

マッシフ・サントラルの旅

津末 昭生

筆者は 1974年10月7～10日に チェコスロバキアの温泉場 カルロビ・バリで開催された 酸性マグマ活動に伴う鉱化作用 (MAWAM と略称) に関する討論会に出席する機会を得た。また 討論会後の巡検として企画された フランスのマッシフ・サントラルへの巡検に参加する機会を得たので その概要をここに報告したい。巡検には約13カ国から30数名が参加し フランス地質調査所 (B.R.G.M. と略称) のビュルノール博士らがこの巡検の案内に当たった。その経路は第1図の通りで下記のように行動した。

- 10月11日 (金) チェコスロバキアから飛行機または夜行列車でパリに移動。
- 10月12日 (土) 2台の貸切バスで早朝パリ発 夕刻クレルモン・フェラン着。巡検には最後まで このバスを使用した。
- 10月13日 (日) エシャシエール地域の花こう岩と鉱床について説明があった後 同地域のボボワール花こう岩に由来するカオリン鉱床および コレット花こう岩周辺の雲母片岩中の鉄マンガ重石—石英脈を見学した。モンリュソン泊。
- 10月14日 (月) 窯業原料として採掘中のモンテブラの貫入キューボラを見学し リシュモンの曹長石質マ

イクロ花こう岩 ブロンの花こう岩なども見学した。リモージュ泊。

10月15日 (火) アンバザック地域のペグマタイトおよびベッシーヌ鉱山のウラン鉱床を見学した。リモージュ泊。

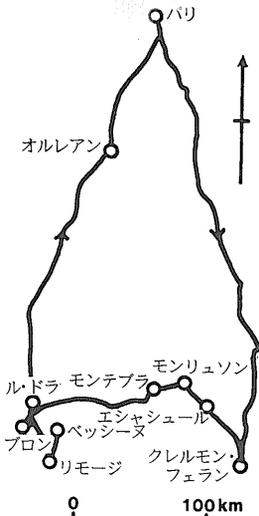
10月16日 (水) ル・ドラの教会 シャンボール城などを見学しながら オルレアンに着いた。ここで B.R.G.M.の実験部門を見学し 夜パリ着。

フランスのマッシフ・サントラル

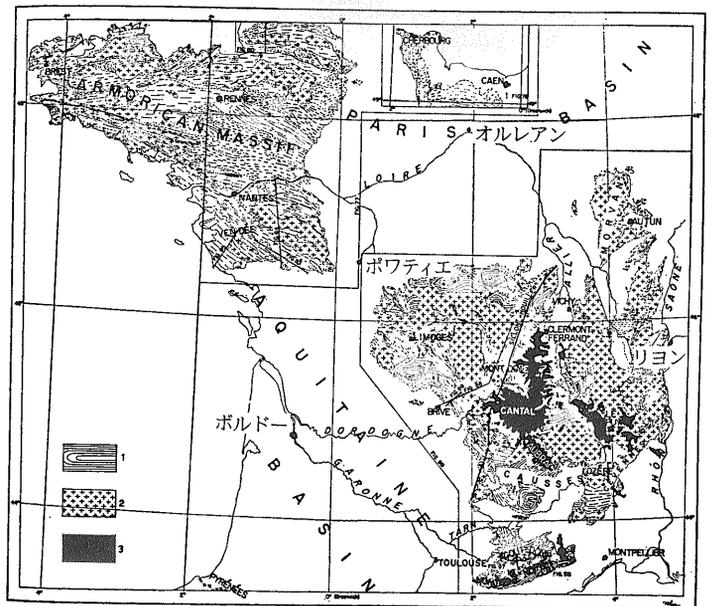
マッシフ・サントラルは フランスの南中央部に位置し 標高 800～1,200m の山地を形成している。マッシフ・サントラルを構成している岩石は

- 1) 結晶片岩類および片麻岩類
- 2) 貫入岩類
- 3) 新生代火山岩類

に大別される(第2図)。マッシフ・サントラルは 従来ヘルシニヤ造山帯に属するものと考えられてきたが 変成岩・花こう岩などの年令に関するデータから その一部は カレドニア あるいは それより古い造山帯に属するものと考えられるようになった。



