

水面生産力の問題

The Problems on The Productivity
in Water area

花 岡 資
TASUKU HANAOKA

昭和 30 年 7 月 July, 1955

内海區水産研究所

序 言

水面生産力という言葉は我国では戦後に一般に用いられるようになった。勿論戦前にも生産力という言葉は海や湖に用いられたが、今日考えられているような内容で用いられたか否かは甚だ疑問である。例へば「海のパラクトン」の研究と言つても、それはplanktonに限られたような観を呈し、魚類その他高次の水産生物の生産は究極において原餌料であるplanktonの生産にあるのだから、planktonの生産の量的mechanismさえ掴めばよいと前提し、敢えてそれ以上に突き込もうとせずに過した恨みがあるように思へる。そしてplanktologyは非常に発展したが、何れかと言へば、量的に取扱ふことにおいて、産業（水産業）に結びついてくる程の結果を得る迄には到達していないように思はれる。そして魚類の環境の主要な一部を構成すると考えられるこの種の生物の生理生態は、今日の所それ自身の意味において存在し、水産物生産量への関連の点では、未だいらいしいギャップを残したまゝになつてゐる。

水面を最高能率で利用して生産をあげるように、即ち計画生産のための基礎の確立には、現状ではこのギャップは致命的に作用するように思はれる。幸にして戦後は日本水産業の計画的生産化の希望が高まると共に、資源学と並んでこの方面の研究が示唆され、一定範囲の水面では一定期間内にどれ位の生物が生産されているか、延いてはその水面を最高度に利用した場合、どれだけの漁獲を期待出来るかを知らうとする努力が行はれるようになった。しかし日なお浅く見るべき業績は未だ少い。基礎的研究方向についてすら何等有力な説は出ていない現状である。

以下に述べることは、見落した文献も多く、又今後の発展、変貌も甚しいと思はれるが、これに関係する従来の結果を総合しつゝ、筆者の考へを記して批判を受けようとするに他ならないのであつて、叱正を得れば幸甚である。

終りに、協力を得た内海区水産研究所の諸氏に感謝する。

(1955年5月)

目 次

緒 言	-----	1
第 1 章 生産の基礎的問題	-----	3
第 1 節 海洋に於ける生産の恆常性	-----	3
イ, Biotop と Biocoenosis		
ロ, 生態価		
ハ, 生産量曲線		
第 2 節 水界の生産機構	-----	8
イ, Trophic Level		
ロ, Biological Efficiency		
第 3 節 生産に影響する要因	-----	12
イ, Energy Factor		
ロ, Nutrient Factor		
第 4 節 Suspended Matter	-----	17
イ, 生産上の意義		
ロ, 定量法		
ハ, 照度及び光線との関係		
ニ, 分 布		
ホ, 現場採集法		
ヘ, 化学組成		
ト, Yellow Substance		
第 2 章 生産量の問題	-----	37
第 1 節 生産量又は漁獲量の推定	-----	37
イ, 最終生産物の理論的追求		
ロ, 生産量標示因子の追求		
第 2 節 漁獲物の価値の問題	-----	46
イ, 漁獲量の性格		
ロ, 漁獲物の組成		
第 3 章 環境の調整の問題	-----	52

緒 言

水面生産力という言葉は議論の多い言葉で色々と解釈されている。元来生産という言葉は生産の行はれる原因や過程及其の結果(収益をも含めて)を共に意味して居り、更に人的要素が加つて非常に複雑な問題を指すことになる。しかし今こゝで取扱おうとするのは、或る水域が自然の中に置かれたその環境の下にあつて、特に積極的な人的はたらきかけを受けない状態でどのような生産の様子を示すか、即ち陸上で言へば地力に相当するようなものとする。しかし地力の場合はその収穫物である作物の生産量と一次的相関 \times 係にあると考えられるに対し、水面での水産的^{生産}生産は所謂地力的な意味の生産力と一次的に関連するか否かは急には何とも言へない。勿論、生物が生産されるためには物質循環乃至energy移行が行はねばならない。農業ではproducer(作物)或は一次consumer(牛・馬・羊等)の生産層が問題であり、又その生産生物の種類は高度の人的管理をなし得るために、地力は非常に利用価値の高い生産の標示 \times として使える利点があり、殆ど完全に量的相関の基礎たらしめ得るが、海や湖を相手とする水産では最後の産業的生産物に至る迄には多くの数多くの段階が立体的に複合し、また同じtrophic level内にも各種有用無用の生物があつて、それ等が互に餌料生物、捕食生物又競争的立場にあつて、地力的生産力は最後の水産的^{生産}生産に対しては間接的の意義しか有しないと云へるのである。施肥或は種苗の移植等の管理によつて、自然による生産というよりはむしろ畑又は養魚池の生産である場合に対し、海や湖の場合は複雑な構成と高次の循環をもつwildlifeである。しかし海や湖でも、特に我国のように、時間的・空間的に残る隅もない程漁撈作業が行はれるような場合には、環境としても或る人的要素が加つていると考えねばなるまい。従つて生産そのものも何等かの影響をうけていると考えられる。少くも生産の様相の変ることは濫獲なる事実があるとする以上、認めねばならない。一水域に生活する凡ゆる生物の生産についての量的相関は今日未だ充分の分析は行はれていないが、しかし上記のような生産の様相の変化が地力的生産力に如何なる影響を及ぼすかは別問題であるとせねばならない。海の場合、恐らくそれは何の変りもなく存在するものと考えられるのである。(第1章第1節)

こゝに於て問題は二方面に分けて考えられる。即ち第1は生産される生物種の如何にかゝらず総体のbiomassとして、その水域は幾らのものを生産すると期待出来るかということ、第2には水産的な経済価値のあるものを幾ら生産しうるかの面である。

前者は単に量を問題とし、粗放的養殖や沿岸養殖の或る場合に適用性をもつと考へられる。後者はその量を構成する質(組成)を問題とするもので、一般増殖海面漁業へ適用されるべきもの

である。そして前者は或る水面が自然の中に置かれた位置に対応する一つの環境に応じて、存在するのに対し、後者が問題とする経済生産力は、時代或は社会事情で相違する。

又この問題が対象とするのは一水域内にどれだけの生物量が生産されるのかであつて、決して現在量 (Standing crop) を直接の問題とするのではない。上記第2の場合でも同様で、環境に変化のない場合、或る水域から毎年漁獲されうる最大量をいうことになる。こゝに毎年というのは一度漁獲することによつて次年に悪影響を及ぼさないことを意味するのであつて一水域から定常的に毎年漁獲出来る量をゆうので、これはその期間内に生産される生体の総量に比例し、現在量には比例するものではない筈である。

漁業が対象とする或る水族の資源の動向を取扱うのが水産資源学であり、その生物種が如何なる場所に漁場を形成するかを研究するのが所謂漁場学とすれば、これに対し、水面生産力で取扱おうとする生産は先づ場所を限定し、その場所に生物群が如何なる量に於て出現しうるかを知りその生物群の生産性を漁場乃至漁業管理の上に活用してゆこうとするものである。特定の場所とは理論的には如何なる場所でも好い筈であるが、実際問題としては或る明かな境界を有する区域に考える方が便宜である。しかしこれを押し抜ければ一つの海流域をとりうるようにもなるだらう。何れにしても一定水面が限定され、その水域のもつ生物生産能力を知らうとするものである例へばノリ・カキの生産力という場合には、その生物自身の繁殖力や養殖上の技術的部面とか色々の問題が錯綜しているのであるが、こゝではそれは第2段の問題として、先づ生物生産の場としての性格並にその生産構造を量的に掴み度いということである。従つてこの問題は一方に資源学や増殖学と密接に連繋せねばならぬと共に、基本的には水族生態学や、総合科学としての海洋学、陸水学と発展経路の軌を一にして考えられるのである。

古い形態の湖沼学や河川学から、次第にその標式を生産内容に求めて、総合科学として発達して来た陸水学は、水族の環境の面にも強い刺戟と貢献をなし、水面生産力の直接の母体と言えよう。一方水族自身の生理については工場の発展に伴う水質汚濁の問題が強い刺戟になつて発展したことも見落せないようである。そして19世紀後半から今世紀にかけ魚病学が盛に研究され、更にこれはLOEB (1909)の拮抗作用の発見が一つの段階となつて単なる病理以上に実践生態学的分野へ展開されていつたように思はれる。

しかし一般に研究の対象が生物の生活に対してoptimumの環境である場合よりは、その範囲を越えて事象群がより大又は小の量又は強さに存在し、そのために生物生活が変則的になる現象がとりあげられることが多かつたこと、又刺戟の極大、極小範囲等に興味が走り、opti—

mumに於ける生活力やその相互関係があまり問題にされなかつたように考えられる。そして総合的な生産量を直接目標としてあげて論議し、研究をその点へ指向したのは却つて、Challenger Expeditionを契機に近代的な形に発展した海洋学から刺戟を受けた湖沼学者達であつた。そして水産でも海の方は或る魚種について広い範囲にその資源量を推定しようとする資源学に研究の重点が向けられ、水面生産力については主として水産資源生産の基礎をなすと考へられたplankton特にphytoplanktonの生産の研究にだけ委ねられて独立に行はれてきたように思はれる。

湖では一水域が比較的小さく、明瞭な境界を以て考へられる所から、その総合的状況へ考が進んだことも確かであらう。又生物の生活域も海では淡水生物よりも遙かに小さいことが取扱いの困難さを助長した点もあるであらう。

近代生態学の発展と共に総合湖沼学が發展し、その生物体生産の面に於て湖沼の性格の基礎を求めようとする事になつて以来此の問題はとにかく一つの方向をもつたと言へる。

これ等の基礎概念を海で具体化し且つ産業面に应用するための智識は非常に浅い。又海独自の性格も考へられ、問題は広範囲になる。しかし最近物質循環、移行の上に立ち、更に量的に新しい考を盛つて、生産を予測しようとする努力が相当行はれるようになって来た。

第 1 章 生産の基礎的問題

第 1 節 海洋に於ける生産の恆常性

イ. Biotop と Biocoenosis

環境の主体は生活する生物で、これ等の群衆 (biocoenosis, community) のまわりを多くの無機的並に有機的要因がとりまき、相倚り相集つて、又それ等の相互関係によつて一つの複雑環境 (Environmental complex) を作つている。その場所がbiotop (生棲場所) で、biotop+biocoenosis (Lebensraum+Lebenswelt) の統一系が一つの環境と考へられる。

このような統一系内の生産分析の機構、換言すればEnergyの移動変形の模様を分析解明しようとするのが所謂生産生物学 (Produktionsbiology) と言へよう。そして、energyが或るtrophic level又は或る生物へ移入される量を綜括して言へば、gross productionであり、その中でそのlevel又は生物の生体として蓄積され、生長量又は増殖量として現はれる部分がnet productionである。

この統一系内の生物種についての一般的傾向についてA・THIENEMANN(1920)は生態学の第1並に第2法則と言はれるものを提称した。即ち或るbiotopeの生態的諸情況に変化が多ければ多い程、そのbiotopeのcommunityを成す生物の種類数は多い(第1法則)。逆に或る棲所の生態的諸情況が、多くの生物に不適當な度合の多い程、そのCommunityを構成する生物の種類が少い。しかし夫々の種類にはその個体数は著しく大になるものがある(第2法則)。

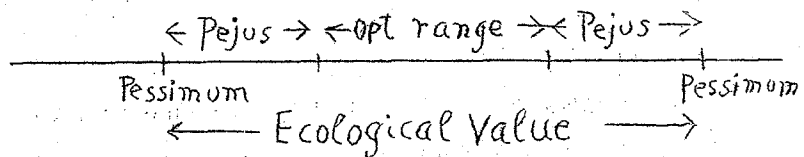
湖沼で言へば第1のは調和湖の環境であり、第2のは非調和湖のそれである。

海は調和環境と考へてよいであらう。勿論海には内湾・沿岸・沖合、又表層・深層夫々に特徴をもつて居り、各水域に特徴のある生物が居て、陸水生物よりもむしろcosmopolitan種は少いとされているが、各水域ごとの環境としては特に海産生物の生存に不適當な条件はなく、非常に多種多様の生物が生活しているのである。

ロ. 生態値(Ecological Value)

一般に生物が生活作用を遂行してゆく時、外部環境の変化に対する反応の適否に関する一般的な概念として、R・HESS(1924)は生態値を提出した。これは或る生物の生存又繁殖に可能なある環境状態の広さ、即ち環境要因の最大度と最小度(pessimum)の間の開きを指すもので、この開きの最も狭い要因がその生物の生存乃至増殖のactivityを決定するとするのである。

第 1 図



環境要因の量又は強さがoptimumを越えて大へ又小へ動くにつれて生活作用は低くなりpessimumに至つて0になる。各種の生物は各種の要因毎に夫々に独自の生態値を帯つていて、要因がどんな量又は強さで存在するかによつて、夫々の生活activityが決められているわけである。従つて或る生物の多くの発展段階のうち、最も小さな生態値をもつ段階に対して、optimumから最も離れている量又は強さをもつ環境要因があるbiotope中のその生物の発展を決定するのである。(THIENEMANN 1926)。

従つて又同様に生産は生産に不可欠でしかも最小度に(又最小量に)存在する要因に支配され

る。即ちある *biotope* でのある生物の増殖は、それにとつて不可欠の環境要因のうち生態価が最小であるような発育過程に与へられる *optimum* を最も遠く離れた要因の量 (強さ) で決る。これが外部要因作用律 (*Wirkungsgesetz der Umwelt faktoren*) である。

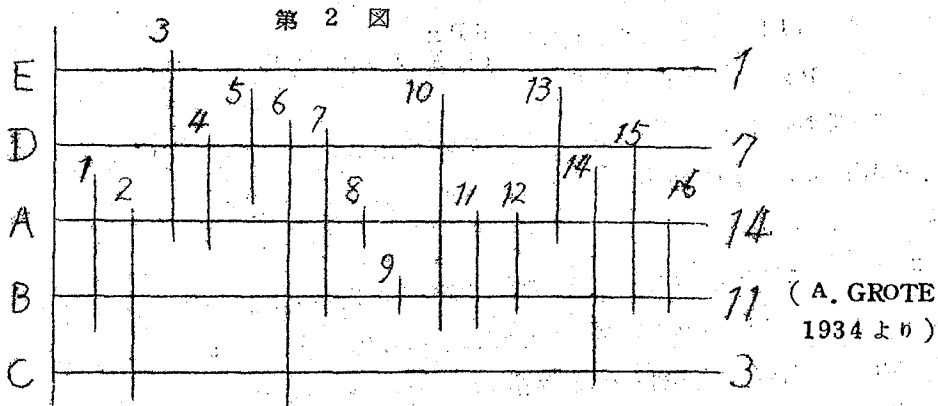
ハ、生産量曲線

以上は或る一つの種類の生物の生活 *activity* と外部環境要因の大きいさとの関係を言っているものであるが、色々の生態価を示す多数の種類の生物を以て構成されている *community* を考えた場合は、外部要因の多少の変動に対して、或る種の生物の *activity* の減少は他のものゝ増加によつて補はれて、総体としての生産の変動は消却されることが考へられる。

若し全ての生物にとつて必要な或る *factor* についてその大きいさが生態価の最大量を越えれば生産は 0 になる筈である。又全ての *factor* の平均 *optimum* が判つているならば、生産の大きいさはその *factor* が *optimum* から離れる程小さくなる筈である。しかしその変り方は *linear* に変わることは殆どなくて、色々の生物の或る *factor* に対する *optimum* は平均 *optimum* の廻りに *binominal* に分布するだろうから、生産量の曲線は *optimum* の所に *mode* をもつ *frequency curve* をなすと考へられよう。

しかし実際問題としては生産の *curve* がこのようになることも考へ難い。

今縦軸に環境要因の大きいさ (強さ) をとり、各生物 (1, 2...16) の生態価を要因のどの範囲を *curve* するかの線で図示する

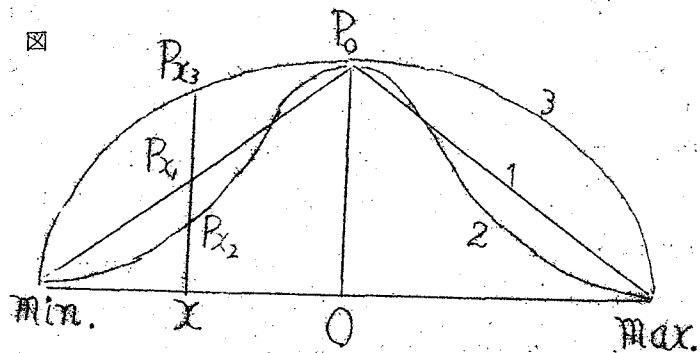


各縦線はその生物が繁殖しうる範囲を示すものであるから、例えば A の条件の環境は 14 種の繁殖を可能にするのに対し、E の所では 1 種即ち 3 番の生物のみしか繁殖しない。そのためにその水

域のもつ生産力を第3の生物が独占して個体数が非常に増えることが起り得よう。此の際は種類数の少いことは量によつて補はれている。今若し環境がB~D間に変化する場合を考えると、(例へば年間に季節によつてこの範囲で変動するとする)全ての生物が年間のいつかは繁殖可能の時期に遭うことになる。この範囲では環境因子が可成り偏つても、そこではそれに適応する生物が多数に繁殖するであらう。これは又THIENEMANNの法則の示す所でもある。

それ故communityとしての生産量のcurveはfrequency curveよりも実際には両端に近い所で最もcurveが高い方が正しいと考へられる。A・GROTE(1934)はそれを楕円と考へて

第 3 図



A. Grote (1934) による

$$P_x = \sqrt{1-q} P_0$$

(茲に P_0 は optimum に於ける生産量、 P_x : 要因の大きさ又は強さが x の時の生産量、 q : optimum から要因の離れている割合即離心率 : $1 - \frac{OX}{OM}$) の形が可成り実状に近いものを表現するのではないかと考へている。

又 A・MISTCHERLICH は $\frac{dP_x}{dX} = c(P_0 - P_x)$

即ち $P_x = P_0(1 - e^{-cx})$

の形を与へている。即ち要因が多少変動しても、その環境内の全生物の生産総量にはあまり変動がなく、只環境要因が pessimum に近い極端に近づいた時にこれは急激に生産に影響してその量を減少させるのである。

水界、特に海では、そこに生物が発生して以来何億年の適応化、進化の期間を経てきている現在、そこに棲む生物の生態によつて海の環境変化の範囲はそう極端なものはないといつていゝであらう。而も非常に多種多様の生物が居るのであるからその生産量は全体として考へた場合は可成り高度にその恆常性が保たれていると考へて差支へないであらう。而して環境とは外圍要因と community との統一体である。community を構成する生物種の多少の変動、又

量的構成比率のそれも、上の意味の環境の変化に入ることは当然であり、その場合にも上記生産の恒常性は維持されるという結論には反しないのである。(こゝに謂う生産とは一般的 gross productionであつて net production、且つまた延いて水産の生産量については多少異つてくるであらう。)

溜池で粗放的に養魚する場合、少数を入れれば大形のものを収穫することが出来、多数を放養すれば個々の個体は小さい。これは普通言はれていることである。SWINGLE & SMITH (1942) は或る一定法で施肥した池での Bluegill の収穫量は population の密度の可成り広い範囲に亘つて大体一定傾向があることを示し、又 FOERSTER (1944) は少くも Population の或る低い水準以上では生長率と Population の間に著しい逆相関のあることを見ている。Population の大いさと生長の大いさとが逆相関にあることは色々の種類 (Ciscoes, Haddock, Pink salmon, Plaice, Sockeye salmon) で見られている。しかし勿論利用出来る餌の一部しか利用していない Stock や他の種の stock と共通の餌をとつてゐるあまり重要でない一つの種丈についてはそうはいかない。

W. E. JOHNSON & A. D. HASLER (1954) も種々の湖で Rainbow Trout の standing crop と growth rate の間に逆相関があることを報じ、又個体の成長があつても standing crop は population の小さ過ぎぬ限り略一定水準を保つことを示した。これは Trout の population の age group の組成に関係なく、即ち各個々の trout がその大いさに比例して compete することを示すもので、胃内容物は魚の大小であまり変らないことから、年令に特有でないことが肯ける。

しかし海や湖水で水産的に考へた場合には一定水面積当りの生産量は魚の population の age-composition で異り得、又各 trophic level に属する夫々の population の大いさの組成、即ち換言すればその community の組成によつて異つてくる。JOHNSON & HASLER (1954) は Rainbow Trout の age group—I の instantaneous growth rate は 1.05, age group—II は 0.24 であつて、湖面生産力が age composition で異なるのは魚が大形である程上記の rate が落ちるからであるといつてゐる。釣漁が駄目であつた年は Trout の成長が遅く feeding rate が減じたためであつたと解せられるという。即ち Trout の成長決定の factor として population の大いさが重要な

のである。尚その他の成長決定の主なfactorは餌のavailabilityのmeasureとしてZooplanktonの量、水温、Troutの個体の大きさ等をあげている。

RICKER (1952) はpredationの量はpreyのdensityによらず、全くpredatorの数によつて決るもので、Fish populationが或る水域について或る一定限度の量で維持される傾向を持つたことは大部偶然のことなのだと考へて、只Population sizeを低めるような多くのfactor、例へば肥沃度の低下、Predation、寄生、病害等はpopulationが高い場合、或る限度をそう大きく越えしめないchanceを増すのであるといつている。

Carrying capacity附近に自然の魚のpopulationが維持される一般的傾向のあることは自然のpopulationの一部を人為的に除くという一般的managementのtechniqueの利用の大きな可能性のあることを示すものである。

Mixed populationでは餌がoverlapするとinterspecific competitionが起るから或る種についてのcarrying capacityは他の種の存在と無関係でない故に色々の魚種でcommunityが構成されている時のcarrying capacityは今後よく研究される必要がある。

水産的生産量についてのprey-predatorの色々の組成の場合に関してはSWINGLE: 湖に於て研究している(後出)。

第 2 節 水界の生産機構

イ、Trophic Level

水中の生物社会も一つのmajor community (ALLEE等1949)を構成している。これは本来太陽光線をうけることで生産が行はれ、遂行されるのである。即ち基本的生産として植物体が光合成作用を行い、凡ゆる生物の原餌料として役立ち、herbivoraからcarnivoraへと次第にその有機物は一広い意味で言へばenergyは一移つてゆく。この他にbacteriaによる化学合成が矢張り無機物から有機物を作るが水界ではこの占める役割はほんの微細なものであつて、bacteriaの重要な意義はむしろ、有機物を再び植物の栄養源たらしめる分解作用、即ちcommunityとしての異化作用と、後述のような餌料としての存在価値にあるといえる。異化作用も又同化作用と同じように重要なものと言へよう。

の腐敗分解過程のものもあらう。前者の場合は結局水域の緑色動物によつて生物体に合成されるのであるが、後者の場合はその段階を飛ばして、直ちに一次 consumer 以上のものに利用され、生産として現れうるもので、且つこれが時には非常に大きい場合があるのが認められるのである (suspended matter の項参照)。

