航空観察によつて得られた流れ藻量からモジャコ 資源量を推定する 1 つの試み—II.

流れ藻量の推定*

三 谷 文 夫

(1965 年 4 月 20 日受理)

AN ATTEMPT TO ESTIMATE THE POPULATION SIZE OF THE "MOJAKO",
THE JUVENILE OF THE YELLOWTAIL, *SERIOLA QUINQUERADIATA*
TEMMINCK et SCHLEGEL, FROM THE AMOUNT OF THE
FLOATING SEAWEEDS BASED ON THE
OBSERVATIONS MADE BY
MEANS OF AEROPLANE AND VESSELS—II.
ESTIMATE OF THE AMOUNT OF THE FLOATING SEAWEEDS.

Fumio MITANI**

In the previous paper the general plan of the present investigation and the methods used in the survey were given in detail and also the floating seaweeds in the sea to the west of Kyushu in May of 1964 were arranged into nineteen groups, mainly on the basis of the observations from the aeroplane. In the present paper those floating seaweeds are quantitatively dealt with, based on the data from eye-measurement and aerial photograph.

The results obtained are as follows:

1) According to the aerial photographs, most of the floating seaweeds were less than 10 m² in area or 80 kg in weight, and the largest of the rest was as much as 136 m² in area, as shown in Fig. 4.

2) Estimated amount of the floating seaweeds in the sea are given by each group in Table

2. In total, they measured about 52,000 m² in area or 407 metric ton in weight.

3) The distribution density of the floating seaweeds was 10.1 kg/km² in the region to the north of N 32°30', 10.9 kg/km² in the region between N 32°30' and N 31°30', and only 0.3 kg/km² in the region to the south of N 31°30', and that in the area to the east off the Fukue-shima of the Goto Islands was 114.1 kg/km², which was locally the highest.

Judging from the various facts, it can be said that the amount of the floating seaweeds in the spring of 1964 was less than that of the normal year.

4) The relation between the area and the weight of the floating seaweeds is given by the equation (2), namely, $W = 7.89 \times A$; where W is weight in kg of floating seaweed and A , area in m².

はじめに

前報¹⁾では、主として飛行機からの観測記録に基づいて、1964 年 5 月当時の九州西海域における流れ藻は 19 群に分けられることを明らかにした。そこで、第 2 報では、主として航空写真に基づいてそれらの量

* 西海区水産研究所業績 第 187 号

Contribution from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 187

** 西海区水産研究所 (Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Nagasaki, Japan)

的な面を取り扱うことにする。

この報告をなすに当たり、発表の機会を与えられた西海区水産研究所日笠七郎所長ならびに論文をご校閲いただいた池末弥沿岸資源部長、下村敏正海洋部長および真道重明遠洋資源部長に深謝の意を表する。

流れ藻量の推定—1. 面積

写真撮影は理想的には垂直になされることが、正確さからいつても、また、事後処理の簡便さからいつても、望ましいことである。しかし、一定の時間内にできるだけ広範囲の海面を観察・撮影しようとする、垂直撮影できる場合はむしろ例外で、多くの場合、斜め撮影にならざるを得ない。今回の調査でも大部分は斜め撮影で、その傾斜角は大体 45° とみなしてさしつかえない。ところが、斜め撮影の場合、長方形のフィルムに入る被写海面は台形である。したがって、写された海面の手前の方の縮尺は大きく、向うの方のそれは小さい。そこで、まず、フィルム画面上のある点 X の縮尺を求めることを考えよう。

Fig. 1 において、

L : レンズの中心

OO' : 写真軸 (中心線)

X : 海面上の任意の点

X' : X の像

$\angle A$: 海面上のある点 X とレンズの中心とを結ぶ直線が垂線となす角

$\angle B$: 海面上のある点 X とレンズの中心とを結ぶ直線が写真の中心線となす角

H : 飛行高度 (457 m)

f : レンズの焦点距離 (135 mm)

とすると、 X_1' における X_1 の縮尺 S は次式で与えられる。

$$S = \lim_{X_2 \rightarrow X_1} \frac{X_1' X_2'}{X_1 X_2} \\ = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{X_1' X_2'}{X_1 X_2}$$

ここで、

$$X_1 X_2 = H \{ \tan(A + \Delta) - \tan A \} = \frac{H \sin \Delta}{\cos(A + \Delta) \cos A} \\ X_1' X_2' = f \{ \tan(B + \Delta) - \tan B \} = \frac{f \sin \Delta}{\cos(B + \Delta) \cos B}$$

ゆえに、

$$S = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\frac{f \sin \Delta}{\cos(B + \Delta) \cos B}}{\frac{H \sin \Delta}{\cos(A + \Delta) \cos A}} \\ = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{f \cos(A + \Delta) \cos A}{H \cos(B + \Delta) \cos B} \\ = \frac{f \cos^2 A}{H \cos^2 B} \quad (1)$$

