

## 照度とオキアミ群の分布深度との関連について

久保田勝彦\*

Relation between Solar Light Intensity and Vertical  
Distribution of Krill Swarms

Katsuhiko KUBOTA\*

**Abstract** : In order to study the relation between solar light intensity and vertical distribution of krill swarms, the author examined the records of light intensity measured by a photometer and the images of krill swarms taken through a fish finder on board the KAIYO MARU in the area south of 61°S between 100°E and 120°E during her first antarctic cruise in the 1979-80 season.

The krill swarms occurred above the 100 m depth. They concentrated in the surface layer above the 20 m depth at night between 1820 and 0420 (local time) and in the 20 to 40 m depth layer at daytime. The light intensities at sunrise, noon, sunset and midnight were 90 to 520 lx, 30000 to 124000 lx, 80 to 420 lx and 0 to 30 lx, respectively. The diurnal migration of krill swarms in relation to the solar light intensity was confirmed.

**要旨** : 天空照度とナンキョクオキアミ (*Euphausia superba*) 群の日周鉛直移動との関連を明らかにするため、南極海において、1980年1~2月水産庁開洋丸により調査を実施した天空照度と魚群探知機の記録を解析した。

照度の最小値は、00時付近で 0~30 lx, 日出時 (02時18分~03時24分) には90~520 lx, 最大値は12時付近で 30000~124000 lx, 日没時 (20時13分~22時47分) には 420~80 lx を測定した。

夜間 (18時20分~04時20分), オキアミ群の最大出現頻度は 0~20 m 層に認められ, その頻度は深度とともに減少している。昼間 (08時20分~16時20分) における, オキアミ群の最大出現頻度は 20~40 m 層に認められ, 0~20 m 層および 40~60 m 層ではほぼ同じ値を呈しているが, 40 m 以深では深度とともに減少している。

そして, オキアミ群の日周鉛直移動と照度との間に関係のあることが, 立証された。

---

\* 水産庁開洋丸. KAIYO MARU, Fishery Agency, 2-1, Kasumigaseki 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100.

## 1. はじめに

動物プランクトンが、概して日周鉛直移動をすることはよく知られており、その要因については、多くの研究者により報告されてきた(元田, 1972)。

MARR (1962)は、引網資料の解析結果により、ナンキョクオキアミ(*Euphausia superba*)が昼間は沈降し、夜間は浮上する日周鉛直移動を行うことを報告している、また、熊凝(1963)、シウスト(1969)も、ナンキョクオキアミの浮上群の出現は天空照度の減少に伴うことを報告しており、照度とオキアミ群の鉛直分布の調査は、オキアミ群の生態研究上の重要な課題と考えられる。

筆者は、1979-1980年の水産庁開洋丸(2539トン)の第1次南極海調査に参加し、魚群探知機の記録紙に得られたオキアミ群の分布深度と天空照度との関連について検討した。その結果、若干の知見を得たので報告する。

