

# 島根原子力発電所排水口近辺における魚類の生活様式について

森 協 晋 平

島根原子力発電所からは毎秒22—30m<sup>3</sup>の温排水が放出されている。温排水と魚類に関する研究は比較的少なく、排水口近辺における調査例としては岡山水試<sup>1)</sup>、愛知水試<sup>2)</sup>の調査結果をみるとどまる。また、排水口近くに集った魚の最高水温時およびその前後の時期の水温は、その魚種の生息水温の高温値を判定する一つの指標となり得ることが示唆されている<sup>3)</sup>。

筆者は、生活場所としての排水口周辺における魚類の生活様式を直接潜水観察することにより解明しようとした。

## 調 査 方 法

**調査場所** 調査場所は図1に示したように島根原子力発電所排水口の消波ブロック前面海域である。海底はごく大まかに西側の岩盤部と東側および沖側の転石部に分けられる。海藻は主としてホンダワラ類であるが、転石部には比較的少ない。大型無脊椎動物としてはムラサキウニ、サザエなどが観察された。また今回調査した水深は3—10mの範囲である。

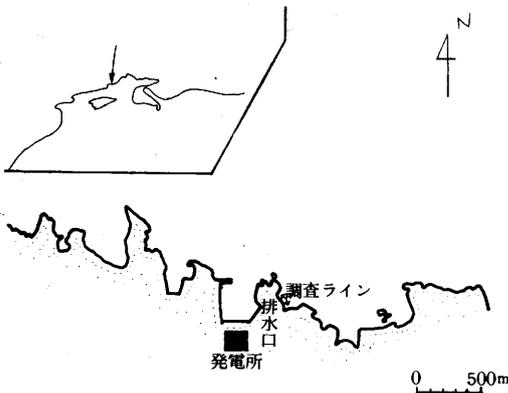


図1 調査場所

**調査方法** 調査方法は潜水観察を主体とし、潜水にはSCUBAを用いた。観察は消波ブロックに沿った調査線(約200m)で1—2時間にわたり魚種名・全長・出現場所・行動・個体数などを記録した。またヤスを用いて魚の採集を行い、観察魚の同定、目測による全長の補正、および食性の調査に使用した。なお、観察時刻は午前10時頃から午後2時頃にかけてである。

## 結果および考察

**出現魚種の周年変化** 今回の調査では合計40種の魚が出現したが、その季節的変動を表1に示した。KIKUCHI<sup>4)</sup> はアジモ場に出現する魚を4つの型に分類しているが、ここでは、その分類を適用して、Ⅰ：周年定住種、Ⅱ：季節定住種、Ⅲ：一時的来遊種、Ⅳ：偶来種および観察頻度の少ない種に分け、表1に併記した。その結果によると、季節的定住種が半数以上の種類を占めている。また、出現種数および水温の変化を図2にあらわした。出現種数の最高値および最低値はそれぞれ7～8月と4月に記録しており、この変化は現場水温の高低と比較的よく相関している。これは沿岸性の魚類にみられる水温低下による深淺移動であると考えられる。魚類相の季節変化をみるために各月の魚類群集を最も簡単なJaccardの共通係数を求めたものが図3である。この結果から、魚類相は12月と3月および4月と5月の間で大きく変化し、それ以外ではゆるやかに変化していることが読みとれる。したがって出現魚種は春(5-7月)、夏(8-10月)、秋(12月)、冬(3-4月)の4つの相に分類が可能である。さらに個体数についてみると、一年中を通じて個体数が多いのは周年定住種であり、その他の種ははるかに少ない。個体数の増減は周年定住種の個体数の変動と大きく相関すると考えられる。