ロ、Biological Efficiency

以上のように各 level の生物がより低次の生物を栄養源として生産を行うわけであるが、餌料生物の生産量に対し、捕食生物はどれだけの生産を行うかの問題即ち biological efficiency の問題が生ずる。之は古くは PETERSON (1918) の zosteria region の生産の研究があり、各 level 毎に約 10% の値を出している。

HUTCHINSON (1942) は或る trophic level Λ_n の年間の energy の増減を $\frac{dA_n}{dt} = \text{入}_n + \text{入}'_n$ とし、 入_n は Λ_{n-1} の level から入ってくる正の energy、 $\text{入}'_n$ は Λ_{n-1} へ移行する負の energy であつて、この 入_n が真の productivity であるとし、又実際に求められる 入_n は呼吸、predation, post mortem decomposition による energy の逸散を含んでいないから、真の production を出すにはこれ等の補正をしなければならぬとして次のような項目をあげている。 (イ) 呼吸についての補正: 呼吸に消費する energy は生物の life-stage により、trophic level の段階により、又当然水温によつて異なる。各 trophic level での値について FOX は producer では陸上植物で 15~43% (assimilate したもののうち) を用い、水生植物では 15% とし JUDAY は assimilate したものの 1/3 は呼吸に消費するといひ、LINDEMAN はこれ位を大体標準としてよからうと述べている。

次に Consumer では第 1 表のような観察がある。

第 1 表

観 察 者	生物種類	$\frac{\text{Growth}}{\text{Assim}}$	$\frac{\text{Respiration}}{\text{Assim}}$	$\frac{\text{Resp}}{\text{Growth}}$
IVLEV 1939	Tubifex	61.7%	38.4%	62.2%
"	Yearling carp	41.6	58.3	14.0
W.G. MOORE 1941	Yearling green sun-fish			12.0
W.H. HARVEY 1950	3 Year plaice			7.50
"	Herbivore fish			23.3
"	Carnivore fish			9.00

(ロ) Predationについての補正: predationとはpredatorによつて殺されたがassimilateされなかつたものを指す

(ハ) Decompositionの補正: predatorによつて食はれたが消化されなかつたもの

JUDAY(1940)は湖水のanimal balanceの計算に際し, consumer level全体についてmetabolismの為のlossの補正としてannual production⁹(即ちannual net growth)の5倍を与へている。

又THOMPSON(1941)は鯉その他Coarse fishが大部分を占める湖のcarrying capacityはpredatorであるgame fishの多い湖の夫の5倍であつたとし, 1の増重に対し5の餌量の必要性から見てfood chainの完全なlinkを示すものと結論した。

しかしLINDEMAN(1942)は5という高い値はtrophic levelの第4次、第5次等の高次のconsumerにのみ見られるもので, predation, decompositionを考へてもこの値の半にも達せず, JUDAYの言うのは第1次、第2次のconsumerには高すぎる値であると指摘している。

LINDEMAN(1942)は或るlevel Λ_n のproductivityのそれより低次のlevel Λ_m のproductivityに対する効率は $\frac{\text{入}_n}{\text{入}_m} \times 100$ として, $\frac{\text{入}_n}{\text{入}_{n-1}} \times 100$ を各food cycle levelでのprogressive efficiencyと称した。この値は高次のlevelの生物程高いのである。(第2表)

第2表 (LINDEMAN 1942)

Trophic Level	Cedar Bog Lake		Lake Mendota	
	Productivity (Corrected)	Efficiency	Productivity (Corrected)	Efficiency
Radiation (Λ_0)	≤ 118.872		118.872	
Producers (Λ_1) (Photosynthetic Plants)	113.3	0.1%	480*	0.40%
Primary Consumers (Λ_2) (Herbivores)	14.8	13.3	41.6	8.7
Secondary Consumers (Λ_3) (Carnivores)	3.1	22.3	2.3+	5.5
Tertiary Consumers (Λ_4) (Carnivores)	—	—	0.3	13.0

* LINDEMANはこれは高すぎるとしている。これは310を補正して得た値であるがHUTCHINSONは310の代りに250位が正しいとしている。

+ LINDEMANはこれは低すぎるとし、多分A4に属する大形predatorの存在の結果だらうと言っている。

Productivity/Efficiencyの値はtrophic levelの高くなる程低くなる。これは敷衍してmajor community全般に通ずる一般法則と考へられることから、ALLEE等(1949)はこれをLINDEMAN ratioと呼びこの方面に於けるLINDEMANの功績を記念することを提案している。

HARVEY(1950)は英国海峡の水域中の各種生物のstanding crop並にその生産量を計算して次表を作製した。

100grのvegetable tissueから(assimilateされたものとして)

70grのherbivorous short lived zooplanktonを作る (1)

11grのHerbivorous wellgrown long lived bivalves

又は worms を作る (2)

4~7gr(70grの6~10%)のpelagic fish ((1)を食べるもの)
を作る

1gr(11grの6~10%)のdemersal fish ((2)を食べるもの)
を作る

0.3grのcarnivoresを食べるcarnivoresを作る

第 3 節 生産に影響する要因

一つの水域の生産力を生産生物学的な意味で一般的に掴むことは、その水面内で行はれる物質循環の経路の適当な一断面を考え、その面を単位時間内に通過する物質の量を知ることによつて可能であらう。これは問題が比較的簡明で且つ測定に誤差の少い点等から、無機物から光合成によつて有機体即ち植物体の出来る段階が選ばれることが多く、むしろ問題はこの点に限られている観がある。しかし又同時にこの段階は常識的に生産の第一歩と言へる点に他の断面よりも理解し易く、又水面生産力と言う点で可成り確定的な意味をもつとも言へる。

この過程でのgross productionを考へた時一定時間に作られる生物有機体の量即ち生産力をPrとし生産量をEとすると

$$Pr = \frac{dE}{dt}$$

で $t_1 \rightarrow t_2$ 間の生産量は

$$E = \int_{t_1}^{t_2} (Pr) dt = Px$$

もしこの値がその環境内の或る極端に近い位置をとっている一つのfactorによつて、即ち或る一つのminimum又はlimiting factorによつて左右されるならば

$$E = Px = P_0 \sqrt{1-q}$$

しかしこのlimiting factorの影響が他の色々のfactorの大きさ(即ち生態価上の位置)によつて影響されるならば、GROTEの式の場合は

$$E = Px = P_0 (1-q_1)(1-q_2)(\dots)(1-q_n)$$

MITCHRLICHによれば

$$E = Px = P_0 (1 - e^{-c_1 x_1}) (1 - e^{-c_2 x_2}) (\dots) (1 - e^{-c_n x_n})$$

の形となる。

しかしこのように一つのlimiting factorだけでなく多くのものが同時に生産に影響しあつていすると、Eは実際には容易に推定し得ない。事実extreme factorだけがEを規定し得ないことも多くの例がある。しかしGROTEは直観的なもので強いて言うならば一般には大体

$$Px = \sqrt{1-p} \cdot J \cdot \sqrt{1-q} \cdot O \cdot (M-C) = \sqrt{(1-p)(1-q)} (M-C) P_0$$

と考へて好いのではないかと言つている。茲にJはoptimal energy factorで起る生産量、OはOptimal nutrient factorで起る生産量で $\sqrt{1-p}$ 、 $\sqrt{1-q}$ は夫々のfactorの中のlimitingのもの、Optimumからの離心率、M-Cは最強の阻害因子の影響で、Mは阻害因子の最強の濃度、Cは実際に起つている濃度を示す。

最近では如何なる意味でもminimum factorと言ひ得るものはなく、全てのものが他のfactorの量(強さ)の如何と関係すると言はれている。20年以前にはPlankton populationは量的にも質的にも一つの又は幾つかの明瞭な環境要因、例へばPH, O₂, CO₂, NO₃, 水温のようなものでcontrolされることが広く支持されていたが、研究が進むにつれ、plankton ecosystemはもつと複雑で、昔limiting factorと考えられたものが今日重要視されなくなり、今日の研究はあまりはつきりしない、又測定し難いfactorやtrace element, 又生物同士の間の生化学的關係の如き重点がふかかれている。化学要因に関しては、營養塩類が多いとplanktonが多いのは一般通則だが、それにも限度があり、相関はdirectでなく又多くの例外が

ある。又或るionのratioがplanktonの質や量を定めることがあり、例へばLow Na—K ratio, 又Ca—Mg ratioはDiatomやBlue green algae floraをもち、これが高いと普通Chlorophyceae floraとなるといわれる(PRESCOTT 1939, PENNAK 1946)。

又HARVEY(1953)によればChlorellaが N_2O_5 又は NH_3 のN源の制限のある時に成長する場合、光合成や細胞分裂は可利用Nが全くなくなつて後にも続き、細胞はN—欠乏になるが、 N_2O_5 を加えて暗所に置くとこれ等N—欠乏細胞は有機Nの可成りの量を作り(KETCHUM 1939), Nを入れない時より多量の呼吸酸素を消費する(MEYER & CRAMER 1948)と言われ、又松江氏(1949)はSkeletonemaは $P_2O_5—P$ を必要量の数倍吸収し、外界に $P_2O_5—P$ がなくなつても増殖を続けることを報告している。

従つて真のlimiting factorの意味でGROTE等の式を考へることは甚だ困難であり、こゝでは単に影響要因の種類を考へるだけに止める。

Energy factorとして考へるものは、日光、水温、酸素等であり、nutrient factorは生物有機体の生成原料たる栄養塩と広い意味では生理作用の円滑な進行を調節する刺激物を含むものである。阻害因子は工場排水その他多くのものが挙げられるであらう。又広い意味ではenergy factor又はnutrient factorと考へられるかもしれぬが、年代的要因(例へば新しい堰湖の如き場合)も阻害要因の中に入れて考へられよう。

互に関連し合うものではあるがenergy factorの方は主にcycleの速さを決定するもので、nutrient factorはその量的のもの謂はcycleの太さに影響するものと考へられる。

イ. Energy factor: 水温、酸素等については昔から多くの研究が行はれて来たが、日光については比較的歴史は新しいと言へる。水中照度の問題については今日尙研究が要請される点が多い。(第4節Suspended Matter参照)

海の原生産として最も大きい量を占めるのは言う迄もなくphytoplanktonで、その生理、生態は海の生物中最も群衆生態学的立場から取扱はれてきたものであり、研究報告が非常に多数あることも特徴的であらう。且つこれ等の研究はその代表種たるDiatomaceaで行はれているものが多い。これ等の同化作用の強さが光の波長によつて異なるか、又はそのenergyによつて決るかについては色々説があるが、Chlorellaのような緑藻類ではe—

energyが等しくても波長が変れば同化作用の量が変化し、比較的長波長の部分が同化作用の能率が好いことが多い人によつて見られている(宝月, 1952)。しかし珪藻、藍藻のようなChlorophyll以外の色素を持つplanktonはもつと短波長の部分を良く利用すると言われ、Nitzschia closteriumの培養種での実験でF・A, STANBURY(1931)は詳細な波長別の如何は照射energyの量程は重要でないとし、M, JENKIN(1937)は可視光線の全波長のtotal energyがDiatomの光合成に対するavailable energyのbest measureを与へるものと仮定しNitzschia clostを海水中に吊り下げる方法によつて $7.5 \text{ joule} = 1.8 \text{ gr. cal/cm}^2 \text{ h}$ 以下ではO₂生産は直接energyに比例する、而してavailable energyの消費は7%であるとした。7.5 joule以上の日射の下では光合成はenergyに比例せず能率は低下し、40 joules以上では病的変sis tropismを起す。尤もこれは種類や曝光時間で異つてくる。光の強さによる成長阻害又病的変化は淡水藻ではGESSNER(1938), MONTFORT(1929)等は無しとし、SCHOMER & JUDAY(1935)、宝月(1941)、MANNING & JUDAY(1941)は阻害をうけるとしているが、海産planktonでは全ての人が阻害を認めて居り吊り下げ法による酸素生産の実験は全て表面近くでは少量になる結果が見られ、同化作用のmaximumは表面照度の50~70%の所とされる。

compensation depthは実験的には瓶中に現場の水、又はpure cultureしたphytoplanktonを入れて水中に吊し、一定時間放置後の瓶中の酸素濃度の変化を求め、変化のなかつた深度を以て定めるが、pure cultureを用いる場合はそのphytoplanktonの同化と異化のcompensateする点を求めたことになり、現場の水を以てした場合には、使つたその水中にある同化作用をもつ生物と、混在するBacteriaやZooplankton等の呼吸作用との併合した結果を示し、現場の水としてのcomp. depth乃至生産層の厚さを求めていることになる。研究の目的によつて夫々に意味があるわけである。comp. depthは或る瞬間の値もあるが、水域の生産と関連して考へる場合は、少くとも1日又は数日間のcomp. depthを測定し、且つこれを年間しばしば測定してみなければ、生産のtime unitを年とした時に適合さず値は得られない(宝月1949, W・T, EDMONDSON & Y・H, EDMONDSON 1947)。

Comp. depthとしてJENKIN(1937)はNitzschia closteriumを用いて、 $0.55 \text{ joule} = 0.13 \text{ g cal/cm}^2 \text{ h}$ の照度の所としてい

る。清澄な海水の場合 $1 \text{ g cal/cm}^2, \text{ h}$ を大約 4000 lux (SVERDRUP, 1950) とすれば上記の値は約 500 lux となる。又 PETERSON (1934) は mixed plankton で comp. depth の照度は 400 lux とした。この明るさは種類によつて多少異り、又水温が降ると幾分深くなる。それは光化学反応の速度が比較的温度的影響を受けないのに対し、呼吸作用の方は $Q_{10} = 2 \sim 3$ で影響されることから推測出来る。海の phytoplankton の場合、大体 400 lux 前後を以て comp. depth の明るさと考へて好いであらう。(NELSON 1910, GRAN & THOMPSON 1930, GRAN 1927, CURTIS & JUDAY)

Secchi 板を水中に入れて、見えなくなる深さ、所謂透明度の深さ (D) は方法の簡便なために従来よく用いられて来たが、これと comp. depth (C) との関係については多くの人が観測しているが、吉村は淡水緑色植物では $C/D = 1.25$ とし、CLARKE (1946) は $2 \sim 2.8$ 、宝月は 2、POOL & ATKINS (1929) は $2 \sim 3$ の値を出している。これ等の値は年間のあまり大きな消況の変化のない水域では或る程度は大略の近似値を得ることがあるかもしれぬが、一般的にはこの値を用いて comp. depth を計算することは相当疑問があると考へられる。それは懸濁物の質又は量の如何によつて透明度深における明るさは可成りの変異があると考へられるからである。

透明度の深さでの照度については、宝月は木崎湖、諏訪湖、手賀沼等での観測では表面照度の $12 \sim 20\%$ とし、北米 Wisconsin 諸湖での観測では平均 14.5% が報告され、CLARKE は海で $3.5 \sim 23\%$ 、又花岡は東京湾、広島湾等で $7 \sim 33\%$ 等の値を得ている。POOL & ATKINS も英国海峡で透明度深が数 10 米に及ぶ際に 1% 前後の値を得、max は 28% に及ぶことを見ている。最近花岡 (1954) はその観測の結果から、透明度の深さでの照度は、その水中に懸濁する物質によつて非常に左右されることから一の実験式を提出した。

□. Nutrient Factor: 栄養塩類については古来非常に多くの研究があり、又 Diatom その他の培養によつて栄養塩類やその他の物質の成長に及ぼす影響や生理的問題が詳細に研究されている(これ等については最近松江 (1954) の referring 並に研究がある)。

これ等は植物体に関係するので、それ以上の level の餌料生物に関する量的研究は甚だ少く、Urnahrung である Phytoplankton 量と動物量との関係、又一般に prey-predator relation は水界に於て最も取り残された問題の一であらう。

nutrient factorのうち、特殊のものとして最近注目されているものに suspended matterがあるが、これは次節に詳述する。

第 4 節 Suspended Matter

海洋中で無機物から有機物が作られるのは量的には、植物体による光合成が殆ど唯一のものであつて、所謂生産の根源であることは疑いない。しかし海洋中には植物体の大宗をなす phytoplankton 以外に意外に多くの微生物乃至微粒子があり、且つこれが生産に大きな役割をなしていることが近年多くの人々によつて注目され、この方面の研究が次第に活潑にならうとしている。

Plankton を含めてこれ等微粒子を総称する名称は可成り前から色々と言われてきている。即ち Particulated Matter (BIRGE 1934, GOLDBERG, BAKER & FOX 1952), Particulated Materials (KROGH 1931, PENNAK 1946), Suspensoid (CLARKE & JAMES 1939, YOUNG 1939), 或は Suspended Matter (CHANDLER 1942, ARMSTRONG & ATKINS 1950, FOX 1952) Suspended Particles (JERLOV 1951) 又 Seston を以て当てることもあり (宝月 1950) 又 FOX (1952) は Unorganized Organic Matter (これは多くは稀薄な hydrosol になつていて、Water-Solid interface と water surface に濃密) に対して Leptopel の語を提唱している。最近は総称としては「Suspended Matter」を使うことが多いようである。これ等は何れも plankton, bacteria, 動植物の分解物、死骸、分泌物、都市並に工場排水等の detritus 又 bottom origin の種々の無機物等一切の粒子を含めている。海潮流や水平渦動によつて微粒子は岸から遠く運ばれうるし、又空気中から落ちる陸上 origin の塵埃は粒子の水中含量の一つの重要なものである (JERLOV 1951)

イ. 生産上の意義 WARD (1938) はこれ等懸濁物は基本的な餌料供給源である微生物にとつて有益なものでこれ等膠質の有機粒子を集めると水中細菌の好い培養基質になることから、これが細菌を餌とする原生動物その他の水棲生物の餌料として役立つものであり、又消化管が外観上唯泥で完全に満されている仔魚群を見ることが多いが、魚は健康且つ多量に居ることを見る。これは多分泥が Zoogloea 又は bacteria で包まれたもので栄養価値が

あるために摂取されたものであらうと言っている。NELSON (1947) はカキについて同様のことを見、又 ZOBELL & ANDERSON (1936) によれば、河過海水でも *bacteria* は増えるが、海水の *unit volume* に出来るだけの *solid surface* を与へた容器中ではずつとよく繁殖する。そして自然海水中のように濃度の薄い時は、水の容積に対し *solid surface* が増す程、増殖は *active* になる。これは *Surface* が増えると多数の *periphitic bacteria* に場所を与へることになるからで、この *activity* の増加は有機物の吸着を増し、*diffusion* を遅らし、そして外部酸素を濃厚にするためと思はれる。*nitrifying bacteria* をうまく培養するのは *plate technique* より懸濁物を必要とする (COOPER 1948) とされる。

同様に BOND (1933) も普通の流に見られる有機物溶存量 10 mg/L 以下では *bacteria* の培養はうまくゆかないが、これは *free* に *suspend* している海中 *bacteria* でも同様である。しかし *bacteria* と有機物が固体の表面に吸着されると 10 mg/L よりずつと低い濃度でも利用能率が非常によくなつて成長がよくなると述べている。*bacteria* 以外のものでも EDMONDSON (1946) によると *Rotifer* で、*crowding* がそれ以上大きくなると害作用が明かになるという最適密度があることは、明かに証明はされていないが確かである、しかし基本的な且つ一般的な要因の一は水の *unit volume* 中の *solid surface* の大きさであるらしい。

自然海水では *solid surface* として全ての懸濁物が与るのである。VAN OOSTEN (1945) は湖水の濁りには *plankton* 以外に *bacteria* (特に *detritus* の周囲を *bacteria* が *coat* したもの) も重要で時に大部分の *factor* となることさえあるといっている。

有機 *detritus* の供給が多くて *omnivorous sp* の植物性 *Plankton* 捕食が一時的に極く少くなることは多くの種類でよく起ることのようである。

湖水や沿岸特に湾内のような水域では陸上から流入するこれ等有機、無機の物質が直接、間接に水の生産力を高めていることが考へられるのであつて、物質循環で植物という形を通らないで有機物が直接 *consumer* の生産に与つていることが推定されるのである。

以前は *soluble* の *organic matter* の栄養価が議論されたが、これは *solubility* の定義の問題でもあるので、多くの水生動物が顕微鏡的な極く小さい分子集合の可成りの量を含んで、色々の *stage* の *fine subdivision* で存在する有機

物を摂っていることは間違いない。しかし 1μ 以上の大きさならこれは真の溶液とは言へない。 $1\mu \sim 0.1\mu$ は即ちcolloid solutionである。海ではこのようなcolloidal particleはdivalent cation又chargeしているmicellsが多く、色々の程度で吸着、凝集等が起つていると考へられ、粒子は可成り大きいらしい。ゲンボヤやハゼのoxyhemoglobinは約50%、Polichaetaの夫はその2~10倍であるが、MysisやSea Musselはこれ等のsuspensionからこの粒子を摂取しうる。海中のcolloidal particlesはこれ等のoxyhemoglobinより大きいのであるから充分摂取すると考へられる(FOX, OPPENHEIMER & KITTEDGE 1953)。このようなbiocolloidは水中に分散すると岩や砂、又木や親水性物質即ちmucus sheats, cilia又fine sievesのようなfeeding apparatusに吸着され、摂取されるのであらう。自然状態ではMusselはpelagicのものよりはsedentaryのDiatomを多くとるが、量的にはDinoflagellataの方が餌料として大きな役割をもつておりとし(FOX 1936)且つ両者共に小型のものが多く、大きさについても撰別的に摂取する様である。言はれるがこれ等細胞以外に多くの小粒子を摂取するらしい。

種々の大きさの粒子を用いて介類、海綿その他についてretainingの程度、速さ等を観察した実験は多い。第3表に3,4例をあげる。

古川・野上(未発表)はカキにつき、その摂取する粒子はOptimum 15μ 前後で、 1μ 内外の粒子(墨汁の粒子)も可成りよく腸管内に摂取されることを見、又ハマグリ(殻長5.6~6.6cm)でペイント($1\sim 3\mu$)のsuspensionをcleaningする速さを観察し、濃度を半減する時間は $10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$ 及 25° で夫々76.3, 56.5, 39.8

第 3 表

観 察 者	生 物	粒 子
LOOSANOFF & ENGLE (1947)	Oyster	Chlorella (5μ) 0~92% gillにretain inさる Euglena (60μ) 15~80% " "

JØRGENSEN (1949)	<i>Grantia</i> . (7 cm). <i>Sycon</i> (4~6 cm) <i>Halicondria</i> <i>Mytilus</i> (3 cm) " (1.5 cm)	2~4.5 μ * よくretainする " " " " " " " "
JØRGENSEN (1953)	<i>Ciona</i> <i>Mytilus</i> <i>Crassostrea</i>	* ** 1~2 μ ~200 μ (200 μ の方がcleaningが速い) hemocyanin, hemoglobinの25%をretainした 1~2 μ *~200 μ (1~2 μ の方がcleaningが速い) 2~3 μ *又はそれ以上をよく摂取し1~2 μ *では1/10になる
CHIPMAN & HOPKINS (1954)	<i>Pecten</i>	<i>Nitzschia</i> (56 μ) <i>Chlamydomonas</i> (7 μ)
GALTSOFF (1928)	<i>Oyster</i>	<i>Bacillus coli</i> 70~90%はGill filterをescapeする
ZOBELL & LANDON (1937)	<i>Mytilus</i>	Bacteriaを極めてよくretainする
ZOBELL & FELTHUM (1937-38)	<i>Mytilus</i>	Bacteriaで9ヶ月飼育

