

## 資 料

553.311 : 551.72+553.311 : 551.781.5+553.311(532)

### サウディ・アラビアの鉄鉱床

平 山 健\*

#### Iron Ore Deposit in Saudi Arabia

By

Ken HIRAYAMA

#### Abstract

Geology of the three types of iron ore occurred in Saudi Arabia was briefly discussed on the literature and on some new data. Three types are hypogene magnetite in the Precambrian at Jabal Idsas, sedimentary oolitic hematite in Oligocene age at Wadi Fatima and syngenetic bedded jaspilite of the Lake Superior type in Wadi Sawawin. Genetical consideration was added for the development of the iron ore. At present, 6 million tons of magnetite ore (Fe 55 percent), 45 million tons of hematite ore (Fe 45 percent) and 350 million tons of jaspilite (Fe 45 percent) are estimated at Jabal Idsas, Wadi Fatima and Wadi Sawawin respectively.

#### はじめに

近時わが国経済の発展は衆知のようにめざましいものがあるが、発展の基礎となっている鉱産資源はますます不足となり、国産資源をもってしては到底需要を満たすことができず、その大部分を海外からの輸入に依存している。したがって各種の重要基礎原料の長期にわたる、しかも低廉な輸入を安定して確保することはわが国の経済にとって重要な問題である。海外における鉱産資源の開発ならびにその獲得は世界の先進国、ことに重工業国においては火急の問題とされ、とくに第2次世界大戦以後の各国は未開発地や低開発国の鉱産資源の獲得に狂奔している状態であり、低開発国の主要資源の大部分がすでに欧米系の大資本の手中に落ちている感の深いこともまたよく知られている事実である。立ちおくれの気配の濃いわが国も、各分野を通じて海外資源の確保に努力し、ある程度の成果をあげてはいるが、すべての点にわたって好条件の海外資源を十分に確保することは非常に困難であることが予測されるので、将来の事情を考慮し、わが国の経済の基礎を支える海外資源を確保するためには、現在では多少不満足な条件下にはあっても、低開発地域に有望な資源を探索し、その開発技術の促進とあいまってわが国への輸入資源とすることは、われわれに課せられたもっとも重要な課題であろう。

他方低開発国においては鉱産資源の開発も他の工鉱業

と同様全面的におくれ、自国の技術をもってしては到底世界の水準に達することが困難なため、国によっては鉱産資源の調査・開発の技術、経費の導入などを強く希望している。

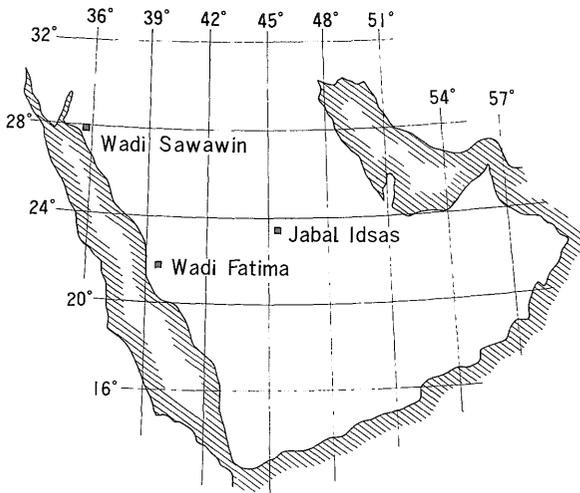
ここに述べるサウディ・アラビアもその一つで鉱産資源の開発を強く望んでいる。アラビアの鉄鉱床はそのほとんど大部分が灼熱の砂漠地帯にあって、水資源の不足、器械力、労働力の不備など、開発実施にあたっての困難は強く考えられるが、一部の鉱床は量質ともに輸入対象として考慮するに充分足りると思われ、これが開発されればわが国にとってもまたサウディ・アラビアにとってもきわめて意義深いものと思われるのでその概略を記述して参考に資する。

#### 緒 言

サウディ・アラビアが近代文明の曙光をあびる以前、アラビア半島の一部ではすでに鉄を使用しているいろいろな器具を作ったことが知られており、例えばイエメン(YEMEN)ではきわめて優秀な刀剣が鉄を使って作られたといわれている。その材料となった鉄は紅海沿岸の海浜の砂鉄が使用され、珊瑚礁から得られた石灰物質とともに製錬されたようである。

20世紀の開扉とともに各種の鉱産資源の探索に近代的な科学技術が導入され、ことに地質学が鉱床の賦存状態を知るうえで有効に使われるようになった。しかし実際に地質学を基礎として各種の鉱床の探索がはじめられた

\* 地質部, 海外地質協力室



第1図 鉄鉱床位置図  
Index Map

のは第2次世界大戦以後であり、漂砂鉄床のみならず、各種の鉄床についての調査も進められ、鉄鉱床についていえば有望とみられる鉄床が地質学的調査や地球物理学的な調査によって知られるようになった。

現在までに鉄鉱床として有望視されているのは次の3地域のものである(第1図参照)。

1. Jabal Idsasの前カンブリア紀の閃緑岩類に賦存する磁鉄鉱。
2. Wadi Fatimaの第三紀・漸新世の地層に賦存するooliticな赤鉄鉱。
3. Wadi Sawawinの前カンブリア紀変成岩類中に賦存するジャスピライト(Lake Superior type)。

以下にこれらの3地域の鉄鉱床について述べるが、この記述は主として巻末の諸文献によって作成されたものであり、とくに1966年—1967年サウディ・アラビア政府の招へいで現地におもむき、サワウイン地域の鉄鉱床の調査を実施した日本地質調査団員諸氏が得た貴重な資料、およびその作業に負うところが多い。ここに記して感謝の意を表する。

### JABAL IDSAS 鉄床

Jabal Idsas 鉄床は北緯23°20′, 東経45°10′, アラビア半島のほぼ中央に位置し、地質学的には前カンブリア紀層で形成された基盤地域の東縁部にあたる。したがって地域を構成する岩石はすべて前カンブリア紀に属し、最古のものはAbt schistと呼ばれる火成源および水成源の変成岩類で、その構成岩類は花崗岩類, 片麻岩類, 角閃岩類および一連の結晶片岩類である。変成度の高い結晶

片岩は鉄床付近には露出せず、変成度のやや低い緑色片岩相の結晶片岩が存在している。その構成岩類は珪岩・グレイワック・晶質石灰岩・白雲石灰岩・千枚岩および火砕岩などである。これらの弱変成岩類, たとえば珪岩は若干の細粒状の鏡鉄鉱を含有している。白雲石灰岩は細粒ないし中粒で、結晶質, 部分的には珪化し、ときに石英脈で切られている。この岩石もまた若干の赤鉄鉱を含有している。泥質の千枚岩はこの地域の南東部に分布し、烈しく褶曲し、磁鉄鉱・赤鉄鉱の薄層を介在している。地域の北方にはカンラン岩・蛇紋岩・輝岩など一連の超塩基性岩石が、最古の結晶片岩を明らかに貫いて露出している。この超塩基性岩中には若干のクロム鉄鉱がみられるが経済的価値はない。超塩基性岩石は一部では花崗岩類や噴出岩類で貫かれている。花崗岩類は酸性のものから塩基性のものまで各種にわたっているが、それら各種の岩類の成因的な相互関係は現在明白にされていない。この深成岩類には、より古い時代の岩石が捕獲岩として数多く含まれており、またときには灰色ないし黒色のシュリーレンが、波状にまた線状に不規則な形のシートや細かいレンズ状体として含まれている。噴出岩類は花崗岩類と密接に関連して分布し、ときに両者は混ざり合い本来の岩質を確認することが困難な場合も多い。本地域を調査した地質家のある人々が、“閃緑岩質安山岩”とか“斑岩-安山岩”などの名を使ったのはこのような理由によるものと思われる。噴出岩類は玢岩・斑状安山岩・安山岩・石英玢岩・角斑岩およびスピライトなどである。地域の南西部には前カンブリア紀後期の礫岩が分布している。この礫岩は塩基性岩・片麻岩・変成作用を受けた堆積岩・花崗岩および火山岩, 若干の含鉄岩などの大小の礫を含有しており、また酸性の侵入岩の岩床や岩脈によって貫入されている。礫岩中やその付近には数多くの圧砕帯や断層があり、当地域全体の複雑な岩石分布や地域の地質構造は侵入岩や噴出岩の生成や構造運動によって構成されたものと思われる。地域全体の岩石学的調査は現在のところ不完全でさらに詳細な調査研究がのぞまれている。

