

吸引式ベントス定量採集器の開発について

荒川純平^{*1}・柳澤豊重^{*2}・塩田博一^{*3}・黒田伸郎^{*4}・
甲斐正信^{*1}・岡村康弘^{*5}・岡本俊治^{*3}

Development of a quantitative suction benthos sampler

ARAKAWA Jumpei^{*1}, YANAGISAWA Toyoshige^{*2}, SHIOTA Hirokazu^{*3},
KURODA Nobuo^{*4}, KAI Masanobu^{*1},
OKAMURA Yasuhiro^{*5} and OKAMOTO Shunji^{*3}

Abstract : A suite of suction benthos sampler operatable on a small boat was developed for quantitative sampling of benthos in/on sandy or muddy sea bed. It is composed of three parts: 100 L/min submersible pump, 0.0377 m² suction part, and 49.5 L air-lock chamber. These parts are connected by suction hoses. In the chamber, mesh bag of various opening size could be attached easily. By the suction power generated at submersible pump, benthoses dug at suction part are transported to the chamber, and are trapped at the mesh bag. Field test at a tidal flat revealed that more than 80 % bivalves could be captured by 30 s aspirating.

キーワード; ベントス, 定量採取, 吸引, 小型船舶

愛知県の豊川, 矢作川の河口域では, 例年大量のアサリ稚貝が発生し, 殻長 10 ~ 25 mm 程度に成長したアサリ稚貝が各漁場へ移植¹⁾されている。

砂泥底の干潟域におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の稚貝等ベントスの定量調査法としては, 干出時の枠取り法が一般的である。²⁾しかし枠取り法による調査は, 干出しない場所では実施困難であり, また干出する場所においても, 調査可能時期は大潮干潮時に限定される。一方, 浅海域の調査で使用されるGrab式及びドレッジ式採集法は, 底質条件により採集効率が大きく変動することが問題とされている。²⁻⁵⁾潜水による採集も行われるが,^{4, 6)}潜水土の確保のために, 調査回数や1回の調査時間に制約を受けるといった問題点がある。

このように, 従来の干潟浅海域における二枚貝等ベントスの定量調査法では, 調査人員の確保や, 調査器具の

特性等による制約があった。このため, 潜水が不要で, かつ海況や底質による制限を受けにくい調査器具が望まれる。そこで, 干潟から浅海域の砂泥底に生息するベントスを, 様々な条件下で定量的に採取可能な定量採集器の開発を行った。なお, 本採集器の開発にあたっては, 河口干潟域に生息する殻長 25 mm 以下のアサリ稚貝を小型船舶上から定量採取できることを開発の主目標とした。

材料及び方法

構成

吸引式ベントス定量採集器は, 水中ポンプ (P), 捕集チャンパー (C), 接地吸引部 (S) の3つの部分で構成され, 水中ポンプと捕集チャンパーの間は排水ホース (Hd: $\phi=38$, L=4 m) で, 捕集チャンパーと接地吸引部の間は吸引ホース (Hs: $\phi=38$ L=7 m) で連結されている (Fig.1)。

-
- *1 愛知県農林水産部水産課 (Fisheries promotion division, Aichi prefectural government, Sannomaru, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)
*2 愛知県水産試験場内水面漁業研究所 (Freshwater Resource Research Center, Aichi fisheries Research Institute, Isshiki, Hazu, Aichi 444-0425, Japan)
*3 愛知県水産試験場漁業生産研究所 (Marine Resource Research Center, Aichi fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)
*4 愛知県知多農林水産事務所水産課 (Fishery Division, Chita Agriculture, Forestry and Fisheries Office, Aichi Prefectural Government, Handa, Aichi 475-0903, Japan)
*5 愛知海区漁業調整委員会 (Aichi Prefectural Marine Zone Fisheries Co-ordination Commission, Sannomaru, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

ポンプは、揚程 3.5m, 排水能力 100L/min の汚水用水中ポンプ(ツルミポンプ・PRO-15U)を使用した。水中ポンプの吸引口には、ホースコネクタを固定した(Fig.2)。

