

水中ビデオカメラ画像伝送システムの製作と定置網内の魚群観察

石黒 雄一・五島 正哲・秋中 一允

Development of transmission system for underwater video camera picture and observation of fish schools in set-net.

Yuichi ISHIGURO*, Masaaki GOTOH**, and Kazuaki AKINAKA***

緒 言

定置網内の魚群の状況を陸上に居ながらにして観察する道具として、魚群監視装置が市販され使用されている。この魚群監視装置は、魚群探知機を使って魚群の状況を観察する道具で比較的広い範囲を探查できるが、魚種の判別はそのエコー形状等から経験的に判断しており、確実な魚種判別は難しい。どのような魚が網内にいるかを確認するためには、実際に海上に行き網を揚げて確認するか人間が潜って肉眼で観察しなければならないため、海上に行く労力がかかり海が時化れば海上に行くことさえできない。一方、海上に行かなくても陸上に居て水中の様子を映像として観察する方法は、水中カメラと数百メートルにもおよぶケーブルを使って陸上で魚群を観察した有線による事例¹⁾や、画像を簡易無線で伝送し定置網内の魚群行動を観察した事例²⁾などが報告されている。しかし、これらの方法はテレビ画像に近い高画質の映像が得られるが、有線の場合はケーブルによってその距離が限られ、簡易無線伝送もその電波の到達距離に限界がある。近年IT技術が発達し、携帯電話さえ繋がれば遠隔地の画像をどこにいても見ることが可能となってきた。そこで、この技術を使って海上に行くことなく事務所に居ながらにして定置網内等の魚群を観察する方法として、水中ビデオカメラ画像伝送システムを考案し実用化を図ることを目的とした。

水中ビデオカメラ画像伝送システムの概要

全体の概要 本システムは、海上に設置されている定置網内の魚群の様子を陸上など遠隔地でリアルタイムに観察することを目的に製作した(図1)。画像の伝送はパソコンから電話回線を使って海上ブイの携帯電話を呼び出し、携帯電話のデータ通信を利用して画像(動画または静止画)をパソコン画面に映し出すことができ、パソコン内に記録できる。

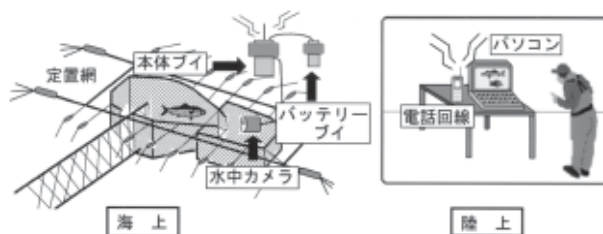


図1 水中カメラ画像伝送システム構成概要図

構成 本システムは市販されているビデオカメラ画像伝送装置を主体に、海上で使用できるよう機器を組み合わせ製作した。その主な構成は、海上部はビデオカメラ画像伝送装置(日本電気エンジニアリング株製 Media Point Mobile)、携帯電話、携帯電話車載用アンテナ、これらを格納する水密容器、浮子から成る本体ブイ、バッテリー(シール型鉛蓄電池、28Ah)、これを格納する水密容器、浮子から成るバッテリーブイ及び水中カメラ(株後藤アクアティックス製)から成る。水中カメラと本体ブイとは40mのケーブルで接続した。電池の消耗を少なくするため、遠隔操作により電源のON/OFFができるよう携帯電話を利用した電源制御器を本体ブイ内に取り付け、さらに過剰放電を防ぐためバッテリーが10.5V以下になると電力の供給を遮断する装置をバッテリーとビデオカメラ画像伝送装置の間に組込んだ。画像伝送のための通信速度は携帯電話(800MHz)を利用したことから9,600bpsである。なお、本システム製作当初は、バッテリーをビデオカメラ画像伝送装置などと一緒に本体ブイに格納していたが、バッテリー交換を海上で容易に行なえるようにするため別の水密容器に格納しケーブルで本体ブイと接続するよう改良した(図2)。

