

# 日本海域研究

## Japan Sea Research

Vol. 45 2014

特集：環日本海域環境研究センター  
設立10周年記念国際シンポジウム

Special Issue on "the 10th Anniversary  
International Symposium of the Institute  
of Nature and Environmental Technology,  
Kanazawa University"

金沢大学環日本海域環境研究センター  
Institute of Nature and Environmental Technology  
Kanazawa University

## 目 次

### 【特 集】環日本海域環境研究センター設立10周年記念国際シンポジウム

—環境研究の拠点としての10年間, そして, これから—

早川和一・塚脇真二

環日本海域環境研究センター設立10周年記念国際シンポジウムの概要.....	1
---------------------------------------	---

### 【第1部】環日本海域環境研究センターの10年

木村繁男・中村浩二

自然計測応用研究センターと環日本海域環境研究センターの10年.....	3
-------------------------------------	---

柏谷健二・山本政儀

ユーラシア東部における現在の地表プロセスと長期環境変動

—自然計測領域地球環境計測研究部門— .....	7
--------------------------	---

木村繁男・塚脇真二・松木 篤

環境における「流れ」の役割とその解明—自然計測領域エコテクノロジー研究部門— .....	11
--	----

木下栄一郎・鈴木信雄・関口俊男・中村浩二

環日本海域における生物多様性研究の10年—自然計測領域生物多様性研究部門— .....	15
---	----

清水宣明・山田外史・田中茂雄・仁宮一章・柿川真紀子

環境刺激の生体利用と生体計測技術の研究—自然計測領域生体機能計測研究部門— .....	19
---	----

柏谷健二

東アジアにおける研究拠点の形成 —国際的情報発信と研究ネットワーク—

—環境情報領域— .....	27
----------------	----

塚脇真二

金沢大学日本海域研究所と「日本海域研究」—地域研究領域— .....	29
------------------------------------	----

### 【第2部】これからの環日本海域環境研究センター

長尾誠也・長谷部徳子・福士圭介・井上睦夫・濱島靖典・山本政儀

環日本海域から解明する地球環境システム—自然計測領域地球環境計測研究部門— .....	35
---	----

松木 篤・木村繁男・塚脇真二

広域大気汚染の解明と国際的観測網への貢献—自然計測領域エコテクノロジー研究部門— .....	39
--	----

鈴木信雄・関口俊男・木下栄一郎・中村浩二 生物多様性を基盤にした環境学研究－自然計測領域生物多様性研究部門－	45
田中茂雄・柿川真紀子 健康環境を支える生体医用工学の発展を目指して－自然計測領域生体機能計測部門－	49
柏谷健二 東アジアにおけるにおける環境研究ネットワークの展開－モンゴル，中国，韓国，台湾からの提言－ －環境情報領域－	55
塚脇真二・全 希永・Hang Peou 東アジアの中の環日本海域－地域研究の拠点としての地域研究領域－	57
早川和一 これからの環日本海域環境研究センター	61
<b>【論 文】</b>	
東野外志男・中川重紀・小川義厚・田村糸子 石川県－福井県北部海岸平野のボーリングコア中の鬼界アカホヤ火山灰	63
板垣英治 壮猶館翻訳方芝木昌之進と「ハルレー地球万国曆史」について	75
板垣英治 加賀藩の火薬 X. 鉄砲の一統洋式化と改造異風筒	89
<b>【資 料】</b>	
染井正徳 食糧増産と地球温暖化阻止に役立つ地球の薬「ソムレ」	105
「日本海域研究」投稿規定	121

## CONTENTS

### Special Issue on “the 10th Anniversary International Symposium of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University”

Kazuichi HAYAKAWA and Shinji TSUKAWAKI

An Outline of the 10th Anniversary International Symposium of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University..... 1

### [Part 1] Progress Reports of Departments and Divisions during the Past 10 Years

Shigeo KIMURA and Koji NAKAMURA

The Establishment and the Reorganisation of the Institute of Nature and Environmental Technology at Kanazawa University ..... 3

Kenji KASHIWAYA and Masayoshi YAMAMOTO

Present Earth-Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia  
— Division of Global Dynamics, Department of Natural Science and Measurement— ..... 7

Shigeo KIMURA, Shinji TSUKAWAKI and Atsushi MATSUKI

Research Perspectives on Subterranean, Surface and Atmospheric Flows  
— Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement— ..... 11

Eiichiro KINOSHITA, Nobuo SUZUKI, Toshio SEKIGUCHI and Koji NAKAMURA

Studies on Biodiversity in the Sea of Japan Regions of Japan over the Past Decade  
— Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement— ..... 15

Nobuaki SHIMIZU, Sotoshi YAMADA, Shigeo TANAKA and Makiko KAKIKAWA

The Medical Application of Various Environmental Stimulations, and Research Perspectives on Techniques in Bio-Measurement  
— Division of Biological Measurement and Application, Department of Natural Science and Measurement— ..... 19

Kenji KASHIWAYA

International Information Exchanges and Research Networks in Relation to Environmental Process Studies in East Asia  
— Department of Environmental Information— ..... 27

Shinji TSUKAWAKI

The History and Activities of the “Japan Sea Research Institute” at Kanazawa University  
— Department of Regional Studies— ..... 29

### [Part 2] Current Research Activities of the Institute and Its Future Concepts

Seiya NAGAO, Noriko HASEBE, Keisuke FUKUSHI, Mutsuo INOUE,  
Yasunori HAMAJIMA and Masayoshi YAMAMOTO

Revealing the Earth and Environmental Systems from Studies in and around the Circum-Sea of Japan Region  
— Division of Global Dynamics, Department of Natural Science and Measurement— ..... 35

Atsushi MATSUKI, Shigeo KIMURA and Shinji TSUKAWAKI An Investigation of Regional Atmospheric Pollution as a Contribution to the International Observation Network —Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement— .....	39
Nobuo SUZUKI, Toshio SEKIGUCHI, Eiichiro KINOSHITA and Koji NAKAMURA New Approaches to Environmental Studies on the Basis of Research Findings Related to Biodiversity in the Sea of Japan —Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement— .....	45
Shigeo TANAKA and Makiko KAKIKAWA Toward an Advance in Biomedical Technology in the Field of Environmental Health —Division of Biological Measurement and Application, Department of Natural Science and Measurement— .....	49
Kenji KASHIWAYA The Development of Environmental Study Networks in East Asia —Proposals by Mongolia, China, Korea and Taiwan— —Department of Environmental Information— .....	55
Shinji TSUKAWAKI, Hee Young CHUN and Peou HANG The Sea of Japan Region as a Research Hub in East Asia —Department of Regional Studies— .....	57
Kazuichi HAYAKAWA Developing Environmental Studies in East Asia —An Image of the Future from the Perspective of the Institute of Nature and Environmental Technology— .....	61
<b>[Original Articles]</b>	
Toshio HIGASHINO, Shigeo NAKAGAWA, Yoshihiro OGAWA and Itoko TAMURA An Examination of Kikai-Akahoya Ash Found from Drill Cores in the Coastal Plains of Ishikawa Prefecture and the Northern Part of Fukui Prefecture in Central Japan .....	63
Eiji ITAGAKI Studies on the Personal History of Shounosin Sibaki - An English Translator for the <i>Souyu-kan</i> , the Military Department Office of the Kaga Clan, and on His Translated Version of “Peter Parley’s Universal History.” .....	75
Eiji ITAGAKI An Historical Research Paper on the Gun Powder of the Kaga Clan X. Studies on the Westernization of Firearms in Japan, and on the Developmental of the Percussion Cup Gun (from the Original Matchlock Gun) .....	89
<b>[Materials]</b>	
Masanori SOMEI “SOMRE”, a Growth Regulator ‘Medicine’ for the Earth to Increase Food Production and to Stop Global Warming .....	105

## 環日本海域環境研究センター設立10周年記念 国際シンポジウムの概要

早川和一<sup>1</sup>・塚脇真二<sup>2,3\*</sup>

2013年12月28日受理, Accepted 28 December 2013

### An Outline of the 10th Anniversary International Symposium of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

Kazuichi HAYAKAWA<sup>1</sup> and Shinji TSUKAWAKI<sup>2,3\*</sup>

#### Abstract

The Institute of Nature and Environmental Technology was established in April 2002 as a central research institute for the study of environmental science and technology at Kanazawa University. In April 2007, the institute was reorganised into three departments and eight divisions. The Japan Sea Research Institute of the university, which had been a centre of regional studies in the area of the Sea of Japan since 1967, has become a department of the institute.

As an event to commemorate the 10th anniversary of the establishment of the institute, an international symposium was held in Kanazawa on the 13th of December 2012. Research activities and their results within each department and division during the last 10 years were presented and discussed at the symposium.

**Key Words:** Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Sea of Japan, East Asia, Environmental Science

キーワード: 環日本海域環境研究センター, 金沢大学, 日本海, 東アジア, 環境科学

環日本海域環境研究センターはその前身となる自然計測応用研究センターの時代を含めると2012年をもって設立11年になる。自然計測応用研究センターは、「低レベル放射能実験施設」、「電磁場制御実験施設」、「臨海実験所」ならびに「植物園」の4施設を配置・転換するとともに環境科学分野での実績のあ

る理学部・工学部の研究者を新たに加え、自然環境科学と環境工学という理工融合の教育研究施設として2002年4月に設立された。その後の本学における学域再編によって理工学域が誕生したことを考えると、自然計測応用センターはその先駆けであったとも言うことができよう。

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター センター長 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Director, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>3</sup>環日本海域環境研究センター設立10周年記念国際シンポジウム実行委員長 (Chairperson, the 10th Anniversary International Symposium of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

その後、金沢大学における文部科学省21世紀COEプログラム「環日本海域の環境変動と長期・短期の環境変動予測」の研究活動にあたっては自然計測応用研究センターがその中心的役割を担った。この実績をふまえ、また、金沢大学が環日本海域の環境研究をいっそう強力に推進するために、長年にわたる地域研究の実績をほこる本学「日本海域研究所」との統合のもとに、同センターは2007年4月に3領域8研究部門からなるあらたな研究組織「環日本海域環境研究センター」として再編された(表1, 2)。この再編によって当センターは、自然環境の解析や環境工学における最先端の調査研究能力に加え、環日本海域という地域に特化した環境課題に対処できる機能をあわせもつ存在になった。

自然計測応用研究センターの設立から10年がすでに経過したことを記念し、標記国際シンポジウムを金沢大学自然科学研究科棟で2012年12月13日に開催

した(図1)。このシンポジウムの第一部では、この10年間に当センターの各領域・部門にて得られた研究成果の概要が各領域・部門の紹介とあわせ報告された。つづく第二部では、東アジアの中核地域といえる環日本海域における環境研究の展開という観点から、当センターが東アジアにおける知の拠点のひとつとして今後その機能をさらに充実させ発展させるために、各領域・部門で推進されている先端研究や先端技術が紹介された。そして第三部では、当センターの今後の発展にむけての活発な議論がなされた。

日本海域研究第45号の発刊にあたり、特集として当シンポジウムの第一部「環日本海域環境研究センターの10年」ならびに第二部「これからの環日本海域環境研究センター」の講演の概要をここに掲載し、シンポジウムの内容を公表するとともに当センターの今後の発展に向けての資料としたい。

表1 環日本海域環境研究センターの成立と経過.

Table 1 Establishment and history of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University.

1949年5月	理学部附属植物園設立(旧城内キャンパス)
1958年4月	理学部附属能登臨海実験所設立
1967年7月	金沢大学日本海域研究所設立(2007年3月まで)
1975年4月	理学部附属低レベル放射能実験施設設立(2002年3月まで)
1982年4月	工学部附属電気エネルギー変換実験施設設立(1992年3月まで)
1992年4月	工学部附属電磁場制御実験施設設立(2002年3月まで)
1993年4月	理学部附属臨海実験所と名称変更(2002年3月まで)
1995年6月	理学部附属植物園を角間キャンパスに移転
2002年4月	金沢大学自然計測応用研究センター設立
2007年4月	金沢大学環日本海域環境研究センターに改組



図1 2012年12月13日に開催された環日本海域環境研究センター設立10周年記念国際シンポジウム(金沢大学自然科学研究科).

Fig. 1 The 10th Anniversary International Symposium of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University held on the 13th of December 2012.

表2 環日本海域環境研究センターの領域・研究部門構成.

Table 2 Departments and divisions of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University.

環日本海域環境研究センター (Institute of Nature and Environmental Technology)
自然計測領域 (Department of Natural Science and Measurement)
地球環境計測研究部門 (Division of Earth Dynamics)
エコテクノロジー研究部門 (Division of Eco-Technology)
生物多様性研究部門 (Division of Biodiversity)
生体機能計測研究部門 (Division of Biological Measurement and Application)
環境情報領域 (Department of Environmental Information)
自然環境情報研究部門 (Division of Natural Environmental Information)
人間環境情報研究部門 (Division of Human Environmental Information)
地域研究領域 (Department of Regional Studies)
環境・防災研究部門 (Division of Environment and Disaster Prevention)
人文・社会研究部門 (Division of Human and Social Sciences)

## 自然計測応用研究センターと 環日本海域環境研究センターの10年

木村繁男<sup>1,2\*</sup>・中村浩二<sup>3,4</sup>

2013年11月13日受理, Accepted 13 November 2013

### The Establishment and the Reorganisation of the Institute of Nature and Environmental Technology at Kanazawa University

Shigeo KIMURA<sup>1,2\*</sup> and Koji NAKAMURA<sup>3,4</sup>

#### Abstract

The Institute of Nature and Environmental Technology at Kanazawa University was founded in April 2002 as an environmental science and engineering research centre. This was made possible via the integration of some laboratories in the Faculty of Science and the Faculty of Engineering such as the Marine Laboratory and the Low Level Radioactivity Laboratory. The institute was originally composed of four research divisions at its foundation. However, in order to take steps to cope with the new situation created by the launch of the 21<sup>st</sup> Century Centers of Excellence (COE) Program by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, two new divisions for environmental information were set up at the institute three years later in 2005. In 2007, the institute was reorganised into three departments and eight divisions with the aim of establishing an interdisciplinary research centre for the study of environmental science and technology in relation to the Sea of Japan and its surrounding areas.

**Key Words:** Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Sea of Japan, Environmental Science and Engineering, Reorganisation

**キーワード:** 自然計測応用研究センター, 環日本海域環境研究センター, 環日本海域, 環境科学

#### I. 自然計測応用センター設立の経緯

金沢大学工学部では, 2001年度に時限を迎える工学部附属電磁場制御実験施設をどのような研究施設

に改組すべきかの議論がその数年前から行われていた。当時の電磁場実験施設で行われていた研究内容を考慮して, 「バイオ」と「環境」をキーワードとする研究施設とし, 工学部内の土木建設工学科, 機能

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 元センター長 (Former Director, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

<sup>3</sup>金沢大学地域連携推進センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Kanazawa University Center for Regional Collaboration, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>4</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 前センター長 (Former Director, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

機械工学科，人間機械工学科，物質科学工学科が数名ずつ教員をポスト（腰かけ）付きで拠出して，もっと規模の大きい研究施設として文科省への概算要求に盛り込むということで大方の合意が得られていた。そこへ降って湧いたように，理学部にも同様に時限を迎えようとする研究施設がいくつかあり，これらも統合して，工学部付属ではなく，全学的な金沢大学付属の研究施設としてはどうかという話が出てきた。これらの理学部付属実験施設は「低レベル放射能実験施設」，「能登臨海実験所」，「植物園」であった。工学部内で行われていた「バイオ」と「環境」をキーワードとする研究施設」という方針とこれらの理学部付属研究施設の研究内容とが一致したためこのような全学的な改組になったのである。図1はこの間の経緯を示したものである。名称を「自然計測応用研究センター」とし，設立年度は2002年である。研究員の陣容は教授9，助教授5，助手5の計19名である。発足当時の組織図を図2に示す。

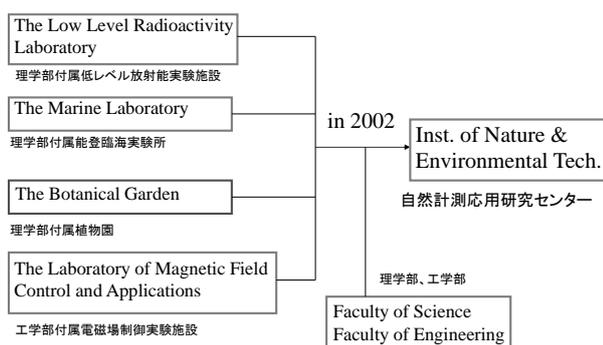


図1 自然計測応用研究センター設立の経緯。  
Fig. 1 History of foundation of the Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University.

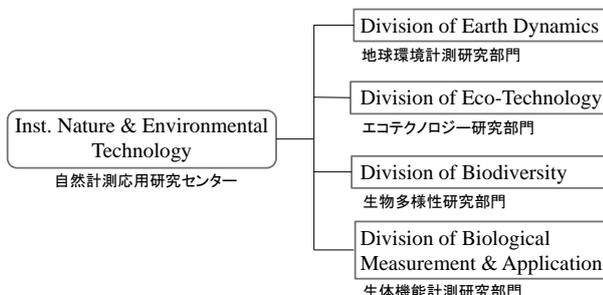


図2 自然計測応用研究センター発足と組織図。  
Fig. 2 Four divisions of the Institute of Nature and Environmental Technology in April 2002.

## II. 自然計測応用研究センターと21世紀COEプログラム

自然計測応用センター設立年度，すなわち2002年の秋に，早川和一教授を拠点リーダーとする文部科学省21世紀COEプログラム「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」（2002年～2006年）が採択された。事業推進担当者20名中9名が自然計測応用研究センターの研究者で占められていた。したがって，センター研究者のその後の研究にもこのプログラムの推進は大きな影響を及ぼした。事実，本プログラムの5つの研究領域のうち大気圏，生態系，陸水・気候変動の3領域研究リーダーがセンターの研究者であった。すなわち，COEプログラムの推進とセンターの研究とはほとんど表裏一体をなす感があった。

COEプログラムが開始された3年後の2004年に，プログラムの研究進捗に関する中間審査があり，その中で「環境計測において，国内外機関との連携・分担の仕組み作りが不十分」との指摘を受け，事業推進担当者が多く所属する自然計測応用研究センターを軸として，他機関との連携を強化する方策がとられた。センター組織を拡充し，これまでの4研究部門に加えて「自然環境情報研究部門」と「人間環境情報研究部門」の二つの部門を設けることになった。これらの部門が窓口となり，中国，韓国，ロシアにセンターの海外分室を置くことができた。これらの分室は現地での観測，データ解析，および人的支援を受ける際に非常な便宜を提供することになった。2005年度のセンター組織図を図3に示す。

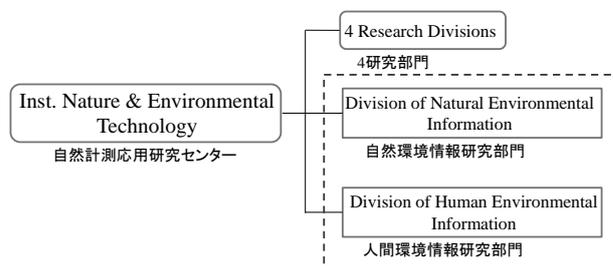


図3 COE中間審査を受けての自然計測応用研究センターの改組。  
Fig. 3 Restructuring of the institute responding to the interim audit of the 21st century COE program.

### Ⅲ. 環日本海域環境研究センターへの改名と改組

21世紀COEプログラムは2006年度をもって終了したが、研究の継続を目指して様々な努力がなされた。当時、喫緊の課題となったのはCOEプログラムを次のグローバルCOEプログラムへ如何にして繋げるかであった。そのための方策が様々な機会に模索された。その中で浮上してきたのが、事業推進研究者の半分以上を占めていた「自然計測応用研究センター」の改名・改組という考えである。このため、学内に存在していた「日本海域研究所」を一つの領域としてセンターに取り込むというものである。この学内研究施設には理工学系と人文社会系の教員が所属しており、センターの弱点であった人文社会学的視点からの研究の強化に貢献することとなった。日本海域の環境研究を理工学的視点と人文社会学的視点の両面からアプローチできる機能を有することになった。

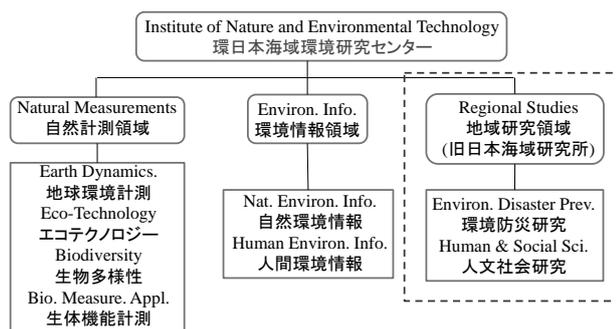


図4 グローバルCOE獲得に向けたセンターの改名と改組。

Fig. 4 Major reorganization and renaming of the institute for targeting for the JSPS global COE program.

すなわち、21世紀COEプログラムの成果として、日本海域の環境研究に重点化した「環日本海域環境研究センター」が設立されたことになる。図4はこのセンターの組織図である。この新たなセンターを母体として、グローバルCOE獲得に努力を重ねたが、残念ながら採択には至らなかった。

しかしながら、21世紀COEプログラムの研究成果は当センターに深く根付いており、能登半島先端の珠洲市にある大気観測所「能登スーパーサイト」を運用して、大陸からの汚染物質の飛来について先駆的観測結果を発信している。また、能登半島全域での里海・里山を対象とした環境変動についての研究も、大型の外部資金により継続して行われている。

### Ⅳ. 今後の展望

能登半島の能登町小木にある当センターの「臨海実験施設」が2013年度から全国共同利用施設になった。この施設が、大気観測を担う珠洲の「能登スーパーサイト」とともに、能登半島の里山・里海プロジェクトの拠点の一つとして重要な働きをすることが期待されている。能美市にある「低レベル放射能実験施設」も全国共同利用施設となることを目指している。一方、人事の面においては、ここ数年の間に当センターの7名の教授が退職することになる。しかしながら、新しい世代はそれぞれの分野で着実に成果をあげている。このような関連施設の充実や顔ぶれの交替に対応し、当センターの研究内容にも大きな変化と新たな展開とが今後期待される。



# ユーラシア東部における現在の地表プロセスと長期環境変動 —自然計測領域地球環境計測研究部門—

柏谷健二<sup>1\*</sup>・山本政儀<sup>2</sup>

2013年11月28日受理, Accepted 28 November 2013

## Present Earth-Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia —Division of Global Dynamics, Department of Natural Science and Measurement—

Kenji KASHIWAYA<sup>1\*</sup> and Masayoshi YAMAMOTO<sup>2</sup>

### Abstract

The Section for the research of Global Environmental Systems (within the Earth Dynamics Division) has dealt with two main themes: 1) present earth-surface processes, and 2) long-term environmental changes, via international joint projects with Russia, Mongolia, China, Korea, and Taiwan.

**Key Words:** Division of Earth Dynamics, global environment, Present earth-surface processes, long-term environmental changes, East Eurasia

**キーワード:** 地球環境計測研究部門, 地球環境, 現在の地表プロセス, 長周期環境変動, 東ユーラシア

発足時における地球環境システム分野の研究目的は「地水圏や気圏の動態や人間活動との相互活動について, 主として陸域環境やそれを構成する物質に関する時間・空間解析を通じて各種の知見を集約し, 地球の環境システムの構造や変化を明らかにする研究を目指す。さらに今後の動向に関する予知・予測についても研究を進める。」と謳われていた。具体的な研究は「ユーラシア東部における現在の地表プロセスと長期環境変動」を大きなテーマに「現在の地表プロセスと歴史時代の環境変動」および「ユーラ

シア東部における長周期環境変動」という二つのプロジェクトを中心に進めてきたが, その内容の多くは以下のプロジェクトや国際会議等に示される。

---

2002年11月: 文部科学省21世紀COEプログラム「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」の開始。地球環境システム分野を中心に陸域環境変動領域を構成。

2003年2月: 「現在の地表プロセスと歴史時代の環境

---

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域地球環境計測研究部門 前部門長 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Former Leader, Division of Earth Dynamics, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域地球環境計測研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Earth Dynamics, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

変動」プロジェクトの一環として韓国地質資源研究院・慶熙大学との共同研究「東アジアの地表プロセス」を開始。

2003年10月:「ユーラシア東部における長周期環境変動」プロジェクトに基づいて国際共同研究「Hovsgol Drilling Project (モンゴル・フブスグル湖)」を開始(金沢大・名古屋大・ロシア科学アカデミー地球化学研究所・モンゴル科学アカデミー地質資源研究所・韓国地質資源研究院)。

2003年11月24~28日:「ユーラシア東部における長周期環境変動」を展開するための国際会議「Terrestrial sediment information and long-term environmental changes in East Eurasia(ユーラシア東部の陸域堆積物情報と長周期環境変動)(主催, 金沢大学)」の開催。

2004年3月:Hovsgol Drilling ProjectによるコアHDP04の採取(モンゴル・フブスグル湖)。

2004年10月4~7日:「現在の地表プロセスと歴史時代の環境変動」を展開させるために国際会議「Present earth surface processes and historical environmental changes in the Far East(極東地域における現在の地表プロセスと歴史的環境変動)」を開催(韓国・大田, 韓国地質資源研究院共催)。

2004年11月15~18日:「ユーラシア東部における長周期環境変動」を展開するための国際会議「Environmental Processes of East Eurasia: Past, Present and Future(ユーラシア東部における諸環境プロセス; 過去・現在・未来)」の開催(中国・西安, 中国科学院地球環境研究所共催)。

2005年10月17~21日:「現在の地表プロセスと環境変動」に関する国際会議「第2回国際ワークショップ: Present earth surface processes and historical environmental changes in East Asia(東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動)」の開催(日本・金沢, 韓国地質資源研究院共催)。

2005年12月6~10日:「ユーラシア東部における長周期環境変動」に関する国際会議「Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas(ユーラシア東部とその近隣地域における陸域環境変動)」の開催(韓国・慶州, 韓国地質資源研究院・名古屋大学共催)。

2006年1月17~18日:国際会議「第1回日中国際ワークショップ: Protection and Restoration of

Environmental Ecology in North-east Asia」の開催(中国・延吉, 延辺大学共催)。

2006年6月9~15日:国際会議「Joint International Meeting on Environmental Changes and Earth Surface Processes in Semi-arid and Temperate Areas」の開催(モンゴル・ウランバートル, モンゴル科学アカデミー地理研究所・日本地形学連合等共催)。

2006年7月28~30日:国際会議「第3回国際シンポジウム: Protection and Restoration of Environmental Ecology」の開催(中国・延吉, 延辺大学共催)。

2006年9月26~30日:国際会議「第3回国際ワークショップ: Present earth surface processes and historical environmental changes in East Asia(東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動)」の開催(韓国・ソウル, 韓国地質資源研究院共催)。

2006年12月5~9日:国際会議「第5回国際シンポジウム: Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas(ユーラシア東部とその近隣地域における陸域環境変動)」の開催(日本・名古屋, 中国科学院地球環境研究所・韓国地質資源研究院・名古屋大学等共催)。

2007年1月30~31日:国際会議「第2回日中国際ワークショップ: Earth Surface Processes and Environmental Changes in North-East Asia」の開催(日本・金沢, 延辺大学共催)。

2007年3月17~22日:国際会議「日台共同シンポジウム: Geomorphological Hazard and Management(地形災害とその管理)」の開催(台湾・台北, 国際地形学会・国立台湾大学・日本学術会議・日本地形学連合共催)。

2007年8月24~28日:国際会議「第6回国際シンポジウム: Environmental and Climatic Changes and Biodiversity in East Eurasia and Adjacent Areas」の開催(ロシア・バイカル, ロシア科学アカデミー地球化学研究所等共催)。

2007年9月17~21日:国際会議「第4回国際ワークショップ: Present earth surface processes and historical environmental changes in East Asia(東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動)」の開催(中国・南京, 中国科学院南京地理湖沼研究所・韓国地質資源研究院共催)。

- 2008年8月23～28日：国際会議「第7回国際シンポジウム「Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas」の開催（モンゴル・フブスグル，モンゴル科学アカデミー地質鉱物資源研究所等共催）。
- 2008年10月7～11日：国際会議「第5回国際ワークショップ：Present earth surface processes and historical environmental changes in East Asia（東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動）」の開催（日本・函館，中国科学院南京地理湖沼研究所・韓国地質資源研究院共催）。
- 2009年9月26～30日：国際会議「第6回国際ワークショップ「Present earth surface processes and historical environmental changes in East Asia（東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動）」（台湾・台北，国立台湾大学，中国科学院南京地理湖沼研究所・韓国地質資源研究院共催）。
- 2010年1月19日：ユーラシア東部／環日本海域・国際環境セミナー「東アジアにおける地表プロセスと環境」の開催。
- 2010年10月6～10日：国際会議「第7回国際ワークショップ：Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動）」の開催（韓国・済州島，国立台湾大学・中国科学院南京地理湖沼研究所・韓国地質資源研究院共催）。
- 2010年11月6～13日：国際会議「第8回国際シンポジウム：Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas」の開催（中国・雲南，中国科学院地球環境研究所共催）。
- 2011年3月29日～4月1日：日中韓国際共同研究南京会議の開催（中国・南京）。
- 2011年6月4日～8日：日中韓国際共同研究野外会議の開催（日本・渡島大沼）。
- 2011年8月16日～18日：日中韓国際共同研究野外会議の開催（中国・興凱湖）。
- 2011年9月1～3日：国際シンポジウム「Earth surface processes, natural disasters and historical environmental changes in North-east Asia（東北アジアにおける地表プロセス，自然災害そして歴史的環境変動）」の開催（日本・金沢，韓国地質資源研究院・国立台湾大学・日本地形学連合・日本学術会議IAG小委員会共催）。
- 2011年10月10～14日：国際会議「第8回国際ワークショップ：Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動）」の開催（中国・成都，成都理工大学，国立台湾大学，中国科学院南京地理湖沼研究所・韓国地質資源研究院共催）。
- 2011年11月21日～23日：日中韓国際共同研究野外会議の開催（韓国・義林池）。
- 2012年10月8～13日：国際会議「第9回国際ワークショップ「Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia東アジアにおける現在の地表プロセスと歴史的環境変動）」の開催（日本・神戸，神戸大学・中国科学院南京地理湖沼研究所・同地球環境研究所・韓国地質資源研究院・国立台湾大学との共催）。



## 環境における「流れ」の役割とその解明 —自然計測領域エコテクノロジー研究部門—

木村繁男<sup>1\*</sup>・塚脇真二<sup>1</sup>・松木 篤<sup>1</sup>

2013年12月28日受理, Accepted 28 December 2013

### Research Perspectives on Subterranean, Surface and Atmospheric Flows —Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement—

Shigeo KIMURA<sup>1\*</sup>, Shinji TSUKAWAKI<sup>1</sup> and Atsushi MATSUKI<sup>1</sup>

#### Abstract

The Division of Eco-Technology is composed of three sub-divisions. These are the Environmental Conservation Systems, Eco-Energy, and Geological Science sub-divisions. In order to better understand of subterranean, surface and atmospheric flows, the division has conducted activities, which have included, 1) research and development towards innovations in atmospheric observation techniques and their field applications, 2) evaluation and utilization techniques in relation to geothermal energy, and fundamental analyses of the associated transport processes, and 3) the investigation of changes in the Earth's surface environment using geological techniques.

**Key Words:** environment, eco-technology, flow, atmosphere, PM2.5, Noto Super Site, subsurface transport process, geothermal energy, environmental change, Sea of Japan, geoscience

**キーワード:** 環境, 流れ, エコテクノロジー, 大気, 黄砂, PM2.5, 能登スーパーサイト, 地下水流速計, 地熱利用, 環境変動, 日本海

#### I. はじめに

環日本海域環境研究センターエコテクノロジー研究部門は「環境における流れの役割とその解明」をキーワードに、地球表面における流体力学と熱・物質移動論、さらには時間の流れにともなう自然環境の変化に着目しながら、環境に関連する種々の事象の解析、計測技術の開発を行ってきた。本研究部門は「環境保全システム分野」、「エコエネルギー分野」、「環境動態解析分野」の3つの研究分野からなる。そ

れぞれの研究分野では、1) 大気環境計測における技術的革新をめざした研究開発とフィールドへの応用、2) 自然界のエネルギー源の計測ならびに利用のための要素技術の開発、3) 地球科学的な解析技術を用いての自然環境変動の将来予測に関する研究を行っている。以下に各研究分野の成果と今後の展開について報告する。

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町  
(Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental  
Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

## II. 各研究分野での主要な成果

### 1) 環境保全システム分野

本研究分野では、その研究対象を大気圏の環境に絞って研究を行っている。環日本海域環境研究センターの東アジア各地（中国，韓国，ロシア）に展開する海外分室との連携や、気球・航空機観測技術を多用し、黄砂の三次元的な分布や移動形態に着目した研究を展開している。日本国内からの汚染物質の飛来が少ない，能登半島先端の珠洲市に観測センター「能登スーパーサイト」を設置し，これまで日本海上空で黄砂粒子に起こる物理・化学的な変質過程，黄砂層と挙動をともしする浮遊微生物の存在などを明らかにした。図1は係留気球による大気観測の様子である。図2に，日本海上空でそれぞれ異なる度合いの物理・化学的変質を受けたと考えられるふたつの黄砂粒子の電子顕微鏡写真を示す。稜や角を持つ非球形の黄砂粒子が，球形になっていることがわかる。本来水に溶けにくいとされた鉱物粒子が，日



図1 係留気球による大気計測（能登スーパーサイト）。

Fig. 1 Atmospheric in-situ observation using a tethered balloon at Noto Super Site.

本海上空を移動する間に変質し，水分を含み液状化したためである。また，二つの間の化学組成にも変化がみられる。こうした発見は，黄砂の気候への影響を考える上でも非常に示唆に富んだものであった。

### 2) エコエネルギー分野

飽和多孔質体中での混合対流熱伝達の特性を利用した，単一調査井を用いる「地下水流速流向計」を

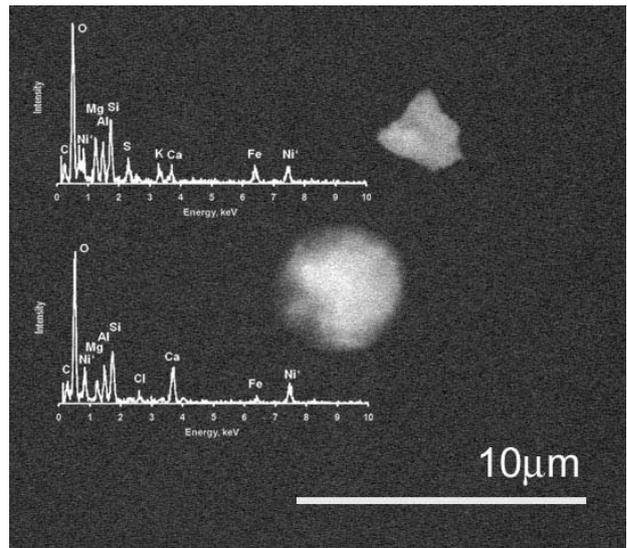


図2 非球形を保ったままの黄砂粒子（上）と日本海上空で化学変化を起こして変質したと考えられる黄砂粒子（下）の電子顕微鏡写真（珠洲において採取）。

Fig. 2 Electron microscopic images of an irregularly shaped intact Kosa particle (above) and a spherically shaped Kosa particle which is considered as a result of chemical processing during the passage over the Sea of Japan (below).



図3 実用化された単一孔井を用いる地下水の流向流速計。

Fig. 3 Single-Borehole groundwater velocimeter put to practical use.

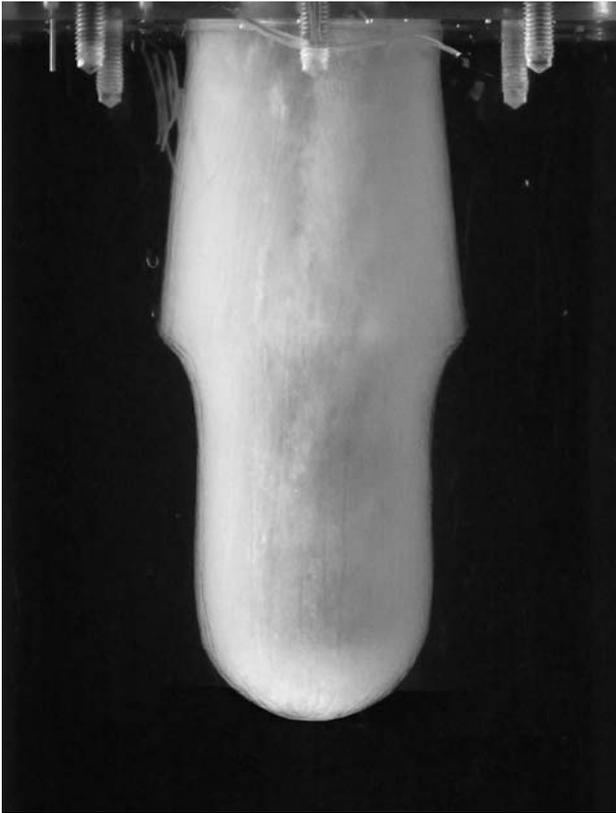


図4 マグマからの熱抽出に関連して、多成分系融液からの熱抽出実験で形成された熱交換器周りの凝固層。

Fig. 4 Solidified layer formed from aqueous solution of  $\text{NaNO}_3$  simulating the solid layer formation on a vertically-positioned cylindrical heat exchanger put in molten magma chambe.

開発し実用化した。実用化された地下水流向流速計のプローブ部分を図3に示す。また、ライダーで大気を走査することにより得られるエアロゾルの三次元分布状態の時間変化から、PIV (Particle Image Velocimetry) の原理を応用した大気の流れ計測の可能性 (「風ライダー」) を提案した。地熱エネルギーに関連した研究では、マグマ溜りからの熱抽出の際に問題となる、地中熱交換器周囲の凝固層の制御について、実験的に検討した。多成分系のマグマの挙動を模擬するために、硝酸ナトリウム水溶液を用いた実験を行い、凝固の進行とともにマグマ溜り内に濃度の分化が発生し、それが熱交換器周囲の凝固相厚さにも影響を及ぼすことを明らかにした。融液内の濃度分化により、熱交換器周りの凝固相厚さが変化した様子を図4に示す。

### 3) 環境動態解析分野

本研究分野の研究対象地域は北陸地方の陸域なら



図5 海洋開発研究機構の海洋研究船「淡青丸」による日本海中央部大和堆での海底堆積物調査。

Fig. 5 Sediment sampling at the Yamato Rise in the central part of the Sea of Japan using R/V *Tansei-maru* of JAMSTEC.



図6 高精度地質図作成のための地質調査 (石川県津幡町)。

Fig. 6 Geological survey in the Kariyasu area, Tsubata town, central Ishikawa Prefecture.

びにわが国経済水域下の日本海、および東南アジア大陸部・同沿岸域のふたつに分けられる。日本海を対象とした研究では、日本海における過去約2万年間の海洋環境変遷史、とくに対馬暖流の流入時期と流入経路を解明するとともに、日本海における海底堆積物の空間分布を明らかにし、陸源性堆積物の起源と流入経路を明らかにしてきた。日本海における海底堆積物採取作業のようすを図5に示す。その一方で、2011年3月の東北大震災を受けて、今後の開発や防災、生涯教育などへの普遍的使用を目的に、精密な地質調査 (図6) にもとづく高精度地質図を作成し公表する準備を整えた。また、東南アジア地域では、カン



図7 南タイのカオラック沖でのスマトラーアンダマン津波堆積物調査。

Fig. 7 Sediment sampling off-Khaolak Coast in South Thailand in 2005.

ボジアのトンレサップ湖やこの湖に関連する河川系の過去1万5千年間の環境変遷史についての研究や、2004年12月にマレー半島西岸を襲ったスマトラーアンダマン巨大津波の堆積学的調査を行った。とくに津波が与える海岸環境への影響について、堆積物の調査からこれを明らかにするとともに、津波の来襲前の試料と来襲後の試料とを比較することで、海底の堆積物に含まれる生物群集の変化から、海底生態系の津波からの復旧状況などを調べた（図7）。この成果は東北地方を襲った津波が与えた生態系の変化の解明にも適用できるものと考えている。

### Ⅲ. おわりに

中国奥地での砂漠化の進行や同沿岸部における工業化により、ユーラシア大陸からの黄砂や大気汚染物質（PM2.5）の日本への飛来が頻繁になってきて

おり、国民生活に与える影響も徐々に深刻なものになりつつある。それとともにこれらの汚染物質への国民の関心も高まってきている。また、最近の原発問題に端を発して、再生可能エネルギーの一つである地中熱利用についての関心も国民の間で高まっており、地下水流の大きさが地中熱交換器の性能を決定する重要な因子であることから、前述の地下水流速流向計による地下水流動計測が注目を浴びている。さらに、1995年の阪神淡路大震災や2011年の東日本大震災をきっかけとして、地震や津波、火山の噴火といった自然災害に対する国民の防災意識はますます高まってきており、本研究部門で作成した金沢市および周辺地域の地質図は、これらの地域における今後の防災事業のみならず、市民の生涯教育などへ向けての資料となることが期待されている。

なお、大気汚染や黄砂問題に代表される環日本海域環境の現状と今後の動向を探る上で、能登地域が持つ観測戦略上の重要性に着目し、珠洲市に「能登スーパーサイト」が設置されたことは既述のとおりである。今後は、東アジア地域を代表する研究集中志向型の観測拠点とすべくこのスーパーサイトの機能をさらに発展させ、国内外の研究機関との連携推進やグローバルな観測ネットワークへの貢献を通じて、将来の気候変動をはじめとする人為的環境影響の評価・予測に寄与していく予定であり、スーパーサイトでの観測研究を本研究部門のフラッグシッププログラムとしながらも、地下流体や表層環境変動の研究とあわせ、「環境における流れの役割とその解明」を本研究分野の基幹研究課題として今後も研究にとりくむ予定である。

## 環日本海域における生物多様性研究の10年 —自然計測領域生物多様性研究部門—

木下栄一郎<sup>1\*</sup>・鈴木信雄<sup>2</sup>・関口俊男<sup>2</sup>・中村浩二<sup>3</sup>

2014年1月16日受理, Accepted 16 January 2014

### Studies on Biodiversity in the Sea of Japan Regions of Japan over the Past Decade

—Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement—

Eiichiro KINOSHITA<sup>1\*</sup>, Nobuo SUZUKI<sup>2</sup>, Toshio SEKIGUCHI<sup>2</sup> and Koji NAKAMURA<sup>3</sup>

#### Abstract

The Division of Biodiversity aims to examine the following: 1) the relationships between biodiversity and the environment, 2) the effect of human activities on ecosystems and biodiversity, and 3) the effect of pollutants on ecosystems and biodiversity. The sub-division of terrestrial biodiversity has conducted the Japan *Satoyama - Satoumi* Assessment (2007-2010) and field studies on the relationships between many terrestrial animals and various environments in the Satoyama area of the Kakuma campus of Kanazawa University. The sub-division of marine biodiversity of the Noto Marine Biology Station has also investigated the lifestyle of the beard worm *Oligobranchia mashikoi* (Pogonophora) and their environmental physiology using fish as a subject for investigation.

**Key Words:** *Satoyama - Satoumi*, ecosystem, Pogonophora, environmental physiology  
キーワード: 里山-里海, 生態系, Pogonophora, 環境生理学

#### I. はじめに

環日本海域環境研究センター生物多様性部門は、陸上生物多様性分野ならびに海洋生物多様性分野の2分野から構成され、1) 環日本海域および北陸地域における“生物の多様性”と“環境の多様性”の相

互関係を解明すること、2) 環境の自然変動および人間活動による変動が生物の多様性と生態系におよぼす影響を明らかにすること、3) 環境汚染物質が生物の多様性と生態系におよぼす影響を明らかにすること、を主な研究目的としている。これらを明らかにするために多様な研究方法を採用し、それらはDNA

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生物多様性研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生物多様性研究部門能登臨海実験施設 〒927-0553 石川県能登町 小木ム4-1 (Noto Marine Laboratory, Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4-1 Ogi Mu, Noto-cho, 927-0553 Japan)

<sup>3</sup>金沢大学地域連携推進センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Kanazawa University Center for Regional Collaboration, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

レベルの遺伝子解析から個体や群集レベルで系統学的あるいは生態学的手法等を用いての研究にまでおよんでいる。これらの研究は、能登半島の臨海実験施設や能登学舎（能登半島・里山里海自然学校）および角間キャンパスの植物園、里山地区、金沢大学創立50周年記念館「角間の里」を拠点に実施している。

## II. 陸上生物多様性分野

陸上生物多様性分野は、金沢大学角間キャンパス内の里山地区の保全・活用事業、および能登半島の里山里海の自然資源の持続的活用を通しての地域再生を担う人材養成事業の中心的役割を果たし、いずれも大きな成果を上げている。さらに、国連大学高等研究所等による「日本の里山・里海評価（Japan Satoyama Satoumi Assessment, JSSA）」の実施（2007～2010）に中心的役割を果たしてきた。

金沢大学角間キャンパス内の里山地区では、群集生態学的な研究が行われ、土壌動物、地上歩行性昆虫、クモ類、鱗翅目昆虫など、それぞれの種多様性と環境の多様性の関係を明らかにした。また、同地区において、棚田の復元過程に見られる植物相と植生の変化、ならびにそこに生息する昆虫相の継続的な調査によって、水田の生物群集と環境要因との関係を明らかにしつつある。さらに、同地区では、被子植物の交配システムに関する研究が継続して行われている（図1）。

一方、サトイモ科テンナンショウ属植物の性転換に関する研究においては、個体識別を行う遺伝マ

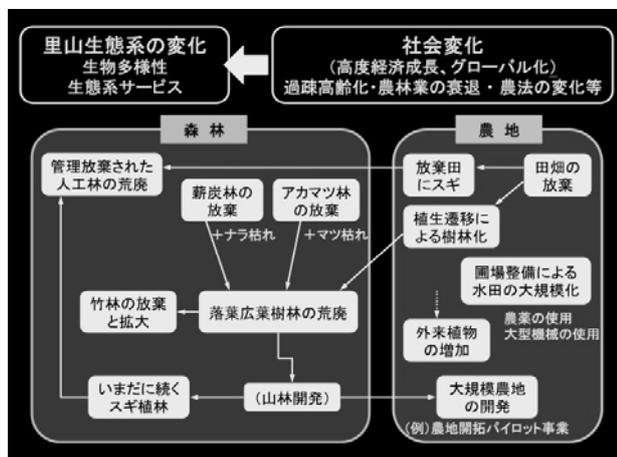


図1 日本の里山評価。  
Fig. 1 Satoyama assessment in Japan.

カーとしてマイクロサテライト領域を使用し、果実の花粉親を特定して雄株と雌株の繁殖成功を測ることに成功した。さらに、自家不和合性から自家和合性への進化に関する研究が、自生しているガズミ属植物4種を用いて行われている。

## III. 海洋生物多様性分野

能登半島東岸にある臨海実験施設（図2）を拠点に活動する海洋生物多様性分野では、マシコヒゲムシの研究ならびに魚の骨代謝を中心とした環境生理学に関する研究を実施している。本施設は、閉鎖性の極めて高い日本海に突出する能登半島先端部の富山湾側（石川県能登町小木）に設置されており、日本海を生物学的に、生態学的に、また環境科学的にモニターするには絶好の位置にある。

マシコヒゲムシは九十九湾の水深9～25mの硫化物に富む泥中に生息している。マシコヒゲムシは口も腸もなく、化学合成細菌を共生させエネルギーをもらうことで生命を維持している。当分野はマシコヒゲムシの全長の採集に2003年に成功した。そして、マシコヒゲムシの形態学的解析の結果、きわめて特徴的な終体部をもつことが明らかになった。また、2007年にはマシコヒゲムシが海底で生きている様子を撮影することにも成功した。現在、水深9mのフィールドを中心に、マシコヒゲムシの生理・生態学的研究を実施している。

一方、魚の骨代謝に関与するホルモンの研究を基盤にして、重金属を含む環境汚染物質や、内分泌かく乱化学物質（多環芳香族炭化水素類、トリブチルスズビスフェノールA等）の骨に対する作用を研究している。血液中のカルシウム濃度および骨代謝に



図2 能登臨海実験施設の全景。  
Fig. 2 An overall view of the Noto Marine Laboratory.

関与するホルモン濃度、骨に特異的なマーカーの解析をin vivoで解析するとともに、in vivoに近い骨のモデルとしてウロコを用いる評価システムを開発し、このアッセイ系を環境学研究に応用している。さらに、海産無脊椎動物のウニを用いて、骨片形成に及ぼす多環芳香族炭化水素類の影響を解析することで、脊椎動物に加えて海産無脊椎動物における環境生理学の研究も進めている。

#### IV. 今後の展望

本研究部門の臨海実験施設は、平成24年度共同利

用・教育拠点「日本海域環境学教育共同利用拠点」として認定された。今後は環日本海域環境研究センターの教員の協力及び支援を受けつつ、本施設での独自の研究を基盤に「総合的日本海域環境学」の講義と実習を、日本海の未来への展望を込めつつ全国の大学等に対して実施していく予定である。一方の陸上生物多様性分野も、金沢大学の里山地区や植物園を研究活動の拠点に、能登半島の里山里海の自然資源の持続的活用を通しての地域再生を担う人材養成事業や、これに関連する生物学的・生態学的な調査研究に今後も取り組む予定である。



## 環境刺激の生体利用と生体計測技術の研究 —自然計測領域生体機能計測研究部門—

清水宣明<sup>1\*</sup>・山田外史<sup>1</sup>・田中茂雄<sup>1</sup>・仁宮一章<sup>2</sup>・柿川真紀子<sup>1</sup>

2013年11月11日受理, Accepted 11 November 2013

### The Medical Application of Various Environmental Stimulations, and Research Perspectives on Techniques in Bio-Measurement —Division of Biological Measurement and Application, Department of Natural Science and Measurement—

Nobuaki SHIMIZU<sup>1\*</sup>, Sotoshi YAMADA<sup>1</sup>, Shigeo TANAKA<sup>1</sup>, Kazuaki NINOMIYA<sup>2</sup>  
and Makiko KAKIKAWA<sup>1</sup>

#### Abstract

The research division has developed a measurement technique for measuring electromagnetic fields, hazardous chemicals, and noise stresses that humans are exposed to. This technique has contributed to the protection of the environment, the safer management of industrial activity, the creation of new industrial technique, and a healthier way of life for mankind. Moreover, the division has started new research using biotechnological techniques recently.

**Key Words:** biological measurement, medical applications, magnetic effect, chemical reaction, mechanical effect, biomagnetics

**キーワード:** 生体機能, 計測, 医療応用, 磁気効果, 化学作用, 機械的作用, バイオマグネティックス

#### I. はじめに

生体機能計測研究部門のスタッフは, 先のセンターである自然計測応用研究センターの設立時, 工学分野から参画し, センターのミッションを考慮しつつ研究開発を推進してきた。本稿では, これらの研究内容の一部について紹介する。

当部門の研究テーマは, 「生体機能」と「計測」のキーワードのもとに図1に示すよう電気, 機械, 化学, 生物工学分野の各研究スキルからの生体機能, その計測法, また医療工学への応用研究に取り組むとともに, 2007年の環日本海域環境研究センターへの改称に伴い, バイオからの環境関連テーマの研究内容も取り入れて研究を進めた。

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生体機能計測研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Biological Measurement and Application, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

Contribution to Measurement & Control in bio & Environmental fields  
by “Engineering”

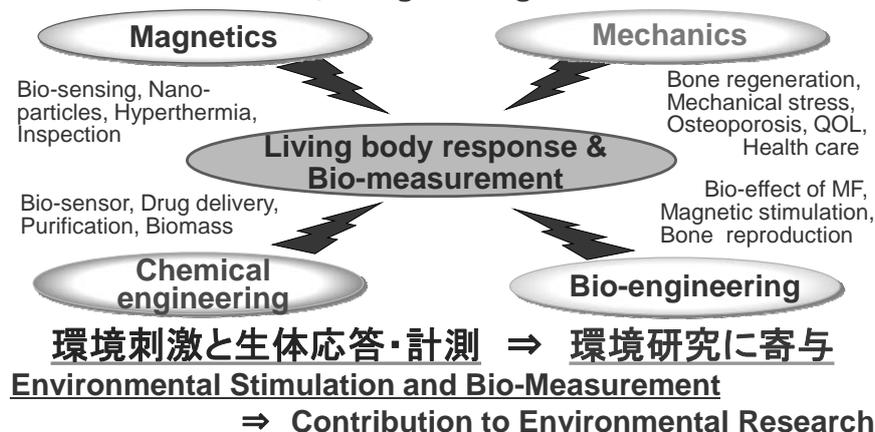


図1 生体機能計測部門の研究領域.

Fig. 1 Research fields in Division of Biological Measurement and Application.

