

浅海養殖生産性の生物学的研究

(第2報) ハマグリ種苗地の耕耘効果について

古川 厚・鈴木正也・中村達夫

(内海区水産研究所)

§ 1. 緒 言

干潟有用二枚貝の生産増強方策は、そこに営まれている生産過程全般に対して合理的な管理が実施される事が必要である。しかし、具体的には、管理の重点が或る特定時期に集中される事が多く、干潟養殖を始め所謂浅海養殖においては、とかく種苗確保の問題が中心となって来た。これは養殖対象生物群の生態的特性に依存する為と考えられる。即ち有用二枚貝の量的生活史の把握が充分出来ない場合でも、生活史初期の減少率が極めて著しい事を、多くの人々は直感的に把握していた為であろう。

従ってこれ等浅海養殖においては、所謂種苗確保の諸方策が工夫され、干潟有用二枚貝についても、地下湧水利用、緩流式種苗育成、干潟客土、耕耘等色々行われている¹⁾。しかし何れの方法にしても、その効果については決定的な結論を得る迄には至らず、尚今後多くの問題を残していると言っても過言ではないであろう。

1952年水産庁は干潟耕耘、客土等を含む、浅海増殖開発事業の実施を計画し、それ等と並行して各事業の効果判定試験を各種試験研究機関に委嘱した。各機関は種々討議の上、試験研究の重複を避け、夫々の立場で研究を推進する様に努めた。従って本報告は吾々が担当した分野での結果であり、本結論をもってすべての干潟耕耘を批判する事は出来ないが、やがて各種の試験研究結果が報告され、干潟耕耘効果について総合的結論を得る際の資に役立てば幸である。

此処に報告する試験結果は、大分県宇佐郡和間村地先のハマグリ種苗地の耕耘効果についてのものであり、1952年3月より約一年半実施した試験結果である。

本試験実施にあたり、内海区水産研究所長花岡資博士並びに福田嘉男資源部長には計画立案の当初から結果の取り纏めまで終始懇篤な御指導を得た。亦大分県浅海漁業研究所長増田守夫氏には、豊富な知見により実際の調査の上で極めて有益な御指示を受け、且亦現地での困難な交渉の労を忝うした。尚、両研究所の増殖研究関係の方々には測定その他色々の点で御協力を受けた。以上の方々に対し深く感謝の意を表する。

§ 2. 耕耘効果試験に対する考え方

耕耘が干潟生物、特に有用二枚貝に及ぼす生物学的影響については殆どわかっていない様である*。此の様な

事情のもとでは、先ず何等かの試験を行い、そこに生ずる結果にもとづき更に研究を重ね事態の究明を計る以外に方法はないであろう。

具体的に耕耘効果を判定する基準を考えると極めて多岐にわたり、何れを採るかに迷わざるを得ない。勿論耕耘効果の有無は極めて総合的見地より考察すべきは当然である。しかし、現実的には吾々が行い得る試験はそれに携る人員を始めとして経費その他の制約により自と限界がある。その限界内で何等かの結論を得ようとすれば、多くの基準の中から、適当なものを選び出し、その基準に照して効果の有無を論ずる以外に方法はないであろう。

基礎知識に乏しい吾々にとって、試験当面の目的は、耕耘により、干潟有用二枚貝の量的変化が如何に現れるかを概括的にでも把握する事であろう。耕耘と生物との因果性についての詳細は、この様な試験結果が集積された後に自と解明される事であろう。

勿論有用二枚貝自身の成長増殖には夫々特有の段階があり、夫々の段階に応じた棲息環境の好適条件は異なるものと考えられる。従って耕耘が有用二枚貝に何等かの効果を示すものとしても、それを試験調査の上で明らかにするためには、耕耘の施行時期、及びその間隔等が効果判定の上で考慮されなければならないものとする。此の事はたとえ耕耘効果の理由如何が生物学的に明らかにされないとしても、直ちに耕耘技術上の問題に関係し、技術指導の資料となるであろう。

今回吾々が行った試験では耕耘効果を、開始時期並びに、耕耘間隔に依って把握すべく、亦効果判定の基準はあくまでも、そこに棲息する生産対象物の量的変化に求め、底質の変化を主とする環境に及ぼす影響については、あくまでも補足的意義をもたせた。

効果判定試験等では、そこに設定された、コントロールの持つ内容が重要であろう。如何なるコントロールを設けたかは、得られた結果の考察を規定する。空間的問題を考慮しなければ、コントロールは耕耘を行わず、且耕耘の影響の全く波及しない地域であるべきだが、しかし、コントロール区域と試験区域との間に耕耘の影響以外の要因に差がない様な地域の選定は殆ど不可能であ

* 1952年1月に開催された水産研究所、増殖担当官会議の席上、水産庁係官、各大学の増殖関係者の間で行った討論の際も此の点についての結論は得られなかった。

る。そこで本試験では試験区内に耕耘しない区画を設け、これをコントロールとした。此の場合は、耕耘処理を施したものに対する不耕耘処理区としては考えられるが、耕耘の影響が可成広範囲に及ぶものとすれば、そこに設けられた不耕耘処理区は全く耕耘の影響の及ばない所と同一視する事は困難であり、夫々の持つ意味も若干趣を異にするであろう。従って本試験では試験調査区内に設けた不耕耘処理区と全く耕耘の影響下でない地点との相対的差異については一応問題にせず耕耘処理区に対する不耕耘処理区としての意味でコントロールとして考察する事にした。

§ 3. 予備調査

本試験実施にさきだち1952年3月末、試験区域の決定、調査方法の確立に必要な事項を得る目的で予備調査を実施した。

大分県浅海漁業研究所の従来の調査結果にもとづき、先ず、ハマグリの子息密度が比較的高く、且つ均一に分布している所を撰定し、現地の観察に依り地盤の比較的安定な所を試験地に決定した。その概略の位置は第1図に示した。

耕耘能力及び調査能力については、吾々が今回実施に際して自由にし得る経費から、大体次の様な制限が考え

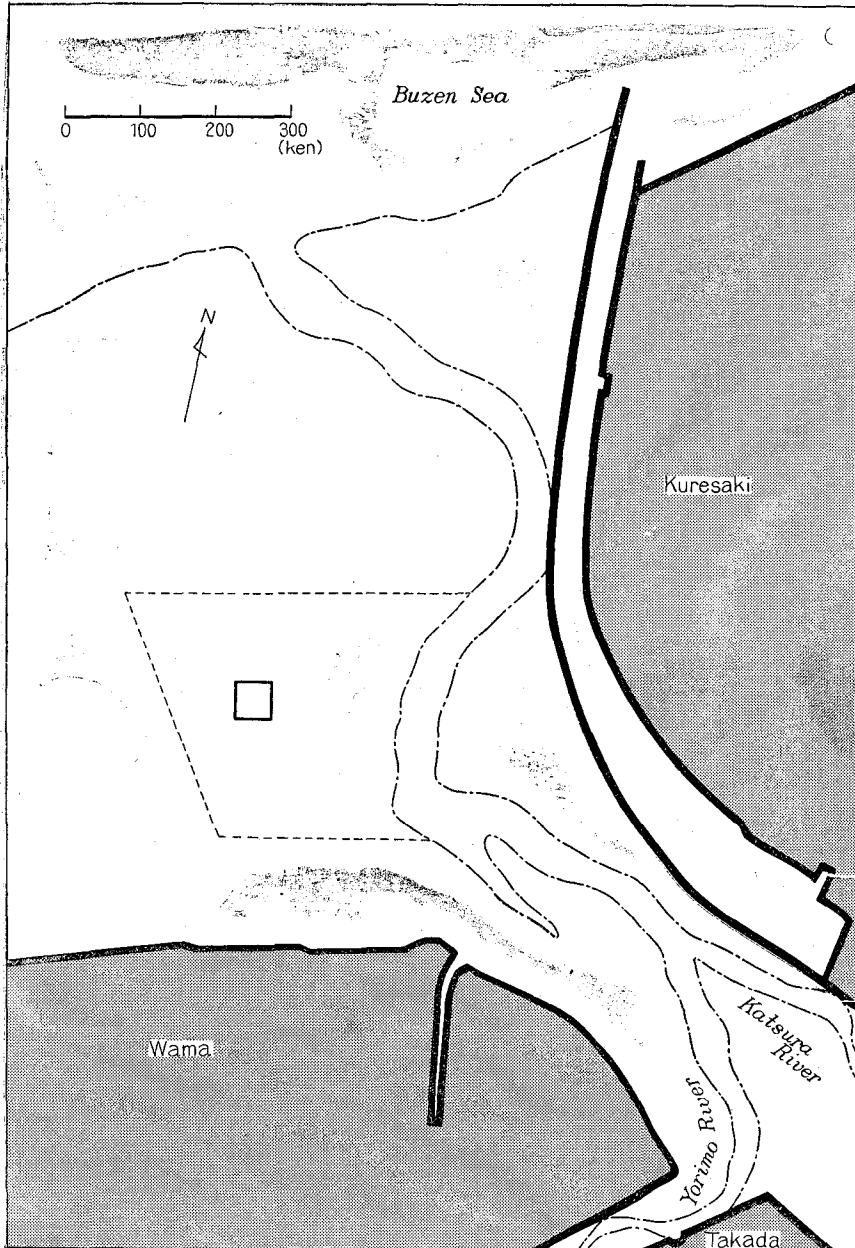


Fig. 1: Sketch-map showing the position of the experimental field.

られる。即ち、耕耘は牛耕に依らざるを得ず、その上備牛の都合で大体月2日間の耕耘より期待し得ない。従って今後の耕耘試験はすべて牛耕に依って行うものであり、アングルドーザ等との間には耕耘機に依る差異の問題が残る。予備調査の結果約2日間の可能耕耘面積は大体2,500坪であった。

調査参加可能人員数(5~6人)から見て、調査し得るカドラート数は、各種二枚貝のカドラート毎の撰別、殻長測定(ハマグリのみに限定)、個体数、重量だけにしたとしても、現地での採集を含み考えると、1日の処理能力は大体暖期で約200カドラート、寒期でその1/2が見込まれる。

以上の諸結果から試験地の面積は大体50間×50間=2,500坪とし、調査単位(カドラート)数は大略400とした。

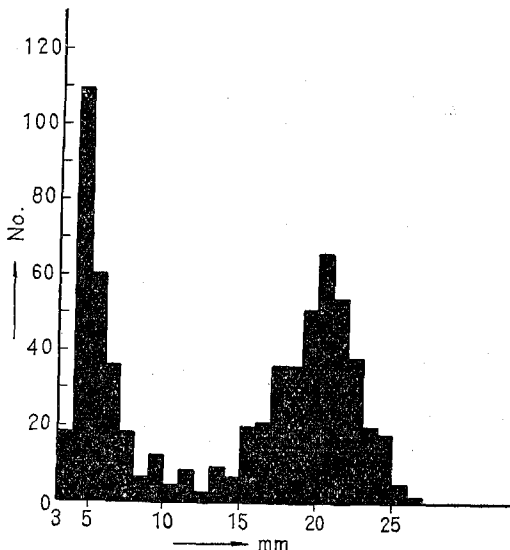


Fig. 2: Composition of shell-length of *Meretrix meretrix*, March 1952.

