

平成26年度研究科長裁量経費による助成研究一覧  
**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
<b>基盤研究サポート Grant-in-Aid for Fundamental Research</b>	プロバイオティクスを活用した乾乳期からの暑熱緩和ケアによる乳 生産技術の開発 Effects of the probiotics feeding during dry period on the heat stress of dairy cows	河上 眞一 Shin-Ichi KAWAKAMI
	安芸津沖および広島湾における海洋酸性化の実態調査 Current state of oceanic acidification in waters off Akitsu and Hiroshima Bay, Seto Inland Sea, Japan	三瓶 真 Makoto SAMPEI
	福山市田島沖における海苔（ノリ）の色落ちをもたらす要因とその 対策に関する研究 Environmental factors leading Nori ( <i>Porphyra</i> ) decoloration in the farming area of Tashima Island, Fukuyama area (Hiroshima, Japan)	小池 一彦 Kazuhiko KOIKE

## Effects of the probiotics feeding during dry period on the heat stress of dairy cows

Shin-Ichi KAWAKAMI

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

プロバイオティクスを活用した乾乳期からの暑熱緩和ケアによる  
乳生産技術の開発

河上 真一

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

【背景・目的】近年の地球温暖化に伴う平均気温の上昇は、「暑熱ストレス」として畜産物の生産に多大な損失を与えることが危惧されており、特に乳牛は第一胃内発酵による熱生産のため、暑熱ストレスに対して弱い家畜であることが指摘されている。生産現場ではこれまでも乳牛に対する暑熱対策として、夏季の分娩を避け秋季に集中させる、などの方策が試みられてきたが、暑熱対策として秋季に分娩を集中させることは、結果として乾乳期の乳牛が暑熱ストレスに暴露されることを意味することから、乾乳期の乳牛への暑熱対策は急務である。プロバイオティクスは「腸内フローラバランスを改善することにより動物に有益な効果をもたらす生菌添加物」と定義され、その一種である枯草菌は肉牛または子牛への給与により、夏季の体重の増加、飼料効率および腸内フローラの改善、免疫機能の向上等の効果が報告されているものの、枯草菌の乳牛に対する暑熱ストレス緩和についての知見は不足している。しかし、枯草菌の肉牛および子牛に対する効果を考慮すると、乳牛についても乾乳期では個体の健全性の維持と分娩に向けた安定した胎子への栄養供給や泌乳準備に、また泌乳期では乳量減少抑制、乳質の維持、および繁殖機能の向上が期待できる。

よって本研究では、動物に有益な効果をもたらすプロバイオティクスを活用して乾乳期から高泌乳牛の生体機能を高め、泌乳期における暑熱ストレスの緩和を図ることによりその生産性と繁殖性の低下を防ぎ、同年での良質牛乳の供給を可能とする酪農の実証と経営強化を目指すことを目的とする。

【方法】供試動物は広島大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にて維持管理されているホルスタイン乾乳牛2頭とした。本年6月より給与試験を開始し、実験区は対照区および枯草菌給与区の2区としてそれぞれ1頭を割り当てた。プロバイオティクスとして枯草菌の一種である *Bacillus subtilis* C-3102株（製品名カルスポリン：カルピス株式会社）を使用した。枯草菌給与区には分娩6週間前より枯草菌（ $6.0 \times 10^9$ cfu）をカプセルに封入して経口給与し、分娩後6週間まで枯草菌の給与を継続するとともに、給与停止から6週間まで経過観察を実施した。測定項目は体重、飼料摂取量、乳量、乳成分、直腸温、一般血液成分、各種血中ホルモン、糞中細菌数等とした。

【結果・考察】実験期間中の平均気温、最高気温および最低気温（℃）はそれぞれ $22.76 \pm 0.26$ 、 $27.66 \pm 0.33$ および $18.30 \pm 0.30$ であった。直腸温（℃）は対照区で39.0、枯草菌給与区で39.1であり、枯草菌の効果は見られなかった。分娩時および平均体重（kg）は対照区で710.7および675.7、枯草菌給与区で678.3および653.6であり、枯草菌の効果は見られなかった。また飼料摂取量（kg）は乾乳期の対照区および枯草菌給与区では13.2および12.3、泌乳期の対照区および枯草菌給与区では23.6および23.9であり、枯草菌の効果は見られなかった。乳量（kg）、乳脂率（%）および乳蛋白質（%）は対照区で40.9、3.64および3.02、枯草菌給与区で38.8、3.67および3.09であり、枯草菌の効果は見られなかった。一般血液成分および血中コルチゾル濃度においても枯草菌の効果は見られなかった。糞中細菌数においては枯草菌給与区で *Streptococcus* 数の減少が観察されたものの、それ以外の細菌数においては枯草菌の効果は見られなかった。本試験ではほとんどの測定項目において枯草菌給与効果が観察されなかったが、対照区および枯草菌給与区の双方において直腸温の上昇が観察されなかったことから、供試牛に対して暑熱ストレスが十分に負荷されなかった可能性が考えられた。