この地域にみられる鉄鉱は赤鉄鉱(鏡鉄鉱を含む)および磁鉄鉱の2種類である。赤鉄鉱は前述のように変成作用を受けた堆積岩中に主として生成している。この赤鉄鉱は前カンブリア紀層が堆積した時に同生的に生成したものと思われ、岩層面に沿って散った粒状鉱として、または同じく層面に沿った薄層としてみられるが、この鉄鉱は小規模で稼行の対象とはならない。磁鉄鉱は超塩基性岩や侵入岩・噴出岩中に細粒となって散在したり、レンズ状に存在し、稼行の対象となるものは侵入岩・噴出

岩中のまとまったもののみである。所によってはこの侵入岩噴出岩は混じりあい、その結果前記のように混じりあった一岩体を形成することもある。したがってこの岩体の性状は変化に富み、優白色部と優黒色部が不規則な分布を示して混在している。この複雑性はもちろん混じり合った原岩の性質によるものと思われるが、それに加えて岩体形成途上の分化や交代作用も強く影響しているものと思われる。たとえばこの地域にみられる優白色の単鉄鉱の灰曹長岩は周囲の花崗岩類または閃緑岩類との境界が不明瞭で両者は混じりあい、交代作用によって両者の間に物質の移動があったことを考えさせ、分結作用や交代作用の産物として生じたものであろうと思われる。磁鉄鉱の一部も同様に部分的な交代作用によって周囲の岩石から分結した産物であるかも知れない。磁鉄鉱の周囲に緑簾石が小さな脈状部として、または集合してパッチ状に存在することが多いのは注目に値する事実で、この緑簾石の存在は交代作用を考えずには説明しがたいものであろう。しかしながら、現在の段階では磁鉄鉱を含有する岩石の岩石学的、鉱物学および地球化学的な研究が不十分で、それらの分野の研究は今後の問題として残されている。現在までの段階では当地域の磁鉄鉱は多数の地質学者によって岩漿に直接その源を發した典型的な鉄床と考えられている。

当地域の鉄床の一部の地質図を第2図に示した。この図は Idsas 地域の北西部にあるもので主要鉄床は南東部に存在している。地質図が示すように磁鉄鉱はいろいろな不規則な形のレンズ状体、網状体、または細脈状に賦存している。地質図では母岩の大部分が酸性閃緑岩として着色されているが、酸性閃緑岩という名称は優白色から優黒色に及ぶいろいろな種類の岩石を含み、部分的には塊状、片状で非常に複雑である。磁鉄鉱は深成交代源と思われるが、上昇熱水鉄液が岩漿そのものから出たものか、または他にその源があるものかは明らかにされていないし、また鉄分のどの位の量が岩漿から直接もたらされ、どの位が母岩からもたらされたかも明瞭でない。

地質図に示した地域内の鉄量は約 200 万 t (鉄分65%として)とみつめられる。主要鉄床はさらに南東部にあるから Idsas 地域の全鉄量はさらに多く、詳細な調査は未完了であるが、約 600 万 t (鉄分55%として)以上と推定される。

#### WADI FATIMA 鉄床

Wadi Fatimaは北緯21°30′、東経39°35′付近、すなわちジュッダ市とメッカ市の中間に位置する。

地質学的には本地域は前カンブリア紀の各種岩類とそれらを不整合に覆う漸新世の含鉄堆積岩類とからなっている。基盤をなす前カンブリア紀層は前カンブリア紀前期に属するものと後期に属するものとに分けられる。前期の岩類は角閃岩類およびジュッダ層とそれを貫く若干の噴出岩・花崗岩類などで構成されており、後期のものは前期の諸岩類を明瞭な不整合で覆うファティマ層と、さらに全体を貫く後の時代の花崗岩類と少量の噴出岩によって構成されている。

ジュッダ層は主として深成岩および噴出岩からできた変成岩類で、ファティマ層は火砕岩・グレイワック・泥岩・砂岩・白雲石灰岩および礫岩などに由来した変成堆積岩である。角閃岩類とジュッダ層はともにファティマ層に覆われているが、両者の時代的關係は明らかにされていない。大部分の花崗岩類はファティマ層生成以前に侵入したものであるが、一部は後期の噴出岩、岩脈と同様にファティマ層を貫いている。当地域の前カンブリア紀の岩石は、ファティマ層が特徴的に紅色を示している以外の点ではアラビア-ヌビア地方の基盤を構成している同時代の岩石とほぼ同様である。これらの前カンブリア紀の岩石は化学的に研究されていないが、鏡下の観察ではほとんどすべての岩石が鉄成分にとみ、ことにファティマ層中の変成堆積岩が鉄成分にとむといわれている。Wadi Fatima の鉄鉱床を形成した鉄分の源を考察するために、Wadi Fatima周辺の前カンブリア紀層に含まれる鉄分を調べてみると、Wadi Fatimaの北東約 100 km の Wadi Siyah に露出している前カンブリア紀層が磁鉄鉱・赤鉄鉱などとしてとくに多量の鉄分を含んでいる。また Wadi Siyah の北方約 40 km の Wadi Sitarah でも同様にそれらの鉄鉱石が含まれていることが知られている。Wadi Sitarahの角閃石花崗閃緑岩中には1mの幅で数100mの長さの磁鉄鉱体があるという。またその付近の Al Mahroryah の空中磁気探査の結果には典型的な 600 gamma の異常値が出て、これによって閃緑岩は細粒として散った多量の磁鉄鉱を含有していることが確かめられている。GOLDSMITH, R. (1966)によれば Wadi Fatima の 170 km 東方の Ma'milah には長さ 9 m 以下のレンズ状の赤鉄鉱・石英・赤鉄鉱・ジャスピライトの薄層などが、また Ma'milah の近くの Hawiah には幅 9m の赤鉄鉱のレンズや褐鉄鉱を含んだ岩石などが観察されることである。このような前カンブリア紀のまとまった含鉄岩は Wadi Fatima の鉄鉱床の原岩として考えるにはあまりにも小規模で、また Wadi Fatima から遠距離にすぎようである。したがってこれらの含鉄層のみを原岩と考えるのは不適當であろうが、前カンブリア紀の

岩石全体に細粒となって含まれている鉄の成分は相当多量と思われるので、このような鉄分が溶解して再沈殿することを考えれば全体としては相当量の含鉄層を構成するに十分な鉄の量が含まれていたと考えられる。

