

第3章 植物相調査

3-1 調査方法

第1年次に SPOT 衛星画像を判読して植物相区分図（縮尺 10 万分の 1）を作成しており、本年度は植生分布調査として SPOT 衛星画像および同区分図の現地検証を雨季と乾季に実施し、植生の分布および区分を確認・把握した。検証に使用した SPOT 衛星画像は乾季の画像で、合成フォールスカラーと合成ナチュラルカラーの 2 種類の画像である。雨季の調査地点と同一地点で乾季に再調査を行うことで、雨季と乾季の植生状況の違い（季節変化）を確認した。調査地点は Diban 周辺の 20 地点、Sido 周辺の 22 地点、計 42 地点である。【巻末の写真 7】

この植生分布調査に基づき SPOT 衛星画像から代表的な植生地区を抽出し、植物相調査として詳細な植生調査を雨季に実施し、出現植物種を把握した。調査地点は Diban 地区として 27 地点、Sido 地区として 26 地点、計 53 地点、面積計 26,500 m² である。

この植生調査方法は、財団法人国際生態学センター・横浜国立大学方式（以下、国際生態学センター方式と略称する）であり、基本的には欧米で一般的に行われている調査方式と同一である。以下に、調査手順の概略を記す。

1) 調査区の設定（本調査独自）

- ・フォールスカラー衛星画像から代表的な植物相が混在する 2 地区（Diban 地区および Sido 地区、面積 10km² 程度）を抽出した。
- ・現場でフォールスカラー画像の判読区分に対応する植物相区分の一带を選択した。
- ・その中から平均的な植生の部分（面積 500m²）を調査地区として設定した。
- ・調査地点数は Diban 地区が 27 地点、Sido 地区が 26 地点、計 53 地点である。

注：国際生態学センター方式では、原則として調査地区は地区に含まれる木本の最高樹高を一辺とする正方形としているが、この場合植生により調査地区面積が異なることになる。本調査地域における高木の最高樹高の平均が 20~25m であることから、本調査では調査区画を 20×25m、調査面積を 500m² と画一化した。

2) 植生調査（現地調査／国際生態学センター方式）

- ・植生を木本および草本の高さから階層に区分（高木、亜高木、低木、草本）する。
- ・階層毎に木本および草本の種類を同定し、各種類の被度（5 段階）と群度（5 段階）を求める。
- ・各調査結果を専用の「調査票」に記入する。

3) 調査票の整理（データ解析／国際生態学センター方式）

- ・各「調査票」をとりまとめて、一覧表「素票」を作成する（巻末資料 18, 20）。
- ・植物種の出現回数に従い並び換えを行い、「常在度表」を作成する。
- ・高常在度種（恒在種）と識別種群を指標として、試行錯誤を繰り返してグループ分

けを行い、「部分表」を作成する（巻末資料 19, 21）。

- ・グループを特徴付ける植物群落を決定し、「局地的群落識別表」を完成させる。

3-2 調査結果

3-2-1 植生分布調査

第1年次度調査で SPOT 衛星画像から判読した植物相区分図の現地検証を行った結果、画像判読結果は現地状況に対応することを確認した。さらに、雨季と乾季に同一地点で調査を行い、雨季と乾季の植生の季節変化を確認した。SPOT 衛星画像の現地検証結果を巻末資料 13~16、これらを総括したものを表 2-3-1、SPOT 合成フォールスカラー画像を図 2-3-1 に示す。判読した SPOT 画像は乾季の 12~2 月に取得されたものであり、河川の流水がほとんどないこと、栽培作物等の収穫が終っていること、野焼きが行われていることなどが季節要因となっている。

表 2-3-1 では乾季の調査結果を主体に表し、同時に雨季の調査結果も併記している。乾季の現地観察内容は、第1年次の調査結果とほぼ同じである。

現地検証結果を数値化して表現することを目的として、本調査では「植生指数」として以下のように「木本指数」と「土壌指数」を定義した。

① 木本指数 (Tree Index)

全植生面積に占める樹木の面積割合を表す指標である。

$$\text{木本指数} = (\text{木本面積割合} - \text{草本面積割合}) \div (\text{木本面積割合} + \text{草本面積割合})$$

木本が草本より卓越して分布する場合、木本指数は正の値となり、逆の場合負の値となる。本指数は-100 から 100 の間の値をとる。

② 土壌指数 (Soil Index)

