

瀬戸内海におけるクラゲ類の出現動向と漁業被害の実態

上 真一^{†1}, 上田有香¹

Recent Increase of Jellyfish Populations and their Nuisance to Fisheries in the Inland Sea of Japan

Shin-ichi UYE^{†1} and Uka UETA¹

We conducted a poll of fishermen in order to survey the recent increase of jellyfish (e.g. *Aurelia aurita* and *Chrysaora melanaster*) populations and their nuisance to fisheries in the Inland Sea of Japan. We sent questionnaires to 161 fisheries cooperatives and interviewed face-to-face in respondent's ports and homes. A total of 1152 respondents, with >20-year-experience as net-fishermen (85%), angling-fishermen (7%) and others (8%), was obtained. During the survey, 65% of total respondents indicate that *A. aurita* population have increased in the last 20 years. The increase is most remarkable, particularly in the last 10 years, in the western Inland Sea of Japan. An elongation of the period of occurrence as medusa is obvious (in extreme cases, there are over-wintering medusae) in both the eastern and western Inland Sea of Japan, due to recent increase of annual minimum water temperature (>11°C). On the other hand the seasonal occurrence pattern is more or less the same as before in the central Inland Sea of Japan, where the winter water temperature is <10°C. Annual landings of zooplanktivorous fish have decreased to about 1/3 of the peak landings in the mid-1980s, suggesting that *A. aurita* can utilize more zooplankton as food than before to enhance its population. From these facts, we conclude that the recent increase of *A. aurita* population might be attributed to water temperature elevation in the winter and over-fishing of zooplanktivorous fish. Although the seasonal occurrence of *C. melanaster* is largely the same as before, 47% of respondents indicate that its population has increased in the last 20 years. The nuisance of jellyfish to fisheries, particularly to net-fisheries, has been increasingly severe, according to reports by fishermen. The productive ecosystem of the Inland Sea of Japan has been degraded by the proliferation of jellyfish, i.e. the process of so-called "jellyfish spiral".

Key words: Inland Sea of Japan, jellyfish, biomass-increase, nuisance to fisheries, poll survey

はじめに

肉食性ゼラチン質動物プランクトンであるクラゲ類（刺胞動物門 Cnidaria と有櫛動物門 Ctenophora を含む）は、カンブリア紀（約5億年前）以前の海洋に出現した最も初期の多細胞動物の一群である。一方、魚類（硬骨魚類）はクラゲ類より遅れてデボン紀（約4億年前）以降に出現したにもかかわらず、現在では海洋における主要な高次生産者であると一般に認識されている。実際、全海洋から年間約8千万トンの魚類を主体とする海洋動物が漁獲され、人類の重要な食料資源となっている。しかしクラゲ類は一部が食用として利用されるものの、人を刺傷したり大量出現して漁業被害をもたらしたりすることから、一般には人類には

有害あるいは無用な海洋動物と見なされ、魚類研究者からもプランクトン研究者からも敵視されて研究対象となる機会が稀少であった。

温暖化などの地球環境変動に対する関心が高まり、海洋環境変動とそれに伴う漁業資源生物やそれらの生産を支える生態系の変化に関する研究が近年世界各地で実施されるようになり、その中でクラゲ類の生態的役割が次第に重要視されるようになった。Mills (2001) は海洋環境とクラゲ類の長期変動をレビューし、一部の海域ではクラゲ類が増加していることを指摘した。また Arai (2001) は、海域の富栄養化によりある種のクラゲは増加するが、汚染に敏感な種類は消失することを報告した。さらに Shiganova *et al.* (2001) 並びに Purcell *et al.* (2001) は、アゾフ海、黒海、さらに地中海奥部海域において外来性の有櫛動物（クシクラゲ類）の1種 *Mnemiopsis leidyi* が大繁殖し、カイアシ類などの中型動物プランクトン現存量や魚類漁獲量の減少を引き起こしたことを報告した。これらの最新レビュー論文は、

2003年8月14日受付、2003年10月15日受理

¹ 広島大学大学院生物圏科学研究科

Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University, 4-4 Kagamiyama 1 Chome, Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

[†] suye@hiroshima-u.ac.jp

人間活動の影響により世界の海洋でクラゲ類が増加しているのではないかと疑問を指摘している。一方、長期にわたるクラゲ類の定量調査は極めて少ないが、トロール網に入網したクラゲ類の定量調査により、東部ベーリング海 (Brodeur *et al.*, 1999; 2002) とメキシコ湾南部 (Graham, 2001) では、最近20年間にその現存量は数10倍から数100倍にも増加した。さらに、多くのクラゲ研究者はクラゲ類の大量出現や異常発生が近年より頻繁に起こる兆候に気付いていた。このような状況の中で、世界初の「クラゲ類の大量出現に関する国際シンポジウム」が2000年1月にアメリカ合衆国アラバマ州のGulf Shoresにおいて開催された (Graham and Purcell, 2001)。以後、クラゲ類の大量出現は水産海洋学や沿岸海洋環境科学における1テーマとしての脚光を浴びることとなった (例えば、近藤, 2001, Parsons and Lalli, 2002)。

クラゲ類の大量出現は本邦でも一部研究者の関心を引き、例えば、日本海沿岸に時折多数出現する巨大なエチゼンクラゲ (*Nemopilema nomurai*) が、定置網などに入網して漁業被害を与えたことが報告されている (下村, 1959; 西村, 1959, 1961)。近年では1995, 2000, 2001年に本種が大量出現するなど次第に頻度が高まり、特に2002年の出現量はこれまでで最大規模であったと推定されている (安田, 2003)。また、本邦沿岸域で最も普通に見られるミズクラゲ (*Aurelia aurita*) が東京湾や浦底湾 (福井県) などで大量出現し、1960年代には東京湾の臨海発電所の取水口を塞いで大規模な停電を引き起こした (桑原ら, 1969; 安田, 1988)。しかし、本研究の調査対象海域である瀬戸内海では、これまでクラゲ類の現存量調査も含めて、クラゲ類が生態系に与える影響に関する研究はほとんど皆無であった (Nagai, 2003; Uye *et al.*, 2003)。

瀬戸内海においても、当然ミズクラゲは昔から棲息している。時には操業が不可能な位に大量に出現し、兵庫県家島、岡山県日生、尾道市吉和などではその期間を休漁し、ミズクラゲの速やかな消失を神社や仏閣に祈願し、漁業者同士で飲食する「クラゲ祭」と称する習慣が古くからあった (本聞き取り調査)。2001年に瀬戸内海全域の230の漁業協同組合に対して、毎月のクラゲ類の出現状況とクラゲ類による漁業被害の報告を依頼したところ (広島大学大学院生物圏科学研究科海洋生態系評価論ホームページ <http://home.hiroshima-u.ac.jp/hubol/jfish/jellynet.htm>)、クラゲ類 (特にミズクラゲ) が増加しているのではないかと報告が多数寄せられたことが、今回の調査の発端であった。クラゲ類の増加に関する過去の学術的調査が皆無の状態、最も信頼のおける調査方法は、日常的に海と接しクラゲ類の出現状況を経験的に知っている漁業者や海事関係者から情報を収集し、解析することである。本論文では、主として漁業者を対象とした郵送アンケートと面接調査により得た瀬戸内海のクラゲ類の出現動向を報告し、同時に環

