

## 17 食料供給力強化に貢献する寒冷海域の水産基盤の整備・保全に関する研究

研究期間：平成 28 年度～33 年度

プログラムリーダー：寒地水圏研究グループ長 船木淳悟

研究担当グループ：寒地水圏研究グループ（水環境保全、水産土木）

### 1. 研究の必要性

世界最大の食料純輸入国である日本において、世界有数の漁場である日本周辺海域での水産資源の持続的利用の確保が重要である一方、我が国周辺の水産資源の 4 割の魚種・系群が、今後の供給に懸念がある低位水準のレベルにある。このため、生態系と調和した水産資源の持続的な利用を支える水産技術の開発が必要であり、とりわけ日本における重要な水産物の生産拠点である北海道では、周辺水域の資源生産力の向上を図るとともに、漁港の水域を増養殖や藻場造成等の場として活用していくことが求められている。

このような社会的な背景や要請を受け、本研究開発プログラムでは、寒冷海域における食料供給力強化に資する水産基盤の整備・保全に関する技術の開発を行うものである。

### 2. 目標とする研究開発成果

本研究開発プログラムでは、漁港・港湾や河川流域を含む、沿岸域から沖合域が一体となって有用水産生物の持続的利用と海洋構造物の有する増養殖機能の強化に資する整備技術を開発していくことで、生態系全体の生産力の底上げと栽培漁業の支援による漁業地域の振興を図ることを目的として、以下の達成目標を設定した。

- (1) 海洋及び河川・沿岸構造物の有用水産生物の産卵場・生息場としての増養殖機能に関する評価技術の構築
- (2) 生産力向上と漁業振興に向けた海洋及び河川・沿岸構造物の増養殖機能強化のための水産環境整備技術の開発

### 3. 研究の成果・取組

「2. 目標とする研究開発成果」に示した達成目標に関して、平成 28 年度に実施した研究の成果・取組について要約すると以下のとおりである。

#### (1) 海洋及び河川・沿岸構造物の有用水産生物の産卵場・生息場としての増養殖機能に関する評価技術の構築

本達成目標に対しては、①沿岸構造物が有する保護育成機能、②餌料培養効果を加味した漁場整備技術、③栽培漁業支援技術、④遡河性魚類行動の四つの視点から研究を行った。

漁港・港湾等の沿岸構造物は、本来機能に加え、自然調和型機能（静穏域創出機能、藻場創出機能、産卵礁機能、魚礁機能）を有し、水産生物の貴重な保護育成場となっているが、これらの機能は定性的な理解にとどまっている。本研究は、保護育成場として機能するメカニズムを解明するとともに、それらの機能評価手法および機能強化に資する沿岸構造物の整備手法の技術開発を行い、水産生産力向上のための技術方策を提案するものである。平成 28 年度は、漁港内外での各成長段階の魚類分布調査、波浪などの物理環境調査、水質、底質、餌料などの水産生物の生息環境調査を実施した。その結果、港内は、底生基礎生産者や底生動物の現存量が多く、また沿岸構造物の静穏域創出機能により、水産生物への高波浪からの避難場および餌場機能を有する可能性が示唆された。

沖合域における水産物の生産力を向上させ、水産物の安定供給の確保を図ることを目的として、これまでに兵庫・鳥取・島根沖の日本海西部地区において直轄漁場整備（フロンティア漁場整備）事業が行われており、日本海北部海域においても資源減少が著しいスケトウダラやホッケなどを対象として事業の実施が望まれている。本研究は、魚礁等の人工構造物の造成によって、水産有用種の餌料となる生物の蝟集効果や人工構造物に付着す

る生物の餌料効果を解明することで、効果的な漁場整備事業の推進に向けた評価手法の構築および整備手法の開発を行うものである。平成 28 年度は、水産有用種の餌料と付着生物との関係を明らかにするため、消波ブロックに付着する生物を採取・分析するとともに、付着生物の経年変化を長期的に観測するための基質別試験礁を設置するなど、餌料効果の解明に向けた調査を行った。

漁業者の高齢化に伴い負担軽減の観点から、沖合漁業から沿岸の磯根漁業への転換が進んでいる。これに加え疲弊する日本海漁業の再生と水産生産の安定化に向け、栽培漁業による漁業振興が重要な課題となっている。本研究は、栽培漁業支援のため種苗放流と連携した漁港港湾の静穏域を活用した増殖機能付加型漁港整備に資する技術開発を行うものである。平成 28 年度は、ナマコを対象に、漁港内の静穏域を活用した種苗放流技術を開発するため、実証試験として育成場となる基質を設置し、種苗を放流するとともに、放流稚ナマコの残存調査を行った。その結果、基質条件によって生息個体数に違いが見られた。

海洋と河川を往来する水産有用種にとって、沿岸から河川上流域までの連続性が種の存続に重要である。サケ科魚類は北海道漁業を支える重要な存在であり、シロザケ資源はほとんどが人工孵化放流事業により管理されてきた。しかしながら、生態系保全や水産資源維持の観点から、遺伝的多様性を持つ自然産卵魚による資源管理の必要性が求められている。本研究は、十勝川流域を対象に、バイオテレメトリー手法を用いてシロザケの遡上行動を調査した。その結果、ふ化場設置河川以外の支流において、親魚の遡上が確認され産卵行動の可能性が示唆された。

### **(2) 生産力向上と漁業振興に向けた海洋及び河川・沿岸構造物の増養殖機能強化のための水産環境整備技術の開発**

本達成目標に対して、平成 28 年度は、前述の①～④視点のうち④の遡河性魚類行動について実施した。

サケ科魚類のなかでも人工放流による効果が小さいサクラマスは、その資源管理の観点では野生資源に頼らざるを得ない状況が続いている。そのため、資源の維持増殖には、産卵域および生息域と海洋との通路である河川の環境保全、とりわけ遡上および降河環境の保全が重要である。しかしながら、貯水ダムがある流域においてはダム上流域から下流へのサクラマス降河行動や、ダム湛水域にサクラマスが流入した場合のその後の行動を明らかにした事例は少ない。本研究では、後志利別川流域に位置する美利河ダムにおいて、バイオテレメトリー手法を用いて行動調査を行った。ダム流入河川においては、湛水域へは降河せず魚道を経由して下流へ移動する個体が確認されたこと、さらには、ダム湛水域から流入河川に遡上する個体や、少なくとも 40 日以上は湛水域で生息する個体の存在が明らかになった。

## STUDY ON THE DEVELOPMENT AND CONSERVATION OF FISHERY INFRASTRUCTURE OF COLD WATERS THAT CONTRIBUTE TO STRENGTHENING FOOD SUPPLY CAPACITY

**Research Period** : FY2016-2021

**Program Leader** : Director of Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering  
Research Group  
FUNAKI Jungo

**Research Group** : Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group  
(Watershed Environmental Engineering Research Team,  
Fisheries Engineering Research Team)

**Abstract** : In Japan, a country that relies on food imports, the sustainable use of fisheries resources is required. Hokkaido is one of the fishery production base. Thus, there is a need to increase the productivity of fisheries resources in coastal areas of Hokkaido and to improve the functionality of coastal structures such as fishing ports in terms of their ability to protect and foster aquatic organisms. By realizing these, fishery areas will be vitalized. Additionally, the protection and improvement of an environment for the spawning and regeneration of salmonids in rivers is important.

In view of this, we identified two goals.

- (1) The development of methods for evaluating the ability of structures at seas, rivers or coasts to protect and foster aquatic organisms
- (2) The development of methods for maintenance and construction of these structures to protect and foster aquatic organisms

To this end, we studied ①the ability of coastal structures to protect and nurture aquatic organisms, ② development of methods for effectively constructing fishery ground adding the ability of enhancement of food resource,③methods for supporting cultivation fishery and ④the behaviors of anadromous fish.

**Key words** : coastal structures, ability to protect and nurture, enhancement of food resources, cultivation fishery, biotelemetry

## 17.1 海洋及び河川・沿岸構造物の有用水産生物の産卵場・生息場としての増養殖に関する 評価技術の構築

### 17.1.1 寒冷沿岸施設における水産生物の保護育成機能強化に関する研究

担当チーム：寒地水圏研究グループ（水産土木チーム）

研究担当者：伊藤敏朗、牧田佳巳、丸山修治、三森繁昭、大橋正臣、梶原瑠美子

#### 【要旨】

本研究は、漁港港湾等の沿岸構造物が寒冷海域の水産生物の産卵場・生息場などの保護育成場として機能するメカニズムを解明するとともに、それらの機能評価手法および機能強化に資する沿岸構造物の整備手法の技術開発を行い、水産生産力向上のための技術方策を提案するものである。

平成 28 年度は、研究対象漁港内外での各成長段階の魚類分布調査に併せ、波浪などの物理環境とともに、水質、底質、餌料などの水産生物の生息環境調査を実施した。調査の結果、港内は、港外に比べ静穏でありながら塩分や水温の急激な変化は見られず、底生基礎生産者や底生動物の現存量が多かったことから、沿岸構造物の静穏域創出機能により、水産生物への高波浪からの避難場および餌場機能を有する可能性が示唆された。

キーワード：沿岸構造物、保護育成機能

#### 1. はじめに

近年の水産資源の低迷や藻場・干潟の減少を踏まえ、水産資源の回復・増大と豊かな生態系の維持・回復を目指し、生態系全体の生産力の底上げを図るために、水産生物の生活史に対応した生息環境空間を創出する「水産環境整備」が推進されている<sup>1)</sup>。

沿岸域は水産生物の生活史において重要な空間であり、その中でも漁港・港湾等の沿岸構造物は、本来機能に加え、自然調和型機能（静穏域創出機能、藻場創出機能、産卵礁機能、魚礁機能）を有することが知られており<sup>2)</sup>、水産生物の貴重な保護育成場となっている。しかし、現状ではそれらの機能は定性的に理解されており、諸機能を定量的に定義、評価した上で、効果的に機能を強化、創出するための沿岸構造物の整備技術の確立が求められている（図-1）。

特に、北海道周辺海域は水産生産上重要な位置づけにあるものの、沿岸構造物との関連性について寒冷海域の魚種を対象に検討を行った事例は少なく、魚種や季節変化などの地域特性を考慮した寒冷海域沿岸構造物の保護育成機能を評価する手法の構築が必要である。

そこで本研究は、漁港港湾等の沿岸構造物が寒冷海域の水産生物種の産卵場・生息場などの保護育成場として機能するメカニズムを解明するとともに、機能評

価手法および、機能強化に資する整備手法の技術開発を行い、水産生産力向上のための技術方策を提案するものである。

#### 2. 研究全体の調査概要

はじめに、沿岸構造物周辺の水産生物の行動特性を解明するために、沿岸構造物周辺における水産生物の生息環境に関する現地調査を実施する。次に、水産生物の保護育成機能のメカニズムを明らかにし、沿岸構造物が有する水産生物の保護育成機能の評価手法の確立を目指すとともに、機能強化のための沿岸構造物の整備手法を提案するために、現地調査に併せ、現地や室内試験の実施、解析手法の検討を行う。

