

原子力施設廃水対策海洋調査報告 - II

Progress report of Oceanographical investigation on the Wastes
of Atomic Energy Institute - II

I はしがき

昭和31年以降継続されている同調査の34年度分について調査経過の概要を報告する。

なお当調査は原子力研究所の委託により実施し、調査計画及び資料解析に当つては日本原子力研究所保健物理部との共同調査である。

II 調査経過

調査回数	調査期間	調査項目	使用船舶
7	34-8-24	海潮流調査	ときわ
	" 28	一般海洋調査	みどり丸
	34-9-- 8	東海村沖海洋観測	ときわ
	10- 5	"	"
	11-10	"	"
	12-- 2	"	"
	35-1- 7	"	"
8	35-1-19	海潮流及び染料放出実験	ときわ
	1-21	料放出実験	みどり丸
	35-1-22	東海村沖海洋観測	ときわ
	1-23		
	2- 8	"	ときわ
	3-14	"	"

ときわ
(26.25馬 100H 2基)
みどり丸
(1.89馬 5H) 県立大洗水族館
所属

III 調査員構成

本 場

総 括 西野 強 加藤 孝作 大島 正秀
担 当 者 原田 和民 市村 勇二 佐藤 実
従 事 者 磯崎 庄八 荘司 栄一(大洗水族館) 松村 健吉(ときわ船長外4名)

原 研

総 括 青木 敏夫 坂岸 昇吉
担 当 谷川 芳郎 角田 道生 外気象海洋班研究員

IV 調査内容

1 海況調査

過去数字にわたる拡散及び海潮流調査は、海気象が比較的平穏な夏冬に調査期間が集中する傾向があり従つて時期的に限られた調査に終始していた。

34年5月沿岸指導船「ときわ」の竣工により東海村の連続した海況を把握する意味でFig 1の定点で0, 5, 10, 20, 30, 40mの各層を34年8月より毎月月上旬観測している、そしてT, clより当海域の水塊の特徴をつかむと同時に今後の課題として測流を併用し四季にわたる拡散係数をも算出したい。従つて今報告は8月より35年3月までのT, cl分布より得られた二、三の知見にとどめて置く。

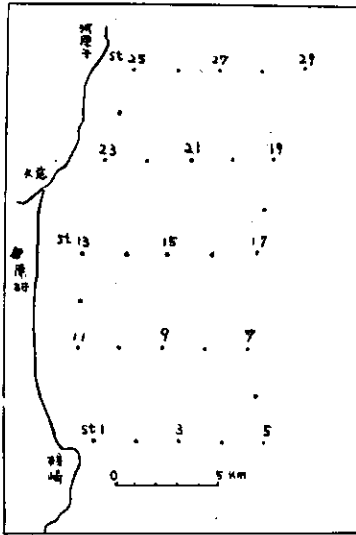


Fig 1 海洋観測定点

(1) 久慈川河川水の流入範囲

河口付近の河川海面流入について潮時を考慮塩素量分布から考察した結果は経過報告-Iで報告した通りであるが、月別による流入程度を知る意味で前記海洋観測々点の塩素量分布から(34年8月~35年6月)考えると、冬期1, 2, 1, 2月は河口付近から南寄りにやや低かん域が見られ、1月に17.00%の分布があつたが降雨による影響と思われ、渇水期の流入南限はほぼ原研沖付近までと

推察される。

春期(3, 4月)は低かん域の分布はほとんど認められない。

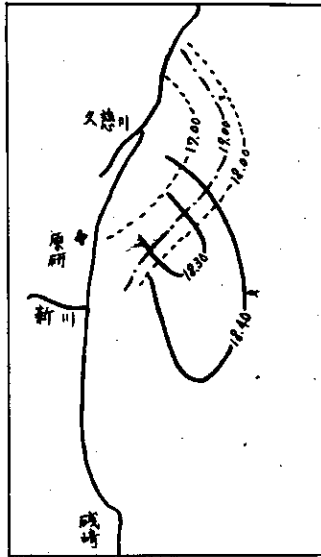
夏期(6, 8月)は増水時の流入状況を示すもので河口より舌状に沖へ伸びている。

秋期(10, 11月)は18.10%。台が沿岸沿いにst 11まで張り出しているが一般海洋水との塩素量差は極めて少ない。

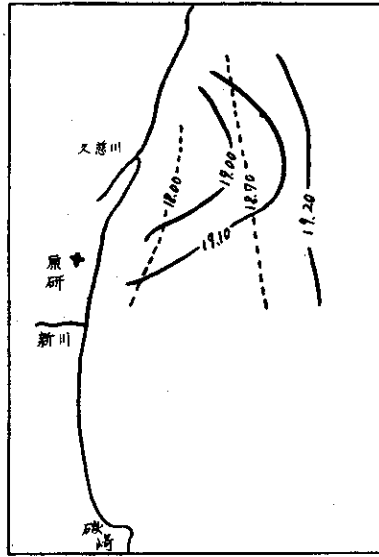
以上から河川水の流入範囲は季節的差異が大きく夏期を最大とするが、その影響水層は表層のみで5m層以下ではほとんど認められない。又河川水が海面流入してから南流する傾向があり河口より南へ5km位までがその影響範囲内と考察される。

