

岩のりのタンパク質と光合成色素含量の 時系列的変動と場所による差異(第2報)

岩本宗昭・日野佳明・井岡 久・山根玲子

昭和49年3月、島根原子力発電所1号炉(出力46万kw, 排水量30 m^3/sec)が運転を開始したのに伴い、放出される温排水が岩のりの成長や品質に及ぼす影響を明らかにするため、昭和54年12月から発電所周辺海域で採取した岩のりの一般成分と光合成色素含量を時期別に継続して調査してきた。

前報¹⁾で、昭和62年3月までの8年間にわたる調査結果をもとに、1号炉温排水による影響の有無を検討したところ、対照水域と温排水影響水域で岩のりの成分変化に顕著な差は認められなかった。しかし、平成元年2月から2号炉(出力82万kw, 排水量60 m^3/sec)が運転を開始し、温排水の放出量は2~3倍に増大している。そこで、本報告では2号炉運転開始後4年間の調査結果をとりまとめ、2号炉増設による影響の有無を、前報の結果と比較して検討した。

試料および方法

試料 図1に示す17地点の岩のり着生場所に設定した調査区画から、前報と同様に12~3月の収穫期間中、毎月1回採取した生原藻と、1月に採取した原藻を漁家に委託して抄製した乾製品をそれぞれ分析に供した。

なお、調査地点は温排水の放出量が増大したことを考慮して、前報の11地点に6地点を増設し17地点とした。

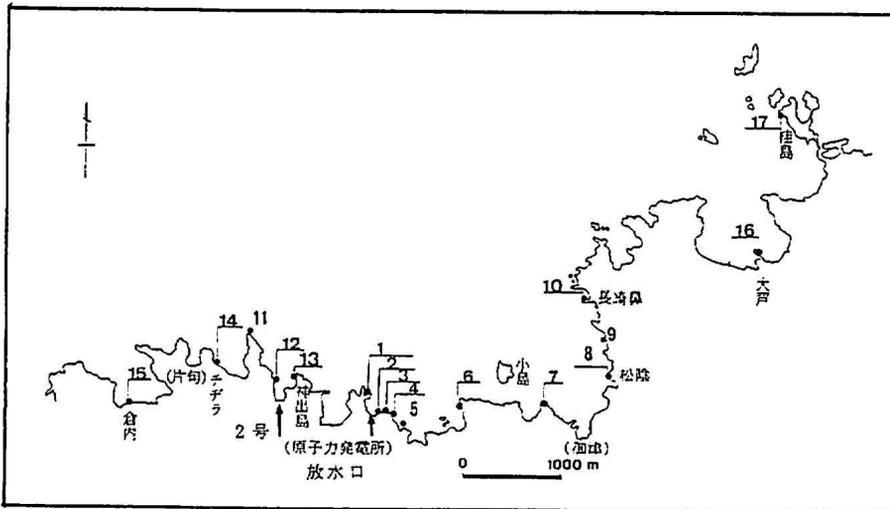


図1 試料採取地点配置図

タンパク質量 前報と同じく Kjeldahl 報により定量した全窒素量に、係数6.25を乗じて算定した粗タンパク質量で示した。

光合成色素量 それぞれ前報と同様に定量した。すなわち、クロロフィルとカロチノイドはアセトン抽出液を、Parsons & Strickland 法にもとずく西條らの簡易法²⁾に準じて比色定量した。また、フィコピリンは水抽出液を比色し、天野らの誘導式³⁾によって算定した。

結果および考察

タンパク質と色素類の年変動 1月に採取した各調査地点の原藻を、それぞれ抄製加工して乾製品とした場合のタンパク質および各色素含量の年次別平均値とその95%信頼区間を表1に示した。また、年次別の最大値と最小値の差(レンジ)および平均値の変動状況を図2に示した。

