

音響手法を用いたコンブ場の厚さ計測

南憲吏*・安間洋樹**・東条斉興***・伊藤祐介**・
福井信一****・野別貴博*****・宮下和士****

Estimation of kelp forests thickness using acoustic method

Kenji Minami*, Hiroki Yasuma**, Naoki Tojo***, Yusuke Ito**,
Shin-ichi Fukui****, Takahiro Nobetsu***** & Kazushi Miyashita****

*京都大学フィールド科学教育研究センター: Field Science Education and Research
Center, Kyoto University,

**北海道大学大学院水産科学研究院: Graduate School of Fisheries Science,
Hokkaido University,

***JICA 長期専門家・社団法人マリノフォーラム 21: Marino-Forum 21,

****北海道大学北方生物圏フィールド科学センター: Field Science Center for Northern
Biosphere, Hokkaido University,

*****公益財団法人 知床財団: Shiretoko Nature Foundation

Abstract

Kelp forests have large biomass and high productivity in coastal ecosystem. In this study, we tried to estimate the thickness of kelp forests using acoustic method. The field survey was conducted in the coastal points ($n = 32$) of the Shiretoko Peninsula in the end of July 2009. The thicknesses were collected via acoustic method and direct observation using ROV. The acoustic component consisted of a BL550 echosounder with a 200 kHz. The vertical resolution of BL550 was 6 cm. The estimated thickness using acoustic method corresponded with direct observation. The estimated thicknesses by acoustic method were to be from 36 to 126 cm. On the other hand, the thicknesses by direct observation were to be from 30 to 120 cm. Root mean square error (*RMSE*) between acoustic method and direct observation was 6.54 cm. It was suggested that acoustic method was available for estimating thickness of kelp forests.

1 緒言

コンブ科植物が密集して形成されるコンブ場は、沿岸生態系において一次生産の場として機能し、魚類や藻食性動物にとっての餌場、隠れ場、成育場として重要な役割を果たす藻場の一つである[1]。特に、一次生産の場としての役割は重要で、単位面積当たりの生産量は、カナダの大西洋側では $1,600 \text{ g Cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ と報告されており[2]、陸上系において生産力の高いマングローブ群落の生産力 ($1,300 \text{ g Cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) に匹敵する[2]。また、コンブ場を形成するコンブ科植物は食材として広く日本国内の市場に出回っており、水産業にとっても極めて重要である。北海道北東部に位置する知床半島の羅臼町で採れるオニコンブ *Laminaria diabolica* Miyabe は、味が良質として市場では高級品として取り扱われており、2006年には13億円の生産高があった[3]。このようにコンブ場は、沿岸生態系における機能としての重要性だけでなく、経済的にも人間と密接に関係しており、漁業関係者間において持続的利用への関心は高い。一方、これまでコンブ場の質については、面積で評価される場合が多かった[4]。しかし、その生育状況を確認するためには、コンブ場の占有面積のみならず、コンブ場を形成している藻体の層の体積(厚さ)に関する情報についても得る必要がある。

これまで、藻場を形成している海藻・海草の層の体積に関する情報は、直接的手法の一つである潜水による計測によって収集されてきた[5]。潜水観察は、厚さに関する情報だけでなく、その生育状況や構成種を確認できる利点がある。しかし、潜水観察は水中での作業を伴うため多大な労力が必要で、作業時間も限られるという難点がある。そのため、広範囲の複数地点を対象とした潜水観察で調査することは困難であるということが指摘されている[6]。また、近年では、広範囲の分布推定に空中写真や衛星画像解析による光学的手法が用いられているが、この手法は厚さに関する鉛直方向の情報を得ることが難しい [7]。