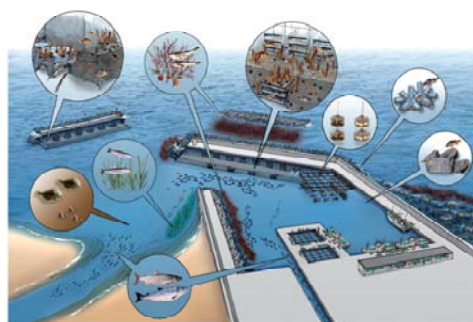


図-1 保護育成機能強化型漁港のイメージ





北原式定量ネット（目合い0.1 mm）による水深の半分より上層の鉛直曳で採取された動物プランクトンは、港内外で同様の季節変動を示し、11月に最も低く2,000 個体/m<sup>3</sup>以下であった。また、種数は9月に20種以上と最も多く、2月には10種類程度と少なかった。節足動物が全地点において最も多く、全体の約80%を占めていた。地点間の違いでは、港外 St. 9 は港奥 St. 2 よりも常に個体数が多かったが、9月や2月は港内 St. 7 で港外よりも2倍以上多かった。

次に、スミス・マッキンタイヤ型採泥機（採泥面積0.05 m<sup>2</sup>×各地点2回）で採取され1 mm 目合いのふるい上に残ったマクロベントスは、港外 St. 9 では140 個体/m<sup>2</sup>以下と常に少なかった（平均±標準偏差72±54 個体/m<sup>2</sup>）。一方港内は、最も少ない2月でも640 個体/m<sup>2</sup>以上現存し、最大で4656 個体/m<sup>2</sup>であった（St. 2: 2,600±1,630, St. 7: 1,428±597 個体/m<sup>2</sup>）。また種数も港内では常に20種以上、最大38種と多かった。港内2地点4回の調査での全個体数の内、環形動物が約65%、節足動物が約30%、軟体動物が約5%を占めていた。魚類の餌になり難い棘皮動物（カシパン、ウニ、ヒトデなど）および軟体動物（アサリなど）を除いた湿重量（図5-(b)）においても、大型種（キシエビ4個体で約10g/m<sup>2</sup>）が出現した9月を除き、港外よりも港内で多かった。

そのため、港内では動物プランクトンだけではなく、港外に比べ底生動物も多く現存することにより、漁港が餌場機能を有する可能性が確認された。

#### 4. 3 基礎生産環境

港内での魚類の餌環境を支える基礎生産に関して、図-6 に示す。

水柱のクロロフィル a (Chl. a) 濃度は、9月は港奥で2.7 μg/L と高かったが、その後減少し、3月には港外と港口で約1 μg/L に増加した。表層1cm までの堆積物の積算 Chl. a 現存量は、9月は全地点、特に港奥で高く、11月には減少し、港外は冬期低いままであったが、港内の St. 2、7 では2月や3月に増加していた。

水柱の懸濁態粒状有機炭素量 (POC) は、調査期間を通しての港内と港外で地点間の明確な違いが見られなかった。一方、表層堆積物の全有機炭素 (TOC) 積算量は、常に港内が港外よりも高い値を示していた。また、C/Nモル比では、St. 9 は約5であったが、St. 7 は約10、St. 2 で約8であった。そのため、外海からの供給、漁港内部での生産とともに、塩分での傾向と同様に、海起源有機物よりもモル比の高い陸域からの有機物が

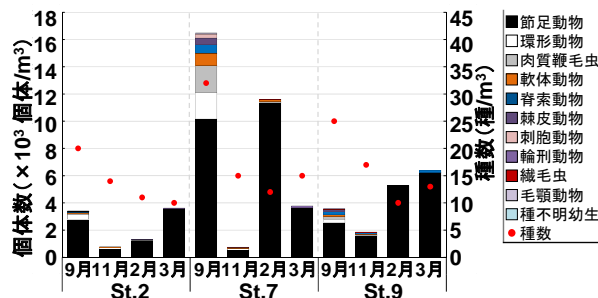


図-4 漁港内外上層の動物プランクトン時空間分布

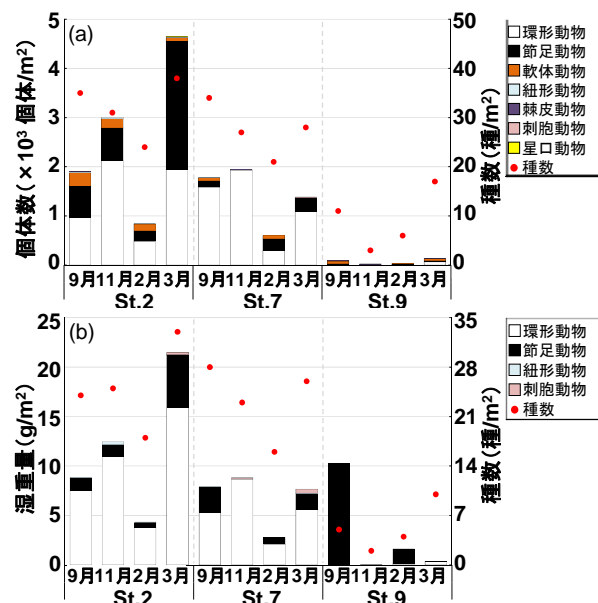


図-5 漁港内外の底生動物の時空間分布

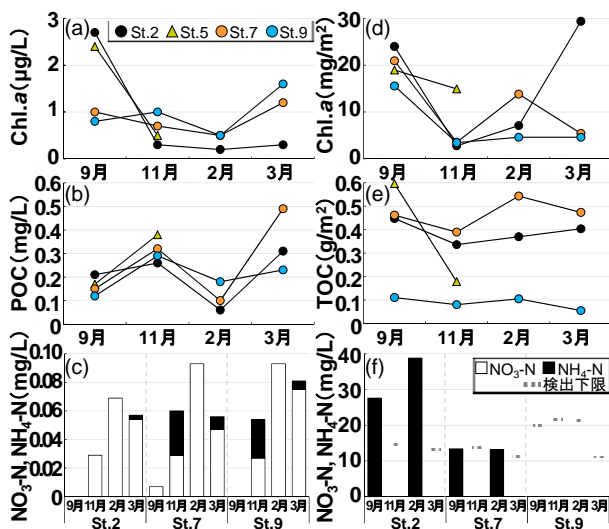


図-6 表層水((a)-(c))、堆積物((d)-(f))での Chl. a、有機炭素、硝酸およびアンモニア態窒素の時空間分布

St. 7 南側より港内にも供給されていると考えられる。

溶存態無機栄養塩は、3月全地点と11月の St. 7 を除いて、DIN（溶存態無機窒素：硝酸態窒素 NO<sub>3</sub>-N、亜硝酸態窒素 NO<sub>2</sub>-N、アンモニウム態窒素 NH<sub>4</sub>-N）と DIP（溶存態無機リン：リン酸態リン PO<sub>4</sub>-P）のモル比が

レットフィールド比<sup>5)</sup>の16以下であり、窒素が基礎生産の制限要因と考えられることから、DINの濃度を示す。水柱栄養塩の定量下限値はNO<sub>3</sub>-NおよびNO<sub>2</sub>-Nが0.003mg/L、NH<sub>4</sub>-Nが0.005mg/L、堆積物からKCl溶液により抽出した場合は0.01mg/gであるため、堆積物の水分含有量を考慮した間隙水中濃度での定量下限値を図-6(f)で示している。全調査を通してNO<sub>2</sub>-Nは検出されなかった。水柱DINは、11月と3月にNH<sub>4</sub>-Nが検出された以外はNO<sub>3</sub>-Nが多く、港内外ともに9月に最も低く、2月に最も高い値を示し、特に港外では最大0.093 mg/Lを示した。2月は表層冷却による海水の鉛直混合により外海深層から表層に栄養塩が供給され<sup>6)</sup>、水温が上昇した3月に水柱Chl. aが増加し始めたと考えられる。また9月港奥ではDINは検出されなかったが、水柱Chl. aが高かったことから、夏期に港奥で水柱DINが高かった可能性がある。特に、港内の間隙水中は9月に高濃度のNH<sub>4</sub>-Nが現存したことから、港内の堆積物における有機物分解が、夏期のDIN供給源になると考えられる。

そのため、漁港の有する静穏域創出機能により、外海や陸域起源の有機物が港内へ堆積し、それらの無機化により再生された栄養塩を利用し港内で植物プランクトンや底生微細藻類などが基礎生産を行うことで、上記の港内での高い餌場機能を支えている可能性が示された。

#### 4. 4 魚類

既往の研究<sup>4)</sup>での調査結果から、マルチネット（開口部1m×0.5m、目合い0.335m）により採取した卵および稚仔魚とともに、刺網（網長20m、網丈1.2m、3枚網脚長：外網9cm、中網1.2cm）による成魚の上下層を合計した区間平均結果を図-7～9に示す。

卵は、全個数の7割が上層で採取され、2月に港外で最も多かった（176個/100m<sup>3</sup>）。カタクチイワシは9月、スケトウダラは全期間を通して確認された。

稚仔魚は、全体の8割が下層で採取され、全期間を通して港外よりも港内で多い地点が確認された。全長はウキゴリ属の30-40mmを除いて、その他は約5-10mmであった。2月には港奥でスケトウダラも確認された。

成魚は、全体の約7割が下層で採取され、11月に最も個体数が多かった。秋から冬にかけて水深50-100mに移動することが知られているクロソイ<sup>7)</sup>などは冬期に減少するが、移動性の低い種苗放流対象種のキツネメバルやアイナメなどは冬期も港内で確認された。

卵と比較して遊泳力のある稚仔魚の個体数が港内

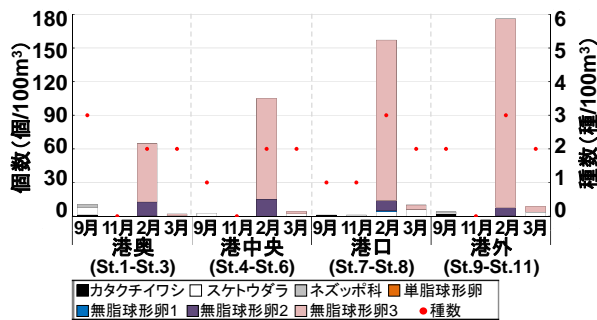


図-7 漁港内外の魚卵の時空間分布

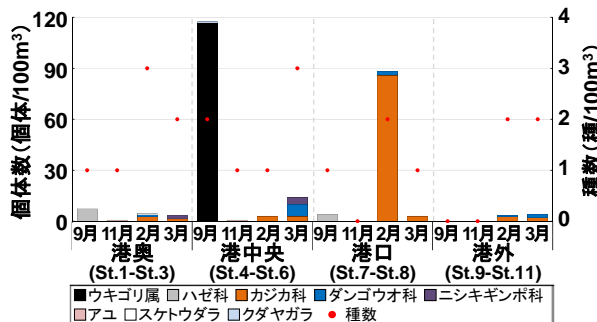


図-8 漁港内外の稚子魚の時空間分布

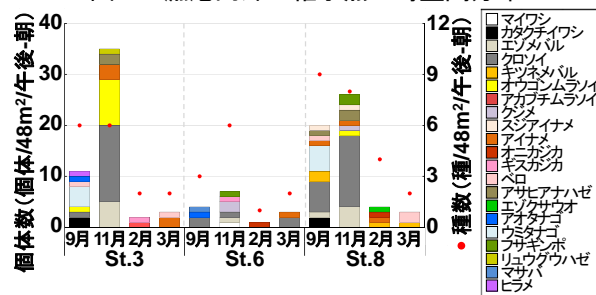


図-9 漁港内の成魚の時空間分布

で多かったことから、稚仔魚期は漁港内の波浪からの避難場機能を利用している可能性が考えられた。また、成魚では移動性の大きいクロソイなどは季節的、全調査で確認されたアイナメなどは日常的に漁港内を利用していると考えられ、漁港内の餌場機能利用の可能性も示唆された。

#### 5. まとめ

平成28年度は、秋期から春期までの漁港周辺の水産生物の生息環境を調査し、漁港が有する静穏域創出機能により高波浪からの避難場とともに餌場機能を有し、水産生物が利用している可能性が示された。夏期の港内の高水温や貧酸素等も生物に強く影響することから、平成29年度も、港外での刺し網や胃内容物調査を追加するなど、調査地点や調査項目を検討しながら、継続して調査を実施する。

## 参考文献

- 1) 水産庁：漁港漁場整備長期計画、2012.
- 2) 社団法人寒地港湾技術研究センター：寒冷地における自然調和型沿岸構造物の設計マニュアル、1998.
- 3) 寒地水圏研究グループ水産土木チーム：自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持・管理手法に関する研究、2016.
- 4) 寒地水圏研究グループ水産土木チーム：寒冷域における沿岸施設の保護育成機能の解明に関する研究、2017.
- 5) Redfield, A.C., Ketchum, B.H. and Richards, F.A.: The influence of organisms on the composition of seawater, *The Sea*, Vol.2, pp.26-77, New York, 1963.
- 6) 山本潤・渡辺光弘・林田健志・峰寛明・坂本和佳・西田芳則・田中仁：日本海北部漁場における表層冷却期の基礎生産構造に関する現地観測、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、第 67 巻、No. 2, pp. 1026-1030、2011.
- 7) 水島敏博・鳥澤雅監修：漁業生物図鑑 新 北の魚たち、2003.



