

オマーン国ヤンキル・グザイン地域  
資源開発協力基礎調査報告書

最終報告書  
第2巻  
(探査結果)

平成14年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

## は し が き

日本国政府はオマーン国政府の要請に応え、同国の北部に位置するヤンキル及びグザイン地域に分布する鉱物資源の開発に繋がる可能性を調査するためのプレF/Sを行うため、鉱量評価、選鉱設備計画、環境調査、物理探査、ボーリング調査などを実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成12年度から平成13年度までの2ヶ年にわたって実施され、オマーン国政府機関である商工省鉱物局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、2年間の調査結果を取りまとめたものであり、総括（第1巻）、探査結果（第2巻）及び鉱山開発計画（第3巻）の3冊の報告書よりなる。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたオマーン国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、在オマーン国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成14年3月

国際協力事業団  
総 裁 川 上 隆 朗

金属鉱業事業団  
理事長 松 田 憲 和

## 第 2 卷 目 次

はしがき

目 次

|                |     |
|----------------|-----|
| 第 1 章 地質調査     | 1   |
| 1-1 地質層序       | 1   |
| 1-2 地質構造       | 6   |
| 1-3 鉱化作用       | 7   |
| 第 2 章 TDIP 法調査 | 18  |
| 2-1 調査の経緯及び目的  | 18  |
| 2-2 調査位置及び調査量  | 18  |
| 2-3 調査方法       | 18  |
| 2-4 解析方法       | 20  |
| 2-5 調査結果       | 22  |
| 2-6 考察         | 254 |
| 第 3 章 TEM 法調査  | 259 |
| 3-1 調査の経緯及び目的  | 259 |
| 3-2 調査位置及び調査量  | 259 |
| 3-3 調査方法       | 259 |
| 3-4 解析方法       | 262 |
| 3-5 調査結果       | 264 |
| 3-6 考察         | 281 |
| 第 4 章 ボーリング調査  | 305 |
| 4-1 調査の経緯及び目的  | 305 |
| 4-2 調査位置及び調査量  | 305 |
| 4-3 調査方法       | 305 |
| 4-4 ボーリング調査結果  | 305 |
| 4-5 考察         | 317 |
| 図表一覧           | 327 |

巻 末

## 第1章 地質調査

### 1-1 地質層序

オマーン山脈を構成する異地性岩体（ナップ）は、下位のハワシナ・ナップとその上位のサマイル・ナップの二層構造を示す。

ハワシナ・ナップはサマイル・ナップに取り囲まれるように分布しており、ハワシナ・ウィンドウとも呼称され、堆積岩類及び火山岩類から構成されている。ハワシナ・ナップは BRGM (1986) によって4つの地層に区分されているが、ヤンキル地域にはこれらのうちの Al Aridh 層群と Umar 層群が分布している。これらは中期三畳紀～後期白亜紀の間に生成したもので、激しい構造運動の影響を受けている。

一方サマイル・ナップは、ヤンキル地域ではサマイル・オフィオライトから構成され、一般に下位よりテクトナイト、層状岩体、ハイレベルガブロ、シート状岩脈群及びサマイル火山岩類よりなる。オマーン山脈地域に存在する塊状硫化物鉱床はいずれもサマイル火山岩類中に賦存する。ヤンキル地域では、サマイル火山岩類は下位より Geotimes 層、Lasail 層、Alley 層に区分され、鉱床は Geotimes 層と Lasail 層の境界部付近に生成している。

本調査地域の地質図と地質層序をそれぞれ Fig. II-1-1 及び II-1-2 に示す。

以下に本地域の鉱床及び鉱徴地周辺に分布する Al Aridh 層群、Umar 層群、サマイル火山岩類及び第四紀層について詳しく述べる。

#### 1-1-1 Al Aridh 層群

本地域中央部から南東部にかけて分布しており、小高い丘陵を形成している。本地域における本層群は、単層の厚さが 2～8cm の成層した赤紫色のチャートから主としてなり、単層が 10～40cm の厚さの成層した碎屑性石灰岩を伴う。堆積時期は後期三畳紀～後期白亜紀と考えられている。

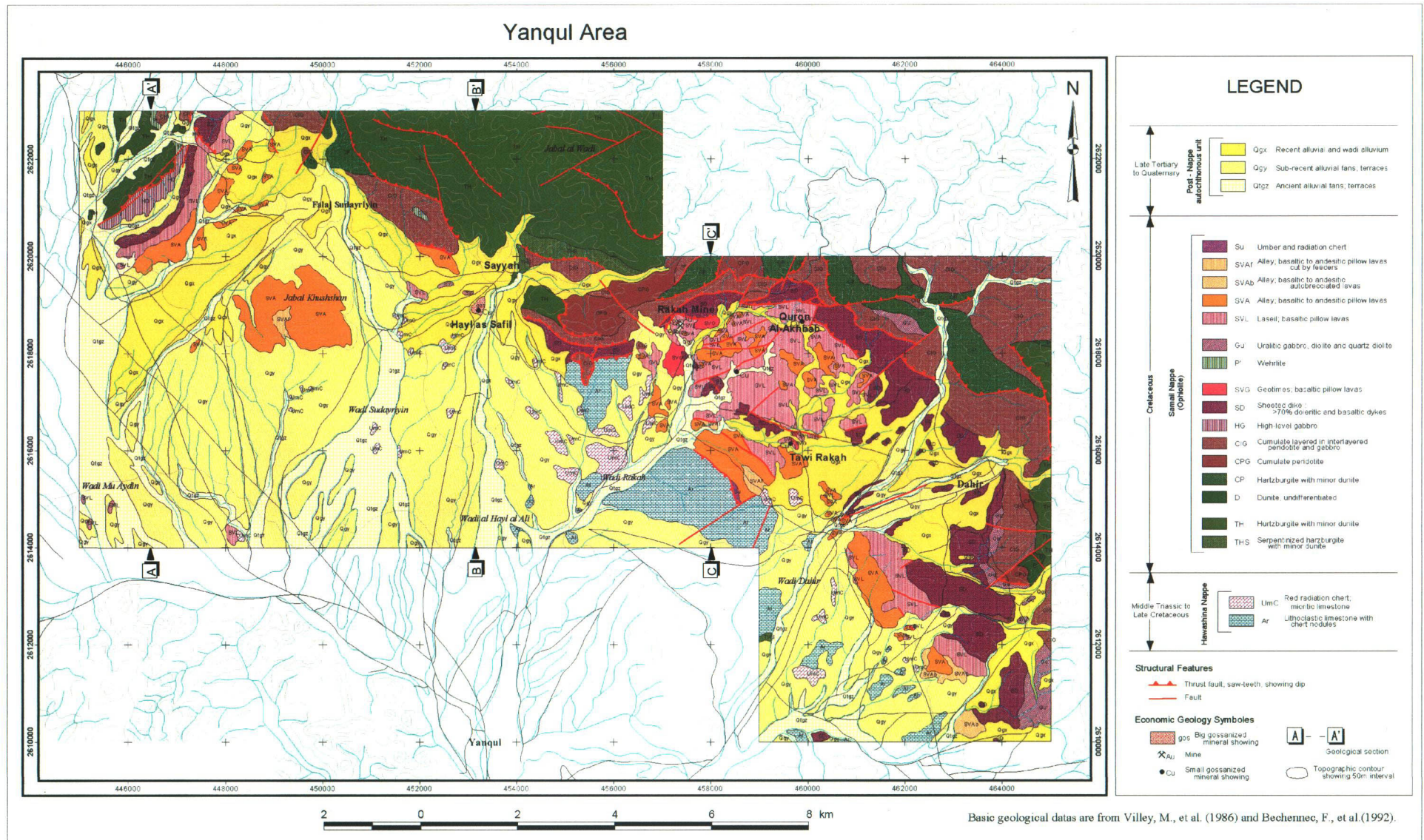
#### 1-1-2 Umar 層群

本地域には Umar 層群の上部層が分布しており、単層が 1～15cm の厚さの成層した赤色及び緑色の放散虫に富むチャートから主としてなり、場所によっては頁岩や灰色～黄色の石灰岩を挟んでいる。本層の堆積時期は、中期三畳紀～後期白亜紀と考えられている。

