

第6章 総合検討

6-1 空中物理探査異常の対比

6-1-1 調査地域東部 MJNM-1, 5, 6, 7, 8, 9, 10

ボーリング調査結果と第1年次、第2年次で実施した空中物理探査特に空中電磁法による比抵抗異常との関係をFig. II-6-1(1)の総合解析モデル図に示した。

全体的にみて本地域の地質構造は表層100~120mのカルクリートおよびKalahariサンド層とそれより下位の原生代炭酸塩岩層か基盤岩のまかに2層構造となる。

カルクリートは従来比較的高比抵抗を示すと考えられてきた。しかしパーカッションボーリングの結果、実際は厚さ100m程の中で数層の粘土化した地下水透水層が分布し、これらは十分低い抵抗値を示すことがわかった。56000Hzの比抵抗図は一般に浅所の比抵抗構造を反映するがそれより深い7200Hzと900Hzと異常パターンが異なることや、検出される比抵抗値の大きさも異なることから56000Hzは第2年次の比抵抗断面に示されるように深度60m前後のカルクリート中の構造を反映していると考えてよい。

カルクリートの下位には複数孔でKalahariサンドを捕捉している。これは一般に脆弱な陸成堆積物である古カラハリ砂漠の砂である。石英の粒子間を多量の赤色粘土で埋めており地下水が浸透すると著しく低い抵抗値を示す。深度100mから120mに分布しており7200Hz比抵抗構造の一部を反映している可能性もある。地質構造と対比すると炭酸塩岩累層が形成する向斜構造の軸部より北に分布するようにみえる。

これら新期堆積物の不整合面の下位は主として高比抵抗のドロマイト、石灰岩およびチャートが卓越する。MJNM-5, 6, 7はEW方向の軸をもつ向斜構造の南翼をNW-SE方向に斜交する低比抵抗リニアメント上にあるスポット異常である。ボーリング調査の結果、このリニアメントは深部まで達する構造的弱線で、これに沿って先第三紀の活動によるドレライト岩脈の貫入が認められる。このドレライトはコア観察から45~60°の角度で傾斜しており、その上下盤にドロマイトに強い熱水変質を与え、多量を滑石を生じさせている。このようなドレライト岩脈はこのNW-SE低比抵抗リニアメント上ではMJNM-7にのみ捕捉されているが、磁気リニアメントとの対比してみるとこのリニアメントに平行な岩脈が断続して地下に分布していると考えられる。MJNM-8とMJNM-10の2孔もほぼ等深度でドレライト岩脈に達している。これらは平行な個々の岩脈の可能性はある。

900Hzの比抵抗構造は地層の比抵抗値によってそのデータ深度が大いに異なるが、第2年次の比抵抗断面との対比で深度200m~250mを反映しているとみてよい。すなわちこのようなドロマイトを主とした地層の中の構造が900Hzに反映されていると考えてよい。MJNM-5はドロマイト中に多量の水と粘土に充たされた空洞を捕捉している。MJNM-5付近の7200~900Hzの顕著な低比抵抗異常はこれによって強調されているものと思われる。

鉱床の場としてこのような空洞が好条件の一つである。このような有望な空洞は鉱床生成のタイミングからして鉱液上昇以前に形成されており、したがってMulden層群の砂岩で充填されて

