

北朝鮮は黄金の国?

コリア半島の金鉱床とその基盤的背景

石原舜三¹⁾

1. まえがき

韓国には多種類の金属鉱床がある(石原, 1988). その産金の歴史は古く, 西暦144年にさかのぼる(志賀, 1937). コリア半島ではかつて北の鉱工業, 南の農業と言われていたとおり, 産金量でも北部が大きく, 特に雲山と近辺の鉱床では産金量1,000トンとも伝承されている. 地質調査所において金鉱床の専門家であった高島清氏は, 1986年に朝鮮総連の依頼を受けて雲山地区のコンサルタントに出掛け, 旧坑調査を行い, ボーリングを使った潜在鉱床探査を提案したが, 雲山地区の全体的な規模については, 不明であったと言う(高島談, 1995).

ここでは古い文献や高島・岸本(1987)を参照しつつ北朝鮮の金鉱床を概観し, 雲山地域の花崗岩類の予察的分析結果について論評する. 南部の韓国については最近の華南地塊の半島への衝突説や高麗大学の研究者による最新の研究成果を参照しながら, コリア半島における金鉱床の偏在性について紹介し, その意義について考察してみたい.

2. コリア半島の金鉱業

コリア半島の金鉱開発については, 朝鮮総督府殖産局(1929)がまとめている. これによると, コリア半島は古くから産金地として知られており, 加藤清正も威鏡南道端川郡檜億銀山の銀鉱を製錬してこれを豊臣秀吉公に献上したという. 先カンブリア時代の変成岩類・中生代の花崗岩類などの深成岩類が広く分布する地質状況を考えると, 砂金は各地に産出し, 古代から容易に採集されたものと思われる. しかし豊富な金銀産国の伝聞が巨大隣国に流れ, 中国からの黄金の歳貢の要求や, 侵略を招くことを恐れ, 世宗時代に

は金銀鉱の開発をむしろ禁止したと言われるほど, 鉱業開発には消極的であった.

しかし西欧の植民地政策が東アジアに入ってきた1885年(明治18年)頃から鉱山開発に外圧がかかり始め, 1896年(明治29年)のアメリカ人グループによる平安北道雲山郡下の鉱物採掘権取得後は, ロシア・ドイツ・イギリス・日本・フランス・イタリアが, 時のコリア政府に競って申請し, 鉱山開発に着手した. その主目的は金鉱床であった. そのあたりの事情は高島・岸本(1987)に詳しい. 1849年に発見され, 「フォーティナイナー」と呼ばれる探鉱夫達により掘られたカリフォルニアの「マザーロード ゴールド」(石原, 1986)の“卒業生達”が, 同じ深成鉱脈型の雲山地区に更なる幸運を求めて鉱業権を取得したとしても不思議ではない.

外資の導入により産金量は増加し, 1910年(明治43年)の日韓併合時に金額ベースで507万円であったものが, 1916年(大正5年)には1,000万円を越えたという. この頃の産金額は欧米人が開発権を取得した雲山, 昌城(大楡洞), 遂安, 稜山の4鉱山が80%以上を占め, 残りを日本人とコリア人が生産するに過ぎなかった. 1924年(大正13年)に三成鉱山で富鉱部を当て, コリア人の割合が急増し, 1926年(昭和元年)には欧米人52%, コリア人42%, 日本人6%の比率であった.

1910年から1935年までの産金量を第1表に, また同じ頃の商品鉱床分布図を第1図に示す. 雲山地区の鉱業権を取得したアメリカ人グループは1896-1909年にかなりの鉱石を出鉱したものと思われるが, その産金量は不明である. 木野崎(1933)によると, 1905-31年間の雲山鉱山からの粗鉱生産量は6,785,690トンであり, 品位が記されていないので土田(1944)による5.3g/tを採用すると, この27年間の産金量は35,964

1) 産総研 特別顧問

キーワード: コリア半島, 韓国, 北朝鮮, 金鉱床, ジュラ紀, 白亜紀, 花崗岩類

第1表 コリア半島および日本の第二次世界大戦前の金銀生産量。

西暦年	コリア半島				日 本	
	金(kg)	砂金(kg)	金銀鉱(kg)	銀(kg)	金(含砂金,kg)	銀(kg)
1877(明治10)		不明			350	11,045
1887(明治20)		同上			521	35,618
1897(明治30)		同上			1,037	54,294
1907(明治40)		同上			2,902	91,457
1910	2,981	765	12,578	176	4,368	141,613
1911	3,596	548	2,168	191	4,512	136,517
1912(大正元)	3,698	626	6,694	221	5,151	149,985
1913	4,500	874	6,401	731	5,539	146,278
1914	4,808	533	8,070	570	7,188	150,946
1915	5,423	690	13,075	683	8,295	159,261
1916	6,113	825	28,946	776	7,892	180,675
1917	5,108	368	41,842	821	7,077	221,222
1918	4,191	493	41,249	1,347	7,694	205,289
1919	2,763	409	123,667	142	7,270	160,583
1920	2,831	503	30,134	24	7,719	152,164
1921(大正10)	2,400	270	25,911	92	7,375	130,254
1922	3,009	317	14,915	334	7,527	123,152
1923	3,609	318	16,886	1,344	7,691	111,890
1924	3,879	293	20,780	1,700	7,600	110,179
1925	4,439	253	17,994	1,504	8,463	126,195
1926(昭和元)	6,852	307	15,598	1,571	9,099	139,252
1927	5,342	301	12,781	1,600	9,607	140,947
1928	5,060	115	16,576	1,745	10,391	160,024
1929	5,532	21	18,599	1,702	10,422	160,605
1930	5,876	310	16,170	2,101	12,068	175,064
1931	8,546	485	12,858	11,404	12,275	167,583
1932	8,585	1,116	15,916	18,351	12,497	163,625
1933	10,203	1,305	21,683	21,865	13,729	185,610
1934	10,711	1,717	27,968	31,287	15,147	217,254
1935(昭和10)	12,401	2,309	58,146	39,346	18,321	256,005
1910-35合計	142,456	16,071	627,605	141,628	234,017	4,172,172
1936	不明				22,235	303,743
1937	同上				23,010	314,381
1938	同上				24,067	340,361
1939	同上				25,927	357,923
1940	同上				26,968	355,982
1936-40年合計					122,207	1,672,390

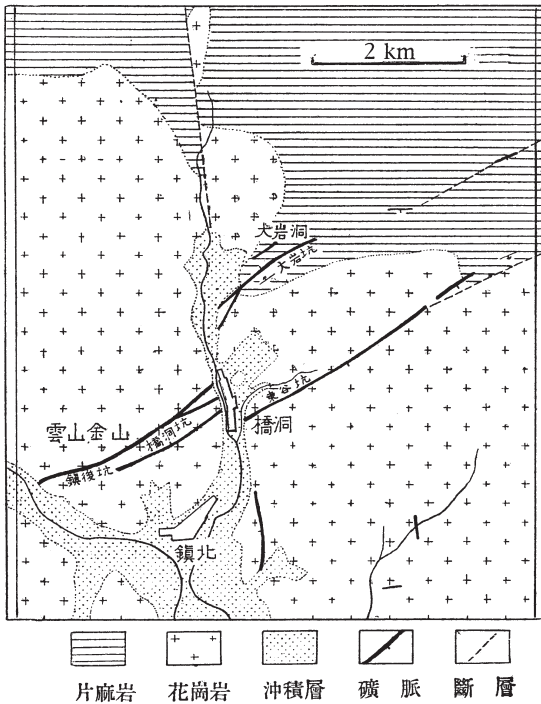
コリアデータ：志賀(1937)。日本は農商務省鉱山局(1912)および商工省鉱山局(1948)による。

kgとなる。一方、大楡洞鉱山については、1912-32年間の産金量として22,369kgと記録されている。その他では三成、昌城、栗浦などが大きい(第2表)。遂安は最盛期が明治末期-大正初期のためこの表では少額である。

1910-35年、26年間のコリア半島の産金量は、殖産局の志賀(1937)によると、砂金を含めて約143トンである。また1910-35年間産金量の山金/砂金比は8.9、山金の比率が既に非常に高い。山金のAu/Ag比は1.0であり、金に富み銀に乏しい。なお、統計資料には金銀鉱として掲載されているものがあり、これは

粗鉱として売鉱された小鉱山からの生産量と思われるが、そのAu/Ag比や鉱山別の生産量は不明である。

1936年以降の産金量は統計資料が見当たらず定かでないが、1935年の産金量から、年間約10トンの生産がその後も続いていたとすると、1945年までに100トンである。第二次世界大戦直後には北朝鮮(または北韓)の年間産金量として、1946年5,971kg、1947年10,014kgの報告がMineral Yearbookにある(嵯峨ほか、1955)。これらを合計すると259トンが得られる。これに1909年以前の雲山地区の産金量加わる。韓国の鉱床の産金量を第5表に掲げるが、最大は無極