土壌の面積割合は季節変動が激しく、乾季には草本が枯れることで面積割合が高くなり、雨季には草本および木本が繁茂することで割合は低くなる。このため、土壌の見掛けの割合ではなく、本質的な割合を示し、かつ季節変動を表すことを目的とした指標である。

$$\begin{aligned} \text{土壌指数} &= (\text{土壌面積割合} + \text{草本面積割合} + \text{農作物面積割合}) \\ &\times (\text{土壌面積割合} - \text{木本面積割合}) \div 100 \end{aligned}$$

一般的な植生と土壌の関係に対応する土壌指数の変化を表 2-3-2 に示す。土壌面積割合が大きい場合、指数は高い正の値を示し、同割合が小さい場合、指数は低い負の値を示す。植生密度が高く木本が卓越する場合、土壌指数の季節変化は小さく、植生密度が小さく草本が卓越する場合、土壌指数の季節変化は大きい。本指数は-100 から 100 の間の値をとる。

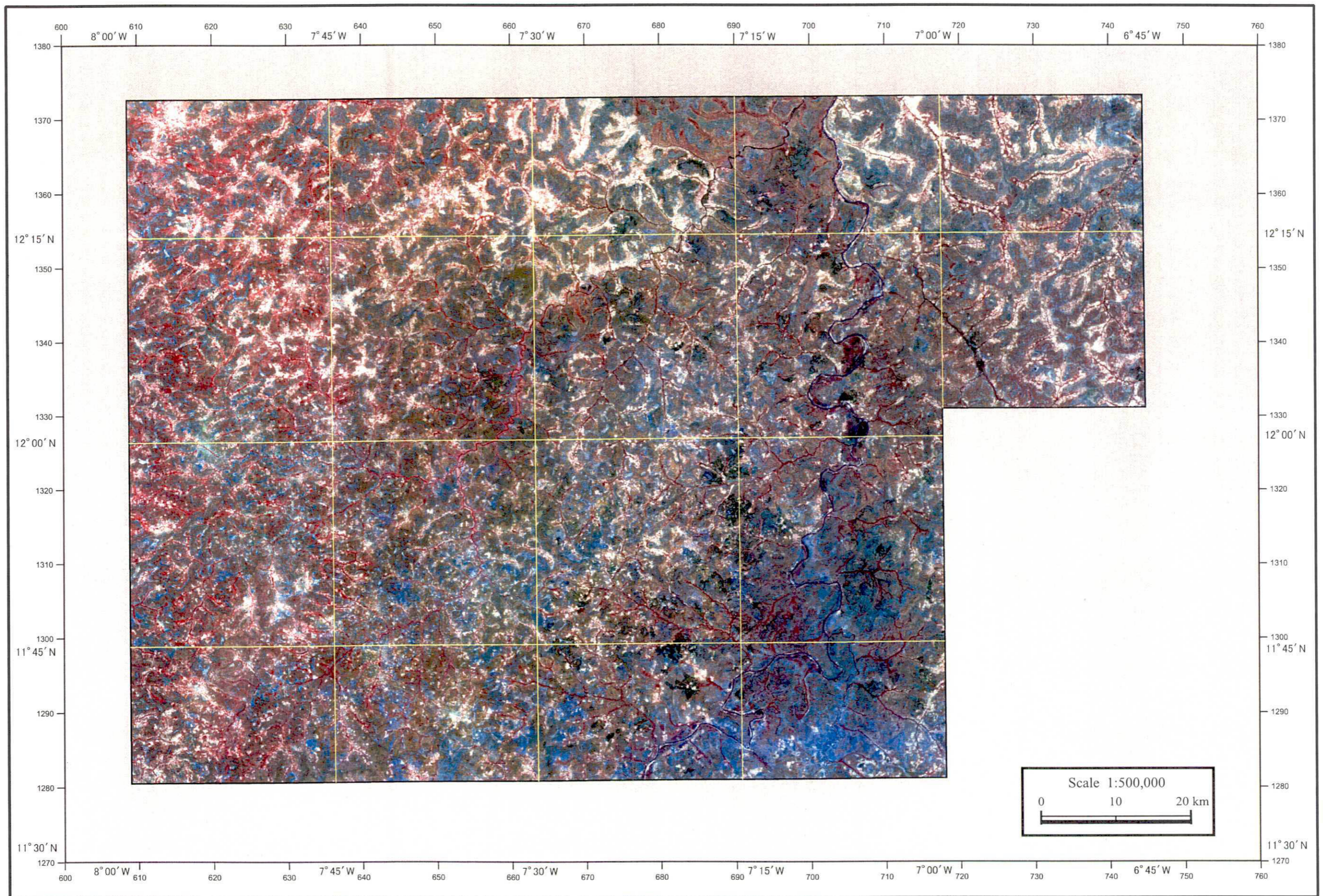


图2-3-1 卫星画像 (SPOT false color)