* graphite

** phytoplankton

及34.5時間となることを見た。

Coelenterata, Asteroid 又 Cephalopods 等は細胞外Proteaseを多量に持っているが、海のdetritus feederにはAmylaseはもついてもProteaseやLipaseを体外消化液として出さぬものがあり、これらは蛋白や脂肪を粒子としてとり入れて細胞内消化をするものと考へられる(FOX 1950)。

ZOBELL等はMytilusをbacteriaだけで長期間飼育し、controlの無飼料のものに比し可成り体消耗が補はれていることを見ている。しかし又FOX & COE (1943)はMytilusで研究して海水中のmicro-organismsの量は介の成長や代謝のための充分な栄養供給源でなく、溶解有機物が栄養源として用いられるに違いないとした。これに反し、A. KROUGH (1931), R. M. BOND (1933)その他は溶解有機物の栄養源としての重要性を示すためのdirect attemptsはそれが海水に添加されたにしろ、天然のものであるにしろnegativeの結果であつたことを示している。

又HARVEY (1951), JØRGENSEN (1952)はこれ等feeding animalsは成長のために摂取energyの2/3を用いるといつているが、カキは酸素1ccを吸収するのに約15立の海水を吸入呼出するとされ(JØRGENSEN 1952)、又酸素1ccはmixed foodの0.8mgの有機物を燃焼するための必要量とされる。故に、海水15立は少くも可利用有機物を0.8mg含有すると見做せよう。今これ等の成長と燃焼両者に必要の有機物を考えても、必要餌量は0.15mg 可利用有機物/Lを越えないであらう。ARMSTRONG & ATKINS (1951)によれば英国海峡でphytoplanktonは0.06~0.59mg/Lであるが、全有機particulated Matterは1.6~1.8mg/L存在するという値から見てcoastal water中の有機粒子(Phytoplankton及Organic detritusを含んで)はfilter Feederの体維持や成長に必要な量以上にあると言へる。しかしこれ等介類のorganic matterの年間増加を実験的に決定したもので見ると、DiatomやDinoflagellataだけではこの生活energyを補う程の量は考えられない。又これ等植物細胞は生きて食べられた時、消化管をそのまま通つてしまうものが多く、糞からDiatomを培養出来、又Dinoflagellateのcelluloseの殻を消化する酵素を貝類は持つていない。又DaphniaやCopepodaについて、soybean mealやhay infusionで長く飼育出来、Phytoplanktonがなくても大丈夫であ

ることが知られ、又Cladocera或はRotiferの密度とphytoplanktonの夫との変化の一年を通じての相関は0.19, 0.2位しかない(PENNAK:1946)とされ、又RILEY(1940)も動物量の変化はplantsの生産又はstanding cropの大きさにあまり影響が認められないと言っている。

古川・久岡(1955)によれば、1953年9月25日から25日間、アサリを籠に入れて色々の密度で海水中の種々の深さの層に吊し、成長量を測定したが、この状態でアサリは略Normalに成長する。それによれば、各密度、各層共大体同様の成長を示しているのだからこれ等を全て平均してみると次表のようになる。今上記JØRGENSENの値を用い、

第 4 表

	実験開始時	終了時	差
Shell重量	7.9 g	10.4 g	+2.5 g
肉重量 (105°, 24h)	0.44	1.04	+0.6 g

又貝は大きく見てその肉量の1500倍の海水を1時間に呼吸するとして計算すると次のようになる。

今肉量をwet weightで2grとすると呼吸水量は3L/h、酸素1ccが燃焼する有機物を0.8mgとすると $0.8 \times \frac{3 \times 24}{15} = 4$ mg org matter が1日に燃焼する。故に25日間では0.1grの有機物が燃焼され、その間の肉増量0.6grを加えると、この期間のassimilated org matterは0.7grとなる。吸収量に対する成肉係数はHARVEY(1951), JØRGENSEN(1952.)に従つて66%と見、消化率を80%と見るとこの期間に餌として摂取した有機物は

$$0.7 \times \frac{10}{8} = 0.9 \text{ gr}$$

$$\text{又は } 0.6 \times \frac{3}{2} \times \frac{10}{8} = 1.12 \text{ gr}$$

となり、この期間に呼吸した全水量は $3 \text{ L} \times 24 \times 25 = 1800 \text{ L}$ であるから、餌は0.5~0.6 mg/Lで水中から摂取されたことになる。(此の濃度は古川等の他のdataによると、此の実験を行つた附近の海水中のsuspended matterの有機粒子濃度のca. 25%に当る。)

SVERDRUP et al(1942)のplankton equivalent tableによれば、plankton organic matter 4mgがplankt-

on沈澱量1ccに当る故、上記の値は沈澱量 $125\sim 150\text{cc}/\text{M}^3$ のplanktonに相当する。しかるにこの附近のplanktonは精々40cc位で、上記のような値は殆ど起り得ない量であり、アサリの成長が決してplanktonだけを栄養源としてはいないことを示すものとして好いであらう。(shellの成長についてはカキでKORRINGA(1951)、BEVELANDER & BENDER(1948)等は溶存Caの摂取によるもので、particulate formや餌のCaからはとらないといっていること等から上の計算には入れていない。)

KORRINGA(1952)によればOosterschelde(Holland)では海水中のorganic matterの10~15%は生物又は 5μ 以上の粒子中にあり、10~12%は微細な、しかしberkefeldを通らない大きさのものとして、残りはこれをpassするがその幾分かは真の溶存物でなく、particulateで、多分そのうちの幾らかはmucus feeding sheetで捕へられるものであらうと言っている。

溶存有機物が直接生物の栄養源となるか否かはPÜTTER(1909)以来の問題で、特に無脊椎動物では解決のようであるが(A・KROUGH1931)貝その他の水棲動物が水中のsuspended matterに相当依存していることは疑ないと言へよう。

花岡(1952)は東京湾について調査したが、1947年の湾内漁獲量は $2735\text{メ}/\text{km}^2$ で、これは $21.8\text{g cal}/\text{日m}^2$ に当る。同年の日射量は $4\times 10^6\text{g cal}/\text{日m}^2$ であつたから、その比は0.00055%、又PhytoplanktonのNet Growthの日射量に対する効率はstanding cropとその組成及分裂速度を考慮して0.1%と推定した。宝月は諏訪湖でphytoplanktonにつきgross production, 0.22% net production, 0.15%を観察した。

一方CLARKE(1946)によるとGeorges Bankで1923~1940年間の漁獲高は $63\sim 289\times 10^6\text{lb}/10^7\text{acre}$ の範囲、即ち $6\sim 7.7\text{g cal}/\text{日m}^2$ 、日射量に対する効率0.00005~0.00025%、又植物planktonに対しての夫をmax. 0.3%としたが(この値は多少高すぎると言はれる、宝月1949)、これと上記の東京湾に対する値と比較すると魚の生産量に於てmin. 3倍、又phytoplankton生産量に対する漁獲物の比率は東京湾で6/1000、Georges Bankで1/1000で、東京湾が魚類の生産効率が好いことを示し、これは内湾では植物plankton以外の所謂suspended matterの量がopen seaであるGeorges Bankに比べて非常に多いことに基因するのであらうと論じた。

海のorganic suspended matterが相当大きい量を示し、これが海の生産に非常に大きく関連しているとの考へは一部には古くからあり、例へばBOYSEN—JENSEN(1914)はBaltic, Kattegatの沿岸水中にはsuspended matterの大部分はliving planktonでなく、detritusであり、これはpelagicのものに又特に底棲生物、泥中生物に栄養価値があると述べているが、餌としての価値その他実証的研究があまり行はれて来なかつた。しかし最近この方面の研究者の全てが、Susp·Mattの生産的意義を認めていると考へられ、bacteria floraの豊富さ、N·S·P等の可溶性塩の生産や植物栄養物としての利用程度、生物的生产力のlevel等、全ては水中にあるunorganized org·matt·の量と密接に関連し(KEY, CHRISTENSEN & KROGH 1935) living matterのproductionに密接に関連する(JERLOV 1951)と考へられている。

ロ. 定量法 以上述べた研究とも最近はこの採集、定量方法の研究も多い。これ等Susp·Mattは非常に微細なものが多から、plankton netは勿論、普通の濾紙でもこれを通過するものが多い。Müller 25番のplankton-netで採集出来るものは全Susp·Mattの10%以下と言はれ、HARVEY(1950)によるとWhatman No. 2の濾紙に残るものと、0.9 μ の孔径のmembrane-filterを用いたものとを比較すると、acetone液で抽出されるChlorophyllの量において5:8, 6:11即ち約40%は此の濾紙を通過するものであることを示す。しかもこれはChlorophyllを有する植物のみの比であるから、それ以外のものを合せば可成り大きい値になることが考へられる。

F·A·ARMSTRONG & W·R·G·ATKINS(1950)は1.09 μ の孔径のgradocol membraneで濾したものと、Whatman No. 50の紙でBuchner漏斗とwater pumpを用いて濾したものを比較したがmembraneに比し濾紙の場合は4%が抜け去るのを見た。

Tyndall beamで見ると、A·P·D·(Average Pore Diameter)が1.09, 0.61, 0.2 μ のfilterを通じても尙suspensionがあることが示されるが量は極く僅かである。

GOETZ & TSUNEISHI(1951)のmolecular filterはcellulose acetateとcellulose nitrateとが入り混つて不完全にcross linkしているhigh polymer分子からなり、1~5000m μ

の孔徑を作りうる。このmembraneは表面に一定の大きいサイズの孔があり、内部の空隙はもつと大きい。故に普通の濾紙が孔の中に物を残すのと異なる。これは表面に残すもので最近では色々の方面に用いられている。海水で使用したGOLDBERG, BAKER & FOX (1952)の方法は大略次の如くである。

先づ新しく採水した海水1Lに KI_3 の和液40ccを加へ生物を固定する。1時間放置後MFを通す。過剰のIとfilter上に残つた海水は5, 10, 25, 50, 75, 90次に100%と蒸溜水で薄めた海水(夫々10cc)で洗い、fast green 20cc (JOHANSEN 1940)を入れ30分放置後色素液を濾過し、蒸溜水で洗う。次に酒精5, 10, 25, 50, 75, 90, 100%になるように入れた液で出来るだけ早く、膜をとかさぬように洗う。(この際高級アルコールを用うると害が少い)。

かくして脱水した膜をceder oilで透明にする。この際もalcoholでceder oilを薄め、10, 25, 50, 最後に100%ceder oilを通す。こうして透明になつた膜をfilterから取り去り半分に切つてslide上にbalsamで載せ永久プレパラートにする。使用する液は全て予めM・F.を通して置かねばならない。

FOX, ISAACS & CORCORAN (1952)はfilterの代りにpowderを用い、吸着によつてsuspended matterを採集した。吸着剤としては色々実験した結果 MgO と SiO_2 の同量混合物を用いた。これはMFと同様、極く微粒子の稀薄溶液からこれを吸着するもので、この1~2gを30mm直径のfilter cupに入れる(6~8mmの厚さになる)と多量の海水中のcolloid materialを吸着しうる。(1~2mmの厚さのfilmになる)海中に実際に存在する粒子より小さい約 $5 \cdot 0 \text{ \AA}$ の大きいサイズのギンポ、ヘゼのOxyhaemoglobinを完全に把へる(FOX, OP-PENHEIMER & KITTREDGE 1953)。

このようなsamplingの場合には器の内面に水をはじくplasticを塗るとよく又ホースで水を汲み上げることは内面にSusp mattが吸着するのでよくないと言われる。powderを使う場合には予め又は採水の時に入れておくといふ。

このpowderを使用する際、アンチニアが相当量吸着されていることがあるので、化学分析を目的とする際は最純品を使うより注意する必要がある。塩酸処理をして再製すればアンチニアはとれるが、particleの大きさや吸着能、濾過能が多少変化するらしい。純品の場合には MgO 粉末を除き SiO_2 のみでも殆ど誤差は出ないようである。

D. BALLANTINE (1953)はnannoplanktonの採集方法の比較実

験を行つたが、その方法は(1)遠心分離法、(2)0.5 μ 孔径のcollodiam membraneによる濾過、(3)MF(0.5 μ)、(4)R・H・MILLAR法、(5)培養法の5種で、(1)は15分以上1500回転すれば殆ど完全だが、細胞密度が高い時は落めてからの方が好い。(1)で得られる細胞数に比し、(5)では非常に少数しか出ず(4 ~ 10) cultureの良法が出来る迄はこの方法は駄目である。(2)、(3)の方法は大差なく、(4)のnannoplanktonの光線反射能の高いことを利用してphase contrast microscopeで動いているものを素速く見る方法はなれると可成り早く出来て好い方法であるが、大きさの分類や、或る程度種類を分けて見ようとするには(1)、(2)及び(3)の方法が好い。しかし、(3)は永久プレパラートにしていつでも観察出来る点便利だが作製に時間を要し、又細胞が収縮して数へ難い欠点がある。(2)は動くものを見る時はOsmic vapourを使うが操作が不便で且つfield内の個体数が多いので時間を要し、又生物の凝集が起ることがあり、結局(1)の遠心分離法が一番好いだらうと結論している。

間接的にsusp matterの濃度を推定する方法として光学的方法が考えられる。元来この方面は海の濁り乃至水中照度の問題として古くから研究が行はれて、既に1885年に、FOL & SARASINが写真乾板を用いて地中海で400m迄感光することを示して以来多くの記録があり、特にPOOL & ATKINSが1933年に海洋でSelenium光電池を使って詳細な観測をしてからこの方面は非常に発達し、理論的研究も多い(JERLOV 1951)

suspended matterと水中照度乃至海の光学的性質との関係からその定量をする方法として先づ考へられたのは

- 1) Secchi's板による透明度の深さの測定(JERLOV 1951)
- 2) 海の色の研究: Secchi's板を沈めた時、上から見た色を判定する(花岡1952)。もつと精密な調査には特殊の装置を用いる(KATLE 1938)。これは粒子だけでなく溶存物も大きく関係する。
- 3) 可視並に紫外線の表面下の輻射の計測: 水中での日光のextinctionは吸収(水、溶存物及び粒子による)とscattering(粒子による)の2個のfractionがある。又着色物によつても影響される(POOL & ATKINS 1929, CLARKE 1938, JERLOV 1951 '52, 花岡 1952 '54, 菱田 1954 etc.)。
- 4) 現場のTransparency: 光電池によつて電燈光線の透過能を測定する方法でmicrostratificationが計れるが、外部からの光を遮断する覆いが必要なために、連続測定を各深度で行う必要のある時等に不便である。最近福田等はランプの前に4

100. cyc / sec の回転セクターを置き変調光束とした光を増巾真空管に入れるようにして外界の光に関係なく観測しうる濁度計を試作した。しかし7 m以上の深さでないと誤差が大きいという(福田・井上・西沢1954)。しかし何れにしてもこれだけでは、異つた色の光線を使つても、粒子による extinction と溶存物によるそれとの区別をする充分な data は得られない。

5) 採水した試水について光線の透過度を測定する方法: これは単色光で精密に測定出来るし、その accuracy は現場と同様である。又試水を通過することにより粒子による extinction と溶存物によるそれとを区別出来る利点がある。唯水の保存が長時間は困難であるのが欠点である(菅原他1949)。JERLOV(1952)によると試水瓶に採取した水を入れて1日おくと粒子の密度は可成り下る。この低下は粒子が分解したり、互に凝集して底に沈下したり、又器壁に附着したりすることによるもので、容器を速く回転していても粒子を懸濁状態のままに保つことは出来ない。又日光に当てるとこれが促進される。それ故測定は出来るだけ早い方がいい。特に沿岸の濁つた水の場合は

第 5 表

放置時間	粒子による Scattering coeff / km (JERLOV 1951)				
0	25	50	75	100	125
2	25	49	73	96	116
4	24	48	69	89	106
6	23	44	63	80	94
8	21	40	56	70	78
10	21	39	52	63	67
12	21	39	51	59	61

第5表に見られるように濁りの変化が早い。

6) 現場での Scattering 測定: 人工光線の beam の Scattering を photometer で計る方法で、これは sus matt の量に目安を与えるが extinction が複雑に影響する。又 Scattering meter は非常に鋭敏なので、夜測定せねばならない。

7) TYNDALL effect を見て粒子の量を求める方法: KALL(1939)が紹介したのと似た方法で JERLOV(1951)が Swedish Deep Sea Expedition に際して詳細な研究を行つた。これは直接 Suspended Matter の定量を目的としたもので JERLOV は観測船 ALBATROS によつて世界各地の海

の粒子の分布を測定した。

ハ. 照度及び光線との関係 初めの照度 I_0 と水層の厚さ Z を通過した後の照度 I_z との関係は一般に $I_z = I_0 e^{-CZ}$ で表はされ、 C が extinction Coeff であるが、今

C : Total Extinction Coeff (absorption と scattering を含む)

k : Vertical Extinction Coeff of Daylight

A : Absorption Coeff

S : Scattering Coeff

とすると $C = A + S$

水自身による Persistent ext. coeff, C_w を消去すると

$C - C_w = a + s$ a : susp matt と dissolved matt による
absorp. coeff

s : susp. matt による Scattering Coeff

C_w の大部分は吸収によるもので、Pure water の scatter は C_w の精々 20% である。

CLARKE & JAMES (1939) は berkefeld を用いて粒子を去り、種々実験をしたが、水が contaminate されて示す extinction のうち s は a より遙かに多い。又沿岸水中では susp matt は光に著しい撰択作用をするが海洋水では同様の作用は証明出来なかつた。しかし JERLOV は船上での Tyndall observation は total scattering は赤より青の方で高いことを示したが、水自身の示す scatt を除くと粒子による scatt はほんの僅か selective であるにすぎなかつたという。JAMES & CLARKE (1938) も湖水で粒子は nonselective であると見ている。

JERLOV は extinction の各 component を表層 25m で次第のように計算し、海洋の場合 clear water の時は $s > a$ であるが、精々 turbid water になると a の方が大きいと言っている。

第 6 表 (JERLOV 1951)

波 長	CLARKE IAMESに よる二直戸過 水のCw	st. 371				st. 108			
		c	s	a	c	s	a		
655	0.303								
540	0.068								
440	0.022	0.07	0.02	0.04	0.01	0.11	0.03	0.06 0.03	

st. 29				st. 46			st. 53		
c	s	a		c	s	a	c	s	a
0.36	0.33	0.06	0	0.04	0.07	0.03	0.42	0.08	0.04
0.13	0.06	0.06	0	0.22	0.08	0.07	0.28	0.09	0.12
0.11	0.04	0.07	0.02	0.20	0.08	0.10	0.27	0.10	0.15

cとsは短波長光に対しては幾分差が出る。clear waterではsはCwで、contaminationに日光透入に僅かに影響するだけである。

海で深さが増すと共に照度が減する1因であるscatteringのためのcoeffは簡単に $K=A+\gamma S$ で表はし得る。即ちAはtotalの場合と同じであるがSの方はvertical componentはextには与らずSに或るfactor γ がかかる筈である。上表から γ を求めると非常に小さくなる。若し粒子によるScattがuniformに起るとすると $\gamma=\frac{1}{2}$ になる筈である。海でこれが非常に小さいということはScattが小角度で起ることを示すもので、Scatteringが起るのは比較的大きな粒子での屈折によるものである。即ち海の表層では粒子によるscatteringは粒子及び溶存物のabsorptionよりも大きい、日光のpenetrationに対してはあまり響かない。尤も深くなる程、短波長の割合が増すためにこの影響は大きくなるが、それもそうひどく響く程ではない。それ故海での日光のextinctionは一般的には粒子のcontentは示さない。しばしば言われるようにplanktonの密度と日光のextinctionはあまり相関しない。反之、transparency meterを用うると粒子層の存在は容易に認められるのである。transparency meterならばtotal extinction coeffを示すからである。

これ等のJERLOVの研究はocean waterについてであつて、沿岸のplankton、その他particleの非常に多種多様の水域については如何なる関係にあるかはよ

く判らない。以上のように水自身の一定の selective scattering を除いて粒子だけによるものを考へると、青色光線と赤色光線に対する s の値は 5~10% の差があるに過ぎず、波長によつてはほんの少ししか影響をうけないことについて JERLOV は粒子の大きさが 1μ に等しいか又はそれ以上であつて、それよりも微細なものは非常に少いことを示すものだと述べている。このことは恐らくは沿岸や湾内水には適用し得ないであらう。

又沖合で實際上 non-selective の場合も s の値は全粒子表面積の近似的 measure を与へるもので、単位容積内の粒子の mass との関係は示さない。これは粒子の大きさによる筈である。沖合では栄養性の多い場所では plankton は平均してそうでない所のものより大きい (JERLOV) から若し scattering が同じとすれば mass としては前者の方が大きい。沿岸ではこれ等の事情も異り、栄養性の多寡と plankton の大きさとの関係はそう密接とは言へないであらうし、粒子の大きさも 1μ 以下のものが可成りの量で存在することが予想される。菅原 (1949) によれば東京湾で目で見て濁りとして感ぜられないようになるのは 0.1μ 以上のものを取去つた時であると言ひ、英国海峡で ARMSTRONG & ATKINS (1950) は 0.2μ の A.P.D を通して後も僅かではあるが粒子の存在が Tyndall beam によつて示されると言つてゐる。

光学的性格に伴う種々の問題に関しては沿岸水の粒子は今後更に研究せられねばならない。

二. 分布 海水の同一場所を殆ど同時に採水してもその suspended matter の量が非常に違うことは全ての観測者の一致した所でその分布は可成り inhomogeneous である。それ故短時間に一場所から求めたものゝ量はその水域の susp. matter に関する状況を代表するものとはなり得ないものであつて、むしろそれは成層の状態や騒乱の様相を示すものである。

GOLDBERG, BAKER & FOX (1952) は同時にとつた 2 ヶの海水試料を M.F で濾過し、各の中での粒子の大きさの分布を示したが、各大きさ毎の粒子の数についても、全体の量としても、両者間に大きな差のあることを示した。粒子の総数では 1:2 の差が見られている。

COOPER (1948) によると、英国海峡では冬季 50 乃至 100m の層には全てのものが homogeneous に分布するが、Fe は不定である。これは Fe が particulate して分布しているためであらうとし、又冬に無機質の phosphate が垂直に稍変化のあること、又 phosphate を繰り返へし分析する時一致しないことがよくあるが、これは particulate ferric phosphate のためである。所が solubilit-

γが高く不溶性のものを作る能力がないと考えられる ammonia が inhomogeneous で、これは英国海峡のみならず日本での春風丸の data でも Fe と ammonia が不均等分布をしているのが見られることを指摘し、次のように言っている。即ち海水には ammonia を酸化して N_2O_3 にする nitrifier bacteria はいない (ZOBELL 1946) が、bottom deposit や比較的浅い沿岸の動物性 plankton と ammonia が密接に関連し、又懸濁物に吸収される。又 ammonia は腐敗進行中の物質の amino 及び amido-N の分解からも生ずる。これ等は懸濁して NH_3 , NH_4 等はすぐ水に溶解せず、その粒子上に吸着されて居り、粒子の random distribution に従つて分布しているのである。

