

アラスカ州の大型プロジェクト

- ペブル銅金プロジェクト、ドンリン・クリーク金プロジェクト -

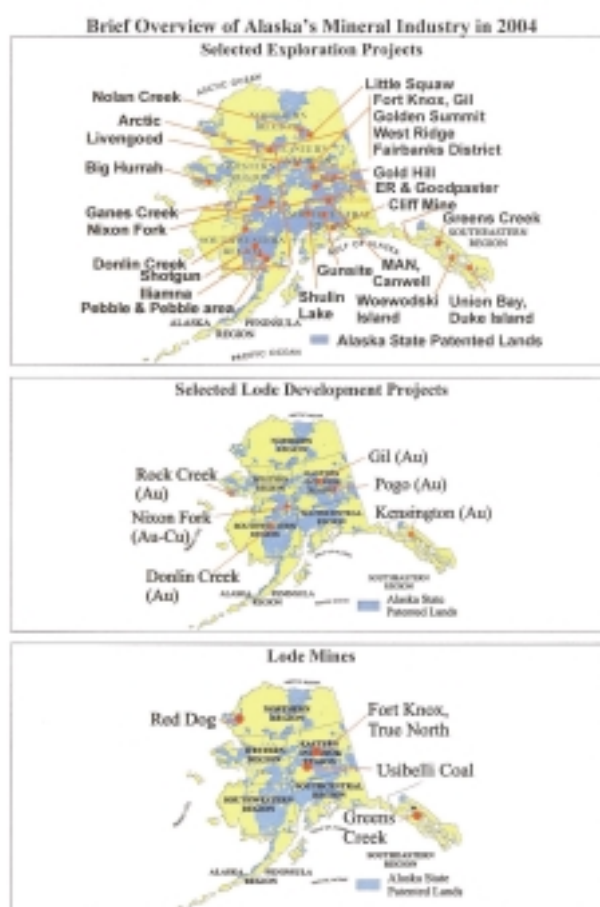
バンクーバー事務所 副所長 宮武 修一
miyatake@jogmec.ca

カントリーリスクが十分低い北米地域において、地質ポテンシャル、残された探査余地を考慮すると、アラスカ州は、本邦企業にとってとりわけ魅力的な投資先の一つとして映るのではないだろうか。本稿では、これらアラスカ州のプロジェクトの中でも、ひととき大型で注目を集める Pebble（ペブル）銅金プロジェクト、Donlin Creek（ドンリン・クリーク）金プロジェクトについて紹介する。

1. アラスカ州の探鉱投資

ここ数年アラスカでは、とりわけ金鉱床の探鉱、開発が加速している観がある。生産準備段階のプロジェクトとしては、2006 年に出鉱を見込む住友グループとテックコミンコ社の JV による Pogo プロジェクト（含金量 3.7 百万 oz、年産金量 46 万 oz）が最大であるが、このほかにも複数の中～小規模の金鉱山開発プロジェクトが進行中である。2005 年中に出鉱を見込む St. Andrews Goldfields による Nixon Fork プロジェクト（年産金量 2 万 oz）、2004 年に最終開発許可を取得し、その後開発判断を下した Cour d'Alene Mines 社による Kensington プロジェクト（含金量 1.0 百万 oz、年産金量 10 万 oz）、また 2006 年初に生産開始を見込む Novagold 社による Rock Creek（含金量 1.1 百万 oz）らがそれにあたる（図 1）。

グラスルーツまたアドバンスステージのプロジェクトも多い。アラスカ州地質・地球物理調査所の取りまとめによれば、2004 年のアラスカにおける探鉱投資額は少なくとも 60 百万米ドルに達すると見積もられている。この額は、2003 年の 27.6 百万米ドルのおよそ 2 倍に相当しており、一段の活況を呈したことがわかる。このうち、探鉱予算として百万米ドル以上が計上された探鉱プロジェクトは 12 を数えるが、中でもペブル・プロジェクトは、単独でアラスカ州の総探鉱費の過半に近い 30 億ドル以上の際だって大きな資金が投じられた。また、ドンリン・クリークプロジェクトにおいても、2003 年央から現在にかけて 11 億ドルが投じられるなど、ペブル・プロジェクト