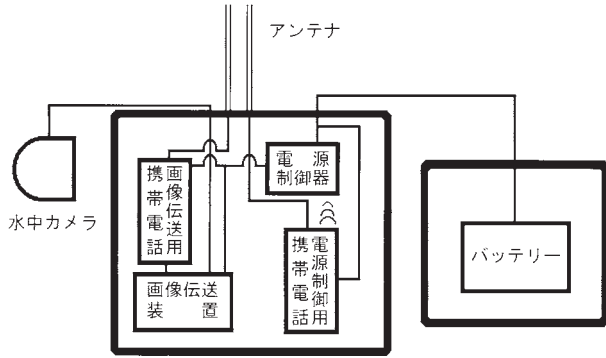


図2 本体ブイの構成

方 法

性能試験（定置網金庫網内の観察） 製作した本装置で魚群をどの程度観察できるかを試験するため、小田原市米神沖に敷設された米神漁場定置網（一段落し網金庫網付き）の金庫網内に本装置を設置し魚群の観察を行なった（図3）。水中カメラは図4に示す位置に取り付け、平成12年4月19日から4月22日及び5月10日から5月12日まで計7日間行なった。なお画像伝送装置の受信ソフトは、動画呼び出す際、画質優先か動き優先の画像か及び高解像度か低解像度の画像かを設定でき、これらを随時切り替えて観察した。

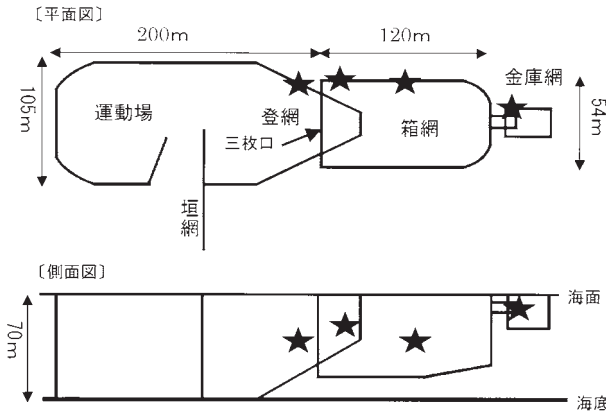


図3 定置網側張り図（★：水中カメラ設置位置）

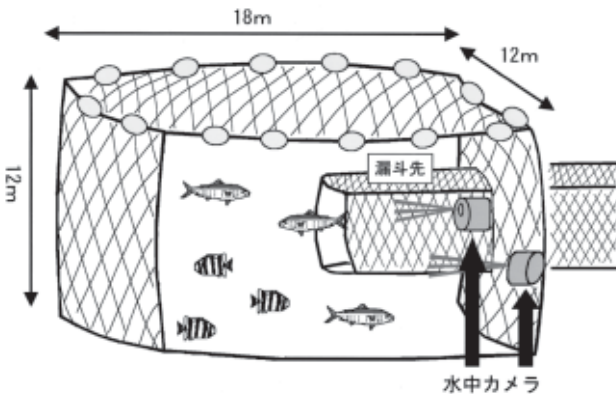


図4 金庫網水中カメラ取り付け位置

定置網登網及び箱網内の魚群観察 水中カメラは、登網内の観察には沖側で三枚口に近い場所に、箱網内の観察には沖側の肘部または中央部に水平方向を撮影するように設置した（図3）。水中カメラの設置水深は本体ブイ設置位置との関係から水深6～25mとした。水中カメラの観察に加え当該漁場に設置された魚群探知機の映像を電波で伝送する魚群監視装置（古野電気株式会社製テレサウンダー TS-1200、送受波器：周波数50kHz、指向角42°）を随時作動させ、登網については沖側から登網内を横向きに、箱網については箱網中央部で下向きに設置した振動子で魚群分布状況を観察した。表1に示した期間水中カメラ画像伝送システムを設置し、観察は昼間に特に時刻、録画時間、録画回数は決めず随時行った。

