

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

ヴィチレブ南部地域は、フィジー諸島共和国の主島ヴィチレブ(Viti Levu)島の南側にあたる。東経 $177^{\circ}20'$ ～ $178^{\circ}40'$ 、南緯 $17^{\circ}50'$ ～ $18^{\circ}20'$ 、直交座標系のFMGにおいては 1857000mE ～ 1988000mE 、 3860000mN ～ 3910000mN の範囲にある。調査地域は、東西に約71～129km・南北に約32～36kmあり、島の面積の約 $2/5$ の $4,000\text{km}^2$ をカバーする。行政区分ではレワ州(Rewa Province)・ナモシ州(Namosi Province)・セルア州(Serua Province)・タイレヴ州(Tailevu Province)・ナイトシリ州(Naitasiri Province)・ナンドロンガ＝ナヴォサ州(Nadroga & Navosa Province)にまたがる。

調査地域の大部分、調査地域中央部から南東部では熱帯雨林が良く保存されており、鳥類等の生物多様性に富む。一方、島の南岸沿いの主要な町を繋ぐクィーンズロード(Queen's Road)沿い・東側のレワ川沿いの平野部・西側のシンガトカ川中流～下流部は比較的開墾が進んで農耕地や放牧地が広がり、農村や市街地が分布する。調査地域南東端に位置する首都スバ(Suva)市は人口約7万人で、行政及び経済活動の中心であり、空港・ホテル・日用品デパート・病院などの施設が整っている。その他の主要な町にも、市場・政府関係施設・簡易な病院などが存在する。

クィーンズロードは良く舗装・整備されており、地域西方のナンディ(Nadi)国際空港～スバ間を車で4時間程度、スバ市～シンガトカ間を2時間程度で結ぶ。その他の調査地域内の道路網としては、クィーンズロードから内陸部へ山間の村へ通じる車道が何本かある。これらの道路は、ほとんど未舗装で、雨季には通行が困難になる場合がある。また、地形図上には、かつて造材のために作られた林道が記載されているが、そのほとんどは、その後の手入れがなされていないため自動車による通行は不可能である。

2-2 地形及び水系(Fig.I-2-1)

調査地域は火山島特有の起伏の激しい地形が特徴的で、標高は海拔0mから1,000m程度である。調査地域の北部には、標高1,000m以上のナンドロ高原(Nandrau Plateau)が、また中央部には最高峰1,147mのコロンバサンバサンガ山脈(Korobasabasaga Range)、最高峰738mのマンドウラウスズ山地(Medrausucu Range)、標高1,152mのナイトラダム山(Mt. Naitaradamu)が位置し、北東から南西側に向かって高原や主尾根が伸び、急峻な山地を形成している。これらの中央部の高原や山地がヴィチレブ島の中央分水嶺となる。調査地域の大部分は急峻な地形を示すが、南東側のレワ川流域や海岸沿いには小規模の平野やデルタ地帯が分布する。また、分水嶺の北西及び西側は、シンガトカ川流域の平野部と比較的開墾の進んだ緩やかな丘陵地帯からなっている。

調査地域は主に3つの水系からなる。北東から南西に伸びる中央分水嶺の南東側にレワ川水系が、南側にナブア川水系が、また北西及び西側にシンガトカ川水系が分布する。中央の山間地を流れるレワ川の支流やナブア川は西から東に向かって流れ、最後にはいずれも南側に流下し、太平洋に注ぐ。調査地南側の海岸沿いに小規模な河川が多数分布し、これらはいずれも北から南へ流下する。