出典：Szumigala and Hughes, 2004; バンクーバー Roundup アラスカ州政府配布資料

図 1 アラスカの探鉱・開発段階のプロジェクトと既存鉱山位置

トと並ぶ探鉱投資がなされてきている。両プロジェクトとも FS 作成の途上にあるが、現在公表されている含金量を取りまとめると表 1 のとおりであり、これらのプロジェクトは、今後、北米最大規模の鉱山の一つとして開発計画がまとまる可能性がある。

表1 金含有量で比較した北米大陸の鉱山・プロジェクトの順位

順位	プロジェクト	国	含有金属量	
			金(百万oz)	銅(10億ポンド)
1	Pebble	USA	26.5	16.5
2	Donlin Creek	USA	25.5	—
3	Betze Post	USA	19.4	—
4	Metates	MEX	12.3	5.4
5	Laronde	CAN	10.4	4.9
6	Bingham Canyon	USA	10.3	19.7
7	El Arco	MEX	5.0	13.6

出典:Northern Dynasty Minerals ウェブサイト
(Metals Economics Groupデータ使用)

2. ペブルプロジェクト(銅、金、モリブデン)

2-1. 概要

ペブル銅鉱床は、アラスカ南西部 Nondalton の西方 30km に位置する Huntern and Dickinson Inc. (HDI :バンクーバー本社) のプロジェクト子会社 Northern Dynasty Minerals が 100 % 権益を保有する大型斑岩型銅・金・モリブデンプロジェクトである。HDI グループによれば、2005 年 3 月の時点での鉱量は、埋蔵鉱量として 16 億トン、0.35 % : Cu、0.39g/t : Au、0.018 % : Mo (銅換算品位 0.69 % Cu-eq、カットオフ : 0.5 % Cu-eq.) が計上される。このうち 54 百万 t は、0.54 % : Cu、0.46g/t : Au の富鉱部に相当する。本プロジェクトは既に主要な探鉱を 2004 年中に終えており、現在詳細な採掘計画と許認可取得に向けた事前申請の準備が進められている。2005 年内にはバンカブル FS を完成したいとする。

ペブル鉱床は、もともとコミンコ社が 100 % 保有する鉱区であり、HDI グループへの権益移転の以前から、10 億 t、0.3 % : Cu、0.36g/t : Au の鉱量見通しが既に存在していた。かねてより HDI グループはペブル鉱床周辺の鉱床賦存ポテンシャルを高く評価しており、断続的にコミンコ社と協議を重ねていたところ、結局、コミンコ社は、2001 年のテック社との合併直前に放出を決定、HDI グループとの契約に至った。契約内容は、鉱量が計上される本鉱床地域(いわゆる“Resource Land”)および、その周辺部の未探鉱地域(“Exploration Land”)の二つからなっており(図2、写真1)、前者は 100 % 権益の購入オプ

ション契約、後者は 50 : 50 の JV 参入契約である。HDI グループは、その後の探鉱により鉱量を増大させつつ、契約に定める探鉱を完遂。2004 年に、両契約のオプション行使に至

