

第 Ⅲ 部

第III部 結 論

第1章 結 論

本調査はチュニジア共和国クリブ-メジェズ・エルバブ地域における資源開発協力基礎調査の第1年次調査として実施されたもので、衛星画像解析、既存データ収集、地質調査及び物理探査からなる。衛星画像解析及び既存データ収集はクリブ-メジェズ・エルバブ地域を対象とし、地質調査は本調査地域から選出されたブキル、ラクワット-アルグブ・アダマ、バジナ・ケビラ及びウェド・ジェブスの4地区で、物理探査はブキル及びラクワット-アルグブ・アダマの2地区で行われた。第1年次調査によって得られた結論は以下のように要約される。

- (1) 既存データとして収集された5万分の1重力図幅を検討した結果、ブーゲ異常には北西-南東の方向性が見られる。この方向性は地向斜基盤の構造を反映しており、地向斜基盤が断裂によりブロック化し、地塁・地溝を形成しているものと推定される。
- (2) 重力図幅と地質を対比すると、ブーゲ異常はおもに白亜系及び新第三系の起伏を反映しており、ブーゲ異常と地質の関係は以下のように考えられる。
 - ① 新第三系分布域：高重力異常域は薄い新第三系を、低重力異常域は厚い新第三系を示唆する。
 - ② 白亜系分布域：高重力異常域は厚い白亜系を、低重力異常域は薄い白亜系と三畳系ダイアピルを表す。
 - ③ 三畳系ダイアピル分布域：高重力異常域は根無ダイアピルを、低重力異常域はダイアピルの存在を暗示する。
- (3) 本調査地域には、多数のミシシッピバレー型又はCarbonate-hosted型の鉛亜鉛鉱床・鉱徴が存在するが、その多くがブーゲ異常の急傾斜部に分布している。したがって、これらの鉱床・鉱徴を生成させた当時の熱水流動が白亜系～始新統の地向斜堆積物の構造に規制されていたと考えることができる。
- (4) JERS-1 SAR画像のリニアメント解析の結果、アルプス造山の基本構造を示す北東-南西系のリニアメントと地向斜基盤の構造を反映する北西-南東系のリニアメントが認められる。リニアメント分布密度は北東-南西系のリニアメントと北西-南東系のリニアメントの交差部で高くなる。
- (5) 本地域では、白亜系、始新世及び三畳系と白亜系の漸移帯中に鉱床・鉱徴が18箇所知られているが、ほとんどの鉱床・鉱徴はダイアピルの南東側及び先端部に位置している。また、Pb・Zn地化学異常帯は三畳系ダイアピルの周辺に分布する。
- (6) ブキル地区及びラクワット-アルグブ・アダマ地区で行われた物理探査結果は、以下のようにまとめられる。

(a) ブキル地区

- ① 重力探査の結果、調査地中央部に三角形の高残差重力異常が、北西部に北西-南東の方向性がある低残差重力異常が抽出された。高残差重力異常の南側にはブキル鉱山採掘跡やセレストタイト鉱床帯が位置し、低残差重力異常は三畳系ダイアピルの分布域に対応する。
- ② 電気探査の結果、調査地を横断する比抵抗断面をみると、調査地北西部の高比抵抗層は白亜系石灰岩層に、南東部の低比抵抗層は第三系砂岩層に対応する。ブキル鉱山採掘跡やセレストタイト変質帯は高比抵抗層と低比抵抗層の境界部でより著しく低い比抵抗値を示す縦長の低比抵抗異常に対応する。この低比抵抗異常は重力断面解析の低密度異常に相当する。
- ③ 電気探査の結果、調査地を横断するIP断面をみると、高分極率異常はブキル鉱山採掘跡及びセレストタイト変質帯の浅部に認められる。これは、比抵抗分布における高比抵抗層と低比抵抗層の境界部の低比抵抗異常の直上付近に相当する。

(b) ラクワット-アルグブ・アダマ地区

- ① 重力探査の結果、調査地南部に南北方向に延びる高残差重力異常が抽出された。この高残差重力異常は白亜系石灰岩の分布域に対応し、ラクワット鉱山やアルグブ・アダマ探鉱地は高残差重力異常の東側にある重力急変部中の高残差重力の張り出し部に位置する。
 - ② 電気探査の結果、調査地中央部～南部を横断する比抵抗断面をみると、高比抵抗層は白亜系石灰岩層に対応する。この高比抵抗層は南部になるほど厚くなり、南東側境界部にラクワット鉱山が位置する。
 - ③ 電気探査の結果、調査地を横断するIP断面をみると、ラクワット鉱山付近で強い高分極率異常の広がりが認められる。
 - ④ 調査地を横断する方向に実施した重力及び磁気の連成解析により、重力基盤上に白亜系石灰岩層に対応する高密度層が厚く広がっていること、三畳系ダイアピルの露出域では重力基盤は隆起を示していることなどが確認された。また、高密度層は磁化率の違いから、さらに短冊状に分類された。
- (7) 地質データ及び複数の物理探査データの解析結果を用いて、地質及び地質構造に重力基盤と比抵抗構造とを総合して検討した結果、高比抵抗層と重力基盤の深度の違いから、鉱化作用又は鉱化作用に関連する断裂の可能性をもつ低比抵抗帯が抽出された。この低比抵抗帯と高分極率異常が重複するゾーンに鉱床が胚胎する可能性が大きいと推定される。

