬三(2003) 岡山市主要幹線道路脇緑地帯における重金属集積, 日本緑化工学会誌 29(1): 231-234
- 8) 白石さやか・渡邊 泉・久野勝治(2002) 東京都内の主要道路における道路粉塵, 街路土壌および街路樹葉の重金属蓄積, 環境科学 12(4): 829-837
- 9) 内村悦三・谷田貝光克・細川健次(1999) 竹炭・竹酢液の利用辞典, 創森社, 1-187

海洋性微細藻類を用いる環境ホルモン等の海洋汚染物質の回収除去法の開発

石原 浩二（岡山理科大学理学部臨床生命科学科）

1. 研究目的

人類は、これまでに様々な活動において多種多様な化学物質を作り出し、それらによって生活を豊かにしてきた。しかしながら、人類は豊かさを追い求めるあまり、自然環境への影響を軽視し、様々な環境汚染物質をも生み出し、その結果、地球環境を破壊してきた。特に最近、環境ホルモンと称されている外因性内分泌攪乱化学物質が、我々の環境を汚染し、人類だけでなく数多くの野生生物の活動に多大な影響を及ぼし、深刻な社会問題となっている。ダイオキシンやアルキルフェノールなどの環境ホルモン物質は、地上で発生したり使用されたりしているが、これらの化合物は大気や水の流れを通じて、最終的には海洋に流れ込むことになる。したがって、海洋における拡散や移動が環境ホルモンの残留に大きな影響を及ぼすことは容易に推察できる。しかしながら、このような環境ホルモン関連物質の分解や除去に関する研究のほとんどが内陸地で行われており、海洋に流れ込んだ汚染物質をターゲットとした研究はほとんど行われていない。

これまでに、微生物を“生体触媒”として用いた物質変換反応とその応用に関する研究においては、酵母やカビ、および耐熱性細菌などの微生物に優れた物質変換能力が存在することが明らかになっている¹⁻¹²⁾。また、環境汚染物質の一つとして考えられている外因性内分泌攪乱物質の無毒な化合物への変換反応についても研究が行われている。しかし、利用されている微生物は陸生であり、海中など食塩が含まれている海水域の環境改善には利用できないのが現状である。そこで、新規な生体触媒として海洋性微細藻類に着目し、それらの物質変換能力の有無について調査を行った結果、海洋性微細藻類にも各種の化合物に対する変換能力が存在すること、および外来物質を細胞内へ蓄積することを見出した¹³⁾。

本研究では、海洋性微細藻類の細胞内に蓄積された環境汚染物質を、食物連鎖で上位者である動物性プランクトンへ捕食させながら、生物濃縮を利用することで効率的に環境汚染物質を回収することで、沿岸海域の海洋環境汚染防止に貢献しえる「環境浄化への新たな道」を切り開くことを主目的として検討を行った。

研究に用いた微細藻類などの海洋生物は、瀬戸内海沿岸海域から単離されたものを使用し、環境汚染物質（内分泌攪乱関連物質）としては、フタル酸エステル類、および、アルキルフェノール類を研究対象とした。

2. 実験方法

1. 実験に使用した海洋性微細藻類と基質

海洋性植物プランクトンとして、*Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros* sp., *Nannochloropsis* sp., *Pavlova lutheri* の4種類を以下の実験に使用した。これらの微細藻類は愛媛県水産試験場のタイプカルチャーである。海洋性動物プランクトンとして、アルテミア (*Artemia* sp.) とシオミズツボムシ (*Brachionus* sp.) の2種類を使用した。環境ホルモン物質としては、フタル酸ジエチルヘキシル (DOP), および、ビスフェノール A (BPA) を用いることにした。

2. 海洋性微細藻類の培養条件

2-1. 植物プランクトンの培養

植物プランクトン類は、蛍光灯による照射下 (1000 lx), 2週間, 20 °C で通気 (2 L / 分) 集積培養を行った。培地組成は以下通りである。蒸留水 1L に、塩化ナトリウム (NaCl) 20.747 g, 塩化マンガン四水和物 ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$) 0.8 mg, 塩化マグネシウム六水和物 ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 9.474 g, 塩化カルシウム二水和物 ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) 1.326 g, 硫酸ナトリウム (Na_2SO_4) 3.505 g, 塩化カリウム (KCl) 597 mg, 炭酸水素ナトリウム ($NaHCO_3$) 171 mg, 臭化カリウム (KBr) 85 mg, 硼酸ナトリウム十水和物 ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)

34 mg, 塩化ストロンチウム (SrCl₂) 12 mg, 弗化ナトリウム (NaF) 3 mg, 塩化リチウム (LiCl) 1 mg, ヨウ化カリウム (KI) 0.07 mg, 塩化コバルト六水和物 (CoCl₂ · 6H₂O) 0.2 mg, 三塩化アルミニウム六水和物 (AlCl₃ · 6H₂O) 8 mg, 三塩化鉄六水和物 (FeCl₃ · 6H₂O) 5 mg, タングステン酸ナトリウム二水和物 (Na₂WO₄ · 2H₂O) 0.2 mg, モリブデン酸アンモニウム ((NH₄)₆Mo₇O₂₄) 0.02 mg, NM 溶液 1.0 ml を加えたものを培地とした。NM 溶液とは、蒸留水 1L に、硝酸ナトリウム (NaNO₃) 150 g, リン酸水素ナトリウム (Na₂HPO₄) 10 g, エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム塩 (EDTA-2Na) 0.9 g, ビタミン B₁₂ 1.5 mg, チアミン塩酸塩 75 mg, ビオチン 1 mg, エチレンジアミン四酢酸鉄 (EDTA-2Fe) 2.5 g, トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン 5 g を加えたものである。 *Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros* sp. については培地中に 0.0045% のケイ酸ナトリウムを加えて培養した。

2-2. 動物プランクトンの培養

アルテミアおよびシオミズツボワムシの培養は、2-1 で培養した海洋性クロレラ (*Nannochloropsis* sp.) を餌として培養し、プランクトンネットで回収、新鮮な海水で洗浄後、実験に用いた。

3. 海洋性微細藻類による環境ホルモン物質の蓄積実験

2. で培養した培養液 (微細藻類懸濁液) 50 ml に、環境ホルモン物質 1.2 mmol (アセトン溶液) を加え、蛍光灯照射下 (1000 lx), 20 °C, 好氣的条件にて 6 日間インキュベートした。反応終了後、ガラスフィルターでろ過し、培養液と微細藻類とを分離した。微細藻類については、新鮮な培地で 3 回洗浄し、その洗浄液はろ過培養液 (使用済み培養液) と一緒にした。ろ過培養液については、ジエチルエーテルで 3 回抽出後、無水硫酸ナトリウムで有機層を乾燥させ、減圧下で溶媒を留去後、ガスクロマトグラフ分析により基質の回収率を求めた (Frac-B)。ろ過後の微細藻類についてもジエチルエーテルで洗浄、抽出し、同様の操作を行い、ガスクロマトグラフ分析により基質の回収率を求めた (Frac-A)。基質の回収率は、GC 分析における標準物質との比較により、検量線を用いて算出した。なお、上の実験とは別に、ブランク実験 (微細藻類を使用しない実験) を行い、実験操作上での基質の損失を考慮することにした。実験のフローチャートを Fig. 1 に示した。

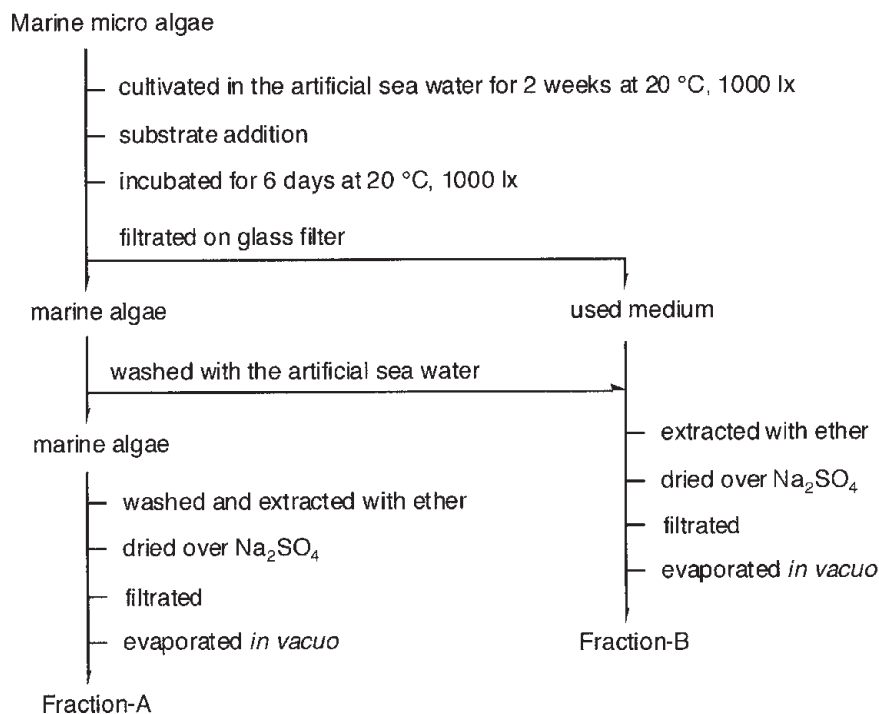


Fig. 1. Flow chart of the experiment.

4. エコシステムを利用する海水からの環境ホルモン物質の回収実験

エコシステムを利用する海洋汚染物質の回収・除去のための実験モデルとして次のような方法を考案した。Step 1) 海水中の汚染物質が植物プランクトン中に取り込まれる。Step 2) 次に汚染物質を取り込んだ植物プランクトンを動物プランクトンに捕食させる。Step 3) 最後に、汚染物質を蓄積した動物プランクトンを採取する。この生物濃縮を利用した汚染物質回収法を確立するために、1L ビーカー内に、底部にナイロンメッシュを貼ったアクリル製の筒を取り付けた装置を作成した (Fig. 2)。

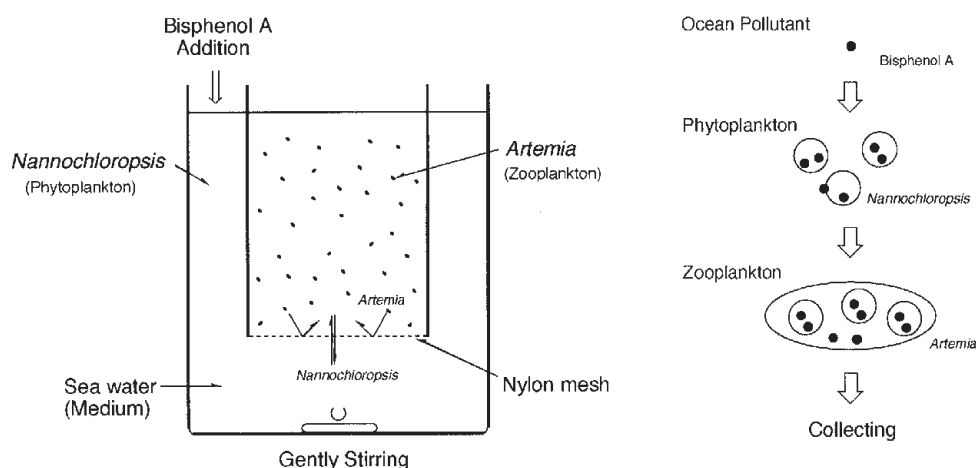


Fig. 2. Ocean Pollutant Collecting Model using "Eco-system"

ビーカーには上述の2で培養した *Nannochloropsis* を入れ、アクリル筒には卵からふ化させ、海洋性クロレラを餌として生育したアルテミアを約 100 匹入れた。ナイロンネットのメッシュについては *Nannochloropsis* は自由に移動できるが、アルテミアやワムシは出ることにはできない大きさとした。最後に環境ホルモン関連物質としてビスフェノールAを 5 mmol 添加し、蛍光灯照射下で、5日間静かに攪拌し、2と同様に残存環境ホルモン物質の量をGC分析により定量した。

3. 研究結果および考察

1. 培養条件の検討

人工海水に微量元素を溶かした培地中、通気・蛍光灯照射下での集積培養を行った結果、1~2週間で生育は最大(濁度が最大)に達した。愛媛県沖(宇和島湾)の海水、および岡山県牛窓沖の海水をろ過滅菌後、原海水として利用しても同様に培養が可能であった。これらの結果から、培地を使い分けることにより、研究室内でのスモールスケール培養から実用的スケールでの大量培養まで、効率的な培養が可能であることがわかった。*Chaetoceros* の培養については、人工海水利用時に、ケイ酸ナトリウムを添加しない条件下では、生育速度が遅くなり、良好な生育は見られなかった。

スクリーニングした4種類の海洋性微細藻類の中で、*Chaetoceros gracillis* と *Nannochloropsis* sp. の生育速度が速く、2週間で集積培養が可能であったので、以下の実験には、*Chaetoceros gracillis* と *Nannochloropsis* sp. の2種類の海洋性微細藻類を用いることにした。

2. 海洋性微細藻類による環境ホルモン物質の分解・回収

○フタル酸ジエチルヘキシル (DOP)

Chaetoceros gracillis と *Nannochloropsis* sp. の培養液に DOP を添加し、培養液中の DOP の残量と微細藻類細胞内（細胞への付着も含む）の DOP 量をガスクロマトグラフ分析により経時的に調べた。その結果を Table 1 に示した。

Table 1. The reaction of DOP with marine micro algae.

Marine Algae	0 day		2 days		6 days	
	Frac.-A	Frac.-B	Frac.-A	Frac.-B	Frac.-A	Frac.-B
<i>Nannochloropsis</i> sp.	11.8	68.3	19.3	43.8	23.1	23.2
<i>Chaetoceros gracilis</i>	24.9	57.4	22.7	32.6	20.9	13.7

Nannochloropsis, *Chaetoceros* とともに、時間の経過につれ、培地中の DOP 残量 (Frac-B) が減少していることがわかった。その一方で、Frac-A 中の DOP 量は大きく変化していなかった。この結果は、添加基質である DOP が微細藻類の細胞内へ取り込まれて分解しているためではないかと考えられる。DOP の総回収量を考慮すると、時間経過に伴う減少傾向が認められることから、微細藻類の細胞内へ取り込まれ、分解されていることが予想される。微細藻類細胞内のプロテアーゼなどの酵素により、DOP のエステル結合が切断されているのではないかと推定される。実際に、Frac-B から微量ではあるが、フタル酸が検出された。

○ビスフェノールA (BPA)

Chaetoceros gracillis と *Nannochloropsis* sp. の培養液に BPA を添加し、培養液中の BPA の残量と微細藻類の細胞内（細胞への付着も含む）BPA 量をガスクロマトグラフ分析により経時的に調べた。その結果を Table 2 に示した。

Table 2. The reaction of BPA with marine micro algae.

Marine Algae	0 day		3 days		6 days	
	Frac.-A	Frac.-B	Frac.-A	Frac.-B	Frac.-A	Frac.-B
<i>Nannochloropsis</i> sp.	14.2	68.3	49.3	23.8	53.1	13.2
<i>Chaetoceros gracilis</i>	15.3	57.4	22.7	42.6	24.7	33.7

Nannochloropsis, *Chaetoceros* とともに、時間の経過につれ、培地中の BPA 残量 (Frac-B) が減少していることがわかった。*Chaetoceros* については Frac-A の BPA 量も全体の回収量も大きく変化しないこと

から考えて、DOP とは異なり、分解されにくい基質であると考えられる。その一方で、*Nannochloropsis* については、Frac-A 中の BPA 量が時間の経過と共に増加していることがわかった。これは、BPA が細胞内へ取り込まれ、蓄積されていることためではないかと考えられた。よって、以下のエコシステムを利用する環境ホルモンの回収実験には、基質として BPA、植物プランクトンとして *Nannochloropsis sp.*を用いることにした。

3. エコシステムを利用する海水からの環境ホルモン物質の回収

図2のような装置を用いて、分解されにくい基質である BPA が動物プランクトン細胞内に蓄積するかどうかを調査した。その結果を Table 3 に示した。

Table 3. The reaction of BPA with phyto and zooplankton "Eco-system".

plankton	rec.(%)		
	zooplankton	phytoplankton	medium
<i>Artemia sp.</i> <i>Nannochloropsis sp.</i>	40.5	9.1	8.6
<i>Brachionus sp.</i> <i>Nannochloropsis sp.</i>	43.9	9.5	9.7
<i>Nannochloropsis sp.</i>	---	46.3	11.2
<i>Artemia sp.</i>	5.3	---	82.6
<i>Brachionus sp.</i>	6.1	---	79.8

反応5日後の、動物プランクトン、植物プランクトン、および海水に含まれる BPA 量を GC 分析で求めた。その結果、アルテミア、ワムシともに、海水へ添加した BPA が動物プランクトン内に取り込まれていることがわかった。コントロール実験としてアルテミア及びワムシ単独を用いた場合では、添加した基質のほとんどが海水中へ残っていたこと、しかも、*Nannochloropsis* の細胞内へは BPA が取り込まれていることを考えると、海水中の BPA が、植物プランクトンを介して、動物プランクトンへ移動していることがわかった。

4. 結 論

内分泌攪乱作用があると考えられているフタル酸ジエチルヘキシル (DOP) , ビスフェノール A (BPA) 2 種類の基質について、海洋性微細藻類の物質変換能力により分解されるかどうかについて調査した。その結果、DOP については、海水中に添加した場合、その量が明らかに減少することがわかった。また少量ながら細胞中にも取り込まれていることがわかった。しかし、全体の回収量を考慮すると、細胞内への蓄積よりも、分解の方が主として起こっていると考えられる。

その一方で、BPA のように分解されにくい基質は、細胞内へ蓄積される傾向があることがわかった。特に、海洋性クロレラ (*Nannochloropsis sp.*) は BPA を蓄積する能力が高いことがわかった。

そこで、海洋性クロレラに蓄積された BPA を動物プランクトンに補食させ、回収可能かどうかについて調査した結果、期待通りに動物プランクトンより、海水に添加した BPA が回収されることが確認された。

本実験のように、一旦、海洋性微細藻類に蓄積させ、その後、より高等な動物プランクトン（ワムシ、アルテミアなど）に捕食させることにより、最終的にはその動物プランクトンを回収することで、生物濃縮を繰り返しながら、海洋中に広範囲に希釈された汚染物質を効率的に回収できる可能性が期待できる。

今後は、「エコシステム（生物濃縮）」を用いた植物プランクトンと動物プランクトンの組み合わせについてより詳細な研究を行い、「生物濃縮型」の環境汚染物質回収法についての実用化に関する研究を進めていく予定である。さらに、実際に沿岸海洋域に溶け込んでいる微量な環境ホルモン関連物質に対する、モデルタイプの「海水循環型のバイオリアクター」を設計し、海洋汚染物質の回収・除去に関する実地的な検討も試みたいと考えている。

5. 謝 辞

本研究を行うにあたりご支援を賜り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。

6. 参考文献

- 1) N. Nakajima, K. Nakamura, A. Matsuyama, N. Esaki, and K. Soda, Purification and Characterization of Aldehyde Reductase from *Leuconostoc dextranicum*, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**(1), 160-161 (1993).
- 2) N. Nakajima, K. Ishihara, S. Kondo, S. Tsuboi, M. Utaka, and K. Nakamura, Differences in Protein Structure and Similarities in Catalytic Function of Two L-Stereoselective Carbonyl Reductases from Bakers' Yeast, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**(11), 2080-2081 (1994).
- 3) K. Ishihara, N. Nakajima, S. Tsuboi, and M. Utaka, Asymmetric Reduction of 1-Acetoxy-2-alkanones with Bakers' Yeast: Purification and Characterization of α -Acetoxy Ketone Reductase, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **67**(12), 3314-3319 (1994).
- 4) K. Ishihara, Y. Higashi, N. Nakajima, M. Utaka, and K. Nakamura, Enzymatic Production of (S)-1-Acetoxy-2-alkanol with Bakers' Yeast Cell-Free Extract in a Membrane Reactor, *J. Ferment. Bioeng.*, **81**(3), 266-268 (1996).
- 5) K. Ishihara, S. Kondo, K. Nakamura, and N. Nakajima, Protein Sequences of Two Keto Esters Reductases: Possible Identity as Hypothetical Proteins, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **60**(9), 1538-1539 (1996).
- 6) K. Ishihara, K. Iwai, H. Yamaguchi, N. Nakajima, and K. Nakamura, Stereoselective Reduction of α - and β -Keto Esters with Aerobic Thermophiles, *Bacillus* Strains, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **60**(11), 1896-1898 (1996).
- 7) K. Ishihara, M. Nishitani, H. Yamaguchi, N. Nakajima, T. Ohshima, and K. Nakamura, Preparation of Optically Active α -Hydroxy Esters: Asymmetric Reduction of α -Keto Esters with Thermophilic Actinomycetes, *J. Ferment. Bioeng.*, **84**(3), 268-270 (1997).
- 8) K. Ishihara, H. Yamaguchi, H. Hamada, K. Nakamura, and N. Nakajima, Asymmetric Reduction of α -Keto Esters with Thermophilic Actinomycete: Purification and Characterization of α -Keto Ester Reductase from *Streptomyces thermocyaneoviolaceus* IFO 14271. *J. Mol. Catal., B: Enzym.*, **10**(4), 419-428 (2000).
- 9) K. Ishihara, H. Yamaguchi, H. Hamada, N. Nakajima, and K. Nakamura, Stereocontrolled Reduction of α -Keto Esters with Thermophilic Actinomycete, *Streptomyces thermocyaneoviolaceus* IFO 14271. *J. Mol. Catal., B: Enzym.*, **10**(4), 429-434 (2000).
- 10) K. Ishihara, H. Yamaguchi, N. Adachi, H. Hamada, and N. Nakajima, Stereocontrolled Reduction of α -Keto Esters with Micro Green Algae, *Chlorella* Strains. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **64**(10), 2099-2103 (2000).
- 11) K. Ishihara, N. Nakajima, H. Yamaguchi, H. Hamada, and Y. Uchimura, Stereoselective Reduction of Keto Esters with Marine Micro Algae. *J. Mol. Catal., B: Enzym.*, **15**(1-3), 101-104 (2001).
- 12) H. Yamaguchi, N. Nakajima, and K. Ishihara, Purification and Characterization of Two α -Keto Ester Reductases from *Streptomyces thermocyaneoviolaceus* IFO 14271. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **66**(3), 588-597 (2002).

Establishing a Theory of Evaluation of Historical Districts: Frameworks and Methods

Taketo Naoi, Okayama Shoka University

David Airey, University of Surrey

Shoji Iijima, Okayama Shoka University

Outi Niininen, La Trobe University

INTRODUCTION

Historical assets as tourism destination are often not simple reflections of the past (Caffyn & Lutz, 1999; Johnson, 1999; Palmer, 1999), but necessarily incorporate contrived elements. How visitors evaluate a historical district with these contrived elements is open to question. This study attempts to explore relations between visitors' mental states and the features of a historical district in order to understand the mixed nature of visitors' evaluation of a historical district.

THEORETICAL FRAMEWORK

The Nature of a Historical District and Visitors' Evaluations

Commercialisation has been raised as an issue related to visitors' evaluation of a historical. It is often claimed that heritage tourism and commercialisation are usually in a close relation (Ashworth, 1991; Hewison, 1987; McKercher & du Cros, 2002). In tourism studies, such commercialisation has been criticised for transforming historical settings into superficial objects for the sake of tourism (Boorstin, 1964; MacCannell, 1976; Mathieson & Wall, 1982). However, some researchers have questioned those negative views about the influence of commercialisation. For example, visitors may need a certain degree of familiarity to enjoy unusual experiences (Cohen, 1972; Krippendorf, 1984) and demand contemporary facilities (Ashworth, 1988; Ashworth & Tunbridge, 2000). Findings by Naoi, Airey, Iijima and Niininen (in press) further imply that certain types of stores may be perceived as contributory to visitors' desire for local authenticity, something outside daily life or things to appeal to others.

The presence of other people is another issue to note when discussing evaluation of historical districts, many of which are major centres of visitation. The existence of tourists, especially in a specific non tourist-oriented area, has been often regarded negatively from various points of view as a factor consuming physical capacity (Misham, 1969) and spiritual values (Ellis & Heath, 1983) of a destination. In psychology, crowding, which is defined as a psychological stress that sometimes accompanies high population density (Stokols, 1972), has been seen as a constraint upon desired tourist experience (Schreyer and Roggenbuck, 1978; West, 1982; Womble and Studebaker, 1981).

Some authors, however, have offered more deliberate insights into the effects of the presence of others. As Urry (1990) argued, a historical tourism object can be regarded as the object of "romantic gaze", in terms of which solitude, privacy and a personal, semi-spiritual relationship with the object is appreciated. However, it is worth noting that a historical district could have been in the past or may still be a residential or commercial area. In this sense, a historical district could also be regarded as the object of "collective gaze", in terms of which the presence of other people is necessary to give atmosphere to the experience of a place. Also, as some theories concerning

crowding suggest, crowding in certain situations may be experienced as exhilarating or arousing (Argyle, Furnham & Graham, 1981; Hull, 1990) or may be perceived as contributory for social affiliation (Ditton, Fedler and Graefe, 1983 cited in Manning, 1985; Graham & Burge, 1984). Naoi and Iijima (2004) and Naoi et al (in press) also revealed relations between the presence of others and a sense of activity in a historical district, and Naoi et al's (in press) study further suggested that places where people are perceived to gather could be considered to satisfy visitors' desire to see something famous.

With reference to these arguments, visitors' evaluations of a historical district could relate to several evaluative dimensions, such as the place's spiritual value, or the sense of stillness or stimulation, according to visitors' mental states.

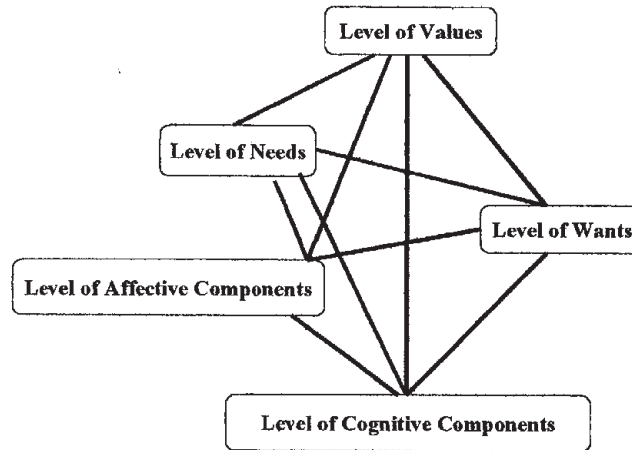
The Structure of Visitors' Evaluations of a Tourism Destination

Much past literature has suggested that tourism destination image involves two components: cognitive components and affective components (Baloglu, 1999, 2000, 2001; Baloglu & McCleary, 1999a, 1999b; Beerli & Martin, 2004; Gartner, 1993; Pike & Ryan, 2004). Cognitive components relate to the physical features (Hanyu, 1993) and can be regarded as derived from fact (Boulding, 1956) whereas affective components are concerned with the emotional quality of destination (Hanyu, 1993). As for relations between these two components, many authors have claimed that affective components are derived from cognitive components (Anand, Holbrook & Stephens, 1988; Baloglu, 1999, 2000; Baloglu and McCleary, 1999a; Woodside & Lysonski, 1989) while some others have questioned such relations (Solomon, Bamossy & Askegaard, 1999; Zajonic, 1980).

Means-end chain theory, which proposes roles of attributes of an object as means to achieve certain objectives, which are then the means for more ultimate objectives to be achieved (Gutman, 1982), further illustrates the hierarchical relations between cognitive and affective components and several types of mental states. Visitors' mental states can further vary in their degree of concreteness, and relations between these are suggested. For instance, "want" is usually regarded as a manifestation of "need" while "value" is defined as "a belief about a desirable end-state that transcends specific situations and guides selection of behaviour" (Solomon et al, 1999). These arguments suggest that there could also be hierarchical relations between these components as shown in Figure 1.

In tourism studies, explorative investigations on these hierarchical relations are rarely observed. Although some studies statistically investigated those relations (Baloglu, 1999, 2000; Baloglu & McCleary, 1999a; Beerli & Martin, 2004; Zins, 2001), those studies largely relied on predetermined variables rather than explorative elicitation of them.

Figure 1
The Possible Relations between Visitors' Mental States
and Cognitive/Affective Components of a Historical District



IMPLEMENTATION, ANALYSES AND RESULTS

Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis

This study employed two steps of investigations: the combination of *Repertory Grid Analysis* and *Laddering Analysis* with use of photographs as stimuli, and slide experiments. The theoretical grounds for these two methods were explained in Naoi et al (in press, forthcoming). The outlines of this set of interviews are described in Table 1.

Twenty-three settings within and around Sanmachi, in the middle of Takayama-shi, Gifu-Prefecture, Japan, were photographed under conditions varying mainly in the degree of conservation and the prominence of stores. These settings were chosen because of their preserved historical environments, and its touristic and commercial characteristics. For each setting, several slides that vary in terms of the way people (no people, a few people, many people and so on) and vehicles appear were prepared. In total, 58 photographs were selected as the stimuli.

The authors classified the extracted components levels of cognitive components, affective components, wants, and needs. Abstract components such as those concerning subjects' creeds or norms, which were to be categorised as values, were not actually extracted here. The authors then categorised the extracted components at each level into groups that share similar meanings. Thereafter, a tree figure that shows hierarchical relations between elements was created for the whole group of respondents through the calculation of the frequencies of the relations between components. As done in the study by Klenosky, Gengler and Mulvey (1993) and Naoi et al (in press) and Reynolds and Gutman (1988), both positive and negative were counted. Indirect relations were not counted in consideration of a large number of components subjects commonly stated, which resulted in a very complicated tree figure for each subject.

Table 1

Outlines of the Interview: Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis

Period	9 March 2004 – 16 June 2004
Subjects	30 Undergraduates of Department of International Tourism, Okayama Shoka University, Japan Male: 15, Female: 15, Nobody but one female student had ever been to Takayama-shi.
Duration	40 minutes – 1 hour and 30 minutes
Stimuli	58 photographs that were selected as the stimuli.
Procedure	<p>Each subject was presented the 58 photographs and requested to classify them into five levels according to their own preference as places to visit for sightseeing. The photographs were then placed in five lines in front of the subject so that their preference gradually decreased from the top line to the bottom line. Thereafter, they were asked the following questions.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “What causes differences in your preference between the photographs in line 1 and line2? ” Then, the same questions were asked as for the differences between line 2 and 3, between line 3 and 4, and between line 4 and 5. 2. “Please state anything that causes differences in your preference between any lines.” The procedure until “2” was also employed in Maki (n.d.). 3. “Please select the most preferable photograph for you. What makes the photograph the most preferable?” 4. “Please select the least preferable photograph for you. What makes the photograph the least preferable?” 5. “Please state anything that causes differences in your preference among photographs in any single line.” <p>Once a subject stated one component, “ladder-up” or “ladder-down” types of questions were then asked to extract relations between components. The components and the relations subjects stated were recorded in the shape of tree figure by each subject, and each respondent’s tree figure was later rewritten with use of terms commonly stated by the subjects.</p>

These analyses generated Figure 2, which involves components shown in Table 2. The direct relations between a pair of components appear in the figure only when frequencies are five or more. In Figure 2, in Horiuchi’s (1998) terms, one “Context” related to social environment (“My daily life is tiring”) is observed in addition to cognitive components, affective components and mental states. ※The explanations about the classification of the components and creation of the tree figure were largely simplified due to the limited space allowed for this report. For further details, please refer to Naoi et al (forthcoming).

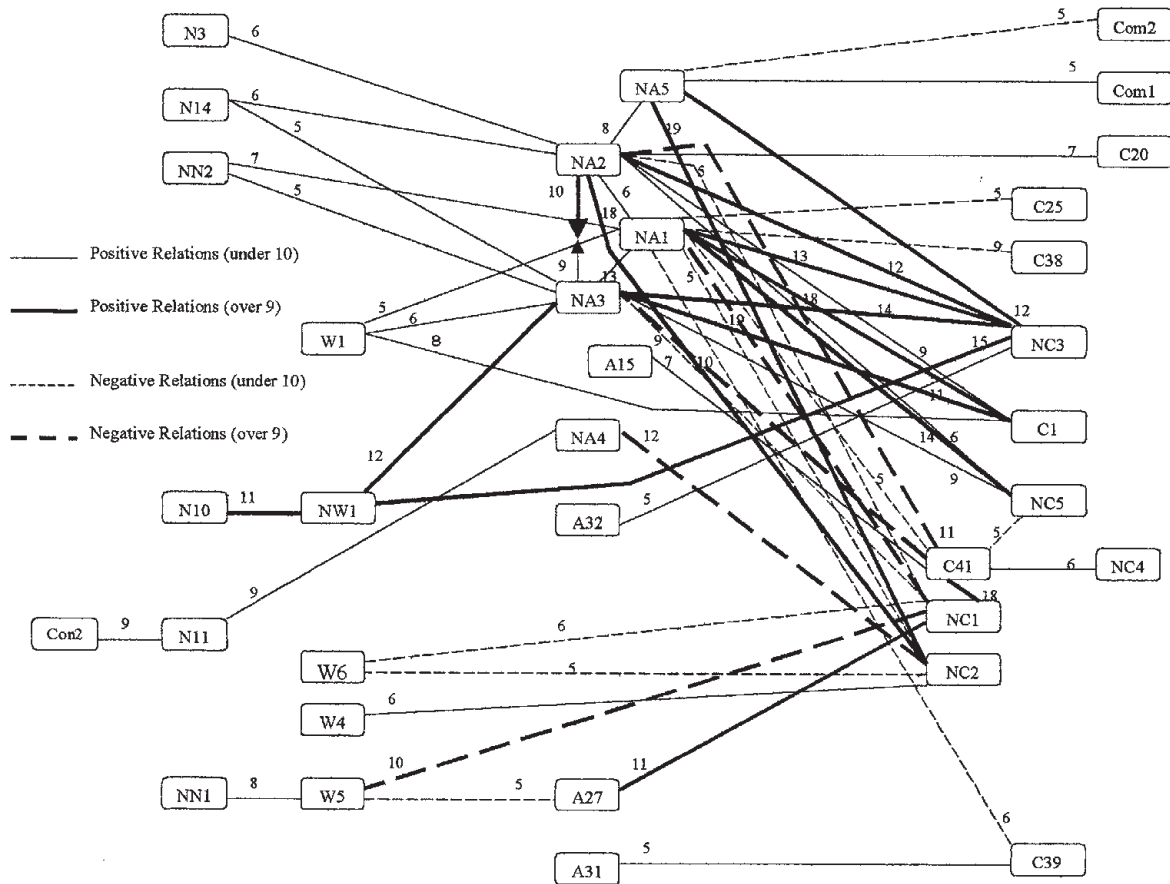
Slide Experiments

The reliability of the extracted relations between cognitive, affective components and components related to subjects’ mental states through Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis was then tested with use of more structured quantitative methods. Forty-four undergraduates viewed 30 slide photographs taken in and around Sanmachi in Takayama-shi and rated each slide. The sample comprised 28 males and 16 females, and the ages of the subjects ranged from 18 to 23. Four respondents (two males and two females) had been to Takayama-shi before the experiment. Each slide was shown to the subjects for 20 seconds.

Subjects were asked to evaluate to what extent they thought each of seven cognitive components was prominent in each of the slide photographs by choosing a number from a five-point Likert Scale (1= Not prominent at all) to (5 = Very prominent), to evaluate the extent to which they thought the settings shown in each slide photograph portray each of nine objectives (mental states) by choosing a number from a five-point Likert Scale (1 = Not at all strongly) to (5 = Very strongly), and to evaluate each slide photograph on 14 five-point Semantic Differential Scales (SDSs) that correspond to affective components. All the scales were generated based on the results of Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis.

Figure 2

Relations between Cognitive/Affective Components and Mental States



The experiments were conducted in a laboratory during six sessions delivered between 7 December and 21 December 2004. No respondents participated in more than one session. Each session took 50 to 80 minutes.

Principal component analysis with direct oblimin rotation was performed on the ratings of “the seven cognitive items”, of “the 14 affective items” and of “the nine items related to mental states”, separately. The total number of data of ratings was 1,320 (= 44 respondents multiplied by 30 settings). The analyses generated three cognitive components, two affective components and three mental states as shown in Table 3, 4 and 5 respectively. The components were labeled with reference to items that loaded distinctively on each component. The first cognitive component (C1), the second cognitive component (C2) and the third cognitive component (C3) were termed *Modern Objects* that relate to modern objects (Modern Shops and Modern Private Houses), *Touristic Objects* that relate to rickshaws and visitors, and *Old Objects* that relate to old things (Old Shops and Old Buildings), respectively. As to the affective components, the first component (A1) was termed a *modern/non touristic/ordinary – traditional/touristic/unique* whereas the second component (A2) was labeled as *restless/active – composed/dull*. Turning to the mental states, relaxing is the only item that loaded on the second component distinctively, and, therefore, this component (M2) may be termed a *Relaxing*. All the other items that loaded heavily on the first component are, unlike relaxing, relevant to seeing, experiencing or obtaining touristic things. In this regard, the first component (M1) may be understood to represent what might be termed *Sightseeing*.

