

はしがき

日本国政府はフィジー諸島共和国政府の要請に応え、同国ヴィチレブ島南部を占める将来鉱山開発可能性のあるナモシ地区を含むヴィチレブ南部地域を対象として、環境基礎調査を実施することとし、その実施を国際協力機構（現、独立行政法人国際協力機構）に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質、鉱物資源及び自然環境の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団（現、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）に委託することとした。

本調査は平成14年度から平成15年度までの2ヶ年にわたって実施され、フィジー諸島共和国政府機関、土地・鉱物資源省鉱物資源局の協力を得て予定どおり完了した。

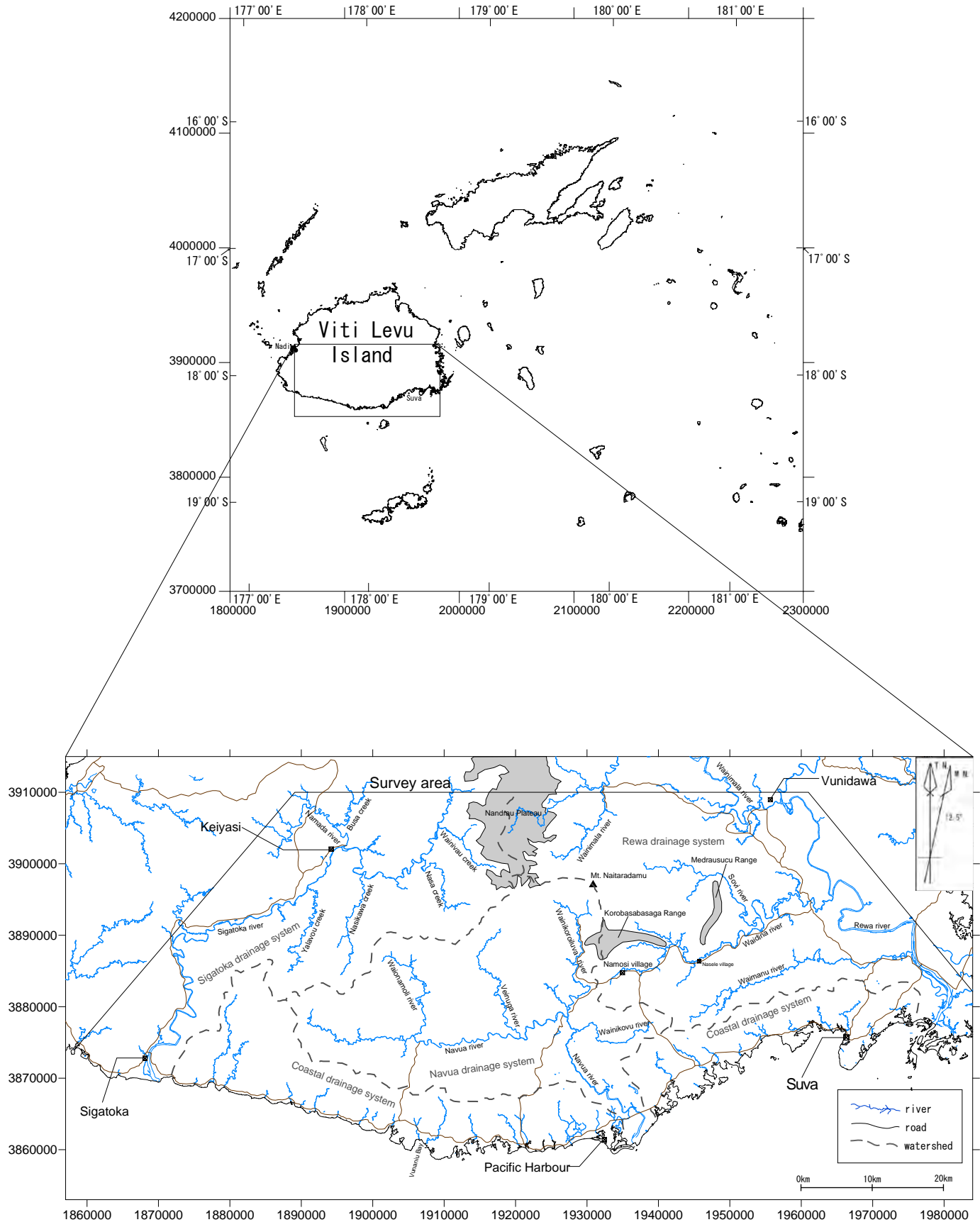
本報告書は、2ヶ年の調査結果を取りまとめたもので、最終報告書となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたフィジー諸島共和国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、在フィジー諸島共和国日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成16年3月