## 17.1 海洋及び河川・沿岸構造物の有用水産生物の産卵場・生息場としての増養殖に関する 評価技術の構築

### 17.1.2 北方海域の水産資源動態に対応した生産性向上技術に関する開発

担当チーム：寒地水圏研究グループ（水産土木チーム）

研究担当者：伊藤敏朗、牧田佳巳、丸山修治、三森繁昭、大橋正臣、梶原瑠美子

#### 【要旨】

本研究は、沖合域における水産生物の生産性向上を図るための漁場整備に必要な技術開発を行うものである。具体的には、魚礁等の人工構造物の造成によって、水産有用種の餌料となる生物の蝟集効果や人工構造物に付着する生物の餌料効果を解明することで、効果的な事業推進に向けた評価手法の構築および整備手法の開発を行うものである。

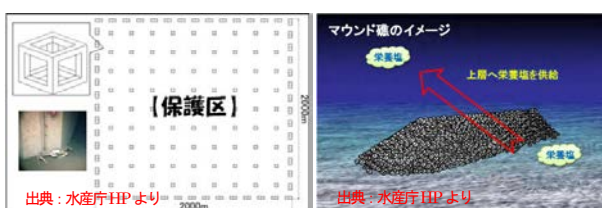
平成 28 年度は、水産有用種の餌料と付着生物との関係を明らかにするため、付着生物の経年変化を長期的観測するための基質別試験礁を設置するとともに、消波ブロックに付着する生物を採取・分析するなど、餌料効果の解明に向けた調査を行った。

キーワード：餌料培養効果、生物蝟集、光環境

#### 1. はじめに

沖合域における水産物の生産力を向上させ、水産物の安定供給の確保を図ることを目的として、直轄漁場整備（フロンティア漁場整備）事業<sup>1)</sup>が行われている。図-1に示すとおり、これまでに兵庫・鳥取・島根沖の日本海西部地区において保護育成礁の整備、長崎の五島西方沖地区や鳥取・島根沖の隠岐海峡地区では、マウンド礁の整備が行われており、日本海北部海域においても資源減少が著しいスケトウダラやホッケなどを対象として事業の実施が望まれている。

スケトウダラ日本海北部系群は、平成9年のTAC（漁獲可能量）制度の開始当初より対象魚種として指定されているが、その資源量はピーク時の1/8程度（平成26年）まで減少している。また、ホッケ道北系群はTAC対象魚種には指定されていないものの、近年、資源減少は著しくピーク時の1/10程度（平成26年）まで減少しており、TAC対象魚種の候補として挙げられている。



保護育成礁(日本海西部地区)      マウンド礁(隠岐海峡地区)

図-1 フロンティア漁場整備の工法別実施例

本研究は、日本海北部海域においてスケトウダラやホッケを対象として、沖合域での大規模な漁場整備を行うにあたり、効果的な事業推進に向けた総合的な評価手法の構築および整備手法の開発を行うものである。

#### 2. 生物生産性の向上に向けた検討

第3期中期計画期間では、日本海北部海域において現地観測結果をもとに四季の基礎生産構造を解明した<sup>2)</sup>。その結果、夏季および秋季は密度成層が発達し躍層が浅の栄養塩が枯渇し、基礎生産が低位となっているため、マウンド礁によって低層の栄養塩を供給した場合の基礎生産量の増加から、海域の漁場としての潜在性<sup>3)</sup>を示すとともに、水産生物の生産性向上に関する評価手法を検

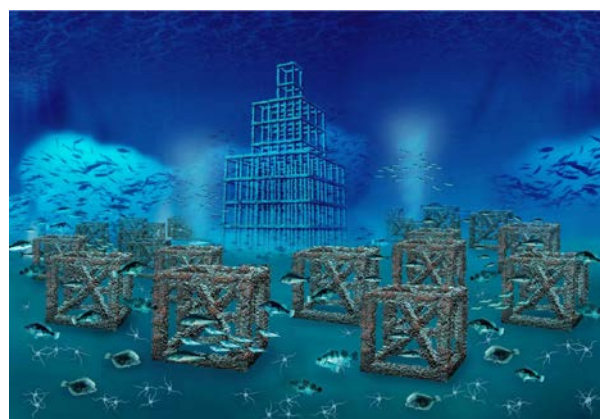


図-2 餌料培養効果のイメージ

証した。また、保護育成礁により幼稚仔魚の隠れ場や保育場等を創造することで、外敵による捕食や漁獲から保護した場合の資源保護効果を検証<sup>4)</sup>した。

一方、最近の調査結果より、先行して沖合域で整備している人工構造物に魚類の餌料生物である動物プランクトンが蝟集する現象が報告されている<sup>5)</sup>。このため、沖合域に整備した人工構造物に生物が蝟集・付着することによって、水産有用種の餌となる「餌料培養効果」について着目した整備効果の予測手法の検討が求められている(図-2)。

しかし、補償深度以深の光が届かない沖合域では、生物の蝟集、餌料繁殖と対象魚種の増殖機能との関連について不明であり、これらの解明が必要である。

このため、沖合海洋構造物の餌料培養メカニズムを明らかにして、日本海北部海域でこれまで研究してきた「マウンド礁」、「保護育成礁」を含めて、この海域における総合的な大規模漁場整備の評価手法を構築するものである。

### 3. 調査概要および結果

#### 3.1 調査概要

日本海北部海域でのスケトウダラやホッケを対象とした漁場整備は、漁場が沖合にあるため水深が深いところ

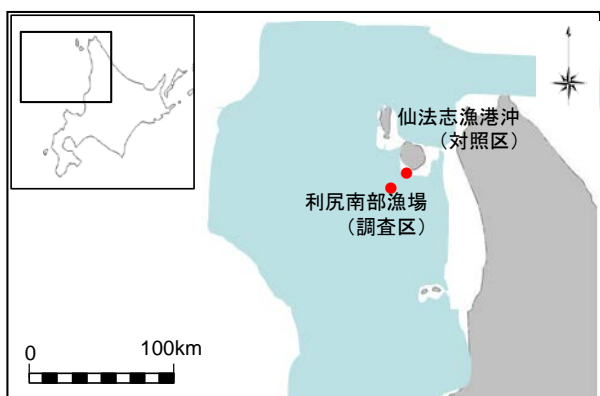


図-3 調査位置図 (日本海北部海域)

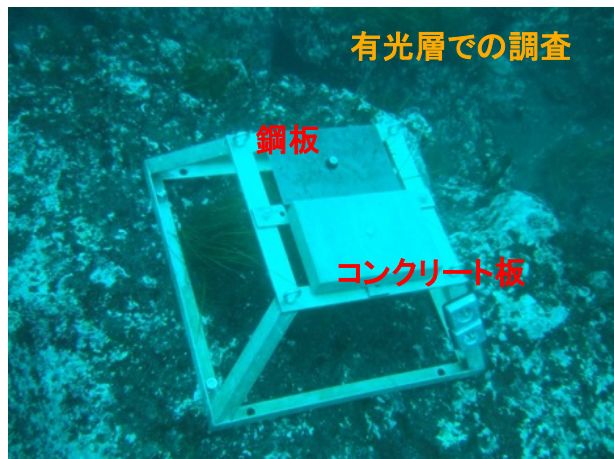


写真-1 基質別付着生物試験礁

での整備が想定される。このため、図-3 に示すとおり、北海道北部の利尻島にある仙法志漁港より南西へ約 10 kmの利尻南部漁場を調査箇所とした。ここでは、水深-90 ~-100mのところ、北海道が事業主体となり水産環境整備事業による漁場造成が行われている。また、仙法志漁港の港口付近を対照区(有光層)とした。

主な調査項目として利尻南部漁場では、水産有用種と魚礁(コンクリート製、鋼製)に付着する生物との餌料関係を明らかにするため、付着生物の経年変化の把握・検証を行うこととした。これに伴い、付着状況を長期的に観察するための試験礁の沈設に際し、現存する魚礁群の位置の正確な把握や海底の底質を推定するため、マルチビーム測深を行った。また、対照区においても付着生物の経年変化を把握するための試験礁を設置した(L=750mm×B=750mm×T=300mm、写真-1)。この他に、対照区において生物の種組成等を把握するため、仙法志漁港防波堤先端部において消波ブロックの付着生物調査を行った。

