

講演要旨*

サウジ・アラビア西北部鉄鉱床調査研究

あらまし

桑形久夫

昭和38年9月～40年3月の第一次調査団、40年12月～42年6月の第二次調査団にひきつづき、地質：広川治・東元定雄・五十嵐俊夫、物理探鉱：松田武雄、地球化学：高橋清、地形測量：磯山功・桑形久夫の7名で構成された第三次調査団は42年11月～44年5月まで、主として同国西北部、ワジ・ハマラ鉄鉱床（ワジ・サワウイン東部）、ワジ・ハヤーン鉄・チタン鉱床の調査に従事した。

当地では夏期（6月～9月）は炎暑のために野外調査がまったく不可能となるため、冬期に野外調査、夏期に室内研究および報告書作成という方法をとらざるを得ない。

ワジ・ハマラ地区については42年12月～43年1月、3月～5月の2回約80日の野外調査研究が、ワジ・ハヤーン地区については43年11月～12月、44年1月～2月の約80日の野外調査が実施された。

ワジ・ハマラは鉱物資源局の所在地ジェッダの北方1,100 kmのヨルダンとの国境に近い要衝タブークより

西に150 km、紅海岸より90 kmに位置し、交通はジェッダ～メジナ～タブークまで1,100 kmの舗装道路と砂漠の150 kmの悪路を自動車による。とくに砂漠の悪路では1日行程100 kmぐらいのこともある。調査地は平均標高1,200 mの高原にあり、冬期はしばしば零下6～7°Cになる。調査地西部は第2次調査団によって約120 km²の調査が終了しており、今調査はそれに引きつづいて90 km²の鉱床調査と2カ所で磁気探査が実施された。

ワジ・ハヤーン地区はジェッダの北西方600 kmの紅海岸の要地アル・ワジの北方90 kmに位置し、交通はジェッダ～ヤンブー間360 kmの舗装道路と、ヤンブー・アル・バハル～アル・ワジ～ワジ・ハヤーン間360 kmの砂漠路を自動車による。アル・ワジには小さな港湾設備があるが、200～300トンまでの船の使用が可能の小規模なもので、実用には供しえなかった。今調査においては、ハヤーン地区の4/5の120 km²の調査が終了し、北西部の鉱床の調査は、第4次調査団によって、8月末に完了する見込である。（技術部）

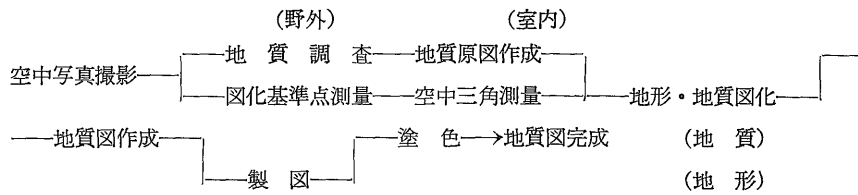
サウジ・アラビア国ワジ・ハマラの地形測量

桑形久夫

空中写真の有用性については、あらためてここにのべる必要もないが、とくに未開地においてはその利用ははかり知れない。地質および地形調査に使われるだけでなく、交通路、キャンプ地の決定等にも使用される。砂漠地帯特有の好露出を示す本地域では、岩石の露出面積は100%に近く、岩石のちがいは色の濃淡のちがいとなってそのまま空中写真上に現われるので地質調査にきわめて有効であり、また地形図図化においては正しい等高線が画かれる。本調査においても空中写真が100%活用されていた。その作業工程は次の通りである。

調査地については1/6万空中写真があるだけで、地形図作成および地質調査に不可欠の三角点、水準点、地形図等がまったくないので、鉱床精査用の大縮尺空中写真の撮影、海岸からの高さの移動、基線測量より出発する三角測量、基準点の測地的位置を決定するための天文測量等のすべてを行なわなければならない。したがってかなりの野外作業が要求される。撮影された写真は5コース、36モデルで、地形および地質図化のための写真の標定点70点の平面位置決定には、ステレオテンプレート法によって、広