#### 1-1-3 サマイル火山岩類

##### (1) Geotimes 層

Geotimes 層は、一般に化学組成的に分化した玄武岩質から安山岩質の溶岩で構成され、直径 1.0m から 2.0m の大きな茶褐色の枕状溶岩から主としてなり、ほかに茶褐色から灰色の塊状溶岩、ハイアロクラスタイト及びピロー・ブレッチャーを伴う。この枕状溶岩は無斑晶質で、厚いインターピロー (5cm～40cm) を有するのが特徴である。塊状溶岩は数 10cm から数 m の厚さを呈



Basic geological data are from Villey, M., et al. (1986) and Bechenec, F., et al. (1992).

Fig. II-1-1 Geological map of Yanqul area

| Geologic Time                      |                | Geological Unit          |   | Columnar Section     | Lithology   | Volcanism | Mineralization   |      |
|------------------------------------|----------------|--------------------------|---|----------------------|---|-----------|--|------|
| Quaternary                         | Holocene       | Alluvium                 | Wadi sediments, detritus                  |                      | Gravel, sand  |           |  |      |
|                                    | Pleistocene    | Terrace deposits         |   |                      | Gravel, sand  |           |  |      |
| Cretaceous                         | Late           | Samail Nappe (Ophiolite) | Samail volcanic rocks                     | Alley unit           | Pillow lava<br>Massive lava (sheet flow)<br>Metalliferous sediments     |           | (Stock-work type)<br><br>(Massive and stockwork types) |      |
|                                    |                |                          |   | Lasail unit          | Pillow and massive lavas<br>Metalliferous sediments                     |           |  | Dyke |
|                                    |                |                          |   | Geotimes unit        | Ore deposit (Cu)<br>Pillow and massive lavas<br>Metalliferous sediments |           |  | Dyke |
|                                    | Middle         |                          |   | Sheeted-dyke complex | Sheeted-dykes   |           |  |      |
|                                    |                |                          |   | High-level gabbro    | Clinopyroxene gabbro  |           |  |      |
|                                    | Early          |                          |   | Cumulate sequence    | Layered gabbro<br>Clinopyroxene gabbro<br>Olivine cpx. gabbro           |           |  |      |
|                                    |                |                          |   | Tectonites           | Harzburgite<br>Chromitite(Cr)<br>Dunite(⊥)                              |           |  |      |
| Middle Triassic to Late Cretaceous | Hawasina Nappe | Umar Group               | Red radiation chert<br>Micritic limestone |                      |   |           |  |      |
|                                    |                | Al Aridh Group           | Red radiation chert<br>Micritic limestone |                      |   |           |  |      |

Fig. II-1-2 Geological columnar section of Yanqul area



し、厚い塊状溶岩には柱状節理が発達する。本層は、本地域ではラカー鉱床及びハイル・アス・サフィール鉱床付近に小規模に露出するのみで、それらは強く破碎されているために枕状構造は不明瞭である。

## (2) Lasail 層

Lasail 層は、化学組成的には Geotimes 層より未分化な玄武岩質溶岩で、直径 10cm から 1.0m の淡緑色から紫灰色の枕状溶岩より主としてなり、ハイアロクラスタイト及び数 10cm から数 m の厚さの塊状溶岩を伴う。枕状溶岩は、直径 10cm から 30cm 程度の小さいピローからなる枕状溶岩が多く認められることが特徴的で、斑晶質、バリオール組織を示すこと、伴うインターピローが薄い (1cm~5cm) ことも特徴である。Geotimes 層との境界部には金属質堆積岩及び厚い塊状溶岩が発達することが多い。ヤンキル地区東部では本層中に多くの玄武岩岩脈が貫入している。

金属質堆積岩はいわゆるアンバーと呼称されるもので、暗褐色の放散虫化石を含む鉄分に富む堆積岩である。これが磁鉄鉱を多く含み、銅の鉱化を伴う場合には、塊状硫化物鉱体に側方漸移することがある。ハイル・アス・サフィール鉱床付近ではこの金属質堆積岩が発達しており、その厚さが 50m に及ぶところもある。また、この金属質堆積岩がまだ十分に固結していない時期に玄武岩溶岩が流れ込んだか、貫入し、その結果多くの角礫状の溶岩を取り込んだ岩相、つまりペペライトに漸移するところも多く認められる。この溶岩礫にはバリオール組織が特によく発達している。

## (3) Alley 層

本層は、玄武岩から安山岩の枕状溶岩、塊状溶岩、自破碎溶岩及び金属質堆積岩からなる。

枕状溶岩は紫色、緑色及び緑灰色を呈し、形の歪んだ枕状溶岩からなる。枕状溶岩は直径 0.5m から 1.0m のものを主体とし、1.5m を越えるものは稀である。ヤンキル地域で明瞭な枕状構造を示すのは本層の枕状溶岩である。また塊状溶岩は、灰色、褐灰色、緑色、青灰色、オレンジ色と多種の色彩を持ち、特に風化面では溶岩の急冷相がオレンジ色を示すことが多い。自破碎溶岩は、主として本地域の東部に露出しており、枕状溶岩に漸移する。

金属質堆積岩は、Lasail 層のそれと比較すると鉄分が少なく、珪質のものが多い。本岩は本層の最下部及び上部に認められる。

## 1-1-4 第四紀層

本地区に分布する第四紀層は、段丘堆積物、崖錐堆積物及びワジ堆積物に区分される。段丘堆積物は上位、中位及び下位の 3 つの段丘堆積物に区分される。いずれも礫及び砂からなり、礫は主としてハルツバージャイトとハンレイ岩からなる。

## 1-2 地質構造

本地区の地質構造は、衝上断層群によって特徴付けられており、これにより層序的に上位の地

層が構造的には下位に認められ、各地層においては正常であるが、地層間では逆転した構造を示している。この他に E-W 系、N-W 系の正断層も認められる。

### 1-3 鉱化作用

本地区には塊状鉱、角礫状鉱とストックワーク鉱からなるラカー鉱床及びハイル・アス・サフィール鉱床という2つの銅鉱床が分布している。これらはソハール鉱床同様にキプロス型の銅鉱床と考えられ、Geotimes 層と Lasail 層の境界部付近に胚胎されている。これらの他にもクルン・アル・アクバブ地区などの各所で銅の鉱徴が認められる。本調査で再計算した既知の5鉱体の硫化鉱の地質鉱量は、Table II-1-1 に示す通りである。

