

原子力施設廃水対策海洋調査経過報告—I

Progress Report of Oceanographical Investigation on the Wastes of Atomic Energy Institute-I

§ 1. はしがき

1956年4月茨城県東海村に日本原子力研究所が建設されることになり、同研究所の依頼によつて処理後の低濃度放射性廃液を海洋へ放出する場合に起きる諸問題についての海洋調査を実施している。調査は1956年5月に開始され1958年3月までには回を重ねて6回に及びその後も継続しているがここには兩年度における調査経過の概要を報告する(第1表参照)。

第1表 東海村沖海洋調査の実施一覧

年度	調査回数	調査期間	調査項目	使用船舶	協力機関
昭和31	1	1956. V. 25 VI. 30	東海村沿岸海岸海底地形調査	敬栄丸(3吨) 文珠丸(1吨)	
	2	1956. XI. 5 XI. 13	東海村沖 海況海底沈積物、海洋生物一般調査	常磐丸(11吨)	東海区水産研究所
昭和32	3	1957. VII. 5 6	東海村沿岸・染料拡散試験	平和茨城丸(57吨) 常磐丸(11吨) 八幡丸(4吨)	原子力研究所
	4	1957. X. 1 3	東海村沿岸、一昼夜連続測流 久慈川河川水拡散調査	平和茨城丸(57吨) 平田丸(3吨)	同所
	5	1958. I. 28 30	東海村沿岸、一昼夜連続測流 染料拡散試験	平和茨城丸(57吨) 常磐丸(11吨) 平田丸(3吨)	同所
	6	1958. III. 18 20	東海村沿岸、染料拡散試験	常磐丸(11吨) 常沢丸(1吨)	同所

なおこの調査は原子力研究所保健物理部の企図によるものであるが、本場としてこの調査に協力するに当つての目標を次の3点においている。

- (1) 中部茨城沿海における海水の流動状況を明かにするための海洋調査を行い海況概要の資料を整備する。
- (2) 東海村における廃水が沿岸水に混入する機構及び沿岸海況に及ぼす影響を予察する調査を行う。
- (3) 終局的には低濃度放射性廃液の海洋中における物理的・生物的影響範囲及びその程度を可及的に明かにする。

又、この調査を担当従事している主な職員は次のとおりである。

原子力研究所

統括 青木敏男(保健物理部長)

坂岸昇吉(同部放射線管理室長)

担当 谷川芳郎 押野昌夫

本場

統括 西野 強(場長) 井山嗣雄(前場長)

加藤孝作(調査研究係長)

担当 原田和民 久保雄一 市村勇二

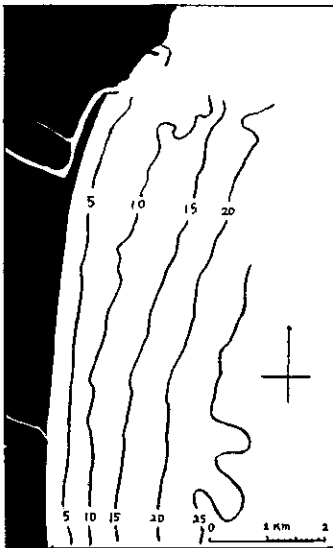
従事 宇野守一 猿谷 倫 佐藤 実 磯崎庄八

§ 2. 東海村沿岸底形調査

この海洋調査を計画するに当り原子力研究所保健物理部では先ず予備的調査として東海村海岸 全域の距岸 2km以内の海面の概括的な底形調査を本場に依頼してきた。そこで本場ではトランシット測量の技術要員として県土木部東那珂都市建設事務所の応援を得て 1956 年 5 月 25 日から同 6 月 30 日にかけて東海村沿岸における海岸海底地形の調査を行った。

2-1 方法

調査はまず測深点の位置をもとめるために日立市久慈浜所在の三角点（標高37.4m）を基点として原点測量の要領で東海村沿岸に連続する砂丘上の見通し良好の処に 400 m 間隔に一点あて 20 点の陸上標識を設定した。なおこの作業と同時に陸上標識から汀線までの位置関係も測量し海岸線の屈曲状況を調べた。測深は小型魚群探知機を漁船に取付けて実施することとし、J. R. C. 製 NMD-231 A 型乾式記録で舷側装備によつて深度記録を行った。この場合の船位は船の移動に従い陸上標識の二点に置いたトランシットで船上からの合図によつて同時に測角し作図により決定した。測深作業は陸上標識各点毎に E の見通し線上で接岸可能な処から距岸 2000 m 以上航走し、位置は一線について 10~13 点全作業 20 線では延 247 点をはかり、測深記録紙には延 40km に亘る底形を記録した。又測深と同時に測深個所の南 9 ± 4 km にあたる磯崎港内で潮位の変化を実測した。記録された深度については、送受波器の位置と水面差の改正、潮高改正、傾斜改正を行い、基準水面からの深さを求めて縮尺 1/10,000 の沿岸底形図を作製した。（第一図）



第1図 東海村沿岸の底形

この調査の後、原子力研究所建設部では沿岸施設の建設及びこれら施設の設置後の保全等に関して精密なる沿岸底形・底質の調査を必要とし、海上保安庁水路部が委託をうけて 1956 年 12 月に幾多の困苦を克服して調査されている。その成果の概要については同庁海上保安官小向良七氏によつて財団法人日本海底資源開発研究協会発行“海の資源”創刊号（1957）に「茨城県東海村附近の海底について」という標題で報告されていることを付記して置く。

