

平成23年度研究科長裁量経費による助成研究報告  
Reports of studies supported by Grant-in-Aid for Research from the Graduate  
School of Biosphere Science, Hiroshima University

助成区分	研究課題名	研究代表者
プロジェクト研究 Grant-in-Aid for Project Research	ミャンマー沿岸における有害・有毒植物プランクトンの発生・増殖 機構に関する調査研究	小池一彦
	リサイクル焼成カキ殻による環境改善効果の持続性に関する研究	山本民次
	東日本大震災における水産業・漁村の復興戦略に向けた提言作り ー東アジア海域社会の地震・津波復興に関する比較研究を通じてー	山尾政博
基盤研究サポート Grant-in-Aid for Fundamental Research	大脳によらない恐怖学習～魚類小脳に注目して～	吉田将之
	チョコレートモデル油脂結晶の分子レベルその場観察	本同宏成
	広島市近郊における伝統的青果物流通主体の形成・展開と産地維持 機能に関する研究	細野賢治
	釣り餌として海外から流通される水生動物の移入と定着に関する基 礎的研究	斉藤英俊
	低い割合で給与するイタリアンライグラスサイレージの栽培時施肥 方法の違いが泌乳中・後期牛の乳生産に及ぼす影響	黒川勇三

## ミャンマー沿岸における有害・有毒植物プランクトンの 発生・増殖機構に関する調査研究

Su MYAT<sup>1)</sup>, Maung Saw Htoo THAW<sup>1)</sup>, 藤瀬 里紗<sup>1)</sup>, Khin Ko LAY<sup>2)</sup>, 小池 一彦<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

<sup>2)</sup> ミャンマー水産局, ヤンゴン, 11062 ミャンマー

## Research on the occurrence and the growth mechanisms of potentially harmful dinoflagellate species found in the Myanmar coast

Su MYAT<sup>1)</sup>, Maung Saw Htoo THAW<sup>1)</sup>, Lisa FUJISE<sup>1)</sup>, Khin Ko LAY<sup>2)</sup>, Kazuhiko KOIKE<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup> Myanmar Department of Fisheries, Yangon, 11062, Myanmar

**【はじめに】** ミャンマーは世界でも10位に入る水産国であり、特に海面漁業は1990年代以降毎年25%近い漁獲量増加を示している。一方、近年では漁獲サイズが低下し資源の枯渇が懸念される。加えて、著しい経済発展にともない沿岸域の開発が盛んであり、富栄養化に伴う赤潮などの有害プランクトン被害の発生も懸念される。我々は、ミャンマー沿岸の基礎生産性や有害プランクトン増殖の現状を理解するために、これまで2回の植物プランクトンの調査を行ってきた。それによると、南西モンスーン（雨期）直後には河川からの栄養塩流入の増大により、珪藻類の大規模なブルームが観察された。今回は北東モンスーン（乾期）後半の3月（2012年）に同様の調査を行い、より貧栄養化した海域において、赤潮や貝毒原因種を多く含む渦鞭毛藻類の出現を調査した。また、調査中に赤潮に遭遇したため、その構成種を分離培養し、さらなる形態観察とDNA解析、培養実験により様々な水温条件下における増殖速度を調べた。

**【調査・方法】** 調査は2012年3月に、ミャンマー南部のKadan島（12°2′-13°3′N, 98°-98°6′E）を取り囲む6定点で行った。定点ではプランクトンネットおよび鉛直採水によりプランクトンを採集した。シストを調べるためにコアサンプラーにより底泥も採集した。これらはホルマリン固定し、後に検鏡により種を査定した。Kadan島北西部において赤潮を発見したため、ここから渦鞭毛藻の培養株を分離し、より詳細な顕微鏡観察およびDNA解析（28SリボゾームRNA遺伝子）により種（および系統群）を調べた。また、これら赤潮原因種の基本的増殖特性を調べるために、異なった水温条件下で培養し、それぞれにおける増殖速度を調べた。

