短 報

湖辺部における底生動物のサンプリングサイズについて

栗 田 秀 男・峰 村 宏

On the Sampling Size of Zoobenthos along a Lake Shore

Hideo KURITA and Hiroshi MINEMURA

Abstract

This investigation was carried out by using a new type of bottom sampler with a circular quadrat (0.08 m²) for analyzing the number of replicate samples required to estimate the species number, density and biomass of zoobenthos along a shallow shore of Lake Haruna, Gunma Prefecture, in August 1978.

In the shallow part of stony zone where the samples presented a poor fauna and a large variation, a vast number of replicate samples are required to estimate the total number of taxa and individuals, and total biomass, whereas, in the deeper stony zone (about 2 meters offshore) and aquatic plant zone with an abundant fauna and a smaller variation of samples, about six replicate samples are required to estimate the number and the biomass at 30% level of permissible error and 95% level of confidence of the mean. The species showing a low density and an aggregated distribution requires a large number of samples.

1. 緒 言

本邦では、沿岸帯湖辺部（湖岸寄りの浅部）の底生動物の定量的研究は極めて少ない。これは主として定量方法の困難さによるものと思われる。湖辺部の底には石や砂礫が多いので、エクマンバージ採泥器は使用できないことが多く、このような所ではサーバーサンプラーや、ちりとり型金網が使用されている。上記2採集具を用いた場合、湖沼では動物の逸失が無視できないと思われる。そこで筆者らは Fig. 1 のようなかこのある円形コードラート（わく付コードラートと呼ぶ。底面積 0.08 m²）を用いて、定量方法の検討を試みた。今回は、湖辺部の礫帯および水草帯の底生動物について以下の検討を行なった。

- 1) 単位面積でくり返し採集した場合の標本間の変動の大きさ。
- 2) 一定の精度を得るための採集回数。
- 3) 単位面積で採集した場合の底生動物の分布型。

2. 調 査 方 法

1978年8月25~26日の2日間、群馬県榛名湖（標高1100 m, 最大深度14 m）の礫帯と水草帯（ヒロハノエビモ帯）で調査を行なった。礫帯では汀線部と、汀線から2 mの水平距離の部分との2つの調査区を

設定した（Fig. 2 参照）。各調査区とも湖岸に平行にロープをはり、0.5 m×15 mの帯状の調査区を設定し0.5 m×0.5 mの小区画を単位方形区として合計30方形区を想定し、このうち20方形区を任意抽出して各々の方形区のほぼ中央にコードラートを置き、コードラート内の動物を採集した。各調査区の状況は次のとおりである。

礫帯Ⅰ（汀線部）は、おおむね直径10 cm未満の石礫底でところどころ砂がまじる。水深は約8 cm ほぼ一様である。

礫帯Ⅱ（汀線より2 mの距離）は、おおむね直径8 cm 未満の礫からなる砂まじりの石礫底であり、水深は30 cm 内外で水深差は少ない。

水草帯は、ほんの一部分クロモがまじるがほぼヒロハノエビモの純群落で、底質は少量の礫を含む腐植質の多い砂泥である。水深は40 cm ほどで凹凸は少ない。

調査時期は濁水期に加えてかんばつのため例年より1 m ぐらい水位が低かった。

動物の採集方法は次のとおりである。

礫帯ではコードラート内の浮石と沈石の第一層までを水網（網目40 mesh/inch）でとり、わく内の水を動物のいなくなるまですくう。礫は礫面の動物を採集後すてる。砂泥はバケツにとり水を加えてかきまわし、

Fig. 1. The circular quadrat with a frame, used for sampling zoobenthos.
a: Float. b: Cylinder. c: Cloth.
d: Quadrat. e: Urethane form.
f: Ring to fix the quadrat.

動物を浮上させて採集する。その後、砂や他の堆積物はポリ袋に入れてもちかえり残りの動物を速やかにひろい出した。

水草帯ではコードラート内の水草の地上部をひきちぎり、水網ですくいとる。泥および水中の動物は礫帯

Fig. 2. Location of the sampling station in Lake Haruna.

と同様に処理する。採取した動物の固定には70%アルコール(貝類)、10%ホルマリン(その他の動物)を用いた。動物はろ紙で水を取り、直示てんびんで湿重量を測定した。

3. 結 果

一定面積のコードラートを用いてのサンプル数 n を算出するのに、伊藤(1963)のテキスト中にある下記の津村(1956)の式を用いた。

$$n \geq \frac{t\sigma^2/\epsilon^2}{1+t^2\sigma^2/N\epsilon^2}$$

N は有限母集団の大きさをコードラート面積の倍数、 σ は変動係数、 t は Student の t 、 ϵ は抽出誤差の許容限界をそれぞれあらわす。 t の値は普通は95%の信頼度を与える値として2を用いる。実際には、

Table 1. Number of replicate samples required to estimate the number of taxa, number of specimens and biomass per unit area (0.08 m²).

