

平成22～23年度 岩手大学地域課題研究支援事業

2010 - 2011  
地域課題研究

2013年 3月

岩手大学学術推進本部

## 地域課題研究支援事業報告書（2010～2011）の編纂にあたって

平成 22 年度からスタートした岩手大学地域課題研究支援事業は、当初の 2 年タイプに、平成 23 年度スタートの 1 年タイプを加えた、計 8 件の研究が平成 23 年度末をもって終了しました。現在は、平成 24 年度スタートの研究が進行しています。今回、終了した課題について、ここに報告書としてまとめ、構成員にその成果を紹介することにしました。

本支援経費は、産業、学術文化、教育等に係わる地域課題研究や特色のある研究に積極的に取り組み、成果の社会還元を進めるとともに、本学の教育研究活動のさらなる発展に寄与し、“岩手大学ブランド”の創出に繋がる研究を推進するために創設された、学内競争的資金です。尚、本支援経費による成果が社会に還元されるとともに、第 2 期中期目標期間評価において、S レベルの以上の評価に繋がることを期待してのものでもあります。

支援対象としては、①これまでに研究実績を有する個人または研究グループ、②ここ数年のうちに成果が期待される個人または研究グループであり、支援分野としては、地域を対象としたグリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションの推進に幅広く寄与する課題や“岩手大学ブランド”の創出に繋がる研究分野です。分野の具体的例示としては、①教育・福祉・防災に関する地域ネットワーク、②地域文化・民族分野、③地域および現代の教育的諸課題分野、④地域資源を活用した 6 次産業の推進による地域活性化の分野、⑤金型・鋳造・複合デバイス・機能材料分野、⑥動物・獣医学、食の安全・安心の分野を挙げています。

支援総額は、2,000 万円であり、1 課題当たりの上限を 200 万円と 400 万円の 2 タイプ、研究期間は、1 年と 2 年の 2 タイプとなっています。限られた経費ではありましたが、支援経費本来の目的に則した研究成果が得られたものと考えています。

本報告書をご参照いただき、構成員の皆さんの今後の研究や本経費への応募についての参考にしていただければ幸いです。

平成 25 年 3 月  
理事（研究・環境担当）・副学長  
小川 智

# 目 次

## は し が き

### I 平成22年度採択課題

平泉をテーマとした国際交流展 (芸術文化を基軸とした国際展覧会開催に関わる調査・運営の仕組み研究)	
教育学部 教授 藁谷 収	1
岩手県産材を用いた伝統的な‘接ぎ手’技術の可視化による組み木の開発	
教育学部 教授 田中 隆充	13
有機電子デバイスの界面ナノ空間制御技術の確立による岩手大学ブランドの創出	
工学部 教授 小川 智	19
革新的高精度精密鑄造技術の研究開発	
工学部 教授 平塚 貞人	33
パルス電気を用いた真菌の活性制御による農業生産性および食品機能性向上	
工学部 教授 高木 浩一	37

### II 平成23年度採択課題

白金族金属とレア・アースのリサイクルに関する岩大プロセスの開発	
工学部 教授 山口 勉功	45
東日本大震災における地震・津波による岩手県の被害の全容解明に関する調査	
工学部 准教授 越谷 信	55
地元企業の活性化を目的としたモチ性ヒエの商品開発及びその視覚的表現化	
農学部 准教授 佐川 了	95

## I 平成22年度採択課題



## 地域課題研究成果報告書

平成24年10月26日

### 研究課題

平泉をテーマとした国際交流展

(芸術文化を基軸とした国際展覧会開催に関わる調査・運営の仕組み研究)

### 研究代表者

藁谷 収

### 研究成果の概要

平泉の世界遺産登録に併せて、平泉と水沢において平泉のPR情報発信を岩手県が中心となって行った記念イベントの一環として実施、紹介することが出来た。特に水沢会場においては、公民館まつりの企画展として地域の方々に本物の作品を鑑賞して頂く機会となった。公民館が地区センターと組織変換なる節目としての記念的な役割を果たせた。東日本大震災に伴う鎮魂というテーマも新たに加え、今回は沿岸地域での開催は会場等の課題もあり見送ったが、今後の取組のテーマともなった。平泉をテーマに、毎年開催により商業・観光分野においても、効果がでるような取組を商工サイドから要望されており、交流展での作品が地域の文化芸術景観の一助とする展開も期待されている。

### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	2,000,000円
23年度	2,800,000円
計	4,800,000円

### ◇キーワード (5つ程度)

世界遺産平泉、国際交流、震災復興、アートでつなぐ、アーティスト・イン・レジデンス

岩手大学・平成22-23年度地域課題研究事業  
平成23年度公益財団法人岩手県文化振興基金助成事業  
平泉国際交流展「アートでつなぐ」

実行：岩手大学アートフォーラム・いわて  
協力：アートフォーラム・いわて  
実行委員会  
監修：デザイン支援 芸術文化振興デザイン事務局



# Hiraizumi International Exhibition

平泉国際交流展「アートでつなぐ」  
東日本大震災復興祈願・平泉世界遺産登録記念



Design by Yasutoshi Sugimoto

岩手大学アートフォーラム  
Iwate University



## はじめに

岩手大学アートフォーラムは、アートフォーラム・いわてと連携しながら、平成22年度より岩手大学における地域課題研究事業として「平泉をテーマとした国際交流展」のしくみ、開催のあり方等について取り組んできました。2カ年にわたる研究事業では、平成23年度に交流展を開催して運営のあり方について具体的に検討・実施し、今後に向けて検証を加えることとしています。平泉が世界遺産に登録される、登録延期されるに拘わらず、継続した平泉の情報発信が不可欠と考え取り組んできました。

3月11日の東日本大震災と原発事故により、今後の日本の先行きは本だ不明なものがありますが、平泉の世界遺産登録が決定した中、東日本の復興への想いを込め、心をつなぐ、地域をつなぐ、世界をつなぐ、「アートでつなぐ」を制作テーマとして平泉国際交流展を開催しました。平泉の過去・現在・未来を発信するとともに、被災地と一緒に地域再生につなげていきたいと考えています。

なお、作品制作はアーティスト・イン・レジデンス方式により、岩手大学キャンパスを中心に平成23年8月上旬から9月上旬まで交流・学習会なども含めて行いました。

本図録は、平成23年において開催実施しました作品制作、交流会、展覧会、そして巡回展の様子を収めたものです。

※アーティスト・イン・レジデンス(Artist-in-residence program)とは、各地の芸術家や作家を一定期間ある土地に招聘し、その土地に滞在しながら作品制作を行わせる事業のことです。

## INDEX

はじめに	01
開催概要	02-03
岩手大学	04-05
平泉国際交流展	06
岩手県	07
水戸市	08
北上市	09
招待作家作品	10-19
岩手大学作品	20-23
アートフォーラム・いわて企画作品	24-31
招待作家・企画紹介	32-36
平泉国際交流展について	36

平泉国際交流展「アートでつなぐ」  
Hiraizumi International Exhibition at Iwate University

開催概要

平泉学習会◎2011.5.31 於平泉  
県内招待作家による現地学習（泉之瀧神社・泉屋文政邸・額田王墓跡・平泉文化遺産センター）  
アーティスト・イン・レジデンスオープニング◎2011.8.6[土]  
事務局代表紹介・招待作家紹介／岩手大学教育学部北角ホール、15:30-16:30  
交流会／岩手大学内 2階7[日]／海外招待作家による平泉、被災地復興高田の視察  
作品制作期間◎2011.8-9上旬、於岩手大学教育学部・中庭  
アーティスト・イン・レジデンス方式による作品制作・交流  
岩手大学芸術展◎2011.9.10[土]-18[日]  
オープニング・大矢裕宣氏講演／9.10[土]、岩手大学学生センター01大、14:00-18:00  
作品展示・発表・交流会／於岩手大学教育学部・中庭、附属図書館アザリアギャラリー  
平泉巡回展◎2011.10.3[月]-8[日]、於平泉文化遺産センター  
盛岡巡回展◎2011.10.13[木]-18[木]、於盛岡城跡公園（岩手公園）  
水沢巡回展◎2011.11.3[木・祝]-8[日]、於水沢公民館  
北上巡回展◎2011.11.23[水・祝]-12.4[日]、於北上ツインモールプラザ  
花巻巡回展◎2012.1.24[火]-31[火]、於ホテル千代園・電報の囀（開催予定）  
＊巡回巡回、平泉巡回、水沢巡回、北上巡回、花巻巡回は公益財団法人岩手県文化振興基金助成事業として開催。

出展作家

◎招待作家  
杉山功（イタリア在住）、マテオ・ラヴォーディ（イタリア）、ジェームス・ハリス（イタリア）、  
小笠原卓雄、濱口順彦、ジェフ・マーティン（アメリカ（日本在住））、曾川昭則、中島善徳、  
杉本吉寛、山口哲人、斎藤孝  
◎参加作家（岩手大学）  
平田光彦、本村健太、岡部浩之、高谷敏  
◎参加作家・団体等  
盛岡芸術シンポジウム実行委員会メンバー、アートフォーラム・いわて会員  
高橋英雄、山内正重、長谷川、佐々木俊也、藤川健、有馬辰樹、菊地神治、菅原誠、  
伊藤美穂子

運営

主催：岩手大学アートフォーラム、アートフォーラム・いわて  
共催：盛岡市、盛岡芸術シンポジウム実行委員会、水沢公民館、水沢地区内会連綿協議会、  
さたかみデザインネットワーク、北上都心開発株式会社、花巻温泉株式会社  
後援：岩手県、平泉町、奥州市、北上市  
協賛：岩手日報社、盛岡新聞、盛岡放送、毎日新聞盛岡支局、盛岡新聞社盛岡支局、  
河北新報社盛岡支局、盛岡タイムス、NHK盛岡放送局、IBC岩手放送、テレビ岩手、  
めんこいテレビ、岩手朝日テレビ





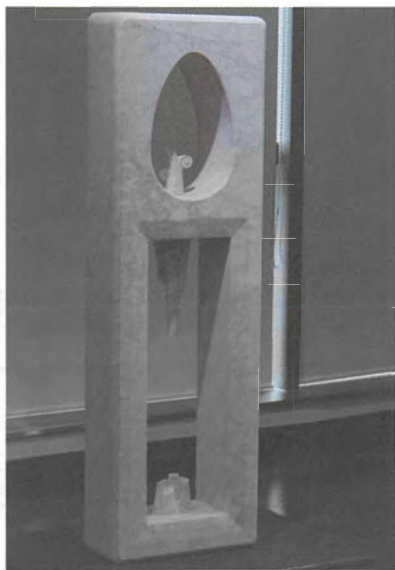




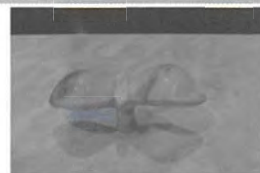
杉山 功 / 「神隠し No. 328」 大塚石



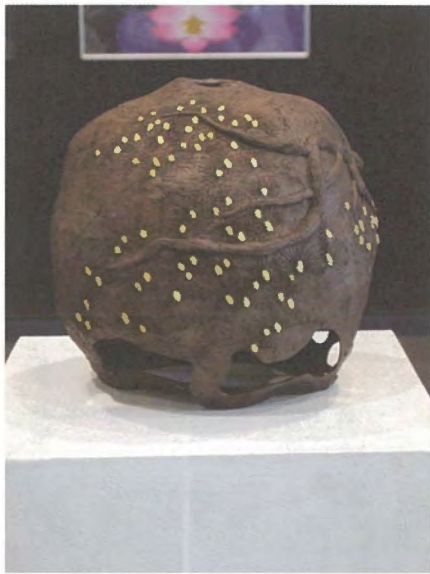
マテオ・テヴオーティ / 「ミスター ホワイト(自己複製)」 大塚石



ジェームス・ハリス / 「新世は古い懐っこと共に」 大塚石



中野 信輔 / 「鳥のかげら」 大塚石



ジェフ・マーティン／「緋白在王族跡の池での新香」 ブロンズ



菅川 恵梨／「盆」 陶器

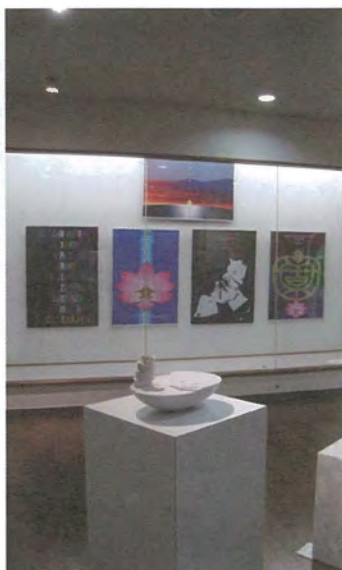


渡口 昭彦／「Spindle-shaped MIYAKO-HIRAZUMI」 細間用木材・黒材・TACホスター紙に木彫・アクリル・顔料インク



小笠原 卓雄／「表情ということ、Hによる」 フォト光沢面インクジェットプリント





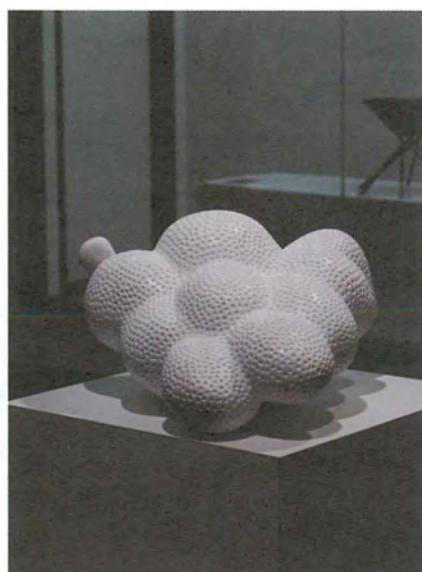
杉本 吉武 / 「平泉国際交流展公式ポスター」「平泉世界文化遺産ポスター」 B1インクジェットマット紙



斎藤 浩 / ツインパロン演奏・鹿角通交響音楽会

山口 哲人 / 「宝池のほとり」 nwm

岩手大学教員作品



高橋 政 / 「ARATANAMEGUMI」 大理石



阿部 裕之 / 「Imprint of Our Pest」 真鍮・黒・木材



● — | 本村 健太 / 「mini-mini Rove @ GANDAI」 映像



平田 光彦 / 「平泉・浄土 - 雪月花 -」「平泉・飛騨 - 万葉歌 -」「平泉・再生 - 道更歌 -」 ■

アートフォーラム会員作品



山内 正重 / 「生」 砂岩彫刻



高橋 典雄 / 「地球」 白砂岩 「THE EARTH」 黒砂岩







長内 勇 / 「カリアートイド」 木



佐々木 悦世 / 「芸術の鼓動」 灰山岩



有馬 誠樹 / 「大地の声～小さな聲へ～」 灰山岩・白瀬石



長内 勇 / 「生命の断片 No. 27」 灰山岩



菅原 綾／「Bridge」 モビール



伊藤 美雪子/「しじま」 インクジェット半光沢紙プリント

## 招待作家・講師紹介



杉山 功  
Isao Sugiyama

1954年静岡県清水市で生まれ、1977年東京造形大学彫刻科を卒業する。同年同大学研究室に進み、1983年に卒業し、同年イタリアのカララに移りカララ美術アカデミーに入塾する。1990年同アカデミー卒業後もイタリアに留まりミラノ、カララで制作活動する。主にヨーロッパ、アメリカに留まり彫刻、アートフェアを中心に作品を発表。

### ●作品のコメント

人間の想像を超えた自然と、人間の創りだした文明との関係。



マテオ・デヴオーティ  
Matteo Devoti

2000年国立カラー美術高等学校入学、2003年国立カラー美術アカデミア彫刻専攻入学、2007年国立カラー美術アカデミア卒業。  
2001年以来、伝統と現代の大量石彫の技術を学び、カラーズのDevot/30のワークショップで彫刻家として働いている。2010年日本に滞在し井上シュウイチロウの建築学の書籍の「パブリック・スペース」(日本・鹿耳門)に参加。

### ●作品のコメント

●作中のモスド  
人は自分自身に立ち向かい、明日には勝利する。



ジェームス・ハリス  
James Harris

1982年サウジアラビアのジェッダ生まれ。生後6年の時、母親とイタリアに移動し、シエナ近郊に移住。14歳で早くから長笛に、献身を示すシエナのアート・カレッジで彫刻コースを修了。21歳の時、美術アカデミーで初の展覧会を開催するカラーに魅了。大理石の彫刻と石の彫刻の伝統に魅了される。現在カララで修士課程を修了。前進アーティストの展覧会展覧会、カララにスタジオのギャラリーをオープン。

### ●作品のコメント

人は大切なものを守るという意識を持っている種です。そしてその手で作り出す物や生活している處を気遣ってきました。すなわちそこに人としてのアイデンティティーを見いだすのです。



中島 香緒里  
Kaori Nakashima

1979年江都市生まれ。2005年岩手大学教育学研究科美術専修修了。2003年第7回⑨展（以後毎年出品）、2006年第8回⑨展彫刻部・奨励賞、第30回⑨展会彫刻部2次準奨、2007年第81回⑨展・金賞推薦、第31回⑨展会彫刻部の試み展、2008年第82回⑨展・千野賞、津金賞銅賞、第32回⑨展会彫刻部の試み展、銅賞、第33回⑨展会賞。



ジェフ・マーティン  
Jeff Martin

1979年アメリカ合衆国カリフォルニア州生まれ。2004年カリフォルニア州立大学サンルイスオビスポ校美術学部卒業。日本在住。

### ●作品のコメント

平泉のFのFは財で、発掘された美しい人工産物が世界最良とし、平泉の歴史の新しいページ・タビラを刻みます。平泉の兄で特に注目したものは現在王陵跡の池です。この池は北朝の時代に作られているそうです。訪ねたときは新雪で寂びづくりが聞き始めっていた松の太い幹の側には石に気づかずに、昔から変わっていない所で、こつこつ削りたい感じの作品に入れられたかっただけです。この作品にはほとんどのクセーヤーと松の木の手が平泉が見えます。その中に、人工産物として、12月の冬の雪の白と王陵跡の池があります。

菅川 恵梨  
Eri Sugakawa

1977年宮古市生まれ。2000年岩手大学特設美術科4（金工研究）卒業。岩手工芸美術展にて会長賞・郷久賞・産業工芸賞受賞。2010年恒展興隆（曹川恵孝銅金版：焚きガラリー一雨蘭子）。現在、紫雲町在住。





## 地域課題研究成果報告書

平成24年10月26日

### 研究課題

岩手県産材を用いた伝統的な‘接ぎ手’技術の可視化による組み木の開発

### 研究代表者

田中 隆充

### 研究成果の概要

本研究は岩手県産材を用いた伝統的な‘接ぎ手’技法による岩手大学発の幼児用玩具の開発をすることを目的としている。本開発は本学教育学部附属幼稚園、久慈地方森林組合との共同開発によるものである。既往研究で収集された接ぎ手の資料を基軸に三次元CADを用いてデジタル化し、そのデータを基軸に設計を行った。そして、久慈地方森林組合においてプロトタイプ制作を行った。本研究成果は学会発表等を行い、平成24年に日本デザイン学会よりグッドプレゼンテーション賞を受賞し、且つ、平成25年3月発刊予定の大学美術教育学会誌に論文が掲載予定である（平成24年1月採択）。

### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	550,000円
23年度	1,400,000円
計	1,950,000円

### ◇キーワード（5つ程度）

玩具, 組み木, 伝統木工, 接ぎ手, プロダクトデザイン

### 1. 研究の背景

筆者は、主に産学官連携による共同研究及び受託研究を中心に2005年度から木材同士の接合に関する研究を行い、岩手県の伝統産業である岩谷堂箆笥の技術を使った現在の居住空間、ライフスタイルにどのように適合するべきかの研究を行っている。研究の中で箆笥の輸送コストを下げるために分解、組立を可能にするため、一般ユーザが容易に木材同士を接合でき部品の開発を2007年度、2008年度の科学技術振興機構・地域イノベーション創出総合支援事業・シーズ発掘試験において進めた。更に、2008年度以降、科学研究費補助金においてはアジア地域における木工家具の接合部分の基礎調査を行い、特に中国の木工家具の接合部に関する資料収集を行っている。調査過程で、日本ではあまり使われない接ぎ手があることが分かり、「接ぎ手」に着目した研究が学術的に欠けている点から基礎研究を進めている。

2009年度からは岩手大学教育学部附属幼稚園、岩手県の久慈地方森林組合との共同研究

において幼児教育における木工玩具の有用性に関する基礎研究にも着手している（平成 21 年度は地域雇用創造推進事業の一環で研究の助成を受け、平成 22 年度は、さんりく基金の助成で研究を進めている）。これは、幼児が組み立てやすい木工玩具の形状やサイズ等の基礎的なデータを収集することと、玩具で遊ぶ前後の幼児らの行動との関係を調査した。また、幾つかの制作した木工玩具を幼稚園で試験し、材質の表情を触覚や臭覚で感じ取りながら木工玩具を組み立てている観察が得られた。これは久慈地方独特の香りの強い赤松を使用したこともあるが、いわば感覚的な玩具が幼児教育に効果を与えることが幼稚園での試験で分かった。このことは、文部科学省における幼稚園教育要領の感性と表現に関する領域「表現」としてまとめられたものと合致する要素でもある。上述の背景から本研究はより、ユーザ層を広げるために前述の既往研究を基軸に岩手大学発の幼児用玩具の開発をすることを目的とする。

## 2. 研究の目的

既往研究で収集された接ぎ手の資料を基軸に三次元 CAD を用いてデジタル化し、そのデータを基軸に設計を行った。そして、接ぎ手の高さや幅等のバリエーションを ABS 樹脂による三次元プリンターで制作し、最終的には木材で実物のプロトタイプを制作することが目的である。本来、作り手以外が目にすることがない伝統的な技術を直感的に体感できる教育としての玩具は従来にはない。また、寄木細工で知られる「箱根細工」や「山中組木」等で見られる組み木を大人が「楽しむ」ためにつくられたものである。一方、本研究は、伝統的な木工細工で用いられている技術を分かり易く体感するための幼児を対象とした基礎研究と位置づけている。これらを実行するには、幼児用玩具の使い易さを比較検討する必要がある。したがって、将来的に幼稚園児や小学生を被験者として使い易さ等を確認するためにも上述のプロトタイプを制作する必要が不可欠と考えた。

## 3. 研究の方法

- 1) 国内、及びアジア地域で木材を主軸に家具、建築で使用されている接ぎ手は約 200 種類以上あり、その中から組み木としての玩具に展開出来る接ぎ手を 10 種類デジタルデータ化した（三次元 CAD・ソリッドワークス）。今後の設計開発のデジタル化の研究も踏まえ、コンピュータ上で接ぎ手同士の組み合わせ、構成を行った。本プロジェクトは平成 22 年度まで行っていた、幼稚園で使用するための接ぎ手を用いた大型の玩具（図 1）ではなく、手のひらサイズのコンパクトなものであり、前者は幼児が発散的に創造して造形するのに対し、本プロジェクトは数種類の接ぎ手のパーツを組み合わせることで立方体になる玩具であり、言わば収束的な創造力を要する。最終的には三次元 CAD で 7 つのパーツと 9 つのパーツから構成される 2 種類の玩具をデザイン・設計した。



図 1

- 2) 上述した CAD データを本学の高度試作加工センターの三次元プリンタを活用し、ABS 樹脂により制作した。2 種類の設計の内、1 つは各パーツの接続状態が悪く、設計を再度行う必要があったことと、三次元プリンタの技術的な問題でヒケ（成形収縮によって生じるゆがみ）のような変形がみられた（図 2）。よって、図 3 のデザイン案を採用した。

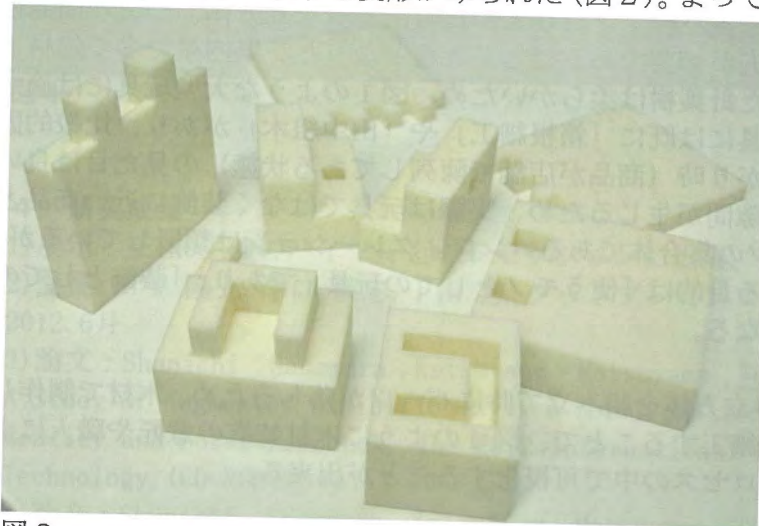


図 2



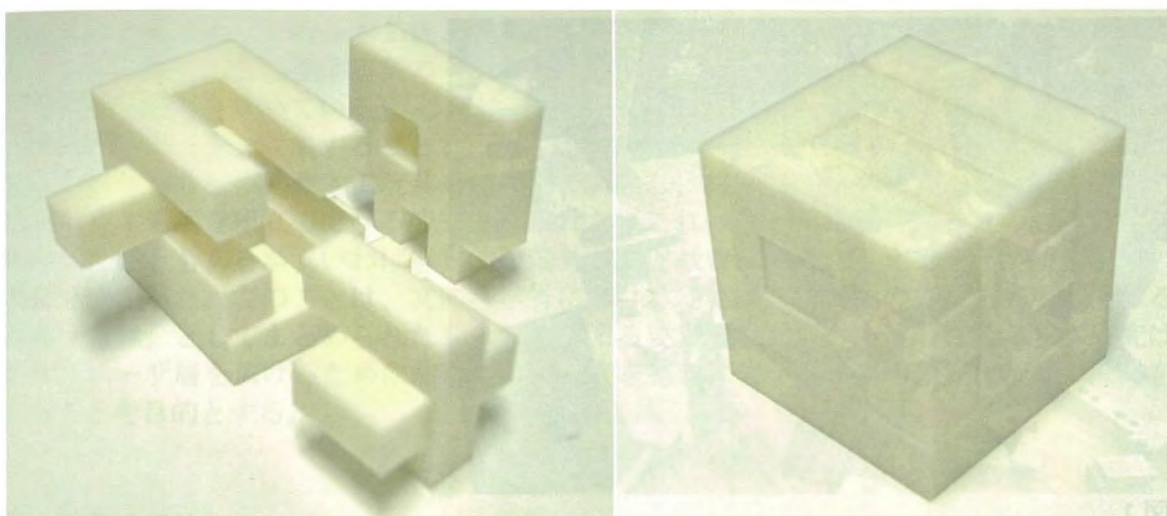


図 3

- 3) 図3のデザイン案を実際に木工玩具にするため、久慈地方森林組合と技術的な打合せを頻繁に行い、試作を3度にわたって制作した。樹脂と木材との大きな相違点は湿度等の条件によって、木材のサイズがずれる点がある。したがって、日によっては1mm以上のサイズの誤差が生じるため、各パーツを組み上げた時に綺麗な立方体、つまり商品性としての玩具にするための工夫が必要であることが課題となった。県内産で多く建材として使用する赤松、杉といった針葉樹は柔らかいため、図1のような大型玩具には適するが、今回のような小型の玩具には既に「箱根細工」や「山中組木」があり、比較的固い木材を使用してる。出来上がり時（商品が店舗で陳列してある状態）の見た目は良いが、時間と共にパーツ同士に隙間が生じるため、実際は玩具ではなく装飾に近い商品と言える。視覚的な形状やパーツの集合体であるコンフィグレーションは類似しているが、本プロジェクトで意図している目的は「使うモノとしての玩具」であり、「装飾としてのモノ」ではない点で大きく異なる。
- 4) 図3の試作では、遊び手が立方体を組み立て時にパーツが落ちるため、木材で制作した時は接ぎ手の切り込み方に細工することで、図4のように木材特有の意匠や職人による木材技術が組立てているプロセスの中で可視化することが出来る。

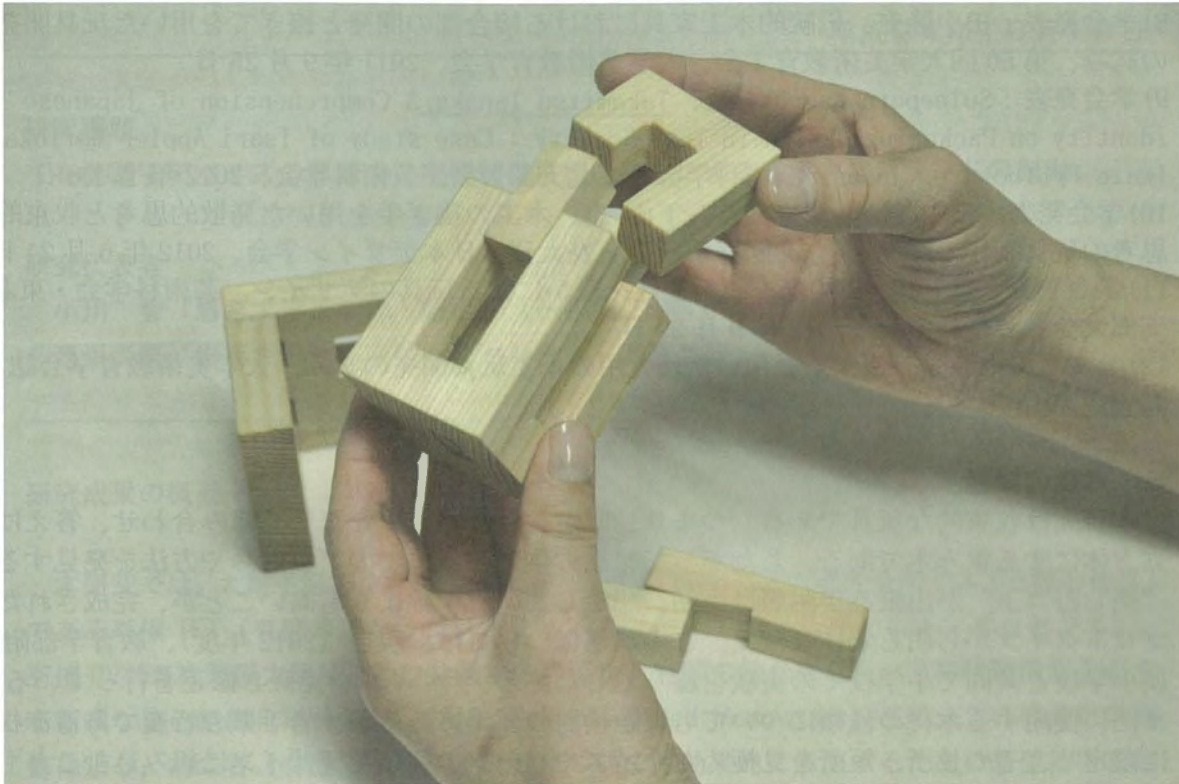


図 4

#### 4. 研究成果

- 1) 展示：JETRO主催のバイヤーとのレセプションに出展、2012.1月
- 2) 受賞：田中 隆充, 澤口 敬志, 下山 恵、グッドプレゼンテーション賞、日本デザイン学会、2012.6月
- 3) 論文：Shunichi Sasamura, Katsutsug Matsuyama, Takamitsu Tanaka, Kouichi Konno, A Study of Augmented Exhibition System for Traditional Art Crafts Using Augmented Reality and Force Feedback, The 2012 International Workshop on Advanced Image Technology, (CD-ROM 版, Total 10 Pages)
- 4) 論文：Shunichi Sasamura, Katsutsug Matsuyama, Takamitsu Tanaka, Kouichi Konno, A Study on Weight Expression of the Subject Accompanied by Augmentation, NICOGRAPH 2012, pp. 1234 - 1236, 2012
- 5) 論文：Suleeporn Kamchompoo, Takamitsu Tanaka, A Study of Thai Consumers' Perceptions of Japanese Identity through Consumer Product Packages, ISIDC 2012
- 6) 学会発表：Takamitsu Tanaka, Regional and Industrial Design (2), International Conference on Asian Perspectives, NKNU, 2011 年 1 月 18 日
- 7) 学会発表：Takamitsu Tanaka, The Role of Design after the Earthquake and how Regional Design can help Recovery, アジアンの新風貌-文化創意産業国際設計, NKNU, 2011 年 6 月 3 日



- 8)学会発表：田中隆充、伝統的木工家具における接合部の開発と接ぎてを用いた玩具開発の試み、第50回大学美術教育学会、大学美術教育学会、2011年9月25日
- 9)学会発表：Suleeporn Kamchompoo, Takamitsu Tanaka, A Comprehension of Japanese identity on Packaging Design in Thai Society : Case study of Isari Apple, Morioka, Iwate Prefecture, Japan, 芸術科学会・東北支部大会、芸術科学会、2012年1月6日
- 10)学会発表：田中 隆充, 澤口 敬志, 下山 恵、木工の接ぎ手を用いた発散的思考と収束的思考の玩具制作の試み、第59回春季研究発表大会、日本デザイン学会、2012年6月24日
- 11)学会発表：三上静、田中隆充、創造性を豊かにする玩具のデザイン、芸術科学会・東北支部大会、芸術科学会、2012年9月29日
- 12)論文：田中隆充、接ぎ手を用いた幼児用の木工玩具開発の試み、大学美術教育学会誌45号、2013年