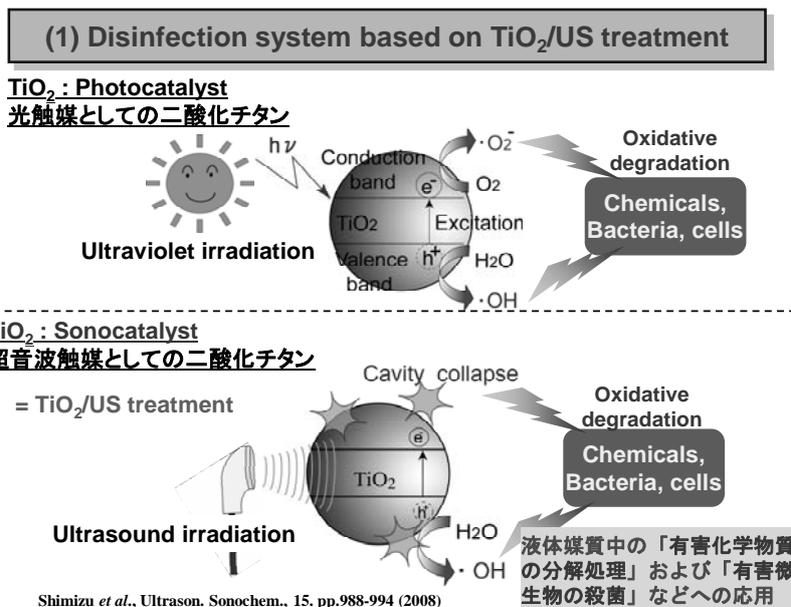


図2 二酸化チタンと超音波照射を組合せた新規がん細胞の殺傷技術.

Fig. 2 A novel method for injuring cancer cells with combined use of titanium dioxide and ultrasound.

II. 新規な機能性材料の開発とそのヒト健康維持と地球環境保全への応用 —清水宣明・仁宮一章—

遺伝子組換え手法を応用した新規な生体分子や微生物の開発，さらに核酸やタンパク質などの生体分子と無機材料を組み合わせることによる新規な機能性材料の開発を行ない，それら機能性材料を，ヒトの健康維持(がん治療や迅速診断キットの開発など)や，地球環境の保全(環境モニタリングやバイオマ

スエタノールの効率的な生産)へと応用してきた。

1) がん治療に役立つ生体材料の開発 (Ninomiya et al., 2012a, 2014)

光触媒として知られている二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)に超音波を照射することにより非常に強い酸化力を持つヒドロキシルラジカルが生成することを見出し，この性質を利用した新しいがん治療法を提案した(図2)。がん細胞を特異的に認識するタンパク質・核酸等の生体分子(正常細胞には結合しない)でTiO<sub>2</sub>

ナノ粒子表面を修飾した。これにより、TiO<sub>2</sub>ナノ粒子をがん細胞に効率的に集積させた後、超音波照射によってナノ粒子表面からOHラジカルを発生させることで、がんを根絶するシステムを開発した。

## 2) バイオマスの有効利用 (Ninomiya *et al.*, 2012b, 2013)

稲わらや木材といった廃棄物であるリグノセルロース系バイオマスを原料として、燃料や化成品原料を酵素反応・微生物発酵を通じて効率的に生産する基盤技術を開発した。特に、イオン液体と超音波で処理することにより、リグノセルロース系バイオマス中に含まれる糖の高分子であるセルロースと芳香族系化合物の高分子であるリグニンを効率的に分画し、その両方を高付加価値物質へと変換するリグノセルロース・リファイナー技術の構築を行った (図3)。

### Ⅲ. 磁気による生体計測・環境浄化 —山田外史—

#### 1) 磁気センサによる生体計測 (Haraszczuk *et al.*, 2011)

本研究は、独自の磁気センサ構造の発想のもとに数十μmの大きさの磁気抵抗効果素子を300-400μm径、

長さ30mmのセラミック製の針の先端に作製した差動形の磁気センサプローブを実現し、地磁気環境で数10nTオーダーの微小磁気信号の計測を可能にし、医療分野への応用を検討した (図4)。

#### 1-1) 磁性微粒子の医療応用での濃度計測

針状磁気プローブにより、磁気計測による体内などに注入された磁性微粒子の濃度計測がある。磁性微粒子を含む媒質内の磁界の直接計測により、比磁化率 ( $\chi^* = 0.001-0.02$ ) の計測から磁性微粒子の重量濃度範囲 0.05-1.0 wt% を推定することができた。

#### 1-2) 免疫学的検査法への応用

免疫学的検査法の応用を目指した磁性微粒子の複素磁化率の測定の可能性を検証した。本手法は、液相での免疫学的検査法を実現するに必須の技術であり、新規な生体計測への応用を提案した。

#### 2) 磁気アクチュエータによる環境浄化 (Yamada *et al.*, 2013)

液体を微小時間内に断熱圧縮・膨張させると、無数の小さな気泡が発生、崩壊する。この現象をキャビテーションとよばれ、10,000K程度のパルスパワーを発生する。このパルスパワーにより添加された

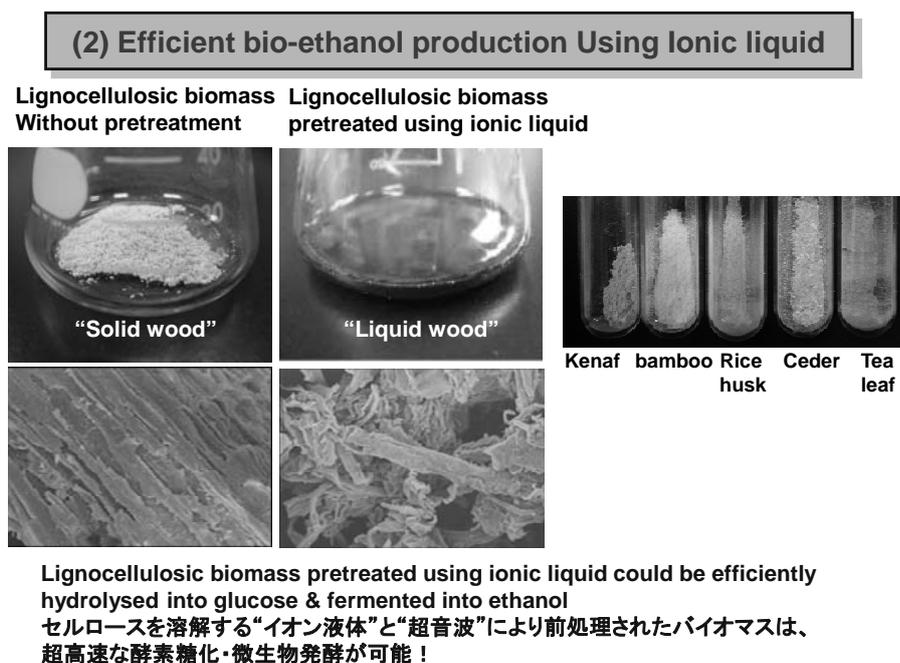


図3 イオン液体と超音波を用いたバイオマス処理.

Fig. 3 Pretreatment of lignocellulosic biomass material using ionic liquid and ultrasound irradiation.

TiO<sub>2</sub>の励起によるラジカルにより殺菌作用が発生する。本研究は、キャピテーションを発生するために超磁歪アクチュエータとピストンシリンダーの発生装置を検討するとともに、細菌、ウイルス、さらに菌類の殺菌、不活性化の作用を個体からDNAレベ

ルにわたり検討した (図5)。

自然界の水として川の菌類に対する殺菌評価を行った結果、装置駆動0分の生菌数を100%として、大腸菌を使って同条件で行った結果とも比較して評価した。この結果、同上の処理を行った結果で93%

## (1) Magnetic sensing and bio-magnetics

- マイクロ磁気センサによる医療計測システム -

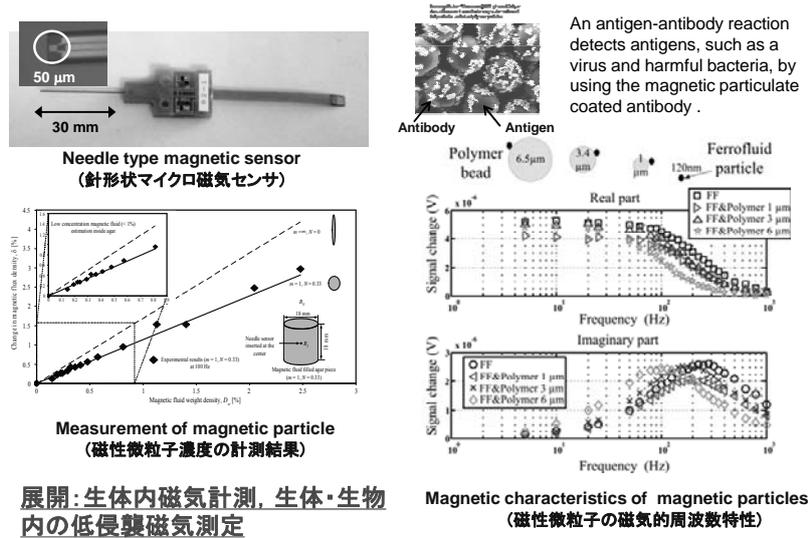
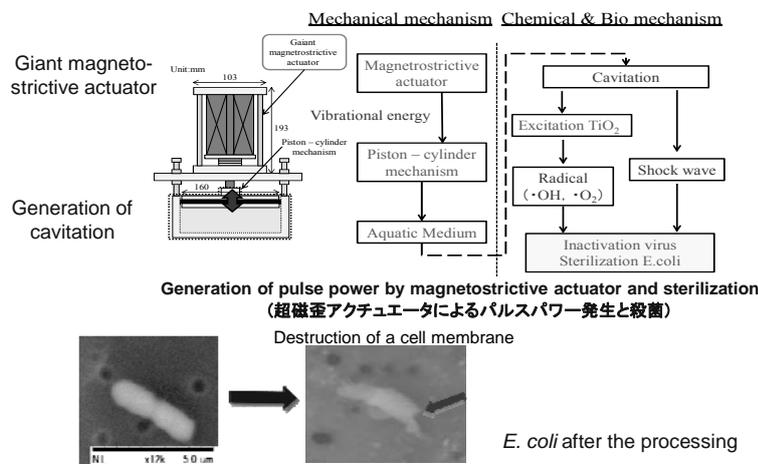


図4 磁気センサとバイオ応用.

Fig. 4 Magnetometric sensor and its bio-application.

## (2) Magnetic sensing and bio-magnetics

- パルスパワーによるラジカル生成と殺菌 -



展開: 非薬物的な殺菌作用, 水質浄化システムへの適用

図5 超磁歪アクチュエータによる環境浄化.

Fig. 5 Environmental purification by giant magnetostrictive actuator.

の生菌数の減少がみられたが、キャビテーションのみでの場合では23%の減少しかみられなかったため、TiO<sub>2</sub>励起から発生したラジカルによる殺菌効果が大きい結果となった。

#### IV. 力学刺激による骨形成促進 — 田中茂雄 —

##### 1) 力学刺激による再生骨の石灰化促進 (Tanaka, 2010, 2012)

骨粗鬆症や事故により骨欠損が生じた場合、その治療のために骨移植や人工骨が利用されてきた。しかなしながら、前者では抗原性や感染性などの生体適合性に関する問題が、一方、後者では摩耗やルーズニングといった力学的適合性の問題が存在する。それに対し、患者自身の幹細胞を使い生体外で再生される再生骨はこれらの問題を解決できる可能性を秘めている。しかし、一方で、生体外での骨芽細胞の石灰化能は弱く、十分な剛性と強度を持つ基質が作られない。これまで、分化誘導物質の添加やさまざまな担体素材の開発が行われているが、生体骨並みの石灰化度および力学的強度特性を持つ再生骨は実現できていない。

本研究では、力学刺激を用いて骨芽細胞による石灰化を促し、再生骨の力学的強度特性を生体骨のそ

れと同等レベルに向上させることを目的としている。ラットの間葉系幹細胞から分化させた骨芽細胞を培養担体 (I型コラーゲンスポンジ) へ播種し、培養することで再生骨を作製した (図6右上)。また、力学刺激 (振幅0.2%圧縮ひずみ、周波数1Hzの正弦波) は、ピエゾ式力学刺激装置により1日1回3分間、培養チャンバー内の再生骨へ与えた (図6左)。1ヶ月の刺激実験の結果、力学刺激を与えることで有意に再生骨の石灰化が促進されることが分かった (図6右下)。

現状ではまだ生体骨並みの石灰化度には達していないが、今後、刺激パターンの検討やより剛性の高い担体素材の選択を通してさらなる再生骨の石灰化促進と力学強度特性の向上を目指す。

##### 2) 電氣的筋刺激による骨形成促進 (萬谷ほか, 2013 ; Tanaka *et al.*, 2008)

骨密度の減少を特徴とする骨粗鬆症は、高齢者の半数が罹患し、軽微な転倒でも骨折が生じる。低い治癒能力のため長期のベッド療養を強いられ、それをきっかけに認知症を発症するケースも多い。薬物や食事による治療では骨粗鬆症の完全治癒は難しく、特に、薬物的治療では副作用が存在することが大きな問題である。このため発症の予防が重要であるが、なかでも運動により骨形成を力学的に刺激する方法

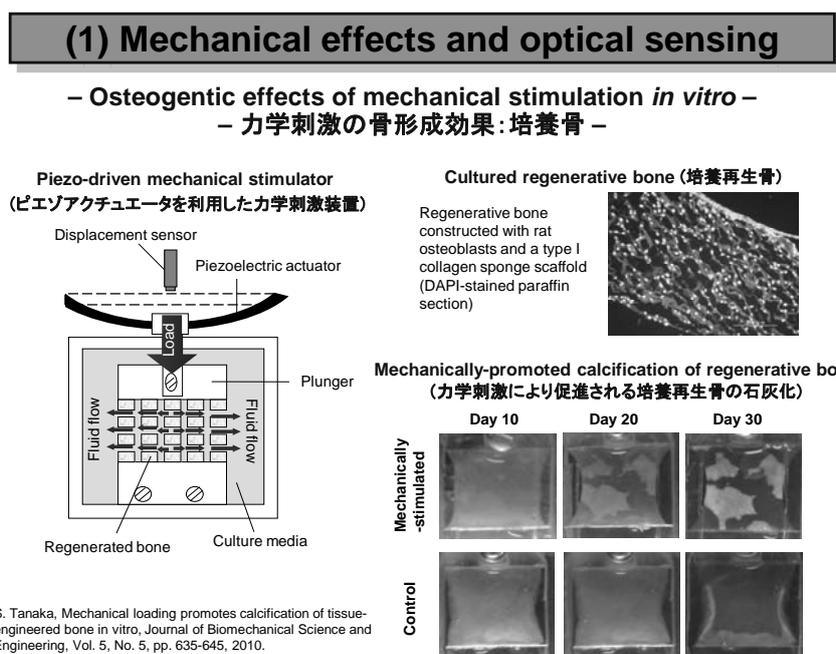


図6 力学刺激による骨芽細胞の石灰化促進。

Fig. 6 Promotion of osteogenic response of osteoblast by mechanical stimulation.

が骨粗鬆症の予防法として有効性が認められている。しかしながら、身体能力の劣る高齢者にとっては転倒・骨折のリスクを高めることに繋がりがかねない。そこで我々は、身体運動を伴わない骨の力学刺激法である電氣的筋刺激に着目した。この方法では、電気刺激より不随意的な筋収縮を発生させ、この筋力により筋と結合している骨を力学的に刺激する（図7）。現在、実験動物としてラットを使い、筋刺激で生じる骨ひずみ分布と骨形成促進効果の関係や刺激パターンによる骨形成効果の変化などを調べ、これにより同法の効果的な運用方法について検討を行っている。

## V. 磁場による生体影響 — 柿川真紀子 —

### 1) 神経機能への交流磁界影響（前田ほか，2006）

線虫を用いた神経機能解明のための行動解析には、化学物質に対する誘引・忌避行動（走化性）や物理刺激や迷路を用いた記憶の保持・学習などがあり、これらの行動に関与する神経細胞・回路について多くの知見がある。

この線虫を用いて、揮発性物質ジアセチルに対する誘引行動と銅イオン(CuSO<sub>4</sub>)に対する忌避行動における交流磁界（60Hz, 0.5T）影響評価を行った（図

8）。その結果、誘引・忌避行動ともに非曝露群との有意差が見られ、磁界曝露によりジアセチルへの到達率は13%低下、銅イオンの突破率は34%上昇を示した。また、誘引行動と忌避行動では忌避行動の方がより磁界曝露による影響を受けること、さらに交流磁界曝露後と曝露中では、磁界曝露中の方がより影響することが明らかとなった。線虫のジアセチル、銅イオンの認識および伝達に関与している感覚神経、介在神経、それらの繋がりにから、両物質の伝達経路は共通な部分も多いが銅イオンの神経伝達経路における感覚神経細胞ADLやASHは独立していることから、この感覚細胞などは磁界の影響を受けやすいと考えられる。今後はさらに細胞および分子レベルでの解析を行い、交流磁界やそれに伴う渦電流が神経機能に及ぼす影響メカニズムについて解明する必要がある。

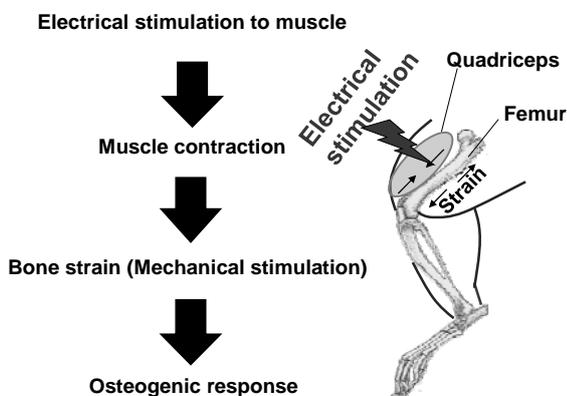
### 2) 骨代謝への交流磁界影響（鈴木ほか，2012）

骨折治療にパルス磁界を用いると治癒促進効果があるなどの報告があるが、骨代謝に磁界がどのように作用しているのかは不明である。そこで、これまで生物多様性部門と共に、キンギョのウロコを用いて骨代謝への交流磁界影響に関する研究を行ってきた。キンギョのウロコは骨芽・破骨細胞が骨基質の

## (2) Mechanical effects and optical sensing

### — Osteogenic effects of mechanical stimulation *in vivo* — 力学刺激の骨形成効果: 生体骨

Electrical muscle stimulation to promote bone formation  
(電氣的筋刺激による骨形成促進)



Electrical stimulation to the rat quadriceps prevents the osteopenia of femur, caused by hindlimb suspension.

S. Tanaka and K. Kondo: Frequency and resting time dependencies of electrically-induced muscle contraction force, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.4, No.2, pp.201-211, 2009.

図7 電氣的筋刺激による骨形成促進.

Fig. 7 Promotion of osteogenesis by electrical muscle stimulation.

## (1) Biological effects of ELF magnetic fields

– Effects on behavior by exposure to ELF magnetic fields –  
 – 交流磁界の行動への影響評価 –



The nervous system of *C. elegans* consists of only 302 neurons that form approximately 7000 synapses. 302個の神経細胞を有し、各行動とそれに関する神経回路網もかなり明らかになっている

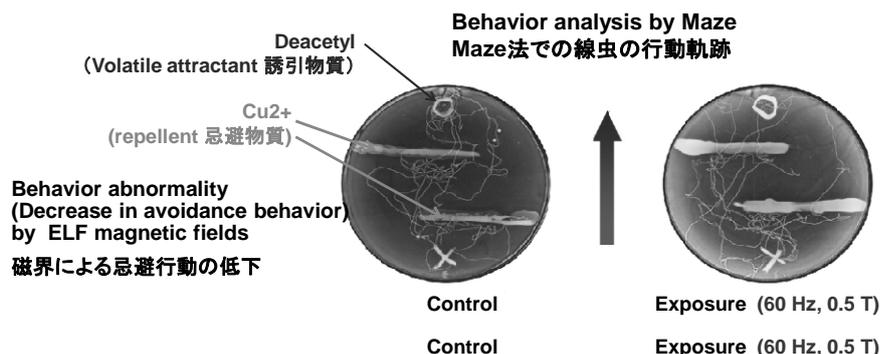


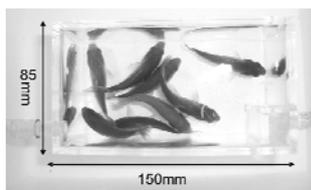
図8 神経機能への交流磁界影響.

Fig. 8 Effects on behavior by exposure to ELF magnetic fields.

## (2) Magnetic fields effects for medical application

– Effects on bone metabolism by exposure to magnetic fields –  
 – 骨代謝への磁界影響 –

The scale of goldfish as bone model  
 (骨モデルのキンギョウロコ)



Magnetic fields exposure system for goldfish (キンギョ用磁界曝露システム)

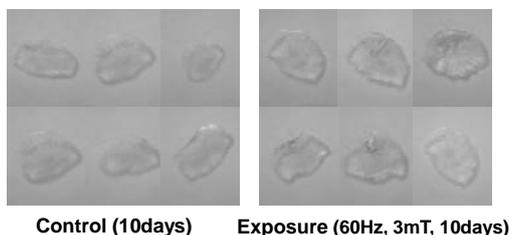
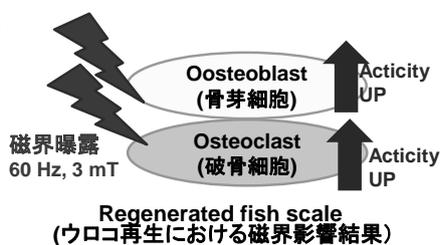


図9 骨代謝への交流磁界影響.

Fig. 9 Effects on bone metabolism by exposure to magnetic fields.

上に存在し、ヒトの骨を輪切りにした構造で培養が容易であることや、ウロコを採取してもキンギョを飼育することでウロコは再生されるなどの特徴を有する。

磁界曝露領域にキンギョの水槽を設置し、飼育し

ながら磁界を曝露後、酵素活性法により、ウロコの骨芽・破骨細胞の活性測定を行った(図9)。その結果、非曝露群に比べ磁界曝露群(60Hz, 3mT, 10days)では骨芽・破骨細胞の活性がともに有意に上昇した。また、in vitroの交流磁界の実験結果でも、同様に骨

芽・破骨細胞の活性上昇が見られた。一方、静磁場（～30mT）曝露では両細胞活性の変化に有意な差は見られなかった。以上の結果より、骨芽・破骨細胞の活性が曝露により上昇するのは交流磁界特有の現象である可能性が高く、磁界にともなう渦電流による作用も考えられた。今後は、骨代謝における交流磁界の作用メカニズムについて、骨形成に関わる遺伝子の発現解析などを行う必要がある。

## VI. まとめ

生体機能計測研究部門における10年間の主な研究業績について紹介した。本部門では工学における電気、機械、化学、生物工学の研究資源から生体機能の計測、その応用技術について研究開発を行ってきた。これらを基に、今後、環境に関わるストレス下における生体応答、計測、応用から「人の健康環境」などを含めた「環境研究」に寄与し、研究を進展させる計画である。

## 文 献

- Haraszczuk, R., Kakikawa, M., Ueno, T., Yamada, S. and Nadi, M., 2011: Spectroscopic susceptibility measurements of magnetic markers by SV-GMR needle probe. *Journal of the Magnetics Society of Japan*, **35**, 157-162.
- 前田秀一・柿川真紀子・岩原正吉・山田外史, 2006: 線虫の誘引・忌避行動における60Hz交流磁界影響. 日本応用磁気学会誌, **30**, 418-421.
- Ninomiya, K., Kamide, K., Takahashi, K. and Shimizu, N., 2012a: Enhanced enzymatic saccharification of kenaf powder after ultrasonic pretreatment in ionic liquids at room temperature. *Bioresource Technology*, **103**, 259-265.
- Ninomiya, K., Ogino, C., Oshima, S., Sonoke, S., Kuroda, S. and Shimizu, N., 2012b: Targeted sonodynamic therapy using protein-modified TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Ultrasonics Sonochemistry*, **19**, 607-614.
- Ninomiya, K., Soda, H., Ogino, C., Takahashi, K. and Shimizu, N., 2013: Effect of ionic liquid weight ratio on pretreatment of bamboo powder prior to enzymatic saccharification, *Bioresource Technology*, **128**, 188-192.
- Ninomiya, K., Noda, K., Ogino, C., Kuroda S. and Shimizu, N., 2014: Enhanced OH radical generation by dual-frequency ultrasound with TiO<sub>2</sub> nanoparticles: its application to targeted sono-dynamic therapy. *Ultrasonics Sonochemistry*, **21**, 289-294.
- 鈴木信雄・舟橋久幸・耿 啓達・柿川真紀子・山田外史・廣田憲之・北村敬一郎・清水宣明・早川和一・三島弘幸・岩坂正和・上野照剛・大森克徳・矢野幸子・池亀美華・田淵圭章・和田重人・近藤 隆・服部淳彦, 2012: 魚類のウロコを用いた評価系の開発と骨代謝研究への応用. 日本磁気学会会報「まぐね」, **7**, 174-178.
- Tanaka, S. M., Kakio, M., Yamakoshi, K., 2008: Nondestructive optical monitoring for calcification of tissue-engineered bone in vitro. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, **3**, 332-342.
- Tanaka, S. M., 2010: Mechanical loading promotes calcification of tissue-engineered bone in vitro. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, **5**, 635-645.
- Tanaka, S. M., 2012: Intracellular Ca<sup>2+</sup> response of 3D-cultured osteoblasts subject to dynamic loading. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, **7**, 318-327.
- Yamada, S., Nakamura, S., Kakikawa, M. and Ueno, T., 2013: Sterilization action on cavitation phenomenon generated by magnetostrective actuator. *Journal of Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics*, **21**, 352-355.
- 萬谷勇磨・坂本二郎・田中茂雄, 2013: 電氣的筋刺激法の骨形成促進効果 - 骨ひずみの有限要素解析による効果の検証 -. 臨床バイオメカニクス, **34**, 71-76.

東アジアにおける研究拠点の形成  
—国際的情報発信と研究ネットワーク—  
—環境情報領域—

柏谷健二<sup>1\*</sup>

2013年11月28日受理, Accepted 28 November 2013

**International Information Exchanges and Research Networks in  
Relation to Environmental Process Studies in East Asia**  
—Department of Environmental Information—

Kenji KASHIWAYA<sup>1\*</sup>

**Abstract**

Since its establishment, the Department of Environmental Information has promoted international information exchanges and research networks in relation to environmental process studies in East Asia through various international activities.

**Key Words:** Department of Environmental Information, East Asia, research network  
キーワード: 環境情報領域, 東アジア, 研究ネットワーク

環日本海域環境研究センター発足以来, 東アジアにおける研究拠点の形成と国際的情報発信, そして研究ネットワークの形成がその中心課題の一つであったが, その試みは2002年から2007年にかけて実施された文部科学省21世紀COEプログラム「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」を背景に進められた。このような環境計測・環境変動研究の拡がりには国際共同研究の展開や国際会議の開催, 研究生の交換等を通して, 国際環境研究ネットワークの形成に繋がり, 環境情報分野の設立を促し, 東アジアの環境変動研究の拠点としての役割を果たすようになってきている。以下, 情報発信と国際研究ネットワークに関わるいくつかの事業を紹介する。なお,

本領域にかかる国際会議や国際シンポジウムなどについては柏谷・山本(2014:本誌, 7-9)を参照されたい。

---

2003年7月2日: ロシア科学アカデミーシベリア支部 陸水学研究所と学生・若手研究者のための共同野外実習に関する協定を締結。

2003年8月2~9日: 第1回COEバイカル・サマースクールの開催(ロシア・イルクーツク, バイカル湖)。

2004年8月21~28日: 第2回COEバイカル・サマースクールの開催(ロシア・イルクーツク, バイカル湖)。

---

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 環境情報領域 前領域長 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Former Head, Department of Environmental Information, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

- 2004年11月25日：「日本海の流れと海洋環境」に関する懇談会の開催（COE陸域環境変動領域との共催）。
- 2004年12月15日：ワークショップ「環日本海環境変動と陸水・雪氷圏」の開催。
- 2005年2月16日：日本海セミナー「閉鎖水域の環境－日本海と琵琶湖」の開催。
- 2005年3月1日：環境情報分野（自然環境情報部門・人間環境情報部門）発足。
- 2005年6月6日：環日本海域環境情報のデータベース構築に関するワークショップの開催。
- 2005年8月6～13日：第3回COEバイカル・サマースクール（ロシア・イルクーツク）の開催。
- 2005年10月17日：韓国地質資源研究院（KIGAM）と大学間交流協定を締結。
- 2005年12月19日：韓国慶熙大学校理科大学と部局間交流協定を締結。
- 2006年2月16日：特別講演会「水圏・水域の環境に関する諸問題」の開催。
- 2006年6月1日：ユーラシア東部・環日本海域セミナー「東アジア黄砂伝播域（日中韓）の地表環境に関する共同研究の展望」の開催。
- 2006年8月5～12日：第4回COEバイカル・サマースクール（ロシア・イルクーツク）の開催。
- 2007年1月31日：中国延辺大学との大学間交流協定を締結。
- 2007年3月16日：モンゴル科学アカデミー地質鉱物資源研究所と部局間交流協定を締結。
- 2007年6月7日：環日本海環境会議「海洋基本法と環日本海域の環境研究」の開催。
- 2007年8月2～10日：第5回COEバイカル・サマースクールの開催（ロシア・イルクーツク）。
- 2007年12月20日：環日本海環境会議「満鉄調査部関係の諸史料」の開催。
- 2008年1月23日：環日本海環境会議「韓国地質資源研究院における環境研究・防災研究」の開催。
- 2008年3月10日：韓国地質資源研究院日本分室（国際共同研究室）（当センター内）を設置。
- 2008年11月28～29日：学術講演会「陸水物理研究会第30回大会」の開催（陸水物理研究会との共催）。
- 2009年2月10日：ユーラシア東部・環日本海域環境セミナー「東アジアにおける資源・環境政策と地球環境」の開催。
- 2009年8月2日：ロシア科学アカデミーシベリア支部地質鉱物資源研究所と共同研究（2010～2012）に関する協定を締結。
- 2010年12月1日：学術講演会「台湾のジオパーク」の開催。
- 2011年1月19日：学術講演会「韓国における歴史時代の環境変動」の開催。
- 2011年5月10日：台湾・国立台湾大学と大学間交流協定を締結。
- 2012年1月12日：ユーラシア東部/環日本海域・国際環境セミナー「台湾と北越地域におけるジオパークネットワークの展開」の開催。
- 2012年5月16日：モンゴル科学アカデミー地理研究所と部局間交流協定を締結。
- 2012年10月4日：モンゴル国立大学と大学間交流協定を締結。

## 金沢大学日本海域研究所と「日本海域研究」 —地域研究領域—

塚脇真二<sup>1\*</sup>

2013年12月25日受理, Accepted 25 December 2013

### The History and Activities of the “Japan Sea Research Institute” at Kanazawa University —Department of Regional Studies—

Shinji TSUKAWAKI<sup>1\*</sup>

#### Abstract

The Japan Sea Research Institute at Kanazawa University was established in July 1967 as a regional studies research centre focusing on topics in and around the Sea of Japan. At the time of its establishment, the institute was composed of three divisions related to the Natural, the Human, and the Social Sciences. Due to the reorganisation of the Institute of Nature and Environmental Technology at Kanazawa University in April 2007, the Japan Sea Research Institute became the Department of Regional Studies. It is composed of two research divisions, the Division of Environmental and Disaster Prevention, and the Department of Human and Social Sciences. An annual journal called the “Bulletin of the Japan Sea Research Institute at Kanazawa University” has been published since 1969 till the present time.

**Key Words:** Japan Sea Research Institute, Kanazawa University, Sea of Japan, regional studies, environmental science, interdisciplinary researches

**キーワード:** 金沢大学日本海域研究所, 環日本海, 地域研究, 環境科学, 学際的研究

#### I. はじめに

2007年4月の金沢大学自然計測応用研究センターの改組ともなって, 金沢大学日本海域研究所は同センターの地域研究領域となった(木村・中村, 2014)。1967年7月の設立以来, 長年にわたって環日本海域における地域研究の拠点であった同研究所はその歴史

をここに閉じたことになる。しかしながら, 金沢大学における環境研究の中心であった自然計測応用研究センターと, 同じく地域研究の拠点であった日本海域研究所の統合は, 環日本海域における環境研究や地域研究により広い視点からの発展と展開が求められているものと理解されよう。本稿では, この研究所の約40年にわたる歴史を簡単に振り返るととも

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan), 「日本海域研究」編集主幹 (Chief Editor of “Japan Sea Research”)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

に、現在も引きつづき刊行されている「金沢大学日本海域研究所報告（2000年から「日本海域研究」）」について解説する。

## II. 金沢大学日本海域研究所と地域研究領域

金沢大学日本海域研究所 (Japan Sea Research Institute, Kanazawa University) は、日本海域における地域研究の拠点として1967年7月に設立された。設立の経緯については市川 (1969) を参照されたい。この研究所は、自然科学研究部 (Natural Science Division), 人文科学研究部 (Human Science Division), 社会科学研究部 (Social Science Division) の3研究部から構成され、改組される直前の2007年3月の時点で、自然科学研究部は所員32名と研究員28名の計60名、人文科学研究部は所員21名と研究員8名の計29名、社会科学研究部は所員13名と研究員9名の計22名、総計111名からなる学内組織であった。なお、所員とは金沢大学の専任教員であり、研究員とは金沢大学外の研究者であった。

2007年4月の金沢大学自然計測応用研究センターの改組にともなって、日本海域研究所は同センターの地域研究領域 (Department of Regional Studies) として生まれ変わり、同研究所の自然科学研究部が環境・防災研究部門 (Division of Environment and Disaster Prevention) となり、人文科学研究部と社会科学研究部があわさって人文・社会研究部門 (Division of Human and Social Sciences) が誕生した。その後、所員という区分は消滅したが、外来研究員と名を変えた旧研究員の人数は、2012年12月時点で、環境・防災研究部門が23名、人文・社会研究部門が10名を数える。

環日本海域を中心とする東アジア地域においては、さまざまな環境問題や自然災害への対応、また多彩な地域社会に根ざした多様な社会問題が解決すべき喫緊の課題となっている。これらの諸問題に、環境・防災研究部門は自然科学的手法でとりくみ、一方の人文・社会研究部門は社会科学や人文科学から研究する。そのうえで、両部門が緊密に連携しながら自然計測領域の各部門や環境情報領域とも連携し、環日本海地域における文理融合型の学際的地域研究の振興をはかる。これが地域研究領域の責務である。

## III. 定期出版物「日本海域研究所報告/日本海域研究」

金沢大学日本海域研究所が1969年3月に創刊した「金沢大学日本海域研究所報告 (Bulletin of the Japan Sea Research Institute, Kanazawa University)」は、地域研究領域がその業務をひきつづき、創刊以来、現在にいたるまで継続して出版されている。日本語での名称は2000年に「日本海域研究」に変更された。また、英語名称は2006年の第37号から「*Nihon-Kaiiki Kenkyu*」に、さらに2012年の第43号から「Japan Sea Research」に変更され現在に至っている。

「日本海域研究所報告」発刊の意義については、金沢大学学長中川善之助が創刊号によせた序文 (中川, 1969: 図1) に如実にあらわれている。以下にその一部を抜粋する。

「わが国の日本海沿岸地域は近世に入ってから、とかく「裏日本」と呼ばれ、何につけても、第二次的のいわば日蔭の存在として扱われて来たように思われる。(中略)ところがさらに時代が新しくなると、日本海の向こうには、ソ連ができ、中国・朝鮮・韓国というような国々が、海を隔てた隣国となって来た。(中略)文化の交流いよいよ繁くなるのは火を見るより明らかである。こうなってくれば、日本海域はいつまでも日本の裏ではなくなってくる。(後略)」。

「金沢大学日本海域研究所報告」創刊号の表紙と目次を図2に示す。この創刊号の目次でもわかるとおり、この出版物は、自然科学、人文科学、社会科学というあらゆる学問分野にかかる論文や短報、総説、要約、資料を収録するが、これらのすべてが「日本海域」という地域にかかるものに限定されており、地域研究に特化した学術雑誌としてわが国では特異な存在といえる。

1969年3月の創刊号から2014年3月に出版される第45号までの掲載論文などの数は、原著論文342編、短報41編、要約43編、資料27編、翻訳3編、総説6編、例会要旨などその他25編の計487編になる。掲載された論文などの研究調査対象地域をみると、北部九州から北海道西岸にいたるまでのわが国日本海側を中心に、日本海、中国東北部、韓国、ロシアと「日本海域」の名に恥じないような広範囲に及んでいる。

## 日本海域研究所報告の発刊にあたって

学 長 中 川 善 之 助

わが国の日本海沿岸地域は近世に入ってから、とかく「裏日本」と呼ばれ、何につけても、二次的のいわば日蔭の存在として扱われて来たように思われる。新しい施設も開発も、まず表日本からということになりがちであった。

もっとも、古い時代は、交通が日本海及びその沿岸に発達したようである。有名な卑弥乎の耶馬台国にしても、北九州から裏日本の海岸沿いに敦賀まで来て、それから内陸へ入って大和国に至ったのだという一説が、さまで荒唐無稽の臆説として葬り去られることもなかった事に見ても、古い時代の日本海沿岸交通の開けていたことがうかがわれる。

こうした隆盛が、明治・大正・昭和と時代を降るにつれて次第にさびれ、いよいよ日本海沿岸地域は裏日本となって来たのである。

ところがさらに時代が新らしくなると、日本海の向うには、ソ連ができ、中共・朝鮮・韓国というような国々が、海を隔てた隣国となって来た。政治的の理由などで、今のところまだ交通が十分には開けていないが、日を逐うてそれが盛んとなり、文化の交流いよいよ繁くなるのは火を見るより明らかである。

こうなってくれば、日本海域はいつまでも日本の裏ではなくなってくる。少くも、太平洋岸に比べて、表も裏もなくなってくる。その新しい流通交易を、古い時代の流通交易と比べて、綿密詳細に研究することの必要は、今後ますます大きくなって来る。

さらにこの地域の自然を見れば、もともと大陸と連続していた陸であり、それが離れての列島であるだけに、その生成変化の過程を調査することは、沿岸地域の研究にとって極めて重要なことと今更ら多言を要しないところである。

こうした事情の中で、われわれ金沢大学の研究者たちは、金沢という土地の位置から来る一種の使命感に励まされながら、科学の全域にわたる研究者の中広い提携によって、この重要な研究課題に取り組む決意をしたのである。乏しい研究費を分かち合いながら、不自由な中で日本海域一帯を共通の研究場とする自然科学・人文科学・社会科学の研究者たちは、援け合い、励まし合いながら、日本海域一帯の科学的究明に協同の一步を踏み出したのである。その最初の記録がこの報告一巻である。

その成果は、今日まだ十分とはいえないであろう。しかしやがてはこの研究集団が、日本海域研究の中核となり、先鋒となることを私は確信して疑わない者である。大方同好の学者諸氏にお願いしたいことは、このひよわな研究報告第一巻を、十二分に分析批判して、より正しきもの、より大なるものの生れる契機として頂きたい。われわれは、いくら叩かれても、いくら難じられても、決してそれによって挫けもしないし、またその批判者を恨んだりする者ではない。正しい批判は、いくらでも受け容れ、またそうした人たちにはできるかぎりわれわれとの協力援助をお願いしたい心組みである。

ともあれ、日本海域の研究は、どこの土地でもできることではあろう。しかし、金沢大学を中核とすることが、最も地の利をえ、また人の便に恵まれているものであることをわれわれは深く確信している。何卒、この核を育てて行くことに、大方諸賢の理解ある御支援を期待します。

図1 「金沢大学日本海域研究所報告」創刊号に掲載された中川善之助の寄稿（中川，1969）。

Fig. 1 A contribution of President Zennosuke Nakagawa of Kanazawa University to the first issue of the "Bulletin of the Japan Sea Research Institute, Kanazawa University) in 1969.

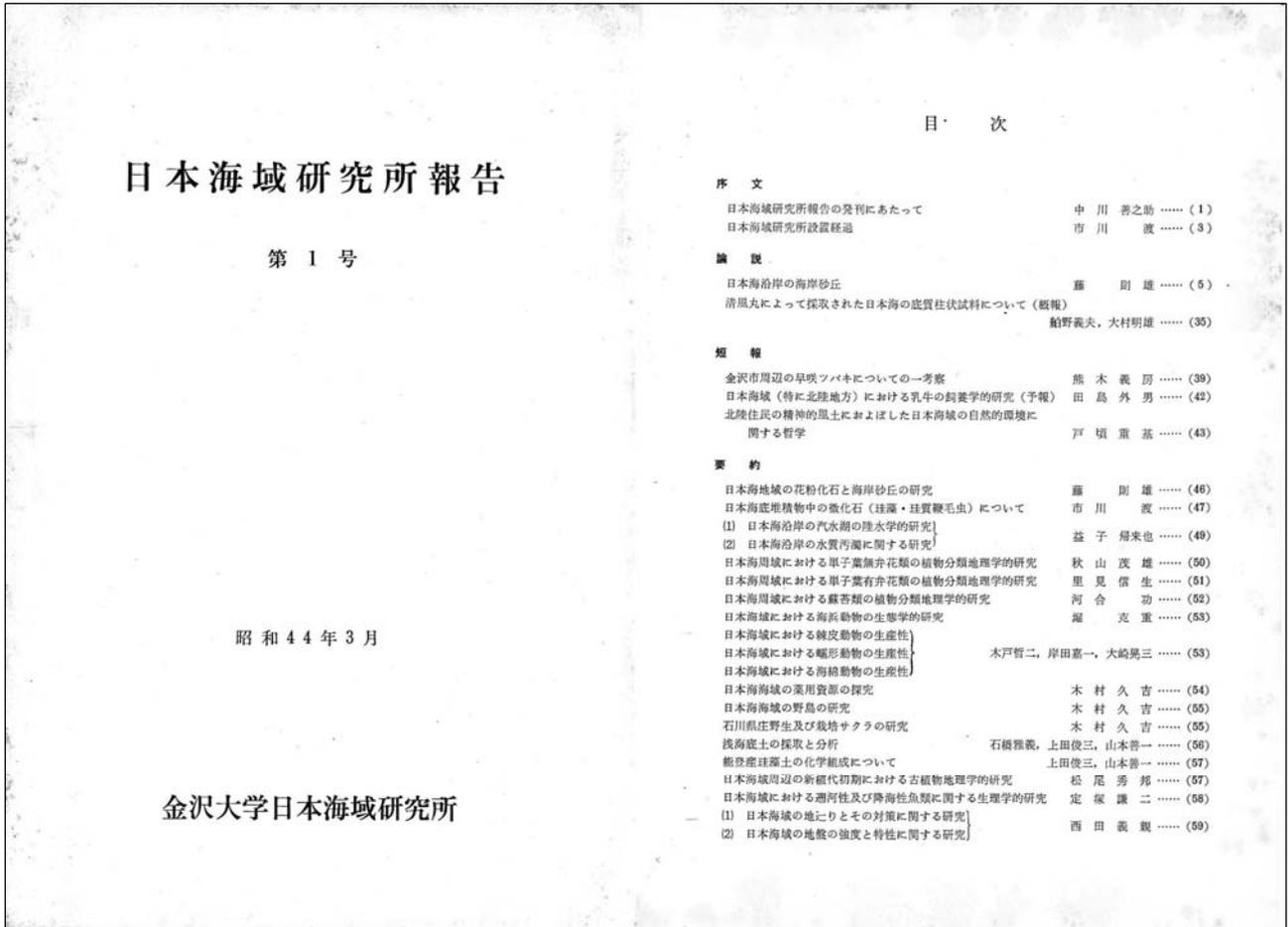


図2 「金沢大学日本海域研究所報告」創刊号の表表紙 (左) と目次 (右).  
 Fig. 2 Front cover of the first issue of the "Bulletin of the Japan Sea Research Institute, Kanazawa University" (left) and its index page (right).

さらに、近年では、環日本海域に隣接する東シナ海やオホーツク海といった海域での調査結果や、中国南部、中国西部、さらにはモンゴルといった東アジア地域での調査研究の成果も掲載されるようになってきつつある。一方、研究分野についてみると、創刊号から現在にいたるまで、歴史学、社会科学、民俗学、里山学、言語学、博物館学、地質古生物学、岩石鉱物学、植物学、動物学、河川工学、防災工学といったいわゆる文系・理系の枠にとらわれないさまざまな分野の成果が掲載されている。

#### IV. 地域研究領域と「日本海域研究」

既述のとおり、2007年の改組によって金沢大学日本海域研究所は環日本海域環境研究センターの地域研究領域となった。日本海域研究所のそれまでの活

動は「日本海域研究」の出版にほぼかぎられていたといえよう。しかし、この改組によって環日本海域環境研究センターの他領域・部門との協力のもとに、さらには学内の他部局や学外のさまざまな機関・組織との連携のもとに、文理融合型の学際的な調査研究活動を環日本海域において展開する機能が備わったことになる。この機会を活かし、地域研究に特化した研究領域として、さまざまな地域を横断し多彩な研究分野を包括するような学際的な研究を企画調整し推進する機能が今後要求されよう。地域研究領域の今後の展望については別稿 (塚脇ほか, 2014) で述べたい。

#### 文 献

市川 渡, 1969: 日本海域研究所設置経過. 金沢大学日本

海域研究所報告, **1**, 3-4.

木村繁男・中村浩二, 2014: 自然計測応用研究センターと  
環日本海域環境研究センターの10年. 日本海域研究, **45**,  
3-5.

中川善之助, 1969: 日本海域研究所報告の発刊にあたって.

金沢大学日本海域研究所報告, **1**, 1-2.

塚脇真二・全 希永・Hang Peou, 2014: 東アジアの中の  
環日本海域—地域研究の拠点としての地域研究領域—.  
日本海域研究, **45**, 57-60.



## 環日本海域から解明する地球環境システム —自然計測領域地球環境計測研究部門—

長尾誠也<sup>1\*</sup>・長谷部徳子<sup>2</sup>・福士圭介<sup>2</sup>・井上睦夫<sup>1</sup>・濱島靖典<sup>1</sup>・山本政儀<sup>1</sup>

2013年11月7日受理, Accepted 7 November 2013

### Revealing the Earth and Environmental Systems from Studies in and around the Circum-Sea of Japan Region —Division of Global Dynamics, Department of Natural Science and Measurement—

Seiya NAGAO<sup>1\*</sup>, Noriko HASEBE<sup>2</sup>, Keisuke FUKUSHI<sup>2</sup>, Mutsuo INOUE<sup>1</sup>  
Yasunori HAMAJIMA<sup>1</sup> and Masayoshi YAMAMOTO<sup>1</sup>

#### Abstract

The Division of Earth Dynamics at the Institute of Nature and Environmental Technology at Kanazawa University focuses on physical and chemical analyses of terrestrial materials to understand the structure and evolution of the Earth's environmental systems. Modern high-resolution, high-precision equipment is used to acquire analytical results of high quality including the measurement of isotopic ratios and radioactivity, even at very low concentration levels. The results are further examined for the purpose of future predictions, and for the development of new research endeavours in the fields of environmental science and geochemistry. This paper has reported the results of field and laboratory experiments at the Division of Earth Dynamics over the last 10 years.

**Key Words:** radioisotope, Earth surface process  
キーワード: 放射性同位体, 地球表層環境

#### I. はじめに

地球環境計測研究部門は、地球環境システムの構造や変化を明らかにするために、陸域堆積物（風成堆積物・湖沼堆積物）などを対象とした物理・化学測定および解析を行うとともに、極低レベルの放射

能測定及び同位体比の測定を含む最新の高感度・高精度分析測定技術に基づく測定・解析を進めている。その成果を予知・予測に生かすとともに、地球環境科学、地球化学の新研究領域の開拓を目指すことが当研究部門の目的である。最近では、研究分野間の連携を深め、環日本海域内の共通のフィールドでの

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域地球環境計測研究部門 低レベル放射能実験施設 〒923-1224 石川県能美市和気町オ24 (Low Level Radioactivity Laboratory, Division of Earth Dynamics, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 24 O, Wake-machi, Nomi, 923-1224 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域地球環境計測研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Earth Dynamics, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

調査を行いながら、関連するフィールドとの連携を通して環境変遷や物質動態を詳細に解明する検討を進めている。本報告では、最近10年間に実施した研究成果のトピックスを紹介する。

## II. 極低レベル放射能計測システム開発

環境中に存在する極微量な放射性核種は、環境中における微量元素のトレーサーとして利用できるとともに、地球圏外物質である隕石の履歴解明、深海中での人工放射性核種の動態等、地球科学・環境科学・宇宙科学等の広範な研究領域に適用可能である。低レベル放射能実験施設では、従来の1/10以下の試料でも高い精度で測定可能な尾小屋地下実験施設を整備し、極低レベルの放射能測定法の開発を継続している。

最近の成果としては、首都大学東京や京都大学等との共同研究で「小惑星いとかわ」の全岩元素分析を実施し、尾小屋地下実験室の極低バックグラウンド井戸型Ge検出器を用いて、Sc, Fe, Ni, Co, Zn, Irの定量分析を行った。その結果は、Ebihara *et al.* (2011)によりScience誌に掲載された。

## III. 同位体地球科学研究：福島第一原子力発電所事故の影響評価研究

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故（FDNPP）から約3年が経過し、文部科学省のモニタリング調査から放射性核種の土壌への沈着状況が把握され、放射線防護・除染対策が進められている。その一方で、中長期の環境への影響評価を考えた場合、沈着した土壌から河川を經由した放射性核種の移行を検討する必要がある。以下に実施した調査研究の成果を紹介する。

### 1) 大気

石川県能美市の当実験施設と輪島市において、ハイボリュームエアサンプラーにより1週間毎に大気エアロゾルを採取してGe検出器で測定し、FDNPP由来の放射性核種の拡散状況を検討した。その結果、事故後10～20日後に<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csが検出され、その放射能濃度比がほぼ1であった。このことからFDNPP由来の放射性物質が気象条件により西方へも拡散し

ている状況が明らかとなった。

### 2) 土壌

他大学との共同で20-30km圏内や汚染の高い飯舘村とその周辺域、原発近傍の大熊町一円で採取した土壌について、早期の放射能汚染調査、特に測定が困難なプルトニウム(Pu)などの精密測定を実施した。その結果、FDNPP近傍の大熊町や飯舘村に限られた地域の表層土壌でプルトニウムが検出され、FDNPP由来のプルトニウムは2～44%であった(Yamamoto *et al.*, 2012)。

### 3) 河川・湖沼

福島県内の河川について、空間線量のデータを基に阿武隈川上流(白河市)、下流(伊達市)、宇多川、新田川を調査対象として選定し、2011年5月20日に観測を開始した。2011年7月には、夏井川と鮫川においてアクアマリンふくしまとの共同調査を開始した。分布の特徴としては、上流の流域に飯舘村が存在する新田川で他の観測点に比べて1桁高い<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs放射能濃度であり、阿武隈川上流では最も低い値であった。これらの結果は、福島県内表層土壌の<sup>137</sup>Csの沈着状況と一致していた。2011年7月12-13日の河川水の測定結果は、<sup>137</sup>Csの放射能濃度が0.064-1.54Bq/L、2011年9月12-13日では0.019-0.79Bq/Lと、徐々に減少する傾向を示した(長尾, 2013; Nagao *et al.*, 2013)。この結果は、河川流域から河川への放射性セシウムの供給量が減少していることを示唆している。

### 4) 海洋環境

2011年6月の北海道大学おしよろ丸調査航海に参加し、日本海表層における2011年3月のFDNPP事故に起因する<sup>134</sup>Cs、および<sup>137</sup>Csの汚染レベル、さらにそれらの移行メカニズムを調査した。その結果、秋田～北海道沖合にこれら放射性セシウムの存在が認められたが、原発事故による負荷分は<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csともに～1mBq/Lと著しく低いことが明らかになった。また、2011年10月の調査では、本州に沿って北上する対馬暖流の循環によりその形跡は検出されなかった(Inoue *et al.*, 2012)。

#### IV. 長期環境変動解明の取組

##### 1) モンゴルでの研究例

現在の地球環境システムを理解し将来予測につながる際に必要になるのが、過去の変動記録の読み取りと変動メカニズムの解明である。汎地球的な変動を見るだけでなく、それが地域環境にどう現れるかを理解するために、異なる環境下で汎地球変動の影響がどのように発現するかの研究を進めている。アジア大陸内部における過去の気候については、地形的な特徴に加え、人間による人為的な改変が行われていない点で、モンゴル北部の湖沼堆積物を利用して調査している。ロシア・バイカル湖に続く世界第2位の大きさを持つ淡水湖・フブスグル湖は、バイカル湖と同様、バイカルリフト帯に属す構造湖である。フブスグル湖の西隣には3,000m級の山地を挟んでダルハド盆地が広がっている。地形図で見るとダルハド盆地はフブスグル湖と同じくらいの大ささを持っており、地形や盆地に分布する堆積物の調査から、かつては湖であった事が分かっている (Krivonogov *et al.*, 2005)。現在、ダルハド盆地は冬の寒さが厳しい事で有名であり、冬になると遊牧民はフブスグル湖湖畔地域へ移動する。この寒さの違いはフブスグル湖という大きな水塊のおかげと考えられている。フブスグル湖では過去の気候の変動は水位の変動として現れ、そのことは後背地からの供給鉱物や水質（塩濃度）の変化による自生鉱物の出現によりひもつかれている (Kashiwaya *et al.*, 2010; Hasebe *et al.*, 2012; Nishiyama *et al.*, 2013)。一方、ダルハド盆地では北西部の山岳氷河の消長による流出河川のせき止めが湖の形成に大きく関わっていると考えられており、汎地球変動に対してフブスグル湖とは異なった応答を示す事が示唆されている。古ダルハド湖でも自生鉱物の晶出が明らかになっており、水位の変動があったと考えているが、その原因がなによってもたらされたか、今後の研究を待つ必要がある。

##### 2) 北海道・大沼での研究例

長期環境変動の地域間差を明らかにするためには、変動プロキシに共通の年代軸を入れて比較を可能にする事が重要である。年代測定は試料が何で構成されているか、状態はどのようなものであるかによっ

て、適した方法で行う必要があり簡単ではない。火山地域にある湖の堆積物は、周期的な火山活動が記録されている事がありよい時間指標となる。日中韓による共同プロジェクトの一環として北海道・大沼から採取した湖沼堆積物は、北にある北海道駒ヶ岳の火山噴火の影響を受けている (勝井ほか, 1989)。火山噴出物が堆積した層は含水率が特徴的に低くよい指標となっている。これを火山噴火史と照らし合わせる事によって堆積年代を暦年代として推定する事ができた。また、火山噴火史として文献ではあまいである噴火活動に関しても堆積物の記録から言及する事が可能であった。

#### V. 今後の展開

地球環境計測研究部門の今後の展開としては、福島周辺の森林・農地を含む河川流域における微量放射能汚染の実態調査、海洋環境を含めた時系列の放射能拡散分布状況を把握し、各種の対策に寄与する環境動態基礎データの蓄積を進めることが重要である。また、東アジアの環日本海域諸国 (韓国, 中国, 台湾, モンゴル, ロシアなど) との連携を発展させ、共同研究や研究交流を実施し、東アジアの環境研究の拠点として国際環境ネットワークを展開する。さらに、予知・予測の観点から陸域の環境アーカイブとして試料・情報のデータベース化を進め、各地域の環境システムの環境動態を解明し、全地球システムの中で自然災害や環境変動の予知予測に発展させる予定である。

#### 文献

- Ebihara, E., Sekimoto, S., Shirai, N., Hamajima, Y., Yamamoto, M., Kumagai, K., Oura, Y., Ireland, T. H., Kitagawa, F., Nagao, K., Nakamura, T., Naraoka, H., Noguchi, T., Okazaki, R., Tsuchiyama, A., Uesugi, M., Yurimoto, H., Zolensky, M. Z., Abe, A., Fujimura, A., Mukai, T. and Yada, Y., 2011: Neutron Activation analysis of a particle returned from asteroid Itokawa. *Science*, **333**, 1119-1121.
- Inoue, M., Kofuji, H., Nagao S., Yamamoto, M., Hamajima, Y., Fujimoto, K., Yoshida, K., Hayakawa, K., Suzuki, A., Takashiro, H. and Minakawa, M., 2012: Low levels of <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs in surface sweaters around the Japanese

- Archipelago after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in 2011. *Geochemical Journal*, **46**, 311-320.
- Hasebe, N., Inagaki, A., Endo, N., Fukushi, K., Ito, K. and Kashiwaya, K., 2012: Thermoluminescence color image analysis of sediments from Lake Khuvsgul, Mongolia, and its potential to investigate paleoenvironmental change. *Quaternary Geochronology*, **10**, 156–159.
- 勝井義雄・鈴木建夫・曾屋龍典・吉久泰樹, 1989 : 北海道駒ヶ岳火山地質図, 地質調査所.
- Kashiwaya, K., Ochiai, S., Sumino, G., Tsukamoto, T., Szyniszewska, A., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Hasebe, N., Sakai, H., Watanabe, T. and Kawai, T., 2010: Climato-hydrological fluctuations printed in long lacustrine records in Lake Hovsgol, Mongolia. *Quaternary International*, **219**, 178-187.
- Krivonogov, S. K., Sheinkman, V. S. and Mistryukov, A. A., 2005: Stages in the development of the Darhad dammed lake (Northern Mongolia) during the Late Pleistocene and Holocene. *Quaternary International*, **136**, 83–94.
- 長尾誠也, 2013: 河川環境への影響と課題. 水環境学会誌, **36**, 91-94.
- Nagao, S., Kanamori, M., Ochiai, S., Tomihara, S., Fukushi, K. and Yamamoto, M., 2013: Export of  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the Fukushima river systems at heavy rains by Typhoon Roke in September 2011. *Biogeosciences*, **10**, 6215-6223.
- Nishiyama, R., Munemoto, T. and Fukushi, K., 2013: Formation condition of monohydrocalcite from  $\text{CaCl}_2\text{-MgCl}_2\text{-Na}_2\text{CO}_3$  solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **100**, 217-231.
- Yamamoto, M., Tanaka, T., Nagao, S., Koike, T., Shimada, K., Hoshi, M., Zhumadiov, K., Shima, T., Fukuoka, M., Imanaka, T., Endo, S., Sakaguchi, A. and Kimura, S., 2012: An early survey of the radioactive contamination of soil due to the Fukuhsima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, with emphasis on plutonium analysis. *Geochemical Journal*, **46**, 341-353.

