

令和元年6月6日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14326

研究課題名(和文) 脂肪酸分析によるトップダウン型生態系評価への基盤構築

研究課題名(英文) Fundamental study for development of ecological assessment procedure applying fatty acid analysis of predatory organisms

研究代表者

坂巻 隆史 (Sakamaki, Takashi)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60542074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：食物連鎖高位に位置する捕食者の脂肪酸組成分析に基づき、生態系内の物質フローと生物群集構造の概形をトップダウン的に推定する技術の基盤構築を目的として、志津川湾における野外調査研究を実施した。湾内2km程度の範囲内の4地点で捕食性魚類を捕獲し脂肪酸分析を行った結果、地点間で脂肪酸組成に有意な違いが認められた。また、湾奥河口部と湾中部でマクロベントスの脂肪酸組成にも差異が認められ、捕食性魚類がそれを概ね反映する傾向がみられた。そして、捕食性魚類とマクロベントスの脂肪酸組成の比較から、一次生産物起源の脂肪酸組成の食物網内における高次捕食者への伝達過程での変化特性が定性的に明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義として、捕食者生物の脂肪酸組成が同一湾内の比較的狭いエリアの中で有意に異なり、食物網を支える基礎生産物の局所性を適正に捉えられることを明らかにした点が挙げられる。このことは、捕食者生物の脂肪酸組成分析を応用して、簡便な生態系評価手法を構築するうえでの必要条件といえる。今後、食物連鎖過程を通じて、生産者から入力された脂肪酸が低次・高次消費者へと伝達される過程での組成変化について、より詳細かつ定量的な情報が蓄積されることで、実用的な生態系評価手法の確立が期待できる。

研究成果の概要(英文)：To gather fundamental information for developing ecological assessment procedures applying fatty acid composition analysis of predatory organisms, we conducted field studies in Shizugawa Bay. Predatory fish were collected at four stations within an approximately 2-km range of the bay, and analyzed for fatty acid compositions. As a result, there were significant differences in fatty acid compositions of predatory fish between the sampling stations. In addition, based on samplings of macrobenthos at two stations of estuary and middle-part of the bay, it was found that fatty acid compositions of macrobenthos were also different between the two stations and also reflected by those of predatory fish. We further found some patterns in the compositional changes of fatty acids between macrobenthos and predatory fish.

研究分野：応用生態学，水環境工学

キーワード：内湾生態系 生態系評価 食物網解析 有機物動態

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

各地の沿岸域では、流域開発・汚濁負荷増大・埋め立て・乱獲等により、多彩で重要な生態系サービスが大きく損なわれている。一方、環境影響評価をはじめとする野外での生態系調査の現場では、多様な生物が含まれる生物群集を網羅的・直接的に採取・同定・定量するために、多大な労力と費用が費やされている。よって、環境影響評価制度や様々な生態系モニタリングをさらに充実させるうえでは、幅広い環境条件下で適用可能な物質動態や生物群集構造の合理的なモニタリング技術の開発が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究では、沿岸域の食物連鎖において高位に位置づけられる捕食性魚類の脂肪酸組成分析に基づき、生態系内の物質フローと生物群集構造の概形をトップダウン的に推定する技術を構築することを念頭に、必要となる基盤的情報を取得することを目的とした。

特に、

- (1) 内湾において捕食性魚類の脂肪酸組成が地点間で局所的な有機物フロー構造の違いを反映して差異を示すかの検証
- (2) 捕食性魚類の脂肪酸組成が低次消費者のそれを反映しているかの検証
- (3) 食物連鎖過程を通じて捕食性魚類の脂肪酸組成が下位の生物のそれからどのように変化するかの検討

の3点を中心に取り組んだ。

### 3. 研究の方法

#### 3.1. 現地調査

宮城県南三陸町に位置する志津川湾において、2016年11月、2017年2月、5月、8月に現地調査を行った。河川流入の影響の度合いによる比較を行うため、湾中から湾奥にかけての2.5km程度の範囲内にある底質が砂地の3地点を中心にサンプリングを行った。