更に河川水の影響範囲については前記水質分析が考えられるが、いわゆるestuary付近の問題は長期間の物理的、化学的調査を必要とするので簡単に論ずることはできないが、こゝに久慈川の泥土分析を基調とし陸水の影響範囲を海面の泥土分析により把握するのも一方法と考えられる。

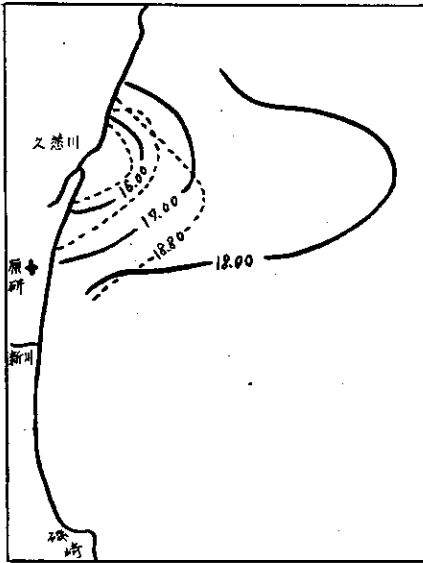
先に深井¹⁾等の東海村沖海底沈積物の粒度分析による結果から海水の流動についての報告があるが、奈須²⁾は久慈川区、東海村海岸の北部、同南部と日立海岸区に区画した夫々の重鉍物組成から東海村海岸区の汀縁堆積物は久慈川の砂質堆積物中の重鉍物組成に近似し日立海岸の組成とは相当異



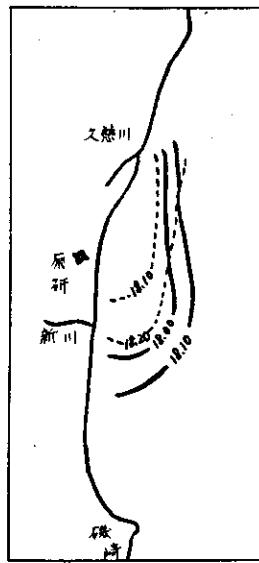
冬期 ——— 34.12月
 - - - - - 35.1月
 ····· 35.2月



春期 ——— 35.3月
 - - - - - 35.4月



夏期 ——— 35.6月
 - - - - - 35.8月



秋期 ——— 35.10月
 - - - - - 35.11月

Fig 2 河口付近塩素量分布

なる事を指摘し、東海村沿岸の現世砂質堆積物の供給源は主として久慈川に求める考え方が妥当であると指摘していることから、河川水が海面に流入後は定常的に南流しその影響範囲は前記塩素量分布から水深20m以浅の東海村沿岸中部にある新川付近までと推察できる。

(2) 冬期水温分布について

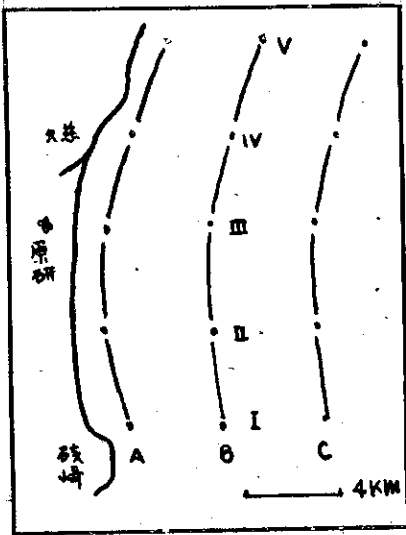


Fig 3 測点区画

冬期12, 1, 2月の表層ではいずれも当海域の北部と南部との水温が地理的に逆転して北部が高温, 南部で1~3℃低温を示しているがこれは渡辺³⁾ 等が指摘している那珂湊より塩屋崎の水温が高くなつている事に関連性があり距岸6KmのBラインにまでこの現象が見られる事は定地水温が陸水注入或は局所的な偏西風による冷却等を論外として考えて良く水温逆転の現象は沿岸部より距岸6Km付近まで及ぶものと推定出来る。またその垂直範囲は距岸2Km Aラインの10m層までとなつている。なお参考までに大洗, 原研各正東5哩のT-cl 曲線をFig 1に示しておく。

故に沿岸定地水温その他から指摘された反時計まわりの冬期環流⁴⁾ が沿岸沿いに南流するのは以上の事からほぼ定常的に存続するものと考えられるが原研沖1Kmの3昼夜連続観測の恒流が2日北流し1日南流している事実からも定常的とは断言できず今後の資料蓄積をまちたい。

