

(短報)

温排水影響下における潮干帯生物の変遷

寺田雅彦・増田裕二*¹・古賀秀昭*²

(Short paper) Long-term changes of intertidal organisms under the disposal of thermal effluent

Masahiko TERADA, Yuji MASUDA*¹, Hideaki KOGA*²

キーワード：温排水，潮干帯生物，変遷

佐賀県玄海町で1975年に九州電力玄海原子力発電所1号機が運転を開始してから40年近く経過した。その後、1981年に2号機、1994年に3号機、1997年に4号機と相次いで稼働し、現在、総電気出力は約348万kwに達し、全国でも有数の発電能力を持つ¹⁾。

発電所では発電を行う際に熱くなったタービンを冷やすため、取水口から海水を取りこんで、冷却水として用いている。水温が上昇した冷却水は、ポンプ内で冷却された後、放水口から海に温排水として放出される。1、2号機の放水量は各々37m³/秒、3、4号機では各々82m³/秒であり、4機稼働時には、約238m³/秒の温排水が排出されている。1、2号機の温排水放水は表層放水、3、4号機は水中放水（水深約15m）である。

佐賀県では、1974年に温排水影響調査事前調査を実施して以来²⁾、これまで温排水の拡散調査や潮干帯生物調査等を継続して実施している。その結果、放水口周辺では温排水によって、取水口の水温に比べ4～5℃の昇温することが確認されている³⁾。一般的に水温の変化は、水生生物の生活史や成長等に影響を与えられられるが、玄海原子力発電所の周辺海域における報告は現在までされていない。

そこで、今回原子力発電所周辺で行われてきた潮間帯生物の調査結果のとりまとめを元に、原子力発電所から排出される温排水の影響の評価を行った。

方 法

調査

夏季（7～9月）と冬季（1～3月）の年2回、大潮干潮時に図1に示す定点で潮上帯の基点から潮下帯までメジャーを伸ばし、1.5mおきに1辺50cm方形枠の中の動物、植物を目視により観察した。分類群別の出現被度については、各ラインの平均被度を求め、動物は被度が10%より大きくなったものをCCC、1～10%をCC、0.1～1%をC、0.1%未満をr、植物は同様に20%より大きくなったものをCCC、5～20%をCC、1～5%をC、1%未満をrとするCr法により表した。

