

第5章 Tanfara-Bouraba 地域におけるレゴリス調査

Tanfara-Bouraba 地域のレゴリスの分布と地形発達史を明らかにすることを目的に、LANDSAT 7 ETM+ フォールスカラー画像、同比演算画像および空中写真の地質学的判読を行い、同時に、地表踏査を実施した。

5-1 衛星画像判読結果

フォールスカラー画像の判読は、バンド割り当て R-G-B = 4-5-7 と R-G-B = 7-5-2 からなる2枚の画像を対象に実施された。これらのバンド割り当ては、当地域におけるレゴリスの判読に有効なものとして、試行錯誤の結果、適用された。R-G-B = 4-5-7 は特にラテライト質硬殻の抽出に非常に有効であり、R-G-B = 7-5-2 は全てのレゴリスの区分に中程度に有効であった。比演算画像の判読は、R-G-B に 5/7 - 4/7 - 4/2 を割り当てた画像を対象に実施された。このバンド割り当ては、鉄酸化物、水酸化基をもつ鋳物、粘土鋳物および珪酸鋳物の抽出に有効であると言われ、実際に、オーストラリアのイルガンクラトン地域で良好な成果が得られている。Tanfara-Bouraba 地域と Dioila 地域では、ラテライト質硬殻の鋳物組み合わせの詳細、さらに、現在形成中の新しいフェリクリートの分布の理解に有効であった。

フォールスカラー画像と比演算画像の写真地質学的判読の結果、計15のレゴリス単元が抽出された。被覆層として抽出されたレゴリスは、単元 al1, al2 (以上沖積層) と単元 cl1, cl2, cl3 および cl4 (以上崩積土) からなる。フェリクリートとして抽出されたレゴリスは、単元 fc である。ラテライト質硬殻として抽出されたレゴリスは、単元 du1, du2 および du3 からなる。ピソリス層として抽出されたレゴリスは、単元 ps1 と ps2 である。サブプロライトとして抽出されたレゴリスは、単元 sp1, sp2 および sp3 からなる。これらのレゴリス単元の中で、その分布面積が広く重要なものは、単元 al1, al2, cl2, cl4, fc, du1, du2, ps2 および sp2 であり、その概要を以下に示す。

単元 al1: R-G-B = 7-5-2 画像で暗緑色または帯緑暗灰色を呈する。Baoule 川や Banifing 川などの大河川の氾濫原堆積物に対比される。細砂とシルトからなる。Kokala 集落東方では、蛇行する Baoule 川のポイントバー堆積物(氾濫原堆積物の1種)として広く発達する。また、Djime 集落北方の Bnifing 川にも広く発達する。

単元 al2: R-G-B = 7-5-2 画像で黒色を呈する。幅 200~300m の河道沿いに堆積した最も新しい沖積層に対比される。細砂とシルトからなる。植生は密である。調査地全域の河道沿いに発達する。

単元 cl2: R-G-B = 7-5-2 画像で白色または淡緑色を呈する。丘陵の末端の緩斜面あるいは平坦面に堆積した崩積土に対比される。耕作地として利用されていることが多い。礫、砂およびシルトからなる。調査地全域に多数箇所認められる。

単元 cl4: R-G-B = 7-5-2 画像で帯紫灰色または帯ピンク灰色を呈する。サブロックが露出する円錐状山地の周縁に堆積した崩積土に対比される。サブロックの風化碎屑物から

なり、主に角礫とシルト質砂からなる。植生に乏しい。Siriba集落の北西2km, およびBouraba集落の4km周辺に広く認められる。

単元 fc: R-G-B = 7-5-2 画像で暗赤色, 帯紫赤色またはオレンジ色, R-G-B = 4-5-7 画像で青色または淡青色, R-G-B = 5/7-4/5-4/2 で暗褐色を呈する。丘陵斜面の末端の緩斜面に分布するフェリクリートに対比される。調査地全域に多数箇所認められる。

単元 du1: R-G-B = 7-5-2 画像で暗赤色, 帯紫赤色またはオレンジ色, R-G-B = 4-5-7 画像で青色または淡青色, R-G-B = 5/7-4/5-4/2 で暗褐色を呈する。台地頂部の平滑面または丘陵を覆うラテライト質硬殻に対比される。植生に乏しい。調査地全域に多数箇所認められる。ラテライト質硬殻は、現地性のラテライト質硬殻と異地性のフェリクリートからなる。衛星画像による両者の識別は不可能である。

単元 du2: 単元 du1 と同一のレゴリスであるが、植生が比較的密であることから、単元 du1 とは異なる多様な色調を示す。衛星画像判読から、本レゴリスをラテライト質硬殻として抽出することは困難である。しかし、侵食抵抗が極めて大きいことから、空中写真の判読で抽出することは容易である。本レゴリスは、Sirakoro 集落東方と Djime 集落の西方に多数認められる。

単元 ps2: R-G-B = 7-5-2 画像で暗緑色を呈する。植生が密であることが多く、特に密な箇所では、黒色を呈する。丘陵を覆うピソリス層に対比される。調査地全域に多数箇所認められる。

単元 sp2: R-G-B = 7-5-2 画像で帯青明紫色, R-G-B = 5/7-4/5-4/2 で帯黄明緑色を呈する。砂質片岩または花崗閃緑岩起源のサブロックが大規模に露出する円錐状山地, および低い丘陵に分布するサブロライトに対比される。一般に、植生に乏しい。調査地全域に多数箇所認められる。

Table 5-1 Regolith classification based on a satellite image interpretation

Regime	Symbol	Landform	Regolith	Color (RGB=7,5,2)	Color (RGB=4,5,7)	Color (RGB=5/7,4/5,4/2)	Resistance	Vegetation
Depositional	a2	River Channel	Alluvial sediments of silt and fine sand	Black	Red	White to light green	Very weak	Dense, bush
	a1	Floodout plain	Alluvial sediments of silt and fine sand	Dark green	Mixture of red and brown spots	Lilac	Very weak	Dense to intermediate
	cl4	Undulating plain around a cone shaped hill (or a mountain)	Colluvial sediments, mainly gravelic soil	Purple and pink, someplaces green	light brown and bluish light gray	Light purple to purple	Intermediate	Poor
	cl3	Gentle slope and flat plain, partly Floodout plain	Colluvial sediments of sand and silt	Black	Red	White	Weak	Dense, bush
	cl2	Gentle slope at hillside, valley, colluvial fan and flat plain	Colluvial sediments of gravel, sand and silt	White to light green	White, light gray to light brown	Light purple to dark purple	Weak	Frequently firm
	cl1	Gentle slope and flat plain	Colluvial sediments of gravel, sand and silt	Dark green	Light brown	Magenta	Weak	Rich to intermediate, frequently firm
	fc	Gentle slope at hillside and footslope	Ferricrete	Dark red, red, reddish purple and orange	Blue and pale blue	Reddish dark brown	Intermediate to strong	Poor to very poor
Residual, partly Depositional	du3	Backslope, plateau and hill	Ferruginous pisolitic duricrust, partly ferricrete	Black	Dark blue and red	Purple to lilac	Strong	Dense, bush
	du2	Backslope, plateau and hill	Ferruginous pisolitic duricrust, partly ferricrete	Dark green, mixture of greenish blue and dark red spots	Brown to reddish brown with small blue spots	Magenta with many white spots	Strong	Intermediate
	du1	Backslope, plateau and hill	Ferruginous pisolitic duricrust, partly ferricrete	Dark red, red, reddish purple, orange and greenish blue	Blue and pale blue	Reddish dark brown	Strong to very strong	Poor
	ps2	Rounded hill and steep slope including breakaway	Ferruginous pisolitic soil (unconsolidated duricrust, carapace)	Dark green, partly black	Greenish light brown to reddish light brown	Purple to lilac	Intermediate	Intermediate to dense
	ps1	Rounded hill	Ferruginous pisolitic soil (unconsolidated duricrust, carapace)	Bluish dark green	Reddish light brown	Purple to lilac	Intermediate to strong	Intermediate to poor
Erosional	sp3	Undulating low hill with aretes and lineaments parallel to schistosity	Saprolite covered by ferruginous pisolitic soil	Dark green, partly black, similar to the unit "Hps2"	Light brown	Purple to lilac	Intermediate	Intermediate to dense
	sp2	Cone shaped high hill, partly undulating low land	Fresh bedrock, partly saprolite covered by plasmic soil	bluish light purple	Light orange, yellowish orange and reddish light brown	Light green	Strong, partly weak	Poor, partly dense
	sp1	Cone shaped high hill, partly undulating low land	Fresh bedrock, partly saprolite covered by plasmic soil	Greenish dark gray	Light orange and reddish light brown	Lilac to purple	Intermediate to strong	Dense

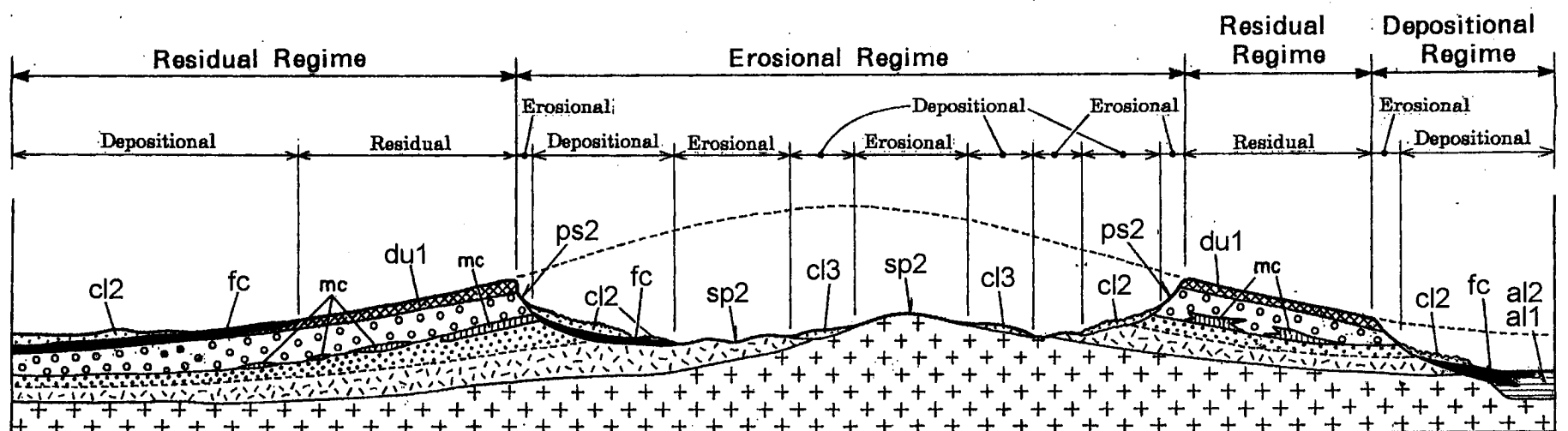
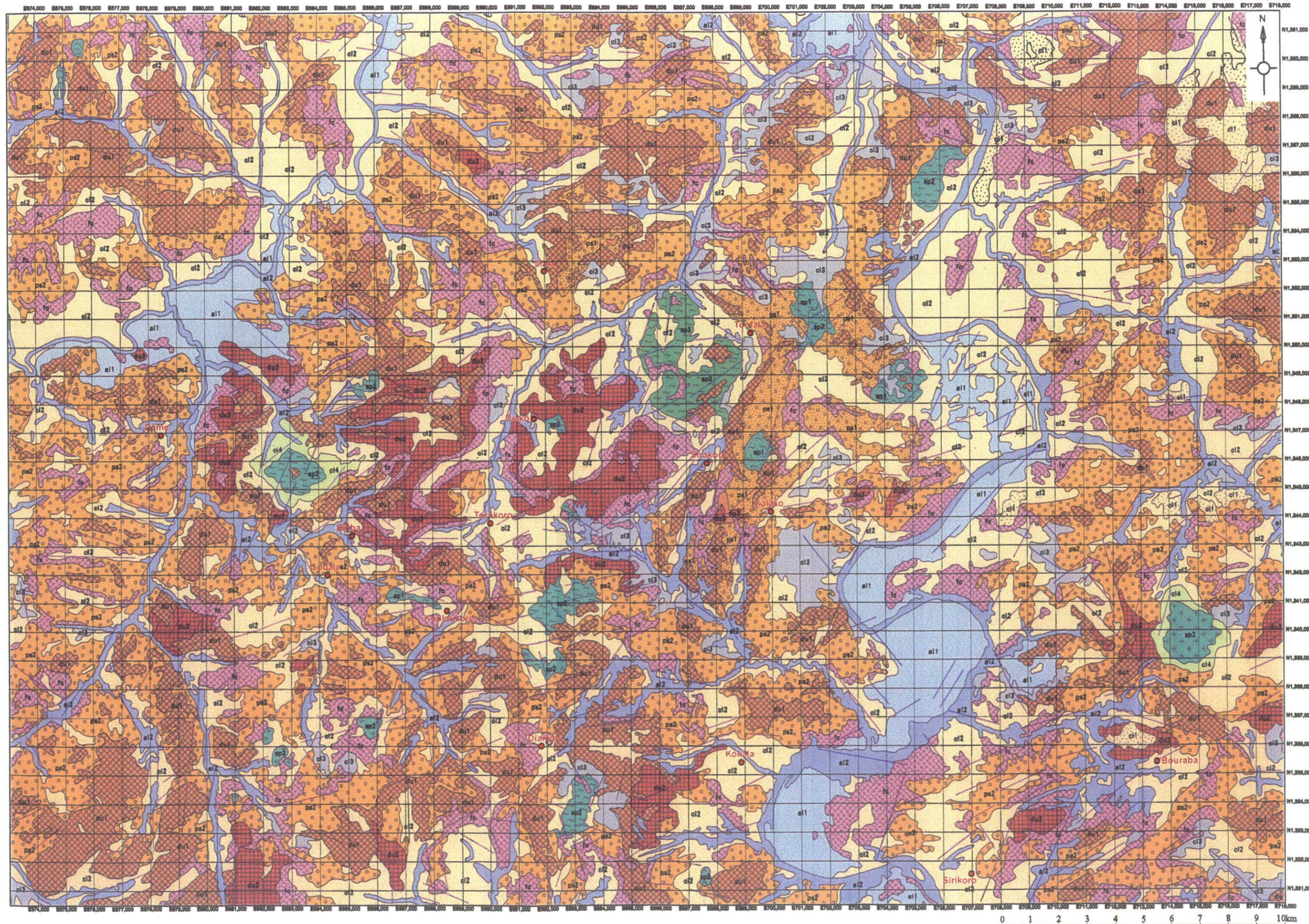


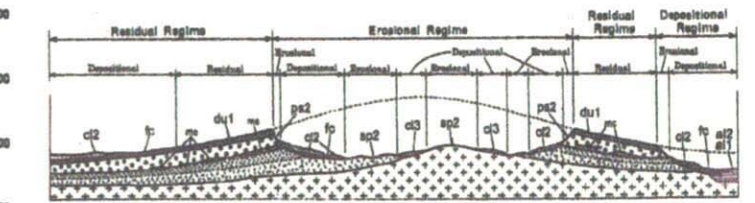
Fig.5-1 Regolith profile based on a satellite image interpretation in the Baoule-Banifing Area

a1,a2: Alluvium and Colluvium on a flat plain, cl2: Colluvium on a flat plain and gentle slope, cl3: Colluvium around a cone shaped hill, fc: Ferricrete on a gentle slope, du1: Duricrust (mainly residual duricrust, partly ferricrete) on a backslope and mesa, ps2: Ferruginous pisolitic soil on a rounded hill and steep slope, sp2: Plasmic soil and saprolite on a undulating plain and cone shaped hill



Legend

Regime	Symbol	Landform	Regolith	Color (RGB*7.5,2)	Color (RGB*97.4/5,4/2)
Depositional	a12	River Channel	Alluvial sediments of silt and fine sand	Black	White to light green
	a11	Floodplain	Alluvial sediments of silt and fine sand	Dark green	Lilac
	cl4	Undulating plain around a cone shaped hill (or a mountain)	Colluvial sediments, mainly gravelly soil	Purple and pink, someplaces green	Light purple to purple
	cl3	Gentle slope and flat plain, partly Floodplain	Colluvial sediments of sand and silt	Black	White
	cl2	Gentle slope at hillside, valley, colluvial fan and flat plain	Colluvial sediments of gravel, sand and silt	White to light green	Light purple to dark purple
	cl1	Gentle slope and flat plain	Colluvial sediments of gravel, sand and silt	Dark green	Magenta
	fc	Gentle slope at hillside and footslope	Ferricrete	Dark red, red, reddish purple and orange	Reddish dark brown
Residual, partly Depositional	du3	Backslope, plateau and hill	Feruginous pisolitic duricrust, partly ferricrete	Black	Purple to lilac
	du2	Backslope, plateau and hill	Feruginous pisolitic duricrust, partly ferricrete	Dark green, mixture of greenish blue and dark red spots	Magenta with many white spots
	du1	Backslope, plateau and hill	Feruginous pisolitic duricrust, partly ferricrete	Dark red, red, reddish purple, orange and greenish blue	Reddish dark brown
	ps2	Rounded hill and steep slope including breakaway	Feruginous pisolitic soil (unconsolidated duricrust, casapene)	Dark green, partly black	Purple to lilac
	ps1	Rounded hill	Feruginous pisolitic soil (unconsolidated duricrust, casapene)	Bluish dark green	Purple to lilac
Erosional	sp3	Undulating low hill with crevices and lineaments	Sepiolite covered by feruginous pisolitic soil	Dark green, partly black, similar to the unit "sp2"	Purple to lilac
	sp2	Cone shaped high hill, partly undulating low land	Fresh bedrock, partly sepiolite covered by plasmic soil	bluish light purple	Light green
	sp1	Cone shaped high hill, partly undulating low land	Fresh bedrock, partly sepiolite covered by plasmic soil	Greenish dark gray	Lilac to purple
	▲ ▲	Dolerite and gabbro			
	++	Granodiorite and tonalite			
	~ ~	Feltic schist and psammitic schist			



Regolith profile based on a satellite image interpretation in the Bouraba-Sirikoro Area

Fig.5-2 Regolith map based on a satellite image interpretation in the Tonfara-Bouraba Area

5-2 空中写真判読および地表踏査結果

空中写真の判読には、縮尺 1:30,000 の計 120 枚の白黒空中写真が利用された。空中写真の判読は、侵食抵抗の相違によるレゴリス区分が可能であること、被覆層の堆積形状を観察できること、接峰面から古地形を推定できるなどの利点がある。本調査で特に留意した点は、各レゴリスの侵食抵抗と微水系パターンの特徴、ラテライト台地の形状（特に頂部平滑面の傾斜と比高）、斜面末端部と平坦地における被覆層の分布、斜面中腹における被覆層の分布、ブレイク・アウェイの分布、古地形（特に古期丘陵）の復元、および地形発達史の理解からなる 7 点である。

空中写真判読と地表踏査により、最終的に計 15 のレゴリス単元が抽出された。レゴリス単元とレゴリス地形は、Eggleton, R. A. (2001)と Arnold, R. R. (1998)による区分に基づいて記述した。

レゴリス単元の記号は、アルファベットの大文字と小文字の組み合わせからなり、大文字が地形を、小文字がレゴリス種を示す。したがって、記号を見れば、地形とレゴリスの双方が理解できる。例えば、レゴリス単元”Bdu”の”B”はバック・スロープ (back slope) を、”du”はラテライト質硬殻 (duricrust) を意味する。すなわち、「バック・スロープに分布するラテライト質硬殻」という意味である。以下に、地形とレゴリスの記号の凡例を示す。

B: back slope

F: flat plain

GS: gentle slope

HC: cone shaped hill

HF: horizontal flat top

HR: rounded hill

HU: undulating low hill

P: plateau

SS: steep slope

U: undulating plain (以上が地形)

al: alluvial sediments

cl: colluvial sediments

du: duricrust

ps: pisolitic layer

rk: saprock

sp: saprolite (以上がレゴリス)

被覆層として抽出されたレゴリスは、単元 Fal, Fal-cl (以上沖積層)と単元 Fcl, GScl および HCcl (以上崩積土)である。丘陵斜面末端のフェリクリートとして抽出されたレゴリスは、単元 GSdu である。ラテライト質硬殻として抽出されたレゴリスは、単元 Bdu,

Pdu, HRdu および HF である。ピソリス層として抽出されたレゴリスは、単元 SSps と HRps である。サブロイトまたはサブロックとして抽出されたレゴリスは、単元 Usp, HUsp および HCrk である。各レゴリス単元の特徴を以下に示す。

(1) 被覆層 (単元 Fal, Fal-cl, Fcl, GScl および HCcl)

単元 Fal と単元 Fal-cl は沖積層である。単元 Fal は、Baoule 川の氾濫原堆積物であり、単元 Fal-cl は、現在の谷床に分布する河川堆積物である。両単元共に細砂とシルトからなる。いずれも遠方から運搬された堆積物であり、その供給源は特定できない。

単元 Fcl, GScl および HCcl は崩積土である。単元 Fcl は小河川の谷頭に堆積した崩積土である。雨季の流水により再移動・再堆積し、平坦面を形成する。ピソリスとノジュールを少量含む砂からなる。移動距離は小さく、供給源の特定は容易である。単元 GScl は、丘陵の末端の緩斜面や急崖の直下に堆積した崩積土である。ピソリスとノジュールを少量含むシルト質砂からなる。流水が関与せず、重力のみで移動したことから、供給源の特定は単元 Fcl よりさらに容易である。単元 HCcl は、サブロックからなる円錐状山体 (単元 HCrk) の周囲に堆積した崩積土である。多量の岩屑を含むシルト質砂からなる。

(2) 丘陵斜面末端や低地のフェリクリート (単元 GSdu)

単元 GSdu は、現世の斜面末端部や低地に形成されたフェリクリートである。ピソリスとノジュールを多量に含む。固結度は、台地上のラテライト質硬殻に比べて弱い。空中写真と地表踏査により、単元 GSdu を抽出することは困難である。実際の作業では、比演算画像を補助的に利用することによって、本単元を効率的に抽出した。

(3) ラテライト質硬殻 (単元 Bdu, Pdu, HRdu および HF)

緩傾斜もしくはほぼ水平な平滑面を頂部に有する台地は、ラテライト質硬殻 (duricrust) に広く覆われる。空中写真の判読結果により、ラテライト形成時の古地形を推定した結果、緩傾斜の平滑面の多くは古期丘陵の中腹から末端で形成されたものと解釈された。

緩傾斜の平滑面に分布するラテライト質硬殻を単元 Bdu と呼称する。水平な平滑面に分布するラテライト質硬殻を単元 Pdu と呼称する。また、丸みをおびた丘陵の表層を亀の甲羅のように覆うラテライト質硬殻を単元 HRdu と呼称する。これらのラテライト質硬殻は、いずれも多量のピソリスとノジュールを含み、基質は鉄・アルミニウムの水酸化物や酸化物により強く固結している。

地化学異常の検討の際には、Pdu と Bdu がラテライト質残留層に属するのか、フェリクリートに属するのかを決定する必要がある。実際には、周囲の古地形を推定して決定する。一般的に言えば、周囲の丘陵に比べて十分に比高の高い Pdu と Bdu はラテライト質残留層と解釈されることが多い。美しい平坦面が発達し、比高の低い Pdu と Bdu は、古期丘陵の末端で形成されたフェリクリートと解釈されることが多い。

単元 HRdu は特異なレゴリスである。地形的特長は単元 Pdu と同一である。侵食抵抗が大きいことから、台地がラテライト質硬殻に覆われていることは確実である。しかし、地表に砂質土壌が厚く（おそらく厚さ数 10cm～100cm）堆積している点で単元 Pdu とは異なる。この砂質土壌は、古期の崩積土または段丘堆積物であるものと推定される。本単元では土壌地化学探査は実施されていないが、今後実施する場合には、土壌試料が砂質土壌であるのか、その下位のラテライト質硬殻であるのかを明確に記載する必要がある。