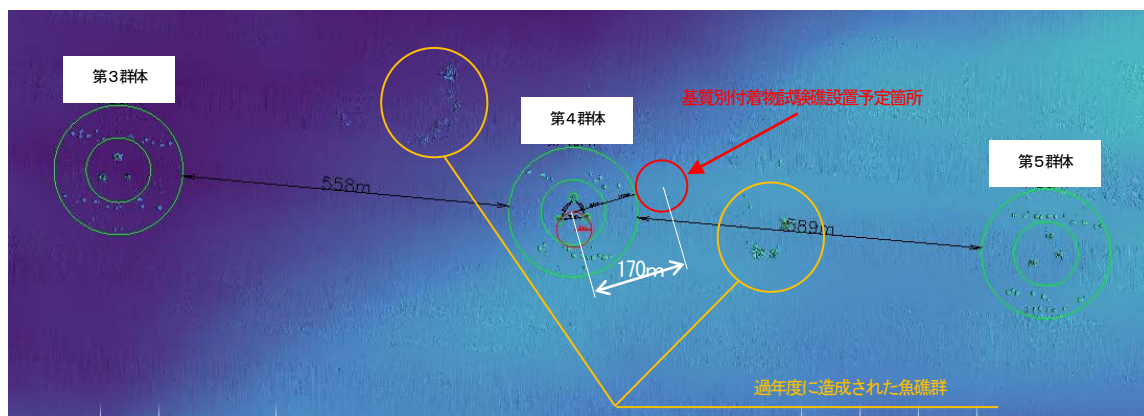


図-4 マルチビームによる既存構造物調査



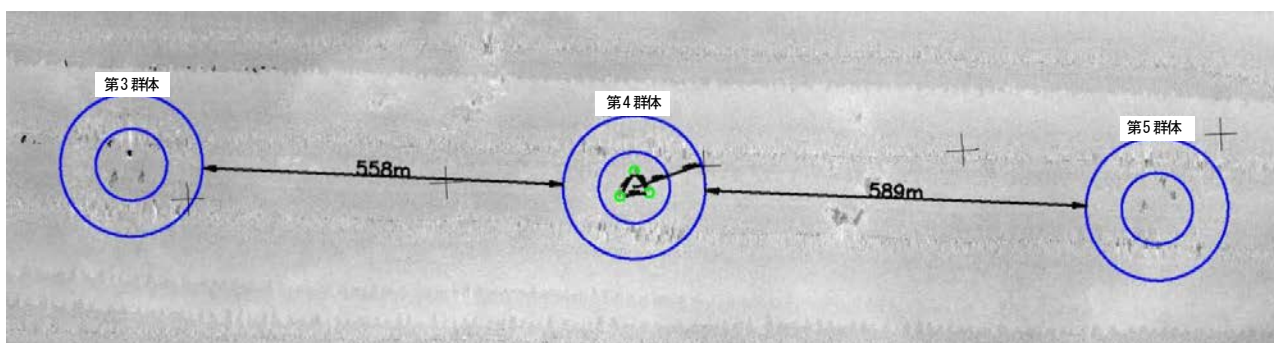


図-5 マルチビーム測深機の音響ビームの反射強度の分布平面図

### 3.2 マルチビーム測深

マルチビーム測深機による測深結果の平面図を図-4に示す。第4群体を中心としてL=3 km×B=1 kmの範囲で測深を行い、魚礁群の位置関係を把握するとともに、マルチビーム測深機から送信される音響ビームの反射強度より、海底地盤の底質を推定した。

魚礁群は水産環境整備事業で造成された3群体（第3～第5群体）の他に、過年度に造成された魚礁群を2群体確認した。

マルチビーム測深機の音響ビームの反射強度の分布平面図を図-5に示す。この図において、コンクリートや岩礁は黒色の斑点状に表示され、砂質土・粘性土等は灰色や白色で表示される。全体として灰色と白色が多く、当該海域の底質は多くが砂質土・粘性土と推定される。ただし、詳細な底質の判定については、採泥による底質分析を行う必要がある。

以上の調査結果より、基質別付着生物試験礁の概ねの設置予定箇所は、図-4のとおり第4群体の中心から170m程度離れた地点に設定した。これは、試験礁が設置・撤去時に潮流で動揺した場合、中心部にある高層鋼製魚礁とその周辺のコンクリート製魚礁に接触することを避けるため十分な安全距離を確保したものである。

### 3.3 付着生物調査

#### 3.3.1 基質別試験礁

基質別の付着生物試験礁（写真-1）については、実際に漁場造成に用いられている2基質（コンクリート、鋼材）を採用した。基質の寸法は、それぞれL=300 mm×B=200 mm×T=50 mm（コンクリート板）、L=300 mm×B=200 mm×T=3 mm（鋼板）とし、観測機器を固定するための架台の頂部に取り付けた。

試験礁は、平成28年11月3日に仙法志漁港港口部の水深約10mの岩盤上に設置し、波浪による流出・破損対策として、アンカーボルトにより岩盤に固定設置した。

なお、6ヶ月後（平成29年5月上旬）に試験礁を引上げ、付着状況を把握する予定である。

#### 3.3.2 付着物調査の結果

有光層で生息する生物を把握するため、仙法志漁港南防波堤先端部の消波ブロックに付着した生物の採取り調査を行った。採取位置については、上層は水面より1m下がりとし、下層は水深-10mの2層より底生・付着生物を採取した。採取り範囲は上下層ともL=500 mm×B=500 mmとした。この時の底生・付着生物の採取状況を写真-2、主な出現種を写真-3、層別および属種別出現結果を図-6、図-7に示す。

層別の出現種は、上層20種、下層18種であり優位な差は見られないが、下層の個体数は上層より約4割多く、湿重量では約2倍であった。なお、下層での出現種の割合は*Lacunaturrita*（軟体動物腹足綱）31.3%、*Cantharidus jessoensis*（軟体動物腹足綱）20.3%であり、この2種で全体個体数の約半分を占めていた。

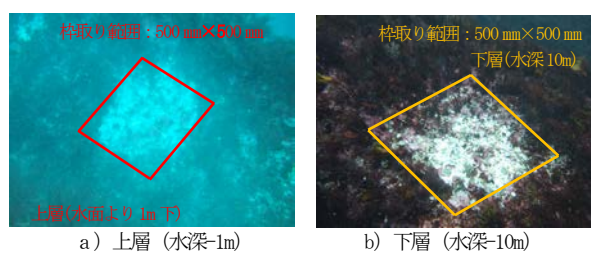


写真-2 底生・付着生物採取状況



写真-3 底生生物の主な出現種

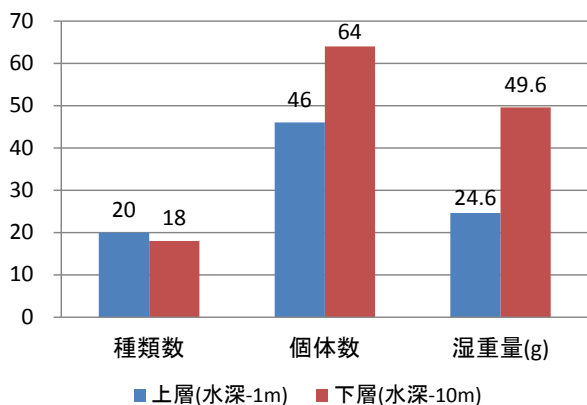


図-6 層別出現状況

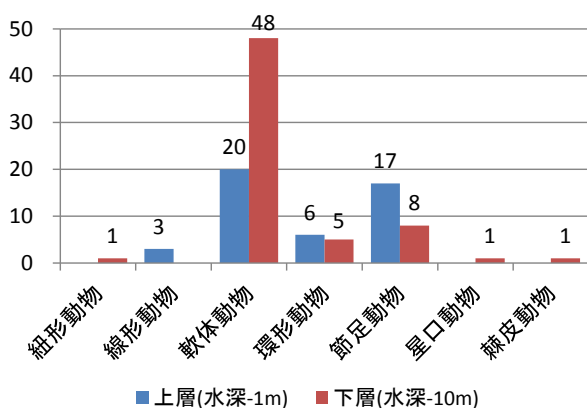


図-7 属種別底生・付着生物の種組成

属種別の種組成では、上層は軟体動物が43.5%、次いで節足動物が37.0%であり、この2属種の出現頻度が高かった。また、下層では軟体動物が75.0%を占めていた。

#### 4. まとめ

利尻南部漁場においてマルチビーム測深を行い、魚礁群の平面位置と概ねの底質を把握した。これにより、調査区に設置する基質別試験礁の設置予定箇所を設定した。

対照区として仙法志漁港の消波ブロックに付着する生物の粹取り調査を行った。その結果、上下層で出現種に優位な差は見られなかったが、下層の個体数は上層より約4割多く、湿重量は約2倍であった。

#### 参考文献

- 1) 水産庁HP：国が施行する特定漁港漁場整備事業計画（漁場）
- 2) 河合浩・山本潤・大橋正臣：北海道開発局管内の漁場整備に資する水域環境のバックグラウンド調査-沖合漁場における物理環境や基礎生産の現状について-、環 3、北海道開発局技術研究発表会、2013.
- 3) 山本潤・渡辺光弘・林田健志・峰寛明・坂本和佳・西田芳則・田中仁：日本海北部漁場における表層冷却期の基礎生産構造に関する現地観測、土木学会論文集 B2（海岸工学）、第67巻、No. 2、pp.1026-1030、2011.
- 4) 河合浩・山本潤・渡辺光弘：北海道開発局管内における保護育成を目的とした漁場整備の効果算定の一例、環 24、北海道開発局技術研究発表会、2012.
- 5) 公共事業の事後評価書（水産関係公共事業の期中の評価）：特定漁港漁場整備事業（フロンティア漁場整備事業）日本海西部地区、2015.

## 17.1 海洋及び河川・沿岸構造物の有用水産生物の産卵場・生息場としての増養殖に関する 評価技術の構築

### 17.1.3 漁港港湾の静穏域を活用した栽培漁業支援技術に関する研究

担当チーム：寒地水圏研究グループ（水産土木チーム）

研究担当者：伊藤敏朗、牧田佳巳、丸山修治、三森繁昭、大橋正臣、梶原瑠美子

#### 【要旨】

本研究は、栽培漁業支援のため種苗放流と連携した漁港港湾の静穏域を活用した増殖機能付加型漁港整備に資する技術開発として、水域および生息環境の評価技術について検討するものである。これは漁港港湾水域が種苗放流適地と成り得るか否かを検討するものであり、現地実証試験を行うことで適正な環境評価技術や種苗放流手法の確立を目標とするものである。

初年度にあたる平成 28 年度は対象漁港の環境調査、実証試験における基質設置、種苗放流を実施するとともに、放流稚ナマコの残存調査を行った。

キーワード：栽培漁業、種苗放流、稚ナマコ、放流基質、生息環境

#### 1. はじめに

北海道は全国の約 3 割の水産物生産量を占め水産物の安定供給に大きく貢献している。近年、漁業者の高齢化に伴い負担軽減の観点から、沖合漁業から沿岸の磯根漁業への転換が進んでいる。これに加え疲弊する日本海漁業の再生と水産生産の安定化に向け、栽培漁業による漁業振興が重要な課題となっている<sup>1)</sup>。

特に浜や地域全体の活性化のために、漁港機能の再編・集約化に伴う港内泊地の有効利用（増養殖機能の付加）等が推進されている。また、水産生物の増殖や生育に配慮した漁港施設整備と種苗放流の連携により、静穏な漁港水域を活用した増養殖による栽培漁業の発展が期待されている<sup>2),3)</sup>。

栽培魚種の中でも、ナマコは中国において高級食材として需要が高まり、輸出量の増大とともに卸値単価も 1999 年の 7~8 倍に上昇し、輸出金額が水産品輸出総額の内、ホタテに次ぐ第 2 位に至る地域の主力産業となっており、地域漁業を活性化させる魚種として注目されている。しかしながら、ナマコの資源量は頭打ち状態にあり、種苗の生産技術とともに、放流技術の確立による資源保全（維持・増大）等の栽培漁業強化が求められている。

本研究では、栽培漁業支援のため、種苗放流と連携した漁港港湾の静穏域を活用した増殖機能付加型漁港整備に資する技術開発として、環境評価技術について検討することを目的とする。

#### 2. 検討概要

水産土木チームでは、これまでの研究から生物の蟻集行動を利用した「底質改善に関するナマコ摂餌生態」、「貝殻礁や人工海藻による生息環境創出手法」に関する知見を有している。ナマコの生息環境として、強い波浪は付着力が弱い稚ナマコを流出させるなどの損害を与えることが知られており<sup>4),5),6)</sup>、減耗の著しい稚ナマコの育成場として漁港等静穏域は重要な役割を果たすと考えられる。しかし、漁港港湾等の静穏域に生息するナマコの生態に関する調査や稚ナマコ育成に特化した生息環境創出手法の検討事例は少なく、不明な点が多い。このため静穏域（漁港港湾）における、ナマコ生息の底質や基質の特性、餌料環境などの検討を実施し、稚ナマコ育成に適した生息環境を評価することは重要な課題である。