* 月例研究発表会講演要旨
昭和44年7月9日日本所において開催



範囲同時平均が行なわれた。この方法は、1955年 U. S. G. S. (アメリカ合衆国地質調査所) で開発され、未開地の広範囲標定点平均にはきわめて効果的である。

方法を略記すれば、一度図化機にモデルを仮標定して実体モデル上で標定点のXYを測定し、後に全部のモデルを集合させて所要縮尺に統一するという方法で、今回は、U. S. G. S. ジェッタ支所の Mr. F. LAVERY の協力によって、好結果が得られた。標定点の高さは現地でレベル・トランシフトによって直接求められた。図化にはウイルド B 8 ステレオプロッターが使用され、等高線を描くと同時に地質の境界、断層等も図化された。

(技術部)

サウジ・アラビア国ワジ・サワウィン 地区東部の鉄鉱床について

東元 定雄

ワジ・サワウィンはサウジ・アラビア国北西部にあり、その周辺地域には先カンブリア紀のジャスピライト(縞状赤鉄鉱)鉄床が賦存する。その地域がワジ・サワウィン地区と呼ばれる。ここでは同地区東部、すなわち、北緯27度50分から27度59分まで、東経35度35分から36度1分までの、長さ約26 km、幅約6 km、面積約150 km²の地域内にある鉄鉱床について述べる。同鉄床の現地調査は1966年と1968年に実施された。

ワジ・サワウィン地区東部の地質は主として先カンブリア紀のシレジア層群(Silasia Formation)とそれを貫く火成岩類とよりなる。本地域東端部近くでは、これらの先カンブリア系はカンブリア紀のシーク砂岩層(Siq Sandstone)によって不整合におおわれている。

シレジア層群は本地域でもっとも古い地層であり、本國中南部のハラバン層群に対比される。本層群は下部層と上部層とに区分される。下部層は主として変安山岩熔岩と安山岩質火成碎屑岩類とよりなり、少量の流紋岩質凝灰岩類および凝灰質砂岩・頁岩を伴う。上部層は厚さ約1,200 mで、下部、中部および上部に区分される。上部層の下部は砂岩を主とし、凝灰岩類、粘板岩、礫岩などをはさむ。中部は主としてジャスピライトよりなり、粘板岩と砂岩の薄層をはさみ、上部は輝緑岩質凝灰岩

類、砂岩および粘板岩の互層よりなる。

火成岩類は変輝緑岩、斑岩岩、石英玢岩、閃緑岩類、花崗岩などの岩床または岩株と花崗岩、半花崗岩、花崗斑岩、石英斑岩、閃緑岩、石英玢岩、変玄武岩などの岩脈とである。これらのうち変輝緑岩は鉄鉱層に密接に伴って、その上位、下位または鉄層中に subconcordant に貫入している場合が多い。

鉄床はシレジア層群上部層中に胚胎するジャスピライトの鉄層である。元来は一連のものであったと考えられるが、生成後の構造運動、火成活動および風化作用によって、現在は、はなればなれになった、褶曲した鉄体が山の尾根および斜面に露出している。鉄層の厚さは最大80 m、ふつう20~50 mである。

鉄石の大部分はジャスピライトであり、一部はそれが熱変成作用を受けたものである。ジャスピライトは細粒緻密であり、ジャスパーと赤鉄鉱の多い部分とが縞状を呈する。ジャスパーの縞と赤鉄鉱の多い部分の縞との比は鉄層の上、下数mの部分では60:40、その他の部分では50:50ないし40:60である。

赤鉄鉱の多い部分は主として細粒の赤鉄鉱よりなり、少量の石英、磁鉄鉱、緑泥石および方解石よりなる。ジャスパーは主として細粒の石英よりなり、少量の赤鉄鉱、緑泥石および方解石を伴う。

熱変成作用を受けた鉄石は閃緑岩類または花崗岩類と鉄体との接触部および両岩類中に包有されている場合にみられる。主として鏡鉄鉱、磁鉄鉱および石英よりなり、少量の緑簾石、陽起石、緑泥石および方解石を伴う。柘榴石を伴うこともある。縞状構造は保存されている場合が多いが、ジャスピライトに特徴的であった赤褐色は消失している。

