

# 内灣生産力の標示について\*

花 岡 資

On an indicator of production from a water-area

Tasuku Hanaoka

Mechanisms of production from a limited area of water have been studied by many investigators to obtain its upper limit under presumed circumstances. Those studies mean to understand the circulation velocity and size of substances which constitute bodies of organisms in water. They have, in spite of theoretical interest, not yet resulted to be successfully applied to actual fisheries, just as well as about twenty years ago in the days of Thienemann. Still now we cannot have in hand all environmental factors which should affect the marine organisms, nor theoretically estimate, based on informations of a certain production, any possible organisms production linked by a supposed food-cycle, nor yet foresee any possible fishery production. Quantitative informations of nutrient salts, solar energy, water temperature and so on can make us estimate theoretically the quantity of organic productions which are produced by plants and serve as primary food in water, but there in natural waters, especially in almost closed waters such as bay or inland sea, seem to exist other types of production as well, because evidence seems to show there is an unexpectedly large amount of organisms produced from organic substances coming in there autogenetically and allogenetically. In Tokyo Bay, surrounded by large cities, where many rivers pour into with a large amount of organic matters, the biological efficiency between fish and phytoplankton-productions attains to <sup>ten</sup>one hundred times as large as that in Georges Bank, which is supposed to have a much smaller supply of organic substances.

However we cannot easily determine these quantitative relations in details in a vast area. The author tried to estimate fisheries production by some indicator, which, he has thought, ought to be no simple factor but of compounded types, whether hypothetical for the present or not, because fisheries production itself is a final balance of runs of many cycles. Indicators of simple type just stand, not so accurately as they are determined, but roughly for relative magnitude of fisheries production.

Here the author has taken up as such an indicator the quantity of suspensoid (S), which might contain all particles such as micro-, nanno-planktons, bacteria and organic and inorganic particles in water. (S) is calculated from values of Secchi transparency (T) by the following equation

$$S = 8500T^{-1.36}$$

obtained as that of a curve connecting most outer points on the graph which shows the relations between plankton-volumes and transparency values in situ.

Of various bays in Japan, mean values of S (mean of monthly mean values in all stations) are found to be correlated very well to fisheries productions F (weight/Km<sup>2</sup> of the bay, excluding algae and shell-fish), shown as follows,

$$F = -1290 + 1930 \log S.$$

This equation stands, of course, for the present coastal fisheries in Japan, and different gears and methods of fisheries and accordingly different fishing intensities will need different coefficients of the equation.

That this is the equation of relative growth has interested the author, because it seems to show that the biological efficiency is not definite but variable according to S, namely to food-

\*内海区水産研究所業績 第3号

supply in general. In this equation F is a quantity of fishes to be taken out from water during a year, but S is standing for through the year. Here might be a problem remained in relation to supply of S and stagnation and circulation of water masses.

## 緒 言

数年前から我国でも水面生産力の問題が論議され各方面で研究されている。Thienemann<sup>(1)</sup>以来水面の生産力の定義については色々の表現が行われてきたが、或る水域内でその環境下に生産され得ると考えられる生物有機体の限界量を求めようとするもの即ち延いてその環境内の物質代謝の速さや大きさそのものの測定に帰結してくる所謂 Produktionsbiologie の面からするものが一般にとりあげられている。之は勿論生産の理論的根拠として意義深いものであつて、その完成は非常に待望されるものである。しかし広大な自然水域例えば湖沼内湾に於て、有機物生産者から食物連鎖の二次、三次の生物について迄及ぼして量的に把握しようとする場合には、物質循環の大きさ、速さを捕捉しようとする測定の際や、之の結果を全水面に拡大推計する際に入ってくる誤差、又捕捉し得ないものを誤差の中に入れてしまう影響等は現在の所計り知れぬものがあつて、それは今日と雖も尙20年前<sup>(2)(3)</sup>の時代とさした変りはないように思はれるのである。

従つて又、考えられる今一つの生産、即ち我々が一水面から取り出し得て、しかも翌年の夫には影響しない範囲で、即ち同条件の続く限り毎年定常的に取り出し得ると期待出来る有用生物の最大量を推定しようとする産業的の意味の生産力に關しても、その根底に在るものは物質循環の大きさ、速度であるが、この生産力の大きさを求める方式を知ろうとする研究に於て、物質循環測定の観点に立つて、各部分生産の量、並びにその相互關係から終局生産物の上記の意味での生産を求めることは、實際の水産業と結びつけようとする限り、甚だ疑問とせざるを得ないと考える。それは、或る部分生産の絶対量が推定せられた例は多くあるが、相当広大な自然水面に於て求めることに既に困難がある上に、各部分生産間相互の關連は窺知するにはあまりに複雑な立体的關係の上に立つていると考えられ、それ等から次の段階の生物の生産を絶対量に於て推定予測することは、少くも現在は不可能に近く、それに与る要因を知ろうとすることは無限の追求に一步を初めることになる恐なしとしないと考えられるからである。

水中の生産の機構を求めて、それによつて理論的に絶対量を以て押し進めて終局生産に至る方法が困難とすると、我々は目的の終局生産を量的に標示し得る何物かを求めねばならないことになる。それは何かの要素でも、或は部分生産量でも、或はそれ等の組合せでも好いわけであるが、水産的生産は非常に多数の要因が複雑に重り合つた総和として現われるものであるから、それに対しては我々が現在の知識で測定出来る自然環境上の要因の一が、一次的な量的相關にあると考えるのは早計であらうし、又部分生産の絶対量を求めることは上記のように甚だ困難である。しかし漁獲量は現実に一の量として現われて来るものである。故に筆者は或る漁獲量が在るという事実を一の現象と見て、この現象と或る相關を持ち、何等かの意味で之を標示するもの、それは仮令、仮空的非現実的のものであつても、合理的に一の量として表はされるものであれば之と生産量とを関連させることによつて、此の問題に対する何等かの基礎資料を得んと試みた次第である。

