

京都府沿岸海域への魚群添加機構に関する研究一Ⅲ

スキャニングソナーを用いたマイワシの魚群行動調査

和田 洋蔵・宗清 正廣・飯塚 覚・河岸 賢

Studies on Supply Systems of Commercially Important Fish Schools into Coastal Fishing Ground of Kyoto Prefecture-III

On the Movements of the Japanese Sardine Schools

YOZO WADA, Masahiro MUNEKIYO, Satoshi IZUKA and Masaru KAWAGISHI

Synopsis

From February to March in 1988, three survey cruises were made to observe the distributions and migrations of sardine, *Sardinops melanostictus* (Temminck et Schlegel), in the Western Wakasa Bay, using fish finder and scanning sonar. Through the surveys, as sardine schools were found mostly in the side of warmer water which were specified as thermocline, it was suggested that waters with thermo-gradient vertically and horizontally seem to stop the sardine schools going straight. Sardine schools moved at the speed of approximately 0.2~0.9 cm/sec. specially at the just before the sunrise it was frequently observed that the schools migrated actively up to surface and down to bottom waters. The greater part of sardine schools migrated toward shore side in nighttime and toward off shore side in daytime.

若狭湾西部海域に位置する京都府沿岸には、数多くの定置網が敷設されている。定置網の漁獲量は、網の構造や設置位置などによっても左右されるが、沖合から来遊する魚群の量とその行動に大きく依存している。しかし、沖合から来遊した魚群がどのような移動パターンをとって定置網で漁獲されているのか、沖合から沿岸域にかけて分布している魚群と定置網で漁獲される魚群との関係についての調査・研究はまだ少ない。

マイワシ *Sardinops melanostictus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) は、京都府の定置網漁業にとって、年間漁獲量の約7割を占める最も重要な魚種である。京都府沿岸でのマイワシの主漁期は1~3月であり、この時期には沖合から沿岸にかけて数多くのマイワシ魚群が出現している。

著者らは、1988年2~3月に若狭湾西部海域において、スキャニングソナーを用いてマイワシ魚群の行動調査を実施した。その結果、この海域におけるマイワシ魚群の移動と海洋構造の関係、群の移動速度および昼夜間

での群の鉛直分布の違いなどについて検討することができたので報告する。

調査方法

調査は、1988年2月22~23日(第1回調査)、3月14~15日(第2回調査)および3月28~29日(第3回調査)の計3回、Fig. 1に示された海域において、京都府立海洋センター調査船平安丸(228トン)により行われた。

マイワシ魚群の位置については、ロランCおよびレーダーにより船位を測定した後、スキャニングソナー(古野電気株式会社製、FSS-31C)の画面上に現れた魚群反応像の中心までの距離と方向およびスキャニングソナーの超音波ビームの俯角から計算によって求めた。魚群の移動に伴って船を航走させながら、約10分間隔で魚群位置の測定を行い、魚群の移動経路とした。また、魚群探知機(古野電気株式会社製、FWGT-43)を用いて、魚群の鉛直的な性状を知るとともに、約6ノットでグリッド航走し、沿岸から沖合域にかけての魚群の分布状況を調

Table 1. Specifications of scanning sonnar
(FURUNO: Model FSS-31C)

Indicator	PPI scope	360° scanning			
Range (m)		0-200	0-400	0-800	0-1,600
Transmitter					
Output power (max.)		50 kw			
Pulse length (msec.)		2.1	4.2	8.3	15.0
Transducer					
Frequency	45 kHz				
Directivity					
Transmitting angle		360° (horizontal)		18° (vertical)	
Receiving angle		14° (horizontal)		16° (vertical)	

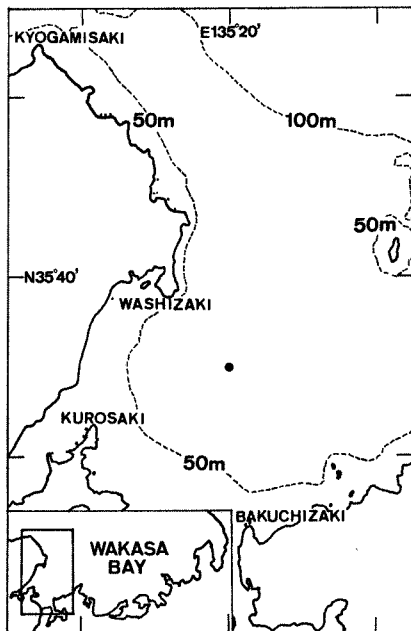


Fig. 1. Surveyed area in the western Wakasa Bay. A dot shows station of CTD observation.