表2-3-1 衛星画像による植物相区分

SPOT画像 (乾季) の色調	画像の表す 植生内容	場所	現地植生状況	植生密度	面積 (%)		植生指標	
					木本	草本	T-Idx.	S-Idx.
赤色～ 暗赤色系	植生の活性度が高い 植生に富む	河川水系沿い	高木が密集し、植生密度が高い。 樹木が非常に卓越し、下草は少ない。 〔植生が非常に豊富である〕	高 〔高〕	> 50 〔>60〕	< 30 〔<25〕	> 30 〔>60〕	-20～0 〔-20～0〕
茶色系	活性は中程度 (赤と緑の間)	河川とラテライト 台地を除く地域	モザイク状の樹木と草本。 全体的には両者の量比は同等に近いが、 草本がやや卓越する。 〔植生が豊富で、土壌の露出が少ない〕	中 〔高〕	10～50 〔30～60〕	< 50 〔40～80〕	30～80 〔-40～70〕	-20～70 〔-30～0〕
淡緑色系	活性が低い	ラテライト台地 の周囲 および丘陵地	草本が卓越し、樹木は少ない。 植生が少ない土壌地。 〔草本卓越のモザイク状植生〕	中～低 〔高〕	5～30 〔10～40〕	< 50 〔60～90〕	-70～-90 〔-60～-80〕	30～50 〔10～30〕
暗緑色系	活性が低い	ラテライト台地 の周囲 および丘陵地	草本が非常に卓越し、樹木は局所的。 枯れた草原や野焼きの跡地。 〔草本卓越のモザイク状植生〕	中～低 〔高〕	< 10 〔10～20〕	< 50 〔>40〕	-70～-90 〔-60～-80〕	30～50 〔10～30〕
青色～ 暗青色系	活性が低い	ラテライト台地	植生が非常に少なく、 ラテライト皮殻や同礫が全面に露出。 草本が非常に卓越し、樹木はまばら。 〔雑草が生い茂り、局所的に土壌が露出〕	低 〔中～高〕	< 10 〔<15〕	< 40 〔>40〕	0～-100 〔-50～-100〕	30～80 〔0～20〕
白色系	活性が低い	集落周辺、道路 および河川沿い	収穫後の農耕地。 集落周辺は土壌が露出する裸地。 〔農作物や雑草が一面を覆う〕 注：草本には農作物を含めて計算	極低 〔高〕	< 10 〔<10〕	< 10 〔>80〕	-100～100 〔-100～0〕	70～90 〔-5～5〕

注記：〔〕内は雨季の状況とデータを表す。

表 2-3-2 土壌指数と植生の関係

植生密度 (乾季)	場所	面積割合(乾季)			土壌指数		指数の 季節変動
		木本	草本	土壌	乾季	雨季	
高	河川沿い	高	中～低	低	小さな負	小さな負	小
高	不特定	中～低	中～低	低～中	小さな負～ 大きな正	小さな負	中
中	不特定	低	中～低	中～低	中程度の正	小さな正	小
低	ラテライト台地	低	低～中	高～中	大きな正	小さな負～ 小さな正	大
低	耕作地	低	低	高	大きな正	小さな負～ 小さな正	大

土壌指数は、草本が生い茂る雨季には植生内容や場所の相違に伴う変化が小さくなり、草本が枯れる乾季にはこの変化が大きくなる。当然、人為的な伐採や野焼きにより木本指数も土壌指数も変化する。

Diban 地区および Sido 地区の衛星画像 (False color) と現場景観写真を、それぞれ図 2-3-2 と図 2-3-3 に示す。雨季には場所を問わず草本が繁茂しており、乾季には草本が枯れて木本の葉が減少しているのが明瞭である。乾季の衛星画像—地形—植生内容の一般的な関係は以下のとおりである。