海草が密集して形成されるアマモ場では、このような厚さの測定の問題点を補う方法として魚群探知機を用いた音響手法が報告されている[8]。この音響手法は、間接的手法の一つで、水中へ超音波を発射し、物体から跳ね返ってくる反射波を受信することで水中にある物体の存在や深度などを連続して計測することができる[9]。また、魚群探知機のような計測機器を用いる間接的手法により測定された値は、計測対象の真実の値(以下、真値)ではなく誤差を含んだ値である。そのため、間接的手法によって計測する場合は、直接的手法によって得られる値と比較してその精度を検証しなくてはならないとされている[10, 11]。この直接的手法の値と比較する精度検証はグラントゥルースと呼ばれており、潜水による厚さ計測はグラントゥルースのための直接的手法の一つとされている[12]。

そこで、本研究では、コンブ場を対象とし、反射強度を計測することで、コンブ場を形成しているコンブ科植物の層(以下、コンブ層)の厚さを連続的に計測(以下、音響計測)することを試みた。また、音響計測だけでなく ROV (Remotely Operated Vehicle) による直接的手法による厚さ計測(以下、直接計測)も実施し、それぞれの計測で得られ

た値を比較して音響計測の精度について検証することにより、音響計測の実用性についても検討した。

2 方法

2.1 音響手法

音響手法は、超音波発振器で特定の周波数(一般的には 38 kHz、70 kHz、120 kHz、200 kHz)の電氣的なパルスを生み出し、送受波器でそのパルスを音波として水中に発射する。その後、発射された音波は水中をまっすぐ進み、途中で魚群や海底などの物体に当たって反射し、反射波の一部は送受波器に戻ってくる。送受波器で計測された反射波は、受波増幅器で増幅され、ディスプレイに表示されるとともにコンピュータに記録される。物体までの距離 d は、送波された音波が再び受波されるまでの時間 t から求めることができる。

$$d = \frac{t \times c}{2} \quad (1)$$

ここでの c は音速である。また、このときの鉛直方向の距離分解能 u (以下、鉛直分解能)は、次式によって定義される。

$$u = \frac{c \times \tau}{2} \quad (2)$$

ここでの、 τ はパルス幅である。音波は、反射する強度が物体により異なるのに加え、液体、気体、固体を問わず良好な透過性を持っている。そのため、海底とそこに密着するコンブ科植物のように反射する物体が隣接していたとしても反射強度の変化をとらえることができる。この境界は式(2)で求められた鉛直分解能毎に検出することができる[13, 14]。本研究では、この境界を検出することができる音響手法の特徴を利用してコンブ層の厚さを計測した。

2.2 音響計測

調査は、北海道北東部に位置する知床半島の沿岸水域においてコンブ場が形成されていた 32 地点で実施した(Fig. 1)。調査日は、周年を通して最もコンブ場が発達する[15]、コンブ漁の始まる直前(2009年7月4日)とした。計測は、碇もしくはブイにつかまることで調査船を可能な限り動揺させないように固定した状態での定点観測とした。調査船は、コンブ場がごく浅い水深帯にも発達していることを考慮して、水深 3 m 帯まで航行可能な小型船(総トン数 1 t 未満)とした。音響計測には、ソニック社製の周波数 200 kHz の界面レベル計(BL-550)を用いた(Table 1)。界面レベル計は、海底や沈

殿槽に溜まる汚泥の境界面測定を目的に開発されており、式(2)より求められる鉛直分解能 6 cm 毎の境界識別が可能である。界面レベル計により得られる物体の反射強度は、測定者が任意に設定した感度に合わせて反射強度(以下、Lv.)の弱い Lv. 1 から反射強度の強い Lv. 255 で計測することができる。ただし、界面レベル計には計測できる反射強度の幅に限界があり、設定された Lv. 255 よりも強い反射は Lv. 255 として記録され、逆に Lv. 1 よりも弱い反射は Lv. 1 として収録される。本研究では、計測を開始する直前にコンブ場が形成されていない地点において海底からの反射強度が Lv. 255 となるように界面レベル計の感度を設定した。また、コンブ層からの反射強度が Lv. 255 以下となることも計測の度に確認した。

