

愛媛大学社会連携推進機構
研究成 果 報 告 書

第5号
(2011)

社会連携推進機構研究成果報告書第5号の発行にあたって

愛媛大学社会連携推進機構長
林 和男

愛媛大学は、大学憲章の中で学術研究成果の還元と優れた人材の輩出を通して、社会の持続可能な発展、人類と自然環境の調和、世界平和に貢献するとしており、さらに産業、文化、医療等の幅広い分野において最高水準の知識と技術を地域に提供するとともに、地域の諸課題の解決に向けて人々とともに考え、行動し、地域社会の自律的発展に貢献すると謳っており、社会貢献を大学の基本目標の一つにしています。この目標を叶えるべき社会連携推進機構に各種センターを順次設置し拡充・強化しています。現在、社会連携推進機構には产学連携推進センター、知的財産センター、地域創成研究センター、防災情報研究センター、南予水産研究センター、植物工場実証・展示・研修センター（平成23年度に設置されたが、平成24年度からは農学部の知的植物工場基盤技術研究センターと統合して植物工場研究センターとして拡充）の6つのセンターから成り立っています。产学連携推進センターには、今年度产学連携拠点を設置し、多くの設備を導入し共同研究の拠点を整備しました。今後共同研究を推進していただきたいと考えております。

さて、今回成果報告書第5号を出すことになりました。共同研究の性質上、早急に成果報告することに困難なこともあると思われますが、今年多くの共同研究の中から10件の成果報告を提出していただきました。企業並びに大学関係各位に感謝申し上げるとともに敬意を表するものであります。

大学から出していますシーズ集やこの報告書をご覧いただき、愛媛大学と共同研究をしようと申し出ていただければ幸甚です。

一方で、社会連携推進機構では、社会貢献を一層進めるために、複数の社会連携コーディネーターを置き、少しでも多くの地域のニーズを積極的に収集するため地域を歩き、大学のシーズとのマッチングに努力をしています。そのこともあり、大学の垣根が低くなったとの評価も得ているところであります。今後も、愛媛大学は、連携協定、研究協力会などあらゆる手段を使って、各自治体や産業界との連携による共同研究を一層進展させ、大学憲章で謳うように、社会貢献に努めてまいりますので、今後とも愛媛大学に対する皆様のご指導・ご支援をお願いいたします。

目 次

研究成果報告書第5号の発刊にあたって

愛媛大学社会連携推進機構長

林 和男

研究成果報告

まちづくり人材育成・啓発事業 ----- 1

愛媛大学地域創成研究センター長	宮崎 幹朗
松山市市民部市民参画まちづくり課主査	矢野 和喜
松山市市民部市民参画まちづくり課主査	池下 明弘
松山市市民部市民参画まちづくり課主査	古田 真樹
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	高木 真理子
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	長谷 理恵子
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	二宮 愛子

マークエッジ記録方式を用いた二光子吸収記録再生系のモデル化と 信号処理方式の検討 ----- 3

愛媛大学大学院理工学研究科客員教授	大澤 壽
愛媛大学大学院理工学研究科教授	岡本 好弘
愛媛大学大学院理工学研究科講師	仲村 泰明
愛媛大学大学院理工学研究科博士前期課程	沖中 一貴
富士フィルム株式会社記録メディア研究所主任研究員	北原 淑行
富士フィルム株式会社記録メディア研究所研究員	佐々木 俊央

癌の交流磁場誘導焼灼療法に用いるチタン被覆試作針の発熱特性 ----- 8

愛媛大学大学院理工学研究科准教授	猶原 隆
愛媛大学大学院理工学研究科准教授	青野 宏通
株式会社アドメテック代表取締役	中住 慎一

希土類磁性粉末との複合化に適した遷移金属合金磁性ナノ粒子の開発 ----- 11

愛媛大学大学院理工学研究科准教授	山室 佐益
日立金属株式会社NEOMAXカンパニー	野澤 宣介
日立金属株式会社NEOMAXカンパニー	西内 武司
日立金属株式会社NEOMAXカンパニー技師長	広沢 哲

P S 灰造粒砂を用いたコンクリート製品の開発

13

愛媛大学大学院理工学研究科助教
 愛媛大学工学部等技術部機械・環境建設系技術班
 株式会社予州興業環境部主任
 株式会社予州興業専務取締役

木下 尚樹
 川口 隆
 松尾 曜
 三好 正忠

改造電気自動車の試作による課題抽出

17

愛媛大学大学院理工学研究科教授
 愛媛大学大学院理工学研究科講師
 愛媛大学大学院理工学研究科教授
 愛媛大学大学院理工学研究科客員教授
 愛媛大学大学院理工学研究科准教授
 愛媛大学大学院理工学研究科准教授
 愛媛大学大学院理工学研究科教授
 愛媛大学大学院理工学研究科教授
 愛媛大学大学院理工学研究科助教
 愛媛大学大学院理工学研究科教授
 愛媛県産業技術研究所E V開発センター長
 愛媛県産業技術研究所技術開発部副部長
 愛媛県産業技術研究所技術開発部主任研究員

岡本 好弘
 仲村 泰明
 小野 和雄
 大澤壽
 都築伸
 坂田博
 門脇一
 神野雅
 本村文
 小林英
 佐藤暢
 田所祐
 石本守

レーザ・スキャナを用いた製品高さ計測装置の開発

21

愛媛大学大学院理工学研究科教授
 愛媛大学大学院理工学研究科講師
 東芝ロジスティックス株式会社インデントロジ事業部
 東芝ロジスティックス株式会社物流改革推進部

岡本 伸吾
 李 在勲
 山口 安昭
 内田 幸義

四国西部地域に分布する火山灰の研究

24

愛媛大学大学院理工学研究科教授
 株式会社四国総合研究所土木技術部
 株式会社四国総合研究所土木技術部

榎原 正幸
 池田 倫治
 辻 智大

温州ミカン果皮成分の免疫促進効果の解明とその有効利用に関する研究

26

愛媛大学農学部准教授
 伊方サービス株式会社

菅原 卓也
 門田 歩

D N Aマーカーを用いたヒラメ形態異常の防除技術の開発

32

愛媛大学南予水産研究センター准教授
 有限会社まる阿水產生産部開発課課長

高木 基裕
 澤山 英太郎

まちづくり人材育成・啓発事業

愛媛大学地域創成研究センター長	宮 崎 幹 朗
松山市市民部市民参画まちづくり課 主査	矢 野 和 喜
松山市市民部市民参画まちづくり課 主査	池 下 明 弘
松山市市民部市民参画まちづくり課 主査	古 田 真 樹
松山市市民部市民参画まちづくり課 主任	高 木 真理子
松山市市民部市民参画まちづくり課 主事	長 谷 理恵子
松山市市民部市民参画まちづくり課 主事	二 宮 愛 子

地域創成研究センターと松山市市民部市民参画まちづくり課が共同で、地域社会においてまちづくりの中心となる人材の育成と市民への啓発を目的に「地域づくり支援セミナー」を 12 回にわたって開催した。この共同研究事業は、平成 16 年の地域創成研究センターの創設以来継続してきたものであり、毎年 40 名程度の受講生を対象に行い、これまでの受講生総数は 300 名を超えている。

平成 23 年度については、受講生は 40 名であった。セミナーの内容はおおむね以下のようなものであった。毎回のセミナー終了時に受講生に感想や意見を書いてもらつたが、受講生からの反応は良く、有意義なセミナーであったことがうかがえる。

第 1 回から第 4 回までは、地域コミュニティおよび地域活動に関する基礎的学習を中心に行った。また、松山市内の自治会・町内会の活動やまちづくり協議会の活動について、実際に活動に携わっている人による事例紹介を行ったほか、日本各地における代表的な住民主体の地域づくり活動の先進地を紹介した。新潟県上越市の「地域協議会」、京都府南丹市美山町の「地域振興会」、鹿児島県鹿屋市「柳谷（やねだん）地区」を例に住民主体の地域づくりについて学習を進めた。

第 5 回と第 6 回は、松山市内の五明地区を地域の住民の方々に協力していただき、まち歩きを行い、地域マップを作成するという取り組みを行つた。まちを歩いて自分自身で地域を知る手法を学ぶことが目的であったが、受講生にとっては座学とは違う刺激となつた。

第 7 回では、まち歩きの経験をもとに、「地元学」について学習を進めた。地域に暮らしている人々が主体となり、地域の価値を再発見し、新しい価値を作り出す取り組みを紹介して、「地域を知る」→「地域を考える」→「地域をつくる」という一連の流れを学んでもらつた。第 8 回では、地域づくりのための組織のつくり方と地域づくりを進めていくまでのまちづくり計画のつくり方について学習を進めた。第 9 回では、実際に上島町弓削島で住民が主体となって地域おこしに取り組んでいる「しまの会社」の代表者に活動の取り組みや課題について話を聞き、地域づくり活動の現状について学んだ。

第 10 回では、松山市内の生石地区を対象に再びまち歩きを行い、その体験をもとにして、第 11 回で生石地区を例にして「ミニまちづくり計画」を作成し、第 12 回では生石地区の住民にも参加していただき、「ミニまちづくり計画」を発表した。

全 12 回のスケジュールは次のとおりである。

- | | |
|---------------------------------------|-------------------|
| 第 1 回 (平成 23 年 5 月 27 日、19:00~21:00) | ガイダンス |
| 第 2 回 (平成 23 年 6 月 24 日、19:00~21:00) | 「住みやすいまち」について |
| 第 3 回 (平成 23 年 7 月 22 日、19:00~21:00) | 松山市の取り組みと地域団体の活動 |
| 第 4 回 (平成 23 年 8 月 5 日、19:00~21:00) | 住民主体のまちづくりの先進事例 |
| 第 5 回 (平成 23 年 9 月 10 日、9:00~12:00) | まち歩き（五明地区を歩く） |
| 第 6 回 (平成 23 年 9 月 10 日、13:00~16:00) | まち歩きマップの作り方 |
| 第 7 回 (平成 23 年 10 月 14 日、19:00~21:00) | 「地元学」について |
| 第 8 回 (平成 23 年 11 月 25 日、19:00~21:00) | 「まちづくり計画」について |
| 第 9 回 (平成 24 年 1 月 20 日、19:00~21:00) | これまでのまとめ |
| 第 10 回 (平成 24 年 2 月 4 日、9:00~14:00) | まち歩き（生石地区を歩く） |
| 第 11 回 (平成 24 年 3 月 2 日、19:00~21:30) | 生石地区のミニまちづくり計画の作成 |
| 第 12 回 (平成 24 年 3 月 16 日、19:00~20:30) | ミニまちづくり計画の発表 |

開催場所 愛媛大学校友会館 2 階サロン

第 5 回と第 6 回は五明公民館、第 10 回および第 12 回は生石公民館

マークエッジ記録方式を用いた二光子吸収記録再生系のモデル化と信号処理方式の検討

愛媛大学大学院理工学研究科客員教授

愛媛大学大学院理工学研究科教授

愛媛大学大学院理工学研究科講師

愛媛大学大学院理工学研究科博士前期課程

富士フィルム株式会社記録メディア研究所主任研究員

富士フィルム株式会社記録メディア研究所研究員

澤好泰一
大岡伸冲北佐々木
本村中原俊
壽弘明貴行央

1. はじめに

光ディスクの高密度化、大容量化の要望に応えるために、ディスクの厚み方向への多層記録が可能な二光子吸収記録 [1], [2] が検討されている。二光子吸収記録により高密度化を実現するためには、二光子吸収記録に適した信号処理方式の開発が必要である。そこで、ラン長ごとの孤立マーク再生波形により二光子吸収記録再生系をモデル化し、マークエッジ記録方式 [3] に対する PRML(partial response maximum likelihood) 方式の性能評価を行う。

2. 二光子吸収記録再生系モデル

本検討では、記録過程及び再生過程において同一のレーザを用いることとし、レーザの光強度分布 $I(x, y)$ を次式のガウス分布と仮定する。

$$I(x, y) = \exp \left[-\frac{2(x^2 + y^2)}{(d/2)^2} \right] \quad (1)$$

ここで、 x, y はビームの中心から、ダウントラック方向、クロストラック方向の位置をそれぞれ表す。また、ビーム直径 d はレーザ波長 λ と対物レンズの開口数 NA(numerical aperture) により $0.82\lambda/NA$ [4] で与えられる。ここで、 λ, NA を BD(Blu-ray Disc) と同一の $\lambda = 405\text{nm}$, $NA=0.85$ とすると $d = 0.39\mu\text{m}$ となる。したがって、レーザビームプロファイルは図 1 のようになる。

記録過程では、レーザ光が記録媒体に照射されることで蛍光色素が媒体内に形成される。しかし、レーザ光の強度が低い場合には、二光子吸収が起こらず媒体に蛍光色素は形成されない。そこで本検討では、次式で定義する記録感度曲線を導入する。

$$FD_C(I(x, y)) = \begin{cases} 0, & 0 \leq I(x, y) \leq 0.2 \\ 1.25 I(x, y) - 0.25, & 0.2 < I(x, y) \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $FD_C(I(x, y))$ は最大蛍光色素濃度で規格化した蛍光色素濃度とする。式 (2) のように、 $I(x, y)$ が 0.2 以下の場合は蛍光色素が形成されず、0.2 を超えると $I(x, y)$ に比例して蛍光色素濃度が増加すると仮定している。図 2 に、 $y = 0$ の位置における規格化蛍光色素濃度を示す。図より、式 (2) を考慮した場合、蛍光色素濃度が 0 を超えはじめる幅を記録マーク直径 d_{rec} とすると $d_{rec} = 0.35\mu\text{m}$ となることがわかる。

再生時に記録媒体が発光する蛍光量は、媒体に照射されるレーザ光の強度と記録媒体上に形成された蛍光色素濃度との畳込み積分により得られ、光検出器により電圧に変換されて再生波形となる。但し、蛍光量から電圧への変換は線形と仮定する。また、光検出器による検出範囲はレーザ光の中央から $\pm 1\mu\text{m}$ と仮定している。

BD では通常ピットエッジ記録方式が用いられている [3]。本検討では、ピットエッジ記録に相当するマークエッジ記録方式について検討を行う。また、(1,7)RLL(run-length-limited) 符号 [5] を用いること

