

2.3 土壌化学組成調査

2.3.1 目的と方法

ブグニ地域の地表は厚いラテライト性風化土壌（ラトソル）で覆われており、基盤岩の地質を把握するのは困難である。異なる地質基盤上（Birrimien 累層群と花崗岩類）に形成された土壌を化学的に判別し、地質調査の補助とする目的で土壌の化学組成を調べた。

分析に供した試料の総数は1,009個である。試料は主要な道路に沿って、原則として1km間隔で、地表下40cmまで掘削し、深度30~40cmの間の土壌を採取した。地表が堅いクラストで被覆されている所では掘削が困難なので、クラスト部分から採取した。試料は自然乾燥の後、ふるいにかけて80mesh以下の細粒分を選別し200gに調整した。調整した試料は100gずつに2分し、マリ地質鉱山局（DNGM）の分析所とカナダChemex社に送って、それぞれ下記の分析を行った。

金属元素分析

分析所：マリ地質鉱山局分析所

分析成分（検出限界）：Au(5ppb), Ag(2ppm), Cu(2ppm), Zn(2ppm), Pb(2ppm), As(2ppm)
Sb(2ppm)

主要酸化物分析

分析所：カナダ Chemex 社

分析成分（分析法）：Al₂O₃ (ICP-AES), BaO(ICP-AES), CaO(ICP-AES), Fe₂O₃ (ICP-AES)
K₂O(ICP-AES), MgO(ICP-AES), MnO(ICP-AES), Na₂O(ICP-AES)
P₂O₅ (ICP-AES), SiO₂ (ICP-AES), TiO₂ (ICP-AES),
L. O. I. (furnace), FeO(titration)

2.3.2 土壌の分類

ブグニ地域はサバンナー熱帯雨林混合気候に属し、典型的なラテライト性風化土壌が形成されている。土壌学では、ラテライト性風化土壌を総称してラトソル（Latosol）という。

古い時代に形成されたラトソルは、斜面崩壊や河川侵食などの営力で開析される。開析を受けたラトソルの構成物は低地に堆積し、斜面堆積物（Pediments）や低地堆積物（Flat soil）を形成する。

(1) ラトソル

ラトソルの形成機構については、Budal（1977）とButt and Zeegers（1989）が詳しく述べており、以下のように要約される。

ラテライト化作用 熱帯、亜熱帯の気候下で雨量が多く、乾期と雨期が交互にくる条件で進行する。高温の土壌中では微生物の活動はさかんで、有機物の分解が速い。そのため土壌中には有

機酸が大量に含まれる。岩石や鉱物の加水分解と酸化が著しく進行し、激しい溶脱が起こる。一方、地表付近では塩基が急速に遊離する結果、土壌はアルカリ性を呈するようになる。そのため、脱珪酸過程が進行すると同時に酸化鉄の不溶化と集積が促進される。集積した酸化鉄は皮殻状に地表を覆い、これがラテライトとよばれる。

ラトソルには明瞭な垂直的層位がある。図25にケレヤ地区で観察された典型的土壌断面について、X線回折で検出した鉱物組成との対応を示した。露頭下部には弱風化の雲母片岩が露出している。ラトソルの層位は、鉱物組成に対応していることが明らかである。

最下層のサプロライト (Saprolite) はカオリンに富む白色土で、原岩の構造が残存している。セリサイトが豊富に含まれるのは、原岩中の白雲母が残留しているからである。白雲母は風化に対して強い抵抗性を示す鉱物で、白雲母花崗岩分布域ではクラスト中にも大きな結晶が残留していることが多い。

サプロライトより上層は、赤色のプリンサイト (Plinthite) に変化する。上部方向にカオリンが減少するにつれてギブサイトが増加する。さらにヘマタイトとゲーサイトが豆状に集結し、ピソリス (Pisolith) を形成する。この層位では土壌はまだ軟らかい。

最上部ではピソリスの基質がヘマタイトで膠結され、硬いスラッグ状のクラスト (crust) が地表を覆う。クラストの表面はきわめて平坦で、一定の標高をもつ台地 (Plateau) を形成する。ラトソルの土壌層位をもつこのような台地地形を、ラテライト台地 (Lateritic Plateau) と呼び、ブグニ地域の地表の約70%を占める。

(2) 斜面堆積物と低地土壌

古いラテライト台地は河川侵食と斜面崩壊による開析を受ける。ラトソルの層位は破壊され、低地の堆積物に再構成される。ラテライト台地の末端は小規模な崖になっており、そこから広大な緩斜面が拡がっている。斜面の傾斜は頂部で最大7度、末端部では約1度である。このような斜面はペディメント (Pediment) と呼ばれる。ペディメントの末端は、大きな河川の周囲に広がる平原 (Plain) につながっている。

礫質土壌 (Gravelly soil) ペディメントの堆積物は、クラストの破片を多く含む礫質土で構成されている。基質の細粒物は灰色又は褐色のシルトで、細粒の石英を多量に含んでいる。礫質土の断面をみると、礫に富む部分とシルトに富む部分が層状に繰り返している。堆積物の表層は細粒分が洗い流されて、礫が多くなっている。ところによって石英脈の破片や基盤岩の岩片に富むことがある。構成物の内容は、ラトソル層位の全体が混合した状態である。

シルト質土壌 (Silty soil) ペディメントは河川の周囲では平原に漸移する。平原の堆積物は、細粒石英と灰色のカオリンに富む砂質シルトである。この土壌は乾燥時には比較的しまっているが、降雨時には容易に流れ出し低地に堆積する。構成物はサプロライトとよく似ており、ラトソル層位のサプロライト部分が再堆積したものと思われる。

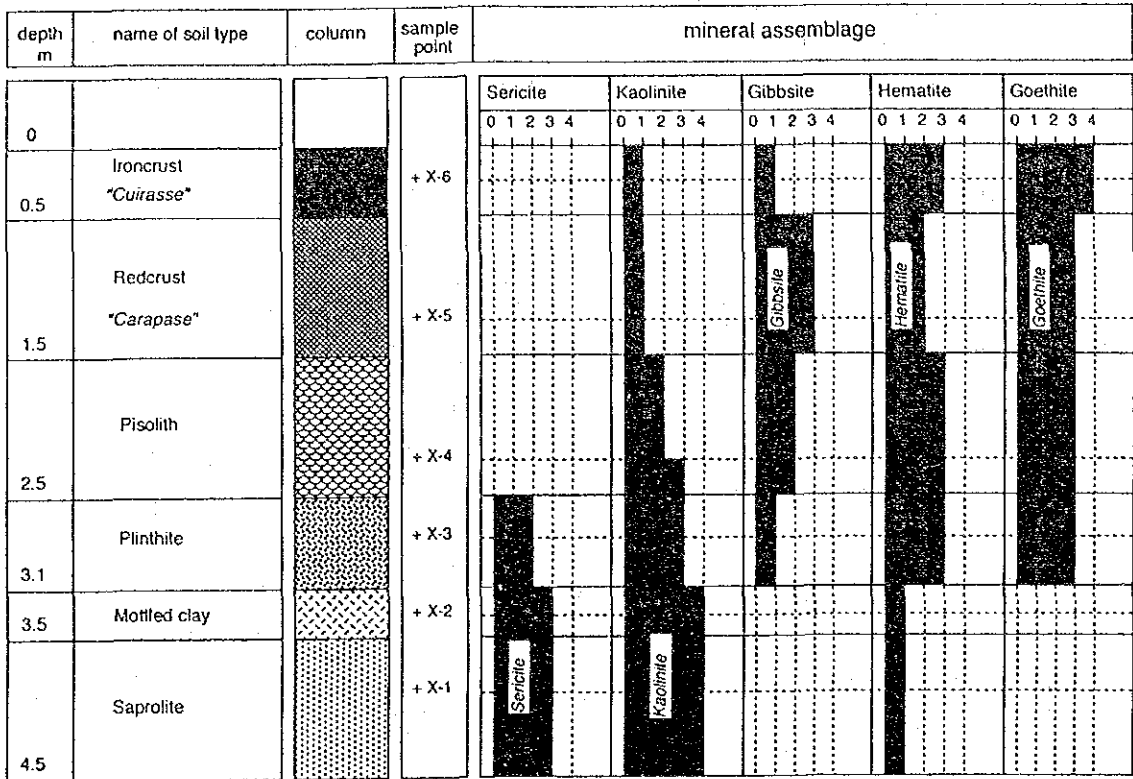


図25 ラトソルの層位と鉱物組成

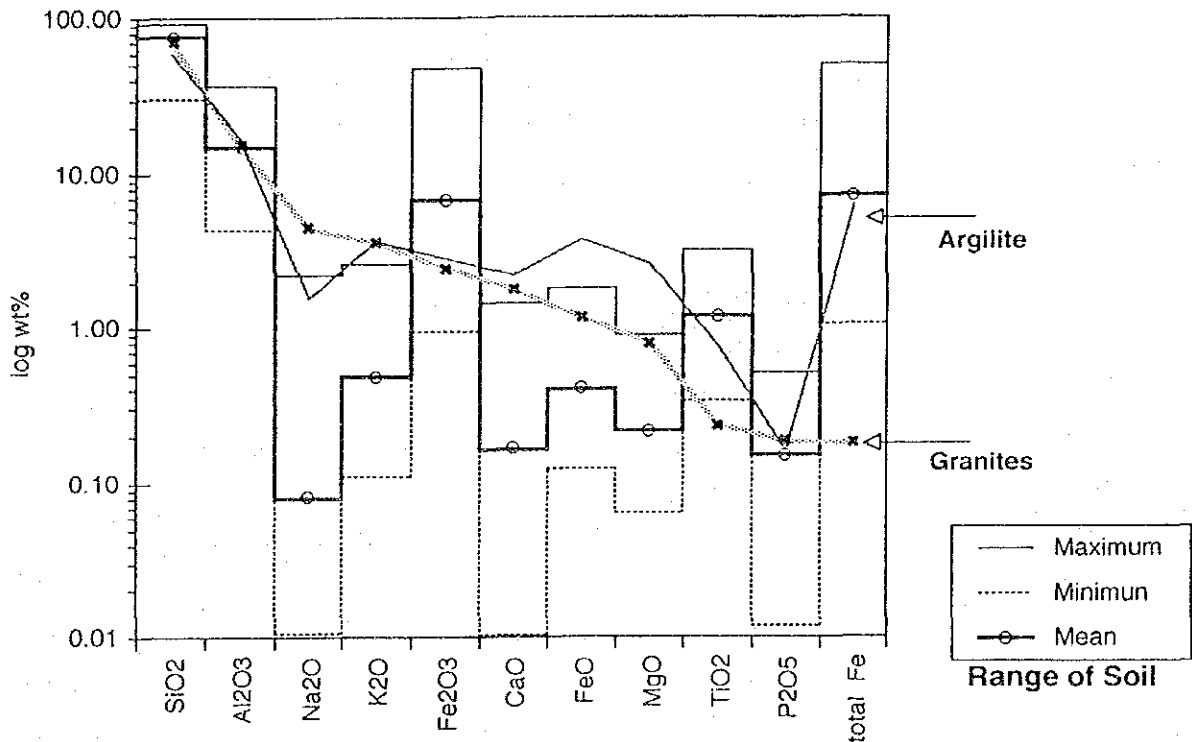
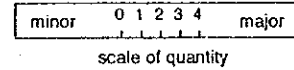


図26 岩石と土壤の化学組成の比較

2.3.3 土壌の化学組成

化学分析値の大部分には灼熱減量成分 (L.O.I.) が多く含まれる (最大25.7%)。これは土壌中の有機物量を表すと思われる。解析にはL.O.I.を除いて各酸化物の重量比を再計算した値を用いた。

(1) 主化学組成

図26に各酸化物の土壌中の領域と、花崗岩・泥質岩の平均値との比較を示す。全土壌の平均値が、岩石平均値よりも減少している成分は、土壌形成過程で地下水や河川水に溶けて逸散したものである。一方で、岩石平均値との差が少ない成分は、土壌中に再構成されるけれども地域全体からは逸散しないものである。

Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 の3成分合計量は、最大98.68%、最小93.33%である。これら3種が土壌中の主成分酸化物を構成している。 $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ と SiO_2 は完全な負相関を示す (図27)。

相関図を土壌タイプで分割すると、サプロライトは分布の中央部に位置する。花崗岩と泥質堆積岩の平均値を比較すると、サプロライトは原岩の組成比よりも SiO_2 が減少した領域に入る。ラトソルは $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ に富む領域に入る。礫質土とシルト質土は SiO_2 に富む領域に入る。

ここで、ラテライト指数 (Lateritization Index) を、

$$L.I. = (Al_2O_3 + Fe_2O_3) / SiO_2$$

と設定すると、サプロライトのL.I.値の平均は0.4なので、ブグニ地域では0.4以上をラトソルとみなすことができる。

ラテライト指数が大きくなる要因としては、①土壌鉱物から珪酸が溶脱し、アルミナの相対的な増加、②ギブサイトの形成、③水酸化鉄の添加・沈澱によるゲーサイト・ヘマタイトの形成があげられる。一方、ラテライト指数が小さくなる要因としては、土壌中の粘土分の分離による石英の濃集。などが考えられる。

(2) 副化学組成

全土壌を通じて、副成分酸化物の含有量は、花崗岩と泥質岩の平均値よりも著しく低い値を示す (図27)。これらの元素はラテライト風化の初期の段階で、すでに母岩から大部分が散逸しているものと思われる。ラトソル中には、鉱物が溶脱・分解した後に残留した元素が濃集する。地下水に溶解した元素の一部は、地表付近や低地の堆積物中に沈澱するものもあるが、大部分は河川水に運び去られて行く。

各化学組成の挙動は、相関マトリクス (表14) から、以下の2種の動態に分けられる。

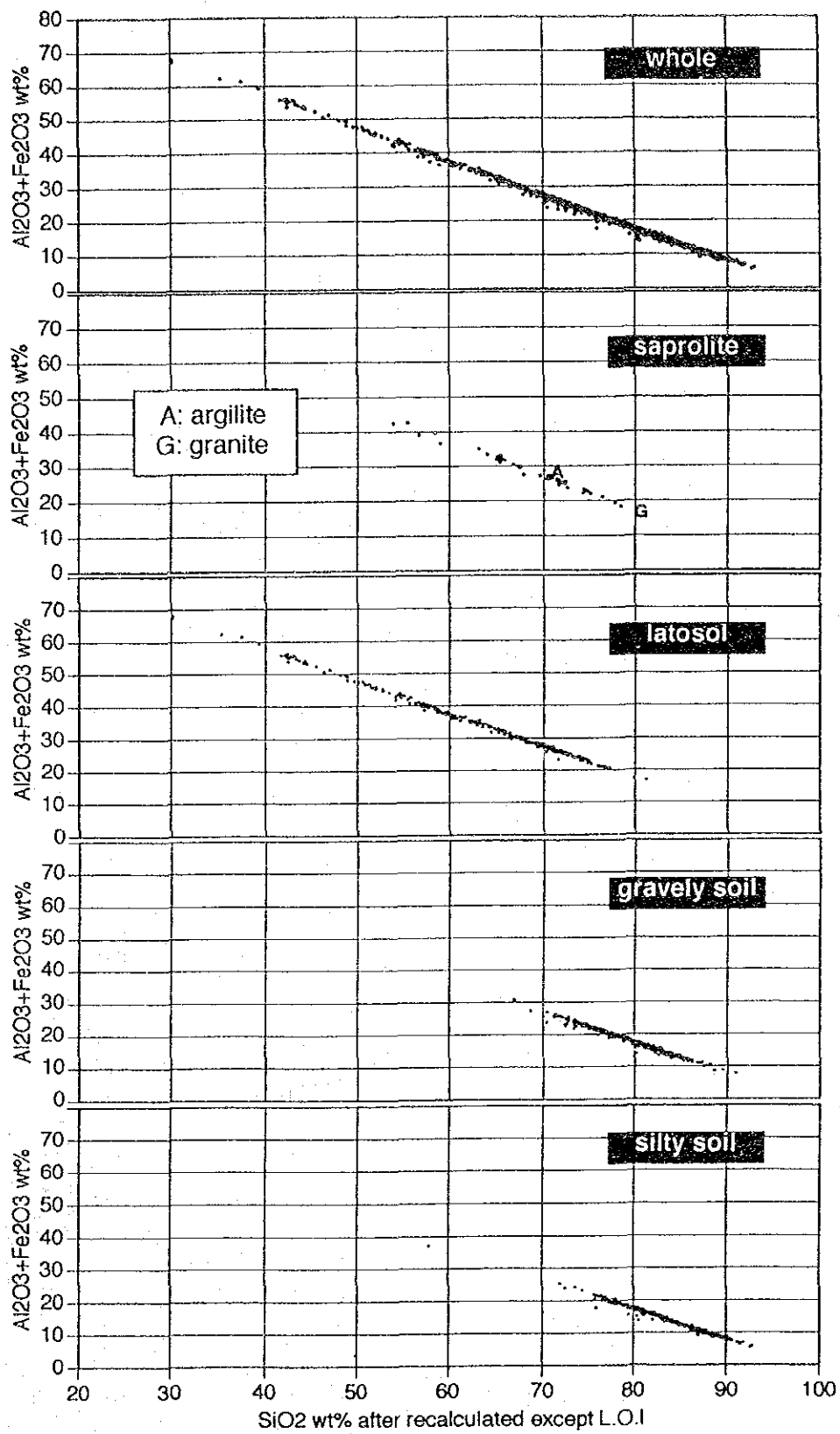


図27 土壤別 SiO_2 と $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ の関係

表14 相関マトリックス

	Cu	Zn	Pb	As	Au	Al2O3	BaO	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	PO4	SiO2	TiO2	FeO	AlF ₃	Al ³⁺
Cu	1.00																		
Zn	0.66	1.00																	
Pb	0.46	0.46	1.00																
As	0.19	0.12	0.01	1.00															
Au	0.11	0.07	0.04	0.04	1.00														
Al	0.38	0.13	0.43	0.00	0.00	1.00													
BaO	0.05	0.02	0.03	0.11	0.00	0.00	1.00												
CaO	0.10	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00											
Fe2O3	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00										
TiO2	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00									
FeO	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00								
AlF ₃	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
Al ³⁺	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00						
L.I.	0.17	0.13	0.43	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L.I. ²	0.51	0.40	0.54	0.27	0.18	0.31	0.24	0.08	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04

