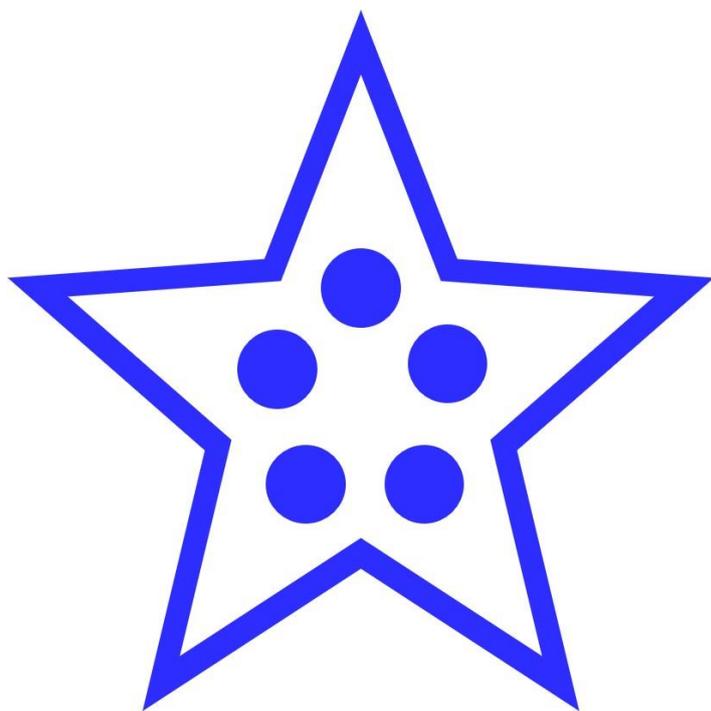


# 地まきホタテガイ漁場の ヒトデ捕食被害対策



北海道立総合研究機構  
網走水産試験場

## はじめに

オホーツク海から根室海峡は世界的なホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* の好漁場として知られています。本海域の「地まきホタテガイ漁業（以下、地まき漁）」は言わずと知れた国内有数の沿岸漁業であり、国際認証を取得した先進的な漁業です。放流されたホタテガイは生態系の中で成長するため、漁場に生息（侵入）するヒトデの標的となり、漁業現場では古くから捕食被害に悩まされてきました。近年ではヒトデの捕食被害により既存漁場を休漁せざるをえない甚大な損害を招いており、効果的な被害軽減方策の提案が喫緊の課題でした。しかし、これまでヒトデによるホタテガイの捕食被害は定量化されておらず、その評価も正確に行えない状況でした。

そこで本報告では、ホタテガイに対するヒトデの捕食能力を検証し、放流ホタテガイの捕食被害を明らかにしました。第 1 章では地まきホタテガイ漁場に生息するヒトデの基本的な情報を整理しました。第 2 章ではホタテガイに対するヒトデの捕食行動について詳しく解説しました。第 3 章ではヒトデの密度とホタテガイの捕食被害の関係を明らかにし、実際の漁場での捕食被害の推定方法を紹介しました。また、放流したホタテガイ稚貝を守るための様々な被害軽減方策を提案し、駆除方策について記載しました。

本報告がヒトデの捕食被害に悩むの漁業関係者皆様の一助となり、地まき漁の更なる発展に繋がれば幸いです。

2020 年 1 月 17 日

とりまとめ

三好晃治

# 目次

はじめに .....	1
概要 .....	3

## 第1章 ヒトデの基本的な情報

1-1: 地まき漁場に生息するヒトデ .....	6
1-2: ヒトデの分布の特徴 .....	8
1-3: ヒトデの生活史 .....	10

## 第2章 ヒトデの捕食行動の実態

2-1: ホタテガイに対する捕食行動 .....	12
2-2: マヒトデとニッポンヒトデの捕食能力 .....	14
2-3: ヒトデのホタテガイ捕食枚数の季節変動 .....	18

## 第3章 ヒトデの捕食被害対策

3-1: ホタテガイの捕食被害の推定 .....	19
3-2: ヒトデ密度とホタテガイの生残率の関係 .....	22
3-3: 放流稚貝を守るために .....	24

おわりに .....	35
------------	----

参考文献 .....	36
------------	----

(おまけ) 捕食被害算出フォームの使い方 .....	44
----------------------------	----

コラム①: ヒトデの好む餌とは? .....	11
コラム②: ヒトデの移動速度は? .....	21
コラム③: 捕食被害による経済的な損失は? .....	23
コラム④: 新しいヒトデ駆除方法! ? .....	34

## 概要

### 第1章 ヒトデの基本的な情報（6～10 ページ）

地まき漁場に生息するヒトデの仲間や分布の特徴、生活史などを整理しました。

### 第2章 ヒトデの捕食生態

#### 2-1：ホタテガイに対する捕食行動（12～13 ページ）

- ヒトデはホタテガイを1個体ずつ捕獲し、軟体部を捕食します。
- マヒトデなど多くのヒトデは、一度の捕食行動でホタテガイを1枚捕獲しますが、ニッポンヒトデは同時に2枚以上捕獲できます。

#### 2-2：マヒトデとニッポンヒトデの捕食能力（14～17 ページ）

- ヒトデは腕の長さの70%以下のホタテガイを捕獲できるため、小さいホタテガイほど捕食されやすくなります。
- 水温低下によってヒトデの捕食枚数は減少し、水温5℃以下では餌を搜索する行動が少なくなります。その一方で、10℃を上回るとヒトデの捕食行動は活発になります。

#### 2-3：ヒトデのホタテガイ捕食枚数の季節変動（18 ページ）

- 水温が10℃を超える6～10月の捕食枚数は年間捕食枚数の60%以上でした。
- 放流1年目のホタテガイ捕食枚数は全体の70%以上であり、捕食被害は放流1年目の高水温期に集中します。

## 第3章 ヒトデの捕食被害対策

### 3-1：ホタテガイの捕食被害の推定（19～20 ページ）

- 水温やホタテガイの成長とヒトデのホタテガイ捕食枚数の関係から、実際の漁場で発生する捕食被害を推定できます。
- 捕食被害の簡易な計算方法を末項（44 ページ）に紹介しました。

### 3-2：ヒトデ密度とホタテガイの生残率の関係（22 ページ）

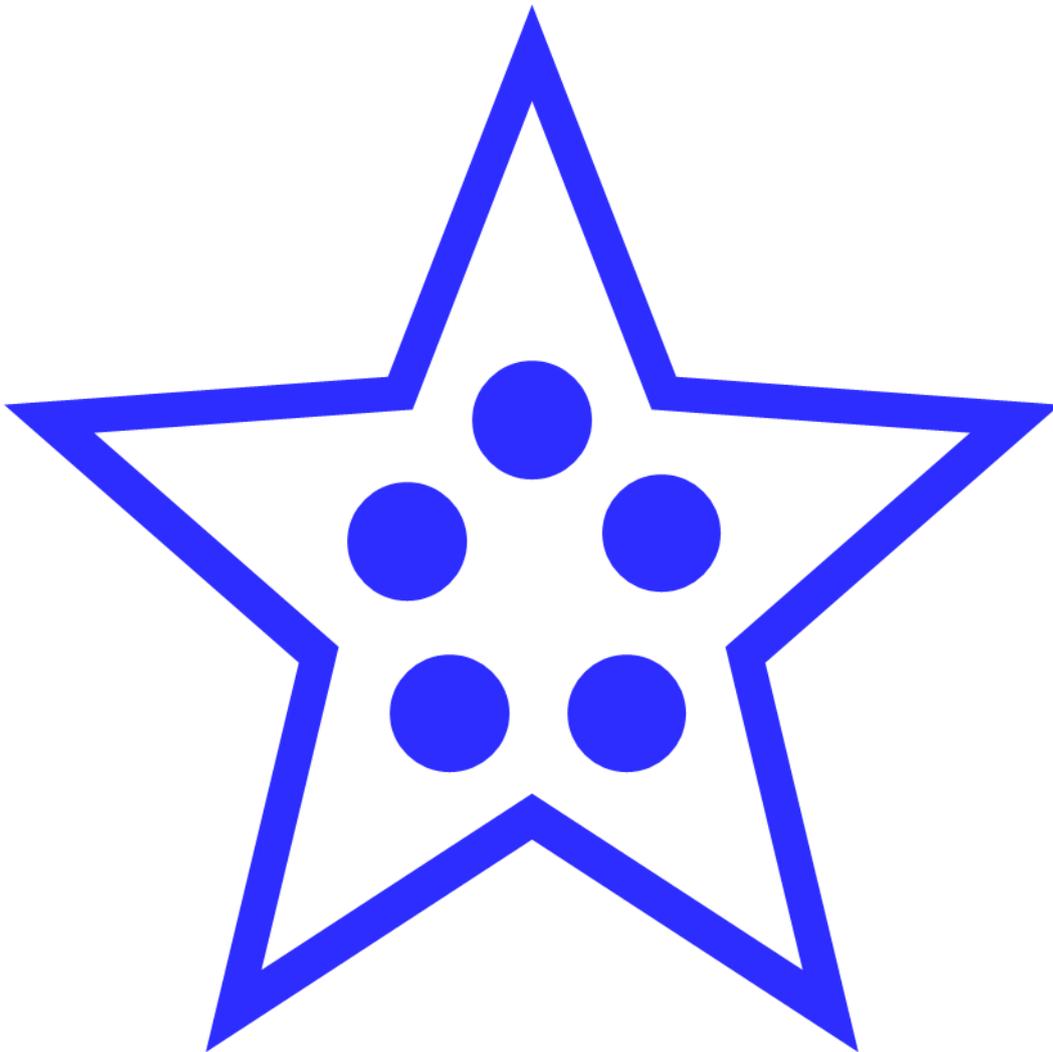
- ヒトデ密度とホタテガイの生残率の関係から、放流1年目の捕食被害を全体の10%未満（ホタテガイ生残率：90%以上）に留めるには、マヒトデ密度は0.007 個体/m<sup>2</sup>、ニッポンヒトデ密度は0.003 個体/m<sup>2</sup>以下にする必要があります。
- 放流2年目以降はヒトデの密度が放流1年目の5倍以上、放流3年目以降は15倍以上に増加しても捕食被害を10%以下に留めることができます。

### 3-3：放流稚貝を守るために（24～33 ページ）

- ホタテガイの放流サイズを30 mm級から40 mm級へ大型化させることによって放流1年目の生残率は30%以上向上する可能性があります。
- 水温が高まる時期にホタテガイが放流されると、5%以上捕食被害が増加します。
- ニッポンヒトデが侵入しやすい漁場では、放流密度が増加するほどホタテガイは捕食されやすく、捕食被害が増大する可能性があります。
- 海底の砂や小石などの粒径が大きくなるとヒトデの捕食枚数は低下するため、バラス場や礫場は捕食されにくい海底と言えます。
- 放流作業中に空気中へ曝<sup>さら</sup>されたホタテガイは、ヒトデに捕食されやすくなり、

大型のホタテガイも捕食される可能性があります。

- 漁場造成における明確な駆除目標値の設定や緩衝帯の設置は、稚貝放流前の捕食被害対策として最も重要です。
- 稚貝放流後には継続した漁場監視によって、ヒトデ駆除の頃合いを見計らうことが推奨されます。



## 第1章 ヒトデの基本的な情報

### 1-1: 地まき漁場に生息するヒトデ

オホーツク海から根室海峡には、様々なヒトデの仲間が生息しています。よく見られるヒトデを下記に示しました。



マヒトデ (キヒトデ) *Asterias amurensis*  
最大腕長 200 mm 以上



ニッポンヒトデ *Distolasterias nipon*  
最大腕長 200 mm 以上

※「腕長」はヒトデの中心から腕の先までの長さ（半径）を示します。



イトマキヒトデ  
*Patiria pectinifera*  
最大腕長 100 mm 以上



エゾヒトデ  
*Aphelasterias japonica*  
最大腕長 200 mm 以上



ニチリンヒトデの仲間  
最大腕長 100 mm 以上



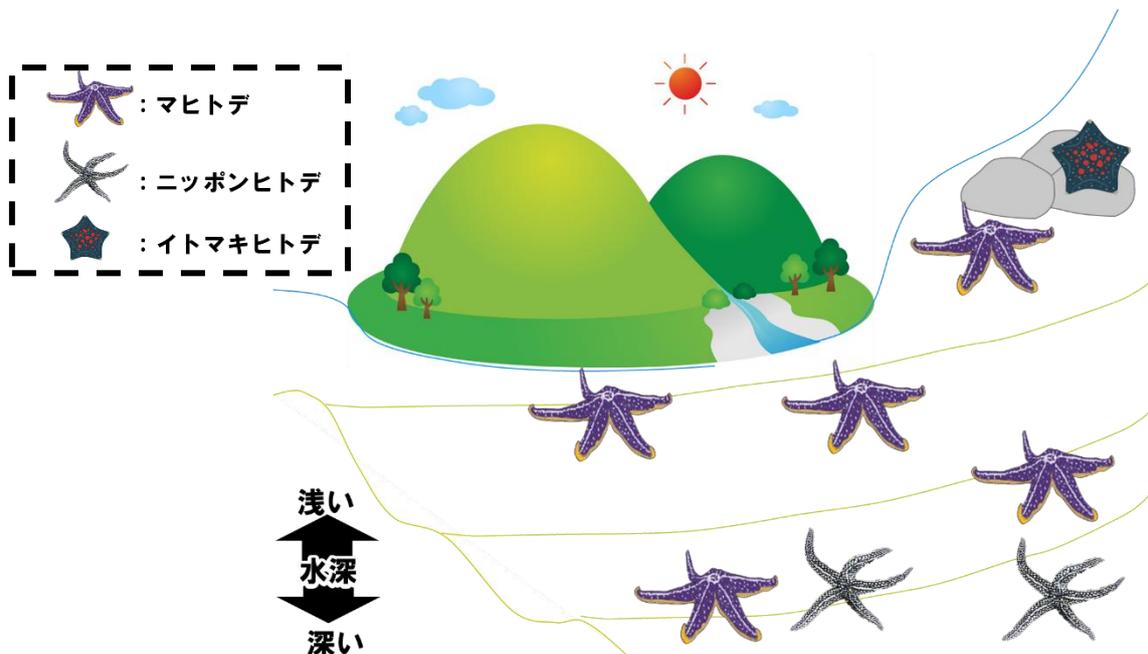
スナヒトデの仲間  
最大腕長 100 mm 以上

この他にも多くの種類のヒトデが生息しています。漁場で良く見られるマヒトデやニッポンヒトデは、他のヒトデよりも高密度に生息し、大型化するため特に捕食被害が懸念されます。また、イトマキヒトデやエゾヒトデなどは、マヒトデやニッポンヒトデよりも生息密度は低いですが、これまでにホタテガイ稚貝への捕食被害が報告されていますので注意が必要です。