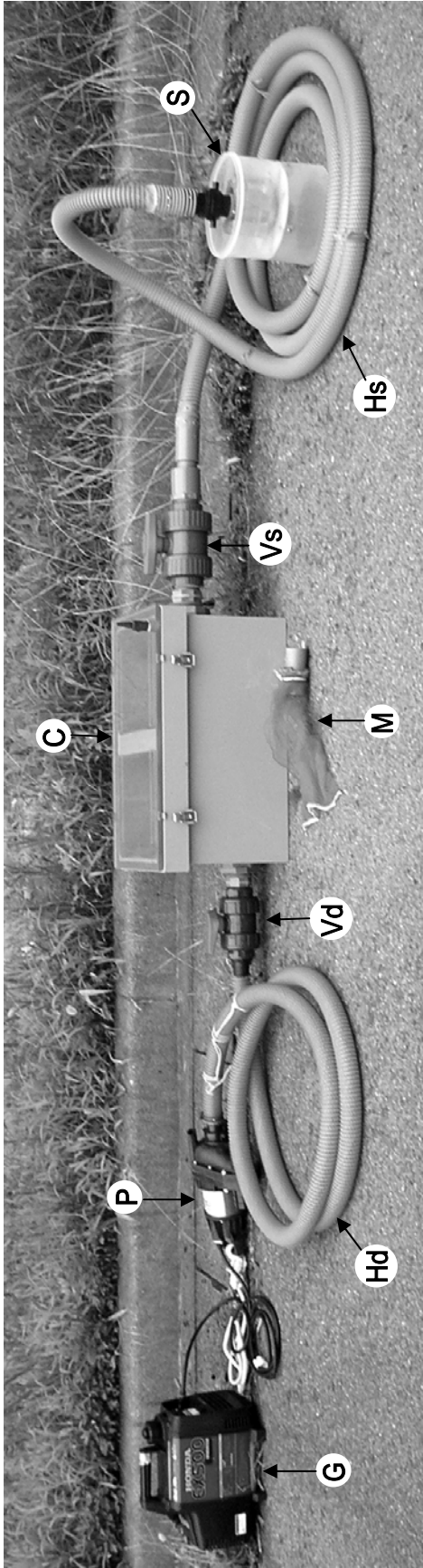


Fig. 1 A series of sampler parts which composed of the suction benthos sampler. G: 100V-450VA electric generator. P: 100 L/min pump. Hd: 38 mm ID suction hose for sucking for drainage. Vd: 30 mm ID PVC ball valve for drainage. C: 49.5 L air-lock trapping chamber. Vs: 50 mm ID PVC ball valve for sample sucking. M: Mesh bag. Hs: 38 mm ID suction hose for sample sucking. S: 0.0377 m² suction part.

水中ポンプの電力源は、ポータブル発電機(G: ホンダ EX500)を、出力 450VA で使用した。

捕集チャンバーは、10 mm 厚の塩ビ板で作成し、内寸は幅 30 cm, 長さ 55 cm, 高さ 30 cm で内容量は 49.5 L とした。チャンバー上部は、縁辺に板を接着し、中央に梁を渡すことで補強した。10 mm 厚の透明塩ビ製の蓋には、空気抜き用の塩ビ製バルブを設けた(Fig.3)。捕集チャンバーの左右両端にはコネクタを固定し、吸引の一時停止及び、サンプルの逆流防止のための排水バルブ(Vd: 38mm ボールバルブ)及び吸引バルブ(Vs: 50mm ボールバルブ)を接続した。吸引バルブ側のチャンバー内部には、38A パイプを配置することで、38A ソケットに結束した捕集ネットを容易に着脱交換可能とした。捕集ネットによる排水バルブ閉塞防止のため、チャンバー底には、仕切り網を設置し、上部の吸引部と下部の排水部を分離した(Fig.3)。

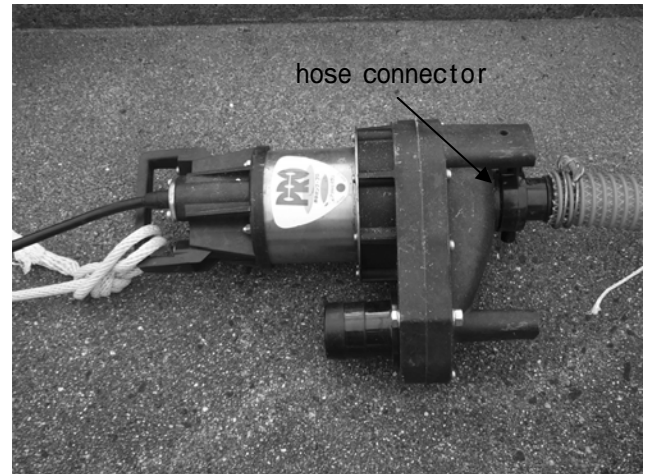


Fig. 2 Submersible pump. A hose connector was attached to the intake hole of the pump for connecting the drainage hose (Hd) to the chamber, and nothing at the drainage hole.