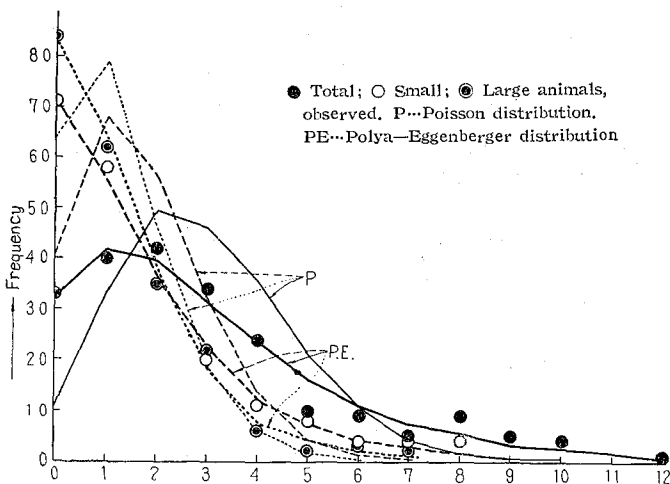


Fig. 3: Frequency distribution of clam (*Meretrix meretrix*), March 1952.

すでに述べた如く耕耘試験に際しては、耕耘の開始時期及びその間隔を考慮する必要が考えられるので、此れ等2つの要因を、試験地の全面積及び牛耕のための好適面積を考慮して、夫々7段階にわけグレゴラテン方格に依って配置するとすれば、1処理区的面積は7間×7間となる。

処理区に相当する49坪を試験地中に設定し、一次抽出単位は1坪、調査単位は25cm×25cm×10cmのカドラートを使用し、3種類の組合せで調査した。即ち一次抽出単位数は2,4,8とし、夫々に対応する調査単位数は4,2,1とし、何れの場合でも調査単位数は8個となる様にした。その結果はすでに古川、鈴木²⁾が報告した如く、一次抽出単位間の分散は小さく、此の点で此れ等は一括して考えてもよい様に考えられ、調査に際しては単純任意抽出を行う事で充分な事が明となった。

層化抽出については、吾々のハマグリに対する知識の不足から、層化の基準は直接採具に依る以外に方法はなく、ハマグリの移動習性³⁾⁴⁾⁵⁾を考えれば、可成の変化が予想される。その上、耕耘による移動の問題は今回の試験の一項目でもある。

調査に使用するカドラートの大きさは、ハマグリの分布との関係等で決定すべきであるが、大体アサリの場合と大差ないものと考え、広島県水産試験場の報告⁶⁾に準じて上記の大きさのものを使用した。

分布型の想定をするため試験地で系統抽出を行ない、216個の測点にもとづき調査を実施した結果、ハマグリ全体、及び大形、小形にわけたもの(第2図により区分する)、シオフキの個体数等何れもポリヤ・エッゲンベルガー型に一致しないといわれぬ結果を得た(第3図)。そこで棲息量の推定に関してはともかく、各種検定に際してはすべて変換式 $\lambda^{-1} \text{Sin}^{-1} \left(\lambda + \sqrt{x + \frac{1}{2}} \right)$ を用いて数値変換を行い、各種分析にあたってはすべて変換値を使用した。

亦カドラート当り殻付重量については、すでにアサリの場合対数正規型を想定したが⁷⁾、今回は大体個体数の場合と同様であったので、重量についても個体数と同様の変換値を使用した。

以上が本試験に先だち行った予備調査の概要である。

§ 4. 耕耘効果判定試験

a) 試験地の概要

試験実施の場所は大分県宇佐郡和間村地先、大分県浅海漁業研究所で昭和25年より、浅海増殖資源維持補助事業として設定したハマグリ種苗場(約70,000坪)の一部約3,000坪で、予備調査の結果にもとづ

き決定したものである。種苗場には区画目印の木杭が立てられ、採貝を防ぐために監視人が周年見張っている。試験地附近の概略はすでに述べたが(第1図)、此の干潟は極めて広大なもので、大分県に所属する部分だけでも約3,800町歩と推定されている。冬期は北西季節風が特に強く、そのため州の形状も若干変化するといわれている。干出時間は試験地附近で小潮時約4時間、大潮時には約6時間程度である。底質は砂泥質で表面から約10cmの所に灰黒色の層が存在している。

浅海漁業研究所の調査結果によれば、此の試験地附

* 大体殻長30mm程度迄を現地では種苗としている。

1 D ₂	8 A ₇	15 E ₅	22 F ₆	29 G ₄	36 C ₁	43 B ₃
2 B ₆	9 C ₄	16 A ₁	23 E ₇	30 D ₃	37 G ₂	44 F ₅
3 F ₇	10 G ₃	17 C ₂	24 A ₄	31 B ₅	38 D ₆	45 E ₁
4 G ₁	11 E ₆	18 F ₃	25 B ₂	32 C ₇	39 A ₅	46 D ₄
5 E ₄	12 D ₅	19 G ₆	26 C ₃	33 F ₁	40 B ₇	47 A ₂
6 C ₅	13 F ₂	20 B ₄	27 D ₁	34 A ₆	41 E ₃	48 G ₇
7 A ₃	14 B ₁	21 D ₇	28 G ₅	35 E ₂	42 F ₄	49 C ₆

Fig. 4: Arrangement of the treatment.

1→49, Plot number; A→G, Time interval of bottom harrowing; Additional number 1→7, Time when treatment started

近は、他の地区に比較してハマグリ種苗*が多く、豊前海干潟中最良の種苗場といわれている。シオフキ稚貝分布の濃密区域は本試験地とは若干ずれている様であり、アサリの分布は寄蕨川周辺に濃密区域があり、本試験地には比較的少ない。

試験地は49個の49坪区画に分轄し、夫々の区域(処理区)の間には1間幅の空所を設けた(第4図)。その理由は耕耘の便宜と、各処理区の周辺効果の問題も若干考えられたからである。各処理区の四隅には夫々標識柱をたて区分を明確にした。

すでに述べた如く、試験地撰定の一基準として、可能な範囲で外観的に均一と思われる範囲を撰んだが、多少の凸凹は避けられず、その上時間の経過と共に若干の移動変化が見られた。試験終了時の大体の地形は第5図に示した。調査中最も顕著な地形変化は処理区6を覆うプールの有無と、東方から試験地に注入する中央溝の有無であって、何れも試験当初には見られなかったものである。

b) 耕耘について

豊前海干潟開発に使用する耕耘機は10噸及び8噸の何れもアングルドーザである。従って今回吾々が使用した牛耕用鋤とは異り、此の点に関する耕耘機の差異に依る効果については尚若干の問題が残る。

耕耘深度は大体15cm程度で比較的均一であった。耕耘はすべて昼間干潮時行ない、出来るかぎり、丁寧に行う様に務めた。作業中鋤により損傷を受ける個体が見られたが、此のための詳細な調査は実施しなかった。耕

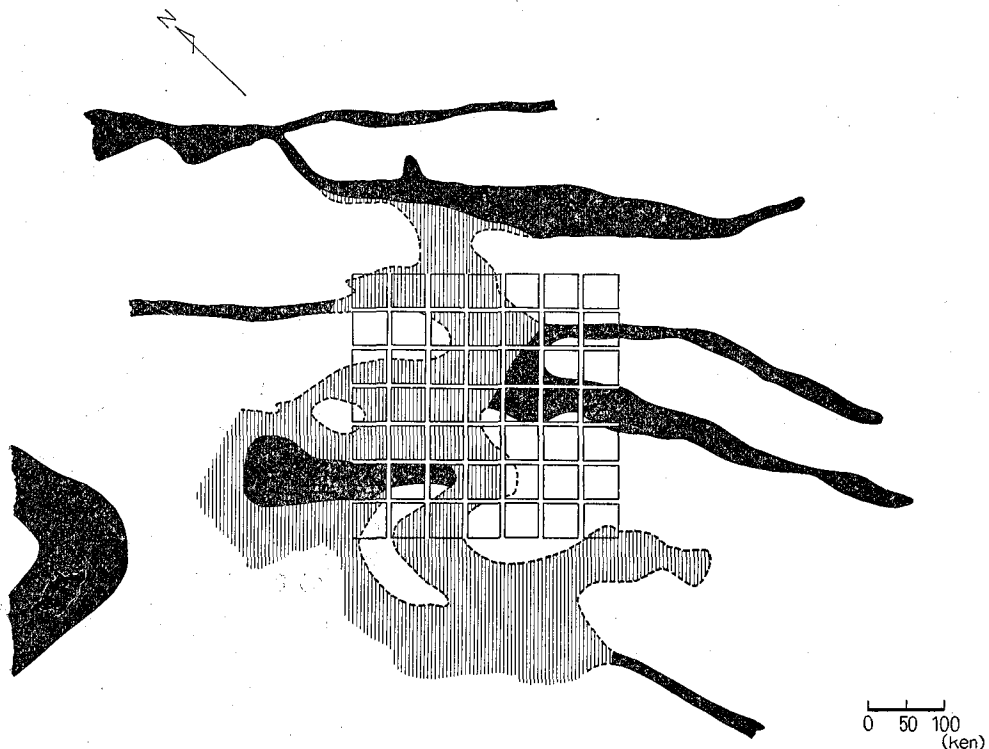


Fig. 5: Outline of the experimental field condition. (May 1953)

■ Pool ▨ Danp-ground.

Table 1: The date of bottom harrowing.

No.	Date			No.	Date		
1	1952	Aug.	4	6	1952	Dec.	16 17 18
2	〃	Sep.	8 9	7	1953	Jan.	25 26 27 28
3	〃	Oct.	1	8	〃	Feb.	27 28 1
4	〃	Oct.	20 21	9	〃	Mar.	25 26 27
5	〃	Nov.	16 17 18	10	〃	Apr.	27 28

Table 2: The date of sampling.