前カンブリア紀層中の珪質、礫土質成分については論議する必要はないであろう。泥質および珪酸質の堆積層のみならず変成作用を受けた火成岩の中にもそれらの成分は相当に含まれている。このような成分が熱帯性、または亜熱帯性の気候の下で化学的な風化や分解をうけて流水によく溶解することは明らかである。鉄は酸化第2鉄のコロイド水溶液となってたやすく運ばれ、そしてほとんどの鉄分はこの形で海に達する。したがってこの地方では海水中の鉄分、珪酸分およびアルミナの成分は他の海に較べて異常に多く、ことに海がせまい海盆とか潟として限られている場合にはそれらの成分を容易に沈殿させるほど濃度が高くなることも容易に考えられる。

前カンブリア紀層を不整合に覆い、本地域の含鉄層となっているシュマイシ層は砕屑状の堆積層で、おそらく漸新世に属するものである。この地層は Wadi Fatima の周辺に小さな丘陵を作って散在し、岩質ならびに構造的關係から下部、中部および上部の3部層に区分される(第3図)。主要な構成岩種は砂岩・シルト岩・頁岩・含細礫砂岩・チャートおよび火砕岩で、それらの間に後述するような鉄鉱を介在している。本層の最上部は上限が不明な玄武岩層で覆われていて、この玄武岩層を除いた地層の全厚は50~300mである。下部層は主として砂岩で構成され5m以下のシルト岩や頁岩をはさんでおり、上部に近い部分に20cm以下の薄い鱗状赤鉄層をはさんでいる。層厚は15~130mであるが部分的には15m以下の所もみられる。中部層は下部層を整合に覆い、主として2層の鱗状赤鉄層からなっており、その間に砂岩・シルト岩および頁岩を介在している。中部層の全厚は8~60mで、そのうちの4~8mが鉄鉱で占められている。上部層は中部層を整合に覆い、砂岩・シルト岩・頁岩・凝灰岩およびチャートで構成されている。最上部のシルト岩とチャートは腹足類および斧足類の化石を含有している。上部層の厚さは25~110mである。

シュマイシ層の構造は簡単である。走向は北北西で東方へ15~30°の角度で傾斜し褶曲はみられず、変位の少ない小断層が北西または北東の方向で地層を切っている。

第3図に地域Ⅰの中の第九丘陵にみられる露出の地質図を示した。ここではシュマイシ層は前カンブリア紀後期の花崗岩類の侵食面を不整合に覆っている。不整合面はほぼ南北の走向で東方へ20~30°の傾斜で傾いており、

シュマイシ層は介在している鉄鉱石によって3部層に分けられる。地域は小断層によって切られ、鉄鉱の露頭はやや複雑な状態を示している。

シュマイシ層の鉄鉱と母岩の関係を要約すれば次のようである。

a) ほとんどすべてのシルト岩は非常に細粒な円形の含鉄物質からなっている。

b) 火砕岩も若干の含鉄物質を含む。

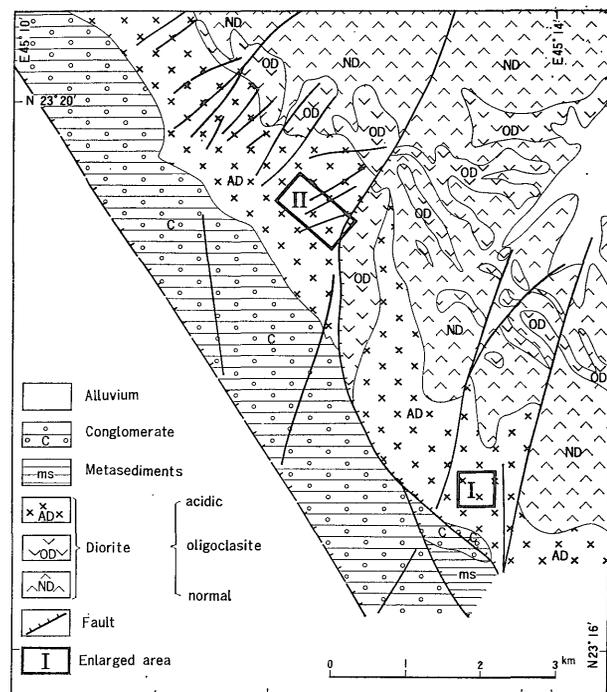
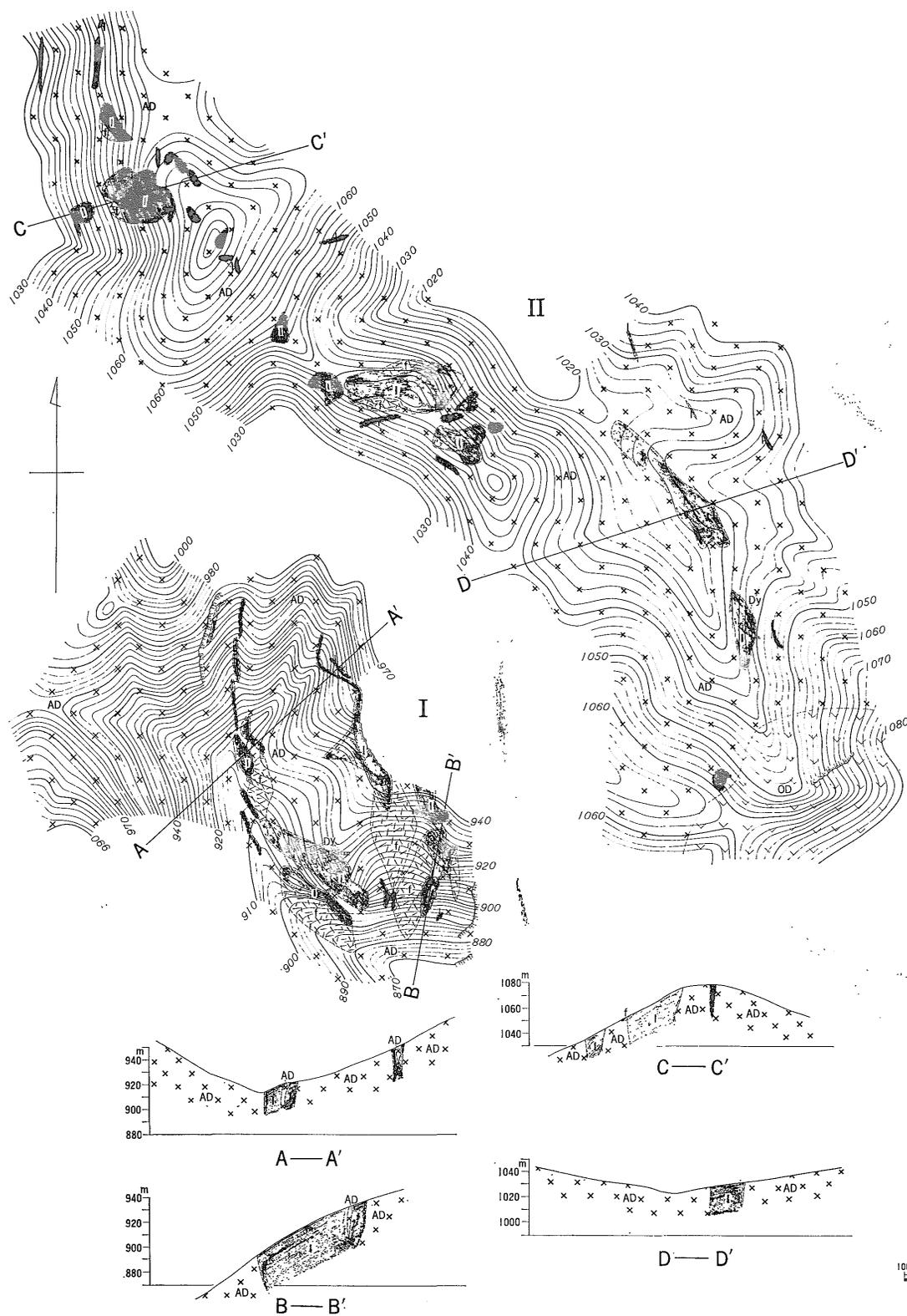
c) 頁岩中には黄鉄鉱が細粒として散在し、同時に不規則な形の集合体として、または団塊としてわれ目に沿って見られ、さらにときには鉛筆のような形に、円筒状などにみられる。