Table 2
Extracted Components

Elements	Frequency
Cognitive Components	
C1 Rickshaw	27
NC1 Vehicles other than Rickshaws	30
NC2 People (mainly visitors)	29
NC3 Shops	30
C20 Guides	15
C25 Modern Signs	7
C38 Telephone Masts/Modern Tall Buildings	11
C39 Vending machines	8
C41 Ordinary Private Houses	24
NC4 Plants	19
NC5 Old Houses	25
Affective Components	
NA1 Old	28
NA2 Touristic/Famous	30
A15 For Local People	11
NA3 Unique/Not Normal-Daily-Life-like	29
NA5 A Sense of Activity	25
NA4 Calm/Restful/Quiet	16
A27 Dangerous (Traffic)	14
A31 Convenient	10
A32 Easy to Understand	12
Wants	
W1 Riding on a Rickshaw	18
W4 Queue	6
W5 Walk	20
W6 See scenery/Townscape/Houses	19
NW1 Shopping	23
Needs	
NN1 Do Things Freely	15
N3 See/Visit Something Famous	11
N10 Experience/Obtain Something to Show/Tell Others	11
N11 Relax/Rest/Slow Down	21
NN2 Seek Something outside My Daily Life	16
N14 Convince Myself that I Have Visited the Right Place	13
Context (Social Environments)	
Con2 My Daily Life is Tiring	9
Combination	
Com1 A Shop with People	10
Com2 A Shop with No People	9

Note: The symbols (such as C1) used for the components here are the same as the ones used for the components in Table 5 of Naoi et al (forthcoming).

Next, path analysis with use of AMOS 5.0 was employed to investigate significant relations between components C1, C2, C3, A1, A2, M1, and M2 within a framework (model). The first model hypothesized all the relations from cognitive components to affective components, from affective components to mental states, and from cognitive components to mental states. All the path coefficients from errors (unobserved variables) to observed variables were fixed as 1. “Chi-square p (the probability that a chi-square statistics equals or exceeds a chi-square value calculated by chi-square test against the null hypothesis that that the model fits the data) of over 0.10” (Yamashita, 1998), “AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) of over 0.90” (Moreland & Beach, 1992 as cited in Yamashita, 1998), “RMSEA (Root Mean Square of Approximation) of under .10” (Yamashita, 1998), were employed as the fit indices.

Table 3

Results of Principal Component Analysis of Ratings on the Seven Cognitive Items (Direct Oblimin Rotation: KMO 0.638)

Item	Component 1	Component 2	Component 3
	C1	C2	C3
Modern Shops	.899	.013	.229
Modern Private Houses	.766	-.007	-.206
Rickshaws	-.119	.814	-.097
Visitors	.065	.557	.271
Cars	.242	.500	-.487
Old Shops	.132	.034	.873
Old Buildings	-.428	.125	.567
Variance explained (%)	31.024	18.131	14.873
Accumulative Variance explained (%)	31.024	49.155	64.028

Table 4

Results of Principal Component Analysis of Ratings on the 14 Affective items (Direct Oblimin Rotation: KMO 0.865)

Scale	Component 1	Component 2
	A1	A2
Not at all Traditional – Totally Traditional	-.782	-.124
Totally Touristic – Not at all Touristic	.728	-.382
Totally Unique – Totally Ordinary	.706	.117
Place for Visitors – Place for Locals	.670	-.417
Totally Must-see – Not at all Must-see	.657	-.045
No Incongruent features – Many Incongruent features	.588	.225
Totally Ancient – Totally Modern	.570	.418
Totally Like a Daily life – Not at all Like a Daily Life	-.558	.055
Minor Attractions – Major Attractions	-.550	.527
Totally Quiet – Totally Noisy	.125	.802
Totally Restless – Totally Composed	-.150	-.784
Totally Active – Totally Dull	.328	-.698
Totally Gloomy – Totally Cheerful	-.313	.625
Totally Dangerous – Totally Safe	-.194	-.538
Variance explained (%)	32.220	20.820
Accumulative Variance explained (%)	32.220	53.040

Table 5

Results of Principal Component Analyses of Ratings on the Nine Items Related to Mental States (Direct Oblimin Rotation: KMO 0.898)

Item	Component 1	Component 2
	M1	M2
Seeing Something Famous	.839	-.101
Being Convinced that You Have Visited the Right Place	.796	.136
Seeing, Experiencing or Obtaining Something Worth Telling Others	.792	.086
Doing Shopping	.782	-.347
Appreciating Something Outside Your Daily Life	.766	-.028
Seeing Townscape	.733	.223
Walking Around	.663	.265
Doing Things as You Like	.567	.259
Relaxing	.201	.833
Variance explained (%)	55.465	64.548
Accumulative Variance explained (%)	55.465	9.083

The first model shows Chi-square p of .000, AGFI of .792, and RMSEA of .166. Therefore, it is suggested that the fit level of the model is not acceptable. According to modification indices calculated by AMOS 5.0, paths “from A2 to M1”, “from C1 to M2”, and “from C3 to M2” from the model were not significant ($p = .658, .380, \text{ and } .844$ respectively). Therefore, exclusion of these paths may contribute to better fit indices. Moreover, modification indices calculated by AMOS 5.0 suggests that inclusion of covariances between “C1 and C2”, “C1 and C3”, and “Error 3 and Error 4” in the model may contribute to better fit indices (Modification Index = 59.251, 21.100 and 96.170 respectively and Par Chance = -.212, .126 and .161 respectively). The model was modified by first including the suggested three paths and then excluding the suggested three paths from the path whose C.R. (=Estimate/S.E.) is the least, next the one whose C.R. is the second least, and lastly the one whose C.R. is the third least. After each step was taken, Chi-square p , GFI, AGFI and RMSA were calculated (see Table 6). The same paths, except ones deleted at the previous steps, appeared as insignificant until the final model was obtained. All the other paths remained significant through these steps.

Table 6

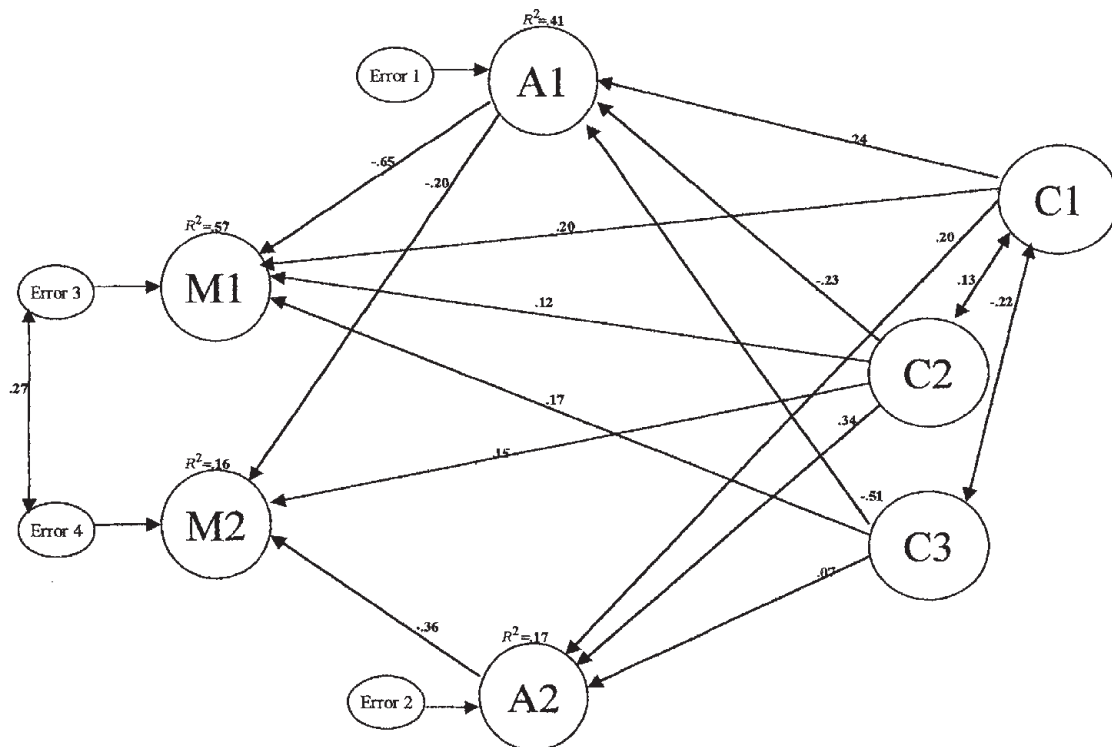
P of Chi-square test, GFI, AGFI and RMSA

Path	Chi-square	Df	P	GFI	AGFI	AIC	RMSA
After Step 1	1.896	2	.388	1.000	.994	53.896	.000
After Step 2	1.933	3	.586	1.000	.996	51.933	.000
After Step 3	2.132	4	.712	1.000	.997	50.132	.000
After Step 4	2.829	5	.726	.999	.997	48.829	.000

The final model shows GFI of .999, AGFI of .997 and RMSEA of .000. Furthermore, Chi-square p is .726, which is over .10. Therefore, it is assumed that the final model significantly suites the data.

This model also shows AIC of 48.829, which is the smallest among the five attempted models. AIC is an index that can be used to compare more than one model, and a smaller score means that the model is better (Yamamoto & Onodera, 2002). The final model is illustrated in Figure 3.

Figure 3
The Final Model for Relations between Components



Note: Numbers above each arrow refers to a standardised path coefficient.

DISCUSSION

In the results of Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis, interesting relations were observed between cognitive components and affective components like between the presence of people (NC2) and stronger touristic/famous (NA2) and active atmosphere (NA5) and the lesser degree of quietness (NA4) and oldness (NA1), between certain types of shops and stronger touristic/famous (NA2), unique (NA3), old/new (NA1) and active atmosphere (NA5), between Vehicles (NC1) and newness (NA1), ordinary atmosphere (NA3), danger (A27) and the perception that the district is minor as a tourism destination (NA2), and between rickshaws (C1) and touristic (NA2), unique (NA3), and old atmosphere (NA1). Some of these results shed light on issues concerning concepts of crowding (Stokol, 1972), romantic and collective gaze (Urry, 1990), mixed perception of commercialization (Ashworth, 1988; Ashworth & Tunbridge, 2000; Boorstin, 1964; Cohen, 1972; Krippendorf, 1984; MacCannell, 1976; Mathieson & Wall, 1982; McKercher & du Cross, 2002; Naoi et al, in press).

Among the results of Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis, some relations between affective components and mental states were also prominent. Either directly or indirectly, many affective components (such

as between old atmosphere: NA1, touristic/famous atmosphere: NA2, uniqueness: NA3, and active atmosphere: NA5) and mental states (such as doing shopping: NW1, seeing something famous: N3, experiencing/obtaining something to show/tell others: N10, being convinced that the district is the right place to visit: N14, seeing something outside daily life: NN2). It is observed that a sense of touristic/famous atmosphere, uniqueness, active atmosphere, and old atmosphere commonly relate to many mental states. This raised the assumption that these four affective components could be categorized under a smaller number of components. This was actually observed in the results of Principal Components Analysis of affective components in the side experiments, which generated two basic affective components: modern/non touristic/ordinary – traditional/touristic/unique dimension and restless/active – composed/dull dimension. These two components were implied to have different effects on mental states in a sense that the strength of relations between demands for relaxation and each of these two were different, and that only former of these two components were found to have significant effects on demands for sightseeing. However, instead of concluding that these two are the basic affective components for evaluation of a historical district, further examination of possible other affective components is needed. Particularly, “restless/active-composed/dull” dimension (A2) needs further investigation in light of the low R^2 for the relations between this dimension and the three cognitive components (C1,2 and 3).

Differences between mental states were less clear-cut. Indeed, apart from between experiencing/obtaining something to show/tell others (N10) and doing shopping (NW1) and between Doing Things Freely (NN1) and Walking (W5), no hierarchical relations were observed in the results of Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis. In addition, it was assumed that subjects might not have really perceived each mental state differently. This assumption was grounded by the results of Principal Components Analysis of mental-state related components in the side experiments, which implied that most of the mental states were grouped as sightseeing leaving only relaxation as another component. However, it will be too early to assume that visitors’ desire for a historical district as a tourism destination can be summarized as these two components. The further classification of demands for sightseeing may be possible if further elicitation of mental states using different groups of subjects as for different historical districts is attempted. Such an attempt may also be fruitful in consideration of a particular relation between relaxation and restless/active-composed/dull atmosphere and the low R^2 for the relations between “relaxing” (M2) and the two affective components (A1 and 2).

Finally, the results of Repertory Grid Analysis and Laddering Analysis implied that a contextual component (“My daily life is tiring”) might relate to evaluation of a historical district as a tourism destination. In order to investigate on these components, various segments of subjects need to be investigated in future investigations.

MANAGEMENT IMPLICATIONS

As the physical environments of a tourism destination are often very difficult to tailor-make, identification of existing physical elements that satisfy a certain number of visitors is essential. In this sense, the extraction of hierarchical relations in evaluation of a historical district could help tourism management of a historical district because these relations suggest how visitors commonly associate the physical elements of the district. From the view of conservation also, the elicitation of the relations could be useful because it could indicate ways to appeal the district’s existing features to those mental states of visitors without the excessive physical manipulations while still securing an economically sustainable number of visitors.

For example, with reference to the finding that rickshaws and old houses were regarded as touristic, famous

and unique, and were perceived to fulfill their demands, such as demands to see/visit something famous, be convinced that they have visited the right place, seek something outside a daily life implies, it is argued that the importance of the preservation of historical objects were ensured. The results of slide experiments also suggested that old objects relate positively to demands for sightseeing although the results also indicated slightly negative effects of old objects on demand for relaxation when they were perceived to relate to active atmosphere. In contrast, cars were in most cases perceived negatively, which emphasized the importance of traffic control in a historical district.

The results of this study also presented some implications that may run counter to acts of preservation. According to the results of personal interviews, many components, such as shops and people, that can be seen as signs of commercialization or heavy visitation were perceived positively by the subjects particularly when they were regarded as relevant to active, or touristic and famous atmospheres. One solution to balance between attracting visitors and preservation may be focusing on visitors who do not expect activity in a historical district. Touristic and famous atmosphere was found to positively relate to many mental states in the results of personal interviews. The results of slide experiment indicate that a sense of activity may have negative effects on demands for relaxation while senses of traditional, touristic and unique atmosphere does not hamper this objective. In this sense, for those attempting to attract visitors while preserving the historical environments, it may be an idea to emphasise the importance of relaxation in a historical district.

LIMITATIONS

This study involved a small number of interviewees, the results of which are limited in the degree to which they can be generalised. For example, possibilities for investigating influences caused by diversity among subjects as to their socio-demographic variables and psychological characteristics are inevitably prevented. These methods are argued to be reasonable and acceptable in the early stages of exploring a new area of study such as that investigated here, when fundamental data must be obtained in order to develop theoretical frameworks. However, for broader conclusions these methods should be followed by subsequent research applied to a broader range of subjects.

REFERENCES

- Anand, P., Holbrook, M.B., & Stephens, D. (1988). The formation of affective judgements: the cognitive-affective model versus the independence hypothesis, *Journal of Consumer Research*, 15, 386-391.
- Argyle, M., Furnham, A., & Graham, J.A. (1981). *Social Situations*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ashworth, G.J. (1988). Marketing the historic city for tourism. In B. Goodall & G. Ashworth (Eds.), *Marketing in the tourism industry: the promotion of destination regions* (pp. 162-175), London: Croom Helm.
- Ashworth, G.J. (1991). *Heritage planning: the management of urban change*, Groningen, The Netherlands: Geopers.
- Ashworth, G.J., & Tunbridge, J.E. (2000). *The tourist-historic city: retrospect and prospect of managing the heritage city (advances in tourism research series)*, Oxford, UK: Pergamon.
- Baloglu, S. (1999). A path analytic model of visitation intention involving information sources, socio-psychological motivations and destination images, *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 8(3), 81-90.

- Baloglu, S. (2000). A path analytic model of visitation intention involving information sources, socio-psychological motivations and destination images. In A.G. Woodside, G.I. Crouch, J.A. Mazanec, M. Oppermann & M.Y. Sakai (Eds.), *Consumer psychology of tourism, hospitality and leisure* (pp. 63-90), Wallingford, UK: CABI.
- Baloglu, S. (2001). Image variations of Turkey by familiarity index: informational and experiential dimensions, *Tourism Management*, 22, 127-133.
- Baloglu, S., & McCleary, K.W. (1999a). A model of destination image formation, *Annals of Tourism Research*, 26(4), 868-897.
- Baloglu, S., & McCleary, K.W. (1999b). U.S. International pleasure travelers' images of four Mediterranean destinations: a comparison of visitors and nonvisitors, *Journal of Travel Research*, 38(November), 144-152.
- Berli, A., & Martin, D. (2004). Tourists' characteristics and the perceived image of tourist destinations: a quantitative analysis – a case study of Lanzarote, Spain, *Tourism Management*, 23, 623-636.
- Boorstin, D.J. (1964). *The image: a guide to pseudo-events in America*, New York: Atheneum.
- Boulding, K.E. (1956). *The image: knowledge in life and society*, Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Caffyn, A., & Lutz, J. (1999). Developing the heritage product in multi-ethnic cities, *Tourism Management*, 20(2), 213-221.
- Cohen, E. (1972). Toward a sociology of international tourism, *Social Research: An International Quarterly of the Social science*, 39(1), 164-182.
- Ditton, R.B., Fedler, A.J., & Graefe, A.R. (1983). Factors contributing to perceptions of recreational crowding, *Leisure Sciences*, 5, 273-288.
- Ellis, A., & Heath, A. (1983). Positional competition, or an offer you can't refuse. In A. Ellis & K. Dumat (Eds.), *Dilemmas of Liberal Democracies*, London: Tavistock.
- Gartner, W.C. (1993). Image formation process. In M. Uysal & D.R. Fesenmaier (Eds.), *Channel systems in tourism marketing* (pp. 191-215), New York: Haworth Press.
- Graham, J.H., & Burge, R. (1984). Crowding perception determinants at intensively developed outdoor recreation sites, *Leisure Science*, 5, 167-186.
- Gutman, J. (1982). A Means-end chain model based on consumer categorization processes. *Journal of Marketing*, 46(2), 60-72.
- Hanyu, K. (1993). The affective meaning of Tokyo: verbal and nonverbal approaches, *Journal of Environmental psychology*, 13, 161-172.
- Hewison, R. (1987). *The heritage industry*, London: Methuen.
- Horiuchi, K. (1998). Proposed research framework for factors and scales of product hedonic values, *Japanese Association of Industrial/Organizational Psychology Journal*, 11(2), 135-146.
- Hull, R.B. (1990). Mood as a product of leisure: causes and consequences, *Journal of Leisure Research*, 22(2), 99-111.
- Johnson, N.C. (1999). Framing the past: time, space and politics of tourism in Ireland, *Political Geography*, 18(2), 187-207.
- Klenosky, D.B., Gengler, C.E., & Mulvey, M.S. (1993). Understanding the factors influencing ski destination choice: a means-end analytic approach, *Journal of Leisure Research*, 25(4), 362-379.
- Krippendorf, J. (1984). *The holiday makers: understanding the impact of leisure and travel*, Oxford, UK: Butterworth Heinemann.

- MacCannell, D. (1976). *The tourist: a new theory of the leisure class*, Los Angeles: University of California Press.
- Maki, T. (n.d.). *Gairokeikan ni okeru Hyoukakouzou* [The structure of evaluations of townscape], Unpublished PhD thesis, Tokyo: Tokyo Institute of Technology.
- Manning, R.E. (1985). Crowding norms in backcountry settings: a review and synthesis, *Journal of Leisure Research*, 17(2), 75-89.
- Mathieson, A., & Wall, G. (1982). *Tourism-economic physical, and social impacts*, London: Longman.
- McKercher, B., & du Cros, H. (2002). *Cultural tourism*, New York: The Haworth Hospitality Press.
- Misham, E. (1969). *The cost of economic growth*, Harmondsworth, UK: Pergamon.
- Moreland, R.L. & Beach, S.R. (1992). Exposure effects in the classroom: The development of affinity among students, *Journal of Experimental Social Psychology*, 28, 255-276.
- Naoui, T., Airey, D., Iijima, S., & Niininen, O. (in press). Visitors' evaluation of an historical district: repertory grid analysis and laddering analysis, *Tourism Management*.
- Naoui, T., Airey, D., Iijima, S., & Niininen, O. (forthcoming). Advancing and testing a theory of how visitors assess historical districts: with use of repertory grid analysis and laddering analysis, *Proceedings of The Fourth CPTHL Symposium: Consumer Psychology of Tourism, Hospitality, and Leisure Research*, Montreal, Canada.
- Naoui, T., & Iijima, S. (2004). Effects of the presence of other people on visitors' evaluation of a historical district. *Proceeding of The 14th International Research Conference of the Council for Australian University Tourism and Hospitality Education*, Brisbane, Australia.
- Palmer, C. (1999). Tourism and the symbols of identity, *Tourism Management*, 20(3), 313-322.
- Pike, S., & Ryan, C. (2004). Destination positioning analysis through a comparison of cognitive, affective, and conative perceptions, *Journal of Travel Research*, 42(May), 333-342.
- Reynolds, T.J., & Gutman, J. (1988). Laddering theory, method, analysis, and interpretation, *Journal of Advertising Research*, February/March, 11-31.
- Schreyer, R., & Roggenbuck, J.W. (1978). The influence of experience expectations on crowding perceptions and social-psychological carrying capacities, *Leisure Science*, 1, 373-394.
- Solomon, M., Bamossy, G., & Askegaard, S. (1999). *Consumer behaviour: a European perspective*, New York: Prentice Hall Europe.
- Stokols, D. (1972). On the distinction between density and crowding: some implications for future research, *Psychological Review*, 79, 275-277.
- Urry, J. (1990). *The tourist gaze*, London: Sage.
- West, P.C. (1982). Effects of user behaviour on the perception of crowding in recreation settings: an urban case-study, *Leisure Sciences*, 9, 87-99.
- Womble, P., & Studebaker, S. (1981). Crowding in a national park campground, *Environment and Behavior*, 13, 557-573.
- Woodside, A.G., & Lysonski, S. (1989). A general model of traveler destination choice, *Journal of Travel Research*, 27(4), 8-14.
- Yamamoto, Y., & Onodera, T. (2002). *Amos ni yoru Kyobunsankozobunseki to Kaiseki Jirei* [Covariance Structure Analysis with usage of Amos and cases of analyses] (2nd ed), Kyoto: Nakanishiya.

- Yamashita, M. (1998). Effects of intrinsic and extrinsic reward on job enjoyment: a comparative study between employees of government postal offices and private organizations, *Japanese Association of Industrial/Organizational Psychology Journal*, 11(2), 147-157.
- Zajonc, R.B. (1980). Feeling and thinking: preferences need no inferences, *American Psychologist*, 35(2), 151-175.
- Zins, A. (2001). Two methods to the same end: Hierarchical Value Maps in Tourism – comparing the association pattern technique with direct importance ratings, In A. Mazanec, G.I. Crouch, J.R.B. Ritchie & A.G. Woodside (Eds.), *Consumer psychology of tourism, hospitality and leisure, Volume 2* (pp.123-151), Wallingford, UK: CABI Publishing.

概要

本研究では、観光地としての歴史的町並みの評価構造を導き出す為の理論的枠組みと手法を提唱することを目的とする。岐阜県高山市の歴史的町並みの中およびその周辺で撮影した写真を刺激とした、レポーターグリッド手法およびラダーリング手法を適用したパーソナルインタビューによって cognitive components, affective components および訪問者の心理的要因間の関係が抽出された。その後、抽出された関係は、岐阜県高山市の歴史的町並みの中およびその周辺で撮影したスライド写真を刺激としたスライド実験によってその有為性を確認された。得られた結果は、観光地としての歴史的町並みの評価構造の複合性を示唆するものであった。第1段階のインタビューでは、cognitive components, affective components, mental states 間の複雑な構造が抽出され、観光地としての歴史的町並みの評価が、「良い - 悪い」という2項対立的な枠組みに止まらない多様なものであることが示唆された。例えば、他者の存在、車や自動販売機などの現代的な事物に対しては、「活気／騒々しさ - 陰鬱さ／静けさ」「古さ - 新しさ」「ユニークさ」「安全性」「観光地っぽさ」などの affective components や、「訪問して良かったと納得する」「非日常を味わう」「他人に見せたり話せる物事を経験する／手に入れる」「リラックスする」などの訪問目的との関連で、様々な評価がされる可能性が示唆された。第2段階では、第1段階で得られた複雑な結果を整理し、その統計的な有意性を確認する作業が行われた。ここでも、「現代的な事物」「古風な事物」「観光的な事物」という cognitive components、「活気／騒々しさ - 陰鬱さ／静けさ」「現代的／非観光的的／ありきたり - 古い／観光的的／ユニーク」といった affective components、及び「Sightseeing」「リラックスする」という mental states 間の複雑な構造が抽出され、これら3つの cognitive components、訪問目的 (mental states) や事物に対する感じ方 (affective components) との関連で多様に評価されることが示唆された。この2つの段階で得られた結果の多くは、商業的／観光的な事物に対する訪問者の評価に関して、あるいはクラウディング、Collective/Romantic Gaze の概念 (特に他者の存在に対する認知) に関して過去の研究で議論されてきた内容を反映するものであった。加えて、歴史的町並みの評価における訪問客の生活環境の重要性も示唆された。

補足

パーソナルインタビューの結果については、2005年7月にカナダのモントリオールで開催される *The Fourth CPTHL Symposium: Consumer Psychology of Tourism, Hospitality, and Leisure Research* にて発表予定である。尚、紙面の関係上、パーソナルインタビューのデータ分析に関しては、記述を簡略化している。詳細は、*The Fourth CPTHL Symposium: Consumer Psychology of Tourism, Hospitality, and Leisure Research* の発表内容をご参照頂きたい。

謝辞

本研究に対して助成を頂いた八雲環境科学財団さま、私共の研究活動にご理解とご助力を頂いた岡山商科大学および University of Surrey の教職員の皆様、及びパーソナルインタビューとスライド実験に協力して下さった学生の皆様に深く御礼を申し上げます。

環境中の重金属による生体影響の評価

岡山大学大学院医歯薬総合研究科国際環境科学講座公衆衛生学分野 堀田昌子

1. はじめに

重金属の多くは発癌性や肝毒性など、重大な人体への影響を持つ。また、環境中の重金属が人に暴露する可能性も高い。廃棄物の最終処分場においても重金属が浸出されることが知られている。これらの重金属は水環境を経由して生態系へ取り込まれる。その為、現在、重金属による生物への影響、リスクを簡便且つ迅速に評価する方法の確立が望まれている。

本研究では過酸化水素の代謝酵素であるカタラーゼが欠損しているカタラーゼ欠損大腸菌株 UM255 に、カタラーゼ遺伝子変異マウス由来のカタラーゼを導入した形質転換菌株を用いて、物質の酸化ストレスによる細胞毒性のスクリーニングを目指している。(この菌株を用いた実験系を以後 CAT assay と呼ぶ。)

UM255 に正常マウス由来カタラーゼ遺伝子を導入した大腸菌株が Cs^a 、極低カタラーゼマウス由来カタラーゼ遺伝子を導入した大腸菌株が Cs^b である。 Cs^a 、 Cs^b はそれぞれ異なるカタラーゼ活性を持ち、これらの菌株のカタラーゼ活性は $Cs^a > Cs^b$ となっている。

我々が基礎実験としてこれらの菌株に Cr (IV) を暴露した場合、各菌株の感受性は $Cs^b > Cs^a$ の順となり、Cr (IV) の細胞毒性がカタラーゼ活性に依存していた。

今回は、基礎実験としてその他の重金属とその混合物による細胞の毒性を調査し、次いで、某市内の3箇所の最終処分場の浸出水と放流水について調査を行った。

2. Cs^a 、 Cs^b について

カタラーゼ欠損大腸菌株 UM255 にプラスミドを用いてアカタラセミアマウス由来のカタラーゼ遺伝子を導入し形質転換菌株 Cs^b を作成し、対応する正常マウス由来のカタラーゼ遺伝子を導入した Cs^a を作成した。¹⁾ 各菌株のカタラーゼ比活性を益岡らの方法²⁾で測定した所、 Cs^a のカタラーゼ比活性は $2.9 \mu\text{mol/s/g protein}$ 、 Cs^b は $1.8 \mu\text{mol/s/g protein}$ となり、 $Cs^a > Cs^b$ であった。また過酸化水素に対する感受性は $Cs^b > Cs^a$ である。

3. 基礎実験 (CAT assay)

3.1 感受性試験管法

各菌株を LB 液体培地にて前培養し、対数期 ($OD_{600} = 0.25 \sim 0.35$) となると、検定物質を加えて 37°C で 2 時間振とう培養し反応させた。反応後の菌液を LB 寒天培地に塗布し、コロニー数をカウントし、生存率を比較した。

図 1 に示すとおり、無機重金属の暴露濃度が高ければ高いほど各菌株の生存率が下がり、量-反応関係が見られた。また、正常カタラーゼ活性を有する Cs^a の生存率が Cs^b の生存率に比べて高かった。

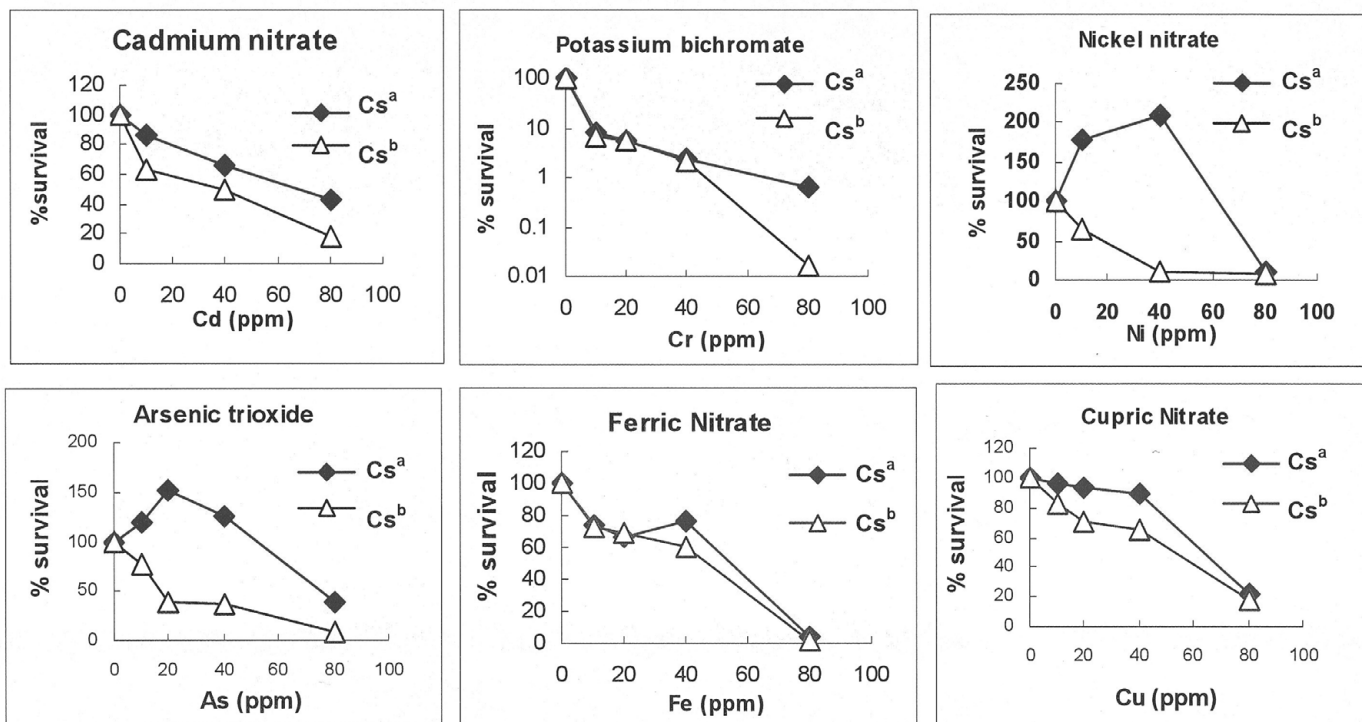


図1 重金属に対する感受性 (CAT Assay 感受性試験管法)

3.2 感受性ディスク法

菌液を前培養し OD₆₀₀=0.1 とし、軟寒天に菌液を加えて LB 寒天培地に塗布した上に直径 6 mm のペーパーディスクを置き、検定物質を滴下し発育阻止円の直径を比較する。

発育阻止円の直径は検定物質の濃度に依存し、同濃度では阻止円が大きくなるほど、菌株の検体に対する感受性が高い。

図2の通り、無機水銀による各菌株の増殖抑制はカタラーゼ活性と負の相関となった。阻止円の直径は Cs^a 11mm, Cs^b 13mm で、Cs^b > Cs^a であった。

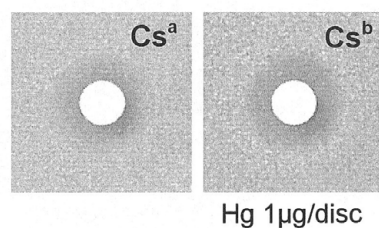


図2 無機水銀を滴下した場合の発育阻止円

4. サンプリング

某市内の3つの最終処分場より、浸出水、放流水を採取した。A 処分場は現在も稼働中であるが、B, C 処分場では埋め立てが完了している。A 処分場が最も新しく、次いで B 処分場, C 処分場の順に新しい。

採取したサンプルの成分を表1に示す。某市内の河川中流では検出されていない Ni, As が検出されているほか、C 処分場では Pb が検出された。また A 処分場のみで調査したホウ素については、浸出水放流水共に環境基準値の 1mg/L を上回っていた。

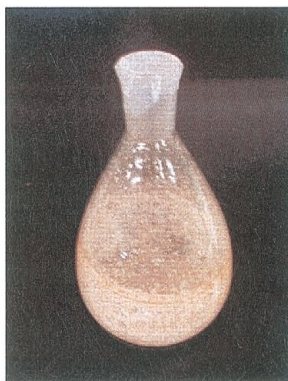
表 1 各最終処分場の浸出水，放流水の成分分析結果

	A処分場		B処分場		C処分場	
	浸出水	放流水	浸出水	放流水	浸出水	放流水
Pb (mg/L)	>0.005	>0.005	>0.005	>0.005	0.005	>0.005
Cr (VI) (mg/L)	>0.02	>0.02	>0.02	>0.02	>0.02	>0.02
Cd (mg/L)	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001
Cu (mg/L)	>0.01	>0.01	>0.01	>0.01	>0.01	>0.01
Hg (mg/L)	>0.0005	>0.0005	>0.0005	>0.0005	>0.0005	>0.0005
As (mg/L)	0.010	>0.005	0.006	>0.005	0.005	>0.005
Ni (mg/L)	0.011	0.012	0.019	0.005	0.017	0.010
Zn (mg/L)	>0.01	>0.01	—	—	—	—
B (mg/L)	1.8	1.3	—	—	—	—
pH	6.8	6.8	8.4	8.3	8.4	8.4

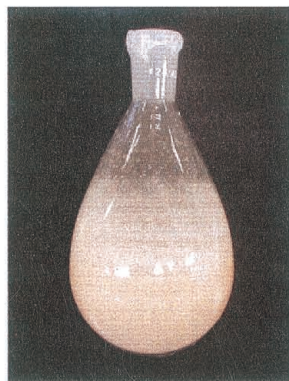
5. 実験方法

5.1 サンプルの調整

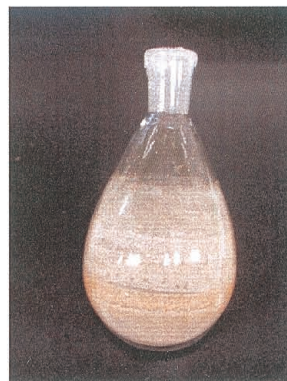
サンプルは浮遊物質をろ紙にてろ過し，ロータリーエバポレーターにて減圧乾固した。サンプル原液をろ過した後にイオン交換樹脂（アンバーライト IRC748）にて金属類を分離し，回収した金属類と金属類を取り除いたサンプルも同様にそれぞれロータリーエバポレーターにて減圧乾固した。



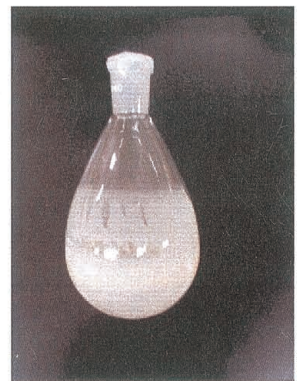
A 処分場浸出水



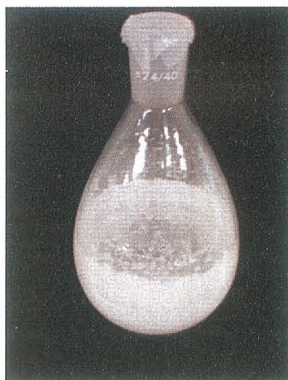
B 処分場浸出水



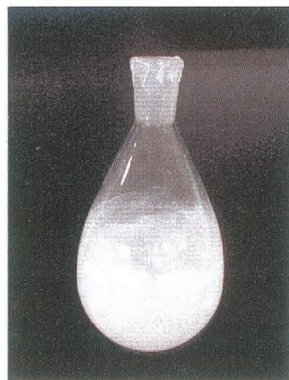
C 処分場浸出水



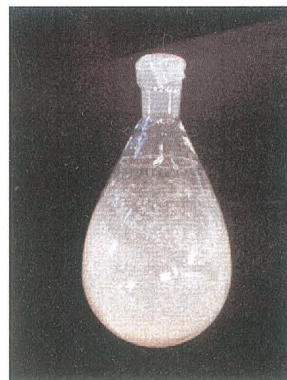
A 処分場浸出水 金属類



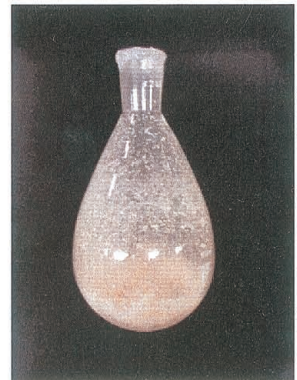
A 処分場放流水



B 処分場放流水



C 処分場放流水



A 処分場浸出水 金属類以外

図 3 減圧乾固後のサンプル

5.2 Ames 試験

TA98, TA100, TA102 三種類の菌株を使用し, S9(-)と S9(+) でプレインキュベーション法にて Ames 試験を行った。TA102 はプラスミドに変異遺伝子を持ち, アルデヒド類などの変異原性の検出に適している。