## 1-2: ヒトデの分布の特徴

### <漁場内での分布の特徴>

漁場ごとにヒトデの分布の特徴は異なりますが、ここでは特に頻繁に見られる3種について一般的な例を示します。



マヒトデ：

潮間帯付近から水深 200m 近くまで生息し、地まき漁場で最も広範囲かつ高密度に出現します。

ニッポンヒトデ：

マヒトデよりも低密度ですが、漁場内に広く生息します。マヒトデよりも深い水深帯を好み、オホーツク海沿岸では水深 40m 以深で多く出現します。

イトマキヒトデ：

漁場内で広範囲に出現しますが、どちらかという浅海域で特に岩礁を好んで生息します。

### <地理的分布の特徴>

マヒトデは中国からロシア、アラスカまでの北太平洋沿岸域を中心に広く生息しています。また、マヒトデは外来種としてタスマニア等の南半球にも侵入しており、国際自然保護連合の定めた「侵略的外来種ワースト 100」に選定されています。さらに、マヒトデの仲間である *Asterias* 属の 3 種 (*A. rubens*, *A. vulgaris*, *A. fobesi*) を含めると、生息域は北半球のほぼ全域に及びます。中でもマヒトデの生息可能な水温は 6-26 °C と広く、南半球にも侵入したことから、その適応能力は他のヒトデよりも高いと言えます。一方で、ニッポンヒトデやイトマキヒトデの生息範囲はマヒトデに比べ限られており、黄海からオホーツク海沿岸に分布します。国内ではニッポンヒトデが北海道から銚子沖まで、イトマキヒトデはほぼ全国で分布が確認されています。



### 1-3: ヒトデの生活史

一般にヒトデは雌と雄それぞれで成熟する雌雄異体で、産卵は体外受精で行われます(図1-3-1)。受精後、浮遊期(1~2ヵ月)を経て海底の生活に移ります。道東海域におけるマヒトデの産卵期と浮遊期は春から夏とされ、ホタテガイの産卵・浮遊期と重なります。そのため、採苗器内においてもヒトデによる捕食被害が報告され、底生(海底)生活の前からホタテガイの生残に深く関わります。なお、マヒトデは春から秋によく成長し、生後約1.5年で腕長100mm以上に成長します。

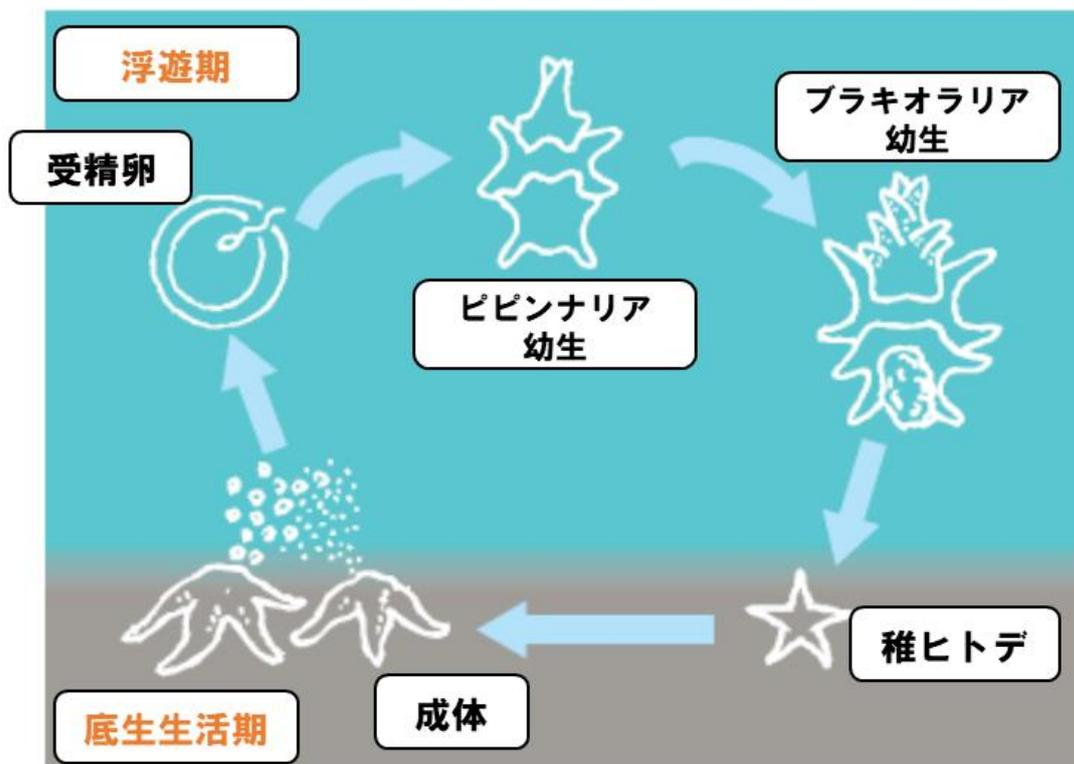


図1-3-1 ヒトデの生息範囲(イメージ図)

※ヒトデ駆除指針(釧路水試)を改訂

詳しい生活史や初期生態については下記の URL や後述の参考文献を参照してください。

ヒトデ駆除指針(道総研釧路水産試験場)

<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/kushiro/section/zoushoku/att/aqed1r000000fc4.pdf>

## コラム① ヒトデの好む餌とは？

ヒトデは雑食性の肉食生物であり、ホタテガイを含む二枚貝の他、ヨコエビやフジツボなど様々な生物を捕食します。マヒトデの間では、害敵から逃げることのできるホタテガイよりも、基質に付着したまま生活する二枚貝（例えば、イガイ類）などを好むことが報告されています。

また、ヒトデは餌生物から流出するニオイ物質（溶存遊離アミノ酸）を感知することができ、特に傷口や死んだ生物の腐肉などに強く反応するようです。ヒトデが潮流によって運ばれるニオイ物質に頼って餌生物を発見している可能性があるため、ホタテガイが放流された漁場にヒトデが捕食のために集まると言えるかもしれません。



## 第2章 ヒトデの捕食生態

### 2-1：ホタテガイに対する捕食行動

ホタテガイ漁場では古くから“害敵”として知られるヒトデですが、いったいどのようにホタテガイを捕食するのでしょうか？ビデオカメラによってヒトデの捕食行動を観察した結果、ヒトデの捕食行動は下図の順に進むことがわかりました。



図 2-1-1 ヒトデの捕食行動①～③と体構造（イメージ図）

- ① ヒトデはホタテガイに接触すると、ホタテガイを1個体ずつ腕と底面の間に押さえつけて捕まえます。
- ② 口へ運び軟体部を食べます。この時、口に直結する胃に軟体部を運び入れるため、中心部（盤）が大きく膨らみます。小型のホタテガイの場合、殻ごと胃内へ丸のみし、軟体部を食べます。その後、貝殻を吐き出します。大型の

ホタテガイを捕食する場合は、貝殻をこじ開け、胃を体外へ放出して軟体部のみ食べることも多いようです。

- ③ ホタテガイの軟体部を食べた後、貝殻を吐き出して一回の捕食行動を完了します。

### <ヒトデの種類によって捕獲能力は違う！>

マヒトデとニッポンヒトデの捕食行動を比較したところ、異なる点を確認されました。マヒトデは小型のホタテガイ 1 枚を捕まえた後、その貝殻を手放すまで他のホタテガイを捕まえに行くことはありません。

一方、ニッポンヒトデはホタテガイ 1 枚を捕まえ、その貝殻を手放すまでに、周辺のホタテガイを捕まえることができます。つまり、ニッポンヒトデは一度に複数のホタテガイを捕まえたまま、空腹が満たされるまで 1 枚ずつ食べていくのです。そのため、図 2-1-2 のように一度の捕食行動で捕まえたホタテガイの枚数はマヒトデが常に 1 個体であったのに対し、ニッポンヒトデは 2 枚以上でした。



複数の稚貝を捕獲した  
ニッポンヒトデ

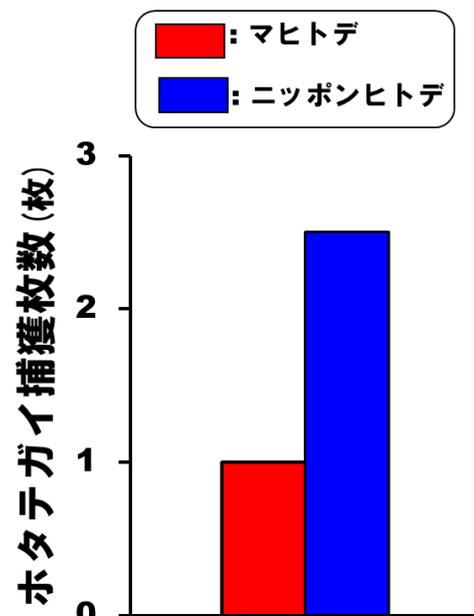


図 2-1-2

1回の捕食行動当たりの  
ホタテガイ捕獲枚数

## 2-2：マヒトデとニッポンヒトデの捕食能力

前項で示したように、ホタテガイに対する捕食能力はヒトデの種類によって違います。また、ホタテガイのサイズや水温によって、ヒトデが捕食できる枚数も変化します。ここではマヒトデとニッポンヒトデの捕食能力について詳しくみていきます。

<ヒトデが捕食できるホタテガイの大きさ>

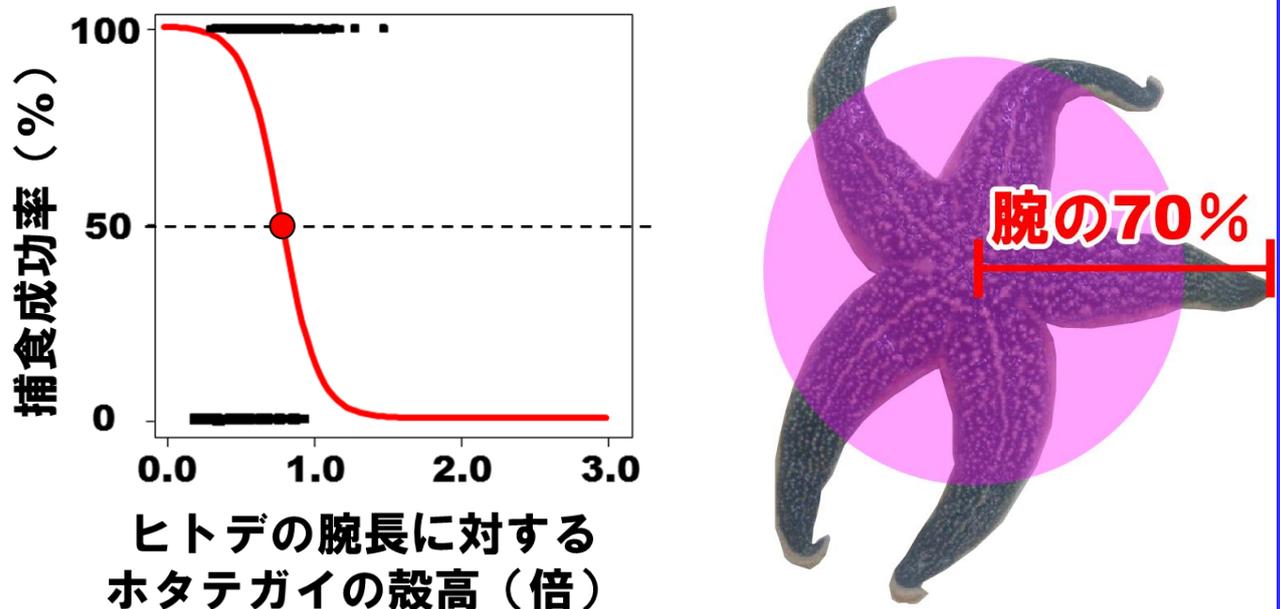


図 2-2-1 ヒトデの腕の長さ（腕長）に対するホタテガイのサイズ（殻高）と捕食成功率の関係

図 2-2-1 から、捕食成功率が 50%となるホタテガイのサイズはマヒトデおよびニッポンヒトデともに腕の約 0.7 倍であることがわかりました。つまり、ヒトデの腕長の 70%以下のホタテガイは捕食される可能性が高く、例えば「腕長 50 mm 以上のヒトデは 35 mm 以下のホタテガイは捕食する」と考えることができます。

