

Highland Kanto Liaison Organization

# HiKaLo

## 技術情報誌

- シーズを見つけよう
- 助成研究の紹介
- 教育を考える
- 専門部会報告

**第57号**  
Vol.16, No.1  
**2016.8.31**

平成28年8月31日

特定非営利活動法人

**北関東産官学研究会**

URL:<http://www.hikalo.jp/>

## Contents 目次

● 巻頭言	烏兎怱怱の感慨をこめて	1
	北関東産官学研究会 会長	根津紀久雄
● 事務局からのお知らせ		
● 平成28年度理事会および定例総会を終えて		2
● 13事業の助成決定		4
● シーズを見つけよう		
● 高エネルギー放射光X線を使った非破壊元素定量法の開発		6
	群馬大学大学院理工学府 電子情報部門 助教	鈴木宏輔
● 市街路における自動車の省エネ走行制御		7
	群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 助教	小木津武樹
● マウスモデルを用いた肝疾患発症機能の解明		8
	群馬大学大学院理工学府 分子科学部門 准教授	井上裕介
● 距離を測って生体脂質分子の水和を探る		9
	群馬大学大学院理工学府 理工学基盤部門 教授	高橋 浩
● 地下探査のためのガリレオ型落下実験装置の開発		11
	群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 助教	潮見幸江
● ナノ構造と表面状態を制御した機能性カーボン材料の開発		12
	群馬大学大学院理工学府 元素科学国際教育研究センター 助教	石井孝文
● 助成研究の紹介		
● 土壌の力と野菜の美味しさに関する研究		13
	合同会社土づくり推進機構 代表社員	麦島 昌
	群馬県立群馬産業技術センター 主幹：独立研究員 博士（工学）	田島 創
● 教育を考える		
● IPSA訪問記		17
	群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 教授	志賀聖一
● 専門部会報告		
● 技術交流研究会	会長 小林幸治	22
● 化学技術懇話会	会長 中川紳好	25
● 複合材料懇話会	会長 山延 健	30
● 地中熱利用研究会	会長 上野文雄	31
● 編集後記		32
● 役員名簿		32



## 烏兔忽忽の感慨をこめて

北関東産官学研究会 会長 根津紀久雄

月日の経つのは真に速いものです。

本会は設立以来十五年を経過して、十六年目に入りました。設立時から係わり、今日に至るまでその歩みを見続けてきた者として、過去の総括と未来への一歩とを記しておきたいという気持ちになりました。そういう気持ちになることは何かを暗示しているように感じています。私的な思い出になって恐縮ですが、家内が中学時代の同窓会を開こうとして同窓生の消息を調べることに熱を入れ始めて間もなく幽冥境を異にすることになってしまいました。それを思い出すと、過去に想いを馳せることは私の心の中ではタブーでありました。社会的に観れば温故知新は大いに重視すべきであることは分かっていますが、個人に関しては故きを温ねることは避けたかったのです。ただひたすら前だけを見て歩みたいと願っていたと言ってよいでしょう。

他方で、NPO 法人北関東産官学研究会という組織レベルでは、個人的視点を越えて、過去を振り返り、今後進むべき方向を策定しなければならないと考え、筆を執らせていただきました。1991年3月からバブル経済が崩壊し始め、失われた10年から失われた20年に移る過渡期に当たり、大学人であった私の脳裡には地域の民間企業の発想に大学等の知識を活用することによって地域社会の前途に光を見出せるのではないかという希望が芽生えました。そのための組織と資金調達の目処がついたところで2001年に発起人会と設立総会を経て船出をしたわけであり、当初は専門部会運営、登録顧問団による相談会、産学官共同研究支援、技術情報誌発行とセミナー開催を重点事業として位置づけていました。

これらの中で特筆すべきことを二つほど挙げてみま

しょう。企業からの相談受付のために毎週水曜日にアドバイスコーナーを設置していたことでもあります。アドバイザーには群馬大学工学部の退職教員をお願いしていました。その結果として新しい製品が世に出て徐々に社会に役立つ事業に発展しつつあるものもあります。また、産学共同研究にはこの15年間で200件を超える支援を行っていますが、既存製品に改良を加えて量産市場で大きな成功をおさめた事例もあります。このように目を引く華々しい実績だけが尊いのではなく、日常的な産学官連携・協業の努力にも敬意を表したいと思っています。

現在は、さらに国、自治体、法人等からの委託事業を受託して域内企業の活性化や異分野への新規参入や脱温暖化社会構築への技術開発などに積極的に取り組むとともに、専門部会の枠を広げて従来の専門分野以外のところで新しい芽を探し、育てることを始めました。その例が地中熱利用研究会や次世代企業経営塾や次世代地域産業創成研究会です。加えて、登録顧問団による相談会においてシニア人材を活用する事業を再構築すること、若い人たちが創業や就労をする場合の支援を個人に即したモチベーションの高揚を手始めに実施すること、次世代に向けた戦略産業への新規参入のための機会作りとそれを支える技術人材の育成を行うこと、外国人留学生及び卒業生の協力を得て異文化交流や海外販路開拓や観光・医療情報の発信をすること、などを考えています。

これらは温故と言うには新しすぎるくらいがありますが、15年間にわたる経験と反省から導き出されたものとご理解いただいて、皆さまと共に手を携えて進められることを念願しております。

## 平成28年度理事会および定例総会を終えて

去る、6月22日(水)に北関東産官学研究会の理事会、総会、講演会が開催されました。

当日は、13:30から桐生商工会議所6階ケービックホールⅢで理事会(出席者は委任状を含め25名)、引き続き、隣のケービックホールⅠ・Ⅱに会場を移し、定例総会(出席者は委任状を含め160名)を開催しました。また、総会后、記念講演会、懇親会を開催しました。

以降、それぞれの内容について報告させていただきます。

まず理事会では、定款の定めにより根津会長を議長として、議事の進行に当たりました。



理事会

第1号議案として「平成27年度事業および収支決算報告」について、事業報告と収支決算報告および監査報告がなされました。

事業報告では、各分科会の活動報告、共同研究の助成結果報告、北関東産官学研究会での各委託事業・補助事業の報告などが説明され、収支決算報告とともに承認されました。

第2号議案として「平成28年度事業計画(案)および予算(案)」について、説明されました。事業計画(案)では、これまでの事業に加え、中小企業の新分野参入、技術人材の育成、若者の創業・就労支援やシニア人材の活用、外国人の活動支援等を中心に計画が説明され、予算(案)とともに承認されました。

第3号議案として「役員の変更」について審議され、お亡くなりになられた方、体調不良の方、人事異動で役職の替わられた方等、6名の退任と新たに6名の就任が承認されました。

また、以上の内容を定例総会に上程する事が了承され、理事会を終わりました。

続いて開かれた定例総会では、主催者(会長)と来賓代表(桐生市長 亀山豊文氏)の挨拶の後、桐生市副市長、産業経済部長、桐生市議会議長、

等に加え関東経済産業局や支援機関、自治体、大学・高専などからの来賓12名の方の紹介を行った後、議事に移りました。



総会

定例総会では、参加者に議長推薦(自薦、他薦を含む)を提案しましたが、推薦者がなかったため事務局の提案により、会長を議長に推薦することが承認され、議事を進めました。