第2章 第2年次調査への提言

本調査地域を含むチュニジア共和国では、ミシシッピバレー型鉛亜鉛鉱床・鉱徴が多数発見されているが、Bougrine鉱床の推定鉱量800万トンの最大で、品位-鉱量モデルが示す50%以上の割合で存在することとなる鉱量数千万トンクラスの鉱床は知られていない。

新鉱床発見のための調査及び旧探鉱地を再評価し、大幅な鉱量獲得に結びつく新鉱化帯を求めするための調査の実施に当たっては、まず、鉱化帯そのものの存在条件の確認が必要となる。そこで、本年度は既知鉱床周辺で、ミシシッピバレー型鉛亜鉛鉱床に対する探査法の確立も兼ねて、地質調査と複数の物理探査を組合せた調査を実施した。

本年度調査に基づく地質及び地質構造データに、重力基盤と比抵抗構造とを組合せ、地下構造の正確な推定を行い、高比抵抗層と重力基盤の深度の違いから抽出される低比抵抗帯に高分極率異常が重複する箇所が鉱化帯であるという作業仮説を提案した。

これによって、以下のような鉱床探査の指針が得られた。

- ① 広域的には地壘状構造又はドーム状構造を示す構造的隆起部は高重力異常域に対応し、炭化水素のトラップとしての役割りを果たし、還元的環境を形成し、硫化物沈殿の場を提供することから、優先的調査対象となる。これは広域重力分布図では高重力異常域に対応する。
- ② そのような高重力異常域のうち、熱水の通り道となる断裂系が発達していると推測される重力異常の急傾斜部に着目する。
- ③ 地質及び地質構造に、重力基盤と比抵抗構造とを組合せて、地下構造を推定し鉱床生成の場としての可能性の高い地区を抽出する。

このような考え方に基づけば、既存データ解析結果総括図(図140)から、調査地域中央北東部の高重力異常域が第2年次調査の最優先地区として選出される。さらに、重力異常の急傾斜部に着目すれば、Assioud, Siliana, Mahjoubiaなどの鉱徴地周辺が鉱化ポテンシャルの大きい地区となる。

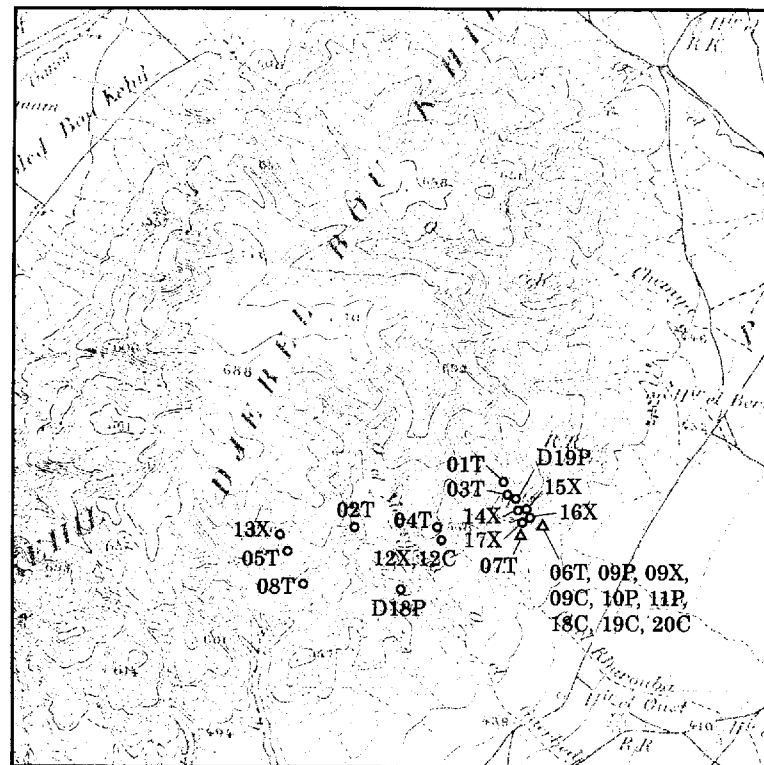
しかしながら、この作業仮説はなお不十分な点もあるので、今後の調査にまつべきことがらも多い。したがって、第2年次の調査として、優先的調査対象地区に対する地質調査及び複数の物理探査の実施と同時に、本年度の作業仮説の検証とより正しい作業仮説の確立のために、ラクワット-アルグブ・アダマ地区で抽出された新鉱化帯を対象としたボーリング調査の実施を提案する。