鉄石の平均品位は Fe 45%, SiO₂ 15~30%, P₂O₅ 0.3~0.6%, S 0.02~0.03% であり、鉄量は3.7億トンである。

(中国出張所)

サウジ・アラビア国ワジ・サワウィン地区
東部の磁気探査について

松田 武雄

1. 緒言

北西サウジ・アラビアの堆積性鉄鉱床については、1961年に V. P. KAHR と W. B. AGOGS がワジ・サワウィン地区において磁気探査法の適応性を検討するために概査を行ない、1966年、本所の小谷技官がアッシュ・シャルマ地区において磁気探査の精査を行なった。これらの探査の結果、磁気探査法は、その結果を解釈する際に十分な注意を払うならば、この種の鉄鉱床の調査に有効であることが判明した。

今回は、ワジ・サワウィン地区東部の堆積性鉄鉱床分布区域の中バディヤおよびジレイファットの両地区について、鉛直磁力の比較測定および鉱石・母岩の定性的磁気レスポンスの測定を行なった。使用した磁力計はアスカニア製のシュミット型磁力計である。

基線および測線は本所の礫山技官との共同作業で設置した。

2. 測定結果

調査の規模および測定結果を下に示した。

第1表 ワジ・サワウィン地区東部磁気探査調査規模および測定結果表

	バディヤ地区	ジレイファット地区
測定面積 (km ²)	1.0	1.9
測点数	393	655
測線延長 (km)	10.15	20.55
日変化 (Gammas)	<60	<60
測定値(最大値) (Gammas)	+2,019	+6,257*
測定値(最小値) (Gammas)	-1,387	-2,076
シーク砂岩地帯における測定値(平均値) (Gammas)	-426	-438

* スケールアウトしたものを除く

3. 測定結果に対する考察

これらの地区の磁気異常はワジ・サワウィン地区やアッシュ・シャルマ地区におけるものより小さい。これは主として鉱体の磁鉄鉱の含有量が少ないことによるもの

と考えられる。しかし、鉱体の規模、磁化の方向による影響等も考慮に入れるべきである。

バディヤ地区においてはおもな磁気異常は鉱体の露頭またはその南縁部に存在する。このことはこれらの異常が鉱体に関連していることを示すものと推定される。

ジレイファット地区では鉱床が2地帯に分かれて存在しており、磁気異常もこれに対応して2つの地帯で異なった分布状態を示している。すなわち、南東部では北西-南東方向に延びる数条の鉱体の上に正の磁気異常が重なっていて、これらの異常もまた鉱体に関連していることを示すものと考えられる。また、多数の小鉱体が東西方向に点在する北西部では、1,000ガンマー程度の磁気異常が輝緑岩の上に1カ所存在するだけである。このことはこの地帯の鉱石および母岩の磁鉄鉱の含有量が少ないことを示すものと推定される。

4. 結論

バディヤおよびジレイファット両地区の磁気異常の強さはワジ・サワウィンやアッシュ・シャルマのものより一般に小さい。このことは主として磁鉄鉱の含有量が少ないことを示すものと考えられる。

バディヤ地区に点在する一連の塊状の鉱体およびジレイファット地区の長く延びた数条の鉱体について、それぞれ特色のある磁気分布が得られた。これらの特色のある磁気分布は潜在鉱床を探査する際、その賦存状態を推定するのに有効であると考えられる。

(物理探査部)

サウジ・アラビア国ワジ・ハイヤン地区
東部のチタン・鉄鉱床について

東元 定雄

ワジ・ハイヤン地区はサウジ・アラビア国北西部にあり、アル・ワジ北方75kmに位置する。同地区には斑岩の盆状体 (lopolith) があり、その中にチタン・鉄の鉱床が胚胎されている。ここでは同地区東部、北緯26度53分から27度2分まで、東経36度27分から36度32分まで、面積約80km²の地域の地質、鉱床について述べる。