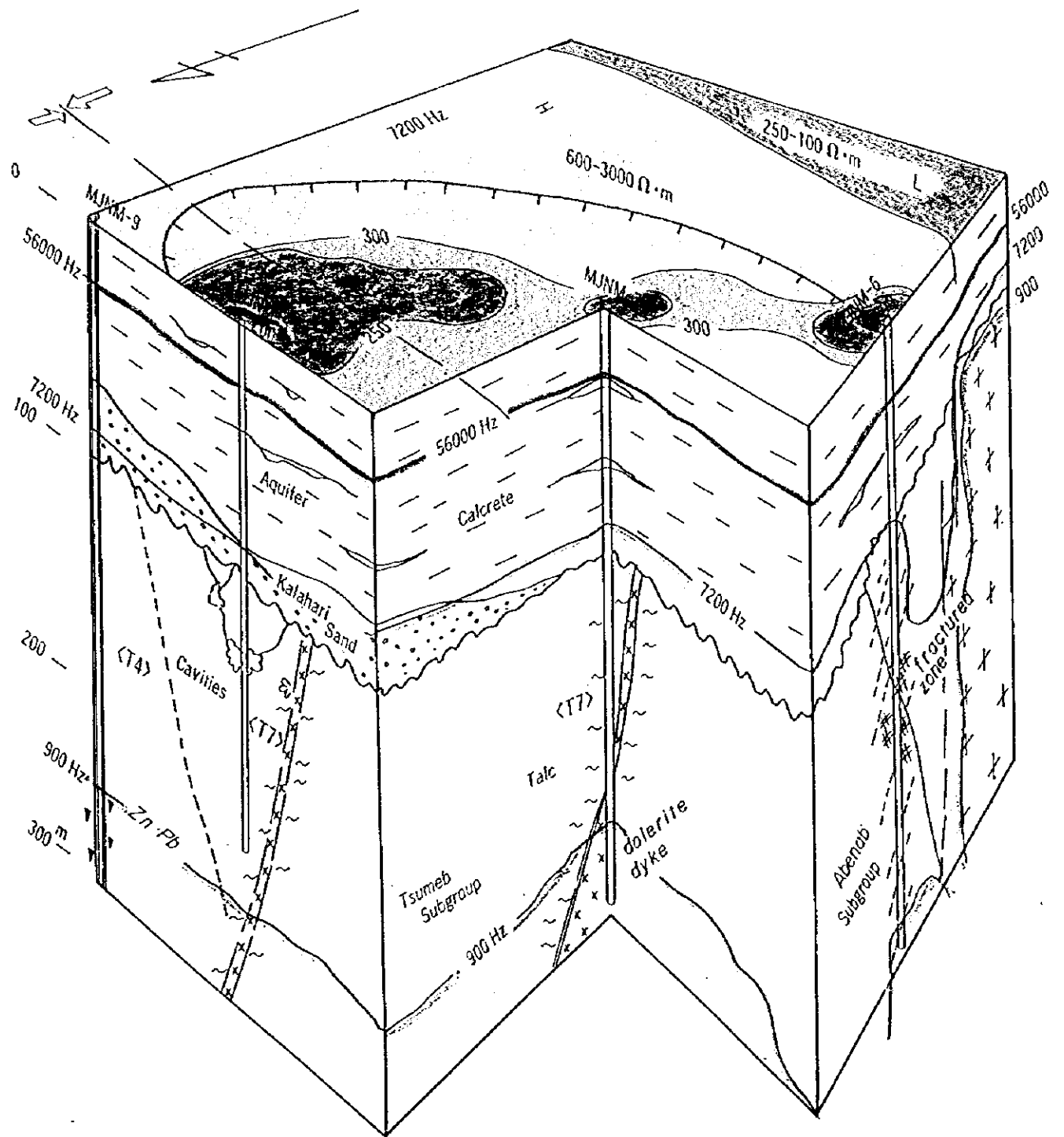


Fig. II - 6 - 1(1) Model block map of compilation and interpretation



いる可能性が高いのでMJNM-5の空洞は鉱床より若い。ドレライト貫入時の熱水変質で生成した滑石層に地下水が循環して形成された空洞かも知れない。

6-1-2 調査地域西部 MJNM-11, 12

ボーリング調査結果と第1年次、第2年次で実施した空中物理探査特に空中電磁法による比抵抗異常との関係をFig. II-6-1(2) に示した。

本地域での異常パターンも浅所(56000Hz)で低比抵抗帯の分布が広くかつ抵抗値も低く、より深い所(7200Hzや900Hz)で分布はせばまり抵抗値も増加する。

56000Hzの表層構造の特徴は特に北方へ伸びるNNE-SSWのリニアメントが顕著で、これが7200HzではENE-WSWリニアメントにとって代わり900HzではENE-WSWとNW-SEリニアメントが顕著となる。MJNM11は幅2kmで東西に分布する高比抵抗帯をENE-SWS方向に横切る低比抵抗リニアメントとNNE-SSWリニアメントの交点である。MJNM-12は高比抵抗帯に浮かぶ独立した低比抵抗帯ウィンドウの中心に位置する。

デファレンシャル比抵抗による断面図によれば56000Hzと7200Hzの深度はそれぞれ10m~20mと50m~100mである。ボーリング調査の結果と対比させるとこれらの比抵抗異常はカルクリートまでを切る断層破碎帯かMulden層群Tschudi層の砂岩中の黄鉄鉱、風化層あるいは挟在する頁岩層に起因することが考えられる。このうち黄鉄鉱が最も可能性があるがTschudi層砂岩は両孔に共通して分布し、かつ同生的産状を呈することと、MJNM-12が独立した低抵抗帯ということと矛盾する。MJNM-11ではMulden層群非整合の下位に著しい黒色ドロマイトの破碎帯が認められ、これがENE-WSW走向に走る断層を暗示している。この断層がMulden層群の砂岩までを切っているとすればこの断層が7200Hzの低比抵抗リニアメントの起源となりうる。

56000HzのNNE-SSW系トレンドはこの地域の地下水の流動方向と一致しており、表層カルクリート中の地下水の流路を意味するかも知れない。

6-1-3 その他の地域 MJNM-2, 3, 4

調査地域東部のMJNM-1, 2および中央部のMJNM-3, 4は第1年次の空中磁気・放射能探査の結果抽出された独立した磁気異常に対して行ったボーリング孔である。これを比抵抗異常との関係でみると、MJNM-2は基盤域に起因すると低抵抗帯の北に帯状に分布する高抵抗帯と低抵抗帯の境界部にあたり、基盤域とも交差する弱い南北系の比抵抗リニアメントがとおっている。