査した。なお、調査に使用したスキャニングソナーと魚群探知機の機能の概要を Table 1 および Table 2 に示した。

また、航走時には平安丸舷側（水深約 2 m）に取付けられた電気水温計により連続的に水温を記録するとともに、Fig. 1 に示した定点において CTD (Niel Brown 1150) により表面から海底までの水温・塩分の連続測定を行った。

Table 2. Principal performance specification for fish finder (FURUNO: Model FWGT-43)

Operation frequency	200 kHz
Depth range (used)	0~100 m
Pulse width	2 msec.
Sound transmission rate	112 pulse/min.
Power output	2 kw
Power supply	DC 24 V
Recording type	Moist paper
Paper feed speed	6, 12, 24 mm/min.

結 果

調査期間中の定置網と旋網の漁獲物組成を旬ごとにまとめ、Table 3 に示した。定置網の漁獲物は、漁獲物の約95%をマイワシで占めており、マイワシ以外の魚種ではカタクチイワシ *Engralis japonicus* が約5%を占めていただけであった。また、調査海域のやや沖合で操業していた旋網の漁獲物は、第3回調査が行われた3月下旬を除いて、全てマイワシであった。

一般に、スキャニングソナーの画面や魚群探知機の記録紙上に現れる魚群の反応像に基づいて、その魚種の判別を行うことは困難であるとされている。しかし、今回の調査ではスキャニングソナーの性能を考慮して比較的規模の大きな魚群だけを対象としたことと、上述の漁獲状況とを考え合せて、調査した魚群をマイワシのものであるとして取扱った。

魚群の分布

第1回調査を行った2月22日における水温・塩分の鉛

Table 3. Amounts of catches with set-nets and purse seines in the western Wakasa Bay from February to March 1988. Unit: ton

		Feb. 21-29, '88	Mar. 1-10, '88	Mar. 11-20, '88	Mar. 21-31, '88	Total
Set-net	Sardine	1,313(99.3%)	1,612(98.3%)	747(97.1%)	594(76.5%)	4,266(94.7%)
	Anchovy	8(0.6%)	28(1.7%)	22(2.9%)	181(23.4%)	239(5.3%)
	others	1(0.1%)	—	—	1(0.1%)	2(<0.1%)
Purse seine	Sardine	2,510(100%)	880(100%)	1,550(100%)	20(1.4%)	4,880(78.2%)
	Mackerels	—	—	—	1,360(98.6%)	1,360(21.8%)

直プロフィールを Fig. 2 に示した。水温躍層・塩分躍層は、ともに水深 7~15 m 付近にみられた。躍層下部の水深 20 m 以深では水温は 11.3~11.4°C, 塩分は 34.2~34.3 (PSU) であった。一方、躍層上部は、水温約

10.5°C, 塩分約 33.85 (PSU) と底層に比べ低温・低塩分であった。

魚群探知機の記録より魚群の鉛直分布をみると、ほとんどの魚群が水温・塩分躍層の下部に分布していた (Fig. 3)。しかし、魚群の鉛直分布や群の性状には昼夜によって違いがみられた。即ち、Fig. 4 に示したとおり、昼間にはマイワシは中層に大きな塊状の群を形成していたが、日没から約 1 時間後には魚群は底層に移行した。その後しばらくすると分布の中心が再び表層近くに移行した。日出前には、大きな魚群が分離し、表層近くにその群が浮上するなどの複雑な動きがみられたが、日出直前にはその魚群はさらに小さな群に分かれ、底層に移動するなど日出前から日出直前にかけてはマイワシ魚群の鉛直方向の動きが活発であった。以上のように、マイワシは日没約 1 時間後と日出直前に動きが活発になり、それに伴って魚群の大きさや魚群の鉛直的な分布が大きく変化した。なお、魚群探知機の記録紙にはマイワシ魚群の反応の他に、DSL の反応が現れるが、DSL の反応の消長とマイワシの動きが活発になる時期とは

