沖縄水海研セ事報 69，31-34(2008)

パヤオ周辺の音波散乱層の分布特性
(パヤオ周辺でのマグロ類の餌料環境調査)

近藤　忍*

Diurnal Changes in the Vertical Distribution of Scattering Layer Around Fish Aggregating Devices in Okinawa

Shinobu KONDO*

2007年3月から2008年1月までに沖縄島南方海域及び与那国島海域のパヤオ周辺で，魚群探知機を用いて計6回，音波散乱層の観測を行なった。音波散乱層の鉛直分布形態は以下の3つに区別することができた。(1)日中は水深400~500m，夜間は概ね200m以浅に分布し，日周鉛直移動する。(2)夜間に300~500mに分布する。(3)日中に概ね200m以浅に分布する。また，音波散乱層が水深100m内外に分布した際，漁獲した小型のキハダは浮遊性甲殻類と中深層性魚類のウキエソ属を多く摂餌しており，これらのマイクロネクトンは音波散乱層の構成体を反映したと考えられた。

目　的

音波散乱層は主に外洋域の中深層から表層で，魚群探知機に顕れる層状の映像である。なかでも，海洋生物の日周鉛直移動に対応して観察される音波の反射層はDSL（Deep Scattering Layer:深海散乱層）といわれている（關，1996)。これは1～10cm程度の魚類，頭足類，甲殻類等マイクロネクトンの群集が音波に反応したもので，且つマグロ類の重要な餌であるとされている（Bertrand et al.，1999)。現在，当調査事業ではパヤオに滞留するマグロの行動特性について知見を得るため，バイオテレメトリーを使用して行動情報を収集している。そして，環境要因が行動にどの様な影響を与えるのか，関連性を検討する上で，特に，パヤオに滞留するマグロが，周辺の餌生物環境をどの様に利用し，それがマグロの行動にどの様に反映されるのか，明らかにする事は重要であると考えられる。そこで，パヤオ周辺の音波散乱層の分布特性や音波散乱層を構成するマイクロネクトンについて，基礎的知見が必要である。2007年3月から2008年1月の間に，沖縄島南方海域と与那国島海域のパヤオ周辺で，6回の音波散乱層の観測を行い，その分布特性についていくつか知見を得た。また，観測の際に漁獲したキハダの胃内容物から音波散乱層の構成体と考えられるマイクロネクトンを採取したので，あわせて報告する。

材料及び方法

1）魚群探知機を用いた音波散乱層の観測

2007年3月26日から2008年1月22日の間に，沖縄島南方海域及び与那国島海域に設置された大型鋼製パヤオ（ニライ8号・9号）周辺で合わせて6回，魚群探知機を使用して音波散乱層の観測を行った。魚群探知機は漁業調査船図南丸搭載の古野電気（株）社製カラー魚群探知機，型式FCV-140を使用した。画面左右をA，Bの2画面に分割し，A画面は周波数28kHzで水深800mまでを映し，音波散乱層の鉛直分布形態の全体を把握するために使用した。また，B画面は周波数68kHzで水深150mまでを映し，特に，表層に分布する音波散乱層の形態を詳細に把握するために使用した。感度はいずれも4に設定し，映像はビデオに録画した。観測期間中の調査船は日中，マグロ類の試験操業のためパヤオの周辺半径1マイル内を常時周回した。夜間は操業を終了し，漂流泊したためパヤオから5マイルまで離れることがあった。

2）胃内容物調査

2008年1月21日に音波散乱層を観測した際，小型のキハダ5尾（平均体長42.3cm）の胃内容物を調査した。キハダはパヤオで，14:00から14:25の間に一本釣り（石巻落とし漁法）で，概ね水深100m以浅から漁獲された。漁獲物は実験室に持ち帰り，体長，体重，胃内容物重量を測定した。また，餌生物は可能な限り詳しく同定し，個体数の計数及び可能な場合は体長を計測した。

