HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	プランクトンとマイクロネクトンの同時採集のためのズボン式フレームトロール －小目合網地によるオキアミ類のサイズ選択性－
Author(s)	藤森, 康澄; 山下, 由起子; 阿部, 真之 他
Citation	水産工学, 44(3), 197-204
Issue Date	2008-02-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/33906
Type	journal article
File Information	TrousersFMT.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

プランクトンとマイクロネクトンの同時採集のためのズボン式フレームトロール　－小目合網地によるオキアミ類のサイズ選択性－

A trousers-type framed midwater trawl for simultaneous sampling of plankton and micronekton –size selectivity of minnow netting for euphausiids-

藤森康澄[1]・山下由起子[1]・阿部真之[1]・板谷和彦[2]・向井　徹[1]

Yasuzumi FUJIMORI, Yukiko YAMASHITA, Masayuki ABE, Kazuhiko ITAYA, and Tohru MUKAI

1 Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minato 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan（北海道大学大学院水産科学研究院・水産科学院　〒041-8611 北海道函館市港町 3-1-1）

2 Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hamanaka 238, Hokkaido 046-8555, Japan（北海道立中央水産試験場　〒046-8555 北海道余市郡浜中町 238）

Abstract

A trousers-type framed midwater trawl (T-FMT) was developed for the simultaneous sampling of plankton and micronekton, which allows the use of two kinds of mesh sizes at the same time. This paper describes the performance of T-FMT in the survey of plankton and micronekton. In addition, the estimation of size selectivity for these small creatures was conducted by using the SELECT analysis expanded for a sub-sample from the trousers trawl experiment.

The experiments for plankton and juvenile walleye pollock were conducted offshore of Usujiri, Hokkaido. Three kinds of codends were prepared: two moji-nets with mesh sizes of 1.7 mm (M17) and 3.1 mm (M31), respectively, and a plankton mesh with a mesh size of 526 μm (PL). A pair of codends, M17 vs. PL and M17 vs. M31, was tested for sampling plankton and juvenile walleye pollock, respectively. Euphausiids dominated the catches of the M17 codend, whereas copepods were dominant in the PL codend. The length distribution of euphausiids in the PL codend showed a bimodal shape, whereas of those in the M15 codend showed a unimodal shape. The average L_{50} and S.R. values for the estimated selectivity curve of the M17 codend for euphausiids were 7.8 and 1.0 mm, respectively. For the juvenile walleye pollock caught in April (early season after spawning), the length distribution in the M17 and M31 codends showed a deviant shape, i.e. there were no fish smaller than 12 mm in length. For the fish caught in June, the length distributions for the M17 and M31 codends showed a unimodal shape, and there was no difference in length distribution between the M17 and M31 codends. Based on these results, it was concluded that the PL and M17 codend pair was suitable for the simultaneous sampling not only of plankton and micronekton but also of juvenile walleye pollock in this area from April to June. In addition, the availability of T-FMT in the study of size selectivity for small creatures was confirmed.

Keywords: frame trawl, trousers trawl, selectivity, euphausiids, SELECT

キーワード：フレームトロール，ズボン式，選択性，オキアミ，SELECT

1. はじめに

一般に計量魚群探知機を用いた音響散乱層の調査では，種組成情報を得るためにプランクトンネットや稚魚ネット等の小型採集具による生物採集が行われる。音響散乱層は主にプランクトンや仔稚魚，幼魚，さらに海域によってはハダカイワシ、ヨコエソ類といった小型魚類を含むマイクロネクトンによって構成される。しかしながら，このような能動的な遊泳行動を行うことができる魚類の採集を小型採集具で行うことは難しい。ただし，仔稚魚などは，成長段階初期においてはそのサイズや遊泳力が動物プランクトンと大きく異ならない場合もあり，そのような段階であれば上記のような小型の採集具によっても採集される。Barkley[1)]が定義したように，採集具の効率がそのネットの規模と対象生物の遊泳能力で変化することを考慮すると，マイクロネクトンの採集においては，ある程度規模が大きく高速で曳網できる採集具が必要となる。また，仔稚魚を含むマイクロネクトンの調査では餌生物に関する情報の収集も重要となるが，生物サイズの違いや上述した遊泳能力の違いなどから両生物を同一のネットで採集することは通常困難である。したがって，多くの場合，それぞれについて異なる採集具を用いることになる。しかし，層内の生物分布の状態は時刻とともに変化していくため，これらの採集は本来同時に行われることが望ましい。また，2 つの異なるネットを曳網する場合に比べて，船上での限られた観測時間を有効に利用できるものと思われる。

そこで，著者らはこれまで使用してきたフレームトロール[2)]をもとに，2つのコッドエンドにより異なる大小の網目サイズを同時に使用できるフレームトロールを製作した。また，同採集具の構造はトロール網の網目選択性試験に用いられるズボン式トロール網と同様であることから，これまであまり検討されていない動物プランクトンや仔稚魚などの小型生物に対する網目選択性推定への利用も期待できる。

本研究では，製作したズボン式フレームトロールを用いて北海道道南太平洋海域において，主にオキアミ類とスケトウダラ仔稚魚を対象とした採集試験を行い，動物プランクトン，マイクロネクトンに対する採集能力を調べるとともに，同採集具を用いた選択性試験の有効性について検討を行った。なお，選択性曲線の推定には，ズボン式試験を対象に標本抽出率を考慮して拡張された SELECT モデル[3)]を適用した。

2. 材料と方法

1) ズボン式フレームトロールの構成

Fig. 1 に製作したズボン式フレームトロール（以下 T-FMT, Trousers-type Framed Midwater Trawl）の概要を示した。同フレームトロールの枠は 1 辺 2 m の鋼管（SUS，40 mm ϕ）4 本で構成される（フレーム総重量：40 kg）。使用時には，沈降力を与えるために下端フレームにドーナツ型の鋳鉄製の錘がボルト固定される。錘の空中重量は 1 個あたり 10 kg であり，最大 10

Fig.1

個まで装着が可能となっている。Fig. 2 に T-FMT の展開図を示した。網長さはバケット後端までで約 8.5 m であり，前方から 3.75 m の位置に設けた 1 m 四方の金属製の連結枠(SUS, 6 mm ϕ)を介して後方を 2 股としている。なお，連結枠は格子により中央で分割されている。連結枠周囲の前後方向それぞれにファスナーを取り付け，前方の身網と後方の 2 つのコッドエンドを個々に脱着できるようにした。前方の身網はナイロン・モジ網（240 径）で構成されており，後方のコッドエンドには，160 径，240 径のナイロン製のモジ網とプランクトンネット用の網地（規格 : PE40, 内径 526 μm）による計 3 種類を用意した。なお，各モジ網の網目内径の実測値（100 目平均）はそれぞれ 3.1 mm（160 径），1.7 mm（240 径）であった。以後，各コッドエンドをそれぞれ M17，M31，PL とする。また，用途に応じて，後方側は連結枠を介さずに単一のコッドエンド（モジ網，240 径）を装着することもできる(Fig. 2)。末端のバケットは，金属枠(SUS)に固定されたキャンバス地の円筒により構成される(Fig. 3)。この円筒の一部には，バケット内の採集物に水流による過渡の圧力が加わらないように，適度に水抜きするためのメッシュ・パネル（PE40）が張られている。さらに，バケット末端には，採集物の迅速な回収を目的として，ネジ式キャップによる採集物取り出し口を設けた。なお，バケットはファスナーにより脱着可能であり，必要に応じてコッド末端を単純な袋網にすることもできる。