(4) ピソリス層（単元 SSps, HRps）

Baoule-Banifing 地域とその周辺地域のピットの観察結果によれば、ラテライト質硬殻の下位では次第に基質の固結度が弱くなる。さらに下位では、粘土鉱物の増加と共にピソリスとノジュールの減少が認められ、最終的には斑紋粘土に漸移する。ラテライト質硬殻と斑紋粘土の中間に位置し、ピソリスとノジュールに富む風化層準を、本報告書ではピソリス層（pisolitic layer）と呼称する。ピソリス層は、Tardy (1993)によるカラパス（carapace）、および JICA/MMAJ(1999)による硬質カラパス（hard carapace）・軟質カラパス（soft carapace）と同義である。このレゴリス名に地形要素を加味し、丸みをおびた丘陵を覆うピソリス層を単元 HRps と呼称し、急傾斜地に露出するピソリス層を単元 SSps と呼称する。Aleva (1994)や Eggleton (2001)の呼称するラテライト質礫層（lateritic gravel）は、本報告書では緩斜面の碎屑物の一種として単元 GScl に含めている。

(5) サプロライトおよびサブロック（単元 Usp, HUsp および HCrk）

サプロライトからなる単元 Usp は波状に起伏する低地に露出するサプロライトである。岩相は、Birimian 累層群の砂質片岩が大半を占める。

単元 HUsp は、痩せ尾根が多数発達する丘陵に分布するサプロライトである。痩せ尾根とこれに平行する谷は、北西-南東方向の明瞭なリニアメントを示す。地表踏査結果によれば、表層はピソリス層に広く覆われている。しかし、明瞭なリニアメントが発達していることから、ピソリス層は非常に薄いものと推定される。一部の転石から判断すれば、サプロライトの原岩は砂質片岩からなる。

単元 HCrk は円錐状山体を形成するサブロックからなる。岩相は Birimian 累層群の砂質片岩（一部泥質片岩）、原生代前期に貫入した花崗閃緑岩、および中生代前期から中期に貫入したドレライト（一部はんれい岩）からなる。

Table 5-2 Regolith classification based on an air-photo interpretation and a field survey

Regime	Symbol	Landform	Regolith	Lag	Resistance	Texture	Vegetation
Depositional	Fal	Floodout plain along the Baoule River	Alluvial sediments of silt and fine sand		Very weak	Very fine	Intermediate to dense, bush
	Fal-cl	Flood plain, valley and fan	Alluvial sediments and colluvial sediments, mainly silt and fine sand	Floats of fresh rock	Very weak	Very fine to fine	Intermediate to dense, frequently firm
	Fcl	Gentle slope, fan and flat plain	Colluvial sediments and sheet flow sediments, mainly pebbly sand	Floats of fresh rock	Very weak	Intermediate	Intermediate, frequently firm
	GScI	Depositional gentle slope including pediment and colluvial fan	Colluvial sediments, mainly pisolitic sand	Pisoliths	Weak	Rough	Dense
	HCcl	Undulating plain around a cone shaped high hills (or a mountains)	Colluvial sediments, mainly gravelic soil	Many floats of bedrock	Intermediate	Intermediate	Poor
	GSdu	Depositional gentle slope around a hill or a plateau	Ferruginous duricrust, ferricrete	Duricrust boulders, nodules and pisoliths	Intermediate	Fine	Very poor
	HF	Horizontal flat top on a plateau, or filltop terrace	Ferruginous pisolitic duricrust covered by sand and silt	Minor boulders of duricrust	Strong	Rough	Rich to intermediate
Residual and/or Depositional	Bdu	Backslope	Ferruginous pisolitic duricrust	Duricrust boulders, nodules and pisoliths	Very strong	Very fine	Poor
Residual	Pdu	Horizontal flat top on a mesa-shaped plateau	Ferruginous pisolitic duricrust	Duricrust boulders, nodules and pisoliths	Very strong	Very fine	Poor
	HRdu	Rounded hill	Ferruginous pisolitic duricrust	Duricrust boulders, nodules and pisoliths	Intermediate	Fine to intermediate	Poor
Residual and/or Erosional	HRps	Rounded hill	Ferruginous, pisolitic and nodular soil (unconsolidated duricrust, carapace)	Nodules and pisoliths with minor boulders of duricrust	Intermediate	Rough	Dense
Erosional	SSps	Steep slope including breakaway	Ferruginous, pisolitic and nodular soil (unconsolidated duricrust, carapace)	Nodules, pisoliths and duricrust boulders	Intermediate	Intermediate	Intermediate to poor
	Usp	Undulating low land with many streams	Saprolite covered by plasmic soil	Floats of Saprock	Weak	Rough	Dense
	HUsp	Undulating low hill with many aretes and lineaments parallel to schistosity	Saprolite covered by ferruginous pisolitic soil	Floats of Saprock	Strong	Rough	Dense
	HCrk	Cone shaped high hill or mountain	Bedrock (schist and granodiorite)	Many floats of bedrock	Strong	Intermediate	Poor

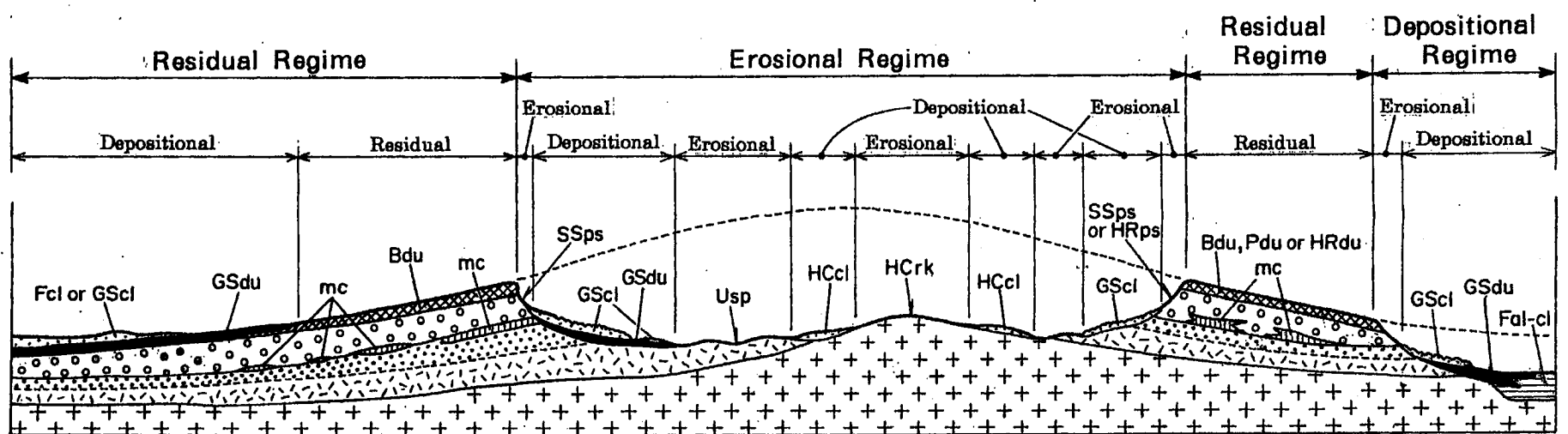
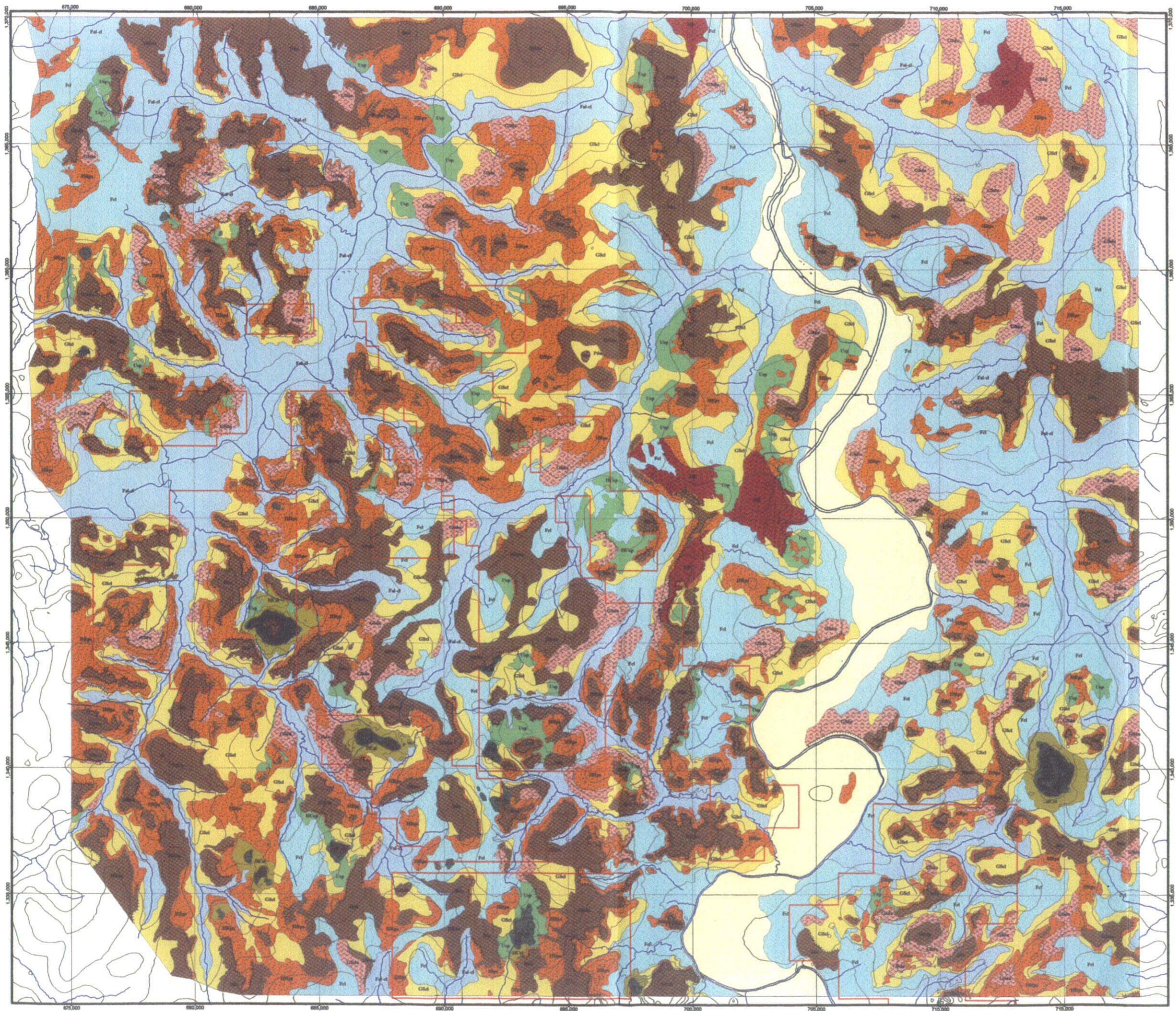


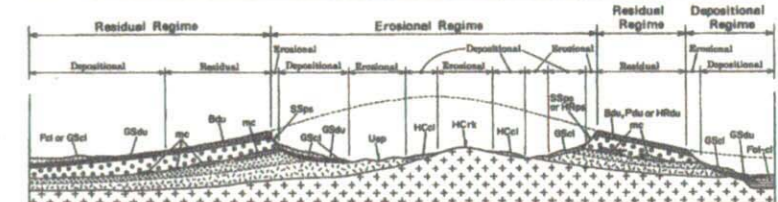
Fig.5-3 Schematic section of a regolith field in the Baoule-Banifing Area

Fal-cl: Alluvium and Colluvium on a flat plain, Fcl: Colluvium on a flat plain, GScI: Colluvium on a gentle slope (hillside), HCcl: Colluvium around a cone shaped hill, GSdu: Ferricrete on a gentle slope, Bdu: Duricrust (mainly residual duricrust, partly ferricrete) on a backslope, Pdu: Residual duricrust on a mesa, HRdu: Residual duricrust on a rounded hill, HRps: Ferruginous pisolitic soil on a rounded hill, SSps: Ferruginous pisolitic soil on a steep slope (mainly breakaway), Usp: Plasmic soil and saprolite on a undulating plain, HCrk: Exposed bedrock at a cone shaped hill



Legend

Regime	Symbol	Location	Regolith	Log	Resistance	Texture	Vegetation
Depositional	Fal	Washed plain along the Bouraba River	Alluvial sediments of silt and fine sand		Very weak	Very fine	Intermediate to dense, bush
	Fal-d	Washed plain, valley and fan	Alluvial sediments and suballuvial sediments, mainly silt and fine sand	Plank of fresh rock	Very weak	Very fine to fine	Intermediate to dense, bushy grass
	Fd	Steep slope, fan and flat plain	Colluvial sediments and sheet flow sediments, mainly pebbly sand	Plank of fresh rock	Very weak	Intermediate	Intermediate, bushy grass
	GSc	Depositional gentle slope including pediment and suballuvial fan	Colluvial sediments, mainly plastic sand	Plastic	Weak	Stagn	Dense
	HSc	Undulating plain around a cone shaped high hills (or a mountain)	Colluvial sediments, mainly granitic soil	Many beds of bedrock	Intermediate	Intermediate	Poor
Residual and/or Depositional	GScd	Depositional gentle slope around a hill or a plateau	Ferroglimme, plastic, duricrust	Duricrust bedrock, nodules and plastic	Intermediate	Flow	Very poor
	Pdz	Horizontal flat top on a plateau, or filling terrace	Ferroglimme plastic duricrust covered by sand and silt	Many bedrock of duricrust covered by sand and silt	Strong	Stagn	Rich to intermediate
	Bd	Backslope	Ferroglimme plastic duricrust and plastic	Duricrust bedrock, nodules and plastic	Very strong	Very fine	Poor
Residual	HScd	Horizontal flat top on a cone shaped plateau	Ferroglimme plastic duricrust and plastic	Duricrust bedrock, nodules and plastic	Very strong	Very fine	Poor
	Bd	Exposed hill	Ferroglimme plastic duricrust	Duricrust bedrock, nodules and plastic	Intermediate	Rich to intermediate	Poor
Residual and/or Residual	HScp	Rounded hill	Ferroglimme, plastic and nodular soil (non-mottled duricrust, concretion)	Nodules and plastic with above bedrock of duricrust	Intermediate	Stagn	Dense
	HScp	Steep slope including back-slope	Ferroglimme, plastic and nodular soil (non-mottled duricrust, concretion)	Nodules, plastic and duricrust bedrock	Intermediate	Intermediate	Intermediate to poor
Residual	Usp	Undulating low hill with steep stream	Deposits covered by plastic soil	Plank of Sigeonit	Weak	Stagn	Dense
	HScp	Undulating low hill with many water and limestone patches or suballuvial	Deposits covered by ferroglimme plastic soil	Plank of Sigeonit	Strong	Stagn	Dense
Residual	HScp	Steep slope high hill or mountain	Bedrock (plastic and greenstone)	Many beds of bedrock	Strong	Intermediate	Poor



Fal-d: Alluvium and Colluvium on a flat plain, Fd: Colluvium on a flat plain, GSc: Colluvium on a gentle slope (Millside), HSc: Colluvium around a cone shaped hill, GScd: Ferricrete on a gentle slope, Bd: Duricrust (mainly residual duricrust, partly Ferricrete) on a back-slope, Pdz: Residual duricrust on a mesa, HScp: Residual duricrust on a rounded hill, HScp: Ferruginous plastic soil on a rounded hill, Sigeonit: Ferruginous plastic soil on a steep slope (mainly back-slope), Usp: Plastic soil and spherule on an undulating plain, HCr: Exposed bedrock at a cone shaped hill

SCALE 1:150,000

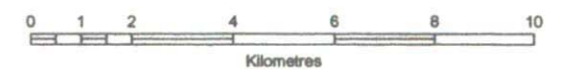


Fig.5-4 Regolith map based on an air-photo interpretation and a field survey in the Tonfara-Bouraba Area

第6章 ピットおよびオーガーボーリングによるレゴリス調査

6-1 ピット調査

第1,2年次調査で抽出された有望地区を対象に，地下浅部におけるレゴリスの性状を把握することを目的としてピット調査を行った。対象地区は Torokoro, Sirikoro, Kalako, Banifing-Baoule および Dioila の5地区である(Fig.6-1)。

6-1-1 調査方法

Torokoro, Sirikoro および Kalako の3地区においてはオーガーボーリング(第4章)の測線沿いに，Banifing-Baoule 地区と Dioila 地区の2地区では地化学異常全体をカバーできる箇所に掘削地点を選定した。掘削深度は作業上の安全を確保するため5mとした。

各ピットにおいては，ピット壁面を詳細に観察してレゴリスの性状を記載するとともにレゴリス層準ごとにチャンネル試料採取し，全量粉碎後，縮分して分析に供した。分析方法，分析成分は地化学探査で行った方法と同様である。

6-1-2 調査結果

以下に本地域の代表的なレゴリスが発達する Torokoro 地区と Sirikoro 地区においてレゴリスの性状を記載する。

(1) Torokoro 地区

- 1) 地形：ピット測線主体部のピット断面を Fig.6-2 に示す。本断面地区の地形は大局的に東から西に緩く傾斜した形状を示し，中央部が船底状の凹地となっているため西部と東部がやや突出した小丘となっている。
- 2) レゴリス：下位からサプロライト，斑紋帯，ラテライト硬殻，崩積土および表土に区分される。サプロライトは灰褐色ないし褐灰色を示し，均質・塊状の場合と片岩の片理構造を残存する場合もある。ピット T-9 の壁面ではよく発達した片理状構造に沿いちりめん状の構造が認められたため，ここは断層破碎帯が発達していると判断した。地区東部の数箇所のピットでは，灰褐色の基地中に白色粘土鉱物の粒状組織が認められる。この白色粘土鉱物は形状から斜長石の仮像と考えられ，火山岩起源のサプロライトと判断した。サプロライト層準は西方に順次沈み込む形状を示し，断面線西半部では本層準を確認できない。サプロライトから上位に次第に灰褐色の木地中に白色の斑点が多く含まれるようになり，斑紋帯に入る。斑紋帯は帯黄淡灰色，淡灰褐色などを呈する。白色斑紋は通常数mm～数cmの粒径を示すが，まれに人頭大の不規則形を示す場合がある。斑紋帯内のピソリス量が上位にしないで増加して赤褐色を呈するようになり，同時にレゴリスも硬質となりラテライト硬殻に入る。ラテライト硬殻は赤褐色，暗褐色などを呈し，粒径数mm～2cmほどのピソリス，ノジュールが密集した産状を示し*，部分的に淡黄褐色のカオリナイトが付着した空隙が発達する。斑紋帯との

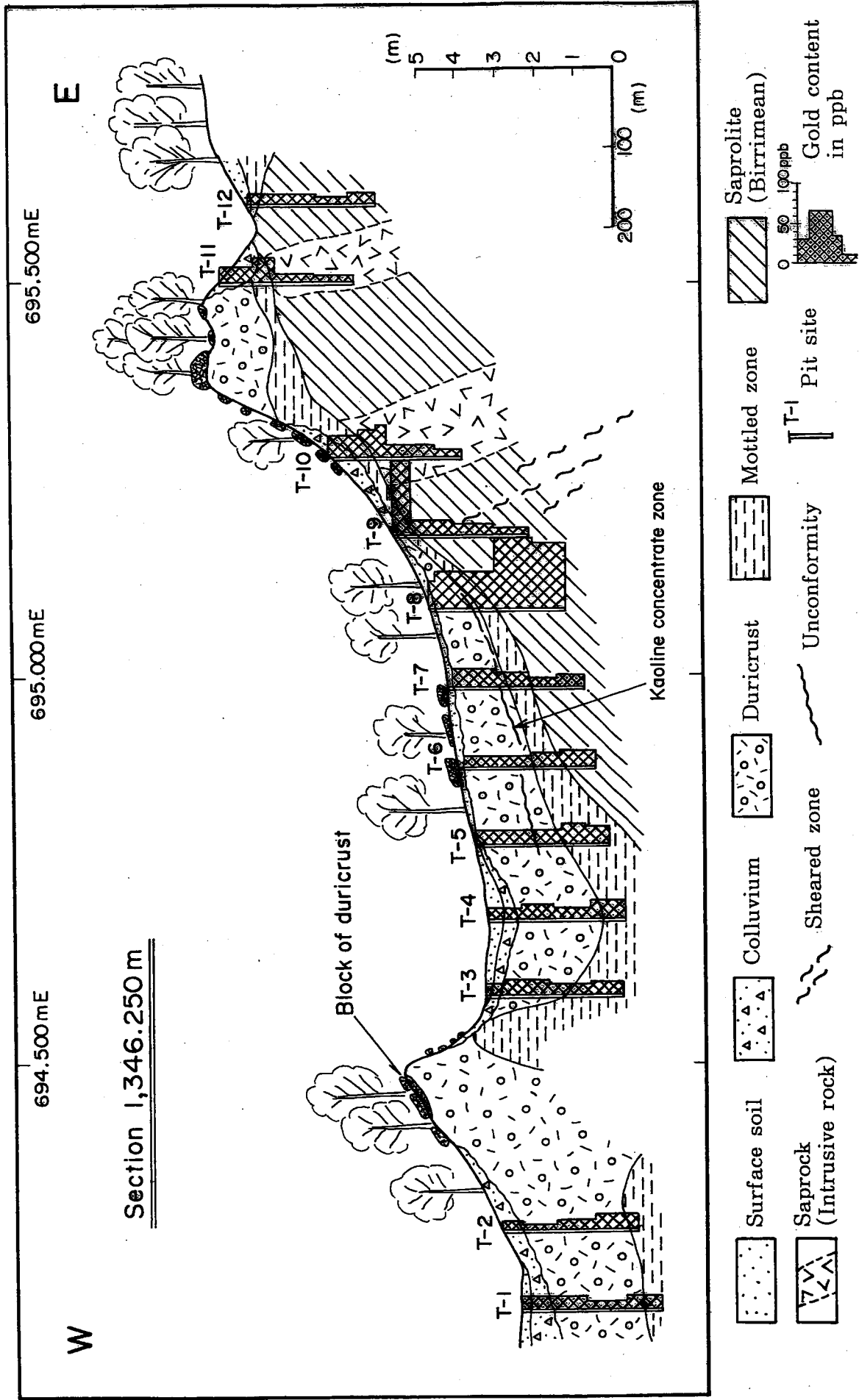


Fig.6-2 Pit regolith profile and distribution of Au in section 1,346250

境界付近内において厚さ数センチメートルの波状を示すカオリナイト濃集部が水平に分布する場合がある。マリ人技術者によればフランスの研究者はこれを水流の跡と解釈している。

以上の各レゴリス層準は色調、レゴリス組織とも常に漸移し、肉眼観察による限り整合関係にあると判断できるためこのレゴリス層はいわゆるレゴリス残留層と考えられる。ところが地表部または地表付近のラテライト硬殻には異質岩片を含むものや成層構造等の堆積構造が認められるものがある。これらは堆積性レゴリスの特徴であり、ピット内の観察結果と矛盾する。レゴリスが残存性のものかあるいは堆積性のものかを識別することは地化学探査の結果の解釈に重要であるが、上でみたように地表踏査では限界がある。本調査ではこの識別を主に古地形を復元することよりおこなっている(第5章参考)。ラテライト質の上位にはそれを不整合に覆い、30~90cmの厚さを示す崩積土及び沖積層が分布する。

- 3) 金分析結果：低地から小丘へ移行する地形の変換部に位置するピット T-8 のサブロライト中とその東隣の T-9 の斑紋帯において 100ppb 以上の金濃集部を捕捉した。T-9 付近には断層が分布すると考えられ、また、T-9 の東方 100m 付近には貫入岩が分布する。したがって、この地形変換部は幅広い断層破碎帯に対応すると考えられ、金濃集部は断層破碎帯によりもたらされたものと判断される。このほかのピットからの試料の品位はほとんどが 30ppb 以下で、金濃集部を捕捉できなかった。

(2) Sirikoro 地区

本地区においては B 測線と C 測線の 2 測線を対象に 27 孔のピット調査を実施した。以下に典型的なレゴリスが発達する C 測線沿いのピット内のレゴリスを記載する。Fig.6-3 にピット断面を示す。