すでに前報¹⁾で指摘したように、これら図表からタンパク質および各色素含量は、採取場所によってバラツキがあり、平均値やレンジも年によって大きく変動することが伺える。また、各成分の年平均値の95%信頼区間を、その水準の目安として4階級(A~D)に区分けし、2号炉の運転開始前・後の含量水準を比較した場合、いずれの成分も運転開始後の方が高水準(D区分)で推移しており、2号炉の運転開始に伴って成分含量が低下するという傾向は認められない。なお、この階級区分において、タンパク質量とフィコピリン量ではA・B区分とD区分の年次に、また、クロロフィル量はA・B・C区分とD区分の年次に、カロチノイド量ではA・B区分とD区分の年次にそれぞれ有意な差が認められる。

以上のように、各成分の含量が年によって変動したり、年次間において有意な差を生ずるのは、岩のりの生育環境の変化に起因するものと推察される。生育環境については、多くの条件が複雑に関与することが予想されるが、一般に寒冬で時化の多い年は生育が良いとされている。そこで、表

表1 岩のり抄製品の年次別タンパク質および光合成色素含量

年次	粗蛋白質(無水物%)		フィコピリン(無水物%)		クロロフィル(無水物%)		カロチノイド(無水物%)	
	平均値	95%信頼区間	平均値	95%信頼区間	平均値	95%信頼区間	平均値	95%信頼区間
昭55	28.1	29.6~26.6(A)*	2.74	3.18~2.29(C)	0.146	0.181~0.111(B)	0.124	0.151~0.097(A)
56	27.5	29.6~25.4(A)	1.68	1.84~1.51(B)	0.134	0.165~0.103(B)	0.097	0.111~0.083(A)
57	27.0	29.8~24.3(A)	2.05	2.66~1.44(C)	0.078	0.120~0.036(A)	0.071	0.113~0.029(A)
58	29.9	31.4~28.4(C)	3.82	4.23~3.41(D)	0.120	0.130~0.110(B)	0.111	0.121~0.101(A)
59	30.5	32.1~28.8(C)	3.72	4.39~3.04(D)	0.127	0.143~0.111(B)	0.122	0.138~0.106(A)
60	36.0	38.3~33.7(D)	3.94	4.32~3.57(D)	0.192	0.223~0.161(C)	0.189	0.222~0.156(B)
61	27.6	30.5~24.7(B)	0.97	1.06~0.87(A)	0.095	0.106~0.084(A)	0.082	0.105~0.059(A)
62	33.8	35.4~32.3(D)	3.00	3.45~2.55(C)	0.230	0.270~0.190(C)	0.240	0.286~0.194(C)
63	31.5	32.7~30.3(C)	3.47	3.80~3.14(D)	0.157	0.180~0.134(B)	0.150	0.174~0.126(B)
平1	28.7	30.7~26.7(B)	1.99	2.37~1.61(B)	0.198	0.213~0.183(C)	0.201	0.215~0.187(B)
2	32.8	34.2~31.4(D)	2.77	3.08~2.46(C)	0.391	0.415~0.367(B)	0.356	0.384~0.328(D)
3	34.7	35.8~33.8(D)	4.33	4.99~3.67(D)	0.482	0.507~0.457(D)	0.252	0.277~0.227(D)
4	34.1	35.3~32.9(D)	4.16	4.49~3.83(D)	0.445	0.471~0.419(D)	0.245	0.264~0.226(D)

(注) ①昭和55~63年は11地点、平成元~4年は17地点の平均値、②*印は各成分量の4階級区分(A<D)

表2 惠曇湾の冬季月別平均水温の平年差

月	平年値(°C)	昭54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	平1	2	3
12	15.5	0.9	-2.3	0.2	1.0	-0.3	0.8	-0.5	0.8	0.6	-0.1	1.0	2.0	1.4
1	12.8	0.2	-3.4	0.6	1.2	-0.6	0.3	-1.3	1.0	1.3	1.2	1.2	1.3	1.7
2	11.6	-0.9	-2.2	0.5	0.8	-1.1	0.2	-0.9	1.2	1.1	1.4	1.2	0.9	1.8
3	12.2	0.3	-1.0	0.2	0.4	-1.1	-0.4	-0.5	0.2	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7
平均値	13.0	0.1	-2.2	0.4	0.9	-0.8	0.2	-0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.4