d) 含鉄物質は頁岩・砂岩および礫岩中にも含まれている。

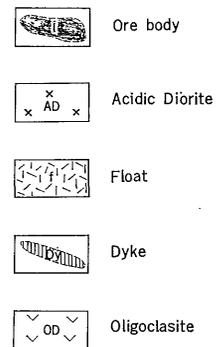
このような事実からみるとシュマイシ層は浅い、水のゆれうごく海中に堆積した海成層であると考えられる。偽層が存在すること、漣痕が残っていること、砂岩の淘汰のわるいこと、礫岩から砂岩を経てシルト岩への移化、またはその逆方向の移化、厚さの側方への変化、岩石の特性、ゆりうごかされ、波のある海中にできたと思われる鱗状岩、海水と淡水が存在した証拠と思われる腹足類と斧足類の化石の存在などは明らかにシュマイシ層が、北北西の方向をもった狭い海盆に堆積したことを示している。要約すれば古生代、中生代の長い地質時代の後、シュマイシ層は漸新世の動物を含みながら海盆中に堆積したものであり、またその海盆はかんけつ的に水深を変えながら沈降し、後の時代に全地域にわたって隆起、海退が起こり、それに伴って場所によって淡水湖も生じ、そこには漸新世の動物をもつ淡水性の堆積物が海成層の上に生じたと考えられる。

鱗状部分には2種類のものがある。円形の赤鉄鉱は2層として鉄分を含んだシルト質のマトリックス中に固結したもので、その性質やそれを含む地層の傾斜、厚さなどは場所によって異なる。他方、一部の鱗状部分は赤い針鉄鉱の回転楕円体状の粒子(0.2~1.6mm)とマトリックスとからなり、マトリックスは細かい砂質、赤鉄鉱質の物質と粘土質物質の混合物である。Al-SHANTIは彼の1966年の報告書に International Planungs-Und Consulting G.m.b.H. の報告書から引用して次のように述べている。

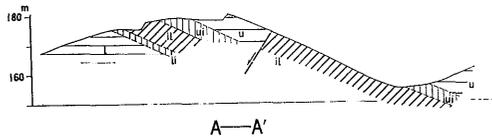
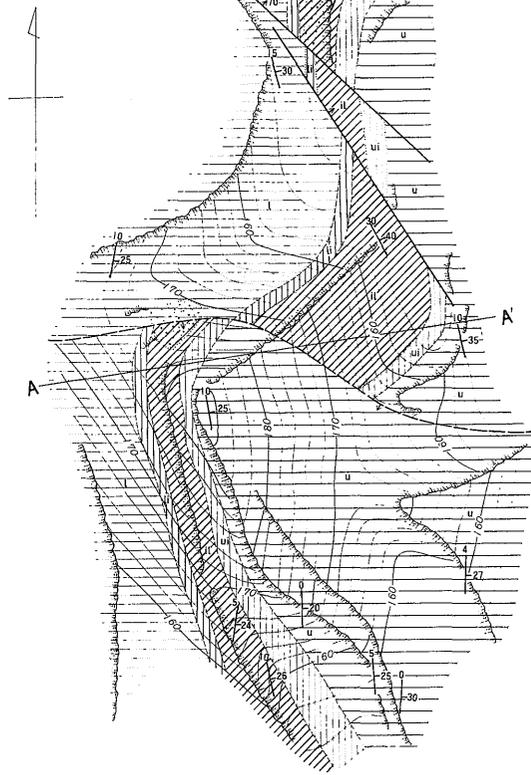
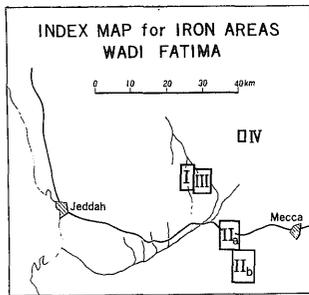
“鱗状の部分にみられる鉱物は針鉄鉱、水赤鉄鉱と褐色の赤鉄鉱のゲルと石英であるが、水赤鉄鉱と褐色の赤鉄鉱が量的にはきわめて多い。粘土鉱物は確かに存在していたと思われるが、すでに完全に分解し多分アルミナゲルになってしまっているであろう。鱗状構造は時に



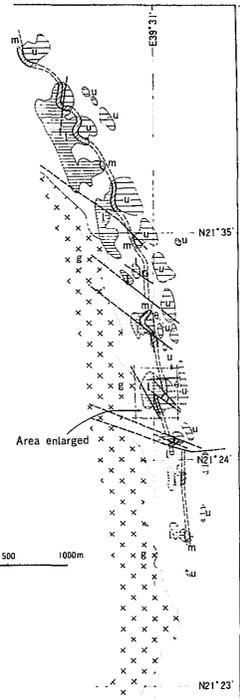
**LEGEND**



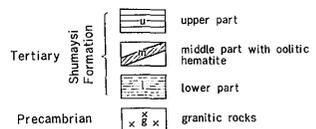
After V. P. Kahr and M. Hosono, modified by K. Hirayama and M. Iso  
 第2図 IDISAS 地域の地質図  
 Geologic map of Idsas District



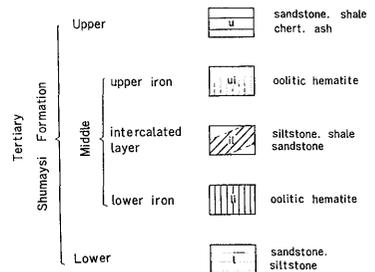
After A. Al-Shanti and M. Hosono, modified by K. Hirayama and M. Iso



SKETCH MAP of AREA I



LEGEND



第3図 WADI FATIMA 地域の地質図 (I地区の第九丘陵)  
Geologic map of WADI FATIMA district (Hill No. 9 in the area I)

あまりよくあらわれていないこともある。鍾状部分の中心には核として時に石英が、また時には水赤鉄鉱が、さらに時には赤鉄鉱があり、その周囲には褐色の赤鉄鉱とアルミナゲルの縞状部が、水赤鉄鉱や針鉄鉱の縞状部分と同様に同心円状に発達している。時に鍾状部は圧縮によって楕円形になっているが、破碎されている場合は少ない。この部分には気孔が多くそれほど堅硬ではない”。

鍾状の赤鉄鉱の成因は次のように考えられる。すなわちシュマイシ層の中部層が堆積した当時、海中には強い波動とそれに伴った水の動きがあって、水中にコロイドとして存在したアルミナゲルや水赤鉄鉱を石英粒とか赤鉄鉱粒の形で核に結着させたのであり、コロイド状の水赤鉄鉱やアルミナゲルが同心円状に核の周囲に結着して沈殿したのは動きのある水中で回転したためであろう。シュマイシ層に含まれる鍾状部の大きさや鉄の含有量、周囲の部分の性質、層全体の厚さなどが場所場所によって異なっているのは多分堆積の条件の差に左右されて生じたものであろう。