文 献

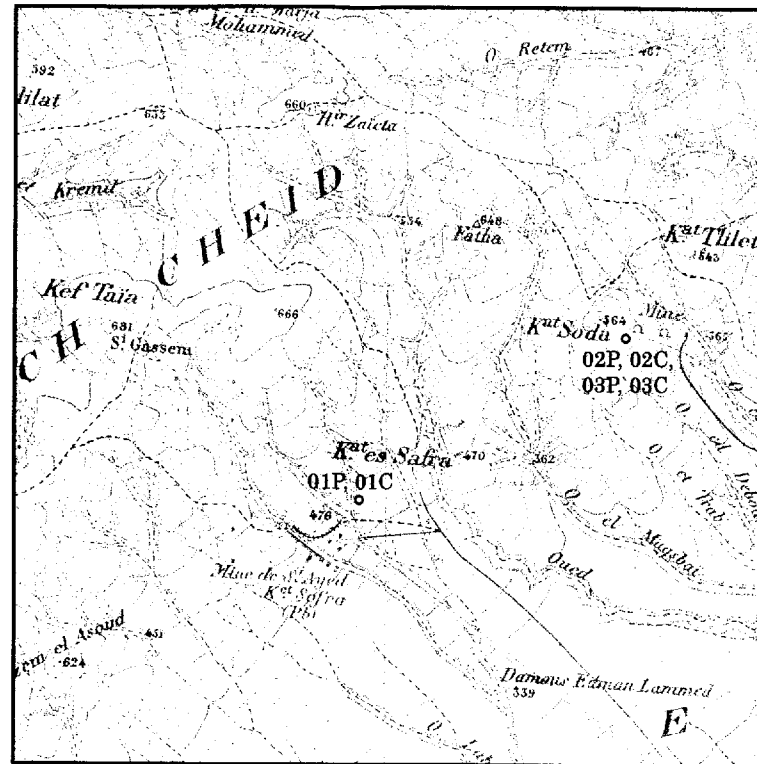
- 物理探査学会(1999) 第5章 電気探査, 物理探査ハンドブック, p. 239-296.
- (1999) 第8章 重力探査, 物理探査ハンドブック, p. 433-468.
- 千葉昭彦・熊田政弘(1994) 花崗岩及び凝灰岩試料の比抵抗測定—間隙水の比抵抗が岩石比抵抗に及ぼす影響について—. 物理探査, Vol. 47, p. 161-172.
- Chikhaoui, M., Hatira, N., Khalfaoui, A. et Hamouda, A. (1993) Etude geologique et geochemique du prospect de L'oued Jebb, secteur de Mezez El Bab resultants et proposition de sondages: Association ONM-MG Centre Zitoua, Le Kef.
- Coggon, J.H. (1971) Electromagnetic and electrical modeling by the finite element method. Geophysics, Vol. 36, No. 1, p. 132-155.
- Cooperation ONM-BRGM(1982-1985) Projet zone des domes, Inventaire geologique, Feuille au 1/50.000 Gafour: Office National Des Mines, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres.
- (1982-1985) Projet zone des domes, Inventaire geologique, Feuille au 1/50.000 Medjez El Bab: Office National Des Mines, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres.
- (1982-1985) Projet zone des domes, Inventaire geologique, Feuille au 1/50.000 Teboursouk: Office National Des Mines, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres.
- Cox, D.P. and Singer, D.A., eds. (1986) Mineral deposit model. U.S. Geol. Surv. Bull., 1693, 379p.
- Dali, F. (1995) Notice explicative de la carte geologique de la Tunisie à 1/50.000, Gafour, Feuille n° 40: Republique Tunisienne Ministere de L'industrie, Office National des Mines, Direction de la Geologie.
- Dey, A. and Morison, H.F. (1979) Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structures. Geophysical Prospecting, Vol. 27, p. 106-136.
- Fakraoui, M., Ghanmi, M. et Hatira, N. (1998) Notice explicative de la carte geologique de la Tunisie à 1/50.000, Nebeur, Feuille n° 39: Republique Tunisienne, Ministere de L'industrie, Office National des Mines, Service Geologique de Tunisie.
- Hammami, M. (1993) Mise au point sur les travaux tactiques realises sur le flanc est du Jebel Ech Cheid: Office National des Mines, Direction de la Recherche Miniere, Division Inventaire.
- (1993) Travaux de recherche effectues sur le flanc est du Jebel El Akhouat: Office National Des Mines, Direction de la Recherche Miniere, Division Inventaire.
- (1996) Donnees geologiques, geologiques, geochemiques de l'alignement J. Ech Cheid-J. El Mourra(Teboursouk-Mezez El Bab). Volume 3:D-Donnees geologiques: Office National Des Mines, Division Inventaires, Projet: Recherche D'anomalies.
- Hatira N., Perthuisot V. and Rouvier H. (1990) Les mineraux à Cu, Sb, Ag, Hg des mineraux à Pb-Zn de Sakiet Koucha(diapir de Sakiet Sidi Youssef, Tunisie Septentrionale). Mineral Depos, Vol. 25, p. 112-117.
- Jean-Claude, G. (1999) Expertise des leves gravimetriques CG-01 et CG-02. (Zone des Domes Tunisie): Office National des Mines de Tunisie.
- 加藤元彦(1987) 2次元フィルタの理論と重力・磁力分布の解析. ラティス社, 262p.