＜ホタテガイの大きさと捕食枚数の関係＞

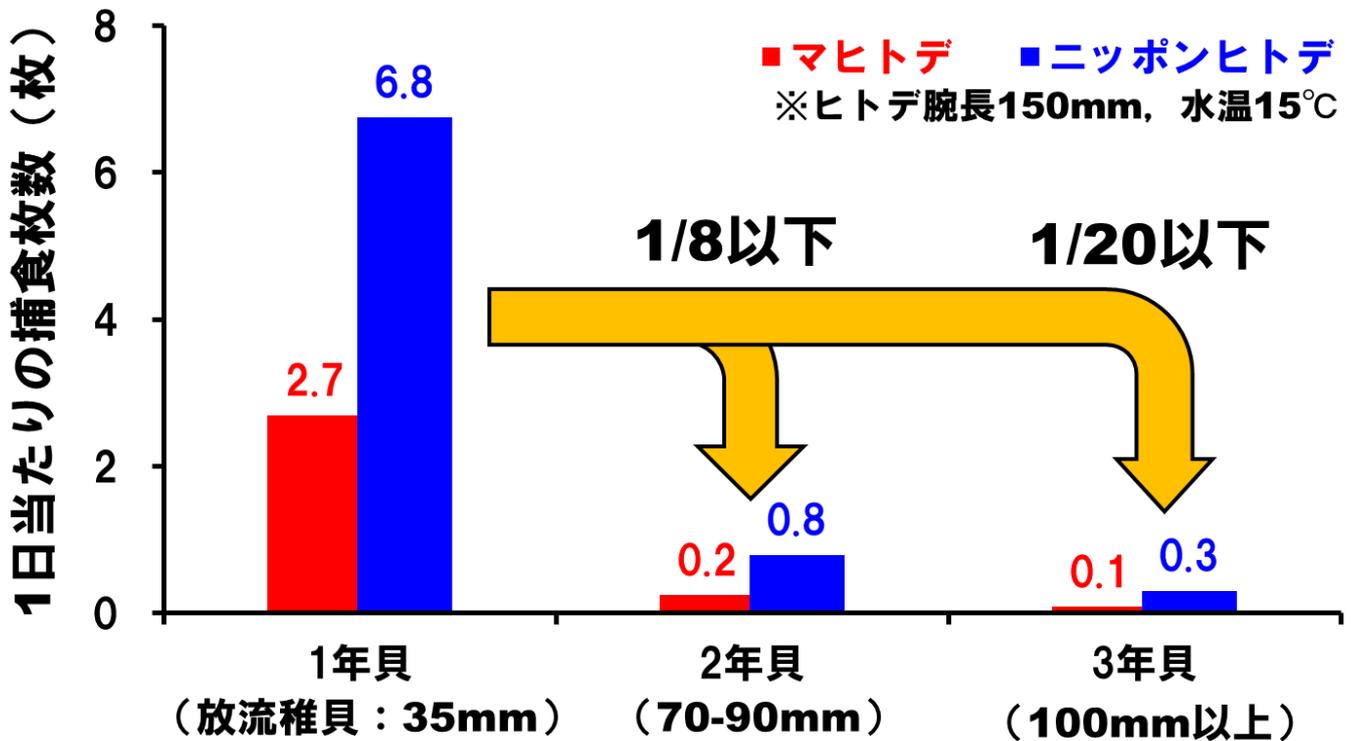


図 2-2-2 水温 15°Cにおける年級別 (サイズ別) のヒトデ 1 個体当たりのホタテガイ捕食枚数

図 2-2-2 の通り、腕長 150 mm の比較的大型のヒトデについても、放流 2 年目を過ぎると捕食枚数が大きく減少します。一般的にホタテガイの仲間は 2 年貝までは成長とともに跳躍能力が増大することが知られており、捕食生物からの逃避能力が向上するようです。一方で、80mm 以上のホタテガイは重厚な殻を閉じることでヒトデの捕食行動から身を守ることができると考えられます。

<水温と捕食枚数の関係>

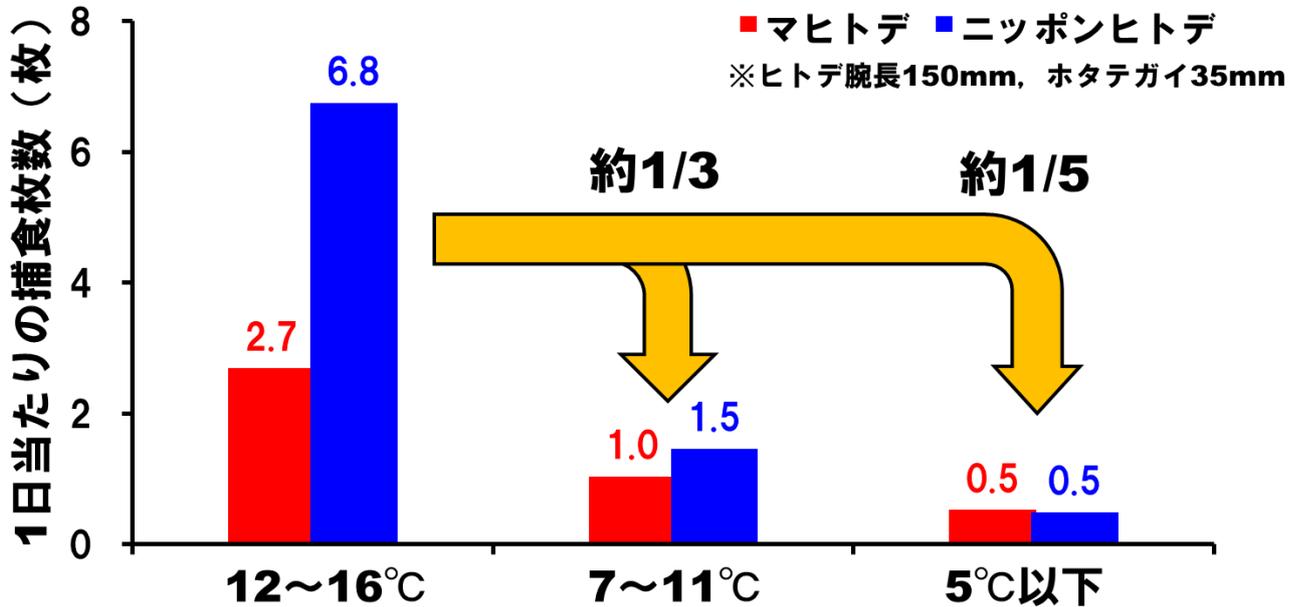


図 2-2-3 小型ホタテガイ（殻高 35mm）における水温帯別のヒトデ 1 個体当たりの捕食枚数

図 2-2-3 のように、水温低下によって捕食枚数も大きく減少します。飼育水槽内で観察したところ、冬季（水温 5°C 以下）のヒトデは、そもそも餌を探索することが少なくなります。低水温期における捕食行動の発生は最低限の生命維持と産卵に向けたエネルギー蓄積が目的であるという報告がありますので、積極的に捕食行動は起こしません。なお、マヒトデは、水温 5~20°C の範囲では水温上昇とともに捕食行動が活発化し、10°C を上回ると捕食行動が最も活発化することが知られています。

<ヒトデのホタテガイ捕食枚数を示す式>

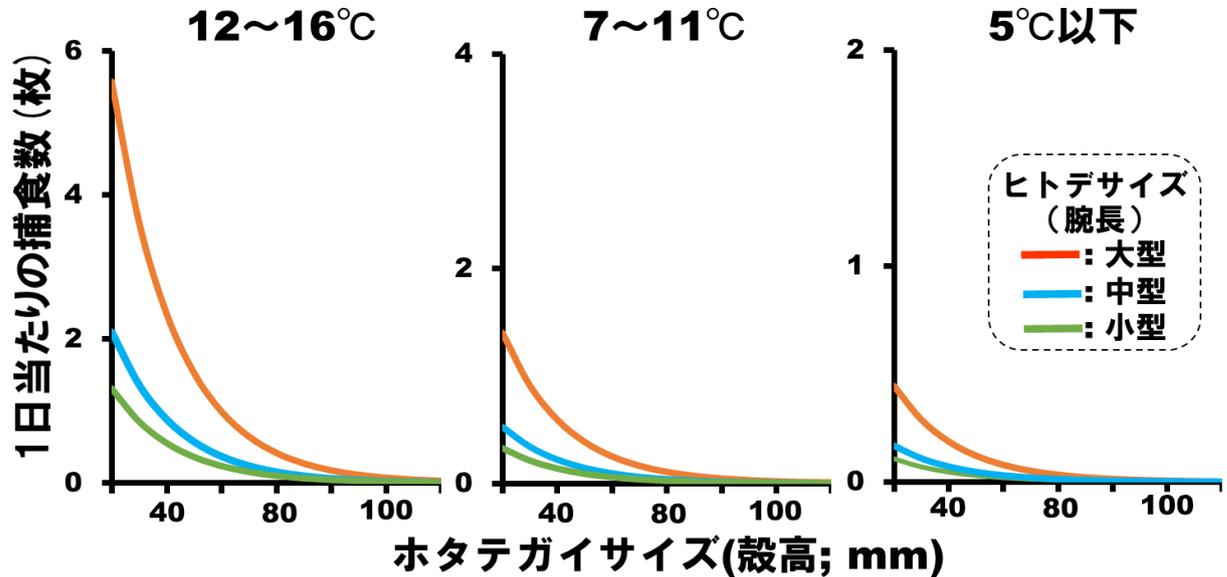


図 2-2-4 水温別・ヒトデの大きさ（腕長）別のヒトデ 1 個体当たりのホタテガイ捕食枚数（枚/日）の変化  
※ニッポンヒトデの場合

これまでの結果をまとめると、上図のようにヒトデによるホタテガイの捕食被害は、ヒトデ自身の大型化や水温上昇によって増大し、ホタテガイが大型化することによって減少することが言えます。飼育環境下における捕食試験で得られた捕食枚数の算出式を下記に示します。

マヒトデの 1 個体当たりの捕食枚数（枚/日）

$$= \exp(-1.81 + 0.14 \times \text{水温} - 0.053 \times \text{ホタテ殻高} + 0.017 \times \text{ヒトデ腕長})$$

ニッポンヒトデの 1 個体当たりの捕食枚数（枚/日）

$$= \exp(-2.37 + 0.22 \times \text{水温} - 0.048 \times \text{ホタテ殻高} + 0.018 \times \text{ヒトデ腕長})$$

※単位：水温（°C）、殻高（mm）、腕長（mm）

Excel を利用した捕食枚数の計算方法は、末項（おまけ）に記載しています。

## 2-3：ヒトデのホタテガイ捕食枚数の季節変動

ヒトデのホタテガイ捕食枚数は、ヒトデ自身の成長やホタテガイの成長、また水温の変化によって変動していくことが前項までにわかりました。放流直前にヒトデが漁場に侵入し、そのままホタテガイ稚貝が放流された場合を想定して、ヒトデ1個体の捕食枚数の季節変化を追跡してみます。

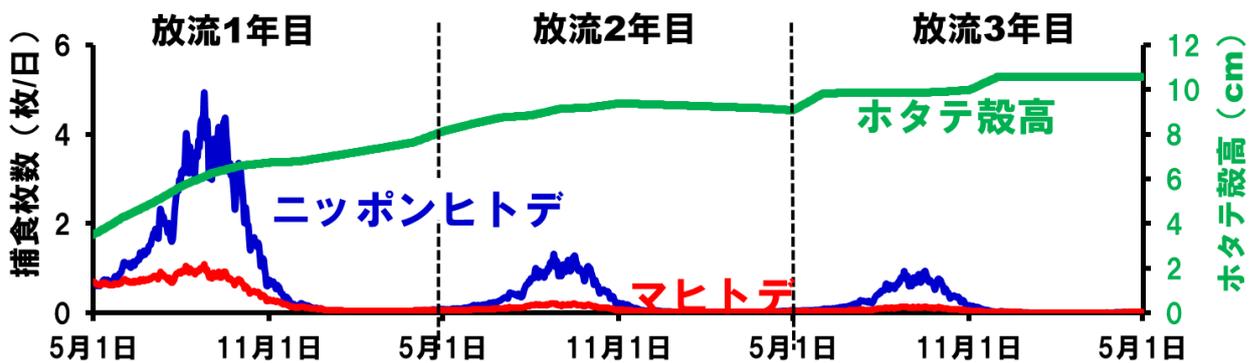


図 2-3-1 ヒトデ1個体当たりの捕食枚数の季節変化

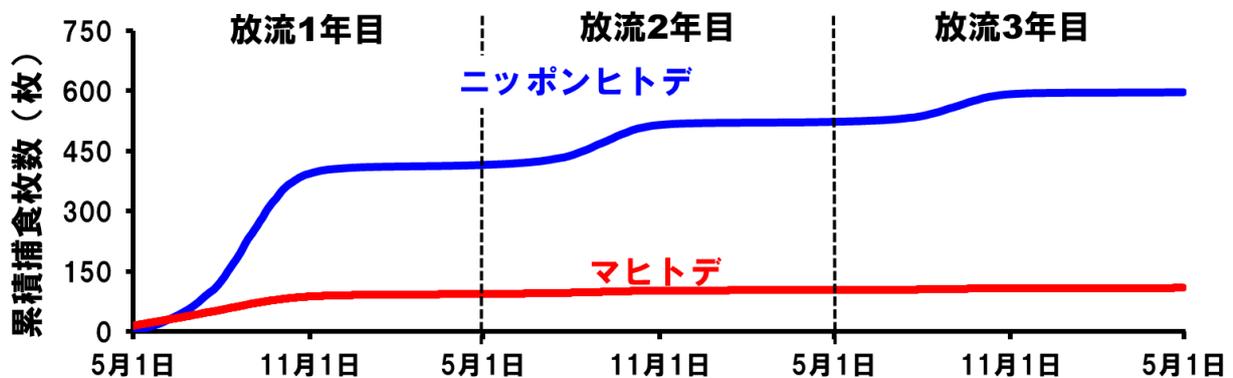


図 2-3-2 累積捕食枚数

水温が上昇する春から夏にヒトデのホタテガイ捕食枚数は増加し、8-10月に最大値を記録した後、秋以降に減少します。水温が10℃を超える6~10月の捕食枚数は年間捕食枚数の60%以上であり、この期間の捕食枚数は放流2年目以降増加する傾向にあります。また、放流1年目のホタテガイ捕食枚数は全体の70%以上であり、捕食被害は放流1年目の高水温期に集中することがわかりました。

