北海道太平洋側の大陸斜面域漁場における海底表面の起伏と底生魚類の分布

濱 津 友 紀*

(2012 年 5 月 9 日受付, 2012 年 8 月 16 日受理)

(鯉水産総合研究センター北海道区水産研究所)

Ruggedness of the seafloor and distribution of demersal fishes in the fishing grounds on the continental slope off the Pacific coast of Hokkaido, Japan

TOMONORI HAMATSU*

Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Kushiro, Hokkaido 085-0802, Japan

To clarify the impacts of fisheries on the marine ecosystem, the relationship between the ruggedness of the seafloor and the distribution of demersal fishes was estimated on the basis of observation by a deepwater video-camera system in the fishing grounds on the continental slope off the Pacific coast of Hokkaido, Japan. Some demersal fish species (cutthroat eel, rattails, kichiji rockfish, walleye pollock, eelpouts, sculpin, and flounders) were observed. Kichiji rockfish preferred a rugged seafloor to a flat area, and the density of kichiji rockfish was higher in a topographically rugged area with high bottom water temperature. Conservation of a rugged seafloor may be necessary to maintain a favorable habitat for kichiji rockfish.

キーワード : MPA, VME, 海底, キチジ, 底魚, 底曳網

近年、漁場海底を生物多様性の観点からとらえる動きが高まっており、国際的に環境保護の視点からの漁業規制が増えている。特に公海域の深海底の生態系保全については、国連総会、国連食糧農業機関（FAO）、および生物多様性条約締約国会議などで、底曳網漁業を中心とした底魚漁業の影響が問題にされている。¹⁾ 我が国の沿岸域、排他的経済水域においても、2007年に成立した海洋基本法には「海洋の開発・利用と海洋環境の保全との調和」がうたわれており、また、底魚漁業自体も良好な海洋環境なくして成り立つものではない。底魚にとっての良好な海洋環境を把握するためには、水温や海流など生物を取り巻く水塊の性質を調べることも重要であるが、一方で漁場海底を観察し、生息場の状態を視覚的に知ることも有効であろう。底魚漁業の海洋生態系への影響は、生物群集から直接対象生物を取り去ること以外の部分としては、混獲・投棄によるものと海底地形の改変などを含む海底生息場への影響に分けられる。²⁾ 本研究では後者に関する知見の収集を目的として、海底生息場

を評価することとした。

北日本太平洋側の大陸斜面域は生産性の高い底魚漁場であるが、赤物（キチジ *Sebastes macrochir* ・メスケ類）やカレイ類など、海底への依存度が高いと考えられる魚種の漁獲量は大きく減少してきた。³⁾ 過去 50 年にわたる漁獲の影響により、当海域の底魚群集は、底生生物食者（赤物やカレイ類など）主体から浮遊・遊泳性生物食者（スケトウダラ *Theragra chalcogramma* やイトヒキダラ *Laemonema longipes* など）主体へと変化した。⁴⁾ 特にキチジなど古くから継続的に漁獲されてきた魚種は減少が大きく、近年の漁獲圧が低下した中であっても回復しない。⁵⁾ 著者等は、底曳網漁業などによる海底生息環境・餌環境の変化が、キチジの栄養段階を低下させるとともに成長を抑制し、結果としてキチジの最大現存可能量を小さくした可能性を指摘してきた。^{5,6)} そして、定着性の小型魚類やエビ類など、キチジに有用な餌生物が生息可能な海底環境の保全・復元を図ることが、資源の回復にとって不可欠であると考察した。⁵⁾

* Tel : 81-154-92-1716. Fax : 81-154-91-9355. Email : newmory@fra.affrc.go.jp

底曳網などの漁業活動は、具体的には海底表面の起伏を低下させることにより、底魚や底生生物の生息可能域の面積を小さくしたり、捕食者からの逃避場所を破壊したりすることによって影響を及ぼすと考えられる。水中カメラの技術的な発達にともない、水中映像による水産研究事例は1980年代以降急増している。⁷⁾これに伴って、底魚漁場をカバーする水深帯で、海底の状態と底魚を高画質で撮影可能となった。底魚が実際に起伏に富んだ場所を選好するのかどうか、確認する必要がある。北海道太平洋側の大陸斜面域漁場の様々な場所で映像記録を収集・分析し、主要な底生魚類の海底形状に対する嗜好性を検討した。