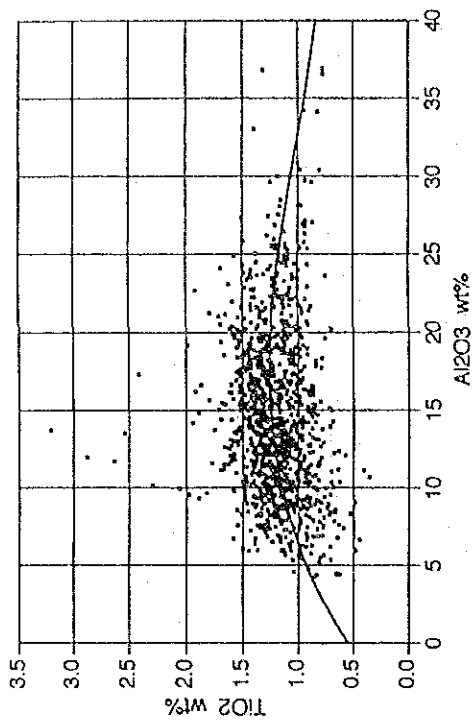


図28 Al2O3-TiO2図

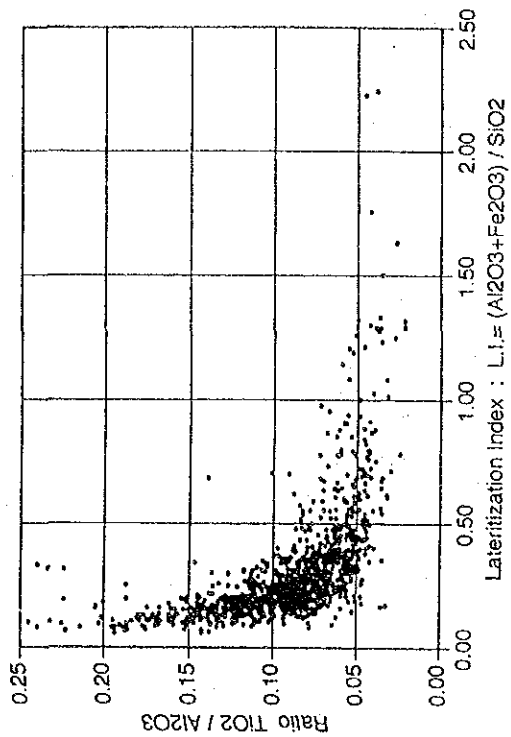


図29 L. I. --- (TiO2/Al2O3)図

①ラトソル形成過程で残留する化学組成

①-A 不溶残留元素： Al_2O_3

①-B 非風化鉱物に含まれる化学組成： SiO_2 , TiO_2

②地下水に溶解して移動する化学組成

②-A 地表条件で沈殿する化学組成： Fe_2O_3 , MnO

②-B 大部分拡散する化学組成： SiO_2 , Na_2O , MgO , CaO , K_2O , BaO , P_2O_5 ,
 FeO

2.3.4 考 察

土壌化学組成から原岩の区分をするために、以下のような作業仮説をとった。

①土壌元素のうちで移動量の少ない成分を複数抽出する

②成分間の比率が土壌全体で一定していれば、原岩の組成比を表現している可能性がある。

③成分比について群の判別を行い、原岩の区分と関係付ける。

前記までの解析結果から、土壌を構成する元素のうちラテライト風化による移動の影響が少ないと考えられるのは、 Al_2O_3 , TiO_2 の2成分である。 TiO_2 は主にルチルなどの風化に対して極めて抵抗の強い鉱物に含まれている。 Al_2O_3 は通常の水条件 (pH4-9) では安定な元素である。図28・29において、 TiO_2 / Al_2O_3 比とラテライト指数の関係をみると、L. I. 値が大きくなると急激に、 TiO_2 / Al_2O_3 比が小さくなる。このことは、ラトソルの形成過程で Al_2O_3 も添加されていることを示している。したがって、 TiO_2 及び Al_2O_3 に関しては上記②の段階でこの作業仮説は適用できない。その他の元素は、風化過程で拡散・濃集が顕著であるため、原岩の特性は消滅してしまっている。

以上のことから、ラトソルと関係する土壌では、基盤岩の化学組成は完全に再構成されるため、主要な化学成分を用いて原岩の区別をすることは極めて困難である。

2.4 地質調査・地化学探査

2.4.1 ブグニ地域（概査地区）

(1) 地質・構造

ブグニ地域は、西アフリカクラトンの基盤岩地帯に属し、原生代前期のBirrimien 累層群と花崗岩類が分布する。Birrimien 累層群は、一般的にはN-S系の走向で、急傾斜した帯状構造をなして分布し、等斜褶曲又は覆瓦構造によって層序の反復をしている。本累層群は、主として碎屑性堆積岩を原岩とする低～中変成度の片岩からなり、少量の苦鉄質・珪長質火山岩及び火山碎屑岩を伴う。花崗岩類は、黒雲母花崗岩、白雲母花崗岩及び角閃石花崗岩に区分される。これらはいずれも原生代前期にBirrimien 累層群中に貫入したものである。以上のほか、粗粒玄武岩からなる貫入岩体が本地域の東北部に多数分布し、これらの貫入時期は中生代とされている。

(i) Birrimien 累層群

Cahen (1984) は、マリ南西部に分布するBirrimien 累層群を下部Birrimien 累層群と上部Birrimien 累層群に区分した。前者は主に玄武岩質又は安山岩質の火山岩と火山碎屑岩からなり、後者は主に碎屑性堆積岩源の低度変成岩からなる。

本調査地域のBirrimien 累層群は、岩相から上部Birrimien 累層群に対比され下部Birrimien 累層群とされた火山岩類が卓越する岩相は分布しない。また、既往調査によれば、周辺地域のBirrimien 累層群は泥質岩が上部に、砂質岩が下部に分布する傾向が知られている。

本地域では、概して露岩地帯が少ないため、地質構造を明確に決定することが難しいうえ、似たような岩相の変成岩が褶曲や覆瓦構造により反復しているため、その層序の詳細は明らかではない。

(a) セレンゲ地区

本地区のBirrimien 累層群は、泥質片岩、砂質片岩、フリッシュ互層、珪長質凝灰岩、玄武岩質火山碎屑岩及び変はんれい岩から構成される。本地区の地質図を図30に、ブグニ地域の地質模式層序図を図35に示す。泥質片岩を主体とし、部分には砂質片岩とフリッシュ互層が卓越する。局所的に珪長質凝灰岩、玄武岩質火山碎屑岩及び変斑れい岩を挟在する。

本地区Birrimien 累層群の構造は、北半部ではN-S方向の急傾斜な同斜構造を示すが、南半部では緩傾斜の同斜構造を示すと同時にENE-WSW方向の軸を持つアンチフォーム、シンフォームが存在し、地層の分布は波状の形態をなす。南部の露出では、玄武岩と泥質片岩が低角の衝上断層で接している状態が確認された。地層の分布からみてこの衝上断層は北方へ連続しているものと思われる。

本地区の主要な岩相を、以下に記す。

泥質片岩 (Bsa) 最も多く産出する。暗灰色～灰色を呈し、片理の発達が高く、部分的に珪質のところもある。岩質は変成度によって幅広く変化し、頁岩、千枚岩、灰色片岩（白雲母-黒雲

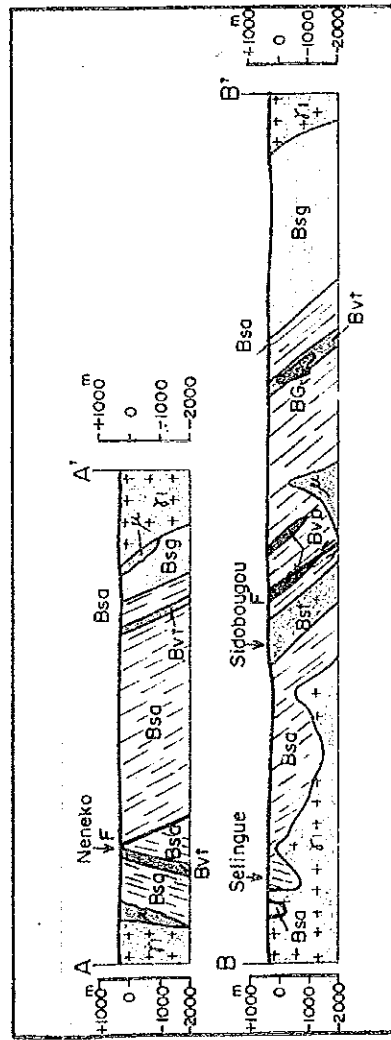
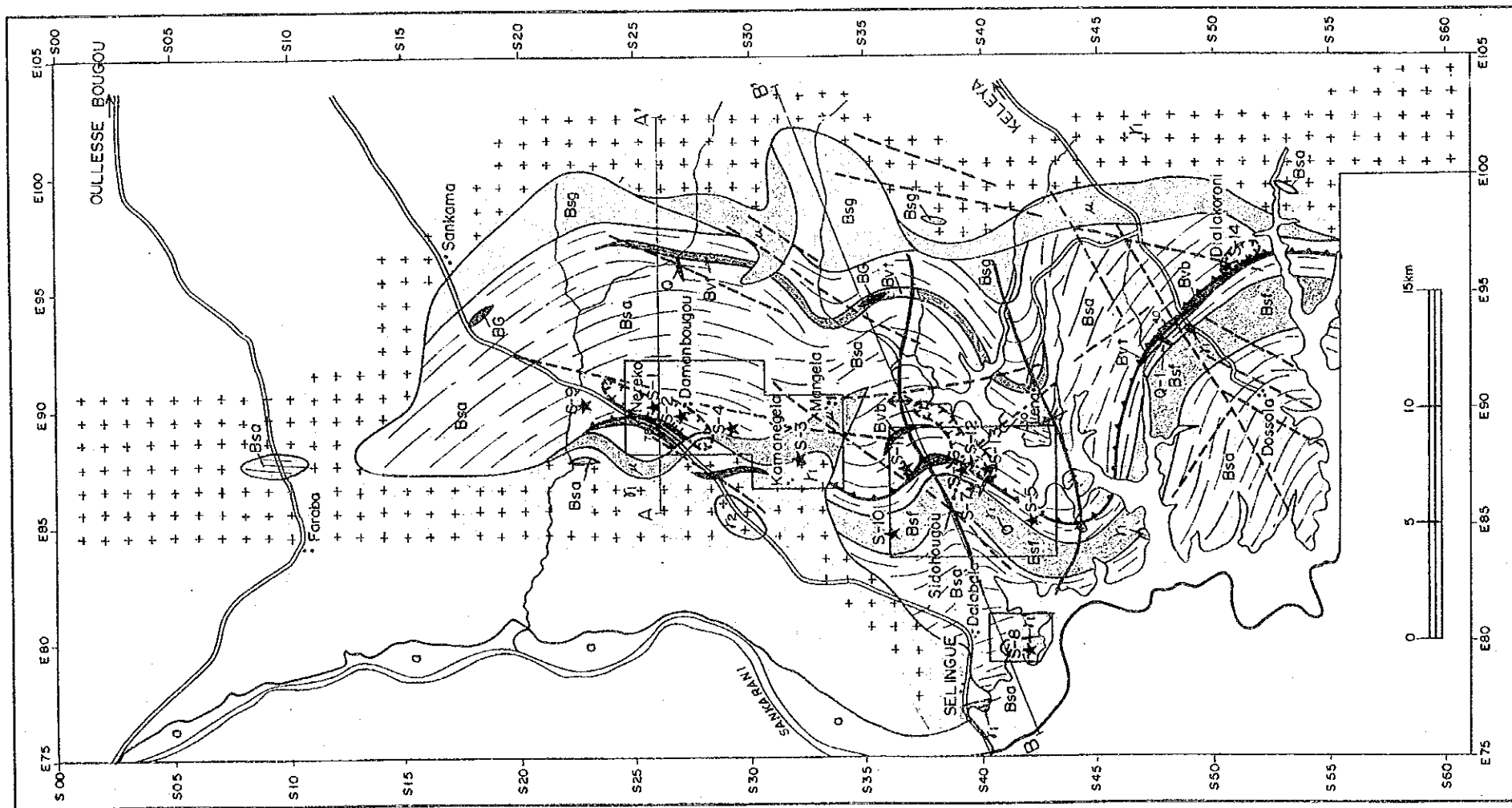
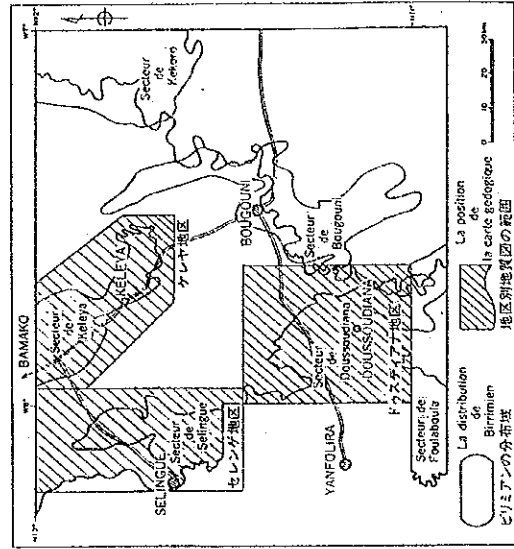