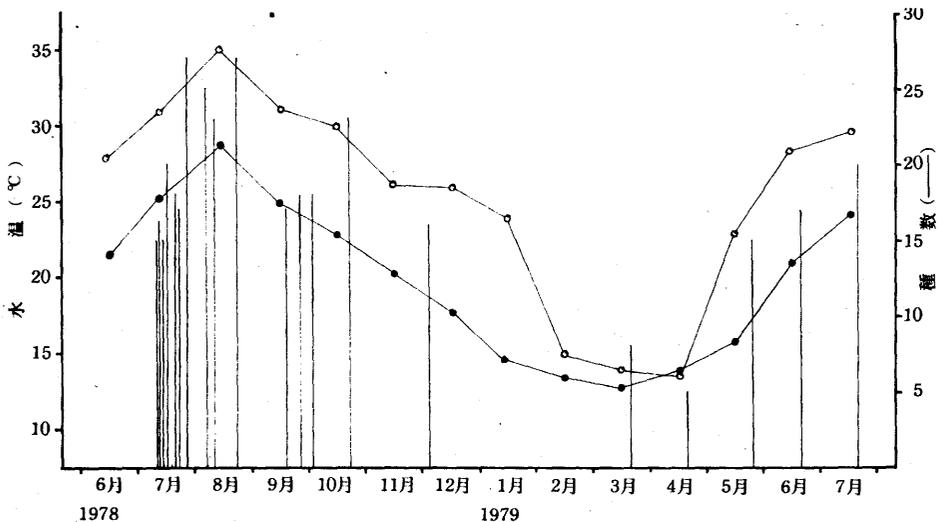


図2 出現種数の季節的变化と水温変動

○—○ ; 排水口水温, ●—● ; 取水口水温

表 1 出現魚および個体数の季節的变化  
(1978年7月-1979年7月)

	7月					8月					9月			10月			12月	3月	4月	5月	6月	7月	全長 (cm)
	11日	12日	13日	14日	18日	21日	31日	7日	11日	22日	18日	25日	2日	26日	4日	20日	20日	25日	19日	19日			
メシナ	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	4-30	
スズメダイ	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	2-12	
ホンベラ	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	2-12	
ササノハベラ	+	+	+	+	+	+	+	+	++			+		+	+	+	+	+	+	+	+	8-15	
クサフグ	+	+	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+				+	7-18	
ゴンズイ	++						++	++	++	+												7-8	
ネンブツダイ	+	+					++	+	++	++	+										+	2-8	
キジハタ	+	+		+	+	+	+	+	+	+			+	+							+	10-15	
クロダイ				+		+	+	+	+			+	+									10-30	
イシダイ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+				+	+	+		10-35	
タカノハダイ	+	+	+		+	+		+						+	+						+	15-20	
ウミタナゴ	+	+	+	+	+					+											+	10-15	
オヤビツチャ							+	+		+	+		+	+	++						+	5-18	
ソラスズメダイ								+	+	++	++	+++	+++	+++	++	+					+	3-7	
キュウセン	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	5-15	
オハグロベラ	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+								+		7-10	
キンチャクダイ	+	+	+			+	+	+	+	+			+	+							+	8-10	
カゴカキダイ						+	+		+				+								+	8-12	
アイゴ							+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++					+	+		8-15	
キスバリ	+		+	+		+	+	+	+												+	10	
チャガラ	+++	++	++		+++	+++	++	++	++	++	++	++		++								5	
メバル	+	+	++	++	++	+	++	++	+			++	+	+	+				++	++	+	3-20	
カサゴ	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+					+	+	8-16	
クジメ		+	+	+		+												+	+			10-18	
アサヒアナハゼ	+		+	+	+	+									+							7	
カワハギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	5-15	
ハコフグ		+	+	+						+				+	+							8	
ダツ						+					++		+	+								40	
トウゴロイワシ												+++++	+++++							+++		8-10	
ボラ						++	++	++	+	+										+	+	20-50	
イサキ					+																	30	
マダイ			+								+										+	7-20	
マハタ										+												12	
アオハタ																						10-14	
ダイナンギンボ							+	+														15	
ニシキベラ																						9-12	
ハタタテガイ							+		+													10	
カミナリベラ																						8	
ウマズラハギ												+	+	+								8-15	
サヨリ														+								10	