- Pelton, W.H., Rijo, L. and Swift, C.M. (1978) Inversion of two-dimensional resistivity and induced-polarization data. *Geophysics*, Vol.43, No.4, p.788-803.
- Perthuisot, V. (1979) Carte géologique de la Tunisie, Echelle:1/50.000, Feuille n°33 Teboursouk, Notice explicative: République Tunisienne, Ministère de L'industrie des Mines et de L'énergie, Direction des Mines et de la Géologie, Sous Direction de la Géologie.
- Perthuisot V., Bouzenoune A., Hatira N., Henry B., Laatar E., Mansouri A., Rouvier H., Smati A. et Thibieroz J. (1999) Les diapirs du Maghreb orient: part des déformations alpines et des structures initiales crétacées et éocènes dans les formes actuelles. *Bull.Soc.géol.France*, t.170, no 1, p.57-65.
- Republique Tunisienne, Ministère de L'économie Nationale, Office National des Mines, Département de la Géologie, Service Géologique National (1985) Carte Géologique de la Tunisie, Echelle 1:500.000
- Rouvier, H., Perthuisot, V. and Mansouri, A. (1985) Pb-Zn deposits and salt-bearing diapirs in southern Europe and north Africa. *Economic Geology*, vol.80, p.666-687.
- Sasaki, Y. (1992) Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, Vol.27, p.106-136.
- (財) 資源・環境観測解析センター (1996) 新編リモートセンシング用語辞典
- (財) 資源観測解析センター (1989) 資源探査のためのリモートセンシング実用シリーズ別冊用語辞典
- (1992) 資源探査のためのリモートセンシング実用シリーズ5 合成開口レーダー (SAR)
- Stranik, Z., Biely, A. et Salaj, J. (1994) Notice explicative de la carte géologique de la Tunisie à 1/50.000, Oued Zarga, Feuille n°26: République Tunisienne, Ministère de L'industrie, Office National Des Mines, Direction de la Géologie.
- Zonge Engineering (1994) GDP-32 Instruction Manual 5-5.28.