鍾状赤鉄鉱生成の源となった赤鉄鉱・アルミナ・石英などは既述のように古くから当地方に存在した前カンブリア紀層中に含有されていたものであろう。前述のようにこの地方に広く分布している前カンブリア紀の岩層中の鉄の量は相当量の鉄鉱床を形成するに充分と思われる、また含アルミナ鉱物や石英も充分であったろう。このような性質をもった前カンブリア紀層が古生代、中生代の間に熾烈な熱帯、または亜熱帯の気候の下で化学的な風化作用で分解し陸地の流水に溶解した。したがってこのような条件のもとでは流水の成分は鉄鉱石を形成するに充分な鉄・珪酸・アルミナなどの成分を溶解していたはずであり、それとともに風化、侵食された前カンブリア紀層上に生じた狭く限られた海盆は浅く、空気の流通のよい海水をもって、鍾状の赤鉄鉱の生成の好条件となったと思われるのである。

当地方の鉄の鉱量は Al-SHANTI によって量質ともに良好な、地域Ⅰと地域Ⅱ a の北部について計算されており、地域Ⅰでは鉄成分45%として約3,000万tが、また地域Ⅱ a の北部については鉄成分48%のものが1,700万tとみつもられている。

#### WADI SAWAWIN 鉱床

Wadi Sawawin 地域はアラビア半島の北西部にあって、北緯27°50′～28°20′、東経34°45′～36°10′の地域を占めており、Al Bad', Al Muwaylih の両図幅がそれぞれ地域の一部を覆っている。

広義のサワウイン鉱床は2つのおもな鉄鉱床地区、す

なわち Ash Sharma と Sawawin および周辺に散在する約8カ所の小鉱床を含む。ここにはサワウイン鉱床の代表として Sawawin 地区をとりあげ、これについて述べる。

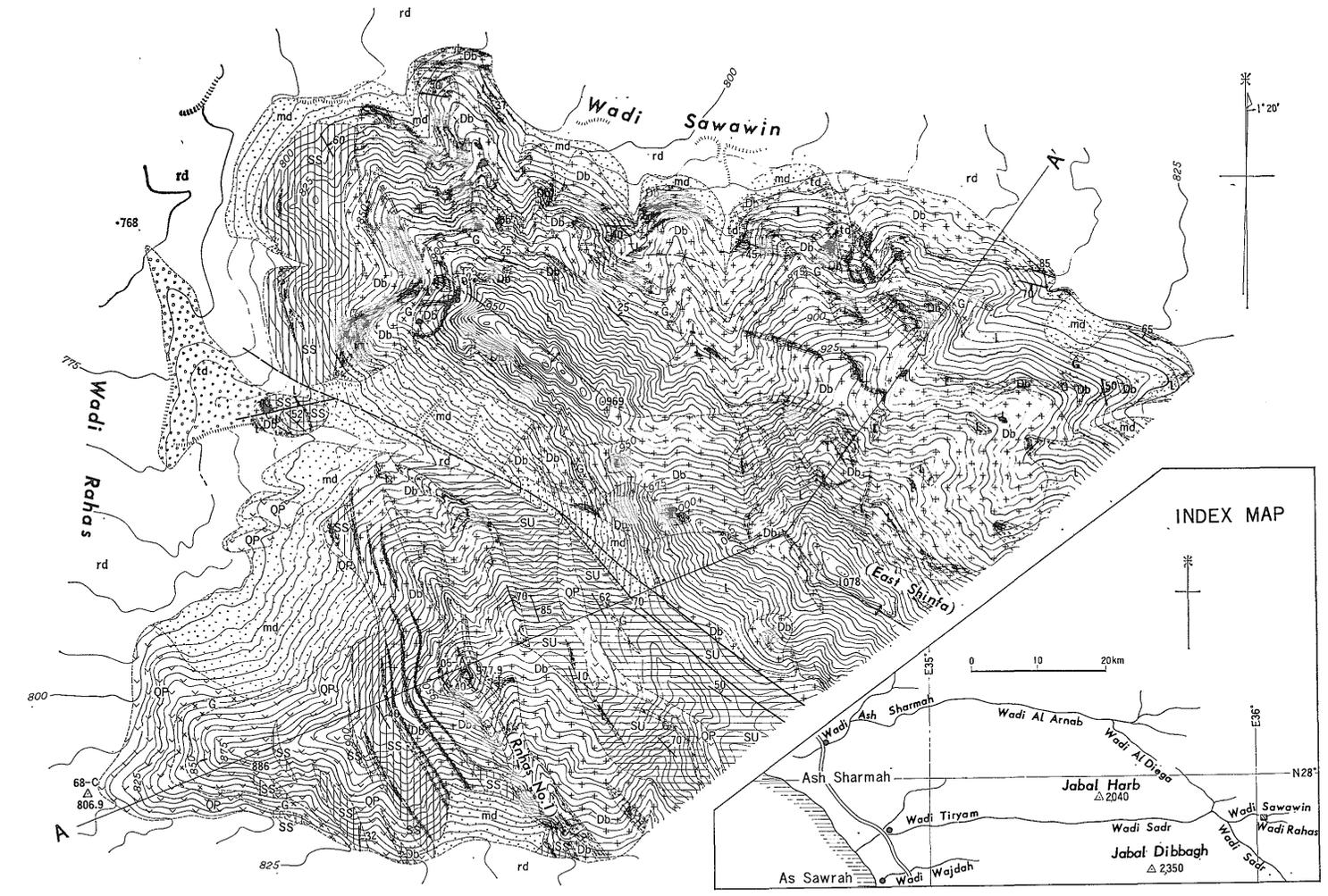
現在までに作られた地質報告書にはサワウイン地区は前カンブリア紀のシレジア層（またはシレジア層と緑色岩層）とそれを貫く前カンブリア紀の侵入岩類とで構成されていると記されている。化石の産出がないためこれらの岩石の正確な時代は不明であるが、われわれの調査でもこれをくつがえすような結果は得られていない。BOGUE, R. C. は Jabal Shar の南のシレジア溪谷に広く分布する岩層にはじめてシレジア層の名称を使用した。その後1966年に JOHNSON, R.F. と TRENT, V.A. はシレジア層の区分について新しい見解をたて、BOGUEのシレジア層を変成作用を受けた火山岩・火砕岩類からなる緑色岩層と部分的に変成作用を受けた堆積岩層からなるシレジア層とに分けた。彼らの見解によればシレジア層は緑色岩層の上部にあって、一連の火山起源の岩層中の堆積相にすぎないであろうとのことであった。

著者はサワウイン地区での観察にもつき JOHNSON等の緑色岩層とシレジア層をそれぞれ、シレジア層の下部、上部として取り扱うことにした。

1963年に出版された BS. C., R. A. の Wadi as Sirhan 図幅によれば、Ar nab 溪谷上流に露出する緑色岩層の岩石の絶対年代は 61,500 万年と書かれている。全体としてみるとシレジア層は BROWN, G. F. と JOHNSON, R. F. (1962) の Hali schist に相当すると思われるが、現在までにはその両者の層位学的な関係はまったく知られていない。

