



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 83101

スケトウダラ資源に及ぼす発電所取放水影響の予測

昭和58年 3月

March, 1983



スケトウダラ資源に及ぼす発電所取放水影響の予測¹

深 滝 弘

An Assessment of Effects Induced by Cooling Water Intake and Thermal Effluent of a Proposed Power Plant on the Population of the Alaska Pollack, *Theragra chalcogramma* (PALLAS)

HIROSHI FUKATAKI

FUKATAKI, H. (1983). An assessment of effects induced by cooling water intake and thermal effluent of a proposed power plant on the population of the Alaska pollack, *Theragra chalcogramma* (PALLAS). *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, No. 83101: 1-54.

Abstract: Fish eggs and larvae were sampled systematically in the adjacent sea of the proposed Kyowa-Tomari Power Plant, west coast of central Hokkaido, from December 1979 to June 1980. Using data obtained from these sampling, this paper deals with predictable operational effects of the plant on the population of the Alaska pollack. Sampling with two types plankton net, NORPAC and MTD, have provided adequate informations on the pollack egg density and spawning period. Standing crops of the pollack eggs in the sampling areas, ca. 380km² in eight cases and ca. 1,240km² in two, were estimated on the respective sampling day. These standing crops might be underestimated because have not covered the whole spawning area. Standing crops of the zero day-old egg on each sampling day were estimated to figure out an approximation of the total number of eggs spawned throughout the sampling period. The number of the pollack eggs and larvae to be entrained into the cooling water system in operation was also estimated. Comparison between the results stated above showed that the plant-entrainment effects on the recruitment level of the pollack population seemed to be negligible. Additional considerations were made on such pollack-related problems as temporal and spatial distribution patterns of the eggs and larvae, their pulme entrainment, impingement of the juveniles, thermal effects on the adult, and monitoring programs in the post-operational period.

Keywords: Alaska pollack, *Theragra chalcogramma*, Fish-egg, Fish-larva, Power plant, Cooling water intake, Entrainment, Impingement, Thermal effluent, Monitoring program.

深滝 弘 (1983). スケトウダラ資源に及ぼす発電所取放水影響の予測. 海生研報告, No. 83101 : 1-54.

要約：北海道中央部西岸に立地が計画された共和・泊発電所の周辺海域において、1979年12月から1980年6月までの間に、組織的な魚卵・稚仔魚の採集調査が行われた。この報告においては、その組織的な調査から得られた資料を用いて、発電所の取放水がスケトウダラ資源に及ぼす影響を予測するために行った解析の経過と結果を述べた。12-3月の間に、NORPACネットの鉛直曳き採集とMTDネットによる各層水平曳き採集が10回実施された。うち8回は狭域（面積約380km²）を、2回は広域（面積約1,240km²）を対象とする調査であった。各回の調査時におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の現存量をそれぞれ推定した。これらの採集結果は、スケトウダラ卵の個体数密度や産卵期を適切に表現するものであった。しかしながら、調査海域内の周縁部においても高密度分布が認められていたことから、調査海域は産卵場全体をカバーしておらず、したがって得られた現存量は明らかに過小推定であった。卵の発生ステージ別計数に基づいて産卵後1日未満（桑実期以前）の卵のみの現存量を推定し、その推移に基づいて全採集期間にわたる狭域調査海域内における産卵総量の近似値を求めた。また、運転後この発電所の冷却水系内に連行されるスケトウダラ卵・稚仔魚の予

1. この報告は、昭和55年度に北海道知事から委託された業務の成果を、委託者の許可を得て公表するものである。

測量についても推定を行った。現存量もしくは産卵総量と施設内連行量との対比に基づいて、この発電所の取水に伴って生ずるスケトウダラ卵・稚仔魚の損耗が、この魚の北部日本海系群の加入量水準のうえに及ぼす影響は、無視し得る程度の範囲内にとどまるであろうと予測した。その他、この報告においては、スケトウダラ卵・稚仔魚の時空的分布パターン、それらの出現水温、温排水プルーム内への連行影響、幼稚魚の取水スクリーン衝突影響、親魚に対する温排水影響、運転後のスケトウダラに関するモニタリング計画等の諸問題についても検討を加えた。

キーワード：スケトウダラ, *Theragra chalcogramma*, 魚卵, 稚仔魚, 発電所, 取水, 生物連行, スクリーン衝突, 温排水, モニタリング計画

目 次

Abstract	1	(1) 無網曳揚試験結果	10
要 約	1	(2) 海水1,000m ³ 当り個体数密度の算出	10
目 次	2	IV. 解析結果	10
図表目次	2	1. 卵・稚仔魚出現期の検討	10
I. まえがき	4	2. 卵・稚仔魚分布構造の検討	11
II. 解析に用いた基礎資料	4	1) 水平分布	11
1. スケトウダラの卵・稚仔魚を対象にした調査に関する資料	4	2) 分布構造についての検定	20
1) 調査海域範囲	4	3. 卵・稚仔魚現存量の推定	27
(1) 狹域調査	5	4. 狹域調査海域内における産卵量の推定	28
(2) 広域調査	5	5. 発電所内連行量の推定	31
(3) 沿岸域調査	5	1) 日間連行量の推定	31
2) 卵・稚仔魚の採集方法	6	2) 調査期間内における卵の総連行量の推定	36
(1) MTDネットによる各層水平曳採集	6	6. 卵・稚仔魚に及ぼす取放水影響に関する考察	36
(2) NORPACネットによる鉛直曳採集	7	1) 施設内連行影響	36
3) 曳網点数	7	2) 温排水内連行影響	37
2. スケトウダラの稚魚を対象にした調査に関する資料	7	7. 幼稚魚の出現・分布に関する検討	37
1) 調査海域範囲	7	1) 沿岸域調査結果	37
2) 採集方法	8	2) 狹域調査結果	39
3) 曳網点数	8	3) 稚魚出現水温	39
III. 解析のための準備作業	8	4) 採集稚魚の大きさ	47
1. データ・シートの作成	8	8. 幼稚魚に及ぼす取水影響に関する考察	47
2. 採集記録の標準化	9	9. 親魚に及ぼす取放水影響に関する考察	49
1) MTDネット採集記録	9	V. むすび——要約と結論	50
(1) 無網曳航試験結果	9	引用文献	52
(2) 海水1,000m ³ 当り個体数密度の算出	9	付. 運転開始後におけるスケトウダラに関するモニタリング計画に対する提言	53
2) NORPACネット採集記録	10		

図 表 目 次

第1図 狹域調査における標準的な曳網点位置	5
第2図 広域調査における標準的な曳網点位置	6
第3図 沿岸域調査における曳網点	7
第4図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚個体数密度の推移	12

第5図	水平分布の模式的表現方法の1例	13
第6図	狭域調査海域内におけるスケトウダラ卵個体数密度の各層水平分布	14
第7図	広域調査海域内におけるスケトウダラ卵個体数密度の各層水平分布	15
第8図	狭域調査海域内におけるスケトウダラ稚仔魚個体数密度の各層水平分布	16
第9図	広域調査海域内におけるスケトウダラ稚仔魚個体数密度の各層水平分布	17
第10図	狭域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵個体数密度の各層水平分布	18
第11図	広域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵個体数密度の各層水平分布	19
第12図	スケトウダラ卵個体数密度の対数 [$\log(N+1)$] の指標の頻度 (曳網点数) 分布	21
第13図	スケトウダラ稚仔魚個体数密度の対数 [$\log(N+1)$] の指標の頻度 (曳網点数) 分布	21
第14図	5層の総平均個体数密度を1.0とした場合の各層平均個体数密度の鉛直分布	24
第15図	広域調査時にMTDネット7層採集を行った4曳網点におけるスケトウダラ卵個体数密度の鉛直分布	25
第16図	広域調査時にMTDネット7層採集を行った4曳網点におけるスケトウダラ稚仔魚個体数密度の鉛直分布	26
第17図	狭域調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚推定現存量の推移	29
第18図	狭域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵推定現存量の推移	30
第19図	狭域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵の日別推定現存量 (旬間平均値) の推移	31
第20図	水深2m層における流向・流速頻度分布 [1980年2月8日—3月5日]	33
第21図	水深5m層における流向・流速頻度分布 [1980年2月8日—3月5日]	34
第22図	スケトウダラ卵・稚仔魚の施設内推定日間連行量の推移	35
第23図	沿岸域調査13曳網点の3層における円錐形稚魚網水平曳きによって採集されたスケトウダラ稚魚の尾数	38
第24図	狭域調査海域内の各曳網点において採集されたスケトウダラ稚魚の尾数	38
第25図	狭域調査海域内における卵・稚仔魚採集調査時の5層水温分布	39
第26図	広域調査海域内における卵・稚仔魚採集調査時の各層水温分布	40
第27図	沿岸域調査海域内における稚魚採集調査時の3層水温分布	41
第28図	狭域調査海域内における稚魚採集調査時の4層水温分布	41
第29図	曳網層別・水温帯別1曳網当たりスケトウダラ稚魚採集尾数	47
第30図	採集されたスケトウダラ稚仔魚の月別全長組成	47
第31図	1973年4月27—28日、噴火湾々口部におけるスケトウダラ稚魚鉛直分布の日周変化	48
第32図	1973年3月に噴火湾々口部で採集されたスケトウダラ稚魚全長組成の昼夜別・層別比較	48
第33図	北海道西岸におけるスケトウダラ魚群の生息水深と水温の月別変化	50
第1表	調査海域別・調査時期別・採集方法別曳網数 [卵・稚仔魚調査]	7
第2表	調査海域別・調査時期別・採集方法別曳網数 [稚魚調査]	8
第3表	データ・シート作成上の約束	9
第4表	使用濾水計等を無網状態で100m水平に曳航した更正試験結果	9
第5表	使用濾水計の150m鉛直曳き更正試験結果	10
第6表	採集方法別スケトウダラ卵・稚仔魚平均個体数密度 [個体数/1,000m ³] の推移	11
第7表	全曳網数中におけるスケトウダラ卵・稚仔魚不出現曳網数の割合	20
第8表	5層の曳網が行われた曳網点のみの資料を用いた分散分析表	22
第9表	全曳網点の4層の資料を用いた分散分析表	23
第10表	スケトウダラ卵・稚仔魚の分布構造に関する検定結果要約	24
第11表	狭域調査時の各曳網点が代表する海域の面積	27
第12表	広域調査時の各曳網点が代表する海域の面積	28
第13表	各曳網層が代表する水深範囲 (厚さ)	28
第14表	調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の推定現存量	29
第15表	スケトウダラ桑実期卵の推定現存量とそれがスケトウダラ卵現存量中に占める割合	30
第16表	第18図から読み取ったスケトウダラ桑実期卵日別現存量の推定値	31

第17表	発電所計画地に近接した3曳網点の表層部(0m, 3m)におけるスケトウダラ卵・稚仔魚個体数 密度とそれに基づく日間推定連行量	32
第18表	第22図から読み取ったスケトウダラ卵の日別推定連行量	36
第19表	調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の推定現存量中に占める日間推定連行量の割合	36
第20表	狭域調査海域内における稚魚調査時の曳網層別・水温帯別曳網点数(A), 稚魚出現点数(B), 延べ採集尾数(C)	42
第21表	沿岸域における稚魚調査時の曳網層別・水温帯別曳網点数(A), 稚魚出現点数(B), 延べ採集尾数(C)	44
第22表	稚魚調査時における曳網層別・水温帯別スケトウダラ稚魚出現状況要約	46
第23表	噴火湾々口部におけるスケトウダラ稚魚調査結果要約	49

I. まえがき

この報告は、1980年11月に北海道庁から財團法人海洋生物環境研究所へ委託され、1981年2月に北海道庁へ報告したく<「共和・泊発電所立地関連環境影響評価委託業務」>の実施成果を、殆どそのままとりまとめたものである。委託業務の内容は、発電所立地関連影響の全般にわたるものではなく、〈発電所設置に伴う冷却水の取水及び排水が、当該発電所周辺海域におけるスケトウダラの親魚、卵、及び稚仔に対して与える影響に関すること〉に限定されていた。

筆者は、北海道水産部から提供された北海道電力株式会社作成の調査報告書のなかに収録されていた、スケトウダラに関する基礎資料の解析を担当した。これらの基礎資料を生み出した諸調査のうち、スケトウダラの卵・稚仔魚、稚魚を対象にした調査は、極めて組織的に行われ、特定海域における単一重要魚種の産卵調査としては、わが国では他に例をみないといってよいほど、画期的なものであった。そのため、当面の問題である発電所取放水影響の予測評価についてはもちろん、スケトウダラの産卵生態や初期生活の実態についても、いくつかの新知見が得られたので、ここに報告する。

報告に先立ち、荒天の続く冬季の北部日本海において、困難な海上調査作業に従事された関係者の労苦に対し、心から敬意を表する。また、委託成果の公表を許可して下さった北海道水産部にも厚くお礼を申し上げる。さらにまた、報告原稿を校閲していただいた当研究所常務理事、兼中央研究所長古川厚博士に対し謝意を表する。

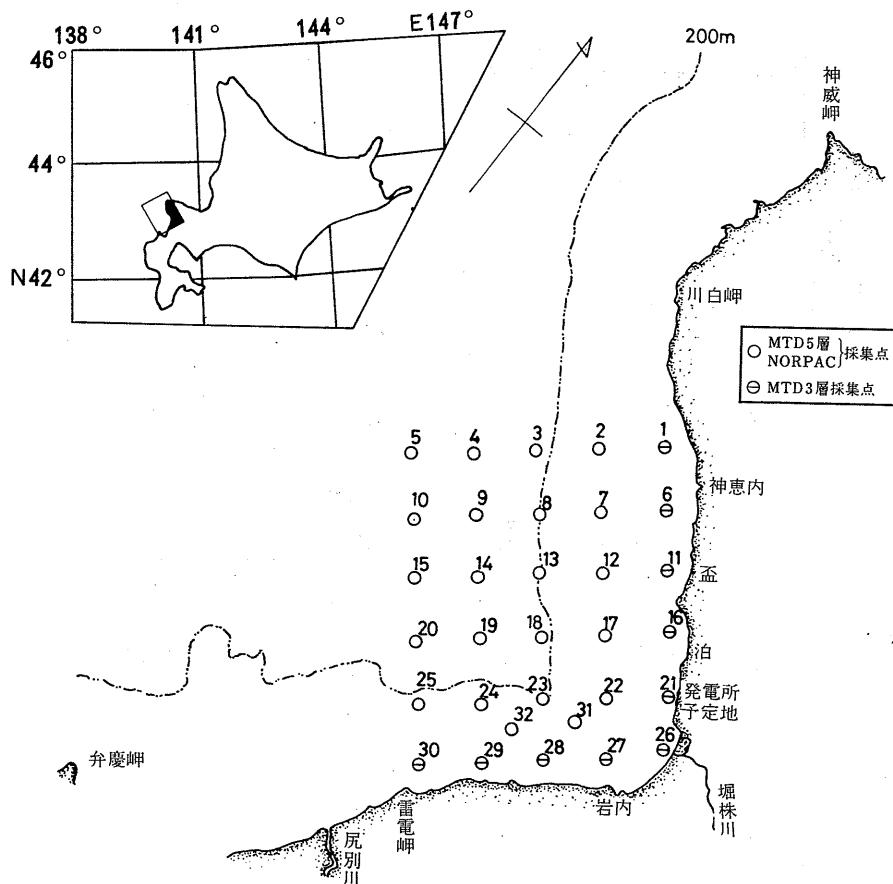
II. 解析に用いた基礎資料

今回の委託業務のために、北海道水産部から当研究所へ提供された基礎資料は、北海道電力株式会社が海洋調査会社に委託して作成した、4分冊からなる報告書(三洋水路測量株式会社、1980a, b, c, d)であった。これらの報告書のうち、スケトウダラの卵・稚仔魚、稚魚を主な調査対象とした部分の基礎数値を解析に用いた。

1. スケトウダラの卵・稚仔魚を対象にした調査に関する資料

1) 調査海域範囲

解析に先立って、スケトウダラの卵・稚仔魚の採集を主目的とした海域調査の実施概況について述べる。これらの調査としては、調査海域範囲を異にする次の2種類の調査が行われた。



第1図 狹域調査における標準的な曳網点位置

(1)狭域調査（第1図）

狭域調査は、曳網点間隔が原則として2海里の格子状に配置されたもので、1979年12月中旬から1980年3月中旬までの間に、合計8回実施された。この調査によって代表される海域面積は約380km²であった（後出、第11表）。

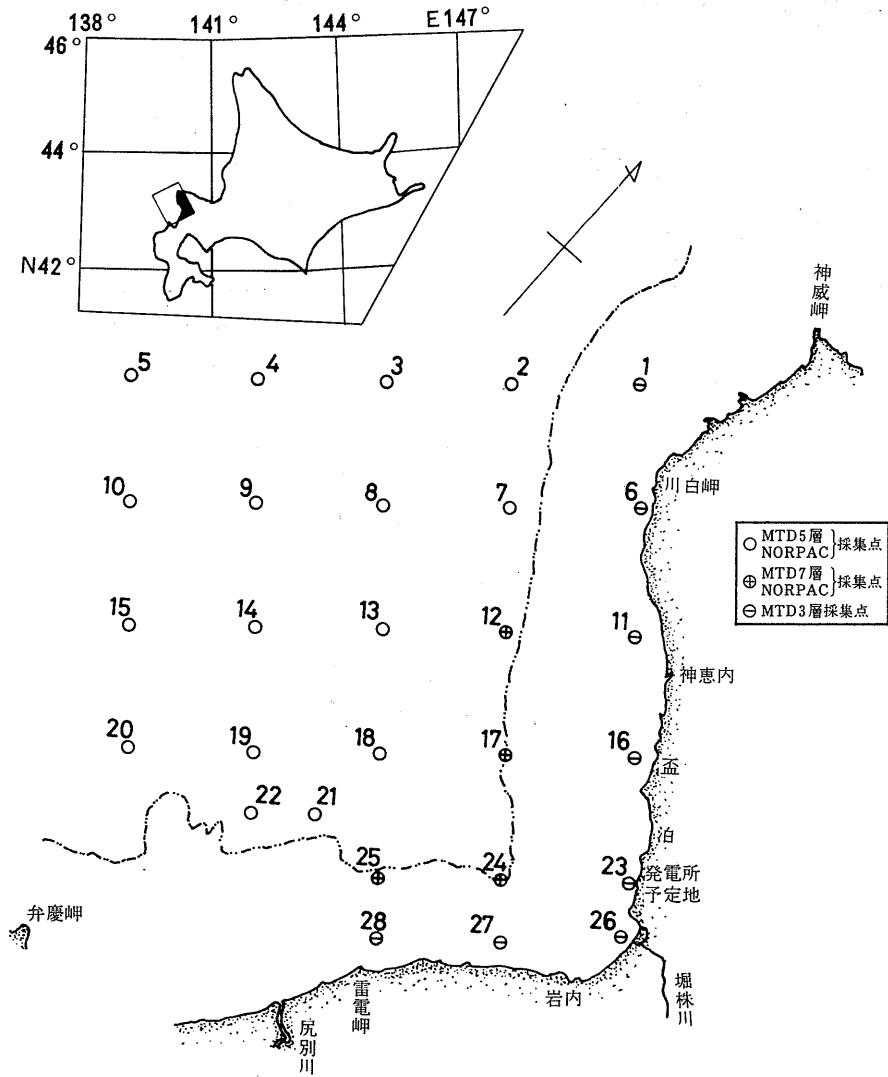
(2)広域調査（第2図）

広域調査は、曳網点間隔が原則として4海里の格子状に配置されたもので、1980年2月上旬、2月下旬に各1回実施された。この調査によって代表される海域面積は約1,240km²であった（後出、第12表）。

また、これらの両調査とは別に、4季毎に行われる一般的な魚卵・稚仔魚調査の一環として、次の調査も実施された。

(3)沿岸域調査（第3図）

沿岸域調査は、発電所予定地点を中心とした半径約4.5km以内の沿岸域に、放射状に配置



第2図 広域調査における標準的な曳網点

された13曳網点において、1980年2月上旬、2月下旬に各1回ずつ実施された。

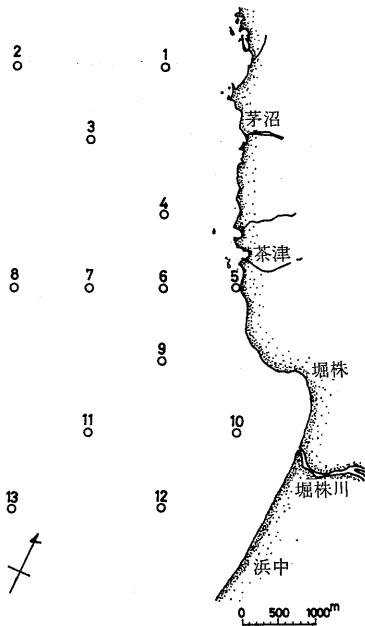
2) 卵・稚仔魚の採集方法

狭域・広域・沿岸域調査のいずれにおいても、次の2種類の採集方法が用いられた。

(1) MTDネットによる各層水平曳採集

狭域調査、広域調査では、MTDネット (MOTODA, 1971) による0, 3, 10, 20, 40m層の5層水平曳採集を原則とし、沿岸寄りの一部の曳網点では、0, 3, 20m層の3層水平曳採集が実施された (第1図、第2図)。また、広域調査では、200m等深線付近に位置する4曳網点において、前述の5層のほかに60m層と100m層を加えた7層採集が実施された (第2図)。

沿岸域調査では、各曳網点において0, 3, 10m層の3層採集が行われた。



第3図 沿岸域調査における曳網点
[MTD 3層, NORPAC採集]

(2) NORPACネット(北太平洋標準ネット)による鉛直曳採集

水深150m層からのNORPACネット(元田, 1957)鉛直曳採集を原則とし、海深が150m未満の沿岸寄りの曳網点においては、海深に応じて曳網距離を短縮するか、曳網をしないという措置がとられた。

いずれの採集方法であっても、TSK濾水計を装着して曳網が行われた。したがって、濾水計の回転数記録に基づいた定量的解析が可能となった。

3) 曳網点数

第1表に、各調査時の採集方法別・採集層別曳網点数を示した。調査期間内の延曳網点数は、MTDネットによるもの1,426、NORPACネットによるもの218、合計1,644であった。

第1表 調査海域別・調査時期別・採集方法別曳網数〔卵・稚仔魚調査〕

調査海域	調査年月日	MTDネット各層水平曳								NORPAC ネット 鉛直曳
		総数	0m	3m	10m	20m	40m	60m	100m	
狭 域	1979. 12. 17	114	30	30	12	30	12	—	—	13
"	12.24	130	32	32	17	32	17	—	—	13
"	1980. 1.14	140	32	32	22	32	22	—	—	18
"	1.28	140	32	32	22	32	22	—	—	20
"	2. 5	140	32	32	22	32	22	—	—	22
廣 域	2.10	132	28	28	20	28	20	4	4	20
狭 域	2.22	140	32	32	22	32	22	—	—	22
廣 域	2.25	132	28	28	20	28	20	4	4	20
狭 域	3. 7	140	32	32	22	32	22	—	—	22
"	3.14	140	32	32	22	32	22	—	—	22
沿岸域	1980. 2. 5	39	13	13	13	—	—	—	—	13
"	2.22	39	13	13	13	—	—	—	—	13
計		1,426	336	336	227	310	201	8	8	218

2. スケトウダラの稚魚を対象にした調査に関する資料

1979年12月から1980年3月までにわたって行われた卵・稚仔魚を主対象にした調査に引き続き、1980年4月から6月にわたって、スケトウダラ稚魚の採集を目的とした調査が実施された。