結　果

1）音波散乱層の鉛直分布特性

図1~6は2007年3月から2008年1月までに沖縄島南方海

*Email: kondoush@pref.okinawa.lg.jp

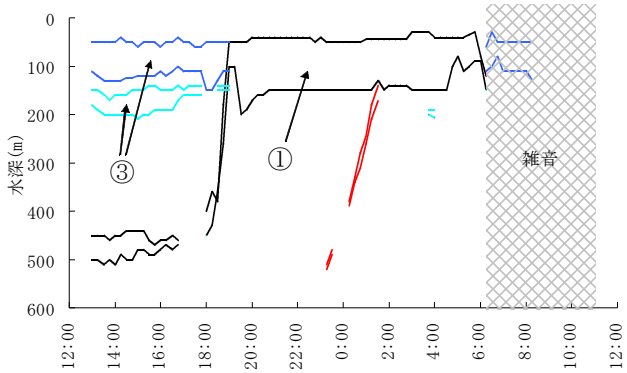

図1. ニライ8号の散乱層の鉛直分布 2007/3/26～27

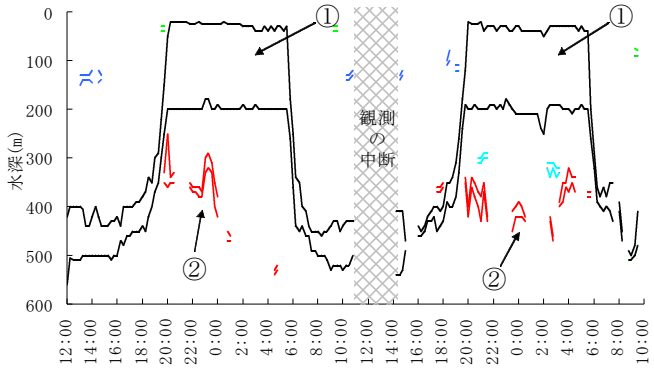

図2. ニライ9号の散乱層の鉛直分布 2007/6/19～21

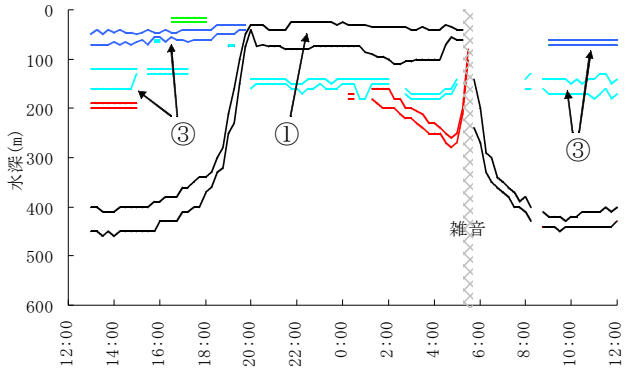

図3. ニライ8号の散乱層の鉛直分布 2007/7/18～19

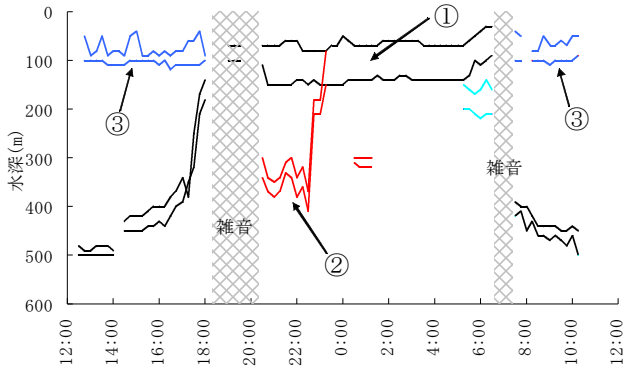

図4. ニライ8号の散乱層の鉛直分布 2007/10/30～31

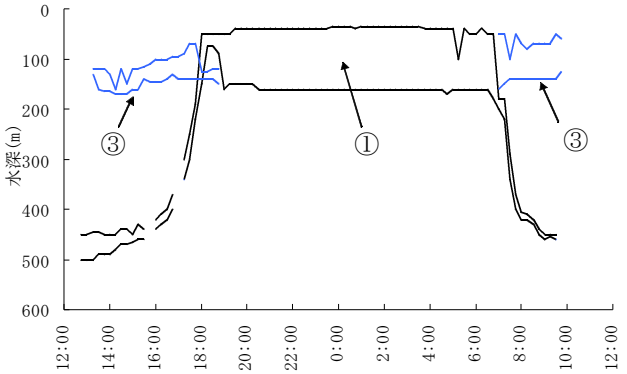

図5. ニライ8号の散乱層の鉛直分布 2007/12/18～19

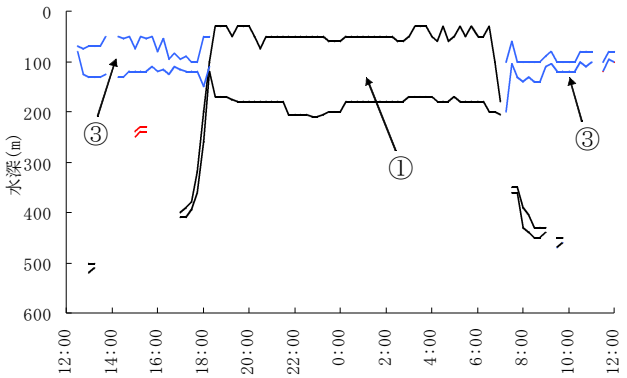

図6. ニライ8号の散乱層の鉛直分布 2008/1/21～22

＊図中の①は日周鉛直移動する散乱層，②は夜間に水深300～500mに分布する散乱層，③は昼間に水深200m以浅に分布する散乱層を示す。また，図中の灰色面は雑音により映像が不鮮明な箇所及び観測の中断によるデータの欠如を示す。

