北海道渡島支庁におけるホタテガイ養殖業の 最適生産量とその配分方策

本 多 剛

(1997 年 1 月 29 日受付)

An Optimum Yield and Allocation Policy of the Yield for Scallop Aquaculture at Oshima Substation in Hokkaido*1

Takeshi Honda*2

Recently, the total yield of the scallop *Patinopecten yessoensis* cultivation has amounted to more than 80 thousand tons at the Oshima substation in Hokkaido. The price of the cultivated scallop has been declining because of an increase in the yield and hence its cultivation is in a critical condition. In order to overcome this, this paper shows that the total yield must be decreased to the optimum one proposed here. In addition, we allocate the optimum total yield to the Oshamanbe, Yakumocho, Otoshibe, Mori and Sahara fishery cooperative associations, using three methods of allocation under the cooperative game. We recommend the CG principle, which is one of the three allocation methods under the cooperative game, for the following reason. If the optimum total yield is less than a certain level, the allocated amount is the same, independent of the vested rights in the CG principle. If the optimum total yield is more than a certain level, the allocated amount is proportional to the vested rights. If the optimum total yield is between the two levels, the allocated amount is not proportional to the vested rights and is not independent of the vested rights.

キーワード：ホタテガイ養殖業，最適生産量，協力ゲーム，CG 原理，Shapley 値，仁，配分量

北海道渡島支庁内 (Fig. 1) におけるホタテガイ *Patinopecten yessoensis* 養殖業は 1960 年代の終わりに始まり急速に生産量が增大してきた。しかし、70 年代後半に大量へい死や貝毒問題が発生した。その後ホタテガイ養殖業では出荷規制や短期集中出荷などの生産構造が大きく変化し、当地域では主として二年貝¹⁾を出荷している。80 年代後半から現在までの間に生産量は増大し、過去最高 (9.3 万 t) に達した。同支庁内のホタテガイ養殖業は全国の約半分のシェアを持つ (Fig. 2)。全国生産量も 1984 年以降、急速に増大しており (Fig. 2)、それにより、値崩れが生じている (Fig. 3)。以上のような危機的状況下で、生産量を減少させるという方策以外には打開策が存在しないことが本多 (1996)¹⁾によって示されている。このような状況における、同支庁内のホタテガイ養殖業の管理方策について考察することが本研究の目的である。

そこで本研究では、養殖ホタテガイの主要産地である

渡島支庁管内で生産量が特に集中している噴火湾側の 5 単協 (以下噴火湾 5 単協という) について考察する。同養殖業の実態として、92 年に同支庁においてホタテガイ養殖を行う漁協は 13 漁協 (992 経営体) であり、噴火湾 5 単協ではホタテガイ養殖を行う漁協は 5 漁協 (806 経営体) であり、噴火湾 5 単協はホタテガイ養殖業における主要生産地であることがわかる。

まずはじめに渡島支庁内の総生産量と実質生産金額の関係から、純利益 (実質生産金額 - 実質費用) が最大となる最適総生産量²⁾を決定する。決定された最適総生産量を、渡島支庁の全経営体数に対する同支庁内で特に生産量が集中している噴火湾 5 単協に比例配分したものを噴火湾 5 単協の最適生産量とする。噴火湾 5 単協でのホタテガイ養殖業における養殖生産の取り組み方の一例として、森漁協と八雲町漁協での自動耳吊り機の使用を比較すると次のようになる。森漁協に所属する漁家では養殖方法のひとつである耳吊り時に自動耳吊り機²⁾を使

*1 本論文の一部は平成 8 年度日本水産学会春季大会において口頭発表した。

*2 大阪管理株式会社 (Osaka Administration Co., Ltd., Kurakuen 5-1-64, Nishinomiya 662, Japan).

Fig. 1. Location of the survey.

Fig. 2. Yearly changes of the total yield for the cultivated scallop and the yield for that in Oshima substation.

用しているが、八雲町漁協に所属する漁家では貝の質が低下するという理由から自動耳吊り機は基本的には使用していない。このように森漁協と八雲町漁協では、養殖

Fig. 3. Relationship between the price and the yield of the cultivated scallop at Oshima substation.

Numbers 79, 80, . . . , 92 show the year. The price has been deflated by the National Consumer Price Index (1985=1).