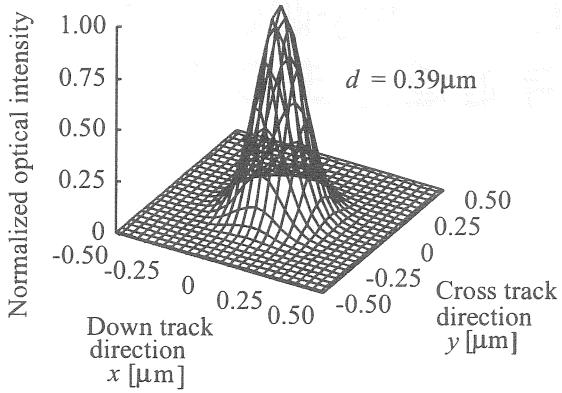


図 1 記録レーザビームプロファイル

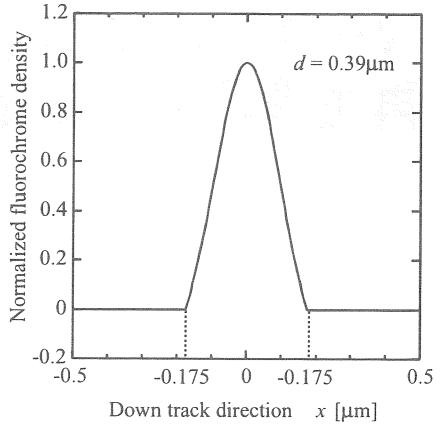


図 2 $y = 0$ の位置における蛍光色素濃度

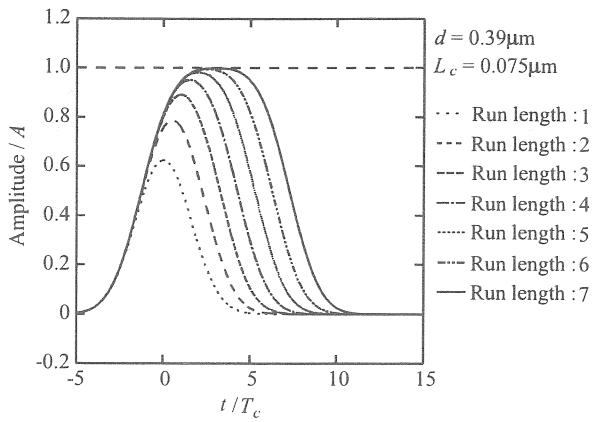


図 3 ラン長別孤立マーク再生波形

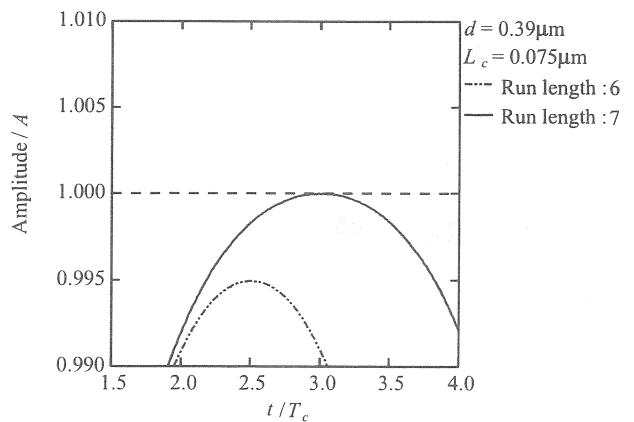


図 4 ラン長別孤立マーク再生波形拡大図

を前提としたシステムを考える。そこで、RLL 符号で制約された記録系列の“0”的ラン長が 1 の場合に最短マーク長となる円形マークを適用し、ラン長の増加とともにチャネルビット長 L_c ずつ記録マークが長くなると仮定している。但し、 L_c を BD の $0.075\mu\text{m}$ としている。

図 3 に、各ラン長に対応する孤立マーク再生波形を示す。但し、 $d = 0.39\mu\text{m}$, $L_c = 0.075\mu\text{m}$ としている。また、図中の T_c は L_c を時間表記したチャネルビット間隔を表し、振幅は最大ラン長 7 の孤立マークから得られる最大振幅 A で規格化している。ここで、ラン長 6 の最大振幅が判別できるように拡大した拡大図を図 4 に示す。図 3, 4 より、ラン長が 7 の場合のみ最大振幅に達していることがわかる。

3. 記録再生系

図 5 に、本検討で用いる記録再生系ブロック図を示す。入力データ系列は、(1,7)RLL 符号器により符号化され、1 シンボル遅延のプリコーダを介して記録系列となる。記録系列は、二光子吸収記録再生系に入力され、記録・再生が行われる。再生波形は、チャネルビットレート f_c で規格化した規格化遮断周波数 x_h の LPF(low-pass filter) とタップ数 N_t のトランスバーサルフィルタから構成される等化器に入力され、二光子吸収記録再生系入力から等化器出力までが所望の PR 特性となるように波形等化を行う。等化された波形は、ビタビ復号器に入力され、(1,7)RLL 符号の制約を考慮したビタビ復号 [6] が行われた後、プリコーダの逆特性を有するポストコーダを介して(1,7)RLL 復号器で復号が行われる。そして、入力データ系列と出力データ系列を比較することにより BER(bit error rate) を算出する。

媒体雑音は、記録時のレーザ照射時間や位置決め精度のばらつきによる記録マーク長変動及び記録マーク中心位置変動を仮定する。ここで、記録マーク長変動及び記録マーク中心位置変動の平均値はそ

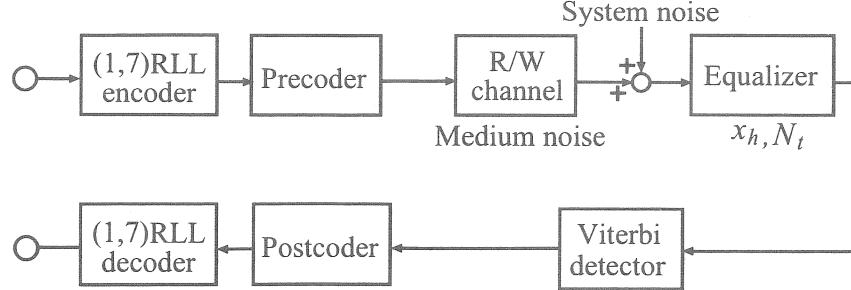
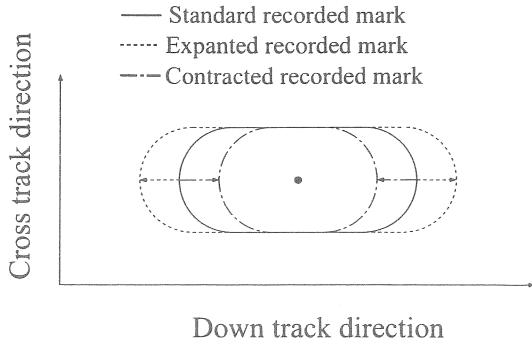
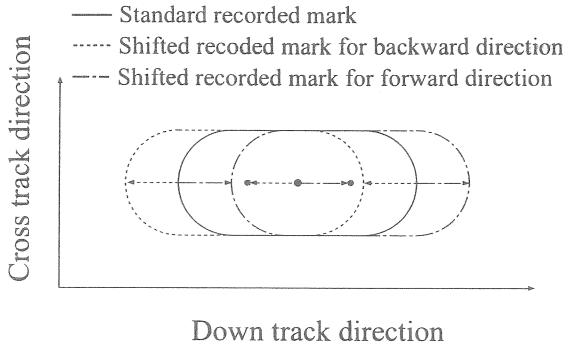


図 5 記録再生系ブロック図



Down track direction

図 6 記録マーク長変動



Down track direction

図 7 記録マーク中心位置変動

それぞれ、各記録系列のラン長に対応した記録マーク長、0とし、 L_c で規格化した標準偏差 σ_L 、 σ_C のガウス分布に従って、独立に変動すると仮定している。図 6 に、記録マーク長変動の様子を示している。図中の実線、破線、一点鎖線はレーザによる変動が起こらない場合の記録マーク形状、レーザ照射時間が変動が起こらない場合に比べて長くなり、記録マーク長が長くなった場合の記録マーク形状、レーザ照射時間が変動が起こらない場合に比べて短くなり、記録マーク長が短くなった場合の記録マーク形状をそれぞれ示している。図 7 に、記録マーク中心位置変動の様子を示している。図中の実線、破線、一点鎖線は、レーザによる変動が起こらない場合の記録マーク形状、レーザの照射開始時刻のずれにより記録マーク中心位置がダウントラック方向に対して逆方向にずれて形成された場合の記録マーク形状、記録マーク中心位置がダウントラック方向に対して順方向にずれて形成された場合の記録マーク形状をそれぞれ示している。記録マーク長変動は、図 6 のようにマーク全体の長さがダウントラック方向に変動し、また記録マーク中心位置変動は、図 7 のように中心位置がダウントラック方向に変動すると仮定している。

ここで、読み出し点におけるシステム雑音の SN 比を A と f_c までの帯域に落ちるシステム雑音の実効値 σ_S を用いて次式で定義する。

$$\text{SNR}_S = 20 \log_{10} \left(\frac{A}{\sigma_S} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

4. 性能評価

図 8 に、読み出し点における最大振幅で規格化した信号電力スペクトルを示す。但し、縦軸の範囲を 0 から 0.5 までとし、横軸は f_c で規格化している。また、 $\sigma_L = \sigma_C = 0$ 、 $\text{SNR}_S = \infty$ としている。図より、 f/f_c が 0.3 以上では信号成分が存在しないことがわかる。したがって、本検討では x_h を 0.3 と定める。

図 9 に、システム雑音に対する BER 特性を示す。但し、入力データ数 1M ビット、 $d = 0.39\mu\text{m}$, $L_c = 0.075\mu\text{m}$, $\sigma_L = \sigma_C = 0.05$, $x_h = 0.3$, $N_t = 15$ としている。図より、PR(1,2,2,1)ML 方式では $\text{SNR}_S = 29\text{dB}$ で誤りなく復号できているが PR(1,2,1)ML 方式は SNR_S が 32dB となつても誤りが発生していることがわかる。図 10 に、識別点における最小ユークリッド距離 d_{min}^2 [7] で規格化した雑音電力を示す。但し、シミュレーション条件は図 9 と同一としている。図より、PR(1,2,2,1) 方式は PR(1,2,1) 方式に比べて雑音電力が小さいため図 9 の BER 特性が得られたものと考えられる。図 11 に、 $\text{SNR}_S = 29\text{dB}$ に固定した場合の記録マーク長、記録マーク中心位置を変化させた場合の BER 特性を示す。但し、 $\text{SNR}_S = 29\text{dB}$, $\sigma_L = \sigma_C$ としている以外は図 9 と同一としている。図より、PR(1,2,1)ML 方式は $\sigma_L = \sigma_C = 0$ の場合でも誤りがあるが、PR(1,2,2,1)ML 方式の場合は $\sigma_L = \sigma_C = 0.06$ までは誤りなく復号できていることがわかる。したがって、二光子吸収記録再生系には PR(1,2,2,1)ML の方が PR(1,2,1)ML 方式よりも適していることがわかる。図 12 に、 d_{min}^2 で規格化した識別点におけるシステム雑音電力を示す。但し、 $\text{SNR}_S = 29\text{dB}$ としており、シミュレーション条件及び印は図 11 と同一としている。図より、PR(1,2,2,1)ML 方式は PR(1,2,1)ML 方式に比べて識別点において雑音電力が小となるため、図 11 の BER 特性において良好な特性が得られたものと考えられる。

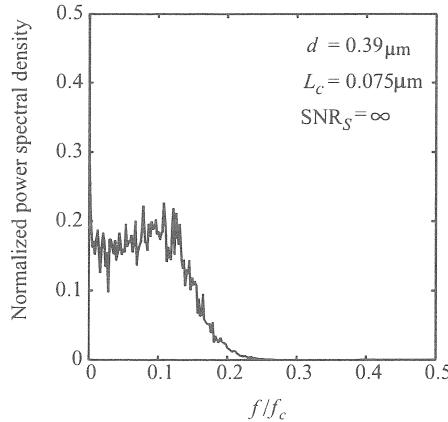


図 8 信号電力スペクトル

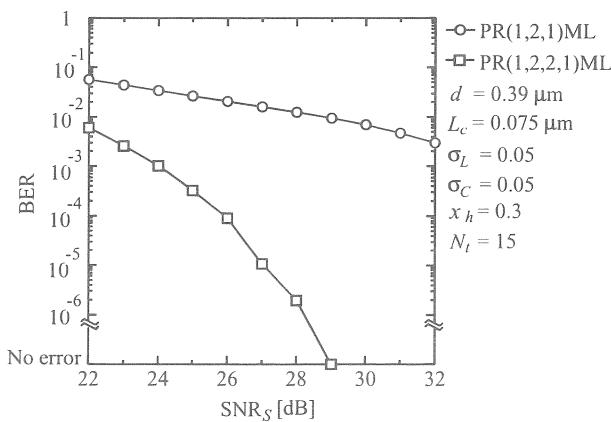


図 9 システム雑音を変化させた場合の BER 特性

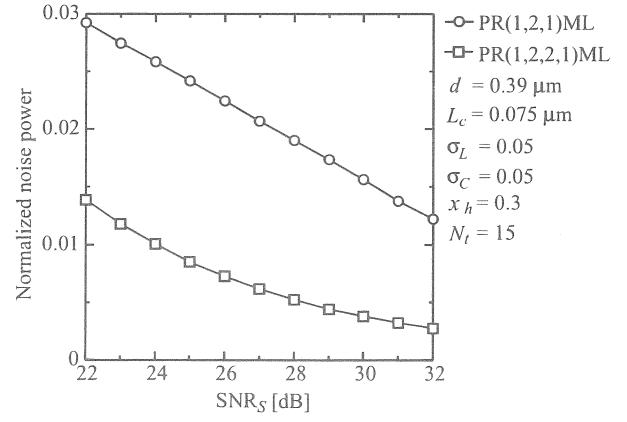


図 10 システム雑音を変化させた場合の 識別点雑音電力

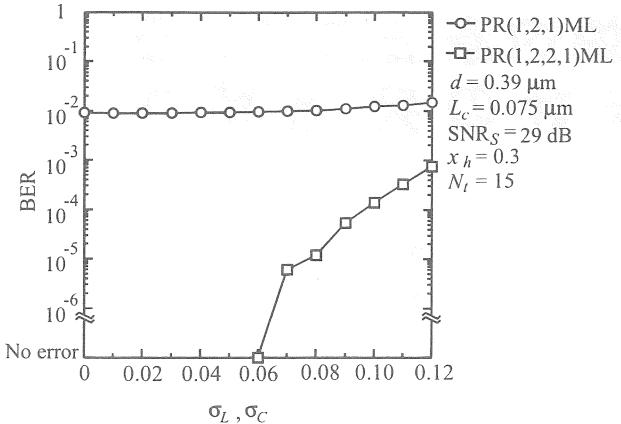


図 11 媒体雑音を変化させた場合の
BER 特性

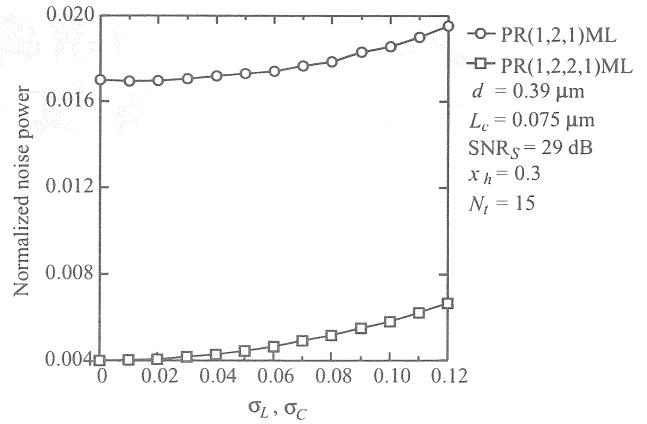


図 12 媒体雑音を変化させた場合の
識別点雑音電力

5. まとめ

本検討では、マークエッジ記録を用いた二光子吸収記録再生系のモデル化について述べ、PRML 方式を適用した二光子吸収記録再生系における BER 特性を求めて性能評価を行った。その結果、PR(1,2,2,1)ML 方式は PR(1,2,1)ML 方式に比べて良好な BER 特性を示すことが明らかとなった。