## 第3章 ヒトデの捕食被害対策

### 3-1: ホタテガイの捕食被害の推定

15 ページで示したヒトデの1日当たりの捕食枚数を利用して、漁場での捕食被害を推定することができます。ここでは簡易的な計算法をご紹介します。

#### 1日当たりのヒトデの捕食被害

$$= \text{【ヒトデの1日当たりの捕食枚数】} \times \text{【ヒトデの個体数】}$$

ヒトデの個体数は、漁場の生息密度（個体/㎡）と漁場面積から得られます。この式を必要日数分累積することで、特定期間分の捕食被害が推定できます。ここでは、オホーツク沿岸の底層水温とホタテガイの成長データをもとに、下記条件に設定した際の放流～漁獲までの捕食被害を推定します。

- マヒトデ密度：0.008 個体/㎡
- ニッポンヒトデ密度：0.001 個体/㎡
- ヒトデの初期腕長と組成：図 3-1-1
- ホタテガイの初期殻高：35 mm
- ホタテガイの初期密度：10 枚/㎡
- 放流日：5月1日
- 漁獲日：3年後の5月1日
- 漁場面積：500 m×500 m=250,000 ㎡

※ヒトデが捕食できる生物は  
ホタテガイのみと仮定した。

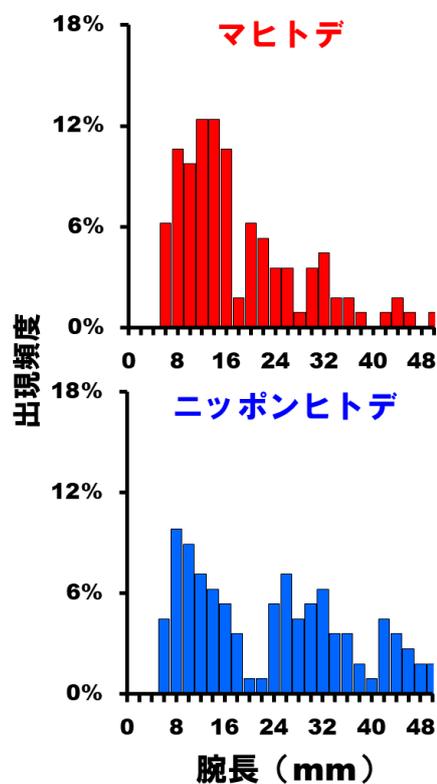


図 3-1-1  
ヒトデの腕長ごとの出現頻度

## マヒトデ存在下

## ニッポンヒトデ存在下

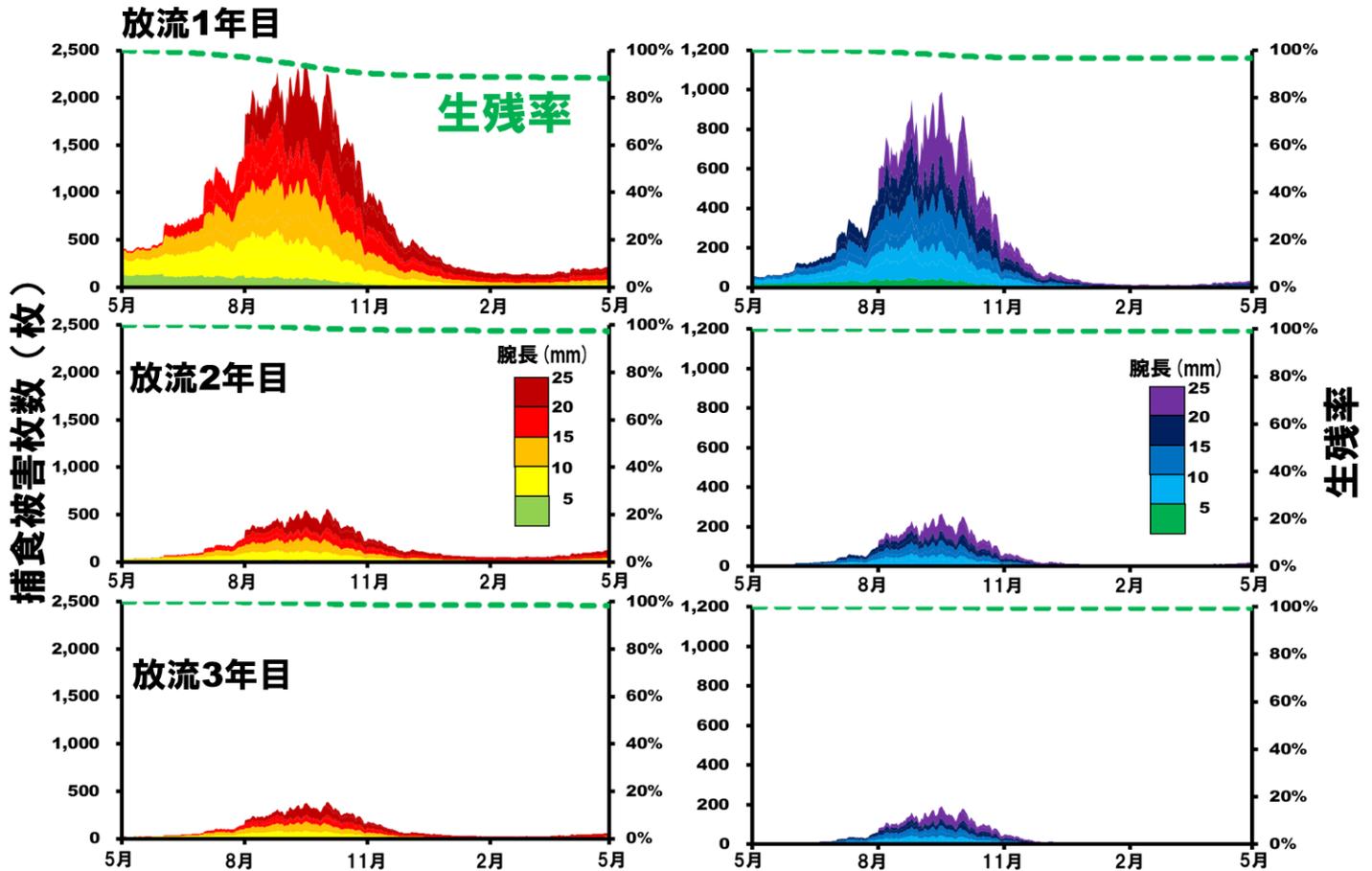


図 3-1-2 ヒトデ存在下の捕食被害の推定結果

前項の試験設定では、マヒトデが3年間で捕食したホタテガイは約7万枚、ニッポンヒトデが約2万枚になります。また、放流から3年間のホタテガイの生存率はマヒトデ存在下では88-98%、ニッポンヒトデ存在下では97-99%となり、捕食被害によるホタテガイの死亡率は3年間合計で16%となります。今回の推定方法は被害指標としては有用ですが、ヒトデがホタテガイのみを捕食対象とする試験設定から捕食被害を推定しているため、被害を過大評価することに注意が必要です。ヒトデやホタテガイの成長や水温などは、実際の漁場を反映した値を用いることで精度の高い被害推定が可能になります。

## コラム② ヒトデの移動速度は？

ヒトデの地まき漁場への侵入を防ぐためには、まずヒトデの行動実態を把握する技術が必要です。そこで、発信機を利用した※バイオテレメトリーを用いて、ヒトデを追跡する技術を開発しました。ヒトデの体壁は特殊な構造をしており、通常の標識法では自身で標識をはずしてしまいます。そのような中、ヒトデの5本の腕の内部の溝（「歩帯溝」と呼ばれます）に釣り糸を貫通させたところ、発信機を2カ月以上外されずに装着することが可能になりました。



夏季と春季に発信機によるマヒトデの追跡調査を実施した結果、移動速度は夏季（4.3 m/時）よりも春季（18.1 m/時）の方が速く、春季の最高速度は45.9 m/時でした。また、移動距離も春季の方が長いことがわかりました。マヒトデの間では、春の水温上昇に伴い産卵適地へ向かって移動することが報告されています。道東海域におけるマヒトデの産卵時期は5-7月と報告されているので、産卵期には活動が活発化することが考えられます。

※バイオテレメトリー：小型の発信機やデータロガー（センサー記録計）などを動物に装着して、自然環境中の拘束されていない状態の動物から遠隔的に位置・行動・生理などの情報を収集する研究手法

### 3-2 : ヒトデ密度とホタテガイの生残率の関係

前項で示した捕食被害の推定結果から、ヒトデ密度とホタテガイの生残率の関係について詳しく見ていきます。

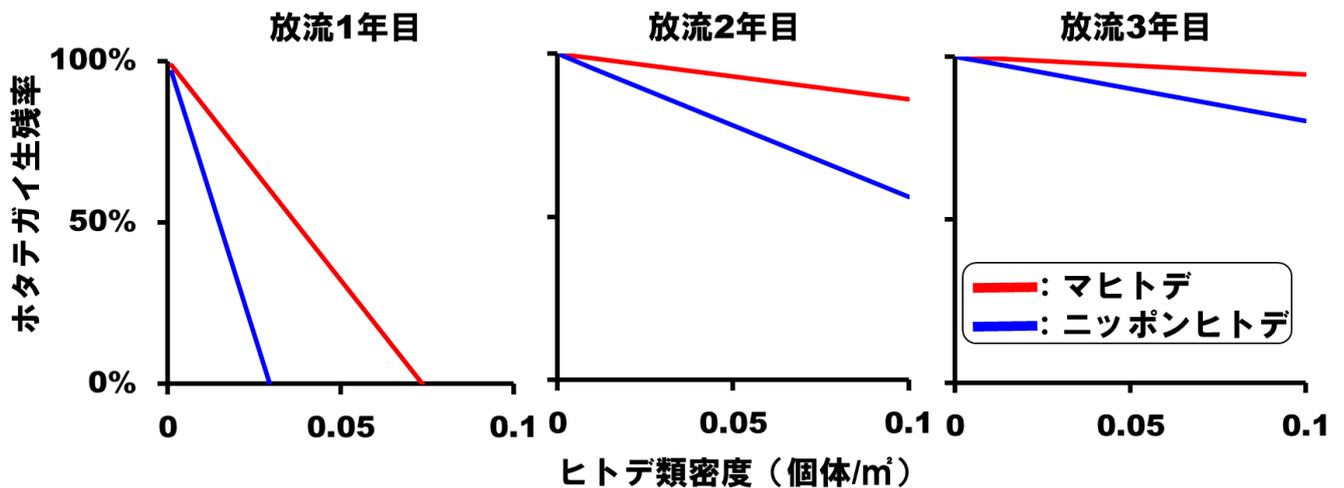


図 3-2-1 ヒトデ密度と各年級のホタテガイ生残率の関係

ヒトデが増加するとホタテガイの生残率は低下し、ホタテガイの年級が増すことにより生残率は上昇します。また、マヒトデよりもニッポンヒトデ存在の方が生残率は低下します。

この結果から、放流1年目の捕食被害を全体の10%未満(ホタテガイ生残率:90%以上)に留めるには、マヒトデ密度は0.007 個体/m<sup>2</sup>、ニッポンヒトデ密度は0.003 個体/m<sup>2</sup>以下とする必要があります。放流2年目であればマヒトデは放流1年目の約10倍(0.07 個体/m<sup>2</sup>)、ニッポンヒトデは約7倍(0.02 個体/m<sup>2</sup>)、また、放流3年目ではマヒトデで最大25倍、ニッポンヒトデでは最大17倍に増加しても捕食被害を10%以下に留めることが可能と推定されます。このように、明確な駆除目標値を設定することは駆除の効率化を図る上で重要な指標です。また、ヒトデによる捕食被害は放流初期が最も深刻となるため、放流時までの漁場内のヒトデ駆除が非常に重要です。

### コラム③ 捕食被害による経済的な損失は？

捕食被害を明らかにすることで、実際に想定される経済的な損失を検討できます。例えば、種苗（稚貝）単価は 3.3 円/個体、漁獲時の成貝単価 50 円/個体（全重量 200 g、250 円/kg で計算）として計算した場合、放流したホタテガイの稚貝が漁獲時まで生残できれば 15 倍以上の利益になります。大型マヒトデ 1 個体（腕長 25 cm）が稚貝放流時から漁獲時まで漁場内に生息した場合、放流ホタテガイの捕食被害は約 3,500 個体ですので、被害金額は成貝単価で 17.5 万円程度となります。仮に 1 漁場（漁場面積: 5,000,000 m<sup>2</sup>）当たり、0.001 個体/m<sup>2</sup> のヒトデが存在する場合、これらの被害金額はマヒトデにおいて 900 万円程度にまで達します。このようにヒトデによる捕食被害と損害金額の関係を明らかにすると、駆除に踏み切る判断が容易になります。また、ヒトデ駆除によって生残率が向上することで得られる漁獲利益は、駆除経費とトレードオフの関係にあります。このように駆除経費とのトレードオフ関係を検討することで、さらに合理的な駆除活動が可能となると考えられます。