理事会と同様、各議案について報告し、承認を得て滞りなく総会を終了しました。

その後、当研究会の主要事業である「平成28年度産学官共同研究助成事業」について、根津会長より経緯が説明されました。

本年度は、パートナーシップ型 5件、第1種(A) 10件、第1種(B) 9件、第2種 2件の計26件と例年の1.6倍の申請があり、審査も大変であったことが報告されました。

この後、採択された、パートナーシップ型 2件、第1種(A) 3件、第1種(B) 6件、第2種2件の計13件に対して、交付決定通知書が根津会長より手渡され、各社とも助成事業への取り組みについて意欲を新たにしておりました。

総会の後、開催された記念講演会では、今年は研究会創設15周年に当たることから、根津会長に「当研究会15年の歩みを振り返って一新たな事業への挑戦」と題し講演いただきました。

講演では、これまでの活動について詳しく説明された後、今後の計画として

- ① シニア人材活用事業の再構築
- ② 群馬大学留学生会による子供向け学習会の支援



桐生市長の挨拶

③ 留学生ネットワークを活用した中国、台湾への観光・医療情報の拡散などを展開し、「人口減少に歯止めをかけるため、若者が地元で活躍できる仕組みをつくるとともに、豊富なシニア人材や留学生が活躍できるよう支援をしたい。」と講演されました。



根津会長の記念講演

記念講演会の後は会場を隣のケービックホールⅢに移して懇親会を開催しました。

懇親会には桐生市長を始め市の関係者、市議会議長、市議会関係者、関東経済産業局参事官、県の関係者にも参加いただき、総勢約60名余りと盛況に開催されました。

この中では、名刺交換も活発に行われ、参加企業の方や局および各自治体との連携強化を図っていました。

また、平成28年度産学官共同研究助成事業に採択された方々にも参加いただきましたが、初めて参加の方は、総会での北関東産学官研究会の事業内容の多様化に驚いておりました。

懇親会は1時間余りでしたが、参加者相互の交流と当研究会に対する理解を深めていただいたものと、深く確信しております。

参加いただきました方々に感謝申し上げますと共に、今後ともご支援をお願いします。



懇親会



懇親会

# 13事業の助成決定

～2016年度産学官共同研究～

この度、2016年度研究開発助成事業のうち産学官共同研究助成(パートナーシップ型および第1種、第2種)に採択された研究開発事業13件が採択機関に通知されました。

昨年同様、以下の4種類で4月上旬から約1ヶ月間を公募期間として公募いたしました。

- ①パートナーシップ型：群馬県内企業を対象に、上限300万円で補助率2/3(県と折半)
  - ②第1種(A)：県内、県外問わず当研究会の会員企業を対象に、上限300万円で補助率3/3
  - ③第1種(B)：桐生市内の当研究会の会員企業を対象に、上限300万円で補助率3/3
  - ④第2種：萌芽的な研究を目的とするもので、当研究会会員企業を対象に、上限50万円で補助率3/3
- この結果、パートナーシップ型：5件、第1種(A)：

10件、第1種(B)：9件、第2種：2件の合計26件の申請がありました。

去る6月7日、申請者からのヒアリングと共に7名の委員からなる審査委員会が開催され、下記のとおり合計13件が採択されました。

これまでに、本事業による助成を受けた共同研究開発テーマの中から製品実用化が達成されており、本年度に採択されたテーマからも商品化の達成や新規事業の創出ならびに新分野の開拓に係る飛躍的な進展に繋がる成果が期待されます。

### ＜審査委員会の構成＞

- ・企業の役員、開発関係者 2名
- ・大学教授 1名
- ・公的研究機関関係者 2名
- ・自治体関係者 2名

## ◆ パートナーシップ型 採択状況一覧

No	開発テーマ	申請機関	共同研究先	企業所在地
1	段ボール加工におけるCNFを配合した高品質なウレタンアンビルカバーの開発	有限会社 関口木型製作所	信州大学 産業技術センター	前橋市
2	高品質な透明ハンドマネキン製造方法の確立	群馬レジン	産業技術センター	高崎市

## ◆ 第1種(A) 採択状況一覧

No	開発テーマ	申請機関	共同研究先	企業所在地
1	誘電泳法を用いたi P S再生医療のための細胞分離装置の開発とその商品化	群馬大学大学院理工学府	群馬レジン株式会社 産業技術センター	太田市
2	除草効果や殺菌効果を持ったウッドチップモルタル平板の開発	群馬大学大学院理工学府	小林工業株式会社 トキワコンクリート工業株式会社	前橋市
3	水で戻す糸引き納豆の品質保証と製造技術の開発	株式会社 上州農産	前橋工科大学	前橋市

## ◆ 第1種(B) 採択状況一覧

No	開発テーマ	申請機関	共同研究先	企業所在地
1	県産繭およびスズメバチ繭の抽出液を用いた新たな機能性材料の開発	株式会社 アート	繊維工業試験場	桐生市
2	心理・生理計測工学手法を利用した心地よいクッションの開発	丸中 株式会社	繊維工業試験場	桐生市
3	高分子トランジスタを用いたヒト由来生体信号検出センサの開発	合同会社 こおろぎ	群馬大学理工学部 群馬大学医学部	桐生市
4	コンブから抽出したアルギン酸繊維を用いた機能性繊維製品の開発	川村 株式会社	繊維工業試験場	桐生市
5	自動車部品等の振動耐久試験における規格化した組立型治具の開発	株式会社 鈴木機械	群馬大学 産業技術センター	桐生市
6	NDVIカメラ搭載ドローンを活用した日本型精密農業サポートシステムの開発と実証	NPO法人 キッズバレイ	群馬大学	桐生市

◆ 第2種 採択状況一覧

No	開発テーマ	申請機関	共同研究先	企業所在地
1	高比表面積担体担持マグネタイトを用いた高効率で耐久性に優れた水素キャリアの開発	群馬産業技術センター	桐生ガス株式会社	桐生市
2	金属フリーの高電圧パルス非加熱殺菌による生酒の風味を維持した清酒の創生	近藤酒造株式会社	群馬大学	みどり市



# 高エネルギー放射光X線を使った非破壊元素定量法の開発

群馬大学大学院理工学府 電子情報部門 鈴木 宏輔

現在、我々は高エネルギーX線を使ったコンプトン散乱法による非破壊元素定量法の開発を行っている。本手法の特徴は、1) 高エネルギーX線の使用により非破壊測定が可能なこと、2) コンプトン散乱法により得られるコンプトンプロファイルの形状が元素濃度の変化に敏感なことである。これまでに本手法をリチウムイオン二次電池の正極材料  $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$  に適用し、非破壊元素定量法の可能性を検討したのでその結果を紹介する。

## はじめに

コンプトン散乱法は、X線光子と電子との弾性散乱現象を利用した実験手法である。その特徴の一つ目は、100keV以上の高エネルギーX線を使用することである。高エネルギーX線は高い物質透過能を有する(100keVのX線で2cmのAl板を透過する)ため、非破壊での測定が可能となる。二つ目の特徴は、実験から得られるコンプトンプロファイルのラインシェイプが元素濃度の変化に敏感なことである。このラインシェイプの変化を数値化することで元素濃度の定量が原理的に可能となる。これまでに我々はリチウムイオン二次電池の正極材料として利用されている  $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$  ( $x=0.5, 1.1, 1.2, 1.8, 1.9, 2.0, 2.2, 3.2$ ) のコンプトンプロファイル測定を行い、ラインシェイプの違いからリチウム量を定量する手法の開発を行った。