Fig.27 Plan et profile géologique du secteur de Selingue

図30 セレンゲ地区地質図及び地質断面図



凡例/Legende

- 沖積層/Alluvions recentes
- a シルト、砂/Argilieux, sables silteux
- 中生代貫入岩/Intrusives Mésozoïque
- △ ドライト、ガプロ/Dolérites, Gabro
 - ▲ 角閃石基岩貫入岩/Diorites à amphibole et/ou biotite
 - ▽ 黒雲母土岩貫入岩/Cornwallites à biotite et/ou amphibole
- 原生代カコウ岩類/Granitoïdes eburneens
- +++ 後山前カコウ岩/Granites posttectonique
 - ++ 白雲母土岩貫入岩/Granites à muscovite et/ou biotite
 - ++ 黒雲母土岩貫入岩/Granites à biotite et/ou amphibole
 - ++ 閃石岩/Diorites
 - ++ 糸石カコウ岩/Granites non différenciés
 - ++ アプライト/Aplite granitique
- 原生代ビリアン層群/Birimien sédimentaire, volcanico-sédimentaire et volcanique
- Bsg 砂岩-砂岩片岩/Graes arenique ou arkosique, schistes psammitique
 - Bsa 泥岩片岩-泥岩片岩/Argilites, phyllites, schistes argileux
 - Bst フリッシュ岩/Flysch, alternance des argilites et grauwaacke
 - Bvt 緑泥質頁岩-セリサイト片岩/Tufs felsique, schistes à sericités
 - Bvb 雲母片岩-緑色片岩/Metabasaltés, schistes verts
 - Bva 角閃岩、電鍍岩/Amphibolites, tourmalinites
 - BG 変換レイ岩/Metagabbro
- 割上面層/Chevauchement
- 断層/Faule
- リニアメント/Lineament
- 向斜/Synclinal
- 背斜/Anticlinal
- 冠節線/Li/Pendage
- 磁盤地/Indices mineralise
- 石英岩層/Dispersé des quartz
- 全岩化学分析資料/Échantillon de roche pour analyse chimique
- Pb-Sr年代測定資料/Échantillon pour détermination d'âge
- 地質調査所調査範囲/Le domain de étude géochimique détail

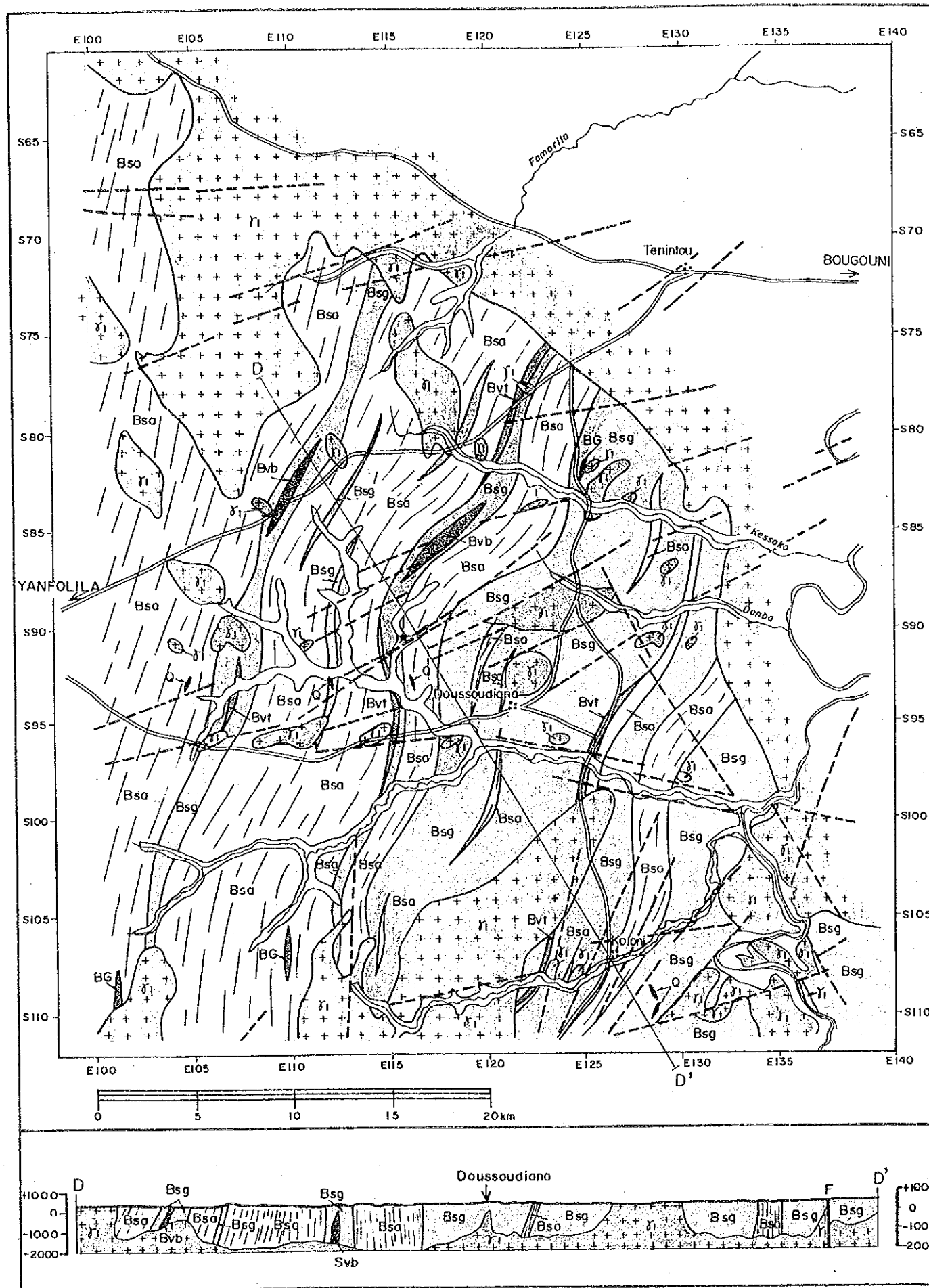
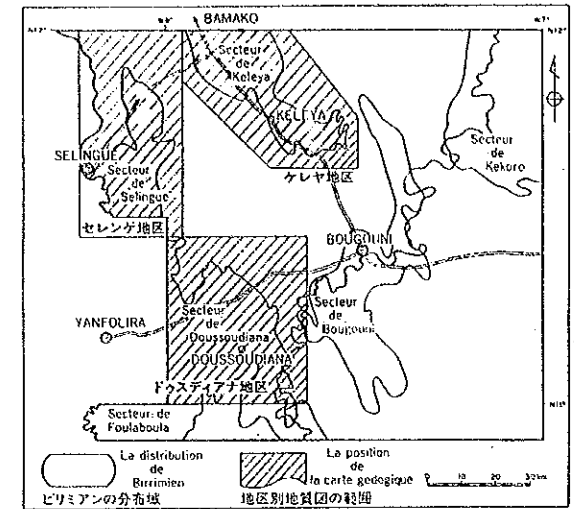


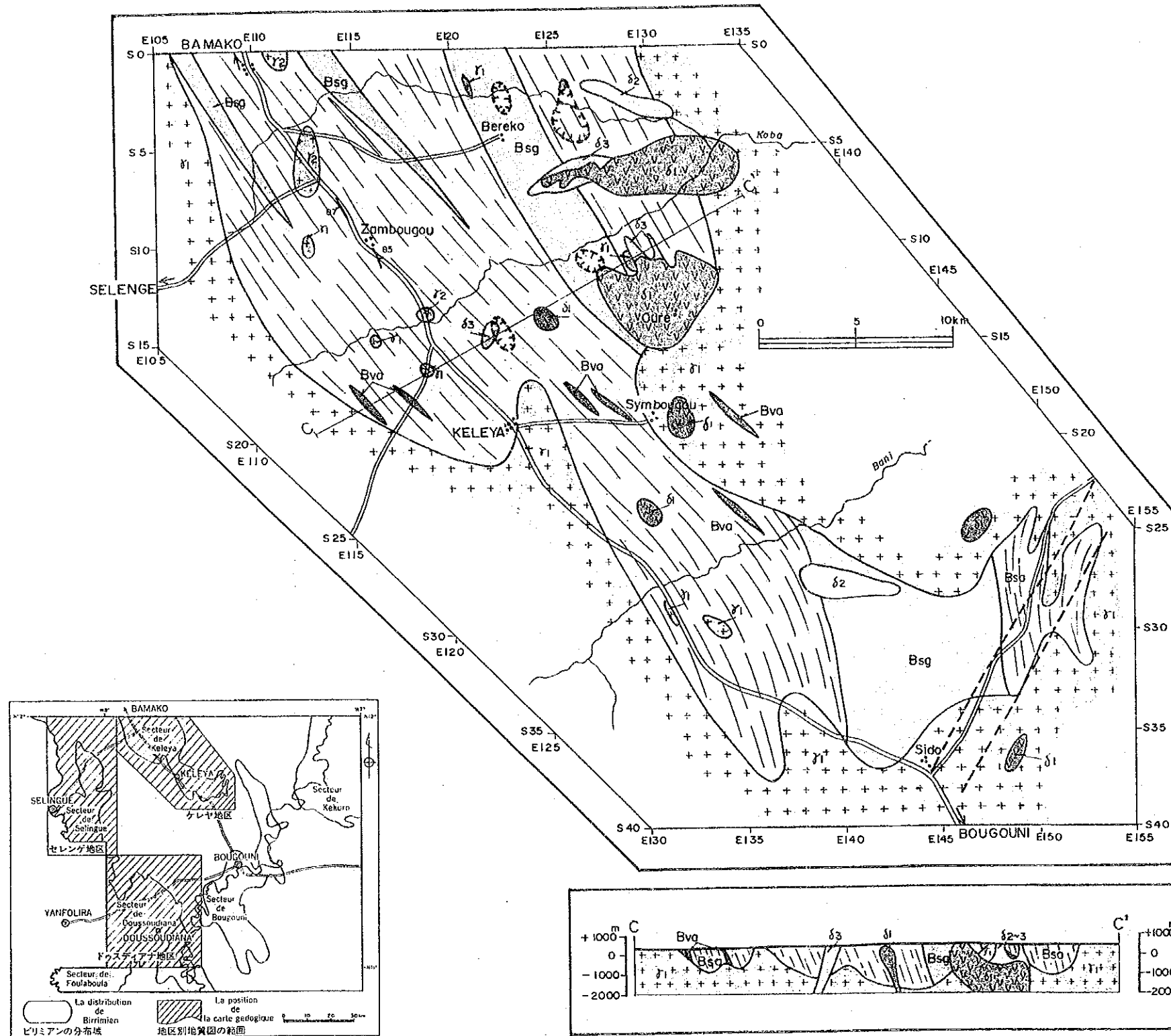
Fig.28 Plan et profile géologique du secteur de Doussoudiana

図31 ドゥスディアナ地区地質図及び地質断面図

凡例/Legende

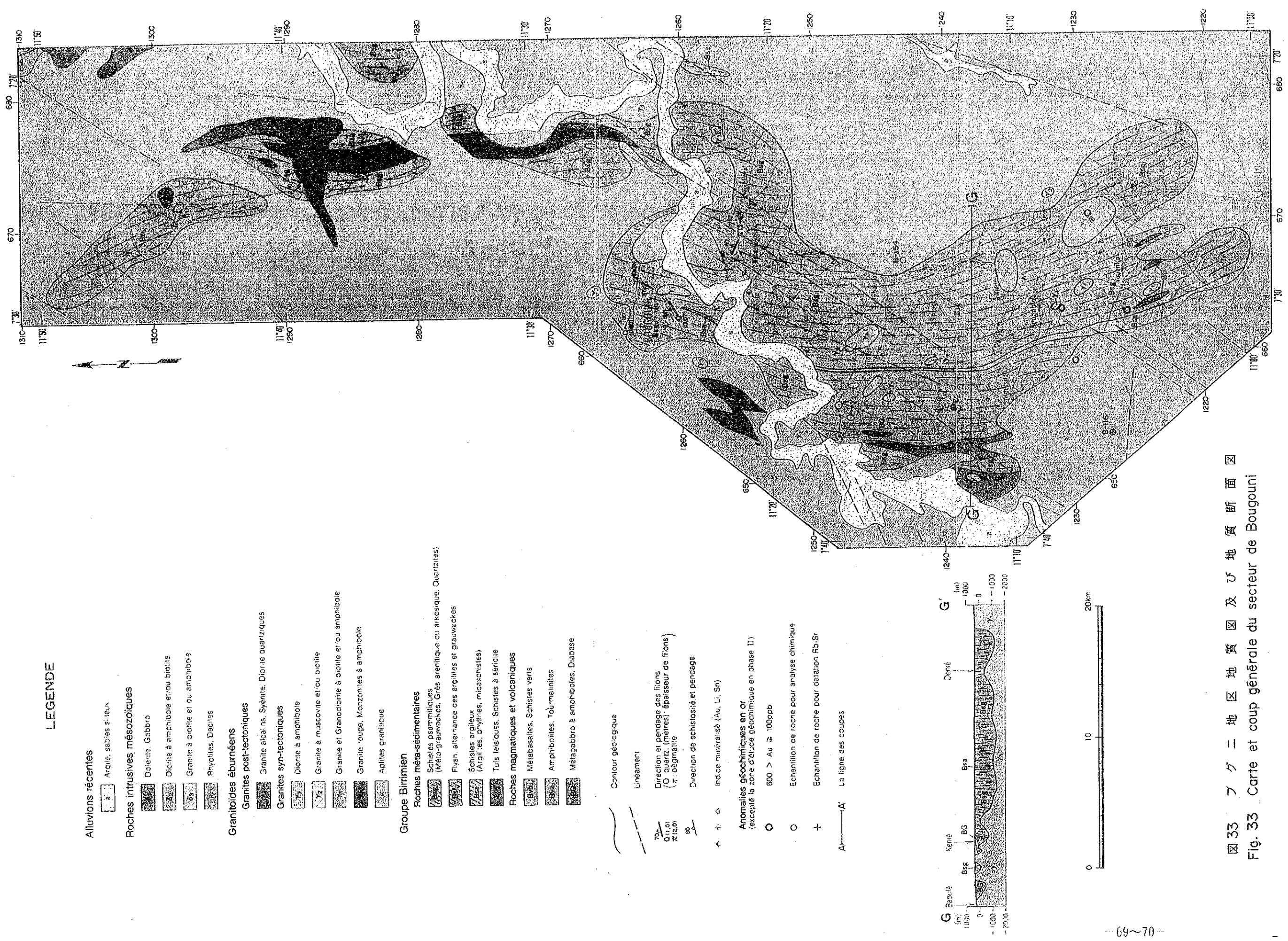
- 沖積層/Alluvions récentes
 - a シルト、砂/Agileux, sables silteux
- 中生代貫入岩/Intrusives Mésozoïque
 - δ₁ ドレライト、ガブロ/Dolerites, Gabbro
 - δ₂ 角閃石土角閃岩/Granites à amphibole et/ou biotite
 - δ₃ 斑岩母土角閃石カコウ岩/Granites à biotite et/ou amphibole
- 原生代カコウ岩類/Granitoides eburneens
 - γ₄ 後造山期カコウ岩/Granites posttectonique
 - γ₃ 白雲母土角閃岩カコウ岩/Granites à muscovite et/ou biotite
 - γ₂ 斑岩母土角閃石カコウ岩/Granites à biotite et/ou amphibole
 - γ₁ 閃岩/Diorites
 - γ 未区分カコウ岩/Granites non différenciés
 - μ アプライト/Aplite granitique
- 原生代ビリミアン層群/Birimien sédimentaire, volcano-sédimentaire et volcanique
 - Bsg 砂岩-砂質片岩/Grès arenitique ou arkosique, schistes psammitique
 - Bsa 泥質片岩-泥質片岩/Argilites, phyllites, schistes argileux
 - Bsf フリッシュ互層/Flysch, alternance des argilites et grauwacke
 - Bvt 珸長質凝灰岩-セリサイト片岩/Tufs felsique, schistes à sericités
 - Bvb 変成岩-緑色片岩/Metabasales, schistes vert
 - Bva 角閃岩、電気石岩/Amphibolites, tourmalinites
 - BG 変ハイレイ岩/Metagabbro
- 構造線
 - 衝上断層/Chevauchement
 - 断層/Faille
 - - - リニアメント/Lineament
 - ~ 向斜/Synclinal
 - ^ 背斜/Anticlinal
 - 走向傾斜/Pendage
- その他
 - * 鉱産地/Indice mineralisé
 - ◇ 石英乾石帯/Dispense des quartz
 - 全岩化学分析試料/L'échantillon de roche pour analyse chimique
 - +
- 地化学探査調査範囲/Le domaine de l'étude géochimique détaillé