§ 3. 1956 年 10~11 月の四官公庁合同海洋調査

東海村沿岸底形調査に引続いて 1956 年 9 月原子力研究所から海上保安庁・気象庁・水産庁・茨城県庁の海洋観測機関に対して放射性廃液を処置するに当つての自然環境管理の立場から研究所附近の海洋調査を依頼さ

第2表 等深線の距岸距離の変化

海岸位置 (久慈河口か らの距離)	深度 m			
	5	10	15	20
km	m	m	m	m
1	300	1.300	2.050	2.900
3	300	900	1.800	2.600
5	400	700	1.450	2.100
7	350	750	1.250	1.950

2-2 摘要

測深された範囲内は北部の久慈川河口附近を除いては概ね砂の分布する平坦な海底で、5、10、15、20 m の等深線は海岸線に並列的であるが東海村南部よりも久慈川河口に近い北部の方が幾分緩傾斜である。今北から 1、3、5、7 km の地点における等深線の距岸位置を示せば第 2 表のとおりである。なお水深 5 m の附近はトロフ・バーがあつてかなり変化に富む個所も認められたが碎波のために残念ながら詳しく調べることはできなかつた。

れた。そこで関係機関は協議連絡をもつた上で1956年10月から11月にかけて一連の調査が実施され、その成果は日本原子力研究所から次のような内容で報告されている。

日本原子力研究所調査報告 No. 2 1957

- I. 鹿島灘の海流について…………… 城至成一・川田健次 (海上保安庁水路部)
- II. 鹿島灘の潮流について…………… 梅田次昌・新田清 (海上保安庁水路部)
- III. 染料流し観測報告…………… { 大久保明・長谷川四郎 (気象庁海洋気象部)
天野 充・竹田 逸郎
- IV. 海洋における浮湧源型拡散の解析…………… 南日俊夫 (気象研究所)
- V. 東海村沖合における拡散…………… 竹内能忠 (気象庁海洋気象部)
- VI. 東海村沖合における海況に関する調査結果概要…………… { 渡辺信雄・平野敏行 (水産庁東海区水産研究所)
上原進・大久保勝夫 (茨城県水産試験場)
久保雄一
- VII. 茨城県東海村沖の海底沈積物について…………… { 深井麟之助・塩川文子 (水産庁東海区水産研究所)
鈴木政治・清水君代 (茨城県水産試験場)
原田和民

昭和31年東海村沖海洋生物及び放射能調査報告書

- I. 1956年11月鹿島灘における海洋生物及びその放射能調査結果…………… { 中井甚二郎・本城康至 (水産庁東海区水産研究所)
服部茂昌・渡部泰輔
木立 孝・奥谷喬司
工藤盛徳・梅田喜一 (茨城県水産試験場)
久保雄一
- II. 鹿島灘産貝類に関する二、三の知見…………… 奥谷喬司 (水産庁東海区水産研究所)

本場が東海区水産研究所に協力して担当した事項についての蒼鷹丸(東海区水産研究所)と常磐丸(本場)の観測地点は第2図のとおりであつて、その成果は“東海区水産研究所業績集”昭和32年度版にも掲載されているのでここではその要約を報告するに止める。

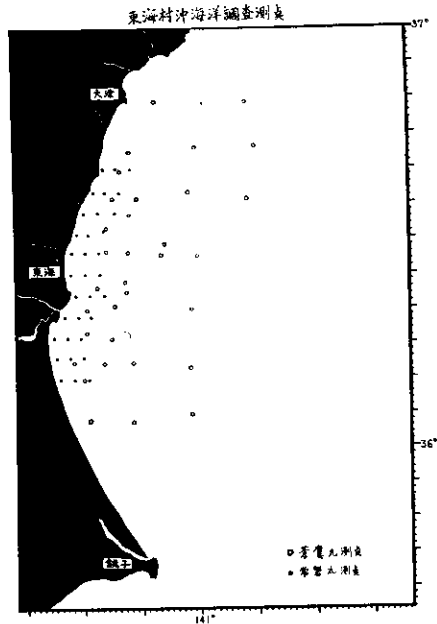
3-1 東海村沖合における海況に関する調査結果概要

東海村における日本原子力研究所設立に伴う東海村沖の海洋調査の一環として、東海区水産研究所は調査船蒼鷹丸により、昭和31年11月5日～9日に亘り沖合部の観測を又本場は調査船常磐丸によつて、同じく11月5日～13日に亘つて沿岸部の観測を実施し、この観測中から海況に関する概要を報告した。なおとりまとめに当つては同期間に実施された他機関の観測資料も併せて扱い、更にこの附近における既往の資料にもとづいて本調査結果の一般性について若干の考察を行つた。

(1) 東海村沖海域は犬吠崎から北東進する黒潮暖流の西側に当り、黒潮系水と可成り変質された寒流系水との混合域となつているが、表層部には陸水系沿岸水の混合がみられる。

(2) この海域の南部には黒潮暖流から派生し東海村沖へ突っかけ、沿岸沿いに南下する反時計回りの環流が推定される。

(3) 故に東海村沖に排出される拡散物質はこの環流に乗り、南部沿岸海域で拡散し更に黒潮流に流去してゆく可能性が考えられる。



第2図 東海村沖海洋調査測点

(4) 既往の定地観測資料からこの反時計回りの環流は比較的定常的なものであると推察される。

3-2 茨城県東海村沖の海底沈積物について

海底沈積物の分布は、このような沿岸では、主として陸岸からの懸濁粒子の供給状況と水の流動に支配され、従つて流動の平均的な状態に対応して考察することが可能である。又、微量の放射性廃棄物を含む廃水がこの海域に放出された場合放射性物質の濃度が水中では検知出来ない位に低くとも、化学的沈澱或は生物による蓄積とその沈降によつて海底沈積物中に濃縮され、或る時間の後には検知しうるレベルに達する可能性が大きい。従つてその蓄積を監査し更に底棲生物に対する影響を調べるためには、廃水放出前の放射能レベルを把握する必要があるから、この報告では蒼鷹丸の観測で得られた沈積物試料について、粒度分析の結果を海水の流動状況と関連させて考察し、併せて現在の放射能レベルの表示を行つた。