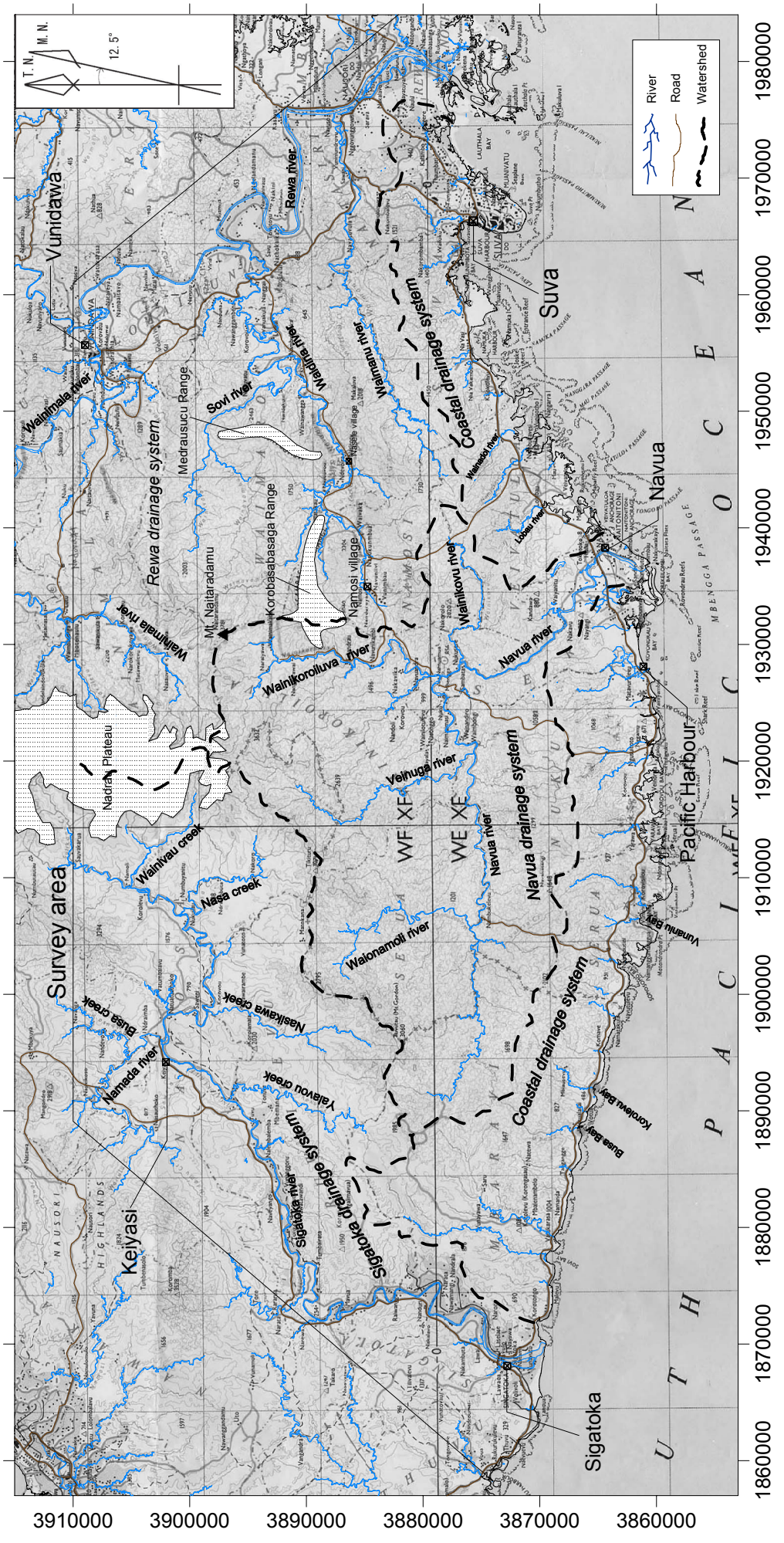


Fig.I-2-1 Topographic map of the Viti Levu South Area (1:500,000)