これらのことから「①種苗放流適地としての漁港港湾水域に関する適正環境評価技術の構築」、「②実証試験による効率的な種苗放流手法の確立」の 2 つの目標を設定し、評価技術の構築を目指すこととした。

平成 28 年度は対象漁港の環境調査、実証試験における基質設置、種苗放流を実施するとともに、放流稚ナマコの残存量調査を行った。



### 3. 調査方法

#### 3.1 調査対象漁港

対象漁港は北海道南部の漁港であり、泊地の底質は主に砂質である。漁港の左右には小規模河川の河口が存在することが特徴的である(図-1)。



図-1 調査対象漁港

(放流基質の設置位置 A, B, C 地点)

#### 3.2 環境調査方法

環境調査の測点として、港内外に河口部を加えた 8 地点 (No. 1~No. 8) を設定した (図-2)。調査項目は表-1 に示すとおりであり、水質、底質の分析を実施した。また、港内の静穏度の検討のため、港内外に波高計を設置し、放流時期である 12 月を含む秋季から冬季の波高変化について観測を実施した。



図-2 環境調査の測点 (No. 1~No. 8)

表-1 調査項目

項目	詳細	測点	時期
水質	DO, SS, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, COD, PO <sub>4</sub> -P, Chl. a, SiO <sub>2</sub> -Si, POC, PON	No. 1~ No. 8	2016 年 10 月 2016 年 12 月
底質	粒度, 強熱減量, COD, 硫化物, Chl. a, Phaeo., TOC, TON	No. 1~ No. 8	2016 年 12 月
波高	水圧式波高計, 2 時間毎 20 分観測, Δt:0.5sec	No. 9 No. 4	2016 年 9 月~ 2017 年 2 月

#### 3.3 実証試験方法

##### 3.3.1 放流基質の設置

当漁港における実証実験として放流基質位置は、防波の近傍 (A 地点、B 地点) と港内中央部 (C 地点) に設置することとした (図-1)。理由は稚ナマコ放流後に拡散することが考えられ、拡散後の稚ナマコの行動特性として漁港構造物 (防波堤マウンド等) を利用する可能性があると思われる。このため A 地点と B 地点を設定し、対照地点として C 地点とした。基質の設置は、2016 年 11 月に実施した。

##### 3.3.2 放流基質

放流基質は、中心に小型貝殻ブロック「貝藻くん」(写真-1、NETIS 登録 No. CGK-150001-A、開発会社: 海洋建設株式会社) を配置し、その周辺に空隙の異なる 5 種類のユニットを設置したものとし、大きさは縦横 150cm である (表-2, 図-3)。

ユニットの種類、空隙は、表-2 に示すとおり材料としてはホタテ貝殻、石材、透水マットを用い、円柱状のネットに入れ、3 セットを 1 ユニットとした。これらは空隙の違いによる生息状況を確認するだけでなく、長期的にはユニットに付着する海藻等の付着物の量や種類とナマコ生息との関係を検討するためである。

設置数は図-3 の放流基質を各地点 (図-1 A, B, C 地点) に 5 セットずつ、合計 15 セットを設置した。設置後の状況は写真-2 のとおりである。



写真-1 小型貝殻ブロック (製品名: 貝藻くん、海洋建設株式会社 NETIS 登録 No. CGK-150001-A)

表-2 基質（ユニット）

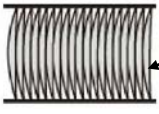
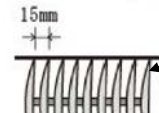
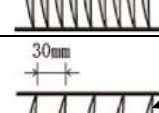


ユニット名	構造	材料等
ホタテ 0	 ホタテ貝殻	材料：ホタテ貝殻 ※スペーサー無し
ホタテ 15	 ホタテ貝殻	材料：ホタテ貝殻 ※15mm スペーサー
ホタテ 30	 ホタテ貝殻	材料：ホタテ貝殻 ※30mm スペーサー
石		材料：割石 ※代表径 2cm~4cm
透水マット		材料：ポリプロピレン ※プラスチック立体網状形成品 ※NETIS 登録 No. KT-140118-A



写真-2 放流基質の設置状況

### 3.3.3 放流稚ナマコ

稚ナマコは、北海道栽培漁業振興公社（熊石事業所）で生産された約 30,000 匹の人工種苗を用いた（写真-3）。種苗生産に使用した親ナマコは当漁港周辺で採取されたものを用いた。平均体長は 26mm、平均重量は 0.7g のものを用いた。放流日は 2016 年 12 月 7 日である。

放流数は図-3 の中心にある小型貝殻ブロックに約 2,000 匹/基とした。また、放流はダイバーが行い、稚ナマコの水中での逸散を防止するため、事前にネットをかけて、ネット内部に放流した（写真-4）。

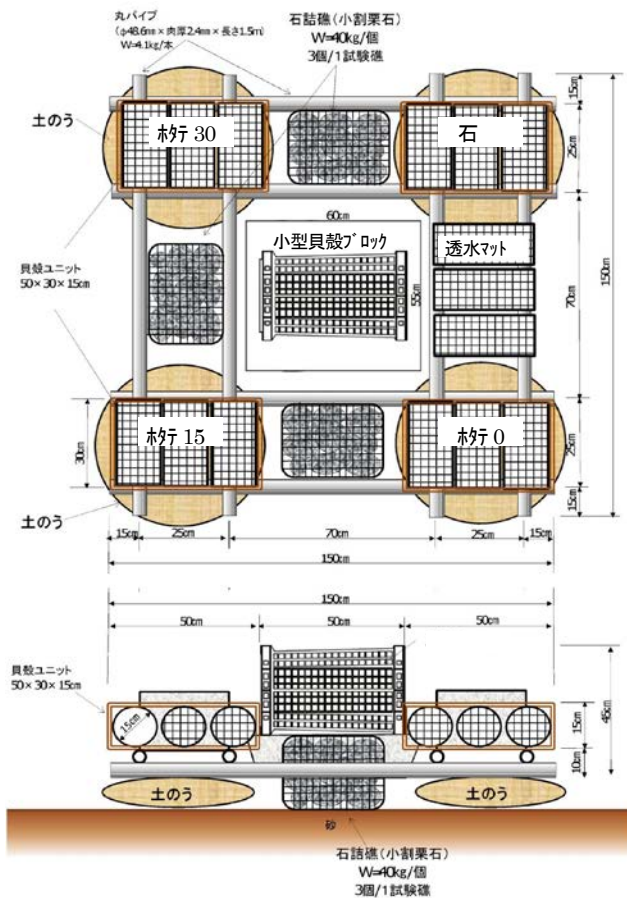


図-3 放流基質（全体）



写真-3 放流した稚ナマコ

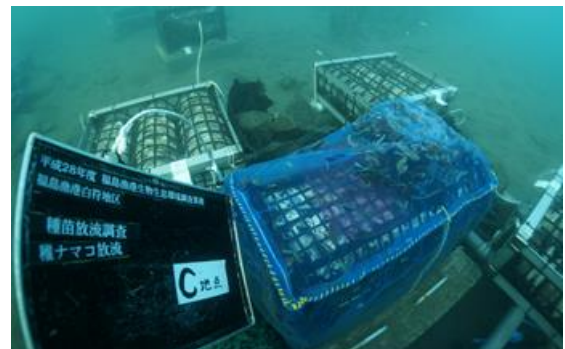


写真-4 放流状況



### 3. 4 残存量調査方法

放流後の稚ナマコ残存量調査は、1回の調査で各地点(A, B, C地点)に5セット設置した放流基質のうち1セットのみ陸揚げを行い、小型貝殻ブロックと各ユニットから稚ナマコを取り分け、計数するとともに体長・体幅、湿重量の測定を行った(写真-5参照)。計測後の稚ナマコは各ユニットに再放流した。調査は、放流後1週間後、49日後、83日後に実施した。



写真-5 残存量調査状況 (左: ナマコ採取, 右: 計測)

## 4. 調査結果

### 4. 1 水質・底質分析結果

水質・底質分析結果として、ナマコの餌料環境に係る有機物(POC、TOC、Chl. a、Phaeo.)について2016年12月観測の結果を図-4に示す。

No. 1~No. 4は港内、No. 5、No. 6は港外に位置しており(図-2)、表層および底層水のChl. aやPOCは、No. 1のPOCが若干大きい、全体的には港内外で大きな違

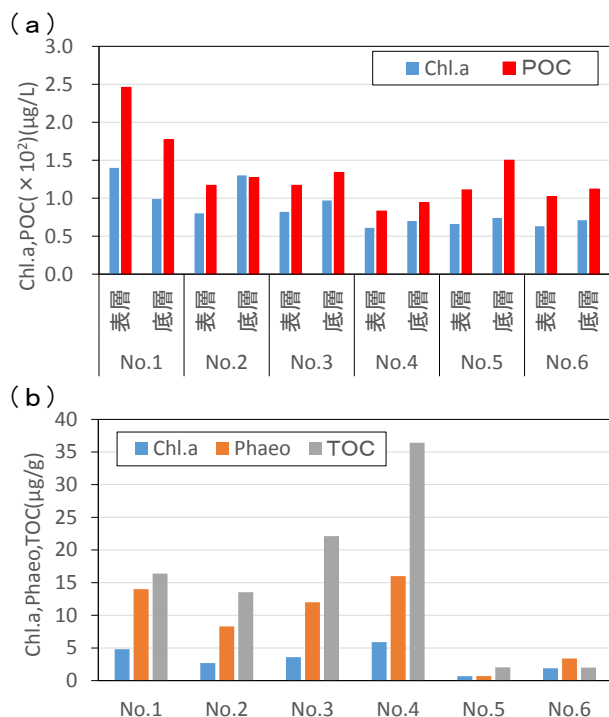


図-4 2016年12月観測、水質・底質分析結果 (a: 水質, b: 底質)

いが見られない。これに対し底質(堆積物)のChl. a、phaeo.、TOCは港内側が大きいことがわかる。これは港内堆積物に有機物が多いことを示しており、港内は静穏で堆積傾向となっていると考えられる。港の形状よりNo. 1、No. 2が港奥、No. 4が港口に近く、底質(堆積物)のChl. a、phaeo.、TOCは港口のNo. 4で大きく、港奥のNo. 1、No. 2が小さいことから、堆積傾向として港外からの有機物が港内に入ってすぐに堆積していると考えられる。ここで底質調査については初年度の1回の調査データであることから、継続して調査を行い、稚ナマコの餌料環境を明らかにする必要があると考える。

## 4. 2 実証試験結果

### 4.2.1 残存量調査

稚ナマコ放流後の残存量調査の結果を図-5、図-6に示す。前述したが稚ナマコは基質セット(図-3)の中心の貝藻くんに放流しており、時間の経過と共に各ユニットに移動することがわかる(図-5)。

各ユニットの個体数および体長の変化を図-6に示しており、1週間後のB地点透水マットやC地点ホタテ15が他のユニットに比べて多く生息している。同様に体長についてもバラツキが大きいと思われる。49日後になると体長が3cm~5cm程度と比較的バラツキが小さくなり、各ユニットの生息数は「石 > ホタテ0 > ホタテ15 > ホタテ30 > 透水マット」のように見える。しかし、83日後のデータでは「ホタテ15」や「ホタテ30」の生息個体数が多くなっていることがわかる。これは放流から数十日程度の結果であり、より調査を継続させて、長期的な視点で各ユニットとナマコ生息の関係性を判定する必要があると考える。また、83日後の体長は43日後とほぼ同等であった。