### 3-3 : 放流稚貝を守るために

ここでは放流稚貝の具体的な保護方策について検討するとともに、効果的な駆除方策について検討します。

#### <放流サイズと放流時期の調整>

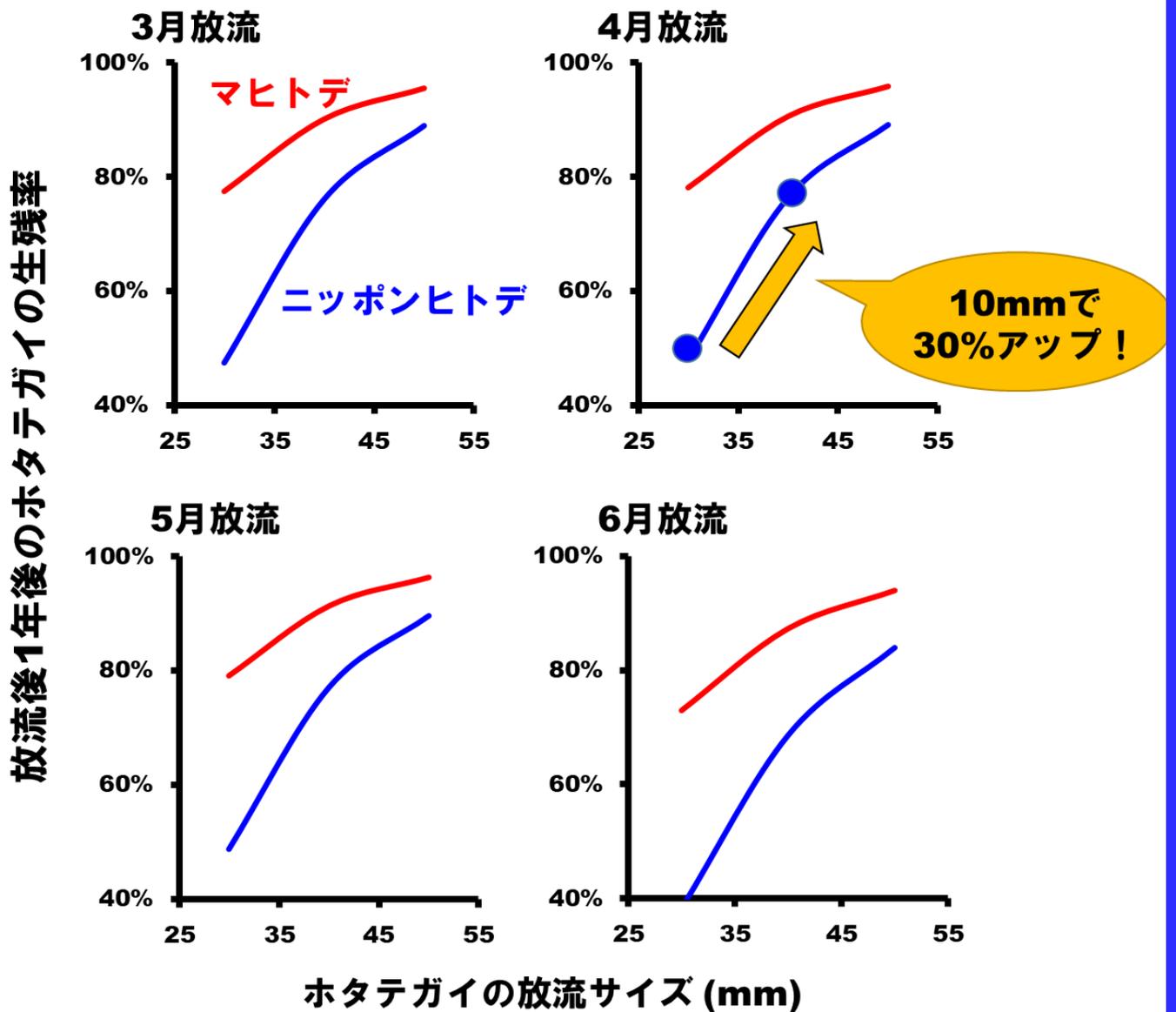


図 3-3-1 放流サイズ（殻高）および放流時期と放流1年後のホタテガイ生残率の関係

ヒトデ密度を 0.01 個体/m<sup>2</sup>に設定し、放流サイズ（殻高：30-50 mm）および放流月（3-6 月）を変化させた中で、放流 1 年後のホタテガイの生残率を推定しました。放流サイズの大型化によって放流 1 年目の生残率は向上し、両ヒトデの種間による生残率の差は低下します。特に 30 mm 級から 40 mm 級への放流サイズの大型化は生残率を 30%以上向上させます。また、放流サイズを 20 mm 増大させることにより、ニッポンヒトデ存在下における生残率は 40%程度向上しています。

放流時期が後半になると生残率は低下する傾向にあります。これは水温上昇によりヒトデの捕食行動が活発化する春から夏に、より小型のホタテガイ稚貝を放流すると捕食被害が増大することを示唆するものです。しかし、3 月放流と 6 月放流の生残率の差は 5%程度であり、放流時期が放流 1 年目のホタテガイ生残率に与える影響は放流サイズの大型化に比べ小さいです。

<放流密度の調整>

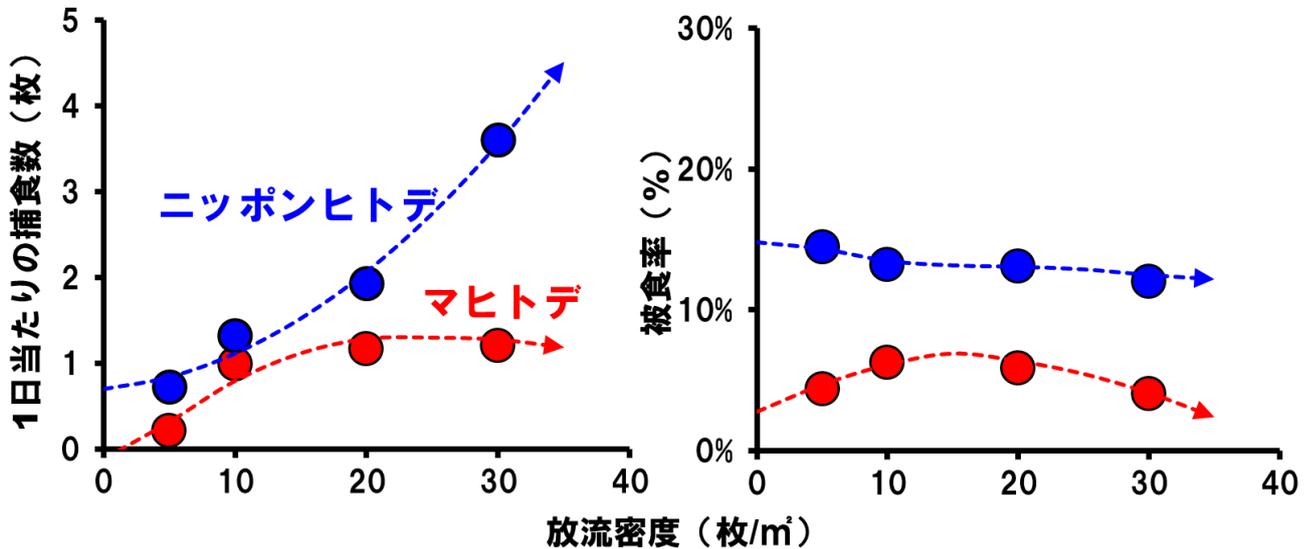
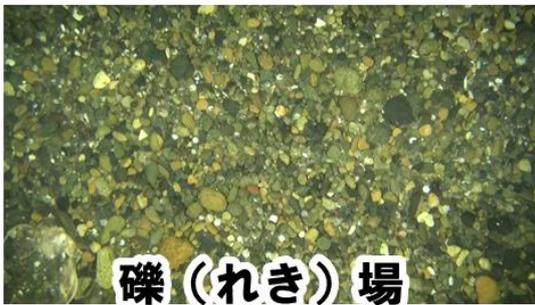


図 3-3-2 放流密度とヒトデの捕食枚数の関係、  
放流密度と被食率（捕食枚数/放流密度）の関係（右図）

放流密度が増えるとニッポンヒトデの捕食枚数も増加しますが、放流密度 10 枚/m<sup>2</sup>以上ではマヒトデの捕食枚数はほとんど増加しません。そのため、ニッポンヒトデの存在下では、放流密度が増加しても被食率に大きな変化はありませんが、マヒトデの存在下では被食率が低下していきます。つまり、マヒトデ存在下では放流密度の増加がホタテガイ稚貝の生残率の向上に寄与する可能性がある一方で、ニッポンヒトデが侵入しやすい漁場では放流密度が増加するほどホタテガイの生残率は低下し、捕食被害が増大すると言えます。

<海底（底質）と捕食被害>



ホタテガイ漁場で  
想定される海底の状況

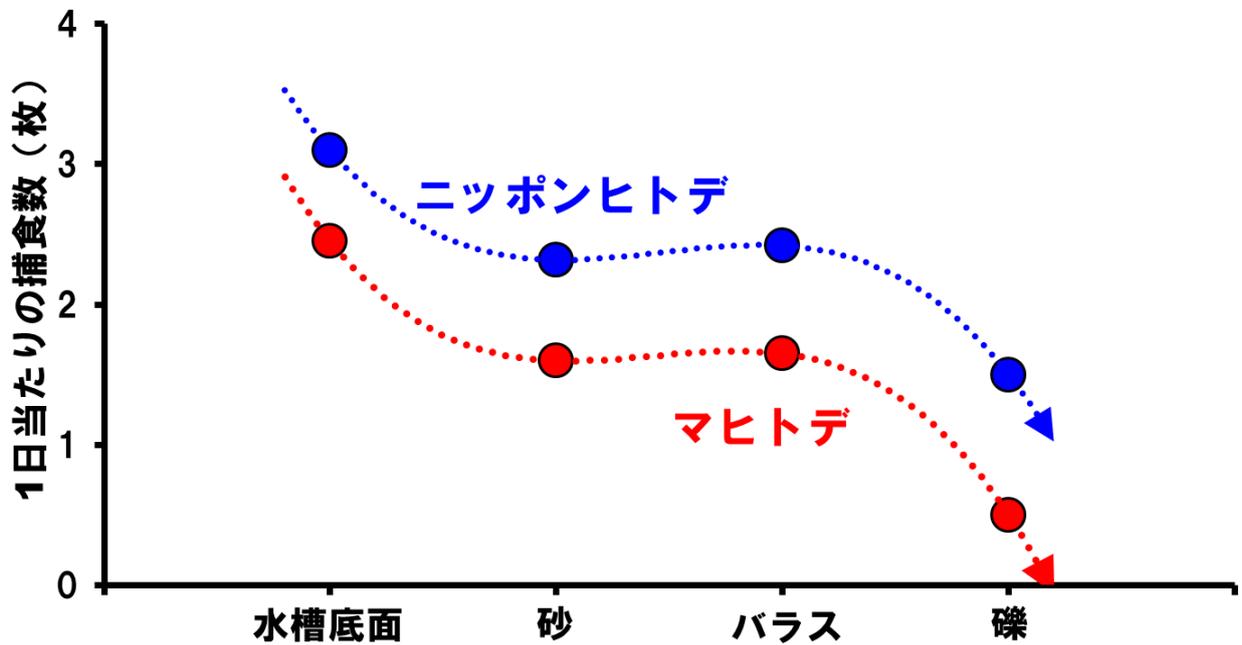


図 3-3-3 海底の状況とヒトデの捕食枚数の関係

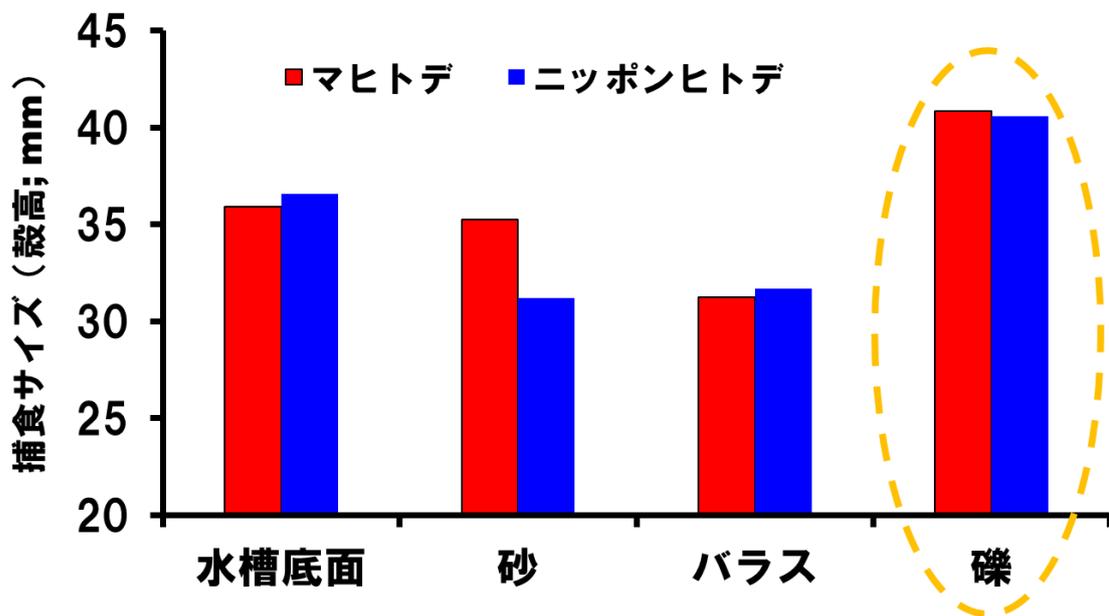


図 3-3-4 海底状況とヒトデに捕食されたホタテガイのサイズ（殻高）の関係

海底の砂や小石などの粒径が大きくなるとヒトデの捕食枚数は低下します。礫場で捕食されたホタテガイのサイズは他の海底より大きいことから、礫場では小型サイズのホタテガイは捕食されにくい可能性があります。礫場では粒径の大きい小石などによってできた隙間をホタテガイが効果的に活用しているのかもしれない。