## 5. 今後の課題

本研究は収束的な玩具である。つまり、限定されたパーツを正しく組み合わせ、答えは立方体にする組み木である。したがって、立方体にするまでのプロセスや方法を発見する“楽しむコト”が出来る年齢層は当初、想定していた年齢よりも高いことが、完成されたプロトタイプから明らかになった。この課題については、現在（2012年度）、教育学部附属小学校と共同で小学校での実験を繰り返しながら、デザインを見直し修正を行っている。また、使用する木材の種類についても課題検討の要素にあるが、岩手県の特産である赤松に限定し、その長所、短所を見極めたサイズやパーツの種類をデザインに組み込むことも重要であると考え。また、創造性に関する視点では、今後、被験者に脳波測定等を行い、心理学や脳科学の研究者と検証する必要性もある。さらに、学術的な研究での玩具と同時に製品としての玩具の可能性を探索することも地域貢献への最も大きな課題である。

## 6. 主な発表論文等

雑誌論文（計4件）  
学会発表（計6件）  
受賞（計1件）  
図書（計0件）  
産業財産権 出願状況（計0件）  
取得状況（計0件）

## 研究課題

有機電子デバイスの界面ナノ空間制御技術の確立による岩手大学ブランドの創出

## 研究代表者

小川 智「岩手大学工学部・教授」（～平成23年6月）

西川尚男「岩手大学地域連携推進センター・客員教授」（平成23年7月～）

## 研究成果の概要

本研究では、 $\pi$ 電子系有機半導体材料を用いた3種類の有機電子デバイス（三種の神器）である有機TFT（有機薄膜トランジスタ）、有機EL（有機エレクトロルミネッセンス）、有機PV（有機薄膜太陽電池）に共通する界面ナノ空間の接合問題を、電荷移動機能を有する新規な自己組織化単分子膜（SAMs: Self-assembled Monolayers）を用いての界面化学修飾により、前二者（有機TFT、有機EL）について、効果的に解決するための基盤技術確立し、三つ目の有機薄膜PVの開発へと繋げた。さらに、その成果を地域社会へ還元するため、リコー光学、伸和光機等の花巻地域の企業、および今回の成果により実現した誘致企業であるQ-Lightsに水平展開することにより、岩手大学ブランドの創出を行った。

## 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	4,000,000円
23年度	2,400,000円
計	6,400,000円

## ◇キーワード

有機薄膜トランジスタ・有機エレクトロルミネッセンス・有機薄膜太陽電池  
自己組織化単分子膜・界面ナノ空間

## 1. 研究の背景

近年、 $\pi$ 電子系有機化合物あるいは有機金属化合物を用いた3種類の電子デバイス（三種の神器）である、有機TFT（有機薄膜トランジスタ）、有機EL（有機エレクトロルミネ

ッセンス), 有機 PV (有機薄膜太陽電池) が注目されている。有機 TFT のキャリア移動度が  $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , 有機 EL の輝度が  $200 \text{ cd/m}^2$ , 有機 PV のエネルギー変換効率が 5%を超えるとの報告が国内外で相次ぎ, 有機化合物を用いた実用的な電子デバイスの実現の可能性が示された。しかしながら, これらはチャンピオンデータであり, そのデバイスとしての安定性に欠け, 実用化に向けて解決すべき問題点が多く残されている。本研究では, これらすべてに共通な問題として関わる界面問題を解決することを目的とする。

この3種類の電子デバイスに共通する界面問題は, 以下の二つに大別され, いずれも有機化合物(有機半導体)と無機化合物(絶縁体基板や電極)との間の界面ナノ空間の接合の問題である。これらを解決することが, 伝導チャンネルを効果的にキャリアが移動できる実用的な電子デバイスの実現に繋がる。

- 1) 有機半導体-絶縁体(キャリア密度に関わる界面ナノ空間問題)
- 2) 有機半導体-電極(電荷注入に関わる界面ナノ空間問題)

すでに研究代表者は, 有機半導体とシリコン酸化絶縁膜との界面ナノ空間を電気双極子を有するアルキルシラン系自己組織化単分子膜(SAMs: Self-assembled Monolayers)により化学修飾し, 伝導チャンネルのキャリア密度を制御することに成功している。この成果をもとに, アルキルシラン系 SAMs を有機半導体と絶縁膜との界面に化学修飾した有機 TFT デバイスの開発に成功した。また, 有機半導体を, その構造制御により, プリントブルな有機半導体分子とし, その設計, 合成にも成功している。さらに, 最近では, 有機半導体を薄膜単結晶が作製可能な有機半導体分子に置き換え, 世界最高性能デバイス特性の実現に成功した。現在, これらの知見を有機 EL デバイス作製に応用する検討を実施しており, 白色有機 EL 照明用デバイスの開発にも成功している。

残された課題は, 界面ナノ空間制御を, より効果的な SAMs を用いて実施することである。そのためには, 単に電気双極子を有する SAMs を用いるのではなく, 積極的に界面電子移動を起こすような電荷移動型 SAMs 分子群を設計, 合成し, それらを用いて界面ナノ空間を化学修飾し, 伝導チャンネルのキャリア移動度を飛躍的に向上させる必要がある。

## 2. 研究の目的

上記の背景およびこれまでの研究成果をもとに, 本研究では, 界面ナノ空間制御をより効果的な電荷移動型 SAMs を用いて実施する。研究期間内には, 以下のことを明らかにする。

- 1) 電荷移動型自己組織化単分子膜(SAMs)用分子群の設計, 合成, 構造解析を行う。

電荷移動型 SAMs 分子群としては, 電子供与(ドナー)型と電子受容(アクセプター)型の二種類のカテゴリーがある。本研究では, 双方とも複数種の分子群の設計を行い, 有

機合成の手法を活用し、高効率で精密合成を実施する。合成を達成した分子群については、核磁気共鳴，質量分析，単結晶X線構造解析等の手法を用い，その分子構造を確定する。

## 2) 電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) の精密構造を制御する。

シリコン酸化膜基板に電荷移動型 SAMs を溶液法により作製し，その膜構造を，接触角，斜入射X線構造解析，X線光電子分光等の手法を用い決定する。また，SAMs の形成段階についても前記手法により観測し，最適な膜形成条件を確立する。

## 3) 界面ナノ空間の接合問題の理論的考察を行う。

非経験的分子軌道計算により，分子の長軸方向の長さを算出し，斜入射X線構造解析結果から実験的に得られた単分子膜の厚さとの一致を確認する。さらに，理論的に得られる電子移動能と，電気化学的手法により実験的に得られる値との相関を検証する。

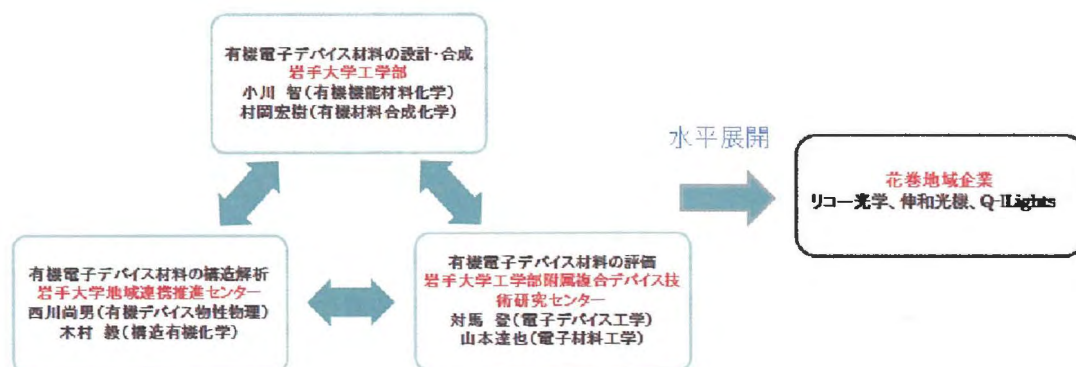
## 4) 有機 TFT，有機 EL，有機 PV を試作し，電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) 修飾を評価する。

ガラス基板上に所定の電極を配置し，その上に電荷移動型 SAMs を形成させ，所定のデバイス構造（有機 TFT，有機 EL，有機 PV）を作製し，その出力特性を評価する。

# 3. 研究の方法

## 「研究の体制」

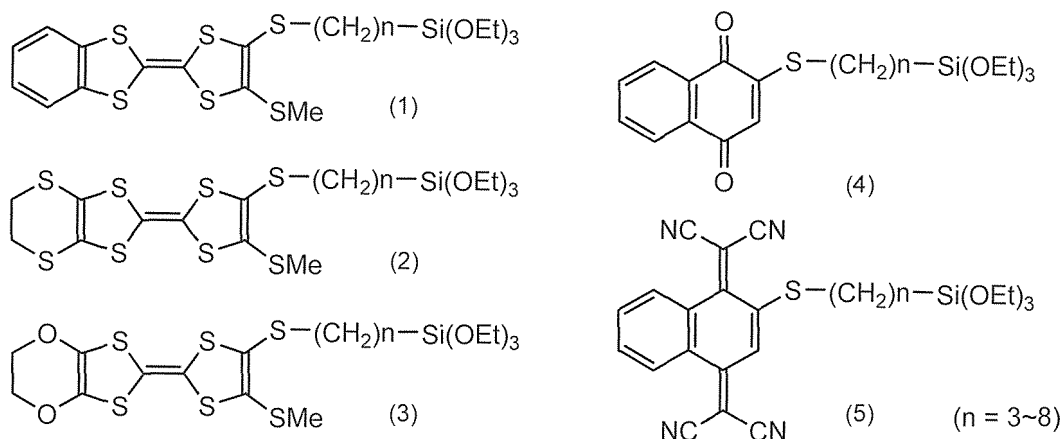
以下に示す共同研究体制により，SAMs を適用した有機電子デバイス作製のための基礎プロセス技術の確立を行う。その開発技術は，当初，リコー光学，T & K，和同産業，東北デバイス（現在カネカ），SR開発，新興製作所，伸和光機等の花巻地域の企業に水平展開をする予定としていたが，諸般の事情により，岩手大学ブランドとなるような有機電子デバイスとして，地元企業であるリコー光学，伸和光機，さらには，誘致企業であるQ-Lights への水平展開に繋げることとする。



## 1) 電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) 用分子群の設計, 合成, 構造解析

### ① 分子設計

分子設計については, 十分な電子移動能を有するかについて, 非経験的分子軌道計算により, ドナー型 SAMs 分子については, その HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) 軌道のエネルギーレベル, アクセプター型 SAMs 分子については, その LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 軌道のエネルギーレベルを算出することにより, 実施する。研究に着手するにあたり, 以下の五つの化合物 (ドナー型 SAMs 分子 (1) ~ (3), アクセプター型 SAMs 分子 (4), (5)) を候補とする。



### ② 精密有機合成

標的分子群は, 申請者独自の合成経路に従い, 有機合成の手法により高効率で精密合成する。例として, 上記ドナー型 SAMs 分子(1)について合成計画の概略は以下になる。チオフェノールを出発物質として, 芳香環を有するチオンを合成する。また, 二硫化炭素を出発物質として, シアノエチル保護基を有するケトン合成する。得られたチオンとケトンヘテロカップリングすることにより, テトラチアフルバレン (TTF) 型化合物を合成する。さらに得られた TTF 型化合物にブチルリチウム, 引き続いて 3-ブロモプロピルトリエトキシシランを作用させることにより, ドナー型 SAMs 分子(1)を合成する。また, アクセプター型 SAMs 分子(4)は, 2-クロロ-1,4-ナフトキノンと 3-ブロモプロピルトリエトキシシランから合成する。同様な手法により, その他の SAMs 分子についても, 合成経路については, 問題はない。

### ③ 構造解析

合成した SAMs 分子については, 融点, 赤外吸収スペクトル, 紫外可視吸収スペクトル, 核磁気共鳴, 質量分析, 元素分析, および X 線構造解析装置により, 構造を確定する。

## 2) 電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) の精密構造制御

シリコン酸化膜基板に電荷移動型 SAMs を溶液法により作製し, その膜構造を, 接触角,

斜入射 X 線構造解析，X 線光電子分光等の手法を用い決定する。また，SAMs の形成段階についても前記手法により観測し，最適な膜形成条件を確立する。膜形成段階における課題は，①SAMs を溶解する溶媒の選定，濃度，②そこへ基板を浸漬する温度，時間，③その後の基板の処理条件等，多くの要因が存在する。それらを実験計画法等の統計的手法を用いて解析し，最適な SAMs の精密構造制御を達成する。

### 3) 界面ナノ空間の接合問題の理論的考察

非経験的分子軌道計算により，合成を達成した SAMs 分子の長軸方向の長さを算出し，斜入射 X 線構造解析結果から実験的に得られた単分子膜の厚さとの一致を確認する。また，理論的に得られる電子移動能と電気化学的手法により実験的に得られる値との相関を検証する。

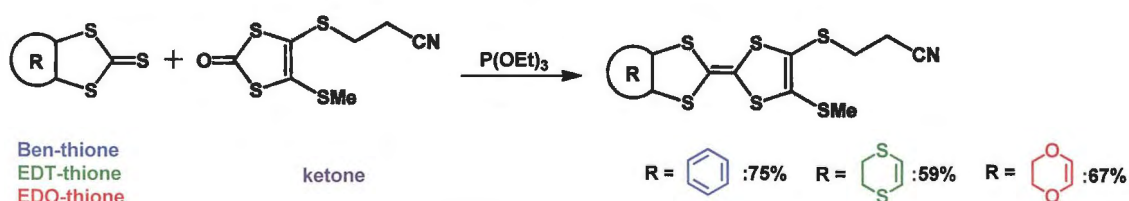
### 4) 有機 TFT，有機 EL，有機 PV の試作による，電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) 修飾の評価

三種類の有機電子デバイスの作製を行う。一例として，有機 TFT デバイスの作製方法を示す。高ドーピングしたシリコンをゲート電極に用い，その上に  $\text{SiO}_2$  ゲート絶縁膜と金・クロムで作製されたソース，ドレイン電極を配置し，ソース，ドレイン間の電流値を，ゲート電圧によって制御できる構造を作製する。SAMs はゲート絶縁膜上に溶液法により作製し，その膜構造は，X 線光電子分光 (XPS)，X 線反射率等により決定する。また，SAMs の形成段階についても接触角測定や XPS により観測し，最適条件の確立に役立てる。最適条件で形成した SAMs の上に超高真空中 (UHV) でペンタセンあるいはフタロシアニンを蒸着し，TFT 特性を評価する。この際，数種の SAMs におけるデバイス特性の比較評価のため，同時に同一条件で有機半導体の成膜を行い，SAMs が直接デバイスに与える影響のみを観測できるように注意する。

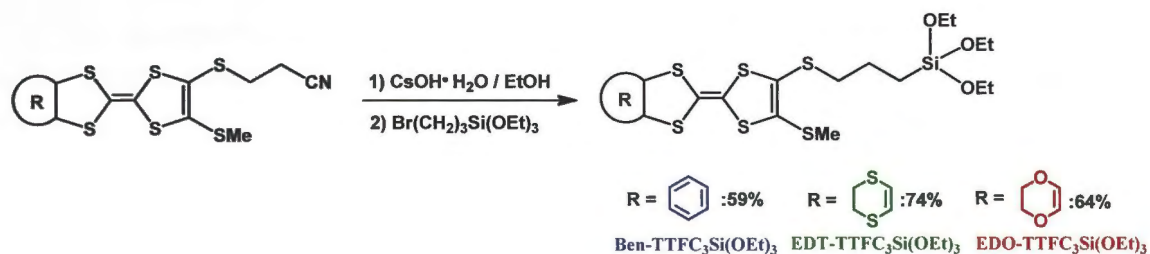
## 4. 研究成果

### 1) 電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) 用分子群の設計，合成，構造解析

電荷移動型 SAMs 分子群としては，電子供与 (ドナー) 型と電子受容 (アクセプター) 型の二種類のカテゴリー双方とも複数種の分子群について，有機合成の手法を活用し，高効率での精密合成に成功した。合成を達成した分子群については，核磁気共鳴，質量分析，単結晶 X 線構造解析等の手法を用い，その分子構造を確定した。以下にドナー型 SAMs 合成の例を示す。







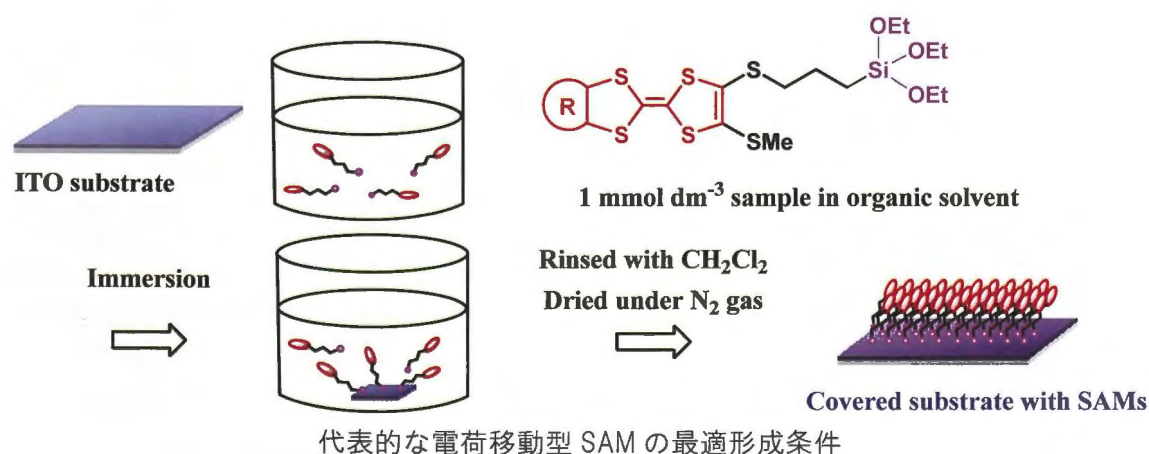
代表的な電荷移動型 SAMs 用分子の合成経路（最終段階）



代表的な電荷移動型 SAMs 用分子の構造解析結果

## 2) 電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) の精密構造制御

シリコン酸化膜基板に電荷移動型 SAMs を溶液法により作製し、その膜構造を、接触角、斜入射 X 線構造解析、X 線光電子分光等の手法を用い決定した。また、SAMs の形成段階についても前記手法により観測し、最適な膜形成条件を確立した。

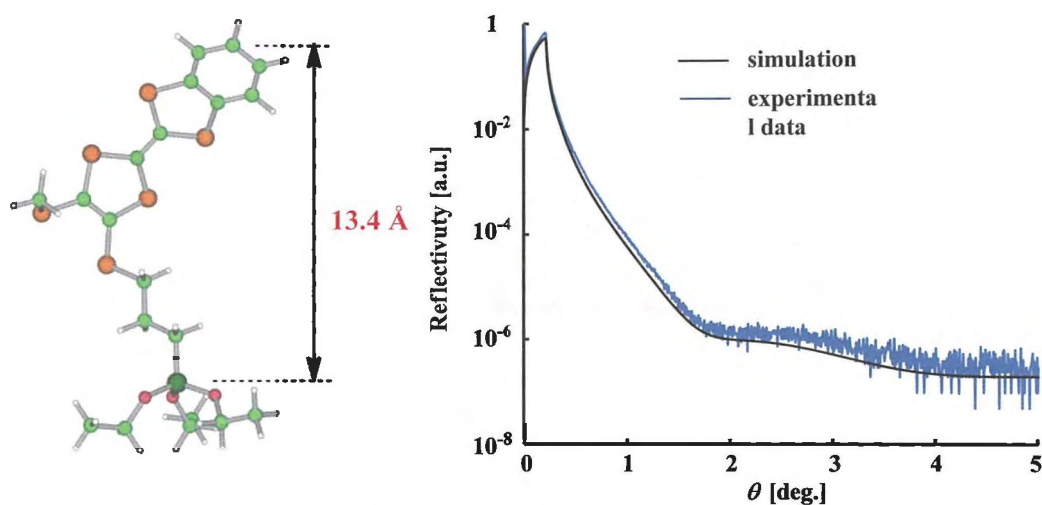


代表的な電荷移動型 SAM の最適形成条件

## 3) 界面ナノ空間の接合問題の理論的考察

非経験的分子軌道計算により、分子の長軸方向の長さを算出し、斜入射 X 線構造解析結果から実験的に得られた単分子膜の厚さとの一致を確認した。さらに、理論的に得られる

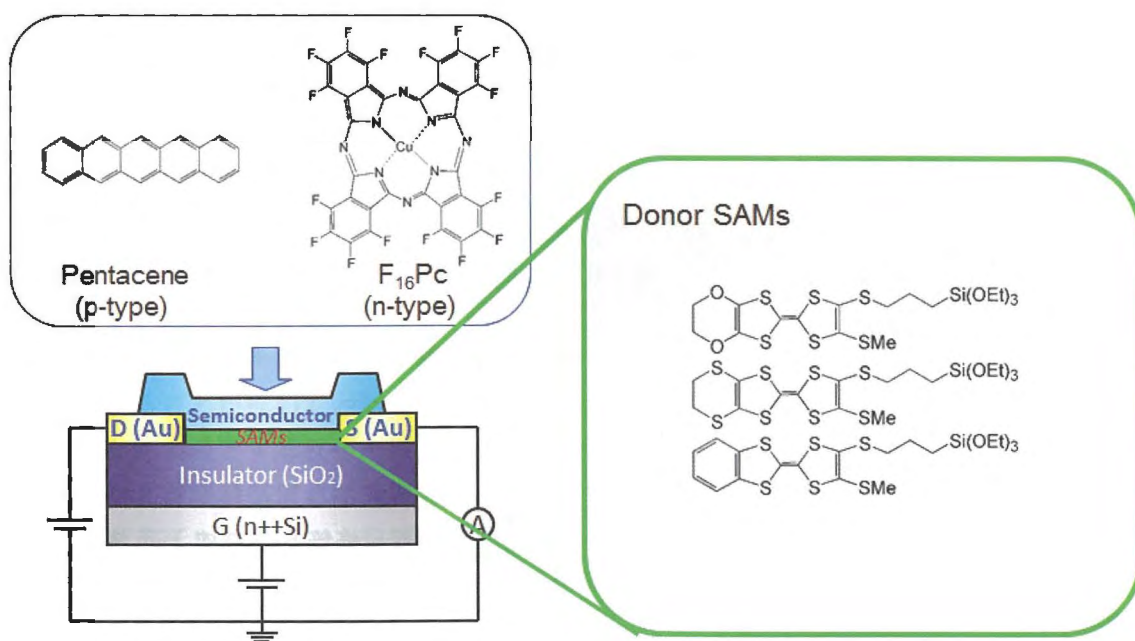
電子移動能と、電気化学的手法により実験的に得られる値との相関を検証した。



代表的な電荷移動型 SAMs 形成による界面ナノ空間解析結果（X線回折）

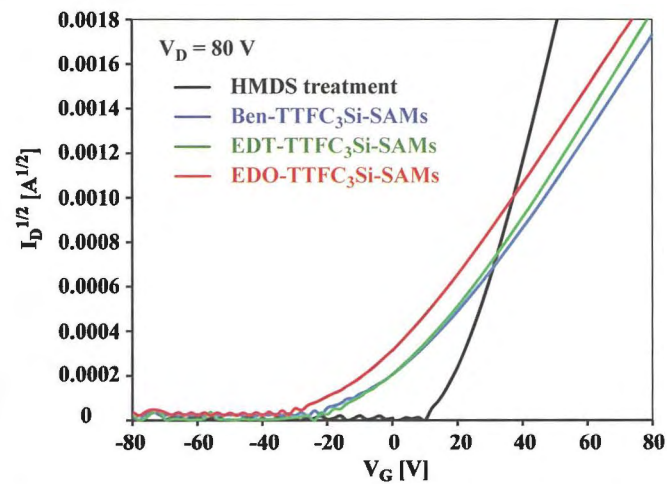
4) 有機 TFT, 有機 EL, 有機 PV の試作による, 電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) 修飾の評価

ガラス基板上に所定の電極を配置し, その上に電荷移動型 SAMs を形成させ, 所定のデバイス構造 (有機 TFT, 有機 EL) を作製し (研究期間の関係上, 有機 PV の試作は断念した), その出力特性を評価した。電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) を酸化絶縁膜と有機半導体との界面に化学修飾した p 型半導体および n 型半導体を真空蒸着 (ドライプロセス) により作製し, 伝導チャンネルに正孔あるいは電子を自在に蓄積することを可能となった。

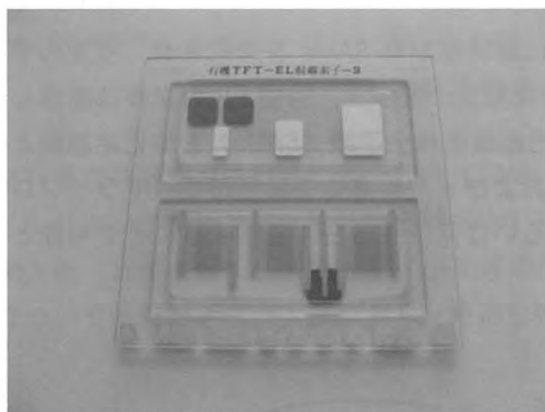




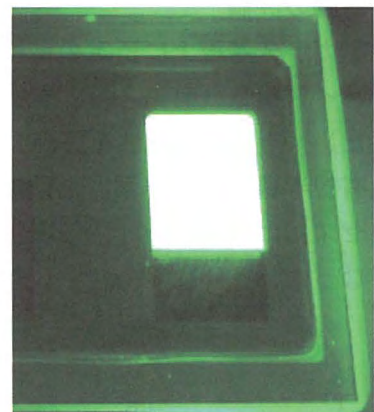
ゲート絶縁膜にシアノ樹脂を用い、材料面、素子作製の双方からのアプローチにより、低電位で駆動する有機 EL 駆動用に十分な性能と安定性を保証する有機 TFT の開発に成功した。また、並行して、有機 EL（赤、緑、青、および白色）の試作にも成功し、有機 TFT との組み合わせについても良好な結果を得た。



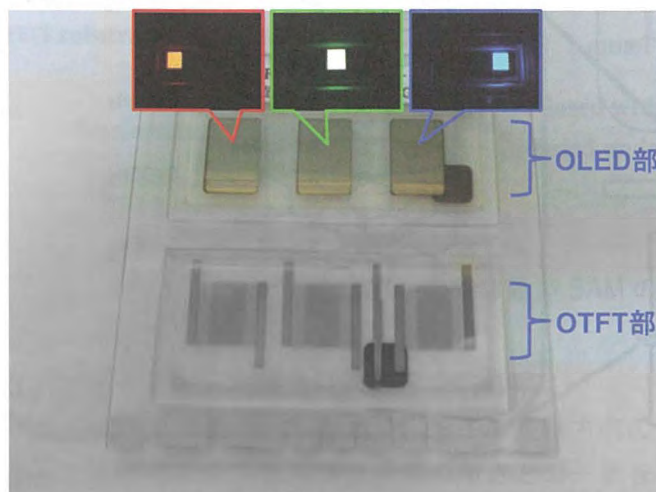
代表的な電荷移動型 SAMs により修飾した有機 TFT の伝達特性



有機薄膜 TFT - 有機 EL 混載素子試作品



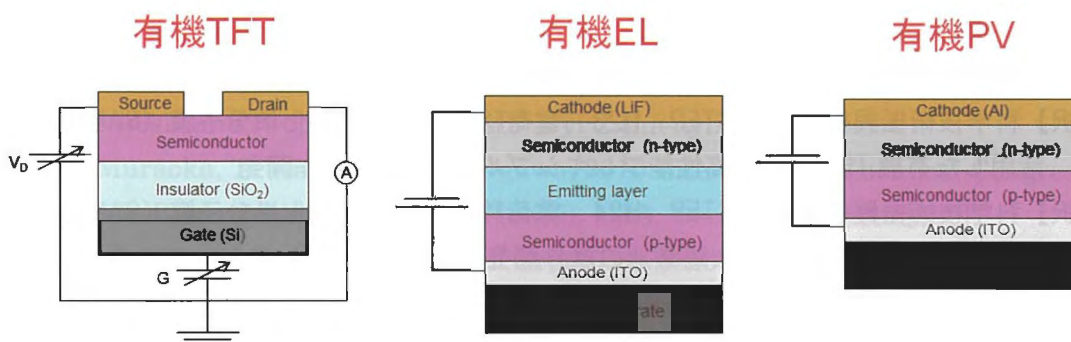
発光状態



代表的な電荷移動型 SAMs により修飾した有機 TFT 搭載型有機 EL デバイス (RGB)

以上の有機 TFT および有機 EL の研究成果は、いずれも完成度の高いものであり、技術移転の段階に極めて近いところにある。すなわち、界面空間制御型有機薄膜トランジスタの開発においては、トランジスタ構造における伝導チャンネルが酸化絶縁膜と有機半導体の界面近傍に限られていることに着目し、界面ナノ空間に双極子を持つ SAMs を形成することにより、閾電圧を自在に制御し、伝導チャンネルのキャリア密度を飛躍的に向上させることに成功した。また、有機 EL 一体型高耐久性有機薄膜トランジスタの開発については、有機半導体を用いたトランジスタ構造作製の現状が、用いる有機半導体の性質上、駆動電位が高く、また、使用環境での安定性に乏しく、実用化の観点から十分な信頼性に達していないという問題点に着目し、これをゲート絶縁膜にシアノ樹脂を用いることで、材料面、素子作製の双方からのアプローチにより解決するという新規な着想により、試作開発に至った。さらに、以上の基盤技術を用いたオール有機の表示モデルの開発という新たな展開に道筋をつけることができた。

## 5. 今後の課題



簡便な製造プロセスにより作製が可能で機械的柔軟性などのユニークな特徴を持つ有機半導体材料を用いた有機電子デバイスとして、その応用開発に至った。有機半導体材料における電子的な機能発現の根源は、 $\pi$ 共役電子系での優れた電子伝導性であって、実デバイスにおいては、この $\pi$ 共役電子系の潜在能力が未だ最大限に活かされていない現状がある。すなわち、有機電子デバイスにおいては、電界印加のための絶縁膜や電極などとのハイブリッド多層構造が必要であるが、真空蒸着などの素子作製プロセスを経た後に、素子の心臓部である有機半導体表面が絶縁膜や電極とのナノ界面空間において、物質本来の特性を維持することが極めて困難なことが主な理由となる。そのため、製造プロセスが簡便であることを特徴とする反面、製品開発において複雑な材料選択や高度なプロセス技術が必要となり、有機電子デバイス開発への参入障壁が高い要因となっている。本研究では、有機電子デバイスにおける上記界面ナノ空間の接合問題を電荷移動型自己組織化単分子膜 (SAMs) により化学修飾することで解決し、伝導チャンネルのキャリア密度を SAMs の電子移動能により系統的に制御することに成功した。この研究成果を基に、SAMs の界面

修飾機能をさらに高度化するための研究を今後も地域企業とともに推進し、岩手大学ブランドの創出に繋げる。さらに、厚さ約 1nm 程の極薄の SAMs を用いて有機電子デバイスのナノ界面空間の接合問題を効果的に解決できることが明らかとなったので、積極的に界面電子移動を起こす電荷移動型 SAMs を用いての有機 PV の試作へと展開する。今後も専門を異にする三部門の研究者が有機的連携を図り、綿密な連絡調整による適切なフィードバックを行いながら、地元企業との共同開発を効率的に進める体制をとることが重要と考える。

#### 「公的資金の獲得状況」

【採択】岩手県 いわて戦略的研究開発事業 H21～22 次世代ホログラム光学素子材料の開発

【採択】科学研究費補助金 基盤研究C H21～23 究極の低消費電力高移動度フレキシブル有機単結晶トランジスタの創製

【採択】科学技術振興機構 A-STEP H22 フレキシブル有機 EL 照明一体型有機薄膜トランジスタの試作開発

【採択】経済産業省 地域イノベーション創出研究開発事業 H22～23 短波長（紫外線）光に高耐久性を有するレーザー光学素子用樹脂材料の開発

【採択】科学研究費補助金 基盤研究C H23～25 電荷移動型自己組織化単分子膜による有機電子デバイスの界面ナノ空間の制御

【採択】科学技術振興機構 A-STEP H23 電荷移動型自己組織化単分子膜（SAMs）を活用した有機 TFT 一体型高性能フレキシブル有機 EL の試作開発

【採択】科学技術振興機構 A-STEP H24 電荷移動型自己組織化単分子膜（SAMs）を活用した高効率有機薄膜太陽電池の試作開発

## 6. 主な発表論文等

雑誌論文（計 5 件）

1. S. Ogawa, M. Kon-no, H. Muraoka, M. Ogasawara, T. Nakano, R. Sato, Ring Size Controlled Synthesis and Structure of Cyclic Polysulfides Fused to Substituted Benzene Ring. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon*, **185**, 1174-1181 (2010).
2. Y. Utsumi, M. Irie, Y. Komuro, K. Matsuzawa, H. Hada, T. Haga, S. Ogawa, Fundamental Studies on the Acid Generator to Improve the Resolution Line Width Roughness, and Sensitivity Tradeoff under Ionizing Radiation. *J. J. Appl. Phys.*, **49**, 06FC07-1-06FC07-5 (2010).
3. H. Muraoka, T. Tanifuji, S. Ogawa, Systematic Synthesis and Characterization of a Series of Tetra(5-aryl-2-thienyl)thiophenes. *Chem. Lett.*, **40**, 964-966 (2011).