- 1) 地形：C 断面線の西半部の地下には花崗岩類が広く分布し、Torokoro 地区とは源岩が異なる。しかし、全体的な地形は Torokoro 地区に酷似しており、大局的に東から西に向けて緩く傾斜し、中央部が船底状の凹地、西部と東部がやや突出した小丘となっている。
- 2) レゴリス：レゴリス層序も Torokoro 地区と類似しており、下位からサブロライト、斑紋帯、ラテライト硬殻、フェリクリート、暗灰色有機物含有堆積物、赤色土壌、崩積土および表土に区分される。片岩を源岩としたサブロライトは灰褐色ないし淡緑灰色などを示し、概して片理構造をよく残存する。花崗岩類を源岩としたものは赤褐色を示し、石英片を特徴的に含む。サブロライトから上位に次第に灰褐色の木地中に白色の斑点が多く含まれるようになり、斑紋帯に入る。本地区の斑紋帯にはその中部に拳大の不規則な形状を示すカオリナイト粘土の濃集部、いわゆるメガ斑紋帯層準が発達する。このメガ斑紋帯層準は上位に斑紋帯に漸移し、されに上位のラテライト硬殻に入る。ラテライト硬殻は赤褐色を呈し、ピソリスが密集する。ラテライト硬殻の上位には所々にフェリクリートが発達している。ピット T-61 ではラテライト硬殻に不整合

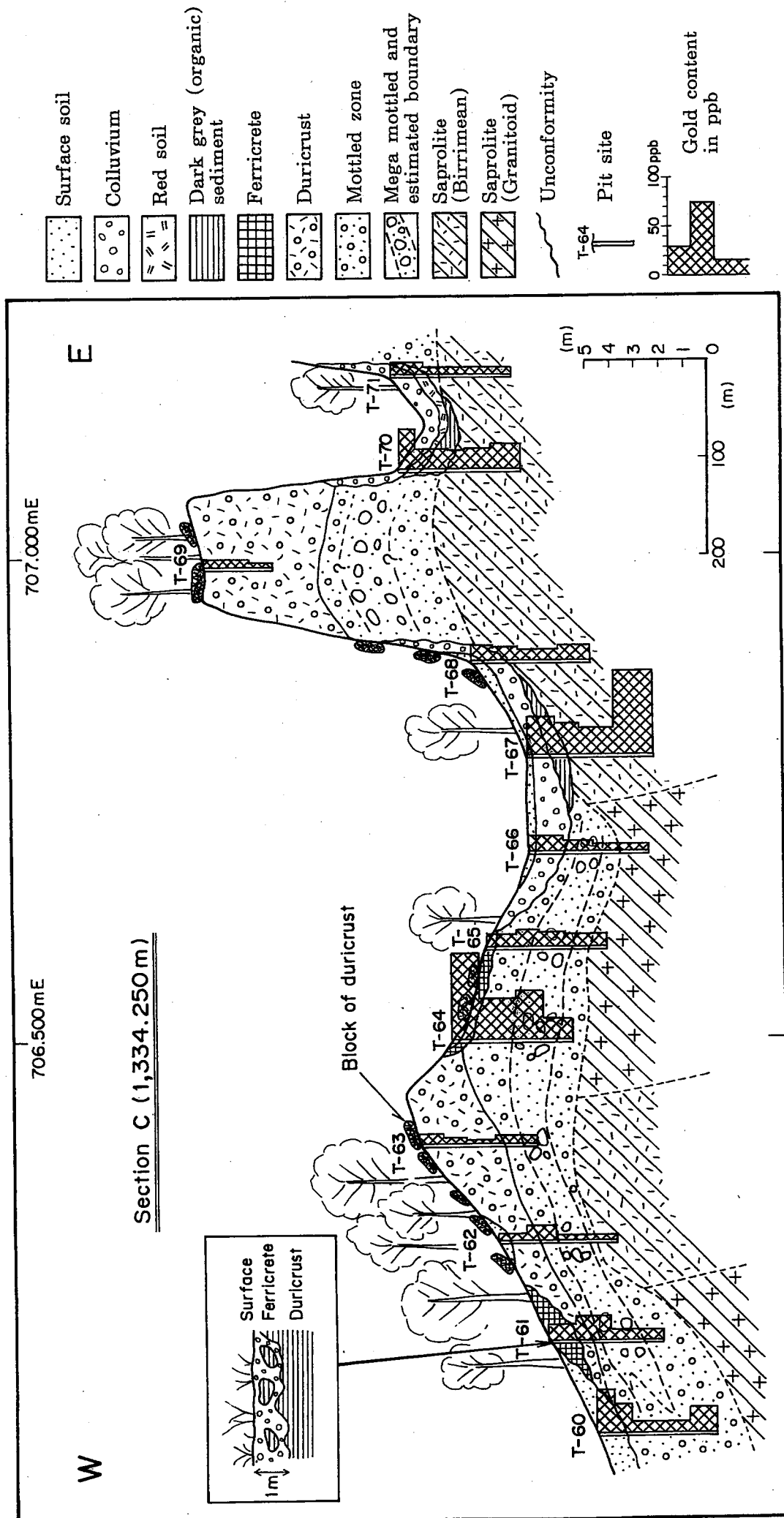


Fig.6-3 Pit regolith profile and distribution of Au in section 1,334,250

で被覆するフェリクリートを見出した(Fig.)。ここではラテライト硬殻と上位のフェリクリートが著しい凹凸面で接し、フェリクリート内には人頭大のラテライト硬殻礫を含んでおり、明瞭な不整合関係にあると判断できる。ラテライト硬殻あるいはフェリクリートの上位には暗灰色有機物含有堆積物、赤色土壌、崩積土および表土が分布する。これらの全体の厚さは約1メートルで、各レゴリスは不整合関係にある。

- 3) 金分析結果:T-67のサブロライト帯とピット T-64 の崩積土中において 90ppb 以上の金濃集部を捕捉した。そのほかはほとんどが 30ppb 以下と低品位であった。T-67 付近は花崗岩類と Birrimien 累層群の境界部不付近にあり、また低地から小丘へ移行する地形の変換部にあたる。Birrimien 累層群と花崗岩類はしばしば断層関係にあるため、Torokoro 地区の金濃集部と同様に断層破碎帯中に生じた鉍化作用を反映していると考えられる。ピット T-64 の金濃集部は崩積土中にあるための、その起源は不明である。本断面の北側断面で掘削した Sp.80 のラテライト硬殻中で 184ppb の金濃集部を捕捉している。このピットは T-67 と同様に地形の変換部にあり、断層破碎帯中に濃集した金鉍化作用を反映している可能性のあるが、詳細は不明である。

(3) Kalako 地区

Kalako 部落南方の低地の1測線沿いに100m~200m間隔で調査を行った。

地下のレゴリスの性状は Torokoro 地区とほとんど同じであるが、地表部のラテライト硬殻の発達概して弱く、多くのピットにおいて地表下数 m 深でサブロライトまたはサブロックがあらわれている。

測線東部で掘削した T-51 で、サブロライトの 1m 区間において 216ppb Au と金濃集部を捕捉した。本箇所周辺ではオーガーボーリングも実施されていないことから有望性確認のための深部調査が必要である。そのほかのピット試料は大部分の試料が 30ppb Au 以下であった。

(4) Banifing-Baoule と Dioila 地区

Banifing-Baoule 地区は地元民による多数の旧ピット群があり、また、JICA/MMAJ(2001)でも一部の箇所地化学異常が抽出された地区である。今回7孔のピットを掘削した。ピットに見られるレゴリスは他地区と同様であった。また、金濃度もすべて低品位であった。

Dioila 地区は環境調査(JICA/MMAJ)により広い地化学異常が抽出された地区である。この地化学異常全域をカバーして17孔のピットを掘削した。ここにおいてもレゴリスの性状は他地区のものと同様であり、金濃集部も捕捉できなかった。

6-2 オーガーによるレゴリス調査

6-2-1 概要

レゴリスの性状を記載すること並びにレゴリス中の各種元素の挙動を把握して金鉱床探査の指示元素を抽出することを目的として、Torokoro, Sirikoro, Kalako 及び Batouba 地区を対象にして 129 孔、総掘進長 2,400m のオーガーボーリング調査を実施した。掘削位置図を Fig.6-4 に示す。

6-2-2 調査方法

レゴリスの産状を記載するために、各孔の掘削現場においてスライムの観察を行った。スライムの色調、鉱物組成、岩片の特徴・量などを記載するとともに、記載内容をピット調査の結果や地表に分布するレゴリスの産状とあわせて検討して、スライムをサブロック、サブロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土に区分した。同時に深度 1 m ごとにスライムを 2~3kg に縮分して金および ICP 分析に供した。

6-2-3 調査結果

レゴリスの性状やレゴリス中の元素分布を把握するために各レゴリス柱状図を対比してレゴリス断面図を作成するとともに元素濃度(Au)プロファイル(Ap.2)を作成した。この結果を解析して、レゴリス中に胚胎する金鉱化帯探査の指示元素を検討した。以下に金濃集部が捕捉された Torokoro と Sirikoro 地区の各 1 断面を主対象にして記載・解析を行う。

(1) Torokoro 地区

測線周辺のレゴリス図を Au 地化学異常図とともに Fig.6-5 に示す。本地区の地形は地区中央部において NNE-SSW 方向に伸びる丘陵地とその周囲の低地から構成される。レゴリスと地形によく対応し、丘陵地にはラテライト質硬殻が、その周囲の低地には沖積層と崩積土が広く分布する。また、丘陵地と低地の境界部にはフェリクリートが、オーガー測線東端部にサブロライトが、その南側には塩基性貫入岩のサブロックが小規模な分布を示す。

本地区には、NNE-SSW 系と NW-SE のトレンドを示す Au 地化学異常が JICA/MMAJ (2000)により捕捉されている。この二つのトレンドは衛星写真から抽出されたリニアメントやピット調査で捕捉された断層の方向性と調和的である。

1) 地下のレゴリスの分布

測線主体部のレゴリス断面図を Fig.6-5 に示す。本地区のレゴリスは下位からサブロック、サブロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土に区分される。各レゴリス間の関係は明らかではないが、採取されたスライムの色調が深度方向に漸移的に変化することから整合関係にあるように見える。

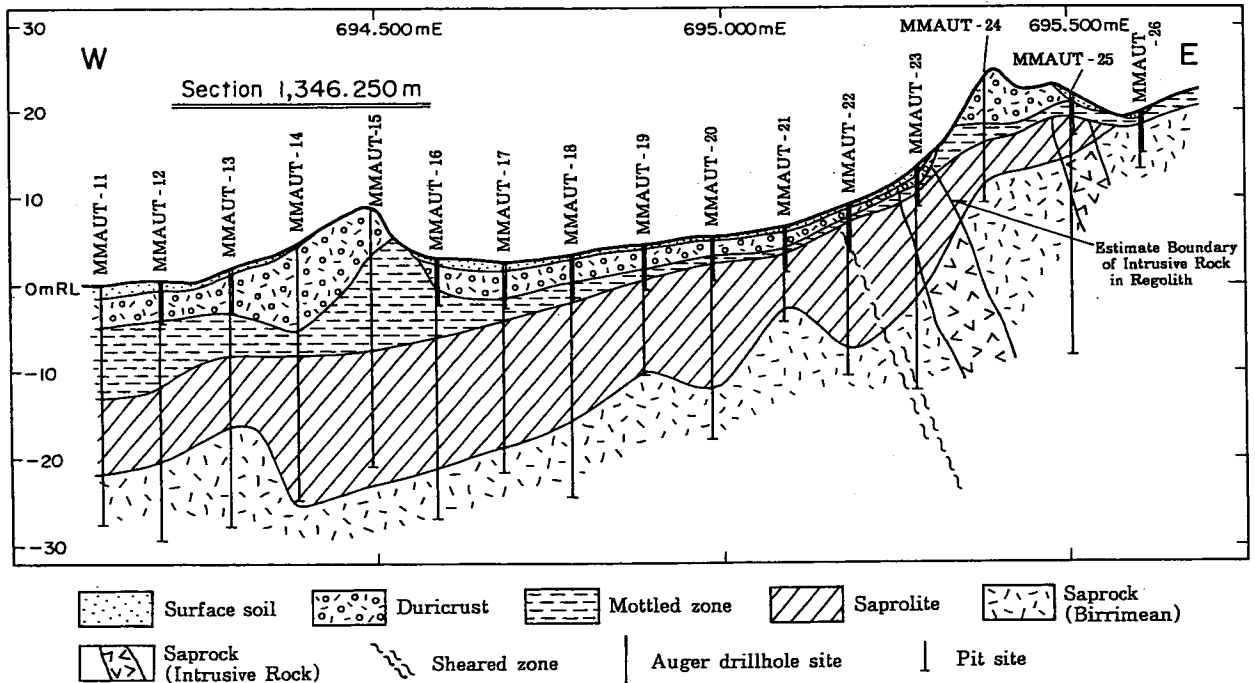
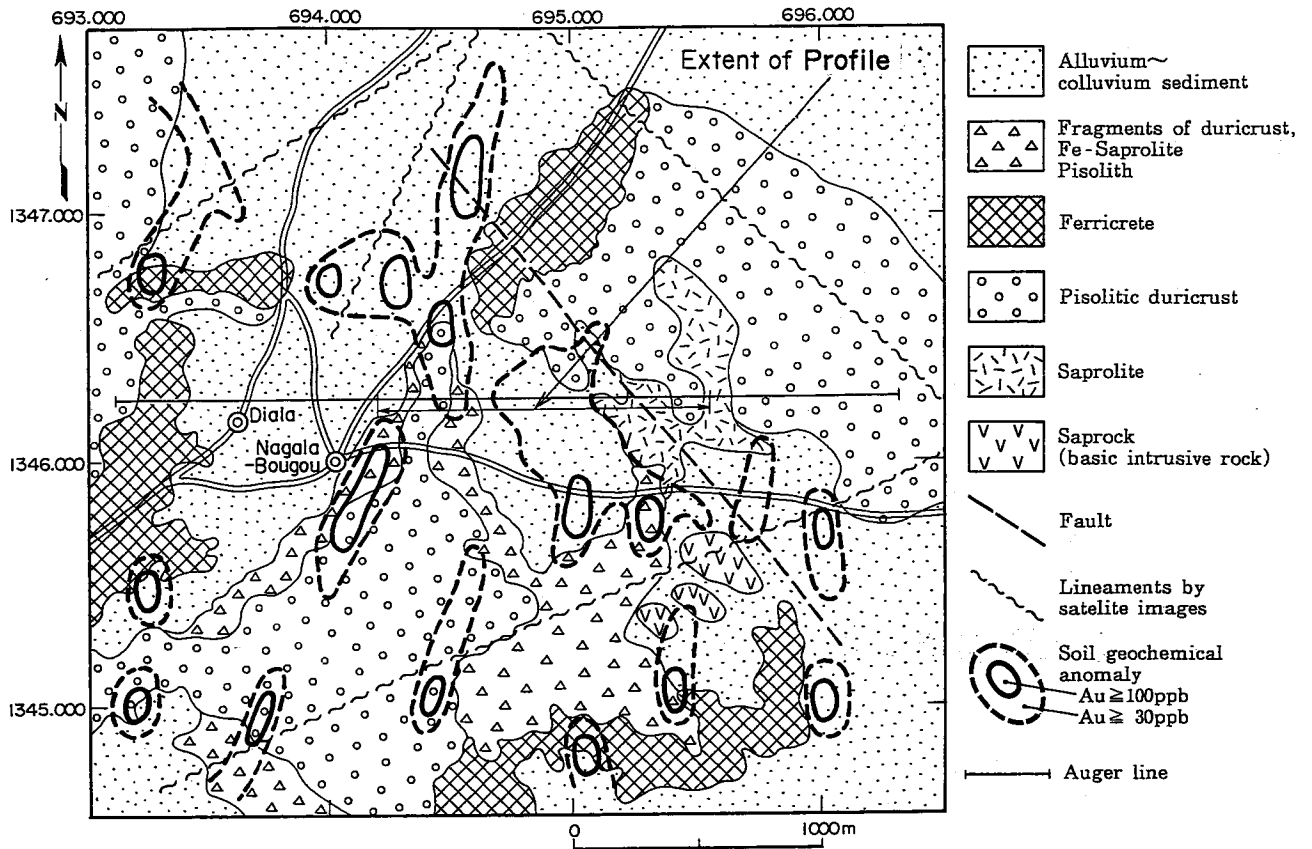


Fig.6-5 Regolith map and profile of Torokoro area

本地区では地形及び各レゴリスとも東から西に緩く傾斜する形態を示す。このため東側ほど下位層準のレゴリスが分布し、測線東端部ではサブロック(灰緑色片岩)も地表に露出する。ラテライト質硬殻が測線東部と西部の2箇所に離れて地表に分布するが、これらもサブロック、サブプロライト、斑紋帯の連続性からみてかつては連続していたものと考えられる。

測線東部のサブロックが急激に浅くなっている部分では赤褐色の斑状組織を示す貫入岩や断層破碎帯がピット調査で確認されている。

2) 元素分布

① Au (Fig.6-6)

MMAUT-21のサブプロライト中とMMAT-23のラテライト質硬殻中でそれぞれ5.1g/t Au (6m区間, 1m区間の最大品位は17.0g/t Au)と4.9 g/t Au (1m区間)のAu濃集部を捕捉した。付近の孔井のAu品位からMMAUT-21の濃集部は垂直方向に分布し、50ppb以上のハローは100m西隣のMMAUT-20にまで達していると考えられる。このほか50ppb-200ppの小規模な金濃集部がラテライト質硬殻と斑紋帯境界部付近及び斑紋帯とサブプロライト境界部付近に分布している。MMAUT-21のAu濃集部では銀も高濃度(750ppb: 3m区間)を示した。

② As (Fig.6-7)

地表付近のラテライト質硬殻中に著しく濃集し、斑紋帯とサブプロライト帯の境界部以深で急激に低濃度となる。AuとAsがともに高濃度を示す部分が地表付近に数箇所認められるもののAuとAsの関係は概して明瞭でなく、MMAUT-21のAu濃集部付近でもAsは明瞭な高濃度を示さない。

③ W (Fig.6-8)

MMAUT21のAu濃集部においてWは50-100ppmの高濃度を示した。濃度、規模ともに最大の濃集部は西部のラテライト質硬殻中にあり、MMAUT-17のサブプロライト中にも強い濃集部が認められる。

④ Fe (Fig.6-9), Cr (Fig.6-10), Al (Fig.6-11)

親鉄元素のFe, Cr, V及びGaはAsと酷似した濃度分布パターンを示し、ラテライト質硬殻中に濃集部がある。Feの10%等濃度線は斑紋帯とサブプロライト帯の境界部によく一致する。CrはMMAUT-21のAu濃集部と測線西部の深部においても高濃度を示した。

Alは斑紋帯からサブプロライトの境界部付近で高濃度を示し、Feの濃度分布が深部に平行移動したような形状を示す。

⑤ Mn (Fig.6-12)

Mnは斑紋帯とサブプロライト帯に濃集する傾向がある。地表付近における濃集部はラテライト硬殻と斑紋帯の境界に沿って帯状を示し、Auの濃集部とよい対応関係を示す。

⑤ K (Fig.6-13), Cs (Fig.6-14)

K は Fe と対照的にサブプロライト帯に一致して高濃度を示す。K の高濃度部では X 線回折試験で白雲母が多量に抽出されており、これを反映していると考えられる。Cs は大局的には K と同様にサブプロライト帯以深に濃集するが、MMAT-21 の金濃集部においても弱い濃集を示した。このほかに MMAUT16~17 にかけてのサブプロライト帯中にも濃集部が認められる。Na も K と概して類似した濃度分布を示す。

⑥ Mg (Fig.6-15)

サブプロライト帯に濃集が認められ、全体として Cs に酷似した分布パターンを示す。MMAT-21 の Au 濃集部及び MMAUT16~17 のサブプロライト帯中において比較的高い濃度を示すことも Cs と同様である。

⑦ Ti/Zr 比(Fig.6-16)

Ti/Zr 比はどちらも風化により移動しにくい元素で、Ti が塩基性岩に、Zr が酸性岩に一般に富むことからレゴリスの母岩の推定に有効な方法とされている(例えば Robertson and Butt,1996)。高濃集部は MMAT-21 の Au 濃集部と MMAUT15~17 のサブプロライト帯中に認められる。

3) 鉍化帯指示元素の抽出

サブプロライト以深に分布する金鉍化帯の指示元素を抽出する目的でサブプロライト帯及びサブブロックの分析値を使ってバリマックス法による因子分析を行った。解析ソフトはエクセル統計で、試料数は 269 試料である。因子としては第 10 因子まで抽出し、この因子までで累積因子寄与率は 71.6%に達した。

金の鉍化作用に関連すると推定される因子としては第 9 因子(寄与率は 4.4%)が抽出された。第 9 因子は Ag(0.65 :因子負荷量, 以下同様), Mn (0.54), Au (0.45), Cr (0.34), W (0.23) などの因子負荷量が多い。As の因子負荷量は 0.11 と金濃集部との関係はここでもはっきりしない。

Fig.6-17 には因子得点分布図を示した。因子得点分布図と濃度分布図から Mn 高濃度域は Au の濃集域を含んで広くひろがり、地表付近における Au 濃集域を推定するためのよい指標になると考えられる。同様な関係は金鉍化帯を捕捉している Diamou 地区の地元民による旧ピットでも認められた(JICA/MMAJ,2002)。Ag, W, Cr も金鉍化作用に伴って濃集すると考えられる。しかしこれらの元素の濃集域は Au の濃集域とほぼ同程度であり指示元素としての有用性は低いおそれがある。多変量解析では、濃度分布図で Au と重複した高い濃度を示した Cs,Mg,Ti/Zr 比と Au の関連は認められない。

第 5 因子は Sb (0.87), Te (0.85), As (0.70), Bi(0.51), Mo(0.47)などが高い因子得点を示した。経験的にこの組み合わせは金の鉍化帯に伴われるてみられることが多いことから注目される因子である。