## 広域大気汚染の解明と国際的観測網への貢献 —自然計測領域エコテクノロジー研究部門—

松木 篤<sup>1\*</sup>・木村繁男<sup>1</sup>・塚脇真二<sup>1</sup>

2013年12月9日受理, Accepted 9 December 2013

### An Investigation of Regional Atmospheric Pollution as a Contribution to the International Observation Network —Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement—

Atsushi MATSUKI<sup>1\*</sup>, Shigeo KIMURA<sup>1</sup> and Shinji TSUKAWAKI<sup>1</sup>

#### Abstract

The spread of air pollution and dust aerosol (KOSA) in East Asia has increased public concerns in recent years in relation to their threat to human health and the economy as well as their impact on the regional and global climate. The Noto Peninsula, extending from western Japan into the Sea of Japan, is geographically well located for characterizing such atmospheric constituents with high accuracy, since it is surrounded by the sea and is far from any local pollution source (e.g. a major city or industrial region) that may interfere with the sensitive observations. We have recently established an advanced atmospheric research facility called 'NOTOGRO' (the NOTO Ground-based Research Observatory) at the tip of the Noto peninsula. The ultimate goal of NOTOGRO is to improve the current understanding, and to enhance knowledge of the future outlook, of the evolving regional air quality and global climate conditions. It also serves to boost coordination between domestic research projects, and to contribute to international atmospheric monitoring networks.

**Key Words:** Trans-boundary air pollution, Atmospheric aerosols, KOSA, PM2.5, Black carbon  
キーワード: 越境大気汚染, 大気エアロゾル, 黄砂, PM2.5, 黒色炭素粒子

#### I. はじめに

環日本海域環境研究センターエコテクノロジー研究部門では, 前稿 (木村ほか, 2014) で記述したとおり, 「環境における流れの役割とその解明」をキーワードに, 地球表面における流体力学と熱・物質移動論, さらに時間の流れにともなう自然環境の変化に着目しながら, 環境に関連する種々の事象の解析, 計測技術の開発を行っている (木村ほか, 2014)。

そこで, 本部門を代表する研究成果のひとつとして, 本稿では広域大気汚染の解明と国際的観測網への貢献をとりあげたい。

黄砂やPM2.5に代表される大気中の微粒子, いわゆる大気エアロゾルはヒトの健康に影響を及ぼす地域的な大気質の悪化をもたらすのみならず, 太陽や地球表面からの放射を散乱・吸収し, さらに水蒸気が凝結し雲が形成する際に不可欠な雲核 (雲凝結核・氷晶核) としても働くきわめて重要な気候変動

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町  
(Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental  
Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

因子である。エアロゾルの排出と、とりわけその雲への影響は、現在、気候変動予測上の最も大きな不確実性をもたらす要因の一つとして認識されている (IPCC, 2013)。

大気エアロゾルは、対流圏オゾンなどとならび、短寿命気候強制因子 (SLCF: Short-lived Climate Forcer) の一つに数えられる。地球規模で拡散するCO<sub>2</sub>など長寿命の温室効果ガスに比べ、エアロゾルなど大気中での寿命の短いSLCFの時空間的な変動は発生源地域の分布にも大きく依存する。さらには、大気中における化学反応や粒子間の衝突併合などにより絶えず形状や化学組成を変化させており、その気候や大気質への影響評価を困難にしている。

現在の東アジア地域は、急速な経済発展をとげる大陸沿岸部を中心に大気汚染物質の排出が進み、黄砂現象とも相まって、世界的にも大気エアロゾルの発生規模が大きいホットスポットとなっている。大気を介した物質の輸送には国境がないため、大気汚染物質の拡散とその気候、環境への影響評価は周辺諸国に共通の課題となっている。今、地域ごとに異なるエアロゾルの物理的、化学的特性の解明に向けた国際的な取り組みが求められている。

## II. 大気環境センサーとしての能登

近年、我が国をとりまく傾向としては、とりわけ離島などの遠隔地域において、光化学スモッグの主因子である対流圏オゾンの濃度増加が認められ、光化学オキシダント注意報の発令地域が都市部に限らず広域化していることが挙げられる。わが国でも2007年には光化学オキシダント注意報の発令地域が28都府県にのぼり過去最多となった(秋元, 2007)。ここで特に注目したいのは、2007年5月9日に新潟県で史上初めて注意報が発令されたように、近年「日本海側」での発令が目だっている点である。

光化学スモッグのほかにも、東アジアの大気環境を象徴する問題に黄砂がある。2010年3月21日前後に飛来した黄砂は、韓国でも観測史上最大規模を記録し、我が国でも気象庁が目視観測を行っている61地点中、実に58ヶ所で黄砂が観測された。このように、従来ほとんど黄砂飛来のなかった「北海道」の各地でも近年観測されるケースが増えてきている背景には、温暖化に伴う気象条件や輸送経路、発生源地域

における植生の変化等の影響が指摘されている。さらに、2013年の2月には、大気エアロゾルの中でも、特に大気汚染物質が蓄積しやすい粒径が2.5 $\mu$ m以下の小さな粒子の総称である「PM2.5」が社会的な関心を集め、世界保健機関 (WHO) が大気汚染関連のPM2.5をタバコの煙と並んで最も発ガン性の強い物質に指定したことは記憶に新しい。

以上のように、光化学スモッグが日本海側の沿岸域で頻繁に観測されるようになり、黄砂が北海道にまで北上し、PM2.5の増加が懸念される昨今の状況を踏まえると、東アジアのバックグラウンド大気の現状把握と変遷を探る上で「環日本海域」は研究戦略上、環黄海、環東シナ海域と並んで今後ますます重要なフィールドになると考えられる。

日本海に大きく迫り出し、三方を海に囲まれた能登半島の風上方向 (大陸から吹き出す季節風に向かって) には国内の大都市も存在しない。このため、東アジア地域における典型的なバックグラウンド大気の観測にはうってつけである。実際、能登半島の輪島市では金沢市と比べても、大気粒子中に含まれる多環芳香族炭化水素 (PAH) 類の濃度が一桁あまり低いなど (Yang *et al.*, 2007)、この土地が化石燃料の燃焼等に伴う人為的汚染源が少なく日本海地域の高感度環境センサーとして適していることを物語っている。我々はこの能登半島が持つ地の利に着目し、その先端に新たに大気環境研究の拠点を築くべく「能登スーパーサイト」(通称NOTOGRO: NOTO Ground-based Research Observatory) の整備を進めてきた。ここではサイトの現状とこれまでの活動の概要、展望について紹介したい。

## III. 能登スーパーサイト

能登スーパーサイトは、能登半島先端(北緯37°27', 統計137°21')に位置する金沢大学能登学舎内(旧: 小泊小学校)に設置した。学舎最上階(3階)の一面が改装され、空調設備、最大100V100A相当の電源、世界気象機関WMOの基準にも適合するPM10エアロゾルインレット(地上14.7mの高さから大気エアロゾル試料を取り込む配管)などが備わる。遠隔地域において質の高い観測を長期間続けるには定期的なメンテナンスが欠かせないが、インターネット回線を通じた観測装置類の遠隔監視が可能なほか、能登

学舎に常駐するスタッフの存在など、ロジスティクス面でのメリットも少なくない。

近年、PM2.5問題を背景に行政ベースで導入が進む観測装置は主としてPM2.5「質量濃度」がモニタリングできるのみであり、気候影響などを評価する際には、肝心のその「中身」に関する研究レベルの情報が必要である。能登スーパーサイトには2008年頃から次第に観測装置の導入が進み、現在では光学式パーティクルカウンタおよび走査型移動度粒径測定器（個数粒径分布）、積分型ネフェロメータ（光散乱係数）、黒色炭素粒子濃度計（光吸収係数）、エアロゾル質量分析計（微小粒子の化学組成）、雲凝結核カウンタ（雲核活性）等が集中的に運用されるなど、国際的に見ても高い水準のエアロゾル直接観測が継続できる研究基盤となっている。なお、エアロゾル以外のガス状微量成分についても、共同研究の枠組みの中で計測が行われている（井関ら、2010）。

能登スーパーサイトは近隣の主要都市である金沢、富山からはそれぞれ約115km、85km離れており、主要な工業地帯や幹線道路もないため、遠隔地域の比較的清浄なバックグラウンド大気が観測できる。図1には春（3～5月）、夏（6～8月）、秋（9～11月）、冬（12～2月）に相当する季節に、それぞれの地域から空気塊が観測点に流入するかを、後方流跡線解析（Draxler and Rolph, 2013）によって調べた結果である。計算は毎日2回、高度1000mを起点として7日間溯った結果が示してある。

黄砂現象が多発する春や秋は、移動性高気圧と温帯低気圧が交互に東に移動する影響により、大陸からの空気塊の流入が卓越する様子がわかる。夏季は、典型的な台風の進路に代表される太平洋高気圧の縁に沿うような流入ルートが目立ち、大陸の影響は弱まる一方で、西日本や朝鮮半島などの影響が相対的に高まる。冬季は、日本海側の季節風を強く反映し、シベリア高気圧からの噴き出しにより北西よりの風系に収束する。このように、能登スーパーサイトでは空気塊の到達経路が明瞭な季節変化を伴っており、年間を通じて大気エアロゾルにも発源地域の違いを色濃く反映した変動が予測される。

#### IV. 黒色炭素粒子の濃度変動

代表的な燃焼由来のエアロゾルに、黒色炭素粒子

がある。ブラックカーボン（black carbon, BC）とも呼ばれ、燃料の不完全燃焼によって生成されるいわゆるスス（煤）である。PM2.5の領域にも多く含まれる微粒子であり、発生源としてはディーゼル排気・石炭燃焼・バイオマス燃焼（森林火災を含む）などがある。

強力な光吸収物質である黒色炭素粒子は、文字通り太陽放射を吸収し、熱を放出するため、大気エアロゾルが持つ寒冷・温室効果のうち、後者を支配する最大の原因物質と考えられており、極めて重要なSLCFである。黒色炭素粒子は炭素質の非揮発性粒子であるため、燃焼過程によって大気中に放出された後、雲過程や降雨により湿性沈着されない限り、大気の流れによって長距離輸送される。また、大気中でガス前駆体などから二次的に生成することもないため、風上における燃焼過程のトレーサーとしても有効な成分である。

図2に、能登スーパーサイトで観測された黒色炭素粒子の濃度変動を示す。特に春の時期（3～4月）にスパイク状のピークを伴った顕著な濃度の上昇がみられる。晩秋（10～11月）にも春ほどではないものの、同レベルの濃度が頻繁に観測されている。これらの時期は、黄砂が観測される時季とも一致しており、大陸における化石燃焼由来の汚染物質についても、大陸から空気塊が運ばれやすい気象条件を反映

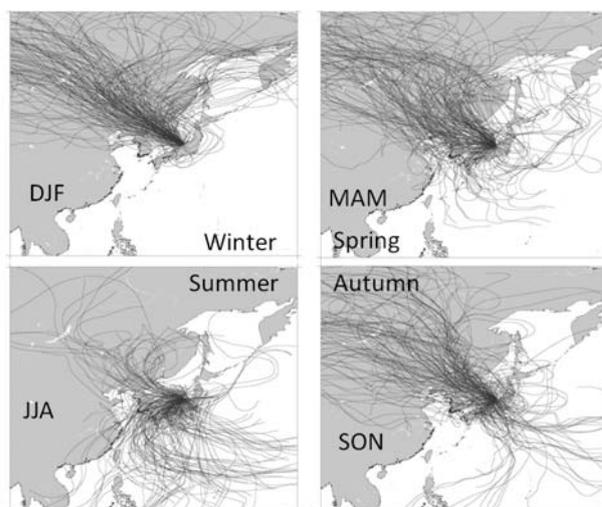


図1 能登スーパーサイトに到達する空気塊の流入経路の後方流跡線解析結果（DJF: 12～2月、MAM: 3～5月、JJA: 6～8月、SON: 9～11月）。

Fig. 1 Transport patterns of air-mass arriving at NOTO Ground-based Research Observatory (NOTOGRO) based on backward trajectory analysis (winter=DJF, spring=MAM, summer=JJA, autumn=SON).

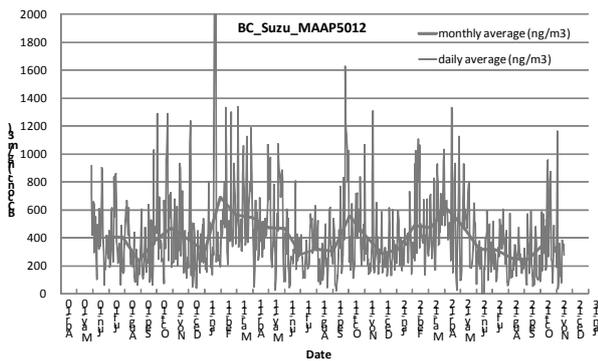


図2 能登スーパーサイトで観測された黒色炭素粒子濃度の変動（2010年6月～2012年11月）。

Fig. 2 Temporal variation of Black Carbon (soot) particle concentration measured at NOTOGRO (June 2010-November 2012).

して、この時期に最も直接的な影響を受けていることを示している。反対に、夏季（7～8月）は太平洋高気圧の影響で大陸の影響が最も弱まる時季と考えられ、相対的に濃度が最も低い時期となる。

図2に示した結果の中で、日本海側の特徴として着目すべきは、冬季（1月）に見られるもう一つの極小である。空気塊の流入経路（図1）を見ても、冬季には中国東北部における暖房（石炭燃焼）の影響などを受ける可能性が十分考えられるが、実際には日本海側の冬季季節風による降雨・降雪により、湿性沈着による著しい除去が起こっていると考えられる。

先行研究では大陸からの移流を意識し、五島列島の福江島、長崎や福岡など西日本に観測拠点が設置されてきた経緯がある。こうした地点では、主に秋季、冬季、春季を通じて比較的PM2.5やBCの濃度が高く、夏季に下がるという単峰性の年周期を示したのに対し（兼保ら、2011）、日本海側では明瞭な二峰性の年周期を持つことが明らかになった。能登での年間を通じた濃度レベルは430ng/m3程度であり、西日本の離島である福江島における600-700ng/m3といった値と比較して低いレベルにある。大陸からの距離に応じた拡散や除去を考慮すると妥当な結果と考えられるが、純粋に我が国の中心まで到達する空気塊の代表性を考えた場合、むしろ能登スーパーサイトで計測される値は、中部日本地域のバックグラウンド濃度を示す新たな指標として扱うことできる。

## V. 今後の展望

衛星観測による広域観測網や数値モデルの精緻化が進む一方で、それらリモートセンシングやシミュレーション結果の妥当性を評価するには、直接観測結果との比較による検証が不可欠である。こうした理由から、例えば世界気象機関・全球大気監視プログラム（WMO/GAW）では、継続的に観測されることが望ましい大気エアロゾル関連の直接観測項目リストを作成しているが（WMO/GAW, 2007）、能登スーパーサイトは、ここ数年の活動を通じて、その観測項目の多くを網羅するに至った。WMO/GAWなどの国際データベースに参画している研究機関が圧倒的に欧米に偏重している現状などを鑑み、今後は世界のスーパーサイトと伍して国際ネットワーク観測の一員を担う次のステージへの移行を目指す。

数値シミュレーションの結果によれば、長期的には大気汚染物質の排出規制が進み、化石燃料の燃焼の際に排出される大気エアロゾルやその前駆物質は今世紀終りに向けて世界的に減少すると考えられているが、CO<sub>2</sub>そのものの排出は増加を続けると予測されている。特にその変化は東アジア地域で顕著に表れると予想され、この地域における数十年スケールの気候変動は、温室効果ガスとその他の大気エアロゾルをはじめとするSLFCがもたらす温室・寒冷効果のバランスとして顕在化すると考えられる。そのため、今後も西日本を中心に観測を行ってきたグループとの連携や国内の大気観測研究のハブとしての役割を一層強めながら、国際的な観測網への貢献を行い、東アジア大気環境の変遷に対して最も敏感な研究拠点の一つとしての役割を果たす必要がある。

謝辞：本研究を行うにあたり、金沢大学能登学舎の赤石大輔博士、伊藤浩二博士、宇都宮大輔博士、小路晋作博士、沢野未佳氏を始めとするスタッフの方々、ならびに産業技術総合研究所の兼保直樹博士には観測の実現にあたり多大なるご助力をいただいた。ここに記して感謝する。本研究は「三井物産環境基金2007年度研究助成」、「JST若手研究者の自立的研究環境整備促進平成19年度採択課題（新領域創成をめざす若手研究者育成特任制度）」、「内閣府・最先端・次世代研究開発支援プログラム（GR045）」支援の下で行われた。

## 文 献

- 秋元 肇, 2007: 平成19年度光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会報告書, 環境省, 50p.
- Draxler, R. R. and Rolph, G. D., 2013: *HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website* (<http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, College Park, MD.
- International Panel on Climate Change, 2013: *IPCC Climate Change 2013. The Physical Science Basis*.
- 井関将太・定永靖宗・松木篤・岩坂泰信・佐藤啓市・竹中規訓・坂東博, 2010: 能登半島珠洲におけるオゾンと一酸化炭素の濃度変動要因の解析. 大気環境学会誌, **45**, 256-263.
- 兼保直樹・高見昭憲・佐藤 圭・畠山史郎・林 政彦・原圭一郎・河本和明・山本重一, 2011: 九州北部の離島および大都市部におけるPM2.5濃度の通年での挙動. 大気環境学会誌, **46**, 111-118.
- 木村繁男・塚脇真二・松木 篤, 2014: 環境における「流れ」の役割とその解明—自然計測領域エコテクノロジー研究部門—. 日本海域研究, **45**, 11-14.
- WMO Global Atmosphere Watch (GAW), 2007: *Strategic Plan 2008-2015*. **172**.
- Yang, X.-Y., Okada, Y., Tang, N., Matsunaga, S., Tamura, K., Lin, J.-M., Kameda, T., Toriba, A. and Hayakawa, K., 2007: Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons from China to Japan. *Atmospheric Environment*, **41**, 2710-2718.



## 生物多様性を基盤にした環境学研究 —自然計測領域生物多様性研究部門—

鈴木信雄<sup>1\*</sup>・関口俊男<sup>1</sup>・木下栄一郎<sup>2</sup>・中村浩二<sup>3</sup>

2013年11月5日受理, Accepted 5 November 2013

### New Approaches to Environmental Studies on the Basis of Research Findings Related to Biodiversity in the Sea of Japan —Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement—

Nobuo SUZUKI<sup>1\*</sup>, Toshio SEKIGUCHI<sup>1</sup>, Eiichiro KINOSHITA<sup>2</sup> and Koji NAKAMURA<sup>3</sup>

#### Abstract

In an effort to analyse the biodiversity of the Sea of Japan, our aims are to examine the following: (1) the evolutionary and ecological relationships between the diversity of the environment and that of marine and terrestrial organisms in the sea and in the Hokuriku region and (2) the effects of natural and anthropogenic environmental changes on the diversity of organisms and ecosystems, using various techniques. In order to achieve our aims, we study various research techniques within the field of environmental science using different organisms, including both plants and animals.

In recent marine laboratory studies of fish and sea urchins, we noted widespread environmental contaminants (known as polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs). Using a specific assay system with fish scales, we proved that the metabolites of PAH suppressed osteoblastic and osteoclastic activities. In addition, PAHs had an influence on the early development of sea urchins. Increased PAHs in the aquatic ecosystem were detected, and we found that storm water runoff and the atmospheric deposition of PAHs are now the largest sources of aquatic PAH contamination. Furthermore, oil spills, such as the Deepwater Horizon and Nakhodka oil spills, directly induce PAH contamination in a marine environment. Therefore, we must pay further attention to aquatic PAH pollution. In relation to PAH pollution, we discussed the prospects of our research in this symposium.

**Key Words:** biodiversity, polycyclic aromatic hydrocarbons, environmental study, fish scales, future plans

キーワード: 生物多様性, 多環芳香族炭化水素, 環境学研究, 魚のウロコ, 将来構想

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生物多様性研究部門能登臨海実験施設 〒927-0553 石川県能登町 小木ム4-1 (Noto Marine Laboratory, Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4-1 Ogi Mu, Noto-cho, 927-0553 Japan)

<sup>2</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生物多様性研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

<sup>3</sup>金沢大学地域連携推進センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Kanazawa University Center for Regional Collaboration, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

## I. はじめに

生物多様性部門では、環日本海域および北陸地域における“生物の多様性”と“環境の多様性”の相互関係、環境の自然変動および人間活動による変動、環境汚染物質が生物の多様性と生態系に及ぼす影響をミクロな遺伝子からマクロな生態学までの種々の手法を用いて研究している。まず、①海洋生物多様性部門の海洋汚染物質（多環芳香族炭化水素類）に関する研究について述べ、②生物多様性部門の環境学研究の展望について記載する。

## II. 海洋生物多様性分野の環境学研究

### 1) 様々な化合物（環境汚染物質、ホルモン等）の骨に対する作用を解析する目的で開発した骨モデル（魚のウロコ）を用いたアッセイ系

硬骨魚のウロコは、石灰化した骨基質の上に骨芽細胞と破骨細胞が共存した構造をしており（Suzuki *et al.*, 2007, 2008）、その基質は、I型コラーゲンからなる線維層とI型コラーゲンとハイドロキシアパタイトからなる骨質層の二層からなる。骨質層は骨芽細胞によって膜内骨化と同様の様式で形成される（図1）。また、ウロコに存在する破骨細胞の多くは単核であるが、多核で波状縁を持つものも観察され、そのような破骨細胞は哺乳類の破骨細胞と同様の微細構造をもち、カテプシンKや酒石酸抵抗性酸フォ

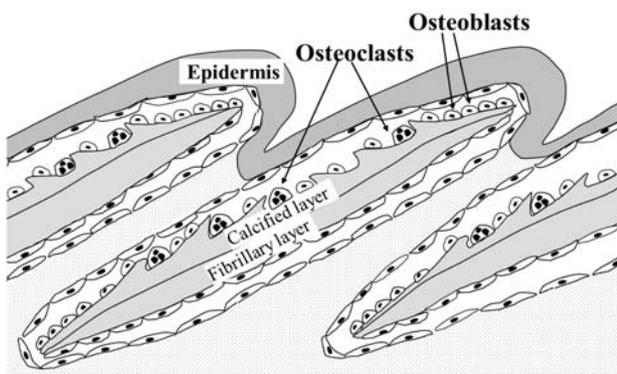


図1 魚のウロコの模式図。魚のウロコは、石灰化した骨基質の上に骨芽細胞と破骨細胞が共存し、ヒトの骨と同じように骨代謝を行っている。

Fig. 1 Schema of a transverse section of teleost skin with scales. The teleost scale is a calcified tissue that contains osteoblasts, osteoclasts, and bone matrix and is similar to that found in mammalian membrane bone.

スファターゼが発現している（Azuma *et al.*, 2007）。このような特徴を持つウロコを培養し、生理学的活性を指標とした評価システムを開発した。ウロコの培養には炭酸ガスは不要であり、培地には血清不含のL-15（水生動物用の培地）に抗生物質を入れて用い、低温（15℃）で少なくとも4日間培養可能である。このシステムを用いて、骨代謝に関与するホルモン（カルシトニン、副甲状腺ホルモン等）の作用を調べると、哺乳類と同様に作用することを証明済（Suzuki *et al.*, 2000, 2011）である。

### 2) ウロコのアッセイ系の環境学研究への応用

これまで環境汚染物質（重金属、トリブチルスズ、ビスフェノールA等）（Suzuki and Hattori 2003; Suzuki *et al.*, 2004, 2006）の骨芽細胞及び破骨細胞に対する作用をウロコのアッセイ系を用いて解析してきた。本稿では、多環芳香族炭化水素類（PAH類）の作用についての成果の概要を述べる。重油汚染海域では、魚の脊柱彎曲が発生している。ナホトカ号の重油流出事故でも、ヒラメの脊柱彎曲が観察され、魚の骨代謝にPAH類が大きな影響を及ぼしている。この原因を調べるには、魚の骨代謝を解析する迅速かつ高感度な評価システムが必要であり、魚類のウロコを骨モデル（Yoshikubo *et al.*, 2005; Thamamongood *et al.*, 2012）として評価している。ウロコの評価法により、6時間という短時間の培養で、水酸化体（4-hydroxybenz[a]anthracene: 4-OHBaA）が骨芽細胞及び破骨細胞の活性を抑制していることがわかった。したがって、水酸化体が魚の脊柱彎曲を引き起こす原因物質である可能性が高い。さらにPAH類は、魚のみならず無脊椎動物のウニの骨片形成も抑制することも判明した。そこで海洋生物多様性部門では、多環芳香族炭化水素類の海洋汚染に注目して、魚類及び無脊椎動物に対する毒性機構の解明を目指している。

## III. 環境学研究の展望

環日本海域環境研究センターの臨海実験施設は、平成24年度共同利用・教育拠点「日本海域環境学教育共同利用拠点」として認定を受けた。本施設は、閉鎖性の極めて高い日本海に突出する能登半島先端部で、富山湾に面する海域（石川県能登町小木）に

設置されており、日本海を生物学的に、生態学的に、また環境科学的にモニターする絶好な位置にある。そこで本施設は、環日本海域環境研究センターの教員の協力及び支援を受け、各教員のオリジナルな研究を基盤にして「総合的日本海域環境学」の講義と実習、ならびに日本海の未来への展望を含めて、全国の国・公・私立大学等に対して実施していく。さらに、教育拠点に伴い整備された研究環境に基づいて、陸上生物多様性分野と連携して環日本海域環境学を発展させていく予定である。

## 文 献

- Azuma, K., Kobayashi, M., Nakamura, M., Suzuki, N., Yashima, S., Iwamuro, S., Ikegame, M., Yamamoto, T. and Hattori, A., 2007: Two osteoclastic markers expressed in multinucleate osteoclasts of goldfish scales. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **362**, 594-600.
- Suzuki, N., Suzuki, T. and Kurokawa, T., 2000: Suppression of osteoclastic activities by calcitonin in the scales of goldfish (freshwater teleost) and nibbler fish (seawater teleost). *Peptides*, **21**, 115-124.
- Suzuki, N. and Hattori, A., 2003: Bisphenol A suppresses osteoclastic and osteoblastic activities in the cultured scales of goldfish. *Life Sciences*, **73**, 2237-2247.
- Suzuki, N., Yamamoto, M., Watanabe, K., Kambegawa, A. and Hattori, A., 2004: Both mercury and cadmium directly influence calcium homeostasis resulting from the suppression of scale bone cells: The scale is a good model for the evaluation of heavy metals in bone metabolism. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, **22**, 439-446.
- Suzuki, N., Tabata, M.J., Kambegawa, A., Srivastav, A.K., Shimada, A., Takeda, H., Kobayashi, M., Wada, S., Katsumata, T. and Hattori, A., 2006: Tributyltin inhibits osteoblastic activity and disrupts calcium metabolism through an increase in plasma calcium and calcitonin levels in teleosts. *Life Sciences*, **78**, 2533-2541.
- Suzuki, N., Kitamura, K., Nemoto, T., Shimizu, N., Wada, S., Kondo, T., Tabata, M.J., Sodeyama, F., Ijiri, K. and Hattori, A., 2007: Effect of vibration on osteoblastic and osteoclastic activities: Analysis of bone metabolism using goldfish scale as a model for bone. *Advances in Space Research*, **40**, 1711-1721.
- Suzuki, N., Somei, M., Seki, A., Reiter, R.J. and Hattori, A., 2008: Novel bromomelatonin derivatives as potentially effective drugs to treat bone diseases. *Journal of Pineal Research*, **45**, 229-234.
- Suzuki, N., Danks, J.A., Maruyama, Y., Ikegame, M., Sasayama, Y. and Hattori, A., Nakamura, M., Tabata, M.J., Yamamoto, T., Furuya, R., Saijoh, K., Mishima, H., Srivastav, A.K., Furusawa, Y., Kondo, T., Tabuchi, Y., Takasaki, I., Chowdhury, V.S., Hayakawa, K. and Martin, T.J., 2011: Parathyroid hormone 1 (1-34) acts on the scales and involves calcium metabolism in goldfish. *Bone*, **48**, 1186-1193.
- Thamamonggood, T.A., Furuya, R., Fukuba, S., Nakamura, M., Suzuki, N. and Hattori, A., 2012: Expression of osteoblastic and osteoclastic genes during spontaneous regeneration and autotransplantation of goldfish scale: A new tool to study intramembranous bone regeneration. *Bone*, **50**, 1240-1249.
- Yoshikubo, H., Suzuki, N., Takemura, K., Hoso, M., Yashima, S., Iwamuro, S., Takagi, Y., Tabata, M.J. and Hattori, A., 2005: Osteoblastic activity and estrogenic response in the regenerating scale of goldfish, a good model of osteogenesis. *Life Sciences*, **76**, 2699-2709.



# 健康環境を支える生体医用工学の発展を目指して —自然計測領域生体機能計測部門—

田中茂雄<sup>1\*</sup>・柿川真紀子<sup>1</sup>

2013年11月11日受理, Accepted 11 November 2013

## Toward an Advance in Biomedical Technology in the Field of Environmental Health —Division of Biological Measurement and Application, Department of Natural Science and Measurement—

Shigeo TANAKA<sup>1\*</sup> and Makiko KAKIKAWA<sup>1</sup>

### Abstract

The aging of society is rapidly progressing in East Asia region, especially in China, South Korea, and Japan. The health of elderly people is one of the primary issues to be considered in an aging society. Osteoporosis and cancer are major diseases amongst elderly people and create serious problems in terms of the quality of elderly life. The mission of this division is to provide practical solutions in terms of elderly health problems from the biomedical engineering perspective. This paper introduces our on-going research projects regarding this objective, in which new technologies for the therapy, prevention, and diagnosis of these diseases are developed. This is based on tissue engineering, biomechanics, bio-optics, or biophysics, and the utilisation of various physical stimuli. The prospective outcomes of the projects are discussed and our academic activities in Asia are introduced at the end.

**Key Words:** biomedical engineering, osteoporosis, cancer, aging societies, elderly health  
キーワード: 生体医用工学, 骨粗鬆症, 癌, 高齢社会, 高齢者

### I. はじめに

我々が住む東アジア地域は世界的に最も高齢化が進む地域である (図1)。2025年には日本, 韓国, 中国といった現在の世界人口のおよそ4分の1を占める国々全てが高齢社会 (65歳以上人口が14%以上) となり, 当該地域に与えるインパクトは大きい。高齢社会への急速な移行に対応すべく政治, 社会, 文化, またはテクノロジーなど全ての分野において大きな

変革が予想される。一方, 高齢者が人口の主要集団となるというこれまでに人類が経験したことのない社会環境への移行は, 高齢者自身のライフスタイルがどうあるべきかということをあらためて問いかけることになる。高齢者のライフスタイルを考える上で, 保険や年金制度にといった社会保障システムが重要なテーマであることはもちろんであるが, 一方で, 高齢者の健康問題は同等の重要性を有するテーマである。長期化した平均余命をいかに健康に

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生体機能計測研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Biological Measurement and Application, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

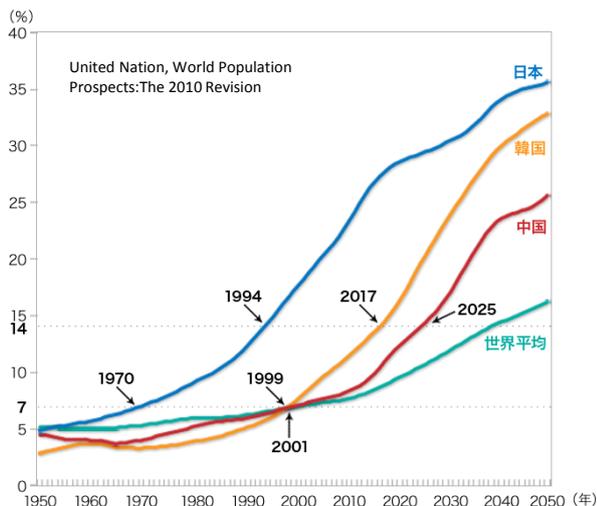


図1 東アジアで急速に進む高齢化 (United Nation, Department of Economic and Social Affairs, World Population Prospects: The 2010 Revision).

Fig. 1 Rapid increase in elderly population in East Asia.

過ごせるかということは、高齢者の生活の質、すなわち幸福度に直結する課題である。

高齢者の健康は、生活習慣、健康管理、および医療の3つの全て面からその維持方法が検討されるべきである。本部門では、生体医用工学に基づく技術開発研究を通じて高齢者の健康を支援することを使命としている。加齢に伴いさまざまな疾病の罹患率が高まるが、本部門では、特に、高齢者にとって深刻な影響をもたらす疾患である骨粗鬆症と癌を主テーマとして研究を行っている。なお、骨粗鬆症とそれに起因する骨折は、高齢者の寝たきりの主要な原因の一つであり、また認知症発症の原因となる。一方、癌は多くの世代で死因の第1位であり、加齢に伴いその発症率が急速に増大する。これらの疾患は、高齢者の生活を激変させ、その質を著しく低下するため、特に優先的に取り組むべき課題と言える。以降では、それぞれの疾患をテーマとする本部門の研究の内容と将来展望を述べ、最後に、共同研究やシンポジウム開催といったアジア地域における本部門の活動について紹介する。

## II. 骨粗鬆症問題の解決へ向けて

加齢に伴い骨密度が減少する骨粗鬆症は、高齢者で頻発するため (図2)、彼らの健康的な生活の維持を考える上で避けては通れない大きな問題である。身

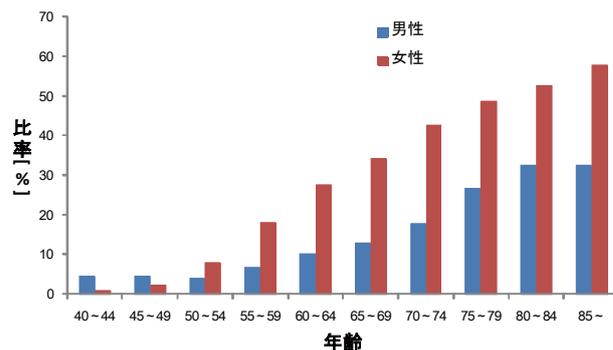


図2 骨粗鬆症域の骨密度を示す年代別症例数 (曾根・福永, 2004).

Fig. 2 Age-specific incident rate of osteoporosis. Blue bar: male, Red bar: female.

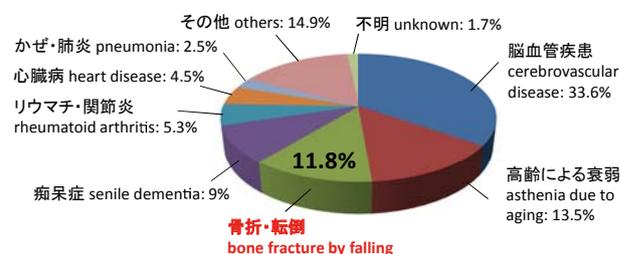


図3 65歳以上の寝たきりの原因 (厚生労働省「人口動態統計月報年報」2008年).

Fig. 3 Cause-specific bedridden rate in Japanese elderly aged 65 or over.

体能力の劣る高齢者は、日常生活において転倒が生じやすく、また、骨粗鬆症により容易に骨折が生じる。低下した治癒能力のため長期の治療が必要となり、これが寝たきりの大きな原因の一つとなっている (図3)。このような高齢者を取り囲む骨粗鬆症問題を解決するためには多方面からの働きかけが必要であるが、生体医用工学的アプローチにより同問題の解決に貢献することが本研究の使命である。問題解決のための技術的アプローチとしては、治療技術、予防技術、および診断技術の三つに分ける。それぞれに対し我々は以下のような研究を行い問題の解決を目指す。

### 1) 治療技術：培養再生骨

骨粗鬆症性骨折の治療法として、患者自身の幹細胞を使った再生医療技術に着目する。本研究では、骨髓に含まれる間葉系幹細胞から得られる骨芽細胞を使い再生骨を作製する。再生骨の骨格 (担体) に

は生体適合性と力学適合性を兼ね備えた素材が必要であるが、本研究では、特に、担体素材として超弾性的性質を持つチタン合金や分化誘導分子を含むハイドロゲルに注目して再生骨の作製を行う。また、骨芽細胞の石灰化を促し骨再生の早期完成を実現するために力学刺激の利用を試みる(Tanaka, 2010)。以上の研究は、ラットを使った動物実験より検証していく。

## 2) 予防技術：電気的筋刺激

骨粗鬆症の予防技術として、副作用のない非薬物的手法となる力学刺激の骨形成促進効果に着目する。骨に対し力学刺激を与える方法としては運動による負荷が最も簡単ではあるが、身体能力の劣る高齢者ではむしろ骨折のリスクを増大させる可能を有している。そこで本研究では、電気刺激により生じさせた筋収縮力により骨を力学的に刺激する方法を着目した(Tanaka *et al.*, 2009)。これまで、ラットを用いて同方法の有効性の検証を行ってきたが、今後は、特に、骨形成効果が最大化される刺激の与え方の決定やヒトへの応用を考慮したデバイス開発を行っていく。

## 3) 診断技術：光式骨密度計

骨粗鬆症を早期に発見するには、定期的に自身の骨密度を把握し、早期に予防に努めることが肝要である。しかしながら、現在用いられている骨密度計測装置は医療機関に設置され、また被ばくの危険性のあるX線を使用しているため、骨密度の定期的診断には向かない。そこで本研究では、光を使った安全で小型な骨密度計測装置を開発することを目的とした。本装置では、照射する光の散乱状態を制御することで生体組織内での光侵入深度を変化させ、皮膚での光散乱に影響されことなく骨密度を推測することができる。同原理は、数値シミュレーションおよび模擬試料実験によりその実効性が確認されており(曹ほか, 2009; 田中ほか, 2008)、現在、ヒトの骨密度計測用に小型化された装置の開発を進めている。

## 4) 今後の展望

以上の3つそれぞれの技術開発の進展は他の進展と相互に影響を及ぼしながら完成へと向かう(図4)。

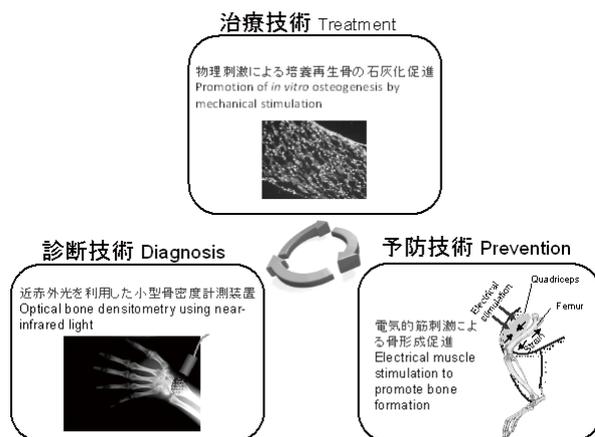


図4 骨粗鬆症問題解決に向けた生体医用工学技術による挑戦。

Fig. 4 Our bioengineering strategies for osteoporosis.

これにより、骨粗鬆症問題を多面的、総合的に対処可能な技術リソースの蓄積が実現され、その効果的な運用を医療機関との連携の中から模索していく予定である。

## Ⅲ. 磁場によるがんの標的治療の確立に向けて

### 1) 薬剤作用増強における磁場条件

磁場と化学物質や物理刺激との併用曝露による生体影響について、いくつか研究報告があり、例えば放射線のDNA損傷作用は磁場との併用曝露によりその損傷作用は相乗的に高まったと報告されている(Koyama *et al.*, 2005; Tofani *et al.*, 2003)。我々も、抗生物質であり抗がん剤でもあるマイトマイシンCの細菌細胞における作用は、交流磁場曝露により増強されることを見出した(図5)。一方、臨床で抗がん剤はがん細胞だけでなく正常細胞にも作用し、副作用を起こすことが問題となっている。固形がん磁場に曝露することで抗がん剤作用を高められれば、投薬量を減らし副作用が抑えられ、磁場によるがんの標的治療が期待できる。これまで、薬剤作用増強における効果的な磁場条件について検討しており、まず磁束密度においては、図5で示すように60Hz、50mT磁場曝露によりマイトマイシンC 2.0 $\mu$ g/ml作用は4.9 $\mu$ g/ml相当まで増強されるなど、各濃度換算で2.4倍の作用増強を示し、この増強率は磁束密度が高いほど大きくなることを明らかにした。また、0~6000Hz間の周波数条件では、磁束密度はいずれも50mTとして薬剤作用増強率を測定した結果、60Hz

The potency of drug (mitomycin C, MMC) by 60 Hz, 50 mT

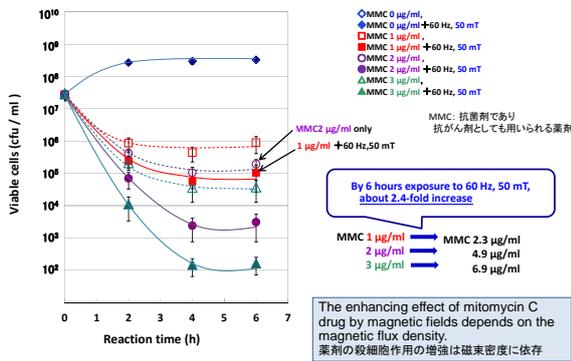


図5 細菌細胞における薬剤作用の磁場増強.  
Fig. 5 Enhancing effect of magnetic fields on drug potency in bacterial cells.

付近の周波数の磁場曝露で最も効果的に薬剤作用を増強することが明らかとなった。

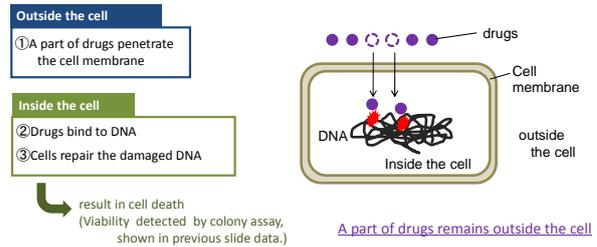
### 2) 磁場の薬剤作用メカニズムの解明と臨床応用に向けて

薬剤作用機序として、まず添加された薬剤の一部は細胞内へ取り込まれ、細胞内ではDNAに作用する。薬剤の一部は細胞外に残る。一方、ダメージを受けた細胞は修復機構によりDNAの損傷部分を修復するが、追いつかない場合に細胞死に至る。図5は最終結果である生存率を示す。マイトマイシンCを用いて、細胞内に取り込まれた薬剤と細胞外に残る薬剤量について磁場曝露群(60Hz, 50mT)と非曝露群で比較したところ、磁場曝露群は非曝露群に比べ、細胞内に取り込まれる薬剤量が1.9倍に増加し、細胞外に残る薬剤量は0.62倍と減少した。同様に臨床で広く用いられるシスプラチンでも測定したところ、磁場曝露群は非曝露群よりも細胞内の薬剤量は1.38倍に増加、細胞外は0.80倍となった。どちらも磁場曝露による細胞内と細胞外の薬剤量の変化率は逆相関を示し、磁場曝露により細胞内の薬剤量が増加することが明らかとなった。

### 3) 今後の展望

今後はさらに分子レベルでの磁場による薬剤の細胞膜輸送における作用メカニズムの解明が課題である(図6)。また、これまでは細菌細胞での実験結果が中心であることから磁場によるがんの標的治療の確立に向けて、ヒトがん細胞や動物実験における磁場

The drug action



Checked the amount of the drugs remaining in the medium to see whether magnetic fields change the membrane permeability of drugs or not.

図6 薬剤作用における磁場影響メカニズムの解明.  
Fig. 6 Drug action steps.

の薬剤作用効果を検討する必要がある。

## IV. アジア地域との連携—共同研究とシンポジウムの開催—

アジア、特に東アジアでは今後急速に高齢化が進むと予想されており、ヒトの健康環境や、生活の質と医療技術の向上が重要となってくる。これまで、当研究部門の山田外史を中心として当センター協賛で2000年より Asian-Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanicsを隔年で開催してきた(図7)。また、当研究部門ではアジア地域との連携として、タイのキングモンクット工科大学(King Mongkut's University of Technology Thonburi, KMUTT)と共同研究(Non-Destructive Optical

Research collaboration and symposium in Asia  
共同研究とアジア-パシフィックシンポジウムの開催

Asian-Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics  
(2014 Taiwan)  
2012 Ho Chi Minh, Vietnam  
2010 Kuala Lumpur, Malaysia  
2008 Bangkok, Thailand  
2006 Sydney, Australia  
2004 Auckland, New Zealand  
.....



図7 アジア地域における連携—シンポジウムの開催—  
Fig. 7 Research collaboration and symposium in Asia.

Monitoring for Calcification and Culture of Tissue-Engineered Bone In Vitro, 田中茂雄) を行い, その成果をもとに2012年度日立リサーチフェローシップや, タイのPlatform Technology Grant, National Metal and Materials Technology Center (MTEC)などの研究助成を獲得し, 研究を進めてきた。今後もさらにアジア地域での共同研究やシンポジウムによる研究交流を深め, 当研究部門の機械, 電気, 化学工学, 生物工学分野の研究スキルをもとに, 東アジア地域で急速に進む高齢化社会で必要となる生体医用工学研究に寄与していきたいと考えている。

## 文 献

- Kakikawa, M. and Yamada, S., 2012: Effect of extremely low-frequency (ELF) magnetic fields on anticancer drugs potency. *IEEE Transactions on Magnetics*, **48**, 2869-2872.
- Koyama, S., Nakahara, T., Sakurai, T., Komatsubara, Y., Isozumi, Y. and Miyakoshi, J. 2005: Combined exposure of ELF magnetic fields and X-rays increased mutant yields compared with X-rays alone in pTN89 Plasmids. *Journal of Radiation Research*, **46**, 257-264.
- 曾根照嘉・福永仁夫, 2004: 我が国における骨粗鬆症有病率と国際比較. *日本臨床*, **62**, 197-200.
- 曹 廷舜・辻本敏行・田中茂雄, 2009: 光深度分解法による骨密度計測—モデル実験による検証—. *臨床バイオメカニクス*, **30**, 15-19.
- Tanaka, S.M., 2010: Mechanical loading promotes calcification of tissue-engineered bone in vitro. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, **5**, 635-645.
- Tanaka, S.M. and Kondo, K., 2009: Frequency and resting time dependencies of electrically-induced muscle contraction force. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, **4**, 201-211.
- 田中茂雄・曹 廷舜・山越憲一・辻本敏行, 2008: 光を利用した骨密度計測法の開発—光深度分解法による皮膚影響補償—. *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, **29**, 181-186.
- Tofani, S., Barone, D., Berardelli, M., Berno, E., Cintorino, M., Foglia, L., Ossola, P., Ronchetto, P., Toso, E. and Eandi, M., 2003: Static and ELF magnetic fields enhance the in vivo anti-tumor efficacy of cis-platin against lewis lung carcinoma, but not of cyclophosphamide against B16 melanotic melanoma. *Pharmacological Research*, **48**, 83-90.



# 東アジアにおけるにおける環境研究ネットワークの展開

## —モンゴル, 中国, 韓国, 台湾からの提言—

### —環境情報領域—

柏谷健二<sup>1\*</sup>

2013年11月28日受理, Accepted 28 November 2013

## The Development of Environmental Study Networks in East Asia

### —Proposals by Mongolia, China, Korea and Taiwan—

### —Department of Environmental Information—

Kenji KASHIWAYA<sup>1\*</sup>

#### Abstract

The Department of Environmental Information aims to promote environmental studies and to exchange environmental information through establishing networks in East Asia. Future international activities regarding information exchange through the department have been proposed, via the symposium, by Mongolia, China, Korea and Taiwan.