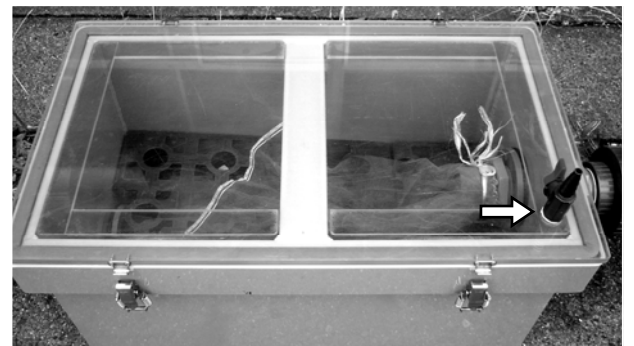


Fig. 3 Top view of the air-lock trapping chamber. An air intake valve (arrow) was set at the corner of the transparent lid to release the reduced pressure in the chamber. A mesh bag tied to PVC socket could be set easily at PVC pipe in the chamber.

接地吸引部 (Fig.4) は、ポリプロピレン製食品用密閉容器 2 個の底部分を互いに張り合わせて作成した円筒型容器で、内径 219 mm、面積 0.0377 m²、高さ 210 mm と

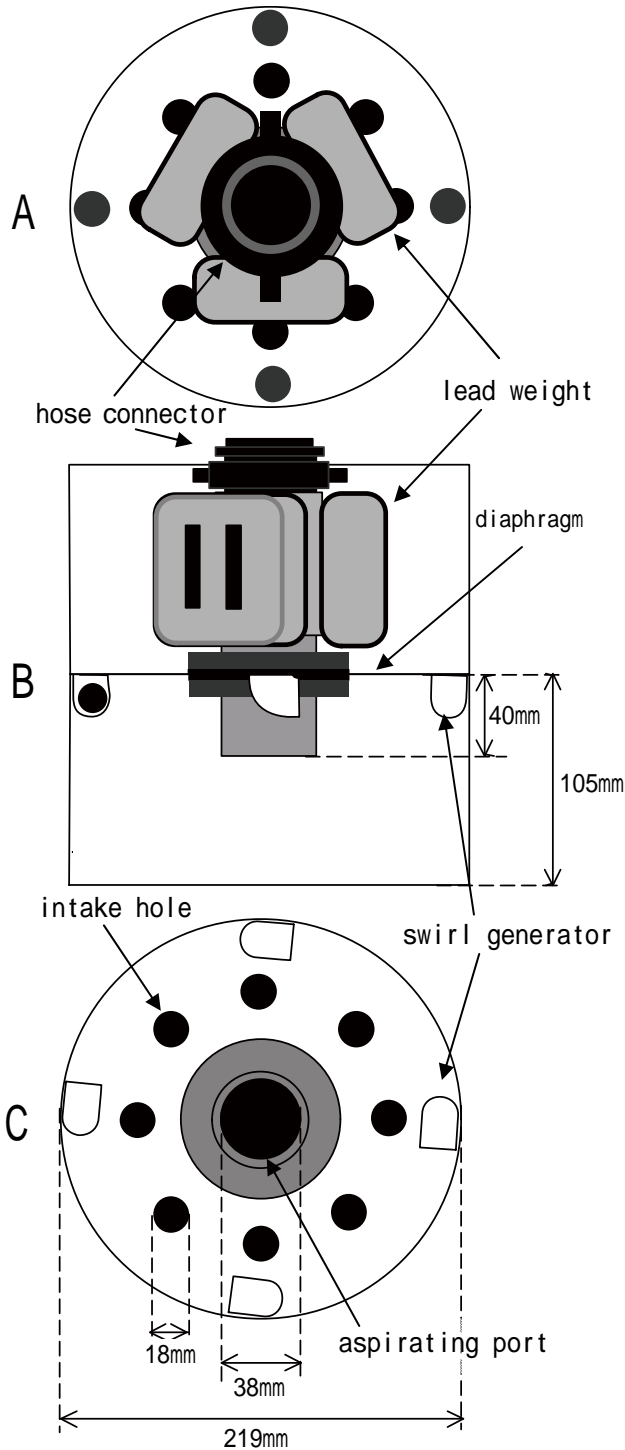


Fig.4 Schematic drawing of the suction part. A: Top view of the suction part. Three 2 kg lead weights were set around the center pipe. B: Side view of the suction part. Hose connector was set at top end of the center pipe. C: Bottom view of the suction part. Aspirating port was at the center. Eight intake holes (18 mm ID) were opened and 4 swirl generators were set on the diaphragm.

