

## 抄 録

### オホーツク海の堆積物中におけるチタンの分布について\*

エ. ア. オストロウムフ

小 西 善 治 訳

現代海洋の堆積物におけるチタンの分布の研究は、堆積物の沈積過程におけるチタンの地球化学的認識に近づくことができるまで進み、海成源の堆積岩におけるチタンの分布と濃集の法則性が求められている。

チタンは、地殻に分布する元素の1つである。クラークのデータによると、岩石中におけるチタンの平均含有量は、約1.03%である。火成岩中における含有量は1.05%である。フェルスマンによれば、マグマ融解物からTiO<sub>2</sub>が析出する際には、TiO<sub>2</sub>は、MgとFeとともに主として塩基性岩石中に濃集する。サハマのデータによると、花崗岩中におけるチタンの平均含有量は0.39%である。

火成岩が分解されると、チタンは土壌および堆積岩中に流出する。ヴェルナドスキーの説によれば、火成岩が崩壊されると、含チタン鉱物の分解過程で中間化合物の白チタン石〔水酸化物〕およびキサンチタン〔アルミノチタン型〕が生成される。土壌および堆積岩中の白チタン石は、水を失い、最後には金紅石と板チタニウム石に転移する傾向がある。岩石の崩壊によつて生じたカオリン質分解産物、例えば粘土、土壌、ボーキサイト、紅土および淤泥中では、TiO<sub>2</sub>の含有量はしばしば1%を超え、時には5~10%に達することがある。

風化地帯におけるチタンの挙動については、ポールリノーフとトウミローヴィチのきわめて詳細な研究がある。土壌中におけるチタンの平均含有量はTiO<sub>2</sub> 0.77%に達する。

クラークのデータによれば、堆積岩中におけるチタンの含有量は、TiO<sub>2</sub>に換算して次のようである。頁岩0.65%、砂岩0.25%、石灰岩0.06%である。

堆積源の岩石系列では、チタンの含有量の上昇が認められるから、海洋中におけるチタンの挙動はきわめて興味がある。

ヴィノーグラドフによれば海水中的チタンの平均含有量は $<1.7 \cdot 10^{-7}\%$  TiO<sub>2</sub>である。ヴィノーグラドフは、プラクトンのチタン含有量のスペクトル分析を行つている。ヴィノーグラドフによれば、海藻中のチタン含有量は、乾量で計算して次のようになる。*Laminaria flexuosa*  $6 \cdot 10^{-4}\%$ , *Laminaria saccharina*,  $5.4 \cdot 10^{-4}\%$ , *Himanthalia lorea*  $2.4 \cdot 10^{-3}\%$ , *Fucus vesiculosus*  $9 \cdot 10^{-4}\%$ である。カミンスキーのデータによれば、*Lithothamnium* sp.,  $2.6 \cdot 10^{-3}\%$ , *Rhodymenia palmata*,  $5 \cdot 10^{-4}\%$ , *Laminaria digitata*  $2.4 \cdot 10^{-4}\%$ である。ヴィノーグラドフによれば、*Lithothamnium* におけるチタンの高含有量はある種石灰岩にみられるチタンの源の1つとなつていることが考えられる。

さらにヴィノーグラドフの資料によれば、フロードヴチャの分析結果に基づく鉄バクテリアの外皮のチタン含有量は0.27% TiO<sub>2</sub>であつて、チタンの著しい濃集が起つている。

この事実を考慮に入れるならば、鉄、マンガン結核におけるチタンの高含有量がある程度まで明らかにすることができる。ある著者のデータによれば、その含有量は0.13~1.05% TiO<sub>2</sub>である。Goldbergのデータによれば、太平洋産鉄・マンガン結核には0.45~2.08% TiO<sub>2</sub>を含有している。そのうえチタンの含有量は、鉄の含有量に正比例している。

ヴィノーグラドフは、オホーツク海産のGorgoniidae〔珊瑚〕にチタンが含まれていることを指摘している。さらにNoddakの資料によればCoelenteratae中にも $6 \cdot 10^{-4}$ と $7.3 \cdot 10^{-4}\%$ 〔乾量〕のチタンを含有していることを指摘している。

\* 地球化学, 1956—1

Noddak の資料によると、海綿のチタン含有量は  $8.3 \cdot 10^{-4} \%$  [乾量] である。Ciona intestinalis には  $1.7 \cdot 10^{-1} \%$  のチタンが含有されている。

ヴァイノグランドフの資料によれば、Mytilus, edulis (貝殻) には、 $3.5 \cdot 10^{-4} \%$  のチタンを、Pecten islandicus には  $2 \cdot 10^{-4} \%$  のチタンをそれぞれ含有している。魚類の組織には、チタンの含有量がきわめて低く、平均  $5 \cdot 10^{-6} \%$  である。

