



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Factors controlling high productivity of coral reefs, viewed via nitrogen isotope ratios of amino acids in Cnidarians under autotrophic and mixotrophic laboratory breeding [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	李, 謹岑
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16526号
Issue Date	2025-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95776
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	LI_Jincen_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 李 謹 岑

審査委員 主査 教授 力石 嘉人
副査 教授 西岡 純
副査 准教授 入野 智久
副査 准教授 滝沢 侑子
副査 主任研究員 石川 尚人
(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

学 位 論 文 題 名

Factors controlling high productivity of coral reefs, viewed via nitrogen isotope ratios of amino acids in Cnidarians under autotrophic and mixotrophic laboratory breeding
(珊瑚礁の高生産性を支えるメカニズム：独立栄養および混合栄養条件で飼育した刺胞動物(サンゴ・イソギンチャク)に含まれるアミノ酸の安定同位体比からの評価)

地球上に棲む生物の多くは、異なる生物種間で「共生」することで効率よくエネルギーを利用できるようになった結果、過酷な環境へも進出できたと考えられている。この共生関係の成立は、地球の長い歴史の中で多系統の生物群で頻繁に起こり、現在でも様々な生態系で観察されている。例えば、珊瑚礁は、栄養塩が枯渇している貧栄養海域であるにも関わらず、海洋の中でも特に生産性が高く、生物多様性に富んだ生態系として知られている。その生産性の高さを担保する理由の一つとして、① 独立栄養生物（藻類）と共生する従属栄養生物（動物）が多く見られること、かつ、② 共生藻類の作り出した光合成産物（それに固定されたエネルギー）を、動物宿主が効率的に利用していることが古くから考えられてきた。しかし、実際に「どのくらい効率的に利用されているのか」について、これまでは定量的な測定が技術的に難しかったために、行われてこなかった。

本研究では、まず、アミノ酸の安定窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$ 値) を指標として、藻類-動物間の共生における光合成産物の利用効率を評価した。研究対象とした生物（珊瑚礁でよく見られるイソギンチャク、造礁サンゴ、非造礁サンゴなど）を独立栄養条件下で実験室にて長期飼育（2ヶ月以上）し、アミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値を分析した。なお、これらの生物を実験室で長期間飼育することは、これまでの研究では一般的に困難であったが、本研究では、水槽と濾過槽を独自に設計することで、達成された。分析の結果、光合成産物の利用効率は、共生性の動物宿主では平均で56%であり、これは、非共生性の草食性動物の一般的な利用効率（28%）と比較して、約2倍高いことが確認された。これらの結果は、「藻類-動物間の共生」が、一次生産者と一次捕食者という一般的な生態学的役割のみならず、藻類が作り出した光合成産物の利用効率を高めることで、低次生態系における生産性を向上させ、生態系全体の生産性の増大や、それに伴う生物多様性の維持に寄与していることを示唆した。特に、珊瑚礁のような高生産性かつ多様性に富んだ生態系の形成には、藻類-動物間の共生がもたらす「光合成

産物の高い利用効率」が果たす役割が極めて重要であることを、強く示唆した。

また、次に、同じくアミノ酸の安定窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$ 値) を指標として、これらの藻類-動物間の共生における外部からの栄養獲得率を評価した。対象とした生物 (非造礁サンゴ) を混合栄養条件下 (光合成を行いながら、動物プランクトンを摂餌させる) で実験室にて長期飼育し、アミノ酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値を分析した。分析の結果、捕食による栄養獲得率は約35%であり、残りの約65%が光合成に由来することがわかった。またこの割合は、捕食機会の頻度を上昇させても、ほとんど変化しないことが確認された。さらに、捕食によって得られたタンパク質・アミノ酸は、サンゴが100%利用しており、サンゴから共生藻類へは一切供給されていないことも確認された。これらの結果は、「藻類-動物間の共生」が、独立栄養的な栄養獲得方式のみならず、混合栄養的な栄養獲得方式も行える「一次生産者」と「一次消費者」の両方の機能を有し、外部から栄養を獲得することで、低次生態系における生産性の安定化に寄与していることを示唆した。とくに、貧栄養海域において、珊瑚礁生態系が高い生産性を長期間安定的に維持するうえで、混合栄養的な栄養獲得方式の果たす役割が重要であることを、強く示唆した。

本研究の結果は、現代の生態系だけでなく、地球の生命の歴史を振り返る上でも重要な示唆を与えた。過去の海洋において真核藻類は複数回の「endosymbiosis : 細胞内共生」により進化、発展し、海洋表層の生産性の上昇に寄与してきたと議論されているが、本研究の結果は、これを説明する1つの要因として、藻類-動物間の共生による光合成産物の利用効率の上昇が、長い地球史の中で生態系の生産性を高め (バイオマスを増やし) 、またその生態系に棲む生物の多様性を維持する原動力となってきた可能性を示唆した。今後は、本研究で確立された研究手法を、様々な共生関係の生物に応用し、共生種-宿主種間の資源の授受・利用効率の一般性とバリエーションを調べることで、共生が持つ普遍的な生態学的意義、進化的意味をより深く理解することができると期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士 (環境科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。