した。密閉容器底に該当する隔壁 (diaphragm) の中央には、内径 38mm の塩ビ製フィッティングを配置し、フィッティング下端が吸引口 (aspirating port) となる。フィッティング上端には、吸引ホースを接続するためのホースコネクタ (hose connector) を固定した。また、接地吸引部の安定性保持と沈降のため、フィッティング周囲には、潜水用 2kg ウェイト 3 個を配置し (lead weight)、ウェイトは必要に応じて 1~2 個追加した。隔壁には、18 mm 径の導水口 8 か所 (intake hole) を配置し、同径の 4 つの穴の直下に、塩ビ製 13A エルボを加工した渦発生器 4 基 (swirl generator) を配置した (Fig.4)。

動作原理

各構成部品を接続して、接地吸引部を小型船舶の船舷から海底へ垂下し、水中ポンプを作動させると、接地吸引部隔壁中央の吸引口から海水が捕集チャンバー方向へ吸引される。このときの負圧及びウェイトの作用により、接地吸引部は海底に密着し固定されるため、小型船舶が移動した場合にも、ホース長以内であれば接地吸引部は移動せず、採取に支障はない。吸引と同時に、隔壁に設けられた導水口及び渦発生器から隔壁上部の海水が接地吸引部の隔壁下に流入する。導水口からの水圧により、導水口直下の砂泥が掘削され、接地吸引部内に懸濁する。一方、渦発生器から流入した海水により、接地吸引部隔壁下には回転流が発生し、海底面におけるせん断応力の増加に寄与する。底泥が懸濁した海水は、隔壁中央の吸

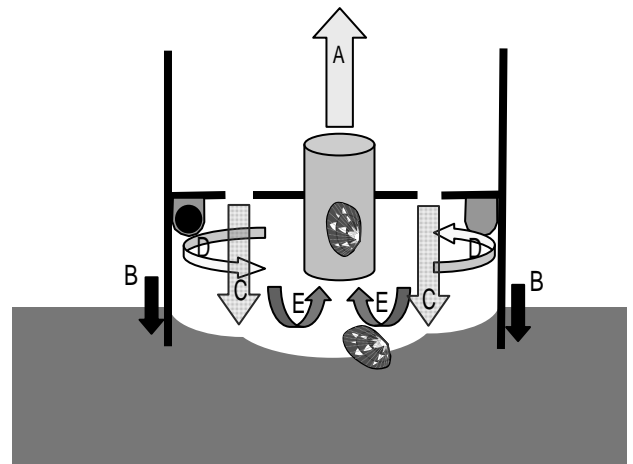


Fig.5 Sampling process in the suction part. A: the water under the diaphragm is sucked through the aspirating port, and the pressure under the diaphragm is reduced. B: suction part intrudes into the substrate. C: the water through intake holes flush onto the sea bed and digs the substrate. D: water circulation developed with flowing through the swirl generator. E: suspended substrate and small organisms are sucked to the aspirating port.

引口に吸引され、吸引ホースを經由して捕集チャンバーへ導入される (Fig.5)。この過程は、吸引口から海水が吸引される間は連続的に進行し、接地吸引部は砂泥を掘削懸濁しながら海底に貫入する。海水中に懸濁してチャンバーへ導入された砂泥及びベントスのうち、大きい粒子は捕集ネットで捕らえられる。ポンプ動作状態においても、チャンバー両側のバルブを閉じることで吸引を一時的に停止でき、捕集ネットを簡易に交換できる。

動作検証

1 掘削深度試験

本採集器による一定時間あたり底泥掘削量を検討した。試験は、水深 1.7m、有効水量 75m³ のコンクリート製水槽の底に中央粒径 0.50mm の砂を約 20cm 敷設した透明 100L 容バンライト水槽 (砂面水深 1.3m) を設置して行った。

本試験は、ポンプを動作させた吸引状態で接地吸引部を砂面に降ろし、砂面接地時から 20 秒間の吸引を行った後にバルブ操作により吸引を停止させた。ウェイトは 6 kg とした。

また、試験時には、潜水による目視観察を行い、吸引を止めた状態で掘削深度の測定を行った。測定方法は、接地吸引部外壁の沈下深度を対角に位置する 4 か所で測定し、次に接地吸引部隔壁の 8 つの導水口から測深棒を差し込むことによって、隔壁から導水口直下の砂面までの距離を測定した。これらの測定値から、元の砂面から掘削された深度を算出した。

2 天然海域二枚貝採取試験

本採集器の天然海域における二枚貝類の採取率を明らかにすることを目的として、2004 年 8 月 11 日に、矢作川河口干潟において、二本のアンカーで固定した小型船舶 (0.6t、全長 6.37m) 上から採取試験を行った。このとき、試験地点の水深は約 0.7m であり、風速は約 2~4 m/s で、小型船舶には流れ及び風による揺動が見られた。

