

必須脂肪酸組成が異なる水生動物種間の同化・排泄特性

東北大学工学部	学生会員	○高澤 綾
東北大学大学院工学研究科	学生会員	荻野修大
東北大学大学院工学研究科	正会員	藤林 恵
東北大学大学院工学研究科	正会員	相川良雄
東北大学大学院工学研究科	正会員	西村 修

1. はじめに

水生動物のフンは底質に蓄積され、腐食連鎖を介して他の底生動物に餌として利用される。本来フンとは摂食した餌から必要な栄養を同化し不要なものとして排出されたものであり、餌としての栄養的価値は低い。しかし、水界生態系には異なる栄養を欲する様々な動物が共存しており、栄養要求の異なる他の動物のフンには必要な栄養が残っている可能性がある。しかしながら、これまで栄養要求の違いに注目して動物のフンの栄養的な価値について研究が行われたことはない。

栄養的な価値を評価する指標として必須脂肪酸が知られている。必須脂肪酸は ω -3 系列および ω -6 系列に分類される。動物種ごとに最適な ω 3/ ω 6 比があると考えられており、体の ω 3/ ω 6 比を好ましい範囲に保つために、餌から脂肪酸の選択的な同化が行われていると考えられている。そのため ω 3 系列の脂肪酸に要求が大きい動物のフンには相対的に ω 6 系列の脂肪酸が増加し、 ω 6 系列の脂肪酸に対する要求が大きい他の動物種の餌としての質が向上する可能性がある。

そこで本研究では、複数の水生動物を対象とし、餌・水生動物の体・フンの脂肪酸組成の関係を明らかにすることを目的に 150 日間にわたる飼育実験を行った。

2. 研究方法

(1)飼育実験

対象動物としてマルタニシ *Bellamya chinensis*、カワニナ *Semisulcospira libertine*、ゼブラフィッシュ *Danio rerio* を、餌には市販のクロレラ錠剤（クロレラキング®DX, クロレラ工業株式会社）および人工飼料テトラミン（TetraMin®, テトラジャパン）を用いた。マルタニシは 2 つのグループに分け、一方にはクロレラ、もう一方にはテトラミンを 1 日 2 回毎日与えた。カワニナにはテトラミン、ゼブラフィッシュにはクロレラを 1

日 2 回毎日与えた。水は脱塩した水道水を用い水温は 20℃～22℃の範囲に保った。マルタニシおよびカワニナは実験開始前に殻上の藻類をブラシで除去した。さらに藻類の発生を防ぐため暗条件で飼育し、毎日水を全量交換した。ゼブラフィッシュは 1 週間に 1～2 回 1/3 の量の水を交換した。

サンプリング頻度はマルタニシ及びカワニナが 0, 14, 28, 56, 100, 150 日、ゼブラフィッシュは 0, 7, 14, 28, 56, 100, 152 日とし、毎回 5 匹ずつ無作為に抽出した。

(2)脂肪酸分析

サンプルは凍結乾燥処理後、Abdulkadir and Tsuchiya¹⁾の方法を用いて脂質の抽出、誘導体化を行い、キャピラリーカラム（Select FAME, 100m×0.25mmID, 0.20 μ m, Agilent 社製）を装填した水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ（GC-2014, 島津製作所製）で分析した。

(3)評価方法

ω 3 系列および ω 6 系列の脂肪酸は動物体内で他の系列の脂肪酸に変化することがない。そのため無機化の影響を無視し、同化されなかった餌の脂肪酸が全てフンとして排泄されると仮定すれば、動物体内の ω 3/ ω 6 比が一定であれば、フンの ω 3/ ω 6 ($=R_E$) は次式で表される。

(i) $R_F = R_B$ のとき

$$R_E = R_F \quad \dots \dots (i)$$

(ii) $R_F > R_B$ のとき

$$R_E = \frac{R_F - \alpha \cdot R_B}{1 - \alpha} \quad \dots \dots (ii)$$

(iii) $R_F < R_B$ のとき

$$R_E = \frac{1 - \alpha}{\frac{1}{R_F} - \frac{\alpha}{R_B}} \quad \dots \dots (iii)$$

キーワード 必須脂肪酸, ω 3/ ω 6, 腐食連鎖, 水生動物, 排泄特性

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻環境生態工学研究室 TEL:022-795-7473 FAX:022-795-7471

ここで、 R_F ：餌の $\omega 3/\omega 6$ 比、 R_B ：体の $\omega 3/\omega 6$ 比、 R_E ：フンの $\omega 3/\omega 6$ 比、 α ：脂肪酸同化率とする。ただし式(ii)では $\omega 6$ 系列脂肪酸、式(iii)では $\omega 3$ 系列脂肪酸の同化率をそれぞれ表している。既往の研究^{2) 3)}を参考に同化率は0.34とし、この式からフンの $\omega 3/\omega 6$ 比を予想し、実際の分析結果と比較した。

3. 結果と考察

餌として与えたテトラミンとクロレラの $\omega 3/\omega 6$ 比はそれぞれ、0.65、0.62であり、両者とも $\omega 6$ 系列の脂肪酸を多く含んでいた(図1、図2)。また動物3種の $\omega 3/\omega 6$ 比は3種とも飼育期間を通して1以下であり、 $\omega 6$ 系列の脂肪酸に対する要求が相対的に大きかった。マルタニシの $\omega 3/\omega 6$ 比が他の2種と比較して低く、特にマルタニシが $\omega 6$ 系列の必須脂肪酸に対して要求が高いことが示された。