2) 採集試験

T-FMT の採集能力を調べるために, 2003 年 7 月と 2004 年 4 月, 6 月に北海道大学練習船うしお丸(179GT)により北海道臼尻沖(Fig. 4)において採集試験を行った。なお, 2003 年は主に大型の動物プランクトンを対象として, プランクトンネット網地の PL とモジ網を使用した M17 のコッドエンドを用いた。また, 2004 年はスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の仔稚魚を対象として M17 と M31 を使用した。いずれの試験も日没後の夜間において計量魚群探知機（SIMRAD 社製 ER60）によって音響散乱層の出現を確認した後に行われた。なお, 2003 年 7 月は同日に連続して 3 回の曳網を行い, 2004 年 4, 6 月は各 1 回の曳網を行った。試験時には T-FMT のフレーム下端にスキャンマー水深センサー(SCANMAR 社製 MC6-D600)を装着し, 曳網中の水深をモニターできるようにした。曳網方法は水平曳きとし, 魚探映像から生物の水深層を確認した後に曳網水深を決定した。曳網水深は全ての試験を通じて 15～50m の範囲であった。曳網時間は, 動物プランクトンを対象とした試験では T-FMT が目標水深に到達した後 5 分間, スケトウダラ仔稚魚を対象とした試験では 15 分間とし, 曳網時の船速はいずれの試験においても 3 kt とした。

Fig.4

採集された個体は 10 % ホルマリン溶液で固定された後, 研究室において計測された。動物プランクトンを対象とした試験での採集物については, 採集量に応じて 1/1～1/64 の範囲で分割抽出を行い, オキアミ類および採

集量の多い主な生物を分類してそれぞれの個体数を計測した。さらに，オキアミ類に関しては体長を 0.1 mm 単位で計測した。スケトウダラ仔稚魚を対象とした試験においては，スケトウダラ仔稚魚のみを抽出し，全数について全長を 1 mm 単位で計測した。

3)選択性曲線の推定

一般に，トロール網のズボン式試験において，試験対象となるコッドエンドから抽出された任意のサイズ l の標本尾数 c_l の全標本尾数に対する割合は，対照となるコッドエンドから抽出された標本尾数を n_l とすると，カバーネット試験の場合と同様に次式で求められる。

$$\phi_l = \frac{c_l}{n_l + c_l} \tag{1}$$

本研究では，動物プランクトンの測定において分割標本を用いるため，直接(1)式に標本尾数を適用することになる。通常，標本尾数を用いる場合，両コッドエンドにおける標本抽出率は等しいことが望まれる。しかし，本研究では，試験コッドエンド（M17）と対照コッドエンド(PL)双方における標本抽出率が異なる場合もあった。そこで，両コッドエンドでの標本抽出率が異なる場合についてのモデル化が必要となる。選択性曲線推定におけるこうした標本抽出率の取り扱いについては，Millar[4)]がトロールのカバーネット試験を対象に拡張した SELECT モデルにおいて示しており，斎浦・東海[5)]は実際に同方法を利用してモジ網に対するカタクチイワシシラ

スの選択性曲線を求めている。一方，ズボン式試験の場合，標本抽出率とともに各コッドエンドへの生物の分割率[6),7)]も考慮する必要があるが，国内ではこれまでに検討事例が見られない。そこで，本研究では Cadigan[3)]が Millar and Walsh[6)]のモデルをもとに拡張したズボン式試験における SELECT モデルを適用する。

まず，(1)式で示した各コッドエンドの採集個体数は次式で与えられる。

$$c_l = f_e\, p\, r_l\, \lambda_l, \qquad n_l = f_c\,(1-p)\,\lambda_l \tag{2}$$

ここで，f_e と f_c はそれぞれ試験コッドエンドと対照コッドエンドでの標本抽出率であり，p はネットに入った生物の各コッドエンドへの分割率である。また，λ_l はコッドエンドに遭遇したサイズ l の個体数である。$r(l)$ はサイズ選択率であり，本研究では次式の logistic 関数を適用した。

$$r(l) = \frac{\exp(a+bl)}{1+\exp(a+bl)} \tag{3}$$

以上より，ズボン式試験において標本抽出率を考慮したサイズ別標本採集割合は次のように表すことができる。[3)]

$$\phi(l) = \frac{f_e\, p\, r(l)}{f_c(1-p) + f_e\, p\, r(l)} \tag{4}$$

(3)式における選択性曲線のパラメータ a, b および分割率 p は，次式の対数尤度関数を最大化することにより求める。

$$\ln L(a,b,p) = \sum_{l_0}^{l_m} \left[c_l \ln \phi(l) + n_l \ln(1-\phi(l)) \right] \tag{5}$$

ここで，l_0 と l_m はサイズの最小階級と最大階級である。また，推定結果の妥当性の評価にはサイズ階級ごとの標準化残差[7), 8)]を用いる。

3. 結　果

1) 動物プランクトン

Table 1 に 2003 年 7 月に実施された試験によって得られた各生物の採集個体数を採集毎，網地種別に示した。なお，各値は標本尾数を標本抽出率(Table 1)で除して引き伸ばした値である。全試験を通して，主にオキアミ類，カイアシ類，端脚類，ヤムシ類が採集された。また，No. 1, 2 ではハダカイワシ類も採集された。オキアミ類については，そのほとんどはツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* であった。何れの採集においても，M17 ではオキアミ類が優占しているのに対して, PL ではオキアミ類よりも小さいカイアシ類が優占しており，これらの個体数の差も大きかった(Table 1)。Fig. 5 に各試験におけるオキアミ類標本の体長組成を示した。各組成の傾向について見ると, M17 では体長 13～15 mm をモードとした単峰形の分布となり，その範囲は 5～19 mm であった。一方， PL では M17 に比べてより小型の個体も多く採集されており, 体長組成のモードは M17 と同様に体長 13～15 mm に生じるとともに，体長 3～5 mm にも生じており，分布形状は双峰形となった。なお, 体長範囲は 2～19 mm であり，体長上限は M17 の場合と同じであった。