吸引時間は 30 秒、ウェイトは 10kg とし、捕集ネットは 1.5 mm の目合のものを用いた。

掘削深度試験同様に吸引状態で接地吸引部を海底に降ろし、30 秒吸引後、バルブ操作により吸引を停止した。接地吸引部周囲の底泥の崩れを防止するため、潜水により接地吸引部周囲を円筒枠で囲った後に、接地吸引部を海底から引き上げた。次に、この円筒枠内に残った砂泥を、周囲の砂面から約 15 cm の深さまで採取した。採取試験は 5 回行った。

本採集器で採取された二枚貝及び、円筒枠内で採取された二枚貝を計数・計測し、両者を比較検討した。殻長サイズ分布の差の検定は、2 mm ごとの頻度分布に集計した上で、カイ二乗検定で行った。

結 果

1 掘削深度試験

潜水による目視観察では、接地吸引部は、1 秒間に 0.5 ~ 1cm 程度の速度で砂面に鉛直に貫入し、周囲の砂泥が崩れることはなく、接地吸引部内への砂泥の侵入は認められなかった。また、吸引終了後の接地吸引部内の砂面は、概ね水平であったが、8 か所の導水口直下及び中央部に窪みが見られた。外壁 4 か所で測定した接地吸引部の沈下深度は、4 つの測定値の間で差が認められた。差の最も大きかった 1 回目の試験では、最大値及び最小値はそれぞれ 125 mm 及び 85 mm であり (Table1)、その差は 40 mm であった。この差 40 mm 及び接地吸引部内径 219 mm から計算した結果、接地吸引部の傾斜は 10.8° であった。

導水口から直下の砂面までの距離は、最大 95.9 mm、最小 84.5mm、平均 90.4mm であった。沈下深度及び導水口直下の距離ならびに隔壁までの高さ 105 mm から計算すると、掘削深度は最大 92.9 mm、最小 77.1 mm で、平均は 85.9 mm であり、その標準偏差は 6.24 mm であった (Table1)。

2 天然海域二枚貝採取試験

Table2 に、本試験で行った 5 回の試験で採取された二枚貝類の総計について示した。ここで、採取個体と残存

Table1. Burrowing depth of the suction part in experimental water pool. The depth of cylinder intrusion was measured at 4 points on the cylinder, and the length from diaphragm to sand surface were measured at 8 intake holes, after 20 s aspiration. Height from bottom to diaphragm of the suction part was 105 mm.

No. of exam.	Cylinder intrusion (mm)		Length from diaphragm to sand surface (mm)		Mean burrowing depth (mm)
	Mean	Range	Mean	Range	
1	105.0	85.0 - 125.0	84.5	78.0 - 93.0	84.5
2	97.5	95.0 - 105.0	84.6	75.0 - 93.0	77.1
3	105.0	95.0 - 115.0	92.9	82.0 - 103.0	92.9
4	100.0	95.0 - 105.0	95.9	87.0 - 105.0	90.9
5	95.0	95.0 - 95.0	94.0	90.0 - 100.0	84.0
mean		100.5		90.4	85.9

Table 2. Summary of number and size range of the bivalves inhabited, captured by suction sampler, and remained on the sea bed while five trials taken at Yahagi tidal flat. Sampling time and weight set on the suction head were 30 s and 10 kg, respectively

Species	Number of individuals		Range of shell length (mm)	
	Inhabited	Captured (%)	Captured	Remained
<i>R. philippinarum</i>	304	244 (80.3)	3.23 - 26.77	3.67 - 19.63
<i>M. veneriformis</i>	189	174 (92.1)	3.20 - 16.04	4.80 - 9.02
<i>M. chinensis</i>	40	39 (97.5)	4.05 - 8.55	6.74
<i>Nuttallia olivacea</i>	5	5 (100.0)	5.75 - 11.62	-
<i>Solen strictus</i>	1	1 (100.0)	14.99	-

* Inhabited : sum of captured by suction sampler and remained on the sea bed after sampling.

Table 3. Number and shell length of *R. philippinarum* inhabited, captured by suction sampler, and remained on the sea bed while five trials taken at Yahagi tidal flat

No. of exam.	Number of individuals		Shell length (mean \pm SD mm)		Range of shell length (mm)	
	Inhabited	Captured (%)	Captured	Remained	Captured	Remained
1	24	21 (87.5)	12.92 \pm 2.95	11.18 \pm 4.32	7.18 - 17.62	7.25 - 15.81
2	54	34 (63.0)	13.72 \pm 2.85	13.96 \pm 3.06	6.77 - 19.51	8.05 - 19.63
3	159	131 (82.4)	13.76 \pm 2.46	13.65 \pm 2.03	6.58 - 23.04	10.00 - 18.51
4	34	30 (88.2)	11.78 \pm 4.39	9.75 \pm 4.20	3.23 - 26.77	3.67 - 13.12
5	33	28 (84.8)	13.12 \pm 2.56	10.38 \pm 3.64	8.56 - 18.56	5.20 - 13.57
mean	-	- (81.2)	-	-	-	-

* Inhabited : sum of captured by suction sampler and remained on the sea bed after sampling.

