

## 第6章 結論及び提言

### 6-1 結論

ヤンキル地区を対象とした本調査は、本地域に分布する鉱床・鉱体を総合的に評価し、それらを開発・操業に導くために実施したプレ F/S である。そのため、①金の実収率及び銅精鉱の品位向上、②新規探査による可採鉱量の増大、③起業費及び操業費の削減、を調査の重点課題とした。

本調査における探査及び鉱山開発計画の結果は、以下のように結論付けられる。

#### [探査結果]

バチナコースト地域の探査で確立した探査フローを応用し、ヤンキル地域の既知鉱床周辺部において地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施した。

- ① 新規鉱体の発見を目的としてスマイル火山岩類中のジオタイムス層とラセイル層の分布域で物理探査を実施した結果、クルン・アル・アクバブ地区において最も有望な IP 異常を検出した。この異常に対するボーリング調査により、鉱化帯の範囲が東西約 300m、南北約 150m に及ぶ優勢な鉱化を確認した。しかしながら全体の銅の平均品位は低く、金の鉱化も非常に部分的なものであった。この地質鉱量は、概算で約 200 万 t で、その平均品位は Cu:0.71 %、Au:0.1g/t 以下であった。
- ② 本調査の結果より、稼行の対象となるような鉱化部が今後新規に本地域で発見される可能性は極めて低いと考えられる。一方、ラカー鉱床のオープンピット南西部とハイル・アス・サフィール地区のゴッサン北部では、未探査部に小規模ながらも顕著な IP 異常が検出され、ボーリング調査によってストックワーク鉱を捕捉したことから、若干の鉱量増加を見込める可能性はある。
- ③ 本調査では、IP 法調査で新規の鉱化帯を捕捉するとともに、既知の鉱体についても IP 異常域として抽出することができた。また、TEM 法調査でも塊状鉱の分布位置を示す異常を検出した。本地域には塊状鉱は小規模な分布のみで、鉱床は大部分がストックワーク鉱からなるが、今回の調査でこのストックワーク鉱も IP 異常として検出可能であることが明らかとなった。

#### [鉱山開発計画]

本調査では過去の調査データを整理し、各調査項目についてさらに精度の高いデータの収集と解析に努めた。

- ① 鉱量計算では、ナゲット効果を考慮して銅・金とも鉱床別にトップカッティングを実施した。

0.5%Cu カットオフ品位における地質鉱量は以下の通りである。

鉱量(t)	Cu(%)	Au(g/t)	Contained Cu(t)	Contained Au(t)
15,767,000	1.13	0.62	178,738	9,851

- ② ピット設計においては詳細設計に先立ち、採掘領域を決定するため、鉱量計算に用いた地質

モデルに対して Pit Optimisation を行った。この際、現実的に鉱山として操業可能な規模を確保するため、銅価格 120 US ¢ /lb, 金価格 400 US\$/oz とした場合の Pit Optimisation の結果をもとにピット設計を行った。

- ③ 設計したピットにより採掘可能な鉱量（採掘対象鉱量）は以下の通りである。なお、カットオフ品位は 0.5%Cu である。

鉱量(t)	Cu(%)	Au(g/t)	Contained Cu(t)	Contained Au(t)
8,175,000	1.23	0.68	100,441	5,571