- (1) 海底沈積物の粒度分布からみて、久慈川河口北部、那珂川河口南部に流動の停滞域が存在し、河水は平均的に原子力研究所磯崎附近を中心として扇状に拡がり、流速は磯崎北東に向つて大きいことが推察される。
- (2) 磯崎北東に向つて沖合迄、沈積物分布の不連続が帯状に存在する。
- (3) 海底沈積物の全放射能は、高々7 cpm/g に過ぎないがその分布範囲は海域全般に亘る。
- (4) 粒度別には泥の部分に放射能が最も高く、泥砂よりは粒径の大きな細砂の方が高い傾向がある。
- (5) 全放射能と塩酸浸出残留放射能を比較すると大部分残留するものと、逆に大部分浸出されるものの両方があり、粒度の大きな砂状の沈積物の方が残留放射能の高い傾向がある。
- (6) 塩酸浸出液を分属した際、鉄属・アルカリ属に放射能が集まり、カルシウム属には認められない。
- (7) アルカリ属の放射能は大部分カリウム-40 によるものと考えられる。

3-3 鹿島灘における海洋生物及びその放射能調査結果

前記蒼鷹丸及び常磐丸の観測中生物関係の試料から得られた成果の概要は次のとおりである。

- (1) プランクトン出現種は植物 41 種、動物 111 種で、これらの重量組成の主なもの Copepoda (51~58%) 次いで Sagittoidea (26~38%) であつた。生物群別のプランクトン水平分布の型は 3 型に分けられ、その分布の傾向は水理学的要素の分布との間に密接な関係が認められた。0, 10, 30 m 層の層別水平採集結果によれば 1 地点平均分布密度の比は 1 : 0.86 : 0.55 であつた。
- (2) ビームトロール試料中浮游性甲殻類は 13 種で、量的に重要なものは *Sergestes nipponensis*, *Crago* sp, *Spirontocaris spathulirostris* 等であつた。
- (3) 魚卵は 15 種が出現し、その大部分はペラ科卵で、距岸 5 裡以内に濃密分布した。その孵化所要日数と出現した卵の発育期ならびに分布から拡散が弱いとみられた。
- (4) 稚仔は 64 種採集され、タカベ、カタクチイワシ等が主要種で、タカベは全域に亘つて分布しカタクチイワシは東海村近海に濃密域がみられた。
- (5) 成魚型魚類はビームトロールにより 13 種採集され、大陸棚斜面と大陸棚上とは全く共通の出現種がみられなかつた。
- (6) 軟体動物、棘皮動物、甲殻類を主とするベントスは 78 種得られた。ベントスには全般的に地点間の共通性が少く、貝殻遺骸群集には暖水系群と冷水系群の混在がみられ、このことから暖流勢力の長期的な消長による fauna の変転が推定された。又貝類につき暖水、冷水両系群の分布生態を検討した。
- (7) 海洋生物のプランクトン 22 試料、ネクトン 5 試料、ベントス 25 試料の灰化試料によつて放射能を測定したが、何れも微弱ではあるが有意のものが多数であつた。試料重量と cpm との関係について検討した結果試料生物の種類によつて吸収曲線が著しく異なることが判つた。

§ 4. 1957 年度の調査経過

四官公庁合同の海洋調査実施後、原子力研究所内の機構整備もすすみ東海村に施設の建造もみられたので昭和 32 年度は同研究所保健物理部と本場の協同調査という形でききに掲げた第 1 表に示す 4 回の調査が実施された。この成果については本報とは別に原子力研究所から報告される予定であるので、ここでは調査経過と

その要点について報告することにする。

4-1 染料放出実験

海洋中に放射性物質を廃棄した場合に、それがどの様に拡散してゆくかを研究するための直接法として染料放出実験が1956年11月に気象庁海洋課によつて東海村沖1.2 kmの地点で実施された。今年もこの種の実験が可及的に問題を解決する方法としてとりあげられた。

4-1-1 染料放出実験の一例

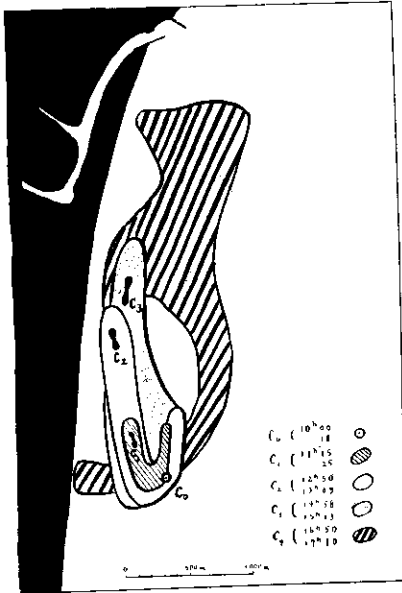
実験方法を示すために1957年7月5日に実施した実験概要を述べる。この日は研究所沖合700mの海域において Rhodamine B 溶液1 ton を放出し、赤く染つた領域の移動拡散の状況を船舶並びにヘリコプターによつて観測調査した。その結果着色領域は面積を増大しながら放出点より毎秒10数種の微速で移動し次第に海岸線に接近して行つた。放出6時間後には着色領域が大きく弧を画いた帯状となりその両端部が陸地に到着した。これは予期していなかつたケースであり沿岸海域において廃液を処理する場合にはこのようなケースの存在を忘れてはならない。