2に惠曇湾(鹿島町)における冬季(12～3月)の月別平均水温の平年差を、調査年度別にまとめて示した。この表から、平年値より低めの水温で推移した年度は、昭和55年度(55年12月～56年3月)、58年度、60年度であり、その他の年度はいずれも平年値より高めで推移し、そのうち特に平成元年～3年度は他よりさらに高めの値で推移している。これら各年度の冬季水温の推移状況と、表1に示す各年次抄製品の成分含量の階級区分を対比してみると、水温が平年値より低めに推移した年の成分含量が、A～Bランクと低水準を示す場合と、逆に平年より高水温で推移した年にDランクと高水準の成分含量を示す場合があり、成分と環境水温の変動に特別な関係は認められなかった。

各成分の時期別変動 図3に岩のりの採取期間(12～3月)における生原藻のタンパク質および各色素含量の変化を、2号炉の運転開始前・後に分けて示した。なお、2号炉の運転開始前については、前報と同じく56年12月～62年3月の6年間における5調査地点(No.1・2・4・9・11)の平均値とレンジを示した。また、運転開始後は昭和63年12月～平成4年3月の4年間に上記5調査地点に4地点(No.12・13・14・15)を追加した9調査地点の平均値とレンジであり、表3に最大～最小値、レンジ、平均値およびその95%信頼区間をまとめて示した。

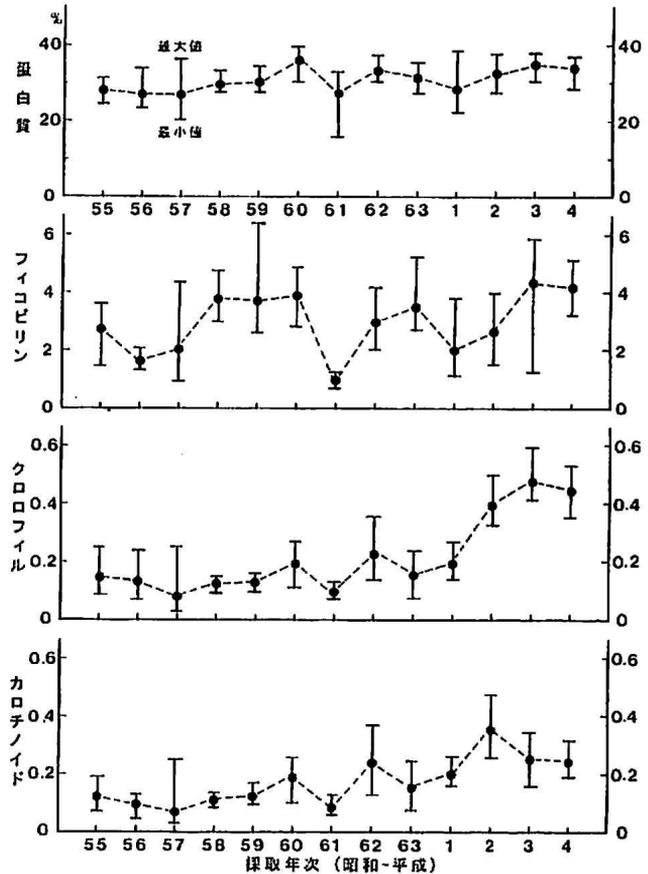


図2 岩のり抄製品のタンパク質と光合成色素含量の年変動(●印平均値)

表3 岩のり生原藻の時期別のタンパク質と光合成色素含量

区分	採取 時期	標本数	最大～最小値 (無水物%)	レンジ	平均値 (95%信頼区間)
粗蛋白質	12	35	44.45～8.66	35.79	27.03±2.20
	1	35	49.05～9.66	39.39	25.64±2.42
	2	36	32.61～8.18	24.43	22.73±1.79
	3	30	28.83～12.70	16.13	20.55±1.30
フィコピリン	12	35	5.291～2.089	3.202	3.636±0.282
	1	35	5.048～0.985	4.063	3.067±0.397
	2	36	5.206～0.588	4.618	2.405±0.272
	3	30	3.330～0.328	3.002	1.638±0.241
クロロフィル	12	35	0.484～0.110	0.374	0.248±0.034
	1	35	0.539～0.014	0.525	0.233±0.053
	2	36	0.306～0.027	0.279	0.151±0.022
	3	30	0.492～0.070	0.422	0.167±0.032
カロチノイド	12	35	0.308～0.094	0.213	0.173±0.019
	1	35	0.326～0.037	0.289	0.163±0.026
	2	36	0.231～0.029	0.203	0.115±0.015
	3	30	0.486～0.027	0.459	0.125±0.036