**【結果】** 先の調査（雨期直後；2010年12月実施）においては、渦鞭毛藻は15種（うち7種の有害種）が記録されたが、乾期後半の本調査においては67種（うち21種の有害種）を見出した。有害種には、貝毒原因となる *Alexandrium tamiyavanichii*, *Gymnodinium catenatum*, *Dinophysis caudata*, 赤潮原因となる *Prorocentrum sigmoides*, *P. micans*, *P. rhathymum*, *P. shikokuense*, *Gonyaulax spinifera*, *G. polygramma*, *Lingulodinium polyedrum*, *A. affine* および *Noctiluca scintillans* などが見られた。シスト試料には有害種の *G. catenatum*, *G. spinifera*, *A. affine* および *A. tamiyavanichii* などが含まれていた。

Kadan島北東部に遭遇した赤潮には主に *P. rhathymum* (81,250 cells L<sup>-1</sup>) が含まれ、これに *P. shikokuense* と *A. affine* が続いた。これらの種の査定はrDNA解析によっても確認し、ミャンマーにおける初めての赤潮およびその構成種の正確な報告となった。なお、東シナ海で大規模な赤潮を形成する *P. donghaiense* は *P. shikokuense* のジュニア・シノニムである。

これら赤潮種のうち *Prorocentrum* 2種は15~30℃の幅広い温度範囲で高い増殖速度を示し、特に

*P. shikokuense* は15 °C において  $\mu_2 = 0.87 \text{ day}^{-1}$ , 25 °C において  $0.85 \text{ day}^{-1}$ , 30 °C において  $0.75 \text{ day}^{-1}$  の幅広い温度耐性を示した。一方, *A. affine* は15 °C ではほぼ増殖せず, 低緯度海域に適応していることがうかがえた。

## 東日本大震災における水産業・漁村の復興戦略に向けた提言作り —東アジア海域社会の地震・津波復興に関する比較研究を通じて—

山尾 政博

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### **Towards Recovery of Fisheries Industry and Coastal Community affected by Great East Earthquake and Tsunami : Comparative Study on the Recovery Process from Sumatra Earthquake and Great Indian Ocean Tsunami**

MASASHIRO YAMAO

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

#### **【研究の目的】**

本研究は、2004年12月に発生したスマトラ沖地震・インド洋大津波により被災した東南アジア及び南アジアの復興過程を分析することにより、2011年3月11日に発生した東日本大震災によって甚大な被害を被った東日本海域社会の復興戦略作りに向けて提言作りの参考となるものを提示することであった。

#### **【研究経過、国際セミナーの開催、成果の公開】**

本研究は二つの内容から成り立っている。ひとつは、宮城県石巻市を中心とした被災地域の水産業・漁村社会の被災状況と復旧過程を検証し、被害の大規模性、広域性、複合性に対してどのように対処すべきかを明らかにすることである。今ひとつは、スマトラ沖地震・インド洋大津波で被災したインドネシアとタイを事例に、その復旧・復興過程を分析し、教訓を得ることである。

日本はもとよりアジアの水産業は、生産から消費・廃棄にいたるまでの一連のプロセスが高度にシステム化した産業である。その復旧・復興は、水産食品が最終的に消費者に提供されるシステム全体を見渡したものでなければならない。一方、水産業は、漁場環境の復旧から始まり、水産資源を持続的に利用する人々の営みを回復させる過程も経なければならない。その営みは、生産と生活の場である水産地域・漁業集落において行われる。沿岸地域の土地利用計画、ゾーニング、住居の高台移転、集落統合、さらには防災・減災を可能にするインフラ施設の整備などが、これまでに経験したことのない規模と広がり復興過程に含まれる。どのような形で地域社会を再建するにせよ、被災地域の住民や利害関係者が意思決定過程に参加し、合意形成が求められることが現地調査から予測された。

2011年12月9日、広島大学生物圏科学研究科にて、国際セミナー『東日本大震災からの水産業復興への道筋』を開催した。インドネシアとタイから研究者を招聘し、復旧・復興過程のあり方を検証した。インドネシアからは、スマトラ島アチェ州における住民参加型復興プロジェクトの紹介とともに、ソーシャル・キャピタルを社会の復興指標にすることの問題提起があった。また、被災した漁村社会が大規模に流動化していく実態も報告された。タイの参加者からは、漁業を生業とする社会の復興のあり方、人々がどのように協同していくのか、事例を含めて紹介があった。タイはもとより、多くの国の被災地では、生業復興のためにマイクロ・ファイナンスが広く用いられた。これと、職業訓練とが組み合わせられた成果を発揮した地域では、住民の生計活動の転換がはかられ、生計の多様化が進んだ。成功した事例ばかりではなく、失敗も数多くあったが、被災住民に希望を与える復興過程には必要な活動であるとの認識が示された。