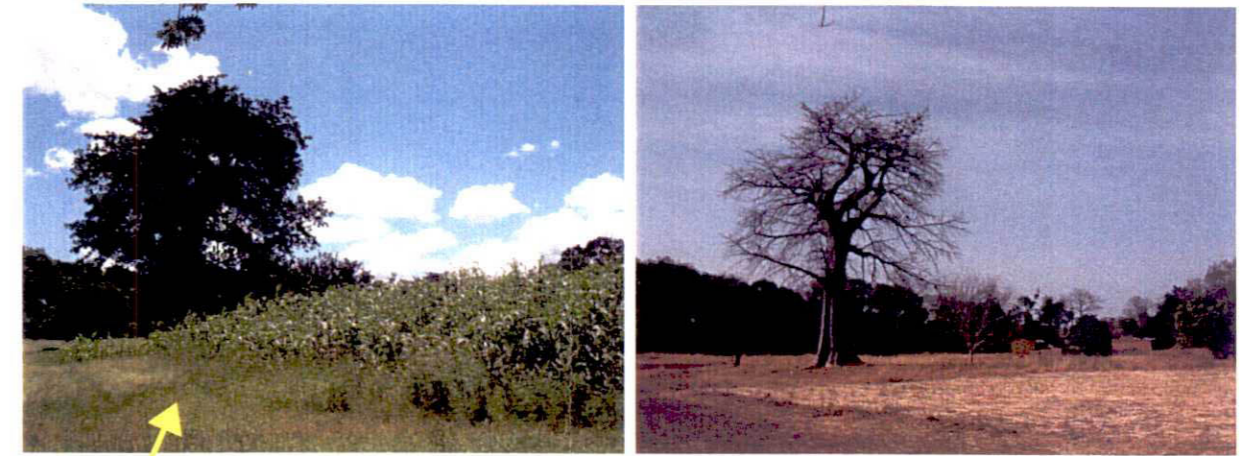
- ・濃赤色系：河川筋：木本が卓越し、植生密度が非常に高い。
- ・赤色系：河川沿い、一部のラテライト台地の周縁部：木本が卓越し、植生密度が高い。台地周縁部では木本が帯状に分布する。
- ・濃青色系：ラテライト皮殻の台地：草本が卓越し、乾季には植生密度が非常に低くなる。ラテライト皮殻が露出する。
- ・青色系：ラテライト皮殻の台地周囲：草本が卓越し、乾季には植生密度が非常に低くなる。ラテライト皮殻の角礫や小円礫が分布する。
- ・緑色系：ラテライト台地の周辺：木本が少なく、草本に富む。
- ・白色系：集落周辺、河川沿い、道路沿い：裸地または収穫終了後の耕作地。
- ・茶色系：上記以外の不特定地：モザイク状の木本と草本で、両者の分布割合は変化に富む。

3-2-2 植物相調査

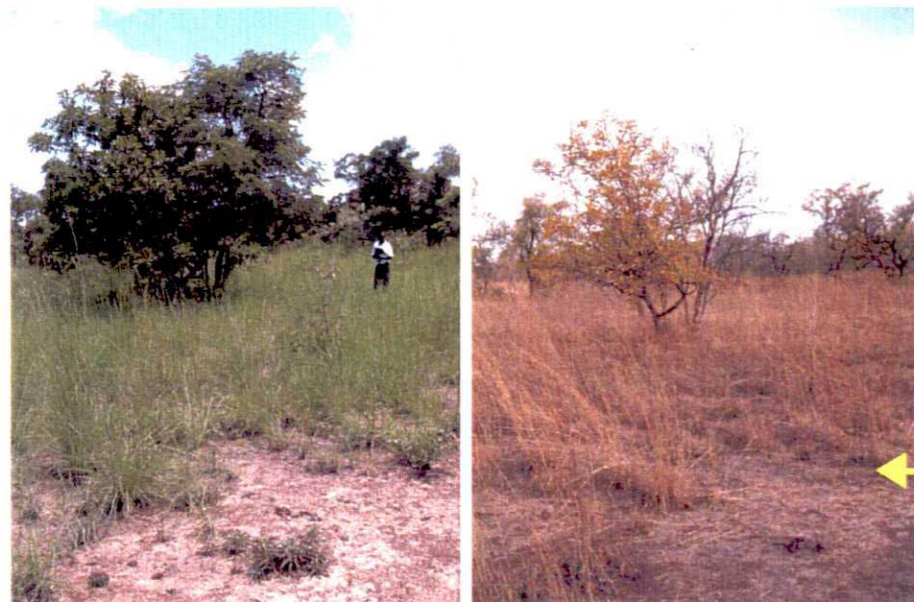
調査地域の中から面積 10km² 程度の 2 地区 (Diban 地区, Sido 地区) を抽出し、500 m² の区画を設定して詳細な植生調査を実施し、出現植物を同定した。植物名は現地踏査で Bambara 名を使い、後に図鑑、辞典、専門書などを検索して対応する Latin 名を決定した。2 地区内で 90 種類の樹木が確認されたが、うち 22 種類については Latin 名を決定できなかった。したがって、本報告書では Bambara 名を使用する。