コンブ場のエコーグラムと、コンブ場ではない場所のエコーグラムを Fig. 2ab に示す。コンブ場ではない場所のエコーグラムは、海水の層と海底の層の二層からなる。これに対し、コンブ場のエコーグラムは、海水の層、コンブ層、海底の層の三つで形成される。つまり、近底層のコンブ層は、海水の層と海底の層に挟まれるので、コンブ層と海底の層の間およびコンブ層と海水の層の間に境界が形成される。本研究では、コンブ層と海底の層の境界をコンブ層の下端(海底)、コンブ層と海水の層の境界をコンブ層の上端とし、この二つの境界に挟まれた領域を識別することによりエコーグラムからコンブ層を抽出した。

調査では、計測前に感度調整をすることで海底の層の反射強度を Lv. 255、コンブ層からの反射が Lv. 255 未満になる設定で音響情報を収集している。従って、海底の層とコンブ層の境界は、海面から最初に反射強度が Lv. 255 になる場所とした(Fig. 3)。一方、海水の層は音波を反射する物体が少ないので反射強度は、反射体をもつコンブ層よりも極端に弱くなる。本研究での感度設定では、海水の層の反射強度は Lv. 1 から Lv. 4 であった。コンブ科植物は、海底を基質として鉛直方向に立ちあがっているため、本研究ではコンブ層の下端(Lv. 255)からみて深度の浅い方で最初に反射強度が Lv. 4 以下になる場所をコンブ層の上端とみなした(Fig. 3)。これら下端と上端に挟まれた領域をコンブ層とし、その領域の高さをコンブ層の厚さとした。

コンブ科植物のように海底に密着しているような状態の物体を対象とする場合、音響計測は探知することができない海底からの範囲があることに注意しなくてはならない[16]。音響計測には、音響機器の性能(パルス幅とビーム角)に左右される海底付近の計測が困難な範囲[16]、海底の底質及び傾斜に伴う計測困難な範囲がある[17]。これら二つの範囲を合わせた領域は探知不能範囲といわれている[17]。前者の音響計測が困難な範囲は次の式によって求めることができる。

$$h = d(1 - \cos(\theta/2)) + c\tau/2 \quad (3)$$

h は海底からの探知不能範囲の高さ(m)、 d は水深(m)、 θ はビーム角 (degree)、 c は音速(m/s)、 τ はパルス幅(s)である。一方、後者の音響計測が困難な範囲は、潜水や ROV により岩などの海底からの隆起物や傾斜を確認することで把握することができる。

本研究では、Video Ray 社製の ROV (Pro 3E)を用いて音響計測地点の海底を観察した。

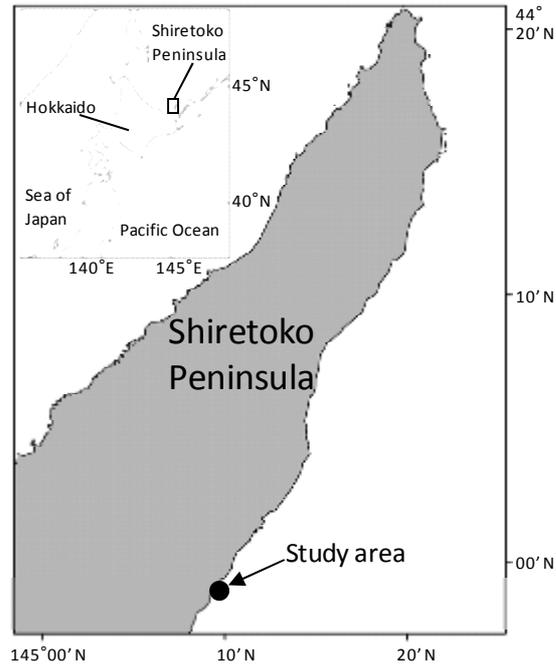


Fig. 1 Study area

Table 1 Acoustic specifications of BL550

Variable	Specification
Frequency (kHz)	200
Transmitted pulse length (ms)	0.08
Ping rate (s^{-1})	1
Beam angle (degree)	6
Sound speed (m/s)	1512