以上のような国際セミナーの成果も踏まえ、水産業・漁村社会の復興に必要な提言作りの視点を様々な場で発表した。今回の研究科長裁量経費の受託をきっかけに、今も復興に向けて苦闘を続ける被災地への支援

策のあり方について、様々なプロジェクトへの参加が可能になった。その成果の一部は下記の URL にて公表した。<http://home.hiroshima-u.ac.jp/cbrmcm/tunami/index.html>

## 大脳によらない恐怖学習～魚類小脳に注目して～

吉田 将之

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### Cerebellar neuron activities in fear learning in goldfish

Masayuki YOSHIDA

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

#### 背景と目的

恐怖は脊椎動物の進化の過程でよく保存されている情動のひとつである。脊椎動物における恐怖の学習には、大脳と小脳が関わる。魚類においては小脳がその中心的役割を担っている。顕著な反応を引き起こさない中性的な刺激と嫌悪反応を引き起こす刺激を組み合わせると、動物は前者の刺激に対して恐怖反応を示すようになる。これを古典的恐怖条件付けとよぶ。この条件付けは魚類や哺乳類を含む脊椎動物全般に同じように認められる。哺乳類において、この条件付けには大脳と小脳の両方が必要である。一方魚類においては、小脳は必須だが、大脳に相当する終脳がなくとも条件付けられる。哺乳類と魚類とでは、小脳を構成するニューロンのネットワークは大部分共通であるが、哺乳類の小脳は一般的な構造が極めて複雑である。一方魚類の小脳は形が比較的単純で、哺乳類と比べるとニューロン数ははるかに少ない。本研究では、小脳内神経回路で情報統合の役割を担うプルキンエ細胞に注目し、恐怖学習が進行する過程においてこのニューロンの活動を追跡した。これにより、恐怖学習における小脳の機能を神経ネットワークレベルで解明するための足がかりを得ることを目的とした。

#### 方法

古典的恐怖条件付けには、LED ライトの点灯を条件刺激とし、体表への電撃を無条件刺激とした遅延条件付け手続きを用いた。条件付けられた恐怖反応として、条件刺激提示中の心拍減少を定量的に計測した。筋弛緩剤にて不動化したキンギョの小脳を露出し、金属微小電極もちいて細胞外記録法によってプルキンエ細胞からその電気的活動を記録した。プルキンエ細胞は、そのスパイク形状(シンプルスパイクとコンプレックススパイク)をもとに同定した。プルキンエ細胞からの記録を継続しながら条件付けを施して、恐怖反応とプルキンエ細胞活動との対応を詳細に調べた。

#### 結果と考察

大部分のプルキンエ細胞において、条件刺激に対する反応に条件付け前後で変化が認められた。条件付けに関連したプルキンエ細胞の活動変化には様々な種類があったが、半数以上のプルキンエ細胞において、条件付けられた恐怖反応の獲得後は条件刺激提示中の発火頻度が抑制されていた。とりわけ、無条件刺激に連動して登上線維からの入力により発生するコンプレックススパイクが観察されたプルキンエ細胞全てにおいて、条件刺激提示中のシンプルスパイクの発火頻度が低下していた点は注目に値する。これは、小脳回路の可塑性に関する Albus (1971) の理論を支持するとともに、運動学習における小脳の動作とも部分的に一致する。さらに、条件刺激提示中のプルキンエ細胞の活動において、条件付け前後でその変化が大きいほど、条件付けられた恐怖反応も大きいという傾向が認められた。

#### 結論

本研究の結果は、キンギョ小脳のプルキンエ細胞が、条件付け前には情動的に中性であった刺激に対して、条件付けに依存してその反応を変化させることを示している。無条件刺激により誘発された登上線維からプ

ルキエン細胞への入力がこの可塑的变化に関わっているかもしれない。本研究の成果は、脳の進化という観点からも興味深く、脊椎動物における情動の起源とその神経進化を明らかにする上でも意義が深い。

## チョコレートモデル油脂結晶の分子レベルその場観察

本同 宏成

広島大学生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### **In situ observation of chocolate-model triacylglycerol crystal growth in molecular level**