## 研究の要点

コンプトン散乱実験は、兵庫県にある高輝度光科学研究センターの大型放射光施設SPring-8にて行った。図1(a)は  $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$  ( $x=0.5, 1.1, 1.2$ ) 粉末から得られたコンプトンプロファイルである。得られたコンプトンプロファイルは、リチウム量が増えるに従ってその波高が高くなっており、ラインシェイプが異なることがわかる。そこで、コンプトンプロファイルのラインシェイプの違いを数値化するため、ラインシェイプの変化に敏感なパラメータ(Sパラメータ)を導入した。Sパラメータは、図1(b)に示すようにコンプトンプロファイルの中央部分の面積(元素量の変化に敏感な領域)と裾部分の面積(元素量の変化に敏感でない領域)の比で定義される。図2にSパラメータと高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法(ICP分析法)から得られたリチウム量との関係を示す。得られたSパラメータはICP分析法から得られたリチウム量と線形関係を示すことがわかり、リチウム量を得るための校正曲線を定めることに成功した。これにより未知のリチウム量を持つ  $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$  のSパラメータを得ることでリチウム量を定量することが可能となる。

## まとめと考えられる応用面

コンプトンプロファイルのラインシェイプの変化から元素の定量が行えることが示された。本手法の特徴は元素濃度の非破壊測定である。現在リチウムイオン

電池開発における問題点の一つに電極内での反応分布の不均一性がある。従来は、電池を破壊して調べられてきたが、本手法により電池の充放電下でのリチウム濃度の変化が得られるため、さらなる高性能かつ高安全性を有する電池の開発に資することが期待される。

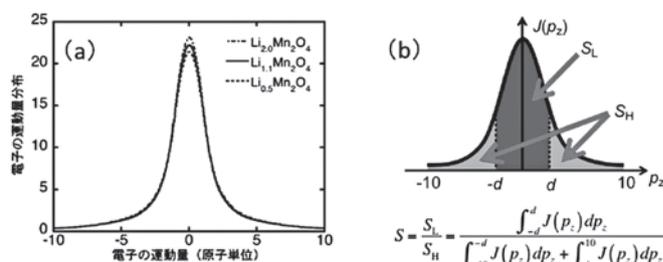


図1. (a) 実験から得られた  $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$  ( $x=0.5, 1.1, 1.2$ ) のコンプトンプロファイル。リチウム量の変化は電子運動量が0付近に現れる。(b) Sパラメータの定義。 $d$ は元素濃度に敏感な領域と敏感でない領域との境界を表す。

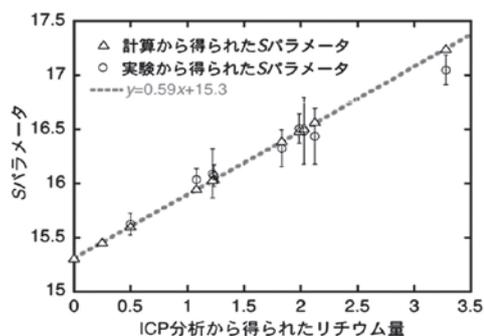


図2. SパラメータとICP分析から得られたリチウム量の関係。

### <所属、連絡先> 鈴木宏輔 (すずきこうすけ)

群馬大学大学院理工学府  
電子情報部門 助教

〒376-8515  
群馬県桐生市天神町 1-5-1  
TEL : 0277-30-1714  
E-mail :  
kosuzuki@gunma-u.ac.jp



# 市街路における自動車の省エネ走行制御

群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 小木津 武樹

技術の省エネルギー性能は、その技術の価値を決める重要な要因であり、自動車においても例外ではない。自動車分野では、省エネルギー化技術は年々向上している一方で、それを運転するドライバーの能力は大きく変化していないために、その技術の性能を十分に活かしきれない問題が生じている。そこで我々は、特に省エネルギーな運転が難しい市街路において、ドライバーの運転に代わる車両制御モデルの構築に取り組んでいる。ここでは、その研究内容の一部について紹介する。

## はじめに

自動車の省エネルギー技術は、自動車の価値を決める要素の一つである航続距離の伸長につながるため、古くから活発に研究されてきた。ボディの軽量化、エンジンの燃焼効率の向上や巡行時のタイヤの転がり抵抗の減少につながる技術は代表的な自動車の省エネルギー化技術である。加えて近年では、アイドリングストップ機構やハイブリッド自動車といった、伝統的な手法と異なる方法が注目されている。一方で最近では、実走行燃費と理論燃費がかい離しつつあるという問題がある。実走行と理論がかい離する原因の一つが、「ドライバーの運転能力不足」である。自動車単体の性能としてみると省エネルギー性能は向上しているが、それを運転するドライバーの能力は大きく変化していない。理論燃費は、一定の運転パターン、すなわち理想的な運転を前提に自動車単体の性能を計測するものであるために、実走行燃費とのかい離が進むのである。これは、あらゆる省エネルギー化技術は、その自動車の運転方法によって実際の効果が大きく影響されるということを意味する。今後の更なる省エネルギー化を目指すためには、自動車の運転方法の改善が必須であり、その技術的解決策は極めて重要である。本研究は、運転制御システムによる解決策を提供する。

## 研究の要点

本研究は、平均速度は低く、加減速の回数が多い市街路においても、図1のような省エネルギー効果を発揮する運転制御モデルを構築する。市街路で省エネルギー運転を行うためには、多くの省エネルギー化に影響を及ぼす要因を考慮する必要がある。信号や、前走車、道路標識、道路の勾配や曲率、エンジン効率は代表的な要因であり、これらをすべて考慮できなくては、実用に足る省エネルギー運転制御モデルにはならない。これまでの学術的な流れとしては、省エネルギー運転制御をエネルギー最小化問題の最適制御として解くことが一般的であるが、全ての要因を考慮すると計算コストが膨大になる問題があった。

そこで我々は、省エネルギー化に影響を及ぼす要因を「A. 動的で将来の状態が予見できる影響物」「B. 動的で現在の状態しか観測できない影響物」「C. 静的な（あるいは動的な部分を見捨てる）影響物」に整理して対応する方法を考案した。まず、AとBについては、各影響物に対して自車が省エネルギー効果を得られる上下限の速度パターンを生成し、生成したすべての上下限の速度パターンを重ね合わせることで、AとBに該当する影響物全てを考慮した自車の上下限の速度パターンを生成する。そして、生成した上下限の速度パターンの中で、Cの影響物を考慮したエネルギー最小化問題を解く。こうすることで、市街路における省エネルギー運転に影響を及ぼ

す代表的な要因をすべて網羅して、かつ現実的な計算コストで省エネルギー運転制御が可能なモデルを構築した。このモデルの有効性は、現実の交通環境を模擬したシミュレーションや、図2のような実車両での実装検証などを通じて証明された。

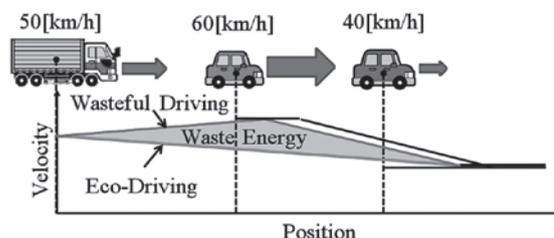


図1 省エネルギー運転制御モデルの概念図



図2 省エネルギー運転制御モデルの実車評価の様子

## まとめ

この研究では、自動車の省エネルギー化に資する運転制御モデルの中でも、特に技術的課題が多かった市街路を対象としたモデルの構築に成功した。現在では、省エネルギー化の対象を車両単体から交通流全体に拡大し、運転制御による解決に取り組んでいる。