なお、本調査は各ユニットに生息するナマコを対象に計数、計測したものであり、放流した稚ナマコのみでなく、漁港内に生息している天然個体がユニットに入り込んだ可能性がある。

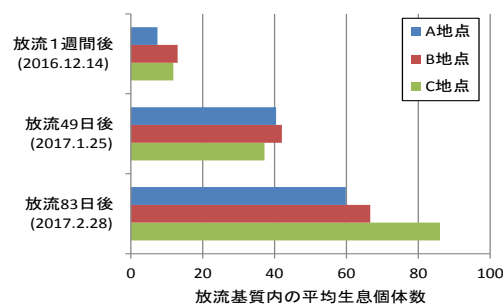


図-5 放流基質(各ユニット)内の平均生息個体数

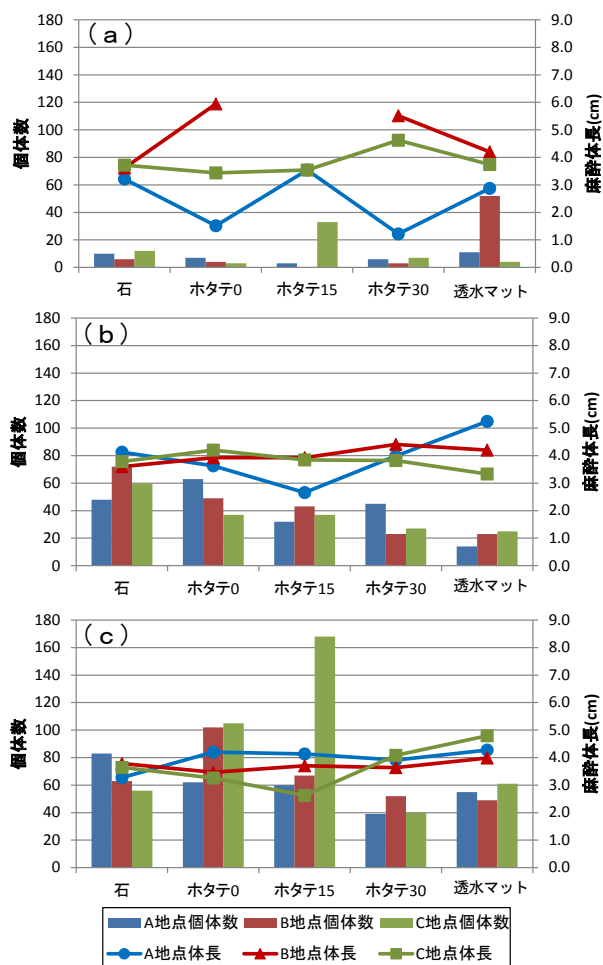


図-6 各ユニットの生息個体数  
(a : 放流1週間後、b : 49日後、c : 83日後)

## 5. まとめ

「漁港港湾の静穏域を活用した栽培漁業支援技術に関する研究」における評価技術に関する平成28年度の検討結果について以下に取りまとめる。

- ・当該漁港において実証試験として、放流基質（小型貝殻ブロック、各ユニット）を設置した。また、放流基質に稚ナマコを約30,000匹放流した。
- ・放流時期の秋季から冬季の水質・底質の調査を実施し、放流初期の水域環境に関する基礎資料を得た。
- ・放流基質を定期的に陸揚げ、計数・計測を実施し、各ユニットの生息数の変化について、放流初期のデータが得られた。

今後も上記の調査、解析を継続的に行うことで、港内を用いた栽培漁業支援のための評価技術の開発を進める予定である。

## 参考文献

- 1) 北海道水産林務部：日本海振興基本方針、2014.
- 2) 農林水産省：水産動物の種苗の生産及び放流並びに水産動物の育成に関する基本方針、2015.
- 3) 北海道開発局：北海道マリビジョン21（改訂版）北海道漁港漁村の将来像、2013.
- 4) 光永直樹、松村靖治：サイズ別に放流した人工稚ナマコの成長と生残、長崎水産試験場研究報告書、第30号、pp.7-13、2004.
- 5) 桑村勝士・有江康章・小林信・上妻智行：人工増殖場に放流したマナマコ（アカナマコ）の移動、生存および成長、福岡水研報、第5号、pp.9-14、1996.
- 6) Masataka Tanaka: Diminution of Sea Cucumber *Stichopus japonicus* juveniles released on artificial reefs, Bull. Ishikawa Pref. Fish. Res. Center, pp.19-29, 2000.

## 17.1 海洋及び河川・沿岸構造物の有用水産生物の産卵場・生息場としての増養殖に関する 評価技術の構築

## 17.2 生産力向上と漁業振興に向けた海洋及び河川・沿岸構造物の増養殖機能強化のための 水産環境整備技術の開発

### 17.1.4 17.2.1 自然再生産を目指した水産有用種の行動に着目した河川・沿岸構造物の評価・ 改善手法に関する研究

担当チーム：寒地水圏研究グループ（水環境保全）

研究担当者：新目竜一、谷瀬敦、柏谷和久、布川雅典

#### 【要旨】

生態系保全や水産資源維持の観点から自然産卵魚による資源管理の必要性が求められている。しかしながら、一方でサケ親魚が遡上する河川が明らかになっていない流域も少なくない。また、ダム湛水域へのサクラマス等の降河行動や湛水域に侵入後の行動は十分にはわかっていない。そこで本研究では、十勝川流域と後志利別川流域において、サケ科魚類の遡上及び降河行動を調べた。その結果、ふ化場設置河川以外の支流において、親魚の遡上が確認され産卵行動の可能性が示唆された。また、ダム流入河川においては、湛水域へは降河せず魚道を経由して下流へ移動する個体が確認されたこと。さらには、ダム湛水域から流入河川に遡上する個体や、少なくとも40日以上は湛水域で生息する個体の存在が明らかになった。本研究で得られた結果は今後の産卵環境保全対策やダム管理にかかる生態系保全対策に利用することができる。

キーワード：バイオテレメトリー、十勝川、美利河ダム湛水域、自然産卵、魚道機能

#### 1. はじめに

国土のランドデザイン 2050 では水域および河川と海洋とを有機的につなぐ生態系ネットワークや生物多様性の保全と回復への対応が必要である<sup>1)</sup>とされている。また、平成 29 年度国土交通白書<sup>2)</sup>では魚介類の遡上・降河環境の改善が重要であると述べられている。一方で、持続的な水産資源の利用が重要であると平成 29 年度水産基本計画<sup>3)</sup>に記載されている。このように、流域内の生物多様性保全に加えて、水産資源の持続的利用の確保の観点から、河川連続性が保全され魚類が移動しやすい川づくりが重要であるとの社会的認識が高まっている。

海洋と河川を往来する水産有用種にとって、人工構造物により回遊などが妨げられることは、その種の個体群の衰弱あるいは絶滅を招く危険性をはらんでいる。そのため、特に沿岸から河川上流域までの連続性がこれらの種の存続に重要であると考えられる。

サケ科魚類は河川生態系の食物連鎖の栄養段階でみれば

上位に位置する生物である。一方で、これらの種は水産資源として価値が高く、北海道で多く漁獲される<sup>4)</sup>ことから、北海道漁業を支える重要な存在でもある。2000年代から、そのようなサケ科魚類の来漁獲数が減少傾向にある<sup>5)</sup>。

シロザケ資源はほとんどが人工孵化放流事業により管理されており、高水準の資源量を維持してきた<sup>6)</sup>。しかしながら、生態系保全や水産資源維持の観点から、遺伝的多様性を持つ自然産卵魚による資源管理の必要性が求められている<sup>7)</sup>。

湧水や河床材料等の物理環境が良好であることだけでなく、河口から産卵適地までに横断構造物等による遡上阻害箇所がないことが産卵環境として重要である。環境配慮型河川管理ではこのような環境保全が求められるものの、大きな流域内において自然産卵が行われている河川の把握は容易とはいえず、産卵河川がどこかといった基礎的な資料は少ない。



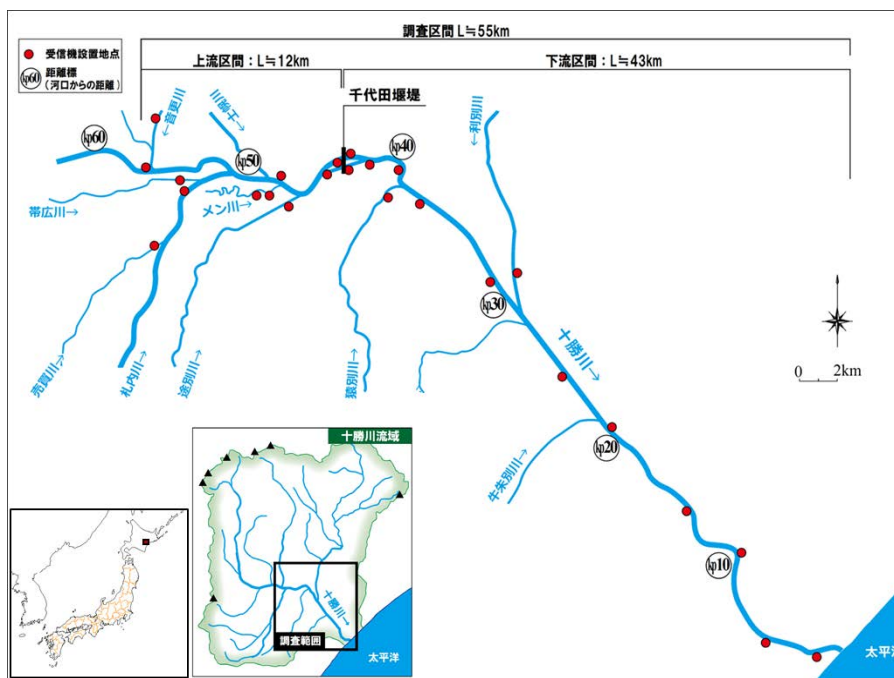


図 1 調査地流域と受信機設置場所。赤丸は受信機を示す

年間約 30 万匹が遡上する北海道東部十勝川<sup>8)</sup>においても、シロザケ(*Oncorhynchus keta*)の自然再生産の可能性は示唆されているものの<sup>9)</sup>、実際の産卵可能な親魚がどの河川に遡上しているのかは明らかになっていない。この点を明らかにするために、バイオテレメトリー手法を用いて遡上行動を調査した。

一方、サケ科魚類のなかでも人工放流による効果が小さいサクラマス(*Onchorynchus masou*)は、その資源管理の観点では野生資源に頼らざるを得ない状況が続いている。そのため、資源の維持増殖には、産卵域および生息域と海洋との通路である河川の環境保全、とりわけ遡上および降河環境の保全が重要である。しかしながら、貯水ダムがある流域においてはダム上流域から下流へのサクラマス降河行動や、ダム湛水域にサクラマスが流入した場合のその後の行動を明らかにした事例は少ない。この点を明らかにするために、バイオテレメトリー手法を用いて降河行動を調査したのでその結果も報告する。

## 2. シロザケ遡上行動調査方法

### 2.1 調査地および材料

調査河川は北海道東部十勝川流域の河口から産卵域までの区間の支流と本流である(図1)。十勝川流域では、大きな横断構造物として河口から 40 km の地点に千代田堰堤がある。ここには魚道が設置されており、魚道を閉鎖するサケの捕獲期間(9月から11月)は遡上不可能となっている。調査は、千代田堰堤を挟んで上流と下流