第2図 雲山鉱山付近の地質鉱床概略図(渡辺, 1934)。

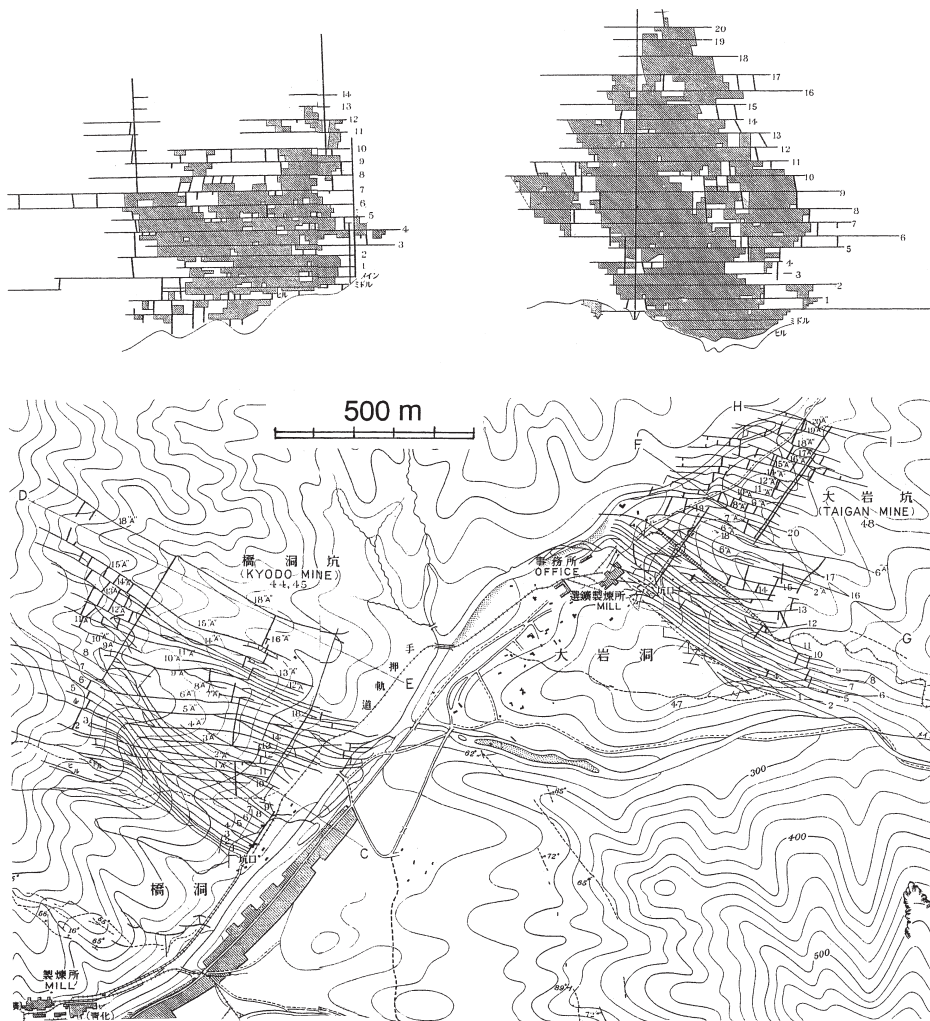
的単純で、原生代の片麻岩類に中生代花崗岩類が貫入するものである。北西-南東系と従属的な北東-南西系の断層の発達著しい。変成岩類は暗灰色片麻岩と灰色片麻岩を主とし、雲母片岩などが夾在する(第2図)。花崗岩類はストック状に貫入する斑状黒雲母花崗岩(通称、北鎮花崗岩)と両雲母花崗岩(梨川洞花崗岩)からなり、若干のアプライト、ペグマタイトを伴う。それらの年代は、第二次世界大戦前の日本人調査者は白亜紀とみなし(木野崎, 1933)、戦後はジュラ紀に変更されたが、放射性年代は得られていない。

地表採取の若干変質した花崗岩類を3個分析し、第3表に示した。北鎮黒雲母花崗岩は $SiO_2 = 66.6\%$ 前後でやや低く、長石を基準としたアルミ飽和指数(A/CNK)は1以下であり、メタアルミナスである。アルカリ総量は約8%、アルカリ比は $Na_2O > K_2O$ であって、ナトリウムに富むが、 K_2O も多く、 $SiO_2 - K_2O$ 図上では高カリウム系列に属する。もっとも特徴的な性質はストロンチウム(Sr)に富み(770-850ppm)、イットリウム(Y)に乏しいため、高いSr/Y比(121-128)を持つことである。これは海洋地殻が深所で溶けたマグマとされるアダカイトに特徴的な性質である。バリウム(Ba)含有量も高く(1,780-1,900ppm)、ジルコニウム(Zr)

第3表 雲山地域の代表的な花崗岩類の分析値。

	北鎮花崗岩		梨川洞花崗岩
	7070701	7070905	7071108
SiO ₂	66.55	66.73	73.33
TiO ₂	0.66	0.58	0.14
Al ₂ O ₃	15.90	16.05	14.56
Fe ₂ O ₃	3.25	3.02	1.18
MnO	0.04	0.03	0.03
MgO	1.08	1.08	0.22
CaO	2.81	2.72	0.93
Na ₂ O	4.23	4.09	3.84
K ₂ O	3.78	4.01	4.63
P ₂ O ₅	0.17	0.17	0.04
H ₂ O ⁺	0.67	0.98	0.61
H ₂ O ⁻	0.13	0.24	0.15
S	<0.01	<0.01	<0.01
CO ₂	0.15	0.20	0.13
Others	0.39	0.41	0.21
Total	99.81	100.31	100.00
Rb	92	81	196
Sr	770	850	283
Ba	1,780	1,900	980
Zr	204	220	102
Hf	5.4	8.4	4.6
Nb	12.5	7.5	8.3
Ta	2.3	5.6	3.9
Y	6	7	8
La	74	74	27
Ce	129	128	49
V	20	25	<3
Cr	65	55	32
Co	<6	8	4
Ni	14	12	8
Cu	1.0	2.5	9.4
Zn	66	67	54
Pb	16	26	31
Ga	18.9	19.3	18.1
Ge	0.7	0.7	1.3
Se	0.6	1.9	1.0
Mo	3.9	3.8	3.2
W	<1	0.7	<1
Sn	0.7	2.6	2.4
Cd	0.2	0.8	<0.2
In	<0.3	1.3	<0.3
Sb	0.4	1.4	0.4
Cs	2.1	6.5	4.5
Tl	2.6	6.4	4.4
Bi	0.9	3.2	1.5
Th	11.5	12.2	10.7
U	6.6	6.6	6.9
A/CNK	0.98	0.99	1.13
Rb/Sr	0.12	0.10	0.69
Sr/Y	128.0	121.0	6.1

分析者: B. W. Chappell, GEOMOC



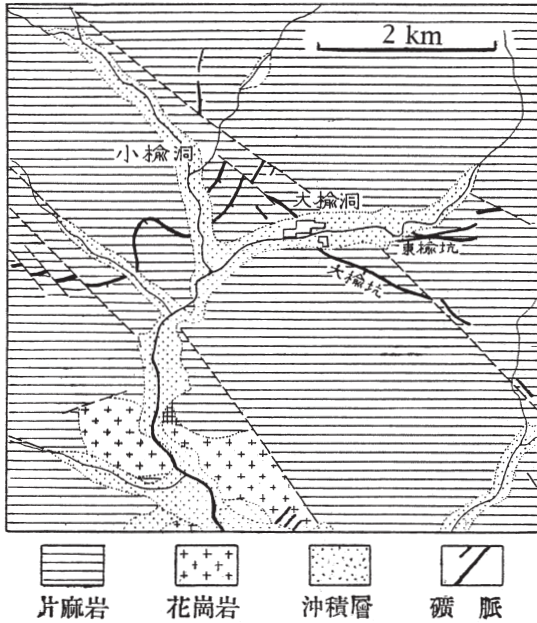
第3図 断層で切断された主脈を採掘した大岩坑と橋洞坑の坑道図(木野崎, 1933).

も多い(204-220ppm). ランタンとセリウムは合わせて202-203ppmであるから、軽希土類元素全般が高いことが考えられる。一方、梨川洞両雲母花崗岩は白雲母の存在から推察されるように、アルミナ飽和指数は1より大きくパーアルミナスであるから、北鎮花崗岩とは異なり堆積岩を起源物質に含んでいたようである。Rb/Sr = 0.69であり、結晶分化が進んだマグマからの晶出物とは言えない。

鉍床は含金石英脈であり、主力脈の走向は西北西-東南東、ほかに北東-南西系、稀に南北系がある。母岩は主に灰色片麻岩類と斑状花崗岩体で、両雲母花崗岩中には主要鉍床はない。雲山鉍脈群は斑状花崗岩の北縁部に胚胎する西北西-東南東系の鉍

脈群であり、北東系左横ずれ断層で切られるため、その西側が大岩坑、東側が橋洞坑として採掘された。大岩坑の北西方約15kmには大楡洞坑があり、これは両雲母花崗岩の北方3kmの灰色片麻岩中に胚胎する。

大岩坑は西北西-東南東方向に840m、北北西-南南東方向に745m、垂直方向に912m(25L)ほど開発されている。橋洞坑は西北西-東南東方向に約1km、北北西-南南東方向に627m、垂直方向には578m開発されている(第3図)。西方の鎮後脈を含めると、走向延長は2.8kmに達する(木野崎, 1933)。大岩坑の主鉍脈群は総脈幅3~12m、延長850m、富鉍部は単一脈幅0.3~5m、平均2m、延長400mに達したとい



第4図 大検洞坑の地質平面図(渡辺, 1934).