南部st 1の低水温域は各層とも10.9~11.9℃を示し北部の高温水との中間水と思われる13℃台の水帯がst 11付近より沖合へ張り出し南流する沿岸水が環流する歧路と考えられる。

なおこの調査は昭和35年度も継続して実施されているので冬期以外の資料は次年度報告書に譲るものとする。

2 海潮流調査

東海村沖の海水の流動を知るための海潮流調査は過去一、二回あつたが、調査範囲が拡散実

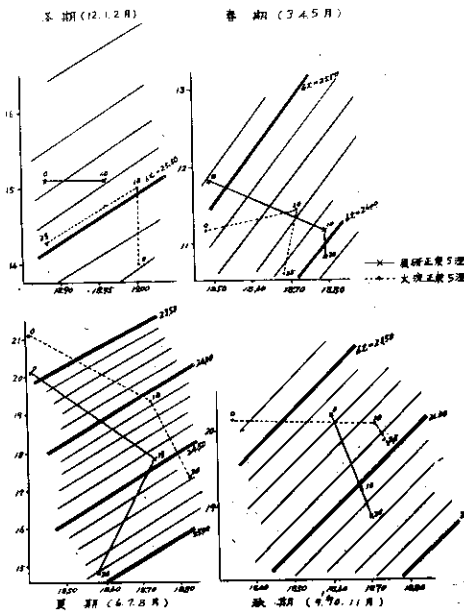


Fig 4 T-cl 曲線
(昭和34年8月~35年6月)