- ④ 選鉱試験の結果、破碎・磨鉱系統には従来法を採用することとし、全体的な建設費を最小化するため、破碎と 1 段ボールミルの併用を選択した。ロックド・サイクル試験の結果から主として求めた予想選鉱成績は、精鉱品位 Cu: 20.0 %, Au: 5.13g/t, 実収率は Cu: 85.7%, Au: 39.6% である。
- ⑤ 本地域では降水量が少なく、水資源は極めて貴重であり、地下水への廃水の混入は絶対に避けなければならないことから、選鉱場にフィルタープレス機を設置し、10~15%に脱水した後、廃さいを処分する “DRY” 方式廃さい堆積場を採用することとした。
- ⑥ 粗鉱生産量が 3,000t/d の場合の起業費の総額は US\$ 29,658,500 である。このうち追加投資として操業開始以降の年度に計上した起業費は US\$ 2,157,500 であり、これは主として廃さいダムに関わる費用で、4 年目に行う堤体の拡張工事費である。一方、操業費の総額は US\$ 89,864,200 で、このうちの 30%以上を採鉱操業費が占めるが、これは採掘等を請負したためである。
- ⑦ 粗鉱生産量が 2,000t/d の場合の起業費は US\$ 2,278,500 で 3,000t/d の場合より若干下がるが、操業費は US\$ 102,068,200 と起業費の減額分を大きく上回ることから、明らかに 3,000t/d の方が経済性に優れている。
- ⑧ 財務分析の結果、銅価 100 US ¢ /lb の場合に所要金額全額借入での内部収益率 5.92% を得た。この結果に対し感度分析を行った結果、本プロジェクトの内部収益率は銅の価格に対して最も敏感であることが明らかになった。経済分析の結果では、銅価 100 US ¢ /lb の場合に所要金額全額借入での内部収益率 12.47% を得た。
- ⑨ 本調査の結果、現状の銅価レベル（2002 年 2 月現在で 70 US ¢ /lb 程度）ではヤンキル地区での硫化鉱の開発は経済的に困難であるが、100 US ¢ /lb 以上に上昇すればその可能性があることが示された。
- ⑩ ビンチャーラ鉱体の金操業を加えた場合、経済分析では内部収益率がさらに約 1% 向上し、銅価 100 US ¢ /lb の場合は 19.22%, 銅価 90 US ¢ /lb の場合でも 8.83% となる。さらに製錬費の条件次第では銅価 90 US ¢ /lb の場合においても内部収益率が 10% 以上にまで改善される可能性があることが判明した。

## 6-2 提言

バチナコーストにおける調査で確立したキプロス型塊状硫化物に対する探査フローをヤンキル地区の探査に応用した結果、その適用可能性が実証された。したがって今後のオマーン国における同タイプの鉱床探査に本フローを用いることにより、より効率的な探査ができるものと考えられる。

現状の銅価レベルでは私企業としてのヤンキル地区での硫化鉱の開発は経済的に困難であるが、100 US \$/lb 以上に上昇すればその可能性があることが示された。また国営企業として開発することを考えるならば、90 US \$/lb でもその可能性があるものと考えられる。Fig. I-6-1 と I-6-2 に過去 17 年間の銅と金の価格の変動を示したが、この図から明らかなように上記のような銅価は十分に現実的な数字である。

