

ような形態で存在しているかを確かめなければならない。このためにはX線マイクロアナライザーの活用が望まれる。また イオウおよび炭素の同位体比 ($S^{32}/S^{34}C^{12}/C^{13}$) も鉱床の成因解明に役立っている。このように鉱床の地球化学的研究は大きな視野に立ってみれば 熱水溶液の性質 元素の移動の機構 硫化鉱物の生成条件など多くの点で未解決な問題点が多い。

地 化 学 探 鉱

地球化学の応用分野である地化学探鉱は 近年世界各地でおおいに活用されはじめてきた。 鉱床周辺の元素の分散には 一次的に鉱床生成時に鉱液の作用により種々の元素が鉱体周辺に分散供給されるなどの場合と 二次的に鉱体やその周辺にある元素が風化などによって水・土壌・植物などに分散する場合などが考えられる。地化学探鉱は これらの元素の分散異常を測定して鉱床の発見に寄与する目的で行なわれる。 サンプリングの対象としては 探鉱地域の土壌と岩石 地下水 植物 河川水 現河川の堆積物などが挙げられる。 サンプリングと元素の分散異常を求めることは一般に簡単であるが、その解釈にはたいへんな困難を伴う場合が多い。そのためには地質学者との密接な連携のもとに地域の地質環境を把握し、さら予備的な研究を行なって 元素分

散異常の原因を確かめておかねばならない。

分析方法も単元素あるいは2〜3の元素に適用できる比色法から分光分析法により多くの元素を分析し 多元素相関により 鉱床探査への適用度を高めてゆく方向に進んでいる。

地化学探鉱も今後の発展のためには 広く各鉱化帯ごとの地化学探鉱図の作製とともに 種々の型式の鉱床について 詳細な元素の分布を明らかにして適用し得る元素をえらび またこれらからの元素の二次的分散の機構などもより詳細に研究すべきであろう。



金属鉱床の地化学探鉱における河川水の採取(採取した試料水は pH Hg Cu Pb Zn SO_4^{2-} などの分析が行なわれる)

燃料鉱床と地球化学

燃料鉱床とは 可燃性天然ガス 石油 石炭の各鉱床をいう。これらの鉱床に関する地球化学的研究は 炭化水素の気圏 水圏 岩石圏(主として堆積岩)における分布 各圏相互間の循環と鉱床の微量元素の分布などに関する基礎的な研究と 鉱床の成因 探査などの応用的研究に分けられる。しかし両者を分離して考えることはできない。

炭化水素の分布と循環

この問題は 生物圏の地球化学の主要な部分を占めている。炭素 水素 炭化水素の各圏における分布と循環を調べることは 直接炭化水素鉱床の成因の研究に結びつくことになる。たとえば 炭素の循環についてみ

ると 気圏 水圏の炭酸ガスは 光合成 生化学作用などの過程をへて生物体の生成に関与し この生物体は堆積 分解 変質されて各種有機物となる さらにこの有機物は酸化環境の下で酸化されて炭酸ガスとなり 気圏 水圏にもどる一連の循環がある。この循環の過程で濃縮された炭化水素が燃料鉱床である。

微量元素の分布

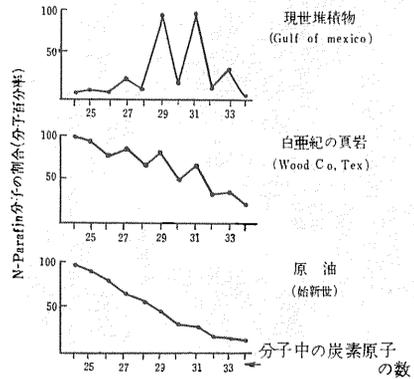
生物圏は地球上できわめてわずかの部分を占めているにすぎないが われわれの生命 生活に最も関係のある元素が存在する。生物とその分解物中には30種以上の元素が存在しているが 燃料鉱床においてとくに濃縮され資源的に重要な元素は 天然ガス中の He (現在の He 資源のほとんどは石油系天然ガス 不燃性天然ガスから回収 また当所では日本の天然ガス中のヘリウム資源について5カ年計画で調査研究が行なわれている) 天然ガス付随水中の I_2 石油中の Ni V 石炭中の Ge などがある。微量元素は 原物質の生物中に含有するものあるいは続成作用の過程で2次的に入ったものがあり 鉱床成因および鉱床の堆積環境などの研究に重要な役割りをもっている。