4. S. Ogawa, S. Ohwada, M. Yoshida, and H. Muraoka,  
Synthesis and Structural Characterization of a Novel Tellurane with Four Sulfur  
Ligands. *Heteroatom Chem.*, **22**, 586-589 (2011).
5. H. Muraoka, S. Ogawa,  
Synthesis and Electrochemical Properties of Ferrocene Dimer and Trimer Bridged  
by Oligothiophene Spacer. *Pure and Applied Chem.*, 2012, in press.

学会発表「国際」（計 8 件）

1. Synthesis, Structure and Redox Properties of 1,1'-Bis(aryloligothienyl)ferrocenes.  
S. Ogawa, H. Kobayashi, T. Kawano, and H. Muraoka, 24<sup>th</sup> International  
Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur, Florence, Italy, OA-19, pp.51,  
July 25-30 (2010).
2. Synthesis and Properties of Tetra(5-aryl-2-thienyl)thiophenes.  
H. Muraoka, T. Tanifuji, and S. Ogawa, 24<sup>th</sup> International Symposium on the  
Organic Chemistry of Sulfur, Florence, Italy, PB-24, pp.142, July 25-30 (2010).
3. Synthesis, Structure, and Redox Properties of 1,1'-Bis(aryloligothienyl)thiophenes.  
S. Ogawa, H. Kobayashi, H. Muraoka, 2010 International Chemical Congress of  
Pacific Basin Society, Honolulu, Hawaii, USA, Dec. 15-20 (2010) [528].
4. Synthesis and Properties of Tetra(5-aryl-2-thienyl)thiophenes.  
H. Muraoka, T. Tanifuji, and S. Ogawa, 2010 International Chemical Congress of  
Pacific Basin Society, Honolulu, Hawaii, USA, Dec. 15-20 (2010) [532].
5. Synthesis and Redox Properties of Organic-organometallic Hybrid Molecules  
Containing Thiophene and Ferrocene Fragments,  
S. Ogawa, 1<sup>st</sup> International Symposium on Center for Creation of Function  
Materials (CCFM), Tsukuba, Japan, Mar. 19-20 (2011).
6. Synthesis and Redox Properties of Organic-organometallic Hybrid Molecules  
Containing Thiophene and Ferrocene Fragments,  
S. Ogawa, The 10<sup>th</sup> International Conference on Heteroatom Chemistry, Uji,  
Kyoto, Japan, IL-C2, pp. 58, May. 20-25 (2012).
7. Synthesis and Properties of Novel Distyryl Thiophene Derivative, H. Ito, T.  
Yamamoto, H. Muraoka, and S. Ogawa, The 10<sup>th</sup> International Conference on  
Heteroatom Chemistry, Uji, Kyoto, Japan, PA-30, pp. 148, May. 20-25 (2012).
8. Synthesis and Characterization of X-shaped Tetra(5-aryl-2-thienyl)thiophenes, H.  
Muraoka, T. Tanifuji, S. Ujiie, and S. Ogawa, The 10<sup>th</sup> International Conference  
on Heteroatom Chemistry, Uji, Kyoto, Japan, PA-31, pp. 148, May. 20-25 (2012).

学会発表「国内」（計 2 4 件）

1. 新規な有機半導体分子群の合成と物性。伊藤央貴、小川 智、吉本則之、村岡宏樹、嶋田和明。第 21 回基礎有機化学討論会、B05、pp.42-43、名古屋、2010.9.9-11。
2. テトラ（アリールチエニル）チオフェン誘導体の合成と物性評価。村岡宏樹、谷藤隆則、小川 智。第 21 回基礎有機化学討論会、3P70、pp.457、名古屋、2010.9.9-11。
3. 分岐型オリゴチオフェン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、谷藤隆則、小川 智。化学系学協会東北大会、1P043、pp96、盛岡、2010.9.25-26。
4. 光学素子への応用を目的とした UV-NIL 用材料の設計・開発。小川 智、佐藤俊祐、村岡宏樹、嶋田和明、西川尚男。化学系学協会東北大会、1P053、pp101、盛岡、2010.9.25-26。
5. 9.  $\pi$  共役拡張チオフェン縮合型ジチイン類の合成と性質。小川 智、渡部大地、山本達也、村岡宏樹、嶋田和明。第 40 回複素環化学討論会、10-06、pp11-12、仙台、2010.10.14-16。
6. 10. シリコン及びアルミナゲート絶縁膜の自己組織化単分子膜による表面修飾に関する研究。小川 智、藤田雄希、佐藤貴行、西川尚男、山本達也、村岡宏樹、嶋田和明。第 40 回複素環化学討論会、1P-128、pp271-272、仙台、2010.10.14-16。
7. 12. オリゴチオフェンをスペーサーとする多フェロセン誘導体の合成、及び物性。村岡宏樹、小沢紘平、小川 智。第 37 回有機典型元素化学討論会、0-25、pp109-112、室蘭、2010.11.25-27。
8. 14. テトラ（アリールチエニル）チオフェン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、谷藤隆則、小川 智。第 91 春季年会、3C4-49、pp1316、神奈川、2011.3.26-29。
9. 15. 光学素子への応用を目的とした UV-NIL 用材料の設計・開発。小川 智、佐藤俊祐、村岡宏樹、嶋田和明。第 91 春季年会、3PB-066、pp1656、神奈川、2011.3.26-29。
10. 16.  $\pi$  共役拡張チオフェン縮合型ジチイン類の合成と性質。小川 智、渡部大地、村岡宏樹、山本達也、嶋田和明。第 91 春季年会、3C4-04、pp1310、神奈川、2011.3.26-29。
11. 17. シリコン及びアルミナゲート絶縁膜の自己組織化単分子膜による表面修飾に関する研究。小川 智、藤田雄希、ライハナ ビンティ ヤコブ、西川尚男、村岡宏樹、嶋田和明。第 91 春季年会、1C4-47、pp1300、神奈川、2011.3.26-29。
12. 19. オリゴピロールをスペーサーとするジフェロセニル誘導体の合成、及び物性。村岡宏樹、小沢紘平、小川 智。第 91 春季年会、1C4-11、pp1295、神奈川、2011.3.26-29。
13. 20. 新規な有機半導体分子群の合成と物性。伊藤央貴、村岡宏樹、吉本則之、嶋田和明、小川 智。第 91 春季年会、2C4-47、pp1308、神奈川、2011.3.26-29。
14. ホスホールをコアユニットとした分岐型オリゴチオフェン誘導体の合成と物性。村岡宏樹、氏家心平、小川 智。化学系学協会東北大会、1P090、pp118、仙台、2011.9.17-18。
15. シラン末端自己組織化単分子膜の作製と物性。村岡宏樹。西川尚男、小川 智。第 22 回基礎有機化学討論会、A04、pp20-21、筑波、2011.9.21-23。
16. 光学素子への応用を目的とした UV-NIL 用材料の設計・開発。小川 智、佐藤俊祐、

村岡宏樹、嶋田和明、西川尚男。第 22 回基礎有機化学討論会、1P162、pp409、筑波、2011.9.21-23。

17. アリール基で機能化した分岐型テトラチエニルチオフエン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、谷藤隆則、小川 智。第 38 回有機典型元素化学討論会、O-25、金沢、2011.12.7-9。
18. 新規な有機半導体分子群の合成と物性。伊藤央貴、村岡宏樹、山本達也、小川 智。第 92 春季年会、1K4-09、横浜、2012.3.25~28。
19. 1 3. アリール基で機能化した分岐型テトラチエニルチオフエン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、谷藤隆則、小川 智。日本化学会第 92 春季年会、3K4-54、横浜、2012.3.25~28。
20. 1 4. ホスホールをコアユニットとした分岐型オリゴチオフエン誘導体の合成と物性。村岡宏樹、氏家心平、小川 智。日本化学会第 92 春季年会、3K4-55、横浜、2012.3.25~28。
21. 1 5. 光学素子への応用を目的とした UV-NIL 用材料の設計・開発。小川 智、佐藤俊祐、村岡宏樹、西川尚男。日本化学会第 92 春季年会、3PA-079、横浜、2012.3.25~28。
22. 1 6. アリール基で機能化した 2,4,6-トリ(2-チエニル)-1,3,5-トリアジン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、森 正義、小川 智。日本化学会第 92 春季年会、3PA-080、横浜、2012.3.25~28。
23. アリール基で機能化した 2,4,6-トリ(2-チエニル)-1,3,5-トリアジン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、森 正義、小川 智。化学系学協会東北大会、1P077、pp114、秋田、2012.9.15~16。
24. アリール基で機能化した 2,4,6-トリ(2-チエニル)-1,3,5-トリアジン誘導体の合成及び物性。村岡宏樹、森 正義、小川 智。第 23 回基礎有機化学討論会、C06、pp70-71、京都、2012.9.19-21。

図 書 (計 0 件)

産業財産権 出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

## 地域課題研究成果報告書

平成24年10月26日

### 研究課題

革新的高精度精密鑄造技術の研究開発

### 研究代表者

平塚 貞人

### 研究成果の概要

近年、医療の分野では移植する部位にぴったりフィットするオーダーメイド生体材料を機械加工無しに作製する技術が望まれている。これまでの研究では、熱硬化性シェル砂型の鑄造技術では、数 mm オーダーでの寸法精度に留まっていたため、これまでの鑄造品の寸法精度を1桁向上させるための鑄造技術として、1500℃の鑄鉄溶湯でも使用できるようなセラミックスRP（Rapid prototyping）成型技術と精密鑄造とを組み合わせ、高精度鑄造品の製造開発の研究を行った。本研究により、インクジェット式3次元成型機による鑄型製作に及ぼすアルミナ粉末粒度の影響を調べた結果、粒度の大きなアルミナサンドの添加量が増加すると鑄型強度が向上することが明らかになり、高精度鑄造品用の鑄型技術の高度化ができた。

### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	4,000,000円
23年度	2,800,000円
計	6,800,000円

### ◇キーワード（5つ程度）

鑄造、成型、PR、高精度、高機能

#### 1. 研究の背景

岩手県は、南部鉄器の産地であり、また数多くの鑄造品を扱う自動車関連企業が県内に数多く存在している。また、岩手大学で鑄造技術分野では、材質研究、製造技術開発ともに全国的に先駆けた研究開発を実現してきた。鑄造とは金属を加熱して溶融し、型に流し込み、冷やして目的の形状に固める加工方法で、複雑形状の鑄物を製造することができる。鑄造に使用する型のことを鑄型と呼ぶが、安価という点で砂を用いて作製する場合が多い。砂型で製造したものは表面のざらつきが大きく、そのまま、機械部品として使えないため、仕上げ加工を行うことが一般的である。



最近、医療の分野では移植する部位にぴったりフィットするオーダーメイド生体材料を機械加工無しに作製する技術が望まれている。

これまでの研究では、熱硬化性シェル砂型の casting 技術では、数 mm オーダーでの寸法精度に留まっていた。そのため、これまでの casting 品の寸法精度を 1 桁向上させるための casting 技術を開発する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、1500℃の casting 溶湯でも使用できるようなセラミックス R P (Rapid prototyping) 成型技術と精密 casting とを組み合わせ、高精度 casting 品の開発を行い、高精度 R P 技術 (0.1mm 単位レベル) を確立することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、インクジェット式 3 次元成型機の粉末材料として耐熱性が高く、自動車部品を対象に casting、生体用 Co 合金などの 1500℃の溶湯を注湯しても高融点金属との反応性の低いアルミナサンド ( $Al_2O_3$ ) とアルミナセメントを混合した粉末を成型材料として選び、成型条件を確立するために casting 製作に及ぼす粉末粒度の影響を調べた。

粉末材料としてアルミナサンド 1 (粒径 45~50  $\mu m$ ) とアルミナサンド 2 (粒径 75~106  $\mu m$ ) の 2 種類を用いた。アルミナサンド 1 とアルミナサンド 2 とアルミナセメントの配合比を変更して混練した粉末材料を作製した。

アルミナサンドとアルミナセメントの配合比を変更し、インクジェット式 3 次元成型機を用いて 10×20×60mm の板状試験片を成型した。その試験片により抗折試験を行い、抗折強度を測定した。また、アルミナサンドの粒度を変更し、インクジェット式 3 次元成型機を用いて 10×20×60mm の板状試験片を成型した。その試験片により抗折試験を行い、抗折強度を測定した。さらに、アルミナサンド ( $Al_2O_3$ ) とアルミナセメントの配合比を変更して作製した試験片の積層面の凹凸状態を調べ、積層成型性を評価した。

## 4. 研究成果

図 1 にアルミナセメント添加量と抗折強度との関係を示す。アルミナセメントを 20% から 40% まで変化させた場合、アルミナセメントの比率が高くなると抗折強度が増加した。またアルミナセメント添加量が 37% 以上になると積層面の荒れが発生した。インクジェット式 3 次元成型機の材料としては、アルミナセメントの配合量は、37% 未満が最適であると考えられる。

図 2 にアルミナセメント添加量を 33% と一定とした場合の粒度の異なるアルミナサンド 2 の添加量と抗折強度との関係を示す。多少のバラツキはあるもののアルミナサンド 2 の添加量が多くなる、つまり粒度の大きなアルミナサンドの添加量が増加すると抗折強度が減少する傾向を示した。



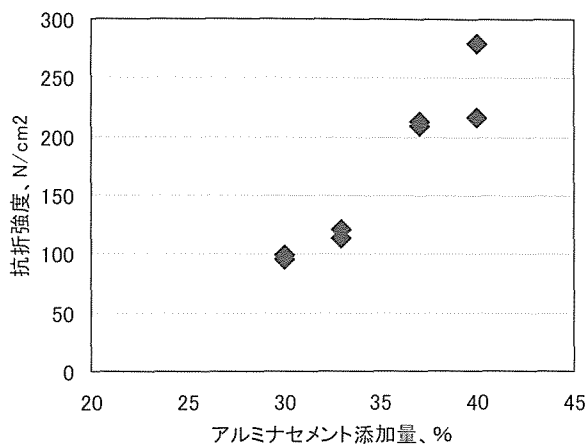


図1 アルミナセメントの添加量と抗折強度の関係

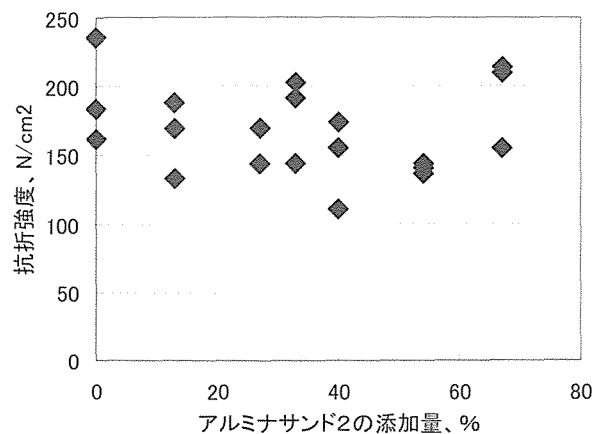


図2 アルミナサンド2の添加量と抗折強度の関係

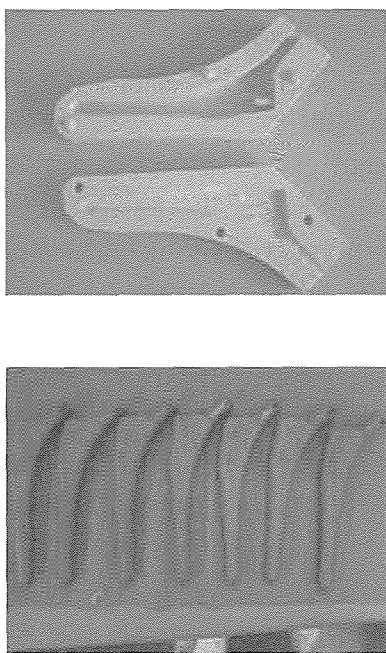


図3 精密鋳型と鋳造品

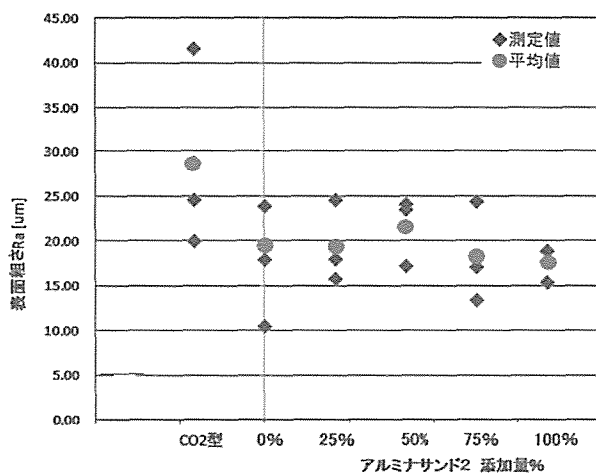


図4 アルミナセメント添加量と表面粗さ

図3にインクジェット式3次元造型機より作成した精密鋳型と鋳造品を示す。製作した鋳造品はガス欠陥を生じることなく良好なものであった。

図4にアルミナセメント添加量を変えた鋳型を用いて鋳造した鋳鉄の表面粗さを示す。アルミナセメントを用いることにより、表面粗さは平均  $20\mu\text{m}$  となり、従来の鋳物に比べて寸法精度が向上した。

## 5. 今後の課題

インクジェット式 3 次元造型機による鋳型製作に及ぼすアルミナ粉末粒度の影響を調べた結果、粒度の大きなアルミナサンドの添加量が増加すると鋳型強度が向上することが明らかになった。ただし、これまでの方法では、硬化するまでの半日ほどそのまま放置する必要がある。そこで、造型性を向上させるためにアルミナサンドを短時間で硬化させる硬化剤の開発が求められている。今後は、硬化剤の開発実験を行い、精密鋳造の研究を推進する。

## 6. 主な発表論文等

雑誌論文 (計 0 件)

学会発表 (計 2 件)

図 書 (計 0 件)

産業財産権 出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

## 地域課題研究成果報告書

平成 24 年 10 月 31 日

### 研究課題

パルス電気をを用いた真菌の活性制御による農業生産性および食品機能性向上

### 研究代表者

高木 浩一

### 研究成果の概要

パルス電圧を菌に作用させることをベースとして、パルス電圧の農業および食品分野への応用技術の確立を目的として、1)電源および装置開発、2)キノコの増産技術の確立と普及、3)カビの捕集および不活性化による食品保存期間の拡張、4)食品有用菌の機能性制御、5)養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化について取り組んだ。

電源および装置開発では、企業とも連携して、3タイプの電源を開発し、販売に至った。知的財産では特許申請2件を行った。製品は、国際農業機械 EXPO などでも展示され、国内外の150社を超える企業から問い合わせがくるなど、興味を引いた。きのこ増収についても、発現する子実体の計測や酵素・遺伝子解析から、増収に最適な印加電圧の条件や、電気刺激から子実体発生に至るプロセスを明らかにした。食品保管庫の補菌及び不活性化では、もみ殻などを供試体として、空中浮遊菌の100%に近い捕集を実現できた。捕集菌の不活性化が同時に達成させていることも、寒天培地を用いた計測から確かめた。食品有用菌の機能性制御については、ある種類の菌の分泌する有用成分を、パルス電圧印加で6倍程度に増加できた。しかし成分を変えるなどの機能性制御は、本実験条件では難しいことも、明らかになった。養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化は、コマツナなどの供試体をポット栽培した28日間の計測などを中心に調べた。その結果、コマツナ栽培のための循環水にプラズマを照射することで、水中の一般生菌数は、3ケタ程度減少した。土壌中の菌数は、循環水とは異なって、プラズマ照射後の水を循環させても大きな変化は起こらない。しかし、プラズマ照射なしでは、コマツナ栽培期間で、一般生菌数が3ケタほど増加するのに対して、プラズマ照射ありでは、ほとんど変わらなかった。

### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	2,000,000円
23年度	1,400,000円
計	3,400,000円

◇キーワード： パルス電圧、担子菌、きのこ、養液栽培、プラズマ

### 1. 研究の背景

電気は、他のエネルギー形態(熱、分子の運動、化学、光など)に容易に変換できる特徴を有

する、フレキシビリティの高いエネルギーである。この特徴を活かし、高電圧や放電プラズマを、農業や食品加工分野へ活用する技術開発が、国内外で盛んに行われている。研究代表者の高木は、これまで電気の農業・食品加工応用として、植物生育培地の雑菌の不活性化や農作物からの有用成分抽出、また人工雷を利用したキノコ収量増加の技術開発に取り組んできた。人工雷を用いたキノコ収量増加については、成果として、コンパクトな人工雷発生装置を開発、約2倍の収量増加等の成果を得た。これらの成果は、「かみなりキノコ」といった通称で広く認知されており、テレビ番組やニュース、新聞報道、ラジオなど、それぞれ 10 回以上取り上げられるに至っている(NHK 総合「気象転結」2010.8.19、テレビ東京「世界を変える 100 人の日本人」2008.10.30 等)。また、世界に対しても、ナショナルジオグラフィックや JST の海外向け日本技術発信のホームページ上で紹介され、岩手発の新技术として、高い注目を浴びている。本研究では、実用プロセスとして高いポテンシャルを有する「パルス電気刺激」に関して、そのメカニズムの把握や最適な電源の開発、新規応用先の探索など科学的及び工学的知見を深化させる。さらに、その知見を持って地域社会への貢献を目指して、実用化への後押しとする。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、パルス電気印加を通して、1)菌の活性制御、2)農業・水産・食品分野への応用確立、3)応用に適した装置の開発、4)メカニズムの解明になる。本研究の特色は、電気(工学)と真菌(農学・生物学)の融合研究で、農業・食品分野への応用など、実用面への展開も強く意識している点である。一例として、高電圧工学分野で用いられるインパルス電圧(人工雷)は、高電圧用コンデンサを複数個用いて発生させる。この電圧を、菌糸が十分に育ったホダ木もしくは菌床へかけることで、菌糸の断裂を引き起こし、その結果、キノコ(子実体)の形成を促す。この技術を広く普及させる際に必要な条件は、装置が10万程度と安価で、作業者が肩で担いで作業できるようにコードレスでかつ軽量コンパクトなものとなる。このようなこれまで実施してきた装置開発を後押しとして、本研究では、①キノコの増産技術の確立と普及(高木、小藤田)、②カビの捕集および不活性化による食品保存期間の拡張(小出、高木)、③食品有用菌の機能性制御(木村、高木)④養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化(颯田、高木)などを対象とした研究を実施する。

## 3. 研究の方法

本研究のおおまかなテーマとスケジュールを下記の表に示す。

### 「きのこ・装置」グループ(高木・小藤田)

項目	H22 前半	H22 後半	H23 前半	H23 後半
小型パルス電源および反応容器の開発(高木)				
上記電源の研究分担者への配布(高木)				
原木・菌床栽培を用いたキノコ増収(小藤田・高木)				
菌根菌や貴品種キノコへの適用検討(高木)				

### 「展開研究」グループ(小出・木村・颯田)

項目	H22 前半	H22 後半	H23 前半	H23 後半
カビの捕集および不活性化(小出・高木)				
食品有用菌の機能性制御(木村・高木)				
植物成長阻害菌の不活性化(颯田・高木)				

## 【平成23年度の研究計画・方法】

### 「きのこ・装置開発」グループ

代表者である高木は、小型かつ簡便な操作性を有するパルス電源を製作して、「展開研究」の各グループの研究分担者へ配布する。開発済みの Marx 方式パルス電源等を見本に、小型化を施し、誰でも容易に扱えるインターフェイスを製作する。開発に当たっては、他のグループの作業効率や利便性のため、コードレス(電池駆動)で携帯型のものを、高耐圧用半導体素子を効果的に使い、実現する。作業者の安全確保のため、高電圧発生部は作業者から距離をとる。

キノコの増産のメカニズムに関しては、菌床栽培のシイタケやエノキにパルス電圧を印加して刺激を与えた際の酵素活性について、ウェスタンブロットティング (WB) 法等により計測する。ここは、岩手県生物工学研究センター(坂本裕一)との共同で実施をする。また、電子顕微鏡(SEM)や透過型電子顕微鏡(TEM)等を用いて菌糸の観測を行うことで、菌糸の形状変化の面から、電気刺激が菌糸に与える影響を明らかにする。キノコ収量増加に対する検証は、外山森林公園で、シイタケやナメコ等の原木栽培や、畑シメジなどの菌床栽培で、開発電源を用いて電気刺激を施し、子実体収量の計測を行う。

### 「展開研究」グループ

カビの捕集と不活性化の検証では、集塵機の原理で動くカビ胞子の捕集装置の開発を行い、実験を実施する。構成は、ワイヤー電極と直流電源よりなり、これにパルス電圧を加えることで、パルス状の放電プラズマを生成させ、その際生じるオゾンや紫外線、窒素励起種でカビ胞子の不活性化を行う。不活性化は、コロニーカウント等で評価する。有用菌の機能性制御については、放線菌由来の2次代謝産物として *Liposidomycin* や *Propeptin*、糸状菌由来の2次代謝産物として *Eremoxylarin* や *Bemzoxepin* を、種々の条件において3次元 HPLC による分析を行い、パルス電気の効果について評価する。養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化については、小松菜や稲の養液栽培での成長阻害菌などの分析や、トマトの代表的な成長阻害菌である分離菌や萎凋菌などへの、水中パルス電気印加に伴い発生する放電で、菌体の不活性化を行う。効果の評価は、コロニーカウントによる菌体の活性度や総数の変化や、植物の生育を根の長さなどで評価する。

## 【平成24年度の研究計画・方法】

### 「きのこ・装置開発」グループ

装置開発は、きのこや展開研究の結果に合わせて改良し、再配布を行う。それらの装置は、前年度同様に外山森林公園での原木・菌床栽培で、子実体形成に最適な印加電圧の大きさ、エネルギー、刺激のタイミング、電流値、他の刺激(散水や振動など)との併用の効果などについて、明らかにしていく。加えて、岩手、熊本、川崎地区のキノコ農家と連携し、普及用パルス電源の、キノコ収量増加の効果や、使用の簡便さの評価などを行う。マツタケなど菌根性キノコへの本技術の活用について、岩手県洋野町の(株)長根商店の試験林(樹齢約30年のアカマツ林)で、アミタケを用い、評価する。貴品種キノコへの展開では、アギタケ(商標登録名;さんりくアワビタケ)や白熊タケ、六方マンネンタケを用いて実験を行う。特に、アギタケは、二次培養で零下15度での栽培行程が必要など、いまだに栽培手法が確立していない面がある。

### 「展開研究」グループ

前年度に引き続き、カビの捕集および不活性化、食品有用菌の機能性制御、養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化の検証を行う。これらの知見より、植物バイオ(アグリ)エレクトロニクスの創出を目指す

す。最終的には、本研究に係る全研究成果を総括し、電気学会全国大会等での公開シンポジウム開催を申請する。また、代表者及び分担者の人的ネットワークを介して、産学連携のコンソーシアムを立ち上げ、実用化へ向けた動きを加速する。

#### 4. 研究成果

##### 「きのこ・装置開発」グループ

きのこ・装置開発グループでは、小型で操作の簡便なパルス電源を開発し、展開研究を可能にする素地を作ること、腐生キノコの栽培への利用を、メカニズムの解明と最適条件の把握、また貴品種キノコへの提要进行を計画していた。以下、この計画をベースに、研究成果について記載する。

##### 1. 電源開発

従来から、キノコ増産等に用いていた Marx 方式パルス電源は、高電圧のスキルを持った人に使用が限定され、さらに高価でメンテナンスが必要といった点で、技術普及が難しくなっていた。ここを解決するために、企業とも連携して、3つのタイプの電源の製品化に成功した。そのうち2つは、(株)友信工機との共同開発で、単三乾電池で駆動する。国際農業見本市でも紹介され、メディアでも複数回取り上げられた。特許申請も2件行っている。2つのタイプの違いは、片方が単極性(100kV、正極性)でホダ木や一部の菌床に対して有効になる。他方は、両極性(100kV、両極性パルス出力)で、上面栽培の菌床や、ポット栽培など、絶縁物を介して菌床が置かれた場合に有効になる(図1)。(株)グリーンテクノと共同開発した電源を、図2に示す。駆動は、100V 商用電圧で、出力は100kVである。使用する方の利便性と安全性を考慮して、制御部などは表に出ずに、スイッチを2つ入れるだけで、電圧が出るように構成されている。この電源は、すでに販売から1年強が経った現在、国内外に20個弱ほど販売されている。本事業の成果としても、この電源を、JA 新いわてとの連携も行いながら、複数の農家に貸し出して、効果の評価を続けている。



図1 (株)友信工機開発のキノコ刺激用電源



図2 (株)グリーンテクノ開発のキノコ刺激用電源

##### 2. キノコ増収

キノコの増産のメカニズムに関しては、菌床栽培のシイタケやエノキにパルス電圧を印加して刺激を与えた際の酵素活性について、ウェスタンブロッティング (WB) 法等により計測を行っている。これらの検証を通して、電気刺激によるキノコ子実体発現のプロセスが、遺伝子や酵素レベルで把握できている。加えて、キノコ増収に関しても、印加電圧の大きさを変えたデータなども蓄積され、菌床栽培における、印加電圧の最適値などが、明らかになってきている(図3)。



貴品種キノコに関する実験は、栽培技術の確立していない菌根菌(まつたけ、あみたけなど)や、栽培技術は確立しているが、栽培に手間が多くなる種類(あぎたけなど)で、実験を進めている。一例として、図4に、菌根菌であるあみたけを用いた実験成果例を示す。

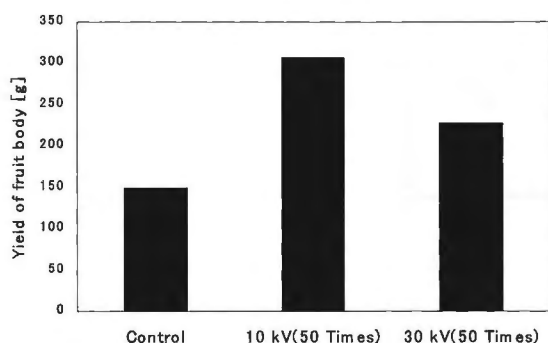


図3 印加電圧の大きさとシイタケ収量の関係



図4 菌根性きのこ増収の新聞記事 (岩手日報 2010.11.13)

## 「展開研究」グループ

展開研究グループでは、きのこ・装置開発グループの成果である小型パルス電源を、1) 食品貯蔵庫での補菌・不活性化による鮮度保持、2) 食品有用菌の機能性制御、3) 養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化など、農水系及び食品分野への応用へ展開することを計画していた。以下、この計画をベースに、研究成果について記載する。

### 1. 菌の捕集および不活性化

菌の捕集と不活性化では、主に、カビなどの担子菌を対象として、電気集じん機の原理を利用した補菌装置の開発を行い、その効果を検証した。実験には、もみ殻をミルで細かく砕いたものや、ドライイーストを、供試菌として用いている。それらを、図5に示す構造の、開発した捕集機に、エアフローとともに通し、電圧の印加の有無で、空中浮遊菌がどのように変わるかを調べた。培地は、PDA と PCA の2種類を用い、担子菌と一般生菌とで評価している。実施結果の一例を、図6に示す。図よ