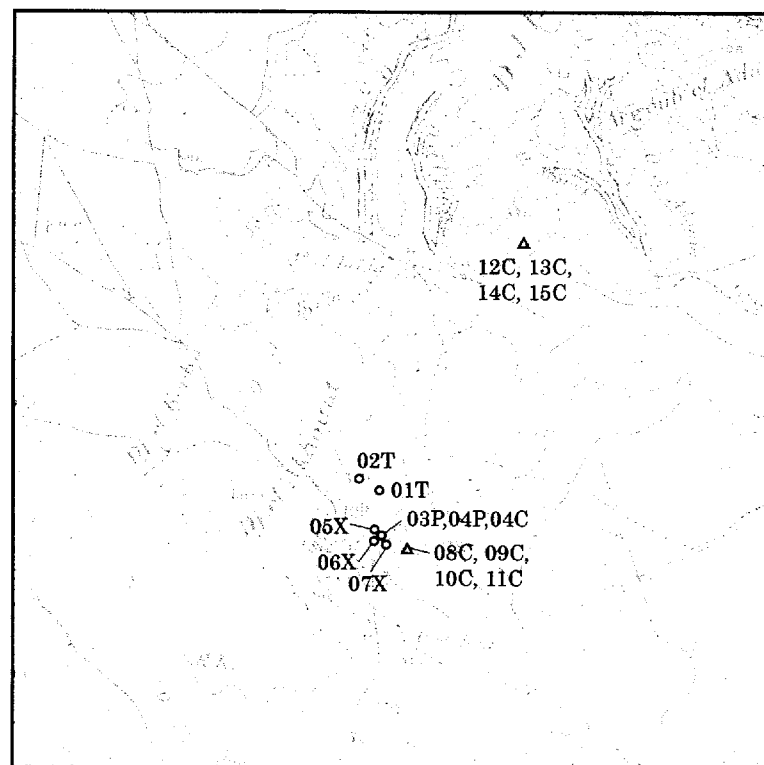
付 図



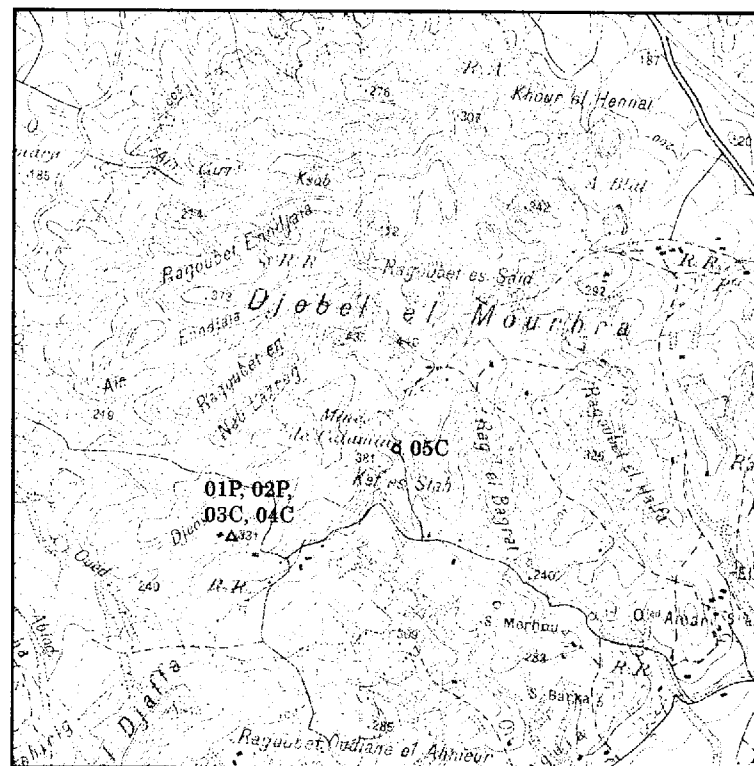
Bou Khil



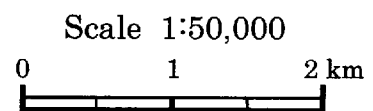
Bazina Kebira



El Akhouat



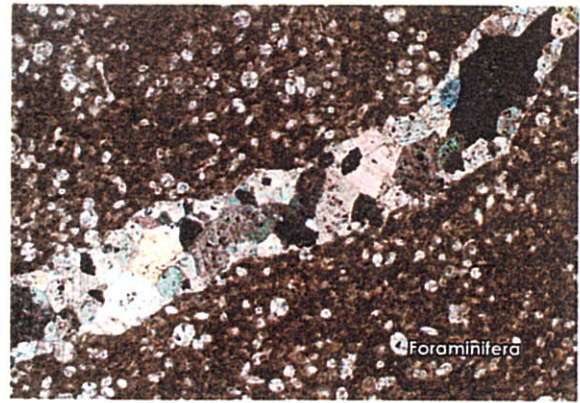
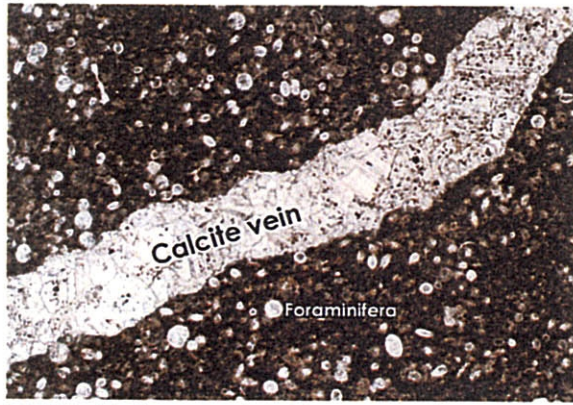
Oued Jebes