MJNM-3は背斜構造を暗示する東西に延びた高比抵抗帯に、MJNM-4は同様な帯状高比抵抗帯と低比抵抗帯との境界に位置している。MJNM-1については6-1-1で述べたとおりである。

6-2 総合解析および考察

第1年次・第2年次で実施した空中物理探査と既存資料のコンパイル作業を通じて得られた鉱床生成・探査モデルに基づいて計12孔 総延長3,220mのボーリング調査を実施した。



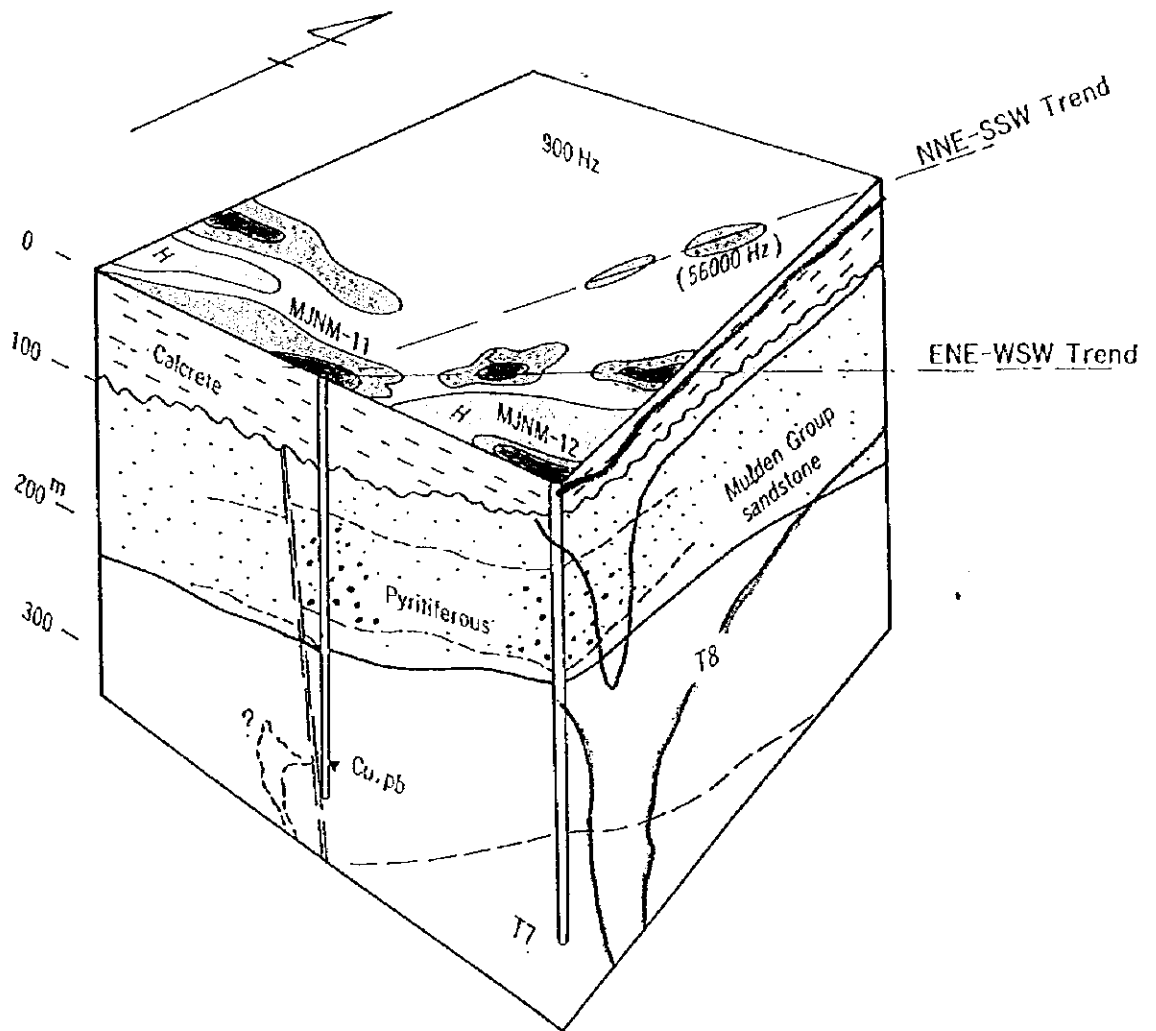


Fig. II-6-1(2) Model block map of compilation and interpretation



その結果 MJNM-1とMJNM-9の2孔でいわゆる‘ミッシシッピーバレー型’中低品位鉛亜鉛鉱化帯の延長が確認された。MJNM-1の累計着鉱長は9.16%、平均品位はPb+Zn=0.61%、一方MJNM-9の累計着鉱長は5.24m、平均品位はPb+Zn=0.129%でMJNM-1より更に低い。母岩は両孔とも砂質ドロマイトで、T4の層準規制が考えられる。