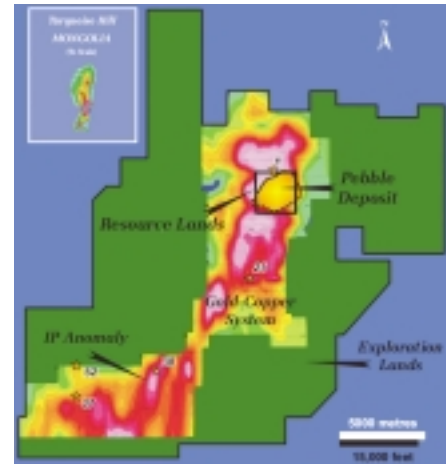


図2 ペブル・プロジェクト範囲の IP 分布と Resource Land・Exploration Land 範囲



写真1 Resource Land・Exploration Land の全景

表2 ペブルプロジェクト探鉱契約の概要

COMINCO AGREEMENT GIVES NDM CONTROL OF ENTIRE DISTRICT	
RESOURCE LANDS (Pebble Deposit)	
• Structured as an option to purchase the Pebble deposit	
• Option to purchase 100% of Resource Lands	
• Staged option payments of US \$250,000, 1,000,000 shares, 1,250,000 warrants (all paid)	
• Purchase price is US \$10 million (cash or stock at NDM's option) by November 30, 2004	
• no residual royalty or back-in rights	
• Purchase price is US 37 cents per ounce of contained gold in Pebble deposit	
• For assignment, HD receives shares for appraised value of a 20% interest when option exercised	
EXPLORATION LANDS (Excludes Pebble Deposit)	
• Structured as an earn-in followed by joint venture or purchase	
• Option to earn 50% interest by completing 60,000 feet of drilling by November 30, 2004 (completed)	
• Upon earn-in Cominco can elect to either:	
- participate 50:50 in joint venture; or	
- sell all its interest for US \$4 million (cash or stock at NDM's option) and 5% NPI	

った。契約の詳細を表2に示す。

2-2. 経済性評価

表3に2003年までの試錐結果を踏まえたペブル鉱床の鉱量を示す。また図3にはResource Landの試錐位置および採掘ピットの

展開を、図4にNE-SW地質断面の品位分布をそれぞれ示す。2004年末までにHDIグループがResource Landに対して行った試錐量は265孔、計70,000mにおよぶ(この他、1997年までのコミンコ試錐量19,000mが存在する)。2004年のResource Landにおける探鉱費合計は33.5

表3 2003年までの試錐結果を踏まえたペブル鉱床の鉱量

Cut-Off	Size	Grade			Contained Metal			
CuEQ ² %	Million Tonnes	Gold g/t	Copper %	Moly %	CuEQ ² %	Gold M oz	Copper B lbs	AuEQ ² M oz
.30	2,737	.30	.27	.015	0.55	26.5	16.5	76
.40	2,232	.33	.30	.016	0.60	24	14.5	67
.50	1,573	.37	.32	.017	0.66	19	11.3	52
.60	883	.43	.37	.019	0.74	12	7.1	33
.70	435	.49	.42	.021	0.84	7	4.0	18
.80	208	.55	.48	.023	0.95	4	2.2	10

¹ Mineral resources do not have demonstrated economic viability. An inferred mineral resource is that part of a mineral resource for which quantity and grade can be estimated on the basis of geological evidence and limited sampling and reasonably assumed, but not verified, geological and grade continuity.

² Copper and gold equivalent calculations use metal prices of US\$0.80/lb for copper, US\$350/oz for gold, and US\$4.50/lb for molybdenum. The contained gold, copper, and gold-equivalent represent estimated metal content in the ground and have not been adjusted for metallurgical recoveries. Adjustment factors to account for differences in relative metallurgical recoveries for gold, copper, and molybdenum will depend upon the completion of definitive metallurgical testing.

