

要 約

本調査は、平成 14～15 年度の 2 年間に実施された資源開発協力基礎調査(環境基礎調査)フィジー諸島共和国ヴィチレブ南部地域の第 2 年次調査(最終年次)にあたる。調査目的は、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し、基礎資料を取りまとめることにある。すなわち、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ためには、まず自然営力によってもたらされた自然環境のバックグラウンドデータを把握しておく事が必要との視点に基づいている。第 2 年次調査団の派遣は、平成 15 年 9 月 4 日から 12 月 8 日に行われた。

調査地域は、フィジー諸島共和国の主島ヴィチレブ島の南側で、島の面積の約 2/5 にあたる 4,000 km²、東西約 71～129km、南北約 32～36km の範囲である。標高は海拔 0m から 1,000m の範囲にあり、火山島特有の起伏に富んだ地形を特徴としている。調査地域の中央部から南東側は、熱帯雨林植物が繁茂し、鳥類等の生物多様性に富んだ地域であり、一方、南側の海岸線を走るクウィーンズロード沿い、スバ市～ナウソリ～ブニダワのレワ川沿いの平野部及び西端のシンガトカ～ケイヤシの比較的開墾が進んだ丘陵部や平野部は農耕地や放牧地からなる地域で、農村や市街地が点在している。

地域内に稼行中の金属鉱山はないが、地域中央部に未開発の大規模なポーフィリー型銅鉱化帯が知られている。その他、地域東部に浅熱水性と推定される小規模な金の鉱徴地が分布する。

第 2 年次調査では、第 1 年次に引き続き、河床堆積物調査、水文調査を実施した。各調査の結果は以下の通りであった。

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、元素分布の概要を把握した。主要造岩元素である Al・Ca・K・Mg・Na・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。

第 1 年次に実施した水文調査は、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、世界一般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 HCO₃ に富む組成を示している。また、シンガトカ川の Ca 濃度及び HCO₃ 濃度は、他の 3 河川に比べ高いが、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。雨季においては電気伝導度，主要溶存成分濃度は，乾季に比べ低い値を示すが，河川水量の増加によ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。また微量成分については，逆に，乾季に比べ高い値を示した。気象観測装置をナモシ村小学校内に設置し，気象観測体制を確立した。フィジー政府気象省によって観測されている過去1年間の気象データを取得した。

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した。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。

目 次

はしがき

Location map of the survey area

要 約

第 部 総論

第 1 章 序論.....	1
1-1 調査の経緯.....	1
1-2 第 1 年次調査の概要.....	1
1-2-1 第 1 年次調査の結論.....	1
1-2-2 第 2 年次調査への提言.....	2
1-3 第 2 年次調査の概要.....	3
1-3-1 調査の目的.....	3
1-3-2 調査範囲.....	3
1-3-3 調査方法.....	3
1-3-4 調査数量.....	4
1-3-5 調査団の編成.....	5
1-3-6 調査期間.....	5
第 2 章 調査地域の地理.....	6
2-1 位置及び交通.....	6
2-2 地形及び水系.....	6
2-3 気候及び植生.....	8
第 3 章 調査地域の地質概要.....	9
第 4 章 調査結果.....	11
4-1 河床堆積物調査.....	11
4-2 水文調査.....	11
第 5 章 結論及び提言.....	13
5-1 結論.....	13
5-1-1 河床堆積物調査.....	13
5-1-2 水文調査.....	13
5-2 将来への提言.....	15

第 部 各 論

第 1 章 河床堆積物調査.....	16
1-1 目的.....	16
1-2 調査方法.....	16
1-3 調査結果.....	16
1-3-1 統計処理.....	16
1-3-2 濃度分布.....	25
1-4 考察.....	49
1-4-1 主成分分析.....	49
1-4-2 各水系の元素濃度特徴.....	49
1-4-3 まとめ.....	50
第 2 章 水文調査.....	57
2-1 目的.....	57
2-2 雨季調査結果.....	57
2-2-1 調査方法.....	57
2-2-2 複製試料.....	57
2-2-3 河川水質の特徴.....	57
2-2-4 雨季調査結果の考察.....	62
2-3 乾季調査・雨季調査の結果.....	78
2-3-1 河川水質の特徴.....	78
2-4 気象データの取得.....	84
2-4-1 気象観測装置の設置.....	84
2-4-2 気象データの収集.....	84
2-4-3 調査地域の気象状況.....	84
2-5 考察.....	86