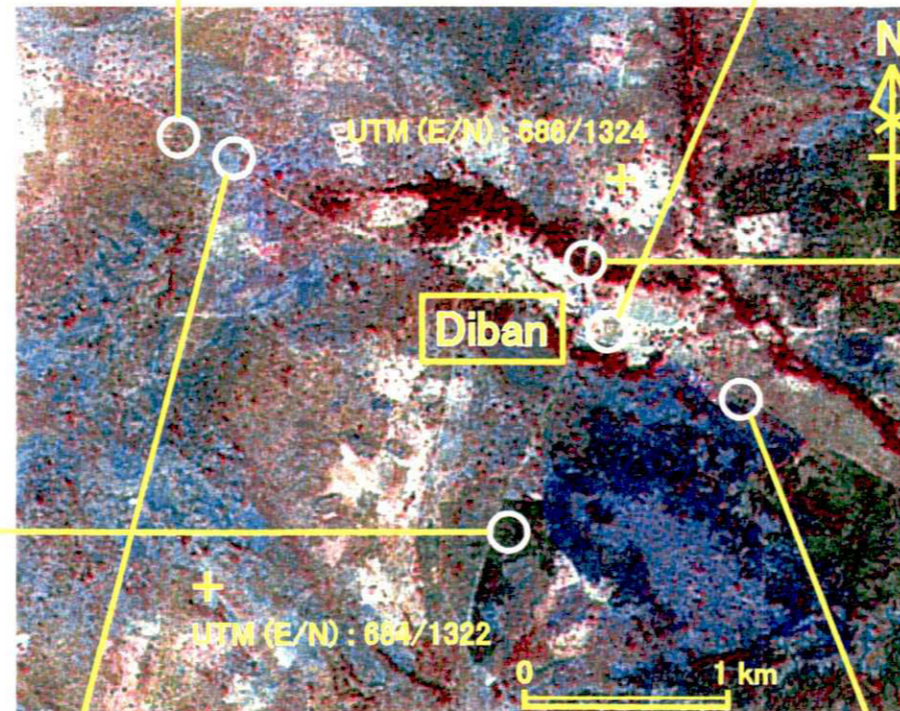
No.20 : plateau
false color = brown, T-Idx. = 33, S-Idx. = 68



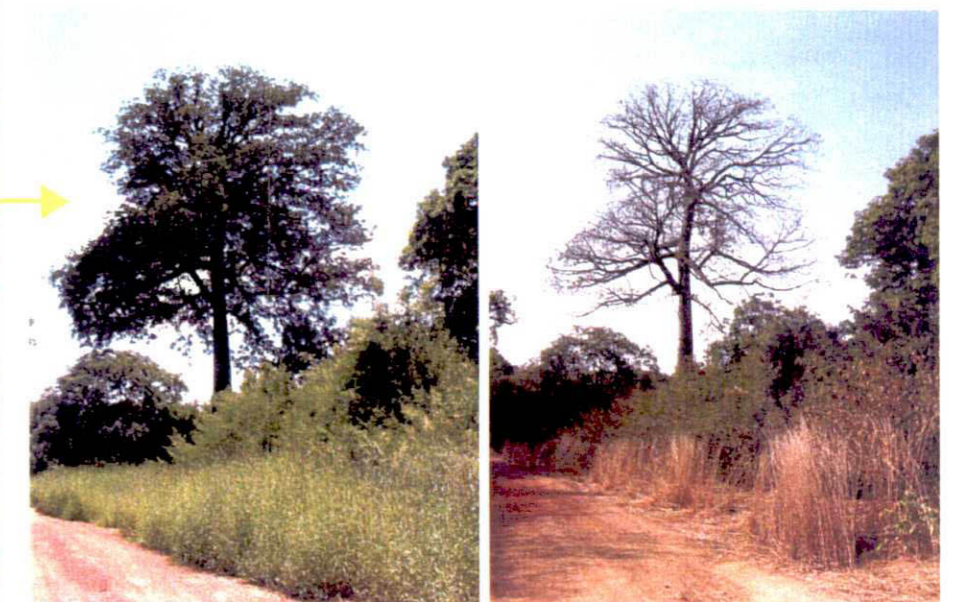
No.9 : millet plantation field near the Diban village
false color = white, T-Idx. = -100, S-Idx. = 33



No.3 : slope of laterite crust plateau
false color = dark green, T-Idx. = -82, S-Idx. = 38



false color image of SPOT



No.11 : wagi
false color = dark red, T-Idx. = 79, S-Idx. = -12



No.16 : plateau
false color = blue, T-Idx. = -33, S-Idx. = 54



No.7 : slope of laterite crust plateau
false color = dark blue, T-Idx. = -82, S-Idx. = 38

NOTE: Each pair of photos were taken at the same place and the left photo was taken in the rainy season and the right photo in the dry season.
T-Idx. is "tree index" and S-Idx. is "soil index" described in the report and these figures show the indices of the dry season.