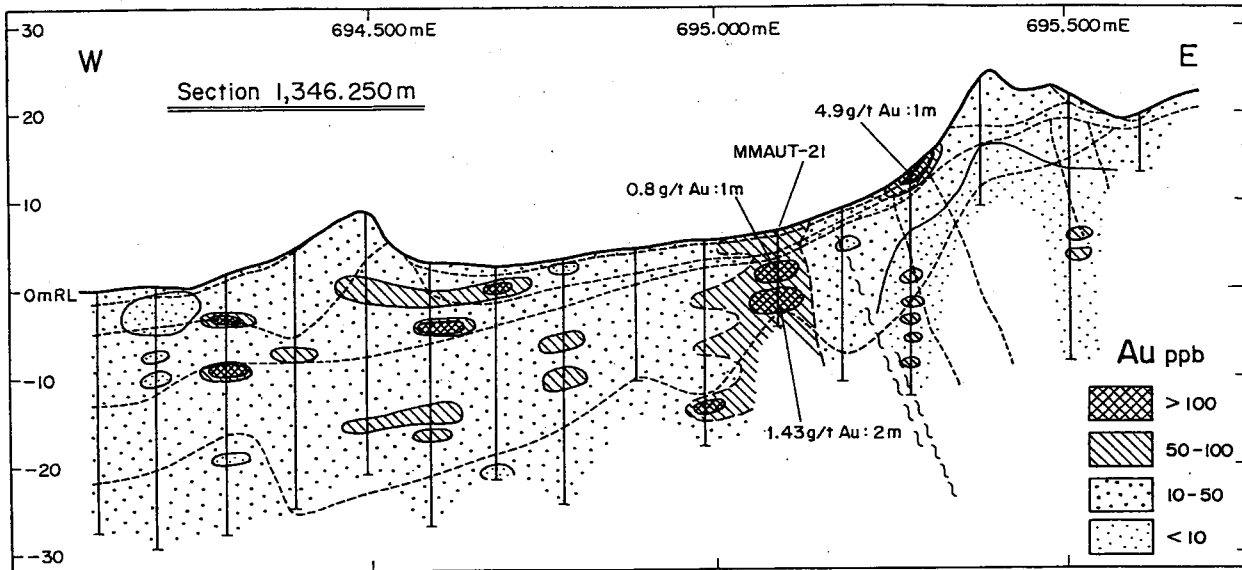


Fig.6-6 Distribution of Au in section 1,346,250

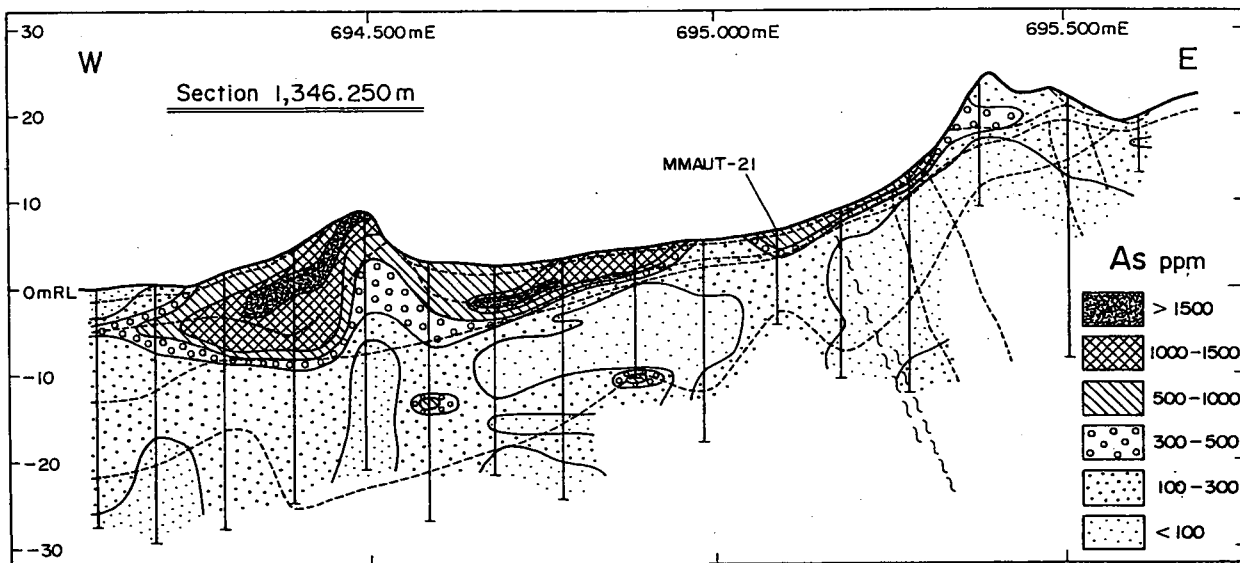


Fig.6-7 Distribution of As in section 1,346,250

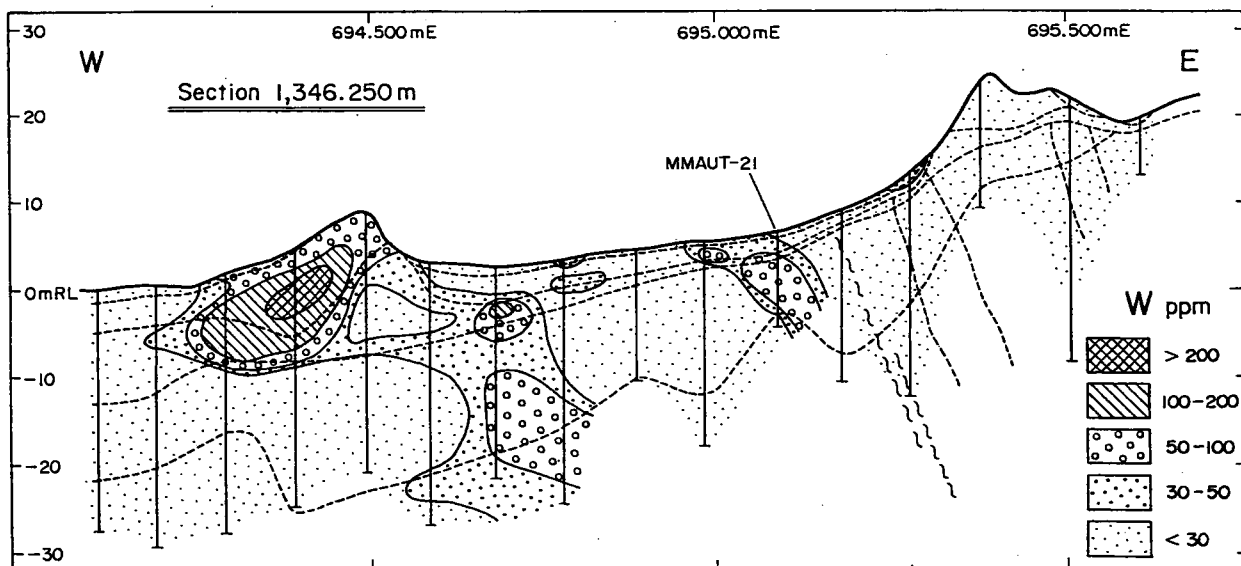


Fig.6-8 Distribution of W in section 1,346,250

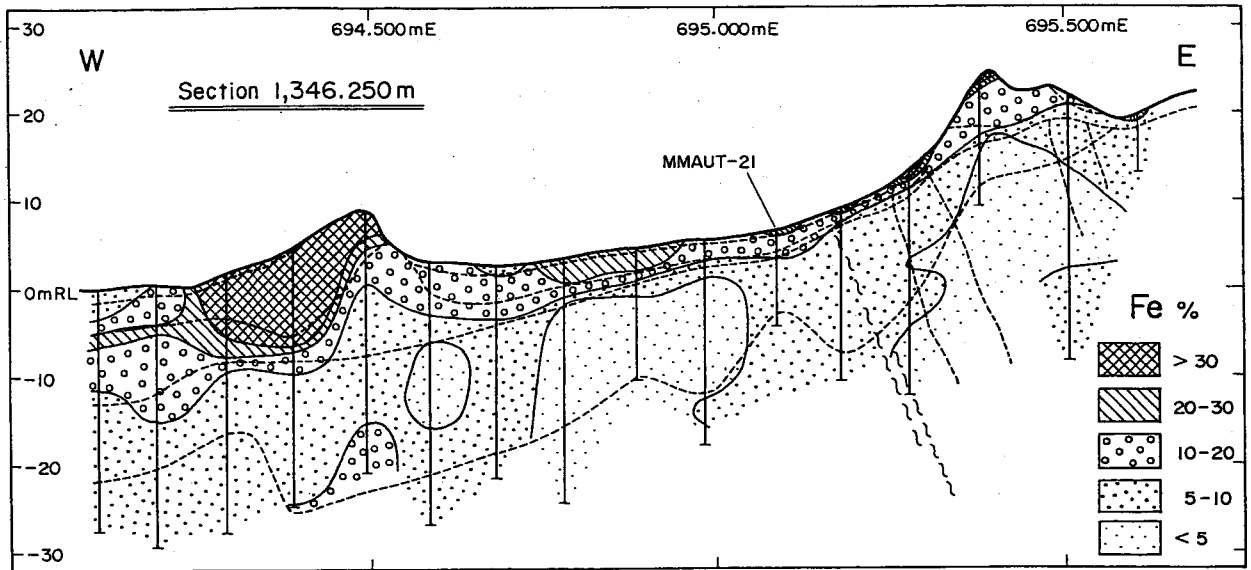


Fig.6-9 Distribution of Fe in section 1,346,250

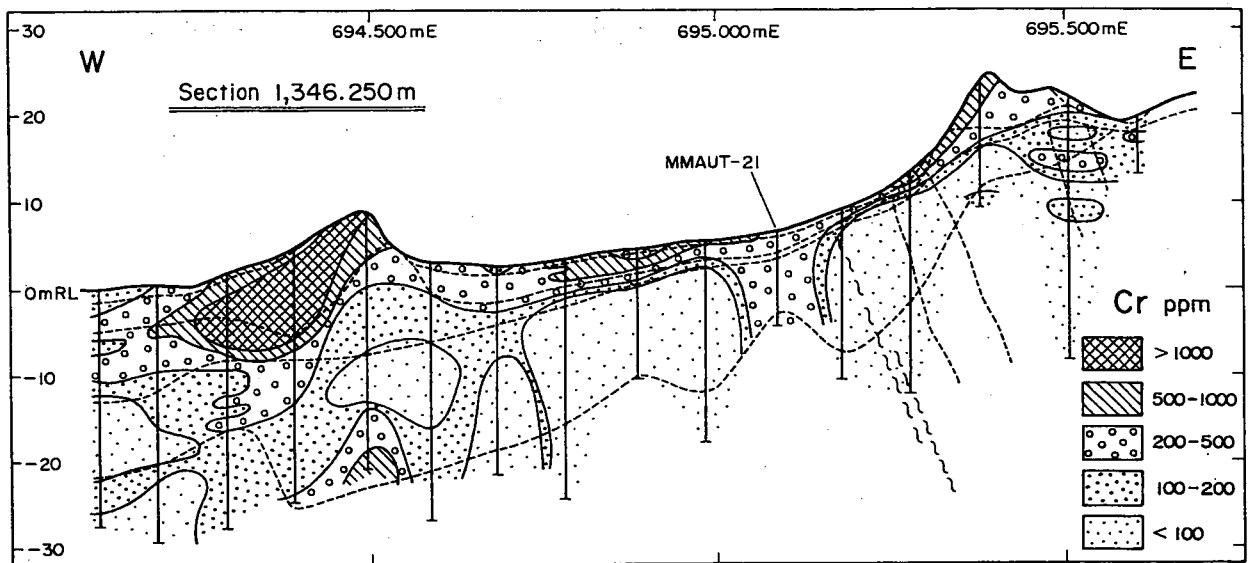


Fig.6-10 Distribution of Cr in section 1,346,250

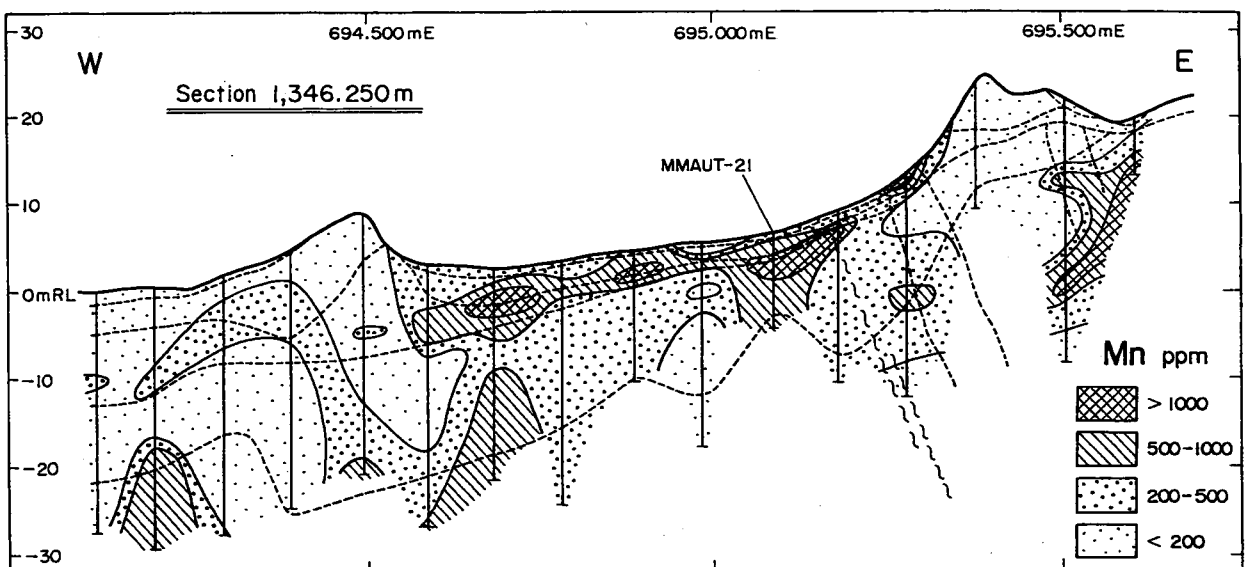


Fig.6-11 Distribution of Mn in section 1,346,250

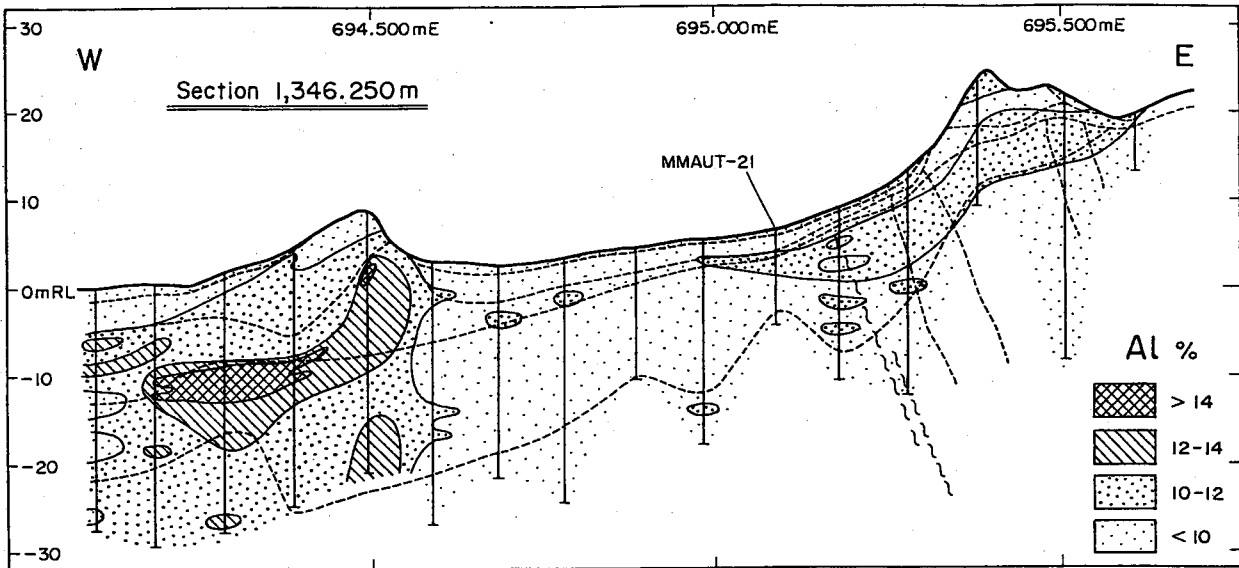


Fig.6-12 Distribution of Al in section 1,346,250

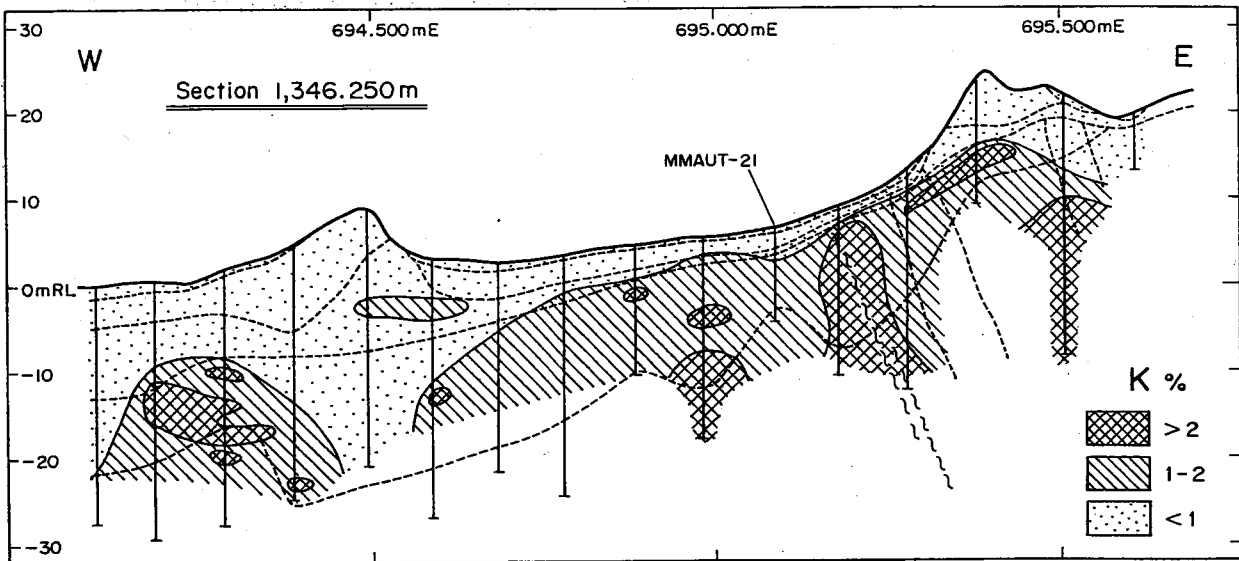


Fig.6-13 Distribution of K in section 1,346,250

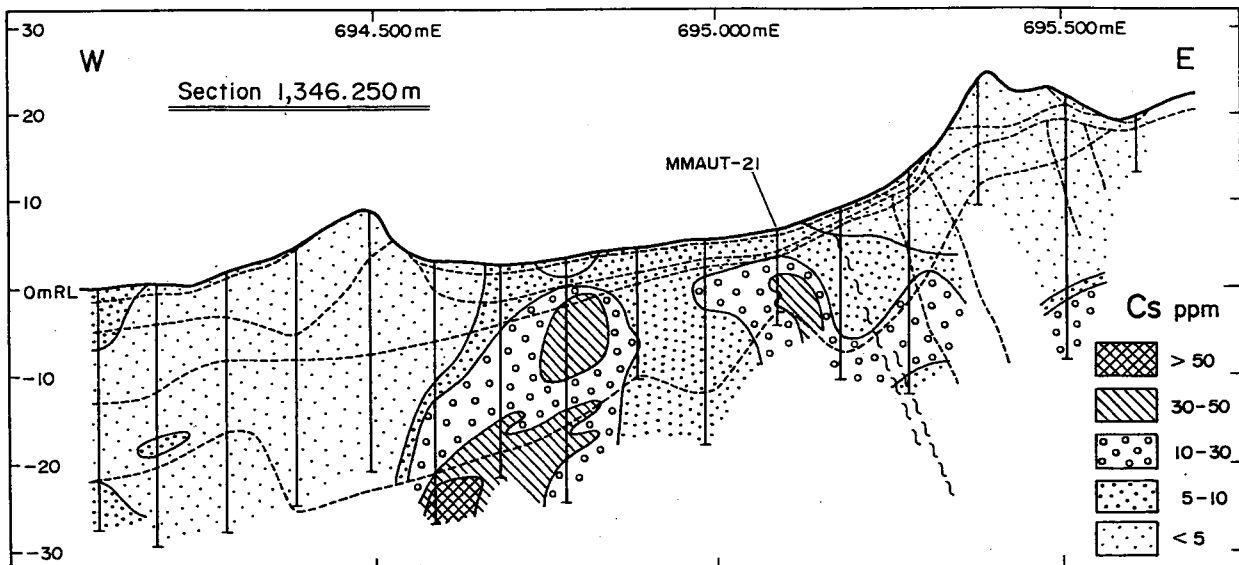


Fig.6-14 Distribution of Cs in section 1,346,250

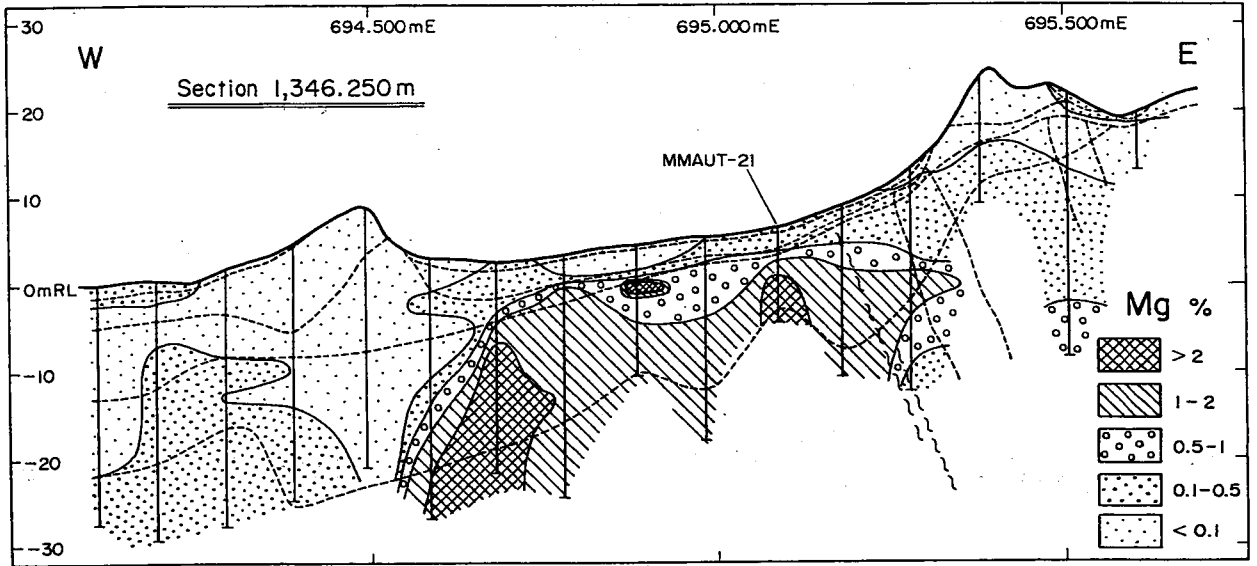


Fig.6-15 Distribution of Mg in section 1,346,250

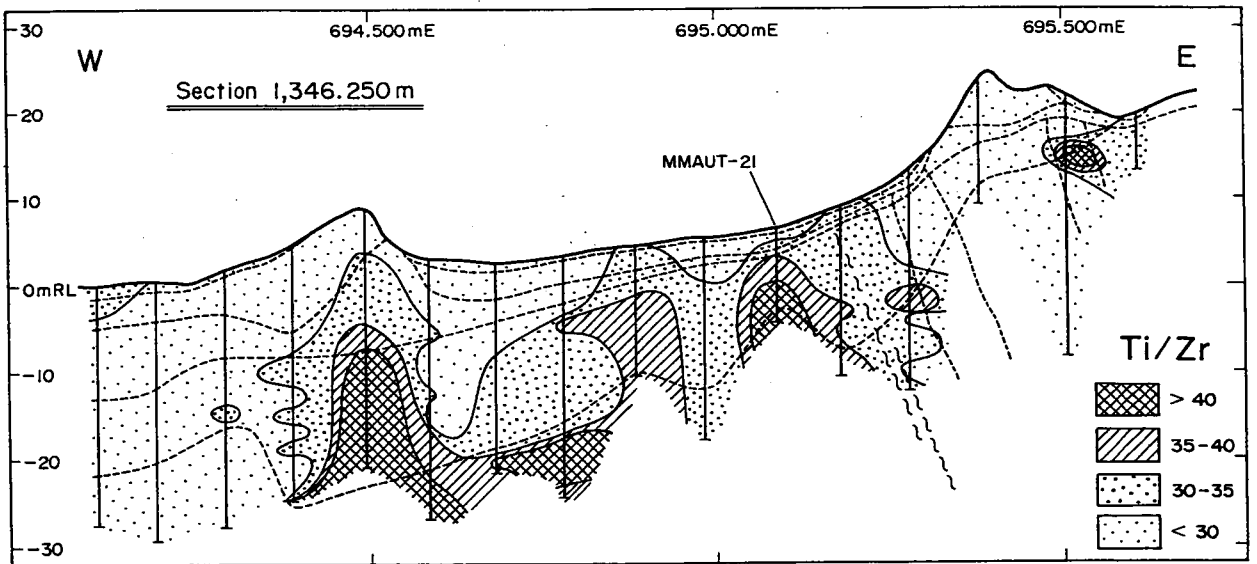


Fig.6-16 Distribution of Ti/Zr in section 1,346,250

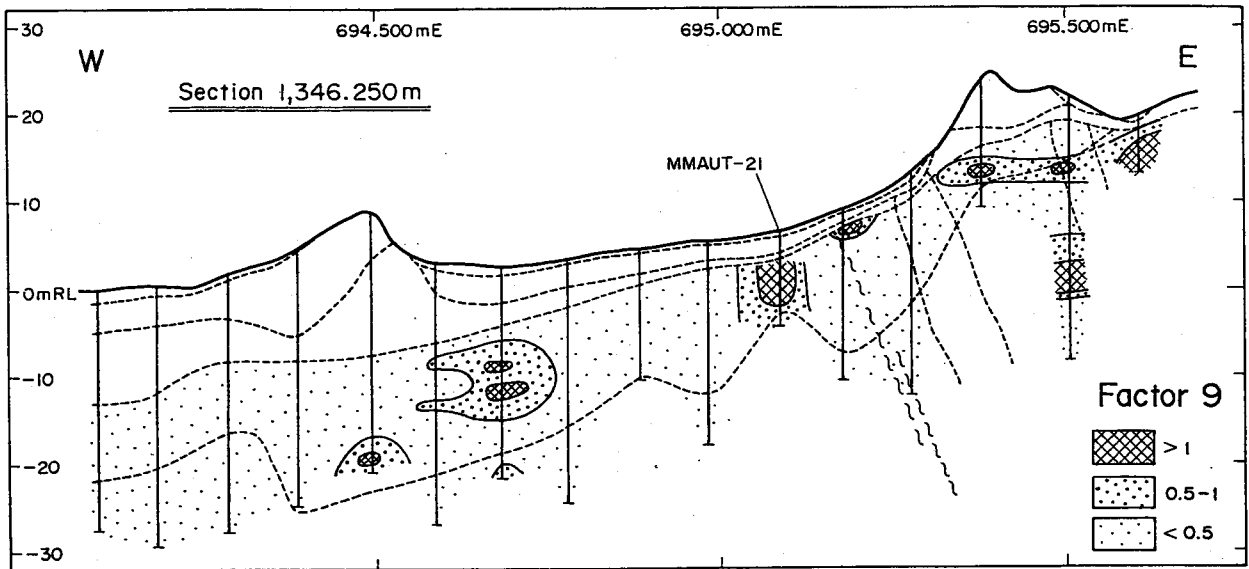


Fig.6-17 Distribution of Factor 9 in section 1,346,250

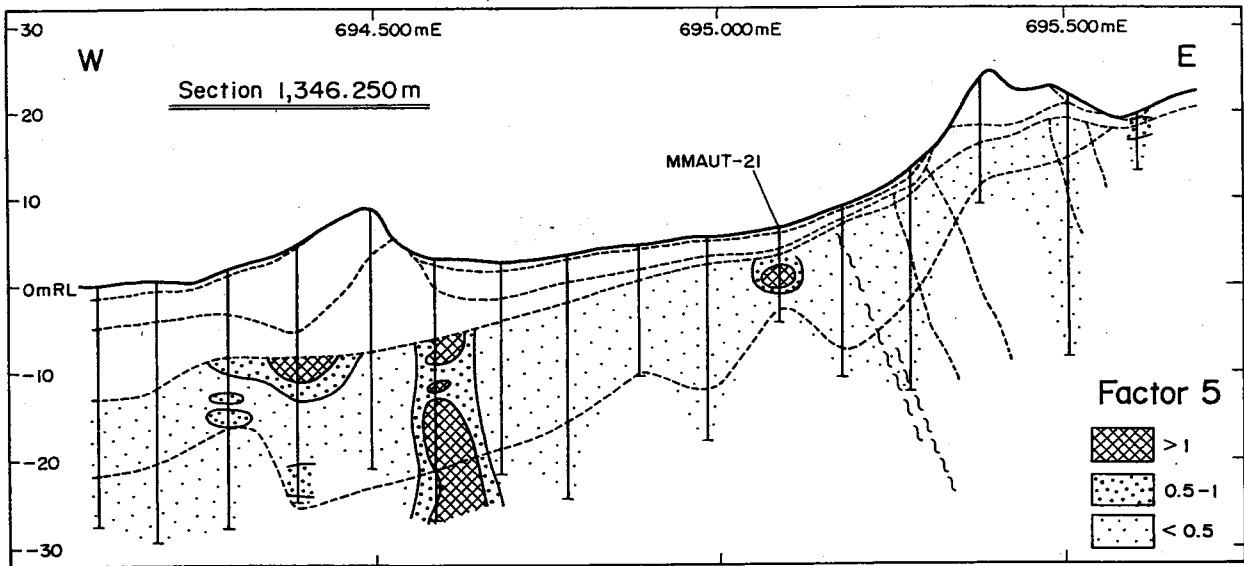


Fig.6-18 Distribution of Factor 5 in section 1,346,250

(3) Sirikoro 地区

オーガー測線周辺のレゴリス図を Au 地化学異常とともに Fig.6-19 に示す。

本地区の地形は地区南端部において東西に伸びる丘陵地とその北方の低地から構成される。Torokoro 地区同様に、レゴリスは地形に対応した分布を示し、丘陵地にはラテライト質硬殻が、その北側の低地にはシートフロー堆積物、沖積層およびコロビウムが広く分布する。また、低地には平坦面から比高差 10 数メートルの丘陵が突出する。

中央部西側において花崗岩類が Birrimien 累層群中を NNW 方向に貫入している。Au 地化学異常は花崗岩類と Birrimien 累層群の境界部周辺の Birrimien 累層群中に幅数百メートルの帯状をなして分布する。

1) C 断面

① 地下のレゴリスの分布

C 測線のレゴリス断面図を Fig.6-19 に示す。本地区のレゴリスは下位からサブロック、サブロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土に区分される。

本地区の地形及び各レゴリスともにトロコロ地区のそれらに酷似し、東から西に緩く傾斜する形態を示す。ラテライト質硬殻が測線東部と西部の 3 箇所に離れて地表に分布するが、これらもかつては連続していたものと考えられる。測線東部の丘陵が突出する MMAUS-100 付近では花崗岩が分布し、丘陵と低地の変換部が Birrimien 累層群と花崗岩類の境界部になっている。

② Au 分布 (Fig.6-20)

MMAUS-100 と MMAU-103 のサブロライト中でそれぞれ 0.65.1g/t Au (1m 区間) と 0.43g/t Au (1m 区間) の小規模な金濃集部を捕捉した。これらは地形急変部付近にあり、Torokoro 地区の状況と類似する。このほか箇所で 20ppb-100pp の小規模な金濃集部が斑紋帯とサブロライト境界部付近に分布している。

2) A 断面

断面線東端部にラテライト硬殻が覆う丘があるほか概ね平坦な地形を示す。レゴリスは下位からサブロック、サブロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土に区分される。地表下約 20m でサブロックに達する。

本断面においては金の顕著な濃集部は捕捉されていない。測線西端部と東端部に 68～146ppb の弱い濃集部がサブロライト中にある。また、測線中央部付近では 100ppb～160ppb の金濃集部がラテライト硬殻中に捕捉されている。

3) B 断面

断面線西部と東端部にラテライト硬殻が覆う丘が分布し、その間は緩い平坦地となっている。レゴリスは下位からサブロック、サブロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表

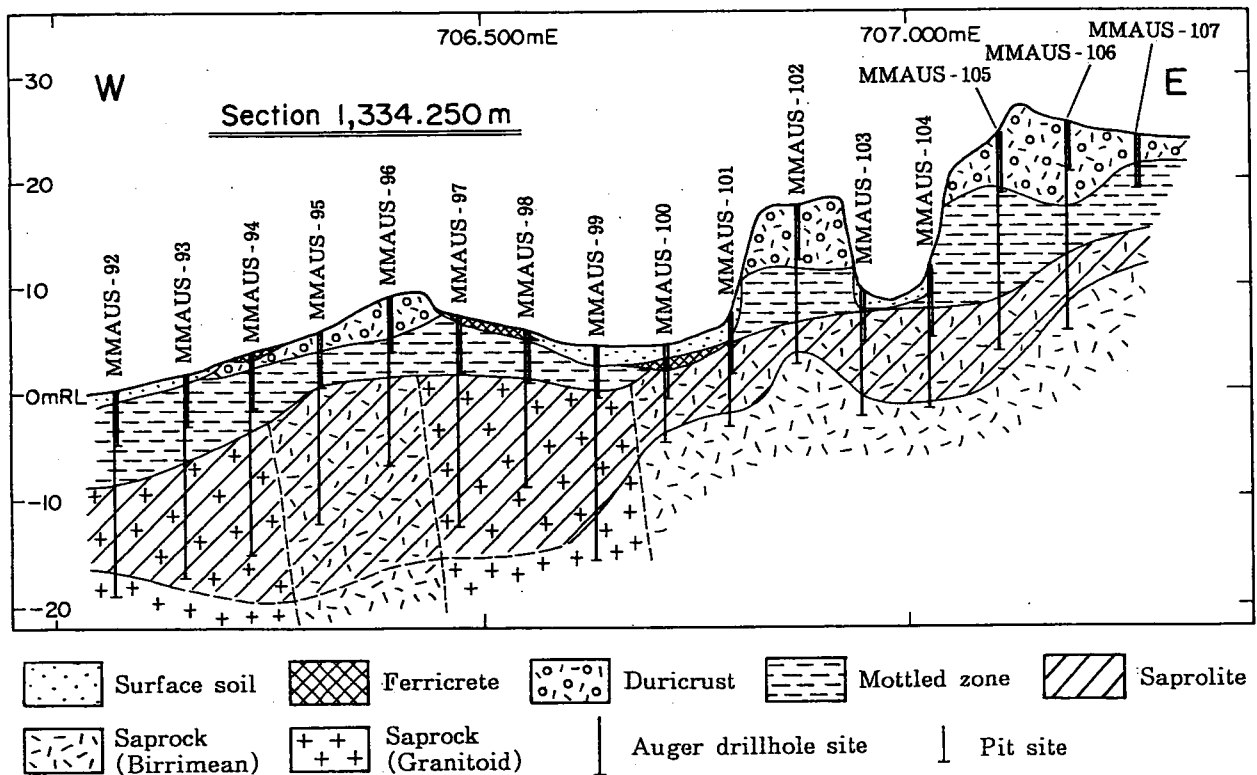
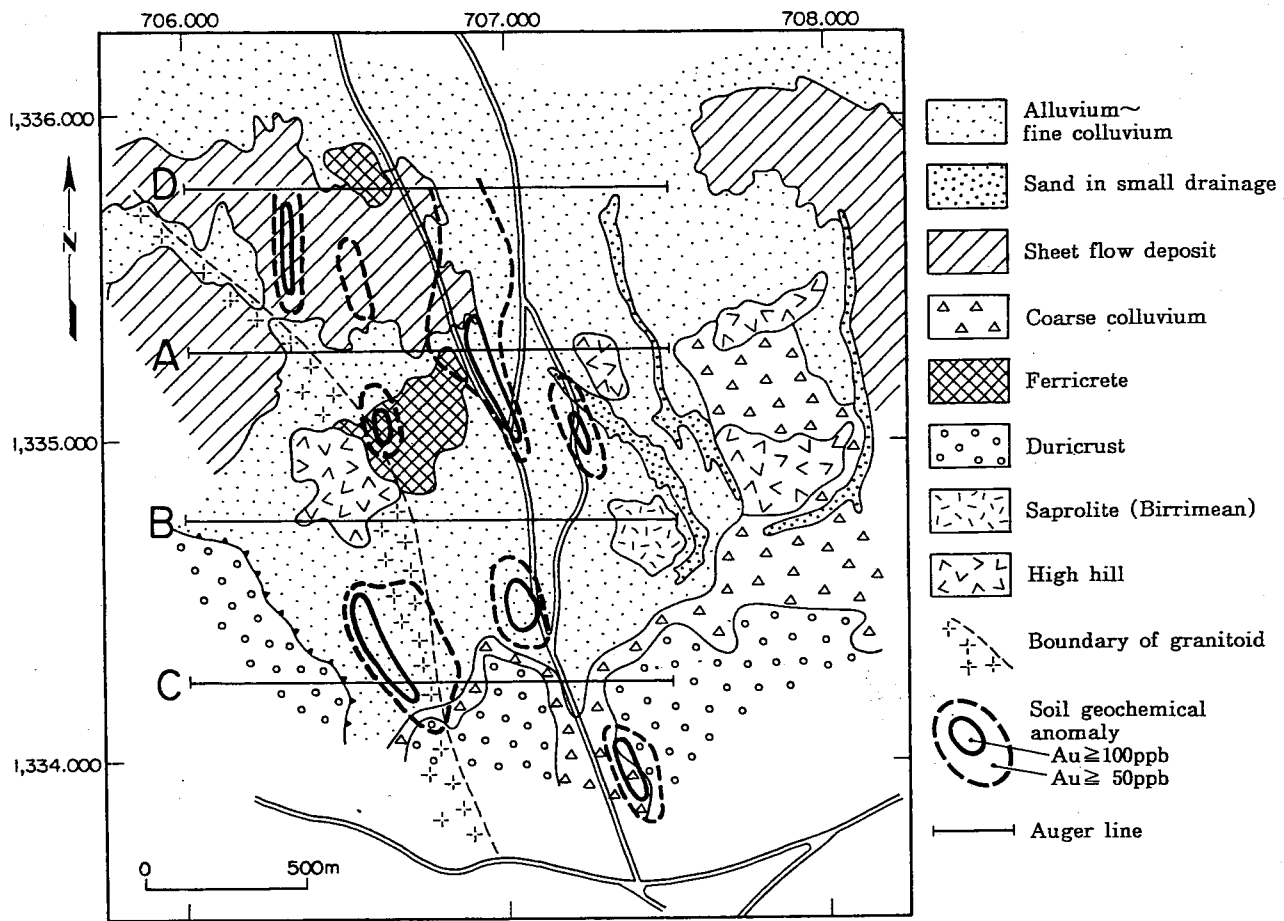


Fig.6-19 Regolith map and profile of Sirikoro area

土に区分される。これらは概ね地表から同じ深度に分布している。本断面ではサプロライト中の雲母量などから花崗岩と Birrimien 累層群の境界が西側の丘陵斜面付近にあると考えられる。

本断面においても顕著な金の濃集部は確認できなかったが、花崗岩類と Birrimien 累層群の境界付近で掘削した MMAUS-82 のサプロライト中で 181ppb(1m 区間)の弱い濃集部を捕捉した。

4) D 断面

本断面全体で平坦な地形を示す。地表付近で約 5m 程度の厚さを示すきわめて硬質のラテライト硬殻が分布するため、オーガーで掘削できない箇所が多数あったが、深部まで掘削できたスライムから他の断面同様地下のレゴリスは下位からサブロック、サプロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土から構成していると考えられる。

本断面においても顕著な金の濃集部は捕捉できなかった。最大品位は MMAUS-120 のラテライト硬殻中の 135ppb でほかにも数箇所です散的に 90ppb 以上の濃集部を捕捉した。

(3) Kalako および Batouba 地区

Kalako 地区は西部にラテライト硬殻が広く分布する丘陵があり、比高差約 30m の急崖を介して東側は沖積層と崩積土が覆う低地となっている。本地区のレゴリスは下位からサブロック、サプロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土に区分される(Ap.14)。断面の主体部をなす低地では上位の斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土の厚さはあわせても最大 5m で浅部にサプロライトが分布する。

Au 品位の最高値は急崖と低地の間で掘削された MMAUK-91 の斑紋帯における 91ppb(1m 区間)であり、金濃集部は捕捉できなかった。