生産の取り組み方に相違がある。最後に噴火湾5単協の生産量を最適生産量まで減少させるために、噴火湾5単協における最適生産量を、養殖生産の取り組み方の相違に基づき5単協に協力ゲーム的³⁾に配分する方法を検討する。

資料および方法

資料 渡島支庁内における養殖業によるホタテガイの総生産量、噴火湾5単協（長万部、八雲町、落部、森、砂原）の同生産量と労働人員は漁業養殖業生産統計年報（1979年次から92年次までの資料）によった。渡島支庁内におけるホタテガイ養殖業の生産金額と経営体数は北海道農林水産統計年報水産編（同年）と費用は函館統計情報事務所の漁業経済調査報告（同年）に基づいた。なお、渡島支庁と噴火湾5単協の各全経営体数は北海道農林水産統計年報水産編から得た。生産量に対する実質金額を求める場合のデフレーターは全国消費者物価指数を、労働人員に対する実質金額を求める場合のデフレーターは全国実質賃金指数を用いた。

最適生産量の決定 渡島支庁における総ホタテガイ生産量と実質生産金額および実質費用の関係より純利益（実質生産金額－実質費用）が最大となる最適総生産量を求めた（Fig. 4(a)）。Fig. 4(a)では、総生産量と実質生産金額の関係はシグモイド曲線と比較してあてはまりのよい2次関数であてはめた。そして、総生産量と実

Fig. 4(a). The optimum total yield based on the production function and the cost function.

These two curves show the production curve and the cost curve. Production curve: $f(X) = -0.22X^2 + 3.64X$ $r^2 = 0.69$ Cost curve: $C(X) = 1.59X + 2.45$ $r^2 = 0.96$ We fitted the production curve (straight line) to the secondary function, and fitted the cost curve (broken line) to the linear function. The optimum total yield is exhibited by the total yield to gain the maximum net profit. The net profit is 2.29 billion yen. The sum of money has been deflated by the National Consumer Price Index (1985=1). Numbers 79, 80, ..., 92 show the year.

Fig. 4(b). Optimum number of workers a based on the production and cost functions.

These two curves show the production curve and the cost curve. Production curve: $f(X) = 18/[1 + \{4.41 \exp(1 - 0.31X)\}]$ $r^2 = 0.92$ Cost curve: $C(X) = 1.93 \exp(0.17X)$ $r^2 = 0.97$

We fitted the production curve (straight line) to the sigmoid function, and fitted the cost curve (broken line) to the exponential function. The optimum number of workers is that required to gain the maximum net profit. The net profit is 1.80 billion yen. The sum of money has been deflated by the National Real Wage Index (1985=1). Numbers 79, 80, ..., 92 show the year.

質費用の関係は指数関数と比較してあてはまりのよい1次関数であてはめた。次に、同支庁におけるホタテガイ養殖業の労働人員と養殖ホタテガイの実質生産金額および実質費用の関係より純利益が最大となる最適労働人員を求めた (Fig. 4(b))。Fig. 4(b)では、労働人員と実質生産金額の関係は2次関数と比較してあてはまりのよいシグモイド曲線であてはめた。そして、労働人員と実質費用の関係は1次関数と比較してあてはまりのよい指数関数であてはめた。Fig. 4(a)および(b)より純利益が多い方を管理目標として採用した。1992年度の経営体数を用いて、次の方法で噴火湾5単協の最適生産量を決定した。最適生産量は最適総生産量を渡島支庁の全経営体数(992)に対する噴火湾5単協の全経営体数(806)に比例配分して求めた。噴火湾5単協の最適生産量は3.79万tとなり、これを以降単に最適生産量と呼ぶことにする。

最適生産量を噴火湾5単協に協力ゲーム的に配分する方法について述べる。協力ゲームとは競争関係にある

制御問題を解決するための最適化手法の1つで、協力して利益を追求するものである。本研究ではこの協力ゲームで用いられるCG原理⁴⁾、Shapley値⁵⁾および仁⁶⁾を用いて配分量を検討する。他の配分方法として、現在の生産量の比例配分法が考えられる。本研究では協力ゲーム的配分法と比例配分法の比較検討も行う。以下協力ゲームにおける3つの配分方策の原理を順次紹介する。