チタンの主集合体は、比較的易動性に乏しい化合物の型態で賦存し、チタンの生物学的輪廻には比較的少量のチタンが手与する。海成堆積物におけるチタンの分布の生物源要因としては、海底に沈積するプラクトンと動植物遺骸があげられる。

海底に沈積するチタンは主として陸水によつて運ばれ、粗粒、細粒の沿岸性の侵蝕産物、火成碎屑物 (火山灰を含む) とともに移動する。ときにはコロイド溶液の型で沈積することがある。

海成堆積物中におけるチタンは、板チタニウム石・金紅石・榍石およびその他の型ばかりか、中間のコロイド鉱物、すなわち白チタン石—水酸化型—と Xan Titan [アルミニウムチタン型] でも存在する。クラークのデータによれば、赤色粘土には  $\text{TiO}_2$  0.98 % 淤泥 (粘土質) には 1.27 % の  $\text{TiO}_2$  が含有されている。大西洋の赤道地帯の堆積物中には 0.01 mm のチタンを含有している。Correns によれば、チタンは 3 価の型で移動するといわれている。

オホーツク海のチタン分布については、未だ研究されていないので、ソ連科学アカデミーの海洋研究所で行つた。採集試料のチタン含有量の決定には、一般に使用されている比色法—過酸化水素を作用させて生ずる黄色のチタンイオンを利用する方法—によつた。

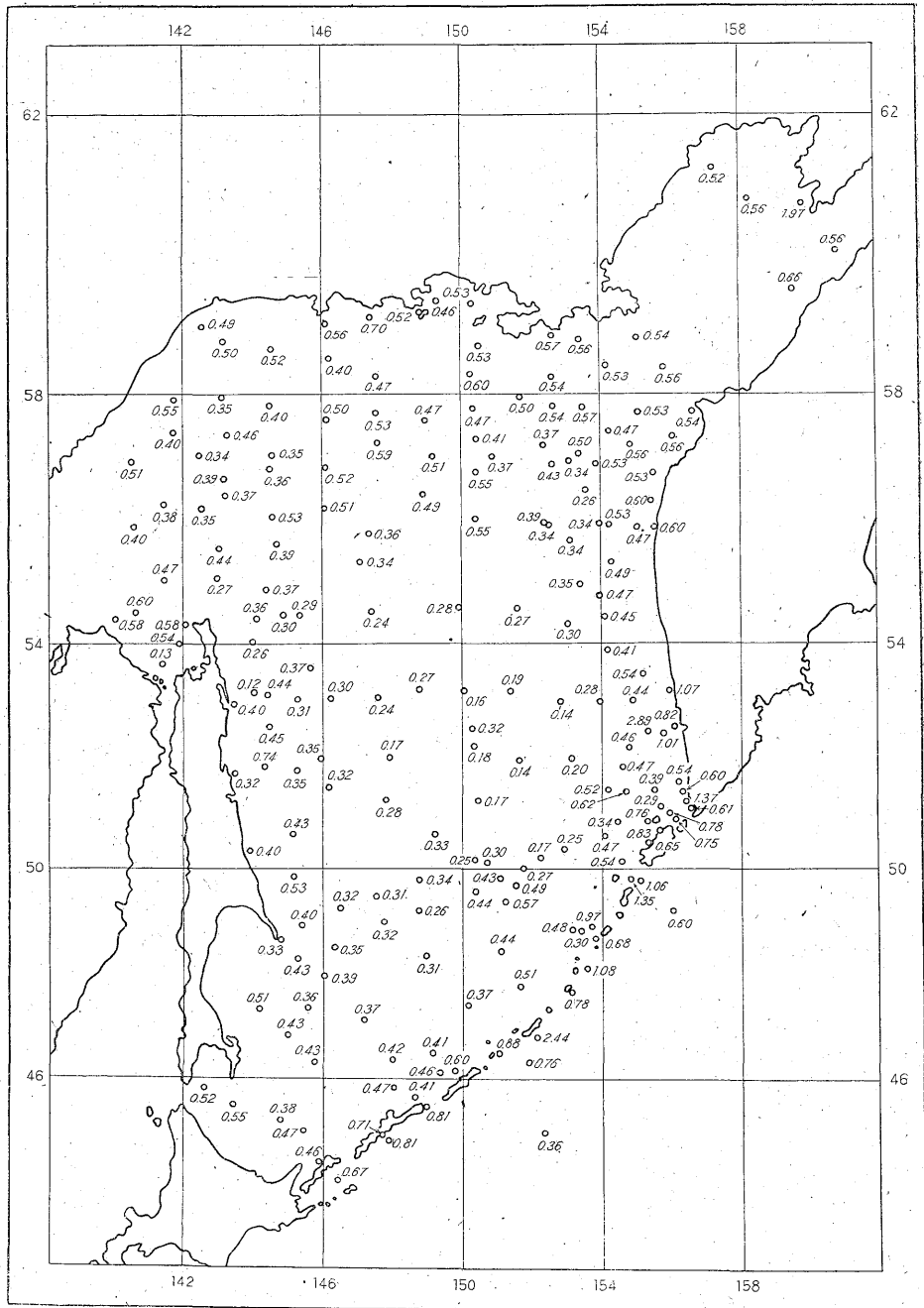
採取箇所は 209 か所 (第 1 図) である。数字は  $\text{TiO}_2$  に換算した堆積物中のチタンの含有量である (第 1 図)。