1) 調査海域範囲

稚魚調査の調査海域範囲は、卵・稚仔魚調査の場合の沿岸域調査(第3図)もしくは狭域調査(第2図)と共通するものであった。

2) 採集方法

沿岸域における稚魚調査に用いられた採集器具は、リング口径1.3m、側長4.5mの円錐形稚魚網で、濾過部全体がG G 54のプランクトンネット・ガーゼから成るものであった。卵・稚仔魚調査と共に通する13曳網点において、0, 5, 15mの3層水平曳採集が行われた。

狭域調査海域における稚魚調査には、前述の口径1.3mの円錐形稚魚網のほかに、網口が矩形(2.5×2.0m)の角形稚魚網も使用された。これらの稚魚網のうちのいずれかを用いて、原則として0, 5, 15, 30m層の4層で水平曳曳採集が行われた。調査の末期である6月中旬と6月下旬には、円錐形稚魚網の傾斜曳や角形稚魚網の40, 50, 100m層水平曳も実施された。

3) 曳網点数

稚魚調査の実施状況を要約して第2表に示した。沿岸域では調査期間内に6回、延216曳網点で採集が行われた。狭域調査海域内では、調査期間内に11回の調査が行われ、その延曳網点数は666に達した。

第2表 調査海域別・調査時期別・採集方法別曳網数〔稚魚調査〕

調査海域	調査年月日	採集器具	採集方法	採集層別曳網数							
				総数	0m	5m	15m	30m	40m	50m	100m
沿岸域	1980.4.15	円錐形稚魚網	水平曳	36	13	13	10	—	—	—	—
	4.23	" "	"	36	13	13	10	—	—	—	—
	5.10	" "	"	36	13	13	10	—	—	—	—
	5.25	" "	"	36	13	13	10	—	—	—	—
	6.9	" "	"	36	13	13	10	—	—	—	—
	6.19	" "	"	36	13	13	10	—	—	—	—
計				216	78	78	60	—	—	—	—
狭 域	1980.4.16-17	円錐形稚魚網	水平曳	113	30	30	28	25	—	—	—
	4.18	角 形 "	"	14	—	—	14	—	—	—	—
	4.24-25	円錐形 "	"	112	30	30	28	24	—	—	—
	4.27	角 形 "	"	57	—	—	32	25	—	—	—
	5.10	" "	"	113	30	30	30	23	—	—	—
	5.25, 29, 30	" " " "	"	113	30	30	30	23	—	—	—
	5.30	" "	" (40分)	9	3	3	3	—	—	—	—
	6.9, 12	" "	"	113	30	30	30	23	—	—	—
	6.12	" "	" (40分)	8	2	2	2	2	—	—	—
	6.12	円錐形 "	傾斜曳	6	...	...	...	...	...	...	...
	6.21	角 形 "	水平曳(20分)	8	—	—	—	—	2	2	4
計				666	155	155	197	145	2	2	4

III. 解析のための準備作業

スケトウダラの卵・稚仔魚の採集記録について、次の手順で解析のための準備作業を行った。

1. データ・シートの作成

膨大な量にのぼる基礎資料を、限られた時間内に効率良く解析するために、解析に直接必要な項目を選定し、第3表にしたがってデータ・シートを作成し、コンピューターに入力する準備をした。

第3表 データ・シート作成上の約束

項目	使用カラムNo.	単位	説明
採集年月	日		1979年→79; 1980年→80
曳網定點	9-10		狭域→1; 広域→2; 沿岸域→3
採集器具	14-15		第1図~第3図のとおり
代表面積	20	0.01km ²	MTD→1; NORPAC→2
曳網水深	28-30	m	
水温	33-35	m	
濾水計回転数	39-40	0.1°C	
スケトウダラ卵採集総卵数	42-45		
"桑実期卵数	46-50		
スケトウダラ稚仔魚採集尾数	51-55		
実測値・補間値の区分	56-60		
	65		

第4表 使用濾水計等を無網状態で100m水平に曳航した更正試験結果

曳航方向	曳航回	曳航開始時刻	曳航時間	濾水計回転数		
				T	S	K
170°	1	10° 35' 50"	97"	670		1,280
	3	42 08	171	649		1,220
	5	50 41	107	661		1,212
	7	58 17	108	769		1,240
	9	11 05 21	120	649		1,253
	11	13 00	109	665		1,207
	13	20 50	120	683		1,250
	15	28 41	114	684		1,255
	17	36 58	122	672		1,251
	19	45 21	121	680		1,239
	21	53 15	111	676		1,245
	23	12 00 54	119	676		1,226
	25	09 21	133	684		1,233
	27	17 17	129	708		1,297
	29	25 05	151	687		1,249
	合 計			10,213		
	平均			680.9		
	標準偏差			28.65		
350°	2	10° 39' 38"	120"	758		1,416
	4	47 00	122	763		1,396
	6	54 36	127	955 ¹⁾		1,397
	8	11 01 59	127	752		1,384
	10	09 19	129	760		1,424
	12	16 50	136	750		1,371
	14	24 54	127	732		1,345
	16	32 54	133	778		1,377
	18	41 06	126	743		1,338
	20	49 24	122	728		1,322
	22	56 53	125	728		1,320
	24	12 05 13	128	745		1,337
	26	13 13	131	752		1,324
	28	20 52	132	750		1,367
	30	29 20	154	748		1,398
合 計				11,437		
平均				762.5		
標準偏差				54.86		

¹⁾ 濾水計の操作ミス等に基づく異常値と推定される。

2. 採集記録の標準化

1) MTDネット採集記録

(1)無網曳航試験結果

1980年4月1日、岩内港付近の海域に、100m間隔で浮標2個を設置し、この浮標間の航走を15往復繰り返しながら、今回の卵・稚仔魚採集時に用いたTSK濾水計の無網更正試験が行われた。この試験で得られたTSK濾水計及び参考に用いたデジタル濾水計の回転数は、第4表のとおりであった。

曳航方向別回転数の間には統計的に有意差が認められることから、この無網更正試験実施時には、この海域では南向きの流れが存在していたと推測される。採集記録の標準化のためには、両方向の平均回転数を求め、その値を使用した。

(2)海水1,000m³当り個体数密度(N)の算出

MTDネットの網口リングの直径は56cmで、これは網口の面積が約1/4m²になるように設計されたものである。したがって、無網状態で100m曳

航した場合に、リング内を通過する水量は約 25m^3 となる。この 25m^3 に相当するTSK濾水計の平均回転数は約720であったので、 $1,000\text{m}^3$ 当りの回転数は約28,800となる。

MTDネットによる各採集時の濾水計回転数を r 、採集個体数を n とすれば、海水 $1,000\text{m}^3$ 中のスケトウダラ卵もしくは稚仔魚の個体数密度 N は、次式によって求められる。

$$N = n \cdot \frac{28,000}{r}$$

このようにして、MTDネットによる各採集記録を標準化した。

2) NORPACネット採集記録

(1)無網曳揚試験結果

1980年10月3日、NORPACネットによる採集記録を標準化するために、このネットのリングに、調査に使用したTSK濾水計を装着し、無網状態と有網状態で交互に各5回、水深150m層から表層までの鉛直曳試験が実施された。その試験結果を第5表に示した。

有網状態の濾水計平均回転数と無網状態のそれを比較すると、この試験時の平均濾水率は74.3%であった。

なお、TSK濾水計を100m水平に曳航した場合の平均回転数が721であり（第4表）、150m鉛直に曳きあげた場合のそれが1,078であった（第5表）。両回転数の比は1.495で、今回の調査に用いられた濾水計の精度が信頼に耐えるものであることを示唆している。

(2)海水 $1,000\text{m}^3$ 当り個体数密度(N)の算出

NORPACネットの網口リングの直径は45cmである。したがって、無網状態で水深150m層から海の表面まで鉛直曳きした場合のリング内通過水量は、

$$150\pi(0.225)^2 = 23.856 \quad (\text{m}^3)$$

となる。この水量に相当する濾水計の平均回転数は1,077.8であったから、 $1,000\text{m}^3$ に相当する濾水計回転数は、

$$1,077.8 \times \frac{1,000}{23.856} = 45,179$$

となる。

したがって、NORPACネットによる各採集時の濾水計回転数を r 、採集個体数を n とすれば、 $1,000\text{m}^3$ 当りの個体数密度 N は、次式によって求められる。

$$N = n \cdot \frac{45,179}{r}$$

IV. 解析結果

1. 卵・稚仔魚出現期の検討

調査海域におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の採集が、適期に行われていたか否かを検討するため、各調査実施毎の標準化された卵・稚仔魚の個体数密度について、全曳網の平均値

第5表 使用濾水計の150m鉛直曳き更正試験結果

曳網回	濾水計回転数	網	
		無網	有網
1	1,160	2	891
3	1,120	4	518
5	1,121	6	921
7	1,034	8	840
9	954	10	834
合 計	5,389		4,004
平 均	1,077.8		800.8
標準偏差	83.14		162.17

第6表 採集方法別スケトウダラ卵・稚仔魚平均個体数密度（個体数/1,000m³）の推移

調査 海域	調査年月日	M T D ネット 各層 水平曳								NORPAC ネット 鉛直曳
		総平均	0 m	3 m	10 m	20 m	40 m	60 m	100 m	
[卵]										
狭域	1979.12.17	843	1,239	646	1,130	697	421	—	—	724
"	12.24	6,852	6,547	6,422	11,617	5,394	6,215	—	—	3,313
"	1980.1.14	142,650	169,872	159,092	134,632	118,629	132,094	—	—	145,551
"	1.28	63,579	66,364	51,403	67,300	67,871	67,275	—	—	71,479
"	2.5	26,742	36,324	26,749	25,532	20,998	22,356	—	—	23,691
広域	2.10	7,442	10,415	6,829	7,126	6,061	6,618	6,429	7,288	5,622
狭域	2.22	4,664	4,434	4,285	5,428	4,541	4,966	—	—	7,790
広域	2.25	2,163	796	1,056	1,239	851	1,058	3,085	37,898	3,086
狭域	3.7	1,201	1,233	1,116	1,434	1,086	1,210	—	—	1,557
"	3.14	667	781	508	689	658	725	—	—	1,128
沿岸域	2.5	43,677	83,269	28,429	19,333	—	—	—	—	16,935
"	2.22	882	1,104	819	723	—	—	—	—	865
[稚仔魚]										
狭域	1979.12.17	0	0	0	0	0	0	—	—	0
"	12.24	0	0	0	0	0	0	—	—	0
"	1980.1.14	67	61	59	48	89	73	—	—	0
"	1.28	572	201	396	555	1,044	695	—	—	323
"	2.5	514	295	444	524	787	525	—	—	594
広域	2.10	989	390	680	1,134	1,542	1,711	91	22	643
狭域	2.22	214	37	115	169	416	365	—	—	389
広域	2.25	80	36	48	72	149	82	155	80	70
狭域	3.7	12	1	3	0	38	15	—	—	4
"	3.14	6	0	1	3	8	21	—	—	8
沿岸域	2.5	1,098	512	1,000	1,783	—	—	—	—	1,166
"	2.22	265	80	327	389	—	—	—	—	291

を求めて第6表に示した。また、第4図には、調査回数が最も多かった狭域調査における卵・稚仔魚個体数密度の全曳網平均値の推移を示した。

スケトウダラ卵は、12月中旬から3月中旬まで、すなわち、全調査期間にわたって出現し、個体数密度の最高値は1月中旬の調査時に得られた。一方、スケトウダラ稚仔魚は、MTDネットによる採集では1月中旬から、NORPACネットによる採集では1月下旬から、それぞれ出現し、2月下旬までは比較的高い密度であったが、その後は密度が急速に低下した。

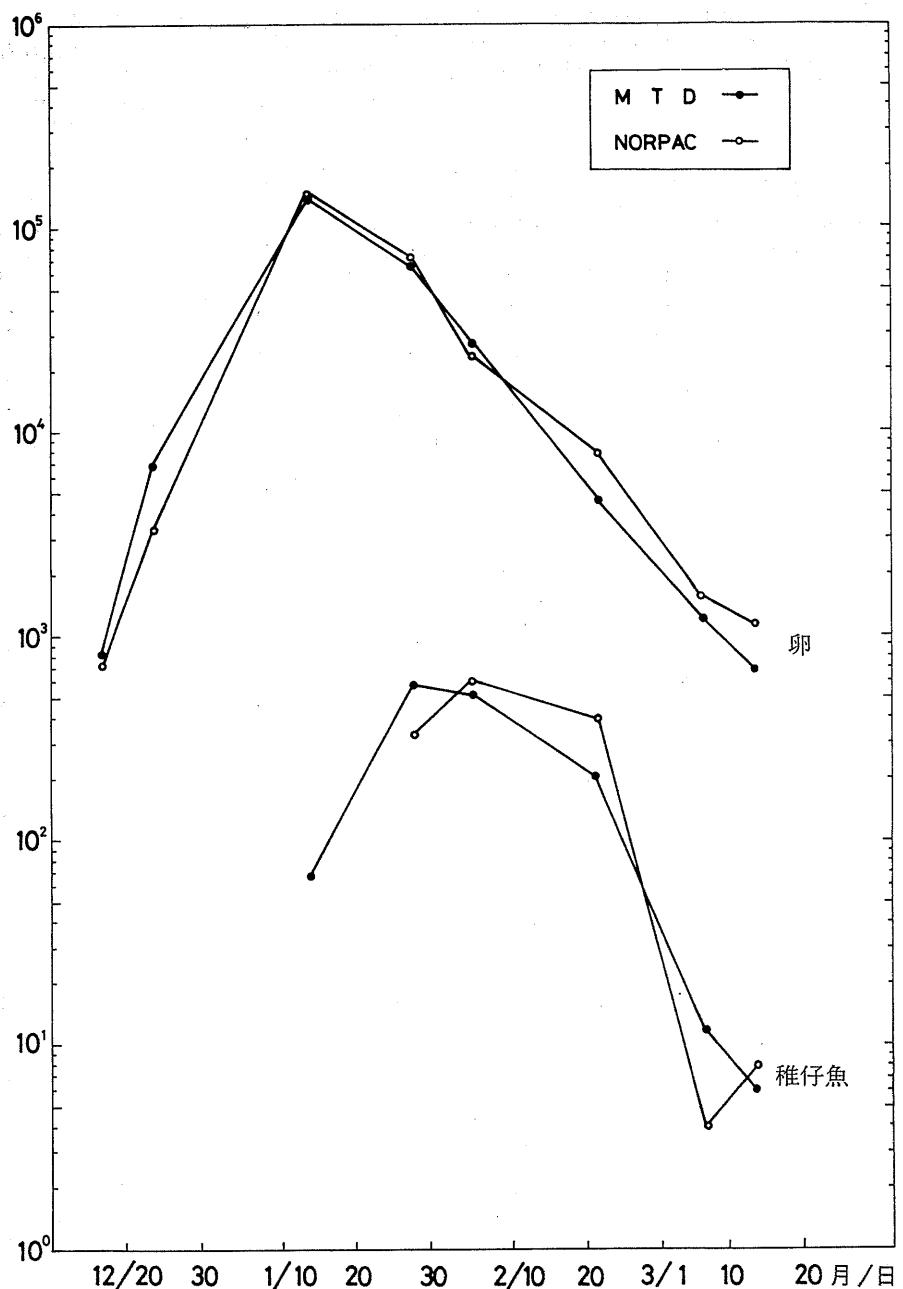
卵・稚仔魚とも、MTDネット、NORPACネットで同一調査時に得られた個体数密度の間には、顕著な差が認められなかった（第4図）。また、稚仔魚の出現盛期は、卵のそれよりも約2週間遅れていた（第4図）。このずれは、スケトウダラ卵の孵化実験結果（遊佐, 1954; HAMAI et al, 1971; 等）と、後出する調査時の水温（第25図、第26図）からみて、ほぼ妥当なものであると考えられる。

以上の事実から、この報告の基礎となった卵・稚仔魚調査は、この冬のこの海域におけるスケトウダラの産卵実況を、ほぼ適確に把握し得る期間に実施されたものと判断した。

2. 卵・稚魚分布構造の検討

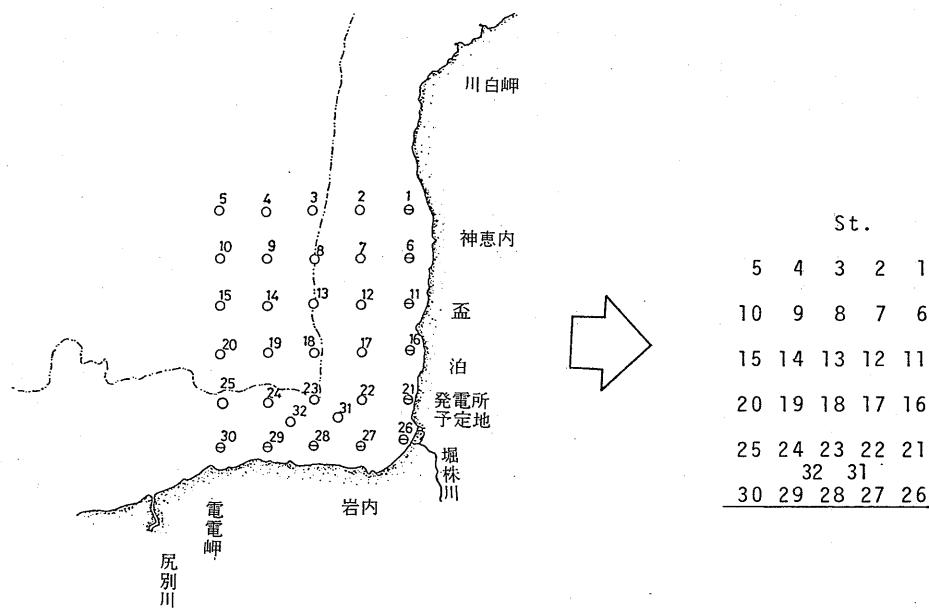
1) 水平分布

調査海域に接する海岸線がほぼ直交していることを利用して、調査海域内におけるスケト



第4図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚個体数密度の推移

ウダラ卵・稚仔魚の個体数密度や水温の水平分布を、第5図に例示するような方法で模式的に示すことにした。



第5図 水平分布の模式的表現方法の1例

MTDネット及びNORPACネットによって採集されたスケトウダラ卵個体数密度の（各層別）水平分布状況を、 $\log(N+1)$ の指標（整数部分）を用いて、第6図（狭域調査）及び第7図（広域調査）に示した。また、同様な方法でスケトウダラ稚仔魚の個体数密度の水平分布を、第8図及び第9図に示した。

MTDネット、NORPACネットとも、標準化のための係数は、いずれも 10^1 以上であるので、スケトウダラの卵・稚仔魚が出現した曳網の個体数密度の指標は、すべて1以上となり、指標0の場合は、すべて卵や稚仔魚が全く採集されなかったことを示している。

卵は殆どすべての曳網点、曳網層において採集された（第7表）。いいかえれば、出現初期を除けば、調査範囲の全域にわたってスケトウダラ卵が広く分布していた。また、第5図及び第6図によれば、少くとも出現盛期においては、調査海域外にも拡がっていたことを示唆していた。

一方、スケトウダラ稚仔魚の分布範囲は、出現盛期に相当する1月下旬～2月下旬までの間には、調査範囲のほぼ全域にわたっていたが、その前後の期間には偏在した分布を示した（第8図、第9図、第7表）。

なお、産卵場の位置や範囲を推測するための手がかりとして、産卵されてからの経過時間が短かい桑実期までの卵のみの個体数密度の水平分布状況を、同様な方法で第10図及び第11図に示した。

	<u>12/17</u>	<u>12/24</u>	<u>1/14</u>	<u>1/28</u>	<u>2/5</u>	<u>2/22</u>	<u>3/7</u>	<u>3/14</u>
<u>N T D</u>	2 3 2 3 1	2 2 1 0 2	2 2 4 4 4	3 3 4 4 3	4 3 4 4 4	2 3 4 4 3	2 2 2 3 1	2 2 2 3 2
	3 3 3 3 1	3 3 1 1 3	2 1 4 5 4	4 4 3 4 4	3 3 4 4 4	3 4 3 3 2	2 3 3 4 0	2 2 3 3 3
0m	3 2 2 3 1	4 4 4 3 2	5 5 5 5 4	5 5 4 5 4	4 4 4 4 4	3 4 3 3 3	1 1 3 3 1	2 3 2 2 1
	2 3 2 3 0	3 3 3 3 2	4 5 5 4 5	4 5 4 4 4	4 4 4 4 4	3 3 3 3 2	2 1 1 3 2	2 2 2 3 2
	2 2 3 3 2	4 4 2 2 3	4 5 5 4 3	4 4 4 4 5	4 4 5 4 5	3 3 3 2 3	2 3 2 2 1	2 3 3 2 1
	1 2 2 2 2	4 1	5 3	4 4	4 4	3 2 2 2 2	2 3 2 2	2 2 2 2
		0 2 2 1 2	5 5 4 5 3	4 4 5 4 4	4 4 3 3 4	1 2 1 1 2	2 1 1 1 2	2 1 1 1 2
	0 2 3 3 0	2 2 0 1 2	2 2 4 4 4	4 4 4 5 4	4 3 4 4 4	3 3 4 4 2	2 2 2 3 1	2 1 2 2 2
	3 2 3 3 1	3 3 1 1 3	1 1 3 5 3	4 4 3 4 4	4 4 4 4 4	3 4 3 4 3	2 2 3 3 2	2 2 2 2 2
3m	2 2 2 2 0	3 4 4 3 2	5 5 5 5 4	4 5 4 5 4	4 4 4 4 4	3 4 3 3 3	2 1 3 3 2	2 3 2 2 1
	2 2 2 3 0	4 3 3 1 2	5 5 5 4 4	5 5 4 4 4	3 4 4 4 4	3 2 3 3 3	0 1 0 3 2	2 2 3 2 2
	3 2 3 2 2	4 4 2 1 2	4 5 5 4 5	4 4 4 4 4	3 4 3 3 4	3 3 3 2 3	2 3 3 2 2	2 3 3 2 2
	1 1 2 0 2	4 1	4 4	4 4	3 4 3 3 4	3 3 3 2 3	2 2 1 2 2	0 1 1 2 1
		1 1 2 2 2						
	0 . 2 3 .	2 . 1 1 .	3 1 4 4 .	4 3 3 4 .	4 3 4 4 .	3 3 4 2 .	2 2 2 3 .	2 2 2 2 .
	. 2 . . .	. 3 . . .	2 2 4 4 .	4 3 3 4 .	4 4 4 4 .	3 4 4 4 .	2 2 3 3 .	2 2 2 2 .
10m	2 . 2 2 2 .	4 3 3 3 .	5 5 5 5 .	5 5 4 5 .	4 4 4 4 .	3 3 3 4 .	2 2 3 3 .	2 2 2 2 .
	. 1 . 3 .	4 3 . 2 .	5 5 5 5 .	4 5 4 4 .	3 4 4 4 .	3 1 3 3 .	2 1 1 3 .	2 2 3 2 .
	2 ' . 3 . .	4 4 3 1 .	5 5 4 4 .	4 4 4 4 .	4 4 4 4 .	3 3 3 2 .	2 0 2 3 .	2 3 2 2 .
		4 1	4 4	4 4	4 4	1 2	1 3	2 3
	0 2 2 3 0	2 2 0 1 3	2 2 3 4 4	3 3 3 4 4	4 3 3 4 4	3 3 4 3 2	2 2 2 3 1	2 1 2 2 2
	2 0 2 3 1	3 3 2 0 3	2 2 4 3 3	4 3 3 4 4	4 4 4 4 4	3 3 4 4 3	2 2 3 3 2	2 2 2 3 2
20m	2 1 1 2 1	4 3 3 3 3	5 5 5 5 4	5 5 4 5 4	4 4 4 4 4	3 4 3 4 3	2 2 2 3 1	2 2 2 2 1
	1 2 2 3 2	3 3 2 2 1	4 4 5 5 4	4 5 4 4 4	4 4 4 4 4	3 2 3 3 3	1 2 0 3 3	2 2 3 2 2
	2 2 3 3 2	4 4 2 3 2	4 5 4 4 4	4 4 4 4 4	4 4 4 4 4	3 3 3 2 3	2 3 3 3 3	2 2 2 2 3
	0 2 2 1 0	2 1 3 0 2	4 1	5 4	4 4	3 2 2 2 2	2 2 2 1 2	2 2 3 3 2
		4 3 4 4 2		4 4 4 5 3	3 4 3 3 3			
	0 . 1 2 .	2 . 0 0 .	2 1 4 4 .	3 3 4 4 .	4 3 4 4 .	3 3 4 3 .	1 1 2 3 .	2 1 2 2 .
	. 1 . . .	. 3 . . .	2 1 3 5 .	4 4 3 4 .	3 3 4 4 .	3 3 3 4 .	2 1 2 2 .	2 2 2 3 .
40m	1 0 1 3 .	4 3 2 3 .	4 4 5 5 .	5 5 5 5 .	4 4 4 4 .	3 3 3 3 .	3 2 2 3 .	2 3 2 2 .
	. 2 . 2 .	3 4 . 2 .	4 4 5 5 .	5 4 5 4 .	4 4 4 4 .	3 3 3 1 .	1 2 1 3 .	2 2 3 2 .
	2 . 3 . .	4 4 3 1 .	4 5 4 4 .	4 4 4 3 .	4 4 4 4 .	2 3 3 2 .	2 3 3 3 .	2 3 2 2 .
		3 2	5 4	4 4	4 3	2 3	2 3	2 2
	<u>NORPAC</u>	1 2 2 2 .	2 2 2 2 .	3 2 4 4 .	3 3 4 4 .	4 4 4 4 .	3 3 4 4 .	1 1 2 3 .
		. 2 . . .	. 3 . . .	3 2 3 5 .	4 4 3 4 .	3 3 3 4 .	2 4 4 3 .	2 2 2 3 .
0m	2 2 2 2 .	3 3 2 3 .	5 2 5 5 .	4 4 4 4 .	4 4 4 4 .	2 3 4 3 .	3 2 3 3 .	2 2 3 2 .
	. 2 . 2 .	. 3 . 3 .	5 5 5 5 .	4 5 4 4 .	4 4 5 4 .	3 3 3 3 .	0 2 2 2 .	2 3 2 2 .
	2 . 3 . .	4 . 3 . .	5 . 4 . .	4 5 5 4 .	4 4 4 4 .	3 4 3 2 .	3 3 3 3 .	2 2 3 2 .
						3 2	2 3	3 3
	150m	.. . .	.. . .	.. . .	.. . .	.. . .	.. . .	.. . .