CG原理 CG原理とは、破産問題⁷⁾を解決するための方法の一つであるが、総生産量を各自の生産量の既得権に応じて協力的に配分する問題にも応用できる。ここで、破産問題について簡単に説明する。ある者が破産したとき、この破産に関する債権者 i が各々の債権額 d_i に応じて、破産した者の財産 E を配分する問題である。CG原理に基づく配分方法を2債権者の例をあげて説明する。まず、債権者 i ($i=1, 2$)の配分額 x_i は、債権者 i ($i=1$)に対して他者 ($=2$)である者にできるだけ多くの額を与え、そしてそれぞれの言い分に従って支払に残

りの額を均等割りしたものを加える。これを式で示すと、 x_1 と x_2 はそれぞれ

$$x_1 = \max(0, E - d_2) + \{E - \max(0, E - d_1) - \max(0, E - d_2)\} / 2, \quad (1)$$

$$x_2 = \max(0, E - d_1) + \{E - \max(0, E - d_1) - \max(0, E - d_2)\} / 2, \quad (2)$$

となる。ここで、 $\max(0, E - d_i)$ は 0 と $E - d_i$ を比較した場合、大きい方の値をとるという意味である。

ここで、 $d_1 < d_2 < \dots < d_i < \dots < d_{n-1} < d_n$ を仮定し、 n 者の配分に拡大した場合の x_i は、 $x_1, x_2, \dots, x_{i-2}, x_{i-1}$ ($i > 2$) の順序で配分量が決定され、 x_i ($i > 2$) は

$$x_i = \max(0, E - \sum_{j=1}^{i-1} d_j) + \{E - \max(0, E - d_i) - \max(0, E - \sum_{j=1}^{i-1} d_j)\} / 2.$$

以上のことから、CG 原理に基づく配分の特徴は、相手の配分量ができるだけ多くなるように互いに認め合いながら、配分量が決定されることである。そこで、CG 原理を基に今の n 者への配分を 5 者とした場合の破産問題として、最適生産量を噴火湾 5 単協に対して配分することを考える。すなわち、財産 E を最適生産量とし、債権額 d_i を噴火湾 5 単協の現在の各生産量（既得権）として、最適生産量を噴火湾 5 単協に配分する。

Shapley 値 Shapley 値とは、協力している参加主体がそれぞれの協力に対する平均貢献度に応じて配分量を求めるものである。Shapley 値は協力して得られると期待される利得を考慮するために、利得に対応させる関数として特性関数 v^8 が用いられる。この特性関数は次の条件を満足しなければならない。

1) 協力する参加主体がまったくない空集合 ϕ であるときは

$$v(\phi) = 0.$$

2) 協力するすべての参加主体の集合を N とし、個々の参加主体を i としたときは

$$v(N) \geq \sum_{i \in N} v(i).$$

3) 協力するすべての参加主体の集合 N の内の部分集合を C, D とし、 C, D が互いに素 ($C \cap D = \phi$) である任意の集合であるときは

$$v(C \cup D) \geq v(C) + v(D).$$

式(1)および式(2)における右辺の第 1 項と第 2 項の $\{ \}$ 内の第 2 項と第 3 項目

$$\max(0, E - d_2) = v(1),$$

$$\max(0, E - d_1) = v(2),$$

は上述の 3 条件を満足する。そこで、これらを Shapley 値の特性関数として採用する。これらを一般式で表すと

$$v(S) = \max(0, E - \sum_{i \in N-S} d_i). \quad (3)$$

となり、これが破産問題における特性関数となる。式(3)で S は協力者の集合であり、 N はゲームへの全参加者の集合である。したがって $\sum_{i \in N-S} d_i$ は協力しない者の集合 ($N-S$) における生産量の合計である。

Shapley 値は特性関数を用いて式(4)のように表される。

$$f_i = \sum_{S \subset N} [v(S) - v(S - \{i\})] (s-1)!(n-s)!/n!, \quad (4)$$

ここで、 f_i は Shapley 値としての i への配分量、 s は協力者の数であり、 n は全参加者数である。式(4)の右辺における $[\ ]$ 内は組み合わせ S に対する i の貢献度を示し、 $(s-1)!(n-s)!/n!$ は i が協力する組み合わせ S に加わる確率を示している。