Zone		Mean	CV	Number of replicate samples		
				Permissible error		
				10%	30%	50%
Stony zone I (at the shore)	Number of taxa	1.75	0.71	63.6	18.1	7.4
	Number of specimens	3.70	1.06	77.0	33.7	15.1
	Biomass (mg)	812.26	0.92	72.9	26.7	11.9
Stony zone II (about 2 meters off shore)	Number of taxa	4.20	0.27	22.3	3.2	1.2
	Number of specimens	37.42	0.35	32.2	5.2	1.9
	Biomass (mg)	12306.41	0.12	5.9	0.7	0.3
Aquatic plant zone	Number of taxa	7.25	0.16	9.2	1.2	0.4
	Number of specimens	107.84	0.25	20.0	2.8	1.1
	Biomass (mg)	31371.98	0.29	24.2	3.7	1.4

$nc \geq t^2 \sigma^2 / \varepsilon^2$ を求め、 $nc/N \leq 0.05$ なら nc をそのままサンプル数とし、 $nc/N > 0.05$ なら、 $n = nc / (1 + nc/N)$ をサンプル数とする。

Table 1 に底生動物全体の種類数、総個体数、現存量を求めるのに必要な採集回数を、Table 2 に出現頻度の高い主な種について必要な採集回数を調査区ごとに I_0 や変動係数とともにしめす。

底生動物の種類数、総個体数、現存量を求めるのに必要な採集回数は調査区ごとに異なっている。95% の信頼度で誤差の許容限界を 10% 以内にとどめようとすると、礫帯 I では標本の変動が大きいため、個体数、現存量とも 60 回をこえる採集回数が必要になる。これに対し礫帯 II と水草帯では標本の変動は礫帯 I に

くらべて小さく、必要採集回数は少ない。また、礫帯 II と水草帯とを比較すると、水草帯では種数の方が変動が小さく 10 回程の採集回数で種数を推定できるが、礫帯 II では現存量の変動の方が小さく 6 回程の採集回数で現存量が推定できる。誤差の許容限界を 30% とする（実際の調査ではこの程度で満足しなくてはならない）と礫帯 II および水草帯では 6 回の採集で種数、個体数、現存量が推定できるが、礫帯 I では 34 回と実際には不可能ともいえるほど多くの採集回数が必要となる。

95% の信頼度で誤差の許容限界を 10% 以内にして、種別の個体数、現存量を推定しようとすれば (Table 2 参照)、カワニナで 28 回、他の種はさらに

Table 2. Number of replicate samples required to estimate the number of specimens and biomass of each species at 95% level of confidence. The mean, coefficient of variation (CV) and I_0 -index were calculated from twenty samples of 0.08 m² quadrat. N : number, W : weight (mg)

Zone	Species	Number of quadrats with specimens	I_0		Mean	CV	Number of replicate samples		
							Permissible error 10%	30%	50%
Stony zone I	<i>Semisulcospira</i> sp.	15	1.21	N	1.65	0.91	72.6	26.4	11.6
				W	567.35	1.06	77.1	32.6	15.1
	<i>Corbicula leana</i>	3	3.33	N	0.20	2.45	89.6	68.9	47.3
				W	200.63	2.75	90.1	72.7	52.5
	<i>Goera japonica</i>	7	4.35	N	1.15	1.89	87.3	58.6	35.5
				W	22.10	1.99	87.9	60.9	37.7
	<i>Phaenopsectra</i> sp.	9	2.33	N	0.80	1.60	85.3	51.3	28.5
				W	1.98	1.81	86.8	56.7	33.6
Stony zone II	<i>Semisulcospira</i> sp.	20	1.12	N	25.70	0.40	38.3	6.7	2.6
				W	10155.29	0.42	40.5	7.4	2.9
	<i>Corbicula leana</i>	20	1.23	N	5.60	0.65	60.1	15.7	5.4
				W	2216.70	0.89	72.0	25.7	11.1
	<i>Tubifex</i> sp.	6	2.22	N	0.45	1.84	86.9	57.5	34.3
				W	0.74	2.62	89.9	71.2	50.4
	<i>Phaenopsectra</i> sp.	19	1.14	N	4.40	0.61	57.2	13.9	5.7
				W	14.24	0.70	70.0	23.1	10.0
	<i>Calopsectra</i> sp.	7	1.78	N	0.50	1.66	85.6	52.9	30.1
				W	1.93	1.67	85.8	53.2	30.9
Aquatic plant zone	<i>Tendipes plumosus</i>	6	1.78	N	0.50	1.66	85.7	52.8	29.9
				W	1.71	1.79	86.5	56.1	33.0
	<i>Semisulcospira</i> sp.	20	1.07	N	90.90	0.30	25.4	3.9	1.4
				W	29583.20	0.31	27.3	4.1	1.5
	<i>Corbicula leana</i>	19	1.17	N	2.90	0.72	64.4	18.6	7.7
				W	1730.40	1.47	83.9	47.1	25.1
	<i>Tubifex</i> sp.	20	0.99	N	5.15	0.43	41.1	7.5	2.9
				W	8.34	0.58	54.7	12.7	5.0
	<i>Molanna falcata</i>	18	0.86	N	1.80	0.64	59.4	15.2	6.1
				W	8.00	0.99	75.3	29.8	13.5
	<i>Cercion calamorum</i>	13	1.88	N	1.90	1.19	79.9	37.5	18.2
				W	5.96	1.40	83.1	44.9	23.5
	<i>Phaenopsectra</i> sp.	19	1.07	N	3.50	0.60	56.3	13.6	5.3
				W	16.95	0.42	40.2	7.3	2.9