域のパヤオ（ニライ8号）及び与那国島海域のパヤオ（ニライ9号）で観測した音波散乱層で，魚探映像に出現した音波散乱層の上下端の水深を15分毎に記録し，時系列で図示した。2007年3月26~27日，7月18~19日及び10月30~31日の沖縄島南方海域における3回の観測中は魚探映像の雑音で，音波散乱層の有無を確認できない事があった（図1，3，4）。また，2007年6月19~21日の与那国島海域における観測中は観測を中断したため，データが欠如した事があった（図2）。その他，観測中の魚探映像は良好で，音波散乱層の有無は常時確認できた。日中は水深450～500m内外に分布し，夜間は150～200m以浅へ分布する明瞭な日周変化を示す音波散乱層は沖縄島南方海域と与那国島海域の計6回の全ての調査で観測された（図1～6の①）。夜間に水深300～500m内外に分布する音波散乱層は2007年6月19~21日の与那国島海域と2007年10月30~31日の沖縄島南方海域の計2回の調査で観測された（図2，4の②）。うち，2007年6月19～21日の与那国島海域の観測では夜間に水深300～500m内外に断続的に音波散乱層が分布した（図2の②）。一方，2007年10月30～

31日の沖縄島南方海域の観測では夜間に水深340m内外に連続的に音波散乱層が分布したが，その後，急速に上昇し，100m以浅に達した(図4の②)。日中に水深100～200m内外に分布する音波散乱層は2007年6月19~21日の与那国島海域の調査を除く他の5回の調査で観測された(図1，3～6の③)。うち，2007年10月30～31日，12月18～19日及び2008年1月21～22日の3回の観測では水深100～150m内外に単層の音波散乱層がほぼ連続的に分布した(図4～6の③)。一方，2007年3月26～27日と7月18～19日の2回の観測では水深200m以浅に複数の音波散乱層がほぼ連続的に分布した(図1，3の③)。