- ### 凡例/Legende
- 沖積層/Alluvions récentes
- a シルト、砂/Argileux, sables silteux
- 中生代貫入岩/Intrusives Mésozoïque
- ▽▽▽ δ1 ドライト、ガプロ/Dolerites, Gabbro
 - + + + δ2 角閃石黒雲母閃緑岩/Diorites à amphibole et/ou biotite
 - x x x δ3 角閃石角閃石カコウ岩/Grenites à biotite et/ou amphibole
- 原生代カコウ岩類/Granitoïdes eburneans
- + + + γ1 後造山期カコウ岩/Granites posttectonique
 - + + + γ3 白雲母黒雲母カコウ岩/Granites à muscovite et/ou biotite
 - + + + γ2 黒雲母角閃石カコウ岩/Granites à biotite et/ou amphibole
 - + + + γ1 閃緑岩/Diorites
 - + + + γ 未区分カコウ岩/Granites non différenciés
 - x x x μ アプライト/Aplite granitique
- 原生代ビリミアン層群/Birimien: sédimentaire, volcano-sédimentaire et volcanique
- Bsg 砂岩-砂質片岩/Grés arenitique ou arkosique, schistes psammitique
 - Bsa 泥質砂岩-泥質片岩/Argillites, phyllites, schistes argileux
 - Bsf フリッシュ互層/Flysh, alternance des argillites et grauwaacke
 - Bvt 凝灰岩-セリサイト片岩/Tufs felsique, schistes à sericités
 - Bvb 斑状玄武岩-緑色片岩/Metabasalts, schistes vert
 - Bva 角閃岩、電気石岩/Amphibolites, tourmalinites
 - BG 斑ハイレイ岩/Motegabbro
- 構造記号
- 衝上断層/Chevauchement
 - 断層/Faïlle
 - リニアメント/Lineament
 - 向斜/Synclinal
 - 背斜/Anticlinal
 - 先向斜/Pandage
 - ★ 鉱産地/Indice mineralise
 - 石英結晶岩/Disperse des quartz
 - 全岩化学分析試料/L'échantillon de roche pour analyse chimique
 - +
 - 地化学探査相関範囲/Le domaine étudié géochimique détail

図32 ケレヤ地区地質図及び地質断面図
 Fig.29 Plan et profile géologique du secteur de Kelelya



LEGENDE

- Alluvions récentes
 - Argile, sables siliceux
- Roches intrusives mésozoïques
 - Dolerite, Gabbro
 - Diorite à amphibole et/ou biotite
 - Granite à ciotille et/ou amonbole
 - Rhyolites, Dacites
- Granitoïdes éburnéens
 - Granites post-tectoniques
 - Granite alcalins, Syénite, Diorite quartziques
 - Granites syn-tectoniques
 - Diorite à amphibole
 - Granite à muscovite et/ou biotite
 - Granite et Grandiorite à biotite et/ou amphibole
 - Granite rouge, Monzonites à amphibole
 - Aplites granitique
- Groupe Birrimien
 - Roches méta-sédimentaires
 - Schistes psammiques (Méta-grauwackes, Grés arenitique ou arkosique, Quartzites)
 - Flysch, alternance des argillites et grauweckes
 - Schistes argileux (Argillites, D'nylines, micaschistes)
 - Tuils felsiques, Schistes à séricite
 - Roches magmatiques et volcaniques
 - Métabasaites, Schistes verts
 - Amphibolites, Tourmalinites
 - Métagabbro à amonboles, Dabase

- Contour géologique
- Lineament
- Direction et pendage des fions (O quartz, [meires], épaisseur de fions) (n : dégrés)
- Direction de schistosité et pendage
- Indice minéralisé (Au, Li, Sn)
- Anomalies géochimiques en or (excepté la zone d'élucé géochimique en phase II)
 - 600 > Au \approx 100ppb
 - Echantillon de roche pour analyse chimique
 - Echantillon de roche pour datation Rb-Sr
- A—A' La ligne des coupes

図 33 7 グニ地区地質図及び地質断面図
Fig. 33 Carte et coup générale du secteur de Bougouni

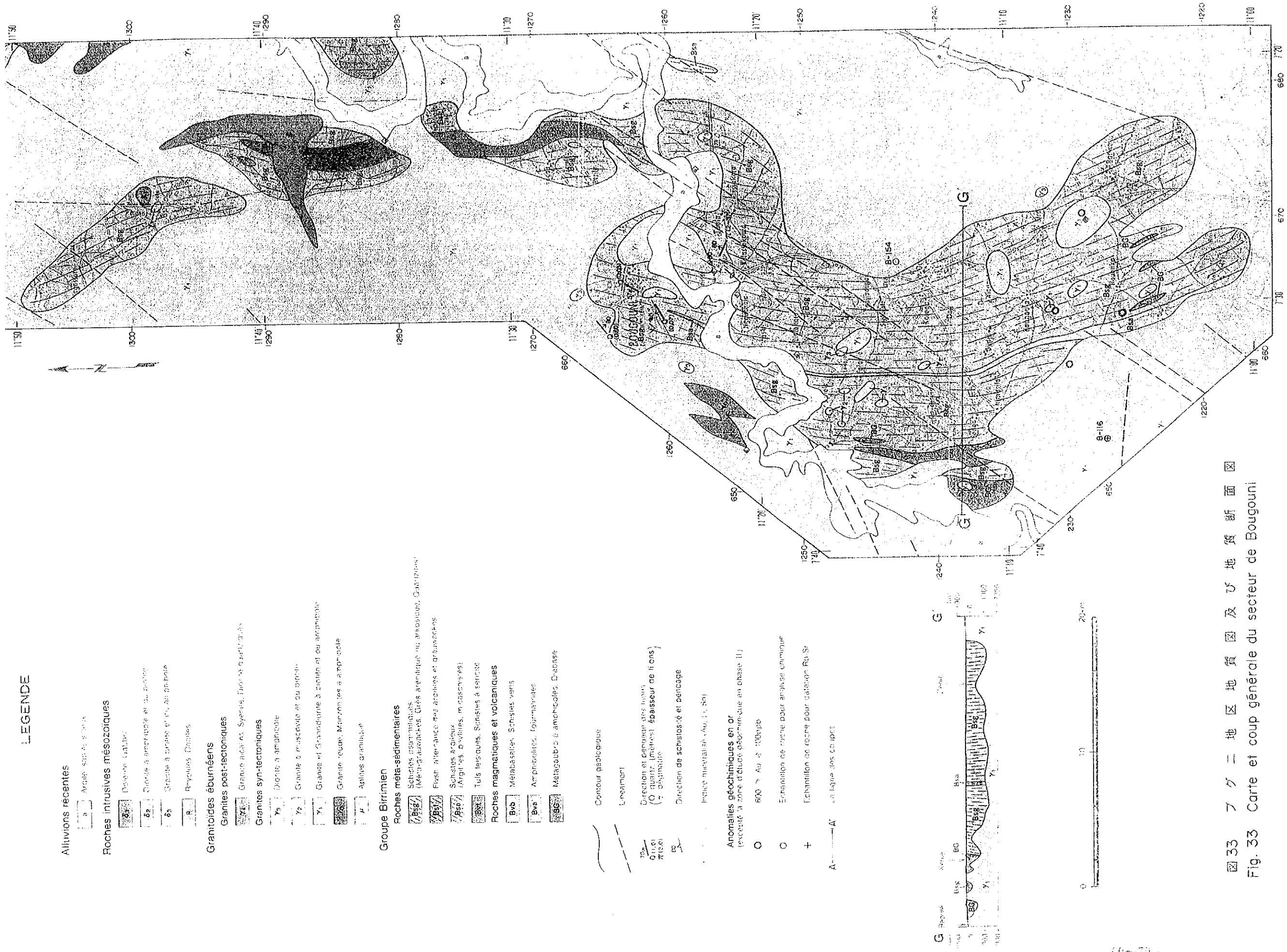
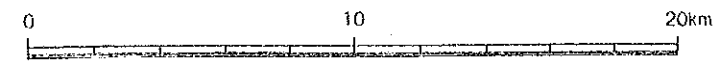
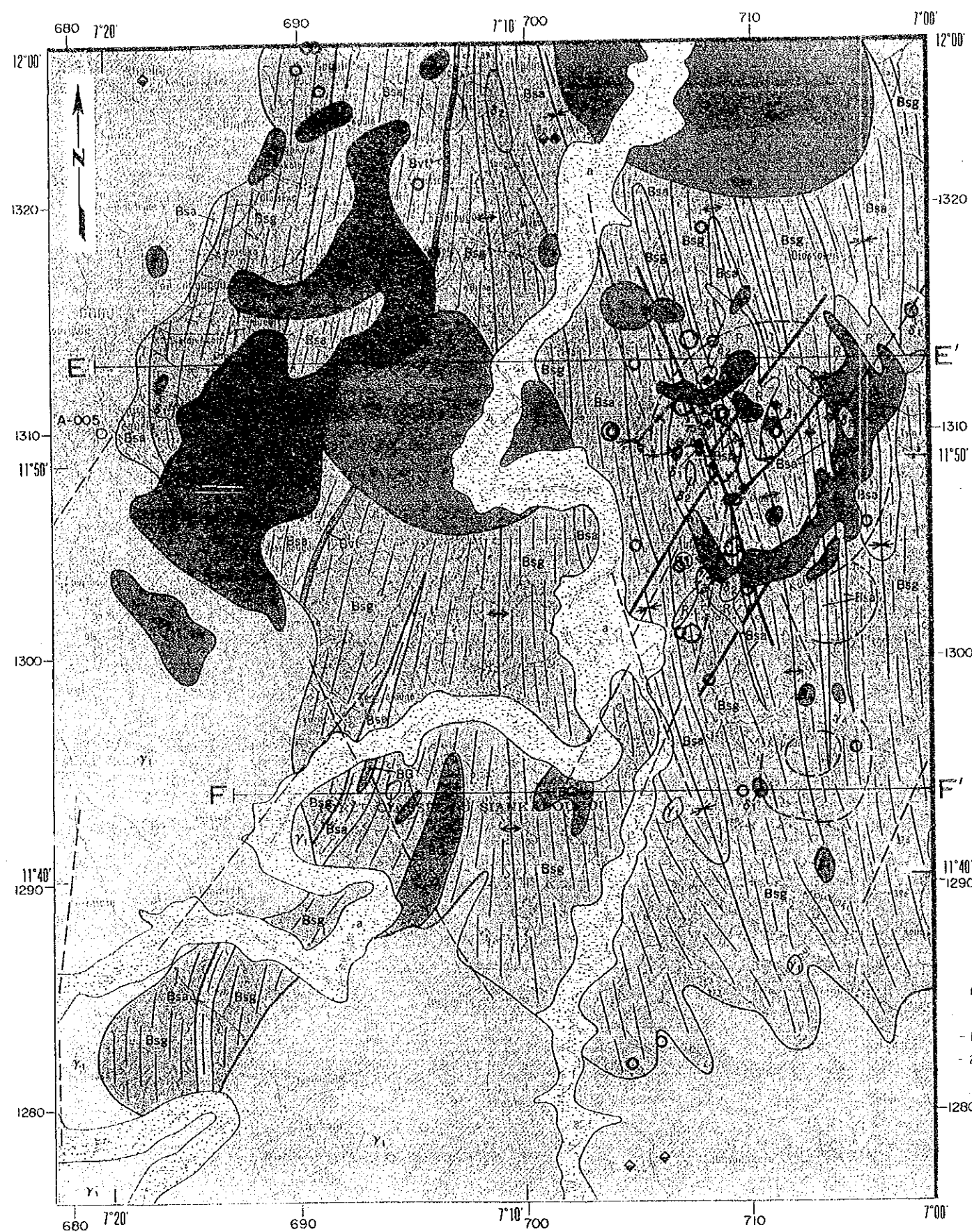


図33 フグニ地区地質図及び地質断面図
 Fig. 33 Carte et coup générale du secteur de Bougouni



LEGENDE

- Alluvions récentes**
 - a Argile, sables silteux
 - Roches intrusives mésozoïques**
 - δ₁ Diorite à amphibole et ou biotite
 - δ₂ Granite à biotite et ou amphibole
 - R Rhyolites, Dacites
 - Granitoïdes éburnéens**
 - Granites post-tectoniques**
 - γ₂ Granite alcalins, Syénite, Diorite quartziques
 - Granites syn-tectoniques**
 - γ₃ Diorite à amphibole
 - γ₂ Granite à muscovite et ou biotite
 - γ₁ Granite et Granodiorite à biotite et ou amphibole
 - Granite rouge, Monzonites à amphibole
 - μ Aplites granitique
 - Groupe Birrimien**
 - Roches méta-sédimentaires**
 - Bsg Schistes psammiliques (Méta-grauwackes, Grès arenitique ou arkosique, Quartzites)
 - Bsj Flysh, alternance des argilles et grauwackes
 - Bsa Schistes argileux (Argilites, phyllites, micaschistes)
 - Bvt Tufs felsiques, Schistes à séricite
 - Roches magmatiques et volcaniques**
 - Bvb Métabasalttes, Schistes verts
 - Bva Amphibolites, Tourmalinites
 - BG Métagabbro à amphiboles, Diabase
-
- Contour géologique
 - Faïtte
 - Linéament
 - Tectonique circulaire
 - Axe synclinal
 - Axe anticlinal
 - Direction de schistosité et pendage
 - Indice minéralisé (Au, Li, Sn)
 - Zone d'épandage de quartz
-
- Anomalies géochimiques en or**
(excepté la zone d'étude géochimique en phase II)
 - Au ≥ 600ppb
 - 600 > Au ≥ 100ppb
 - Echantillon de roche pour analyse chimique
 - A-A' La ligne des coupes