Table 4. Number and shell length of *M. veneriformis* inhabited, captured by suction sampler, and remained on the sea bed while five trials taken at Yahagi tidal flat

No. of exam.	Number of individuals		Shell length (mean \pm SD mm)		Range of shell length (mm)	
	Inhabited	Captured (%)	Captured	Remained	Captured	Remained
1	42	40 (95.2)	6.30 \pm 2.20	7.03 \pm 1.82	3.25 - 16.04	5.74 - 8.32
2	43	35 (81.4)	5.99 \pm 1.43	6.53 \pm 1.28	3.20 - 8.84	4.80 - 9.02
3	58	54 (93.1)	6.18 \pm 1.18	6.49 \pm 1.09	3.63 - 9.29	4.89 - 7.28
4	41	40 (97.6)	5.75 \pm 1.32	5.86	3.38 - 8.30	5.86
5	5	5 (100.0)	6.42 \pm 1.41	-	4.93 - 8.52	-
mean	-	- (93.5)	-	-	-	-

* Inhabited : sum of captured by suction sampler and remained on the sea bed after sampling.

個体の総和を生息個体として示した。本試験では、アサリを始めとする5種の二枚貝が採取された。また、アサリ、シオフキ *Macra veneriformis*、バカガイ *Macra chinensis* の3種には、採取後の円筒内に残存個体が確認された (Table 2)。

次に、生息個体数の多かったアサリ及びシオフキの2種における5回の採取それぞれについて、生息個体数、採取個体数及びこれらの殻長範囲をTable 3及び4に示した。5回の試験により採取されたアサリは、平均殻長11.78~13.76 mm、殻長範囲は3.23~26.77 mmであった。これに対して残存アサリは、平均殻長9.75~13.96 mmであり、殻長範囲は3.67~19.63 mmであった。一方、採取されたシオフキは平均殻長5.75~6.42 mm、殻長範囲は3.20~16.04 mmであり、残存シオフキは、平均殻長5.86~7.03 mmで、殻長範囲は4.80~9.02 mmであった。

また、これら2種の二枚貝の採取率は、アサリでは63.0~88.2%、シオフキでは81.4~100.0%であり、採取率の平均はそれぞれ81.2%、93.5%であった。

生息個体数の比較的多かったアサリとシオフキの2種の、5回の試験における殻長サイズは、それぞれほぼ同様の分布を示した (Fig. 6)。また、カイ二乗検定による検討を行った結果、生息個体と採取個体の殻長サイズ分布には、有意な差は認められなかった (Table 5)。

考 察

干潟・浅海域のベントス調査の中でも、干潮時に行う採取り採集法は、調査日時や調査範囲が制限される面があった。これに対して本報で開発した吸引式ベントス定量採集器は、潮位に関係なく調査が可能で、潜水を要しないため、限られた調査時間内においても、同一の手法により干潟から浅海域の広い範囲で連続的に調査が可能である。

吸引式の定量調査器具は、潜水調査を前提としたものが多い^{2,6-9)}が、小型船舶上から操作可能なものも報告されている。その代表的2形として、吸引式の大型コアラ^{10,11)}及び、小型船舶上から操作可能なサクシオンサンブラー¹²⁾が挙げられる。吸引式大型コアラは、ベント

