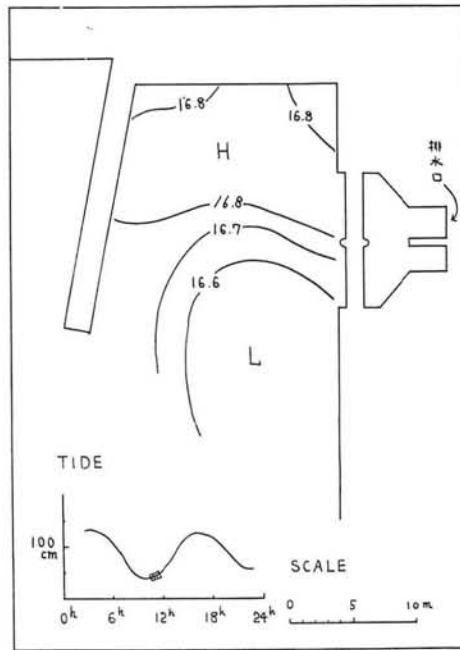


オ4図は5月17日1000～1100時における排水口近くのやや広域における水温分布の測定結果を図示したもので、温排水と湾内水の接触混合移動の様子が推察できる。温排水は排水口より直前のピアに激突後左遷して南方へ拡がり湾内水との間に時計廻りの小環流を形成しているようにみえるが、地形性のもつとみられる。距岸200m附近に温度勾配の大きい境界とみられる個所が存在する(距離5mで1℃内外)。

オ5図は5月17日1100～1200時における排水口周辺陸上から岸近くの採水による分析から推定したClの分布を描いたもので、全水域の内部の実測はない。内部の分布については推定したものである。これによると、取水口における16.75‰は排水口での最高値16.90‰より僅か小であるが、著しい昇値は認められない。内部のClはこれよりやや低値なことから分布の様子は水温分布とよく類似している。



オ5図 昭和41年5月17日 11～12時
排水口附近表層塩素量水平分布(‰)。

3 冷却水放水による尾鷲湾内の海水温度調査結果

彦坂 繁雄 (海上保安庁水路部)

1) はしがき

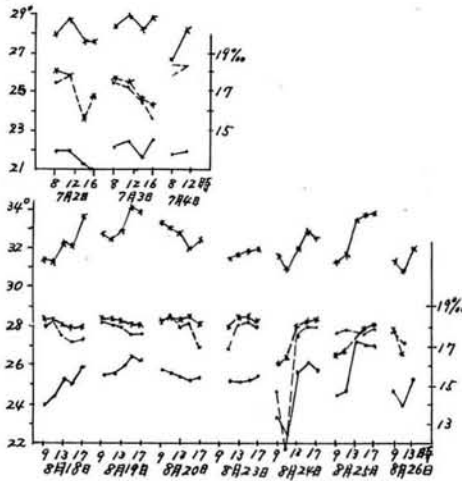
昭和40年7月1日～4日と8月18日～27日の2回にわたり、尾鷲地域開発促進協議会からの依頼により、尾鷲火力発電所の復水器冷却水の放出による尾鷲湾内の海水温度の調査を実施した。これは、これら2回の調査結果の報告から抜萃したものである。なお7月は河川の増水期の8月は水温最高期の調査を目的としたもので、7月には湾内の各測点で一ミスター温度計による水温測定と、代表点での塩素量測定を実施した。8月には7月におけるものの他に、尾鷲火力発電所の放水中にローダミンB溶液を混入して各測点において海

水中のローダミンB濃度をフルオロメータにより測定した。

2) 水温・塩素量の分布

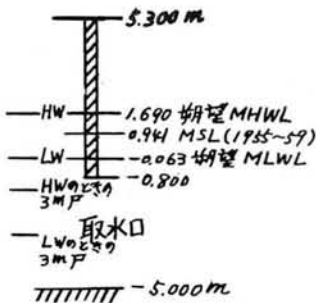
a. 取水口および放水口における水温および塩素量の時間的变化

尾鷲火力発電所の取水口、および矢の川の放水口直前で1日数回測温、採水を行なった。たゞし取水口では7月には0, 1, 2, 3, 5mおよび底、放水口付近では0mのみの測定を行なったが、取水口での水温は0.1~0.2℃の差で表面から底まで一様であった。塩素量については当然表層が低く下層が高くなってはいたがその差は1.5%以下であったので、図1には水温、塩素量ともその平均値を図示した。8月には取水口での測定はその平均値を示すと考えら