表1 登網及び箱網内観察のための水中カメラ画像伝送システム設置期間

水中カメラ設置場所	設置期間
登網	2000年11月27日～同年12月15日
	2001年04月12日～同年04月19日
	2001年05月01日～同年05月07日
	2001年05月21日～同年05月28日
	2001年11月21日～同年12月20日
	2002年03月26日～同年04月17日
箱網沖側肘部	2002年05月01日～同年06月07日
	2002年10月08日～同年11月19日
箱網沖側中央部	2002年12月03日～同年12月18日

結 果

性能試験（定置網金庫網内の観察） 得られた画像例を図5に示した。いずれのカメラ位置でも漏斗先が映り金庫網内を遊泳する魚を観察することができた。魚種が確認できたものは、ボラ、スズキ、エイ類、カワハギ、アジ類であった。ボラ、スズキといった比較的大型の魚類は容易に判別できた。カワハギ、アジ類は魚群としては認識できるが、カメラの直近を遊泳しない限り魚種の判別は難しかった。また、得られた映像（動画）は携帯電話のデータ通信速度の関係からコマ送りの動画となった。その表示速度は画像を呼び出す画像伝送装置の受信ソフトの設定が、「画質優先」「高解像度」の場合1秒間に約0.5コマと最も遅く、「動き優先」「低解像度」の場合1秒間に約4～6コマであった。バッテリーの持続時間は画像伝送の使用時間にもより、また携帯電話の待受けにも電源を供給するため概ね3時間の画像伝送使用で約1週間程度であった。

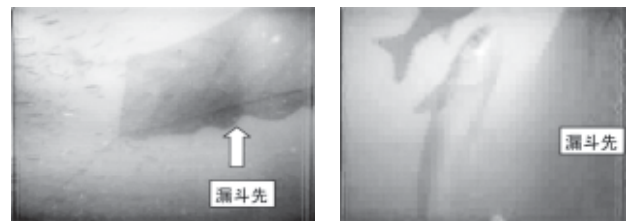


図5 金庫網内映像例
（左図：漏斗と魚群、右図：漏斗とボラ）

定置網登網及び箱網内の魚群観察

1. 水中カメラ設置位置：登網 1日の総録画時間、魚群映像の有無、翌日の総漁獲量、主な漁獲物種類を表2（1日の総録画時間が10分以上の日のみを掲載）にまとめた。長時間観察するほど、また翌日の漁獲量が多いほ

ど魚群映像を捕らえる確率が高った。映像からの確実な魚種判別は難しかったが翌日の漁獲物から判断すると、魚群映像を多く捕らえることができたのはマアジとカタクチイワシであった。

表2 登網による魚群映像の有無

カメラ設置水深	調査年月日	1日の総録画時間	魚群映像の有無 ※	翌日総漁獲量 (kg)	主な漁獲物種類
7m	2000/11/29	0:26:35	×	1,014	フグ類、ウルメイワシ
10m	2001/04/19	0:12:20	×	6,303	マアジ
9m	2001/05/02	0:14:15	×	*6,665	マアジ
10m	2001/05/23	0:13:34	△	10,471	マアジ
6m	2001/11/22	0:14:00	△	*1,477	ウルメイワシ、マアジ
	2001/11/26	0:12:00	△	931	ウルメイワシ、マアジ
	2001/11/27	0:29:00	×	*3,342	ウルメイワシ、マルソウダ、マアジ
	2001/12/11	1:29:30	×	*545	フグ類、イタダ
	2001/12/13	0:10:00	×	592	インダイ、フグ類
	2001/12/14	0:16:00	×	***5,635	マアジ、タチウオ、フグ類
	2001/12/20	0:36:00	△	1,707	タチウオ、フグ類、サバ類
17m	2002/03/27	0:11:27	×	3,050	カタクチイワシ、インダイ
	2002/03/28	0:25:00	×	1,901	カタクチイワシ
	2002/03/29	1:43:00	△	**2,465	マアジ
	2002/04/08	0:21:50	×	412	マアジ、スルメイカ
	2002/04/11	1:48:00	○	5,586	マアジ
	2002/04/15	0:34:02	△	15,070	マアジ
	2002/04/16	0:15:50	○	22,316	マアジ
25m	2002/05/02	0:26:50	×	6,068	カタクチイワシ、スルメイカ、マアジ
	2002/05/15	0:57:00	×	378	カタクチイワシ、スルメイカ
	2002/05/20	0:38:30	○	17,136	カタクチイワシ、マアジ
	2002/05/27	0:43:01	○	9,045	マアジ、アカカマス
	2002/05/28	0:44:15	○	*8,639	カタクチイワシ、マアジ
	2002/05/29	0:51:00	○	8,639	カタクチイワシ、マアジ
	2002/05/31	2:02:35	○	*6,605	カタクチイワシ、マアジ、ジンダ
	2002/06/05	0:46:05	×	1,328	マアジ、ジンダ
2002/06/06	0:46:30	×	2,390	マアジ、ジンダ	
	2002/06/07	0:15:00	○	1,516	マアジ、ジンダ

