

天然放射能による漂砂の供給源および 卓越方向の推定について

佐藤 昭二*・入江 功**・杉山 茂信**

1. 緒 言

漂砂の供給源、卓越方向を推定する有効な手段の1つに鉱物分析がある。これは、河川や海岸に露出する特定の岩石に着目して、沿岸方向に海浜砂を採取し、その岩石の含有率の分布を顕微鏡的に調べるものであり、非常に有効な手段であるが、これには多くの専門的知識、経験が必要とし、分析を行なうにも、かなりの時間と労力を要する。

Kamel¹⁾は、自然砂から出るガンマ線を測定して、その中に含まれるトリウムを定量し、漂砂の供給源および卓越方向を推定する方法を、カリフォルニア海岸でこころみ、これが有効な手段になり得ることを見出した。

トリウム鉱物は、一般に花こう岩類に多く含まれている。したがって、海岸、およびそこへ流出する河川流域での花こう岩露出の状態と、海岸にそうトリウム含有率の分布がわかれば、漂砂の特性をかなり明確に把握できるはずである。

著者らは、昭和40年来、仙台湾岸を対象にこの方法を検討してきたが、ここに、その結果を述べる。

2. 試料の準備

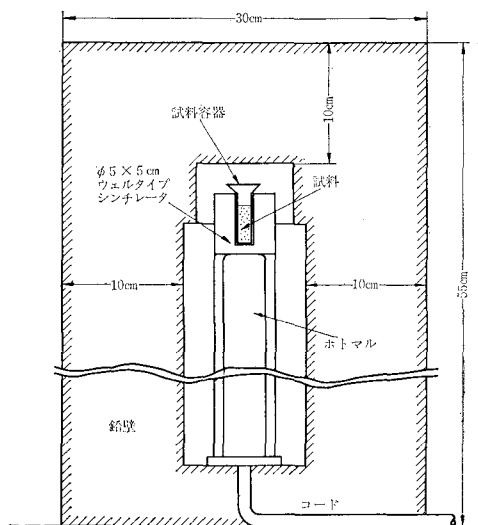
調査は、仙台湾沿岸、およびその海岸へ流出する主な河川、すなわち、阿武隈、名取川流域について行なった。砂の採取は、河川については平水時の汀線付近、海岸については中等潮位の汀線位置で行ない、直径5cmのシンウォールチューブを砂面に垂直に10~15cm貫入させて、約1kg採取した。現地から採取してきた砂は、まず水洗いし、乾燥したのち、フルイ目0.08, 0.125, 0.25, 0.5, 0.71mmで、フルイ分けを行なった。しかるのち、各粒径ごとに、四臭化エチレン（比重2.95）を用いて重鉱物分析をした。これには、直径3cm、長さ約70cmのガラス管を用い、まず四臭化エチレンを入れその上から各粒径域の砂を注ぎこみ、底に沈殿した分を重鉱物として採取し、それを放射能測定用の試料とした。

3. 計測器および計測方法

(1) 計測器とその特性

放射能計測には、80チャンネルのガンマ線スペクトロメータを用いた。これは、1チャンネルあたりのフルスケールが 2^{14} カウントで、ガンマ線のエネルギースペクトルとして、横軸にエネルギー、縦軸にカウント数をブラウン管に表示する。各チャンネルの計数率（カウント数）は、デジタルプリンタに打ち出させた。また、放射線検出器としては、ウェルタイプのNaIシンチレーションプローブ（ $\phi 50 \times 50$ mm）を用いた。図-1は、検出器の断面を示したものである。シンチレータのウェルの中に、重鉱物試料を入れたポリエチレン製容器を挿入し、その外部を10cm厚の鉛壁でかこんだ。