う(加藤, 1940). 鉱脈は主として石英よりなり, 黄鉄鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱・磁硫鉄鉱・硫砒鉄鉱などを含む. 硫化鉱物と含金量率との間に次のような関係がある(木野崎, 1933).

- (1) 最高品位鉱脈: 黄鉄鉱, 方鉛鉱および閃亜鉛鉱が多量かつ密に混在し, 細脈状に石英中に存在する場合.
- (2) 高品位鉱脈: 硫化鉱物は微小結晶の黄鉄鉱よりなり, 脈状を呈し石英中に存在する場合.
- (3) 通常鉱脈: 硫化鉱物は粗粒黄鉄鉱よりなり石英中に散在する場合. これら鉱物の自形性が強い場合は低品位.
- (4) 低品位鉱脈: 黄鉄鉱を殆ど欠く場合, あるいは硫化鉱物として方鉛鉱のみか磁硫鉄鉱のみを有する場合.

なお一般に磁硫鉄鉱または菱鉄鉱を含有するものは含金量率が低く, 磁硫鉄鉱は鉱床の縁辺および壁岩中に, 菱鉄鉱は鉱床の下部に多く存在するようである. 富鉱部の縞状鉱に対し土田(1944)は, 次のような品位を示している. Au 5.3g/t, Ag 3.9g/t, Pb 0.80%, Zn 0.38%, Cu微量, Fe 4.3%, S 5.3%, SiO₂ 83.8%.

雲山鉱床群では一般に鉱脈の両盤にグラファイトを伴うことが多く, 母岩が片麻岩の場合に特に顕著で

ある. 鉱況は花崗岩質片麻岩中の捕獲岩が多い部分, そして白亜紀花崗岩類に近接する部分で良い. グラファイトは斑状花崗岩中の鉱脈においても両盤に著しく産出し, 木野崎(1933)はこのグラファイトは岩床状をなす花崗岩体の下部に潜在する灰色片麻岩類に含まれていたものが金鉱液と共に上昇したものと考えた.

3.2 大検洞鉱山

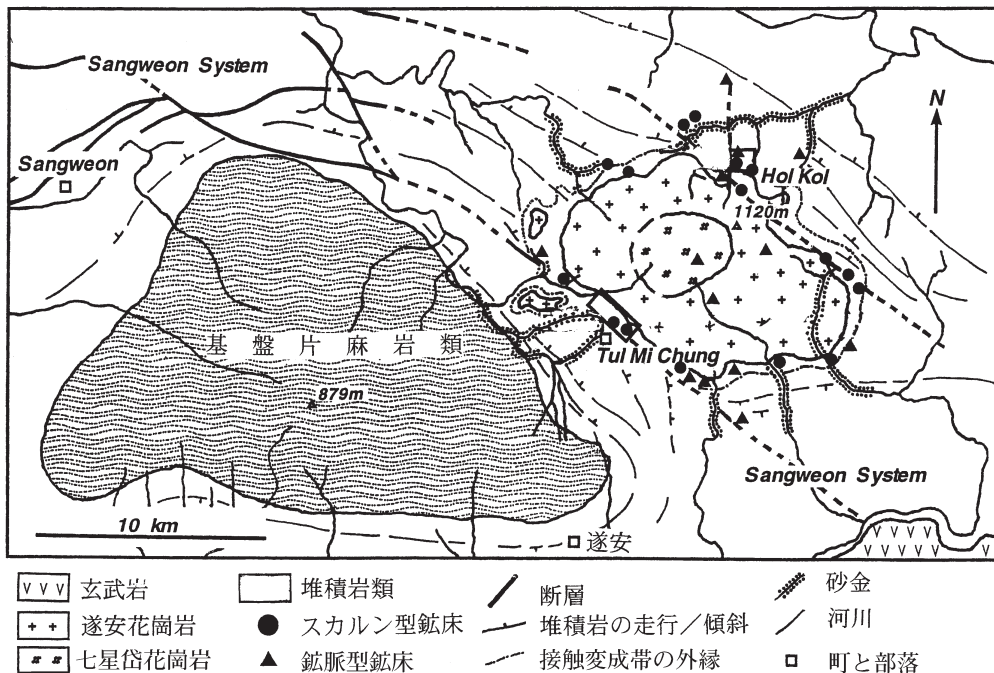
大検洞鉱山は, 雲山鉱山の北西方直距離17kmに位置する. 最初フランス人が鉱業権を取得した当時, 第2位の金山として知られた(渡辺, 1934). 構成岩類は雲山地区と類似し(第4図), 鉱脈はグラファイト千枚岩類を夾む片麻岩類と, 一部はそれらに貫入し下部に潜在する斑状黒雲母花崗岩に胚胎する. 鉱脈の走向はN70° W, 傾斜は45° SWである. 鉱脈は平面的に1.9×0.4km, 深さ400mまで採掘された. 石英脈中には硫化物が比較的多く, グラファイト, カリ長石, 時に菱鉄鉱も含まれる. 代表的分析値は: Au 9.4g/t, Ag 5.9g/t, Pb 0.75%, Zn 0.46%, Fe 5.0%, S 6.3%, 不溶解物80.0%, 炭素と揮発分2.6%である(土田, 1944). 金は方鉛鉱と最も密接に産し, 次いで黄鉄鉱に含まれる.

3.3 三成鉱山

三成鉱山は大検洞鉱山の北西約30kmにあつて, 原生代の注入片麻岩中の割れ目と破碎帯を充たす含金石英脈である. 谷間にジュラ紀花崗岩類が地窓状に現れ, これが関係火成岩と思われる. 鉱床はA, B, Cの3タイプに分けられる. A型は走向N40-60° W, 傾斜65-80° NE, 脈幅3~18cm, 自然金は硫砒鉄鉱に伴われて多産する. B型は走向N10° E-N10° W, 傾斜30-50° E, 衝上断層に鉱化が及んだもので, 緩傾斜鉱脈では脈幅60cmである. 硫砒鉄鉱のほか, 黄鉄鉱を伴う. C型は走向が不安定な破碎帯で, 脈幅は1.5mに達するが, 黄鉄鉱・方鉛鉱, 少量の閃亜鉛鉱を伴い, 品位は低い(加藤, 1940).

3.4 遂安鉱山

この鉱床は本来は銅スカルン鉱床であるが, 砂金を含め金を多産した. ここには石灰岩に貫入する鉱化花崗岩ストックがもたらした教科書的な鉱床を見ることが出来る. 米国系企業により明治41年-大正初



第5図 遂安鉍山地域の地質概略図 (Watanabe, 1943).

期に最も隆盛をきわめた(土田, 1944). 故渡辺武男教授の卒論以来の研究 (Watanabe, 1943) で著名である. Imai and Anan (2000) は, その保存標本を使って鉍石鉍物および硫黄同位体比の研究を行い, 渡辺の研究を更に進展させた.

遂安鉍化域の基盤岩類は始生代の花崗岩質片麻岩類であり, これを原生代-古生代初期のサンウォン統が覆う(第5図). それは下位から上位へ珪岩層, 雲母質千枚岩類, 縞状頁岩質ドロマイト層, 暗青色結晶質石灰岩, 更に粘板岩, 珪岩などからなる.