一般的に言へば上記の生産力とは一定期間に一定面積からあげ得ると期待出来る生産量と考えられ、水産的生産が対象になる場合それは生産方法や漁獲強度、又人力的管理が問題となるが、之は何か一つの標準を以て考へるより致し方ないであらう。そして或る生物種の或る管理下に於ける生産量が標準の場合に對し如何なる factor を乗すべきかは比較群生態学的解決にまたねばならないであらう。

又生産されるものについては、食物連鎖其他の考慮によつて考えられる階層に分けることなく、一応日本の沿岸漁業に於て有用として採捕されるものという大きな範疇に於て、その水面から漁獲される生物の総和をとることとした。之は或る水面から年々取り揚げられているものの量という観点からは当然のものと考えられる。

或る一水域の水産の総漁獲量と何か他の要因と対比しようとした試みは、我国では山本氏<sup>(4)</sup>の湖底泥の酸素吸取量に關するもの、倉茂氏<sup>(5)</sup>や其他の人の河川水の溶存無機物に關するもの等があるが、海の場合を取扱つたものはなく、又之等のものも何れかと言へば質的のものに留つていてと考えられる。それは前述のように高次の綜合現象たる漁獲量と一次的要因とを直接対比した結果ではないかと考える。其他 Produkt-

ions-Biologie の一環として Chlorophyll を有する生物や<sup>(6)</sup>、又 Benthos の生産を推定することによつて理論的に進まうとする人も多い。之等の結果も期待さるべきであらうが、筆者は産業的生産生物の原餌料として考えられるのは所謂 Net-, Nanno-plankton のみならず、Bacteria や更に有機質の Detritus も生産には非常に大きく関与しているとの考えから、之等を全て包括したものを想定し、考を進めた次第で、以下に記する所は尙不完全な一の仮説であつて今後尙充分調査研究乃至分析をせねばならないものであるが、之迄の結果を一応報告することとする。

### 1. 水中の微細懸濁物

前記のように水中の原餌料、更に一般的に言へば食物環に於て二次的と見做し得る生産の基礎となるものとしては Phytoplankton のみならず Bakteria、や有機の不溶解乃至 Colloidal のものとして水中に懸濁している物質も考えねばならないであろう。Phytoplankton の中でも普通の net で採集し得るもの以外に、その網目を洩るような微細な所謂 Nannoplankton がある。Bacteria や Nannoplankton の量が特に沿岸、内湾では意外に多く Net-plankton に対し無視出来ぬというよりもむしろそれより数倍以上の多量にあることは多くの人の研究によつて明かであり、動物 Plankton 其他の幼生が之等を利用するであろうことも実際の培養実験によつて証明されている。

米国の五大湖中 Erie 湖は最も濁度高く且つ漁獲量も最大であるが Oosten (1945)<sup>(7)</sup> が此の Erie 湖の近年の魚類の減少が、従来言はれているような、畑土の浸蝕流入による濁度の増加の為でなく、歴史的に見ても濁度が増加した傾向は認められず、又少くも 100ppm 以下の濁度では決して魚に有害になることはないことを証明した報告文中に Ward の言 (1938) を引用しているが、自然発生の微細懸濁物は、基本的な餌料供給源である所の微生物にとつて有益なもので、Wisconsin 調査中の水棲生物学についての研究は、膠質の有機物粒子を集めると水中細菌の培養基質になることを示している。即ち細菌を食する原生動物や、其他の水棲生物の餌料生物はかくして増加するわけである。小形甲殻類や昆虫の幼虫も此種の生物であるが之等は、幼魚の初期餌料として重要なものである。と言い更に消化管が外観上は唯泥で完全に満されている仔魚を見ることが多かつたが、魚は健康で且つ多量に居た、此の泥は多分 Zoogloea 又は Bacteria で包まれたもので、栄養価値がある為に攝取されたものであらうといつている。

又 Wilson (1929) は顕微鏡的な植物が多量にあるからといつて、全ての魚に餌が豊富だと速断してはならない。生涯の如何なる Stage でも直接植物を餌とする魚は非常に少いものである。といつている。

そして Oosten は Plankton と共に多分 Bacteria (特に Detritus の周囲を Bacteria が Coat した) も濁りにとつて重要で、時には大部分の要因となることがあると言つている。

遺憾乍ら以上の諸言は確実に実証されたものはないようであるが充分考えられることであらう。

Clarke<sup>(8)</sup>によると Georges Bank に於て 1923~1945年の漁獲高は  $63\sim 280 \times 10^6 \text{ lb} / 1 \times 10^7 \text{ ac}$  の範囲で之を鮮魚 1gr の熱量を 740 gcal として計算すると  $1.6\sim 7.7 \text{ gr. cal} / \text{m}^2$ 、日となり投射日光 Energy の年平均量 ( $3 \times 10^6 \text{ gr. cal} / \text{m}^2$ , 日) に対して  $0.00005\% \sim 0.00025\%$  となる。又植物 Plankton 生産の投射日光に対する効率を Maximum 0.3% とすると、植物 Plankton 生産量と漁獲量との Energy 効率の比は  $1200 : 0.2 \sim 1$  となる。

今東京湾について同様の計算をしてみると昭和22年魚類のみの漁獲量が約  $1$  億貫<sup>4万</sup>で、之は  $740 \text{ gr. cal} / \text{m}^2$  日に当り、同年の投射熱量は約  $4 \times 10^6 \text{ gr. cal} / \text{m}^2$ 、日であるから、その比は  $0.018\%$  である。

