



准教授
風間 健太郎

共同研究者
太田 能力
小杉 和樹
新妻 靖章

2010 年 北海道大学水産水産科学院
博士課程修了
2010 年 名城大学農学部 博士研究員
2013 年 日本学術振興会特別研究員 PD
名城大学農学部
2016 年 北海道大学水産科学院
博士研究員
2019 年 早稲田大学人間科学部
准教授（現職）

カモメ由来の栄養を取り込んだ利尻昆布は美味しくなるか？ ～SDGs に根差した人とカモメが共存する利尻島を目指して～

1. 背景と目的

人類の産業活動による環境への過剰な負荷を主な原因として、近年地球上の生物多様性は急速に失われている。持続可能な社会の構築のためには、生態系への負荷を最小とし、かつ様々な生物が生態系の中で担う役割（生態系機能）をうまく活用した“環境調和型食糧生産システム”の構築が不可欠である（風間 2015）。



写真① ウミネコの集団繁殖地

北海道・利尻島には毎年春～夏にかけてカモメの仲間であるウミネコ数万羽が島内の一か所に集まって集団で繁殖を行う世界最大の繁殖地が存在する（写真①）。



写真② 利尻コンブの干し場

利尻島はリシリコンブの主要な生産地であり、多くの水産従事者がリシリコンブの水揚げ・加工を行っており、島の主要な産業となっている。水揚げされたリシリコンブは海辺近くのコンブ干場で天日干しによって乾燥されるが（写真②）、リシリコンブの水揚げ・天日干しが行われる 6 月中旬～8 月は、ちょうどウミネコの繁殖地にあたり、ウミネコの親鳥は陸に位置する集団繁殖地と海とを一日に何度も往復し、雛に餌となる魚

を届ける。その際、海辺にあるコンブ干場の上空をウミネコが何度も飛行することになり、コンブ干場上空で排出された糞が天日干し中のリシリコンブに付着することで「糞害」が発生する。糞で汚染されたコンブはその部分を切り取って販売せざるを得ず、リシリコンブの商品価値を著しく落とす原因となっている。

そのため、利尻島ではウミネコは「害鳥」として認識されており、漁業者によるウミネコの駆除が頻繁に行われるなどの軋轢が生じている。著者はこれまで、ウミネコによる被害防除のための様々な対応策を講じてきたものの、飛来するウミネコは数万羽規模にのぼりかつその飛翔範囲は広域にわたるため、糞害を減らすための決定打は見つっていない。一方、ウミネコは近年その個体数が急速に減少しており、2017 年には北海道の準絶滅危惧種に指定され、かなり近い将来環境省のレッドリストにも記載されることが予想されている。世界最大規模を誇る利尻島の繁殖地において、ウミネコと人間との共存の仕組みを構築することは本種の保全上重要な意味を持つ。

著者らによる最近の研究により、ウミネコがリシリコンブの生育に役立っている可能性が高いことがわかってきた。ウミネコを含む海鳥は、外洋域で餌である魚類から摂取した窒素などの栄養塩類を巣やねぐらのある陸域や沿岸域に糞として大量に供給する。自然界に最も多く存在する窒素は「通常窒素 (^{14}N)」であるが、海鳥が採餌を行う外洋域は一般に沿岸域よりも「安定同位体窒素 (^{15}N)」が多く存在する。海鳥の餌となる魚の体内にも多くの ^{15}N が存在し、海鳥が排出する糞の中にも多くの ^{15}N が含まれる (Kazama et al. 2013)。著者らはこの仕組みに着目し、窒素安定同位体を指標として沿岸海洋生態系内におけるウミネコ由来の窒素を識別・追跡した。その結果、北海道利尻島においてウミネコによる窒素供給がある場所では、ない場所に比べてリシリコンブ

の体内窒素含有量は 2 倍、生産量は約 2~2.5 倍増加するということを明らかにした (Kazama 2019, Kazama et al. 未発表)。

コンブ類では体内窒素含有量が高いほどアミノ酸含有量も高いことが知られているため (大石ら 1961)、ウミネコ由来窒素を含み高い生産性を示すリシリコンブのアミノ酸含有量はそうでないコンブよりも多い可能性がある。海藻体内でのアミノ酸の生理機能はいまだ十分には解明されていないが、コンブ体内のアミノ酸組成や含有量は恒常性維持や孢子形成など生産性に関わる可能性があるほか、呈味成分として食品の付加価値にも関連する。ウミネコ由来窒素を取り込んだリシリコンブを「美味しい」コンブとして販売することができれば、ウミネコ繁殖地の近くでリシリコンブを水揚げする生産者の利益向上に貢献できる可能性がある。本研究の目的は、利尻島においてウミネコがもたらす窒素がリシリコンブの呈味成分に変化をもたらす食品としての付加価値を向上させるかを検証することである。