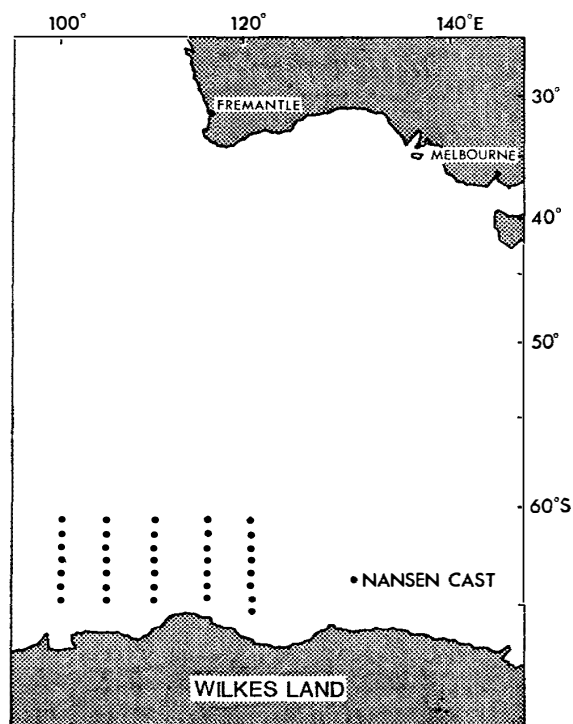
## 2. 資料および方法

調査は、図1に示した100°E~120°E間の61°S以南において、1980年1月13日から2月3日の間に実施された。

天空照度の測定には、イシカワ、デッキ用全天照度計を用いた。照度受光部はコンパ

図1 調査水域、黒丸はナンセン採水器による各層観測点を示す。天空照度と魚群探知機によるオキアミ群の記録は、これらの観測点間の航走中に得られた。

Fig. 1. Survey area. Black dot shows Nansen cast station. Traces of krill swarms by a fish finder and the records of light intensity by a photometer were obtained during the cruise from station to station.



ス・デッキ上に設置し、船橋内に設置した増幅指示部の毎時のメーター指針を直読記録した。さらに、増幅指示部のレコーダー用出力端子にナショナル、インクレス・ペンレコーダー VP-6231 A を接続して連続記録も行った。本器の主な仕様は、照度測定範囲：0～200000 lx，四段切替，入射窓拡散板：ジュラコン，受光素子：セレン光電池，視感度補正フィルター：Toshiba SG-1，記録計出力：0～10 mV である。

魚群探知機は、産研 NTL-3000 (379) 型を用い、図 1 に黒丸 (●) で示したナンセン採水器による各層観測点間の航走中の記録から、オキアミ群と判断される反応について、その出現時刻と深度を記録した。オキアミ群の深度は、図 2 に示したように反応の上限と下限の中心を群の深度とした。魚群探知機の使用条件は、周波数：200 kHz，感度：高感度 4，深度スケール：0～200 m，紙送り速度：10.5 mm/min である。

なお、調査には船内時 (GMT+9 時) を用いたが、本稿では視時に近い状態を得るため、調査海域における中央経度、110°E の地方時 (GMT+7 時 20 分) に改正した。

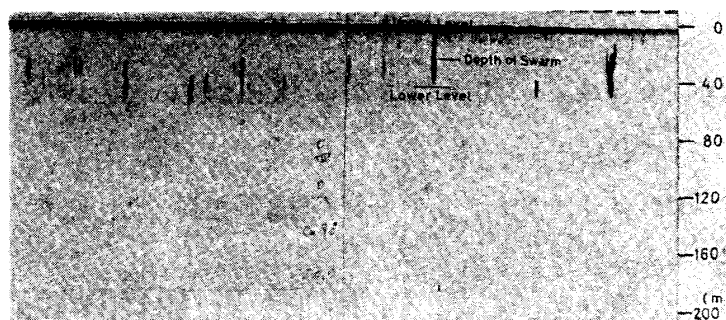


図 2 魚群探知機によるオキアミ群の記録 (船速 11ノット)  
Fig. 2 Traces of krill swarms by a fish finder (ship's speed: 11 knots).

### 3. 結果および考察

#### 3.1. 天空照度

照度の最小値は、00時付近で 0～30 lx，日出時 (02時18分～03時24分) における照度は 90～520 lx が測定された。日出後、照度は急激に増大し、1時間後には日出時の約10倍に相当する 700～5400 lx となり、最大値は12時付近で 30000～124000 lx が測定された。午後、照度は午前中とは対称的に減少し、日没1時間前には日出1時間後とほぼ同じ値、5000～900 lx に低下した。そして、日没時 (20時13分～22時47分) には 420～80 lx が測定された。

このようにほぼ同時刻における、照度の大きい変動は、天候状態に起因している。すなわち、1日のうち最大照度 30000 lx が観測された1月20日は雪、雲量 10，124000 lx が観測

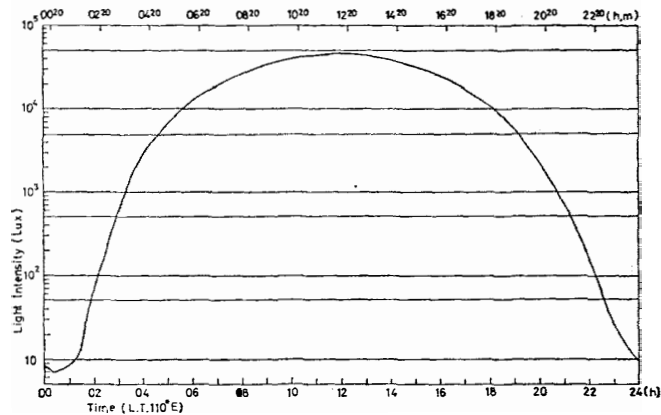


図 3 毎時別平均照度の日周変化

Fig. 3 Diurnal variation of mean light intensity by hours.