<放流作業と捕食被害>

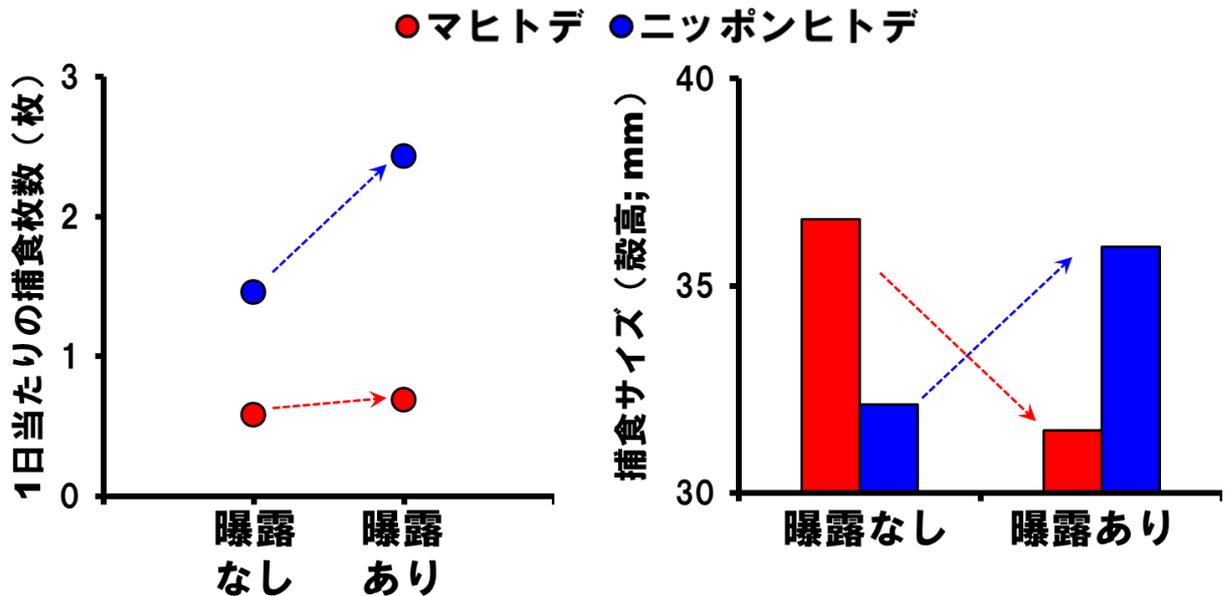


図 3-3-5 空中曝露されたホタテガイとヒトデの捕食枚数の関係と捕食されたサイズとの関係 (右図)

放流作業の際、ホタテガイ稚貝は一時的に空中にさらされることがあります。空中曝露ばくろされてもマヒトデの捕食枚数に大きな変化はありませんが、空中曝露されたホタテガイの中でも、より小型のホタテガイが捕食されます。ニッポンヒトデは空中曝露されたホタテガイを多く捕食し、捕食されたサイズも大型化します。つまり、マヒトデは空中曝露により弱ったホタテガイのうち最も脆弱なホタテガイから捕食し、ニッポンヒトデは空中曝露によって弱ったホタテガイをサイズに関係なく大量に捕食してしまう可能性があります。この試験では気温14~18℃で約1時間空中曝露を行いましたが、気温や曝露時間の変化によってさらにホタテガイが弱る可能性にも注意が必要です。

## <ヒトデの効果的な駆除方策>

ヒトデ駆除は稚貝放流前の全面駆除を行う漁場造成と放流後の限定的な駆除に分けられます（下図）。捕食被害の対策法のポイントを下記整理しました。

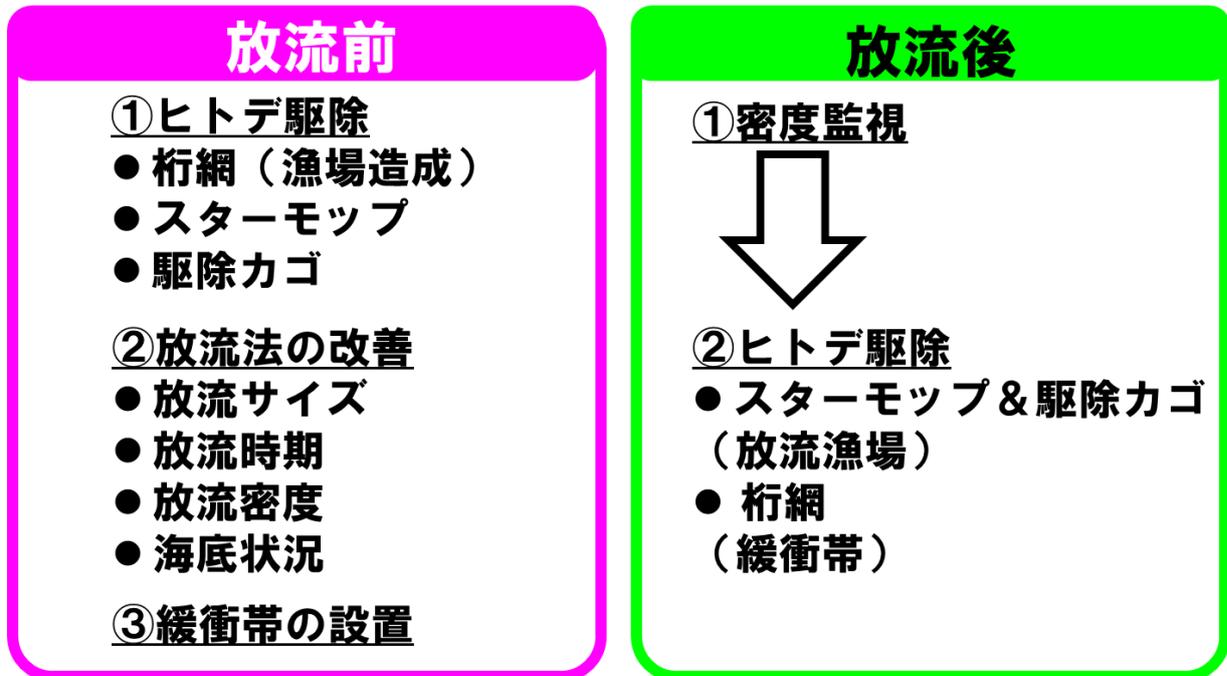


図 3-3-6 放流前後の捕食被害の対策法の整理

### ～放流前の対策～

稚貝放流後の約1年間（特に春から秋にかけて）に捕食被害が多く、道東のヒトデの産卵期が春から夏と想定されることから漁場造成（残ざらい）による駆除は極めて合理的な駆除法です。しかしながら、放流漁場内のみの駆除では、ヒトデの漁場外からの侵入を許すこととなります。さらに、ヒトデは放流直後から稚貝に集まる習性（「蝟集<sup>いしゅう</sup>」と呼ばれる）が報告されており、局所的にヒトデが大きく増加する可能性があります。そのため、放流前の漁場造成によるヒトデ密度の低減効果は限定的と考えられます。

～ヒトデの漁場内侵入防止方策（緩衝帯の設置）～

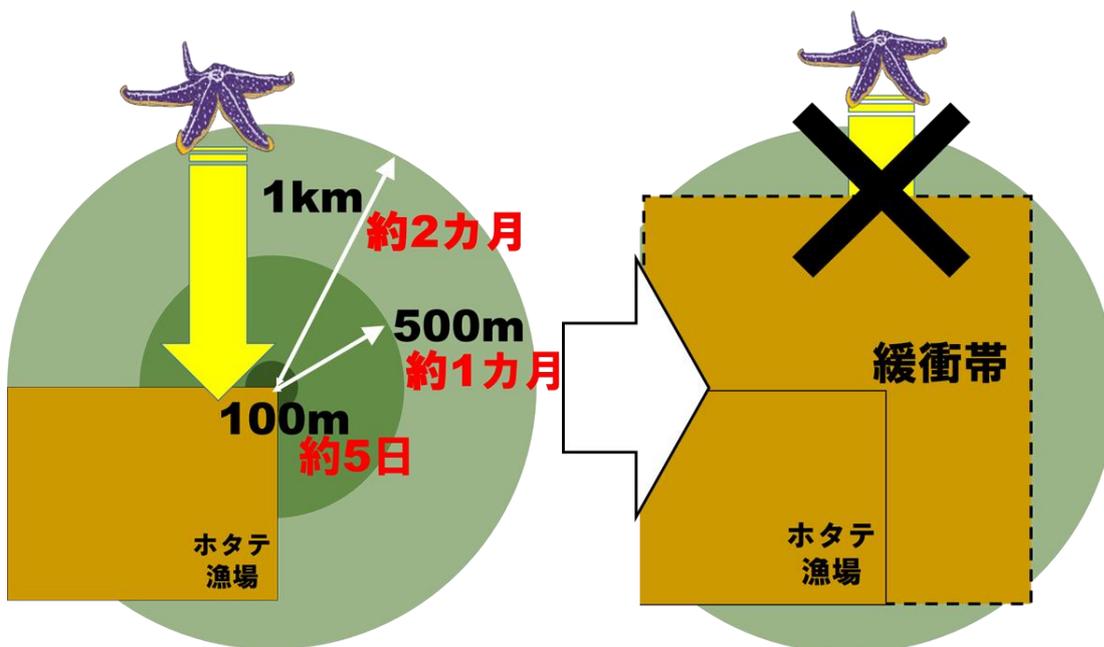


図 3-3-7 マヒトデの侵入までの日数と緩衝帯による侵入防止イメージ

稚貝放流後に漁場外からヒトデが侵入します(P16 コラム②参照)。そのため、ヒトデを容易に漁場内へ侵入させない方策を考えてみます。例えば、漁場造成時に漁場外まで駆除域を拡大し、漁場外縁に 500-1,000 m 程度の緩衝帯の海域を設置します(図 3-3-7)。緩衝帯とは、漁場内同様に漁場造成を行います但稚貝は放流せず、漁獲まで一般の地まき漁場と同様に扱う領域を指します。稚貝は放流直後に局所的に集中分布しても、数日から数カ月かけて分散することが報告されています。ニッポンヒトデは小型のホタテガイに対して捕食能力が高く、蝟集傾向も強いことから、高密度に分布した放流直後の稚貝の捕食被害を増大させる可能性があります。しかし、ヒトデの移動速度を考慮すると 1,000 m の緩衝帯では 50 日以上侵入を遅らせることが可能であり、放流稚貝が分散する時間的余裕が期待できます。加えて、放流時期の 3-6 月は春季ブルームなどによってホタテガイを取り巻く餌料環境は良好であり、1 カ月程度で放流サイズから 10

mm 以上の成長が見込めます。この期間の成長によりホタテガイの逃避能力が向上して捕食被害が軽減できるでしょう。緩衝帯の設置は、最も捕食被害の多い放流 1 年目の春から秋の捕食被害の軽減に特に有効な方法ですので、稚貝放流前の積極的な緩衝帯の設置を推奨します。

～放流後から漁獲までの対策～

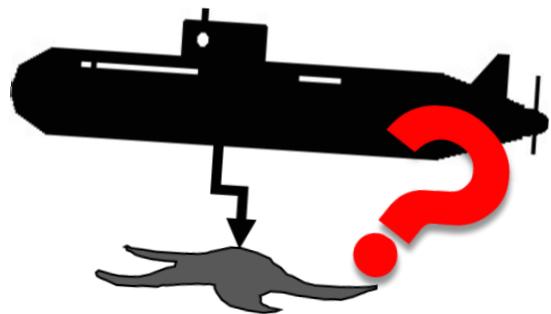
いずれの年級のホタテガイも 6-11 月に捕食被害が増大することから、この時期までにヒトデの密度を十分に低下させておくことが重要です。また、放流後の早期に漁場内のヒトデ密度を把握し、即座に駆除に踏み切ることで捕食被害を最小限にとどめることが期待できます。特にニッポンヒトデは放流直後に稚貝に蝟集しますし、オホーツク海沿岸の漁場では深い水深帯から侵入することもあります。このようなヒトデの移動能力や蝟集などの行動特性を考慮すると、特に放流から 1 年間は漁場内に限らず、漁場外まで広範囲に駆除し、緩衝帯等による侵入防止策を講ずることが望まれます。さらに、放流後段階的に侵入することが多いマヒトデや、局所的なヒトデの異常発生などの特異現象を逐一把握するため、継続的な漁場監視の体制構築が重要です。

## コラム④ 新しいヒトデ駆除方法！？

近年、ヒトデの駆除は新たな手法の開発が進められています。亜熱帯・熱帯海域のサンゴ類を捕食するオニヒトデ *Acanthaster planci* に対して、海中で直接酢酸を投与して殺傷する駆除法が実施されており、駆除したヒトデの廃棄処理費用を削減した例があります。さらに、オーストラリアなどでは同駆除法を搭載した遠隔操作型無人潜水機（「海中ドローン」と呼ばれる）による駆除も試みられています。マヒトデやニッポンヒトデについても酢酸投与による海中駆除法が確立されており、今後これらの技術を応用できれば駆除作業効率が飛躍的に向上する可能性があります。