**Key Words:** Department of Environmental Information, East Asia, research network  
キーワード: 環境情報領域, 東アジア, 研究ネットワーク

環日本海域環境研究センターの自然計測領域地球環境計測研究部門を中心とした東アジアの地表プロセスと環境変動に関する研究は, 国際共同研究, 国際会議, 研究者・研究生の交換等を進めることにより, 国際環境研究ネットワークの形成に結びついている。このネットワークは国際共同研究の要となっているが, 現在も進めている共同研究の一端をここでは紹介したい。

モンゴルとの共同研究は長期環境変動 (フブスグル掘削プロジェクト, ダラハド掘削プロジェクト) および湖沼-流域系プロセスと短期環境変動 (湖沼-流域系プロセスプロジェクト) であるが, 前者はモ

ンゴル科学アカデミー地質鉱物資源研究所との共同研究, 後者は国立モンゴル大学・モンゴル科学アカデミー地理研究所との共同研究である。前者のプロジェクトの起源は2003年まで遡るが, 長期環境変動の解明に大きく貢献しており, 現在は突発的環境変動の解明に重点を移動させながら継続している。後者の共同研究は比較的最近からであるが, 歴史時代の環境変動を中心に地表プロセスの解明を基礎として, 今後数百年の環境変動の推定に資する情報の蓄積・解析を進めている。観測の共同化も重点課題の一つとしている。今回のシンポジウムではモンゴル科学アカデミー地質鉱物資源研究所 (トムルトグー

<sup>1</sup> 金沢大学環日本海域環境研究センター 環境情報領域 前領域長 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Former Leader, Department of Environmental Information, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

所長)・モンゴル科学アカデミー地理研究所(ドルジゴトフ所長)・国立モンゴル大学(バツツェンゲル地球科学部長)の代表によって今後の共同研究に関する提言が行われた。

中国との共同研究は中国東北部であるが、豆満江流域の湖沼-流域系プロセス(延辺大学)と完新世の環境変動(興凱湖・鏡泊湖, 中国科学院南京地理湖沼研究所)に関する研究が進められている。今回は延辺大学都市環境生態研究所南衛穎所長が今後の共同研究について報告したが、若手研究者・学生間の交流についても触れた。

韓国とはこれまでに10年にも及ぶ国際共同研究の実績があるが、韓国側の中心となってきたのが韓国地質資源研究院であり慶熙大学である。共同研究のフィールドはモンゴル, 中国, 韓国および日本であるが、国際会議の推進や学生交流も活発に進められ

てきた。今回のシンポジウムには韓国地質資源研究院から梁東潤研究リーダー, 慶熙大学からは田中幸哉教授が参加し、今後の共同研究・国際交流についての提言を行った。

台湾との共同研究は国立台湾大学との集集地震(1999)の共同調査がその端緒であるが、2007年からは堆積物情報に基づいた地形環境の解析等の小規模な共同研究が進められてきた。台湾最大の湖である日月潭を対象とした共同研究は2011年に開始したが、分析結果も徐々に始まっており、更新世晩紀から現在に至る環境変動が明らかになりそうである。学生交流も活発に進められ、学生実習としての台湾巡検や金沢大学での環境解析が毎年行われるようになった。今回のシンポジウムには国立台湾大学の林俊全教授が参加し、共同研究・交流の将来像について報告した。

## 東アジアの中の環日本海域 —地域研究の拠点としての地域研究領域—

塚脇真二<sup>1\*</sup>・全 希永<sup>2</sup>・Hang Peou<sup>3</sup>

2013年11月15日受理, Accepted 15 November 2013

### The Sea of Japan Region as a Research Hub in East Asia —Department of Regional Studies—

Shinji TSUKAWAKI<sup>1\*</sup>, Hee Young CHUN<sup>2</sup> and Peou HANG<sup>3</sup>

#### Abstract

The Japan Sea Research Institute at Kanazawa University has been a major component of the Department of Regional Studies at the Institute of Nature and Environmental Technology since 2007. The department aims to coordinate and promote interdisciplinary regional studies in East Asia, and particularly in the area of the Sea of Japan, on the basis of international and intergovernmental networks. This article firstly introduces the APSARA National Authority (*Autorité pour la Protection du Site et l'Aménagement de la Région d'Angkor*) in Cambodia, which manages the Angkor World Heritage, as an ideal area of interdisciplinary research at the department. Secondly, it presents the Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia (CCOP) as a powerful intergovernmental committee, which has functioned as an influential network for international co-operation.

**Key Words:** Sea of Japan, regional studies, East Asia, environmental studies, Angkor World Heritage, APSARA, CCOP

**キーワード:** 環日本海域, 地域研究, 東アジア, 環境科学, アンコール世界遺産, CCOP, APSARA 公団

#### I. はじめに

前稿で述べたとおり, 日本海域における地域研究の拠点であった金沢大学日本海域研究所は, 2007年4

月の改組によって自然計測応用研究センターと統合され環日本海域環境研究センターの地域研究領域となった(塚脇, 2014; 木村・中村, 2014)。日本海域研究所のそれまでの活動は日本海域という地域に特

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域エコテクノロジー研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Eco-Technology, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan), 「日本海域研究」編集主幹 (Chief Editor of Japan Sea Research)

<sup>2</sup>韓国教員大学校地球科学教育学科 大韓民国忠清北道清原郡江内面多楽里山7 (Department of Earth Science Education, Korea National University of Education, 7 Treefull City, Sangdaedong Youseongku, Daejeon, Korea), 東・東南アジア地球科学計画調整委員会元事務局長 (Former Director, Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia)

<sup>3</sup>カンボジア国立アンコール遺跡整備公団 (Autorité pour la Protection du Site et l'Aménagement de la Région d'Angkor, Rue d'Apsara, Boeung Don Pa, Slakram, Siem Reap, Kingdom of Cambodia)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

化した出版物「日本海域研究所報告／日本海域研究」の発行にほぼかぎられていたが、この改組によって、地域研究領域には日本海域における地域研究の拠点となる可能性が開けてきたといえる。

わが国に加えて韓国や中国、ロシアといった工業化をすでになしとげた国々が位置する環日本海域は、さまざまな点で東アジアの中核地域であり、工業化にともなう環境問題の研究についてはまさに先進地域である。また、活動縁辺域に位置するわが国は、地震や津波、集中豪雨、火山の噴火といった自然災害の研究という点では世界の最先端に位置する。さらに、いわゆる社会主義諸国と資本主義諸国とが国境を接するこの地域は、社会科学や人文科学の視点からも興味深いところである。

環日本海域環境研究センター自然計測領域の各部門は、環日本海域はもとより、同海域を含む東アジアの諸国と連携しながらの活動を長年にわたって実施している。地球環境計測研究部門は、韓国、台湾、中国、モンゴル、ロシアとの連携のもとに放射能問題や長周期環境変動にかかる研究を推進している。エコテクノロジー研究部門は、中国やロシアなどとの共同研究のもとでのエアロゾルの研究や、タイやマレーシア、ヴェトナムにおける沿岸海洋環境変動、カンボジアのアンコール世界遺産における環境問題などにこれらの国々の政府や国際機関とともに取り組んでいる。生物多様性研究部門は、里山－里海ネットワークを石川県のみならず、フィリピンや中国、インドネシアといった国々へ広く展開しつつある。生体機能計測研究部門は、タイやマレーシア、台湾、ヴェトナムなどでの研究集会の開催をとおして緊密な研究ネットワークを構築している。

前述のとおり、環日本海域/北東アジア地域は環境研究における東アジアの中核地域であり地域研究でも先進的な地域である。一方、発展途上国がひしめく環南シナ海域/東南アジア地域では、開発にともなうさまざまな環境問題が急速に顕在化しつつあり、それぞれの国に特有の社会問題や自然災害への喫緊の対応にも迫られている。

環日本海域環境研究センター自然計測領域各研究部門の研究実績ならびにそれぞれの研究部門が築き上げた研究ネットワークを活用し、これらを相互に利用するとともに連携させることで、北東アジアと東南アジアの両地域を包括する「東アジア」にお

ける環境問題や社会問題などの解決に、当センターがさらに貢献することが可能となろう。その中で、地域研究領域は地域研究の中核組織として、この地域における独自の研究活動に加えて、文理融合型学際的活動の提案や推進、調整などの任務を担うべきといえる。

地域研究あるいはネットワークの構築という点で、地域研究領域が中心となつての今後の展開が期待される例として、以下に地域研究のモデル拠点としての可能性を秘めるアンコール世界遺産と、国際ネットワークのハブとしての機能が期待される東・東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP)を紹介する。

## II. 地域研究のモデル拠点：カンボジアのアンコール世界遺産

1992年にユネスコの世界遺産に登録されたカンボジアのアンコール遺跡群は、数ある世界遺産の中でも屈指の文化遺産である。広大な登録地域には総数800にもおよぶ遺跡と熱帯特有の豊かな自然が存在する。しかも、世界遺産登録地域内だけでも10万人をこえる地域住民が生活する世界でもまれな存在であり、自然と文化財、地域社会の巨大な複合体といえる。その一方で、無計画に発展し続ける観光産業や社会基盤整備事業によって、この世界遺産における環境問題や社会問題は複雑で複合的なものとなりつつある。

環境問題の深刻化は発展途上国には普遍的に存在するが、長期間にわたって内戦状態にあったカンボジアでは、環境汚染が政府や一般市民の理解のないまま短期間のうちに深刻化していったという特殊性がある。1993年の国民総選挙の成功で同国社会はようやく安定した。しかし、それとともに復興を旗印にした開発が海外からの援助の開始とともに同国の全土で始まり、アンコール世界遺産を訪れる観光客数は激増した。その結果、計画性のない開発や観光産業の急激な成長によって、環境汚染や自然破壊などの問題が同国各地でいっきに噴出してきた。

アンコール遺跡整備公団 (Autorité pour la Protection du Site et l'Aménagement de la Région d'Angkor: APSARA公団) は、アンコール世界遺産の維持管理を目的として1995年に設置されたカンボジア最大の国立公団である。同公団の業務には、遺跡

の保全や修復のみならず、世界遺産区域の環境保全や開発の管理、観光産業の誘致や管理、地域住民社会や地域文化の保全や保護と幅広いものがある。金沢大学とAPSARA公団とは2009年度に大学間交流協定を締結した。著者のひとりであるHangは副総裁の任にありながら水管理部門長を併任しており同世界遺産の環境保全業務の中核にいる。また、同じく塚脇は、内戦中からの同国での調査研究教育活動の実績をふまえ、同公団の上位の国際機関であるユネスコ/アンコール世界遺産国際管理委員会（UNESCO, 2013）の専門家特別委員会委員として同遺産区域の開発と環境保全にかかる助言や指導を行っている。

アンコール世界遺産は文化遺産でありながら、自然と文化財、地域社会の複合体であり、遺跡の保存事業や途上国家への支援などで国際社会との関係も深い。金沢大学を中心とする調査チームはこの世界遺産での自然環境や環境汚染にかかる調査研究を10年以上にわたって継続してきた（UNESCO, 2013: 図1）。しかしながら、地域住民が暮らすこの世界遺産では、環境問題に加えて、社会経済の急速な発展にともなうさまざまな社会問題も顕在化しており、自然科学、社会科学、人文科学の諸分野を横断するような文理融合型の学際的な調査研究の実施が望まれている。すなわち、アンコール世界遺産は地域研究領域のモデル拠点のひとつとしてうってつけの存在と考えられる。なお、APSARA公団では金沢大学の学生インターンシップが継続して実施されており（図2）、すでに海外における実務教育の拠点のひとつとなっている（アンコール遺跡整備公団インター



図1 アンコール世界遺産のアンコールワット寺院環境における水位観測。

Fig. 1 Water level observation in the moat of Angkor Vat in the Angkor World Heritage, Cambodia.



図2 APSARA公団での学生インターンシップ。

Fig. 2 Students' internship programme in the APSARA National Authority (Autorité pour la Protection du Site et l'Aménagement de la Région d'Angkor) in Cambodia.

ンシップ実施委員会, 2014)。

### Ⅲ. 国際ネットワークのハブ：東・東南アジア地球科学計画調整委員会

東アジア・東南アジア地球科学計画調整委員会（Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia: CCOP）は、国際連合アジア極東経済委員会の附属機関として1966年に設立された。加盟国とこれらの国々の活動を資金的・技術的に支援する協力国、およびユネスコや世界銀行などの協力機関からなる政府間機構であり、おもに地球科学分野のプロジェクトやワークショップの提案や推進をとおして、東アジア地域の持続的発展をめざす国際機構である。

2014年2月時点でのCCOPへの加盟国は、カンボジア、中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、パプアニューギニア、フィリピン、シンガポール、タイ、東チモール、ヴェトナムの13カ国であり、協力国としてはオーストラリア、ベルギー、カナダ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、オランダ、日本、ノルウェイ、ポーランド、ロシア、スウェーデン、連合王国、アメリカ合衆国の15カ国が参加している。このように、CCOPは東アジア全体ばかりか先進国をもつつみこむ政府間ネットワークである。年に一回の総会を加盟国が持ち回りで開催している。2013年度の年次総会はわが国の仙台で開催された（図3）。



図3 東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第49回年次総会（2013年10月仙台）。

Fig. 3 The 49<sup>th</sup> Annual Session of CCOP (Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia) held in Sendai, Japan in October 2013.

CCOPの活動は地球科学分野のみにとどまらず、自然災害や環境汚染などへの対応といった環境科学的側面や、発展途上国における人材育成という社会事業の側面もあわせもつ。たとえばCCOPの現在進行中のプロジェクトとしては、ノルウェイが提案した石油・天然ガス資源賦存情報の整備や日本が提案した地下水資源管理と人材育成、オランダが提案した沿岸における地盤沈下や地下水の汚染問題などがあげられる。

金沢大学とCCOPとは2010年度に大学間交流協定を締結した。著者のひとりである全はCCOPの元事務局長であり、現在は特別顧問のひとりとしてCCOPの活動に関与している。また、同じく塚脇はCCOP日本国内委員会委員のひとりとしてCCOPの活動に長年にわたって参加している。このCCOPの東アジア全体にわたる緊密なネットワークは、環日本海域環境研究センターの国境を越えた環境研究や地域研究におおいに活用されるものであり、地域研究領域の国際ネットワークのハブとしての機能に今後期待するものである。

#### IV. 今後の展望

前稿のとおり、2007年の改組によって金沢大学日本海域研究所は環日本海域環境研究センターの地域研究領域となった(塚脇, 2014)。この改組によって、本領域は、環日本海域環境研究センターの他領域・部門との協力のもとに、さらには学内の他部局や学外のさまざまな機関・組織との連携のもとに、文理融合型の学際的な活動を展開する機能が備わったことになる。それとともに、地域研究に特化した組織として、環日本海域のみならず、東アジア全域を対称とし、かつ多彩な研究分野を包括するような学際的研究を企画調整し推進する機能が今後要求されることになる。

本稿では地域研究のモデル拠点としてのアンコール世界遺産と、国際ネットワークのハブとして期待される東・東南アジア地球科学計画調整委員会をとりあげた。この他にも既述のとおり、環日本海域環境研究センター自然計測領域各部門がそれぞれに独自の拠点やネットワークを持っている。これらのネットワークを組み合わせるの複合ネットワークの構築をも視野に入れながらの調査研究および調整活動を地域研究領域は今後展開する予定である。

#### 文 献

- アンコール遺跡整備公団インターンシップ実施委員会、2014: 2013年度アンコール遺跡整備公団インターンシップ報告書。金沢大学人間社会学域国際学類/金沢大学環日本海域環境研究センター、前田印刷、金沢、43p.
- 木村繁男・中村浩二、2014: 自然計測応用研究センターと環日本海域環境研究センターの10年。日本海域研究, 45, 3-5.
- 塚脇真二、2014: 金沢大学日本海域研究所と「日本海域研究」—地域研究領域—。日本海域研究, 45, 29-33.
- UNESCO, 2013: *20 ans de Coopération Internationale pour la Conservation et le Développement Durable*. Bureau de l'UNESCO à Phnom Penh, Phnom Penh, 138p.

## これからの環日本海域環境研究センター

早川和一<sup>1\*</sup>

2013年12月28日受理, Accepted 28 December 2013

### Developing Environmental Studies in East Asia — An Image of the Future from the Perspective of the Institute of Nature and Environmental Technology —

Kazuichi HAYAKAWA<sup>1\*</sup>

#### Abstract

The Institute of Nature and Environmental Technology was reorganised in 2007 in order to promote various environmental scientific and technological researches and related research networks in the area of the Sea of Japan. However, environmental and social problems, as well as natural disasters in the area have become more intense and diversified within a short span of time. In order to take steps to cope with this new situation, the institute intends to continue its research activities to develop and promote environmental studies and to create interdisciplinary regional studies in East Asia, and particularly in countries bordering the Sea of Japan.

**Key Words:** Institute of Nature and Environmental Technology, Sea of Japan, East Asia, environmental science

**キーワード:** 環日本海域環境研究センター, 環日本海域, 東アジア, 環境科学, 地域研究

2002年4月に設立された自然計測応用研究センターは、環日本海域の環境研究を金沢大学がさらに強力に推進することを目的に、2007年4月にあらたな研究組織「環日本海域環境研究センター」として再編された。環日本海域環境研究センターには、北陸を中心におきつつも、環日本海域、さらには東アジア全域における環境研究活動の展開が、金沢大学憲章に掲げられた「東アジアの知の拠点」のひとつとして期待されている。さらに、2007年の改組によって同センターに吸収された「金沢大学日本海域研究所」は日本海域における地域研究のかつての拠点であり、同研究所を母体とする地域研究領域には、当センターの各領域や各研究部門とともに、文理融合

型のあらたな学際的研究の創出と推進が求められている。

しかしながら、このわずかの期間にも、環日本海域をめぐる動きはさまざまに変化している。環境問題ではPM2.5の越境問題が大きくクローズアップされてきた。社会問題としては、環境問題ももちろんこれに含まれるが、国家間での領土問題が熾烈さを増している。自然災害としては、わが国に未曾有の被害をもたらした東日本大震災が2011年に発生した。東アジア全体へ目を向けると、あらゆる国での環境問題や社会問題の多様化と深刻化はもちろんのこと、フィリピンの台風被害やインドネシアの火山噴火など、地域社会の存在をもゆるがすような事象が多発

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター センター長 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Director, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

し、国境問題もまた激しさを増している。

このような環境問題や社会問題，自然災害への対応には環日本海域環境研究センターにもあらたな変化が求められよう。環日本海域あるいは東アジアの現状をふまえたうえで，これらの諸問題に対処する

ための国内・国際共同研究をさらに進展させるとともに国際社会への発信力をさらに増すためにも，当センターのさらなる変革をも視野に入れつつ，環境研究の拠点として当センターは今後も研究にとりくむ所存である。

## 石川県ー福井県北部海岸平野のボーリングコア中の 鬼界アカホヤ火山灰

東野外志男<sup>1\*</sup>・中川重紀<sup>2</sup>・小川義厚<sup>3</sup>・田村糸子<sup>4</sup>

2013年10月9日受付, Received 9 October 2013  
2013年11月28日受理, Accepted 28 November 2013

### An Examination of Kikai-Akahoya Ash Found from Drill Cores in the Coastal Plains of Ishikawa Prefecture and the Northern Part of Fukui Prefecture in Central Japan

Toshio HIGASHINO<sup>1\*</sup>, Shigeki NAKAGAWA<sup>2</sup>, Yoshihiro OGAWA<sup>3</sup> and Itoko TAMURA<sup>4</sup>

#### Abstract

Kikai-Akahoya ash was recently found in nine sediment cores obtained from alluvium from a number of coastal plains in the Ishikawa Prefecture to the northern part of Fukui Prefecture area of the Hokuriku region. This discovery strongly indicates a widespread distribution of the ash in the coastal plains of the region. The depth of the ash layers in the cores and lithofacies of sediments in which the ash layers are intercalated show that the ash was deposited under a rather quiet and stable sedimentary environment such as in lagoons or in inner bays, but also in the back sloughs of valleys in some cases. Due to the fact that the Kikai-Akahoya ash was also discovered around the summit area of Mt. Hakusan and at some Jomon period archaeological sites in the region, it is highly possible that the ash has been preserved in a number of areas in the region under the above stated depositional conditions.

**Key Words:** Kikai-Akahoya ash, drill core, alluvium, coastal plain, Ishikawa Prefecture to the northern part of Fukui Prefecture

キーワード: 鬼界アカホヤ火山灰, ボーリングコア, 沖積層, 海岸平野, 石川県ー福井県北部地域

#### I. はじめに

日本列島に広く分布する広域テフラは同時間堆積面を示し, 第四紀編年の際に広く利用される。それ

らのうち年代の比較的新しいものは, 地質学のみならず各地の遺跡や遺構の編年にも用いられる (町田・新井, 1983)。鬼界アカホヤテフラは後期第四紀の代表的な広域テフラの1つで, 降下軽石, 及び火砕

<sup>1</sup>石川県白山自然保護センター 〒920-2326 石川県白山市木滑ヌ4 (Hakusan Nature Conservation Center, Nu-4, Kinameri, Hakusan, 920-2326 Japan)

<sup>2</sup>大和アクアグラン株式会社 〒920-0333 石川県金沢市無量寺町ニ34-1 (Daiwa-Acquagrand Co. Ltd., Ni-34-1 Muryoji-machi, Kanazawa, 920-0333 Japan)

<sup>3</sup>興信工業株式会社金沢支社 〒927-0624 石川県金沢市新保本5-44 (Koushin Kougyou Co. Ltd., 5-44 Shinbohon, Kanazawa, 927-0624 Japan)

<sup>4</sup>首都大学東京都市環境科学研究科地理環境科学域 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 (Department of Geography, Graduate School of Urban Environmental Science, Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minami-Osawa, Hachioji, 192-0397 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

流堆積物とその降下火山灰からなる（町田・新井，1978；町田・新井，2003）。降下軽石や火砕流堆積物は給源である鬼界カルデラやその周辺の南九州などに分布が限られるが，降下火山灰は北海道や東北地方を除く日本列島や周辺地域に広く産出し，鬼界アカホヤ火山灰と呼ばれる。鬼界アカホヤテフラの噴出年代は， $^{14}\text{C}$ 年代が約6,300yBPで，暦年代が7.3ka頃と見なされており，最終氷期以降の海進が最も進んだ時期にほぼ対応する（町田・新井，2003）。日本

列島の海岸沿いに広く発達する沖積層では，鬼界アカホヤ火山灰は堆積年代を推定する際の重要な指標となっている。

石川県のほぼ中央部から福井県北部の海岸沿いに発達する沖積平野では，これまで鬼界アカホヤ火山灰の報告例は少ない。これまで河北潟周辺や邑知潟平野から報告されている（中川，1986；宮田，1988；新井ほか，1992；北村ほか，1998；片川ほか，2002）が，堆積環境が許せば鬼界アカホヤ火山灰は沖積層

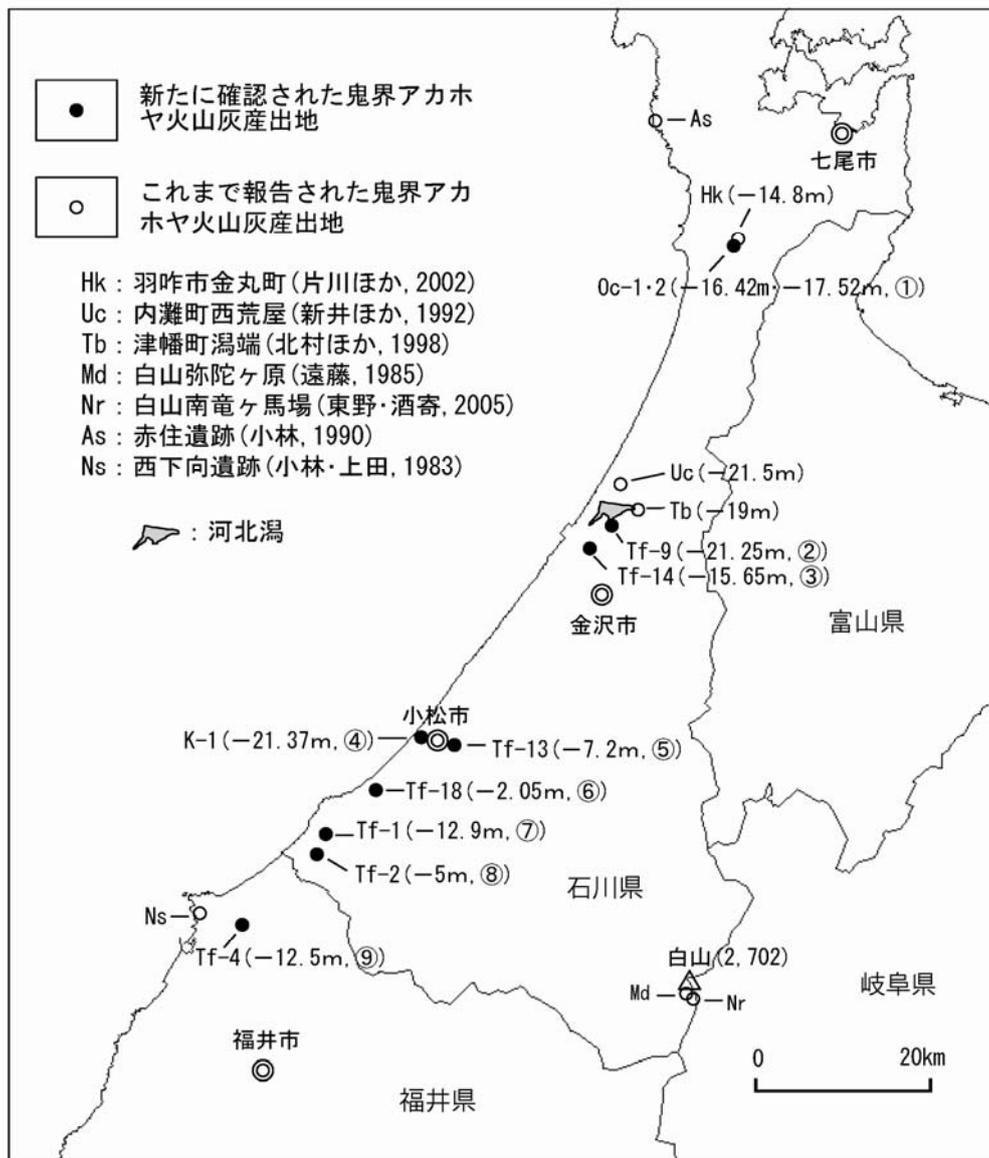


図1 石川県一福井県北部の鬼界アカホヤ火山灰の産出地。括弧内の数値（-17.52mなど）と番号（①など）は，鬼界アカホヤ火山灰の産出深度（標高）とボーリングコア番号を示す。県境と鬼界アカホヤ火山灰産出位置は，「白地図 KenMap ver. 8.35」の地図画像を編集して作成した。

Fig. 1 Location map of Kikai-Akahoya ash in Ishikawa Prefecture to the northern part of Fukui Prefecture. Numerical values such as - 17.52 m and numbers such as ① in parentheses represent the depth of Kikai-Akahoya ash (above the sea level), and number of drill cores containing the ash, respectively. Prefectural boundaries and locations of Kikai-Akahoya ash are depicted using the software “Hakuchizu KenMap ver. 8.35”.

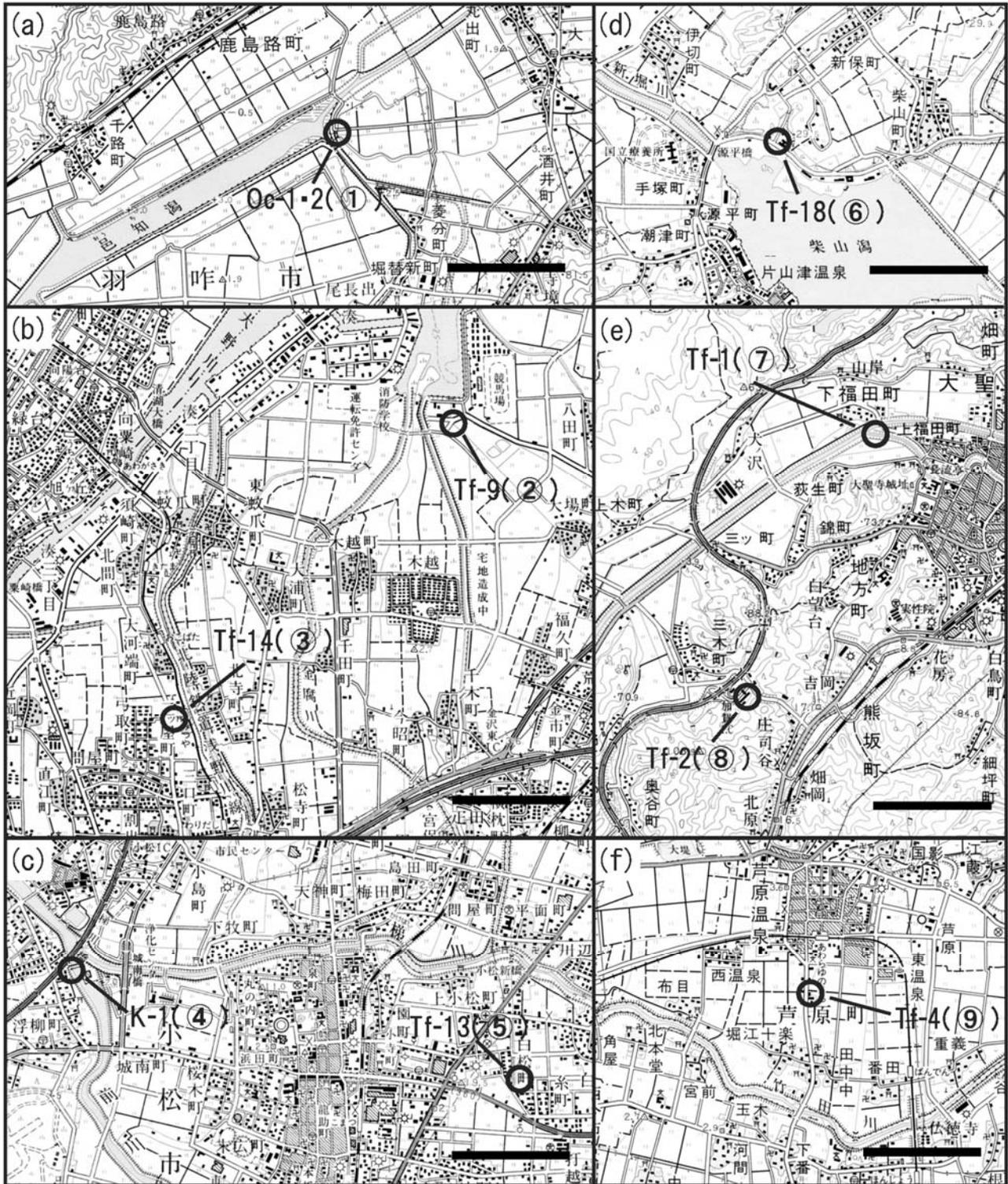


図2 鬼界アカホヤ火山灰の産出位置図。

(a) 邑知潟平野, (b) 河北平野, (c)・(d)・(e) 小松・江沼平野, (f) 福井平野。括弧内の①～⑨はボーリングコア番号を示す。基図は国土地理院発行1:50,000の地形図「氷見」(a), 「金沢」(b), 「小松」(c・d), 「大聖寺」(e), 「三国」(f)を使用。スケールはいずれも1km。

Fig. 2 Locality map of Kikai-Akahoya ash.

(a) Ochigata plain, (b) Kahoku plain, (c), (d), (e) Komatsu-Enuma plain, (f) Fukui plain. ① - ⑨ in parentheses indicate number of drill cores. The base maps are from the 1:50,000 topographical maps of "Himi (a)", "Kanazawa (b)", "Komatsu (c and d)", "Daishoji (e)" and "Mikuni (f)" published by Geographical Survey Institution of Japan. All scale bars represent 1 km.

表1 鬼界アカホヤ火山灰を含むボーリングコアの掘削位置、標高、掘削深度。

Table 1 Localities, altitudes and drilling depths of cores containing Kikai-Akahoya ash.

No.	地域名	位置	標高(m)	掘削深度(m)
①	邑知潟平野	石川県羽咋市南潟町	-1.22	50.0
②	河北平野	石川県金沢市大場町	1.05	61.45
③		石川県金沢市三ツ屋町	2.5	46.28
④	小松・江沼平野	石川県小松市小島町	-2.17	36.45
⑤		石川県小松市白松町	3.0	30.33
⑥		石川県加賀市柴山町	5.5	19.0
⑦		石川県加賀市大聖寺下福田町	1.4	40.24
⑧		石川県加賀市三木町	8.0	27.15
⑨	福井平野	福井県あわら市田中々	2.5	40.34

中に広く残されている可能性がある。本報告は、石川県ー福井県北部地域の日本海岸沿いの沖積平野9か所のボーリングコア（図1, 2, 表1）から、新たに発見された鬼界アカホヤ火山灰を記したものである。また、周辺地域でこれまで報告された鬼界アカホヤ火山灰の産出も整理した。東野（2009）はその概略を予察的に記したものである。

## II. 鬼界アカホヤ火山灰の認定

9か所のボーリングコア（図1, 2: ①～⑨）に含まれた10個の火山灰試料（Oc-1, Oc-2, Tf-9, Tf-14, K-1, Tf-13, Tf-18, Tf-1, Tf-2, Tf-4）の処理は、邑知潟平野のOc-1とOc-2を除いて下記の通り行った。火山灰試料を超音波洗浄機で洗浄し、0.15mm（100mesh）～0.06mm（250mesh）に篩分けした粒子を観察対象とした。鉱物種や火山ガラスの形態などの観察は、ペトロポキシ154で封入した粒子に対して偏光顕微鏡下で行った。粒子中の火山ガラスの屈折率は、首都大学東京都市環境科学研究科地理環境科学域の温度変化型屈折率測定装置（RIMS2000, (株)京都フィッシュントラック製）を用いて測定した。

観察した火山灰試料はほとんどの粒子が火山ガラスからなる。火山ガラスはほとんどが平板状のバブル型で、Y字状のものも存在する（図3: 形態分類は町田・新井（2003）による）。色はまれに淡褐色・褐色を呈するものもあるが、ほとんどが透明である。屈折率の範囲は1.509～1.514に入り、それぞれの試料の最頻値の範囲は1.510～1.512である（図4）。1.509

～1.514の屈折率の範囲は、鬼界アカホヤ火山灰の火山ガラスの通常範囲（1.508～1.512: 町田・新井, 2003）に対応する。ほとんどが火山ガラスで構成されることや、火山ガラスの屈折率の値と形態などから、該当の火山灰試料は全て鬼界アカホヤ火山灰と認定した。観察した火山灰のうち、Tf-13とTf-14は他の試料に比較して鉱物粒子が多く、二次的堆積物が混入している可能性が高い。火山灰には有色鉱物として斜方輝石が常に含まれ、単斜輝石や角閃石、黒雲母が含まれることがある（表2）。しかしながら、二次的堆積物の混入の可能性があることや、鬼界アカホヤ火山灰の主な有色鉱物が斜方輝石と単斜輝石とされていること（町田・新井, 1978）などから、確認された有色鉱物が全て鬼界アカホヤ火山灰起源を示しているのかは明らかでない。

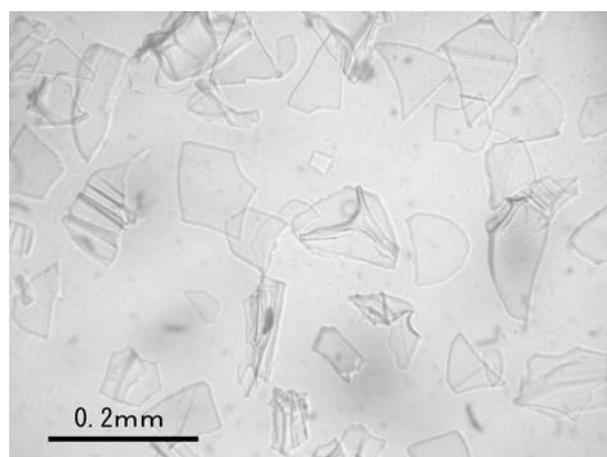


図3 鬼界アカホヤ火山灰（Tf-18）の火山ガラスの顕微鏡写真（下方ポーラ）。

Fig. 3 Microscopic photograph of volcanic glass shards from Kikai-Akahoya ash (Tf-18) in plane-polarised light.

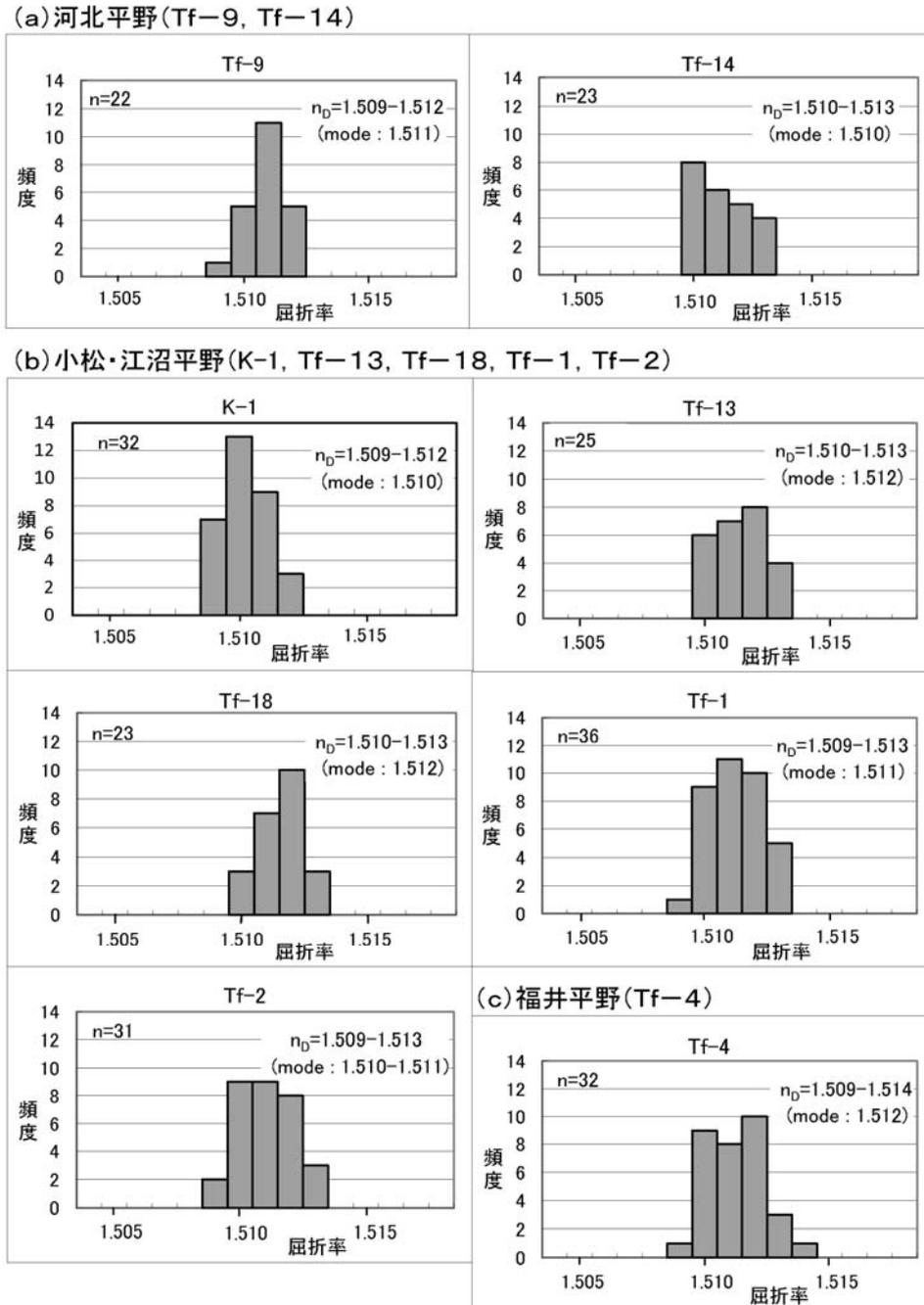


図4 ポーリングコア中の鬼界アカホヤ火山灰の火山ガラスの屈折率。

Fig. 4 Refractive indexes of volcanic glass shards from Kikai-Akahoya ash in cores.

邑知潟平野のOc-1, Oc-2の鑑定は新井房夫氏に依頼した。両者ともほとんどバブル型の火山ガラスからなり、火山ガラスの屈折率の範囲が両者共に1.509～1.515、最頻値が1.510～1.512であることから、鬼界アカホヤ火山灰と鑑定された。

### Ⅲ. 鬼界アカホヤ火山灰を産出するポーリングコアの概略

鬼界アカホヤ火山灰を含むポーリングコアは、1か所(①)が邑知潟平野、7か所(②～⑧)が金沢平野(加賀平野)、1か所(⑨)が福井平野で採取された(図1, 2)。これらの平野は、いずれも日本海との間を海岸砂丘によって隔てられている。各ポーリン

表2 鬼界アカホヤ火山灰の産出深度, 厚さ, 有色鉱物. 全ての有色鉱物が鬼界アカホヤ火山灰起源を示すものか, 明らかではない. 詳細については, 本文参照.

Table 2 Depth, thickness and mafic minerals of Kikai-Akahoya ashes. It is not clear that all mafic minerals in the table originated in Kikai-Akahoya ash. See the text for more information.

No.	地域名		ボーリング 番号	深度 (標高(m))	厚さ(cm)	有色鉱物			
						Opx	Cpx	Amp	Bt
Oc-1	邑知潟平野		①	15.2 (-16.42)	0.5	+	-	-	-
Oc-2				16.3 (-17.52)	0.5	+	+	-	-
Tf-9	金 沢 平 野	河北平野	②	22.3 (-21.25)	<0.5	+	+	+	+
Tf-14			③	18.15 (-15.65)	<0.5	+	-	+	-
K-1		小松・ 江沼平野	④	19.2 (-21.37)	0.5	+	+	-	-
Tf-13			⑤	10.2 (-7.2)	<0.5	+	+	+	+
Tf-18			⑥	7.55 (-2.05)	10	+	-	-	-
Tf-1			⑦	14.3 (-12.9)	0.5	+	+	-	-
Tf-2			⑧	13.0 (-5.0)	<0.5	+	-	-	+
Tf-4			⑨	15.0 (-12.5)	<0.5	+	-	-	+

Opx:斜方輝石, Cpx:単斜輝石, Amp:角閃石, Bt:黒雲母, +:存在, -:存在せず

グの掘削位置, 標高, 掘削深度を表1に, 鬼界アカホヤ火山灰の産出深度, 厚さ, 有色鉱物を表2に, 各ボーリングの地質柱状図を図5に示す。図5において腐植土としたものは, ほとんどもしくは多くが腐植物からなるもので, 他に木片や粘土, シルトなども含まれる。腐植物は粘土, シルト層や砂層などにもしばしば含まれる。細砂は細粒もしくは微粒の碎屑粒子を, 中・粗砂は中粒ないし粗粒の碎屑物を主体とする堆積物に用いた。

図5の地層区分は, 「石川県平野部の地盤図集」(北陸地方建設局北陸技術事務所編, 1982) に準じた。この地層区分では, 金沢平野等に広く分布する扇状地性の砂礫層(石川県地盤図編集委員会(1982)によると, 一般にN値は30を超え, 時に50を超える)よりも上位の地層を沖積層としている。沖積層はさらに沖積層上部(A1)と沖積層下部(A2)に区分される。A1は軟質な粘性土(N値が3以下)を主体とした砂層との互層で, 平野周辺では腐植土が分布する。一方, A2はA1に比較してN値の高い粘性土(N値5~20)と砂質土(N値20~40)の互層を主体とし,

A1に比べて砂層を多く含む特徴を有するとされている。A1とA2の他に, 沖積層を構成するものとして砂丘が記されている。洪積層はさらに最上部(D1), 上部(D2), 中部(D3)。「石川県平野部の地盤図集」では, D3が本文の表では下部(D3), 本文の図や付図では中部(D3)と記されているが, その時代が洪積世中期と記されていることから, 本論では本文の図などに従って中部(D3)とした)に分けられている。D1は上記の扇状地礫層と低位段丘堆積層, D2は中位段丘堆積層・片山津層, D3は高位段丘堆積層・高階層・南郷層に相当するとされている。基盤(T)とされているものは, 更新世前期~先第四紀の卯辰山層, 大桑層などを一括したものである。図5の地層区分を行うにあたり, 上記の各層についての特徴を参考に, ボーリングコアの各層の層相や分布, N値などに加えて, 「石川県平野部の地盤図集」に掲載されている地質柱状図も参考にした。今回調査したボーリングコアには, D3に相当する堆積物は現れない。

金沢平野のボーリングコアは, 北部の河北潟近傍

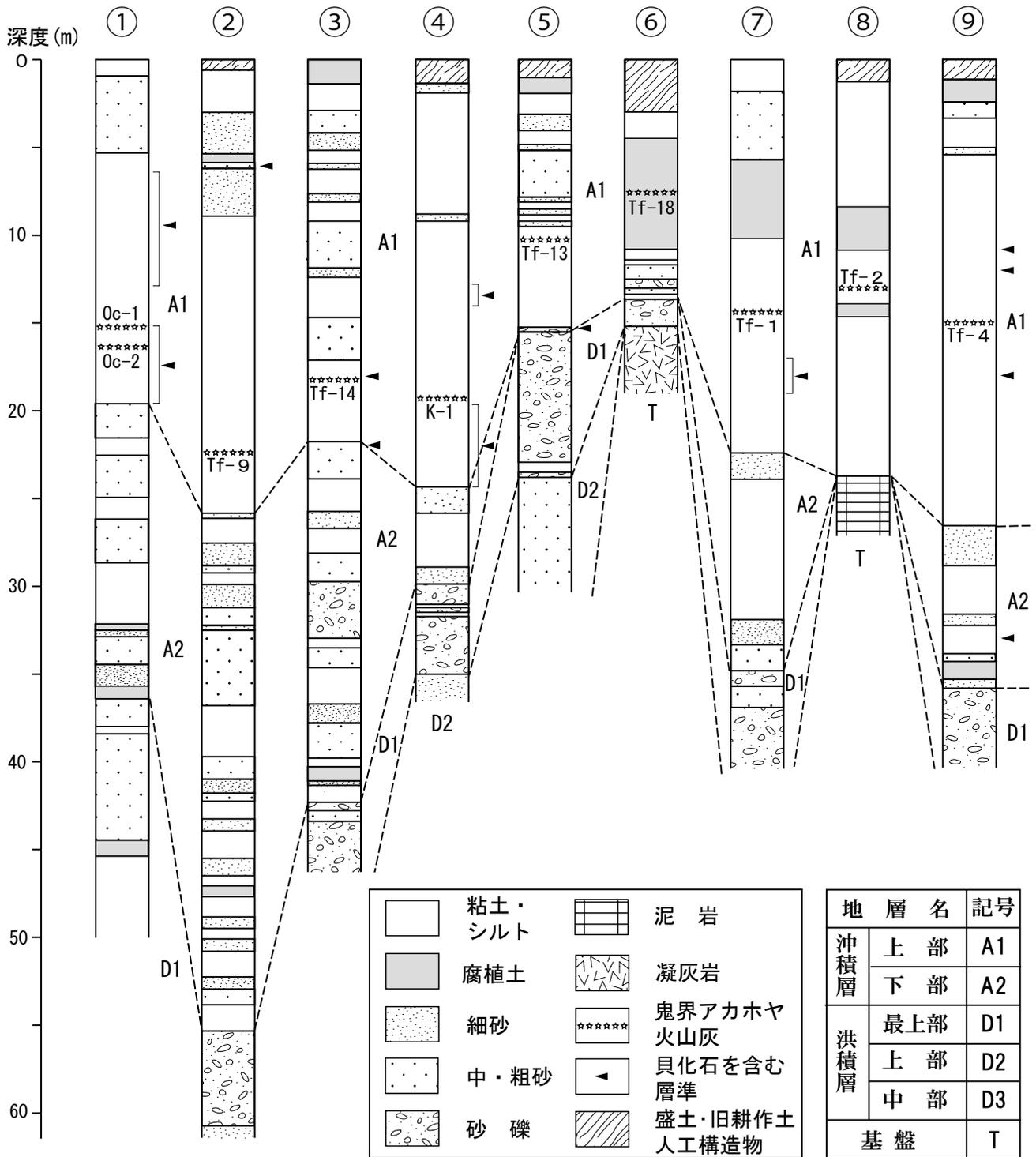


図5 鬼界アカホヤ火山灰を含むボーリングコアの地質柱状図。  
 Fig. 5 Columnar sections of drill cores containing Kikai-Akahoya ash.