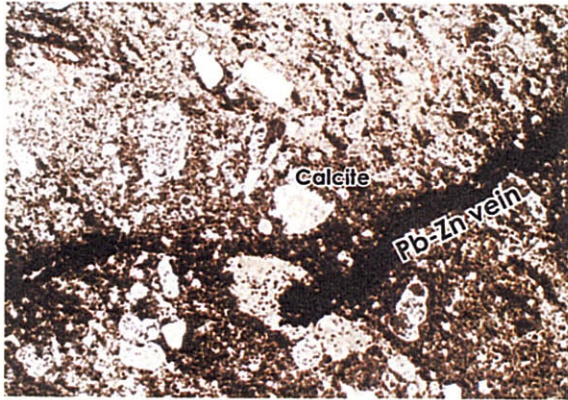
Sample number list of analysis

Prospect	Area code of sample No.	Sample No. in figure left			
		Thin section	Polish	X-ray analysis	Chemical analysis
Bou Khil	BKH	01T			
		02T			
		03T			
		04T			
		05T			
		06T			
		07T			
		08T			
		09P	09X	09C	
		10P			
11P					
			12X	12C	
			13X		
			14X		
			15X		
			16X		
			17X		
				18C	
				19C	
				20C	
		D18P			
		D19P			
El Akhouat	EAK	01T			
		02T			
		03P			
		04P			04C
				05X	
				06X	
				07X	
			08C		
			09C		
			10C		
			11C		
			12C		
			13C		
			14C		
			15C		
Bazina Kebira	BKB	01P			01C
		02P			02C
		03P			03C
Oued Jebes	OJB	01P			
		02P			
					03C
				04C	
				05C	

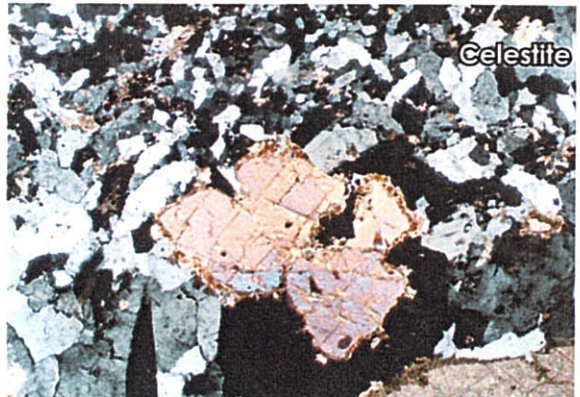
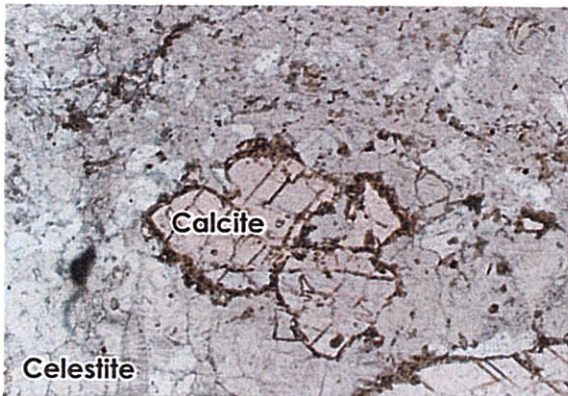
付図1 試料採取位置図



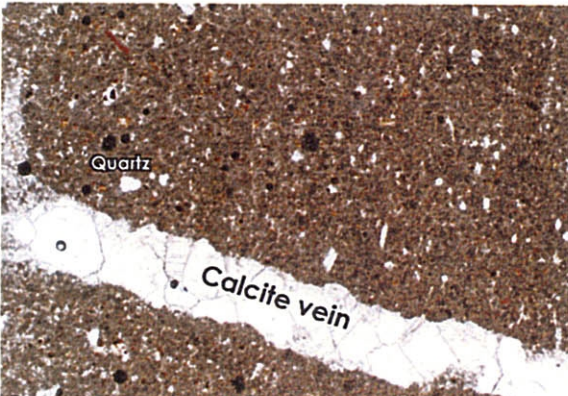
BKH04T: foraminiferal limestone (Santonian) with calcite vein



BKH06T: limestone (Campanian) with Pb-Zn veinlet



BKH07T: celestite (Triassic, transition zone)

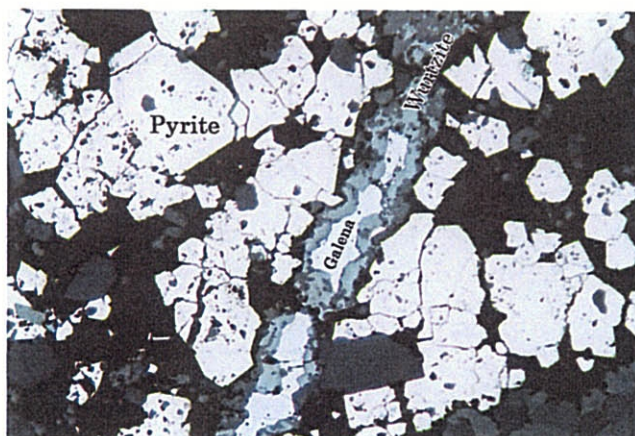


EAK01T: marl (Albian) with calcite vein

0 0.5 1.0mm

Note: Left side photos are under open nicol and right side under crossed nicols.