Batouba 地区はラテライト硬殻が広く分布する丘陵地から構成される。地下のレゴリスは下位からサブロック、サプロライト、斑紋帯、ラテライト質硬殻及び表土に区分される。

本地区においても顕著な金濃集部は捕捉できなかった。比較的高い品位を示したのは地区の西端部で、MMAUB-51 の深度 14m から 24m 区間のサプロライト中で 51ppb～162ppb の、MMAUB-52 の深度 12m～13m 区間で 207ppb の金濃集部を捕捉した。

(4) まとめ

- 1) 金濃集部が Torokoro 地区(5.1g/t Au :6m 区間, 1m 区間の最大品位は 17.0g/t Au)と Sirikoro 地区 0.65.1g/t Au (1m 区間)で捕捉された。捕捉された箇所は両地区ともに丘陵から低地に移行する地形変換部にあたり、付近には貫入岩も存在することから断層破碎帯中に胚胎した金鉱化部と推定した。Torokoro 地区では推定される断層破碎帯延長部には 100ppb Au 以上の土壤地化学異常が点在していることから、Au 鉱化帯が賦存している可能性が高く、そこは次期探査の有力な候補である。他地区においては優勢な金濃集

部を捕捉できなかった。

- 2) Torokoro 地区の元素濃度分布図や因子分析結果からサプロライト中の Au 以外に鉍化帯を示すと考えられる指示元素の候補としては Ag, Cr, W が抽出された。Ag, Cr 及び W の高濃度範囲は Au と同程度である。鉍化作用の指示元素としては鉍化帯の周辺に広くひろがるのが望まれるので、これらの元素の指示元素としての有効性の検討には更なるデータが必要である。地表付近の Mn 濃集部は Au の濃集部の周辺に広くひろがり、地表付近の Au 濃集部の広がりやを推定するためのよい指標になると考えられる。このほか、Au との関係は明瞭でないが Sb, Te, As, Bi, Mo の組み合わせからなる因子が抽出された。これらの元素はしばしば金鉍化帯に伴われることから指示元素としての可能性については更なる検討が必要である。

第7章 有望地区の選定

7-1 指示元素および探鉱ターゲット

国際協力事業団/金属鉱業事業団および海外鉱物資源開発(株)により1991年から2002年に実施された土壌地化学探査結果によれば、金鉱化の指示元素はAu単独、もしくはAuとAsの組み合わせからなる(JICA/MMAJ, 1999, 2000, Sumiko Consultants Co., Ltd., 2001, 2002)。当地域の探鉱ターゲットは、硫砒鉄鉱を含む硫化鉱物-自然金鉱染帯(指示元素Au-As)、硫砒鉄鉱に乏しい硫化鉱物-自然金鉱染帯(指示元素Au)および硫化鉱物に乏しい網状・脈状含金石英脈(指示元素Au)の3種である。Birimian累層群で現在稼働している金鉱床の大半は、硫砒鉄鉱を含む硫化鉱物-自然金鉱染帯に胚胎する金鉱床である。Baoule-Banifing地域においても、採掘可能な鉱床が発見されるとすれば、このタイプの金鉱床である可能性が大きい。そこで、Au異常に伴うAs異常については、やや詳しく検討した。

有望地区の選定する際には、以下の手順に従った。

1. Au異常とAs異常の抽出
2. レゴリスと地化学異常の関係の検討
3. 有望地区の抽出
4. 熱水起源のAs異常と風化残留物起源のAs異常の分離と有望地区の評価

7-2 地化学異常の抽出

Baoule-Banifing地域のすべてのAu異常とAs異常を抽出する。弱い地化学異常を見逃さないように、AuとAsのしきい値は、2000年度と2002年度に実施された地区毎の土壌地化学探査結果で得られたしきい値の中から、やや低めの値(29ppb Au, 12ppm As)を選出した。

7-3 レゴリスと地化学異常の関係

地化学異常をレゴリス図(衛星画像判読によるレゴリス図と空中写真と地表踏査によるレゴリス図の双方)と地形図に重ね合わせ、Au異常、As異常、サプロライト、ラテライト質残留層、フェリクリートおよび被覆層の空間分布を把握し、レゴリス毎に地化学異常の成因について解釈する。解釈基準を以下に示す。

(1) 新鮮岩とサプロック(HCrk)およびサプロライト(HUsp, Usp)の解釈

Au異常: Au異常が存在する箇所では現地性の鉱化が生じている。Au異常が存在しない箇所では、現地性の鉱化が生じていない。

As異常: As異常が存在する箇所では現地性の鉱化が生じている。As異常が存在しない箇所では、現地性の鉱化が生じていない。ただし、周囲に比べ極端に深い酸化帯が発達す

るサプロライトに As 異常が存在しない場合は要注意である。例えば Diamou 地区では、自然金と硫砒鉄鉱の鉱染帯が地下 80m 以深の新鮮岩に発達するものの、その上位の酸化帯（サプロライト）で As の著しい溶脱が生じているため、地表では As 異常がまったく認められない。深層酸化帯と As の著しい溶脱は、硫化鉱物の分解によって生じた硫酸酸性地下水が関与しているものと考えられる。サプロライトの露出域における As 異常の解釈には、細心の注意が必要である。

(2) ラテライト質残留層（Bdu の一部、Pdu の一部、HRdu の全体、HRps の全体および SSps の一部）の解釈

Au 異常：Au 異常が存在する地点に初生鉱化があり、存在しない地点には初生鉱化がないと解釈する。ただし、Au の溶脱と二次富化により、この解釈が成り立たないことがしばしばある。例えば、Au 異常が台地上に分布せず、その台地周縁の急崖にのみ分布することがある。地表付近で Au の溶脱が、ラテライト質残留層下部で Au の富化が生じ、富化された Au が斜面の後退によって地表に漏洩した結果、このような現象が生じたものと推定される。

As 異常（その 1）：As 異常が存在する場合、現地の鉱化に起因するのか、ラテライト化過程の二次濃集に起因するのかを検討する。Kekoro-Sagala 地区では、ラテライト質残留層の中でも特に硬質で Fe に富む層、すなわちラテライト質硬殻において As の二次濃集が生じている（Sumiko Consultants Co., Ltd., 2002）。その際、Al, V, Cr, Nb (, Bi, Zr, Ti, Sc) 等の親鉄元素の含有量も同時に増加する。Baoule-Banifing 地域でも同様な傾向が認められることから、As 異常地点におけるこれら親鉄元素の含有量をチェックし、As の二次濃集の可能性を評価する。さらに、これとは独立に、水酸化鉄や酸化鉄に富むラテライト質硬殻の分布を再検討し、As の二次濃集の可能性を再評価する。鉄鉱物の分布状況を考察する際には、空中写真と地表踏査によるレゴリス図よりも、衛星画像によるレゴリス図や比演算衛星画像（5/7, 4/5, 4/2）の生データの方が有効であった。以上の検討の結果、ラテライト化過程の 2 次濃集が否定された場合、As 異常は、その地点の鉱化に起因するものと解釈する。ただし、土壤中の拡散による幅広いハローを伴う As の正確な鉱化位置の推定は、困難である場合が多い。

As 異常（その 2）：一方、ラテライト化過程の 2 次濃集が肯定された場合は、初生鉱化が現地に生じたか否かは、原理的に否定も肯定もできない。当段階では、As 異常の近傍にまとまった Au 異常が分布する場合に限り、As の初生鉱化が現地に生じたものと暫定的に解釈する^(注)。

As 異常（その 3）：As 異常が存在しない地点には初生鉱化はないものと解釈する。

(注)：より論理的に議論するには、任意の地点において、ラテライト化により説明可能な As の最大二次濃集量を見積もる必要がある。すなわち、ある試料の As の分析値が、その地点で見積もられた最大二次濃集量を大きく上回る場合にのみ、As 鉱化が生じたものと判断される。もしも、As の分析

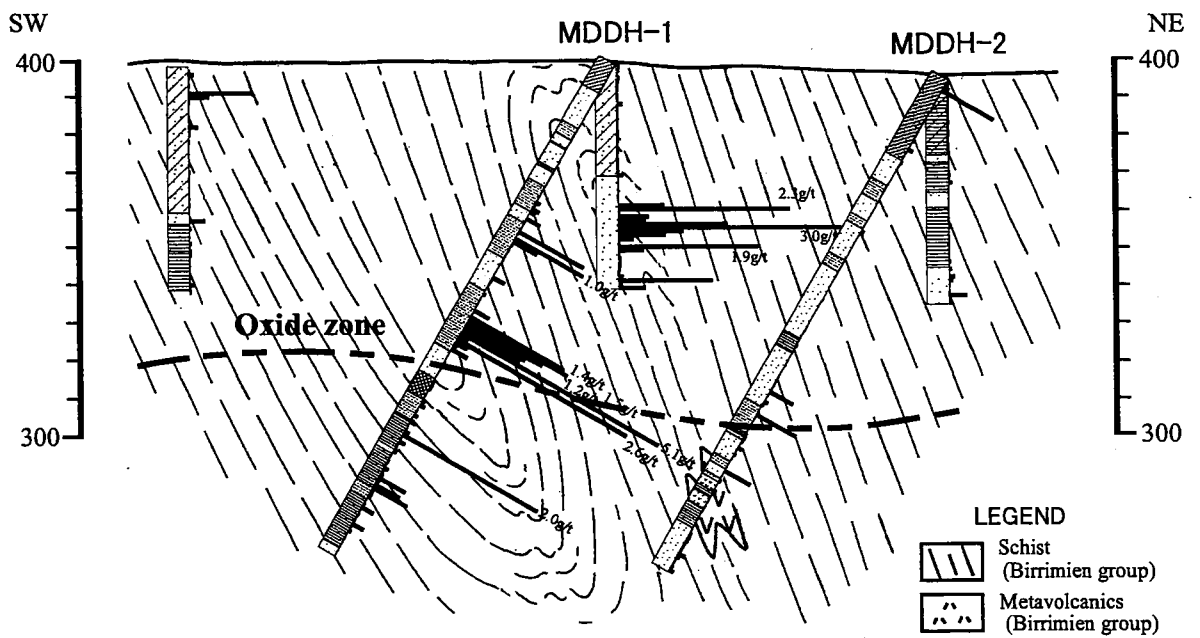
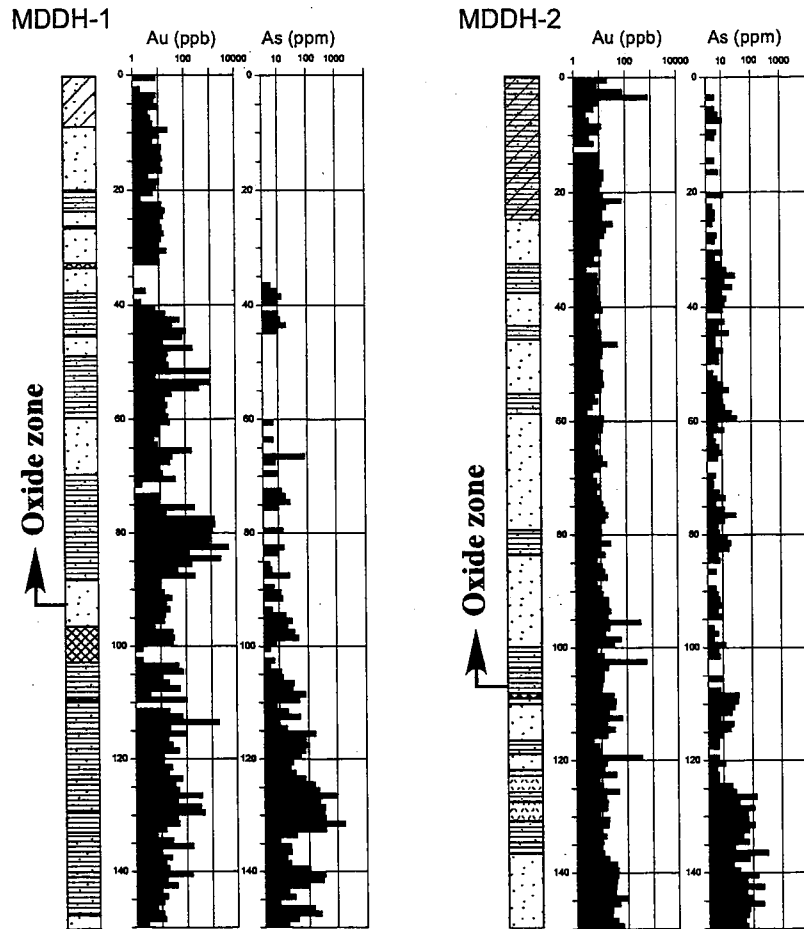