式(4)を基にして Shapley 値を求める例として、最適生産量を 3 者に配分する問題を示す。 E を最適生産量、 d_i ($i=1, 2, 3$) を既得権である i の生産量として、それぞれ

$$E=500, d_1=100, d_2=200, d_3=300,$$

と仮定する。式(3)より、特性関数 $v(S)$ は、協力する組み合わせとして 3, 2 あるいは 2, 3 に 1 が加わった場合、これは 3, 2, 1 が協力した時と同じであるが、

$$v(3, 2, 1) = v(2, 3, 1) = 500,$$

協力する組み合わせが 3, 2 の場合、

$$v(3, 2) = v(2, 3) = 400,$$

協力する組み合わせが 2, 1 の場合、

$$v(2, 1) = v(1, 2) = 200,$$

協力する組み合わせが 3, 1 の場合、

$$v(3, 1) = v(1, 3) = 300,$$

そして、組み合わせの集合がまったくない空集合 ϕ である場合とそれぞれ 1, 2, 3 の場合、

$$v(\phi) = n(1) = 0, v(2) = 100, v(3) = 200,$$

となる。式(4)に基づいて Shapley 値 f_i ($i=1, 2, 3$) は以下のように表現する。

$$\begin{aligned} f_1 &= [v(2, 3, 1) - v(2, 3)] (3-1)!(3-3)!/3! \\ &\quad + [v(2, 1) - v(2)] (2-1)!(3-2)!/3! \\ &\quad + [v(3, 1) - v(3)] (2-1)!(3-2)!/3! \\ &\quad + [v(1) - v(\phi)] (1-1)!(3-1)!/3! = 200/3. \end{aligned} \quad (5)$$

同様に

$$f_2 = 500/3, f_3 = 800/3.$$

以上のことから、Shapley 値に基づく配分の特徴として、得られた配分量は協力した組み合わせを考慮した平均貢献度を反映したものとなる。そこで Shapley 値を基に今の 3 者への配分を 5 者に拡大して、最適生産量を噴火湾 5 単協に対して配分することを考える。すな

わち、財産 E を最適生産量とし、債権額 d_i を噴火湾 5 単協の現在の各生産量（既得権）とし最適生産量を噴火湾 5 単協に配分する。

特性関数の条件を満たす他の関数も考えられる。協力した参加主体の既得権の合計と最適生産量 E のうち小さい方を選ぶ関数も特性関数の候補となる。この特性関数を一般的に表すと

$$v(S) = \min(E, \sum_{i \in S} d_i), \quad (6)$$

となり、この特性関数を用いた場合の Shapley 値と式 (3) の特性関数を用いた場合の Shapley 値の簡単な例を用いた比較については Table 1 で示した。

仁 仁 (nucleolus) とは、これまでの二つの方法と同様に、協力ゲーム的に配分量を求める方法である。仁の最も基本的な例として 3 者における配分問題を考える。ある配分法による配分量が x_1, x_2, x_3 (ベクトル x とおく) であるとする。3 者の内の任意の主体者による協力組み合わせ S による総生産量が $v(S)$ で与えられるとする。そのとき、 $v(S)$ に対するベクトル x に比べての不満足 $e(x; S)^9$ を

$$e(x; S) = v(S) - \sum_{i \in S} x_i \quad (7)$$

で表す。ここで $e(x; S)$ は不満関数とよばれる。したがって、 $e(x; S)$ が大きい程、不満は増大する。仁はこのように定義されたすべての $e(x; S)$ をできるだけ小さくして、不満を少なくさせる配分方法である。ここで、ベクトル x は次の条件を満足しなければならない。