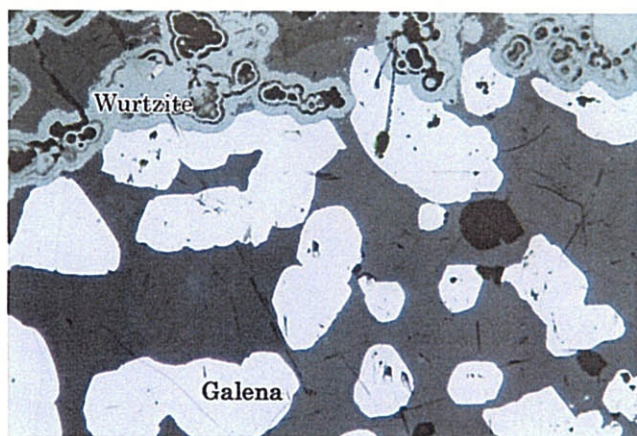
付図2 岩石薄片顕微鏡写真



BKB03P:
from the pit of Koudiat Soda

Galena occurs as anhedral grains in the central part of wurtzite vein. Wurtzite occurs as aggregates of anhedral grains.

Pyrite is subhedral to euhedral and occurred before the formation of galena and wurtzite.

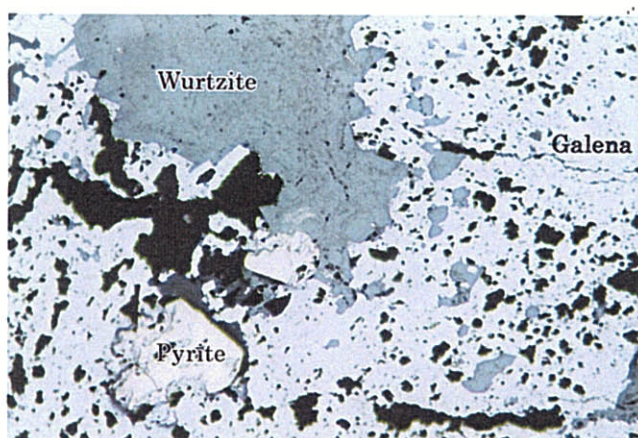


BKHD19P:
from the drilling core of BK19 in the north of Bou Khil mine

Galena occurs as anhedral to subhedral grains among wurtzite grains.

Wurtzite occurs as aggregates of framboidal grains with rhythmic bands and as euhedral to subhedral grains in the open space.

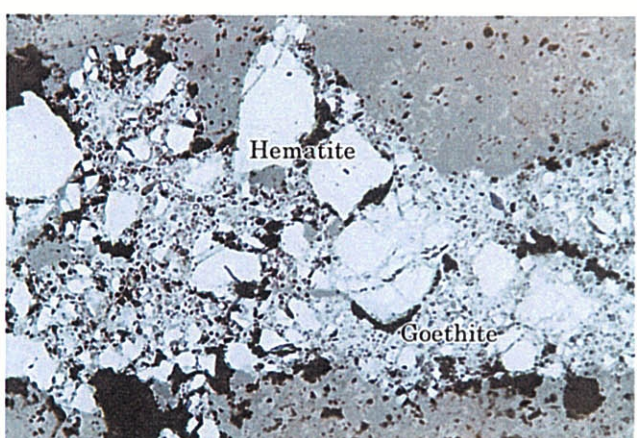
Pyrite occurs as framboidal grains.



BKH09P:
from the old strage of Bou Khil mine

Galena, wurtzite and pyrite are anhedral to euhedral and form thin veins.

Framboidal pyrite occurs in galena grains. Marcasite occurs as anhedral grains in the aggregates of pyrite grains.



EAK03P:
from the large pit of El Akhouat

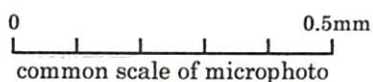
Hematite occurs as anhedral grains in the brecciated zone.

Goethite occurs at the rim and along the crack of hematite.

Pyrite may altered to hematite and rarely occurs as euhedral to subhedral grains.



Note: Square photos are microscopic photos and circular ones show the surface of polishes.
The scale of circle photo is a full size.



common scale of microphoto

付図3 鉍石研磨片顯微鏡写真

付 表

付表1 検鏡結果一覧表 (岩石薄片)

番号	試料番号	岩石名	初生鉱物								二次鉱物				
			石英	方解石	苦灰石	セシタイト	カリ長石	斜長石	黒雲母	白雲母	石英	緑泥石	方解石	不透明鉱物	
1	BKH01T	変成砂岩	◎					+	+	△	△				
2	BKH02T	ドロマイト	△	△	◎							+		+	
3	BKH03T	石灰岩		◎										+	
4	BKH04T	石灰岩		◎										+	
5	BKH05T	ドロマイト	△	△	◎									+	
6	BKH06T	石灰岩		◎											○
7	BKH07T	石灰岩		◎		◎									
8	BKH08T	砂岩	◎	◎				△						+	
9	EAK01T	マール	+	◎	◎									+	
10	EAK02T	石灰岩	+	◎	◎										