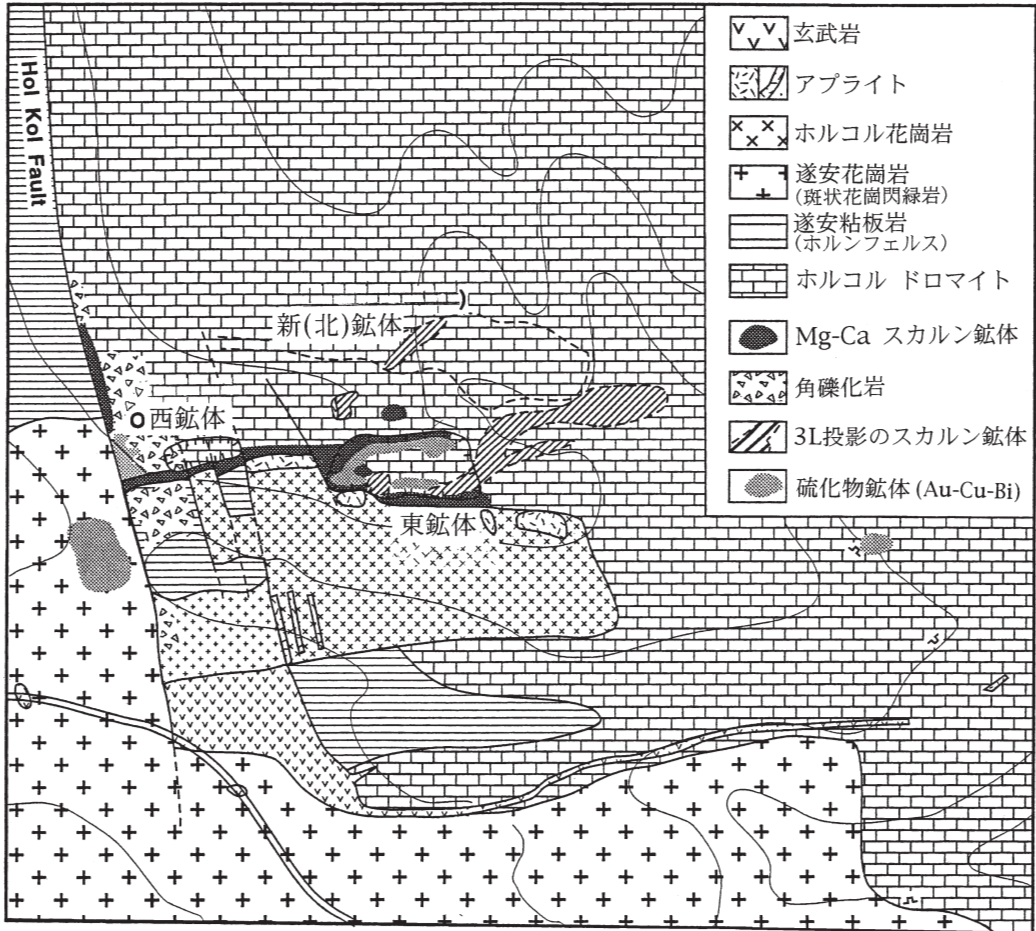
これらを層厚1,000mのホルコル(勿洞)ドロマイト層が覆う. これは下部層の結晶質ドロマイト質石灰岩, 中部層の塊状ドロマイト, 上部の葉片状石灰岩, 縞状ドロマイト, 塊状ドロマイトからなる. この地層は地区北部で遂安粘板岩とセオグタリ珪岩に整合的に覆われる.

これら堆積岩類に遂安花崗岩類が貫入する. これは8×13kmのストック状で堆積岩類の走向に沿って西北西-東南東に伸長する(第5図). 主岩相は斑状花崗閃緑岩であり, その中心部は黒雲母花崗斑岩である. 花崗閃緑岩はSiO₂ 67.6%, Fe₂O₃/FeO = 0.72 (第4表), やや酸化的である. アルミナ飽和度は1.03,

第4表 遂安鉍山地域の花崗岩類の化学成分 (Watanabe, 1943).

	遂安花崗閃緑岩	七星岱花崗岩	楠亭石英閃緑岩
SiO ₂	67.59	71.69	52.08
TiO ₂	0.40	0.20	1.05
Al ₂ O ₃	15.99	15.56	18.82
Fe ₂ O ₃	1.45	0.46	0.09
FeO	2.01	1.00	5.46
MnO	0.15	0.15	0.39
MgO	1.82	1.81	6.06
CaO	3.59	0.97	9.20
Na ₂ O	3.94	4.41	3.54
K ₂ O	2.30	3.41	1.35
P ₂ O ₅	微量	微量	微量
H ₂ O ⁺	0.91	0.70	2.50
H ₂ O ⁻	0.02	測定せず	0.20
合計	100.17	100.36	100.74
Fe ₂ O ₃ /FeO	0.72	0.46	0.02
A/CNK	1.03	1.22	0.78
比重	2.68	2.61	2.86

しかし七星岱花崗岩はより還元的で, アルミナに過剰である(第4表). これら花崗岩体周辺の堆積岩類は著しいホルンフェルス化とスカルン化を受け, 鉍床はその中に胚胎する. 花崗岩類中には鉍脈型鉍床が分



第6図 遂安鉱床, ホルコル鉱床の地質図 (Imai and Anan, 2000).

布し, この花崗岩質マグマが鉱化成分に富んでいたことが明白である。

スカルン鉱床は花崗岩体の周辺に見られるが(第6図), 主要鉱床は北側のホルコル(勿洞)と南西側のツルミチャン(楠亭)に見られる。ホルコル鉱床は, ドロマイト層と遂安花崗閃緑岩との間にプラグ状に貫入するホルコル花崗岩の北縁で, ドロマイト層を交代するスカルン鉱床である。鉱床の西部には角礫岩が見られる(第6図)。鉱床は西部, 東部, 新鉱体に分けられる。新鉱体は苦土かんらん石ドロマイト大理石中のパイプ状鉱床で, 主に透輝石とクリノヒュウマイトからなる。鉱石鉱物は斑銅鉱が60~80%を占め, 次いで黄銅鉱10~30%, ウィッチヘン鉱5~10%, 微量の自然着鉛である。金はエレクトラムとしてごく少量見られる(Imai and Anan, 2000)。

東部鉱床は花崗岩体の北縁に柘榴石帯(3~6m),

Cu-Mg珪酸塩体が発達し, 黄銅鉱, 黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱, 微量のキューバ鉱を伴う。西部鉱体は断層規制を受けた柘榴石スカルン鉱体と中熱水性交代鉱床とからなり, 鉱石鉱物は閃亜鉛鉱, 黄銅鉱, 黄鉄鉱, 方鉛鉱である。

ツルミチャン鉱床は遂安花崗閃緑岩体の南西周辺部の黒雲母ホルンフェルスとその下位のブルーサイト大理石およびドロマイト大理石中に胚胎する。石英閃緑岩, 花崗斑岩, 石英斑岩の小貫入岩体と断層規制を受けた大理石がスカルン化と鉱化を受けている。鉱石鉱物は黄銅鉱, 黄鉄鉱, 磁鉄鉱と微量の閃亜鉛鉱, 方鉛鉱, 四面銅鉱などである。

これらスカルン鉱物の年代は $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 法で3個得られており, ホルコル鉱床の金雲母が111Maと136Ma, 氷長石が133Ma (Imai and Anan, 2000), 平均127Maで上部ジュラ紀の年代を示す(第8図参照)。

4. 韓国の主要鉱床

韓国の主要な金鉱床は、先カンブリア紀の京畿帯に産出するが、その生成年代は中生代である。過去の産金量第1位はムクック(無極)–ケムワン(金旺)鉱山のAu 19.7トン、第2位はクボン(金峰)鉱山のAu 13.5トンである。産金量の記録があるものは19鉱山である(第5表)。この表の総生産量は54.8トンであるが、Choi *et al.* (2005b)は1930–1995年の総生産量として145トンを報告しているの、鉱山別産金量の統計資料はかなり不完全であることがわかる。

韓国は、基本的には27–28億年の年代を持つ先カンブリア界の国である。先カンブリア界は各種の片麻岩類や変成岩類から構成され、その露出は北部の京畿帯と南部の嶺南帯に分けられるが、顕生界の下位にも潜在していると考えられる。両帯の間には沃川帯が存在し(第7図)、これは南西部の沃川盆地と北東部の大白盆地に大別される。沃川盆地には下部古生代の無化石の堆積・火山岩弱変成岩類が発達し、大白山盆地は古生代–前期三畳紀の化石を含む堆積岩類から構成される。南東部の慶尚盆地は嶺南帯の

