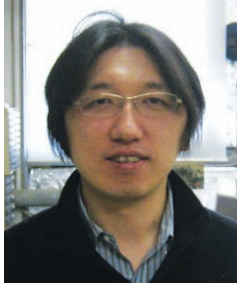


2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013



# 窒化物半導体太陽電池の可能性とその現状

理工学部 准教授 岩谷 素顕

## 1. はじめに

太陽電池関連産業は、2008年後半から続く世界的な金融危機からいち早く回復し、市場は活気に満ち溢れている。太陽光エネルギーは、真のクリーンエネルギーであること、さらに水力の10万倍、地熱の5000倍、風力の1000倍以上のエネルギー供給源である。したがって、太陽電池は我が国が目指すCO<sub>2</sub>削減目標を達成するためのキーデバイスでありさらなる発展が期待される。しかしながら、現状の太陽電池には多数の問題がある。その中でも最も大きな問題は低い効率である。太陽電池は、Siを用いたものが主流であるが、報告されているエネルギー変換効率は最大でも23%にとどまっている。これらの最も大きな要因は、Siのバンドギャップエネルギーは1.1eVであり、光の波長に換算すると赤外域の光と同等の値である。したがって、これよりもエネルギーの大きな光ではストークロスと呼ばれるエネルギーロスが発生し、結果として高い効率が得られない。これらの課題を解決するために、様々な方法が検討されている。代表的なものとして、有機材料、CdS系材料、化合物半導体材料など材料を変える方法や量子ドットを用いるものなどが報告されている。窒化物半導体は化合物半導体材料を用いる方法であり、近年その物性的なポテンシャルから広く注目されつつある。図1に太陽光スペクトルと窒化物半導体のバンドギャップの関係を示す。図より、窒化物半導体であるGaInNはInNモル分率を制御することによってほぼ太陽光スペクトル全域をカバーできることが分かる。しかしながら、これまで高効率な太陽電池は報告されておらず、その技術的な課題を解決する必要がある。

本研究では、窒化物半導体を用いた太陽電池の現状とその可能性について検討した結果について報告する。

## 2. 実験方法および結果

窒化物半導体を太陽電池に用いる場合、最も大きな課題は下地となるGaNとGaInNの格子不整合の問題である。これは非常に大きな問題であり、図2に示すように通常のヘテロ接合の構造では平面TEM像からも分かるように多数のミスフィット転位が発生してしまう。本研究グループでは、これらの問題を解決するために、様々な構造を検討し、その結果として超格子構造を用いることによって高品質な結晶が得られるこ

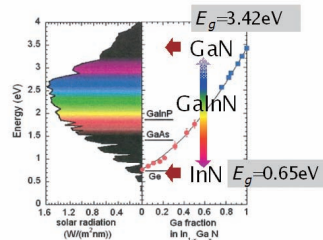


図1. 太陽光スペクトルとGaInNのバンドギャップの関係

p-GaN (100 nm)
u-Ga <sub>0.83</sub> In <sub>0.17</sub> N (150 nm)
n-GaN (~2 μm)
GaN substrate

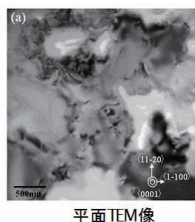


図2. 単純なヘテロ接合における実験結果

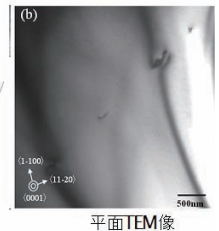
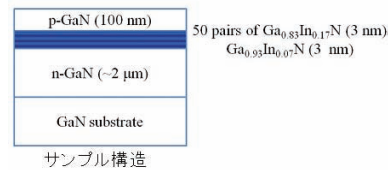


図3. 超格子を用いた場合の実験結果

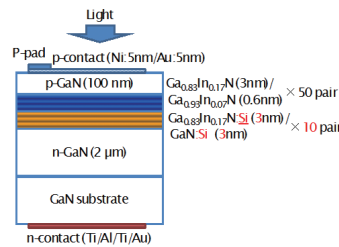


図4. 試作した太陽電池の試料構造

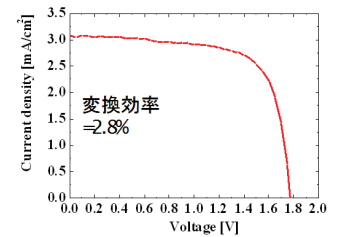


図5. 太陽電池の代表的な特性

とを発見した。図3にその試料構造と平面TEM像を示す。図2と同じような組成・膜厚のGaInNを成長させた場合、各段な結晶性の向上が確認できた。

この超格子構造を用いて窒化物太陽電池を試作した。試作した、太陽電池の試料構造を図4に示す。この構造では、超格子構造の膜厚等を最適化したものである。図5に代表的な太陽電池特性であるIV特性を示す。このデータより太陽電池のエネルギー変換効率は約2.8%程度であることが分かる。この値は、現在報告されている窒化物半導体太陽電池の中でトップレベルのものであり、超格子構造の有用性が分かる。