$CuEQ = Cu(\%) + (Au(g/t) \times 11.25/17.64) + (Mo(\%) \times 99.23/17.64)$
 $AuEQ = Au(g/t) + (Cu(\%) \times 17.64/11.25) + (Mo(\%) \times 99.23/11.25)$

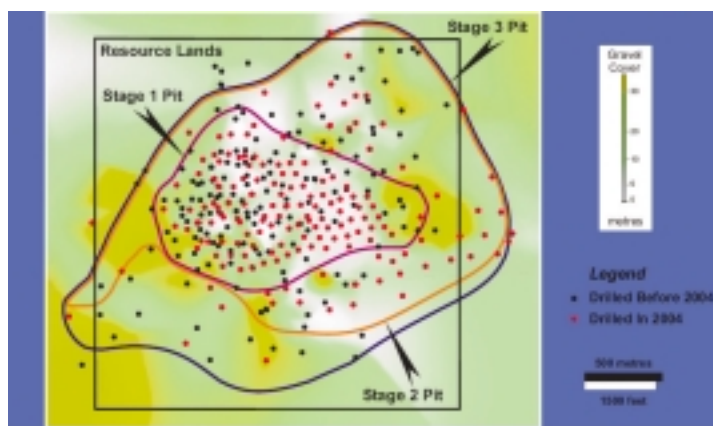
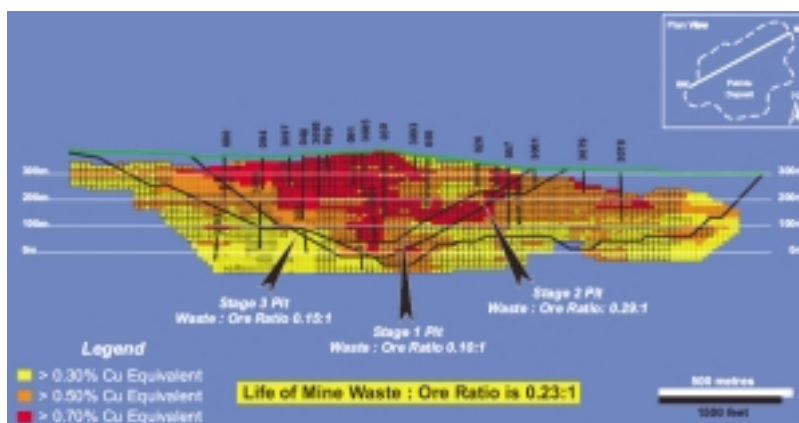


図3 Resource Landの試錐位置および採掘ピットの展開

図4 Resource LandのNE-SW地質断面の品位分布および採掘ピットの展開



百万カナダドルで、試錐のほか、採掘・選鉱関係のエンジニアリング、また環境影響評価に資するベースライン調査が実施された。

2004年初頭の Norwest 社による予察的な経済評価の結果として、以下の値が報告されている(表4)。

表4 ペブル鉱床の予察的な経済評価

粗 鉱 処理量	起業費	操業コスト	産銅キャッシュ コスト*	IRR**	NPV (0%)**	NPV (5%)**
100,000TPD	10億米ドル	5.06ドル/t	0.24ドル/lb	15.3%	40億ドル	10億ドル
200,000TPD	15億米ドル	4.36ドル/t	0.19ドル/lb	20.3%	51億ドル	20億ドル

*Au、Ag、Moクレジットを繰り入れるネット値、当初10年間
**Cu: 0.95ドル/lb、Au: 395ドル/oz、Ag: 5ドル/oz、Mo: 5ドル/lbを仮定

一方ペブル鉱床の周辺鉱区である“Exploration Land”においても、HDIグループは契約量である18,600m以上の試錐を完了し、2004年に50%の権益を得るに至った。これにより、“Exploration Land”における探鉱は、テックコミンコ社とのJVとなり、Northern Dynasty Minerals(HDIグループ)を引き続きオペレータとして継続中である。2004年12月にHDIグループ本社でRobert A. Dickinson会長に面談したところ、「Exploration Landにおける、探鉱もまた成果を得つつある。本鉱床の隣接地区(とりわけ東部)において、やや深い深度だが有望な着鉱を得ている。地質的には本鉱床から連続する可能性があり、地域の鉱量は更に拡大する方向」。また、「広域調査範囲内には顕著な空中磁気異常も多数認められるが、これらのほとんどは未評価であり、HDIグループは今後の展開に期待を寄せている」との話であった。