大きな採集回数を示す。全種を対象とした1回の採集所要時間はほぼ10分であったが、カワニナだけを対象としても採集時間はさほど短縮できないので実際の調査ではこの精度で採集することは極めて困難である。誤差の許容限界を30%にしてもカワニナだけが必要採集回数10回未満で、他の種は13~73回の必要採集回数を示す。

底生動物の分布型をみるために、宮地ら(1961)にしたがって I_d 指数を比較してみた。 I_d 値が1より大の場合は集中分布、1の場合はランダム分布、1より小の場合は一様分布であることを示す。単位面積についての I_d 値は水草帯のイトミミズ類、カスリホソバトビケラ以外は1以上を示し、本調査によれば底生動物の大部分の種は集中分布の傾向を示す。調査区ごとに比較すると、礫帯Iでは出現頻度の小さな種が多く、これらの種は平均値も小さく I_d 値は非常に高い。このため必要採集回数は極めて大きい。これに対し、水草帯では出現頻度が50%を超える種が全13種のうち約半数を占め、礫帯にくらべれば比較的、必要採集回数の少ない種が多い。

4. 考 察

湖沼における底生動物の種数、個体数、現存量を推定する場合、沿岸帯、深底帯などというような環境区分によって採集する。沿岸帯の一部として湖辺部に限るなら、さらにこれを礫帯、砂泥帯、水草帯などのように底質により環境区分をしてそれぞれの動物量を推定する方法が考えられる。動物の分布が環境の不均一性によるならば、さらに環境を細分し各おのの部分での採集が必要となる。しかし、実際には肉眼で直観的に

識別しうる程度の環境区分によって定量採集する方法がとられるであろう。このような採集において必要なサンプル数の決定に際しては、採集具の効率とともに動物の分布型が問題になる。Fig. 3は I_d 値と津村の式による必要採集回数を示したものである。 I_d 値が2を超えると採集回数は実際の調査では不可能とも思われる数になる。 I_d 値はコードラートの単位面積によってかわりうるから、 I_d 値を小さくするような単位面積のコードラートを用いることによって、採集回数を少なくすることはできる。しかし、単位面積が大きすぎると採集時間や採集効率が問題になる。コードラート面積の拡大によって採集時間が長くなり、採集効率がさらに低下する心配がある。

使用したわく付コードラートの性能については今回は検討していないが、少なくとも、底面にポリウレタンホームをつけたことにより湖底への密着度が増し、かこいをつけたことにより波浪による動物の流失を防ぐことができ、採集効率が高くなると推定できる。円形のコードラートを用いたのは、この程度の底面積では方形わくよりも動物をすくいやすいことを重視したためであり、わくを大きくする(50 cm以上)ならば方形でもよいと考えられる。

次に各調査区における採集回数と精度(相対誤差)の関係をみる(Table 3参照)。Table 3では信頼度95%として各採集回数ごとに精度を示した。これを見ると、平均個体数が小さな値の種では任意の採集回数で精度が小さくなる。

一般に水位の安定な湖辺では底生動物は多いが、水位変動の大きな湖沼では湖辺部の底生動物は少ない(白石ら, 1969)。後者の場合には少数の採集回数で得

Fig. 3. The relationship between I_d -index and the number of replicate samples required to estimate the number of individuals at 30% level of permissible error and 95% level of confidence of mean.