試料および方法

調査船調査・映像記録 調査海域は北海道太平洋側大陸斜面域の主に沖合底曳網船の漁場となっている海域で、水深130～1,154 mの水域に14の調査点を設けた (Fig. 1, Table 1)。2005, 2006年の6月の日中 (午前7時～午後6時) に、北海道区水産研究所所属調査船北光丸 (902トン, 4,000馬力) および深海ビデオカメラシステム (株式会社 QI 社製) を用いて、海底表面の形状と底魚を映像として記録した。ビデオカメラは船からワイヤー・ケーブルで海中に吊り下げ、魚群探知機のモニターで確認しながら海底直上を漂流させて、最大で60分間録画した。各調査点における撮影時にはビデオカメラは着底と離底を繰り返したが、海底からの距離が安定した状態で得られた映像について、その調査点における一回の映像記録としてとりまとめた。各調査点の観察時間は3～55分間で合計421分間、各調査点の観察

面積は125～1,585 m²で合計7,014 m²であった。各調査点における海底の平均的な勾配を、観察時における水深差 (m) を観察距離 (m) で除することにより求めた。また、各調査点において、メモリー STD (アレック電子株式会社製, ASD-1000) を用いて海底直上の水温と塩分を計測した。

海底表面の起伏の評価 本研究では海底の起伏を、映像から認められる地形・地質的な形状および構成物と定着性生物組成の変化ととらえ、それぞれの分布について点数化することによって起伏の程度を評価した。すなわち、地形・地質的に平坦な状態を0点、高さ5 cmを超える段差や岩石がまばらに存在する状態を1点、それらが密に存在する状態を2点と評価した (以下「地形スコア」と呼ぶ)。生物的な起伏も同様に、高さ5 cm

Fig. 1 Research area and stations off the Pacific coast of Hokkaido.

Table 1 Location, seafloor slope, bottom water characters, observed time, and observed area in each station

Station No.	Date (Y/M/D)	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (m)	Seafloor slope*	Bottom water temperature (°C)	Bottom water salinity	Observed time (min)	Observed area (m ²)
1	2006/6/18	41°47.0	141°31.9	324–346	0.06	2.93	33.69	22	347
2	2006/6/18	41°45.0	141°49.9	946–949	0.02	2.93	34.41	34	196
3	2006/6/19	41°33.1	143°20.1	796–813	0.07	3.17	34.33	29	258
4	2006/6/19	41°38.0	143°39.0	185–232	0.12	1.79	33.49	53	405
5	2005/6/24	41°36.9	143°50.6	567–602	0.05	3.17	34.05	26	762
6	2005/6/24	41°35.7	143°56.5	820–860	0.08	3.11	34.29	16	513
7	2005/6/24	41°49.1	143°46.8	525–584	0.12	3.16	34.06	15	498
8	2005/6/25	41°51.3	144°02.4	991–1,154	0.64	2.84	34.40	22	254
9	2006/6/21	42°00.0	143°54.1	889–912	0.06	2.98	34.40	53	372
10	2005/6/25	42°03.5	144°06.9	905–960	0.10	2.91	34.35	55	547
11	2005/6/26	42°48.3	145°17.4	470–484	0.01	2.67	33.89	46	1,585
12	2005/6/26	42°54.2	145°37.6	621–650	0.23	3.08	34.06	3	125
13	2006/6/22	43°00.0	145°46.0	130–306	0.19	2.03	33.68	37	907
14	2006/6/22	43°00.0	145°50.0	556–624	0.28	2.91	34.02	10	245
Total								421	7,014

*difference of depth (m)/observed distance (m)

を超える定着性生物（カイメン類など）が見られない状態を0点、それらがまばらに存在する状態を1点、密に存在する状態を2点と評価した（以下「生物スコア」と呼ぶ）。なお、深海ビデオカメラシステムにはスチールパイプの枠が備えられており、映像中に枠を撮し込み、枠の太さ（45 mm）を基準として形状や構成物の高さを計測した。高さ5 cmは記録映像全体から形状や構成物の有無を確実に判断できた大きさである。また、地形・地質と生物の両方とも、構成物の平均的な間隔が構成物の高さを超える場合には、まばらな分布と判断して1点、構成物の間隔が高さよりも小さい場合には密な分布と判断して2点と評価した。地形・生物スコアともに1分ごとの映像記録に基づいて評価した。各調査点における起伏の特性は、調査点ごとに観察時間全体の平均点を算出することにより判断した。また、魚類が観察された場合には、その場所の点数を記録した。