南東縁に生じた白亜紀–古第三紀の堆積・火山岩盆地である。

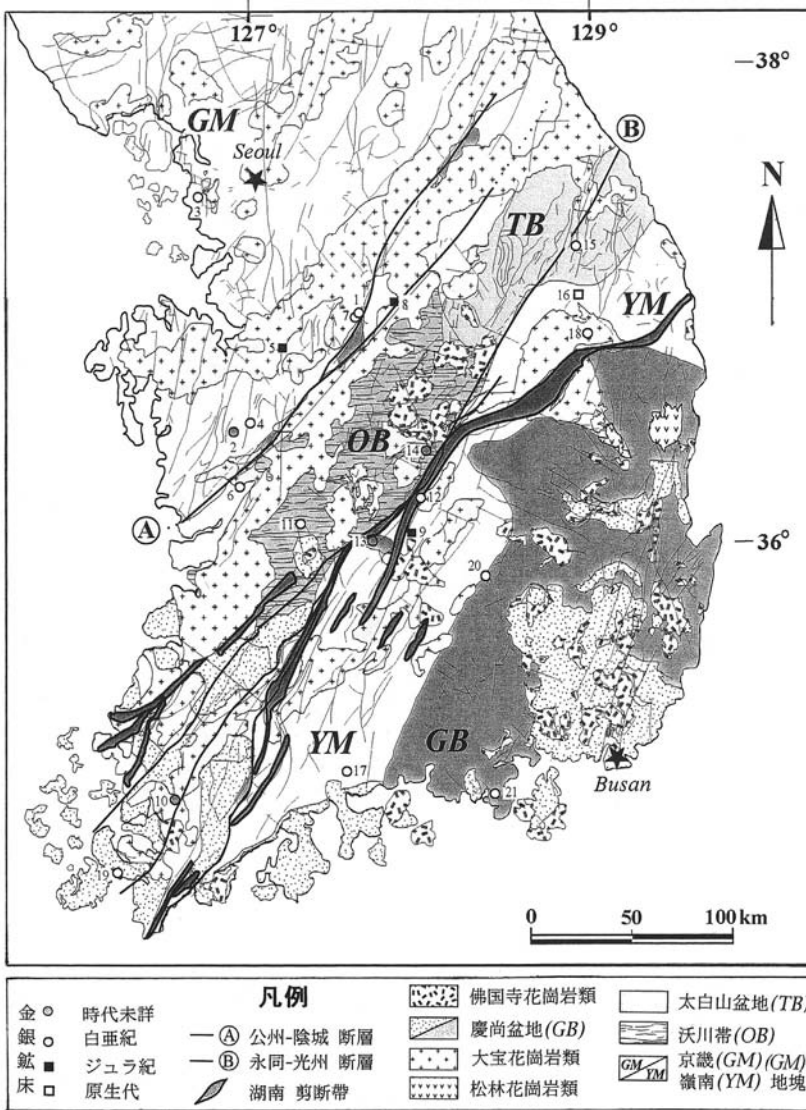
全域の顕生代花崗岩活動は三畳紀に始まり、ごく一部が三畳紀(248–210Ma)、多くがジュラ紀(200–155Ma)と、白亜紀–古第三紀(119–50Ma)の年代を持つ。三畳紀–ジュラ紀花崗岩類は、慶尚盆地を除く全域に広く分布し、主に花崗岩質、少量の花崗閃緑岩を伴い、主にチタン鉄鉱系に属する(Jin *et al.*, 2001)。白亜紀–古第三紀花崗岩類は主に慶尚盆地、一部がその北方域に分布し同様な岩石組成を持つが、慶尚盆地では少量の斑れい岩も産出する。この時期の花崗岩類は慶尚盆地では磁鉄鉱系に属し、北方域ではやや還元的となる。ごく一部に非造山型のAタイプ花崗岩が産出する。Jwa (1998)は花崗岩類全体の化学組成について総括し、同位体的にそれぞれの起源を次のように考察した(Jwa, 2004)。

- (イ) マントル起源/大陸地殻起源 マグマの混合 マグマ: 慶尚盆地の三畳紀と白亜紀花崗岩類、
- (ロ) 異なる大陸地殻物質起源を持つ マグマ: 嶺南帯の三畳紀と白亜紀花崗岩類、京畿帯のジュラ紀花崗岩類、沃川帯と永同–光州盆地の白亜

第5表 韓国の主要な金鉱床の一覧表 (Choi *et al.*, 2005b)。

構造帯	鉱山名	生産量		主要元素	金純度 (千分比)	鉱床規模	年代 (Ma)	生成タイプ	稼行期間
		Au (kg)	Ag (kg)						
京畿帯	1ムクック(無極)	18,648	57,324	Au-Ag	245	A	105.7	火山–深成型	34~42, 54~70, 81~97
京畿帯	2クボン(金峰)	13,446	4,578	Au	746	A		造山帯型	32~70
京畿帯	3プビョン(富平)		522,194	Ag		A	121	火山型	69~88
京畿帯	4サムワン(三光)	2,181	0.4	Au	1,000	B	127.1	造山帯型	38~42, 52~59, 84~96
京畿帯	5ジュンガン(中央)	1,179	242	Au	829	B	150	造山帯型	25~59
京畿帯	6イムチョン(林川)	1,033	19	Au	982	B	108	深成型	38~42, 54~77
京畿帯	7ケムワン(金旺)	1,000	15,973	Au-Ag	59	B	98	火山–深成型	82~94
京畿帯	8タチャン(秦昌)	646	25	Au	963	C	155.9	造山帯型	36~42, 52~59, 65~86
京畿帯	9サムワンワック(三黄鶴)	633	22	Au	966	C	127.1	造山帯型	32~45, 52~68
沃川帯	10デオクム(徳陰)	2,594	25,957	Au-Ag	91	B		火山–深成型	38~42, 52~88
沃川帯	11ジョンユル(全州)	433	55,565	Ag	8	B	71.1	火山–深成型	38~42, 79~91
沃川帯	12ワオルム(月留)	106	4,180	Ag	25	C	76.6	火山型	60~90
沃川帯	13ホフサン(鶴山)	421	18	Au	959	C		火山型	36~42, 59~63, 76~82
沃川帯	14ナムセオン(南星)	27	227	Au-Ag	107	C		火山–深成型	62~86
大白盆地	15トンウオン(東原)	399	882	Au-Ag	311	C	86.2	火山–深成型	29~46, 84~90
嶺南帯	16ケムジョン(金井)	7,417	175	Au	977	B	1103	アラスカイト型	23~43, 80~88
嶺南帯	17カムケアン(光陽)	3,175	6,107	Au-Ag-Cu	342	B	94.2	火山–深成型	38~42, 52~59, 64~67, 81
嶺南帯	18ダドック(多徳)	480	53,000	多金属	9	C	83.7	火山–深成型	41~45, 76
嶺南帯	19ウンサン(銀山)	168	6,755	Au-Ag	24	?	<70.0	火山型	2002~(稼行中)
慶尚盆地	20セオンジュ(星州)	249	16,095	Ag	15	C	87.8	火山–深成型	82~89
慶尚盆地	21トンヨン(東營)	536	2,946	Au-Ag	154	C	72.9	火山型	16~45, 86~89

生産量: A=>10トン, B=10-1トン, C=<1トン。



第7図
 韓国の地質構造図と金鉱床
 (Choi *et al.*, 2005b). 図中の
 番号は第5表の鉱床番号と
 一致する.

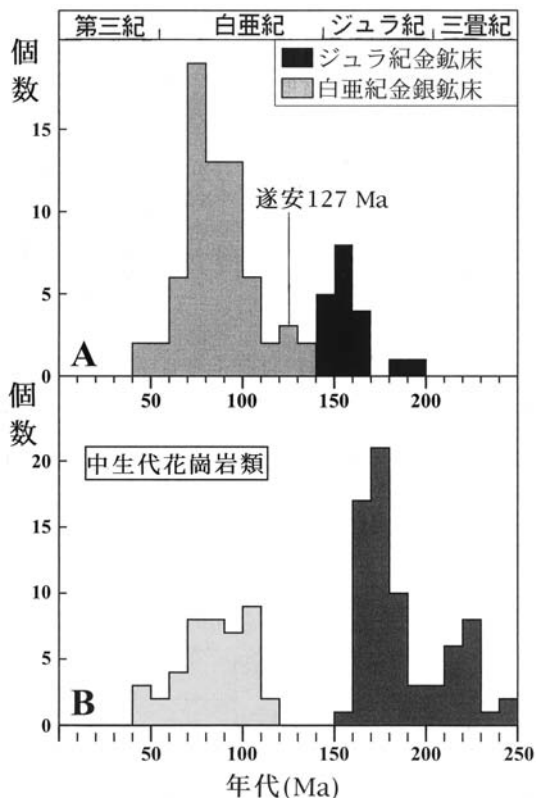
紀花崗岩類.

韓国の金鉱床は中生代花崗岩類と密接な空間的・時間的關係を示す. しかしケムジョン(金井)鉱床は原生代の年代(11億年)を持つアラスカイトに鉱染する特異なものである. その産金量はAu 7.4トン, Au/Ag = 42.4, 著しく金に富んでいる. 中生代の金鉱化作用はジュラ紀の中熱水性と白亜紀の浅熱水性に大別されるが(Shelton *et al.*, 1988, 第8図), Shimazaki *et al.* (1986)は白亜紀鉱化期の重要性を強調した.

4.1 ジュラ紀の金鉱床

ジュラ紀の鉱床は北東-南西方向に伸長して分布するジュラ紀花崗岩類と関連ペグマタイト, 更に基盤の原生代変成岩類に発達したホナム破碎帯の派生割れ目に胚胎する石英脈鉱床である(図2参照, 写真4, 5). 沃川帯中南部で片麻状花崗岩は 222.7 ± 2.1 Maおよび 216.9 ± 2.2 Maを持ち, 塊状花崗岩は 171.7 ± 1.4 Maを示すので(Ree *et al.*, 2001), この破碎帯は後期三疊紀からジュラ紀に活発に活動したものと解釈されている.

この時代の鉱床では, クボン(金峰)鉱床が最大で13.5トン(第5表), その他は2トン以下, 小規模であ



第8図 韓国における金鉱床の鉱化年代のヒストグラムと遂安鉱床の鉱化年代 (Choi *et al.*, 2005b) に加筆).