第6図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ卵個体数密度の各層水平分布
〔図中の数字は $\log(N+1)$ の指標を, ·は曳網不実施点を示す〕

<u>2/10, MTD</u>							<u>2/25, MTD</u>							<u>2/10, MTD</u>							<u>2/25, MTD</u>																
4	3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	2	.	3	2	3	3	.	2	2	2	2	.	3	2	3	3	.	2	2	2	2	.					
4	3	3	3	3	3	.	2	1	2	2	2	.	3	3	3	3	.	2	2	2	2	.	40m	2	3	3	3	.	2	2	2	2	.				
<u>0m</u>	3	3	3	3	3	.	1	2	2	2	2	.	4	4	3	3	.	3	2	3	2	.	3m	3	3	3	3	.	3	3	3	3	.				
4	3	4	3	3	3	.	3	3	3	2	2	.	4	4	4	4	.	4	3	3	3	.	3m	3	3	3	3	.	3	3	3	3	.				
	3	3	3	3	3	.	3	3	3	3	3	.	3	3	3	3	.	3	3	3	3	.		.	.	.	.	.	3	3	3	3	.		
	4	4	3	3	3	.	3	1	2	2	2	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	2				
3	3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	2	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	2					
4	3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	1	2	.	60m	.	.	.	3	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<u>3m</u>	4	3	3	3	3	.	2	2	2	2	2	2	3	4	.	3	3	
4	3	3	3	3	3	.	3	3	3	2	2	.	.	.	.	.	3	3	.	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	3	.	.
	3	3	3	3	3	.	3	3	3	3	3	2	.	100m	.	.	.	3	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4	3	3	3	3	.	2	2	2	2	3	2	.	.	.	.	4	4	.	3	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	3	3	3	3	3	.	3	2	2	2	3	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	1	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<u>10m</u>	4	4	3	3	3	.	1	2	2	2	3	.																									
4	3	3	3	3	3	.	3	2	3	2	.																										
	3	3	3	3	3	.	3	3	3	3	3	.																									
	4	3	3	3	3	.	3	3	3	3	3	.																									
																									
3	3	3	3	3	3	.	3	2	2	2	2	2	.					3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	2	.								
3	3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	1	2	.					4	3	3	3	3	.	2	2	1	2	.									
<u>20m</u>	3	4	3	3	3	3	2	2	2	2	3	1	.					3	3	3	3	3	.	2	2	2	3	.									
4	3	3	3	3	3	.	3	2	3	2	2	2	.					3	3	3	3	3	.	3	2	2	3	.									
	3	4	3	3	3	.	3	3	3	3	3	3	.					3	3	3	3	3	.	3	3	3	3	.									
	3	3	3	3	3	.	3	3	3	3	3	1	.					3	4	.	3	4	.	3	3	3	3	.									
	3	3	3	3	3	.	2	2	2	2	2	2	.					.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

第7図 広域調査海域内におけるスケトウダラ卵個体数密度の各層水平分布
〔図中の数字は $\log(N+1)$ の指標を、・は曳網不実施点を示す〕

	<u>12/17</u>	<u>12/24</u>	<u>1/14</u>	<u>1/28</u>	<u>2/5</u>	<u>2/22</u>	<u>3/7</u>	<u>3/14</u>
<u>M T D</u>	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 2	1 2 0 0 0	2 1 2 2 2	0 2 2 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1 1 1 1	1 2 2 1 0	1 2 2 1 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
<u>0m</u>	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1 2 1 1	2 2 0 2 2	2 2 2 3 2	1 2 1 1 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 2 0 2 0	3 0 1 3 1	2 2 0 1 2	0 0 1 1 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1 0 0 0	0 1 1 2 0	2 2 2 1 3	1 2 0 0 1	0 1 0 0 0	0 0 0 0 0
		0 0	2 0	2 2	2 1	0 0	0 0	0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 2 0 0	2 2 2 2 1	1 1 0 1 1	0 1 0 0 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
<u>3m</u>	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1 0 1 1	2 2 2 2 2	2 2 2 3 2	1 1 2 2 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	2 2 1 2 0	2 2 2 3 3	2 2 2 2 2	2 0 1 0 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 0 2 0 0	2 2 2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 1 2 2	0 1 0 0 0	0 0 0 0 0
		0 0	0 0	2 2	2 2	1 2	0 0	0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 2 0 0	2 2 2 3 2	2 2 0 1 2	0 2 1 2 1	0 1 0 0 1	0 0 0 0 0
<u>10m</u>	0 . 0 0 .	0 . 0 0 .	0 0 1 0 .	1 2 1 2 .	1 2 2 2 .	1 2 2 0 .	0 0 0 0 .	0 0 0 1 .
	. 0 . . .	. 0 . . .	0 0 1 0 .	2 1 2 2 .	2 2 2 2 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .
	0 0 0 0 0 .	0 0 0 0 0 .	2 2 1 0 .	2 3 2 2 .	3 2 3 3 .	2 1 1 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .
	. 0 . 0 .	0 0 . 0 .	0 1 2 0 .	2 2 2 3 .	2 2 2 2 .	1 0 0 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .
	0 . 0 . .	0 0 0 0 .	1 1 0 0 .	2 2 3 3 .	2 2 1 2 .	2 2 1 1 .	0 0 0 0 .	0 1 0 0 .
		0 0	0 0	2 2	2 2	0 2	0 0	0 0
	0 0 0 0 0 .	0 0 0 0 0 .	0 0 2 0 0 .	2 2 3 3 .	2 2 1 2 .	2 1 3 2 .	0 1 2 0 .	0 0 0 0 0 .
<u>20m</u>	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	2 3 1 2 3	2 2 3 3 3	1 2 2 0 1	1 0 1 0 1	1 1 0 0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 1 0 2	2 2 2 3 3	2 2 2 2 1	2 2 2 2 2	0 0 1 1 2	0 0 0 1 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 2 2 2 2	2 2 2 2 3	2 2 3 2 3	2 2 2 2 2	0 1 1 0 1	0 0 0 1 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 2 0	3 3 3 3 1	1 2 2 2 2	2 1 2 2 2	0 0 0 1 0	0 0 1 0 1
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	2 0 0 0 0	2 2 3 3 0	2 3 2 3 3	2 2 1 1 2	0 0 0 2 1	1 0 0 0 0
		0 0	0 0	2 3	2 3	2 3	0 2	0 0
	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 1 0	2 2 3 3 2	2 1 3 2 1	2 3 3 2 1	0 1 2 0 1	0 0 0 0 0
<u>40m</u>	0 . 0 0 .	0 . 0 0 .	0 0 0 1 .	2 2 2 2 .	1 2 3 3 .	0 1 2 1 .	0 0 0 1 .	0 0 1 0 .
	. 0 . . .	. 0 . . .	0 0 0 0 .	1 2 2 3 .	2 2 2 2 .	2 1 1 2 .	0 0 0 0 .	0 1 0 0 .
	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .	0 2 2 2 .	3 2 2 3 .	2 2 3 2 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	1 1 1 1 .
	. 0 . 0 .	0 0 . 0 .	0 1 2 2 .	2 2 3 1 .	2 2 2 2 .	2 3 2 1 .	1 0 0 1 .	1 0 0 1 .
	0 . 0 . .	0 0 0 0 .	1 0 0 0 .	2 2 2 2 .	2 2 2 3 .	1 3 2 2 .	1 0 1 1 .	1 1 1 1 .
		0 0	0 0	2 2	2 2	2 1	0 2	1 1
	0 0 0 0 0 .	0 0 0 0 0 .	0 0 0 . .	0 2 2 3 .	3 2 2 3 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .
<u>NORPAC</u>	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .	2 2 2 0 .	2 3 3 3 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 2 0 .
	. 0 . . .	. 0 . . .	0 0 0 0 .	0 2 0 2 .	2 1 2 2 .	1 2 2 2 .	0 0 0 1 .	0 0 0 0 .
<u>0m</u>	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .	0 2 2 0 .	2 1 2 0 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 1 0 .
↑	. 0 . 0 .	. 0 . 0 .	0 0 0 0 .	2 2 2 2 .	2 2 2 2 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .
<u>150m</u>	0 . 0 . .	0 . 0 . .	0 . 0 . .	0 2 2 3 .	3 2 2 3 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .
		0 0	0 0	0 2	3	1 3	0 0	0 0
	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .	0 0 0 . .	0 2 2 3 .	3 2 2 3 .	2 2 2 2 .	0 0 0 0 .	0 0 0 0 .

第8図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ稚仔魚個体数密度の各層水平分布
〔図中の数字は $\log(N+1)$ の指標を、・は曳網不実施点を示す〕

<u>2/10, MTD</u>				<u>2/25, MTD</u>				<u>2/10, MTD</u>				<u>2/25, MTD</u>					
2	3	2	2	2	1	1	1	1	3	2	2	2	1	2	0	1	
2	2	1	2	2	0	1	1	0	2	3	1	2	2	1	1	2	
<u>0m</u>	2	2	2	3	2	0	1	1	1	40m	2	3	3	3	1	0	1
2	2	2	1	2	1	1	1	1	3	3	3	2	1	1	1	2	
0	2				1	1			2	3			1	2			
2	0	2				1	1	0	3	3			1	1			
0	1	2			0	1	0		.	.			.	.
2	3	2	2	2	1	1	0	1	.	.	.	1	.	.	.	1	
2	3	1	2	2	1	2	0	0	60m	.	.	.	1	.	.	.	1
<u>3m</u>	3	3	2	3	2	0	1	1	1	.	2	0	.	2	2	.	.
3	2	2	1	3	2	1	1	1	0	.	.	1	.	.	.	2	
2	0				0	1			100m	.	.	0	.	.	.	1	
2	0	2				0	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
1	2	2			2	1	2	1	2/10, NORPAC	1	1	.	2	0	.	.	
2	3	2	2	.	1	2	2	1	2/25, NORPAC	.	.	.	.	.	.	.
<u>10m</u>	2	3	3	0	.	0	1	1	2	1	2	1	2	0	1	0	
2	3	2	3	.	1	1	1	1	2	3	0	2	2	0	1	.	
2	2			.	1	1			2	2	2	3	0	0	2	2	
2	3	.	.	.	1	2			2	2	3	2	2	0	0	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2	2	0	0	1	.
3	3	3	2	2	1	1	1	1	2/10, NORPAC	1	2	1	2	.	1	0	
3	3	1	1	1	1	2	1	0	2/25, NORPAC	2	3	0	2	.	2	2	
<u>20m</u>	2	3	3	3	2	0	0	1	2	2	2	2	3	0	0	2	
3	3	3	2	3	2	1	1	2	2	2	2	3	2	2	0	0	
2	2			.	1	2			2	2	2	2	2	0	0	.	
3	3	2				1	2	0	2	2	2	2	2	0	1	.	
2	3	1				2	3	0	0	.	.	.	.	.	.	.

第9図 広域調査海域内におけるスケトウダラ稚仔魚個体数密度の各層水平分布
〔図中の数字は $\log(N+1)$ の指標を、・は曳網不実施点を示す〕

	<u>12/17</u>	<u>12/24</u>	<u>1/14</u>	<u>1/28</u>	<u>2/5</u>	<u>2/22</u>	<u>3/7</u>	<u>3/14</u>
<u>M T D</u>	0 0 2 1 0	2 0 0 0 0	0 2 4 2 0	2 1 3 3 1	3 2 2 2 0	2 2 3 3 1	1 2 2 3 0	1 1 1 2 2
	0 1 2 2 0	3 3 1 1 2	0 0 4 5 0	0 2 2 3 3	1 1 3 3 2	2 3 2 3 0	1 2 3 4 0	0 1 2 2 3
<u>0m</u>	0 0 0 3 1	3 4 4 3 1	4 5 5 4 0	4 4 3 0 0	3 3 3 4 4	1 3 3 3 2	1 0 3 3 1	2 2 2 2 0
	1 3 2 3 0	4 3 3 0 0	4 5 4 3 0	4 4 4 2 0	4 3 4 3 3	2 2 2 2 0	1 0 1 3 1	2 2 2 3 2
	0 2 2 2 1	4 4 2 0 0	4 5 4 3 1	3 4 3 3 3	3 4 5 4 3	2 2 1 0 0	2 3 2 2 0	2 2 2 2 1
		4 0	0 0	3 3	4 3	1 0	1 3	2 0
	0 0 0 0 0	0 0 1 1 0	4 4 2 0 0	4 4 3 2 0	2 1 1 2 2	0 0 0 0 0	1 0 0 0 1	2 0 0 1 2
<u>3m</u>	0 0 1 2 0	2 1 0 1 0	0 0 4 0 0	2 1 3 3 3	3 1 2 3 0	2 2 3 3 0	1 2 2 3 1	1 0 1 1 2
	0 0 1 2 0	3 3 1 0 2	0 0 0 5 0	3 2 2 4 0	2 2 2 4 2	2 3 3 3 0	1 2 3 3 0	1 2 2 2 2
	0 0 0 2 0	3 4 4 3 1	4 5 5 4 0	4 4 4 0 2	4 3 3 4 2	2 3 2 3 2	2 0 3 3 1	2 2 2 2 0
	1 1 2 3 0	4 3 3 0 0	4 5 4 3 0	4 4 4 2 0	3 3 4 3 3	3 1 3 2 2	0 1 0 3 1	2 2 2 2 2
	1 2 3 2 1	4 4 2 0 0	4 5 5 0 0	3 3 3 3 0	3 4 3 4 3	2 2 2 0 1	1 2 2 1 1	2 2 2 2 2
		4 0	0 0	2 2	4 3	0 1	2 3	2 2
	0 3 0 0 0	0 0 1 1 0	4 4 2 0 0	4 3 3 2 0	2 2 1 2 3	1 0 0 0 1	1 0 0 0 1	0 0 1 2 1
<u>10m</u>	0 . 2 2 .	1 . 0 1 .	0 0 3 0 .	2 0 3 2 .	3 1 2 2 .	2 2 3 2 .	0 1 2 3 .	1 1 1 1 .
	. 1 . . .	. 3 . . .	0 2 4 4 .	3 0 2 3 .	3 2 3 4 .	2 3 3 4 .	1 2 3 3 .	1 0 2 2 .
	0 0 0 0 .	3 3 3 3 .	5 5 5 4 .	4 4 4 0 .	3 3 3 4 .	2 2 2 3 .	2 2 3 3 .	2 2 2 2 .
	. 1 . 2 .	4 3 . 1 .	4 4 4 4 .	4 4 3 2 .	2 3 4 4 .	2 0 3 2 .	1 1 1 3 .	2 2 2 2 .
	1 . 3 . .	4 4 3 1 .	4 5 0 0 .	3 4 4 3 .	3 4 4 4 .	3 2 2 0 .	0 0 2 3 .	2 2 2 2 .
		4 1	0 0	3 3	4 3	0 0	0 3	1 2
<u>20m</u>	0 1 2 1 0	2 1 0 0 3	0 0 3 2 0	2 0 3 0 3	3 0 2 2 0	2 2 3 2 0	1 2 2 2 0	0 1 1 1 2
	0 0 0 2 0	3 2 1 0 3	1 0 4 1 0	3 0 2 4 2	3 2 2 3 0	2 3 3 3 2	2 1 2 3 0	1 0 2 2 2
	0 0 0 2 0	3 3 2 3 2	4 4 4 5 0	4 4 4 3 0	3 3 3 4 3	2 3 3 3 2	2 2 2 3 0	2 2 2 1 0
	0 2 2 3 1	3 3 2 2 0	4 4 4 5 0	4 4 4 2 0	3 3 4 3 3	2 1 3 2 2	0 2 0 3 2	2 2 2 2 1
	1 2 3 2 1	4 3 0 3 0	4 4 0 1 0	4 4 4 3 3	3 3 4 4 3	2 2 2 0 0	1 3 2 3 2	2 2 2 2 3
		4 1	0 0	3 3	3 3	0 1	2 3	1 2
	0 2 0 0 0	2 0 3 0 1	3 2 0 0 0	3 3 3 4 0	2 3 2 2 3	1 0 0 0 1	1 0 2 0 1	2 2 2 2 2
<u>40m</u>	0 0 1 1 .	2 . 0 0 .	0 0 3 0 .	2 2 3 2 .	3 1 2 2 .	2 2 3 3 .	0 0 2 3 .	1 0 1 1 .
	. 1 . . .	. 3 . . .	0 0 3 5 .	3 2 2 4 .	2 2 3 3 .	2 3 3 3 .	1 1 2 1 .	2 1 2 2 .
	0 0 0 3 .	4 3 2 2 .	3 4 4 5 .	4 4 4 3 .	3 3 3 4 .	2 2 2 3 .	3 2 2 2 .	2 2 2 2 .
	. 2 . 2 .	3 4 . 2 .	4 3 4 5 .	4 3 3 2 .	3 3 4 3 .	3 2 2 1 .	1 2 1 3 .	2 2 2 2 .
	1 . 3 . .	4 3 3 0 .	4 4 3 0 .	4 4 4 2 .	3 3 4 4 .	1 2 2 0 .	2 2 2 3 .	2 2 2 2 .
		3 0	0 0	3 2	4 2	1 0	2 2	2 0
<u>NORPAC</u>	0 1 1 2 .	2 2 1 0 .	0 0 4 3 .	1 1 3 2 .	3 2 3 3 .	2 2 3 3 .	0 0 2 2 .	1 1 2 1 .
	. 1 . . .	. 3 . . .	0 0 3 5 .	4 2 0 4 .	2 2 2 3 .	1 3 3 3 .	0 1 2 3 .	1 0 2 2 .
<u>0m</u>	1 0 0 2 .	3 3 2 3 .	4 2 5 4 .	4 4 4 3 .	3 2 3 4 .	2 2 2 3 .	2 2 3 3 .	1 2 2 2 .
↑	. 2 . 2 .	. 3 . 3 .	4 4 5 5 .	4 4 4 0 .	3 3 4 3 .	3 3 3 2 .	0 2 2 2 .	1 2 2 1 .
<u>150m</u>	2 . 3 . .	3 . 3 . .	4 . 3 . .	4 5 4 4 .	3 3 4 4 .	2 3 3 0 .	2 2 3 3 .	1 2 2 2 .
					4 3	0 0	2 3	3 3

第10図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵個体数密度の各層水平分布
〔図中の数字は $\log(N+1)$ の指標を、・は曳網不実施点を示す〕

<u>2/10, MTD</u>					<u>2/25, MTD</u>					<u>2/10, MTD</u>					<u>2/25, MTD</u>					
3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	.	
2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	3	2	1	1	.	1	1	1	.	
<u>0m</u>	2	2	1	2	2	0	0	1	2	2	<u>40m</u>	0	2	1	2	.	0	0	1	2
3	3	2	0	2	2	2	2	1	1	0	3	3	2	2	.	2	2	2	1	
1	2					3	2				3	3			2	3				
	3	2	2				2	0	1		3	2				2	2			
	4	3	2				2	0	0		.	.	.	.		.	.	.
2	1	2	0	1	1	0	0	1	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1
3	1	1	0	2	1	0	0	0	0	2	<u>60m</u>	.	.	.	1	.	.	.	1	
<u>3m</u>	1	2	2	2	1	0	1	1	2	1	.	3	3	.	.	2	2	.	.	
2	2	2	0	2	2	2	2	2	1	0	.	.	.	.	2	.	.	.	
2	2					2	2				<u>100m</u>	.	.	.	0	.	.	.	2	
	3	3	0				2	3	0		.	.	.	.	3	3	.	.	3
	2	2	3				0	1	0		.	.	.	.	4	.	.	.	
2	1	1	1	1	.	2	0	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	1	0	1	.	.	0	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<u>10m</u>	1	2	2	2	.	0	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	2	1	0	.	.	2	1	2	2	.	<u>2/10, NORPAC</u>	1	1	1	1	.	0	1	1	0
2	0					3	2			.	<u>2/25, NORPAC</u>	3	1	2	0	.	0	0	0	0
	3	2	.	.	.	2	2			.	.	2	1	0	2	.	0	0	0	3
.	2	2	2	2	.	2	1	1	0
2	2	1	0	2	2	2	1	0	1	1	.	3	2		.	2	2			
2	2	1	0	2	2	0	0	0	1	0	.	3	4	.	.	3	4	.	.	
<u>20m</u>	1	2	2	2	1	0	1	0	2	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.
2	2					2	2				.	.	.	.	.	.	.	.
	3	2	2				2	2	0		.	.	.	.	.	.	.	.
	3	2	0				1	1	0		.	.	.	.	.	.	.	.