No.	Date				No.	Date			
1	1952	June	27 28 29 30		7	1952	Dec.	13 14 15	
2	〃	July	23 24 25 26 27		8	1953	Jan.	13 14 15 16 17 18 19	
3	〃	Aug.	28 29 30 31		9	〃	Feb.	13 14 15 16 17	
4	〃	Sep.	19 20 21 22		10	〃	Mar.	12 13 14 15 16 17 18	
5	〃	Oct.	16 17 18 19		11	〃	Apr.	14 15 16 17	
6	〃	Nov.	13 14 15		12	〃	May	11 12 13 14	

耘後の外観は、その方法(折り返えず場合、求心的場合)に依り必ずしも同一ではないので、折り返し耕耘に統一した。干潮時海水の残存しているプールの耕耘の際は可成の個体が露出されているが、翌日は殆ど見られなかった。

耕耘施行日は第1表に示した。耕耘日の間隔は大体一致する様に務めたが、潮汐の関係、備牛の都合により理想通りには実施出来なかった。

c) 調査方法並びに測定

調査は生物調査と底質調査とにわけられる。生物調査では毎月49個の処理区について、夫々無作意に8点を撰びカドラート(25cm×25cm×10cm)を挿入し、移植コテで掘り、5厘目篩で篩いわけして、布袋に入れて実験室にもち帰り、二枚貝を撰別し、各種類別に重量、個体数を計測し、更にハマグリのみについては殻長を測定した。

底質調査は各処理区別に毎月2点を無作意に撰出し、表面及び10cm層より適量を採泥し、管瓶に充填、密栓して実験室に持ち帰り、出来るだけ早く灼熱減量、過マンガン酸カリ消費量を測定した。採貝、採泥の時期は第2表に示した。

d) 要因並びに配置

耕耘の効果については、その開始時期並に間隔を考慮する事が必要な事はすでに述べた所である。しかし、これ等開始時期、間隔をどの様にしたらよいかは全く不明である。吾々は一応開始時期を6段階とし、耕耘間隔を6種類にした。従って耕耘を行わないコントロールを含

めると夫々7つの種類となる。此れ等の要因をグレゴラテン方格に配置したのが第4図である。なお耕耘回数、時期を各試験区毎に整理したのが第3表である。

§ 5. 耕耘とハマグリ成長との関係

貝類の成長と耕耘との関係についてはすでに若干の報告がある。徳久等⁹⁾¹⁰⁾は東京湾干潟において可成の規模の耕耘を実施し、その結果について報告している。しかし、貝類の成長との関係については抽象的で具体的ではない。その後岡山県水産指導所¹¹⁾では県内高梁川干潟の耕耘試験を実施し、若干の前提のもとにアサリ稚貝の成長に関しての耕耘効果を検討した結果、「推計学的には有意とはならなかった。勿論このことは、生物学的に意味がないということではなくして、更に方法を改良し、誤差分散を小さく抑える様にすれば、有意といえるようになるが、平均成長に対して精々16%であり、たとえ良い結果を得るにしても、経済的な見地からは疑問を持ち得よう」としている。猪野、大島等¹²⁾は千葉県木更津地先の試験結果として、「少くとも蔦付けたアサリの成長については耕耘の効果的影響は認められない云々」と結論している。勿論此の結論に対しては若干の条件が附帯しているが、何れにしてもアサリの成長に対する耕耘効果は否定的である。同様の結果は三重県水産試験場伊勢湾分場¹³⁾でも得ているし、佐賀県水産試験場¹⁴⁾でも類似の結果を得ている。

吾々は干潟耕耘とハマグリ殻長成長との関係が最も顕著に現れるのは成長期であろうとの予想のもとに、年間

Table 3.: Summary of the treatment and sampling date.

Plot No.	Treatment	Harrowing Date											
		VIII	IX	X	X	XI	XII	I	II	III	IV		
		4	8	1	20	17	17	27	28	26	27		
		XII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
		25	29	20	16	13	13	15	15	17	15	11	
16	A ₁												
47	A ₂												
7	A ₃												
24	A ₄												
39	A ₅												
34	A ₆												
8	A ₇												
14	B ₁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
25	B ₂		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
43	B ₃			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
20	B ₄				○	○	○	○	○	○	○	○	
31	B ₅					○	○	○	○	○	○	○	
2	B ₆						○	○	○	○	○	○	
40	B ₇							○	○	○	○	○	
36	C ₁	○		○		○		○		○			
17	C ₂		○		○		○		○		○		
26	C ₃			○		○		○		○			
9	C ₄				○		○		○		○		
6	C ₅					○		○		○			
49	C ₆						○		○		○		
32	C ₇							○		○			
27	D ₁	○			○			○				○	
1	D ₂		○			○			○				
30	D ₃			○			○			○			
46	D ₄				○			○			○		
12	D ₅					○			○				
38	D ₆						○			○			
21	D ₇							○			○		
45	E ₁	○				○				○			
35	E ₂		○				○				○		
41	E ₃			○				○				○	
5	E ₄				○				○				
15	E ₅					○		○		○			
11	E ₆						○				○		
23	E ₇							○					
33	F ₁	○					○		○				
13	F ₂		○					○					
18	F ₃			○					○				
42	F ₄				○					○			
44	F ₅					○					○		
22	F ₆						○						
3	F ₇							○					
4	G ₁	○						○					
37	G ₂		○						○				
10	G ₃			○						○			
29	G ₄				○						○		
28	G ₅					○							
19	G ₆						○						
48	G ₇							○					

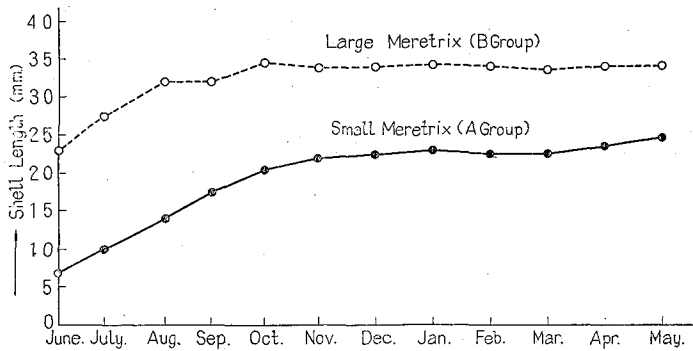


Fig. 6: Growth of the average shell-length (*Meretrix meretrix*).

殻長成長曲線 (第6図) から一応7月より11月の間を成長期とし、大型群 (Bグループ)、小型群 (Aグループ) について若干考察した。

各グループのハマグリは、耕耘回数に依り更に3分し、夫々の区分に属する調査区より得られたものの殻長について各月別の平均値を求め相互の比較を試みた。夫々の平均値及び標準誤差は第4表、第7、8図に示した。これ等からAグループ、Bグループともに、考察期間内に全く耕耘しなかった区 (A₀-B₀)、1

Table 4: Monthly mean shell-length of 2 groups.

	A—Group						B—Group					
	A ₀		A ₁		A ₂		B ₀		B ₁		B ₂	
	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.
July	9.32	0.23	10.30	0.17	10.14	0.09	27.00	0.14	26.72	0.22	27.27	0.21
Aug.	14.10	0.14	13.55	0.26	14.15	0.16	30.40	0.15	29.77	0.24	29.88	0.14
Sep.	17.94	0.20	17.71	0.32	17.87	0.22	32.16	0.12	32.39	0.29	32.25	0.20
Oct.	20.23	0.20	20.42	0.31	20.15	0.25	33.58	0.16	33.64	0.33	33.62	0.19
Nov.	22.12	0.18	20.99	0.28	22.01	0.34	34.04	0.17	32.70	0.36	33.78	0.20

(A₀, B₀...Non-harrowed; A₁, B₁...Once harrowed; A₂, B₂...2-4 times harrowed)

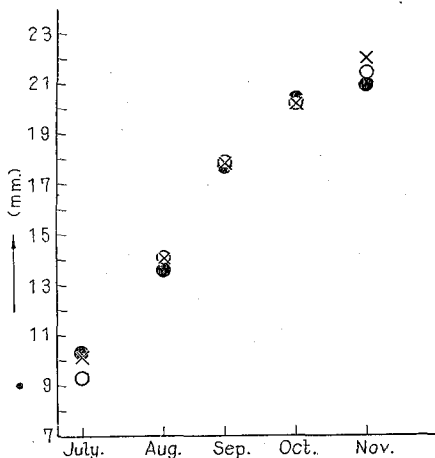


Fig. 7: Comparison of average growth in shell-length by treatment (Small *Meretrix*).

○ Nonharrowed, ● once harrowed, × 2-4 times harrowed

回のみ耕耘を行なった区 (A₁, B₁)、及び 2~4 回耕耘を実施した区 (A₂, B₂)、の間には、殆ど成長の差異は認められない。

各地で行われた試験結果等を総合すれば、干潟有用二枚貝の成長に対しては、少なくとも現在天然の種苗場として考えられる様な場所では、耕耘の効果は期待出来ない

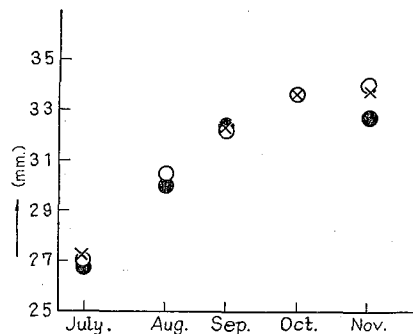


Fig. 8: Comparison of average growth in shell-length by treatment (Large *meretrix*).

For ○, ●, × see footnote Fig. 7.

と云っても良いのではなからうか。ハマグリ蓄養場の如く、人為的に棲息密度が極めて濃密に保たれ、且つ永年の間、反復使用される様な場所で、生物的に汚毒された様な場合については問題は別である。

§ 6. 耕耘とハマグリ棲息数との関係

今回実施した耕耘効果試験の中心課題は、有用二枚貝の棲息数に及ぼす耕耘の影響であった。何故なれば、すでに述べた如く、撰定した試験地は所謂種苗地であり、試験の目的は種苗の増産に及ぼす耕耘の影響を吟味する

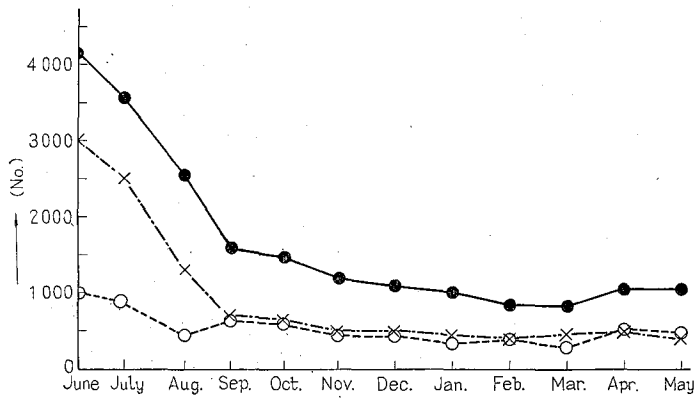


Fig. 9: Monthly number of *Meretrix* in total samples.

●---Total animals, x---Small animal (A group), ○---Large animal (B group).

Table 5: Summary of the treatment group.