に区分して実施した。実施時期は、十勝川におけるサケの遡上期のほぼ中間に当たる10月中旬(10月12日放流)とした。

千代田堰堤直下流で採捕した17匹(オス9個体、メス8個体)の個体に、超音波発信器(Vemco社製V9-2x)を装着した。発信器の水中重量は2.1gで、発信器の重量は後述するシロザケ体重の0.1%未満であり、遡上行動に影響を及ぼすといわれる2%を大きく下回っていた。このため発信器が遡上行動に与える影響はなかった<sup>10)</sup>と考えられる。そのうち9個体を河口放流地点へ運搬後放流し(以下、「河口放流個体」)、残りの8個体を堰堤

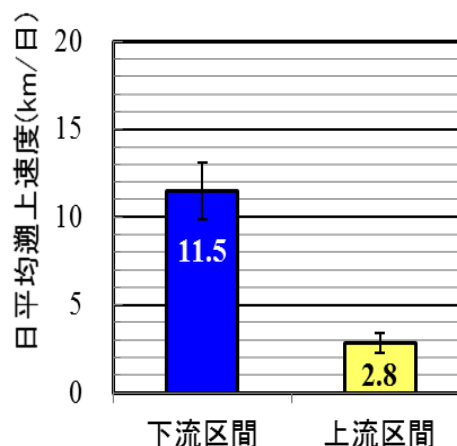


図 2 十勝川千代田堰堤下流区間と上流区間の日平均遡上速度。エラーバーは標準誤差を示す

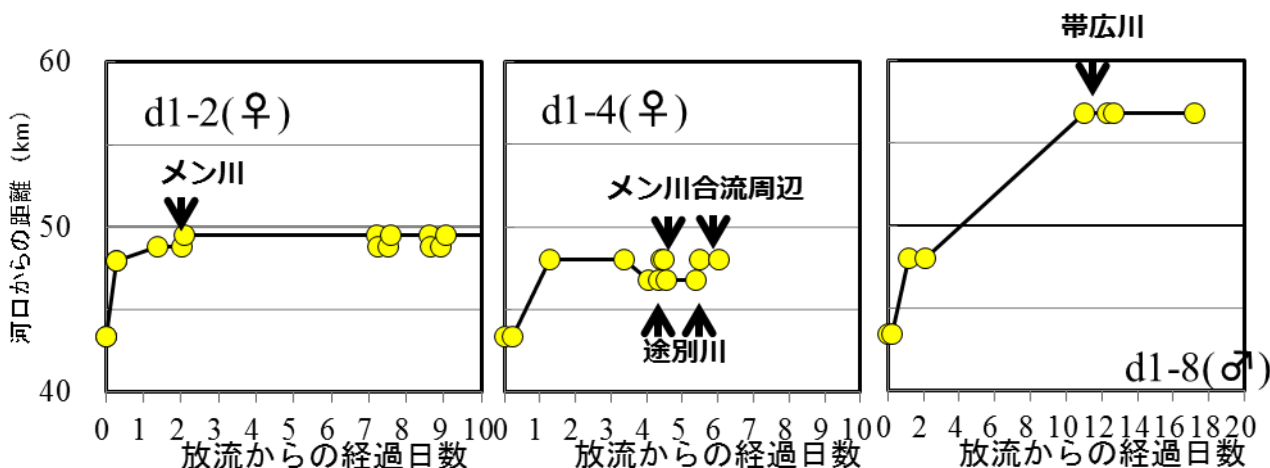


図3 十勝川千代田堰堤上流区間でみられた代表的な遡上パターン。図中の英数文字は個体識別番号でかっこ内は性別を示す。

上流で放流した（以下、「上流放流個体」）。

超音波受信機は約5 km 間隔となるよう設置し、上流区間については上記間隔を考慮しつつ、構造物周辺や支川の合流点付近等を中心に設置した（図1）。受信機に記録されたデータから放流個体の日あたりの移動距離を求め、それを日遡上速度とした。上流放流個体は最終的には支川に遡上したことが確認されているが、ここでは最初の支川に遡上するまでの時間に着目し、河口放流個体と同様、日当たり平均遡上速度を求めた。

### 2.2 追跡個体の特徴

河口放流個体の各個体の体サイズ(平均値と標準誤差)は、全長675 mm ± 9.0 mm、尾叉長645 mm ± 8.8 mm、体長581 mm ± 7.5 mm であり、体重のそれらは2.8 kg ± 0.13 kg だった。上流放流個体の体サイズは、全長714 mm ± 11.6 mm、尾叉長684 mm ± 12.7 mm、体長615 mm ± 9.8 mm、体重3.2 kg ± 0.18 kg で概ね平均的なサイズだった<sup>11)</sup>。なお、追跡対象個体には銀鱗が残っている個体もあるものの、全ての個体で婚姻色がみとめられた。これは、千代田堰堤で捕獲した個体であり、すでに成熟した個体であったことを示している。

### 3. シロザケの遡上行動結果と考察

#### 3.1 下流区間の遡上行動

河口放流個体の9個体中8個体が、千代田堰堤まで遡上していた。これらの個体の多くは、放流地点で滞留した後一気に千代田堰堤まで遡上していた。また、河口から千代田堰堤まで平均5.9日で遡上した。最速では1.6日で到達した個体もいた。日当たり平均遡上速度は11.5 km/日だった（図2）。十勝川は河口から千代田堰堤までに遡上阻害となる河川横断構造物はない。また、石狩川

における神居古潭峡谷のように地形的な遡上阻害箇所<sup>12)</sup>もない。放流後一気に遡上した行動からも、遡上の阻害となるような場所はない区間だったと考えられる。

河口に放流したほとんどの個体は再び千代田堰堤へ遡上していた。十勝川流域において、孵化放流事業が行われている河川は、メン川および猿別川である（図1）。放流数等の事業規模は約1:3で猿別川の方が多い（十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会 私信）。それにもかかわらず、猿別川への遡上はなかった。また、猿別川で耳石温度標識をつけた稚魚を放流し、のちに親魚として帰ってきた個体を千代田堰堤と猿別川幕別捕獲場それぞれで捕獲した。この捕獲したシロザケが、耳石放流魚かどうかを調べた結果、千代田堰堤で捕獲された個体が標識魚である割合は約1.5%前後だった<sup>13)</sup>。これらのことから、猿別川由来サケが猿別川上流の十勝川本川に遡上することが少ないと考えられた。

#### 3.2 上流区間の遡上行動

上流放流個体は、放流直後堰堤下流に降下した2個体を除いて、本川から支川に遡上していた。なお、遡上した支川は必ずしも1支川ではなく、十勝川からある支川に遡上した個体が、その後、これとは異なる支川に遡上するという行動も認められた。上流放流個体は、遡上した6個体のうち、メン川に4個体、途別川に1個体、帯広川に1個体が遡上している。これらの日当たり平均遡上速度は2.8 km/日と小さかった（図2）。遡上した個体は、十勝川本流から支川に入った後は、ゆっくりと遡上しており、全体の平均遡上速度を下げている。これは、産卵適地での産卵関連行動だと考えられた。なお、帯広川へ遡上した個体（図3:d1-8）は、ほとんど受信記録を残しておらず、途中の遡上行動は不明だったが、放流から11



図 4 分水施設と魚道部における超音波受信機の設置地点

日経過後に帯広川に遡上した。帯広川は孵化放流を行っていないものの、親魚の遡上目撃等があり、天然産卵が行われている可能性を否定できない。

#### 4. ヤマメ降河行動調査方法

##### 4. 1 調査地

調査地は後志利別川に設置された美利河ダムとそれに注ぐ、チュウシベツ川である。後志利別川は北海道せたな町および今金町を流下する流路延長 80 km、流域面積 720 km<sup>2</sup>の一級河川である<sup>14)</sup>。この後志利別川の河口から 51.5 km の地点に位置する美利河ダムは、洪水調節、灌漑用水の補給および発電を目的として 1991 年に完成した。2005 年にはダム堤体下流の後志利別川本流から、ダム湛水池に流入するチュウシベツ川の下流部へと魚道が設置された。チュウシベツ川から魚道への流水の供給と、魚類の往来が可能とするために分水施設が設置されている (図 4)。

##### 4. 2 超音波発信機の装着と供試魚の放流

副堤からダム湛水域までの広範囲を長期的にサクラマス幼魚(以下ヤマメ)の遡上や降河行動を把握するために、超音波バイオテレメトリーシステムを用いた。このシステムは、超音波発信機と受信機からなり、超音波発信機を、行動を調べたい個体に装着し、それらが通過すると思われる箇所には受信機を設置することで、発信機からの信号を受信し、それらの行動を明らかにするシステムである。

本研究では、小型魚に装着可能な小型発信機(Vemco社製、V7-69 kHz : 7 mm×18 mm、0.7 g、寿命約 70 日間)を用いた。ヤマメに麻酔を施した後、発信機を飲み込ますことにより胃部に装着した。河川に残留したヤマメの行動を明らかにするために、魚道内で採捕したヤマメ 40 個体に発信機を装着した。チュウシベツ川から分

水施設、あるいは本堤からダム湛水域への降下状況を把握するために、20 個体を分水施設本堤 (図 4) の上流に 2016 年 8 月 9 日 13 時に放流した。ヤマメがダム湛水域に降下した場合の行動や滞在期間を明らかにするために、チュウシベツ川がダム湛水域に流入する流入部 (以後チュウシベツ川流入部とする) の上流側(St. 3 付近 : 図 5)へ 20 個体を 8 月 10 日 9 時に放流した。受信機(Vemco社製、VR2-Tx-69kHz)は、流れや波浪により波立つ区間では受信が不可能となるため、分水施設周辺では淵状の地形の底部に、ダム湛水域では中層付近に設置した。

##### 4. 3 超音波受信機の設置

チュウシベツ川の本堤から分水施設および魚道へのヤマメの降河行動を明らかにするために、分水施設導水路上流と魚道に設置した。これらの受信機の位置を St. 1 および St. 2 とする (図 4)。なお、副堤あるいは分水施設の余水吐きを降河し、美利河ダム湛水域まで達した個体は、チュウシベツ川流入部に設置した受信機でその行動が記録される。

美利河ダム湛水域でのヤマメの滞在期間を明らかにするために、湛水域に受信機 (上記同型) を 5 機配置した。これらの受信機の位置をそれぞれ St. 4 から St. 8 とする (図 5)。

上記の他、美利河ダム湛水域から流入河川への移動行動も受信するために、チュウシベツ川、後志利別川およびピリカベツ川の流入部でかつ湛水域である場所に配置した。これらの受信機の位置をそれぞれ St. 3、St. 9 および St. 10 とする (図 5)。各地点の受信機は、いずれもロープに固定し、アンカー (約 20kg) および浮子・旗を用いて、各地点の中層に取り付けた。





図 5 美利河ダム湛水域における超音波受信機の設置地点。オレンジ丸点は受信機の位置を示す

## 5. ヤマメの降河行動結果と考察

### 5.1 チュウシベツ川本堤上流からの放流魚

チュウシベツ川本堤上流から放流した個体が、最後に記録された場所における個体数はそれぞれ、魚道が 8 個体、分水施設周辺が 1 個体であった。11 個体は行き先が不明であった (図 6)。不明個体は、超音波受信可能範囲以外の範囲となるチュウシベツ川流入部より上流側の区間に分布したと推測される。不明個体の副堤の落下状況が明確ではないものの、ダム湛水域まで降下した個体は記録されなかった。