Fig.7-1 Weathering profile of the Diamou mineral occurrence

値が、その地点で見積もられた最大二次濃集量を下回る場合、その地点で初生の As 鉱化が生じた可能性はきわめて低いものと判断される。最大二次濃集量の見積もり方法とその解釈については、本節の最後に記述する。

(3) フェリクリート (GSdu の全体, Bdu の一部, Pdu の一部, SSps の一部) の解釈

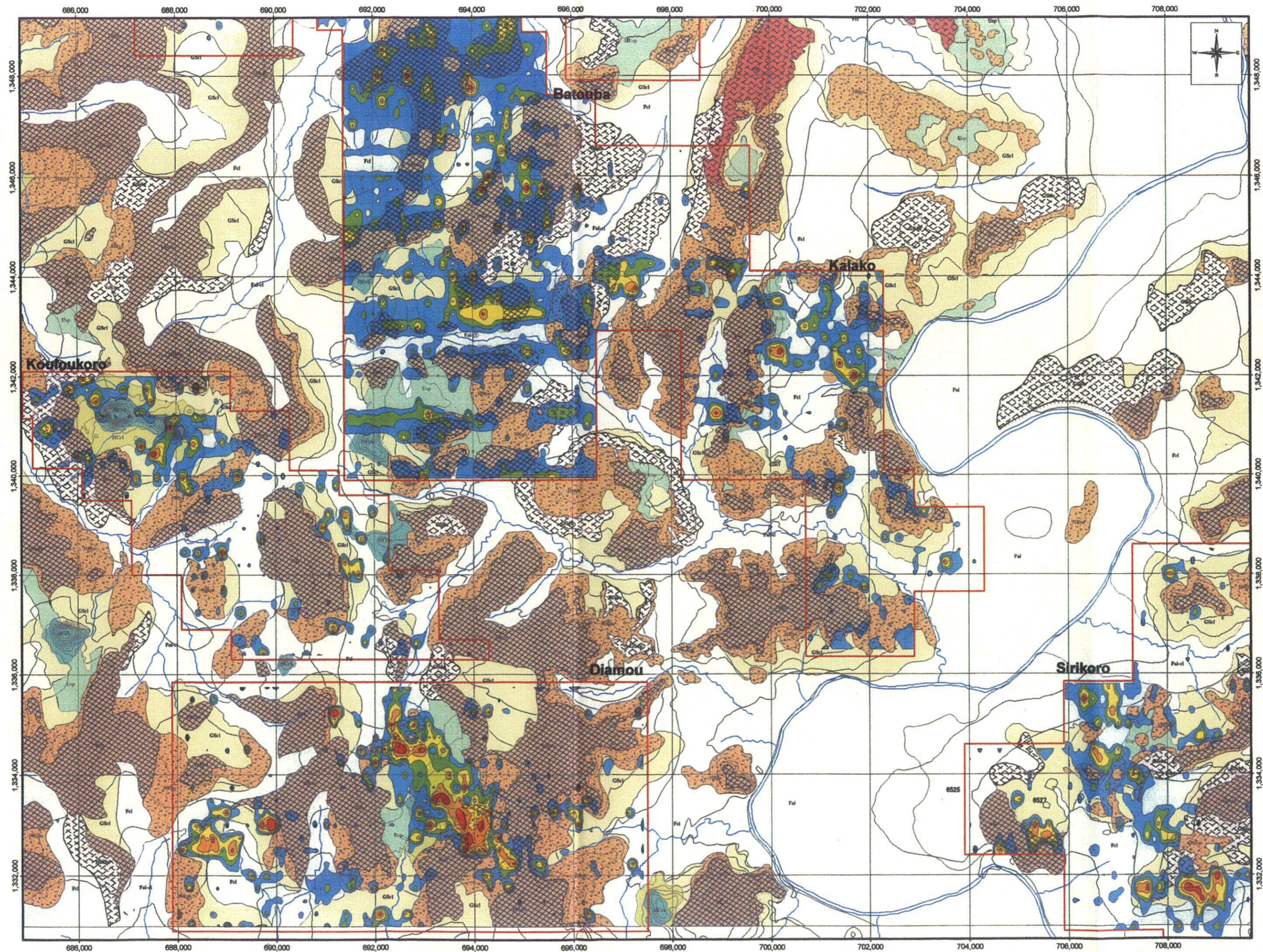
Au 異常 : Au 異常が存在し、レゴリスが GSdu (GScl の一部を含む) であり、斜面上方の供給源が狭い範囲に特定できる場合にのみ、初生鉱化位置を間接的に推定できる。これ以外の場合は、Au 異常が存在する、しないに関わらず鉱化状況は予測できない。

As 異常 : As 異常が存在し、現世および古期の斜面上方の供給源が狭い範囲に特定できる場合、鉱化位置を間接的に推定できる。ただし、ラテライト質残留層と同様に、親鉄元素の含有量や比演算画像を再チェックし、As の二次濃集の可能性を評価する必要がある。

(4) 被覆層 (Fal, Fal-cl, Fcl, GScl, HCcl) の解釈

Au 異常 : Au 異常が存在し、レゴリスが Fcl, GScl または HCcl であり、供給源が斜面上方の狭い範囲に特定できる場合、初生鉱化の場を間接的に推定できる。これ以外の場合は、Au 異常が存在する、しないに関わらず、その地点の鉱化状況は予測できない。

As 異常 : As 異常が存在し、レゴリスが Fcl, GScl または HCcl であり、斜面上方の供給源が狭い範囲に特定できる場合、初生鉱化位置を間接的に推定できる。ただし、ラテライト質残留層と同様に、親鉄元素の含有量や比演算画像を再チェックし、As の二次濃集の可能性を評価する必要がある。レゴリスが Fcl, GScl および HCcl 以外の場合には、As 異常が存在する、しないに関わらず鉱化状況は予測できない。



Legend

Regime	Symbol	Landform	Regolith
Depositional	Fal	Floodout plain along the Baoule River	Alluvial sediments of silt and fine sand
	Fal-cl	Flood plain, valley and fan	Alluvial sediments and colluvial sediments, mainly silt and fine sand
	Fcl	Gentle slope, fan and flat plain	Colluvial sediments and sheet flow sediments, mainly pebbly sand
	GScl	Depositional gentle slope including pediment and colluvial fan	Colluvial sediments, mainly pisolitic sand
	HCcl	Undulating plain around a cone shaped high hills (or a mountains)	Colluvial sediments, mainly gravitic soil
	GSclp	Depositional gentle slope around a hill or a plateau	Ferruginous duricrust, ferricrete
Residual and/or Depositional	HF	Horizontal flat top on a plateau, or filltop terrace	Ferruginous pisolitic duricrust covered by sand and silt
	Bscl	Backslope	Ferruginous pisolitic duricrust
Residual	Plat	Horizontal flat top on a mesa-shaped plateau	Ferruginous pisolitic duricrust
	HPlat	Rounded hill	Ferruginous pisolitic duricrust
Residual and/or Erosional	HRps	Rounded hill	Ferruginous, pisolitic and nodular soil (unconsolidated duricrust, carapace)
Erosional	SSpa	Steep slope including breakaway	Ferruginous, pisolitic and nodular soil (unconsolidated duricrust, carapace)
	Usp	Undulating low land with many streams	Saprolite covered by plasmic soil
	HUsp	Undulating low hill with many arêtes and lineaments parallel to schistosity	Saprolite covered by ferruginous pisolitic soil
	HCrh	Cone shaped high hill or mountain	Bedrock (schist and granodiorite)

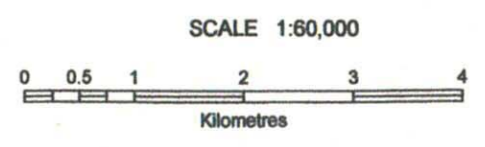
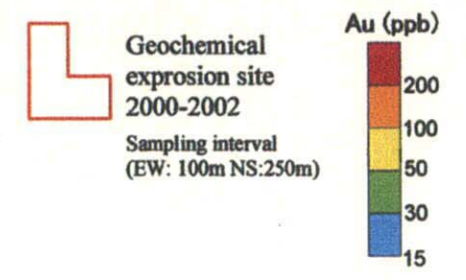
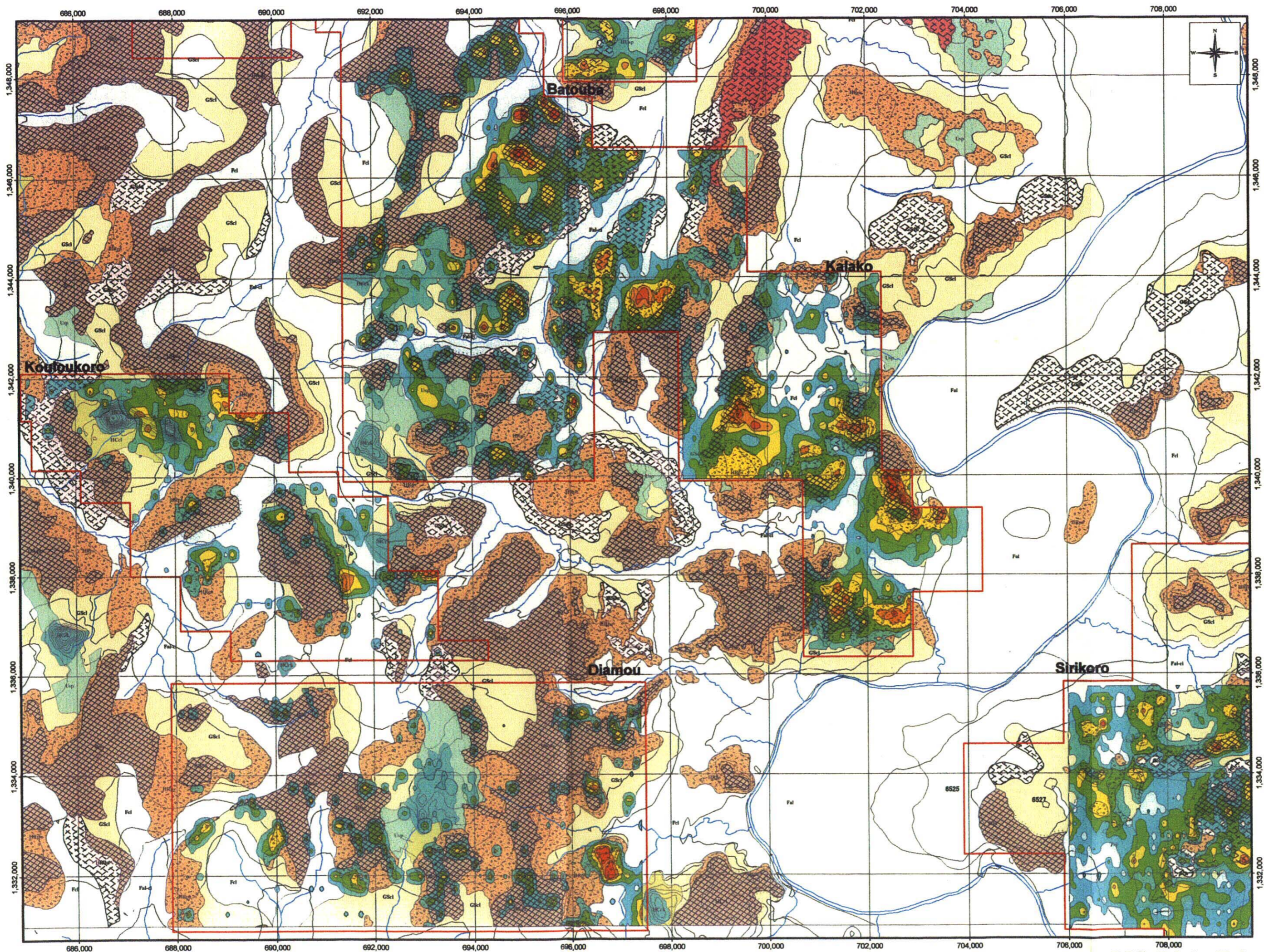


Fig.7-2(1) Relationship between the regolith distribution and Au anomalies



Legend

Regime	Symbol	Landform	Regolith
Depositional	Fal	Floodout plain along the Baoule River	Alluvial sediments of silt and fine sand
	Fal-cl	Flood plain, valley and fan	Alluvial sediments and colluvial sediments, mainly silt and fine sand
	Fcl	Gentle slope, fan and flat plain	Colluvial sediments and sheet flow sediments, mainly pebbly sand
	GScl	Depositional gentle slope including pediment and colluvial fan	Colluvial sediments, mainly pisolitic sand
	HCcl	Undulating plain around a cone shaped high hills (or a mountains)	Colluvial sediments, mainly gravellic soil
	GScl-c	Depositional gentle slope around a hill or a plateau	Ferruginous duricrust, ferricrete
Residual and/or Depositional	HF	Horizontal flat top on a plateau, or filltop terrace	Ferruginous pisolitic duricrust covered by sand and silt
	Bcl	Backslope	Ferruginous pisolitic duricrust
Residual	HPa	Horizontal flat top on a mesa-shaped plateau	Ferruginous pisolitic duricrust
	HRpa	Rounded hill	Ferruginous pisolitic duricrust
Residual and/or Erosional	HRpa	Rounded hill	Ferruginous, pisolitic and nodular soil (unconsolidated duricrust, carapace)
	SSpa	Steep slope including breakaway	Ferruginous, pisolitic and nodular soil (unconsolidated duricrust, carapace)
Erosional	Usp	Undulating low land with many streams	Saprolite covered by plasmic soil
	HUsp	Undulating low hill with many arêtes and lineaments parallel to schistosity	Saprolite covered by ferruginous pisolitic soil
	HCrk	Cone shaped high hill or mountain	Bedrock (schist and granodiorite)

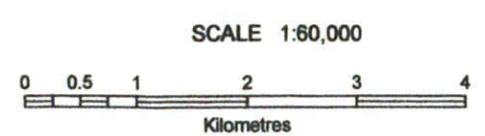
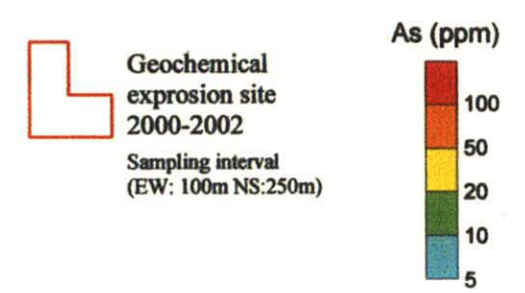


Fig.7-2(2) Relationship between the regolith distribution and As anomalies

7-4 有望地区の選定

前節の解釈基準に基づき現地性の Au 異常と As 異常を抽出した後、以下の基準に従い有望地区を選定した。

- a) 孤立した地化学異常よりも、連続性に富むまとまった地化学異常を優先的に抽出する。
- b) アメーバー状・不定形の地化学異常よりも、帯状の（裂罅に規制されていることを示唆する）地化学異常を優先的に抽出する。
- c) 遠方から運搬された碎屑物（GSdu の一部、Fal および Fal-cl）以外であれば、たとえ被覆層やフェリクリートであっても、強い Au 異常が集中している地区や金採掘跡が分布する地区を優先的に抽出する。

検討の結果、有望地区として、(1) Batouba 地区、(2) Diamou 地区、(3) Kalako 地区、(4) Koulou-koro 地区、(5) Sirakoro 地区、(6) Siriba-Sobala 地区および(7) Sirikoro 地区からなる 7 地区（アルファベット順）が選定された。

次に、試錐を含む過去の探鉱結果を総合的に検討し、各々の地区の鉱化ポテンシャルを評価した。その際、A 評価（採掘可能な金鉱床が発見される可能性があり、探鉱を優先的に継続すべき地区）、B 評価（延長数 100m 以上の金鉱化帯の存在が予想され、探鉱を継続することが望ましい地区）および C 評価（小規模な金鉱化帯の存在が予想される地区）に区分した。

最終的に、最もポテンシャルの高い A 評価地区として、Batouba 地区と Siriba-Sobala 地区が抽出された。次いでポテンシャルの高い B 評価地区として、Kalako 地区と Diamou 地区（優先順）が抽出された。これ以外の地区は、鉱化ポテンシャルが比較的小さい C 評価地区とした。

A 評価および B 評価地区として抽出された 4 地区の位置、地形、地質、レゴリスおよび地化学異常の特徴を、以下に記述する。

(1) Batouba 地区 -A 評価-

位置・地形：Diako 集落の東方約 3km に位置する南北 6km×東西 3km の地区である。地区中央に幅 1.5km×延長 4km の尾根が、地区北端に幅 0.8 km×延長 1.3km の尾根が発達する。

レゴリス：尾根の頂部は丸みをおび、表層はラテライト質硬殻（単元 HRdu）に広く覆われる。地区南部の急崖には、ピソリス層（単元 SSps）が小規模に露出する。丘陵末端の緩斜面の大半はフェリクリート（単元 GSdu）と崩積土（単元 GScl）からなる。比演算画像の再解析の結果、一部の崩積土（単元 GScl）は酸化鉄と水酸化鉄に著しく富み、地化学的には緩斜面のフェリクリート（単元 GSdu）に近いものと推定された。地区の南端には、変堆積岩からなるサプロライト（単元 Usp）が小規模に露出する。

Au 異常帯：多くの Au 異常が、地区北端（東西 1km×南北 1km、丘陵頂部にラテライト質硬殻が分布）、地区中央（東西 2km×南北 2.5km、丘陵頂部にラテライト質硬殻が分布）

および地区南端（東西 1.5km×南北 0.75km、斜面末端にサプロライトと崩積土が分布）の 3 区域に集中して分布する。地区北端と地区中央の Au 異常帯はいずれも尾根部に位置し、鉍化が現地性であることを強く示唆する。尾根の下方のフェリクリートと崩積土に認められる Au 異常は、初生の鉍化位置を示していない。地区南端の Au 異常は、サプロライトに鉍化が生じていることから、初生の鉍化位置を示している。

As 異常帯：Au 異常が集中する 3 地区では、同時に As 異常も集中する。地区南端の As 異常はサプロライトに生じていることから、現地の鉍化に起因することが確実である。地区北端と地区中央の As 異常は、ラテライト化による As の二次濃集の可能性があることから、5-5 節で As 異常を再検討した後に評価する。

ポテンシャル評価：Au 異常と As 異常の双方が集中する。地形とレゴリスを検討した結果、Au 異常と As 異常は現地性の鉍化に起因するものと判断される。硫砒鉄鉍を含む硫化鉍物-自然金鉍染帯が賦存するものと推定される。採掘可能な金鉍床が発見される可能性があり、探鉍を優先的に継続するべきものと考えられる。

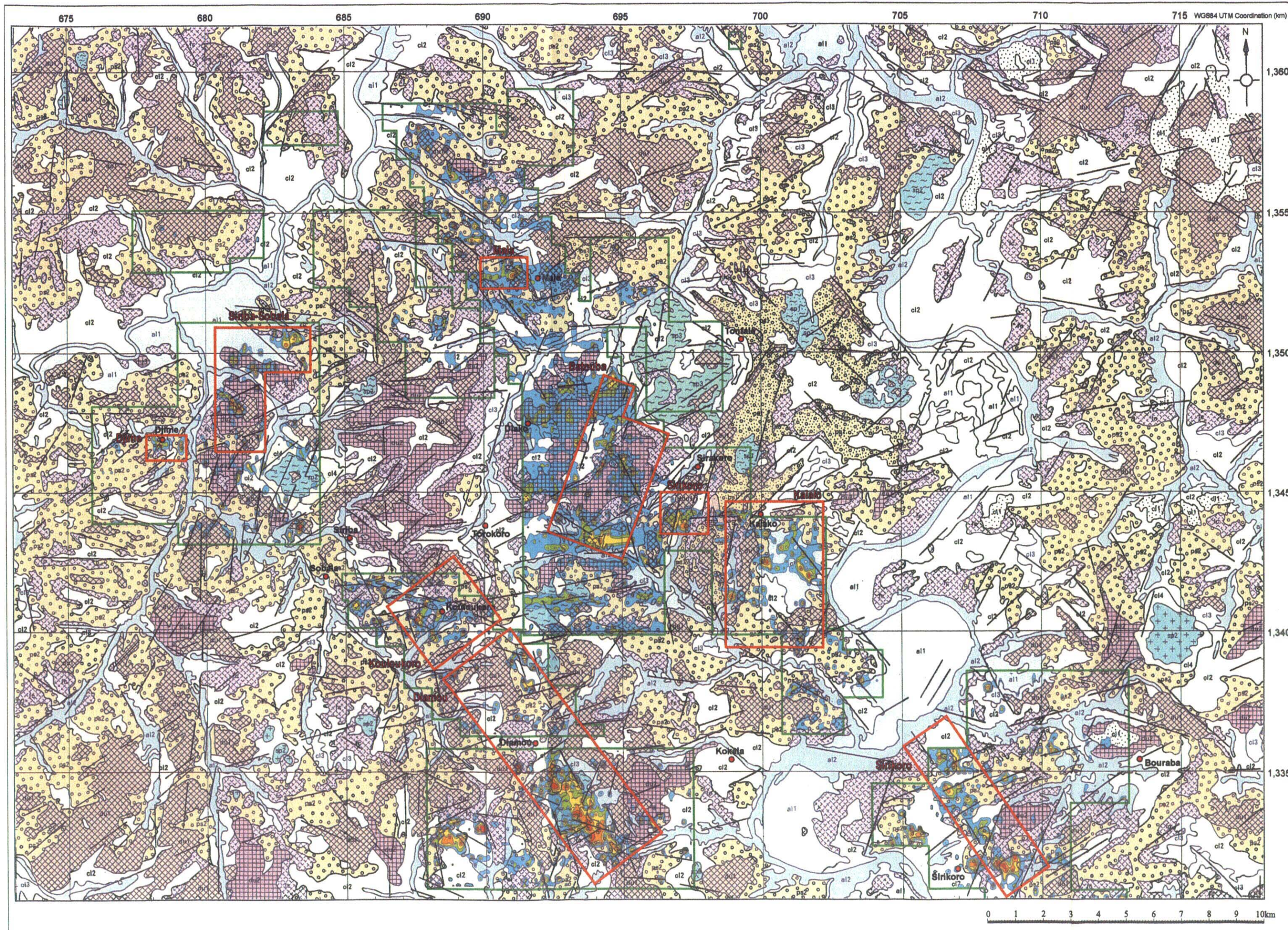
(2) Siriba-Sobala 地区 -A 評価-

位置・地形：Siriba 集落と Sobala 集落の北西 7km に位置する、Banifing 川右岸の南北 4km×東西 2-3km の地区である。地区南部は、西方に傾斜する back slope からなり、その比高は約 30m である。一方、地区北部は、西北西に伸長する比高約 10m の痩せ尾根からなる。