Table II-1-1 Geologic ore reserves of known five bodies

| Area          | Ore Body      | Geologic Ore Reserves (kt) | %Cu  | %Au  |
|---------------|---------------|----------------------------|------|------|
| Rakah         | Rakah         | 5,094                      | 0.83 | 0.63 |
| Hayl as Safil | Hayl as Safil | 5,958                      | 1.13 | 0.42 |
|               | Al Jadeed     | 744                        | 1.34 | 0.68 |
|               | Al Asghar     | 932                        | 2.72 | 0.99 |
|               | Al Bishara    | 3,069                      | 1.09 | 0.89 |

以下に各鉱床及び鉱徴地について述べる。

#### 1-3-1 ラカー鉱床

本鉱床地区の地質図を Fig. II-1-3 に示す。

ラカー鉱床はワジ・ラカーの上流部に位置し、中位段丘面上に形成されていたゴッサンがその発見の端緒である。鉱体は、概ね NW-SE の走向で NE 方向に傾斜しており、衝上断層による繰り返し、及び正断層による分断が認められる (Fig. II-1-4, II-1-5)。

鉱質はストックワーク鉱を主とし、塊状鉱を伴う。ストックワーク鉱の母岩には珪化及び角礫化が認められる。鉱石鉱物は黄銅鉱及び黄鉄鉱を主とし、少量の閃亜鉛鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍等からなる。

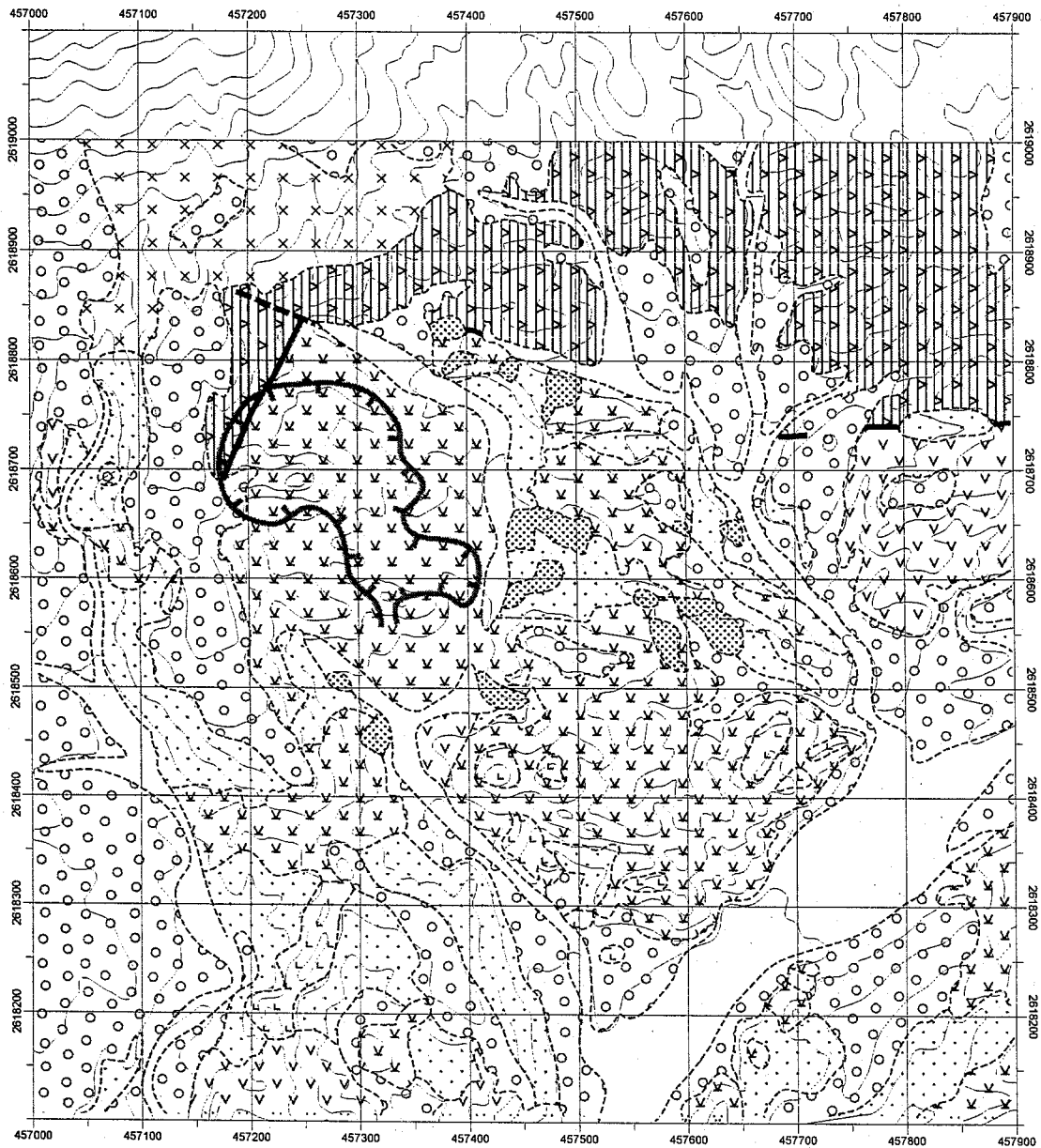
なお、地表付近に分布するゴッサンは、金に富み、すでに金鉱山として 1994 年末から開発されている。2001 年末現在で、約 70 万 t を採掘・処理し、その平均品位は Au : 6.37g/t, Ag : 6.9g/t で、合計生産量は金が約 4.2t, 銀が約 2t である。

#### 1-3-2 ハイル・アス・サフィール鉱床

本鉱床地区の地質図を Fig. II-1-6 に示す。

ハイル・アス・サフィール鉱床は、アル・アシュガル鉱体、ハイル・アス・サフィール鉱体、アル・ビシャーラ鉱体及びアル・ジャディード鉱体の4鉱体からなり、中央部には大きなゴッサ