海底観察面積と魚類分布密度の算出 海底直上を漂流させた映像記録において、観察幅が1 mになるようにカメラの視野を調整した。撮影開始から終了までの距離は調査船の位置により算出し、観察幅に距離を乗じて面積とした。ただし、カメラが海底に接触して砂泥が巻き上がった場合や、海底から大きく離れてしまった場合には海底形状や魚類が識別できなかつたので、これらの割合を撮影時間から算出して、観察面積から除外した。また、各調査点の起伏の状態を知る指標として、前述のスコア平均点のほか、各スコアの点数別の面積割合を調査点ごとに算出した。この面積割合は、1分毎に評価された点数をもとに、観察時間から算出した。すなわち、各調査点における最大55分間の観察中の漂流速度が一定であると仮定し、各スコアの点数別の観察時間を全観察時間で割った値を面積割合として用いた。安定して海底映像が得られた場所において、魚類を種別に計数し、各種の分布密度（尾/m²）を算出した。

魚類の分布を規定する要因の分析 地形・地質的、生物学的な起伏が認められ、かつ魚類が観察された調査点において、各種が出現した場所と出現しなかった場所の間で起伏の程度（地形スコアと生物スコアそれぞれの平均値）が異なるかどうかを調べた（*t*検定）。また、各調査点における環境変数（勾配、水温、地形スコア、生物スコア）と魚類各種の分布密度の関係を重回帰分析により調べた。これらの分析は、観察尾数が多かったイラコアナゴ *Synphobranchius kaupi*、カラフトソコダラ *Coryphaenoides cinereus*、キチジの3種についておこなった。

結 果

調査海域の海底環境 各調査点における海底の平均的な勾配は0.01~0.64の範囲にあり、西側に比べ東側

の調査点でやや高い傾向が見られたが、水深との関係は見られなかった。また、各調査点における海底直上の水温・塩分は、水深がおよそ300 m以浅であったSt. 4と13では、水温は1.8~2.0℃、塩分は33.5~33.7の範囲にあった。水深が300 m以深であった他の調査点では、水温は2.7~3.2℃、塩分は33.7~34.4の範囲にあり、St. 4, 13とくらべてやや高温・高塩分であった（Table 1）。

地形・地質的な起伏は具体的には岩盤海底の段差や岩石で構成されており、生物学的な起伏はウミシダ類やカイメン類、サンゴ類、ヤギ類などで構成されていた。各スコアの点数別の面積割合を、調査点ごとにFig. 2に示した。地形スコアについては（Fig. 2a）、St. 4, 5, 13ではスコア1あるいは2の面積は65~76%と高かったが、他の調査点ではスコア0の面積が94~100%を占めた。生物スコアについては（Fig. 2b）、St. 7, 8, 10, 13ではスコア1あるいは2の面積は61~95%と高かったが、他の調査点ではスコア0の面積が93~100%を占めた。

各調査点における水深（中央値）、勾配、水温、塩分、地形スコア、および生物スコアの変数間の関係をみると、水深が深いほど高温・高塩分であり、地形スコアが小さくなる傾向があった（Fig. 3）。このため、水温・塩分と地形スコアの間には負の関係がみられた。勾配と生物スコアについては、他の変数との間に関係がみられ

Fig. 2 Percentage of area classified as each score of ruggedness in each station (a: topographical score, b: biological score). Numerals in column indicate frequency in observation.