る。一般に金に富み、銀に乏しく、それは銀に富む上部相が削剥されたため、深部相が残存した結果と考えられている (Choi *et al.*, 2005b)。この時期の鉱床のうち、原生代変成岩類に胚胎するサムワン(三光)、チョンポー(天宝)、ターチャン(泰昌)、サムホワンワグ(三黄鶴)などは破碎帯に鉱染する造山帯型 (orogenic gold, Groves *et al.*, 1998) に分類されている (第5表)、チョンポー鉱床では母岩の片麻構造、走向 N 40-50° E、傾斜 70-80° SE に沿って鉱脈が走る。

ジュラ紀鉱床の鉱石鉱物は少量 (1~3容量%以下)、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、自然金、エレクトラムからなる。銀鉱物は認められない。金粒は自然金・エレクトラム共に粗粒 (直径 mm~2cm)、稀に Te 鉱物 (petzite, hessite) と共存する。エレクトラムは構成鉱物の表面や割れ目に沿ってフィルム状に産出するものが多い。

脈石としては石英の他、白雲母、カリ長石が含まれ、鉱脈末期相には方解石が急増加する。石英はリ



写真1 貯鉱場越しに見た再開発中のムクック鉱山風景。

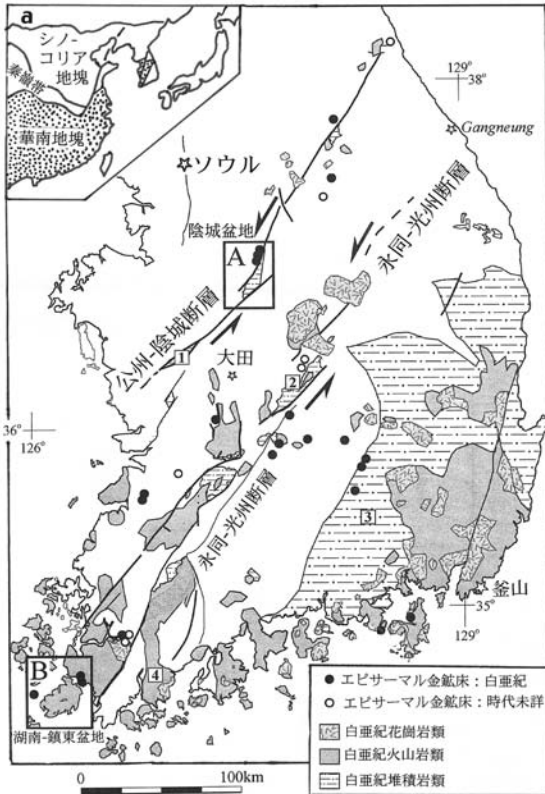


写真2 ムクック鉱山の竖坑。

ボン状、縞状構造などを示すことがあり、脈際の母岩には狭いカリ長石化、絹雲母化、緑泥石化変質が見られる。

流体包有物の均質化温度は 250~400℃ であり、中心温度は 300~350℃、いわゆるメソサーマル鉱床の範囲である。塩濃度は低~中程度、15重量% NaCl を越えない。包有物の娘鉱物は認められない。H₂O-CO₂ 包有物は、(1) 3相包有物：液相 CO₂、気相 CO₂+水、(2) 2相包有物：液相の水+CO₂ に富む気相、あるいは (3) 一部の CH₄ 含有流体、などから構成される。

これらの流体包有物の研究から、ジュラ紀の金鉱床は 2.5±0.5kb 程度の深所において 300~350℃ の高温で、酸素同位体比 (δ¹⁸O_{S.M.O.W.}) が +5~+9‰ のマグマ水あるいは変成水の沸騰により、Au 硫化物錯体が

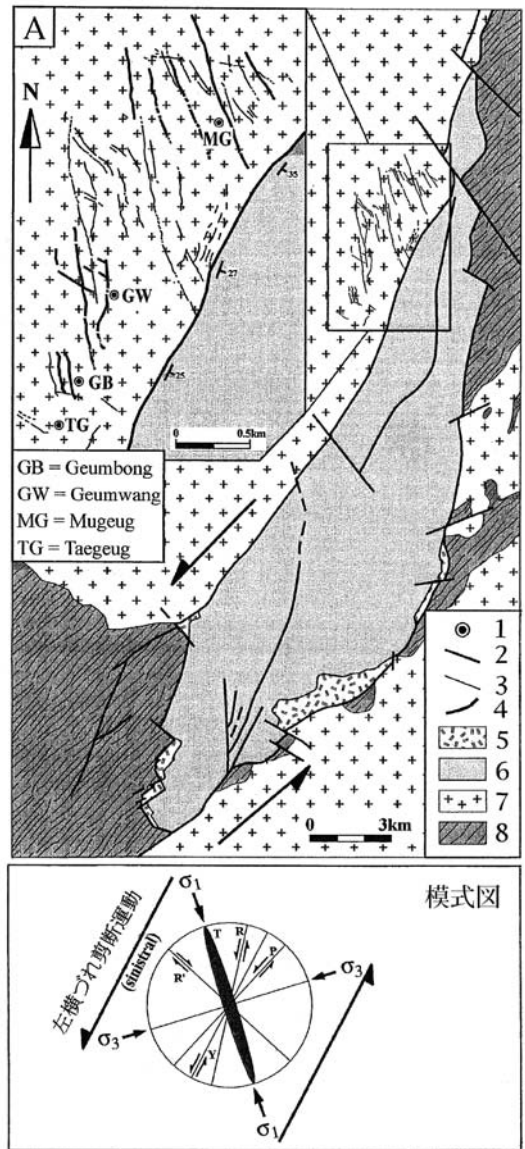


第9図 韓国における広域断層群と白亜紀金鉱床との関係。挿入図aは華南地塊の範囲。A、陰城盆地；B、湖南-鎮東盆地、四角に1.ゴンジュ盆地、2.ヨンンドン盆地、3.ギョンスン盆地、4.ネンジュ盆地 (Choi *et al.*, 2005b)。Aは第10図、Bは第11図の位置。

不安定化し、鉱石鉱物の沈殿をもたらしたものと解釈された (Choi *et al.*, 2005b)。

4.2 白亜紀の金鉱床

この時期の鉱床には韓国で最大規模のムクック(無極)鉱山(生産量18.7トン)が含まれるが、多くは数トン以下である(第5表)。しかし鉱山数が多いために、韓国の金生産量の約2/3を生産した。白亜紀鉱床は、右横ずれの広域構造運動で生じた白亜紀の張力盆地中かその近くに胚胎するものと解釈され、近年では広域構造運動と主要金鉱脈との成因的關係が重要視されている (Choi *et al.*, 2005a)。例えば白亜紀最大のムクック鉱床鉱化域では、左横ずれの公州-陰城断層(第9図)に沿って発達した陰城盆地近傍のジュラ紀花崗岩類に、北北西-南南東走向、急傾斜



第10図 ムクック鉱床付近の鉱脈系統図 (Choi *et al.*, 2005a)。鉱脈は左横ずれ運動により発生した南北系の張力裂か(σ₁)を充した。1.金銀鉱山、2.採掘鉱脈、3.不毛脈、4.断層、5.白亜紀火山岩類、6.白亜紀堆積岩類、7.ジュラ紀黒雲母花崗岩、8.原生代黒雲母片麻岩類。

の張力裂かが発生し(第10図)、これを白亜紀に潜在花崗岩体に由来する鉱液が充たし鉱脈を形成したものと理解されている。含金石英脈は数十条に及び、現在、最西部の下部へ向けて、取り明け作業が行われている。

白亜紀の金鉱床の自然金は幅広い組成変化を示



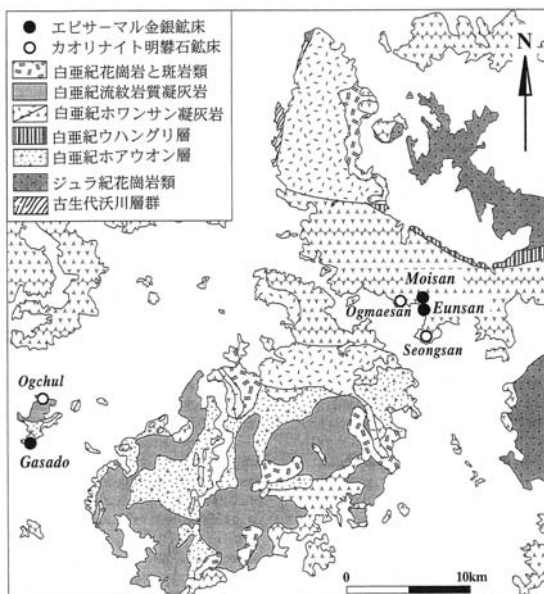
写真3 最近の韓国経済の発展は素晴らしい。しかし街から漢字が消え、何処に何があるか私達には分かりにくくなった。