## 3. まとめ

本研究では、究極的な高効率太陽電池が単一材料で実現可能な窒化物半導体太陽電池について検討した結果を報告した。本研究では、超格子構造を用いることによって、GaNとGaInNの格子不整合に起因する欠陥を抑制することを明らかにし、それによってデバイス性能が向上することを明らかにした。しかしながら、現状では、Si系の太陽電池の性能を超えるようなものは実現できていない。今後は、活性層となるGaInNのInNモル分率を高めると同時に結晶中に存在する内部電界の制御など様々な技術開発が重要となり、研究をさらに発展させるつもりである。

本研究は、本学戦略的研究開発推進事業およびNEDO“革新的高効率太陽電池プロジェクト”の援助を得てなされたものであり、ここに感謝の意を表す。



# 鳥類の卵・精子相互認識に關与する分子群の分子間相互作用と生理的機能の解析

農学部 助教 奥村 裕紀

## 1. はじめに

受精とは、雌性配偶子と雄性配偶子、あるいは卵と精子が融合し、新しい個体の発生が開始される生命現象である。受精に関する身近な話題としては、世界で初めて体外受精の技術を確認し不妊症治療の発展に貢献した Robert G. Edwards 博士の2010年ノーベル生理学・医学賞受賞が記憶に新しい。受精の最初の段階は、巨視的には卵と精子の接着と融合である。しかし、卵と精子が出会ってから両者が融合するに至るまでには、実は両細胞の周囲や表面に存在する分子群の間で様々なやりとりが行われ、その結果、精子の選別や卵と精子の融合へ向けての細胞機能の調節などが行われる。この卵・精子相互作用について、それに関わる分子群の複雑な作用機構を詳細に解明し、生化学的および細胞生物学的な裏付けを与えることは、生殖医療や動物の繁殖技術をはじめ、受精の調節に基づく技術のさらなる発展につながると考えられる。

## 2. ZP糖タンパク質の研究と本研究の目的

ヒトを含む脊椎動物の成熟した卵細胞は、哺乳類の透明帯 (zona pellucida ; ZP) に相当し一般に卵膜や卵被膜 (egg coat, vitelline envelope ; VE) などと呼ばれる特殊な細胞外マトリックスに覆われている。自然条件下では、この卵膜を分解して孔を形成し通過することができた精子のみが、卵との融合へと進むのである。卵膜は、ZPDメイン (またはZPモジュール) に分類されるドメイン構造を有する数種のZP糖タンパク質から構成されたマトリックスである。ZP糖タンパク質は、精子が動物種特異的に卵膜に結合するための足場となり、精子や卵から分泌された酵素群によって分解されるなどして構造が変化し、それ以上の精子の結合を阻害する (多精子受精の防止) など、卵・精子相互作用の中核を担う分子であると考えられている。我々は、鳥類 (ニワトリ) の卵細胞は直径が数センチメートルに達するため、生化学的な解析に適する量の卵膜を容易に採取することができる点に着目し、哺乳類と共通するZP糖タンパク質であるZP1とZP3、および哺乳類からは同定されていないZPDについて、卵・精子相互作用における生理機能や卵膜形成機構を解析し、脊椎動物の卵・精子相互作用に共通する分子メカニズムの解明を目指している。なお、昨年ニワトリZP3の詳細な立体構造と精子結合領域が解明されたため (Han, Monné, Okumura *et al.*, 2010, *Cell*)、今後は本分野に関する研究のさらなる進展が期待される。

## 3. 組換え卵膜構成タンパク質の調製と相互作用解析

我々は、上記のZPモジュール (ZPDメイン) がN-末端側のZP-NドメインとC-末端側のZP-Cドメインから構成されているという研究報告 (Jovine *et al.*, 2004, *PNAS*) に基づき、ニワトリ成熟卵膜の主成分であるZP1, ZP3, ZPDについて、構造ドメインまたは機能ドメイン特異的な組換えタンパク質をpETベクターと大腸菌発現系を用いて調製した。対象としたド

メインは、ZP1, ZP3, ZPDそれぞれのZP-N, ZP-C両ドメイン、ZP1の分子間S-S結合形成による2量体形成に關与していると考えられるZP1 N-末端領域、および哺乳類のZP1には存在せず鳥類卵膜に特有の性質を与えていると考えられるZP1繰り返し領域である。発現用宿主、組換えタンパク質の精製法、封入体からのリフォールディング法などについて検討を重ね、上記組換えタンパク質の調製をほぼ完了した (図1)。