の低湿地（河北平野）の②、③と、小松市から加賀市に広がる低湿地（小松・江沼平野）の④～⑧に大別される。以下に4地区（邑知潟平野，河北平野，小松・江沼平野，福井平野）に分けて，鬼界アカホヤ火山灰が産出するボーリングコアの概要を記す。

#### 1) 邑知潟平野 (Oc-1, Oc-2)

邑知潟平野は能登地方最南の邑知潟低地帯に広がる。ボーリングコア①は邑知潟に流れこむ飯山川の河口三角州の先端部（標高-1.22m）で採取された（図2(a)）。このボーリングコアには，河北平野や小

松・江沼平野で普通にみられるようなN値が高い扇状地性の砂礫層は含まれないが、深度44.5～36.4mの砂は粗粒で下位の砂層には礫が含まれ、N値が高い(50以上)ことから、腐植土と粘土・シルトも含めてD1とした。A2(深度36.4～19.6m)は下半部(深度36.4～28.7m)が腐植土層(厚さ0.8m)に始まって細礫を含む砂層(細砂, 中・粗砂, 細砂), 腐植土, シルト質粘土の各層が0.4～1.2mの厚さで順次に重なり, さらにその上には均質でやや硬いシルト質粘土層(厚さ3.4m)がある。A2の上半部(深度28.7～19.6m)は細礫を含む中・粗砂層(厚さ1.9～2.55m)と, 砂質粘土・砂質シルト層(厚さ1～1.25m)の互層である。A1(深度19.6～0m)の大半(深度19.6～5.3m)は軟弱で暗褐色～緑黒色のほぼ均質な粘土層で占められ, 腐植物や貝殻あるいは貝殻片が点在する。16.3m以深には貝殻片が特に多く, 砂の成分がやや多い。Oc-1, Oc-2の鬼界アカホヤ火山灰はA1の底部付近, 深度16.3m(標高-17.52m)と15.2m(標高-16.42m)の2か所で確認され, 厚さは0.5cmである。鬼界アカホヤ火山灰が2層存在することは通常考えられないので, 上位の火山灰(Oc-1)は再堆積したものと判断される。A1の最上部(深度5.3～0m)は緩い砂と粘土の互層(砂がち)からなる。

## 2) 河北平野 (Tf-9, Tf-14)

Tf-9, Tf-14の鬼界アカホヤ火山灰は, 河北潟南方のボーリングコア②, ③にそれぞれ産出する。掘削位置は両者とも三角州(石川県農林水産部耕地整備課編, 1969)である。ボーリングコア②は, 河北潟の南約300mの位置(標高1.05m)で採取された(図2(b))。D1は厚さ5.4m(深度60.75～55.35m)の砂礫層とその下位の細砂層からなる。A2(深度55.35～25.85m)は下半部(深度55.35～36.8m)が厚さ0.2～1.7mの粘土・シルト, 細砂, および中・粗砂の互層で腐植土層が含まれ, 層相の変化に富む。上半部(深度36.8～25.85m)は砂が優勢となり, 深度36.8～32.5mに分布するやや締まった厚い粗砂層から上方は, 中・粗砂, 細砂, 粘土・シルトの各層が繰り返して重なる。A1(深度25.85～0.65m)は中下部(深度25.85～8.9m)が軟弱な厚いシルト・粘土層からなり, Tf-9は深度22.3m(標高-21.25m)に介在する。Tf-9より下位の深度25～22.3mには厚さ2～3cmの細砂が7～10cm間隔でシルト質粘土層中に介在する。

Tf-9より上位では, 深度22.3～18mに分布するシルト混じり粘土層の一部(深度20～18m)にラミナがみられる。深度8.9～6.15mと5.35～3mの細砂層はシルト成分の含有量に変化に富む。深度6.15～5.85mの中・粗砂には貝殻が認められる。盛土直下の深度3～0.65mの間は不均質で軟弱なシルト・粘土層となる。

Tf-14が産出するボーリングコア③は河北潟近傍の浅野川下流左岸(標高2.5m)で採取された(図2(b))。深度32.95～30.4mの砂礫層は, D1の砂礫層と同じようにN値が高い(50を越える)が, 直下のシルトはN値が3で非常に低く, 近傍のボーリング柱状図(北陸地方建設局北陸技術事務所編, 1982)を参考にすると, この層準の砂礫層の分布が狭い範囲に限られることから, 沖積層とした。深度42.3m以深に分布するD1は, 砂礫と礫を含む中砂からなる。A2(深度42.3～21.75m)はさらに下部・中部・上部の3層に細分される。下部(深度42.3～32.65m)は中・粗砂, 細砂, シルトの互層で腐植土を挟む。中部(深度32.65～28.05m)は砂礫層に粗砂, 中砂が順次重なる。上部(深度28.05～21.75m)は粘土・シルトと細砂, 中砂の互層で, 各層ともに不均質である。このうち最上部の中砂(深度23.9～21.75m)には細礫と貝殻を含む。A1(深度21.75m以浅)は最下部のシルト・粘土層(深度21.75～17.1m)がおおむね均質であるが, 上部で一部にラミナが認められ, 貝殻片が混じる。Tf-14はこの粘土層の下面から3.6mの位置(深度18.15m, 標高-15.65m)で見出された。深度17.1～1.4mの間はシルト, 細砂, 中・粗砂の互層で, 各層が不均質である。各所に腐植物や木片が混じる。最上部の腐植土はシルトを多量に含む。

## 3) 小松・江沼平野 (K-1, Tf-13, Tf-18, Tf-1, Tf-2)

小松・江沼平野では, 5箇所のボーリングコア(④～⑧)からそれぞれK-1, Tf-13, Tf-18, Tf-1, Tf-2の鬼界アカホヤ火山灰が確認された。掘削位置は④, ⑤, ⑦が三角洲, ⑥が谷底平野, ⑧が谷底平野上の人工改変地である(石川県農林水産部耕地整備課編, 1986)。K-1を含むボーリングコア④は, 梯川の河口から上流約1.1kmの前川の河床(標高-2.17m)で採取された(図2(c))。ここでは, 深度35m以深に, 小松平野周辺の台地を構成する片山津層に対比されるほぼ均質で褐色を帯びた細砂(N値21～24)が現れ,

D2とした。D1(深度35~29.9m)に属する砂礫層は、厚さ20cmのシルト質粘土層を挟む。A2(深度29.9~24.4m)は細砂、粘土・シルト、中砂からなり、中砂には腐植物が混入している。A1(深度24.4~1.3m)は大部分が層相変化の少ない粘土・シルトからなり、深度19.6~15.4m、および深度14~12.8mの間に厚さ数mm~20mmのラミナが見られ、深度9.2~8.8mに細砂を挟む。深度24.4~19.6mと14~12.8mの間には貝殻片が散在する。K-1は、A1下部のラミナが見られる区間(深度19.6~15.4m)中の深度19.2m(標高-21.37m)に厚さ0.5cmで産出する。

Tf-13を含むボーリングコア⑤は小松市の梯川近傍の丘陵寄り(標高3m)で採取された(図2(c))。ここでは、A2は欠如している。深度23.8m以深に分布する均質で褐色のN値が50以上の中砂を片山津層に対比し、D2とした。深度23~15.5mの非常に締った砂礫層(N値50以上)と、下位の礫混じり粘土と粘土混じり砂礫の薄層はD1とした。A1(深度15.5~1m)のうち、最下部の厚さ25cmの粘土に富む砂礫の部分に貝化石が密集する。その上位(深度15.25~9.5m)は粘土・シルト層で、下位からシルト質粘土層(15.25~13.5m)、粘土質シルト層(13.5~10.5m)、砂質シルト層(10.5~9.5m)が順次に重なる。砂質シルト層は、シルトと細砂が互層をなし、Tf-13は同層の下部(深度10.2m、標高-7.2m)に介在する。深度9.5~3.1mは、シルト、細砂、中・粗砂が互層をなし、深度3.1~1mで腐植物を含むシルト層と腐植土層が分布する。

Tf-18が産出するボーリングコア⑥は、柴山台地から柴山瀉に流れ込む河川の幅の狭い谷底低地(標高5.5m)で採取された(図2(d))。この箇所では基盤の新第三紀の凝灰岩(T)が深度15.2m以深に分布する。凝灰岩を直接に覆う砂礫層(深度15.2~13.65m)はD1に対比したが、柴山丘陵を構成する南郷層(D3)あるいは片山津層(D2)の可能性もある。A2は欠如している。A1(深度13.65~3.6m)のうち、下部の砂礫、中砂、粘土・シルトの互層(深度13.65~10.8m)は含水量が多く、N値が10程度の緩い状態であることから、柴山台地に分布する洪積層中~上部から流出・堆積したものと考えられる。深度10.8~4.5mは軟弱な腐植土層で、8~4.5mに特に腐植物が多い。Tf-18はこの腐植物が特に多いところ(深度7.6~7.5m、標高-2.1~-2m)に介在する。厚さは10cm

で、他の地域に比べて著しく厚い(表2)。また、これまで内灘町西荒屋や津幡町瀨端から報告された鬼界アカホヤ火山灰(図1のUcとTb:新井ほか、1992;北村ほか、1998)の層厚(約5cm)と比較しても厚い。採取した火山灰試料には、径約1cmの礫が含まれていた。深度4.5~3.6mは有機質のシルトで、3.6m以浅は置き替え土および盛土である。

Tf-1は加賀市大聖寺の大聖寺川沿い(河口から6.3km、標高1.4m)のボーリングコア⑦から採取した(図2(e))。D1に相当するのは、深度34.8m以深の砂礫層と粗砂である。A2(深度34.8~22.4m)は下位から、粒径が不均一な粗砂層(層厚1.4m)、木片を多く含む細砂層(層厚1.5m)、腐植物が下部ほど多く含まれるシルト層(層厚8m)および細砂層(層厚1.5m)が順次に重なる。また、シルト層の下部(深度29.7m以深)は細砂や砂質シルトの薄層を多く挟み、上部(深度26m付近~23.9m)は粘土分が多くなる。A1(深度22.4~0m)は、下位から順にシルト質粘土層(層厚4.4m:上部に貝殻、下部ほど砂分と腐植物が多い)、シルト混じり粘土層(層厚3.5m:下部に細砂と腐植物の薄層と貝殻を含む)、シルト質粘土層(層厚4.3m:ほぼ均質)が重なり、さらに腐植土層(層厚4.5m:シルトや粘土の薄層を挟む)、粗砂層(層厚3.9m:細礫を含む)、シルト・粘土層(層厚1.8m)が重なる。Tf-1はシルト質粘土層の腐植物が比較的多い下底付近(深度14.3m、標高-12.9m)に、0.5cmの厚さで存在する。

Tf-2を含むボーリングコア⑧は、⑦の南南西約2.5km(標高8m)で採取された(図2(e))。深度23.7m以深は新第三紀の泥岩(T)で、A1がこれを直接に覆う。A1(深度23.7~1.4m)のうち下部の深度23.7~14.6mは礫混じり粘土である。このうち深度23.7~18mには角礫状の泥岩の風化礫が多量に含まれ、腐植物が非常に少ないことから、この部分は崖錐堆積物と考えられる。深度14.6~4.6mは腐植土層と粘土層の互層からなる。このうち深度13.9~10.8mはシルト質粘土で、下部に腐植物が多く存在し、Tf-2はこの層の深度13m(標高-5m)に産出する。深度4.6~1.4mの間は泥岩の角礫を含む粘土である。

#### 4) 福井平野(Tf-4)

Tf-4は福井平野北部の三角州(標高2.5m:福井県企画開発部編、1981)のボーリングコア⑨に産出す

る(図2(f))。深度35.8m以深はD1に対比される砂礫層である。A2(深度35.8~26.55m)は主に粘土・シルトと細砂の互層からなり、他に腐植土層や中砂層も含まれる。各層はいずれも不均質で、粒径の異なる粒子を含む薄層が介在する部分が多く、腐植物も含まれる。深度33.85~32.25mの粘土層には、貝殻が含まれる。A1(深度26.55~1.15m)の大部分(深度26.55~7.85m)を占めるのはシルト質粘土で、深度18m, 10.8m, 12mに貝化石が含まれ、深度16.3mと12m付近に細砂の薄層を挟むほかは、均質である。Tf-4はその中ほどの深度15m(標高-12.5m)に、厚さ3cmで産出する。深度7.85m以浅に細砂・シルト・中砂がかさなり、いずれも不均質で、その上部に腐植土が分布する。

#### IV. 沖積平野と周辺地域における鬼界アカホヤ火山灰の産出状況

石川県一福井県北部海岸沿いの沖積平野で、これまで鬼界アカホヤ火山灰が報告されたのは河北潟周辺や邑知潟平野からである(中川, 1986; 宮田, 1988; 新井ほか, 1992; 北村ほか, 1998; 片川ほか, 2002)が、今回の調査によって、当該地域の沖積層上部に広く産出することが示された(図1, 5)。沖積層上部は邑知潟平野や加賀平野(金沢平野)にほぼ一様に分布する(石川県地盤編集委員会, 1982)ことから、石川県の海岸平野に鬼界アカホヤ火山灰が広く産出することは予想されたことである。

北村(1996)や北村・小川(1998)は、河北潟のすぐそばの津幡町潟端(図1のTbの位置)で得られた深さ62mのボーリングコアについて詳細な層相解析を行い、同地域の堆積環境を明らかにした。これらには、河北潟の地下の地層の堆積環境が、海水準の変化に伴って、(i)扇状地→(ii)蛇行河川→(iii)浅いラグーン→(iv)中部外浜→(v)ラグーン→(vi)ラグーンを埋めるデルタへと変遷した過程が詳しく述べられている。(i)~(vi)の各堆積環境で形成された堆積層の特徴と、本報告で使用した地層区分をもとにした各堆積層の層相やそれらの分布状況などと比較すると、洪積層最上部層(D1)が(i)に、沖積層下部(A2)が(ii), (iii), (iv)に、沖積層上部(A1)が(v), (vi)にほぼ相当する堆積環境で形成されたと考えられる。鬼界アカホヤ火山灰は、北

村(1996)や北村・小川(1998)によると、現在の河北潟の前身となるラグーンの堆積物(上記の(v))中に介在する。この堆積物は塊状の暗緑色の粘土層で数mmのラミナで特徴づけられる粘土層を挟み、アカホヤ火山灰(図1のTb)は深度19.9m(標高-19m)で、ラミナを有する暗灰色の粘土層中に産する(北村ほか, 1998)。ラミナを有する粘土層は、堆積物を攪乱する底性動物が生息しない停滞水域の環境で堆積したものとされており、外来テフラの保存に適していたと推測される。内灘町西荒屋から報告された鬼界アカホヤ火山灰(図1のUc; 新井ほか, 1992)は、産出層準の標高がTbとほぼ同じ(-21.5m)で、ラミナを有する粘土層中に介在する。今回河北潟近傍で新たに確認されたTf-9とTf-14は一部にラミナを有する粘土層中に産出し、産出深度の標高がそれぞれ-21.25mと-15.65mで、TbとUcとは大きくは変わらないことから、ラグーンもしくはそれに近い環境下で堆積したと考えられる。Tf-9はTbと同様に比較的厚い(15.35m)粘土層に介在するが、Tf-14が産出する粘土層は層厚は薄く(4.61m)、他に比べて陸域に近く河川の影響を比較的受けやすい環境下で堆積したと推測される。

邑知潟平野における鬼界アカホヤ火山灰(Oc-2)の産出深度の標高は-17.52mで、それを含む暗褐色粘土は比較的厚く(13.2m)、前述の河北潟近傍の鬼界アカホヤ火山灰と産出状況が似ている。また、片川ほか(2002)によると、Oc-2の北北東約100mで採取されたボーリングコアで、標高が-14.8mの位置(産出深度は14.8mで、掘削位置の標高は本文には記されていないが、地質横断面図からほぼ0mと読み取れる)で、比較的厚い(約15m)粘土層中にアカホヤ火山灰が見出されている(図1のHk)。北陸地方建設局北陸技術事務所(1982)に示された邑知潟を縦断する断面図を参考にすると、鬼界アカホヤ火山灰を含むこれらの粘土層の海側では、沖積層上部の大部分が厚さ12~13mの均質な細砂で占められ、鬼界アカホヤ火山灰が堆積した時期には、その厚い砂層によって海から隔てられたラグーンもしくはそれに近い環境下であった可能性が高い。

小松・江沼平野には往事の潟湖である今江潟や柴山潟、木場潟などが残され、堆積環境の変遷は基本的には河北平野と同様であると考えられている(鮎野ほか, 1992)。しかしながら、河北平野と比較して

沖積層基底面は全体として浅く、しかも多くの谷が入り組んで、小規模な凹地が集まったような形になっている（石川図地盤図編集委員会，1982；紮野ほか，1992）。そのため、沖積層が堆積する際の基底面の地形は河北平野に比較して複雑で、沖積層の堆積環境は産出する場所の地形に大きく影響されたと予想される。この地域の鬼界アカホヤ火山灰の産出深度の標高が場所によって大きく変化する（最も深いのがK-1の-21.37mで、最も浅いのがTf-18の-2.05m）のもそのことを反映していると考えられる。K-1は産出深度が小松・江沼平野でも最も深く（標高-21.37m）、沖積層上部の大部分が内湾もしくはラグーンの堆積物と考えられる層相変化の少ないシルト・粘土層で、しかもラミナを有する部分から産出したことから、河北潟周辺と同様の、河川の影響を受けにくい比較的安定した環境下で堆積したと考えられる。産出深度がK-1について深い（標高-12.9m）Tf-1も、層厚が厚く層相変化の比較的少ないシルト質粘土に含まれており、堆積環境はK-1に近いものであったと推測される。一方、Tf-18とTf-2を含むボーリングコアは、基盤岩が浅い位置（標高-14.73mと-6.44m）に出現し、前者が近傍の柴山台地からの堆積物を、後者が崖錐堆積物を含み、陸域に極めて近い位置で堆積したと考えられる。さらに、Tf-18は厚い腐植土層に、Tf-2はシルト質粘土層の腐植物の多い所に介在することから、谷間の後背湿地で堆積したと推測される。Tf-18の層厚は前述したように他地域の鬼界アカホヤ火山灰に比べて厚い（10cm）が、火山灰中に約1cm大の礫が含まれ、初生の火山灰に加えて、礫も含めて周辺の火山灰を集積した可能性が高い。谷間の堆積場がそのような堆積に寄与していたと考えることができる。

福井平野は、海に向かって開いている加賀平野とは異なり、西側が丹生山地に北側が加越台地に囲まれるなど盆地的な性格を有する沖積平野で、海水準が最高になった中期完新世には、福井平野部の広い範囲に浅い湾（古九頭竜湖）が広がっていたと考えられている（紮野ほか，1992；鹿野ほか，2007）。今回新たに確認された鬼界アカホヤ火山灰（Tf-4）は、標高-12.5mの深さで産出し、鬼界アカホヤ火山灰を含む粘土・シルト層は比較的厚く（21m）、層相変化が少ないので、堆積環境は比較的安定していたと推測される。

石川県-福井県北部では、周辺の台地・丘陵・山地でも鬼界アカホヤ火山灰の産出が報告されている（図1）。白山（2,702m）の山頂部の弥陀ヶ原や南竜ヶ馬場の平坦地には、<sup>14</sup>C年代で約11,000年前以降に形成した泥炭中に鬼界アカホヤ火山灰が残され、至る所で確認できる（遠藤，1985；東野・酒寄，2007）。縄文時代の志賀町の赤住遺跡群（図1のAs）では、一次的な堆積ではないが鬼界アカホヤ火山灰に由来する火山ガラスが確認される（小林，1990）。地層内で鬼界アカホヤ火山灰起源の火山ガラスのピークが複数認められ、腐植土層内でガラスの集積が起きたためと考えられている。三国町の西下向遺跡（図1のNs）では、鬼界アカホヤ火山灰の火山ガラスが比較的広い範囲の地層で確認され、特に火山ガラス片が多い最下部が、鬼界アカホヤ火山灰の初生堆積を示し、上位の地層に含まれる鬼界アカホヤ火山灰は、鬼界アカホヤ火山灰と風成堆積物の混合した部分とみなされている（小林・上田，1983）。

石川県-福井県北部において、海岸沿いの沖積層を中心に鬼界アカホヤ火山灰が広く分布することが示された。鬼界アカホヤ火山灰は、上述したようにラグーンのような堆積環境が比較的安定した環境下のもとで残されやすく、広く産出するが、堆積環境さえ許せば、谷間の後背湿地や沖積層以外の地域でも発見されることを示すものである。今後とも新たな発見に努め、沖積層などの堆積年代の指標の1つとして広く活用することが望まれる。

**謝 辞：**本報告の草稿について静岡大学の北村晃寿氏にご意見をいただいた。内容の改善に役立った。石川県埋蔵文化センターの本田秀生氏（現在石川県金沢城調査研究所）には、縄文遺跡の鬼界アカホヤ火山灰の産出に関する論文をご教示頂いた。邑知潟平野の火山灰は新井房夫氏（故人）に鑑定していただいた。以上の方々に謝意を表する。

## 文 献

- 新井房夫・加藤道雄・宮田隆志・中川耕二・紮野義夫，1992：石川県河北潟のボーリング・コア中のアカホヤ火山灰層。北陸地質研究所報告，2，180-181。
- 遠藤邦彦，1985：白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程。白山高山帯自然史調査報告書，11-30。

- 福井県企画開発部編，1981：土地分類基本調査 5万分の1「三国」．47p.
- 東野外志男，2009：石川県内の鬼界アカホヤ火山灰と鬱陵島起源のアルカリ岩質テフラの産出例－沖積層からの広域テフラ発見のすすめ－．北陸地盤情報，**20**，26-33.
- 東野外志男・酒寄淳史，2007：南竜ヶ馬場のカンラン石に富むスコリアを含む新白山火山の火山灰．石川県白山自然保護センター研究報告，**34**，1-9.
- 北陸地方建設局北陸技術事務所，1982：石川県平野部の地盤図集．47p，付図.
- 石川県地盤図編集委員会，1982：石川県地盤図．石川県，36p，付図.
- 石川県農林水産部耕地整備課編，1969：土地分類基本調査 5万分の1「金沢」．128p.
- 石川県農林水産部耕地整備課編，1986：土地分類基本調査 5万分の1「小松」．44p.
- 鹿野和彦・山本博文・中川登美雄，2007：地域地質研究報告（5万分の1地質図福）福井地域の地質．地質調査総合センター，68p.
- 粕野義夫・三浦 静・藤井昭二，1992：北陸の丘陵と平野．アーバンクボタ，**31**，64p.
- 片川秀基・穴田文浩・吉田 進，2002：邑知平野南部地区の平野下の第四紀層．第四紀研究，**41**，145-160.
- 北村晃寿，1996：ボーリングコアから何がわかるか．北陸地盤情報，**7**，5-35.
- 北村晃寿・小川義厚，1998：ボーリング試料に基づく沖積層のシーケンス層序学解析．地盤工学会誌，**46**，5-8.
- 北村晃寿・東野外志男・中橋雅彦・小川義厚・吉田智洋・阿部和生，1998：加賀平野で発見された白山起源の火山灰層．第四紀研究，**37**，131-138.
- 小林武彦，1990：石川県志賀町赤住周辺の考古遺物包含土層に関する火山灰層序学的研究．赤住遺跡群，石川県志賀町教育委員会，611-618.
- 小林武彦・上田義浩，1983：火山灰層序学的検討．西下向遺跡一第1次・第2次発掘調査概報一，三国町教育委員会，11-13.
- 町田 洋・新井房夫，1978：南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ－アカホヤ火山灰．第四紀研究，**17**，143-163.
- 町田 洋・新井房夫，1983：広域テフラと考古学．第四紀研究，**22**，134-148.
- 町田 洋・新井房夫，2003：新編火山灰アトラス 日本列島とその周辺．東京大学出版会，360p.
- 宮田隆志，1988：河北潟に分布する粘土の堆積速度の目安．地質いしかわ，石川県地質調査業協会，**43**，14-15.
- 中川耕二，1986：河北潟の地盤について．地質いしかわ，石川県地質調査業協会，**40**，7-12.

## 壮猶館翻訳方 芝木昌之進と 「ハルレー地球万国歴史」について

板垣英治<sup>1\*</sup>

2013年10月9日受付, Received 9 October 2013  
2013年11月26日受理, Accepted 26 November 2013

### Studies on the Personal History of Shounosin Sibaki - An English Translator for the *Souyu-kan*, the Military Department Office of the Kaga Clan, and on His Translated Version of “Peter Parley’s Universal History.”

Eiji ITAGAKI<sup>1\*</sup>

#### Abstract

Shounosin Shibaki was born in Kanazawa in 1834. In 1857, he was employed by the *Souyu-kan* and worked under Bunpei Sikata in the reading of English books. From 1865 to 1866, he went to Nagasaki to study English under a famous teacher, Ga Noriyuki. In the first year of the Meiji era, he was a teacher of English in a private school, and then in the third year, he was employed for English educational purposes in a junior high school. In the second year of the era, he published a book, a translation of “Peter Parley’s Universal History.” This was, perhaps, the first book to be translated from Parley’s books into Japanese. After that, and until 1888, more than thirty books, which had been translated from the same Parley’s Universal History book, were published in Japan. Shibaki helped to compile a major English-Japanese dictionary by assisting in the collecting, selecting, and editing of English words. In 1874, a new English-Japanese dictionary was published by Ohya and others. It was the first time in Kanazawa that lead metal types were used to print documents. In 1886, a new English-Japanese dictionary was published by Tajiro Inami in Kanazawa. Shibaki participated again in compiling the dictionary. This dictionary was composed of about forty thousand words within 795 pages. In 1893, he died at 58 years of age. Shibaki’s work contributed immensely to the promotion of English education in Kanazawa.

**Key Words:** Shounosin Sibaki, an English translator of *Souyu-kan*, the Military Office of the Kaga Clan, a junior high school English teacher at the East School in Kanazawa, a Japanese book translated from “Peter Parley’s Universal History”, an English-Japanese dictionary edited by Ohya *et al.* published in 1874, an English-Japanese dictionary, edited by Tajiro Inami, published in 1885

**キーワード:** 芝木昌之進, 壮猶館翻訳方, 中学東校英語教師, 翻訳書「ハルレー地球万国歴史」, 英和辞書「広益英倭字典」と「新撰英辭字敷」

<sup>1</sup>金沢大学名誉教授 〒921-8173 石川県金沢市円光寺3-15-16 (Emeritus Professor of Kanazawa University, 15-16 Enkoji 3 chome, Kanazawa, 921 -8173 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

## I. はじめに

加賀藩は安政元年(1854)1月に上柿木畠に「西洋火術方役所」を開設して、主付に大橋作之進を就けた。同年8月に名称を「壮猶館」と改めた。当時輸入された外国書の主流は蘭書であり、翻訳方には鹿田文平、安達幸之助が、校合方には蘭医師黒川良安、津田淳三、田中信吾らが就き、特にオランダ兵学書の解説を行っていた(金沢市編集委員会, 1973)。彼らは長崎に留学或いは大坂・適塾に留学してオランダ語を学習した経験のある人達であった。この翻訳方には後に高峰元程も属していた。

ここに安政4年(1857)に芝木昌之進が雇い入れられ、鹿田文平のもとで原書素読方御雇御用として英書の素読を行っていた(史料<sup>1, 2</sup>)。これまでは芝木昌之進に関する史料は少なく、如何様なる人物であったか明らかでなかった(今井, 1969, 1989)。

今回、『加賀藩御親翰集 I』に芝木昌之進の壮猶館翻訳方への御雇いに関する史料が見つかったこと(史料<sup>1, 2</sup>)を契機に、彼について調査をした結果、慶応元年(1865)に藩命により長崎に遊学して、英語学者何礼之の英学塾で英語を学び(史料<sup>3</sup>)、その後金沢に戻り、明治元年(1868)から「加賀藩・道済館」で英学教授を始めとして、金沢での英語教育関係に携わっていたことが明らかになった(日置, 1919)。特に明治2年に、米国S. G. Goodrichの著書である幼少年向きの歴史書、Peter Parley's *Universal History, biases of geography*を翻訳して、『ハルレー地球万国歴史』として出版を行っていた(芝木, 1869)。さらに、明治7年(1874)に金沢で最初に刊行された英和辞書、『広益英倭字典』および明治19年(1886)に刊行された『新撰英辞字敷』の編纂に携わっていた(今井, 1969, 1989)。

本稿では、芝木昌之進の履歴と英学史上の業績をまとめて解説を行った。なお、芝木の名前は、明治以後は「昌平」であったが、本稿では、すべて「昌之進」で記述した。

## II. 芝木昌之進の略歴

芝木昌之進の履歴はこれまでに、今井により調査されて記載されていた(今井, 1969, 1989)が、十分なものではなかった。昌之進は加賀藩・御細工者

芝木権平の嫡子として、天保5年(1834)に金沢で生まれた。名前は、明治以後は昌平に改めていたらしい。安政4年(1857)に定番御歩に抱えられ、御切米三十五俵を与えられ、壮猶館において鹿田文平のもとで、原書素読方御雇御用として英書の素読を行っていた(史料<sup>1, 2</sup>)。鹿田と三宅復一は権少属英学教師翻訳方であり、その元に芝木が藩掌英学教師洋書翻訳方であり、他に明石眞作と菊野七二郎がいた(史料<sup>4</sup>)。

加賀藩の旧蔵した洋書の調査結果によれば(板垣, 2007)、以前は壮猶館の洋書は長崎で購入され、「長崎東衙官許」の捺印のある蘭書に限られていたが、安政6年(1859)の横浜開港により、英・仏書の輸入が解禁となり、加賀藩は英書を436冊購入していた。その中には兵学書が186冊あり、鹿田、安達らの元で、これらの英書を芝木は素読していたと見られる。

慶応元年(1865)に藩命で50余名の若者が長崎に遊学した。芝木もこの中に含まれ、有名な英語学者何礼之の英語私塾で英語を学んだ(史料<sup>3</sup>)。この留学生の中には高峰譲吉、清水誠らも含まれていた(米田, 2011)。同3年4月まで長崎で学んだ。

慶応3年(1867)には芝木は壮猶館翻訳方に任じられ、兵法、天文学、歴史学に関する原書の翻訳を行っていた(今井, 1989)。同年6月に軍鑑方役所英書素



図1 金沢藩中学東校英学生番付(「石川県教育史」547頁より)。最下段の中央に「教師長野桂次郎、芝木昌平」と記載されている。

Fig. 1 Document list of ranking of English-course students in the East School, the high school of Kaga Clan.



図2-1

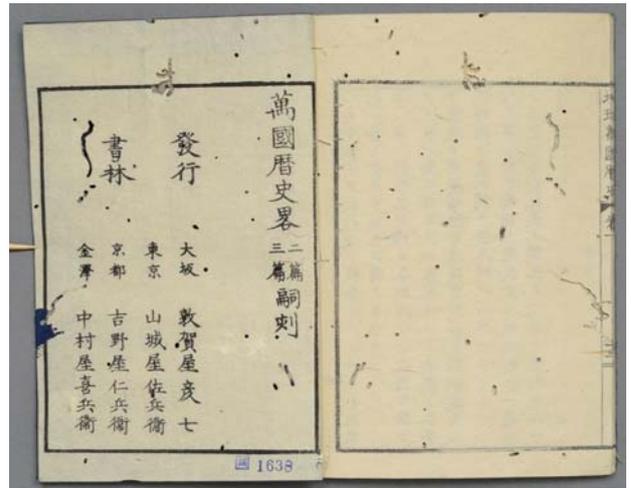


図2-3

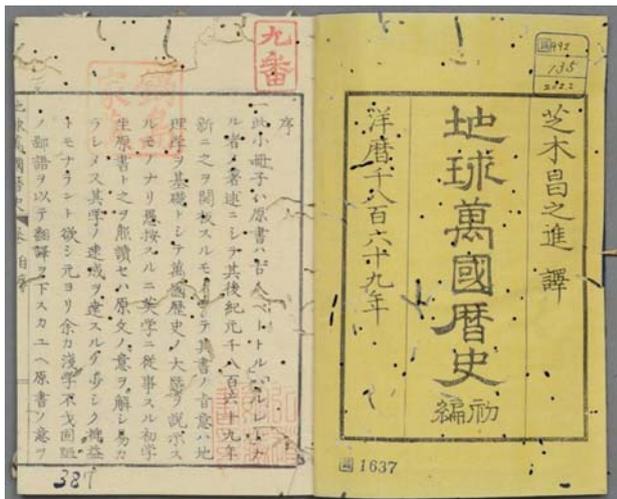


図2-2



図2-4

図2 芝木昌之進訳述「パートル・ハルレー氏地球万国歴史（明治2年）」、佐賀県立図書館、鍋島文庫蔵（図2-1：本書表紙、図2-2：標題頁、図2-3：後付け頁、図2-4：本書10冊）。

Fig. 2 Shibaki's books translated from the Peter Parley's 'Universal History' published in 1869.

読方、外国方兼務となった。

明治元年（1868）閏4月に「道済館」が金沢南町、豊屋九郎兵衛の民家に開校され、吉本順吉が招聘されて仏学・英学の教師に着任した。吉本は僅か6ヶ月で金沢を去り、代わって芝木昌之進と平田宇一が英学、菊池七郎が仏学、名越甚助が漢学、下村貫一が数学、橋健堂が習字の教授に就いた（日置，1919；石川県史第3編，1974）。

翌年の制度改正により、幼年者は「致遠館」（正則

英学校）に移り、道済館に残る者は城内の「挾注館」（変則英学校）に移り、さらに明治3年12月（1870）に藩はこれらの塾をまとめて中学東校（洋学中学校、出羽町兼六園内の巽御殿）として、同月17日に開校した。本校の英語教師には岡田秀之助、変則英語教師に長野桂二郎と芝木昌之進が担当した（石川県教育史編纂委員会，1974）。

この間に芝木は明治2年に、『パートル・ハルレー氏地球万国歴史』を訳述・刊行していた（図2）。本

書は、現在は佐賀県立図書館・鍋島家文庫に架蔵されているもののみである。今回、特別の許可を得て本書を撮影することが出来た（芝木、1869）。

この中学東校での万国史の講義と『地球万国歴史』とは関係があると見られる。翌4年6月には、英人エドウィン・サイモンソンが着任して正則の英学と数学を教授した。彼はまた普通学科二等では「万国史中類」、一等では「万国史上類」を教授していた。だが、サイモンソンの雇聘条約は6ヶ月間と短期であった（石川県史料第2巻、1972a）。

これまでは「加賀藩」であったが、明治4年7月に廃藩置県により「金沢県」となった。中学東校と中学西校（漢学教育）は存続していたが、同年11月に合併して金沢中学校が開校された（日置、1919）、所が翌5年4月には石川県により旧藩設置の学校は総て廃校とされることとなり、本校は閉校された。

明治7年6月に金沢で『廣益英倭字典』が大屋愷哉、田中正義、中宮誠之蔵版で刊行された。芝木昌之進と小池精一が本書の語彙収集と編纂を行なった（今井、1969）。

その後、明治5年に芝木は海軍省に出仕しており、海軍少秘書、海軍属等を歴任、明治18年には退役して金沢に戻っていた。同21年に金沢・高岡町で英学私塾「英文学館」を起し、英語教育を行っていた（今井、1989）。

明治18年（1885）8月に雲根堂主人・牧野一平の企画で、新たに英和字典の編纂が始まり、芝木と大木（詳細不明）が語彙の蒐集・編纂を行っていた。本字典は『新撰英辭字彙』と名付けられ、明治19年5月に井波他次郎、本間六郎（英文序文）により編纂され、金沢雲根堂版として刊行された（今井、1989）。芝木は明治26年（1893）8月に没した。享年58才、墓地は金沢・寺町四丁目の「実成寺」にある（和田、1919）。

### Ⅲ. 『廣益英倭字典』の編纂・刊行

幕末から明治初期にかけて英語学習が盛んになり、英和辞書の需要も増していた。所が、これまでに流通して、また金沢・東校に架蔵されていた慶応3年刊行の堀達之助『英和对訳袖珍辞書』改訂増補版（堀、1867）では索語しても見つからない言葉が多く、また遺漏も多いことから、より語彙の豊富な辞書の出

版が待たれていた（大屋ほか、1874）。この時に鹿田文平（松田、1987）を中心にして、芝木昌之進と小池精一が、『英国ノットール氏辞書』、『亜国ウエボストル氏辞書』、『亜国へボン氏英和語林修正』、『英国支那対訳辞書』、『英和辞書』を基に、当時の用語を、約4万6千有余を蒐輯した辞書を編纂した。これが『廣益英倭字典』である。本書は明治6年1月に官許を受けて、翌年に刊行された。この編集中に、鹿田は明治4年に他界し、芝木と小池らは徴兵されて、軍務についていた。そのために大屋愷哉も編集に加わり、校正は田川渉に頼んで編輯した。刊行の為には、大屋愷哉、田中正義、中宮誠之らによって蔵版され、活版製造所・経業堂小島到将が水牛角製活字を作成して、これを種字（父型）として鉛製活字が製作されて印刷が行われた。この水牛角で作られた活字は現存しているとのことである（石川県印刷工業組合、1968）。売捌書肆は金沢・上堤町の中村喜平の店であった。大屋は明治5年5月に神戸へ出張して、活字鑄造機を購入して帰り、早速この鑄造機で鉛製活字を製作した。本書の印刷において金沢で初めて鉛製活字が使用されていた。これは金沢印刷史に残る事柄であった。

本書の編集には次の英語辞書から索語が行われていた。これらの辞書はすべて加賀藩旧蔵書籍であったことは特記すべき事柄である（板垣、2006）。

1. Nuttall, P. Austin. The Standard Pronouncing Dictionary of the English Language. A new edition, Frederick Warne & Co., London, 1870  
『金沢学校』と捺印されている。石川県専門学校蔵書『英国ノットール氏辞書』。
2. Webster, Noah. Webster's Dictionary. An American Dictionary of the English Language, George and Charles Merriam, Springfield, Mass., 1853  
『加州軍鑑蔵書之印』『加州海軍局文庫之記章』『石川県尋常中学校』現在、石川県立泉ヶ丘高等学校蔵。「亜国ウエボストル氏辞書」は本書か次ぎの書を指す。
3. Webster, Noah. A Dictionary of the English Language, explanatory, pronouncing, etymological, and synonymous, with a copious appendix, mainly abridged from the Quarto

Dictionary of Noah Webster, rev. by Chancy A. Goodrich and Noah Porter, by William A. Theeler. G. C. Merriam, Springfield, Mass., 1867

『石川県第一尋常中学校蔵書之章』.

4. Hepbarn, J. C., Japanese-English and English-Japanese Dictionary. 3rd. edition. Z. P. Maruya & Co., Tokyo, 1886.

「亜国へボン氏英和語林修正」（旧版が使用されていた）.

5. Lobscheid, W., English and Chinese Dictionary, with the Punti and Mandarin Pronunciation, Daily Press Offices Hongkong, 1866-1869.

「英国支那対訳辞書」石川県専門学校に架蔵.

6. American Presbyterian Mission Press, An English-Japanese Dictionary, 1869.

『和訳英辞林』. 特に附録の不定形変化動詞の活用, 略記号, 英語記号の表は, a table of irregular verbs, and a list of English signs and abbreviationを引用していた. 蔵書印『金沢学校』『学校』あり.

明治初期に英和辞書は東京と大阪で殆どが刊行され, それ以外では横浜のみであった. 次いで金沢で英和辞書の編集・刊行が行われたのであり, これは画期的な出来事であった. 鹿田, 芝木, 小池らが金沢でこの英和辞書を編集することが出来た最大の理

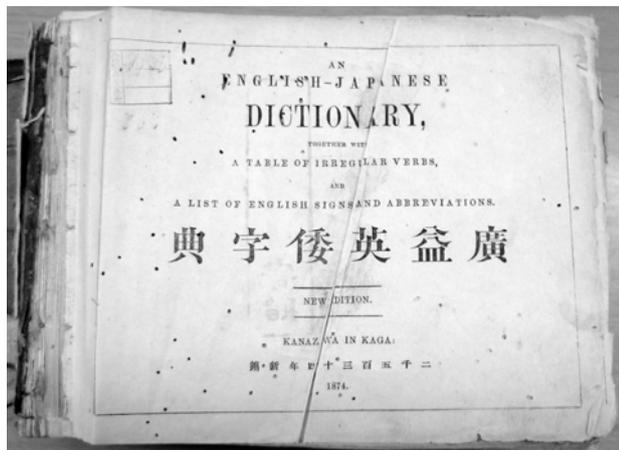


図3 「広益英倭字典」の標題頁. 石川県立図書館蔵（加賀・金沢, 2534年新鑄）.

Fig. 3 Title page of a Useful English-Japanese Dictionary edited by G. Ohya, M. Tanaka, and S. Nakamiya published in 1874.

由は, 上に記載した様に藩政期に加賀藩が英国ノートール氏辞書, 亜国ウェボストル氏辞書, 亜国へボン氏英和語林修正, 英国支那対訳辞書, 英和辞書を購入して壮猶館を初め, 藩校, 金沢学校に架蔵して使用していたために, 索語に必須の英語辞書が手元に揃い, 作業が容易に出来たからである.

#### IV. 『新撰英和字典』の編輯・刊行

明治19年1月に井波他次郎纂訳で『新撰英和字典』が, 雲根堂主人・牧野一平で発兌して, 金沢・尾張町48番で発売された(井波, 1886). 本書の自序によれば,

東京大学外山正一先生嘗て我邦今日の急務を論じて曰く, 其一は漢学を廢するにあり, 其二は我邦人をして普通に西洋語を学ばしむにありと, 而して就中, 英語を学ぶは他國語を学ぶに比して緊要にして, 且つ利益ありと, 是故に我邦人たるものは勉めて今日普通の英語に通曉し, 其書を読み, 其知識を受け之を實踐に応用せざるべからず. 然り而して外國語を学ぶには, 自國と他國の合訳字典を要するは, 此れ必然の理なり. 雲根堂主人此に感あり.

牧野は新たな辞書の必要性を痛感していた. しかし, なかなかその意思を決めることは出来なかった. 井波は牧野からこの話を耳にして, 自分もその意のあることを伝えた. その後:

英人「ロブスチード氏」英華字典を原本とし更に米人「ウェブストール」氏大字典, その他五十余部の諸書を涉獵し, 八月の初始めて稿を起こし, 焚膏繼晷に継ぎ刻苦勵精之を勉む. 而して学友大木, 芝木昌之進の両氏の毗補淺少にあらず, 訳成るに従ふて, 永山鉄男, 三宅少太郎二君の校閲を経て, 而して後之を刷印せしめ, 遂に十二月の中ばに至り其成功を得たり.

(『新撰英和字典』の自序より)

英華辞典, ウェブスター大辞典など多数の書籍を調べ, 8月に原稿を書き始めた. さらに大木(詳しくはわからない), および芝木昌之進にも援助を頼み,

永山鉄男と三宅少太郎に校閲を依頼した。

『新撰英和字典』の企画・編集スタッフは：

井波他次郎	編纂，和文序文
本間六郎（石川県専門学校教諭）	英文序文
大木（不詳）と芝木昌之進（私塾経営）	
	編纂助力者
三宅少太郎（石川県専門学校漢学助教諭）	
	校閲者
永山鉄男（私立金沢学校英学教師）	校閲者

であった。印刷は前記の『広益英倭字典』と同じ人物（牧野一平）の経営する金沢・経業堂印刷で行われた。

本辞書の内容は次の通りである。

語数 五万有余，哲学，科学の新語・新訳一万語とあり，そのうち哲学約三千語，宗教，数学，心理学，論法，文法，政理学，法理学，理財学，社会学 三千語，物理学 一千語，化学 約一千語，生物学用語（動物学・植物学）約一千語，地質学用語，鉱物学用語，梵語，道議学（道徳

学）等は総てで一万語を収録した。

本書中所用略語解は次ぎの様である。

a. 形容辞, *adv.* 副辞, *art.* 冠辞, *conj.* 接続辞, *interj.* 間投辞, *irr.* 不規則 (動詞), *n.* 名辞, *part.* 分辞, (現在分詞, 過去分詞), *pers.* 人辞, *pl.* 複数, *prep.* 前置辞, *prel.* 過去, *pron.* 代名辞, *sing.* 単数, *v.* 動辞, *vi.* 自動辞, *vt.* 他動辞. 辞は詞を意味する。

編纂の参考に供した辞書は次のものであった。

1. 英人「ロブスチード氏英華字典」(1866-1869)
2. 米人「ウエブストール氏大辞典」(1884)  
本書は石川県専門学校には架蔵されて居なかった(板垣, 2004)
3. 英人「ナッタアル氏英語辞典」二種(1870)  
『金沢学校』と捺印されている。石川県専門学校蔵書  
二種については不詳



図4-1

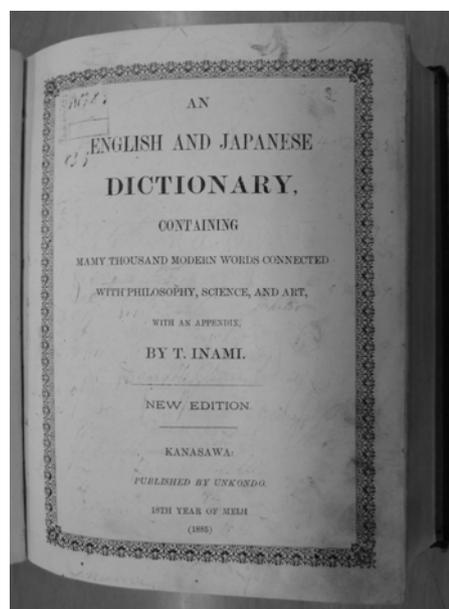


図4-2

図4 井波他次郎纂訳、「新撰英倭字典」明治18年12月雲根堂発兌の和文標題頁(図4-1)と英文タイトル(図4-2), 石川県立図書館蔵. 本書は黒褐色革製クロス装厚表紙の洋装本で, 縦23.5cm, 横17.5cm, 厚さ4.8cm, であり, 本文766, 見出し語数約4万, 総頁数795頁である.

Fig. 4 Title pages of “New English-Japanese Dictionary” edited by T. Inami, published in 1885 (Fig. 4-1: title page in Japanese, Fig. 4-2: in English).

4. 米人「ヘプルン氏著英和語林集成」(1867)。
5. 米人「ヘプルン氏和英語林集成」(1872) (和英・英和字典, 1873)。
6. 英人「ウエルレム・スミス氏増補英国言語講義」(1866)。  
不詳である。

其の他に50余部の辞書を参考資料とした。無論、前記の『広益英倭字書』を参考とするところも多くあった。

本辞書の現在数は6冊のみで、金沢に4冊、国会図書館に1冊、実践女子大学図書館・短期大学図書館に1冊の架蔵が確認されている(今井, 1989)。

本辞書の編纂者井波他次郎について、資料よりまとめて記す(今井, 1989)。

慶応元年(1865)2月23日、金沢の紙商・石王孫平の二男に生まれる。金沢木倉町の平民井波太三郎の養子となるが、明治17年12月15日養父死亡により、井波家に入籍・家督を相続した。数え年20才頃に、木倉町62番地で既に私塾を開いていた。彼は小学校で教育を受け、さらに私塾で英語、漢文、数学を学んだらしい。詳しいことはわからない。彼の向学心により、多くの事柄を学んでいた。専門的な学校での教育は受けていなかったが、私塾を木倉町(養父の住所)で開き英学を教え、明治18年頃には六枚町46番地で塾を開き、英和辞書の編纂を行って居た。

明治18年8月からこの編纂を始め、翌19年1月に

版にこぎ着けていた。その後、彼は自分の英語塾の経営を行い、さらに雲根堂の援助のもとに金沢・松原町で英・漢・数学の講習教授を行っていた。明治30年代の半ばに井波一家は東京に移り、東京市江戸川区小岩に住み、私立学校「甲津学舎」で教師をしていた。昭和11年2月26日に病死した。享年72才であった。墓所は中野区沼袋明治寺横の密蔵院墓地にある。

印刷・発行人：

雲根堂主人(発売所・金沢・尾張町84番)旧加賀藩足輕の横枕清七が、廃藩後に金沢・材木町で開業した書肆、明治10年の西南戦争の後に、尾張町に移り「雲根堂」と名乗り開業した。ところが事業に失敗して、牧野一平に事業を譲り、出版事業を行い、英和字典の出版を行った(図5)。

雲根堂は明治18年5月創刊の雑誌『金城新誌』を発行していた。本誌にこの辞書の発売予告の広告をしていた。

明治18年9月12日の予約申込広告であり、

石川県専門学校教諭本間六郎先生序文  
同漢学助教諭三宅少太郎君、私立金沢学校英学  
教諭永山鉄男君校訂  
井波他次郎氏纂訳

- 新撰英倭字典、●附専門学語、●仮綴全一冊
- 紙数凡八百ページ、●字数五万余
- 五百部限予約 特別廉価金壹円六拾銭、内予

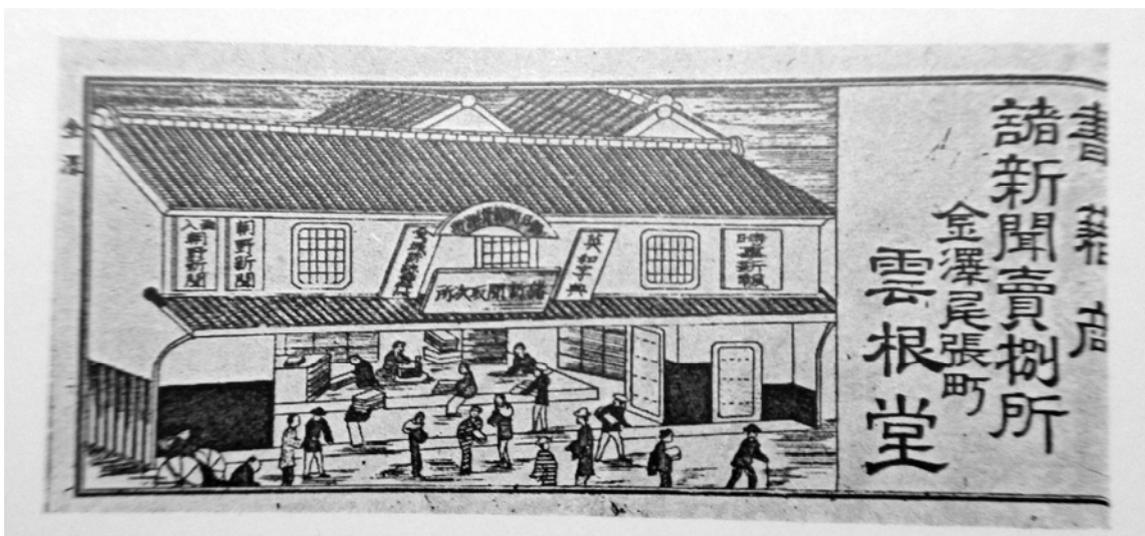


図5 雲根堂の絵図。「石川県下商工便覧」川崎源太郎著、『石川県下商工便覧』石川県下加賀国金沢区逓部，明治21年，金沢市立玉川図書館，近世史料館蔵。「英和字典」の広告板が画かれて居る。

Fig. 5 An illustration of the front of Unkon Do's book store.

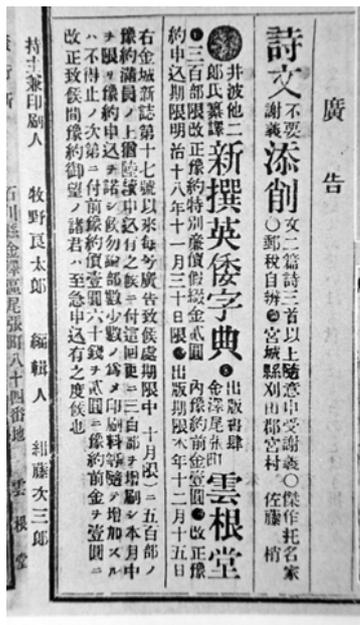


図6 「金城新誌」第25号（明治18年11月7日）に掲載された「新撰英和字典」の広告。石川県立図書館蔵。

Fig. 6 An advertisement of the New English-Japanese Dictionary on a magazine 'Kinjyo Sinsi' dated on the 7th of November 1885.

約前金六拾銭

- 予約申込期限本年十月卅一日限出版期限同年十二月十五日

- 本書見本並予約方法書等御望ノ諸君ハ郵券式銭御投送次第進呈

明治十八年九月 石川県金沢区尾張町八十四番

○ 出版書肆並予約申込所	雲根堂
予約申込所	東京銀座四丁 博聞社
	大坂東区備後町四丁 梅原亀七
	岐阜県岐阜米屋町 三浦源助
	富山県富山砂町 真田善次郎

『金城新誌』に掲載していた広告には、本書は限定300部であると記している（図6）。本書は記載内容からみて、『広益英倭字書』の改訂増補版と考えることが出来る。

## V. 芝木昌之進とPeter Parley's Universal Historyの翻訳書

すでに『加賀藩旧蔵洋書総合目録，2006』に記載した様に、加賀藩は辞書および歴史学及び地理学洋書を多数所有して、壮猶館、学校（藩校）、金沢学校

と引き継がれて英語教育、欧米の情報研究に利用していた（板垣，2007）。芝木は壮猶館翻訳方に付き、さらに慶応元年に長崎に遊学して英学習業を行い、英書の解読に長けていた。一方、Peter Parley's Universal History, on the basis of geography. Ivison, Blakman, Talors & Company, New York, 1872.は、金沢学校に架蔵されていた。さらに、明治9年に開校した啓明学校の英語学の教則の教科目及び使用教科書には、2年後半期の史学では外国人教師による「ハーレイ氏万国史」の伝習があり、同2年前半期にも同書を使用しての講義があった。甲部上等の講義においても、3年前期の史学では、「ハーレイ氏万国史」の伝習講義が行なわれていた（石川県史料第2巻，1972b）。

このような環境において、芝木は明治2年に『ペートル・ハルレー著、地球万国歴史』（大坂敦賀屋）を出版していた（図2）。これは間違いなく『Peter Parley's Universal History』を原典として（図7）、全国に先駆けて訳述したものである。この翻訳書は、現在は10冊が佐賀県立図書館にのみ架蔵され、鍋島家蔵および藩校「弘道館」の印記がある。芝木の本書の序文を次ぎに示す。

序

一此小冊子ハ、原書ハ古人「ペートル」「ハルレー」ナル者ノ著述ニシテ、其後紀元千八百六十九年、新ニ之ヲ開板スルモノニシテ、其書ノ旨意ハ、地理学ヲ基礎トシテ、万国歴史ノ大槩ヲ説示スルモノナリ。愚按スルニ、英学ニ従事スル初学生（ハ）原書ト之ヲ照読セハ、原文ノ意ヲ解シ易カラシメ、又其学ノ速成ヲ達スルノ、少シク裨益トモナラント欲シ、元ヨリ余カ浅学不才固陋ノ鄙語ヲ以テ、翻訳ヲ下スカ故、原書ノ意ヲ誤訳スルモ圖ル可ラス。軽忍粗妄ノ罪遁ル可カラストイヘドモ、業ヲ廢スルモ本意ニ非ラス。由テ唯公務ノ暇ニノミ、業ヲ勉ムルナレハ急成シ難シ。今此教導（ノ）総論ヲ訳畢シ、次テ亜細亞州論ヲ訳スルトイヘドモ、是又僻陋ノ文雅ナル事ナシ、又訳字ノ謬誤遺漏ナキニシモアラ子ハ、冀クハ読者之ヲ許シテ、校正ヲ加ヘハ、余カ幸セ又甚シトス。

明治二年己巳九月

芝木昌之進 誌

（句読点を挿入した）

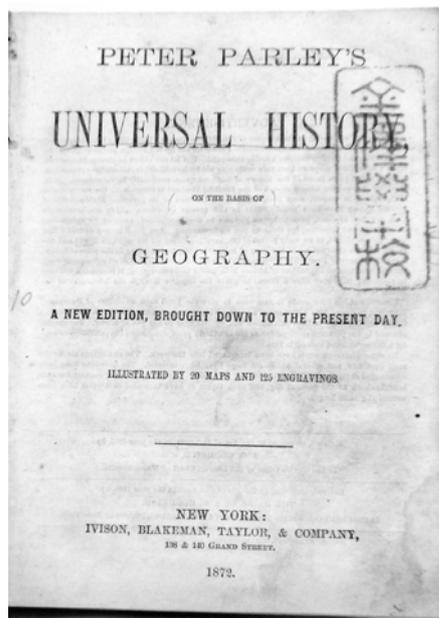


図7 ピーター・パーレーの万国史、原典（1872）の標題頁。加賀藩の購入したもので、藩校に架蔵されていたことを示す「金沢学校」の印影を残している。芝木の翻訳した書籍は本書より先の出版年度のものである。石川県立図書館に1冊架蔵されている。

Fig. 7 Title page of the original book of 'Peter Parley's Universal History' (1872).

この序文から、芝木の意図していた事柄を理解することができる。それは英学の初心者がUniversal Historyを解説する時の手助けのために、本書を作成したとのことである。英和辞典を容易く入手できない時代であり、英語を学ぶ為には直訳万国史が必要であった。なお、芝木が翻訳して初編に掲載したのは、原書の第一章から第五章までの緒言の部分であった。これは地理学を元にして万国の歴史を学ぶ姿勢を述べたものであった。「次テ亜細亜州論ヲ訳ス」と記述しているが、これは出版されていない。

此の当時、金沢には万国史の翻訳のために多くの参考資料が存在していた。これらは次の書籍である。

## 辞書

1. American Presbyterian Mission Press, An English-Japanese Dictionary, Shanghai, 1869. (和訳英辞林, 英和辞書)「金沢学校」,「学校」の蔵書印が捺印されたものが3冊架蔵されていた。
2. Webster, Noah, A Dictionary of the English Language. G. & C. Merriam, Springfield, Mass. 1867. (ウェブスター絵入り辞典)

3. Webster, Noah, An American Dictionary of the English Language. J. B. Lippincott, Philadelphia, 1867. 「壮猶館」,「学校」,「金沢学校」の蔵書印が捺印されている。(ウェブスター米国版英語辞書)
4. Holtrop, John, Englisch en Nederduitsch Woordenboek van J. Holtrop. J. van Eveld Holtrop, Oordrecht en Amsterdam, 1823.「加州軍鑑蔵書之印」が捺印されている。(ホルトロップ氏英蘭辞書, 蘭英辞書) など

## 歴史書

1. A.F. Tytler, Elements of General History, Ancient and Modern, 1866.
2. W. C. Taylor, Manual of Ancient and Modern History, 1867.
3. H. G. White, Elements of Universal History, 1868.
4. W. Chambers, & R. Chambers, Modern History, 187-.

などの基礎的な歴史書があり、さらに、欧羅巴史（7種）、英国史（S. G. Goodrich, A Pictorial History of England, 1870を初め5種）、米国史（S. G. Goodrich, A Pictorial History of the United States, 1867を初め6種）、仏国史（S. G. Goodrich, A Pictorial History of France, 1868など）、伊太利亜史（S. G. Goodrich, A Pictorial History of Ancient Rome, 1870など）等の豊富な歴史入門書が手元に存在していた。

## 地理書

1. W. Hughes, A Child's First Book of Geography, 1854. S.S. Cornell, A.S. Mitchell, F. Goldsmithらの地理入門書が金沢学校に架蔵されていた。さらに、地図類も十分に架蔵されていた（板垣, 2007）。

また、人的にも恵まれ、鹿田文平を始め、安達幸之助、三宅復一、岡田秀之助らの教授を受けることができたと考えられる。この様な恵まれた環境のもとで、芝木はパーレー万国史の翻訳を行い、大阪の敦賀屋九兵衛により版木が作られて、明治2年に出版した。そして、金沢では中村屋嘉兵衛の書林で販売されていた（図2）。この書林は『広益英倭字書』を

表1 Peter Parley's Universal Historyの翻訳書一覧, 明治元年から明治21年までに出版された翻訳書。

Table 1 List of books translated from 'Peter Parley's Universal History' from 1868 to 1888 in Japan.