各地点では刺し網により魚類のサンプリングを行った。また、魚類捕獲時には、各地点でバンドーン採水器を用いて海底から約2mの海水を採取した。採取した海水はガラス繊維ろ紙を用いて吸引ろ過を行い、ろ紙上の懸濁物質を試料とした。さらに、各地点でエクマンバージ型採泥器を用いて底質を採取した。2017年5月と8月については、採取した底質をさらに1mmのふるいにかけてマクロベントスの採取も行った。

#### 3.2. 化学分析

魚類サンプルは筋肉部、貝類サンプルは軟体部、その他ベントスサンプルは全部位をまとめて凍結乾燥し試料とした。また、懸濁物質はガラス繊維ろ紙ごと、底質はそのままそれぞれ凍結乾燥し試料とした。

脂肪酸はOne-step methodに従い抽出した。内部標準物質としてトリコサン酸(C23:0)を添加し、BF<sub>3</sub>メタノールおよびヘキサンを用いて、100のウォーターバスで2時間煮沸し脂肪酸の抽出とメチルエステル化を行った。その後、ヘキサン層のみを回収し試料として、ガスクロマトグラフ(GC-2014, 株式会社島津製作所)及びキャピラリーカラム(SelectFAME, 100 m, 0.25 mm, Agilent社)を用いて脂肪酸組成分析を行った。分析結果については、特に、表1に示すマーカー脂肪酸を解析対象とした。

炭素・窒素安定同位体比分析については、動物試料はそのまま、底質および懸濁物質試料は、10%塩酸により炭酸塩を除去した後、それぞれ乾燥して試料とした。安定同位体比分析は、前処理装置として元素分析機を接続した同位体比質量分析器(DELTA V Advantage + Flash2000, Thermo Scientific)を用い

表1 特定の1次生産者に由来するマーカー脂肪酸

細菌	i-15:0,a-15:0,i-16:0,i-17:0,a-17:0,18:1n7
緑藻	18:2n6t,18:2n6c(LA),18:3n6,18:3n3(LNA)
珪藻	20:5n3(EPA)
渦鞭毛藻	18:4n3,22:6n3(DHA)
陸上植物	24:0,25:0,26:0,27:0,28:0,30:0,31:0(LCFA)

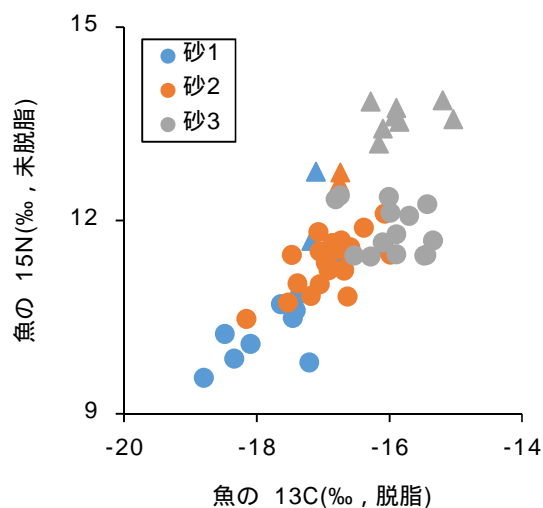


図1 2016~2017年の4季に志津川湾中部(砂質1)から湾奥河口部(砂質3)の3地点で捕獲された捕食性魚類の炭素・窒素安定同位体比

た。

#### 4. 研究成果

##### 4.1 河川影響を受ける地点における捕食性魚類の炭素源

地点間で魚類やベントスの炭素・窒素安定同位体比および脂肪酸組成の差が確認され、食物網を支える有機物の起源は、季節間よりも地点間での差異の方が大きいことが示された。一方、同一地点内ではカレイとアイナメの炭素安定同位体比概ね同じであったことから、同化している炭素源は両種間で同じであったと考えられる(図1)。しかし、窒素安定同位体比はカレイよりもアイナメの方が大きい値であったことから、アイナメが食物網の中でより上位の栄養段階に位置していたと考えられる。