Mulden層群の砂岩はMJNM-11,12でかなり強い黄鉄鉱の鉱化が認められるが、化学分析の結果Cuを殆ど伴わず、また同生的産状からして還元環境下で沈澱したものと考えられる。

一方、TsumebからENE方向に延びる比抵抗リニアメントとNNE-SSWリニアメントとの交点に掘削したMJNM-11では、T8ドロマイト層中のドロスパーや脈状方解石に伴われてCu、PbおよびV₂O₅の鉱化が認められる。これは元素比からみるとミッシシッピーバレー型とは異なり、Pb、ZnにくらべてCuが高いTsumebの鉱床型に類似する。この微細な鉱化は大規模破碎帯の端部に位置すると思われる、この構造に沿って古い空洞の分布する場で鉱体に発展する可能性をもっている。将来更に調査探鉱を進めるべき地域である。(Fig. II-6-1(2))

探査モデルの基幹となったMulden層群の不整合面(TM境界)を横切る低比抵抗リニアメントやその上の低比抵抗スポットでは鉱化帯把握には至らなかった。低比抵抗リニアメントはNW-S E系ドレライト岩脈とその周辺に与えている滑石を主とした熱水変質帯を反映しており、その上に点在する低比抵抗スポットにも鉱化胚胎の必須条件であるカルストブレッチャや溶解ブレッチャの発達には対応していない。

MULDEN層群の分布は磁気異常との総合解析によって調査地域東部でも比較的広く推定されたが、ボーリング調査では捕らえられておらず、したがってTM境界面直下のポテンシャルの評価は十分できたとは言えない。MULDEN層群の分布地域で鉱床胚胎規模のカルスト構造を抽出するには空中物理探査の測線間隔(200m)では十分とは言えず、ボーリング調査の前段階で更に測線を密にしたTDEM地上電磁法等を検討する必要がある。(Fig. II-6-1(1))

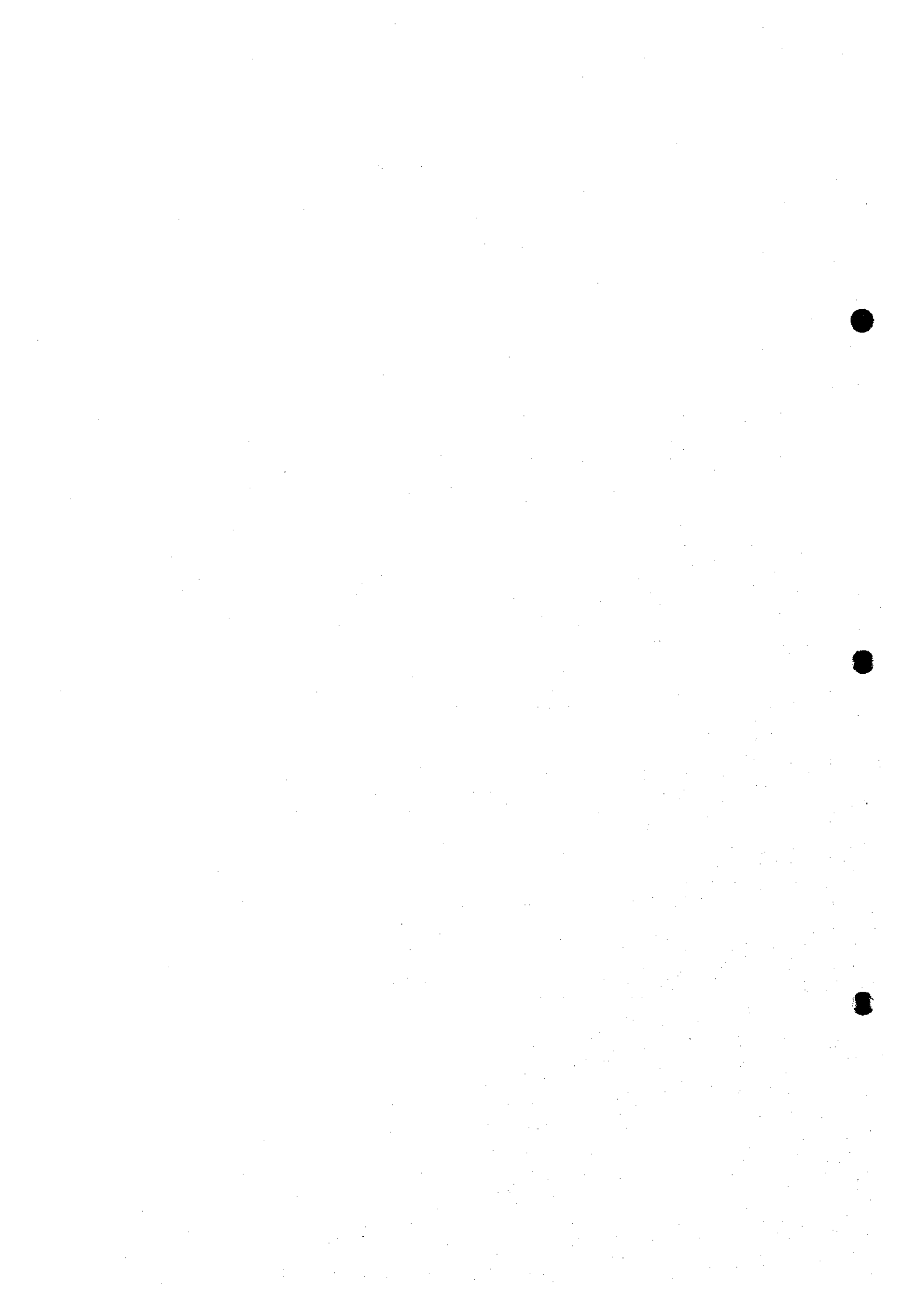
一方、調査地域西部では画像解析や空中物理探査ではMulden層群の分布が予想されていない区域で、厚さ100m以上の砂岩が捕捉された。(Fig. II-6-1(2))すなわち比抵抗構造から地層の分布を推定するには限界がある。特に調査地域東部ではカラハリサンドが浅所の低比抵抗帯を形成し、下位の鉱微起源の異常をマスキングする可能性がある。(Fig. II-6-1(1))