された1月22日は半晴，雲量5であった。

図3に毎時別平均照度から求めた照度の日周変化を示した。同図から00時20分に最小平均照度7 lx，12時20分に最大平均照度47000 lxが得られた。

### 3.2. 魚探記録によるオキアミ群の鉛直分布

調査中に合計1571個のオキアミ群と判断される反応が記録された。表1に、これらを2時間毎の出現時刻別，深度間隔20 m別を示した。オキアミ群の深度別出現頻度は，20～40 m層が570で最大となっている。0～20 m層では533，40～60 m層272，60～80 m層137，80～100 m層59と深度とともに減少している。

表1により求めたオキアミ群の時間帯別，深度別の出現パーセントから，分布深度の日周変化を図4に示した。図4から，オキアミ群の時間帯別最大出現頻度は18時20分～04時20分に0～20 m層，08時20分～16時20分に20～40 m層に認められている。一方，04時20分～08時20分および16時20分～18時20分においては，オキアミ群の出現頻度の特に高い層は認められていない。

また，オキアミ群の分布深度の日周変化を連続的に把握するため，各時間帯別に魚群探知機反応の平均深度を求め，図4に黒丸(●)で示した。主な時間帯別平均深度は，00時20分～02時20分32 m，12時20分～14時20分41 m，22時20分～00時20分23 mが得られた。これらの点を滑らかに曲線で結ぶと，12時20分～14時20分を最深部とするほぼ懸垂曲線として代表される(■4)。

表 1 魚群探知機による深度別オキアミ群の2時間毎の出現頻度  
 Table 1. Two-hourly appearance frequency of krill swarm by depths by a fish finder.

Hour Depth(m)	Hour												Total
	0020~	0220~	0420~	0620~	0820~	1020~	1220~	1420~	1620~	1820~	2020~	2220~	
0~	75	70	32	27	24	23	21	17	30	92	53	69	533
20~	62	67	26	27	60	51	47	61	35	39	38	57	570
40~	37	32	31	10	31	29	22	18	14	16	24	8	272
60~	24	24	10	3	18	14	13	10	7	3	5	6	137
80~100	5	7	8		5	7	12	7	5	2	1		59
Total	203	200	107	67	138	124	115	113	91	152	121	140	1571