第11図 広域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵個体数密度の各層水平分布
〔図中の数字は $\log(N+1)$ の指標を、・は曳網不実施点を示す〕

第7表 全曳網数中に占めるスケトウダラ卵・稚仔魚不出現曳網数の割合

	M T D ネット					N O R P A C ネット				
	全曳網数	不出現曳網数				全曳網数	不出現曳網数			
		卵	稚仔魚	%	%		卵	稚仔魚	%	%
(狭域調査)										
1979.12.17	114	14	12	114	100	13	0	0	13	100
12.24	130	8	6	130	100	13	0	0	13	100
1980. 1.14	140	0	0	89	64	18	0	0	18	100
1.28	140	0	0	9	6	20	0	0	6	30
2. 5	140	0	0	4	3	22	0	0	2	9
2.22	140	0	0	26	19	22	0	0	0	0
3. 7	140	5	4	113	81	22	1	5	21	95
3.14	140	1	1	118	84	22	0	0	20	91
(広域調査)										
1980. 2.10	132	0	0	6	5	20	0	0	1	5
2.25	132	0	0	26	20	20	0	0	11	55
(沿岸域調査)										
1980. 2. 5	39	0	0	4	10	13	0	0	3	23
2.22	39	0	0	10	26	13	1	8	4	31

2) 分布構造についての検定

分布構造について検定を行うに先立って、スケトウダラ卵・稚仔魚個体数密度の分布型について検討した。標準化された個体数密度の対数 [$\log(N+1)$] の指標についてのヒストグラムを第12図及び第13図に示した。これらの図から、スケトウダラ卵・稚仔魚の個体数密度は、対数正規分布型を示すものとみなしてよいとして検定を進めることにした。

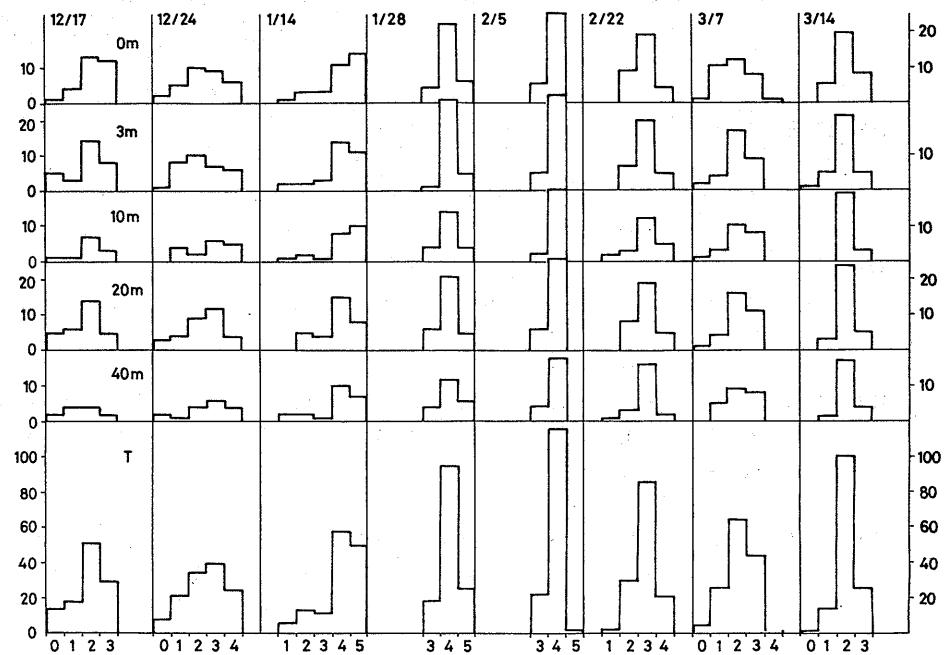
各回の調査実施時毎の個体数密度のレベル間には、検定するまでもなく大きな差が認められた（第4図）ので、調査実施時別に、MTDネット採集から得られた各曳網の $\log(N+1)$ を用いて、曳網点間と曳網層間を要因とする分散分析を行った。なお、資料上の制約から次の2ケースについて、この検定を実施した。

- ①5層（0, 3, 10, 20, 40m）の曳網が行われた曳網点のみの資料を用いた検定。
- ②3層（0, 3, 20m）のみの曳網点については、3mと20m層の採集記録から10m層の補間値を求め、この補間値を含めた全曳網点の4層（0, 3, 10, 20m）の資料を用いた検定。

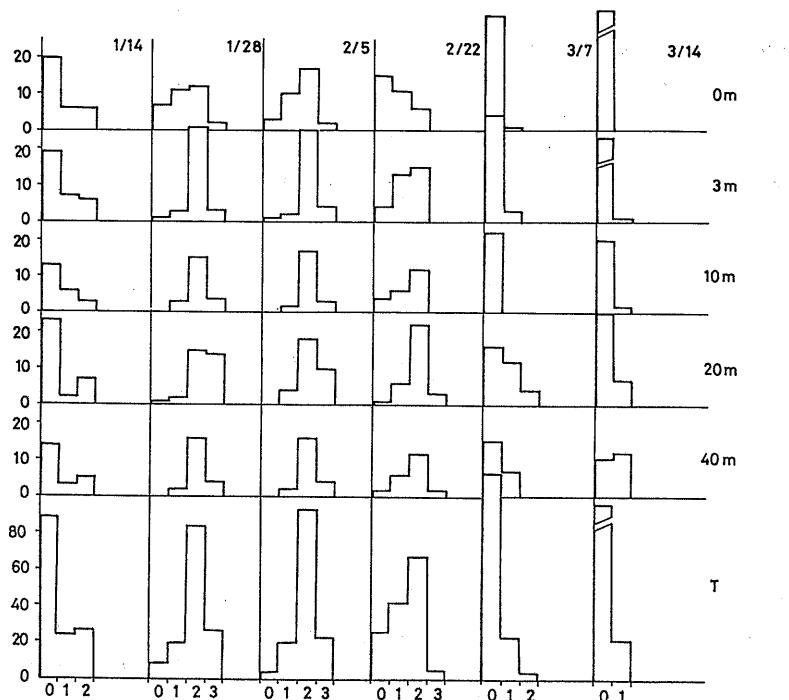
ケース①の検定結果を第8表に、ケース②のそれを第9表に、それぞれ示し、それらの要約を第10表に示した。

卵の場合、すべての調査実施時に曳網点間ににおいて高度な有意差があり、大部分の調査実施時に曳網層間には有意差が認められないという特徴的な分布構造を示した。

一方、稚仔魚の場合には、大部分の調査実施時に曳網点間及び曳網層間の両者において、高度な有意差が認められるという分布構造を示した。



第12図 スケトウダラ卵個体数密度の対数 [$\log(N+1)$] の指標の頻度（曳網点数）分布



第13図 スケトウダラ稚仔魚個体数密度の対数 [$\log(N+1)$] の指標の頻度（曳網数）分布

第8表 5層の曳網が行われた曳網点のみの資料を用いた分散分析表

要因	卵				稚仔魚			
	平方和	自由度	不偏分散	分散比	平方和	自由度	不偏分散	分散比
1979.12.17 点間	32.65	11	2.97	7.77**				
〔狭域〕 層間	8.12	4	2.03	5.32**				
残差	16.81	44	0.38					
計	57.58	59						
1979.12.24 点間	113.01	16	7.06	28.35**				
〔〃〕 層間	0.90	4	0.22	0.90				
残差	15.95	64	0.25					
計	129.85	84						
1980.1.14 点間	134.49	21	6.40	38.13**	57.36	21	2.73	4.38**
〔〃〕 層間	1.08	4	0.27	1.60	0.66	4	0.16	0.26
残差	14.11	84	0.17		52.43	84	0.62	
計	149.68	109			110.45	109		
1980.1.28 点間	18.59	21	0.89	18.24**	11.06	21	0.53	1.36
〔〃〕 層間	0.04	4	0.01	0.21	18.80	4	4.70	12.17**
残差	4.08	84	0.05		32.44	84	0.39	
計	22.71	109			62.30	109		
1980.2.5 点間	7.46	21	0.36	7.12**	11.26	21	0.54	2.79**
〔〃〕 層間	0.18	4	0.05	0.92	5.10	4	1.28	6.64**
残差	4.19	84	0.05		16.15	84	0.19	
計	11.84	109			32.51	109		
1980.2.22 点間	27.62	21	1.32	11.01**	37.96	21	1.81	4.38**
〔〃〕 層間	0.59	4	0.15	1.23	16.96	4	4.24	10.26**
残差	10.03	84	0.12		34.70	84	0.41	
計	38.24	109			89.61	109		
1980.3.7 点間	44.41	21	2.11	6.11**	6.68	21	0.32	1.03
〔〃〕 層間	0.53	4	0.13	0.38	8.51	4	2.13	6.86**
残差	29.05	84	0.35		26.04	84	0.31	
計	73.99	109			41.23	109		
1980.3.14 点間	7.24	21	0.34	7.60**	3.27	21	0.16	0.51
〔〃〕 層間	0.51	4	0.13	2.79*	10.68	4	2.67	8.78**
残差	3.81	84	0.05		25.55	84	0.30	
計	11.56	109			39.50	109		
1980.2.10 点間	2.63	19	0.14	2.40**	19.21	19	1.01	2.89**
〔広域〕 層間	0.15	4	0.04	0.63	8.50	4	2.13	6.07**
残差	4.38	76	0.06		26.63	76	0.35	
計	7.15	99			54.34	99		
1980.2.25 点間	22.95	19	1.21	19.44**	24.55	19	1.29	3.77**
〔〃〕 層間	0.47	4	0.12	1.90	3.78	4	0.94	2.76*
残差	4.72	76	0.06		26.02	76	0.34	
計	28.15	99			54.34	99		

第9表 全曳網点の4層¹⁾の資料を用いた分散分析表

要因	卵				稚仔魚			
	平方和	自由度	不偏分散	分散比	平方和	自由度	不偏分散	分散比
1979.12.17	点間	79.14	29	2.73	77.18**			
	層間	6.98	3	2.33	66.13**			
	[狭域]	残差	32.92	87	0.38			
	計	119.03	119					
1979.12.24	点間	132.22	31	4.39	16.85**			
	層間	0.77	3	0.26	0.98			
	[〃]	残差	24.25	93	0.26			
	計	161.23	127					
1980. 1.14	点間	118.10	31	3.81	20.01**	72.97	31	2.35
	層間	1.14	3	0.38	2.00	0.53	3	0.18
	[〃]	残差	17.71	93	0.19	59.03	93	0.63
	計	136.95	127			132.54	127	
1980. 1.28	点間	21.19	31	0.68	10.85**	23.25	31	0.75
	層間	0.01	3	0.00	2.00	23.22	3	7.74
	[〃]	残差	5.86	93	0.06	38.40	93	0.41
	計	27.06	127			84.87	127	
1980. 2. 5	点間	14.48	31	0.47	7.52**	20.44	31	0.66
	層間	0.30	3	0.10	1.59	7.56	3	2.52
	[〃]	残差	5.77	93	0.06	22.45	93	0.24
	計	20.55	127			50.46	127	
1980. 2.22	点間	35.35	31	1.14	14.66**	42.87	31	1.38
	層間	0.31	3	0.10	1.33	33.43	3	11.14
	[〃]	残差	7.23	93	0.08	34.57	93	0.37
	計	42.89	127			110.88	127	
1980. 3. 7	点間	56.55	31	1.82	6.32**	20.56	31	0.66
	層間	0.47	3	0.16	0.54	13.16	3	4.39
	[〃]	残差	26.87	93	0.29	30.15	93	0.32
	計	83.89	127			63.86	127	
1980. 3.14	点間	19.27	31	0.62	4.03**	5.54	31	0.18
	層間	1.10	3	0.37	2.37	2.09	3	0.70
	[〃]	残差	14.34	93	0.15	15.17	93	0.16
	計	34.71	127			22.81	127	
1980. 2.10	点間	4.98	27	0.18	4.43**	24.12	27	0.89
	層間	0.25	3	0.08	2.03	7.44	3	2.48
	[広域]	残差	3.37	81	0.04	26.36	81	0.33
	計	8.60	111			57.91	111	
1980. 2.25	点間	23.89	27	0.88	11.63**	31.19	27	1.16
	層間	0.42	3	0.14	1.86	4.18	3	1.39
	[〃]	残差	6.16	81	0.08	37.80	81	0.47
	計	30.47	111			73.18	111	

¹⁾ 20m層まで、一部に10m層の補間値を含む。

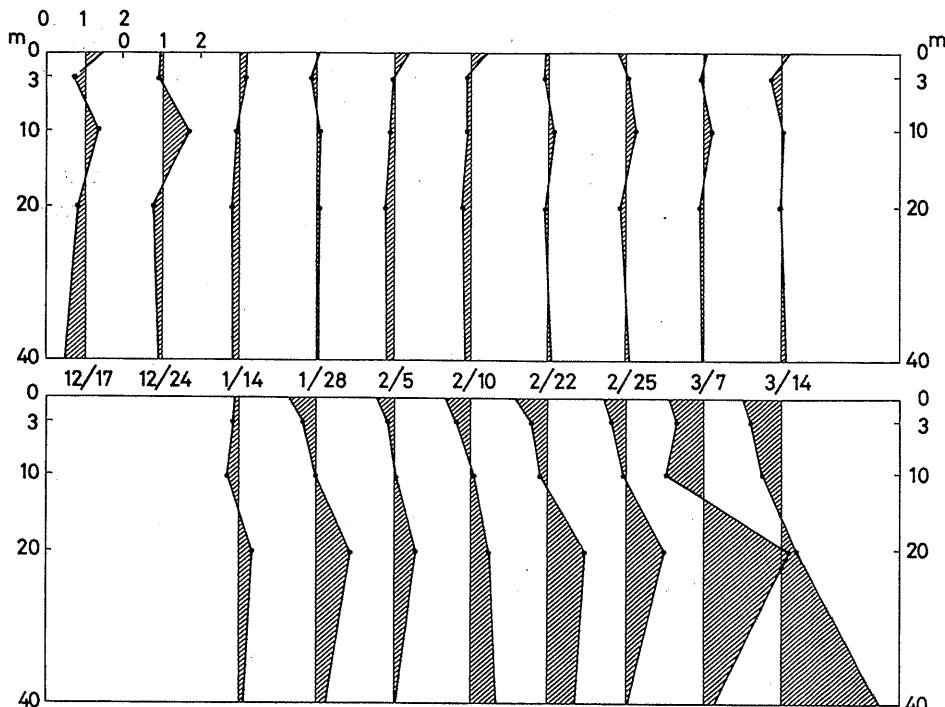
第10表 スケトウダラ卵・稚仔魚の分布構造に関する検定結果要約

	卵		稚仔魚	
	ケース ①	ケース ②	ケース ①	ケース ②
卵・稚仔魚出現調査回数	10	10	8	8
曳網点間高度に有意(**)	10	10	5	6
" 有意(*)	0	0	0	1
" 有意差なし	0	0	3	1
曳網層間高度に有意(**)	1	1	6	6
" 有意(*)	1	0	1	1
" 有意差なし	8	9	1	1

らかである。

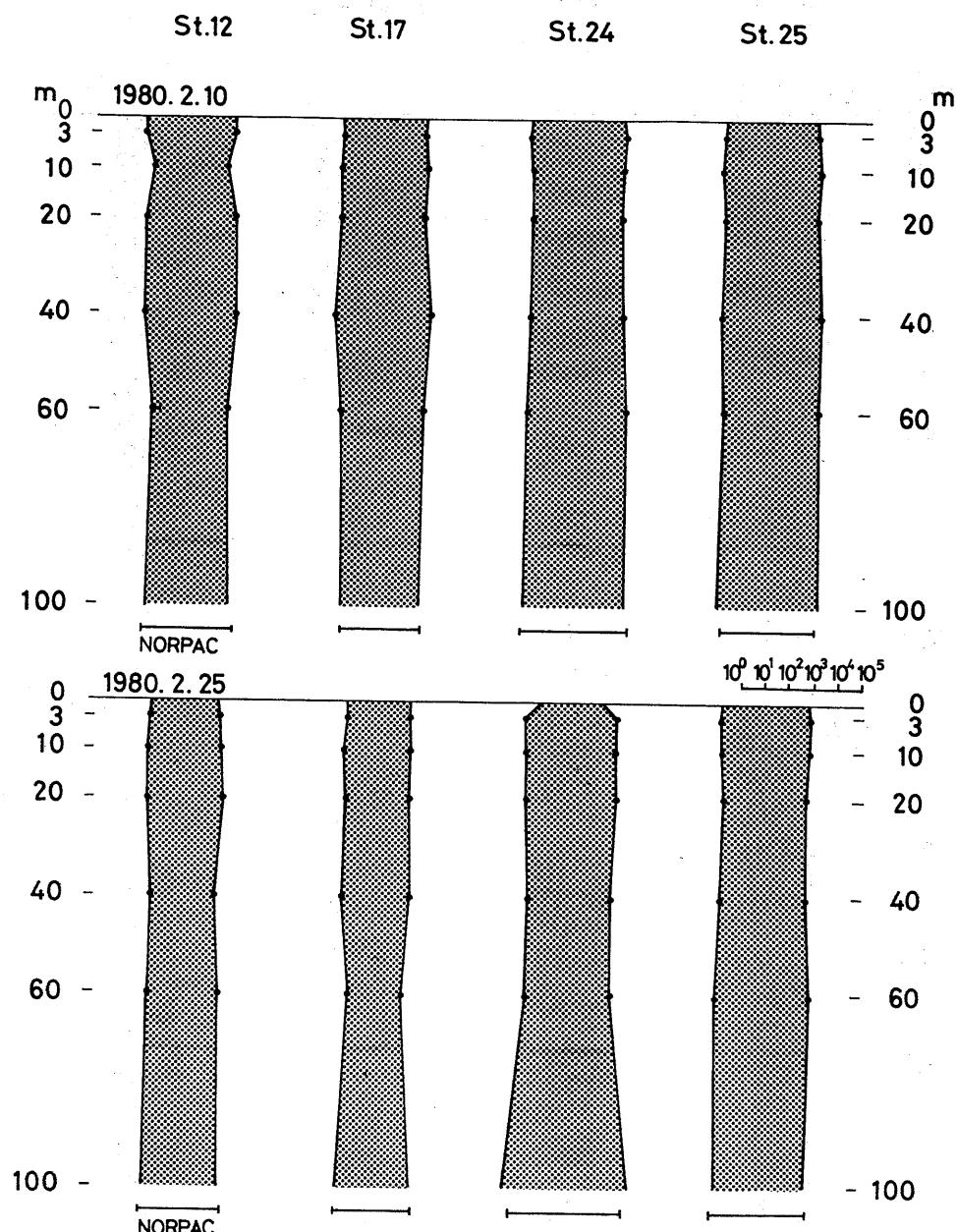
前述のとおり、この検定で取扱ったスケトウダラ卵・稚仔魚の鉛直分布に関する情報は、40m層以浅に限られたものである。そこで、広域調査時に200m等深線付近の4曳網点で行われた7層水平曳採集の結果に基づいて、0~100m層のスケトウダラ卵・稚仔魚の鉛直分布を、第15図及び第16図に示した。これらの図のなかには、同じ曳網点で行われた150m層からのNORPACネット鉛直曳き採集で得られた個体数密度をも線分で示した。

以上の事実から、スケトウダラ卵は、150m層以浅では鉛直的にはほぼ一様に近い状態で分布しているが、稚仔魚の方は層間に比較的大きな変動を伴った分布をしていることが明らかにされた。

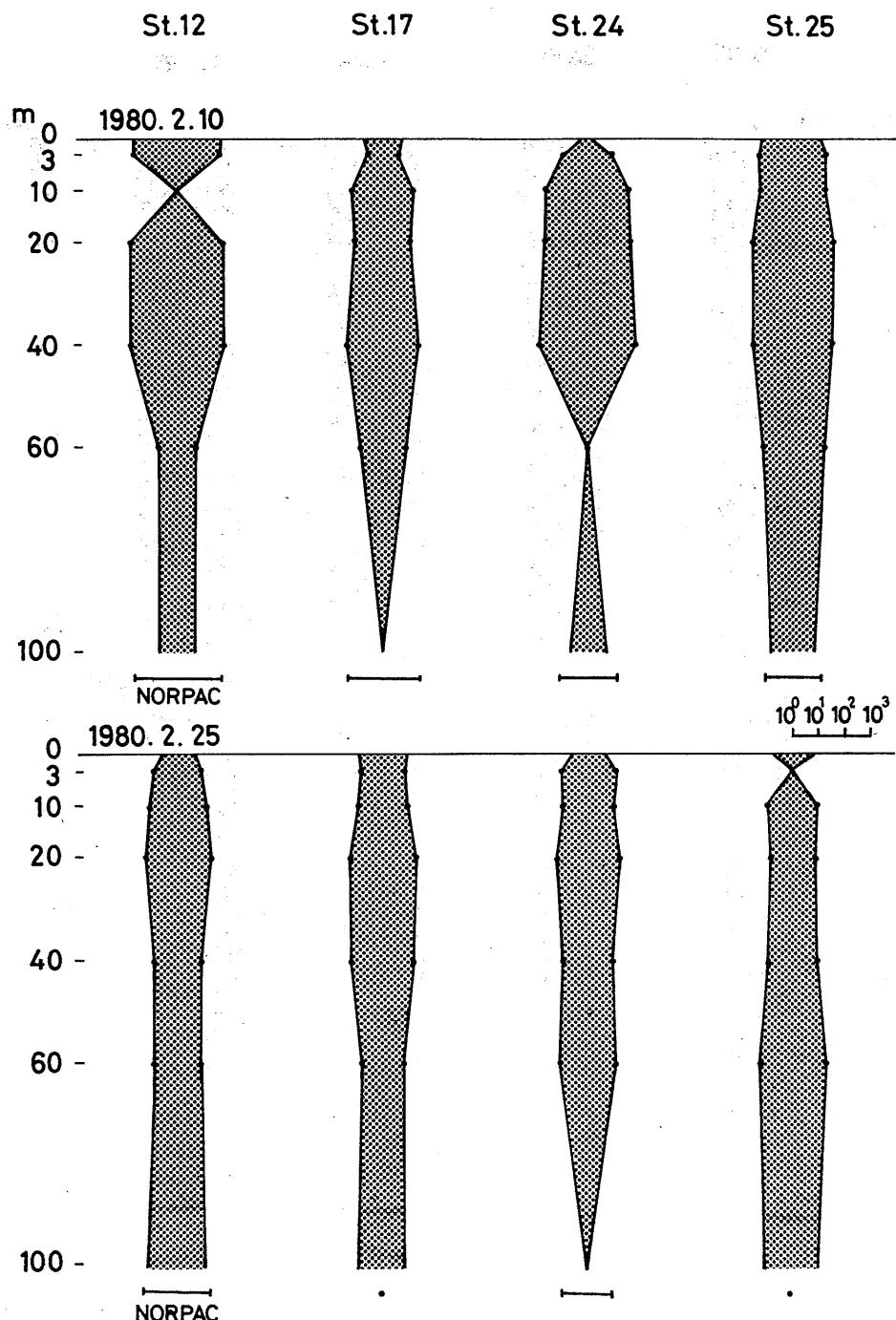


第14図 5層の総平均個体数密度を1.0とした場合の各層平均個体数密度の鉛直分布

こうした分布構造を、より具体的に明確にとらえるために、各調査実施時における5層の個体数密度 [$\log(N+1)$] の総平均値を1.0として、各層毎の平均個体数密度の変化を第14図に示した。卵の場合、曳網層間の個体数密度の変動が比較的小さいのに対し、稚仔魚の個体数密度は、0, 3m層で小さく、20m層以深、特に20m層で大きいことが示されており、曳網層間の変動が比較的大きなことが明らかなことである。