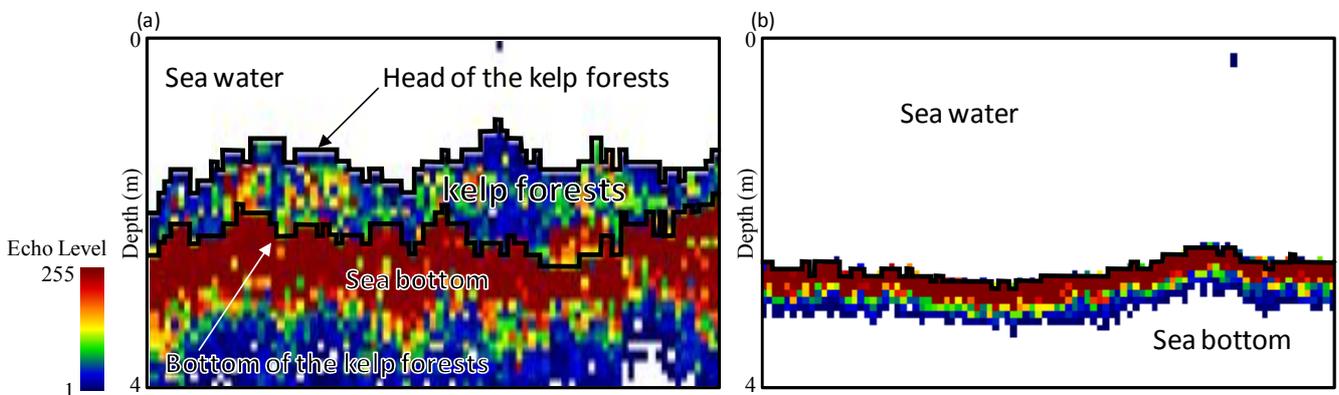


Fig. 2 (a) Echogram of kelp forests detected with the BL550. (b) Echogram of bare ground. Black lines are the boundaries of groups: kelp forests, sea bottom, and sea water. The color bar indicates acoustic intensity.

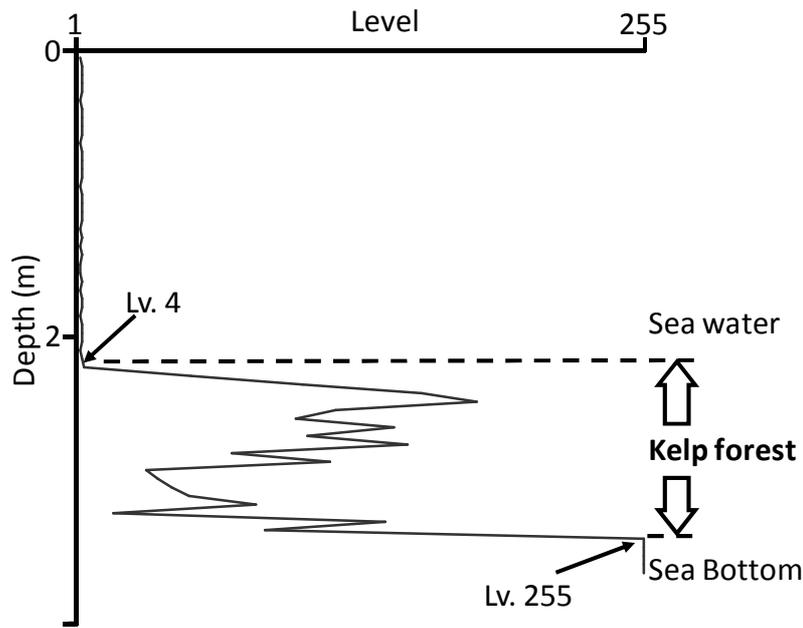


Fig. 3 Example of a single ping of the kelp forest. Dashed lines indicate boundaries between kelp forest and sea water at level 4 and between kelp forest and sea bottom at level 255.