このデータに基づいて海底の  $\text{TiO}$  分布帯を示す等分布線を求めたのが第 2 図に掲げられている (第 2 図)。この等分布線によつて次の地帯に区分される。(1) 0.2 % 以下 (2) 0.2~0.3 % (3) 0.3~0.4 %, (4) 0.4~0.5 %, (5) 0.5~1 %, (6) 1 % 以上

$\text{TiO}_2$  の最も濃集している地帯 [1 % 以上] は、千島列島のある島に接する地域およびカムチャツカの南端部である。 $\text{TiO}$  の含有量の極大値は 2.89 % に達している。個々の地域では一層高い含有量を示す地域がある。例えばカサツカ入江の砂浜の含チタン磁鉄鉱砂には 6.36 % のチタンを含有している。

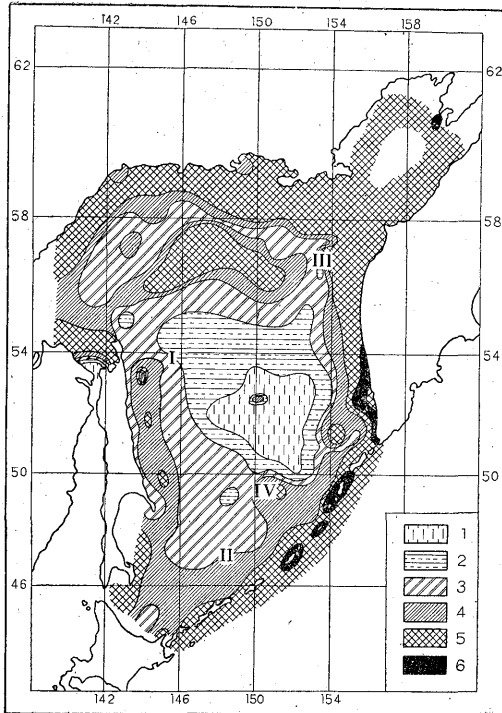
$\text{TiO}_2$  の濃集して 0.5~1.0 % に達している地帯は、千島列島およびカムチャツカの西海岸地帯である。 $\text{TiO}$  は主として砂および silt 中に含まれ、チタン源は含チタン磁鉄鉱である。この高チタン地帯はシエリホーフ湾に延び、オホーツク海の北岸に沿い、樺太の北部に達している。シエリホーフ湾では、堆積物は砂・礫からなっているが、樺太の北部では、礫は比較的少ない。 $\text{TiO}_2$  の含有量は 0.5~1 % であつて、主として砂および silt 中に含まれている。チタン源は陸地から運ばれてきた碎屑物と関連性がある。オホーツク海の北部の比較的浅い箇所には、0.5~1 % の  $\text{TiO}$  地帯が斑点状に分布している。これらの地帯の海底は主として silt からなっている。silt 中では、樺太の南端およびカムチャツカの南端部附近のように  $\text{TiO}$  は斑点状に分布している。0.4~0.5 % の含チタン帯はデレエギン海盆地帯に分布し、樺太の沿岸地帯に沿つて延びている。これらの地帯では  $\text{TiO}$ , silt, clay, 粘土質珪藻泥中に濃集している。この地帯は南部の深海の海盆地域に延び、そこでは、粘土質珪藻泥が発達している。同一地帯は狭くなり、カムチャツカの西海岸に沿つて延長している。北部では、この狭地帯は  $\text{TiO}_2$  0.5~1.0 % に達する高チタン帯を取り囲んでいる。

オホーツク海の北岸およびヒミタイフスク地域の半島附近では、 $\text{TiO}$  の含有量は 0.4~0.5 % であつて、その地帯は河川によつて運ばれてきた碎屑物質の分布地域に位置している。この地帯では、 $\text{TiO}$  は比較的チタンの含有量の低い珪酸塩物質の堆積物中に含まれ、そのために濃集度が低下しているようである。