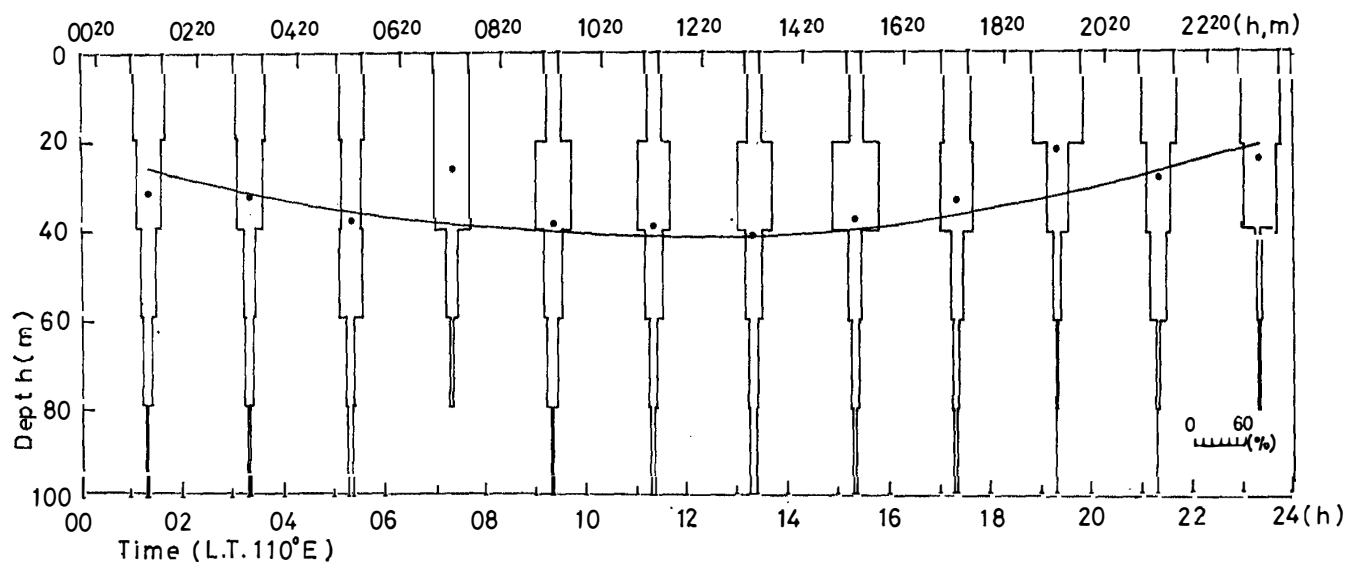


図 4 オキアミ群の鉛直分布. 黒円は2時間毎のオキアミ群の平均深度を示す  
 Fig. 4 Vertical distribution of krill swarms. Black circle shows two-hourly mean depth of krill swarms.

### 3.3. 考 察

毎時別平均照度の日周変化と表 1 に基づくオキアミ群の分布深度の日周変化を図 5 に示した。同図からオキアミ群の垂直分布は時間（照度）帯別に 3 つのパターンに大別される。すなわち、

(1) 18時20分（約9600 lx）から最小照度を経て明方の04時20分（約4100 lx）の間では、20 m 以浅にオキアミ群の出現頻度は最も大きく、その頻度は深度とともに減少している。そして、オキアミ群は 80 m 以深ではほとんど認められていない。

(2) 08時20分（約24500 lx）から最大照度を経て16時20分（約24300 lx）の間では、20～40 m 層にオキアミ群の出現頻度は最も大きく、0～20 m 層および 40～60 m 層ではほぼ同じ値を呈しているが、40 m 以深では深度とともに減少している。そして、(1) のパターンに比較して、より多くのオキアミ群が 80～100 m 層まで認められている。

(3) 前 2 者の中間の時間（照度）帯、すなわち04時20分から08時20分までおよび16時20分から18時20分では、オキアミ群の深度別出現頻度は比較的一様である。

動物プランクトンの多くは、日周鉛直移動を行うため、鉛直分布は昼間と夜間のパターンにかなりの差のある場合がある（村野，1974）。このような観点から上記 3 パターンを