2.3 直接計測

直接計測は、海底からの高さが刻まれたメモリ棒と ROV を用いて行った。メモリ棒は、片側に重り、もう片側に浮きを取り付けることで、浮力を用いて海底から垂直に立ちあがり、海底からの高さを示すように塩化ビニール製のパイプを細工して作成したものである。計測では、メモリ棒を界面レベル計の送受波器の真横から海底へ投下し、メモリ棒が示す海底からの高さを ROV で読み取ることで計測した (Fig. 4)。ただし、コンブ層は海中の流れの影響を受けて常に高さを変化させており、6 cm よりも細かい精度での計測が困難であった。そのため、直接計測は、界面レベル計の鉛直分解能と同じでもある 6 cm 刻みとした。音響計測と直接計測の値は、メモリ棒を投下した瞬間の時間で同期させた。

音響計測の精度は、この直接計測で得られたコンブ層の厚さを真値と仮定し、その真値との差を評価することで検証した。検証には、計測値の誤差具合を示すのに用いられる平均二乗誤差 (RMSE: Root Mean Square Error) で評価した。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X - x_i)^2} \quad (4)$$

ここでの n はデータ数 ($n = 32$)、 X は直接計測の厚さ、 x_i は音響計測による厚さである。



Fig. 4 Example of direct observation using ROV. Arrow indicates top of kelp forest.

3 結果

音響計測と直接計測で得られたコンブ層の厚さを Table 2 に示す。音響計測で得られた 32 地点のコンブ層は、36 ~ 126 cm の範囲であり、層の薄いコンブ場から厚いコンブ場まで計測することができた。一方、直接計測で得られた 32 地点の厚さは、30 ~ 120 cm の範囲であった。音響計測で最もコンブ層の薄かった地点 (36 cm) は、直接計測でも最も薄かった地点 (30 cm) であった。音響計測で最も厚かった地点 (126 cm) も同様で、直接計測でも最も厚かった地点 (120 cm) であった。また、音響計測で得られたコンブ層は、直接計測よりも常に厚いもしくは薄い値となっていたわけではなかった。音響計測の方がコンブ層が厚いと評価されたコンブ場もあれば直接計測の方が厚いと評価されたコンブ場もあった。最も、音響計測と直接計測の差が大きかったのは、音響計測で 78 cm、直接計測で 60 cm であったコンブ場で、その差は音響計測の方が 18 cm 厚かった。また、厚さのあるコンブ場で誤差が大きい、低いコンブ場で誤差が小さいなどのように、厚さによって誤差が変化している傾向はなかった。

これらの計測結果をもとに、直接計測の値を真値と仮定した音響計測の *RMSE* は、6.54 cm であった。求められた *RMSE* は、本研究で使用した界面レベル計の鉛直分解能 (6.00 cm) に近かった。音響計測と直接計測の差が 6.54 cm 以下であった地点は、計測を行った全 32 地点のうち 27 地点 (84 %) で、そのうち 14 地点では音響計測と直接計測で同じ厚さを示した。その他の 5 地点 (16 %) では、その差は 6.54 cm 以上であった。

これら音響計測を行った全計測地点のうち最も深い水深は、5.20 m であったので、

式(3)により求められた音響機器の性能に左右される計測困難な範囲は、6.76 cm であった。一方、海底の底質や傾斜に伴う計測困難な範囲を調べるための ROV による海底の観察では、海底には傾斜がほぼ無く、20 cm の高さの石が分布していることが確認された。従って、両方を合わせた 26.76 cm が、本研究の海底付近の探知不能範囲であった。なお、ROV の観察により音響計測を行ったコンブ場の優先種は、オニコンブ *Laminaria diabolica* Miyabe であることが確認された。

Table 2 Thickness of kelp forests measured by acoustic method and direct observation. Error indicates difference between acoustic method and direct observation