境要因や漁獲量に関する既報データとクラゲ類の動向との相互関係を解析することにより、クラゲ類の増加原因を考察した。

調査方法

アンケート (Appendix 参照) の質問内容の構成は大きく4部に分けられる。第1部は漁業者の操業海域、漁業種類、主要漁獲対象魚種、漁業経験年数などから構成されている。第2部はミズクラゲの出現動向に関する内容で、大量に出現し始めたと思われる時期、季節的な出現開始あるいは消失時期の変化、漁業被害などを質問している。第3部はアカクラゲの出現動向について同様な設問である。第4部はミズクラゲ、アカクラゲ以外のクラゲ類の出現動向や、クラゲ類の増加に伴って増減した魚種などに関する質問項目である。

2002年7月に瀬戸内海沿岸の合計161の漁業協同組合にアンケートを郵送し、回答を依頼した。そのうち12月までに返送されたものを解析対象とした。また2002年5-9月の期間、瀬戸内海一円の漁村を訪問し、漁業関係者に直接面接する形で、アンケートの質問事項に沿って聞き取り調査を行った。Fig. 1に示すように瀬戸内海を海区区分や府・県境を参考として18海域に分割して、結果の集計、解析を行った。

クラゲ類の増加原因の究明のために、ミズクラゲの出現動向と漁獲量、年間最低水温、赤潮発生件数の経年変動や海岸線の状況などとの相互関係を調査した。その際には、紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘、備後・芸予瀬戸、安芸灘、伊予灘、周防灘、豊後水道の10海区 (漁獲統計の海区区分と同一) を対象に解析を行った。イワシ類などの動物プランクトン食性魚類の1976-2001年間の漁獲量は、「瀬戸内海の漁獲量」 (水産庁南西海区水産研究所, 2001)、「漁業・養殖業生産統計年報」 (農林水産省, 1976-2000)、「瀬戸内海地域における漁業動向」 (中国四国農政局統計情報部, 2001) を用いて集計した。水温データは「公共用水域水質データ」 (環境省, 2002) に公表されているものの中から、1983-1999年間の年間最低水温を抽出し、海区毎に (測定数: 9-98定点) 平均した。赤潮発生件数は「瀬戸内海の赤潮」 (水産庁瀬戸内海漁業調整事務所, 2001) を参照し、1970-2000年間の経年変動を求めた。海岸線の状況は「瀬戸内海環境保全」 (社団法人瀬戸内海環境保全協会, 2002) を参照して、1993年に実施された自然海岸、半自然海岸、人工海岸の占める割合のデータを用いた。

結果と考察

回答状況と有効回答の選択

合計1610アンケートを郵送し、304件の回答があった。現地訪問により面接して得た回答は1050件であったので、

回答総数は1354件であった。本調査の目的は、最近20年間のクラゲ類の出現動向を明らかにすることにあつたので、漁業経験20年未満の回答は解析から除外した。その結果、有効回答総数は1152件となった。有効回答者の漁業種類は、網漁業（パッチ網、底曳網、刺網、定置網、旋網など）85%、釣り漁業7%、その他（遊漁、養殖業、タコツボ漁など）8%の内訳であった。2種類以上の漁業を行っている場合は、網、釣り、その他の順に採用した。

面接調査を行う際、網漁業以外の漁業者は「クラゲのことは知らない、判らない、関心がない」と答える割合が面接者の半数以上にも及び、最後まで聞き取り調査を完了することができなかった。一方、網漁業者のほとんどは最後まで熱心に回答してくれたことから、日常的にクラゲ類による漁業被害を受けている網漁業者が、クラゲ類の出現動向に強い関心を持っていることが明白であった。

各海域での有効回答数は25から108の範囲にあり、18海域のうち14海域で有効回答数は50以上であった(Fig. 1)。

ミズクラゲの出現動向

1) 増加し始めた時期

瀬戸内海地域内で、ミズクラゲは地方によりシロクラゲ、ヨツメクラゲ、マンジュウクラゲ、ドーカンなどの様々な名称で呼ばれていた。漁村によってはミズクラゲが全く通じず、一部では有櫛動物の1種のカプトクラゲ (*Bolinopsis mikado*) をミズクラゲと呼ぶこともあったので、面接の際にクラゲ類の写真を見せ、名称による誤解を避けた。有効回答中に、ミズクラゲは「近年減少した」との回答が13件、また本項目に無回答が73件あったので、合計1066件について下記の年代毎にミズクラゲの増加時期を解析した。

- 1) 4・5年前から（即ち、1998-2002年間に）増加
- 2) 5-10年前から（即ち、1993-1997年間に）増加
- 3) 10-15年前から（即ち、1988-1992年間に）増加
- 4) 15-20年前から（即ち、1983-1987年間に）増加
- 5) 20年以上前（即ち、1982年以前）も今も同じ

瀬戸内海全体で、35%の回答者がミズクラゲは「20年以上前（即ち、1982年以前）も現在と同量出現していた」と答え、残り65%が「最近20年間に増加した」と答えた。後者のうち72%が「最近10年間に増加した」と回答しており、ミズクラゲの増加傾向が近年顕著であることを裏付けた (Fig. 2)。

Figure 3に示すように、増加し始めた年代には明らかに海域差がある。海域1、3、5、7-11では、回答者の44-70%がミズクラゲは「1982年以前も現在と同量出現していた」と答えた。海域2、6、12、13でも、回答者の30-38%が同様に答えた。従って、瀬戸内海の東部、中央部を中心とするこれらの海域では、ミズクラゲは現在と同程度の量が以前から出現しており、特に最近増加傾向を示したとは言えないようである。しかし海域4、6では「1993-

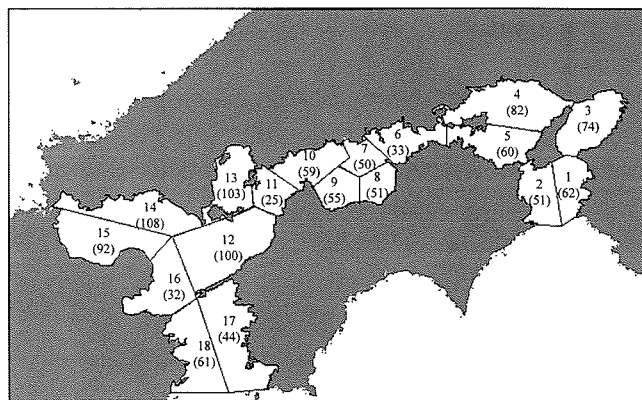


Figure 1. Map of the Inland Sea of Japan with 18 divided sea areas. Numerals in parentheses denote numbers of respondents used for the analyses.

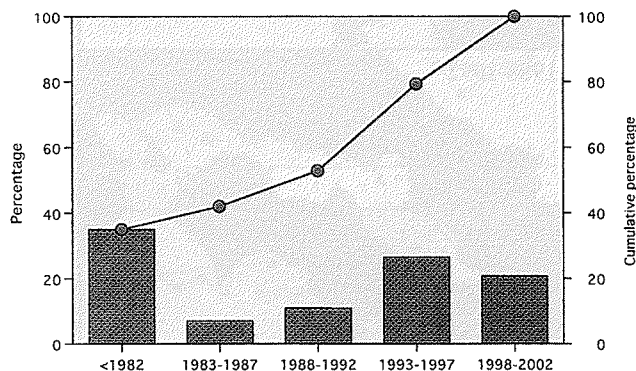


Figure 2. Poll results showing the periods (<1982, 1983-1987, 1988-1992, 1993-1997 and 1998-2002) when *Aurelia aurita* began to increase in the Inland Sea of Japan. <1982 means that the occurrence of *A. aurita* was the same before 1982 as present. Columns indicate percentage of the respondents for respective periods. A line indicates cumulative percentage.