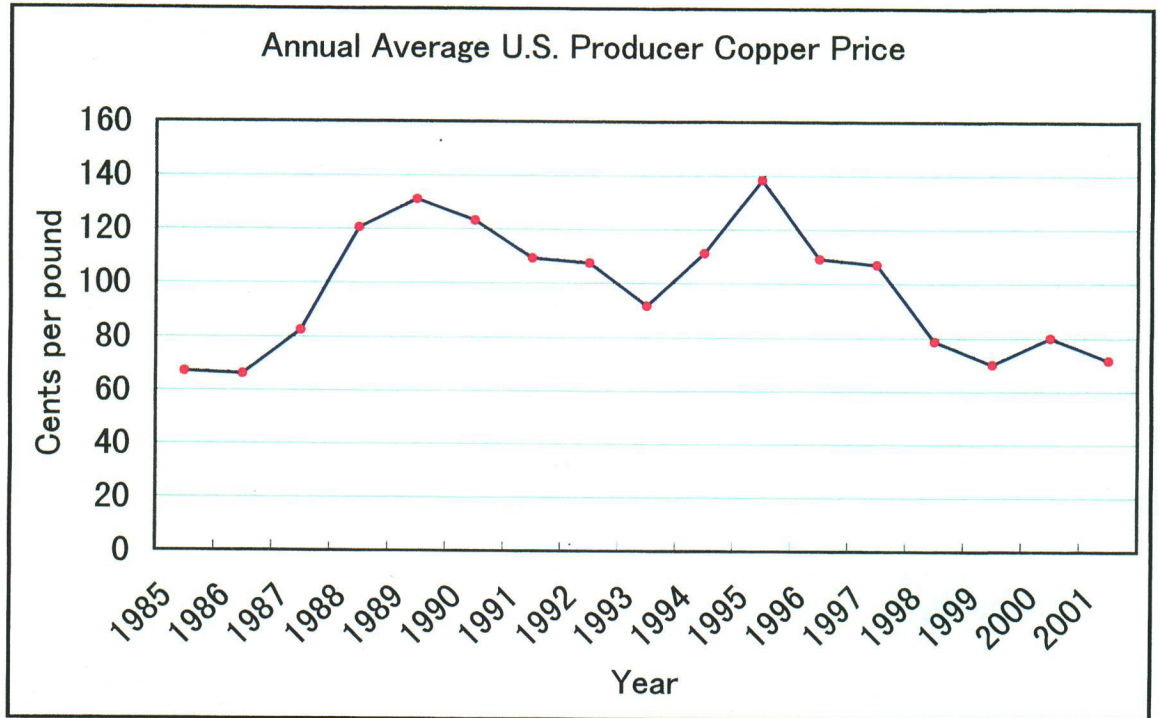


Fig. I -6-1 Historical copper price chart

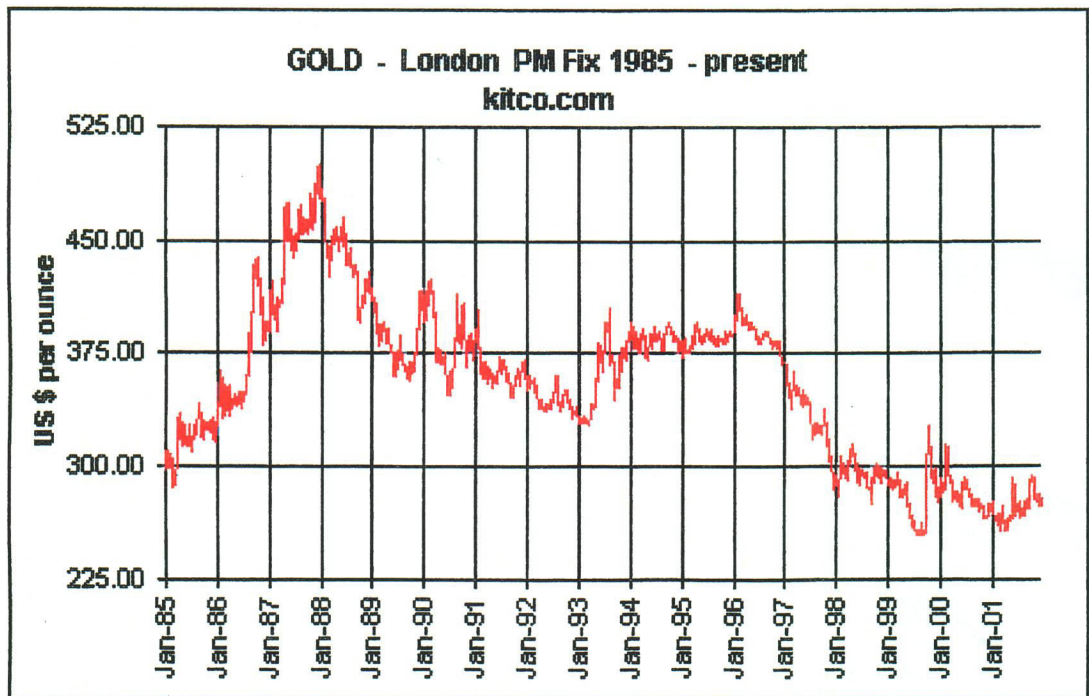


Fig. I -6-2 Historical gold price chart

## 参 考 文 献

- 1) BECHENNEC F., BEURRIER M., RABU D. and HUTIN G.(1986): Geological map of BARKA,-Sheet NF 40-3B, scale 1:100,000: explanatory notes.
- 2) BECHENNEC F., ROGER J., MRTOUR J.L., WYNS R. and CHEVREL S.(1992): Geological map of IBRI,-Sheet NF 40-02, scale 1:250,000: explanatory notes.
- 3) BECHENNEC F., ROGER J., MRTOUR J.L. and WYNS R.(1992): Geological map of SEEB, -Sheet NF 40-03, scale 1:250,000: explanatory notes.
- 4) BEURRIER M., BECHENNEC F., RABU D. and HUTIN G.(1986): Geological map of AS SUWAYQ, -Sheet NF 40-3A, scale 1:100,000: explanatory notes.
- 5) BEURRIER M., BECHENNEC F., RABU D. and HUTIN G.(1986): Geological map of RUSTAQ, -Sheet NF 40-3A, scale 1:100,000: explanatory notes.
- 6) BISHIMETAL EXPLORATION CO LTD.(1987): Report on a copper exploration programme in the northern part of the Oman mountains: Volume I: General
- 7) BISHIMETAL EXPLORATION CO LTD.(1991): Report on geologic and geophysical surveys in the TAWI RAKAH area, Sultanate of Oman
- 8) BISHIMETAL EXPLORATION CO LTD.(1992): Geophysical study in the prospects of Lasail west and Aarja in Sohar area and Hayl As Safil in Rakah area, Sultanate of Oman: Final Report
- 9) BRGM(1994): Mineral occurrences catalogue, BRGM, 119 p..
- 10) COLLEMAN R.G. (1981): Tectonic setting of ophiolite obduction in Oman; J. Geophys. Res., 86, 2497-2508.
- 11) Cooper, N. J. and Swift, R.(1994): Application of TEM to Cyprus-type massive sulfide exploration in Cyprus, [Geophysics], vol.59, No.2, 202-214 p..
- 12) HADDADIN M.A., SULAIMAN Z.K. and AL-FORI S.S.(1983): The Ghuzayn copper-iron prospect, re-evaluation, Khaburah district, Oman. M.P.M., Department of Minerals, 28 p..
- 13) ISLES D.J. and WITHAM W.J.A.(1993): Explanatory notes on the solid geological interpretation of AS SUWAYQ 1:100,000 sheet NF40-3A, World Geoscience Corporation, 15 p..
- 14) Interpex Limited(1993): TEMIX v3.0 User's Manual, Transient Electromagnetic Data Interpretation Software
- 15) ISLES D.J. and WITHAM W.J.A.(1993): Explanatory notes on the solid geological interpretation of BARKA 1:100,000 sheet NF40-3B, and part of NAKHL 1:100,000 sheet NF40-3E, World Geoscience Corporation, 13 p..