Table 3. Relationship between the number of replicates and the confidence range of mean.
N : number, W : weight (mg)

Zone			Mean	I _s	Confidence range of mean			
					Number of replicate samples			
					1	3	5	10
Stony zone I	Total number of individuals		3.7	1.83	208	120	95	66
	Total biomass (mg/0.08 m ²)		812.3	2.00	200	115	89	64
	<i>Semisulcospira</i> sp.	N	1.7	1.21	181	104	81	57
		W	567.4	2.06	206	118	92	65
					%	%		
Stony zone II	Total number of individuals		37.4	1.03	48	28	23	15
	Total biomass (mg/0.08 m ²)		12306.0	1.14	75	43	33	24
	<i>Semisulcospira</i> sp.	N	25.7	1.12	80	46	36	25
		W	10155.0	1.16	80	46	36	25
	<i>Corbicula leana</i>	N	5.6	1.23	128	74	57	40
		W	2217.0	1.76	174	101	78	55
	<i>Phaenopsectra</i> sp.	N	4.4	1.14	121	70	54	38
		W	14.2	1.47	147	85	66	46
					%	%		
Aquatic plant zone	Total number of individuals		107.8	1.05	49	28	22	15
	Total biomass (mg/0.08 m ²)		31372.0	1.08	57	33	25	18
	<i>Semisulcospira</i> sp.	N	90.9	1.07	57	33	25	18
		W	29583.0	1.08	56	32	25	18
	<i>Corbicula leana</i>	N	2.9	1.17	143	83	70	45
		W	1730.0	2.75	264	152	118	84
	<i>Tubifex</i> sp.	N	5.2	0.99	90	52	40	28
		W	8.3	1.20	130	64	51	36
	<i>Phaenopsectra</i> sp.	N	3.5	1.07	119	69	53	38
		W	17.0	1.59	161	93	72	51

られたデータは精度が極めて低いことが予想される。榛名湖の年間の水位変動は約 2 m で、水位変動の規模からすればごく普通の天然湖であろう。また、調査時は減水期であり、一般に減水期の方が増水期よりも湖辺の底生動物が多い（峰村・栗田, 1980）ことからみても、本調査時の湖辺の底生動物は他の時期にくらべて少なくはないと思われる。

本調査は湖辺の底生動物の定量採集に際しての、必要とされるサンプル数について一湖沼の例を示したにすぎない。水位のより安定した湖沼やより不安定な湖、湖沼型の異なる湖沼などによって、湖辺の底生動物の定量に必要なサンプル数も異なるであろう。湖辺のさらに深い部分（主に水深 2～3 m）のサンプル数や動物の分布型についても不明な点がある。これらについては今後の研究にまきたい。

5. 摘 要

1) わく付コードラート (0.08 m²) を用い、沿岸部の岸寄りの浅部すなわち湖辺部の底生動物を調査するのに必要な採集回数を調べた。調査は群馬県榛名湖で 1978 年 8 月に、湖辺の礫帯（礫帯 I）、湖岸約 2 m

の礫帯（礫帯 II）と水草帯について行なった。

2) 礫帯 I では標本の変動が大きく、個体数と現存量を信頼度 95 %, 誤差 10 % で推定するためには、実際上不可能といえる程多くの採集回数が必要とされる。

3) 礫帯 II と水草帯では、礫帯 I にくらべて動物量が多く、標本の変動が少ないので信頼度 95 %, 誤差の許容限界を 30 % とすると 6 回の採集で、種数、個体数、現存量が推定できる。

4) 種別にみると、個体数平均値が小さく、集中性の強い種類では必要採集回数が多い。

謝 辞

報告にあたり、調査に便宜を賜った群馬県榛名湖公園管理員丸岡和平氏、指導と助言を賜った五味禮夫元群馬大学教育学部教授に対し深謝の意を表する。

文 献

- 伊藤嘉昭 (1963) : 動物生態学入門。古今書院。
 峰村 宏・栗田秀男 (1980) : 水位変動と湖辺部の底生動物。群馬生物, 29: 21-25。
 宮地伝三郎ら (1961) : 動物生態学。朝倉書店。

小野勇一ら 生態学実習懇談会編 (1967) : 生態学実習書. 朝倉書店.

白石芳一ら (1969) : 湯の湖の生物群集の生産力に関する研究. JIBP-PF 湯の湖研究グループ報告.

川市上郷; 峰村宏, 群馬県立渋川西高等学校, 渋川市折原; Hideo KURITA, Shibukawa Senior Girls High School; Hiroshi MINEMURA, Shibukawa Nishi Senior High School, Shibukawa, Gunma 377)

(著者: 栗田秀男, 群馬県立渋川女子高等学校, 渋

1980年8月20日 受理