## <所属、連絡先> 小木津 武樹(おぎつたけき)

群馬大学大学院理工学府  
知能機械創製部門 助教  
専門：高度交通システム

〒376-8515  
群馬県桐生市天神町 1-5-1  
TEL/FAX 0277-30-1587  
E-mail :  
ogitsu@gunma-u.ac.jp



## マウスモデルを用いた肝疾患発症機能の解明

群馬大学大学院理工学府 分子科学部門 井上 裕介

肝臓は3大栄養素の代謝や解毒などの多種多様の化学反応を触媒する体内で最大の臓器であり、その化学反応には多くの酵素が関与している。これらの酵素は転写調節因子により厳密に発現制御されており、その中でも最も重要なのが核内受容体 HNF4 $\alpha$  である。我々は肝臓特異的に HNF4 $\alpha$  を欠損させたマウスを用いて、どのような肝疾患が起きるのか、そして HNF4 $\alpha$  欠損から肝疾患発症までに至る機構を分子レベルで解明することを目指した。

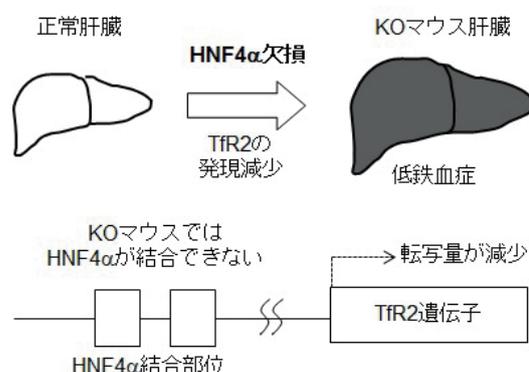
### はじめに

我々の研究室では、肝臓で多く発現する核内受容体 HNF4 $\alpha$  の機能をノックアウトマウス(遺伝子操作により、目的の遺伝子のみを欠損させたマウス)を用いて HNF4 $\alpha$  遺伝子の機能を研究してきた。核内受容体とは、遺伝子の転写制御領域に結合する転写因子の一種であり、ホルモンなどのリガンドの結合により、核内受容体の DNA への結合が促進され、その標的遺伝子が転写活性化される。細胞膜にある受容体には水溶性リガンドが結合して間接的に遺伝子の発現を調節するのに対して、核内受容体には脂溶性リガンドが結合することにより、直接的に遺伝子の発現調節を行う。ヒトでは核内受容体は48種類同定されており、その標的遺伝子は多岐に渡る。また、核内受容体は細胞の増殖・分化、代謝をはじめとする様々な生体現象に必須な因子であるため、創薬の標的となっている。

### 研究の要点

肝臓特異的 HNF4 $\alpha$  ノックアウトマウス(KOマウス)を用いて成体肝臓における HNF4 $\alpha$  の機能解析を行った。KOマウスがまずどのような表現型(疾患)を示すのかを解析後、その表現型発症を引き起こす原因遺伝子(HNF4 $\alpha$  の標的遺伝子)を同定することを目指した。本研究により、HNF4 $\alpha$  の新規標的遺伝子と HNF4 $\alpha$  が関与する新規疾患が同定されることが期待される。KOマウスは、様々な表現型を示すことが分かっているが、新規に低鉄血症であることが分かった。鉄は生体に必須の元素であり、不足すると貧血、過剰だと細胞障害をもたらすため、成体の鉄量は厳密に制御されている。KOマウスでは鉄代謝制御に関与する多数の遺伝子の発現が変動しており、その中でトランスフェリン受容体2(TfR2)の発現がKOマウスで顕著に低下していた。さらに、TfR2 遺伝子のプロモーターには2カ所の HNF4 $\alpha$  結合部位が存在し、また TfR2 の発現は HNF4 $\alpha$  の発現に依

存的であったため、TfR2はHNF4 $\alpha$ の新規標的遺伝子であることが同定された。したがって、HNF4 $\alpha$ はTfR2の発現制御を介して生体の鉄恒常性維持に重要であることが明らかになった。



### まとめと考えられる応用点

以上はマウスモデルの解析により得られた新知見の一例であり、このような結果は培養細胞や遺伝子導入などで得ることは困難である。また、このモデルを応用すれば肝臓以外の臓器についても遺伝子の機能解析が可能であり、さらには、解析を行いたい時期に遺伝子欠損を短期間で誘導することも可能である。本研究により、生活習慣病をはじめとする代謝疾患発症機構の解明や、その治療薬開発の応用が期待される。

#### <所属、連絡先> 井上裕介(いのうえゆうすけ)

群馬大学大学院理工学府  
分子科学部門 准教授

〒376-8515  
群馬県桐生市天神町 1-5-1  
TEL : 0277-30-1431  
E-mail :  
yinoue@gunma-u.ac.jp



## 距離を測って生体脂質分子の水和を探る

群馬大学大学院理工学府 理工学基盤部門 高橋 浩

生体膜の脂質二重層膜を構成する脂質の極性頭部は、水分子と相互作用する。その程度の強弱は、頭部の化学構造に応じて異なる。また、この相互作用は、膜間における反発相互作用である水和斥力を生み出す。水和斥力は、生体膜表面における物質認識、膜融合の際に重要な役割を果たす。ここでは脂質ベシクルに浸透圧を加え、膜間距離を測ることで水和斥力を測定する方法を述べる。また、その測定法が応用できる系についても触れる。

### はじめに

生命の基本単位である細胞は、生体膜と呼ばれる膜組織から構成される。生体膜は、脂質分子の二重層膜からなる(図1)。我々の研究室では、細胞機能の分子機構の解明を目指して、脂質二重層膜の物性と構造を詳細に調べてきている。

脂質は、一分子内に、水を好む親水部と水を嫌う疎水部の両方を併せ持つ。そのため、疎水部同士が水に触れないように自己集合し水中で膜を作る。さらに、端の部分で水に触れることを避けるために、脂質膜は、全体で閉じた袋状のベシクル(小胞)と呼ばれる構造を取る(図1)。脂質の親水部は極性を持つので、極性頭部と呼ばれる。化学構造の違いに応じて、頭部と水分子との相互作用の強さ、水和の程度は異なってくる。この水和の違いは、膜表面の分子認識や膜融合の際に重要となる。また、この水和が反発力となることを後に説明する。