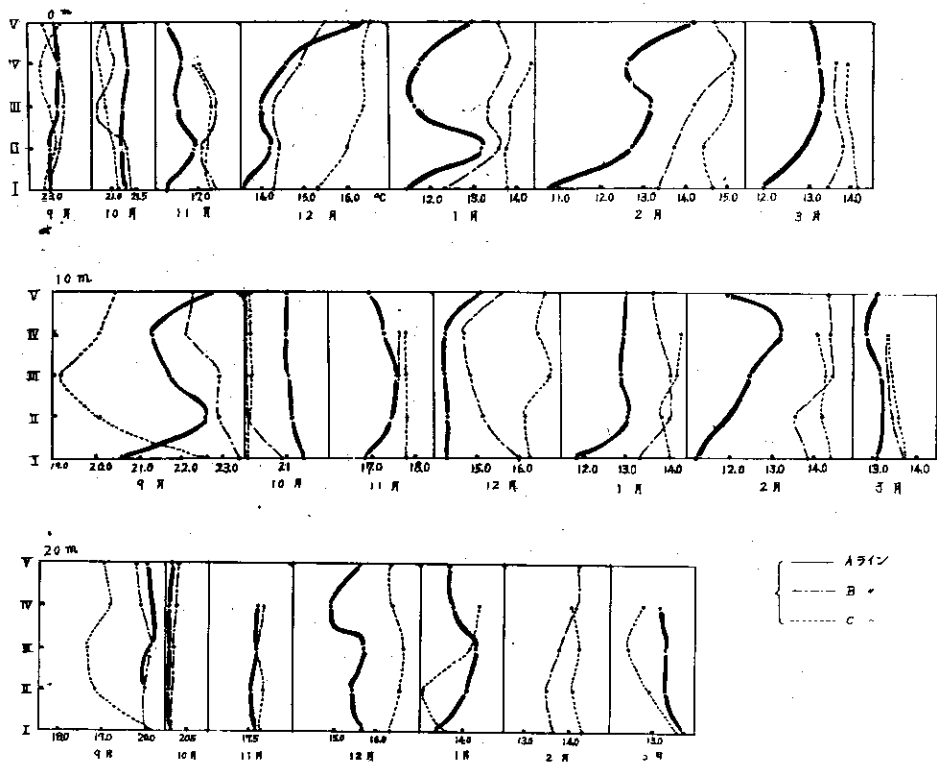


Fig 5 各層水温

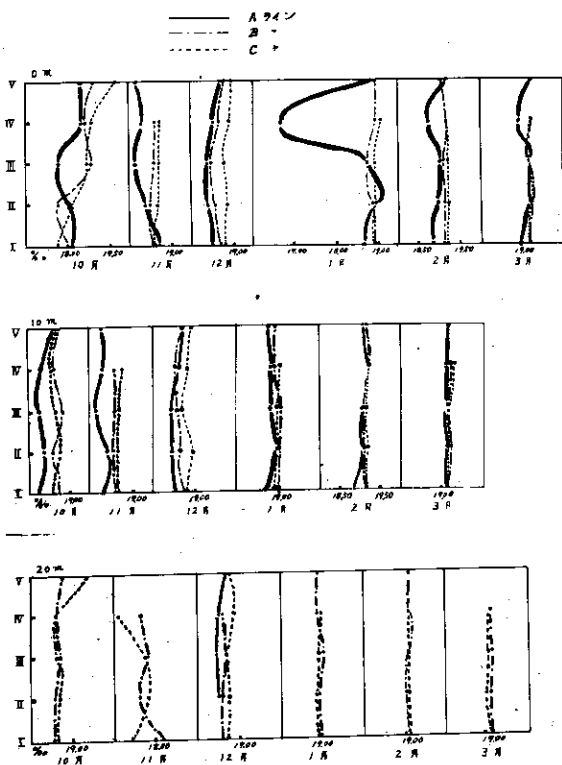


Fig 6 各層塩素量分布

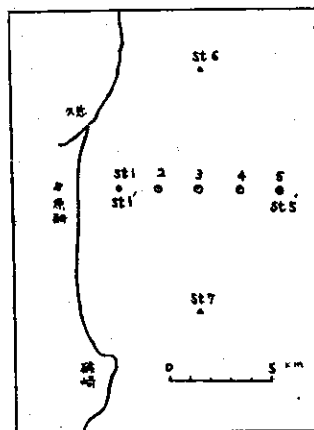


Fig 7 測流点

験に附随していたため測流点が汀線より1 Km以内の範囲に限定され従つて同海域の沿岸部のみに終始していた。

34年度は調査船及び観測器具類の充実にもない8月26～27日にかけてFig 7に示す測点で距岸距離に対する流れの変化等、同沖の流動変化の一端を知る目的で実施した。

35年1月19～21日は同一測点で長時間にわたる連続観測を考慮した。

調査方法

34年8月st 1は小野式流速計を使用し測得層は3m, st 2～st 5まではエックマンメッシュ流速計を使用し、測得層は3, 5, 15mとしたが、st 5は25時間連続観測でst 2～st 4までは潮時を考慮に入れた3時間毎の25時間間歇観測である。st 6, 7はT.S 自記流向流速計を使用し3m層とした。使用船は「ときわ」がst 5, 「みどり丸」がst 2, 3, 4を3時間毎に往復観測した。

35年1月はFig 7に示す様に原研気象塔より124°, 距岸1 Kmの測点と、34年8月と同じst 5'とし前者は小野式流速計で3m層、後者は「ときわ」からエックマンにより3, 5m層を測得した。

調査結果

34年8月st 1の小野式及びst 6, 7のT.S 自記流向、速計は記録部門が不明瞭で測得出来ずいわゆる外海での自記流速計の設置においては或る程度の問題点を残した。

35年1月は自記流速計の海上設計に工夫をこらし、測流点に三角やぐらを組みそこから流速計を垂下させ波浪等によるショックを少なくした結果3昼夜にわたる測得に成功した。

(1) 測 得 流

34年8月st 5の3m層では26日15～16hの漲潮流時に65～68 cm/sec, 27日8 h前後には76.8 cm/sec と強流があつた。徴流時は26日22 hの落潮流時に12.6 cm/sec となり最多流向は90° 前後で各潮時における転流は少ない。

15m層では25時間中4～56.0 cm/sec と時間的差異があり最多流向も3m層とは反対の200° 前後に集中していた。

30m層は27日11hに95.1 cm/sec と今観測期間中の最強流を示し30m層にこのような強流のある事を確認した。最多流向は15m層と同傾向である。

35年1月はst 1で19日から21日までの最大流速は30.0 cm/sec, 最少は4.6 cm/sec, 1日平均流速は夫々11.8, 11.4, 13.7 cm/sec と昭和33年1月とほぼ同数値を示している。流向は前半南西流、後半は北東流となり憩流時から漲潮時にかけて転流している。st 5'の3m層では漲潮流時に16.1～24.0 cm/sec, 落潮流時に5.2～8.2 cm/sec 程度となり34年8月に比較してその数値ははるかに小さい。平均流速をst 1の距岸1 Km, 距岸10 Kmのst 5'の各3m層を比較すると11.4, 12.8 cm/sec となり距岸距離に対する流れの変化は冬期においては極めて少ない。