2-3. 地質、鉱床

アラスカの斑岩型銅鉱床は、シルル紀から第四紀にかけて生成しているが、この間計10回の生成期が認識できると考えられている。ペブル鉱床はこのうち中期白亜期の火成活動に伴って生成した鉱床であり、 99.8 ± 5 Ma、 89.7 ± 0.2 Maの生成年代が得られている。この時期のアラスカの火成活動としては、アラスカ北東部のユーコン・タナナ盆地の弱い展張場におけるカルクアルカリ質の噴出岩の活動と、ペブル鉱床が位置するSeward半島などを含むアラスカ南部のアルカリ貫入岩の活

動の両者が認められる。このうち斑岩鉱床が伴われるのは後者である。

ペブル鉱床の主要鉱化岩体は黒雲母閃緑斑岩、花崗閃緑岩であり、これらはジュラ紀から白亜期の堆積岩中に貫入している。初生鉱石鉱物は黄銅鉱、斑銅鉱、輝水鉛鉱、黄鉄鉱。また、コベライト、ダイジェナイト、輝銅鉱からなる二次富化帯も生成する。変質としては中央部のカリ変質と広範な石英・セリサイト変質が主体をなし、緑泥石、緑簾石、方解石ら、斑岩システムの周辺相をなすとみられる鉱物の産出も記載される。

3. ドンリン・クリーク プロジェクト(金)

3-1. 概要



図5 ドンリン・クリークプロジェクト位置

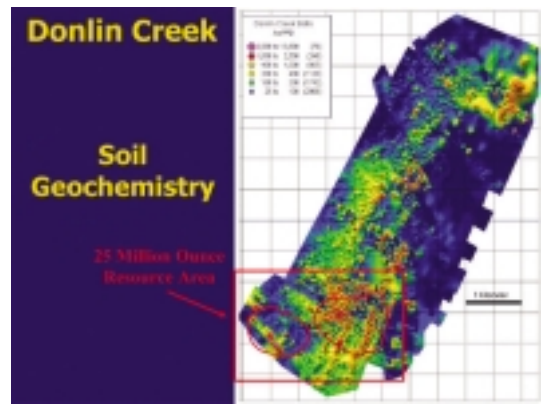


図6 ドンリン・クリークプロジェクトの土壌地化学異常と鉱床の分布

ドンリン・クリークプロジェクトは、アラスカ州西部のハブ都市Aniakの北東約70kmに位置する金プロジェクトである(図5、6、写真2)。現在NovaGold Resources(バンクーバー本社)



写真2 ドンリン・クリークプロジェクト、Lewis 鉱床と Acma 鉱床

が 70 %、Placer Dome (同) が 30 % の権益を保有しており、2003 年春の時点で、埋蔵鉱量として 117.5 百万 t、3.0g/t : Au (カットオフ 1.5g/t : Au)、このほか推定鉱量として 142.2 百万 t、3.1g/t がそれぞれ計上されている。ドンリン・クリークプロジェクトは、もともと Placer Dome (プレーサー社) が 100 % の権益を保有していたが、2001 年に Novagold (ノバゴールド社) が参入。ノバゴールド社は、10 百万ドル余を投じて 70 % の権益を獲得する契約を締結した。ノバゴールド社はその後、7,000m を越える試錐とトレンチ調査など、契約量を満たす探鉱と予察的な経済評価を行い、2002 年 11 月に権益獲得に至った。ノバゴールド社の権益確定後、プレーサー社はその 90 日以内に、

30 % 権益を維持した共同探鉱、開発後の対純利益 5 % のロイヤルティへの転換、ノバゴールド社の有する 40 % 権益の買い戻し (バックイン) のための独自探鉱、らの三者から一つを選択するオプションを有していた。ノバゴールド社の探鉱成功をみたプレーサー社は、検討の結果 2003 年 2 月にバックイン権の行使を決定、のち現在に至るまで、プレーサー社の全額負担による探鉱および FS 作成が行われているところである。プレーサー社に課せられた買い戻し条件は、2007 年 11 月までに、32 百万ドルの支出、年産金 60 万オンス以上を生産するバンカブル FS の完遂、かつポジティブな建設判断を得る、というもの。これによりノバゴールド社が現有する 70 % のうち 40 % がプレーサー社に移転、プレーサー社の