個体数: +; 5<. ++; 6-49, +++; 50-500, ++++; 500>

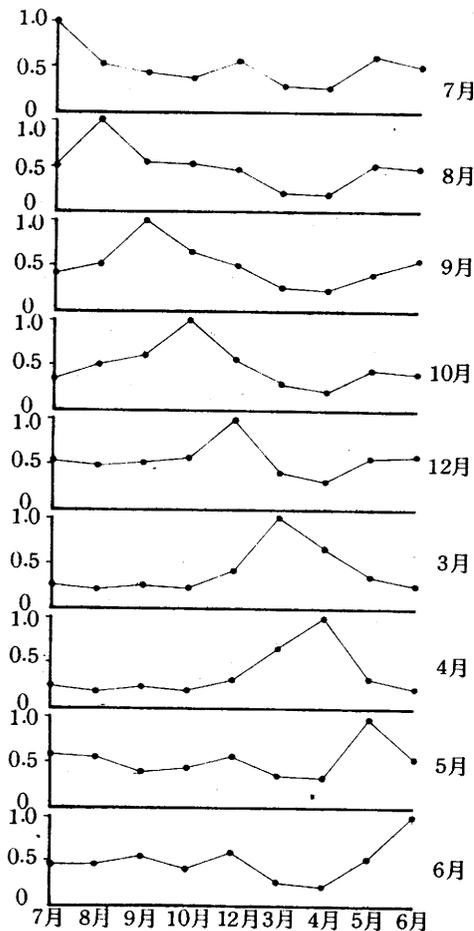


図3 類似度指数による魚類相の季節変化

また、主な魚種について、その行動を簡単に記載する。

#### 1) メジナ

当才魚は時には数百尾もの群れをなし、表一中層を移動している。また、むらがりや海藻・岩上の付着物をつつく摂餌行動時によく観察される。10cm以上の個体は当才魚のような群れをなすことはなく、底層の消波ブロック・岩石のそばや内部に数尾から十数尾かたまっている。3-4月の低水温期は単独又は数尾ずつかたまって海底のくぼみや岩石のすきまに入っている。

#### 2) スズメダイ

中層～底層によく群れている。群れの強さや移動はメジナ当才魚ほど大きくはないが、水平的に

空間分布および存在状態 魚のすみ場を奥野<sup>5)</sup>は生活の型により「磯つき型」と「磯より型」とに分類し、さらに磯のこまかい地形との関連を述べている。また金本<sup>6)</sup>はこの分類を改変して12のすみ場に類型化している。一方、魚礁をめぐる魚の生活という観点から小川<sup>7)</sup>は走触性の強さの度合により魚類の集積構造を4つのタイプに分類し、堺<sup>8)</sup>は生息場所を11に区分して行動と関連づけ、5つのタイプに分類している。

本研究では、調査場所は消波ブロックおよび海底構造によりさまざまな生活場所を提供しているが、できるだけ簡略化して表現しようとした。すなわち、水深を表層・中層・低層の3つに分け、地形は海底の岩石・転石・消波ブロックなどによってできる空間の内部、凹部、側面（ごく近傍、1m以内）、および周辺に分け、これらを組み合わせた7つのタイプにより空間分布を明らかにしようとした。

そして、このようなすみ場に魚がどのような状態にいるのかが問題となる。奥野<sup>9)</sup>は魚を移動一定着、集合-分散の組合せにより4つの状態に分けている。ここではそれに従って群れ・むらがり・単独遊泳・単独定座の4状態に分類した。これらの結果をまとめたものが表2である。

表 2 魚類の空間分布と存在状態

魚種	空間分布								存在状態			
	表層	中層		底層				群れ	むらがり	単独遊泳	単独定座	
		側面	周辺	側面	周辺	内部	凹部					
メジナ	**	**		**	*	**	**	**	**			
スズメダイ	*	**	**	*	**			**		*		
ホンベラ		*		**	**		*		**			
ササノハベラ	**			**	*	*	**			**		
クサフグ					**	*		**			**	
ゴンズイ						**	*	**				
ネンブツダイ						**	*		**			
キジハタ					**						**	
クロダイ						*	*			**		
イシダイ		*		*	**	*	*	**		*		
タカノハダイ					*	*	**			**		
ウミタナゴ		*		*				*		*		
オヤビッチャ		*	**		**			**	*			
ソラスズメダイ				*	**				**			
キュウセン					**					**		
オハグロベラ		*			*					**		
キンチャクダイ							*		*	*		
カゴカキダイ				*	*		*	*		*		
アイゴ		*		*	*			**	*			
キヌバリ					*						*	
チャガラ			*		*				**			
メバル						**	*				**	
カサゴ				**	**	*					**	
クジメ				*	*		*				**	
アサヒアナハゼ					*						**	
カワハギ			*		*					**		
ハコフグ				*			*			**		
ダツ	**							**				
トウゴロイワシ			**					*	**			
ボラ	**							**	*			
マダイ		*				*				**		
ダイナンギンポ				*	*						**	
ウマズラハギ			**					*		*		