図-1 検出部断面

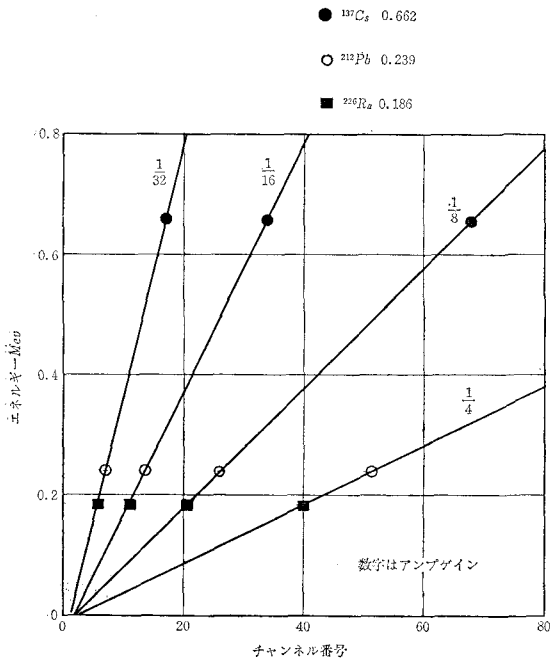
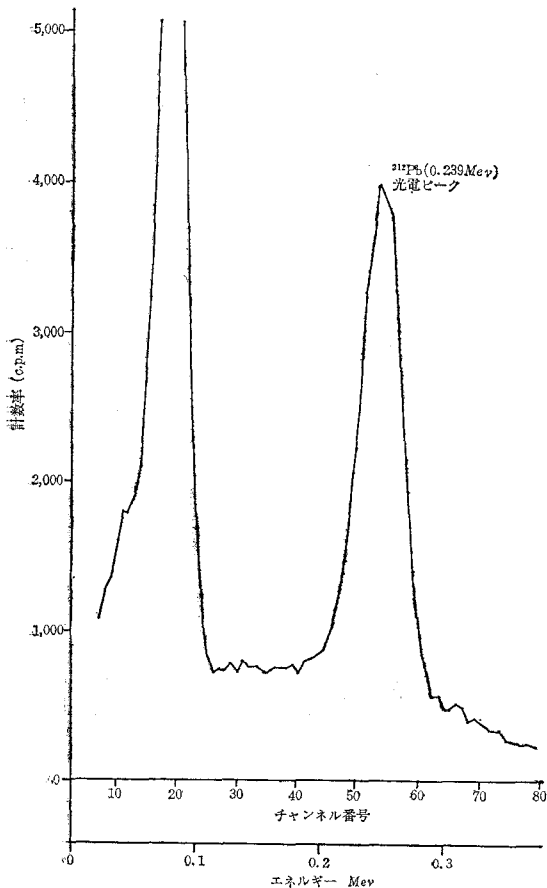


試料中のある特定の核種の放射線を計測するには、それから放出される放射線のエネルギーピークが、どのチャンネルに表示されるかをあらかじめ知っておく必要がある。本計測器について、放射線のエネルギー（MeV）と、その光電ピークが表示されるチャンネル番号との関係を、 ^{226}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{137}Cs の標準線源を用いて測定し、その結果を、アンプゲインをパラメータとして表わすと、図-2 のようになる。アンプゲインを一定にしておけば、放射線のエネルギーと、その光電ピークの表われるチャンネル番号とは正比例する。今回測定する核種は、トリウム系列の中の1核種 ^{212}Pb で、そのエネルギーは、0.239 MeVである。放射平衡の観点から、 ^{212}Pb

* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所

** 運輸省港湾技術研究所

図-2 ガンマ線のエネルギーとチャンネル番号との関係

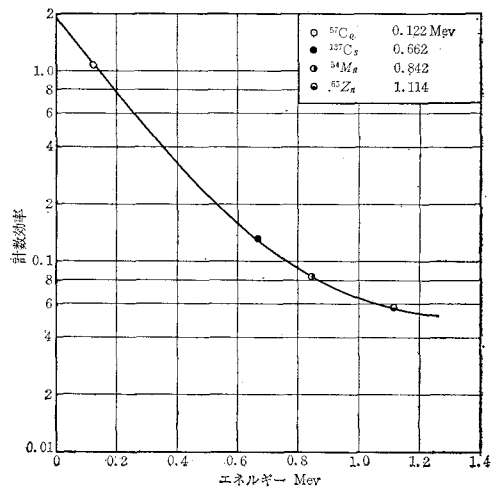
図-3 ^{228}Th 標準線源の光電ピーク

の量がわかれば、これよりトリウム量が計算できる。そこで図-2のアンプゲインを1/4と定めた。 ^{212}Pb のエネルギー検定用標準線源としては、 $0.2\mu\text{Ci}$ の ^{228}Th を用いたが、これは、ほぼ放射平衡が成立しており、その崩壊系列の中に ^{212}Pb が含まれている。上に定めたアンプゲインで、この標準線源のスペクトルを示したのが図-3である。すなわち、チャンネル番号55のところに0.239 MeVの ^{212}Pb の光電ピークが見られる。0.08 MeV付近に見られる他の光電ピークは、散乱によって生じたX線によるものである。

(2) 計数効率の決定

物質に含まれる特定の核種の全放射能は、その核種の量に比例する。しかし、検出器は、全放射能を測定できるわけではない。全放射能のうち、検出器が測定できる割合、すなわち、計数効率を知ることは、定量分析をする上にぜひ必要である。そのためには、定量しようとする核種 ^{212}Pb と同じで、あらかじめ量のわかった標準線源を用いるのが最もよい方法であるが、その準備がなかったので、内挿により求めた。すなわち、他の種々のエネルギーの核種の、定量された標準線源について計数効率を求め、その結果を示すと、図-4のようになる。これから、 ^{212}Pb のエネルギー0.239 MeVに相当する計数効率をよみると、計数効率=0.65が得られる。

図-4 計数効率とガンマ線のエネルギーとの関係



(3) 自然計数と計測時間

低放射能計測において重要なことは、宇宙線や、周囲の物質から出る放射線などによる自然計数の影響を除くことである。このためには種々の工夫がなされているが、計測時間を十分長くすることによっても、ある程度は可能である。そこで、今回の計測時間は、1つの試料につきほぼ10時間とした。このように計測時間が長くなると、計器の安定度が問題となるが、これをチェックするため、試料計測の前後に ^{228}Th の標準線源を1分間