第1図 MAWAM討論会後の巡検経路図



第2図 マッシフ・サントラルの地質図 (RUTTEN, 1969)

マッシュ・サントラルでは その北西部にのみ 酸性火成活動に伴う鉍化作用が 知られている。ここでは今回の巡検で見学した エシャシエール地域とモンテブラ地域の花こう岩と鉍床についてのペオルレアン(B.R.G.M.)についても簡単に報告しておきたい。

エシャシエール地域の花こう岩と鉍床

エシャシエール地域は クレルモン・フェランの北西45km に位置し 1～5世紀頃から 錫石の採掘が行なわれた地域である。その後長い間 この地域で何の採掘も行なわれなかったが 1852年に花こう岩の風化によって生成したカオリンの採掘が始められた。カオリンの採掘は 現在も行なわれており カオリン鉍石の水洗によって 錫石も回収されている。またこの地域では かつて 石英-鉄マンガン重石鉍脈が採掘され WO₃ 65パーセントの精鉍 8,000 トンが 生産されたという。現在 この地域では B.R.G.M. が ボボワール花こう岩のリチウム・錫・ベリリウム・ニオブ・タンタルなどに着目し、ボボワール花こう岩体の採掘を検討中である。

エシャシエール地域の優白質花こう岩類は バス・シウル変成岩類の雲母片岩中に貫入しており これらの花こう岩類は コレット優白質花こう岩とボボワールの曹長石-紅雲母花こう岩に分けられている(第3図)。コレット花こう岩の露出面積は この地域の花こう岩の露出面積の95パーセントを占め 残りをボボワール花こう岩が占めている。

コレット花こう岩体は 扁平なキューボラ状をなし 周囲の雲母片岩に接触変成作用を与えている。最大幅100m に達する接触変成帯は 紅柱石・黒雲母・キンセイ石などの存在によって 特長づけられる。コレット花こう岩体は その鉍物組成および組織から ニゴンマゼ クロア・ランパンの3岩相に分けられている。ニゴンおよびマゼ相の花こう岩は 次のような鉍物組成を示す。

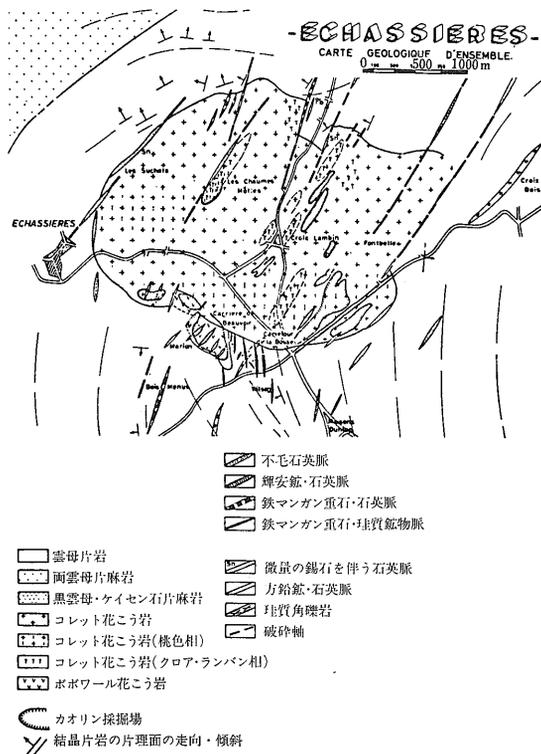
石英	30~40%
微斜長石	20~35%
曹長石～灰曹長石	20~35%
白雲母	5~10%
黒雲母	1~5%