今後は、二光子吸収記録に適した繰り返し復号方式における、(1,7)RLL 復号の制約を考慮した信頼度情報の抽出方法について検討する予定である。

参考文献

- [1] Haichuan Zhang, Edwin P. Walker, Wenyi Feng, Yi Zhang, Joannes M. Costa, Alexander S. Dvornikov, Sadik Esener, Peter Rentzepis, "Multi-layer Optical Data Storage Based on Two-photon Recordable Fluorescent Disk Media," Eighteenth IEEE Symposium on Mass Storage Systems and Technologies, pp.225–236, San Diego, USA, April 2001.
- [2] Y. Nakamura, K. Okinaka, Y. Okamoto, H. Osawa, "PRML System for Two-Photon Absorption Recording," International Symposium on Optical Memory 2010, Tu-I-17, Hualien, Taiwan, Oct. 2010.
- [3] 小川 博司, 田中 伸一, "ブルーレイディスク読本," オーム社, 東京, 2006.
- [4] 西尾 壽彦 MS TODAY, vol.10, no.2, pp.2–3, Feb. 2001.
<http://www.m-system.co.jp/mstoday1/mst2001.pdf/mst0102.pdf>
- [5] T. Horiguchi and K. Morita, "An Optimization of Modulation Codes in Digital Recording," Trans. Magn., vol.MAG-12, no.6, pp.740–742, Nov. 1976.
- [6] 大沢 寿, 高田 昌和, 岡本 好弘, "光磁気記録における PRML 方式の一検討," 信学総大, C-469, 1995.
- [7] 大沢 寿, 岡本 好弘, 斎藤 秀俊, "高密度ディジタル磁気記録のための信号処理技術," 信学論 (C-II), vol.J81-C-II, no.4, pp.393–412, April 1998.

癌の交流磁場誘導焼灼療法に用いるチタン被覆試作針の発熱特性

愛媛大学大学院理工学研究科准教授 猶原 隆

愛媛大学大学院理工学研究科准教授 青野 宏通

株式会社アドメテック代表取締役 中住 慎一

1. 研究の背景と目的

本研究は、『癌の交流磁場誘導焼灼療法に用いる強磁性体発熱針の開発』の一環として行われたものである。筆者らは、生体内に留置した強磁性体を交流磁場中で誘導加熱することで腫瘍を焼灼する、新しい癌治療法の確立を目指している。しかし、この治療法を深部臓器癌に適用する場合、患部は大型コイル内に挿入された状態となる。そして、実際の治療では、腫瘍の位置や深さによって磁性体針の穿刺角度が異なる可能性が生じる。その際、磁性体針に特有な形状磁気異方性が問題点として挙げられる。この現象は、磁性体針の穿刺角度により発熱特性が著しく異なるもので、強磁性体の反磁場の効果で説明される。この課題を解決できないと、焼灼温度の厳密な制御が行えず、臨床現場への応用は実質的に不可能となる。したがって、交流磁場誘導焼灼療法に用いる磁性体針を設計する場合、穿刺角度の影響を含めた発熱特性を把握する必要がある。これまでの研究開発により、強磁性炭素鋼丸棒を被覆するチタン管の厚さを変えると、形状磁気異方性の効果を低減できることが分かっている。

今年度は、この研究成果を踏まえて、完全な無方向性の発熱特性を有する、全長が26.5mmの焼灼用チタン被覆磁性体針の試作を行った。

2. 実験方法

2.1 チタン被覆磁性体針の試作

図1aに、交流磁場中の発熱に用いた強磁性炭素鋼丸棒(全長:22.2mm)の外観を示す。穿刺部の長さは19.0mmであり、その直径は1.0mmとした。また、長さ3.2mmの末端部分は直径を大きくしており、コッヘル鉗子で掴むための切欠き部分に対応する。一方、図1bに示すのは、本研究で試作したチタン被覆磁性体針(全長:26.5mm)の外観である。炭素鋼丸棒の挿入部のチタン層は、形状磁気異方性を低減するための最適な厚さである0.4mmとした。先端部分は、腫瘍への穿刺を容易にするため鋭角に加工している。

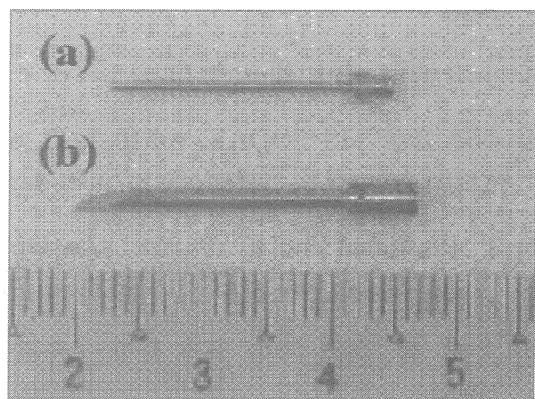


図1 チタンで被覆した試作針の内部に挿入した強磁性炭素鋼丸棒(a)と挿入後の完成した外観(b)

2. 2 交流磁場中の発熱特性の測定

図2に、本研究で使用した交流磁場中の発熱実験装置の概略図を示す。誘導コイルは、内径40mm、外径48mm、長さ60mmのポリプロピレン製の芯に、直径4mmの銅パイプを8回巻き付けている。図1の2種類の試料について、磁束方向との角度を3種類($\theta = 0^\circ$, 45° , 90°)変化させて発熱実験を行った。測定時間は1200sとして、300kHzで100Wの高周波電力を印加した。交流磁場中では、熱電対による温度測定が困難であるため、光ファイバーテン度計により試料の上昇温度(ΔT)を連続的に測定した。

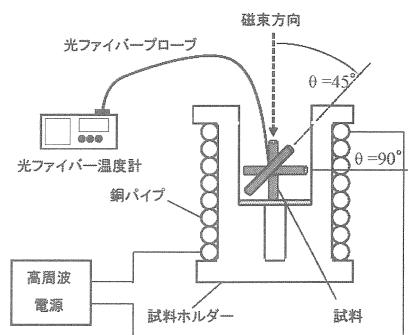


図2 交流磁場中の発熱実験装置の概略図

3. 実験結果

図3に、強磁性炭素鋼丸棒(図2a)を交流磁場中で発熱させた場合の磁束方向と試料の角度の関係を示す。 $\theta = 0^\circ$ の場合を見ると、測定開始後20sで 60°C まで ΔT が増大している。一方、 $\theta = 90^\circ$ の試料では、1200sが経過しても ΔT の値は約 8°C に過ぎない。 $\theta = 45^\circ$ の試料に着目すると、400s後に ΔT は 52°C に達している。これらの発熱曲線を比較すると、強磁性炭素鋼丸棒の場合には、典型的な形状磁気異方性の影響が認められる。したがって、そのまま腫瘍部に穿刺しても、焼灼温度の正確な制御

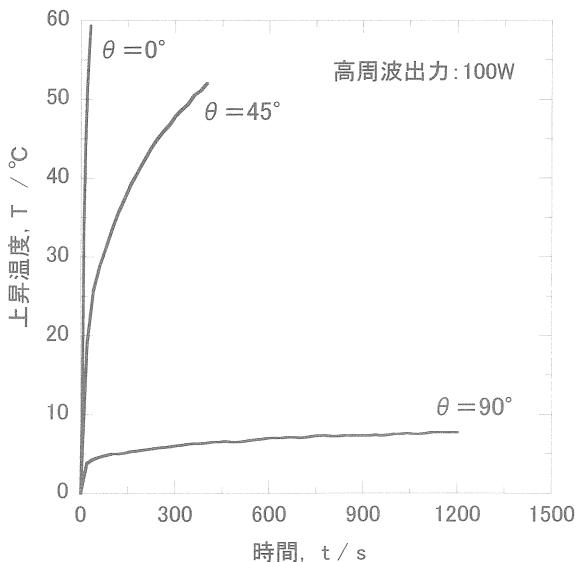


図3 磁束方向に対する角度を変えた強磁性炭素鋼丸棒における交流磁場中の発熱特性の時間依存性

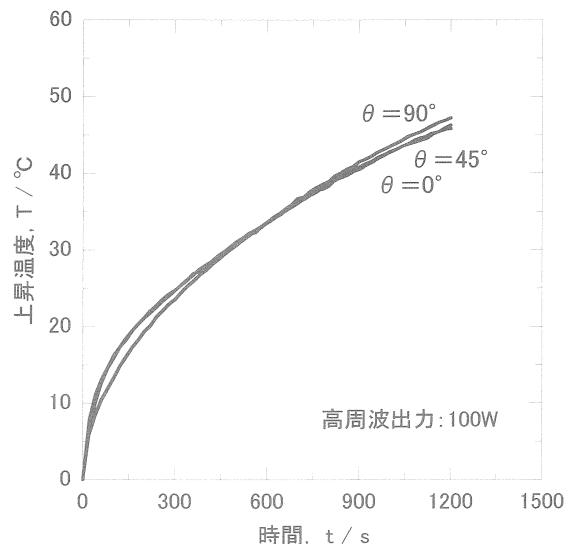


図4 磁束方向に対する角度を変えたチタン被覆磁性体試作針における交流磁場中の発熱特性の時間依存性

は不可能である。また、生体適合性の視点からも、強磁性炭素鋼丸棒の腫瘍への直接穿刺には問題がある。

図4は、強磁性炭素鋼丸棒(図1a)を挿入して試作した、チタン被覆磁性体針(図1b)の交流磁場中の発熱曲線である。図3と同様に、磁束方向と試料の角度を変えた場合の結果を示している。これより、磁束方向との角度が著しく異なるにもかかわらず、3種類の発熱曲線が重なっていることが分かる。また、いずれの角度の場合も、1200s後の ΔT の値は約46°Cに到達している。図3と図4を比較すると、強磁性炭素鋼丸棒の周囲を最適厚さのチタン層で被覆することで、形状磁気異方性の影響が完全に除去されていることが明らかである。しかも、生体適合性が優れたチタン層で密閉されているため、臨床現場での実用が十分可能と考えられる。

4.まとめと今後の課題

本研究において、炭素鋼丸棒の周囲をチタンで完全に被覆した焼灼用磁性体針を試作した。そして、磁束方向に対して無方向の発熱特性を持つことを明らかにした。この試作針の全長は26.5mmであり、生体等価ファントム(模擬人体)を用いた実験に使用する予定である。今後は臨床応用に向けて、生体等価ファントムを用いた伝熱実験、さらに伝熱状態を把握するための熱解析シミュレーションを行う必要がある。

希土類磁性粉末との複合化に適した遷移金属合金磁性ナノ粒子の開発

愛媛大学大学院理工学研究科准教授

山室 佐益

日立金属株式会社NEOMAXカンパニー

野澤 宣介

日立金属株式会社NEOMAXカンパニー

西内 武司

日立金属株式会社NEOMAXカンパニー技師長

広沢 哲

1. 研究の背景と目的

近年、希少金属元素の一つである希土類元素の高騰とその安定供給に対する懸念を背景に、希土類元素の使用量を低減した希土類磁石の開発が望まれている。優れた磁気特性を保持しつつ希土類元素使用量を低減するためには、高飽和磁化を有する金属鉄と大きな結晶磁気異方性を有する希土類磁性粉末（以後、希土類磁粉と表記）をナノ尺度で複合化して磁気結合させたナノコンポジット磁石を創成することが有望である。従来、このような複合化手法としては、高活性な希土類磁粉に起因して、清浄雰囲気下における気相プロセスを中心に試みられてきた。一方、近年の液相プロセス技術の進展にともない、遷移金属ならびにそれらの合金について、ナノ粒子合成をはじめとする微細構造形成に関する研究が盛んに行われている。本研究では、有機溶媒を用いた不活性環境下におけるナノ粒子液相合成プロセスに基づいて、Nd-Fe-B微結晶磁粉表面に金属鉄を選択的に被覆する新たな試みについて研究を実施した。

2. 実施内容

2.1. 反応プロセスの概要

本研究では、鉄と希土類磁粉を複合化する際の試料酸化を極力避けるため、水と酸素を排除した不活性な環境下で複合化を行う湿式反応プロセスを開発した。具体的には、高沸点有機溶媒中に微細に粉碎した粒径数十 μm のNd-Fe-B磁粉を混合し、アルゴンガス雰囲気中において界面活性剤の共存のもとで鉄ペンタカルボニル ($\text{Fe}(\text{CO})_5$) を熱分解することにより、磁粉表面へ鉄被覆を行った。 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ は、加熱により CO配位子を脱離させることにより、還元反応を経ることなく0価の鉄原子を供給できるという利点を有する。本手法は、鉄ナノ粒子を作製する場合の反応プロセスに基づいたものであるが、溶媒中のナノ粒子形成を極力抑制し、磁粉表面に選択的に鉄を被着させる点が大きな特徴である。本プロセスにおいては、界面活性剤が低沸点の $\text{Fe}(\text{CO})_5$ と錯形成して強制的に溶媒中に取り込み熱分解させるという重要な役割を担っている。幾つかの種類の界面活性剤を試した結果、アルキルアミンが磁粉へのダメージが少なく、且つ磁粉表面へ優先的に鉄被覆を促すことが判明した。反応終了後、これらの磁粉を不活性雰囲気中で濾過回収した。

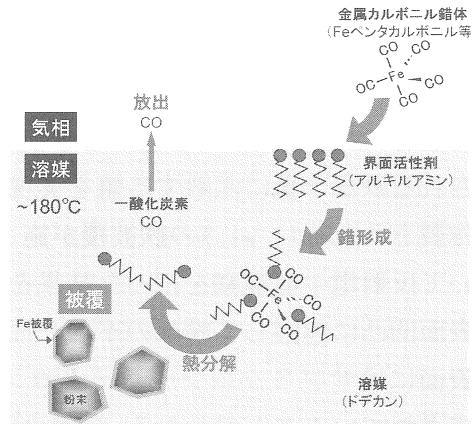


図1 鉄被覆反応プロセスの概略図

2.2. 鉄被覆条件の最適化

ナノコンポジット磁石の実現のためには、重量比で10 wt.%以上の鉄被覆が望まれる。そこで、鉄の被覆量を引き上げるための反応条件について検討するとともに、その最適化に取り組んだ。まず、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の分解反応が温度に強く依存することから、反応温度の影響について調べた。その結果、磁粉への鉄被着量は反応温度に極めて強く依存し、約 120 °C以下ではほとんど鉄被覆反応が進行しないことが判明した。これは、低温では $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の分解反応がほとんど生じないことに起因する。一方、180°C以上ではマントルヒーターにより直接加熱されているフラスコ内壁に鉄が優先的に被着してしまうため、磁粉表面への被着が抑制されることが明らかになった。今回の実験条件の範囲では、160°C付近において被覆反応が効率的に行われることが明らかになった。このように、反応温度が効率的な被覆を実現する上で重要な役割を果たしており、被覆反応が生じる臨界温度が存在することが判明した。