2)スケトウダラ仔稚魚

2004年4月と6月に実施された試験で採集されたスケトウダラ仔稚魚の全長組成をFig. 6に示した。この海域のスケトウダラの産卵期は12～4月であるため，4月に採集された個体は比較的小さかった。4月の結果について見ると，M17では全長12～14 mmの階級の採集量が顕著に多かったのに対して，M31ではモード全長が同じであるものの採集量はM17に比べて少なく，両分布の形状には有意な差が認められた（$P<0.01$，Kolmogorov-Smirnov検定）。また，いずれの全長組成もモードよりも小型の個体がまったく見られず，極端に偏った分布となった。一方，6月の結果では，採集された個体はすでにM31の網目を通過できないサイズに成長していた。このため，いずれの網地においても全長組成の分布形状に差が見られず（$P>0.1$，Kolmogorov-Smirnov検定），採集量もほとんど同じであった。

Fig. 6

3)選択性曲線

スケトウダラ仔稚魚については，4月では偏った全長分布となり，6月では網目を通過できるサイズの個体が存在しなかった。そのため，オキアミ類についてのみ選択性の解析を行った。Table 2にオキアミ類の選択性曲線の推定結果をまとめた。3回のいずれの操業についても推定された選択性曲線のパラメータに大きな差は見られなかった。また，L_{50}は平均7.6～8.0 mm（平均7.8 mm），S.R.は1.0～1.1 mm（平均1.0 mm）であり，選択

Table 2

性曲線の形状の差は僅かであった(Fig. 7)。分割率 p は No. 1, 3 では 0.5 に近い値となったのに対して，No.2 では顕著に小さくなったが，いずれの操業回においても推定されたサイズ別標本採集割合 $\phi(l)$ の曲線は観測値とよく一致しており（Fig. 8），体長階級ごとの標準化残差においても極端に大きな値や正負の偏りが見られなかった（Fig. 9）。これらのことから，推定結果は概ね妥当なものと判断された。

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

4. 考　察

オキアミ類の採集において，M17（Moji-net, 1.7 mm）は体長 5～7 mm より小さい個体をほとんど採り逃がしていたと思われる。推定された選択性曲線から，同網地ではおよそ 6 mm 以下のオキアミ類の採集は期待できないことがわかる。Ghigbu[9]はワシントン湖のアミ類の生物量を IKMT（網目内径 5 mm）とボンゴネット（333, 500 μm）による調査結果から推定したが，IKMT の採集量を元に推定した生物量はボンゴネットの結果からの推定値の 1/5 ほどになることを報告している。これは，本結果と同様に網目から生物の逸脱が生じることで，結果的に生物量が過小評価されてしまうことを意味している。動物プランクトンの採集について，これまで採集具間の比較は行われているものの，網目サイズを慎重に検討している例はあまりない。しかし，生物量のような絶対量を扱う調査においては，魚類採集の場合と同様に選択性を十分に考慮すべきだと思われる。

スケトウダラ仔稚魚の採集においては，小型の個体（モード全長約 10 mm）を対象とする 4 月の採集では，M17 と M31 の採集量に顕著な差が見られたが，6 月では M17, M31 の採集量と全長組成にはほとんど差が見られなくなった。このように，成長段階の途上にある仔稚魚を対象とする場合は，適正な網目サイズが短期間のうちに変わってしまうことに注意する必要がある。なお，4 月の M17 での全長組成は極端に偏った分布を示したが，この時期の同海域において 12 mm 以下の仔魚が存在しないことは考えにくく，さらに，分布においてモード全長より小型の個体がまったく存在しないことから，12 mm 未満の個体は容易に網目を逸脱していたと考えられる。このことから，同海域での 4 月から 6 月にかけてのスケトウダラ仔稚魚の全長範囲をカバーするには，M17(1.7 mm)と PL(526 μm)の組み合わせが妥当と考えられる。実際に，Shima and Bailey[10)]は網目内径 1.7 mm（網口サイズ 3 x 3 m）と 505 μm（網口サイズ 1 x 1 m）の Tucker trawl を用いた比較採集試験において，前者では網口が大きいにもかかわらず 12 mm 以下のスケトウダラ仔魚がほとんど採集されないことを示しており，これは本研究の結果と一致する。また，本研究では試みることができなかったが，上記の組み合わせはスケトウダラ仔稚魚とその餌生物となるプランクトンを同時に採集する場合にも適当であると思われる。

以上からわかるように，小型生物の採集調査においても，成魚の場合と同様に網目選択性の考慮は重要である。単に生物組成を調べる場合にも，

網目サイズの選び方により誤った結果を得てしまう可能性があるため，その選定は慎重に行われるべきだろう。

本研究の結果より，T-FMT によりプランクトンとマイクロネクトンの同時採集および小型生物の選択性調査が可能であることが示された。また，T-FMT による選択性調査において分割率と標本抽出率双方を考慮した SELECT モデルが有効であることが確認できた。特に，プランクトンのような小型生物の計測では，採集量の多さから全数測定が困難であるため，選択性の解析において本方法の利用は不可欠と思われる。今後は，網目サイズの組み合わせを考慮して，今回推定できなかったスケトウダラ仔稚魚の選択性についても検討を進めたい。

謝辞

採集試験の実施にあたり，多大なご協力をいただいた北海道大学水産学部練習船うしお丸の船長ほか乗組員の皆様に感謝する。また，本論文をまとめるにあたり選択性の解析等において有益な助言をいただいた東京海洋大学海洋科学部教授 東海　正博士に心より謝意を表する。さらに，T-FMT の製作にあたり尽力いただいた当時(株)泰東製綱研究開発室の米沢　崇氏に厚く謝意を表する。

参考文献

1. R.A. Barkley: The theoretical effectiveness of towed-net samplers as related to sampler size and to swimming speed of organisms. *Journal du conseil.*, **29**: 146-157, 1964.
2. K. Itaya, Y. Fujimori, D. Shiode, I. Aoki, T. Yonezawa, S. Shimizu, and T. Miura: Sampling performance and operational quality of a frame trawl used to catch juvenile fishes. *Fish. Sci.*, **67:** 436-443, 2001.
3. N.G. Cadigan, D.L. Boulos, and W.M. Hickey: Analysis of subsampled catches from trouser trawl size selectivity studies. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, **19**: 41-49, 1996.
4. R.B. Millar: Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. *ICES J. mar. Sci.*, **51**: 293-298, 1994.
5. 斎浦耕二・東海　正: 船曳網コッドエンドに使用されるモジ網のカタクチイワシシラスに対する網目選択性の推定．日水誌，**71**: 24-32, 2005.
6. R.B. Millar, S.J. Walsh: Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fish. Res.*, **13**: 205-220, 1992.
7. 東海　正・三橋廷央: 比較操業試験から選択性曲線を求める SELECT モデルについて．水産海洋研究，62: 235-247, 1998.
8. D.A. Wileman, R.S.T. Ferro, R. Fonteyene, and R.B. Millar: Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES

Cooperative Reserch Report, 215: 39-101, 1996.

9. P. Ghigbu: Assessment of the potential impact of the mysid shrimp, *Neomysis mercedis*, on Daphnia. *J. Plankton Res.*, **26**, 295-306, 2004.