2) キハダの胃内容物組成とキハダを漁獲した際の音波散乱層の鉛直分布

キハダ5尾の胃内容物組成を表1に示した。腹足類(ヒラカメガイ属)，頭足類，甲殻類(クラゲノミ亜目，トガリズキンウミノミ科，シャコ目，アミ目等)及び魚類(ウキエソ属等)が出現した。各キハダの餌生物の出現率は個体数比で甲殻類が38.3~63.6%と魚類のウキエソ属が36.4~55.3%で多くを占めた。充満度（魚体重に対する胃内容物重量の割合）は0.2~1.2%であった。また，餌生物の重量比はキハダ全体で，ウキエソ属が61.0%と甲殻類が32.2%で多かった。餌生物の体長は腹足類で約5mm，頭足類で約10mm，甲殻類で10~15mm，魚類で25~35mmで，主にマイクロネクトンと総称される生物群であった。また，キハダを漁獲した1月21日14:00頃の音波散乱層は水深100m内外に連続的に分布した（図6の③)。

他(1992)の調査ではキュウリエソ，ウマズラハギ，ホタルイカモドキで，Bertrand et al.（1999）の調査ではハダカイワシ科，ハダカエソ科，クロタチカマス科等の中深層性魚類，頭足類（中深層に生息するスルメイカやツメイカの仲間)，端脚類・等脚類・十脚類等の甲殻類であった。このうち，ハダカイワシ科は音波散乱層を構成する主要な生物で(古橋，1987)，西部北太平洋域では11種が知られ，日周鉛直移動パターンの異なる4つのグループが存在する事が明らかにされている(Watanabe et al.，1999)。また，十脚類も中深層に多く生息しており，分布深度と日周鉛直移動のパターンが異なるいくつかのグループがあるとされている(会沢，1979)。

今回の観測で，いくつかの鉛直分布形態を示した音波散乱層はこの様な日周鉛直移動パターンの異なるマイクロネクトン群集であると考えられた。特に，日中，表層に分布した音波散乱層は沖縄のパヤオ周辺で，今回，初めてその存在が観察された。2008年1月21~22日の観測では音波散乱層は日中，水深100m内外に分布した(図6の③)。その際，漁獲した小型のキハダはいずれも浮遊性甲殻類と中深層性魚類のウキエソ属を摂餌していた(表1)。キハダは概ね水深100m以浅で漁獲され，また，近藤(未発表資料)によると，パヤオに数ヶ月間滞留した小型キハダの遊泳水深は200m以深にほとんど達しなかった。この事から，キハダの胃内容物から出現したマイクロネクトンは水深100m内外に分布した音波散乱層の構成体を反映したと考えられた。