No.	Acoustic method (cm)	Direct observation (cm)	Error (cm)
1	36	30	6
2	36	42	-6
3	42	42	0
4	42	42	0
5	48	48	0
6	48	48	0
7	48	48	0
8	48	60	-12
9	54	48	6
10	54	48	6
11	54	48	6
12	54	48	6
13	54	54	0
14	54	54	0
15	60	48	12
16	60	54	6
17	60	60	0
18	60	60	0
19	60	60	0
20	60	60	0
21	66	66	0
22	66	66	0
23	66	72	-6
24	66	72	-6
25	72	60	12
26	72	72	0
27	72	78	-6
28	78	60	18
29	78	66	12
30	84	78	6
31	108	114	-6
32	126	120	6

4 考察

計測における誤差には、ランダムに作用する偶然誤差と一定の傾向をもつ系統誤差がある[18]。音響計測と直接計測の間に一定の誤差がみられず、音響計測の値はコンブ層の厚さに関係なく直接計測よりも高かったり低かったりしていた。このことから、本研究の音響計測の誤差は偶然誤差によるところが大きかったと考えられる。これら偶然誤差は、同一の対象に対して繰り返し計測をおこないその平均値をとることにより軽減させることができる[18]。従って、音響計測によるコンブ層の厚さ測定の場合は、繰り返し計測を行うことにより誤差を軽減させることができると考えられる。その作業についても、音響計測は1秒もしくはそれよりも短い間隔で連続計測できるので容易に行うことができる。また、音響計測の誤差具合として求められた $RMSE$ (6.53 cm) は、直接計測されたコンブ層の厚さが30~120 cmであったのに対して非常に小さかった。音響計測と直接計測の差がこの $RMSE$ 以下であった地点は全計測地点の8割以上であった。このように、音響計測は、誤差が小さいのに加え、それら誤差も連続計測により容易に軽減することができる。このことから、音響計測はコンブ層の厚さを測定するための直接計測以外の方法として十分に実用的であると考えられる。なお、本研究では鉛直分解能6 cmの音響機器を用いており、求められた $RMSE$ はこの鉛直分解能に近い値であった。音響計測は、用いた音響機器の計測性能の限界に近い精度であったと考えられる。界面レベル計より高分解能な性能をもつ音響機器を用いれば、音響計測の精度はさらに高くなることが示唆される。

本研究の探知不能範囲は26.76 cmであったのでコンブ層の上端と下端とした境界幅がこの範囲よりも狭かった場合はコンブ場として断定できない。しかし、音響計測されたコンブ場のうち最もコンブ層の薄かったものでも厚さは30 cm(直接計測)であったので、探知不能範囲の影響を受けた計測は無かったと考えられる。ただし、本研究の計測地点は水深が浅かったので探知不能範囲が狭かったが、水深が深くなるほどその範囲は広がる。ROVにより計測地点でのコンブ場の構成種として確認されたオニコンブは、深いもので水深20 mに生育するものもある[19]。この場合は、求められる探知不能範囲は28.79 cmとなる。コンブ層の厚さを音響計測する場合は、用いる音響機器の仕様およびROVや潜水により海底状況やコンブ場の構成種を明らかにし、探知不能範囲を把握する必要があると考えられる。また、界面レベル計で得られる反射強度は、測定者が任意に設定した感度での値であり定量的な情報ではない。しかし、コンブ層とそれ以外の層の反射強度の違いが明瞭となる感度に設定し、その境界を閾値とすれば、高い精度での計測を行うことができた。感度を適切に設定することで、定量的な反射強度を収集できない音響機器でもコンブ層の厚さ計測は可能である。ただし、この場合は感度設定により境界の閾値が異なるので、直接計測と比較するグラントゥールズを行って計測精度を求め、その感度設定での閾値が適切であることを検証する必要がある。