第 部 結論及び提言

第 1 章 結 論.....	96
第 2 章 将来への提言.....	98
参考文献.....	99

添付図表

図表一覧

Figures

Fig.I-1-1 Location map of the survey area	ii
Fig.I-2-1 Topographic map of the Viti Levu South Area.....	7
Fig.I-3-1 Geological map and mineral occurrences of the Viti Levu South Area	10
Fig.II-1-1 Location map of stream sediment sampling	18
Fig.II-1-2 Probability plot of stream sediment samples (1) ~ (4).....	20-23
Fig.II-1-3 Geochemical map of each element in stream sediment samples (1)Ag, (2)Al, (3)As, (4)Au, (5)Ba, (6)Ca, (7)Cd, (8)Cr, (9)Cu, (10)Hg, (11)K, (12)Mg, (13)Mo, (14)Na, (15)P, (16)Pb, (17)S, (18)Sb, (19)V, (20)Zn.....	29-48
Fig.II-1-4 PCA Score contour map of geochemical analysis of stream sediment samples (1)Z-1, (2)Z-2, (3)Z-3	53-55
Fig.II-2-1 Sampling location of the surface water samples	63
Fig.II-2-2 Stiff diagrams of the surface water chemical compositions (Rainy season)	64
Fig.II-2-3 Piper plot of the surface water chemical composition (Rainy season)	65
Fig.II-2-4 Probability plot of the surface water samples (Rainy season)(1) ~ (5)	66-70
Fig.II-2-5 Distribution of geochemical anomaly of the surface water samples (Rainy season) (1)Cu, (2)Pb, (3)Zn, (4)As, (5)Cr, (6)Al, (7)F	71-77
Fig.II-2-6 Comparisons of analytical results between dry season and rainy season(1)(2)	88,89
Fig.II-2-7 Stiff diagrams of the surface water chemical compositions (Dry season and Rainy season)	90
Fig.II-2-8 Piper plot of the surface water chemical composition (Dry season and Rainy season)	91
Fig.II-2-9 Variation with time in observed weather data at Namosi.....	92
Fig.II-2-10 Change of the monthly precipitation at 6 points(1999-2003).....	93
Fig.II-2-11 Quality of the surface water samples	94

Tables

Table I-1-1 Contents of the survey	4
Table I-2-1 Summary of the meteorological statistics in Suva, 2001.....	8
Table II-1-1 Basic statistics of stream sediment samples	19
Table II-1-2 Variance-covariance matrix of stream sediment samples.....	24
Table II-1-3 Correlation coefficient matrix of stream sediment samples	24

Table II-1-4 Result of principal component analysis of stream sediment samples	52
Table II-1-5 Basic statistics of stream sediment samples from each drainage system.....	56
Table II-2-1 Annual precipitation data at 6 points	85
Table II-2-2 Comparison with chemical composition and ADWG	95

Appendix

Appendix 1 Chemical analysis data of stream sediment samples (1) ~ (22)	
Appendix 2 Correlation between original and duplicate stream sediment samples (1) ~ (3)	
Appendix 3 Correlation between original and duplicate surface water samples	
Appendix 4 Field data and chemical composition of the surface water (Rainy season)	
Appendix 5 Basic statistics of the surface water data(Rainy season) (1) ~ (2)	
Appendix 6 Chemical composition of the surface water (Supplementary survey)	
Appendix 7 Weather observation data in Namosi area	
Appendix 8 Weather observation data at 6 sites in the Viti Levu South area	

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の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事業団（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年度を第1年次として開始された調査の第2年次（最終年次）にあたり、金属鉱業事業団は3名の調査団を編成して平成15年9月4日から12月8日の日程で現地に派遣した。

現地調査は、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、第2年次の調査結果を取りまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