図2-3-2 Diban地区の衛星画像と現地景観

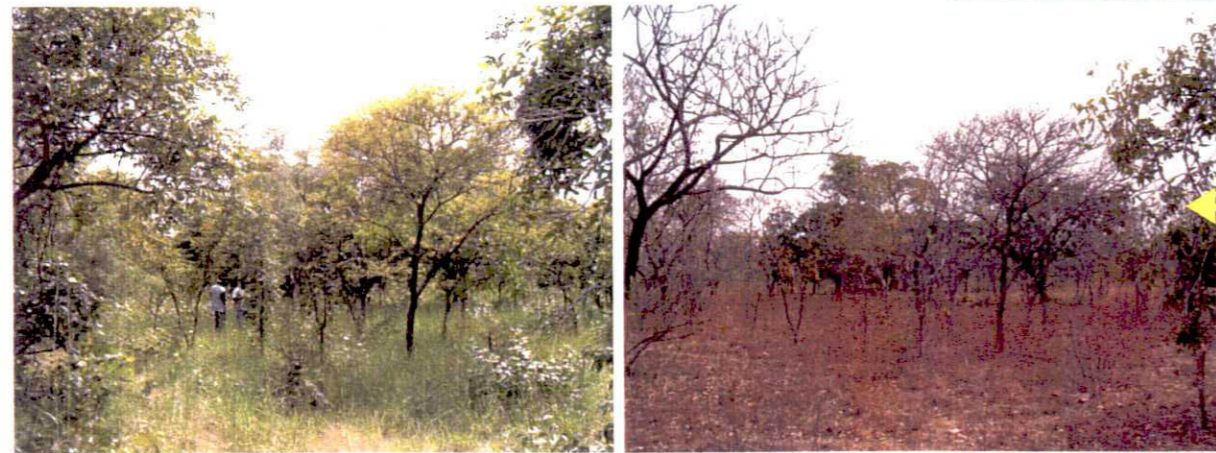
NOTE: Each pair of photos were taken at the same place and the left photo was taken in the rainy season and the right photo in the dry season.
 T-Idx. is "tree index" and S-Idx. is "soil index" described in the report and these figures show the indices of the dry season.



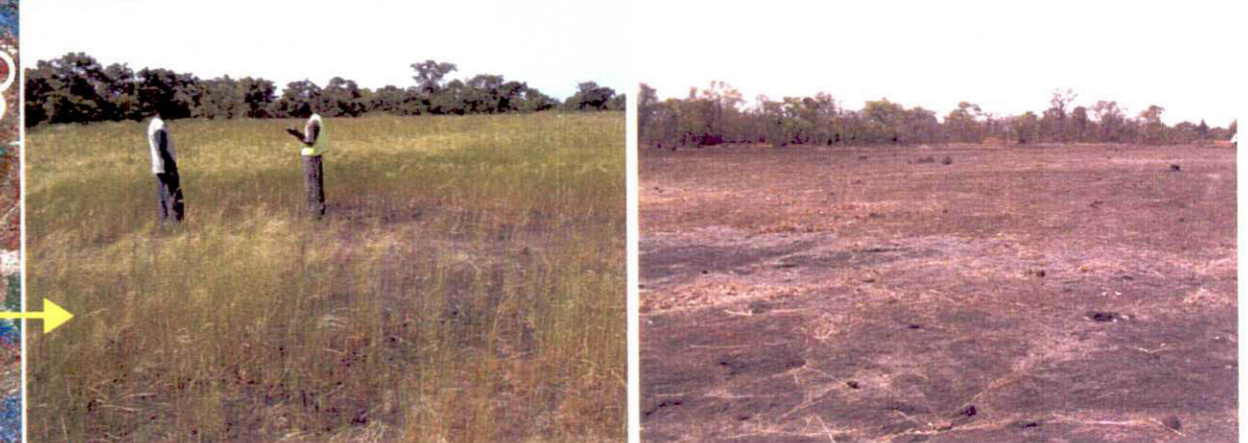
No.18 : beside wadi
 false color = dark red, T-Idx. = 92, S-Idx. = -13



No.19 : on the laterite crust plateau
 false color = blue, T-Idx. = 90, S-Idx. = 11