今後、コンブ場を対象とした音響計測の展開の一つに、コンブ場の分布推定があげ

られる。コンブ場の評価では分布に関する情報が重要視されるが、この推定には多くのデータが必要とされており[20]、そのデータを直接計測により得ることは作業にかかる労力や時間から困難とされてきた[6]。分布推定では基となるデータの数が推定精度に大きく影響している。得られたデータにクリギングなどの空間統計学的手法を用いて分布を推定する方法では[20]、データ数が多いほど推定精度が高くなるとされている[21, 22]。連続計測が可能な音響計測は、容易に多くのデータを取得できるという点で、分布推定において有効な計測手法となりうると考えられる。さらに、音響計測に加えて、生物数や魚種の計測が可能な潜水による従来の調査方法等を音響計測と併用することにより、コンブ場が作り出す空間と生態的關係についても評価できるかもしれない。音響計測は、コンブ場のコンブ層の厚さを推定するための方法として実用的であると同時に、コンブ場の分布推定やコンブ場の作り出す空間と生態的關係を明らかにするための情報収集の方法の一つとして期待できるものである。

謝辞

本研究を行うにあたり、羅臼漁業協同組合 石亀 正則 氏、調査船の船長 須藤公男 氏、北海道大学大学院環境科学院 篠原 陽 氏には調査を実施するに当たり多大なるご協力を賜った。心から厚く御礼申し上げます。なお、本研究は、環境省の助成のもとに実施した。

参考文献

- [1]大野正夫: 21 世紀の海藻資源—生態機構と利用の可能性—, 緑書房, 1996.
- [2] K.H. Mann: Seaweeds, *Science*, 182 (1973), 975-981.
- [3]北海道水産林務部: 水産現勢漁業生産高, マリンネット北海道. 2006.
- [4]海中公園センター: 海域生物環境調査報告書 第2巻 藻場, 環境庁. 1994.
- [5] K.W. Holmes: Probabilistic large area mapping of seagrass species distributions, *Mar. Freshw. Ecosyst.*, **17**(2005), 385—407.
- [6] J.C. Zieman, J.W. Fourqurean, R.L. Iverson: Distribution, abundance and productivity of seagrass and macroalgae in Florida bay, *Bull. Mar. Sci.*, **44**(1989), 292—311.
- [7]小松輝久・三上温子・佐川龍之・田上英明: 藻場分布—その変化を知るために—, 月刊海洋, **37**(2005), 575—579.
- [8] T. Komatsu, A. Mikami, S. Sultana, K. Ishida, T. Hiraishi, K. Tatsukawa: Hydro-acoustic methods as apractical tool for cartography of seagrass beds, *Otsuchi Mar. Sci.*, **28**(2003), 72—79.
- [9] R.J. Urick: Principles of underwater sound 3rd edition, Peninsula Publishing, 1979.
- [10] F.T. Short: Grobal seagrass research methods, ELSEVIER, 2001.
- [11] T. Komatsu, C. Igarashi, K. Tatsukawa, M. Nakaoka, T. Hiraishi, A. Taira: Mapping