10. M.Shima, K.M.Bailey: Comparative analysis of ichthyoplankton sampling gear for early life stages of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Fish. Oceanogr.*, **3**, 50-59, 1994.

Figure caption

Fig. 1. Schematic of the T-FMT (Trousers-type Framed Midwater Trawl).

Fig. 2. Net plan of the T-FMT.

Fig. 3. Schematic of the codend bucket of T-FMT.

Fig. 4. Location of the experimental area offshore of Usujiri, Hokkaido.

Fig. 5. Length frequency distribution of euphausiids caught by T-FMT with the M17 (1.7 mm) vs. PL (526 μm) codends in each haul.

Fig. 6. Length frequency distribution of juvenile walleye pollock caught by T-FMT with the M17 (1.7 mm) vs. M31 (3.1 mm) codends in April (upper) and June (lower), 2004.

Fig. 7. Estimated selectivity curves for euphausiids in the M17 codend.

Fig. 8. Fits of the estimated curves to the observed proportions of euphausiids sampled in the M17 codend.

Fig. 9. Deviance residuals in the estimation of selectivity curve shown in Fig. 7.

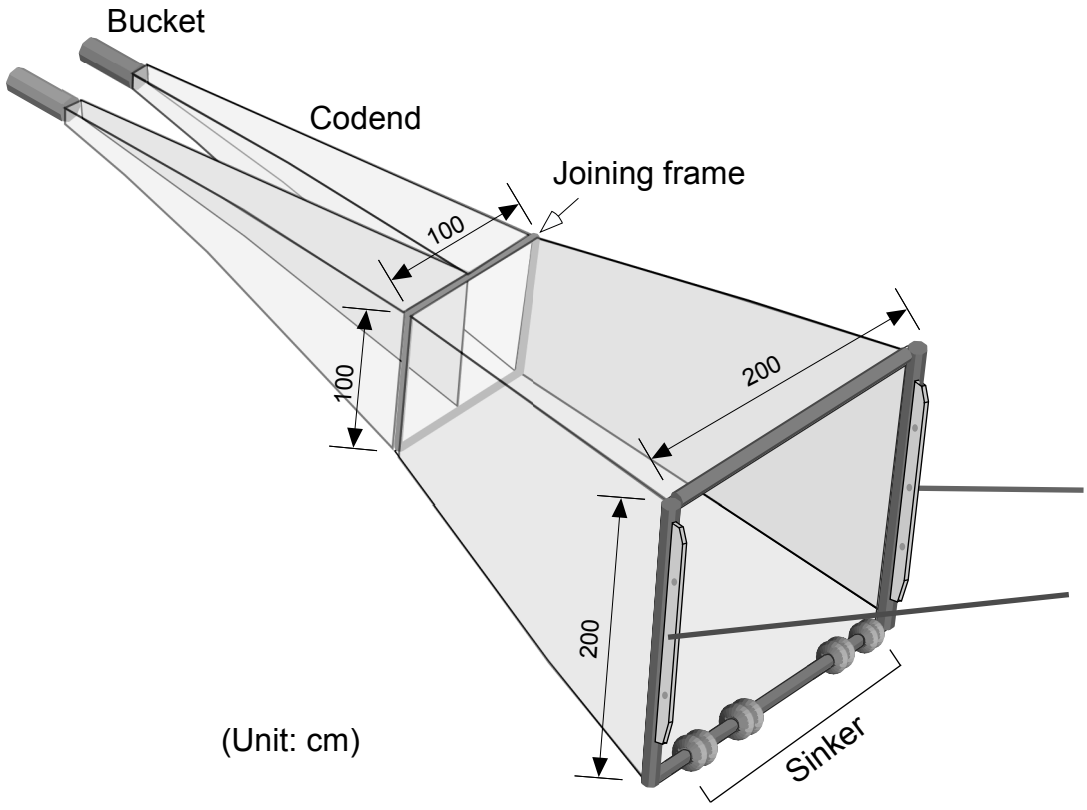
Table 1 Number of creatures caught by T-FMT with the M17 vs. PL codends in July, 2003. The proportion of species in each haul is given in parenthesis

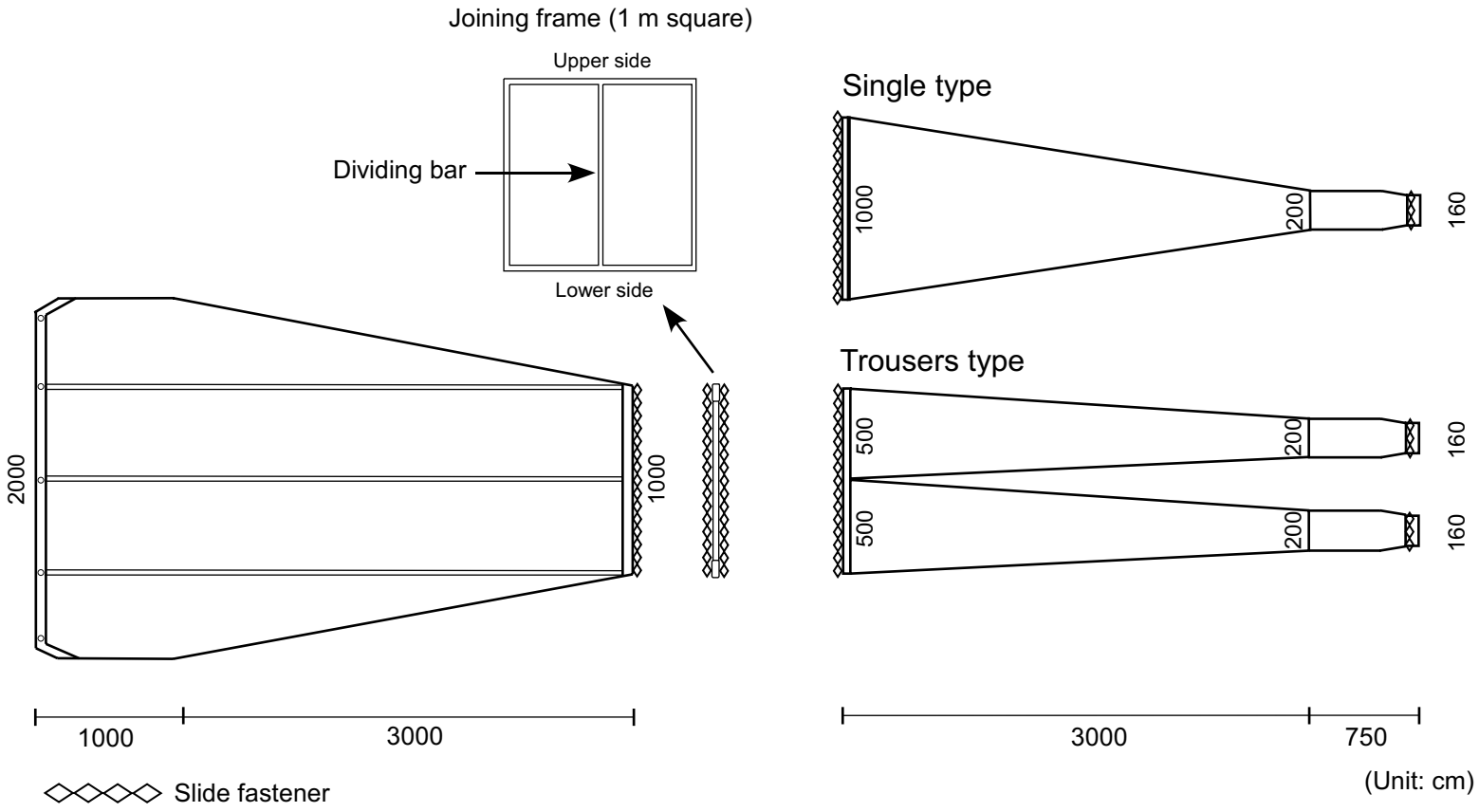
Codend	Haul No.	Sampling fraction[a]	Euphausiids	Copepods	Amphipods	Sagittas	Lanternfishes	Others
M17	1	0.250	3452 (0.96)	20 (0.01)	4 (0.00)	8 (0.00)	24 (0.01)	88 (0.02)
(Moji-net, 1.7 mm)	2	0.125	9360 (0.87)	64 (0.01)	720 (0.07)	496 (0.05)	0 -	136 (0.01)
	3	1.000	11248 (0.99)	32 (0.00)	16 (0.00)	64 (0.01)	0 -	32 (0.00)
PL	1	0.125	9472 (0.06)	130224 (0.89)	688 (0.00)	5808 (0.04)	32 (0.00)	576 (0.00)
(PE40, 526 μm)	2	0.016	13376 (0.11)	106592 (0.86)	640 (0.01)	2880 (0.02)	32 (0.00)	224 (0.00)
	3	1.000	9520 (0.09)	97392 (0.90)	96 (0.00)	1472 (0.01)	0 -	288 (0.00)