第15図 広域調査時にMTDネット7層採集を行った4曳網点におけるスケトウダラ卵個体数密度の鉛直分布



第16図 広域調査時にMTDネット7層採集を行った4曳網点におけるスケトウダラ稚仔魚個体数密度の鉛直分布

3. 卵・稚仔魚現存量の推定

i 島網点の j 島網層によって代表される海域の面積 A_{ij} を求め、第11表及び第12表に示した。また、各島網層によって代表される水深範囲（厚さ; d_j ）を第13表のように定めた。

第11表 狹域調査時の各島網点が代表する海域の面積

St.No.	0 m, 3 m層		10 m層		20 m層<	
	A ¹⁾	B ²⁾	A	B	A	B
1	12.5	12.5	11.0	11.0	10.1	10.1
2	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
3	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
4	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
5	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
6	13.4	13.4	12.2	12.2	10.9	10.9
7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
8	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
9	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
10	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
11	11.3	11.3	10.3	10.3	9.0	9.0
12	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
13	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
14	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
15	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
16	10.3	10.3	9.1	9.1	7.8	7.8
17	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
18	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
19	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
20	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
21	8.4	18.4	7.4	7.4	3.3	3.3
22	13.7	12.4	13.7	12.4	13.7	12.4
23	13.7	10.2	13.7	10.2	13.7	10.2
24	13.7	12.8	13.7	12.8	13.7	12.8
25	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
26	5.6	5.6	2.3	2.3	0.1	0.1
27	13.0	12.6	10.0	9.6	5.2	4.8
28	11.6	9.9	10.5	8.8	9.3	7.6
29	10.6	9.8	9.6	8.8	8.5	7.7
30	12.6	12.6	11.2	11.2	9.8	9.8
31	0	4.3	0	4.3	0	4.3
32	0	4.3	0	4.3	0	4.3
計	383.3	383.3	367.6	367.6	348.0	348.0

1) 30点島網の場合； 2) 32点島網の場合

第12表 広域調査時の曳網点が代表する海域の面積

St.No.	0m層 3m層		10m層	20m層<
	km ²	km ²	km ²	km ²
St. 1	54.6		54.3	53.6
2	54.9		54.9	54.9
3	54.9		54.9	54.9
4	54.9		54.9	54.9
5	54.9		54.9	54.9
6	35.0		33.0	30.7
7	54.9		54.9	54.9
8	54.9		54.9	54.9
9	54.9		54.9	54.9
10	54.9		54.9	54.9
11	37.4		34.9	33.0
12	54.9		54.9	54.9
13	54.9		54.9	54.9
14	54.9		54.9	54.9
15	54.9		54.9	54.9
16	36.5		34.5	32.1
17	54.9		54.9	54.9
18	48.0		48.0	48.0
19	41.2		41.2	41.2
20	54.9		54.9	54.9
21	20.6		20.6	20.6
22	34.2		34.2	34.2
23	24.1		22.2	17.4
24	41.2		41.2	41.2
25	34.2		34.2	34.2
26	12.3		7.2	1.5
27	23.3		20.5	17.3
28	25.7		23.0	20.4
計	1,236.9		1,217.6	1,194.0

第13表 各曳網層が代表する水深範囲(厚さ)

ネット	曳網層	代表水深範囲	厚さ(d _j)
MTD	0	0 ~ 1.5m	1.5m = 0.0015km
	3	1.5 ~ 6.5	5.0 = 0.005
	10	6.5 ~ 15	8.5 = 0.0085
	20	15 ~ 30	15.0 = 0.015
	40	30 ~ 50	20.0 = 0.02
NORPAC	0 ← 150	0 ~ 150	150.0 = 0.15

各曳網の標準化された個体数密度 N_{ij} に基づいて、各調査時におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の現存量 S を次式によつて推定した。

$$S = 10^6 \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j A_{ij} \cdot d_{ij} \cdot N_{ij}$$

なお、MTDネットによる採集記録を用いた推定に当つては、40m層の曳網が行われていなかつた沿岸部の定点については、水深30mまでの容積に対応する推定に限定した。

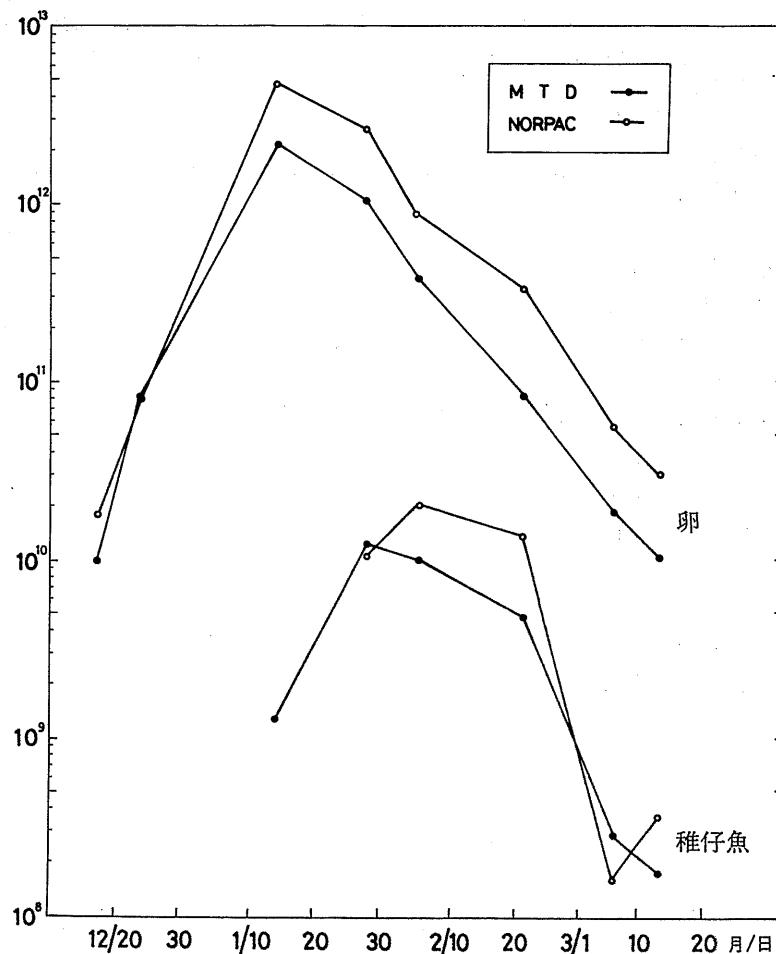
得られた現存量の推定値は、第14表及び第17図に示すとおりであつて、NORPACネットによる採集記録に基づく推定値の方が、MTDネットによる推定値よりも大きくなつた。前述の曳網水深範囲とスケトウダラ卵・稚仔の分布構造からすれば、これは当然のことであつて、NORPACネットによる採集記録に基づいた推定値の方が、眞の現存量により近いものと考えられる。したがつて、これからの方には、NORPACネットによる推定値を〈推定現存量〉として取扱うことにした。

4. 狹域調査海域内における産卵量の推定

スケトウダラ卵の発生実験結果によれば、水温6.0~7.0°Cで飼育された受精卵は、受精後約13~15時間で桑実期に、約27時間で胞胎期に達する(遊佐, 1954)。したがつて、桑実期に至るまでの卵の現存量は、産卵されてからの経過時間が1日未満のスケトウダラ卵の現存量を示すものであり、産卵直後から桑実期に至るまでの間の死亡率を無視すれば、日間産卵量の概略的な近似値とみなすことができる。しかし、産卵直後の死亡率を0とすることは現実的ではないし、産卵後の経過時間が1日未満の卵のなかには、胞胎期に至るまでの間の卵の大部分も含まれていることなどを考慮にいれると、桑実期までの卵量 = 日間産卵量とすること

第14表 調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の推定現存量

調査海域	調査年月日	卵		稚仔魚	
		M T D 資料	NORPAC資料	M T D 資料	NORPAC資料
狭 域	1979.12.17	1.004×10^{10}	1.815×10^{10}	0	0
	12.24	8.553×10^{10}	8.477×10^{10}	0	0
	1980. 1.14	2.197×10^{12}	4.786×10^{12}	1.295×10^9	0
	1.28	1.060×10^{12}	2.651×10^{12}	1.230×10^{10}	1.080×10^{10}
	2. 5	3.873×10^{11}	8.819×10^{11}	9.984×10^9	2.196×10^{10}
	2.22	8.423×10^{10}	3.424×10^{11}	4.887×10^9	1.360×10^{10}
	3. 7	1.910×10^{10}	5.781×10^{10}	2.909×10^8	1.601×10^8
	3.14	1.051×10^{10}	3.061×10^{10}	1.764×10^8	3.709×10^8
広 域	1980. 2.10	3.623×10^{11}	7.896×10^{11}	7.960×10^{10}	9.650×10^{10}
	2.25	4.902×10^{10}	3.844×10^{11}	5.136×10^9	1.126×10^{10}



第17図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚推定現存量の推移

は、明らかに過小推定であって、眞の日間産卵量は、より大きな値であると考えられる。

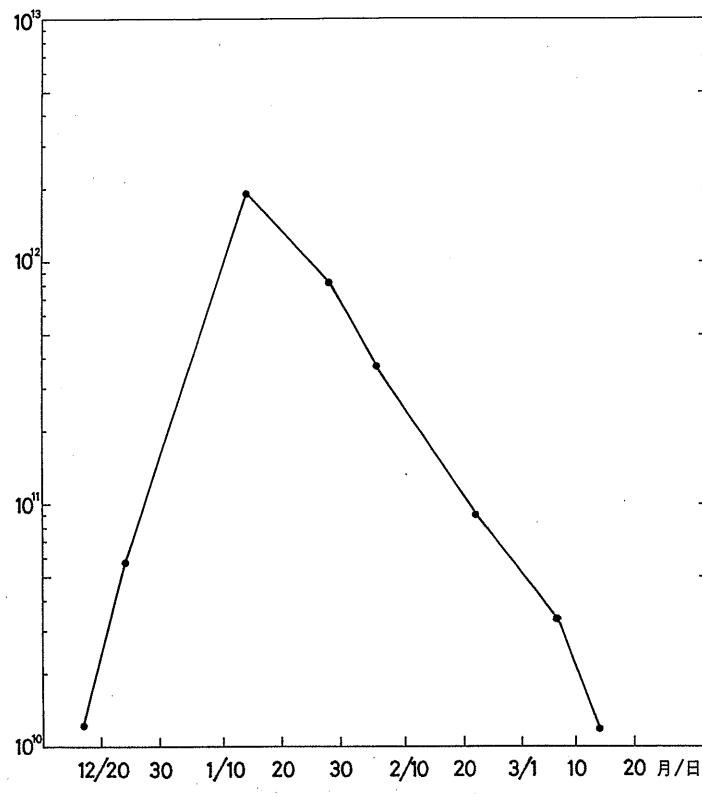
スケトウダラ卵の現在量推定に用いたと全く同様な方法で、桑実期卵のみの現存量推定を行った結果を第15表のなかに示した。

第15表 スケトウダラ桑実期卵の推定現在量とそれがスケトウダラ卵推定現存量中に占める割合

調査 海域	調査年月日	M T D 資料			N O R P A C 資料		
		(A)総卵量	(B)桑実期 卵 量	(B)/(A)	(A)総卵量	(B)桑実期 卵 量	(B)/(A)
狭域	1979.12.17	1.004×10^{10}	5.427×10^9	54.1%	1.815×10^{10}	1.215×10^{10}	66.9%
	12.24	8.553×10^{10}	5.169×10^{10}	60.4	8.477×10^{10}	5.791×10^{10}	68.3
	1980. 1.14	2.197×10^{12}	6.338×10^{11}	28.8	4.786×10^{12}	1.933×10^{12}	40.4
	1.28	1.060×10^{12}	1.815×10^{11}	17.1	2.651×10^{12}	8.297×10^{11}	31.3
	2. 5	3.873×10^{11}	1.246×10^{11}	32.2	8.819×10^{11}	3.754×10^{11}	42.6
	2.22	8.423×10^{10}	2.095×10^{10}	24.9	3.424×10^{11}	9.170×10^{10}	26.8
	3. 7	1.910×10^{10}	1.174×10^{10}	61.5	5.781×10^{10}	3.401×10^{10}	58.8
	3.14	1.051×10^{10}	4.659×10^9	44.3	3.061×10^{10}	1.186×10^{10}	38.7
	広域	3.623×10^{11}	2.542×10^{10}	7.0	7.896×10^{11}	1.144×10^{11}	14.5
	2.25	4.902×10^{10}	8.004×10^9	16.3	3.844×10^{11}	1.169×10^{11}	30.4

前述のとおり、卵の鉛直的な分布範囲をよくカバーしているという理由から、NORPACネットによる資料を中心に考察すると、各調査時に狭域調査海域内に分布していたスケトウダラ卵のうち、27~68%が産卵後1日未満の桑実期卵によって占められていたことになる。スケトウダラ卵が孵化に至るまでの所要日数が10~14日程度であることを考慮すると、卵期の死亡率がかなり高いか、卵内発生の進んだものが狭域調査海域外へ逸散する部分が大きいのか、いずれか一方、または両方を反映しているものと考えられる。

狭域調査海域内における桑実期卵の推定現存量の推移を第18図に示した。この図から調査期間（12月17日



第18図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵推定現存量の推移

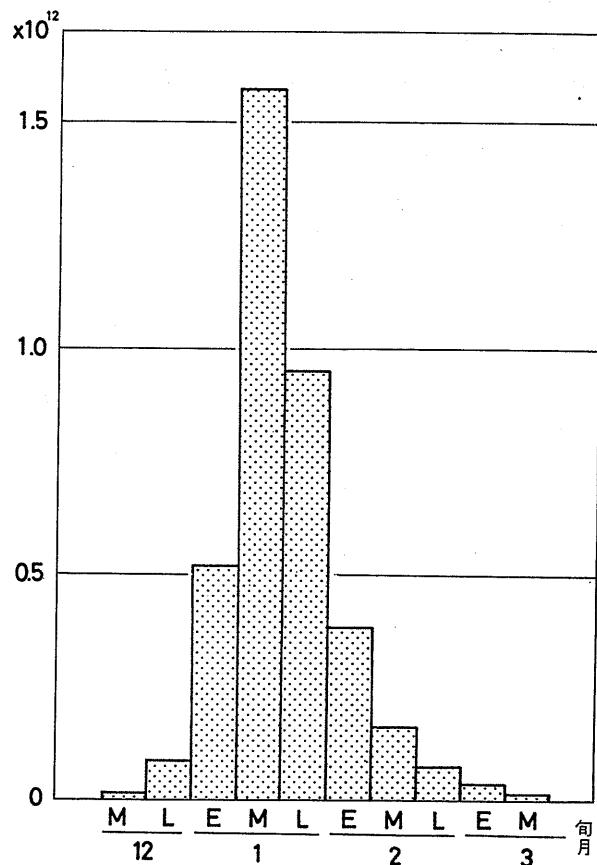
～3月14日)内の毎日の桑実期卵現存量を読みとり、それを累積した結果、狭域調査海域内における約3ヵ月間の推定産卵量は、少くとも約40兆に達するものと推定された(第16表)。

また、この毎日の読み取り値を用いて、桑実期卵の日別推定現存量(=日間産卵量)の旬別平均値を求め、第19図に示した。この図から狭域調査海域内におけるスケトウダラの産卵期は、12月中旬から3月中旬までの10旬間にわたっているが、1月中旬のみで全産卵量の約40%，1月上旬から2月上旬までの4旬で全産卵量の約90%が占められていたと推定される。

第16表 第18図から読み取ったスケトウダラ

桑実期卵日別現存量の推定値
($\times 10^{10}$)

日	1979年			1980年		
	12月	1月	2月	3月		
1		22	57	5.2		
2		25	51	4.9		
3		30	47	4.5		
4		36	42	4.2		
5		43	38	3.9		
6		51	35	3.7		
7		60	32	3.4		
8		70	30	3.0		
9		83	27	2.6		
10		100	25	2.2		
11		120	23	1.9		
12		140	21	1.6		
13		160	20	1.4		
14		193	18	1.2		
15		185	17			
16		175	15			
17	1.2	165	14			
18	1.5	155	13			
19	1.9	145	12			
20	2.3	137	11			
21	2.9	130	10			
22	3.6	120	9.2			
23	4.6	112	8.6			
24	5.7	108	8.0			
25	6.6	100	7.4			
26	7.9	95	7.0			
27	9.2	88	6.5	総計		
28	11	83	6.1	$3,905.5 \times 10^{10}$		
29	13	77	5.6			
30	15	70				
31	18	63				



第19図 狹域調査海域内におけるスケトウダラ桑実期卵の日別推定現存量(旬間平均値)の推移

5. 発電所内連行量の推定

1) 日間連行量の推定

発電所計画地点に最も近い曳網点は、狭域調査の場合St.21、広域調査の場合St.23である。これに隣接する沿岸ぞいの曳網点は、両調査ともSt.16とSt.26である(第1図、第2図)。冷却用海水は、おそらく発電所専用港湾の港口部を経て、港内から発電所内へ吸引されるものと

考えられる。また、この計画地点の前面海域における卓越流向は、海岸線に平行する2方向である（第20図、第21図）。これらの事情を考慮して、前述のSt.21、もしくはSt.23とこれに隣接するSt.16、St.26の3曳網点の平均個体数密度が、発電所内へ吸引される冷却水中の個体数密度を近似的に代表するという前提をおいて、発電所内への日間連行量の推定を行った。

この推定に当っては、専用港湾港口部の海深や海水流動を考慮して、前述の3曳網点におけるMTDネットによる0m層と3m層における個体数密度の水深加重平均を求めるこことし、0m層に0.15、3m層に0.85の比重を与えた。また、発電所の計画取水量としては、毎秒80m³（40m³×2機）を採用し、日間取水量を

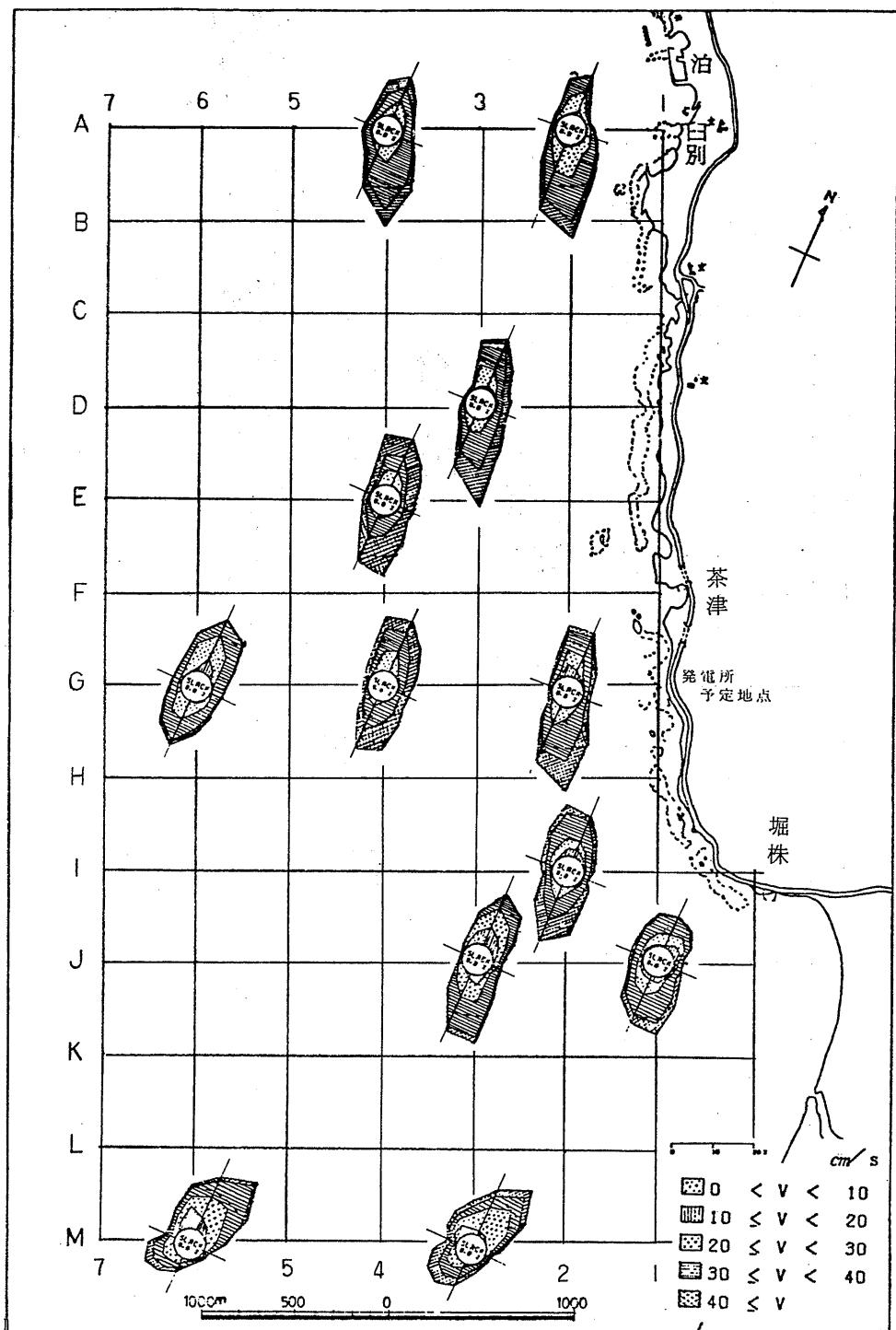
$$80\text{m}^3 \times 60 \times 60 \times 24 = 6,912 \times 10^3 \text{m}^3$$