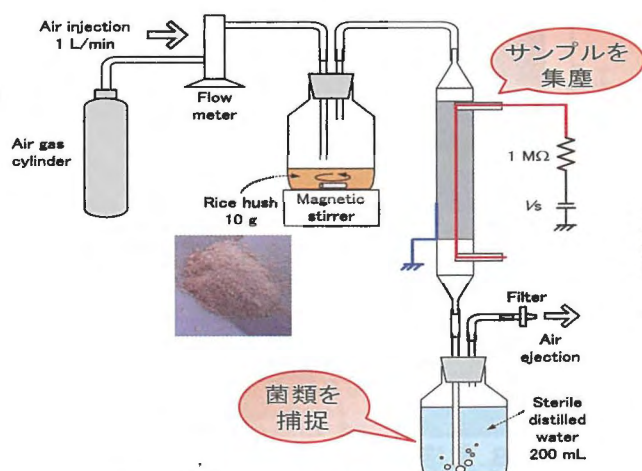


図5 補菌装置の構造と実験の様子

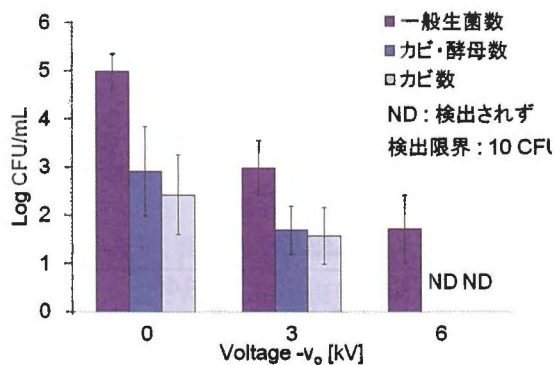


図6 補菌および補活性化の様子

り、印加電圧の増加に伴い、空中浮遊菌が減少していることがわかる。縦軸は、対数プロットである。従って、-6kV 程度の電圧印加で、3ケタほど、菌数が減少することがわかる。この菌数の減少により、鮮度維持がどのように変化するかについては、現在、別の外部予算(JST 産学協創;7,500 万円、3 年間、科学研究費基盤研究 C;3年間)を活用して、進めている。

## 2. 食品有用菌の機能性制御

有用菌の機能性制御については、放線菌由来の 2 次代謝産物として *Liposidomycin* や *Propeptin*、糸状菌由来の 2 次代謝産物として *Eremoxylarin* や *Bemzoxepin* を、種々の条件において 3 次元 HPLC による分析を行い、パルス電気の効果について評価した。一部の菌で、パルス電圧の印加によって 2 次代謝産物の生成量が、約6倍と上昇した。従って、菌の活性度の制御には効果があることがわかった。しかし、2 次代謝産物の成分に変化は現れず、機能性制御は、本実験条件で得るのは難しいことも明らかになった。

## 3. 養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化

養液栽培での植物成長阻害菌の不活性化については、こまつなや稲の養液栽培での成長阻害菌などの分析や、トマトの代表的な成長阻害菌である分離菌や萎凋菌などへの、水中パルス電気印加に伴い発生する放電で、菌体の不活性化を行う。効果の評価は、コロニーカウントによる菌体の活性度や総数の変化や、植物の生育を根の長さなどで評価することを計画していた。供試野菜として、こまつな(葉野菜)、いちご(果実)、はつか大根(根菜)、とまと、イネなどを用いた。例として、コマツナの栽培日数と、土壌や循環水中の菌数の変化を、パルス電圧を用いて循環水中にプラズマを生成した場合とそれがない場合で比較した結果を、図7に示す。図より、一般菌数は、プラズマ印加がない場合は、栽培日数とともに増えていることがわかる。しかし、プラズマ印加により、3週間後の、栽培期間終了時の菌数は、プラズマ照射のない場合と比較して、3ケタほど低下している。このことは、植物の病気リスクが、プラズマ照射で低減手切ることを意味している。さらに、プラズマ照射を循環水に行うことで、空気中の窒化物が固定化されて、循環水の中に溶け込む。この窒化物は、植物の根から吸収され、肥料として働き、植物の成長を促進する。本実験条件では、1日 20 分のプラズマ照射で、乾燥重量比で、約6倍となる。その様子を図8に示す。プラズマ照射に必要なエネルギーは、太陽電池で賄えるレベルである。現在は、エネルギー自立型のシステムの構築を進めている。

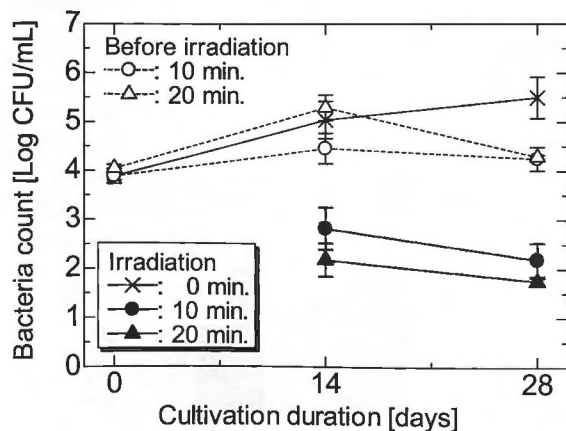


図7 コマツナの栽培日数と一般生菌数の関係

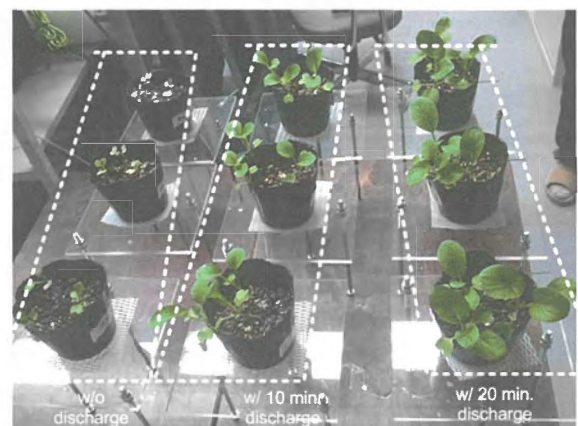


図8 栽培 28 日後のコマツナの成長の様子



## 5. 今後の課題

### 1. 地域への展開

① 電源開発（きのこ増収；JA 新いわて）：（株）グリーンテクノと共同開発した電源は、その後、岩手県内のきのこ農家でも使用されている。さらに、JA 新いわてとの共同研究でも利用されている。図9に、JA 新いわてとの共同研究として実施した、久慈のきのこ農家での実験の様子を示す。この開発電源は、現在はこの農家に置いており、しいたけの発生制御に活用されている。



図9 きのこ農家での実験の様子と効果  
（菌床の写真：左は刺激なし、右は刺激あり）

② 養液栽培（岩手県農業研究センター）： 本事業で開発した、野菜栽培用水中放電発生システムは、その後、岩手県農業研究センターのコマツナ栽培システムにも組み入れられ、効果の検証を続けている（図 10）。ここでも、コマツナの生育速度の改善や、養液中の一般生菌数の減少などを確認している。さらに、養液用プール内の藻の繁殖が押さえられることも確認されており、メンテナンス軽減へとつながることが明らかになってきている。



図 10 岩手県農業研究センターでの実験の様子と効果  
（コマツナの写真：下はプラズマ照射あり、上は照射なし）

### 2. 今後の展開

- ① パルス電圧の農水利用（バイオ応用）の拡張： パルス電圧の応用分野として、本研究では、主に菌を対象として、農水分野や食品分野への応用を志向した。パルス電圧の効果として、菌以外にも、野菜種子への発芽刺激、エレクトロポレーションを利用した成分抽出、交流電界を活用した過冷却場の創生などがあげられる。これらを活用した、電気農水学といった、新しい分野の開拓を志向する。
- ② さんりく震災復興への活用： 今回得られた知見は、さんりく震災復興支援への活用も可能になる。例えば、水産業を中心とした食のサプライチェーンなどは、さんりく復興の大きな後押しとなる。今後、今回の成果を活用して、さんりく震災復興へとつながる技術や研究へと展開することを計画している。またその実施に必要となる、競争的資金の獲得も、積極的に行う。

## 6. 主な発表論文等

1. K. Okamura, K. Takaki (他4名、4番目), “Novel Package of SiC-JFET for a Switching Pulse Supply Operating at 1 MHz for an Induction Synchrotron”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **40**(9), 2205-2210 2012.9.
2. K. Takaki (他3名、1番目), “A New Approach to High-Power Pulsed Glow Plasma Generation: Shunting Glow Plasma”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **40**(7), 1801-1808, 2012.7.
3. K. Takahashi, K. Takaki, N. Satta (2番目), “Water Remediation Using Pulsed Power Discharge under Water with Advanced Oxidation Process”, *J. Adv. Oxid. Technol.* (査読有), **15**(2), 365-373, 2012.7.
4. K. Okamura, K. Takaki (他4名、4番目), “Characterization of SiC JFET in novel packaging for 1 MHz Operation”, *Materials Science Forum* (査読有), **717-720**, 1029-1032, 2012.
5. K. Tomita, K. Takaki (他4名、6番目), “Two-dimensional Thomson Scattering Diagnostics of Pulsed Discharges Produced at Atmospheric Pressure”, *J. Instrumentation* (査読有), **7**, C0205, 2012.
6. 川野修太, 高木浩一(他2名、3番目), “水中気泡内放電による有機染料の脱色におけるパルス幅の影響についての検討”, *静電気学会誌* (査読有), **36**(1), 43-49, 2012.
7. 高橋克幸, 高木浩一(他4名、3番目), “気相放電水中進展型リアクタを用いた汚水浄化における電極構造と極性効果による影響”, *プラズマ応用科学* (査読有), **19**(2), 139-146, 2011.
8. I. Yagi, K. Takaki (他4名、6番目), “Streamer Propagation of Nanosecond Pulse Discharge with Various Rise Times”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **39**(11), 2232-2233, 2011.
9. H. Aoki, K. Takaki (他2名、3番目), “Induction of Gaseous and Metal Source Plasmas by Carbon Shunting Arc”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **39**(11), 2912-2913, 2011.
10. K. Takahashi, K. Takaki (他2名、3番目), “Development of Pulsed Discharge inside Bubble in Water”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **39**(11), 2654-2655, 2011.
11. T. Takaki, T. Murakami, S. Mukaigawa, T. Fujiwara, K. Yukimura, “Shunting arc generation by parallel rod configuration”, *Plasma Sources Sci. Technol.* (査読有), **20**(1), 015012-1-6, 2011.
12. K. Ise, K. Takaki (他5名、3番目), “Development of Megahertz High Voltage Switching Pulse Modulator Using a SiC-JFET for an Induction Synchrotron”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **39**(2), 730-736, 2011.
13. 高木浩一(他4名、1番目), “講座:4. パルスパワー発生回路の設計と実践”, *プラズマ核融合学会誌* (査読なし), **87**(3), 202-215, 2011.
14. 高木浩一(分担執筆), “大気圧プラズマの技術とプロセス開発”, 沖野晃俊監修, シーエムシー出版, 2011年8月
15. H. Fue, K. Takaki (他4名、5番目), “Development of self-organized filaments in a microgap atmospheric barrier discharge on bismuth silicon oxide dielectrics”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **39**(11), 2140-2142, 2011.
16. T. Sato, K. Takaki (他4名、5番目), “Self-Organization Pattern of Microgap Atmospheric Barrier Discharge”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **39**(11), 2202-2203, 2011.
17. Y. Ishigaki(他4名、3番目), “Optimization of Reactor Configuration for NOx Removal Using Magnetic Compression Pulsed Power Generator”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* (査読有), **38**(8), 1713-1720, 2011.

雑誌論文 (計 16 件) #すべて査読付き

学会発表 (計 88 件)

図 書 (計 2 件)

産業財産権 出願状況 (計 2 件)

取得状況 (計 0 件)

## Ⅱ 平成23年度採択課題

## 地域課題研究成果報告書

平成24年10月31日

### 研究課題

白金族金属とレア・アースのリサイクルに関する岩大プロセスの開発

### 研究代表者

山口 勉功

### 研究成果の概要

ディーゼル自動車用のシリコンカーバイド (SiC) 製ディーゼルパティキュラーフィルタ (DPF) からの PGM を回収するうえで、SiC の酸化剤として  $\text{Cu}_2\text{O}$  系ないしは  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$  系スラグに  $\text{Cu}_2\text{O}$  を加えたフラックスを用いる PGM リサイクルプロセスを開発した。

1170 °C で Fe-C 合金融体と  $\text{Nd}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  二元系の二液相分離の相平衡を利用し、ネオジム磁石からレアアースを酸化物相へ濃縮・分離すると共に、磁石中の鉄を Fe-C 合金として回収可能なネオジム磁石のリサイクルプロセスを開発した。本方法を用いることで、純度 98% 以上の希土類元素を 99% 以上回収率で回収できる。

これらの研究成果は、学会等の受賞 4 件、学会発表 10 件、特許 3 件、新聞報道 1 件および 3,000 万円を超える外部資金の獲得につながり、金属リサイクル分野の発展に大きく寄与すると共に、本学の金属リサイクル分野の実力を社会に発信することができた。

### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	
23年度	2,000,000円
計	2,000,000円

◇キーワード：リサイクル、白金族金属、レアアース

#### 1. 研究の背景

白金やロジウムなどレアメタルの白金族金属 (PGM, Platinum Group Metals) は自動車の排気ガス浄化触媒として、また、ネオジム、ジスプロシウムなどのレアアースは、電気自動車のモーターの高性能磁石の原料として不可欠である。しかしながら、これらの金属資源は偏

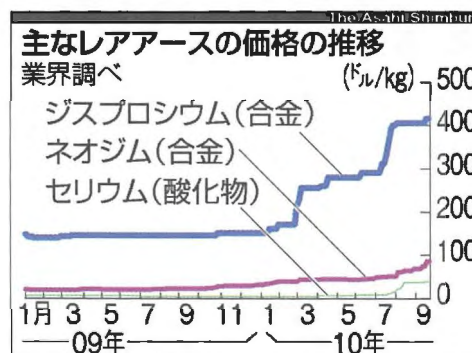


図1 レアアースの価格推移

(出典：朝日新聞)

在しており、世界生産量のうち、PGM は南アフリカが 90%、レアアースは中国が 97%を占めている。これらのレアメタル、レアアースの世界における需給は逼迫し中国の輸出規制に伴い、図 1 に示されようにレアアースの価格は高騰している。我が国の自動車などのハイテク産業分野を維持していく上で、PGM、レアアースのリサイクルは不可欠となっている。

## 2. 研究の目的

稀少資源である PGM とレアアースのリサイクルリングを進めるうえで、日本が世界に先駆けて取り組むべき課題であり、本課題が達成されれば海外の政情不安に依存することなく PGM、レアアースの安定供給が可能となるため、日本の化学、自動車などの産業ならび IT 関連産業の発展に波及効果があり、社会に与えるインパクトは大きい。

そこで本研究では、非鉄製錬企業と連携し、岩手大学ブランドの PGM とレアアースのリサイクルプロセスを開発することで、岩手大学からの情報を国内外に発信することを企図した。

## 3. 研究の方法

### 3. 1 ディーゼル自動車のシリコンカーバイド (SiC) 製ディーゼルパティキュラーフィルタ (DPF) からの PGM 回収プロセス

SiC 製 DPF を酸化して  $\text{SiO}_2$  にすることができれば、現行のアルミナ系の自動車排気ガス浄化触媒から PGM を回収するプロセスと同様な手法で、PGM を回収することが可能となる。

SiC は熱力学的には  $\text{SiC} + \text{O}_2 (\text{g}) = \text{SiO}_2$  の反応により容易に酸化すると考えられる。しかしながら、SiC の酸化では緻密で高融点  $1723^\circ\text{C}$  の  $\text{SiO}_2$  膜が表面に形成されるため、内部まで酸化反応が進行しないという問題がある。そこで SiC 表面に形成される  $\text{SiO}_2$  膜を酸化物系フラックスで溶融しながら酸化することができれば、 $\text{SiO}_2$  は低融点のスラグとなり、SiC を連続的に酸化可能となる。

そこで、本研究では SiC 製 DPF 粉体を  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$  系フラックスと共に酸化し、均質なスラグにすることが可能か、 $1200\sim 1500^\circ\text{C}$  の温度範囲で調べた。また、SiC を酸化して生成される  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$  系スラグと溶融金属相間の白金、ロジウム、パラジウムの分配を  $1100\sim 1600^\circ\text{C}$  で測定した。

### 3. 2 レアアース磁石からのネオジウムとジスプロシウムの回収プロセス

自動車用の高性能磁石 ( $\text{Fe-Nd-B-Dy}$  合金) から、 $\text{RExO-B}_2\text{O}_3$  系二液相分離を用いて、金属鉄とレアアース酸化物を分離し、レアアースを濃縮、回収するプロセスの構築を目指す。

レアアースの酸化物  $\text{RE}_x\text{O}$  は  $\text{RE}_x\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$  系において、 $\text{RE}_x\text{O}$  の富化した液相と、 $\text{B}_2\text{O}_3$  が富化した液相に高温で二液相分離をする。この二液相分離を利用して、Fe-Nd-B-Dy 合金から、鉄を金属として分離した後、ネオジウム、ジスプロシウムなどのレアアースをスラグ相に濃縮する。このスラグ相は  $\text{RE}_x\text{O}$  の富化した液相と、 $\text{B}_2\text{O}_3$  が富化した液相に分離する。 $\text{B}_2\text{O}_3$  が富化した液相は再利用し、 $\text{RE}_x\text{O}$  の富化した相は、塩酸で酸溶解後、 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  で希土類シュウ酸塩として回収する。これらの一連の操作により、Fe-Nd-B-Dy 磁石から、ネオジウム、ジスプロシウムなどのレアアースを回収プロセスすることが可能か調べる。

#### 4. 研究成果

##### 4. 1 ディーゼル自動車のシリコンカーバイド (SiC) 製ディーゼルパティキュラーフィルタ (DPF) からの PGM 回収

自動車排気ガス浄化触媒等からの PGM を回収することを目的として研究を行った。 $\text{Cu}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  系スラグと溶銅間の PGM の分配を  $1300^\circ\text{C}$  で測定した。その結果、従来の  $\text{Cu}_2\text{O}$  系スラグに 5mass% 程度の  $\text{SiO}_2$  を加えた  $\text{Cu}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  系スラグの利用は、白金族金属のスラグ損失を半減できることが分かった。

また、炭素飽和溶鉄ないしは溶融鉄と  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  系スラグ間の白金族金属の分配挙動を  $1600^\circ\text{C}$  で測定した。その結果、PGM はスラグ相に比べ 10 万から 100 万倍溶鉄相に濃縮できることが分かった。また、分配比は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  濃度に依存しないことを明らかにした。

さらに、ディーゼル自動車用のシリコンカーバイド (SiC) 製ディーゼルパティキュラーフィルタ (DPF) からの PGM を回収するうえで、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  系スラグをフラックスとし SiC 製 DPF を酸化することで均質なスラグにすること可能であることが分かった。また、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  系スラグに  $\text{Na}_2\text{O}$  や  $\text{Cu}_2\text{O}$  を加えたスラグは、SiC の酸化を促進できることが分かった。 $1300^\circ\text{C}$  で SiC 製 DPF 粉末と  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  系スラグの質量比を 1:3 とし、空気量 200ml/min で加熱した試料中の炭素濃度と保持時間の関係を図 2 に示す。図中には前述した SiC 製 DPF 粉末と還元炉スラグの質量比で 1:4 の値も共に示した。6 時間保持の試料を除き、何れの試料中の炭素濃度は 0.01mass% 以下であり、SiC 製 DPF は均質なスラグなっていると判断できる。

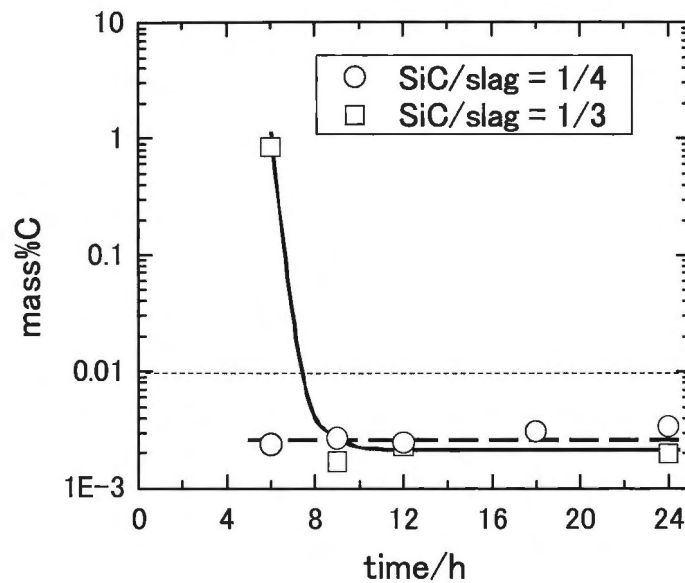


図2 試料中の炭素濃度と保持時間の関係 (SiC / slag = 1/3)

図3に SiC 製 DPF 粉末と還元炉スラグの質量比を 1:4 および 1:3 とした場合の 1250℃と 1350℃で 6 時間保持した試料の写真を、1300℃の試料と共に一括して示す。肉眼観察の結果ではあるが、SiC 製 DPF 粉末と還元炉スラグの質量比を 1:3 としても、1350℃で処理すれば 6 時間で均質なスラグすることが可能と考える。

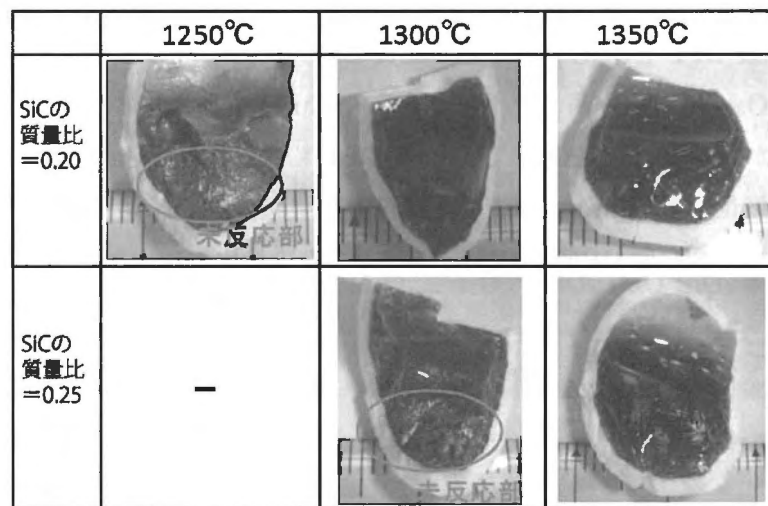


図3  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$ 系フラックスを用いた実験後の試料

#### 4. 2 レアアース磁石からのネオジウムとジスプロシウムの回収プロセス

本実験で実験に供したネオジム磁石の各成分濃度を表 1 に掲げる。図 4 に 1170℃で 1 時



間加熱保持した試料の写真を示す。図に示されように、溶解後試料は3相に分離していることが分かる。表2と表3にスラグ相と合金相の主な元素の分析結果をそれぞれ示す。鉛直方向に上からネオジウムを0.17 mass%程度含む  $B_2O_3$  相、黒緑色のネオジウム、ジスプロシウム、プラセオジムなどのレアアースが富化された  $Nd_2O_3$ - $B_2O_3$  相、最下相にはレアアースをほとんど含んでいない Fe-C 合金相が分離していることが分かる。したがって、本高温処理を行った場合、磁石中のレアアースを溶鉄相に比べて  $Nd_2O_3$ - $B_2O_3$  相へ、ネオジウム、ジスプロシウム、プラセオジウムをそれぞれ 3600 倍、1600 倍、2200 倍程度濃縮・分離することが可能である。

表1 ネオジム磁石の各成分濃度 (mass%)

Fe	Nd	Dy	Pr	B	Ni	Cu	Al
63.8	23.1	0.8	7.0	1.3	1.5	1.0	0.6

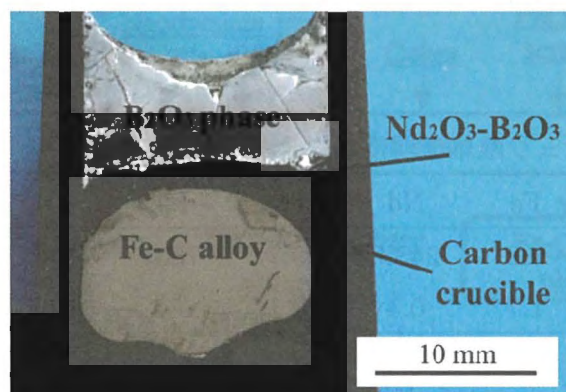


図4 実験試料写真

表2 スラグ相の各成分濃度 (mass%)

Substance	Fe	Nd	Dy	Pr	$B_2O_3$
$B_2O_3$ phase	0.04	0.17	0.006	0.06	99.60
$Nd_2O_3$ - $B_2O_3$	0.23	36.28	1.11	11.30	40.38

表3 合金相の各成分濃度 (mass%)

Substance	Fe	Nd	Dy	Pr	B
Fe-C alloy	93.88	0.01	0.0007	0.005	1.72



一方、磁石中の鉄は Fe-C 合金として回収することが可能である。B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相には若干のレアアースが存在しているが、本研究で提案するプロセスでは、この B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相は処理に再利用することができるため、直接的な損失にはならないと考える。

Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相を塩酸浸出した溶液および浸出液にシュウ酸、アンモニア水を加え、攪拌しながら 40 °C で 5 時間保持し、ろ過分離を行ったろ液中の元素の含有量を表 4 に示す。また、シュウ酸処理前の元素含有量  $W_I$  とシュウ酸処理後の元素含有量  $W_F$  から、式(1)を用いて算出した各元素の回収率  $R$  を表 5 に示す。

$$R = (W_I - W_F) / W_I \times 100 \quad (1)$$

シュウ酸処理を施す前の溶液にはネオジム、ジスプロシウム、プラセオジムといったレアアース成分を計 330 mg を含んでいたが、シュウ酸処理を施すことで、溶液中のレアアース成分を計 0.9 mg まで低下させ、レアアースを希土類シュウ酸塩の沈殿物として、いずれの元素も 99 % 以上の回収ができることが確認できた。

表 4 シュウ酸処理前後の各元素の溶液中の含有量 (mg)

	Fe	Nd	Dy	Pr	B	Al
処理前	2.2	243.9	9.7	78.0	106.0	11.9
処理後	1.7	0.4	0.1	0.4	103.7	8.8

表 5 シュウ酸処理による元素回収率 (%)

Nd	Dy	Pr
99.9	99.0	99.5

表 6 回収された希土類酸化物の成分濃度 (mass%)

Fe	Nd	Dy	Pr	B	Al
0.02	62.09	2.21	19.42	0.02	1.14

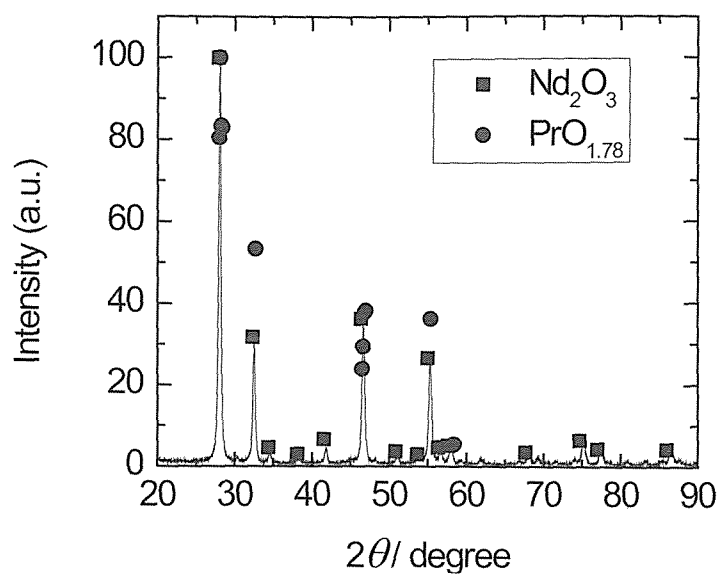


図5 回収した希土類酸化物の XRD パターン

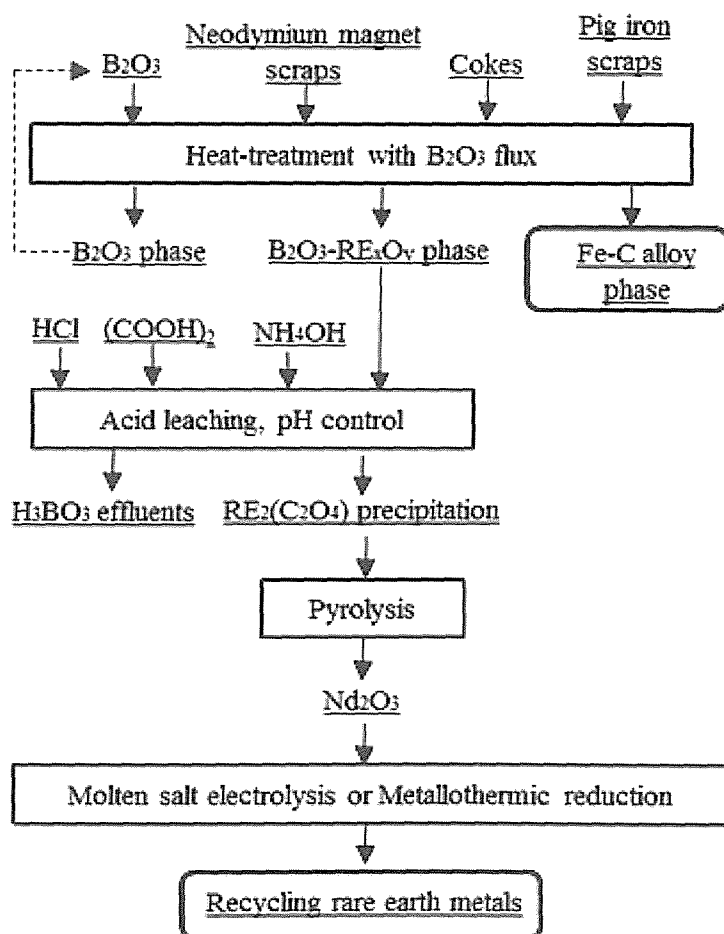


図6 提案するネオジム磁石リサイクルプロセス（岩大法）

希土類シュウ酸塩を加熱処理し、生成した試料の XRD 測定の結果を図 5 に示す。XRD の結果より、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{PrO}_{1.78}$  といった希土類酸化物の回折パターンを確認することができた。本研究により回収した希土類酸化物の分析結果を表 6 に示す。回収しレアアースは、ネオジム、ジスプロシウム、プラセオジムであり、酸化物換算で 98.2 mass% である。回収された希土類酸化物には希土類元素以外に 1.1 mass% 程度のアルミニウム（アルミナ）が含まれていた。さらに純度の高い希土類酸化物が要求される場合には、溶媒抽出、イオン交換樹脂などにより希土類中のアルミニウムの分離が必要となる。図 6 に本研究により開発されたネオジム磁石リサイクルプロセス（岩大法）を示す。

## 5. 今後の課題

さらにこれらの研究を展開、発展させていくうえで、大型予算の獲得にも注力して行きたい。特に、レアアース磁石のリサイクルの結果は先駆的な方法であり、現在のレアアース問題を解決可能なリサイクル方法でもある。東北経産局や民間企業などと相談して、実操業化を実現したい。

## 6. 主な発表論文等

- 1) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、Fe-Nd-B 系合金からのレアアースの濃縮分離、資源・素材 2011（堺）、2011、PY-36（若手ポスター受賞）
- 2) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、炭素共存下における  $\text{B}_2\text{O}_3$  スラグと溶鉄間のレアアースと微量元素の分配挙動、資源・素材学会東北支部研究発表講演会 講演要旨集、2011、p.17
- 3) T. Kubo, H. Sekimoto and K. Yamaguchi, Enrichment of Rare Earth Elements from the Fe-Nd-Pr-Dy-B Alloy by Phase Separation in Liquid  $\text{RExO}_y$  (RE=Nd, Pr, Dy)- $\text{B}_2\text{O}_3$  System, 21st MRS-Japan Academic Symposium, ABS-G4-G-08-M
- 4) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、 $\text{B}_2\text{O}_3$  フラックスを用いた Fe-Nd-B 系合金からのレアアース回収プロセス、資源・素材学会東北支部春季大会、2012、（銅賞）
- 5) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、 $\text{B}_2\text{O}_3$  フラックスを用いた Fe-Nd-B 系合金からのレアアース回収プロセス、四校学術交流会、2012、（優秀発表賞）
- 6) 浅石翼、関本英弘、昆利子、山口勉功、1873K における  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -CaO- $\text{SiO}_2$  系スラグと炭素飽和溶鉄間の白金族金属の分配挙動、資源・素材 2012（秋田）、2012、PY-32
- 7) 浅石翼、関本英弘、昆利子、山口勉功、1873K における  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -CaO- $\text{SiO}_2$  系スラグと溶鉄間の白金、パラジウム、ロジウムの分配、資源・素材 2012（秋田）、2012、449-450
- 8) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、 $\text{B}_2\text{O}_3$  フラックスを用いた Fe-Nd-B 系合金からのレアアース回収プロセス、資源・素材 2012（秋田）、2012、453-454
- 9) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、 $\text{B}_2\text{O}_3$  相、 $\text{RExO}_y$  相、溶鉄相および溶銅相間