## Current state of oceanic acidification in waters off Akitsu and Hiroshima Bay, Seto Inland Sea, Japan

Makoto SAMPEI<sup>1</sup>, Michiyo Yamamoto-KAWAI<sup>2</sup>, Tamiji YAMAMOTO<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>School of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology,  
Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan

安芸津沖および広島湾にける海洋酸性化の実態調査

三瓶 真<sup>1</sup>, 川合 美千代<sup>2</sup>, 山本 民次<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>東京海洋大学海洋科学部, 108-8477 港区, 東京

### (序論)

人間活動によって大気中に放出された二酸化炭素のおよそ1/3は、海水に吸収されている。このことは温暖化の抑制に貢献しているが、一方、弱酸である二酸化炭素が溶け込むことで、海水が徐々に酸性化している。すでに、表層海水の平均 pH は、産業革命以前の8.3から8.1まで減少しており、今後もさらなる減少が予想されている。海洋の酸性化は炭酸カルシウムを溶けやすくするため、特に炭酸カルシウムの殻を持つ貝類（例えばカキ）などの生物に負の影響を与えることが明らかになり、沿岸生態系に大きな影響を与えることが懸念されている。しかし、生物多様性が高く生物量が豊富な沿岸域における酸性化の状況については、ほとんど明らかになっていない。これは、観測例が圧倒的に不足しているためである。また、沿岸域は局地的な河川水や陸起源物質、人間活動などの影響を大きく受けるため、外洋や近海、あるいは他の沿岸域での観測例を用いて現場の酸性化状況を予測することは不可能である。従って、日本沿岸の酸性化状況を理解し、海洋生物あるいは水産業への将来的な危機を予測・回避するためには、様々な沿岸域での観測を行うことが緊急の課題である。さらに、広島県や東広島市（安芸津地区）は炭酸カルシウムの殻をもつカキ養殖が非常に重要な産業となっている。カキは濾過捕食者であり、懸濁態有機物を積極的に取り込み水柱中から除去するため、水質の浄化にも役立つ。また、カキ筏には漁礁効果があると考えられている。このため、海洋の酸性化は、広島に産業に大きな負の影響を及ぼし、更には海洋環境の悪化を招き、海洋生態系へ影響を及ぼす可能性もある。そこで、本研究では、瀬戸内海に位置する広島近郊の安芸津沖や広島湾における海洋酸性化の現状を把握することを目的とする。

### (材料と方法)

現場における試料の採集は、安芸津沖（三津湾：北緯34.31度、東経132.81度）において2度（2014年10月8日および11月11日）、広島湾（北緯34.23～34.33度、東経132.33～132.47度）において2014年5月7日豊潮丸の広島湾航海に同乗して1度、計3回の観測で行われた。安芸津沖においては、3測点（カキ棚の中心部、カキ棚の縁辺部およびカキ棚から約20m離れた場所）、広島湾においては、5測点（太田川河口、五日市港付近、厳島北東部沖、厳島南東部沖および阿多田島東部沖）において採水およびCTD観測が行われた。採水された試料は、pH、全炭酸濃度および栄養塩濃度の測定に供された。CTD観測からは、塩分・水温等の鉛直プロファイルが得られた。

### (結果)

安芸津沖の平均 pH は、7.95と広島湾の平均（8.13）および日本近海の黒潮海域の pH（8.12：環境省ホームページより引用）と比較して低い値を示した。広島湾および安芸津沖の全ての水深・時期において、炭酸カルシウムの溶解度の指標となる $\Omega$ アラゴナイトおよび $\Omega$ カルサイトは共に過飽和状態を示す1以上の値で