本地域の地質は先カンブリア紀の結晶片岩、砂岩・粘板岩・凝灰岩類の累層、角閃片岩、斑岩質貫入岩、花崗閃緑岩、花崗岩類、閃緑岩などよりなる。

斑岩質貫入岩体は盆状体と考えられ、同心円状ないし帯状構造を持ち、中粒斑岩、粗粒斑岩、斜長岩およびチタン・鉄鉱体よりなる。

鉱床はこの盆状貫入岩体中の7帯に、その内部構造にほぼ整合的に賦存する。下位(外側)から1~7帯と名付けられた。これらのうち2帯がもっとも優勢であり、3および1帯がこれに次ぐ。帯の厚さは150 m以下であり、その中に鉱体が end to end に、または何個か重なって胚胎されている。

鉱体の形は大部分レンズ状であり、一部が不規則塊状である。単一鉱体の規模は比較的大きいもので延長20~60 m、厚さ1~3 m である。

鉱石は高品位鉱と低品位鉱とに区別され、前者はさらに粗粒鉱と中粒鉱とに区別される。粗粒高品位鉱は主としてチタン鉄鉱と磁鉄鉱とよりなり、少量の赤鉄鉱、斜長石、かんらん石および磷灰石を伴う。品位は Ti 8~16%、Fe 40~52% である。中粒高品位鉱は粗粒のものに似た鉱物組成を持つが、それに比べてチタン鉄鉱と赤鉄鉱の量が多い。品位は Ti 16~23%、Fe 41~45% である。低品位鉱は斜長石、かんらん石、角閃石、輝石、チタン鉄鉱、磁鉄鉱、磷灰石などよりなる。品位は Ti 1.5~6%、Fe 14~32% である。

本地域のチタン・鉄鉱々体は大部分斑岩質貫入岩の内部構造に整合的に賦存すること、鉱物構成が単純で、全地域にわたって一様であること、母岩の造岩鉱物を脈石として含むことなどから盆状体をもたらした斑岩質岩漿の分化作用によって生成したものと判断される。

(中国出張所)

岳南地域地下水質におよぼす熔岩岩質の影響

池田喜代治

静岡県岳南地域では、熔岩層および火山砂礫層中に分布する地下水の塩水汚染のため、新地下水源を求める気運が強まっていたが、数年前に熔岩層および火山砂礫層の下位に Cl⁻10 ppm 以下の深層地下水が開発され、利用されるようになってきた。これらの地下水の化学成分について調べた結果、これらの地下水は、およそ二つのグループに分類され、それぞれの地下水の帯水地層と思われる富士山系、愛鷹山系の熔岩の可溶性成分と大きな関連を示した。

深層地下水は塩水化地下水層の下位の深さ150~200 mの富士山系あるいは愛鷹山系の火山噴出物の熔岩塊混りの火山砂礫層中に分布している。深層地下水を利用している井戸の存在範囲は、塩水化によって汚染された地域とほぼ同じ範囲であって、富士川左岸側から愛鷹山麓にかけての約17 km²で、測点間隔は約1 km²に1点あるような試料採取を行なった。

これらの各試料採取地点における地下水の化学分析結果は、ほぼ和田川を境にして東側と西側で、地下水の化学成分がおよそ第1表のような異なった特徴を示している。

両者に共通している点は、pH 7.5~8.5の比較的アルカリ性側にあること、Cl⁻は10 ppm 以下、SiO₂ 30~45 ppm であることなどである。

このうちのMアルカリ度の分布については愛鷹山の方から南西方向に向かって増加する等値線が画かれる。これは和田川西側において北から南に増加する比較的高いMアルカリ度の等値線と、和田川にほぼ沿って不連続線を形成し、和田川の西と東側で地下水の水質の特徴が変化している。この不連続線の位置は、旧吉原市街地付近で-30m、臨海部付近で100 m前後の深さに分布する熔岩層が、和田川をほぼ境いにその東側に熔岩層を欠き、火山砂礫層に変化する熔岩層-火山砂礫層の地質的な不連続線とほぼ一致する。これらの不連続的一致は深層地下水の帯水地層の不連続を意味するものと思われる。