- 1) 任意の参加主体 i について

$$x_i \geq v(\{i\})$$

- 2) 任意の協力組み合わせ S について

$$\sum_{i \in S} x_i \geq v(S)$$

- 3) すべての参加主体 N について

$$\sum_{i \in N} x_i = v(N)$$

式 (7) で最大の不満を e とおくと、不等式

$$e(x; S) \leq e,$$

すなわち、

$$e \geq v(1) - x_1, e \geq v(2) - x_2, e \geq v(3) - x_3,$$

$$e \geq v(1, 2) - (x_1 + x_2)$$

$$e \geq v(1, 3) - (x_1 + x_3)$$

$$e \geq v(2, 3) - (x_2 + x_3)$$

$$v(1, 2, 3) = x_1 + x_2 + x_3.$$

これらの制約条件下で、仁の場合でも特性関数を用いることによって配分量が求められる。そこで例として、Shapley 値で用いた同一の特性関数を用いる。

$$v(\phi) = v(1) = 0, v(2) = 100, v(3) = 200,$$

$$v(1, 2) = 200, v(1, 3) = 300, v(2, 3) = 400,$$

$$v(1, 2, 3) = 500.$$

ここで、式 (7) で示した不満関数はベクトル x が満たす条件 1) および 2) により非正の値となる。できるだけ不満を少なくするために、上の制約条件下で e を最小にする。1 次の等式または不等式の制約条件のもとで、1 次関数の最小を求める方法である線型計画法を用いて

$$\min e = e^*,$$

を求めると、 e^* は

$$e^* = -100/3$$

となる。従って配分量は、特性関数と制約条件より

$$(x_1, x_2, x_3) = (200/3, 500/3, 800/3).$$

以上が仁に基づく最も基本的な配分量の求め方である。そこで、この配分の特徴は、協力して得られる生産量から配分量を除いたものである不満を、できるだけ小さい値にするように配分量を求めている点である。そこで仁に基づき最適生産量を噴火湾 5 単協に対して計算する。

結 果

初めに、渡島支庁内の養殖業による総ホタテガイ生産量と労働人員と実質金額の関係より、純利益が最大となるホタテガイの最適生産量 (4.66 万 t) と最適労働人員¹⁾ (87.2 万人・日) を決定した (Fig. 4(a), (b))。最適総生産量から見込まれる純利益が最適労働人員から見込まれる純利益よりも高かったため、最適総生産量を管理目標とした。

本研究で用いた配分方法である CG 原理、Shapley 値および仁についてまとめると次のようになる。まず CG 原理は、破産問題を解決するための方法で、これに基づく配分は自分の漁協の配分量を少なくし、他の漁協の配分量が多くなるように互いに気遣いながら行われるのが特徴である。Shapley 値による配分は協力における各漁協の平均的な貢献度に基づく。仁は漁協が協力して得ることができる生産量から実際の漁協への配分量を除いた量を配分への不満として、不満が最小になるように漁協の配分量を決定する。

CG 原理、仁および Shapley 値に基づく配分結果を簡単な数値例として Table 1 で示した。Table 1 は現生産量（既得権） d_i について、最適生産量 E を与え、配分方法ごとに各主体の配分量を求めたものである。Table 1 からわかるように、CG 原理と仁による配分量は一致した。特性関数式 (3) および式 (6) に関係なく、配分量は一致した。

次に、実際のホタテガイ養殖の最適生産量の配分量を求めた結果を Table 2 に示す。Table 2 では噴火湾 5 単協における生産量 (1992 年) に対して CG 原理、

Table 1. The allocations calculated by Nucleolus, CG principle and Shapley value for the various optimum yields

	d_1^{*2}	E^{*1}							
		200	250	500	750	1000	1250	1400	1500
CG and Nucleolus	100	40	50	50	50	50	50	80	100
	200	40	50	100	100	100	150	180	200
	300	40	50	116.6	150	183.3	250	280	300
	400	40	50	116.6	200	283.3	350	380	400
	500	40	50	116.6	250	383.3	450	480	500
Shapley	100	20	22.5	35	50	65	77.5	80	100
	200	45	47.5	68.3	100	131.7	152.5	180	200
	300	45	60	101.7	155	198.3	240	280	300
	400	45	60	135	200	265	340	380	400
	500	45	60	160	245	340	440	480	500

^{*1} E denotes the optimum yield corresponding to the estate.

^{*2} d_1 denotes the yield (the vested rights).

The values are the same as the characteristic functions, Eqs. (3) and (6).