(注)集計標本は昭和63年12月～平成4年3月まで9地点の測定値

各成分は測定値にバラツキがみられ、12～3月のレンジは相互に重なっている(図3)。しかし、平均値の変化に注目すると、すでに前報で指摘したように、12月から3月にかけて各成分とも次第に減少する傾向が認められる。

すなわち、収穫時期(12月→X=0, 3月→X=3)の進行に伴う成分含量(Y)の変化を直線回帰式で示すと次のとおりで、いずれも負の相関関係にある。

タンパク質	$Y = 30.95 - 2.07X$ ($r = -0.971$)	2号炉運転開始前
	$Y = 27.37 - 2.23X$ ($r = -0.992$)	” 開始後
フィコピリン	$Y = 4.270 - 0.785X$ ($r = -0.999$)	2号炉運転開始前
	$Y = 3.685 - 0.665X$ ($r = -0.998$)	” 開始後
クロロフィル	$Y = 0.172 - 0.024X$ ($r = -0.975$)	2号炉運転開始前
	$Y = 0.248 - 0.032X$ ($r = -0.876$)	” 開始後
カロチノイド	$Y = 0.171 - 0.027X$ ($r = -0.988$)	2号炉運転開始前
	$Y = 0.173 - 0.019X$ ($r = -0.875$)	” 開始後

また、各成分について2号炉運転開始前・後における収穫時期別平均値の95%信頼区間を比較すると、タンパク質で12・2・3月に有意差が認められ、運転開始後の方が低水準であり、クロロフ

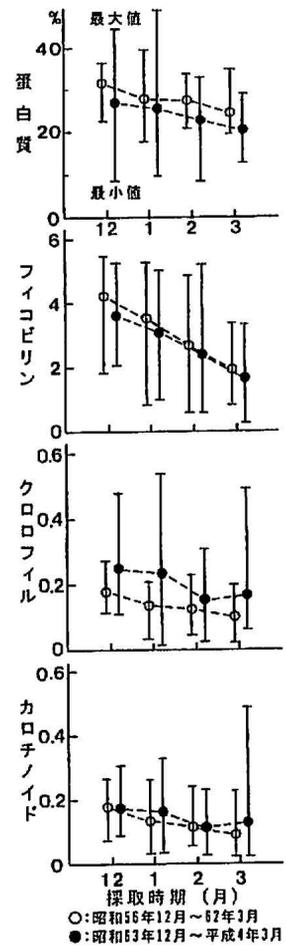


図3 岩のり原藻のタンパク質と光合成色素含量の时期的変化(平均値)

イル量では12・1・3月に有意差が認められ、運転開始後の方が高水準であった。しかし、フィコピリンとカロチノイドでは収穫期間を通して有意差がなかった。

なお、収穫時期による成分量の差についてみると、各成分とも収穫開始時期である12月と収穫後期の2・3月の間には有意差は認められ、収穫前期(12~1月)の方が収穫後期(2~3月)より品質的に優れているとみなされる(表3)。

各成分の場所による差異 図4に1月採取原藻による抄製加工品の、タンパク質および色素量の採取場所による差異を、2号炉の運転開始前・後に分けて示した。なお、2号炉の運転開始前については、前報と同じく調査地点(No. 1・2・4・9・11)について、それぞれ昭和55年1月~62年1月の8年間における平均値とその95%信頼区間を示した。また、運転開始後の方は、上記5調査地点に3地点(No. 12・15・17)を追加した8調査地点について、平成元年1月~4年1月の4年間における平均値とその95%信頼区間を示した。