1997年間に増加した」との回答が41-43%あった。

一方、瀬戸内海西部の海域14-18では、「1982年以前も現在と同量出現していた」と回答した割合は24%以下と低く、その後1992年まで回答割合は低いままであった。しかし「1993-1997年間、あるいは1998-2002年間に増えた」との回答割合はそれぞれ27-38%、12-50%にも及び、最近10年間の増加傾向が著しいことが伺われる。特に海域16-18では「最近10年間に増加した」と回答する割合は70%以上にも及んだ。

播磨灘北部、南部に相当する海域4、5では、「1993-1997年間に増加した」と回答した割合がそれぞれ43%、22%であった。播磨灘を主要漁場としている兵庫県家島の漁業者の多くは、「元来、ミズクラゲは本州側の播磨灘北部沿岸域に大量出現していたが、現存量が増大すると共に、次第に分布域が播磨灘中央部、南部海域へと拡大していった」

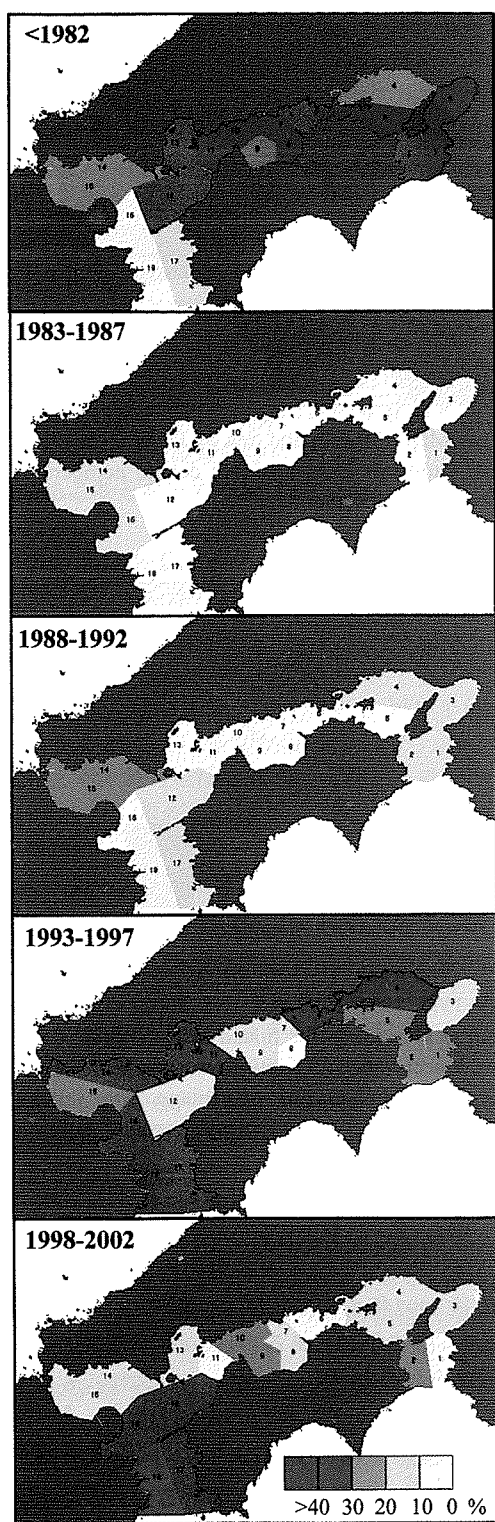


Figure 3. Poll results showing the regional variations in the periods (<1982, 1983-1987, 1988-1992, 1993-1997 and 1998-2002) when *Aurelia aurita* began to increase. <1982 means that the occurrence of *A. aurita* was the same before 1982 as present. Color scales indicate percentage of the respondents for the respective periods.

と述べた。上記の結果を裏付ける経験談である。海域6でも「1993-1997年間に増加した」との回答割合が41%もあったことから、海域4から隣接する海域6へミズクラゲの勢力範囲が拡大したと予想される。

2) 季節的な出現期間の変化

ミズクラゲの季節的消長を呉市呉港や音戸の瀬戸において1990-1992年の期間に調査したところ、1-3月にエフィラとして出現し始め、クラゲは5月には傘径10cmに成長し、通常9月まで出現したことから(上・島内, 未報告)、瀬戸内海における本種の出現は一般に春季から秋季の高水温期と考えられる。ミズクラゲの出現開始時期、消滅時期の変化に関する質問には、それぞれ85, 90件の無回答があった。瀬戸内海全域では、ミズクラゲの「出現時期が早くなった」との回答割合は54%、「変わらない」との回答は45%、「遅くなった」との回答は1%未満であった。一方、「消滅時期が早くなった」との回答は1%、「変わらない」との回答は55%、「遅くなった」との回答は44%であった。このことは瀬戸内海全体としてミズクラゲの出現期間が長期化していることを示している。

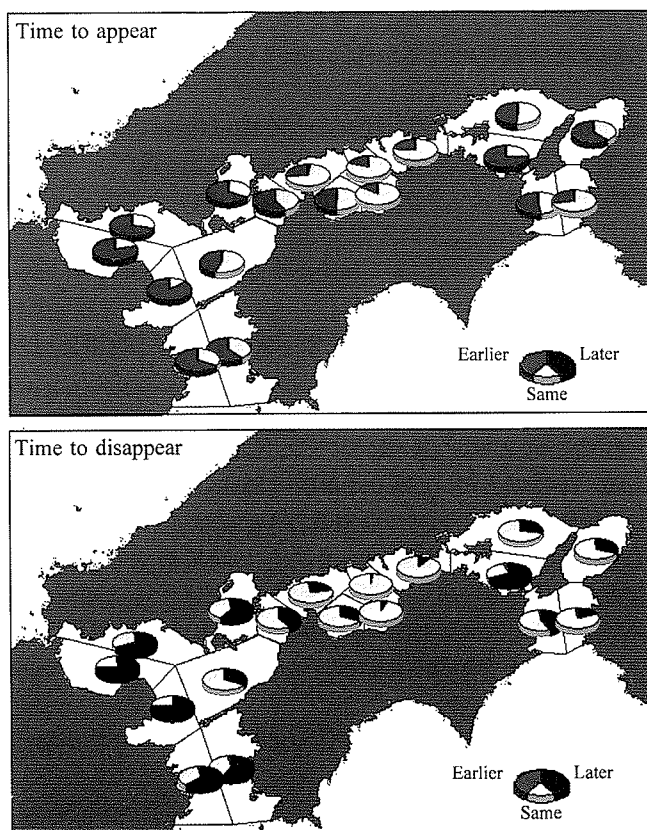


Figure 4. Poll results showing the regional variations in the time of appearance (top) and disappearance (bottom) of *Aurelia aurita*. Pie graph denotes percentage of the respondents for 'earlier' (red), 'the same' (yellow) and 'later' (blue) of the time.