※ : ○ : 数十尾以上の群れの映像を記録、△ : 数尾の映像、× : 何も映らず

* : 翌日、網締めが行なわれず、2日後の漁獲量

** : 翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

*** : 3日後まで網締めが行なわれず、4日後の漁獲量

次に魚群探知機の映像と水中カメラによる魚群映像の記録について表3にまとめた。その結果魚群探知機に反応がないときは水中カメラでも魚群映像を捕らえることはできなかったが、魚群探知機に反応があったとしても

映る場合とそうでない場合があった。ただし水中カメラが深いところにある場合マアジの群れを確認できる確率が高かった。

表3 登網による魚群映像の有無と魚群探知機の反応

カメラ設置 水深	年月日	録画 開始時間	録画 終了時間	魚群映像の 有無 ※1	魚探反応量 ※2	翌日総漁獲量(kg)と 主な漁獲物種類
9m	2001/05/02	14:35:00	14:36:00	×	△	総漁獲量:6,665* マアジ
		15:08:45	15:15:00	×	△	
		15:16:30	15:17:30	×	△	
10m	2001/05/21	14:36:10	14:40:00	△	○	総漁獲量:10,471** マアジ
		14:49:03	14:51:30	△	○	
	2001/05/23	8:30:15	8:34:15	×	○	上記
		9:23:12	9:27:30	△	○	
		9:32:19	9:35:00	×	○	
11:04:25	11:07:00	×	○			
6m	2001/12/11	7:49:00	8:00:00	×	×	総漁獲量:545* フグ類、イナダ
		8:33:00	8:40:00	×	×	
	2001/12/20	8:06:00	8:20:00	△	×	総漁獲量:1,707 タチウオ、フグ類、サバ類
12:09:00	12:31:00	×	△			
17m	2002/03/27	8:43:00	8:47:00	×	○	総漁獲量:3,050 カクチイワシ、イシダイ
		9:26:50	9:29:00	×	○	
		12:01:43	12:05:00	×	○	
	2002/03/28	13:00:00	13:22:00	×	△	総漁獲量:1,901 カクチイワシ
	2002/03/29	8:47:00	9:17:00	×	△	総漁獲量:2,465** マアジ
		10:21:00	11:10:00	×	△	
		14:55:00	15:19:00	△	△	
	2002/04/8	13:51:10	14:13:00	×	×	総漁獲量:412 マアジ、スルメイカ
	2002/04/11	7:46:00	8:20:00	×	○	総漁獲量:5,586 マアジ
		11:42:00	12:05:00	○	○	
		12:05:35	12:09:35	○	○	
12:10:05		12:12:05	○	○		
13:05:50		13:28:50	×	○		
2002/04/15	13:00:45	13:15:45	×	△	総漁獲量:15,070 マアジ	
	15:46:28	16:05:30	△	○		
2002/04/16	14:13:30	14:18:00	○	○	総漁獲量:22,316 マアジ	
	14:19:10	14:25:00	△	○		
	14:27:00	14:32:30	×	○		
25m	2002/05/29	11:42:05	11:59:05	○	△	総漁獲量:8,639 カクチイワシ、マアジ
		9:01:45	9:17:00	×	×	
		9:17:30	9:34:00	×	×	
9:36:10	9:50:30	×	×	総漁獲量:1,328 マアジ、ジシダ		