- of seagrass and seaweed beds using hydro-acoustic methods, *Fish Sci.*, **68**(2002), 580-583.
- [12] R.C. Phillips, C.P. Mcroy: Seagrass research methods, UNESCO, 1990.
- [13] W.H. White, A.R. Harborne, I.S. Sotheran, R. Walton, R.L. Foster-smith: Using an acoustic ground discrimination system to map coral reef benthic class, *INT. J. Remote Sensing*, **24**(2003), 2641-2660.
- [14] J. Masse, C. Koutsikopoulos, W. Patty: The structure and spatial distribution of pelagic fish schools in multispecies clusters: an acoustic study, *ICES J. Mar. Sci.*, **53**(1996), 155-160.
- [15] 名畑進一・酒井勇一: 2年目オニコンブの年間純生産量, 北水試研報, **49**(1996), 1-5.
- [16] E. Ona, R.B. Mitson: Acoustic sampling and signal processing near the seabed: the deadzone revisited, *ICES J. Mar. Sci.*, **53**(1996), 677-690.
- [17] R.B. Mitson: Fisheries sonar, Koseisha Koseikaku, 1994.
- [18] 神保雅一: データサンプリング, 共立出版, 2001.
- [19] 吉田忠生: 新日本海藻誌 日本産海藻類総覧, 内田老鶴圃, 1998.
- [20] K. Minami, H. Yasuma, N. Tojo, S. Fukui, Y. Ito, T. Nobetsu, K. Miyashita: Estimation of kelp forest, *Laminaria spp.*, distribution in coastal waters of the Shiretoko Peninsula, Hokkaido, Japan, using echosounder and geostatistical analysis, *Fish. Sci.*, **76**(2010), 729-736.
- [21] H. Wackernagel: Multivariate geostatistics: An introduction with application, Springer-verlag, 1995.
- [22] 間瀬茂・武田純: 空間データモデリングー空間統計学の応用ー, 共立出版, 2001.

受付日 2011年7月29日 受理日 2011年11月2日

著者略歴

南 憲吏

2009年 北海道大学大学院 環境科学院 博士課程 単位取得退学

2010年 京都大学 フィールド科学教育研究センター 研究員

北海道大学 博士 (環境科学)

現在に至る

研究対象: 音響手法を用いた藻場の分布推定に関する研究

マナマコの生態および天然種苗生産に関する研究

所属学会: 日本水産学会, 海洋音響学会

安間洋樹

2004年 東京大学大学院 農学生命科学研究科 博士課程 修了
 東京大学 博士 (農学)
 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター ポストドクター
 2010年 京都府農林水産技術センター 研究員
 2011年 北海道大学大学院 水産科学研究院 准教授
 現在に至る
 研究対象：水産音響学、中深層生態系
 所属学会：数理水産科学会、日本水産学会、海洋音響学会、水産海洋学会

東条斉興

2009年 北海道大学大学院 環境科学院 博士課程 修了
 北海道大学 博士 (環境科学)
 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 研究員
 2010年 JICA 長期専門家・社団法人マリノフォーラム
 (モロッコ王国：国立漁業研究所)
 現在に至る
 研究対象：亜寒帯・温帯生態系における小型浮魚
 大型動物プランクトンの生態学と資源量評価・変動予測
 水圏・沿岸生態系における応用地理統計学・時空間解析

伊藤祐介

2011年 北海道大学大学院 環境科学院 博士課程 単位取得退学
 北海道大学大学院 水産科学研究院 研究員
 北海道大学 博士 (環境科学)
 現在に至る
 研究対象：音響手法を用いたカタクチイワシ仔魚の分布推定に関する研究
 所属学会：日本水産学会、水産海洋学会

福井信一

2002年 東北大学大学院 情報科学研究科 修士課程 修了
 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 技術職員
 現在に至る
 研究対象：水産科学研究における、計算機利用技術の高度化について

野別貴博

2002年 北海道大学大学院 水産科学研究科 博士課程 修了
 北海道大学 博士 (水産科学)
 水産総合研究センター東北区水産研究所 研究支援職員
 2003年 水産総合研究センター遠洋水産研究所 嘱託社員
 2006年 公益財団法人知床財団 研究員
 現在に至る

研究対象：イトヒキダラの生活史および生態に関する研究

宮下和士

1996年 東京大学大学院 農学生命科学研究科 博士課程 修了

東京大学 博士（農学）

東京大学農学特定研究員

日本学術振興会特別研究員

1997年 認可法人 海洋水産資源開発センター職員

1998年 北海道大学 水産学部 助教授

2002年 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 助教授

2007年 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 准教授

2011年 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 教授

現在に至る

研究対象：海洋生態系計測学、海洋生物資源生態学、持続可能性水産学

所属学会：日本水産学会、日本海洋学会、水産海洋学会、海洋音響学会、アジア水産音響学会、PICES