\*\* ; よく観察される, \* ; 時々観察される

は広く分布する。低水温期ののぞけば岩石下や内部に入ることはない。

3) ホンベラ

ベラ類の中で最も目につく種で中～底層に分布する。積極的な集合や反発をすることはない。海藻の付着物をついばんで摂餌している。

4) キュウセン・ササノハベラ・オハグロベラ

上種と比較するとはるかに個体数は少ないが、全長は大きい。低層に分布し、中層以上に出ることはまれである。

5) インダイ

消波ブロック内の空間あるいはごく近辺を単独もしくは数尾でゆるやかに泳いでいる。

6) メバル

成魚はブロックの内部空間に単独もしくは数尾でやや上向き状態で浮かんでいる。

7) カサゴ・キジハタ

行動は不活発で、石の上面、すきま、くぼみなどに当才魚から成魚までみられ、鱗・腹部を岩石に接触させている。沖側の水深10mではカサゴの個体数が多く、頭部を上向きにして海底から少し離れて浮んでおり、岸側の浅部では、同種間で追いかける行動が観察された。

8) ダツ・ボラ

ともに表層をかなり強い群れをなして遊泳するタイプである。

これらの観察結果から、この調査区域でみられる魚類は、ボラで代表される表層遊泳性の魚種といわゆる岩礁性の付き魚種である。後者はさらに移動力が大きく、群れ行動をとり、空間分布も豊富なメジナと、不活発で単独、海底への依存度の強いカサゴで代表される両極端の型に分けることができ、他の種はこれらの型の移行型として表現できよう。

**食性および食物関係** 消化管内容物調査は、採集した20種152尾についておこなった。魚類の消化管内容物は発育段階あるいは季節により変化することが知られているが<sup>10)</sup>、採集尾数に制限があるためこれらによる違いを明らかにすることは不可能で、年間を通してまとめた。また内容物の同定は魚類；ウニ・ヒトデ類；矢虫類；エビ・カニ類；端脚類；等脚類；カイアシ類；フジツボ類；ウミホタル；その他甲殻類；多毛類；小型貝類；ヒザラガイ類；海藻；消化・不明物の項目とし、各項目の消化管内で占有する割合を各個体で求め、その平均値を百分率で食物組成をあらわした。その結果を表3に示す。また、これをもとにして主な魚類の食物関係をまとめたのが図4である。今回は、食われる側の餌生物の質的・量的な調査は行なっておらず、採集個体数の少ない魚種も多い。したがってはっきり判断することはできないが、ここに生活している魚類は、海藻・岩石などをすみ場としているであろうエビ・カニ類、端脚類などの甲殻類から栄養をとっている割合が高いと考えられる。また比較的良好な行動様式をしている魚種間、たとえばベラ類、

図3 採種魚種と胃内容物組成

魚種	体長 (cm)	魚類	ウニ・ヒトデ類	矢虫類	エビ・カニ類	胃内容物 (%)										消化・不明物	採取個体数	空胃個体数		
						端脚類	等脚類	カイアシ類	フジツボ類	ウミホタル	その他甲殻類	多毛類	小型貝類	ヒザラガイ類	海藻					
メジナ	6.3-20.0			0.6	1.3	32.0		4.6	0.7							36.1	24.7	15	0	
スズメダイ	8.3-10.7					2.0							2.0					96.0	5	0
ホンベラ	8.2-12.0				2.5	22.9					15.0	7.5	0.6		1.3		50.2	16	0	
キュウセン	9.2-18.5		3.3		35.0									43.3	6.7	1.7	10.0	6	0	
イシダイ	5.8-23.0		30.8			13.5		6.4		0.7	5.7	5.7	0.7	2.8		33.7	15	1		
カサゴ	9.8-18.6	10.0	0.5		33.4	1.0				20.0				31.5	0.5	3.1	47	28		
メバル	11.5-18.0	33.4				3.3	30.0						3.3	30.0				5	2	
アサヒアナハゼ	9.3-15.5	98.0			2.0														5	0
キジハタ	11.2-13.5				37.5					25.0						37.5		7	3	
ウミタナゴ	10.5-17.2				5.0	80.0			5.0							10.0		2	0	
ササノハベラ	8.5-15.3		4.4		7.7	5.5				38.2	8.8	17.7				17.7		9	0	
カワハギ	9.0-17.5		2.8							28.5		27.1		2.8		38.8		7	0	
クサフグ	9.6-11.7					50.0							25.0			25.0		2	0	
カゴカキダイ	10.2					10.0				20.0						70.0		1	0	
アオハタ	13.7-15.8	40.0			10.0											50.0		2	0	
タカノハダイ	17.3				10.0	70.0							10.0			10.0		1	0	
アイナメ	12.3				50.0					50.0								1	0	
クジメ	14.5-17.5				25.0	25.0			5.0	20.0	25.0							2	0	
キンチャクダイ	6.0															80.0	20.0	1	0	
オハグロベラ	9.8-10.0									20.2		26.0		6.6		46.6		3	0	