Hironori HONDOH

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

チョコレートはトリアシルグリセロールの結晶を主体とした代表的な油脂食品である。食品中の油脂結晶に関する研究は多くなされているが、結晶多形や固化率など実用的な観点からの研究が多く、成長速度やモルフロジーといった基礎的な研究は未だなされていない。食品中の結晶ネットワークは、食品の物性制御に重要であるが、ネットワーク形成の理解には結晶がどのように成長するかを理解する必要がある。また近年、食品の付加価値を高めるため、よりおいしさや機能性をもった食品の開発がなされているが、新しい食品の開発には食品中の油脂結晶に関する基礎的な研究が不可欠である。そこで本研究では、油脂の単結晶を用い、その結晶成長学的な理解を深めるため、結晶成長過程の分子レベルでのその場観察を行った。

油脂結晶にはトリパルミチンおよびトリラウリンを用いた。これらは比較的単結晶の育成が容易で、また高純度試料を入手しやすい。良質な単結晶育成および観察のためには、温度を高精度にて制御しなければならない。そのため顕微鏡下で温度を制御しながら観察可能な温度制御装置を自作した。温度制御にはペルチエ素子を用い、白金測温体によりステージの温度をモニタしながら0.1度の誤差内で制御できるステージを作製した。油脂は水に不溶なことから、結晶化は有機溶媒中で行った。結晶の観察にはレーザー共焦点微分干渉顕微鏡を用いた。この顕微鏡は、深さ方向に敏感なレーザー共焦点顕微鏡に、微分干渉機能を付加したもので、光学顕微鏡でありながら分子レベルの高さ分解能をもつ。非破壊かつ観察する系に擾乱を与えないため、結晶成長の分子レベルその場観察には非常に適した手法である。

レーザー共焦点微分干渉顕微鏡を用いて有機溶媒中の油脂結晶表面のその場観察を行った。成長および融解している結晶表面では、コントラストの異なるステップが観察された。本顕微鏡では高さの絶対値を求めることができないが、高さの違いはコントラストの違いとして現れる。すなわちコントラストの異なるステップはそれぞれ高さの異なるステップであると考えられる。またこれらのステップはある過飽和度の下、ほぼ等しい速度で前進していた。溶液成長する結晶では、その成長の律速段階には溶質の拡散および溶質の結晶への取り込みの二つの課程が知られている。拡散が律速の場合はステップ前進速度はステップの高さに依存しないが、取り込みが律速の場合、ステップ高さに応じて前進速度が異なる。観察の結果、コントラストの異なるステップの前進速度が変わらないことから、油脂結晶が有機溶媒中で成長する場合は拡散律速であることが示された。

今後はチョコレート中にもっとも多く存在するトリアシルグリセロールを用いて観察を行い、油脂食品中の結晶成長の様子を明らかにしていく。

## 広島市近郊における伝統的農産物流通主体の形成・展開と 産地維持機能に関する研究

細野 賢治, 矢野 泉, 高梨子 文恵

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### **A study of development of traditional vegetable shippers and their factor for maintaining vegetable producing districts in Hiroshima urban area**

Kenji HOSONO, Izumi YANO, Fumie TAKANASHI

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,*

*Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

本研究は、広島市近郊に特有の受託集出荷業者メッセンの農産物集荷活動について検討した。メセンは、名称の由来は「メッセンジャー」であるといわれ、農家から依頼を受けて農産物を卸売市場まで輸送し、同時に市場の情報を農家に、農家の情報を市場に提供する、家業的産地商人である。

メセンの特徴としては、①農産物を生産者名義で市場出荷している点、②卸売業者から指名を受けて業務を行っている点、③卸売市場では生産者台帳がメセンごとに整理されており、④メセン同士の競争関係がない点、が挙げられる。

メセンは基本的に出荷先市場が1社に限定されている。委託手数料は基本的に市場手数料と同率の8.5%で、集荷地域から市場への距離が遠い場合は10%という取り決めがあったが、最近では生産者の希望で8.0%に値下げしているケースが多い。なお、かつては生産者の代理として卸売業者から精算金を徴収し、生産者に直接手渡していたが、現在ではメセン手数料の計算も含めて農協経由で代金精算が行われている。