また図3には、反応温度160°C、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 投入量1 mLの条件のもとで、反応の進行にともなう磁粉への鉄付着量の変化の様子を調べた結果である。反応時間の増加にともない磁粉への鉄付着量が増加し、次第に飽和している。反応開始から240分後には反応溶液がほぼ無色になることから、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の分解反応はほぼ終了していると考えられる。また、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の仕込み量の影響についても調べた結果、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の仕込み量に比例して磁粉表面への鉄被着量も増加することが明らかになった。ナノコンポジット磁石を作製する際には鉄被膜の厚さをナノ尺度で制御する必要があることから、本結果は $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の仕込み量によりそれが可能であることを示唆している。特に、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ を5 mL投入した場合には、10 wt.%を超える鉄被着量が得られ、ナノコンポジット磁石を実現する際に想定される鉄混合量に匹敵する値を実現できた。このようにして作製された約11 wt.%の鉄被覆が施された磁粉断面試料について反射電子像観察を行った結果を図4に示す。原料磁粉の表面凹凸に起因して膜厚の不均一性が見られるものの、磁粉表面にはサブミクロン～数ミクロンオーダーの鉄被膜が形成されていることがわかる。今回の研究により鉄被着量については必要量を達成できたため、今後は鉄被膜への酸素や炭素等の不純物混入量を低減することが重要になる。

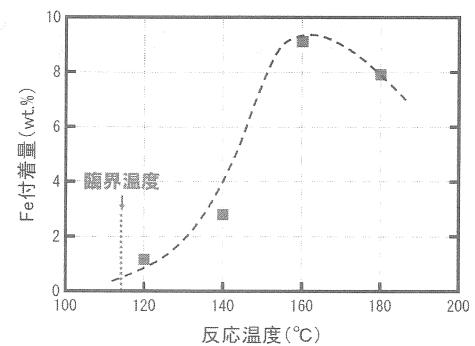


図2 反応温度の鉄被覆量への影響
($\text{Fe}(\text{CO})_5$ 投入量 1 mL、反応時間 4h)

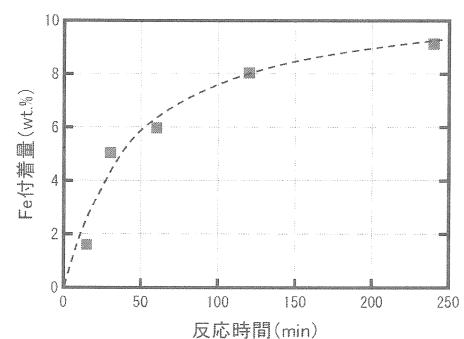


図3 反応温度の鉄被覆量への影響

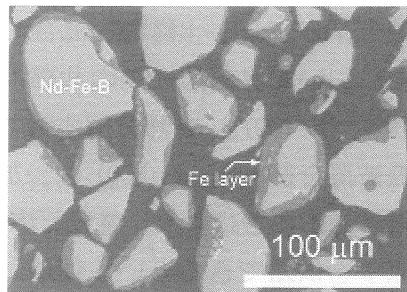


図4 鉄被覆された Nd-Fe-B 磁粉断面の反射電子像

〔謝辞〕 本研究は、「元素戦略プロジェクト・低希土類元素組成高性能異方性ナノコンポジット磁石の開発」のもとで、文部科学省からの支援を受けて遂行したものである。

PS灰造粒砂を用いたコンクリート製品の開発

愛媛大学大学院理工学研究科助教

木下尚樹

愛媛大学工学部等技術部機械・環境建設系技術班

川口隆

株式会社予州興業環境部主任

松尾暁

株式会社予州興業専務取締役

三好正忠

1. 研究背景および目的

平成 19 年度の検討結果より、PS 灰造粒骨材のコンクリート用骨材としての適用性を強度面から考慮すると、細骨材および粗骨材の骨材すべてを PS 灰造粒骨材使用することは、強度不足から使用可能な適用範囲が狭く、市場における需要も少ないものと考えられた¹⁾。また、平成 20 年度は PS 灰造粒骨材の使用を細骨材に限定し、骨材として安価な PS 灰造粒骨材を用いることにより、より安価で軽量な型枠の開発について検討した。具体的には乾燥収縮ひずみ、対凍害性および通気性を検討した上で、混和材として繊維の有効性、型枠として際の内部コンクリートの養生性などを検討した²⁾。PS 灰造粒骨材を用いたモルタルは一般的なモルタルと比較して、軽量、吸水性が高く、多孔質であることから、埋設型モルタル型枠として利用した場合、軽量化が図れ、弱材齢時の内部コンクリートに対する養生効果が期待され、耐久性の向上につながると考えられる。そこで平成 21 年度は、養生効果について検討し、普通モルタルと同程度の性能を有することを明らかにした³⁾。

平成 22 年度共同研究においては、吸水率が 43.1% と高い PS 灰造粒砂を用いたモルタルは乾燥収縮量が大きくなると考えられるため、乾燥収縮試験の実施より、PS モルタルの乾燥収縮量を把握し、評価する。

2. PS モルタルの乾燥収縮試験

2. 1 実験方法および配合

図 1 に乾燥収縮試験の外観を示す。寸法 100×100×400mm の直方体供試体を用いて、温度 20±2°C、平均湿度 40% の条件下で試験を行う。100×100mm の面を上下面とし、供試体上面の中心にダイヤルゲージを設置して、長さ 400mm を基長とし収縮量を求める。上下面にはエポキシ樹脂系接着材を施し、側面以外からの水の蒸発を抑える。配合は、水セメント比を 40% とし、W : C : S = 1 : 2.5 : 4 の質量比から求めた細骨材の割合（以下、細骨材割合と称す）44% を標準配合に定める。細骨材割合が乾燥収縮に及ぼす影響を検討するため、細骨材割合が 30% および 60% の配合でも作製する。表 1 に配合を示す。また、体積表面積比が乾燥収縮に及ぼす影響を検討するため、細骨材割合 44% の配合において、体積表面積比が 50mm の側面 2 面にアルミテープを貼った供試体と体積表

Dial gauge

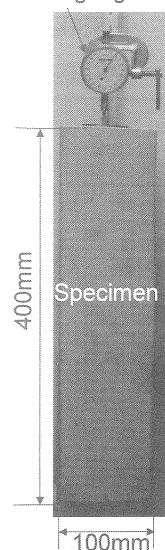


図 1 乾燥収縮試験の外観

面積比が 100mm の側面 3 面にアルミテープを貼った供試体を準備する。打設日により、表面水率が違うため、細骨材割合 44%，体積表面積比 25mm の条件に関しては、供試体を 2 種類とする。表 2 に供試体名と条件を示す。

2. 2 計測結果

図 2 に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。測定結果より、細骨材割合が大きい方が乾燥収縮の進行速度は速く、乾燥収縮ひずみは大きいこと、体積表面積比が大きい方が進行速度は遅く、乾燥収縮ひずみは小さいことが確認できる。また、PS モルタルは碎砂などを使用した一般的なモルタルよりも、乾燥収縮量は大きく、乾燥材齢 400 日においても収束はしておらず増加傾向にある。

表 1 PS モルタルの配合表

番号	細骨材割合 (%)	水セメント比 (%)	表面水率 (%)	単位量 (kg/m^3)		
				水 W	セメント C	細骨材 S
i	44	40	8.5	218	698	783
ii	30	40	5.8	329	893	521
iii	44	40	5.8	237	698	764
iv	60	40	5.8	132	475	1042

表 2 供試体名と試験条件

供試体名	細骨材割合 (%)	配合	体積表面積比 (mm)	本数 (本)
PS44-25-1	44	i	25	2
PS44-50	44	i	50	3
PS44-100	44	i	100	3
PS44-25-2	44	iii	25	3
PS30-25	30	ii	25	3
PS60-25	60	iv	25	3

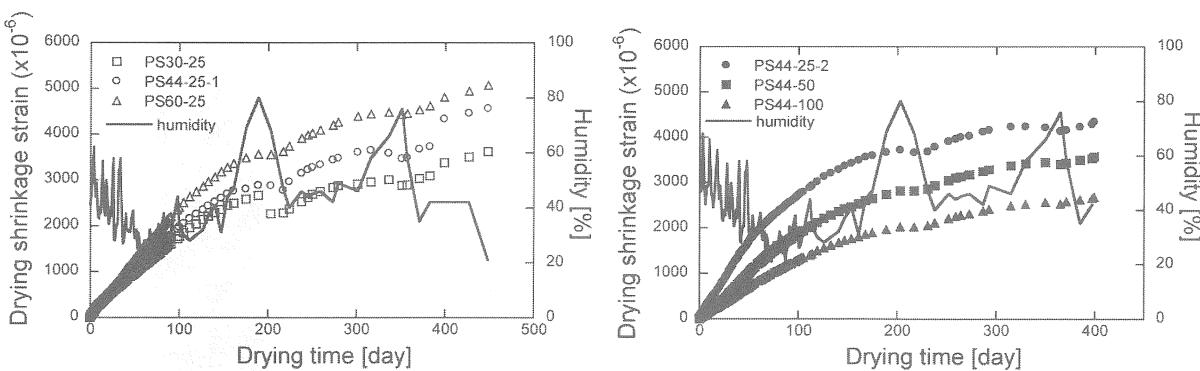


図 2 乾燥収縮ひずみの経時変化

3. PS モルタルの乾燥収縮量の予測式

一般に乾燥収縮量の予測式として、土木学会式⁴⁾、建築学会式⁵⁾、Gardner 式⁶⁾が良く知られている。これらを用いて、PS モルタルの乾燥収縮ひずみの予測値を求め、計測値との比較検証を行う。表 3 に計測値と予測値との相関を表す決定係数を示すが、Gardner 式はすべての条件において相関性が低かったため除外している。建築学会式が 3 式中比較的決定係数の値は高いが供試体条件によっては低い値となっている場合がある。

図 3 に建築学会式の予測値と計測値の比較を示す。予測値は、乾燥開始時には計測値を過大評価しているが、時間の経過とともに過小評価する傾向に転じている。他の既存の予測式でも同様の結果であり、既存の予測式を用いて PS モルタルの乾燥収縮量を予測することは困難であると判断されたため、計測値をもとに PS モルタル独自の乾燥収縮量予測式を提案し、評価を行う。

既存の予測式では、乾燥材齢 t 時における乾燥収縮ひずみ $\varepsilon_{sh}(t, t_0)$ は、時間依存性の項 $\alpha(t)$ と乾燥収縮ひずみの最終値 $\varepsilon_{sh\infty}$ の積で求められる。そのため、各項の検討を行い、新たな予測式を提案する。まず、収縮挙動を表す時間依存性の項の検討を行う。同乾燥材齢時の体積表面積比の変化に伴う乾燥収縮ひずみに着目すると、建築学会式が、最も計測値を定性的に再現できることが確認されているため、収縮挙動を表す時間依存性の項は、建築学会式を参考とする。次に、乾燥収縮ひずみの最終値の検討を行う。同乾燥材齢時の細骨材割合の変化に伴う乾燥収縮ひずみに着目すると、計測値は細骨材割合が大きいほど乾燥収縮ひずみが大きくなる傾向を示しており、3 式のうち Gardner 式のみが、計測値を定性的に再現できることが確認されている。以上より、乾燥収縮ひずみの最終値は、Gardner 式を参考にし、検討を行う。予測式の提案には、各式において未知数を設定し、計測値に対する回帰分析により値を求める方法を用いる。式(1) に提案する PS モルタルの乾燥収縮量予測式を示す。

$$\varepsilon_{sh}(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{0.2(V/S)^{2.0} + (t - t_0)} \right]^{0.5+18/(V/S)} \times 5800 \times \left[\frac{(V/S)}{25} \right]^{0.4} \times K \times \left(\frac{f_{cm28}}{f_{cmt_0}} \right)^{0.4} \times \left(\frac{25}{f_{cm28}} \right)^{0.5} \quad (1)$$

ここで、 t : 乾燥材齢、 t_0 : 乾燥開始材齢、 V/S : 体積表面積比、 K : セメントの種類に関する係数⁶⁾、 f_{cm28} : 28 日圧縮強さ、 f_{cmt_0} : 乾燥開始時の圧縮強さ⁶⁾である。

表 3 各予測式の決定係数

供試体名	決定係数 R ²	
	土木学会式	建築学会式
PS30-25	0.18	0.71
PS44-25-1	0.09	0.57
PS60-25	0.44	0.02
PS44-25-2	—	0.19
PS44-50	0.12	0.23
PS44-100	0.15	0.70