5.3 CAT assay

基礎実験と同様に, 感受性試験管法, 感受性ディスク法を行った。

6. 結果

Ames 試験では, 表 2 に示したように代謝活性化した場合のみに変異原性が認められた。

CAT assay 試験管法では, 図 5 に示したように, 浸出水・放流水ともに, 菌株によって感受性に差が見られた。また感受性はサンプルの濃度に依存していた。浸出水と放流水のサンプルによる増殖抑制効果には明確な関連性が見られず, 「A 処分場の金属類」, 「C 処分場のサンプル」では, 殖抑制効果が 浸出水<放流水 となった。

感受性ディスク法では図 4 に示したサンプルで菌株による感受性の差が認められた。その他では差は認められなかった。この試験でも浸出水と放流水に対する感受性には関連が見られなかった。

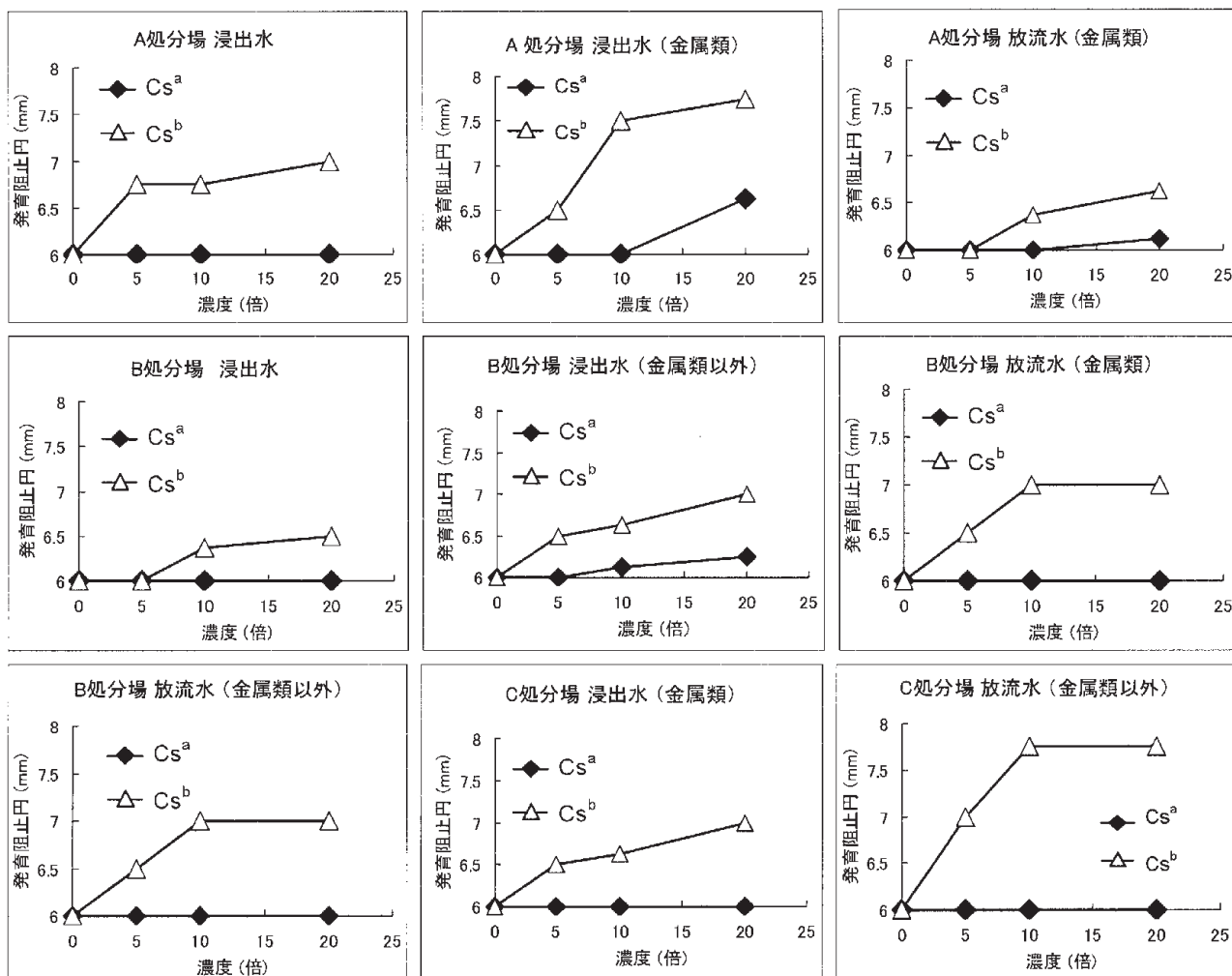


図 4 浸出水、放流水による発育阻止円 (CAT Assay 感受性ディスク法)

表 2 Ames 試験

				S9 (-)			S9(+)		
				TA98	TA100	TA102	TA98	TA100	TA102
A処分場	浸出水	全体	50倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	±
			5倍	-	-	-	-	-	±
		金属類	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	±	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
		金属類以外	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
	放流水	全体	50倍	-	-	-	-	-	±
			10倍	-	-	-	-	-	±
			5倍	-	-	-	-	-	±
		金属類	20倍	-	-	-	-	+	-
			10倍	-	-	-	-	+	-
			5倍	-	-	-	-	+	-
		金属類以外	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
B処分場	浸出水	全体	50倍	-	-	-	-	-	±
			10倍	-	-	-	-	-	±
			5倍	-	-	-	-	-	±
		金属類	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
		金属類以外	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
	放流水	全体	50倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
		金属類	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
		金属類以外	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
C処分場	浸出水	全体	50倍	-	-	-	+	-	±
			10倍	-	-	-	-	-	±
			5倍	-	-	-	-	-	±
		金属類	20倍	-	-	-	-	+	-
			10倍	-	-	-	-	+	-
			5倍	-	-	-	-	+	-
		金属類以外	20倍	-	-	-	-	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
	放流水	全体	50倍	-	-	-	-	-	±
			10倍	-	-	-	-	-	±
			5倍	-	-	-	-	-	±
		金属類	20倍	-	-	-	+	-	-
			10倍	-	-	-	-	-	-
			5倍	-	-	-	-	-	-
		金属類以外	20倍	-	-	-	-	+	-
			10倍	-	-	-	-	+	-
			5倍	-	-	-	-	+	-

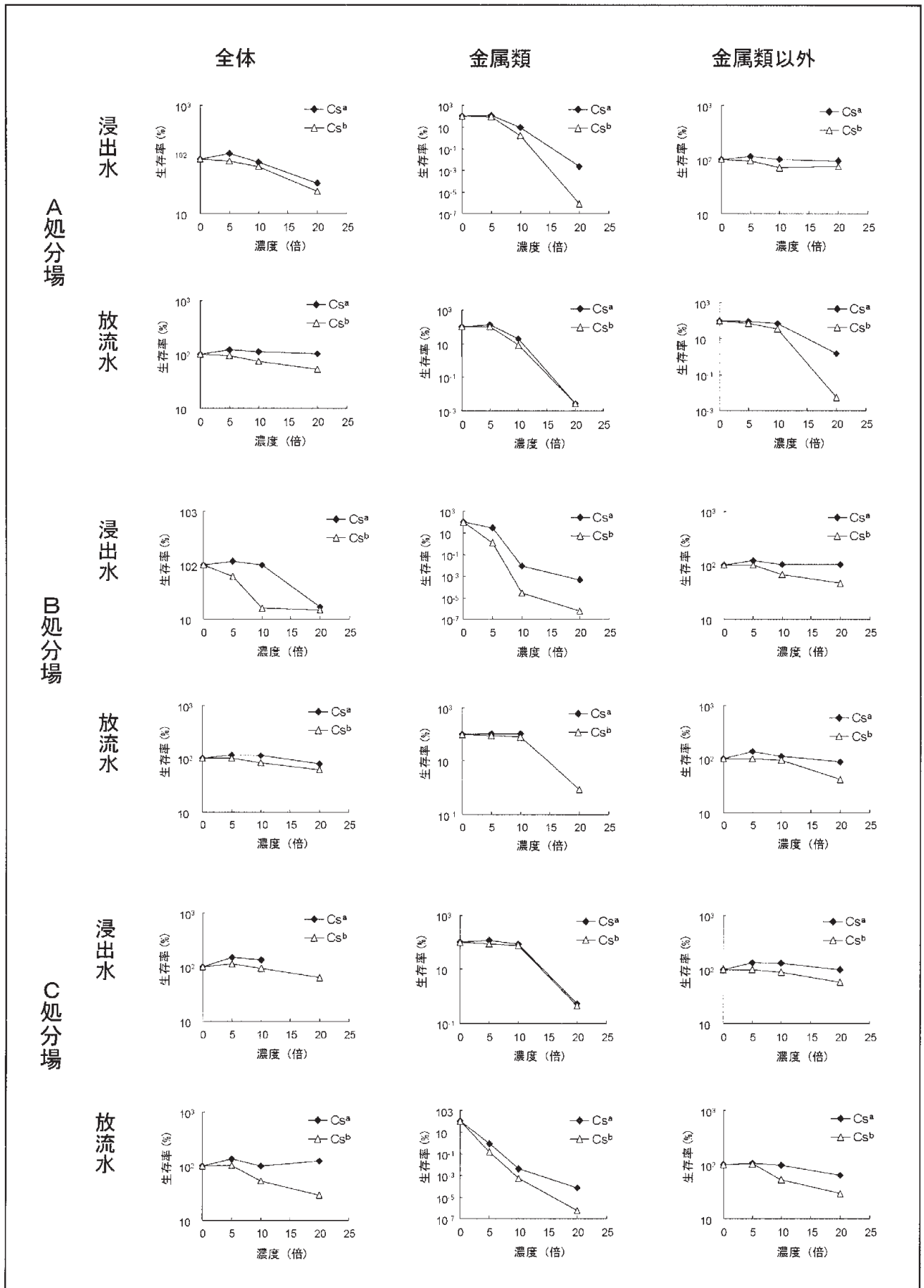


図5 浸出水、放流水に対する感受性 (CAT Assay 感受性試験管法)

7. 考察

Ames 試験では S9 を加え、代謝活性化を行った場合に変異原性が認められた。このことから、サンプルの変異原性には代謝活性化が関わっていると考えられる。また TA102 で変異原性が認められる場合が多く、このことから酸化 DNA 損傷がサンプルの変異原性に関与していることが考えられる。

CAT assay では浸出水、放流水共に金属類と金属類以外の双方にカタラーゼ活性に依存した細胞の増殖抑制効果が認められた。このことから、某市内の三箇所の最終処分場の浸出水、放流水は細胞毒性を示し、その細胞毒性には活性酸素種を産生する重金属と化合物の双方が関与していると考えられた。また、浸出水における細胞毒性と放流水における細胞毒性に関連性が認められなかった。

これらの処分場では浸出水のカルシウム除去の後に微生物によって有機物質を取り除き、沈殿を除去し活性炭を通して放流水としている。放流水中の重金属はホウ素を除き環境基準値以内であるが、更に安全性を期すならば、重金属除去のためにキレート剤の使用の検討も考慮される。また浸出水中の重金属を除去するためにも廃棄物含有金属の分離・濃縮・回収技術の確立が望まれる。

8. 今後の展望

本研究では、最終処分場からの浸出水、放流水の細胞障害について重金属を中心に調査を行った。引き続き、ブルーレーヨンによる濃縮法を用いて、環状構造を持つ有機物による変異原性も解析して行きたい。

謝辞

本研究に多大なるご支援を賜りました財団法人 八雲環境科学振興財団に、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Wang D, Tsutsui K, Sano K, Masuoka N, Kira S. (2001), *Biochimica Biophysica Acta* 1522: 217-20.
- 2) Masuoka N, Wakimoto M, Ubuka T, Nakano T (1996), *Clin Chim Acta* 254:101-112.

新規分析システムを用いた人畜由来排泄物中の 医薬品による環境水汚染評価

就実大学薬学部 三谷公里栄

1. はじめに

医薬品としてヒトや家畜に投与される化学物質は、1990年頃から環境汚染物質として注目され始め、検出感度の向上と分析技術の進歩に伴い、下水処理放流水や河川水、湖水などで検出されるようになった^(1,7)。日本においても、首都圏の河川水や下水処理場放流水から、抗てんかん薬、抗不整脈薬、解熱鎮痛剤、合成抗菌剤や抗生物質などの医薬品の検出が報告されている。医薬品による環境汚染の問題点として、医薬品は環境中で分解されにくい傾向があり、なかには親油性および持続性作用を持つものがあるため、これらが環境中に排出されて食物連鎖によって生体内に取り込まれると、上位の捕食者ほど高濃度の医薬品により曝露される可能性が高くなることが考えられ、我々の健康にも影響を与える可能性がある。また、内分泌攪乱化学物質に類似した構造を有する医薬品もあり、生態系への内分泌攪乱作用も危惧される。さらに、医療施設排水中の抗生物質により長期間曝露されたバクテリアが薬剤耐性を獲得する危険性が考えられている。しかし、環境水中の医薬品汚染レベルが非常に低いことから、医薬品による環境汚染の実態と生態系への影響はまだ明らかとなっていない。国外では、下水処理排水などの環境水だけではなく水道水からも医薬品が検出されたとの報告があるが、日本での医薬品汚染による環境水調査はほとんど報告されていない。従って、環境中医薬品汚染の実態を把握するための実用的な高感度分析法を確立し、医薬品汚染による生態系への影響を調査することが緊急の課題となっている。一般的に、前処理に要する時間と手間は分析工程において大半を占めていると言われており、環境中に微量に存在する医薬品の分析において、複雑な試料からの微量の化合物の抽出、濃縮、分離、精製するための簡便かつ高感度な試料前処理技術が必要とされている。

インチューブ固相マイクロ抽出 (SPME) 法⁽⁸⁻¹⁵⁾は、Pawliszynらにより開発された試料前処理法で、サンプリングから目的成分の抽出、濃縮、クロマトグラフィーへの導入が簡便に行える画期的手法である。Fig. 1に示すように、試料溶液をガスクロマトグラフィー (GC) 用キャピラリーカラム内へ繰り返し吸入/吐出することによりキャピラリーカラム内の固定相に目的化合物を吸着・濃縮させ、高速液体クロマトグラフィー (HPLC)、LC/マススペクトロメトリー (LC/MS) または LC/タンデムマススペクトロメトリー (LC/MS/MS) に連結して分析を行う。この手法は、煩雑な試料の前処理工程を必要とせず、試料の前処理からデータ解析までを容易に自動化でき、昼夜を問わず多検体の試料を連続分析が可能となるため、薬毒物や環境ホルモンなどの環境汚染物質の分析に応用されている⁽¹⁶⁻²⁰⁾。

本研究では、インチューブ SPME 法を LC/MS または LC/MS/MS に連結し、ヒトまたは家畜に対して使用頻度が高く作用持続性の強い医薬品を中心に、簡便かつ高感度な分析手法を確立し、医薬品による環境水汚染評価を目的とした。

2. 実験方法

2.1 試薬および実験材料

本研究で分析対象とした化合物の一覧を Table 1 に示した。ステロイドホルモン類 5 種、解熱消炎鎮痛剤 15 種は Sigma-Aldrich より購入、スルホンアミド系抗菌剤 9 種のうち SDD、SID および SMZ は和光純薬より購入、SDZ、SMPD、SQ、SDMX、SMR および SMMX は Sigma-Aldrich より購入した。また、ニューキノロン系抗菌剤 5 種のうち、LMFX は Sigma より購入、ENX、OFX、NFX および CPFEX は Wako

より購入した。いずれの化合物もメタノールに溶かして 1 mg/mL とし、密栓して 4 °C で冷蔵保存し、用時メタノールや蒸留水で希釈して用いた。なお、本研究で用いた溶媒および水はすべて高速液体クロマトグラフィー用であり、その他の試薬も試薬特級品を使用した。環境水試料として岡山市内の河川水 2 点、下水処理場排水 2 点、医療施設排水 2 点を採水した。なお、採水は雨水の影響のない晴天の同一日に行い、採集した環境水はその日のうちに 4 °C 以下の低温で遮光瓶 (3 L ガロン瓶) 中に保存し、採水後 48 時間以内に測定した。

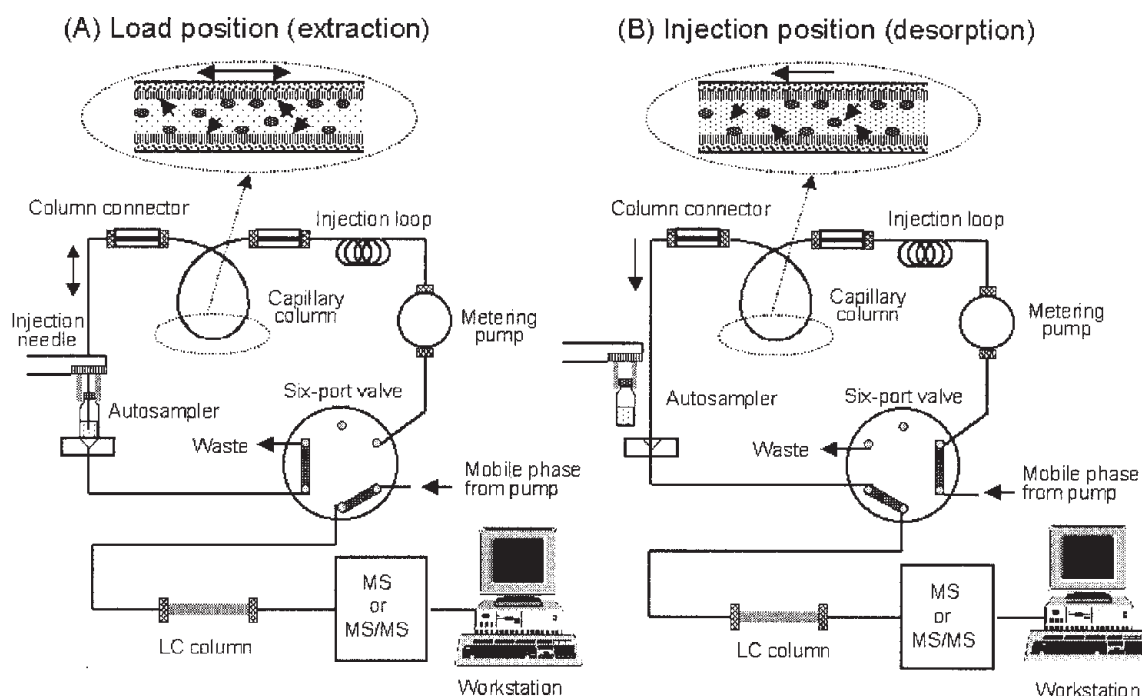


Fig. 1 インチューブ SPME/HPLC システムの概要

Table 1 分析対象とした化合物

分類	化合物名
ステロイドホルモン類	エストロン (E1)、17β-エストラジオール (E2)、エストリオール (E3)、エチニルエストラジオール (EE2)、ジエチルステルベストロール (DES)
解熱消炎鎮痛剤	フェノプロフェン、ケトプロフェン、フルビプロフェン、イブプロフェン、ナプロキセン、ジクロフェナクナトリウム、トルフェナム酸、オキサプロジン、ロキソプロフェン、メフェナム酸、インドメタシン、フェニルブタン、フルフェナム酸、アセトアミノフェン、アセメタシン
スルホンアミド系 合成抗菌剤 (※主に家畜用)	スルファジアジン (SDZ)、スルファメキシピリダジン (SMPD)、スルファキノキサリン (SQ)、スルファジミジン (SDD)、スルファジメトキシ (SDMX)、スルフィソミジン (SID)、スルファメラジン (SMR)、スルファモノメトキシ (SMMX)、スルファメチゾール (SMZ)
ニューキノロン系 合成抗菌剤	エノキサシン (ENX)、オフロキサシン (OFX)、ノルフロキサシン (NFX)、シプロフロキサシン (CPFX)、ロメフロキサシン (LMFX)

2.2 装置および分析条件

装置は Agilent 1100 シリーズ HPLC システム (Agilent Technologies 製) でオンラインデガッサ、バイナリーポンプ、オートサンプラー、カラムコンパートメント、MS、または検出器として API 4000 MS/MS (Applied Biosystems 製) を用いた。

それぞれの化合物における分析条件を Table 2 に示した。なお、すべてのシステムの動作やプログラム、データ処理はケミステーションで行った。

Table 2 各化合物の分析条件

分類	HPLC Conditions	In-tube SPME	Detector
ステロイド ホルモン類	移動相: CH ₃ CN/0.01% NH ₃ aq.= 40/60 流量: 0.2 mL/min カラム: XDB-C ₈ (50 × 2.1 mm I.D., 3.5 μm) カラム温度: 40°C	Supel-Q PLOT capillary (0.32 mm × 60 cm.) 吸入/吐出回数: 20 cycles 吸入/吐出速度: 100 μL/min	MS/MS ESI ⁻
解熱消炎 鎮痛剤	移動相: CH ₃ CN/5 mM HCOONH ₄ = 40/60 流量: 0.4 mL/min カラム: ODS-3 (100 × 2.1 mm I.D., 5 μm) カラム温度: 40°C	Carboxen 1006 PLOT capillary (0.32 mm × 60 cm) 吸入/吐出回数: 20 cycles 吸入/吐出速度: 100 μL/min Sample: 20 mM Tris-HCl buffer (pH 8.0)添加	MS/MS ESI ⁺
スルホンアミド系 合成抗菌剤	移動相: CH ₃ CN/5 mM HCOONH ₄ = 20/80 (6 min hold)→50/50 (3 min gradient)→50/50 (2 min hold) 流量: 0.6 mL/min (6 min hold)→0.9 mL/min (3 min gradient)→0.9 mL/min (2 min hold) カラム: Hypersil ODS (125 × 4.6 mm I.D., 5 μm) カラム温度: 40°C	Supel-Q PLOT capillary (0.32 mm × 60 cm) 吸入/吐出回数: 20 cycles 吸入/吐出速度: 100 μL/min	MS ESI ⁺
ニューキノロン系 合成抗菌剤	移動相: CH ₃ CN/5 mM HCOONH ₄ (pH 3.0)=15/85 流量: 0.2 mL/min カラム: CAPCELL PACK C8 (100 × 2.0 mm I.D., 5 μm) カラム温度: 40°C	Carboxen 1006 PLOT capillary (0.32 mm × 60 cm) 吸入/吐出回数: 20 cycles 吸入/吐出速度: 150 μL/min Sample: 10 mM Tris-HCl buffer (pH 8.0)添加	MS/MS ESI ⁺

2.3 インチューブ SPME/LC/MS、LC/MS/MS 法

SPME デバイスとして、60 cm にカットした市販の GC 用キャピラリーカラムを用い、Fig. 1 に示すようにオートサンプラーのインジェクションループとニードルの間に取り付けた。インチューブ SPME システムはすべて自動的に行えるが、まず、試料溶液の入ったバイアル瓶をオートサンプラーにセットし、インジェクションプログラムにより、計量ポンプでキャピラリー内をメタノールおよび蒸留水でコンディショニングした後、試料溶液の吸入/吐出を繰り返し、キャピラリーカラム内固定相へ化合物を吸着させる (Fig. 1A)。次に六方バルブを切り替えて移動相をカラム内へ流して化合物をカラムから脱離させ、移動相と共に HPLC カラムへ移送し、分離された化合物を MS または MS/MS で検出、データ解析する (Fig. 1B)。な

お、抽出された化合物が吸入/吐出時に移動相により脱離されなよう、抽出前に空気をキャピラリーカラム内へ 50 μL 吸引し、また抽出終了後にインジェクションニードルに付着した試料をメタノール 2 μL で洗浄した。なお、キャピラリーカラム内で試料の吸入/吐出を行っている際、移動相は常に一定流速で分析カラム内を流れてコンディショニングを行っている。

2.4 環境水試料調製法

採水した環境水試料は遮光瓶中に 4°C 以下の冷暗所で保存し、使用時によく瓶を振り混ぜ、15 mL 用試験管に適量入れて、1500 \times g で 10 分間遠心後、上清 1 mL をオートサンプラー用バイアル瓶にとり、インチューブ SPME/LC/MS またはインチューブ SPME/LC/MS/MS で分析した。

3. 実験結果及び考察

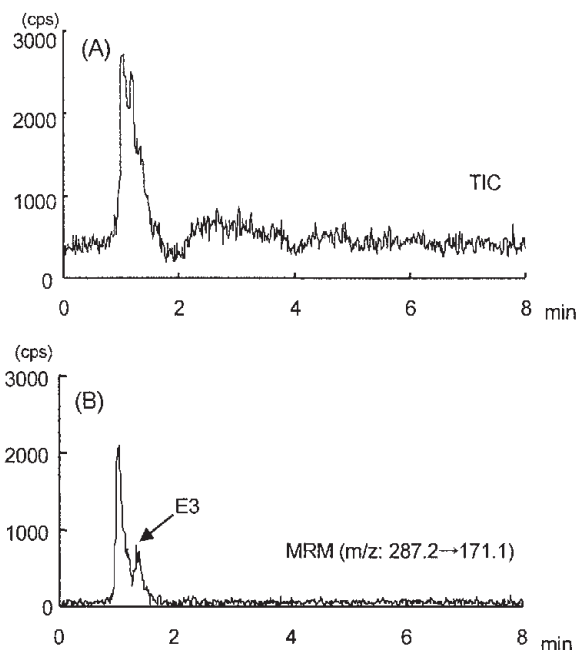
3.1 インチューブ SPME 法の最適化

インチューブ SPME/HPLC 法を確立するために、各化合物の HPLC 分離条件を検討したところ、Table 2 に示すように、インチューブ SPME 法では、ステロイドホルモン類およびスルホンアミド系合成抗菌剤については Supel-Q PLOT キャピラリーカラム、解熱消炎鎮痛剤およびニューキノロン系合成抗菌剤については Carboxen 1006 PLOT キャピラリーカラムが適しており、試料 40 μL をステロイドホルモン類、解熱消炎鎮痛剤およびスルホンアミド系合成抗菌剤については 100 $\mu\text{L}/\text{min}$ 、またニューキノロン系合成抗菌剤については 150 $\mu\text{L}/\text{min}$ の流速で、20 回吸入/吐出を繰り返す時、効率よく抽出できることが分かった。またキャピラリーに抽出された化合物は、移動相を流すことによりほぼ完全に脱離し、キャリーオーバーは認められなかった。検量線は、ステロイドホルモン類が 10~200 pg/mL ($n=15$)、解熱消炎鎮痛剤が 0.1~10 ng/mL ($n=15$)、スルホンアミド系合成抗菌剤が 0.5~50 ng/mL ($n=15$)、ニューキノロン系合成抗菌剤が 0.05~10 ng/mL ($n=15$) の範囲でいずれの化合物も良好な直線性 ($r \geq 0.997$) を示した。またインチューブ SPME 法による検出限界値 ($S/N=3$) は、ステロイドホルモン類が 2.7~11.7 pg/mL 、解熱消炎鎮痛剤が 5~65 pg/mL 、スルホンアミド系合成抗菌剤が 0.04~0.15 ng/mL 、ニューキノロン系合成抗菌剤が 7.1~28.6 pg/mL であり、いずれの化合物も直接注入法 (5 μL) に比べて感度の向上が見られた。

本システムを用いれば、試料をオートサンプラーにセットするだけで、目的成分の抽出、濃縮、分離、検出、データ解析までをすべてオンラインで自動化でき、所要時間も 1 検体あたり、25~35 分で分析することが可能である。

3.2 環境水試料への応用

MS および MS/MS を連結したインチューブ SPME/HPLC 法により、環境水中のステロイドホルモン類、解熱消炎鎮痛剤、スルホンアミド系合成抗菌剤およびニューキノロン系合成抗菌剤の選択的高感度分析を行った。2004 年 8 月に採水した河川、下水処理場排水や医療施設排水などの環境水試料に、ステロイドホルモン類およびスルホンアミド系合成抗菌剤の分析に応用した結果、Fig. 4 に示すように下水処理施設からの排水中に E3 が 35.7 pg/mL 検出された⁽²¹⁾。また、2005 年 3 月にも同地点を採水し、ステロイドホルモン類および解熱消炎鎮痛剤の分析に応用した結果、いずれの化合物も検出されなかった。また、低濃度および高濃度の標準品を試料に添加し、添加回収実験を行ったところ、い



ずれの化合物においても、80%以上の良好な回収率が得られた。

本法は、抽出や濃縮などの煩雑な試料前処理工程を必要とせず、簡便かつ高感度な測定が可能となるため、環境水試料に応用できる。

4. おわりに

本研究で用いたインチューブ SPME 法は、従来の試料前処理工程と比べて、サンプリングから目的成分の抽出、濃縮、精製、分離、ワークステーションでのデータ解析までをすべて自動で行えるため、昼夜を問わず多くの検体やルーチン分析が可能となる。本法は直接注入法に比べて、環境水中に含まれる微量の医薬品を簡便かつ高感度に測定できる優れた手法である。

また、本法を応用することにより、国内における河川水、医療系施設排水や下水処理場排水などの環境水が医薬品によりどの程度汚染されているのかを簡便に調査することが可能となり、今後、医薬品を用いる医療系施設などでの環境汚染対策への早期取り組みに役立つだけでなく、バクテリアの薬剤耐性と環境汚染医薬品との関連性の研究の発展に寄与できると期待される。

謝辞

本研究を行うにあたって、多大なるご援助を賜りました財団法人八雲環境科学振興財団に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) T. Kosjek, E. Heath, A. Krbavcic: Determination of non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAIDs) residues in water samples, *Environ Int.*, **31**, 679-85 (2005).
- (2) J.B. Quintana, R. Rodil, T. Reemtsma: Suitability of hollow fibre liquid-phase microextraction for the determination of acidic pharmaceuticals in wastewater by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry without matrix effects, *J. Chromatogr. A*, **1061**, 19-26 (2004).
- (3) M.D. Hernando, M. Petrovic, A.R. Fernández-Alba and D. Barceló: Analysis by liquid chromatography–electrospray Ionization tandem mass spectrometry and acute toxicity evaluation for β -blockers and lipid-regulating agents in wastewater samples, *J. Chromatogr. A*, **1046**, 133-140 (2004).
- (4) P.A. Blackwell, H.C. Lutzhoft, H.P. Ma, B. Halling-Sorensen, A. Boxall and P. Kay: Fast and robust simultaneous determination of three veterinary antibiotics in groundwater and surface water using a tandem solid-phase extraction with high-performance liquid chromatography-UV detection, *J. Chromatogr. A*, **1045**, 111-117 (2004).
- (5) M. Ferdig, A. Kaleta, T.D. Vo and W. Buchberger: Improved capillary electrophoretic separation of nine (fluoro)quinolones with fluorescence detection for biological and environmental samples, *J. Chromatogr. A*, **1047**, 305-311 (2004).
- (6) J.E. Renew and C.H. Huang: Simultaneous determination of fluoroquinolone, sulfonamide, and trimethoprim antibiotics in wastewater using tandem solid phase extraction and liquid chromatography-electrospray mass spectrometry, *J. Chromatogr. A*, **1042**, 113-121 (2004).
- (7) X. Wen, C. Tu, H.K. Lee: Two-step liquid-liquid microextraction of nonsteroidal anti-inflammatory drugs in wastewater, *Anal Chem.*, **76**, 228-232 (2004).

- (8) R. Eisert and J. Pawliszyn: Automated In-Tube Solid-Phase Microextraction Coupled to High-Performance Liquid Chromatography, *Anal. Chem.*, **69**, 3140-3147 (1997).
- (9) 片岡洋行、成松鎮雄、H.L. Lord and J. Pawliszyn: オンラインインチューブ固相マイクロ抽出/LC/MS システムの開発, *Chromatography*, **20**, 237-264 (1999).
- (10) H. Kataoka, H. L. Lord and J. Pawliszyn: Applications of solid-phase microextraction in food analysis, *J. Chromatogr. A*, **880**, 35-62 (2000).
- (11) H.L. Lord and J. Pawliszyn: Evolution of solid-phase microextraction technology, *J. Chromatogr. A*, **885**, 153-193 (2000).
- (12) H.L. Lord and J. Pawliszyn: Microextraction of drugs, *J. Chromatogr. A*, **902**, 17-63 (2000).
- (13) H. Kataoka: Automated sample preparation using in-tube solid-phase microextraction and its application-- a review, *Anal. Bioanal. Chem.*, **373**, 31-45 (2002).
- (14) H. Kataoka: New trends in sample preparation for clinical and pharmaceutical analysis, *Trends in Anal. Chem.*, **22**, 232-244 (2003).
- (15) H. Kataoka, *Curr. Pharm. Anal.*, **1**, 65-84 (2005).
- (16) 三谷 公里栄, 片岡 洋行: オンラインインチューブ固相抽出法とその応用, *法中毒*, **20**, 251-267 (2002).
- (17) K. Mitani, S. Narimatsu and H. Kataoka, Determination of daidzein and genistein in soybean foods by automated on-line in-tube solid-phase microextraction coupled with high performance liquid chromatography., *J. Chromatogr. A*, **986**, 169-177 (2003).
- (18) K. Mitani, S. Narimatsu, F. Izushi and H. Kataoka, Simple and rapid analysis of endocrine disruptors in liquid medicine and intravenous injection solutions by automated in-tube solid-phase microextraction / high performance liquid chromatography, *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **32**, 469-478 (2003).
- (19) H. Kataoka, K. Mitani and M. Takino, Analysis of Herbicides in Water by On-Line In-Tube Solid-Phase Microextraction Coupled with Liquid Chromatography-Mass Spectrometry, *Pesticide Method in Biotechnology*, **19**, 365-382 (2005).
- (20) K. Mitani, F. Izushi and H. Kataoka, Analytical of phthalate contamination in infusion solutions by automated on-line in-tube solid-phase microextraction coupled with high performance liquid chromatography, *J. Anal. Toxicol.*, **28**, 575-580 (2004).
- (21) K. Mitani, M. Fujioka and H. Kataoka, Fully automated analysis of estrogens in environmental waters by in-tube solid-phase microextraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *J. Chromatogr. A*, **1081**, 218-224 (2005).