なかった ($p > 0.05$)。

観察された生物と海底の起伏 観察された魚類は尾数が多いものから順に、イラコアナゴ (計 154 尾, 分布密度 0.022 尾/ m^2)、カラフトソコダラ (123 尾, 0.018 尾/ m^2)、キチジ (38 尾, 0.005 尾/ m^2)、ムネダラ *Albatrossia pectoralis* (25 尾, 0.004 尾/ m^2)、スケトウダラ (15 尾, 0.002 尾/ m^2)、シロゲンゲ *Bothrocara molle* (15 尾, 0.002 尾/ m^2)、イバラヒゲ *Coryphaenoides acrolepis* (10 尾, 0.001 尾/ m^2)、コブシカジカ *Malacocottus zonurus* (8 尾, 0.001 尾/ m^2)、カレイ類 (計 7 尾, 0.001 尾/ m^2)、カンテンゲンゲ *Zestichthys tanakai* (2 尾, 0.0003 尾/ m^2) などであった (Table 2)。魚類以外ではタコ類 (5 個体)、カニ類 (4 個体)、エビ類 (3 個体) などが観察された。観察された魚類のサイズは、すべて全長が 5 cm 以上の個体であった。スケトウダラは観察された全個体が海底から離れて遊泳していた。また、イラコアナゴやソコダラ類 (カラフトソコダラ、ムネダラ、イバラヒゲ) は海底に着位している個体よりも海底直上を遊泳している個体が多かった。一方、キチジやゲンゲ類 (シロゲンゲ、カンテンゲンゲ)、コブシカジカ、カレイ類は、観察された全個体が海底に着

位していた。

水深が 130~306 m の St. 13 では、地形スコア・生物スコアがともに高かったが、魚類は観察されなかった。水深が 200 m 前後で地形スコアが高い St. 4 では、主にスケトウダラが観察され、他の魚種は少なかった。同様に地形スコアは高いが水深は 600 m 前後の St. 5 では、主にキチジやコブシカジカが観察された。一方、水深が 550 m 前後で生物スコアが高い St. 7 では、主にイラコアナゴやキチジが観察された。水深が 800~950 m 程度で地形スコア・生物スコアがともに低い St. 2, 3, 6 や、水深が 900~1,150 m 程度で生物スコアが高い St. 8, 10 では、多くの魚類が観察され、それらは主にイラコアナゴやソコダラ類 (カラフトソコダラ、ムネダラ、イバラヒゲ) で構成されていた。両スコアが低い調査点のうち、水深が 480 m 前後の St. 11 では主にゲンゲ類 (シロゲンゲ、カンテンゲンゲ) やカレイ類が、水深が 900 m 前後の St. 9 では、主にイラコアナゴやカラフトソコダラ、キチジが観察された。また、両スコアが低い調査点で、水深が 330 m 前後の St. 1 や、水深が 550~650 m 程度の St. 12 と 14 では、観察された魚類は少なかった。

Fig. 3 Relationships among environmental variables (median of depth, seafloor slope, bottom water temperature, bottom water salinity, mean topographical score, and mean biological score) in each station. Seafloor slope in a: difference of depth (m)/observed distance (m). Solid circles in b show bottom water temperature, and open circles show bottom water salinity. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Table 2 Mean topographical score, mean biological score, and density (ind./m²) and number of fishes observed by video camera survey in each station

Japanese name	Family	Nomenclature	Total	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14
Mean topographical score			0.23	0.00	0.00	0.00	0.70	0.67	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00
Mean biological score			0.27	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.81	0.61	0.04	0.95	0.00	0.00	0.79	0.00
Density (Observed number)																	
<i>irakoanago</i>	Synaphobranchidae	<i>Synaphobranchus kaupi</i>	0.022 (154)	0.000 (0)	0.122 (24)	0.085 (22)	0.005 (2)	0.000 (0)	0.078 (40)	0.078 (39)	0.047 (12)	0.011 (4)	0.015 (8)	0.000 (0)	0.024 (3)	0.000 (0)	0.000 (0)
	Macrouridae	<i>Coryphaenoides cinereus</i>	0.018 (123)	0.000 (0)	0.015 (3)	0.233 (60)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.027 (14)	0.002 (1)	0.110 (28)	0.016 (6)	0.020 (11)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
<i>kichiji</i>	Scorpaenidae	<i>Sebastolobus macrochir</i>	0.005 (38)	0.003 (1)	0.000 (0)	0.016 (4)	0.002 (1)	0.025 (19)	0.000 (0)	0.012 (6)	0.000 (0)	0.008 (3)	0.000 (0)	0.001 (2)	0.008 (1)	0.000 (0)	0.004 (1)
<i>munedara</i>	Macrouridae	<i>Albatrossia pectoralis</i>	0.004 (25)	0.000 (0)	0.041 (8)	0.004 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.002 (1)	0.000 (0)	0.012 (3)	0.000 (0)	0.022 (12)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
<i>suketoudara</i>	Gadidae	<i>Theragra chalcogramma</i>	0.002 (15)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.037 (15)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
<i>shirogenge</i>	Zoarcidae	<i>Bothrocara molle</i>	0.002 (15)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.009 (14)	0.008 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)
<i>ibarahige</i>	Macrouridae	<i>Coryphaenoides acrolepis</i>	0.001 (10)	0.000 (0)	0.005 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.002 (1)	0.000 (0)	0.028 (7)	0.003 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
<i>kobushikajika</i>	Psychrolutidae	<i>Malacocottus zonurus</i>	0.001 (8)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.007 (5)	0.000 (0)	0.002 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
<i>karei-ru</i>	Pleuronectidae		0.001 (7)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.003 (5)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.004 (1)
<i>kantengenge</i>	Zoarcidae	<i>Zestichthys tanakai</i>	0.000 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Total			0.057 (397)	0.003 (1)	0.184 (36)	0.337 (87)	0.044 (18)	0.033 (25)	0.109 (56)	0.094 (47)	0.197 (50)	0.038 (14)	0.057 (31)	0.016 (25)	0.040 (5)	0.000 (0)	0.008 (2)