又 Diatom が 1gr の glucose を生ずるに  $3,755 \text{ gr. cal}$  を要する (Jenkin) として、東京湾上 1年に  $\frac{156.2 \times 10^{16}}{3,755} \text{ gr}$  の glucose 相当量の Energy が落ちる。之は  $\frac{156.2 \times 10^{16}}{3,755} \times \frac{72}{180} \text{ gr}$  の C に更に  $\frac{156.2 \times 10^{16}}{3,755} \times \frac{72}{180} \times \frac{18,000}{100} \text{ cc}$  の Diatom 排水量に即ち  $3 \times 10^{10} \text{ m}^3$  Diatom に相当する。之は Diatom 1gr (wet weight) を生ずる熱量を  $170 \text{ gr cal}$  とした場合の  $4 \times 10^{10} \text{ m}^3$  と略一致する。之に対し、湾内に実在する Diatom の量は東京湾調査の結果では平均  $85,000 \text{ m}^3$  であるから

$$\frac{4 \times 10^{10}}{365} \times \frac{1}{85,000} \approx 1.3 \times 10^3$$

即ち日光の総 Energy は実在の Plankton が1日に $1.3 \times 10^8$  回分裂増殖しうる量丈あることになる。従来の記録によると Ceratium spp は夏季1日に30%の増殖をし、又 Chaetoceros curvicutus は Optimum の条件下で350%と言はれる。今同湾では年間平均して1日1.3回の分裂増殖をすると仮定するとその効率は総投射Energyに対して0.1%となる。

即ち上記の値から考えると、投射日光 Energy に対する漁獲量の効率は、東京湾に於ては略 0.002%, Georges Bank では0.0002%, 又 Diatom の生産量に対する漁獲量の割合は、前者で0.7%, 後者で0.07%, 即ち東京湾では Georges Bank での100倍の効率ということになる。又此の7%という値は一寸常識的には考え得らぬ値ということが出来よう。換言すれば特に内湾に於ては植物 Plankton のみの生産から魚類其他の生産を一次的に推定し得ぬことを示すと考えていいものと思う。即ち特に内湾内海に於ける如く陸上からの流入水や沿岸、底質の影響等の多い水域では、物質循環に於て、栄養塩—植物プランクトンの構成鎖をもつ Cycle 以外の Cycle 即ち有機物から直接終局生産に関連するものが可成りの量を占めると見るべきであろうと考える。

## 2. 懸濁物量の標示について

懸濁有機物(生物も含めて)について上記のように考えるとしても、自然環境中之等各種の微細懸濁物の密度を広範囲に亘つて直接定量することは非常に困難で、実際問題としては何か間接的方法により得れば好都合であろう。

懸濁物の量を全体として推定する最も簡単な方法として第1に考えられるのは濁りであろう。之を測定する方法としては、試水を光源に照して、その透過光線の量で測定する濁度計によるものや、簡単なものとしては透明度板がある。又 Birge は遠心分離した量を以てしている。

一般に海中に微細な懸濁物がある場合、その密度と透明度の深さの間には双曲線約の関係があることが示

Fig. 1A Relation between displaced Volume cc/m<sup>3</sup> of Plankton and Depth of Transparency.  
 P : Volume of Plankton cc/m<sup>3</sup>, m : Volume of microparticles other than Plankton (represented by cc/m<sup>3</sup> of Plankton)  
 T : Transparency depth in metre

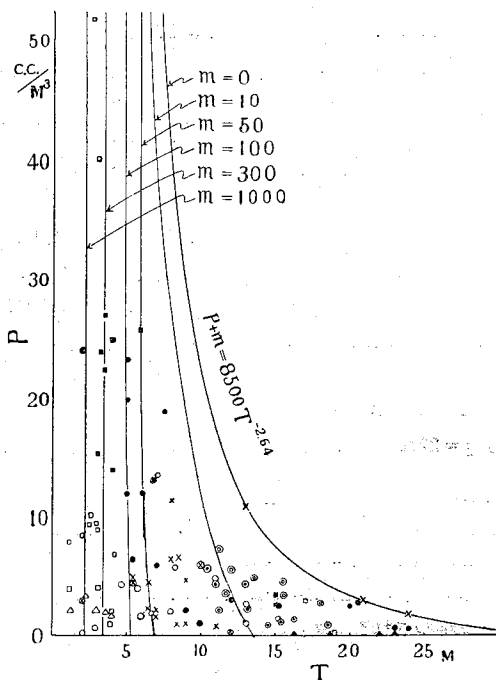
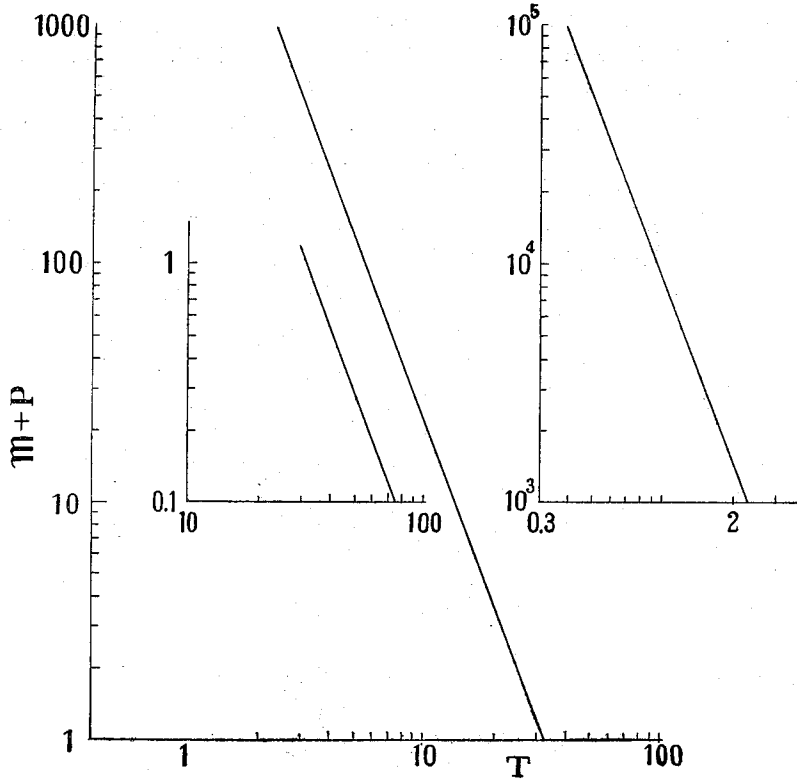


Fig. 1B



されている。(9)(10)