岡山県カヤツリグサ科植物における絶滅危惧種の分布調査と遺伝的多型の解析 — ヒルゼンスゲおよびその近縁種 —

岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科 星野 卓二

1. はじめに

カヤツリグサ科スゲ属植物は、形態が種間でよく似ており分類するのが非常に困難なグループである。日本で300種以上が報告されており、高等植物の中では属内の種数が最も多い。しかも、半数以上の種が地域固有種であり限られた分布域を持つものが多い。

2003年に出版された岡山県版レッドデータブック（絶滅のおそれのある野生生物）には、カヤツリグサ科植物の26種が絶滅のおそれのある種として選定された。これは、ラン科、キク科に次いで多い種数である。これらの絶滅のおそれがあるカヤツリグサ科植物に関しては特に情報が少ない。また、生育環境が異なると生育できない種、つまり、環境の変遷に敏感な種が多い。

本研究は、岡山県の絶滅危惧種の保護・保全に関する基礎的な知見を得ることを目的とし、カヤツリグサ科スゲ属植物ヒルゼンスゲ(*Carex impura* Ohwi)の生育地の調査、遺伝的多型の分析を行なった。ヒルゼンスゲは環境省の絶滅危惧1A類に指定されている。ヒルゼンスゲは北陸地方に分布するタテヤマスゲ(*Carex aphyllopus* Kük.) やナガエスゲ(*Carex otayae* Ohwi)に形態が似ており系統的に近いことが報告されている。しかし、なぜ、岡山県蒜山地方にのみヒルゼンスゲが遺存的に分布し、生き残ったのかは明らかにされていない。本研究では、ヒルゼンスゲとその近縁種において、形態、分布、染色体、DNA多型の4項目にわたる総合的な解析を行い、その結果をもとにヒルゼンスゲの起源とその保護・保全について考察した。

2. 実験材料

染色体の分析に用いた植物は、野外から岡山理科大学実験園に移植したものをを用いた。現地での植物の採集は同一クローンの採集をさけるために少なくとも10mの間隔をあけ、数個体採取した。また、光条件などの生育環境の調査も行なった。DNA抽出には、野外から採集した生植物または -80°C で冷凍保存したサンプル、岡山理科大学標本庫(OKAY)所蔵の乾燥標本のいずれかを使用した。また、ヒルゼンスゲの系統を明らかにするために、近縁種であるアゼスゲ節11種とタヌキラン節1種を用いた。

3. 実験方法

3-1. 染色体の分析

実験圃場で鉢植えにした植物から、根端の先端を約5mm採取し、 16°C 0.002M 8-オキシキノリンで5時間、前処理した。次に、固定液（エタノール：酢酸＝3：1）に浸し、 -20°C で24時間以上固定し、エタノールシリーズで水和した。1N-HClに根端を 60°C で10分間浸し、室温のフクシン亜硫酸液で1時間染色した。その後、2%ペクチナーゼと2%セルラーゼ酵素混合液に 37°C で1時間処理し、D.W.で水洗した。最後に1%アセトオルセインを滴下し、押しつぶし法でプレパラートを作成した。

3-2. DNAの抽出と遺伝的多型の解析

生葉 0.1g または乾燥標本 0.03g から Amersham Biosciences Co. の Nucleon Phytopure plant and fungal extraction's kit を用いて DNA を抽出し、タンパク質等の不純物を取り除くためにエタノール沈殿を行った。PCR 法を用いて核遺伝子の ITS (internal transcribed spacer) と ETS 1f (external transcribed spacer 1f) 領域を増幅し PCR 産物を QIA quick PCR Purification Kit (QIAGEN Co.) で精製した。プライマーは ITS 領域の増幅には ITS1 (Hsiao et al. 1994)、ITS4 (White et al. 1990) を、ETS 1f 領域には ETS 1f (Starr et al. 2003)、18S-R (Starr et al. 2003) を用いた (図 1)。また、ITS 領域の増幅が困難な種に関しては、新たに設計した ITS2C と ITS3C を使用した。さらに、ABI PRISM 310 Genetic Analyzer でダイレクトシーケンシング法を用いて塩基配列を決定した。次に、CLUSTAL W 1.7 を用いてアライメントをとり、最節約法を用いて系統樹を作成した。

4. 結果および考察

4-1. ヒルゼンスゲおよび近縁種の分類

ヒルゼンスゲは岡山県蒜山にのみ生育する種であり環境省の絶滅危惧 1A 類に指定されている。本種は、1930 年天皇御来県の時、岡山県下の植物目録作成が企画された時に発見された。田代善太郎が友金藤吉の案内で蒜山付近の植物調査を行なった時、珍しいスゲを見つけたのが最初である。この標本は当時京都大学にいた大井次三郎に届けられた。その後、大井は 1931 年にヒルゼンスゲ (*Carex impura* Ohwi) として新種発表した。しかし、小山 (1962) はヒルゼンスゲをタテヤマスゲの変種 (*Carex aphyllopus* Kük. var. *impura* (Ohwi) T. Koyama) とした。現在でもヒルゼンスゲの取り扱いに関してはいくつかの説がある。タテヤマスゲも日本固有の植物で、本州北・中部の日本海沿岸地方の高山草原に広く生育し、日本海要素型の分布を示す。ナガエスゲは大井 (1931) が富山県唐木峠で採集された標本にもとづいて、タテヤマスゲとタヌキランの雑種と推定して記載した分類群である。しかし、秋山 (1932) はナガエスゲを独立種としてあつかった。さらに、秋山 (1955) は小穂と鱗片の形質からナガエスゲをテキリスゲ亜節に、タテヤマスゲはカブスゲ亜節に置き、亜節のレベルで区別できるとした。このように、ヒルゼンスゲ、タテヤマスゲ、ナガエスゲの 3 種は分類学的に未解決の問題を多く含んでいる。

4-2. 形態の比較

カヤツリグサ科スゲ属植物は種間で形態が非常に似ており、分類に用いる形質は限られている。ヒルゼンスゲに近縁なタテヤマスゲ、ナガエスゲに関して、匍枝の有無、小穂の付き方、雌小穂の長さや、雌小穂の梗の長さ、果胞の形態を比較した。

その結果、ナガエスゲは大株となり匍枝を持っていなかった。また、ナガエスゲは小穂が下垂するのに対して、ヒルゼンスゲとタテヤマスゲは直立ーやや斜上し異なっていた。小穂の長さに関しては、ヒルゼンスゲは他の 2 種に比べて短い傾向が見られた。

果胞の形態については、ヒルゼンスゲとナガエスゲは長卵形であるのに対しタテヤマスゲは広卵形で異なっていた。また、果胞の上部はタテヤマスゲが急に狭まるのに対し、ヒ

ルゼンスゲとナガエスゲは緩やかに狭まっていた。タテヤマスゲは他の2種に比べて嘴の部分が短かった。

藤原・松田(1994)によると、ヒルゼンスゲは小穂が無梗で直立すること、雌小穂が長さ1-2cmと短いことなどからタテヤマスゲ相当の差異があるとしている。また、ナガエスゲは、植物体全体がより大型で、稈の高さが最大120cmに達すること、茎葉が株立ち、放射状に展開すること、稈の上部が湾曲し小穂が片方に偏ってつくこと、3個の雄小穂のうち下方の雄小穂が梗をもつこと、雌小穂に長さ数cmの梗があり、下部のものでは最長7cmに達し下垂すること、雌鱗片が卵状皮針形で鋭尖頭芒端になることなどの特徴により明確に区別できるとしている。また、ナガエスゲや果胞の形態は、大井が雑種説で一方の親と考えたタテヤマスゲとは多少類似するものの、もう一方の親と考えられるタヌキランとの類縁が全く認められないことなどから、ナガエスゲを独立種とする秋山の見解を支持するとしている。本研究でもほぼ同様な結果が得られ、形態に関しては、ヒルゼンスゲおよびナガエスゲは独立した種として扱うのが妥当であると考えられる。しかし、ナガエスゲとタヌキランにも匍匐枝を持ち長梗など、共通点もあり、さらに、ナガエスゲとタヌキランは生育地が重なっている。従って、ナガエスゲが雑種起源であるかどうかを明らかにするために、遺伝的多型のデータ必要となった。

4-3. 染色体の分析

岡山県真庭郡中和村中蒜山より採集したヒルゼンスゲと新潟県北魚沼郡入広瀬村守門岳より採集したタテヤマスゲの染色体数を分析した。ヒルゼンスゲの染色体数は $2n = 98$ であった。中期染色体は小型で最大のものが $4.3 \mu\text{m}$ であり、最小が $2.6 \mu\text{m}$ で長さの変異は漸变的であった。また、タテヤマスゲは $2n=68$ であり、染色体はヒルゼンスゲと同様に小型で長さの変異は漸变的であった(図2)。この2種の染色体数は本研究で初めて明らかにしたものである。ヒルゼンスゲはタテヤマスゲに比べて染色体数が多く細胞遺伝学的には異なる系統であることが推測される。しかし、ヒルゼンスゲやタテヤマスゲは分析した個体が少なく、種内異数性も存在すると考えられることから、異なる集団の染色体を分析し検証することが必要である。

4-4. 核リボソーム遺伝子(ITS, ETS 1f領域)の解析

アゼスゲ節11種とタヌキラン節1種のITS領域の塩基配列を決定した。ITS領域の塩基数は最大で447bp、最小で445bpであった。ヒルゼンスゲとタテヤマスゲのITS領域は1塩基しか違わなかった。また、ヒルゼンスゲとナガエスゲは100%一致し変異は見られなかった。従って、これら3種は特に近縁であると考えられる。また、大井が雑種起源としたナガエスゲの片親であるタヌキランとは20塩基もの違いが見られた。従って、ナガエスゲはタテヤマスゲとタヌキランの雑種起源であるとは考えにくい。

ヒルゼンスゲに特に近縁であると考えられるタテヤマスゲとナガエスゲに関してはETS 1f領域の塩基配列も決定した。ETS 1f領域の塩基数は597bpであった。ETS 1f領域は、この3種間で1塩基のみ異なっていた。上流から346番目の塩基が、ヒルゼンスゲではY(C or T)、ナガエスゲではC、タテヤマスゲではT、であった。この3種のETS 1f領域もITSと同様に変異がなく特に近縁であることがわかった(図3)。また、ヒルゼンスゲ

はナガエスゲとタテヤマスゲの中間的な塩基配列を持っていることが明らかになった（正木・坂本・星野 2005）。

4-5. 分子系統学的解析

ヒルゼンスゲとその近縁種を含むアゼスゲ節 11 種とタヌキラン節、および外群としてマスクサ節 2 種の合計 14 種の ITS 領域をもとに分子系統学的解析を行なった。その結果、最節約系統樹では、アゼスゲ節は、テキリスゲ亜節、タニガワスゲ亜節、カブスゲ亜節、ヒルゼンスゲ近縁種からなるカブスゲ亜節の 4 クレードが認められた。それぞれのクレードはブートストラップ値が 70%以上あり信頼できるものと考えられる（図 4）。また、秋山（1955）はナガエスゲをテキリスゲ亜節に置き、ヒルゼンスゲとは異なる亜節としていた。しかし、形態や分子系統のデータから、ナガエスゲはヒルゼンスゲやタテヤマスゲに特に近縁であり、節の分類に関して再検討が必要であることが明らかになった。

4-6. ヒルゼンスゲ、タテヤマスゲ、ナガエスゲの分布

日本におけるヒルゼンスゲ、タテヤマスゲ、ナガエスゲの分布を、岡山理科大学標本庫（OKAY）、京都大学標本庫（KYO）、神奈川県立生命の星・地球博物館標本庫（KPM）に収蔵されている標本をもとに調べた。その結果、ヒルゼンスゲは岡山県真庭郡中和村の 3 カ所で採集されているが、この場所以外には生育していないことが明らかになった（星野・正木 2002）。また、タテヤマスゲとナガエスゲは秋田県から福井県に分布しており、その分布域はほぼ一致した。しかし、タテヤマスゲは主に標高 1100m 以上の地域に、ナガエスゲは 1100 m 未満の地域に生育しており、この 2 種は標高の違いにより住み分けられていると考えられる。また、タテヤマスゲ、ナガエスゲの生育地と岡山県の蒜山の間には 1100m 以上の山がほとんどない。藤原・松田は、ナガエスゲは秋田県南部北限として、山形県、宮城県、新潟県、富山県、福井県、岐阜県の低地ないし山地帯に分布するとしており、今回作成した分布図とほぼ一致した（図 5）。

これらの結果より、地球の温暖化に伴って、北方系のタテヤマスゲが高地に追いやられ、地理的に分断されたものと考えられる。中国地方の個体は標高 1100m 以上の蒜山に生き残りヒルゼンスゲに分化したものと推定される。中国地方には蒜山より標高の高い大山があるが、ヒルゼンスゲはこの大山には生育していない。その理由として大山の頂上付近は崩落地が多いことや、尾根付近ではヒルゼンスゲの生育に欠かせない広い草原がないことが考えられる。ヒルゼンスゲの生育している蒜山の山頂はササの草原であり日当たりが良いことや、山頂付近の土壌条件も影響しているのかもしれない。

4-7. 絶滅危惧種ヒルゼンスゲの保護・保全

ヒルゼンスゲは、蒜山の頂上付近にしか生育していないと考えられる。岡山理科大学の標本庫には、岡本香により蒜山の山頂だけでなく平地でも採集された標本が 3 点収納されており、1966 年と 1972 年の日付がある。しかし、その標本が採集された場所でヒルゼンスゲを見つけることはできなかった。このように、40 年という短い期間で生育環境の変化により、いくつかの集団が絶滅したものと考えられる。

ヒルゼンスゲが生育する蒜山の尾根付近はササの草原で覆われていて、背丈の低い灌木

がわずか残っているが、日当たりが良い。尾根の草原には、イブキトラノオをはじめとする高山性の植物が生えていてお花畑が見られる。蒜山の山腹斜面は二次林であり、古くから樹木の伐採など、人の手が加わっていると考えられる。また、尾根の斜面に大量の積雪があり、その雪が早春に斜面に崩れ樹木がなぎ倒されることも、ササの草原が維持されてきた一つの要因と考えられる。

ヒルゼンスゲは山頂付近のササと混生している。遊歩道に近接したササ群落の周辺付近がヒルゼンスゲの個体密度が最も高く、ササ群落の中ではその密度は低い。将来、ササ群落が発達し山頂を完全に覆うことになれば、ヒルゼンスゲの生存が脅かされる可能性がある。従って、定期的な遊歩道脇のササの刈り払いが必要となると思われる。今回、ヒルゼンスゲの ITS, ETS 1f 領域を 3 個体で解析したところ、塩基は完全に一致した。また、ヒルゼンスゲの種子はほとんど不稔であり、地下根茎により増殖するものと考えられる。従って、ヒルゼンスゲのような分布域の狭い地域固有種は遺伝的多型の程度が低く、最悪の場合一つのクローンとなっている可能性もある。このような個体は環境の変化に対する適応力に乏しく、光条件などのわずかな変化で絶滅する可能性もあり、継続的な調査が必要である。

5. 謝辞

本研究を行なうに当たり、岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科の坂本順一氏と正木智美氏にはヒルゼンスゲの採集やデータの解析などで多大な協力を得ました。また、植物標本の閲覧に関して、京都大学総合博物館の永益英敏助教授と神奈川県立生命の星・地球博物館の勝山輝男氏には大変お世話になりました。また、新潟県燕市の刈屋寿氏、新潟県新潟市の佐々木博昭氏、群馬県立自然史博物館の大森威宏氏には材料の採集で大変お世話になりました。また、蒜山の植生に関して岡山理科大学の波田善夫教授には貴重な助言をいただきました。本研究は、財団法人八雲環境科学振興財団の助成を得て行ないました。記して謝意を表します。

6. 参考文献

- Akiyama, S. 1932. *Conspectus Caricum Japonicarum*. Journal of Faculty of Science, Hokkaido Univ. Ser.V, Vol. II, No. 1. 266 pp.
- 秋山茂雄. 1955. 極東亜産スゲ属植物植物、257 pp. 北海道大学、北海道.
- 藤原陸夫、松田義徳. 1994. 本州日本海側地方に産するナガエスゲ *Carex otayae* Ohwi の形態と分布. 植物地理・分類研究. 42: 21-27.
- 星野卓二・正木智美. 2002. 岡山県スゲ属植物図譜、pp. 68, 69. 山陽新聞社、岡山.
- Hsiao, C., Chatterton, N. J., Asay, K. H. and Jensen, K. B. 1994. Phylogenetic relationships of 10 grass species: an assessment of phylogenetic utility of the internal transcribed spacer region in nuclear ribosomal DNA in monocot. *Genome* 37: 112-120.
- Koyama, T. M. 1962. Classification of the family Cyperaceae. II. *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, 3, 8 (4): 150-277.
- 正木智美・坂本順一・星野卓二. 2005. 絶滅危惧種ヒルゼンスゲの起源と分化. 日本植物学会中国四国支部大会講演要旨集、p. 13.

- Ohwi, J. 1931. Contributiones ad Caricologiam Asiae orientalis II. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B, Biol. **6**: 251.
- 岡山県（編）. 2003. 岡山県レッドデータブック、456pp. (財)岡山県環境保全事業団、岡山.
- Starr, J. R., Harris, S. A. and Simpson, D. A. 2003. Potential of the 5' and 3' ends of the intergenic spacer (IGS) of rDNA in the Cyperaceae: New sequences for lower-level phylogenies in sedges with an example from *Uncinia* Pers. Int. J. Plant Sci. **164**(2): 213-227.
- White, T., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. pp. 315-322. In Innis, M., Gelfand, D., Sninsky, J. and White, T. (eds.). PCR Protocols. Academic Press, San Diego, CA.

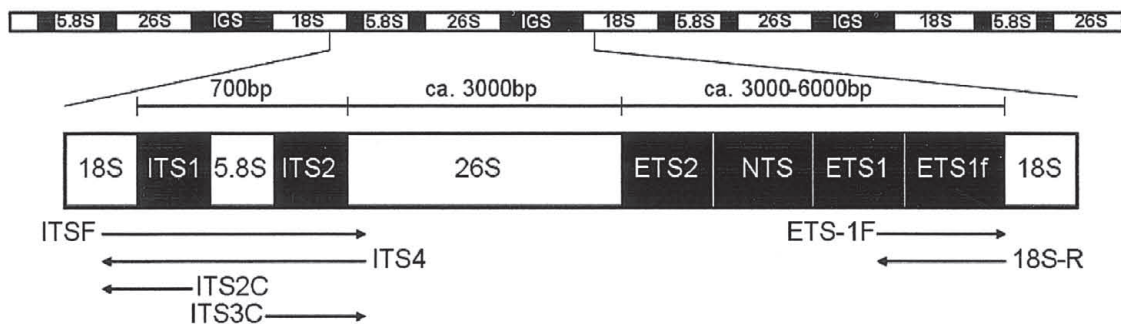


図1. 解析に使用した核リボゾーム遺伝子 ITS, ETS 1f 領域の模式図および解析に使用したプライマー

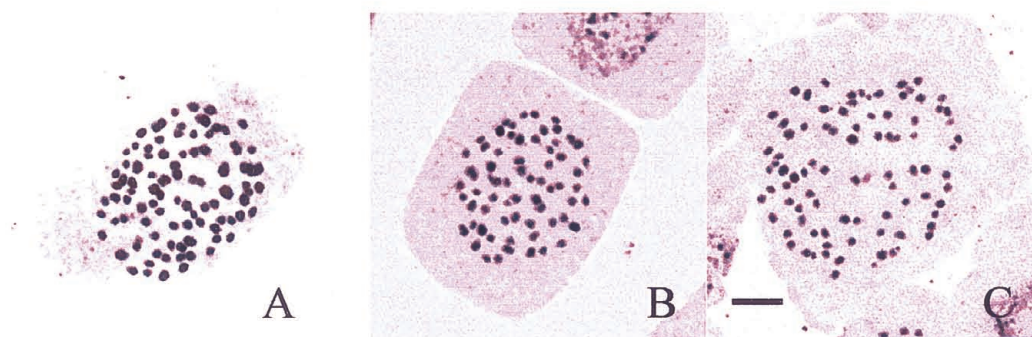


図2. ヒルゼンズゲ近縁種の体細胞分裂中期染色体像
A. ヒルゼンズゲ 2n=98 B. タテヤマズゲ 2n=68 C. アゼズゲ 2n=86 Bar=5μm

<ETS1f=597bp> Y=C or T 346

C. impula GCGGGAC TTTGCCCCGCAGACT TGGGAGGTCCCTTGTACGAATCA

C. otayae GCGGGAC TTTGCCCCGCAGACT TGGGAGGTCCCTTGTACGAATCA

C. aphyllopus GCGGGAC TTTGCCCCGCAGACT TGGGAGGTCCCTTGTACGAATCA

<ITS=448bp> 198

C. impula GAGGAGCACGCTGTGCGGCTTGCCTGCGCGG

C. otayae GAGGAGCACGCTGTGCGGCTTGCCTGCGCGG

C. aphyllopus GAGGAGCACGCTGTGCGGCTTGCCTGCGCGG

図3. ヒルゼンズゲ、ナガエズゲ、タテヤマズゲの ETS 1f と ITS 領域の比較

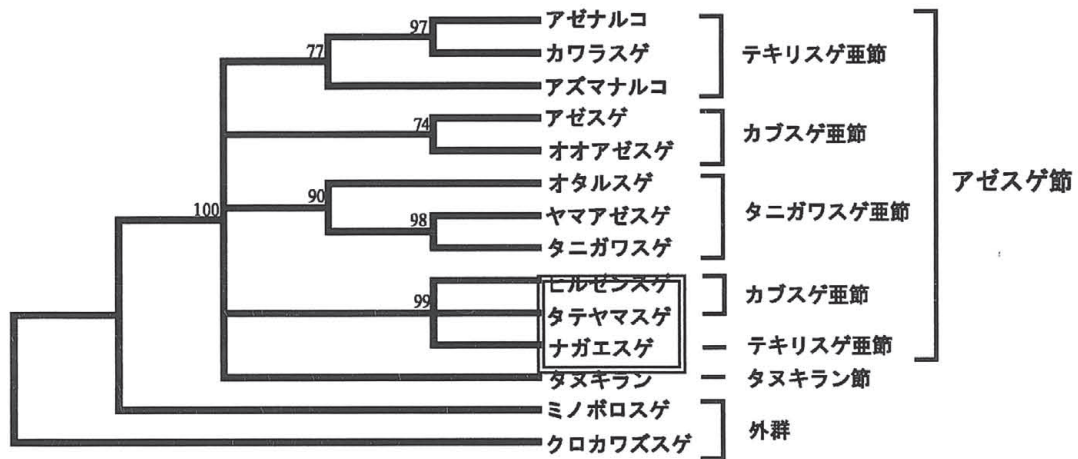


図4. ITS領域を用いたアゼスゲ節およびタヌキラン節の最節約系統樹
 OTU=13, 429sites, Tree Length=147, CI=0.84, RCI=0.65
 枝の上の数値はブートストラップ値 (BP: %)

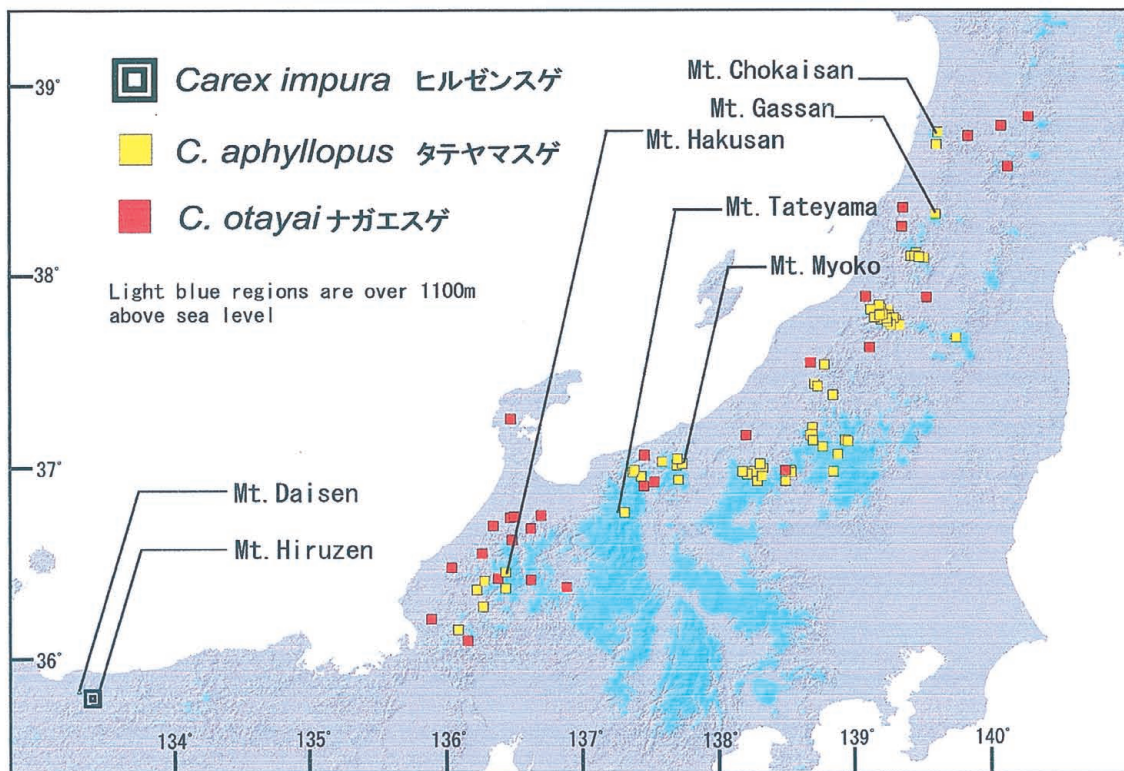


図5. ヒルゼンスゲ、タテヤマスゲ、ナガエスゲの分布

里山指標昆虫ケシキスイ類の個体群動態に関する研究

岡山大学大学院環境学研究科 宮竹貴久

はじめに

アカマツ、クヌギやコナラ林などの雑木林は里山としてさまざまな機能を持つことが近年、明らかになっておりその保全が求められている。里山の保全を進める上ではその生態学的研究が必要不可欠である (Fukumoto and Kajimura 1999)が、二次林であるために研究は大変遅れていた。里山には動植物を含めた多種多様な生物が存在する。なかでも種数で見れば、そのかなりの割合を占めるのが昆虫である。里山の多様性を昆虫類で調査した試みは、これまで前藤・楨原³⁾、Fukumoto and Kajimura(1999)、広木(2002)があるがその研究はいまだ不十分であり、雑木林に棲息する昆虫について明らかな統一の見解は得られていない(前藤・楨原 1999)。また昆虫の種数の大半を占める甲虫類について、雑木林における群集構造を調べた研究はない。本研究では、雑木林でバナナトラップによる甲虫群集の経時的調査を行い、里山の機能とされる種の多様性について、とりわけケシキスイ類を中心とした甲虫相について定量的な調査を行った。本研究は、国内では初めてケシキスイ科甲虫の年間の種構成、季節消長を量的に調査したものとしても注目できる。

さらに里山樹液昆虫のうち、もっとも生息個体数の多いヨツボシケシキスイ *Librodor japonicus* (Motschulsky)については、繁殖生態の調査のために、採集された個体を室内に持ち帰り、形態形質の測定を行うとともに、雌をめぐる雄間の闘争様式について詳しく調べた。甲虫類のオスはしばしば雄間闘争の結果として、雌に比べて大きな角や大顎を発達させる。これまでにカミキリムシ科、コガネムシ科、ゾウムシ科、クワガタムシ科などの甲虫類で雄間闘争の武器の発達が発達報告されているが、ケシキスイ科でそのような報告はなされていなかった。しかし、里山の樹液、もしくは樹液に集合する同種の雌という限られた資源をめぐる競争するヨツボシケシキスイの雄の大顎は雌に比べて著しく発達することから、繁殖生態として激しい雄間闘争の存在が予測された。しかし、これまでに本種において繁殖生態が調べられたことはなかった。里山指標種として提案するためには、本種の繁殖生態を詳しく調査しておき、里山における本種の存在様式の基礎を調べておく必要がある、そのようなデータは将来、里山指標昆虫と里山生息環境の関わりを評価するうえで貴重な資料を提供すると考えられる。

材料と方法

個体群動態の調査方法

調査は岡山市南部の半田山岡山大学演習林で行った。調査地の植生はアベマキ、コナラ、アラカシが優占樹種で、その他にナナメノキ、ヤマザクラ、アカマツ、ネズミサシなどで構成される。半田山内の調査区は、西部の南斜面と、北斜面及び東部でコナラ属の植生が異なっている。すなわち北斜面ではコナラとアラカシが分布しているのに対して、南斜面と東部ではアベマキとアラカシが優先的に分布している。甲虫群集の比較調査のためにバナナトラップ(高さ 14cm、直径 6cm)を用いた。計 13 個のバナナトラップを半田山西部の南斜面に 5 個、北斜面に 5 個及び頂上付近に 3 個に設置した。調査は 4 月初めから 11 月末まで行い、2 年間継続して行った。調査方法はトラップ設置一週間後に捕獲された全ての甲虫をバナナトラップから取り除き、それらの甲虫を研究室に持ち帰り、乾燥させ、同定を行った。

雄間闘争の観察方法

ヨツボシケシキスイは、琉球を除く日本全土の里山に生息する。幼虫は樹液内で生息し、成虫は発達した大顎を持つ。交尾と雄間闘争は樹液上で生じる。実験のために室内に持ち帰ったヨツボシケシキスイは、バナナスライスを入れたプラスチックカップで飼育された。温度 25°C、湿度 60%で、16L8D の日長で飼育した。163 個体の雄成虫と 259 個体の雌成虫の胸長、大顎長、頭幅、胸幅を実態顕微鏡下で計測した。雄間闘争行動の観察は、プラスチックカップに入れたバナナスライス上で行った。本種は、バナナ上でも樹液上で生じる雄間闘争と同様の行動を示した (Okada and Miyatake 2004)。観察はすべて夜間に行い、赤色ライトの照明下で行った。予備的に雄同士の相互作用の程度を、雌の存在する場合と雌の存在しない場合で比較したところ両者で干渉行動が生じる頻度は、有意に異なり、雄間干渉行動は、雌不在下よりも雌存在下ではげしかった (Okada and Miyatake 2004)。

結果

個体群動態

半田山の経時調査で 2002 年には 16 科 41 種、2003 年には 9 科 29 種の甲虫が採集された (表 1)。採集した甲虫の中で個体数が比較的多かったコガネムシ科、コメツキムシ科、ケシキスイ科及びクチキムシ科の 4 科について 2 年間の季節発生活消長を図 1 に示した。2002 年、2003 年ともにもっとも多く捕獲されたのはケシキスイ科であった。つぎにコメツキムシ科が多く捕獲された。2002 年の調査で最もよく捕獲された科はケシキスイ科の甲虫であり、12 種 614 個体で、全捕獲個体数の 85%を占めた。ケシキスイ類の中で多く捕獲された *Librodor* 属、*Haptoncus* 属、及び *Soronia* 属 3 属の季節発生活消長を図 2 に示した。*Librodor* 属は 4 月からバナナに誘引され、5 月に発生のピークを示した。この後、6 月と 7 月にも発生のピークを示した。2002 年には 9 月から 10 月の秋季に 3 度目のピークが見られたが 2003 年には秋季の発生ピークは見られなかった。これに対して *Haptoncus* 属のケシキスイは主

表1 調査地内においてバナナトラップでモニタリングできた甲虫類

	種名または科名	個体数	
		2002	2003
オサムシ科	Carabidae	2	0
マイマイカブリ	<i>Chalcidius akatsuki</i> Kojima	2	0
ホリエンマムシ科	Niponidae	1	0
ヒメホリエンマムシ	<i>Niponius esakii</i> Lewis	1	0
エンマムシ科	Histeridae	1	0
ニモマルマシエンマムシ	<i>Gnathocerus eximius</i>	1	0
シデムシ科	Sitonaidae	0	0
クロシデムシ	<i>Nesophorus eximius</i> Kozatz	0	0
ハネカクシ科	Staphylinidae	1	0
クシビゲハネカクシ	<i>Stenus pectinatus</i> Sharp	1	0
クワガタムシ科	Lucanidae	1	0
コクワガタ	<i>Macrodinus reclus</i> (Motschulsky)	1	0
コガネムシ科	Scarabaeidae	26	18
シナノエンマコガネ	<i>Chrysobothris akatsuki</i> Heyden	1	0
オオヒロウドコガネ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Saito)	2	15
カナブン	<i>Phaenobothris japonica</i> Hope	15	3
シロテンハナムグリ	<i>Phaenobothris orientalis</i> (Gory et Percheron)	8	0
マルトゲムシ科	Byrrhidae	1	0
シラフチビマルトゲムシ	<i>Staphylocaris bicolor</i> Pic	1	0
タマムシ科	Buprestidae	1	0
ホソクロナガタマムシ	<i>Aborus kawachi</i> Y. Masozawa	1	0
ヒゲブトコブシ科	Throscidae	1	0
ナカヒゲブトコブシ	<i>Aborus japonicus</i> (Nobori)	1	0
コブシムシ科	Elaeidae	34	29
キバネホソコブシ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Candèze)	1	0
ヒゲナカコブシ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Candèze)	13	12
オオナカコブシ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Candèze)	4	13
クシコブシ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Candèze)	6	2
ナカヒゲコブシ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Candèze)	10	2
ケシキムシ科	Nitidulidae	614	458
モンチビヒラケシキムシ	<i>Haplonyx bicolor</i> (Falmagne)	125	154
シラカバ	<i>Chrysobothris japonica</i>	19	30
オオキマダラケシキムシ	<i>Sawada bipunctata</i> Faltter	1	0
キマダラケシキムシ	<i>Sawada bipunctata</i> Faltter	84	4
クロキマダラケシキムシ	<i>Sawada bipunctata</i> Faltter	7	0
ウスオビキノコケシキムシ	<i>Pezomachus bipunctatus</i> (Faltter)	20	20
ナカコケシキムシ	<i>Chrysobothris japonica</i> (Faltter)	5	0
ナミコケシキムシ	<i>Cryptorhynchus bipunctatus</i> (Fabricius)	3	0
キノコケシキムシ	<i>Cryptorhynchus bipunctatus</i> (Faltter)	1	0
ルイスコケシキムシ	<i>Cryptorhynchus bipunctatus</i> (Faltter)	2	0
ヨシボシケシキムシ	<i>Lophorhynchus bipunctatus</i> (Faltter)	1	0
ヨシボシケシキムシ	<i>Lophorhynchus bipunctatus</i> (Motschulsky)	346	250
オオキスラムシ科	Halictidae	4	3
ヨシボシオオキスラムシ	<i>Halictus japonicus</i> Gahan	4	3
オオキノコムシ科	Erotylidae	0	1
カタモンオオキノコムシ	<i>Alcidia japonica</i> (Crotch)	0	1
キノコムシ科	Mycetophagidae	0	1
コマダラキノコムシ	<i>Mycetophagus bipunctatus</i> (Faltter)	0	1
ゴミムシガマシ科	Tenebrionidae	1	0
スピロキマワリモドキ	<i>Gnathocerus eximius</i> Pascoe	1	0
クチキムシ科	Allecidae	29	19
オオクチキムシ	<i>Allecia japonica</i> Makin	15	13
クチキムシ	<i>Allecia japonica</i> Makin	12	5
ウスイロクチキムシ	<i>Allecia japonica</i> Lewis	2	1
ナガクチキムシ科	Meloidae	0	1
クロホソナガクチキムシ	<i>Phaeobrya nigrescens</i> Masaki	0	1
カミキリムシ科	Cerambycidae	2	3
キイロトラカミキリ	<i>Chamaecrista japonica</i> (Pascoe)	0	1
トゲビゲトラカミキリ	<i>Chamaecrista japonica</i> Bates	1	0
ナガコマカミキリ	<i>Mesosa longipennis</i> Bates	0	2
キウスイモドカミキリ	<i>Asperula bipunctata</i> Breuning	1	0
ゾウムシ科	Curculionidae	5	0
クヌギシゾウムシ	<i>Curculio japonicus</i> (Fosberg)	1	0
シイシキゾウムシ	<i>Curculio japonicus</i> (Fosberg)	1	0
クヌギシゾウムシ	<i>Curculio japonicus</i> (Motschulsky)	1	0
ヒサゴクチカクシゾウムシ	<i>Stenobothrus japonicus</i> (Fosberg)	1	0
マダラアシゾウムシ	<i>Stenobothrus japonicus</i> Pascoe	1	0

に 7 月から 8 月にかけての夏季に発生のピークが見られた。*Soronia* 属は、2002 年には 6 月と 10 月、および 11 月に発生が見られたが、2003 年には 10 月にわずかに発生するに留まった。

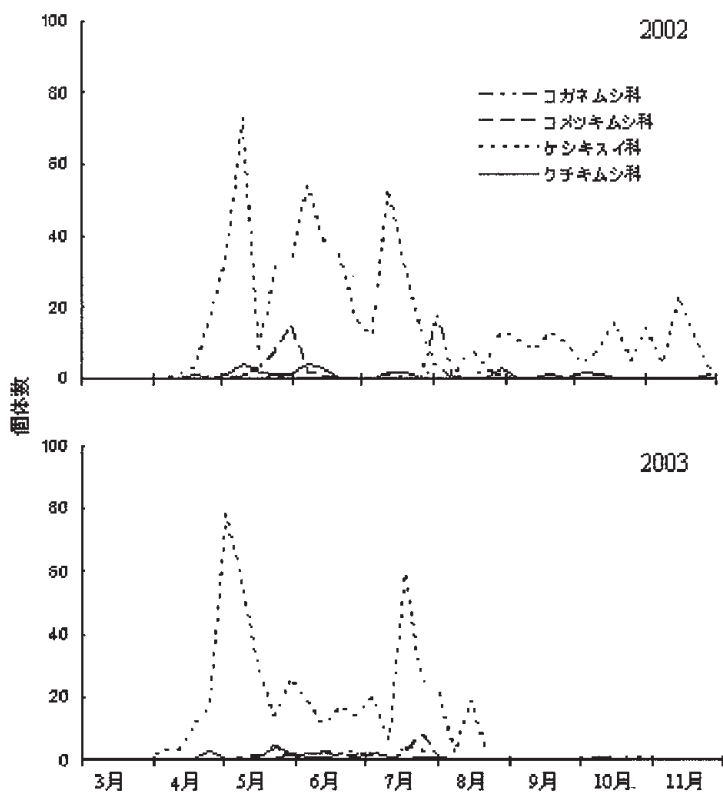


図1 コガネムシ科、コメツキムシ科、ケシキスイ科、クチキムシ科の発消長

ケシキスイ類のうちで最も多く捕獲された *Librodor* 属は 2002 年には計 347 個体、2003 年には 250 個体であり、これは全捕獲個体数の約 50%に当たる。捕獲した *Librodor* 属のケシキスイのうち、2002 年には 346 個体がヨツボシケシキスイであった。残り 1 個体はコヨツボシケシキスイであった。また 2003 年には 250 個体すべてがヨツボシケシキスイであった。したがって、ここでは *Librodor* 属の季節発消長はヨツボシケシキスイの季節消長と考えて差し支えない。*Librodor* 属の季節消長は上述したとおり、2002 年には 5 月の中頃にピークを迎え、夏期に少し数が減り、秋期(8 月中旬～10 月初旬)に再びピークがある二山型であった。秋期のピークは、5 月中旬のピークに比べ個体数が少なかった。ただし 2003 年には秋季のピークは見られなかった。*Haptoncus* 属のケシキスイは、モンチビヒラタケシキスイ (125 個体)だけであった。捕獲した計 92 個体の *Soronia* 属のケシキスイにはオオキマダラケシキスイ、キマダラケシキスイ、及びクロキマダラケシキスイの 3 種が含まれていた。