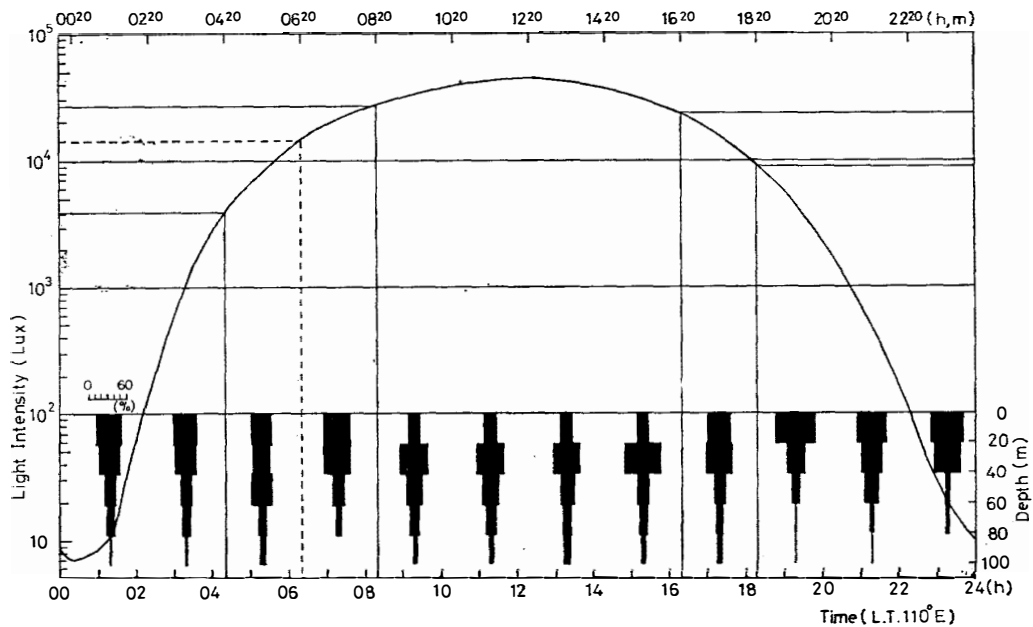


図 5 平均照度の日周変化とオキアミ群の鉛直分布との関係

Fig. 5. Relationship between the diurnal variation of mean light intensity and the vertical distribution of krill swarms.

検討すると、平均照度約 9600 lx 以下の (1) のパターンは、表層付近にオキアミ群が浮上していることを示唆している。また、平均照度約 24300 lx 以上の (2) のパターンは、20~40 m 層を最大出現頻度層としてオキアミ群が深層に沈降していることを示唆しており、魚群探知機の反応に基づく本調査結果は、引網資料による MARR (1962) の結果とほぼ一致している。

しかし、図 5 には浮上中の (1) の時間帯においても、80 m 以深にまで数%のオキアミ群が認められており、また、沈降中の (2) の時間帯においては、0~20 m 層に十数%のオキアミ群が認められている。この現象は、日周移動をしないオキアミ群もいることを示唆しているものと考えられる。なお、このような現象について、シェフツォフ、マカロフ (1969) は、サウス・ジョージ島南西部の海域で、魚群探知機の観察によりオキアミが 1 日中鉛直移動を行うことなく、水深 40~60 m 層にとどまっていたことを報告している。また、小山 (1973) は、50000 lx 以上の照度のときでも浮上パッチがかなりみられたことを報告している。

次に、オキアミ群の最大出現頻度の得られた深さの時間的变化から、オキアミ群の移動を検討すると、オキアミ群の深度別出現頻度に特に傾向的現象が認められていない (3) の時間 (照度) 帯は、オキアミ群が浮上または沈降移動中と想定される。すなわち、浮上移動は平均照度約 24300 lx から約 9600 lx に低下する時間帯に、また、沈降移動は平均照度約 4100 lx から 24500 lx に増大する時間帯に想定される。しかし、表 1 に示されているように、06時20分~08時20分における資料数は67個と他の時間帯における資料数 (91~203個) に比較して少ない点を考慮する必要がある。したがって、同時間帯における最大出現頻度の層は 0~40 m 層に認められているが、本報ではこの資料数の点から 20~40 m 層として扱った。その結果、沈降移動は約 4100 lx から 14000 lx に増大する時間帯に想定される。ほぼ同様な方法による有元他 (1979) の研究によれば、06時~08時におけるオキアミ群の最大出現頻度層は 30~40 m 層に認められている。

以上述べた浮上および沈降移動を、日没時と対応すると、鉛直移動を行うオキアミ群は、夕方浮上移動を開始し、日没時にはほぼ完全に浮上、日出とともに沈降して行くものと考えられる。杉本 (1977) はエンダービーランド沖において、オキアミ群が同様な日周鉛直移動を行うことを報告している。

照度とオキアミ群の分布深度に関連して、根本 (1974) は、捕鯨船の肉眼によるオキアミ群の総発見数の45%は 3000~10000 lx の間に観察されており、1000~10000 lx の間では

75%に達することを報告している。これは、本調査によるオキアミ群の浮上中の照度と一致している。また、永延(1977)は、2000 lx 以下の場合におけるオキアミ漁船の引網深度が表面から 30 m に集中していることから、漁獲対象となるオキアミは夜間に表面から 30 m 付近にいたる層において濃密群を形成することを想定しているが、このような想定も本調査により立証されたことになる。