今試みに筆者等が東京湾<sup>(10)</sup>其他で観測した Dataによつて透明度の大きさと net-Planktonの量との間の関係を図上にとると第1図のようになる。\* 但し Plankton の量については、沈澱容量の値は Plankton の種類によつて誤差が大きいため、排水容積をとり  $\text{cc}/\text{m}^3$  で表はされている。之等の点は透明度と共に Plankton 量が排水容量で現はされている記録のうち代表的のものを選んだものである。之を見ると、両者間には何等の相関関係もないように見える。しかし之等の多くの点のうち一番外側にある点を結ぶ曲線は

$$P = 8500T^{-2.64} \dots\dots (1)$$

なる一つの双曲線で表はされる。\*\*此の曲線上の点は何れも昭和25年5月に千葉県館山—大島—三崎間の黒潮系の水塊内で得られた値であつて Plankton 以外の懸濁物は甚少と見做し得るものである。

今此の曲線を以て表はされる  $P$  のうち net-Plankton の量を  $p$  それ以外の微細懸濁物量を  $m$  とすると、上記曲線は  $m=0$  と一応見做し得ると考えることとし、之を標準線とすることとした。(勿論之は此の場合に人為的に決められたものである)

今透明度10mの海水で net-Plankton が  $6 \text{ cc}/\text{m}^3$  あつたとする。標準曲線によれば透明度10mの水は  $m=0$  なら  $p=22 \text{ cc}/\text{m}^3$  ある筈であるが実際は  $p$  は  $6 \text{ cc}$  しかあつたということは  $m=22-6=16 \text{ cc}/\text{m}^3$  の微細懸濁物があつた為であるということになる 勿論此の値は Planktonが  $\text{mcc}/\text{m}^3$

\* 透明度、消散係数に関する詳細は別に発表の予定

\*\* Birge 等の Wisconsin 諸湖に於ける記録を整理図示した吉村博士の曲線は  $S = 2.3T^{-0.66}$  (茲に  $S$  は遠心分離した懸濁物の  $\text{gr}/\text{l}$ ) で現わされる。海と淡水とでは事情は異なるが上記  $m+p$  は  $S^4$  に比例する値になっている

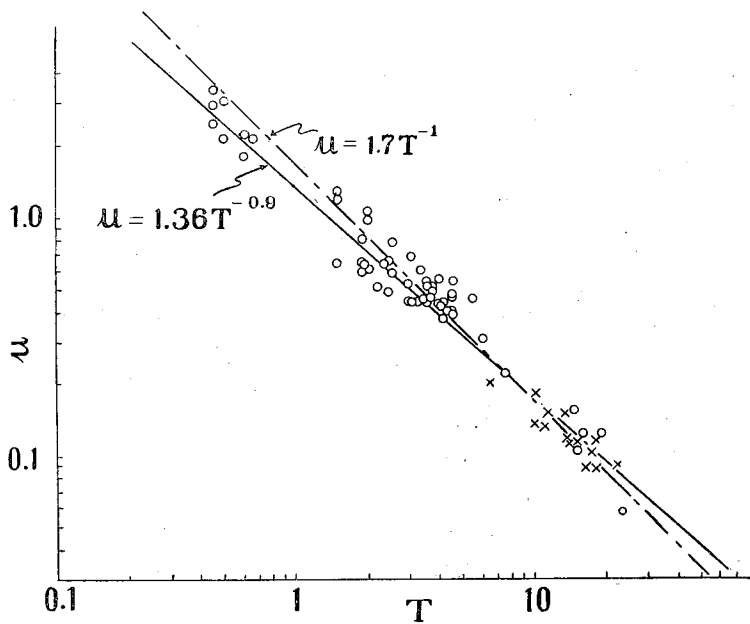
ある場合と同じ透明度に影響する微細懸濁物があることを示すのであつて、微細懸濁物そのものの量ではない。

$$\text{故に、 } p = 8500 T^{-2.64} - m \dots \dots \dots (2)$$

として  $m$  に色々の値をあてはめて図中に曲線を描けば、等  $m$  量曲線が得られる。(第1図A)

之に依つて同じ透明度を有する水塊であつても net-Plankton 以外の、透明度に影響を及ぼすような微細懸濁物の量が如何に違ふかを推定することが出来る。しかし乍ら透明度 10m 以下の濁つた水塊に於ては net-Plankton は微細懸濁物中の精々50%以下で、一般内湾に多く見られる透明度 5m 以下のような場合は20%に及ぶ場合は少く、大部分がそれ以外の微細懸濁物であることが推定されるのであつて、之等懸濁

Fig 2  
Relation between  $\mu$  and T  
x : Data by Pool & Atkins



物が、より高次の生物の生産の原動力となるとすると、沖合の透明度15~20m 又はそれ以上の水塊では生産要因の原餌料としては net-Plankton 量が大きく影響するが、内湾の透明度 5m 以下のような所では所謂 net-Plankton がより高次の生産に与る大いさは比較的小さいと言わねばならない。

水中照度についての消散係数も水中に懸濁する物質の量に関係する筈であるから、此の消散係数と透明度の間に密接な関連が考へられる。之については1929年 Pool & Atkins<sup>(11)</sup> が英国海峡での観測結果から実験式を出して居り、又最近菅原教授は透過光線による光電管の読みから海水の濁度を測定し、之と透明度の間に高い相関のあることを図示されている。之を計算すると、 $\gamma = 35.4 T^{-1.31}$  なる Hyperbolic の式で示し得る。<sup>(12)</sup> ( $\gamma$  : 試水と蒸留水の消散係数の差として現わされる本濁度計の測定値)

水中照度計を用いて海中の現場照度を測定し、之から得た消散係数は当然透過光線による濁度計の場合とは異つてくるが、筆者等が従来測定した値についてみると第1表、2図のようになり、消散係数を  $\mu$  とすると

$$\mu = 1.36 T^{-0.9} \dots \dots \dots (3)$$

なる式でよく表わされる。

Pool & Akins は  $\mu T = 1.7$  という式を与えているが、第2図に見るよりに之は  $T$  が 6m 以上多くは 10m 以上の水について行われたもので、筆者等の観測した  $T = 45\text{cm} \sim 23\text{m}$  に亘る広範囲の  $T$  についてみると同氏等の式よりも、此の(3)式の方がよく適合するように思はれる。