地点間の比較からは、湾奥河口部(砂質3)で捕食性魚類の炭素・窒素安定同位体比がともに湾中寄り(砂質1)よりも大きかった。一般的に有機物の炭素安定同位体比は陸域起源のものが海域起源より小さいが<sup>5)</sup>、河川流入部に近い地点で陸域起源有機物の寄与が相対的に小さかったことが示唆された。さらに、マーカー脂肪酸の結果からも湾奥河口部では魚による陸域高等植物由来脂肪酸の同化が認められず、むしろ湾中部において陸域由来有機物の同化が支持された(図2)。同湾湾奥部の河口に近い地点は、河川からの栄養塩供給により珪藻をはじめとする植物プランクトンの生産が湾中部よりも活発であることが筆者らの調査で明らかになっており、そのために陸域起源有機物の食物連鎖における寄与が相対的に小さくなったと考えられる。また、河川から流入した有機物は潮の流れなどにより、複雑な動きをしながら湾中部底層に集積しそこで食物連鎖を通じて消費者に利用されていることも推察される。

##### 4.2 食物連鎖を通じた上位消費者への脂肪酸の伝達と組成の変化

カレイと底質の脂肪酸組成の季節間・地点間変化は共通していたことなどから、供給される基礎生産物としての有機物組成の地点間差は、食物連鎖を通じてその場の上位の捕食者の化学組成に反映されていたと考えられる。一方で、炭素安定同位体比からカレイとアイナメは地点ごとに同じ炭素源を利用していると考えられたが、マーカー脂肪酸組成からはカレイとアイナメの間で差異が認められ、食物網内で異なる下位生物を餌源としているものと考えられた(図2)。

2017年の春季・夏季の調査からは、両季ともに、河口のベントスは細菌及び珪藻に由来する脂肪酸(図3)、沖寄りのベントスは緑藻に由来する脂肪酸の寄与が大きかった。ベントス(ゴカイ、貝類、ヨコエビ)と捕食性魚類(カレ

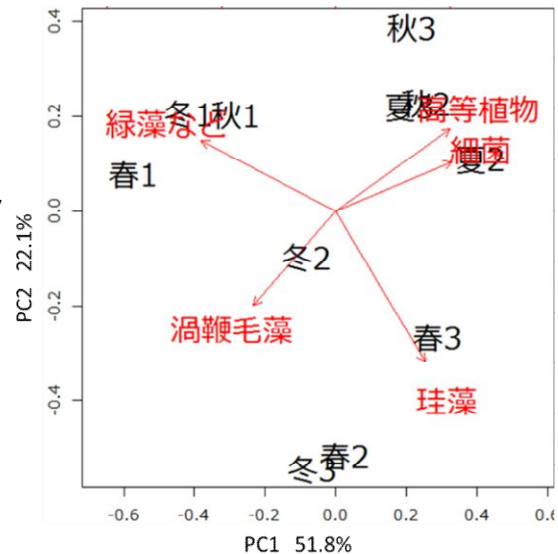
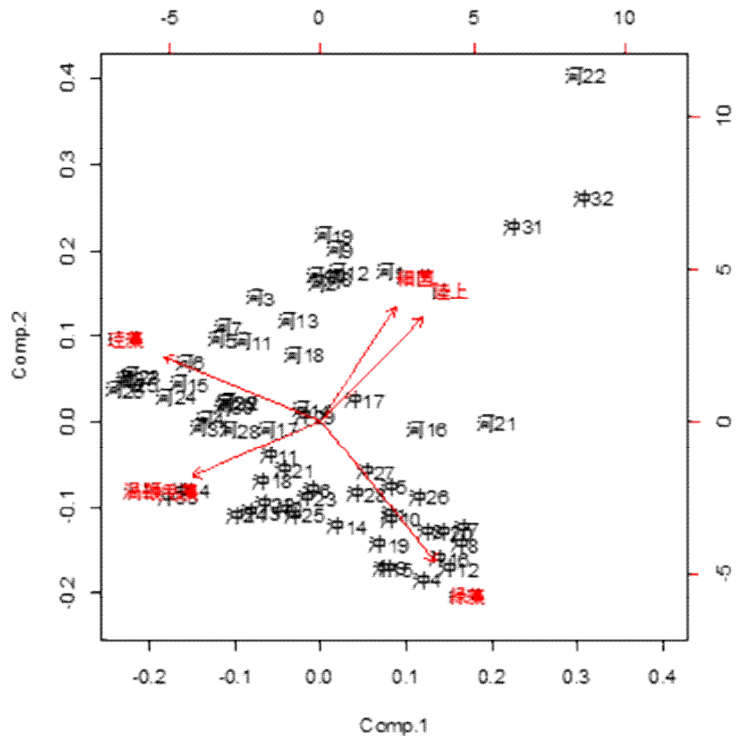