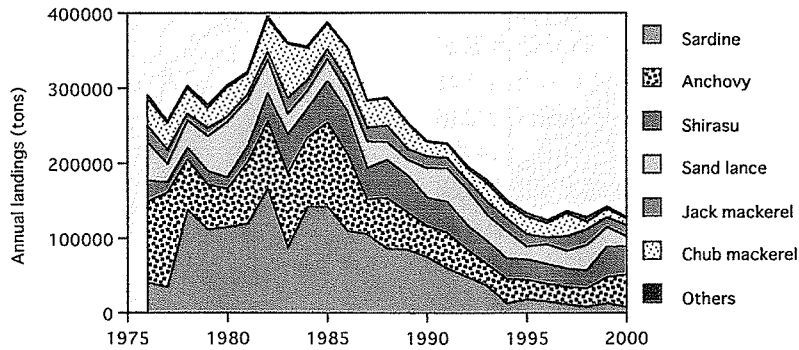


Figure 5. Temporal variations in annual landings of zooplanktivorous fish (i.e. anchovy, sardine, shirasu, sand lance, chub mackerel, and jack mackerel) in the Inland Sea of Japan (from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 1976–2000).

海域毎のミズクラゲの出現期間の変化を Fig. 4 に示す。出現時期が「早くなった」と回答した割合が 50% 以上であったのは、瀬戸内海東部の海域 2-5 と、西部の海域 11, 13-18 であった。一方、「変わらない」と回答した割合が 50% 以上であったのは、瀬戸内海中央部の海域 6-9 であった。次に、消滅時期が「遅くなった」と回答した割合が 50% 以上と高かったのは特に瀬戸内海西部（海域 13-18）で、次いで東部（海域 1-5）でも比較的高かった(18-68%)。しかし、中央部（海域 6-10）では「遅くなった」と答えたのは最大でも 33%（海域 9）であった。以上の結果から、ミズクラゲの出現期間の長期化が顕著なのは瀬戸内海東部と西部であり、中央部では出現期間が以前からほとんど変わっていないことが明らかとなった。

特に海域 1, 2, 12-18 では、「近年ミズクラゲが冬でも消失することなく、成体のままで越冬する」ことが多くの漁業者から報告された。海域 12-18 では、「以前はミズクラゲの傘径は季節により比較的揃っていたが、最近では夏季や秋季には大型個体と小型個体が混在している」ことも指摘された。

ミズクラゲの増加原因に関する考察

ミズクラゲの増加原因は特定されていないが、下記の 4 つの要因が複合的に関与しているのではないかと推定されている（上, 2002）。即ち、

- 1) 動物プランクトン食性魚類が乱獲状態で、余った餌がミズクラゲに利用された。
- 2) 冬季の水温上昇により越冬ミズクラゲが出現し始めた。
- 3) コンクリート護岸や浮桟橋などの設置によりポリブの付着面積と生残率が増大した。
- 4) 富栄養化や栄養塩類構成比の変化により、ミズクラゲの餌となる小型の動物プランクトンが相対的に増加した。

そこで、上記の各要因を指標する既存データとミズクラゲの出現動向との関連を検討した。まず、瀬戸内海全体で

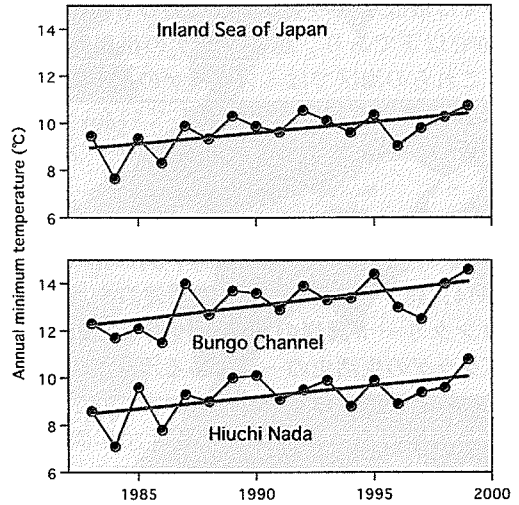


Figure 6. Temporal variations in annual minimum water temperature in the Inland Sea of Japan (top), Bungo Channel and Hiuchi Nada (bottom) (calculated from the data from the Ministry of Environment).

の動物プランクトン食性魚種（イワシ類、イカナゴ、アジ類、サバ類）の年間漁獲量の変動を Fig. 5 に示す。漁獲量は 1980 年代中頃に 35 万トンを超えていたが、その後減少して 1995 年以降は 13 万トン前後で推移している。このような漁獲量の減少傾向は安芸灘と伊予灘を除く海域で見られた。これらのことは、瀬戸内海では動物プランクトン食性魚類に対する漁獲圧が高過ぎて資源量が減少し、漁獲量が低下したことを示している。その結果、かつてこれらの魚類が餌として利用していた動物プランクトンが余る状態となり、その余剰生産がミズクラゲに利用され、近年のミズクラゲ個体群の増大を支えたものと推定される。

瀬戸内海全体の年間最低水温は 1983-1999 年間に約 1.5°C 上昇した (Fig. 6)。紀伊水道、播磨灘、周防灘を除く総ての海区で有意な水温上昇が認められ (p=0.05, スピアマン順位相関)、それらの年間上昇率は 0.086-0.13°C の範

圃にあった。特に近年ミズクラゲの増加が著しいとみられる伊予灘や豊後水道(Fig. 6)では、元々年間最低水温が 10°C を上回ることが多い上に、上昇率も高かった(それぞれ 0.13 , 0.12°C)。先述のように、これらの海区では越冬するミズクラゲが多くなったことが報告されている。従って、ミズクラゲの増加原因として、水温上昇による越冬クラゲの出現が、翌年のさらなる個体群の増加を引き起こしたと推定される。広島湾では1998-1999年の冬季に大規模なミズクラゲの越冬が初めて確認され、大量のミズクラゲが遊泳していた1999年2月の音戸の瀬戸の水温は 11.1°C であったことから(上, 未報告)、ミズクラゲの越冬可能水温は約 11°C と推定される。また、安田(2003)は瀬戸内海におけるミズクラゲの出現最低水温を約 12°C と報告している。瀬戸内海中央部の燧灘(Fig. 6)、備後灘・芸予瀬戸では最低水温の上昇傾向はあるものの、年間最低水温は 10°C 以下であり、越冬クラゲの出現は観察されていない。これらの海区ではミズクラゲの出現量、季節的消長は共に20年前からほとんど変化していないが、年間最低水温が低いレベルにあることが原因の一つと考えられる。

1993年に調査した瀬戸内海全体における海岸線に占める自然海岸、半自然海岸、人工海岸、河口部の割合はそれぞれ37, 14, 48, 1%であった。港湾建設や埋め立てなどによるコンクリート護岸の構築や栈橋などの海中構造物は、ミズクラゲの生活史の一部であるポリプの付着基盤を提供していると予想される(Miyake *et al.*, 2002)。各海区における人工海岸の占める割合と「最近20年間にミズクラゲが増加した」回答割合との相互関係を調査したが、両者の相関は不明瞭であった。ただし燧灘の人工海岸の割合(32%)は瀬戸内海では最も低く、同時にミズクラゲの増加傾向も最低であった点が注目される。

最後に、富栄養化の指標としての赤潮発生件数とミズクラゲの増加との関連を調べた。一般に栄養塩の負荷量が増大して海域が富栄養化すると赤潮が多く発生することから、海域の富栄養化度を示す指標として年間赤潮発生件数を利用することは妥当であろう。瀬戸内海の赤潮発生は1970年代中頃が最も顕著であったが、その後徐々に減少して最近では年間100件余りで横ばい状態である(Fig. 7)。豊後水道を除く総ての海区において、最近20年間に赤潮発生件数は減少していることから、ミズクラゲの増加と赤潮発生件数との間に正の相関はなかった。