鉱床成因と探査

炭化水素類の成因に関する地球化学的研究は 生物の堆積初期の段階である湖沼など 現世堆積物の有機物 溶存ガス 微量ガス成分 化学組成 微生物などの研究 および各地質時代の堆積岩の各種有機物(可溶 不溶性 有機物 フミン酸 アミノ酸 脂肪酸など)を対象とした研究が行なわれている。 また炭素同位元素 C^{13}/C^{12} 比による有機物分解過程の研究 放射性元素 C^{14} による有機物から炭化水素ガス生成機構の研究などがある。

可燃性天然ガス は その成因 産状によって水溶性天然ガス 構造性ガス 石油系ガスおよび炭田ガスに分けられる。 水溶性天然ガスはイタリアを除いては日本特有の産状を示し 地下において その圧力下で地下水中に溶存した状態で賦存する CH_4 を主成分とする天然ガスである。 このガスは還元的な環境の場で有機物が微生物の分解 変成作用によってできたとされているが 微生物の存在しない高温のガス層が存在することなどから未解決の問題が残されている。 このガスは地下水(ガス付随水)との間に密接な関係があり 地質時代 堆積環境 地質条件によってガスと地下水の成分は変化する。 たとえば ガスの主要成分の CH_4 CO_2 N_2 の各割合の変化 重炭化水素の有無 N_2/Ar N_2/He He/Ar の各比の古いほど増加する傾向 ガス付随水では Na K Ca Mg の増減 NH_4 P HCO_3 などの増加は水溶性天然ガスの一般的な特徴である。 この特徴は鉱床の地化学探査に応用されている。

構造性ガス 石油系ガス は広義の産油地帯のガス産状によって分けられ 前者は石油 地下水をほとんど伴わずにガスのみ産出するガスで 後者は石油 地下水と共に産出するガスである。 これらのガスは石油の一部と考えられる。

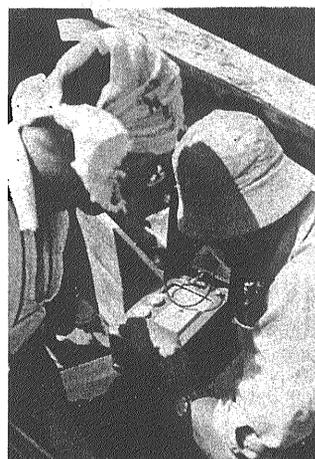


堆積岩と原油の n-paraffin の分布

炭田ガス は 植物が石炭化作用によって石炭となる過程で生成されたとされている。 ガスは石炭の炭化度(褐色→歴青炭まで)によってガス量 CH_4 成分の増加が認められ 炭質とガスの関係について研究が行なわれている。

石油 はその重要性から成因に関する研究が活発である。 石油は移動性があること 成分が複雑であることなどから未解決の問題が多い。 原物質については今日生物原とされているが 大気 隕石 太陽系に炭化水素の存在することから非生物原説も存在する。 現在の石油は大部分第三紀からカンブリア紀の海成堆積物中で生成されたものとされている。 成因については 先に述べた現世堆積物および各地質時代の堆積岩の各種有機物について 主として有機地球化学的研究が行なわれている。

また現世堆積物の有機物から石油類似の炭化水素が見出されてからは 各時代の堆積岩の炭化水素と原油の比較研究が行なわれている。 この結果 現世堆積物中の炭化水素は古い時代の堆積岩や原油と比較して n-paraffin



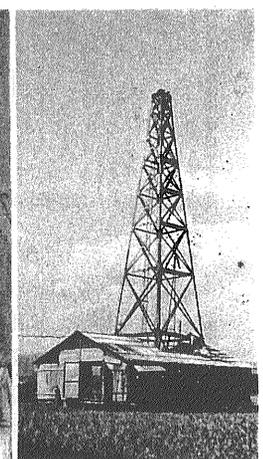
現世堆積物の研究(pH測定)