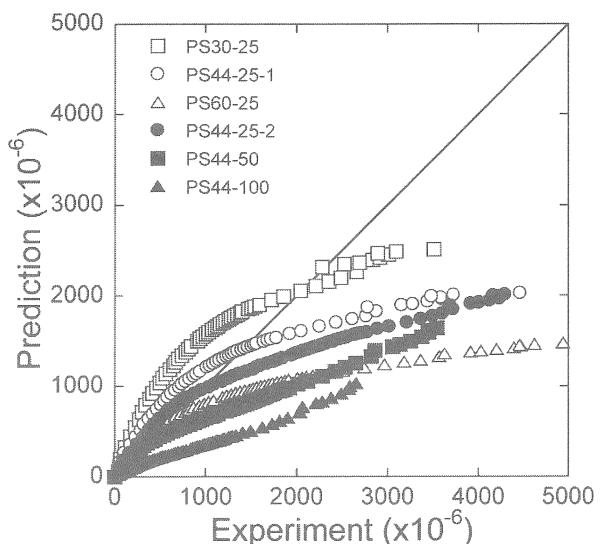


図 3 建築学会式による予測値と計測値の比較

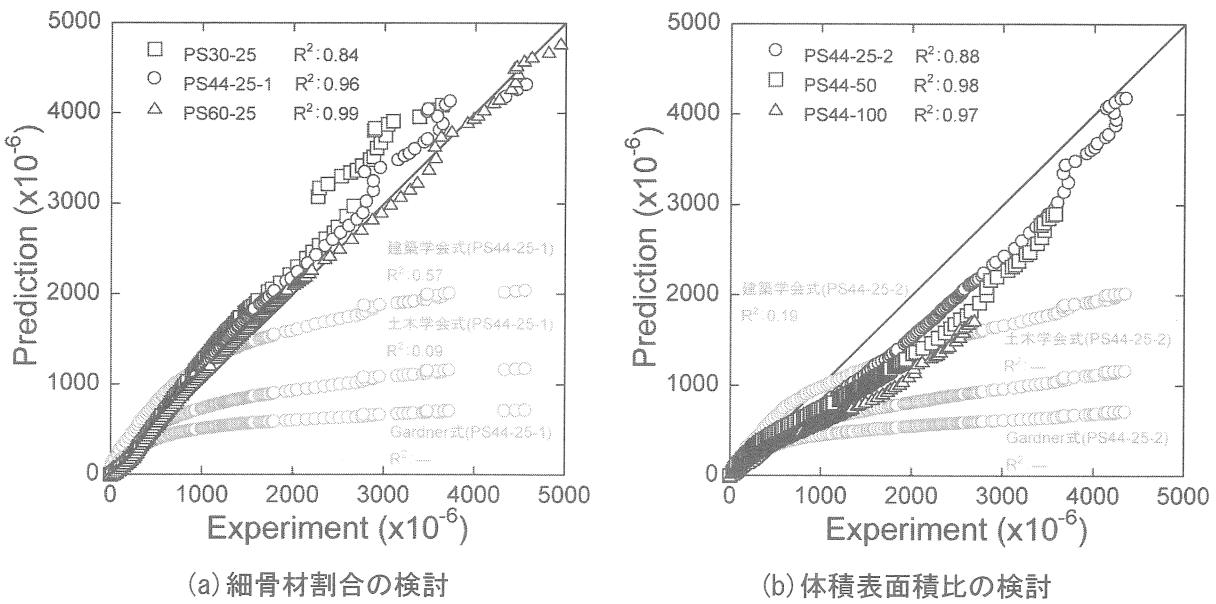


図4 提案式による予測値と計測値の比較

図4に提案式による予測値と計測値の相関関係を示す。また、図中に決定係数を表示している。すべての供試体において、予測値は、計測値を精度良く再現していることが確認でき、提案式は、PSモルタルの乾燥収縮量予測に有用なものであることがわかる。

4. まとめ

本研究では、PSモルタルの乾燥収縮試験を実施した。その結果、PSモルタルの乾燥収縮量は一般的なモルタルのものよりも大きく、既存の予測式ではその収縮挙動を予測できないことがわかった。そのため、PSモルタルの乾燥収縮挙動を評価できる予測式を提案し、その有用性を確認した。

参考文献

- 1) 木下尚樹, 川口隆, 松尾暁, 三好正忠: PS灰を活用した造粒物のコンクリート骨材への適用に関する基礎的研究, 愛媛大学社会連携推進機構研究成果報告書, 第2号, pp.34-48, 2009.
- 2) 木下尚樹, 川口隆, 松尾暁, 三好正忠: PS灰造粒砂のコンクリートへの適用性に関する基礎的研究, 愛媛大学社会連携推進機構研究成果報告書, 第3号, pp.21-28, 2010.
- 3) 木下尚樹, 川口隆, 松尾暁, 三好正忠: PS灰造粒砂を用いたコンクリート二次製品の開発, 愛媛大学社会連携推進機構研究成果報告書, 第4号, pp.26-28, 2011.
- 4) 2007年制定 コンクリート標準示方書[設計編], pp.45-46, 2007.
- 5) 佐藤嘉昭, 清原千鶴, 寺西浩司, 今本啓一, 三橋博三, 岡田秀敏: 国内の実験データに基づいたコンクリートの時間依存性ひずみの予測式に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No.597, pp.9-15, 2005
- 6) N. J. Gardner: Desing Provisions for Shrinkage and Creep of Concrete, ACI FIP-194, pp.101-133, 2000.

改造電気自動車の試作による課題抽出

愛媛大学大学院理工学研究科教授
愛媛大学大学院理工学研究科講師
愛媛大学大学院理工学研究科教授
愛媛大学大学院理工学研究科客員教授
愛媛大学大学院理工学研究科准教授
愛媛大学大学院理工学研究科准教授
愛媛大学大学院理工学研究科教授
愛媛大学大学院理工学研究科教授
愛媛大学大学院理工学研究科助教
愛媛大学大学院理工学研究科教授
愛媛県産業技術研究所 EV 開発センター長
愛媛県産業技術研究所技術開発部部長
愛媛県産業技術研究所技術開発部主任研究員

岡本好弘
仲村泰明
小野和雄
大澤壽二
都築伸二
坂田博
門脇一則
神野雅文
本村英樹
小林真也
佐藤員暢
田所祐史
石本守

1. 研究成果の概要

低炭素社会の構築に向けて愛媛県が推進している EV 開発プロジェクト関連の技術開発の一環として、既存のガソリン車を電気自動車に改造する「コンバート EV」について、愛媛大学は、スズキ アルトをベース車両にした DC モーターを採用してコンバート EV を、一方、愛媛県はダイハツ コペンをベース車両にして AC モーターを採用してコンバート EV を試作し、自動車検査証を取得して、走行試験を実施することで、改造及び使用における課題を抽出している。

2. 愛媛大学のコンバート EV

(1) コンバート EV 車両の試作

図 1 に、使用したスズキ アルト (V-HC11V) の外観写真を示す。愛媛大学では、スズキ アルトをベース車両として、DC96V・6kW の定格出力を持つ DC モーターを用いたツシマエレクトリック製コンバート EV キットを採用して試作を行った。バッテリーは、安価で取扱いが容易な 12V の鉛蓄電池 (GS ユアサ

ディープサイクルバッテリー：EB-50) を 8 個直列に接続して 96V とした。ガソリン車から EV へのコンバートのため、エンジン、ガソリンタンク、ラジエター等を取り外し、モーター、バッテリー、コントローラー等を取り付けた。表 1 にスズキ アルトの主要諸元を示す。バッテリー 8 個の総重量



図 1 スズキ アルト

表1 スズキ アルト（V-HC11V）主要諸元

	コンバート前	コンバート後
全長	3,295mm	3,295mm
全幅	1,395mm	1,395mm
全高	1,400mm	1,400mm
車両重量	610kg	740kg
原動機	エンジン 0.657 リッター	DCモーター
最大出力	29.4kW	6kW(4700rpm)
最大トルク	54Nm	11.5N·m(4700rpm)
一充電走行距離	–	約40km
バッテリー	–	鉛蓄電池 3.2kWh

が約160kgであったため、車両重量はベース車両の車重（610kg）に比べて約130kg重くなった。また、コンバートによって、冷暖房、パワーステアリング機能、ラジオが利用不可能となった。

自動車検査証の取得においては、改造自動車届出書類を作成し、事前に軽自動車検査協会に提出して検査員に書類のチェックを依頼した。そして、書類チェックで指摘された不備（書類修正、追加、視界確保対策、不要輻射対策）に対応策を施すと共に車検前整備を行い、2010年9月17日に軽自動車検査協会愛媛事務所に試作EVを持ち込み、車両検査を受けて自動車検査証を取得することができた。

(2) 試作車両の走行試験等

まず、走行試験として、バッテリーを満充電した状態から、ギアを3速に固定して走行試験した。この走行試験においては、一充電当たり一般道を約20km走行したのちに更に大学内を約10km走行することができた。そこで、積算電流計（HIOKI ハイテスタ3290-10 & センサ9692）とドライブレコーダ（YUPITERU ドラカメDRY-S7）を搭載し、積算電流量とGPS情報から速度、加速度、累積走行距離、高度、勾配等の測定を行った。

次に、メーカーから提出されたモーター出力特性からモーターの効率特性を求め、試作EVの走行抵抗特性を算出した。これらの特性を基に一充電あたりの走行可能距離を求めた結果、平坦な道路においては、モーター効率がより高い2速にギアを固定した状態で速度25～45km/hを保って走行すると、約40kmの距離を走行可能であることが明らかとなった。更に、大学周辺の市街地での走行試験を行ったところ、平均速度26.6km/hでは一充電あたりの走行距離が30km程度に留まった。但し、信号等で停止、発信を繰り返しする必要がない学内走行では37km程度の走行距離を達成した。

(3) 評価並びに課題抽出

今回の試作では、コンバート実績のあるスズキアルトをベース車両に選び、市販のコンバートEVキットを用いてガソリン車をEVに改造し、自動車検査証取得、走行試験を行った。

しかし、搭載したモーターの出力が 6kW と低く、登坂や追い越しに不安が残る結果となった。また、試作した EV は、鉛蓄電池を使用しているため車重が重く、走行距離が伸びない原因となったと考えられる。また、ブレーキの負荷が大きく、急ブレーキに不安を感じた。そのため、エネルギー密度が高く、重量が軽い Li ポリマーバッテリーを搭載した評価や回生ブレーキの搭載検討を今後行う予定である。

自動車検査証を取得する上で、重量バランスを考慮したバッテリー設置や運転手の手が届く範囲にブレーカーを配置する等、装備品の装着位置の決定が重要であることが明らかとなった。また、視界確保や安全装置の二重化、不要輻射対策も重要なことが明らかとなつた。

(4) 研究成果の今後の活用

今後は、走行状況を考慮したスマートドライビングに関する研究や、過疎地域や被災地等を想定したローカルスマートグリッドに関する研究等に活用する予定である。

3. 愛媛県のコンバート EV

(1) コンバート EV 車両の試作

図 2 に、試作したダイハツ コペン (LA-L880K) の外観写真を示す。ダイハツ コペン 5 速マニュアルをベース車両として、AC285V・定格出力 20kW・最大出力 47kW の能力を持つアズレダイナミクス社 (アメリカ) 製交流モーターを採用して試作を行つた。バッテリーとして電圧 DC285V・容量 8.8kWh・重量 84kg の仕様を持つコカム社 (韓国) のリチウムポリマー電池を採用した。ガソリン車から EV へのコンバートのため、エンジン、ガソリンタンク、ラジエター等を取り外し、モーター、バッテリー、コントローラー等を取り付けた。表 2 にダイハツ コペンの主要諸元を示す。ベース車両が乗用車用途のため、改造車としてナンバーを取得するには、ベース車両の車両重量を超えることができないため、電池の搭載量を少なくし、車体の軽量化なども図り、ベース車両と同一の 850kg に収めた。また、コンバートによって、冷暖房、パワーステアリング機能が利用不可能となった。

自動車検査証の取得では、軽自動車検査協会と協議を行いながら改造自動車届出書類を作成し、2010 年 10 月 13 日に軽自動車検査協会愛媛事務所に試作 EV を持ち込み、検査を受けて自動車検査証を取得することができた。

(2) 試作車両の走行試験等

日進電子工業製の専用急速充電システムを使用すると、満充電までにかかる時間は約 4 時間である。走行試験として、2010 年 12 月に徳島工業短期大学（徳島県板野郡板野町）にあるシヤシダイナモーメータを使用

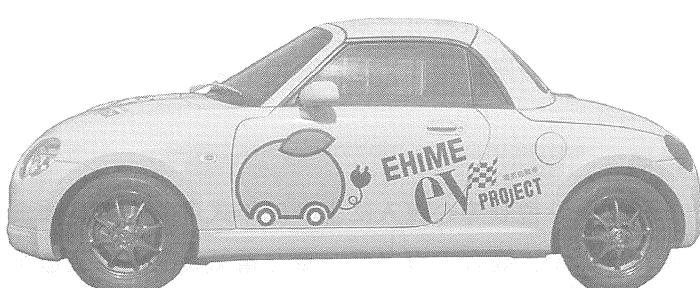


図 2 ダイハツ コペン

表2 ダイハツ コペン (LA-L880K) 主要諸元

	コンバート前	コンバート後
全長	3,395mm	3,395mm
全幅	1,475mm	1,475mm
全高	1,270mm	1,270mm
車両重量	850kg	850kg
原動機	ターボエンジン 0.659 リッター	ACモーター
最大出力	47kW(6000rpm)	47kW(4700～12000rpm)
最大トルク	110N・m(3200rpm)	92N・m(1000～4700rpm)
一充電走行距離	—	約120km
バッテリー	—	リチウムポリマー 8.8kWh

し、10・15モード燃費測定を行ったところ、電費13.9km/kWhを得た。このことから理論的な、航続距離は $13.9\text{km}/\text{kWh} \times 8.8\text{kWh} = 122\text{km}$ である。しかし、実際の市街地走行などでは、ガソリン車と同様に、10・15モード測定値の8割程度、100km弱が現実的な航続距離であった。

(3) 評価並びに課題抽出

今回の試作車は、愛媛県EV開発プロジェクトのフラッグシップカーと位置づけ、スポーティなダイハツコペンをベース車両に選び、市販の部品を用いてガソリン車をEVに改造して自動車検査証取得、走行試験を行った。軽自動車の上限出力を持つACモーターとリチウムポリマー電池というトレンドの組み合わせにより、ベース車両であるガソリンターボ車に勝るとも劣らない動力性能を発揮することが分かった。しかし、この組み合わせは現時点では非常に高価であることや、一部入手困難な自動車専用部品の存在、納期の長さなどが、ビジネスという観点からは問題である。また、これはコンバートEVだけでなく、EV全般の問題であるが、リチウムポリマー電池のエネルギー密度がまだ低く、ガソリン車に比べると航続距離が不足する。更に、安全性の確保についても、作り手の自主性に任せているところがあり、法整備等が必要である。

(4) 研究成果の今後の活用

今回の試作車は、県民へのEV開発プロジェクトの浸透のため、展示会などでPRを行う。また、走る実験室とし、さらなる安全性の追求や部品の開発等に活用すると共に、人材育成のための研修用モデルとしても使用する。

4. 総括

グリーン税制等の導入により低年式車の規制が強まる中、愛着のある車をより長く乗り続ける手段として、既存のガソリン車を電気自動車に改造する改造手法は、地域全体で共有すべき財産であり、今後はコンバートEVマニュアルの作成や多種の車両に合わせた改造キット及び基幹部品の提供等が必要と考えられる。

レーザ・スキャナを用いた製品高さ計測装置の開発

愛媛大学大学院理工学研究科教授

岡本伸吾

愛媛大学大学院理工学研究科講師

李在勲

東芝ロジスティクス株式会社インテントロジ事業部

山口安昭

東芝ロジスティクス株式会社物流改革推進部

内田幸義

1. はじめに

物流産業において公共道路を利用して物体を運送する場合、移動の際に橋などの道路周辺の建築物との接触や衝突等による事故を防止するために運送車両全体の大きさに対する制限が規定されている。日本の交通規則における運送物体を含んだ車両全体の大きさは、高さ 3.8m(特集車両の場合は 4.1 m)、幅 2.5m、長さ 12m に制限されている。従って、物流産業の現場では荷物を積載したトラックが工場から出発する前に大きさを計測し、道路交通法で指定されている大きさ以内に納まっているか確認する作業が義務的に行われている。特にその中で高さの測定は幅や長さに比べて困難な作業である。