独立行政法人 国際協力機構
理事 伊沢 正

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
理事長 大澤 秀次郎



Location of the Viti Levu South Area

要 約

本報告書は、フィジー諸島共和国ヴィチレブ南部地域で2年間にわたり実施した資源開発基礎調査環境基礎調査の結果を総括したものである。環境基礎調査の目的は自然環境分野に関してのバックグラウンドデータを取得し、基礎資料を取りまとめることにある。将来的に、鉱業活動のみならず、森林の伐採・生活排水・廃棄物等の人為的要因の増大が環境に与える影響を見積もるには、まず自然営力によってもたらされた元素のバックグラウンド量や現在の動・植物相等を把握しておくことが必要であり、本調査では水文調査、河床堆積物調査、動・植物相調査、土壌バクテリア調査、考古学調査を実施した。

水文調査は、乾季と雨季に80地点で流量と水質の測定を行い、186試料(複製16試料を含む)の水質分析を行った。ヴィチレブ南部地域の河川水は、一般に、pHは中性、陽イオンはCaが、陰イオンはHCO₃に富んでいる。水系ごとの特徴としては、シンガトカ川水系がレワ川水系に比べてCa濃度・HCO₃濃度が高い。これは流域に露出する岩石、特に炭酸塩岩の影響を反映している。また、地域中央部のナモシ村小学校に気象観測装置を設置・観測を行い、あわせてフィジー政府気象省が観測した過去5年間の気象データの取りまとめた。

河床堆積物調査では1717地点から採取した1845試料(複製128試料を含む)の化学分析を行い、元素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・Na・Mg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は地域東側のベ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Wainaleka鉱地周辺の東にも認められ、ここにはポーフィリー型とされる鉱地(Echo Creek)が知られている。

動・植物相調査では、動物相調査、植物相調査、魚類・底生生物の化学分析、植生分布調査を実施した。動物相の現地調査では、貴重鳥類のPink-billed Parrotfinchとヴァヌアレブ島でのみ確認されていたトカゲ*Emoia mokosariniveikau*を認めた。植物相調査では、調査地域を地形・気候等によって特徴ある8植物相に区分し、熱帯雨林相における現地調査で9種類の貴重種及び絶滅危惧種を確認した。魚類・底生生物は、ウナギとマルシジミを26試料採取して化学分析を行った。さらに衛星画像の解析を行い、植生分布図を作成した。

土壌バクテリア調査では、ナモシ地区5地点の土壌で有用微生物の選択的培養を実施した。イオウ酸化細菌、鉄酸化細菌、重金属耐性糸状菌、重金属耐性酵母菌と同様の機能を有すると考えられる微生物が検出されたことから、現地の微生物を使ってのバクテリアリーチングや坑廃水処理を行える可能性があることが判った。

考古学調査では、地域内にLapita(約3,000年以前の人類定住遺跡)と呼ばれる定住遺跡から後期有史時代以前(約1,000年程度前)並びに後期有史時代の213件の史跡文化財が分布することが判った。

これらの調査によって収集されたデータは、今後、当地域での産業開発案件における環境影響評価の際の基礎資料としても有益となるものと結論される。

目 次

はしがき

Location of the Viti Levu South Area

要 約

第 1 章	調査概要.....	1
1-1	調査地域及び目的.....	1
1-2	調査方法及び調査期間.....	1
第 2 章	調査地域の状況.....	4
2-1	位置及び交通.....	4
2-2	地形及び水系.....	4
2-3	気候及び植生.....	4
2-4	地質概要.....	5
2-5	環境に関する法規制.....	7
第 3 章	調査結果.....	8
3-1	水文調査.....	8
3-2	河床堆積物調査.....	17
3-3	動・植物相調査.....	23
3-4	土壌バクテリア調査.....	33
3-5	考古学調査.....	36
第 4 章	結論及び将来への提言.....	39
4-1	結論.....	39
4-2	将来への提言.....	41