St. 5 と 8 では地形・地質的、生物的な起伏が認められ、かつ魚類が観察されたことから、各種が出現した場所と出現しなかった場所の間で起伏の程度が異なるかどうかを調べた (Fig. 4)。St. 8 において、イラコアナゴとカラフトソコダラが出現した場所の各スコア平均値は、これらの魚種が出現しなかった場所の各値とそれぞれ差がなかった。一方、St. 5 において、キチジが出現した場所の地形スコア平均値は、キチジが出現しなかった場所の値にくらべて有意に大きかった ($p < 0.05$)。しかし、同調査点において、キチジが出現した場所と出現しなかった場所の生物スコア平均値には差がなかった。

環境変数と魚類分布密度の関係 底生魚類の分布は海底表面の起伏のほか、水深や海底の勾配、および水塊の特性値などにより影響を受けると考えられる。イラコアナゴ、カラフトソコダラ、およびキチジはそれぞれ特定

の水深帯に分布したが、それぞれの水深帯の中では水深と分布密度の関係は明確でなかった。そこで、環境要因と分布密度の関係は、各種の分布水深帯に属する調査点を対象とし、この水深帯内においては水深の効果は一定であるとして、水深をのぞいた変数について分析した。また、本海域は広く特性の似通った低温・高塩分の水で占められていたことから、水塊に関連した変数としては水温のみを用い、塩分については変数に含めなかった。したがって、説明変数を海底の勾配、水温、地形スコア、生物スコアの 4 つとして、各種の分布密度を目的変数とした重回帰分析をおこなった。海底の勾配と水温については各調査点における 1 回の計測値、地形スコアと生物スコアについては各調査点における平均点を説明変数として用いた。なお、各調査点内の観察においては、地形スコアや生物スコアが極端に異なる場所や傾向的な変化はみられなかったため、各スコアの平均点をその調査点を指標する値として用いた。分析の結果、キチジでは重回帰式は有意であり、4 つの説明変数のうち水温と地形スコアの相関係数のみが有意であった (両変数とも $p < 0.05$)。そこで説明変数を水温と地形スコアとして再分析し、以下の重回帰式を得た (Table 3)。

$$D = 0.0264T + 0.0190TS - 0.0714 \quad (n = 8, R = 0.95) \quad (1)$$

ここで、 D は分布密度 (尾/ m^2)、 T は水温 ($^{\circ}C$)、 TS は地形スコアである。

イラコアナゴとカラフトソコダラでは重回帰式は有意でなく、4 つの説明変数の相関係数は有意でなかった (いずれも $p > 0.05$)。説明変数を減らしても、各種の分布密度との間に有意な関係は得られなかった。

考 察

北海道東部の太平洋側大陸斜面域における底曳網を用いた漁獲調査の結果からは、今回観察されたイラコアナゴ、スケトウダラ、ムネダラ、カラフトソコダラ、およびシロゲンゲのほか、イトヒキダラの分布量が多いことが報告されている。⁸⁾ イトヒキダラは沖合底曳網船の漁獲対象種ではあるが、海底から離れた層に分布する傾向

Fig. 4 Mean score for topographical and biological ruggedness in the areas where demersal fish existed and did not exist (a: *Synphobranchus kaupi*, b: *Coryphaenoides cinereus*, c: *Sebastolobus macrochir*). Results in a and b are estimated in St. 8 and result in c is estimated in St. 5. * $p < 0.05$ (t -test). Error bars indicate s.d.