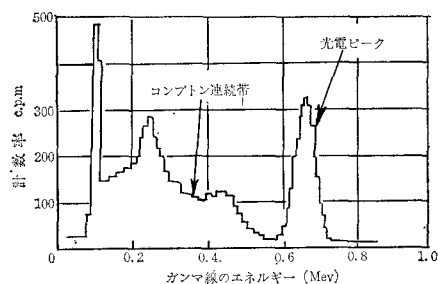
だけ計数し、ピークの位置のずれ、計数率の変動を調べた。

4. トリウム量の定量

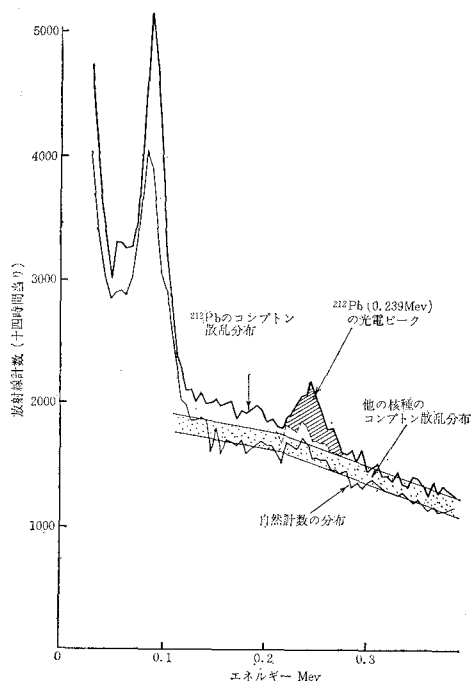
(1) ガンマ線スペクトルの分析

図—5 (a) は、 ^{137}Cs (0.66 MeV) によるガンマ線スペクトルの一例である。スペクトルのはじめの連続帯は、コンプトン散乱によるものであり、右部のピークは光電効果によるものであって、光電ピークといわれ、その極大部は、 ^{137}Cs のガンマ線エネルギーの所に生ずる。この光電ピーク内の面積は、ガンマ線放出体の量に比例する。実際に放射平衡の成立したトリウム鉱物の中の ^{212}Pb を測定する場合は、それより大きなエネルギーのガンマ線を放出する核種も多く存在するので、それからのコンプトン散乱線が、この ^{212}Pb の光電ピークに影響を与える。このように多くの核種を含む試料から、特定の核種を、ガンマ線スペクトル分析により定量すること

図—5 (a) ^{137}Cs (0.662 MeV) のエネルギースペクトル



図—5 (b) ガンマ線スペクトル分析の一例
(阿武隈川河口の重鉱物について)

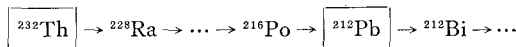


は、非常に複雑である。

Kamel¹⁾ は、 ^{226}Ra の 0.188 MeV (ウラン系列) および ^{212}Pb の 0.239 MeV (トリウム系列) なる 2 つのエネルギー域でのピーク計数を測定し、連立方程式にてトリウムの量を計算した。しかし、 ^{226}Ra の光電ピークは、 ^{212}Pb の場合ほど鋭敏にスペクトルに現われないので、今回はつぎの方法をとった。一般に、コンプトン散乱によるスペクトル分布は、おおむね平坦であるので、この分布を一樣と考える。そして、ピーク幅内の全計数率から、このコンプトン散乱による分布、および自然計数による分布を差し引いた残りを ^{212}Pb の光電ピークの計数とした。図—5 (b) は、この方法によるガンマ線スペクトル分析の一例である。

(2) トリウム量の計算

トリウムの崩壊系列、すなわち、



に永続平衡が成立しているものと考え、つぎの式がなりたつ。

$$\frac{N_1}{T_1} = \frac{N_2}{T_2}$$

ここで、 $N_1 = ^{232}\text{Th}$ の原子数 $N_2 = ^{212}\text{Pb}$ の原子数

$T_1 = ^{232}\text{Th}$ の半減期 $T_2 = ^{212}\text{Pb}$ の半減期
(1.39×10^{10} 年) (10.6 時間)

この式と、 ^{212}Pb (0.239 MeV) の光電ピークの計数効率 $\epsilon = 0.65$ を用いて計算をすすめると、トリウム含有率の計算式は、つぎのようになる。