このように地下浅所には透水層(あるいは帯水層)や風化作用で生ずる粘土鉱物など低比抵抗異常に起源が多く考えられ、これがより深所の比抵抗構造に影響する可能性が強い。言い換えれば、より低い周波数の探査深度が実際は浅所の構造を拾っている傾向があるので深部の探査がより困難となる。

空中物理探査は本調査地域のように平坦で非露出地帯の場合、地下情報を得る探査法としてはコストパフォーマンスも含めて現在のところ最適な手法と考えられる。特に空中磁気探査と空中電磁探査を連結した探査は精度の高い解析が可能となる。しかし、表層堆積物の物性測定も十分行い、その下位のデータ深度をよく吟味する必要がある。



第Ⅲ部 結論および提言



第Ⅲ部 結論および提言

第1章 結論

本調査は第3年次の本年度までに、既存資料の解析から始まり、地質調査や空中物理探査を経て計12孔、総延長2,320mのボーリング調査を実施した。これら調査結果の考察により得られた結論は次のとおりである。

1. Tsumeb・Kombat型の塊状硫化物パイプ状鉱床探査の目的で、第1年次の空中磁気探査の磁気異常にターゲットに4孔、第2年次の空中電磁探査による比抵抗異常をターゲットに8孔計12孔のボーリング調査を実施し、うちMJNM-1およびMJNM-9の2孔で低品位の鉛亜鉛鉱床状ないし細脈状鉱徴を捕捉した。これらは産状および母岩の特徴からミシシッピーバレー型鉱床に属し、層準規制が考えられる。

MJNM-1の累計鉱化区間は9.16mで、平均Pb品位0.23%、Zn品位0.38%を得た。

MJNM-1	111.58m-111.69m(0.11m)	Pb=1.45%	
	112.30m-112.62m(0.32m)	Pb=4.52%	Zn=1.58%
	245.75m-246.25m(0.50m)		Zn=1.76%
	246.25m-246.65m(0.40m)		Zn=2.28%

MJNM-9の累計着鉱長は5.24m 着鉱長に品位を乗じた数値の累計はPb=0.22 m・%, Zn=1.08 m・% Pb+Zn=1.29 m・%である。MJNM-1に比較して鉱化の程度は弱く、1%以上の鉱化部はなく、0.1%以上の鉱化部は以下の箇所である。

234.10m-234.50m(0.40m)		Zn=0.58%
242.60m-243.35m(0.75m)	Pb=0.17%	Zn=0.83%
248.10m-248.64m(0.54m)		Zn=0.31%

2. MJNM-11ではTsumeb亜層群上部の破碎帯に伴われて黄銅鉱・方鉛鉱が認められ、分析の結果有意のCu、Pb、Znの濃集を示した。0.1%以上の鉱化部は以下の箇所である。

270.70m-270.75m(0.05m)	Pb=0.18%	(Cu=0.028% Zn=0.026%)
272.30m-272.50m(0.20m)	Pb=0.1%	(Cu=0.026% Zn=0.08%)

金属比からどちらかと言えばTsumeb・Kombat型に近い。この微細な鉱化は古い空洞の分布する場で鉱体に発展する可能性をもつので追跡調査が必要である。

3. Mulden層群の砂岩はかなり強い黄鉄鉱の鉱化が広く認められるが、化学分析の結果Cuを殆ど伴わず、また同生的産状からして還元環境下で沈澱したものと考えられる。この黄鉄鉱の鉱化は低比抵抗源となっている。

4. 調査地域の表層カルクリート下位のDamara帯は露出地域の地質層序や構造が連続し、分布

することがわかった。探査モデルの基幹となった地質構造を切る低比抵抗リニアメントと低比抵抗スポットはボーリング調査の結果、ドレライト岩脈とそれに伴う熱水変質帯に対応していると考えられる。コアの比抵抗値もこれを支持している。スポット状異常も鉱床胚胎の必須条件と考えられるカルストプレッチャや溶解プレッチャの発達には対応していない。