その他 燐灰石 ジルコン キンセイ石などが含まれている。

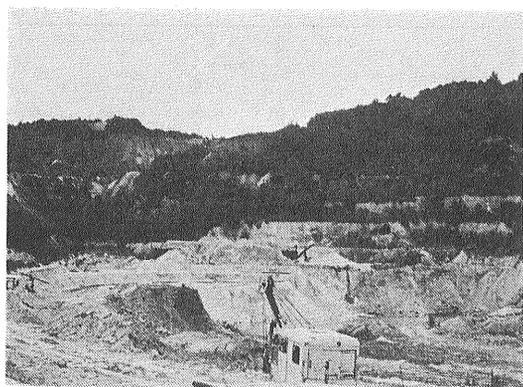
コレット花こう岩の各岩相の化学組成および微量元素平均含有量 (ppm) は 第1表の通りである。

第1表 エシャシエール地域の花こう岩の化学組成

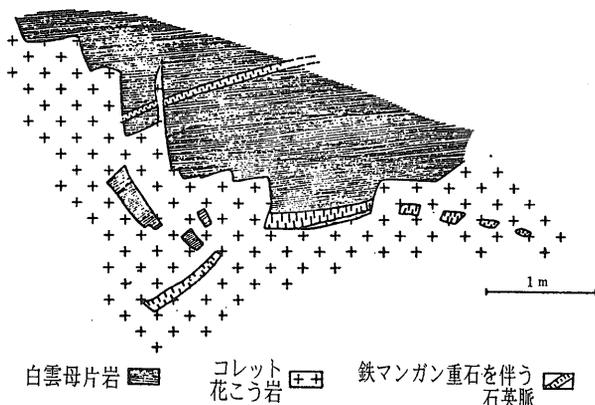
	コレット花こう岩			ボボワール花こう岩	
	マゼ相	ニゴン相	クロア・ランパン相	40m	70m
SiO ₂	73.25	73.00	71.50	67.50	71.30
TiO ₂	0.05	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	14.80	15.20	15.00	17.45	16.20
Fe ₂ O ₃	0.35	—	0.35	—	0.10
FeO	0.85	1.05	0.35	0.27	0.45
MnO	tr	0.02	0.03	0.05	—
MgO	0.60	1.55	1.55	0.60	0.40
CaO	0.70	0.60	0.75	1.40	0.50
Na ₂ O	3.55	3.00	3.00	5.45	7.40
K ₂ O	3.95	4.10	5.00	2.60	1.40
Li ₂ O	—	0.16	0.11	1.25	0.60
P ₂ O ₅	0.35	0.45	0.45	0.90	0.10
H ₂ O	0.95	1.30	1.20	1.35	1.10
Total	99.40	100.43	99.29	98.82	99.50
As		54			
B					
Be		15		180	
F		3,100			
Ga					
Li ₂ O		1,700		7,100	
Nb				154	
P		426			
Sn		151		1,320	
Ta				190	
W		42			



第3図 エシャシエール地域の地質図 (BURNOL et al., 1974)



第4図 エシシャエール地域のカオリン採掘場



第5図 エシシャエール地域のボス採掘場における タングステン鉍脈とコレット花こう岩との関係 (BURNOL et al., 1974)

ボボワールの曹長石—紅雲母花こう岩体は コレット花こう岩体の南側に接して露出し その規模は300×350m程度である。ボボワール花こう岩体も 全体としてキューボラ状をなし その上部は 波状をなして さらに いくつかの小キューボラを形成している。カオリン化およびグライゼン化作用を受けていない新鮮なボボワール花こう岩の鉱物組成は 次の通りである。

石英	15~25%
曹長石 (An ₃)	40~70%
カリ長石	5~15%
紅雲母	10~25%
黄玉	1~5%

その他 緑柱石 燐灰石 アンブリゴ石—モンテブラ石 ヘルデル石 錫石 マイクロ石 タンタル石—コロンブ石など リチウム ベリリウム 錫 ニオブ タンタルなどを主成分とする鉱物が含まれている。