図表一覧

• Figures

Fig.1-2-1 Flow chart of the program	3
Fig.2-3-1 Geologic map and mineral occurrences of the Viti Levu South Area	6
Fig.3-1-1 Stiff diagrams of the surface water chemical compositions	9
Fig.3-1-2 Piper plot of the surface water chemical composition	9
Fig.3-1-3 Geochemical map of the surface water (1)- (2).....	11
Fig.3-1-4 Quality of the surface water samples.....	15
Fig.3-1-5 Monthly precipitation in the Viti Levu South Area	16
Fig.3-2-1 Geochemical map of the stream sediments (1)- (2).....	19
Fig.3-2-2 PCA scores of the stream sediments.....	22
Fig.3-3-1 Satellite images and vegetation distribution.....	32
Fig.3-5-1 Location of the archaeological sites	38

• Tables

Table 1-2-1 Contents of study	2
Table 2-3-1 Summary of the meteorological statistics in Suva, 2001	5
Table 3-1-1 Comparison with chemical composition and the values of guidelines	13
Table 3-2-1 Covariance and correlation coefficient matrices of the stream sediment samples	18
Table 3-3-1 Terrestrial vertebrates of south east Viti Levu (1)-(2).....	24
Table 3-3-2 Rare and endangered plants of the Viti Levu South Area	27
Table 3-3-3 Classification summary of the vascular plants identified in Waivaka South	28
Table 3-3-4 Origin and conservation status of Waivaka South	28
Table 3-3-5 Chemical composition of eels and fresh water clams (dried samples)	30
Table 3-3-6 Satellite images for interpretation.....	31
Table 3-3-7 Interpretation of vegetation.....	31
Table 3-3-8 Result of vegetation ground truth survey.....	31
Table 3-4-1 Characteristics of the soil samples for bacteria.....	33
Table 3-4-2 Types of the culture mediums for screening	33
Table 3-4-3 Condition of the culture mediums.....	33
Table 3-4-5 Result of screening sulfur-oxidizing bacteria	34
Table 3-4-6 Result of screening iron-oxidizing bacteria	34
Table 3-4-7 Result of screening heavy-metal-resistant filamentous fungi	35
Table 3-4-8 Result of screening heavy-metal-resistant yeast	35
Table 3-5-1 Summary of archaeological sites	37

第1章 調査概要

1-1 調査地域及び目的

フィジー諸島共和国政府は鉱山開発を積極的に促進する一方、鉱山開発に対する環境保全を念頭に置いた環境影響評価(EIA)を重要視しており、将来的な「持続可能な開発」を促進していく上での自然環境のバックグラウンドデータの取得を目指している。そこで協力調査の実施を日本国政府に要請するに至り(平成13年9月4日交信F第644号)、2002年7月4日に日本側国際協力事業団(現、独立行政法人国際協力機構)並びに金属鉱業事業団(現、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)とフィジー諸島共和国土地・ALTA・鉱物資源省の間で Scope of Work(S/W:実施細則)及び Minutes of Meeting(M/M:協議録)を調印した。

その概要は、近い将来制定が予定されているフィジー国内の環境法に準拠した自然環境分野に関するバックグラウンドデータを取得することを目的に、将来鉱山開発の可能性のある地区を含むフィジー諸島共和国ヴィチレブ南部地域を対象にして、2年間にわたり資源開発協力基礎調査の一環として環境基礎調査を実施すること、また、調査を通じて相手国機関に対して技術移転を図ることである。