尚蛋白の分解は無機態 N の遊離を伴つて主として bottom deposit の中で行はれると考へられていたが、COOPER (1933), REDFIELD & KEYS (1938) は水中の NH_3 の分布は分解が全水層中で起るとせねば説明出来ぬことを示し、ATKINS (1930), RAKESTRAM (1936) は N_2O_3-N は中層中に可成りあることを報告している。

FOX, OPPENHEIMER & KITTREDGE (1953) も粒子は有機も無機も分布は不均等で、濃度も異り又有機と無機との比も異なることを報告している。

内海区 水産研究所で測定した記録(未発表)によれば、広島湾内で同時採水した場合、矢張り大きな差違が現はれることが示されている。即ち船上からポンプ採水によつて Müller No. 13 の plankton-net を通し乍ら海水 10 L を汲み上げ(約 30 秒を要する)引続き更に同様 10 L を汲み上げて数本をとり、夫々を東洋戸紙の定量用 No 5 A の戸紙 2 枚を重ねて吸引戸過したものを microkjeldahl 法により全窒素を測定し、同時採水の各瓶の水について比較すると、1 例を示すと次表のようになる。

第 7 表

stNo.	透 明 度	Total -N mg/10L									
		底 層				中 層 ※		全 層 ※※			
		瓶 番 号	1	2	3	4	1	2	1	2	
I	1.2m	0.275	0.143	0.303	0.707						
II	1.2	0.352	0.574	1.138	0.359	1.020	1.010	0.129	0.964		
III	1.2	0.407	0.338	0.331	0.247	0.957	2.279	0.589	0.206		
IV	1.2	0.219	0.289	0.358	0.442	1.413	2.255	0.358	0.338		
V	1.3	0.310	0.059	0.317	0.289	1.590	1.139	0.213	1.228		

※ 表面より透明度深迄ホースの先を除々に下げつゝ採水 (1953, V1-11)

※※ ホースの先端を底層から表面迄除々に上げつゝ採水 古川 野上

この濾紙は多分約 5μ 以上の粒子を濾し残すと思はれるものであり、従つてこの値は大約 $5\mu\sim 100\mu$ の大いさの範囲の粒子と考へて好いであらう。

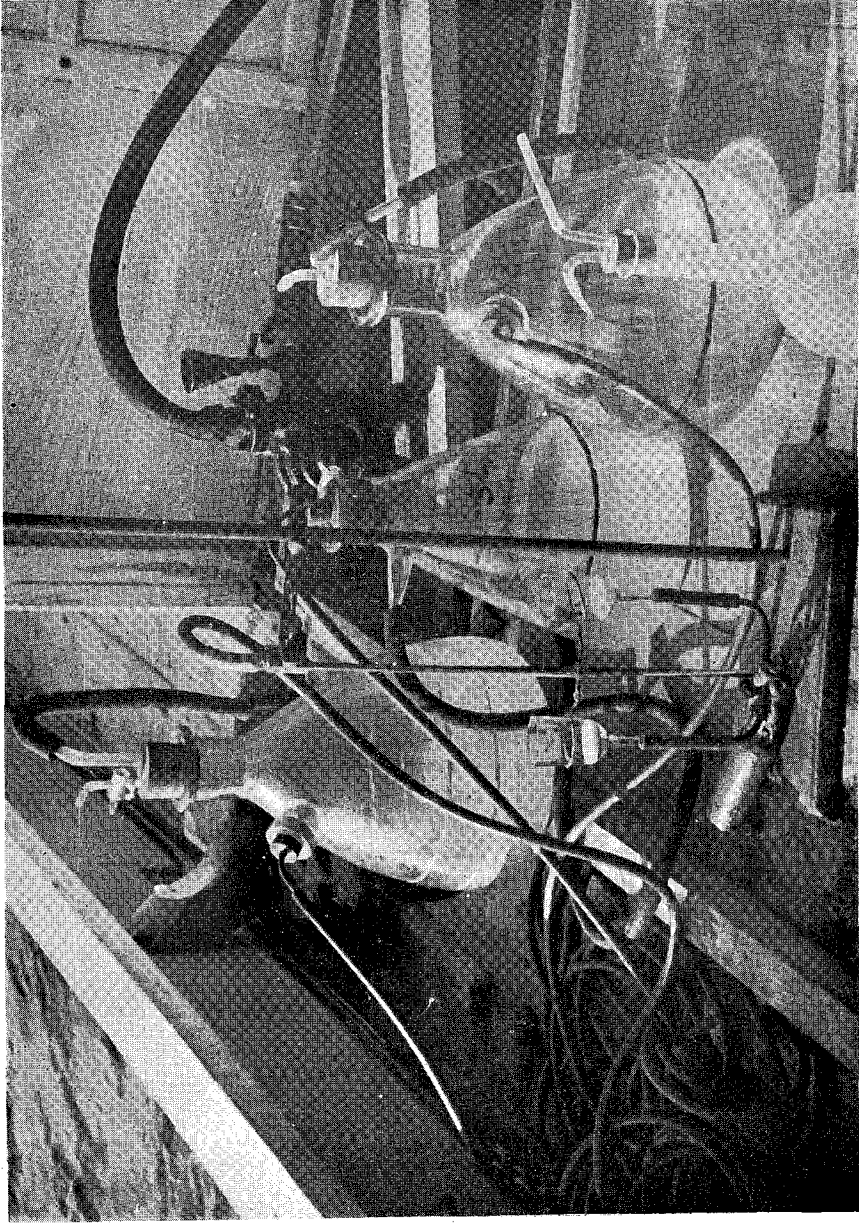
ホ. 現場採集法 以上のように量的分布が非常に不均等であるとすると、或る水域のこれ等懸濁物の量を推定することは非常に困難なものとなり、定量法を十分に考へねばならないことになる。

FOX (1952) はその方法として2ありとし、第1は或る水塊の統計的代表値を得るに必要と考へられる多量の水を採集することであるが、しかしこれは時間と労力において容易なことではない。第2として普通の採水器に大小2本のcapillaryを付け、大きなものから水が入り、小管から中の空気が逸出すようにして採水器が一杯になる迄の間にこれを船で曳き回し、相当の時間をかけて可成り広い面積をcoverする方法を提案し、又真空にした採水器にpowder cupをとりつけて水中に降し現場の水を直接に濾過採水する方法を考案している。

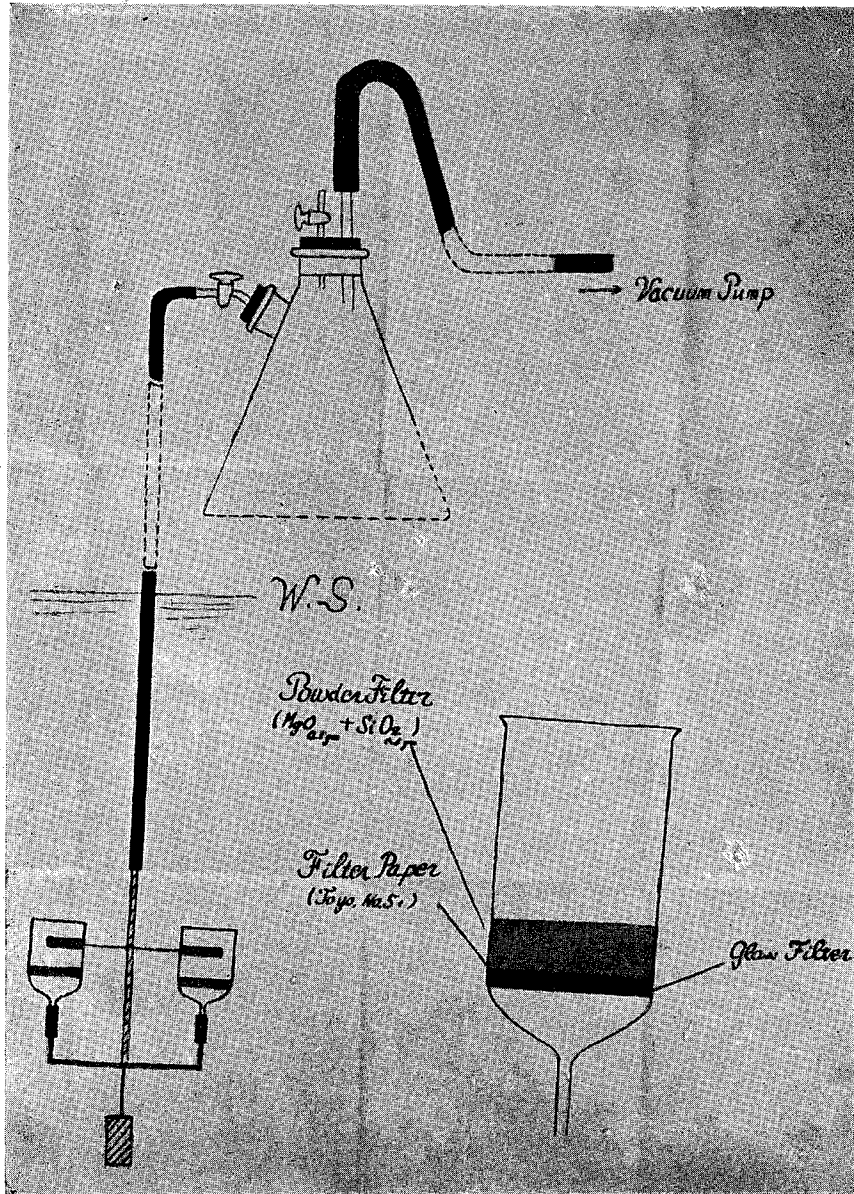
内海区水産研究所では上記のFOXの方法を多少変えて、同様に現場でFOXのpowder cupを水中に降し、導管を通じて船上でポンプで吸引し濾過する方法を用いている。powder cupには3cm径のもの2ケを用いた時、3Lの水を濾すのに約15~20分を要し、潮流の相当あるような場所では、これで可成り広範囲の水の平均を採集したことになつて好成績を得ている。又この採測と平行して透過光量を測定するための試水は、ゴム栓に普通の硝子管とcapillaryをつけた瓶を水中に降し、capillaryの先端の太さを加減することによつてpowder cupによつて採水する時と同じ時間で同量の水を採るようにしている(第4図, 1~3)。

若しsecchis discによる透明度の如き値からsusp matの量を推定し得れば非常に便利であるが、深い所では単に透明度深迄のものしか示さないから、その層以下のものについては一定の關係のない限り不明であるが、浅海では或る程度迄は様子を推定出来るであらう。この透明度深についても多くの研究があり、diatomの量や風で乱される(MARSHALL 1933), chlorophyll contentと一致することもせぬこともあり、 $cl^0/00$ とも一致しない(ATKINS et al 1954), 或はCopepod量と密接に關係した(RUSSEL & COLMAN 1934)等色々報告されているが、一致した見解なく、又誤差も大きいとして最近はあまりこの透明度板法は使はれず、水中照度計或は濁度計を用いるようになりつゝある。しかしsecchis discも使用が簡単であり誤差も熟練すれば数%以下になりうるから、目的と使用方法によつては大いに役立つものと考へら

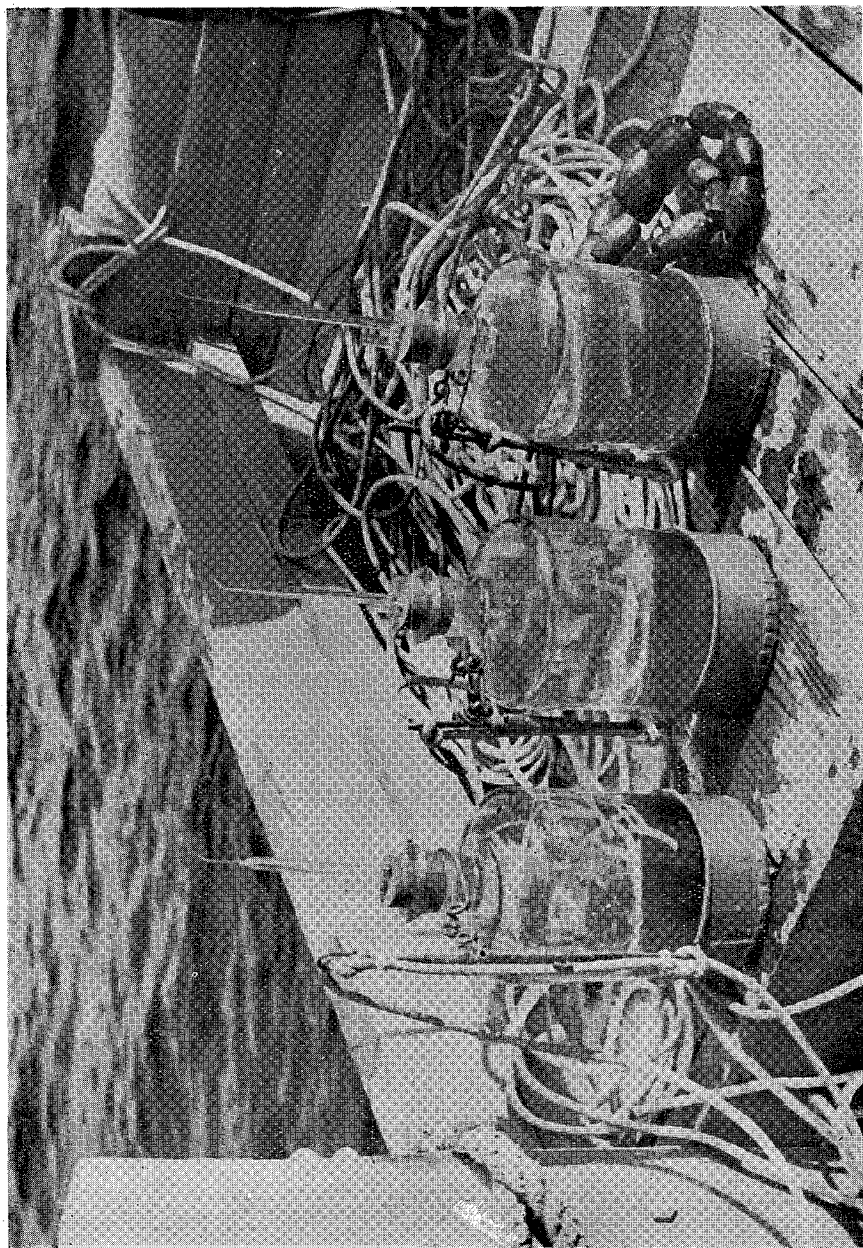
第四図の1

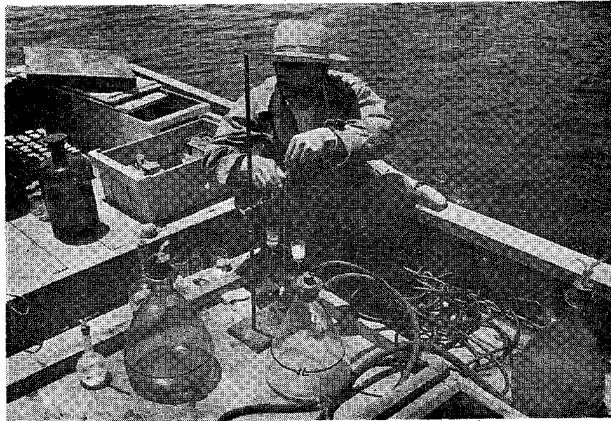


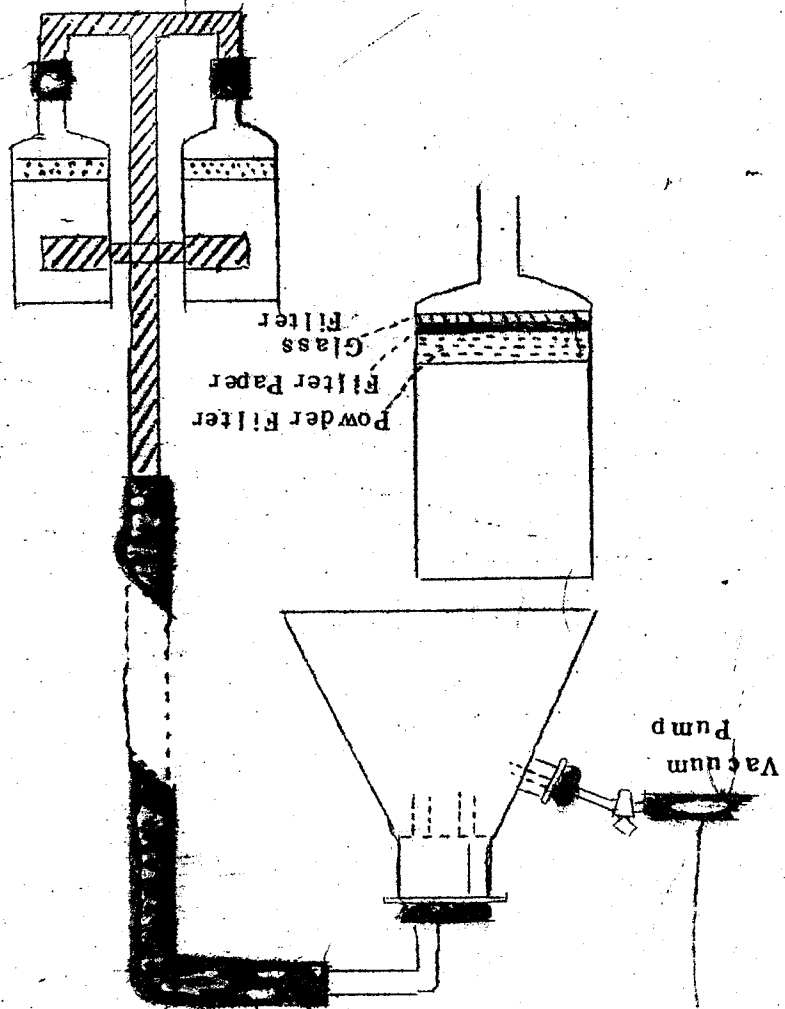
第四図の2



第四図の3







れる。

宝月(1949)は諏訪湖, 本栖湖, 精進湖で seston量と透明度深との関係は sestonを濾紙で濾した時第8表のようであつた。

第 8 表 —1

透明度(m)	Seston
1	10 mg/L
2	3
5	1.8
10	1

(宝月1949)

第 8 表 —2

透明度(m)	遠心分離沈澱量mg/L
1	2.3
2	1.4
5	0.75
10	0.6
15	0.45

(吉村1932)

又吉村(1932)はBIRGE等のWisconsin諸湖での値を整理した所では第8表—2となつたという。この場合の sestonは遠心分離法によつたものである。

花岡(1952)は secchi s板による透明度の深さから間接的に懸濁物量の大約を推定する式を提出した。しかし懸濁物の質的差はこれでは全く推定することは出来ないから、普通の海水にまける懸濁物と、河口或は海峡等において海水の濁りの高い場合のそれとが質的に差があるか否かを判定することは出来ない。これ等質的差を知る一つの試みとして透明度の深さとその深さでの照度の表面照度に対する%の関係から懸濁物の質(AbsorptionとScatteringの各fractionの相違の如きもの)が海区によつてgrouping出来ることを示し、湾内の如き水域ではその分布が $cl^0/100$ の分布と可成り一致することを示した(花岡1954)。

或る深さでの照度と表面照度に対する%を測定して、入射光の変動を消去するに都合の好い測定器はATKINS等が報告している(ATKINS, POOL & WARRAN 1949, GULL 1949)。又ATKINS等(1954)はcolloidion membraneで1~2Lの海水を濾し、これをレンズを取去つた顕微鏡筒下に置き、筒の上端にセレン光電池を置いてAlbedo(diffuse reflexion)を測定し、membrane上の粒子の量とこの測定値が直線関係にあつたことを報告した。

へ、化学組成 ARMSTRONG & ATKINS(1950)は海水約2.2LをWhartman No 5Dの濾紙で濾し(始めの10Lは常に再濾過する)その濾液を孔径 1.09μ のgradocol membraneで濾し、両者の残渣を比較したが濾紙では全量の4%が抜け出ることを見た。しかし両者の化学組成は同様であつたという。しかしinsoluble

organic matterの組成は採水毎に1.77~1.15g/M³(100 °c乾燥)、灼熱残渣は5.5~17% Si, 2.8~3% Fe₂O₃, 2.0~1 Al₂O₃, 7.0~9% C—carbonateと変化し可成りrangeがあるが、矢張りsamplingの間にwater massが変つたとは思へないといつている。

FOX et al(1952)によると、一般にorganic matterの濃度は岸近くで高く7.5~35mg/L, 沖の深い所は少く0.25~0.85mg/Lと報告して居る。しかしこの35mg/Lという値は他の人々の記録と比較すると多少高すぎるような感がある(第9表)。

第 9 表

観測者	年代	方法	Org. Matt mg/L	場所
BIRGE & JUDAY	1922	Centrifuge	5.1~9.5 1)	Wisconsin 諸湖
KROGH & LANGE	1931	Collodion filter	2.55 2)	Furesö 湖
PETTERSON	1934	Glass filter	1.4	Gullmar Fjord
CHANDLER	1942	Centrifuge	0.2~4	Erie 湖
PENNAK	1946	Centrifuge	0.95~10.91	17ヶ湖
HARVEY	1950	Gradocol membr (0.9µm PD)	12UPP/L: 0.14 3)	Plymouth 沖
HUTCHINSON & BOWEN	1950	WHAIMAN No 54 濾紙	9.5 2)	池
ARMSTRONG & ATKINS	1950	Gradocol membr	1.15~1.77	Plymouth 沖
宝 月	1952	良質濾紙	0.3~11 各層平均 0.7 (1月)~7.2 (9月)	諏訪 湖
FOX, ISACCS & CORCORAN	1952	Powder	0.2~35.0	La Jolla 湾
FOX, OPPENHEIM-ER & KITTREDGE	1953	Ashless Cellulose membr	1.1 ※※ 6.5 ※	La Jolla 桟橋
ATKINS, PAMELA JENKIN & WARRAN	1954	Collodion membr	ignit resid $\frac{16}{0.4} \sim \frac{5}{0.4}$ (10m) (15m)	Plymoth 沖
村 上 ☆	1954 ~5	Powder	0~2.89 1)	笠岡 湾
古川・小笠原・野上・久岡 ☆	1954 ~5	Powder	0.17~5.51 1)	広島湾・海田湾

1) Nmg/L × 17 = Org. Matt mg/L として算出。2) Pmg/L × 238 = Org. matt mg/L と算出。3) SVERDUPの plankton equivalent table より換算

4) ARMSTRONG & ATKINSによればSusp Mattの有機物・無機物—0.68:1(7月), 1.01:1(2月)。

- ※ La Jolla 棧橋突端(1000ft)寄波高く海水濁度高い日(Org Mattは全Susp Mattの62%)
- ※※ 上の翌日、波無く海水濁度低い日(Org mattは全susp mattの29%)
- ☆ 未発表