2-3 気候及び植生

調査地域の気候は海洋性熱帯気候であり，南東貿易風の影響下にある。そのため，5月から10月が乾季で，11月から4月が雨季となる。

ヴィチレブ島南東部は，南東貿易風が中央分水嶺にぶつかる前面にあたるため，一年を通じ降水量が多い。年間降水量はスバ周辺で年間 3,000mm 程度，山間部になると 6,000mm 程度に達する。スバ周辺の月平均降雨量は乾季で 100mm 程度，雨季で 400mm となる。雨季には熱帯特有のスコールが頻繁に見られ，11月から4月にかけてはサイクロンのシーズンと重なり高い降水量を記録することがある。スバ周辺の気温は月平均最低気温が 21 ~ 24 前後，最高気温が 26 ~ 32 前後と変化が乏しく，平均日気温 26 前後と温暖で，年間湿度が 80%程度となる(Table I-2-1)。一方，ヴィチレブ島南西部は中央分水嶺の背面にあたるため，年間降水量は 3,000mm を下回る地域が多い。

調査地域の中央部から南東側は年間を通じて降水量が多いことから熱帯雨林が良く発達しており，この熱帯雨林の中心部には固有種からなる原生林が認められる。一方，北西～西側は，南東貿易風の風下にあたるため，丘陵部は開墾によって形成された草原が広くみられ，河川沿いに熱帯雨林が分布する。農耕地は主要な河川によって形成された平野やデルタ地帯に分布し，特に東部のレワ川流域や西部のシンガトカ川では広く農耕が営まれている。

Table I-2-1 Summary of the meteorological statistics in Suva, 2001

Items	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	YEAR Total/ave.
Rain fall(mm)	354	248	363	443	94	111	96	229	79	304	317	296	2935(mm)
Mean Daily Temperature()	27.8	28.3	27.6	27.9	26.7	24.6	24.0	24.6	25.3	25.3	27.0	27.9	26.4()
Mean Daily Maximum Temperature()	31.8	32.3	31.2	31.5	30.2	27.6	26.9	28.1	28.6	28.8	30.7	31.3	29.9()
Mean Daily Minimum Temperature()	23.8	24.2	24.0	24.2	23.2	21.6	21.0	21.1	22.0	21.7	23.3	24.4	22.9()
Mean Relative Humidity(%)	82	80	82	83	79	80	80	79	78	77	77	78	79.6(%)

第3章 調査地域の地質概要

フィジー諸島共和国はニューギニアからソロモン諸島及びバヌアツを経て連続するインド-オーストラリアプレート及び太平洋プレートの会合部に位置し、65Ma以降の火山島弧とその縁辺部に発達する海洋性堆積盆地からなる。

調査地域は全て40Ma以降の新生界で構成され、ヤブナ(Yavuna)層群を基盤として、下位よりワイニマラ(Wainimala)層群、マンドゥラウスズ(Medrausucu)層群が広く覆う。ゾロ(Colo)深成岩類の貫入岩類はこれらの地層を貫く。Fig.I-3-1に調査地域の地質及び既存鉱徴地の位置を示す。

ヤブナ層群は調査地域西部に露出し、始新世後期(40-36Ma)の枕状溶岩や斑れい岩及び礫性石灰岩を伴う。

ワイニマラ層群は漸新世後期～中新世中期の地層で、火山角礫岩や火山性礫岩からなる下部層と泥質岩・砂岩・礫性石灰岩・火山碎屑岩が狭在する上部層からなり、マンドゥラウスズ層群に不整合に覆われる。ワイニマラ層群と同時代の地層として、地域東南部のスバ周辺に安山岩類からなるサブラ(Savura)火山岩層が、地域西北部には主として堆積岩からなるシンガトカ(Sigatoka)層群が分布する。シンガトカ層群は、シンガトカ川中流域では石灰岩などの炭酸塩岩類を特徴的に挟在する。

マンドゥラウスズ層群は中期中新世～鮮新世の地層で、主に下部のナモシ(Namosi)安山岩類、上部のコロンバサンバサガ(Korobasabasaga)火砕岩層からなる。ナモシ安山岩類中の角閃石安山岩は5.9Maの年代を示す。マンドゥラウスズ層群と同時代の主として堆積岩からなる地層が東部及び西部に分布し、東部ではベラタ(Verata)堆積岩層、西部ではツバ(Tuva)層群とナボッサ(Navosa)層群と呼ばれている。また調査地域北方には鮮新世のバ(Ba)火山岩層が広く分布する。