対象地域はヴィチレブ島南部の4,000 km²であり、ヴィチレブ島中央山間部を水源とするレワ川、ナブア川、シンガトカ川の3流域と、海岸線から約10 km以内を集水域とする小河川からなる。この地域内に稼行中の金属鉱山はないが、中央部に未開発ではあるが、大規模なポーフィリー型の銅鉱化帯(ナモン鉱床周辺)が知られている。

この地域は、今後、鉱業活動だけでなく、開墾・森林の伐採・生活排水の河川流入・廃棄物の投棄等による環境負荷が高まることが予想され、将来的に、これらの人為的要因による環境負荷を見積もるためには、まず自然営力によってもたらされた元素のバックグラウンド量を把握しておくことや、現時点での動植物相や遺跡の分布の実態についてデータを取得・整理しておくことは非常に重要であると考えられる。

1-2 調査方法及び調査期間

ヴィチレブ南部地域では、環境基礎調査として水文調査・河床堆積物調査・動植物相調査・土壌バクテリア調査・考古学調査を実施した。

現地調査は、2002年乾季、2003年雨季、及び2003年の3回実施した。

第1年次の乾季には、水文調査・河床堆積物調査・動植物相調査・土壌バクテリア調査・考古学調査を実施した。第1年次の雨季には、主として水文調査を実施した。

第2年次調査は、アクセスが難しいことから第1年次調査で除外した河川を中心に、主として河床堆積物調査を実施した。調査内容及び調査量の一覧表を Table 1-2-1 に示した。また、調査の流れを Fig. 1-2-1 に示した。

(現地調査期間)

第1年次 (乾季)	平成14年(2002年) 9月9日～12月14日(97日間)
(雨季)	平成15年(2003年) 1月16日～2月8日(24日間)
第2年次	平成15年(2003年) 9月4日～12月8日(96日間)

Table 1-2-1 Contents of study

(1) 調査内容及び数量

調査内容	調査量	
水文調査	第1年次(2002)	第2年次(2003)
河川水質, 流量測定, 試料採取	乾季 80 地点 88 試料 雨季 80 地点 88 試料	乾季 10 地点 10 試料 (試料採取)
気象観測	気象ステーションの設置 1 地点及び観測	
河床堆積物調査	第1年次(2002)	第2年次(2003)
試料採取	822 地点 905 試料	895 地点 940 試料
動・植物相調査		
動物試料採取	魚 5 地点, 貝 21 地点	
動・植物相調査	1 地点	
植生分布調査(衛星画像現地調査)	10 地点	
土壌バクテリア調査		
試料採取	5 地点	
考古学調査		
文献調査	全域 (4,000 km ²)	

(2) 室内試験項目及び数量

室内試験項目	数量
水文調査(水質分析) ・第1年次 (蒸発残留物質(TDS), 硬度(Hardness), COD, Cl, SO ₄ , HCO ₃ , CO ₃ , CN, N(NH ₃), N(NO ₃), N(NO ₂), Ag, Al, As, B, Ba, Ca, Cr, Cu, F, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se, Sb, Zn, Sulfide) ・第2年次 (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	176 件 10 件
河床堆積物調査 (沢砂地化学探査サンプル分析) (Au, Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sr, Ti, V, W, Zn)	1845 件
動・植物相調査 (動物試料化学分析) (Au, Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Ti, V, W, Zn)	26 件
土壌バクテリア調査 試験項目 (硫酸還元菌, イオウ酸化細菌, 鉄酸化細菌, 重金属耐性糸状菌, 重金属耐性酵母菌)	5 件