とした。

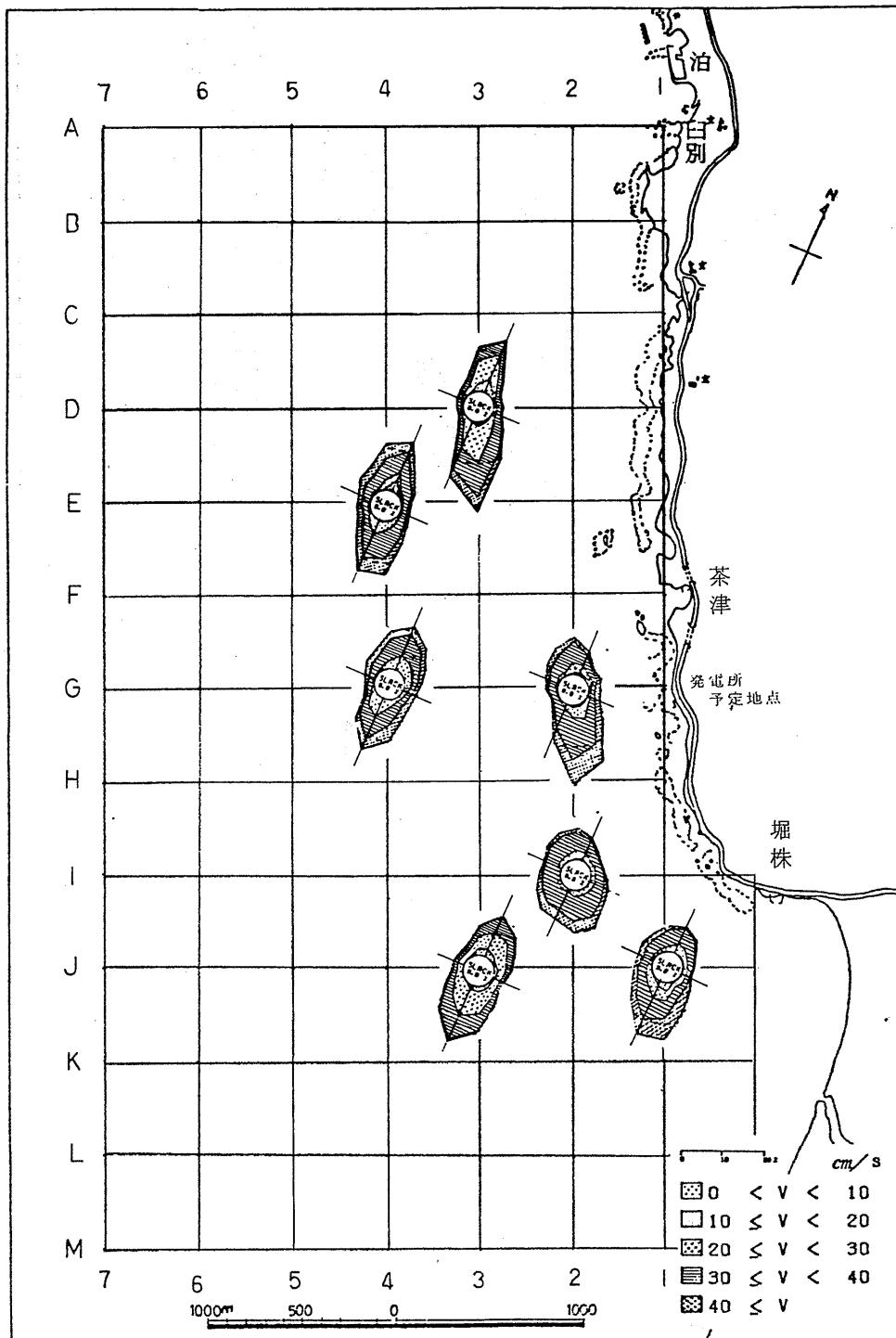
これらの仮定のもとに、発電所内へ吸引されるスケトウダラ卵・稚仔魚の日間連行量の推定値を求め、その結果を第17表及び第22図に示した。

第17表 発電所計画地に近接した3曳網点の表層部（0m、3m）におけるスケトウダラ卵・稚仔魚個体数密度とそれに基づく日間推定連行量

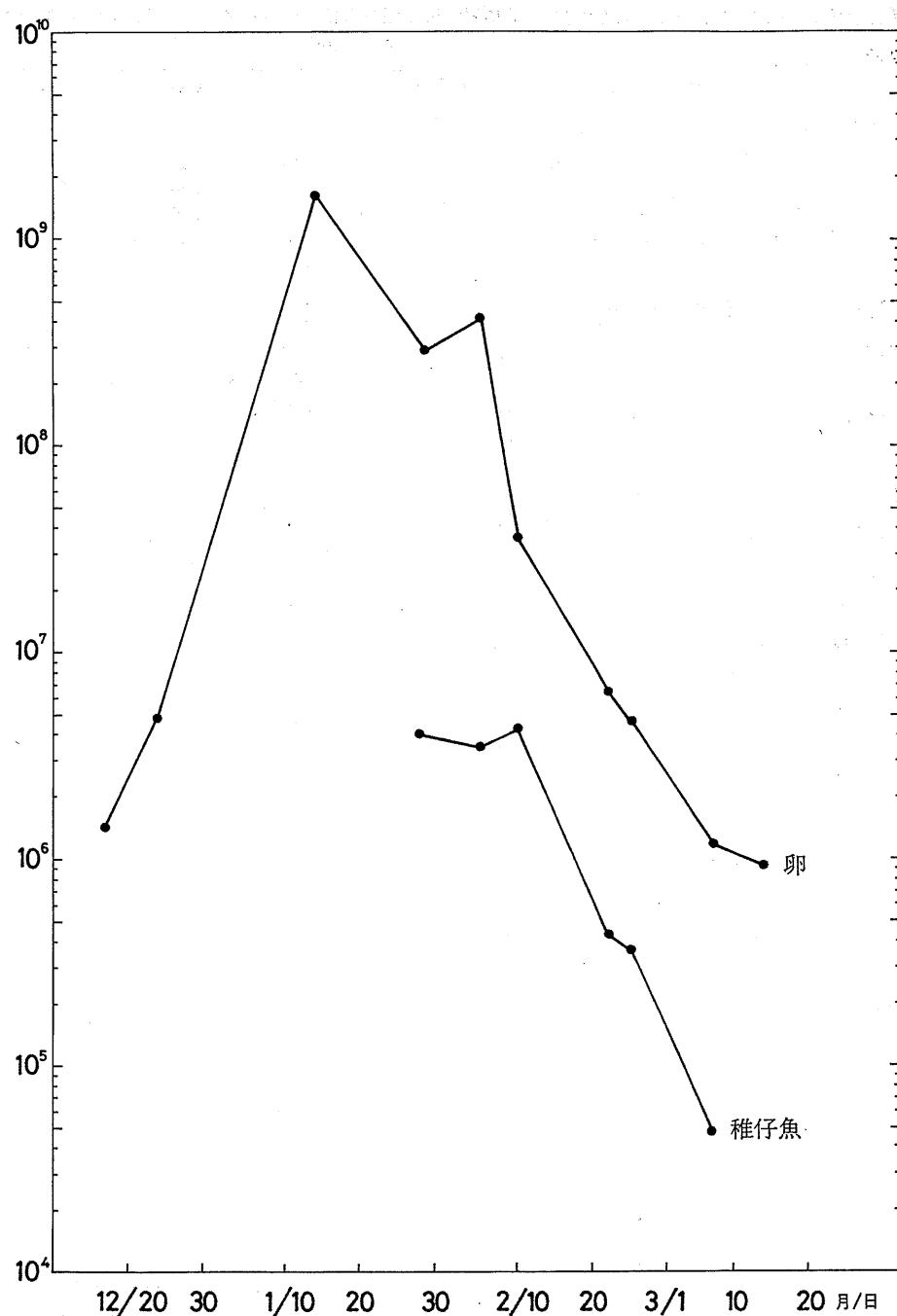
調査 海域	調査年月日	個体数密度（個体数/1,000m ³ ）										日間推定連行量	
		St.16			St.21またはSt.23			St.26			(A) 3定点加 重平均の 総平均		
		0m層	3m層	0-10m 加重平均	0m層	3m層	0-10m 加重平均	0m層	3m層	0-10m 加重平均			
(卵)													
狭域	1979.12.17	0	0	0	630	400	435	590	122	192	209	1,444,608	
	12.24	470	451	454	1,177	897	939	529	710	683	692	4,783,104	
	1980. 1.14	323,475	23,448	68,452	3,832	766,443	652,051	6,799	8,086	7,893	242,779	1,678,226,688	
	1.28	28,546	23,611	24,351	291,197	27,412	66,980	57,400	29,698	33,853	41,728	288,423,936	
	2. 5	45,680	55,448	53,983	172,080	93,194	105,027	15,441	18,744	18,249	59,086	408,402,432	
	2.22	665	1,221	1,138	1,351	1,020	1,070	706	669	675	961	6,642,432	
	3. 7	222	161	173	84	145	136	149	224	213	174	1,202,688	
	3.14	103	190	177	78	171	157	209	49	73	136	940,032	
広域	1980. 2.10	3,703	4,022	3,974	6,151	2,372	2,939	7,729	9,167	8,951	5,288	36,550,656	
	2.25	172	343	317	300	200	215	186	1,692	1,466	666	4,603,392	
(稚仔魚)													
狭域	1979.12.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1980. 1.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1.28	56	1,043	895	0	812	690	40	147	131	572	3,953,664	
	2. 5	267	475	444	1,757	640	808	89	312	279	510	3,525,120	
	2.22	0	19	16	76	160	147	38	20	23	62	428,544	
	3. 7	0	0	0	0	0	0	0	25	21	7	48,384	
	3.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
広域	1980. 2.10	678	1,142	1,072	439	212	246	365	568	538	619	4,278,528	
	2.25	16	0	2	0	67	57	0	118	100	53	366,336	



第20図 水深2m層における流向・流速頻度分布〔1980年2月8日-3月5日〕
〔北海道電力(1981)より略写〕



第21図 水深5m層における流向・流速頻度分布 [1980年2月8日-3月5日]
〔北海道電力(1981)より略写〕



第22図 スケトウダラ卵・稚仔魚の施設内推定日間進行量の推移

2) 調査期間内における卵の総連行量の推定

第18図に示したスケトウダラ卵の日間連行量の推移から、毎日の推定連行量を読みとり、それらを累積して、調査期間内における卵の総連行量の推定値を求めたところ、約200億個体となった(第18表)。

6. 卵・稚仔魚に及ぼす取放水影響に関する考察

発電所の運転がスケトウダラの卵・稚仔魚に及ぼす影響としては、冷却用海水とともに発電所施設内を通過することによって発生する〈施設内連行影響〉と、放水域において周辺海水から昇温した排水内へ引き込まれることによって発生する〈温排水内連行影響〉の2つがある。

1) 施設内連行影響

施設内連行影響を考察する場合に最も重要な要素となるのは、発電所内への連行量が、周辺海域内の現存量や産卵量のなかで、どれほどの割合を占めるかということである。各調査実施時(日)における調査海域内推定現存量と日間推定連行量とを対比した結果を第19表に示した。その割合は、卵の場合が約1/2,000から1/84,000、稚仔魚の場合は約1/2,700から1/32,000の間にあった。このように值

第18表 第22図から読み取ったスケトウダラ卵日別推定連行量($\times 10^6$)

日	1979年		1980年	
	12月	1月	2月	3月
1		48	350	2.7
2		60	360	2.3
3		78	380	2.0
4		100	400	1.7
5		140	410	1.5
6		190	250	1.3
7		240	150	1.2
8		310	100	1.2
9		400	65	1.1
10		540	37	1.1
11		700	31	1.1
12		960	26	1.0
13		1,300	23	1.0
14		1,700	20	0.9
15		1,500	18	
16		1,300	15	
17	1.4	1,200	13	
18	1.7	1,000	12	
19	2.0	900	10	
20	2.4	780	8.5	
21	2.8	680	7.2	
22	3.2	600	6.6	
23	3.7	520	5.8	
24	4.8	460	5.0	
25	6	400	4.6	
26	8	350	4.0	
27	11	300	3.6	総計
28	15	290	3.2	$20,782.1 \times 10^6$
29	20	300	2.8	
30	27	320		
31	36	330		

第19表 調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の推定現存量中に占める日間推定連行量の割合

調査海域	調査年月日	卵			稚仔魚		
		(A) 推定現存量	(B) 日間推定連行量	(B)/(A)	(A) 推定現存量	(B) 日間推定連行量	(B)/(A)
狭域	1979.12.17	1.815×10^{10}	1.445×10^6	$7.961 \times 10^{-5} \div 1/13,000$	0	0	-
	12.24	8.477×10^{10}	4.783×10^6	$5.642 \times 10^{-5} \div 1/18,000$	0	0	-
	1980.1.14	4.786×10^{12}	1.678×10^9	$3.506 \times 10^{-4} \div 1/3,000$	0	0	-
	1.28	2.651×10^{12}	2.884×10^8	$1.088 \times 10^{-4} \div 1/9,000$	1.080×10^{10}	3.954×10^6	$3.661 \times 10^{-4} \div 1/2,700$
	2.5	8.819×10^{11}	4.084×10^8	$4.631 \times 10^{-4} \div 1/2,000$	2.196×10^{10}	3.525×10^6	$1.605 \times 10^{-4} \div 1/6,200$
	2.22	3.424×10^{11}	6.642×10^6	$1.940 \times 10^{-5} \div 1/52,000$	1.360×10^{10}	4.285×10^5	$3.151 \times 10^{-5} \div 1/32,000$
	3.7	5.781×10^{10}	1.203×10^6	$2.081 \times 10^{-5} \div 1/48,000$	1.601×10^8	4.838×10^4	$3.022 \times 10^{-4} \div 1/3,300$
	3.14	3.061×10^{10}	9.400×10^5	$3.071 \times 10^{-5} \div 1/33,000$	3.709×10^8	0	-
広域	1980.2.10	7.896×10^{11}	3.655×10^7	$4.629 \times 10^{-5} \div 1/22,000$	9.650×10^{10}	4.279×10^6	$4.434 \times 10^{-5} \div 1/23,000$
	2.25	3.844×10^{11}	4.603×10^6	$1.197 \times 10^{-5} \div 1/84,000$	1.126×10^{10}	3.663×10^5	$3.253 \times 10^{-5} \div 1/31,000$

が変動するのは、主として調査海域内における卵・稚仔魚の分布パターンを反映したものであって、発電所計画地点前面海域の表層部における分布量が相対的に大きくなるほど、連行量が比較的大きな割合を占めるようになるわけである。

この割合とは別に、狭域調査海域内の推定産卵総量中に占める日間推定連行卵量の累積値（総連行卵量）の割合もまた、施設内連行影響を評価するための判断材料となり得るものである。推定産卵総量約40兆（第16表）に対し、総連行卵量は約200億（第18表）であるから、この割合は約1/2,000と推定される。しかしながら、推定産卵総量は前述のとおり明らかに過小推定であると考えられるので、産卵総量中に占める施設内連行量の真の割合は、1/2,000よりもさらに下回った値となるであろう。

発電所内へ連行されたスケトウダラの卵・稚仔魚は、昇温ショック、機械的ショック、塩素処理等が行われる場合はさらに化学的ショックに遭遇する。したがって、安全側に立った影響評価としては、連行された卵・稚仔魚のすべてが死亡することを前提とすべきである。

問題は、産卵総量の約1/2,000以下という損失が、漁獲対象となる成魚の資源量に対して、どの程度の波及影響を残すのかという点である。一般的にいって、魚類の産卵量は親魚量と比例的な関係にあるが、親魚とそれに由来する次の世代との間の数量的な関係（再生産関係は、必ずしも比例的ではない場合が多く、補償機能が働くことが知られている（McFADDEN, 1977）。特にスケトウダラの場合については、〈産卵親魚量とそれからの子孫量の間には、数的な関係は薄い〉とする見解もある（辻, 1972）。

このようなスケトウダラ資源の特性、北部日本海系群の産卵場全体のなかに占める今回の調査海域の比重等を考慮に入れると、狭域調査海域内の総産卵量の1/2,000以下の損失によって、北部日本海系群に対する加入量が低下し、資源状態が悪化するというような事態は起り得ないものと考えられる。

2) 溫排水内連行影響

復水器通過に伴って急激に昇温した冷却用海水は、再び発電所前面海域へ放出されると、周辺海水との希釀混合や大気中への放熱によって、しだいに周辺海水との温度差を失っていく。この希釀混合過程において、周辺海水中の表層部で浮遊している発電所を通過しなかったスケトウダラの卵・稚仔魚も、周辺海水とともに温排水プリューム内へ連行される。

しかしながら、復水器通過時の急激な昇温ショックや、発電所内の冷却水系の各所で遭遇する機械的ショックに比較すれば、放水域における希釀混合の過程で遭遇するこれらのショックは、はるかに緩慢なものである。仮に大気への放熱による降温を無視すると、放水口における温度差7°Cは、温排水と等量の周辺海水で希釀混合されることによって、周辺海水との温度差が3.5°Cとなるわけである。

一方、スケトウダラ卵に対する短期高温接触試験結果によれば、接触前の基準水温約6.5°Cから、 $\Delta T 3^{\circ}\text{C}$ の昇温では24時間、 $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ の昇温では2時間接触させても、供試卵の正常孵化率には低下が認められなかったとされている（北海道電力株式会社技術研究所, 1980）。

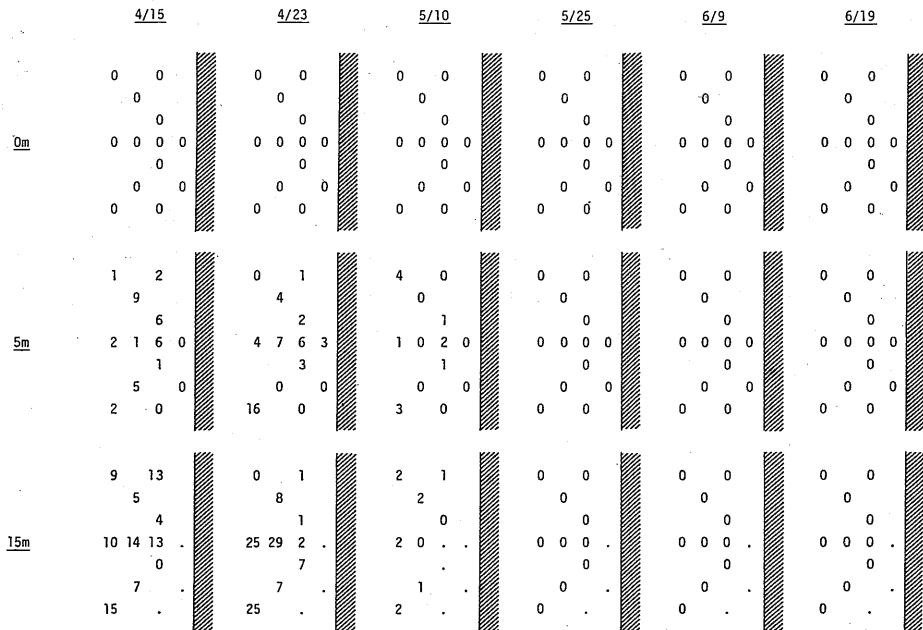
これらの事実から、放水域において温排水プリューム内へ連行されたスケトウダラの卵・稚仔魚が、大量に死亡するというような事態は起り得ないものと考えられる。

7. 幼稚魚の出現・分布に関する検討

1) 沿岸域調査結果

沿岸域における稚魚調査時の各曳網によって採集されたスケトウダラ稚魚の尾数を第23図

に示した。この図から明らかなとおり、0m層の水平曳採集においては、全調査期間にわたってスケトウダラ稚魚が出現しなかった。また、5m層と15m層においては、4月中旬から5月上旬までの調査でスケトウダラ稚魚が出現したが、5月下旬から6月中旬までの調査で



第23図 沿岸域調査13曳網点の3層における円錐形稚魚網水平曳きによって採集されたスケトウダラ稚魚尾数（実数）

	4/16-17 [A]	4/18 [B]	4/24-25 [A]	4/27 [B]	5/10, 12 [B]	5/25, 29, 30 [B]	5/30 [B"]	6/9, 12 [B]	6/12 [B"]	6/21 [B"]
0m	0 0 0 0 1 0 4 0 0 0 2 1 0 1 0	0 0 0 0 0 2 0 1 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
5m	0 1 0 0 0 0 0 1 0 2 0 0 3 1 0 1 3 0 5 0 3 2 0 3 1 12 2 0 1 0 3 0 0 0 4	0 0 1 0 0 1 2 0 0 3 1 0 0 0 0 0 0 0 1 8 2 0 0 4 6 0 0 0 0 4 0 0 0 0 4 0	0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
15m	0 2 0 1 0 0 0 0 0 0 1 15 2 3 10 11 3 14 2 4 9 6 2 13 4 7 9 8 0 0 1 4 13 2 4 0 1 14 25 5 1 5 6	0 0 0 0 0 0 1 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 6 4 0 0 4 4 2	1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 6 4 0 1 0 0 2	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
20m	6 3 0 2 1 3 1 0 0 4 0 10 1 1 1 0 0 14 6 0 7 9 2 0 9 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 2 2 6 0	0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 7 0 0 1	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

第24図 狹域調査海域内の各曳網点において採集されたスケトウダラ稚魚の尾数（実数）
(A) 円錐形稚魚網; (B) 角形稚魚網; (B') 角形稚魚網(20分曳網); (B") 角形稚魚網(40分曳網)
(B") 角形稚魚網傾斜曳

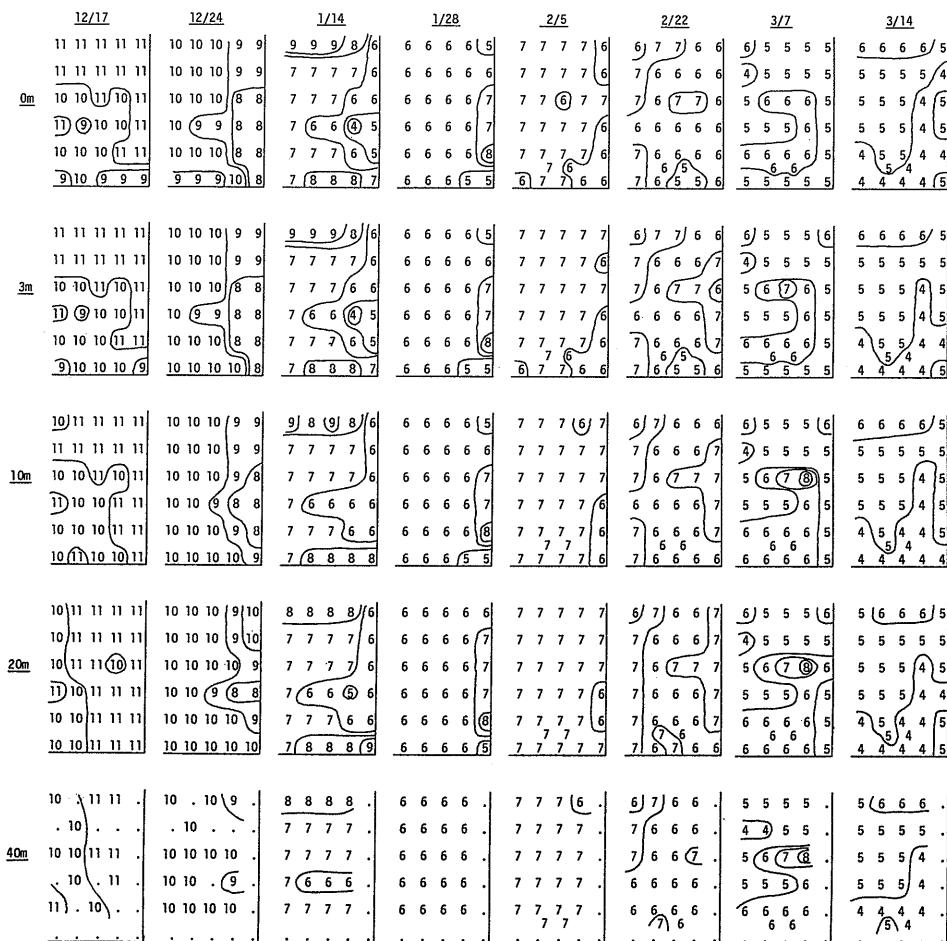
は全く出現しなかった。5mと15m層の分布密度を比較すると、15m層の方が大きいという傾向も認められた。