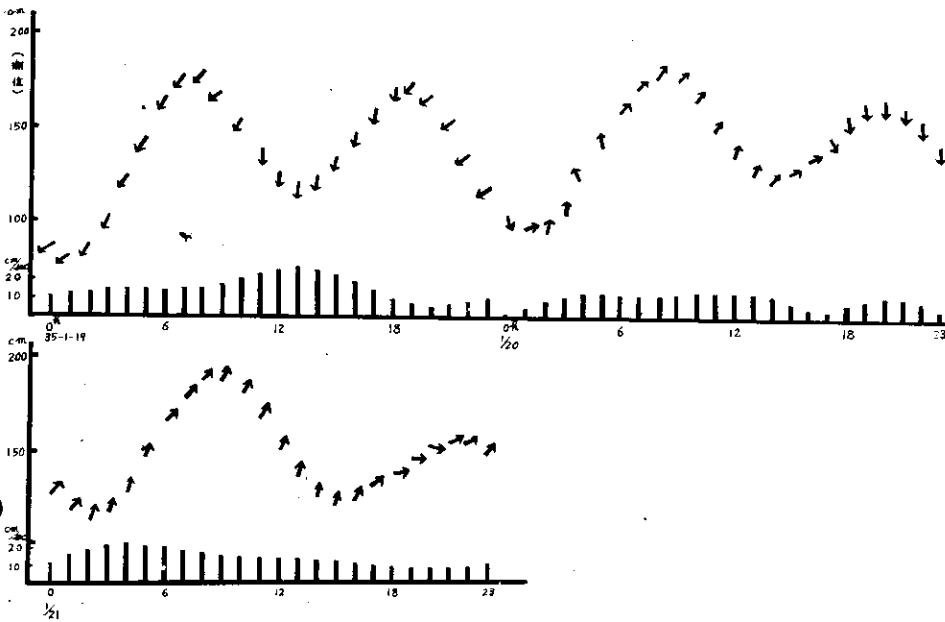


Fig. 8 st 1' 各潮時における流向流速 (昭和35年1月19日
 ~1月20日) 潮位は気象庁小名浜測候所の資料による。

(2) 恒流

測得流の東分をU, 北分をVとすると

$$U = U_0 + V_1 \cos(\sigma t - \mu_1) + U_2 \cos(2\sigma t - \mu_2)$$

$$V = V_0 + V_1 \cos(\sigma t - \nu_1) + V_2 \cos(2\sigma t - \nu_2)$$

$$\sigma: \begin{matrix} 360^\circ \\ 25 \end{matrix} \quad t: \text{時間}$$

として表わされるものとして $U_0, V_0, U_1, V_1, U_2, V_2$, 及び $\mu_1, \nu_1, \mu_2, \nu_2$, を決定し, U_0 と V_0 との合成値が恒流となる。

34年8月の各点における恒流はTable 1に示してあるように3mの層のst2~st5までの恒流は $11.8\text{cm/sec} \sim 28.0\text{cm/sec}$ で距岸距離に対する流速の直線回帰は $y = 2.7x + 28$ となっている。5, 15m層では3m層ほどの距離に対する流れの変化はなくほぼ同数値となり従つて距岸4~10Kmの

Table 1 各点における恒流

st	水層	方向	流速	日 時	使用流速計
II	3m	36°	186	34.8.26~27	エックマン ンメルツ
	5	24°	57		
	15	124°	75		
III	3	79°	118	34.8.26~27	エックマン ンメルツ
	5	206°	80		
	15	32°	82		
IV	3	89°	215	34.8.26~27	エックマン ンメルツ
	5	80°	113		
	15	110°	63		
V	3	72°	280	34.8.26~27	エックマン ンメルツ
	15	236°	88		
	30	261°	64		
II	3	204°	86	35.1.20~21	エックマン ンメルツ
	15	250°	37		
I	3	205°	15.1	35.1.19~20	小野式
I	3	44°	57	35.1.20~21	#
I	3	38°	129	35.1.21~22	#

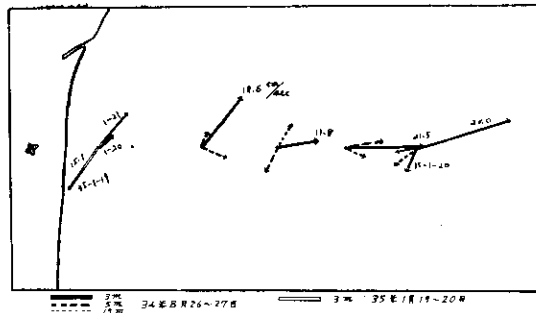


Fig 9 各層恒流図

海域では夏期においては流れの地域的強弱は少ない。流向は3 m層で st 2 の沿岸部では北東流となり夏期の定常的な沿岸流と考えられるが沖合に移行するに従つて東流となる。

これは磯崎より東海村沿岸に北上する定常流がある場合、距岸10 kmまでの海域に時計廻りの環流として沖合へ蛇行するものと推察される。31年10月の東海水研蒼鷹丸がG E Kによる同海域測流結果では反時計廻りの環流がほぼ定常的であつたと報告されているが、各季節による測流及び観測定地点の強化を計り今後の問題点として調査を進めて行きたい。

5. 15 m層の流向は各測点、層に不均一でこの水層における流向は夏期には複雑な変化を示すものと思われるが恒流はほぼ一定値を示している。

35年1月のst 1' では恒流は 15.1, 5.7, 12.7 cm/sec と日々による差異が大きく流向を北東流2日, 南西流1日が計測された, またst 5' では8月の1/3程度となりst 1と流向, 流速ともほぼ同数値を示す。