ここでは、脂質膜における水和による反発力を実験的に評価する方法を述べる。加えて他の系への応用について考えることにする。

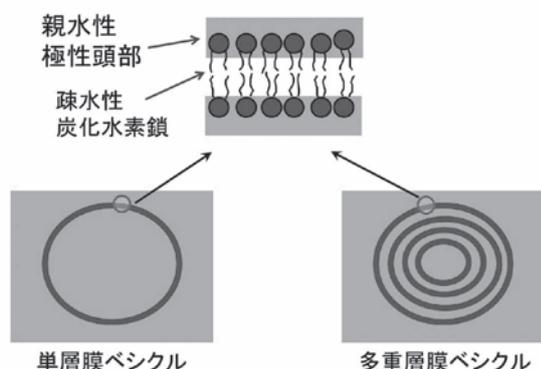


図1 脂質二重層膜(上)とベシクル(下)の模式図

### 研究の要点

水中のコロイド粒子の分散安定性は、広い意味でのファンデルワールス力による分子間引力と静電的な反発相互作用の存在で説明される。コロイド粒子間

に引力だけでなく反発力が存在することから、上手い具合に水中で安定分散する。もし、引力の方が勝れば、コロイド粒子は互いの引力によって凝集し沈殿を起こす。

実際の生体膜を構成する脂質種には、中性脂質と呼ばれる極性頭部が正味に電荷を持たないものも多く存在する。しかし、中性脂質のベシクルでも、水中に安定して分散する。それは、極性頭部の水和のためである。膜表面に強く水和している水分子が存在しているため、近づくためには、まず、表面にある水分子を退ける必要があり、そこに反発力が生まれる。この力は、水和斥力とも呼ばれる。水和斥力の存在により、中性脂質のベシクルは、安定分散する。強い水和は、強い水和斥力を引き起こす。

この水和斥力の大きさを測定するには、どうすれば良いか?その説明の前に、多重層膜ベシクル(MLV)について述べる。静電的な力と異なり、水和斥力は比較的近距离で働く力で、距離が遠ざかると急激に弱くなる。そのため、脂質ベシクルの場合、単一の膜の袋となる場合もあるが(単層膜ベシクル)(図1)、通常は、袋の中に、また袋がある、玉ネギのような膜が何層にも重なった多重層膜ベシクル(MLV)を形成する(図1)ことが多い。多重層の各膜の間の距離は、比較的短く、数nm以下である。この距離で、引力と斥力が釣り合っている。

釣り合っている系における力の評価は、外力を加え、その応答を測定するのが原則である。脂質膜系に、どう力を加えるか? MLV系であると、浸透圧という手段が使える。脂質のMLVが分散している溶液に、中性の水溶性高分子を加える。脂質膜は水分子を透過させるが、高分子を透過させないため、浸透圧がMLV内の各膜に力を加え、膜同士を接近させる。その結果、膜間距離が変化する。膜間距離は、X線回折の手法を使って見積もることができる。高分子の濃度を変えることで浸透圧を変化させ、それに伴う膜間距離の変化を調べれば、力と距離の関係

が実験的に求められる。比較的近距離では、水和斥力の大きさとファンデルワールス力の大きさでは、前者の方が圧倒的に大きいので、加えた浸透圧と水和斥力が釣り合うと考えてよい。高分子の濃度と浸透圧の関係は、簡単に調べられるし、データベースも存在する。以上に述べた手法で、距離を測って生体脂質分子の水和特性を探ることができる。

高分子を使った実験は、濃度の異なる多数のサンプルを用意する必要があり、多少面倒である。温度依存性が少ない系では、試料を凍結させて、氷形成の化学ポテンシャルによる浸透圧を使うこともできる。先に説明したように、脂質のMLVでは膜間距離が短いため、温度を零度以下にしても、膜間では氷は形成せず、MLVの外で氷が形成する。膜は、当然、氷の結晶は通さない。温度をさらに下げると、氷の結晶はMLV内の膜間の水を取り込んで成長する。これが浸透圧を生む。この浸透圧は、温度に依存し、低温になるほど氷形成による浸透圧は増大する。図2に、この方法で測定した結果を示す。脂質の強制頭部の違いによる水和特性の差を反映して、同じ浸透圧でも膜間距離は異なっている。水和が強いほど、その膜間距離は長くなる。この方法の利点は、1サンプルで、ただ温度を変えるだけで、測定が済むことである。

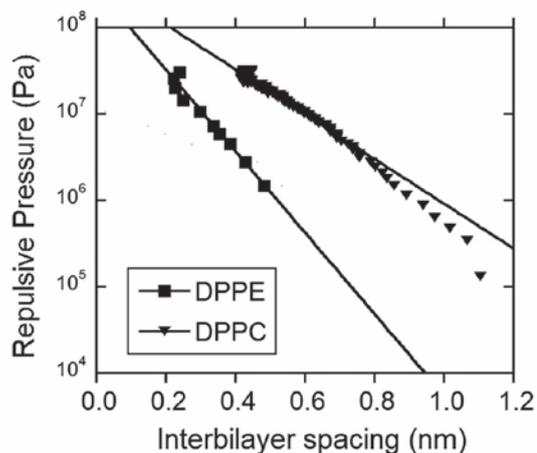


図2 氷形成による浸透圧を利用して決定した2種類の異なる化学種の脂質膜における膜間距離と膜間の反発(圧)力の関係

### まとめと考えられる応用点

生体脂質膜系において、浸透圧を利用し、距離測定から分子の水和特性を調べる実験の結果を紹介した。

この方法は、ベシクル形成する界面活性剤一般に対して適用できる。化粧品、塗料、食品などの分野での研究・開発において応用できる方法であると思う。

#### <所属、連絡先> 高橋 浩 (たかはしひろし)

群馬大学大学院理工学府  
理工学基盤部門 教授

群馬県前橋市荒牧町 4-2

TEL : 027-220-7552

FAX : 027-220-7551

E-mail :

hirotakahashi@gunma-u.ac.jp



# 地下探査のためのガリレオ型落下実験装置の開発

群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 潮見 幸江

本研究では、重力波検出技術を応用した重力勾配計と呼ばれる地下探査技術の開発を行っている。従来の重力勾配計は米国で軍事開発されたロッキードマーチン重力勾配計など船舶や飛翔体搭載を前提とした大型装置が多く、地上の観測所に設置して連続観測できるタイプのもは市販化されてない。ここでは、火山観測所や測地学の実地連続観測に利用できる小型で高分解能を持つレーザ干渉計型重力勾配計を開発している。実用化されると、これまで観測手法がないため均質モデルが仮定されていた地下の物質分布に関して、観測に基づく新たな見解が得られる可能性がある。地震や火山噴火の予知、土砂災害の予測、地下資源探査、水文学、土壌水分量のモニタリングなど、地球物理学や防災研究、環境計測分野に於ける応用の可能性を検討している。

## はじめに

地下に金脈やマグマがあると、微小ではあるが重力が変化するため、物体の落下加速度を測定することで地下の様子を探ることが出来る。本研究では、ガリレオ・ガリレイがピサの斜塔で行ったと言われる落下実験を高精度化した落下実験装置を開発し、地球物理学や防災研究のための地下探査技術としての活用を目指している。

## 研究の内容

火山噴火の予測精度を向上するためには、地下の火山性流体(マグマなど)の動きを捉えることが求められるが、従来の重力測定装置では噴火や人的活動による地面振動がノイズとなって、微小な重力変化を捉えることが困難であった。

本研究では、地面振動を削減するために上下70cm離れた地点で二つの物体(落下体AとB)を同時に落下させ、落下加速度の差(右図の $g_A - g_B$ )を測定する。落下中の物体は地面に接触していないため、地面振動の影響を受けない測定が可能となる。ここで測定される落下加速度の差は、重力の鉛直勾配であるため、この装置は重力(鉛直)勾配計と呼ばれている。落下加速度の差は重力波検出のために開発されたマイケルソン干渉計で測定する(右図参照)。