既存の高さ測定方法では検尺棒を使用して製品の最高部付近まで作業者が上がり目視にて確認している。しかし、この方法による測定は高所作業となるため危険性があり、計測精度や作業効率に改善の必要がある。

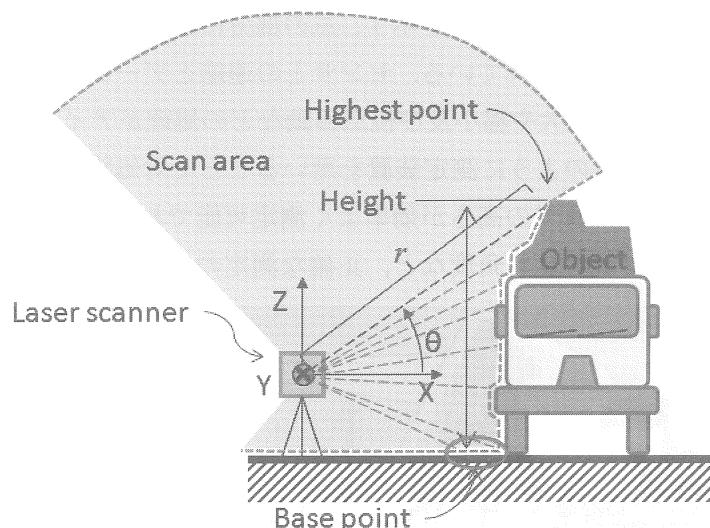


図 1. 提案された製品高さ計測方法

2. レーザ・スキャナを用いた新しい測定方法

本研究ではレーザ・スキャナを用いた新しい高さ測定方法を提案し、計測装置の開発を行った。レーザ・スキャナは最近ロボット分野で幅広く利用されており、特に周辺状況の認識や地図作成などの移動車ロボットのナビゲーションに重要なセンサとして使われている[1,2]。

図 1 に提案された計測方法の概念を示す。測定装置はレーザ光を発射させ、その反射光から物体ま

での距離を測定する。また、そのレーザ光を回転させることで一定角度毎の距離を測定し、物体の断面や地面の形状を含む2次元のスキャンデータを取得する。スキャンデータの中で基準となる地面のベースポイントと測定点となる最高点を指定し、それらの測定距離と角度により製品高さを算出する。

3. 高さ計測装置の開発と実験

図2に本研究で開発された計測装置を用いて運送物を積載したトラックの高さを測定する様子を示す。計測装置は主センサとなる2次元レーザ・スキャナ、その姿勢を調節するための2自由度のジンバル関節(gimbal joint)、システム全体を支持する三脚(tripod)、データの取得や計算及び測定結果の表示を行う計算機、アダプタやバッテリなどの電源部から構成される。レーザ・スキャナとしては北陽電機製の測域センサ(UTM-30LX)を利用した[3]。レーザ光は人間の目には見えないが、LEDランプで確認が可能なインジケータ(indicator)を用いてセンサがスキャンしている部位を確認し、最高点を正確に測定することが出来る。また、センサではスキャン面の傾きを調節するために、基準となる水準器(inclinometer)が設置されている。ジンバル関節はセンサを高い位置まで上げるための延長棒によって三脚上に設置されている。ジンバル関節とセンサの間にはサーボモータが取り付けられており、連続スキャンによる3次元スキャンデータの取得も可能である。そして、タブレットPCが計算機として採用されて、作業者は簡単なタッチ動作によって測定ソフトウェアを操作することが出来る。

測定作業は以下の手順で行われる。まず、測定装置を対象物の付近に設置し、インジケータを用いてレーザ・スキャナが対象物の最高点をスキャンしている事を確認する。そして、水準器とジンバル関節のハンドルを用いてセンサを水平に調節する。次に、計算機上の計測ソフトウェアをタッチ動作により操作すれば測定結果を取得することが出来る。

図3は開発した計測ソフトウェアの画面を示す。左の部分には測定されたスキャン面を表示し、右の部分には操作用アイコンが配置されている。センサとの連結とデータ取得、測定基準点と目標点の指定による計測値算出、表示の拡大や縮小及び視点移動などの処理がアイコンをタッチすることによって実時間で実行される。図4のように測定装置を用いることで対処物の形状が簡単に取得され、高所作業せずに接近し難い最高点までの高さが効率よく測定可能であることが確認できた。また、センサの高さや対象物でのレーザ光の反射角度など、正確な測定のための最適条件を調査した。

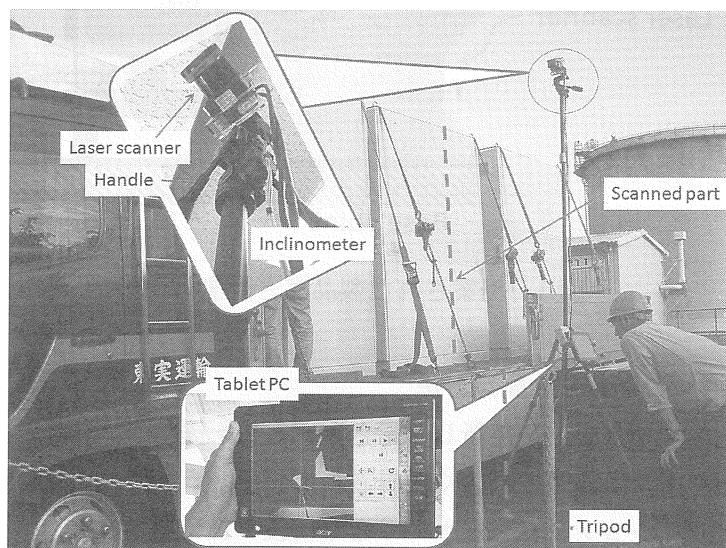


図2. 開発された計測装置を利用する高さ測定

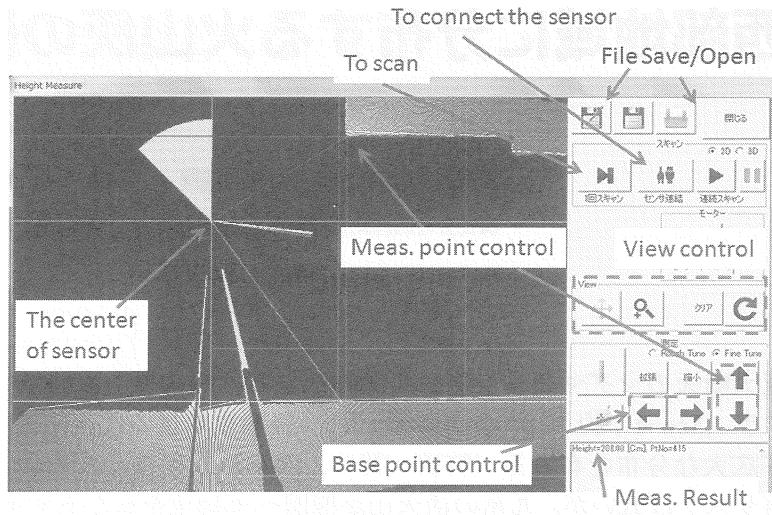


図3. 開発された計測ソフトウェア

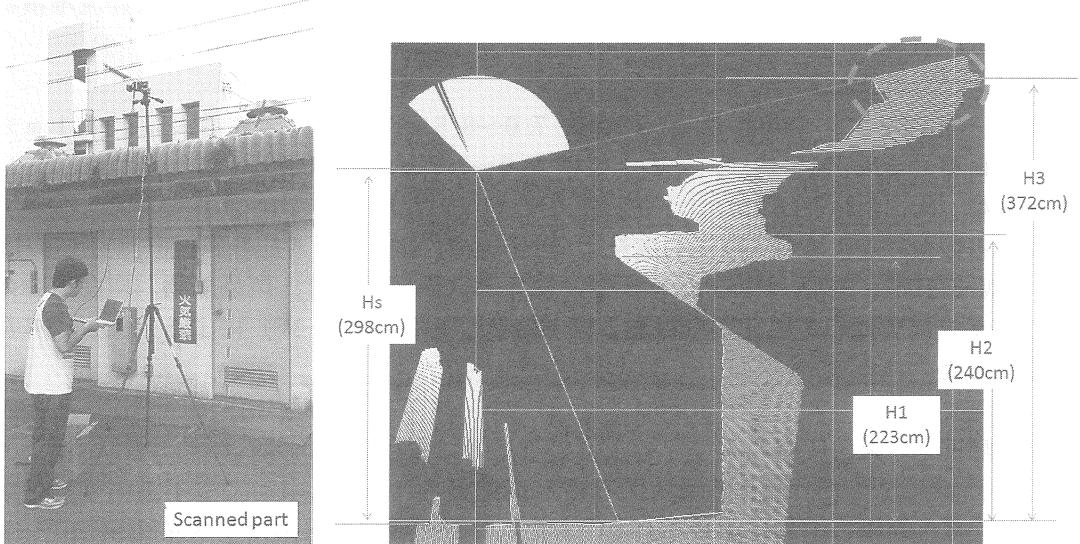


図4. 開発された装置を用いた計測作業の様子とその測定例

4. 終わりに

レーザ・スキャンを用いた新しい計測装置及びソフトウェアの開発を行った。また、様々な実験を通して物体の高さ測定での実用性を確認し、最適な計測条件を導出した。

【参考文献】

- [1] H. Kawata, A. Ohya, S. Yuta, W. Santosh, and T. Mori, "Development of ultra-small lightweight optical range sensor system," in *Proceedings of the IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 1078-1083, 2005.
- [2] J. H. Lee, K. Abe, T. Tsubouchi, R. Ichinose, Y. Hosoda, and K. Ohba, "Collision-free navigation based on people tracking algorithm with biped walking model," in *Proceedings of the IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 2983-2989, 2008.
- [3] 北陽電機株式会社, <http://www.hokuyo-aut.co.jp>
- [4] J.H. Lee, S. Okamoto, Uchida, Yamaguchi, "Development of a height measurement system based on 2D Laser scan," in *Proceedings of The IAENG International Conference on Control and Automation*, 2012.

四国西部地域に分布する火山灰の研究

愛媛大学大学院理工学研究科教授

榎 原 正 幸

株式会社四国総合研究所土木技術部

池 田 倫 治

株式会社四国総合研究所土木技術部

辻 智 大

【はじめに】

広域テフラは、巨大噴火のマグマ溜まりに関する詳細な岩石学的情報を保持している。本研究で対象とする阿蘇4テフラ（Aso-4；約8.5～9万年前）は、後期更新世の代表的広域テフラの1つで、隣接海洋にもおよぶ広大な分布を有する（町田・新井, 2003）。現在、このような大規模な火碎流を発生する火山災害リスクは低いが、九州の活火山が四国へ火碎流をもたらす可能性は0ではない。

そこで、本研究では、愛媛県西部・西予市の卯之町ボーリングコアにおけるAso-4火山灰の岩石学的研究をおこなった。ちなみに、このAso-4火山灰は一部の技術者によって火碎流堆積物の可能性が指摘されている。

【研究試料および分析手法】

研究試料は、卯之町コア（深度12m）の深度7.0～8.5mである。岩相は、7.7～8.1mがAso-4火山灰層（試料番号：No.14～19），その上位の7.0～7.7mが小礫混じりの泥層（No.1～11）および火山灰質泥層（No.12および13），下位の8.1～8.5mが泥層（No.20～28）である。分析試料は、手洗およびふるい分けをした後、粒径別重量比、粒子組成、火山ガラス片の屈折率測定（No.16～19）、EDS（JEOL JSM-6510LV, INCA X-Max50検出器）による火山ガラス片、斑晶鉱物、斑晶鉱物の付着ガラスおよびガラス包有物の主要元素分析およびICP-MS（VARIAN 820-MS）による火山ガラス片の微量元素分析を行った。

【結果】

1) 粒子組成解析：火山灰層およびその上位の地層では褐色普通角閃石が見出されるが、No.21より下位ではそれが含まれず、緑色普通角閃石のみが見出される。No.19では不透明鉱物の濃集が、No.18～14では有色鉱物の増加が認められる。また、火山灰層中の火山ガラス片はNo.16～18で濃集しているが、No.14および15で乏しい。No.16～19ではバブルウォール型および中間型が卓越する。

2) 火山ガラス片の屈折率：火山ガラス片の屈折率はn=1.506～1.513（最頻値：n=1.508～1.509）である。No.19から16にかけて屈折率の最頻値の緩やかな減少が認められる。

3) 火山ガラス片の主要・微量元素化学組成：バブルウォール型および中間型の組成はSiO₂=70.5～72.3wt.%であり、軽石型はバブルウォール型および中間型の組成に加えて、SiO₂量に乏しい組成（SiO₂=63.1～66.6wt.%）を有し、SiO₂=0.3wt.%の幅で不均質な組成の粒子も存在する。また、No.17では、EuおよびSrの顕著な減少が認められた。

4) 斑晶鉱物、付着ガラスおよびガラス包有物の主要化学組成：斜長石はAn成分量が35～55%であり、マントル部にガラス包有物に富む不均質な累帯構造を示すものが特徴的に存在する。斜長石中にはガラス包有物が多数存在し、ガラス包有物および斑晶鉱物周囲の付着ガラスのSiO₂量は火山ガラス片のそれより幅広い組成を示す。

【考察】

1) 宇和盆地に堆積するAso-4火山灰は火山灰層内の降灰順序とその火山ガラスの組成変化の関係に基づくと降下火山灰であると推定される。また、このことはAso-4マグマ溜まりの詳細な岩石学的情報を保持していると考えられる。

2) 火山ガラス片および斑晶鉱物の付着ガラスはSiO₂=70.0～72.3、Na₂O+K₂O=7.0～9.6wt.%である。一方、ガラス包有物はSiO₂=60.3～72.8、Na₂O+K₂O=8.3～9.3wt.%とより幅広い組成を示す。また、FeO、MgOおよびCaOはSiO₂量の増加とともに直線的に減少する。これは、Aso-4マグ

マ溜りにおいて流紋岩質マグマと安山岩質マグマが混交・混合したことを示唆している。

3) 斜長石斑晶の逆累帯構造および波動累帯構造も、Aso-4 マグマ溜まり内におけるマグマ混交・混合を示唆している。また、An 成分に富む斜長石中のガラス包有物は SiO_2 に乏しく、安山岩質マグマが注入したことを示唆している。

温州ミカン果皮成分の免疫促進効果の解明とその有効利用に関する研究

愛媛大学農学部准教授 菅原卓也
伊方サービス株式会社 門田歩

1. 緒言

近年、柑橘類の機能性成分の保健機能の研究が進んでいる。果実成熟後期において、リモノイド・ラクトンの水酸基にグルコースが結合することでリモノイド配糖体に変化する¹⁾。リモノイド配糖体に発ガン抑制作用があることが報告され注目を集めている。配糖体になることで苦みがなくなり、かなり高濃度で存在することから、機能性食品への利用が期待されている。