**盤に酢酸を投与する様子**



おわりに

地まき漁業の持続的な発展には、沿岸生態系への理解を深め、ヒトデと上手に共存することが重要です。ヒトデは人間活動には邪魔な存在として扱われる一方で、沿岸生態系では重要な役割を果たしています。そのため、過剰なヒトデの駆除は生態系に負荷をかける可能性があります。例えば、ヒトデの激減によってホタテガイの新たな捕食生物や競合生物が増加する可能性は否定できません。さらに、ヒトデは腐肉食者として様々な生物の死骸を捕食することから、海域の有機物除去に貢献し、過度な富栄養化を防止する役割もあります。このようにヒトデの沿岸生態系における役割を理解し、ヒトデの駆除によって得られる恩恵だけでなく、ヒトデの存在によって得られる価値についても理解を深めることが、今後の地まき漁業の発展には必要と考えます。

本報告に関する様々な調査協力や有益なご助言を頂いた宗谷・オホーツク・根室管内の漁業者の皆様および各漁業協同組合の皆様、各地区の水産技術普及指導所の皆様に厚く御礼申し上げます。また、各種飼育試験に多大なるご協力を頂いた網走市役所職員の皆様、共同研究機関である東京農業大学生物産業学部海洋水産学科千葉晋教授と卒業生の西村洸之氏に深謝いたします。

本報告は、北海道ほたて漁業振興協会生産基盤対策事業「ヒトデによる地まきホタテガイの捕食実態の解明」内の研究成果に基づき、過去の研究知見も統合して北海道立総合研究機構網走水産試験場が作成したものです。

※本資料の取り扱い※

複写・転載または引用に関しては必ず網走水産試験場に事前承諾を得てください。

## 参考文献

- Agüera, A., Trommelen, M., Burrows, F., Jansen, J. M., Schellekens, T., & Smaal, A. (2012). Winter feeding activity of the common starfish (*Asterias rubens* L.): The role of temperature and shading. *Journal of Sea Research*, 72, 106–112.
- Arsenault, D. J., & Himmelman, J. H. (1996). Size-related changes in vulnerability to predators and spatial refuge use by juvenile Iceland scallops *Chlamys islandica*. *Marine Ecology Progress Series*, 140, 115–122.
- Barbeau, M. A., & Scheibling, R. E. (1994). Behavioural mechanisms of prey size selection by sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and crabs (*Cancer irroratus* Say) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 180, 103–136.
- Barbeau, M. A., & Scheibling, R. E. (1994). Temperature effects on predation of juvenile sea scallops [*Placopecten magellanicus* (Gmelin)] by sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and crabs (*Cancer irroratus* Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 182, 27–47.
- Barbeau, M. A., & Scheibling, R. E. (1994). Procedural effects of prey tethering experiments: predation of juvenile scallops by crabs and sea stars. *Marine Ecology Progress Series*, 111, 305–311.
- Barbeau, M. A., Scheibling, R. E., Hatcher, B. G., Taylor, L. H., & Hennigar, A. W. (1994). Survival analysis of tethered juvenile sea scallops *Placopecten magellanicus* in field experiments: effects of predators, scallop size and density, site and season. *Marine Ecology Progress Series*, 115, 243–256.
- Barbeau, M. A., Hatcher, B. G., Scheibling, R. E., Hennigar, A. W., Taylor, L. H., & Risk, A. C. (1996). Dynamics of juvenile sea scallop (*Placopecten magellanicus*) and their predators in bottom seeding trials in Lunenburg Bay, Nova Scotia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 53, 2494–2512.
- Barbeau, M. A., Scheibling, R. E., & Hatcher, B. G. (1998). Behavioural responses of predatory crabs and sea stars to varying density of juvenile sea scallops. *Aquaculture*, 169(1-2), 87-98.
- Barbeau, M. A., & Caswell, H. (1999). A Matrix Model for Short-Term Dynamics of Seeded Populations of Sea Scallops. *Ecological Applications*, 9(1), 266-287.
- Barkhouse, C., Niles, M., & Davidson, L. A. (2007). A literature review of sea star control methods for bottom and off bottom shellfish cultures. Department of Fisheries and Oceans, Gulf Fisheries Centre, Oceans & Science Branch. 5-13.
- Bax, N. J., Dunstan, P. K., Gunasekera, R., Patil, J., & Sutton, C. (2006). Evaluation of national control plan management options for the North Pacific seastar *Asterias amurensis*. CSIRO Marine Research, 6-12.
- Brand, A. R. (2016). Scallop Ecology: Distributions and Behaviour. In Shumway, S. & Parsons, G. J. (Eds.) *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries* (3rd Edition). Amsterdam, Elsevier, 469-534.
- Byrne, M., Morrice, M. G., & Wolf, B. (1997). Introduction of the northern Pacific asteroid *Asterias amurensis* to Tasmania: reproduction and current distribution. *Marine Biology*, 127(4), 673-685.

- Byrne, M. (2013). Asteroid Evolutionary Developmental Biology and Ecology. In Lawrence, J. M. (Eds.) Starfish: Biology and ecology of the Asteroidea. Baltimore, JHU Press, 51-58.
- Byrne, M., O'Hara, T., & Lawrence, J. (2013). *Asterias amurensis*. In Lawrence, J. M. (Eds.) Starfish: Biology and ecology of the Asteroidea. Baltimore, JHU Press, 174-180.
- Castilla, J. C. (1972). Responses of *Asterias rubens* to bivalve prey in a Y-maze. *Marine Biology*, 12(3), 222-228.
- Castilla, J. C. (1972). Avoidance behaviour of *Asterias rubens* to extracts of *Mytilus edulis*, solutions of bacteriological peptone, and selected amino acids. *Marine Biology*, 15(3), 236-245.
- Calderwood, J., O'Connor, N. E., & Roberts, D. (2016). Efficiency of starfish mopping in reducing predation on cultivated benthic mussels (*Mytilus edulis Linnaeus*). *Aquaculture*, 452, 88-96.
- Chiba, S., & Arai, Y. (2014). Predation impact of small drilling gastropods on the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis*. *Journal of Shellfish Research*, 33(1), 137-144.
- Chim, C. K., & Tan, K. S. (2013). A method for the external attachment of acoustic tags on sea stars. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(1), 267-272.
- Cooke, S. J., Hinch, S. G., Wikelski, M., Andrews, R. D., Kuchel, L. J., Wolcott, T. G., & Butler, P. J. (2004). Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in ecology & evolution*, 19(6), 334-343.
- Dadswell, M. J., & Weihs, D. (1990). Size-related hydrodynamic characteristics of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Bivalvia: Pectinidae). *Canadian Journal of Zoology*, 68, 778-785.
- Dayoub, F., Dunbabin, M., & Corke, P. (2015, September). Robotic detection and tracking of crown-of-thorns starfish. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 1921-1928). IEEE.
- Dommissie, M., & Hough, D. (2004). Controlling the Northern Pacific Seastar (*Asteria amurensis*) in Australia. Final Report, Australian Government Department of the Environment and Heritage. State of Victoria, Department of Sustainability and Environment. 5-41.
- Drolet, D., & Himmelman, J. H. (2004). Role of current and prey odour in the displacement behaviour of the sea star *Asterias vulgaris*. *Canadian journal of zoology*, 82(10), 1547-1553.
- Espinoza, M., Farrugia, T. J., Webber, D. M., Smith, F., & Lowe, C. G. (2011). Testing a new acoustic telemetry technique to quantify long-term, fine-scale movements of aquatic animals. *Fisheries Research*, 108(2-3), 364-371.
- Fleury, P. G., Mingant, C., & Castillo, A. (1996). A preliminary study of the behaviour and vitality of reseeded juvenile great scallops, of three sizes in three seasons. *Aquaculture International*, 4(4), 325-337.
- Freeman, S. M., Richardson, C. A., & Seed, R. (2001). Seasonal abundance, spatial distribution, spawning and growth of *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53(1), 39-49.

Fukuyama, A. K., & Oliver, J. S. (1985). Sea star and walrus predation on bivalves in Norton Sound, Bering Sea, Alaska. *Ophelia*, 24(1), 17-36.

Gagnon, P., Wagner, G., & Himmelman, J. H. (2003). Use of a wave tank to study the effects of water motion and algal movement on the displacement of the sea star *Asterias vulgaris* towards its prey. *Marine Ecology Progress Series*, 258, 125-132.

Gallagher, T., Richardson, C. A., Seed, R., & Jones, T. (2008). The seasonal movement and abundance of the starfish, *Asterias rubens* in relation to mussel farming practice: a case study from the Menai Strait, UK. *Journal of Shellfish Research*, 27(5), 1209-1215.

Gaymer, C. F., & Himmelman, J. H. (2002). Mussel beds in deeper water provide an unusual situation for competitive interactions between the seastars *Leptasterias polaris* and *Asterias vulgaris*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 277(1), 13-24.

Goshima, S., & Fujiwara, H. (1994). Distribution and abundance of cultured scallop *Patinopecten yessoensis* in extensive sea beds as assessed by underwater camera. *Marine Ecology Progress Series*, 151-158.

Hancock, D. A. (1955). The feeding behaviour of starfish on Essex oyster beds. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 34(2), 313-331.

Hancock, D. A. (1958). Notes on starfish on an Essex oyster bed. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 37(3), 565-589.

Hatanaka, M., & Kosaka, M. (1959). Biological studies on the population of the starfish, *Asterias amurensis*, in Sendai Bay. *Tohoku. Journal of Agricultural Research* 9, 159-178.

Hatcher, B. G., Scheibling, R. E., Barbeau, M. A., Hennigar, A. W., Taylor, L. H., & Windust, A. J. (1996). Dispersion and mortality of a population of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) seeded in a tidal channel. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(1), 38-54.

Hardy, D. (1991). 2. About Scallops. *Scallop farming* (1st Edition). Hoboken, John Wiley & Sons, 9-25.

Hutson, K. S., Ross, D. J., Day, R. W., & Ahern, J. J. (2005). Australian scallops do not recognise the introduced predatory seastar *Asterias amurensis*. *Marine Ecology Progress Series*, 298, 305-309.

Inglis, G. J., & Gust, N. (2003). Potential indirect effects of shellfish culture on the reproductive success of benthic predators. *Journal of Applied Ecology*, 40(6), 1077-1089.

Kamio, M., & Derby, C. D. (2017). Finding food: how marine invertebrates use chemical cues to track and select food. *Natural product reports*, 34(5), 514-528.

Kim, Y. S. (1968). Histological observations of the annual change in the gonad of the starfish, *Asterias amurensis* Lüken. *BULLETIN OF THE FACULTY OF FISHERIES HOKKAIDO UNIVERSITY*, 19(2), 97-108.

Kim, Y. S. (1969). Selective feeding on the several bivalve molluscs by starfish, *Asterias amurensis*

Lüken. BULLETIN OF THE FACULTY OF FISHERIES HOKKAIDO UNIVERSITY, 19(4), 244-249.

Kosaka, Y. (2016). 21. Scallop Fisheries and Aquaculture in Japan. In Shumway, S. & Parsons, G. J. (Eds.) *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries* (3rd Edition). Amsterdam, Elsevier, 891-936.

Labrecque, A. A., & Guderley, H. (2011). Size, muscle metabolic capacities and escape response behaviour in the giant scallop. *Aquatic Biology*, 13(1), 51-64.

Lamare, M. D., Channon, T., Cornelisen, C., & Clarke, M. (2009). Archival electronic tagging of a predatory sea star—testing a new technique to study movement at the individual level. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 373(1), 1-10.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (Vol. 12). Auckland: Invasive Species Specialist Group. 1-11.

Magnesen, T., & Redmond, K. J. (2012). Potential predation rates by the sea stars *Asterias rubens* and *Marthasterias glacialis*, on juvenile scallops, *Pecten maximus*, ready for sea ranching. *Aquaculture international*, 20(1), 189-199.

Manuel, J. L., & Dadswell, M. J. (1993). Swimming of juvenile sea scallops, *Placopecten magellanicus* (Gmelin): a minimum size for effective swimming? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 174, 137–175.

Mauzey, K. P., Birkeland, C., & Dayton, P. K. (1968). Feeding behavior of asteroids and escape responses of their prey in the Puget Sound region. *Ecology*, 49(4), 603-619.

Metaxas, A. (2013). 6 Larval Ecology, Settlement, and Recruitment of Asteroids. In Lawrence, J. M. (Eds.) *Starfish: Biology and ecology of the Asteroidea*. Baltimore, JHU Press, 59-66.

Menge, B.A. (1982). Effects of feeding on the environment: Asteroidea. In Jangoux, M., Lawrence, J.M. (Eds.), *Echinoderm Nutrition*. A.A. Balkema, Rotterdam, 521–551.

Menge, B.A. & Sanford, E. (2013). 7. Ecological Role of Sea Stars from Populations. In Lawrence, J. M. (Eds.) *Starfish: Biology and ecology of the Asteroidea*. Baltimore, JHU Press, 67-80.

Miyake, H., Matsuoka, M., & Furuya, K. (1995). Loss of and damage to scallops due to storms in the Sea of Okhotsk. *Fisheries Oceanography*, 4(4), 293-302.

Miyoshi, K., Kuwahara, Y., & Miyashita, K. (2018). Tracking the Northern Pacific sea star *Asterias amurensis* with acoustic transmitters in the scallop mariculture field of Hokkaido, Japan. *Fisheries science*, 84(2), 349-355.

Miyoshi, K., Kuwahara, Y., & Chiba, S. (2019). Interactions between predatory sea stars (*Asterias amurensis* and *Distolasterias nipon*) and Japanese scallops (*Mizuhopecten yessoensis*) and implications for scallop seeding in mariculture. *Aquaculture Research*, 50(9), 2419-2428.

Morgan, D. E., Goodsell, J., Matthiessen, G. C., Garey, J., & Jacobson, P. (1980). Release of Hatchery-Reared Bay Scallops (*Argopecten irradians*) Onto a Shallow Coastal Bottom in Waterford, Connecticut. *Journal of the World Aquaculture Society*, 11(1-4), 247-261.