Treatment group	Treatment				Plot No.
	1st.	2nd.	3rd.	4th.	
A ₀					2 3 6 7 8 11 12 15 16 19 21 22 23 24 28 31 32 34 38 39 40 44 47 48 49
A ₁	○	○	○	○	14
A ₂		○	○	○	25
A ₃			○	○	43
A ₄				○	20 9 46 5 42 29
A ₅	○		○		36
A ₆		○		○	17
A ₇			○		10 18 26 30 41
A ₈	○			○	27
A ₉		○			1 13 35 37
A ₁₀	○				4 33 45

Table 6: Analysis of variance for survival of *Meretrix* by treatment during July to November, when abundance is decreasing.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Between class variation	10	0.2651	0.0265
Within class variation	38	2.7750	0.0730
Total	48	3.0401	

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	25	-0.84	1.9116
A ₁	1	-0.93	
A ₂	1	-0.54	
A ₃	1	-0.87	
A ₄	6	-0.91	0.3142
A ₅	1	-1.12	
A ₆	1	-0.98	
A ₇	5	-0.94	0.1212
A ₈	1	-1.01	
A ₉	4	-0.91	0.1557
A ₁₀	3	-0.80	0.2733

事であり、種苗確保の第一の目的は、成長、増重が若干阻害されたとしても、個体数の確保がより重要と考えられるからである。

猪野、大島¹²⁾等はアサリの棲息数増加に対する耕耘の効果は余り期待し得ないだろうと推測している。これに対し佐賀県水産試験場で実施したアサリ蒔付試験の結果¹⁴⁾によれば耕耘地の歩留りは他に比して良好である。

さて吾々が行なった試験の中で、ハマグリ¹⁵⁾の棲息個体数が耕耘に依り如何なる影響を受けるかについて考察した。

各月々の差異を詳細に吟味する事は極めて労の多い事であり、繁雑となる恐れも考えられる。亦一方耕耘の目的が可成の量的増加を見越している事を考慮すれば、顕著でない変化は一応考慮しなくとも良いのではなからうか。

そこで吾々は年間にわたる試験地内のハマグリ棲息個体数の増減(第9図)を目安にして、減衰期(7月—11月)、停滞

期(11月—3月)及び増加期(3月—5月)の3期に区分し、それ等の期間中に見られる、ハマグリ全体、更にはAグループ、Bグループの棲息個体数が耕耘処理の差異により如何に変化するかを吟味した。即ち、各試験区毎に夫々の期について初めの月及び最後の月のカドラート当り平均値を求め、更に夫々対応する試験区毎に平均値差を作り、耕耘処理の差異により、此れ等平均値差を分類し、各区分に属する差の平均値が如何なる相違を示すかを見た。

先ず減衰期のハマグリ全体について考える。49試験区は、耕耘回数及びその時期に依り、11区分に分けられる(第5表)。此れ等11区分の間には個体数減少についての差異は見られなかった(第6表)。即ち全く耕耘を行わない区をも含め、各種の耕耘処理に依り、特に個体数の歩留りが良い処理区もないし、逆に減少が著しい区もなかった。此の結果から棲息個体数の減衰期では、耕耘のため特に顕著な変化が起るとは考えられない。以上は7月から11月の間に生じた個体数歩減りについての結果であるが、此の期間中特に減少の甚しい7月から10月の

Table 7 : Analysis of variance for survival of *Meretrix* by treatment between successive two months.

	Treatment	Mean	Term No	Variance		s. s.	d. f.	m. s.
July—Aug.	T ₁	37.50	6	636.70	J	513.4	1	513.4
	T ₀	47.35	43	416.05	R(J)	21667.6	47	461.0
					RJ	22181.0	48	
July—Sep.	T _{1,2}	78.00	1					
	T ₁	77.40	5	581.30	J	63.9	3	21.3
	T ₂	77.30	6	779.86	R(J)	22932.1	45	509.6
	T ₀	74.90	37	464.10	RJ	22996.0	48	
July—Oct.	T _{1,2,3}	70.00	1					
	T _{1,3}	94.00	1					
	T _{2,3}	30.00	1		J	3420.5	6	570.1
	T ₁	83.75	4	513.90	R(J)	15575.1	42	370.8
	T ₂	87.40	5	100.25	RJ	18995.6	48	
	T ₃	89.20	6	369.00				
	T ₀	83.40	31	392.90				
Aug.—Sep.	T _{1,2}	60.00	1					
	T ₁	34.80	5	421.70	J	2047.8	3	682.6
	T ₂	39.00	6	112.40	R(J)	14014.7	45	311.4
	T ₀	26.05	37	326.80	RJ	16062.5	48	
Aug.—Oct.	T _{1,2,3}	58.00	1					
	T _{1,3}	36.00	1					
	T _{2,3}	41.00	1		J	945.5	6	157.6
	T ₁	45.00	4	142.00	R(J)	14850.7	42	353.6
	T ₂	37.20	5	244.20	RJ	15796.2	48	
	T ₃	31.00	6	173.60				
	T ₀	36.7	31	419.30				
Sep.—Oct.	T _{1,2,3}	-2.00	1					
	T _{1,3}	7.00	1					
	T _{2,3}	8.00	1		J	1098.7	6	183.1
	T ₁	8.75	4	315.60	R(J)	19793.7	42	471.3
	T ₂	-1.00	5	227.50	RJ	20892.4	48	
	T ₃	10.50	6	349.50				
	T ₀	9.80	31	536.40				

Table 8 : Analysis of variance for survival of small *Meretrix* by treatment between successive two months.

	Treatment	Mean	Term No.	Variance		s. s.	d. f.	m. s
July—Aug.	A ₁	63.50	6	1149.00	J	359.8	1	359.8
	A ₀	71.77	43	901.04	R(J)	43589.2	47	927.4
					RJ	43949.0	48	
July—Sep.	A _{1,2}	115.00	1					
	A ₁	114.80	5	648.70	J	123.9	3	41.3
	A ₂	112.83	6	1622.97	R(J)	86269.1	45	1917.0
	A ₀	117.35	37	2098.87	RJ	86393.0	48	
July—Oct.	A _{1,2,3}	112.00	1					
	A _{1,3}	127.00	1					
	A _{2,3}	48.00	1		J	387.8	6	64.6
	A ₁	121.75	4	1142.25	R(J)	31936.6	42	760.4
	A ₂	133.40	5	384.30	RJ	32324.5	48	
	A ₃	142.17	6	1044.57				
	A ₀	127.06	31	891.66				
Aug.—Sep.	A _{1,2}	75.00	1					
	A ₁	46.60	5	219.80	J	1356.9	3	452.29
	A ₂	53.17	6	934.97	R(J)	25890.7	45	575.35
	A ₀	43.62	37	564.91	RJ	27247.6	48	
Aug.—Oct.	A _{1,2,3}	72.00	1					
	A _{1,3}	28.00	1					
	A _{2,3}	64.00	1		J	1240.5	6	206.74
	A ₁	61.25	4	300.25	R(J)	21007.6	42	500.18
	A ₂	58.60	5	468.80	RJ	22248.1	48	
	A ₃	55.50	6	426.70				
	A ₀	55.85	31	536.61				
Sep.—Oct.	A _{1,2,3}	-3.00	1					
	A _{1,3}	-17.00	1					
	A _{2,3}	14.00	1		J	1269.6	6	211.60
	A ₁	14.25	4	176.91	R(J)	27760.4	42	660.96
	A ₂	4.80	5	312.70	RJ	29030.0	48	
	A ₃	12.00	6	389.20				
	A ₀	12.19	31	800.09				

Table 9 : Analysis of variance for survival of large *Meretrix* by treatment between successive two months.

	Treatment	Mean	Term No.	Variance		s. s.	d. f.	m. s.
July—Aug.	B ₁	3.83	6	369.36	J	12.3	1	12.3
	B ₀	2.30	43	289.74	R(J)	14015.9	47	298.2
					RJ	14028.2	48	
July—Sep.	B _{1,2}	-6.00	1					
	B ₁	17.20	5	469.70	J	1467.2	3	489.1
	B ₂	8.83	6	289.00	R(J)	11215.6	45	249.2
	B ₀	0.81	37	219.20	RJ	12682.8	48	
July—Oct.	B _{1,2,3}	-2.00	1					
	B _{1,3}	17.00	1					
	B _{2,3}	-21.00	1		J	3330.5	6	555.1
	B ₁	18.50	4	293.70	R(J)	11724.6	42	279.2
	B ₂	6.80	5	279.70	RJ	15055.1	48	
	B ₃	14.33	6	431.50				
	B ₀	-1.87	31	238.90				
Aug.—Sep.	B _{1,2}	15.00	1					
	B ₁	8.40	5	157.80	J	1368.2	3	456.1
	B ₂	10.50	6	37.80	R(J)	14398.5	45	319.9
	B ₀	-2.14	37	377.10	RJ	15766.7	48	
Aug.—Oct.	B _{1,2,3}	19.00	1					
	B _{1,3}	8.00	1					
	B _{2,3}	-12.00	1		J	2295.4	6	382.6
	B ₁	7.25	4	60.90	R(J)	10596.0	42	252.3
	B ₂	7.00	5	566.00	RJ	12891.4	48	
	B ₃	9.33	6	217.50				
	B ₀	-4.61	31	235.40				
Sep.—Oct.	B _{1,2,3}	4.00	1					
	B _{1,3}	17.00	1					
	B _{2,3}	-13.00	1		J	1264.9	6	210.8
	B ₁	9.00	4	114.00	R(J)	12155.2	42	289.4
	B ₂	7.00	5	103.00	RJ	13420.1	48	
	B ₃	6.50	6	138.30				
	B ₀	-1.52	31	357.20				

Table 10 : Analysis of variance for survival of *Meretrix* by treatment during November to March, when abundance is kept stationary.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	30	1.7797	0.0593	2.49*
Within class variation	18	0.4293	0.0238	
Total	48	2.2090		

* indicates significance under 5% level.

Table 11 : Summary of the mean survival number of *Meretrix* by treatment during the period stationary abundance.

Treatment group	Bottom harrowing								Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A ₁₆		○			○				+0.35
A ₆						○	○	○	+0.20
A ₁₀			○		○		○		+0.19
A ₂		○	○	○	○	○	○	○	+0.12
A ₁	○	○	○	○	○	○	○	○	+0.10
A ₂₆	○					○			+0.07
A ₂₃			○				○		+0.02
A ₂₁	○				○				-0.04
A ₂₉	○						○		-0.08
A ₁₅	○			○			○		-0.09
A ₁₁				○		○		○	-0.13
A ₂₄				○				○	-0.13
A ₂₅					○				-0.13
A ₂₀						○			-0.13
A ₁₄							○		-0.19
A ₂₈			○					○	-0.24
A ₁₉					○			○	-0.26
A ₀									-0.28
A ₅					○	○	○	○	-0.29
A ₃₃		○						○	-0.32
A ₇							○	○	-0.33
A ₉		○		○		○		○	-0.35
A ₈	○		○	○	○	○		○	-0.36
A ₁₇			○			○		○	-0.38
A ₄				○	○	○	○	○	-0.40
A ₁₂					○		○	○	-0.45
A ₂₇		○					○	○	-0.46
A ₁₈				○			○	○	-0.46
A ₃			○	○	○	○	○	○	-0.52
A ₂₂		○					○	○	-0.53
A ₁₃							○	○	-0.56

間に見られるハマグリ全個体, A, B グループについての各月間の変化を吟味した。此れ等の吟味は, 産業的価値において云々すると云うよりは, 比較的短期間中に如何なる変化が見られ, その変化がどの位継続するかを検討する為に行なった。

その方法としては, 各月処理区毎にカドラート当り平均値 (\bar{x}_{ij} ... i は調査月を示し, i, j は 1~49 の処理区を示す) を求め, 7, 8, 9, 10 月より夫々 2 つ毎の組合せを作り, その間に行われた耕耘処理の差異に依り 49 処理区を分類し, 夫々の群について対応する区毎の平均値差 (\bar{x}) を求め, これ等について分散分析を行なった。その結果 (第 7 表) 特にハマグリ の棲息個体数が耕耘に依り短期間にも変化しなかつた事が考えられる。尚第 7, 8, 9 表に示した \bar{x} は各処理別月差 (\bar{x}) を夫々の属する処理群について平均した値である。以上の考察から夏より秋にかけてのハマグリ個体数減少期における耕耘の影響は認められない。