飼育期間中、動物の $\omega 3/\omega 6$ 比は変動する傾向にあったが、3種とも100日目以降は $\omega 3/\omega 6$ は一定となった($p>0.05$)ため、100-150日目の期間中の体およびフンの $\omega 3/\omega 6$ 比の平均値を用いて、式(ii)(iii)に当てはめ計算を行った。ゼブラフィッシュとカワニナのフンの理論値は実際のフンの $\omega 3/\omega 6$ 比と一致した(表1)。このことは体の $\omega 3/\omega 6$ 比からフンの値を予想することが可能であることを示している。また式は体と餌の $\omega 3/\omega 6$ 比が近いほど効率よく脂肪酸を同化できることを示している。カワニナやゼブラフィッシュのフンは元の餌であるクロレラやテトラミンよりも $\omega 3/\omega 6$ 比が小さくなっており、 $\omega 3/\omega 6$ 比が小さいマルタニシの値に近づいている。すなわちクロレラやテトラミンよりも、これらを食べて排出されたカワニナやゼブラフィッシュのフンの方が $\omega 3/\omega 6$ 比の観点からはマルタニシにとって適切な餌になっていると考えられる。

ところがマルタニシのフンの $\omega 3/\omega 6$ 比は理論値よりも小さかった。必須脂肪酸は体内でエイコサノイド物質に変換されることが知られている。 $\omega 3$ 系列と $\omega 6$ 系列の必須脂肪酸が体内でエイコサノイドに変換される割合が異なると、動物の体の $\omega 3/\omega 6$ 比は必ずしも同化した必須脂肪酸の割合を示さない。マルタニシにおいては体内で $\omega 3$ 系列の必須脂肪酸の方がエイコサノイドに変換されたと考えられる。

本研究では動物種によって精度に差はあるものの、体の $\omega 3/\omega 6$ 比からフンの値を予想することが可能であることが示唆され、動物のフンは栄養要求の異なる他の動物種に対しては良い餌となる可能性が示唆され

た。今後は栄養要求の異なる動物同士のフンの摂食実験などを行い、腐食連鎖を介した動物間の相互作用を検証し、生物多様性の成因についての理解を深めたい。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費(挑戦的萌芽研究課題番号24656308)の補助を得て実施された。ここに記して感謝の意を表する。

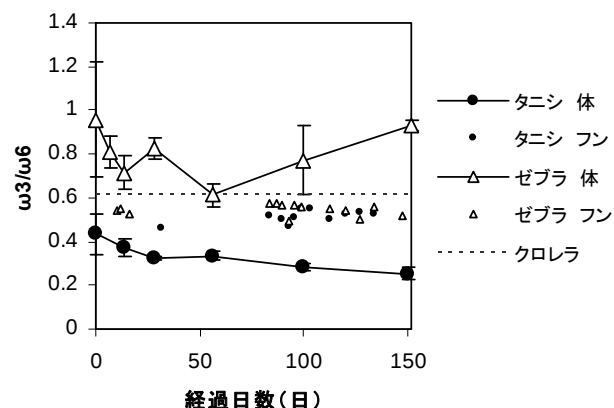


図1 クロレラを与えた動物の体、フン、餌の $\omega 3/\omega 6$

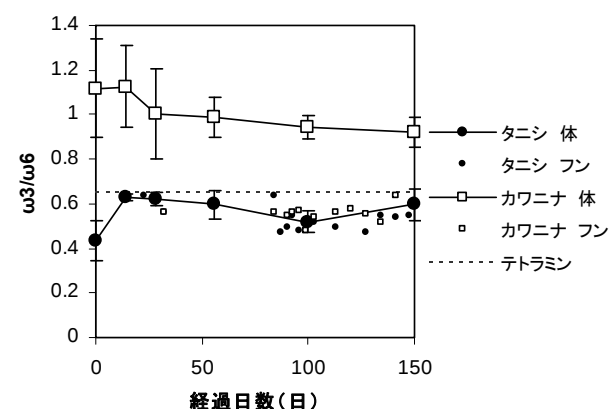


図2 テトラミンを与えた動物の体、フン、餌の $\omega 3/\omega 6$

表1 フンの $\omega 3/\omega 6$ の理論値および実測値

種	餌	餌	体	フン 理論値	フン 実測値
マルタニシ	クロレラ	0.62	0.27	0.80	0.53
マルタニシ	テトラミン	0.65	0.56	0.70	0.52
ゼブラフィッシュ	クロレラ	0.62	0.85	0.54	0.54
カワニナ	テトラミン	0.65	0.93	0.56	0.56

参考文献

- 1) Abdulkadir,S., Tsuchiya,M,: Journal Of Experimental Marine Biology and Ecology, 354, 1-8, 2008
- 2) 吉田英雄, 桜井泰憲: Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 50(5), 763-769, 1984
- 3) 木村賢史ら: 水環境学会誌, 第21巻, 第1号, 35-40, 1998