重力勾配を測定すると地下の局所的な物質分布の相違を検知できるため、70年代から米国では軍事用の重力勾配計が開発されてきた。しかし、既存のものは飛翔体や船舶搭載を前提とした大型のものが多く、地上の観測所に設置して連続観測できるタイプのもは実用化されていない。本研究では比較的小型で地上観測所でも利用できる干渉計型重力勾配計を開発している。

干渉計型重力勾配計は高分解能でドリフトの少ない測定が期待されており、基本的な測定原理はレーザが發明された直後の1970年より米国で特許出願されているが、高精度反復測定が困難でこれまで実用化されていない。そこで本研究では、高精度反復測定を実現するための落下体投げ上げ法を開発した。この投げ上げ法は、ドラッグフリー衛星を用いた等価原理検

証実験用落下体の熱膨張率測定のために開発された試料マウント法を応用したものである。この熱膨張率試料マウント法では、振動によって測定試料の位置がずれた場合でも80nm以下の精度で元の位置に戻すことができる(S. Shiomi, Ph.D. thesis, 2002)。このマウント法を応用することで、落下体を高精度で制御する

ことが可能であると考え、2009年度より東京大学宇宙線研究所にて投げ上げ式の干渉計型重力勾配計の試作機を製作し、2011年度より火山実地連続観測に向けた開発を実施した結果、目標精度である $1\mu\text{Gal}/\text{m}$ を下回る分解能での連続観測が可能となった。2014年度に京都大学防災研究所桜島火山観測所にて試験観測を行ったところ、市販の絶対

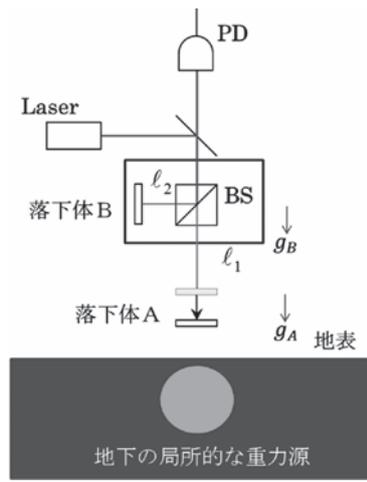


図 重力勾配計の概念図

重力計(FG5, Micro-g LaCoste社)では観測されなかった地下水面の潮汐擾乱と考えられる現象が観測された。より長期的な観測を行うことで、桜島周辺地下の不均一構造に関する見解が得られる可能性がある。現在は、群馬大学にてより高精度な小型装置の開発に取り組んでいる。

### <所属、連絡先> 潮見 幸江 (しおみさちえ)

群馬大学大学院理工学府  
知能機械創製部門 助教  
専門：重力物理学実験、落下体度量衡  
〒376-8515  
群馬県桐生市天神町 1-5-1  
TEL：0277-30-1575  
E-mail：sshioimi@gunma-u.ac.jp

# ナノ構造と表面状態を制御した機能性カーボン材料の開発

群馬大学大学院理工学府 元素科学国際教育研究センター 石井 孝文

構造や表面状態の複雑さから、カーボン材料は多種多様な特性を有します。カーボンのナノ構造と表面状態を制御することは、カーボンの機能性を高めるだけでなく、新しい機能性、応用展開を生むと期待されます。本研究では、テンプレート法とカーボン表面精密分析を組み合わせて、カーボン材料のナノ構造、表面制御技術の開発を行っています。

## はじめに

カーボン材料は古くて新しい材料とも言われ、古くは石炭や黒鉛、近年ではグラフェンやカーボンナノチューブといった新規カーボン材料が注目を集めています。カーボン材料の構造は極めて複雑であり、その構造は炭素六角網面の大きさや積層の仕方、網面の完全性、細孔構造等、多岐にわたる要素から言及されます。さらにその構造中に官能基やヘテロ原子を導入することで多種多様な表面特性を示すことが知られています。こういった構造や表面状態の複雑さから、カーボン材料は多種多様な特性を有します。カーボン材料の工業利用価値を高めるためには、その構造や表面状態の最適化、制御が必要不可欠であり、本研究では、カーボン材料の構造と表面状態を精密に制御する手法の確立、またそれを応用した機能性カーボン材料の開発を行っています。

## カーボン材料のナノ構造制御

ナノ細孔を有する材料をテンプレート(鋳型)として用い、サイズ制御されたナノ構造カーボンを合成することができます。図1にそのナノ構造制御カーボンの例を示

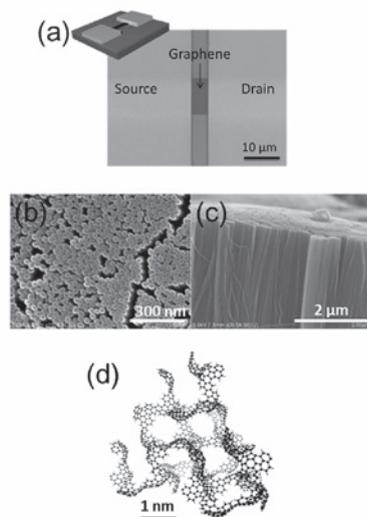


図1 ナノ構造制御カーボン  
(a) ナノグラフェン電界効果型トランジスタ  
(b,c) 剣山状カーボンナノチューブ集積体  
(d) ゼオライトテンプレートカーボン

します。テンプレート法の利点は、自由度の高い構造制御が可能なおことです。一次元細孔をテンプレートとして利用すればサイズ制御されたカーボンナノチューブが得られ、ゼオライトを用いた場合であれば、三次元的マイクロ細孔を有する多孔性カーボンが得られます。適切なテンプレートを選択することで、炭素網面の大きさや配

向、曲率を制御することが可能です。

## カーボン材料の表面状態と表面分析技術

カーボン材料の表面分析、特に定量的な分析は現在でも難しく、表面状態の変化がどういった機構に因るものなのか、未だに良く分かっていません。定量的に表面状態を知ることができれば、表面制御技術開発に大きく貢献すると期待されます。カーボン材料の表面状態精密制御を達成するための第一ステップとして、

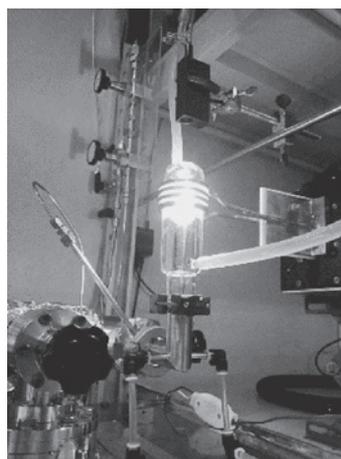


図2 カーボンの表面状態分析装置

現在、カーボン表面の分子構造を定量的に精密分析する手法の確立に注力しています。

## まとめと考えられる応用面

カーボンの構造・表面を自由に制御するためには、多くの課題を乗り越える必要があります。本稿では、その解決手法の一つとして、テンプレート法と表面精密分析について紹介させていただきます。

カーボンは工学的に様々な分野で応用されている材料であり、本研究のカーボン構造制御技術、表面分析技術は電池、半導体、触媒など多方面に応用が期待されます。

### <所属、連絡先> 石井 孝文 (いしいたかふみ)

群馬大学大学院理工学府  
元素科学国際教育研究センター  
テニユア・トラック助教

〒 376-8515  
群馬県桐生市天神町 1-5-1  
TEL・FAX : 0277-30-1358  
E-mail :  
ishii@gunma-u.ac.jp