200m

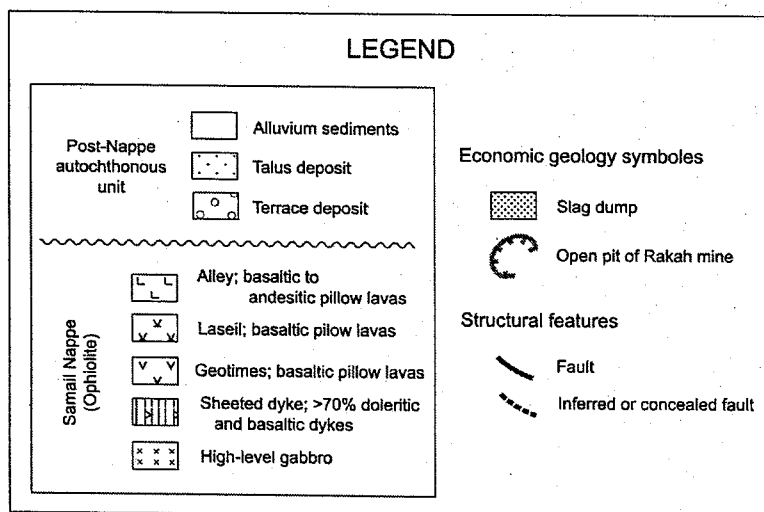


Fig. II-1-3 Geological map of Rakah Mine area

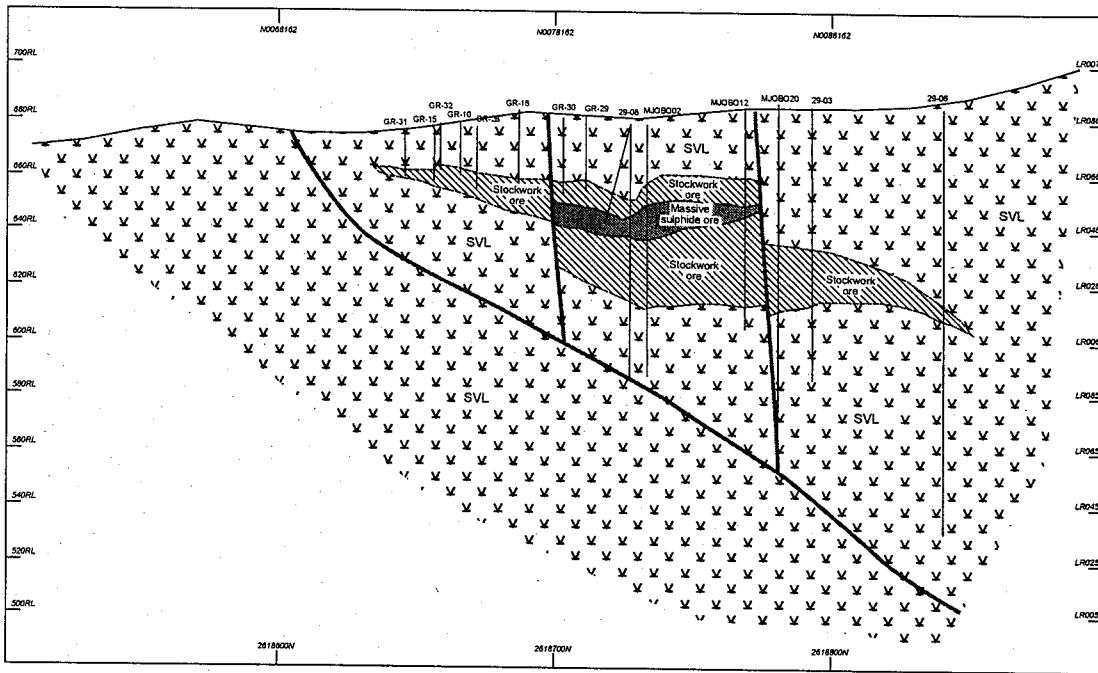


Fig. II-1-4 Rakah borehole and domain outline of cross section 290E

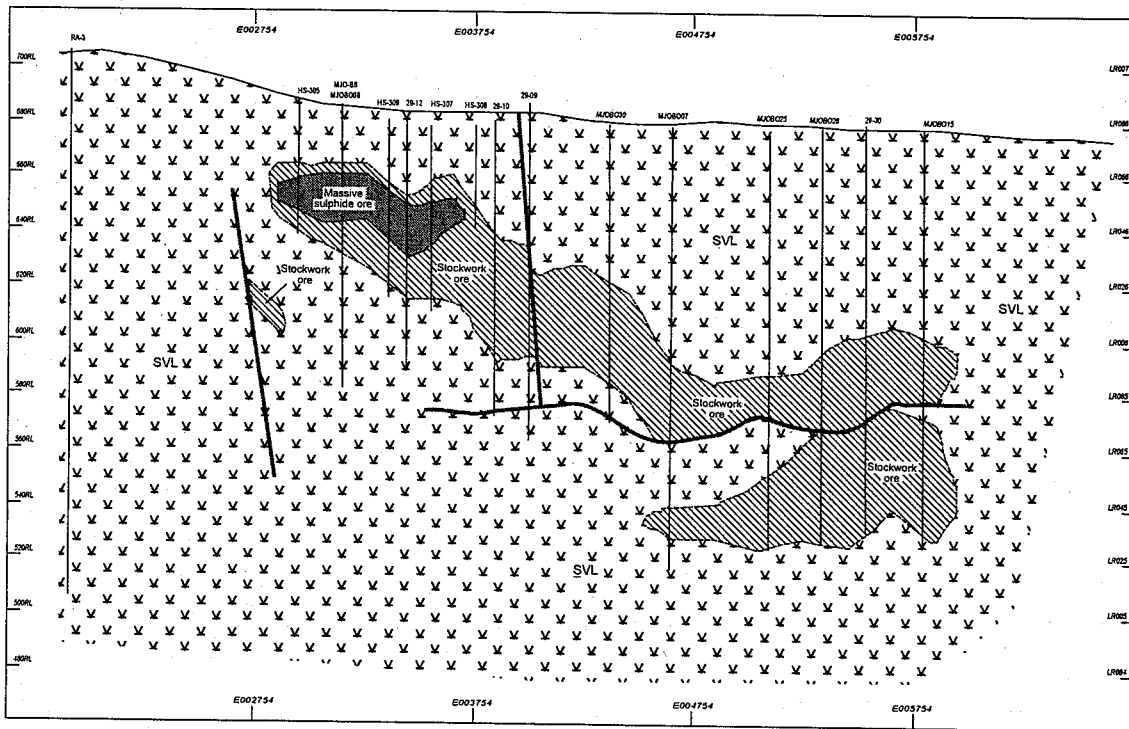
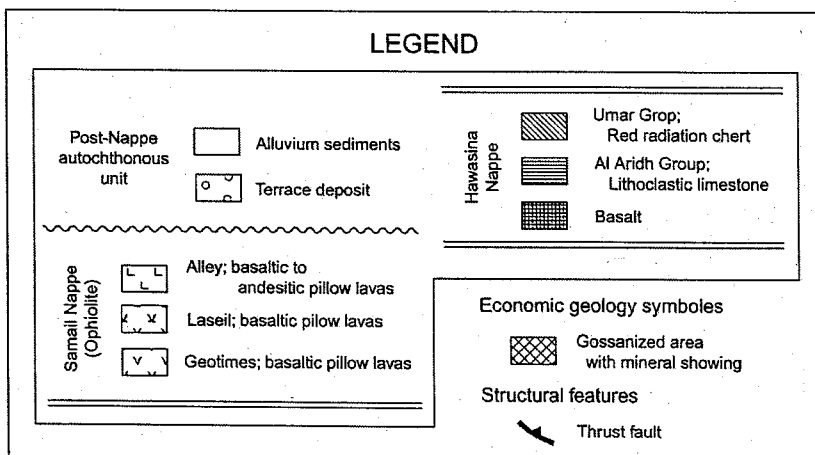
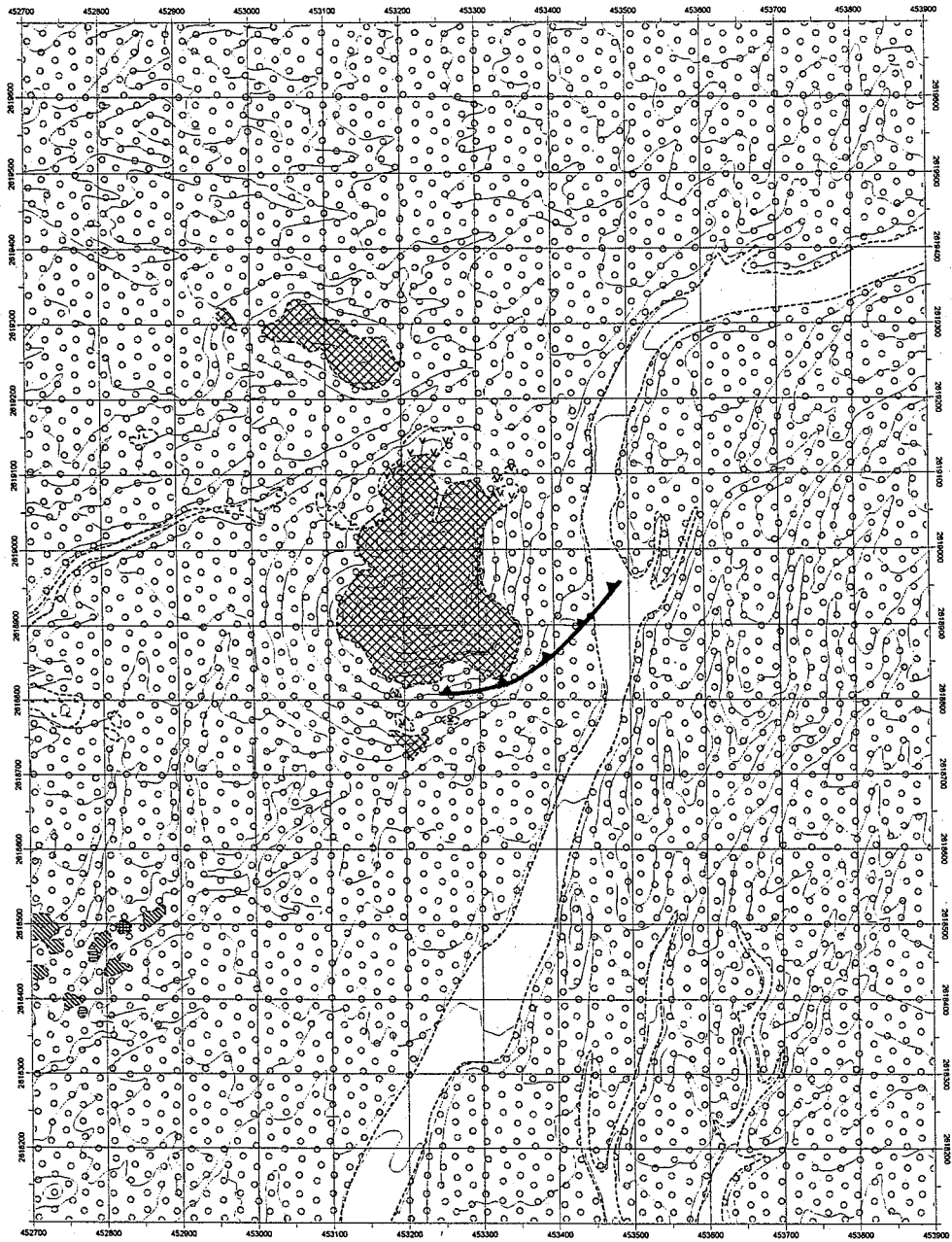