ゾロ深成岩類は古いもので12Ma前後の年代を示し、斑れい岩からトータル岩が主体となり、周縁部には閃緑岩や角閃石安山岩が分布する。調査地域中央のナモシ-ワイソイ(Namosi-Waisoi)鉱徴地などでは石英閃緑斑岩や角閃石斑岩が露出しており、カリウム変質や珪化変質を伴っている。

調査地域中央部のナモシ地区にはワイソイ、ワイバカ、ワイナンバマなど、15箇所以上の独立したポーフィリー型銅鉱徴地が確認されている。鉱化はマンドゥラウスズ層群のナモシ安山岩類とゾロ深成岩類の接触部に認められる。またナモシ地区東方のワイマヌ(Waimanu)川流域には漂砂型金鉱床並びにワイニマラ層群とゾロ深成岩類の接触部にワイナドイ-Au 鉱徴地が知られている。スバの北側には石英安山岩中に小規模な塊状硫化鉱からなるゾロ-I-スバ鉱徴地(Zn-Cu-Au-Ag)が分布する。

その他に、ナブア川流域の黒鉱型に類似する塊状硫化鉱を主体とするワイナレカ鉱徴地(Cu-Zn)や小規模なポーフィリー型のラマ沢鉱徴地(Cu-Au)が分布する。シンガトカ川流域のワイニマラ層群分布域には火山性の塊状硫化鉱からなるナコロ鉱徴地(Zn-Cu-Pb-Ag-Au)が、またシンガトカ川下流のワイニマラ層群分布域には小規模なスルア沢、コロトンガ鉱徴地(Cu-Zn)が分布する。