冬期間の停滞期について同様の分析をハマグリ全体について行なった結果 (第 10 表), 耕耘処理区分 31 個の間に 5% の危険率で有意差が見られる。これ等 31 個の処理区分について平均値差の大きい順に並べた結果 (第 11 表), 若し処理区分間に見られる差異が, 耕耘のためであるとすれば, 耕耘時期及びその間隔に関連して何等かの法則性が存在してもよいはずである。しかし得られた結果からは, この様な法則性は見られない。従って処理区分間の有意差は耕耘回数, 及びその開始時期等に依り一義的に定まるものとは考えられず, 抽出率等の問題を含めて更に詳細な検討を必要とする。

春期に見られる増加期についての分析結果も亦耕耘効果は否定的である (第 12 表), 亦停滞期並びにその後続く増加期では A グループ, B グループの増減率は大体一致していると考えられるので (第 9 図), 耕耘に依る影響は大体類似しているものと仮定し, 両者を区分し夫々について分析する事はしなかつた。

以上の諸結果に依り, 今回吾々が実施した耕耘試験においては, ハマグリ の個体数は耕耘に依り変化を受けないと考えられる。

Table 12 : Analysis of variance for survival of *Meretrix* by treatment during March to May, when abundance is increasing.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	39	1.7042	0.0437	0.64
within class variation	9	0.6128	0.0681	
Total	48	2.3170		

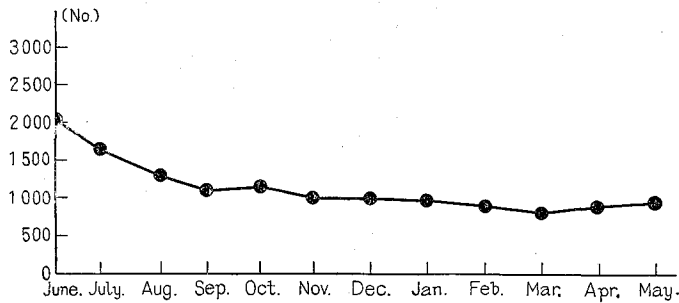


Fig. 10: Monthly number of *Mactra veneriformis* in total samples.

§ 7. 耕耘とシオフキ棲息数との関係

シオフキは比較的薄い貝殻であるために、耕耘機による損傷がハマグリ、アサリ等に比較して多い様に考えられるし、夏期の斃死、出水時の死亡率の大きい事等を考えると、可成環境の変化に影響され易い事が予想され、耕耘による各種影響もハマグリ、アサリ等に比較して拡大される事が考えられる。今回シオフキ棲息個体数と耕耘との関係を取りあげた理由も上述の如き予想にもとづいての事である。

シオフキ棲息個体数の年間変化もハマグリの場合と類似している(第10図)。従って前と同様に減衰期、停滞期、増加期の3期において考察した。

減衰期の詳細はすでに報告¹⁵⁾したので、今回はその大要のみに止める。即ち i) 夏期の減衰期における耕耘は概して有効なものとは考えられないが、ii) 養殖場に何らかの原因で個体数が増加する様な場合の直前に耕耘する

Table 13: Analysis of variance for survival number of *Mactra* by treatment during the period of decreasing abundance.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	10	0.4109	0.0411	0.98
Within class variation	38	1.5977	0.0420	
Total	48	2.0086		

Table 14: Analysis of variance for survival number of *Mactra* by treatment during the period of stationary abundance.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	30	1.9818	0.0661	0.59
Within class variation	18	2.0176	0.1121	
Total	48	3.9994		

事は有効である様に考えられる。しかし、iii) 増加直前の耕耘効果の有効性も、日時の経過とともに消滅する。すでに述べた如く、耕耘施行の目的は可成量の増大の可能性を考えているわけであり、且つ亦その増大が或る程度長期にわたって維持される必要がある。従って月々の変化は、余り重要とは考えられないのでハマグリの場合と同様3期間の前後で個体数の変化が何の様に変化するかを吟味した。その結果3期ともに耕耘とシオフキ個体数の間には、耕耘回数、耕耘間隔の如何に拘らず、関係が見られなかった(第13, 14, 15表)。

Table 15: Analysis of variance for survival number of *Mactra* by treatment during the period of increasing abundance.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	39	1.8654	0.0478	0.89
Within class variation	9	0.4819	0.0535	
Total	48	2.3473		

以上の如く、シオフキの特性を考え、若干の影響を予想したにも拘らず、試験の結果はハマグリの場合と大差なく、耕耘の効果は見られなかった。

§ 8. 耕耘とハマグリ重量との関係

吾々はすでに耕耘がハマグリ成長、棲息個体数に対し特別の影響を示す事はない事を指摘したが、次に耕耘とハマグリ重量との関係について考察した。

重量増加の内容は、所謂"身入り"に依る場合と殻の肥厚成長とを含んでいる(前述の如く個体数増加に依る増重は考えなくともよい)。測定に際し殻重量と肉重量とに区別しなかったため、重量変化が各処理別に現われたとしても、その効果が増肉に現れたか、殻の肥厚増大に依るものかは直ちに区別する事は出来ない。亦経費の関係上、殻長グループ別の重量測定も行われなかったため、分析はすべてカドラート当りの全重量を使用した。分析にあたっては、個体数に準じ減衰期、停滞期、増加期の3期に区分して行なった(但しこの場合には3期を7月~10月、10月~3月、3月~5月とした)。

減衰期について見ると、この期間における耕耘処理区分は全く耕耘を行わないものを含めて7つである。分析結果(第16表)はこれ等7つの耕耘処理区分間には差があるとは考えられず、耕耘処理はハマグリ重量変化にはさしたる効果を示すものと考えられない。

停滞期についても、前と同様、差異は見られず(第17

Table 16 : Analysis of variance for growth (weight) of *Meretrix* by treatment during the period of decreasing abundance.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	6	8.6919	1.45	1.28
Within class variation	42	47.5925	1.13	
Total	48	56.2844		

Table 17 : Analysis of variance for growth (weight) of *Meretrix* by treatment during the period of stationary abundance.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	23	12.7364	0.554	0.29
Within class variation	25	46.6463	1.866	
Total	48	59.3827		

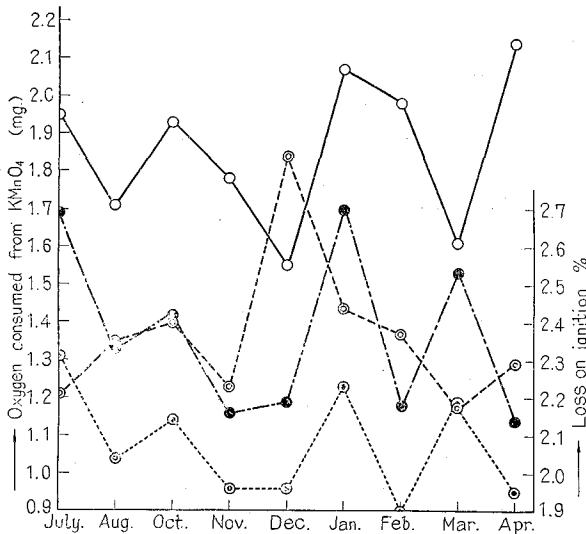


Fig. 11 : Monthly mean values of oxygen consumed from $KMnO_4$. (○ Surface layer, ⊙ 10 cm. layer) and ignition loss (● Surface layer, ⊙ 10 cm. layer).

Table 19 : Analysis of variance for the change of oxygen consumed from $KMnO_4$ by treatment during July to December (surface layer of bottom).

A_0 ...Non-treatment plots. A_1 ...Plots treated between November and December, A_2 ...Plots treated before November but not between November and December.

Treatment group	Mean	Variance	Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
A_0	33.87	1552.38	Between class variation	2	3464.50	1732.25	1.09
A_1	56.64	1192.34					
A_2	45.00	1864.88	Total	46	73151.35		

Table 18 : Analysis of variance for growth (weight) of *Meretrix* by treatment during the period of increasing abundance.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
Between class variation	14	20.5673	1.47	1.04
Within class variation	34	47.8536	1.41	
Total	48	68.4209		

表), 増加期においても同様の結果であった(第18表)。

以上の諸結果から, ハマグリの重量増加が耕耘に依り変化を受ける様な事は見られない。

§ 9. 潟土の過マンガン酸カリ消費量と耕耘との関係

耕耘によりハマグリ種苗場の底質が影響を受けるか否かを見るための指標として, 試料処理の点を考慮し, 過マンガン酸カリ消費量の測定並びに灼熱減量測定を採用した。勿論これ等2測定が, 本試験のために最も有効であるとの理論的根拠も実際の経験もあるわけではなく, 唯上述の如く, 現在の経費人手の許す範囲で考えた際, この2測定なら処理が可能であるという理由で行なったものである。

過マンガン酸カリ消費量と耕耘との関係を知るために, 49処理区の各々に2測点を無作為に選定し, 各測点で表層及び10cm層を採泥した。

分析は何れも実験室に持ち帰り, 常法に従った。尚各種計算に際しては, 測定値(x_i)を直接使用せず $X_i = 100x_i - 100$ を使用した。

表層について述べる。吾々が行なった各月毎の98測点全体の平均値は第11図の通りである*。各月とも平均値間では大体類似の値を示しているが, 7月より12月迄は減少の傾向が見られ, 1月が若干高く2月3月と低下し, 4月が高くなっている。

* 各月98測点全体について平均をとる事は, 異質のものを含み或いは無意味な事かも知れないが, 一応年間の概括的月別変化を見るために行った。

7月より12月迄の減少期について、各処理区毎に7月の2測点平均値より12月の平均値を引き、耕耘を全くしなかったA₀グループ、12月の調査前に耕耘をしたA₁グループ、耕耘歴はあるが、少くとも12月直前に耕耘をしなかったA₂グループに、各処理区の平均値差を大別し、これ等A₀, A₁, A₂の間に差異が見られるか否かを吟味した。その結果(第19表)、全く耕耘しない所も、調査直前に耕耘した所も、更には、耕耘前歴を有する処理区にも、差異は見られなかった。尚分散が極めて大きい事は、今後の底質調査の上に注意する必要がある。

1月に値が高くなっているが、この増加の理由については不明である。この様な増加期に耕耘の有無が如何なる影響をもつかを検討した。即ち全く耕耘をしなかった処理区(A₀)、12月と1月との間に耕耘を行なった処理区(A₁)、耕耘歴はあるが、12月と1月の間に耕耘を実施しなかった処理区(A₂)について前と同様の計算を行なった結果は何れも差は見られなかった(第20表)。

Table 20 : Summary of the change of oxygen consumed from KMnO₄ by treatment for the period of December and January (surface layer of bottom).

A₀... Non-treatment plots. A₁... Plots treated between December and January. A₂... plots treated before December but not between December and January.