Fig. II-1-5 Rakah borehole and domain outline of cross section 750N



200m



Fig. II-1-6 Geological map of Hayl as Safil area

ンが存在する。これらの鉍体はNW-SE方向に配列する一連の鉍化帯を形成しており、その規模は500m×1,500mの広がりをもつ。鉍体はいずれも潜頭性であり、地表で認められる鉍徴としては、大小2つのゴッサンとその周辺部に分布する強珪化部、石英微脈のネットワークが発達する珪化部、割れ目及び石英微脈に伴われる酸化銅がある。

鉍質はストックワーク鉍、塊状鉍、及び塊状鉍が破碎・再堆積した角礫状鉍に区分される。ストックワーク鉍はハイル・アス・サフィール鉍体に発達し、塊状鉍はアル・アシュガル鉍体、角礫状鉍はアル・ビシャーラ鉍体及びアル・ジャディード鉍体に発達している。ハイル・アス・サフィール鉍体は塊状鉍、アル・アシュガル鉍体はストックワーク鉍を一部に伴っている。なお、アル・ビシャーラ鉍体は地表部付近（深度10m～30m付近）に、ラカー鉍体と同様に塊状鉍が酸化して形成された金に富むゴッサン部を伴う。硫化鉍を構成する鉍石鉍物は黄銅鉍及び黄鉄鉍を主とし、少量の閃亜鉛鉍、斑銅鉍、輝銅鉍、銅藍等からなる。

鉍体の代表的な断面をFig. II-1-7～II-1-10に示す。アル・ジャディード鉍体はほとんど断層に乱されておらず、西に緩く傾斜する単調な構造を示している。ハイル・アス・サフィール鉍体はストックワーク鉍を主としていることから構造は明瞭ではないが、全体として東に緩く傾斜しているような分布を示し、断層による変位は認められない。これらに対し、アル・アシュガル鉍体とアル・ビシャーラ鉍体は断層によって複雑な構造を示している。アル・アシュガル鉍体は衝上断層による変位が認められ、北に30°程度傾斜している。アル・ビシャーラ鉍体は南北性及び東西性の高角な正断層によるブロック化が認められるとともに、鉍体の分布が規制されている。アル・ビシャーラ鉍体はレンズ状の鉍体の集合であり、これらは厚い泥質な金属質堆積岩中に挟在されている。

### 1-3-3 クルン・アル・アクバブ鉍徴地

本鉍徴地の地質図をFig. II-1-11に示す。

本鉍徴地はラカー鉍床の東方2.5kmのところと位置しており、標高差50m程度の東西に延びる丘陵からなる。ここでは地表は暗褐色を呈し、全体が弱くゴッサン化している。酸化銅を伴うゴッサン化した石英微脈が各所で認められ、至る所に数千年前の盛んな探査活動を物語る坑道、窪地、多量のズリが存在する。しかし近年においては本格的な探査が行われた記録はない。

Fig. II-1-11に示すように、本鉍徴地はLasail層の分布域であるが、すぐ北にはシート状岩脈群が衝上してきており、南では正断層で鉍化を受けていないLasail層と接している。

### 1-3-4 タウィ・ラカー鉍徴地

本鉍床地区の地質図をFig. II-1-12に示す。

本鉍徴地はラカー鉍床の南東方3.5kmのところと位置する。数千年前に行われた製錬による鉍碎が多量に存在し、南部には採掘の際に剥土された褐色～黄色の粘土質ゴッサンの堆積場も認められる。北部にはややゴッサン化した石英微脈のネットワークを伴う珪化部が存在し、一部では酸化銅を伴っている。