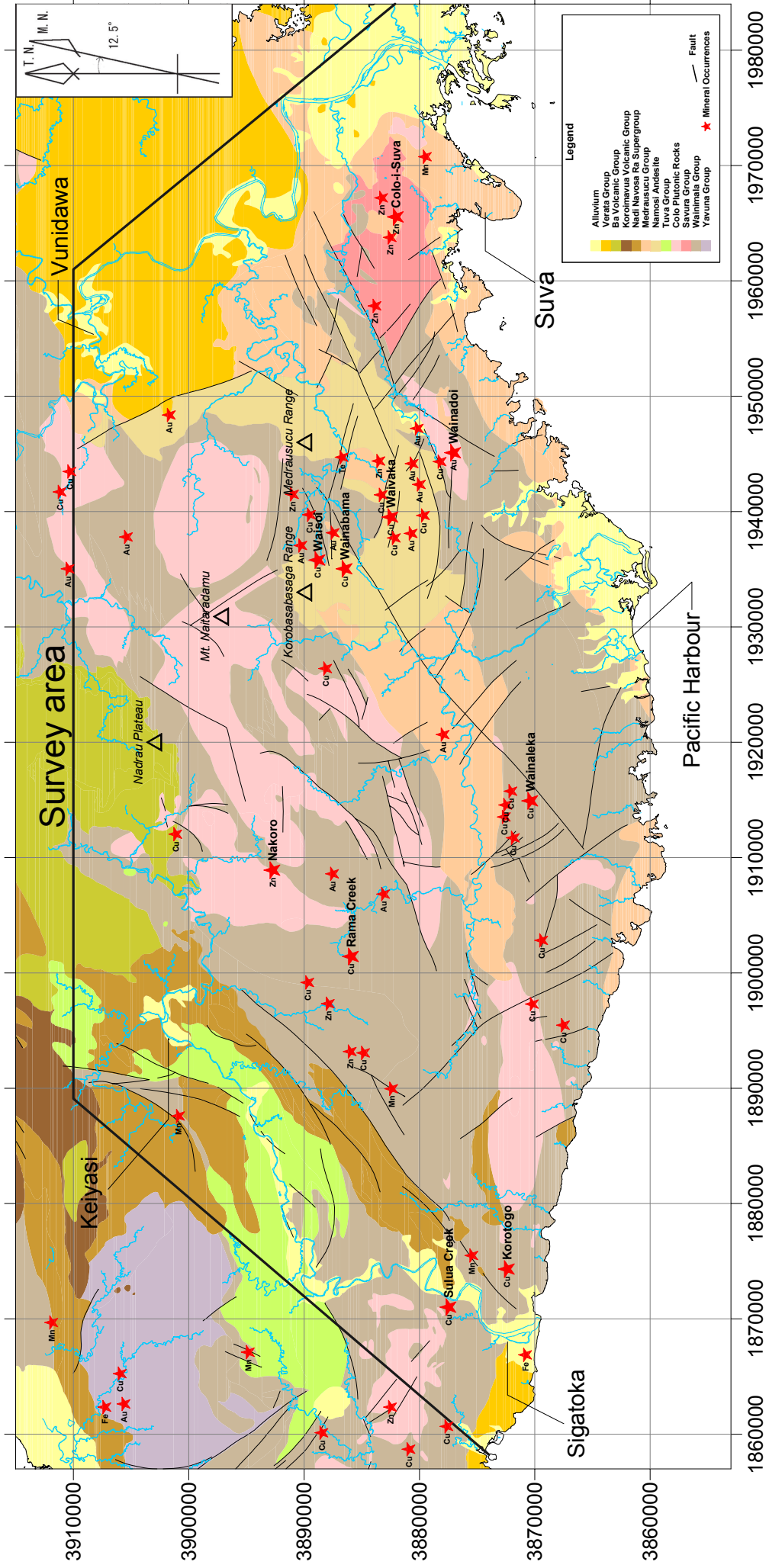


Fig.I-3-1 Geological map and mineral occurrences of the Viti Levu South area (1:500,000)

第4章 調査結果

4-1 河床堆積物調査

調査地域内の河床堆積物の地化学特性を把握する目的で、河床堆積物調査を実施した。河床堆積物試料採取は地域全体をカバーするように選定した河川・沢の合計 1717 地点から 1845 試料（内 128 複製試料）を採取し、現地で 80mesh（180 μ m）の篩に掛けた。試料は室内試験によって 29 元素について化学分析を行い、元素濃度分布の概要を把握した。また分析結果に統計的処理を行い、主成分分析を実施した。

調査地域内の河川水系は、大きく、レウ川水系、ナブア川水系、シンガトカ川水系及び海岸河川からなっている。調査地以内における河床堆積物中の元素濃度分布の特徴として、主要造岩元素である Al、Ca、K、Na、Mg、P のうち Ca、Mg、Na は地域の北西側で高い傾向がある。Ca、Mg はシンガトカ川の中流で特徴的に高く、これは流域に炭酸塩岩が分布することによる。Ba、Cr、V も地質帯を反映する元素と考えられ、このうち Cr は地域東側のヴェラタ層群の分布域で特徴的に高い。一般に鉱化作用に伴われる Ag、As、Au、Cd、Cu、Hg、Mo、Pb、S、Sb、Zn のうち、Ag、As、Hg 濃度の高い地点は調査地域内に散点的に分布する。Au はナモシ地区の大規模鉱化帯とその南の金鉱徴地周辺に集中するほか、調査地域内に散点的に見られる。Cu の濃度は特にナモシ地区の大規模鉱徴地周辺で高い。Mo、Pb、Zn はナモシ周辺では Cu の高濃度帯を取り囲むように濃度が高い。Mo の異常はワイナレカ鉱徴地の東にも認められ、ここにはポーフィリー型とされる鉱徴地（Echo Creek）が知られている。