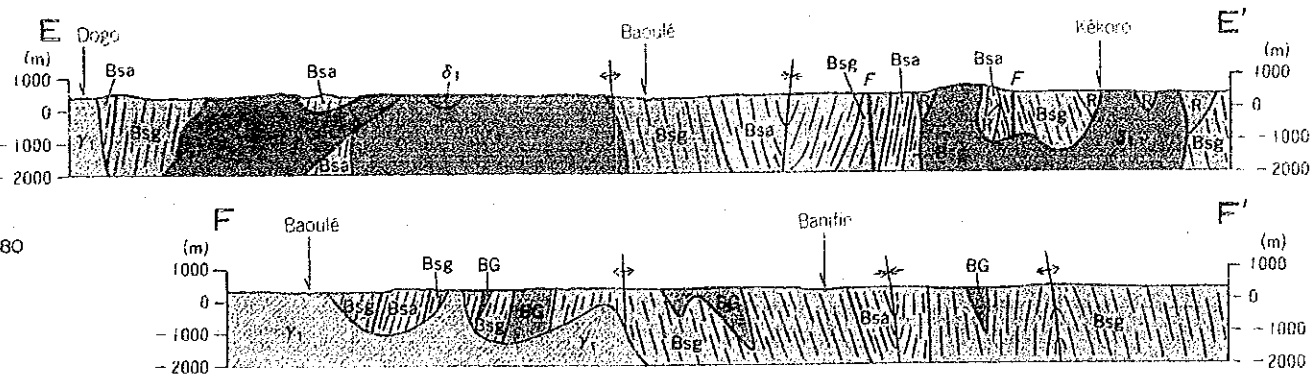


図34 ケコロ地区地質図及び地質断面図
Fig. 34 Carte et coup générale du secteur de Kékoro



LEGENDE

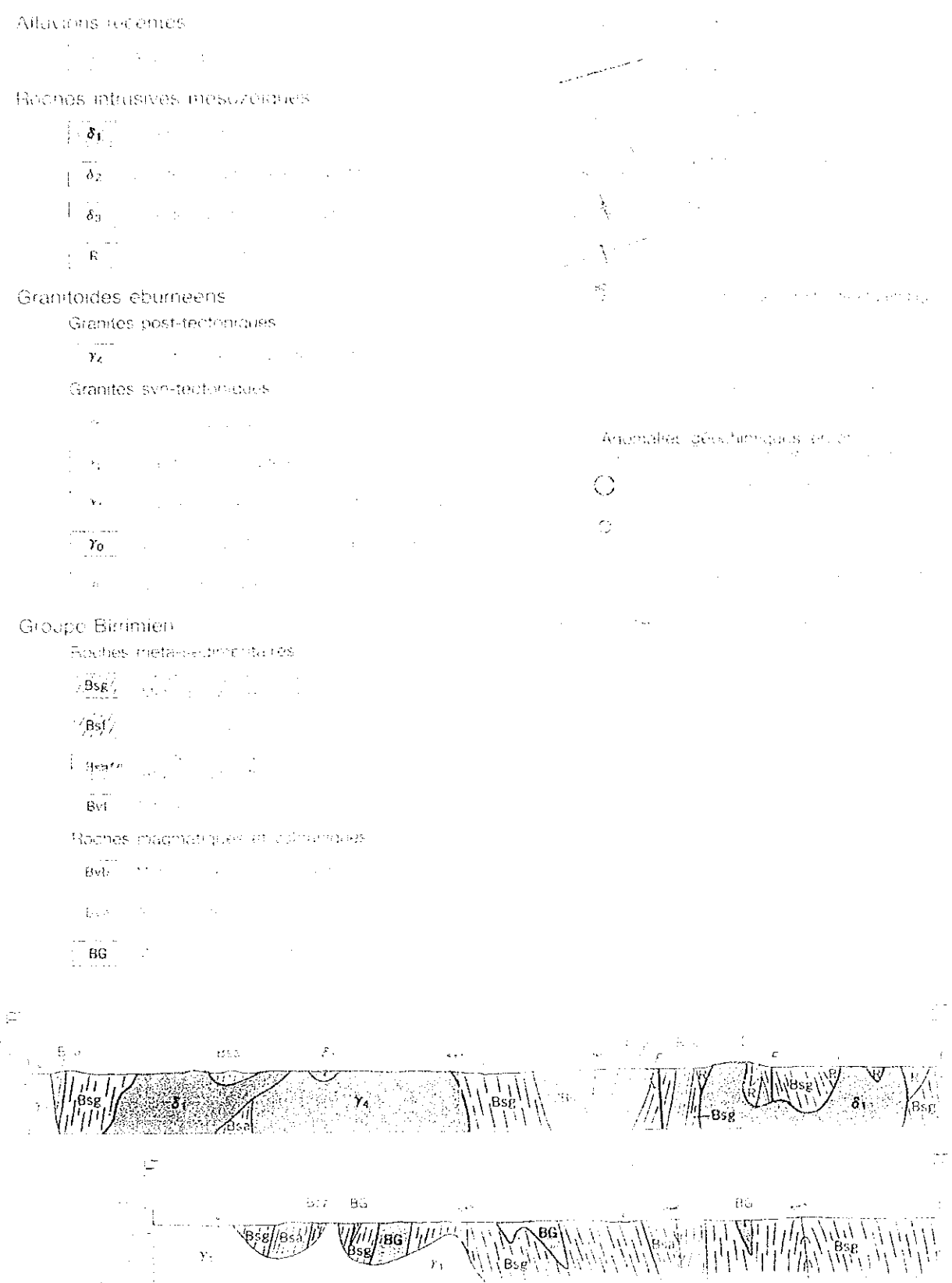
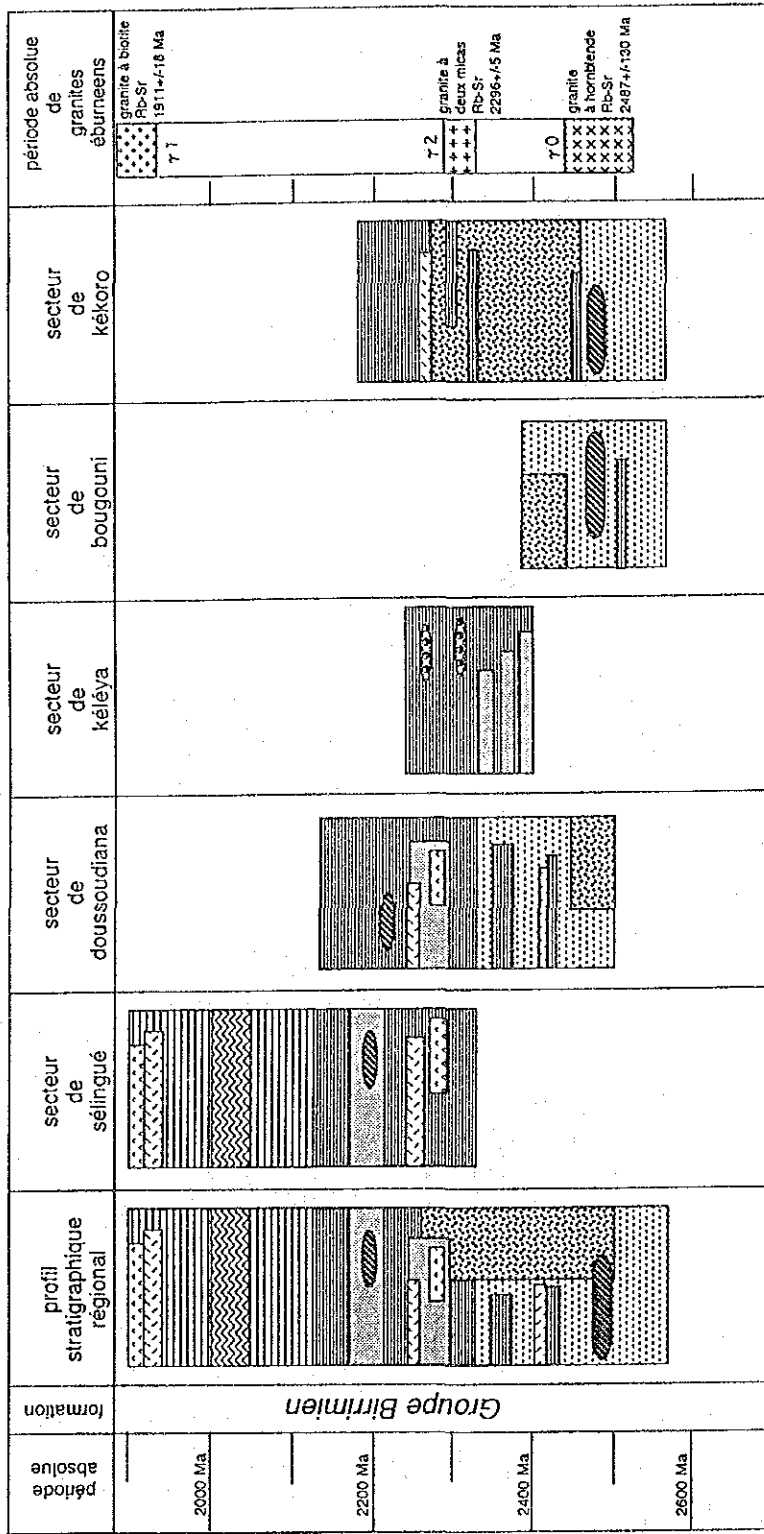


图34 艾比山地区地质图及地质构造图
Fig. 34 Carte et coupe générale du secteur de Kérou



LEGENDE

Roches Birrimiennes Méta-sédimentaires

roches argileuse : Bsa

phyllites, argillites
micaschistes argileux

roches psammitiques : Bsg

grès arénitiques et arkosiques
micaschistes psammitiques

méta-grauwacke

flysh

Bsf

Roches Birrimiennes Volcaniques

tufs felsiques, schistes à séricites

métabasaites, schistes vertes

amphiboïtes, tourmalinites

Roches Birrimiennes Intrusives

méta-gabbro

Bvt

Bvb

Bva

BG

图35 地質模式層序圖

母片岩), 黒色片岩(黒雲母片岩)などからなる。灰色片岩が最も卓越し, 構成鉱物は石英・黒雲母・不透明鉱物である。

砂質片岩(Bsg) 細~中粒で灰白色を呈し, アレナイト砂岩を原岩とする。泥質片岩に比べ片理の発達が弱く, 再結晶の進んだものは細粒花崗岩との区別が困難である。主要構成鉱物は, 石英・カリ長石・斜長石・黒雲母・白雲母である。

フリッシュ互層(Bsf) 泥質片岩とグレイワッケの薄い級化互層からなり, 本地区南西部に幅約3kmの帯状分布を示す。

珪長質凝灰岩(Bvt) 白色を呈し, 微細な石英・長石・絹雲母からなる。酸化マンガンのフィルムや鉄石英を含むことがある。

玄武岩質火山碎屑岩(Bvb) 転石の多くは酸化されて黒色を呈するが, 部分的に緑色片岩が残存していることがある。Dialakoroni 北西4kmの露出では, ピロープレッチャ状の岩相が観察される。この付近の標本では, 斑晶鉱物はすべて電気石に置換されている。

(b) ドゥスディアナ地区

本地区のBirrimien 累層群は, 泥質片岩, 砂質片岩, 珪長質凝灰岩及び変玄武岩から構成される。地質図を図31に示す。本地区西部では泥質片岩が卓越し, 東部では砂質片岩が卓越する。珪長質凝灰岩と変玄武岩は, 砂質片岩中に挟在する。変斑れい岩の貫入岩も散在する。

本地区Birrimien 累層群の構造は, NNE-SSW 走向で急傾斜した同斜構造を示す。詳細な構造は不明であるが, 本地区西部では, 類似の岩相が反復しているのが観察され, 翼間の狭い等斜褶曲又は覆瓦構造が推定される。

本地区の主要な岩相を, 以下に記す。

泥質片岩(Bsa) 黒雲母片岩を主体とする。斑状変晶がしばしば認められる。全般に接触変成を受けている。

砂質片岩(Bsg) アレナイト砂岩を原岩とし, 接触変成により再結晶が進んでおり, 肉眼的には細粒花崗岩との区別が難しいことが多い。

珪長質凝灰岩(Bvt) 微細な石英, 長石及び絹雲母で構成される白色の岩石である。再結晶の進んだものは白色の珪岩に変化している。

変玄武岩(Bvb) いわゆる緑色片岩であるが, 片理は顕著ではない。鏡下では, 玄武岩の組織が残存している。変成鉱物としてアクチノ閃石と緑れん石を含み, 緑色片岩相に相当する。

変斑れい岩(BG) 角閃石斑れい岩である。角閃石は緑色角閃石で白雲母と黒雲母を伴う。緑色片岩相の変成作用を被っている。

(c) ケレヤ地区

本地区のBirrimien 累層群は, 泥質片岩, 砂質片岩及び電気石岩から構成される。地質図を図32に示す。泥質片岩を主体とし, 厚い砂質片岩を伴う。

本地区のBirrimien 累層群の構造は, 露出が極めて限定されているため, 地質構造の詳細は不

明である。転石の分布からNW方向の急傾斜の同斜構造が推定される。

本地区の主要な岩相を、以下に記す。

泥質片岩 (Bsa) 80%を占め、主に暗灰色の黒雲母片岩からなる。広範囲に接触変成を受けており、紅柱石斑状変晶を生じているものもある。

砂質片岩 (Bsg) アレナイト砂岩を原岩とする灰白色の珪質岩で再結晶化が進んでいる。

電気石岩 (Bva) 黒色塊状で、肉眼的には角閃岩に似ているが、鏡下での構成鉱物は全て褐色の電気石 (Dravite) である。長柱状結晶は平面的な定向性を有し、片理に類似した組織が認められる。花崗岩の近傍に分布が限られていることからみて、接触交代作用の産物と推定される。

(d) ブグニ地区

ブグニ地区の地質図を図33に示す。本地区のBirrimien 累層群は結晶度の高い砂質片岩 (Bsg) で主に構成され、泥質片岩 (Bsa) を薄く挟む。大小の規模の変斑れい岩 (BG) の層状貫入岩が各所に分布する。

ブグニ地区のBirrimien 累層群は、強く再結晶し原岩の構造はほとんど消滅している。片理の構造はおおむねN-S 走向が卓越し、ほぼ垂直に傾斜している。片理の構造は地層の分布と一致しており、元の層理や堆積構造を表現しているものと思われる。ブグニ地区の西端と東端には良く似た斑れい岩が分布し、Birrimien 累層群の岩相は珪岩や石英アレナイト砂岩が卓越し変成度が比較的弱い点で同層位の地層と考えられる。また、BougouniからGaraloにかけては再結晶の進んだ雲母片岩が分布し花崗岩の岩株が配列する。以上のことから、ブグニ地区のBirrimien 累層群は、Bougouni-Garalo を中軸とした復背斜を形成しているものと思われる。

砂質片岩 (Bsg) 広く分布する砂質片岩は再結晶の進んだ黒雲母片岩、両雲母片岩、白雲母片岩および珪岩で構成される。色調はこの順番に褐灰色～灰色～青灰色に変化する。雲母片岩中の黒雲母／白雲母の量比は片理の発達程度に比例しており、変成度の強さを示している。比較的変成度の低い試料で観察すると、これらの砂質片岩は多様な種類の砂岩を原岩として含んでいる。地質図上ではこれらの区分を表現してはいないが、石英粒を含むグレイワッケが最も広く分布する。アレナイト砂岩とアルコース砂岩の厚層が片理の構造と調和的に追分布し、ほぼ南北走向の構造を示す。再結晶した青灰色の珪岩が、後述する変斑れい岩の近傍に小規模に分布する。これらは普通に少量の黄鉄鉱を含んでいる。

泥質片岩 (Bsa) ブグニ地区の泥質片岩の分布は、ほかの地区に比べて少ない。片理の発達した黒色の黒雲母片岩がBougouniからGaraloにかけて南北に良く連続する。しばしば後退変成した斑状変晶が白雲母の斑点として観察される。

変斑れい岩 (BG) ブグニ地区には、2つの大きな変斑れい岩体が分布する。1) 北部の岩体はKarakaraから南北に細長く伸び、長さ30km、幅2kmの規模をもつ。2) 南西部のKenie 付近の岩体は南側が花崗岩で切られているが、長さ12km、幅4km以上の規模をもつ。このほかにも南部の Syinrou 周辺にも小岩体が散在する。これらの岩体の伸びはBirrimien 累層群の構造に沿っており、

調和的な層状貫入岩であるとおもわれる。岩相では以下の2種類が見られ、1岩体中に混在している。1)角閃石斑れい岩。緑色を帯びた暗灰色の粗粒等粒状岩で、結晶の異方性は認められない岩相。2)変輝緑岩。黒色でしばしば大きな長石の残晶を含み斑状を呈する。角閃石と黒雲母の変成鉱物の定向性がある岩相。これらは普通に粗粒な黄鉄鉱を含んでおり、まれに黄銅鉱をともしなう。

(e) ケコロ地区

ケコロ地区の地質図を図34。本地区のBirrimien 累層群はブグニ地区に比べて変成度が低く、原岩の組織や構造を良く残している。層位的に2累層に分けられる。下部では砂質岩(Bsg)が優勢で主にグレイワッケからなり。上部では泥質岩(Bsa)が優勢である。Dogoの東ではこれらの境界部に良く連続する珪長質凝灰岩(Bvt)が挟まれる。Kekoro付近に分布する変質した流紋岩(R)はこの報文では後期貫入岩に関連するものとしたが、Birrimien 累層群に属する可能性もある。

ケコロ地区のBirrimien 累層群には、N-S方向の褶曲が発達する。褶曲軸の翼間隔は狭いので、地層の分布は複雑である。Kekoro周辺ではさらに、NNW-SSE, NE-SW系の断層が発達し、地層は細かく切断されている。

砂質片岩(Bsg) 西部では再結晶の進んだ灰色の雲母片岩が優勢で、ブグニ地区のものと岩相的に類似している。東部では暗青灰色の変成グレイワッケが優勢である。kegoro周辺では再結晶が弱く原組織がよく残っており、タービダイト性の堆積構造が観察される。大型の石英と長石の鉱物片を多く含むことが特徴で、それらの粒径は10mmに達することがある。これらの結晶は自形性が高いので火山噴出物を起源とするものであろう。基質の泥質物には細粒な黒雲母を多く生じており黒色を呈する。局部的に変成が進んだ部分では青緑色を呈し、アクチノ閃石やゾイサイトなどの変成鉱物を生じている。ザクロ石を含むことがある。また、Kekoro周辺では薄い珪岩をしばしば介在し、電気石を生じているものがある。

泥質片岩(Bsa) ケコロ地区の泥質岩は細粒なグレイワッケ質で、黒色を呈する。葉層構造が発達し、砂質岩と互層することが多い。層位的に上部に発達し、向斜構造の軸部に分布する。

珪長質凝灰岩(Bvt) ケコロ地区西部に薄い珪長質凝灰岩が分布する。これは白色の細粒岩で、鏡下では再結晶による微細な石英-斜長石-白雲母を生じている。小型の長石と白雲母の斑晶を含む。肉眼的には黒雲母からなる黒色のパッチが特徴的である。原岩は流紋岩質のガラス質凝灰岩であるとおもわれる。

変斑れい岩(BG) 南西部の背斜軸部に変斑れい岩の大小の岩体が分布する。最大のものは長さ8km 幅2kmの規模をもつ。肉眼的岩相と周囲の地質はブグニ地区のものとよく似ており、層位的に同じ位置に属するものと思われる。変成度の低い部分の鏡下の観察では、角閃石斑れい岩である。