# 土壌の力と野菜の美味しさに関する研究

合同会社土づくり推進機構 麦 島 昌  
群馬県立群馬産業技術センター 田 島 創

## 1. 共同研究への想い

農業では、日々の生産活動を通じて貴重なノウハウを蓄積している従事者が多い。農業の抱えている様々な課題を解決する手段として、客観的なデータに基づいた情報が形式知として共有化され、その情報が公開されることによりノウハウを広く活用できるのではないかという想いがある。群馬県内外の農業生産者との交流を通じて、農業の現場で発生する課題に対して、今まで以上に客観的なデータや情報の共有化の必要性を強く感じている。

作物の栽培は、土壌の中の化学性に重点が置かれ過ぎていたという懸念を持つことがある。土壌の総合的な力(化学性・物理性・生物性)を複合的に評価して、この結果を野菜の美味しさ、体に良いといわれる野菜づくりに結び付ける研究に取り組んできた。畑から収穫される野菜の本当の美味しさを土壌のみで追求する難しい面もあるが、根から吸収された養分が野菜に蓄積されることから、まずは土壌の力に求めることが妥当ではないかと考え研究に取り組んでいる。養分を適切に含みより美味しく体に良い野菜づくりに寄与できれば幸いと考えている。本稿は、このような取組みをまとめたものである。

## 2. はじめに

野菜を生産するための土壌の評価値と生産された野菜の美味しさとの関係は、野菜を生産する人、野菜を食する人、これを繋ぐ流通関係者など、いずれにおいても十分に明らかになっていない。

「旬」の野菜は美味しい!と感じ、「旬」ではない野菜は美味しくない!と経験した人は、多いと思う。今まで「あたりまえだけど」というこの課題に、弊社は、野菜に含まれる成分に影響を与える『土壌』の視点から解析に取り組んできた。2014年度、北関東産学官研究会のご支援をいただき、群馬産業技術センターと共同研究を行った。なお、名古屋にあるデザイナーフーズ株式会社にも、野菜のデータ公開と野菜の測定で協力いただいた。美味しい野菜についての品種、気候、栽培技術など、総合的客観的評価は欠かせない。幸い、デザイナーフーズ株式会社の持っている野菜に含まれる成分についてのデータベース

は、多くの情報集積の実績があり、客観的な解析が可能である<sup>1)</sup>。

例えば、ほうれん草の「旬」は、12月～2月の冬場である。図1に、ほうれん草の抗酸化力、糖度、ビタミンC含量、硝酸イオン含量を示す。これから「旬」の野菜は、抗酸化力、糖度、ビタミンC含量が他の月より高く、逆に苦みなどを与える硝酸イオン含量は、低い数値を示している。特に、硝酸イオン含量は、夏と冬では含有量が約2倍以上も差がある。このデザイナーフーズ株式会社の貴重なデータからも、美味しい野菜を食する時期も重要な要素であることが示唆される。

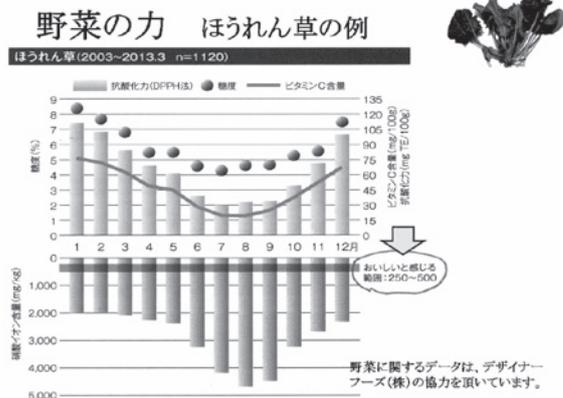


図1

## 3. 成果の概要

### 3-1. 野菜の特性と土壌の評価値

野菜の評価値とこの野菜が栽培された土壌についての評価値を定め、解析を行った。野菜と土壌の試料63点を、北海道から九州まで全国の生産者にご協力いただき調査に供した。野菜の美味しさを左右する要因の一つとして、土壌中の好気性菌や腐植<sup>2)</sup>との関係が大きいと考え、これら要因を土壌の評価値(後述)として土壌を評価すると同時に、野菜の美味しさも評価した。

図2に、ほうれん草を事例として、土壌評価値に対する野菜の4特性の相関性を示す。土壌評価値の高い方が抗酸化力、糖度、ビタミンC含量は良くなり、逆に硝酸イオン含量は低くなり美味しい野菜と

判断された。このように一部の野菜では、4特性(抗酸化力、糖度、ビタミンC含量、硝酸イオン含量)と土壤評価値との相関性の高いことが確認できた。なお、全ての野菜でこのことが確認できたわけではなく、現在も多く土壤と野菜の調査に引続き取り組んでいる。これらは、より多くのデータを集め「美味しい野菜づくりのための土づくりの仕組み」を形式知化する取り組みの一環である。

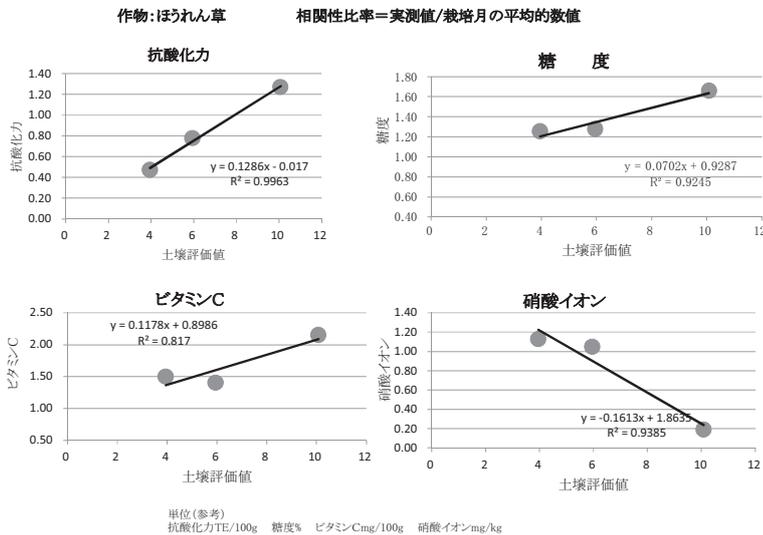


図 2

### 3-2. 土壤の腐植による影響<sup>2)</sup>

2013年群馬産業技術センターの協力をいただき表1に示す腐植の少ない土壤(上段)及び腐植の多い土壤(下段)で、栽培された野菜の抗酸化特性とビタミンC含量の比較を行った。明らかに、腐植の多い土壤の方が抗酸化力、ビタミンCは高い結果が得られた。

表 1 腐植の多い、少ない土壤で栽培した野菜の特性比較  
上段腐植の少ない場合、下段腐植の多い場合

栽培された植物	抗酸化特性 <sup>1)</sup> TE μmol/100g	ビタミンC mg/100g
ほうれん草	2710	82
キャベツ	3070	128
	700	23
イチゴ	1261	35
	1630	75
	1910	72