※1 ○: 数十尾以上の群れの映像、△: 数尾の映像、×: 何も映らず

※2 ○: 大きな魚群の反応、△: 小さな魚群の反応、×: 魚群反応無し

*: 翌日、網締めが行なわれず、2日後の漁獲量

** : 翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

2. 水中カメラ設置位置：箱網 1日の総録画時間、魚群映像の有無、翌日の総漁獲量、主な漁獲物種類を表4（1日の総録画時間が10分以上の日のみを掲載）にまとめた。箱網沖側肘部に設置したカメラでは魚群映像を多く捕らえることができた。特に翌日多くの漁獲があった場合は映像としても捕らえることができた。箱網沖側中央部に設置したカメラでは、漁獲物が少ない時期では

あったが魚群映像を捕らえることができた日もあった。映像だけで魚種の確認は多くの場合難しかったが、その中で魚種が確認できたのは大型魚であるカジキ、マンボウ、特徴的な形態のウスバハギ及びカワハギであった。また映像だけでは魚種判別は難しいが、翌日の漁獲物から判断すると、ソウダガツオの魚群映像を捕らえることができた。映像例を図6に示した。

表4 箱網による魚群映像の有無

カメラ設置場所 及び設置水深	調査年月日	1日の総録画時間	魚群映像の有無 ※	翌日総漁獲量 (kg)	主な漁獲物種類
肘部 13m	2002/10/08	0:27:00	○	*14,343	ソウダガツオ、イサキ、イホダイ
	2002/10/09	0:13:00	○	14,343	ソウダガツオ、イサキ、イホダイ
	2002/10/10	0:11:00	△	6,807	ソウダガツオ、イホダイ、イナダ
	2002/10/11	0:55:00	○	3,714	ソウダガツオ、サバ類
	2002/10/23	1:12:00	○	13,478	ウルメイワシ、サバ類、ハガツオ
	2002/10/24	0:20:00	×	5,413	ウルメイワシ、サバ類、ソウダガツオ
	2002/10/25	0:26:00	△	2,238	イホダイ、ウルメイワシ、メアジ
	2002/10/27	0:10:00	○	13,385	メアジ、ウルメイワシ、マイワシ
	2002/10/28	0:54:00	○	12,938	ウルメイワシ、アジ、サバ類
	2002/10/29	0:35:00	○	*8,766	メアジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/10/30	1:09:00	○	8,766	メアジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/10/31	3:25:00	△	3,462	マルアジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/11/06	0:46:00	○	4,597	イホダイ、イナダ、イサキ
	2002/11/08	1:18:20	△	2,401	イホダイ、アカカマス、イナダ
	2002/11/11	1:22:00	△	4,665	フグ類、イナダ、イホダイ
2002/11/14	0:41:00	△	1,663	イナダ、フグ類、アカカマス	
2002/11/15	0:24:00	×	2,133	マルアジ、イナダ、フグ類	
2002/11/19	0:27:00	×	495	フグ類、メアジ、ハガツオ	
沖側中央部 23m	2002/12/03	0:39:00	×	376	イシダイ、タチウオ
	2002/12/04	0:38:00	×	210	イホダイ
	2002/12/05	1:08:00	○	722	タチウオ、イホダイ、カイワリ
	2002/12/06	0:59:00	△	**9,752	タチウオ、スルメイカ
	2002/12/13	0:40:40	×	437	メアジ、タチウオ、カタクチイワシ
	2002/12/16	0:19:10	○	606	メアジ、アカカマス、カタクチイワシ
	2002/12/17	0:47:45	×	284	アカカマス、メアジ
	2002/12/18	1:16:18	×	174	アカカマス

※：○：数十尾以上の群れの映像、△：数尾の映像、×：何も映らず

*：翌日、網締めが行なわれず、2日後の漁獲量

**：翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

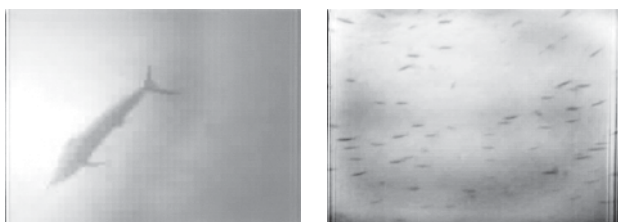


図6 箱網内映像例
(左図：カジキ、右図：ソウダガツオの群れ)