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

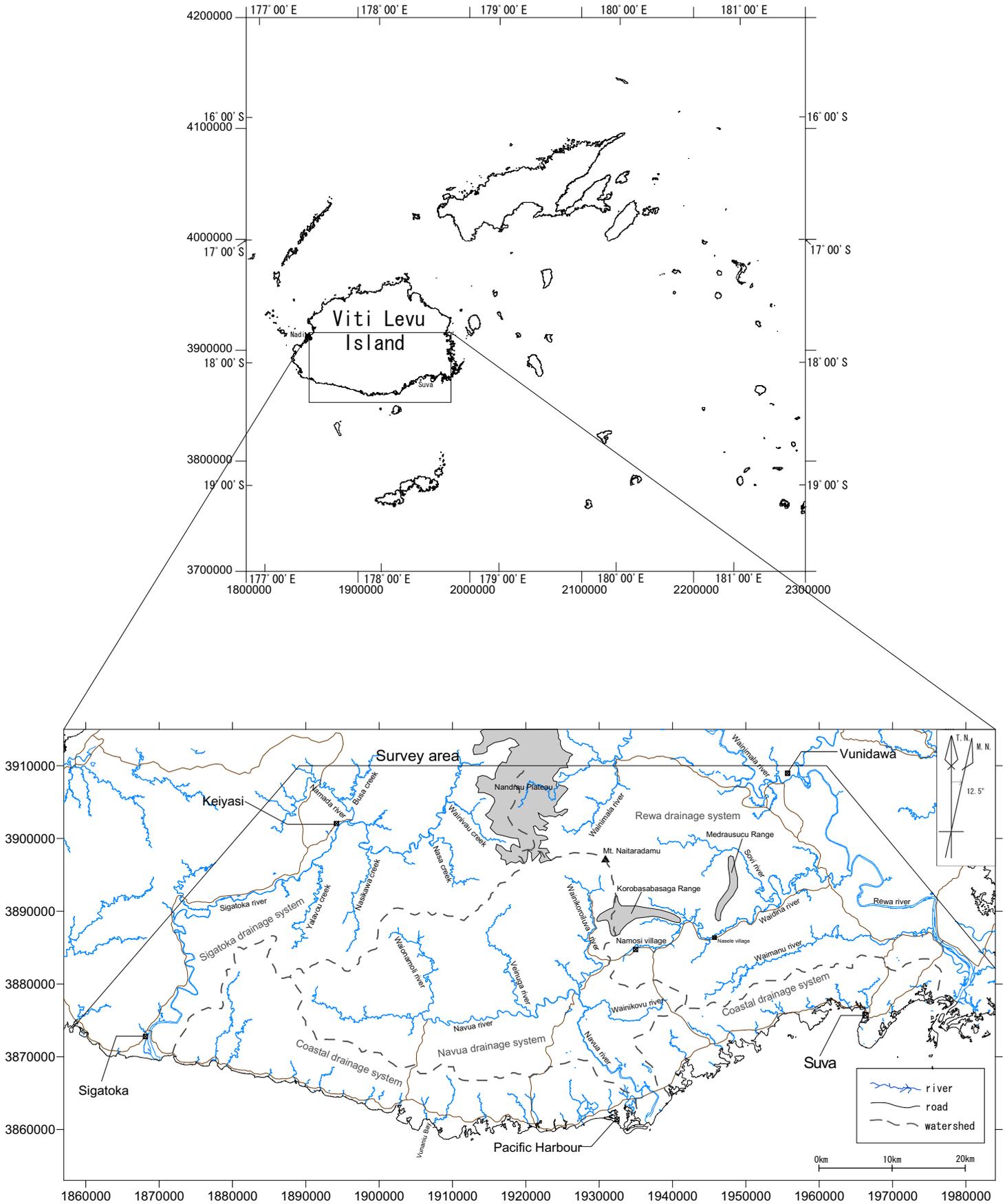


Fig. I-1-1 Location map of the survey area

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯

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おり、日本との協力調査の実施を日本国政府に要請してきた(平成 13 年 9 月 4 日交信 F 第 644 号)。そこで日本国政府及びフィジー国政府との間で協議した結果、2 年間にわたる環境基礎調査を実施し、また調査を通じてフィジー国機関に対して技術移転を図ることが決定された。本格調査開始にあたり、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)が調印された。本調査は 2002 年度～2003 年度にわたる 2 年間の調査であり、本年度はその第 2 年次調査にあたる。

1-2 第 1 年次調査の概要

1-2-1 第 1 年次調査の結論

第 1 年次調査では、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並びに考古学調査を実施した。調査時期は、乾季である 9 月～11 月に実施し、水文調査に関しては 1～2 月の雨季もデータを取得した。