あった。安芸津沖では広島湾と比較して、低塩分・高温の傾向を示したが、全炭酸濃度には違いが見られなかった。

(まとめ)

広島湾や安芸津沖において、現時点では炭酸カルシウムを持つ生物が生活しにくい環境ではない事が明らかになった。しかし、安芸津沖では陸水の影響等でその pH は日本近辺の外洋域と比較すると低い値を示していた。そのため、今後進行するであろう海洋の酸性化は、環境省がモニタリングを行っている近海域よりも、カキの養殖場にもなっているような沿岸域でいち早くその影響が出てくる可能性があることが明らかになった。しかし、今回の調査は、四季の変化を完全に網羅できていない。そのために、今後は季節変化に伴う酸性化の影響を把握することも望まれる。更には、広島湾や安芸津沖において定期的な海洋酸性化に対するモニタリング調査を継続する必要性が示唆された。

## Environmental factors leading Nori (*Porphyra*) decoloration in the farming area of Tashima Island, Fukuyama area (Hiroshima, Japan)

Kazuhiko KOIKE

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

福山市田島沖における海苔（ノリ）の色落ちをもたらす要因と  
その対策に関する研究

小池 一彦

広島大学大学院生物圏科学研究科, 739-8528 東広島市

広島県福山市の田島は広島県で唯一の海苔生産地であり、生産高は全国の0.8%に過ぎないが、海の恵みを生かした良質な海苔を生産している。しかし近年、「ノリの色落ち」と販売単価の下落に悩まされている。ノリは光合成補助色素としてフィコピリンと呼ばれる色素タンパク質を持ち、そのタンパク質のために製品としての海苔は黒くなる。黒いほどタンパク質が豊富であり取引価格も高い。しかしこのタンパク質の合成に必要な海水中の無機態窒素が3  $\mu\text{mol/l}$  を下まわるとノリの色が薄くなり、その結果製品としての海苔の価格が下落する。

田島におけるノリの色落ちには一定の傾向がある。福山市中心部に近い東側ほど色落ちが激しく、尾道市に近い西側や、愛媛県に近い沖側ほど色落ち程度は緩やかになる。これらノリ漁場の西側～東側をカバーするように定点を設定し、ノリの収穫期である12月末から1月下旬にかけ、2週に一度の程度で海水中の無機態窒素濃度とその減少要因に関わる項目を調査した。その結果、漁場の東側では調査開始時から窒素濃度が3  $\mu\text{mol/l}$  を下回り、西側に行くにつれ時期が後ろにずれつつも、1月上旬～中旬にかけ全ての調査点で窒素濃度が3  $\mu\text{mol/l}$  を下まわった。その時期と同じくしてノリの色落ちが生じた。窒素濃度が3  $\mu\text{mol/l}$  を下まわった時期は、大型珪藻の出現時期と重なっていた。特に近年瀬戸内海で冬期に出現する *Eucampia zodiacus* 珪藻が、海水1 mlあたり数百細胞出現し、本種が海水中の窒素を吸収・ノリの色落ちを引き起こしていることが示唆された。平成27年2月3日に豊潮丸を用い、広範な海域を網羅するように栄養塩や珪藻類の連続測定を行った。その結果、養殖海域東側に行くにつれ *Eucampia* の出現が多く、それに反比例するように海水中窒素濃度が減少していた。同時に、人工衛星 Landsat 8で取得された同海域の可視光画像を用い、スペクトル補正の後、河川水の流入を調べたところ、色落ちしにくい西側には三原市に流れ込む沼田川系水が影響し、これが栄養塩をもたらしていると推測された。一方、東側の芦田川からは河口堰により十分な河川水が流入せず、これが東側の色落ちを助長しているものと推測された。ただし、芦田川河口近隣の養殖場（田尻地区沖）には局部的に栄養塩の高いスポットが見出され、実際にこの養殖場では色落ちの程度が軽かった。これは芦田川由来ではないとすると、芦田川浄化センターから流れてきた処理水だと考えられた。

瀬戸内海の多くのノリ産地では同様の色落ちに悩まされており、兵庫県や香川県では浄化センターの緩和運転を行い、ノリ漁場に積極的に栄養塩を放出する試みを進めている。田島においても芦田川河口堰の弾力的運用を行うか、浄化センターの緩和運転を試みることにより海域の「海の力」をあげる試みを行う時期に来ているのかもしれない。