次に魚群探知機の映像と水中カメラによる魚群映像の記録について表5にまとめた。事情により水中カメラでの観察と魚群探知機での観察を同時に行えた回数が少なかったが、箱網肘部に水中カメラを設置した場合、魚群探知機に反応があってもほとんど映像で捕らえることができなかった。

表5 箱網による魚群映像の有無と魚群探知機の反応

カメラ設置場所 及び 設置水深	年月日	録画開始 時 間	録画終了 時 間	魚群映像 の有無 ※1	魚探 反応量 ※2	魚群反応 水深	翌日漁獲量(kg)と 主な漁獲物種類
肘部 13m	2002/10/30	10:37:00	10:50:00	△	△	15~30m	総漁獲量:8,766 マジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/10/31	8:15:00	9:25:00	×	△	10~45m	総漁獲量:3,462
		11:34:00	11:44:00	△			マルマジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/11/11	10:47:00	10:57:00	△	○	15~50m	総漁獲量:4,665
10:59:00		11:09:00	△			フグ類、イナダ、イホダイ	
2002/11/14	11:47:00	12:09:00	×	○	5~40m	総漁獲量:1,663 イナダ、フグ類、アカカマス	
沖側中央部 23m	2002/12/06	11:42:00	11:50:00	△	△	40m	総漁獲量:9,752**
		11:54:00	12:01:00	×			

※ 1 ○：数十尾以上の群れの映像、△：数尾の映像、×：何も映らず

※ 2 ○：大きな魚群の反応、△：小さな魚群の反応、×：魚群反応無し

** 翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

考 察

今回製作したシステムは、水中カメラを使いその映像を携帯電話のデータ通信を利用して陸上で水中の様子を観察するものであった。そして、このシステムで魚群の動きを追跡できるのか、魚種が判別できるのか、広い定置網内の魚群を観察できるのかといったことを試験した。まず魚群の遊泳状況観察については、携帯電話のデータ通信を使って画像を伝送するため、動画はコマ送りであり画質、解像度を良くすると1秒間に0.5コマという速度であったが、魚1尾の遊泳行動を連続的に追うことは難しいものの、上から下の方向へ左から右の方向といった遊泳行動は十分観察できた。金他³⁾がマアジ、ゴマサバ、カタクチイワシ群の定置網漁場周辺での遊泳速度を観察したところ、多くの魚群が30cm/s以下のゆっくりした速度で遊泳していると報告している。今回の動画は最も遅くて0.5コマ/秒であり、この程度の遊泳速度であれば十分映像としてその動きを記録することができると思われる。また携帯電話でなくPHSを使用すればデータ通信速度が速くなりより滑らかな映像を受信でき

るが、今回のシステムでは市販されている車載用の外部アンテナ等を使用したため、PHSの端子ではこれらに対応していないこと、離岸距離や波浪による電波の受信に不安があったことなどからPHSを利用せず携帯電話を利用した。次に魚種判別であるが、スズキ、ボラといった比較的大型の魚、またカワハギといった特徴的な形態の魚は魚種判別できたが、イワシ類やアジといった小型でいわゆる紡錘型の体型をした魚は映像だけの情報からではカメラの直近を魚が遊泳しない限り難しかった。この点を克服するには高解像度の画像を高速通信で伝送できる機器が必要であり、季節的な出現魚種といったその他の情報とを併せた推測が必要であろう。

海上に行くことなく水中の様子を観察することができるシステムであるが、1週間に1程度はバッテリーを交換する必要があり水中カメラのレンズ面には1~2週間です着物が付いてしまう。しかしこれらのメンテナンスは10分程度で行うことができ、通常の網の手入れ作業中に用意に行うことができることから利便性には支障ないものと考えられる。