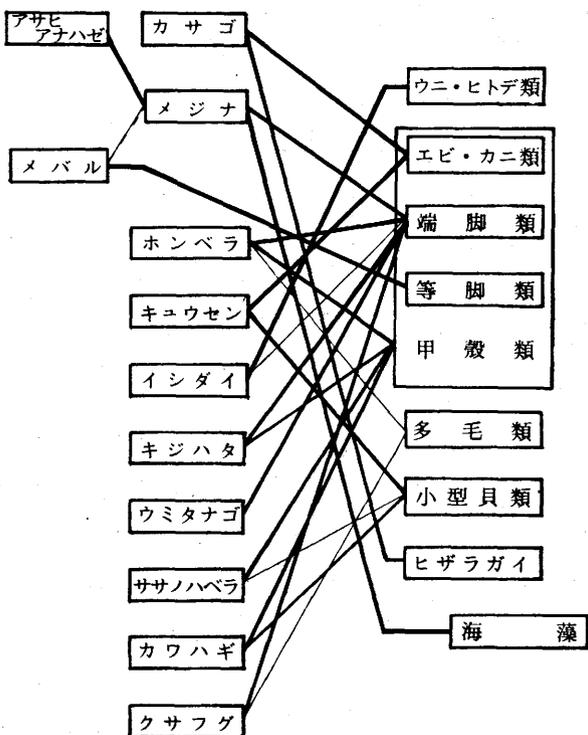


図4 食物関係  
(細い線は副次的にとっている食物)

あるいはカサゴ、キジハタ、アオハタ間での微妙な食性の相違があると推察される。

ここで最も個体数の多い種の一つであるメジナに注目してみる。この種は食性の幅が広く、付着性小型甲殻類の少なくなると考えられる夏期に植物を食うことで個体群を維持していると考えられる。また似たようなことがインダイについてもいえ、他の種がほとんど利用していないウニ・ヒトデ類やフジツボ類を主体に食っている。これらの魚は群れ生活、遊泳行動、空間分布の範囲など共通点も多く、産業上でも重要な魚種といえる。

温排水との関連について 毎秒22-30m<sup>3</sup>の温排水が取水水温より7-10°C程高い水温で放出されているが、密度が低いので深さ方向への拡がり小さく、底層の周辺部へ流れ出るとは少ない。したがって直接温排水の流れに接するのは空間分布で分類した表層、中層の側面、内部に生活している魚種であると考えられる。

実際観察した結果によると、クロダイの成魚、インダイの成魚、クサフグ、メジナの当才魚および成魚がブロックの空間内部で温排水の流れに向かって進んでいくのを認めたが、観察者からの逃避行とも考えられる。また、メジナ当才魚、ボラ、種不明の幼魚(全長5cm)は表層の温排水流域で流れに向かって、あるいは横ぎって遊泳する群れ行動を観察した。また、食物関係をみると、ここで生活している魚は海藻に付着している甲殻類に依存する傾向が強いため、海藻群落からの見方も必要となってくるであろう。

以上のように排水口近辺の魚類について、出現種、その周年変化、すみ場、行動、食性の面からみてきたが、温排水と関連づけて考える場合、他の調査研究との比較により評価することも一つの方法であろう。また、潜水調査は、この海域のようにガラモ場で透明度のよい場合、有効な方法の一つであるが、魚類の行動を温排水という観点から定量的に観察・解析することには限界がある。

## 文 献

- 1) 岡山水試；岡山県の臨海工業地帯周辺水域における水質と生物相，1967，pp.17-24.
- 2) 愛知水試；渥美火力発電所放水口付近生物調査結果，1972，pp. 49-51.
- 3) 日本水産資源保護協会；水産生物と温排水，1973，pp. 42-43.
- 4) KIKUCHI；Amakusa Mar. Biol. Lab, 1, 1-106(1966).
- 5) 奥野良之助；京都大学理学部生理生態研究業績，80，1-15(1956).
- 6) 金本自由生；日本生態学会誌，27，215-226(1977).
- 7) 小川良徳；OCEAN AGE, 5, 21-30(1973).
- 8) 堺 告久；兵庫県立水産試験場報告，13，31-33(1973).
- 9) 奥野良之助；磯魚の生態，創元社，大阪，1971，pp. 83-85.
- 10) 布施慎一郎；生理生態，11，1-22(1962).