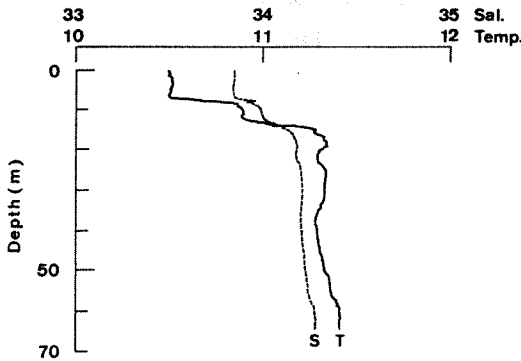


Fig. 2. Vertical profiles of temperature (T) and salinity (S) at CTD station in the western Wakasa Bay on the 22th of February 1988.

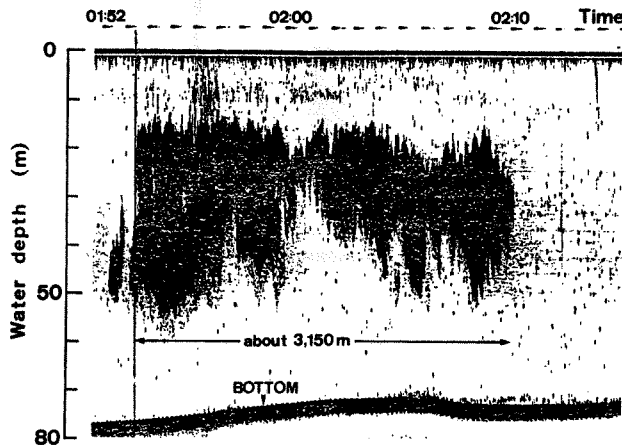


Fig. 3. Recorded image of sardine school by fish finder.

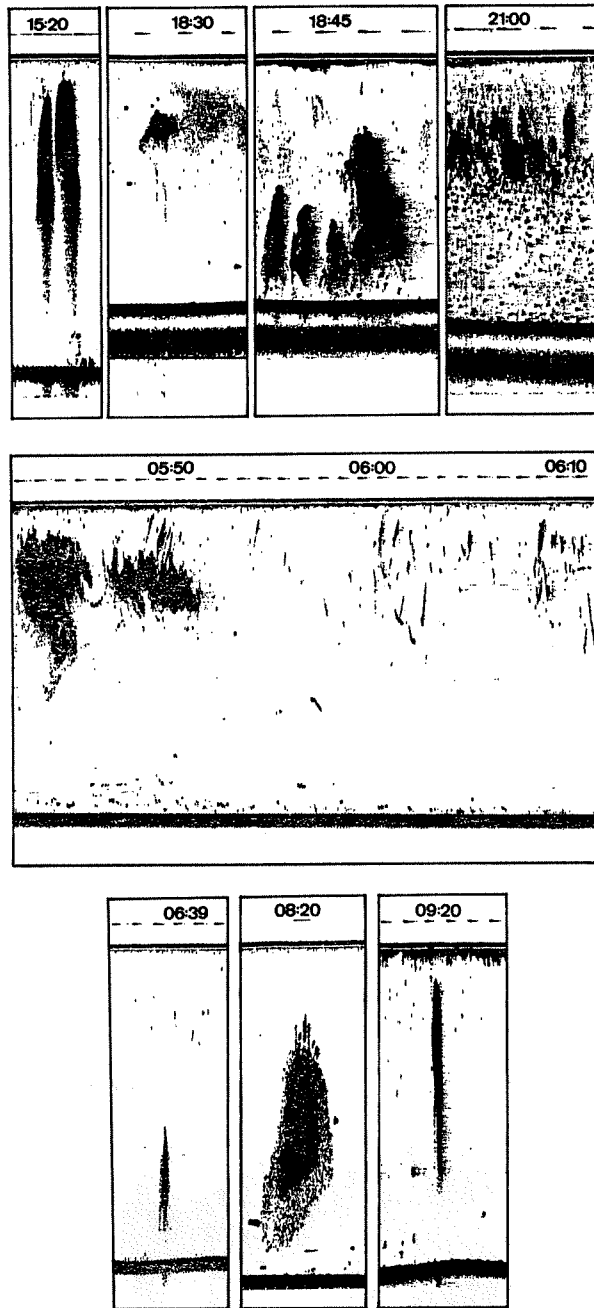


Fig. 4. Diurnal change of sardine school image recorded by fish finder.