カロテノイドの一一種であるβクリプトキサンチンはミカンのオレンジ色の色素成分であり、ビタミンAの前駆体である。特に温州ミカンに豊富に含まれており、温州ミカン1個に1~2 mg含まれている。最近の研究で、βクリプトキサンチンに皮膚ガンや大腸ガンに対する発ガン抑制効果や糖尿病予防効果などがあることが明らかになっており、柑橘中の機能性物質として注目されている成分の一つである。また、ハッサクや夏ミカンなどの晩柑類果皮に多く含まれるクマリン類の一一種であるオーラプテンにも発ガン抑制効果やメタボリックシンドローム抑制効果などが確認されている。また、我々は、オーラプテンに免疫促進効果があることを明らかにした。さらに、沖縄特産の柑橘であるシークワサーに特徴的に含まれるフラボノイド類であるノビレチンにガン細胞の増殖抑制や細胞死を促す効果があるとともに、血圧や血糖値を下げる作用もあることなどが知られている。

愛媛県は全国でも有数の柑橘生産量を誇り、年間30万トンを超える柑橘類が生産されている。多くは生果として出荷されているが、4万トンが搾汁され、オレンジジュース等に加工される。搾汁の際、果皮や砂嚢などの搾汁残渣が発生するが、これらは年間2万トンにものぼる。一部は乾燥後、家畜飼料や肥料として利用されているものの、多くは産業廃棄物として処分されているのが現状である。しかし、上記のように柑橘類の機能性成分は果肉だけでなく、果皮にも多く含まれており、生物資源、未利用資源の有効活用の観点から搾汁残渣の有効利用法の確立が急務である。

2. βクリプトキサンチンの免疫促進効果

2.1 βクリプトキサンチンの抗体産生細胞に対する効果

まず、動物培養細胞を用いて、免疫タンパク質の一種である抗体の産生に及ぼす食品成分の効果を検討する試験方法について概説する。様々な食品成分の免疫促進効果を評

価する場合、まずヒトリンパ球系培養細胞である HB4C5 細胞に対する効果から検討を始める。HB4C5 細胞は IgM タイプの抗体タンパク質を産生する。HB4C5 細胞の培養液に可溶化した食品成分を添加し、一定時間培養した後、HB4C5 細胞が培養液中に分泌した IgM 量を測定して、抗体産生促進効果として機能性を評価する。

この方法を用いて温州ミカンの果皮に豊富に含まれる β クリプトキサンチン(図 1)の抗体産生促進効果を検討したところ、 β クリプトキサンチンは濃度依存的に HB4C5 細胞の IgM 産生を促進するこ

とが確認された。(図 2 左)。その産生促進効果の作用メカニズムを検討したところ、 β クリプトキサンチンは、HB4C5 細胞内における抗体遺伝子の DNA から mRNA への転写を活性化することが明らかになった(図 2 右)。このことは、 β クリプトキサンチンが IgM 遺伝子の発現を促進することで HB4C5 細胞の IgM タンパク質の生産性を上昇させることを示している。

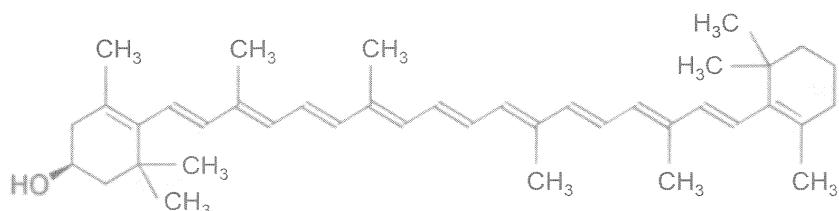


図 1 β クリプトキサンチン

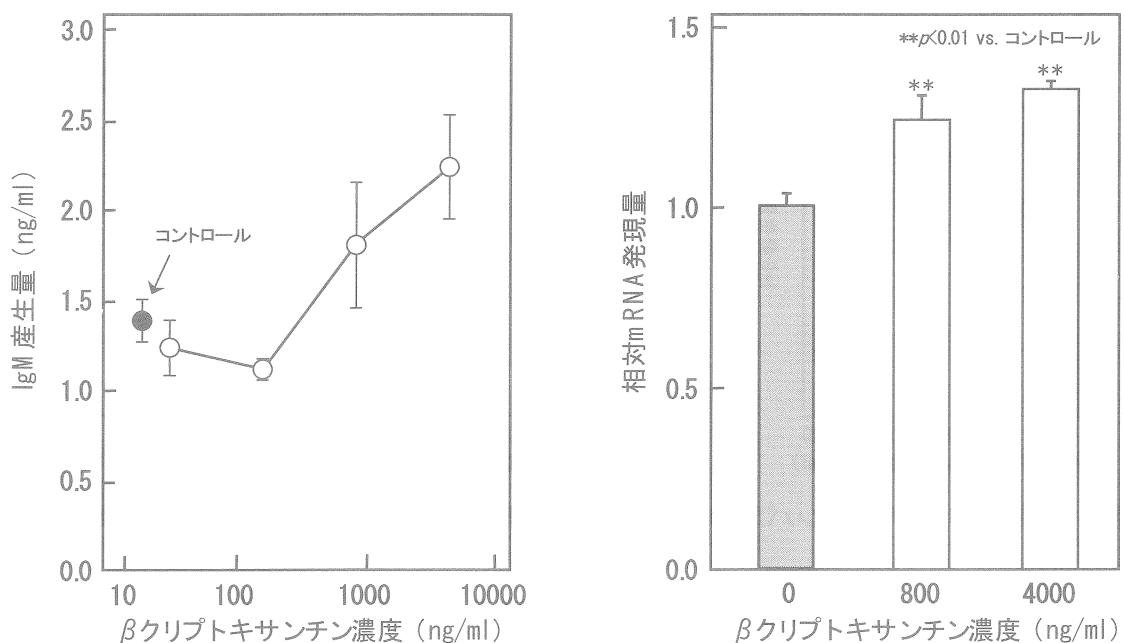


図 2 β クリプトキサンチンの抗体産生促進効果

2.2 マウスリンパ球に対する β クリプトキサンチンの効果

細胞株である HB4C5 細胞の IgM 産生を促進したことから、より生体内の細胞に近い初代リンパ球に対する β クリプトキサンチンの効果を検討した。マウスから免疫組織である脾臓を摘出したのち脾臓からリンパ球を回収し、培養系においてマウス脾臓リンパ球に対する β クリプトキサンチンの抗体産生に及ぼす効果を検討した。その結果、 β クリプトキサンチンは濃度依存的にマウス脾臓リンパ球の IgA、および IgG 産生を促進する

ことが明らかになった。作用メカニズムを解析するため、遺伝子発現に及ぼす影響を検討した結果、培養細胞株である HB4C5 細胞に対する効果と同様に、脾臓リンパ球においても抗体遺伝子の発現量が促進され、その結果抗体の産生が促進されることが明らかになった。

免疫系は、我々の体を病原菌などの外敵から防御するために働いている。消化管の周囲には消化管粘膜から進入しようとする細菌や異物に対する防御のために腸管免疫系が発達している。リンパ球などの免疫細胞の約 7 割が腸管免疫系に集中しているといわれており、消化管全体が非常に重要な免疫組織ということができる。食品として摂取された免疫促進因子が腸管内において免疫細胞を刺激し、腸管免疫系を活性化することが考えられる。そこで、腸管免疫系を担う腸間膜リンパ節 (MLN) に存在するリンパ球をマウスから回収し、MLN リンパ球に対する β クリプトキサンチンの抗体産生促進効果を培養系において検討した。その結果、図 3 に示したように、 β クリプトキサンチンは MLN の IgM、IgG、および IgA 産生を濃度依存的に促進することが明らかになった。このように、 β クリプトキサンチンは、培養系においてマウスリンパ球の免疫細胞を活性化し、抗体産生を促進することが確認できた。

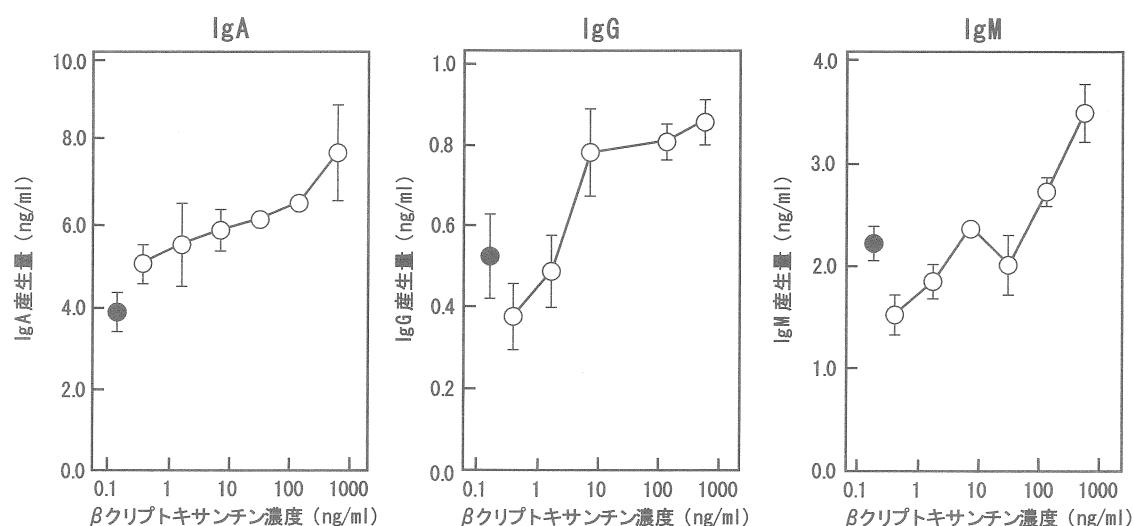


図 3 腸間膜リンパ節リンパ球の抗体産生に及ぼす β クリプトキサンチンの効果

2.3 β クリプトキサンチンの経口投与によるマウス免疫系への影響

β クリプトキサンチンが培養細胞、およびマウス初代リンパ球に対して抗体産生促進効果を示したことから、経口投与による生体内における免疫系への効果について、マウスを用いた動物実験による解析を行った。 β クリプトキサンチンをメス Balb/c マウスに 2 週間連続経口投与し、免疫系に及ぼす影響を解析した。その結果、 β クリプトキサンチンを 10 mg/kg 体重/日で投与することにより、血液中の IgM、および IgA の濃度が投与しない対照群と比較して有意に上昇することが明らかになった。また、投与マウスから回収した脾臓リンパ球を培養して、リンパ球の活性を検討した。これは、リンパ球の培養液に β クリプトキサンチンを添加して直接的な効果を見るのではなく、消化管から吸収された β クリプトキサンチンが生体内において免疫組織にどの様な影響を及ぼすか

を検証することが目的である。その結果、脾臓リンパ球の抗体産生活性には β クリプトキサンチンは顕著な効果を示さなかったが、インターフェロン γ (IFN- γ) の産生が有意に促進されることが確認できた。IFN- γ は細胞性免疫応答の活性化に関わる免疫タンパク質の一種であることから、 β クリプトキサンチンの経口投与は抗体による体液性免疫応答の活性化だけでなく、細胞性免疫応答の活性化にも効果がある可能性が示唆された。また、投与マウス由来の MNL リンパ球の活性を検討したところ、IgM 産生、および IgG 産生が有意に促進されており、IgA 産生も促進される傾向にあることが明らかになった。その作用メカニズムを解明するため遺伝子発現レベルを解析したところ、 β クリプトキサンチンの経口投与は MNL リンパ球の抗体遺伝子の発現を促進することが確認できた。これらの結果から、 β クリプトキサンチンは経口投与によっても生体内において免疫系を活性化し、抗体などの免疫タンパク質の産生に対して促進的に作用することが示唆された。

3. 温州ミカン果皮の免疫促進効果

3.1 温州ミカン果皮エタノール抽出物の抗体産生促進効果

搾汁残渣である温州ミカン果皮の凍結乾燥物を用い、果皮に含まれる成分を 100% エタノールに抽出し、その免疫促進効果を検討した。その結果、HB4C5 細胞の IgM 産生を濃度依存的に促進した。エタノール抽出物中の活性物質が、代表的な柑橘成分であるかどうかを検討するため、薄層クロマトグラフィー (TLC) によって確認した。図 4 に示し

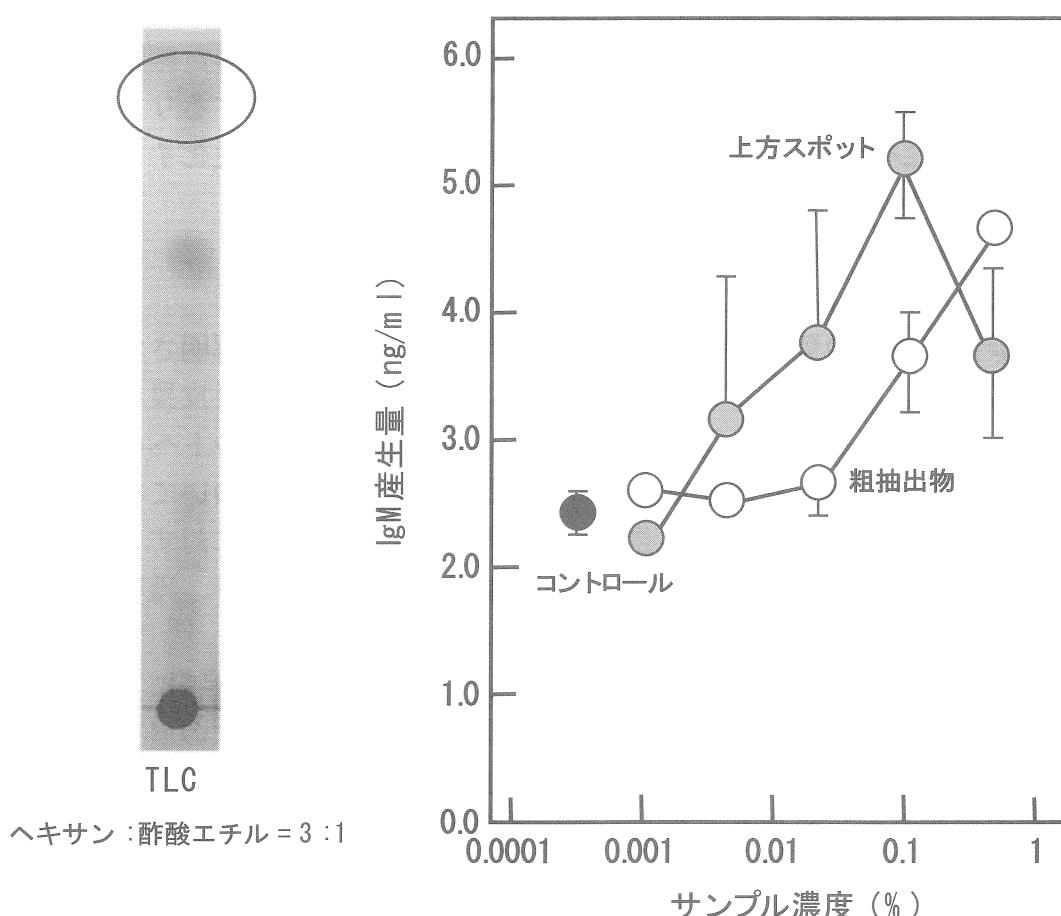


図 4 温州ミカン果皮中の抗体産生促進物質

たように、温州ミカン果皮エタノール抽出物中の活性物質は、最上部に移動したスポットの成分であることが確認された。一方、 β クリプトキサンチンやオーラプロテン、 β カロテン、リモネンなど、柑橘中の代表的な機能性物質は同条件による TLC においては原点から全く移動しないことから、エタノール抽出物中の抗体産生促進物質はこれらとは異なる成分であることが確認された。