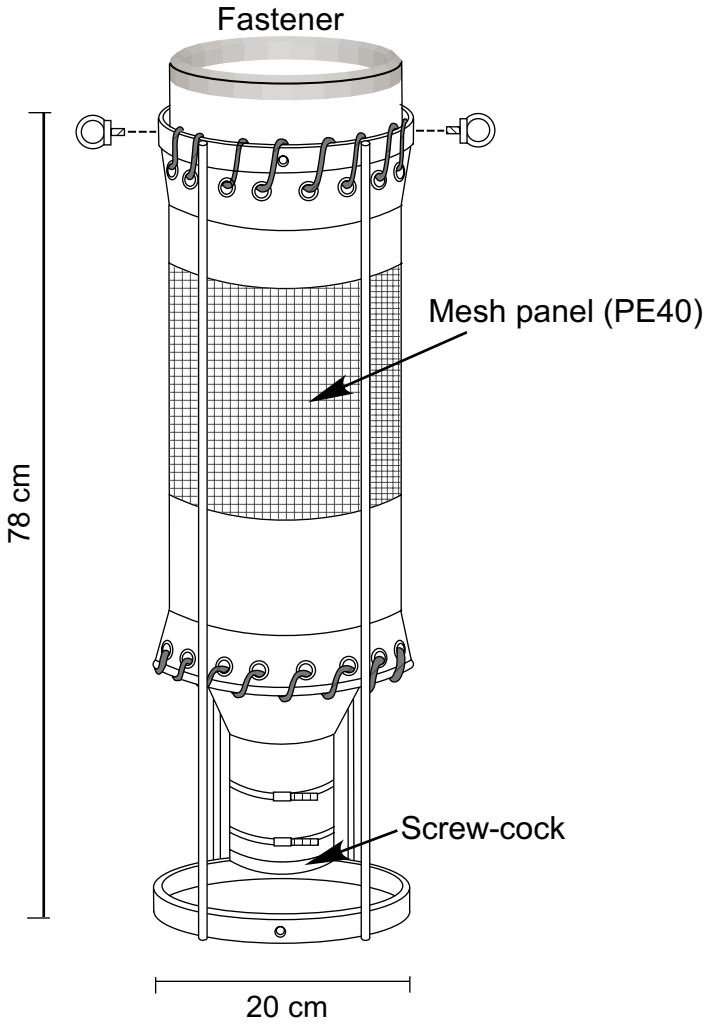
[a] The numbers caught in the No. 1 and No. 2 haul was estimated multiplying the sampled number by the reciprocal of sampling fraction.

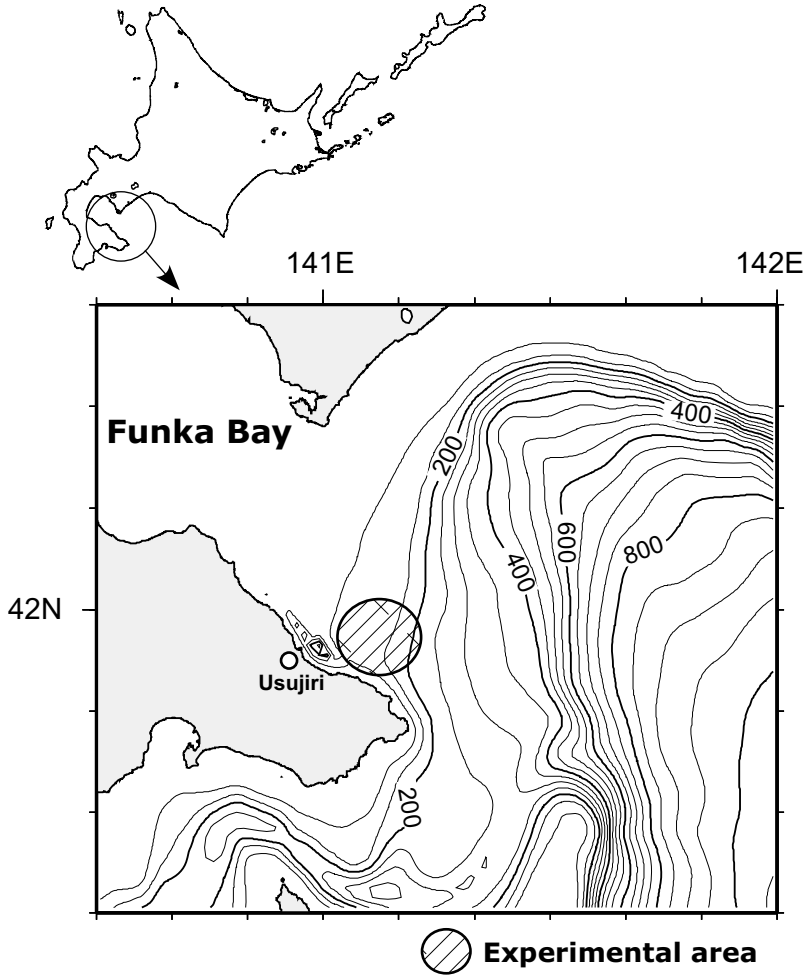
Table 2 Parameter estimates and L_{50}, S.R. values of the selectivity curve for euphausiids in the M17 codend (Moji-net with 1.7 mm mesh size)