解析

生物の変遷を概略的にみるため、1974年以降2012年まで4年おきに10回分の資料を対象とした。その際、

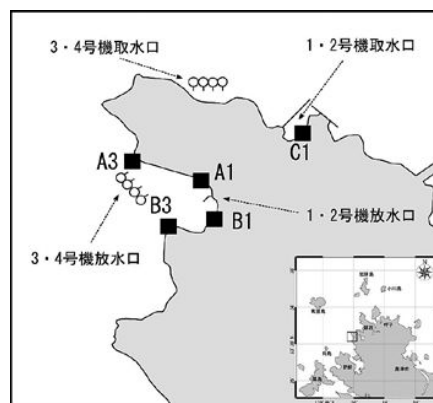


図1 調査地点図

*1 現 佐賀県有明水産振興センター

*2 現 佐賀県水産課

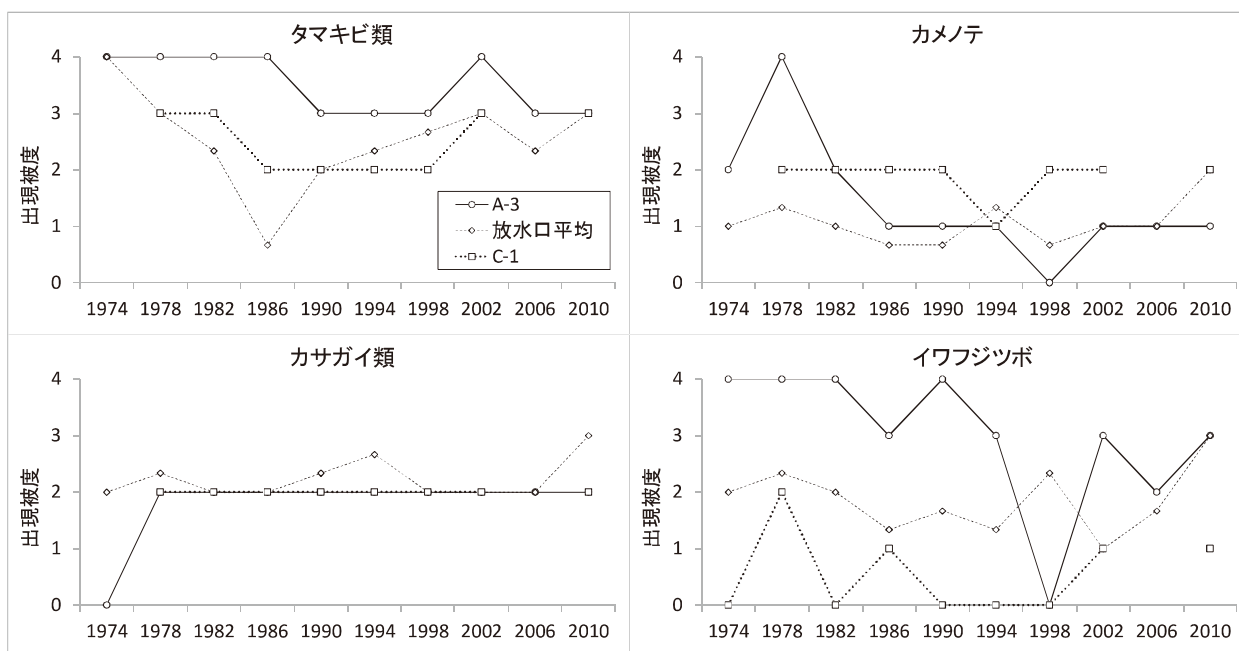


図2 生物別（動物）の出現被度の経年変化

結果

1. 動物

調査地点別

各調査地点における動物の出現被度を表1に示す。取水口側のC1では、カサガイ類、イシダタミ、タマキビ類などの巻貝類の種類数が最も多くみられた。被度についてはCC～rの範囲となり、期間を通じて各分類群の被度に大きな変動はみられなかった（表1a）。その他の生物では、ムラサキインコ、ヤッコカンザシ、カメノテ等がC～rの範囲でみられ、この分類群についても期間を通じて大きな変動はみられなかった。温排水の影響を最も強く受けるB1では、カサガイ類、タマキビ類、ヤッコカンザシが期間を通じて被度が大きかった（表1b）。A1は、出現した種類、被度においても、取水口側C1との違いは見られなかった（表1c）。B3では他の4地点よりもムラサキインコ、イワフジツボ、クロフジツボの被度が大きかった（表1d）。温排水の影響が最も小さいA3では他地点に比べ、タマキビ類とイワフジツボ、クロフジツボの被度が大きい傾向にあった（1e）。

出現生物別

生物別の出現被度の経年変化を図2に示した。各定地点に共通して分布する主要な種は、カサガイ類やタマキ

ビ類、カメノテ、フジツボ類であった。カサガイ類については、いずれの調査時においても変化はほとんど認められず、タマキビ類については、1980年代後半から1998年代初頭にかけて被度が若干減少しているものの、近年には1970年代とほぼ同程度となっていた。また、カメノテについては、A3で減少傾向にあるものの、取水口、放水口のどちらでも、大きな変化はみられなかった。イワフジツボについては放水口側で若干増加傾向が見られた。

2. 植物

調査地点別

各調査地点における植物の出現被度を表2に示す。取水口側のC1では、1970代に褐藻類のイシゲ、シワノカワ、イワヒゲ、ヒジキ、ウミトラノオ、ホンダワラ類、紅藻類のサンゴ藻類等が分布していた（表2a）。このうち、シワノカワ、イシゲの被度には経年変化があまり見られなかった。一方でホンダワラ類は、1984年以降では出現認められなくなり、イシゲ、ウミトラノオも平成2年以降、減少する傾向がみられた。

放水口側のB1、A1、B3についても、取水口側（C1）とほぼ同様に1970年代には褐藻類のイシゲ、シワノカワ、イワヒゲ、ヒジキ、ウミトラノオ、ホンダワラ類、紅藻類のサンゴ藻類等が分布していた（表2）。その中

表2a C1における付着生物（植物）の出現被度

種類	年									
	1974	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010
緑藻類	アオサ類	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	ミル	0	0	0	0	1	0	0	0	1
褐藻類	アマミダサ類	0	0	2	1	0	0	0	1	1
	ウミウチワ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	イシゲ	3	2	4	3	2	3	2	2	1
	イロロ	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ネバリモ	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	シワノカワ	0	2	2	2	1	1	1	1	0
	イワヒゲ	3	1	1	1	1	1	1	1	0
	フクロガ	0	1	1	0	0	0	0	1	1
	ハバハ	0	0	1	1	0	0	1	0	1
	ヒジキ	3	4	3	2	3	3	1	3	2
	ウミトラノオ	3	3	2	1	1	1	1	1	1
	ホンダワラ類	4	0	0	0	0	0	0	0	0
紅藻類	サンゴモ亜科(有節石灰藻)	3	4	4	3	2	3	2	3	1
	サビ亜科(無節石灰藻)	0	0	0	0	3	3	3	3	3
	ヒメテングサ	0	0	0	0	1	0	1	1	1
	テングサ類	0	0	0	1	0	1	1	0	1
	イソダンツウ	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	フクロガ	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	ブリ類	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	ソゾ類	0	2	0	0	0	1	0	0	0