(ii) 花崗岩類

ブグニ地域には、Birrimien 累層群を貫く花崗岩類が分布する。この花崗岩類は、黒雲母花崗岩、白雲母花崗岩及び角閃石花崗岩に3分することができる。そのほか、アプライトとペグマタイトが岩脈として貫入している。これらをまとめて表15に示す。これらの花崗岩類について今回実施したRb-Sr 法絶対年代測定の結果、黒雲母花崗岩が $1,911 \pm 18\text{Ma}$ 、白雲母花崗岩が $2,299 \pm 6\text{Ma}$ 、角閃石花崗岩が $2,478 \pm 130\text{Ma}$ 、ペグマタイトが $2,246\text{Ma}$ をそれぞれ示した。

Birrimien 累層群と花崗岩類が接する露頭は、セレンゲ地区とドゥスディアナ地区で各1箇所ずつ確認され、いずれも極めて明瞭な貫入関係にある。ドゥスディアナ地区では、花崗岩の周囲のBirrimien 累層群は接触変成を受けている。セレンゲ地区では、花崗岩の周縁部にアプライトが発達しBirrimien 累層群を多量に捕獲している。これらの証拠から、花崗岩類は、Birrimien 累層群とその構造の形成後に貫入した大規模なバソリスであることに疑いようがない。また、花崗岩分布域にも、ルーフペンダントとして強くホルンフェルス化したBirrimien 累層群の岩石が散在することから、バソリスの上面は比較的浅いものと考えられ、現在のBirrimien 累層群分布域でも、地下浅所に花崗岩バソリスが潜在している可能性が大きい。

(a) 花崗岩類の産状と岩石記載

黒雲母花崗岩 (γ1) ブグニ地域の全域に広く分布する。灰色を呈する細～中粒の花崗岩を主岩相とする。色指数10-25であり、黒雲母及びカリ長石を含むことを特徴とする。片麻状構造が発達するものとしめないものがある。セレンゲ周辺では花崗片麻岩に変化している。鏡下では、主成分鉱物は斜長石・石英・カリ長石からなり、有色鉱物として黒雲母とごく少量の角閃石を含む。

白雲母花崗岩 (γ2) ブグニ地域の東部及び南部に分布する。細～中粒の花崗岩～アダメロ岩で、白雲母及び淡桃色を呈するカリ長石を含むことを特徴とし、大部分が黒雲母を伴う。色指数5-15である。不均質で部分的にペグマタイトになっているところもある。鏡下では、主成分鉱物は斜長石、カリ長石・石英・黒雲母・白雲母からなり、全体にカタクラスチック組織が発達し不均質である。石英は長石類に包有されミルメカイト組織を示す。

ブグニ付近ではBirrimien 累層群中に小規模な岩脈として多数分布し、一部はペグマタイト質で、リシア輝石-Li鉱徴を形成する。

角閃石花崗岩 (γ0) ブグニ周辺及び西部に小岩体として分布する。桃色を呈するカリ長石を含むことを特徴とする。鏡下では、主に石英・斜長石・カリ長石からなり、圧砕組織が発達する。変質して緑泥石及び緑れん石が生じている。

後造山期花崗岩 (γ4) は、ケコロ地区に分布し、長円形の形態をなす。主に優白質のアルカリ長石花崗岩からなり、カリ長石を多く含み桃色を帯びた色調が特徴である。

閃緑岩類 (γ3) は、ブグニ地区では角閃石閃緑岩の小岩体が散在する。緑色の角閃石を含むマイクロ閃緑岩である。Birrimien 累層群には局所的な強い熱変成作用と再結晶作用を及ぼしている。

表15 花崗岩類の区分一覽表

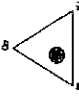
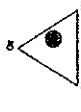


SIGN	CATEGORY	COMPOSITION	FACIES	DISTRIBUTION	DATING
γ_1	GARNITE-1 Biotite Granite	C.I.=10~25  biotite ± hornblende	Orientation of dark-colored minerals Partially transformed to Paragneiss	Wide distribution mainly North-Western part	Rb-Sr Whole Rock 1337 ± 496Ma Rb-Sr Whole Rock 1911 ± 18 Ma
γ_2	GARNITE-2 Muscovite Granite	C.I.=5~15  muscovite ± biotite	Pink colored Potassium feldspar Non homogeneity Cataclastic texture	Wide distribution mainly Eastern part	Rb-Sr Whole Rock and Biotite 2399 ± 6 Ma
γ_3	GARNITE-3 Hornblende Diorite	C.I.=40~60  hornblende ± biotite	Dark colored Orientation of hornblende crystal	Small body of isolated intrusion	
γ_0	GARNITE-0 Hornblende Granite	C.I.=10~20  hornblende ± biotite	Pink-Red colored Potassium Feldspar Intense Cataclastic texture chlorite-epidote alteration	Small body of isolated distribution in central part	Rb-Sr Whole Rock 2487 ± 130Ma
γ_4	GRANITE POGTECTONIC		Alkali granite, Syenite, Calc-alkali granite, Quartz diorite Spindler(1952) described in North-eastern part of Area.		
μ	Granitic Aplite	± muscovite ± garnet ± tourmaline	Zenolith of Birimian rocks are abundant	Abundant in Selingue area	
π	Pegmatite bearing Tourmaline	Muscovite Granite +spodumene	Minor vein in Biotite granite	Northern part of Selingue area	Rb-Sr Whole Rock 2246 Ma
	Pegmatite bearing Spodumene	Muscovite Granite +tourmaline (gravite)	Minor vein in Birimian	Near south of Bougouri	

表16 花崗岩類の化学組成

BULK COMPOSITION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	47.35	55.79	66.00	67.00	70.00	70.50	73.00	74.00	74.50	74.50
TiO ₂	0.18	0.68	0.44	0.49	0.24	0.21	0.21	0.08	0.16	0.05
Al ₂ O ₃	16.24	18.23	16.00	15.50	16.16	15.00	14.58	15.05	14.50	15.00
FeO	7.09	6.43	3.84	4.73	2.28	2.51	1.84	1.72	1.50	1.08
MnO	5.45	3.21	2.19	2.67	0.88	1.29	0.59	0.61	0.71	0.37
MgO	0.12	0.09	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.01
K ₂ O	11.62	3.16	1.87	1.43	0.86	0.78	0.47	0.32	0.47	0.21
CaO	9.14	4.98	3.24	3.15	2.25	2.81	1.07	0.33	0.82	0.47
Na ₂ O	1.35	4.00	4.22	4.03	4.75	7.00	4.09	3.26	3.95	4.43
H ₂ O	1.74	4.87	3.82	3.54	1.43	1.43	4.57	3.40	4.88	4.00
P ₂ O ₅	0.08	0.29	0.23	0.34	0.17	0.17	0.14	0.22	0.14	0.19
BaO	0.02	0.15	0.11	0.09	0.15	0.05	0.09	0.01	0.07	0.01
LOI	4.23	1.75	0.59	0.77	0.83	0.55	0.60	2.29	0.54	0.73
TOTAL	98.13	100.30	100.30	100.30	101.25	101.05	100.70	100.75	101.55	100.65
+H ₂ O	5.02	2.24	0.74	0.97	0.89	0.30	0.33	1.77	0.53	0.80
-H ₂ O	0.46	0.29	0.06	0.07	0.06	0.13	0.87	0.69	0.69	0.08
FeO*	11.83	9.00	5.74	6.93	3.01	3.55	2.25	2.16	2.06	1.24
Fe ₂ O ₃ /FeO	1.30	2.00	1.80	1.77	2.28	1.95	3.12	2.82	2.11	2.92
Na ₂ O+K ₂ O	3.09	8.87	8.04	6.88	5.28	8.43	6.65	6.86	6.81	6.43
(K ₂ O+Na ₂ O+CaO)/Al ₂ O ₃	0.75	0.75	0.71	0.65	0.65	0.75	0.67	0.46	0.66	0.59
A-F-M ratio	11.6%	42.3%	51.4%	45.7%	68.2%	68.1%	76.1%	72.8%	77.7%	84.5%
A	44.6%	42.6%	36.7%	45.5%	24.8%	27.8%	19.7%	23.6%	18.2%	13.4%
F	43.8%	15.0%	12.0%	9.4%	7.1%	0.1%	4.1%	3.5%	4.1%	2.1%
M										

NORMATIVE COMPOSITION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
qtz	0	0	16.98	23.13	22.89	18.68	26.05	41.35	30.58	32.58
or	10.28	5.61	22.57	16.84	20.92	8.45	27.01	20.09	28.72	23.64
ab	11.42	15.74	35.71	34.1	40.19	59.23	34.61	27.59	33.42	37.49
an	33.11	24.32	13.43	14.22	10.32	5.28	4.56	0.22	3.28	1.17
ac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ky	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
wo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
di	9.74	12.17	1.1	0	0	6.26	0	0	0	0
by	14.76	28.52	6.48	6.29	2.75	0.99	1.31	1.08	1.74	0.64
ol	14.97	6.37	0	0	0	0	0	0	0	0
wt	1.5	1.98	2.18	2.56	1.76	1.56	1.39	1.51	1.03	0.97
bs	0	0	0	0	0	0	0.23	0	0	0
il	0.34	1.18	0.84	0.93	0.46	0.4	0.4	0.15	0.3	0.09
tr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
rt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp	0.14	0.23	0.53	0.58	0.99	0.39	0.32	0.51	0.32	0.42
total	96.27	96.12	99.82	99.21	100.41	100.35	100.1	98.43	100.84	99.94
q=ab-hf ratio	0.0%	0.0%	19.1%	26.3%	24.3%	20.4%	30.5%	45.3%	31.9%	34.2%
an	60.4%	53.9%	15.1%	19.4%	10.9%	5.8%	4.8%	6.2%	3.4%	3.2%
ab+ac	39.6%	46.7%	65.7%	57.1%	64.8%	73.9%	64.7%	53.4%	64.7%	64.4%
q=or+ab	21.7	21.4	73.3	74.1	64.0	86.4	80.7	89.0	92.7	93.7

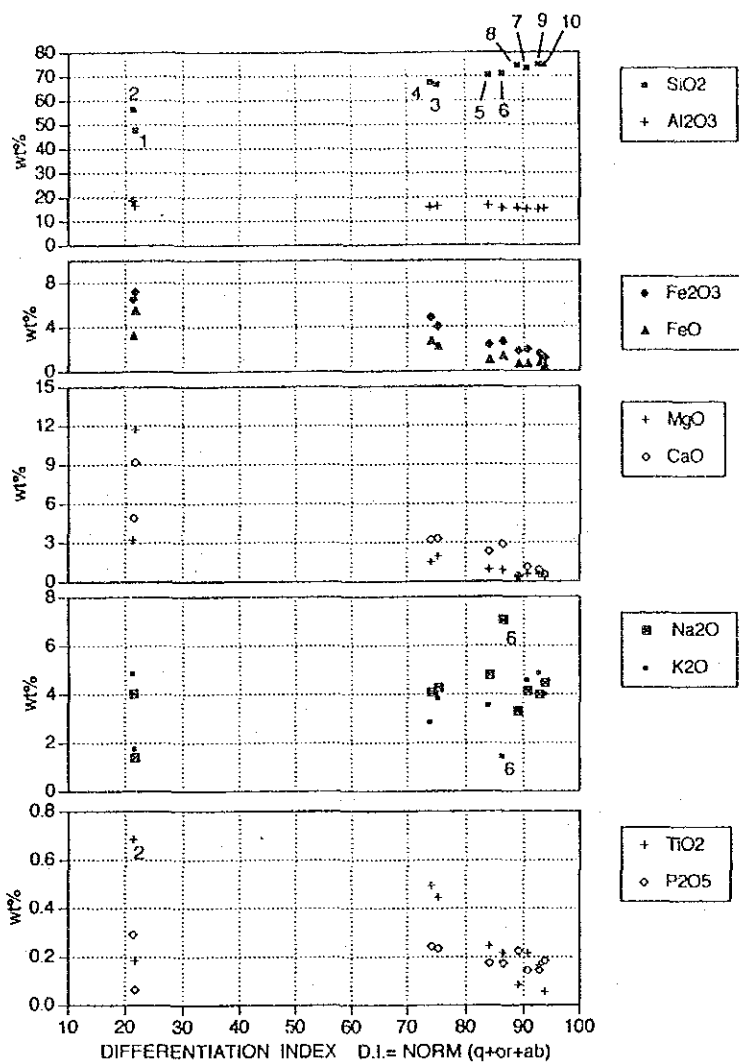


图36 D. I. - 氧化物图

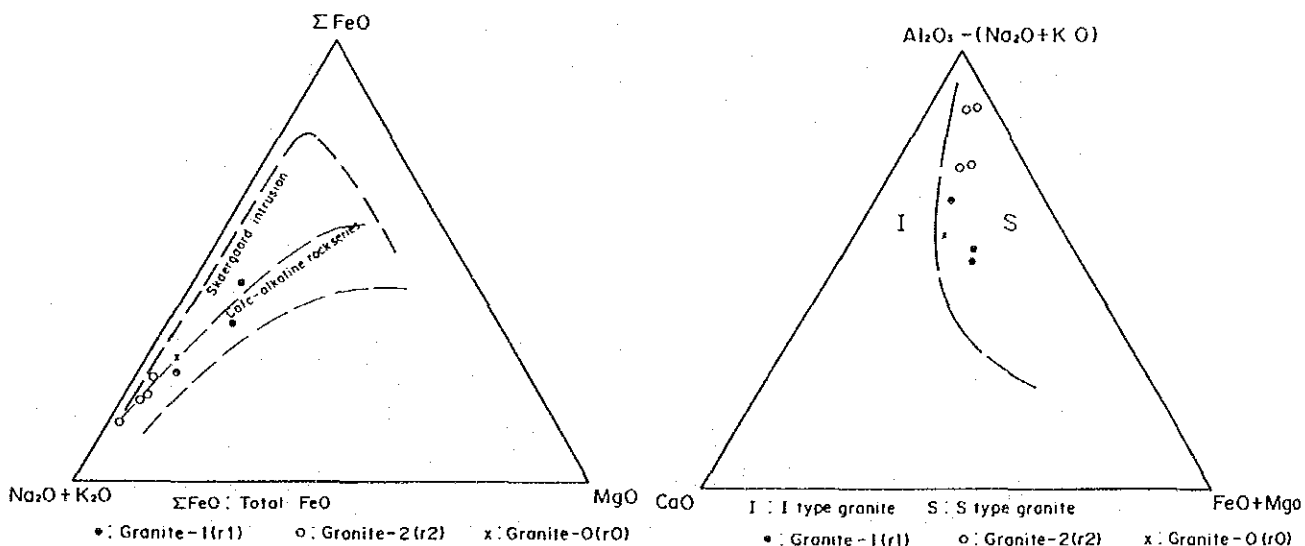


图37 MFA

图38 ACF

(b) 花崗岩類の化学組成

ブグニ地域に広範に分布する花崗岩類の各岩体について、それぞれの化学組成を基礎資料として得、異同を検討するために、代表的な試料を採集して全岩分析を行った。表16にこれらの岩石の化学組成、CIPWノルム組成、分化指数D. I. (Differentiation Index, Thornton & Tuttle, 1960)などを示す。花崗岩類の化学組成上の特徴を知るために、成分変化図、MFA 図、ACF 図、ノルムQ-An-(Or+Ab)図に分析値をプロットした。

成分変化図(図36)から明らかなように、それぞれの成分はなめらかな曲線にのり、あるまとまった範囲におさまり、分化指数の増加に伴いSiO₂は増加するが、FeO、Fe₂O₃が直線的に減少するカルクアルカリ岩系列の特徴を示している。この傾向はMFA 図でも同様で、カルクアルカリ岩系列のトレンドにのる。ACF 図ではSタイプの領域にプロットされる。γ₂がやや頂点に近いところにプロットされるのはSiO₂が高い分化の進んだ花崗岩類であるからであろう。ノルムQ-An-(Or+Ab)図では、γ₁・γ₀はアルカリ長石花崗岩の領域に、γ₂は花崗岩の領域にそれぞれプロットされる。