書籍名	翻訳・著述者	出版社	刊行年	収蔵図書館名	備考
1 「地球万国歴史」	芝木昌之進訳	大阪教賀屋	明治二年	佐賀県立図書館	
2 「万国歴史直訳」初編 (標題頁欠)	西村恒方訳	東京・千成楼蔵版	明治五年二月	近代デジタルライブラリー	
3 「万国歴史直訳」	西村恒方訳	東京・千成楼蔵版 紀國屋徳三	明治五年	筑波大学附属図書館	
4 「巴來萬國史上」	牧山耕平訳, 内村耿之介校	弘令社, 文部省御蔵版翻刻	明治九年三月	近代デジタルライブラリー	
5 「巴來萬國史下」	牧山耕平訳, 内村耿之介校	弘令社, 文部省御蔵版翻刻	明治九年	静岡県立図書館蔵	
6 「巴來萬國史全」	牧山耕平訳	京都・大谷仁兵衛等, 文部省	明治十年二月	近代デジタルライブラリー	4冊 和紙
7 「巴來万国史字解 全」	奥田栄世編輯		明治十一年	近代デジタルライブラリー	
8 「畫入万国史略字引」	永田方正編, 加東秀三郎図畫	大阪書林, 岡田茂兵衛蔵版	明治十一年	近代デジタルライブラリー	
9 「巴來万国史字解」	幕内幡次郎, 本多采雄編輯	一貫堂発兌	明治十二年	近代デジタルライブラリー	
10 「画入万国史略字引」	福原有因編輯	大阪・華井ちく出版	明治十二年	近代デジタルライブラリー	
11 「パーリー氏万国歴史字書」	中村愿訳述	攻玉社, 中村氏・松井氏蔵版	明治十六年四月	近代デジタルライブラリー	4冊
12 「ビートル・パーリー万国史独稽古」羅馬之部	眞野秀雄挿訳	東京・競錦堂	明治十六年	近代デジタルライブラリー	
13 「ビートル・パーリー万国史直訳字書」	中村愿訳述	攻玉社, 中村氏・松井氏蔵版	明治十七年	近代デジタルライブラリー	
14 「パーリー氏萬國史直譯 上巻」	栗野忠雄訳述	金章堂, 日新館蔵版			
15 「パーリー氏萬國史直譯 下巻」	栗野忠雄訳述	金章堂, 日新館蔵版	明治二十年	石川県立図書館蔵	
16 「容易独習万国史直訳」第48-107章	戸代光大翻訳	中井堂	明治十八年	近代デジタルライブラリー	
17 「実用万国史直訳」	岡本信訳述	坂本金次郎出版	明治十八年	近代デジタルライブラリー	
18 「巴來萬國史 上」	牧山耕平訳, 内村耿之介校	東京・新古堂, 文部省御蔵版	明治十九年	国会図書館蔵	改訂版
19 「改正増補, 万国史直訳」	木村龍訳	同盟出版書肆	明治十九年	近代デジタルライブラリー	
20 「彼得・巴來万国史直訳」下巻	牛山良助訳	成文堂	(明治二十年六月)	東京大学総合図書館 近代デジタルライブラリー	
	実学会英学校校閲			熊本大学附属図書館蔵	
21 「万国史直訳」	小峯正意訳	東京・二書房蔵	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
22 「正則改正・万国史直訳」	中尾栄訳述	大阪書房 英文館	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
23 「英語階梯・パーレー万国史解釈」	品田太吉著	嚶鳴館蔵版	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
24 「万国史独案内」	小笠原長次郎訳	大阪・三書房出版	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
25 「万国史直訳」	水沢郁訳	大阪, 訳書出版書房	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
26 「改正パーレー万国史直訳」	桜井鎌造訳	書肆東雲堂出版	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
27 「万国史直訳」	藤田治明訳	松成堂出版	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
28 「巴來氏万国史直訳」	橋詰蔵治訳	金章堂	明治二十年	近代デジタルライブラリー	
29 「独習解釈・パーレー万国史直訳」	品田太吉著訳	嚶鳴館蔵版	明治二十一年	近代デジタルライブラリー	
30 「PARLEY.万国歴史」	佐藤精一郎翻訳, 杉浦重剛 井上十吉校閲	有鄰館蔵版	明治廿一年八月	近代デジタルライブラリー	
31 「パーレー万国史」英学生文庫、第九篇	紀太藤一訳注	木田吉太郎発行	大正四年	近代デジタルライブラリー (歐羅巴の部二)	
注: 8, 9, 11は本書の英単語のための和訳字書					
7, 10は翻訳書の難解な言葉の平易な言葉への字書					

販売した上堤町の中村喜平の書肆と同じであると見られる。これが画期的な出来事であったことが次の事実から確認される。本書の刊行以後に、パーレー万国史は次々と形を変へ、品を変えて、表1に示した様に、明治21年までに約30種におよぶ翻訳書や本書のための辞書などが出版されていた。

ピーター・パーレイ著Universal History, は幕末から明治初期に多数冊が輸入され、全国の小・中学校で使用されていた(宮永, 1999)。この結果、明治20年に「パーレー万国史」(1874年版)が小峰正意によって翻訳され、「万国史直訳」が出版された(小峯, 1887)。

本書の第31章に「此細小ナル本, 其レハ今汝ガ勉強シツアル処ノ此細小ナル本ノ, 各々ノ出版社(本屋)ガ「パーレー」ノ万国史ノ二, 四, 六百(部)ノ写シニ向ツテ, 遙カ遠離サレタル日本ヨリ命令(注文)ヲ受取リシ故ニ」とあり、筆者Goodrich自身が、日本から万国史の勉強のために多数冊の注文を受けた事に驚き、本書に新たにこの文章を追加していた

(植村, 1980b)。

本書はSamuel G. Goodrichの著作であり、For the use of familiesの場合にはペンネーム、Peter Parleyを使用して刊行していた。Goodrichの著作には、英国史、仏国史、米国史などがあり、歴史、英語のテキストとして石川県立啓明学校、県立専門学校でも使用されていた(板垣, 2012; 今井, 1977)。

Goodrichは子供向けの教養書の刊行にも熱心であった。成人向けには、A Pictorial History of Ancient Rome, A Pictorial History of the United States, A Pictorial History of France等があり、加賀藩藩校、及び金沢学校などで購入されていた。明治11年の石川県中学師範学校「中学生徒仮教則」には、使用教科書として英文の万国史(パーレー氏万国史)、英国史(グードレッチ氏英国史)、仏国史(グードレッチ氏仏国史)が上げられていた(石川県立図書館, 1972b)。さらに、大聖寺藩の時習館においても「パーレー氏万国史」が使用されていた。

S. G. Goodrichは、1793年8月19日に米国Connecticut

州の Ridgefield で生まれた。Hartford, Boston で出版業を営み、多くの書籍を出版していた。アメリカの教科書を最初に著作した人とも云われている。彼の歴史関係の著作が幕末・明治初期に我が国に大量に輸入されていたのである。

この Universal History は歴史、地理の啓蒙書であり、その内容を簡単に記すと、

## 上 巻

序文, 1章～5章: 気球での世界の旅に始まり, 歴史, 地理, その他の解説, 世界は陸と海から成り立つこと, アジア, アフリカ, その他の国々の住人, そして世界の人種について触れている (この部分を芝木が翻訳した)。

6章～37章: アジアの歴史と地理を語っている。アジアの題言があるが, ノアの箱船から, バベル, アッシリア大帝王, セミラミス女王, ユダヤに関する章, エジプト人奴隷, ユダヤ人の放浪, (23章まで), ペルシャ王, クセルクスのギリシャ遠征, 等 (27章まで) であり中東の古代史である。

28章: 古代中国史, 29章: 中国皇帝, 近世史, 30章: 中国の町, 中国人の作法, 31章: 日本史 (3頁のみ), 32～34章: アラブなど中東の国, 36～37章: アジア史のまとめとありアジアの範囲が広く取られている。

38章～47章: アフリカ史。アフリカ, エジプト, プトレミスとクレオパトラ, エジプト古代史, エチオピア, バーバリー諸国 (アフリカ地中海沿いの国々), 46章: 奴隷史, 47章: アフリカ年表。

48章～103章: ヨーロッパ史, 古代ギリシャ史, ローマ帝国史。

## 下 巻

104章～159章: ヨーロッパ史, フランス, 120章: フランス年表。

160章～185章: アメリカ史, 186章: 中米史, 南米史。

本書の内容はヨーロッパ史及びアメリカ史に多くの頁が充てられていた。日本についてはペリー来航

から開国までが記載されている (第31章) さらに, 1862年の文久遣欧使節に触れている。

Universal History が英語教科書として使用されていたことは, 「パリー氏万国歴史字書」4冊, 中村愿訳述, 攻玉社刊, 中村氏・松井氏蔵版, (明治16年4月, 表1) が出版されていたことから分かる。本書は Universal History の単語帳であり, 例えば

Geography 地理学ト, Called 名付ケ, Is ラル  
What 処ノモノヲ

と記載されている。この字書を頼りにして「万国史」を解読したのである。

同一の書籍が, 明治2年から21年にかけて17人により翻訳されていた。明治初期の翻訳では直訳であり, 翻訳文章は難解であるが, 明治20年代になると, 翻訳技術が向上して, 翻訳文が読みやすくなっている。翻訳文の単語に右付きで“英語のかな書き発音”が記載されている。例えば「実用万国史直訳, 岡本信訳述」では, 「総説」に「イントロダクション」と右付き文字で記している。この様に表現している書籍が多数ある。これは訳書と原書 Parley's Universal History と照らし合わせて読むために, この様な事が行われていた。

さらに, 幼童のために, 翻訳書で使用されている言葉の字引があり, 例えば「巴来万国史字解 全」奥田栄世編輯には, 漢語で記載された言葉を分かりやすい言葉で表現していた。独習書や独案内書, 英語階梯があり, 自習のために利用することを考えてのものである。

明治2年に芝木の翻訳・出版した「パーレー万国史」は, その後, 大いに注目されて, 我国の英学史の上でも注視される書籍となり, 複数の英学者による論考がある。明治初期に我が国で本書が大量に輸入・購入され, 多くの教育機関で教材として採用された書籍であったことがその背後にあり, その注目度も桁違いであった。

## VI. 考 察

本論文では前半分では, 加賀藩壮猶館翻訳方に務めた芝木昌之進の生涯—幕末から明治初期—を辿る試みを行った。後半部では, 芝木が翻訳したピー

ター・パーレイの万国史について歴史的に考究した。芝木について、今井は詳細な事柄は分からないと記述していたが（今井, 1969, 1989）、この程、安政4年（1857）に芝木が壮猶館・翻訳方で鹿田文平のもとで英書の素読を行っていたことが明らかとなったことから（史料<sup>1, 2, 4</sup>）、彼のその後の軌跡を辿ることが可能になった。加賀藩・壮猶館にいた蘭医師達の藩末から明治初期の活動の軌跡はよく調査・研究がされているが（金沢大学医学部記念誌編集委員会, 2012）、それ以外の人々のその後の軌跡を辿ったものは多くはない。

芝木は慶応2年（1866）に加賀藩から長崎への留学生に撰ばれ、有名な英学者可礼之の英学塾で英語を学習した（史料<sup>3</sup>）。明治初年に芝木は加賀藩中学東校に教師として勤めていたことが、同校の生徒番付表から明らかになった。同校には、訓蒙加に小池精一、沼田采江（悟郎）（啓明学校、石川県専門学校教諭）、坂井卷耳（森卷耳）（啓明学校、石川県専門学校教諭）、また、教師に長野桂二郎（岩倉遣外使団・団員）らも勤めていた（図1. 中学東校英学生徒番付）。

一方、安政4年の横浜開港により、わが国に輸入される英仏書が増加した。無論、加賀藩の英仏書の買い上げ冊数も大きくなった。その結果、英仏書の解読能力を持った人材が必要となり、英語を手がけていた芝木の存在が認められることになった。

芝木は藩が新たに購入したPeter Parley's Universal Historyを目にした。当時、藩はGoodrichの歴史関係の著書も多数購入していたが、本書が子供向けの歴史・地理書であったことから、芝木はこれを選び、早速、翻訳をした。明治2年（1869）に彼の翻訳書『ペートル・ハルレー氏地球万国歴史』が出版された。ところが、この程この翻訳書を調査した限りでは、石川県内には現存せず、遠く佐賀県立図書館の鍋島家文庫にのみ架蔵されていることが明らかとなった。本図書館へ問い合わせたところ、本書は残念ながら破損が激しく閲覧不可との回答であった。本論文の論考のためには、本書の画像資料は必須であることから、本書の所有者である鍋島報効会に願いでて、撮影の許可を得た次第である。本書は大坂、東京、京都、金沢の書肆で販売され、当時最初に翻訳・出版された万国歴史書であることから注目され、多くの藩校で英語教育のために採用されたと考えられる。本書の内表紙には（図2-2、左頁）、「鍋島家蔵」と

「弘道館蔵書印」の印影があり、明治初期に佐賀藩の藩校「弘道館」で英語教育に本書が使用されていたことを示している。

他に先駆けて、芝木が翻訳したPeter Parley's Universal Historyは、その後、次々と直訳書が出版されていた（表1）。その多くが明治16年から明治21年の6年間に集中し、その出版数にして19種にのぼっていた。これは明治初期に、本書の翻訳書が小学校で歴史教育に使用され、さらに、中学校での英語教育に使用されたためであった。特殊なものでは、『畫入万国史略字引』、『万国史独稽古』などは、本書の解読のための英語辞書があり、さらに幼年者のために、直訳書の漢語の検索書『巴来万国史字解』までがある。明治9年に牧山耕平翻訳『巴来万国史』上下、が文部省蔵版翻刻として出版され、この翻訳書が小中学校での歴史教育に使用されていた。さらに多量の原書の輸入が行われ、これを英語の学習のテキストとして使用されていた。例えば、旧佐賀藩元開成校の「書籍保存書」には、「パーリー万国史 七十四本（五十本欠）」と記載され、百冊以上の万国史が購入されて、約200名の中学生の英語教育に使用されていた（佐賀県教育史編纂委員会, 1989）。さらに翻訳本「巴来万国史」が小学校の読物に指定されていた。

このような状況のもとで、多数の関連書籍が刊行されていたのである。無論、本書はGoodrichが幼年者向きと考えて出版した、親しみやすいピーターパーレイを著者名に使用した歴史と地理の啓蒙書である。当時の書肆の様子は、次の文章に語られている。

「明治五、六年頃迄は東京市中、原書の本屋僅に二三軒、横浜に一軒あるのみにして、即ち日本橋釘店の丸善、向両国の島屋、築地の某外人店、横浜にケルン等是れあり。其店も殆ど見本として一種一、二冊あるのみ。同一種類のものが五冊十冊と揃いたるものは、字書かパーレーの万国史、コロネルの地理書位の外は、皆無というも過言に非らず」

とあり、明治初期に洋書を手に入れることがまだ困難であったことが分かる（慶応義塾図書館史, 1972, 第1章より）。

石川県立図書館に架蔵されているPeter Parley's Universal History (1872) には「金沢学校」の蔵書印

が捺印されていることから、この書籍は芝木が明治2年(1869)に翻訳・出版するために使用した書籍では無い。我が国にPeter Parley's Universal Historyをアメリカで購入して最初に持ち帰った人物は、福沢諭吉であると云われている(植村, 1980a)。これは慶応3年(1867)の渡米の際であり、慶応義塾が明治元年に製作した「慶応義塾之記」の附録の日課表には、「一、パルレイ氏コンモンスクール万国歴史会読」、「一、ペイトルパルレイ氏万国歴史素読」と記載されていた。この時に購入され、使用された書籍は1866年前後に出版された版であると考えられる。この時に持ち帰った書籍を加賀藩が入手していたかどうかについては分からない。加賀藩旧蔵洋書の中には、横浜及び大坂のハルトリー商会より購入したものもあり(板垣, 2006)、輸入商社を通じて慶応年間に本書を入手していたに違い無い。『日本西洋史学発達史』に本書について記載されているが、その内容及び書名は誤りである(酒井, 1968)。

芝木は金沢での英和字典の編纂にも関与していた。明治19年までに我が国で刊行された英和字典は殆どが、東京、大阪であり、その他では横浜からであった。これらに加えて金沢から2種類の英和字典—『広益英倭字典』および、『新撰英和字典』の刊行が行われたのである。この事は『新撰英和字典』の自序に、「西洋學術ノ駿入以来我国各府県中二三ヲ除ク外、未多見ノ一事ヲ挙行スルニ至ルハ満足ニ勝リザルナリ」と記している。これらの字典の語彙収集と編纂に芝木が関わっていた。前者は明治7年に刊行され、後者は明治18年に刊行された。特に『新撰英和字典』では語彙数が増加されて5万有余であった。特に学術用語の語数が目立っていた。例えば、Acid, n. 酸類, 酸気, nitric acid, (化) 硝酸, tartaric acid, (化) 酒石酸, acidify-ied-ing, vt. 酸化性トナス, Acetic acid, (化) 酢酸, Acetic fermentation, (化) 酢酸発酵, が掲載されている。所が、「この書は数年の後には、其の時世の進歩に善く応用が出来無くなるであろう」と述べている。これは総ての字書、字典にあてはまる言葉である。

井波は序文で、本書の編纂は、焚膏繼晷(ふんこうけいき)一昼夜を分かたず精励する一の連続であったと記して、その作業が過酷で在ったことを示している。

先に記した様に、金沢で英和辞書の編纂の快挙が

為された最大の要因は、藩政期に壮猶館で貯えられた多数の外国語辞書の存在である。本書の発行部数は限定500冊であったが、明らかになっている現存部数は僅かになっている。

藩政期に壮猶館の翻訳方に務めていた人々は、兵学、医学などの分野で外国書から情報を得ていた。廃藩後、彼らは語学の知識或いは医学の知識を活かして、教師や医師となっていた。芝木もその一人であり、私塾の語学教師で生計を立てていたことが今回の調査で明らかになった。本論文の著作にあたり、今井のすぐれた著述に依存するところが多かったことを附記する。

謝 辞：芝木昌之進訳述『パーレー地球万国曆史』の写真撮影にご支援を頂きました、藤口悦子氏、長野暹氏、堀勝治氏に深く謝意を表する。

## 文 献

- 日置 謙, 1919: 金沢市教育史稿. 石川県教育会金沢支部会刊, 第六節 道済館, 36p.
- 石川県, 1940: 石川県史第3編, 第3章 学事・宗教, 第1節 学校, 185p.
- 石川県教育史編纂委員会編, 1974: 石川県教育史第1巻. 石川県教育委員会, 547p.
- 石川県立図書館編, 1972a: 石川県史料第2巻, 政治部, 学校・衛生, 明治4~7年. 180p.
- 石川県立図書館編, 1972b: 石川県史料第2巻, 政治部, 学校・衛生, 明治4~7年, 309-310.
- 石川県印刷工業組合, 1968: 石川県印刷史. p.20, p.62.
- 今井一良, 1969: 明治初年金沢出版英和辞典の研究. 著者出版, 35p (明治7年6月に出版された英和辞書『広益英倭字典』についての研究. 今井の調査によれば, 見出し語数と熟語などの数の合計は39,731と報告されている).
- 今井一良, 1979: 加賀英学の系譜, 石川県啓明学校開設の前後. 英学史研究, 10, 109-119.
- 今井一良, 1989: 『新撰英辞書』と井波他次郎. 英学史研究, 22, 1-13 (本論文には竹中龍範本印所蔵書と記載されているが, ネット検索では, 実践女子大学図書館に1冊架蔵と記されている).
- 井波他次郎纂訳, 1886: 新撰英和字典. 雲根堂主人, 牧野一平, 発兌 (明治19年, 石川県立図書館蔵).
- 板垣英治, 2004: 石川県専門学校洋書目録. 金沢大学資料

館史料目録2, 金沢大学資料館.

板垣英治, 2006: 加賀藩旧蔵洋書総合目録. 金沢大学資料館史料叢書2, 金沢大学資料館.

板垣英治, 2007: 加賀藩旧蔵洋書の目録作成. 日本海域研究, **38**, 21-66.

板垣英治, 2012: 金沢大学の淵源. 石川県啓明学校, 110-134 (小池精一は『英国金融事情』(Lombert Street: A Description of the Money Market, (1873). Walter Bagehot, (1826-1877) の翻訳・講述者であり, 杉中利平次により筆記されていた. 英国ロンドンの金融街の中心Cityに於ける貨幣市場の様子を解説した書物である).

金沢大学医学部記念誌編集委員会編, 2012: 金沢大学医学部創立150周年記誌. 第1部, 通史, 第1章・第4章, 1-70.

金沢市編集委員会, 1973: 稿本金沢市史. 学術編 第2, 318-319.

慶応義塾図書館史, 1972: 第1章, 13p.

川崎源太郎, 1888: 石川県下商工便覧. 石川県下加賀国金沢区廻部, 金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵.

小峰正意訳, 1887: 万国史直訳 (明治20年). 近代デジタルライブラリー.

堀達之助, 1867: 英和对訳袖珍辞書. 蔵田屋清衛門, 江戸, 石川県立図書館蔵 (本書には「加州海軍局文庫之記章」及び「東校蔵書掛」の印記がある).

中村愿訳述, 1883: パリー氏万国歴史字書4冊. 攻玉社関, 中村氏・松井氏蔵版 (明治16年4月), 近代デジタルライブラリー.

牧野一平 (良太郎), 1885: 金城新誌 第25号, 明治18年11月7日 (『新撰英和字典』の広告, 石川県立図書館蔵).

松田 清, 1987: 鹿田文平旧蔵ハルマ『蘭仏辞典』. 京古本や往来, **37**, p.3.

宮永 孝, 1999: 幕末・明治の英学. 法政大学, 学術機関リポジトリ.

大屋愷敬・田中正義・中宮誠之共編, 1874: 廣益英倭字典 (明治7年), 金沢: 石川県立図書館蔵.

Peter Parley's Universal History, on the basis of geography, Ivison, Blakman, Talors & Company, New York, 1872. 石川県立図書館蔵(ピーター・パーレーの万国史, 原本(1872), 「金沢学校」の印影在り. “Universal History” は, Nathaniel Hawthorneに依頼して, 彼の姉の助けを借りて書いた原稿を, Goodrichは買い上げて, ペンネームを使用して出版した. 初版は1837年に出版した).

酒井三郎, 1969: 日本西洋史学発達史, 吉川弘文館, 38p. (パーレーの『万国史』の原著名が, A political history of the world, ancient and modern, for the use of schoolsであると記載しているが, 本書の標題頁に記載されたものでなく, これは誤りである. また翻訳書として次の書籍名が記載されているが, ネット検索では確認することが出来ない. 1. 寧静学人『西洋夜話』(5冊) 明治元年, 2. 吉田屋蔵梓『パアリー万国歴史』(4冊) 明治2年, 3. 橋爪貫一『巴礼氏万国史略』(10冊) 出版不詳).

佐賀県教育史編纂委員会, 1989: 佐賀県教育史 第1編, 佐賀県.

芝木昌之進訳, 1869: ペートル・ハルレー著『地球万国曆史』(明治2年), 佐賀県鍋島報効会, 佐賀県立図書館蔵.

植村清二, 1980a: 丸善百年史, 日本近代化のあゆみと共に. 第1編, 丸善出版, 122-124.

植村清二, 1980b: 丸善百年史, 日本近代化のあゆみと共に. 第1編, 丸善出版, p.137 (『万国史』1874年版の第31章「日本の歴史」から, 「日本人もまた久しく隔離して生活して来た諸国民の歴史について, 知らんことを欲しているようである. それはいま諸君が学びつつあるこの小さい書物(万国史)の発行者は, 遠い日本から, しばしば二百・四百・六百という冊数のパーレー『万国史』の注文を受け取るからである.」と記載されている).

和田文次郎編, 1919: 金沢墓誌. 加越能史談会(金沢)出版, 53p (芝木昌平と記載されている).

米田昭二郎, 2011: 日本マッチ工業の開拓者, 清水誠. 日本海域研究, **42**, 77-94.

## 史料

- 『御親翰集一』, 金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵, 万延元年頃, 188頁, 芝木昌之進の定番御歩, 壮猶館翻訳方原書素読方など御用仰せ付け (申・12月26日).
- 同上, 195頁. 文久2年戊12月, 鹿田武大夫 (文平) から不破彦三あての文書.
- 「於西疲長崎執行人交名並雑記」, 金沢美術工芸大学附属図書館蔵. 加賀藩から藩費留学生を長崎へ派遣, 英学者何礼之の私塾にて英仏語修行する.
- 『御手留抄 一』加越能文庫 特16, 明治2年, 64頁, 金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵.

## 加賀藩の火薬

### X. 鉄砲の一統洋式化と改造異風筒

板垣英治<sup>1\*</sup>

2013年10月9日受付, Received 9 October 2013  
2013年12月2日受理, Accepted 2 December 2013

## An Historical Research Paper on the Gun Powder of the Kaga Clan

### X. Studies on the Westernization of Firearms in Japan, and on the Developmental of the Percussion Cup Gun (from the Original Matchlock Gun)

Eiji ITAGAKI<sup>1\*</sup>

#### Abstract

In the Kaga Clan, a rifle manufactory was located in the San-no-maru area near the Ishikawa Gate of Kanazawa Castle. In the manufactory, old style matchlock guns (such as the 'hinawa-jyu' or fired-rope rifle) were remade into western style rifles and used the percussion cup system. The remodelled guns were examined at Utiki, a coastal area facing the Sea of Japan, in order to obtain data through the test-firing of guns. By remodelling old style matchlock guns into percussion cup system rifling guns, Mr Masasue Naruse aimed to provide the guns to soldiers who were stationed along the coastal areas of the Kaga clan's territory. A matchlock gun fighter group called the "Ifuu-tutu" group and who were against using the new guns were dismissed from the army. A new western-style fighting army was created to serve the clan in the third year of the Keio era (1867).

**Key Words:** Masasue Naruse, *Soyu-kan* (the military department office of the Kaga Clan), rifle manufactory, matchlock gun, rifling gun with percussion cup system, the westernization of firearms in Japan from matchlock guns to percussion cup rifles

キーワード: 成瀬正居, 壮猶館, 御鉄砲所, 異風筒 (火縄銃), 雷粉筋入り異風筒, 一統洋式化

#### I. はじめに

藩政期には鉄砲は重要な武器であり, その伝来以来, 長期にわたり火縄銃が全国的に使用されて来た。ところが, 加賀藩の鉄砲に関して詳細に調査・研究したものは管見に恵まれない。筆者は先に本藩の火薬を製造した土清水薬合所 (板垣, 2002b), 大砲を製造した鈴見鑄造所 (板垣, 2010, 2011a, b), この大砲を配備した越中・能登・加賀の三州の台場 (板垣,

2013a, b) の史料の調査・研究を行い報告してきた。この程, 本藩の藩末期の鉄砲, 特に改造異風筒に重点をおいて調査・研究を行った。加賀藩の保有した鉄砲員数に関しては数多くの史料がある。例えば, 成瀬正居著「壮猶館御用・御鉄砲所御用日記」には, 「一 御鉄砲所御筒数 去 (文久四年) 甲子三月中の調理に而 一万千五百七十六挺也」と記載されている (史料<sup>1</sup>)。一方, 従来, 火縄銃を装備していた一団「御異風組」 (田川, 1995) は慶応年間まで存在して,

<sup>1</sup>金沢大学名誉教授 〒921-8173 石川県金沢市円光寺3-15-16 (Emeritus Professor of Kanazawa University, 15-16 Enkoji 3 chome, Kanazawa, 921 -8173 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

旧守派として一統の洋式銃砲への移行に抵抗して来た。本藩では、これまでの大筒から洋式大砲への移行は、嘉永4年(1851)に鈴見鑄造所の建設が始まり、同6年(1853)に鑄物鉄製野戦砲の鑄造が行われてからは、全ての大砲が洋式砲となり、その製品が加賀・能登・越中の三州沿岸の御台場へ配備されていた(板垣, 2011a, b, 2013a, b)。

本藩は城内の三の丸(元金沢大学本部の建物があつた場所)に「御鉄砲所」を置き、その細工所で鉄砲の製造と修理を行い、隣接する稽古所で試射・稽古を行っていた。この御鉄砲所はすでに安永3年(1774)の「金沢城之図」に見られ、古くから存在していたことを示唆している(史料2)。成瀬正居は文久2年(1862)に二度目の壮猶館主付に就任した時から、この御鉄砲所御用を兼帯して、しばしば「一 御鉄砲所出 八時前 壮猶館出 七時前退出」の様な日記を残している(史料3)。この事から、本稿では、成瀬正居の「壮猶館御用・御鉄砲所御用日記」文久2年～元治元年(史料1)、「壮猶館御用日記、文久四甲子年二月」(史料4)、「御鉄砲所御用日記、元治元甲子年」(史料5)および「元治元甲子年、慶応元乙丑年、筋入筒ホ 経験記 一」(史料6)をもとに、藩末期(安政期以後)の鉄砲の一統洋式化の様子と改造異風筒について論考した。

なお、それぞれの成瀬正居史料には頁数は記載されていないために、墨付き紙数を頁数として表示した。引用した古文書中の虫食い及び解読不能な文字は□で表記した。事項の注書きは、関連した史料・文献に\*を付けて注書きを加えた。

## II. 加賀藩御鉄砲所

加賀藩の御鉄砲所は石川門を入つた正面の三の丸に在る与力番所の先に在り、細工所、役所、稽古所からなつていた。「御城中壺分碁図」(安永3年)の石川御門を含む九拾間長屋で外廻りを囲まれた部分に、御鉄砲所と稽古所が存在していた(史料2)。この御鉄砲所の詳細を天保期の「金沢城絵図」(史料7)よりの翻刻図(図1)に示した。金沢城絵図は嘉永年間(1824-1847)の図が最も新しいものであり、殆どがこれより古い絵図である。古い絵図では細工所は鉄砲掃除所と記載されている。本図の左先に石川門がある。なお与力番所は石川門の管理の役人の詰めた番所と見られ、鉄砲所

とは無関係である。

本施設の主な建物の面積を次に示す(史料7)。

御鉄砲所 畳敷 23.5坪、塗師細工所 畳敷3坪、  
細工所 板敷 22.5坪  
奉行溜 畳敷 6坪、稽古所 畳敷 28坪、打出所 板敷 13.5坪  
其の他に物置(5坪)と土間(6.25坪)などがある。

与力番所は14坪であつた。稽古所の前には敷石或いは砂利が敷かれていたが、詳細は不明である。

石川県埋蔵文化財センターにより平成10年に発掘調査がこの三の丸跡地の元御鉄砲所の細工所の辺りで行われたが、詳細は後に触れる(石川県埋蔵文化財センター, 1999)。今回の発掘調査では発掘は幕末の地層までであつたが、火縄銃の多くの部品が発見されていた。この絵図の建物は嘉永以前のものであり、発掘調査ではこれらの建物の基礎石はまだ確認はされていない(石川県埋蔵文化財センター, 1999)。

## III. 御鉄砲所の職員

安政2年(1855)の御鉄砲所の職員構成は次の通りであつた。

成瀬正居が御用を勤め、御鉄砲奉行は、彦島康九

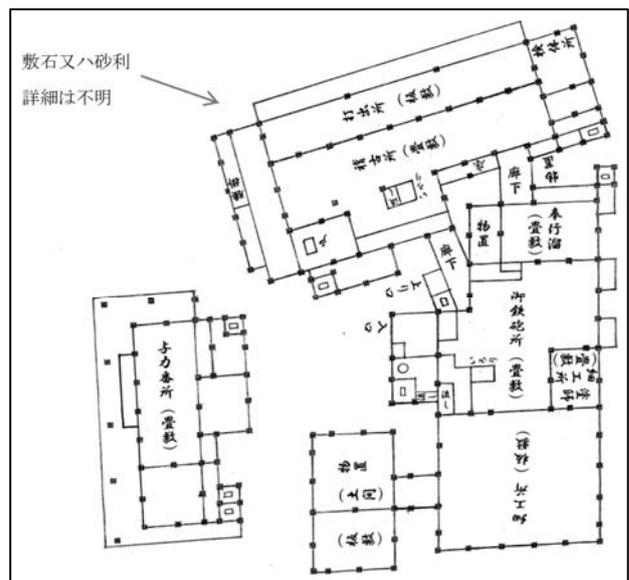


図1 御鉄砲所の翻刻図(原図は前田育徳会所蔵、金沢城絵図、天保期、1840年代のもの)三之御丸絵図十六ノ一五(史料7)。

郎、中島方今村民衛、中島方武藤和大夫、豊島方広瀬成男、中島方高嶺八大夫（玉薬方兼帯）、御異風豊島方吉田清三郎（御鉄砲奉行兼帯）の6名であった（史料8）。彦島以外の五奉行はすべて異風組の者であった（史料9）。

御鉄砲方御入用才許には、前田巖作、坂江伝八、中村口之助、池森吟左衛門の4名が就いていた（史料10）。御鉄砲方御細工人は次の14名であった（史料10）。

西坂善蔵、大橋東左衛門、大橋恒之助、友田九左衛門、宮地弥三吉、長谷川哲之助、村口茂三郎、芝山清右衛門、西坂喜左衛門、芝山子左衛門、吉田半四郎、宮地留吉郎、大橋九之清、西坂辰之助

その他の史料に、「御鉄砲所への疾病届けの提出者名」が記され、国友寛次郎、河崎重太郎、西坂喜平が御細工所に出入りしていたことが分かっている（史料10）。

「役懸帳」（史料11）には、御鉄砲奉行に、平田宇左衛門（150石、異風）および和田喜大夫（160石、異風料30石）、御鉄砲細工御用与力に、諏訪次郎右衛門（150石 主役）と小塚文大夫（300石）の名が見られる。これらの史料は、御異風の関係者の多くが御鉄砲奉行として鉄砲所に関わっていたことを示して居る。

#### IV. 安政年間の鉄砲

鉄砲の製作は鍛冶屋・常次郎により行なわれていた（史料12）。

史料12

一 五百目 トントル筒\* 一挺並 小道具  
共出来  
一 五百七匁 石打仕懸筒 壹挺並 小道具  
共出来  
右鍛冶屋 常次郎 図書分  
右小筒並小道具共直段図り如期御在候事  
卯 四月 壮猶館

\*トントル筒＝ドンドロ筒, 当時の史料にはこのような表記はしばしば使用されている。

すでに、安政2年に常次郎により雷管（ドンドロ）

筒、及び石打仕懸筒が生産されていた。次の史料13には「常次郎方出来之分は少々高直相成申候付」とあるが、「御筒数拾挺程に出来仕、此時ハ手伝等も多無仕候テハ出来不申候間、少々高直ニ相成申候」とあり、「年中、拾挺斗も被仰付候ては、壹挺ニ付小道具相添、四百五十目ニテ出来可仕旨申聞候」とあり、常次郎方で作られる鉄砲は少々安値なるとのことであった。

この年に常次郎には50挺のドンドロ筒および石打筒が発注され、「常次郎 当年中出来小筒十五挺」（史料14）であった。当時、金沢には鍛冶屋として、釜屋弥吉、同政吉、南町中条屋・棟取 新右衛門、同 新之丞、福島屋 伊助、増屋 喜衛、鍛冶屋 常次郎がいたが（史料15）、鉄砲の注文を示す史料は常次郎に限られている。釜屋弥吉のグループは鈴見鑄造所で大砲の鑄造に当たっていた。

一方、壮猶館では成瀬正居は、藩の所有する小筒に必要な火薬及び弾丸の量を求めていた（史料16, 17）。

史料16 小筒火薬必要量の計算

（本史料の題名は「大筒共薬図」であるが、小筒の部分引用・記載する）

卯十一月廿七日 図り （1855年11月）

- 一 トントル筒 六十五挺  
一挺一放 二匁五分込、六十五挺ニテ  
百六十二匁五分  
六十五挺 各千放ニテ、百六十二貫  
五百目
- 一 火打筒 二十五挺  
一挺一放 三匁五分込、二十五挺ニテ  
八十七匁五分  
二十五挺 各千放ニテ、八十七貫五百目。  
メ 九十挺 二百五十貫

この計算によると、ドンドロ筒と火打仕懸筒計90挺で千放の弾丸の発射には250貫の火薬が必要であった。さらに、合計90挺の小筒で必要な弾丸（鉛玉）は、9万個で、540貫目であると推定した（史料17）。

史料17 玉数 覚 卯十一月廿六日

- 一 小筒 鉛玉 図り
- 一 玉・六匁図り、九十挺ニテ、五百四十目  
九十挺 各千放宛、玉数 九万、五百四十

## 貫目

壮猶館では、当時、「西洋新伝砲術御取立」については、色々と詮議されていた。翌・安政3年1月には、「旧臘 御次より相渡の豊島流異風筒・修羅筒・トントル仕懸ノ御修覆出来、常次郎ヨリ指出、横山へ持来、打試致」とあり<sup>(史料18)</sup>、すでに鍛冶屋常次郎により豊島流異風筒（火縄銃）の雷粉仕懸への改修が行われて、試し打ちが行われていた。

常次郎には、安政2卯年12月に、20挺のドンドロ仕懸歩兵筒の注文が行われ、翌、辰3年3月には、43挺の歩兵筒、内7挺は石打仕懸筒も注文されていた<sup>(史料19)</sup>。

## V. 文久年間の鉄砲

文久3年（1863）正月15日の「相達」<sup>(史料20)</sup>には、

銃卒御取建ニ付申合候処、惣而相量候者ニ無御座テハ、客而ニ相調申聞処ト奉得候間、先為義（ハ）当所並宮腰両所ニテ、稽古相始可能哉ニ付、内々町奉行舟合候処被仰渡候へ共、追テ修行仕候者多可召ノ旨申聞、尤老幼ヲ省キ壮健之者迄先百人斗相撰、町方先手之モノ並壮猶館指引人等ノ内指加へ教諭為致、稽古相始様御仰渡候様ニト奉得也、追々相進候上大砲隊モ相立可能ト奉得候也。

銃卒御取建方主付

とあり、銃卒となる者を集める為に、町方の壮健者を百人ほど撰び、町方先手者と壮猶館指導者で教育、稽古を始める様仰渡すとある。さらに、同年2月には、「銃卒稽古所規則」が出され、町付き足軽一統に新流砲術の稽古が仰せ付けられた<sup>(史料21)</sup>。その為に、新銃が大量に必要となった<sup>(史料22)</sup>。

史料22 二月十三日 左之通り相達

海防の執事置増し承候、追々銃卒方稽古用歩兵銃多御入用之処 当時御筒無故ニ而 倭製作方も出来不申候間、江戸表江被仰遣御買物ニ相成候様いたし、其数之義ハ当時之処、銃卒稽古場三州ニテ、二十四ヶ所ニ相成、一ヶ所江百挺宛といたし候ても、二千四百挺御入用ニ候へ共、

先二千挺御買物ニ相成候様いたし度、左候得は余程御入用高之儀候へ、百挺も献上いたし度旨願出て、其余所にて筒代銀等献上いたし度願出候者多召しに付、其分にて御買物御渡しに相成候、（以下略）

銃卒の新流砲術稽古のためには、稽古場が24箇所となり、各々へ100挺宛の新銃を用意すると、2,400挺が必要である。先ず、2,000挺を江戸表で購入するにしても、多大な費用が必要である。そこで、100挺の新銃の献上や、購入に必要な筒代銀などの献上などの多くの申し出がされて、この代銀で新銃の御買物をするのが可能となった。

文久4年の調査によると、銃卒御取立ヶ所は28ヶ所であり、銃卒員数は、加賀で341人、越中で285人、能登で176人、これに町役者114人が加わり、総員数816人であった<sup>(史料22)</sup>。さらに、大組・御持方や豊島・中島両流の御筒方足軽の筒も雷粉仕懸御筒になり、これまでの在合の筒に不具合あるものは、至急修復して渡すとのことであった<sup>(史料23)</sup>。

### 史料23

「公私心覚」 文久三年 三月廿三日

一 左之通御家老へ被仰出

大組・御持方を初、豊島・中島両流御筒方足軽之分、以来雷粉仕懸御筒に御改被成候條、当時御在合之右御筒工合等不宜分は、早速御修復を加相渡、稽古追立可申（以下略）

これを受けて、「雷粉詰銅小蓋数多御用ニ成り、御用意方之義、壮猶館主付へ可召御申渡候。右銅小蓋員数高並時々渡方之義ハ御家老方より右主付へ可申渡候」との申し附けが文久3年4月に壮猶館にされた<sup>(史料24)</sup>。

また、壮猶館ではエンヒールト銃の製作を鍛冶屋に注文していた。その一挺あたりの価格は、館内出来・エンヒールトライフル銃一挺の代銀が565匁5分であり、これには胴乱、油入、革帯、銅小菱又、筒擔革などの小道具がつき合計1両斗であり、鑄配が1両、三又捻子万力付が3匁7分斗とが付いていた<sup>(史料25)</sup>。

さらに、文久4年（1864）に、六角小銃の薬図りが次の様に明らかにされていた。六角長玉（弾丸）の

表1 小筒員数しらべ、文久四年<sup>(史料27)</sup>。

小筒	種類	員数(挺)	小筒	種類	員数(挺)
当館製品	歩兵銃	156	舶来	歩兵銃	100
当館製	歩兵銃	217	舶来古形	歩兵銃	40
石打江戸	歩兵銃	28	当館	土工銃	14
江戸	短歩兵銃	5	舶来	短銃	24
江戸	歩兵銃	83	舶来	筋入サーフル銃	220
福井	歩兵銃	100	舶来	釦付ミニー銃	1,101
福井	歩兵銃	80	舶来	エンヒルト筋入銃	15
大野	歩兵銃	50	舶来	エンヒルト筋入銃	20
舶来	歩兵銃	250	舶来	筋入歩兵銃	100
舶来古製	歩兵銃	200	舶来	筋入歩兵銃	82
				合計	3,785

重さ8匁8分7厘7毛に対して、装薬量は9分3厘4毛5であることから、弾丸の重量の9分半ノ1が装薬量であることになり、この銃は効率性の良いものであることが注目された<sup>(史料25)</sup>。

文久4年に小筒の員数を調べた結果を表1に示した。当時、総挺数3,785挺であり、その78%が舶来筒であり、和筒は22%の約800挺であった<sup>(史料27)</sup>。

さらに、元治元年甲子10月の小筒惣高は4,653挺であった<sup>(史料28)</sup>。

一方、「壮猶館御用鉄砲所御用日記」元治2年の1月15日の頁には、次の史料が記されている<sup>(史料29)</sup>。

史料29 (元治元年)

一 御鉄砲所御筒数去甲子三月中之調理にて一万千五百七十六挺也

とあり、「壮猶館御用雑記」に記載された惣高とは大きく食い違っている。

これらの鉄砲は、文久年間には城内・鶴の丸御土蔵の半分に1,400挺斗を入れることが可能であり、仕組をすれば2,000挺でも入れることが可能である事が分かっていた<sup>(史料30)</sup>。さらに、九十間御長屋の御筒見分では、御次御用筒、異風筒、百目尺筒、五十目尺筒、三十目尺筒、エケレスと云う筒様(エンフィールド銃か)五種が入れてあったこと<sup>(史料31)</sup>、また、翌12月の記録には、鶴の丸御土蔵および五十間御長屋を見分したところ、百目筒等多数が保管されていたとある<sup>(史料32)</sup>。多数の鉄砲が城内土蔵に保管されていたことを示している。

文久年間の御異風は総員数47名であり、城内三之

御丸稽古場(角場)において、1ヶ月あたり10日間の稽古を行っていた。その時に使用した鉄砲を御鉄砲所の鉄砲掃除場で汚れを取り除いていたと見られる<sup>(史料10)</sup>。

銃卒への御筒配布のために、筋入り銃の需要が大きくなった。このために御鉄砲所だけでは供給することが不可能となり鈴見鑄造所の拡張案が浮上した。文久4年2月22日に「右銃卒員数定まり候へは、御筒出来の目当出来候義、右なれば鑄造場は建広げ、小柳薬合所雷管出来分も此に定まり候事」の話が提出された<sup>(史料33)</sup>。続いて、3月17日には「銃卒の義、先御取立ヶ所廿八ヶ所迄にて、人高不相極、右人高へ渡り候器械調べ候上、また可相増との詮議の由、右に付、鑄造場建広の義弥あの通り不致ては不叶義にと詮議召し候由」とされた<sup>(史料34)</sup>。同日に、「歩兵筒余計に相成り候へは、一(ケ)月七十挺出来可申旨の義に付係り、其通りにて内ライフル銃は三込め、歩兵筒七分として、右の手續きにて鑄造場の義常次郎と田伏作次郎手前に内詮議召し候事」となった<sup>(史料35)</sup>。翌18日には、

史料36

一 原ホ三人田伏・横山・高柳様連れ 鑄造場建広げ地面見分召しに、大砲は月に二挺、及び玉三挺図り、小銃は七十挺指し図りし段と詮議召し候処、惣て水車川の内にて相謀、右の様内達可致す段、示談召し之事

との示談があり、文久4年8月6日(元治元年)に、

史料37

鑄造場新建之ヶ所 昨日引き渡さる、鍛冶など  
引き続き混雑也

とあり、鑄造所の新しい建物、小筒火炉場（8間×  
26間、208坪）及び小筒細工場（5間×47間、235坪）  
（板垣，2011a）が御作事方より引き渡された。同月  
10日には、

史料38

当五日、御作事より引き渡された右新立所へ、  
六日より追々 壯猶館出職人引き続く也

とあり職人達の移転が行われた。この様にして鈴  
見鑄造所の増築・移転が元治元年八月十日に終了し  
ていた。水車川は鑄造所の「イゾウバ川」である。

異風筒の改造は、筋入れ雷粉打にすることであっ  
た。その結果、雷粉の需要が増大した。雷粉は雷汞  
（雷酸水銀）であり、生産のための原料は水銀、硝  
酸、アルコールであった。文久4年には加賀藩は、  
この水銀を151箇、3,775斤を在合していた（史料39）。こ  
の水銀は金沢城石川門の御櫓土蔵に保管していたこ  
とを示す史料がある。

史料40 文久四年三月二日

石川御門御櫓へ火矢筒水銀等入居、御用見は御  
筒奉行入居候付、上りて見分の事

と成瀬正居は記している。

さらに、文久4年2月22日、に「小柳製薬所ノ雷管  
出来分も此処に定まり候事」（史料33）とあり、文久4年2  
月にはすでに鶴来・小柳製薬所で雷管を生産してい  
た。従来、本製薬所は、硫黄の搬入史料から元治元  
年秋から火薬の生産を始めていたと推定していたが  
（板垣，2002a）、雷管の製造が先に行われていた。

次の史料41が示す様に、文久四年の土清水薬合所  
での火薬の生産量は大きなものであった。火薬の生  
産は総て小顆粒状の芥子カイシと呼ばれるものであった。

史料41 来丑年筒薬出来高 玉薬奉行からの御達  
による。

文久四年十二月廿七日 （元治元年）  
三千貫目 上煮御調合高

内二千貫目 芥子ノ中、千貫目 芥子ノ小  
四千二百貫目 右口薬等製産し残り 芥子ノ中  
右の外 上煮筒薬 二千八百貫目 相増  
都合一万貫目渡し調合候様 薬合奉行へ可申渡  
す旨  
御家老方が御入れ申し渡した。

## VI. 元治年間の鉄砲

加賀藩では文久年間から元治元年に掛けて、従来  
の豊島流、中島流の異風筒一火縄筒から新流一洋式  
筋入銃への改めが始まり、これに伴い不用な異風筒  
の改造が行われる様になった。元治元年11月18日  
には、「先日指上置候豊島流トントル仕懸ニ改造イタ  
シ御筒（ハ）如何御座候哉、酒井流の分を返上可仕  
哉、又は豊島流同様改造可仕哉、未御指図無く御座  
候間」（史料42）とあり、豊島流および酒井流の異風筒の  
雷粉仕懸け筒への改造が御鉄砲所でおこなわれてい  
た。さらに、同月22日には「昼後、壯猶館へ、御鉄  
砲所出、小塚氏・国沢氏出被后、豊島両家へ、先日  
出候雷粉筒製作方々一篇工夫可致旨、被仰出候」と  
あり（史料43）、さらに、同月26日には、「豊島家雷粉筒  
製作方、色々工夫之義、御筋入筒打試致度、御渡之  
様と申候義」とあり、筋入雷粉筒の試作品が出来あ  
がり、試打ちの願いが伝えられていた（史料44）。また、  
中島誠次郎等の中島流の雷粉筒も出来上がっていた  
（史料45）。

改良筒の試打ちが、椎実玉で筋入異風筒、修羅筒、  
六角長玉、および舶来筒で行われていた。その結果  
が2月3日の日記（史料46）に記されている。火薬の仕込  
み量を変えて、五丁打ちを行っていた。成瀬正居か  
ら、岡島左税、大村肴次郎（御馬廻頭）、加藤三郎左  
衛門、山崎守衛（御持筒頭）の4名あてに提出した筋  
入り異風筒等に関する書面である。その内容の要約  
を次ぎに示す。

1. 筋入椎実玉については、椎実玉で筋入豊島流異  
風筒を打試した。その結果、火薬は3匁5分を使用  
して、5丁（約500メートル）先の厚さ4寸余  
の松板を打抜くことが可能であった。是迄の丸  
玉では、火薬を4匁5分にして5丁打を行ってい  
た。火薬の使用量は、玉等の工夫を行えば、多  
少減るであろうとのことである。

2. 修羅筒では弾丸は軽く、全体に都合も良い。田伏作次郎が工夫して筋入修羅筒の製作を御鉄砲所へ申し入れをしていた。
3. 六角長玉を、異風筒に用いて打試しを行ったところ、火薬2匁5分込で、5丁先に届き、松板を打抜くことが可能で、六角長玉は非常に効率の良い玉であることが分かった。
4. 舶来筒では、1匁2—3分の火薬で、7丁5反—9丁10間（約700から900メートル）迄も弾丸は届いた。説明書に従い、去年、小川友左衛門が舶来筒で五丁打を試した処、的の前の松板を打抜きすることが出来たとあり、舶来筒が高い性能を持っていることが示されていた。当時の舶来筒は、エンヒルト銃と考えられる。
5. その結果、「悉打試得テ 逐兇鑿、彼ノ利ヲ両流ニ取用ヒレバ、御降先御強ミニ相成」との結論であった。

新流に改めるに当たり、御鉄砲奉行より御用部屋へ是までの組織の改編の通知がされていた<sup>(史料47)</sup>。是までの馬廻改め衆を廃止して、その割場足軽は豊島・酒井流の新銃術を習う事にして、御手当筒は壮猶館より手渡すとのことであった。さらに、雷粉筒の製作は、是迄御鉄砲奉行とトントル筒製作方主付とに振り分けられていたが、以後は御鉄砲奉行の惣懸りで製作することになった<sup>(史料48)</sup>。

## VII. 改造異風筒の射撃試験

元治元年5月より慶応元年9月に掛けて行われた筋入筒の丁打ち試験の記録が「筋入筒等経験記 一」に成瀬正居によって書かれている<sup>(史料6)</sup>。表2に記した様に、本史料には23種類の筋入筒の試験結果が記されるされ、様々な改造異風筒が製作されていたことを示している。改造は火縄銃の発射機関を取り替えて雷粉銃にすること、および銃腔内にラセン状に筋を刻み筋入銃とすることであった。左や右に回転する筋を入れたものや、筋の回転の数を変化させたものがあつた。津田氏異風筒は打人津田十之進、山田氏異風筒は打人山田政次郎により改造したものと見られる。これらの改造異風筒の性能を、輸入筒であるサーフル銃、エンヒルト銃、切詰エンヒルトおよび六角筒の性能と比較していた。

さらに、弾丸は20種類におよび、目方の違うものや、弾頭の尖った弾丸である椎実玉、尖栓、丸い弾頭の笠玉、丸笠、丸笠舶鉛、大笠、大笠舶鉛、大笠和鉛、中笠、短笠、ミニエー弾と見られる栓入玉、栓不入玉、紙三枚巻丸栓、栓玉、丸栓、丸栓舶鉛、中栓、小栓、長さの異なる長玉、および旧来の丸玉であった。さらに六角銃専用の六角玉（Hexagonal bullet）も使用された。栓入玉はミニエー弾で発射時に鉛製弾丸の底部を拡張するために、木製プラグを入れた玉が使用されていたと考えられる。これはエ

表2 試験に使用した筋入筒の種類（23種）<sup>(史料6)</sup>。

常異風筒	左廻異風筒
火縄椎実玉異風筒	筋入異風筒（五尺左旋回）
火縄筒（六尺六寸廻）	筋入異風筒（左半廻筋）
火縄筋入異風筒（六尺六寸廻）	筋入異風筒（右半廻深筋）
深筋異風筒	筋入異風筒（三尺三寸 右半廻）
津田氏異風筒	雷粉筋入異風筒（五尺一廻左旋回筋）
山田氏異風筒	雷粉異風筒（六尺六寸廻）
廻延異風筒	トントル筒、雷粉筒
六角筒（三尺三寸、二廻）	修羅筒（三尺三寸半廻）
六角異風筒	エンヒルト銃
	長エンヒルト銃
	切詰エンヒルト銃
	サーフル銃（三尺三寸、右一廻）
	長エンヒルト銃（武部製）
	切詰エンヒルト銃（武部製）

表の注：六角筒Whitworth Rifle, エンヒルト銃Enfield Rifle, Masket 長エンヒルト銃 Enfield long Rifle, 切詰エンヒルト銃 Enfield short Rifle, サーフル銃 不詳, Geweer Rifle 或いは Jager Rifleであるか分からない。

表3 筋入筒の発射試験 (史料6)