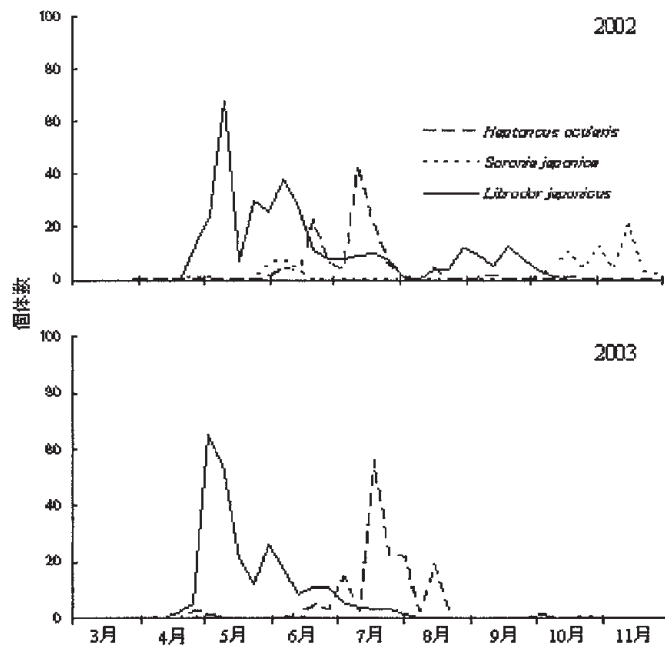


図2 ケシキスイ類3種の発生消長

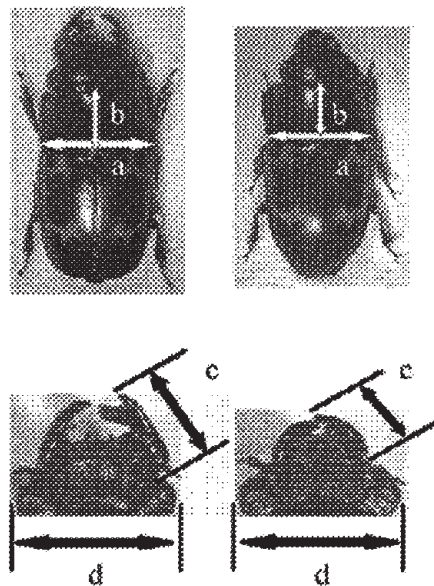


図3 ヨツボシケシキスイの測定部位：(a)胸幅、(b)胸長、(c)大顎長、(d)頭幅
左は雄、右は雌をそれぞれ示す。

形態計測と雄間闘争

ケシキスイ類のなかでもっとも個体数が多く捕獲されたヨツボシケシキスイについて形態計測を行った(図3)。雌雄ともに頭部に発達した大顎を有したが、雄(図3左)は雌(図3右)に比べて著しく発達した大顎を有していた。図4に胸部長に対する大顎長(A)、頭幅(B)、胸部幅(C)の回帰をそれぞれ示した。どのアロメトリーも雄のほうが雌に比べて回帰の傾きが有意に高かった。

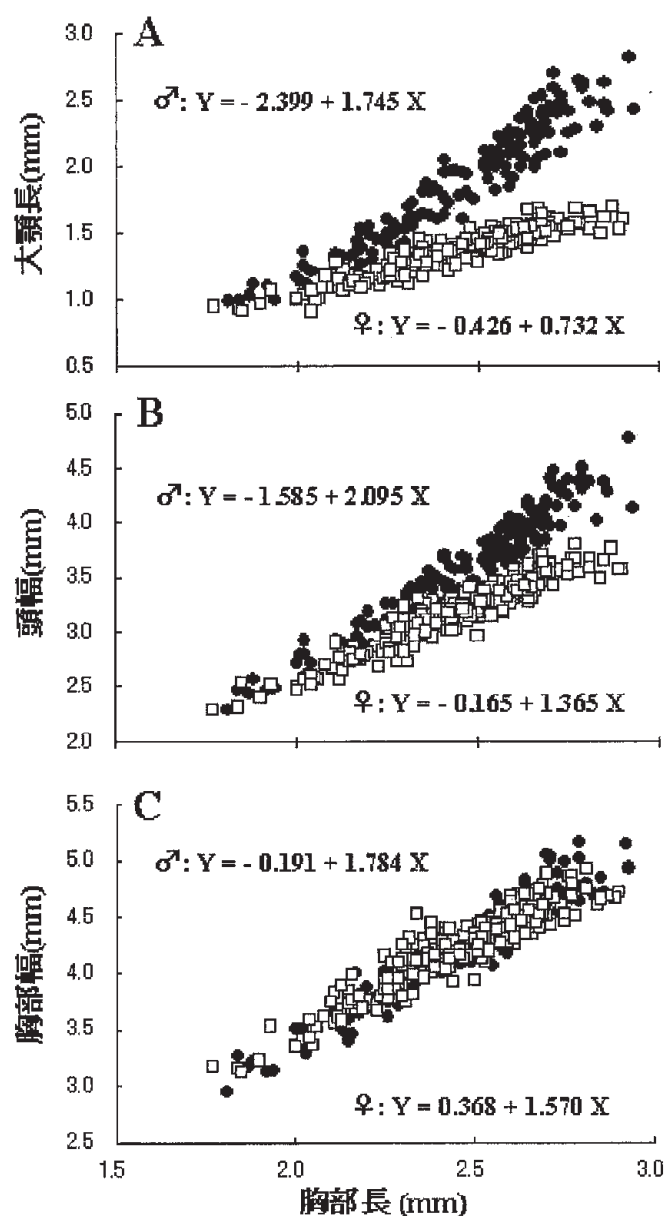


図4 ヨツボシケシキスイにおける胸部長と大顎長(A)、頭幅(B)、胸部幅(C)の関係: 雄サンプルサイズは169個体、雌サンプルサイズは259個体。

雄間闘争行動は、そのはげしさにしたがって4段階に分類された。2個体のオスが接近しても何も生じない場合をレベル1、片方のオスが相手に対して誇示行動を行った場合をレベル2、片方が相手に対して攻撃をしかけた場合をレベル3、そして両者が互いに交戦を行った場合をレベル4とした。対戦中の2匹の雄のうち、どちらか一方の雄がバナナから退却したことをもって負けとみなし、勝敗とサイズの関係調べた。闘争の勝敗はレベル3とレベル4の闘争行動でのみ観察された。図5に、対戦雄どうしの体サイズと闘争の勝敗の関係を示した。

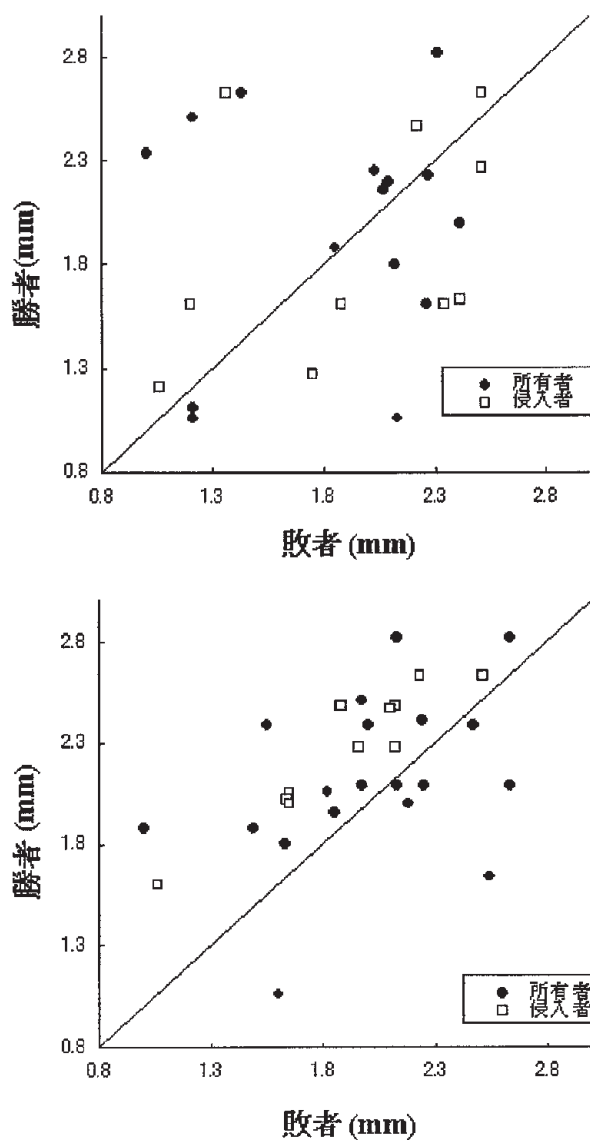


図5 レベル3（上図）とレベル4（下図）での闘争の勝者と敗者の大顎長の関係。
 図中の直線より右上に点がある場合は、勝者の大顎長が大きいことを示す。
 また黒丸は先住雄が、白四角は侵入雄がそれぞれ勝者となったことを示す。

レベル3の闘争では、武器である大顎の大きさは闘争の勝敗に影響しなかったが、レベル4の闘争では大顎長が大きい個体が闘争により有意に勝利した。

考察

半田山のケシキスイ科甲虫の季節消長は4月上旬から12月上旬まで幅広い期間でバナナトラップに捕獲され、季節消長の形も種類によって様々であった。最も多く捕獲した *Librodor* 属、*Haptoncus* 属と *Soronia* 属の3属の種は樹液において時期的な棲み分けが起こり、資源を分割している可能性が示唆された。今回最も個体数が多く捕獲できたヨツボシケシキスイではさらに詳しい分析が可能であった。この甲虫の季節消長は二山型と見られたが、さらに半田山の調査地を北斜面と南斜面に設置したトラップをわけると二つの場所で季節消長の形が秋期で異なり、秋期個体はほとんど南斜面で捕獲されていた(図3)。南斜面と北斜面とではこの甲虫が棲息しているとされるコナラ類の植生が異なっている。すなわち北斜面ではコナラとアラカシが分布しているのに対して、南斜面ではアベマキとアラカシが優先的に分布している。三浦・奥野(1990)は1989年のデータではあるが、夏期と秋期において南斜面と北斜面との気温条件に違いがあり、南斜面の方が最高気温が高いと示している。従って、北斜面と南斜面の環境の違いによりヨツボシケシキスイが生息する生態的特性の違いが生じたのかもしれない。

本研究においてケシキスイ科を筆頭にコガネムシ科やクワガタムシ科など樹液に集まるとされる甲虫(森本・林 1986)が、バナナトラップで捕獲された個体数の約9割を占めたことから、バナナトラップは樹液に集まるほとんどの甲虫類を捕獲できると考えて良い。また、ハナムグリ類やモンチビヒラタケシキスイが捕獲されたことから、発酵果樹に飛来する甲虫もバナナトラップで捕獲することができた。Sakakibara et al.(1996)は、トラップで捕獲した昆虫相は野外での実際の昆虫相の一部でしかないと指摘しており、今回の結果も里山や森林での甲虫群集の一断面を見ているにすぎない可能性はある。しかし、本研究で捕獲されたケシキスイの多様性が森林の多様性を示す可能性が考えられ、ケシキスイ類が雑木林の生物指標となりうることも示唆された。これまで雑木林の生物指標の一例として、個体数の少ない希少種のモニタリングが行われているが(広木 2002)、稀少種でありかつ生息地域が限定されている生物では、広範な環境指標種となりえない。里山の価値の一面である種多様性をこのバナナトラップで捕獲したケシキスイ類で手軽に検討できたこと、さらにケシキスイ類は日本各地に普通に見られる種を多く含むこと、とりわけヨツボシケシキスイは雑木林における普通種であることから、今後はバナナトラップによるケシキスイ類の調査結果が里山の重要な環境を示す指標の一つになると考えられた。

形態計測の結果、本種の形態には性的2型が認められ、雄は雌に比べて、雄間闘争の武器である大顎長、および武器を支える部位である頭幅が有意に発達することがわかった。この結果は、本種の雄間の闘争行動において大顎が武器として用いられるという行動観察結果と一致する。闘争行動と形態観察、および野外における本種の繁殖生態の観察結果か

ら、本種の雄は里山の樹液に集まってくる雌をめぐって、大顎を用いた闘争行動を行い、おもに体サイズに依存して戦いに勝った雄が雌との交尾権利を得ているものと推測される。形態計測および雄間闘争行動の詳細な結果は、すでに Okada and Miyatake (2004) に報告済みである。

要約

バナナトラップでコナラ類が植生する二次林、半田山で経時的調査を行った結果、16科 41種 725個体の甲虫が捕獲された。そのうち85%を占める12種 614個体がケシキスイ科の甲虫であった。最も多く捕獲した *Librodor* 属、*Haptoncus* 属と *Soronia* 属のケシキスイ類は、いずれも樹液を摂食する。この3属の個体数のピーク期は明らかな違いを示し、資源の分配の可能性が示唆された。また最も多く捕獲されたヨツボシケシキスイは調査地の南斜面と北斜面において季節発生活長が秋期において異なり、秋期個体は、そのほとんどが南斜面で捕獲された。捕獲した甲虫の個体数の90%は樹液に集まる種であったことから、バナナトラップは主に樹液性の甲虫を捕獲できると考えられた。以上の結果よりバナナトラップによるケシキスイ類の調査結果が雑木林の生物指標となることが示唆された。また形態計測と行動観察の結果より、本種の雄は里山の樹液に集まってくる雌をめぐって、大顎を用いた闘争行動を行い、おもに体サイズに依存して戦いに勝った雄が雌との交尾権利を得ているものと判断された。

引用文献

- Fukumoto, H. and Kajimura, H. (1999) Seed-insect fauna of pre-dispersal acorns and acorn seasonal fall patterns of *Quercus variabilis* and *Q. serrata* in central Japan. *Entomological Science* 2: 197-203.
- 広木詔三 (2002) 里山の生態学. 名古屋大学出版会, 愛知, 333 pp.
- Okada, K. and Miyatake, T. (2004) Sexual dimorphism in mandibles and male aggressive behavior in the presence and absence of females in the beetle *Librodor japonicus* (Coleoptera: Nitidulidae). *Annals of the Entomological Society of America* 97: 1342-1346.
- 前藤薫・槇原寛 (1999) 温帯落葉樹林の皆伐後の二次遷移にともなう昆虫相の変化. *昆虫* 2: 11-26.
- 三浦 健志・奥野林太郎 (1990) 半田山の日射量および凸凹分布と温度・水分環境. 平成2年度岡山大学教育研究内特別経費成果報告書 {都市近郊林(半田山)の自然特性及びその環境保全機能に関する研究(V)}, 岡山, pp.109-117
- 森本 桂・林 長閑 (1986) 原色日本甲虫図鑑(I). 保育社, 大阪, 323pp.
- Sakakibara, Y., Iwata R., Kobayasi H., and Yamada F. (1996) Comparison of Beetle samples captured by trap with those on flowers in a broad-leaved Forest. *J For. Res.* 1: 169-175.

Dynamics and tolerance to environmental stress for an evergreen conifer *Sabina vulgaris*, a climax species in a semi-arid land

Yoshiaki Ishii¹, Naoko Miki², and Ken Yoshikawa²

¹Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

²Graduate School of Environmental Science, Okayama University

Introduction

The Mu Us sandy land is located in a continental semi-arid climate (Wu and Ci 2002), and is characterized by a prolonged dry spring and extreme cold in winter (Kamichika and Yamamoto 1986). Tolerance to these climatic characteristics is necessary for the plants in this sandy land to sustain stable dynamics. The adaptive mechanisms of those plants to dry conditions have been reported by some recent studies in terms of growth pattern (Ishii et al. 2003), leaf anatomy (Dong and Zhang 2000), water relation (Yoshikawa et al. 1992 and 1999, Matsuo et al. 2001, Dong and Zhang 2001, He et al. 2003), and water utilization (Ohte et al. 2003); there is no report for that to freezing conditions.

Most plants in the Mu Us sandy land apparently have a strategy to avoid low temperature stress by means of shedding their leaves in the winter, because deciduous life type is typical in the Mu Us sandy land (Tokuoka and Jing 1989). In the context, *S. vulgaris* retains its leaves through a year. *S. vulgaris* can change needle color from green to purple or reddish-brown in winter. A recent study has reported that leaf-color change is related to the cold acclimation process and is caused by the carotenoid synthesis (Han and Mukai 1999).

In the winter, the photosynthetic rate is usually reduced through some processes such as inactivation of Calvin-Benson cycle enzymes (Lambers et al. 1998). As a consequence of the reduction in photosynthetic rate, unavailable excitation energy by photochemistry could increase (Demmig-Adams and Adams 1996a), which may generate damaging reactive oxygen species (Müller et al. 2001). Some of carotenoids, zeaxanthin and antheraxanthin, play an important role in the non-photochemical quenching of excess excitation energy (Demmig-Adams and Adams 1996a and 1996b).

Drought stress may also contribute to the production of more excess excitation energy (Yordanov et al. 2000). If plants undergo drought stress, they would close stomata even though the degrees of stomata closure differ in water stress intensities (Epron et al. 1993) and plant species (Sun et al. 1995). The stomatal response to water deficits is essential for the water conservation within a plant (Sperry 2000), whereas it leads to a decrease in the photosynthetic rate and then to an increase in excess excitation energy (Yordanov et al. 2000). Matsuo et al. (2001) investigated stomatal conductance of *S. vulgaris* in the Mu Us sandy land under field conditions, and they found that stomata closure occurred to a greater extent in the dry conditions than in the wet conditions.

Hence, the local evergreen plants in the Mu Us sandy land need to possess the ability to cope with excess excitation energy in dry and freezing conditions. This study aimed to clarify the photoprotective mechanisms under stress and measured seasonal changes in chlorophyll fluorescence and pigment composition of an evergreen shrub tree *S. vulgaris* needles in the Mu Us sandy land.

Materials and Methods

Study site: The study was conducted in an experimental field of the Mu Us Sandy land Developmental Research Center (38°59'N, 109°09'E, ca.1300 m a.s.l.).

Plants: Three patches of *S. vulgaris* and ten *A. ordosica* and *C. korshinskii* were selected for measurements in the fixed sand dune area. *A. ordosica* and *C. korshinskii* are the native deciduous broad-leaved shrubs (Commissione Redactorum Florae Intramongolicae 1989 and 1993) growing in the same side of *S. vulgaris*.

Leaf phenology measurements: Three to five branches of each *A. ordosica* and *C. korshinskii* were used for the phenological measurement. From May to November, leaf number per shoot of *A. ordosica* and *C. korshinskii* were measured every one or two weeks.

Chlorophyll fluorescence measurements: Three branches of each *S. vulgaris* were selected and the minimal and the maximal fluorescence of a dark-adapted one-year needles (F_0 and F_m , respectively) were measured at predawn by a chlorophyll fluorometer (Mini-Pam, Waltz, Germany) from June to February at two-week intervals. On the following clear day, the steady-state and the maximal fluorescence (F and F_m' , respectively) were measured at the same needles at 13:00. The maximum photochemical efficiency of PS2 ($F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$) and the actual photochemical efficiency of PS2 ($\Delta F/F_m' = (F_m' - F)/F_m'$) were calculated. The relative electron transport rate through PS2 (r-ETR) was calculated as product of $\Delta F/F_m'$ and PPFD.

Pigment analyses: Two kinds of chlorophyll (chlorophyll a and b) and seven kinds of carotenoid (antheraxanthin, lutein, neoxanthin, violaxanthin, zeaxanthin, α -carotene and β -carotene) were quantitatively determined by the HPLC system (JASCO, Japan) for the needles sampled just after chlorophyll fluorescence measurements at predawn and then stored at -80 °C until the analysis. The analysis method followed a protocol described by Thayer and Bjorkman (1990) with slight modifications.

Environmental conditions: Air temperature was monitored at 0.35 m aboveground during the experimental period. Soil moisture and pF value in the study sites were determined from May to November at the depth of 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 m at intervals of two weeks.

Results and discussion

Seasonal changes in the photochemical efficiency of PS2 and environmental factors (air temperature, soil moisture, and light intensity) were shown in Fig.1. The values of the photochemical efficiency at predawn (F_v/F_m) remained approximately 0.8 throughout the summer season (from June to October) (Fig.1A). In these periods, the photochemical efficiency in the daytime ($\Delta F/F_m'$) showed the lowest

value in July and a considerable increase in September and October (Fig.1A). In the winter season (from November to February), there was a strong suppression in both Fv/Fm and $\Delta F/Fm'$. The values of Fv/Fm and $\Delta F/Fm'$ started to decline in mid-November and leveled off in early December, resulting in almost 0.1 and 0, respectively, after December.

Fig.2 shows a seasonal changes of leaf numbers per shoot for deciduous shrubs that grew in the study site. *A. ordosica* and *C. korshinskii* shed their all leaves in late November and late October, respectively. Both Fv/Fm and $\Delta F/Fm'$ of *S. vulgaris* started to decrease in this period (Fig.1A). Thus, the decrease in the photochemical efficiency of *S. vulgaris* coincided with the defoliation of the deciduous shrubs. This shows that either evergreen plants or deciduous plants in the Mu Us sandy land started to reduce photosynthetic activity because of low temperatures in the same period.

The relationships between environmental factors and Fv/Fm or $\Delta F/Fm'$ were shown in Fig.3 to Fig.5, and linear regression analyses were conducted, as shown Table 1. Fv/Fm had no significant correlation with soil moisture content (pF values) ($r^2=0.02$, $p=0.270294$) (Fig.3A and Table 1), whereas $\Delta F/Fm'$ showed significant and negative relation to soil moisture content ($r^2=0.84$, $p=0.000001$) (Fig.3B and Table 1). Even under strong water deficit, the predawn Fv/Fm was around 0.8 (Fig.3A), which is only slightly below the maximum value of Fv/Fm (0.83-0.85) for unstressed leaves of higher plants (Björkman and Demmig 1987). This result implied that the drought stress was not severe for *S. vulgaris*. This tree species has lower water consumption and higher intrinsic water-use efficiency in comparison with other trees live in the Mu Us sandy land (Matsuo et al. 2001). These characteristics for water relations can partially interpret that *S. vulgaris* possess a high tolerance to drought stress.

Plants regulate the photochemical efficiency under radiation to keep a balance between light-driven electronic flow and requisites for reducing power needed by carboxylation and oxygenation (Krause and Weis 1991). However, $\Delta F/Fm'$ had no significant correlation with photosynthetic photon flux density (PPFD) both in summer and in winter season (summer, $r^2=0.06$, $p=0.634329$; winter,

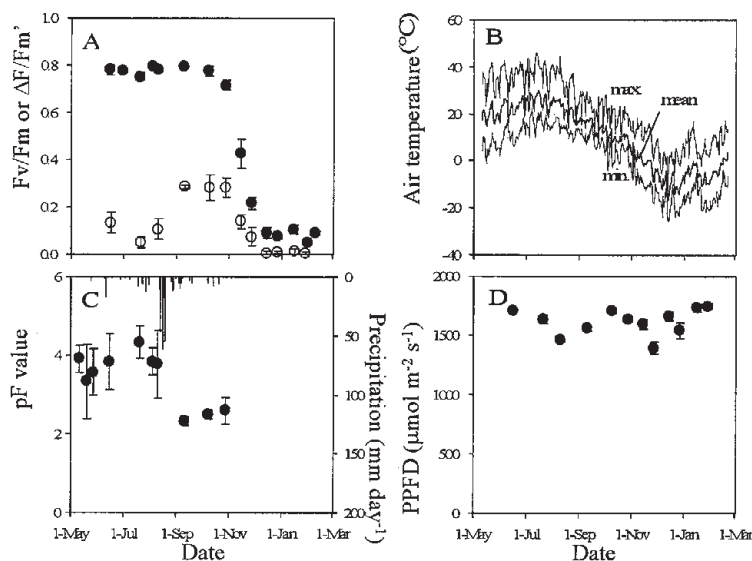


Figure 1. Seasonal changes in photochemical efficiency of PS2 and environmental factors. (A) Fv/Fm at predawn (solid circles) and $\Delta F/Fm'$ at 13:00 (open circles), (B) air temperature, (C) soil moisture (circles) and daily precipitation (bars), (D) photosynthetic photon flux density on leaf surface at 13:00. Values of Fv/Fm, $\Delta F/Fm'$ and PPFD are means for three replicate shrubs. Data of pF value are means of 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 m depth, respectively. Bars indicate standard deviation.

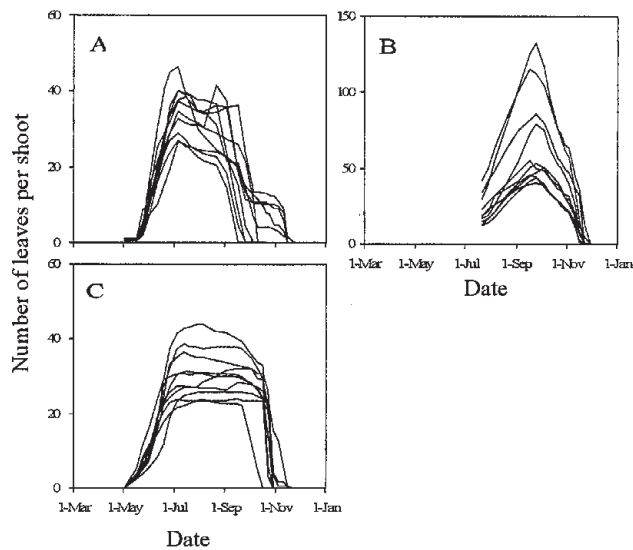


Figure 2. Seasonal changes in leaf numbers of deciduous shrubs. (A) leaf numbers on a reproductive shoot of *A. ordosica*, (B) leaf numbers on a vegetative shoot of *A. ordosica* and (C) leaf numbers on a shoot of *C. korshinskii*. Lines show data for individual shrubs.

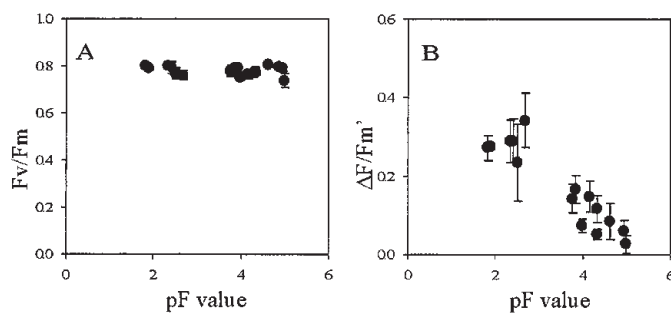


Figure 3. Relationship between soil moisture and (A) F_v/F_m , (B) $\Delta F/F_m'$ in summer season (June to October). Data are means for three replicate needles. Bars indicate standard deviation.

$r^2=0.02$, $p=0.452366$), as shown in Fig.4 and Table 1. The further decrease of $\Delta F/F_m'$ under drought stress observed in this study (Fig.3B) would result from a reduction in the rate of carboxylation and oxygenation probably because of the stomata closure.

Fig.5 shows the effects of air temperature on the photochemical efficiency. F_v/F_m had no significant relation to daily mean air temperature in a range from 5 °C to 25 °C in the summer season ($r^2=0.05$, $p=0.958596$) (Fig.5A and Table 1), whereas $\Delta F/F_m'$ significantly decreased as air temperature increased in that range ($r^2=0.64$, $p=0.000223$) (Fig.5B and Table 1). Judging from the coefficients of determination, in the summer season, the soil moisture content could elucidate 85% of the variation in $\Delta F/F_m'$, whereas the air temperature could account only for 66 %. Thus, $\Delta F/F_m'$ was influenced by soil moisture rather than air temperature in the summer season.

Both F_v/F_m and $\Delta F/F_m'$ showed a significant and positive correlation with the air temperature in a range from -15 °C to 0 °C in the winter season (F_v/F_m , $r^2=0.63$, $p=0.000002$; $\Delta F/F_m'$, $r^2=0.82$, $p=0.000000$) (Fig.5A and B and Table 1). The sustained reduction in photochemical efficiency of PS2 (assessed by F_v/F_m) has been found in a number of evergreen plant species including conifers as consequence of a combination of the effects of low temperature and strong light (e.g. Adams and

Table 1. Summary of linear regressions relating photochemical efficiency of PS2 to environmental conditions in the summer season (June to October) and the winter season (November to February).

Season	Independent variable	Dependent variable	Slope	y-intercept	R ²	P-value
summer	pF value	Fv/Fm	-0.0049	0.80	0.02	0.270294
summer	pF value	$\Delta F/Fm'$	-0.0860	0.47	0.84	0.000001
summer	air temperature*	Fv/Fm	-0.0001	0.78	0.05	0.958596
summer	air temperature*	$\Delta F/Fm'$	-0.0136	0.43	0.64	0.000223
summer	PPFD**	$\Delta F/Fm'$	0.0001	-0.05	0.06	0.634329
winter	air temperature*	Fv/Fm	0.0314	0.39	0.63	0.000002
winter	air temperature*	$\Delta F/Fm'$	0.0154	0.17	0.82	0.000000
winter	PPFD**	$\Delta F/Fm'$	-0.0001	0.31	0.02	0.452366

*, daily mean air temperature; **, photosynthetic photon flux density on needles

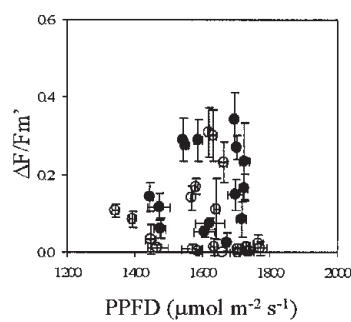


Figure 4. Relationship between PPFD and $\Delta F/Fm'$. Solid and open circles represent data in the summer season (Jun to October) and in the winter season (November to February), respectively. Data are means for three replicate needles. Bars indicate standard deviation.

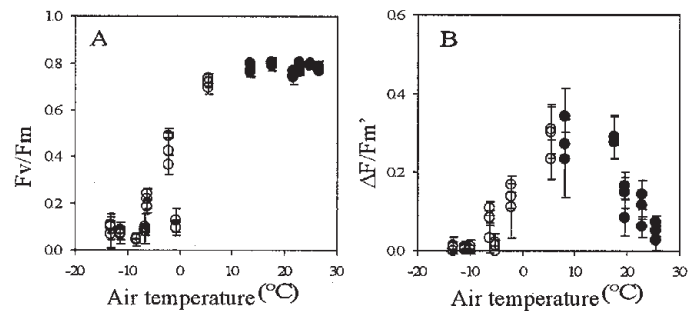


Figure 5. Relationship between daily mean air temperature and (A) Fv/Fm or (B) $\Delta F/Fm'$. Solid and open circles represent data in the summer season (June to October) and in the winter season (November to February), respectively. Data are means for three replicate needles. Bars indicate standard deviation.

Demmig-Adams 1994, García-Plazaola et al. 1999). A decrease in Fv/Fm is caused by both photoprotective non-photochemical energy dissipation and/or photodamage of the PS2 reaction center complex (Osmond 1994). Non-photochemical quenching is dependent on the de-epoxidized carotenoids zeaxanthin and antheraxanthin in the xanthophyll cycle (Demmig-Adams and Adams 1996a, Choudhury and Behera 2001, Müller et al. 2001). In the latter part of this paper, we examined the contribution of these xanthophylls to the reduction in Fv/Fm of *S. vulgaris*.

Seasonal changes in Chl a/Chl b ratio, the conversion state of xanthophyll cycle expressed as (Z+A)/(V+A+Z) ratio, and the xanthophyll cycle pool size expressed as V+A+Z concentration per total chlorophyll (Chl a + Chl b) were shown in Fig.6. Until the end of September, these values remained at a

constant at low level. Chl a/Chl b ratio started to increase gradually in October and showed the highest value in January (Fig.6A). PS2 reaction center complexes possess only Chl a, and light-harvesting complexes of PS2 bear not only Chl a but also Chl b (Young et al. 1997). Hence, the high Chl a/Chl b ratio in the winter season implies the reduction in the function of light collection per PS2 core under low temperature.

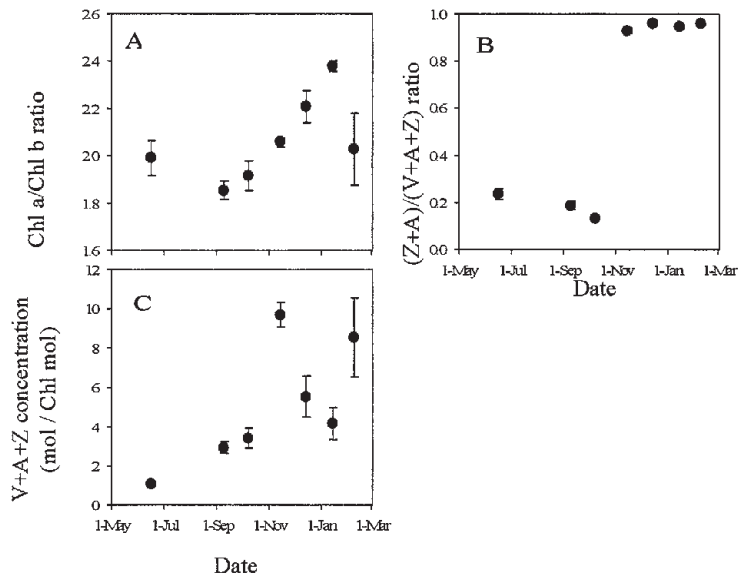


Figure 6. Seasonal changes in (A) Chl a/Chl b ratio, (B) (Z+A)/(V+A+Z) ratio, (C) V+A+Z concentration. Data are means for three replicate shrubs. Bars indicate standard deviation.

The (Z+A)/(V+A+Z) ratio and the V+A+Z concentration drastically increased in November when the daily mean air temperature decreased below 0 °C (Fig.2, 6B and 6C). The (Z+A)/(V+A+Z) ratio remained about 1.0 through the winter season, and the V+A+Z concentration marked the maximum value in November. The Chl a/Chl b, (Z+A)/(V+A+Z) ratio and the V+A+Z concentration showed a negative relation to the daily mean air temperature, as shown in Fig.7. There were many studies that reported that (Z+A)/(Chl a + Chl b) concentration in predawn was greater under low temperature (e.g. Adams and Demmig-Adams 1994, Ottander et al. 1995, Yamazaki et al. 2003). In this study, both the (Z+A)/(V+A+Z) ratio and the V+A+Z concentration increased under low temperature (Fig.7B and 7C), which indicates the increase of (Z+A)/(Chl a + Chl b) concentration. It is considered that this greater concentration of (Z+A)/(Chl a + Chl b) contributed to the decrease in Fv/Fm under low temperature (Fig.5A). Concerning such a physiological response, Adams and Demmig-Adams (1994) pointed out that nocturnal retention of a large amount of zeaxanthin and antheraxanthin might engage for energy dissipation in the following morning when low temperature would inhibit the enzymatic de-epoxidal conversion of the xanthophyll cycle.

Seasonal changes in neoxanthin, lutein, α -carotene, and β -carotene concentrations on a total chlorophyll basis were shown in Fig.8. Neoxanthin, lutein, and β -carotene concentration showed the highest values in November (Fig.8A, B, and D). However, α -carotene concentration did not elevate in

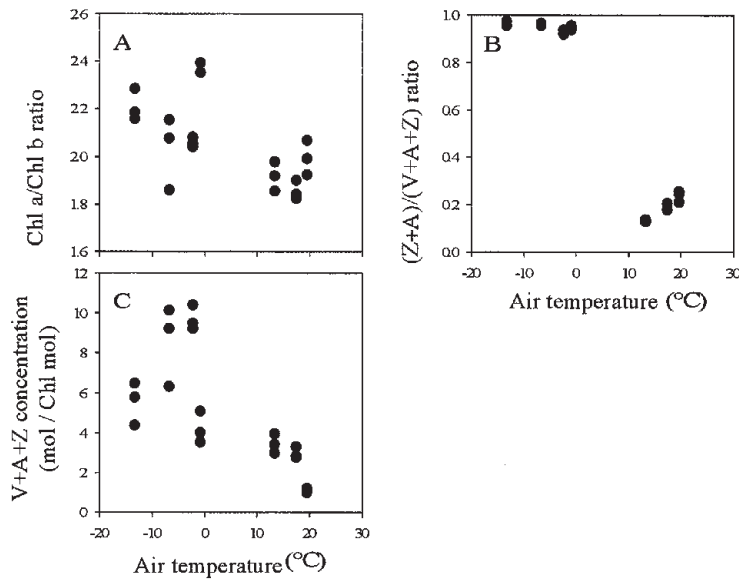


Figure 7. Relationship between daily mean air temperature and (A) Chl a/Chl b ratio or (B) (Z+A)/(V+A+Z) ratio or (C) V+A+Z concentration.