1) 抗酸化物質であるTroloxの抗酸化力相当として表記。

### 3-3. 土壤の評価方法について

#### 3-3-1. 現状の土壤をどのように評価するか

生産者が長い時間をかけて培った栽培方法と「土づくり」を尊重することは重要である。

土壤の評価に利用される情報は、生産者が土壤

の良い特性や改善すべき特性を把握・理解し易い情報であることが望まれる。

生産者が把握・理解し易い土壤特性として、図3に示す物理性、化学性、生物性がある。

一方、野菜に含まれる成分である抗酸化力、糖度、ビタミンC含量、そして、硝酸イオン含量は、野菜の機能や美味しさ、棚持ちの良さを判断する基準となる。このため、本研究では、これらの土壤特性と野菜の特性について数値化によるデータベースをつくり、まず、生産者が活用できる野菜栽培のための「土づくりのシステム」を計画している。

現時点の弊社の評価法は、土壤の腐植率と微生物数を組合せて評価する点に特徴がある。

この他、pH、電気伝導度(EC)も評価要素の一つである。土壤水分、硬さなど評価項目に加える準備をしている。又、弊社では、陽イオン交換容量(CEC)<sup>3)</sup>及び炭素/窒素比(C/N比)は、腐植率から演算で求める等の測定技術の確立にも取り組んできた<sup>4)</sup>。これら弊社独自の技術は、特許第5521139号及び第5734593号などとして権利化した。

土壤は、前述した因子を組み合わせることにより、数値として評価した。なお、継続して評価を実施しているため、評価法については変数、要素の重みづけ等の変更は、今後データを蓄積していく過程で最適化を図る。



図 3

#### 3-4. 電気伝導度 (EC) と硝酸態窒素濃度の関係

土壤の EC と硝酸態窒素濃度の関係を図4に示す。

EC値の高い圃場は、全体的に少なくなっている傾向にあり、硝酸態窒素が少なく美味しい野菜づくりの取り組みが見られる。

#### 3-5. 腐植率と好気性菌数の関係

土壤毎に測定された腐植率に対する好気性菌数

について図5に示す。

土壌の好気性菌数分布は、腐植率との相関性はないことが確認できた。

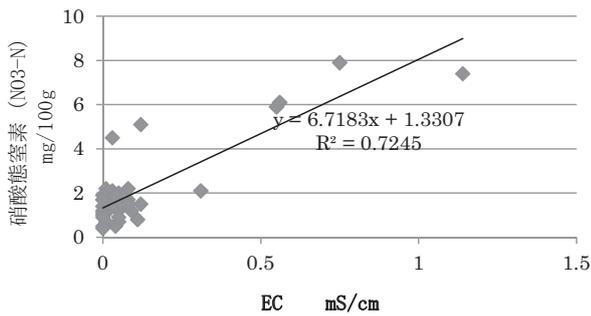


図4 ECと硝酸態窒素濃度の関係

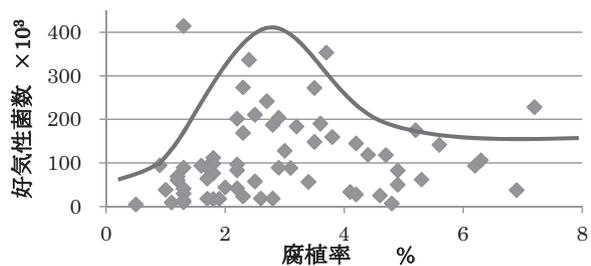


図5 腐植率に対する好気性菌数

#### 4. 今後の取組み

野菜づくりの中の「あたりまえの不思議」を見える形で、土壌の評価と野菜の評価を連動させる弊社の取組みは、はじまったばかりである。評価法を含めてまだまだ紆余曲折を覚悟の上、生産者が活用できる美味しい野菜栽培のための「土づくり」により、生産者、消費者が安心して食べられる美味しい野菜ができることに微力ながら取組んで行く。

#### 5. 解説資料

1) 2万点以上の野菜を分析してわかったこと

おいしいものは、体にいい

著者：丹羽真清(デザイナーフーズ株式会社代表取締役)

出版社：株式会社エフビー

2) 腐植とは

広い意味では、土壌中の有機物のことを言う場合もあるが、一般的には土壌中の動植物の遺体が、土壌中で微生物によって分解・再合成されて出来たものを言う。

この場合の腐植は、暗色で、形が決まっていない高分子化合物で、通常、土壌改良で使われる腐植は、狭い意味での腐植物質である。図7-1に土中のフミン酸の構造モデルを示す。

これらの官能基を持つため、腐植物質として

- 1.水の保持力に優れる。
- 2.養分の保持能力に優れる。
- 3.土壌中のpH変化に対する緩衝力が大きいなどの

特徴がある。

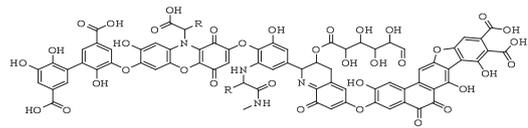


図7-1 土中のフミン酸の構造モデル

腐植は、カルボキシル基(-COOH)や水酸基(-OH)を持っている。これらの官能基は、水(H<sub>2</sub>O)との親和性が強いために土壌中の水を保持したり、土壌中の酸(H<sup>+</sup>)やアルカリ(OH<sup>-</sup>)を中和するのに役立つ。また、官能基の持つ電荷により土壌中の養分(陽イオン)を保持する役割を持つと考えられる。

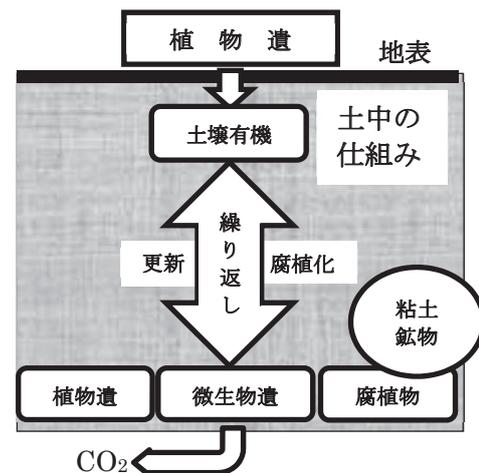


図7-2 土壌腐植物質の生成過程



図7-3 腐植の利用分野

図7-2に土壌腐植物質の生成過程を示す。

農業以外における腐植の用途は、図7-3に示すように私達の周辺に非常に多く活用されている。例えば、温泉[モール温泉]、化粧品、シャンプー、飲料水、漁業関係(漁場の再生、細菌感染、磯焼け等)、消臭剤、汚泥処理、水質改善、家禽類の飼料など等に使用されている。

3) 陽イオン交換容量(CEC)とは

Cation Exchange Capacity の略。土壌の保

肥力を示す値で、人間の体に例えれば胃袋の大きさになる。土壌のコロイドは、電氣的にマイナスの性質に変化するため、陽イオンのカルシウム、マグネシウム、カリウムなどを吸着する。この吸着量を陽イオン交換容量(CEC)という。

4) 特許第5521139号及び第5734593号として権利化した。

5) 2013年12月20日の国際連合総会において、2015年を国際土壌年(International year of soils)とする事が採択された。

## 研究者紹介

合同会社土づくり推進機構 代表社員 **麦 島 昌**



2005年 群馬大学との共同研究で土壌分析器の開発に着手  
2007年 土壌分析器の研究開発のため、合同会社土づくり推進機構を設立

〒371-0837 前橋市箱田町139-4  
TEL : 027-353-3838

群馬県立群馬産業技術センター 主幹：独立研究員 博士(工学) **田 島 創**



〒379-2147 群馬県前橋市亀里町884番地1  
TEL : 027-290-3030