水文調査は、80 地点、88 試料について、河川流量測定、水質測定、水質分析を実施した。河川水の組成は、レワ川水系、ナブア川水系、シンガトカ川水系及び海岸河川の 4 河川水系とも HCO_3 が卓越、またナブア川及びシンガトカ川は Ca に卓越、シンガトカ川水系はレワ川水系に比較し Ca 及び HCO_3 濃度が高くかつ pH 及び電気伝導度が高い、などの傾向があった。シンガトカ川流域で Ca 及び HCO_3 濃度が高い原因は石灰岩などの堆積岩の影響を反映している。本調査地域の河川水は、一般的なアルカリ土類炭酸塩領域に属し、不圧地下水の循環性の供給型地表水、pH は中性、陽イオンは主に Ca、陰イオンは HCO_3 に富む組成を示している。

気象観測装置をナモシ村に設置し、気象観測体制を確立した。またフィジー政府気象省によって観測されている過去 4 年間の気象データを取得した。

河床堆積物調査は、合計 822 地点、905 試料について 29 元素に関して化学分析を行った。各水系の元素濃度の特徴として、レワ川水系は熱水性鉱床の影響が最も強く、Cu, Zn, As, Cd, Sb, Au が高い。ナブア川水系もレワ川水系に次いで熱水性鉱床の影響を受けており、Zn, Cd, Sb, Au が高い。シンガトカ川水系は石灰岩などの堆積岩の影響を受けており、他水系より Ca, Mg が高い。また他水系と同様、Cd, Sb も高い。海岸河川は Mg, P, K, Ni, Sr, Ba が他水系よりも低い。

動・植物相調査は、動物相調査、魚類・底生生物の採取と化学分析、植物相調査、植生分布調査が

らなる。動物相は、鳥類を主体とする動物が合計 84 種となる。熱帯雨林地域での現地調査でも、鳥類は、世界的貴重種とされている Pink-billed Parrotfinch を含む 34 種が確認され、鳥類に関してはほとんど乱されていない生物多様性に関して富んだ地域である。爬虫類の中でヴァヌアレブ島でのみ確認されたトカゲの一種である *Emoia mokosariniveikau* が見出せた。魚類・底生生物の採取と化学分析では、人々が捕食する代表的なウナギと二枚貝のマルシジミを 26 試料採取し、その乾燥試料について化学分析を行った。微量元素の内、魚で As 値（平均 0.57mg/kg, 最高 1.39mg/kg）、貝で As 値（平均 2.58mg/kg, 最高 4.44mg/kg）及び Cd 値（平均 1.78mg/kg, 最高 3.55mg/kg）が得られた。調査地域の植物相は、地形・気候等によって特徴ある 8 の生態系に区分される。熱帯雨林地域であるヴィチレブ南部地域には、維管束植物の貴重種及び絶滅危惧種は合計 81 種分布する。熱帯雨林の現状調査では、植物はほぼ 100 % (173 種) 在来種で、その内 60 % (104 種) が固有種で、固有種の比率が高いのが特徴である。*Agathis macrophylla - dakua* や着生ランなどの 9 種の貴重種及び絶滅危惧種が分布し、植物の多様性に関して富んだ地域である。植生分布調査では、光学センサ ASTER のシュードカラー画像に基づく植生分布が現地の植物相の境界に良好に一致する。調査範囲の植生分布は、画像判読から大きく 5 区分された。

土壌バクテリア調査は、ナモシ地域内の 5 地点において土壌サンプリングを行い、有用微生物の一次スクリーニングを実施した。今回採取した一部の試料においてイオウ酸化細菌、鉄酸化細菌、重金属耐性糸状菌・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、バクテリアリチングや坑廃水処理に適用可能な微生物が潜在的に生息している可能性があることが明らかとなった。

考古学調査の結果、調査地域には Lapita(約 3000 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以前時代(約 1000 年程度前)並びに後期有史時代の要塞や集落遺跡まで分布していることが明らかとなった。遺跡は、詳細不明なものも含めて、213 件の史跡文化財が調査対象地域内に分布している。遺跡の多くはシンガトカ、ケイヤシ、スバ、ナウソリといった河川が流れる平野部とその近傍の丘陵部に分布する。

1-2-2 第 2 年次調査への提言

(1) 河床堆積物調査

各水系の上流部、特にレワ川上流のソビ盆地やワインディナ川やワイマヌ川、ナブア川上流といった未調査地域において、第 1 年次と同様の河床堆積物調査が提言される。なお、河床堆積物の分析結果との比較検討のため、基盤地質を代表する地点で、岩石の化学分析が望まれる。

