HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北太平洋生態系におけるサケ属魚類の食性の時空間変異［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	秦, 玉雪
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第11527号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57120
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuxue_Qin_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）　　氏名：秦　玉雪

学 位 論 文 題 目

北太平洋生態系におけるサケ属魚類の食性の時空間変異

北太平洋とベーリング海におけるサケ属 6 種（ベニザケ，シロザケ，カラフトマス，ギンザケ，マスノスケ，スチールヘッドトラウト）の食性の年間・海域間変化を、胃内容分析と体組織の安定同位体比分析によって種ごとに明らかにし，それらの変異に影響する要因を分析した。

胃内容物分析によれば，アラスカ湾では，ギンザケ，マスノスケおよびスチールヘッドトラウトはもっぱらイカ類を食べ，ベニザケとカラフトマスはイカ類にくわえ端脚類，カイアシ類および翼足類を，シロザケはゼラチン質動物プランクトンや他の動物プランクトンなど多様な餌を食べていた。PDO（太平洋十年規模振動）が大きい年ほど，つまりサケ属魚類の生息数が多い年ほど，ベニザケとカラフトマスの胃内容物中のイカ類の比率は高かった。一方，イカ類を主食とする他のサケ属魚類（ギンザケ，マスノスケおよびスチールヘッドトラウト）の食性は PDO とは関係していなかった。西部亜寒帯環流域では，シロザケはゼラチン質動物プランクトンをよく食べ，稚仔魚やイカ類も食べていた。ほかのサケ属魚類では，アラスカ湾に比べイカ類の比率が少なく，食性は多様であった。したがって，サケ属魚類では，種によって食性が異なることにくわえ、同種であっても年・海域によって食性を変えて環境変化に柔軟に対応しているらしいことが示唆された。

観察年数が多いアラスカ湾において，採集標本数の多い種に限って食性・胃内容量指数に影響する要因を分析した。その結果，ベニザケでの胃内容量指数は同種の密度が高いと小さいが，シロザケの食性は同種・他種の密度，海域および体サイズの影響を受けなかった。同種あるいはシロザケの密度が高いと，カラフトマスの胃内容量指数は小さく，餌ニッチ幅は広くなった。アラスカ湾では，ベニザケとカラフトマスの食性や摂餌量は同種・別種の密度依存的な影響を受けると考えられた。

すべての海域・年をまとめると、サケ属魚類は，動物プランクトン食（オキアミ類，カイアシ類，沖合性端脚類）であるシロザケ・カラフトマスのグループ，動物プランクトンとネクトン（イカ類

と魚類）の両方を餌環境に応じて摂餌するベニザケ・ギンザケのグループ，ネクトン食でイカ類をよく食べるマスノスケ・スチールヘッドトラウトのグループにわかれ，餌ニッチ幅はカラフトマス＞ベニザケ＝シロザケ＞ギンザケ＞マスノスケ＝スチールヘッドトラウトの順であった。

カラフトマスの様々な組織の炭素と窒素の安定同位体比（それぞれ $\delta^{13}C$、$\delta^{15}N$）を分析した。その結果，$\delta^{13}C$ は組織間で大きな違いはみられなかったが，$\delta^{15}N$ は代謝速度が高い組織（肝臓，脾臓，食道，腸，幽門垂，眼球）ほど低く，エネルギー蓄積あるいは比較的代謝速度が低い組織（筋肉，心臓，生殖腺）ほど高かった。シロザケは，卵期から混合栄養をとる稚魚期までは親からの栄養源である卵黄の影響により，親と同様に $\delta^{15}N$ が高く，外洋で採食する未成熟魚で低かった。シロザケ成魚は体サイズが大きいほど安定同位体比が高かった。このことは高い安定同位体比は成長の積算結果であることを示唆している。