2) 狹域調査結果

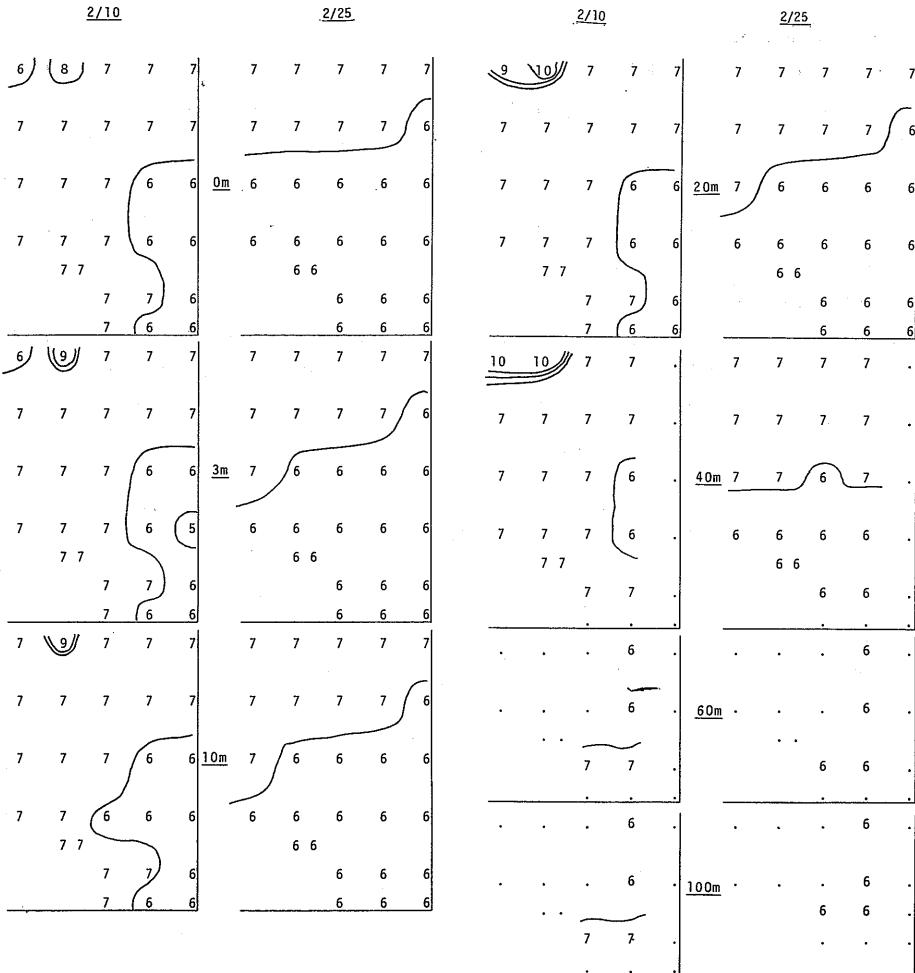
狭域調査海域における稚魚調査時の各曳網によって採集されたスケトウダラ稚魚の尾数を第24図に示した。5月下旬以降の調査ではスケトウダラ稚魚が全く出現しなくなるという点では、沿岸域における調査結果と全く同様であった。0m層でもスケトウダラ稚魚が僅かに採集されたという点では、沿岸域調査結果と異っていたが、30m層を加えた4層の採集尾数を比較すると15m層付近に分布の中心があるらしいという傾向では、沿岸域調査結果と共に通していた。

3) 稚仔魚出現水温

12月から3月にかけて実施された卵・稚仔魚を対象にした調査時の各曳網層における水温分布を第25図及び第26図に示した。12月に実施された2回の狭域調査時には、スケトウダラの稚仔魚は全く採集されなかった(第7表、第4図)が、この時の水温範囲は9~11°C台(12月17日)と8~10°C台(12月24日)であった。



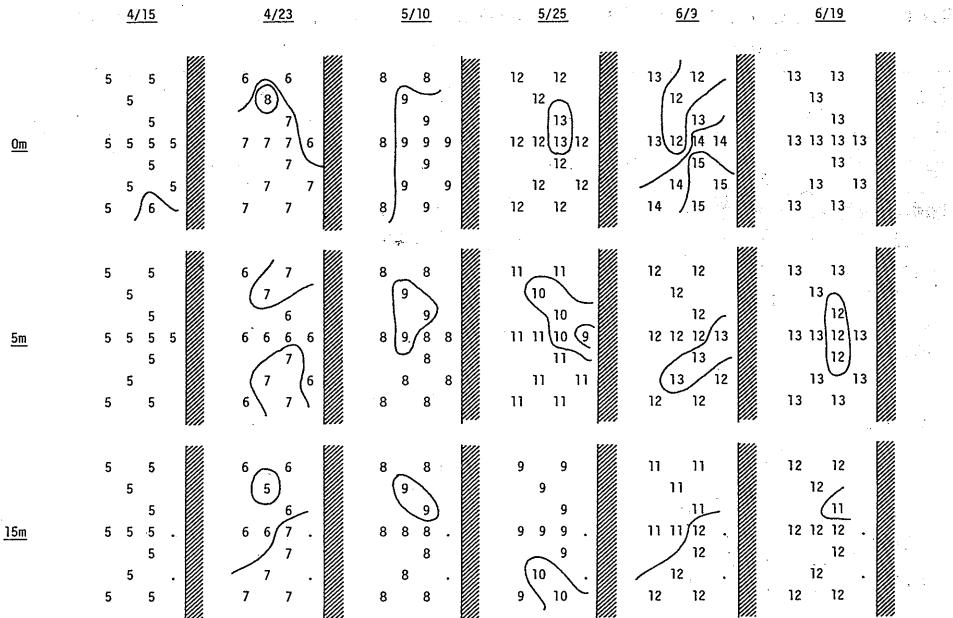
第25図 狹域調査海域内における卵・稚仔魚採集調査時の5層水温分布 [°C; 0.9°C以下切捨]



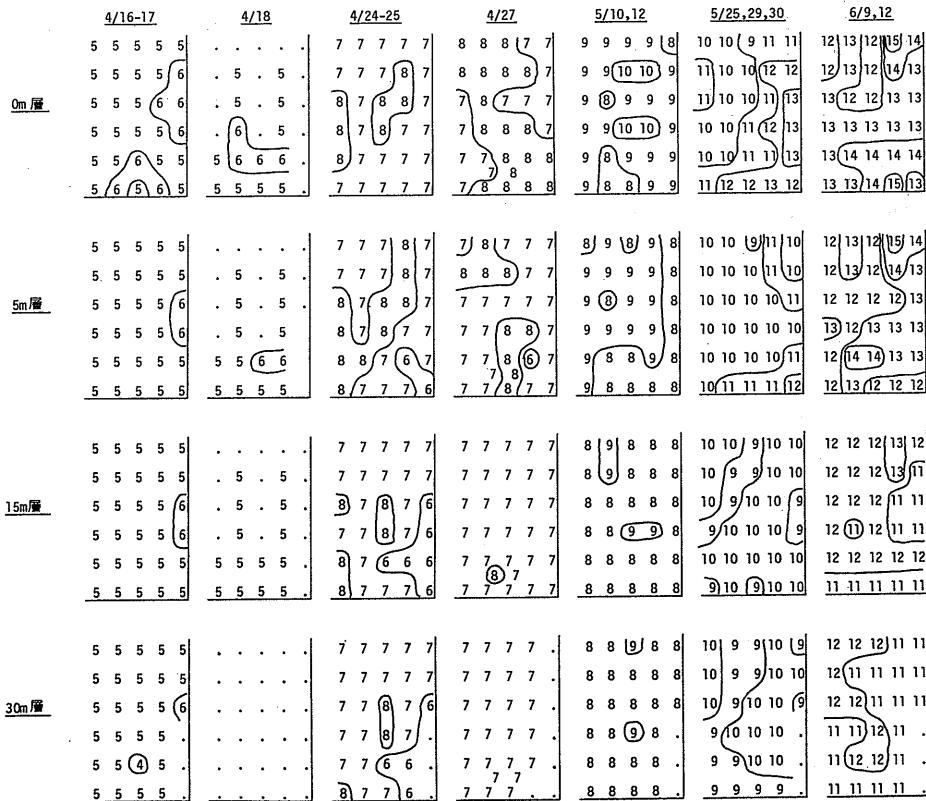
第26図 広域調査海域内における卵・稚仔魚採集調査時の各層水温分布 [°C; 0.9°C以下切捨]

4月から6月にかけて実施された稚魚調査時の各曳網層における水温分布を第27図及び第28図に示した。稚魚が全く採集されなくなった5月下旬以降の水温範囲をみると、沿岸域、狭域とも9~15°C台であった。

これらの事実から、水温が9~10°C以上のところでは、スケトウダラ稚仔魚が浮遊生活をしていないのではないかと推測されたので、稚魚調査の採集記録を曳網層別・水温帯別に整理して、第20表及び第21表に示した。さらにこれらを要約して第22表及び第29図に示した。これらの図表から明らかのとおり、沿岸域では10°C以上、狭域では9°C以上の水温帯では、スケトウダラの稚魚は浮遊生活をしていないらしいことが確かめられた。



第27図 沿岸域調査海域内における稚魚採集調査時の3層水温分布 [°C; 0.9°C以下切捨]



第28図 狹域調査海域内における稚魚採集調査時の4層水温分布 [°C; 0.9°C以下切捨]

第20表 狹域調査海域内における稚魚調査時の曳網層別・水温帯別曳網点数(A), 稚魚出現点数(B), 延べ採集尾数(C)

調査年月日	曳 網 層	総 計			4.0-4.9°C	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9
		A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C
	0 m	30- 2- 5	- - -	23- 1- 1	7- 1- 4	- - -	- - -	- - -	- - -
1980.4.	5	30- 15- 59	- - -	28- 15- 59	2- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	28- 20- 126	- - -	28- 20- 126	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
円錐形	30	25- 17- 80	1- 1- 7	24- 16- 73	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
稚魚網	計	113- 54- 270	1- 1- 7	103- 52- 259	9- 1- 4	- - -	- - -	- - -	- - -
1980.4.18	0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	14- 12- 81	- - -	14- 12- 81	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
角形稚魚網	30	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	計	14- 12- 81	- - -	14- 12- 81	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
1980.4.	0	30- 7- 14	- - -	- - -	- - -	23- 7- 14	7- 0- 0	- - -	- - -
	5	30- 12- 30	- - -	- - -	2- 2- 8	18- 7- 16	10- 3- 6	- - -	- - -
	15	28- 10- 50	- - -	- - -	4- 4- 34	19- 6- 16	5- 0- 0	- - -	- - -
円錐形	30	24- 9- 16	- - -	- - -	2- 2- 3	19- 6- 11	3- 1- 2	- - -	- - -
稚魚網	計	112- 38- 110	- - -	- - -	8- 8- 45	79- 26- 57	25- 4- 8	- - -	- - -
1980.4.27	0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	32- 12- 34	- - -	- - -	- - -	31- 12- 34	1- 0- 0	- - -	- - -
角形稚魚網	30	25- 10- 27	- - -	- - -	- - -	25- 10- 27	- - -	- - -	- - -
	計	57- 22- 61	- - -	- - -	- - -	56- 22- 61	1- 0- 0	- - -	- - -
1980.5.	0	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	5- 0- 0	- - -	- - -
	5	30- 2- 5	- - -	- - -	- - -	- - -	14- 2- 5	- - -	- - -
	15	30- 1- 3	- - -	- - -	- - -	- - -	26- 1- 3	- - -	- - -
角形稚魚網	30	23- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	21- 0- 0	- - -	- - -
	計	113- 3- 8	- - -	- - -	- - -	- - -	66- 3- 8	- - -	- - -
1980.5.	0	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
角形稚魚網	30	23- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	計	113- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
1980.6	0	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	30- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
角形稚魚網	30	23- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	計	113- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	0	150- 9- 19	- - -	23- 1- 1	7- 1- 4	23- 7- 14	12- 0- 0	- - -	- - -
	5	150- 29- 94	- - -	28- 15- 59	4- 2- 8	18- 7- 16	24- 5- 11	- - -	- - -
総 計	15	192- 55- 294	- - -	42- 32- 207	4- 4- 34	50- 18- 50	32- 1- 3	- - -	- - -
	30	143- 36- 123	1- 1- 7	24- 16- 73	2- 2- 3	44- 16- 38	24- 1- 2	- - -	- - -
	計	635-129-530	1- 1- 7	117- 64- 340	17- 9- 49	135- 48- 118	92- 7- 16	- - -	- - -

(前ページのつづき)

9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9	12.0-12.9	13.0-13.9	14.0-14.9	15.0-15.9
A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
21- 0- 0	4- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
16- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
4- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
2- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
43- 0- 0	4- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
1- 0- 0	10- 0- 0	9- 0- 0	6- 0- 0	4- 0- 0	- - -	- - -
1- 0- 0	21- 0- 0	7- 0- 0	1- 0- 0	- - -	- - -	- - -
9- 0- 0	21- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
11- 0- 0	12- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
22- 0- 0	64- 0- 0	16 0- 0	7- 0- 0	4- 0- 0	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	6- 0- 0	15- 0- 0	7- 0- 0	2- 0- 0
- - -	- - -	- - -	14- 0- 0	11- 0- 0	4- 0- 0	1- 0- 0
- - -	- - -	11- 0- 0	17- 0- 0	2- 0- 0	- - -	- - -
- - -	- - -	14- 0- 0	9- 0- 0	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	25- 0- 0	46- 0- 0	28- 0- 0	11- 0- 0	3- - - 0
22- 0- 0	14- 0- 0	9- 0- 0	12- 0- 0	19- 0- 0	7- 0- 0	2- 0- 0
17- 0- 0	21- 0- 0	7- 0- 0	15- 0- 0	11- 0- 0	4- 0- 0	1- 0- 0
13- 0- 0	21- 0- 0	11- 0- 0	17- 0- 0	2- 0- 0	- - -	- - -
13- 0- 0	12- 0- 0	14- 0- 0	9- 0- 0	- - -	- - -	- - -
65- 0- 0	68- 0- 0	41- 0- 0	53- 0- 0	32- 0- 0	11- 0- 0	3- 0- 0

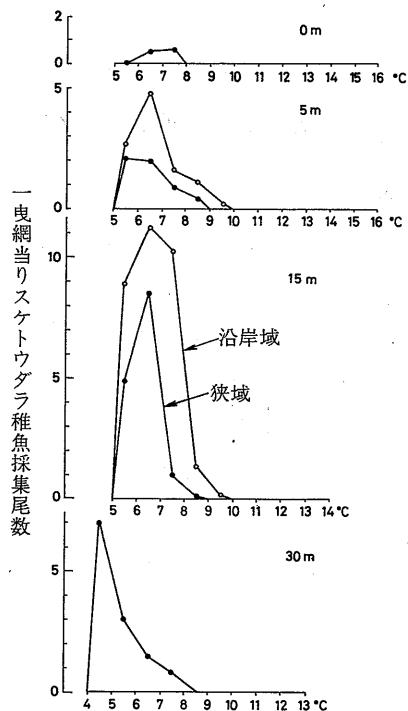
第21表 沿岸域における稚魚調査時の曳網層別・水温帯別曳網点数(A), 稚魚出現点数(B), 延べ採集尾数(C)

調査年月日	曳 網 層	総 計		4.0-4.9°C	5.0-5.9°C	6.0-6.9°C	7.0-7.9°C	8.0-8.9°C
		A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C
1980.4.15	0 m	13-	0- 0	- - -	12- 0- 0	1- 0- 0	- - -	- - -
	5	13-	10- 35	- - -	13- 10- 35	- - -	- - -	- - -
	15	10-	9- 90	- - -	10- 9- 90	- - -	- - -	- - -
	計	36-	19-125	- - -	35- 19-125	1- 0- 0	- - -	- - -
1980.4.23	0	13-	0- 0	- - -	- - -	3- 0- 0	9- 0- 0	1- 0- 0
	5	13-	9- 46	- - -	- - -	8- 6- 8	5- 3- 8	- - -
	15	10-	9-105	- - -	1- 1- 8	5- 4- 41	4- 4- 41	- - -
	計	36-	18-151	- - -	1- 1- 8	16- 10- 49	18- 7- 49	1- 0- 0
1980.5.10	0	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	4- 0- 0
	5	13-	6- 12	- - -	- - -	- - -	- - -	10- 5- 11
	15	8-	6- 10	- - -	- - -	- - -	- - -	6- 5- 8
	計	34-	12- 22	- - -	- - -	- - -	- - -	20- 10- 19
1980.5.25	0	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	10-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	計	36-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
1980.6.9	0	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	10-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	計	36-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
1980.6.19	0	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	5	13-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	15	10-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	計	36-	0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
合 計	0	78-	0- 0	- - -	12- 0- 0	4- 0- 0	9- 0- 0	5- 0- 0
	5	78-	25- 93	- - -	13- 10- 35	8- 6- 38	5- 3- 8	10- 5- 11
	15	58-	24-205	- - -	11- 10- 98	5- 4- 56	4- 4- 41	6- 5- 8
	計	214-	49-298	- - -	36- 20-133	17- 10- 94	18- 7- 49	21- 10- 19

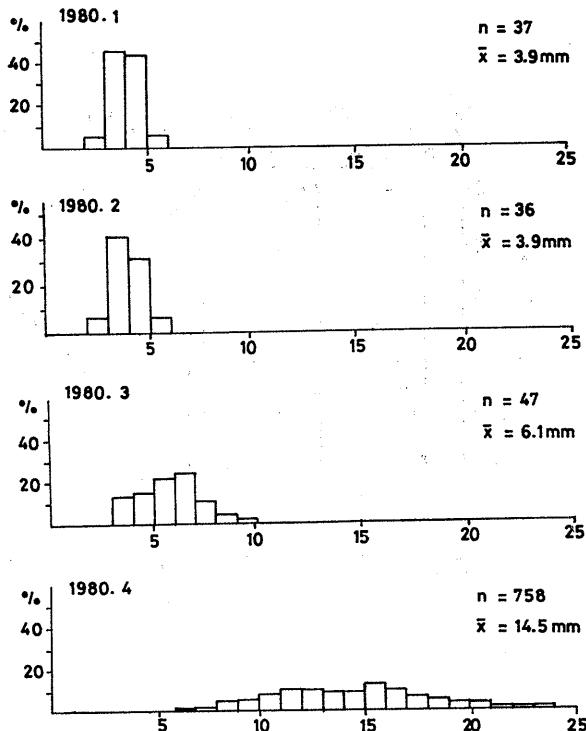
9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9	12.0-12.9	13.0-13.9	14.0-14.9	15.0-15.9
A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C	A - B - C
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
9- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
3- 1- 1	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
2- 1- 2	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
14- 2- 3	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	11- 0- 0	2- 0- 0	- - -	- - -
1- 0- 0	3- 0- 0	9- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -
9- 0- 0	1- 0- 0	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
10- 0- 0	4- 0- 0	9- 0- 0	11- 0- 0	2- 0- 0	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	3- 0- 0	3- 0- 0	4- 0- 0	3- 0- 0
- - -	- - -	- - -	10- 0- 0	3- 0- 0	- - -	- - -
- - -	- - -	1- 0- 0	9- 0- 0	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	1- 0- 0	22- 0- 0	6- 0- 0	4- 0- 0	3- 0- 0
- - -	- - -	- - -	- - -	13- 0- 0	- - -	- - -
- - -	- - -	- - -	3- 0- 0	10- 0- 0	- - -	- - -
- - -	- - -	1- 0- 0	9- 0- 0	- - -	- - -	- - -
- - -	- - -	1- 0- 0	12- 0- 0	23- 0- 0	- - -	- - -
9- 0- 0	- - -	- - -	14- 0- 0	18- 0- 0	4- 0- 0	3- 0- 0
4- 1- 1	3- 0- 0	9- 0- 0	13- 0- 0	13- 0- 0	- - -	- - -
11- 1- 2	1- 0- 0	2- 0- 0	18- 0- 0	- - -	- - -	- - -
24- 2- 3	4- 0- 0	11- 0- 0	45- 0- 0	31- 0- 0	4- 0- 0	3- 0- 0

第22表 稚魚調査時における曳網層別・水温帯別スケトウダラ稚魚出現状況要約

曳網層	水温帯 (°C)	沿 岸 域 調 査					狭 域 調 査				
		(A) 曳網 点数	(B) 出現 点数	(C) 延べ 採集尾数	(B)% (A)	(C)% (B)	(A) 曳網 点数	(B) 出現 点数	(C) 延べ 採集尾数	(B)% (A)	(C)% (B)
		% %					% %				
0m	5-5.9	12	0	0	0.0		23	1	1	4.3	1.0
	6-	4	0	0	0.0		7	1	4	14.3	4.0
	7-	9	0	0	0.0		23	7	14	30.4	2.0
	8-	5	0	0	0.0		12	0	0	0.0	
	9-	9	0	0	0.0		22	0	0	0.0	
	10-	-	-	-	-		14	0	0	0.0	
	11-	-	-	-	-		9	0	0	0.0	
	12-	14	0	0	0.0		12	0	0	0.0	
	13-	18	0	0	0.0		19	0	0	0.0	
	14-	4	0	0	0.0		7	0	0	0.0	
	15-	3	0	0	0.0		2	0	0	0.0	
	計	78	0	0	0.0	0.0	150	9	19	6.0	2.1
5m	5-	13	10	35	76.9	3.5	28	15	59	53.6	3.9
	6-	8	6	38	75.0	6.3	4	2	8	50.0	4.0
	7-	5	3	8	60.0	2.7	18	7	16	38.9	2.3
	8-	10	5	11	50.0	2.2	24	5	11	20.8	2.2
	9-	4	1	1	25.0	1.0	17	0	0	0.0	
	10-	3	0	0	0.0		21	0	0	0.0	
	11-	9	0	0	0.0		7	0	0	0.0	
	12-	13	0	0	0.0		15	0	0	0.0	
	13-	13	0	0	0.0		11	0	0	0.0	
	14-	-	-	-	-		4	0	0	0.0	
	15-	-	-	-	-		1	0	0	0.0	
	計	78	25	93	32.1	3.7	150	29	94	19.3	3.2
15m	5-	11	10	98	90.9	9.8	42	32	207	76.2	6.5
	6-	5	4	56	80.0	14.0	4	4	34	100.0	8.5
	7-	4	4	41	100.0	10.3	50	18	50	36.0	2.8
	8-	6	5	8	83.3	1.6	31	1	3	3.2	3.0
	9-	11	1	2	9.1	2.0	13	0	0	0.0	
	10-	1	0	0	0.0		21	0	0	0.0	
	11-	2	0	0	0.0		11	0	0	0.0	
	12-	18	0	0	0.0		17	0	0	0.0	
	13-	-	-	-	-		2	0	0	0.0	
	計	58	24	205	41.4	8.5	192	55	294	28.6	3.3
30m	4-	-	-	-	-	-	1	1	7	100.0	7.0
	5-	-	-	-	-	-	24	16	73	66.7	4.6
	6-	-	-	-	-	-	2	2	3	100.0	1.5
	7-	-	-	-	-	-	44	16	38	36.4	2.4
	8-	-	-	-	-	-	24	1	2	4.2	2.0
	9-	-	-	-	-	-	13	0	0	0.0	
	10-	-	-	-	-	-	12	0	0	0.0	
	11-	-	-	-	-	-	14	0	0	0.0	
	12-	-	-	-	-	-	9	0	0	0.0	
	計	-	-	-	-	-	143	36	123	25.2	3.4
計	4-	-	-	-	-	-	1	1	7	100.0	7.0
	5-	36	20	133	55.6	6.7	117	64	340	54.7	5.3
	6-	17	10	94	58.8	9.4	17	9	49	52.9	5.4
	7-	18	7	49	38.9	7.0	135	48	118	35.6	2.5
	8-	21	10	19	47.6	1.9	91	7	16	7.7	2.3
	9-	24	2	3	8.3	1.5	66	0	0	0.0	
	10-	4	0	0	0.0		68	0	0	0.0	
	11-	11	0	0	0.0		41	0	0	0.0	
	12-	45	0	0	0.0		53	0	0	0.0	
	13-	31	0	0	0.0		32	0	0	0.0	
	14-	4	0	0	0.0		11	0	0	0.0	
	15-	3	0	0	0.0		3	0	0	0.0	
	計	214	49	298	22.9	6.1	635	129	530	20.3	4.1