中深層性魚類のウキエソ属が，表層に分布する現象については興味深い報告がある。Marchal，Lebourges

表1. キハダ5尾（YF1～YF5）の胃内容物組成（Nは餌生物の個体数，Wは湿重量）

	YF1			YF2			YF3			YF4			YF5			計		
和名	N	(%)	W (%)	N	(%)	W (%)	N	(%)	W (%)	N	(%)	W (%)	N	(%)	W (%)	N	(%)	W (%)
カメガイ科																		
ヒラカメガイ属													7	(10.6)	0.25 (9.2)	7	(4.0)	0.25 (2.0)
頭足綱				3	(6.4)	0.19 (3.9)	3	(6.8)	0.15 (4.4)							6	(3.4)	0.34 (2.7)
アミ目				2	(4.3)	0.10 (2.0)										2	(1.1)	0.10 (0.8)
端脚目																		
クラゲノミ亜目				1	(2.1)	0.10 (2.0)							4	(6.1)	0.34 (12.5)	5	(2.8)	0.44 (3.6)
トガリズキンウミノミ科				4	(8.5)	0.11 (2.3)	2	(4.5)	0.21 (6.2)	1	(12.5)	0.04 (4.2)				7	(4.0)	0.36 (2.9)
シャコ目	1	(9.1)	0.13 (30.2)				2	(4.5)	0.38 (11.2)							3	(1.7)	0.51 (4.1)
十脚目										1	(12.5)	0.10 (10.5)				1	(0.6)	0.10 (0.8)
イセエビ下目										2	(25.0)	0.21 (22.1)				2	(1.1)	0.21 (1.7)
軟甲綱	6	(54.5)	0.28 (65.1)	11	(23.4)	0.48 (9.8)	15	(34.1)	0.85 (25.1)	1	(12.5)	0.02 (2.1)	28	(42.4)	0.63 (23.2)	61	(34.7)	2.26 (18.3)
ヨコエソ科																		
ウキエソ属	4	(36.4)	0.02 (4.7)	26	(55.3)	3.90 (79.9)	22	(50.0)	1.80 (53.1)	3	(37.5)	0.58 (61.1)	26	(39.4)	1.25 (46.0)	81	(46.0)	7.55 (61.0)
未同定魚													1	(1.5)	0.25 (9.2)	1	(0.6)	0.25 (2.0)
計	11	(100)	0.43 (100)	47	(100)	4.88 (100)	44	(100)	3.39 (100)	8	(100)	0.95 (100)	66	(100)	2.72 (100)	176	(100)	12.37 (100)

考　察

観測された音波散乱層は3つの鉛直分布形態に区別することができた。(1) 日中は水深400~500m，夜間は概ね200m以浅に分布し，日周鉛直移動する（図1~6の①)。(2) 夜間に水深300~500mに分布する（図2，4の②)。(3) 日中に水深200m以浅に分布する（図1，3~6の③)。

音波散乱層は日周鉛直移動することが明らかにされている（Marchal et al.，1993；濱野他，1992；近藤，2007)。また，音波散乱層を構成する生物について，濱野(1996)によると，本来，水深500mに分布するウキエソ属のヤベウキエソが日中，表層に分布する事があり，これが小型マグロの餌生物として重要な役割を果たしていた。また，海域と季節が限定されて観察された事から，この様な好適環境状態に関連するマグロの摂餌行動は特定の海域に季節的にマグロが蝟集する現象を説明できるだろうとしている。今後，沖縄海域において，音波散乱層の分布特性や構成生物を明らかにする事はマグロの漁場形成要因を解明する上で重要な課題であると考えられた。

文　献

会沢安志，1979：マイクロネクトンえび類の生態学的特性と食性．海洋科学別冊第4生物海洋学研究，215－219.

Bertrand A.，Borgne L. R. and Josse E.，1999：Acoustic characterisation of micronekton distribution in French Polynesia . Mar. Ecol. Prog. Ser. 191，127－140.

古橋正祐，1987：ハダカイワシ科魚類の分布と食性．水産海洋研究会報．第51巻，第4号，334－339.

濱野　明，内田和良，武田靖昭，1992：音響的調査手法による日本海産キュウリエソの資源量評価のための魚種判別法について．水産海洋研究．第56巻，第3号，295－308.

近藤　忍，2007：与那国島パヤオ周辺のDSL(深海散乱層)の分布特性．平成18年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書，28－30.

Marchal E.，Gerlotto F. and Stequert B.，1993：On the relationship between scattering layer，thermal structure and tuna abundance in the Eastern Atlantic equatorial current system. Oceanologica Acta. 16(3)，261－272.

Marchal E.，Lebourges A.，1996：Acoustic evidence for unusual diel behaviour of a mesopelagic fish (*Vinciguerria nimbaria*) exploited by tuna. ICES Journal of Marine Science. 53，443－447.

關　文威，1996：生物海洋学入門．230p.

Watanabe，H.，M. Moku，K. Ishimaru and A. Ohno，1999：Diel vertical migration of myctophid fishes (Family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific. Fish. Oceanogr. 8，115－127.