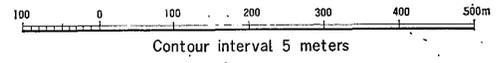
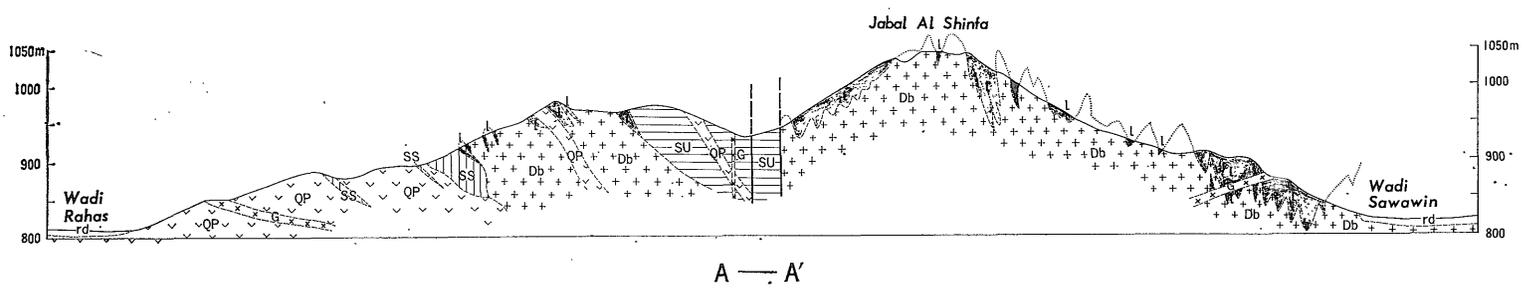
シレジア層は珪礫質・珪質・石灰質などの堆積岩とそれに伴う噴出岩・火砕岩などで構成されている。おそらくシレジア層は北西に長くのびた亜地向斜、または海盆に粘土・砂、大小の礫などが石灰質とか凝灰質の物質を伴いながら堆積したものであって、海底火山からの火山岩類やある種の侵入岩も含まれており、さらに鉄鉱床の源となった鉄成分や珪酸は海水に溶解して含まれていたにちがいない。シレジア層は最厚 2500m(?) と思われるが、火成岩類の侵入、風化、侵食などによる形態の変化がはげしいため、正確な層厚の測定は困難である。

下部シレジア層は主として安山岩質凝灰角礫岩や変成作用を受けた安山岩で、少量の緑色凝灰岩・流紋質角礫岩・凝灰岩・砂岩・スレートなどを介在している。全層厚は約1100mである。緑泥石や緑簾石の結晶が散在しているが、片理や構成鉱物の方向性をもった配列は不明瞭である。上部層は下部層の上に整合に重なり、地域の半



LEGEND

- |             |                                   |                       |   |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------|---|
| Quaternary  |                                   | Mountain debris       |   |
|             |                                   | River deposit         |   |
| Precambrian |                                   | Terrace deposit       |   |
|             |                                   | Dike of granitic rock |   |
|             |                                   | Quartz porphyrite     |   |
|             |                                   | Metadiabase           |   |
|             | Upper member of Silasia Formation |                       | Sandstone, slate, tuff and tuff breccia |
|             |                                   |                       | Iron ore body                           |
|             |                                   |                       | Sandstone and slate                     |
|             |                                   |                       | Strike and dip                          |
|             |                                   | Anticlinal axis       |   |
|             |                                   | Synclinal axis        |   |
|             |                                   | Fault                 |   |
|             |                                   | Control point         |   |



After S. Higashimoto, modified by K. Hirayama and M. Iso

第4図 WADI SAWAWIN 地域, EAST SHINFA-RAHAS 地区の部分地質図  
Geologic map of apart of the EAST SHINFA-RAHAS area, WADI SAWAWIN district

分以上を占めている。上部層は砂岩・頁岩・ジャスピライト・砂質凝灰岩・スレート・角礫岩・礫岩および少量の石灰岩からなっている。上部層の全層厚は約1200mである。層理は明瞭で後の構造運動や火成岩の侵入の影響を受けていない地域ではスレートや含鉄層の側方への連続性が強い。ときには緑色片岩程度の広域変成作用を受け、この部分では通常絹雲母・緑泥石や緑簾石が生成しており、片理や構成鉱物の方向配列が明瞭にみられる。場所によっては圧砕によって生じた劈開が層理を切って生成している。後の時代に侵入した閃緑岩や花崗岩による明瞭な接触変成作用の影響があり、接触部の近くではホルンフェルスが生じている。

シレジア層が堆積した当時、海盆の底には片麻岩とか花崗岩のようなより古い岩石が存在したであろう。したがってこのような古い岩類がこの地域にも存在したであろうし、また現在も存在する可能性があるが、その存在は後の時代の火成岩類の侵入で不明瞭にされてしまっている。地域の周辺に露出する花崗片麻岩や圧砕された花崗岩は構成鉱物が方向性をもつなどの形態からシレジア層よりも古い岩石であるとの疑いもあるが、後の時代の火成岩類にもその侵入が造構造運動と同時性のものであって片麻岩状を呈したり、また圧砕された可能性もあり、さらにその侵入時には岩石の同化作用や再溶融もあったと思われるので、絶対年代の測定を有効に利用する以外の方法でシレジア層より古い岩石を確認することは困難と思われる。

前カンブリア紀の侵入岩は塩基性から酸性のいろいろな種類にわたっている。輝緑岩で代表される塩基性の侵入岩はシレジア層中に整合状に、ときには不整合状に侵入しており、後の時代の運動や酸性侵入岩などの影響で部分的には変輝緑岩に変化している。そのあるものは明瞭な方向性を持ち、片麻岩のようにみえるものもある。前記の最古の片麻岩があった場合、このような片麻岩状の岩石との区別は困難と思われる。この例のようにほとんど大部分の侵入岩の新旧の区別は非常に困難であるが、局部的には花崗片麻岩や圧砕された花崗岩の中にみられる片麻岩状の構造が、それと接している花崗岩中にはまったく見られない場合もあり、さらに構成鉱物の組合せや特徴、組織、岩石自身の分布の状況などが他の花崗岩類とまったく異なる場合もある。時代の不明瞭な花崗岩類のほかにシレジア層や塩基性侵入岩を明らかに貫く新しい花崗岩類も多い。しかしこの花崗岩類個々の侵入の時代的關係は多くの場合明らかでない。このような酸性侵入岩のなかの中央花崗岩 (von GAERTNER, H.R., et al., 1954) は K-Ar 法によって絶対年代55,000万年, Rb-Sr

法では 66,000 万年とされている (BRAMKAMP, R. A., et al., 1965)。前述のように下部シレジア層 (JOHNSON 等の緑色岩層) の絶対年代は 61,500 万年と記されているので、絶対年代測定値だけからみれば一番新しいと思われる花崗岩とシレジア層との時代の関係は明らかでない。しかし野外の観察ではこの花崗岩はシレジア層に侵入しているようである。侵入の影響は他の花崗岩・閃緑岩の場合と同様、混成作用や熱変成作用としてあらわれ、一部にはホルンフェルスや鏡鉄鉱を生じている。塩基性ないし酸性の侵入岩がくりかえして侵入したことによってシレジア層の一部は複式的変成岩 (polymetamorphite) になっている。

多くの種類の岩脈が古い岩石を貫いていてそれは閃緑斑岩・花崗斑岩・石英斑岩および半花崗岩などである。

サウイン地域の一部の地質図を第4図として示した。この地域では含鉄層は山の斜面や脊梁に露出している含鉄層と他の岩層との関係は明瞭にこの図にみることができる。サウイン地域の全鉄床は地質学的には同型であるから、この図から他の鉄床の地質の状態も推量しうるであろう。