サケ属魚類の栄養段階は，海域間ではほとんど差が見られないが、種による差は大きく、シロザケ＝カラフトマス＜ベニザケ＝ギンザケ＜スチールヘッドトラウト＜マスノスケの順に高くなった。サケ属魚類の $\delta^{15}N$ に影響する要因を GLM モデルで分析すると，海域間で交互作用がみられず，傾きが一定で切片に差があり，$\delta^{13}C$ 効果は海域間で差がなかった。このことから，サケ属魚類の栄養段階には速度論的同位体効果が作用していると考えられる。安定同位体比から見たグループ分けをクラスター分析でおこなうと，シロザケ・カラフトマス，ベニザケ・ギンザケおよびマスノスケ・スチールヘッドトラウトのグループにわかれた。このことは，胃内容物によるグルーピングと同様だったが，胃内容物の結果と異なり海域ごとにはまとまらなかった。例外的にセント・ローレンス島付近のシロザケの炭素・窒素・炭素安定同位体比は高かった。

餌生物の安定同位体比を海域ごとに分析すると，カイアシ類，オキアミ類，沖合性端脚類，ゼラチン質動物プランクトン，多毛類および翼足類ではベーリング海の方が他海域より高い傾向示した。イカ類と魚類（ハダカイワシ類）では海域間で差がみられなかった。サンプル数は少ないもの，ベーリング海北部（主にセント・ローレンス島周辺）の動植物プランクトンの安定同位体比は，他に比べて特異的に高かった。ベーリング海北部は寒冷で湧昇の顕著な海域であって，この海域の安定同位体比が高いのは、栄養塩供給が多い割に植物プランクトンの増殖速度が低いことに起因する同位体分別のためと推定される。サケ属魚類の安定同位体比の地域差の一部は，こうした餌生物の安定同位体比によって説明された。

安定同位体比を使って餌 3 起源線型モデルでサケ属魚類の餌生物を推定すると，シロザケはモデルによく適合し，翼足類，魚類およびゼラチン質動物プランクトンを比較的均一に摂餌し，ギンザケも胃内容からは卓越した餌生物であるとされた魚類を主に食べていた。一方，胃内容物では多様な餌生物を食

べていたカラフトマスはカイアシ類を主に食べると推定され， ベニザケの炭素安定同位体比は特異的に高かった。したがって、消化バイアスや異なる海域生態系からの移動が示唆される。

各種の胃内容物組成から胃内容物全体の $\delta^{15}N$ と総体的な餌栄養段階（TL）を求めると，サケ属魚類の栄養段階は、カラフトマスとシロザケ（3.5）＜ベニザケとギンザケ（3.9）＜スチールヘッドトラウト（4.1）＜マスノスケ（4.3）の順だった。また，サケ属魚類の栄養段階と胃内容物の餌ニッチ幅との間には負の相関が観察され，栄養段階が低い種ほど多種多様な餌生物を摂食し，栄養段階の高い種は特定の餌生物（イカ類や魚類）を摂餌していることが示唆され、これは胃内容物組成の結果とも合致した。各海域生態系の餌生物とサケ属魚類について，$\delta^{13}C$ に対する $\delta^{15}N$ の効果は海域間で差はなく，どの海域でも似た速度論的同位体効果がはたらいていることが示唆された。一方，切片には差があり，各海域は第一次生産者の同位体組成がかなり高いベーリング海北部（NB）とアリューシャン列島海域（AI），比較的低い南東ベーリング海とアラスカ湾，そしてそれらの中間を表す西部亜寒帯環流域（WG）に区分された。

遊楽部川へ産卵回帰した孵化場魚と野生魚の安定同位体比を分析した。その結果，野生魚の栄養段階の方が孵化場魚より高いこと，孵化場魚の $\delta^{13}C$ は変異が著しいことがわかった。このことは，野生魚は生物生産力の高い沿岸域を回遊するのに対して，孵化場魚は栄養レベルが低い沖合を広範囲に回遊することを示唆している。

結論として，サケ属魚類の食性は，進化的適応にもとづく種特異性から種の栄養段階はほぼ決まっているものの，速度論的同位体効果の影響をベースラインとする異なる生息海域の中で，海洋環境の変化と種内および種間の密度効果に対応して柔軟に変化することが示唆された。