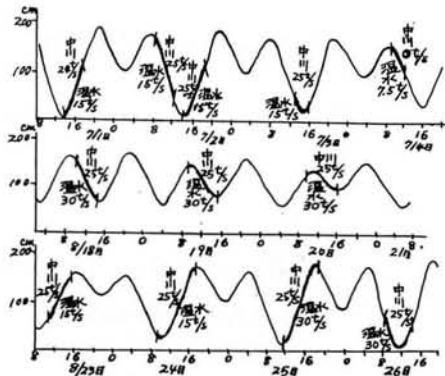


才1図 取水口および放水口における水温・塩素量の変動。
取水口 水温。
放水口 塩素量。

る3m層のみに限った。図1からわかるように、取水口の水温と冷却水の放水口付近の水温とは6~6.5℃の差(復水器冷却後の海水は、これよりなお数℃高いと考えられる)が認められる。また取水口における最低塩素量は8月24日11時における1.150%で、殆んどが1.7%以上の比較的高塩素量を示している。これは図2の取水口付近の潮位関係図に示すように、取入口が比較的深い処にあって、中川の河川水よりもむしろ沖合水と余りかわらない成分を有する中層以下の海水を冷却用水として利用していることによると考えられる。また7月2日14時、3日の16時、8月24日の11時には取水口で低塩素量が測定されたが、これらの日時は何れも図2の



才2図 取水口付近の潮位関係図。(昭和40年潮位表による)。

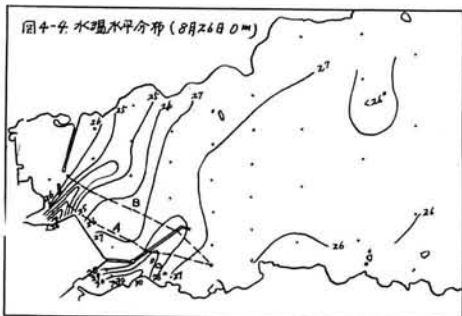
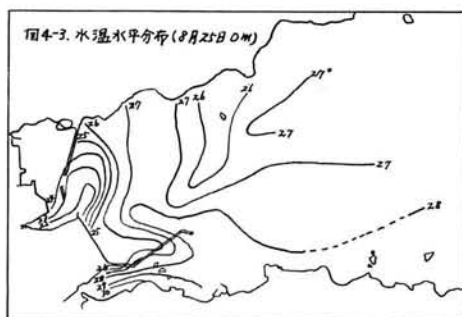
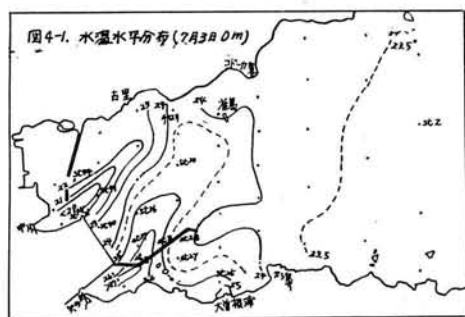


才3図 調査当日の潮汐曲線(潮位表による)。

LW の潮位時近くに採水したもので河川水が相当混入していたものと考えられる。しかしその他の日で同程度あるいはそれ以下に潮位の下った時でもそれ程塩素量の低下がみられなかったこともある。図 3 にはこの調査が行なわれた当日の潮汐曲線と、中川へのオ二発電所からの放水量（時間的に多少の変動はあるが平均的な水量を記入した）および尾鷲火力発電所の冷却水の放水量を参考のために記入しておいた。

b. 水温の水平分布

7月の調査では、上げ潮期、下げ潮期に各2回ずつと低潮時頃に1回の計5回、8月には上げ潮期、下げ潮期各3回ずつと低潮時をはさんで1回の計7回の水温調査が行なわれた。これらの水平分布図（図4にその一部を示してある）を画いてみると、2m層以深では殆んど著しい分布はみられない。これらの水平分布図から、矢の川から流出した温水は揚油機橋から①北方に向い火力発電所岸壁沖に高温部がある場合。②北東方に雀島に向って流出している場合。③高温部が火力発電所岸壁前面からカシ鼻方向に東方に向っている3つの場合に分けることができる（8月25日（上げ潮期）の分布は特異な分布をしている）。①、②の場合には概して下げ潮期、もしくは低潮時頃にみられ、③の場合は上げ潮期にみられるよう