2号炉の運転開始前については、各成分とも場所により有意な差がないことを前報で報告している。運転開始後の方も、調査資料数が少ないため信頼区間の幅は大きいですが、各成分とも調査地点間の平均値に有意な差は認められない(図4)。また、各調査地点の2号炉の運転開始前・後における平均値の95%信頼区間を対比してみると、クロロフィル以外の成分はいずれも信頼区間が相互に重なっており、運転開始前・後の間に有意な差がないことを示している。

以上の調査結果から、各成分の含量平均値は年によって変動し、個々の年次間では有意差を示す場合もあるが、2号炉の運転開始前・後における含量水準を比較した場合、いずれの成分も運転開始後の方が高水準(D区分)で推移しており、2号炉の運転開始に伴って成分含量が低下するという傾向は認められなかった。各成分の時期別変動については、運転開始後も前報で指摘したように、いずれも12~3月にかけて次第に減少する傾向が認められた。なお、タンパク質とクロロフィル量は収穫時期によって、2号炉の運転開始前・後の含量平均値に有意な差がみられ、前者は運転開始後の方が低水準であり、後者は運転開始後の方が高水準であったが、温排水の影響とは考え難い。

また、各成分の場所による差異については、温排水の放水口に近く、表面水温が1~3℃上昇する調査地点のうち、1

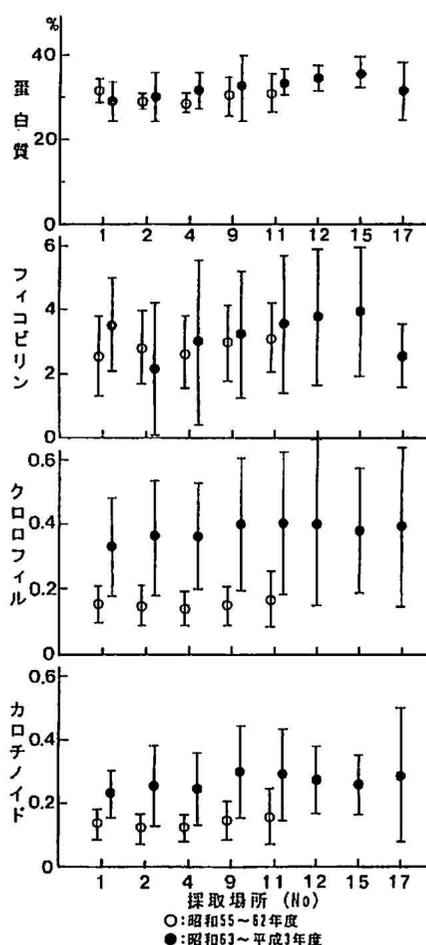


図4 岩のり抄製品のタンパク質と光合成色素含量の原藻採取場所による差異(平均値と95%信頼区間)

号炉の影響地点であるNo. 1・2・4および2号炉の影響地点であるNo. 11・12の5地点と、温排水の影響がほとんどない対照3地点（No. 9・15・17）の各成分平均値には、それぞれ有意な差が認められなかった。

岩のりの成長や品質に影響を及ぼす要因としては、前報で指摘したように水温、日照量、各種栄養塩類、着生場所の被水度など多くの要素が考えられる。しかし、その相互関係を明らかにすることは容易でないし、これら要因の自然的変動と温排水放出による人為的影響を明確に区分することも困難である。それ故、この調査結果のみで温排水の影響の有無を断定することはできないが、岩のりの品質指標成分であるタンパク質と光合成色素含量の年次変動や場所による差異を比較した場合、温排水放出に伴う成分（品質）への影響は認められない。

文 献

- 1) 岩本宗昭・日野佳明・井岡 久：岩のりの蛋白質と光合成色素含量の時系列的変動と場所による差異，島根原子力発電所温排水影響調査報告書Ⅸ，44-48(1989).
- 2) 西條八東：クロロフィルの測定法，陸水学雑誌，36(3)，103-109(1975).
- 3) 天野秀臣・野田宏行：のりの品種と光合成色素，日水誌，44，911-916(1975).