以上の結果、瀬戸内海のミズクラゲの増加誘発原因として、動物プランクトン食性魚類資源量の減少と年間最低水温の上昇が重要であることが示唆された。海岸線の改変、並びに海域の富栄養化がミズクラゲの増加原因となっている証拠は、今回の解析では得られなかった。

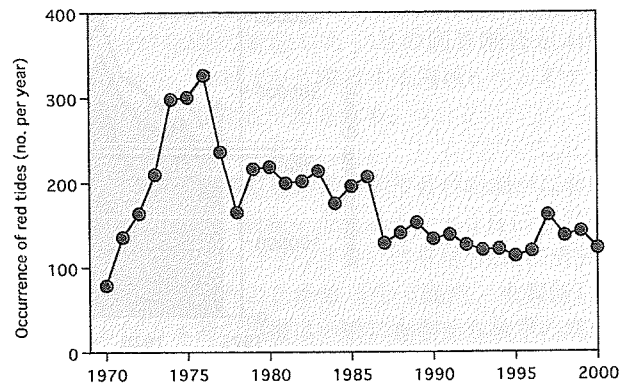


Figure 7. Temporal variations in annual occurrence of red tides in the Inland Sea of Japan (from the Setonaikai Fisheries Coordinate Office, Fisheries Agency, 2002).

アカクラゲの出現動向

1) 増加し始めた時期

アカクラゲは地方によって、ハナヒキ、ハクシオンクラゲ、ラッカサンなどと呼ばれていた。ミズクラゲ同様、アカクラゲも瀬戸内海のほぼ全域で20年以上前から出現しており、ミズクラゲのように大量出現することはないが、本種特有の強力な刺胞毒により操業中に刺されるなどの漁業者に対する直接被害が顕著であることが報告された。瀬戸内海における主要分布域は沖合海水の影響の強い瀬戸内海東部と西部であり、中央部での出現量は少ない。またミズクラゲが岸近くの沿岸域に大量出現するのに対し、アカクラゲは岸から離れた沖合海域に多く出現する傾向がある(本聞き取り調査)。

有効回答1152件中、アカクラゲは「近年減少した」との回答が167件、また無回答が255件あった。面接調査でも「判らない」と答えるケースが多かったことから、ミズクラゲと比較すると本種の出現動向についての回答者の認識が低かったと言えよう。残り730回答についてミズクラゲと同様に年代毎に増加時期を解析した。

瀬戸内海全体では、53%がアカクラゲは「20年以上前(即ち、1982年以前)も現在と同量出現していた」と答え、「最近10年間に増加した」と回答した割合は35%を占めた(Fig. 8)。各海域における出現動向をFig. 9に示すが、多くの海域で「1982年以前も現在と同量出現していた」との回答割合が高かったものの(33-68%)。海域1-5, 7-10, 16-18では「1993年以降に増加した」と回答した割合が31-58%あり、近年の増加傾向を示している。

前述のようにミズクラゲの出現動向に大きな経年変動のなかった瀬戸内海中央部において、近年のアカクラゲの増加傾向が顕著であったのは興味深い。本海域ではアカクラゲは元々少量しか出現しなかったが(本聞き取り調査)、周辺海域からの本種の勢力が次第に及んでいるものと推定される。

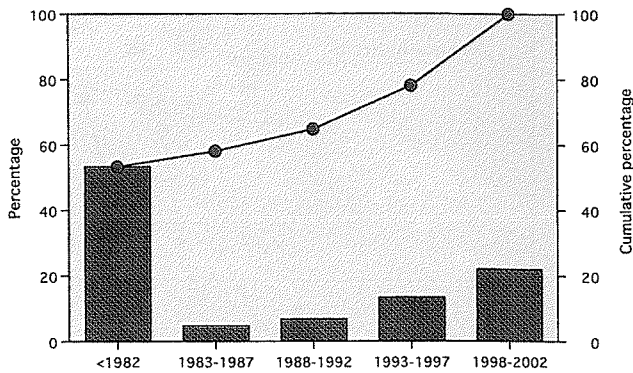


Figure 8. Poll results showing the periods (<1982, 1983–1987, 1988–1992, 1993–1997 and 1998–2002) when *Chrysaora melanaster* began to increase in the Inland Sea of Japan. <1982 means that the occurrence of *C. melanaster* was the same before 1982 as present. Columns indicate percentage of the respondents for the respective periods. A line indicates cumulative percentage.

2) 季節的な出現期間の変化

アカクラゲの出現期間はミズクラゲよりも早い3月から5月が中心であり、ミズクラゲが盛期に達する盛夏までに消滅する(本聞き取り調査)。アカクラゲの出現開始時期と消滅時期の質問に対し、無回答数がそれぞれ422件、429件にも達したことから、本項に対する判断が困難であったようである。回答者のうち、出現開始時期が「早くなった」36%、「変わらない」64%、「遅くなった」0.1%であった。また消滅時期が「早くなった」1%、「変わらない」78%、「遅くなった」21%であった。全体として、瀬戸内海ではアカクラゲの出現期間は以前と変りないか、あるいは若干長くなっていることが推定される。

海域毎の出現時期の変化を Fig. 10 に示す。出現開始時期が早くなったとの回答割合が50%より高いのは海域2, 4, 5, 16, 17で、消滅時期が遅くなったとの回答割合が50%より高いのは海域4のみであった。海域4では本種の出現期間が長期化したと推定される。

その他のクラゲ類の出現動向

瀬戸内海において漁業被害をもたらすその他のクラゲ類として、刺胞動物のユウレイクラゲ (*Cyanea nozakii*)、オワンクラゲ (*Aequorea coerulea*)、ヒクラゲ (*Tamoya haplonema*)、カツオノエボシ (*Physalia physalis*)、有櫛動物のカブトクラゲ (*Bolinopsis mikado*) などがあげられる。これらのクラゲ類が増加傾向にあるかどうかについて、今回の調査では十分なデータを収集することができなかったが、概ねこの20年間に大きな変化はないと感じられた。ユウレイクラゲは傘径が50 cm 以上にもなる大型クラゲで、瀬戸内海全域に出現し、夏季、秋季に各種の網漁具に入網して大きな漁業被害をもたらす。オワンクラゲによる漁業被害は主として瀬戸内海東部において初夏に顕著であった。