Table I. T : Transparency depth

u : Extinction Coefficient

D : Depth-range of  $\mu$

VI. 17~19, 1948(Tokyo Bay)				XI-29~XII. 1. 1948(Tokyo-Bay)				VII-16, 1951 (off Hiroshima) *				
st	T	$\mu$	D	st	T	$\mu$	D	st	T	$\mu$	D	
1	1.5	0.65	(0 ~ 1.5)	1	1.5	1.21	(0 ~ 4)	Before laboratory				
2	2.0	0.61	(0.5~3.5)	2	1.9	0.81	(0 ~ 5)		.50	3.68	(0 ~ .10)	
3	2.2	0.52	(0.5~6)	5	2.9	0.53	(0 ~ 10)		1.77	(.10 ~ .50)		
4	2.8	0.45	(0.5~10)	6	3.9	0.44	(0.5~10)		3.03	(.50 ~ .60)		
5	2.4	0.48	(0.5~10)	7	4.2	0.43	(0 ~ 10)		1	.45	2.46	(0 ~ .60)
6	1.9	0.64	(0.5~1)	8	3.5	0.53	(0 ~ 5)		4.50	(.66 ~ .90)		
		0.57	(1 ~ 5)	9	4.5	0.92	(0 ~ 1)		0.97	(.90 ~ 1.30)		
7	2.0	1.00	(0.5~3)	10	3.0	0.45	(0 ~ 7)		2	.50	0.95	(0 ~ .10)
8	2.5	0.79	(0.5~4)	11	3.6	0.61	(0 ~ 1)		3	.45	3.60	(.10 ~ 1.30)
9	4.4	0.40	(0.5~4)	12	3.4	0.46	(1 ~ 10)		4.80	(.30 ~ .50)		
10	3.3	0.66	(0.5~1)	13	3.5	0.45	(0 ~ 10)	3.04	(.50 ~ 1.30)			
		0.38	(1 ~ 4)	14	4.5	0.46	(0 ~ 5)	2.53	(1.50 ~ 1.80)			
11	2.4	0.99	(0.5~1)	15	3.2	0.44	(0 ~ 9)	4	.60	1.80	(0 ~ 1.80)	
		0.42	(1 ~ 11)	16	3.5	0.87	(0 ~ 1)	0.87	(1.80 ~ 2.80)			
12	2.3	0.65	(0.5~7)	17	3.9	0.80	(0 ~ 0.5)	0.294	(2.80 ~ 6.80)			
13	4.1	0.66	(0.5~1)	18	3.3	0.75	(0 ~ 2)	0.45	(6.80 ~ 7.80)			
		0.33	(1 ~ 6)	19	2.5	0.76	(0 ~ 1)	5	.45	3.4	(0 ~ .60)	
14	3.0	0.92	(0.5~1)	20	3.6	0.98	(0 ~ 0.5)	5.0	(.60 ~ .90)			
		0.55	(1 ~ 8)	21	4.2	0.83	(0 ~ 0.5)	2.43	(.90 ~ 1.80)			
15	1.9	0.65	(0.5~7)	22	5.7	0.79	(0 ~ 1)	0.61	(1.80 ~ 2.80)			
16	4.1	0.57	(0.5~1)	23	4.5	0.55	(0 ~ 0.5)	0.45	(2.80 ~ 4.80)			
		0.36	(1 ~ 4)	24	14.5	0.255	(0 ~ 2)	6	.65	1.74	(4.80 ~ 5.80)	
17	4.5	0.66	(0.5~1)	25	7.6	0.288	(0 ~ 4)	2.16	(0 ~ 1.80)			
		0.43	(1 ~ 3)	26	6.0	0.79	(0 ~ 8)	0.65	(1.80 ~ 2.80)			
18	4.5	0.74	(0.5~4)	27	18.5	0.218	(0 ~ 1.5)	0.22	(2.80 ~ 4.80)			
		0.32	(1 ~ 5)	28	15.	0.244	(0 ~ 1)	0.38	(4.80 ~ 6.80)			
19	4.2	0.82	(0.5~1)	29	15.	0.103	(1 ~ 4)					
		0.30	(1 ~ 5)	30	16.	0.061	(2 ~ 9)					
20	2.0	1.54	(0.5~1)			0.12	(9 ~ 16)					
		0.58	(1 ~ 9)			0.37	(0 ~ 2)					
21	1.4	1.55	(0.5~1)			0.051	(2 ~ 9)					
		0.66	(1 ~ 5)			0.12	(9 ~ 16)					
30	16.5	0.42	(0.5~1)			0.79	(0 ~ 1)					
		0.04	(1 ~ 10)			0.41	(1 ~ 8)					
						0.55	(0 ~ 0.5)					
						0.37	(0.5 ~ 8)					
						0.79	(0 ~ 8)					
						0.22	(1 ~ 6)					

\* After heavy rainfall (489mm for 10days, from VII-7 to 16)