図2 2016~2017年の4季に志津川湾湾中部(砂質1)から湾奥河口部(砂質3)の3地点で捕獲されたカレイのマーカー脂肪酸組成の主成分分析



沖1-20: ゴカイ、沖21-25 貝、沖26-27 クモヒトデ、沖28 カニ、沖29 ヨコエビ、沖31 POM、沖32 底質、沖33-34 カレイ / 河口1-13 ゴカイ、河口14-15 貝、河口16-18 ヨコエビ、河口19 クモヒトデ、河口21 POM、河口22 底質、河口23-27 カレイ、河口28-30 アイナメ、河31 カニクイ、河32 ホシガレイ

図3 2017年5月(春)に志津川湾湾奥河口部と湾中部において採取された捕食性魚類およびマクロベントスのマーカー脂肪酸割合の主成分分析

イ、アイナメ)のマーカー脂肪酸含有量については、河口の生物は沖寄りの生物に比べ緑藻に由来する脂肪酸をほとんど含有していなかった(図4)。河口では一次消費者が食物源として珪藻に強く依存していたと考えられる。

ゴカイと捕食性魚類(カレイ, アイナメ)を比較すると、細菌, 緑藻に由来する脂肪酸の含有量に大きな差はないが、珪藻, 渦鞭毛藻に由来する脂肪酸の含有量は捕食性魚類の方がゴカイのものよりも2倍以上大きい値を示した。食物連鎖の過程で、捕食性魚類は特にこれらの脂肪酸を選択的に同化しているものと考えられる。

#### 4.3 食物網構造の解析における脂肪酸分析の有効性

志津川内湾において、2.5 km 程度の範囲内に位置する複数地点間では生物体内の脂肪酸組成が異なっており、地点に供給される有機物の特性を反映していた。

ベントス及び捕食性魚類の脂肪酸組成から、食物網を支える基礎生産物として、河口では珪藻が中心的な役割であるのに対し、湾中部は相対的に陸上由来有機物や緑藻の役割が大きいことが示された。また、脂肪酸、炭素・窒素安定同位体比の両方で得られた情報から、底生動物および捕食性魚類が脂肪酸を同化する際の選択性が示された。一次消費者については陸域由来より海域由来の有機物を選択的に摂食していることが示唆された。また、生体機能において重要な役割を担うと考えられる高度不飽和脂肪酸としての珪藻・渦鞭毛藻のマーカー脂肪酸に対する捕食性魚類の親和性が特に高いことが示された。

高次捕食者の脂肪酸分析による局所群集の構成や食物網構造の概形(餌源の多様性, 食物連鎖長等)の評価を可能とするには、栄養段階が上がるにつれておこる脂肪酸濃縮や安定同位体比の変化, 捕食・同化における選択性など不明な要素は未だ多い。今後、さらにフィールド内に存在する基礎生産者～高次捕食者の脂肪酸組成や安定同位体比の実測データを蓄積し解析することが必要である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

1. M. Fujibayashi, T. Sakamaki, O. Nishimura. (2019) Effect of sedimentary organic matter on species richness of deposit feeders in enclosed bay ecosystems: Insight from fatty acid nutritional indicators, *Marine Environmental Research*, 149: 1-6. (査読有)
2. 大原光司・湯上洋平・川畑達矢・藤林恵・西村修・坂巻隆史(2018)脂肪酸組成分析を利用した内湾一次生産の制限因子の評価, *土木学会論文集 G(環境)*, 74(7) : III\_53-62. (査読有)

[学会発表](計 11 件)