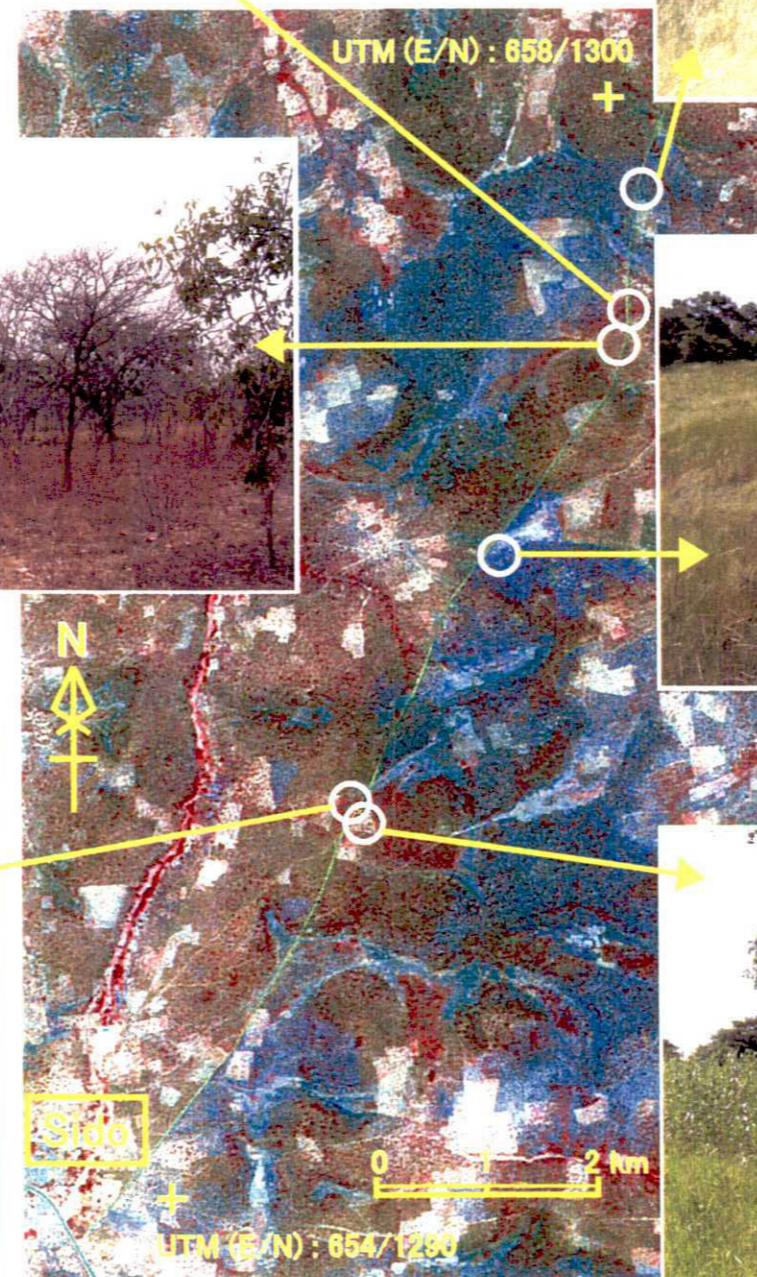
No.16 : on the plateau
 false color = brown, T-Idx. = 0, S-Idx. = 7



No.14 : on the laterite crust plateau
 false color = dark blue, T-Idx. = -100, S-Idx. = 98



No.6 : wagi basin
 false color = red, T-Idx. = 33, S-Idx. = -20



false color image of SPOT



No.8 : millet plantation field in the wagi basin
 false color = white, T-Idx. = 100, S-Idx. = 77

図2-3-3 Sido地区の衛星画像と現地景観

出現木本の種類名 (Bambara 名-Latin 名対応表) を巻末資料 17, Diban 地区の素表と部分表を巻末資料 18 と 19, Sido 地区の素表と部分表を巻末資料 20 と 21 に示す。

Diban 地区と Sido 地区の部分表を基にして、代表的な地形を識別する植物群落を決定した。群落識別表を表 2-3-3 に示す。部分表から、一部の樹木が地形や土壌質に従って分布を変化させる傾向が認められるが、多くの樹木は特定の場所だけに分布するようなことはない。また、同じような地形・土質条件であっても、地区により植物群落は異なる。

両地区に普遍的に出現する木本には、Tyangara (Combretacees), Si (Sapotacees), Wolo (Combretacees), Mbebe (Anacardiacees), Sama nere (Mimosacees) などがあ
る (括弧内は科名)。