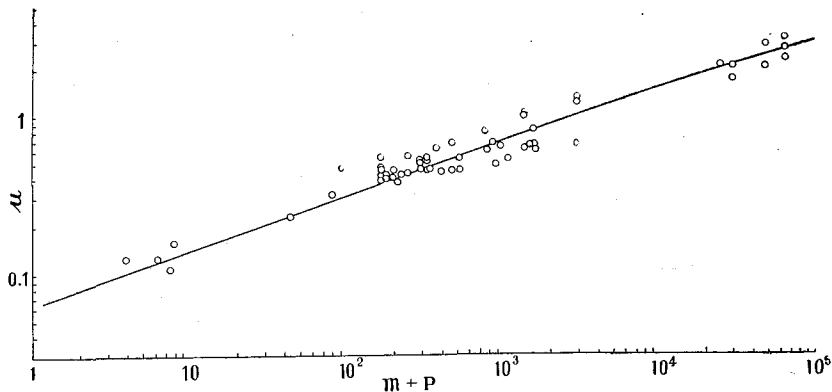
但し筆者等の得た  $\mu$  の値については各水深層で変化するものがあり、表面から0.5m乃至1m迄の間に大きな消散係数を示す層があり、それ以下は多くの場合少くも10m近辺迄は小さな且つ変化の少い係数の水層の存在を示した。極く上層の消散係数の大きいことについては、そこに微細な泡や其他 Detritus 等がある為の影響と考えられるが、菅原教授は水中の散乱光による影響を論議して居られる。しかし第1表に見るように表面で係数の変化のないこともあり、又豪雨後の広島湾に於ける如く、表層に反つて係数の小さいことも起つている。Suspensoid の浮游層、沈澱速度等と共に今後更に詳細に検討せねばならないだろう。此処でTに対比させた  $\mu$  の値はTの範囲に於ける各観測点の各層  $\mu$  の値の平均をとつたものである。

Tから(2)式によつて換算した  $m$  について図を画くと第3図のようになり、

$$\mu = 0.062(p+m)^{0.34} \quad (4)$$

なる式で此処に言う懸濁物の量と消散係数の関係がよく表はされる。

Fig 3 Relation between  $\mu$  and  $(p+m)$



### 3 生産量との関係

以上のようにして求めた  $p+m$  なる量は、有機物、無機物或は生物、無生物の差或はそれによる構成比率等は考えず、只透明度に影響する粒子の総量を反映するものであり、内容の分析にはまだ手をつけていないのであるが、此の量に影響を及ぼす要因は種々雑多のものが考えられる。しかし比較的大きな影響を及ぼすのは別報の如く微細乃至微細生物であるらしいことが想像される。之を比較的高次の綜合要因と見て、その水域の漁獲量と対比し、我々が測定出来る個々の要因と、その水域の漁獲量とを結びつける橋渡しの基礎資料たらしむべく試みた。

此のような対比をなすに当つては、一定の強度を以て漁獲がなされていると考えられる同一内湾の永年の夫々の変動を見るのが望ましいであろうが、或る一つ内湾の中丈の出来る丈詳しい海況並に漁獲量の記録は永年に亘つては仲々得難いので、此処では各地の内湾で両者が判つているものを集め比較してみた<sup>(12)</sup>漁獲量の単位は1年1平方方当り貫数とし、之に対し懸濁物量は1年間のその量の累積をとる意味で、毎回のその水域内の全観測点の透明度から計算した値の平均の年平均をとることとした。

尙漁獲量については、報告された数量の上に更に幾何の見込量を考へべきかを夫々問合せ之を考慮したものを補正量として用いることとした。但し八代湾については漁獲量中に鹿児島県側の海面のものは入つてい



ないので、海洋調査記録のうち同県内海面の観測点は省いてある。

Fig 4 Relation between  $F$  in  $\text{Kan}/\text{Km}^2$  and  $(m+p)$ -  
in  $\text{cc}/\text{m}^3$  in various Bays. Points are actual  
products of fishes, line shows calculated  
one. Numbers are the same as in Table 2,  
but No. 15 represents Ogawara-numa.

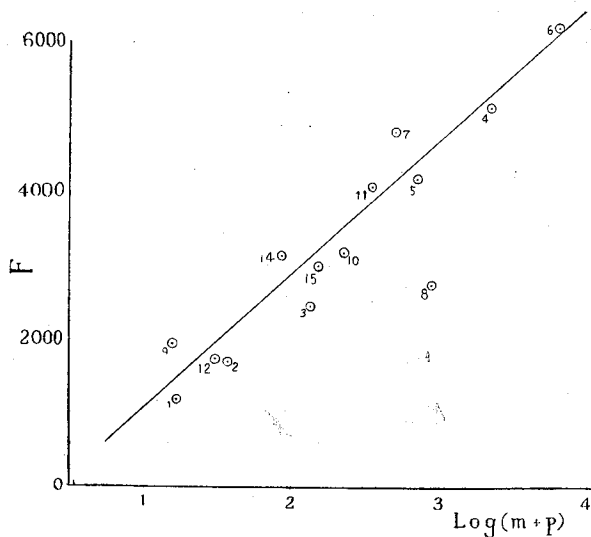


Table 2

No. of Bay	1	2	3	4 5 6			7
	Matsuyama Bay (1949)	Kesennuma-Bay (1949)	Kamoko (1949)	Hamana-Ko (1949)			Mikawa-Bay (1949)
				in all	North. half	South. half	
Area ( $\text{km}^2$ )	1,573	41	4.8	72	36	36	640
mean of $T(m)$	12.8	11.2	5.0	2.6	2.9	1.4	3.6
mean of $(p+m)$	17.0	37	135	2,213	710	6,194	50?
$F$ ( $\text{kan}/\text{km}^2$ )	1,162	1,303	2,210	3,447	2,773	4,100	4,819
corrected $F$	1,162	1,694	2,431	5,170	4,191	6,141	4,819
No of Bay	8	9	10 11 12			13	14
	Naka-no-umi (1949)	Sukumo-Bay (1949)	Yatsushiro-Kai (1949)			Tokyo-Bay (1947)	Seto-Naikai (1950)
			in all	Kushu side	Amaku-sa side		
Area ( $\text{km}^2$ )	102	75	702	488	214	1,180	18,661
mean of $T(m)$	3.0	14.5	6.5	5.9	9.6	4.4	9.1
mean of $(p+m)$	8.3	15.4	224	340	30	347	87
$F$ ( $\text{kan}/\text{km}^2$ )	2,715	1,948	2,118	2,715	1,161	10,000	3,155
corrected $F$	2,715	1,948	3,177	4,072	1,741	10,000	3,155

斯くして両者を対比してみると第4図の如く総漁獲量から貝類と藻類の量を除いたもの（即ち主として魚類、甲殻類、頭足類）について略一定の相関々係のあることが認められた。