スの生息深度等の貴重な情報が得られる一方で、非常に重いため回収時にはウインチが必要となり、使用できる

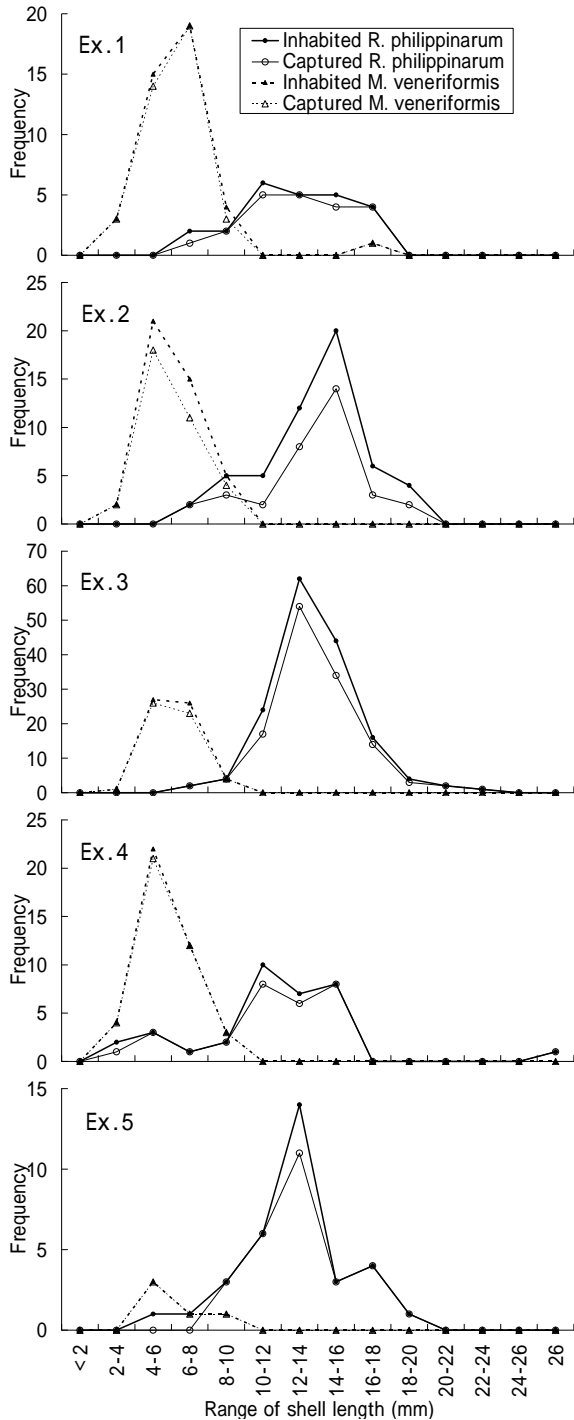


Fig.6 Shell length distribution of *R. philippinarum* and *M. veneriformis* inhabited and captured by suction sampler while five trials taken at Yahagi tidal flat.

Table 5. p-values of chi square test between shell lengths of inhabited and captured bivalves

Species	No. of exam.				
	1	2	3	4	5
<i>R. philippinarum</i>	0.9897	0.9710	0.9974	0.9987	0.9465
<i>M. veneriformis</i>	0.9937	0.9684	0.9900	0.9992	-

小型船舶に制限がある。サクションサンプラーは、ハンドルで吸引部を海底に圧着させる必要があるため、非常に静穏な海況と、小型船舶の操船技術の正確さが条件となる。一方、本採集器は一旦接地吸引部が海底で安定すれば、10kg 強の重量及び吸引により、接地吸引部が密着沈降する機構であるため、操作性は良好であり、ホース長の範囲内であれば、風波により小型船舶が揺動する条件下でも採集が可能である。

本県では、豊川河口域に発生したアサリ稚貝を移植のために採取する方法として、水深 1~2m 域では主に腰マンガと呼ばれる方法が、水深 2~5m 域では水流噴射式桁網が使用されている。腰マンガ採取場所のアサリ稚貝分布密度は、枠取り法で調査ができるが、本採集器は、こうした場所に加え、水流噴射式桁網が使用される水深 2~5m 域においても採取が可能である。

ベントスはパッチ状に分布することが多く、あらかじめ 1 調査地点につき 10 サンプル程度の採泥により適正な採泥回数を決めるか、または 0.15 m² 以上の面積の採泥が推奨されている。⁴⁾ 本採集器は、採取 1 回当たりの吸引時間は 30 秒、ネットの交換は 1~2 分程度であり、短時間で複数サンプルの採取が可能である。また、採取面積は 0.0377 m² であることから、1 調査地点につき 4 回の採取により、推奨面積以上の 0.1508 m² の採取が可能である。20 秒間の吸引で掘削された深度は、平均値が 85.9 mm であるのに対して、標準偏差は 6.24 mm であり、掘削深度は安定していた。掘削された砂面は、窪みを伴っていたものの、概ね水平を保っていた。アサリの潜砂深度は、砂面から貝殻上端までが殻長程度とされ、¹³⁾ 移植に適する 10~25 mm 程度のアサリの潜砂深度は貝殻下端でも 20~50 mm 程度と考えられる。これらのことから本採集器は、アサリ稚貝を対象とする定量調査器具としての必要条件是十分に満たすものと考えられる。

天然海域二枚貝採取試験において、吸引時間 30 秒の条件で試験を行った結果、個体数の多かったアサリ、シオフキでは、採取率はそれぞれ平均 81.2%、93.5% という値が得られ、単位面積あたりの生息個体数は、採取個体数をこれらの採取率及び採取面積で割り戻すことにより算出できる。本報の天然海域二枚貝採取試験における単位面積あたり生息個体数は、アサリでは 686~4279 個体/m²、シオフキでは 142~1532 個体/m² と算出された。

天然海域二枚貝採取試験では、アサリ及びシオフキの生息個体と採取個体の殻長サイズ分布に、有意な差は認められなかった。このことから、本採集器で採取される二枚貝類の殻長サイズ分布は、生息個体のそれを代表するものと考えられる。