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	13	56.31	1389.73
A ₁	16	64.50	1568.10
A ₂	19	55.48	992.59

次に10cm層について見る。各調査回毎の全処理区の平均値は第11図通りである。その傾向は表層に類似しているの、分析に際しては表層に準じて処理した。7月調査結果~12月調査結果についてA₀, A₁, A₂に整

Table 21 : Analysis of variance for the change of oxygen consumed from KMnO₄ by treatment during July to December (10cm. layer of bottom).

For A₀, A₁, A₂ see footnote of Table 19.

Treatment group	Mean	Variance	Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	"F" value
A ₀	6.70	1138.50	Between class variation	2	2336.97	1168.48	1.03
A ₁	12.12	1380.17					
A ₂	23.13	929.62	Within class variation	44	49860.90	1133.20	
			Total	46	52197.87		

理し計算した結果(第21表)何れも差異は認められない。増加傾向を示す12月と1月との間についての分析結果(第22表)からは、耕耘処理の差異が過マンガン酸カリ消費量に影響するとは考えられないにしても、夫々の処理間には分散の上で相異が見られ、考察期間内に耕耘を実施しなかったが、それ以前に耕耘歴をもつA₂の分散が他の2つのそれに対して比較的小さい。この理由については不明である。

Table 22 : Summary of the change of oxygen consumed from KMnO₄ by treatment for the period of December and January (10cm. layer bottom).

For A₀, A₁, A₂ see footnote of Table 20.

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	13	50.19	2497.02
A ₁	16	36.38	1891.08
A ₂	19	33.42	791.59

以上過マンガン酸カリ消費量と耕耘との関係を、比較的变化の大きい期間について吟味したのであるが、調査地と実験室との距離があった為、分析完了迄の時間が可成長くなったので、この間の変化は考えなければならぬと同時に人員不足から採泥点が少く、その上各点に見られる測定値は可成大きな差があり、充分な考察の対象とはならなかった。

以上の如き欠点の上に立って、分析結果を綜括した所では、耕耘に依り瀉土の過マンガン酸カリ消費量はさして大きな変化を受けるとは考えられない。尚調査中に見られた事柄としては、表層、10cm層ともに時期的な変化が可成ある事、耕耘直後表層は若干値が低下する様に考えられた事である。

§ 10. 瀉土の灼熱減量と耕耘との関係

灼熱減量測定用試料は前項試料と同一地点よりとったものであり、測定方法は常法に依った。

先ず表層について述べる。調査回毎の全処理区平均値は第11図の如くであり、過マンガン酸カリ消費量に比較して、周年変化は稍々安定している様であるが、その増減の傾向は両者ともに大体類似している。

過マンガン酸カリ消費量の場合と同様手法に従い、7月調査と12月調査との差、及び12月調査と1月調査の差について分析した。その結果前者については耕耘処理の差異は灼熱減量の変化の上には現れていない(第23表)。後者の場合にも平均値差間には耕耘処理の影響は見られない様に考えられるが、比較的未耕耘区間内の差異が小さく、その意味では均一化している様に考えられる。逆に考えれば、耕耘する事に依り、表層の有機物は、或は反転により、或は攪拌により、その分布は不均一化される傾向が予想される(第24表)。

Table 23 : Summary of the change of ignition-loss by treatment during July to December (surface layer of bottom).

For A₀, A₁, A₂ see footnote of Table 19.

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	19	58.11	1058.82
A ₁	14	67.36	2681.55
A ₂	16	34.25	2012.90

Table 24 : Summary of the change of ignition-loss by treatment for the period of December and January (surface layer of bottom).

For A₀, A₁, A₂ see footnote of Table 20.

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	13	55.15	697.97
A ₁	16	50.31	2712.09
A ₂	20	58.30	963.77

何れにしても平均値間に大差が認められない事から、調査区内の有機物の量的変化が耕耘により強く影響されるとは考えられない。

次に10cm層について述べる。年間各調査回毎の全体平均値は第11図に示した如くである。その傾向は大体表層の場合に似ている。表層の場合と全く同様の手法で分析して次の様な結果を得た。

7月から12月迄の間の変化は、全く耕耘を施行しなかった所も、12月調査前に行なった所も、更には12月調査直前には行なわず、それ以前に耕耘歴をもつ場所も、大体類似した結果であり(第25表)、特に変化の大きいものはなかった。従ってこの間の耕耘は濁土の灼熱減量の

Table 25 : Summary of the change of ignition-loss by treatment during July to December (10cm. layer of bottom).

For A₀, A₁, A₂ see footnote of Table 19.

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	19	36.45	1890.53
A ₁	14	39.14	2378.52
A ₂	16	34.84	2453.39

Table 26 : Summary of the change of ignition-loss by treatment for the period of December and January (10cm. layer of bottom).

For A₀, A₁, A₂ see footnote of Table 20.

Treatment group	Term No.	Mean	Variance
A ₀	13	65.88	6288.72
A ₁	16	22.84	2128.76
A ₂	20	4.13	2096.15

上には大した影響を示すものとは考えられない。

1月と12月の各調査結果にもとづく、耕耘処理別平均値差間の分析結果(第26表)から、未耕耘区(A₀)の変化は、分散、平均値ともに大きい。これに対し12月と1月との間に耕耘を実施した区(A₁)及び中間には耕耘しないが耕耘歴を有する区(A₂)では大体等分散であるが、変化の平均値では(A₁)の方が大きい。即ちこれ等の結果から、灼熱量の増加に際しては耕耘しない場合が比較的变化が大きく、しかもその変化は場所に依り可成の差異が見られる。これに対し、耕耘すると大体均一化される傾向が生じ、しかもその変化は余り大きくない。冬期の灼熱減量増加が何に依って生じたかは今後の問題であろう。

以上の如く、灼熱減量は耕耘に依り大きな変化が見られず、減量が主として有機物に依って生ずるとすれば、濁土中の有機物は耕耘に依り変化する事が少ないという事が出来るであろう。

§ 11. 補充試験*

吾々は分県豊前海干潟での耕耘試験の結果について述べて来た。その中で耕耘に依る環境変化については、生物の変化に対しては補足的意義をもたせ極めて簡単な調査を実施したに過ぎない。吾々としては、干潟生物の生産性に関係する因子については極めて不十分な知識よりもちあわせがなく、環境の変化が生物に現われる機構

* 補充試験は古川厚、久岡実、鈴木正也で行った。

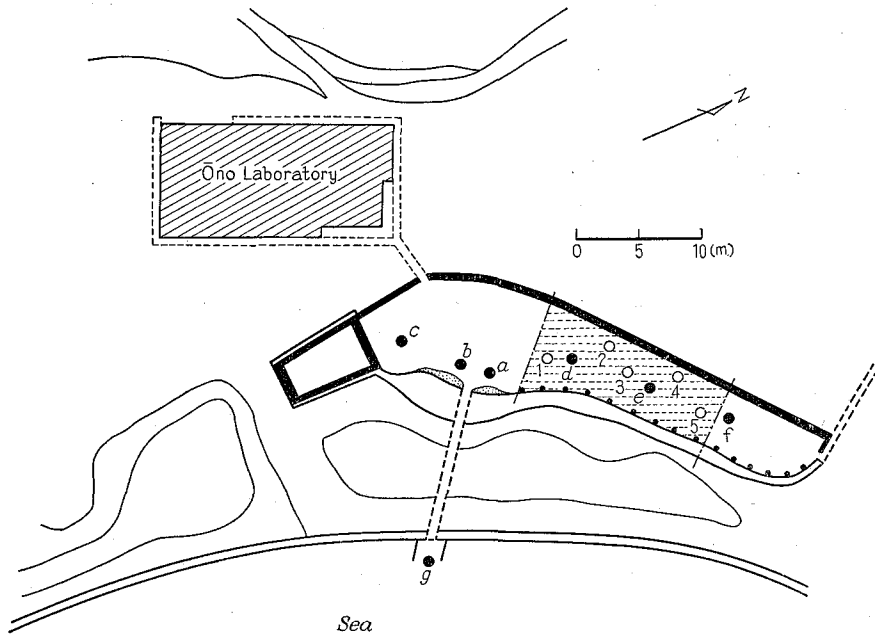


Fig. 12: Sketch-map of tide-pool (Ono Laboratory) showing the position of the stations at which samples were taken. (1-5 Bottom mud, a-f Sea water)

等に対しては殆ど無知である。従って今回試験地として使用したハマグリ種苗地の様な広大な場所で調査を実施したとしても、得られる結果は余り期待出来ないのではないかと考え、耕耘に依る海水中の塩類変化については比較的閉鎖された狭い干潟で吟味する事にした。

試験に使用した場所は内海区水産研究所大野分室にある約 50 坪の潮溜である(第 12 図)。この潮溜は海に面した側に海水取り入れ口があり、北側には畑及び農家の排水等の流入する淡水注入口がある。更に西側には実験室内の海水、淡水水槽より溢出する水を集めた溝が開口している。これ等排水の量は前者が大体 2 l/sec、後者は約 1.5 l/sec 程度である。この潮溜は干潮時干潟になり、満潮時は深い所で約 1.5 m 程度となる。西側は石垣とコンクリートで洩水をふせぐ様にしているが、干潮時には若干の湧水が見られ、その水量は大体 0.5 l/sec である。東側は木板の土止めがあるのみで、堤が若干くずれている。

1953 年 12 月 11 日 潮溜の底土を干潮時に採泥し過マンガン酸カリ消費量、灼熱減量を測定した(第 12 図に採泥点を示した。採泥は表層、10cm 層で行なった)。海水測定は干潮時池中の濡水については測点 a, b で採水したもので行い、その後、池の中央に設けた標尺柱(d)に水が来た時、測点 c, g で採水し、その後 1 時間おきに 3 回測点 c, d, e, f, g で採水した。

耕耘整地は 12 月 12 日午前の干潮時鍬とスコップで行い、その深さは大略 15cm、面積は池の約 1/3 である。この日の採水、採泥は前日にならい、引続き 13 日も行な

った。

海水分析はすべて海洋観測法¹⁰⁾に従い、水温、Cl, O₂, P₂O₅-P, NO₂-N, NO₃-N, pH を測定した。尚調査期間中は何れも晴天であった。

先ず耕耘に依る潟土の変化について見ると次の様になる。即ち潟土は全体的に岩石風化に依る礫が極めて多く、所謂細砂、浮泥の類は少なかった(風乾重量で約 5%)。約 10cm 層には黒色層が存在し、一般に上下層とも有機物は少ない様に見受けられた。

分析に使用した潟土は 5 地点より採泥したものから礫を除外した残りのものである。尚分析結果中耕耘直後(12月12日)の表層、10cm 層の値は極めて類似していたので一括し平均した。

分析結果は第 13 図に示した、過マンガン酸カリ消費量は測点 4 を除く他の 4 点では、上下層ともに大体類似の値を示している。耕耘前日の 2 層を比較すると、上層が稍々高い値を示しており、この傾向は大分の場合にも見られた所である。唯測点 4 は異常であって上下の関係は逆になっている。以上の如き状態にある潟土を耕耘し充分混合した結果は上下層とも大体等しい値を示した。約 24 時間後の結果は(12月13日)表層で測点 4 を除く他の 4 点では大体前日の耕耘直後より若干大きくなり、その後の 14 日の値はさらに大きく、大略耕耘前の値に接近して来ている。測点 4 の傾向は若干異なり、耕耘後 24 時間の値は最も小さく、14 日になると急に大きくなっている。この測点 4 は最も淡水注入口に近く陸上の影響を最も受け易いための結果と考えられる。

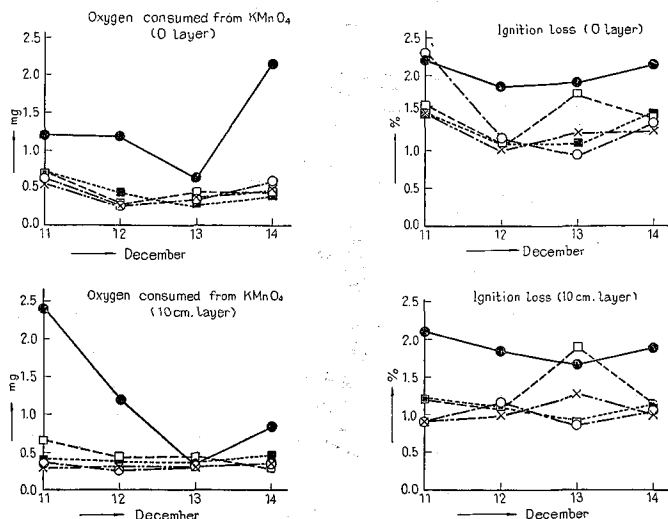


Fig. 13: Changes in value of oxygen consumed from KMnO_4 and ignition loss of bottom mud.