主成分分析については、第 1～第 3 主成分まで検討した。第 1 主成分は、正が有色鉱物・不透明鉱物、負が無色珪酸塩を構成する元素が寄与している成分である。第 2 主成分は、おおそ正が堆積岩・火山砕屑岩・火山岩、負が貫入岩などの地質に影響を受けている成分である。第 3 主成分は、正が熱水性 Cu - Au 鉱床に影響を受けており、第 3 主成分高得点地域と既存 Cu-Au 鉱徴地の分布とはよい一致を示す。

4-2 水文調査

本年度は、補完調査として 10 地点から採取した試料について水質分析を行った。また、解析作業として 1 年次に実施した雨季における調査結果の取り纏め、及び乾季及び雨季に於ける調査の結果を合わせた考察を行った。また調査地域内に気象観測装置を設置し、気象データの取得を行った。

その結果河川流量は、乾季/雨季それぞれに対し、平均値は 13.3m³/sec / 25.5m³/sec あり、雨季の流量は乾季のそれに対し約 2 倍程度高い値を示した。濁度については、最低値は 0mg/l / 0mg/l、最高値は 28mg/l / 333mg/l であり、雨季に高い傾向が見られた。電気伝導度については、最低値 3.5mS/m / 3.4mS/m、最高値 40.7mS/m / 22.4mS/m、平均値 13.1mS/m / 9.18mS/m であり雨季には低くなる傾向が見られた。また水系によって電気伝導度が異なり、シンガトカ水系の平均値は 25.6mS/m / 15.44mS/m で、他の水系に比べ高い傾向が見られた。pH については、最低 6.39 / 6.10、最高 8.44 / 8.12 を示し調査地点全体の平均は 7.72 / 7.38 であり、弱酸性～中性～弱アルカリ性の液

性を示している。水系によって pH が異なる傾向があり，レウ水系の平均値は 7.50 / 7.16 であるのに対しシンガトカ水系の平均値は 8.11 / 7.73 であった。また，雨季には pH が低くなる傾向が見られた。

スティフダイヤグラムによると，乾季・雨季の調査とも陰イオンについては，レウ川，ナブア川，シンガトカ川及び海岸河川の 4 河川水系とも槍型であり HCO_3 が卓越していることを示している。陽イオンについては，シンガトカ川は槍型であり Ca が卓越していることを示している。他の河川では陽イオンの差はあまり見られない。このダイヤグラムの大きさから主要成分の総濃度を読み取ると，シンガトカ川が他の 3 河川に比べ高濃度であることが判る。

パイパープロットによると，乾季・雨季の調査とも陰イオンについては， $(\text{Cl}+\text{SO}_4)$ に対し (HCO_3) の割合が多く，陽イオンに関しては， $(\text{Na}+\text{K})$ に対し $(\text{Ca}+\text{Mg})$ の割合が多い傾向を示している。

4 水系とも II のアルカリ土類炭酸塩領域に属し， $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ， $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ からなり不圧地下水の循環性の供給型地表水であると考えられる。このタイプの地表水は，地球上の一般河川水の性状を示している。

本調査地域の水質をオーストラリアの飲料水の基準である ADWG(Australian Drinking Water Guidelines)に規定されている値と比較してみると，Se，Ni，Pb，Fe，Al，As，Cr が多く含まれる地点がレウ川全域及びナブア川中流に見られ，乾季より雨季に行った調査の方が，高濃度であった。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

5-1-1 河床堆積物調査

河床堆積物調査では、地域全体をカバーするように選定した合計 1717 地点から 1845 試料(内 128 複製試料)を採取し、29 元素について化学分析を行い、元素濃度分布の概要を把握した。主要造岩元素である Al、Ca、K、Na、Mg、P のうち Ca、Mg、Na は地域の北西側で高い傾向がある。Ca、Mg はシンガトカ川の中流で特徴的に高く、これは流域に炭酸塩岩が分布することによる。Ba、Cr、V も地質帯を反映する元素と考えられ、このうち Cr は地域東側のヴェラタ層群の分布域で特徴的に高い。一般に鉱化作用に伴われる Ag、As、Au、Cd、Cu、Hg、Mo、Pb、S、Sb、Zn のうち、Ag、As、Hg 濃度の高い地点は調査地域内に散点的に分布する。Au はナモシ地区の大規模鉱化帯とその南の金鉱徴地周辺に集中するほか、調査地域内に散点的に見られる。Cu の濃度は特にナモシ地区の大規模鉱徴地周辺で高い。Mo、Pb、Zn はナモシ周辺では Cu の高濃度帯を取り囲むように濃度が高い。Mo の異常はワイナレカ鉱徴地の東にも認められ、ここにはポーフィリー型とされる鉱徴地 (Echo Creek) が知られている。