(c) 花崗岩類のRb-Sr 年代

ブグニ地域の花崗岩類についてRb-Sr 年代測定を行った。以下にこれらの試料の岩石名と岩相の特徴を示す。

- 測定試料 B116 黒雲母花崗岩(γ₁): C. I. =10%。径1cm程度の白色のカリ長石が目立つ。非等粒状で中深相を示す。黒雲母は弱い定向性をもつ。変質は受けていない。
- D036 両雲母花崗岩(γ₂): C. I. =5%。淡色中粒でカリ長石は淡桃色を示す。鉍物の定向性は認められない。変質は受けていない。
- D040 角閃石細粒花崗岩(γ₀): C. I. =5%。灰色細粒で不均質、全体に圧砕組織が見られ、変質し緑れん石が生じている。
- F028 片麻状黒雲母花崗岩(γ₁): C. I. =25%。定向性の顕著な黒雲母を多く含む。圧砕組織は認められない。変質は受けていない。
- D715 含電気石ペグマタイト(π): 黒雲母花崗岩を母岩とする岩脈として産する。

測定結果と考察 Rb-Sr 年代測定結果を表17に示す。

- B116: 同位体組成比の幅が狭く、誤差が大きい。初生Sr同位体比は試料F028に近いことから、年代最大値1,833Maが適当な値と推定した。
- D036: 全岩法による測定では、同位体組成比の幅が狭く、誤差は非常に大きい。黒雲母の鉍物分離による測定値を加えて、全岩-鉍物法で再計算を行い信頼性の高い結果が得られた。
- D040: 弱い変質を受けているのにもかかわらず、以外に少ない誤差であった。
- F028: 3個の試料によるアイソクロン年代1,911 ± 18Maを得た。
- D715: 分析値は異常なRb含有量と初生Sr同位体比を示し、アイソクロンは設定できなかった。おそらく閉鎖系は成立していないものと思われる。推定値として2,246Ma, 3,322Ma,

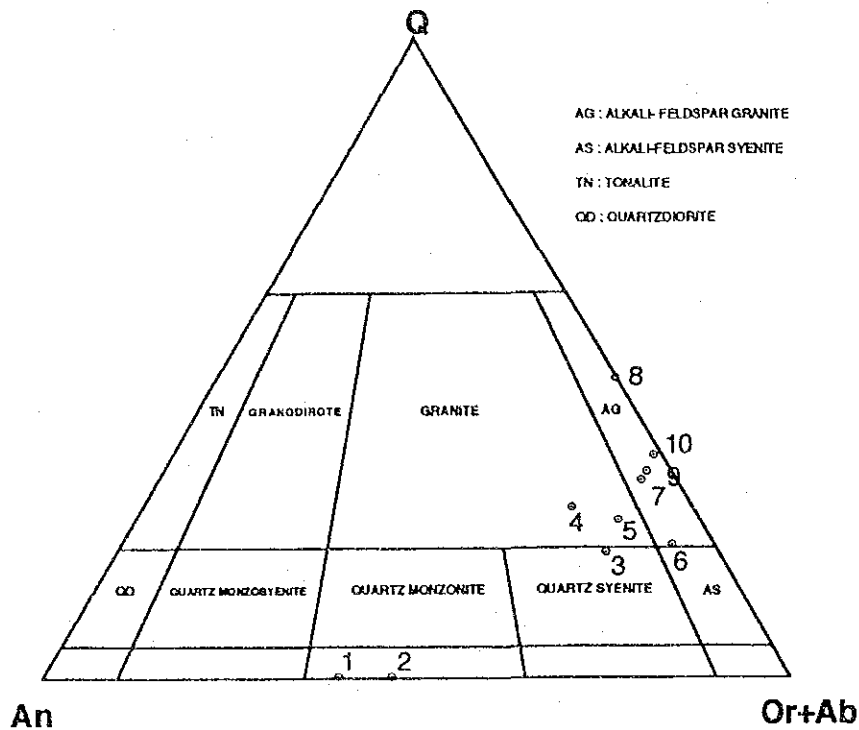


図39 ノルム Q-A n - (O r + A b) 図

表17 花崗岩類のRb-Sr 測定結果

Sample No.	Sr (ppm)	Rb (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Erreur \pm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$	Erreur \pm	Result N.A.	Erreur \pm N.A.
B116-1	770	108	0.406	0.71659	0.00007	0.70872	0.00307	1337	496
-2	660	98.4	0.431	0.71689	0.00009				
-3	695	107	0.445	0.71733	0.00013				
D036-1	154	238	4.47	0.83995	0.00016	0.75370	0.07700	1312	1238
-2	155	237	4.42	0.83076	0.00011				
-3	166	229	3.99	0.83116	0.00023				
-4	20.6	676	94.9	3.84020	0.00280	0.69137	0.00440	2299	6
D040-1	1118	15.6	0.0404	0.70290	0.00022	0.70148	0.00191	2487	130
-2	1107	14.7	0.0384	0.70292	0.00015				
-3	1252	31.1	0.0719	0.70407	0.00012				
F028-1	377	136	1.0040	0.73463	0.00009	0.70583	0.00031	1911	18
-2	393	208	1.5310	0.74794	0.00015				
-3	391	135	0.9990	0.73324	0.00017				
D715-1	58.6	3013	147.80	5.52620	0.00280			2246	
-2	28.2	1044	107.1	5.87390	0.00170			3322	
-3	22.8	728	92.8	7.14200	0.02200			4744	

4,744Ma を得た。

本調査地域には、原生代前期（25-18 億年頃）のBirrimien 累層群と花崗岩類が分布している。この原生代前期はエブルニア造山期にあたる。エブルニア造山期には、更に小さい短い造山期（変形運動の時期）が3時期あったとされている（Jean-Pierre Miliesiほか, 1989）。

今回、岩相別に行ったRb-Sr 年代測定の結果は、24億年頃、22億年頃、19億年頃であった。この3つの年代は3つの短い造山期に対応するものかも知れない。

(iii) その他の貫入岩類

粗粒玄武岩(δ-1) ケコロ地区西部には大型の粗粒玄武岩が貫入している。最大の岩体は長さ20km, 幅5km の規模がある。これらは暗灰色の均質な粗粒玄武岩からなり、地域的な岩相変化は少ない。部分的に閃緑岩質になる。一般に変質は受けておらず新鮮である。

ケコロ地区北東部のケコロ周辺に分布する粗粒玄武岩は、直径約10kmの環状の分布形態をなす。これらは比高約300mの環状の山稜を形成する。岩質はほかの地域のものと同じで、均質で新鮮な粗粒玄武岩からなる。

閃緑岩および閃緑岩ポーフイリー(δ-2) ケコロ地区北東部の粗粒玄武岩は、閃緑岩と閃緑岩ポーフイリーの小岩体をとまなう。鏡下では斑状組織が顕著で、少量の黒雲母を含むが有色鉱物に乏しい。熱変成による再結晶を受けており、緑色黒雲母を多く生じている。

流紋岩(R) ケコロ地区北東部には流紋岩が広く分布する。これらは分布上は粗粒玄武岩の貫入を受けているように見えるが、野外での前後関係は不明である。斑晶の乏しい微晶質の流紋岩で、全般に変質している。地域により変質の程度はことなる。ケコロ集落周辺の岩体はほとんど変質しておらずアプライト質である。kobakourou山付近の岩体は緑色雲母による変質を受けている。seridjiekourou山の岩体は強く珪化と絹雲母化を受けている。強く変質した部分では、黄鉄鉱や硫砒鉄鉱の鉱染がみられる。

(2) 鉍 徴

(i) 鉍徴地

ブグニ地域の地表は、その99%がラテライト性風化土壌で覆われている。そのため基盤岩中の鉍化帯を地表で直接観察できる可能性は極めて低い。また、基盤岩中に変質帯や鉍染帯があっても、風化作用によってそれらの痕跡は消失しているものと推定される。

概査地区の鉍徴としては、砂金採掘地、石英脈露頭及び石英転石帯が認められた。

(a) 砂金採取地

現時点で明らかになっている砂金採掘地はセレンゲ地区（14箇所）、ドゥスディアナ地区（1箇所）、ブグニ地区（2箇所）、ケコロ地区（8箇所）である。いずれも砂金の採掘は原住民による。組織だった採鉍はケコロ地区以外は行われておらず、採掘の歴史、産金量などの詳細は不明なものが多い。

セレンゲ地区の鉍徴地を表18に、ブグニ地区及びケコロ地区の鉍徴地を表19に示し、代表的なものについて以下に記す。

表18 鉍徴地一覧表（セレンゲ地区）

鉍徴地 番号	位 置	鉍化 状況	規 模	現 況	歴 史・実 績	鉍石鉍物
S-1	Neneko 南東1km	砂 金	200m×200m ビット群	水没 ・休止	不明	
S-2	Damanbougou 北西0.2km	砂 金	20m×40m ビット群	水没 ・休止	50年前～現在	
S-3	Kamanekelo 東1km	砂 金	300m×300m ビット群	不明 ・休止	不明	
S-4	Kamanekelo 北東3.5km	砂 金	200m×300m	採掘中	最高50～70g/週 5年前20g/週	
S-5	Sidobougou 南西3km	砂 金	ビット 露天掘り	試掘段階	不明	黄鉄鉍
S-6	Lena 北西3.5km	砂 金	300m×300m ビット群	不明	不明	針鉄鉍, 磁鉄鉍 硫砒鉄鉍, 黄鉄鉍
S-7	Lena 北西4.5km	砂 金	ビット	再掘開始	過去最高 500g/2ビット	
S-8	Dalabala 南3.0km	砂 金	ビット	放棄	産金を認めず	針鉄鉍, 磁鉄鉍 黄鉄鉍
S-9	Neneko 北方3km	砂 金	ビット	水没 ・放棄	不明	
S-10	Sidobougou 北西4km	砂 金	10m×20m ビット群	放棄	不明	
S-11	Sidobougou 北4km	砂 金	ビット	放棄	不明	
S-12	Sidobougou 東1km	砂 金	ビット群	放棄	不明	
S-13	Sidobougou 南東2km	砂 金	200m×300m ビット群	休止	不明	
S-14	Dlarakoronl 南西0.2km	砂 金	30m×50m ビット群	休止	4年前採掘 最高100 -150g/day	

表19 鉍微地一覽表 (ブグニ, ケコロ地区)

鉍微地 番号	位置 UTM E-N	鉍化状況	規模	現 況	歴史・実績	鉍石鉍物	分析結果
ブグニ地区							
—	Banko北西3km 670-1229	砂金	20m×50m ピット群	放棄	不明		
—	Bougouni北3km 664.3-1266	砂金	1ピット	放棄	不明		
ケコロ地区							
Séridjiekourou							
K-1	Dianko南西3.5km 707.5-1304.2	鉍化流紋岩岩脈 網状石英脈 砂金	岩脈 1m×200m+	—	1940年代 0-4g/day.pit	arsenopyrite pyrrhotite pyrite	Au 0.75, 0.14 pprr
KB-15	Dianko南南西 5.5km 707.3-1302.6	鉍化流紋岩	不明	—	1940年代	pyrite	Au 70 ppb
KB-20	Dianko南南西5km 707.5-1302.8	石英鉍帶	20x50m	—	1940年代		Au<5ppb
Dianko							
K-2	Dianko 709.7-1307.2	石英鉍帶 砂金	100x100m	放棄	14世紀以来 実績不明		Au<0.07 ppm
K-3,D-4	Dianko北西2km 708.3-1308.3	石英鉍帶 砂金	広範囲	放棄	14世紀以来 実績不明		Au<0.07 ppm Au 171 ppb
Kébékourou							
K-4	Dianko北北西 3.5km 708.1-1310.2	石英鉍帶 石英脈 電気石砂岩	200x200m	—	—	pyrite arsenopyrite	Au<0.07 ppm
K-5	Dianko北西3.5km 706.8-1309.4	石英鉍帶 砂金	—	放棄	1940年代		Au<0.07 ppm
D-9,D-10	Dianko西北西 2.5km 707.3-1308.5	石英鉍帶	小規模	—	—		Au12,<5 ppb
K-6	Kébékourou 708.1-1312.1	砂金	小規模	放棄	1940年代		Au0.24,0.07ppm
Kékoro							
K-7	Kékoro 西3km 711.0-1311.0	砂金 石英鉍帶	100x100m	放棄	1940年代 実績不明		Au<0.07 ppm
K-8	Kékoro南西2.5km 712.5-1309.8	砂金	不明	放棄	1940年代		Au<0.07 ppm

セレンゲ地区

鉱徴地 S-2 Damanbougou の北西0.2km に位置する。

西方から伸びる小さな谷の河床部に、約20m × 40m の範囲でピットが数箇所掘られている。ピットの深さは5m以上であり、現在は水没している。ピットから掘り出された約0.01立方メートルの黄褐色土をパンニングした結果、63.5mg (6.35g /立方メートルに相当) の砂金を得た。この谷は上流約1kmに先端があり、ラテライト台地を深く侵食している。谷頭付近のラテライト中に含まれる岩片からみて、基盤の地質は珪質凝灰岩であると思われる。激しく崩壊している侵食崖の比高は約15mあり、崖面にはラテライトの断面が露出している。侵食の深さはサブロライト層に及んでいる。このような深い侵食谷はこの周辺では特異である。石英脈転石の分析結果はAu 7ppbであった。

鉱徴地 S-4 Kamanekeloの北東3.5km に位置する。

約200m × 300mの範囲で、原住民十数名による砂金の採掘が行われている。ここでは、ピットから採掘された土砂のパンニングを行った。その結果、径約35cmのパンによる1回のパンニングで極少量(砂金量1-2粒、径0.1mm以下)の金が認められた。なお、本鉱徴地では、過去最高50-70g/week・2-3人の産金があり、5年前には、20g/week・2-3人の金を得たとのことである。石英脈転石の分析結果は低品位であった。

鉱徴地 S-5 Silobougouの南西3kmに位置する。ラテライト台地から河床部にわたって、深さ10m+から5m+のピットが南北方向に1-2m間隔で掘られている。ピット周辺には掘り出された黄色土と石英塊が散在している。台地部分では比高約10mの侵食崖にラテライトの断面が露出している。上部は厚さ2-3mのクラスト層、中部は赤色プリンサイト層、下部は白色～青灰色のサブロライト層で構成されている。ここでは現地人が砂金の採掘を開始したばかりであり、調査当時はサブロライト層を掘削していた。砂金胚胎層はサブロライト層の下部に位置するらしい。サブロライト層のX線回折試験結果による変質鉱物は、カオリナイトであった。石英脈転石の分析結果は低品位であった。また、石英脈転石の流体包有物の均質化温度は140-190℃である。

鉱徴地 S-6 Lenaの北西3.5km に位置する。

約300m × 300mの範囲に深さ5-15mのピットが東西方向に3m間隔で並ぶ。ピットから掘り出された石英脈転石の研磨片観察によれば、鉱石鉱物は針鉄鉱、磁鉄鉱、硫砒鉄鉱及び黄鉄鉱である。石英脈転石の分析結果は低品位であった。また、石英脈転石の流体包有物の均質化温度は200-280℃である。

鉱徴地 S-8 Dalabalaの南3kmに位置する。

30-40年前の砂金の採掘跡があるが、産金は認められなかったとのことで、現在は放置されている。地表で少量の石英脈転石が認められた。この石英脈転石の研磨片観察によれば、鉱石鉱物は針鉄鉱、磁鉄鉱及び黄鉄鉱である。石英脈転石の分析結果は低品位であった。また、石英脈転石の流体包有物の均質化温度は160-190℃である。

鉱徴地 S-14 Diarakoroni の南西0.2km に位置する。

採掘地はラテライト台地と河川の間段丘平坦部にある。広さ約30m × 50mの範囲に深さ約10mのピットが15個 × 5列掘られている。ピット列の方向は正確に南北をさしている。ここでは

4年前に全ピット合計で100-150g/日の産金があった。現在は砂金胚胎層を突き抜けてしまったらしく、ここ2年間は金の産出をみていない。砂金胚胎層は砂礫層であるという。ピットの周囲には掘り出された多量の垂角礫が散在している。礫種は多様な石英を主体とし、Birrimien 累層群起源の泥質片岩と緑色片岩を伴う。この石英礫の研磨片観察によれば、鉍石鉍物は黄鉄鉍、磁硫鉄鉍及び針鉄鉍である。石英礫の分析結果はAu 3 ppb であった。

ブグニ地区

鉍徴地① ブグニ地区南部のBanko 付近(UTM E670 N1229)の比較的大きな河床に多数のピットが掘られている。採掘年代と実績は不明である。周辺の地質は黒雲母花崗岩で、地表に石英脈転石は認められていない。砂金採取層準は河床堆積物であると思われる。