雲母片岩とボボワール花こう岩との接触部から おのおの 40mおよび70m離れたボーリング・コアによるボボワール花こう岩の化学分析値を第1表に示す。ボボワール花こう岩体に50m間隔のボーリングを行なった結果同花こう岩は 5,500,000 トン存在することが判明した。ボボワール花こう岩中のベリリウムは 主としてヘルデル石として存在し 同花こう岩中のベリリウム含有量は 場所によって著しく異なる。雲母片岩とボボワール花こう岩の小キューボラとの接触部には 厚さ数10cm~数mの種類のグライゼンがみられ この部分には 錫 弗素 リチウムなどの元素が濃集している。

エシシャエール地域の花こう岩の地表に近い部分は 著しいカオリン化を受けている。このカオリンは窯業原料として採掘され 一部では カオリン鉍石の水洗に

よって 錫石も回収されている(第4図)。カオリン化作用は 地表より50m以上深い所には知られていない。カオリン化作用によって これらの花こう岩中の錫・リチウムおよび弗素含有量は変わらないが ベリリウム含有量は著しく減少する。これらの花こう岩のカオリン化は天水の作用によるものと思われる。

まれな元素がボボワール花こう岩に濃集しているほか エシシャエール地域の花こう岩体の周辺には 石英—長石脈がみられる。これらの脈のあるものは 鉄マンガン重石 まれに錫石・硫砒鉄鉍・方鉛鉍などを含む。これらの鉍脈はコレットおよびボボワール花こう岩より早期に形成されたものと思われる。第5図は 雲母片岩中のタングステン鉍脈が コレット花こう岩より早期に形成されたことを示している。

オーバール (1969) は エシシャエール地域の花こう岩類および周辺の雲母片岩を系統的に採取し それらの弗素・リチウム・タングステン・砒素・ベリリウム・燐などの含有量を分析した。その結果 これら おおのこの元素の分散は 花こう岩類の周辺 数100m~数kmにわたって認められた。弗素・リチウム・錫については ボボワール花こう岩体およびその南部に著しい濃集がみられる。それゆえ これらの元素は ボボワール花こう岩に由来するものと考えられている。タングステン・砒素は コレットおよびボボワール花こう岩より早期の われわれには見えない花こう岩に由来するものと考えられている。

モンテブラ地域の花こう岩と鉍床

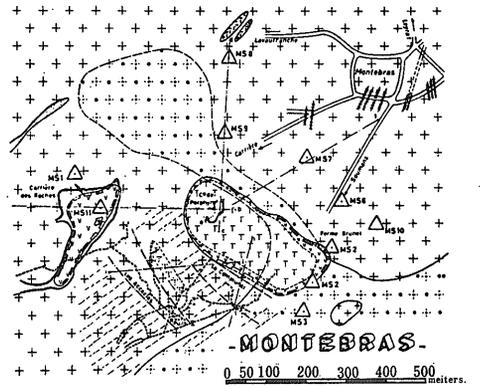
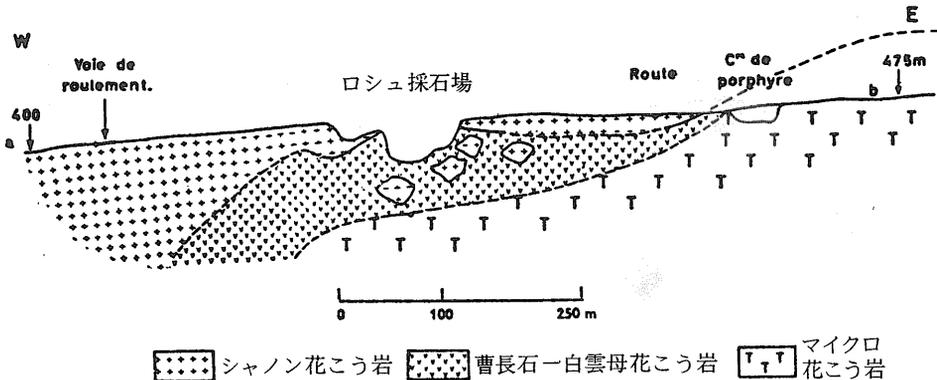
モンテブラ地域は クレルモン・フェランの北西90kmに位置し 既にのべたエシシャエール地域と同様に 1