4-1-1-A 染料の放出

今回は出来るだけ陸地に近い場所を放出点とする方針であつたが、調査に使用した試験船平和茨城丸57 tonの接岸能力を考慮して、研究所建屋研究第1棟のほぼ真東にあたる沖合の距岸700mの地点を放出点とした。使用した赤色の溶液は水(海水にあらず)0.9 ton に対し Rhodamin B 40 kg と更に溶解を容易にする目的で60 kgの水醋酸を加えて作成した。この溶液は出港前にドラム罐の中に作製し、現場で染料溶液を海中に放出するにはドラム罐の一端にコックを取付け手押しポンプで加圧し他端に取付けたホースによつて染料液を自動的に海中へ放出した。この日の放出は10hに開始し放出終了までに18mを要した。この場合放出直後に船舶間連絡不充分のためスクリューによつて染料雲が機械的に攪拌されたので、自然状態による実験とはいえないが、実際には時化やノズル等で相当の攪拌がおこることに注意して実験結果を吟味したい。

4-1-1-B 着色領域の移動状況

染料により真赤に汚染された領域が時間と共に如何に移動し変形するかを調べるため、平和茨城丸を着色領域に乗り入れ船速を利用して形状を決定した。このさい距離の正確を期するため海面に1,740 mに及ぶ間縄を張り標識を設置した。一方研究所敷地にヘリポートを設置し、10h以降約30 m毎にヘリコプターを飛揚させ上空より写真撮影を行つて染料領域の正確な形態を捉えることにした。着色領域の拡散移動状況は第3図にみるとおり、放出開始後数分間はほぼ楕円形を保つていたが放出完了時には不規則な形態となり先端が二つに分れてNW方向すなわち沿岸に向つて移動を開始した。その後漸次帯状に拡がり13h15mには北の先端は研究所敷地北方において遂に接岸した。続いて16h00mには南の端が放出点のほぼ西方の浜辺に到達した。17h10mの最終観測によると接岸地点は三個所となり全体として色が薄れていた。翌日朝6hの観測時には



第3図 染料拡散実験Iの模様

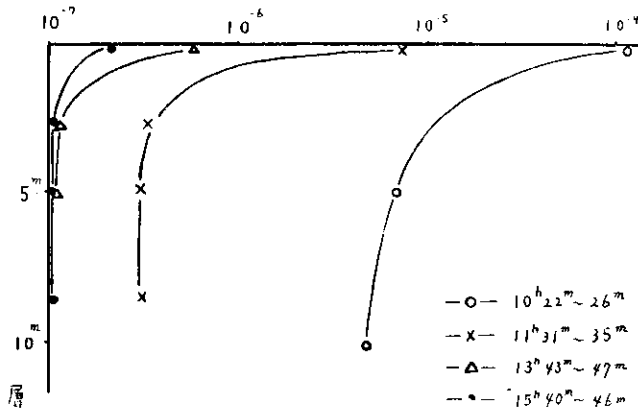
染料の痕跡もなく平常の状態になつていた。

4-1-1-C 着色領域内の濃度変化

染料濃度の水平分布は平和茨城丸を乗り入れて表面採水を行い実験室に試料を持ち帰つてからヘーネル比色管を用いて濃度を測定した。今回の観測で水平分布を観測したのは、11h15m~11h23m, 12h50m~13h09m, 14h58m~15h13m及び16h50m~17h10mの4回であつ

て、夫々 26 点, 47 点, 34 点, 5 点の採集を行い、その内の最大濃度については後掲の第 3 表に表示した。ただし濃度は放出前の原液濃度を 1 としてその 10^{-7} 倍を単位としてあつた。

染料の垂直分布についても、放出直後、11 h 31 m ~ 36, 13 h 43 m ~ 47 m, 15 h 40 m ~ 46 m の 4 回に亘つて夫々染料雲の濃い個所で北原式中層採水器を用いて採水した。濃度の標示はさきの場合と同様でその結果は第 4 図



第 4 図 染料濃度の垂直分布

に示したとおりであつた。なおこの日小名浜港における潮位は高低潮 9 h 40 m (162 cm) 低高潮 15 h 20 m (130 cm) であつた。

4-1-2 染料放出実験についての考察

東海村沖の浮游湧源型拡散の実験方法とその解析及び拡散の取り扱い方に関する基礎的諸問題については、既に大久保³⁾、南日⁴⁾、竹内⁵⁾によつて夫々報告されている。然しながらこの問題を定量的に論ずるには、実際の実験方法の精度が現段階では充分とはいえず、例えば拡散面積の算出、染料濃度の観測、現場の測流、及び実験観測値全体の時間的密度と継続時間等に幾多改善の余地が残されている。然し又一面において大雑把な見積りであつても、拡散係数・染料濃度と着色面積の関係・染料雲の移動速度の大凡の値を求めることは爾後の実験設計にも必要であるので、次のような方法で 1956 年 11 月の実験 (以下実験 I と称する) と 1957 年 7 月の実験 (以下実験 II と称する) を比較してみた。

4-1-2-A 水平混合係数

水平混合の係数については大体の order を見積るために平野・杉浦⁶⁾が近似式として与えた次の方法で概算した。

$$\frac{\partial S}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \right) \quad \left[\begin{array}{l} S \text{ 濃度} \\ t \text{ 時間} \\ x, y \text{ 直角にとつた水平方向} \end{array} \right]$$