(3) 潮 流

日週潮流の東分, 北分, $U_1 \cos(\sigma t - \mu_1)$, $V_1 \cos(\sigma t - \nu_1)$, 半日週潮流の東分, 北分, $U_2 \cos(2\sigma t - \mu_2)$, $V_2 \cos(2\sigma t - \nu_2)$ から各分潮流についての type を求め得る。

ここで U_1 , U_2 は一日週潮流の振幅, μ_1 , μ_2 はその位相差, V_1 , V_2 は半日週潮流の各々の振幅と位相差である。この結果は Table 2 に示す。

Table 2 各点における潮流調和常数

(1)

(紀元時 昭和34年8月26日13h)

st	Depth	日 週 潮 流				半 日 週 潮 流			
		U_1	V_1	μ_1	ν_1	U_2	V_2	μ_2	ν_2
II	3m	25.58	16.48	158°-30'	288°-27'	7.03	3.71	326°-02'	18°-28'
	5	4.66	13.10	50°-09'	190°-25'	18.14	47.62	92°-41'	188°-19'
	15	27.36	20.47	261°-59'	257°-52'	12.87	16.18	80°-18'	63°-10'
III	3	4.74	13.06	105°-49'	187°-01'	10.94	4.45	110°-02'	93°-36'
	5	16.95	20.20	261°-00'	240°-53'	4.87	1.60	42°-37'	273°-22'
	15	7.56	2.49	172°-12'	116°-45'	7.60	7.72	147°-56'	142°-27'
IV	3	9.28	1.12	277°-17'	85°-20'	10.96	6.76	252°-23'	230°-55'
	5	7.79	1.84	126°-20'	135°-53'	7.17	10.11	133°-10'	212°-20'
	15	12.88	9.51	215°-30'	214°-08'	7.58	3.31	243°-22'	267°-21'
V	3	7.39	9.70	8°-42'	270°-42'	65.63	1.78	91°-22'	99°-36'
	15	6.97	9.08	191°-49'	190°-29'	6.81	7.57	96°-38'	201°-50'
	30	9.57	2.47	186°-58'	237°-19'	9.74	8.76	226°-25'	228°-22'

各点における潮流調和常数

(2)

st	Depth	日 週 潮 流				半 日 週 潮 流				紀 元 時
		U_1	V_1	μ_1	ν_1	U_2	V_2	μ_2	ν_2	
I	3 m	5.16	6.27	10°-06'	89°-45'	3.25	8.70	301°-21'	300°-52'	昭和35年1月 0日14h00
	5	11.95	6.48	261°-30'	251°-31'	3.61	3.96	148°-15'	147°-41'	
II	3	4.23	9.55	249°-24'	326°-06'	0.16	5.75	230°-17'	149°-00'	3.5.1.19.0h
II	3	3.84	12.23	156°-32'	70°-18'	1.96	4.82	89°-24'	309°-12'	3.5.1.2.0.0h
II	3	0.93	6.16	334°-08'	190°-20'	3.14	2.77	94°-15'	271°-15'	3.5.1.2.1.0h

34年8月では沿岸部で半日週潮流，沖合部では日週潮流が卓越し大部分が反時計回りであり，st 5では日週潮流の最大19.6cm/sec，流向170°-02'で半日週潮流はほぼ直線となつている。

35年1月はst 1'で半日週潮流はいずれも直線に近い随円となり34年8月とは反対に日週潮流が沿岸部で卓越している。

3 染料拡散試験

海洋へ低濃度放射性廃液が投棄される場合その移動，拡散過程の直接的な調査方法として過去数字にわたつて船上より染料を放出しその移動拡散状況を究明して来たが，これらはいずれも研究所沖1哩前後の海上で短時間に染料を放出したため，瞬間における二次元の拡散過程となつている。

昭和35年1月の調査では汀線付近の拡散過程に重点をおき，汀線，波浪，陸水という諸包括要素における染料雲の移動状況及び拡散係数を求めるのに従つて海岸線の排水口より染料を放出した。

調査方法

染料放出後の染料雲移動及び拡散過程の観測方法としては，濃度分布測定のための採水船2隻が随時染料雲に乗り入れそれを横断しつつ陸上物標及び船速から採水地点を決定した。時間的移動，変形についてはヘリコプターによる航空写真により観察し使用染料としてはウラニウムを選んだ。又濃度分析方法としては蛍光度測定のため日立蛍光に度計を使用し波長530mμの干渉フィルターを用いて数種の標準溶液と試水を比較しながら蛍光度を求めた。

Table 3 放出時諸条件

回数	月 日	放出開始時	放出時間	ウラニウム		排水口流量	気 象			
				放出量	性 質		天 気	風 向 力	気 温	
1	35年1月21日	10h-00m	15m	2 Kg	粉 状	10 l/sec	快 晴	W	3.8	4.3 °C
2	"	12h-00m	10m	3.7 Kg	ペースト状	10 l/sec	快 晴	WNW	8.4	10.5 °C
回数	月 日	満 潮		干 潮		潮 流		風 浪		
		時 刻	潮 位	時 刻	潮 位	(距 岸 1 Km)				
1	35年1月21日	8h-45m	100	2h-09m	44	NE	13.0cm/sec	平 お ん		
2	"	21h-28m	78	15h-35m	46	NE	13.5cm/sec	沿岸部平おん		