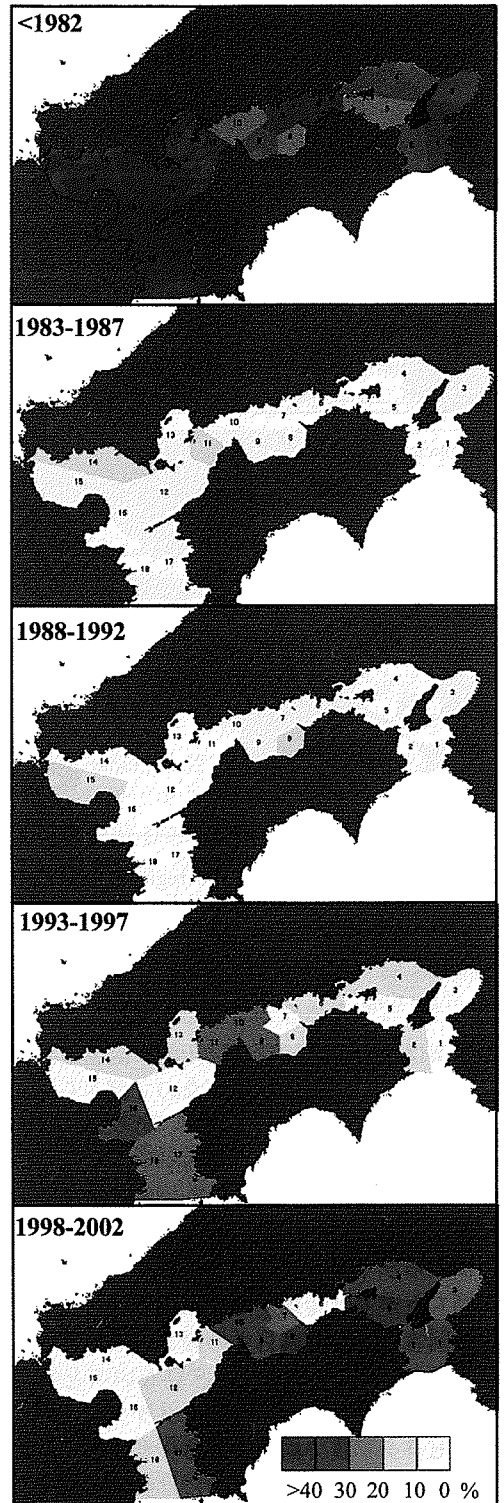


Figure 9. Poll results showing the regional variations in the periods (<1982, 1983–1987, 1988–1992, 1993–1997 and 1998–2002) when *Chrysaora melanaster* began to increase. <1982 means that the occurrence of *C. melanaster* was the same before 1982 as present. Color scales indicate percentages of the respondents for the respective periods.

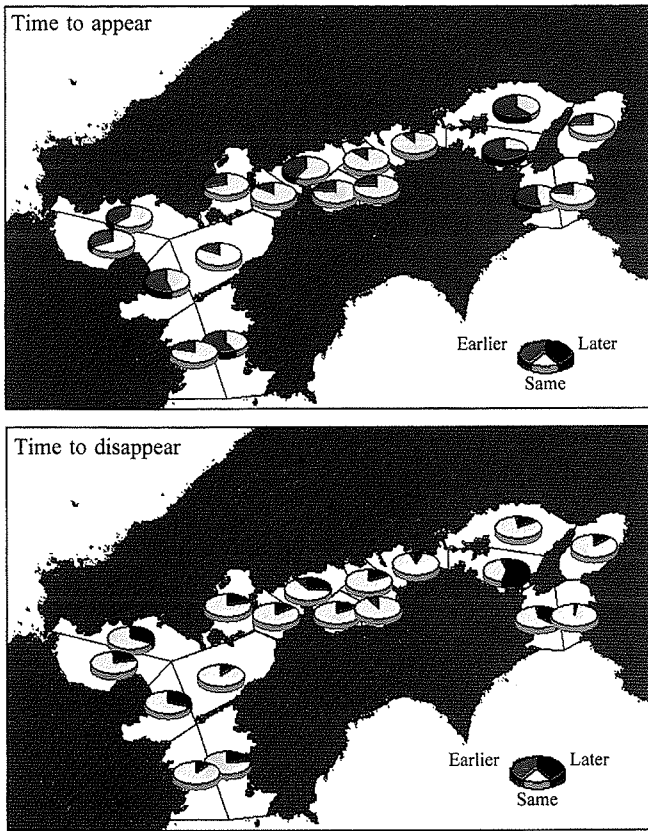


Figure 10. Poll results showing the regional variations in the time of appearance (top) and of disappearance (bottom) of *Chrysaora melanatus*. Pie graphs denote percentage of the respondents for 'earlier' (red), 'the same' (yellow) and 'later' (blue) of the time.

カブトクラゲは主として初夏に局所的に高密度に分布するので大量に入網するが、体が脆弱なので網から除くのは比較的容易とのことである。ヒクラゲ、カツオノエボシの出現量は他のクラゲ類に比較すれば遥かに少量であるものの、晩夏から秋季に出現して強力な刺胞毒により漁業者を刺す危険な種類である。なお、食用クラゲとして知られているビゼンクラゲ (*Rhopilema esculenta*) の出現について漁業者に質問したが、95%以上は「知らない。全く見たことがない」と回答し、岡山県日生の漁業者は「以前はよく見かけたが、この20年間はほとんど見ない」と答えた。本種は瀬戸内海では絶滅が危惧されるクラゲ類である。

また体がゼラチン質で構成される大型動物プランクトンのサルパ類、ウミタル類は分類的には刺胞動物や有櫛動物ではないが、漁業者にとってはクラゲ類と一緒にされている。クラゲ類程ではないが、これらの大量入網による漁業被害も存在する (本聞き取り調査)。

クラゲ類増加に伴う特異的变化：近年のイボダイ漁獲量の増加

一般にクラゲ類を捕食する魚類として瀬戸内海ではマサバ

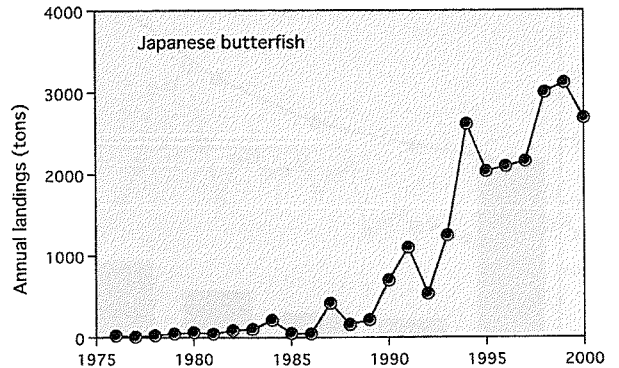


Figure 11. Temporal variations in the annual landings of Japanese butterfish (*Psenopsis anomala*) in the Inland Sea of Japan (from the Nansei Regional Fisheries Research Institute, Fisheries Agency, 2001).

(*Scomber japonicus*), マアジ (*Trachurus japonicus*), イボダイ (*Psenopsis anomala*), マナカツオ (*Pampus argenteus*), カワハギ (*Stephanolepis cirrhifer*), ウマヅラハギ (*Navodon modestus*) などが知られている。前述のようにサバ類の漁獲量は近年減少しており、アジ類の漁獲量はほぼ横ばいである (Fig. 5)。また、マナカツオ、カワハギ、ウマヅラハギの漁獲量は少量であるので統計値として存在しない。これらの中で最近約10年間に著しく漁獲量が増加しているのがイボダイである (Fig. 11)。本種はカイアシ類などの動物プランクトンを捕食するのみならず、しばしばクラゲ類に附随して、体の一部を捕食しているものと思われる (本聞き取り調査, Oviatt and Kremer, 1977)。本種の漁獲量は1980年代後半から増加し始め、1999年には3千トンを超えた。ミズクラゲの明瞭な増加傾向が認められない瀬戸内海中央部では、本種の漁獲量は最近数年前まで漁獲統計に載らない程少量であったが、ミズクラゲの増加傾向が顕著である瀬戸内海東部や西部ではこの10年余りにわたって漁獲量が急増している (水産庁瀬戸内海区水産研究所, 2001) これらの事実から、ミズクラゲなどのクラゲ類の増加は本魚種の餌供給量の増大をもたらし、漁獲量の増加に繋がったものと推定される。

漁業被害の実態

釣り漁業や遊魚におけるクラゲ類の被害として、アカクラゲの触手が釣り糸に絡むことにより魚の食いが悪くなることの報告例が最も多かった。魚類養殖では、ミズクラゲが生簀の網目を塞いで海水交換が妨げられることがあるが、魚類が斃死する事態には至っていないとのことであった。しかし網漁業に与えるクラゲ類の被害は、予測以上に深刻であった (Fig. 12)。今回の調査により得た代表的な被害の例を以下に列記する。