第1図 各試料採取地点の海底堆積中における  $\text{TiO}_2$  の含有量

0.3~0.4%の  $\text{TiO}_2$  帯はオホーツク海の中央地帯を圍繞し、帯状をなしてオホーツク海の北部に延長している。この地帯の堆積物は主として silt-clay 泥から構成されているが、部分的には粘土質珪藻泥がみられる。オホーツク海の中央地域では、 $\text{TiO}_2$  の含有量は 0.2~0.3%、時には 0.2% 以下であつて、粘土質珪藻泥からなっている。粘土質珪藻泥中における  $\text{TiO}_2$  含有量の低下は、自生 silica の dilute 作用による若干の影響を示すものである。粘土質泥では、水酸化物型の一層易動性の型態でチタンが含有されていることが考えられる。

第2図  $\text{TiO}_2$  の等分布図

1.  $<0.2$  2.  $0.2-0.3$  3.  $0.3-0.4$   
 4.  $0.4-0.5$  5.  $0.5-1.0$  6.  $>1.0$

- I) デイリユギン海盆地  
 II) 南部深海海盆地  
 III) ティンロー海盆地  
 IV) 海底礁

る。これは表をみれば容易に理解される。

含チタン岩石が崩壊すると、Diagenesis の第1階梯では、チタンは水酸化型の易動性型へ転移し、アルミナ・チタン型の中間鉱物の生成を伴う。

Diagenesis がさらに進むと、中間鉱物型の一部は、脱水作用を受けて金紅石へ転移するが、他の部分は、再配列を起し、アルミナ珪酸塩系列のカオリン核の分解産物を生成する。

一般的にみて、酸化鉄・マンガン層の発達を伴う粘土質・粘土質珪藻泥の地表堆積物には、チタンの含有量が比較的少ない。反対に、その堆積物の下部の環元帯では、大抵の場合、チタンの濃集度が高まっている。

この現象は次のように考えられる。粘土質懸濁物質から沈積したチタンは、鉄・マンガンとともに堆積する。堆積物中で起る還元過程によって、元素の再配列が行われる。還元帯では、鉄・マンガンの水酸化物は2価に還元され、溶解されて溶液に移行する。この際、ゲルに収着されていた元素類は、脱着される。チタンは特に脱着されて遊離され易い傾向をもっている。しかしチタンは、易動性の低い元素であつて、コロイド形態の場合にのみ移動できるから、大抵の場合 in situ に残留する。これに反して鉄およびマンガンは、拡散作用の影響を受けて、2価イオンの最小濃縮帯、すなわち酸化帯へ移動し、こゝでふたゝび酸化されて不溶性の化合物に転移する。

他のソ連の海成堆積物と比較すると、千島列島およびカムチャツカに隣接するオホーツク海域は、チタンの含有量が2.89% ( $\text{TiO}_2$ ) まで上昇するのが特徴となつている。

上述のように、オホーツク海の堆積物中におけるチタンの分布には次のような法則性が認められる。主含チタン堆積物は、火成岩の分解によつて生じた陸成物質および火成碎屑物質(火

チタンは、単独の鉱物ならびに他の鉱物と共生して堆積物中へ種々の岩石の碎屑片の型で沈積する。この場合には、チタンはしばしば種々の鉄化合物、例えば磁鉄鉱ならびに種々の鉄珪酸塩と共生している。したがつてチタンと鉄との相互関係は明瞭に認められ

## デリュギン海盆地

| 水準<br>cm | 試料の特性     | 含有量            |      |
|----------|-----------|----------------|------|
|          |           | $\text{TiO}_2$ | Fe   |
| 0~10     | 粘土質泥、肉桂褐色 | 0.30           | 2.54 |
|          | 灰色粘土質泥    |                |      |
| 25~30    | 帯緑色を呈する   | 0.61           | 3.41 |
|          | 灰色粘土質泥    |                |      |
| 67~71    | 帯青色を呈する   | 0.68           | 4.46 |

## 南部深海海盆地

|       |            |      |      |
|-------|------------|------|------|
| 0~15  | 褐肉柱色粘土質珪藻泥 | 0.51 | 3.48 |
|       | 灰色粘土質珪藻泥   |      |      |
|       | 泥          | 0.69 | 4.69 |
| 16~18 | 緑灰色粘土質珪藻泥  | 0.41 | 2.48 |
|       | 藻泥         |      |      |

山灰)が海底に沈積,生成されたものである(例えば,アライド島地域の海底から採集された火山岩質物質(主として火山灰)のサンプル中では, $\text{TiO}_2$ の含有量は0.88%を示した)。

比較的粗粒の碎屑物質源のチタンは,千島島孤,カムチャツカの西海岸およびオホーツク海の北岸地域にみられる砂質堆積物および砂質, silt 質堆積物中に濃集している。

コロイド源,すなわちコロイド質の含チタン鉱物の型態をとるチタンは,泥土岩に賦存し,粘土質泥中に濃集している。この現象は,稀有元素が高分散性堆積物中に選択的に濃集するというストラハーフの学説を立証するものである。