○ St. 1, □ St. 2, ■ St. 3, ● St. 4, × St. 5

10cm 層の変化は、大体表層のそれと似ているが、表層より変化は緩慢である。特に測点4における耕耘後の変化は表層に比較すれば極めて小さい。

以上の結果、潟土は耕耘に依り、或は上下反転され、或は上下混合され、その程度に依り若干の程度差はあるにしても、幾分かの変化は認められる。しかし、表層は24時間後(2回の冠水)にはすでに耕耘前への復帰の傾向を示し、大部分は48時間後には復元する様である。特に過マンガン酸カリ消費量の大きい場所(測点4)での復元速度は速い事が予想される。これに対し10cm層の復元速度は一般に緩慢であり、この事は表層ほど外部の影響もなく、バクテリア等の垂直分布を考えれば当然の結果かも知れない。

灼熱減量の変化も大体過マンガン酸カリ消費量の傾向に類似している(第13図)。

以上の結果より潟土は耕耘に依り若干の変化が見られ、その変化は主として上下層の反転に依るものであり、表層は大体48時間以内に復元する。従って今回行った様な条件のもとでは耕耘に依る底質中の有機物量の変化は殆ど見られないと云ってもよいであろう。

大分県で実施した耕耘試験の場合と比較して、泥粒組成等には若干の差異が見られるにしても、過マンガン酸カリ消費量、灼熱減量では両者間に大差がない。従って補充試験結果が直ちに引用出来ないとしても、短時日の内に復元する(特に表層で)という傾向は一応考慮されても良いのではなからうか。

次に海水中の成分変化について述べる。海底土と海水との間に行われる栄養塩類受授については可成の報告がある。奥田¹⁷⁾¹⁸⁾は塩釜港内で詳細な研究を行い、特に底土を耕耘した場合には多量の栄養塩類が海水中に溶出する事を報告している。大島¹⁹⁾等は愛知県伊川津の海苔場を

耕耘した際、これ亦栄養塩が海水中に溶出する量は無視し得ない事を見ている。W. Stephenson²⁰⁾は振盪に依る底土からの磷酸塩溶出について報告している。

今回行なった潮溜における耕耘試験結果中、海水調査の結果は一括して第27表に示した。干出中の滞水について見ると、水温、 Cl 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は大体実験室から来る水(b点)が、淡水注入口より来る水(a点)よりも高い。この傾向は耕耘の如何に拘らず見られる。 O_2 、 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-P}$ は逆にa点の方が高い。b点を通過する滞は耕耘地を流れず、仮りに3日間の測定値に差があったとしても、耕耘の結果とは考え難い。a点は耕耘地を通過する水であり、3日間の測定値は耕耘地を洗った際の状況を反映するものと考えられる。a点については、水温が3日目に若干高くなっているが、潮時の為測定時間がおくれた為と思われる。 Cl 、 $\text{P}_2\text{O}_5\text{-P}$ は3日間にこれと云った変化は見られない。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は耕耘前日が最も高く、2日目を降は低下している。勿論調査の關係で淡水注入口での試料が得られなかったのが、この変化が主として何に依るかは直ち決定し得ないが、1953年10月27日より29日迄の間に行った降雨時の変化に比較すれば大した差異ではない。即ち降雨時には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が76.1 γ/L であった前日に対し、約10mm程度の降雨後の28日の値は278.9 γ/L であった。

潮溜全面が冠水した時の調査結果は(第27表3段目)全測点とも耕耘の前後に特別の変化は見られない。その後の事情も日に依る差異は殆ど見られない様である。

前述の如く、底土の分析項目は極めて簡単であって耕耘により底土中の塩類がどの様な変化を示すかは不明であるが、本試験を実施した様な所謂比較的きれいな底質を有する場所で且つ海水が停滞せず常に交換される様な事情にある所で耕耘はさしたる効果を示さないものと

Table 27 : Analysis of sea water sampled from several stations.
 S. ...Surface water layer. B. ...Bottom water layer.

Date	11. Dec. '53										12. Dec. '53										13. Dec. '53										Remarks
	Sta- tion	Water layer	Water temp. °C	Cl (%)	pH	O ₂ (cc/L)	P ₂ O ₅ -P (γ/L)	NO ₂ -N (γ/L)	NO ₃ -N (γ/L)	Water temp. °C	Cl (%)	pH	O ₂ (cc/L)	P ₂ O ₅ -P (γ/L)	NO ₂ -N (γ/L)	NO ₃ -N (γ/L)	Water temp. °C	Cl (%)	pH	O ₂ (cc/L)	P ₂ O ₅ -P (γ/L)	NO ₂ -N (γ/L)	NO ₃ -N (γ/L)								
a			9.9	10.39		7.19	31.5	0.4	93.3	9.0	9.62		8.10	34.9	0.6	40.6	13.1	10.61		6.27	25.7	1.4	41.6		In channel.						
b			11.9	13.32		5.90	26.1	0.4	396.7	11.6	13.54		6.81	21.9	1.6	231.3	13.2	15.19		6.78	14.7	3.2	39.8								
c			12.0	16.95		5.66	17.9	Tr.	26.4	13.0	16.77		5.63	16.7	0.6	36.5	12.8	16.17		6.08	15.7	3.6	14.0		About three hours to full tide.						
g			13.0	17.23		5.41	21.3	0.8	8.1	11.8	16.56		5.74	17.5	0.4	32.4	12.6	17.00		5.94	15.5	1.2	11.6								
c			13.0	17.05		5.50	12.7	0.6	10.1	13.1	16.95		7.8	5.79	1.0	64.9	12.9	17.12		5.88	16.3	2.4	3.9		About two hours to full tide.						
d			13.4	17.00		5.41	16.5	0.8	10.1	13.8	17.01		8.0	5.61	1.0	2.3	13.2	17.10		5.79	10.7	2.2	19.3								
e			13.2	16.98		5.50	16.3	0.6	22.3	14.0	16.85		7.9	5.49	1.4	4.5	12.8	16.81		5.76	16.3	5.0	20.9								
f			12.4	14.05		5.74	31.5	0.6	81.2	14.5	15.51		7.6	5.70	1.6	24.2	12.6	16.23		5.66	16.1	3.0	8.4								
g			13.3	17.34		5.52	14.1	0.4	4.0	13.3	17.14		8.1	5.58	2.8	2.3	13.0	17.23		5.74	13.7	2.4	10.4								
c	{S. {B.		13.6 13.1	17.28 17.29		5.63 5.61	14.1 14.7	0.4 1.4	18.2 12.2	13.8 13.8	17.16 17.18		5.61 5.77	15.9 13.3	1.8 4.2	1.9 1.3	13.0 12.9	17.16		5.74 5.84	14.5 14.7	4.6 1.6	15.9 8.4		About one hour to full tide.						
d	{S. {B.		14.0 13.9	17.26 17.26		5.56 5.61	15.3 15.5	0.6 6.4	14.2 6.1	14.2 13.8	17.10 17.16		8.0 8.0	5.66 13.7	1.8 5.4	1.5 2.5	13.4 13.0	17.16		5.72 5.72	15.9 15.9	2.8 3.0	4.7 4.3								
e	{S. {B.		13.2 12.4	17.15 17.17		5.63 5.63	16.5 15.9	3.2 4.8	89.3 64.9	14.2 14.0	16.95 17.02		5.57 5.55	15.7 16.7	5.0 2.4	3.9 2.7	13.3 13.0	17.12		5.81 5.74	15.5 15.3	1.8 2.6	6.7 22.6								
f	{S. {B.		13.5 13.4	17.20 17.20		5.72 5.88	16.1 18.5	1.0 4.4	40.6 26.4	14.2 14.0	16.83 17.05		7.9 7.7	5.90 5.67	17.3 36.9	0.6 3.2	3.7 3.1	13.2 13.0	17.13		5.82 5.90	15.9 16.9	2.8 2.4	3.5 0.4							
g	{S. {B.		14.0 14.0	17.35 17.36		5.68 5.68	17.5 16.1	0.6 0.6	24.3 40.6	13.9 13.8	17.16 17.20		5.58 5.55	14.7 15.9	1.6 2.4	1.9 2.7	13.4 13.2	17.25		5.70 5.70	16.3 13.1	2.4 3.2	0.4 2.5								
c	{S. {B.		13.8 13.6	17.31 17.39		5.68 5.70	14.7 13.9	0.6 2.4	26.4 14.2	14.2 14.1	17.26 17.21		5.68 5.66	15.9 14.5	2.8 3.4	2.8 7.5	11.4 7.5	13.0 13.0	17.20		5.78 5.76	13.1 14.7	2.6 2.4	3.1 21.3		Full tide, approximately.					
d	{S. {B.		14.0 13.9	17.21 17.23		5.68 5.63	20.1 18.3	1.6 0.8	22.3 28.4	14.6 14.9	17.20 17.25		5.74 5.70	15.9 14.5	2.4 1.6	1.3 3.1	13.4 13.2	17.20		5.79 5.79	16.9 18.1	2.6 2.6	4.1 7.1								
e	{S. {B.		13.9 13.8	17.16 17.25		5.68 5.82	19.1 12.7	2.4 2.4	16.2 10.1	14.5 14.7	17.15 17.15		5.70 5.66	14.1 14.1	2.8 1.4	12.2 3.3	13.4 13.4	17.20		5.77 5.77	17.7 18.5	2.8 3.0	6.3 8.8								
f	{S. {B.		13.7 13.8	17.16 17.18		5.74 5.68	12.7 12.5	2.8 4.4	30.4 42.6	14.9 14.7	16.85 17.02		8.0 8.1	5.70 5.81	13.1 10.7	1.4 1.8	12.0 2.1	13.3 13.4	17.15		5.89 5.88	19.7 19.3	2.4 2.2	6.3 5.1							
g	{S. {B.		13.4 13.9	17.26 17.29		5.50 5.57	13.7 12.5	2.0 0.4	10.1 22.3	14.7 14.4	17.29 17.29		5.77 5.63	11.5 10.7	1.2 2.2	6.9 5.3	13.3 13.6	17.31		5.74 5.71	12.9 14.3	1.0 2.0	0.6 8.4								