又Fox et al(1953)によると海水をMF(Z=8.5)又はpowderで濾したものと濾さぬもの、BODを測定すると、濾したものは濾さぬもの1/5位になる。即ち3/5以上がcolloidal又は他のparticulate stateで存在する。Organic soluteのtraceはpowderやMFのcellulose materialに吸着されるが、これは殆どneglegibleで特に自然海水のような稀薄溶液ではそで、filtrateのorg.mattは真のorg.soluteの全部と考へて好い。

宝月(1949.)は諏訪湖の水を蒸発した残渣中の有機物はmax・1.31ton/ha(5月), Min・0.5ton/ha(4月)で、内seston有機物は0.25~0.33ton(夏), 0.02~0.1ton(冬), それ故seston以外の有機物としては濾紙を通過するものと溶存するものと和で0.7ton(夏), 0.4ton(冬)ということになる。

suspended matter中の生物、無生物の部分については、FOX等(1952)によるとLa Jollaのliving matterにつきOrg.mattは次のようであつた。

Dinoflagellata (ca. 10000/L: 2×10^{-5} mg org matt /cell)	
0.2mg/L	
Diatoms (20000/L: 1.5×10^{-6} ")	0.03 mg
Bacteria (45000000/L: 5×10^{-11} ")	0.002
計	0.232m

若し全体のcolloidal又はその他の微細な粒子のorg.mattの平均としてFOX等の観測したものの平均をとつて5mg/Lとすると、生物部分は僅か4%になることを示し、海のbiochemical cyclesには確かにMicroplankton populationの豊凶とSusp.org.mattの濃度の間に非常に密接な平行性があるとし、又短時間を除き生物の方がMicro susp.detritusより多いことがあるとは思

※ Z-Number: 700mm圧で1cm²の面積を通過して1ccが濾出するに要する秒数
—35—

えないと言っている。

湖水では琵琶湖で *seston* 重量の $3/4 \sim 9/10$ は非緑色生物及土砂であり、又 *seston* 中の有機物の $1/2 \sim 1/4$ が、*phytoplankton* の有機物であつたとされ(宝月 1949)、又 PENNAK (1946) によると 17ヶの非常に異つた湖の *seston* の年間平均量は $0.95 \sim 10.91 \text{ mg/L}$ (Ash free dry weight) であつた。

これ等が水域の生産と密接に相関することは疑ないが、その量的相関を確実するには尙今後多くの研究が必要であらう。特に量並に組成について水域中の分布の様相や潮海流、河川水との関係、又魚貝類のこれ等 *susp matt* の利用度並にこれを摂取する機作について明かにせねばなるまい。これ等の知識は浅海養殖にとつても適地条件や技術に多くの暗示を与へるものと考へられる。

ト. Yellow-Substance 海水は純水に比べて大きな *extinction coefficient* をもつて居り、その一つの原因は上記の微細な粒子の存在であるが、今一つ特に沿岸水では *absorption coeff* が非常に大きい現象がある。KALLE (1938) は海水中に溶存している黄色々素の存在を示した。これは *humic acid* に関係があるらしいが、化学的組成はまだよく判らず、単に *yellow substance* と呼ばれている。沿岸水中に多いが KALLE は沖合水にもあるといひ海中の *phytoplankton* から出る可成り安定な代謝生産物であると考へられている。

JERLOV (1951) はこの *yellow substance* の光学的性質として、1) 日光に対し撰択作用をする。2) *fluorescence* を多少もつ、しかしこれは大したものではない。3) 沿岸水に多く、その緑色の原因をなしている。4) 紫外線が深層で多量に吸収されるのはこれによる。5) *Suspended matter* の多い所に多く、深い所でも *carbohydrate* の分解している所に多い。それ故 *upwelling* のある水域に多い、といつている。

第 2 章 生産量の問題

自然水域で、生産は *phytoplankton* 並に *suspended matter* をその根源として次第に高次の *trophic level* へ *energy* を移動さすことにより行はれると考へて好いであらう。此際 *phytoplankton* と *suspended mat-*

terが生産に及ぼす比較重要性はその水域の性格によつて決つてくるもので、一般的にはocean waterでは前者が可成り重要なものとなり、沿岸部では後者が非常に卓越すると考へられる。BURKENROAD(1953)は一つのecosystem自身のmetabolismによつて放出されて間もない栄養塩が、その水域のproducerに利用されるその大部分をなすような場合をkatabolic ecosystem, 湧昇水域のような所をこれに対しanabolic ecosystemとして考へている。

各trophic levelの生物が夫々のbiological efficiencyによつて生産を行うわけであるが、この生産はbiologicalの生産であつて、必ずしも水産業的生産とは一致しない。水産的生産を構成する生物種類は全く人為的に、利用価値、漁獲の容易さ、又個々に獲られるか、大量に一時に獲られるか等の漁獲のされ方等によつて、各trophic levelに属する生物のうち経済価値があるとされるものをpick upしたもので、従つてtrophic levelの高低如何にあながち関連せず、むしろ夫々のlevelを構成している生物群集量の各level間、又level内の各種生物間の量的比率並にその変動に関係してくる。理想的の場合はその水域のcommunityを作る全てのlevelの生物に経済的価値があり、特にその価値が高いものである時で、且そのcommunityの組成にbalanceがとれていて経済価値を高めるに必要な成長を逆行しうようなpopulation関係を有する時と言えよう。たとへば経済価値の高い生物種であつてもovercrowdの場合は個体の成長が悪く、総体としての価値は低いことになるわけであり、組成がunbalanceの時も亦低下する(本章第2節)。

故に一水域の水産的生産力の高低は生産生物学的生産力の他に各trophic levelでの各生物群の質的量的組成の如何にあるもので、生産生物学的に考へた基礎的意味で同じ生産力をもつ水域でも、水産的生産の多寡は如何ようにもなり得よう。故に水産としては、各levelに属する生物、及びlevel内の生物の如何なる組成が、漁獲されるものゝ価値を最大にするか問題となる。そのoptimumを発見することに於てmonospecificでなくpolyspecificに水産資源を把握することが必要となつてくるであらう。

第 1 節 生産量乃至漁獲量の推定

或る水域からあげ得る漁獲量の推定の希望は既に久しい問題である。各方面から努力が注がれているが、それに大略二つの態度、方向があるように思はれる。それは第1には

イ) 最終生産物の理論的追求 即ち原餌料である Phytoplankton 即ち producer の生産量を求め、これが如何に次の段階に利用され、その生産に与つてゆくかを量的に求め、逐次これを押し進めて漁獲対象生物に迄及ぼしめようとするもので、特に phytoplankton の生産量については可成り明らかにされてきた。その年間生産に影響する要因として HARVEY (1950) は 1) 栄養塩の再生、2) 深部からの補給、3) 濃度、4) compensation depth の深さ、5) comp depth 以深へ細胞が浮つてゆかれる率、6) zooplankton の密度、7) 水温、8) 海水中の栄養塩以外の成分の濃度等をあげている。

栄養塩の濃度については、充分量ある時はその多少の変動は細胞の分裂速度にあまり影響しないが、或る限度以下の濃度になると limiting factor 的に作用し、Nitzschia closterium では P が $10 \mu\text{g/L}$ 以下になると光合成量が落ち (HARVEY 1940)、 P_2O_5 として $17 \mu\text{g/L}$ 以下で分裂が減少し、 $\text{N} > 47 \mu\text{g/L}$ の N_2O_5 の濃度に無関係 (KETCHUM 1939) と言われ、又 RILEY et al (1949) は天然の phytoplankton の光合成率は P_2O_5 の濃度がその population の五日分の成長に必要な量より少いと制限されるという。RILEY (1947) は phytoplankton 生産量を推定しうるものとして次式を提出している。

$$\frac{dP}{dt} = P \left[\frac{p I_0}{k Z_1} (1 - e^{-k Z_1}) (1 - N) (1 - V) - R_o e^{r T} - g Z \right]$$

(茲に P: phytoplankton population (C の gr 数で表はす) / m^2)

p: P の lgr で 1 日平均太陽光線下で作られる C の gr 数 (photosynthetic constant)

I_0 : 平均 1 日の太陽放射 energy の 1 分間 1 cm^2 についての投射量 g. cal

k: 光の extinction coeff

Z: 生産層の最大深度 (光が $0.0015 \text{ g cal/cm}^2$ 分の所とする)

$1 - N$: 栄養塩の減少による光合成率の減少であるがこゝでは磷をとりその濃度が表層で $0.55 \text{ mg-atom P/M}^3$ 以下になつた時のみにこの factor を必要とするものとし $1 - N = \frac{P}{0.55}$ の値を使用する

$1 - V$: 垂直混合による population の減少のための光合成の減少率で混合層の厚さ D の Z_1 に対する比で表はす ($D > Z_1$ の時のみこの補正項必要)

R_o : phytoplankton の 0°C での呼吸率

r : 温度による呼吸変化率 $Q_{10}=2$ とおく

T : 水温

g : Zooplanktonのunit量 (Cgr数で表はす) によつて食はれる為の減少率

Z : Zooplankton Cgr/m²

各恒数の値としてRILEYは $p=2.5$, $r=0.069$, $R_0=0.0175$, $g=0.075$ を与へ、種々の場合に実測値とよく合うことを報告している。

投射される太陽energyに対する生産の効率については多くの人が測定しているが、

JUDAY(1940)はphytoplanktonのgross productionの効率0.25%, LINDEMAN(1942)はCedar Bog Lakeで0.1% Mendota湖で0.4%, MANNING & JUDAY(1941)0.043~0.38%、入射光に対しては1.6~14%とし、又宝月(1949)は諏訪湖で0.22%, net productionとしては0.04%を報告した。但し水中のchlorophyll含量から計算すると0.08~0.28平均0.16%を出している。最近WRIGHT(1954)は透明度0.1m~2.6mのflood control reservoirで0.063%と報じている。

海ではRILEYがLong Island Soundでgross productionは0.55~0.82%, net prodは0.31%を報告した。しかしこの値は少し高すぎるのではないかと言はれる。花岡(1952)は東京湾で近似的にnet prod0.1%と考へた。最近はradioactive Cを使つてphytoplanktonの同化量の測定が行はれている。

色々の水域において測定された生産量については、SVERDRUP(1948), KETCHUM(1951)等がまとめて1表にしている。

次にphotoplanktonのこれ等生産量が次の栄養段階の生物へ移行してどれだけの生産をなすかについてはあまり成果がなく、それ等の関係の研究はstanding cropについてのものが多い。

古くはPETERSON(1918)のeelgrassが第1次餌料の主体をなすと考へられる場所で、最終生産物に至る迄の各段階の生物の生産量について行つた研究があるが、これは単位量のherbivoraは10単位のplants物質から、同様に、単位量carnivoraは10単位のherbivoraから生産されるとしている。

1 trophic level から次の trophic level に物質が移行する際の効率即ち biological efficiency を追究したものは幾つか報告されている。

JUDAY (1940) は Mendota 湖で1年を通じての energy 収支を観察し、湖面 1cm^2 当り太陽 energy $118,892\text{cal}$ で解氷に $3,500$ 、水温上昇に $24,000$ 、湖底吸収に $2,000$ 、水面蒸発に $29,300$ 、表面放熱に $28,500$ 、対流その他で $30,324\text{cal}$ を消費し、生物に利用されるのは $1,048\text{cal}$ で、この生物関係は

生産	phytoplankton	zooplankton	底棲魚類
Gross Prod	太陽Energy に対し 0.336%	0.111%	0.015%
Net Prod	0.252	0.0185	0.0025

となる(但しこれは月1~2回の観測によるもので観測回数を増すと、値は今少し大きくなる。

CLARK (1946) は Georges Bank で diatom の compensation depth の光度が $0.0017\text{gcal}/\text{cm}^2$ 分であることから同化量を求め energy の max. efficiency を 0.3% とし、zooplankton の場合 0.015% 、魚の場合、蛋白、脂肪等を energy に換算し、又漁獲率を HERRINGTON 等の計算から魚の standing crop の 50% と見て、 $0.00005\sim 0.00025\%$ と見た。

しかし東京湾、諏訪湖の漁獲量を同様、energy に換算して CLARKE の値と比較すると第10表のようになり

第10表

	太陽Energy gcal/cm^2 年	実際の漁獲量	太陽Energy に対する効率
東京湾	$156,200$	$0.025\text{g}/\text{m}^2$ 年	0.00055%
諏訪湖	"	0.06	0.001
Georges Bank	$118,872$	$0.002\sim 0.01$	0.00025

可成りの差があることが判る。これが植物 plankton だけを考へて説明出来るか否か疑問である。

以上の他 zooplankton, benthos 等について standing crop を測定したものは可成りある。しかし生産に関連させたものはあまりない。

宮地(1937)は湖水の貝類の生産条件について

1) 湖の栄養度に関し火山湖は小、強栄養湖も少い。

2) 水生大形植物の育成する所は巻貝が多い。浅く水生植物に蔽はれた部分の広い所では貝の生産が大きく、benthosの主要部分をなす。

3) 湖面の広いこと通流の大なることも生産を大にする。と述べている。

standing cropの大きさはproductive rateのindicatorにはならないが、餌料生物のstanding cropはそれ等のproductivityのrelative measureとして広く使はれてきている。しかし魚を除去した場合餌料生物密度のdynamical levelは除去以前の年間平均standing cropの2倍に達する(BALL & HAYNE 1952)と云われる。又草食魚で1日に体重の5/100~10/100を食べるとされるが、そのnet growthはcarnivoraとherbivoraとで可成りの差があり、herbivoraはassimilated foodの30%を体組織へ、70%は呼吸其他に失うに対しcarnivoraは90%を呼吸に失うと云はれる。

餌の量とそれに依存する魚の生産量の関係即ちbiological efficiencyについては最近大分研究に着手されてきたようである(HESSE & SWARTZ 1940, SHORYGIN 1939, IVLEV 1938, 1945, RICKER 1946)

一定量の餌に対して、これを食べる生物群が2種以上ある時は互の間にcompetitionがあり、その程度、強さにbalanceされたgross又net productionが結果される筈である。餌料生物のstanding cropと生産量又各trophic levelに属するものの量的割合や、同一trophic level内の各生物間のcompetitionの問題等、2種以上の生物が共存する時の互の関係(即ち無関係、同一餌料に対する競争、一方が他を餌とする等)によつて生ずる量的変化についてはGAUSE, VOLTERRA, DANCONA等によつて可成り理論的に展開されているが、まだ実際のfieldに当てはめて量的に考へうる迄に成果をあげているものはないようであり、殆ど未開拓に残されている。従つてこれ等biological efficiencyの問題その他、水界に於ける生産の機構、並にそれが色々に運営される種々の条件等についての我々の知識は非常に小さいと言はねばならない。勿論これ等は常に多くの人によつて研究され、個々の問題について今後更に色々の角度から調査、研究が行はれ次第に明かにされて行くことであらう。そのこと自身は極めて待望される所であるが、しかし人為的管理の行き届く養魚池等の小水面でなく、大湖、海のようなwildな水域では、これ等個々の条件が明らかになつて行つても与へられた一水域に具体的量として現はれる水産的生産量を予測することが可能かどうかは一つの問題であらう。先

づ水産的生産量と、その水のもつ生物学的生産量とは equal ではないのであつて、前者は水界に於ける生物社会の各 trophic level を構成している生物種のうち、全く人為的に経済価値ありとされるものの総量を指して居り、その水域内の生物の量的な trophic composition や trophic level 内の生物種の組成によつて異り、更にこれは時代や国家の社会事情によつて異りうるものであり、又漁撈技術や利用加工の技術によつても影響をうける筈である。従つて一般的に言つた場合の生産生物学的生産量が同等の水域でも、その水産的生産量はどうにでもなりうるものである。勿論生物学的生産量と水産的生産量とは或る時代、或る社会に於ては或る一定関係を示すことが考へられるが、それは只経験的に定まつてくるものと考へねばならない。従つて生産生物学的要因を全て知つても、或る水域からあげられる水産的生産量を推測する充分条件はまだ揃つたとは言えない。又一方生産環境自身についても、全ての要因を生産的立場から量的に求めることは非常に困難で悪くすると無限の追求に落ちいる恐れがある。又たとえそれが求め得ても上述のように、それから化学量論的に漁獲量を推定し得るか否かは疑問である。従つて少くも現段階では、我々はこゝで漁獲量推定について次の第2の方向に帰着するわけである。

ロ) 生産量標示因子の追求 謂は index 法であつて、極端に言へば目的物を適正に標示するものならば何でも好いわけであるが、この場合、目的物即ち水産的生産量なるものは謂はゞ非常に dimension の高いものであるから、個々の factor 即ち水温とか、一つの栄養塩類とか、謂はゞ dimension の低い factor だけでは、その傾向は示しうるにしても、適確な量的 index にはなり得ないと考へられる。従つてこゝに量的 index として考へすべき factor は極力水産的生産の dimension に近い高次のものを持つて来るべきであらう。そのようなものが発見されれば、これは又逆に低次の factor と水産的生産量との間の関係乃至意義を今一步具体的に且つ総合的に把握する橋渡しの役をなすものとならう。

従来、水産的生産量を何等かの factor の大いさを index として標示しようとした試みは多くある。

a) 無生物的環境因子を index とするもの

水中の磷酸塩の濃度は漁業対象生物と可成り明瞭な相関があるとされるが、英国海峡で水中の $P_2O_5 \cdot P$ が1900年に少く、翌1921年に enrichment が起り、1930年の終りに再び減少し、Sagitta elegans の水塊が S. setosa の水塊で置換され (KEMP 1938, RUSSEL 1939, HOLM 1953)、漁獲量の豊凶もこれに伴つた。COOPER-R (1948) は漁獲と P との間には多くの food cycle の link の段階があり (む

し network)、量的相関を云々することは困難で、只經驗的に兩者の關係を見、方向を暗示するにすぎないと断つているが、St. Eの鱒の冬季最高とSpurdog (Squalus acanttiass)の漁獲量、Herringの漁獲量等の間に相関が認められ、又エイの類とも或るtime lagをもつて長期の相関があると言つている。尙この水塊のfertilityの変動はbottom faunaの密度にも密接に關係している(HOLM195—3)。

古くはLUNDBECK(1926)が富、貧各營養湖並に淺湖につき、plankton, benthos及び漁獲量の量的組成を模式的に示したが、中井・松井(1938)は本邦58湖を富、中及貧各營養湖に分類し、これを漁獲量と對比して富營養湖程漁獲量の大きい傾向のあることを示した(第11表)。

第11表

生産量	400 kg/ha	400~100	100~50	50~20	20~5	< 5	計
湖 数	6	9	10	15	11	7	58
%	10.3	15.5	17.2	25.9	19.0	12.1	100
富	5	8	6	6	2	0	27
中	0	1	2	3	4	0	10
貧	1	0	2	6	5	7	21

平均生産量 富 27湖平均 259.1 kg/ha

中 10 " 54.9 " 全平均145.6

貧 21 " 41.6 "

(中井・松井 1938)

吉村(1934)は湖の漁獲量(F)は $F = Ae^N$ (N:全窒素量)の關係があるとしている。又倉茂(1935)は河について、窒素:磷の多い程漁獲量の多い傾向がある、但しCaが15mg/L以上の流水では 多くても漁獲は少いと報告している。

第13表

全N mg/L	漁 獲 量 メ/町歩				
	0~5	5~10	10~20	20~50	50~250
0~0.1	11湖	0	2	0	0
0.1~0.2	2	9	10	3	0
0.2~0.3	1	0	2	5	4
0.3~0.4	0	0	2	3	1
>0.4	0	0	1	3	20

(水試報告 1930)

植物planktonの年間生産量と漁獲量との關係については第13表のような値が見られ

るが、BRUERICH(1939)は

第13表

海 区	漁獲量/phytoplankton生産量	研 究 者
カスビ海	0.45 %	BLUERICH(1936)
Georges Bank	0.1	CLARKE (1946)
東京湾	0.55	花 岡 (1952)
諏訪湖	0.66 *	宝 月 (1952)

*宝月(1952): phytoplankton年間平均生産効率(太陽Energyに
対し net production 0.15%から計算
(第10表参照)

カスビ海で年間漁獲量中の窒素は可利用型に固定された全窒素の2.6%, 又磷については3.6%と計算し、漁獲量と第1次生産量とを比較することによつては基礎生産資源に起る変化は明かにされないだらうといふその為にはもつと他のrare atomや化合物を見なければならぬと述べている。

溶存物以外のものとしては、山本(1942)は湖又は汽水湖の底泥の酸素吸収量と漁獲量は相関することを示した。而して浜名湖、三方湖、湯湖等の汽水湖では泥の酸素吸収量に対する漁獲量は純淡水湖の夫に比し低いと言つている。泥の酸素吸収量と湖の營養度とは相関することは吉村、宮地も報告している。

種々の気象条件その他(雨、風乃至気圧配置、太陽黒点等)と生産との関係も多く論ぜられてゐる。

最近RAWSON(1952)は米国の13ヶの湖につき、その平均深度と単位面積当り年間漁獲量とを対比し、両者が一定関係にあることを示した。湖の平均深度が生産力と密接な関連にあることは、THIENMANN以来論ぜられてきたが、これは水温、成層、水の循環、營養塩の稀釈等に直接影響し、又間接には營養物質の循環、生物の数、分布に影響するものとされる。

RAWSONは湖の長年間の漁獲量はその湖の生産力を反映するとの前提で、1891~1915及び1916~1940の前後各25年間の夫々の漁獲量の平均と平均深度を対比し

$$P = \frac{30.25}{d} + 0.5$$
の式で可成りよく表はし得、且つ前25年よりも後25年の値は何れもこの標準線に近づく方へ動いて来ているといつている。*

* RAWSON(1953)は又、Net planktonのstanding cropが $P = \frac{3765}{d} + 8.0$ (P: dry weight of plankton in kg/ha, d: mean depth in m)で表はしうるといふ $d > 100$ mではpとdとはあまり関係がなくなるとしている(d→∞の時 p=8 kg/ha)

第5図 平均深度と漁獲量

○ 米国湖沼 (RAWSON 1952 から換算)

1. ST. Clair湖 2. Manitoba湖 3. Winnipegosis湖 4. Lesser Slave湖 5. Erie湖 6. Woods湖 7. Winnipeg湖 8. Michigan湖 9. Huron湖 10. Great Slave湖 11. Nipigon湖

● 日本湖沼 (農林統計1953年度漁獲量により換算)

1. 酒沼 2. 河北潟 3. 諏訪湖 4. 三方湖 5. 濤沸湖 6. 八郎潟 7. 大沼 8. 水月湖 9. 琵琶湖 10. 山中湖 11. 河口湖 12. 本栖湖 13. 十和田湖 14. 洞爺湖 15. 蘆ノ湖 16. 木崎湖 17. 青木湖 18. 猪苗代湖