チュウシベツ川本堤上流から放流された個体のうち移動行動が確認できた個体は 9 個体であった。このうち、5 個体は流量の増量時に降河し、いずれも分水施設に進入した。ダム湛水域へのチュウシベツ川流入部において放流された個体のうち、放流地点から大きく移動が確認された個体は 6 個体であった。このうち、No. 4、No. 10

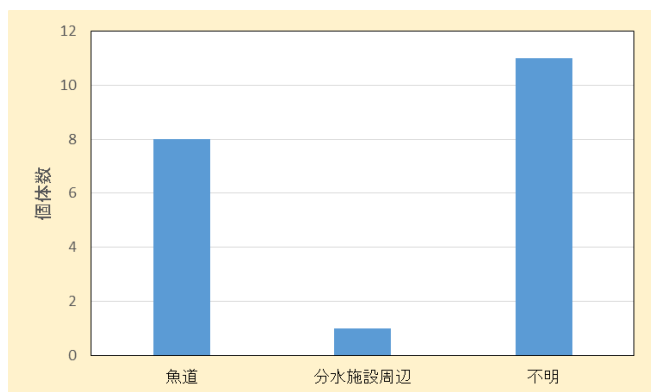


図 6 本堤上流で放流した発信機装着ヤマメの最終確認位置ごとの個体数割合

および No. 17 は 8 月下旬から 9 月中旬の貯水位上昇時に湛水域内を移動していた (図 7)。No. 5 が湛水域からチュウシベツ川へ遡上していることが確認された。St. 3 から St. 1 への遡上時にはチュウシベツ川の流量がわずかに増量していた (図 7)。チュウシベツ川流入部から分水施設の間には落差工が設置されており、平水時には遡上が困難なことから本個体は増水時等に落差工を遡上したと思われる。

### 5.2 チュウシベツ川流入部からの放流魚

チュウシベツ川流入部で放流した個体が最終的に記録された位置における個体数はそれぞれ、湛水域中央付近が 3 個体、チュウシベツ川流入部が 7 個体、後志利別川流入部が 1 個体、ピリカベツ川流入部が 1 個体、および分水施設周辺で 1 個体確認された。また、7 個体の最終記録場所は不明であった (図 8)。

分水施設周辺で確認された 1 個体は、チュウシベツ川流入部を通過し湛水域へ一度降河した後、チュウシベツ川を遡上し分水施設周辺まで到達した。この個体は、忠志別橋下流に位置する落差工を遡上したことになる。

最終確認位置が不明の個体は、受信機設置地点以外の範囲となるチュウシベツ川流入部より上流側の区間に分布した可能性がある。

### 5.3 美利河ダム湛水域における滞在時間

美利河ダム湛水域でのヤマメの滞在時間は 6 分から 71 日間の範囲にあった。このうち、22 時間以内が 10 個体、43 日間以上が 3 個体確認できた。

滞在時間が 22 時間以内の個体は、一時的に美利河ダム湛水域に降河したものの、その後、いずれかの流入河川へ遡上したと思われる。滞在時間が 43 日間以上の個体は、長期間にわたり湛水域を利用していたと考えられる。

最終位置が不明の個体は、ダム湛水域で受信されなかった。これらの個体は放流後にチュウシベツ川の流入部より上流側の超音波受信不可能区間に分布していたと思われる。

## 6. まとめ

### 6.1 シロザケの遡上行動と河川環境保全

十勝川下流では千代田堰堤までの区間で遡上の阻害は認められなかった。千代田堰堤上流域のメン川における、遡上行動データは、本河川での自然産卵を十分に示唆するものだった。また、遡上の可能性は低いと考えられていた帯広川、途別川でも遡上確認ができた。今後は、シロザケ捕獲期間以外(12 月以降)の千代田堰堤での魚道の

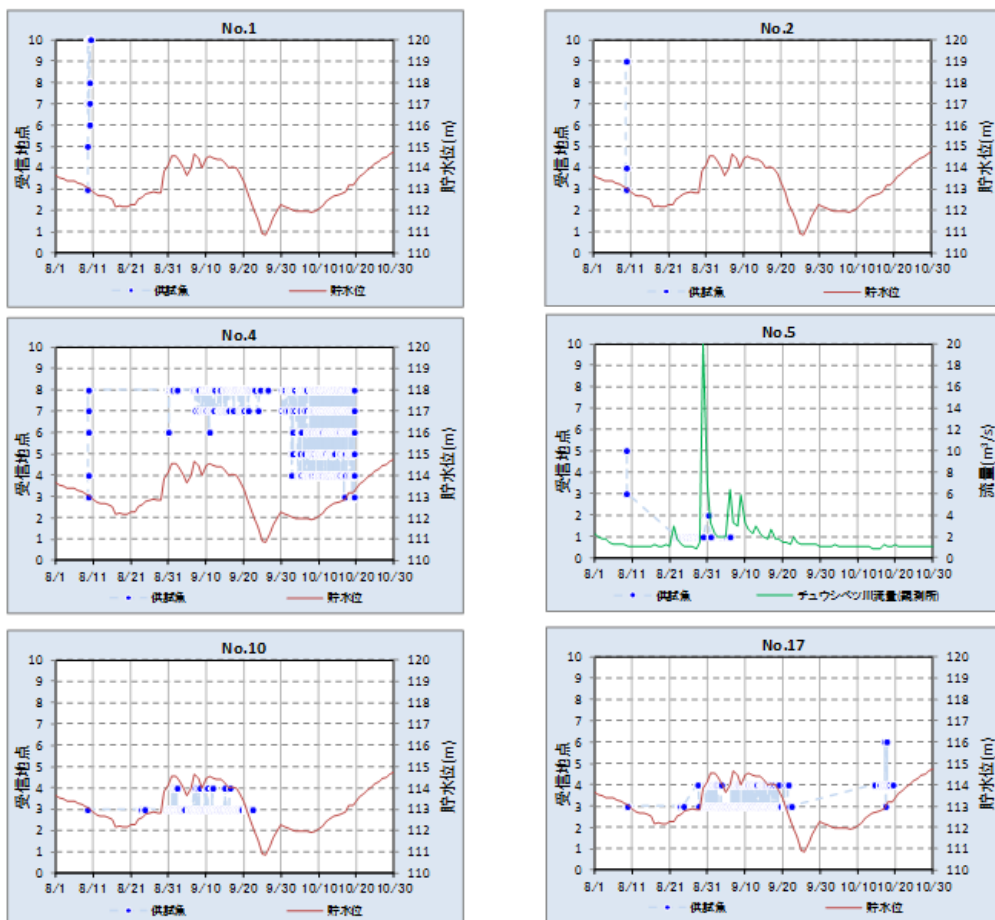


図 7 代表的な個体の超音波受信パターンとチュウシベツ川流量あるいはダム貯水位の関係。受信地点の数字は以下の場所を示す。0: チュウシベツ副堤上流、1: 分水施設導水路、2: 魚道多自然水路、3: チュウシベツ川流入部、4: St. 4、5: St.5、6: St. 6、7: St.7、8: St. 8、9: 後志利別川流入部、10: ピリカベツ川流入部。

機能評価と遡上数を明らかにすることで、河川上流域における自然産卵量の潜在的可能性を推定することができ、産卵環境の保全を含む河川環境保全へのさらなる提案が可能となる。

### 6.2 美利河ダム湛水域におけるヤマメの行動

チュウシベツ川には魚道への分水施設が設置されてい

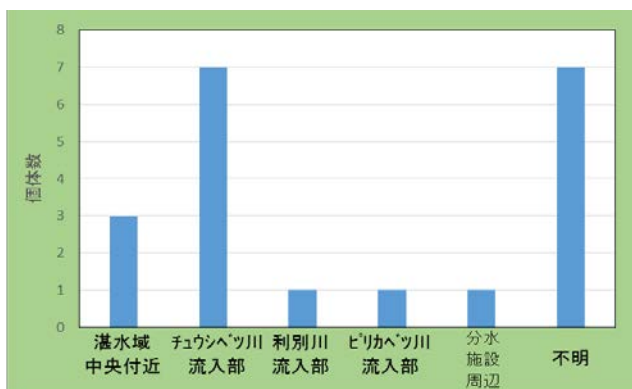


図 8 チュウシベツ流入部で放流した発信機装着ヤマメの最終確認位置ごとの個体数割合

る。これより上流において放流された個体はその約半数が分水施設に進入しており、美利河ダム湛水域まで降河した個体は確認されなかった。チュウシベツ川の流入部で放流した個体のなかで、行動が記録された 13 個体の 23%はチュウシベツ川を含む流入河川に遡上していた。さらには、23%は湛水域で 43 日～71 日間分布していた。また、ヤマメの行動には水位変動との関連性が示唆された。本調査の時期は、ヤマメが生息範囲を定める定着期であった。幼魚が活発に行動する 6 月～8 月に調査を実施し、季節的な行動の違いを明らかにすることで、さらなる河川管理に資するデータになると考えられる。

### 参考文献

- 1) 国土交通省: 国土のグランドデザイン 2050～対流促進型国土の形成～、2016。
- 2) 国土交通省: 平成 28 年度国土交通白書、2017。
- 3) 水産庁: 水産基本計画、2017。



## 17 食料供給力強化に貢献する寒冷海域の水産基盤の整備・保全に関する研究

- 4) 加藤雅博: 北太平洋と日本におけるさけます類の資源と増殖、SALMON 情報、11、40-41、2017.
- 5) 渡邊久彌・本多健太郎・鈴木健吾・斎藤寿彦: サケ(シロザケ) 日本系、平成 28 年度国際漁業資源の現況、水産庁水産研究・教育機構、60、60-1-60-8、2017.
- 6) 岡本康孝: 豊平川におけるシロザケ孵化放流の記録(1979～2000 年) および親魚との卵の形質値について、札幌豊平川さけ科学館、13、32-46、2008.
- 7) 眞山紘: さけ・ます類の河川遡上生態と魚道、さけ・ます資源管理センターニュース 13、1-7、2004.
- 8) 北海道区水産研究所: 河川別の捕獲数、採卵数及び放流数、[http://salmon.fra.affrc.go.jp/zousyoku/river/river.htm#1-1cpt\\_sake](http://salmon.fra.affrc.go.jp/zousyoku/river/river.htm#1-1cpt_sake)、(2017 年 6 月 10 日現在確認)
- 9) 卜部浩一・三島啓雄・宮腰靖之: 十勝川水系におけるサケ・サクラマス産卵環境評価(資料)、北水試研報、84、47-56、2013.
- 10) Winter J.D.: Advances in underwater biotelemetry. In: Fisheries Techniques, 2nd Edition. (eds. B.R. Murphy & D.W. Wills), American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 555-590, 1996.
- 11) 永田光博: 26. サケ(シロザケ)、新 北の魚たち、(上田吉幸・前田圭司・嶋田宏・鷹見達也編)、北海道新聞社、132-137、2003.
- 12) 有賀誠・津田裕一・藤岡紘・本田健太郎・光永靖・三原孝二・宮下和士: 石狩川におけるシロザケ *Onchorhynchus keta* の遡上行動-テレメトリーシステムの利用-、応用生態工学、12、119-130、2009.
- 13) 楠茂恵一: 十勝川水系内でのサケの母川回帰について、SALMON 情報、11、14-15、2017.
- 14) 北海道開発局. 後志利別川水系河川整備計画. 2007.