$$\text{トリウムの含有率 (p.p.m.)} \div \frac{1}{10} \times (C/W)$$

ここで、

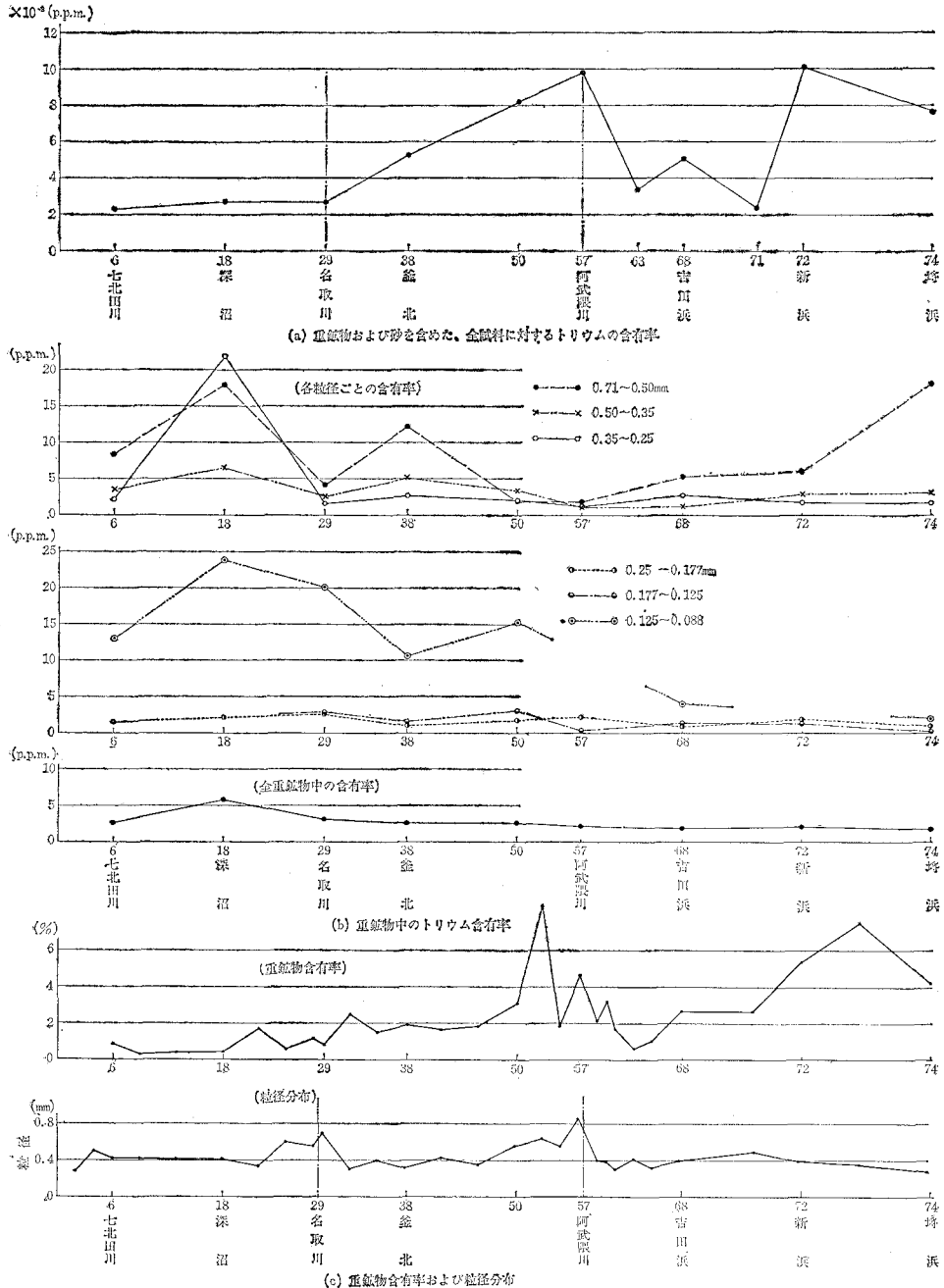
$C = ^{212}\text{Pb}$ の 1 時間あたりの光電ピーク計数率 (c.p.h.)

$W =$ 測定試料の重量 (g)

5. 分析結果と考察

天然の重鉱物トレーサーを追跡する場合と同様に、トリウムの含有率は、供給源から漂砂の方向へ、次第に減少するものと考えられる。仙台湾沿岸について、上述の方法によりトリウムの含有率の分析結果を図示すると、図—6 のようになる。図—6 (a) は重鉱物、および砂を含めた全試料に対するトリウムの含有率を示し、図—6 (b) は、重鉱物のみに対するトリウム含有率の分布を、各粒径域ごとに示したものであり、図—6 (c) は、全試料に対する重鉱物の含有率、および中央粒径の分布を示したものである。図—6 (a) によれば、全試料に対するトリウムの含有率は、阿武隈川河口で極大をなし、それより北の名取川へ到るまでは漸減し、それ以北では、ほぼ一定値を示している。阿武隈川以南では、いったん減少したあと、さらに増加し、この地域にもかなりのトリウムが存在することを示している。一方、重鉱物に対す