表2b B1における付着生物（植物）の出現被度

種類	年										
	1974	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	
緑藻類	アオサ類	0	2	1	0	0	1	0	2	1	1
	シオダサ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	ミル	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
褐藻類	アマミダサ類	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1
	ウミウチワ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	イシゲ	4	4	3	3	0	1	1	1	1	1
	イロロ	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0
	ネバリモ	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	シワノカワ	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0
	イワヒゲ	0	4	2	3	0	1	0	0	0	0
	フクロガ	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0
	ハバハ	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
	ワカメ	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0
	アラメ	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	ヒジキ	4	4	3	1	0	1	0	0	0	0
	ウミトラノオ	2	3	3	0	0	1	0	1	1	1
	イソモク	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ホンダワラ類	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0
紅藻類	アマノ類	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	サンゴモ亜科(有節石灰藻)	4	4	4	4	0	1	2	3	2	3
	サビ亜科(無節石灰藻)	0	0	0	0	0	2	3	3	2	2
	ヒメテングサ	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	ハメテングサ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	テングサ類	0	2	1	0	0	1	1	2	1	1
	イソダンツウ	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	フクロガ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	ユナ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	ソゾ類	0	2	1	1	0	1	1	1	0	1

表2c A1における付着生物（植物）の出現被度

種類	年									
	1974	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010
緑藻類	ヒビシロ類	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	アオサ類	0	2	0	0	0	0	1	0	0
	シオダサ	0	0	2	0	0	0	0	0	0
褐藻類	アマミダサ類	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	イシゲ	4	2	0	0	0	0	0	0	0
	イロロ	2	0	0	0	1	0	0	0	0
	ネバリモ	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	シワノカワ	0	0	1	4	3	1	1	0	0
	イワヒゲ	4	2	0	0	0	0	0	0	0
	フクロガ	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	ワカメ	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	ヒジキ	2	3	1	0	1	0	0	0	0
	ウミトラノオ	4	2	2	0	0	0	0	0	0
	ホンダワラ類	4	4	0	0	0	0	0	0	0
紅藻類	アマノ類	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	サンゴモ亜科(有節石灰藻)	0	2	4	2	2	1	1	0	0
	サビ亜科(無節石灰藻)	0	0	0	0	1	1	3	1	1
	ヒメテングサ	0	0	0	0	0	1	0	1	1
	ハメテングサ	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	テングサ類	0	0	1	2	3	1	1	1	1
	フクロガ	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ソゾ類	0	0	0	2	0	0	0	0	0

表2d B3における付着生物（植物）の出現被度

種類	年										
	1974	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010	
緑藻類	アオサ類	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0
	シオダサ	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
褐藻類	ウミウチワ	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	イシゲ	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0
	ネバリモ	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	シワノカワ	0	0	1	3	3	1	0	0	0	0
	イワヒゲ	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	フクロガ	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	ワカメ	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	アラメ	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ヒジキ	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	ウミトラノオ	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0
	ホンダワラ類	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0
紅藻類	サンゴモ亜科(有節石灰藻)	0	3	4	2	3	2	1	1	1	1
	サビ亜科(無節石灰藻)	0	0	0	0	0	2	1	2	2	1
	ヒメテングサ	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	テングサ類	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
	イソダンツウ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

表2e A3における付着生物（植物）の出現被度

種類	年									
	1974	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2006	2010
緑藻類	アオサ類	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ミル	2	0	0	0	0	0	0	0	0
褐藻類	イシゲ	0	2	1	0	0	0	0	0	0
	ネバリモ	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	シワノカワ	0	0	3	3	2	1	0	0	0
	イワヒゲ	4	2	0	0	0	0	0	0	0
	フクロガ	0	2	1	0	0	0	0	0	0
	ワカメ	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	ヒジキ	0	4	0	0	0	0	0	0	0
	ウミトラノオ	4	2	1	0	0	0	0	0	0
	ホンダワラ類	4	2	0	0	0	0	0	0	0
紅藻類	サンゴモ亜科(有節石灰藻)	0	2	4	2	1	0	0	0	0
	サビ亜科(無節石灰藻)	0	0	0	0	1	1	2	1	1
	ヒメテングサ	0	0	0	0	0	1	1	0	1
	マクサ	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	イソダンツウ	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	テングサ類	0	0	3	2	1	1	0	2	0

でも、ヒジキ、ホンダワラ類などの大型褐藻類は1982年から減少し、1986以降はほとんど認められなくなりました。

A3では、1970年代には褐藻類のイワヒゲ、ウミトラノオ、ホンダワラ類が多く確認された。これら3群は、1980年代に入るとあまりみられなくなり、代わってシワノカワ、有節サンゴモが多くみられるようになった。その後、1990年代に入るとこの2種は減少し、無節サンゴモやテングサ類が確認されるようになった。