3.2 温州ミカン果皮エタノール抽出物中の活性物質の同定

液体クロマトグラフィーによって活性物質の精製を試みた。その結果、温州ミカン果皮エタノール抽出物中には複数の活性物質が含まれていることが推察された。質量分析計による分子量解析の結果、活性フラクション中に含まれる物質の分子量はそれぞれ、256、280、および 378 であることが確認された。このうち、核磁気共鳴法による分子構造の解析結果から、分子量 256 の物質はパルミチン酸であることが明らかになり、実際にパルミチン酸には HB4C5 細胞の抗体産生を促進する効果があることが確認できた。その他の成分の同定は現在進行中である。

3.3 温州ミカン果皮エタノール抽出物の経口投与による免疫促進効果

温州ミカン果皮エタノール抽出物をメス Balb/c マウスに経口投与したところ、脾臓リンパ球の IgA 産生が有意に促進され、IgG、および IgM 産生に対しても促進作用を示す傾向にあることが明らかになった。そこで、脾臓リンパ球への影響についてさらに解析を進めたところ、脾臓リンパ球集団の中で、B リンパ球の割合が上昇していることが確認された。さらに、B リンパ球が成熟して抗体産生細胞に変化した形質細胞の割合が上昇していることが推測された。B リンパ球は体液性免疫応答に関与するリンパ球であることから、温州ミカン果皮エタノール抽出物は体液性免疫応答を活性化する働きがあるのではないかと推察された。

3.4 温州ミカン果皮の養殖魚の機能性飼料への応用

温州ミカン果皮成分の免疫促進効果についてはこれまであまり解明されていなかったが、今回の検討により、 β クリプトキサンチンなどの温州ミカン果皮成分に免疫促進効果があることが明らかになった。ヒトの機能性食品やサプリメントへの応用研究を進めるとともに、愛媛県の重要な産業である養殖への応用の可能性について検討した。その結果、温州ミカン果皮を魚類の餌に混餌して投与すると、感染症に対する防御効果の賦活作用、すなわち免疫促進作用があることが確認された。このとき、獲得免疫系の活性化に加え、自然免疫系も活性化される可能性が示唆された。

愛媛県は柑橘の生産だけでなく、養殖漁業も非常に盛んである。特にマダイの生産は日本一で、ハマチ、ヒラメなど、様々な魚種を養殖している。我々の研究で温州ミカン果皮に魚類の免疫賦活作用、感染症予防効果があることが確認されたことから、現在、産学官連携で温州ミカン果皮を混合した養殖魚餌料を開発している。免疫促進効果だけでなく、魚の生臭みを抑えるマスキング効果や、抗酸化作用による肉質の劣化抑制などの作用も期待できる。愛媛県認定漁業士協同組合との共同で、温州ミカン果皮を重量比

で1%混餌した餌でマハタを5ヶ月間試験養殖した。飼育したマハタの味や肉質について、通常の餌を与えたマハタと比較したところ、刺身の生臭みが抑えられるとともに、肉質の劣化が抑えられた。官能試験の結果、嗜み応えや舌触りなどの向上が認められ、身を食べたときに微かに柑橘の風味を感じた。また、肉の旨みや甘みが上昇しており、肉の熟成が進んでいることが確認できた。魚肉の成分分析を行った結果、柑橘成分であるリモネンが検出された。また、グリシン、グルタミン酸、アスパラギン酸など、旨みや甘みを呈する遊離アミノ酸含量が増加していることが明らかになった。

柑橘の風味がする魚については賛否両論あると思われるが、生臭みの軽減効果や肉質の向上効果については、若者を中心に魚離れが進んでいる現在では大きなアピールポイントになるのではないかと期待できる。現在、マダイなど他の魚種でも同様の養殖試験を実施している。この研究成果を元に、温州ミカン果皮を給餌して育てた養殖魚を「ひめ柑育ち」(商標登録出願済み)とネーミングしてブランド化を進めており、これを足がかりに愛媛県の養殖業、および柑橘生産が活性化されることを期待している。温州ミカンを含め、柑橘はまだ大きな可能性を秘めており、機能性成分の探索とその作用機構の解明、さらにはその有効利用法の開発を今後も進めていく。

参考文献

- 1) 矢野昌充、生駒吉識、杉浦実、 β クリプトキサンチン研究最近の進歩、果樹研究所研究報告、4:3-28, 2005.

DNAマークーを用いた ヒラメ形態異常の防除技術の開発

愛媛大学南予水産研究センター准教授
有限会社まる阿水産生産部開発課課長

高木基裕
澤山英太郎

-ヒラメ湾曲個体の解析-

【目的】種苗生産において形態異常の発生は経済性を低下させるため、発生要因の特定が求められている。本研究では、DNA親子鑑定技術を用いて種苗生産群に発生したヒラメ体側湾曲個体の発生要因を推定した。

【方法】2009年秋に生産した同一ロットから、正常個体40個体と湾曲個体53個体を得た。マイクロサテライトマーカー座の多型から、正常個体と湾曲個体の親子関係を求め、親魚間の親子個体出現率を比較した。

【結果】親子鑑定の結果から、正常個体では7個体のメス親魚と10個体のオス親魚からなる20組合せが、湾曲個体では5個体のメス親魚と9個体のオス親魚からなる17組合せが確認された。正常、湾曲個体の多くは同じ親魚が関与しており、湾曲個体に有意に関与している親魚は確認されなかった。以上の結果から、本湾曲個体では遺伝的な要因は確認されなかつたことから、物理化学環境や栄養条件などの要因によるものと推測された。

【成果発表】

澤山英太郎・高木基裕（2011）体側の湾曲を示すヒラメ人工種苗の特徴と遺伝要因の推定. 第10回日本水産増殖学会大会, 三重.

澤山英太郎・高木基裕（2011）軀幹部の湾曲を示すヒラメ人工種苗の特徴と遺伝要因の推定. 水産増殖 59, 585-591.

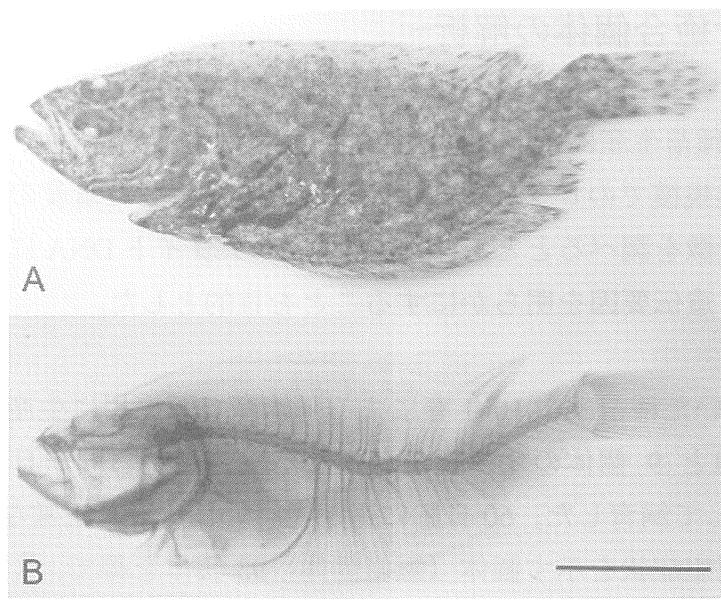


図 1. 湾曲個体の写真 (A) と X 線像 (B)。神経棘や血管棘の異常形成が確認される。

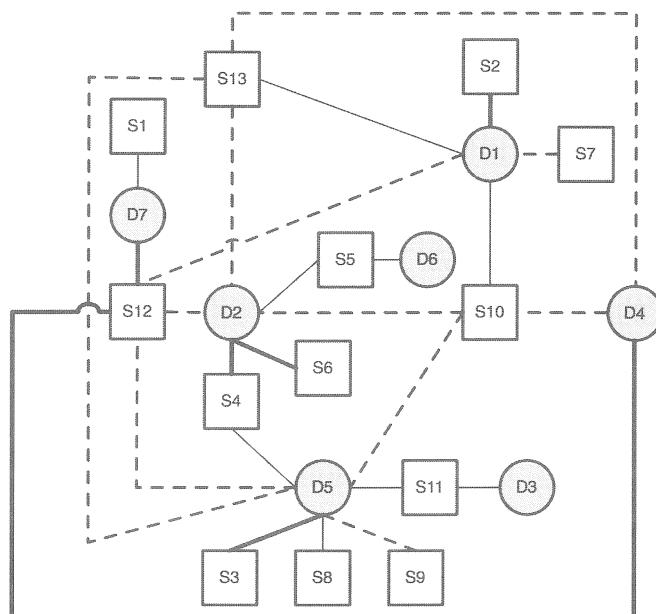


図 2. 正常個体と湾曲個体の生産に関与した親魚の組合せ。細線は正常個体、太線は湾曲個体、破線は正常個体と湾曲個体の両方に関与した親魚の組合せを示している。

-ヒラメ脊椎骨癒合個体の解析-

【目的】ヒラメの種苗生産において形態異常の発生は生産効率を低下させる要因となる。本研究では、商業規模でのヒラメ種苗生産において発生した重度の脊椎骨癒合個体について形態学的な特徴を調べるとともに、マイクロサテライト DNA による親子鑑定および集団解析を行い、遺伝要因を明らかにすることを目的とした。

【方法】解析に用いた種苗は 2010 年春にまる阿水産で販売用に生産されたものを用いた。8 個体のメス親魚と 9 個体のオス親魚からなる組合せから同日に得られた受精卵を 20kL 水槽へ導入して飼育した。60 日齢に選別を行い、体形が正常な個体（正常個体）56 個体と、重篤な短軸症状を示す個体（短軸個体）93 個体を得て、X 線写真を撮影し脊椎骨の癒合箇所について検討した。また、マイクロサテライト DNA マーカー (*Pol-I**, *3**, *4**, *5**) を用いて親子鑑定を行い、親魚間での各短軸個体出現頻度を正常個体の出現頻度と比較した。

【結果】本生産ロットにおける短軸個体出現頻度は 1.7% であった。X 線写真から短軸個体には重篤な脊椎骨の癒合が確認され、また、癒合箇所の違いから短軸 A, B, C の 3 種類に分類した。親子鑑定の結果から、1 個体のメス親魚が短軸 B において、また、1 個体のオス親魚が短軸 B と C に有意に関与していたことが明らかとなり、一部の短軸個体は遺伝要因が関与することが示唆された。遺伝的異質性検定から短軸 B と C は同質であり、出現家系にも独立性が見られなかったことから、短軸には同じ遺伝要因が関与しているが体系的な違いは後天的要因による影響を受ける可能性が示唆された。

【成果発表】

- 澤山英太郎・高木基裕 (2012) ヒラメ人工種苗で見られた重度の脊椎骨癒合個体の遺伝的解析. 日本水産学会春季大会, 東京.
- 澤山英太郎・高木基裕 (2012) ヒラメ人工種苗で見られた重度の脊椎骨癒合個体の遺伝的解析. 日本水産学会誌, 受理.

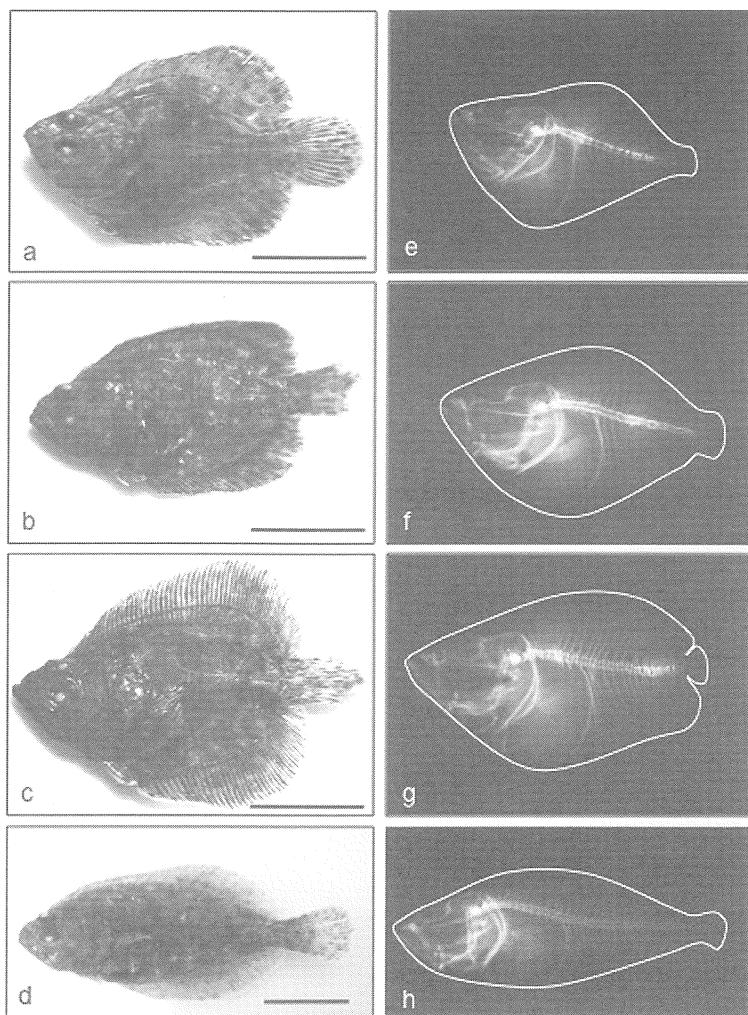


図3. 本研究に用いた短躯個体の写真（左）とX線像（右）。dとhは正常個体。

Table Results of population pairwise F_{ST} values of normal and each short body individual

		Normal	Short body		
			A	B	C
Normal	Normal		NS	+	+
	A	0.013		NS	NS
	B	0.017	0.007		NS
Short body	C	0.026	0.004	-0.009	

+: $P < 0.05$.

図4. 正常個体と各短躯個体の遺伝的異質性の検定。短躯個体BとCは正常個体と遺伝的に異なっており、特定の親魚の関与が示唆された。

愛媛大学社会連携推進機構研究成果報告書第5号

発 行 2012年3月
発行者 愛媛大学社会連携推進機構
〒790-8577 松山市文京町3番
TEL (089)927-8819
FAX (089)927-8820
印 刷 セキ株式会社