第2表 モンテブラ地域の花こう岩の化学組成

	シャノン花こう岩	マイクロ花こう岩	曹長石-白雲母花こう岩
SiO ₂	72.00	71.31	72.90
TiO ₂	0.35	0.09	—
Al ₂ O ₃	15.85	16.51	16.58
Fe ₂ O ₃	2.10	0.22	0.28
FeO		0.48	tr
MnO	0.04	—	0.06
MgO	2.40	0.15	0.05
CaO	0.55	0.57	0.50
Na ₂ O	2.70	4.00	4.30
K ₂ O	3.65	4.40	3.90
Li ₂ O	0.03	0.35	0.30
P ₂ O ₅	0.02	0.52	0.35
H ₂ O+	0.65	1.15	1.66
H ₂ O-			tr
Total	100.34	99.75	100.88
As	54	8	11
B	51	55	75
Be		11	7
F	1,670	5,560	2,050
Ga		65	
Li ₂ O	468	2,630	1,120
Nb			
P	431	900	2,020
Sn	80	285	
Ta			
W	119	20	3

～5世紀頃から 錫石の採掘が行なわれた地域である。その後 19世紀中頃から 錫石およびアンブリゴ石が採掘されたが 1909年から現在まで 窯業原料として“長石に富む岩石”が採掘されている。

モンテブラ地域の花こう岩は シャノン花こう岩 シャトー優白質花こう岩 およびグラン・ロシュ優白質花こう岩に大別される。
シャノン花こう岩は この地域に最も広く分布する花



- [+ +] シャノン花こう岩
- [+ +] 表土におおわれたシャノン花こう岩
- [T T] モンテブラ・マイクロ花こう岩
- [T T] 同上 分岐部
- [V V] 曹長石花こう岩
- [//] アプライト脈
- [//] “シュトックシャイダー”
- [//] “クバルツ・グロッケ”
- [//] グライゼン
- [//] マンガン重石を伴う石英およびアプライト脈
- [//] 石英およびグライゼン脈の濃集帯
- [••] 中新世砂礫層
- [//] 鉱山業による除土
- [//] 古代鉱山跡
- [//] 採掘部分
- △M51 B.R.G.M.のボーリング位置

第6図 モンテブラ・キューボラ付近の地質図 (BURNOL et al., 1974)

こう岩であって 斑状組織を示す。この花こう岩は 石英 パルト長石 斜長石 黒雲母 および少量の白雲母からなり しばしばキンセイ石を含む。随伴鉱物として ジルコン 燐灰石 まれに電気石が含まれる。

シャノン花こう岩の化学組成は 第2表の通りである。この結果は シャノン花こう岩中の錫・タングステン・弗素含有量が高いことを示している。錫は黒雲母中に濃集しており その濃度は 228ppm タングステンは 鉄マンガン重石として岩石中の割目に含まれていることが判明している。

モンテブラの貫入岩体は キューボラ状をなし その形は第6および7図に示されている。キューボラの中心部にはマイクロ花こう岩があり、これが貫入岩体の主

第7図
モンテブラ・キューボラの東西断面図
(BURNOL et al., 1974)

要部をなしている。また マイクロ花こう岩の上部を曹長石—白雲母花こう岩がおおっており 曹長石—白雲母花こう岩の中に その上部にあるシャノン花こう岩の岩塊が 多数含まれている。

モンテブラのマイクロ花こう岩は 石英 カリ長石 曹長石 白雲母 電気石 燐灰石 黄玉などからなる。この花こう岩の化学組成は 第2表の通りである。この分析値は このマイクロ花こう岩の弗素・リチウム・錫含有量が高いことを示している。

曹長石—白雲母花こう岩の厚さは 数~数10mでありこの花こう岩が窯業原料として採掘されている。ロシュ採石場では その厚さが 50~60m に達する。その鉱物組成は 次の通りである (第8図)。