安佐北区白木町ではT氏が活動を行っており、年齢が74歳と市内で最高齢のメセンである。業務当初は東部市場の1社から指名を受けてメセン業務を開始した。25人の生産者はメセンの集荷施設（農協資金で設立された予冷库）に各自の出荷物と仕切伝票を置いておく。一部高齢者にはT氏が巡回集荷をしている。集荷物は決まった時間に市場へ輸送し、移動ゼリが行われる近郷売場のメセンごとに指定されている場所に並べる。生産者に対しては、市場の情報を提供し、需要が高い品目や品種、荷姿などを農協とタイアップしながら指導する。代金精算は前述の通り農協口座を通じて行われ、農協は8.0%のメセン手数料を計算してメセンの口座に入金し、残りの金額を生産者に振り込んでいる。

メセンT氏を利用する農家H氏であるが、自己の生産物を高価格で販売したいという経営指向である（高価格追求）。そのため、高品質生産のための費用や丁寧な出荷調整、市場情報の提供や出荷指導をしてくれるメセンに対する手数料などは、必要な費用であると考えている。一方、包装・出荷資材や仮に自分が市場まで輸送した場合の時間や事故リスクは削減したい対象となっている。包装資材に関しては、農協の直販事業で採用している通いコンテナを通常の市場出荷でも利用できれば農家にとって有益では、と述べていた。

メセン選択のメリットとしては、セリ取引に対応することにより高品質生産を実現すれば高価格が期待できること、既に高級料亭需要やデパートのバイヤーなど販売先が固定化しており、個人ブランドが市場で定着していることを挙げている。また、メセンに輸送を依頼することで生産者自身の交通事故リスクが軽減されることや、市場関係者に顔つなぎしてもらえることも重要点である。

## 釣り餌として海外から流通される水生動物の移入と定着に関する基礎的研究

斉藤 英俊

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### Basic studies concerning of introduced and established aquatic animals from foreign countries as fishing bait

Hidetoshi SAITO

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

遊漁に利用される活きた釣り餌は、日本国内で採捕や養殖されているほかに1969年頃より韓国から輸入され始め、近年では中国、インドネシアおよびオランダなどから年間1000トン前後輸入されている（日本釣り用品工業会，2010）。財務省貿易月表によると、哺乳類、は虫類、および昆虫類など生きている動物の種別輸入量に関して、輸入総数の90%以上は多毛類を主体とする釣り餌動物が占めると報告されている（大曾根，2006）。近年の外來生物の移入と定着に関心が集まる中で、釣り餌動物に関してはアオゴカイやイワムシなどの多毛類（西・田中，2009）、およびカワリヌマエビ属エビ類やテナガエビ科エビ類などの甲殻類（丹羽，2010）に関する輸入情報がある。しかし、釣り餌として利用される水生動物は輸入量が極めて大きいにもかかわらず、上記の多毛類や甲殻類以外にどのような種類が含まれているのかについてまとまった資料や研究情報が乏しく、最近の釣り餌動物の輸入実態がよくわかっていない。

本研究では、西日本でどのような水生動物が釣り餌として流通されているのかについて、広島県および大阪府内の釣り餌卸業者および小売店への聞き取り調査をおこなった。釣り具店で販売されている商品として、多毛類、ユムシ類、ホシムシ類、二枚貝類、甲殻類 および魚類など少なくとも27種が2011年までに確認できた。これらの釣り餌動物は、1) 国外から輸入されている非在来種（ $\geq 4$ 種）、2) 国外から輸入されている在来種（18種）、3) 国内流通されている外來種（2種）、および4) 国内流通のみされている在来種（3種）の4タイプに分けられた。このように、釣り具店で販売が確認されている種の8割以上から釣り餌としての国外からの移入情報もたらされ、カワリヌマエビ属エビ類やテナガエビ科エビ類などの甲殻類では国内生息地への定着情報もあることがわかった。

本研究助成は、科学研究費基盤研究C（平成24～26年度）「外來性釣り餌動物の侵入と分散に対するリスク管理手法の解明」（研究代表者：斉藤英俊）の獲得に寄与した。ここに謝意を表します。

## 低い割合で給与するイタリアンライグラスサイレージの栽培時施肥方法の違いが泌乳中・後期牛の乳生産に及ぼす影響

黒川 勇三

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

### Milk production of dairy cows fed diet with low proportion of Italian ryegrass silage cultivated with different fertilizer application methods