し、共存する硫化鉱物も多様で、多時期に亘る鉱物の晶出組織が認められる。一般に早期金鉱化作用はベースメタル硫化物と共存し、後期ではAg含有硫化物、硫塩鉱物、テルル鉱物、自然銀と共に現れる。これらの構成鉱物は鉱脈中で、晶洞を伴う層状、櫛状、角礫状を示し、鉱脈の形成が浅所で行われたことを暗示する。脈石鉱物は石英、カルセドニー、炭酸塩鉱物、次いでほたる石、粘土鉱物、硫化物などである。母岩の変質は主としてプロピライト化、粘土化、絹雲母化、珪化である。

白亜紀鉱床の流体包有物にも塩濃度が高いものは発見できず、従って食塩やシルバイト(KCl)の娘鉱物も一部の火山性鉱床に見られるのみである。充填包有物の充填温度は150~350℃、pHは中性からややアルカリ性、塩濃度は10容量% NaCl以下、一部でCO₂ (10容量%以下)を含む。鉱液のδ¹⁸O値は-10~+10‰、“水”の起源はマグマと天水と考えられ、鉱脈は1.0kb以下の圧力条件で形成された。金は硫化物錯体として運ばれ、H₂S活動度の低下または地表水との混合時の沸騰によるpHと酸素活動度の上昇で、その沈殿が生じたものと解釈された(Choi et al., 2005a)。

4.3 新発見の金鉱床

2001年10月、カナダのアイバンホー社はコリア半島南西端の白亜紀火山岩地帯で新金鉱床発見ニュースの発表を行なった。光州(写真3)南西方のこの地域は、永同-光州断層の最南端部に相当し、この断層の再活動により先カンブリア界基盤が断裂し、白亜



第11図 韓国西南部、新鉱床発見地域の地質図(Choi et al., 2005a)。酸性変質帯との共存に注目。

紀層が噴出・堆積したものと思われる。白亜紀層は凝灰岩類に溶岩と若干の湖成層を伴い、次の層序と年代を持つ。

最上部のチンドウ流紋岩類(76.3-66.2Ma)

ホワンサンデイサイト質凝灰岩類(86.4-81.4Ma)

ウングリ層の湖成堆積物

玄武岩-安山岩質溶岩と凝灰岩類(95.4-92.7Ma)

これらの地層間には、明らかな不整合面は確認されておらず、約3,000万年の間に、堆積と熱水変質作用は静かに進行し、東方の慶尚盆地の堆積・噴出活動とは明らかに異っていた。この地域の熱水活動の特徴は、中性の金銀鉱化変質と、酸性の明礬石-カオリナイト変質帯とが近接して共存することである(第11図)。日本で最も近いものは岡山県東部-兵庫県西部の鉱床群であろうか。

金銀鉱床はウンサン(銀山)-モイサン、カサドと呼ばれる。生産はウンサン鉱山(写真4~7)のみで行われ、2002年の生産量は金168kg、銀6,755kg(Choi, 2002)であった。ウンサン地区の鉱床は珪長質火砕岩類を母岩とし、N60°W、急傾斜の鉱脈型である。刃状、コロフォーム縞状に石英-カルセドニー、炭酸塩鉱物、より少量のイライト-スメクタイト、氷長石、黒色硫化物(主に細粒黄鉄鉱)を伴う。母岩の変質は、粘土化、プロピライト化、絹雲母化、珪化、高度粘土変



写真4 海に近いウンサン鉱山付近の風景.



写真6 ウンサン鉱床の母岩の火山角礫岩.



写真5 ウンサン鉱山の露天掘り跡と坑口.



写真7 ウンサン鉱山の硫化物浮遊選鉱場.

質などである。全般的に複数回の水圧破碎角礫化と珪化が認められる。石英を置換する刃状炭酸塩鉱物と水長石の共存などは、金の沈殿には鉱液の沸騰が重要であったことを示している。

鉱石鉱物はAg-As-Sb硫塩鉱物、Ag-Se化合物、Te鉱物が輝銀鉱より多い。金はエレクトラム(Au 8.6～57.5%原子比)、閃亜鉛鉱は鉄に乏しく(FeS 0.4～3.8%分子比)、流体包有物はH₂O-CO₂-NaCl系、その均質化温度は113～298℃、塩濃度は低い(0.0～1.7%NaCl)。

4.4 鉱床の硫黄同位体比

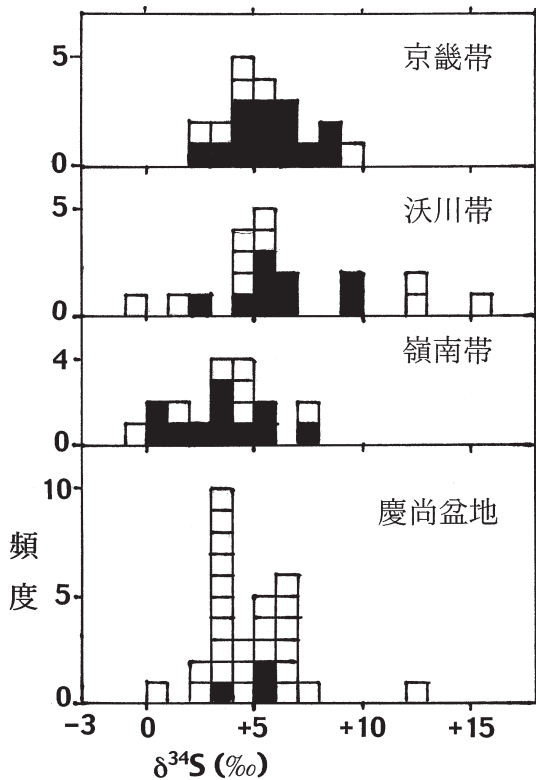
韓国の鉱床の硫黄同位体比は、我が国の鉱床が磁鉄鉱系花崗岩帯で正(+4%前後)、チタン鉄鉱系花崗岩帯で負(-4%前後)の $\delta^{34}\text{S}$ を示すことと対照的に、次のように一般に正の値を持つ。

京畿地塊	+5.5% (n=21)
沃川帯	+6.4% (n=19)
嶺南地塊	+3.5% (n=20)

慶尚盆地 +4.8% (n=28)

その理由は、韓国では磁鉄鉱系、チタン鉄鉱系とともに花崗岩質マグマが正の $\delta^{34}\text{S}$ を持つためと解釈された(Ishihara *et al.*, 2000)。鉱床には更に高い+10～+15% $\delta^{34}\text{S}$ の値が、特にスカルン鉱床で得られることがあり、その原因は石灰岩中に含まれる硫酸塩硫黄が花崗岩質マグマや鉱液に取り込まれたためと判断される(Ishihara *et al.*, 2002a, b)。鉱石硫黄が高い $\delta^{34}\text{S}$ 値を持つ傾向は北朝鮮の遂安鉱床でも得られており、Imai and Anan (2000)は40個の硫化物試料の85%は $\delta^{34}\text{S} = 10\sim 16\%$ の値を持ち、その鉱液の $\delta^{34}\text{S}$ 値は13.5%であったと推定している。

硫黄同位体比を平均値に基づき時代別の比較をすると、ジュラ紀と白亜紀で大きな相違はない(Ishihara *et al.*, 2000の第3図を参照)。第12図には同一データを金鉱床とその他の金属鉱床別に示したが、韓国の金鉱床は、モリブデン-タングステン、ベースメタル鉱床の硫黄同位体比と大きくは変わらず、0～+10%の値を持つ。この事実は、韓国の金鉱床が他金



第12図 鉱石硫黄の鉱床別平均値のヒストグラム。黒：金銀鉱床、白：その他の金属鉱床 (Ishihara et al., 2000より作成)。

属鉱床と同様な環境、すなわちメソサーマル以深の環境下で生成したことを暗示する。

5. 韓国は華南地塊の延長部か？

コリア半島はシノ-コリア地塊の東部に位置するが、最近では中部のイムジンガン(臨津江)帯が秦嶺-大別山-スル衝突帯に連続するという提案 (Yin and Nie, 1993) を支持する人が多い (Chough et al., 2000; Jwa, 2004; Choi et al., 2005a, b)。この説に従うと華南地塊は、後期ペルム紀-前期三疊紀にシノ-コリア地塊に属するコリア半島主要部に衝突し、沃川帯古生層の褶曲と沃川帯南縁の右横ずれのホナム(湖南)破碎帯を生じたことになる。従って京畿帯と沃川帯の大部分は華南地塊に属すると見なされる(第8図)。

コリア半島の金鉱床は、既述のように北部で大規模、南部で小規模である。北朝鮮の産金量は統計上は259トンであるが、20~50トン級は5ヶ所くらいに達

するのではあるまいか。これに対して韓国では、鉱業統計上の数字を5割増しとしても20トン級が2カ所であり、金に乏しい性格が明らかである。金鉱床の総金属量から見る限り、韓国の主要部に華南地塊があっても不思議ではない。