Table 2. The yields in 1992 and the allocated yields to each fishery cooperative association based on CG principle, Nucleolus and Shapley value

Fishery cooperative	Present yield (t)	Allocated yield (t)	
		CG and Nucleolus	Shapley
Oshamanbe	13254	6627.0	7330.2
Yakumocho	12920	6460.0	7135.6
Otoshibe	12776	6388.0	7050.0
Mori	22802	15276.0	13027.4
Sahara	6222	3111.0	3318.8

Shapley 値および仁による配分量を示した。Table 2 より CG 原理および仁による配分量は、噴火湾 5 単協のうちで最大の生産量を有する森漁協以外では実際の生産量の 1/2 となった。Table 2 からわかるように、Shapley 値による配分結果は CG 原理や仁による配分とは異なった。

Fig. 5 は噴火湾 5 単協の各漁協による現生産量に対して、3 配分方法による配分量をプロットしたものである。各方法による配分量を直線で結んだものを 2 種類の破線で表した。これら二つの破線で表した配分量に加えて、最適生産量を各漁協の現生産量に応じて比例配分した結果を実線で表した。Fig. 5 より CG 原理、仁、Shapley 値に基づく配分結果と比例配分による結果は森漁協を除いてあまり顕著な差は見られなかった。また

Fig. 5. Relationship between the yield in 1992 and the allocated yield.

These three lines compare the allocated yield based on the CG principle, Nucleolus and Shapley value for each fishery cooperative association and the allocated yield based on a proportional allocation. The straight line shows the result of the allocated yield based on a proportional allocation ($\circ$). The long-dashed line joins the closed squares ($\blacksquare$), that is based on an allocation depending on the CG principle and Nucleolus. The short-dashed line joins the open triangles ($\triangle$), that is based on an allocation result depending on the Shapley value.

Fig. 5 は、Shapley 値と比例配分による結果は、ほぼ一致することを示唆した。

考 察

本研究では、漁業者の純利益を最大にするためには労働人員を制御変数とするよりも、生産量を制御変数とする方がより多くの純利益が得られることから生産量を制御し、この生産量を漁協に最適に配分する方法について述べたものである。そこで、互いに協力し合って配分量を決定するという協力ゲーム的な手法を用いた配分問題を扱った。協力ゲームは参加主体が互いに協力して行動した方が、個別に行動する場合よりも多くの利得を得るという考え方に基いている。協力によって得られる利得を特性関数を用いて表している。したがって、協力の仕方によって利得は変わるので、特性関数は様々な形で表すことができる。

ここでは、式(3)と式(6)二つの特性関数を用いた、CG 原理、Shapley 値および仁による配分について考察する。CG 原理および仁による配分量は、配分法の特徴から当然、各々の生産量（既得権）がかなり少ない場合には、 E は均等に配分される。ある程度最適生産量が大い場合は 3 法による配分量は一致する。さらに、各自の既得権の合計と最適生産量が等しくなったところで、これら 3 法による配分量は一致し、かつ既得権と配分量も一致する。なお、仁による配分結果と CG 原理による配分結果が一致することは、Aumann and Maschler (1985)⁶⁾によって示されている。

Table 1 の配分例において $E=1500$ 以外の場合、式(6)は特性関数の条件 2), 3) を満たさないの、協力ゲームとして成り立たない。そこで、Table 2 で示した噴火湾 5 単協における配分では式(6)の特性関数は採用しない。

本研究で用いた配分方法と生産量に基づく比例配分とを比較するために、実際の噴火湾 5 単協の各生産量により比例配分した配分結果を直線で表した (Fig. 5)。Fig. 5 で、Shapley 値の特性関数として破産問題を表す特性関数を用いたにもかかわらず、比例配分の結果とはほぼ等しくなった。この場合、Shapley 値が表す平均貢献度が既得権に対する比例配分とはほぼ一致したと考えられる。

以下では CG 原理と仁に基づく配分結果と Shapley 値による配分結果とを比較した場合、少しの相違が見られ、この相違について吟味する。Fig. 5 によると、CG 原理および仁による配分結果は、比例配分した場合より、森漁協で他の漁協と比較して、相対的に多い。換言すると、これらの方策は森漁協に他の漁協と比較して多くの配分量を与えられることを提案する。このように森