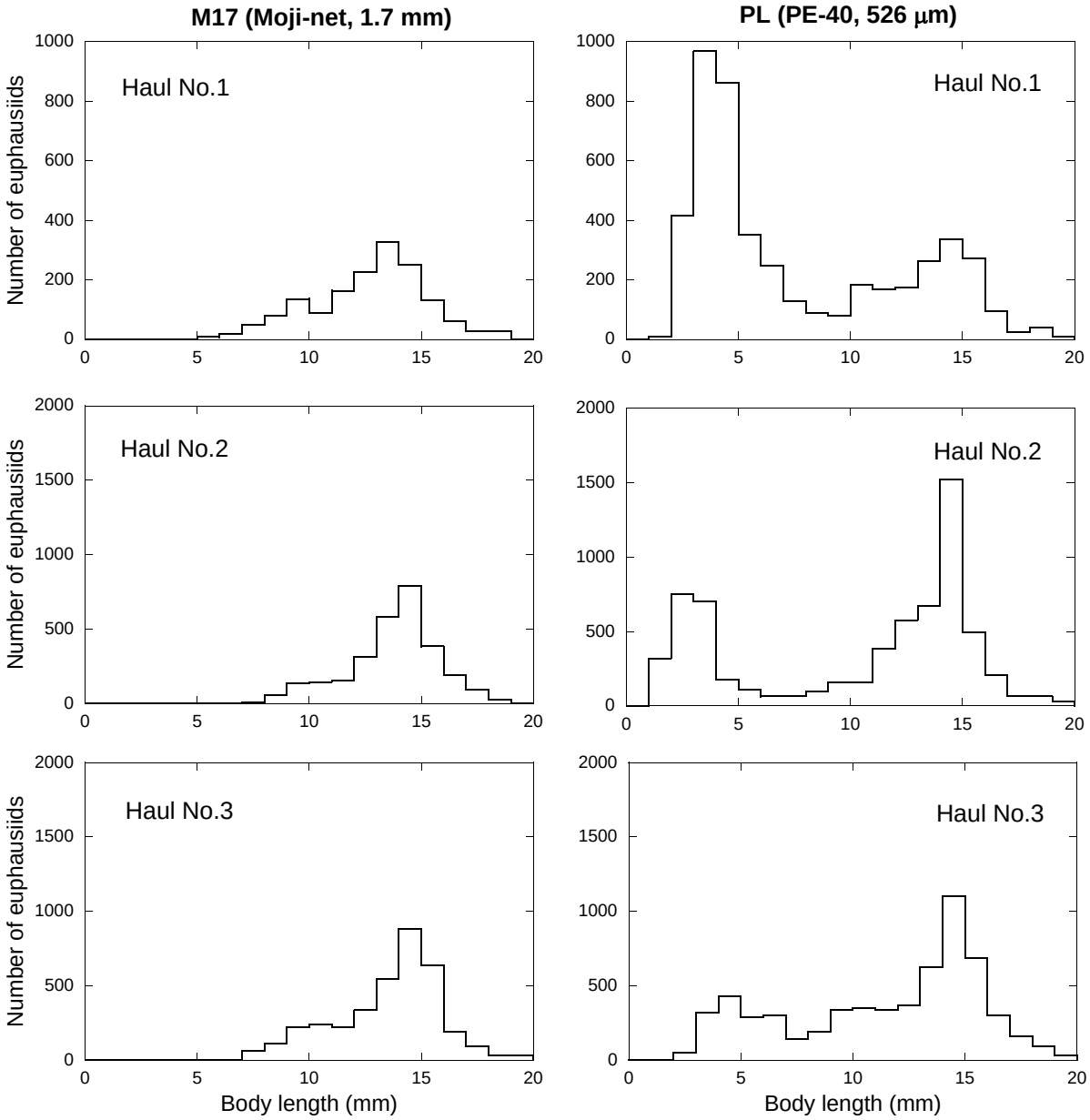
	Parameters					
Haul No.	*a*	*b*	*p*	MLL	L_{50}	S.R.
1	-15.80	2.09	0.47	-433.49	7.6	1.1
2	-16.85	2.10	0.14	-436.79	8.0	1.0
3	-17.70	2.26	0.44	-349.74	7.8	1.0