今後は、時刻別平均照度以外に、魚群探知機の反応を認めた時点における、照度との対応関係の検討が必要であろう。さらに層別採集によるオキアミ群の日周鉛直移動を考慮した、時間(照度)帯別引網資料の蓄積は、オキアミ群の生態研究上必須条件であることが指摘される。

#### 4. 要 約

BIOMASS 計画の一環として計画された、水産庁開洋丸の第 1 次南極海調査における魚群探知機の記録を用い、天空照度とナンキョクオキアミ (*Euphausia superba*) の日周鉛直移動との関連について検討した。

1. 照度の最小値は 00 時付近で 0~30 lx, 日出時 (02 時 18 分~03 時 24 分) には 90~520 lx が測定された。最大値は 12 時付近で 30000~124000 lx, 日没時 (20 時 13 分~22 時 47 分) には 420~80 lx が測定された。

2. オキアミ群の最大出現頻度層は 0~40 m に認められ、40 m 以深では深度とともに減少している。そして、時間帯別 (2 時毎) のオキアミ群の平均深度を結ぶ曲線は、昼間を最深部とする懸垂曲線として代表される。

3. 日周鉛直移動を行うオキアミ群は、照度約 9600 lx (18 時 20 分) から 4100 lx (04 時 20 分) では浮上、14000 lx (06 時 20 分) から 24300 lx (16 時 20 分) では沈降していると想定される。さらに浮上移動は、24300 lx から 9600 lx に減少する時間帯 (16 時 20 分~18 時 20 分) に、また、沈降移動は、4100 lx から 14000 lx に増大する時間帯 (04 時 20 分~06 時 20 分) に想定される。

最後に、遠洋水産研究所奈須敬二博士には、現場での資料収集から本稿の完成まで終始懇切な御指導をいただいた。ここに深く御礼申し上げます。また、オキアミ群の鉛直分布に関する資料を集計していただいた首席一等航海士中山覚介氏、ならびに困難な調査を完遂された高橋利治船長はじめ乗組員一同に謝意を表す。



## 文 献

- ARIMOTO, T., MATSUDA, K., HAMADA, E. and KANDA, K. (1979): Diel vertical migration of krill swarm in the Antarctic Ocean. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, **3**, 93-97.
- 小山武夫 (1973): 南極海のオキアミ調査. 東海区水産研究所業績 *C*集さかな, **11**, 28-46.
- 熊凝武晴 (1963): 南極洋調査概要. 東京水産大学特別研究報告, **7**(1), 1-7.
- MARR, J. (1962): The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* DANA). *Discovery Rep.*, **32**, 33-464.
- 元田 茂 (1972): 動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について. *J. Oceanogr. Soc. Jap.*, **28**, 278-292.
- 村野正昭 (1974): あみ類と近底層プランクトン. 海洋プランクトン, 丸茂隆三編. 東京, 東京大学出版会, 232 p (海洋学講座10).
- 永延幹男 (1977): エンダービーランド沖におけるオキアミ漁場の水温構造と気象条件. 東京, 東京水産大学大学院昭和51年度修士論文, 106 p.
- 根本敬久 (1974): 海洋生物資源としてのオキアミ類(1). *海洋科学*, **6**(2), 57-61.
- SHEVTSOV, V.V. and MAKAROV, P.P. (1969): 南極オキアミの生態について. 南極の海洋生物資源——オキアミ関係抜萃訳——アカデミック・クニポヴィッチ号調査報告 (VNIRO 報告第66巻), 東京, 海洋水産資源開発センター, 12-42.
- SHUST, K. V. (1969): 漁場調査船アカデミック・クニポヴィッチ号の舷からのオキアミの肉眼的観察. 南極の海洋生物資源——オキアミ関係抜萃訳——アカデミック・クニポヴィッチ号調査報告 (VNIRO 報告第66巻), 東京, 海洋水産資源開発センター, 59-68.
- 杉本 敏 (1977): 昭和51~52年漁期の南極洋オキアミ漁況について. 日本水産学会第11回漁業懇話会報, **11**, 58-70.

(1981年3月26日受理, 1981年5月11日改訂稿受理)