とくに本地域の場合は化学的に比較的均質な熔岩流あるいは火山砂礫層が連続して分布する可能性が多いので、その中にある地下水はその供給源から同じような組成の岩質の地層と接触しながら流れてくることが考えられるので、深層地下水の化学成分の変化は、帯水地層の性質の相違によるものと思われる。

以上のような考え方と、深層地下水のMアルカリ度分布で示される地下水の流動方向から、帯水地層が和田川の東と西で愛鷹火山噴出物系、富士火山噴出物系と考えられるので、地表における愛鷹、富士の両火山噴出物である熔岩を採取し、また柱状試料を採取して、これらの熔岩中の化学成分と地下水の化学成分との関連を検討した。これらの熔岩の化学成分組成は、いずれも富士火山噴出物の特徴である鉄およびCaを比較的多く含み、MgO : Na₂O : tot-FeO の三角ダイアグラムでは未分化の玄武岩としての性質を示す位置にプロットされるが愛鷹、富士両系の化学成分上の性質の相違はほとんど表われていない。

次にこれらの熔岩の可溶性成分についての検討を行なった。アニオンではMアルカリ度(≡HCO₃⁻)、Cl⁻、SO₄²⁻、カチオンではCa、Mg、Na およびKの各成分について行なった。実験では100メッシュ以下の熔岩粉末の5.0 gを蒸留水100 mlに浸して24時間後に溶出した量を調べる方法をとった。この実験結果から、Ca、Mg、Na、Kについて溶出比(溶出量/熔岩中の量)をとって示すと第2表のようになる。

したがって溶出比は Na≒K>Ca≒Mg の関係を示し

講演要旨

たが、熔岩中のCa含量が比較的高いので溶出量としてはCa>Na>Mg>Kを示した。

地表で採取した富士、愛鷹の両熔岩試料については溶出比に比較的大きな相違を示した。これらの溶出比の相違は熔岩の風化の程度あるいは鉱物種の相違などによるものと思われる。富士、愛鷹の両熔岩の溶出水中の化学

成分を第3表に示す。

これらの溶出水中にみられる化学成分の愛鷹系に対する富士系の特徴あるいは、富士系に対する愛鷹系の特徴は、深層地下水の和田川の東側と西側のそれぞれの水質の特徴とよく対応している。

(技術部)

第1表

和田川より西側				和田川より東側			
水温 (°C)	Mアルカリ度 CaCO ₃ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	K/Na (重量比)	水温 (°C)	Mアルカリ度 CaCO ₃ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	K/Na (重量比)
13~14	60 ~ 94	8~15	0.12~0.18	13.5~15.5	37 ~ 45	1~8	0.23~0.31

第2表

	溶出比		溶出比
Na	$1.6 \times 10^{-3} \sim 4.3 \times 10^{-3}$	K	$1.3 \times 10^{-3} \sim 3.3 \times 10^{-3}$
Ca	$0.27 \times 10^{-3} \sim 1.92 \times 10^{-3}$	Mg	$0.3 \times 10^{-3} \sim 2.4 \times 10^{-3}$

第3表

	Mアルカリ度	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	K/Na (重量比)
富士熔岩 (基底熔岩)	14.0	0.9	2.2	2.8	0.5	0.18
愛鷹熔岩 (古期上部玄武岩)	7.3	0.9	1.7	1.7	0.4	0.24

岳南地域における被圧地下水塩水化の動向

村下 敏夫

昭和35年に、田子ノ浦港の周辺から始まった被圧地下水の塩水化は、数年の間に吉原市街地にまで急速に拡大し、40年からは浮島原の沼川沿岸にも及んで、その面積は10 km²にも達した。

田子ノ浦から吉原市街地にまでに拡大した塩水化は、大きな季節の変動を繰り返して増大し、沼川沿岸の塩水化は、季節の変動をほとんどしないで漸増するという、それぞれに異なった特徴をもっている。