- Nishimura, H., Miyoshi, K., & Chiba, S. (2019). Predatory behavior of the sea stars *Asterias amurensis* and *Distolasterias nipon* on the Japanese scallop, *Mizuhopecten yessoensis*. *Plankton and Benthos Research*, 14(1), 1-7.
- Olsen, T. B., Christensen, F. E. G., Lundgreen, K., Dunn, P. H., & Levitis, D. A. (2015). Coelomic transport and clearance of durable foreign bodies by starfish (*Asterias rubens*). *The Biological Bulletin*, 228(2), 156-162.
- Paine, R. T. (1966). Food web complexity and species diversity. *The American Naturalist*, 100(910), 65-75.
- Qi Z H, Wang J, Mao Y Z, Zhang J H, & Fang J G. (2013). Prey selection and feeding rate of sea stars *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* on three bivalves. *Acta Ecologica Sinica*, 33(16), 4878-4884.
- Ross, D. J., Johnson, C. R., & Hewitt, C. L. (2002). Impact of introduced seastars *Asterias amurensis* on survivorship of juvenile commercial bivalves *Fulvia tenuicostata*. *Marine Ecology Progress Series*, 241, 99-112.
- Ross, D. J., Johnson, C. R., & Hewitt, C. L. (2003). Assessing the ecological impacts of an introduced seastar: the importance of multiple methods. *Biological Invasions*, 5(1-2), 3-21.
- Scheibling, R. E., & Lauzon-Guay, J. S. (2007). Feeding aggregations of sea stars (*Asterias* spp. and *Henricia sanguinolenta*) associated with sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) grazing fronts in Nova Scotia. *Marine Biology*, 151(3), 1175-1183.
- Silina, A. V. (2008). Long-term changes in intra-and inter-specific relationships in a community of scallops and sea stars under bottom scallop mariculture. *Journal of Shellfish Research*, 27(5), 1189-1194.
- Sloan, N. A. (1980). Aspects of the feeding biology of asteroids. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review*, 18, 57-124.
- Thomas, G. E., & Gruffydd, L. D. (1971). The types of escape reactions elicited in the scallop *Pecten maximus* by selected sea-star species. *Marine Biology*, 10(1), 87-93.
- Volkov, Y. P., Dadaev, A. A., Levin, V. S., & Murakhveri, A. M. (1983). Changes in the distribution of Yezo scallop and starfishes after mass planting of scallops at the bottom of Vityaz' Bay (Sea of Japan). *Soviet Journal of Marine Biology*, 8, 216-223.
- Wong, M. C., & Barbeau, M. A. (2003). Effects of substrate on interactions between juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* Gmelin) and predatory sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and rock crabs (*Cancer irroratus* Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 287(2), 155-178.
- Wong, M. C., & Barbeau, M. A. (2005). Prey selection and the functional response of sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and rock crabs (*Cancer irroratus* Say) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)) and blue mussels (*Mytilus edulis* Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 327(1), 1-21.
- Wong, M. C., Barbeau, M. A., Hennigar, A. W., & Robinson, S. M. (2005). Protective refuges for seeded juvenile scallops (*Placopecten magellanicus*) from sea star (*Asterias* spp.) and crab (*Cancer irroratus* and *Carcinus maenas*) predation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(8), 1766-1781.

有馬健二. 宮川洋一. 浜谷進司. 藤田邦夫. (1971). 有用二枚貝類の減耗について ヒトデ類による食害 (予報). 北水試月報, 28(9), 2-6.

有馬健二. 宮川洋一. 工藤優. (1973). ホタテガイの漁場造成について 放流貝の移動とヒトデ類の駆除. 北水試月報, 30(1), 9-24.

有馬健二. 嶋崎英夫. 松井敏夫. 杉谷武政. 鎌田良造. (1975). 森・八雲におけるホタテガイ大量放流結果について. 北水試月報, 32(10), 1-21.

伊藤 進. 西川信良. 富士 昭. 山本 護太郎. 森 勝三. (1976). III ホタテガイ養殖の進歩 第 2 章 ホタテガイ養殖の技術. 改訂版 浅海完全養殖 <浅海養殖の進歩> (今井丈夫 監修). 恒星社厚生閣, 東京, 207-276.

木下 虎一郎. (1934). ヒトデの駆除法. 北水試旬報, 252, 9.

木下 虎一郎. (1938). 駆除せよ! ヒトデ. 北水試旬報, 394, 12.

木下 虎一郎. (1949). ホタテガイの増殖に関する研究. 北方出版社, 札幌, 58-78.

蔵田 護. (1984). ヒトデの移動に関する試験. 昭和 58 年度網走水産試験場事業報告書, 202-203.

蔵田 護. 西浜雄二. (1985). ヒトデによるホタテガイの食害試験. 昭和 59 年度網走水産試験場事業報告書, 210-214.

蔵田 護. (1986). ヒトデによるホタテ 1-3 年貝の食害試験. 昭和 60 年度網走水産試験場事業報告書, 211-214.

蔵田 護. (1987). 能取湖におけるヒトデの産卵期と浮遊幼生の出現状況. 昭和 61 年度網走水産試験場事業報告書, 235-241.

蔵田 護. (1987). ヒトデの蛸集に関する調査. 昭和 61 年度網走水産試験場事業報告書, 242-246.

蔵田 護. (1988). 能取湖におけるヒトデ浮遊幼生の出現状況とホタテ採苗器への付着時期. 昭和 62 年度網走水産試験場事業報告書, 196-201.

蔵田 護. (2003). 73. ホタテガイ. 漁業生物図鑑 新 北のさかなたち (水島敏博・鳥澤 雅 監修). 北海道新聞社, 札幌, 290-295.

黒潮生物研究財団. (2011). オニヒトデ駆除マニュアル. 1-24.

栗原康裕. 清河 進. (1994). 1.2 砂泥域の増殖に関する試験研究 1.2.1. ヒトデ産卵期調査. 平成 6 年度北海道立稚内水産試験場事業報告書, 186-187.

栗原康裕. 三好晃治. 多田匡秀. (2014). 13.2 ヒトデ分布特性の把握・画像解析を使ったヒトデ自動解析手法の開発. 平成 25 年度道総研網走水産試験場事業報告書, 77-80.

- 相良順一郎. (1975). 東京湾におけるヒトデの異常発生 I. 日本ベントス研究会連絡誌, 9-10, 41-45.
- 佐波征機. 入村精一. 楚山 勇. (2002). ニッポンヒトデ. ヒトデガイドブック. CCC メディアハウス, 東京, 77.
- 菅原兼男. (1975). 東京湾におけるヒトデの異常発生 II. 日本ベントス研究会連絡誌, 9-10, 46-47.
- 田村 正. 田中正午. (1954). ヒトデの食性. 北水試月報, 11(3), 17-21.
- 田村 正. 富士 昭. 田中正午. 小原昭雄. (1956a). ホタテ稚貝の空中露出時間と斃死率との関係. 北水試月報, 13(6), 25-28.
- 田村 正. 富士 昭. 田中正午. 小原昭雄. (1956b). ホタテ稚貝の空中露出時間と斃死率との関係. 北水試月報, 13(8), 27-34.
- 千葉 晋. (2018). ヒトデ類による地まきホタテガイの捕食実態の解明. 平成 29 年度共同研究契約研究成果報告書 (北海道ほたて漁業振興協会受託研究), 5-8.
- 富田恭司. (1965). 北海道宗谷管内のホタテガイの資源とホタテガイ漁場における底生生物類群集について. 日本水産学会誌, 31(11), 888-895.
- 中川義彦. 和久井 卓哉. (1975). 常呂海域ホタテガイ漁場の底質と大型底生動物について. 北水試月報, 32(3), 16-30.
- 中西廣義. 小坂善信. 吉田 達. 篠原由香. 鹿内満晴. (2003). 地まきホタテガイ漁業回復調査. 平成 14 年度青森県水産増殖センター事業報告書, 173-178.
- 西浜雄二. 蔵田 護. 干川 裕. (1990). 湧別沖における種苗放流ホタテガイの成長. 平成元年度北海道立網走水産試験場事業報告書, 67-70.
- 西浜雄二. (1994). 第 6 章 種苗放流輪採制ホタテ漁業. オホーツクのホタテ漁業 (西浜雄二 編). 北海道大学出版会, 札幌, 125-154.
- 秦 安史. 佐々木 正義. 阿部英治. (2004). 5 漁業系廃棄物リサイクル推進事業費 5-1 ヒトデリサイクルシステム確立事業. 5-1-1 ヒトデの生態調査. 平成 15 年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 152-167.
- 林 忠彦. 富田恭司. 和久井 卓哉. 伊藤 博. (1976). 北海道北部オホーツク海沿岸におけるホタテガイ種苗移植の現状と問題点. 北水試月報, 33(9), 1-16.
- 干川 裕. (1988). 採苗器におけるヒトデ食害試験. 昭和 62 年度北海道立網走水産試験場事業報告書, 202-208.
- 宮園 章. (1991). ヒトデ仔稚によるホタテ稚貝の脱落に関する調査. 平成 2 年度北海道立網走水産試験場事業報告書, 186-194.

三好晃治, 栗原康裕, 宮下和土. (2014). 8. 地まきホタテ漁業海域におけるホタテガイおよびマヒトデの移動に関する研究 (公募型研究費). 平成 25 年度道総研網走水産試験場事業報告書, 53-54.

三好晃治, 坂上憲光. (2018). 1. 「海中ヒトデ駆除装置開発」に向けたヒトデ駆除技術の確立 (職員奨励研究事業). 平成 28 年度道総研網走水産試験場事業報告書, 3.

山本 勝太郎, 平石智徳, 小林耕一. (1999). ホタテガイ稚貝放流時の着底位置の推定. 北海道大學水産學部研究彙報, 50(3), 175-192.

山本 護太郎. (1976). III ホタテガイ養殖の進歩 第 1 章 ホタテガイの生物学的研究. 改訂版 浅海完全養殖 <浅海養殖の進歩> (今井丈夫 監修). 恒星社厚生閣, 東京, 191-206.

吉田 達, 小坂善信, 篠原由香, 鹿内満春. (2004). 地まきホタテガイ漁場回復調査事業. 平成 15 年度青森県水産増殖センター事業報告書, 183-192.

吉田 達, 小坂善信, 篠原由香, 鹿内満春. (2005). 地まきホタテガイ漁場回復調査事業. 平成 16 年度青森県水産増殖センター事業報告書, 179-185.

吉田 達, 小坂善信, 山内弘子, 鹿内満春. (2006). 地まきホタテガイ漁場回復調査事業. 平成 17 年度青森県水産増殖センター事業報告書, 221-229.

## (おまけ) ヒトデ捕食被害算出フォームの使い方

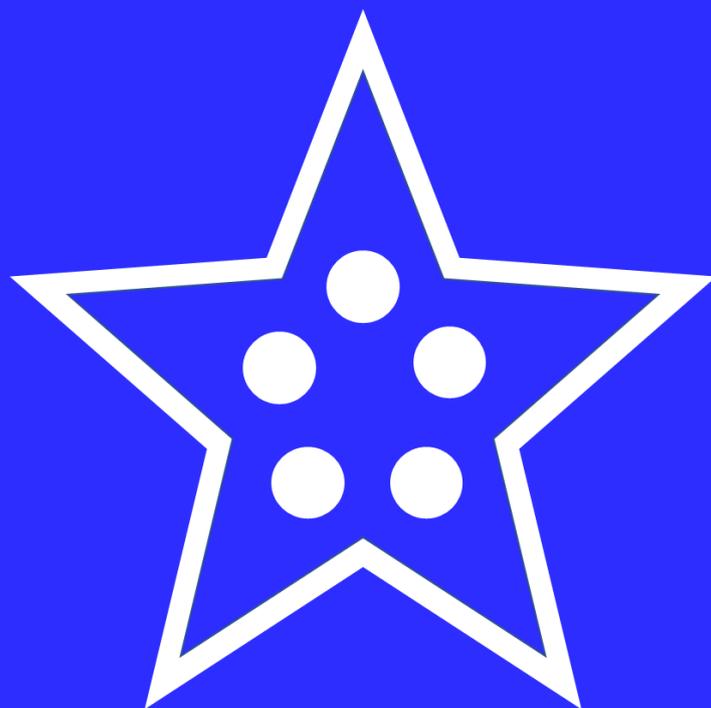
手軽にヒトデの捕食被害を計算出来るように、「ヒトデ捕食被害算出フォーム」を作成しました。

マヒトデ		
項目	入力必要↓	単位
水温	10	°C
ホタテガイ殻高 (殻長)	40	mm
ヒトデ腕長	150	mm
ヒトデ密度	0.01	個体/m <sup>2</sup>
漁場面積	10,000	m <sup>2</sup>
	計算結果↓	単位
ヒトデ1個体当たりの捕食数(1日分)	89	枚/日
ヒトデ1個体当たりの捕食数(1カ月)	2,656	枚/月
漁場当たりの捕食数(1日分)	8,853	枚/日
漁場当たりの捕食数(1カ月)	265,587	枚/月

必要項目 (黄色セル) を入力すると、自動的に計算結果 (水色セル) が表示されます。マヒトデとニッポンヒトデそれぞれで計算が可能です。Excel シートをダウンロードしご活用ください。

道総研 網走水産試験場 ホームページ

URL : <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/abashiri/>



北海道立総合研究機構 網走水産試験場

〒099-3119 網走市鱒浦1丁目1番1号  
TEL. 0152-43-4591 Fax. 0152-43-4593

道総研

検索

<http://www.hro.or.jp/>