権益比率は逆に 70 % まで回復することになる。プレーサー社は現在プレ FS 段階の調査を行いつつあり、2005 年の第二四半期末までに完了の見通しである。その後、各種許認可の申請作業に着手する考えである。プレーサー社が 2005 年の第一期調査までに投じた資金は 11 百万米ドルとされる。現時点での操業イメージは、露天採掘、浮遊選鉱、硫化物精鉱を加圧酸化したのち、カーボン・イン・リーチ法により直接金を回収するというオーソドックスなものであるという。

ドンリン・クリークプロジェクト全体は先住民族の所有する地域に位置しており、地上権ならびに採掘権は先住民に帰属している。プレーサー社は、探鉱投資に先がけて 1995 年 5 月に Calista Corporation なる先住民の出資からなる企業と 20 年間のリース契約を締結した。リース条件は、年間百万ドルの探鉱費支出 (過剰分は翌年持ち越し可) と開発後 Calista への対売上ロイヤルティ支払いである (初期投資回収期間は 1.5 %、その後 4.5 %)。また開発時の Calista のオプションとして、Calista 自身が 5 ~ 15 % のプロジェクト権益をバックインにより取得することが可能。バックインの条件はシェア分のプロジェクト投下資金の支払いとなっている。

3-2. 経済性評価

ノバゴールド社による探鉱を通じて、予察的な経済性評価が行われている。2002 年 3 月の amec 作成の報告によれば、以下の値が報じられている (表 5)。

表5 ドンリン・クリークプロジェクトの予察的な経済評価

Table 1.8: Project Parameters(t, oz, \$ × 1,000)

		Base Case	Scenario 1	Scenario 2
Plant Throughput(thousands)	t/d	20	20	8 to 20
Mine Life	yrs	14	17	18
Ore	Mt	95.9	117.4	117.5
Initial 5 years average grade	g/t	4.90	5.20	5.29
Grade(Life of mine)	g/t	3.78	3.83	3.83
Initial five years average annual gold production	oz/yr	1,056,000	1,113,000	743,000
Total recovered gold	oz	10,368,000	13,150,000	13,306,000
Initial 5 years gold recovery	%	91.8%	92.9%	93.6%
Gold recovery(Life of mine)	%	89.0%	90.8%	91.9%
Strip ratio		5.9	5.7	5.0
Cutoff grade	g/t	2.0	2.0	2.0
Initial capital cost(millions)	\$	522.5	525.0	328.3
15% contingency(millions)	\$	79.6	80.8	49.8
Total(millions)	\$	602.1	604.9	378.2
<i>Operating Cost(\$/t milled)</i>				
Mining	\$/t	3.88	3.99	3.98
Processing	\$/t	9.37	9.37	9.56
G&A	\$/t	4.19	4.19	4.40
Total	\$/t	17.44	17.55	17.94
Pre-tax DCFROR	%	15.6	19.5	14.7
After-tax DCFROR	%	10.7	14.3	10.2
NPV(0%)	\$	401,906	681,105	595,568
NPV(5%)	\$	164,716	326,237	209,433
NPV(7.5%)	\$	82,176	208,142	92,346
NPV(10%)	\$	16,301	116,061	6,443
Payback	yr	5.2	4.7	7.4
Cash operating cost	\$/oz	166.57	161.90	164.08
Total cash cost	\$/oz	175.48	172.87	177.94
Total production cost	\$/oz	241.87	226.00	230.28

Note : The Scenario 2 expansion case requires an additional \$ 177 million capital expenditure over Years 2 & 3 to expand the mill rate from 8,000 t/d to 20,000 t/d