石英	20~30%
微斜長石	15~30%
曹長石 (An ₀₋₃)	30~50%
白雲母	5~10%

その他 燐灰石 黄玉 錫石 ニオブを含むタンタル石などが含まれている。

曹長石—白雲母花こう岩は 珪化作用 白雲母の形成およびカオリン化作用のために 著しく不均質である。曹長石—白雲母花こう岩の化学分析値を第2表に示す。この花こう岩中の錫平均含有量は 500~1,000ppmであり Nb₂O₅+Ta₂O₅ (Nb/Ta=5) 含有量は 約 100ppm である。

曹長石—白雲母花こう岩とシャノン花こう岩との間には その厚さ 0.5~2m の接触層がある。接触層の厚さは まれに 15mに達する部分があり また ほとん

ど欠除している部分もある。接触層は 鉱物組成から シュトックシャイダー クバルツ・グロッケ グライゼンに分けられている。このような接触層の鉱物組成による名称は 東独のエルトツゲビルゲの錫鉱床で用いられてきた名称にならったものである。

シュトックシャイダーは 長石の巨晶からなるペグマタイトであって 少量の石英 白雲母を伴う。まれに錫石 アンブリゴ石も含まれている。シュトックシャイダーの一部は 曹長石—白雲母花こう岩によって交代されている(第9図)。シュトックシャイダーは クバルツ・グロッケに漸移する部分がある。

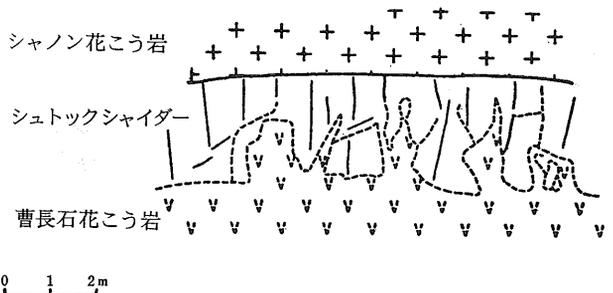
クバルツ・グロッケは シュトックシャイダーの長石を石英に置換えたようなものであって 巨晶の石英がその主要構成鉱物である。アンブリゴ石 モンテブラ石 鉄マンガン重石 燐灰石などが含まれている。

昔から錫・リチウム探査の的になったのは このクバルツ・グロッケである。この中には大小種種の形の錫石が含まれているが ロンドンの大英博物館にある重量 300kg の錫石は この地域のクバルツ・グロッケから産出したものである。モンテブラ石・アンブリゴ石もクバルツ・グロッケに濃集することがある。このキューポラの南部から 2,000トンの錫石などが かって採掘された。

シュトックシャイダーやクバルツ・グロッケの場合と違って グライゼンとシャノン花こう岩との境は 明瞭でない。グライゼンの原岩は 主としてシャノン花こう岩であって 曹長石—白雲母花こう岩中のシャノン花こう岩の捕獲岩もグライゼン化されている。グライゼンは 非常に不均質であって 主としてリチウムに富む白雲母および石英からなり 電気石 燐灰石 トルコ石 錫石などを含む。グライゼンは シュトックシャイダーあるいはクバルツ・グロッケがある所にはみられない。



第8図 モンテブラ・キューポラのロシュ採石場



第9図 モンテブラ・キューポラにおけるシュトックシャイダーと曹長石—白雲母花こう岩との関係 (Burnol et al., 1974)

第3表 B.R.G.M. の科学技術部門とその構成人員

部 門	人 員			
	研究員	技 官	技官補	事務官
基盤に関する資料蓄積	13	¹⁾ 5 ¹⁾ 1		
地質図幅および一般地質	33	12	5	2
文 書	15	11	18	10
水理および土木地質	29	8	4	3
実 験	40	24	20	3
探 査 方 法	39	8	10	4
応 用 鉱 物	19	6	13	3
広 報	6	2		1
海 洋 地 質	7	1		1
地 熱	2			1
地 図	25	20	22	5
電 算 機	²⁾ 8	³⁾ 14 ³⁾ 8		⁴⁾ 6 ⁴⁾ 6
地 域 地 質 (12地域)	127	84	88	
総 計	363	19 185	186	33

¹⁾上級技官 ²⁾技師 ³⁾プログラマー ⁴⁾キー・パンチャー

フランス地質調査所 (B.R.G.M.)