サウイン地域はアフリカ大陸の基盤となっている Nubia の前カンブリア紀層が紅海の裂谷によってわかれた前カンブリア紀の基盤で構成されている。後の時代の堆積岩はほとんど露出せず、したがって前カンブリア紀の終わり以後の長い地質時代におけるこの地域の地質史を知ることはほとんど不可能である。しかしながらこの地域の東方に水平に分布し、褶曲のはげしい前カンブリア紀層を明瞭な斜交不整合で覆う古生層はこの斜交不整合の成立した後この地域にははげしい造構造運動がまったく起こらなかったことを示している。確かにこの地域は前カンブリア紀の終わりから以後の時代を造構造運動を受けることなく、他の大陸の多くの前カンブリア紀層と同様に静かに過したにちがいない。したがって前カンブリア紀層 (含鉄層をも含めて) は全体としては前カンブリア紀の時代の造構造運動と変成作用を受けたのみであるということが出来る。前カンブリア紀に起こった造構造運動と変成作用の結果、岩石は物理的にも化学的にもその姿を変化させずに相違なく、物理学的な変化では褶曲が一番顕著な現象としてあらわれている。含鉄層が海盆に堆積した当時、堆積はほぼ水平面に沿って行なわれたであろうが、その後の造構造運動がこの含鉄層を、これをささむ上下の地層とともに褶曲させている。おのおの単層の強靱度によって単層自身やそのなかに含まれた物質の褶曲作用に対する状態はきわめて異なっており、砂岩はきわめてゆるい褶曲を示すにすぎないが、そ

の間に介在している含鉄層は烈しい引曳褶曲を示している。地層に働いたこのような物理的な作用は目にみえる形態の変化としては著しくあらわれているが、しかし岩石そのものの本質的な変化はそれほど大きいとは思われない。砂岩と含鉄層とは本質的に物理的、化学的性質を異にするから、砂岩が変化していないからといって含鉄層も変化を受けていないとはいえないけれども、この地域の砂岩には著しい変化はみられないし、また礫岩中の礫に著しい変化、たとえばおしつぶされて扁平になっているとか、ひきのばされているというような事実はまったくみられないので、含鉄層も物理的な変化を著しく受けているとは思われない。一方、局部的には広域変成作用もこれらの地層にいろいろな形で作用している。片理線構造の生成や岩石の示す B-tectonite や R-tectonite の構造、また構成鉱物の変化や組織、構造の特異な状態も広域変成作用に原因するものであろう。造構造運動と広域変成作用の間の時間的關係は未だ解明されていないが、地域内の一部では片理が褶曲した地層の層理を明らかに切っているのが観察される。

このような造構造運動と広域変成作用を受けたのち、前カンブリア紀層は輝緑岩のような塩基性岩石によって侵入された。輝緑岩は整合状にまた不整合状に侵入し、シレジア層の岩石(含鉄層をふくめて)を捕獲し、また時に周囲の岩石に作用を及ぼした。しかしこの侵入による接触変成作用はきわめて小規模で、輝緑岩と母岩との境界はきわめて明瞭、母岩への接触変質は地域を通じてほとんど見られない。この輝緑岩の侵入によってシレジア層は衝上を生じたり、その分布状態を乱されて複雑な、不規則な形態を示すようになった。場所によってはシレジア層の原構造も影響を受け、岩石は断裂し、断層で切られ、圧縮され、ひきのばされて本来の形態の残っている部分はきわめてまれである。

塩基性火成岩(主として輝緑岩)の侵入の後、シレジア層と侵入した塩基性岩類との複合体は石英玢岩・閃緑岩・花崗岩・半花崗岩などの侵入を受けた。したがって侵入以前に存在していた岩石はこのような岩石中に捕獲されており、その分布、構造などは擾乱され、そして接触部では変成作用をうけて変質しており、その結果生じたホルンフェルスや鏡鉄鉱をみる事ができる。酸性火成岩が侵入してから、割れ目、断層、褶曲の軸、古い岩脈と母岩との境界などに沿って新しい岩脈が貫入し、さらに火成活動は流紋岩の噴出にまで及んでいる。

地域内にみられる鉄鉱石は主としてジャスピライトとそれが熱変質を受けたものとである。ジャスピライトは赤鉄鉱と碧玉が縞状に交互に発達するもので明瞭な縞状

を呈する。ジャスピライトは2~10 cm 内外の厚さの砂岩やスレートを介在する。碧玉も薄層、小レンズ状に生成することがあるが、このような碧玉は縞状のものよりその量ははるかに少ない。縞状の碧玉層は普通1~10 cm の厚さで、鉄鉱層上部と下部に多い。碧玉と赤鉄鉱の量の比率は4:6ないし6:4である。赤鉄鉱にとむ鉄石は鋼鉄色ないしチョコレート色で金属光沢をもち、細粒緻密、薄い板状とか縞状を呈する。成分鉱物は赤鉄鉱・碧玉・磁鉄鉱・緑泥石および方解石などである。赤鉄鉱は非常に細粒とか、細かい片状または細かい棒状を呈するのが普通であるが、時に粗粒である。平均の大きさは約10ミクロンである。碧玉は深紅色または褐色を呈する非常に細かい結晶質の石英で、赤鉄鉱、ときに緑泥石と密接に共生している。磁鉄鉱は他形または半自形の結晶の集合体として、またときには半自形、自形の単晶として生じ、部分的には martite に変化している。磁鉄鉱の粒子の大きさは約50ミクロンである。緑泥石はきわめて小さな粒子で石英や赤鉄鉱の小粒と混在している。方解石の少量も赤鉄鉱と伴っており、また緑泥石の小粒を伴うこともある。熱変質を受けた鉄石はジャスピライトが熱変成作用を受けたものである。したがって熱変質を受けた鉄石も縞状を呈し、高品位の鉄石が石英の薄層と相互に重なりあっている。この場合の石英の分布、量などはジャスピライトの場合と同様である。鉄石は比較的粗粒で、やはり鋼鉄色ないし黒色で金属光沢を持っており、構成鉱物は磁鉄鉱・鏡鉄鉱・石英・緑泥石・陽起石・緑簾石・方解石およびときにざくろ石などである。鏡鉄鉱は磁鉄鉱に密接に伴い、集合体としてまた片状に産する。

鉄鉱層の成因、シレジア層の発達史は以下のように要約される。

シレジア層の堆積の初期には深い地向斜的な海盆に面した陸地は相当高い山岳を作っていたと思われる。そのような陸地の岩石は化学的な風化作用を強く受けて、それから生じた海盆の堆積物は粘土・グレイワック・火砕岩類であった。このような岩石の組合せは地向斜堆積物として典型的なもので、下部シレジア層の岩質にきわめて類似している。時間の経過とともに陸地の高さは風化、侵食によって低くなり、地向斜の海に厚い堆積物を形成させた。陸地の化学的な風化作用、侵食は、熱帯、亜熱帯の気候の下でいよいよ強くなる行なわれたであろう。このような条件のもとでは陸地の流水中の鉄分、珪酸分は多くなってにちがいない。海盆の周辺には広海から境され、海水の流通が自由でなくなった渦を生じ、境されることによって渦の中の海水の鉄や珪酸の濃度はいよ