の微量元素の分配挙動、資源・素材 2012（秋田）、2012、455-456

- 10) 久保貴寛、関本英弘、昆利子、山口勉功、北村信也、 $B_2O_3-RE_xO_y$  (RE = Nd, Dy, Pr) 系の二液相分離を用いた希土類磁石からの希土類の濃縮・分離・回収、日本鉄鋼協会、2012、PS-6（学生ポスターセッション優秀賞）
  - 11) SiC系物質からの白金族元素の回収方法、山口勉功、特許出願 2011-29043
  - 12) 希土類元素含有物質からの希土類元素濃縮方法（Cu 有り）、山口勉功、関本英弘、特許出願 2012-69866
  - 13) 希土類元素含有物質からの希土類元素濃縮方法（Cu 無し）、山口勉功、関本英弘、特許出願 2012-69827
  - 14) 日本経済新聞 地域経済、レアメタル回収技術開発に熱、p.2、2012.11.10 掲載
- 雑誌論文（計 0 件）
- 学会発表（計 10 件）
- 図 書（計 0 件）
- 産業財産権 出願状況（計 3 件）
- 取得状況（計 0 件）
- 受賞（計 4 件）
- 新聞報道（計 1 件）

## 地域課題研究成果報告書（冊子体）

平成 24 年 10 月 31 日

### 研究課題

東日本大震災における地震・津波による岩手県の被害の全容解明に関する調査

研究代表者 越谷 信

研究分担者 山本英和，小笠原敏記，鴨志田直人，松林由里子

### 研究成果の概要

本研究は、2011 年東北地方太平洋沖地震によりもたらされた岩手県内での被害の全容を明らかにするため、主要な被害である津波、地震動および地盤、とくに液状化について調査を行った。それらの結果は以下の通りである。

#### 1. 津波被害

##### 1-1. 津波遡上高・遡上範囲・浸水高

岩手県沿岸地域の津波の遡上高や最大遡上範囲、浸水高の計測および防災施設や家屋等の損壊レベルの調査を実施したところ、津波痕跡高は、岩手県沿岸中央に位置する宮古市を中心に南北方向にかけて低くなる傾向であった。しかし、北部では野田村、南部では陸前高田市で遡上高が 30m を越えている。さらに、宮古市より南部では、防潮堤の高さと浸水高を比較すると、防潮堤の 2 倍以上の津波が襲来したことが明らかとなった。また、最大遡上高は、宮古市で 40.57m を記録した。これは、明治三陸津波において大船渡市三陸町綾里で記録された 38.2m の最大値を越えるものであり、観測史上最大の記録であった。

##### 1-2. 津波災害と避難行動

津波による犠牲者は、30 歳未満の死亡者数が全体の 6.5% と他の年齢層に比べて低い割合であった。特に、地震直後に小学校や中学校に在籍していた生徒は安全に避難し、犠牲者はいなかった。一方、70 歳以上の高齢者が 48.2% を占めており、その多くが逃げ遅れて犠牲になったと考えられる。また、30 歳～60 歳の死亡者数が全体の 25.8% を占め、社会の中心的な役割を担う年齢層が 3 割近くも犠牲になったことがわかった。

##### 1-3. 建物の被災状況

建物の被災状況では、建物の総戸数 44528 戸の内、木造が最も多く 56% であり、鉄骨造および鉄筋コンクリート造は、それぞれ 5% および 3% と比較的になかった。被災状況は、流失および全壊が全戸数の 80% を占めており、今回の津波で 8 割の建物が再建不可能な被害を受けたことが明らかとなった。

#### 2. 地震被害

##### 2-1. 本震および 4 月 7 日の余震を対象とした奥州市における高密度アンケート震度調査



岩手県奥州市では本震では住宅等の被害が少なかったものの4月7日の余震では全壊40棟を超える被害が発生し、なかでも前沢区に被害が集中した。この原因を明らかにするため、奥州市全域約7500世帯を対象とした高密度アンケート震度調査を実施し、区域ごとの詳細な震度分布を算定した。その結果、4月7日の余震に対して、前沢区では最大震度7、被害が集中した地域では震度6強が分布することが判明した。

#### 2-2. 奥州市前沢区における地盤振動特性調査及び地盤探査

余震で住宅被害が集中した前沢区中心部において、常時微動測定による地盤振動特性を調査した。その結果、被害が集中した五十人町では5 Hz程度の揺れの増幅が認められたが他の地域ではそれが認められなかった。当該地域で表面波探査および微動アレー探査を実施した結果、数mまでの表層地盤のS波速度が130m/s程度と非常に遅く、軟弱地盤が堆積していることが示唆された。

#### 2-3. WEBを利用したアンケート調査による地震時の震度調査手法の構築

従来のアンケート震度調査では調査結果を集計する作業、地震時の位置を特定する作業が非常に煩雑で解析に長時間を必要とする原因とされてきた。そこで今年度GoogleMapを用いた住所から経度緯度を検索し、そのままデータベース化する作業とアンケート回答項目を集計する作業を同時にWEB形式行うシステムを開発し、実際に奥州市の震度調査でそれを使用した。

#### 2-4. 陸前高田横田地区における本震および余震時のアンケート震度調査

陸前高田市は津波により震度計が被災したため本震時の震度が把握されていなかったため、陸前高田市横田中学校の生徒を対象としたアンケート震度調査を実施した。横田地区は海岸から数km離れた場所であり地震の揺れを感じた住所を正確に記載された調査票が少なく統計的な処理が困難であったが、10枚程度の有効回答の結果、本震時は震度6弱から6強程度の揺れであったことが判明した。

### 3. 液状化被害

液状化調査グループでは、岩手県沿岸南部地域（陸前高田市、大船渡市、釜石市）に所在のある岩手県管理の漁港施設15港を対象とし、漁港施設の液状化被害調査を行った。

現地調査を行った15漁港（20地区）のうち、岸壁、岸壁背後地で液状化が発生した可能性があるのは、16漁港（17地区）、液状化しなかったのは1漁港（1地区）、判断できなかったのは2漁港（2地区）という結果となった。また、調査を行った16防潮堤のうち、長部漁港、小白浜漁港、釜石漁港の3防潮堤においては、胸壁倒壊の原因が液状化に起因する可能性が示唆された。さらに、液状化が発生した可能性がある漁港のうち7漁港については、岩手県の液状化可能性予測図において液状化の可能性が「可能性無」や「判定対象外」と判定された地域にあった。なお、本調査において、液状化発生の判断に用いた被害例については、現在のところ、地震動そのものによって、または、津波による波力によって起る可能性も否定できていない点に注意すべきである。

#### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	
23年度	4,000,000円
計	4,000,000円

#### ◇キーワード (5つ程度)

東日本大震災, 2011年東北地方太平洋沖地震, 津波, 地震動, 液状化

#### 1. 研究の背景

東北地方太平洋沖地震は、3月11日14時46分に三陸沖南部海溝寄りで国内観測史上最大のM9.0(最大震度7)の地震であった。典型的なプレート境界地震(逆断層型)であり、太平洋プレートが陸側の北米プレートの下に滑り込む場所で三つの地殻破壊が連動して起き、破壊されたプレート(岩板)の大きさは南北500km、東西200kmと推測されている。岩手県の内陸地域では、新幹線の高架の損傷や液状化による地盤の変形が発生し、沿岸地域では、15:10ごろ釜石市(唐丹町小白浜地区)の唐丹湾に面した小さな漁村集落が瞬く間に津波の猛威に飲み込まれ、その後も12市町村に次々と津波は襲いかかり、県内の死者・行方不明者は今現在約8,000人にも及んでいる。未曾有の大災害を引き起こした東日本大震災による岩手県内の被害の全容を明らかにし、確かな記録を残しておくことは、今後の南海・東南海の連動型地震のワーストケースの災害や岩手県の後世に対する防災対策を議論する上でも非常に重要である。

#### 2. 研究の目的

本研究は、東日本大震災による岩手県全土の被害の全容を明らかにする。特に、地震の揺れの程度、液状化による地盤変化の調査、津波による防災施設や家屋などの損壊の調査および津波の遡上範囲・遡上高などの計測を行う。調査データを基に、岩手県の被害の特徴を明らかにし、ワーストケースの災害に備える防災対策に役立てることを目的とする。

#### 3. 研究の方法

本研究においては、最終的に岩手県の復興計画や生活再建に役立つ防災対策を検討し、後世に悲劇を繰り返さないための教訓をどう取り組み、生かして行けば良いかを提言しようとするものである。そのために、岩手県全域における地震の揺れの程度および三陸沿岸に來襲した津波による被害の全容を把握するための現地調査を行った。津波調査では、洋野町から陸前高田市までの沿岸12市町村の遡上高や浸水高などの痕跡調査と同時に、防潮堤・湾口防波堤などの防災施設および家屋等の損壊の程度を把握し、津波災害の全容を掌握する。また、沿岸地域の防災教育や避難行動および防潮堤に関する意識の実態解明のためアンケート調査を行う。地震動調査では、被災地にてアンケート震度調査による地震時の揺れの程度を把握するとともに、WEBを利用したアンケート調査を実施して、詳細な震度分布を明らかにする。さらに、常時微動測定を行い、アンケート震度調査地の振動特性

を明らかにする。調査対象地域は、津波により震度計が被災したため本震時の震度が把握されていなかった陸前高田市、3月11日の本震および同年4月7日の余震により多数の住宅棟に被害を生じた奥州市および一関市である。液状化調査では、岩手県内の港湾施設における液状化の発生状況、および液状化を生じた地盤材料の特徴を明らかにする。

#### 4. 研究成果

本研究では、津波、地震動および液状化による被害を対象としている。以下、研究成果を、(1) 2011年東北地方太平洋沖地震津波による岩手県沿岸全体の被害の概要とその特徴、(2) 東日本大震災における岩手県沿岸の小中学校の避難に関するアンケート調査結果について、(3) 岩手県普代村太田名部地区における防潮堤に関する意識調査、(4) 平成23年東北地方太平洋沖地震および4月7日の余震を対象とした岩手県奥州市前沢区における超高密度アンケート震度調査と常時微動測定による地盤振動特性、および(5) 液状化による防潮堤・河川堤防の被害調査に分けて報告する。

##### 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震津波による岩手県沿岸全体の被害の概要とその特徴

###### 4-1-1. はじめに

リアス式海岸で知られる三陸海岸を有する岩手県では、1896年明治三陸津波、1933年昭和三陸津波、1960年チリ津波と繰り返し大津波に襲われて来た地域である。こうした過去の大津波の経験および想定宮城県沖地震津波を踏まえて、計画津波高を設定し、防潮堤を初め防災施設の整備を計画的に進めて来た（平成22年度末時点の整備率は約73%であった）。しかしながら、2011年東北地方太平洋沖地震による津波（以下、2011年東北津波と呼称）では、高さ10mを越す大津波が沿岸各地に押し寄せ、陸前高田市、大槌町、山田町などで市街地や集落が壊滅的被害を受けた。避難所では、一時5万4千人を超す被災者であふれた。2012年10月31日現在、県内における死者・行方不明者は、5865（内行方不明者：1194）人に上り、家屋倒壊数は24238戸に及んでいる。

ここでは、岩手県沿岸全体の津波による被害の概要およびその特徴について、現地調査および2011年東北津波再現計算結果に基づいて分析した結果を報告する。

2011年3月11日の震災から1週間後に、津波の痕跡および建物被害状況を調査できるかの判断をするために、先行調査隊として宮古市の調査を行い、その後、度重なる現地調査を行った。調査当初は、ガソリンの不足、宿泊施設の被災など困難な状況下で調査を行い、1年で20数回の調査を遂行することができ、沿岸12市町村全ての被災状況を把握することができた。調査では、測量機器およびRTK-GPSを用いて、津波の遡上高や浸水高、それらの位置を計測した。さらに、防災施設や建物の被災状況を記録として残すために撮影し、それらの被災規模（大破、中破、小破）の判定を行った。

###### 4-1-2. 2011年東北地方太平洋沖地震津波の概要

本震の発生は、2011年3月11日14時46分であり、宮城県栗原市で震度7を観測した。岩手県では、大船渡市を初め7市町村において震度6弱を記録した。日本で震度7が観測されたのは、1995年兵庫県南部地震（M7.3）、2004年新潟県中越地震（M6.8）

に次いで、3 度目である。今回の地震は、典型的な海溝型大地震の発生メカニズムであったと言える。海溝型の大地震は、巨大な津波を発生させる。日本では、太平洋沿岸の三陸沿岸から北海道にかけて高い津波が観測されたほか、日本海、オホーツク海、東シナ海の沿岸においても津波が観測された。さらに、ハワイや北米・南米、および太平洋諸国にまで広範囲にわたって津波が到達した。

図 1 は、日本での仙台平野を中心とした津波の浸水高および遡上高を示す。3m 以上の津波が東京から北海道までの広範囲にわたって襲来しており、リアス式海岸という地形的特徴を持つ岩手県では、波の集中効果によって津波が高くなることは想定されるが、仙台地方の平野部においても、10m を越える津波が押し寄せ、海岸から内陸部に最大で 20km まで遡上した。

図 2 は、岩手県沿岸 12 市町村の位置および 2011 年東北津波の痕跡高（遡上高・浸水高）を示す。なお、図中の■は各海岸の防潮堤の高さを表し、痕跡データは、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるものである<sup>(1)</sup>。痕跡高は、岩手県沿岸中央に位置する宮古市を中心に南北方向にかけて低くなる傾向を示す。しかし、北部では野田村、南部では陸前高田市で遡上高が 30m を越えている。さらに、宮古市より南部では、防潮堤の高さと浸水高を比較すると、防潮堤の 2 倍以上の津波が襲来していたことがわかる。また、最大遡上高は、宮古市重茂姉吉で計測された 40.57m である。この値は、1896 年明治三陸津波において大船渡市三陸町綾里で記録された 38.2m を越えるものであり、国内における観測史上最大の記録である。

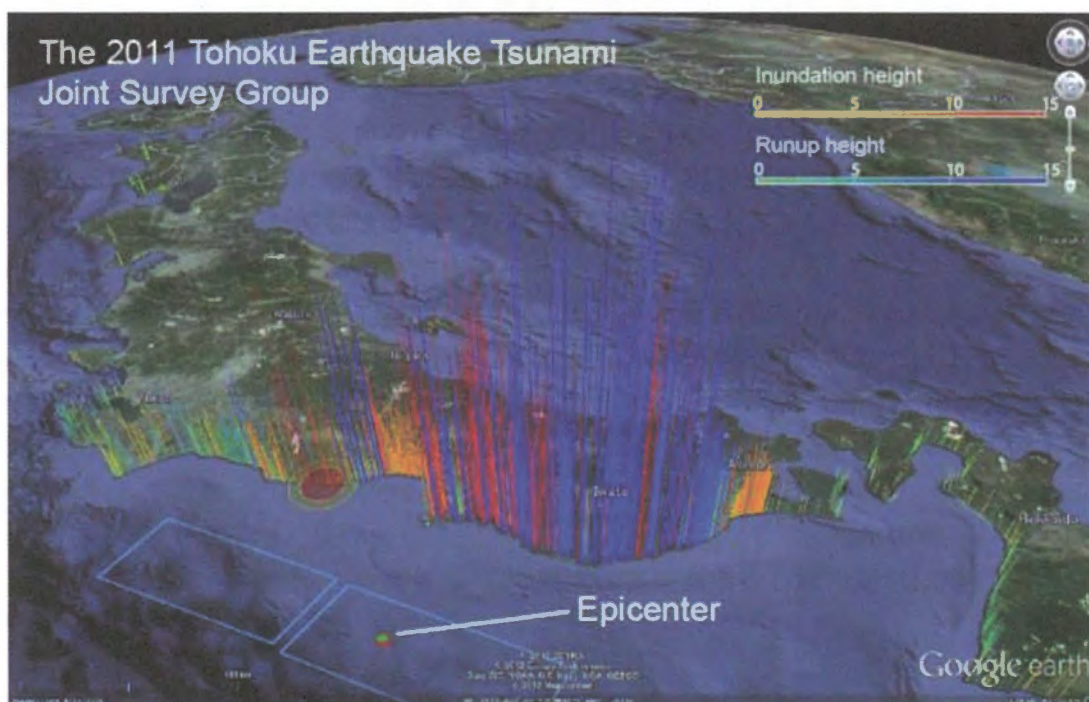


図 1 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による太平洋沿岸での浸水高および遡上高



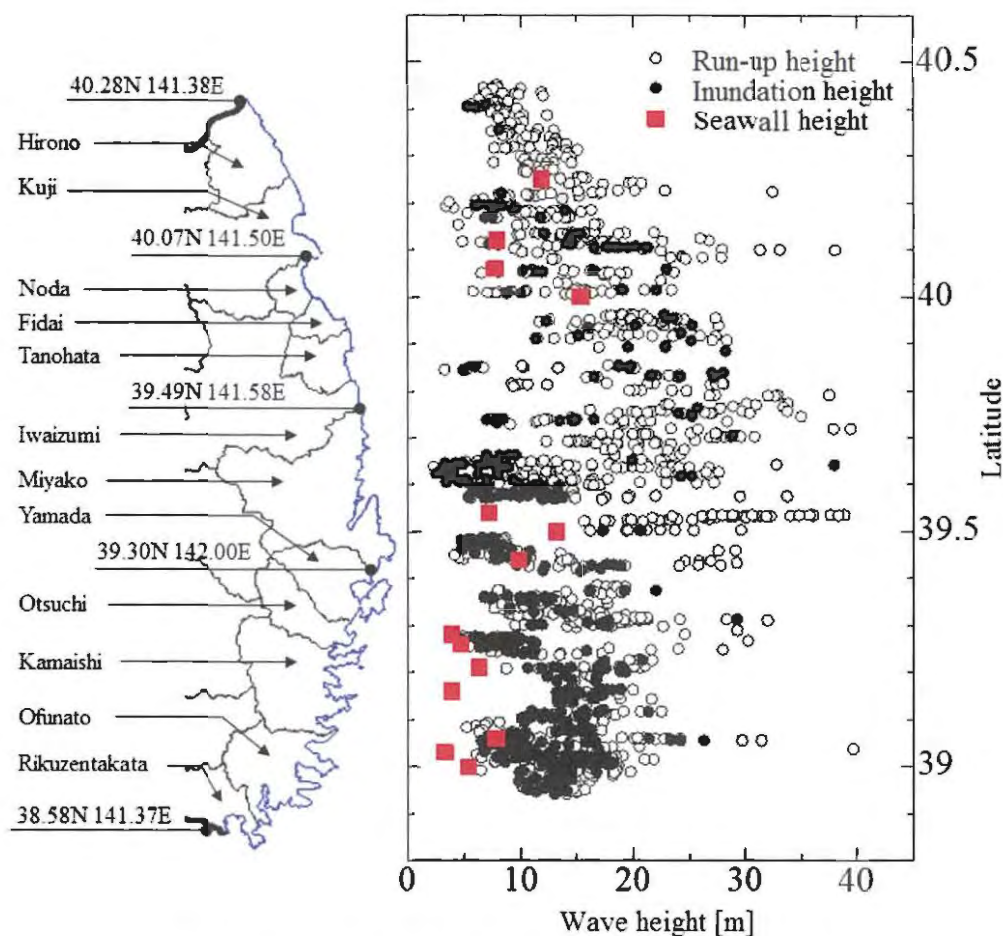


図 2 岩手県沿岸 12 市町村の位置および津波痕跡高

気象庁による津波警報の発表経緯からも今回の津波が予想を超える津波であったと言える。発表経緯は、地震発生から 3 分後の 14 時 49 分に、宮城県に 6m、岩手県および福島県に 3m の内容で大津波警報が発令された。そして、25 分後の 15 時 14 分に宮城県に 10m 以上、岩手県および福島県に 6m の内容で大津波警報が更新された。さらに、その 16 分後の 15 時 30 分には、岩手から千葉九十九里・外房まで 10m 以上の津波が到達する内容の大津波警報に再度更新された<sup>(2)</sup>。つまり、岩手県では、初めの大津波警報から 3 倍以上の到達予想津波高の変更が行われ、変更に必要な時間は 41 分を費やしたことになる。

2011 年東北津波は、記録的な浸水高や遡上高だけではなく、その浸水範囲も広範囲であった。表 1 は、沿岸 12 市町村の総面積、浸水面積および総面積に対する浸水率を示す<sup>(3)</sup>。陸前高田市では、浸水率が 5.6% と最も高い値を示す。2 番目の高い浸水率は、大船渡市および野田村の 2.5% であり、北部の平野部においても広範囲に津波が押し寄せたことがわかる。

#### 4-1-3. 岩手県沿岸域における津波被害の実態



表 1 岩手県沿岸 12 市町村の各総面積・浸水面積および浸水率

市町村名	(a) 総面積 [km <sup>2</sup> ]	(b) 浸水面積 [km <sup>2</sup> ]	(c) 浸水率 100*(b)/(a) [%]
陸前高田市	232.29	13	5.6
大船渡市	323.29	8	2.5
釜石市	441.41	7	1.6
大槌町	200.59	4	2.0
山田町	263.45	5	1.9
宮古市	1259.81	10	0.8
岩泉町	992.92	1	0.1
田野畑村	156.19	1	0.6
普代村	69.69	1	1.4
野田村	80.83	2	2.5
久慈市	623.14	4	0.6
洋野町	303.2	1	0.3

2011 年東北津波による岩手県沿岸 12 市町村の被害状況は、次のように 4 区分の被害規模に大別される。図 3 は、沿岸 12 市町村の位置および被害規模を示す。

- (a) 全域が壊滅的な被害を受けた地域：陸前高田市，大槌町，山田町，宮古市田老
- (b) 臨海部の中心市街地が被害を受けた地域：釜石市，大船渡市，大船渡市三陸町，宮古市，野田村
- (c) 臨海部の集落が被害を受けた地域：久慈市，田野畑村，岩泉町小本
- (d) ほとんど被害を受けなかった地域：洋野町，普代村

表 2 は、沿岸 12 市町村の津波による犠牲者数および被災前人口に対する犠牲者の割合を示す<sup>(4)</sup>。陸前高田市および大槌町の死者・行方不明者数は、岩手県対策本部によると 2012 年 10 月 31 日現在、それぞれ 1776 人および 1276 人である。被災前人口に対する割合は、7.6%および 8.4%であり、人口の 1 割近くに上る。図 4 は、岩手県警察署が公表している被災者名簿（2012 年 1 月 17 日現在）を基に、

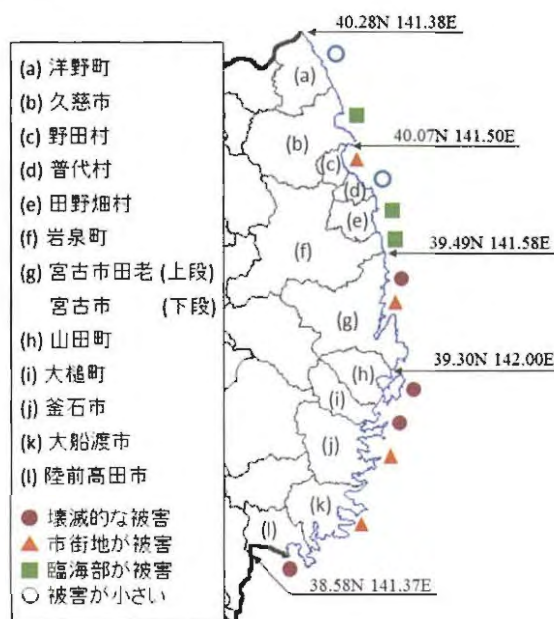


図 3 岩手県沿岸 12 市町村の被害規模

表 2 岩手県沿岸 12 市町村の津波による犠牲者数および被災前人口に対する犠牲者の割合

市町村名	(a) 震災前の人口 [人]	(b) 犠牲者[人]		(c) 犠牲者の割合 100*(b)/(a) [%]
		死者	行方不明者	
陸前高田市	23221	1555	234	7.70
大船渡市	40579	340	82	1.03
釜石市	39399	888	158	2.65
大槌町	15222	803	475	8.40
山田町	18506	604	153	4.09
宮古市	59229	420	107	0.89
岩泉町	10708	7	0	0.07
田野畑村	3838	14	15	0.76
普代村	3065	0	1	0.03
野田村	4606	38	0	0.83
久慈市	36789	2	2	0.01
洋野町	17775	0	0	0.00

その年齢分布の割合を示したものである。なお、公表された犠牲者数は 4421 名であった。30 歳未満の死亡者数は全体の 6.5%と他の年齢層に比べて低い割合である。特に、地震直後に小学校や中学校に在籍していた生徒は安全に避難し、犠牲者はいなかった。一方、70 歳以上の高齢者が 48.2%を占めており、その多くが逃げ遅れて犠牲になったと考えられる。また、30 歳～60 歳の死亡者数が全体の 25.8%を占めている。社会の中心的な役割を担う年齢層が 3 割近くも犠牲になったことになる。写真 1 は、大船渡市三陸町で津波によって流された消防車である。2011 年東北津波では、岩手県において 124 名の消防関係者（消防職員；8 名，消防団；116 名）が犠牲になった<sup>(6)</sup>。彼らは強い責任感から、水門や陸開門の操作あるいは避難の呼びかけを遂行していたため、自分自身が逃げ遅れて津波に巻き込まれた可能性が高いと考えられる。このような犠牲者を二度と出さないためにも、現在進行中の復興計画の防災対策に、この経験を十分に考慮した対策が必要である。

#### 4-1-4. 各地域における津波被害の状況

##### 4-1-4-1. 陸前高田市

2011 年東北津波により、陸前高田市内は壊滅状態となり、粉々になった家屋や車などがあふれ、市街地にはわずかな建物しか残らなかった。図 5 は、明治三陸津波、昭和三陸津波および想定宮城県沖津波による再現計算を基にして作成された浸水予測図である<sup>(6)</sup>。2m 以上の浸水高を示す部分もあるが、内陸に進むに従い低くなり、浸水範囲は山の裾野まで到達しない結果を示している。図 6 は、2011 年東北津波の再現計算結果による浸水高の平面分布を示す。なお、その計算条件を表 3 に示す。図 5 に示した浸水予測を遥かに越える結果となり、高田松原海岸から山の裾野まで平野部全域で、10m 以上の浸

水高となる。高田松原海岸の防潮堤の高さが T.P.+5.5m であることから、その高さを遙かに越える津波が押し寄せて来たことが容易に推測される。さらに、市内を流れる気仙川を津波が 5km 以上も遡上し、浸水想定外かつ海が全く見えないような内陸部にも被害を受けた。

また、日本百景で知られる高田松原は、アカマツとクロマツ合わせて約 7 万本からなる防潮林としての機能も果たしていた。しかしながら、2011 年東北津波によって、写真 2 (a)に示すように幹の途中から倒された折損や、洗掘により根元から抜根されたりして、1 本を残してその他はすべて流された。これらの流木は、建物に衝突するなどの 2 次的な被害を発生させたため、防潮林は津波の減衰効果がなく、むしろ被害を拡大させるだけではないかと言われる側面もあった。しかし、写真 2 (b)で明確なように防潮林は、津波の侵入を抑制し、避難時間の確保およびその外力を低下させていた可能性が考えられる。なぜなら、気仙川を遡上する津波は、河口から上流約 1.5km の位置まで進行しているが、その時点で防潮林に押し寄せた津波は、陸側にほとんど侵入していないことがわかる。つまり、防潮林は、しばらくの間、津波の侵入を抑制していたが、その後、それを上回る巨大津波によって流されたと推察される。

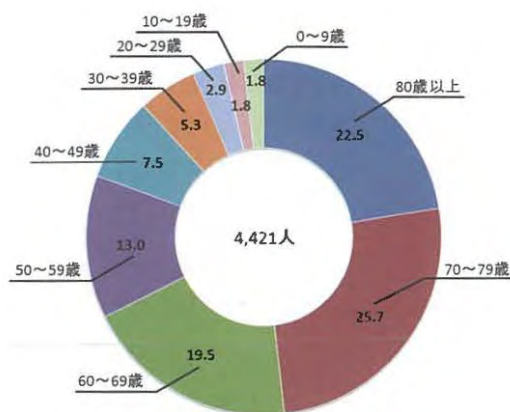


図 4 津波による犠牲者の年齢分布



写真 1 津波に巻き込まれた消防車



図 5 岩手県津波浸水予測図 (陸前高田市)

#### 4-1-4-2. 宮古市田老

宮古市田老では、明治の大津波から 37 年後、昭和三陸地震津波によって、当時の全村における人口の 42%に当たる 763 名の犠牲者を出し、家屋も 98%に当たる 358 戸が全壊した。その後、1979 年までに高さ 10m、総延長 2433m の防潮堤が建設された。1960 年チリ地震津波では、この防潮堤によって被害を最小限に留めることができたため、この巨大防潮堤は、全世界に知れわたり、田老の防災の象徴となっていた。防潮堤は、図



7に示すようなX型を形成し、3つの堤防からなる。図中の一点破線で示す長さ1350mの防潮堤は、1934年から57年までに建設された。この防潮堤は、津波を沢沿いに受け流し、避難時間を稼ぐことを目的に建設された。図中の破線で示す長さ582mの防潮堤は、1962年から65年までに建設された。図中の点線で示す長さ501mの防潮堤は、1973年から78年までに建設された。両堤防は、湾内に入ってくる津波に対して、正面から立ち向かうように湾口に対して平行に建設された。したがって、前者の防潮堤と後者二つの防潮堤の設計思想は全く異なるものであった。

2011年東北津波では、X型防潮堤の海側の防潮堤に大きな被害が生じた。写真3(a)は582mの防潮堤の被害の様子であり、堤体が押し波および引き波によって倒壊した。写真3(b)は501mの防潮堤の被害の様子であ

表3 2011年東北津波の計算条件

波源モデル	藤井・佐竹モデル (Ver.4.0)
基礎方程式	非線形長波方程式 (越流境界：本間公式の越流計算)
計算格子	3240, 1080, 360, 120, 40, 10 [m]
地形モデル	平成16年度岩手県津波予測モデル ※震災時の地盤沈下は考慮せず
防災施設	施設なし(被害あり)

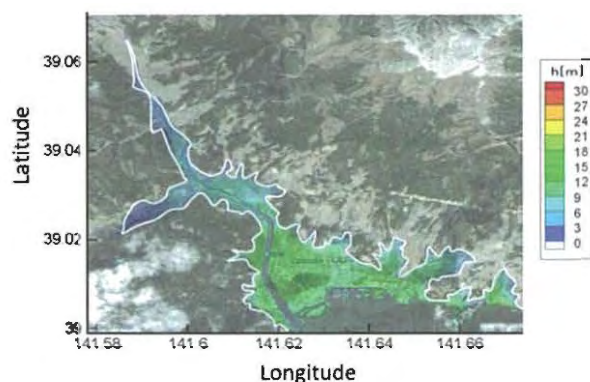
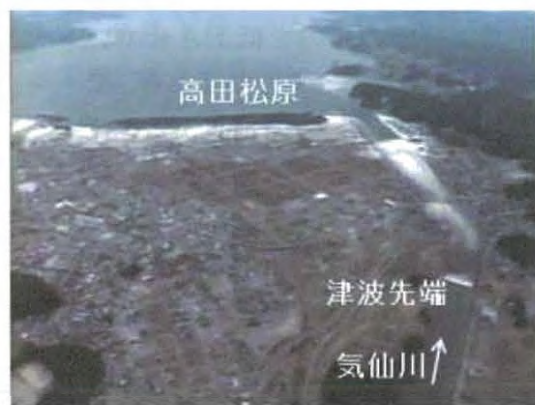


図6 2011年東北津波の再現計算による浸水高の分布



(a) 折損や抜根の被害を受けた高田松原



(b) 津波襲来時における高田松原

写真2 2011東北津波襲来時およびその後の高田松原海岸

り、堤体を越えた津波によって、陸側の基礎部分が洗掘され、法面が剥がれ落ちた。一方、最初に建設された1350mの防潮堤には、大きな損傷は見られなかった。

以上より、この結果は、今後の防災施設を設計する上で参考にすべきであり、津波（水の動き）をどのように制御するかを考えさせられる事例と言える。

#### 4-1-4-3. 岩泉町小本

岩泉町小本地区の防災施設は、防潮堤、水門および河川堤防（左岸：0.45km、右岸：0.35km）であり、何れも計画津波高 T.P.+13.3m で整備されていた。図 8 は、被災前と被災後の小本地区の様子である。津波は水門（浸水高：T.P.+19.3m）および防潮堤を越流し、更には水門下流の両岸からも越流した。写真 4 (a) は小本水門に津波が衝突し、飛沫を上げている瞬間である。左岸側から津波が越流していることがわかる。そのため、河口から左岸約 1.2km、右岸約 0.9km まで



図 7 宮古市田老での被災前の X 型防潮堤



(a) 壊滅的に破壊された防潮堤



(b) 破壊された陸側法面の防潮堤

写真 3 2011 東北津波によって被害を受けた宮古市田老 X 型防潮堤

の範囲が浸水し、小本中学校（図中白丸部分）で約 2m の浸水を記録した（写真 4 (b)）。7 名の方が亡くなられ、家屋の被害は、全壊から一部損壊まで含めて 202 戸であった。

図 9 は、岩手県による津波浸水予測図である。なお、図中の実線は、明治または昭和三陸地震津波の浸水範囲を示す。この浸水深は、想定津波（明治・昭和三陸津波、想定宮城沖津波）から最も被害の大きいケースを示している。すなわち、津波防災施設の効果がなかったケースである。ここで、効果なしとは河口部を除く河川堤防および津波防波堤のみが有効に機能し、その他の施設（防潮堤、水門）の機能が失われたと想定したケースである。今回の津波では、水門は閉められており、機能を果たしていたが、浸水深は浸水予測図と同程度となったことから、予測を越える津波が小本地区に押し寄せたことが推察される。