フランス地質調査所 B.R.G.M. は Bureau de Recherches Géologiques et Minières の略称であって B.R.G.G.M. (地質・地球物理・鉱山調査局) BUMIFOM (海外鉱山局) B.R.M.A (アルジェリア鉱山調査局) B.M.G. (ギアナ鉱山局) の統合によって 1959年に発足した。

その主要な任務は 次の通りである。

- 1) フランス領内の地質学的地下構造の確認
- 2) 鉱床探査の新方法の完成 鉱石価格の安定 地下水の調査と開発 土壌および基盤の地質学的調査
- 3) 有用鉱物の供給状況の改善
- 4) 地下水埋蔵量の推定

B.R.G.G.M. と他の鉱山局との統合以後 パリの庁舎が手狭になったので B.R.G.M. は パリの南南西約100 km のオルレアンに 30ha の土地を得て 1964年10月に新庁舎の建設に着手し 1年後には開所式を行なった。1969年末に B.R.G.M. の科学技術部門は ほぼ33,000 m² の庁舎を使用している。1972年1月における職員数は 次の通りである：244 研究員 109 技官 132技官補 (時間給職員)。B.R.G.M. の科学技術部門は 第3表のように13部門からなり その中の地域地質部門は 12の地域地質担当課からなっている。

実験部門は種々の化学分析装置をもち 他の部門・大

学などと協力して 応用鉱物学 鉱床探査 応用地球化学などの研究を行なっている (第10図)。

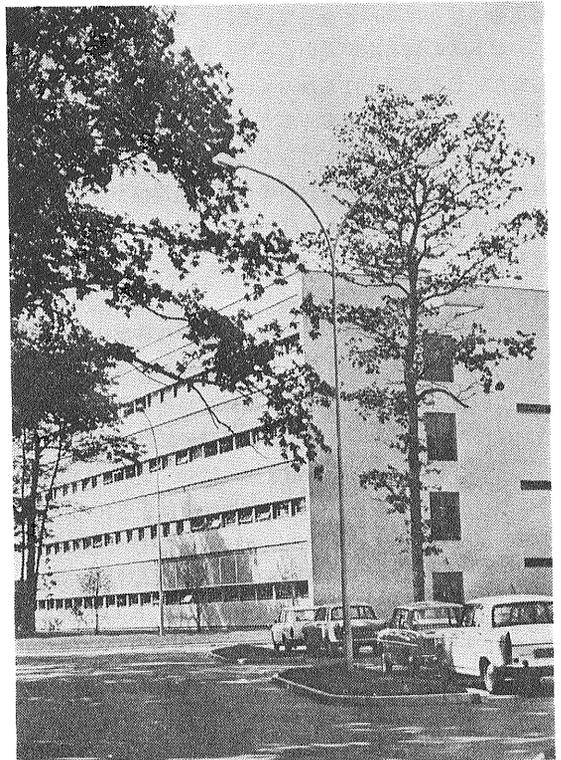
謝 辞

MAWAM 討論会後の巡検を企画し 案内された B.R.G.M. の BURNOL 博士らに心から感謝する。本稿中のフランスの地名 B.R.G.M. の紹介などに関しては 東山喜代子氏から助言を頂いた 記して謝意を表す。

(筆者は 熊本大学)

引 用 文 献

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES (1972): Service géologique national. Paris, B.R.G.M., 60p.
 BURNOL L., AUTRAN, A., BONNIGI, J. P., and GEFFROY, J. (1974): Acid granites and associated metallization in the northwestern part of the French Central Massif. MAWAM Excursion Guidebook, Paris, B.R.G.M., 206p.
 RUTTEN, M. G. (1969): The Geology of western Europe. Amsterdam, Elsevier, 520p.



第10図 オルレアンのB.R.G.M.の実験部門 (B.R.G.M., 1972)