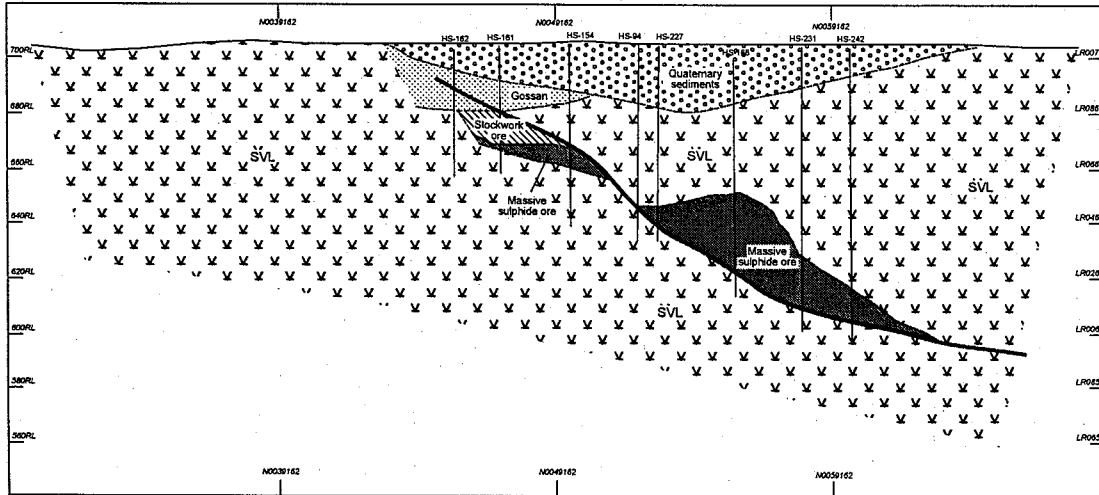


Fig. II-1-7 Al Ashgar borehole and domain outline of cross section 3000E

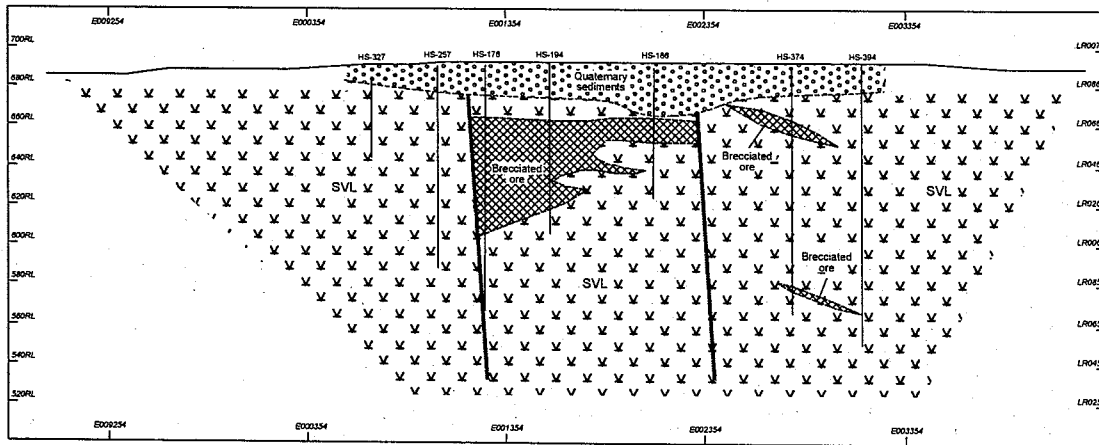


Fig. II-1-8 Al Bishara borehole and domain outline of cross section 525N

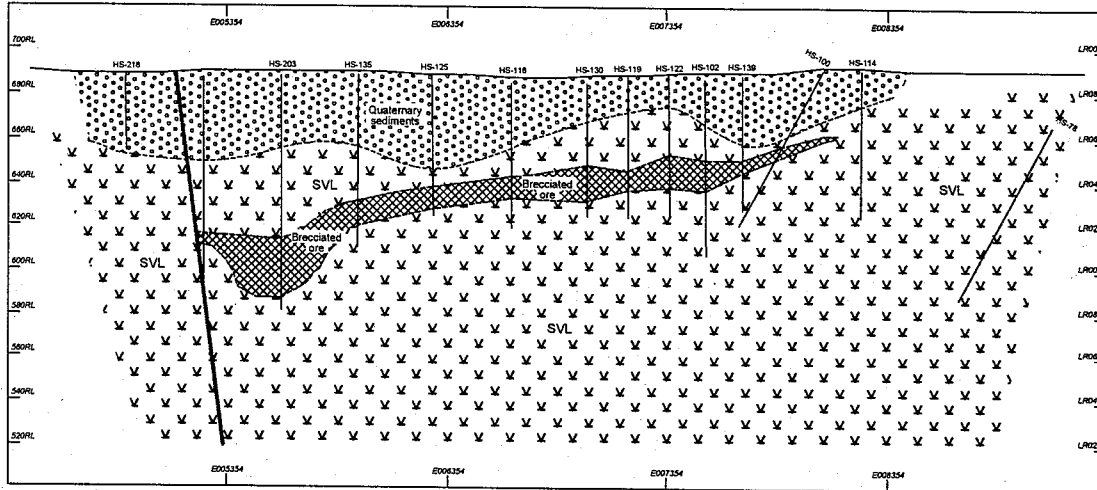


Fig. II-1-9 Al Jadeed borehole and domain outline of cross section 240N

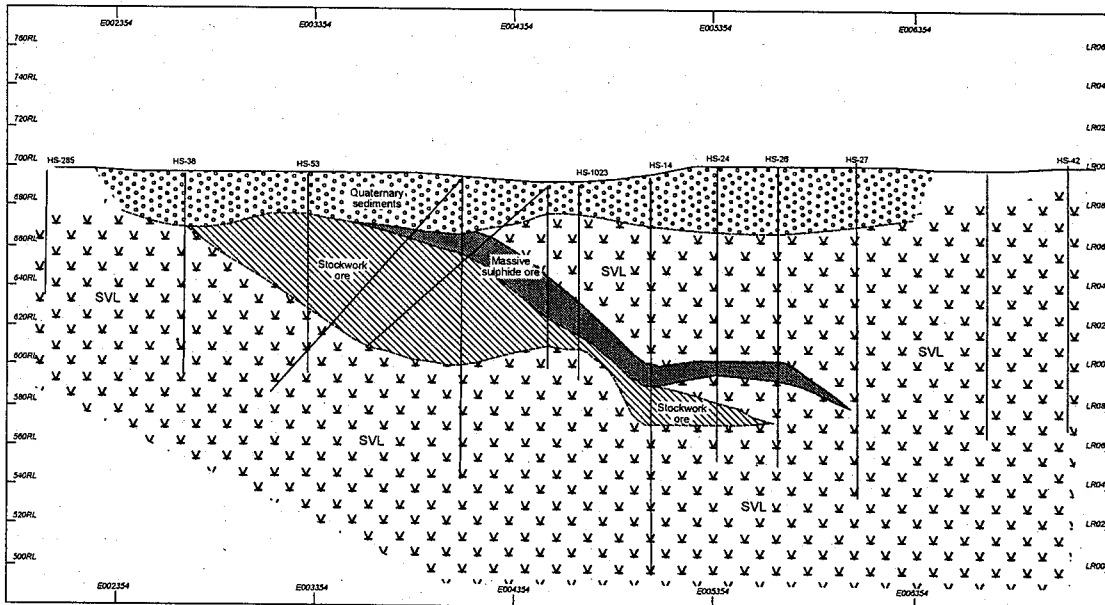
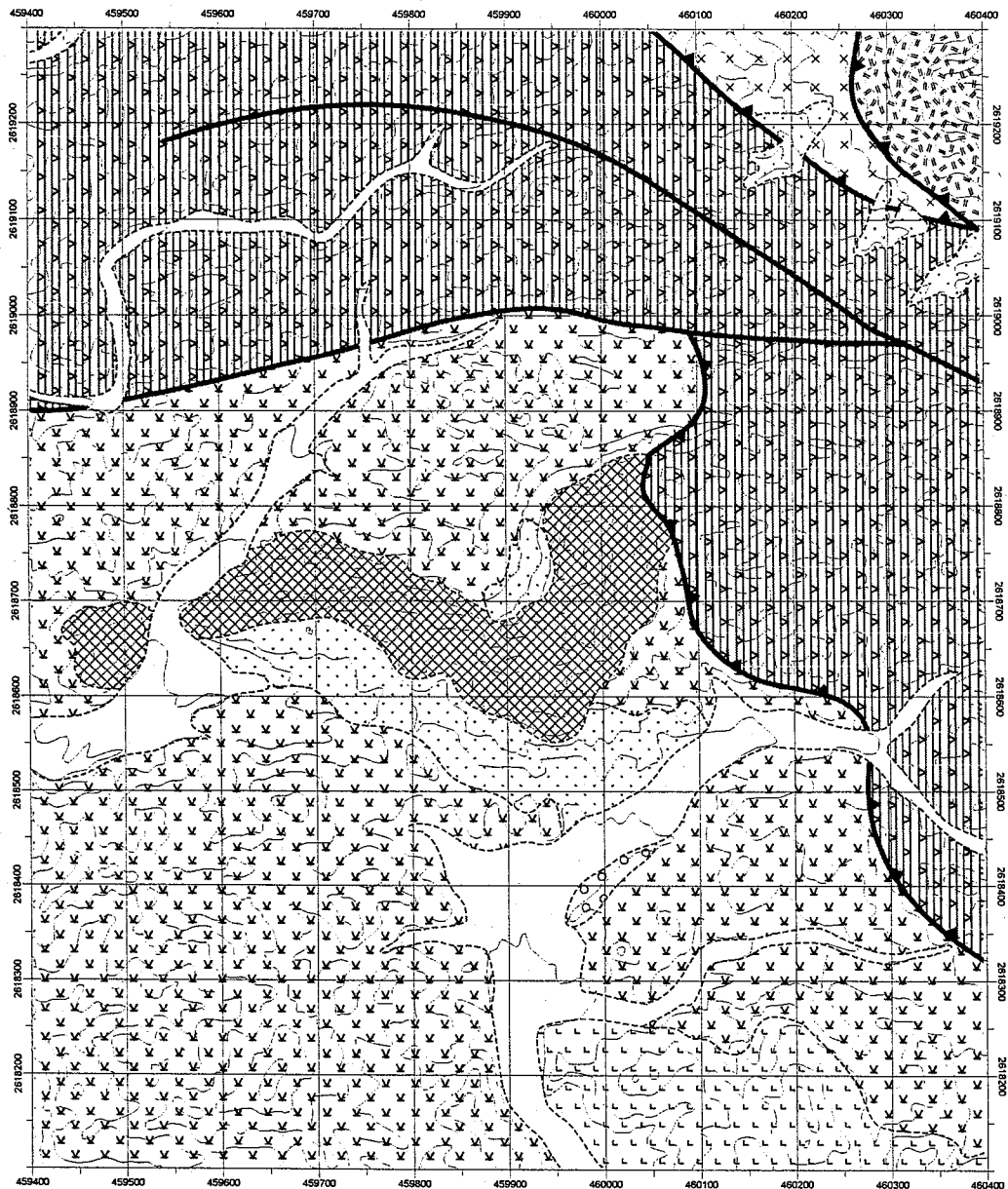