図-6 仙台湾沿岸底質のトリウム、重鉍物の含有率、および粒径の分布

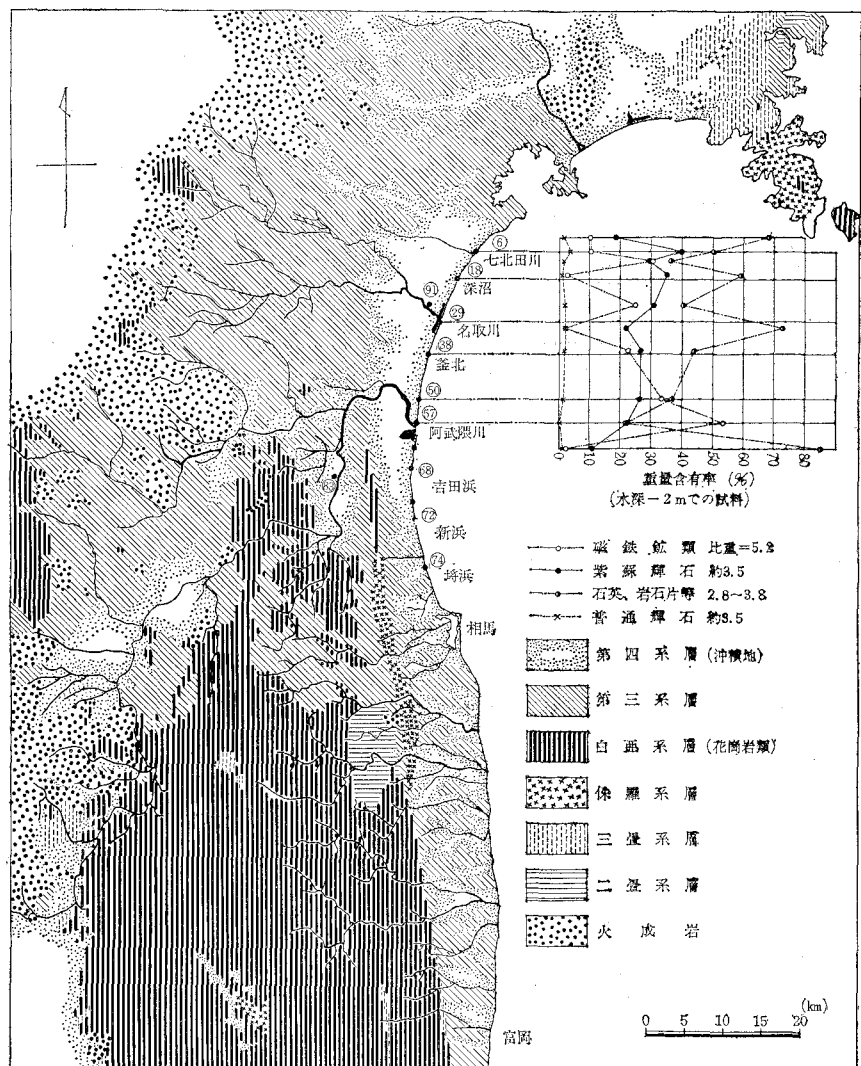


るトリウムの含有率を示した 図-6 (b) では、各粒径域ごとに相当のむらがあるが、それらの合計、すなわち重鉍物の全量に対するトリウムの含有率は、北寄り、わずかに大きい、ほとんど一様である。図-6 (c) の重鉍物の分布は、図-6 (a) の全試料に対するトリウム含有率の分布と、よく似た傾向を示していることがわかる。また、中央粒径は、阿武隈川河口より南では全体的に小さいが、阿武隈川河口付近で急に大きくなり、それ