オ4図 水温水平分布図（1～4）。

である。しかしこれらは中川の河川水や、温水の流量および沖合水の湾内への侵入状況によって変わってくるであろうから、一概に結論するわけにはいかないであろう。図4-1および図4-4に示したように低潮時付近における分布は非常にはっきり北東方雀島の方向に温水がのびていることを示している。そしてこの時期が温水の効果が最も顕著であるようである。これは放水口から流出した温水が比較的周囲の海水と混合する割合が少なく、湾内に拡がっていくことを示しているものであろう。この現象は昭和40年8月の予備調査の時にもみられたことである。中川からの河川水は狭い帯状をなして古里方向にのびており、その東側では順次湾内水と混合して水温が高くなっている様子が見られる。8月25日はコードカ鼻から雀島にかけて表層に25℃台の低水温がみられたが、これは次のべる塩素量の分布においてもはっきり低塩素量がみられるところから、河川水あるいは陸水であると考えられるが、これが引本湾から流出したものであるが、中川からの河川水の一部が温水によって分断されて生じたものか断定できない。

c. 塩素量の水平分布

水温測定点のうちの代表点で塩素量測定を行なったが、測点間隔がなかったため、あまりはっきり分布図を画くことは困難であったが、雀島付近の表層水(0~0.5m)には時々低塩素量の分布がみられるようであり、それと同時に古里と雀島の間チロリの沿岸から沖合に向けて18%以上の高塩素量が測定されたことがある。この高塩素量の海水は2m以深で湾内の沖合水とつよいっている。中川の河川水は河口においても塩素量が非常に低い(5%内外)のでその湾内への追跡は比較的容易であるが、矢の川の河川水は沖合水と余り変わらない高塩素量の多量の温水の放水に影響されて、その追跡は困難である。降水量と矢の川量との関係が次式で表わされるとする。即ち

$$Q = 10^3 P \cdot A \text{ (} m^3 / \text{sec)} \quad (1)$$

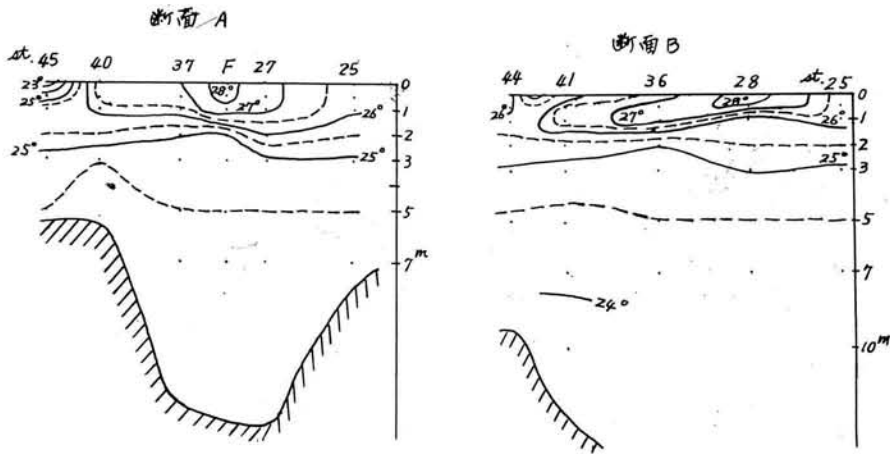
ここに Q は河川の流量、 P は降雨量(mm)、 A は河川の断面積(Km^2)である。これに、6月下旬1週間における尾鷲の平均降雨量 $P=21.4$ mm、 $A=2 \times 10^{-4} Km^2$ を代入すると、

$$Q \doteq 4 m^3 / \text{sec} \quad (2)$$

となる。即ち降雨量が直接上式によって水量に影響を及ぼすとしても、温水の流量の $\frac{1}{4}$ 程度であった。

d. 水温断面分布

図5に8月26日におけるA線、B線における水温の断面図を示した。この図から放水口から放出された温水は、揚油棧橋先端付近では西側の方へは0.5~1m層に沈降するように広がっているように見える。また2m以深の層では殆んど温水の影響は認められない。



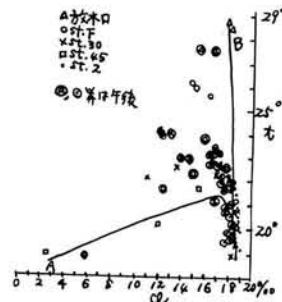
オ5図 8月26日における断面A, Bの水温断面分布。

3) T-Cl ダイアグラム

湾内の水型分布を調べるために、7月2日の午前、午後のT-Cl ダイアグラムを図6に示した。こゝでは代表点として(1)温水源として放水口、(2)河川水としてst. 45 (3)沖合水としてst. 2、(4)混合水としてst. F st. 30の各測点の図を示した。これによれば既に述べたように2m以深では殆んどst. 2の沖合水の分布と一致している。また同一側点でも午前と午後で水質が幾分異なっている。この図から尾鷲湾内水はA, Bで示される鉛直成分を有する2つの海水の混合と考えることができる。