Fig. II-1-10 Hayl As Safil borehole and domain outline of cross section 700N



200m

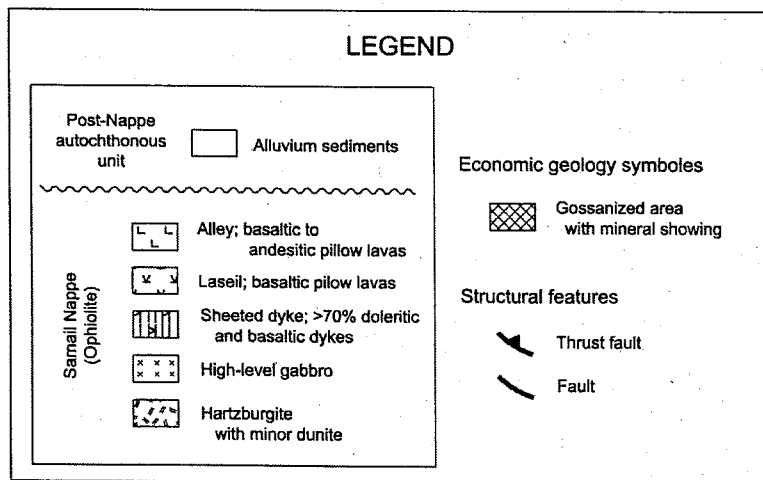


Fig. II-1-11 Geological map of Quron Al-Akhab area



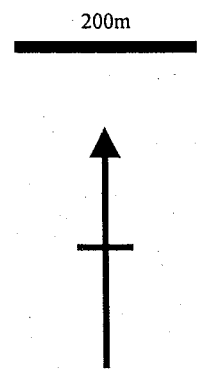
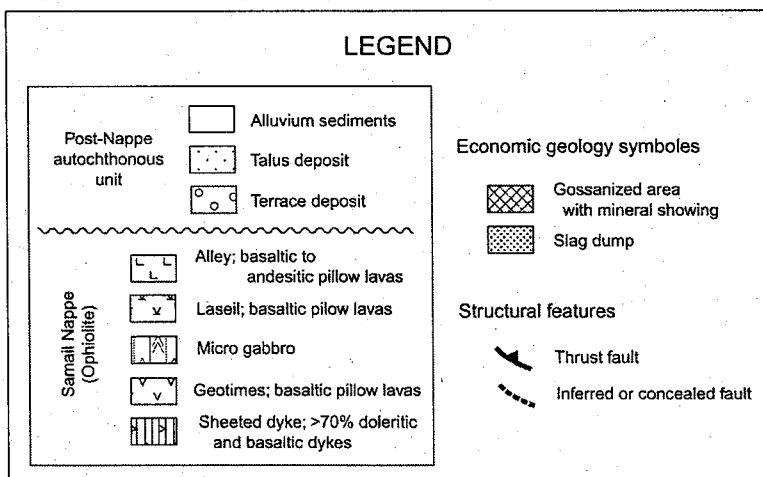
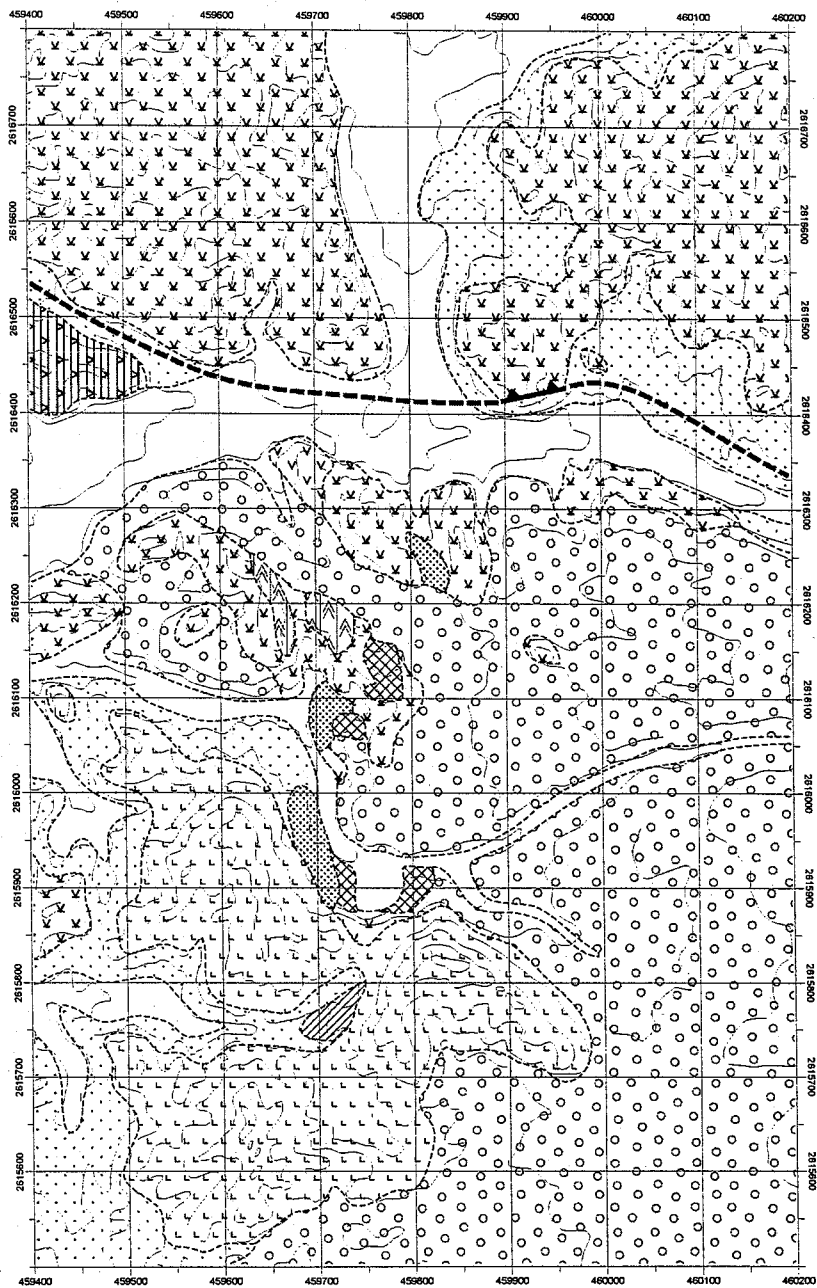