レゴリス：空中写真の観察から古地形を復元した結果、Siriba-Sobala 地区南部は、南北 6km×東西 9km の古期丘陵の勾配約 8 度の北西斜面で形成されたラテライト質硬殻とピソリス層からなる。当時の丘陵の頂上は、現在の Siriba 山の山頂に一致する。地区北部は、南北 3km×東西 3km の古期丘陵の勾配約 3-4 度の南西斜面で形成されたラテライト質硬殻とピソリス層からなる。一部の箇所では、サプロライトが露出する。当時の丘陵の頂上は、すでに侵食されて現在は残存しないが、1.5km 程北東にあったものと推定される。現世の丘陵の勾配と崩積土の分布を検討した結果、Siriba-Sobala 地区に分布するラテライト質硬殻は崩積土を起源とするものではなく、bed rock を起源とするラテライト質残留層であるものと解釈される。

Au 異常帯：多くの Au 異常が、地区南部のラテライト台地の西部、および地区北部の痩せ尾根に集中する。地区南部のラテライト台地は西方へ緩やかに傾斜することから、初生の金の鉍化は Au 異常のやや東方に生じているものと推定される。地区北部の Au 異常は、痩せ尾根上のラテライト質硬殻、ピソリス層およびサプロライトに認められる。鉍化が現地性であることは確実である。地区南部と地区北部の Au 異常は見かけ上分離しているが、両者は崩積土で境され、初生の金鉍化帯は北東-南西方向に伸長して分布しているものと解釈される。

As 異常帯：Au 異常と As 異常の分布が一致する。我々の主要な探鉍ターゲットである



Legend

Regime	Symbol	Landform	Regolith
Depositional	a12	River channel	Alluvial sediments of silt and fine sand
	a11	Floodout plain	Alluvial sediments of silt and fine sand
	c14	Undulating plain around a cone shaped hill for a mountain	Colluvial sediments, mainly gravelly soil
	c13	Gentle slope and flat plain, partly Floodout plain	Colluvial sediments of sand and silt
	c12	Gentle slope at hillside, valley, colluvial fan and flat plain	Colluvial sediments of gravel, sand and silt
	a11	Gentle slope and flat plain	Colluvial sediments of gravel, sand and silt
	fc	Gentle slope at hillside and footslope	Ferricrete
Residual, partly Depositional	du3	Bacholops, plateau and hill	Ferrous pisolite duricrust, partly ferricrete
	du2	Bacholops, plateau and hill	Ferrous pisolite duricrust, partly ferricrete
	du1	Bacholops, plateau and hill	Ferrous pisolite duricrust, partly ferricrete
	ps2	Rounded hill and steep slope including breakaway	Ferrous pisolite soil (unconsolidated duricrust, corrasion)
	ps1	Rounded hill	Ferrous pisolite soil (unconsolidated duricrust, corrasion)
Erosional	sp3	Undulating low hill with aretes and lineaments	Saprolite covered by ferrous pisolite soil
	sp2	Cone shaped high hill, partly undulating low land	Fresh bedrock, partly saprolite covered by plasmic soil
	sp1	Cone shaped high hill, partly undulating low land	Fresh bedrock, partly saprolite covered by plasmic soil
	Λ Λ		Dolerite and gabbro
	+		Granodiorite and tonalite
	~		Pelitic schist and psammitic schist

Geochemical exploration site (performed in 2000-2002)

Au, ppb
 Gold contents
 200
 100
 50
 30
 15

Promising exploration site

Village
 Bouraba

Lineament (LANDSAT 7 ETM+)

Fig.7-3 Promising exploration sites in the Baoule-Banifing Area

硫砒鉄鉱-黄鉄鉱鉱染帯が、当地区に賦存するものと考えられる。

ポテンシャル評価：Au 異常が現地性の金の鉱化に起因することが確実であり、かつ、Au 異常と As 異常の分布が一致する。マリの代表的な金鉱床である Morila 鉱床、Syama 鉱床、Sadiola 鉱床、Yattela 鉱床および Tabakoto 鉱床と同様の地化学異常であり、硫砒鉄鉱を含む硫化鉱物-自然金鉱染帯が発見される可能性がある。採鉱を優先的に継続する必要がある。

(3) Kalako 地区 -B 評価-

位置・地形：Kalako 集落の南方に広がる南北 5km×東西 3km の区域である。地区東方の Baoule 川が大きく西方へ屈曲する攻撃斜面側に位置するため、Baoule 川の氾濫原堆積物は分布しない。多くの丘陵が、地区全体を取り囲む様に環状～ドーナツ状に配列する。丘陵の頂部に発達する平滑面は、環状構造の外側へ傾斜する。地区中央には低地が発達する。以降では、この低地を Kalako 低地と呼称する。

レゴリス：空中写真の観察から古地形を復元した結果、かつて、南北 5km×東西 4km の古期丘陵が存在したのと考えられる。古期丘陵の頂部の現地性ラテライト質硬殻（ラテライト質残留層に属す）の硬度が当時の斜面末端のフェリクリートに比べ小さい為、あるいは薄い為、選択的に丘陵の頂部が侵食され、その結果、現在の環状～ドーナツ状の地形が形成されたものと解釈される。この考えに基づき、現在の丘陵を構成するラテライト質硬殻の全てとピソリス層の大半を、古期丘陵の末端で形成されたフェリクリートと解釈した。フェリクリートを構成する物質は、斜面上方から運搬された碎屑物と鉄に富む地下水に由来する。その運搬距離は最大でも 1km 前後であるものと見積もられる。Kalako 低地には、周囲の丘陵から供給された崩積土（単元 Fcl）が広く分布する。Kalako 低地と丘陵の境界にはペディメントが発達し、その近傍にサプロライト（単元 Usp）が小規模に露出する。

Au 異常帯：多くの Au 異常が Kalako 低地の崩積土に認められる。Kalako 低地に分布する崩積土は、周囲の丘陵から供給された碎屑物であることから、Au 異常の起源は周囲の丘陵にある。一方、数箇所の Au 異常が Kalako 低地と丘陵の境界に分布するサプロライトに認められ、現地性の金の鉱化が生じていることが確認された。サプロライト近傍の崩積土やピソリス層に認められる Au 異常も、現地性の鉱化に由来する。Kalako 地区は、物質移動の面から考えれば、環状に配列する丘陵に取り囲まれた閉鎖系である。当地区のすべてのフェリクリートと崩積土は、Kalako 地区にかつて存在した古期丘陵の頂部から中腹斜面を構成した物質に由来する。すなわち、当地区の Au 異常は、現在の Kalako 低地周縁のサプロライトに認められる現地性の Au 異常と、古期丘陵の頂部から中腹斜面の構成物質に由来する二次的な Au 異常に二分される。古期丘陵の頂部から中腹斜面の構成物質は、現在の Kalako 低地の中央のサプロライト（現在は崩積土に被覆されている）に由来することから、当地区のすべての Au 異常は Kalako 低地のサプロライトを起源とする。

As 異常帯：多くの As 異常が地区南部の丘陵に認められる。地区南部の丘陵は、フェリクリートであるラテライト質硬殻と、一部フェリクリートで大半がラテライト質残留層であるピソリス層からなる。As は顕著な拡散ハローを伴うことから、As の大部分は現地の鉱化に起因せず、過去に存在した古期丘陵の斜面上方から供給されたものと考えられる。また、ラテライト化の過程で、現位置で二次濃集した可能性も大きい。As 異常に関しては、5-5 節で再検討する。

ポテンシャル評価：1997 年度に実施された広域地化学探査で、Mala 地区 - Batouba 地区 - Sirakoro 地区 - Kalako 地区 - Sirikoro 地区と、北西から南西へ 30km 以上連続する Au 地化学異常トレンドが発見された。この地化学異常トレンドは鉱化トレンドと解釈され、さらに南西へ連続し、最終的には Morila 鉱床へ連続するものと予想される (JICA/MMAJ, 1998)。Kalako 地区は、この鉱化トレンドのほぼ中央に位置し、基本的に高い鉱化ポテンシャルを有する。また、レゴリスの解析結果により、初生の鉱化位置が南北 3km×東西 2km の Kalako 低地に潜在する Birimian 累層群に限定された。したがって、今後の探鉱は、Kalako 低地の崩積土の下位に分布するサブロライトに集中することが望ましい。ただし、現時点では、Kalako 低地中央部のサブロライトに関する地化学データは皆無に等しい。当箇所金に金の鉱化が生じたことを直接証明するデータが少ない点で、ポテンシャル評価を A 評価から 1 ランク下げて B 評価とする。

(4) Diamou 地区 -B 評価-

位置・地形：Diamou 集落周辺の南北 8km×東西 3km の区域である。地区南部には比高約 40m の山地が発達する。山地の周囲には、丸みをおびた丘陵と波状に起伏する低地が発達する。地区中央から北部は、低い台地と平坦地からなる。

レゴリス：地区南部の山地には、酸化を受けた砂質片岩と泥質片岩 (単元 HCrk) が露出する。周囲の低地には、サブロライト (地表では岩石組織の同定が困難な砂質サブロライト, 単元 Usp) が、丘陵にはピソリス層 (単元 HRps) とこれを覆うラテライト質硬殻 (単元 HRdu, Bdu) が分布する。ピソリス層とラテライト質硬殻はいずれもラテライト質残留層に属す。地区中央の低地は崩積土 (単元 Fcl) に覆われる。この崩積土は分水嶺の近傍に位置し、あまり厚くないものと推定される。地区の中央から北部に位置する台地は、ピソリス層 (単元 HRps) とラテライト質硬殻 (単元 Bdu) からなる。これらの台地は、比高が 10m 以下と低く、頂部にはラテライト質硬殻からなる平滑面が発達する。台地の形状と周囲のレゴリスから判断すれば、台地を覆うラテライト質硬殻は、かつて東方に存在した古期丘陵の西方斜面の末端で形成されたフェリクリートである可能性が大きい。

Au 異常帯：地区南部において、北西延長 4km×幅 0.8km の巨大な Au 異常帯が分布する。この Au 異常帯は、Birimian 累層群の変堆積岩起源のサブロック、サブロライトおよびピソリス層に分布する。2000 年度と 2001 年度に実施された RC 試錐とダイヤモンド試錐では、小規模な金の鉱化が Au 異常帯の直下の岩盤で確認された。Au 異常帯の北端は崩

積土に覆われ、急激の消滅する。崩積土の下位のサブロライトには鉍化が連続している可能性がある。サブロライト中の鉍化帯は北西へ連続し、地区北部の台地の中央または東縁（東縁のサブロックから採取した試料は 180～220 ppb Au を示す）を通過し、最終的には Kouloukoro 地区まで約 7km 連続するものと推定される。

As 異常帯：試錐結果によれば、自然金と硫砒鉄鉍の鉍染帯が地下 80m 以深の新鮮岩に発達するものの、その上位の酸化帯（サブロライト）で As の著しい溶脱が生じ、地表では As 異常がまったく認められない。80m に及ぶ深層風化と As の著しい溶脱は、硫化鉍物の分解によって生じた硫酸酸性地下水が関与しているものと考えられる。地区北部に位置する台地の東縁には、多くの As 異常が集中する。レゴリスは、サブロック、ピソリス層およびペディメント上の崩積土からなる。ピソリス層と崩積土の As 異常は異地性と考えられるが、サブロックの As 異常は現地性の鉍化に起因する。

問題点：北東-南西方向の不明瞭なリニアメントが複数箇所存在する。具体的には、Au 異常帯の南限に 1 箇所、北限とその北方 2km までの区間に最低 2 箇所が認められる。これらのリニアメントが断層であるか否かは、現時点では不明である。ところで、当地区は Baoule 川と Banifing 川の分水嶺に位置するため、Au 異常帯を被覆する崩積土は、ごく近傍から運搬されたものと考えられる。もしそうであれば、この崩積土の Au 含有量は高く、大きな Au ハローを形成するはずである。しかし、そのようなハローは認められない。この事実は、Au 異常帯の北端が断層により切断されている可能性を示唆する。

ポテンシャル評価：Baoule-Banifing 地域最大の Au 異常帯である。2000 年度と 2001 年度の試錐調査結果によれば、Au 異常帯の直下の岩盤で金の鉍化を確認した。しかし、採掘可能な鉍床は見出されていない。また、Au 異常帯の南方延長では金鉍化は生じていないことが確認された。Au 異常帯の北方延長は未探鉍である。Au 異常は北方へ約 7km 連続し、最終的には Kouloukoro 地区まで連続する可能性がある。しかし、その一方で、Au 異常帯が断層に切断され、北方へ連続しない可能性も指摘された。過去の探査成果も含めて総合的に検討すれば、当地区の鉍化ポテンシャルは B 評価と判断された。

7-5 As 異常の検討

ラテライト化に伴い、ラテライト質残留層に濃集する元素として、V, Bi, Cr, Fe, Zr, Nb, Sb, Sc, Ti および Al があげられる。As は、金の鉱化を伴う黄鉄鉱-硫砒鉄鉱の鉱染帯に濃集するが、これと同時にラテライト質残留層にも濃集する傾向がある。Au と As の相関が低いのは、ラテライト化の影響によるものである。

鉱化に起因する As 異常と、ラテライト化に起因する As 異常を識別するためには、ラテライト化による As の二次濃集量を見積もる必要がある。ある試料の As 含有量が、その地点で見積もられたラテライト化による二次濃集量を大きく上回る場合、鉱化に起因する As 異常であると判断される。As の二次濃集量は、以下の手順に従い算出した。

はじめに、ラテライト化の進行度を数値化する目的で、Fe, Cr, V, Al, Nb および V について主成分分析を行う。計算の結果得られた第 1 主成分の固有値は 3.61 と、他の主成分に比べ圧倒的に大きく、寄与率は 72% に達する。また、第 1 主成分の固有ベクトルは全元素について正の値を示し、各元素の固有ベクトルはほぼ一様である。したがって、第 1 主成分得点は、ラテライト質硬殻やピソリス層で正の大きな値として表現され、サブロライトや岩盤では負の値として表現される。すなわち、第 1 主成分得点はラテライト化の進行度を表す指数として利用できる。主成分得点は、その性質上、平均は 0、分散は 1 に正規化されている。

得られた第 1 主成分得点と As 含有量の関係を検討し、第 1 主成分得点 (SC_{p1}) から予測される As の二次濃集量の上限 (As_{max}) を次式で近似した。

$$\text{Log}_{10} As_{max} = 0.13 \times SC_{p1} + 1.15$$

最終的に、各々の土壌試料の As 含有量 (As_{obs}) から、As 最大二次濃集量 (As_{max}) の差を算出する。この差は、ラテライト化のみでは説明できない過剰な As 含有量 (As_{exc}) を意味する。

$$\text{Log}_{10} As_{exc} = \text{Log}_{10} As_{obs} - \text{Log}_{10} As_{max}$$

過剰 As は、黄鉄鉱-硫砒鉄鉱の鉱染帯に起因する場合と、炭質物に富む泥質岩に起因する場合がある。泥質岩の As 含有量は、それ以外のいかなる岩石よりも高い。花崗岩、稼鉱閃緑岩、中性岩、塩基性岩、超塩基性岩、砂岩および炭酸塩岩の平均 As 含有量は、1～2 ppm であるのに対し、炭質物に富む頁岩の平均 As 含有量は、13 ppm に達する (Beus, A.A., Grabovskaya, L.I. and Tikhonova, N.V., 1976)。したがって、過剰 As を評価する場合には、レゴリスを検討すると同時に泥質岩の分布にも留意しなければならない。

全体的な傾向を把握するために、ラテライト化のみでは説明できない過剰 As 含有量(以下では「過剰 As 異常」と称する)を Baoule-Banifing 地域全域について算出した。その結果、Batouba 地区、Siriba-Sobala 地区および Kalako 地区に過剰 As 異常の特に強い集中が認められ、次いで、Sirikoro 地区、Koukouro 地区および Sirakoro 地区に弱い集中が認められる。過剰 As 異常の規模は、Batouba 地区が圧倒的に大きい。Au 異常と過剰 As 異常が重複する地点についても、Batouba 地区が圧倒的に多い。

Table 7-1 Correlation matrix of Fe, Cr, V, Al and Nb

	Log Fe	Log Cr	Log V	Log Al	Log Nb
Log Fe	1.00	-	-	-	-
Log Cr	0.85	1.00	-	-	-
Log V	0.92	0.94	1.00	-	-
Log Al	0.51	0.64	0.64	1.00	-
Log Nb	0.38	0.48	0.52	0.50	1.00

Table 7-2 Eigen value, contribution ratio and eigen vector of PC1

	Eigen value	Contribution ratio	Cumulative contribution ratio	Eigen vector	PC 1	PC 2
PC 1	3.61	72.2%	72.2%	Log Fe	0.47	-41.2%
PC 2	0.75	15.1%	87.3%	Log Cr	0.50	-21.8%
PC 3	0.47	9.4%	96.7%	Log V	0.51	-20.5%
PC 4	0.13	2.6%	99.2%	Log Al	0.40	35.0%
PC 5	0.04	0.8%	100.0%	Log Nb	0.34	78.6%

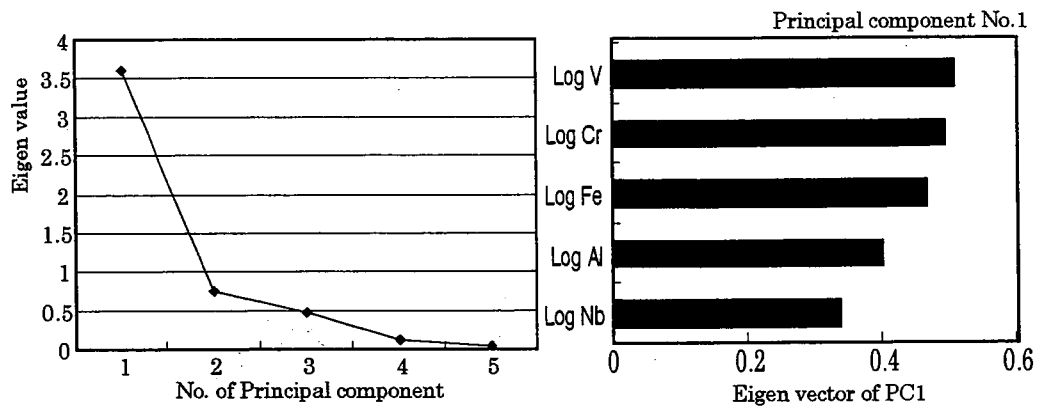


Fig.7-4 Eigen value and eigen vector of PC1

前節で有望地区として抽出された, Batouba 地区, Diamou 地区, Kalako 地区, Kouloukoro 地区, Sirakoro 地区, Siriba-Sobala 地区および Sirikoro 地区周辺の Au 異常と過剰 As 異常の分布をレゴリス図とあわせて検討した。その結果, 現地性 Au 異常と過剰 As 異常が特に顕著に集中するのは, Batouba 地区と Siriba-Sobala 地区であることが明かとなった。