- 16) ISLES D.J. and WITHAM W.J.A.(1993): Explanatory notes on the solid geological interpretation of SIB 1:100,000 sheet NF40-3C, and part of FANJAY 1:100,000 sheet NF40-3F, World Geoscience Corporation, 11 p..

- 17) JEBRAK M., LETALENET J. and LESCUYER(1985): Detailed and semi-detailed exploration for copper and associated gold in the Daris, Mahab, Rakah, Ghuzayn, Wadi Andam, Washihi and Al Ajal Area, Interim report, BRGM, 52-57 p.
- 18) JICA and MMAJ(1990): Report on the mineral exploration in the Rakah area, Sultanate of Oman, Bishimetal Exploration Co. Ltd.
- 19) JICA and MMAJ(1996): Report on the cooperative mineral exploration in the central Batinah coast area, Sultanate of Oman.
- 20) JICA and MMAJ(1998): Report on the cooperative mineral exploration in the south Batinah coast area, Sultanate of Oman.
- 21) LESCUYER J.L. and DEGAY E.(1986): Detailed and semi-detailed exploration for copper and associated gold in the DARIS, MAHAB, RAKAH, SHINAS, GHUZAYN, WADI ANDAM, WASHIHI and AL AJAL areas: Final report, BRGM, 125 p.. 4 appendices.
- 22) LESCUYER J.L., VACHETTE C. and BEURRIER M.(1989): Selection of zones for additional copper reserves between SHINAS and AL KHABURAH, northern Oman mountains: Final report, BRGM, 245 p..
- 23) LIPARD S.J., SHELTON A.W. and GASS I.G. (1986): The ophiolite of northern Oman. Memoir No. 11, The Open University, 1-178.
- 24) M.P.M.(1991): Summary of Cu prospects and recommendation for next programme M.P.M. of sultanate of Oman, 19 p..
- 25) M.P.M.(1995): GEOLOGY AND MINERAL WEALTH OF THE SULTANATE OF OMAN
- 26) O.C.M.C.(1994): Daris-part 5: Geological ore reserves at Daris 3A-5 as on 28 September 1994, Oman Mining Company, 10 p..
- 27) RABU D., BECHENNEC F., BEURRIER M. and HUTIN G.(1986): Geological map of NAKHL, -Sheet NF 40-3E, scale 1:100,000: explanatory notes.
- 28) VILLEY M., BECHENNEC F., BEURRIER M., METOUR J. and RABU D.(1986): Geological map of YANQUL, -Sheet NF 40-2C, scale 1:100,000: explanatory notes.
- 29) World Geoscience Co.(1994): Report on ground geophysical surveys in the Sultanate of Oman, 5.4 Daris 3A-5 prospect, O.M.C.O., 15-21 p..
- 30) Webster, S.(1995): Discussion on The application of TEM to Cyprus-type massive sulfide exploration in Cyprus, Geophysics, vol.60, No.5, 1 p..