1. 湯上洋平, 大原光司, 西村修, 坂巻隆史 (2019) 志津川湾奥部の脂肪酸生産に及ぼす湾外からの窒素・リン流入の影響, 第 53 回日本水環境学会年会
2. 野中健太郎, 松野匠, 坂巻隆史 (2019) 底生動物のトロフィックマーカーを同化した捕食性魚類体内組成の応答, 第 11 回廃棄物資源循環学会東北支部&第 6 回日本水環境学会東北支部合同研究発表会
3. Youhei Yugami, Koji Ohara, Osamu Nishimura, Takashi Sakamaki (2018) Effects of river and offshore water on primary production in the inner part of Shizugawa Bay. The 12<sup>th</sup> International Conference on the Environmental Management of the Enclosed Coastal Seas (EMECS 12)
4. Takashi Sakamaki, Megumu Fujibayashi (2018) Testing connections of an inner-bay food web system with riverine material inputs. 2018 ASLO Summer Meeting
5. 松野匠, 坂巻隆史, 西村修 (2018) 捕食性魚類のトロフィック・マ - カ - の基づく河川影響を受ける内湾食物網の解析第 52 回日本水環境学会年会
6. 野中健太郎, 松野匠, 西村修, 坂巻隆史 (2018) 内湾における捕食性魚類と底生生物のトロフ

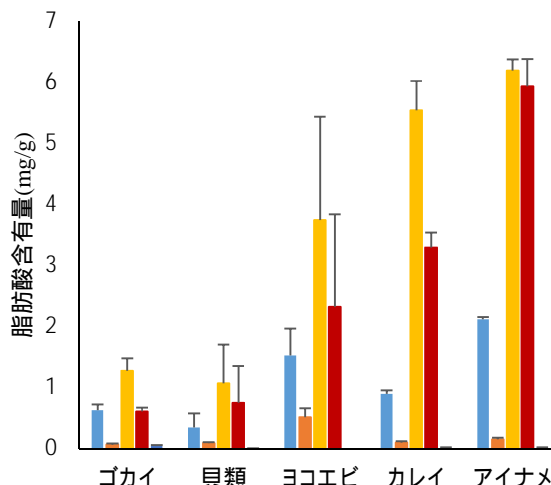


図4 2017年5月(春)に志津川湾湾奥河口部において採取されたマクロベントスおよび捕食性魚類の各種マーカー脂肪酸含有量

(水色:細菌マーカー, 濃橙:緑藻マーカー, 黄:珪藻マーカー, 赤:渦鞭毛藻マーカー)



- イック・マ - カ - の関係，土木学会東北支部技術研究発表会
7. 湯上洋平,西村修,坂巻隆史 (2018) 志津川湾奥河口部における河川および外洋からの流入水の影響，第5回日本水環境学会東北支部発表会
  8. 湯上洋平,松野匠,西村修,坂巻隆史 (2017) 志津川湾内の有機物組成に及ぼす外洋水の影響，日本海洋学会 2017 年度秋季大会
  9. 湯上洋平,松野匠,西村修,坂巻隆史 (2017) 志津川湾内の有機物・栄養塩への外洋境界から流入する異なる水塊の影響，土木学会東北支部技術研究発表会
  10. 松野匠,西村修,坂巻隆史 (2017) 脂肪酸及び炭素安定同位体比を用いた養殖カキの餌起源推定，日本水環境学会東北支部研究発表会
  11. 坂巻隆史,松野匠,鄭翊喆,西村修 (2016) 炭素安定同位体比と脂肪酸組成の分析に基づく志津川湾における粒状有機物動態の解析，日本水環境学会シンポジウム，秋田県立大学，秋田

〔図書〕(計 1 件)

1. 坂巻隆史,西村修 (2019) 森は海の恋人か，持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発 (柳哲雄編著，公益財団法人国際エメックスセンター)，52-65.

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名 : 藤林 恵  
ローマ字氏名 : Fujibayashi, Megumu  
所属研究機関名 : 秋田県立大学  
部局名 : 生物資源科学部  
職名 : 助教  
研究者番号 (8 桁): 70552397

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。