Table 3 Significance of regression equation in multiple regression analysis examining effects of predictor variables (water temperature and topographical score) on density of kichiji rockfish *Sebastolobus macrochir* in each station (ANOVA)

Factor	Sum of squares	df	Mean square	F value	P value
Regression	0.0004	2	0.0002	32.2231	0.0014
Error	0.0000	5	0.0000		
Total	0.0004	7			

が強いので、⁹⁾ 海底方向を撮影した本調査においては観察できなかったものと思われる。イトヒキダラの分布と海底表面形状の関係を調べるためには、水平方向に撮影するなど海底観察手法の改善や、魚群が着底しやすい夜間における観察、ビデオ観察と底曳漁獲を組み合わせた調査などを検討する必要があるだろう。

本調査で観察された生物的な起伏は、ウミシダ類やカイメン類などの底生生物で構成されており、それらが分布する海底環境は、近年注目されている「脆弱な海洋生態系 (VME)」そのものである。¹⁰⁾ VME と位置づけられる海底が対象となる生物にとって重要な生息場所かどうかを判断するためには、対象種の生活史を通じた分布や海底との関わりを調べる必要がある。¹¹⁾ 本研究では、漁獲対象種であるイラコアナゴとキチジのほか、カラフトソコダラの観察尾数が多かったが、これらの魚種の分布と生物的な起伏との間には関係が見られなかった。また、イラコアナゴとカラフトソコダラの分布と地形・地質的な起伏の間の関係も明確でなかった。イラコアナゴとカラフトソコダラでは、海底に着位している個体よりも海底直上を遊泳している個体が多かった。卵・仔魚の分布については今回の映像では確認できなかったものの、一般的には底生魚類の初期生活史は海底との関わりが成魚よりも弱いと考えられることから、イラコアナゴとカラフトソコダラは生活史を通して海底形状との関わりが強いのかも知れない。ただし、起伏に富んだ海底がこれらの魚種にとって重要かどうかは、着底期や成熟・産卵期に対応したさらなる調査を実施したのちに判断すべきであろう。

一方、キチジでは、観察された全個体が海底に着位しており、地形スコアが高い場所により多く出現し、各調査点における分布密度は水温と地形スコアにより説明された。キチジはイラコアナゴやカラフトソコダラとくらべて、海底形状との関わりが強いと考えられる。キチジの生息環境を良好に維持するためには、起伏に富む海底を保全することが必要であると思われる。底曳網や底刺網等の海底に接する漁具は、地形に直接作用して海底の起伏を小さくする。¹²⁾ Collie *et al.* は、北西大西洋のジョージズバンク北部において、底魚漁場では非漁場にくらべて海底が平坦であったと報告している。¹³⁾ 本海域におけるキチジ資源は長期的に減少傾向にあり、その主たる要因は長年にわたる強い漁獲圧にあるとされるが、⁵⁾ 漁業が海底の起伏を小さくしてきたのであれば、そのこともキチジ資源にとって悪影響となった可能性がある。なぜキチジが地形スコアの高い場所を選好するのか本研究からは明らかでないが、起伏に富む複雑な海底は捕食者からの逃避場所を提供することに加え、海底面積を増加させることにより餌生物の豊富さとも関連していると思われる。キチジの分布にはフタトゲエビジャコ

Neocrangon communis やヨコエビ類などの餌生物との関連が認められており、¹⁴⁾ 地形が複雑な場所にはこれらの餌生物が多いのかも知れない。キチジ資源を持続的に維持するためには、直接の漁獲圧を弱めることに加え、キチジが嗜好する起伏に富んだ海底を保全することも考慮する必要がある。