図のうち、瀬戸内海のものには昭和25年の漁獲量<sup>(14)</sup>と内海区水産研究所で行った調査記録<sup>(15)</sup>から計算したもので、小川原沼の値は山本氏の記録<sup>(16)</sup>からの値で、同氏によると同湾の曲角以西は透明度1.8~4.5m以北は総面積の4/5ありその透明度は5~6mであるから、その平均をとつて計算すると3200貫/km<sup>2</sup>となり実際の漁獲高は昭和16~20年間の平均は50貫/町歩即ち5000貫/km<sup>2</sup>であつて大体等しくなる。（但し透明度記録は8,9,10月のみ）。

其他の値は内湾生産力調査要報<sup>(13)</sup>によるものであるが、浜名湖と八代海は地形的に夫々南北及び九州側天草側に明らかに区別することが出来、又幸にして夫々の海区の漁獲量が別々に調査されているので、全海区をまとめて考えた場合と二分して考えた場合に別けてみた。何れも大体図の線上に乗っている。

#### 4 論 議

以上のように漁獲量と計算懸濁物量を連関せしめる為には、該内湾の平均懸濁物量として一つの値を算出する際には、先ず観測点の内湾に於ける分布の様相及びその密度が問題となるであろう。各点と同じ Weight を占める為にはそれが同面積を代表すべきであり、又更に詳しくはその湾に異つた水系、水塊があれば之も当然考へ入れなければならぬ。故に斯様な調査をする場合には環境的に異質の範囲、限界を先ず観察する必要がある。極端に言えば全く等質ならば観測点は1個で好いわけであるから、その代表する面積を考慮し得れば、只観測点の数丈に精確度はよるものではない。参考に上記内湾で1観測点代表する平均面積を示すと次表のようである。

	観測点	1点の代表する平均面積 km <sup>2</sup>		観測点	1点の代表する平均面積 km <sup>2</sup>		観測点	1点の代表する平均面積		観測点	1点の代表する平均面積
陸奥湾	22	71	浜名湖 北部	6	6	瀬戸内海	30	622	八代海 九州側	15	32
気仙沼	8	5	東京湾	22	54	中海	25	4	天草側	3	71
加茂	10	0.5	三河湾	17	37	宿毛	10	7.5			

本報告に於ては陸奥湾については山本氏の報告<sup>(17)</sup>を参考とし大略東西同面積の区分に分け各区について計算した。又東京湾については東京湾生産力調査より大略区分される3区劃に（別報）三河湾については師崎より乙川に至る線上の4点（知多湾）を別区として計算した。他の内湾については略等距離に観測点分布しているのでそのままの平均を算出した。全点をそのまま平均した場合に比し陸奥湾の場合は20%の差が出るが、三河湾、東京湾は3~4%を出なかつた。

透明度は一般に沖合乃至湾中央部では比較的局部的な差違が少く観測点は粗にとつても好いことが考えられる。沿岸特に河川水の影響のある範囲は相当に密にとる必要があるのは当然であろう。又年間何回位の観測をする必要があるかについては今後更に Data の集積が行はれて透明度の季節変化の型其他に充分な吟味がなされねばならない。此処には多くは年間4回の観測によるものによつて上記の実験式を得たことを報告しうるのみである。

前述のように此の懸濁物なるものは生物無生物の種々なるものを含んでいて、その量は複雑な色々の環境要因の総合的な結果として表はれたものと考えられるのであるが、調査船によつて透明度として得られた値から換算されたものであつて、底層特に極く沿岸や干潟が主たる棲息場である介や、溶解無機栄養塩を栄養源とする海藻とは間接には関係しても、一次的関連は見出し難いであろう。又介類については懸濁物よりは沈澱性乃至底層懸濁性の detritus を食餌とするものが多いであろう。又之等は沿岸の水深の浅い部分の底質の状態とも密接に相関する筈であるから、単なる湾の平均面積に換算することは当を得ないことであろう。勿論このような環境条件も懸濁物量に影響はしている筈である。又更に之等底棲生物についてはその漁獲量が生産力の示標となる程沿岸水面が利用されているか否かは疑問であり、之等を目標とする別個の生産力の

研究が必要と考えられる。

第4図に於て中海の記録が甚だしく直線から外れている。此の理由は明かでない。又第2表には東京湾の記録も附したが、之も他のものに比し2倍量の漁獲という値で甚だしく直線から外れるのである。只此の漁獲量は水産研究会が主体となつて調査した値を借用したものであつて、沿岸個々の組合、漁家に當つて極めて綿密に数ヶ月を要して調査されたものであつて、他の記録とは趣を異にする精細なものであり、その為の差違も考えられる。しかしそれにしても斯かる大差の生じていることは、中海の記録と共に、残された問題である。之について考えられることは、濁測が透明度の季節変化を各湾共一樣と見做したことになつていて点と今一つは漁獲量の方は年々に間引き得る量に關するものであるに反し茲に謂う懸濁物は海洋調査の際に得られた透明度より計算された、謂はば Standing Crop に相当するものである。此の性格の異なる兩者をそのまま對比させた所に疑問があると考えられる。今後は懸濁物の年間補給量の factor が考慮されねばならないと考える。そしてそこに更に水塊の停滞、置換の度合も考慮の中に入つてくる筈である。しかし乍ら今此處では、以上の選ばれた大多数の内湾での値が或關係を示す一直線上に落ちたということに一応の意義を認めるといふことにすると、非常に大胆な推論であるが次のようなことが考えられる。即ち之等各地の内湾では漁具、漁法、漁獲努力等が夫々多少は違ふと考えねばならないだろう。それにも拘らずそれ等の漁獲量が、複雑な諸条件の綜合結果として現われるものとはいへ懸濁物なる一つの要因で表示出来たのは、日本沿岸の内湾では長年月に亘る操業の結果、生産力に比例した或一つの Balance の極限に迄来てしまつてゐるということである。或る水域での水産生産量の変動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であろう。自然環境の変動や工場排水其他の如き生産阻害因子がないとすれば、漁業が先ずねらう価値の高いものが減少した時、価値のない生物が増加することは充分考えられるのであつて、沿岸内湾の増産とは其處で生産される生物の質(組成)を変えることによつて量(水産としての量)を高めることにあると言えよう。