2. 方法

野外調査

2023 年 6 月に海道利尻島のウミネコ営巣地に近接する磯 (SHS) とそこから 20km 以上離れた対照区の磯 (ONW) においてリシリコンブを採集した。採集は 6 月および 7 月に実施した。また、利尻島以外のウミネコ営巣地におけるリシリコンブの窒素動態を調べるために、2023 年 7 月に北海道枝幸町においても、営巣地に隣接する磯 (MND) およびそこから 10km 以上離れた磯 (KMI) にてリシリコンブを採集した。一つの地点につき 2 年生のリシリコンブ 4-5 個体を採集し、冷凍保存して研究室に持ち帰った。

アミノ酸含有量測定

採取したリシリコンブ体内のアミノ酸含有量を液体クロマトグラフ質量分析計 (LC-MS/MS) により測定した。測定には日本獣医生命科学大学 (東京都) の分析計を用いた。本研究においては各種アミノ酸のうちコンブの呈味成分として知られるグルタミン酸とアスパラギン酸 (松本ら 1996) のみを対象として分析を行った。

各地点において採集された 4-5 個体のリシリコンブのうち 1 個体を選定し、水道水で軽く洗浄してから中央部を 1.5cm 四方に切り取り、それを加水分解してアミノ酸抽出液を作成し分析に供した。利尻島の試料については、今回は 6 月に採集されたもののみを分析に用いた。

過去サンプルのアミノ酸測定、全窒素含量および安定同位体比との関連

北海道利尻島のウミネコの繁殖地は、これまで島内の複数地点を転々と移動しながら

ら形成されてきた（風間ら 2014）。著者らは 2011 年~2022 年に当時の繁殖地近傍合計 3 箇所（OIS01、OIS02、KNS）および対照地点（ONW）の磯においてリシリコンブの採集を継続してきた。本研究においては、これら過去に採集された試料についても同様にアミノ酸含有量測定を行った。

また、2011 年~2021 年に採集されたリシリコンブについては、体内の窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）および全窒素含有量が測定されている。本研究においては、測定されたアミノ酸含有量と窒素安定同位体比、および全窒素含有量との関連についても検証した。

3. 結果

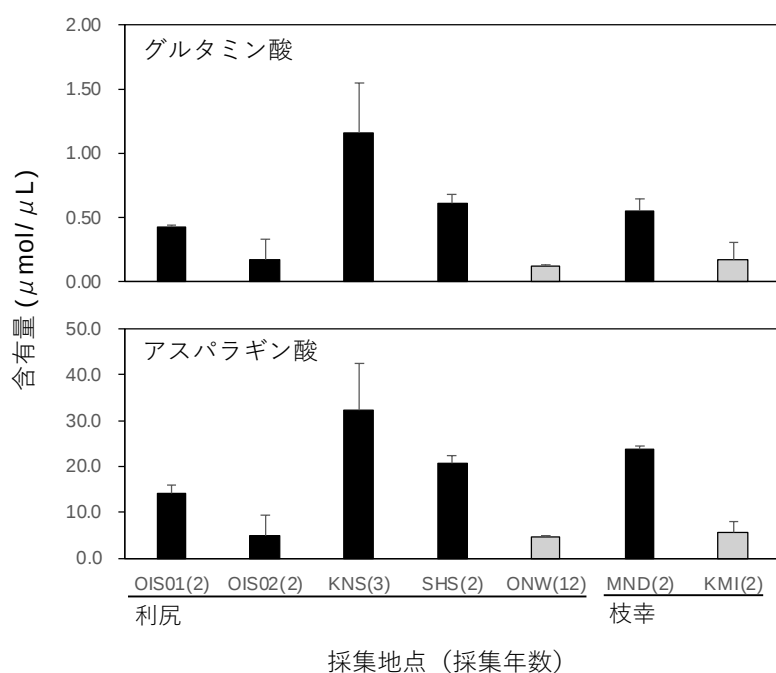


図 1. 北海道利尻島と枝幸町の各地点におけるリシリコンブ体内に含有されるグルタミン酸（上）およびアスパラギン酸（下）の量。黒色はウミネコ営巣地に隣接する磯、グレーは対照地点の磯、括弧内の数字はサンプルサイズ、エラーバーは標準誤差を示す。