5-1-2 水文調査

水文調査は、乾季及び雨季において、調査地域の 4 河川水系を対象として、合計 80 地点、88 試料について、河川流量の測定、水質測定、水質分析を行い、バックグラウンドとしての数値を把握した。

本調査地域の河川水の性質は、世界の河川に見られるように、pH は中性で、陽イオンは主に Ca が、陰イオンは HCO_3 に富む組成を示している。このようなアルカリ土類炭酸塩の水質を持つ水は不圧地下水循環性の地表水として考えられている。

シンガトカ川の主要成分の総濃度は、他の 3 河川に比べ高濃度であり、これらが電気伝導度や pH を高めている要因であると思われる。また、Ca 濃度及び HCO_3 濃度が高いが、その原因は石灰岩などの堆積岩の影響を反映していると考えられる。

乾季及び雨季の測定値・分析値を比較すると、電気伝導度、主要溶存成分(TDS、Na、Mg、 HCO_3 、Cl)は、乾季に比べ雨季の方が低い値を示す。これは、雨季の降水量が多い時期に河川水量の増加に伴って、これらの主要溶存成分が希釈された為と考えられる。

また、流量、濁度、微量成分(Cr、Zn、Al、As)については、乾季に比べ雨季の方が高い値を示す。これらの微量成分は河川水の増加による希釈効果を受けず、他の要因によって濃度が規制されていると思われる。微量成分については、高濃度異常を示す箇所はレワ川全域及びナブア川中流に見られ、乾季より雨季に行った調査に多く見られた。

ナモシ村小学校内で昨年から実施している気象観測によって、降水量等の気象観測データを取得し、年間の気象変動を把握した。また、フィジー政府気象省によって観測されている過去の気象データを取得し、6 地点における 5 年間の気象変動を把握した。

フィジー諸島共和国の環境に関する法規制は、近年整備され始めたばかりで、早期に環境基準データを取得することは重要である。今回、環境基礎調査の第2年次調査で実施されたのは河床堆積物調査及び水文調査（気象データ収集含む）である。第1年次調査ではこれ以外に動・植物相調査、土壌バクテリア調査、考古学調査も実施された。これら調査によって収集された基礎データは、今後の産業開発案件の環境影響評価に有益となるものと結論される。

5-2 将来への提言

今回の2年間にわたる環境基礎調査によって、ヴィチレブ南部地域の河川水質・水量，気象，河床堆積物，動植物，土壌バクテリア及び考古学に関する環境基礎データを取得・整理した。今回の調査の目的は，自然環境分野に関するバックグラウンドデータを今後の開発案件における基礎資料として取りまとめることである。環境に対して人為的負荷の影響を監視，あるいは人為的負担が増える事を防止するためには，継続して環境基礎データを取得していくことが重要である。将来的な方針として以下の2つを提言する。

(1) 水文調査

乾季及び雨季の2回にわたって河川水の流量及び水質についてバックグラウンドデータを取得・整理した。微量元素，特に重金属については，河川水量との関係を指摘した。今後これらの元素について降水量及び河川流量との関係をさらに把握するために，1年間に4回程度のバックグラウンドデータを取得しておくことが望ましい。

(2) 魚類・底棲生物

バックグラウンドデータの取得・整理という観点から，対象魚類・底棲生物の種類及び個体数を増やして調査することが望ましい。