




国立米子工業高等専門学校（鳥取県）

鐘撞千秋，清水香穂（顧問：谷藤尚貴）

卵殻膜の特性を利用した光機能性材料の開発

本研究は、平成 22(2010) 年度日本農芸化学会大会（開催地東京）での「ジュニア農芸化学会」において発表された。食品廃棄物の有効利用は農芸化学が有する知識や技術を生かすべき主要な研究分野の一つであり、非常に高い評価を得た演題である。本研究では卵殻膜の網目状構造に着目して、色素を効率的に吸着するという新たな機能を見いだした。さらに、この機能を活用するための実用化研究も行なっており、今後の展開が期待される注目度の高い研究である。

 本研究の背景、実験方法および結果（講演要旨集を部分的に改変転載）

【背景】 卵は日本人一人当たりの年間消費量が世界第一位であるように、私たちの日常生活に欠かすことのできない食材である。家庭における個人消費のみならず、産業界においても加工食品の原材料として大量に消費されている。そのため、廃棄物である卵殻の有効利用を目指した研究が盛んに行なわれており、炭酸カルシウムを多く含む外殻は土壌改良剤や食品添加物などへの利用が進められている。一方で、卵の内皮である卵殻膜に注目した研究例は少ない。発表者らのグループは、以前の研究で卵殻膜が水中の色素などに対する吸着性を示すことを見いだした。そこで、本研究ではこの機能を応用して新たな生分解性リサイクル素材をつくり出すことを目指した。

【方法】 ニワトリ、ウズラ、カモ、ダチョウ、エミューの卵殻膜を手作業で殻から剥がし、水とエタノールで洗浄して付着物を除去した。得られた卵殻膜を以下の3つの実験に供した。

- ①水溶液中の色素吸着試験：4本の瓶に水を入れ、それぞれに赤・青・黄・黒のインクを加えて水溶液を調製した。各溶液へ卵殻膜を浸漬し、一晩静置した後に水溶液中での膜への色素吸着を調べた。
- ②光機能性色素の添加試験：有機溶媒（エタノール/THF）に各種光機能性色素を溶解させた。ピペットを用いて色素溶液を卵殻膜全体へ滴下した。溶媒は自然乾燥させることにより除去した。
- ③光照射実験：上記②で作製した膜へUVライトを照射することにより、膜上の色素の光応答性を調べた。

【結果と考察】 色素吸着実験では、水溶液中の各色素が卵殻膜へすべて移動して水が透明になった。このことから、卵殻膜は水を完全に脱色する程度の色素吸着能力をもつことが確認された（図1）。この際、由来となる鳥の種類には関係なく、どの卵殻膜も同程度の吸着能力を示した（データ省略）。次に、有機溶媒に溶ける光機能性色素分子を塗布した膜を作製して、これに光照射を行なったところ、色素を塗布した膜はUV光を当てた部分にの

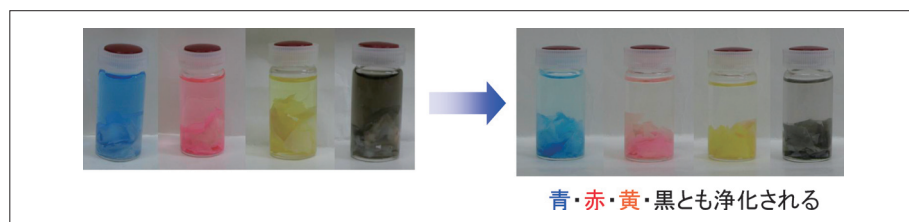


図1 ■ 卵殻膜による水溶液中の色素吸着



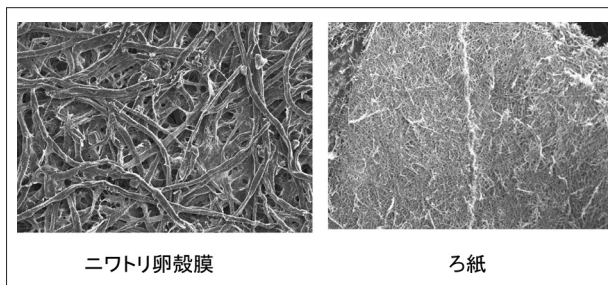
図2 ■ 卵殻膜に塗布した光機能性色素への文字の書き込み

み発色が起こった (図2)。このことから、色素分子は膜全体に吸着していること、膜上でも機能することを確認した。この発色は可逆的であり、可視光により脱色した。また、膜を溶液に浸漬するよりも、直接塗布し重ね塗りすることで濃く着色できることがわかった (データ省略)。さらに、光機能性色素を卵殻膜に吸着させることで、ろ紙に吸着させた場合よりも強い発色が得られることもわかった (図3)。卵殻膜は、外部からの病原菌の侵入を防ぎつつも呼吸を行なうために気体分子の出入りを可能にする微細なタンパク質繊維からなる網目構造を形成し、多孔質構造になっている (図4)。このため、高い色素吸着能力を示すとともに、網目構造の隙間にちょうど色素分子が挟まることで通常とは異なる分子の動きが起こり、発色の違いとして観察されたのではないかと考えられる。