但し投入したときの濃度は

$$S = S_0 e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2} \quad \left[\begin{array}{l} S_0, a \text{ 常数} \\ r^2 = x^2 + y^2 \end{array} \right]$$

又観測された染料域は可視範囲の限界濃度で区劃された円だとすると、任意時刻 t_i, t_{i-1} で夫々その拡がりつまり円の半径の大きさ r_i 及び r_{i-1} を測定すれば拡散係数は次の如く近似的に算出されると云う。

$$k \sim \frac{r_i^2 - r_{i-1}^2}{4(t_i - t_{i-1})}$$

この式を用いて得た結果は第 3 表のとおりであつて実験 I の水平混合係数はさきと同じ成果について南日が

第3表 A. 染料放出実験 I (1956年11月) 観測結果

染料域 No	経過時間 min	染料雲中心の移動方向	平均移動速度 cm/sec	染料最大濃度 原液濃度 = 1	着色面積 m ²	水平混合係数 cm ² /sec
1	12	60°	7	—	—	—
2	40	32°	3.7	10.000×10 ⁻⁷	9.420	—
3	104	40°	3.4	850×10 ⁻⁷	21.980	2.60×10 ³
4	182	48°	3.1	230×10 ⁻⁷	46.629	3.35×10 ³
5	252	50°	3.0	48×10 ⁻⁷	80.296	6.38×10 ³

第3表 B. 染料放出実験 II (1957年7月) 観測結果

染料域 No.	経過時間 min	染料雲中心の移動方向	平均移動速度 cm/sec	染料最大濃度 原液濃度 = 1	着色面積 m ²	水平混合係数 cm ² /sec
1	66	327°	11.2	650×10 ⁻⁷	130.987	—
2	171	352°	14.3	62×10 ⁻⁷	476.053	4.36×10 ⁴
3	267	11°	10.9	5×10 ⁻⁷	823.123	6.98×10 ⁴
4	411	—	—	10 ⁻⁷	1.546.892	5.52×10 ⁴

算出した $K_x=2,113 \text{ cm}^2/\text{sec}$ (K_y については拡散が第一種から第二種の拡散領域に移行中であつて算出されていない) と order において一致しており、実験IIの混合係数は実験Iの結果に較べて一桁大きく 10^4 であつた。実験Iに較べて実験IIの値が大きかつた原因としてはさきに述べた染料放出初期の機械的擾乱(実験Iの場合には殆んど自然のままであつた)、久慈川河川水の放出量の差、その他諸種の要因があつて何れによるか不明であるが、東海村沿岸の水平混合係数は現在のところ $10^3 \sim 10^4$ の order と想像される。これは渡辺・平野⁹⁾ が調べた興津・大井川の河口附近の $10^4 \sim 10^5$ 、市栄りが紀伊河口で求めた 10^6 に較べれば遙かに小さい。

4-1-2-B 染料濃度と着色面積の関係

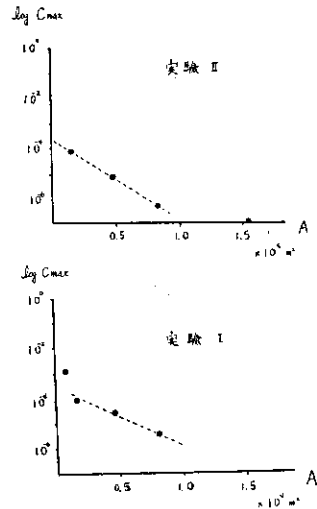
拡散現象の結果としてみられる着色面積の増大と染料濃度の稀釈については、Seligman が Windscale の原子力施設工場の廃水予察実験で用いた Taylor の拡散理論によれば次式で与えられる。

$$A = 2\pi \sigma_x \sigma_y (\log C_{\max} - \log C) \begin{cases} A & \text{面積} \\ C & \text{染料濃度可視限界} \\ \sigma_x \sigma_y & \text{拡散の指標} \end{cases}$$

今、実験Iと実験IIの観測値をこの式に代入して得た結果を図示すれば第5図のとおりであつて、染料濃度の稀釈と着色面積の増大は指数関係を示している。なおこの場合の染料濃度は各観測時の最大濃度である。又、稀釈に要する時間はさきの混合係数の大きさに対応して実験Iよりも実験IIの方がかなり短い結果を得ている。

4-1-2-C 染料雲の移動

染料雲の移動については両実験とも流速計による測流値がないので染料雲自体の移動によつて判定した。実験Iの場合は染料雲の拡がりも小さかつたので全体の移動量から算出されたが、実験IIの場合は染料雲が急速に拡がつたのでたまたま染料濃度の濃い処が二つの目として並行に移動していたところからこの移動をもつて移動速度を算出した。その結果は第3表のとおりであつて、実験Iの場合おおむねNEの方向へ3~4 cm/sec で移動したに対し実験IIではほぼNNWの方向へ10~13 cm/sec で移動した。然しながら実験IIのように染料雲が大きく拡がつた場合には沿岸海域の流れが地点に