近年、底曳網漁業が海底と底生生物に及ぼす影響についての論議が盛んである。^{15,16)} 底曳網は、海底表面と内部の底生生物や地形構造そのものを粉碎したり、埋没させたり、露出させる様に働く。¹²⁾ 北海道太平洋側の漁場においても底曳網漁業は 50 年を超える歴史を持ち、⁴⁾ 漁場の海底環境は漁業の影響を受けてきた可能性がある。底曳網には海底を「耕す」効果があると主張されることもあったが、近年の研究はその考えが不適切であることを示している。¹⁶⁾ また、底魚資源にとっては、単一種として管理するだけでなく、海底生息環境の保全を含めた生態系管理が必要である。2010 年に開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議では、海洋生物資源について生物多様性に配慮した上での持続的利用が求められるとともに、海洋保護区 (MPA) の拡大に向けた取り組みが奨励された。Briggs¹⁷⁾ は、世界の海洋の現状を見たとき、水産資源の生物種としての絶滅を回避し、機能的な生態系を再構築するためには、MPA の面積をできるだけ速く拡大する必要があると総括している。海底への負荷を減らした網や開口板の開発^{2,18)} が今後の底曳網漁業の発展にとって重要な取り組みである一方、世界的な観点からは海底に接する漁具の使用制限が必要との方向にある。本海域のキチジについても、海底の起伏が資源変動に及ぼす影響は明確ではないが、予防的な観点から MPA 設置の是非について検討を始めるべきであろう。

謝 辞

本研究の遂行のため新たに実施した深海ビデオ調査を試行錯誤しながら支えて頂いた北光丸の大島克幸船長を始め、乗組員の方々に感謝いたします。また、本稿を取りまとめるにあたり助言いただいた北海道水産研究所資源管理部檜山義明部長と同僚諸氏、並びに関係各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 林 司宣. 深海底生態系の保護と漁業規制の新たな動き. ニュースレター 170, 海洋政策研究財団, 東京. 2007.
- 2) 松下吉樹. 底曳網漁業の海洋生態系への影響緩和技術開発. 日水誌 2007; 73: 835-838.
- 3) 國廣靖志. 5 キチジ. 「北水試百周年記念誌」(北海道立水産試験場編), 余市. 2001; 92-97.
- 4) 山村織生. 親潮海域における底生魚類群集. 月刊海洋 1998; 30: 339-346.
- 5) 濱津友紀. 平成 23 年度キチジ道東・道南の資源評価. 平

- 成 23 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 (第 2 分冊), 水産庁増殖推進部, 独立行政法人水産総合研究センター, 東京. 2012; 944-956.
- 6) Hattori T, Narimatsu Y, Ito M, Ueda Y, Fujiwara K, Kitagawa D. Growth changes in bighead thornyhead *Sebastolobus macrochir* off the Pacific coast of northern Honshu, Japan. *Fish. Sci.* 2007; **73**: 341-347.
 - 7) 高橋秀行. 水中カメラ. 「水産大百科事典」(独立行政法人水産総合研究センター編) 朝倉書店, 東京. 2006; 222-223.
 - 8) 山内務巨, 濱津友紀, 大村敏昭, 高津哲也, 高橋豊美. 北海道東部沖太平洋大陸斜面における底魚類の分布パターンと優占種の食性. 北大水産彙報 2008; **58**: 11-19.
 - 9) Yokota M, Kawasaki T. Population biology of the forked hake, *Laemonema longipes* (Schmidt), off the eastern coast of Honshu, Japan. *Tohoku Journal of Agricultural Research* 1990; **40**: 65-80.
 - 10) FAO. *International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the High Seas*. FAO, Rome. 2009.
 - 11) Auster PJ. Are deep-water corals important habitats for fishes? In: Freiwald A, Roberts JM (eds). *Cold-water Corals and Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 2005; 747-760.
 - 12) Watling L, Norse EA. Disturbance of the seabed by mobile fishing gear: A comparison to forest clearcutting. *Conserv. Biol.* 1998; **12**: 1180-1197.
 - 13) Collie JS, Escanero GA, Valentine PC. Effects of bottom fishing on the benthic megafauna of Georges Bank. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1997; **155**: 159-172.
 - 14) 大村敏昭, 濱津友紀, 山内務巨, 高橋豊美. 夏季の北海道太平洋沖陸棚斜面域におけるキチジの分布様式と栄養状態. 日水誌 2006; **72**: 430-439.
 - 15) Hall SJ. *The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities*. Blackwell, Oxford. 1997.
 - 16) Pauly D, Christensen V, Guenette S, Pitcher TJ, Sumaila UR, Walters CJ, Watson R, Zeller D. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 2002; **418**: 689-695.
 - 17) Briggs JC. Marine extinctions and conservation. *Mar. Biol.* 2011; **158**: 485-488.
 - 18) Brewer D, Eayrs S, Mounsey R, Wang Y. Assessment of an environmentally friendly, semi-pelagic fish trawl. *Fish. Res.* 1996; **26**: 225-237.