から北へ行くにつれ漸減している。しかし、名取川河口へ到ると、中央粒径は再び大きくなり、それから北へ向かって次第に減少し、ほぼ一定値に達している。以上より、図-6 (a), (c) は、全体として北向の漂砂があることを示唆しているが、図-6 (b) の結果は、南向の漂砂を示唆するかのように見える。

図-7 は、宮城、福島県の地質図、およびその太平洋沿岸について、昭和 37 年に東北大学の奥津教授によつ

図-7 宮城、福島県の地質図および海浜砂中の重鉱物含有量



ラン鉱の比重 9.7 まで、その範囲は広い。もし、阿武隈川から供給された土砂に含まれる重鉱物の中の一部がその組成を変えることなく北へ移動し、さらに名取川や、七北田川からの重鉱物の供給がないとすれば、重鉱物中に含まれるトリウム含有率は、河口部分も、その北側も同じはずである。しかし、重鉱物は種々の比重をもつ成分から成りたっているもので、軽いものほど、より一層北側へ移動しやすい。したがって、阿武隈川から排出される重鉱物が、磁鉄鉱より比重の小さい成分に多くトリウムを含むとすれば、図-6(b)における北側寄りのトリウム含有率のわずかな増加が説明できる。

Kamel¹⁾ は、図-6(b)のように、ある一定の粒径域の重鉱物に含まれるトリウムの含有率について、各点の比較を行なった。し

て行なわれた、沿岸砂の鉱物分析の結果²⁾を示したものである。この図から、軽鉱物類、すなわち石英、岩石片類、紫蘇輝石、普通輝石類は、北へ行くほど多く、磁鉄鉱等の重鉱物類は、阿武隈川河口より北へ向かって減少しているのがわかる。これらの事実と、昭和 39 年から 40 年にかけて著者らが行なった仙台湾沿岸での RI 漂砂調査³⁾の結果とを考えあわせると、少なくとも、阿武隈川河口以北における漂砂の卓越方向が北向きであることは確実である。したがって、図-6(a)の全試料に対するトリウム含有率の分布、および図-6(c)の全試料に対する重鉱物の含有率、中央粒径の分布は、この傾向に一致する。一方、この傾向を示さない 図-6(b)の重鉱物に対するトリウム含有率の変化は、つぎのように考えられる。阿武隈川の上流にひろがる阿武隈山地に産するトリウム鉱物は、カッレン石の比重 4.1 から、センウ

かし、上述したように、トリウムが、他の重鉱物に比較して、比重が同じか、あるいは軽いものにも含まれている場合は、この方法による漂砂の方向の推定は困難である。図-6(a)のごとく、全試料についてトリウムの含有率の変化から漂砂の方向を推定した方が、より妥当と思われる。

つぎに、前回の報告³⁾では明瞭でなかった阿武隈川河口の南側について考えてみよう。

図-6(a)において、阿武隈川河口の南でも、相当のトリウム量がみつめられる。トリウム鉱物は、花こう岩類に多く含まれるが、図-7の地質図によると、この花こう岩類は、阿武隈川の上流域に分布しており、阿武隈川が有力なトリウム鉱物の供給源であることは容易に推測できるが、同時に南の阿武隈山地に広く分布する花こう岩類は、相馬から富岡に到る海岸線にせまっております。

この地域へ流出する河川もまた、トリウム鉱物の供給源になり得るであろう。したがって、図-6(a)の測点番号②付近のトリウムは、これに由来するものと考えられる。

すなわち、阿武隈川河口南側でも、その近くの数 km の範囲をのぞいて、やはり漂砂は北向きが卓越している

ものと考えてよいであろう。

参 考 文 献

- 1) Adel M. Kamel; Littoral Studies Near San Francisco Using Tracer Techniques, B.E.B. Tech. Memo. No. 131, Nov. 1962.
- 2) 東北大学理学部編：宮城県地質図，昭和 37 年。
- 3) 佐藤昭二・庄司忠男・田中則男：「仙台湾沿岸の漂砂について」，第 13 回海岸工学講演会講演集（1966）。