第5図 染料最大濃度と着色面積の関係

第4表 1958年1月28~29日 一昼夜連続毎時観測成果

事 項 地 層 m 点	海(恒)流		日 週 潮 流						半 日 週 潮 流				
	V cm/sec	D	U ₁	V	μ	v ₁	μ ₁ -v ₁	U ₂	V ₂	μ ₂	v ₂	μ ₂ -v ₂	
東海村沖 1 mile 北 側	3	7.55	23°45'	2.06	2.74	185°	181°	4°	1.56	2.75	217°	92°	125°
	5	7.66	19°45'	1.87	4.72	196°	260°	-64°	1.99	4.03	82°	67°	15°
	10	3.92	16°42'	2.50	6.56	315°	325°	-10°	1.08	3.77	130°	46°	84°
中 央	3	7.95	24°09'	2.32	3.21	279°	268°	11°	1.80	1.98	38°	47°	-9°
	5	7.59	12°00'	1.02	0.50	274°	309°	-35°	0.49	1.46	7°	82°	-75°
	10	9.48	6°33'	6.08	2.44	196°	242°	-46°	0.39	2.74	21°	184°	-163°
南 側	3	8.38	6°00'	2.85	8.24	1°	233°	-232°	2.34	1.53	47°	55°	-8°
	5	6.58	344°14'	0.70	5.28	307°	279°	28°	3.95	5.63	223°	106°	117°
	10	11.05	26°08'	1.63	3.14	342°	226°	116°	0.85	6.13	322°	128°	194°

よつて相当異なる点からみてこのような方法はごく大雑把な見積りを行つたに過ぎない。又この流れの不均一は拡散係数の部分的変動をももたらすであろうと思われる。

4-2 海潮流の計測

1957年10月1~2日及び1958年1月28~29日に東海村沖(測点は第6図に示す)で平和茨城丸が T. S Robert Current Meter を用いて実施した一昼夜に亘る毎時測流観測の成果について述べる。廢水の海中における移動拡散をどう取り扱えばよいかの問題を解くには海潮流についての十分な観測資料を必要とするが、今年是小潮期の距岸1kmの位置における観測を二回実施するに止まつた。

4-2-1 測得海潮流について

1957年10月1~2日

i) 3m層では10~20 cm/secを示した流速が5, 10, 20mと深くなるに従い漸減し、底層に近い20m層では5~15 cm/sec程度の流速であつた。

ii) 流向は各層とも300~360°に多く集中してほぼ近似しているが、表層から底層になるほど流向の振れが小さくなる傾向がある。

1958年1月28~29日

i) 各点各層とも流速5~20 cm/sec、流向は360°~45°に多く集中し、前回と同様表層は底層に較べて流れの振れが多かつた。

ii) 1956年の浮流物の追跡で認められた「表層附近の流れが低々潮時に南向しても5m層では潮汐の潮時に関係なく北向きであつた」現象と同じ様に今回も3m層で低々潮時(28日16h)に5m層、10m層、が北向きであつたにもかかわらず各点とも一時的に南向きに変つたことが注目される。

4-2-2 海(恒)流について

測得流を東分 U 及び北分 V に分けて、

$$\left. \begin{aligned} U &= U_0 + U_1 \cos(\sigma_t - \mu_1) + U_2 \cos(2\sigma_t - \mu_2) \\ V &= V_0 + V_1 \cos(\sigma_t - \mu_1) + V_2 \cos(2\sigma_t - \mu_2) \end{aligned} \right\}$$

で表わされるものとして $U_0, V_0, U_1, V_1, U_2, V_2, \mu_1, v_1, \mu_2, v_2$ を決定し、 U_0, V_0 の合成値を海(恒)流と考える。今東海村沿岸域の海(恒)流の観測代表値を挙げると次のとおりである。(第4表参照)

1956年10月20~21日 東海村沖1 mile 3, 5, 10m層平均 $V=7.0$ cm/sec $D=8^\circ$

1957年10月1~2日 同上 5m層 $V=8.4$ cm/sec $D=349^\circ$

1958年1月28~29日 同上 1km 3, 5, 10m層平均 $V=7.4$ cm/sec $D=13^\circ$

以上3回の観測代表値は流速、流向とも近似した数値を示しているところから、東海村沖1 mile 附近沿岸部では流速7~8 cm/sec で北向きに流れる海(恒)流が定常的であるとみられる。然しながら1956年10月の海上保安庁の観測では位置が3, 5 mile 沖になると海(恒)流値も相当差があるところからみて、東海村沖全般の海(恒)流値の地域的分布を把握するにはまだまだ観測回数を重ねなければならない。

4-2-3 潮流について

東分、北分についての日週潮流 $U_1 \cos(\sigma_t - \mu_1)$, $V_1 \cos(\sigma_t - \nu_1)$ と半日週潮流 $U_2 \cos(2\sigma_t - \mu_2)$, $V_2 \cos(2\sigma_t - \nu_2)$ を求めこれから潮流楕円の scale と type を想定してみる。

さきに示した調和分解の式を展開すれば、

$$\begin{aligned} \mu_1 - \nu_1 &= 90^\circ \text{ or } 270^\circ \text{ ならば 円} \\ &= 0^\circ \text{ or } 180^\circ \text{ ならば 直線} \end{aligned}$$

であり且つ (+) ならば右廻り、(-) ならば左廻りであり U_1, V_1 の値は潮流の大きさを示すことになるから調和分解によつて得られた結果を整理すると次のとおりである。

- (1) 1957年10月1~2日の5 m層では日週潮流の最大 12 cm/sec, 半日週潮流の最大 8 cm/sec 程度で何れも左廻りの標準的な楕円である。
- (2) 1958年1月28~29日では日週潮流, 半日週潮流の最大が5 cm/sec に及ばぬ層が多く回転も右左区々であるが概して扁平な楕円が多いことは単に往復運動的な小さな潮流であつたと想われる。

4-3 久慈川河川水の海面における移動・拡散

原子力研究所敷地の北側に久慈川があつて年間平均水量 23 ton/sec が海面く流入していることは、東海村沿岸海域の海況をとりあつかうにあたり重要な要因として調べなければならない。特に将来原子力発電所から多量の循環水(淡水とは限らない)が東海村沿岸に放出された場合の水理条件の変動を予察するに当つても、久慈川河川水の現在の海面における消長を究める必要もあるので1957年10月と1958年1月の観測で若干の資料を得た次第である。