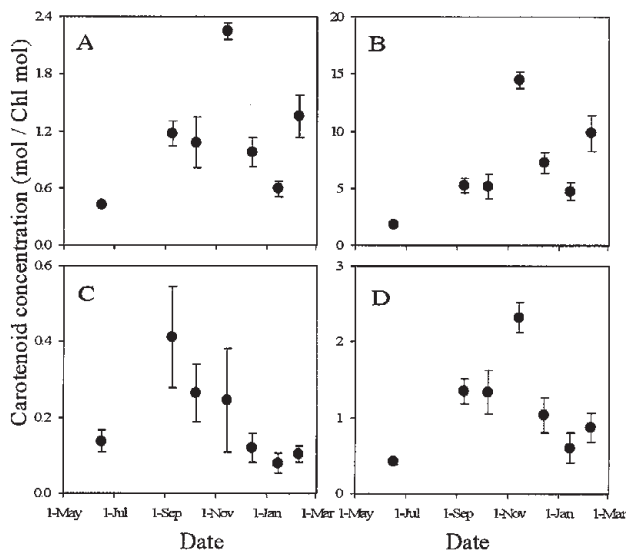


Figure 8. Seasonal changes in carotenoid concentrations. (A) neoxanthin, (B) lutein, (C) α -carotene, (D) β -carotene. Data are means for three replicate shrubs. Bars indicate standard deviation.

the winter (Fig.8C). To examine the influences of the air temperature on the carotenoid concentrations, the relationships between carotenoid concentrations and daily mean air temperature were shown in Fig.9. Lutein exhibited a negative correlation with air temperature (Fig.9B), but neoxanthin and carotenes did not show such a trend (Fig.9A, C and D). The existence of a large amount of lutein under low temperature was found in other conifers (Adams and Demmig-Adams 1994 and Ottander et al. 1995). García-Plazaola et al. (2002) reported that lutein would play a role of energy dissipation in *Quercus* species. Thus, *S. vulgaris* may increase lutein concentration in order to enhance photoprotective function against low-temperature stress.

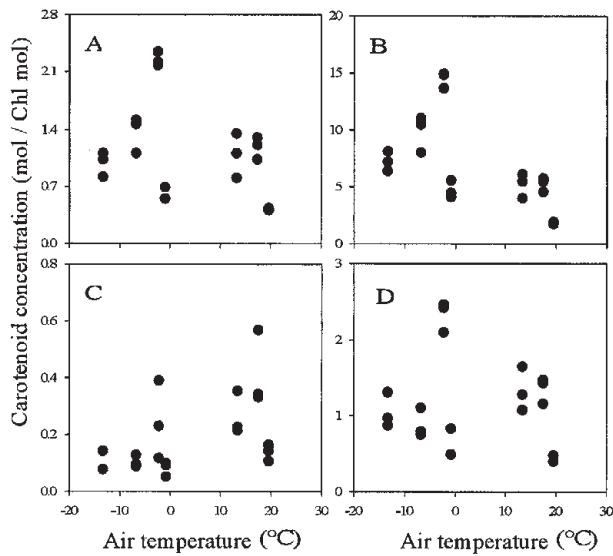


Figure 9. Relationships between daily mean air temperature and carotenoid concentrations. (A) neoxanthin, (B) lutein, (C) α -carotene, (D) β -carotene.

In the winter season, the $(Z+A)/(V+A+Z)$ ratio remained constant until February (Fig.6B), whereas $V+A+Z$ and other carotenoid concentrations varied in wide ranges (Fig.6C, Fig.8A-D). The variation patterns of carotenoid concentrations seemed to be the opposite pattern of Chl a/Chl b ratio (Fig.6A). In order to confirm the relations of carotenoid concentrations to Chl a/Chl b ratio values, the relationships between each carotenoid concentration and Chl a/Chl b ratio were shown in Fig.10, and linear regression analyses were conducted, as shown in Table 2. In the summer season, neoxanthin, lutein, and α -carotene concentrations significantly and negatively related to Chl a/Chl b ratio (neoxanthin, $r^2=0.45$, $p=0.029583$; lutein, $r^2=0.45$, $p=0.028503$; α -carotene, $r^2=0.56$, $p=0.012190$) (Fig.10B, 10C and 10D, Table2). In the winter season, $V+A+Z$, neoxanthin, and lutein concentrations

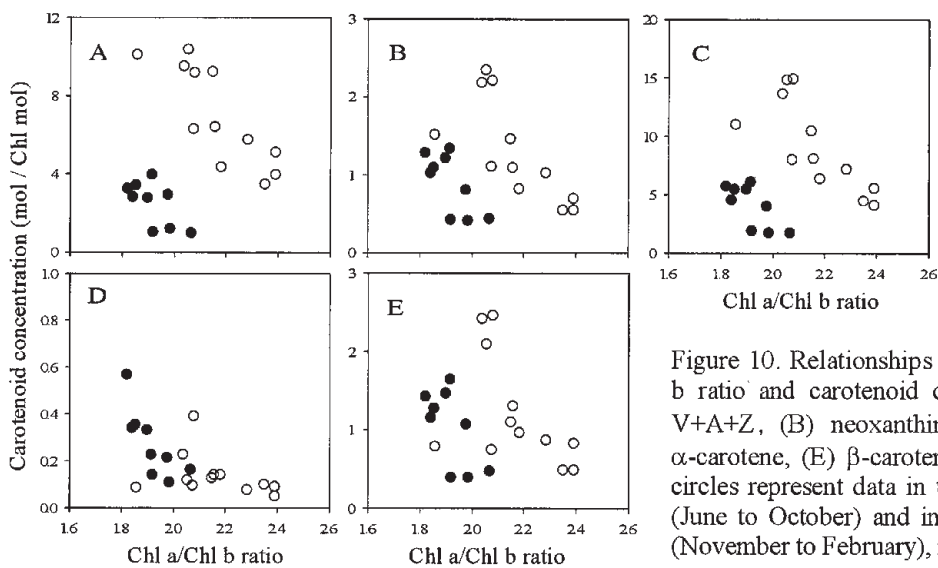


Figure 10. Relationships between Chl a/Chl b ratio and carotenoid concentrations. (A) $V+A+Z$, (B) neoxanthin, (C) lutein, (D) α -carotene, (E) β -carotene. Solid and open circles represent data in the summer season (June to October) and in the winter season (November to February), respectively.

Table 2. Summary of linear regressions relating carotenoid concentrations on a total chlorophyll basis to the Chl a/Chl b ratio in the summer season (June to October) and the winter season (November to February).

Season	Independent variable	Dependent variable*	Slope	y-intercept	R ²	P-value
summer	Chl a/Chl b ratio	V+A+Z	-9.0694	19.90	0.32	0.322818
summer	Chl a/Chl b ratio	Neoxanthin	-3.4980	7.61	0.45	0.029583
summer	Chl a/Chl b ratio	Lutein	-16.5678	35.88	0.45	0.028503
summer	Chl a/Chl b ratio	α -Carotene	-1.4224	3.00	0.56	0.012190
summer	Chl a/Chl b ratio	β -Carotene	-3.9455	8.61	0.32	0.065674
winter	Chl a/Chl b ratio	V+A+Z	-12.9438	35.05	0.65	0.000910
winter	Chl a/Chl b ratio	Neoxanthin	-2.8924	7.56	0.48	0.007781
winter	Chl a/Chl b ratio	Lutein	-18.0424	48.17	0.54	0.004124
winter	Chl a/Chl b ratio	α -Carotene	-0.1902	0.55	0.03	0.281385
winter	Chl a/Chl b ratio	β -Carotene	-2.0984	5.76	0.15	0.114128

* , unit is mol/Chl mol.

significantly and negatively correlated with Chl a/Chl b ratio (V+A+Z, $r^2=0.65$, $p=0.000910$; neoxanthin, $r^2=0.48$, $p=0.007781$; lutein, $r^2=0.54$, $p=0.004124$) (Fig.10A-10C and Table2).

The negative relationships between the Chl a/Chl b ratio and carotenoid concentrations (lutein, neoxanthin, and V+A+Z) in the winter season may be effective in terms of photoprotection, because photocollective function (assessed by Chl a/Chl b ratio) and photoprotective function (assessed by carotenoid concentration) can compensate for each other, such as the photoprotective function (carotenoid concentrations) increase when the photocollective function (Chl a/Chl b ratio) increase and the photocollective function decrease when the photoprotective function decrease. Although the function of neoxanthin is not yet known, neoxanthin could play an important photoprotective role in *S. vulgaris* needles because neoxanthin showed the same trend as both lutein and V+A+Z, which possess photoprotective ability, in the relation to the Chl a/Chl b ratio.

In conclusion, *S. vulgaris* underwent severe low temperature stress in the winter season and acclimated to the harsh environmental condition by changing leaf pigment composition. The physiological characteristics could allow *S. vulgaris* to sustain the stable dynamics in the semi-arid land.

Acknowledgements

This work is supported by the Yakumo foundation for environmental science.

References

- Adams III, W.W. and B. Demmig-Adams. 1992. Operation the xanthophyll cycle in higher plants in response to diurnal changes in incident sunlight. *Planta* 186: 390-398.
- Adams III, W.W. and B. Demmig-Adams. 1994. Carotenoid composition and down regulation of

- photosystem II in three conifer species during the winter. *Physiol. Plantarum* 92: 451-458.
- Björkman, O. and B. Demmig. 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170: 489-504.
- Choudhury, N.K. and R.K. Behera. 2001. Photoinhibition of photosynthesis: role of carotenoids in photoprotection of chloroplast constituents. *Photosynthetica* 39: 481-488.
- Cogdell, R.J. and H.A. Frank 1987. How carotenoids function in photosynthetic bacteria. *Biochim. Biophys. Acta* 895: 63-79.
- Comissione Redactorum Florae Intramongolicae. 1998. *Flora Intramongolica*. Vol.1, Inner Mongolia People Press, Huhhot, pp270-272. In Chinese.
- Comissione Redactorum Florae Intramongolicae. 1989. *Flora Intramongolica*. Vol.3, Inner Mongolia People Press, Huhhot, pp216. In Chinese.
- Comissione Redactorum Florae Intramongolicae. 1993. *Flora Intramongolica*. Vol.4, Inner Mongolia People Press, Huhhot, pp647-648. In Chinese.
- Demmig-Adams, B. and W.W. Adams III. 1996a. The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends Plant Sci.* 1: 21-26.
- Demmig-Adams, B. and W.W. Adams III. 1996b. Xanthophyll cycle and light stress in nature: uniform response to excess direct sunlight among higher plant species. *Planta* 198: 460-470.
- Dong, X. J. and X.S. Zhang. 2000. Special stomatal distribution in *Sabina vulgaris* in relation to its survival in a desert environment. *Trees*. 14: 369-375.
- Dong, X. J. and X.S. Zhang. 2001. Some observations of the adaptations of sandy shrubs to the arid environment in the Mu Us Sandland: leaf water relations and anatomic features. *J. Arid Environ.* 48: 41-48.
- Durrant, J.R., L.B. Giorgi, J. Barber, D.R. Klug, and G. Porter. 1990. Characterisation of triplet states in isolated Photosystem II reaction centers: oxygen quenching as a mechanisms for photodamage. *Biochim. Biophys. Acta* 1017: 167-175.
- Epron, D., E. Dreyer, and G. Aussenac. 1993. A comparison of photosynthetic responses to water stress in seedlings from 3 oak species: *Quercus petraea* (Matt) Liebl, *Q. rubra* L and *Q. cerris* L. *Ann. Sci. For.* 50: 48-60.
- García-Plazaola, J.I., U. Artetxe, M.K. Duñabeitia, and J.M. Becerril. 1999. Role of photoprotective systems of Holm-Oak (*Quercus ilex*) in the adaptation to winter conditions. *J. Plant Physiol.* 155: 625-630.
- García-Plazaola, J.I., A. Hernández, E. Errasti, and J.M. Becerril. 2002. Occurrence and operation of the lutein epoxide cycle in *Quercus* species. *Funct. Plant Biol.* 29: 1075-1080.
- Han, Q.M. and Y. Mukai. 1999. Cold acclimation and photoinhibition of photosynthesis accompanied by needle color changes in *Cryptomeria japonica* during the winter. *J. For. Res.* 4: 229-234.
- He, W.M., X.S. Zhang, and M. Dong. 2003. Gas Exchange, leaf structure, and hydraulic features in relation to

- sex, shoot form, and leaf form in an evergreen shrub *Sabina vulgaris* in the semi-arid Mu Us Sandland in China. *Photosynthetica* 41: 105-109.
- Ishii, Y., Y.L. Li, Siqintu, K. Sakamoto, L.H. Wang, and K. Yoshiakawa. 2003. Phenological aspect of five plant species growing in semi-arid region, Mu-U's desert, China. *J. Jpn. Soc. Reveget. Tech.* 29: 85-90. In Japanese with English summary.
- Kamichika, M. and Yamamoto. T. 1986. Natural environment on the Mu Us desert in the Inner Mongolia autonomous region of China – a few characteristics of meteorology and soil factors –. *Bull. Sand Dune Res. Inst., Tottori Univ.* 25: 27-35. In Japanese with English summary.
- Krause G.H. and E. Weis. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annu. Rev. Plant Phys.* 42: 313-349.
- Lambers, H., F.S. Chapin, and T.L. Pons. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer-Verlag, New York, pp59-61.
- Matsuo, N., N. Ohte, K. Koba, Y. Kosugi, N. Kabeya, G.S. Zhang, L.H. Wang, and K. Yoshikawa. 2001. Analysis of water-use efficiency of plants in the Mu-U's deserts, Inner Mongolia, China using carbon isotope discrimination. *J. Jpn. Soc. Reveget. Tech.* 27: 68-73. In Japanese with English summary.
- Müller, P., X.P. Li and K.K. Niyogi. 2001. Non-photochemical quenching. A response to excess light energy. *Plant Physiol.* 125: 1558-1566.
- Ohte, N., K. Koba, K. Yoshikawa, A. Sugimoto, N. Matsuo, N. Kabeya, and L.H. Wang. 2003. Water utilization of natural and planted trees in the semiarid desert of inner Mongolia, China. *Ecol. Appl.* 13: 337-351.
- Osmond, C.B. 1994. What is photoinhibition ? Some insights from comparisons of shade and sun plants. *In* Photoinhibition of photosynthesis. from molecular mechanisms to the field. Eds. N.R. Baker and J.R. Bowyer. Bios Scientific Publishers, Oxford, pp.1-24.
- Ottander, C., D. Champbell, and G. Öquist. 1995. Seasonal changes in photosystem II organisation and pigment composition in *Pinus sylvestris*. *Planta* 197: 176-183.
- Sperry, J.S. 2000. Hydraulic constraints on plant gas exchange. *Agr. Forest Meteorol.* 104: 13-23.
- Sun, O.J., G.B. Sweet, D. Whitehead, and G.D. Buchan. 1995. Physiological responses to water stress and waterlogging in *Nothofagus* species. *Tree Physiol.* 15: 629-638.
- Thayer S.S. and O. Björkman. 1990. Leaf xanthophyll content and composition in sun and shade determined by HPLC. *Photosynth. Res.* 23: 331-343.
- Tokuoka, M. and C.Y. Jing. 1989. Flora of the East Experimental Area belonging to Exploiting and controlling Research Center of the Mao Wu Su Sands in Inner Mongolia, China. *Bull. Kyoto Pref. Univ. Forests* 33: 31-43. In Japanese.
- Wu, B. and L.J. Ci. 2002. Landscape change and desertification development in the Mu Us Sandland,

- Northern China. *J. Arid Environ.* 50: 429-444.
- Yamasaki, J., A. Ohashi, Y. Hashimoto, E. Negishi, S. Kumagai, T. Kubo, T. Oikawa, E. Maruta, and Y. Kamimura. 2003. Effects of high light and low temperature during harsh winter on needle photodamage of *Abies mariesii* growing at the forest limit on Mt. Norikura in Central Japan. *Plant Sci.* 165: 257-264.
- Yordanov, I., V. Velikova, and T. Tsonev. 2000. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica* 38: 171-186.
- Yoshikawa, K., T. Kobayashi, and S. Kobashi. 1992. Tissue water relations characteristics of tree species in semi arid region in China. *J. Jpn. Soc. Reveget. Tech.* 17: 1-9. In Japanese with English summary.
- Yoshikawa, K., N. Yamanaka, and N. Ohte. 1999. Ecophysiological study on tree species in Mu-U desert, China. *In Proceedings of the International Union of Forestry Research Organization workshop on forest tree resources of Africa Union of Forestry Research Organization, Arusha, Tanzania*, pp208-219.
- Young, A.J., D. Phillip, and J. Savill. 1997. Carotenoids in higher plant photosynthesis. *In Handbook of photosynthesis*. Ed. M. Pessaraki. Marcel Dekker Inc., New York, pp.575-596.

摘要

半乾燥地の毛烏素沙地に自生する臭柏 (*Sabina vulgaris*) の環境ストレス耐性メカニズムを明らかにすることを目的として、クロロフィル蛍光反応と葉の色素組成を1年間調べた。夏の高温・乾燥期では、南中時の PS II 量子収率 ($\Delta F/F_m'$) は 0.1 以下まで低下したが、夜明け前の PS II 量子収率 (F_v/F_m) は一定して 0.8 前後の高い値を示した。一方、冬期では、 $\Delta F/F_m'$ と F_v/F_m が大幅に低下した。同時にキサントフィルサイクル色素の総量 (ビオラキサンチン (V), アンテラキサンチン (A), ゼアキサンチン (Z) の総量: VAZ 量) が爆発的に増加し、脱エポキシ化によって熱散逸色素である A と Z が大幅に増えた。Ch1a/b 比も漸次上昇したが、Ch1a/b 比が最高値にあるとき VAZ 量は減少した。VAZ 量と Ch1a/b 比の間には高い負の相関が認められた。以上の結果から、臭柏は冬期に強い低温ストレスを受けており、葉の色素組成を変えることでそのストレスから光合成器官を保護できることが分かった。この生理特性によって、臭柏は毛烏素沙地で個体群を維持できるものと考えられた。

キーワード: カロテノイド、乾燥ストレス、常緑、低温ストレス、PS2 の量子収率、半乾燥地

Keywords: carotenoids, drought stress, evergreen, low temperature stress, photochemical efficiency of PS2, semi-arid

沖積層から推定される環境変遷及び洪水災害の要因

岡山大学大学院自然科学研究科 鈴木茂之

I. はじめに

人類は農耕や工業生産活動によって環境を大きく改変しており、その自然環境への影響は大規模狩猟活動から農耕に生活様式を変えていった1万年前あたりから出始めていると推測されている。乾燥地に行った灌漑農業による塩害や森林破壊によって砂漠化が進行したために、多くの古代文明が滅んだことが現在明らかにされてきている。沖積層はそのような出来事がおこってきた時代をカバーして1万年前から現在まで堆積している地層で、この間の環境に関する情報を多く含んでいる。岡山平野地域における考古学的研究によると、人口が急増する弥生前期から中期のある時期から洪水が頻繁におこるようになる（野崎，2003）。この洪水の原因に人為的影響が強く関わっているかどうかは本研究での最大の関心である。

沖積層の堆積相から古環境が、泥炭層や海棲貝化石の層準から古海水準が推定できるので、本研究ではまず海水準変動の変化を検討した。海水準が変動する時期に地層の堆積がよくおこる。洪水堆積層の形成が自然な環境変化によるか否かを、洪水時期と海水準変動期が重なるか検討することによって考察した。

II. 岡山平野をなす沖積層の層序

岡山平野は沖積層の堆積によって形成された地形である（図1）。この沖積層の大部分は軟弱地盤をなし、南海地震などの大地震では、震源地が遠方であるにもかかわらず、地震動を増幅するため災害をひきおこす要因になっている。これまで防災を目的とした応用地質学的側面から岡山平野の沖積層の堆積層や厚さに関して検討を進めて来た（岡山の地盤震動研究会，1999）。沖積層の層序は泥炭層に着目して3層に区分することを提案している（鈴木，2000）（図2）。これまで沖積層の層序区分が堆積相によって区分されてきたのに対し、本研究では同時面としての泥炭層を追跡して地層境界としたものである。沖積層を区分し対比する鍵として泥炭層と海退期イベントによる侵食面や地層に着目した。

泥炭層は陸成層に形成される。泥炭は寒冷な気候で形成されると思われがちであるが、海水準が安定し侵食や堆積が休止した時期の沖積平野では、湿潤傾向があり植生が発達すると腐植質な黒色土壌として形成されると考えられるようになってきた（海津，1994）。泥炭層からは炭素同位体年代測定によって形成年代が得られるという点も対比に有効である。岡山平野から得られた泥炭層の炭素同位体年代測定結果から、いくつかの泥炭層形成期があったことがわかってきた。これによると30~18 ka BPのAT火山灰を挟む層，11~8 ka BPの層，3~2.5 ka BPの弥生時代の遺跡をよく伴う層に区分できた。また1地点のみであるがおおよそ6 ka BPの値が得られた厚さ1.5mの泥炭層が児島半島南岸の出崎で見い出されている（鈴木・行基，1999）。この泥炭層は縄文海進高潮期に形成されたもので、平野のほとんどが海になったために形成場がごく限られているものと推測される。

縄文海進後の海退期（弥生小海退）に形成された侵食面や地層と推定されるものは、河口部にあたる吉井川と旭川の下流部の岡山南部から西大寺にかけてと、湾奥部の陸寄りにあたる岡山南部から八浜にかけての地域に広く追跡できる。河口部では細粒砂質泥層とその上位の砂層との境界が海退期侵食面であると考えた。下位の泥層は浅海性の貝化石を含み生物擾乱が最上部に認められることがある。内湾性の地層と考えられる。上位の砂層は細粒砂からなるが上部では中粒から粗粒砂になり上方粗粒化が認められる。河口部であり上方粗粒化が認められることからデルタ性の地層と解釈される。この下位と上位の地層の境界面は地下4~8mあたりにある。近接した（100m程度）地点間でも境界面の深度変化が2m程度、河川に直交する方向で認められることがある。このことはこの面が侵食面であることを示唆する。その面の谷部では細礫から粗粒砂からなる厚さ1mの層が堆積している。この層は侵食面形成とほぼ同時期に海退によって形成されたものと推測される。湾奥部でも同様な現象が認められる。ここの沖積層はほとんど泥層（貝化石を含む）からなる。周囲に砂を多く供給する河川がないため泥が堆積する環境が続いていたと考えられる。陸に近い場所では地下4~8mあたりに厚さ1~2m程度の砂層が挟まることがある。この砂層は中粒から粗粒あるい

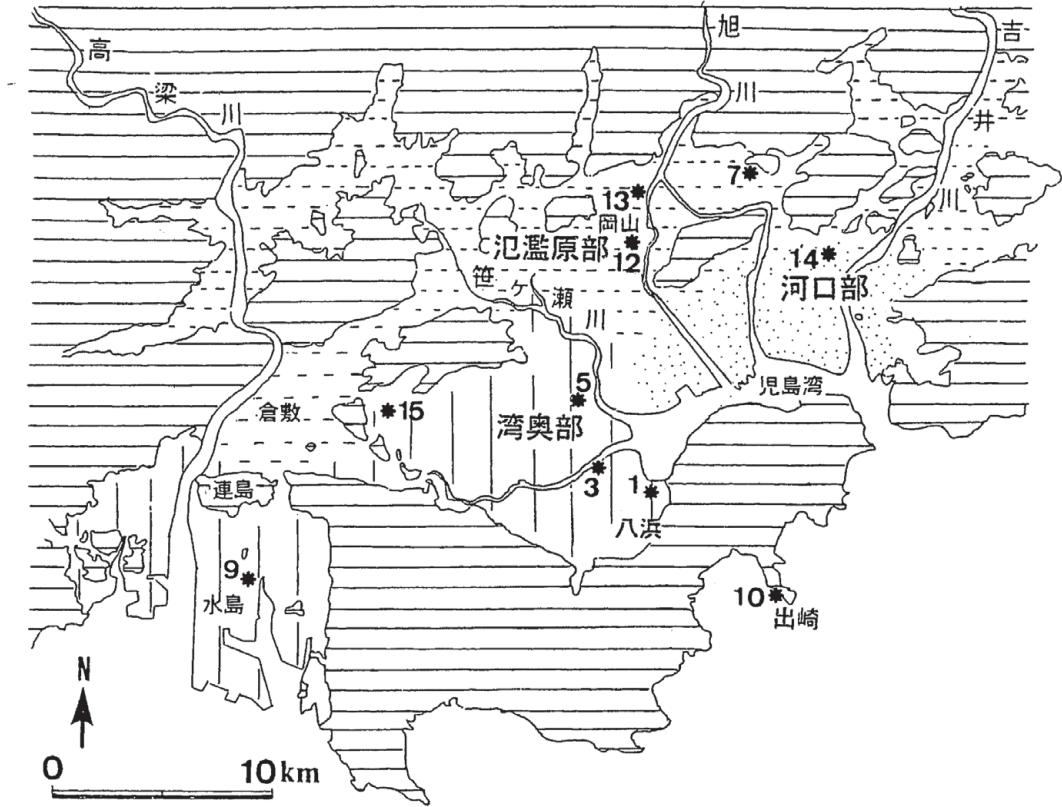


図1 ポーリング及び露頭位置図
 1と2, 3と4, 5と6, 7と8, 10と11と16は同じ地点。17は12の約200m東。

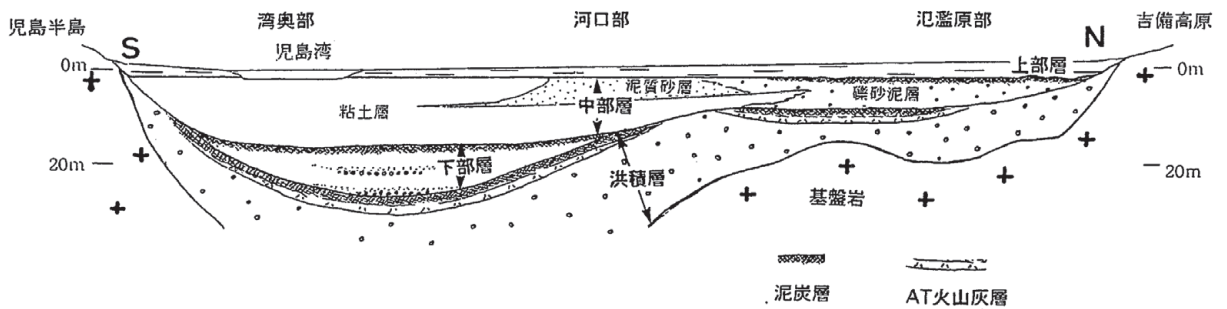


図2 岡山平野の沖積層の模式層序断面図

は礫質でその下限面は明瞭である。近接した地点間でもこの面は2m程度深度差があり、やや起伏のある海底を被って堆積している。この砂層はおそらく海退によって浅所にあった砂が侵食され、さらにそれがより深い場所に移動して堆積したもので、海退イベント堆積層と考えられる。

以上のような同時期面とみなされる地層の追跡によると、岡山平野を構成する沖積層の層序は次のような地層で構成される(図2)。

下部層は児島湾から笹が瀬川沿いに延びる旧谷地形を埋めて分布する。礫から砂、泥へと上方細粒化する堆積相で特徴づけられる河川成層である。本層の基底はAT火山灰層を挟む洪積層の泥炭層を被っている。最上部には11~8ka BPの泥炭層がくる。中部層は下部層と洪積層を被って平野全体に広く分布する。堆積当時の地理的環境(図1)を反映して、南から内湾成の粘土層、河口成の泥質砂層、河川成の礫砂泥層の3つのユニットに区分できる。内湾成のユニットは軟弱な粘土からなり時おり貝殻を含む海成層である。児島湾から笹が瀬川河口部に分布する。河口成のユニットは細粒砂主体の軟弱な地層である。旭川、百間川、吉井川下流部に広く分布する。河川成のユニットは礫、砂から泥へと上方細粒化する層相で特徴づけられる。最上部には3~2.5ka BPの泥炭層が連続して存在し、岡山平野の北部を構成する。弥生小海退の影響は岡山平野でも認められ、中部層上半部では河川成ユニットと河口成ユニットが下流側へと分布を拡大する。上部層の堆積は弥生前期から現在まで続いており、考古学調査もさかんに行われている。氾濫原成の砂質な泥からなる。下部には淘汰度が極悪い粗粒砂層が存在することが多い。この粗粒砂層は弥生前期の水田や集落を被って堆積し、土器片も含む。岡山平野の弥生時代遺跡に共通して観察され広く分布し、洪水による地層と考えられている。この層以後何回かの洪水が確認されている。洪水層の堆積の開始期が人口の急増期と一致することなどから、人為的な開発が堆積要因となった可能性が考えられている(野崎, 2003)。

Ⅲ. 海水準を推定する基準とした地層とその年代

泥炭層の形成には堆積や侵食の作用が影響しないことが必要であるため、安定期の地層とみなされる。このことは泥炭層形成期は海水準変動が停止していると推測される。この仮説を利用して岡山平野での海水準変動を検討した。海水準の位置を推測するのにあたっては泥炭層や化石層の標高と年代値、また縄文海進後の海退イベント(弥生小海退)によって堆積した地層や侵食面と考えられるものの標高も参考として加えた。これまで公表された岡山平野の炭素同位体年代測定値のうち、標高と環境が判定できるものも利用した。また弥生小海退イベント堆積層と考えられる地層の標高も検討に加えた。

洪積層最上部泥炭層；洪積層は礫層からなり砂層を部分的に挟む。砂層を被う礫層下限の層理面は明瞭である。これらは網状河川の堆積物と推定され、主体をなす礫層は流路の、砂層は増水時に州を被った堆積物と推測される。洪積層最上部では始良Tnテフラを挟む泥炭層がしばしば観察される。泥炭層の下位の礫層は一般に厚さ1m程度粘土化しており風化していたとみなされる。すなわちこの泥炭層は最終氷期において地表を被った地層とみなすことができる。泥炭層の追跡から児島湾中央部は当時の谷の中心部分であったことが推定できる。得られた年代は 29000 ± 720 yrs BP (-15.9m), 24900 ± 3450 , -2450 yrs BP (-23.4m), 21100 ± 410 yrs BP (-14.3m)(図3中の番号1, 3, 5)と幅がある(三好, 1994; 佐々木・鈴木, 1998; 鈴木, 2000)。岡山平野北部の土田では 19270 ± 220 yrs BP(-1.2m)(図3中7)の値が得られている(鈴木, 2000)。

沖積層下部層最上部泥炭層；下部層は児島湾中央部と水島地域の沖積層の底部をなす部分にのみ分布する。児島湾の下部層は陸成層で、その最上部に泥炭層が存在し 10500 ± 125 yrs BP (-14.7m), 8150 ± 90 yrs BP (-11.8m), 7920 ± 250 yrs BP (-14.5m)(図3中2, 4, 6)の年代値が得られている(三好, 1994; 佐々木・鈴木, 1998; 鈴木, 2000)。水島地域では地下-17mにカキ化石層があり多数のカキ化石が採取された。化石から得られた年代(8230 ± 40 yrs BP, 図3中9)は泥炭層が形成された年代と重なる。このことから海水準が安定していた時期に形成したと考えられ、この化石層はコンデンスセクション層に近い成因で堆積したと考えられる。泥炭層とカキ化石層の標高から、下部層堆積時に海水準は-16mあたりまで上昇したことがわかる。下部層は堆積期から大阪湾の南港層(前田, 1977)に対比出来ると考えられる。

縄文海進高潮期；出崎海岸で見いだされた泥炭層は予測に反して縄文時代のものであった。泥炭層は寒

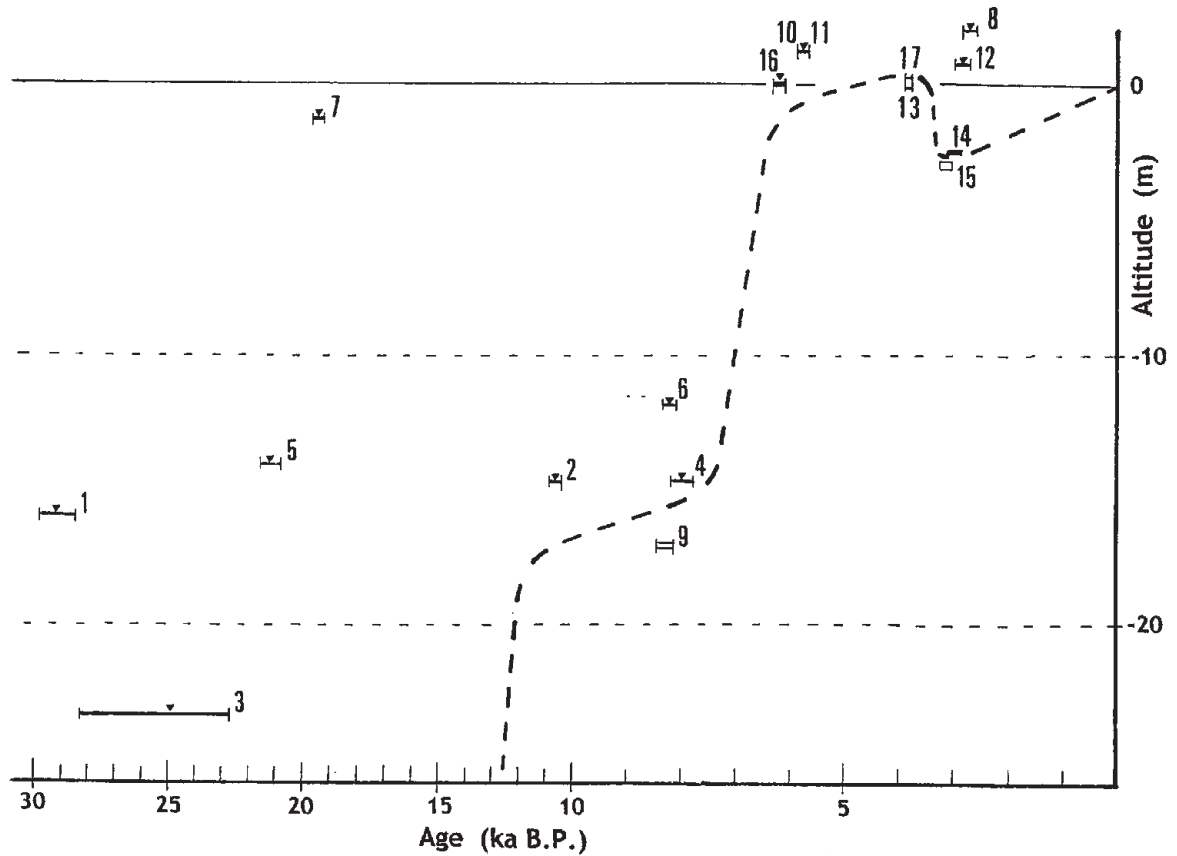


図3 岡山平野における最終氷期以降の海水準変動曲線

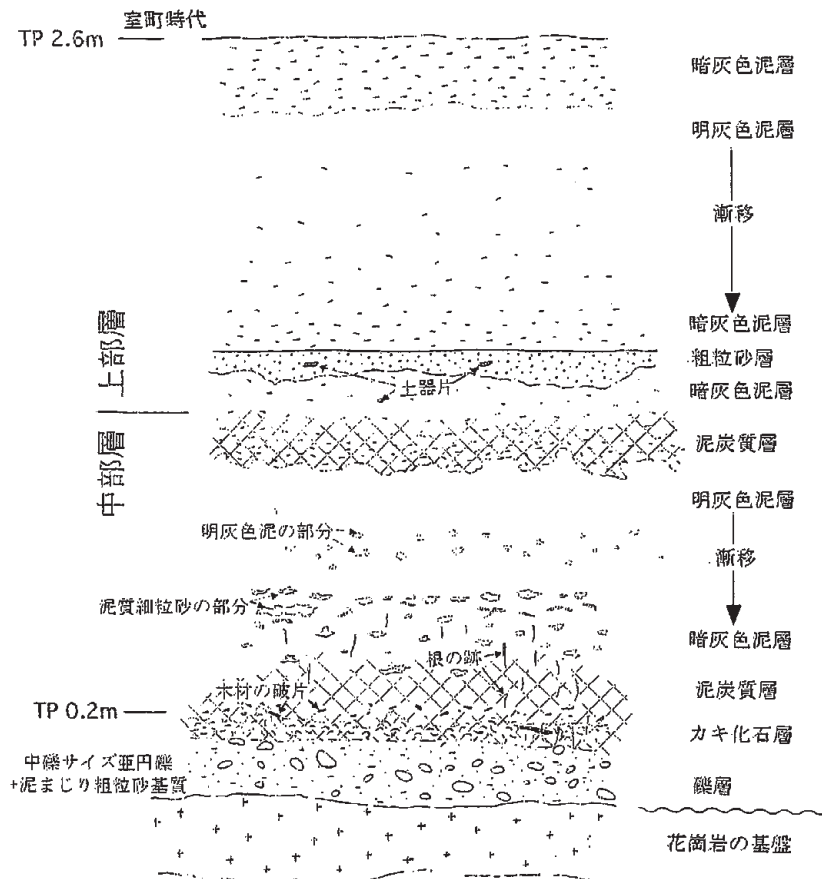


図4 岡山市表町岡山シンフォニービル地下で観察された沖積層
上部層下部に挟まる粗粒砂層が広く分布する洪水による砂層とみなされる。

冷期に形成されるものと考えられがちであるが海津（1994）が指摘するように地形的安定期に形成したと解釈すれば、縄文海進高潮期の海水準が安定した時期を示すと考えられる。泥炭層は厚さ1.5mに達することが確認されている。泥炭層の上面の標高は1.16mで 5770 ± 80 と 5760 ± 60 yrs BPの年代が得られている（図3中10, 11）。堆積した環境は小規模な潟湖が推定されている（鈴木・行基, 1999）。松下ほか（2004）はこの泥炭層をさらに詳細に検討し、泥炭層の下限はちょうど標高0mにあつて 6100 ± 50 yrs BPの年代を得ている（図3中16）。また花粉分析と大型植物化石の分析によって、泥炭層が堆積している期間内で植生はコナラが優性であったものからクロマツが優性でアベマキを伴うものに変化したことを明らかにしている。Sato（2002）は珪藻化石分析と年代測定によって、岡山平野北部の南方遺跡では地表面付近まで海がはいっていたことを明らかにし、およそ4000yrsBPでの海水準が $+0.32 \sim -0.38$ mであったことが判明した（図3中13）。表町の岡山シンフォニービル建設の際に、縄文海進によると推測されるカキ化石層が標高0mでみいだされた（図4）（図3中17）。これはSato（2002）の結果と良い一致を示す。藤原・白神（1986）は遺跡や沖積層の分布と年代から、縄文海進高潮期は縄文後期のおよそ3000年前まで長く続き、その時の海水準はほぼ現在と同じであったと推定している。