表 2-3-3 局地的群落識別表

Tree name (Bambara)	Family name	Diban Area			Sido Area		
		Stream, Wagi High density of tree	Middle density of tree	Laterite crust Low density of tree	Stream, Wagi High density of tree	Middle density of tree	Laterite crust Low density of tree
N'golobe	Combretacees	+++	++	+	++	+	++
Baro	Rubiacees	+++	-	-	+	+	+
Shyo	Cesalpiniacees	++	-	-	++	++	+
Tyangara	Combretacees	+	+++	+++	++	+++	+++
Mbebe	Anacardiacees	+	+++	++	++	+++	+++
Mande sunsun	Annonacees	-	+++	++	++	+++	++
Sama nere	Mimosacees	+	+++	+	++	+++	+++
Nokonoko	Bibiacees	+	+++	+	++	+++	++
Gundie	Combretacees	-	++	++	-	+	+
N'triba	?	-	++	++	++	+++	+++
Mingon	Anacardiacees	-	+	++	+	++	++
Nyaman	Cesalpiniacees	++	+	+	+++	+++	++
Sanan	Cesalpiniacees	+	+	+	+++	+++	+
Sindian	Cesalpiniacees	+	++	+	+++	++	+
Kolokolo	Fabacees	-	++	++	++	++	++
N'tereni	Combretacees	-	++	++	++	++	+
Bamu	Bombacacees	+	+	-	++	++	+++
Si	Sapotacees	+	++	++	++	+++	+
Nere	Mimosacees	+	++	+	+	++	++

(1) Diban 地区

河川沿いは N'golobe-Baro-Shyo 群落, ラテライト皮殻台地は Tyangara-Mande sunsun-N'triba-Mingon 群落, それ以外の場所は Tyangara-Mbebe-Mande sunsun

—Sama nere—Nokonoko 群落に区分される。河川沿いの植物群落とラテライト皮殻台地の植物群落との間には、比較的明瞭な相違が認められる。

(2) Sido 地区

河川沿いは Sindian—Nyaman—Sanan 群落、ラテライト皮殻台地は N'golobe—Bamou 群落、それ以外の場所は Nyaman—Sanan—Kolokolo—N'tereni 群落に区分される。ラテライト皮殻台地の植物群落とそれ以外の場所の植物群落との間には、比較的明瞭な相違が認められる。

3-3 考察

調査地域では、大局的な植生変化に乏しく、主に地形および土質に起因する植生変化が認められる。第1年次に SPOT 合成フォールスカラー画像から植物相分布を判読し、第2年次に画像判読を現地検証し、雨季乾季の植生の季節変動を把握し、詳細な植生調査により出現樹木を確認した。これらの調査結果をまとめると、以下のようになる。

- ・河川沿い：土壌は、細礫、砂および粘土からなる。木本が卓越し、植生密度が高い。植生状況の季節変動は少ない。N'golobe, Baro, Shyo, Sindian, Nyaman, Sanan などが識別種となる。
- ・ラテライト皮殻の台地：ラテライト皮殻に覆われ、この角礫や小円礫も分布する。草本が卓越し、木本密度は非常に低い。草本は雨季には繁茂するが、乾季には枯れて植生密度は著しく低くなる。Tyangara, Mande sunsun, N'triba, Mingon, N'golobe, Bamou などが識別種となる。
- ・耕作地：土壌は、細礫、砂および粘土からなり、ラテライト皮殻の角礫や小円礫が混入することがある。限られた種類の木本が耕作地内に残され、木本密度は低い。農作物は雨季に成長し、乾季の前半に収穫されるため、季節変動が最も激しい。残されている木本は主に Si と Nere である。
- ・上記以外の場所：土壌は地形と地質に従い変化に富むが、基本的には基盤岩石の風化残留物およびラテライトである。植生はモザイク状の木本と草本からなり、両者の分布比率は場所により変化する。

第2年次の植生調査において記載されなかった樹木は実際にはまだ多くある。例えば、なじみのあるバオバブ、竹、ヤシ、マンゴーなどは調査区画の中には出現しなかった。このような現象が起きる理由として、調査地域が非常に広範囲であるが調査地点数が少ないこと、大局的には均質で変化に乏しい植生であるが植生調査のような狭小な範囲を比較すると不均質さが現れること、樹木によっては実際に偏在すること、などがあげられる。

本調査で使用した SPOT 衛星画像は乾季中期のものであるため、より詳細な季節変動を把握するためには、乾季前後期や雨季前後期などの細分された季節の画像を判読する必要がある。