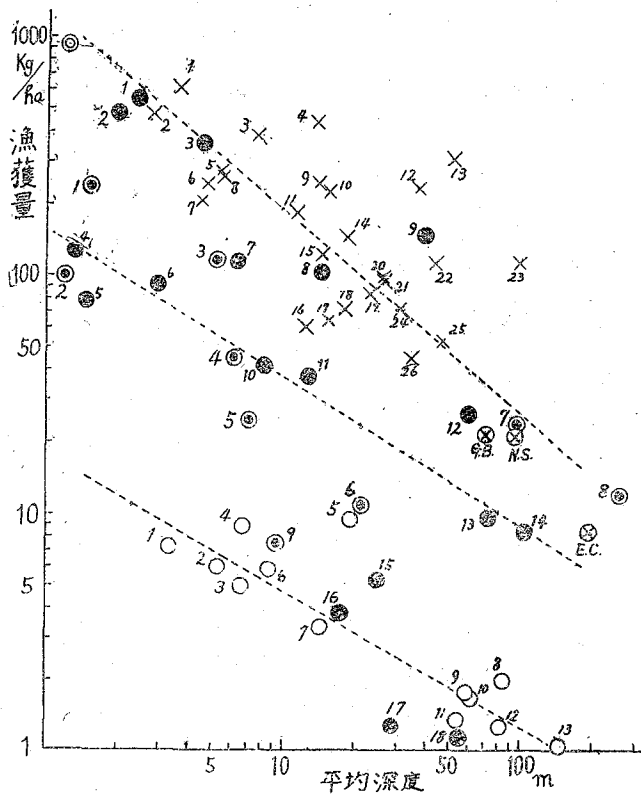
◎ 日本湖沼 (中井・松井・1983の漁獲による)

1. 神ノ池 2. 津軽十二湖 3. 中細湖 4. 小川原沼 5. 湯ノ湖 6. 野尻湖 7. 中禅寺湖 8. 榛名湖

◎ 城沼 (吉村1935の漁獲量による)

× 日本内湾 (内海水研1952~54内湾調査による)

1. 有明奥部 2. 松島湾 3. 与謝内海 4. 東京湾 5. 加茂湖 6. 中海 7. 浜名湖 8. 博多湾 9. 宮津湾 10. 全有明海区 11. 舞鶴湾 12. 別府湾 13. 噴火湾 14. 伊勢湾 15. 大村湾 16. 気仙沼湾 17. 周防灘 18. 燧灘 19. 全八代海区 20. 大阪湾 21. 播磨灘 22. 紀伊水道 23. 鹿児島湾 24. 宿毛湾 25. 伊豫灘 26. 陸奥灘



⊗ N. S. North Sea (HARVEY 1950より換算)

G. B. Georges Bank (CLARKE 1946より換算)

E. C. 東海黄海 (西海水研1953より漁場面積32万km² 全1955図より平均深度192mとし本邦以西底曳漁獲量のみから計算)

日本の湖並内湾につき以上の関係を示すと第5図のようで、米国のものに比し平均深度に対する単位面積当り年間漁獲量は遙かに大きい。これは米国の湖が殆ど game fish 丈を目標とするに対し、我国では非常に多種類の棲息生物を対象とすることから或る程度の差は当然予想される所である。又一般に内湾は更に高い値を示すが、湖でも利用度が高いと考へられるものは内湾の群の中に入つて見える。大体に於て米国の湖と 同様深度とある関係を示すようである。但しこれは長年の平均漁獲量でなく、或る特定の一年間のそれであり、又内湾については正確に内湾漁場だけの漁獲量であるか否かも疑はしいものもあるので、RAWSONのもの程一定関係を示さぬ点については何とも言えない。

b. 生物的要因を index にするもの

餌料生物又は他の生物要因の standing crop 的量を最終生産物乃至漁獲量の measure にしようとする試みであるが、古くは ALM (1924) が湖で benthos と漁獲量の間に相関があるとして漁獲量 $F \text{ kg/ha}$ Benthos 量 B の値をとりこれを FB 係数として採用しようとしたが、この関係が各湖の特徴或は湖水の分類の標示になるか否かについては疑問とされ、否定する人が多い。しかし benthos はその環境の総合的結果を反映する 1 phase であるという点から内湾その他でも両者間の関連性を認めて研究を進めている人は多い。又 NEWCOME (1950) は attachment material の生産量が index として用い得るのではないかと、suggest している。

又花岡 (1952) は海水の懸濁物は生物、無生物の非常に多くの要因を総合的に反映し、且つこれが生物の原餌量の意義を有し、丁度従来 plankton についての考えを实情に即して拡大した広義の餌料の量並にその他の生態的条件を反映するものと考え、本邦沿岸各内湾での年間平均懸濁物量を透明度から換算し、これがその湾内の単位面積当り年間漁獲量とよく対応するとし、漁獲量の index として極めて有効であると述べた。即ち漁獲量 $F \text{ t/km}^2$ 、懸濁物量 S とすると、 $F = 1930 \log S - 1290$ となる。この式は一つの relative growth の式の形で、 F が等差級数的に増す時 S は幾何級数的に増すものであり、総体 S の変化中の F なる部分の夫を示すわけであるとも言へよう。

又平均深度は懸濁物濃度と密接に関係することも証明されて居り、RAWSON の結果とも考へ合ふことが出来る。

以上の花岡の式は湖水についてはふれていないが、湖水の値はこれに乗らぬものが多いようである。湖水と海では $S \text{ usp Matt}$ の化学的組成の異なることも考へられるが、これは海についても同様で、河川や沖合水との関連において $S \text{ usp Matt}$ の質的組成の差は今後尙充

分研究せられねばならない。

沿岸養殖の生産量、漁場の善悪の判定等も実際問題として予測の可能化は非常に望まれているが、将来は何等か的手段方法によつて達せられることであらう。只此種の養殖生物の多くは、その食性から考へてSusp Mattに重大な関連があるので、この方面の研究、特にその水平並垂直分布と質的な分布との関係、餌料供給量、排泄物の拡散等の意味で潮海流、河川との関係等の闡明のための研究が必要と考へられる。

第 2 節 漁獲物の価値の問題

イ. 漁獲量の性格

漁獲量を何かのindexで表示しようとの考えは、漁獲量がその水域の生産量に比例するものであるという前提があると言へよう。花岡(1952)のSusp Mattと漁獲量が一定関係にあるとする報告について考へれば、全国各地に分散して存在する各内湾の総漁獲量が、susp mattという一つの要因で示されることは甚だ奇妙な現象である。即ち各地の内湾はその環境条件や存在魚種又漁具漁法も異なる筈であり、その年間漁獲量が各内湾を通じて同じ一つの自然要因で標示されるということがむしろ不思議である。これは、漁業も産業であり収支償はぬ場合には必然的に漁は行はれなくなる。しかし我国の経済事情としてその限度迄は漁撈が行はれることから国内では大体その水域の生産力にある比例をもつた量が水揚げされる結果になると考へられよう。如何なるindexをとつても同様である。そして若し漁獲量は生産力に比例するとすれば、或る水域の生産力が一定であるなら、漁獲量は日本の漁撈技術や経済事情が変らぬ以上、量的にはそう変動はないことになる。そしてこれ等の事情の或る程度の変動と、降雨、水温その他の環境条件の年々の変動による生産力の変動によつて漁獲総量の年変化は行はれていくことになる。従つてそれ等の条件に差がない限り漁獲量には限度があり、それ以上増産することは出来ないわけである。こゝにおいてその量を構成する質即ち価値の問題が入ってくる。

或る水域のecosystemを考へた場合、その中のあるtrophic levelを構成する生物は何種類あつても、それは互に競争的立場にあるのであつて、同一餌料条件に両者の生産のoptimumがある生物の場合、両者は単に生産として見れば謂はゞ同一stockと見做せるであらう。従つてそのlevelの中の或る特定の生物種群だけの生産力を問題としようとするとそこには同level内の他の色々の生物種群との量的関係におけるcompetitionの問題やsuccessionの問題等複雑な関連が生じてくる。又相異なるtroph-

i. c. level 同士の間にも prey—predator としての量的相関は常に結果が原因となつて変動し、絶えず量的再編成 (Rearrangement) が行はれている筈である。

或る水域での水産生産量の変動とは即ち市場価値のあるものの変動であつて、特殊の生産阻害要因のない限り漁獲量の減少を以て直ちにその水域の全般的の生物生産量の低下とすることは出来ない。自然環境の変動や工場排水その他の阻害要因がないとすれば、漁業が先づ採捕する価値の高いものが減少した時、価値の低い若しくは無い生物が増加することは充分考へられるのであつて、水産的生産量が、例へば *susp. matt* で標示されるように当該水域の生産力に比例してその総量に一定量があるとすれば、その水域での増産とは、そこで生産されるものの質 (組成) を変えることによつて水産的即ち価値を増加さすにあると言へよう。

ロ. 漁獲物の組成

自然水域において *trophic level* に属する幾つかの生物種類の量にはある優先順位があるかもしれない。そしてその順位が保たれてゆく調整機能をも考へることは出来よう。しかしそれも条件が変ることによつて変化し順位乃至量的比率も変つてくるであらう。その条件は自然環境の条件でも、又人為的な漁獲作業の如きものでもいい、そして新しい条件下で同様の *ecosystem* が常に再発足すると考へられる。

組成を変化さすのに最も大きく影響するものが自然の環境要因か、人為的漁獲にあるかは又一の問題である。

HUNTSMAN (1948) によると *North sea* の年間漁獲量は第1次大戦中は各魚種を通じて非常に低下しているが、その前後の年にも可成りの変動を示している。而して大戦中の漁獲量の低下によつて資源の回復が予想されたのであるが、各魚種を個々に見ると戦後増えたものがあると同時に減少したものもあり、総量としては戦前の1910~1914年の年平均と、戦後の1930~1934の年平均とは前者の1,182,779 ton に対し後者は1,167,709 ton で、その差は約2% 即略同量であり1914~1918年間の大戦による漁獲の中止は影響は認められないと言つている。

又漁業管理の世界唯一の成功例として著名の米国大平洋岸の *Hali but* 漁業にも最近色々論議があり、例へば BURKENROAD (1948) は管理によつて西漁場では1945年の漁獲量は1930年の120%であるべきが実際は230%に上り、又管理前の漁獲減少時代は計算による *Stock* 減少の場合の減少より実際は7倍も多く漁獲減が見られたとし、又 *Stock* 増加の時期が海区によつて異つていること、*abundance* の変化は *ecosystem* 内の *competition* によつて漁業と無関係に起るかもしれないこと等から *Hali but*

ut Stockの回復を長周期の自然変動に帰させようとしている。又LUNDBECK(1953)は計算Stockと漁獲量の関係から漁獲率即ち可利用度を確めるには現在量のみでなく生産量をも知らねばならない、こゝにpopulation dynamikの研究の必要性が明らかになると述べ、Halibutの場合危険な単純化があると評価すべきだと述べている。

花岡(1954)は瀬戸内海の漁業が数十年昔から濫獲が叫ばれていたが、最近20年間を見ると略漁獲努力に比例して漁獲量があるらしいことを述べ、しかし漁獲物の単価は標準値に換算して比較すると現在は20年前の1/3に低下していることを示し、所謂高級魚の割合が少なくなつて、低級魚が増していることから、この変化は漁業の影響ではないかと推論した。

我国において魚種の高級低級は大體 trophic levelの高低と一致する傾向がある故に plankton feederの如きものと肉食魚との比率が漁獲物の価値に影響してくる。

SWINGLE(1950)は89ヶの池沼で、一定營養塩濃度を含有するように施肥した上、草食性魚と魚食性魚を色々の比率で放養し、数年に亘り漁獲量の差、変化の調査を行つた。或る populationがその生活する水域の fertilityから考へて量的に満足すべき食用魚の Cropを毎年毎年生産するような場合、その populationは balance していて、その各 spは in balanceにあるとする。仔魚は多量に生産されるがこれは predatorによつて controlされる。それ故 balanceとは少くも一の魚食性のもものを含んだ種類の combinationを意味するのである。若し魚が多すぎる状態で増殖が行はれると各個体は適当な市場価値のある大きさに達せず、又少なすぎれば生産力を充分利用せず収穫は減ずる。草食性と魚食性の比率が変化しても同様の現象が起る。

今他の小魚を食し、それがないと普通の親魚にならぬもの、総体重をCとし、C以外の魚即ち plants, plankton Crustacea 又 Insectを主として食べるものをFとすると総量に対するCの比率即ち $C/(F+C)$ が42~33%ではCが Overcrowdで収穫は不安定になる。33~25%では半数の池がCが Overcrowdだつた。25~14.3%の範囲が最適と認められ、最も生産の好い池の77%がこれに属した。尤も生産の最も低い池の66%もこの組成であつたから単にC:Fの比だけでなくそれ以外の条件も考慮せねばならない。

9%以下は全て unbalanceの池であつた、即ち魚食性魚の過少は水産的生産としては望ましくないのである。しかしこの場合、漁獲法は主として釣であるから小型魚が比較的漁獲されないことも原因して居り、日本のように全ての大きさのものが同様に利用される場合にはこれ等の関

係は多少異つてくるかもしれない。

「C」魚に食はれるような大きさの「F」の重量をYとすると、 Y/C が0.02~0.5ではCがひどくovercrowdで、0.5~0.9でも充分の餌がなく好い成長をしない、1以下では「F」が次第に少くなる。1~3がOptimumである。3以上になると、小型魚が大型の「F」の成長を阻み、4.8以上になると最早harvestable fishを生産しないという。

「C」魚を全く漁獲せぬと Y/C の値が3年間に6.9—3.1—1.1, 又2年間に1.6—0.7と落ちる。しかし0.8, 0.6だつたものを3年目に「F」も可成り強度に漁獲した所2という健康値になつた。(之はVOLTERRAの理論と照合される)

又大型FとYとの間には可成り高い逆相関がある。それ故Yは大型FとCの2要因で規定されFをとらないとYは甚だ減じ、Cの餌不足を来す、Cを獲らぬ場合も同じ結果を示し、「C」の親魚の適当な漁獲が「C」のyoungの成長を促し、又「F」の適当な繁殖も促すのであつて「C」の親の速すぎる漁獲もunbalance populにする。

上述の場合と多少事情が異なるが、日本の沿岸、内湾の漁業について、花岡は(1953)その漁獲物を大略の食性から3ケのtrophic levelに分類し、その組成を計算したが、日本の沿岸総漁獲物中の「C」の割合は1917~1935年間は略13%前後を保っているが、その後は次第に上昇を辿り1943~1946年の間に多少凹部を示すが以後再び昇り1948~1951には33%に達していることを示した。

香川県の溜池で雷魚を繁殖した田中(1952)によると、収量時の雷魚の重量がその溜池の全取揚量の12%~19%の場合、雷魚を混養しなかつた場合より総量は可成りよかつたことが示され、これは略SWINGLEの値と一致している。米国湖沼の施肥において肉食魚と藻食魚との比率を1:7~8(即ち「C」% = ca. 12%)に放養した場合に最も成績よく、且つ自然状態の4~5倍の収量をあげうる。しかるに天然の湖沼での両者の比率は矢張り1:7~8であることから見て、水域の生産力の大小に不拘、この比率は不変であることが認められる。これは増産せしめる場合であるが、逆に魚を取り揚げる場合も、残るものにこの比率を保たしめつゝ獲つてゆくのが生産性を落させないことにならうと考へられる。これ等の関係は恐らく海の場合にも大差ないと考へられるが、上記日本沿岸漁獲物の組成は一の問題であらう。

又花岡(1954)は瀬戸内海内並に附近の小海区毎の漁獲物の同様な組成を計算したが、それによると高知沖、徳島沖等外海は「C」は30~40%であるに対し、この値は紀伊水道域、豊後水道域に入ると共に急激に低下し、内部の本来の内海の値と共に5~6%になるのが見ら

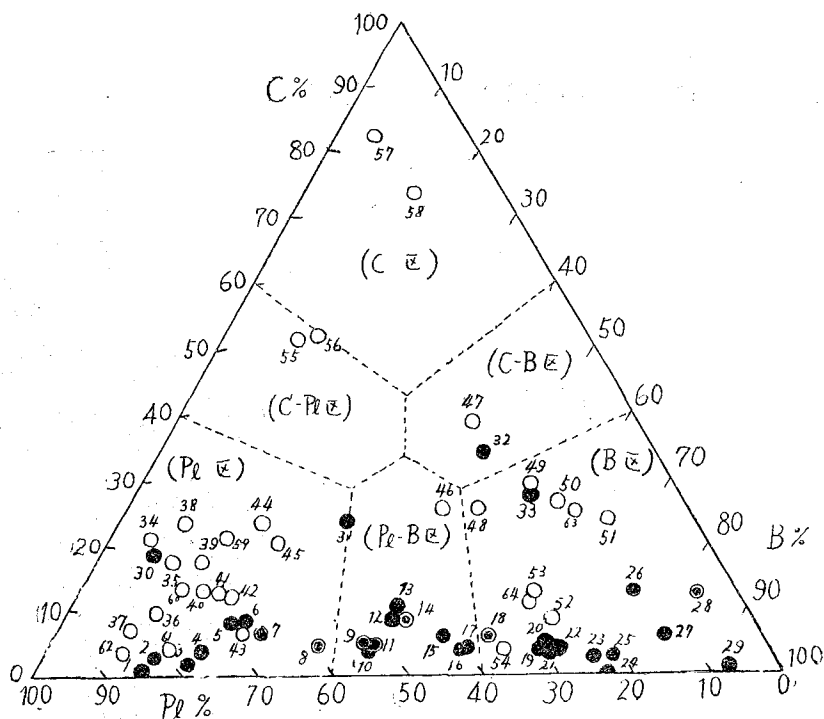
れる。又全国各地内湾漁獲物のこの組成は陸奥湾の如き外海性湾では「C」%は高く、浜名湖中海等強内湾性の所程低いことが見られ、その値は湾口の幅、平均深度、表面塩分の相乗積で標示出来る(同1953)。これ等は尙多くの記録で検討する必要があるが、内湾benthの生物種の組成は塩分と密接に関係する(井上・北森・未発表)とか、又瀬戸内海、同外海部に亘り、漁獲物の種の組成を見ると「F」に属するもの特にbenthonicのものは水域によつて特殊のcommunityをなすが「C」種は各水域共通のものが多い(林:未発表)とか又宮地も紀伊水道のBenthosで同様のことを報告されたことから、而して又一般に「C」種は外海性のものに多いことから「C」%が湾口の巾や平均深度又塩分に関係することもありうることも思へる。

SWINGLEも池の藻類による水面の被度又池の極く浅い部分の面積等で「C」のdesirable%が変るかも知れないと言っているが、内湾、内海で「C」の値の低いことは一般的に見られることで、試みに全国の内湾並に沿岸漁獲物について上のようなtrophic compositionを計算し、「C」%、「pl」%(Plankton-feeder)及「B」%(魚, plankton以外を主餌とするもの)に大別して、その値を三角座標の上にplotすると第6図-1のようになり、内湾は何れも「C」が少く、且つ外海性が増はる程「Pl」の大きい方へ移る傾向があるようである。例へば瀬戸内海で言へば「Pl」の大から順に紀伊水道(68%)、伊豫口東水域(60%)、別布湾(53%)、大阪湾(52%)、幡豆灘(45%)、瀬灘(36%)、周防灘(6%)(第6図-1◎印)と内部の奥部へ行く程「B」の大的方へ移っている。又外海に面した県の沿岸漁獲物は南方水系の影響のある所は「pl」%の大的、北方内海水系の影響のある所は「B」%の大的方へ偏る傾向があるように見える。(第6図-2)

このような一定傾向的のものが認められるのは、これ等の組成が本来の生態的のものであることを示すもの、ようにも思えるが、今はまだ明らかでない。しかし非常な濫獲を叫ばれている瀬戸内海も、少くともその漁獲物の組成の上からは他の水域と比べ特異な点が認められないことは、その今後の漁獲管理の上の一の暗示を与えるものと考えらる。

内湾がこのように「C」%の値が低いことは、ecosystemの範囲をもつと広くとつて「C」の値の高い外海との関連において考へるべきであるかも知れず、水産的生産効率の点において今後研究せねばならぬ点であると考えられる。

DANCONA(1951)は魚類の豊凶の原因は普通気象、海況に帰せられているが或る場合には人の作用も含めてbiological phenomenaの場合があることを強調しTrieste, Fiume及びVeniceの市場で販売される魚の1910~1923年間



第6図-1 漁獲物(介藻類を除く)組成(1953年度)

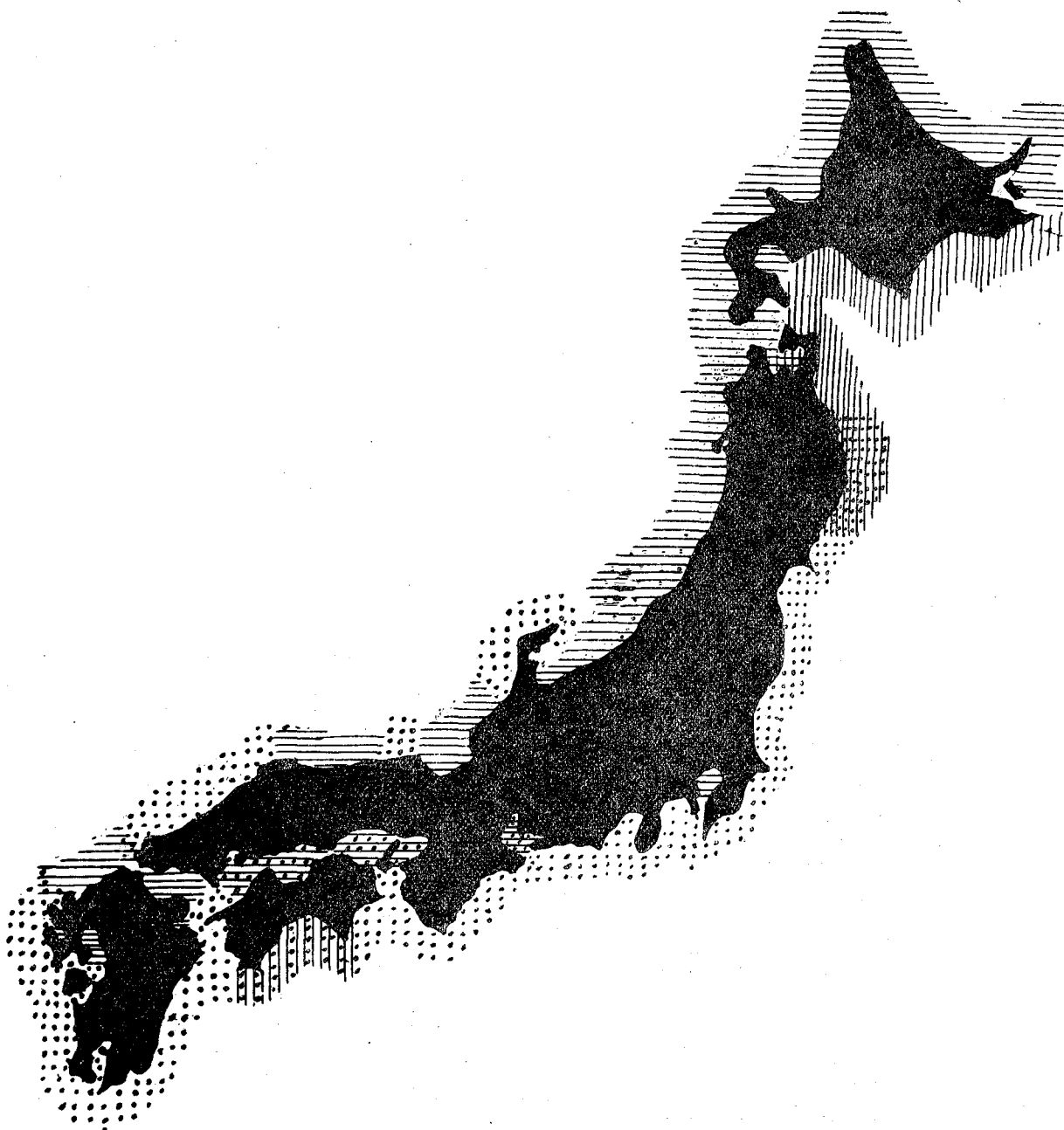
● 内海内湾

1. 加茂湖 2. 鹿児島湾 3. 気仙沼湾 4. 宮津湾 5. 佐伯湾 6. 舞鶴湾 7. 紀伊水道
8. 伊豫国東海区 9. 別府湾 10. 伊勢湾 11. 大阪湾 12. 全瀬戸内海 13. 臼杵湾
14. 播磨灘 15. 博多湾 16. 中海 17. 阿蘇海 18. 燧灘 19. 三河湾 20. 大村湾
21. 東京湾 22. 全有明海 23. 浜名湖 24. 八郎潟 25. 有明奥部 26. 松島湾 27. 水月湖
28. 周防灘 29. 三方湖 30. 宿毛湾 31. 津久見湾 32. 陸奥湾 33. 噴火湾