5. 既存資料と空中物理探査から一括してMulden層群の砂岩の分布が推定されていた表層以下の実際の地質はカルクリートやKalahariサンドの場合と分布が予想されない地域で実際は厚い砂岩が捕捉される場合があり、地質構造の解析には詳細な表層の比抵抗値評価が不可欠であることがわかった。
6. 比抵抗断面から得られた周波数可探深度とボーリング調査結果から、300mのボーリング計画深度は全体として妥当であったと言える。

第2章 将来への提言

第3年次までの調査結果とその総合解析と考察によって得られた結論に基づき、次のような将来に対する提言を行う。

1. 既知鉱床付近の空中物理探査

本プロジェクトでは既知鉱床の鉱石や母岩の物性測定値から、探査モデルとしては塊状硫化物鉱床は低比抵抗異常を形成し、ボーリング調査はこのような低異常をターゲットとしてきた。しかし、一方では例えば最近開発中のKhusib鉱床のように地上物理探査では必ずしも低比抵抗異常に対応しないという情報もある。したがって空中物理探査のうち鉱床胚胎規制要素の応答を見直す必要がある。そのためには既知鉱床上空からのデータを取得する。

2. 探査モデルの再検討

既知鉱床の空中物理探査結果から本プロジェクトで使用した探査モデルを再チェックする。

3. 地上物理探査とボーリング調査の実施

探査モデル改訂版により、抽出された地域について測線密度を上げた地上電磁探査（TDEM法）を実施する。異常図の解析には本プロジェクトのコア試料を有効に使用し、特に表層に近い地層の物性測定データを充実させる。

4. MJNM-11鉱化帯の延長探査

新モデルと地上物理探査の結果に基づきMJNM-11の鉱化帯を再評価し、ボーリングにより追跡調査を実施する。この場合、鉱化作用に伴う方解石、ドロマイトおよび石英を用いた酸素同位体と炭素同位体分析によるターゲットの絞り込みも有効かもしれない。