今回調製した組換えZP1 N-末端領域と天然のニワトリZP糖タンパク質との間の相互作用の有無をリガンドプロット法によって解析したところ、ZP1 N-末端領域はZP3に対して結合活性をもつことが示された (図2)。上述のように、ZP1 N-末端領域はZP1の2量体形成に關与していると考えられている。よって本実験結果は、これまでに報告された、卵膜に組込まれる前の単量体ZP1は卵膜から抽出したZP3と反応させると2量体化するという結果 (Okumura *et al.*, 2007, *BBRC*) を反映するものと考えられる。また、卵膜形成機構の解明を目的としたZP糖タンパク質どうしの相互作用解析に対して、組換え卵膜構成タンパク質をプローブとして用いたリガンドプロット解析を利用することの有効性が示された。

## 4. 今後の予定

より機能解析に適した組換え卵膜構成タンパク質を調製するための条件検討を継続して行うとともに、今回有効性が確認されたリガンドプロット解析を応用し、また組換えタンパク質を固相化した担体を用いたプルダウンアッセイなどを行うことによって、ZP糖タンパク質どうしの相互作用をより詳細に解析する。なお、ニワトリZP1は卵膜に組込まれる前は血液中に存在するが、本年度新たに導入した分取用液相等電点電気泳動装置を用いて血中の単量体ZP1を精製し、上記の組換えタンパク質などを用いてZP1の2量体形成機構の解析を進める。以上により、卵膜形成機構の解明を目指す。

## 5. 謝辞

本研究は、平成22年度本学戦略的研究開発推進事業および文科学部科学研究費補助金 若手 (B) の援助のもとに行われたものであり、ここに感謝の意を表する。

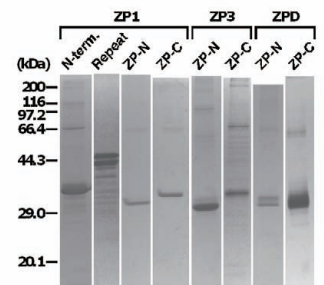


図1. 組換え卵膜構成タンパク質の電気泳動図 (CBB 染色)

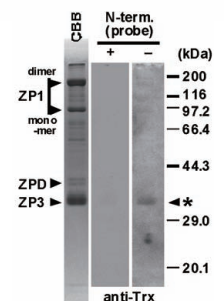


図2. リガンドプロット解析によって示されたZP1 N-末端領域とZP3の相互作用 (結合の結果\*が検出される)

総合研究所

## 公開講演会 報告

# スピリチュアリティ研究の最前線 —新たなライフスタイルの探求—



講師 立命館大学 非常勤講師

中村 雅彦 氏

平成22年10月23日(土)名城大学総合研究所では、立命館大学非常勤講師 中村雅彦氏を講師としてお招きし、演題「スピリチュアリティ研究の最前線 —新たなライフスタイルの探求—」の講演会を天白キャンパスS102講義室にて開催しました。講演会には、一般学外者、学内関係者など、100名を超える参加者の中、研究の最前線についてのお話があり、大変有意義な企画となりました。



### 編集後記

本号では、平成22年度総合研究所学術研究奨励助成制度「戦略的研究開発推進事業費」に採択された先生の研究報告と、総合研究所の公開講演会報告及び名城Dayの開催報告等を掲載しました。

なお、このニュースの企画・編集は右記の企画広報担当と学術研究支援センターが担当いたしました。

#### 企画広報担当

荒川 征夫 (農学部)  
 田代 樹彦 (経営学部)  
 多和田昌弘 (理工学部)  
 和田 実 (人間学部)  
 福島 茂 (都市情報学部)

## 名城大学Dayへの出展

### 総合研究所

#### 親子で楽しくできる健康づくり



平成22年9月18日(土)「教育ときずな」をテーマとした第7回名城大学Dayが天白キャンパスにて開催されました。総合研究所からは、「親子で楽しくできる健康づくり」をテーマとして、総合学術研究科の加藤幸久教授が講師となり、フリスビー、陸上カローリング、陸上ホッケーを新体育館で行いました。

当日は、約60名の親子が集まり、特に陸上カローリングは、珍しいこともあり、たいへん楽しかったと好評でした。



### アジア研究所

#### — 陰陽道の世界 —



名城大学Dayにおいてアジア研究所では、占いを通じてアジア文化に親しんでもらおうと、例年占いの講座を開催しています。今年も齋藤 滋客員研究員(工学部非常勤講師)を講師に招いて公開講演会「陰陽道の世界」を開催しました。



中国古代から日本に伝わり安倍清明(陰陽師)により広まった陰陽道についての歴史や体系の概説があり、その後来場者各々の生年月日をもとに性格、相性などを占い、その結果に参加者は一喜一憂していました。



## 名城大学総合研究所

〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501  
TEL(052)832-1151 FAX(052)833-7200  
E-mail [souken@ccmails.meijo-u.ac.jp](mailto:souken@ccmails.meijo-u.ac.jp)