しかし、42年以降は水位の変動には無関係で、塩水化の面積はほぼ一定となってきた。これは、おそらく和田川筋に拡大していた塩水化がほぼ停止したためで、地下

水利用適正化の目的で設立された「岳南地域地下水利用対策協議会」の成果のあらわれと考えられる。そして、44年の初めには、例年になく塩水化の範囲と塩分量とが減少している。これは、43年12月から44年2月にかけての降水量が490 mmで、例年の2.5倍もの量になったためであろう。

塩水化が好転したのは、吉原市街地である。しかし、42年と43年の降雨の傾向をみると、梅雨時に少なく冬期に多い、降水量が毎月平均化してきた、などの例年にはあまりみられなかった特徴がある。このために、例年では塩水化の範囲は、冬に拡大し夏に縮少する傾向をみせていたが、降水量が平均化すると、冬と夏の範囲が次第に等しくなる傾向に変わるものと考えられる。

塩分量が季節の変動を繰り返す帯水層は、富士熔岩であり、季節の変動がほとんどない帯水層は、愛鷹火山砂

礫である。これらの地下水は、地下水学的には、裂カ水と地層水との相違によるものである。また、塩水化の発生は、水文学的原因によるもので、ここ十年近くにおわたってつづいている。地下水の起源である降水量の減少と被圧地下水の汲み上げの増加による、水収支の不均衡に起因するものである。

協議会の取水基準にしたがうと、塩水化地下水の代替水源は、深度 150 m 以深の被圧地下水であるから、現在もっとも深い井戸は、250 m にも及んでいる。

井戸の掘さく試料によると、富士熔岩の下位には、湖成堆積物とみられる泥質層があり、そして富士火山系の砂礫層とつづく。泥質層の分布は、井戸の密度が低いために正確ではないが、ほぼ潤井川沿いに発達していて、もっとも厚いのは富士市街地の東部と考えられる。

愛鷹火山砂礫層が帯水層となる和田川以東の浮島原では、150 m 以深の井戸は、山麓を東西に走る根方街道沿いで、密度が高い。ここには、数枚の火山灰質層がある。そのなかに、ときには厚さ数 m にも達する火山灰質層があり、井戸掘さく時の電気検層にも、顕著にあらわれている。沢村孝之助技官によると、「同層は紫蘇輝石安山岩質火山灰で、箱根火山にもあるが、ここでは愛鷹火山系と考えてよからう」、ということである。同層は、電気検層に基づいて追跡すると、沼川流域に広く分布し、山麓から海岸の方向に向かって深くなり、その勾配は約 1/20 である。また、同層は富士熔岩が分布する和田川沿いにも存在するが、精細については詳かでない。

上記の火山灰層は、地下水利用上、重要なキーベッドとなっている。すなわち、それより上位の火山砂礫層は、塩水化していて、硬いのに対して、下位の火山砂礫層は、地下水圧が高く、かつ良質、そして軟かい。したがって、下位層からの取水に際して、火山灰層は水井戸完成時の遮水層としての役目も、きわめて大きい。

地下水位の観測記録にあらわれている、熔岩帯水層と下位の火山砂礫層の水文学的相違は、次のとおりである。

1) 熔岩帯水層の水位は、季節的変動が大きく、豊水期と渇水期とでは 2~2.3 m の差がある。5月の初め、盆、正月などの長時間にわたる揚水停止時には、水位が上昇し、とくに水位上昇が大きい正月には、1.1~1.5 m の上昇がみられる。そして、水位の最高は、地下水の汲み上げが停止した日から、1~2日おくれであらわれる。

2) 150 m 以深の火山砂礫層の水位は、季節的変動が小さく、豊水期と渇水期とでは 0.5 m 程度である。休日、5月初め、盆、正月には水位が急上昇し、水位上昇がもっとも大きい正月には、3 m 以上も上昇して、自噴状態となる。また水位が最高となる時間は、汲み上げが停止した日の中に、あらわれている。なお、富山火山系の地下水位は、愛鷹火山系の水位よりも高い。これは、帯水層の透水性や地下水系統の違いによるものであろう。

(応用地質部)