漁協の配分量が多くなる理由は以下のように考えられる。同漁協は既得権である生産量を砂原漁協の約 3.5 倍、長万部漁協の約 1.7 倍有していることから、森漁協は他の 4 漁協と比較して生産量がかなり多い。従って、他者に対して与えられる配分量をできるだけ多くなるように認め合いながら、自己の配分量が決定されるという CG 原理では、ある程度の最適生産量の場合、既得権である生産量が多い森漁協では配分量も多くなると考えられる。

以上より、噴火湾 5 単協におけるホタテガイ養殖業の管理方策としての生産量配分に用いる手法は、Shapley 値および既得権に対する比例配分よりも CG 原理に基づく配分方法を用いる方が妥当であると考えた。

一般に現在日本では財産を配分する場合、比例配分が用いられる。しかし、財産が少ないときは、比例配分による配分が妥当であるとは考えにくい。財産としての最適生産量 E がかなり少ない場合について具体的に示す。Table 1 より $E=200$ および $E=250$ の場合、CG 原理に基づく配分量は均等に配分される結果となる。ここで、 $E=200$ の場合、Shapley 値による配分において、 d_i が 100 以外の配分量は 45 となり、これらの配分量が同値となるのは破産問題における特性関数である式(3)が効いていると考えられる。

E がかなり少ない ($E=200$ および 250) ときの場合、 E を既得権に基づいて比例配分したところで、既得権としての生産量が少ない場合は当然配分量は少なくなるが、既得権としての生産量が多い場合でも配分量は高々しれている。しかし、CG 原理の配分は E を均等に配分することにより、配分を受ける者としては、既得権としての生産量が少ない場合でも多い場合においても互いに配分量がある程度確保されて、結果的には互いに都合が良い配分である。

次に、Shapley 値における特性関数として破産問題を考慮したが、Fig. 5 より比例配分の結果とはほぼ等しい配分結果となり、この場合、平均貢献度は比例配分とはほぼ等しい結果であることが明らかとなった。このことにより、漁協の組み合わせを考慮し平均貢献度として示される Shapley 値は、各々の漁協が協力して互いの配分量がある程度確保されるという意味においては、いまひとつ不十分な配分方法である。

まとめとして、CG 原理と仁および Shapley 値とを比較した場合、互いに協力して他の漁協の生産量を認め合いながら自分の漁協の配分量が決定されるという CG 原理では、最適生産量 E がかなり多い場合、仁および Shapley 値共に Table 1 より同じ配分結果となる。そして、CG 原理に基づき E が中間の水準の場合の配分量は、既得権に対する比例配分でもなく均等配分でもな

い。しかし E がかなり少ない場合において、CG 原理では E を均等に配分することになるので、既得権としての生産量が少ない場合でも配分量はある程度確保される。そこで、CG 原理は互いの漁協間において都合が良い配分方法であると考えられる。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり懇切なるご指導を頂いた東京水産大学教授北原 武博士および同大学助教授宮澤晴彦博士に謹んで感謝の意を表します。

文 献

- 1) 本多 剛：ホタテガイ養殖業の生産適正化に関する定量的分析—北海道渡島支庁を対象として—、*漁業経済研究*, **41**, 1-18 (1996).
- 2) 北海水産新聞社：新版ホタテ貝取扱の手引，初版，北海水産新聞社，札幌，1994，pp. 231-232.
- 3) 鈴木光男，武藤滋夫：協力ゲームの理論，初版，東京大学出版会，東京，1985，pp. 11-22.
- 4) 鈴木光男：新ゲーム理論，第1版，勁草書房，東京，1994，pp. 365-376.
- 5) L. S. Shapley: A value for n -person games. *Annals of Mathematics Studies*, **28**, 307-317 (1953).
- 6) D. Schmeidler: The Nucleolus of a Characteristic Function Game. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, **17**, 1163-1170 (1969).
- 7) R. J. Aumann and M. Maschler: Game Theoretic Analysis of a Bankruptcy Problem from the Talmud. *Journal of Economic Theory*, **36**, 195-213 (1985).
- 8) R. D. Luce and H. Raiffa: Games and Decisions Introduction and Critical Survey: 1st ed., Dover Publications, Inc., New York, 1989, pp. 180-185.
- 9) M. Maschler, B. Peleg, and L. S. Shapley: Geometric Properties of the Kernel, Nucleolus, and Related Solution Concepts. *Mathematics of Operations Research*, **4**, 303-338 (1979).