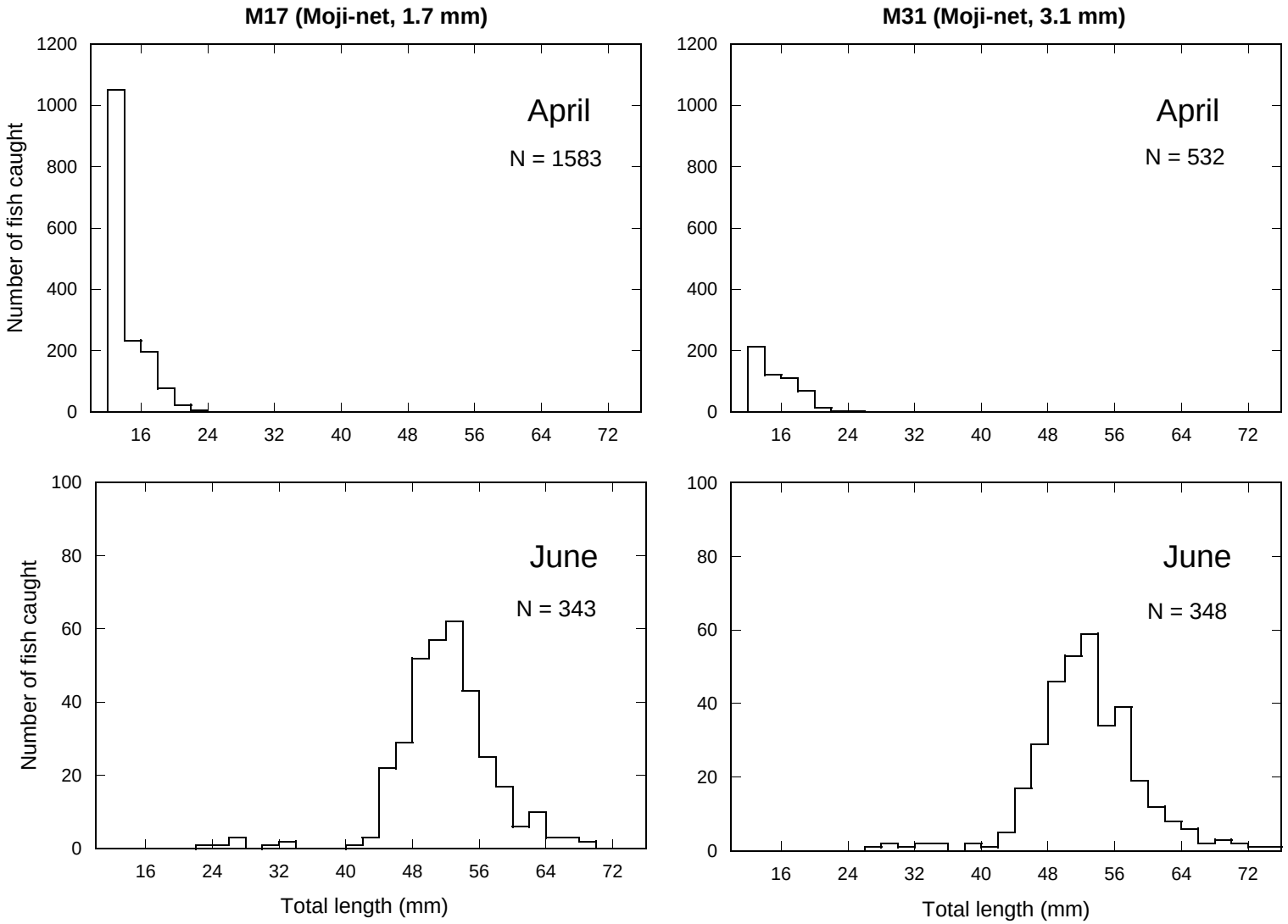

Bucket
Codend
Joining frame
100
100
200
200
Sinker
(Unit: cm)

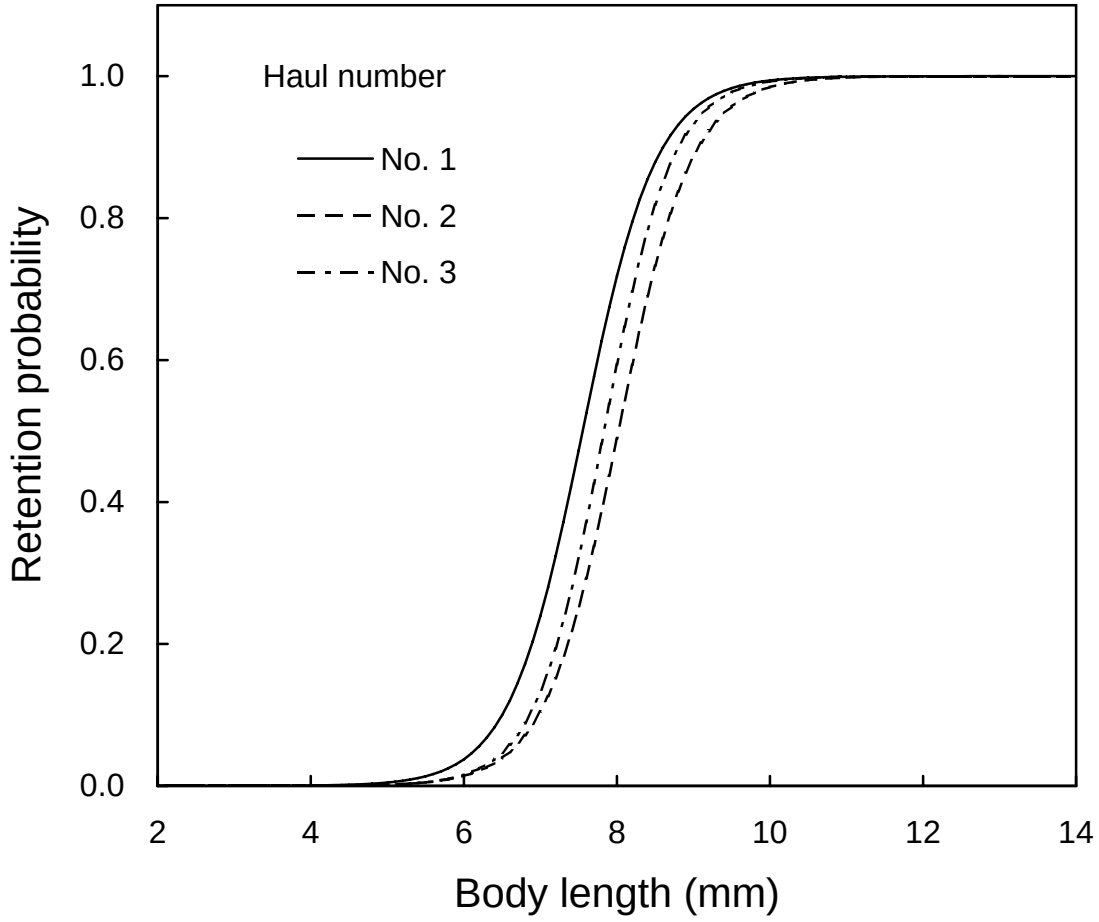

Joining frame (1 m square)
Upper side
Dividing bar
Lower side
2000
1000
1000
3000
Slide fastener
Single type
1000
200
160
Trousers type
500
200
160
500
200
160
3000
750
(Unit: cm)