本報では、河口干潟域のアサリ稚貝の定量採取を主目標として開発を行ったが、接地吸引部吸引口の口径を超えるような二枚貝や貝殻が存在する場合、接地吸引部が閉塞する場合があった。より大型の二枚貝等を主な対象とする場合、ホース径やポンプ能力、接地吸引部の改良が必要とされる。本採集器は、容易に入手できる資材により、比較的 low コストで製作されており、ホース径や接地吸引部の変更などにより、より大型のベントスを対象とする場合にも、低コストで変更可能と考えられる。また、van Arkel and Mulder (1975) は、本報と類似した機構の採集器具で多毛類を採取し、一般的なコアラーと篩を用いた場合と比較した結果、多毛類の損傷は同程度であったと報告している。¹⁴⁾本報では検証を行わなかったが、本報で開発した採集器は、こうした二枚貝類以外のベントスの調査にも応用が期待される。

要 約

干潟浅海域において二枚貝等ベントス調査に使用可能な吸引式ベントス定量採集器を開発した。本採集器は水中ポンプ、捕集チャンパー、接地吸引部の3点をホースで接続し、小型船舶の船舷から接地吸引部を垂下して使用する。水中ポンプで発生した吸引力により接地吸引部から吸引されたベントスは、捕集チャンパー内に設置した捕集ネットに捕獲される。干潟域で動作検証を行った結果、30秒間の吸引で接地吸引部内部の80%以上の二枚貝類の採捕が可能であった。

謝 辞

本開発を進めるに当たり、(独)水産総合研究センター養殖研究所の日向野純也室長には、多数の助言や資料をいただいた。また、漁業生産研究所に在籍していた諸賢には、さまざま便宜をいただいた。ここに記して謝意を表す。なお本研究は、農林水産省農林水産技術会議の「森林・農地・水域を通ずる自然循環機能の高度な利用技術の開発」プロジェクトの一部として行われた。

文 献

- 1) 石田俊朗・石田基雄・家田喜一・武田和也・鈴木好男・柳澤豊重・黒田伸郎・荒川純平 (2005) 夏季のアサリ小型稚貝の移植について. 愛知水試研報, 11, 43-50.
- 2) Eleftheriou, A. and Moore, D. C. (2005) Macrofauna

- Techniques. In: Methods for the Study of Marine Benthos Third Edition (eds Eleftheriou A, McIntyre A). Blackwell Science, Oxford UK, pp.160-228.
- 3) 日本海洋学会編 (1986) 4. 堆積物採取. 沿岸環境調査マニュアル [底質篇]. 恒星社厚生閣, 東京, pp25-29.
- 4) 日本海洋学会編 (1986) 4. ベントス調査. 沿岸環境調査マニュアル [生物篇]. 恒星社厚生閣, 東京, pp217-257.
- 5) 気象庁編 (1990) 9.7 ベントスの採集法. 海洋観測指針.(財)日本気象協会, 東京, pp264-1 - 264-10.
- 6) Munro, C. (2005) Diving Systems In: Methods for the Study of Marine Benthos Third Edition (eds Eleftheriou A, McIntyre A). Blackwell Science, Oxford UK, pp. 112-159.
- 7) Taylor, R. B., Blackburn, R. I. and Evans J.H. (1995) A portable battery-powered suction device for the quantitative sampling of small benthic invertebrates. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **194**, 1-7.
- 8) Brooks S. (1994) An efficient and quantitative aquatic benthos sampler for use in diverse habitats with variable flow regimes. Hydrobiol., **281**, 123-128.
- 9) Emig C. C. (1977) Un nouvel aspirateur sous-marins, à air comprimé. Mar. Biol., **43**, 379-380.
- 10) Kaplan, E. H. (1974) A shallow-water system for sampling macrobenthic infauna. Limnol. Oceanogr., **19**, 346-350.
- 11) Thayer, G. W., Williams, R. B., Price, T. J. and Colby, D. R. (1975) A large corer for quantitatively sampling benthos in shallow water. Limnol. Oceanogr., **20**, 474-480.
- 12) Larsen, P. F. (1974) A remotely operated shallow water benthic suction sampler. Chesapeake Sci., **15**, 176-178.
- 13) 倉茂英次郎 (1957) アサリの生態研究. 特に環境要因について (松本文生編). 水産学集成. 東京大学出版会, 東京, pp.611-655.
- 14) van Arkel M. A. and Mulder, M. (1975) A device for quantitative sampling of benthic organisms in shallow water by means of a flushing technique. Netherlands J. of Sea Res., **9** (3-4), 365-370.