第29図 もの層別・水温帶別 1 もの当り
スケトウダラ稚魚採集尾数



第30図 採集されたスケトウダラ稚仔魚の月別全長組成
(三洋水路測量株式会社, 1980d)

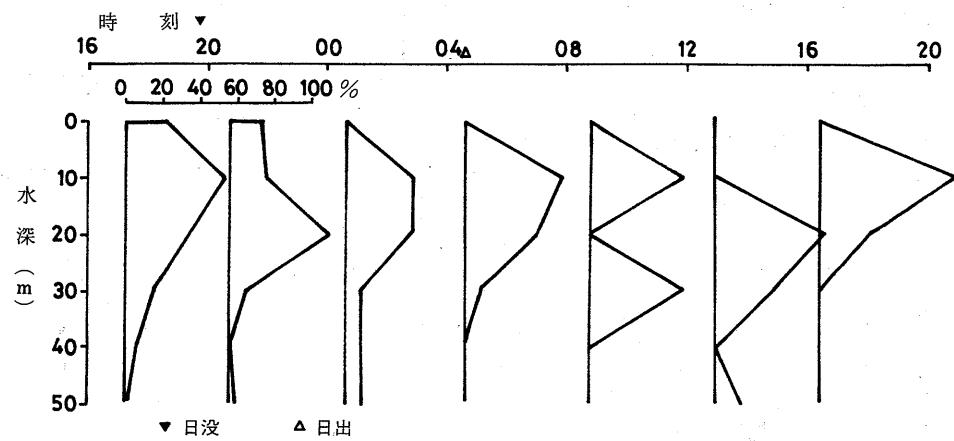
4) 採集稚魚の大きさ

稚魚調査時（4月）に採集されたスケトウダラ稚魚の全長組成を1～3月に採集された稚仔魚の全長組成と対比して第30図に示した。両組成は全く異っているが、これは稚魚の成長のみを示すものではなく、むしろ両調査に用いられた採集器具の選択性を強く反映しているものと考えられる。

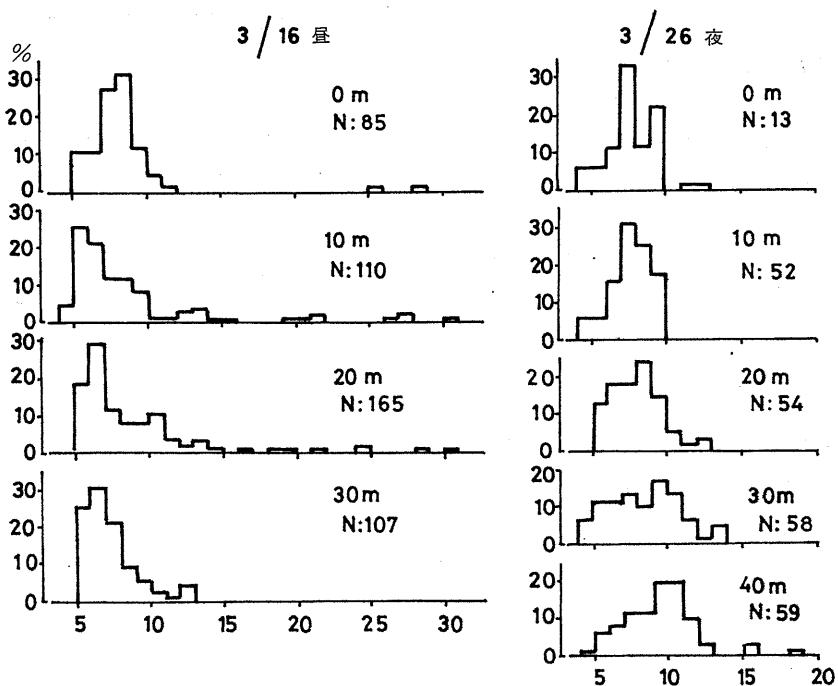
石田（1953）によれば、5月中旬頃になると沿岸の定置網に体長3cm位に成長したスケトウダラの幼魚が、かなりの量入網するようになり、6月の終りか7月の始めになると、沖合に去るためか見えなくなるという。したがって、5月上旬頃までに浮遊生活を終了し、沿岸域でしだいに集群性をもった遊泳生活に移行するのではないかと推測される。

8. 幼稚魚に及ぼす取水影響に関する考察

浮遊生活を送っているスケトウダラ稚魚の分布水深の中心が、15～20m層にあるらしいという前述の知見は、おそらく昼間の調査から得られたものと推察される。噴火湾の湾口部において、MTDネットを用いて3月に行われた調査結果（KAMBA, 1977）によると、いずれの曳網層においても夜間の方が、圧倒的に多数のスケトウダラ稚魚を採集している（第21表）。しかし、稚魚の相対的な鉛直分布には、それほど顕著な日周変化は認められず（第31図）、採集稚魚の全長組成の対比（第32図）から、昼夜の差は、主として比較的大型な稚魚の鉛直的な日周回遊によるものと考察されている。しかしながら、第23表に示したような全曳網層の採集尾数にみられる圧倒的な昼夜差は、鉛直分布の日周変化よりも、むしろ採集器具に対する稚魚の逃避能力が、昼夜間で著しく変化することを示唆しているものと考えられる。



第31図 1973年4月27-28日、噴火湾々口部におけるスケトウダラ稚魚鉛直分布の日周変化
〔KAMABA, 1977より〕



第32図 1973年3月に噴火湾々口部で採集されたスケトウダラ稚魚全長組成の昼夜別、層別比較
〔KAMABA, 1977より〕

第23表 噴火湾々口部におけるスケトウダラ稚魚調査結果要約

採集時刻	曳網層	全曳網数	(A)	(B)	(C)	(B)/(A)	(C)/(A)
			出現 曳網数	延べ 採集尾数	%		
昼間	0 m	40	4	21	10.0	0.5	
	7	40	28	186	70.0	4.7	
	14	40	25	167	62.5	4.2	
	21	39	19	188	48.7	4.8	
	35	38	15	98	39.5	2.6	
	計	197	91	660	46.2	3.4	
夜間	0	6	6	404	100.0	67.3	
	10	6	6	612	100.0	102.0	
	20	6	6	723	100.0	120.5	
	30	2	2	354	100.0	177.0	
	計	20	20	2,093	100.0	104.7	

1973年3-4月調査; KAMBA (1977) より作成。

魚は、表層部に殆ど出現せず、分布の中心が15~20m層付近にある（第23図、第24図）。前述の港口部における海深や想定流況と関連づけて考えると、このようなスケトウダラ稚仔魚の分布特性は、施設内連行量を軽減する方向に機能することになる。

発電所では取水付帯設備として、取水口付近にいくつかのスクリーンを装備し、冷却用海水中のごみやクラゲ等の流入防止に努めているが、それらのうち最終濾過装置であるトラベリング・スクリーンの網目の大ささは、通常9~10mmである。

遊泳力と集群性をもつて至ったスケトウダラの稚魚群が、専用港湾内に迷入し、冷却用海水とともに取水口から吸引され、垂直可動スクリーンの網目等のうえに圧着されて死亡するという事態も起り得る可能性がある。このスクリーン衝突死亡という現象には、単なる物理的要因のみでなく、生物側の多くの要因が関与してくるので、定量的な予測は極めて困難である。

しかし、米国等における調査記録によると、内陸部の五大湖や大河川の河口域に立地された発電所に比較すると、臨海立地発電所においてはスクリーン衝突尾数が少ないと(SHARMA and FREEMAN, 1977; FREEMAN and SHARMA, 1977; STUPKA and SHARMA, 1977), 同一発電所では昼間よりも夜間に衝突が多くなる傾向が認められること(HADDERINGH, 1978; VAN DEN BROEK, 1979)などが知られている。

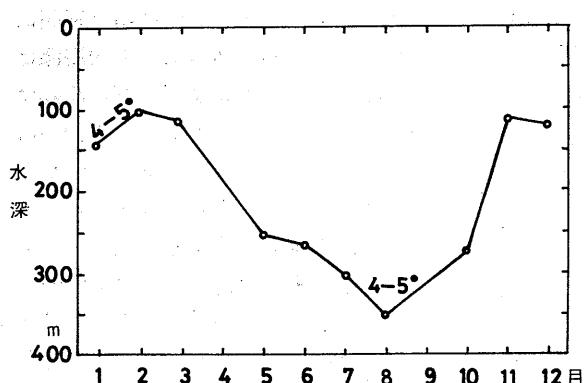
9. 親魚に及ぼす取放水影響に関する考察

今回、北海道電力(株)が実施した調査の項目の中には、スケトウダラの親魚を対象にしたものも含まれており、親魚群の遊泳実況の水中写真撮影の成功など、学術的にも貴重な知見が提供されている。しかしながら、発電所の取放水影響がスケトウダラの親魚群に及ぼす影響の有無を検討するためには、多年にわたる漁業活動や水産関係機関の調査研究活動を通じて集積された、より広範な知見に基づいて考察を進めることが妥当であると考えられる。

北海道西岸海域におけるスケトウダラ親魚群の生息水深については、第33図に示すような知見がある。この図から明らかとなおり、産卵期を含む11~3月に生息水深が最も浅くなるが、その水深範囲は約100~150m層である。また、索餌期の生息水深範囲は約250~350mで、産卵期のそれよりも深いとされている。

共和・泊発電所埋立地利用計画図によれば、専用港湾港口部の平均海深は約15m、両防波堤先端間の開口距離は約160mであるから、港口部の断面積は約2,400m²となる。一方、港内岩壁からの冷却用海水の取水量は80m³/秒であるから、単純に計算すると港口部における海水の平均流速は僅かに3.3cm/秒となる。しかしながら、この海水流入は、取水に伴う港内水位の低下を港外から補償するような形で行われるわけであるので、港口部の流入速度は、海面近くで比較的大きく、海底付近ではごく微弱になると想定される。

一方、浮遊生活期のスケトウダラ稚



第33図 北海道西岸におけるスケトウダラ魚群の生息水深と水温の月別変化 [北水研ほか, 1956より作成]

一方、発電所の専用港湾建設、運転などによって、流況の変化や昇温などの現象が生ずるわけであるが、これらの変化が及ぶ範囲は、冷却用海水の使用量、採用する取放水方式、周辺海域の地形・海象・気象等の諸条件によって左右される。しかしながら、既設発電所、特に水中放流方式を採用している発電所の週辺海域における調査結果によれば、水温や流況に変化の認められるのは、発電所に比較的近い一定の範囲内に限られており、鉛直的にも放流水深以浅、特に表層部付近に限られている。

これらの事実から、岩内湾におけるスケトウダラ親魚の主要な生活領域の範囲と、共和・泊発電所が運転を開始した場合に想定される水温や流況の変化予測範囲とは、水平的にも鉛直的にも隔離されているので、発電所の取放水影響が、スケトウダラの親魚群に直接及ぶというような事態は、起り得ないものと考えられる。

V. むすび——要約と結論

- 1) 北海道庁からの委託に基づいて、北海道電力株式会社が海洋調査会社に依頼して実施した調査の報告書に収録されていた基礎資料を解析して、共和・泊発電所の設置に伴う冷却水の取放水が、周辺海域におけるスケトウダラの卵・稚仔魚、親魚等に及ぼす影響を予測するために必要な解析を行った。
- 2) 1979年12月から1980年3月までの間に、組織的な魚卵・稚仔魚の採集調査が10回実施された。そのうち8回は狭域調査(対象海域面積約380km²)、2回は広域調査(同約1,240km²)であった。この間の延べ曳網数は、MTDネットの各層水平曳き採集が1,426点、NORPACネットの鉛直曳き採集が218点、合計1,644点に達していた。1980年4月から6月にわたって、スケトウダラ稚魚の採集を目的とした調査が17回実施された。円錐形もしくは角形の稚魚網を用いた曳網が、延べ882点において実施された。
- 3) MTD、NORPAC両ネットによる採集記録をコンピューターに入力し、採集時に使用した濾水計の更正試験結果に基づいて、それぞれの記録を水量1,000m³当りの値に標準化するとともに、解析に必要な計算を行った。
- 4) 標準化された個体数密度の推移から、今回の卵・稚仔魚調査は、この冬のこの海域におけるスケトウダラの産卵実況を、ほぼ適確に把握し得る期間にわたって実施されたとしてよいと判断した。
- 5) スケトウダラ卵・稚仔魚の空間的な分布構造について検討を加えた。調査海域内周縁部においても高密度分布が認められていたことから、少くとも産卵盛期における卵の分布域は調査海域範囲の外にも拡がっていることが示唆された。また、鉛直的にみると、スケトウダ

ラ卵は150m層以浅ではほぼ一様に近い状態で分布しているのに対し、稚仔魚の方は層間に比較的大きな変動を伴った分布をしていることが明らかにされた。

6) 各回の調査時の調査海域内におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の推定現存量を求めた。鉛直的な分布範囲をよくカバーしているという理由から、NORPACネットによる資料から得られた値の方が、真の現存量により近いものと判断して解析を進めた。

7) 採集記録には卵の発生ステージ別計数が行われたので、産卵後1日未満の桑実期以前の卵のみの現存量を推定し、その推移に基づいて採集全期間にわたる狭域調査海域内における産卵総量の近似値を求めたところ、約40兆粒という値が得られた。

発電所計画地点に最も近い3曳網点における個体数密度の加重平均値に計画取水量を乗じて、発電所冷却水系内への日間連行量の推定を行った。また、卵について日間連行量の補間値を累積して、調査期間内の総連行量を求めたところ、約200億粒という値が得られた。

8) 以上の解析結果を対比すると、スケトウダラ卵については、日間連行量／現存量が約1/2,000～1/84,000となり、調査期間内の総連行量／総産卵量が約1/2,000となった。また、スケトウダラの稚仔魚については、日間連行量／現存量が約1/2,700～1/32,000となった。発電所内へ連行された卵・稚仔魚のすべてが死亡するという前提をおいても、スケトウダラ資源の再生産関係にみられる特性、北部日本海系群の産卵域全体のなかに占める調査海域の地位等をも考慮にいれる必要もあるので、卵・稚仔魚期におけるこの程度の損失が、この魚の北部日本海系群の加入量水準に及ぼす影響は、無視し得る範囲内にとどまっており、したがって資源状態の悪化という事態は起り得ないものと判断した。

9) 放水域における温排水の挙動、並びにスケトウダラ卵に対する高温接觸試験結果から、放水域において温排水プルーム内へ連行されたスケトウダラ卵・稚仔魚が大量に死亡するという事態は起り得ないものと考えられる。

10) スケトウダラ稚魚の採集を目的とした調査は、4月中旬から6月中旬まで継続実施されたが、5月下旬以降の調査では全く採集されなかった。また、5月中旬以前の調査でも表層部では殆ど採集されず、15m層付近に分布の中心があるらしいという傾向が認められた。また、水温が9～10°C以上のところではスケトウダラ稚魚は全く採集されなかった。これらの事実から、5月中旬頃、体長3cm位に成長した幼稚魚は、浮遊生活を終了して、沿岸域においてしだいに集群性をもった遊泳生活に移行するのではないかと推測された。

11) 遊泳力と集群性をそなえた発育段階に達したスケトウダラ幼稚魚群の一部が、発電所専用港湾内に迷入し、取水用スクリーン上に圧着されて死亡するという事態が起る可能性も考えられる。激しい自然減耗の過程にある卵・稚仔魚期の損耗と、自然死亡率が安定したものの幼稚魚期における損耗とは、漁獲対象資源への加入量に対する波及影響という点では、その重みが異なるものと考えられる。しかしながら、スクリーン衝突死亡という現象を誘発する要因は複雑であって、現在これを定量的に予測することは不可能である。したがって、運転開始後に行うモニタリング項目の1つとして、スケトウダラ幼稚魚等のスクリーン衝突を選定し、不幸にして大量死亡が起るという事態が認められるのであれば、発電所定期検査時期の調整、港口部もしくは取水口付近における工学的対策等によって、スクリーン衝突死亡

の防止・軽減措置を採用すべきであろう。

12) スケトウダラ成魚の主要な生活領域と、この発電所が運転を開始した場合に想定される水温や流況の変化範囲とは、水平的にも鉛直的にも隔離されているので、発電所の取放水影響が、直接スケトウダラの親魚群に及ぶという事態は起り得ないものと考えられる。

引 用 文 献

- FREEMAN III, R.F. and P.K. SHARMA (1977). Survey of fish impingement at power plants in the United States. Vol. II. Inland waters. ANL/ES-56 Vol. II. Environmental Control Technology and Earth Sciences (US-11) : 328pp.
- HADDERINGH, R.H. (1978). Mortality of young fish in the cooling water system of Bergum Power Station. *Verh. Intl. Ver. Limnol. (Ger.)*, 20 : 1827.
- HAMAL, I., K. KYUSHIN and T. KINOSHITA (1971). Effects on temperature on the body form and mortality in the developmental and early larval stages on the Alaska pollack, *Theragra chalcogramma* (PALLAS). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 22(1) : 11-29.
- 北海道電力株式会社 (1981). 共和・泊発電所海域調査第5回報告会資料 (海象調査). 75pp.
- 北海道電力株式会社技術研究所 (1980). スケトウダラ卵の孵化における水温の影響について. 10pp.
- 北海道区水産研究所・北海道水産試験場・北海道区資源研究集団 (1956). 北海道区資源調査報告, (1) : 29-69.
- 石田昭夫 (1953). スケトウダラの若齢魚についての二、三の観察. 日水誌, 19(4) : 405-409.
- KAMBA, M. (1977). Feeding habits and vertical distribution of walleye pollack, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), in early life stages in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spec. Vol.* : 175-197.
- McFADDEN, J.T. (1977). An argument supporting the reality of compensation in fish populations and plea to let them exercise it. p.153-183. In W.V. WINKLE [ed.] *Proceeding of the conference on assessing the effects of power-plant-induced mortality on fish populations*. Pergamon Press.
- 元田 茂 (1957). 北太平洋標準プランクトンネットについて. 日本プランクトン研連報, (4) : 13-15.
- MOTODA, S. (1971). Devices of simple plankton apparatus. V. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 22 : 101-106.
- 三洋水路測量株式会社 (1980a). 共和・泊発電所海生生物調査 (第1次) 報告書, 自昭和54年12月至昭和55年1月. : 1-499.
- 三洋水路測量株式会社 (1980b). 共和・泊発電所海生生物調査 (第2次) 報告書 (その2), 自昭和55年2月至昭和55年4月. : 1-570.
- 三洋水路測量株式会社 (1980c). 共和・泊発電所海生生物調査 (第2次) 報告書 (その2), 自昭和55年2月至昭和55年4月. : 571-1084.
- 三洋水路測量株式会社 (1980d). 共和・泊発電所海生生物調査 (第3次) 報告書, 自昭和55年5月至昭和55年7月. : 1-686.
- SHARMA, R.K. and R.F. FREEMAN III (1977). Survey of fish impingement at power plants in the United States, Vol. I. Environmental Control Technology and Earth Sciences (UC-11) : 218pp.
- STUPKA, R.C. and R.K. SHARMA (1977). Survey of fish impingement at power plants in the United States. Vol. III. Estuaries and coastal waters. ANL/ES-56. Vol. III. Environmental Control Technology and Earth Sciences (UC-11) : 310pp.
- 辻 敏 (1972). スケトウダラの資源, II-1. 北海道周辺 (集団分布構造と評価). 日水誌, 38(4) : 383-388.
- 遊佐多津雄 (1954) スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (PALLAS) "Alaska pollack" の正常発生について. 北水研研報, (10) : 1-15+PL VII.
- VAN DEN BROEK, W.L.F. (1979). A seasonal survey of fish populations in the Lower Medway Estuary, Kent, based on power station screen samples. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 9(1) : 1-15.

[付] 運転開始後におけるスケトウダラに関するモニタリング計画に対する提言*

この報告のなかで述べた影響予測にあたっては、提供された基礎資料を活用して、可能な限り具体的な予測を行うように努めた。しかしながら、発電所内へ吸引される冷却水中のスケトウダラ卵・稚仔魚の密度等については、用い得る数値が限られていたため、いくつかの前提を設けて作業を進めなければならなかった。

したがって、この発電所が運転を開始した後におけるモニタリング計画のなかに、関係者間の重大関心事であった今回の予測の適合性を検討できる項目が含まれることが望ましい。また、今回の予測の基礎となった調査結果から、このモニタリングを効率の良いものとするために必要な知見も提示されていると考えられるので、スケトウダラに関するモニタリング計画について、若干の提言を行うことにした。

1. 周辺海域におけるスケトウダラ卵・稚仔魚の現存量調査

1) 実施時期

1979-80年の産卵期においては、1月中旬のみで全産卵量の約40%，1月上旬から2月上旬までの4旬で全産卵量の約90%が占められていた(第19図)。産卵盛期には多少の年変動があるとしても、前述の4旬内に集中的な調査を行うことが効率的であろう。

2) 調査海域範囲

今回の狭域調査海域と共通する範囲において調査を実施すれば、産卵量水準の経年的な直接比較もできるので好都合であろう。

3) 採集方法

スケトウダラ卵・稚仔魚の鉛直的な分布範囲の下限をよくカバーでき、採集作業が比較的容易であり、処理標本数が限定される等という理由から、濾水計付のNORPACネットを用いて、少くとも水深150m層から海面までの鉛直曳きを採用すれば充分であろう。今回の調査で併用したMTDネットによる各層水平曳き採集は、運転後のモニタリングにおいては必要であると考えられる。

2. スケトウダラ卵・稚仔魚の施設内連行量調査

実際に発電所の冷却水系内へ連行されるスケトウダラ卵・稚仔魚量を把握するために必要な調査であり、取水口付近で水流を利用した採集を実施すればよいと考えられる。この採集を能率良く行うためには、取水路底から一定の傾斜角をもって取水路内の全水深にわたって設定される固定式バースクリーンを利用して、方形枠に取り付けられた角柱角錐形プランクトンネットを容易に昇降させ得るような装置を、建設当初から組み込んでおくことも考慮に値する問題であろう。そのためには、複数条の取水路のうち、こうした装置を設ける特定の水路だけでも、固定式バースクリーンと次の濾過装置(例えばレーキ付バースクリーン)との間に、前述のプランクトンネットを保持できるだけの距離と、昇降時にネットが通過できるだけの開口部を路床面に確保しておくことが必要となる。

スケトウダラ卵・稚仔魚の出現盛期内に、採集実施日を系統的に選定し、選定された日においては一定時間間隔(例えば2~4時間おきに30分ずつ)で、24時間にわたって採集を実施することが望ましい。この場合もネットの口部に濾水計を装着し、採集物の定量的な取扱いができるようにすべきである。

* この提言は、今回新たに追加したものであって、北海道庁へ提出した委託報告の中には含まれていなかった部分である。

3. スケトウダラ幼稚魚の取水スクリーン衝突量調査

レーキ付バースクリーンやトラベリングスクリーン洗浄時に、海水とともに吐出されてくるごみや生物等を、海水から分離する箇所に、要すればその分離面にもじ網を敷いておき、スケトウダラ幼稚魚出現の有無や、その出現数量等を把握すればよい。そのためには分離槽の構造等についても建設時に配慮を加えておくことが望ましい。

この調査もスケトウダラ幼稚魚接岸期間内の日を系統的に抽出して実施すればよい。抽出された日においては、スクリーン洗浄の機構上センサス調査となるので、調査日についての抽出率のみを考慮すれば、全衝突量の推定値を求めることができる。

スクリーン衝突を軽減することを目的とした工学的な施設を設けた場合には、その施設を作動させた日と作動させなかった日との間の衝突実態を比較することによって、施設の有効性について検討を加え、施設の継続的運用の要否を判断することも必要であろう。