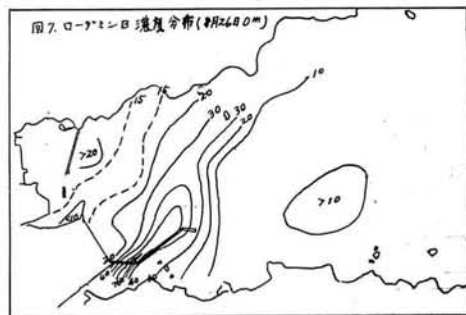
4) ローダミンB濃度の分布

8月の調査においては、温水がどのように混合拡散しているかをみるために尾鷲火力発電所の協力を得て、ローダミンB溶液を冷却水が放水口で 10^{-9} c. g. s の濃度を有するように冷却水の放水量に比例して染料の滴下量を調節し、その測定には米国ターナー社製のフルオロメーターを使用した。先づ染料を流す以前にバックグラウンドを調査して、 5×10^{-11} c. g. s 程度の値を得た。図7には水温の分布図と比較するために8月26日におけるローダミンB濃度の分布図を示した。但し冷却水の放水の濃度を1として各点の海水が含んでいるローダミンB濃度を%で表わしている。したがって、湾内のバックグラウンドが0であれば、



オ6図 T-Cl ダイアグラム。

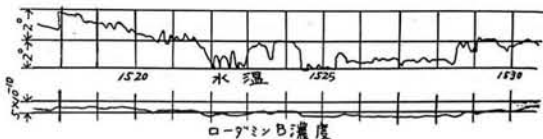
ローダミンB濃度の%はそのまゝ温水が占める割合を示すことになるが、上に述べたように5%程度のバックグラウンドがあるので幾分異なってくる。湾内の海水は、温水以外に河川水、沖合水の3つの水型が互いに混合しているわけであるから、これらの混合の割合を求めるためにはローダミンB濃度だけから求めるわけにはいかない。また当然のことであるが、水温分布とローダミンB濃度分布とは非常に類似している。しかし河川水あるいは陸水の影響と思われる低水温域においては水温のみから判断するわけにはいかないようである。



オ7図 ローダミンB濃度分布。

5) 一点における水温、ローダミンB濃度の変動

一点でどの位の変動があるかを調べるために、測点38において8月20日15時15分から45分まで30分間にわたり、水温、ローダミン濃度の連続測定を0m層で実施した。その一部を図8に示してある。これによると、水温は数分間のうちに4℃も変動があることがわかり、2℃程度の変動は常にあるようである。これらの変動は放水口からの温水の流況によって左右され、目視観測による潮目からも認められた。また水温、ローダミン両者の対応は認められるが、絶対値の一対一の対応は必ずしもつけ難いように思われる。



オ8図 st. 38における水温、ローダミンB濃度の時間的変動(8月20日15時15分~45分)。

6) 湾内水の拡散、混合

湾内水は、発電所からの放水、沖合水、河川水の3つの水型が互いに混合していると考えることができる。鉛直方向の混合も考えなければならないが、前述のように2m層以深では殆んど温水の影響がみられないことから、こゝでは水平方向の混合のみを考えて対象を2m以浅の表層とした。いま上記の3つの水型の2要素(例えば、水温、塩素量、ローダミンB濃度の中の何れか2つ)をx, yで表わし、放水、沖合水をA(x₁, y₁), B(x₂, y₂), C(x₃, y₃)として、それらがa, b, cの割合で混合するとその成分は

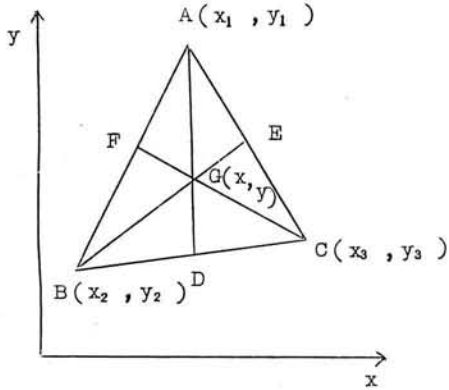
$$x = \frac{x_1 a + x_2 b + x_3 c}{a + b + c}, \quad y = \frac{y_1 a + y_2 b + y_3 c}{a + b + c}$$