試験実施年月日	筋入筒名(筋の旋回と長さ), (使用玉名).	総発放数
1 元治元年五月二十九日	火縄(椎実玉)異風筒 雷粉筋入異風筒(丸玉) 火縄筋入異風筒	二十七放
2 同年十月三日	筋入異風筒(笠玉) 雷粉異風筒(五尺廻 六尺六寸廻) 火縄筒(六尺六寸廻)(笠玉 栓入玉 栓不入玉)	二十七放
3 元治元年十月十日	火縄筋入異風筒(六尺六寸廻) 雷粉筋入異風筒(五尺廻) 雷粉筒(栓入玉) 六角筒(三尺三寸 二廻)	十一放
4 同年十一月十四日	雷粉筋入異風筒(五尺 一廻左旋回筋)(笠玉)	十九放
5 元治二年一月廿七日	筋入異風筒(五尺 左旋回)(長玉 丸玉) 六角筒	二十二放
6 同年三月十日	筋入異風筒(左半廻筋)(大笠 丸笠 短笠 丸栓) 筋入異風筒(右半廻深筋)(丸栓)	二十五放
7 同年四月朔日	筋入異風筒(左半廻筋)(大笠 丸笠 短笠 丸栓) 筋入異風筒(三尺三寸 右半廻)(大笠 中笠) サーフル銃(三尺三寸 右一廻)	三十四放
8 同年四月五日	筋入異風筒(三尺三寸 右半廻) (大笠船鉛 大笠和鉛 丸笠 丸栓 丸栓船鉛) 六角異風筒 サーフル銃	三十三放
9 同年四月六日	左半廻筋異風筒(大笠 イヤ笠) 常異風筒(丸玉) サーフル銃(大笠) エンヒルト銃	三十八放
10 同年四月廿三日	右廻深筋異風筒(尖笠 中笠) 類付左廻異風筒(大笠) 類付右廻異風筒(大笠) 常異風筒(丸玉) エンヒルト銃(丸笠)	四十八放
11 同年五月一日 (慶応元年)	左廻異風筒(丸笠船鉛) エンヒルト銃(丸笠船鉛 丸栓 尖栓) エンヒルト銃(右廻)(大笠 丸笠) エンヒルト銃(左廻)(大笠 丸笠) 六角異風筒	三十七放
12 同年九月五日	左廻異風筒(丸栓 直笠) 修羅筒(三尺三寸半廻)(小栓)	十四放
13 同年九月十八日	左廻異風筒(紙三枚巻、丸栓) 深筋異風筒(紙三枚巻、丸栓) 津田氏異風筒(丸笠) 修羅筒(紙三枚、小栓) 六角異風筒 長エンヒルト銃(武部製)(小栓) 切詰エンヒルト銃(武部製)(小栓) 山田氏異風筒(栓玉) 左廻異風筒(丸栓 丸玉) 修羅筒(小栓)	四十九放
14 同年九月廿七日	左廻異風筒(丸栓 大笠 丸栓) 津田氏異風筒(丸栓 小栓) 修羅筒(小栓) 切詰エンヒルト銃(小栓) 廻延異風筒(丸栓) エンヒルト銃	七十四放
合計		四百五十八放

ンヒルト銃で使用された。先に触れた様にこれらの異風筒の改造は御鉄砲所で行われていたと見られる。

成瀬正居の御鉄砲所御用日記(元治2年1月8日)には、「一. エンヒルト笠玉 舶来鑄形 小川へ渡し

打試候様と申談ス」とあり、エンヒルト銃用の笠玉の鑄型で弾丸を製作したと見られる(史料49)。洋銃は3種のエンヒルト銃とサーフル銃で試験が行われていた。サーフル銃については、同日記に「一. サーフ

ル銃二尺五寸五分之分 一挺有備え致し」とあるが、当時の鉄砲関係史料にはこのサーフル銃については記載されていない。

筋入筒の試射は次の打人達が行った<sup>(史料6)</sup>。成瀬正居（鉄砲所御用、壮猶館御用主付）、山田政次郎、津田十之進（近明）、小柳茂右衛門、下田賀左衛門、福井慎吾、神太三郎、中山将五郎。成瀬正居の他の者は30～40才の銃卒であったと見られる。

改造銃の15回の発射試験が元治元年5月10日から慶応元年（1865）9月27日に掛けて金沢・普正寺浜で行われていた<sup>(史料6)</sup>。この発射試験でを使用した銃及び弾丸の種類、試射回数をまとめたのが表3である。

この表からどのような試し打ちが行われていたかが分かる。この中から、幾つかの試験の様子を次に詳しく示す<sup>(史料6)</sup>。

筋入異風筒と六角異風筒の試打ちが行なわれた。

#### 史料50

元治二乙丑年正月廿七日 於普正寺浜  
五尺左旋廻之異風筒等 打試之表  
同日快晴風前之向より吹 荻野流榴臺ニ仕懸  
覗惣見出ニテ 丈五尺 幅八尺之十字幕  
後ニ四寸余之松板角 幅三間ニ丈二間 三枚  
立て各五丁ニテ打

（試射番号、弾丸名 重さ 火薬仕込量  
弾丸の飛翔、十字幕への当りについて）

一 長玉 十一匁三分筩 二匁五分込  
越 六丁斗へ着  
二 同 同 玉ナル 四丁斗ニテ後ノ方  
ニテハリ

（中略）

五 丸玉 五匁七分 四匁五分込  
一尺後、五尺越 玉板ニ入

（中略）

廿三 六角 九匁 二匁五分込  
中リ之音聞えし込ニテ □ヶ所不訳  
（以下略）

「越」は弾丸が十字幕の上を越えて飛んだこと、「後」は弾丸が幕の右側を飛んだこと、「中」はアタリであり、弾丸が幕の位置のどこを飛翔したかを示している。

長玉9放、丸玉3放、六角銃11放、計23放の試射が

行われた。上記の28日の記載では、前日の十三番から廿四番までに行われた六角銃では、九匁の六角玉で、火薬量を1匁、1匁5分、2匁、2匁5分として試験していた。成瀬正居が昼まで参加し、御鉄砲所の国友寛次郎も来ていた。丸玉では、弾丸の重量は小さいにもかかわらず、火薬の仕込み量は他に比べて、2倍近く大きくなっていて、六角玉の精度は良いことを示している。

次ぎは、長玉、丸玉を用いて筋入異風筒の試射が行われていた。

#### 史料51

元治乙丑年三月十日試験表

此日快晴風強ク向ヨリ吹  
五丁十字幕 覗所十字正中カハ地上ヨリ三尺五  
寸斗高シ 丈五尺 幅八尺  
荻野流榴臺ニ仕掛 榴臺居所 地上ヨリ三尺五  
寸斗高シ覗惣見出 撈示板 松厚サ四寸余  
打順 玉種 薬込 中前後 越下リ 弾力  
○左半廻筋異風筒  
十一 舶来形十一匁三分和鉛  
大筩 素玉 三匁五分 中 後撈示扣木  
十二 同 同 中 後七尺八寸  
下七寸 一枚板ニ 板目一寸五分入  
三十 高柳形十一匁舶来 上端ト十字トノ間覗  
ヒ丸筩 三匁五分 中 後一尺八寸  
越六尺三寸 板節ノ所へ打込  
廿四 高柳形九匁五分 舶来鉛 栓不入  
丸栓 三匁 中 後三尺五寸  
越七寸 右穴へ 同穴ニテ不分明

同日には、他に右半廻深筋異風筒、3尺3寸右廻筋修羅筒などで、合計31放の試射が行われていた。「中」（当たり）よりも、5丁に届かない試射も多数回あった。

成瀬正居の御鉄砲所日記（元治2年）には、1月23日雨天「御家中一統新流ニ改メノ意様子、御異風モ被止度様子之義」とあり、翌24日にも「御鉄砲所出、昼頃御殿へ出、割場足軽一統新流砲術ニ御改之旨、割場奉行ニ被仰渡候」（以下略）<sup>(史料52)</sup>と記され、加賀藩での洋式銃への完全移行の決定も間近となったことを窺わしている。

成瀬正居は1月27日には、四半時（午前11時）迄、

普正寺浜で筋入異風、六角異風の打試に行っていた。国友寛次郎、八太夫も来ていた(史料53)。この試験の結果が、2月3日の日記に記されていた(史料46)。試打ちの結果を基に、筋入修羅筒の改造を御鉄砲所に依頼した(史料54)。

他21名

異風組の者36名には役職指除および遠慮仰付が言い渡された。この中には豊島流の豊島晋太郎や御鉄砲所奉行であった吉田清三郎ら4名も含まれていたことは注目される。翌慶応二年八月には、

## VIII. 慶応年間の異風組と新流への改革

慶応元年(1865)8月に、本藩の新流への改革の方針が次の史料の様に決められた(史料55)。

前田普旧記 写ニ之抄 慶応元年八月十八日、  
編輯方  
一 今般諸士を初(メ)、一統新流筋入銃ニ御改革ニ被来居、豊島・中島両ハ江戸表下曾根江寸分ニ入門致(シ)研究候様。御異風御指止、異風料被下置候者ハ、其儘ニ而組外江御差加、組替被仰付候旨、御親翰を以被仰出候。右ニ付、諸士一編江ハ、一役老人充呼立、海防方ニ而申渡、豊島・中島江ハ御次被仰渡、御異風江ハ御用番ヨリ被申渡在事。

御異風は指止めとなり、そのまま組外へ移されることになった。ところが御異風達は西洋新流筋入銃での稽古を行うことを拒否した為に、藩主は異風組の者に対して厳しい処罰で臨んだ。

『文慶雑録』慶応元年十一月廿四日(史料56)  
本役兼役共指除 御持筒頭兼御異風才許  
杉浦善左衛門(銃隊物頭)  
同断 伊藤久米之助  
役儀被指除指扣 御異風小頭  
今村武兵衛(御鉄砲所奉行)  
役儀被指除遠慮被仰付 御異風 井上二三郎  
同断 井上喜久馬(玉薬奉行)  
遠慮被仰付 宮井吉左衛門  
役儀被指除遠慮被仰付 吉江民五郎、  
小杉久兵衛、今村雄五郎、不破友之助  
役儀被指除閉遏塞被仰付 豊島晋太郎、  
池田大助、吉田清三郎  
(玉薬奉行、御鉄砲所奉行)  
中村十三郎、広瀬成男(御鉄砲所奉行)、  
高嶺八太夫(御鉄砲所奉行)

### 史料57

砲術之儀、先年来追々利器御採用相成候処、今度長防戦争新流之利器実地経験も有之に付、今般御家中一統新流に御改被成候間。

と、新流の利点を述べ、改革の促進を図った。これに続き、

### 『諸事留牒』慶応二年八月十八日(史料58)

一 御家中一統砲術新流に御改被成候間。諸士初一同筋入相用可申旨、於海防方申渡有之候事。(中略)今般砲術一統新流に御改被成候付、以来大小砲製造方取揃之儀、悉皆各江附属に可被仰付け旨被仰出候に付、追々取調理御引送可申候事。  
舶来之分者御取寄、和製之分者追々出来、代銀上納を以御渡被成候。

とあり、舶来の新銃は購入次第、和製新銃はでき次第、代銀を上納して渡されることになった。さらに、海防方より弾薬に関しては、

新流大小砲弾薬之儀、是迄於海防方取捌候へ共、今度一統新流に御改相成候上は、弾薬出来方も、一手に相成候儀に付、今度窺之上以来、弾薬取捌方之儀は各江引送、尤其段壮猶館江も申渡候事。

となった。

大砲、鉄砲は新流となり、弾丸および弾薬(ケシ粒状顆粒火薬)も改められ、これまで海防方で取り揃えていたものが、すべて壮猶館に移された(史料59)。

新銃の採用により古流火縄銃は廃銃となり、藩で買上げる事になった(史料60)。

古流筒は近々不用に相成可申、就而は鉄性之善

悪鑑定之上で御買揚可被成候間。新流銃取揃次第、廢銃は頭々に取り集て、鑄造場に指出可申候。

となり、不用になった火縄銃は回収して鑄造所に渡たされた。

新銃の使用により、組織改正が行われ、慶応3年11月13日より、銃隊馬廻六組・銃隊物頭四組・砲隊物頭一組を以て一大隊を編成することが定められた<sup>(史料61)</sup>。

一方、舶来銃の購入が盛んに行われていた。慶応元年7月に長崎で金谷與十郎が短エンヒールド銃1,000挺を購入した<sup>(史料62, 史料63)</sup>。さらに、同3年12月には、横浜で舶来新筋入短銃1,000挺を購入した<sup>(史料64)</sup>。慶応4年(1868)の北越戦争(戊辰戦争)では、加賀藩は新政府軍の命令に従い、約8,000人を戦場へ派兵した。この戦争では鉄砲は洋式筋入銃に限られ、大砲は4銃隊に24斤迦砲各4砲門が配備されていた<sup>(史料65)</sup>。

## IX. 考 察

金沢城三ノ丸は、旧金沢大学本部棟と車庫などが存在した場所である。石川県埋蔵文化財センターにより、平成10年に「三ノ丸 第一次調査」で発掘調査が行われ、御鉄砲所跡と見られる場所から、鍛冶場遺構と多数の火縄銃部品が発見された。センターでは発掘された部品の詳細な調査の結果、「鉄砲部品が廃棄された経緯については、(中略)在来の火縄銃を洋式銃に改造するという動きを想定することも可能である」と記している。さらに、文久3年に一部足輕の鉄砲を洋式に改めたことを、加賀藩史料藩末編、文久3年「公私心覚」<sup>(史料23)</sup>を引用し、「幕末のある段階で、火縄銃の改造が行われていたことは間違いない。ただし、具体的にはどのようなスタイルに改造したかは不明である」と記していた(金沢城研究調査室, 2006)。火縄銃部品の発見は希なことであったが、関係史料の調査・研究は残されていた。本論文に記した成瀬正居の「筋入筒ホ試験記 一」<sup>(史料6)</sup>の研究により、御鉄砲所での火縄銃の筋入り雷粉銃への改造が行われていた事が明らかになり、発掘調査の結果を補強することになった。

安政元年(1854)から、加賀藩・壮猶館の翻訳方

で鹿田文平等によるオランダ兵学書の解説が行われ、銃砲の近代化の為の情報が入手されていた。安政2年には鍛冶屋常次郎により雷粉筒の製作が行われて、壮猶館に納入されていた。この年の末には藩はすでに雷粉筒を65挺所有していた<sup>(史料16)</sup>。当時、雷管は長崎で購入していた。一方、鈴見鑄造所では、青銅製大砲の鑄造が先に進んでいた(板垣, 2011a, b)。この様な状況のもとに、本藩の鉄砲の一統洋式化の動きが始まって居たのである。

安政2年末には壮猶館より雷粉筒の注文が出され<sup>(史料19)</sup>、翌年一月には豊島流異風筒および修羅筒の雷粉仕懸への修覆が行われ、壮猶館の者による打試が行われていた<sup>(史料18)</sup>。異風筒の改造は筋入れと雷粉仕懸けにすることであった。

文久年間(1861～)に、成瀬正居は壮猶館主附兼御鉄砲所御用であり、御鉄砲所には日々出入りしていた。此の事は御鉄砲所での異風筒(火縄銃)を改造して洋式銃を模した筋入雷粉筒の製造を推し進めたのは成瀬に他ならないことを示している。御鉄砲所で23種の筋入り筒が試作されて、元治元年から慶応元年に懸けて普正寺浜で射撃試験が行われていた。その結果を記した文書が「筋入筒ホ試験記 一」<sup>(史料6)</sup>である。ここでの製造過程で出た火縄筒の廢材がその付近に埋められていたものが、平成10年の石川県埋蔵文化財センターによる発掘調査により発見されたのである。本史料と『金沢城史料叢書4』とが結び付くことにより、加賀藩の異風筒の改造に関する詳細が初めて判明した。

洋式銃に必要な雷粉は雷汞であり、この生産の必要な原料は水銀、硝酸、アルコールである。藩はこの水銀を大量に購入して、雷管の自給に供えていた。文久年間には水銀を151箇、3,775斤を在合して<sup>(史料39)</sup>、金沢城石川門の御櫓土蔵に保管していた<sup>(史料40)</sup>。文久4年3月2日の日記には、「石川御門御櫓へ火矢筒・水銀等入居 御用見は御筒奉行入居候付上りにて見分の事」と記載されている。雷粉については「小柳製薬所ノ雷管出来分モ此処ニ定マリ候事」<sup>(史料33)</sup>とあり、文久4年2月にはすでに鶴来・小柳製薬所で雷管を生産していた。従来、本製薬所は硫黄の搬入の史料から、元治元年秋から火薬の生産を行っていたと推定していたが(板垣, 2002a)、雷管製造が先に行われていたのである。

小松町御用役の子息で、荻野流砲術を学んだ辻銚

次郎が文久4年正月に小松天満宮に奉納した「砲術的中額」には、「荻野流種ヶ島筋入雷管筒玉目拾匁餘間数拾八間玉拾発」と記載され、ここでも改造火縄銃が使用されていたことを示している（示野, 1992）。

加賀藩は文久3年2月に銃卒方主付から「海岸為御手当、銃卒御取立に付」（以下略）が申し渡され、三州の22ヶ所で新流砲術稽古が行われる事になった。一ヶ所あたり年齢見斗強壯之者50～60人を毎朝半日稽古することになり、必要な鉄砲数は1,200挺余となった（史料33）。多数の鉄砲が必要となり、これを供給することを目的に鈴見鑄造所が拡張されることになった。前報（板垣, 2011b）では、鈴見鑄造所は文久年間に拡張されていたと推定した。ところが今回の史料調査により、新流鉄砲の供給は壮猶館・御鉄砲所での生産では、十分な数の鉄砲を確保することは不可能であることが明らかとなり、その結果、鈴見鑄造所の建増しが文久4年2月22日に提案され、現地の調査の上、水車川（イゾウバ川）の内に新たに小筒細工場と小筒鍛冶場が急いで建設された。元治元年8月5日に新施設への入居が始まり（史料37）、1ヶ月70挺の鉄砲生産が始まった。さらに、大砲の鑄造数も増加した。

文久4年の土清水薬合所での筒薬の調合高は、上煮塩硝での御調合高は、「芥子ノ中」、「芥子ノ小」及び上煮塩硝筒薬が合計一万貫目であり、洋式火薬の増産が行われていた（史料41）。当時、大砲、鉄砲の筒薬はケシ粒状の黒色火薬であり、これを「芥子」と呼んでいた。

文久3年12月20日に、藩主齋泰は御親翰で西洋学の流行に対する考えを示し、「近年西洋学致流布候より、兵制等の異論を生じ、海内共に一和無之躰に付き、（中略）西洋之儀は利器を取候迄に而、風習を慕い候様相成候而は、廉恥之気節を取失い、只利得に走り、自ら万般に其風押移り、士気振興之障りとも相成り、彼是弊害不少様に存候。」と憂いを記していた（史料66）。此に対して、同月22日には、海防方主任本多播磨守、長大隅守、奥村内膳等がこの「御親翰」に対して「乍如何何分御趣意之処奉会兼候」と述べ、「何分海防方御目も相勤候ニ付、御断申上候」と辞任を伝えた。翌23日には長大隅守、本多播磨守から奥村伊豫守にも海防方御用辞任の要請が届いた。同月25日には、奥村伊豫守自身も「海防方御用の御断申上候紙面指出候」との伺い書を藩主に提出したが、

齋泰は海防方の家老達に御親翰で、海防方に替わることなく勤めることを命じた（史料67）。安政年間から文久年間にかけて、壮猶館を中心にして、加賀藩は外国船の来襲に備えて装備の洋式化を進めて来た。ところが、この洋式化に対しての藩主から意外な注文が出され西洋化に水を差すことになり、家老の間に「不心服」の考えが生じたが、元治元年3月14日に、長大隅守等は前田齋泰の諭示に従い、その海防方辞職の主張を撤回することになり、此の問題は一段落した（史料68）。

一方、藩主が取り組んだ一統新流化に対して、異風組の者達は旧来の火縄銃を固守して洋式銃での稽古を拒否した。これは壮猶館・鉄砲所の動きに逆行するものであり、慶応元年に藩主は彼らに厳罰で臨んだ（史料56）。御鉄砲奉行 今村武兵衛、玉薬奉行 井上喜久馬、同 吉田清十郎、豊島晋太郎など大勢が罰せられた。国友寛次郎は組外並を仰せ付けられた（史料69）。加賀藩御細工所の基に所属していた異風組は、豊島組、中島組からなる火縄銃隊を組織していた（田川, 1995）。両組からは代々御鉄砲奉行および玉薬奉行の役職に就き、その多くが御鉄砲所に詰めていた。また、玉薬奉行は土清水薬合所に配属されていた。異風組は御鉄砲所とは深い関係にあったのである。藩末期に成瀬正居が御鉄砲所御用となり、壮猶館と共に一統洋式化を推進した。ここでは異風組は旧守派となったために彼らの役職を解かれることになった。藩は制度の改革を行った。

鉄砲は慶応年間には長崎、横浜で大量の輸入銃が購入されていた。慶応4年には薬合所では洋式銃用火薬の製造、雷管および弾丸の製造も進んだ。この年に勃発した戊辰戦争では、新政府は洋式装備の採用を強く求めた。加賀藩もこれに応じて装備した多数の兵を出动させることに到った。この結果、改造火縄銃は実戦で使用されることは無かった。

幕末の火縄銃の改造は加賀藩に限ったことではなかった。土浦藩でも慶応2年には火縄銃（和銃）の雷粉銃（管打銃）への改造が始まっていた。これは洋式銃の不足を補うために、和銃の改造が行われたのであり、さらに全国的にも行われていた様である（宇田川, 2012）。

本論文には幾つかの加賀藩の鉄砲在合数を記載したが、幕末期の鉄砲の員数を正確に読み解くことは出来無い。明治4年の「管下諸員数調理」には、舶来

短銃1339挺、舶来修復出来物1,963挺等、合計10,687挺と記され<sup>(史料70)</sup>、さらに、南坊の調査によれば、明治維新期の加賀藩の鉄砲在合数は、先込施條銃(エンフィールド銃など) 10,000挺、元込施條銃(シャスポー銃など) 570挺と記されている(南坊, 1977)。この資料から、本藩は先込施條銃(エンフィールド銃など)を幕府、薩摩藩について多数所有していたが、より最新の元込施條銃は少なかったことが分かる。

本論文では、これまでの加賀藩の軍備の調査・研究の一つとして、火縄銃の改造と藩による一統洋式化を取り上げた。これは、これまでに火薬の原料である塩硝の生産と硫黄の生産(板垣, 2002a)、金沢・土清水薬合所での約250年間に及ぶ黒色火薬の生産(板垣, 2002b)、鈴見鋳造所における大砲の鋳造(板垣, 2011)と、その大砲を配備した台場(板垣, 2013b)の調査・研究との関連において銃砲をテーマとして取り上げた。これらの研究は大藩・加賀藩の藩末期の軍備の全体像の解明に貢献することは少なくはない。さらなる調査・研究により加賀藩史の上で重要な軍備の問題がますます解き明かされることを期待する。

## 史料

1. 成瀬正居「壮猶館御用・御鉄砲所御用日記」文久二年一元治元年、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵、14頁。
2. 「御城中老分碁図」安永三年、横山隆昭氏蔵。
3. 史料1, 元治元年一月十六日, 14頁。
4. 成瀬正居「壮猶館御用日記」文久四甲子年二月、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵。
5. 成瀬正居「御鉄砲所御用日記」元治元甲子年、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵。
6. 成瀬正居「元治元甲子年一慶応元乙丑年、筋入筒ホ 経験記 一」、成瀬家文書49, A. 武家文書, 石川県立図書館蔵。
7. 「金沢城絵図」(天保期)の三ノ丸絵図拾六ノ五、(1618・44)、前田育徳会蔵。
8. 成瀬正居「壮猶館御用雑記」安政二年、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵、5頁。
9. 「加賀藩組分侍帳」、金沢文化協会編(1937)。
10. 「出役人名簿」、加賀藩鉄砲所文書, 石川県立図書館蔵。
11. 「役懸帳」、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵(特16. 54 21)。
12. 成瀬正居、「壮猶館御用達留」安政二年四月、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵、18頁。
13. 同上。安政二年四月、19～20頁。
14. 史料8, 16頁。
15. 史料8, 「職人等人名控」安政二年六月、12～13頁。
16. 史料8, 35頁。
17. 史料8, 「玉数 覚」安政二年十一月、36頁。
18. 成瀬正居「壮猶館御用日記 弍」安政三年正月より、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵、7頁。  
異風筒は銃身の短い火縄銃。修羅筒は銃身が前者より長い火縄銃。トントル仕懸筒は火縄銃の発射器(火縄挟み、火皿、火薬装填部分等)を、雷粉用の発射器(ハンマー、雷管受皿等)に交換した小筒である。加賀藩の採用していた砲術 豊島流、中島流では火縄筒を“異風筒”と呼んでいた。その銃隊を「異風組」と呼んだ。
19. 史料8, 72頁。
20. 成瀬正居「壮猶館御用雑記」文久四年、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵、4頁。
21. 史料20, 文久四年二月十三日, 20～21頁。
22. 史料20, 文久四年二月, 1～3頁 及び同四月十一日, 25～26頁。
23. 「公私心覚」文久三年三月廿三日、『加賀藩史料』藩末編上, 1366頁。
24. 史料20, 文久三年四月, 7頁。  
雷粉詰銅小蓋は銅製の小型のキャップであり、percussion cup(撃発雷管)である。
25. 史料20, 14頁。
26. 史料20, 49頁。  
六角小銃 はウィットウォースライフル Whitworth Rifleで、前装式施條銃で、六角長玉が使用された。飛翔性、命中率の高い優れた小銃であった。
27. 史料20, 30～32頁。
28. 成瀬正居「壮猶館御用・御鉄砲所御用・日記」元治二乙丑年正月より、金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵、39頁。
29. 史料28, 元治二年一月十五日, 14頁。
30. 史料4, 文久四年五月廿日, 79頁。  
本史料に記載された鶴ノ丸御土蔵は現存の鶴丸倉庫とは別の建物である。詳しくは、研究紀要、「鶴丸倉庫の構造と意匠」『金沢城研究』第三号、石川県教育委員会事務局文化財課金沢城研究調査室、(平成17年), 45～50

頁を参照.

31. 史料5, 元治元年十一月廿六日, 15~16頁.
32. 史料5, 元治元年十二月十日, 17頁.
33. 史料4, 文久四年二月廿二日, 14頁.
34. 史料4, 文久四年三月十七日, 35~36頁.
35. 史料4, 文久四年三月十七日, 36 頁.  
田伏作次郎は定検知奉行, 壮猶館御筒奉行兼製菓奉行であった(加賀藩組分侍帳).
36. 史料4, 文久四年三月十八日, 38 頁.  
横山は壮猶館御筒奉行の横山縫殿・隆由であり, 高柳は御次番の高柳文四郎・近信である(加賀藩組分侍帳).
37. 史料4, 文久四年八月六日, 114 頁.
38. 史料4, 文久四年八月十日, 123 頁.
39. 史料20, 24 頁.
40. 史料4, 文久四年三月二日, 21頁.
41. 史料4, 文久四年十二月廿七日, 179頁.
42. 史料5, 元治元年十一月十八日, 9頁.
43. 史料5, 元治元年十一月廿二日, 9頁.  
小塚甚右衛門は組外御番改・御鉄砲所御用兼帯, 国沢小兵衛は御鉄砲方・調理方御用兼御入用方兼帯である.
44. 史料5, 元治元年十一月廿六日, 13頁.
45. 史料5, 元治元年十一月廿五日, 12頁.
46. 史料28, 元治二年二月三日, 25~27頁.  
小川友左衛門は町奉行支配・火矢方であった. 小川群五郎の子息.
47. 史料28, 元治二年二月十四日, 33-34頁.  
馬廻衆= 馬廻(うままわり)は, 戦国時代に生まれた武家の職制のひとつである. 騎馬の武士で, 大将の馬の周囲(廻り)に付き添って護衛に, また伝令や決戦兵力として, 平時には大名の護衛をおこなっていた.
48. 史料5, 元治元年十一月十五日, 8頁.
49. 史料28, 元治二年一月八日, 14~16頁.
50. 史料6, 元治二年正月廿七日, 12~14頁.
51. 史料6, 元治二年三月十日, 16~18頁.
52. 史料28, 元治二年一月廿三日, 19頁.
53. 史料28, 元治二年一月廿七日, 21~22頁.
54. 史料28, 元治二年二月三日, 25頁.
55. 「前田普旧記 写ニ之抄」慶応元年八月十八日. 鈔録合集51, 慶応元年, 金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵.
56. 「文慶雑録」慶応元年十一月廿四日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 424~427頁.
57. 「年寄中席要用書抜」慶応二年八月十八日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 497頁.
58. 「諸事留牒」慶応二年八月十八日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 498頁.
59. 「諸事留牒」慶応二年九月八日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 499頁.
60. 「触留」慶応二年十二月九日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 548頁.
61. 「宮北集書」慶応三卯年三月二十九日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 576頁.
62. 「御親翰留」慶応三年十一月十三日, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 696頁.
63. 「第六号 覚」金谷与十郎, 慶応二年七月, (短エンピールド銃購入契約書 覚書). 金沢市立玉川図書館・近世史料館蔵.  
金谷与十郎は加賀藩軍艦奉行であり, 西町軍艦所主付であった. 金谷は藩有蒸気船発機丸の機関修理のために, 兵庫に故障して碇泊していたこの船に乗り込み, 長崎港に回航した. 長崎での発機丸の修理は不可能であることが分かり, 新たに蒸気船「李白里丸」を購入して帰藩した. この時に長崎で1,000挺のエンフィールド銃を購入した.
64. 「御家録方調書」慶応三年十二月廿六, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 727頁.
65. 『加賀藩史料』幕末編 下, 明治元年, 903頁.
66. 「御用方手留附録」文久三年, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 1512~1520頁.
67. 「御用方手留附録」文久三年十二月廿日~廿五日, 『加賀藩史料』, 藩末編 下, 1512~1520頁.
68. 「御用方手留附録」元治元年三月十四日, 『加賀藩史料』藩末編下, 35~36頁.
69. 「国友家先祖由緒並一類附帳」, 金沢市立図書館・近世史料館蔵.
70. 「管下諸員数調理」明治四年, 『加賀藩史料』, 藩末編下, 1313~1314頁.

## 文 献

- 板垣英治, 2002a: 加賀藩の火薬 1. 塩硝及び硫黄の生産. 日本海域研究, **33**, 111-128.
- 板垣英治, 2002b: 加賀藩の火薬 2. 土清水薬合所での火薬の生産. 日本海域研究, **33**, 129-149.
- 板垣英治, 2010: 加賀藩の火薬 IV. 加賀藩鈴見鑄造所と銃砲. 日本海域研究, **41**, 69-87.
- 板垣英治, 2011a: 加賀藩の火薬 V. 鈴見鑄造所の場所と

- 施設規模. 日本海域研究, **42**, 35-48.
- 板垣英治, 2011b: 加賀藩の火薬 VI. 鈴見鑄造所鑄物師釜屋弥吉史料による御筒, 御玉製造の記録. 日本海域研究, **42**, 49-76.
- 板垣英治, 2013a: 加賀藩の火薬 VIII. 三州海岸の台場築造に関する調査・研究. 日本海域研究, **44**, 23-38.
- 板垣英治, 2013b: 加賀藩の火薬 IX. 17箇所在台場の規模と砲備の研究. 日本海域研究, **44**, 39-56.
- 田川捷一編, 1995: 加越能近世史研究必携, 北国新聞社, 金沢, 34p.
- 石川県埋蔵文化財センター, 1999: 石川県埋蔵文化財情報, 創刊号, 11. 金沢城跡 (三の丸東調査区), 30-31.
- 金沢城研究調査室, 2006: 金沢城史料叢書4, 金沢城公園整備事業に係る埋蔵文化財調査報告書2「金沢城跡Ⅱ, 三ノ丸第一次調査」. 石川県教育委員会事務局文化財課, 80p.
- 河野文庫目録, 1992: 金沢市立図書館, 48p.
- 南坊平造, 1977: 明治維新全国諸藩の鉄砲戦力. 軍事史学, **49 (7)**, 77-102.
- 金沢文化協会編, 1937: 加賀藩組分侍帳. 石川県立図書館蔵.
- 示野喜三郎, 1992: 加賀武術の遺蹤. 金沢工業大学古武道部, 131p.
- 宇田川武久, 2012: 幕末もう一つの鉄砲伝来. 平凡新書655, 190-193.



# 食料増産と地球温暖化阻止に役立つ地球の薬「ソムレ」

染井正徳<sup>1\*</sup>

2013年10月9日受付, Received 9 October 2013  
2013年12月26日受理, Accepted 26 December 2013

## “SOMRE”, a Growth Regulator ‘Medicine’ for the Earth to Increase Food Production and to Stop Global Warming

Masanori SOMEI<sup>1\*</sup>

### Abstract

The growth regulator created by the author and his joint researchers, SOMRE #1, is very effective at increasing the crop production of various food plants. It is being and has been successfully applied to the growing of plants in the Gobi Desert in China under natural conditions. It could be a promising, concrete, and viable technique for greening deserts and for stopping global warming.

**Key Words:** food production, plant root promoter, SOMRE#1, greening Gobi Desert, global warming  
**キーワード:** 食料増産, 植物根成長促進剤, ソムレ, ゴビ砂漠緑化, 地球温暖化

### I. はじめに

著者は、1976年に金沢大学薬化学研究室に赴任後、食料増産、砂漠緑化を夢見て、植物の根の成長促進剤の開発を試みた。そして、イネや2, 3の野菜で目的通りの作用を示すソムレ (SOMRE, 甦群列) 化合物群を手中にできた (Somei *et al.*, 2007)。さらに実際に中国内モンゴルのゴビ砂漠で、ソムレを用いてその効果を試し、砂漠緑化に有望な物質であることを見出した。その経過については、著者の総説や論文中に記載してある (高場, 2005; 染井, 2008a, b; Somei, 2008c)。

本資料は、前述文献の内容を補い、これまでに未公開であった様々な野菜や作物、漢方生薬にソムレを応用・展開した結果や (染井, 2013)、石川県の小

舞子海岸でのクロマツ植林や倉ヶ岳のドングリの発根結果等にも言及する。またゴビ砂漠での緑化活動 (Somei, 2011) およびその成果に基づき、ソムレ処理種子を飛行機でゴビ砂漠に空中散布した世界初の試み、その問題点等を詳しく紹介する。加えて、インドへ展開中のプロジェクト、アフリカへの展開の可能性等、現時点までのその後のソムレ技術の進展状況と将来への展望を簡潔にまとめたものである。

### II. 研究の動機と方針

著者は、太平洋戦争直後の食糧難を幼児の頃体験した。このひもじい思いが、食料の増産という研究、“夢”、の動機となった。

食料は、動物性、海洋 (水) 性、植物性の3種類に

<sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設 〒927-0553 石川県鳳珠郡能登町小木ム6-1 (Noto Marine Laboratory Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 6-1 Ogi Mu, Noto-cho, 927-0553 Japan)

\*連絡著者 (Author for correspondence)

分類できる。それぞれの増産を実現するためには、動物の繁殖促進、動物や魚類の健康な骨の育成、植物の成長促進を可能とする3種の新規な技術を開発する必要があった。30年間の研究の成果として、著者らは、動物の繁殖促進技術としてアシルトリプタミン類 (Yamada *et al.*, 2009 ; Somei *et al.*, 2011), 骨芽細胞活性化技術として新規メラトニン類 (Suzuki *et al.*, 2008a, b ; 鈴木, 2012) の開発に成功した。さらにソムレ化合物群も開拓できた (Somei *et al.*, 2007)。したがって現時点で、上述の3種の新技術・解決策をほぼ開発できたと考えている。

本稿では植物性食料増産を達成しつつ地球温暖化阻止の可能性を持つ、具体的かつ実施可能な技術として、ソムレ(甦群列)化合物群について紹介する。植物の成長を考える際に、著者らは研究方針として、当初から地下部に注目した。遺伝子操作はせずに、植物が本来持つ、根(茎)の成長能力を存分に引き出す、低分子量物質群(A)が存在すると仮定した。Aの作用により、太く長くなった根(茎)は、植物個体をしっかり支持しつつ、土壌中から成長に必要な栄養分等を、通常よりも多量に吸収できる。その結果、地上部の繁茂をもたらす光合成がより一層促進され、果実の増収が期待できる。また増量した光合成産物は、根(茎)の成長を促進し、根(茎)作物の収穫量の向上をもたらす。かくして1個体あたりの収穫量が增大する。さらにAが、種子の発芽・発根率を高める作用を持てば、食料増産、植物成長促進の“夢”を実現する具体的な技術になると考えた。

### Ⅲ. 発端

金沢大学に赴任直後から、夢の物質群(A)を得るための、探索・合成研究を開始した。先ず植物成長調節剤としてWent (1926), Kögl (1931) らにより発見されたIndole-3-acetic acid (IAA) の新規誘導体群の合成研究から着手した (Somei *et al.*, 1985)。一方、著者の提唱する1-Hydroxyindole仮説 (染井, 2008a) と、Tryptophanの代謝産物から安全な薬を作るという思想 (Somei, 2008c) との融合から、IAAが生体内で代謝されて生成するIndole-3-carbaldehyde誘導体群に焦点を絞った。その結果、ついに目的の機能を持つソムレ化合物群の開発に成功した。ソムレ化合物群としては、1号(図1)から40号まで

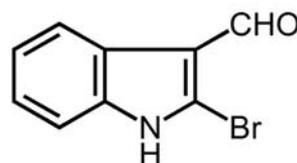


図1 ソムレ1号。  
Fig. 1 SOMRE#1.

開発し、それぞれが特徴ある生理作用を持つこと、さらに植物種が変わると、根を最長にするためのソムレの種類も変わり、また適切な濃度も変動することもわかった (染井, 2008b ; Somei, 2011)。

当初濃度の高いソムレ22号を用いた試験では、期待した結果はでなかった (Somei *et al.*, 2007)。ところが、3.0ppmの濃度で使うと、イネ(日本晴)種子の発根試験において、根長が対照と比較して、1.68倍も長くなることを見出すことができた。こうして最初の一步を踏み出すことができた (染井, 2008b ; Somei, 2011)。

特にソムレ1号が、最も簡単に合成できる上に、多種、多様な植物に適用可能であることがわかったので、本総説では、主としてソムレ1号を使用して得た実験結果に絞って紹介したい。

### Ⅳ. ソムレ1号の安全性

ソムレ1号は、1.0ppm~0.001ppm (1.0ppb) 水溶液として使用する。ヒメダカを1.0ppm水溶液中で11ヶ月間飼育しても、元気に泳ぎ回っている (染井, 2013)。後に述べる砂漠緑化の際に育った植物が、虫やネズミ、ウサギ、山羊による食害に会っても、食した昆虫や動物、山羊に何の影響も認められていない (染井, 2008a, b)。動物や山羊は、むしろ元気になる。また多数の作業者が、種や苗木の根を浸漬する作業において、4~5時間にわたって、液中に手を浸けていることになるが、その後皮膚には何ら不都合はなく、きれいになる効果が認められた (染井, 2013)。これらの事実からソムレ1号は安全であると判断している。

## V. 一般的な実験・実施方法（染井, 2008b, 2013）

植物について全くの素人なので、「土の学校」に1年間通い、野菜や作物の育て方を学習して修了書を戴き、次の一般的な実験・実施方法を確立した。種子の浸漬時間に関しては、種皮の硬軟、厚さ薄さにより時間は変動するが、通常はソムレ水溶液に約1時間浸漬した後、種子を取り出し畑に撒く。ポット苗の場合には、苗がひからびた状態になるが、ポットの土が自然乾燥するまで待ち、次いでポット全体を、ソムレ水溶液および対照実験として煮沸脱塩素水に充分浸す。約1~3時間後に苗が元気になったところで、畑に植え付ける。砂漠や荒地への応用を念頭においているので、畑はあるがままの状態で使用し、畑では、農薬は一切使用せず、施肥しない。2年目からも、可能な限り最小限量の肥料を使用した。また連作障害も考慮し、同じ畑への同種の植物の植付けは、3年間の猶予期間を設けた。

## VI. ソムレの応用

### 1) 食用作物、野菜等への応用（Somei, 2011; 染井, 2013）

ソムレ1号で処理すると、アスパラ、イチゴ、オカワカメ、オクラ、カブ、キャベツ、キュウリ、小松菜、牛蒡、サツマイモ、ジャガイモ、スナップインゲン、ズッキーニ、大根、チンゲン菜、茶豆、ツルムラサキ、トウモロコシ、トマト、茄子、長芋、ナタ豆、ブロッコリー、落花生、ルッコラのいずれもが、対照よりも良く育ち、1.1倍~1.5倍の増収となった。

ジャガイモ（トウヤ）の例を、図2, 3に示してある。種芋の芽を水処理した左畝とソムレ水溶液処理した右畝の栽培中の生育状況は、図2に示す顕著な違いが見られた。収穫すると、ソムレ処理ジャガイモでは、1個体あたりの芋の平均収穫数および芋1個当たりの平均重量は、それぞれ対照と比較し、2倍、1.49倍と増収した。各個体を掘り出し、根の状況の1例を図3に示す。ソムレ処理により、根の密集度が高くなり、主根の長さ（98cm）は対照（30.5cm）と比較し、約3倍にもなることがわかった。この成長した根の違いこそが、X章に記載した根の役割の増強につながり、増収の重要要因になったと結論できる。



図2 育成中のジャガイモ（左畝：種イモを水処理. 右畝：種イモをソムレ処理）.

Fig. 2 Growing potato (left: control, right: SOMRE).

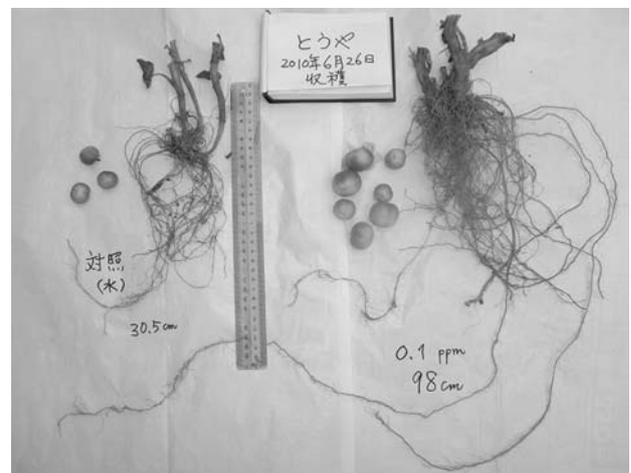


図3 ジャガイモの根長差（左：対照. 右：ソムレ）.

Fig. 3 Difference in root length (left: control, right: SOMRE).

サツマイモ（紅赤）では、さし苗を水（対照）およびソムレ水溶液に1時間浸漬後、

畑に植付け、自然条件下放置した。収穫の一例を図4および5に示す。両図では、30cm物差しの大きさをほぼ同じ大きさにしてあるので、芋の大きさの違いが良くわかる。対照図4と比較して、苗をソムレ処理すると図5のように著しい収穫増になることがわかる。平均重量で約2.5倍も増収した。通常は図4のように、芋は一か所に群れて育つ。図5では、主芋からさらに三方にかなり太い根が約1mも伸びていて、その先端にも芋が成長するという、注目すべき事実がわかった。

イネ（日本晴、コシヒカリ）、ムギでもソムレ使用により、種子の発根率は高まり、根長も対照より1.1

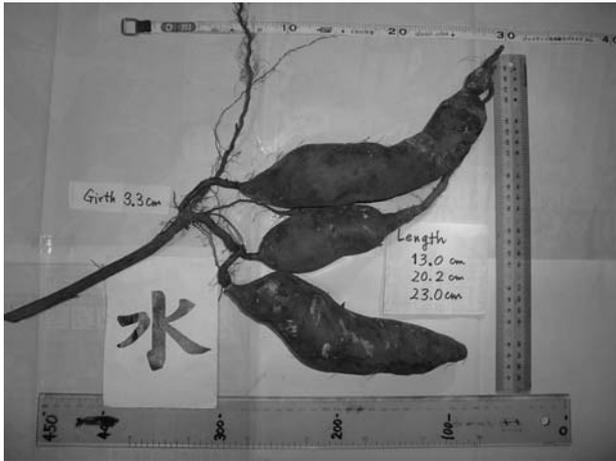


図4 サツマイモ (対照).  
Fig. 4 Sweet potato (control).

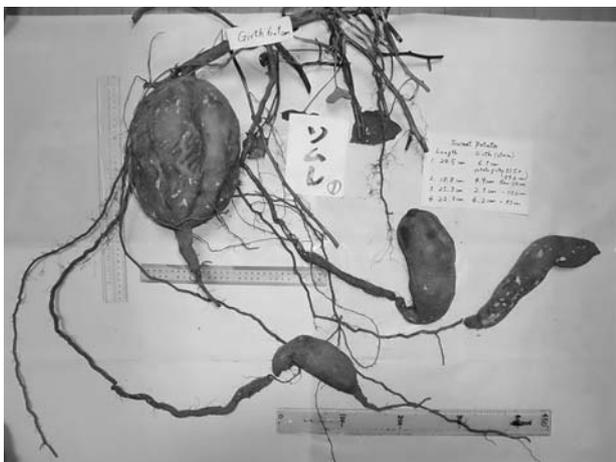


図5 ソムレ処理したサツマイモ (ほぼ同じ縮尺の30cm物差しと比較し、ソムレによるイモの増大効果がわかる).  
Fig. 5 Sweet potato treated with SOMRE. In comparison with the 30 cm ruler of the about the same reduced scale, the increase effect of the potato by SOMRE is clear. (compare Figs. 4 and 5).

倍～1.5倍も伸長することがわかり、今後収穫量の比較実験をしたいと思っている。農家の人に試験して戴いたズッキーニでは、200本栽培し、対照は1本あたり平均果実が23～25本なのにソムレ処理で平均40本収穫という大豊作になった。

ソムレ1号は、アブラナ科植物が病原菌や虫に対して自ら体内で生産する防御物質、Phytoalexin、の母核を持つので、同様の作用を持つと期待できる。図6にその実例を示す。ポット苗を使い、ソムレ処理したチンゲン菜は、対照と比較して大きく育てている。注目点は、対照群が虫害を受けて、葉に穴が点々と

あいているのに反し、ソムレ処理群はきれいな葉のままである。他の野菜の場合でも、畑で並べて栽培すると、何時も対照群が先に被害を受け、その後に、ソムレ群が被害を受けるという傾向がある。この現象は、ソムレ液に浸漬した根から吸収されたソムレ1号分子の効果ではなく、ソムレにより根が張り、大きくかつ健康になった各個体中において、自ら作り出すPhytoalexinの絶対量が増加したためと推定している。

図7は、トマトの例である。ポット苗を3個ずつ使用して、庭に植え付けして44日後の生育状況である。



図6 対照チンゲン菜 (左) が害虫に蝕まれ穴だらけの様子がわかる。  
Fig. 6 The control qing-geng-cais (left) are undermined by pest and insects, and are full of holes. While SOMRE-treated plants (right) are healthy.



図7 成長中のトマトの違い (左3本：対照、右3本：ソムレ).  
Fig. 7 Difference in growing tomato (left 3 plants: control, right 3 plants: SOMRE).

左側3本が対照，右側3本がソムレ処理苗で，莖長で約1.7倍の成長差が出ている。収穫すると，トマトの果実の個数，果実1個当たりの平均重量は，対照を100%として，それぞれ188%，110%であった。さらにトマトの味は，対照に比べ，ソムレ処理の方が，遥かにおいしかった（5人による盲検結果）。ソムレ処理に一般的に認められる特徴は，果実をおいしくすることである。甘くなるのではないので，アミノ酸含量について今後検討したい。

この増収と味の差の原因を探るため，根を掘り起こしたところ，対照根の27.5cmの深さでの平均根囲りは1.67cm，一方ソムレ処理根の深さ59cmでの平均根囲りは2.40cmであった。根の太さ，長さにこのような格段の差があるため，地中から吸収する栄養分やミネラルの量に大きな差が出るのであろう。

## 2) ドングリ

著者は，石川県のほぼ全ての山に登った。どの山も荒れていて，マツは枯れ，観音山ではコシアブラの木が根こそぎ倒れていた。宝達山では，杉が非直根性のため，雨の際にがけ崩れを防げずに，沢に沢山転がり落ちていた。

倉ヶ岳で，2007年12月1日，山道でコナラのドングリを20個拾った。10個ずつ2群に分け，それぞれをシャーレ中，水（対照）およびソムレ1号1.0ppm水溶液に浸漬して室温5～15℃で18日間放置した(図8)。ソムレ群から6個，対照群から5個発根した種子のそれぞれを，別の植木鉢に植えて戸外に置き，雪や雨

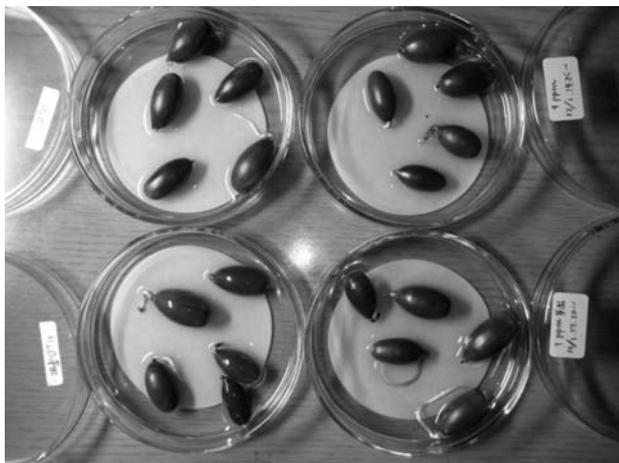


図8 ドングリの発根試験（左上下：対照，右上下：ソムレ）。

Fig. 8 Acorn, rooting test (top and bottom left: control, top and bottom right: SOMRE)



図9 成長中の幼苗（左：対照，右：ソムレ）。

Fig. 9 Growing seedling (left: control, right: SOMRE).



図10 成長した苗（左：対照，右：ソムレ）。

Fig. 10 Young plant (left: control, right: SOMRE).

が降る自然条件下に放置した。4月30日，対照群は全滅していたが，ソムレ処理群は6粒全部が活着し，苗に成長した(図9)。5月9日には6本とも立派な苗に成長したので(図10)，倉ヶ岳に運び山に返してあげた。ソムレにより石川県の山の木々の再生を計れると期待している。

## 3) クロマツ

日本は海に囲まれ護岸目的や景観の維持にマツは欠かせない樹種である。アカマツよりも耐虫性が強いクロマツの方が，今後需要が伸びるであろう。しかしその苗木の生産・供給に問題があるので，石川県林業試験所の協力のもと，白山市小舞子海岸，加賀市新保海岸砂地でソムレ1号の20.0，1.0，0.05ppm

溶液を用いて植林および播種試験を行った（石田，2010）。その結果，発芽率向上および根茎の成長促進効果を発揮する可能性が認められたが，顕著な差はでなかった。

その後，クロマツ種子の発根試験を試みた。マツの種皮は固いので，ソムレ液に0.1-0.001%のエタノールを混ぜたりして何度も試みた。その結果，発根率および育った根の長さは，1.0ppmから濃度が希釈されるにつれて良くなり，0.001ppmで最高の結果を与えた。例えば，シャーレ中で各液に種子を，11日間浸漬したまま16-24°Cで放置し，発根させた種子を取り出した結果が図11に示してある。それぞれの濃度における発根率，平均根長は，対照40%，100%（比較の基準）；1.0ppm 40%，170%；0.1ppm 80%，333%；0.01ppm 90%，355%；0.001ppm 90%，384%であった。これらの結果から考察すると，石川県の海岸砂地での播種試験は，0.001ppmで実施すべきであったとわかる。

ソムレ1号を使えば，クロマツ種子から沢山の苗木を生産し，石川県のみならず日本全国の海岸線を保護し，また山々に健康な緑を取り戻すために必要となる多数のクロマツ苗木の供給が，可能になると期待している。さらに，ソムレの効果で，1個体ごとに根が太くしっかりと土中に張れば，防砂，防潮，防風等の役割を従来よりも効率よく果たせる可能性がある。

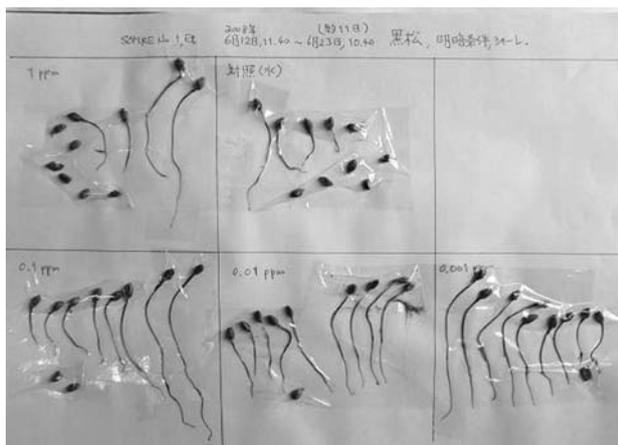


図11 クロマツの発根試験（中央上：対照，左上：ソムレ1.0 ppm，左下：ソムレ0.1 ppm，中央下：ソムレ0.01 ppm，右下：ソムレ0.001 ppm）。

Fig. 11 Rooting test of Japanese black pine (top center: control, top left: 1.0 ppm, bottom left: 0.1 ppm, bottom center: 0.01 ppm, bottom right: 0.001 ppm).

#### 4) ジャトロファ

食料であるトウモロコシを原料にして，大規模にエタノール生産が行われているが，世界的に食料不足の中，トウモロコシを食料にするのか，エネルギー原料として使うのか，社会問題化している。一方，ジャトロファは，その種子を絞ればジーゼル油を生産できる。この油には毒性物質が含まれているので食料にはならない。ジャトロファの種子からバイオジーゼル油を作る方法は，食料から油を作るわけではないので，不足するエネルギー問題の一つの解決策と考えられ，やせた土地で育てても，種子を多量に増産するための技術が求められている。

そこでジャトロファの種子に対して，ソムレ1号を試してみた。ジャトロファ（品種インドネシア12）では，発根・発芽率は，対照，ソムレ1.0ppm，0.1ppmでそれぞれ62%，87%，100%であり（図12），品種ブラジル1では，対照，ソムレ1.0ppmのそれは，25%，87%であった。

6月18日，発根種子を畑に撒き自然環境下に放置すると，ソムレ処理種子から育った苗が対照よりも優勢かつ順調に育ち，10月21日には，著者の肩の高さ迄に成長した（図13）。11月21日，花芽形成（図14）段階まで進んだが，寒くなりはじめ結実には至らず，12月に枯れ始めた。根が太く深くまで伸長しているので，越冬し春に芽を出し，耐寒性種の生成を期待したが，50本全て死滅した。しかし，熱帯で栽培すれば，増収が大いに期待できる。

参考までに，冷気温に弱いハヤトウリの場合には，



図12 ジャトロファの発根試験（左：1.0ppm，中央：0.1 ppm，右：対照）。

Fig. 12 Germinating test of *Jatropha curcas* (left: 1.0 ppm, center: 0.1 ppm, right: control).