小本川水門の両端は、小本川の堤防までであり、その先は低平な住宅地となっている。このため、津波が水門を一旦越えてしまえば両岸からも津波が越流し、その下の住宅地に被害が直接及ぶことになる。結果的に小本川水門は、津波をせき止められなかっただけでなく、せき上げ効果によって水位を大きく上昇させて、両岸の堤防から溢れ出た津



波によって被害を拡大させた。これは、外力が想定を上回った場合、防災施設が逆に拡大要因となり、想定外の被害を発生させる可能性があることを示唆している。災害対策においては、あらゆる可能性を検討し、盲点を残してはならないことが必要と言える。

#### 4-1-4-4. 普代村

普代村の防災施設は、図 10 に示すように普代川河口から 300m 上流に位置する普代水門（防潮堤含めて長さ 205m、高さ T.P.+15.5m、県営事業として 12 年間、総工費 35 億 6 千万円、1984 年に完成）および普代水門より南に位置する太田名部防潮堤（長さ 155m、高さ T.P.+15.5m、総工費約 6 千万円、1967 年に完成）がある。写真 5 (a) に示すように普代水門上流側の

管理橋が破壊されたことから、今回の津波は高さ 15.5m の水門を越流したことがわかる。水門での浸水高が T.P.+24.0m であったにも関わらず、水門から上流に 100m の位置にある普代小学校や中心市街地に被害はなかった。この要因として、普代水門の両端は、写真 5 (b) に示すように防潮堤からなり、それは山裾まで延びている。水門は、まるで峡谷に築かれたダムのような構造であるため、津波はこの水門を正面から越流する以外に侵入する方法がなかったと言える。つまり、水門と防潮堤からなる防災施設によって、津波のエネルギーを減衰させたため、普代村の市街地が守られたものと推察される。

写真 6 は、太田名部防潮堤の海側および陸側の津波襲来後を示す。防潮堤での浸水高は T.P.+8.9m であったため、防潮堤陸側の住宅街は全く被害を受けなかった。一方、防潮堤海側にある太田名部漁港の水産関係施設は大きな被害を受けた。

以上より、普代村の防災施設は、地形的特徴を旨く利用した隙のない構造であり、津波から街を守るために、その機能を有効に発揮したと言える。

#### 4-1-4-5. 野田村

野田村は、市街地を中心に被害を受けた地域であるが、図 11 に被災前の防災施設の状況を示す。防災施設は、海岸防災林施設（傾斜堤：高さ T.P.+10.3m、扶壁堤：高さ T.P.+12.0m、防潮林：11.2ha）が整備され、その背後には、宇部川より北の農地海岸の防潮堤（高さ T.P.+12.0m）および南の野田海岸の防潮堤（高さ T.P.+7.8m）が整備された二線堤となっている。また、図中の丸で囲まれた 3 箇所には水門がそれぞれ整備され



図 8 津波襲来前後の岩泉町小本





(a) 水門に衝突した津波



(b) 2 階まで浸水した小本中学校

写真 4 2011 東北津波襲来時の岩泉町小本水門および被害を受けた小本中学校

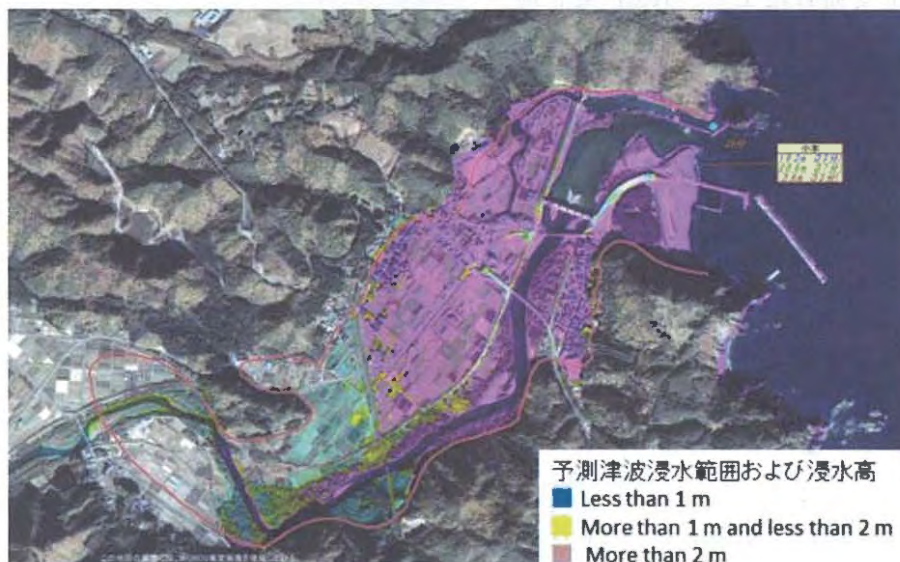


図 9 岩手県津波浸水予測図（岩泉町小本）

ている。さらに、防潮堤背後には、国道 45 号線および三陸鉄道（北リアス線）が防潮堤と平行するように建設されている。写真 7 は、野田海岸に最大波の津波が襲来したときの様子である。写真中に見える構造物は、海岸防災林施設の防潮堤である。写真 8 は津波襲来後の野田村の様子である。津波は海岸に面した防潮堤（1 線堤）だけでなく、その背後の防潮堤（2 線堤）も越流して、海岸から約 1km に位置する野田村役場の 1 階部分（浸水高 T.P.+7.9m）も浸水し、村全体で 502 戸の家屋被害を受けた。また、T.P.+12.0m で整備された防潮堤では、裏法基礎部分で浸食されたが、前面の護岸は残存した。一方、T.P.+10.3m の防潮堤は、写真 9 (a) に示すように、壊滅的な被害を受けた。その背後の防潮林（約 7 ヘクタール）も写真 9 (b) に示すように、ほとんどが倒木・流木の被害を受け、更には流木した多くの松が漂流物となり、家屋に二次的被害を及ぼした。さらに、3 基の水門は何れも破損し、泉沢川水門では、浸水高が T.P.+13.1m であったことから、水門に強い流体力が作用したため、写真 9 (c) に示すように水門上部の操作室が流出し



たものと推察される。

#### 4-1-5. 岩手県沿岸地域における建物被害の特徴

2011 年東北津波では、岩手県沿岸の各地域において甚大な建物被害を受けた。2012 年 10 月 31 日時点で、24238（内内陸の小計：1472）棟に及んでいる。表 4 は、沿岸 12 市町村の家屋倒壊数（棟）を示す<sup>(3)</sup>。宮古市より南部の地域において、3000 以上の家屋が倒壊していることがわかる。以下に、現地調査および国土交通省による「H23 東北地方太平洋沖地震の津波被災における被災現況調査」の調査データを基に<sup>(7)</sup>、岩手県沿岸 12 市町村の建物被害状況の把握およびその特徴を明らかにする。建物の被災区分は、全壊（流失）、全壊、全壊（1 階天井以上浸水）、大規模半壊、半壊（床上浸水）、一部損壊（床下浸水）、被害なしの 7 段階に評価される。建物の総数は、44528 戸であった。表 5 は、建物の構造区分の割合を示す。構造区分は、木造が最も多く 56%であり、鉄骨造および鉄筋コンクリート造は、それぞれ 5%および 3%と割合的に少ないことがわかる。次に、表 6 は建物階数の割合を示す。1 階の建物が 33%，2 階建てが 27%となり、2 階以下の建物で 6 割を占めている。3 階以上の建物は 6%と非常に少ないことがわかる。

以上より、岩手県沿岸全域の建物の特徴として、木造家屋かつ 1 階または 2 階の建物が支配的であることが言える。

表 7 は建物被災区分の割合を示す。

流失した建物の割合は、63%であり、1

階天井以上浸水の全壊までを含めると 80%を占めており、たった一回の津波が多くの建物を再建不可能な状態に陥れたことがわかる。表 8 は建物の浸水階数の割合を示す。8 割の建物が全壊の被害を受けているため、64%と不明が高い割合を占めるが、約 1 万 4 千戸の建物が 2 階まで浸水していることから、10m 以上の津波が沿岸に襲来していたと



図 10 津波襲来前の普代村



(a) 普代水門上流側の破壊された管理橋



(b) 山の裾野に接続した防潮堤

写真 5 普代水門





(a) 破壊された太田名部漁港市場



(b) 被害のなかった防潮堤内側の住宅地

写真 6 普代村太田名部防潮堤の海側および陸側の津波襲来後の様子

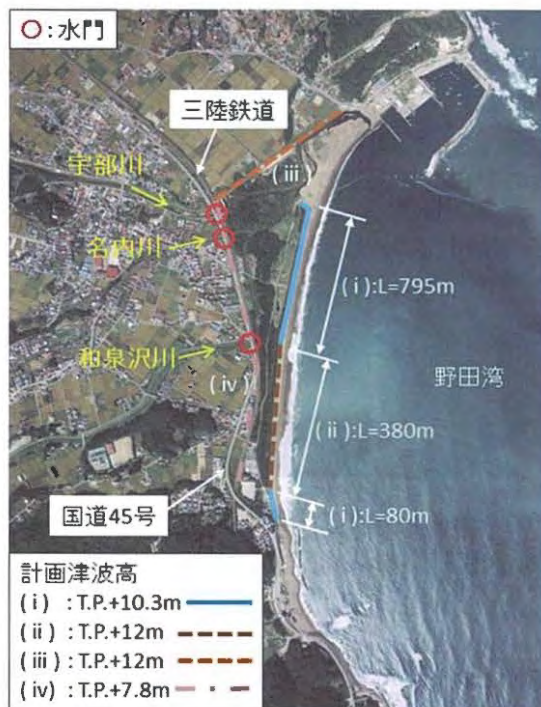


図 11 津波襲来前の野田村

推察される。

次に、各地域における建物被害の特徴を明らかにする。図 12 は沿岸 12 市町村の各地域における建物構造区分の割合を示す。鉄筋コンクリート造 (RC) は、どの地域においても割合は低く、5%以下である。鉄骨造 (ST) は、同様に低く、8%以下である。木造建物 (W) は、山田町および田野畑村で 90%以上を占めており、次いで洋野町および宮古市で 80%台を占めている。大槌町の木造の割合が 18%と他の地域に比べて、小さな割合を占めているが、不明の割合が 78%であることから、多くの建物が流失し、判断することが不可能であったと考えられる。図 13 は、沿岸 12 市町村の各地域におけ



写真 7 野田海岸に最大波の津波襲来





写真 8 津波襲来後の野田村の様子



(a) 壊滅した防潮堤 (b) 倒木した防潮林 (c) 破壊された水門上屋

写真 9 津波によって被害を受けた防潮堤，防潮林および水門の様子

る建物被災区分の割合を示す。陸前高田市では、流失した建物の割合が 83%であり、約 9 割が 1 階以上の浸水による全壊被害を受けた。山田町から南部の地域では、流失が 60%以上を占めており、整備された防災施設の背後に存在する多くの建物を守ることができなかったと言える。さらに、北部の田野畑村でも流失が 82%と高い割合を占めた。この理由として、急峻な山間に住宅が密集して存在しており、かつリアス式海岸の地形的特徴を受けて波高が高くなった影響と推察される。北部の比較的平野部の野田村および久慈市では、流失建物の割合が 30%未満となっていることから、リアス式海岸を持つ地域では、被害が拡大することは明白である。一方、普代村において流失の割合が 85%と高いが、人が住む地域は普代水門および太田名部防潮堤によって守られたため、人家以外の作業場等の被害と考えられる。

次に、図 14 は、野田村および陸前高田市の建物被災区分の平面分布の比較を示す。なお、図中の緑の線は、2011 年東北津波の浸水範囲を表す。また、右上の空中写真は被害前のそれぞれの町並みである。野田村では、海岸線から内陸に向かって流失から一部



表 4 岩手県沿岸全域の家屋倒壊数

市町村名	家屋倒壊数（棟）	市町村名	家屋倒壊数（棟）
陸前高田市	3341	岩泉町	200
大船渡市	3629	田野畑村	270
釜石市	3648	普代村	0
大槌町	3717	野田村	479
山田町	3167	久慈市	277
宮古市	4675	洋野町	26

表 5 岩手県沿岸全域の建物構造区分の割合

建物構造区分	割合（％）
鉄筋コンクリート（RC）	3
鉄骨造（ST）	5
木造（WD）	56
その他	36

表 6 岩手県沿岸全域の建物階数の割合

建物階数	割合（％）
1 階	33
2 階	27
3 階	3
4 階	1
5 階以上	1
不明	35

損壊へと段階的に被災規模が小さくなる。一方、陸前高田市では、平野部全域で建物が全壊（総建物数の約 9 割）しており、同様な平野部でも被災分布が大きく異なることがわかる。そこで、Mori et.al (2012) によって求められた津波高と建物全壊数との関係を図 15 に示す(1)。野田村や岩泉町では、津波高が 15m を超えているが、建物全壊数は 1000 戸未満であるが、山田町では、津波高が 10m 未満であってもその数は約 4000 戸となっていることがわかる。したがって、津波高と建物全壊数は、必ずしも単調増加の関係にないと言える。図 16 は、浸水面積と建物全壊数との関係を示す。なお、浸水面積は国土地理院の調査結果を用いた(3)。建物全壊数は浸水面積の増加に伴い単調増加している。

以上、2011 年東北津波による岩手県沿岸 12 市町村の建物被害状況について、建物の密集度、構造特性、地理的要因、津波の持つエネルギーが各々相互に関係しているため、なぜ陸前高田市で約 9 割の建物が流失したのか、その原因を一概に特定することは非常

表 3-7 岩手県沿岸 12 市町村の建物被災区分の割合

建物被災区分	割合 (%)
全壊（流失）	63
全壊	10
全壊（1 階天井以上浸水）	7
大規模半壊	8
半壊（床上浸水）	8
一部損壊（床下浸水）	3
その他	1

表 3-8 岩手県沿岸全域の建物浸水階数の割合

建物浸水階数	割合 (%)
1 階	4
2 階	32
3 階以上	0
不明	64

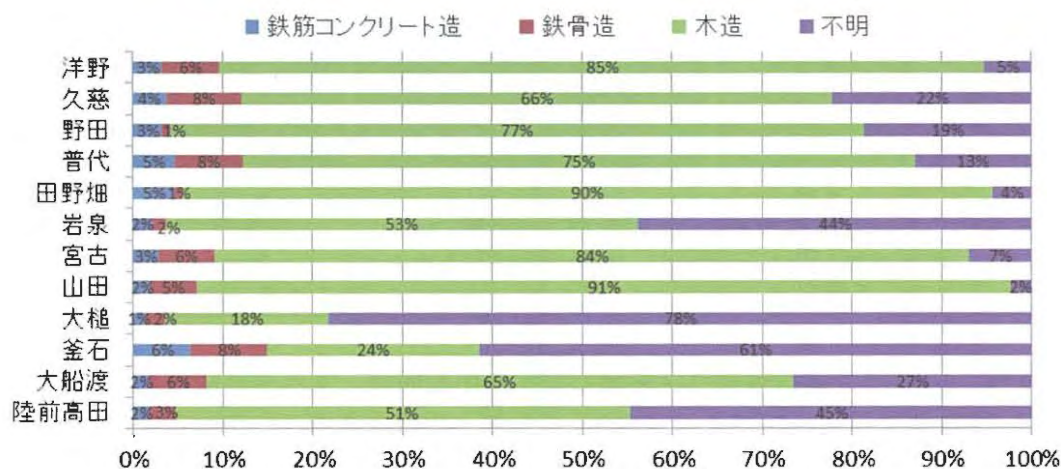


図 12 岩手県沿岸 12 市町村の各地域における建物構造区分の割合

に困難であった。この点については、今後の更なる詳細な解析を行う必要がある。一方、普代村の防災施設が明確に示すように、隙の少ない防災施設は、津波の被害を最小限に留めることから、防災施設の有効性を示唆するものと言える。

#### 4-1-6. 今後の課題

2011 年東北津波によって、岩手県沿岸は大きなダメージを受けた。約 1 年半の歳月が経過し、被災地では復興計画を基に新たなまち作りが今まさに始まろうとしている。日常の生活と災害時の非日常の生活（防災）との両環境を踏まえたまち作りを行うのが

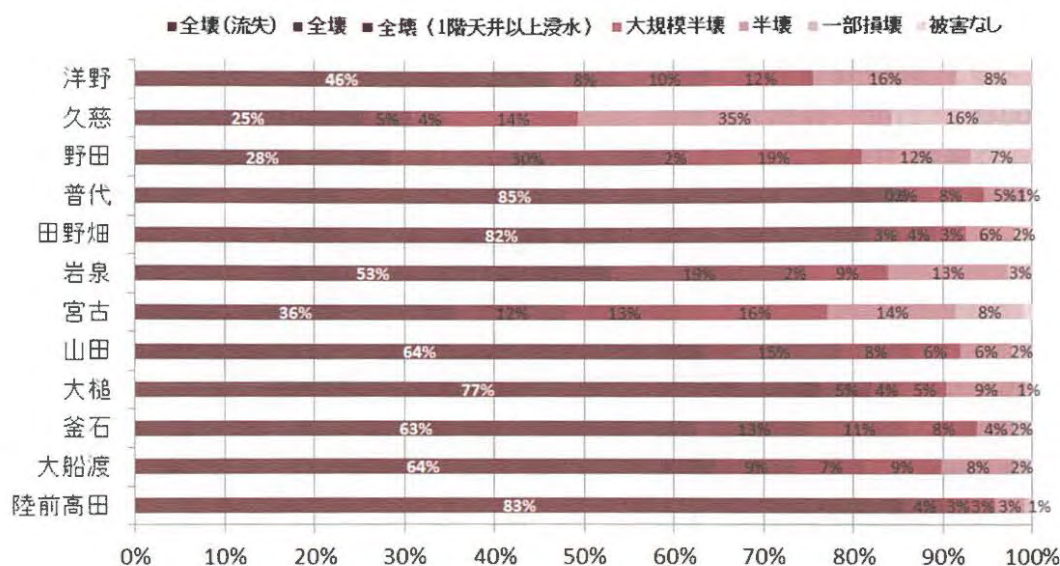


図 13 沿岸 12 市町村の各地域における建物被災区分の割合

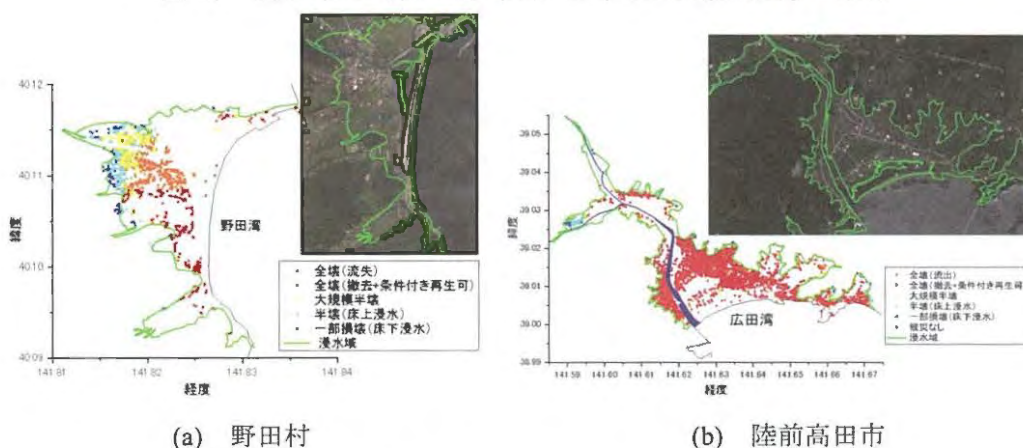


図 14 野田村および陸前高田市における建物被災区分の平面分布

理想的であるが、現実的に難しい問題が多々存在すると思われる。したがって、今回の大津波の経験を忘れないこと、この経験を後世にしっかりと伝えていくことが大切であり、大学機関の重大な責務と言える。

#### 参考文献

- (1) Mori, N., T. Takahashi, and The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group, Nationwide Post Event Survey and Analysis of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami, Coastal Engineering Journal, JSCE 54(1), Special Issue of 2011 Tohoku Tsunami, (2012).
- (2) 気象庁, 災害時地震・津波速報, 災害時自然現象報告書, (2011).
- (3) 津波による浸水範囲の面積(概略値)について, 第 5 報, 国土地理院, 2011.
- (4) いわて防災情報ポータル, 岩手県総合防災室, <http://www.pref.iwate.jp/~bousai/>
- (5) 消防庁, 東日本大震災の被害状況及び消防の活動状況について, (2011).



- (6) 岩手県, 岩手県地震津波シミュレーション及び被害想定調査, (2004).
- (7) 国土交通省, H23 東北地方太平洋沖地震の津波被災における被災現況調査, 2011.

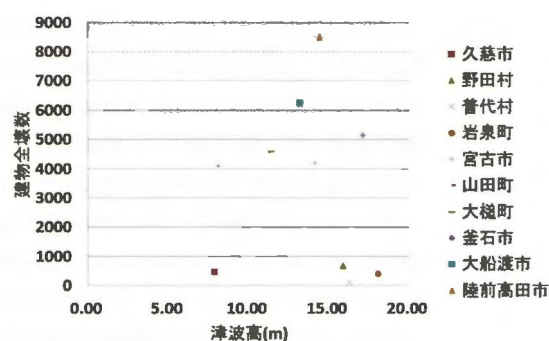


図 15 津波高と建物全壊数との関係

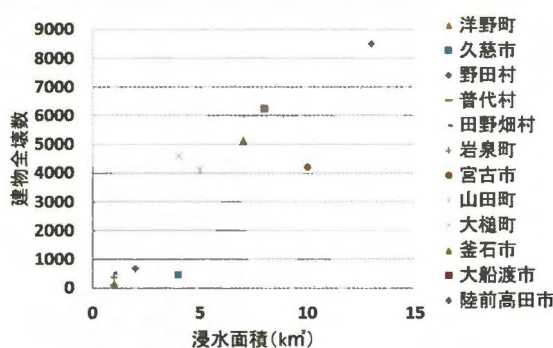


図 16 浸水面積と建物全壊数との関係

## 4-2. 東日本大震災における岩手県沿岸の小中学校の避難に関するアンケート調査結果について

### 4-2-1. はじめに

東北地方太平洋沖地震によって引き起こされた津波により, 太平洋沿岸地域は大きな被害を受け, 岩手県沿岸の小中学校でも, 校庭や校舎の浸水, 破壊などの被害が見られた。地震発生時, これらの学校にいた児童・生徒らは, 教職員による避難誘導や自発的な避難行動によって津波から逃れた。本研究では, 沿岸 12 市町村の小中学校の防災教育, 避難行動の実態と被害状況を把握するためにアンケート調査を実施した。

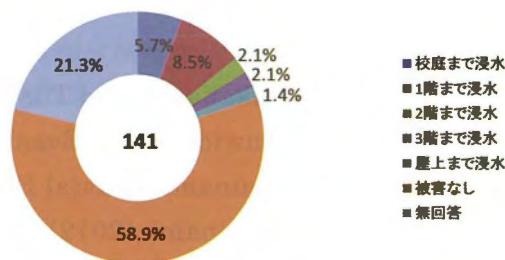


図-1 浸水被害状況の割合

### 4-2-2. アンケート調査の概要

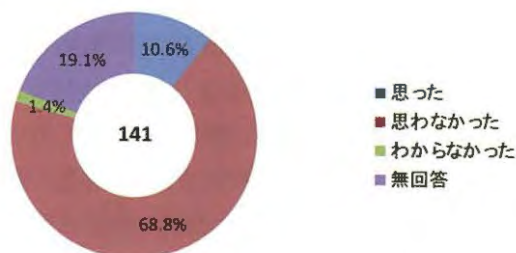


図-2 東北地方太平洋沖地震前に、  
学校まで津波が来ると思っていたかの意識調査結果の割合

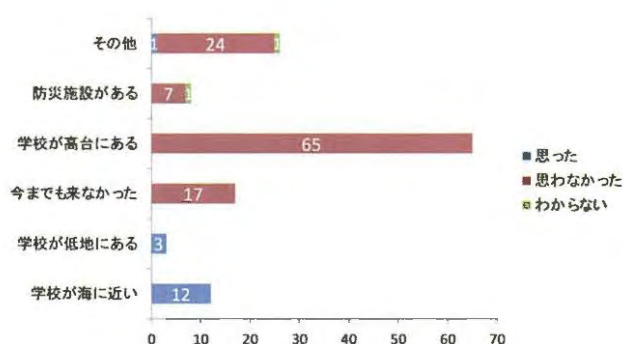


図-3 津波が来ると思った、あるいは思わなかった理由

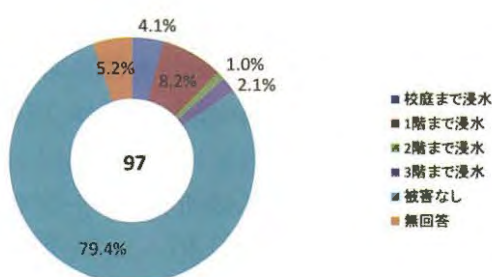


図-4 津波が来ると思わなかったと回答した  
97 校の浸水被害状況

選択肢を選んだ学校が最も多い。また、津波が来ると思わなかった理由としては、学校が高台にあるという選択肢を選んだ学校が最も多い。その他という選択肢を選んだ 26 校の内では、津波が来ると思わなかった理由として、海から遠いという回答をした学校が 14 校と最も多かった。

次に、津波が来ると思わなかったと回答した 97 校の浸水被害状況を示したものが図-4 である。全体の約 15% が校庭以上の浸水被害があったと回答している。図-5 は、津波に対する意識と浸水被害状況をそれぞれの学校の標高と海岸からの距離で表したものである。

対象地域は、沿岸 12 市町村に校舎を持つ全ての小中学校とし、対象学校数は 177 校、2011 年 8 月 5 日に投函し、回収率は、79.7% (141 校) であった。匿名でアンケート調査を行ったため、学校名が判明しているのは 83 校 (小学校 54 校、中学校 29 校) で、58 校は学校名が不明である。アンケートの浸水被害状況の項目から、その内の 28 校 (小学校 17 校、中学校 7 校、学校名不明 4 校) は校庭以上の浸水被害ありと回答している。

#### 4-2-3. アンケート結果

図-1 は、浸水被害状況の割合を示したものである。なお、円グラフ内の数字は有効回答数を意味する。全体の 2 割が校庭以上の浸水被害があった。浸水被害状況としては、校庭まで浸水、1 階まで浸水、2 階まで浸水、3 階まで浸水、屋上まで浸水、被害なしの 6 つである。図-2 は、東北地方太平洋沖地震前に学校まで津波が来ると思っていたかの意識調査結果の割合である。津波が来ると思ったと回答した学校が全体の 1 割、津波が来ると思わなかったと回答した学校が全体の 6 割となっている。そこで、津波が来ると思った、あるいは思わなかった理由について複数回答で選択した結果が図-3 である。津波が来ると思った理由として、学校が海に近いという



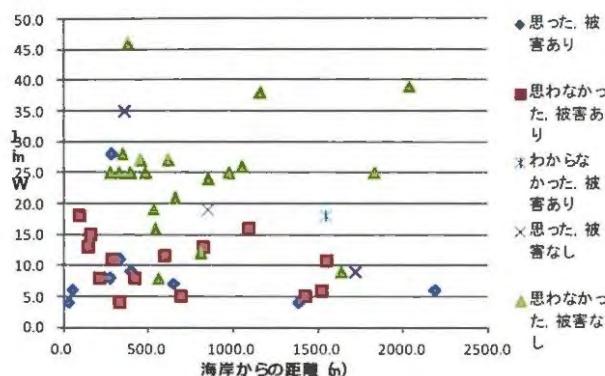


図-5 意識と浸水被害状況の標高と海岸からの距離

波が来ないだろうという安心観を与えてしまっていることが予想される。図-6 は、浸水被害状況別にそれぞれの学校の標高と海岸からの距離を表したものである。海岸からの距離が近く、標高が低いと浸水被害程度が大きく、海岸からの距離が遠く、標高が高くなるにつれて浸水被害程度が小さくなる傾向にある。そこで、標高と海岸からの距離、浸水被害状況によって3つのグループに分けた。2階以上の浸水被害が多くみられる場所をグループ1とし、標高0m～15m、海岸からの距離0m～850mの範囲(赤)とした。次に、1階以上の被害が多くみられる場所をグループ2とし、標高0m～30m、海岸からの距離0m～1500mのうちグループ1を除いた範囲(橙)とした。校庭以上の被害がみられる場所をグループ3とし、標高0m～20m、海岸からの距離1501m～2200mの範囲(黄)とした。

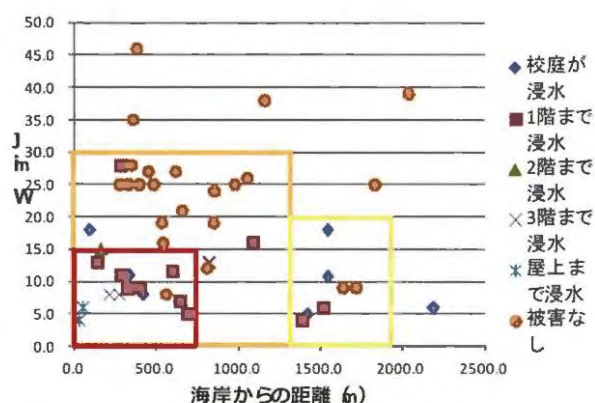


図-6 浸水被害状況別の標高と海岸からの距離

0m～20m、海岸からの距離1501m～2200mの範囲(黄)とした。

#### 4-2-4. 考察

図-6のグループ1で、2階以上の浸水被害があった学校は、リアス式海岸の湾奥部であった。グループ2の標高28mの学校では、1階まで浸水被害があったと回答しているが、海岸からの距離が近く、防潮堤などの施設がない。標高と海岸からの距離だけでは津波が来るかどうかの判断はできず、その他の地形的要因の検討が必要である。

#### 参考文献

電子国土ポータル <http://portal.cyberjapan.jp/denshi/index3.html>

Google Earth(2011年3月参照) <http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>

岩手県海岸保全施設等天端一覧表平成23年4月版

(岩手県農林水産部, 岩手県県土整備部)

#### 4-3. 岩手県普代村太田名部地区における防潮堤に関する意識調査

##### 4-3-1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災で東北地方太平洋沿岸地域は甚大な被害を受けた。被害を受けた市町村は今、復興へ向けてまちづくりの計画を立てている。防潮堤についてもより高いものの建設を計画している市町村が多くあるが、街の景観や利便性への影響が懸念されている。そこで、今回防潮堤により防潮堤内の被害がなかった岩手県普代村太田名部地区の住民101人を対象に、防潮堤についてのアンケート調査を行った。太田名部地区は、明治29年の明治三陸津波では流出数78戸、死者343人、昭和9年の昭和三陸津波では、流出戸数78戸、死者135人の被害があった。（例えば、山田,1984）太田名部地区の防潮堤は、高さ15.5mで1967年に完成したものである。

##### 4-3-2. アンケート概要

2011年12月17日、18日に岩手県普代村太田名部地区において、防潮堤に関する意識についてと東日本大震災時の避難行動や防災意識について住民101人に対してヒアリングによるアンケート調査を行った。

##### 4-3-3. アンケート調査結果

アンケート回答者の年代と性別の割合は図-1のようになっており、男性49人、女性52人であった。年代別にみると男女ともに半数以上が60歳以上である。図-2は防潮堤建設前から住んでいた人に「建設に賛成だったか、反対だったか」という質問をしたものである。

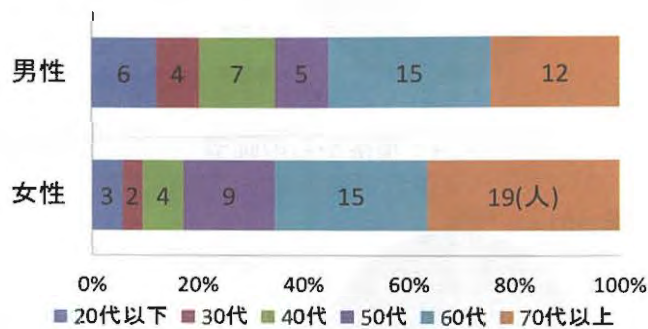


図-1：男女別の年代

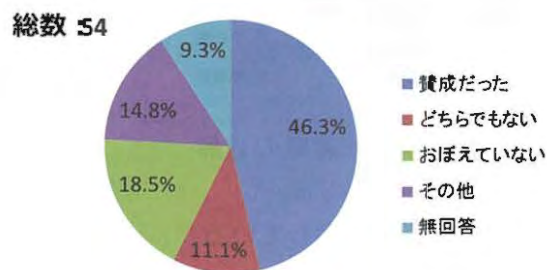


図-2：防潮堤建設

回答者数 95 回答数 188)