ば一致していた。

調査海域におけるマイワシ魚群の水平的な分布状況を知るために、第1回調査時と第3回調査時にグリッド航走を行った。そして、魚群探知機の記録紙上に現れる魚

群反応を定線上にプロットし、Fig. 5 および Fig. 6 に示した。第1回調査時における魚群反応数は、沖合の定線で少なく、岸寄りの定線で多くなっていた。特に鷺崎沖には比較的大きな魚群が数多く出現しており、魚群

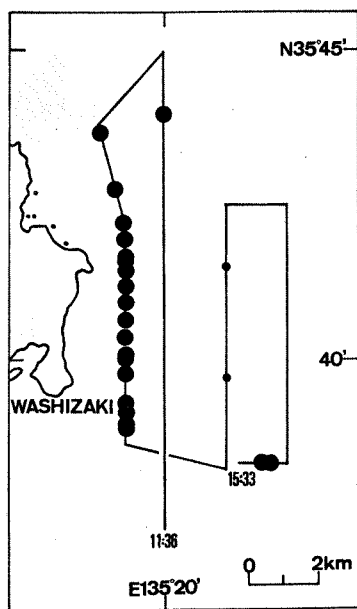


Fig. 5. Horizontal distribution of sardine school in the western Wakasa Bay on the 22th of February 1988.

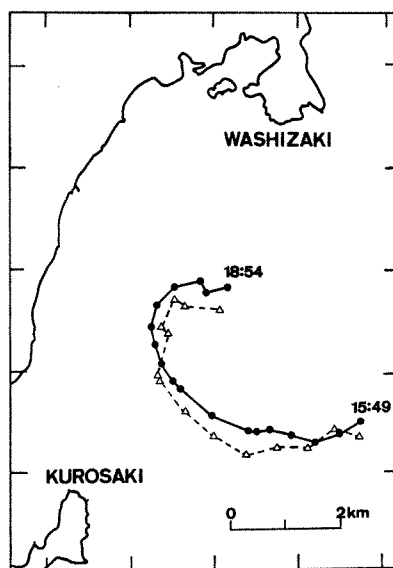


Fig. 7. Profile of tracking course from 3: 49 p.m. to 5: 54 p.m., March 14th. (● Research Vessel △ sardine school)

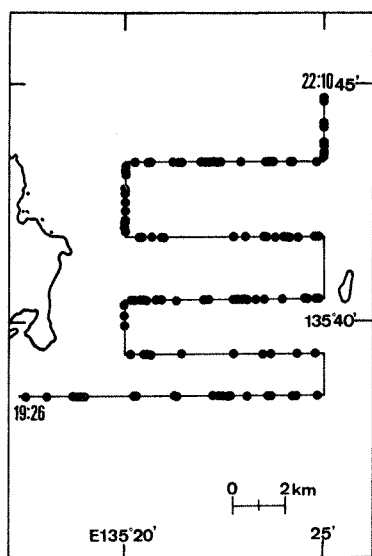


Fig. 6. Horizontal distribution of sardine school in the western Wakasa Bay on the 28th of March 1988.

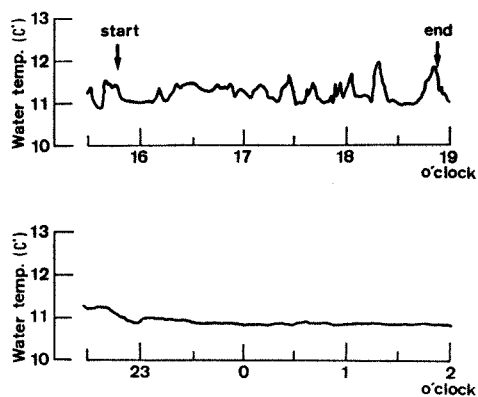


Fig. 8. Fluctuations of water temperature in the 2 meter depth.