鉍徴地② Bougouniの北3km の位置(UTM E664.3 N1266)に、直径1m、深さ5mのピットが1つだけ掘られている。試掘跡と思われるが、掘削年代と実績は不明である。

ケコロ地区

ケコロ地区の鉍徴地は北東部kekoroの環状山地付近に集中している。図47にケコロ地区北東部の鉍徴地とAu地化学異常の集成図を示す。この地区では2ヵ所に各種鉍徴が相伴って出現する。

Kebekourou-Dianko周辺鉍徴群 Kebekourou山(標高648m)からDianko廃村にかけての広い範囲に砂金採取跡と石英脈転石帯が分布する。砂金採取跡はDiankoから北西に流下する河川に沿って大規模に開発されていた。しかし、これらの採掘時期はかなり古く(14世紀から)、またDianko村も現在は廃村となっているので、稼行実績は不明である。広く分布する石英脈転石のなかには硫砒鉄鉍を含むものがあり(試料D-4)、Au含有量は171ppbであった。本試料では流体包有物の均質化温度が測定された。包有物は初生包有物のみで、均質化温度は215-353℃(平均256.5℃)である。均質化温度幅が広いことから沸騰状態での晶出が推定される(図40)。

その後採掘地はKebekourou山の南斜面に移され、1946年ごろに稼行されていた(Spindler 1948-1949)。ピットによる砂金採取層準は基盤の風化した片岩に達して石英片も多数掘り出されており、中には電気石を含むものがある。初年度にこれらの石英と母岩の7試料について分析され、Kebekourou山頂の風化粘土でAu含有量0.24ppm が得られた。ベルギーのMIMA社は1981-1982年に本鉍徴地において砂金を対象として、ピットとトレンチ調査を行ったが経済的価値は低いとして撤退した。本鉍徴地は川の南側にも連続しているが、こちらは探鉍の形跡はない。暗灰色石英の分析結果はAu含有量 12ppbであった。

Seridjekourou山西鉍徴群 Seridjekoulou 山の西斜面から南西へ流下する谷沿いに、1940年代にピットによる砂金採掘が行われていた。Spindler(1948-1949)によれば、採掘層準は風化片岩と石英片を含んだ不規則な粘土質礫層で、稼行状況は 0-4g/day/pit であった。現在はまったく放棄されている。

本鉍徴地には変質流紋岩(R)の岩脈が分布し、網状石英脈をともなっている。変質流紋岩は斑晶に乏しく強く珪化したもので青灰色を呈し黄鉄鉍鉍染が著しい。既存調査ではアプライトとし

て記載されていたものである。小規模な岩脈の走向はN-S とNNE-SSW を示す。Au含有量は試料KB-15 で70ppb であった。初年度に採取された試料では0.75ppm を示した。

(b) 石英脈露頭

小規模な石英脈がセレンゲ地区に2箇所、ドゥスディアナ地区に5箇所存在する。このうち金分析値を得たセレンゲ地区の1箇所について記述する。

鉱徴地 Q-1 Diarakoroni 北西4kmに位置し、標高約420mの山上に露出する。石英脈は幅30cmの白色半透明石英からなる。脈は走向N36°Eで、傾斜70°Wである。脈の延長は約30m確認できた。上盤は泥質片岩で、脈沿いの約20cmは破碎されている。下盤は網状石英の発達する赤色酸化物からなる。白色石英細脈の金分析値は89ppbであり、地表で採取された石英では最も高い値を示した。

(c) 石英脈転石帯

セレンゲ地区では、Neneko周辺、Silobougou周辺及びDialakoroni 周辺に石英脈転石が集中して分布する。

Neneko周辺 白色半透明石英と暗灰色石英(smoky quartz)の2種類がある。暗灰色石英の分析結果は最高Au3ppbであった。この暗灰色石英の研磨片観察によれば、鉱石鉱物は黄鉄鉱、磁硫鉄鉱及び閃亜鉛鉱である。サプロライト層のX線回折試験結果による変質鉱物の組合せは、石英-カオリナイト-ギブサイト-赤鉄鉱であった。

Silobougou周辺 白色半透明石英と暗灰色石英があり、Fe-Mg酸化物フィルムを伴うものがある。2試料の金分析値は最高5ppbであった。

Dialakoroni 周辺 砂金採取地周辺に石英脈転石帯が分布する。白色半透明石英、暗灰色石英、白雲母-石英、電気石-石英など多様である。

ケレヤ地区では、地区北部に石英の転石が散在し、4箇所集中した分布が認められた。また、Koba川沿いにも石英脈転石が散在し、金分析値25ppbを示す1試料が認められたが、そのほかは低品位であった。石英の大部分は白色半透明で無構造のものであるが、一部にはFe-Mn酸化物の黒色フィルムを伴うものがある。

ドゥスディアナ地区では、石英の転石は分散しており、大きな転石帯は見られない。7試料の分析結果では、酸化残留物を含む1試料でAu15ppbを得た。

ブグニ地区では、石英脈転石は各所に散在するが、まとまった分布は示さない。

ケコロ地区の石英脈転石帯は、先に砂金鉱徴地の記載でまとめて述べたとおりである。

(ii) 流体包有物の均質化温度

セレンゲ地区（3試料, F-22, G-6, G-7）, ドゥスディアナ地区（2試料, F-2, F-17）及びケコロ地区（1試料, D-4）から石英の転石を採取し, 均質化温度測定を行った。この均質化温度には圧力や組成による補正が加えられていないので, 実際に流体包有物がトラップされた温度は, 推定された均質化温度よりも若干高いものと考えられる（図40）。

各試料の均質化温度測定結果の概要は次のとおりである。F-17, F-22, G7の石英試料は, エピサーマル帯の温度範囲で, F-2, G-6, D-4の石英試料は主としてメソサーマル帯の温度範囲で晶出したことを示している。均質化温度の測定試料数が少なく, かつ, 転石試料であることから産地や産状の違いなどに基づく系統だった検討は困難である。

F-2 一次包有物の均質化温度は, 266-319 °C（平均284 °C）である。

気液2相の量比のバラツキは少なく, 均質化温度も280-290 °Cの範囲にシャープなピークを有するユニモーダル分布を示す。平均均質化温度及び流体包有物を含む結晶毎の均質化温度の傾向から判断して, 一次流体包有物の均質化温度は285 °C前後と推定される。

F-17 一次包有物の均質化温度は, 165-195 °C（平均182 °C）である。

気液2相の量比のバラツキは少なく, 流体包有物が密集している部分が多い。均質化温度も180-190 °Cの範囲にシャープなピークを有するユニモーダル分布を示す。平均均質化温度及び流体包有物を含む結晶毎の均質化温度の傾向から判断して, 一次流体包有物の均質化温度は185 °C前後と推定される。

F-22 一次包有物の均質化温度は149-184 °C（平均162 °C）で, 二次包有物の均質化温度は146-158 °C（平均152 °C）である。

二次包有物が比較的多く, ネッキングのため低温を示すものが認められる。平均均質化温度及び流体包有物を含む結晶毎の均質化温度の傾向から判断して, 一次流体包有物の均質化温度は165 °C前後と推定される。

G-6 一次包有物の均質化温度は205-280 °C（平均241 °C）で, 二次包有物の均質化温度は150-182 °C（平均159 °C）である。同一粒子内でも, 気液2相の量比のバラツキが大きく, ダブルピークを示す。

G-7 一次包有物の均質化温度は167-181 °C（平均174 °C）で, 二次包有物の均質化温度は135-154 °C（平均144 °C）である。

流体包有物が比較的少ない。二次包有物が多く, 低温を示す。平均均質化温度及び流体包有物を含む結晶毎の均質化温度の傾向から判断して, 一次流体包有物の均質化温度は, 176 °C前後と推定される。

D-4 包有物は一次包有物のみで, 均質化温度は215-353 °C（平均256.5 °C）である。均質化温度幅が広いことから, 沸騰状態が推定される。

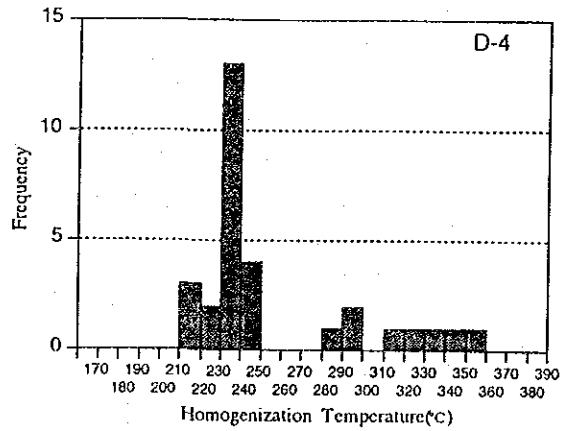
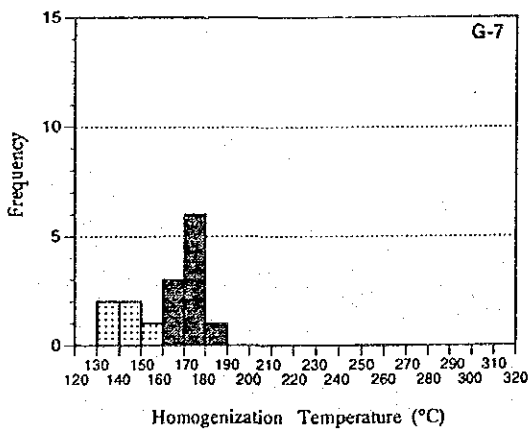
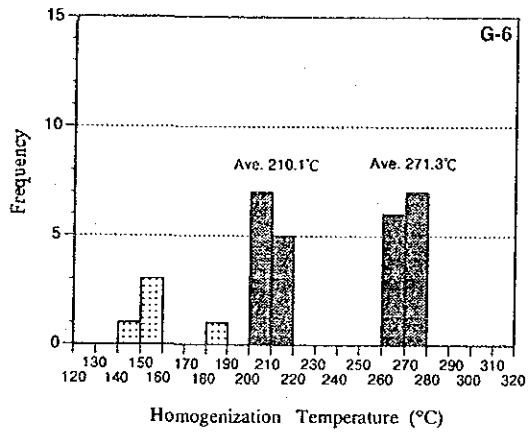
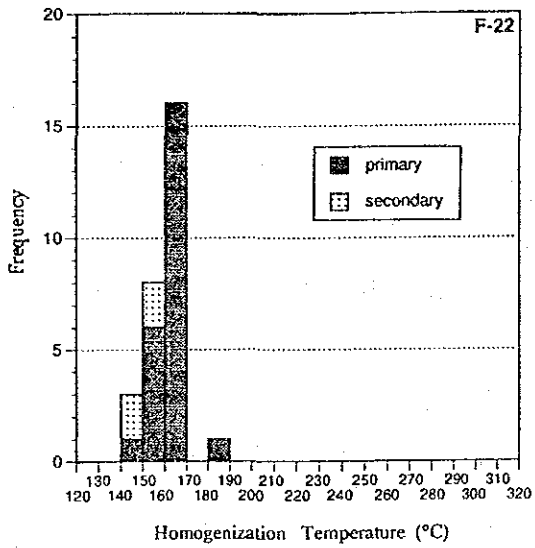
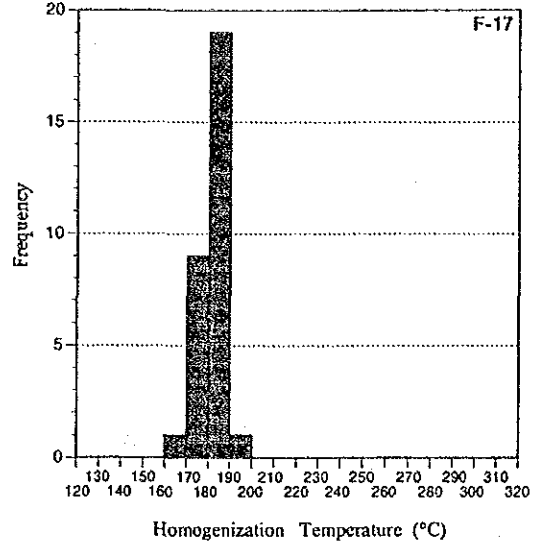
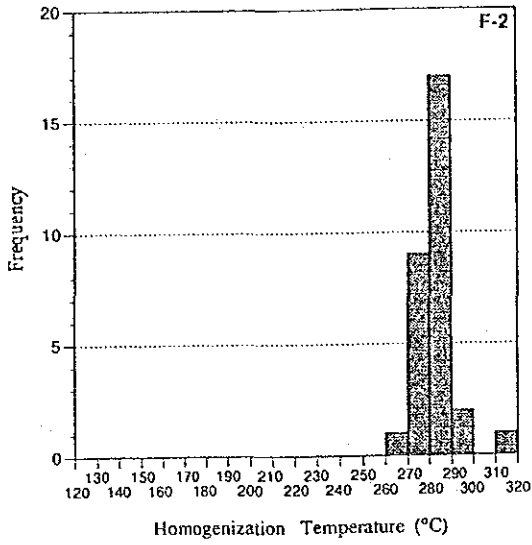


図40 均質化温度のヒストグラム

(iii) 考 察

本年度の調査の結果、多数の砂金採掘地が確認された。砂金胚胎層準は地表下10-15mに位置し、その連続性は不明であるが、層厚は2m以下と推定される。砂金採掘地の地質状況と現地関係者の説明を総合すると、ブグニ地域の砂金胚胎層は谷埋堆積物の基底礫岩層 (Type A)、サプロライト層 (Type B) 及び段丘礫層 (Type C) に分けられる (図41)。

Type A ラテライト台地を切り込む谷に位置する。砂金胚胎層は谷埋堆積物の基底にある礫層又は礫質土壌である。谷埋堆積物はラテライト土壌が開析を受けて再び堆積したもので、構成物がシルト分に富むことから、サプロライト層まで深く侵食しているものと考えられる。近傍の鉱化帯から解放された金が、その源の上又は直下の斜面に集まったものと思われ、原地砂鉱である。

Type B ラテライト台地上に位置する。硬いクラスト層が剥ぎとられた平坦な所で、深いピットを掘削し、サプロライト層を採掘している。掘り出されたズリには風化した基盤岩の破片が多く含まれることから、砂金の源の上に直接集積したもので、下方は風化した鉱化帯へ漸移するものと思われる。基盤まで採掘の対象となる残留砂鉱である。

Type C 大きな河川に沿う段丘上に位置する。堆積物の上部はシルト質土壌で、下部は礫層である。砂金胚胎層は礫層である。礫は円磨したものが多くことから、遠距離を運搬された堆積物であると思われる。

これらのうち、谷埋堆積物の基底礫岩層とサプロライト層は、重複することがある。したがって、本地域の砂金胚胎層は、合金サプロライト層と合金礫層である。

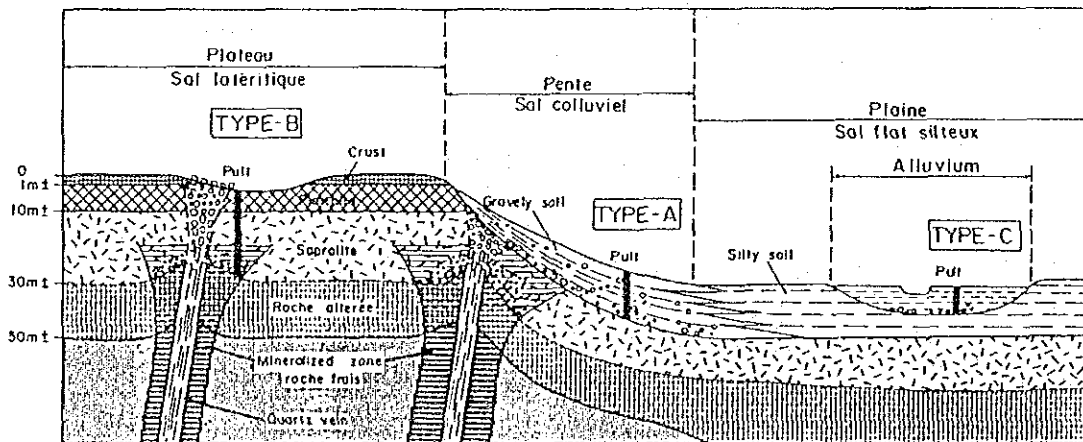


図41 砂金鉱床の模式図