環境基礎調査（ヴィチレブ南部地域）

4,000 km²

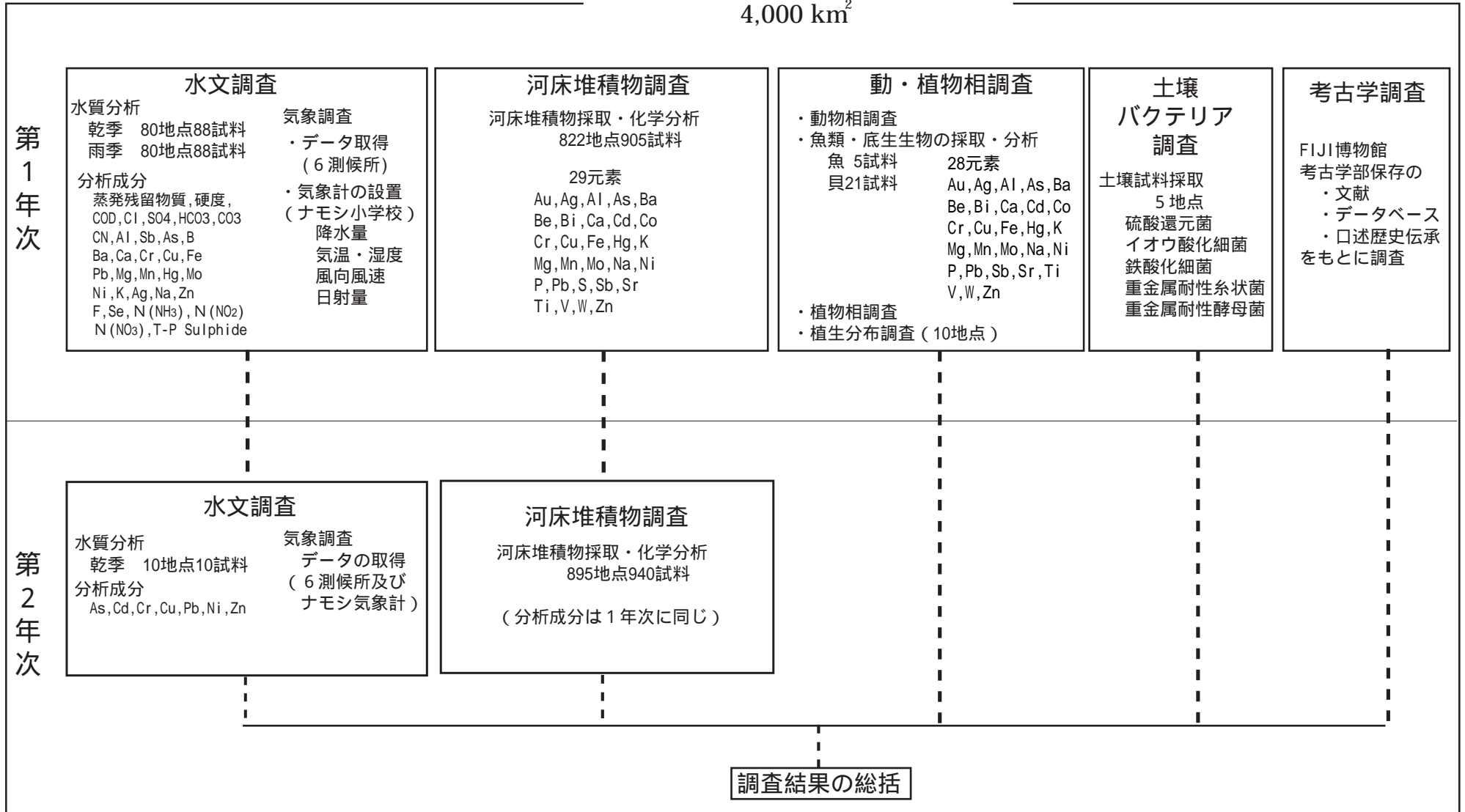


Fig. 1-2-1 Flow Chart of the program

第2章 調査地域の状況

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)島の南側に位置する。東経 177° 25' ~178° 30', 南緯 17° 45' ~18° 15', 直交座標系の FMG においては 1858250mE~1987650mE, 3874000mN~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 km² 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(Nandroga & 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、鳥類等の生物の多様性に富む。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 1 時間半程度で結ぶ。その他の調査地域内には、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。ただし、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

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、また中央部には標高 1,147m のコロンバサンバサンガ山地(Korobasabasaga Range), 標高 738m のメンドゥラウスズ山地(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析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。

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 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 である。雨季には熱帯特有のスコールが頻繁に見られる。さらに雨季は、サイクロンのシーズンとも重なるため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℃前後と変化に乏しい。平均日気温は 26℃前後と温暖で、年間湿度は 80%程度と高い(Table 2-3-1)。この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する。この熱帯雨林の中央部には固有種からなる原生林が認められる。