弥生小海退イベント；縄文時代の地表面を削り込む谷地形がしばしば遺跡で観察されることから藤原・白神（1986）はこれらの侵食作用が弥生小海退によるものと推定している。ボーリング試料でも海成の泥層の上に砂層が海側に拡大していく現象が広く認められる。これは従来の沖積層区分において沖積中部泥層から沖積上部砂層に変化する現象として全国的に認められる（井関, 1983など）。このイベントでの海の状態を示す試料が六間川の地下で得られた。中部層の内湾成粘土層の上位に砂層が重なっている。砂層の基底面（-5.3m）は明瞭で基底付近には粗粒な砂を含む。貝化石を含み海成のものである。貝化石産出層準の上限が-3mであるので海水準はそれより高かったと推定される（図3中15）。一方陸に近い環境を示す試料が西大寺で得られた。ここでは中部層の内湾成粘土層の上に河口成の泥質砂層が重なり、この境界（-5.6m）が弥生小海退イベントを示すと考えられる。その上位の泥質砂中に褐鉄鉱によって置き換えられた根の跡を含む層準が-2.5mあたりに認められた。これは河口に生えたヨシのような植物によるものと想像され、この層準あたりまで海水準が下がったと推定される（図3中14）。

沖積層中部層最上部泥炭層；中部層の河川成ユニット最上部は前述した弥生小海退によって侵食され小起伏をなし、さらにその上を泥炭層が被っている。これは弥生小海退後、陸域の地表面は泥炭層を形成するような安定した状態になったと推定される。岡山平野北部の土田から 2670 ± 70 yrs BP（1.8m）（図3中8）と中山下の 2790 ± 110 yrs BPの年代が得られている（図3中12）。中山下の泥炭層の標高は0.7mと低い。その後野崎（2003）、鈴木・野崎（2003）が示すような洪水の要素を伴う堆積物が被う。

IV. 復元された海水準変動曲線

以上記述した地層などの高度と年代から図3の岡山平野における海水準変動曲線が得られた。

沖積層最上部泥炭層の形成時期は30~18 ka BPまで続くことから、この間の最終氷期では海水準変動も安定し、海水準の高度も現在より23m以上おそらく100mあたりまで下がっていたことがわかる。沖積層下部層最上部の泥炭層の形成時期はおよそ11~8 ka BPの間続き、海水準は-16mあたりまで上昇してくる。この間の海進期はおよそ18~11kaBPまでの約7千年間で、推測では90mほどの海面上昇が考えられる。Sato（2002）や藤原・白神（1986）によると縄文海進高潮期は6~3.5 ka BPまで継続したとしている。海水準は現在とほぼ同じ高度に達しており、この間の海進期は8~6 ka BPまでの約2千年間で、海面はおよそ15m上昇している。弥生小海退期は3千5百年前から沖積層中部層最上部の泥炭層が示す2千6~8百年前までの短い期間内でおこっている。およそ5百年の間に3mほど海水準を下げている。弥生小海退後しばらく侵食や堆積の作用が弱まり泥炭層が形成される。この安定期は長く続かず、氾濫による堆積物からなる沖積層上部層が連続的に堆積している。海水準は現在の高度までしだいに上昇して行ったと考えられる。この間には海成層の拡大はなく急激な海進はなかったとみなされる。日本列島の他地域の例では弥生小海退によって現在とほぼ同じ海水準になり、それ以後変化していない状態が一般的であるので、海水準変動曲線でこの間に海水準が上昇するようになっているのは、地盤が沈降していることを表わしていると解釈できる。

V. 洪水堆積層形成の要因に関する考察

岡山平野には弥生中期頃からそれ以前の水田、集落、水路を被う洪水堆積層が広く分布することが考古遺跡発掘調査によって明らかになってきた(野崎, 2003)。地層の堆積を支配する要因は沈降や海進など相対的海水準変動による堆積空間の形成、それに堆積物の供給が考えられている。海水準変動との関わりを図3と図4を基に考察する。図4は地形的には岡山平野の氾濫原にあたる岡山シンフォニービル地下での沖積層を観察したものである。洪水性の地層と考えられる土器片を含む粗粒砂層が上部層の下部に挟まっている。中部層最上部の泥炭質層が弥生小海退直後の形成であり、それ以後において急な海水準変動はなかったと考えられている。洪水性の砂層は野崎(2003)によると流路や氾濫原上の水田や集落を被い、深く谷を削らないことから海退イベントとは考えにくい。その後も洪水が繰り返すことからその都度海退があったとはないとみなされる。図3では弥生小海退の海水準が現在より3m近く下がっていることを示している。全国的には弥生小海退によって現在と同じ海水準になったことが一般的であるので、岡山平野は沈降傾向にあることが考えられる。このことは地層が堆積する環境にあったとみなされる。その場合地層の堆積を引き起こす要因として堆積物の供給が重要である。堆積物の供給量が増えた原因としては野崎(2003)が推測するような農耕や人口の拡大に伴って自然林の人口改変が進み土壌の流亡がおこったためとする見解がある。堆積を可能にする沈降はあるものの、急な海退などの自然条件の異変は見い出されていないことから、人間による自然改変が洪水の原因になった可能性が高いと考えられる。

VI. まとめ

1. 得られた海水準変動曲線から岡山平野の地盤は沈降していることが考えられる。
2. 弥生中期頃に始まる洪水時期は弥生小海退の時期とはずれていることから、人為的な自然改変による可能性がさらに高まった。

謝辞

本研究は財団法人 八雲環境科学振興財団からの助成によって推進することができた。深く感謝する次第である。

引用文献

- 藤原健蔵・白神 宏(1986)岡山平野中部の沖積層 と海水準変化. 藤原健蔵編「瀬戸内海地域完新世海水準変動と地形変化」昭和58・59・60年度科学 研究費補助金(一般研究A)研究成果報告書, 36-55
- 井関弘太郎(1983)沖積平野. 東京大学出版会, p145
- 岡山の地盤震動研究会(1999)岡山県南部地域の地震アセスメントに関する調査研究報告書, p167
- 野崎貴博(2003)岡山平野における弥生時代前期～中期の洪水と集落の動態. 岡山大学構内遺跡発掘調査報告, 第17冊, 津島岡大遺跡12, 126～141
- 前田保夫(1977)大阪湾の自然史一潜函でとらえた海と森の変遷一. 科学, 47, 514-523
- 松下まり子・佐藤裕司・鈴木茂之・行基幸一・百原 新・植田弥生・加藤茂弘・前田保夫(2004)岡山県玉野市出崎海岸に埋没する完新世中期の泥炭層の古環境. 岡山大学地球科学研究報告, 11, 39-47
- Sato, H. (2002) late Holocene diatom assemblages and sea-level observation at a site in Okayama City along the northeastern coast of the Seto Inland Sea. *Nature and Human Activities*, 7, 27-33
- 鈴木茂之(2000)泥炭層に着目した岡山平野形成過程の解明. 八雲環境科学振興財団研究レポート集, 第1号, 89～95
- 鈴木茂之・行基幸一(1999)玉野市出崎海岸に露出した縄文時代の泥炭層. 岡山大学地球科学研究報告, 6, 23-28
- 鈴木茂之・野崎貴博(2003)堆積物の粒度組成. 岡山大学構内遺跡発掘調査報告, 第17冊, 津島岡大遺跡12, 120～125
- 海津正倫(1994)沖積低地の古環境学. 古今書院, p270

大気・海洋間の二酸化炭素交換に関する研究

岡山大学大学院 環境学研究科・資源循環学専攻 岩田 徹

1. はじめに

現在一般的な"バルクモデル"と交換係数によって評価される大気・海洋間の二酸化炭素交換量は1週間程度以上の長時間積分の値に相当する。しかしながら、この方法による評価量ではCO₂交換に与える短時間の環境因子の影響を解析することは不可能である。この問題に対して観測要素の応答が速く容易に多量なデータが得られるという点で優れているのが、大気中のCO₂フラックスを測定する方法であり、現在、地球物理学・化学両面において注目を浴びている。大気中フラックス測定方法はこれまでに陸上での観測実績があるいくつかの方法があるが、海洋上での観測に適用するには、測器の精度や測定環境の差異等により十分な手法の確立、比較検討がなされていない。

上記の背景を踏まえ、本研究は、1)海洋上CO₂フラックスを測定するための渦相関法の検証、2)他の海洋上大気CO₂フラックス測定方法の適用、3)海水中CO₂ガス平衡分圧(pCO₂)の長期連続測定とその環境要因との関連解析、の3つを目的として取り組んだ。

2. 実験

観測は新潟県上越市大潟区にある京都大学防災研究所附属大潟波浪観測所のT字型波浪観測栈橋にて行った。栈橋は陸から栈橋の先端までが255m、先端部で海岸線に平行になるよう左右に107m展開している。50mおきに3本1組の橋脚で支えられており、床面の約60%は風の抵抗を軽減するため目の粗い網目状の板が張られている。海水面から床面までの高さは平均して約8.5mである。この付近の海の潮位は約20cmと干満の差が小さく、栈橋上に設置した測器の海面からの高さの変動については波高の影響のみを考えれば良い。栈橋先端部付近の平均水深は6.5mであり、海底地形は沖方向へ向かって0.1%の勾配で深くなっている。

観測点領域の海岸は直線状であるため、風系は気圧配置の影響が少ない場合においては、典型的な海陸風に支配されており、日中は吹走距離が十分なデータが得られ、大気-海洋間相互作用の測定に好都合となる。海水の測定対象となる沿岸域は河川水や豊富な栄養塩の流入、十分な日射などにより海洋諸物理量の変動が外洋に比べ桁違いに大きく、海洋で生じるさまざまな変化や現象を外洋に比べて拡大してみることができると特徴的である。



図1 大潟波浪観測所の観測栈橋

実験観測については、本共同研究資金による活動として行ったものとして、1)2つの渦相関システムによる熱およびCO₂フラックスの直接測定<2004年5月~2005年3月>、2)miniTrack aによるクロロフィル連続計測<7

月および8月～11月の2期間>, 3)水質の集中観測(pCO₂, DIC, DO, 塩分)の実施<春季5/25～6/4, 夏季7/25～8/7, 秋季9/23～30>を行なった。また, 本研究課題に伴う京都大学防災研究所からの協力によって, 4)連続pCO₂計測装置 SAMI による pCO₂ 連続観測<4月～6月, 7月, 8月～11月の3期間>, 5)ADCP による流向・流速データ取得<通年>, 6)超音波波高計による有義波高・周期データ取得<通年>の計6項目である。

3. 渦相関法による CO₂ フラックス

観測栈橋の左右両翼の先端位置に渦相関法によるフラックスセンサー（3次元超音波風速温度計および水蒸気・二酸化炭素変動計から成る）を設置し, 運動量, 熱エネルギー, CO₂ の各フラックスの通年測定を実施している。図2（左）に2つの渦相関センサー（以下 eddy1, eddy2 と呼ぶ）による CO₂ フラックスの15分値の比較を示す。CO₂ フラックスのデータはほぼ第1象限と第3象限に存在しており, 多少のばらつきはあるものの1:1の直線の周辺部に分布している。両者のデータはほぼ一致していると言える。

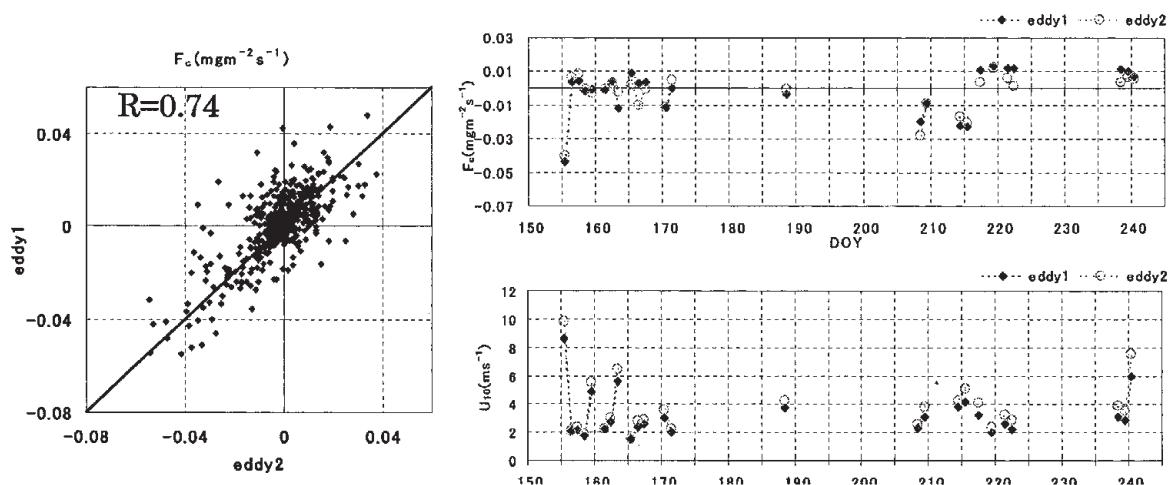


図2 2つの渦相関センサーによる CO₂ フラックスの比較（左図），日平均 CO₂ フラックス（右上）および風速（右下）の経時変化

また図2には5月下旬～9月上旬にかけての CO₂ フラックスの日平均値および風速の日平均値を示している。155DOY に特に大きく下向きの値をとっているが, この時風速も 10m/s と大きい値となっている。風速と CO₂ フラックスの大きさの間に正の相関関係があることは他のデータからも見られるが, CO₂ フラックスが負を示す時には特に風速の影響が大きい。CO₂ フラックスの日平均値が大きく負を示している時には, 15分値で見ても負の値が続いており, CO₂ が海洋へ吸収される期間であったと考えられる。CO₂ フラックスの日平均値の絶対値が小さい時には, 15分値で見ると正負の値が混在しており, 吸収期にあるか, 放出期にあるかはっきりとした傾向を確認することができなかった。また, 今回のデータからは特に大きな放出期は確認出来なかったが, 図2（左上）から 219～240DOY だけは CO₂ フラックスが正の値が続いており, CO₂ フラックスの絶対値はそれほど大きくないが, 海洋から大気へ放出する時期にあったと考えた。そこで 219～240DOY の期間を放出期とした。図3に CO₂ フラックスが日平均値で $-0.01 \text{mgm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下のデータを吸収期, 219DOY～240DOY を放出期とし, CO₂ フラックスの風速に対する依存性を示した。データは eddy1, eddy2 により得られた15分値を用いており, 風速の誤差は補正を行っている。吸収期のデータは, ばらつきはあるものの, 風速が大きくなるにつれ, CO₂ フラックスも下向きに大きくなるという傾向を確認することができる。この時の CO₂ フラックスの風速依存関数は

$$F_c \left[\text{mgm}^{-2} \text{s}^{-1} \right] = -4.8 \times 10^{-3} U_{10}$$

と表すことが出来た。従来の研究では, CO₂ フラックスは風速の累乗に比例する形で表されることが知られているが, 今回のデータは線形近似が適当であった。その理由としては, 今回用いたデータは風速が弱い期間を選ん

でいること、また CO_2 フラックスが特に大きく下向きを示すデータが少なかったということが挙げられる。放出期からは風速依存性を確認することが出来なかった。その理由としては、放出期の CO_2 フラックスの値が小さかったためという事が挙げられる。また他の理由としては、3.5.2 節で示したように、 CO_2 フラックスが正を示す時には熱フラックスによる補正の影響が大きいという事も考えられる。

栈橋両端に設置した2つの渦相関センサーによる CO_2 フラックスの測定結果が一致したという事により、観測場所における水平方向一様性が確保されている事が示唆される。つまり、水平方向の移流等がなく、大気中で測定された CO_2 フラックスが大気-海洋間の CO_2 交換量を示すものであると期待出来る。そこで CO_2 が海洋に吸収されているものとして、その量について考えてみた。今回、吸収時に得られたフラックスの平均値は $0.025 \text{mgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。観測場所における1日の海風時間は平均で6時間、水深は6.5mである。これより、1日に海水中へ吸収される CO_2 量を考えてみると $1.89 \mu\text{mol}^{\text{L}^{-1}}$ に相当する。観測場所における溶存無機炭酸濃度(DIC)が約 $1900 \mu\text{mol}^{\text{L}^{-1}}$ であるから、海水中 DIC における界面交換の影響というのは0.1%程度ということになる。大気中で測定されたフラックスというのは海水中では極めて微小な量であるため、DIC の測定が重要となる。

4. 慣性消散法によるフラックス測定の可能性 (ϕ_e と $\phi_m - z/L$ との相関とコルモゴロフ定数)

慣性消散法 (以下 IDM とする) は、スカラー量の濃度変動の信号のみから、フラックスを簡便に推定する方法として知られている。これまでの研究によれば IDM は風速の強い、中立条件下で精度よくモニン・オブコフの安定度 z/L 、摩擦速度 u_* を推定できるとされてきた。実際に本実験でもこの傾向は見る事ができたが、新たな問題が発見された。海面状態を表す指標の1つである波齢との関係である。IDM と渦相関法 (以下 ECM と呼ぶ) の u_* 比の波齢依存性はすなわち、IDM を使用する上で必要な「輸送項を無視でき生成項と消散項が平衡している」という仮定への信頼性の低下を意味する。この疑問の解消のために、消散項 ϕ_e を直接推定することで生成項 ($\phi_m - z/L$) との関係を見ていく。図4は ϕ_m と安定度 z/L の相関図である。図4(a)は不安定時における全てのデータ、図4(b)は安定時における全てのデータ、図4(c)は $15 < \text{Wave Age} < 30$ 領域での不安定時のデータ、図4(d)は $15 < \text{Wave Age} < 30$ 領域での安定時のデータ、をそれぞれ描画している。赤線は生成項 ($\phi_m - z/L$) を示す。4つの全ての図において x 軸のみ対数表示されていることに注意が必要である。

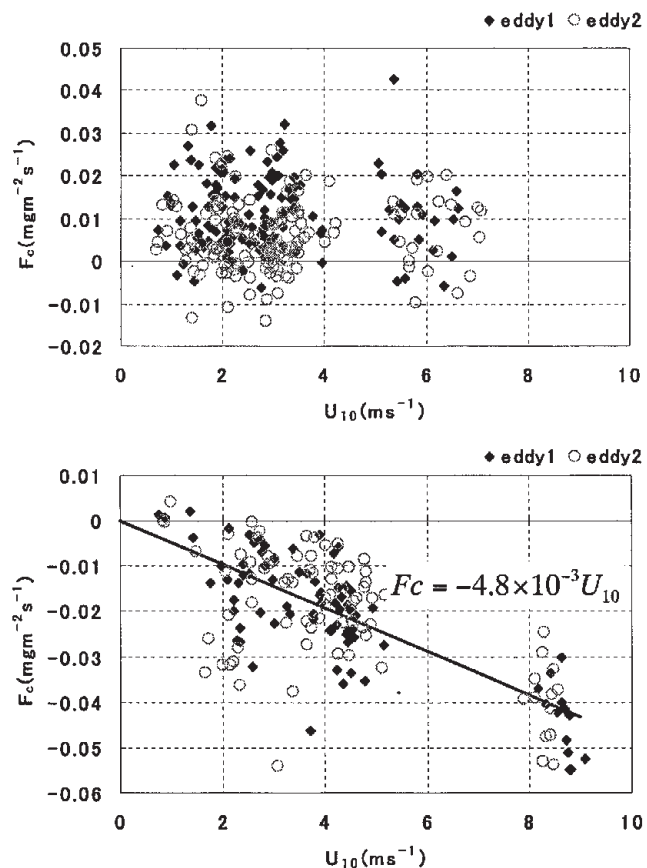


図3 CO_2 フラックスの風速に対する依存性。(上) 放出期間、(下) 吸収期間。

図4(a),(b)を見ると、ともに $0.01 < |z/L| < 1.0$ の領域で、 ϕ_ϵ が多少過小ではあるが ($\phi_m - z/L$) とよく一致しており、 $|z/L| > 1.0$ の領域では ($\phi_m - z/L$) が大きくなる傾向が見られる。次に、図4

(a),(c)を比較すると、(c)の方が ($\phi_m - z/L$) の曲線を中心とした ϕ_ϵ の点のばらつきが少なくなり、生成項と消散項とのよりよい平衡状態が見て取れる。この結果は次の2つの可能性を示唆する。第1にIDMで用いられた、「輸送項は無視することができ、生成項と消散

項は平衡する」という仮定の部分的崩壊である。ここで部分的と述べたのは(a)と(c)の比較により、飽和した波の状態 ($15 < Wave\ Age < 30$) では生成項と消散項が一致していると言えるからである。しかし、うねり状態では ϕ_ϵ の点のばらつきが大きく、生成項と消散項が一致しているとは言えない。第2は、無次元風速勾配 ϕ_m の海洋測定用への補正である。無次元風速勾配 ϕ_m は主に、陸上での測定からパラメータ化された。したがって、海洋での測定において、陸上での数値が利用可能かどうかの議論が必要である。今回は生成項と消散項が等しいと仮定し ϕ_m を用いたのでインバランスを補正するのはコルモゴロフ定数になる。そこで次にECMで得られた中立状態付近 ($-0.05 < z/L < 0.05$) の値からコルモゴロフ定数 a_u を推定した。図5にコルモゴロフ定数と波齢との関係、波齢区間別の平均値を表1に示す。あたかも a_u が波齢依存性 (波齢が増加するにつれて増加する) を示すようにみえる。全体の平均は0.70であるが、 a_u は若い波のとき最も小さく、うねりのとき最も大きい。

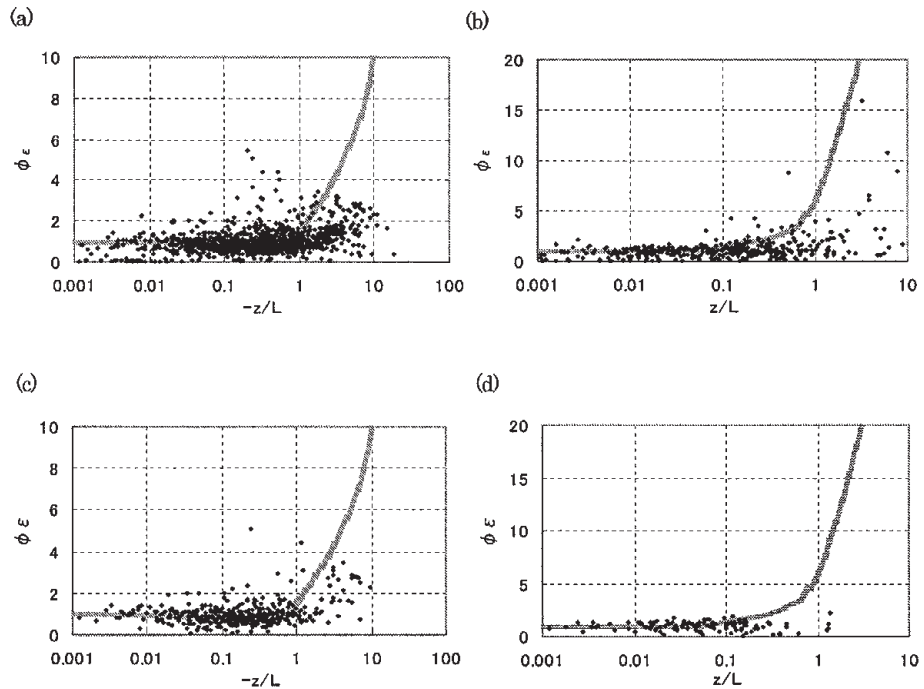


図4 ϕ_ϵ と z/L の相関図。(a) $z/L < 0$ の全てのデータ、(b) $z/L > 0$ の全てのデータ、(c) $15 < Wave\ Age < 30$ かつ $z/L < 0$ のデータ、(d) $15 < Wave\ Age < 30$ かつ $z/L > 0$ のデータ。赤線は生成項 ($\phi_m - z/L$) を示す。全てのグラフにおいて、x軸のみ対数表示

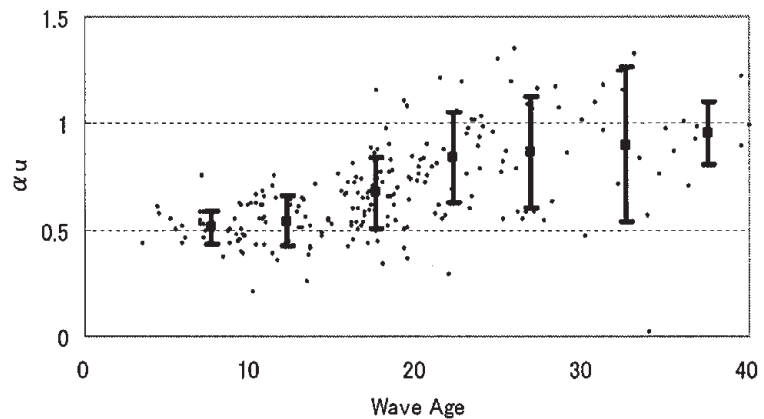


図5 コルモゴロフ定数 a_u の波齢依存性。ただし、中立付近 ($-0.05 < z/L < 0.05$) のデータのみを用いた。

の議論が必要である。今回は生成項と消散項が等しいと仮定し ϕ_m を用いたのでインバランスを補正するのはコルモゴロフ定数になる。そこで次にECMで得られた中立状態付近 ($-0.05 < z/L < 0.05$) の値からコルモゴロフ定数 a_u を推定した。図5にコルモゴロフ定数と波齢との関係、波齢区間別の平均値を表1に示す。あたかも a_u が波齢依存性 (波齢が増加するにつれて増加する) を示すようにみえる。全体の平均は0.70であるが、 a_u は若い波のとき最も小さく、うねりのとき最も大きい。

表1 波齢区間別のコルモゴロフ定数 α_u の平均値

安定度区間	α_u
全てのデータ	0.70
Wave Age < 15	0.53
15 < Wave Age < 30	0.73
Wave Age > 30	0.92

5. 海水中 CO_2 ガス濃度平衡分圧 (pCO_2) の物理的变化要因

SAMI は現場海水中において pCO_2 を直接的に連続測定できる装置として世界的に注目されている。観測所同 棧橋においても 2004 年 2 月に導入され、連続測定データが取得されてきた。2 月 14 日～2 月 29 日における有義波高と pCO_2 の時系列図を図 6 に示す。 pCO_2 データは 30 分値である。折れ線が pCO_2 、降下線が有義波高を表す。

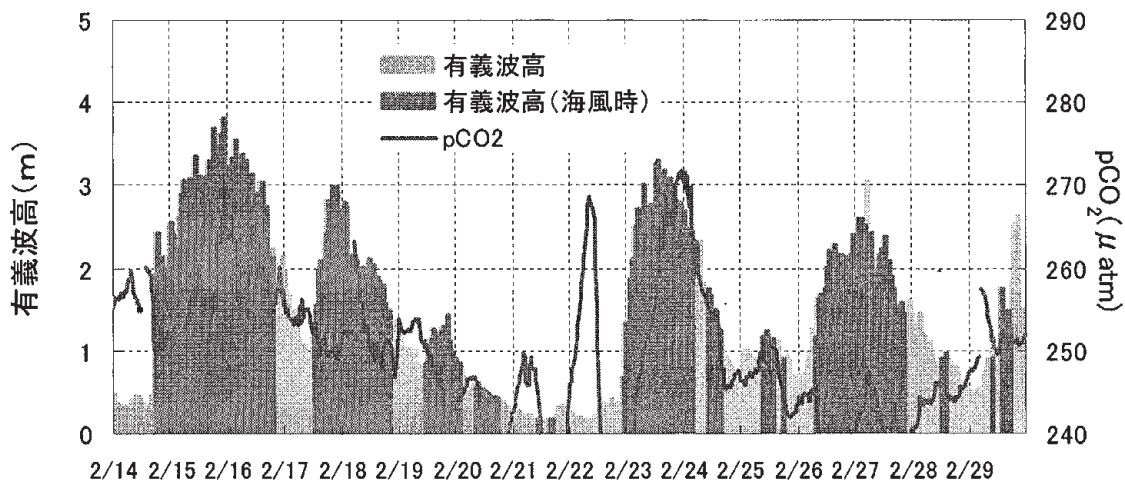


図6 2003 年 2 月後半の有義波高と pCO_2 の経時変化

この時期において pCO_2 は $220\sim 270\ \mu\text{atm}$ で推移して、平均値は約 $250\ \mu\text{atm}$ である。注目すべきは、有義波高が高くなる期間に pCO_2 も高くなり、逆に有義波高が低くなると pCO_2 も低くなるという傾向である。ただし、いくらかの時間差 (タイムラグ) もしくは位相が存在しているという点にも注目したい。図 7 に有義波高と pCO_2 のラグ相関解析の結果を示す。データは海風時のものである。それぞれ (a) タイムラグ無し、(b) 3 時間タイムラグ、(c) 6 時間タイムラグ、(d) 9 時間タイムラグをとった相関を示している。 pCO_2 は有義波高に比例しており、6 時間タイムラグのときに最も強い相関 ($R^2=0.572$) を得た。有義波高と pCO_2 との間には 3～6 時間の時間差を有する強い正の相関があると言える。

冬季及び秋季においては、風速と有義波高との間に正の相関がみられた。特に冬季は風速及び有義波高がともに大きく、強い正の相関であった。風速と波高とのラグ相関解析を行なったところ、ここでも 3～6 時間のタイムラグで最も強い相関を得た。夏季においては、風速及び有義波高はともに小さく、その相関はかなり弱い。これはうねりの成分を大きく含んでいるためだと考えられる。これら結果から、単に物理的な作用のみが卓越しやすい冬季日本海側のような風波の場であれば有義波高は風速にほぼ支配されるといえる。ただし、風速が有義波高に完全に反映するには 3～6 時間の遅延がある。冬季において有義波高は全体的にかなり高く、 $\text{PCO}_{2,\text{air}} > \text{pCO}_{2,\text{sea}}$ で大気と海洋の CO_2 濃度差は大きい。このとき、有義波高と pCO_2 との間にはかなり強い正の相関がみとれた。夏季において有義波高は全体的に小さく、 $\text{PCO}_{2,\text{air}} < \text{pCO}_{2,\text{sea}}$ となり大気と海洋の CO_2 濃度差は大きい。このとき有義波高と pCO_2 との間には負の相関がみられたが冬季と比べるとその相関はきわめて小さいものであった。秋

季では、 $pCO_{2-air} \approx pCO_{2-sea}$ となり大気と海洋の CO_2 濃度差は小さいこともあり、有義波高は高い条件下ではあったが、波高と pCO_2 との間にはっきりとした相関がみられなかった。

これらを総合すると、大気と海洋の CO_2 濃度差が大きいとき、有義波高の上昇に伴い大気-海洋間の CO_2 ガス交換が促進され海中の pCO_2 は変動する。このとき pCO_2 の変動幅は有義波高に依存し、3~6 時間の時間遅延がある。また、大気と海洋の CO_2 濃度差が小さいとき、有義波高が海中の pCO_2 に及ぼす影響は小さい。

今回、SAMI を用いることにより長期間の pCO_2 連続測定データを得ることができた。これは世界でもほとんど前例のない測定結果であり、今観測に

より長期スケールでの連続した pCO_2 変化をみるることができたことは大気-海洋の二酸化炭素交換の相互作用を理解するうえで非常に貴重なデータが得られたと言える。

6. まとめ

本研究で得られた3つの主な成果を以下に列挙して、まとめとする。

- 渦相関 CO_2 フラックスの長期データからは、2つの測定システムはほぼ正確に CO_2 フラックスを測定できているが、水蒸気変動の信号に測器固有の測定誤差が生じることで、水蒸気フラックスが2倍程度異なる場合が散見された。これは、WPL 補正にともなう潜熱の補正項に大きく影響するものであり、水蒸気フラックスの正確な見積りと測器固有の信号バイアスの問題を解決する必要があることが明らかとなった。
- 海洋上での CO_2 フラックスを見積る上で、渦相関法に次ぐ有望な手法である慣性消散法の適用可能性を探るために、運動量フラックスの比較を行なったところ、両者の相対誤差は安定度が $-1 < z/L < 0.5$ の中立に近い区間では良く一致したが、不安定が強い (z/L が大きな負の値) 場合には、渦相関法による運動量フラックスが過大評価となる結果となった。また波齢が大きい (うねりの) 条件下では、渦相関法が慣性消散法よりも過大評価される傾向が強くなり、「慣性-消散の平衡仮定」により見積られるコルモゴロフ定数の値が大きくなる (波齢依存) ことから、慣性消散法の適用には、下部境界面である海面の状況が制約条件になることが明らかとなった。
- pCO_2 と有義波高の間に時間差を伴う相関がみられた。海水中の pCO_2 が平均的に大気中の CO_2 分圧よりも低い冬季には、有義波高が大きくなると3~6 時間後に pCO_2 が高くなるという正の相関がみられる。これは、冬季の生物活性が小さいが日本海の冬季季節風によって励起された風波によって大気から海洋への物理的な取り込み作用が働いたためであると考えられる。一方、夏季には一般的に波が穏やかであり、海水中の植物プランクトン等活動も活発となるため、波と pCO_2 の相関はそれほど高くない。また、秋季の pCO_2 は大気中の分圧とほぼ拮抗するため、波が高くなる場合にも pCO_2 の変動に大きな影響は出なかった。

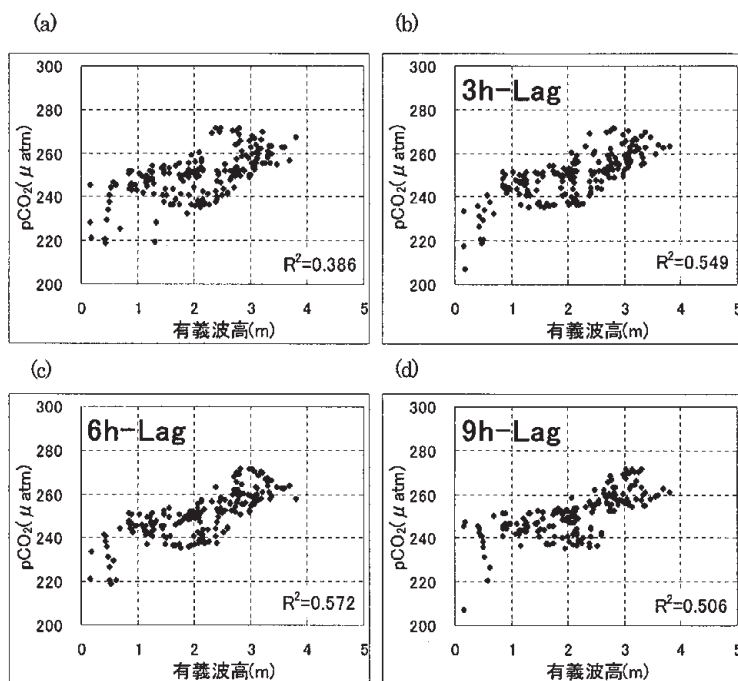


図7 有義波高と pCO_2 のラグ相関 (海風時)

家電シュレッダーダストからの塩素含有プラスチックの乾式比重分離

岡山大学工学部大学院自然科学研究科物質生命工学専攻 押谷 潤

1. 緒言

「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の経済社会から脱却し、物質の効率的な利用やリサイクルを進めることにより、資源の消費を抑制し、環境への負荷が少ない「循環型社会」を形成することが急務となっている。我が国でも近年、循環型社会形成推進基本法のもとに自動車や家電、建設資材など個別物品に対して廃棄物・リサイクル関係法律の整備が行われるなど、循環型社会の形成に向け実効ある取り組みが図られている。これに伴い廃棄物リサイクル技術の開発が求められているが、廃棄物のリサイクルを困難にしている原因の1つに、廃棄物が様々なものの混合物であることが挙げられる。よってそれらをリサイクルするためには各素材に分離することが必要不可欠である。

本研究では、平成13年4月に家電リサイクル法(特定家庭用機器再商品化法)が施行されたことを受けて、家電シュレッダーダストに注目した。リサイクルのためには、筐体を破砕したシュレッダーダストを素材(非鉄金属、プラスチックなど)ごとに分離することが必要不可欠であるが、手作業を主体とする手間のかかる複雑な工程(材質の確認、異種材料の除去等)、または高価な選別装置が必要であるなど素材分離は高コストを要する。そのためシュレッダーダストの素材分離はほとんど行われておらず、磁力選別などによって鉄、銅・アルミが分離されているのが現状である。しかし、今後リサイクル率のさらなる引き上げの必要性が求められるため、これらのみならず家電シュレッダーダスト中で多くを占めるプラスチックの分離技術が必要となる。