Yuzo KUROSAWA

Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

日本畜産は飼料の自給率が低く、現在価格が上昇している海外からの輸入穀物に依存する割合が高いことが課題である。飼料増産の最も現実的な方法のひとつに、施肥方法改善による粗飼料の品質と収量の改善があげられる。この方法の生産現場への展開には、現状の低い自給率のもとで、品質の変化が乳生産などの家畜生産に及ぼす影響を明らかにしつつ、増加した収量を活用して自給率を向上させながら、適切な家畜生産を達成できる飼料給与と体系を確立する研究が必要である。本研究では、施肥方法を変えて栽培・収穫したイタリアンライグラスサイレージ (IS) を低い乾物割合 (24%以下) で給与した場合の、泌乳中後期牛の乳生産に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした泌乳試験を行った。

本学瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター西条ステーション (農場) で飼育されている7頭のホルスタイン種泌乳牛 (体重 $690.9 \pm 74.9$  kg; 分娩後 $208 \pm 59$  日, 産次数 $3.5 \pm 0.9$ ) を供試した。これら泌乳牛はフリーストールにて飼育され、飼料を個体識別装置付の自動給餌システムにより TMR (IS, 購入乾草, ビートパルプ, 濃厚飼料, 添加物を混合) として給与した。搾乳は24時間自動の搾乳ロボットにより行われ、搾乳時にも濃厚飼料が給与された。飼料の給与量は日本飼養標準乳牛 (2006) に応じて決定した。1期を2週間 (10日間の馴致期間+4日間のデータ採取期間) とする3期からなる泌乳試験を実施した。TMR に混合する IS として、1期目と3期目は本農場において基肥 (50 kg N/ha, 硫安) と追肥 (50 kg N/ha, 尿素) を行って生産した IS を用い (追肥区), 2期目はすべて基肥 (50 kg N/ha, 硫安+50 kg N/ha, 尿素) により生産した IS を用いた (基肥区)。両区とも播種前にはほぼ同じ量の堆肥を施用した。農場の記録によると追肥区の乾物収量は基肥区の約1.3倍であった。IS の TMR 中および全飼料中乾物含有率は、追肥区でそれぞれ30.7%と23.3%, 基肥区で31.2%と23.5%と2処理区で同様であった。

追肥区の IS は基肥区にくらべて、高い粗タンパク質 (CP) およびカリウム (K) 含有率と、低い非繊維性炭水化物 (NFC) 含有率を示した。NFC 含有率の傾向は TMR でも同様であった。また IS と TMR において脂肪酸中のリノール酸割合の低下と  $\alpha$ -リノレン酸割合の増加が認められた。乾物採食量に処理区間の差は認められなかったが、乳量は追肥区のほうが有意に低かった ( $P < 0.05$ )。乳中の乳糖と SNF の含有率は追肥区のほうが有意に低かった ( $P < 0.05$ )。乳タンパク、乳糖、SNF 生産量は追肥区のほうが有意に低かった ( $P < 0.01$ )。血漿中グルコース濃度が追肥区のほうが低い傾向を示し ( $P < 0.1$ )、これら乳量と乳質の変化は追肥区の IS 中 NFC 含有率が低かったことが原因のひとつと考えられた。また血漿中カルシウム含有率が追肥区のほうが有意に低かった ( $P < 0.01$ ) が、IS 中のカリウム含有率が影響している可能性がある。乳脂肪中のリノール酸割合は追肥区のほうが有意に ( $P < 0.01$ ) 低く、*cis*-9, *trans*-11 共役リノール酸 (CLA) 割合に有意差は認められなかった。施肥方法に伴う IS 中の CP 含有率の増加と関連した、リノール酸の低下は乳脂肪中リノール酸を低下させたが、 $\alpha$ -リノレン酸の増加は乳中 CLA を増加させなかった。

以上のことから低い飼料中割合 (25%以下) の IS 品質が施肥によって変化した場合に、乳生産に明確な

影響を及ぼすことが明らかとなった。施肥効率が高かったと考えられる追肥区において、乳量や乳質が低下していたことから、施肥方法の変更により生じた IS 品質の変化に配慮した飼料の構成を行うことが、収量の増加分を活用して自給率を高めつつ乳生産を向上させるために重要であることが明らかとなった。