§12. 考 察

山本¹⁾は底土耕耘に期待し得る点として、「耕耘は底土コロイドに含まれている栄養塩の拡散溶出を促進させるため、また一方では堅くなった地盤を軟かにして、アサリ、ハマグリなどが容易に土中にもぐる事が出来るようにするためのものと思われる」と云っている。

他の研究者も大体同様の考えをもっている様である。即ち耕耘の目的は一方では餌料面で、他方では棲息他の改善を促進させるにあると考えている。先ず餌料面に関する耕耘効果の可能性について若干の考察をして見よう。貝類の餌料に関しては、今尚可成の不明点があるとはいへ、少なくとも二枚貝は色々のものを摂取する事は殆ど一致した点であろう。D. L. Fox²¹⁾は Sea Mussel と植物性プランクトンとの関係を研究し、Dinoflagellates を特に摂取すると云っているが、そのみで充分か否かについては明らかにしていない。B. Jørgensen²²⁾はカキ (*Ostrea virginica*) 等について、その必要餌料量と沿岸水中の有機物量とを比較し、一般には有機物量が不足するとは考えられないとしている。W. R. Coe²³⁾は海産二枚貝中に存在する酵素の研究を通じてこれ等の餌料問題にふれ、澱粉、グリコーゲン等は胃で消化されるが、それは揮発体細胞等に依り分泌された酵素によるものであり、胃液中には少量の cellulose が含まれているが、これにより Dinoflagellates とか他の cellulose 膜を有する植物性プランクトンを完全に消化する事は出来ない。更に彼は二枚貝の大部分の栄養源は所謂 Detritus であるとしている。このほかにも Detritus の重要性についての報告は可成見られる。この様に二枚貝は棲息地に存在する微小懸濁物を摂取するが、その栄養源として Detritus が可成の役割りを果たすものとするれば、耕耘により底土中の塩類が海水中に溶出するとしても、それが植物性プランクトンを媒介として貝類に摂取されるという過程を予想するとすれば、利用効率は余り高く評価されないであろう。特に吾々が今回試験を実施した様な海水の停滞が考えられず、絶えず干潟を覆う水塊が異なる様な条件にある場所では耕耘に依る潟土中の栄養塩類の溶出の問題は余り重要視されないであろう。亦 Detritus が貝類餌料として重要であったとしても、今回の試験結果から見れば潟土中の有機物は比較的变化が少なく、耕耘に依り特にその量が増加する様には考えられない事を考慮すれば、ハマグリ、シオフキの成長、増重が耕耘に依り影響を受けなかった事も或は当然の結果かも知れない。

今回行なった試験結果、及び二枚貝の餌料等から考えれば、少くとも開放的地形にある干潟で貝類餌料の増加を計る目的で耕耘する事は、余り大きな期待を持ち得ないのではなからうか。

棲息環境の改善について先ず考えられる事は底土の軟

化である。貝類の潜入と底土の硬軟との関係は可成の相関が見られる様である²⁴⁾。吾々は耕耘の前後による底土の硬軟については調査しなかったが、観察の結果及び触感からは可成の軟化が予想された。猪野、大島¹²⁾等に依れば、耕耘後は可成の軟化が認められるが、その経続期間は比較的短い様である。佐賀県での試験結果¹⁴⁾に見られる様に、種苗播付の際には底土の軟化は可成の意味をもつものと考えられるが、今回吾々が行なった試験の様に種苗確保を目的とする場合には軟化の効果がどの程度現れるかは問題であろう。即ち調査の対象として採りあげたハマグリ、シオフキは接地後可成の時間が経過し、すでに底土中に潜入しているものであって、底土の硬軟とは余り関係のない事情にある。現にハマグリ、シオフキの棲息個体数と耕耘との関係は否定的であった。唯夏期シオフキの増加時に耕耘直後の処理区が他の区に比して若干良好の結果を示した点は注意すべきものと考えられる。

天然種苗場の耕耘が意図する所は、棲息個体数の確保にある事は当然であり、この場合考えられる点は接地稚貝の歩留、及び他所から侵入するものの確保である。接地稚貝に関する調査は行わなかったが、若しハマグリ稚貝の生態がアサリと類似したものであれば、可成周囲の物理的要因（特に流れや波浪）に左右される事が予想される²⁵⁾。特にハマグリ稚貝は底土の表面に棲息している事からすれば、表土の移動と同時に移動する事が考えられ、底土の軟化がこの様な移動に対して何の程度の意義をもつかは可成の疑問が存在する。

底土中に潜入し得る程度に成長したものの歩留についての耕耘効果は、今回実施した試験の中心課題であり、効果判定の基準もこの点にあった。本試験のコントロールの意味が、仮りに耕耘しなかったか否かの点以外での条件で試験区の他の処理区と全く同一であったとしても、それ等の間に差異が生ずるのではないかの点を効果判定の基準としたわけであり、この事は耕耘するか否かによる底土の硬軟という点で抽象する事も可能であろう。試験結果が耕耘に依る歩留の点で否定的であった事は、底土の軟化が特に貝類を保留する上に効果があるとはかぎらない事を物語るものというべきであろう。

更に耕耘が有効的ではなからうかと考えられる点に、底質悪化による生産性の低下を回復する事がある。吾々はこの様な地域での試験は実施しなかったので、この点には触れない事にした。

勿論今回の試験には多くの条件が附帯しており、耕耘と二枚貝との間に生ずる色々の因果性については極めて不完全な知識よりもちあわせがない。従って得られた結果を干潟耕耘全般に迄拡大する事は危険であり、特に今回の試験が比較的開放的な環境のもので行なった点は、潟奥等に存在する干潟で、同一水塊が反復覆う可能性の

考えて良いであろう。この点港湾の奥、内湾の中央等とは若干趣を異にするものと考ええる。

ある様な所の耕耘結果と比較検討する際は充分な考慮を必要とするものと考えられる。亦耕耘が貝類増産にのみ使用されるものではなく、各種植物生産の面にも利用されている現在、今回の結果をもって、全く栄養摂取の機構、機能を異にする海産植物生産に対する効果について云々するものではない。

§13. 摘 要

浅海増殖開発のための一手段として考えられた、干潟耕耘の効果判定試験を大分県宇佐郡間村地先のハマグリ種苗場において1952年12月より約1年間実施し、簡単な補充試験を内海区水産研究所大野分室の潮溜で1953年12月行なった結果次の様な結論を得た。

i) ハマグリは成長期と考えられる夏期では耕耘が特に効果的に影響するとは考えられない。

ii) ハマグリ、シオフキの棲息個体数の変化に及ぼす耕耘の効果は否定的である。

iii) ハマグリは重量増加に対する耕耘効果も見られなかった。

iv) 潟土の変化を過マンガン酸カリ消費量、灼熱減量の2点から考察した場合、何れも、耕耘に依り特に影響される様には考えられない。

v) 比較的有機物が少なく、海水の停滞が殆ど見られない様な開放的な干潟の耕耘は、海中への栄養塩溶出に関しても無価値なものと考えられる。

vi) 以上の諸結果、及び貝類餌料に関する若干の考察より、現在天然種苗場として利用されている、比較的開放的な干潟における耕耘は二枚貝の生産には余り大きな効果は期待出来ないものと考えられる。

文 献

- 1) 山本護太郎：最近の増殖事業と研究面の進歩，水産科学，No. 15, 1954.
- 2) 古川厚，鈴木正也：浅海養殖生産性の生物学的研究 I，日水会誌 Vol. 28, No. 12, 1953.
- 3) 内田恵太郎：ハマグリ移動習性について，水産学会報 Vol. 8, No. 3~4, 1940.
- 4) 浜田彌子，猪野峻：ハマグリ移動に関する研究 I，日水会誌，Vol. 20, No. 1, 1954.
- 5) 大分県浅海漁業研究所：貝類生態調査「ハマグリ移動」，同所業績報告，1954.
- 6) 広島県水産試験場：干潟における蛸棲息量調査の方式について，水試だより No. 24, 1952.
- 7) 内海区水産研究所：アサリ棲息量調査について，1950.

- 8) 水産庁漁業調整第二課：浅海資源維持調査成績要約書，1954.
- 9) 徳久三種：耕耘機に依る浅海干潟面の水産増殖，帝水，Vol. 20, No. 1, 1941.
- 10) 千葉県水産試験場内湾分場：海の肥懇と実行計画，1942.
- 11) 岡山県水産課水産指導所：干潟の耕耘効果について，同所浅海資源維持事業成績書，1950.
- 12) 猪野峻，大島泰雄外 8 名：干潟の耕耘効果に関する試験，水産庁調整第二課編，浅海内湾増殖事業及び事業効果調査報告書，1955.
- 13) 三重県水産試験場 伊勢湾分場：水産庁調整第二課編，浅海内湾増殖事業及び事業効果調査報告書，1955.
- 14) 佐賀県水産試験場：耕耘効果試験，佐賀県水産試験場業務報告，1953.
- 15) 古川厚，鈴木正也，中村達夫：干潟耕耘効果試験報告（其の一），1953.
- 16) 日本気象学会：海洋観測法，1949，第 5 版.
- 17) 奥田泰造：内湾底土中の可溶性栄養塩について，第 1 報，底土に含まれる可溶性栄養塩についての一考察，東北水研研究報告，No. 2, 1953.
- 18) 奥田泰造：内湾底土中の可溶性栄養塩について，第 2 報，底土の耕耘による栄養塩溶出の可能性について，東北水研研究報告，No. 2, 1953.
- 19) 大島泰雄外 3 名：愛知県福江湾伊川津海苔漁場における耕耘試験結果，底土耕耘による栄養塩類の海中への溶出について，1955.
- 20) W. Stephenson: Certain effects of agitation upon the release of phosphate from mud. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* Vol. 28, No. 2, 1949.
- 21) D. L. Fox: The habitat and food of the California Sea Mussel. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, Technical Series* Vol. 4, No. 1, 1936.
- 22) B. Jørgensen: On the relation between water transport and food requirement in some marine filter feeding invertebrates. *Biol. Bull.* Vol. 103, No. 3, 1952.
- 23) W. R. Coe: Nutrition, environmental conditions, and growth of marine bivalve mollusks. *J. Mar. Res.* Vol. 7, No. 3, 1948.
- 24) C. Chapman: the thixotropy and dilatancy of a marine soil. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* Vol. 28, No. 1, 1949.
- 25) 広島県水産試験場：アサリ稚貝の調査，水試だより，No. 30, 1952.