4-3-1 河口附近海面の一般的条件

河口附近の水理的問題については従来市栄⁴⁾が次のように述べている。

- i) 河水の海面への直接の流入は3 m以浅に限られ、この層では垂直安定度が大きいために鉛直交換が少く、風が吹くと表層だけが動かされる。
- ii) 河水の流量が多く且つ潮流の弱い処では川水は低塩分水の source となり、この低塩分水は jet 状に拡がつてゆくが、川の水量が少く且つ海岸に平行な強い潮流のあるところでは、河口は定常的な source とならないで河口附近の海況は複雑となり低塩分水は塊状をなして所々にみられる。

又、南日は市栄のいう ii の状況を説明する式として

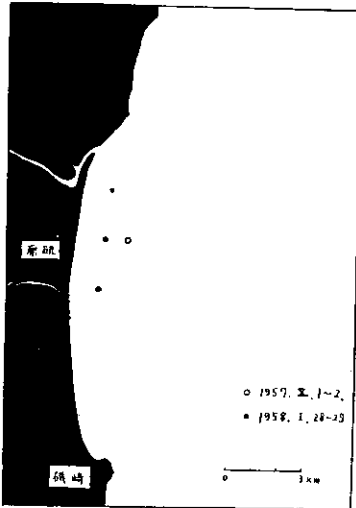
$$\frac{\partial S}{\partial t} = - \left(U \frac{\partial S}{\partial x} + V \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{1}{\rho} \left(K_x \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{\rho} K \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \right)$$

を与え、河口附近の海潮流と川水の出水状況を調べることをすすめられた。

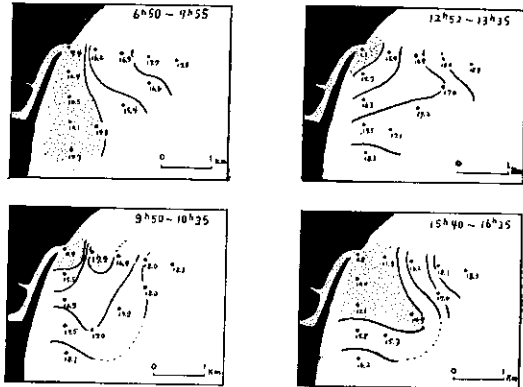
然しながら一潮時に川水の指標となる塩素量、硅酸塩等の水平分布を調べ且つ数点で測流を実施することは調査船や調査要員をかなり必要とするし、且つ潮時により複雑な変化を示す河口附近の海況の全貌を掴むことは到底一、二回の観測ではなし得られない。今後においても河口における染料放出実験等も試み追求する予定であるが、ここでは兩二回の観測の概要を報告する。

4-3-2 河口附近観測の成果

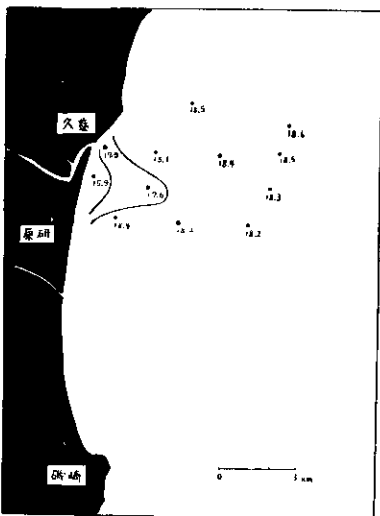
1957年10月3日の観測は、平田丸という小型で河口附近の海況変化を朝7時から3時間毎に四回調べ、平和茨城丸は平田丸の第二回観測時頃に少し広範囲な観測を行った。観測項目には何れも水温、塩分、硅酸塩、PH を選び、観測層は表層、5 m層、10 m層とした。その結果は第一に川水の直接の影響は5 m層には殆んどみられず、第二には表層の各特性値の水平分布は潮時により大きな変化がみられたことが特徴付けられた(第7, 8図参照)。このことは久慈川水の流量が少いため(観測当日の出水時の流量は凡そ 10 ton/sec と実測さ



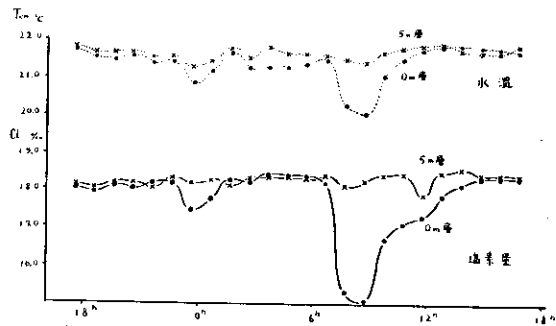
第6図 測流点位置



第7図 久慈川河口海況 1957年10月3日 (塩素量)



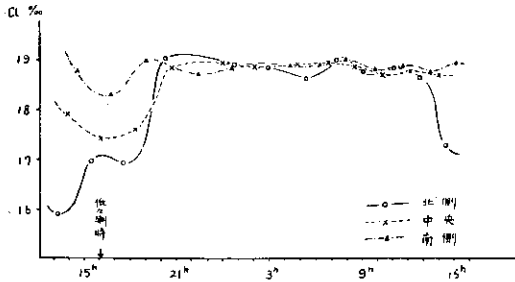
第8図 久慈川河口海況 1957年10月3日 9h~13h (塩素量)