本研究の意義と展望

今回の実験では、身近な卵の廃棄物から予想外の性質を見つけ、その特性を新たな素材として活用できる可能性を示した。当初は、水質浄化へ用いることのできるリサイクル素材の探索を目指した研究としてスタートしたとのことであるが、その過程で卵殻膜に行き着くまでには多くの労力と時間を費やしたことが想像される。また、卵殻膜の色素吸着能力を見いだした後も、単に水質



ニワトリ卵殻膜

ろ紙

図4 ■ 卵殻膜およびろ紙の走査型電子顕微鏡像

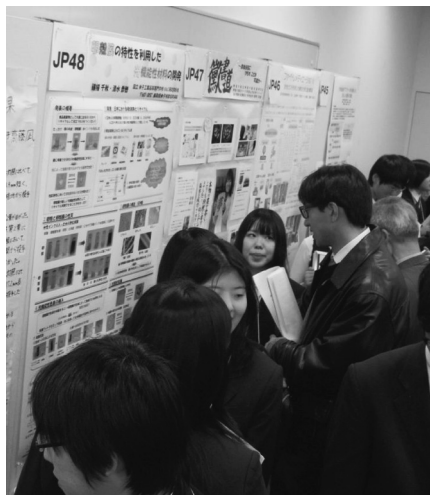


図5 ■ 発表時の様子

浄化に用いるのみでなく、より恒久的な利用を目指してさらなる用途の研究へと発展させた努力と探求心には非常に熱い科学者魂を感じさせられる。発表当日の説明の際に「水質浄化に使われた膜は結局捨てられてしまうので、最後まで捨てられることのない用途を開発したかった」と力強く語っていた姿はとても印象深かった (図5)。光機能性色素を吸着させることによって、情報を自由に書いたり消したりすることができる膜を作製するというアイデアは高校生という枠を超えて実社会に通用するレベルであろう。

本研究では作製した膜の最終的な利用方法の一つとしてDVDのような光ディスク材料への応用を想定している。現在普及しているDVDやブルーレイディスクは光を熱に変換して情報を記録するため、ディスク一枚の記

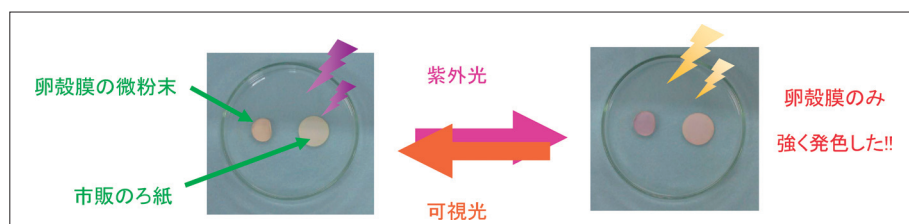


図3 ■ 光機能性色素を塗布した卵殻膜の光応答性の変化

憶容量の上限は 50GB 程度であり、すでに限界に近いとされている。一方で、本研究で作製した材料では光で直接情報を書き込むことができるため、原理的にはディスク一枚で 1TB 以上の記録が可能になる材料への応用を目指すものであるとポスターの中に記載されていた。さらに、本研究では実用化の際に問題になることが予想される膜の加工のしやすさに関する研究も行っており、卵殻膜をいったん微粉末状にし、改めて膜に再構成することにも成功している (図 3)。このように、明確な目的意識をもって研究を進めており、我々にとっても良いお手本となるであろう。

最後に、本研究における最も大きな発見は光機能性色素を卵殻膜に塗布することで、ろ紙などを用いた場合と比較して明らかに高い光応答性を示したことだと思われる。

この現象はあらかじめ予想していたことではなく偶然発見したとのことであるが、きわめて興味深い発見である。この現象のメカニズムを考察するために、卵殻膜の構造を電子顕微鏡により調べ、卵殻膜は微細なタンパク質の繊維が網目状に絡まっており、その網目はろ紙と比較してもきわめて細かいことを確認した (図 4)。これにより、色素分子がこの膜の隙間に挟まることで特異な機能が発現したのではないかと考察している。今後、様々な実験によってその裏付けを証明していくことができれば「ジュニア農芸化学会」の枠を超え、実際の学会でも通用する研究成果になると期待できる。研究の進展がとてもしみない課題である。