図13 成長中のジャトロファ（ソムレ処理, 150cmの高さになる）。

Fig. 13 Growing *Jatropha curcas*. SOMRE treated plant reaches 150 cm in height.



図14 花芽形成。

Fig. 14 Flower buds formation.

ソムレ処理群も対照群も共に、地上部は冬の雪と低温で凍死した。対照群は越冬できなかったが、ソムレ処理群は、翌年春に土中から芽を出して越冬に成功し、夏から秋にかけて繁茂した。この違いもまた、地中深く迄伸長した根のお蔭であると考えている。

## Ⅶ. 中国, 内モンゴル, ゴビ砂漠緑化の試み

### 1) ゴビ砂漠の状況 (染井, 2008b; Somei, 2011)

樹木が生育できるか否かの境界線は、年間降水量が200~250mmという説が常識である。ゴビ砂漠(アラ善盟)の年間降雨量は、約100mmであり、タクラ

マカン砂漠では数mmしかない。したがってこの地域では植物は育たず、一木一草も無い流動砂丘が見渡す限り波打って広がっている。このゴビ砂漠とタクラマカン砂漠が黄砂の発生地で、ここから東(北京)側に向かって年間約20kmの速さで砂漠化が進行している。

砂漠の地下, 100mの深さには地下水がある。近年、緑化や農業を行うため、灌漑用の井戸を掘り、地下水を汲み上げて散水する試みが各所で進み、この5年ほどで約150mの深さまで地下水面が下がっている。確実に地下の砂漠化が進行している。地表に散水する技術は、地下水に溶けた塩分の地表面への蓄積をもたらし、不毛の砂漠に、さらに塩分集積というおまけを追加する。人類はウズベキスタンやインドで、豊かな穀倉地帯を不毛の塩の大地に変えてしまった本技術の歴史を思い起こすべきである。

地下水面から、水は地表面に向かって毛細管現象、蒸発等により上昇移動していき、地表面0%, 地下水面100%という、地面の深さに対して、水の濃度勾配ができ上がっている。その結果、ゴビ砂漠では、地表面から約30~50cmの深さの砂層には、約1%(w/w)の水分がある。

一方、過去に砂漠に自生していた植物は、子孫を残すべく命を埋土種子として残し、再生の望みを託している。埋土種子は降雨を契機に発根を開始し、次の乾期迄の短い期間に、生きるために懸命に根を伸長させる。しかし一木一草も生えていない流動砂丘を緑化できない三つの理由が、中国の大学研究者、砂漠緑化の専門家、技術者、政府関係者等により主張されている。

1. 高さ5m以上の流動砂丘では、種まき, 植林を、従来既知の如何なる方法(植物成長調節剤, 保水剤, 草方格等の使用)を用いても、これまでに誰も成功していない。
2. 高さ5m以上の流動砂丘では、表面から20cmの深さまでに存在する種子や植物は、強い風により、砂嵐成分として、根こそぎ吹き飛ばしてしまう。
3. 短い降雨期間に、種子はどんなに頑張っても、根を20cm以上に伸ばせず枯れてしまう。万が一活着しても20cmの根長では、山羊に根こそぎ食べられ、風で飛ぶ。

したがって植物は育つことができず、緑化は不可

能である。

しかしこの地域の砂漠を緑化できれば、黄砂が止まる。広大な面積で植物が育ち、二酸化炭素を吸収し始め、温暖化効果ガスの減少をもたらす。植物で覆われた砂漠表面温度は下がりはじめ、やがて雲を呼び、雨をもたらす、ついには地球温暖化を抑制できる。食料基地に変えることも可能であろう。この不可能を可能にする唯一の解決策は、短い降雨期間に根を約30～50 cmに伸長させ、根を水分の存在する深さの砂層まで成長させ、乾期に枯死、厳冬期に凍死させない技術の開発如何にかかっている。

著者らは、根長促進栄養剤としてソムレを開発済だったので、金沢のNPO法人「世界の砂漠を緑で包む会」および中国側では、内モンゴル阿拉善盟の「黄河文化経済促進会」の協力を得て、2005年から、ゴビ砂漠（阿拉善盟）に緑化ボランティアとして出かけた（高場，2005）。

著者らは、現地自生の植物のみを用いて緑化を実施するという哲学に固執している。何故なら、外来植物を持ち込んで緑化に成功したら、それは現地の環境を破壊することに成功したことを意味するからである。さらに前述の理由から、灌漑法は採用せずに、水資源は雨のみ、即ち自然条件下での緑化に取り組んでいる。

したがって、使用する樹種は、耐乾性、耐寒性、耐塩性等も考慮して、花棒 (*Hed ysarum scoparium*)、沙拐棗 (*Calligonum alaschanicum*)、梭梭 (*Haloxylon ammodendron*)、冬青 (*Ilex L.*) 等としている。また、人間に役立つ甘草 (*Glycyrrhiza uralensis L.*)、肉蓯蓉 (*Cistanche deserticola*) 等の植物を選定して、これらの種子の発根・発芽実験も開始した。

## 2) ゴビ砂漠、流動砂丘で、現地自生植物を育てる (染井, 2008a, b, 2013; Somei, 2011)

ゴビ砂漠での最初の実験で、ソムレ1号が、花棒、沙拐棗の発根率を向上させることがわかったので、7月22日、花棒種子を1時間ソムレ液に浸漬後、半固定砂丘に用意した実験用の畑に撒き、自然条件下に放置した。9月23日掘り起こした結果を図15に示す。対照根が軒並み約19cmしか伸びなかったのに反し、ソムレ処理群の根は、約53cm以上に伸長していた。

再現性を確認しつつ、次の段階として、花棒の苗木を2,700本用意した。ソムレ液が足りなかったため、

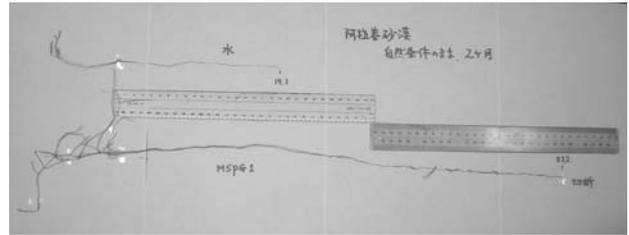


図15 砂漠での花棒種子発根試験 (上2本: 対照根長 (19.1 cm), 下: ソムレ処理根長 (53.2 cm)).

Fig. 15 Growing test of *Hed ysarum scoparium* on sand dune (top 2 roots: control (19.1 cm in length), bottom root: SOMRE (53.2 cm in length)).



図16 花棒の苗木、先端部をソムレ液に浸漬。

Fig. 16 Soaking root top of nursery *Hed ysarum scoparium* into SOMRE solution.



図17 流動砂丘に苗木を植林。

Fig. 17 Planting nursery plants at a flow dune.

苗木の根先端部のみをソムレ溶液に30分間浸漬した (図16)。その後、二人一組になって砂丘に穴を掘り、2本ずつ対にして植林して (図17)、自然条件下に放

置した。1年7ヶ月後、現地の副知事、役人、大学の専門家等の立会いの下、調査した同じ場所での成育状況が図18である。

花棒の成長は早く、きちんと2列になって成木となっている。花棒の木を中心に埋土種子や風で飛んできた種子から様々な草や木が育っている。生態系の回復は早いもので、驚いたことに、沢山の種類の昆虫や蛾、ネズミが住むようになり、ウサギまでもが跳ね回っていた(図19)。

寧夏大学の専門家による活着率の判定では、従来法を用いた最良結果である78.3%を超えて、87.6%に改善され、現地の新聞を賑わせた。種子の価格は、イネやコムギなどの作物の数倍もするので、このまま成長し種子を大量に供給できることを期待している。将来はこの地区を中心とする種子の採取セン



図18 1年7か月後.

Fig. 18 One year and 7 months later.

ターを構築して、中国全土の緑化に必要な種子の供給に役立てることを夢見ている。

ところで、流動砂丘の緑化を不可能にしている三つの理由は、前述の通りである。著者らのソムレ技術は、現地の砂地、半固定砂丘での多くの基礎実験も経て、これらの3つの不可能な理由を既に解決していることを確認できた。したがって次に、流動砂丘の緑化を目的として、世界初の、ソムレ浸漬種子の投げ撒き実験を試みた。

花棒、沙拐棗の種子を、1:1に混合した後、ソムレ1号、1.0ppm水溶液に予め1時間浸漬した。その浸漬種子を、ボランティアの各人が小桶に入れて持ち、流動砂丘上に横一列に並んだ(図20)。掛け声とともに浸漬種子を空中へ放り投げながら前進して、2007年5月、3万粒を撒いた。非常識と言われたこの実験



図20 ソムレ浸漬種子を流動砂丘に投げ撒く.

Fig. 20 Sprinkling SOMRE-treated seeds onto flow dune.



図19 帰ってきたウサギ.

Fig. 19 Ecosystemic recovery, of a rabbit.



図21 2ヶ月後活着した花棒.

Fig. 21 Rooted *Hed ysarum Scoparium*, 2 months later.

の2ヶ月後の8月の調査では、乾期を乗り越えた花棒、沙拐棗取り混ぜて30本が活着し、幼木となり成長中であった(図21)。ソムレ液に種子を漬け放り投げるだけという、簡単な技術と方法で、従来の活着率は0%であったのに、0.1%に改善できた。現地の人々にとって、0%でないという、驚愕すべき結果を得ることができた。

中国側の関係者は、次の段階として、ソムレ処理した種子を粘土団子に加工することに同意し、加工器を用意してくれた。粘土と砂の割合、ソムレ液の含ませ方等、検討要因は山ほどあったが、それでも一発勝負しかない。ソムレ液浸漬種子を内包する直径約1.0cmの粘土砂団子を25,700粒作った。2008年5月、ボランティアの協力を得て、前述と同じ手法で、流動砂丘に投げ撒いた。同年10月、約4.5ヶ月後、多くの関係者と共に調査したところ、うれしいことに、127本の幼木が、一木一草も無かった流動砂丘で育っていた。活着率は一気に、0.5%に改善された。

### 3) 世界初、ゴビ砂漠にソムレ浸漬種子を飛行機から空中散布実施(染井, 2013)

現在世界の陸地の約1/4(36億ha)が砂漠とあって良い。これほどの広さの土地を緑化することが、穴を掘り一本一本植林し、水をかける手法で、可能だろうか? 唯一可能な方法は、飛行機から種まきをする方法しかないと断言できる。流動砂丘での投げ撒き実験は、飛行機播種を想定した予備かつ基礎実験として実施したものであり、ソムレを利用すれば、従来法では不可能であった流動砂丘の緑化が夢物語では無くなったことを証明している。

これらの実験に立ち会い、著者自身が目で確認した。内モンゴル政府、行政、軍関係者、金沢のNPO法人「世界の砂漠を緑で包む会」、「黄河文化経済促進会」等多くの方々のご協力を得て、念願であったソムレ浸漬種子の飛行機播種を2010年6月20日に実施できた。

図22は、ソムレ浸漬種子を飛行機に積み込んでいる所であり、図23は、空中散布に向かって離陸する瞬間である。アントノフ2型の複葉機ではあるが、低空飛行での安定性は高く、またGPS装置も積まれている。したがって、正確に散布地域を特定できる。半固定砂丘上空から、徐々に流動砂丘上空に移動しながら、90haに空中散布した。飛行機が頭上を通過



図22 ソムレ浸漬種子の積込。

Fig. 22 Loading SOMRE treated seeds.



図23 空中散布のため離陸。

Fig. 23 Taking off for aerial dispersion.

するときには、下で見守る著者らは、小雨のように降ってくる種を浴びた。対照区は270haで、飛行機は一日かけて散布のため飛び回っていた。この結果は、2014年に調査することになっている。

この実験も、またまた一発勝負で実施せざるを得なかった。ソムレ液を作るために必要な大量のお湯を沸かす容器も無く、何とか工夫したが(図24)、望みの1.0ppm濃度になったのか? 液で濡れたままの種子では空中散布できないとの理由から、ざるでろ取した後(図25)、広場のコンクリート面上に広げて、暑い日中、長い間約45°C程で乾かしたこと(図26)、容器不足により、十分に浸せなかった種子が多量あること、そのまま一晩放置して翌日散布したこと、粘土団子にしなかったこと、などなど、次回に向けて多くの検討課題が明らかになった。たとえ今回の試みが失敗であったとしても、繰り返し実行することにより、必ず緑化に成功すると信じている。



図24 ソムレ結晶を熱湯に溶かす。  
Fig. 24 Dissolving SOMRE crystals to heated water.



図25 種子をろ取。  
Fig. 25 Filtration of seeds.



図26 浸漬種子の乾燥。  
Fig. 26 Drying of the soaked seeds.

雑草で、1年ごとに砂漠表面を覆い、その間に花棒、沙拐棗などの灌木の成長を待つ方法が良い、と著者は主張しているが、1年草であるという理由から、中国側では取り合ってくれない。ソムレ技術を砂漠自生の雑草に是非試してみたい。

#### VIII. 漢方薬用生薬の育成実験（染井, 2013）

日本の漢方生薬の原料は主として中国から輸入し、中国依存度は生薬の種類によるが80~100%である。中国政府は薬草の乱獲、生産地の砂漠化を防ぐため、資源植物の保護のため、生薬の輸出制限を始めている。強化される輸出制限は、漢方大国日本の生薬調達を直撃しつつある。日本で、いや望む国ならどこに於いても、漢方生薬の生産を可能とする技術の開発が待たれている。

ソムレはこの問題の解決策になると信じ、医薬のみならず化粧品や医薬部外品、ドリンク、菓子などにも配合され、日常生活に欠かせない生薬である甘草の育成試験をゴビ砂漠（アラ善盟）で実施した。苗木の根をソムレ1号（1.0ppm）水溶液および水（対照）に1時間浸漬し（図27）、砂地に溝を掘って（図28）植え付け、自然条件下に放置した。1年3ヶ月後、ソムレ群はほぼ全ての苗木が順調に育っていたが、対照群はまばらだった。2010年6月19日（2年1ヶ月後）、顕著な成長差が見られ、それぞれ一部を掘り出し根を観察した。図29から明らかなように、対照根の直径は0.8cm、ソムレ処理根の直径は1.2cmであり、ソ



図27 甘草苗の浸漬（左：ソムレ液、右：対照（水））。  
Fig. 27 Soaking nursery plant of Glycyrrhiza (left: SOMRE, right, control (water)).



図28 植付溝の作成.

Fig. 28 Making ditch for nursery plant.



図30 甘草種子の前処理 (上: 未処理種子, 左下: カッターで一部切除した種子, 右下: 切除された種皮).

Fig. 30 Preprocessing of Glycyrrhiza seeds (top: seeds, bottom left: seed's coats are partly removed by a cutter, bottom right: removed seed coat).



図29 甘草の根の比較 (左: 対照 (直径0.8cm), 右: ソムレ (直径 1.2cm)).

Fig. 29 Comparison of Glycyrrhiza root (left: control, right: SOMRE).

ムレ処理により太く長く成長していた。引き続き成長を見守っている。

次に、特定非営利活動法人モンゴル甘草の会より戴いた甘草種子を用いて、難しいとされる発根試験を試みた。前処理として、硬い種子の種皮の一部を、カッターで切除 (図30) またはヤスリで擦過傷をつけた種子を作成した。その内の5種子ずつを、種々の濃度のソムレ液、水 (対照) に2時間浸漬した後、苗床に撒いて13日間育て、掘り出して根長を比較した。

上段がカッター切除、下段がヤスリでの擦過傷種子から育った苗である (図31)。明らかにカッター切除法が良い結果を与えている。また発根率は、対照が60% (上段左端)、ソムレ0.01ppmが100%であり (上段中央)、平均根長に関しては、対照を100%とするとソムレ0.01ppmで186%であった。かくしてソムレ

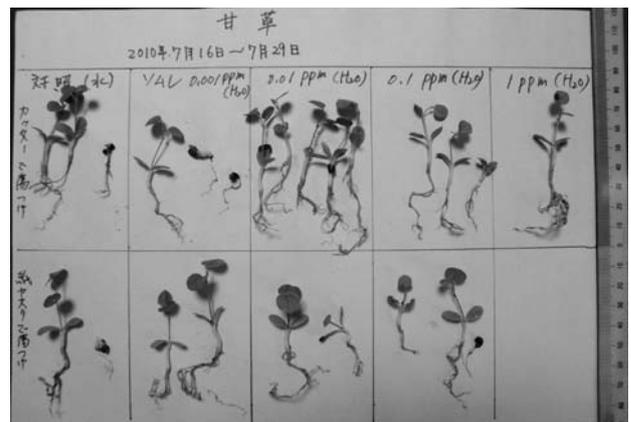


図31 発根した甘草苗 (上段: カッターで一部種皮を切除した種子からの苗, 下段: ヤスリで傷つけた種子からの苗, 左端: 対照, 中央左: 0.001ppm, 中央: 0.01ppm, 中央右: 0.1ppm, 右端: 1.0ppm).

Fig. 31 Glycyrrhiza seedlings from seeds (top five groups: from coat removed seeds with a cutter, bottom four groups: from the injured seeds with a file, left-side end: control, center left: 0.001 ppm, center: 0.01 ppm, center right: 0.1 ppm, right-side end: 1.0 ppm).

は、甘草の種子発根率を高める上に、根長も伸ばさせることがわかった。

ソムレは他の生薬例えば、イノコヅチ、トウキ、ミシマサイコ、シナレンギョウ、ジギタリス、肉蓯蓉に対しても、成長促進効果を示した。ソムレが、漢方薬生薬の増産に貢献できる可能性を示せた。ソムレで大きく成長した生薬に含まれる有効成分量が、対照のそれと比較して増量しているか否かは、今後の重要検討課題である。

## IX. その他の国への展開を夢見て（染井, 2013）

### 1) インド, ロシア

インドへの展開も試みている。ソムレ1号は、インド野菜との相性も良く、インドの農家が予備実験として試みた7種類全ての野菜、作物等で、対照よりも根長を著しく成長させ、収穫量も向上させた。バナナとパイナップルでも増収効果が認められた。

これらの結果に基づき、再現性の確認と農家が実際に実施する標準法を確立するために、2013年現在インドでの大学、公的機関、多くの農家の協力を得て、ソムレプロジェクトが研究室および耕作地で並行して進行している。

収穫まで検討したものは、イネ、Bottle Gourd（ユウガオの一種）、Maharani 36" Long（ササゲ、豆）であるが、いずれも対照より良い結果を与えている。イネは再実験の結果を待っているところであるが、Bottle GourdとMaharani 36" Longの果実を（図32）に示す。左側が対照で、右側がソムレ処理の結果で、ササゲが細長い紐状、ユウガオが太い円筒型の果実である。対照を100%として、ソムレ処理ササゲ、ユウガオ、それぞれの平均長は180%、176%であり、平均重量は、330%、174%と増収が認められた。関係者の努力が実って、貧しいインドの食糧事情の改善まで進展させて、多くの人々を救えることを願っている。

一方、ニームは古代インドの「アーユルヴェーダ」において、重要なハーブとして知られている。人間

の病気を治し、抵抗力を持つ体を作るとして、傷口に塗る、お茶として飲む、など日常生活で様々に使われている。さらに、益虫にも人畜にも無害な上に環境汚染を発生させないで、害虫を寄せ付けないことから、有機農業や無農薬やオーガニック栽培にも利用され、注目されるようになっている。

ニームにソムレを試してみた。ポット苗を買い、一般法に従いソムレ1.0ppm水溶液と水に1時間浸した後、畑に植えた。図33は、植付後約2週間後の育成状況である。対照と比較しソムレの効果が表れ始めている。時間の経過と共にその差はますます開き、2ヶ月後、ソムレ処理の方は大きな木に成長した（図34）。この木も寒さには弱く、著者の庭で低温かつ雪



図33 ニーム苗植付2週間後（左：ソムレ、右：対照）。

Fig. 33 Growing Neem 2 weeks after planting (left: SOMRE, right: control).

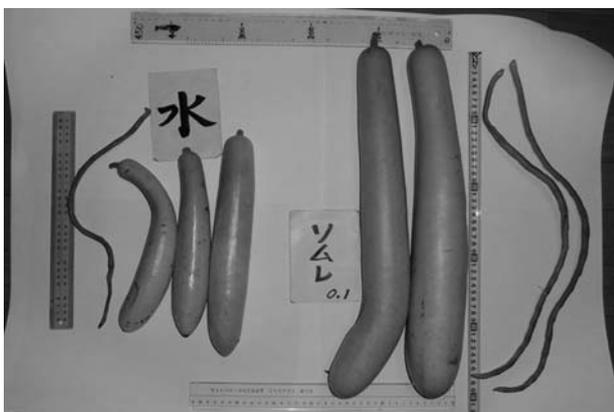


図32 インド野菜の収穫（左：豆とユウガオ（対照）、右：ユウガオと豆（SOMRE））。

Fig. 32 Indian vegetables, Maharani 36" Long (bean) and Bottle Gourd (long melon) (left group, bean and bottle gourd: control, right group, bottle gourd and bean (SOMRE)).



図34 ニーム苗植付2ヶ月後（左：ソムレ、右：対照）。

Fig. 34 Growing Neem, 8 weeks after planting (left: SOMRE, right: control).

の洗礼を受け、冬は越せなかったが、ソムレがインドでのニーム栽培に大きな貢献をするであろうと期待される。

この間、ロシアの植物研究所からは、枯れかかったランが、ソムレ1号により復活したという報告が届いている。

## 2) アフリカ展開の可能性を探る (染井, 2013)

アフリカの食料問題は深刻である。この食料事情を救う可能性を求めて、マラウイ、ナイジェリア大使館を訪問し、それぞれの大使 (図35)、参事官にソムレの可能性についてお聞きいただいた。両国にとって、さらにアフリカにとって、ソムレが必要だという共通認識を持って戴いた。アフリカの人々に、ササゲ (豆) やヤマイモ、ネリカ米等を安定して生産・供給するためにソムレは貢献できると信じ、現地での試験を近い将来、実現したいと考えている。



図35 マラウイ大使と共に。

Fig. 35 With a Malawian ambassador.

## 3) 日本での努力

2011年3月11日、東北地方を襲った未曾有の大地震と津波の被害は悲惨であった。海水を被り、灌漑施設が壊れ、農家の方たちの宝物である農地が使い物にならなくなった。著者もいち早く、関連するあるJAに出かけ、ソムレについて説明し試すことを提案したが、採用されなかった。一方、農林水産省関連の独立行政法人、財団法人やJICAも訪ねたが、提示される難題に、著者個人では応えることができない。

## X. ソムレは過酷な条件でより有効に働く

以上紹介してきたように、ソムレ1号は、多くの植物に対して、種子の発根・発芽率を向上させる。さらに、根の成長を促進し、太く長い根を形成するので、各植物個体の、根 (茎) のみならず、果実の収穫をも増加させる。

さらにこれまでの経験から、植物にとって成長したい過酷な条件になればなるほど、ソムレが効果を発揮することがわかった。即ち、日本のような水環境も良く、肥料も豊富にある土壌環境では、ソムレを用いても、対照よりも1.1倍~1.5倍の収穫増しか認められない。ところが、水が足りない、肥料分が無いという厳しい環境になると、その差は歴然、1.8倍~3.0倍の増収にもなってくる。根がしっかりと張り、育つので、生きるために必要な、水や栄養分やミネラル分を地中から吸収する根の役割、機能の能力差が大きく効いてくるためと推測している。さらにPhytoalexinの生産も促進される。その結果として、砂漠や不毛の地などで、成長の差に加えて虫害の違いがはっきりと表れることになる。

また、大根に例をとると、赤丸二十日大根の場合、根長は対照100%; ソムレ1.0ppm処理98%; 0.1ppm処理86%と対照の方が良い (発根率は全て100%)。ところが、成長により時間のかかる極早生ミニ30日大根になると、発根率、根長はそれぞれ、対照90%, 100%; ソムレ1.0ppm処理100%, 262%; 0.1ppm処理100%, 171%であり、ソムレの効果が出てくる。源助大根での、発根率、根長はそれぞれ、対照100%, 100%; ソムレ1.0ppm処理90%, 112%; 0.1ppm処理100%, 115%であった。さらに日数のかかる青首宮重大根の場合、根長はそれぞれ、対照100%; ソムレ1.0ppm処理107%; 0.1ppm処理178%; 0.01ppm処理204%; 0.001ppm処理145%であった。

これらの事実から、短い期間で育つ植物では、根が張りその効果が出る前に収穫に至ってしまうため、ソムレの効果が出にくいことがわかった (染井, 2013)。

## XI. 根長促進のメカニズムは?

1~0.001ppmという薄い濃度の水溶液に数時間浸漬するだけでは、根や種子内に吸収されるソムレ1

号の絶対量はかなり少ないと予想される。ひとつの細胞あたり何分子というレベルで効果を発現しているのかもしれない。早くからこの根の成長メカニズムを知りたく、全ゲノム解析が終了し格好の研究材料となっているシロイヌナズナを用いた実験を、金沢大学遺伝子実験施設に依頼した。

しかしシロイヌナズナに対して、ソムレ1号は、成長促進効果を示さなかった。したがって、遺伝子レベルでの成長メカニズム解明研究は実施できなかった。同様に、ソムレ1号の1.0ppm水溶液が、増収効果を示さない作物は、現在までに検討した中では、ネギ、モロヘイヤ、サトイモである。

## Ⅷ. ソムレの将来展開可能分野と地球の葉

### 1) ソムレの将来展開

ソムレを応用できる可能性を持つ分野は広い。前述のように、砂漠の緑地化、作物や野菜の増収、漢方生薬や油生産植物の増収等に加えて、植物工場への応用、花卉類、ハーブ、香料の生産、治山治水への応用、森林や絶滅危惧植物種の再生、芝生や屋上緑化、街路樹の健全な育成や壁面緑化によるヒートアイランドの解消、挿し木や接ぎ木の成功率向上、水生植物の繁茂育成と海洋汚染水の浄化、将来宇宙船内での新鮮な野菜の育成、等多種多様な応用・展開等を期待でき、今後さらに検討していく予定である。

### 2) メタンによる温暖化の警告と地球の葉「ソムレ」

世界中の砂漠が拡大し続けている。以前には、地下水として存在した水が大規模な乾燥地の灌漑により蒸発し、雲となって移動し、雨となって海に降る。氷河や万年雪だった水が温暖化により溶解して海にそそぎ、ついに海水面が高くなり始めた。加わった余分な水を、地球上全ての砂漠を緑化して、砂漠に雨として返し、地下水として返さなければ、黄砂や世界各国で起こっている異常気象や地球温暖化を止めることはできない。

恐ろしいことは、海水温上昇により、深海に存在するメタンハイドレートが壊れて、或いはシベリアの凍土が溶けて、二酸化炭素よりも温暖化効果の高いメタンが大気中に放出され続けていることである。極めて薄い濃度で存在するメタンを、大気中から吸

収し集め、有用な物質に変換できる生物はいないし、そのような技術を人類は持ち合わせていない。

これに反し、二酸化炭素の場合には、大気中に薄い濃度で存在していても、植物は吸収・利用でき、糖や有用物質として固定できる。したがって二酸化炭素が温暖化の主原因である間に、植物の力を借りて地球温暖化を止めないと、取返しのつかないことになるかと警告したい。しかし残された時間は少ない。

ソムレは、食料増産、森林再生および砂漠緑化を実現するための、具体的かつ実施可能な技術の一つである。ソムレ技術は、作物の収穫量を少なくとも10%は向上させる。それだけでも、世界の食料不足の状況は好転する。世界経済にも好影響を与える。衣食住を提供し何よりも酸素を供給してくれる植物を繁茂させ、緑の地球環境の再生に役立つ。

地球上全ての国の人達が連帯して、簡単な技術であるソムレを、「地球の葉」として世界各国で採用して、地表面を緑の植物で覆い尽くすよう、緑の地球の復活に向けた行動を、今すぐに開始することを望んでいる。

謝辞：禿 泰雄，石田洋二，八神徳彦，三本木一夫，大西佳二，粟野亮二，Dr. S. Mishra，山口和男の各氏，「世界の砂漠を緑で包む会」，「黄河文化経済促進会」を始め，多くの方々，著者の研究室の学生，職員等の協力が無かったならば，上記の成果を得ることができなかった。ここに記し，深甚の謝意を表します。

## 文 献

石田洋二，八神徳彦，染井正徳，2010：クロマトに対する SOMRE化合物の適用試験，石川県林業試験場研究報告，**42**，29-33.

Kögl, F. and Haagen-Smit, A. J., 1931: Über die Chemie des Wuchsstoffs. *Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam*, **34**, 1411.

Somei, M., Kizu, K., Kunimoto, M. and Yamada, F., 1985: Syntheses of 3-indoleacetic acid and 3-indoleacetonitrile having a halogeno group and a carbon functional group at the 4-position. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, **33**, 3696-3708.

Somei, M., Sayama, S., Naka, K., Shinmoto, K. and Yamada, F.,

- 2007: Creation of new promoters for plant's root growth: its application for the syntheses of vulcanine and borrelina, and for combating desertification at Gobi Desert in Inner Mongolia. *Heterocycles*, **73**, 537-554.
- 染井正徳, 2008a: 想像と創造: 1-ヒドロキシインドール化学と夢への挑戦. 薬学雑誌, **128**, 527-563.
- 染井正徳, 2008b: 黄砂を防ぎ, 地球温暖化を止める砂漠の緑地化への挑戦. 広領域教育, **70**, 4-11.
- Somei, M., 2008c: Synthetic philosophy: a study directed toward creation of an ideal synthetic method and its application for preventing global warming by combating desertification. *Heterocycles*, **75**, 1021-1053.
- Somei, M., 2011: Indole chemistry for combating yellow sand and desertification directed towards stopping global warming. *Heterocycles*, **82**, 1007-1027.
- Somei, M., Shigenobu, K. and Tanaka, Y., 2011: Receptor blocker and vasodilator comprising indole derivative as active ingredient. *US Patent* **7**, 872,040 B2.
- 染井正徳, 未公表: ソムレ研究成果まとめ. 資料, 80p.
- Suzuki, N., Somei, M., Kitamura, K., Reiter, R. J., and Hattori, A., 2008a: Novel bromomelatonin derivatives suppress osteoclastic activity and increase osteoblastic activity: implications for the treatment of bone diseases. *Journal of Pineal Research*, **44**, 326-334.
- Suzuki, N., Somei, M., Seki, A., Reiter, R. J. and Hattori, A., 2008b: Novel bromomelatonin derivatives as potentially effective drugs to treat bone diseases. *Journal of Pineal Research*, **45**, 229-234.
- 鈴木信雄, 染井正徳, 他47名, 2012: 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究: 新規メラトニン誘導体のウロコおよび骨疾患ラットの骨代謝に対する作用. *Space Utiliz. Res.*, **28**, 165-168.
- Yamada, K., Tanaka, Y., and Somei, M., 2009: Synthesis of Nb-acyltryptamines and their 1-hydroxytryptamine derivatives as new  $\alpha$ 2-blockers. *Heterocycles*, **79**, 635-645.
- 高場治子, 2005: 世界の砂漠を潤いの大地に, 魔法の薬が緑化を後押し. 金沢大学社会貢献室, 地域とともに, **3**, 16-18.
- Went, F. W., 1926: On growth-accelerating substances in the coleoptile of *Avena sativa*. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Amsterdam*, **30**, 10-19.

# 日本海域研究投稿規定（2009年7月16日施行）

（2013年4月9日改定）

## 総 則

### 1. 原稿内容

投稿原稿は一般公開刊行物に未公開のもので、その内容は日本海および日本海周辺地域（以下「日本海域」）の自然、人文、社会科学研究に関するものとする。

### 2. 投稿資格

金沢大学教職員、環日本海域環境研究センター外来研究員、同連携研究員、同博士研究員を原則とする。複数の著者による投稿の場合には、著者のうち少なくとも一人がこれらのいずれかに該当すること。ただし、編集委員会がその内容を適当と認めた場合にはこれ以外の投稿も受け付ける。

### 3. 掲載の決定

編集委員会は、委員会が指名した査読者の査読結果にもとづいて投稿原稿の掲載の可否を決定する。

### 4. 著作権

掲載された論文などの著作権は金沢大学環日本海域環境研究センターが所有する。

投稿された原稿はすべて以下のいずれかに類別される。著者は投稿時、所定書式の「原稿送り状」に原稿の種類を明記する。編集委員会で内容を検討し種類を変更する場合もある。

(1) 論文：日本海域における独自の研究成果をまとめたもの。

(2) 総説：日本海域に関する研究成果を分析・検討し、研究史や研究の現状、将来の展望などについてまとめたもの。

(3) 短報（要約・抄訳を含む）

(A) 論文の内容となりうる情報を含む調査研究成果の速報。

(B) 総説の内容となりうる情報を含む研究動向・研究展望の紹介や報告。

(C) 新しい研究手法の提案など。

(4) 資料：日本海域に関係のある調査、記録、統計などにもとづいて、資料的に価値のある情報をまとめたもの。

(5) 報告：補助金による事業の結果と経過、イベントなどの報告。

(6) 翻訳：日本海域にかかる外国語論文、総説、短報などの日本語訳。

### 3. 原稿の言語

投稿原稿は原則として日本語あるいは英語とする。ただし、編集委員会が認める場合にはこれ以外の言語も受け付ける。

## 細 則

### 1. 著者が負担する費用

投稿は無料である。ただし、以下の場合には著者の負担とする。

(1) ページの超過：投稿要領で定めた原稿の上限ページを超えた場合。

(2) 特殊印刷料金：カラーページや折り込み図面など。

(3) 別途作業料金：図面の清書、電子ファイルの作成などを編集委員会に依頼した場合。

(4) 別刷り超過分の印刷料金：別刷りが1編につき25部を超えた場合。

### 2. 原稿の種類

### 4. 投稿

投稿の方法は、電子媒体による投稿のみとする。なお、1人あたりの投稿原稿数は、単著で1人2編、共著で1人3編（単著を含む）までとする。

### 5. 受付

投稿原稿には受付日が付される。ただし、原稿に不備があると判断された原稿などは著者に差し戻される。差し戻された原稿の受付日は再投稿後となる。また、再投稿が原稿受付〆切以後であった場合は次号送りとなる。

## 6. 査読

論文、総説、短報、資料、翻訳は、編集委員会が定める査読者による査読結果にもとづいて掲載の可否が編集委員会により決定される。報告は掲載の可否が編集委員会により決定される。

## 7. 入稿用原稿

編集委員会によって掲載可とされた投稿原稿は、著者が入稿用原稿（電子ファイル）を作成し、必要に応じてレイアウト見本（PDFファイル）とともに編集委員会へ完成原稿として提出する。図表・写真などは高精度の電子ファイルを提出する。

## 8. 校正

原則として編集委員会が校正を行う。

## 9. 発行後の投稿原稿の処理

原稿が印刷・発行された後は、環日本海域環境研究センターの責任で外部へ流出することがないように投稿原稿は処分される。図表・写真などで著者で返却を希望するものがあれば、投稿時の「原稿送り状」にその旨を明記する。

## 10. 別刷

1編につき25部を環日本海域環境研究センターの費用で作成するがそれを超える場合は著者負担とする。

### 11. 著作権

図表などを他の文献から転載する場合は、著者の責任において、受理までに転載許可を得なければならない。また、その場合は必ず出典を明記する。翻訳についても著者の責任において、受理までに該当論文などの著作権所有者から許可を得ることとする。

### 12. 投稿要領

細則の具体的運用法、原稿の形式および作成時の注意事項は、投稿要領に記す。

## 投 稿 要 領

### 1. 原稿送付先および投稿に関する相談窓口

住所：〒920-1192 石川県金沢市角間町  
金沢大学理工系事務部総務課総務係

環日本海域環境研究センター

「日本海域研究」編集委員会

電話：076-234-6821, FAX：076-234-6844

Email：s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp

### 2. 刷り上がり時のページ数

各種原稿は以下に示すページ数を上限とし、ページ超過時の料金は著者の負担とする。

(1) 論文、総説、資料、翻訳：16ページ

(2) 短報：8ページ

(3) 報告：4ページ

※刷り上がり時の文字数は、日本語で約2100字/ページ、英語で約4500文字（スペースを含む）/ページ（あるいは約700単語/ページ）であるので、これをもとに換算する。

### 3. 各種原稿が含むべき項目

(1) 本文：投稿原稿は原則として日本語または英語とする（細則3）。

(2) 本文以外に必要な項目

(A) 表題：日本語と英語で併記する。英題は、単語の先頭は大文字とし、冠詞（ただし表題の先頭にくる場合を除く）と接続詞は小文字とする。

(B) 著者名：日本語と英語とをフルネームで併記する。英語では、姓はすべて大文字、名は最初のみが大文字で以下は小文字とし、姓名の順で記載する（例：YAMAGUCHI Masaaki）。また、連絡著者（Author for correspondence）を必ず指定する。

(C) 所属：日本語と英語で住所とともに併記する。所属がない場合には自宅住所とする。連絡著者については電子メールアドレスと電話番号を必ず記入する。

(D) キーワード（5個程度）：日本語と英語で併記する。キーワードとキーワードの間はカンマ「,」で分ける。

(E) 要旨：本文が日本語の場合には200～300語程度の英文要旨を付ける。英文要旨は「Abstract」であり「Summary」とはしない。英語原稿の場合には、英語要旨に加えて日本語（200～600字程度）の要旨を付ける。日本語の場合は「要旨」であり「梗概」や「摘要」とはしない。

(F) 図表・写真：制限なし。

(G) キャプション：日本語原稿の場合は日本語および英語で併記する。英語原稿の場合は英語のみとする。

### 4. 原稿の提出について

(1) 提出時の基本確認事項

(A) 投稿者や1人あたりの投稿数は総則2ならびに細則4のとおりとする。

(B) 図表等を他の文献から転載する場合は細則11のとおりとする。

(C) 連名の場合、著者全員が原稿の投稿および内容を了解し、連名となった著者が投稿原稿への貢献と責任に関し必要十分な構成であることを確認する。

## (2) 投稿方法

用紙に印刷された「原稿送り状(PDFファイルでも可)」と電子ファイル(原則としてPDFファイル)を編集委員会宛に送付する。電子ファイルの送付にあたっては、

(1) 添付ファイルとして編集委員会に電子メールで提出する、(2) CD-ROMなどの電子媒体にコピーして編集委員会宛に封書で送付する、あるいは(3) 金沢大学総合メディア基盤センターの「ファイル送信サービス」などを利用する。本文、図表、写真などは、ひとつの電子ファイルにして提出する。ファイルサイズには制限を設けないが、標準的な処理能力のパーソナルコンピュータで支障なく閲覧できるサイズにしておく。これを超えるような大容量ファイルとなる場合には編集委員会に相談する(細則4)。

## 5. 原稿の書式

### (1) 原稿のサイズとフォント

原稿はA4サイズ用の紙に1ページあたり35字/行×30行を目安とし、上下左右の余白(それぞれ30mm以上)と行間とを十分にとる。フォントは日本語ではMS明朝、欧文はTimes系あるいはCenturyを原則とし、読みやすいポイント数(おおよそ11ポイント以上)とする。

### (2) 先頭ページ

投稿原稿の先頭ページには、日本語の表題、著者名、所属機関・部局名と住所をそれぞれ英文表記とともに以上の順番で記入する。連絡著者についてはこれに加えて電子メールアドレスと電話番号を記入する。改ページ後、英文要旨およびキーワードを記入する。キーワードはまず日本語で1行に収め、改行後に英語で一行に収める。

### (3) ページ番号

本文にはページ番号を必ず記入する。先頭ページならびに続く英文要旨などのページにはページ番号をふらない。

### (4) 文字方向

すべて横書きとする。

### (5) 見出し

見出しとして、ローマ数字I, II, III, IVがついた章を最上位に置く。章の下には節が置かれ、右括弧の数字1), 2), 3), 4)を付す。さらに小節1-1), 1-2), 1-3), 1-4), 小小節1-1, 1),

1-1, 2), 1-1, 3), 1-1, 4)とする。それ以下の階層ではアルファベットの小文字を用いてもよい。英語原稿の場合にはこれらはすべて半角にする。

### (6) 箇条書き

箇条書きには半角の番号を付す。たとえば, 1. 2., (1) (2), など。

### (7) 句読点

本文では句点は「。」, 読点は「, 」とする。「?」は必要に応じ句点として使用してもよい。キャプションでは句点を「. 」とする。英語原稿の場合にはピリオド「. 」とカンマ「, 」を用いる。

### (8) 日本語以外の言語および記号

日本語以外の文字の挿入は、原則としてギリシャ文字を含む西欧文字書体による表記法を用いる。ロシア語書体、中国語の簡字体やハングル語、アラビア語書体等の挿入は、技術的制約もあるため入稿までに編集委員会と協議する。

### (9) カラー文字、下線の使用

本文では黒以外の色文字は使用できない。下線は原則として使用しない。

### (10) 数式

数式は原則として改行後上下に0.5行程度の行間をとって配置し、右端に括弧付きの数式番号を付す。引用は「式(1)」などとする。 $\sigma$ ,  $\phi$ のように数式中の記号を本文中で引用する場合は、数式中的のと同じでなければならない。量を表す記号はイタリックとし、ベクトルはイタリックまたはローマンのボールドとする。下付・上付文字は原則として、変数に対応するものはイタリック、属性を示すものはローマンとする。関数記号はローマンとする。

#### (11) 脚注と文末注

本文、キャプションでの注はすべて末尾(文献リストの直前)とし、脚注は使用しない。注は番号を付けて列記し、本文中の番号と対照できるようにする。文末注に文献を記述してはならない。文献はすべて文献リストとしてまとめる。

#### (12) 文献の引用

本文中での文献の引用は以下のように記述する。

[単独著者] 日本語・英語ともに「姓(年号)」とする。同姓別人で同年号の文献がある場合には、名も記入する。

鈴木(2005)によると……

Suzuki(2003)は……

鈴木一郎(2002)に対して鈴木二郎(2002)は……

[複数著者(2名)] 日本語の場合には「姓・姓(年号)」とする。英語の場合には「and」を用いる。同

姓別人の場合は単独著者の例に準じる。

鈴木・中村 (2002) は・・・  
Suzuki and Nakamura (2002) では・・・

[複数著者 (3名以上)] 日本語の場合は筆頭著者以外は「ほか」で表す。英語の場合は「*et al.*」を用いる。

山口ほか (1996) では・・・  
Yamaguchi *et al.* (1998) によると・・・

[括弧付き引用] 単一の文献を括弧付きで引用する場合は以下のとおりとする。

・・・と報告されている (鈴木, 1992)。  
・・・とすでに明らかにされている (鈴木・山口, 2001)。  
・・・と結論づけられている (Suzuki and Yamaguchi, 2008)。  
・・・である (Suzuki *et al.*, 2009)。

[括弧付き複数引用] 複数の文献を括弧付きで引用する場合は以下のとおりとする。

・・・と結論づけられている (山口, 2000; 中村・鈴木, 2002)。※単著・複数著者にかかわらず年代順にする。  
・・・と報告されている (Suzuki and Yamaguchi, 2002; 中村, 2002)。※同年代の文献のときは著者数にかかわらず筆頭著者の姓のアルファベット順にする。  
・・・とすでに明らかにされている (山口, 1996, 1997)。※同著者の異なる年代の文献の引用は、年代のみをカンマで区切って並べる。  
・・・との報告がある (中村, 2004a, b)。※同著者の同じ年代の文献の引用は、アルファベット小文字で区別し、文献リストの年代にも対応するアルファベットを記入する。

[未公表資料の引用] 卒業論文や修士論文のような未公表論文・資料の引用はできるだけ避ける。どうしても引用が必要な場合には著者姓のあとに「未公表」を付す。

・・・との報告がある (高橋, 1998, 未公表)。  
これについて高橋 (1998, 未公表) は・・・

### (13) 文献リスト

文献リストは次の順に配列する。

和文欧文を問わず、筆頭著者の姓 (Last Name) に対応した英語式アルファベット順とする。外国人の名前で姓名の区別が明確でないものや姓名の区別がないものについては慣用的に用いられている方法をとる。同一筆頭著者が複数のときは以下の順とする。

① 単著論文は年代順。

② 2名連名の場合は、第二著者の姓のアルファベット順とそれらの年代順。

③ 3名以上連名の場合は、年代順。

※URLによる引用は、それ以外に情報にアクセスする手段のないかぎり行わない。

### (14) 文献の書き方

#### ① 日本語論文

著者名 (姓名, 複数著者の場合には「・」で分ける。著者が多数にわたる場合でも略さない), 発行年: 論文名. 掲載誌名 (原則として略さない), 巻 (号) 数 (ボールド), 最初と最後のページ。

望月勝海, 1930: 金沢付近の地史. 地質学雑誌, **37**, 278-280.

清水 徹・西川政弘・塚脇真二, 1998: 石川県金沢市卯辰山～上涌波地域の地質—とくに下部更新統大桑層の岩相層序について—. 金沢大学日本海域研究所報告, **29**, 91-114.

#### ② 日本語単行本

著者名 (姓名, 複数著者の場合には「・」で分ける。著者が多数にわたる場合でも原則として略さない), 発行年: 単行本名. 出版社名, 発行地, 総ページ数。

藤山家徳・浜田隆士・山際延夫, 1982: 学生版日本古生物図鑑. 北隆館, 東京, 574p.

#### ③ 欧文論文

著者名 (苗字, イニシャル. 2名の場合は「and」で分ける。3名以上の場合は「,」で分けるが、最後の著者の直前のみは「and」で分ける。著者が多数にわたる場合でも原則として略さない。著者が複数でかつ同姓を含むときは名も書く), 発行年: 論文名. 掲載誌名 (イタリック, 常識的な簡略化 (たとえば "Journal" を "J." など) は可), 巻 (号) 数 (ボールド), 最初と最後のページ。

Hasegawa, S., 1979: Foraminifera of the Himi Group, Hokuriku Province, central Japan. *J. Geography*, **49**, 89-163.

Kaseno, Y. and Matsuura, N., 1965: Pliocene shells from the Omma Formation around Kanazawa City, Japan. *Sci. Rep., Kanazawa Univ.*, **10**, 27-62.

Yoshioka, T., Ly, V., Maeda, T. and Tomii, Y., 2000: Geology of Kakuma area, Kanazawa City, central Japan. *Geological Magazine*, **25**, 49-62.

#### ④ 欧文単行本

著者名 (欧文論文の場合に準じる), 発行年: 単行本名 (イタリック). 出版社名, 発行地, 総ページ数。

Ager, D. V., 1980: *The Geology of Europe*. McGraw-Hill Book Co., Maidenhead, 535p.

Closs, H., Roeder, D. and Schmidt, K., 1978: *Geologic History and Palaeogeography of Eastern Europe during Alpine Geosynclinal Evolution*. Editions Technip Co., Paris,

164p.

⑤ 未公表論文・資料（日本語・欧文とも）

著者名，年，未公表：論文・資料名．論文・資料の種類・区分等，総ページ数．

清水 智，1983，未公表：K-Ar年代測定結果からみた中部日本における鮮新—更新世の火山活動史．金沢大学理学部地学科修士論文，64p.

なお，巻号のある雑誌（たとえば”第6巻第2号”など）で巻ごとに通しページのある場合は号数を省略する。号数のみのものは巻数に準ずる。巻号のある雑誌で号ごとにのみ通しページのある場合は巻番号のあとに号番号を括弧付きで記述する。

地学雑誌，第64巻第2号，331-364（巻ごと通しページ）→地学雑誌，**64**，331-364

土木学会誌，第25巻第4号，21-25（号ごと通しページ）→土木学会誌，**25**（4），21-24

（15）付録

本文の流れをさまたげる可能性のあるもの，たとえば，用いたデータの詳細，分析法・解析手法の詳細，数式の導出，調査地点の説明，などは付録として本文のあと（文献リストの直後）に置くことができる。

（16）図表・写真

電子ファイルとして作成し，図表中の文字，記号，模様などは印刷時のサイズで明瞭に読めるものとする。まぎらわしい色や形を避ける。とくに印刷時にグレースケールあるいは白黒印刷となるものは判別可能となるように配慮する。写真は図として扱うが，本文の最後（文献リストあるいは付録の直後）に図版としてまとめてよい。

（17）図表挿入位置

本文の左右いずれかの余白あるいは本文中に図表の挿入位置と希望する縮小率を指定する。

（18）図表・付録の引用

図は「図1」，「図2」のように順に番号を付す。順番は本文中に引用される順とする。写真も図として扱うため「写真1」などとはしない。表も順に番号を付し「表1」，「表2」のように記述する。図版写真の引用は図版番号に合わせ「図版1-写真1」，「図版1-写真2」と記述する。付録は「付録1」，「付録2」と記述する。英語論文の場合には，これらはそれぞれ「Figure 1」，「Table 1」，「Plate 1 - Photo 1」，「Appendix 1」となる。なお，「Figure」については文頭にこない場合に限って「Fig.」と略することができる。

（19）図表のキャプション

番号順に別紙にまとめ，日本語・英語を併記する。ただし，英語原稿の場合は英語のみとする。

（20）原稿の順番

① 表題，著者名，所属機関・部局

② 英文要旨，キーワード（英語原稿の場合はこれに加えて日本語要旨）

③ 本文（文末注，文献リスト，付録を含む）

④ 図表のキャプション

⑤ 表

⑥ 図および図版

5-2. 英語の原稿

英語の原稿の書き方は上にとくに断りがない場合は日本語原稿の規定に準ずる。英語として完成されたものであること。

6. 受付

投稿原稿には受付日が付される。ただし，原稿に不備があるもの，日本海域研究の発刊目的に整合しない内容の原稿，完成度が低く査読不可能と判断された原稿などは著者に差し戻される。差し戻された原稿の受付日は再投稿後となる。再投稿が原稿受付後以後であった場合は次号送りとなる。（細則5）

7. 原稿の査読とその修正

論文，総説，短報，資料，翻訳は，編集委員会が定める査読者による査読結果にもとづき掲載の可否が編集委員会により決定される。報告は掲載の可否が編集委員会により決定される。投稿原稿は査読終了後修正を求められることがある。査読意見に対する反論がある場合は原稿とは別の用紙に記載し，編集委員会に修正原稿とともに送付する（印刷物あるいは電子的方法による）。修正にあたっては，修正原稿内あるいは別紙で修正箇所を明示する。

8. 受理と入稿

原稿受理後は著者側で速やかに入稿用原稿（電子ファイル）を準備する。原稿のテキスト部分とイメージ部分は以下のように作成する。

（1）テキスト部分（表題，著者・所属，キーワード，要旨，本文，キャプション，文献，付録，など）

編集委員会が指定する書式に従って，Microsoft-Wordで入稿用ファイルを作成する。これら以外のソフトウェアを使用する場合あるいはテキストファイルで入稿する場合には編集委員会と協議する。表はMicrosoft-Excelで作成し，Microsoft Wordに貼り込まない。ファイルは電子メールあるいはCD-ROMなどにコピーして編集委員会に提出する。論文，総説，短報，資料では，これとともに著者が希望する刷り上がりレイアウトを印刷物

あるいはPDFファイル形式で提出することが望ましい。

(2) イメージ部分 (図, 写真, 図版, 複雑な表など)

イメージ部分は, ポストスクリプト形式 (.eps, .ps), アドビ・イラストレーター形式 (.ai), TIF形式 (.tif, .tiff), PDF形式 (.pdf), JPEG形式 (.jpg, .jpeg) のファイル形式でテキスト部分とは別に提出する。イメージ部分はイメージごとに個々のファイルとすることが望ましい。Microsoft Powerpoint形式のファイルは認めない。図・写真をスキャナーで電子化する場合は600dpi以上の解像度とし, 白黒の鮮明な線画はTIF形式ファイルが望ましい。写真は高解像度のオリジナルファイルを提出する。

## 「日本海域研究」第45号

### 編集委員会

(2013年4月1日～2014年3月31日)

委員長 早川和一 (環日本海域環境研究センター長)

編集主幹 塚脇真二 (環日本海域環境研究センター)

小林信介 (人間社会研究域経済学経営学系)

古内正美 (理工研究域環境デザイン学系)

鏡味治也 (人間社会研究域人間科学系)

加藤和夫 (人間社会研究域歴史言語文化学系)

関口俊男 (環日本海域環境研究センター)

鈴木信雄 (環日本海域環境研究センター)

### *Japan Sea Research* vol. 45

#### Editorial Board

(1 April 2013 to 31 March 2014)

Editor in Chief: Kazuichi HAYAKAWA

Managing Editor: Shinji TSUKAWAKI

Editors: Shinsuke KOBAYASHI

Masami FURUUCHI

Haruya KAGAMI

Kazuo KATO

Toshio SEKIGUCHI

Nobuo SUZUKI

発行所 金沢大学 環日本海域環境研究センター

〒920-1192 石川県金沢市角間町

TEL (076) 234-6821

FAX (076) 234-6844

印刷 平成26年3月14日

発行 平成26年3月19日

印刷所 前田印刷株式会社

TEL (076) 274-2225

FAX (076) 274-5223