Fig. II-1-12 Geological map of Tawi Rakah area

本鉱徴地では、過去に何度か探査が実施されている。1973年～1977年の間にはカナダの会社である Prospection Ltd., 1991年には Bishinetal Exploration Co. Ltd.が探査を実施しており、これらのボーリング調査によって低品位の銅の鉱化域を確認した。概算として求められた鉱量は、70万tで、その平均品位は銅が0.36%、金は0.01g/t以下である (Bishinetal Exploration Co. Ltd., 1991)。

#### 1-3-5 ナジャイド鉱徴地

本鉱床地区の地質図を Fig. II-1-13 に示す。

本鉱徴地はラカー鉱床の南東方 1.5km のところに位置する。地表では小規模なゴッサン化部や酸化銅を伴う石英-緑れん石微脈が散在する程度であるが、第1年次の IP 法調査によって顕著な分極率異常が検出された。

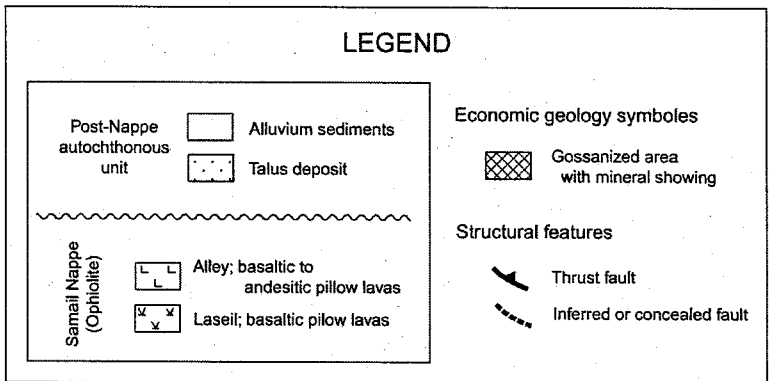
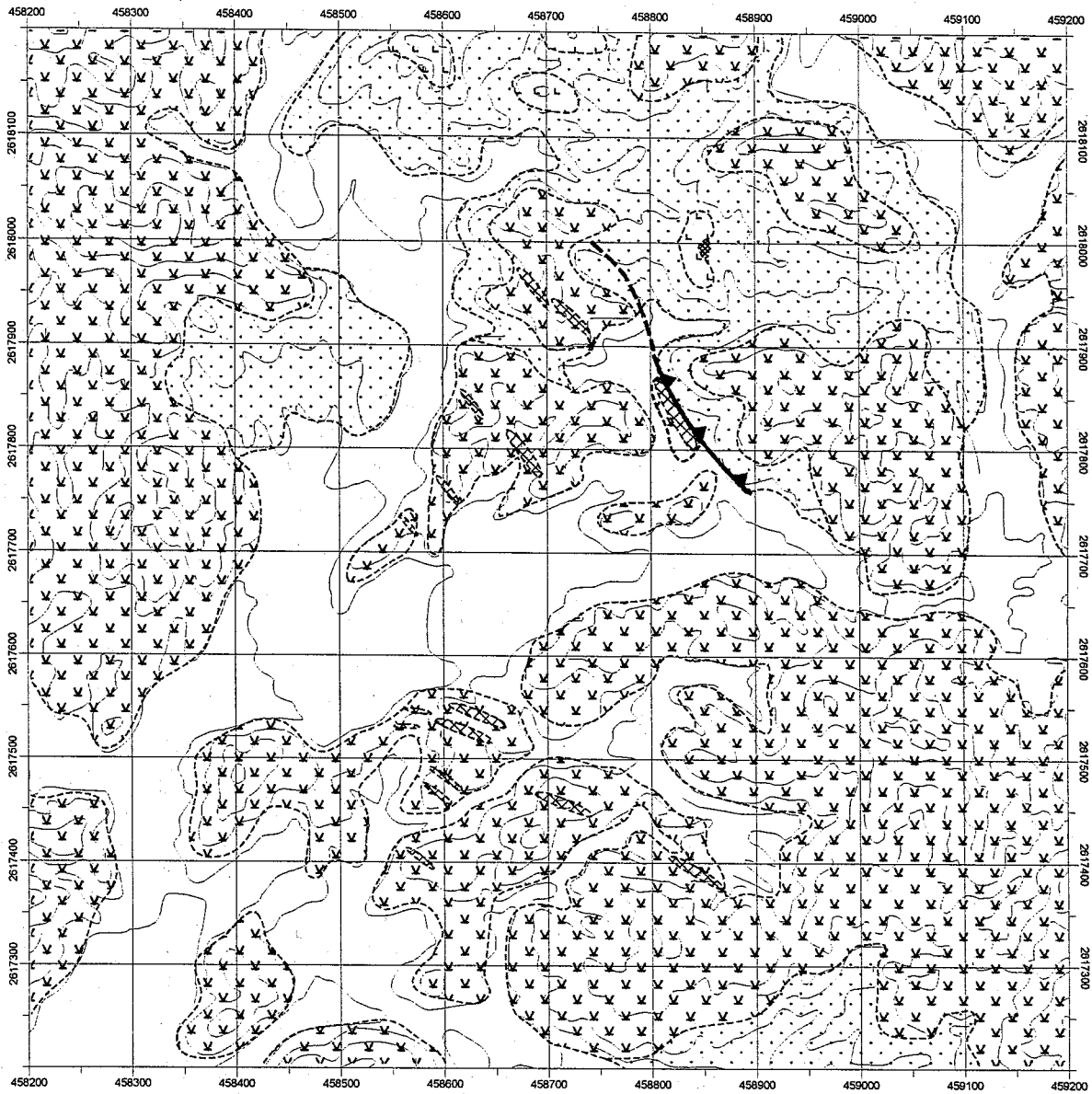


Fig. II-1-13 Geological map of Najaid area