1) いずれの網漁業においても、クラゲ類が網に入った

り絡まったりすると網の抵抗が増し、網の形状が崩れたり

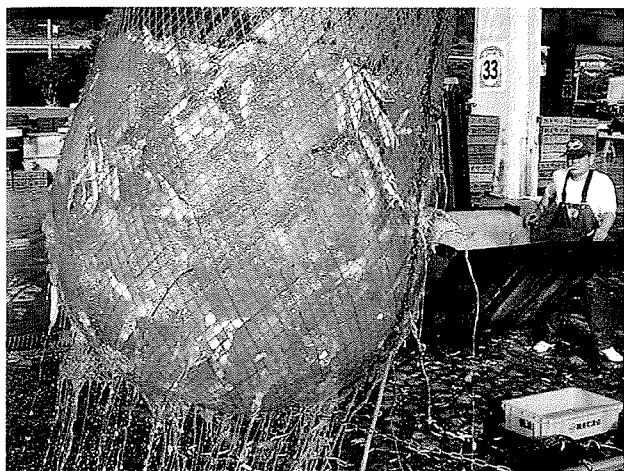


Figure 12. Photographs showing the nuisance of *Aurelia aurita* to fisheries. Numerous *A. aurita* attached on a purse-seine net (top) and those contaminated with purse-seined mackerel (bottom) (courtesy of Ohita Prefectural Fisheries Promotion Office).

浮いたりして漁具としての機能を果さなくなる。大量に入網するとパッチ網は破裂することがある。またクラゲ類の重量で底曳網が船上に上げられなくなり、網を巻上げるフレームパイプが曲ったり、ウインチの故障が起ったりする。

2) 波浪が高い日にクラゲが入網した底曳網を取り込む時は、漁船の転覆の危険性があるので、網を切らなければならない事態が起こる。

3) 定置網にクラゲ類（特にアカクラゲ、ユウレイクラゲ）が入網すると、刺胞毒により魚類はほとんど死んでおり、活魚として市に出せない。底曳網でもクラゲ類と混獲した魚類は、鮮度の低下が早いので市に出せないことが多い。また、クラゲ類と混獲した漁獲物を魚倉内に収容すると、クラゲ類により氷の冷却効果が妨げられて魚類の鮮度低下が起こる。

4) クラゲ類が混入した漁獲物を船上や市場で選別するには、作業に膨大な体力と時間の浪費を生じさせる。

5) クラゲ類が大量発生している時期は全体に漁獲量が少なく、そのような状況が続く時は、最初の一網にクラゲ類が入網すると港に引き返してその日は休漁する。

6) アカクラゲなどの刺胞毒の強いクラゲ類に刺されて皮膚科医院へ行くことがある。防止のために厚手の手袋を使用し、ゴーグルをかけて作業している。

瀬戸内海では漁業後継者が少なく、漁業者全体の高齢化が進んでいる。さらに近年の漁獲量の減少と魚価の低迷により、漁業による収益が低下している状態にある。その上、クラゲ類による漁業被害の拡大が重なり、経済的にもまた体力的にも漁業者を益々困難な状況に追い込んでいる。クラゲ類による漁業被害金額は現段階では不明であるが、漁業者から「クラゲ類のために漁労作業は以前よりもきつくなり、収入はかつての半以下になり、これでは生計が立てられない」との悲嘆の声を聞くことがあった。

おわりに

本研究では、20年以上にわたって海を見続けそしてその変化を経験している主として漁業者の記憶を拠り所にして、瀬戸内海におけるクラゲ類の出現動向の経年変化を調査した。その結果、ミズクラゲは瀬戸内海中央部では、季節的消長も出現量も20年前と大して変わらなかった。しかし、瀬戸内海東部、西部では季節的な出現期間は延長し、特に西部では最近10年間の出現量の増大が明瞭であった。一方、アカクラゲの出現動向は概ね20年前と変化ないか、あっても軽微であった。これらを裏付ける学術的証拠はないものの、クラゲ類の被害に敏感な網漁業者を主体とした1152件の有効回答から導出された上記結果は信憑性の高いものと受け止めている。

上(2002)は、動物プランクトン食性魚類の乱獲、年間最低水温の上昇、海岸線の改変、富栄養化などの諸条件が複合的に作用してミズクラゲ個体群の増加に有利となり、またミズクラゲは魚類の卵・仔稚魚をも捕食するので、一旦クラゲ類が優勢になると魚類個体群の回復は困難な状態となり、さらにクラゲ類が益々優勢となる「クラゲスパイラル」と称する仮説を提唱した。今回の調査結果は、瀬戸内海の多くの海域でこのようなクラゲスパイラル現象が起こっていることを示している。地球温暖化による年間最低水温の上昇は今後も継続することが予想され、そうなればミズクラゲの出現期間の長期化は瀬戸内海中央部にまで及ぶであろう。またミズクラゲが越冬可能となる海域もより拡大するであろう。現在越冬クラゲが観察されている海域では、傘径の異なる複数世代のクラゲが同時に出現することが漁業者により報告されており、従来のミズクラゲの生活史パターンに変化が生じたことが推定される。いずれにしろクラゲ類は今後益々増加する可能性があり、昔のよう

な魚類優位の生態系に回復させるためには、漁獲管理、環境管理を含めた抜本的な対策が必要と思われる。そのためにもクラゲ類の増加原因のさらなる究明を行うと同時に、今後のクラゲ類の動向を継続的にモニターする必要がある。魚類や動物プランクトンの敵だからと言って、もうクラゲ類から目を背ける訳にはゆかない。

漁業者はクラゲ類による深刻な漁業被害を抱えておりながら、そのような海に変えたのは漁業者自身ではないかと自責の念を感じている。「クラゲ類大量出現とそれによる被害の実態について、自分達からは声を発しにくいけれども、その深刻さや昔と大きく変わった現在の海の姿を多くの人に知ってもらいたい」との切実な願いを多くの漁業者から聞いた。

謝 辞

本調査の実施には漁業協同組合の職員や漁業者の理解と協力が不可欠であった。快くアンケートに回答して下さった方々、漁港や自宅での面接調査に協力して下さった多くの方々に心より謝意を表す。広島大学生物生産学部生物海洋学研究室の学生諸君にはデータ整理や図の作成において協力を得たので感謝する。ミズクラゲの漁業被害の写真は大分県佐伯南郡地方振興局水産課より提供を受けた。また英文要旨はM. N. Arai博士による校閲を受けた。併わせて感謝する。本研究の一部は文部科学省科学研究費(12NP9201, 13480158)並びに(財)中国電力技術研究財団の助成による。