1月21日10hと12hの2回において上記条件のもとに放出したが，海上平穩のため汀線近くま

で採水船の乗り入れが可能になり加えて快晴のため写真撮影にも好条件であった。

染料雲形態変化状況

時間的变化状況はFig 10に示す通りで北東流に乗りつつ北方へ移行しそこから海岸線に直角の方向へ移動していった。

(1) 染料重心の移動と拡散係数

採水及び撮影によつて得られた移動及び拡散の状況を才1回放出について示すとTable 4のとおりであり、又座標軸はFig 11の如くである。又最大濃度地点の移動速度をst 1の排水口距岸1Kmの流速と比較するとTable 5のようになる。

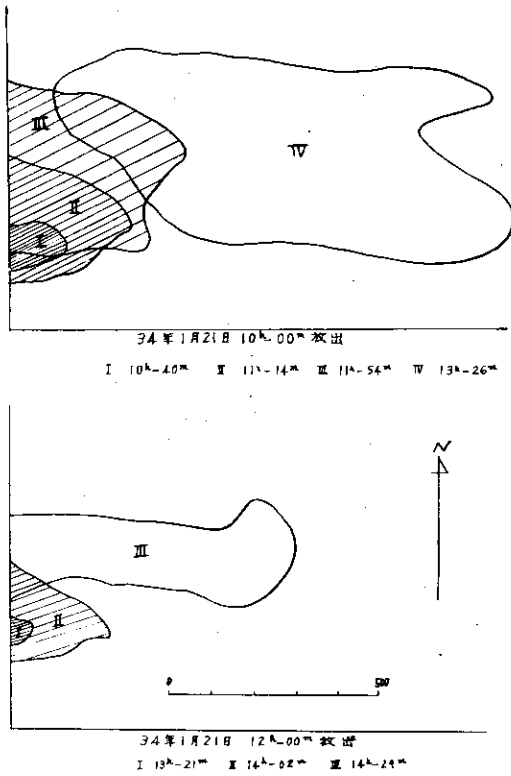


Fig 10

Table 4 (昭和35年1月21日, 10h-00m 放出)

	放出後経過時 (sec)	染料雲中心		着色域最大巾		拡散係数	
		X ₀ (cm)	y ₀ (cm)	Xm(cm)	Ym(cm)	Kx _m ² /sec	Ky _m ² /sec
10 ^h 12 ^m	7.2×10 ³	-	-	5.3×10 ³	4.3×10 ³	4.06×10 ³	1.17×10 ³
18	10.8 "	-	-	7.7 "	4.9 "	10.0 "	1.02 "
30	18.0 "	-	-	9.3 "	7.9 "	8.76 "	1.54 "
50	30.0 "	6×10 ³	4×10 ³	15.9 "		15.37 "	
11-05	39.0 "	9 "	6.6 "	19.5 "	17.6 "	17.78 "	3.63×10 ³
35	57.0 "	14.5 "	12.0 "	32.5 "	17.0 "	33.85 "	2.32 "
12-14	80.4 "	18.5 "	19.5 "	48.0 "	32.0 "	52.26 "	5.82 "

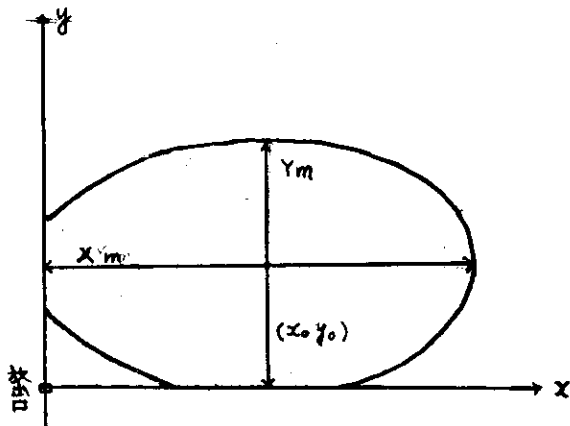


Fig 11 着色域座標

Table 5 着色域中心部の移動速度と得測流

時 間	着色域中心部の速度		st 1' の流速	
	U cm/sec	V cm/sec	U cm/sec	V cm/sec
10~11h	2	1.3	7.8	12.9
11h-00	3.3	2.9	9.2	15.9
12h-00	1.7	3.2	6.9	18.9