北海道利尻島と枝幸町において 2011 年~2023 年に採集されたリシリコンブ体内に含有されるアミノ酸含量を図 1 に示した。OIS02 を除くと、利尻島と枝幸町の両地においてリシリコンブ体内の呈味に関わるアミノ酸含有量は対象地位点よりもウミネコ営巣

地において 3～8 倍ほど高かった。

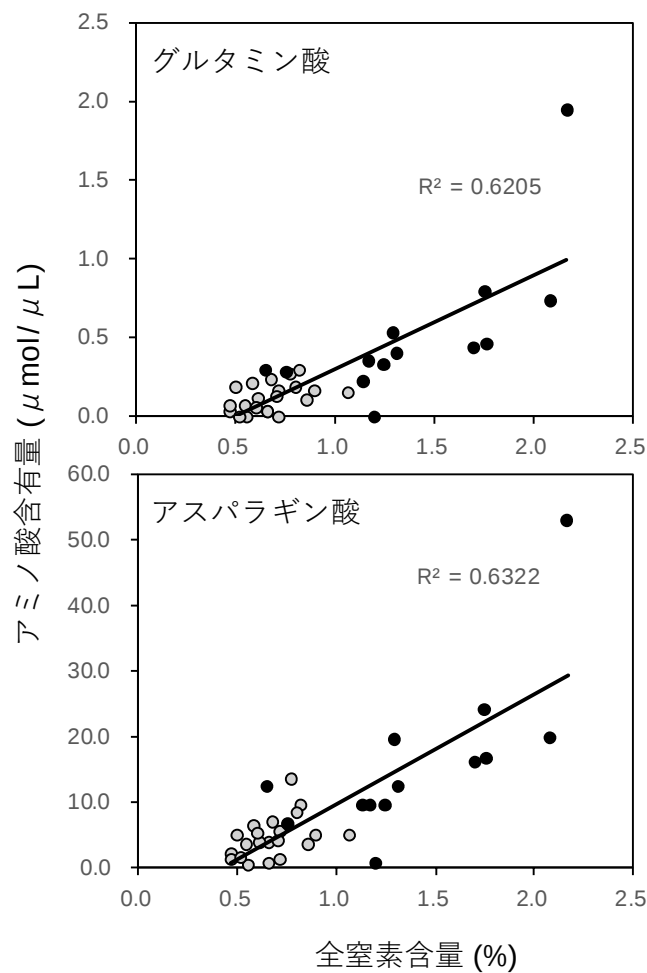


図 2. リシリコンブの体内含有全窒素量とグルタミン酸（上）およびアスパラギン酸含有量（下）の関係。黒色のプロットはウミネコ営巣地に隣接する磯、グレーのプロットは対照地点の磯、実線は回帰直線を示す。

リシリコンブ体内の全窒素含量とアミノ酸含有量との関係を図 2 に示した。リシリコンブ体内の全窒素含有量が高いほど呈味に関わるアミノ酸含有量は増加した（グルタミン酸 : $p < 0.01$ 、アスパラギン酸 : $p < 0.01$ ）。

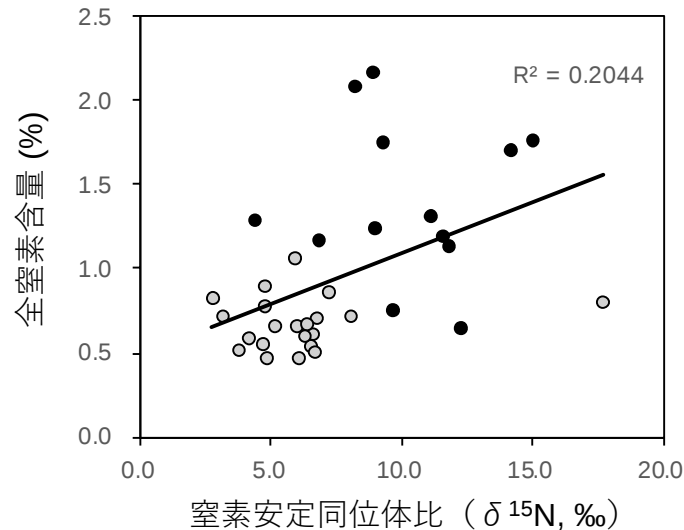


図 3. リシリコンブの窒素安定同位体比と体内含有全窒素量の関係。黒色のプロットはウミネコ営巣地に隣接する磯、グレーのプロットは対照地点の磯、実線は回帰直線を示す。

リシリコンブの窒素安定同位体比と全窒素含有量の関係を図 3 に示した。リシリコンブ体内の窒素安定同位体比が高いほど全窒素含有量が増加した ($p < 0.05$)。