の上を調査船が6ノットで航走した際には、約 3.150 m 航行する間、魚群探知機の記録紙に反応が現れるような大きな魚群もみられた。一方、第3回調査時における魚

群分布は、第1回調査時と異なり、沖合から沿岸にかけてはほぼ同様であった。また、第1回調査時と比較すると、魚群の大きさが小さく、岸寄りの定線で魚群数が少なくなっていた。

魚群の移動経路

第2回調査時にマイワン魚群を約3時間追跡した際の魚群の移動経路と調査船の航跡を Fig. 7 に示した。一方、Fig. 8 に示された魚群追跡時の調査船舷側（水

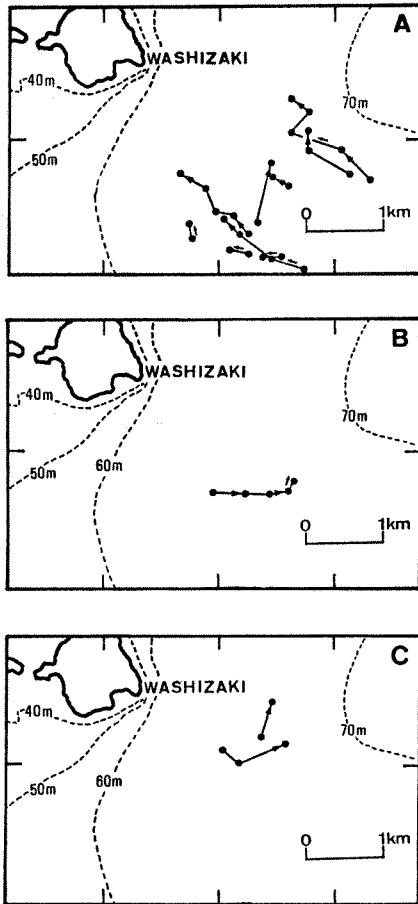


Fig. 9. Movement of sardine schools. (A) 17: 55~20: 24, (B) 0.7: 21~08: 01, (C) 15: 44~16: 40

深約 2m 層) の水温記録をみると、約 1°C の幅で水温が激しく上下していた。このような水温の急激な変化は調査期間中、他の水域ではみられず、調査船が水温の異なる 2 つの水塊の境界 (潮目) 付近を、これに沿うように航行したものと考えられた。調査船の航路と魚群の移動経路とがほぼ一致していたことから、魚群が潮目に沿って移動していたと推察された。

マイワシ魚群の鉛直分布や群の性状には昼夜により違いがみられたので、マイワシの移動経路を夜間、朝方、夕方に分けて Fig. 9 に示した。第 1 回調査時における鷲崎沖での夜間のマイワシ魚群の動きをみると、各々の魚群の移動方向にはバラツキがあるものの、全体的には岸に近づく方向に魚群が移動していた。一方、日出後および夕方には、魚群は沖合に向かう方向に移動してい

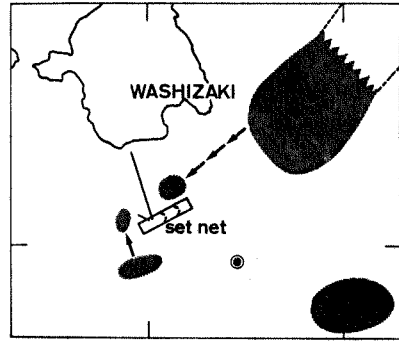


Fig. 10. Sardine migration model to set net fishing ground.

た。つまり、マイワシ魚群は昼間は離岸し、夜間には接岸する行動をとっていた。

また、第 1 回調査時に定置網の沖合に停船して、定置網周辺での魚群の動きや群の大きさについて観察した結果について Fig. 10 に示した。定置網の沖側には規模の大きい魚群がいくつかみられ、そこから小群が分離し、定置網へ向かうといった魚群の行動が観察された。

魚群の移動速度

スキャニングソナーを用いて追跡した魚群の各々について、追跡の開始から終了までの移動距離を追跡時間で徐して、魚群の平均的移動速度を求めた結果をまとめ、Table 4 に示した。魚群の移動方向は上述のようにそれぞれ異なるものの、移動速度は約 $0.2\sim 0.9\text{ m/sec}$. (約 $0.4\sim 1.8$ ノット) の範囲にあった。今回の調査では精密な潮流の測定は行わなかったが、簡易流速計 (SD-4, ユニオンエンジニアリング社製) での観測結果および他の漁船でのドップラーログによる観測結果から、調査海域の潮流は概ね 0.2 m/sec . 以下の流速であったと推定された。したがって、今回の調査で得られた魚群の移動速度の測定結果については、潮流の影響をほとんど無視できるものと考えられた。