一方、ヴィチレブ島の北西～西側は南東貿易風の風下側にあたるため、年間降水量は 3,000mm を下回る地域が多い。そのため、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。

主要な河川によって形成された平野やデルタ地帯には、広く農耕地が分布する。特に東部のレワ川流域や西部のシンガトカ川流域では農耕地が卓越する。

Table 2-3-1 Summary of the meteorological statistics in Suva, 2001

Items	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	YEAR
Rainfall(mm)	354	248	363	443	94	111	96	229	79	304	317	296	2935(mm) Total
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(℃) Average
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(℃) Average
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 (℃) Average
Mean Relative Humidity(%)	82	80	82	83	79	80	80	79	78	77	77	78	79.6(%) Average

2-4 調査地域の地質概要

フィジー諸島共和国は、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、メンドゥラウスズ(Medrausucu)層群が広く覆う。これらの地層をゾロ(Colo)深成岩類の貫入岩類が貫く。

- ・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、メ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、シンガトカ川中流では特徴的に炭酸塩岩類を伴う。
- ・メンドゥラウスズ層群は中新世中期～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。メ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。
- ・ゾロ深成岩類は斑れい岩からトーナル岩に至る様々な組成の深成岩類からなり、周縁部に閃緑岩や角閃石安山岩を伴う。古いものでは 12Ma 前後の年代を示す。調査地域中央のナモシ-ワイソイ(Namosi-Waisoi)地区には石英閃緑斑岩や角閃石斑岩が露出し、これらはカリウム変質や珪化変質を伴う。