以上の結果は, Batouba 地区と Siriba-Sobala 地区が最も鉱化ポテンシャルが高いという 7-4 節で得られた結論と整合的である。

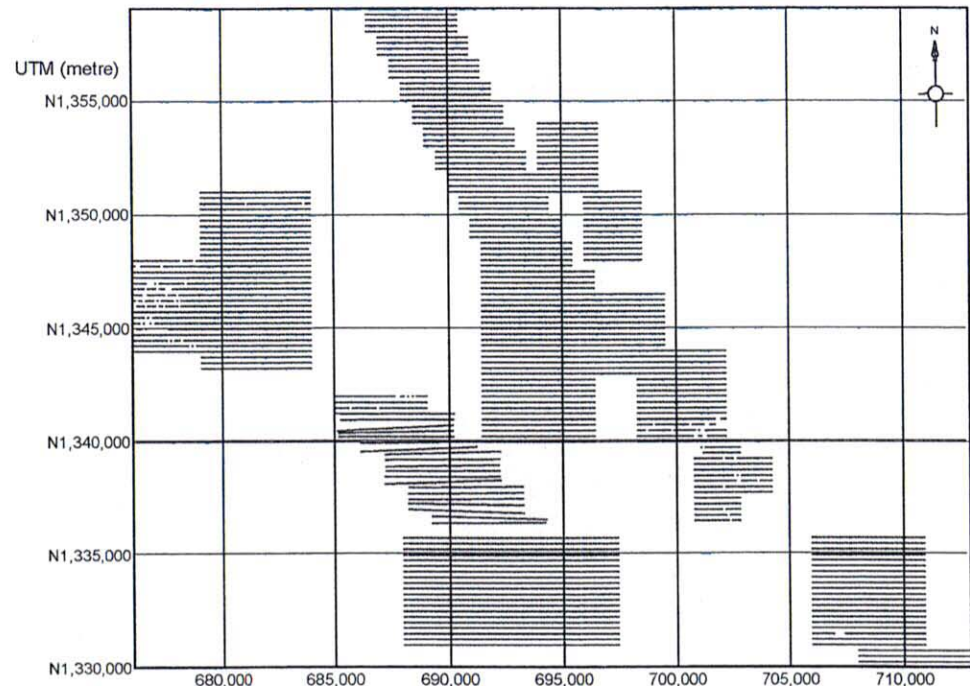


Fig.7-5 Sampling points for the geochemical exploration

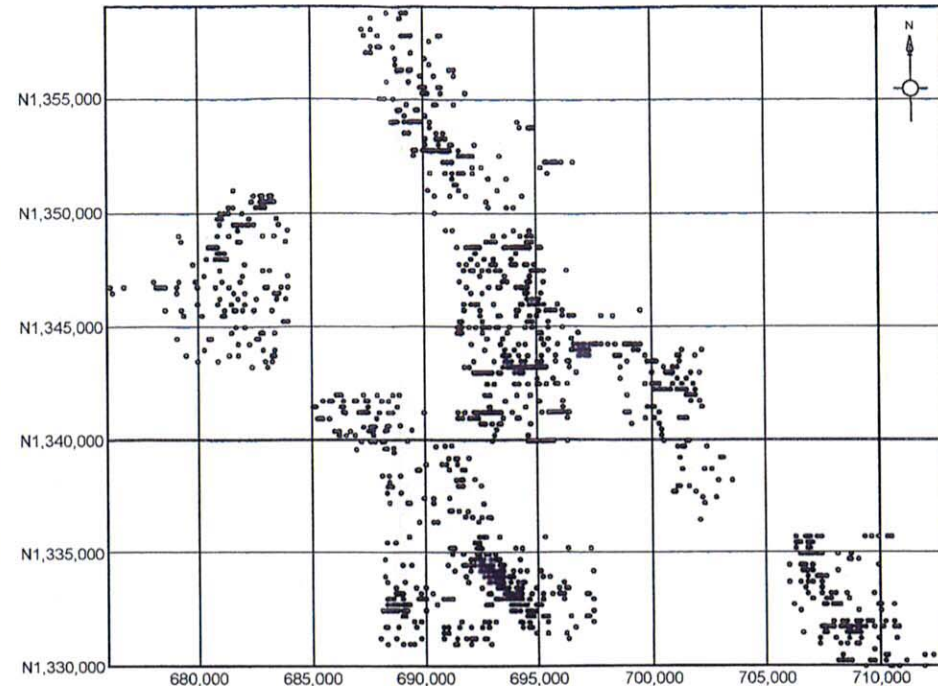


Fig.7-6 Distribution of gold anomalies over 29 ppb

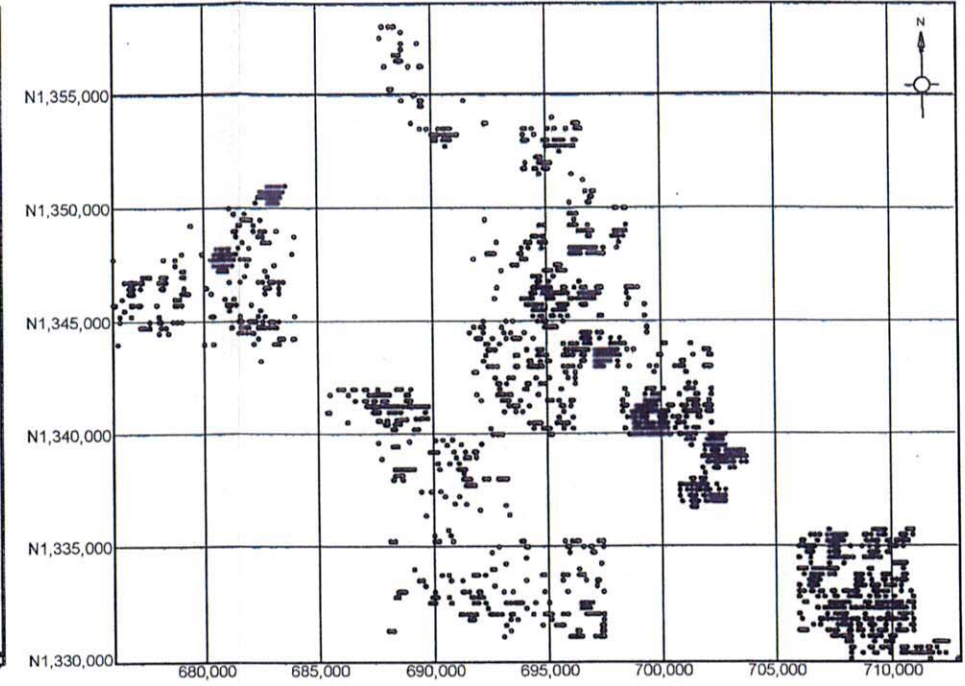


Fig.7-7 Distribution of arsenic anomalies over 12 ppm

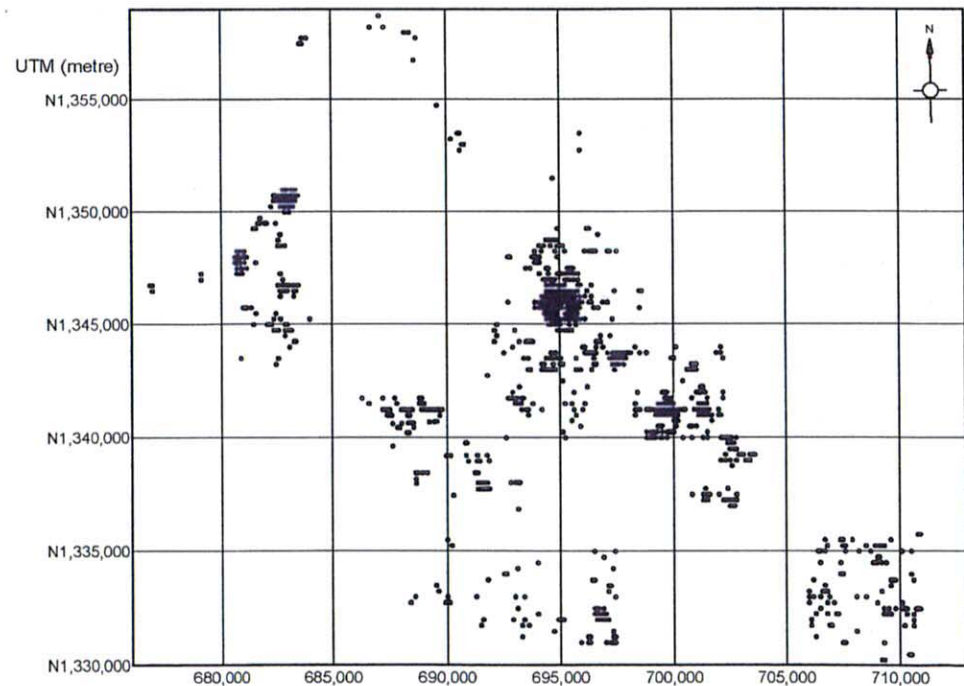


Fig.7-8 Distribution of excessive (hydrothermal) arsenic anomalies

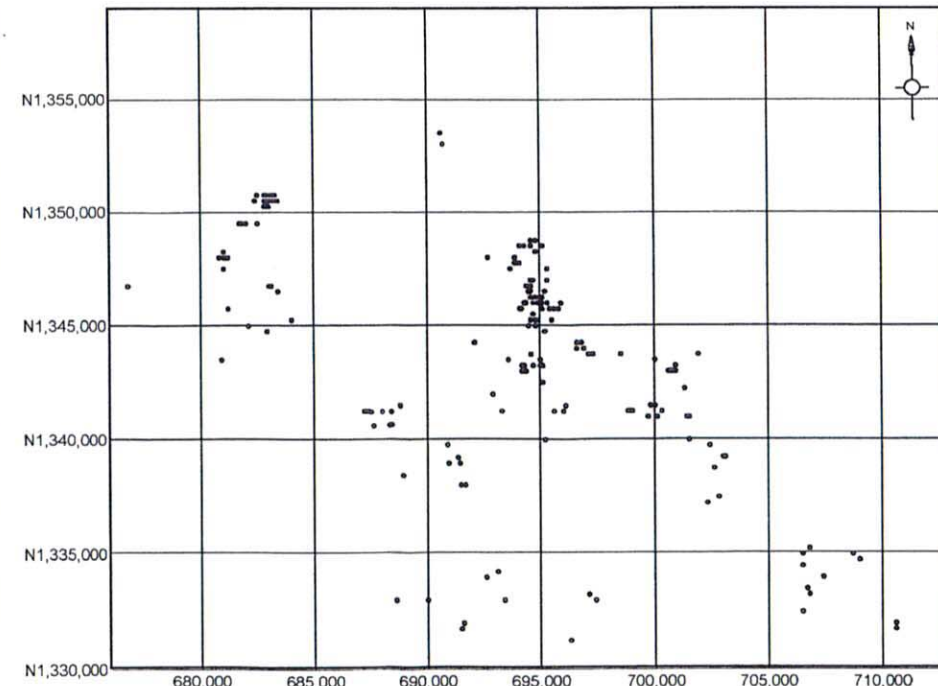


Fig.7-9 Distribution of overlapped anomalies of gold and excessive arsenic

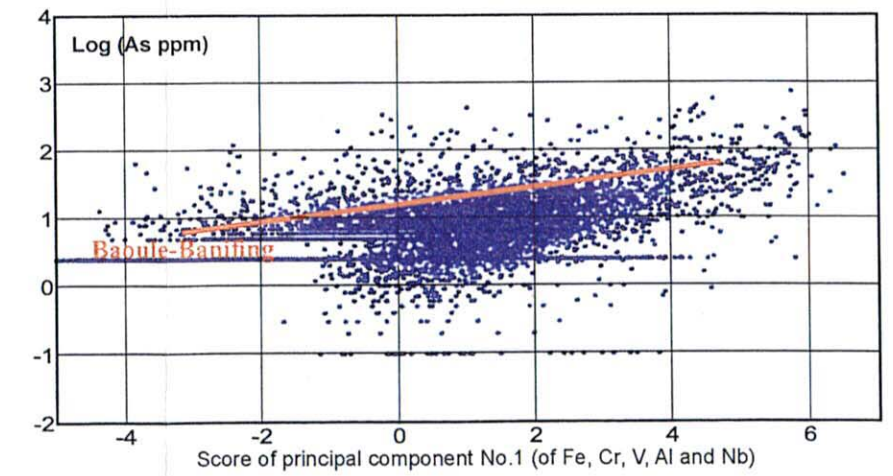


Fig.7-10 Upper limit of secondary arsenic enrichment

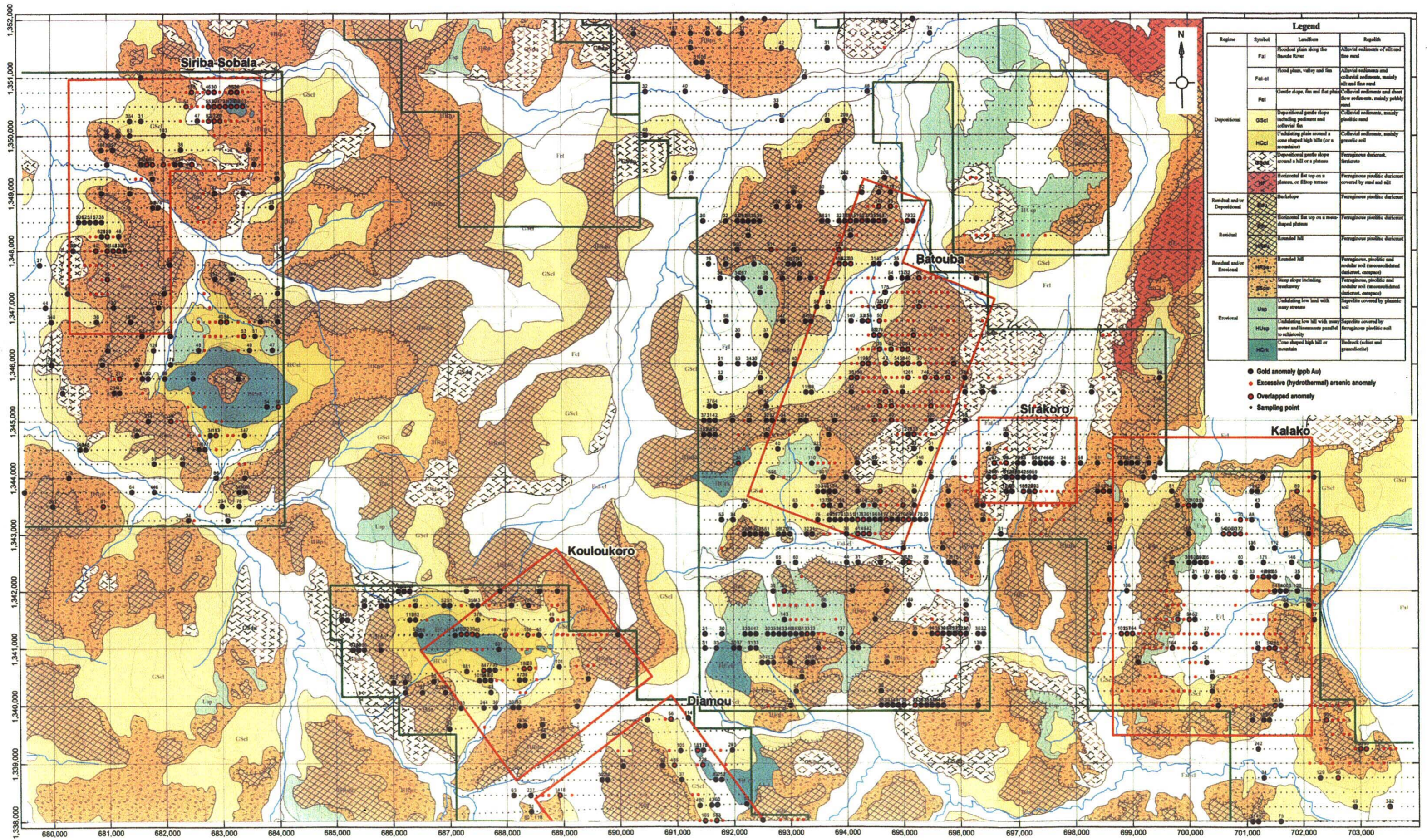
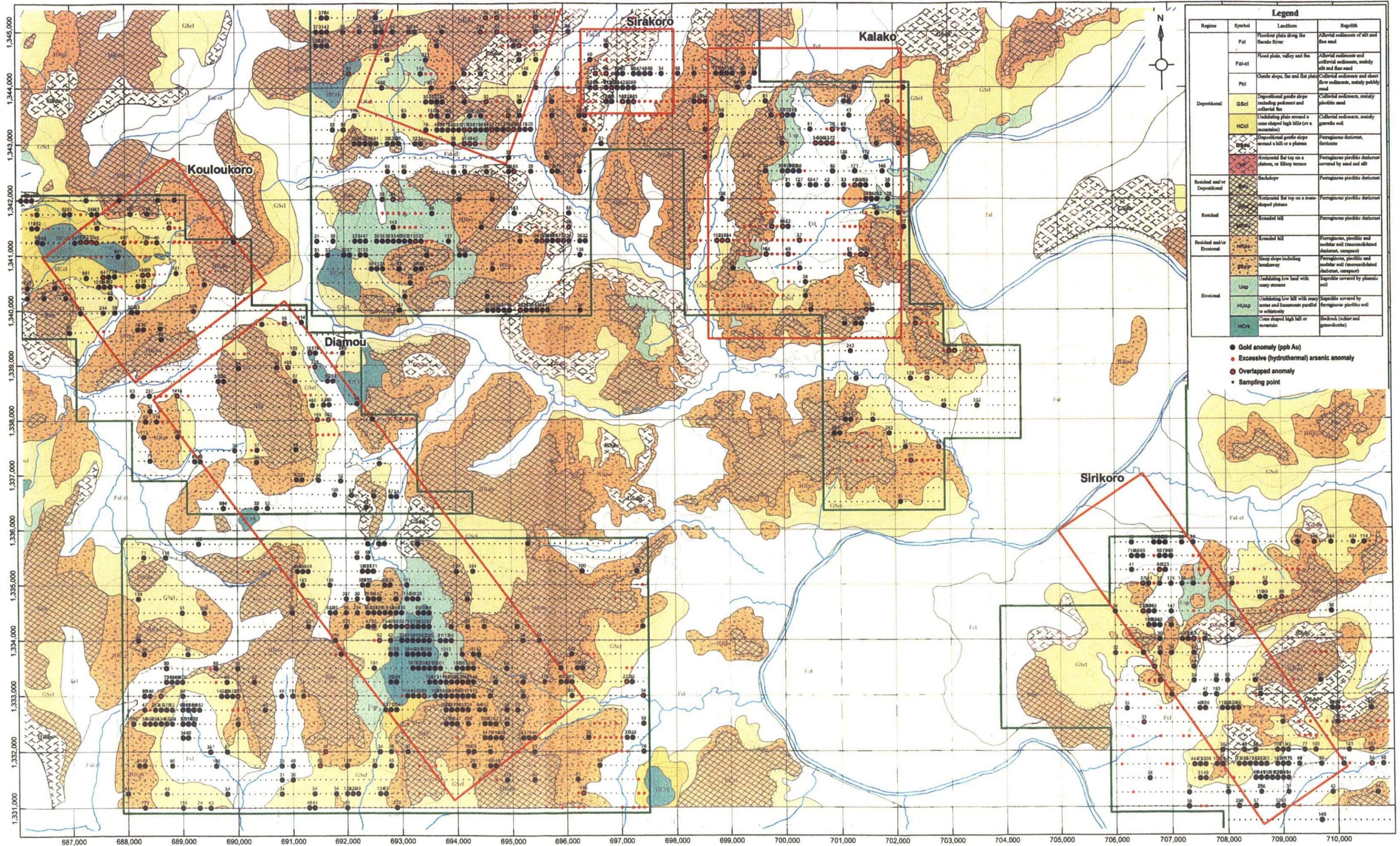


Fig.7-11(1) Distribution of gold, arsenic and overlapped anomalies in the Siriba-Sobala, Batouba, Sirakoro and Kalako



Regime	Symbol	Landform	Regolith
Depositional	Fal	Floodplain along the Boudou river	Alluvial sediments of fill and fine sand
	Fal-cl	Flood plain, valley and fan	Alluvial sediments and colluvial sediments, mainly silt and fine sand
	Fcl	Gentle slope, fan and flat plain	Colluvial sediments and sheet flow sediments, notably pebbly sand
	GScI	Depositional gentle slope including sediment and alluvial fan	Colluvial sediments, mainly silty-clay soil
	HClI	Undulating plain around a cone shaped high hills (or a mountain)	Colluvial sediments, mainly granitic soil
	HClII	Depositional gentle slope around a hill or a plateau	Ferrousiferous detritus, ferruginous
Residual and/or Depositional	Hr	Horizontal flat top on a plateau, or alluv terrace	Ferrousiferous plastic detritus covered by sand and silt
	HrI	backslope	Ferrousiferous plastic detritus
Residual	HrII	Horizontal flat top on a mesa-shaped plateau	Ferrousiferous plastic detritus
	HrIII	rounded hill	Ferrousiferous plastic detritus
Residual and/or Erosional	HrIV	rounded hill	Ferrousiferous, plastic and nodular soil (nonconsolidated detritus, coarse)
	HrV	steep slope including breakaway	Ferrousiferous, plastic and nodular soil (nonconsolidated detritus, coarse)
Erosional	Usp	Undulating low land with many stones	Sepiolite covered by plastic soil
	HUsp	Undulating low hill with many water and limestone parallel to schistosity	Sepiolite covered by ferrousiferous plastic soil
	HUspI	Conical high hill or mountain	Schist (schist and gneiss/diorite)
	HUspII	Conical high hill or mountain	Schist (schist and gneiss/diorite)

- Gold anomaly (ppb Au)
- Excessive (hydrothermal) arsenic anomaly
- Overlapped anomaly
- Sampling point

Fig.7-11(2) Distribution of gold, arsenic and overlapped anomalies in the Diamou, Kouloukoro and Sirikoro

第8章 結論と提言

本報告書はマリ共和国バオレ・バニフィング地域における資源開発協力基礎調査の結果をまとめたものである。

本地域はマリ共和国の南西部にあたり、調査地域の中央部 Tonfara—Bouraba 地域では西アフリカの金鉱床賦存層準である Birrimien 累層群が広く分布する。既調査により有望地区として抽出されている Diamou 地区と Sirikoro 地区では地化学探査とボーリング調査を主体にした調査を実施した。また、Tonfara—Bouraba 地域全域(約 1000km²)の鉱床賦存の有望性を評価する目的で衛星写真・空中写真解析および地表踏査によりレゴリス図を作成するとともに地化学探査結果を行なった。また、地表下のレゴリスの性状を把握するためにオーガーボーリングおよびピット調査を実施した。これらの調査により以下の結論が得られた。

8-1 結論

8-1-1 Diamou 地区

中央鉱化帯には東縁部とその西側に NNW-SSE 方向に並走する 2 つの鉱化帯が想定される。中央鉱化帯東縁部の鉱化帯(ゾーン 1)は、幅約 200m で少なくとも 2km 程度は連続すると推定される。鉱化部は断層沿いに貫入した石英斑岩および閃緑岩岩脈際およびその周辺に分布し、肉眼的には 1～5% 程度の硫化鉱物(硫砒鉄鉱+磁硫鉄鉱+黄鉄鉱など)を伴う石英細脈が密集した部分である。エレクトラムは独立あるいは硫砒鉄鉱に包有されて産出する。流体包有物均質化温度は 240～390℃の範囲にあり、260℃～280℃に集中する。ボーリング調査により確認した品位は

- ・ MDDH-7:0.86g/t Au(11m 区間, 1m 区間最高品は 4.2g/t Au)
- ・ MDDH-8:0.71g/t Au(15m 区間, 1m 区間最高品は 7.9g/t Au)
- ・ MDDH-9:1.00g/t Au(11m 区間, 1m 区間最高品は 3.7g/t Au)
- ・ MDRC-56:0.49g/t Au (50m 区間, 1m 区間最高品は 8.1g/t Au)
- ・ MDRC-57:0.63g/t Au (26m 区間, 1m 区間最高品は 10.1g/t Au)

などである。このほか、旧ピット群地区ではトレンチ及び旧ピットから 10 数～数 10g/t Au の鉱化を石英斑岩岩脈際で確認している。

一方、西側の鉱化帯(ゾーン 2)はトレンチ調査やボーリング調査によって金の濃集帯として抽出されたものである。この鉱化帯には 2 種類の鉱化部が認められる。一つは石英斑岩などの貫入岩とは直接的な関係が認められず、褶曲構造軸部付近に多く分布するもので、MDDH-1 で 1.7g/t Au(8m 区間, 1m 区間最高品位は 5.1g/t Au)及び MDRC-8 で 0.92g/t Au(13m 区間, 1m 区間最高品は 3.0g/t Au)などの高品位部を確認している。鉱化部の高品位が得られた区間は石英細脈が多く含まれる部分であり、肉眼でもエレクトラムが見出されることがある。随伴する硫化鉱物は黄鉄鉱で、硫砒鉄鉱は確認されていない。流体包有物均質化温度は 170～270℃の範囲にあり、測定値は 230～240℃の範囲に集中する。もう一つはデ

イサイト～流紋岩に伴う鉍化部であるが、ボーリングではこのタイプの鉍化帯を捕捉しておらず、その産状や規模の解明は今後の課題である。

今後、上記2つの鉍化帯の未探査部を重点的に調査し、その全体像を明らかにするとともに優勢な鉍化帯を把握する必要があると考える。

8-1-2 Tanfara-Bouraba 地域

- (1) Tonfara-Bouraba 地域と Dioila 地域のレゴリスの分布を明らかにすることを目的に、LANDSAT 7 ETM+フォールスカラー画像、同比演算画像および空中写真の地質学的判読を実施した。バンド割り当て R-G-B = 4-5-7 のフォールスカラー画像と、R-G-B = 5/7 - 4/7 - 4/2 の比演算画像が、ラテライト質硬殻の抽出に特に有効であった。
- (2) 浸食抵抗の違いによるレゴリス区分が可能であること、被覆層の堆積形状を直接観察できること、および接峰面から古地形が推定できることなど、空中写真判読には多くの利点がある。空中写真判読と地表地質踏査による主要な成果は、レゴリス分布の詳細を明らかにすることで古地形（特に古期丘陵）を復元し、地形発達史を含めたレゴリス科学の観点から、土壤地化学探査結果を再解析したことにある。
- (3) 原地性レゴリスの Au 異常と As 異常の分布、および本地域に期待される大規模な金鉍化作用は硫砒鉄鉍を含む硫化鉍物-自然金鉍染帯（指示元素 Au-As）であることから、地下に金鉍化作用が連続する可能性の高い地区として、Batouba 地区、Diamou 地区、Kalako 地区、Koulou -koro 地区、Sirakoro 地区、Siriba-Sobala 地区および Sirikoro 地区からなる7地区（アルファベット順）を抽出した。
- (4) レゴリスと地化学異常の関係を詳細に検討した結果、経済性を有する金鉍床が発見される可能性があり、調査を優先的に継続すべき地区として、金鉍化を伴う硫砒鉄鉍の鉍染帯が存在する可能性の高い Batouba 地区と Siriba-Sobala 地区の2地区を抽出した。これに次ぐ鉍化ポテンシャルを有する地区として、Kalako 地区と Diamou 地区（優先順）を抽出した。
- (5) オーガーボーリング調査およびピット調査により地下のレゴリスの性状を明らかにするとともに元素分布を把握した。
- (6) Torokoro 地区(Batouba 地区の北東隅部)で実施したオーガーボーリングによりサブプロライト中に金濃集部 (5.1g/t Au : 6m 区間, 1m 区間の最大品位は 17.0g/t Au)が捕捉された。これを NW-SE 方向の断層破碎帯に沿って胚胎しているものと推定される。Kalako 地区ではピット調査により、サブプロライト中の 1m 区間において 216ppb Au の金濃集部を捕捉し、金鉍化作用の一部を確認できた。

8-2 提言

調査結果に基づいて、次期調査に関して以下に提言する。

1) Batouba 地区

Tonfara－Bouraba 地域において経済性を有する金鉱化帯が賦存する可能性が最も高い地区として抽出され、実際にオーガーボーリングでも高品位の金濃集部を捕捉した。本地区では金鉱化帯が高い確度で存在すると考えられることから、ピット調査等により金鉱化帯の拡がりを確認した後、ボーリング調査を推奨する。ボーリング調査では NNW-SSE 方向の断層、リニアメントに着目して掘削地点を選定することが望ましい。

2) Siriba-Sobala 地区

Batouba 地区について次期調査のプライオリティーが高いが、地化学探査以外の調査がほとんど実施されていない。したがって、本地区では先ずピット調査等を行い金鉱化作用の有無を確認し、その結果に基づきボーリング調査を実施することを推奨する。

(3) Kalako 地区及び Diamou 地区

Kalako 地区では先ずピット調査を行い金鉱化作用の有無及び拡がりを確認し、その結果に基づき探査ボーリングを実施することを推奨する。Diamou 地区では現状において品位・規模等十分ではないが、金鉱化帯が既に発見されていることから、北方延長部においてボーリング調査を実施することを推奨する。

なお、ボーリング調査では効率、経済性に優れる RAB ボーリングを主体とすることが望まれるが、サブライトや地下水位の深度によっては RC ボーリングを実施することも検討する必要がある。