同様の考え方は、North Sea の漁獲量が、第一次大戦を挟んで変動しているが、事實は、変動しているのは夫々の魚種についてであつて、総量に於ては変動していないという統計的事実等から、若干の人々によつて提出されている。(18) 性質を変化せしめることに最も大きく影響する要因が自然環境にあるか人為的漁獲にあるかは別の問題である。

第4図の曲線は

$$F = -1290 + 1930 \log (m+p) \quad (5)$$

なる式で表わされる。(m+p=10~10<sup>4</sup>の範囲での実験式である)

之は相対成長で、白鼠の全体重をX、一器官の重量Yとすると一般には  $Y = aX + b \log X + c$ 、或る場合は  $Y = b \log X + c$  で表わしうとした畑井教授の式、又種々の異なる器官と体重との關係を1個の方程式で表わし得るとした Pearl の式、 $Y = a + d \log (X + b)$  と同じ形であつて (m+p) を総量と考えた時総体(m+p)のうちの漁獲される魚類、甲殻類、イカ、タコ等の体重として現われる部分の相対成長の式と見られなくもない。

又(5)式はFが算術級数的に増加する為には(m+p)は幾何級数的に増加することを示している。即ち

$$dF = 1930 \frac{d(m+p)}{m+p}$$

例えば若し  $F+a$  の場合  $m+p \approx a(m+p)$  になるとすると

$$a = 1000 \text{ 貫/km}^2 \quad \text{の時} \quad a = 3.3$$

$$a = 100 \quad \text{''} \quad a = 1.1$$

となる。

原餌料物の生産から最終段階の生産へ至る間の効率の如きものを考えた時このような關係はあつても好い筈である。

Hutchinson (1942) は食物環に於ける或る段階  $\lambda_n$  に於ける生産力を  $\lambda_n$  とし、之がその前の段階  $\lambda_{n-1}$  での生産力  $\lambda_{n-1}$  に対する比  $\frac{\lambda_n}{\lambda_{n-1}}$  を生物学的効率 Biological efficiency と名付け、又

Lindeman (1942) は Cedar Bog Lake での研究で生産者で0.10%第一次消費者で13.3%, 第二次消費者で22.3%の値を算出している。之等の値が多く算出されることは望ましいことではあるが、広く群の成長として考えた場合、之には複雑な時間的、空間的の条件が附随され、又互の間の量的關係等によつて変化されることが推定されるのであり、自然界の Balance をも考慮に入れた時は、むしろ上述のような相対成長的の考え方が支持されているのではないかと思う。

上記(5)式の係数は勿論今日の漁業が行われている日本沿岸漁業の生産に当てはまるものであつて、例えば魚種、漁法も異り又あまり漁獲強度の高くない外国の沿岸に直ちには適用出来ないであろうが、そこで日本の様な漁業が行はれ且或る平衡状態に達した時には適用出来ると見て好いと考える。

### 總 括

以上要するに水面の生産力調査に関する筆者の考えと透明度の深さから懸濁物の量をプランクトン相対量として算出した方法を述べ、日本沿岸各地の内湾の年間単位面積当り漁獲量(但し介藻類を除く)とその湾の上記懸濁物量との間に一実験式が成立することを示した。しかし本研究には尚多くの残された問題があり、今後の研究にまたねばならない。

終りに本問題につき当初から常に御指導御鞭撻をうけている田内博士、並に平素絶えず discussion を共にする内海区水産研究所職員諸氏、透明度の問題につき協同研究を行つた村上彰男技官に深謝申上げる。

### 参 考 文 献

- 1) A. Thienemann 1926: Die Binnengewässer mitteleuropas. Die Binnengewässer Bd. 1
- 2) ——— 1931: Der Produktionsbegriff in der Biologie. Arch. f. Hydrobiologie XXII
- 3) A. Grote 1934: Der Sauerstoffhaushalt der Seen. Die Binnen-gewässer. Bd .XIV
- 4) 山本 壯毅 1942: 湖底堆積物の酸素吸収量第2報陸水学雑誌vol11. No 4
- 5) 倉茂英次郎 1935: 本邦主要河川の化学的研究概報科学5卷2号
- 6) 宝月 欣二 1948: 内水面生産力と物質代謝, 水産研究会報告 1
- 1949: " " 2
- 1950: " " 3
- 7) J. V. Oosten 1945: Turbidity as a factor in the decline of Great lakes fishes with special reference to Lake Erie. Transactions the Amer. Fisher. Society.
- 8) G. L. Clarke 1946: Dynamic of Production of a marine area. Ecolog. Monogr .16
- 9) 吉村 信吉 : 湖沼学
- 10) 須田 暁次 1932: 海洋科学
- 11) 生産力調査要報 1号(1947) ~ 8号(1950) (農林省水試)
- 12) H. H. Pool & W. R. G. Atkins. 1929: The photochemical and Photoelectric measurement of submarine illumination. Jour. Mar. Biol Ass. vol. 16
- 13) 菅原健, 小穴進也他4氏 1949: 東京湾及び諏訪湖の主生産力調査研究 水産研究会報告第2号
- 14) 内海区水産研究所 1951: 内湾生産力調査要報
- 15) 瀬戸内海漁業調整事務局 1951: 漁業概況調査
- 16) 内海区水産研究所 1951: 瀬戸内海委託調査要報第1号
- 17) 山本護太郎 1946, 47: 小川原沼水産増殖に関する研究, 第1, 2報 東北大, 青森水産実験所
- 18) ——— 1951: 陸奥湾の底棲生物群集, 日水会誌16卷10号
- 19) A Symposium on fish population 1948 : Bull. Bingham oceanogr. Collection vol. XI, art. 4