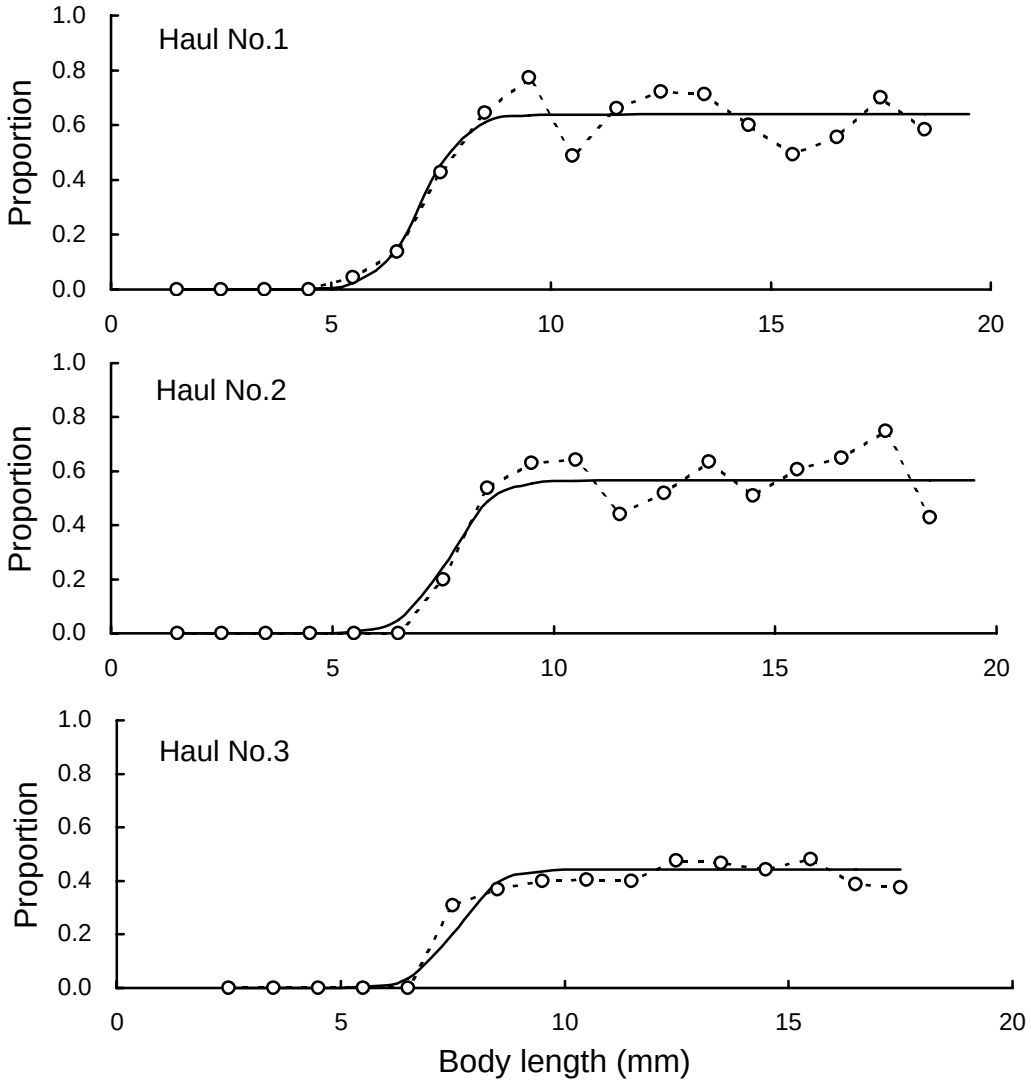

Fastener
Mesh panel (PE40)
78 cm
Screw-cock
20 cm

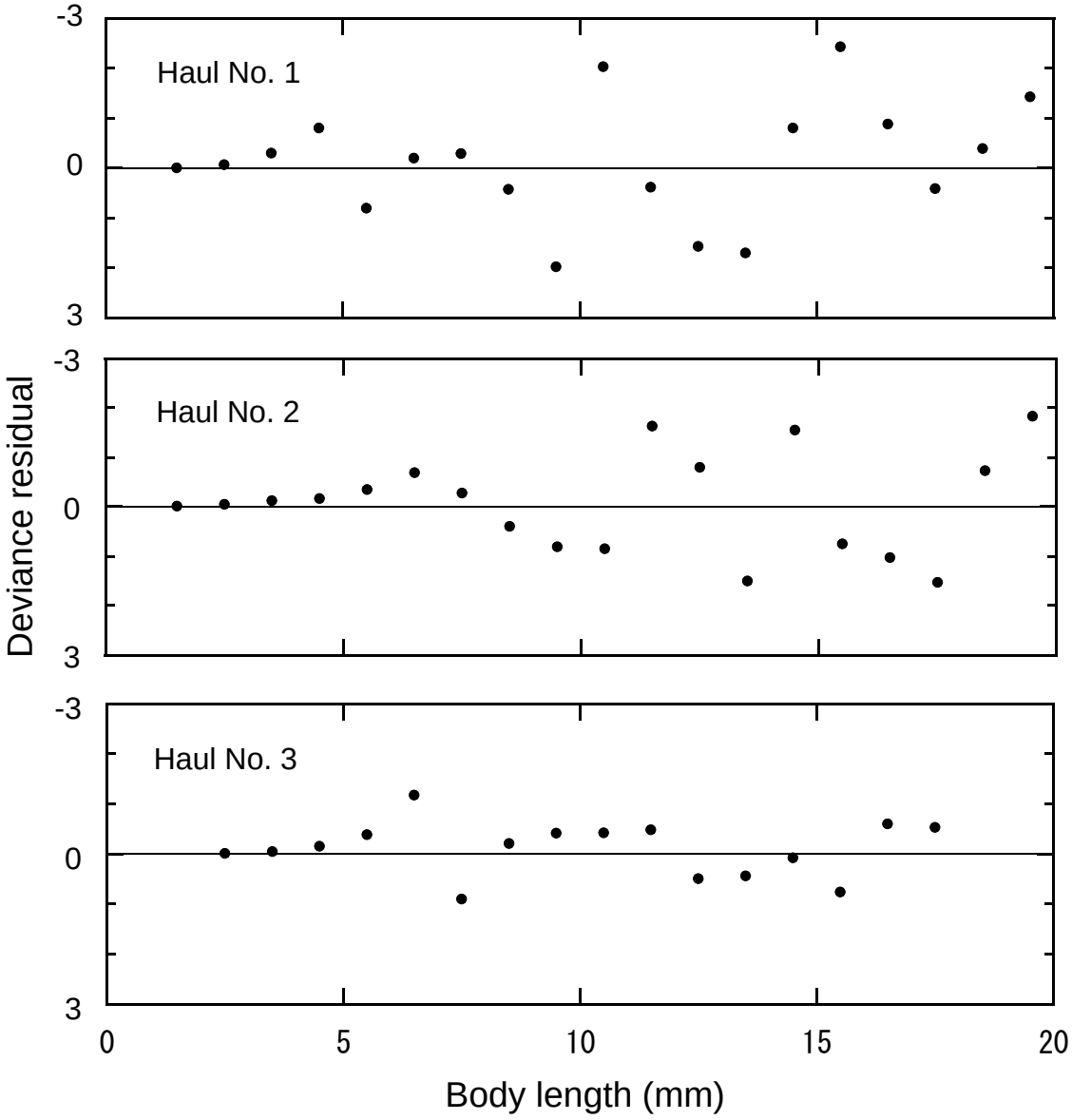

141E
142E
42N
Funka Bay
Usujiri
0
200
400
600
800
Experimental area


M17 (Moji-net, 1.7 mm)
PL (PE-40, 526 μm)
Haul No.1
Haul No.2
Haul No.3
Number of euphausiids
Body length (mm)
0
200
400
600
800
1000
500
1000
1500
2000
5
10
15
20


M17 (Moji-net, 1.7 mm)
M31 (Moji-net, 3.1 mm)
April
N = 1583
April
N = 532
June
N = 343
June
N = 348
Number of fish caught
Number of fish caught
Total length (mm)
Total length (mm)
0
200
400
600
800
1000
1200
0
20
40
60
80
100
16
24
32
40
48
56
64
72


Haul number
No. 1
No. 2
No. 3
Retention probability
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
2
4
6
8
10
12
14
Body length (mm)


Haul No.1
Haul No.2
Haul No.3
Proportion
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
5
10
15
20
Body length (mm)


Haul No. 1
Haul No. 2
Haul No. 3
-3
0
3
Deviance residual
0
5
10
15
20
Body length (mm)