量比凡例 ◎:多量, ○:中量, △:少量, +:微量

付表2 検鏡結果一覧表 (鉱石研磨片)

番号	試料番号	鉱石種類	鉱物						
			方鉛鉱	閃亜鉛鉱	ウルツ鉱	黄鉄鉱	白鉄鉱	赤鉄鉱	針鉄鉱
1	BKH09P	網脈状鉱	○		○	+	+		
2	BKH10P	鉱染状鉱	+		◎	+	+		
3	BKH11P	酸化鉱	△		◎	+			
4	BKHD18P	細脈状鉱	○		○	+			
5	BKHD19P	鉱染状鉱	△		◎	+			
6	EAK03P	鉱染状鉱				+		◎	△
7	EAK04P	酸化鉱				+			◎
8	BKB01P	網脈状鉱	◎	+		+	+	+	+
9	BKB02P	細脈状鉱	◎	+		+			+
10	BKB03P	細脈状鉱	○	○		△			
11	OJB01P	網脈状鉱	◎			+			
12	OJB02P	鉱染状鉱	◎						

量比凡例 ◎:多量, ○:中量, △:少量, +:微量

ただし、量比は鉱石鉱物の相対的な量を表す。

付表3 化学分析結果一覧表

		Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Mg (ppm)	Ca (%)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Ag (ppm)
1	BKH09C	2.4	1.78	26.00	1.97	790	394	708	18.99	450	56	<0.3
2	BKH18C	36.1	3.50	12.60	1.05	1016	1218	2.30%	21.99	418	115	38.9
3	BKH19C	1.5	0.77	7.60	9.17	1084	105	2.25%	21.59	264	35	<0.3
4	BKH20C	11.2	0.87	8.30	1.51	314	4	1.88%	30.79	586	140	<0.3
5	BKH12C	93.6	0.01	0.06	3.67	1668	<2	1.56%	3.30	4.8%	121	<0.3
6	EAK04C	29.3	0.24	17.00	2.68	1440	374	4.70%	16.79	1525	110	1.68
7	EAK08C	41.5	0.15	3.20	6.41	1241	47	1290	29.19	500	81	<0.3
8	EAK09C	1.9	0.26	12.70	7.96	3831	407	742	22.00	2269	1514	<0.3
9	EAK10C	4.8	10.40	2.25	0.74	607	163	2089	27.19	4766	270	3.86
10	EAK11C	9.1	33.00	2.70	0.70	1783	151	1657	18.24	305	43	90.07
11	EAK12C	10.9	4.84	0.52	0.88	1633	31	1437	28.58	4144	754	11.9
12	EAK13C	15.5	2.74	0.72	1.60	1985	29	4565	29.78	2569	3814	54.4
13	EAK14C	5.5	2.90	0.59	1.79	1457	19	2.90%	27.99	5236	306	16.2
14	EAK15C	32.8	9.20	8.30	1.69	1155	829	2.10%	22.99	1611	815	50.1
15	BKB01C	33.9	9.00	2.60	1.73	1221	364	1186	17.19	1179	123	31.9
16	BKB02C	19.5	10.60	1.1	0.99	1118	99	988	12.08	337	101	0.61
17	BKB03C	207.4	17.20	26.0	0.62	631	1472	647	8.32	248	51	0.76
18	OJB03C	38.2	3.30	0.7	2.66	949	44	673	4.79	2.41%	1.52%	4.11
19	OJB04C	12.3	10.00	10.0	0.89	584	189	926	8.00	4.32%	3.60%	4.04
20	OJB05C	62.2	11.80	12.1	1.16	486	427	1965	12.80	1043	101	11.02

付表4 粉末X線回折結果一覧表

番号	試料番号	岩石名	鉱物								
			石英	長石類	雲母類	カオリン	方解石	ドロマイト	セレスタイト	石膏	閃亜鉛鉱
1	BKH09X	鉱石					◎	+			△
2	BKH12X	セレスタイト	△				△	+	◎		
3	BKH13X	ドロマイト	+					+	◎	+	
4	BKH14X	ドロマイト						◎			
5	BKH15X	石灰岩	+	+			◎				
6	BKH16X	ドロマイト	+	+			◎	+			
7	BKH17X	砂岩	△	△	+		◎	+			
8	EAK05X	石灰岩	△			+	◎	+			△
9	EAK06X	方解石脈	+			+	◎				
10	EAK07X	石灰岩	+			+	◎				

量比凡例 ◎：多量, ○：中量, △：少量, +：微量