プラスチックの分離技術としては、プラスチックに赤外線やX線を照射し、そのスペクトルからプラスチックの種類を判別して分離する機器分析分離法、疎水・親水性の差や摩擦静電気の差などの表面特性を利用する分離法、有機溶剤に対する溶解性の差を利用する分離法などがある。しかしこれらの方法は、装置が一機あたり数千万円と非常に高価であり、表面に不純物が付着することによる分離精度の低下、また処理量が少ないなど高コストを必要とする場合が多い。そのため表面特性ではなくバルク物性を利用した分離が望まれる。バルク物性は基本的に全体としての平均値として表されるので、表面に不純物の付着などが起きても全体としての性質の変化はほとんど

なく、この性質を利用する分離は比較的安定した精度が得ることができる。中でも比重分離法が一般的に用いられている。

プラスチックの密度はポリプロピレン(PP): 900 kg/m^3 , ポリエチレン(PE): $920\sim 960 \text{ kg/m}^3$, ポリスチレン(PS): $1050\sim 1060 \text{ kg/m}^3$, ABS樹脂: 1030 kg/m^3 , ポリ塩化ビニル(PVC): $1350\sim 1450 \text{ kg/m}^3$ である。現在行われている比重分離は主に湿式法で、媒体に密度 1000 kg/m^3 の水を使用する場合には、分離できる種類に限界があり、他の媒体との混合溶媒が用いられている。そのため廃液の処理が必要、重液は高価または毒性が強い、乾燥などの分離対象物の後処理が必要など諸問題を抱えている。そこでこのような問題を持たない乾式の比重分離技術の開発が求められている。

本研究では、これまでに固気流動層による乾式比重分離技術を用いて、建設廃材や自動車シュレッダーダストを各素材へ高効率で分離することに成功している。装置内に仕込んだ粒子を下部からの送風により流動化させた固気流動層は液体とアナロジーでできることが知られており、液体の密度と同様に固気流動層は見掛けの密度を持つ。固気流動層に物体を投入すると、物体の密度が固気流動層の見掛け密度より大きな場合には層内で沈降し、同じ場合には物体は層内を漂い、小さな場合には層内で浮揚する。空塔速度や流動化媒体を変化させることで固気流動層の見掛け密度を調整し、密度差のある物体を固気流動層の上層と下層にそれぞれを浮揚または沈降させ比重分離を行うことが可能である。本研究ではこの技術を用いて、家電シュレッダーダスト中のプラスチックの比重分離を試みた。分離装置には、連続稼動に耐えられて性能が安定していること、簡単な構造とメンテナンス性、異物に強いことなどが求められるが、固気流動層はこれらを満たしていると考えられる。

プラスチックのリサイクルとして、RDF, RPF化などを経てサーマルリサイクルされるのが現状である。しかし、塩化ビニルなどの塩素含有プラスチックを燃焼する場合、塩化水素の発生による炉の腐食などの問題を引き起こすことが一般的に知られており、廃プラスチックからの塩素含有プラスチックの分離が求められている。その実例として廃棄物発電では、RDFのCl濃度を1wt%程度に低減させる事で石炭火力発電並みの燃焼効率を得ることができる。一般的に塩化ビニルは

重量割合でプラスチックのおよそ 15%を占め、これを Cl 濃度に換算すると 5~10wt%である。

本研究では、小型円筒形流動層により分離に適した流動化媒体と空塔速度を検討し、塩素含有プラスチックと塩素非含有プラスチックに明確な浮沈が見られるか確認した。また、プラスチックは厚みの少ないチップ状のものが比較的多く、層内での浮沈が不安定となる。そこで、流動層とプラスチックの密度差だけでなく、プラスチックの形状が浮沈とどのように関連しているかについても検討した。

2. 家電シュレッダーダスト

2-1. 各成分の重量割合

業者によりあらかじめ鉄などが取り除かれた家電シュレッダーダストの大口サンプル中から無作為に約 300 g を 3 回取り出して手作業で各成分に分離した後、それぞれの重量を測定した。Table 1 に家電シュレッダーダストの各成分の重量割合を示す。ウレタンはわずか 1%あまりであり、銅配線と非鉄金属を合わせてもおよそ 10%未満である。プラスチックが全体の約 90%と大部分を占めている。

Table 1 Composition of each component in shredder residue

Component	Weight percent [%]
Urethane	1.2±0.29
Plastic	89.0±1.9
(Cl non-containing Plastic)	(75.9±1.1)
(Cl containing Plastic)	(13.1±1.7)
Wire harness	3.6±0.77
Metal	6.1±1.6

2-2. 塩素濃度測定

様々な密度のプラスチック 30 個を選び出し、各プラスチックから 3ヶ所を細かく切り取り、それらの破片を燃焼後、燃焼ガスをイオンクロマトグラフィーで分析することで塩素濃度を測定した。Fig.1 にプラスチックの密度と塩素濃度の関係を示す。密度約 1400 kg/m³ 付近のものは 10~50wt%の塩素を含んでおり、平均すると約 35wt%であった。密度 1200 kg/m³ 未満のものは塩素をほとんど含んでいなかった。塩素含有プラスチックが全体の 15wt%であり、それらのプラスチックの塩素濃度を 35wt%とすると、全プラスチック中の塩素濃度は約 5.25wt%となる。丸点線で囲ったものはプラスチックとウレタンが複合したもので、密度が小さいにもかかわらず高い塩素濃度となった。しかし、このようなものは、サン

ル中にわずかししか存在しなかった。よって以下では密度約 1400 kg/m³ 付近のものを塩素含有プラスチック、密度 1200 kg/m³ 未満のものを塩素非含有プラスチックと呼び、以降では流動層中で前者を浮揚、後者を沈降させることを試みた。

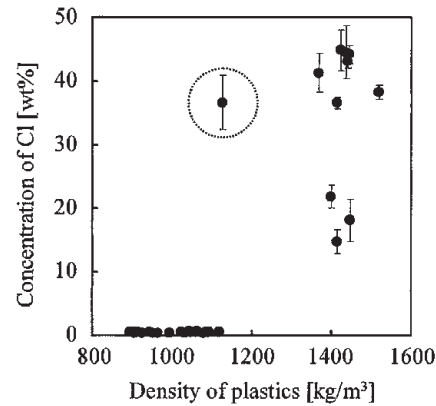


Fig.1 Concentration of Cl for each density of plastics

3. 小型円筒形流動層による浮沈実験

3-1. 実験装置と流動化媒体

Figure 2 に実験装置の概略図を示す。実験装置は装置本体、測定部、制御部の 3 部からなる。装置本体は流動層④、測定部はオリフィス流量計③と圧力センサー⑤、データロガー⑥、制御部はパーソナルコンピューター⑦とモーターバルブ②から構成される。流動層のカラムは厚さ 6 mm の透明アクリル樹脂製の円筒管を用いて作製し、内径 153 mm、高さ 400 mm で、管の最下部には空気分散板として帆布を 2 枚の多孔板 (孔径 2 mm、ピッチ 3 mm、開孔率 40%) ではさんだものを取り付けた。

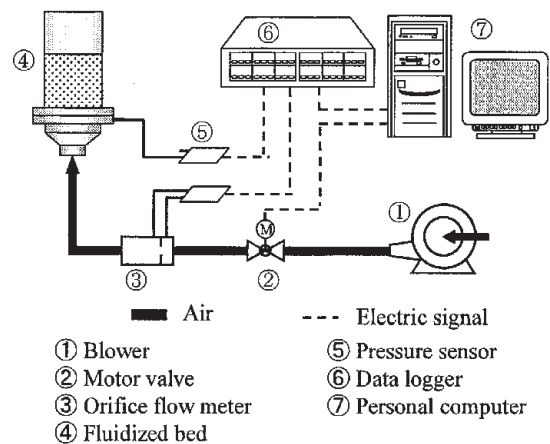


Fig.2 Schematic drawing of experimental

Table 2 に各流動化媒体の粒径、真密度、かさ密度を示す。本実験では流動化媒体にガラスビーズ（以下 G.B.）とポリスチレン（以下 P.S.）の 2 種類の粒子を用いた。これらを混ぜ合わせ、その体積混合割合を変化させることで見掛け密度を調整することができる。本研究では体積混合割合（G.B.基準） $V_{GB} = 1.0, 0.8, 0.6$ で実験を行った。2 成分が混合しやすくするために、より真密度の大きい G.B. の粒子径は P.S. よりも小さいものを使用した。

Table 2 Characteristic of powders

Particle	Particle diameter D_p [μm]	True density ρ_p [kg/m^3]	Bulk density ρ_b [kg/m^3]
G.S.	212 ~ 300	2500	1500
P.S.	355 ~ 500	1030	600

3-2. 実験方法

シュレッターダスト中から密度の異なる 16 個（プラスチック 12 個、銅配線 2 個、非鉄金属 2 個）を選び出した。それらを 1 個ずつ、所定の空塔速度で流動化させた流動層内に投入した。沈降物に関する予備実験で、投入後 3 分以上経過しても層底部からの物体の高さに変化は見られなかった。そのため 3 分で流動層中での物体の浮沈が定常に達したとし、投入 3 分後の層底部からの高さを測定した。得られた物体の高さを流動層高さ h_{fb} で割った補正値を層内での物体の高さ h_{pl} とした。この値が 1.0 の場合は完全浮揚、0.0 の場合は完全沈降したことを表す。実験は、粒子層高 $h_p = 7.5, 15, 20$ cm、空塔速度は u_0 / u_{mf} の 1.1, 1.3, 1.5, 2.0, 3.0 倍、粒子の体積混合割合 $V_{GB} = 1.0, 0.8, 0.6$ のそれぞれの組み合わせで行い、どの条件のとき最も分離精度が高くなるかを検討した。今回の実験では銅配線及び非鉄金属類は全て完全に沈降したのでグラフから省略しており、プラスチックの浮沈結果のみを示す。

3-2. 実験結果と考察

Figure 3 に $h_p = 20$ cm, $V_{GB} = 1.0$ において空塔速度を変化させたときのプラスチックの浮沈結果を示す。 $u_0 / u_{mf} = 1.1$ ではどの密度のプラスチックもほぼ完全に浮揚した。空塔速度が小さいときは流動層の粘性が高いため密度の大きな塩素含有プラスチックでさえ沈まなかった。空塔速度の増加に伴い塩素含有プラスチックが徐々に沈降し、 $u_0 / u_{mf} = 2.0$ では、完全に沈降したが、塩素非含有プラスチックは完全には浮揚しない結果となった。これは空塔速度が増加すると流動化が激しくなり表層の振動が大きくなるとともに、

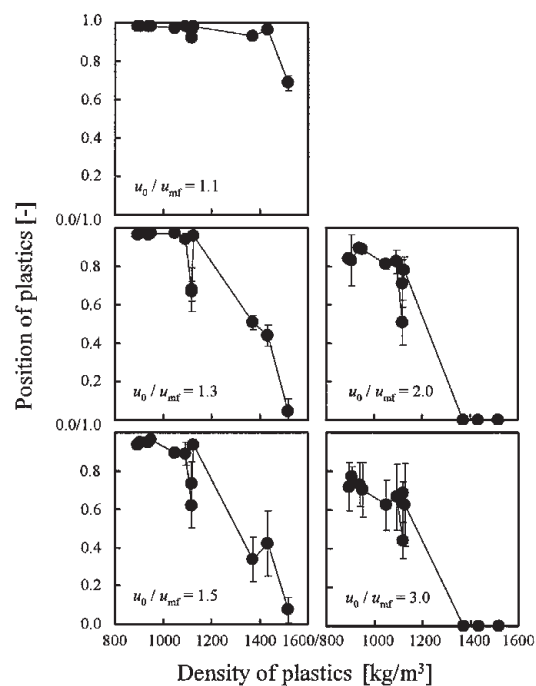


Fig.3 Position of plastics on density at various superficial air velocities

層内に流れが生じるためであると考えられる。これを解消するため、流動化媒体に G.B. より真密度の軽い P.S. を加え見掛け密度を減少させることで、より小さな空塔速度で塩素含有プラスチックを完全に沈ませることを試みた。

Figure 4 に $h_p = 20$ cm, $V_{GB} = 0.8, 0.6$ の浮沈実験の結果を $V_{GB} = 1.0$ の結果と併せて示す。G.B. に真密度のより小さい P.S. を加えると流動層の見掛け密度が小さくなるため、どの空塔速度でも G.B. のみの場合よりプラスチックが全体的に沈降した。 $V_{GB} = 0.6$ では $u_0 / u_{mf} = 1.3$ で塩素含有プラスチックが完全に沈んでいるが、見掛け密度が小さくなりすぎているため塩素非含有プラスチックは完全に浮揚しない結果となった。 $u_0 / u_{mf} = 1.5$, $V_{GB} = 0.8$ では塩素含有プラスチックが完全に沈降し、かつ塩素非含有プラスチックはほぼ完全に浮揚しており両者の分離が可能であると言える。

層高を変化させた結果を Fig.5 に示す。実験条件は $u_0 / u_{mf} = 1.5$, $V_{GB} = 0.8$ のみ示す。流動層内には気泡が発生し、気泡は合一しながら上昇していく。層高を小さくするとこの気泡が小さくなり、表層の振動が抑えられるため、塩素非含有プラスチックがより浮揚すると思われるが、 $h_{fb} = 7.5$ cm のときにややその傾向が見られた。図中の丸点線で囲った一部の塩素非含有プラスチックは、ほぼ同じ密度のものとは異なり完全には浮揚しな

った。これらは厚さが 1 mm 程度であり、他の密度のプラスチックよりも薄く、流動層との比重差によってではなく、この形状の影響により浮揚しにくくなったものと考えられる。このことについては次項でさらに検討した。

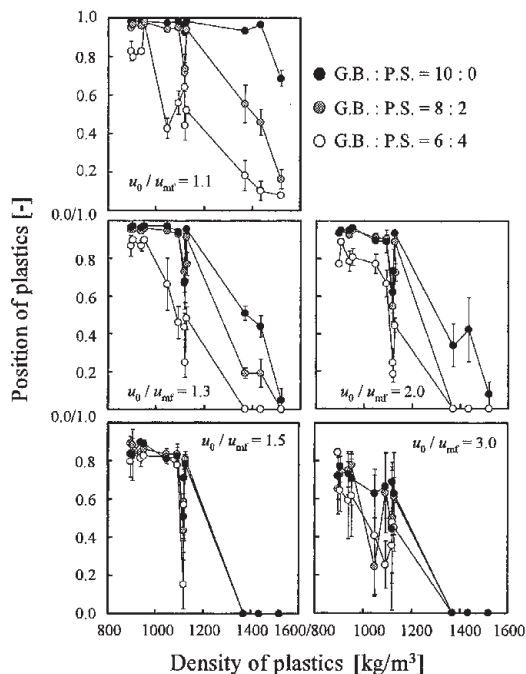


Fig.4 Position of plastics on density at various volume fraction

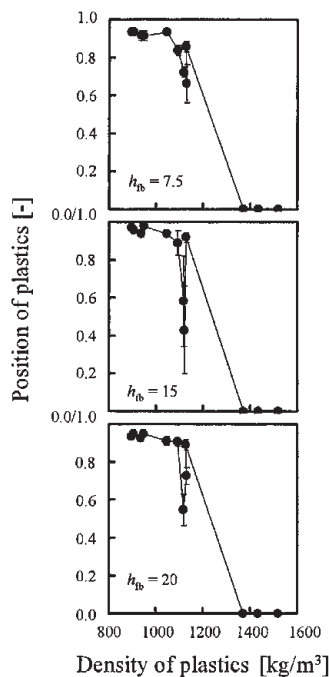


Fig.5 Position of plastics on density at various height of the fluidized bed

4. 物体形状が浮沈に与える影響

4-1. 実験方法

プラスチックの形状を変えて前項と同様の浮沈実験を行った。実験条件は前項で最も分離精度が高かった $u_0/u_{mf}=1.5$, $V_{GB.} = 0.8$ のみとした。層高に関しては、予備実験で 20 cm よりも 30 cm の方が物体形状の影響が顕著に表れたので 30 cm とした。プラスチックの密度はこの実験条件で浮揚すると考えられる 1040 kg/m^3 とした。Table 3 に用いたプラスチックの寸法と、形状を表す指標として用いた体積 (球相当径)、扁平比、アスペクト比を示す。扁平比、アスペクト比はそれぞれ厚さ / (短辺 × 長辺)^{0.5}、短辺 / 長辺と定義した。これら 3 つの指標のうち 1 つだけを変化させ、残りの 2 つは固定するようにプラスチックの寸法を取った。

Table 3 Dimension of plastics

Volume change			
Dimension	Equivalent volume diameter[mm]	Flatness ratio[-]	Aspect ratio[-]
37.5 × 37.5 × 37.5	46.53	1.00	1.00
30 × 30 × 30	37.23	1.00	1.00
20 × 20 × 20	24.82	1.00	1.00
10 × 10 × 10	12.41	1.00	1.00
5 × 5 × 5	6.20	1.00	1.00

Flatness ratio change			
Dimension	Equivalent volume diameter[mm]	Flatness ratio[-]	Aspect ratio[-]
20 × 20 × 20	24.82	1.00	1.00
23.1 × 23.1 × 15	24.82	0.65	1.00
28.3 × 28.3 × 10	24.83	0.35	1.00
40 × 40 × 5	24.82	0.13	1.00
63.2 × 63.2 × 2	24.81	0.03	1.00

Aspect ratio change 1			
Dimension	Equivalent volume diameter[mm]	Flatness ratio[-]	Aspect ratio[-]
30 × 30 × 10	25.81	0.33	1.00
35 × 25.7 × 10	25.81	0.33	0.73
40 × 22.5 × 10	25.81	0.33	0.56
50 × 18 × 10	25.81	0.33	0.35
80 × 11.3 × 10	25.85	0.33	0.14

Aspect ratio change 2			
Dimension	Equivalent volume diameter[mm]	Flatness ratio[-]	Aspect ratio[-]
20 × 20 × 2	11.52	0.10	1.00
22.9 × 17.5 × 2	11.53	0.10	0.75
26.7 × 15.0 × 2	11.52	0.10	0.56
40 × 10 × 2	11.52	0.10	0.25
80 × 5 × 2	11.52	0.10	0.06

4-2. 実験結果と考察

体積変化、扁平比変化、アスペクト比変化の実験結果を Fig.6 に示す。体積が球相当径で 25 mm より大きいプラスチックはほぼ完全に浮揚したが、25 mm より小さいプラスチックは完全には浮揚しなかった。扁平比、アスペクト比ともに小さ

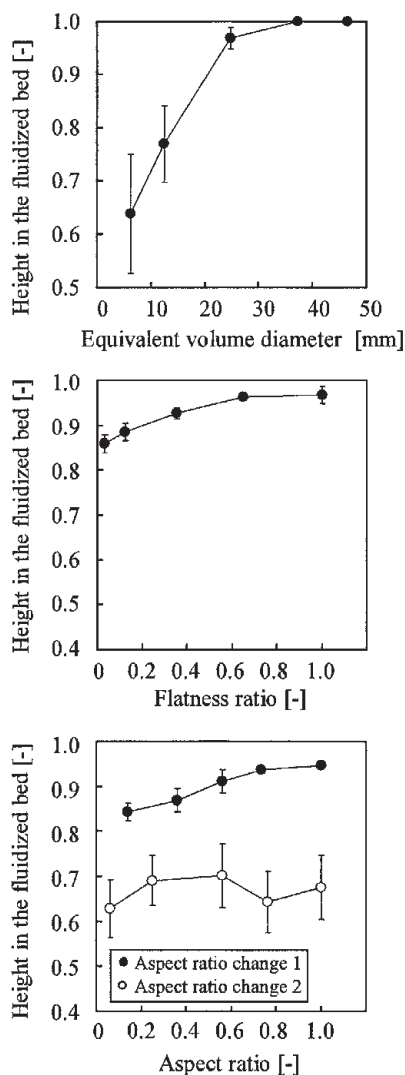


Fig. 6 Effect of volume, flatness ratio and aspect ratio on sink and float

くなるほど浮揚しにくくなる傾向となった。またアスペクト比変化 2 に関しては $h=0.65$ でほぼ一定となっているが、これは体積が小さかったために完全には浮揚せず、アスペクト比に関わらずほぼ一定となったと考えられる。以上の結果から 3 つの指標のなかで、浮沈に与える影響に大小があるものと思われる。そこで次にどの形状因子が最も浮揚物の浮沈に影響するかを検討した。形状を表すパラメータとして $F = \text{体積比}^x \times \text{アスペクト比}^y \times \text{扁平比}^z$ を用いた。なお体積比は球相当径 25 mm を基準とし、37.2 mm と 46.7 mm は除外した。また、Table 3 に示したプラスチックだけでなく、予備実験で用いたプラスチックの浮沈結果も併せて取り扱った。 $x+y+z=1$ となるように各値を 0.1 ずつ変化させ、 F に対する物体高さをプロットし、グラフの直線性が最も大きくなる各値を

求めた。その結果を Fig. 7 に示す。 $x=0.8, y=0.1, z=0.1$ が得られ、物体の体積が浮沈に最も大きく影響する因子であることが明らかになった。高い分離効率を維持するためには、分離の前処理である家電の破碎工程で、ある程度の大きさ (ϕ 25 mm 以上) を保つことが必要であるという基礎指針が得られた。

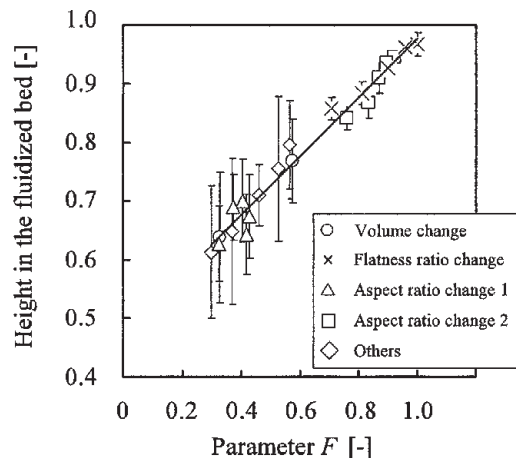


Fig. 7 Effect of the plastic shape on sink and float

5. 結 言

本研究では、固気流動層を用いて家電シュレッダーダスト中の塩素含有プラスチックと塩素非含有プラスチックの乾式比重分離を試みた。小型円筒流動層を用いて基礎実験を行った結果、流動層の見掛け密度を調整するために 2 成分粒子を混合し、適当な空塔速度にすることで、塩素含有プラスチックと塩素非含有プラスチックに明確な浮沈が見られ、分離可能な結果が得られた。また、流動層と物体の密度差だけでなく、物体形状が浮沈に影響することが明らかとなった。20 mm 四方より体積が小さい物体は完全には浮揚しなくなり、扁平比、アスペクト比ともに小さくなるほど浮揚しにくくなる傾向があることがわかった。中でも体積が最も強く浮沈に影響を与えていることが明らかとなった。以上のことより高い分離効率を維持するためには、分離の前処理である家電の破碎工程で、ある程度の大きさ (ϕ 25 mm 以上) を保つことが必要であると言える。

6. 謝辞

本研究を実施するにあたり、ご支援を賜りました(財)八雲環境科学振興財団に深く感謝いたします。

平成 16 年度 国際研究交流助成報告

8. 平成 16 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
日野 実	岡山県工業技術センター 材料技術部	Frontiers of Surface and Interface Science and Engineering 2004 Conference (先端表面。界面科学と工学国際会議)	1 2 2
熊澤 貴之	岡山県立大学デザイン学部	EVALUATION IN PROGRESS -Strategies for Environmental Research and Implementation-	1 2 3
金 科哲	岡山大学大学院 環境学研究科	第 30 回 国際地理学大会	1 2 4
西本 俊介	岡山大学大学院 自然科学研究科	無機環境材料国際会議 2004	1 2 5

日 野 実

岡山県工業技術センター 材料技術部

参加会議名	Frontiers of Surface and Interface Science and Engineering 2004 Conference (先端表面。界面科学と工学国際会議)
主催団体名	The Chinese Society for Metals 他 11 団体
開催期間	平成 16 年 5 月 14 日 ~ 平成 16 年 5 月 16 日
開催地	中国・広州

表 題	ELECTROPLATED ZN-NI-SIO2 COMPOSITE COATINGS TREATED WITH A SILANE COUPLING AGENTS TO REPLACE CHROMATING. (シランカップリング処理による代替クロメート Zn-Ni-シリカ複合めっき)
-----	--

<内容>

現在、鉄鋼系工業製品の防食めっきとしては、安価で良好な犠牲防食能を有する亜鉛系めっきが広く利用されているが、これらの亜鉛系めっきの最終仕上げには、ほとんどが Cr^{6+} をベースとしたクロメート処理が施されている。

一方、 Cr^{6+} は、潰瘍や皮膚炎を引き起こし、発癌性まで指摘されており、人体に有害な物質であることが知られており、EU の自動車廃棄回収に関する指令(ELV 指令)において、2007 年までに Cr^{6+} をベースとしたクロメートの全廃が規定され、現在、国内のカーメーカを中心にその代替プロセスの開発が急務となっている。

本会議では、環境調和型のシランカップリング処理に着目し、亜鉛系合金めっき皮膜中に nm オーダーの超微粒子シリカ(SiO_2)を分散共析させる合金・複合めっき技術と、この超微粒子表面に撥水性や高分子接着性機能を有するシランカップリング剤の有機官能基を固定化するシランカップリング処理を融合化した新しい環境調和型ハイブリッドコーティング技術について、得られる皮膜の特性や構造を調べ、現行のクロメート処理皮膜との比較検討を行った。その結果、Zn-Ni-シリカ複合めっき+シランカップリング処理は、クロムを全く使用しない環境に調和したプロセスであるにもかかわらず、クロメート処理よりも遙かに優れた防錆能力及び高分子接着性を有することがわかり、このハイブリッドコーティングがクロメート代替プロセスとして有用であることを示した。

熊澤 貴之

岡山県立大学 デザイン学部

参加会議名	EVALUATION IN PROGRESS -Strategies for Environmental Research and Implementation-
主催団体名	The International Association of People-Environment Studies
開催期間	平成16年7月5日～平成16年7月10日
開催地	ウィーン（オーストリア）

表題	Assessment strategy to enable an advanced understanding of community development schemes in participative processes
----	---

<内容>

現在、都市計画・環境計画の分野では、計画策定プロセスにおける住民参加のシステムを構築することが求められている。

本研究では、住民がまちづくり方策をどのように評価するか、適切な情報提供を受け、理解を深めるとどのように評価を変えるのかを把握し、まちづくり方策の理解によって主観評価の変容を規定する要因を明らかにし、まちづくりアセスメントを提案するものである。本研究の構成は、第1実験と第2実験から構成された。第1実験では、ケーススタディとして探索的な実験を行い、第2実験として検証するための実験を行った。筆者は、個人がまちづくり方策に対する重要度に基づいて評定したものから、人の評価を分析した。評定された結果を分散分析によって分析した結果、主観評価を規定する主な要因は社会規範と利得であること、またこれらの要因の効果は、方策の自明性の程度によって異なることを明らかにした。この知見から、まちづくりアセスメントには、まちづくり方策に関わる社会規範と利得の理解を深める過程が導入されるべきであると考えられた。

金 科 哲

岡山大学大学院 環境学研究科

参加会議名 第 30 回 国際地理学大会
主催団体名 国際地理学連合
開催期間 平成 16 年 8 月 10 日 ～ 平成 16 年 8 月 20 日
開催地 アバディーン・グラスゴー（イギリス）

表 題 棚田の保全と地域社会の再生：日本を事例に

<内容>

日本における棚田保全事業と地域社会の関わり方および日本の棚田が地域生態系において担ってきた公益的な機能を中心に報告を行った。まず、日本の棚田保全政策の目的が生産性向上から多面的機能へと転換した背景を紹介し、事例地域である岡山県久米南町北庄地区における棚田の多面的機能の評価と地域活性化との関連性について報告した。棚田のもつ多面的機能については、国土保全機能(土壌の浸食防止、水源涵養機能、水質浄化機能)、生物相保全機能(野生生物保護機能、遺伝子資源の保全機能、生態系維持機能)、教育文化機能(農山村の文化継承機能、自然・情緒機能)、保健休養機能(景観保全機能、余暇空間機能)を中心に評価し、近年の耕作放棄によるこれらの多面的機能の低下と保全事業による回復について報告した。特に、事例地域に関しては、ため池と用水路の維持管理機能と小学校との連携による教育機能を浮き彫りにしながら報告した。また、地域活性化との関連性については棚田保全にかかわる行政等のアクターの役割や祭りの復活などを中心に報告を行い、各国の事例との比較などの活発な議論が行われた。

西 本 俊 介

岡山大学大学院 自然科学研究科

参加会議名	無機環境材料国際会議 2004
主催団体名	無機マテリアル学会、オランダセラミックス学会
開催期間	平成 16 年 10 月 18 日 ~ 平成 16 年 10 月 21 日
開催地	オランダ アイントホーヘン市

表 題	粉末中性子回折による $n = 1$ Ruddlesden-Popper 化合物 HLaTiO_4 の構造決定 (Structure Determination of $n = 1$ Ruddlesden-Popper Compound HLaTiO_4 by Powder Neutron Diffraction)
-----	--

<内容>

層状ペロブスカイト化合物 HLaTiO_4 などのプロトン化層状化合物には、層間プロトンによるプロトン伝導特性や光触媒特性の高活性化などの優れた機能が期待されている。また、ブレンステッド酸・塩基反応を利用した、プロトン含有層状ペロブスカイト層間へのゲストのインターカレーション反応は、層空間の多機能化を図る材料設計技術として注目されている。しかしながら、それらの機能を司ると考えられる層間プロトンに関する情報は、現在のところほとんど明らかにされていない。そこで、本研究ではより優れた機能性材料開発の指針を得る事を目的として、層状ペロブスカイト NaLaTiO_4 について、その重水素置換体の高分解能中性子回折により、層間プロトン環境、層間及び層内の構造変化を検討している。

構造解析の結果、 DLaTiO_4 の結晶構造は NaLaTiO_4 と同じ空間群 $P4/nmm$ であることが明らかとなった。層間に導入されたプロトンは、 TiO_6 八面体の頂点酸素の周りを囲む八つの等価サイトを統計的に占有していることが判明し、その結合距離はアルコールの OH 結合距離と同程度であったことから、共有結合を形成していることがわかった。また、層間において水素結合の形成も示唆された。プロトン化によって、ペロブスカイト骨格層を形成する TiO_6 八面体が c 軸方向へ歪むことが分かった。

平成 16 年度 研究集会助成報告

9. 平成16年度 研究集会助成報告

平成16年度開催

助成対象者	所 属	集会名	ページ
野瀬 重人	岡山理科大学理学部	平成16年度全国地学教育研究大会 日本地学教育学会第58回全国大会	127
比江島 慎二	岡山大学大学院 環境学研究科	環境問題の数値シミュレーションに 関する国際シンポジウム	128

平成17年度開催

助成対象者	所 属	集会名	ページ
酒井 正樹	岡山大学大学院 自然科学研究科	生物系三学会中国四国支部大会シン ポジウム	129
竹宮 宏和	岡山大学大学院 環境学研究科	第2回 地盤環境振動の国際シンポジ ウム：予測・モニタリング・対策・ 評価	

※ 開催日程上、「研究レポート集第7号」に掲載予定

野瀬 重人

岡山理科大学 理学部

研究集会名称	平成16年度全国地学教育大会・日本地学教育学会第58回全国大会
主催機関名	日本地学教育学会、下野 洋（前国立教育政策研究所・次長）
共催者・後援者等	（共催者）岡山県教育委員会、（後援者）文部科学省、他
開催期間	平成16年8月20日～平成16年8月23日
開催地	岡山

<内容>

前半の2日間には、シンポジウム、記念講演に加えて、34件の一般発表と8件のポスター発表が行われた。参加者は学会役員、一般参加者、学生、見学者（県内小・中・高等学校教員）を含めて153名であった。

初日は、9:00から開会式が行われ、その後A会場（小学校・中学校部門）、B会場（高校・大学・一般部門）、C会場（ポスター発表）に分かれて、研究発表が行われた。午後のシンポジウムでは、「小・中・高等学校における新しい地学教育の展開」をテーマに(1) Present Status on Earth Science Education in the USA (Dr. Ron Bonnstedt・ネブラスカ大学リンカーン校) (2) 心も育つ理科コンテンツの開発と活用ー岩石・鉱物のひろばー (藤本義博・岡山県情報教育センター) (3) 高等学校における「地学」振興の視点ー授業、クラブ、SPPを通してー (平賀博之・広島大学附属福山中・高等学校) の3人のパネリストが行った発表を基軸として活発な討論が行われた。その後、全員がバスに乗り、岡山市下石井にある林原自然科学博物館を見学した。この博物館は、平成21年度の開館を目指して準備中の大規模恐竜博物館である。学芸員から恐竜の骨格を前にしてその恐竜の生きていた状態等の説明を受けた。

大会2日目は、研究発表に続き、記念講演を行った。林原自然科学博物館の館長である石井健一氏が「新しい博物館建設のためのモンゴル恐竜発掘調査」と題して講演を行った。石井氏のこれまでの経歴からはじまり、「フィールドから何を学ぶか」「命を子どもたちに伝えていきたい」という信念にもとづいての博物館づくり、モンゴルでの発掘の様子等をスライドを使って講演した。午後からは、研究発表を再開し、15:20には閉会式を含む当日の予定を終了した。

今回のシンポジウムや一般発表を通して、参加者による意見発表や討論が活発に交わされた。また一般発表では、この学会の近年の傾向である教育実践を含む内容の発表が多かった。

後半の2日間は、巡検A（岡山県川上郡成羽町、後月郡芳井町一帯のバスによる見学・採集、一泊二日コース）、と巡検B（岡山県備前市とその周辺のバスによる見学・採集、日帰りコース）の2つが実施された。

巡検Aは、中生代三畳紀（モノチス、シダ類、トクサ類等）と古生代石炭紀（フズリナ、サンゴ等）の化石採集やスカルン鉱物（ザクロ石、ベスプ石等）の採集、吉岡鉱山の見学、大賀デッキンの見学等を中心に巡検を行った。参加者は21名であった。

巡検Bは、流紋岩の採集、ロウ石鉱床の露天掘と坑道堀の見学、備前焼窯元見学等を行った。坑道堀の見学では傾斜角9度の坑道を地下133mまで下って見学をすることができた。参加者は13名であった。両コースとも大変好評であった。

（実行委員：平松良夫、野瀬重人）

比江島 慎二

岡山大学大学院 環境学研究科

研究集会名称	環境問題の数値シミュレーションに関する国際シンポジウム
主催機関名	岡山大学 環境理工学部
開催期間	平成 16 年 11 月 22 日～平成 16 年 11 月 23 日
開催地	岡山

<内容・方法>

研究発表会は以下のトピックスを含み、9つのセッションで構成される。

- ・大気や水における汚染拡散解析
- ・河川，湖沼，地下水の水循環解析
- ・大気の流れ解析
- ・風による構造物振動解析
- ・都市内地盤における環境振動解析
- ・騒音伝搬解析
- ・環境数値解析における統計的手法
- ・メッシュ生成
- ・数値解析手法

<日程>

- 2004 年 8 月 31 日 アブストラクト締め切り
- 2004 年 9 月 15 日 アブストラクト受理通知
- 2004 年 11 月 22 日 シンポジウム開催，フルペーパー締め切り

酒 井 正 樹

岡山大学大学院 自然科学研究科

研究集会名称	生物系三学会中国四国支部大会シンポジウム (外来生物による生物多様性の危機)
主催機関名	日本動物学会・日本植物学会・日本生態学会中国四国支部
共催者・後援者等	岡山県教育委員会(後援)
開催期間	平成17年5月21日～平成17年5月21日
開催地	岡山

<内容>

今回の公開シンポジウムは、毎年各県を持ち回りで運営している生物系三学会の研究集会の一環として開催されたもので、本年度は岡山大学理学部西部学科が担当校となり主催した。テーマは「外来生物による生物多様性の危機」と題した。4名の講演者を招き、午後4時から6時15分まで、岡山大学創立五十周年記念館の多目的ホールでおこなった。

- 1) 鷺谷いづみ(東京大学大学院農学生命科学研究科)
「外来生物問題：環境誌と生態学の視点から」
- 2) 中井克樹(滋賀県立琵琶湖博物館)
「外来生物：問題の考え方とつきあいの心得」
- 3) 榎本 敬(岡山大学資源生物科学研究所)
「岡山の外来植物」
- 4) 森 生枝(岡山県自然保護センター)
「岡山の外来動物」

各講演のあと、活発な質疑応答があり、最後に総合討論をおこなった。

助成実施要項

11. 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 財団が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。

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思い、毎年、発行する研究レポート集の表紙にイメージを表現しております。

今年は、九州を中心に災害も発生いたしましたが、全体的には記録的な猛暑が続き、温暖化の影響を強く再認識し、改めて「自然との共生」のあり方を考え直す年でもありました。
そのようなイメージを本レポートの表紙に表現させていただきました。

**財団法人八雲環境科学振興財団
研究レポート集 第6号**

平成17年10月発行

発行 財団法人八雲環境科学振興財団
岡山市津島京町3丁目1-21
(株)エイトコンサルタント内)
TEL (086)252-7670

印刷 吉備サプライ有限公司
岡山市野田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 岡山市津島京町三丁目1番21号(株)エイトコンサルタント内