いよ異常に高くなったであろう。このような浅い、空気の流通のよい瀉の海水には波動や流れが生じやすく、酸素の供給も充分であったから陸地の烈しい風化作用で生じ、流水によって運ばれた分解物—主として鉄分、珪酸分—は酸化第二鉄（赤鉄鉱）や石英（碧玉）などの形で沈殿した。これが上部シレジア層、すなわち鉄鉱床をふくむ地層の生成史の概略である。

この地域の含鉄層の一部には赤鉄鉱とともに磁鉄鉱（酸化第一鉄）を産する。場所によっては地層中の鉄の大部分が martite である。磁鉄鉱は酸化鉄から分解した有機物質が存在するところ、とくに初生の赤鉄鉱が不安定な海底などで直接に生成したものであろう。

鉄鉱の成因を知る上には化学的な解明もきわめて重要である。略述すれば含鉄鉱が生成する主要な因子は酸化—還元ポテンシャルの差である。たとえば磁鉄鉱は酸化と還元の間には適当な微妙な平衡が保たれる時のみ生じ、さらに鉄と珪酸の互層状の混合体の生成も気候の変化によるものであるといわれている。これらは換言すれば、鉄は湿潤な気候の下に酸性溶液としてはこぼれ、その溶液が中和されるときに沈殿し、他方珪酸はアルカリの溶液としてはこぼれ、溶液が酸性化される環境で沈殿したというのである。

すでに述べたように本地域の鉄鉱石は周囲の地層とともに前カンブリア紀後期に造構造運動や変成作用を受けている。したがって今日みられる鉄鉱床は生成当時の形態とは物理的にも化学的にも変化している。造構造運動は鉄鉱床の物理的性質にいろいろな影響を与えた。地質図に示したように鉄鉱床の複雑な分布や形態は大規模な物理的変形の好例であり、このような変形のために鉄鉱石を採掘するにあたっての困難の程度は著しく増している。変成作用は主として化学的な意味で鉄鉱石に影響を与えている。広域ならびに熱変成作用はその粒度を変え、また鉄鉱石にふくまれた物質の移動を起こさせたと思われる。鉄鉱石と酸性侵入岩の接触部に近い所で細粒の赤鉄鉱や磁鉄鉱の代わりに粗粒な鏡鉄鉱が生成しているのはこの影響の典型的なあらわれであろう。

このような変成作用を受けたのち、鉄鉱石は海盆の底で静かな長い地質時代をすごし、そして後の時代の地盤の隆起で海面上にその姿をあらわしたのであろう。熾烈な熱帯気候のもとでの風化作用は地層の一部を削り、鉄床はきれぎれに散在するようになったのである。

当地域の鉄鉱石の鉄量は地並み以上の鉄量でサウイーン地区で約33,000万t、アッシヤルマ地区で1,000万t（両者とも鉄の含有量は35~50%として）とみつもられている。

## 結 語

サウディ・アラビアには3種の鉄鉱床の存在が知られている。これらの鉄鉱床は前カンブリア紀の火成岩体に含有されていた含鉄鉱物にその源をもち、一部はそのままの状態に鉄床として残り、一部は熱帯気候のもとでの烈しい風化作用が物理的、化学的に作用してその含鉄鉱物の分解を促進させた結果、分解物は種々な形で水に溶解し、海にはこぼれ、種々な形態、性質の含鉄鉱物として再沈殿して堆積型の鉄鉱床を形成したものである。

堆積型の鉄床は量的には充分経済的価値を持ち、質的にも選鉱その他の技術の進歩によって充分稼行しうるものと考えられる。

## 文 献

- AL-SHANTI, AHMAD (1966): Oolitic Iron ore deposits in Wadi Fatima, between Jeddah and Mecca, Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Resources, Bulletin 2*.
- ASSAD, M. Q., and HIRAYAMA, K. (1967): Types of Iron ore deposits in Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- BLONDEL, F. (1955): Iron deposits of Europe, Africa and the Union of Soviet Socialist Republics, in Survey of World Iron ore Resources: United Nations. *Dept. Econ. and Social Affairs, N.Y. U.S.A.*
- BOGUE, R. C. (1953): Report on geologic reconnaissance in Northwestern Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- BRAMKAMP, R. A., et al. (1956): Geological map of the southern Tuwayq quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia: U.S. Geological Survey. *Misc. Geol. Inv. Map, 1~212A*.
- BRAMKAMP, R. A., et al. (1963): Geological map of the Wadi as Sirhan quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey. *Misc. Geol. Inv. Map, 1~200A*.
- BROWN, G. F., et al. (1960): The Arabian Shield: Intern. Geol. Cong., 21st, Copenhagen, 1960, *Rept. Pt. 9*.

- BROWN, G. F., et al. (1963): Geologic map of the Northwestern Hijaz quadrangle: U.S. Geol. Survey. *Misc. Geol. Inv. Map*, 1~204 A.
- GOLDSMITH, R. (1966): Mineral Resources of the southern Hijaz quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey. *Technical letter*, no. 78.
- JAMES, H. L. (1954): Sedimentary Facies of Iron Formation: *Econ. Geol.*, vol. 49, no. 3.
- Japanese Geological Mission (1967): Report on the Iron ore deposits in the Wadi Sawawin district, Northwestern Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- Japanese Survey Team on Saudi Arabian Iron ore Resources (1962): Survey Report of the Iron ore Resources of Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- JOHNSON, R. F. and TRENT, V. A. (1966a): Mineral Reconnaissance of the Wadi as Surr quadrangle, Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey. *Technical letter*, no. 48.
- JOHNSON, R. F., TRENT, V. A. (1966b): Mineral Deposits of the Northwestern Hijaz quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey. *Technical letter*, no. 80.
- KAHR, V. P. and AGCOS, W. B. (1962): Geologic and magnetic reconnaissance survey of the iron-bearing area of Wadi Sawawin, Northwestern Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- KAHR, V. P. (1962): Jabal Idsas area: Geology and Mineralization: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- OVERSTREET, W.C., et al. (1964): Summary of field trip March-April 1964, to the southern Tuwayq quadrangle, Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey. *Technical letter*, no. 16.
- RAMBERG, H. (1952): The origin of metamorphic and metasomatic rocks: *Univ. Chicago Press.*
- SCHAFFNER, D. F. (1956): Supplementary report on Jabal Idsas magnetite iron ore deposit: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- SCHAFFNER, D. F. (1960): The oolitic hematite of the Wadi Fatima district, Saudi Arabia: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- TRENT, V. A. and JOHNSON, R. F. (1966): Reconnaissance Mineral and Geologic Investigation in the Al Bad' quadrangle, Aqaba Area, Saudi Arabia: U.S. Geol. Survey. *Technical letter*, no. 50.
- U.S. Geol. Survey and Arabian Oil Com. (1963): Geologic map of the Arabian Peninsula: *Geol. Inv. Map*. 1~270 A.
- VAN N. DORR, II, J. (1965): Nature and origin of the High-grade hematite ores of Minas Gerais, Brazil: *Bull. Soc. Econ. Geol.* vol. 60, no. 1.
- VON GAERTNER, H.R. and SCHURENBERG, H. (1954): Journey through Saudi Arabia in Spring, 1954: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- ZEIDLER, W. (1966a): Report on a field trip to the Iron ore deposits in the Wadi Sawawin area: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*
- ZEIDLER, W. (1966b): Report on a field trip to the Iron ore deposits in the Wadi Sawawin area: Kingdom of Saudi Arabia. *Dir. Gen. Mineral Res. unpubl. rept.*