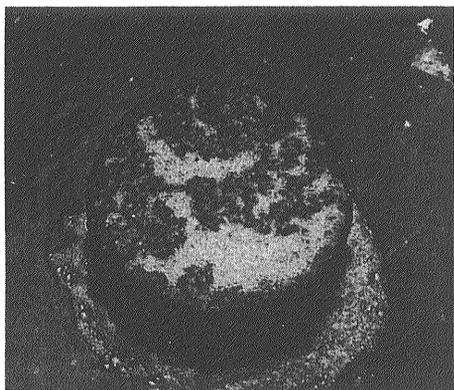
現世堆積物の研究(コア採取)



現世堆積物の研究 (湖底土中のガス追出)



ヘリウム資源調査用試掘井 (高萩市高戸)



山形県真室川荒所「水溶性天然ガス」

中の炭素原子の奇数のものが優勢であることが明らかになった。これら堆積岩中の炭化水素は石油生成の一つの段階を示すと考える。また原油や堆積岩にポルフィリンがあること、石油中に Ni V が濃縮されていることなどからポルフィリン起源とする研究、前述の C^{13}/C^{12} による石油の進化に関する研究などがある。

石油に伴う地下水については、水溶性天然ガス付随水の研究と同様に石油および貯溜層、母層と密接な関係がある。また石油の採油法の一つである油層に地下水を導入する水攻法では、地下水の動向を調べるため Tr などの放射性元素をトレーサーとした探査研究が行なわれている。石油鉱床の探査は地質調査、物理探査による石油を胚胎する地質構造の探査および試錐調査と共にガス (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , CO_2)、微生物の平面的立体的分布から、また堆積岩の各種有機物の分布から石油の貯溜層、母層探査の可能性について研究が行なわれている。

石炭は植物が原物質であることは疑う余地がない。石炭は石油と異なり移動、逸散がないため生成場所は明らかであるが、組成、構造が複雑で、その生成過程は未解決の問題が多い。石炭は陸生植物が堆積し、生化学的作用と動力的作用によって石炭化作用が行なわれ、炭化度の度合によって褐炭、歴青炭、無煙炭となるという説と、各種の石炭は原物質がもともと異なっていたとする説があるが、今日では前者の説に傾いている。石炭に関する地球化学的研究は、組成、構造、有機物、鉱物質を対象とした石炭化作用に関する研究がおもなものである。

石炭の探査は、主として地質調査と物理探査が行なわれ、地化学探査はほとんどなされていない。特殊な場合として炭田ガスによる地化学探査の可能性が考えられる。

石炭の採掘には、地下水の存在が採炭能率を大きく左右する。また場合によっては出水などの事故を起こす。

この地下水の動向を調べるのに坑内水の地球化学的研究が行なわれている。坑内水の pH, Cl, SO_4 , NH_4 , Ca, HCO_3 などの時間的变化は、天水、化石水の進入判定に有効である。坑内保安の面で地下水の地球化学的管理は重要と考えられる。

今後の研究

天然の有機物を対象とした有機地球化学、同位元素地球化学、微生物応用地球化学の研究による資料の収集によって炭化水素生成過程研究の前進が望まれる。

また世界的規模で考えた場合には油母頁岩も燃料資源として重要と考えられ、この研究が必要と考えられる。

応用地質と地球化学

地下水と地球化学

地下水は大別して雨水が地下に浸透した地層上層部の地下水、深層部の水成岩が生成された環境（海水、汽水、淡水）下で堆積当時包蔵した地下水（化石水）および地球内部から流出する地下水（岩しょう水）とがある。ここで述べる地下水は岩しょう水を除外する。

地表水は地下に浸透し、再び地表に出て一部は大気にもどり、大部分は海に入るが、終局には大気にもどるという一連の循環が考えられる。この場合、溶存物質は海中に残るので、海水の起源を地球化学的に考える上で大きな因子となる。また、地表水は大気と平衡にあるので大気ガスを溶存しており、そのうちの酸素は接触する堆積物や岩石を酸化する。このほか、地下水中には岩石からの物質の溶出、イオン交換による物質代謝が行なわれる。

地表水の流動に伴う水質の変化は、増加する成分として溶存 N_2 、アルカリ度、Na などがあり、減少する成分として溶存 O_2 、 SO_4 、Ca などがある。地下水の流動を調べるのに Ar, He, 放射性元素 (Tr など) を利用した研究が行なわれている。

深層水は地表水の浸透によって大気の影響を受ける水系（開いた系）と地表水の影響がなく、大気としゃだん