5. 新規地域の調査

新しい地域としてはTschudi鉱床北方からTsumeb鉱山北東方にかけての非露出地域でカルクリートなど新期堆積物の厚さが100mを超えない地域が望ましい。

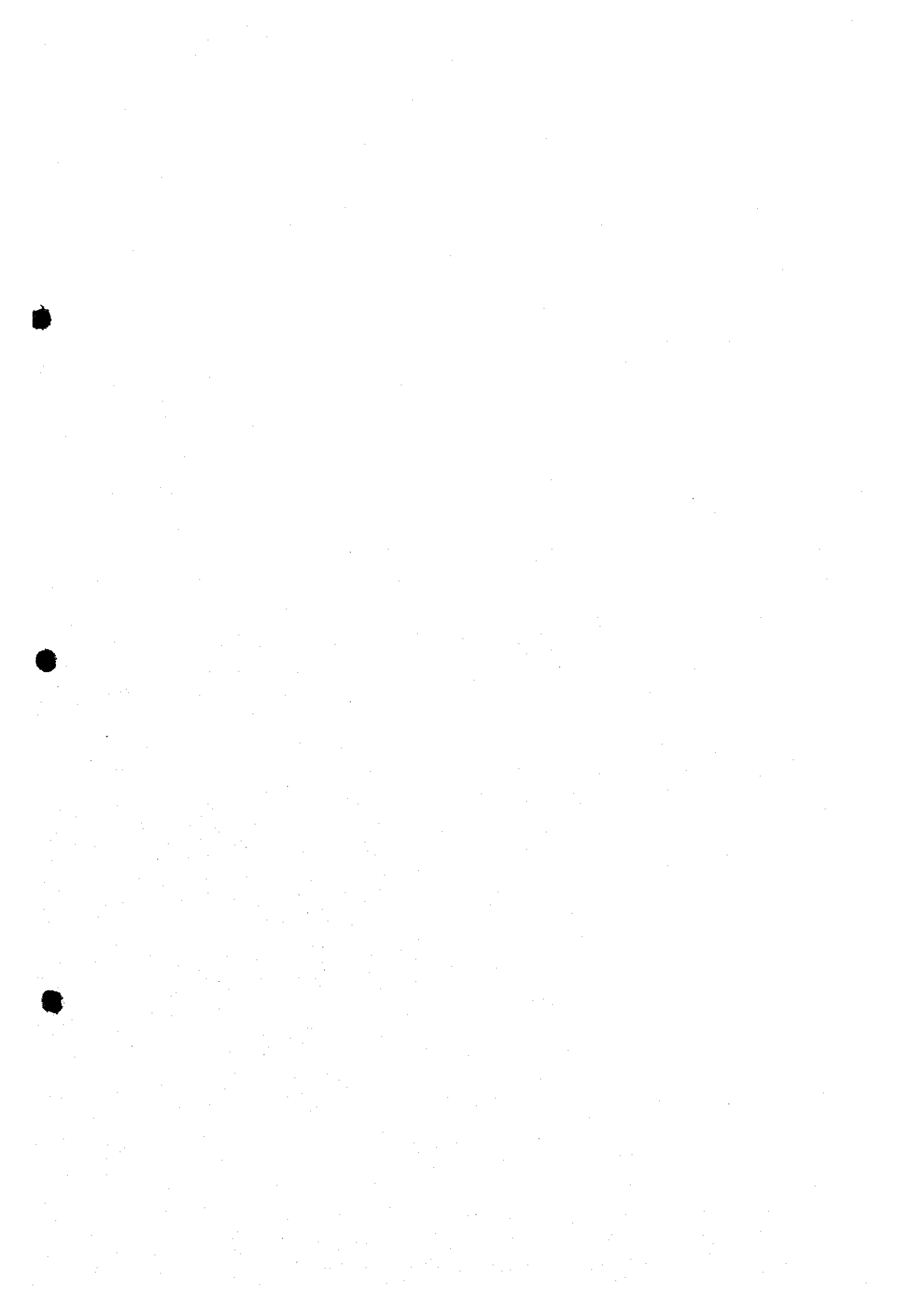
以 上

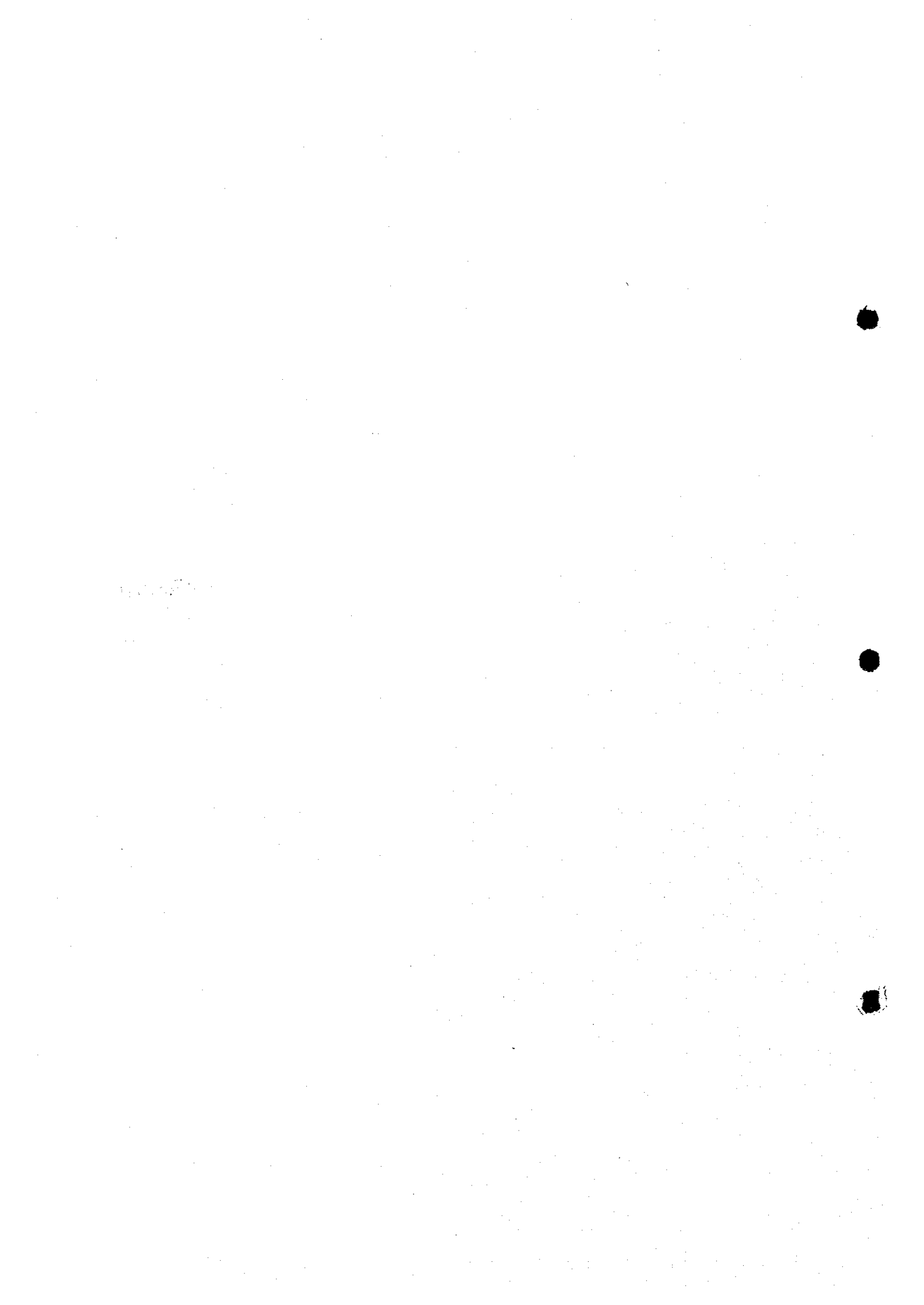
Bibliography

- Beukes N.J.(1996): Carbonate sedimentology. Geol.Soc.Namibia.
- Chamber of Mines of Namibia(1996): Mining in Namibia
- Chamber of Mines of Namibia(1997): 1996 18th Annual Report
- Corner B.(1983): An Interpretation of the Aeromagnetic Data Covering the Western Portion of the Damara Orogen in South West Africa/Namibia Spec. Publ.geol.Soc.S.Afr.,11(1983),339-354
- Corner B.and W.A.Wilsher(1987): Proceedings of Exploration '87:Third Decennial In Geophysical and Geochemical Exploration for Minerals and Ground water, edited by G.D.Garland, Ontario Geological Survey, Special Volume 3, 960 p.
- De Beer,J.H.et al(1982): Magnetometer array and deep Schlumberger soundings in the Damara orogen belt, South West Africa.Geophys. J.R.astr. Soc.,70,1982.11-29p.
- Franco Pirajno(1992): Stratabound Carbonate-Hosted Base Metal Deposits, Hydrothermal Mineral Deposits (1992), 588-609p Springer-Verlag
- Geological Survey of Namibia(1982): The Geology of South West Africa Namibia 1:1000000
- Geological Survey of Namibia(1988): Geological Map of the Damara Orogen South West Africa / Namibia-1988 1:500 000
- Geological Survey of Namibia(1993): Aeromagnetic Anomaly Map of Namibia 1:1 000 000
- Huang H. and Fraser D.C.(1996): The differential parameter method for multifrequency airborne resistivity mapping. Geophysics, vol.61,No.1 p.100-109
- Innes J. and Chaplin R.C.(1986): Ore Bodies of the Kombat Mine, South West Africa / Namibia. Mineral Deposits fo Southern Africa(1986),1789-1805p.
- Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan(1996): Reort on the Mineral Exploration in the Otavi Mountainland Area the Republic of Namibia Phase I (1996)
- Japan Mining Engineering Center for International Cooperation(1992): Report on Project finding Survey -Satellite Image Interpretation, Republic of Namibia 1992 (in Japanese)
- Japan Mining Engineering Center for International Cooperation(1992): Report on Project finding Survey -Information Analysis, Republic of Namibia 1992 (in Japanese)