このような関係があるので、写真版から流れ藻の大きさ (面積) を求めるには次のような手順によつた。すなわち、まず、フィルム原板を普通の写真引伸機にかけて 10 倍に拡大し、それをさらに pentagraph によつて適宜な大きさに拡大した。次に、planimeter によつてそれらの拡大された流れ藻の面積を計測した (3 回計測して、その平均値をとつた)。そして、画面上のその位置に対する縮尺 (式 (1)) や前記の諸拡大比を考慮して、実際の面積を推算した*。

* 今回の調査では、流れ藻は大部分前後の中央線付近にくるように撮影されていたので、縮尺の左右方向についての修正は行なわなかった。

Fig. 1. An explanatory figure to acquire the scale of any point on film, in the case of a crane shot.

Fig. 2. An example of the aerial photographs of the floating seaweeds, photographed by Mr. Shizuo Takashima, The Fishery Aviation Co., Ltd. Locality—the region of about 300 m south of the Kuro-shima lying at the entrance of the Tomie Bay, the Fukue-shima of the Goto Islands; time—1345, May 21, 1964; flying height—1,500 feet (about 457 m). The largest one of the floating seaweeds in the photograph is estimated as 72 m² in area. B, semi-diagrammatical figure of A.

Fig. 2, A は飛行機から撮影された流れ藻写真の1例で、同 B はその説明図である。

また、Fig. 3 は五島列島の北端にある小値賀島の北西岸を同じ高度から写したもので、写真の右手前にある人家の屋根の大きさから、Fig. 2 に示されている流れ藻の相対的な大きさが推察されよう（ただし、人家は小高い丘陵上にあるから、対地高度は海面上の流れ藻と丘陵上の人家とは異なり、後者の方が相対的に大きく見えるはずである。なお、この写真で水面下に見えている黒い部分は岩礁上に密生している、かなり多量の褐藻類である。前報¹⁾ 参照）。

Fig. 3. An example of the aerial photographs of the seaweeds growing on the reefs. Locality—the northwest sea-shores of the Ojika-shima located north of the Goto Islands; time—1244, May 21, 1964; flying height—1,500 feet (about 457 m), photographed by Mr. Shizuo Takashima, The Fishery Aviation Co., Ltd.

Table 1. Size in m^2 of each individual group of the floating seaweeds shown in Fig. 2.

No. of floating seaweeds	Size in m^2	Symbol of size	No. of floating seaweeds	Size in m^2	Symbol of size
1	4.05	S	10	26.29	M
2	3.41	"	11	16.42	"
3	1.96	"	12	20.32	"
4	3.95	"	13	72.51	L
5	28.30	M	14	49.43	"
6	29.03	"	15	8.27	S
7	16.76	"	16	3.20	"
8	6.11	S	17	12.70	M
9	4.13	"			

さらに、Table 1 は Fig. 2, A の個々の流れ藻の大きさを前記の手順によつて求めたものである。

以上のような操作を幾つかの流れ藻群について行ない、それらの流れ藻群を構成している個々の流れ藻総計 74 個について、その大きさを求めた。そして、それらを $10 m^2$ 間隔で 10 階級に分けてその度数分布を求めたものが Fig. 4 である。

このようにして求められた各流れ藻の大きさと飛行機からの観測記録とを照合してみると（たとえば、前

Fig. 4. Size frequency distribution of the floating seaweeds estimated from the aerial photographs.

報¹⁾における Table 2 を参照), 大体, 10 m² 以下が飛行観測による S (小型), 10.0~30.0 m² が M (中型), そして, 30.1 m² 以上が L (大型) にほぼ対応していることが結果的に認められる。そして, それら各型の平均はそれぞれ 4.73 m², 21.11 m², 59.80 m² となる。なお, それらの推定面積のなかには Fig. 4 にみられるように約 136 m² という大きいものが 1 個あるが, このように大きなものはむしろ例外で, 過半数は 10 m² 以下の小型のものであることは Fig. 4 あるいは Table 1 からもうかがえる。

以上の結果, 飛行機からの観測で与えられた S・M・L なる記号の実際の大きさは, およその平均をとつて, それぞれ, 約 5 m², 20 m², 60 m² と数量化される。

このようにして, 前報¹⁾での Fig. 3 に示されている 19 流れ藻群についてその分布面積を推計したものが Table 2 の第 1 列に示されている部分である。

以上の結果から, この調査が行なわれた 1964 年 5 月中旬~下旬の九州西海域における流れ藻の分布量は, 飛行機による実測海域が分布想定海域の約 1/2 であつたことを考え合わせて Table 2 に示されている実測推定量 25,788 m² の 2 倍, すなわち, 約 52,000 m² であつたということになる。いいかえれば, これらの流れ藻を全部集めて 1 か所に敷きつめると, 約 230 m 平方の広さになる。

流れ藻量の推定—2. 重量

飛行機からは流れ藻の広がり面積しか観測されないが, 流れ藻の量を表わすには重さを用いた方がより正確であ

Table 2. Amount of each group of the floating seaweeds in the sea to the west of Kyushu in May of 1964, estimated from the data of eye-measurements and aerial photographs taken from the aeroplane.