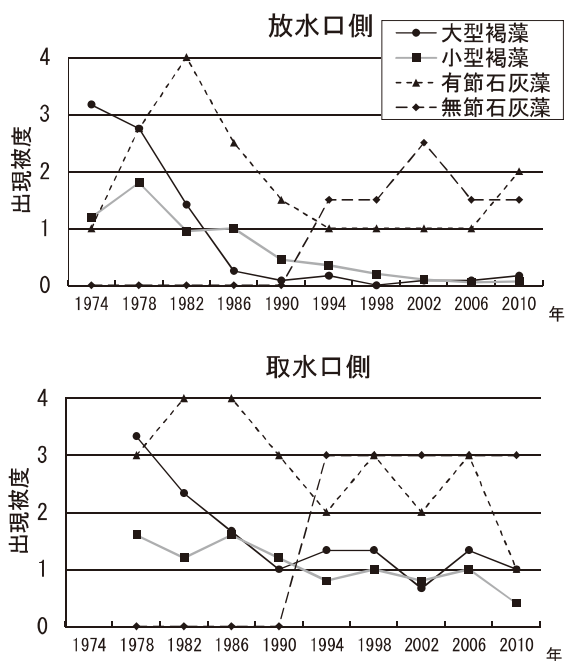


図3 生物別（植物）の出現被度の経年変化

出現生物別

生物別の出現被度の経年変化を図3に示した。褐藻を大型種（ヒジキ、ホンダワラ、ウミトラノオ）と小型（イシゲ、ネバリモ、シワノカワ、イワヒゲ、フクロノリ）に分けて放水口、取水口の経年変化を見た。大型褐藻の被度はいずれの地点においても減少しており、特に放水口側（B1, A1, B3）においては、1986年ごろにはほぼ消滅していた。

また、最も温排水の影響が小さいA3においても、1994年以降は僅かに残存しているに過ぎなかった。取水口側（C1）においても、大型褐藻の被度は、1990年まで減少の一途をたどり、その後は低位で推移していた。小型褐藻についても、各区域で大型褐藻と同様の傾向であった。紅藻類は、褐藻類のような減少傾向にはなく、特に石灰藻類についてはむしろ増加傾向にあった。

考 察

潮干帯生物の推移では、動物の被度には大きな変化がみられなかったのに対し、植物、特に褐藻類の被度は減少傾向であった。一般に、藻類の発芽、生育条件として水温は20～25℃とされている⁴⁾ので、発芽、生育時期である秋季でも25℃以上になる放水口周辺では、温

排水が大型褐藻の生育に影響を与えていることが考えられる。しかしながら、温排水の影響がない取水口側においても、大型褐藻類は減少傾向を示しており（表2、図3）、減少傾向の要因の全てを温排水とする事は出来ない。梅田ら⁵⁾によると、今回の調査海域に近い海域において1971年から2000年までの30年間でおよそ1.8～1.9℃上昇したと報告している。そして、その水温上昇はアラメ、ホンダワラ類の成熟期の短期化や胞子体期もしくは葉体期における適水温を超えることによる成長阻害等の影響を与えていることから、地球規模での水温上昇（地球温暖化）による海藻類の減少も考えられる。

今回、温排水による影響として、潮間帯生物の消長について考察を行ったが、その中で、植物は温排水の影響だけではなく、海洋環境の変化による影響も可能性として考えられた。潮間帯生物の消長は、海洋環境の変動を捉える一つの指標として利用できると考えられるため、今後も継続して調査を行う必要がある。

謝 辞

今回、本研究の実施に当たって、現在まで調査業務に従事されてきた多くの関係者に対して深く感謝いたします。

文 献

- 1) 佐賀県（2012）：佐賀県の原子力発電。
- 2) 佐賀県水産試験場（1988）：温排水影響調査（53～57年度）、佐賀県水産試験場業務報告書（昭和53年度～57年度）、160-168。
- 3) 佐賀県玄海水産振興センター（2010）：温排水影響調査、平成22年度 佐玄水振セ業務報告書、43-54。
- 4) 財団法人海洋生物研究所（2012）：経済産業省原子力安全・保安院委託 平成23年度火力・原子力関係環境審査調査（温排水生物群集影響調査）。
- 5) 梅田智樹・千々波行典・伊賀田邦義・広瀬茂・秋山秀樹・山田東也・種子田雄・村上憲男・白井雅一・伊賀上孝徳（2012）：佐賀県玄海沿岸海域における地球温暖化による漁場環境・水産生物への影響調査、佐玄水振セ研報、5、1-22。