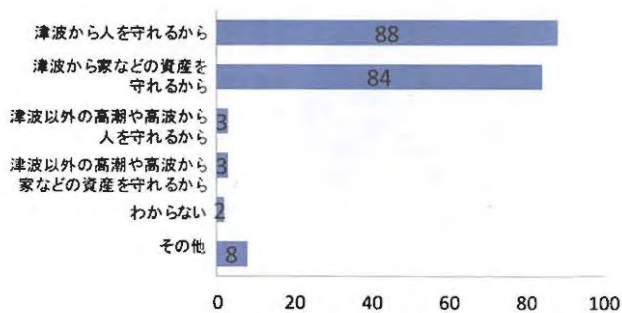


図-3：防潮堤の役割



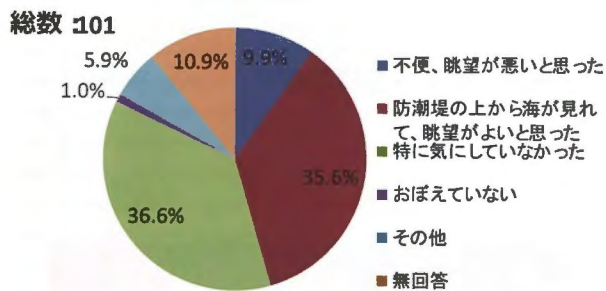


図-4：集落からの眺望

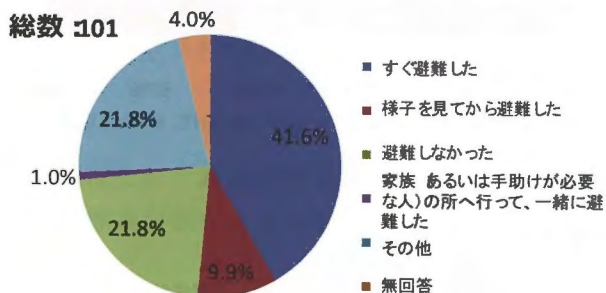


図-5：避難の有無

ングで「防潮堤を毎日散歩している」、「日常的に防潮堤の上から海の様子を見ている」という意見が複数聞かれた。

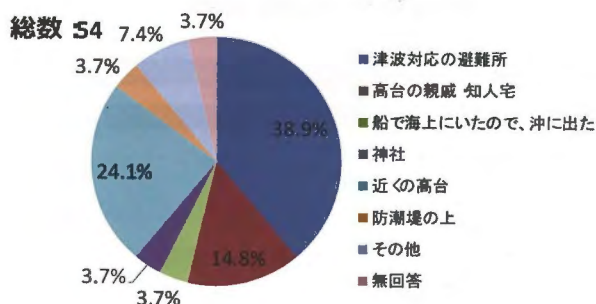


図-6：避難場所

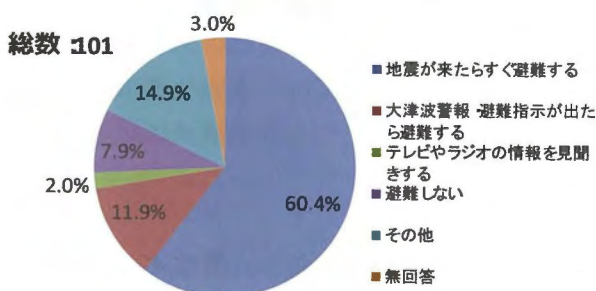


図-7：次の地震時の避難の有無

約半数が「賛成だった」と回答しており、「反対だった」と答えた人が一人もいなかった。

また、図-3 は防潮堤の役割に関する問の回答結果を示したものである。9 割以上が津波から人的、物的被害を防ぐ為と回答した。

図-4 は防潮堤建設前から住んでいる人は防潮堤完成時に、防潮堤完成後に住み始めた人は初めて見た時、物心ついた頃から防潮堤があった人は幼い頃に、それぞれ「集落からの海の眺望に関してどう思ったか」という質問に対する回答結果である。4 割近くが「気にしていなかった」と答えており、「不便・眺望が悪い」と答えた人が 1 割未満だった。ヒアリ

次に、東日本大震災発生時の避難行動に関する問の回答結果について述べる。図-5 は避難の有無について、図-6 は避難した場所についてのグラフである。半数以上が避難行動をとっており、指定の避難場所に避難した人も 4 割近くいることがわかる。「避難した」と答えた 54 人に「避難のきっかけは何か」という質問を行ったところ「地震の揺れが大きかったから」と答えた人が 39 人いた。

「避難しなかった」と答えた 22 人のうち避難しなかった理由として「家が高台にあるから」と答えた人が 11 人いた。一方、「避難した」と答えた人の中に「防潮堤の上に避難し

た」と答えた人が何人かいた。「避難していない」と答えた人の中にも、防潮堤の上に海の様子を見に行くと答えた人がいた。

図-7 は今回の東日本大震災を踏まえて、今後津波が伴う可能性がある地震が起こった場合の避難の有無についてのグラフである。約 7 割が「避難する」と答えており、防災意識が高いことがわかる。

#### 4-3-4. 考察

以上のことより、太田名部地区の住民は防潮堤の役割について、津波から人命や資産を守るためと回答した人が多く、防潮堤建設前から住んでいる人は防潮堤建設に反対していなかったことが分かった。また、東日本大震災時は約半数が避難行動をとっていた。しかし、避難のきっかけが「揺れが大きかったから」と答えた人が多かった。また、避難しなかった人の中にも「以前の津波はここまで来なかったから」と避難しなかった理由を述べている人も複数おり、明治、昭和三陸津波の浸水域を基準に避難を考えている人が多くいるようだった。これは、揺れが小さい地震で発生する津波や遠地津波や明治、昭和三陸津波を超える津波を想定すると危険な認識である。また、津波の様子を防潮堤の上に見に行ったという危険な行動も少なからず見受けられ、津波に関する正しい知識の啓蒙が必要であると考察する。

#### 参考文献

山田 勲 (1984) 『普代村史』 普代村 362pp.

太田名部物語をつくる会 (2006) 『太田名部物語』

### 4-4. 平成 23 年東北地方太平洋沖地震および 4 月 7 日の余震を対象とした岩手県奥州市前沢区における超高密度アンケート震度調査と常時微動測定による地盤振動特性

#### 4-4-1. 緒言

平成 23 年東北地方太平洋沖地震および 4 月 7 日に発生した余震により岩手県奥州市前沢区では多数の住宅等の被害が発生した。これを受けて奥州市前沢区において 3 月 11 日の本震と 4 月 7 日の余震時の超高密度アンケート震度調査を実施した。また、本震と余震の揺れの差異の原因を調査するために前沢区中心部において、1 点 3 成分微動観測を実施し、常時微動の振幅や H/V 比を調査した。加えて詳細震度分布と常時微動の地盤振動特性を比較検討した。

#### 4-4-2. 超高密度アンケート震度調査

山本ほか(2012)では岩手県奥州市前沢区における 3 月 11 日と 4 月 7 日の地震の超高密度アンケート震度調査を行った。対象は児童数 367 名の前沢小学校全世帯および生徒数 347 名の前沢中学校全世帯である。また行政区の区長の協力を得て、前沢区中心部の約 200 世帯も対象とした。

前沢行政区では本震では回収数 180 枚、有効回答数が 140 枚、4 月 7 日の余震では回収

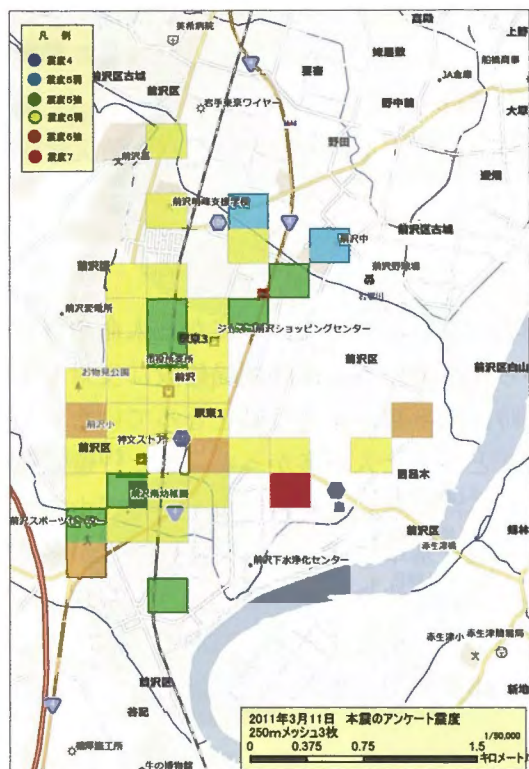


図1 本震(3月11日)の250mメッシュ震度分布

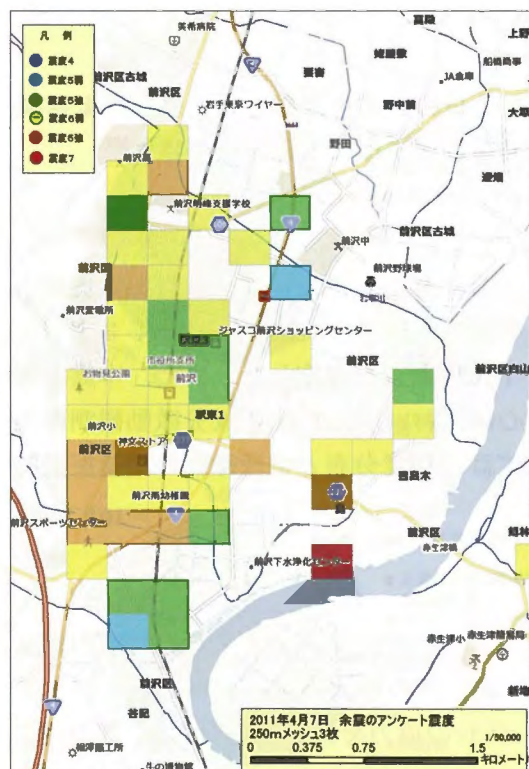


図2 余震(4月7日)の250mメッシュ震度分布

数 180 枚, 有効回答数 167 枚であった。前沢小学校では, 本震では回収数 274 枚, 有効回答数が 214 枚, 4 月 7 日の余震では回収数 274 枚, 有効回答数 244 枚であった。前沢中学校では, 本震では回収数 276 枚, 有効回答数が 158 枚, 4 月 7 日の余震では回収数 273 枚, 有効回答数 175 枚であった。両方の地震とも従来の同様な調査に比べ高い回収率かつ高い有効回答率であるため住民の関心が非常に高いことがわかる。

図 1 に 3 月 11 日の本震時の, 図 2 に 4 月 7 日の余震時の 250m メッシュ震度分布を示す。2 つの図を比較すると, 4 月 7 日の余震時のアンケート震度で, 被害の多かった五十人町付近で震度 6 強のメッシュが分布していることが分かる。

#### 4-4-3. 常時微動観測

点 3 成分常時微動観測を実施した。奥州市前沢区の中心部において, 1 微動観測点の位置を図 3 に示す。地震計 (LE-3D/5S, 固有周期 5 秒: レナルツ社製), データロガー (DATAMARK LS8000SH, DATAMARK LS8800: 白山工業株式会社製) を用いて, 1 箇所につき約 15 分間計 28 箇所の測定を行った。LS8000SH の測定条件は, 倍率 300 倍, フィルター 30Hz, サンプリング周波数 100Hz である。LS8800 の測定条件は倍率 10 倍, フィルターはリニア, サンプリング周波数は 200Hz である。

#### 4-4-4. 前沢区五十人町の地盤振動特性

前沢区中心部の中でも住宅の全壊被害が集中した五十人町の振動特性を検討した。五十人町の 1 つの観測点 (111018\_A2\_area1) のパワースペクトルを図 4 に, H/V スペクトル比を図 5 に示す。

図 4, 図 5 から, H/V の 0.7Hz 付近の第 1 ピークは UD 成分の





図3 1点3成分微動測定観測点位置

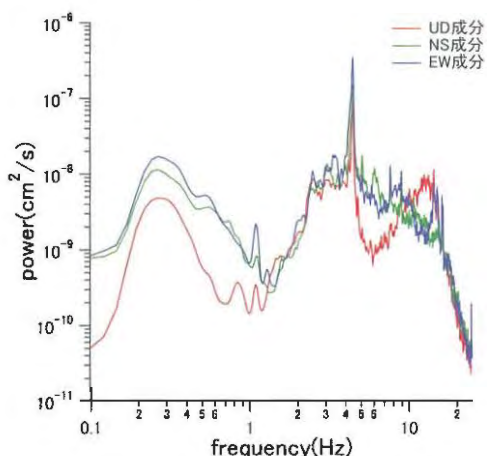


図4 111018\_A2\_area1のUD, NS,EW成分のパワースペクトル

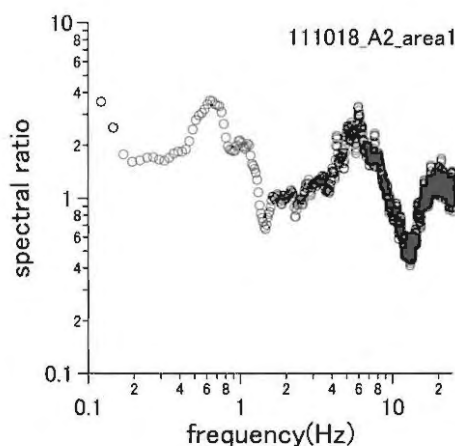


図5 111018\_A2\_area1のH/Vスペクトル比

パワースペクトルが小さいことが影響し、5.0Hz 付近の第2ピークはNS・EW成分のパワースペクトルが大きいことが影響していると考えられる。図6にH/Vの第2ピーク卓越周波数の分布を示す。図6から五十人町の観測点全てが5.0Hz 付近で卓越していることが分かり、また五十人町よりも北の観測点では卓越周波数が識別できないことが分かる。

続いて、微動の振幅の特徴を調べるために平均 rms 振幅を算出した。平均 rms 振幅とは、車両等の振動の影響を低減し地盤特性に依存する微動の揺れの大きさを評価するためのもので、微動の平均 2 乗根で表される rms 振幅を1秒間ごとに算出し、これらを昇順に並び替えてある時間区間 x 秒までの平均を取ったものと定義した。本研究では200秒までの平均を用いた。

図4のパワースペクトルからEW成分が大きいことがわかるので、EW成分の平均 rms 振幅

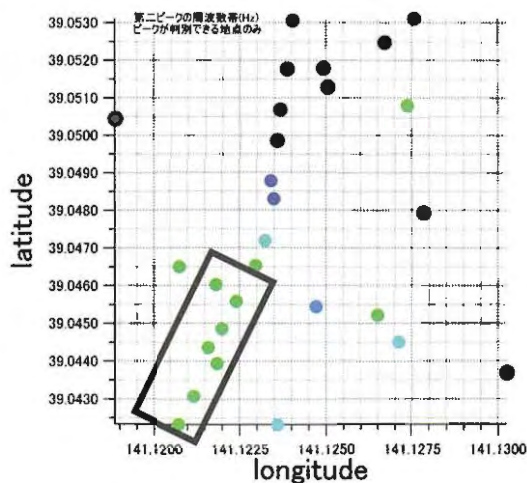


図6 H/Vの第2ピーク卓越周波数、黒枠で囲んだ部分は五十人町、黒丸(●)は卓越周波数が不明瞭な観測点

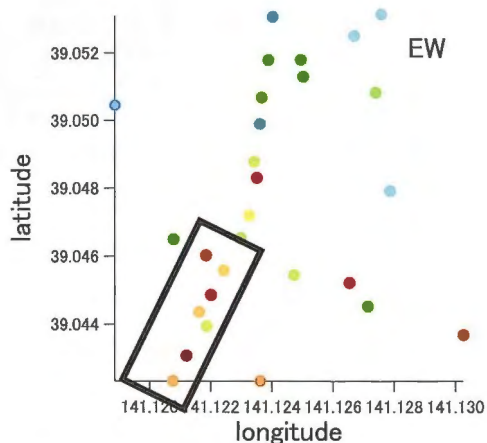


図7 1.5~10HzのEW成分平均rms振幅，黒枠で囲んだ部分は五十人町

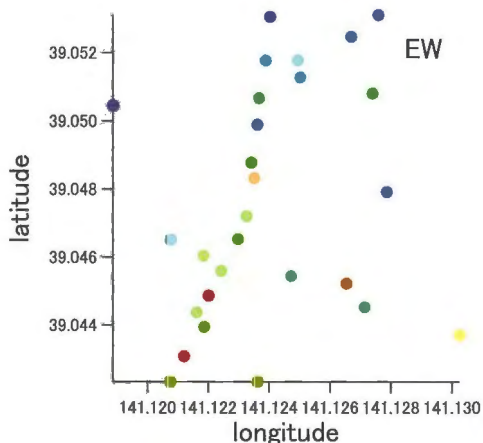


図8 3.0~7.0HzのEW成分平均rms振幅，黒枠で囲んだ部分は五十人町

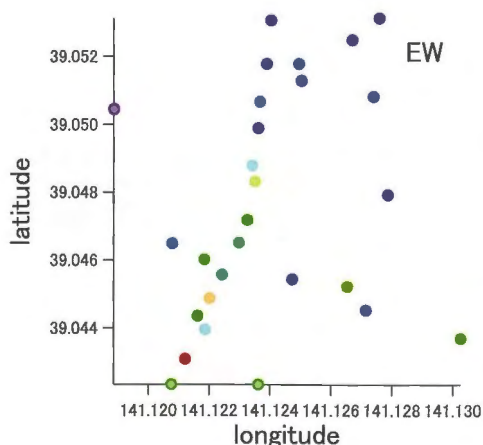


図9 4.0~6.0HzのEW成分平均rms振幅，黒枠で囲んだ部分は五十人町

を詳しく見る．H/Vの第2ピークが存在する区間 1.5~10Hz のバンドパスフィルターをかけた EW 成分の平均 rms 振幅を図 7 に示す．また五十人町の H/V の第 2 ピークが 5.0Hz 付近にあることから、3.0~7.0Hz と 4.0~6.0Hz バンドパスフィルターをかけた EW 成分の平均 rms 振幅を図 8, 図 9 に示す．

図 8, 図 9 からバンドパスフィルターを狭くすると、五十人町とそれよりも北の観測点で振幅の大きさの差が顕著になることがわかる．

#### 4-4-5. 震度平均

本研究における微動観測点の観測点間距離は平均 90m 前後であり 250m メッシュは解像度が大きいので、本研究における前沢区の詳細なアンケート震度結果を得るために震度平均という考え方をを用いた．震度平均はある観測点から半径  $R_m$  以内に含まれるアンケート震度結果を平均しその観測点の震度を算出する方法である．本研究では半径 80m で微動観測点におけるアンケート震度平均を算出した．3 月 11 日の地震のアンケート震度を微動観測点の半径 80m 以内に平均した震度平均結果を図 10 に、4 月 7 日の地震の震度平均結果を図 11 に示す．

図 10 から、3 月 11 日の地震の五十人町の微動観測点近傍の震度平均結果は震度 5 弱もあれば震度 6 強もあることがわかる．また図 11 から、4 月 7 日の地震の五十人町の微動観測点近傍の震度平均結果はすべて震度 6 強になっていることがわかる．

また、図 8 の 3.0~7.0Hz における平均 rms 振幅と図 10, 図 11 の震度平均の五十人町の部分を比較すると、平均 rms 振幅と図 11 の 4 月 7 日の震度平均の大小とが類似していることがわかる．

#### 4-4-6. 結言

岩手県奥州市前沢区において平成 23 年東北地方太平洋沖地震および 4 月 7 日に発生した余震についてのアンケート震度調査を実施した。その結果、住宅等の被害が多い前沢区五十人町では 4 月 7 日の余震時のアンケート震度で震度 6 が分布していることが分かった。

奥州市前沢区において 1 点微動観測を実施した結果、住宅等に被害が多い五十人町の観測点では微動の H/V は 5.0Hz 付近に第 2 ピークがあり、五十人町より北の観測点では第 2 ピークが識別できないことがわかった。また平均 rms 振幅は EW 成分が 3 成分の中で比較的大きく、五十人町の観測点とその他の観測点の平均 rms 振幅(EW 成分)の大きさを比較すると五十人町の方が大きいことがわかった。

アンケート震度調査(山本他 2012)の結果から算出した震度平均( $R=80m$ )と平均 rms 振幅とを比較すると、3 月 11 日の本震の震度平均とバンドパスフィルター 3.0~7.0Hz の EW 成分平均 rms 振幅の大小が類似していることがわかった。

#### 謝辞

奥州市前沢総合支所長阿部正勝様及び職員の皆様には前沢区における常時微動観測の便宜を図って頂きました。岩手大学工学部建設環境工学科石沢隆輝氏にはアンケート解析を補助して頂きました。記してここに謝意を表します。

#### 参考文献

- 太田裕，後藤典俊，大橋ひとみ(1979)：アンケートによる地震時の震度の推定，北海道大学工学研究報告，92，pp. 117-128
- 太田裕，小山真紀，中川康一(1998)：アンケート震度算定法の改訂-高震度領域-，自然災害科学，16，pp. 307-324
- 山本英和他(2012)：東北地方太平洋沖地震とその最大余震を対象とした岩手県奥州市前沢区中心部における超高密度アンケート震度調査，東北地域災害科学研究，第 48 巻，掲載予定
- 山本英和他(2006)：大船渡市における常時微動観測と 2003 年宮城県沖の地震の詳細震度分布，社団法人物理探査学会第 115 回(平成 18 年度秋季)学術講演会講演論文集，pp. 35-38
- 奥州市ホームページ：<http://www.city.oshu.iwate.jp/>

### 4-5. 液状化による防潮堤・河川堤防の被害調査

#### 4-5-1. はじめに

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分，太平洋三陸沖を震源とする M9.0 の海溝型巨大地震は，茨城，栃木，群馬，埼玉，千葉，東京，神奈川の 1 都 6 県と関東地方の広い範囲わたって地盤の液状化現象を引き起こし，住宅，道路，河川堤防，考案施設，ライフライン等に多大な被害をもたらした<sup>(1)</sup>。過去に発生した三陸南地震（2003 年 5 月 26 日 M7.1）では，大船渡市の大船渡港野々田地区岸壁やサンアンドレス公園において液状化の被害が確認されている<sup>(2)</sup>。今回の東北地方太平洋沖地震は，三陸南地震よりも地震規模の大きいことから，



岩手県沿岸部の広い範囲で液状化現象が発生した可能性が非常に高い。

液状化調査グループでは、岩手県沿岸南部地域（陸前高田市、大船渡市、釜石市）に所在のある岩手県管理の漁港施設 15 港を対象とし、漁港施設の液状化被害調査を行った。具体的には、まず始めに、過去の地震において漁港施設内で確認された液状化被害例を参考に、調査漁港において液状化の発生可能性を判断した。次に、漁港施設内に防潮堤がある場合には、防潮堤の変状について調査を行い、液状化に起因するものかを判断した。

なお、当初の計画では、防潮堤と同様に河川堤防についても調査する予定であった。しかし、現地調査を開始した時期には、河川堤防の復旧工事が始まっており、液状化の痕跡を確認することができなかった。したがって、河川堤防については液状化調査を行わなかった。

#### 4-5-2. 調査対象と調査方法

##### 4-5-2-1. 調査対象

本調査では、岩手県沿岸地域の港湾施設を液状化被害調査の対象とした。液状化の発生調査は、その痕跡後である噴砂跡を液状化発生の証拠として用いるが一般的である。しかし、今回の 2011 年東北地方太平洋沖地震では、岩手県沿岸部が津波に見舞われたため噴砂跡は流失されており、液状化が想定されている市街地などにおいて、液状化の痕跡を見つけ出すのは非常に困難である。そこで、噴砂跡に頼らずとも液状化による被害を確認できる港湾施設を調査の対象とした。

調査対象の港湾施設として漁港施設を選んだ。岩手県には、沿岸部 12 市町村に第 1 種漁港 83 港、第 2 種漁港 23 港、第 3 種漁港 4 港、第 4 種漁港 1 港の計 118 港の県管理（31 港）、市町村管理（80 港）の漁港がある。本調査では、岩手県沿岸漁港のうち釜石市、大船渡市、陸前高田市に所在地のある岩手県漁港管理者の 15 漁港を対象とした。調査は、釜石市は 8 月 25 日、29 日の 2 日間、大船渡市は 10 月 14 日、19 日、26 日の 3 日間、陸前高田市は 11 月 7 日、16 日の 2 日間、それぞれ実施した。

##### 4-5-2-2. 調査方法

調査方法は、机上調査と現地調査を行った。

机上調査は、地震ハザードステーション J-SHIS で情報提供している表層地盤：微地形区分図と、岩手県が公表している岩手県液状化危険度マップを用いて行った。

岩手県沿岸南部の微地形区分図<sup>③</sup>は、若松・松岡によって作成された地形・地盤分類 250m メッシュマップである<sup>④</sup>。特徴は、従来の 1km メッシュマップから 250m メッシュマップに空間解像度を向上させる際に、純地形学的な地形分類基準を踏襲しつつ、かつ表層地盤特性評価という工学的用途についても考慮していることである。液状化危険度と微地形の間には相関があること知られており<sup>⑤</sup>、微地形を知ることによって、液状化危険度のある程度予測することが可能である。

岩手県が公表している液状化可能性の予測結果図（想定宮城県沖連動地震）<sup>⑥</sup>は、北上低地西縁断層群北部地震（南側から破壊）、北上低地西縁断層群南部地震（北側から破壊）、1968 年十勝沖地震をもとにした地震、岩手県沿岸部の空白域を考慮した地震、そして想定宮城県沖連動地震と、震源地と地震規模の異なる 5 枚がある。本調査では、その中から東

北地方太平洋沖地震（2011 年 3 月 11 日）に予測震源地が最も近い、想定宮城県沖連動地震の液状化可能性の予測結果図を用いた。ただし、想定宮城県沖連動地震（Mw8.0）と 2011 年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）とでは震央位置や地震規模が異なることから、本調査では、液状化の予測結果を参考として用いるに留めた。また、この液状化予測手法で用いられている微地形区分は、前述の「(a) 微地形区分図」で示した微地形区分図とはそのデータ内容が異なる点に注意する必要がある。

液状化の現地調査では、一般に噴砂の痕跡を確認することでその地点における液状化の発生を判断する。しかし、今回の東北地方太平洋沖地震における岩手県沿岸部の液状化調査では、この噴砂跡が津波により荒らされており、液状化発生の判断に用いることが不可能である。そこで本現地調査では、過去に確認された防潮堤、漁港（港湾）施設の液状化被害例を参考に、以下に示す様な被害例が確認（目視調査・写真撮影）できた場合について、その地点において液状化が発生したと判定した。

#### 防潮堤

- (a) 海岸堤防の損傷（築堤材の沈下）
- (b) 胸壁の損傷（滑動、不同沈下）

#### 漁港施設

- (c) 岸壁法線・上部工の損傷（はらみ出し・滑動、洗掘）
- (d) エプロン部の損傷（コンクリート舗装の沈下・曲げ破壊、アスファルト舗装の陥没・剥離）
- (e) 野積み場・通路の損傷（アスファルト舗装の剥離、陥没、洗掘）
- (f) 上屋の損傷（抜け上がり、不同沈下）

上記で列挙した防潮堤、漁港（港湾）施設の被害事例は、現在のところ、津波による波力によって起る可能性も否定できていない。しかし、本研究では、これらの被害痕跡が液状化に起因するという立場をとり、痕跡が確認できた場合にはその漁港内で液状化が発生したと判断する。

### 4-5-3. 調査結果

本調査では、岩手県沿岸漁港のうち釜石市、大船渡市、陸前高田市に所在地のある岩手県漁港管理者の 15 漁港を対象とした。ここでは、陸前高田市長部漁港を調査結果の一例として示す。

陸前高田市気仙町を所在とする長部漁港は、広田湾奥の気仙川河口に位置する岩手県管理の第 2 種漁港である。集落は、漁港背後の緩やかな斜面に沿って形成している。本港は、小型定置網のほか、アワビ増殖業やカキ、ホタテ、ワカメ等海面養殖業が営まれており、特にぎんざけの養殖は岩手県一である。また、本港には、陸前高田市における水産加工基地が形成されている<sup>(7)</sup>。

長部漁港は、表層地盤微地形区分<sup>(3)</sup>によると、山麓地に谷間にある三角州・海岸低地と埋立地に立地しており、岩手県発表の液状化可能性の予測結果図（想定宮城県沖連動地震）<sup>(6)</sup>によると、液状化可能性大と判定される地域にある。

長部漁港を現地調査した結果、岸壁では、法線のはらみ出しが多数確認され、岸壁背後地では、コンクリート舗装の曲げ破壊や、不同沈下、陥没などの被害が広範囲において確





写真 4-1(a) 岸壁法線のせり出しとコンクリート舗装の曲げ破壊，沈下



写真 4-1(b) コンクリート舗装の沈下と背後地の洗掘



写真 4-1(c) 防波堤接合部の岸壁の滑動



写真 4-1(d) 岸壁背後地の洗掘



写真 4-1(e) 河川堤防の躯体転倒と埋立地の洗掘



写真 4-1(f) 抜け上がりと不同沈下

認された（写真 4-1(a),(b)）．また，岸壁と防波堤の接合部では岸壁が滑動しており，その背後地では大きく洗掘された跡が確認された（写真 4-1(c),(d)）．岸壁で確認されるこれらの被害は，岸壁背後地の埋立て土砂が液状化した可能性を示している．また，長部川河口部付近では，河川堤防の躯体転倒や埋立地の洗掘が確認され（写真 4-1(e)），漁港施設内にある長部簡易郵便局には，抜け上がりが確認された（写真 4-1(f)）．これらの被害もまた，長部川河口部において液状化した可能性

を示していると思われる。

#### 4-5-4. まとめ

岩手県沿岸南部地域（陸前高田市，大船渡市，釜石市）に所在のある岩手県管理の漁港施設 15 港を対象とし，漁港施設の液状化被害調査を行った。具体的には，過去の地震において漁港施設内で確認された液状化被害例を参考に，岸壁および岸壁背後地について液状化発生の可能性を判定し，次に，漁港施設内に防潮堤がある場合には，防潮堤について液状化発生の可能性を判断した。

現地調査の結果をまとめると表 4-1 となる。本調査より，調査を行った 15 漁港（20 地区）のうち，岸壁，岸壁背後地で液状化が発生した可能性があるのは，16 漁港（17 地区），液状化しなかったのは 1 漁港（1 地区），判断できなかったのは 2 漁港（2 地区）という結果となった。また，調査を行った 16 防潮堤のうち，長部漁港，小白浜漁港，釜石漁港の 3 防潮堤においては，胸壁倒壊の原因が液状化に起因する可能性が示唆された。

液状化の発生の有無と立地微地形との間には，本調査を行った範囲においては，相関はみられなかった。これは，漁港施設における岸壁や岸壁背後地は，埋立てして建設されるものが多いことから，液状化の被害を受けやすいことが原因と考えられる。つまり，岩手県の液状化可能性予測図では液状化の可能性が「可能性無」や「判定対象外」と判定された漁港においても，液状化が発生したと判断した事実とは矛盾しないと思われる。なお，本調査結果は，岩手県が液状化の可能性が大と判定した地域において，液状化が発生した可能性を示唆している。

最後に，今回液状化発生の判断に用いた被害例については，現在のところ，地震動そのものによって，または，津波による波力によって起る可能性も否定できていない。今後，調査漁港において液状化の発生を確実断言するためには，より詳細な液状化地盤調査を行う必要がある。

#### 参考文献

- (1) 国土交通省関東整備局・公益社団法人地盤工学会，東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明，2011。
- (2) 社団法人地盤工学会，2003 年三陸南地震および宮城県北部地震災害調査委員会編，2003 年三陸南地震・宮城県北部地震災害調査報告書，2003。
- (3) 独立行政法人防災科学技術研究所，地震ハザードステーション，<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>（閲覧日 2012.3.24）
- (4) 若松加寿江・松岡昌志，地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版の構築，日本地震工学会大会-2008 梗概集，222-223，2008。
- (5) 若松加寿江，詳細な微地形分類による地盤表層の液状化被害可能性の評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，B 分冊構造 I，1443～1444，1992。
- (6) 岩手県，岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査に関する報告書(概要版)，2004。
- (7) 岩手県，漁港写真集，<http://www.pref.iwate.jp/view.rbz?nd=702&of=1&ik=3&pnp=17&pnp=64&pnp=593&pnp=702&cd=9761>（閲覧日 2012.3.24）

表 4-1 現地調査による液状化判定結果

所在地	調査漁港		微地形区分	液状化可能性 の予測判定	液状化の発生	
					岸壁・背後地	防潮堤
陸前高田市	長部		山麓地，三角 州・海岸低地， 埋立地	大	可能性有り	可能性有り
	広田		山地，山麓地	中	可能性有り	無し
	穴ヶ浦	(六ヶ浦地区)	丘陵	中	判断出来ず	無し
		(袖野地区)	山地	中	無し	未整備
大船渡市	門の浜		丘陵地	大	可能性有り	無し
	大船渡	(永沢地区)	三角州・海岸低 地，埋立地	中	可能性有り	未整備
		(下船渡地区)	三角州・海岸低 地	中	可能性有り	無し
		(細浦地区)	丘陵	対象外	可能性有り	無し
	綾里		山地（谷底低地）	大	可能性有り	無し
	越喜来	(本港地区)	山麓地，谷底低 地	対象外	可能性有り	無し
		(浪板地区)	山地	対象外	判断出来ず	未整備
	崎浜		山地，谷底低地	中	可能性有り	無し
	根白		山地，砂州・砂 礫州	対象外	可能性有り	未整備
	小白浜		山地	中	可能性有り	可能性有り
釜石市	唐丹	(本郷地区)	山地	中	可能性有り	無し
		(花露辺地区)	山地	対象外	可能性有り	未調査
	釜石		山地，谷底低地	中	可能性有り	可能性有り
	両石		山地	無	可能性有り	無し
	白浜（鶴住居）		山地	対象外	可能性有り	無し
	箱崎		山地，谷底低地	無	可能性有り	無し

## 5. 今後の課題

### (1) 津波関係

2011 年東北地方太平洋沖地震による津波によって、岩手県沿岸 12 市町村は甚大な被害を受けた。震災後 1 年が経過したが、1 年余りでは膨大な調査データを詳細に解析することは困難であり、震災の概要が明らかになった程度である。今後、貴重な被災調査データを基に、津波痕跡高と犠牲者、建物被害などの相関を地域ごとに詳細に解析して行く予定である。また、数値シミュレーションを駆使して、防災施設および建物の被災メカニズムの解明を進める予定である。そして、今回の震災の経験を忘れないためにも、明らかになった解析結果を広く地域住民に知らせるような広報活動を行いたいと考えている。

### (2) 地震動関係

奥州市において 4 月 7 日の余震のアンケート震度分布状況が明らかとなり、地震時の住宅被害状況と高震度領域の分布の対応が示された。今後は、現在解析中の本震時の震度分布を明らかにすることにより、本震と余震の震度の面分布状況の差異を明らかにすることを予定している。また、被災地域の前沢区において今後より詳細な常時微動測定による地盤振動特性の把握や高精度表面波探査および微動アレー探査による浅部地盤探査により地震時の揺れと地盤構造との関係を明らかにする予定である。

### (3) 液状化関係

今後、調査漁港において液状化の発生を确实断言するためには、より詳細な液状化地盤調査を行う必要がある。そこで、23 年度実施した東日本大震災における岩手県内漁港施設の被害調査を基に、地理情報システム (GIS) を用いた漁港被害データベースを構築し、被害状況と微地形区分との関係や、震央と漁港の関係などについて解析を行う予定である。

## 6. 主な発表論文等 (\*印は学会発表等)

- (1) MPS 法における Delaunay 三角形分割法によるポリゴン型壁境界モデルの開発, 佐々木智, 小笠原敏記, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, pp.I\_856-I\_860, 2012.
- (2) 岩手県沿岸における津波被害の特徴, 小笠原敏記, 堺茂樹, 混相流学会誌, Vol.26, No.1, 28-35, 2012.
- (3) Characteristics of the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami and its Impact on the Northern Iwate Coast, T.Ogasawara, Y.Matsubayashi, S.Shigeki, and T.Yasuda, Coastal Engineering Journal, JSCE 54(1), Special Issue of 2011 Tohoku Tsunami, 2012.
- (4) 東北地方太平洋沖地震に伴う沿岸域での被害状況について, 下川信也, 飯塚聡, 村上智一, 栢原孝浩, 酒井直樹, 納口恭明, 小笠原敏記, 安田孝志, 第 48 号, 主要災害調査 東日本大震災調査報告, 防災科学技術研究所, pp.63-72, 2012.
- (5) 津波防災学習デジタル教材を用いた防災教育, 小笠原敏記, 日本視聴覚教育協会, pp.16-21, 2012.
- (6) ポリゴン型壁境界を用いた MPS 法による津波解析への適用, 佐々木智, 小笠原敏記, 日本混相流学会年会講演会, 2012.
- (7) MPS 法におけるポリゴン型壁境界モデルの開発, 佐々木智, 小笠原敏記, 理論応用



力学会, 2012.