- Kileen P.G.(1979): Gamma Ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration - Application and Interpretation. Exploration '87 Proceedings-Geophysical Methods, Advances in the State of the Art. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 31,163-229p.,1979
- Killick A.M.(1986): A Review of the Economic Geology of Northern South West Africa/Namibia. Mineral Deposits fo Southern Africa(1986),1709-1717p.
- Kimura S.(1987): Localization of Spa using Surface Gamma-Ray Radiometric Exploration Spa Science Vol.37 1987 73-92p.(in Japanese)
- Leach D.L. and Sangster D.F.(1993): Mississippi Valley-type Lead-Zinc Deposits Kirkham,R.V. et al eds.,

- Mineral Deposit Modeling: Geol.Assoc. Canada,Spec.Pap. 40,289-314p.
- Lombaard A.F., Gunzel A., Innes J.and Kruger T.L.(1986): The Tsumeb Lead-Copper-Zinc-Silver Deposit, South West Africa/Namibia. Mineral Deposits fo Southern Africa(1986),1761-1787p.
- Miller R.McG.(1983): Economic Implications of Plate Tectonic Models of the Damara Orogen. Spec.Publ.Geol.Soc.S.Afr.,11(1983),385-395p.
- Mining Journal : Country Supplement NAMIBIA Vol.319 No.8196 1992
- Miller R.McG.(1994) : The Mineral Resources of Namibia ---Mineral Exploration Targets.
- Niall M. and McMaus C.(1994): Proterozoic Crustal & Metallogenic Evolution. Abstracts. Geological Society & Geological Survey of Namibia
- Palacky G.J.(1986): Geological background to resistivity nmapping. Geol.Sur. Canada, Paper 86-22, p.19-27, 1986
- Tompkins et al.(1994): The Cadjebut as an Example of Mississippi Valley-Type Mine ratization on the Lennard Shelf, Western Australia-Single Episode or Multiple Events? Econ.Geol.,vol.89.No.3,1994,467-492p.
- Tsumeb Corporation Limited(1995): Kombat Mine 1995
- Welke H.J., Allsopp H.L.and Huges M.J.(1983): Lead Isotopic Studies Relating to the Genesis of the Base-Metal Deposits in the Owambo Basin,Namibia Spec.Publ. Geol.Soc.S.Afr.,11(1983),321p.
- Wolf K.H. edit.(1985): Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, Vol. 5 Regional Studies, Vol.6 Cu Zn Pb and Ag Deposits, Vol.13 Regional Studies and Specific Deposits, ELSEVIER







1111