拡散係数については次の仮定のもとに拡散方程式を解き求めた。*

- 1 可視面積を染料の γ 0%が含まれている領域とする。
- 2 2次元で扱い、深さで積分された濃度をもちいる。
- 3 濃度はy方向に正規分布し、x方向には海岸線で完全反射した正規分布とする。

$$\frac{\partial x}{\partial t} = k_x \frac{\partial^2 x}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 x}{\partial y^2} - u \frac{\partial x}{\partial x} - v \frac{\partial x}{\partial y} \quad (1)$$

$k_x(t)$, $k_y(t)$ はx, y方向の拡散係数

* 日本原子力研究所・保健物理部の活動誌2(1960)PP284~285引用

この解は

$$\begin{aligned}
 \chi = & \frac{Q}{4\pi\sqrt{\bar{K}_x \bar{K}_y t}} \exp\left(-\frac{(y-y_0)^2}{4\bar{K}_y t}\right) \\
 & \times \left\{ \exp\left(-\frac{(x-x_0)^2}{4\bar{K}_x t}\right) + \exp\left(-\frac{(x+x_0)^2}{4\bar{K}_x t}\right) \right\} \quad (2)
 \end{aligned}$$

と表わすことができる。ここで \bar{K}_x , \bar{K}_y は放出時刻 $t=0$ から $t=t$ までの平均した拡散係数であり

$$\bar{K}_x = \frac{1}{t} \int_0^t k_x(t) dt, \quad \bar{K}_y = \frac{1}{t} \int_0^t k_y(t) \cdot dt$$

また

$$x_0 = \int_0^t u \cdot dt, \quad y_0 = \int_0^t v \cdot dt, \quad Q \text{は放出量である。}$$

X_m , Y_m を前にのべた可視範囲の x , y 方向の最大幅とすると

$$I_x = \int_0^{X_m} \int_{-\infty}^{\infty} \chi \cdot dx \cdot dy \div 0.9Q \quad (3)$$

$$I_y = \int_0^{\infty} \int_{y_0 - \frac{Y_m}{2}}^{y_0 + \frac{Y_m}{2}} \chi \cdot dx \cdot dy \div 0.9Q \quad (4)$$

と考えられ、(3), (4)式は各時刻について(2)の χ を用いて数値計算できる。

これによつて求めた \bar{K}_x , \bar{K}_y をFig 12に示す。

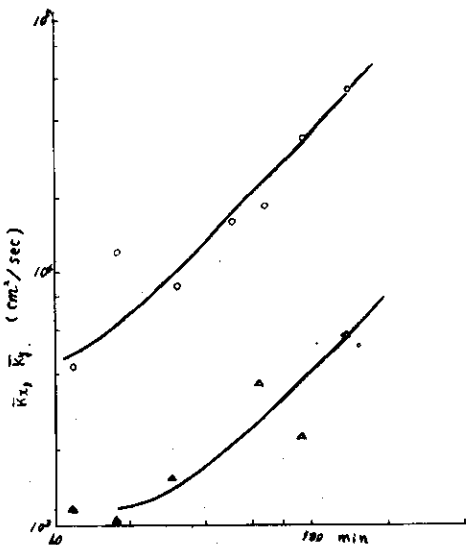


Fig 12 \bar{K}_x , \bar{K}_y , 経過時間による変化

以上の結果から考察できることは、

- 1 距岸1kmで観測された昭和31年11月の実験値と比較すると、いずれも大きく放出後1時間35分における拡散係数は31年 3.35×10^3 , 35年 3.385×10^3 と一桁違い、海岸線付近における拡散は種々な要素が入り混っているものと思われる。
- 2 海岸線から x 方向と y 方向に区画すると汀線より沖合へ出る x 方向の拡散係数の方が大きい、これは32年7月の実験と比較すると对象的で冬期の偏西風による表面波の x 方向への移行とNEへの潮流に対する補流が存在していることによると思われる。
- 3 \bar{K}_x , \bar{K}_y はいずれも時間(拡散の規模)によつて系統的に拡大している。

以上短時間における海岸線からの放出によ

つて得た推論となるが、海岸線よりの連続放出こそ実際に即応する調査方法と考えられるので今後この方向に調査を進めて行きたい。

(執筆者 市 村 勇 二)

文 献

- 1) 深井隣之助他。(1957)・茨城県東海村沖の海底沈積物について。日本原子力研究所調査報告 №2
- 2) 奈須紀幸, 飯島 東。(1959)・海岸堆積物とその供給源について・日本原子力発電株式会社東海村海岸調査報告書(才1報, 才4篇)
- 3) 渡辺信雄他。(1957)・東海村沖における海況に関する調査結果概要・日本原子力研究所調査報告 №2
- 4) 沿岸重要漁業資源委託調査(34年度経過報告)。1960・茨城県水産試験場
- 5) 研究所沖海洋観測報告 №3・(1960)・日本原子力研究所保健物理部
- 6) " " №4・(1961)・ " "
- 7) 保健物理部の活動・ №2・(1960)・日本原子力研究所