引用文献

- Arai, M. N. (2001) Pelagic coelenterates and eutrophication: a review. *Hydrobiologia*, **155**, 69–87.
- Brodeur, R. D., C. E. Mills, J. E. Overland and J. D. Walters (1999) Recent increase in jellyfish biomass in the Bering Sea, possible links to climate change. *Fish. Oceanogr.*, **8**, 296–306.
- Brodeur, R. D., H. Sugisaki and G. L. Hunt, Jr. (2002) Increases in jellyfish biomass in the Bering Sea: implications for the ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **233**, 89–104.
- 中国四国農政局統計情報部 (2001) 瀬戸内海地域における漁業動向.
- Graham, W. M. (2001) Numerical increases and distributional shifts of *Chrysaora quinquecirrha* (Desor) and *Aurelia aurita* (Linne) (Cnidaria: Scyphozoa) in the northern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*, **155**, 97–111.
- Graham, W. M. and J. E. Purcell (2001) Introduction. *Hydrobiologia*, **155**, xi–xiii.
- 環境省 (2002) 公共用水域水質データ (1983–1999年分).
- 近藤次郎 (2001) 開会挨拶. 第5回世界閉鎖性海域環境保全会議 (EMECS 2001) 会議報告書, 20–23.
- 桑原 連・佐藤修一・野口信彦 (1969) ミズクラゲの生態学的研究—I. 1966, 1967年夏季の東京湾北東部における分布状態について. *日本誌*, **35**, 156–162.
- Mills, C. E. (2001) Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia*, **155**, 55–68.
- Miyake, H., M. Terazaki and Y. Kakinuma (2002) On the polyps of the common jellyfish *Aurelia aurita* in Kagoshima Bay. *J. Oceanogr.*, **58**, 451–459.
- Nagai, T. (2003) Recovery of fish stocks in the Seto Inland Sea. *Mar. Poll. Bull.*, **47**, 126–131.
- 西村三郎 (1959) エチゼンクラゲの大発生. 採集と飼育, **21**, 197–202.
- 西村三郎 (1961) エチゼンクラゲの大発生: 補遺. 採集と飼育, **23**, 194–197.
- 農林水産省 (1976–2000) 漁業・養殖業生産統計年報.
- Oviatt, C. A. and P. M. Kremer (1977) Predation on the ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, by butterflyfish, *Peprius triacanthus*, in Narragansett Bay, Rhode Island. *Chesapeake Sci.*, **18**, 236–240.
- Parsons, T. R. and C. M. Lalli (2002) Jellyfish population explosions: Revisiting a hypothesis of possible causes. *Lar mer*, **40**, 111–121.
- Purcell, J. E., T. A. Shiganova, M. B. Decker and E. D. Houde (2001): The ctenophore *Mnemiopsis* in native and exotic habitats: U.S. estuaries versus the Black Sea basin. *Hydrobiologia*, **155**, 145–176.
- 社団法人瀬戸内海環境保全協会 (2002) 瀬戸内海の環境保全.
- 下村 敏 (1959) 1958年秋, 対馬暖流系水におけるエチゼンクラゲの大発生について. *日本研報*, **7**, 85–107.
- Shiganova, T. A., Z. A. Mirzoyan, E. A. Studenikina, S. P. Volvik, I. Siokou-Frangou, S. Zervoudaki, E. D. Christou, A. Y. Skirta and H. J. Dumont (2001) Population development of the invader ctenophore *Mnemiopsis leidyi*, in the Black Sea and in other seas of the Mediterranean basin. *Mar. Biol.*, **139**, 431–445.
- 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所 (2001) 瀬戸内海の赤潮.
- 水産庁南西海区水産研究所 (2001) 瀬戸内海の漁獲量.
- 上 真一 (2002) 沿岸表層の連鎖系. *月刊海洋*, 号外**29**, 137–142.
- Uye, S., N. Fujii and H. Takeoka (2003) Unusual aggregations of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in coastal waters along western Shikoku, Japan. *Plankton Biol. Ecol.*, **50**, 17–21.
- 安田 徹 (1988) ミズクラゲの研究. 日本水産資源保護協会, 東京, 136 pp.
- 安田 徹編 (2003) 海のUFOクラゲ: 発生, 生態, 対策. 恒星社厚生閣, 東京, 206 pp.

Appendix

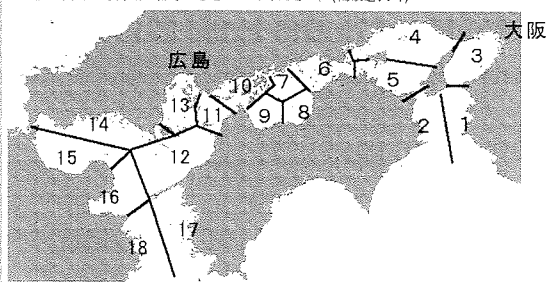
Form of questionnaire.

漁業関係者各位

クラゲ増加に関するアンケートのお願い

はじめに、瀬戸内海では最近クラゲが増えているといわれていますが、いつ頃からクラゲが増え始めたのか正確にわかっていません。そこで、漁業関係者の方々にお尋ねすることによりその時期を明らかにしたいと考えています。以下の設問にお答えください。

1. 魚に出ている海域の番号に○をつけてください。(複数選択可)



2. どんな魚をしていますか?(複数選択可)
 バッチ網 底曳網 刺網 定置網 釣り 遊漁
 その他 ()

3. 主な漁獲対象魚種はなんですか?
 ()

4. 魚の経験は何年ぐらいですか?(約 年)

5. 出漁海域では漁業被害が出るほど大量にクラゲが発生しますか?
 発生する 発生しない
 発生するとお答えになった方は以下の設問にお答えください。

☆ミズクラゲについてお尋ねします。

1) いつごろから大量に発生するようになりましたか?
 4～5年前から 5～10年前から 10～15年前から
 15～20年前から
 以前からずっと発生しており、最近増えたとは思わない
 以前は大量に発生していたが最近減った

2) 毎年クラゲが出始める時期は以前と比べてどうですか?
 早くなった 変わらない 遅くなった

3) 毎年クラゲが消える時期は以前と比べてどうですか?
 早くなった 変わらない 遅くなった

4) どのような漁業被害がありますか?(複数選択可)
 網が破れる 漁獲物の魚体が傷む 魚が寄り付かないので不漁になる
 網にクラゲが付着して邪魔になる 漁にならないので休漁する
 その他 (下にお書きください)
 ()

☆アカクラゲについてお尋ねします。

1) いつごろから大量に発生するようになりましたか?
 4～5年前から 5～10年前から 10～15年前から
 15～20年前から
 以前からずっと発生しており、最近増えたとは思わない
 以前は大量に発生していたが最近減った

2) 毎年クラゲが出始める時期は以前と比べてどうですか?
 早くなった 変わらない 遅くなった

3) 毎年クラゲが消える時期は以前と比べてどうですか?
 早くなった 変わらない 遅くなった

4) どのような漁業被害がありますか?(複数選択可)
 網が破れる 漁獲物の魚体が傷む 魚が寄り付かないので不漁になる
 網にクラゲが付着して邪魔になる 刺されて痛い
 漁にならないので休漁する
 その他 (下にお書きください)
 ()

☆ その他のクラゲが増えたと思われる種類がありますか?
 そのクラゲの名前は? ()
 増えたのはいつごろからか?(約 年前から)
 被害や発生などの状況は?
 ()

☆ クラゲの増加に伴い増加した魚種や減少した魚種はありますか?
 増加した魚種 ()
 減少した魚種 ()

6. 差し支えない範囲で連絡先を教えてください。今後再びクラゲについてお尋ねすることがあるかもしれません。
 〒 住所 _____
 氏名 _____ 電話番号 _____

上記のデータは、クラゲを減少させ、瀬戸内海がいつまでも魚類資源が溢れる海であるための研究に利用させていただきます。ご協力ありがとうございます。
 (なおこのアンケートは返信用封筒に入れて、投函してください)
 〒739-8528 東広島市鏡山1丁目4-4 連絡先: 電話(0824)22-7059
 広島大学大学院生物圏科学研究科 FAX(0824)24-7996
 教授 上 真一 上田 有希まで