- (8) 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による岩手県沿岸の建物被災特性, 小山望, 小笠原敏記, 堺茂樹, 東北支部技術研究発表会, 2012\*.
- (9) 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波による浸水深および破壊力の分布特性, 加藤明, 小笠原敏記, 堺茂樹, 東北支部技術研究発表会, 2012\*.
- (10) 東日本大震災における岩手県沿岸の小中学校の避難に関するアンケート調査結果について, 川嶋彩日, 松林由里子, 小笠原敏記, 堺茂樹, 東北支部技術研究発表会, 2012\*.
- (11) 歌山県串本町における東日本大震災での避難行動に関するアンケート, 中畑摩耶, 小笠原敏記, 松林由里子, 堺茂樹, 東北支部技術研究発表会, 2012\*.
- (12) 東日本大震災による岩手県沿岸の防潮林被災状況, 間宮康太, 松林由里子, 笹本誠, 堺茂樹, 東北支部技術研究発表会\*.
- (13) 東北地方太平洋沖地震とその最大余震を対象とした岩手県奥州市前沢区中心部における超高密度アンケート震度調査, 山本英和, 齊藤剛, 石沢隆輝, 齊藤良平, 宇部陽子, 東北地域災害科学研究, 第 48 巻, pp. 5-10, 2012.
- (14) 岩手県奥州市前沢区中心部における 1 点 3 成分微動観測による地盤振動特性, 高倉恵, 山本英和, 齊藤剛, 石沢隆輝, 齊藤良平, 宇部陽子, 東北地域災害科学研究, 第 48 巻, pp. 41-46, 2012.
- (15) 岩手県の震度観測点における地震動増幅特性—平成 23 年東北地方太平洋沖地震とその余震に基づいた解析—, 佐藤瞬也, 山本英和, 齊藤剛, 東北地域災害科学研究, 第 48 巻, pp. 35-40, 2012.
- (16) Precise distribution of seismic intensity at the southern area of Iwate Prefecture, Japan, by a high density questionnaire survey - Results of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and the maximum aftershock occurred at April 7, 2011 -, H. Yamamoto and T. Saito, Proceeding of 15th World Conference on Earthquake Engineering, Paper Number 1247, 2012\*.
- (17) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震を対象とした岩手県一関市の超高密度アンケート震度調査, 山本英和, 齊藤剛, 齊藤良平, 宇部陽子, 大河原正文, 一戸欣也, 第 31 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, pp. 127- 128, 2012.
- (18) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震および 4 月 7 日の余震を対象とした岩手県奥州市前沢区における超高密度アンケート震度調査と常時微動測定による地盤振動特性, 高倉恵, 山本英和, 齊藤剛, 物理探査学会第 126 回学術講演会講演論文集, pp. 20-23, 2012.
- (19) 4 月 7 日に発生した東北地方太平洋沖地震の余震を対象とした岩手県一関市における超高密度アンケート震度調査, 山本英和, 宇部陽子, 齊藤剛, 大河原正文, 一戸欣也, 物理探査学会第 126 回学術講演会講演論文集, pp. 24-27, 2012.
- (20) 4 月 7 日に発生した東北地方太平洋沖地震の余震を対象とした岩手県奥州市における高密度アンケート震度調査, 山本英和, 齊藤 剛, 齊藤良平, 日本地球惑星連合 2012 年度大会, S-SS37-P04, 2012\*.

- (21) 岩手県の地質. 永広昌之・越谷 信, 大地 (東北地質業協会誌), 52, 3-18, 2012.
- (22) 空中写真判読による 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の浸水域図の作成と津波被害.  
土井宣夫・越谷信・土谷信高・佐野剛, 岩手の地学, 第 41 号, 4-25, 2011.
- (23) Precise aftershock distribution and crustal structure in and around northern focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake. Eiji Kurashimo, Hiroshi Sato, Susumu Abe, Takaya Iwasaki, Takashi Iidaka, Naoto Kato, Shin Koshiya, Taku Kawanaka, and Naoshi Hirata, *Earth Planets Space*, 63, 949-954, 2011.
- (24) 地熱発電の潮流と開発技術, 第 3 章地熱資源の調査, 第 3 節断裂系解析, 越谷 信ほか (分担執筆; pp. 155-169) サイエンス&テクノロジー社, 645pp, 2011.
- (25) 2008 年岩手・宮城内陸地震震源域の地質構造規制. 越谷 信, 岩手地学教育研究会, 招待講演, 2012\*.
- (26) 北上低地帯西縁断層帯北部の浅部地質構造. 越谷 信・齋藤 真彦・佐藤 比呂志・加藤直子・阿部 進・東中 基倫, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, SSS35-08, 2012\*.
- (27) 東北地方の震源断層モデル. 佐藤 比呂志・石山 達也・今泉 俊文・加藤 直子・武田 哲也・越谷 信・堤 浩之・豊島 剛志・工藤 健・山北 聡, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, SSS35-P07, 2012\*.
- (28) 鳥越断層の高精度反射法地震探査による地下構造. 石山 達也・加藤 直子・佐藤 比呂志・越谷 信・豊島 剛志・越後 智雄・小林 健太・戸田 茂・今泉 俊文・岡本 貴太・入谷 正人・田中 麻衣・小野寺智也・畠山拓也・照井匡子・小池 太郎, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, SCG64-P08, 2012\*.
- (29) 高田平野東縁における高分解能反射法地震探査. 加藤 直子・佐藤 比呂志・石山 達也・蔵下 英司・越谷 信・戸田 茂・豊島 剛志・斎藤 秀雄・白石 和也・阿部 進・北村 重浩・中山 貴隆・脇田 懸・品田 航也, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, SCG64-P06, 2012\*.

雑誌論文 (計 17 件)

学会発表 (計 11 件)

図 書 (計 1 件)

産業財産権 出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

## 7. その他

本項では本研究構成員が本研究の成果を盛り込み, 地域社会に発信した成果についての一覧を示す.

- 1) 小笠原敏記, 久慈市防災ワークショップ, 久慈市防災センター, 2012.2.6
- 2) 小笠原敏記, 津波のメカニズムおよび東日本大震災における岩手県の被災状況の特徴, H23 年度ウインターセッション, 2011.12.25.
- 3) 小笠原敏記, 岩手県における津波防災学習デジタル教材について, 全国生涯学習ネットワークフォーラム第 4 分科会, 全国社会福祉協議会 灘尾ホール 2011.11.6.

- 4) 小笠原敏記, 復興に向けての岩手大学の役割, 東北大学による東日本大震災 6 ヶ月後 報告会, 仙台トラストタワー 2011.9.13.
- 5) 小笠原敏記, 岩手県沿岸における津波被害の実態, 日本混相流学会年会講演会 2011, 京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス 2011.8.7.
- 6) 小笠原敏記, 岩手県北部の沿岸における津波被害の特徴, 東北地方太平洋沖地震津波 合同調査グループ報告会, 関西大学 高槻ミュージックキャンパス 2011.7.16.
- 7) 小笠原敏記, 岩手県の津波災害, INS 地盤と防災研究会・INS 岩手山火山防災検討会, 岩手大学工学部テクノホール 2011.7.9.
- 8) 松林由里子, 東日本大震災と津波防災に関する講義, 花巻北高校, 2011.6.9.
- 9) 松林由里子, 岩手県沿岸の津波被害調査, 一関工業高等専門学校, 2011.8.19.
- 10) 松林由里子, 中学 3 年生への学習支援活動, 宮古市田老第一中学校, 2012.1.6.
- 11) 山本英和, 防災講演会東日本大震災を考える-北東北国立 3 大学の防災に関する連携 例-, 宮古市総合福祉センター, 2012.2.19
- 12) 山本英和・越谷 信, 防災に関わる公開講座, 陸前高田私立横田中学校, 2012.3.2
- 13) 山本英和, 奥州市地域ぐるみ防災セミナー, 奥州市文化会館 (Z ホール) 中ホール, 2012.3.10
- 14) 山本英和, 前沢区における地盤探査の中間調査報告, 1. 超高密度アンケート震度 調査, 2. 表面波探査&微動アレー探査, 奥州市地盤調査研究中間報告会, 奥州市前 沢総合支所 401 会議室, 2012.3.20
- 15) 山本英和, 第 30 回 INS 地盤と防災研究会, 岩手大学工学部テクノホール, 2012.4.21
- 16) 越谷 信, 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波浸水域と津波堆積物の特徴, 第 30 回 INS 地盤と防災研究会, 岩手大学工学部テクノホール, 2012.4.21
- 17) 山本英和, 工学部地域防災センターの取り組み及び東日本大震災の分析状況につい て, アンケートによる住民調査から震度を得る, 一平成 20 年岩手・宮城内陸地震時 の岩手県内陸南部の詳細震度分布一, 静岡県議会大規模地震対策特別委員会視察, 岩 手大学工学部共用教育研究棟 1 階講義室, 平成 23 年 9 月 8 日
- 18) 越谷 信, 2008 年岩手・宮城内陸地震の地震断層について, 静岡県議会大規模地震 対策特別委員会視察, 岩手大学工学部共用教育研究棟 1 階講義室, 平成 23 年 9 月 8 日
- 19) 山本英和, 東日本大震災と地域における地震防災, 日本防災士会岩手県支部特別講 演会, 岩手県産業会館 (サンビル) 7 階大ホール, 平成 23 年 10 月 1 日
- 20) 山本英和, 東日本大震災と地域における地震防災一アンケート調査からわかる詳細 震度分布一, 2008 年岩手・宮城内陸地震 (岩手県南部), 岩手県西和賀高等学校出 前講義, 岩手県立西和賀高等学校 視聴覚室, 平成 23 年 10 月 25 日
- 21) 山本英和, 東日本大震災と地域における地震防災一アンケート調査からわかる詳細 震度分布一, 2008 年岩手・宮城内陸地震 (岩手県南部), 北海道札幌旭丘高等学校 模擬講義, 北海道札幌旭丘高等学校, 平成 23 年 11 月 7 日
- 22) 山本英和, 地震について (レクチャー), 留学生のための防災 (地震) ワークショ ップ, 岩手大学図書館 2 階生涯学習・多目的学習室, 平成 23 年 5 月 20 日
- 23) 山本英和, 地震について (レクチャー), 三本柳町内会防災訓練 (学習編), 盛岡

市三本柳自治公民館，平成 23 年 7 月 8 日

- 24) 山本英和，東日本大震災と地域の地震危険度－アンケート震度調査を例として－，  
岩手県技術士会 2012 年新春交換会 講演会，エスポワールいわて 3F 特別ホール，  
平成 24 年 1 月 28 日
- 25) 山本英和，東日本大震災における岩手大学の取り組み例－奥州市における詳細震度  
調査－，防災講演会東日本大震災を考える－北東北国立 3 大学の防災に関する連携例  
－，宮古市総合福祉センター，平成 24 年 2 月 19 日
- 26) 山本英和，東北地方太平洋沖地震とその余震について～4 月 7 日の東北地方太平洋  
沖地震の余震時の奥州市における高密度アンケート震度調査～，奥州市地域ぐるみ防  
災セミナー，奥州市文化会館（Z ホール）中ホール，平成 24 年 3 月 10 日
- 27) 山本英和，前沢区における地盤探査の中間調査報告，1．超高密度アンケート震度  
調査，2．表面波探査&微動アレー探査，奥州市地盤調査研究中間報告会，奥州市前  
沢総合支所 401 会議室，平成 24 年 3 月 20 日



## 地域課題研究成果報告書

平成24年10月28日

### 研究課題

地元企業の活性化を目的としたモチ性ヒエの商品開発及びその視覚的表現化

### 研究代表者

佐川 了

### 研究成果の概要

1. 「長十郎もち」より30cm以上短い「岩大4号」の育成と収量性向上のための施肥管理技術の提案

「長十郎もち」の突然変異体を用い短稈化に取り組み、40系統の中から新品種候補として「岩大4号」と「岩大5号」を選抜し、最終新候補として短稈で倒伏に強く、無芒系統である「岩大4号」を選択した。また、「岩大4号」が穂重型系統であることを確認し穂数を増加させる7月上旬の追肥が有効であることを提案した。

2. 機械化作業体系の作業効率と立地に適した作業体系の提案

大型機械化体系と小型機械化体系の作業効率を比較検討し大型機械化体系が小型機械化体系より作業効率が優れていた。しかし、岩手県のモチ性ヒエの栽培は県北地域に多く、山間傾斜地が多く大型機械化体系の導入は困難であり、小型機械化体系による効率的作業体系について検討する必要がある。

3. 「長十郎もち」を用いた商品開発と視覚表現化による販売戦略

「長十郎もち」を用いたバウムクーヘンを地元企業と共同開発し、ネーミング、パッケージデザインをデザイン学に基づいて制作し、商品販売まで行った。

### 支援経費交付額

年 度	配 分 額
22年度	
23年度	1,485,000円
計	1,485,000円

### ◇キーワード（5つ程度）

機械化栽培、商品開発、短稈化、モチ性ヒエ、パッケージデザイン

#### 1. 研究の背景

岩手県は北上山系を中心に水利性が悪く、山間地であり傾斜地が多いことから、古来水稻栽培の困難な地帯が多く存在し、昭和30年代から40年代初頭にかけての開田ブームでも水田造成が困難であった。そのため一部地域では伝統栽培法により雑穀栽培が継続されてきた。

近年にいたり消費者による健康志向の高まりを背景に消費者がヒエなどの雑穀の機能性に関心を持ち、その需要も大きくなった。そのため農業団体だけでなく大手企業も雑穀商品を開発している。しかし、雑穀の国内自給率は10%以下であり、需要の大半は輸入雑穀が支えていることになる。その大きな理由として、機械化適性、収量性、食味などが劣る在来品種を栽培せざるを得なかったこと等による。

ヒエにはモチ性品種がなかったためアワ、キビに比べて食味が悪く、必ずしも好まれる作物ではなかったが、ヒエの茎葉は家畜の飼料として利用できるため岩手県内では重宝された作物であった。平成19年に品種登録申請し、平成24年2月に品種登録された「長十郎もち」は世界で最初のモチ性ヒエである。「長十郎もち」は食味に優れているが長稈（約180cm）であるため、生産者からは機械化栽培に適した「モチ性短稈品種」の育成が求められている。また、加工企業からはヒエによる「岩手ならではの商品開発」への期待が大きい。しかし、本素材・製品の高質な食レベルを社会に提示するには、岩手らしい商品の社会化に必須な「デザイン学」をベースにした岩手大学のブランドを含意するデザインディレクションとエンドユーザーが直感的に他商品と比較し、購買するためのパッケージデザインも大きな課題となる。これらの背景から本プロジェクトを開始した。

## 2. 研究の目的

1) 品種改良により「長十郎もち」より草丈の短い「モチ性短稈品種」を育成する。

「長十郎もち」は稈長約180cmであり、水田ではそれ以上の稈長となり機械化、特に収穫機械の作業性が低下する欠点を持つ。そのため良食味ではあるが生産者にとっては栽培しにくい品種である。したがってモチ性短稈品種の育成がヒエの栽培面積の拡大につながり、コスト削減にもなる。また、収量性増大のための施肥管理技術を提案することによって農家収益が増大することが期待される。

2) 既存の水稲作、畑作機械を活用し、大型機械化体系と小型機械化体系の作業効率を比較検討し、立地に適した体系を提案する。

現状では前掲のように「長十郎もち」は長稈であり、機械化栽培、特に収穫作業に難点がある。すべて手作業で栽培されていた伝統栽培法の作業性向上とコスト削減のための立地に則した機械化体系を提案することはヒエ栽培の振興に資するものである。

3) モチ性ヒエ品種「長十郎もち」を用いた商品開発とその価値を高めるためにデザイン学に基づいた商品の視覚表現化を行う。

これまでモチ性ヒエ品種「長十郎もち」を用いた商品開発を加工企業等と進めて多くの商品が販売されている。しかし、これまでは商品開発の提案と原材料は岩手大学発ではあるが、最終商品の完成と販売戦略は主に加工業者が担ってきた。本プロジェクトでは商品開発から販売戦略までエンドユーザーの手に渡るまでをトータルとして岩手大学ブランドとして開発し、地元企業の活性化を図ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

1) モチ性ヒエの短稈化と施肥管理技術の提案

これまで「長十郎もち」の突然変異体約40系統の栽培試験を行い有望新品種候補として選抜された「岩大4号」「岩大5号」を中心に固定度を確認し、さらに優良系統を選抜する。また、選抜系統の生態を確認し、収量性向上のための施肥管理技術を提案する。

## 2) 立地に適した機械化体系の提案

既存の水稲作、畑作栽培に用いられる作業機械を利用した、小型機械化体系と大型機械化体系での栽培試験を行い、作業効率について検討し立地に適した機械化体系を提案する。

## 3) 「長十郎もち」を用いた商品開発と視覚表現化

これまでも「長十郎もち」を用いた商品開発を企業等と進めてきたが、本プロジェクトでは「長十郎もち」を用いたバウムクーヘンを地元企業と共同して試作、開発し、同時にエンドユーザーの手に届くまでのネーミング、パッケージデザインを含む販売戦略まで行い岩手大学ブランドとして商品化し、販売する。

## 4. 研究成果

1) 「長十郎もち」より 30cm 以上短い「岩大 4 号」の育成と施肥管理技術の提案（担当佐川）

これまで「長十郎もち」の短稈化に取り組み平成 23 年で第 4 代となった。平成 23 年度はこれまで有望系統として選抜してきた「岩大 4 号」「岩大 5 号」を中心に比較検討し、「長十郎もち」より草丈が 30cm 以上短く、倒伏に強く、無芒系統である「岩大 4 号」を最終新品種候補とした。また、「岩大 4 号」は食味試験の結果でも優れていた（表 1, 2）。しかし、平成 23 年度は春季の低温と夏季の高温と品種登録申請するためには十分なデータを得られたとは判断できず、平成 24 年度に「岩大 4 号」について再度生育・生態を確認し、品種登録申請することとした。

「長十郎もち」はこれまでの試験によって穂重型品種であることを明らかにしており、「岩大 4 号」「岩大 5 号」とも同じく穂重型品種であることを確認した。したがって、モチ性ヒエ品種の施肥管理は穂数を増加させる 7 月上旬の追肥が有効であると推察された（記載論文）。しかし、平成 23 年度は春季の低温と夏季の高温によって生育型が安定せず、品種、系統によって生育にバラツキが認められたため追肥時期の確定と施肥量について確定するまでには至らなかった。

表 1. 岩大 4 号の特性

	稈長 (cm)	穂長 (cm)	Kg/10a		千粒重(g)	
			モミ重	玄ヒエ重	玄ヒエ	精ヒエ
岩大4号	131.3	15.4	266.0	181.8	2.81	2.42
長十郎もち	164.3	17.1	240.9	156.4	2.72	2.50
ノゲヒエ	164.9	17.5	275.2	187.5	2.91	2.59
軽米在来(白)	130.5	15.2	283.7	195.6	3.72	2.47
品種・系統間差 異	* *	* *	NS	NS	* *	NS

表 2. 岩大 4 号、5 号の食味試験結果

温かい状態

	外観	香り	粘り	硬さ	味	総合
岩大4号	3.0	2.8	3.7	3.4	3.1	3.1
岩大5号	2.7	2.8	3.9	3.3	3.2	3.0
長十郎もち	2.8	2.8	3.7	3.3	3.0	3.0
ノゲヒエ	2.7	2.8	3.2	3.2	3.2	3.1
軽米在来(白)	2.8	2.7	2.9	2.8	2.9	2.8

冷めた状態

	外観	香り	粘り	硬さ	味	総合
岩大4号	2.8	3.0	3.6	3.1	3.2	3.2
岩大5号	2.5	2.8	4.0	2.9	3.3	3.1
長十郎もち	2.6	3.0	3.5	2.7	3.3	3.0
ノゲヒエ	2.6	3.0	3.4	2.6	3.3	2.9
軽米在来(白)	2.9	3.0	2.9	2.3	3.0	2.6

3.0 が普通、3.0 より大きい場合良、小さい場合不良

## 2) 機械化体系の作業効率と立地に適した体系の提案 (担当 武田)

機械化体系確立のために、大型機械化体系、小型機械化体系について作業効率の比較検討を行い、播種から収穫までの作業時間は大型体系で 10a 当たり 1.2hr、小型体系では 2.0hr の結果を得た (表 3)。すなわち、大型機械化体系の方が小型機械化体系より作業効率は高かった。しかし、平成 23 年度播種時期の低温、夏季の高温および 9 月の台風によって試験材料が均一でなく、取得データは完全とはいえず、立地に適した体系の提案には至らなかった。岩手県のモチ性ヒエ栽培は県北地方に多く、山間であり、傾斜地が多い、したがって大型機械の導入は困難と思われる。小型機械による効率的な作業体系について再検討する必要がある。

表 3. 体系による作業効率

	大型機械体系	小型機械体系
播種	9'49	35'55
除草1回目	11'01	12'12
除草2回目	12'25	12'37
除草3回目(土寄せ)	8'21	9'12
収穫	35'21	19'33
合計	1:16'46	1:58'49





図 1. 伝統的栽培法 播種（左）と収穫（右）



図 2. 大型機械体系（上段）と小型機械体系（下段）、播種（左）と収穫（右）

3) 「長十郎もち」を用いた商品開発と視覚表現化による販売戦略（担当 佐川、田中）  
 これまで「長十郎もち」を用いた商品開発を地元企業と協力して進めてきたが、これまでに次のような商品を世に送り出した。

・ひえのお酒「長十郎」（有）月の輪酒造 本商品は平成 23 年 12 月 1 日、大学産「ひとめぼれ」純米酒とセットで「いわての穀宝」として限定販売された。



- ・納豆「The 極納豆」 (株) 丸勘商店
- ・「匠のごはん」 (株) 亀屋
- ・バウムクーヘン「岩手の太陽」 (株) ブルージュプリュス



図3. モチヒエを用いて開発された商品（左からヒエのお酒「長十郎」、ヒエ入り納豆「The 極納豆」、雑穀ごはん「いわての匠ごはん」）

「岩手の太陽」は「長十郎もち」を用いた洋菓子として「ブルージュプリュス」と共同で幾多の試作を繰り返した後に開発、完成したものである。本商品は平成23年9月21日の試食検討会を経て、11月24日に発売が開始された。

以下に商品の視覚表現化の完成経過と成果について述べる（視覚表現化担当 田中）。

#### パッケージデザインの概要

マーケットにおけるバウムクーヘンの表層的なパッケージデザインにとらわれるのではなく、エンドユーザが購入後に「切り分けを支援するパッケージデザイン」を考案した。バウムクーヘンは集まって食べることが多く、必ず切り分ける。しかし、切り分けを行う際、各自の要求に合致したサイズに切り分けることは難しく、切り分けを支援する機能をパッケージに付けることで、簡単に切り分けることが可能になると考えた。

#### パッケージデザインのプロセス

切り分けの基本は“等分”だが、等分が必ずしも、各自の要求を満たしているとは限らない。そこで T（時）P（場所）O（場合）に合った切り分けが出来るパッケージを提案した。同じグループに所属するメンバーでバウムクーヘンを分け合う時、そのグループの性別、年齢、身分等に対応した切り分けを可能にするパッケージをデザインし、下記の①～③に示す TP0 からデザイン案をモックアップ化した。

- ①不特定多数の人々に適合するパッケージ（一般販売用、試食販売用）
- ②親しい仲間内での配分に適合するパッケージ（家族内、友達同士で分ける場合）
- ③階級が存在する場に適合するパッケージ（会社、学校等で分ける場合）

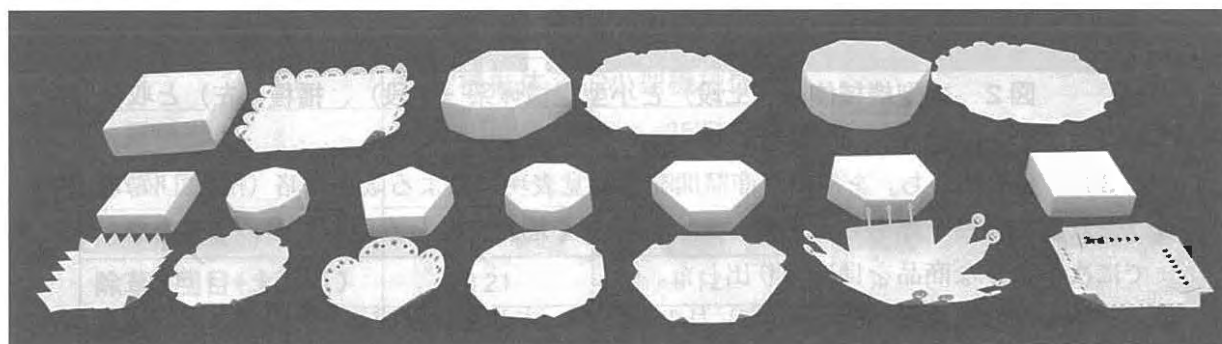


図4. モックアップ

モックアップ制作後、実際に販売される商品のパッケージデザインを制作するにあたり、切り分けを、いかなる場合でも比較的対応出来る“等分”にすることを目指した。上述の①の「不特定多数の人々に適合するパッケージ」のデザインサンプルの中から、実現可能なデザインを抜粋し、適切な形や分配方法を再検討した。

視覚的表現は、岩手大学農学部が開発を行ったモチ性ヒエである「長十郎もち」を使用したバウムクーヘンであるため、岩手の大地で育ったヒエが商品に使用されていることが消費者に伝わるような視覚表現とし、等分に切り分けられ、更に皿の代わりとして使用出来るパッケージを提案した。

パッケージデザイン案は平成 23 年 9 月 21 日に行われた試食検討会の参加者（31 名）に実際にプロトタイプを見てもらい、直接ヒアリングを行い、エンドユーザの意見も参考に最終デザインを進めた。



図 5. 試食会で提示したプロトタイプ

そして、ブルージュプリュスの新商品である「岩手の太陽バウムクーヘン」のパッケージデザインコンセプトを下記とすることし、平成 23 年 11 月 24 日に発売に至った。

- 1) 太陽を浴びて育ったヒエの穂をモチーフとした。
- 2) パッケージ下部分内側に絵柄を入れることで皿として使用することができ、切ったバウムクーヘンを他の容器に移し替える手間を省く事が可能にする。
- 3) 切り分けたときの一人分のサイズを前述の試食会より 7 等分と判断し、7 等分に切り分けられ、皿の機能や装飾性を兼ね備えたパッケージにする。
- 4) 箱の頂点から中心に向かって切り込みを入れる事で容易に 7 等分する事が出来る視覚的効果を表現する。





図6. 商品化されたパッケージデザイン

本プロジェクトの成果に関わって一般市民、関係者、マスコミに公開した内容は以下のものである。

- H. 23. 9. 21 バウムクーヘン「岩手の太陽」試食検討会 (インシーズン)
- H. 23. 9. 22 岩手日報 掲載
- H. 23. 11. 24 バウムクーヘン「岩手の太陽」新商品発売発表会 (ブルージュプリュス)
- H. 23. 11. 25 岩手日報 H. 23. 11. 26 盛岡タイムス 掲載 TV岩手、めんこいTV、岩手朝日TV 放映
- H. 24. 1. 18 研究成果発表会「モチ性ヒエの短稈化と地元企業とのモチ性ヒエの開発商品の紹介」(平成23年度地域課題研究支援経費) (盛岡地域交流センター マリオス)
- H. 24. 1. 20 毎日新聞 H. 24. 1. 21 盛岡タイムス 掲載 TV岩手、めんこいTV 放映

## 5. 今後の課題

現在の社会状況、政治情勢とも相まって県内の雑穀(ヒエ)の生産量、栽培面積が大きく減少しており、需要も低迷している。このような状況の中で地域産業としての雑穀生産を振興するためには農家、地元企業および消費者にとって魅力的な作物、魅力的な商品と思えるような品種、技術、商品を提示していくことが必要であり、岩大発の品種、技術、商品をトータルとして発信していきたい。

商品に関しては地域、とりわけ地方における一般的な食品のパッケージデザインは都市部と異なり、専門職であるデザイナーが関わるのが少ない。本研究では切り分けが容易にできる機能をパッケージの中に取り入れたが、今後、地域におけるパッケージデザインは地域特有の視覚的概念表現だけではなく、エンドユーザからみたサービスの本質性も付加しなければならないと考える。

## 6. 主な発表論文等

佐川了(2011) アミロース含有率が異なる栽培ヒエの生育・収量および品質に関する品種系統間差異 熊谷成子・吉田晴香・佐川了・谷口義則・星野次汪 日作紀 80:269-276.



Tanaka Takamitsu (2012) A Study of Augmented Exhibition System for Traditional Art Crafts Using Augmented Reality and Force Feedback, The 2012 International Workshop on Advanced Image Technology,(CD-ROM 版,Total 10 Pages)

雑誌論文 (計 2 件)

学会発表 (計 0 件)

図 書 (計 0 件)

産業財産権 出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)