## 圖 表 一 覽

### 圖 一 覽

Fig.1	Location map of the surveyed area	
Fig.2	Location map of Yanqul area	
Fig. I -3-1	Geological map of the Yanqul - Ghuzayn area	13
Fig. I -3-2	Geological columnar section of Yanqul area	15
Fig. I -3-3	Schematic model of massive sulphide deposits in Ghuzayn area	17
Fig. I -4-1	3-D copper assay in Quron Al-Akhabab	23
Fig. I -4-2	Flow for massive sulphide deposits exploration	27
Fig. I -5-1	Location of process plant and tailing dam	37
Fig. I -5-2	Process flow diagram(crushing and grinding)	39
Fig. I -5-3	Process flow diagram(flotation)	41
Fig. I -5-4	Process flow diagram(dewatering)	43
Fig. I -5-5	Sensitive analysis on the FIRR(project) (3,000t/d)	55
Fig. I -6-1	Historical copper price chart	61
Fig. I -6-2	Historical gold price chart	61

### 表 一 覽

Table I -1-1	Content and amount of the survey (1)	2
Table I -1-2	Content and amount of the survey (2)	3
Table I -1-3	Content and amount of the survey (3)	4
Table I -1-4	Content and amount of laboratory work	5
Table I -1-5	Content and amount of metallurgical test	6
Table I -5-1	Geological reserve at 0.5%COG	30
Table I -5-2	Minable reserve at 0.5%COG	31
Table I -5-3	Head assays of major elements	32
Table I -5-4	Occurrence of gold minerals	32
Table I -5-5	Summry of best rougher/scavenger flotation tests	33
Table I -5-6	Cyanide leaching of pyrite concentrates	34
Table I -5-7	Overall gold recoveries	34
Table I -5-8	Test results of reground feed cleaning	35

Table I -5-9	Locked cycle test result on composite sample -----	36
Table I -5-10	Summary of capital costs -----	48
Table I -5-11	Summary of operation costs -----	48
Table I -5-12	Initial and additional investment schedule (3,000t/d) -----	49
Table I -5-13	Initial and additional investment schedule (2,000t/d) -----	50
Table I -5-14	Annual profit(loss) and cash flow (3,000t/d, Cu:100 ¢ , financial, all loan) ----	51
Table I -5-15	Annual profit(loss) and cash flow (3,000t/d, Cu:100 ¢ , financial, all equity) --	52
Table I -5-16	Annual profit(loss) and cash flow (3,000t/d, Cu:100 ¢ , economic, all loan) ----	54
Table I -5-17	Annual profit(loss) and cash flow including Bishara gold mining (3,000t/d, Cu:90 ¢ , economic) -----	56
Table I -5-18	Annual profit(loss) and cash flow including Bishara gold mining (3,000t/d, Cu:100 ¢ , economic) -----	57