考 察

一般に、魚類は不適な水温や急激な温度変化から逃避する、いわゆる逃避適応 Avoiding adaptation によって行動が支配されている (辻田, 1957) と言われている。INAGAKE・HIRANO (1984) は、マイワシが前線域に多く分布し、前線の移動に伴って漁場が移動することなどから、水温勾配が障壁としてマイワシの分布に影響を与えると述べている。また、HARA (1984) が道東海域で行った調査では、マイワシ魚群は水温躍層下部の水温

Table 4. Estimated migratory speed of sardine schools.

Date (1988)	Time		Period	Distance	Speed
	Start	End			
Feb. 22-23	15:44	16:25	41(min.)	810(m)	0.33(m/s)
	16:30	16:40	10	460	0.77
	17:55	18:13	18	260	0.24
	18:15	18:30	15	820	0.91
	18:33	18:44	11	210	0.32
	18:34	19:00	26	910	0.58
	18:52	19:42	50	1,260	0.42
	19:05	20:00	55	1,365	0.41
	19:51	20:03	12	200	0.28
	20:27	20:37	10	210	0.35
	21:09	21:20	11	150	0.23
	21:23	22:24	61	1,150	0.31
	23:35	0:30	55	1,490	0.45
	0:58	1:28	30	810	0.45
7:21	8:01	40	960	0.40	
Mar. 14-15	12:53	13:05	12(min.)	520(m)	0.72(m/s)
	13:31	13:55	24	870	0.60
	15:49	18:54	185	6,790	0.61
	1:21	1:38	17	250	0.25
Mar. 28-29	17:53	18:37	85(min.)	1,150(m)	0.33(m/s)
	22:22	2:35	253	5,900	0.39
	3:34	7:19	225	5,250	0.40
	8:00	9:50	110	2,100	0.32
	10:11	10:20	9	420	0.78

10°C以下の層に分布せず、水温の比較的高い躍層上部の薄い層に集中して分布していた。今回の調査では、マイワシの魚群が潮目に沿って移動している状況が把握された。また、魚群の鉛直分布をみると、マイワシは日周期的な浅深移動を行っているものの、ほとんどの魚群が水温躍層下部の高温側に分布していた。したがって、今回の調査で明らかになったマイワシ魚群の分布・移動の特徴についても、水温勾配が障壁となって、その分布・移動を規定しているために発現したものと推定される。この点で、マイワシ魚群の分布している海域の環境条件の把握が重要であると考えられる。著者らは、京都府沿岸海域への魚群添加機構に関する研究の中で、水塊の移動・交替と魚群の漁場への来遊や逸散との関係についての調査を行っている。マイワシの場合、魚群の分布や移動が水温勾配によって影響を受けていると考えられることから、今後水温に注目した、より詳細な環境調査が必要になる。また、その環境調査を行うことによって、海

況の変化がマイワシの行動に影響を与え、さらに、沿岸の定置網の漁況変動の原因となっていく過程について明らかにされるものと考えられる。

マイワシ魚群の性状が昼夜によって異なること (TAKESHITA et al., 1988) や日中でも午前・午後で異なること (HARA, 1985) が報告されている。今回の調査において、マイワシ魚群の性状には日没後約1時間後と日出直前に急激な変化がみられた。また、このような魚群の鉛直分布や魚群の性状に急激な変化が起った時刻とDSLの消長があった時刻はほぼ一致していた。DSLの原因となる生物の種類は季節や海域によって異なるので、今後この海域での詳細な調査が必要となるが、マイワシの行動とDSLを構成する生物やそれによって引き起こされる他の生物の挙動とは、何らかの関連があるものと推察される。

次に、マイワシ魚群の水平的な移動状況について述べる。マイワシ魚群は、夜間には岸へ近づき、日中には岸

から遠ざかる動きをしていた。マイワシのこのような日周期性を持った行動が何によって発現しているのかは不明であるが、このような魚群の離接岸行動は、定置網の漁獲機構と密接な関係があるとされている（井上ほか、1986）。一方、今回の調査で定置網の沖合に分布していた規模の大きいマイワシの魚群から、小群が分離し、それが定置網へ向かうという魚群の行動が観察された。井上ら（1985）は、定置網に入網するのは沖合から来遊した魚群のごく一部であり、定置網に入網する魚群は小型の魚群が多いと報告しており、今回の調査結果はこれを支持している。マイワシ魚群の日周期的な離接岸行動に伴って群の性状がどのように変化し、さらに定置網にどのような過程で入網するかについては、今後詳しく調査する必要がある。