Group No. of floating seaweeds	Amount of floating seaweeds	
	Area (m ²)	Weight (kg)
1	1,320	10,415
2	726	5,728
3	948	7,480
4	3,420	26,984
5	1,080	8,521
6	1,530	12,072
7	1,422	11,220
8	1,980	15,622
9	2,826	22,297
10	2,388	18,841
11	840	6,628
12	960	7,574
13	3,108	24,522
14	672	5,302
15	1,434	11,314
16	186	1,468
17	138	1,089
18	240	1,893
19	570	4,497
Total	25,788	203,467

ることはもちろんである。

調査船上からの目測による広がり面積 (m^2) と実測による重さ (kg) との関係求めてみると、

$$W = 7.89 \times A \quad (2)$$

なる関係式で表わされる*。ここに、

W : 流れ藻の重さ (kg)

A : 流れ藻の広がり面積 (m^2)

である。すなわち、 1 m^2 が約 8 kg である。

式 (2) の関係を用いて各群ごとの流れ藻量を重さで表わしたものが Table 2 における流れ藻量のうちの第 2 列である。したがって、当時の全流れ藻量は重さで表わすと、面積における場合と同様に 2 倍して、 $203,467 \text{ kg} \times 2 = 406,934 \text{ kg}$ すなわち、約 407 トンと推定される。

論 議

瀬川ら (1959²⁾, 1961³⁾) は流れ藻重量を階級別にして作つた度数分布曲線は対数正規型であろうと推定しているが、今回の調査でも Fig. 4 にみられるとおり、同様の傾向がうかがわれ、モードが最小階級にある指数型に近い。また、瀬川ら (1961)⁴⁾ は 1959 年の調査で、1 年中最も流れ藻量が多くなる 6 月には、博多—杵岐—対馬間のコースの観測で、 1670 kg/km^2 に達することを推定している。今回の調査では藻の密度が最も高いと思われる第 4 群の海域 (五島列島福江島の南東沖合。前報¹⁾ における Fig. 2 を参照) においてさえ、大体、 114.1 kg/km^2 であつた**。また、今回調査された海域を 3 大別すると、五島列島の福江島南端と長崎半島南端とを結ぶ線以北の海域については 101.1 kg/km^2 、その線以南から甕列島北端あたりまでの海域については 10.9 kg/km^2 、そして、甕列島以南の海域についてはわずかに 0.3 kg/km^2 となる。もちろん、1 回だけの調査で流れ藻量の多少を論ずるのは早計であるが、前記の諸事実を考え合わせると、今回の調査が行なわれた 1964 年 5 月当時の流れ藻量は例年よりも少なかつたのではないと思われる。

文 献

- 1) 三谷文夫: 本誌, 31 (6), 423~428 (1965).
- 2) 瀬川宗吉, ほか 3 名: 流れ藻の海藻学的研究—Ⅲ. 流れ藻形成機構に関する考察。九大農芸雑誌, 17 (3), 299~305 (1959).
- 3) ———: 同上一Ⅷ. 九州北岸の流れ藻の移動に関する考察。同上, 19 (1), 135~139 (1961).
- 4) ———: 同上一Ⅶ. 杵岐・対馬東水道の流れ藻量の季節的变化。同上, 19 (1), 125~133 (1961).

* もう少し厳密には、

$$W = 8.125 \times A^{1.0881}$$

という指数関数の方がよく当てはまる。すなわち、 A (面積) のべき数がわずかではあるが 1 よりも大きいということは、藻が大きくなつても広がりには必ずしもそれに比例して広がるわけではなく、大きくなると、藻自体の重みのために沈みがちになることを示している。この推察は実際の観察からもうなずかれることである。

なお、広がりとう重さとの関係をもつと正確に求めるには、重さを実測したいろいろな大きさの流れ藻について航空写真をとり、両者をつき合わせることであるが、今回の調査では、その実験は行なわれなかつた。

** Table 2 に示されている第 4 行、すなわち、26,984 kg をそのときの可視面積で割つた値である。ところで、そのときの可視面積は 21.5 km (その間のコースの長さ $16 \text{ km} + \text{可視距離 } 5.5 \text{ km}) \times 11 \text{ km}$ (片側の可視距離を 5.5 km とみて、その両側をとつた値) $= 236.5 \text{ km}^2$ となる。したがって、単位面積当り流れ藻量は $26,984 \text{ kg} / 236.5 \text{ km}^2 = 114.1 \text{ kg/km}^2$ となる。