第9図 測流点における塩素量の時間的变化 1957年10月1~2日

れた)に断続的に出水する一つの典型とみることができる。なおこの日の小名浜港における低々潮は6時15分(117 cm)、高々潮13時30分(168 cm)、低高潮18時30分(143 cm)であつて所謂小潮であつた。

又、1~2日の東海村沖1 mileの碇置観測の成果は第9図のとおりである。即ち低々潮時後の約3時間後に水温において1.5°C、塩分において2.5‰低下した明かに川水に起因する低温、低鹹の水塊が一時間に亘つて通過している。那珂川の流量放出曲線からみると低々潮時の2時間前頃に最大流量を示すことが知られているので、この低温低鹹水塊が低々潮時の2時間前の川水に起因するものとしてこの間の移動を考察してみる。久慈川河口と測点の位置関係から算出すると $U=3.7$ cm/sec、 $V=-12.9$ cm/sec で運ばれたこととなるが、当時測点の流れは北向きで凡そ10 cm/sec はあつたので、この水塊は折からのNNE 2の風で岸添えに圧迫され、吹送流若しくは反流として運ばれてきたものと思われる。このことはさきに述べた3日の塩分分布



第10図 測流点における塩素量の時間的变化(表層)
1958年1月28~29日

ることと考えられる。

§ 5. む す び

1957年の調査は未だ調査要員・船舶・測器等が十分に整備されず且つ方法についての検討も不足であつたため効果的な成果を挙げたとは云えないかもしれない。然しながら結果としては、距岸700mに流した染料が岸に打ち上げることがあつたり久慈川水の影響・海潮流の凡その規模を知り得たし、染料として Uranin も採用しヘリコプターによる散布・水中濁度計の試用等方法の上にも幾分の工夫がなされた。さいわい本場には近くボート型の船舶も建造され原子力研究所の調査態勢も進みつつあるので、今後は1956年の四官公庁合同によつてなされた貴重な成果を参考として、原子力研究所と本場の円滑なる協同により所期の目的が達成されるよう努力いたしたい。報告を終るに当りこの調査に御指導・御助言を賜つた気象庁(南日俊雄・大久保明)・水産庁東海区水産研究所(中井甚二郎・渡辺信雄)・海上保安庁水路部・科学研究所の多くの方々に謝意を表す次第である。

(本稿執筆者 原田和民)

文 献・資 料

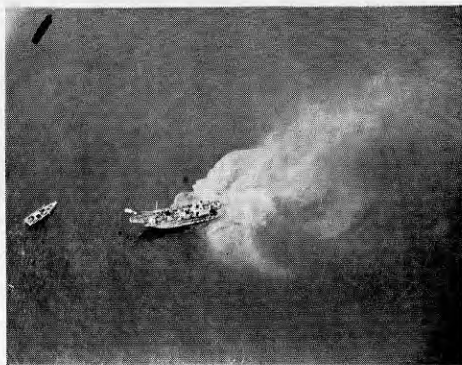
- 1) 日本原子力研究所(1957) 調査報告2同附, JHM-2
- 2) 土木学会(1956) 海岸工学講演会集
- 3) 農林水産技術会議(1958) 研究協議会報告 昭32-1-No. 3
- 4) 中央气象台(1952) 海洋報告 Vol 2 No 4
- 5) 東海区水産研究所(1958) 研究報告 22

からみでも無理なく推定することができる。

1958年1月28~29日の碇置観測でも同じような傾向を示す塩分の時間的变化がみられたが、この場合久慈川河口からの距離が北点・中点・南点夫々2.4, 6 kmの遠くなるに従い、塩分低下も少くなり且つ低下を示す時間に遅れがみられたことが注目される。

以上の結果からみて更に注意すべきことは久慈川による低鹹水塊が東海村沿岸に及んでいることで、それによる混合作用・吹送流等の派生的現象がこの場所における廃水の拡散・移動に大きな影響を与える

染料放出実験の一例



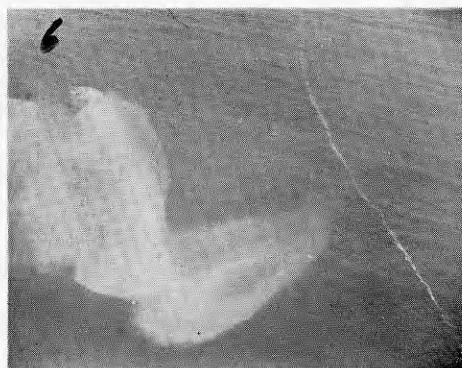
I



II



V



VI



VII

実験期日 1958. III. 17.

染料 ウラニン 10 kg をパウダーのまま散布

I (高度 300 feet) 染料放出

II (") 16分経過

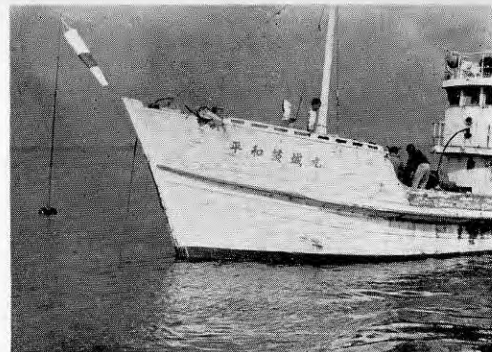
III ……略

IV ……略

V (高度 600 feet) 56分経過

VI (") 同上 (右端は潮目に近づく)

VII (斜方から撮影) 83分経過 (右端は潮目を越える)



測流中の平和茨城丸 (1958. I. 29)

← 原子力研究所全景 (1958. II. 19)

1. CP-5 型原子炉
2. 湯沸型原子炉
16. 染料放出実験現場
17. 久慈川下流域 (上方は河口と久慈港)