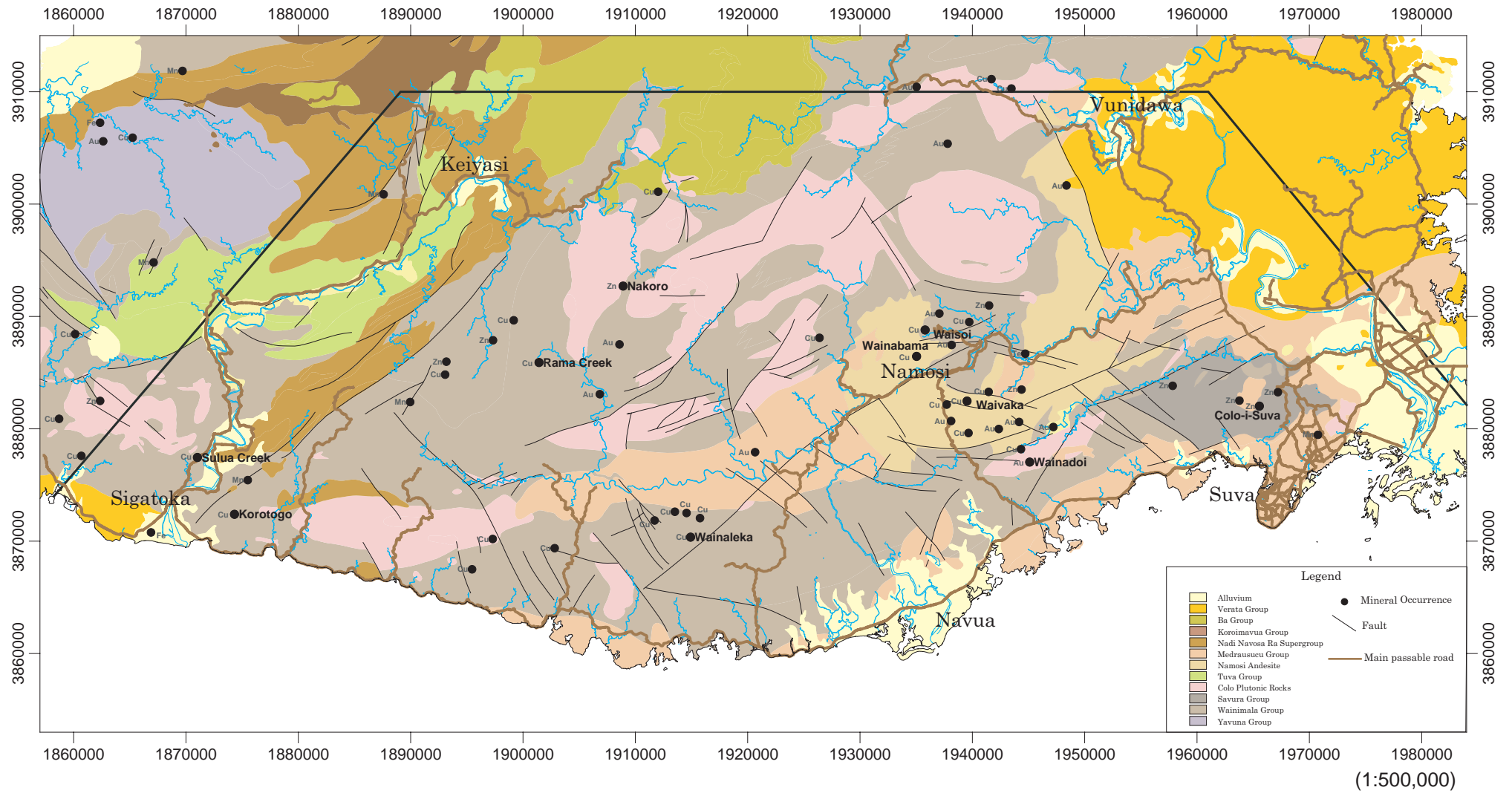


Fig.2-4-1. Geologic map and mineral occurrences in the Viti Levu South Area

ナモシ-ワイソイ地区には Waisoi, Waivaka, Wainabama など、15 箇所以上の独立したポーフリー型銅鉍徴地が確認されている。鉍化はメ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。このうち、Waisoi 鉍床では、1995 年に Placer Pacific Exploration Ltd. が企業化評価を行い、品位 0.43% Cu, 0.14 g/t Au (カットオフ品位 0.3% Cu) として 9 億 5 千万トンの鉍量が計上された。ナモシ-ワイソイ地区のポーフリー型鉍床は、現在、日本企業が探鉍を行っている。

またナモシ地区東方のワイマヌ(Waimanu)川流域には漂砂型金鉍床並びにワイニマラ層群とゾロ深成岩類の接触部に Wainadoi-Au 鉍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鉍からなる Colo-I-Suva 鉍徴地(Zn-Cu-Au-Ag)が分布する。

その他に、ナブア川流域の黒鉍型に類似する塊状硫化鉍を主体とする Wainaleka 鉍徴地(Cu-Zn)や小規模なポーフリー型の Rama Creek 鉍徴地(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鉍からなる Nakoro 鉍徴地(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 Sulua Creek, Korotoga 鉍徴地(Cu-Zn)が分布する。

2-5 環境に関する法規制

フィジー諸島共和国における環境に関する政策として、現在環境省が所掌しているフィジー生物多様化戦略と計画(Fiji Biodiversity Strategy and Action Plan, 1999)がある。また、環境影響評価(Environmental Impact Assessment: EIA)を規定する Sustainable Development Act も制定に向け法案が審議されている。

現在審議されている Sustainable Development Act においては、鉍山開発、鉍山跡処置、鉍砕処理を含む全ての開発行為を対象とした環境影響評価の内容やプロセス、環境に関する規則、天然資源管理計画、違反と罰則等が規定されることとなる。

フィジー国内における環境に関する地域の認定、調査及び保護に関する法規制として National Trust of Fiji Act and Amendment Act (1988)があり、この中でフィジーの自然保護地域が規定されている。本調査地域内では、Sovi Basin, Monasavu-Nadrau Plateau, Rewa Delta が、優先的に保護すべき地域として選定されている。

文化的遺産の認定、調査及び保護に関する法規制は National Trust of Fiji Act and Amendment Act のほかに以下の条例が存在する。

- Preservation of Objects of Archaeological and Palaeontological Interest Act (1940)

水質基準などに関しては、WHO の基準が適用されている。