4. 考察

本研究により、ウミネコ営巣地近傍の磯で生育するリシリコンブはそうでない地点のコンブに比べて呈味に関わるアミノ酸を高濃度に含有していることが明らかとなった。またそれらのアミノ酸含有量はコンブ体内の全窒素含量が多いほど増加し、さらに全窒素含量は窒素安定同位体比が高いほど増加した。既述のように、リシリコンブ体内の窒素安定同位体比はウミネコ由来窒素の含有量の指標である。したがって、これら一連の結果は、リシリコンブはウミネコ由来窒素を体内に多く取り込んで生育した時ほど呈味が増すことを示唆する。

こうした傾向は利尻島の過去のウミネコ営巣地である OIS02 地点では確認されず、また同じく OIS01 地点においてアミノ酸含有量は他の営巣地ほどは高くなかった (図 1)。これらの原因は定かではないが、コンブ試料の保管状態に関連していた可能性がある。OIS01 および 02 両地点では 2012 年を最後にウミネコ繁殖地が消滅・移動したために (風間ら 2014)、同地点におけるウミネコ繁殖中のコンブ試料は 2011 年および

2012 年に採集され、その後長期間冷凍保存された。保存期間中に酸化が進むなどしてアミノ酸組成に変化が生じた可能性は否定できない。今後は試料の保管状態とアミノ酸含有量との関連を精査する必要があるだろう。

リシリコンブは我が国における重要な海産物であり、日本食においてはなくてはならない食材の一つである。しかしながら、気候変動にともなう海水温の上昇、磯焼けや栄養塩枯渇等の沿岸海洋環境の悪化、さらには需要の低下等により、北海道におけるコンブ生産はこの 30 年ほどで 6~7 割も減少した。このままでは我が国におけるコンブ漁業は衰退・消滅の危機を迎えると言われている。本研究の成果は、ウミネコが提供する生態系サービスを上手く活用することで、持続可能な環境調和型食糧生産が可能となるばかりか、生産品の付加価値が向上することでウミネコと漁業者との共存に繋がる可能性を示唆する。近年、都市部の消費者を中心に、環境負荷の少ない食糧生産品に高い関心が寄せられている。そのため、本研究で示されたウミネコ営巣地近傍における環境調和型生産によるコンブの付加価値の向上は、現在低下しつつあるコンブ需要の回復にも繋がる可能性があり、カモメの糞害により減少した漁業者の収入を向上させ、またそれによるカモメ類への嫌悪が低下するといった好循環に繋がることが期待される。

5. 謝辞

本研究を実施するにあたり、利尻町役場の小杉和樹氏、利尻町立博物館の佐藤雅彦氏および富岡森理博士、利尻自然史研究室の風間麻未氏、枝幸町教育委員会の村山良子氏には現地調査を支援いただいた。各地点におけるリシリコンブの採集は北海道大学水産学部 資源生態学研究室、名城大学農学部 環境動物学研究室、および早稲田大学人間科学部 野生動物生態学研究室の学生諸氏に補助いただいた。アミノ酸分析は日本獣医生命科学大学応用生命科学部 動物生産化学教室の白石純一博士および長谷川悦子博士にご指導いただいた。これらの方々に深く感謝申し上げる。

6. 引用文献

- 大石 圭一, 田村 祐子, 親松 厚, 金井 英治, 奥村 彩子, 村田 喜一 (1961) 昆布の品質-III, 日本水産学会誌, 27: 598-600
- 風間健太郎 (2015) 鳥類がもたらす生態系サービス：概説、日本鳥学会誌 64: 3-23
- Kazama K (2019) Bottom-up effects on coastal marine ecosystems due to nitrogen input from seabird feces. *Ornithological Science* 18: 117-126.
- Kazama K, Murano H, Tsuzuki K, Fujii H, Niizuma Y, Mizota C (2013) Input of seabird-derived nitrogen into rice-paddy fields near a breeding/roosting colony of the Great Cormorant

(*Phalacrocorax carbo*), and its effects on wild grass. *Applied Geochemistry*, 28 : 128-134.

風間 健太郎, 佐藤 雅彦, 小杉 和樹 (2014) ウミネコの集団繁殖地の動態 -2005～2013 年の推定総個体数の推移と 2010 年以降の営巣地移動について-, 利尻研究 33: 87-93

松本 伸子, 甲田 道子, 菅原 龍幸 (1996) こんぶだし汁の呈味に關与する成分について, 日本食生活学会誌, 7: 47-52