3-3. 地質、鉱床

ドンリン・クリーク鉱床の周辺地質は、白亜期フリッシュ堆積相である Kuskokwin 層群中に、後期白亜紀ないし古第三紀の珪長質岩体が貫入する関係で特徴づけられる(図7)。貫入岩は、斑状組織を呈する流紋デイサイトないし流紋岩質岩体を主体とし、少量の岩脈・シルを伴うものである。岩脈・シルの分布には、構造

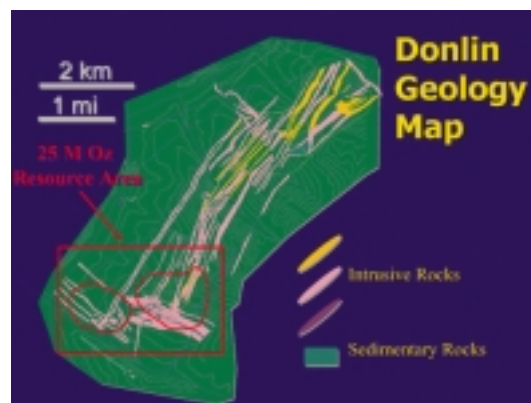


図7 ドンリン・クリーク地質概略図と鉱床位置

規制が顕著に認められ、NNE-SSW 方位の展張裂を充填する産状を呈する。鉍化作用はこのうち流紋デイサイト主に伴われており、堆積岩中では乏しい。ノバゴールド社による試錐は流紋デイサイト中でのみ実施されてきている。

ドンリン・クリークにおける鉍化作用には、早期のより高温の斑岩型類似の鉍化と、後期のより低温の鉍化の二つのステージが確認されている。前者は Ag、Cu、Zn、Bi、Te、Se の濃集を伴うが、金の濃集を欠き、後者により主要な金鉍化作用がもたらされている。鉍床中の金は特徴的に硫砒鉄鉍に密接に随伴され産する。硫砒鉄鉍は、主に流紋デイサイト中に産し、鉍染状ないし、石英・炭酸塩細脈に随伴される産状を呈する。一般に 晶洞にはリアルガー、オーピメントら、砒素鉍物の晶出も多い。この鉍化作用を指示する地化学異常として顕著な元素は金、砒素のほか、アンチモン、水銀である。流紋デイサイトはイライト・石英・黄鉄鉍からなる熱水変質を顕著に被っており、未変質の源岩はほとんど残存しない。鏡下では、硫砒鉄鉍は黄鉄鉍を交替して生成しており、黄鉄鉍よりも後のステージであることがわかる。伴われる金粒は $1 \sim 3 \mu\text{m}$ と微粒で、硫砒銅鉍以外の鉍物との共存関係は認められない。石英細脈の流体包有物の充填温度は $150 \sim 200$ 度の幅を示す。

4. おわりに

アラスカ州における大型鉍山の開発に当たっては、先住民との調和や環境保全に対し、特別の配慮が求められるのであろう。例えば、現在テックコミンコ社が権益を保有する Quarts Hill モリブデン鉍床（鉍量 14 億 t、Mo:0.094 %）は、単独で世界のモリブデン埋蔵量の 10 % を賦存すると言われ、現在の市況でその価値は 700 億ドル超と見積もられる大型鉍床であるが、自然公園の立地から、過去の開発申請では米国環境保護省（EPA）の認可が得られず塩漬けとなる経緯をたどった。ペブル及びドンリン・クリークの両プロジェクトは、こうした特段の環境立地には当たらないであろうが、今後手続きが本格化するであろう許認可申請に伴い、どのような先住民対策が浮上し、環境保全上の指摘がなされるか、引き続き注目

を集めよう。両プロジェクトの今後は、これからのアラスカの開発投資に対して、少なからぬ影響を与えることは疑いない。

（2005.8.4）