となる。こゝに $a + b + c = 1$ である。また湾内水の成分 x, y が知られているとき、3つの水型の混合の割合 a, b, c は

$$a = \frac{(y_2 - y_3)(x - x_3) - (x_2 - x_3)(y - y_3)}{(y_3 - y_1)(x_2 - x_3) - (y_2 - y_3)(x_3 - x_1)},$$

$$b = \frac{(y_3 - y_1)(x - x_3) - (x_3 - x_1)(y - y_3)}{(y_3 - y_1)(x_2 - x_3) - (y_2 - y_3)(x_3 - x_1)},$$

$$c = \frac{(y_1 - y_2)(x - x_2) - (x_1 - x_2)(y - y_2)}{(y_3 - y_1)(x_2 - x_3) - (y_2 - y_3)(x_3 - x_1)}$$

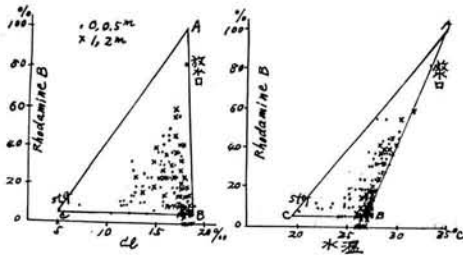


によって求められる。また計算の代りに図上で混合比を求めるには、左図のように3つの水型を (x, y) 座標を用いて A, B, C の3点で表わすと、湾内水は $\triangle ABC$ 内の一点 G であらわすことができる。 AG, BG, CG の延長と3辺との交点を D, E, F とすると、 G なる海水の混合の割合 a, b, c は

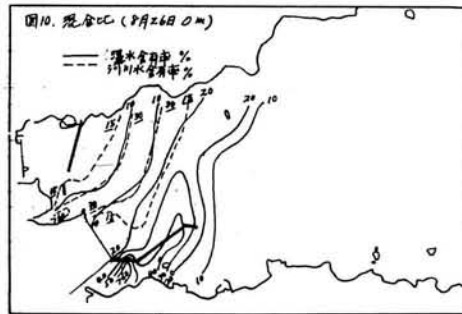
$$\frac{a}{b} = \frac{BF}{AF}, \quad \frac{b}{c} = \frac{CD}{BD}, \quad \frac{c}{a} = \frac{AE}{CE}$$

によって求められる。図9には8月25日の

ローダミンB濃度 (R) — 塩素量 (Cl) ダイアグラムおよび水温 (T) — ローダミンB濃度 (R) ダイアグラムを示してある。このようなダイアグラムから8月26日における3つの水型の成分を求めて、混合比を計算によって求めて図示したものを図10に示した。



オ9図 ローダミンB—塩素量ダイアグラム (左図) とローダミンB—水温ダイアグラム (右図) の1例。



オ10図 温水、河川混合比。

7) むすび

以上は昭和40年7月、8月の2回にわたり、尾鷲火力発電所の温水の影響に関する調査の結果の概略であるが、湾内の海水は河川水や陸水、温水、沖合水の混合されたもので、それらは気象、海象要素に支配されるばかりでなく、尾鷲火力発電所やオ二発電所の放水量などにも関係している。これらの影響を1つ1つ調査することはそれぞれの条件を一定に保って調査を行なう必要があるが、これは実際問題として不可能に近い。しかし以上の調査により少なくとも温水がどの辺まで影響を及ぼしているかの大体の目安はたてられるものと思われる。

参 考 文 献

- (1) 尾鷲湾放水影響調査団(1958)
尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告。
- (2) 尾鷲火力関係公害対策委員会(1966)
尾鷲火力発電所放水の湾内海水温度調査報告書。

4 千葉県五井港における温排水について

菅原兼男・関 達哉(千葉県内湾水産試験場)

1) 緒 言

千葉県の五井港は東京内湾の湾奥部東南隅にあり、昭和36年に当時の市原郡八幡町、五井町一部(現在、市原市)の干潟埋立が完成して造成されたものである。港巾400~500m、港長約2kmの細長い形をなし東側岸壁には2ヶ所の入り込みがある。港奥に白旗川という小河川が流入するが、水量少く、浅く、港内の流れや潮汐流にあまり影響がなく、従って行きどまりの湾入と考えてよい。港の深さは12m程度である。(オ1, 2図参照)。

この港にのぞむ工場は現在10社であって、それらの工場の用排水量はオ1表のとおりである。この表で、左の時間単位のものは用水量で、右の日単位のものは排水量であって、用水が全部排水されるとは限らない場合もあるが、海水は全部五井港内から取水されて、冷却用水として使用され、取水量がそのまま排出される。排水時の昇温より大体7~8℃高であるのが一般である。

次表のうち、丸善石油、東京電力五井



オ1図 五井港の位置。