○ 外海沿岸

34. 山口県外海沿岸 35. 静岡県沿岸 36. 愛媛及大分県沿岸 37. 茨城県沿岸
38. 和歌山外海沿岸 39. 宮崎県沿岸 40. 京都府沿岸 41. 宮城県沿岸 42. 福島県沿岸
43. 石川県沿岸 44. 徳島県沿岸 45. 島根県沿岸 46. 新潟県沿岸
47. 富山県沿岸 48. 福井県沿岸 49. 山形県沿岸 50. 秋田県沿岸 51. 兵庫県
- 日本海沿岸 52. 鳥取県沿岸 53. 北海道東北沿岸 54. 北海道西北沿岸 55. 岩手県沿岸
56. 高知県沿岸 57. 青森県東側沿岸 58. 北海道南東沿岸 59. 千葉並神奈川沿岸
60. 三重県沿岸 61. 佐賀県沿岸 62. 熊本県沿岸 63. 福岡県沿岸
64. 愛知県沿岸 65. 鹿児島県沿岸

第6图-2 || C区 ... PL区 = B区



統計から第I次大戦の漁業停止の結果Upper Adriaticで1914~1918間に或るspの%の減少と他の増加があり、増加したものは大部分voracious sp(鮫その他predatory spを含むSelachiansに属す)であり、減じたものはこれ等の餌になる魚でherbivorous又はInvertebratesを摂取する魚であつたと言ひ、戦前はpredatoryとpreyの間に存する自然平衡がpreyに有利になるようみだされていたが、戦争による漁業の停止でpredatorの増加に利する本来のconditionに帰つたものであるとし、漁獲強度がoptimumから外れて過少ならVoracious fishが他を減少さし、過大なら両者を減少さすのであらうと論じてこれがVOLTERRAの理論と一致することを述べている。

同様のことはMARCHI(1929)がCagliariの市場で、戦争直後Selachianが増えたことを見、又第2次大戦の際にもTriesteでエイが未曾有の割合(20%)を占めたという。ZUPANOVIĆ(1953)は東部Adriaticのトロール漁獲物で魚群の組成がpredator(selachian)が増える方へ変化し、戦後の強度の漁獲で再びその割合は減じたと発表した。

以上は漁獲量 C が海中のstock量 F を夫々種類で反映しているという前提に立つているものである。池沼での C のoptimum%の実験値は何れも水中のstock全部についてのものであり、従つて上記海の場合にも各群の漁獲率が同じである時に始めてその比率を実験値と対比して考へ得るのであつて、海の場合先づ F/C 等の漁獲率を正しく知る必要がある。

瀬戸内海の場合、 C と F の夫々の漁獲率は略同程度と見られ、又魚食性魚類 C の摂取するカタクチイワシその他の餌料魚 F の量は、これ等の魚類の漁獲量と略同じ量に達すると言われる(林・未発表)。水産的生産効率を考へた場合これ等魚類の組成はゆるかさに出来ないことと思はれる。采邑南部諸州の高価な魚種CynoscionとScianopsはその水域で現在最も貴重な漁業資源であるSchrimpを非常に多く食べる。計算によるとその捕食される量は矢張り漁獲量と同程度である(BURKENROAD 1953)という。

ecosystem内の異なる構成生物を対象とする漁業は互に依存しあふことはそれが直接prey-predator関係にある場合は明かであるが、一般に海中の魚群体もその水域の生物社会の一構成因子として考へ、水産資源をpolyspecific unitとして把握すべきもの(KESTEVEN 1950)と考へれば、水産としてそのcommunityの組成を考へることは、生産環境の改善の意味から、即ち又漁獲物全体としての価値を増す上から必要なことであらう。

我国とは大部事情の異なる点もあるが、North Carolinaの海面漁業の考察に当つて TAILOR (1951)も同様のことを次のように述べている。『今日迄漁業生産に関する学的研究は殆ど完全に特定の種を別々に扱つてきた、そして全体は部分の集りであり或る地方の漁業の各spの一つ一つが管理され保存され、増加されれば全体は増加するのだという考えを仮定していた。多くの敵対的の又競争的の立場で互に「+」「-」の関係にあるものが、全体として一に動いていることは殆ど考へられなかつた。』と言ひ『従来行はれたような漁業管理は、全体としての水産の生産のdynamicsについて今日以上の知識が得られるようになる迄、或は又今日のように色々の豊凶が起つている程度では、無駄な仮定以外のものではない』とまで極言している。そしてこれ等の解決のための研究としては

何が何を捕食し又それは何によつて消費されるか

餌料量と成長量の関係と、その各の経済価値

或る魚種に対する漁獲の全生産に及ぼす効果

或る魚種の漁獲制限が全生産に及ぼす効果

をあげ、不必要な制限はやめて進歩した方法は科学的裏付けのない限り禁止すべきでないと言つて、いる。

第 3 章 環境調整の問題

一つの拡がりをもつ自然水面は上述のように、それが自然界におかれた位置に応じて或る生物学的生産力を持つて居り、又或る条件の下にこれに対応して或る水産的生产力をもつている。この生産力を人為的な力によつて増強することはどんな範囲で可能であり、又どんな方法が考へうるかは最近色々考へられ議論されているが、将来の漁業管理と関連して重要な問題であらう。

生産力そのものの増強法として考へられるものは先づ第1に人為的に栄養塩類その他につき条件をよくして、一次生産力を増大し、生産量の生物的絶対量を高め、その結果水産的生产量を高めるやり方で、施肥はその代表的のものである。養魚池では可成り古くから行はれて居り、1924年にJÄRNEFELTは窒素、磷、カルシウムを施肥してChironomide幼虫が20倍近く増加することを報じ、又R. DEMOLL (1925)は養魚池に施肥し無施肥の時の魚の取揚量141kg/haに対し、窒素施肥で261kg、磷施肥で257kg、両者施肥で312kgになつたと報告している。米国では市販の施肥材で養魚池その他に普通に行はれていて、無施肥の場合に比し4~5倍の収穫をあげ得るとされている(松江1947, SWING-

L & SMITH 1942 LLOYD 1945)。

これは富栄養にすることによつて phytoplankton が濃密に繁殖し、従つて餌料生物の繁殖を擧げると共に、光を遮えぎることによつて水草の繁茂が阻害され栄養の循環の際損失がなくなるためである。日本では研究の段階で色々の理由から実際には実施されていないがしかし春先に池を一旦乾かし、消毒した上堆肥その他を入れた上水を張り、ミチンコその他の餌料生物を濃密に繁殖させて鯉等の仔魚の餌にするのは施肥の一と言へる。

海の施肥は欧州で主に行はれた (GAADER 1932, GAADER & ALVSAKER 1941, GROSS 1942) Plymouth 実験所の人々が 1942~43 に Scotland の Fjord の中の 1 小湾 (Loch Craighlin, Kyle Scotnish) で大規模に実施したが (MARSHALL 1947, ORR 1947, MARSHALL & ORR 1948, RAYMONT 1947, 1948, 1949, 1950 EDMONDSON & EDMONDSON 1947, GROSS 1949) Loch Craighlin は 18 acres の広さであるが、こゝに施肥直後全水層に NO_3 が 100 mg/M^3 , P_2O_5 20 mg/M^3 になるように、秋、冬及び春に施肥材を投入した。夏は *Zostera* その他の水藻類の繁殖に大部分の栄養塩が消費されてしまい、餌料になるものが生成されてこないで実施しない。

fertilizer の消費は非常に速く、1 週間で完全に消費され、phytoplankton の激増が起つた。しかしこの減少は植物の他に Bottom mud や Susp Matter に吸着されるためのものも相当ある筈である。この際 Flagellata が一番増え、Diatom と Dinoflagellates はそれ程著しくない。bottom fauna は第 1 年目は増加の傾向は余り認められず、第 2 年目から増え、普通の 3~4 倍になり、これを餌とする flat fish は 1 年間に、0 才魚では普通の 5~6 才魚に相当する成長をなし、又 1~2 才魚では成長期 6 ヶ月間に普通の 2 年分の成長をしたという。

bottom fauna が max になるには 2~3 年施肥を続ける必要があるようで、又 2 年間施肥を中絶すると bottom fauna は減する。しかし始めの状態よりは尙 1.4 倍の密度があつた。しかし動物 plankton は施肥第 2 年には減少し、施肥しても (或は施肥のために) poor のまゝであつたが、これは濃密な phytoplankton や水藻のために PH が時に動物に危険な程度に変化するためであらうとされる。

最近、施肥の効率について多少批判的な報告も散見されるようである。

LOOSANOFF & ENGLE (1946) は施肥は好ましくない plankton A—

ligaeの成長を刺戟すると言つて居り、又RAYMONT(1949)の報告を見るとbottom faunaの組成は施肥した初期1944年にはChironomus 1.3:Hydrobia 3.1だつたのが、1947年には0.4:6.8となつてHydrobiaがdominant spになつてきている。これは施肥の途中で起つた酸素欠乏状態に対する耐久力の大小による結果と考へられるが、その組成の変化が施肥を止めても元へ戻らないことを示すようである。しかもFlounderその他の魚はHydrobiaよりはChironomusの方を好むらしい。

HAYS et al(1952)はradio active-Pを使つて施肥後の水中のPの動態を調査し、施肥後³²Pは水中に次第に少くなり、1ヶ月後始めの10%の量で略一定になつた。但し水とSolidとの間には絶えず交換がある。又泥にも次第に吸着され、泥—水—生物の間に平衡が成立する。それ故施肥したP、N等は泥に相当の量が吸着されて実際に濃度を増す部分は比較的少い。これは水の容積:泥の表面積の比に比例する筈である。又冬に生物が少くなつた時、exchange ratioが小さくなつて、極端々であるがPが泥の深層へと選ばれる平衡化が起り次の生物繁殖時期迄Pが残つていて繁殖を促すことは甚だ疑はしいと言つている。HUNTSMANも(1950)同様に施肥するとすぐradio active Pは全てphytoplankton中に入り沈澱し、そして第1週でこのPは同化し難いsestonの形になり、又表層並に泥から、泥の表面での水中への再生以外に下層へとPの移動があることを見ている。

例へば下水が絶えず流れ込む時には永久的富栄養化が起る、これは固形物との平衡のlevel以上に常に水中に營養塩が入つてくるからで、若し下水が止ると水に対して固形物が増しているから間もなくその水は下水の流入のあつた以前の状態よりも水中のPのlevelは低くなりoligotrophicになる筈である。

施肥によつて窮極の水産の生産を増強するのは、既述のようにこの生産はphytoplanktonの生産の0.1%位の効率であるから、水産的生産が可成り高度に管理出来る場合でなければ効果は望み難いと言はねばなるまい。

SCHÄPERCLAUS(1948)は比較的大きな天然の湖に施肥する場合は、その生産が深部に酸素がなくなつたり、病害やその他特殊の状況で制限されてそれ以上營養塩を入れても完全に作用出来ないような湖でない場合のみ成果をあげることが出来るのであり、又施肥して収量が増加出来る場合は、湖が施肥しなくても既に高価な魚の可成りの収量があつた場合のみ期待出来る。そして施肥する場合Stockに対して特別な好い管理が必要である。でないとならば価値の低い魚のstockが増大すると述べている。

施肥以外に生産力そのものをabsoluteに高める方法としては、例えば与那内海で(宮地1950)半島の先端部が成長し、内部の水の置換される割合が悪くなり、上下層の塩分差が大きくなつてイワシの来遊、漁獲が非常に悪くなつたのを昭和22年浚渫してから水の交流がよくなり、環境がよくなつて、イワシ漁も4倍量に回復した例があるが流動の善悪は生産に大きく影響するもので、湖で富栄養化の進んでいるもの程水の交代の割合が大きい(宝月1952)ことが認められて居り、中海では湾口部に築堤して細く長い水路が出来たために水が停滞し湾内の水位が昇り、塩分が低くなり、貝類の産卵が減じ且つ赤潮の出ることも多くなつたと言われ、又舞鶴湾はイワシその他沿岸回遊魚が入らず、カキの産卵もよくないのも、外洋との交流が悪く湾内水が停滞するのが原因とされている(宮地1950)。水の流動をよくするために干潟に人工零を作ることも最近試みられている。又水温・濁土温調節の意味でアサリ植場に自噴井を掘ることも試まれた(新野徳久1949—52)。我国では20—30年前から干潟の、又最近では多少深い所の耕耘がよく行はれている。これは底に堆積する有機物を耕耘によつて空気や新しい水に接せしめて酸化を促進させ、環境の悪条件を除くと共に植物planktonを増殖させようという趣旨である。耕耘によつて營養塩が水中に増すということはよく言はれる。そして海苔の増産が報ぜられたものもある。しかし内海区水研の調査によると耕耘によつて確かに普通の定量法によつて得られる營養塩類の濃度は高くなるが、その水を濾紙又はMFで濾すと、その濾紙にはこれ等營養塩はずつと少量になつて耕耘しない場合と殆ど変りがなくなることを見た。即ちSusp Mattに吸着しているものが多いと思はれるのであつて、このような營養塩が海苔のような植物体に利用され得るか否かは今後研究を要することゝ考へられる。

producerを増すことによつて水産生産量の絶対量を増強しようということは上述のように効率としては悪く、よほどよく管理される場合でないと思はしくない。自然の海湖の場合これを如何にするかは今後の問題である。

energyの利用効率としてはtrophic levelの高いもの程そのnet growthの効率は悪くなるから、若し我々が低いlevelの生産を利用出来ればそれだけ利用効率は高い道理である。利用方法が発達すればそれも夢ではなくなる筈である(BURKERO—AD1953, FAO Fish. Bull. 1953)。しかし現在として今少し直接的な方法としては、水域の生産を構成する生物の種類なり、組成なりを変えることにより、現在の水産的生産の生産効率を能率化せしめることが考えられる。即ち普通行はれるのは

(1) 餌料生物の改善, (2) 天敵の減少, (3) 移植等であらう。カスピ海で黒海から2枚介(Mytilaster), エビ(Leander)を移植し、又アゾフ海からNereisを

移植し、魚類がこれを食べているのが認められている(RICKER 1946)。又FOERS—
TER & RICKER(1941)はCultus LakeでSockeye Salm—
onの幼魚に対するpredator fishを取り除くことにより収量が3倍になったと言
っている。

又魚の移植もよく行はれる。我国の鮎の放流又、カキの垂下繁殖等はこれに属するとしてい
であらう。しかし天然水域での魚の移植は充分考慮する必要がある。MEYER(1951)に
よると1934~1939にNord Sea PlaiceをBalticの西部水域に約5
00萬尾移植した。而してこれが新しい場所で生存し、場所もあまり移動せず、満足すべき成長
と産卵をしたが、経済的 목적は達せず、Balticのplaice population
はregenerateせず、又漁獲量も増加しなかつた。MEYERは移植の科学的成功とし
ては自然自身がcommercial fish populationの変化の原因であるとい
う最近の意見を再確認したことだと認言している。要は人的はたらきかけをする場合には、そ
の後のける人的管理の可能程度が大きい要因となることであらう。

以上3ヶの他、今一つ第2章第2節漁獲物の価値の問題に於て述べたような4)生産構造の改
善が考へられる。或る特殊の価値のある生物種が目標とされる時は勿論、その水域のecosy—
stemを組成する全ての種類が夫々に漁獲価値のある場合も共にその目的組成は考慮されるべ
きであり、将来の漁業管理は積極的にこの点にも指向する必要があらう。水力発電の堰堤のba—
ck waterの利用も放流魚種並にその目的組成が考慮された上で撰定されるべきであらう。
特に比較的深いこれ等の水域にはplankton feederが少いことが考へられるので
ある。沿岸の干拓、埋立も以上のような種々の考慮の下に海の生産性を高めるような工夫の下に
実施されることが望ましい。

昭和三十年八月三十一日発行

著 者 花 岡 資

発行所 内 海 区 水 産 研 究 所

印刷所 東 京 都 中 央 区 湊 町 三 ノ 二 一

中 央 社

参 考 文 献

- 相川広秋 1932 海洋の生産力について 日水会誌, Vol.1 No. 4 : 191~198
- 秋田県水試 1954 八郎潟の研究, 第1輯: PP. 33
- ALLEE, W. C., O. PARK, A. E. EMERSON, T. PARK, & K. P. SCHMIDT
1949 Principles of Animal Ecology.
- ALLEN, E. J. & E. W. NELSON 1910 Artificial culture of marine plankton organisms. j. Mar. Bio. Assoc., Vol. 8,
- 有明海漁業調整事務局 1954 事務局の葉
- ARMSTRONG, F. A. & W. R. G. ATKINS 1950 The suspended Matter in the sea. J. M. B. A., 29 (1) : 139-143.
- ATKINS, W. R. G., H. H. POOL & F. J. WARRAN 1949 A Balance-by-depth method for the photoelectric measurement of the vertical extinction coefficient of water. j. M. B. A. 28 (3): 751-755.
- , F. R. S. PAMELA, G. JENKIN & F. J. WARRAN 1954 The suspended matter in the sea water and its seasonal changes as affecting the visual range of the Sechi disc. J. M. B. A. 33 (2): 497-510.
- 青森県陸奥湾水産増殖研究所 1954 同所事業報告 PP. 83
- BALL, R. C. & D. W. HAYNE 1952 Effect of the removal of the fish population on the fish food organisms of a lake. Ecol., 33 (1)
- BALLENTINE, D. 1953 Comparison of the different methods of estimating Nannoplankton. J. M. B. A. 32 (1): 129-147.
- BIRGE, E. & JUDAY C. 1922 The inland lakes of Wisconsin. The plankton. 1. Its quantity and chemical composition. Wisconsin Geop. Survey Bull. No. 64.
- 1934 Particulated and dissolved organic matter in Inland lakes. Ecol. Monogr. 4: 440-474.
- BLEGVAD, 1930 Quantitative investigation of bottom invertebrate in the Kattegat with special reference the plaice food. Danish Boil. sta.-Rep. Vol. 36: 3-45.
- BOND, R. M. 1933 A contribution to the study of the natural food cycle in aquatic environment. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Vol. 4, Art 4.: 1-89.
- BORUTSKY, E. V. 1939 Dynamics of Biomass of chironomus plumosus in the profundal of lake Beloe. Trudy Limnologicheskoi stantsii v. Kosine 22: 156-195.
- 1939 Dynamics of the total benthic biomass in the profundal of lake Beloe. Ibid., 22: 196-217.
- BOYSEN-JENSEN, P. 1914. Studies concerning the organic matter of the sea bottom. Rep. Danish Biol. St., 22. 1.
- BRANDT, K. & E. RABEN 1920 Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Planktons. Wissensch. Meeresunt. Abt. Kiel N. F. Bd. 19: 175-210.

- BURKENROAD, M.D. 1953 Theory and practice of marine fishery management. *J. du Cons.* 18 (3): 300-310.
- BURT, W.V. 1953 Extinction of light by filter passing matter in Chesapeake bay water. *Science* Vol. 118, Oct. 2.
- BRUERICH, 1939 Distribution and dynamics of living matter in the Caspian Sea. *Comptes Rendus Acad. Sci. Urss.* 25 (2): 138-141.
- CHANDLER, CHANDLER, D.C. 1942 Limnological studies of western Lake Erie. 11. Light penetration and its relation to turbidity. *Ecol.* 23 (1): 41-53.
- CLARKE, G.L. 1938 Seasonal changes in the intensity of submarine illumination off Woods-Hole. *Ecol.* 19 (1): 89-106.
- CLARKE, G.L. 1939 The utilization of solar energy by aquatic organisms. *Pub. Amer. Assoc. for the advance of Sci.* 10.
- 1946 Dynamics of productivity in a marine area. *Ecol. Monogr.* 16: 321-335.
- COOPER, O. H.N. 1938 Phosphate in the English Channel 1933-1938 with the comparison with earlier years, 1916 and 1923-32. *J.M.B.A.* Vol. 23: 185-195.
- 1938 Redefinition of the anomaly of the nitrate-phosphate ratio. *J.M.B.A.* Vol. 23: 179.
- 1948 Particulated ammonia in sea water. *J.M.B.A.* 27 (2): 322-325.
- 1948 Phosphate and fisheries. *J.M.B.A.* Vol. 27: 326-336
- DAHL, E. 1927 Grundlagen einer Okologische Tiergeographie.
- D'ANCONA, U. 1954 The struggle for existence. (Translated by A. Charles & R.F.J. Withers) *Bibliotheca Biotheoretica*, Series D, Vol. VI: 1-274.
- DEEVEY, E.S. 1941 Limnological studies in Connecticut. VI. The quantity and composition of the bottom fauna. *Ecol. Monogr.* 11: 413-455.
- EDMONDSON, W.T. 1946 Factors in the Dynamics of Rotifer Population *Ecol. Monogr.* 16 (4): 357-372.
- & Y.H. EDMONDSON, 1947 Measurement of production in fertilized salt water. *J. Mar. Res.* 6 (3): 228-246.
- ELTON, C. 1927 Animal Ecology
- F.A.O. 1953 Improving the fisheries contribution to world food supplies. *FAO Fisheries Bull.*, 6 (5): 159-196.
- FLEMING, R.H. 1940 The composition of plankton and units for reporting populations and production. *Pacific Sci. Congr. Calif.* 1939. Proc. 3.