(文責「化学と生物」編集委員会)

プロフィール

野村 裕也 (Hironari Nomura) <略歴> 2000 年京都府立大学農学部生物生産科学科卒業 / 2008 年同大学大学院生命環境科学研究科博士後期課程修了 / 同年同大学大学院研究員 / 2009 年名古屋大学大学院生命農学研究科研究員、現在にいたる <研究テーマと抱負> 植物免疫、ストレス応答時における葉緑体機能の解明 <趣味> 旅行、散策

樋渡 一之 (Kazuyuki Hiwatashi) <略歴> 1999 年東北大学農学部応用生物化学科卒業 / 2001 年同大学大学院農学研究科博士課程前期 2 年修了 / 同年秋田県総合食品研究所研究員 / 2010 年秋田県総合食品研究センター (組織名称変更) 研究員、現在にいたる。この間、2006~2007 年青森県工業総合研究センター弘前地域技術研究所技師、2010 年農博 (東北大学) <研究テーマと抱負> エビデンスレベルの高い機能性食品の開発、秋田からも特定保健用食品を世に送ること <趣味> 子供たちと遊ぶこと、家族旅行

福田 健二 (Kenji Fukuda) <略歴> 1997 年北海道大学農学部応用生命科学科卒業 / 1999 年同大学大学院農学研究科博士前期課程修了 / 2002 年同博士後期課程修了 / 2005 年帯広畜産大学大学院畜産学

研究科畜産衛生学専攻助教 / 2010 年同准教授、現在にいたる。この間、2002 年デンマーク・カールスバーグ研究所生化学部門博士研究員 <研究テーマと抱負> ミルクの神秘を解き明かす <趣味> ヤマベ釣り

村上 政治 (Masaharu Murakami) <略歴> 平成 10 年帯広畜産大学大学院畜産学研究科畜産管理学専攻修士課程修了 / 12 年京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻博士後期課程退学 / 同年農林水産省農業環境技術研究所企画調整部研究員 / 同年同研究所環境資源部研究員 / 13 年 (独) 農業環境技術研究所化学環境部研究員 / 18 年同研究所土壌環境研究領域研究員 / 20 年同主任研究員、現在にいたる。平成 22 年農博 (神戸大学) <研究テーマと抱負> カドミウム高吸収イネなどを用いたカドミウム汚染水田および畑のファイトエキストラクション。日本の農政のあり方 (補助金バラマキと減反を廃止、やる気のある主業農家だけに直接補償を行ない国際競争力のある強い農業国を目指す) に興味。なぜなら、農業が減じたら農業研究は必要なくなるため。そもそも、研究者が生き延びるための研究は必要なく、世の中の役に立たない研究は意味がないと考える <趣味> 源泉かけ流しの温泉巡り。できれば pH 2~4 程度の酸性の温泉 (草津、岳、山形蔵王、黒湯 (乳

頭温泉) などが良い。アルカリ性や pH 1 の塩酸系強酸性の玉川温泉は苦手

森田 雄平 (Yuhei Morita) <略歴> 1947 年京都帝国大学農学部農林化学科卒業 / 1952 年京都大学大学院特別研究生第 2 期修了 / 同年同大学食糧科学研究所助手 / 1954 年同助教授 / 1960 年同教授 / 1976 年同研究所所長 (~1988 年) / 1989 年同大学定年退官 (同大学名誉教授) / 同年不二製油 (株) つくば研究開発センター長 (兼中央研究所所長) / 1998 年同社退職 <研究テーマと抱負> ダイズのゲノミクス <趣味> 読書 (特に文学、言葉の起源、古代史)

吉岡 博文 (Hirofumi Yoshioka) <略歴> 1991 年岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程中退 / 1991 年名古屋大学農学部助手 / 2005 年同大学大学院生命農学研究科生物相関防御学研究分野准教授、現在にいたる。この間、1994~96 年米国ミネソタ大学博士研究員、2001 年英国センズベリー研究所客員研究員、農博 (名古屋大学) <研究テーマと抱負> 病害耐性作物の創出につながる基盤研究を目指す <趣味> バンド演奏