次に定置網の箱網や登網での実用化について考えてみると、水中カメラで映像を記録できるのは、高感度の暗視カメラを使わない限り昼間に限られる。すなわち夜間に魚群が入網・出網した場合は映像として記録できないが、石黒⁴⁾によれば昼間でも多くの魚群が定置網に入網・出網していることが示唆されており、登網で魚群映像を捕えることは可能と考えられる。また今回使用した漁場の箱網は長さ約120m、幅約50mという大きな網であり、また登網も三枚口で幅24m深さ30mある。水中での視認距離は浮遊物などによる透明度の低さや明るさなどに左右され、カメラを通じて画像を捕えることを考慮すると良くても十数メートルであることから、水中カメラ1つで全体を把握することはできないが、設置場所を工夫すれば観察可能ではないかと考えた。そこでまず魚群が入網・出網する登網のなかで幅がもっとも狭い三枚口近辺で観察を行なった。その結果マジについては大魚が入網したときに魚群として映像を捕えることができた。特に水深17mや25mに水中カメラを設置した時魚群が映る頻度が多く、10mでは魚群探知機に反応があっても映像として捕えることはできなかった。今回装置を設置した定置網で毎日魚群探知機を見ている漁業者によれば、昼間は比較的深いところに魚群反応があるとのことから、魚群の遊泳水深を考慮した水深10m以深にカメラを設置することにより魚群探知機に反応がある魚群を観察できるのではないかと考えられる。

箱網は登網よりさらに広い網であり、その観察となると水中カメラの設置場所をどこにするかが問題となる。箱網内に居る魚種や潮流や明るさなどといった環境面からも魚群の出現場所は様々であろうから、いつでも魚群を観察できる場所はないであろう。今回最初に設置した箱網の肘部は比較的多くの魚が滞留する場所と言われていた場所であり⁵⁾、また操業に支障のない場所ということから選定した場所であった。そして漁獲量が多い時期であったこともあり比較的多く魚群映像を捕らえることができた。箱網沖側中央部に設置した水中カメラでは、漁獲量が少ない時期でも魚群映像を捕らえることができた。こちらは水中カメラを水深23mの位置に設置したが、魚群探知機の映像では魚群の遊泳水深が比較的深

かったことから魚群映像を捕らえることができたのではないかと考えられ、水中カメラの設置水深は魚群観察のために重要な要素であろう。

非常に大きな網内において観察範囲が極限られた水中カメラで魚群を陸上に居ながらにして観察できたことは1つの成果であろう。魚種確認については前にも述べたとおり大型魚または特徴的な形態の魚以外は難しいが、その時期漁獲されている魚種という情報を加味して映像を観察すれば、ある程度の判断は可能であると考えられた。以上のことから、携帯電話を利用した水中カメラ画像伝送システムは定置網の箱網でも補足的に箱網内の魚種確認に使用できるのではないかと考えられる。また、金庫網や生簀網といった狭い範囲での魚群観察にも有効利用することが可能であろう。

謝 辞

今回の調査を実施するにあたり、カメラ等の設置場所提供について御協力いただいた小田原市漁業協同組合米神漁場従業員の皆様に心から御礼申し上げます。また、機器のメンテナンス等では調査船「うしお」船長榎沢春雄氏、同乗組員鈴木征仁氏・渡辺泰行氏の方々及び相模湾試験場の皆様に、機器製作では相模湾試験場小沢孝雄氏に協力していただき感謝いたします。

引用文献

- 1) (社)日本定置漁業協会(1997): 漁業新技術開発事業報告書, 33-41.
- 2) 岩手県水産技術センター他(2000): 固定式網漁具の漁具構造と魚介類特性の関係に関する研究成果報告書, 1-28.
- 3) 金文官・有元貴文・松下吉樹・井上喜洋(1993): 定置網漁場における魚群の移動行動, 日水誌, 59(3), 473-479.
- 4) 石黒雄一(2000): 魚群探知機による定置網箱網内への魚群入網・出網時刻と漁獲量、神奈川県水産総合研究所研究報告, 6, 77-80.
- 5) 井上喜洋編(2002): 定置網技術総覧、(株)北日本海洋センター, 412-414.