- FOERSTER, R.E. & W.E. RICKER 1941 The effect of reduction of predacious fish on survival of young sockeye salmon at Cultus Lake. J. Fish. Res. Board of Canada, 5 (4): 351.
- FOERSTER, R.E. 1944 The relation of lake population density to size of young sockeye salmon. (*Onchorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Board Canada, 5 (3): 184-191.
- 1948 Prospects for managing our fisheries. (in Symposium on fish population). Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Vol. XI, art. 4.
- & W.R. GOE, 1943 Biology of the California sea mussel (*Mytilus californianus*) II. Nutrition, Growth and Deposition. J. Expl. zool. 93: 205-249.
- FOX, D.L. 1950 Comparative metabolism of organic detritus by inshore animals. Ecol. 31 (1): 100-108
- , J.D. ISAACS & E.F. CORCORAN 1952 Marine Leptopel, its recovery measurement and distribution. J. Mar. Res. 11 (1): 29-46.
- FOX, D.L., C.H. OPPENHEIMER & J.S. KITTRIDGE 1953 Microfiltration in oceanographical research, II Microfiltration of colloidal misells by absorptive filters and by filter-feeding invertebrates: Proportions of dispersed organic to dispersed inorganic matter and to organic solutes. J. Mar. Res. 12 (2)
- 福田, 井上, 西沢 1954 海中濁度の研究 I 濁度計の試作と予備的観測, 北大水産学部研究集報 5, 1
- 福井県 水試 1937 三方湖群異常現象調査, 福井 水試事業報告, 10 卷, 第3 冊: 1-34
- FULLER, J.L. 1937 feeding rate of calanus finmarchicus in relation to environmental conditions. Biol. Bull. 72: 233-246.
- GAARDER, T. & H.H. GRAN 1927 Investigation of the production of plankton in the Oslo Fjord (reviewed in J.d. Cons. Vol. II 1927 by H.W. HARVEY)
- GALL, M.H.W. 1949 Measurements to determine extinction Coefficient and temperature gradients in the north sea and English Channel. J.M.B.A. 28 (3): 757-780.
- GESSNER, F. 1933 Phosphate, nitrat und planktongehalt im Arkonabecken. Ein Beitrag zur Produktionsbiologie der Ostsee. J.d. Cons. Vol. VIII.
- COLDEN, E.D., M. BAKER, & D.L. FOX 1952 Microfiltration in oceanographic research, I. Marine sampling with the molecular filter. J. Mar. Res. 11 (2): 194-204.
- GRAN, H. & T.G. THOMPSON 1930 The diatoms and the physical conditions of the sea water of the San Juan Archipelago. (rev. in J. Cons. VI, by HENTSCHEL)

- GRAN, H.H. 1931 On the condition for the production of plankton in the sea. Rapp. et Proc-verb. 75; 37-46.
- GROSS, F., J.E. RAYMONT, S.R. NUTMAN & D.F. GAULD 1946 Application of fertilizers to an open sea Loch. Nature Vol. 158, p. 187.
- GROSS, F. 1947 An experiment in marine fish cultivation V. Fish growth in a fertilized sea Loch (Loch Craiglin) Proc. Roy. Soc. Edin. B. Vol. LXIII: 56-95.
- 1949 Further observation on fish growth in a fertilized sea Loch. J.M.B.A. Vol. 28: 1-8.
- GROTE, A. 1934 Der Sauerstoffhaushalt der Seen. Die Binnengewässer Ed. XIV.
- 花岡 資 1948 千曲川の生理生物学的観測第3報 日水会誌 Vol. 13, No. 4 137-140
- 1952 内湾生産力の標示について。内水研報告. No. 1: 42-53
- 1953 内湾漁獲物の組成。日水会誌, Vol. 19, No. 4: 292-296
- 1954 Communityとして見た水産資源に関する一考察。内水研報告. No. 6 1-6
- 花岡資・村上彰男 1954 内湾に於ける水中照度。内水研報告, 6号: 7-14
- HARVEY, W.H. 1934 Measurement of phytoplankton. J.M.B.A. Vol. 19, No. 2.
- 1950 On the production of the living matter in the sea off Plymouth. J.M.B.A. 29 (1); 99-136.
- 1951 Microdetermination of nitrogen in organic matter without distillation. Analyst Vol. 75
- 1953 Synthesis of organic nitrogen and chlorophyll by Nitzschia closterium. J.M.B.A. 31 (3): 477-487.
- HASELHOFF, E. & HÜNNEMEIER, B. 1901 Über die Schädlichkeit industrieller Abgänge für die Fischzucht. Landwirtschaftliche Jahrb. 30: 583-617.
- HAYS, F.R., J.A. MCCARTER, M.L. CAMELON & D.A. LIVINGSTON 1952 On the kinetics of phosphorus exchange in lakes. J. Ecol. 40 (1): 202-216.
- HENTSCHEL, E. 1933-'36 Allgemeine biologie des Sudatlantischen Ozeans. Wiss. Ergeb. Deutsch. Atlant. Exp. a.d. Forschungs u. Vermessungsschiff "Meteor" 1925-'27. Bd. XI.
- HESSE, R. 1924 Tiergeographie auf Ökologischer Grundlage.
- 宝月・北沢・倉沢・白石 1950 内水面の生産力と外圍条件及物質循環との關係。水研 会報. 3: 58-82.
- 北沢・倉沢・白石・市村. 1952 内水面の生産及物質循環に関する基礎的研究 4: 41-127. 水研会報
- HOLM, N.A. 1953 The Biomass of bottom fauna in the English Channel Off Plymouth. J.M.B.A. 32 (1): 1-51.
- HUTCHINGSON, G.E. 1941 Ecological aspects of succession in natural population. Amer. Nat. 75: 406-418.
- HUTCHINGSON, G.E. & A. WOLLACK 1940 Studies on Connecticut lake sediment II chemical analysis of a core from Linsley Pond, North Branford. Amer. J. Sci. 238: 493-517.
- HUNTSMAN, A.G. 1948 Fishing and assessing populations. in a symposium on fish populations. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Vol. XI, Art. 4: 5-31.

- HUTCHINSON, G.E. & V.T. BOWEN 1950 Limnological studies in Connecticut. IX. A quantitative radio chemical study of the phosphorus cycle in Linsley Pond. *Ecol.* 31 (2): 194-203.
- 今西錦司 1949 生物社会の論理.
- IVLEV, 1945. Density and character of food distribution as factors determining the size of the ration in fishes. *Zool. Zhurnal.* 24 (2): 112-125.
- JAMES, H.R. & E.A. BIRGE. 1938 A laboratory study of the absorption of light for lake waters. *Trans. Wisc. Acad. Sci.* 31: 1-154.
- JENKIN, P.M. 1937 Oxygen production by diatom *Coscinodiscus excentricus* in relation to the submarine illumination in the English Channel. *J.M.B.A.* Vol.22, p.301.
- JERLOV, N.G. 1951 Optical studies of ocean waters Rep. Swed. Deepsee Exp. Vol.3, Physics & Chem., No.1: 3-59.
- 1951 Optical measurement of particle size distribution in the sea. *Tellus* 3: 122-128.
- 1953 Particle distribution in the ocean. Rep. Swed. Deepsea Exp. Vol.3, Physics & Chem. No.3
- 1953 Influences of suspended and dissolved matter on the transparency of sea water. *Tellus* 5 (1).
- JOHNSON, W.E. & A.D. HASLER 1954 Rainbow trout production in dystrophic lakes. *J. Wildlife management* Vol.18, No.1, 113-134.
- JORGENSEN, B. 1952 On the relation between water transport and food requirement in some marine filter feeding invertebrates. *Biol. Bull.* 113 (3): 356-363.
- 1949 The rate of feeding by *Mytilus* in different kinds of suspension *J.B.M.A.* Vol. 28: 333-344.
- 1949 Feeding rate of sponges, Lamellibranchs and Ascidiarians. *Nature*, 163: 192.
- & E.D. GODBERG 1953 Particle filtration in some Ascidians and Lamellibranchs. *Biol. Bull.* 115 (3): 477-489.
- JUDAY, C. 1940 The annual energy budget of an inland lake. *Ecol.* 21: 438-450.
- 1942 The summer staning crop of plants and animals in four Wisc. lakes. *Trans. Wisc. Acad. Sci.* 34.
- 加藤・谷田・奥田 1951 有珠湖水質及低質について北水試報告6号39—68
- 川名 武 1936 三方湖群の異常現象につきて(第1—3報)水産研究誌31卷7.8.9号.
- KESTEVEN, G.L. 1950 An examination of certain aspects of the methodology and theory of fishery biology. *Bull. Bingham Oceanogr. Lab.*
- KETCHUM, H.B. 1951 Biology of plankton. *Manual of phycology* 335-346.

- 1954 Relation between circulation and planktonic populations in estuaries. *Ecol.* 35 (2): 191-200.
- J.C. AYERS & R.F. VACEARO 1952 Process contributing to the degree of coliform bacterien in a tidal estuary. *Ecol.* 33 (2): 247-258.
- 小林 純 1948 本邦河川の水質, 農学, 2(8): 8-10
1949 本邦河川の水質, II. 同上, 3(3): 26-27
- 小久保清治, 田村正, 阿部 養 1932 斎藤報恩会時報 59, 1-2
- KORRINGA, P. 1952 Recent advances in oyster biology. *Quart. J. Biol.* 27 (3): 266-265.
- KREY, J. 1949 Über art und Menge des Seston in Meere. *Verh. Deutsch. Zool. Meere.* 295.
- KROUGH, A. 1931 Dissolved substances as food of aquatic organisms. *Rap. Proc.-Verb.* 75, 7-36.
- & E. LANGE 1931 Quantitative Untersuchungen über Plankton, Kolloid und gelöste organische und anorganische Substanzen in dem Furesee. *Int. Rev. d. ges. Hydrogr. u. Hydrobiol.*
倉茂英次郎 1935 本邦主要河川の化学的研究概報, 科学, 5(2): 71-75
鈴木九十男 1935 本邦河川の水質と総漁獲高との関係, 気象集誌, 第2輯, 13(4号): 154-156
- LINDEMAN, R.L. 1941 Seasonal food cycle dynamics in a senescent lake. *Midl. Natur.* 26, 636-673.
- 1942 Experimental simulation of winter anaerobiosis in a senescent lake. *Ecol.* 23: 1-13.
- 1942 The trophic dynamic aspect of ecology. *Ecol.* 23 (4)
- LOEB, F. 1911 Über der Entgiftung von kaliumsalzen durch die Salz von Calcium und anderen Erdalkalimetallen. *Bioch. Zeitschr.* Vol. 32, 308-322
- LLOID, O.M. 1945 Farm fish pond and their management. *United S. Depart. Int. Fish and Wildlife S. Fisher. Leaflet No. 27.*
- LUNDBECK, J. 1953 Die Nordpazifische Heilbuttfischerei und ihr international Regulierung. Auf Grunde der "Reports of the international fisheries Commission" No. 1-18 (1930-1952) und ergänzenden Angaben. *Mitteil. aus dem Inst. f. Seefischer. d. Bundesanstalt für Fischerei. Heft 4, 1-33.*
- MANNING, W.M. & JUDAY, R.E. 1941 The chlorophyll content and productivity of some lakes in northern Wisconsin. *Trans. Wisc. Acad. Sci.* 33.
- MARSHALL, S.M. 1947 An experiment in marine fish cultivation. III. The plankton of a fertilized Loch. *Proc. Roy. Soc. Edinb. B. Vol. LXIII: 21-23.*
- A.P. ORR & A.G. NICHOLLS 1934 On the biology of *Calanus finmarchicus*, II. Seasonal distribution, size, weight and chemical composition in Loch Striven in 1933 and their relation to the phytoplankton. *J.M.B.A. Vol. 19.*

- MARSHALL, S.M. & A.P. ORR 1948 Further experiment on the fertilized sea Loch. The effect of different plant nutrients on phytoplankton. J.M.B.A. 27: 360-379.
- 松江吉行 1947 溜池利用の施肥養魚, 農学, (7)
 松江吉行 1949 海水の生理分析とプランクトン珪藻の磷酸塩貯蔵作用. 水研会報, 25:29—
- MESCHKAT, A. 1937 Abwasserbiologische Untersuchung in einem Bühnenfeld Unterhall, Humburgs. Arch. Hydrobiol. 31: 399-432.
- MEYER, P.F. 1951 Die deutschen Verpflanzungsversuche von Nordseeschollen nach der Ostsee in den Jahren 1934-1939, ihr wirtschaftlicher Erfolg und ihre Bedeutung für die Frage der Überfischung der Ostsee. Arch. f. Fischereiwiss. 3. Jahrg. 3/4 Heft. 81-96.
- MIYAJI, D. 1934 Oxygen absorption of lake deposit. Proc. Imp. Acad. 10.
- 宮地伝三郎 1937 日本湖沼に於ける貝類の生産量. The Venus, VII (2): 51-74
 1950 非調和型内湾及潟とその改善. 水産動物の研究(1)
- 長科生物学部会編 1950 生物の集団と環境
- 長崎県水試 1953 大村湾調査報告(真珠養殖場環境調査改題)第15号
 1954 大村湾調査報告特に真珠養殖場附近の調査第1報: P.P 117
- 内海区水研 1951 内湾生産力調査要報
- 中井・松井・1938 本邦河川の生産に関する研究第1報湖沼の事業的生産力について, 陸水雑, 8: 489-499
- 中野泉治他3名 1952 諏訪湖魚介類生産調査. 水研会報告, 4号: 128-164
- NATHANSON, A. 1906 Über die Bedeutung vertikaler Wasserbewegungen für die Produktion des Plankton im Meere. Kgl. Sachs. Gesell. d. Wiss., Abhandl. d. Math.-phys. Klasse. Bd. 29, NO. 5.
- NELSON, 1947 Some contribution from the land in determining conditions of life in the sea. Ecol. Monogr. 17: 337-346.
- NEWCOMBE, C.L. 1950 A quantitative study of attachment materials in Sodus Lake, Michigan. Ecol. 31 (2): 204-215.
- NIELSEN. 1951 Measurement of the production of organic matter in the sea by means of C_{14} . Nature, 167.
- 西沢・徳田・井上・1954 Photographical study of suspended matter and plankton in the sea. 北大水産学部研究集報 5(1)
 新野・徳久 1950-52 地下水利用による湖沼種苗保護育成研究. 水研会報 3号: 44-47. 4号: 13-28
- 岡田・白石・室月・1948 水面の生産力調査. 水研会報告, 1: 36-44
- OOSTIEN, T.V. 1945 Turbidity as a factor in the decline of Great lakes fishes with special reference to lake Erie. Transac. the Amer. Fisher. Society.
- ORR, A.P. 1947 An experiment in marine fish cultivation. II Some physical and chemical conditions in a fertilized sea Loch. Proc. Roy. Soc. Edino. B, Vol. LXIII; 3-20.
- PENNAK, R.W. 1946 The dynamics of freshwater plankton population. Ecol. Monogr. 16 (4): 339-355.

- PERTERSEN, C.G.T. 1918 The sea bottom and its production of fish food. Danish Biol. Stat. Rep. 25 (7): 62pp.
- PETTERSON, G.G. & S.LANDBERG 1934 Submarine daylight and the photosynthesis of phytoplankton. Göteborgs Kungl. Vetenskaps och Vetterhets-Samhälles. Handl. 5 F. ser. B. Bd. 4 No. 4 (Rev. in J.d. Cons. Vol. X No. 1).
- POOL, H.H. & W.R.G. ATKINS 1929 The photochemical and photoelectric measurement of submarine illumination through out the year. J.B.M.A. 16 (1): 297-324.
- PRAIT, D.M. 1950 Experimental study of the phosphorus cycle in fertilized salt water. J.M.B.A. IX (1): 29-54.
- RAWSON, D.S. 1952 Mean depth and the fish production of large lakes. Ecol. 33 (4): 513-522.
- 1953 The standing crop of net plankton in lakes. J. Fish. Res. Bd. Can. 10 (5): 224-237.
- RAYMONT, J.E.G. 1947 An experiment in marine fish cultivation IV. The bottom fauna and the food of flatfishes in a fertilized sea Loch. Proc. Roy. Soc. Edinb. B. Vol. 63: 34-55.
- 1947 A fish farming experiment in Scottish sea Loch. J. Mar. Res. 6 (3): 219-227.
- 1949 Further observation on changes in the bottom fauna of fertilized sea Loch. J.M.B.A. 28: 9-19.
- 1950 A fish cultivation experiment in an arm of a sea Loch. IV The Bottom fauna of Kyle Scottish. Pro. Roy. Soc. Edinb. B. Vol. 64: 65-108.
- REDFIELD, A.C. 1934 On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. James Johnston Memorial Vol., Liverpool: 176-192.
- RICKER, W.E. 1946 Production and utilization of fish populations Ecol. Monogr. 16.
- & R.E. FOERSTER 1948 Computation of fish production. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 11 art. 4: 173-212.
- 1952 Numerical relations between abundance of predators and survival of prey. Canad. Fish Cultur. No. 12: 5-9.
- 1954 Stock and recruitment. J. Fish. Res. Bd. Canada. 11 (5): 559-623.
- RILEY, G.A. 1938 Plankton studies I. A preliminary investigation of the plankton of the Tortugas region. J. Mar. Res. 1: 335-352.
- 1939 Plankton studies II. The western north atlantic, May-June 1939. J. Mar. Res. 2: 145-162.
- 1941 Plankton Studies III. Long Island Sound. Bingham. Oceanogr. Coll. Bull. Vol. 7, Art. 3.
- 1941 Plankton studies IV. Georges Bank. ibid. Vol. 7 Art

- THIENEMAN, A
 1925 Die Binnengewässer Mitteleuropas. Das Binnengewäss
 Bd.1
 ----- 1925 Das Leben der Süssengewässer. Eine methodologische
 Übersicht und ein Programm. Abderhaldens Handbuch der Biol.
 Arbeit methoden. Abt. IX, T.2: 653-678.
 ----- 1926 Die Nahrungskreislauf in Wasser; Verhandl. d. Deut
 chen Zool.Gess.Kiel. p.57.
 ----- 1931 Der Produktionsbegriff in der Biologie. Arch. f.
 Hydrobiol. XXII.
 ----- 1932 Limnologie Handwörterbuch der Naturwissenschaft
 2. Auflag. Bd.6: 434-475.
 THOMPSON, W.F. 1937 Theory of the effect of fishing on the
 Stock of Halibut; Rep. Internat. Fish. Comm. No. 12: 5-22.
 上野益三 1933 陸水学の意義とその内容. 科学, 3(3): 121-124
 1935 陸水生物学概論
 VERDAM, J. 1952 Photosynthesis and growth rate of two
 diatom communities in western Lake Erie. Ecol. 33 (2)
 VOLFERRA, V. 1928 Variations and fluctuations of the number
 of individuals in animal sp. Living together; J.d.Cons.
 3 (1): 1-51
 WAKSMAN, RENZIER, CAREY, HOTCHKIES & REUN 1933 Bacteriological
 investigation of sea water and marine bottom in the Gulf
 of Main. Biol. Bull. 64: p183.
 WAKSMAN, C.H. & REUN C.E. 1936 Decomposition of organic
 matter in sea water by bacteria III. Factors influencing
 the rate of decomposition. Biol. Bull. Vol.70: 472-483.
 WRIGHT, J.C. 1954 The Hydrobiology of Atwood Lake, a flood
 control Reservoir. Ecol. 35 (3): 5-17.
 八木誠政・野村健一 1952 生態学概論
 山本莊毅 1942 湖底堆積物の酸素呼吸量特にその湖沼型との関係について, 第2報. 植
 吉村信吉 1932 湖沼学 雑, 11(4): 146-150
 ----- 1934 日本湖沼の模式と生産力. 日水会誌 29(5): 407-415
 ----- 1934 日本内地の内海の沿岸漁獲物による模式. 綜合海洋学的研究, 第1報, 大
 塚地理学会論文集第3輯: 113-136
 ZOBELL, C.E. & D.Q. ANDERSON 1936 Observation of multip-
 lication of bacteria in different volumes of stored
 sea water and influence of oxygen tension and solid
 surface. Biol. Bull. 71: 324-342.
 ----- & O.B. FELTHAM 1938 Bacteria as food for certain marine
 invertebrates. J.Mar.Res. 1: 312-327.
 ----- 1942 The bacteria flora of a marine mud
 flat as an ecological factor. Ecol. 23 (1)

- 1941 Plankton studies V. Regional summary. J.Mar.Res. 4 (2)
- 1942 The relationship of vertical turbulence and spring diatom flowerings. *ibid.* 5 (1): 67-87.
- 1946 Factors controlling phytoplankton population on Georges Bank. *ibid.* 6 (1): 54-73.
- 1947 A theoretical analysis of the zooplankton population on Georges Bank. Woodshole Oceanogr. Inst. Coll. Reprints contrib. No. 368.
- 1947 Seasonal fluctuations of the phytoplankton population in new England coastal waters. *ibid.* Contrib.No.369.
- & R.AFX 1949 Theoretical analysis of seasonal changes in phytoplankton of Husan Harbour. J.Mar.Res.
- SCHAPERCLAUS, W. 1948 Dungenversuche in einem markischen Seen. Arch. Fischereiwiss. 1. Jahrg. Heft 3/4: 136-142.

瀬戸内海漁業調整事務局 1951 同局のしおり

- SEIWELL, H.R. 1935 The distribution of oxygen in the western basin of the North Atlantic. Papers in physical Oceanogr. and Meteorol. 3 (1).
- SMITH, M.W. 1945 Preliminary observation upon the fertilization of Crecy lake, New Brunswick. Transact. Amer. Fisher. Socie. Vol. 75.

- 菅原健 1935 高須賀沼堆積泥化学組成の垂直変化と堆泥成分の湖水への回帰の問題。陸雑, 5 (2): 46-56
- 1936 湖沼に於ける新生沈澱物の研究 1. 陸雑 6 (3): 95-101
- 1938 陸水学と化学, 植動 6, (1, 2, 3)
- 他 5 氏 1949 諏訪湖及東京湾の生産力調査, 水研会報, 2号: 3-28
- 水産研究会 1952 東京湾内漁業生産高と湾内魚族の季節的移動状況. PP 84
- 水産試験場 1948-1950 生産力調査要報; 1-8号

- SVERDRUP, H.U. & R.H.FLEMING 1941 The waters off the coast of southern California, march to July, 1937. Scrips inst. Oceanogr. Bull. 4 (10): 261-378.
- 1953 on the conditions for the vernal blooming of phytoplankton. J.d.Cons. 18 (3): 287-295.
- SWINGLE, H.S. & E.V.SMITH 1942 Management of farm fish ponds. Alabama Agr. Exp. St. Bull. 245: 1-23.
- 1950 Relationships and dynamics of balanced and unbalanced fish population. Agr. Exp. St. Alabama Polytech. Inst. Bull. 274: 1-73
- TALLER, H.F. & a staff of associates 1951 Survey of marine fisheries of North Calorina.

谷田専治, 斎藤南郎 1951 噴火湾近海の底質並海底状況について. 北水試報告, 8号: 1-12

- THIENEMAN, A. 1918 Lebensgemeinschaft und Lebensraum. Naturwiss. Wochenschrift N.F. Bd. 17.