北中国-コリア地塊に属する中国北部の花崗岩類地帯には、1980年代以降の探鉱成果として、巨大鉱床(金量50トン以上)1ヶ所、大規模鉱床(50-20トン)10ヶ所、中規模鉱床(20-5トン)10ヶ所、小規模鉱床(5トン以下)3ヶ所が得られている (Nie et al., 2004)。露出面積の相違を考慮すれば、コリア半島北部と北中国の金鉱床規模と産出頻度は同様であると考えてよからう。その主力は山東半島にあって、花崗岩近傍の断層破碎帯を埋める鉱染状鉱床であるが、Nie et al. (2004) はこれらを貫入岩関連鉱床とみなしている。その一部については本誌に渡辺(1996)の解説がある。

北中国-コリア半島の金鉱床は中生代花崗岩類と密接であるから花崗岩の成因と関係している。中国では衆知のように華北でMoとAu鉱床が卓越し、華南で世界的に著名なW、Sn鉱床が分布する(石原, 1983)。W、Snは還元的な大陸地殻物質が再溶融したりサイクルマグマに伴って濃集する。ストロンチウム初生値は高いことが多い。一方、金は塩化物としてでなく硫黄化合物として挙動する場合には酸化的な雰囲気が必要であるが、経験的には酸化/還元状態よりもストロンチウム初生値が低い、深所起源の“初生的マグマ”(例えば菱刈金山, Sr₀ = 0.4048, Ishihara et al., 1990) に伴われることが多い。

シノ-コリア地塊を含む中央アジア造山帯の花崗岩類については、最近のIGCP研究プロジェクト420(代表: 江博明)を通じて同位体地球化学が著しく前進し、北朝鮮との国境沿いの花崗岩地質学も進歩した(石原, 2003)。このプロジェクトの最大の成果は、アジア大陸内陸部の巨大な花崗岩類に、地表での風化に曝されたことがない岩石が溶融して生成した“初生的”花崗岩類が多量に含まれていることの発見である。初生的花崗岩は“初生的”地殻に起因するものと考えられる。雲山地域でもここで予察的に述べたように、北鎮花崗岩はアダカイト質の性質を持っており、初生的花崗岩マグマの存在が予想される。北朝鮮の先カンブリア地塊と中生代花崗岩類はどのような性格を持つのであろうか。大変に興味深い研究テーマ

である。

一方、韓国には既述のように華南地塊が衝突しており、一部の花崗岩活動はこれを基盤として発生している。これが韓国側で金鉱床に乏しい一因である可能性が高い。リサイクル型の一例であるサンドン(上東)タングステン鉱床が存在することと合わせて、今後の研究に期待すること大である。

謝辞: 雲山鉱山の試資料を下さった高島清氏、韓国の金鉱床の見学を最新の情報と共に用意された高麗大学の催善圭教授、草稿を読まれ貴重なご意見を戴いた須藤定久編集委員長に感謝する。

文 献

- Choi, S.G. (2002) : The genetic implication of Mesozoic gold-silver mineralization, Korea. KIGAM, Spec. Pub. v.1/2, 216-226.
- Choi, S-G., Ryu, I-C., Pak, S.J., Wee, S-M., Kim, C-S. and Park, M-E. (2005a) : Cretaceous epithermal gold-silver mineralization and geodynamic environment, Korea. *Ore Geol. Reviews*, v. 26, 115-135.
- Choi, S-G., Kwon, S-T., Ree, J-H, So, C-S. and Pak, S-J. (2005b) : Origin of Mesozoic gold mineralization in south Korea. *The Island Arc*, v.14, 102-114.
- Chough, S. K., Kwon, S-T., Ree, J-H. and Choi, D.K. (2000) : Tectonic and sedimentary evolution of the Korean peninsula: a review and new view. *Earth-Sci. Review*, v.52, 175-235.
- 朝鮮総督府殖産局 (1929) : 朝鮮の金銀鉱業. 128 p.
- Groves, D. I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G. and Robert, F. (1998) : Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geol. Review*, v. 13, 7-27.
- Imai, A. and Anan, S. (2000) : Sulfur isotope study and re-examination of ore mineral assemblage of the Hol Kol and the Tul Mi Chung skarn-type copper gold deposits of the Suan mining district, Korean peninsula. *Resource Geol.*, v. 50, 213-228.
- 石原舜三 (1983) : 中国の鉱物資源 (4) - タングステン鉱床 -, 地質ニュース, no. 346, 39-51.
- 石原舜三 (1986) : カリフォルニアの金鉱床, 地質ニュース, no. 379, 6-21.
- 石原舜三 (1988) : 韓国の金属鉱床の近況について, 地質ニュース, no. 408, 6-21.
- 石原舜三 (2003) : 中国東北部の地質構造区分と花崗岩類の特徴, 地質ニュース, no. 586, 30-45.
- Ishihara, S., Shibata, K. and Terashima, S. (1990) : Alkalinity and initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of igneous rocks related to late Cenozoic gold mineralization of the Ryukyu Arc, Japan. *CCOP Tech. Bull.* 1-16.
- Ishihara, S., Jin, M-S. and Sasaki, A. (2000) : Source diversity of ore sulfur from Mesozoic-Cenozoic mineral deposits in the Korean Peninsula region. *Resource Geol.*, v. 50, 203-212.
- Ishihara, S., Jin, M-S. and Kajiwara, Y. (2002a) : Sulfur content and isotopic ratio of Cambro-Ordovician carbonate rocks from South Korea: A possible source for Mesozoic magmatic-hydrothermal ore sulfur. *Resource Geol.*, v. 52, 41-48.
- Ishihara, S., Kajiwara, Y. and Jin, M-S. (2002b) : Possible carbonate origin of ore sulfur from Geumseong Mo deposits, South Korea. *Resource Geol.*, v. 52, 279-282.
- Jin, M. S., Lee, Y. S. and Ishihara, S. (2001) : Granitoids and their magnetic susceptibility in South Korea. *Resource Geol.*, v. 51, 189-203.
- Jwa, Y-J. (1998) : Temporal, spatial and geochemical discriminations of granitoids in South Korea. *Resource Geol.*, v. 48, 273-284.
- Jwa, Y-J. (2004) : Possible source rocks of Mesozoic granites in south Korea: implications for crustal evolution in NE Asia. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci.*, v. 95, 181-189.
- 加藤武夫 (1940) : 新編鉱床学. 富山房, 757p.
- 木野崎吉郎 (1933) : 朝鮮地質図第15輯「北鎮および牛硯鎮」24 p. 朝鮮総督府地質調査所.
- Nie, F.-J., Jiang, S-H. and Liu, Y. (2004) : Intrusion-related gold deposits of North China craton, People's Republic of China. *Resource Geol.*, v. 54, 299-324.
- 農商務省鉱山局 (1912) : 本邦鉱業一斑附表. 364 p.
- Ree, J.H., Kwon, S.H., Park, Y., Kwon, S.T. and Park, S.H. (2001) : Pre-tectonic and post-tectonic emplacements of the granitoids in the south-central Okchon Belt, South Korea: Implications for the timing of strike-slip shearing and thrusting. *Tectonics*, v. 20, 850-867.
- 嵯峨一郎・柳生六郎・佐藤 恭 (1955) : 日本鉱産誌Ia. I金銀鉱. 5-104, 地質調査所.
- 志賀 融 (1937) : 朝鮮の金鉱業. 朝鮮鉱業会誌, v. 20, 285-308.
- Shelton, K.L., So, C.S. and Chang, J.S. (1988) : Gold-rich mesothermal vein deposits of the Republic of Korea: geochemical studies of the Jungwon gold area. *Econ. Geol.* v. 83, 1221-1237.
- Shimazaki, H., Lee, M. S., Tsusue, A. and Kaneda, H. (1986) : Three epochs of gold mineralization in South Korea. *Mining Geol.*, v. 36, 265-272.
- 商工省鉱山局 (1948) : 本邦鉱業の趨勢: 昭和14-15年版, 70-71.
- 高島 清・岸本文男 (1987) : 雲山鉱山とその周辺の金鉱床 - 朝鮮民主主義共和国の一端 -, 地質ニュース, no. 398, 28-41.
- 土田定次郎 (1944) : 朝鮮鉱床論. 329 p. 霞ヶ関書房.
- 渡辺萬次郎 (1934) : 金鉱と金鉱床. 558 p. 誠文堂新光社.
- Watanabe, T. (1943) : Geology and mineralization of the Suian district, Korea. *Jour. Fac. Sci. Jokkaido Imper. Univ.*, Ser. 4, v. 6, 205-303.
- 渡辺 寧 (1996) : 中国, 山東半島の金鉱床. 地質ニュース, no. 507, 25-32.
- Yin, A. and Nie, S. (1993) : An indentation model for the north and south China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault systems, eastern Asia. *Tectonics*, v. 12, 801-813.

ISHIHARA Shunso (2006) : North Korea, a country of gold? Gold mineralizations in the Korean Peninsula and their basement setting.

<受付: 2005年8月1日>