最後に、マイワシ魚群の移動速度について述べる。今回の調査で得られた結果は、0.4~1.8ノットで HARA（1987）が釧路沖で調査した結果とはほぼ一致していた。一方、井上（1987）は、魚群の移動速度に関して、沖合の水域で得られた結果とは異なり、定置網の近傍では魚群がかなりゆっくり移動すると述べている。また、定置網周辺での魚群の移動速度が、岸側の水域では沖側の水域より遅かったとしている。魚群移動速度のこのような違いが、定置網周辺では海底地形や網などの影響で魚群の動きが阻止されるために起っているのか、群の大きさや性状の違いによはものかは不明である。今回の調査では、ごく沿岸の海域での調査は行われなかったが、今後、沖合から沿岸の定置網漁場にかけての調査を行い、沖合から定置網に入網するまでの経路や魚群の行動、群の性状の変化について解明していく必要がある。

本報告を終わるにあたり、スキヤニングソナーの取扱い方や魚群の追跡方法について有益な示唆をいただいた伊根漁業協同組合理事奥治氏並びに同組合所属のまき網船前漁労長永浜三好氏及び同組合の関係各位に感謝する。

要 約

1988年2月から3月に若狭湾西部海域において、スキヤニングソナーと魚群探知機を用いてマイワシの魚群行動について調査し、次の知見を得た。

1. ほとんどのマイワシ魚群が水温躍層下部の高温側に分布していたこと、魚群が潮目に沿って移動していたことから、水温勾配が障壁となって魚群の分布・移動を規定していたと考えられた。

2. マイワシ魚群の性状や鉛直分布は昼夜によって異なっていた。

3. マイワシは日没約1時間後と日出直前に動きが活発になり、それに伴って魚群の鉛直的な分布が大きく変化した。

4. DSL の反応の消長とマイワシの動きが活発になる時期とはほぼ一致していた。マイワシの行動と DSL を構成する生物やそれによって引き起される他の生物の挙動とは何らかの関連がある可能性が示唆された。

5. マイワシ魚群は、夜間に岸へ近づき、日中には岸から遠ざかる動きをしていた。

6. マイワシ魚群の移動速度は、0.4~1.8ノットであった。

7. 定置網の沖合に分布していた規模の大きいマイワシの魚群から、小群が分離し、それが定置網へ向かうという魚群の行動が観察された。

文 献

- HARA, I. 1984. Distribution and School Size of Japanese Sardine in the Waters off the Southeastern Coast of Hokkaido on the Basis of Echo Sounder Surveys. *Bull. Takai Reg. Fish. Res. Lab.*, **113**: 67-78.
- 1985. Moving Direction of Japanese Sardine School on the Basis of Aerial Surveys. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**(12): 1939-1945.
- 1987. Swimming Speed of Sardine School on the Basis of Aerial Surveys. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**(2): 223-227.
- INAGAKE, D. and T. HIRANO. 1984. Horizontal Distribution of the Japanese Sardine in Relation to Oceanic Front at the Purse Seine Fishing Grounds Southeast of Hokkaido. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**(4): 577-589.
- 井上喜洋. 1987. 定置網周辺における魚群の規模と移動状況. *日水誌*, **53**(8): 1307-1312.
- ・有元貴文. 1985. 相模湾定置網漁場における魚群性状. *日水誌*, **51**(11): 1789-1794.
- ・田原陽三・松尾勝樹. 1986. 魚群の日周行動と定置網. *日水誌*, **52**(1): 55-60.
- TAKESHITA, K., N. OGAWA, T. MITANI, R. HAMADA, E. INUI and K. KUBOTA. 1988. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, **66**: 101-117.
- 辻田時美. 1957. 東支那海及び対馬海峡の漁業海洋学 1. 漁場の水理構造とその生態学的特徴. *西水研研報*, **13**: 1-47.