(2) 総合解析

第 1 年次に行われた河川水質・河床堆積物・魚類・底生生物などの調査結果を総合的に解析するため、河川水質、河床堆積物、土壌、岩石、生物を同一箇所である程度採取・分析し、相互の比較検討と再現性の確認が望まれる。水文調査に関しては、第 1 年次は乾季の調査データを基に解析を行った。観測中の気象データと合わせ、季節変化を考慮した河川水の総合解析が望まれる。

1-3 第2年次調査の概要

1-3-1 調査の目的

フィジー諸島共和国ヴィチレブ南部地域は、将来、鉱山開発される可能性のあるナモシ地域を含んでいる。また鉱業活動のみならず、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って環境負荷が高まることが予想されている。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することは重要である。そこで環境基礎調査を行うことにより、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し、今後の開発案件における基礎資料となる環境基礎調査報告書を取りまとめることを目的とした。また、調査期間を通して、相手国機関に対し、技術移転を図ることも目的としている。

1-3-2 調査範囲

調査範囲は、フィジー諸島共和国の主島ヴィチレブ島の南側約 2/5 を占めており、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 4,000 km² の範囲である。調査範囲は東西約 71 ~ 129km、南北約 32 ~ 36km にわたり、首都スバ市(Suva City)を地域東部に、またナブア(Navua)、コロレブ(Kolorevu)、シンガトカ(Sigatoka)などの町を南側海岸線沿いに含んでいる。

調査範囲中央部には、標高 1,000m 以上のナンドロ高原(Nandrau Plateau)、最高峰 1,147m のコロ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脈(Medrausucu Range)、標高 1,152m のナイトラダム山(Naitaradamu)が位置し、北東から南西側に向かって山脈が伸び、分水嶺を形成している。分水嶺の南東側にレワ川(Rewa River)、ナブア川(Navua River)が、また分水嶺の北西側にシンガトカ川(Sigatoka River)が分布する。

1-3-3 調査方法

第1年次調査では、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。第2年次調査では、このうち河床堆積物調査及び水文調査を同調査地域において同様な方法で実施した。なお、すべての解析図は、フィジー諸島共和国の基準である横メルカトル図法による FMG(Fiji Map Grid)に従い作成した。

(1) 河床堆積物調査

河床堆積物調査では、調査地域内に分布する河川や沢の内、第1年次調査で除外した河川を中心に試料採取を行った。河川や沢の分岐点で、河床堆積物試料を採取して化学分析を行い、第1年次調査で取得したデータもあわせて解析し、調査地域の広域的地化学特性を把握するためのデータを得た。

(2) 水文調査

1)水質調査

1 年次に実施した乾季及び雨季における調査の補完として、10 地点に於いて水質調査を行った。

2) 1 年次雨季調査結果の取り纏め

1 年次に実施した雨季における調査の結果を取り纏めた。

3)水文調査の考察

乾季における調査及び雨季に於ける調査の結果を合わせて考察を行った。

4)気象情報収集

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。

1-3-4 調査数量

本調査の調査内容及び室内試験項目とそれぞれの数量について Table I-1-1 に示す。

Table I-1-1 Contents of the survey

(1) 調査内容及び数量

調査内容	調査量	
	第 1 年次(2002)	第 2 年次(2003)
河床堆積物調査	第 1 年次(2002)	第 2 年次(2003)
試料採取及び化学分析	822 地点 905 試料	895 地点 940 試料
水文調査	第 1 年次(2002)	第 2 年次(2003)
流量測定	乾季 80 地点 88 試料	10 地点 10 試料
試料採取及び河川水質分析	雨季 80 地点 88 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	

(2) 室内試験項目及び数量

室内試験項目	数量
河床堆積物調査 地化学サンプル(沢砂)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
水文調査 水質分析 As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn	10 件

1-3-5 調査団の編成

日本側

フィジー側

(環境基礎調査)

三好 誠	日鉄鉱コンサルタント(株)	Isireli Nagata	鉱物資源局
清水 明	日鉄鉱コンサルタント(株)	Moape Navia	鉱物資源局
大久保隆太	日鉄鉱コンサルタント(株)	Rudra Deo	鉱物資源局
		Isei Rayawa	鉱物資源局
		Filipe Drutai	鉱山地球科学局
		Sakiusa Waqanisau	鉱物資源局

(作業監理)

神谷夏実 金属鉱業事業団

1-3-6 調査期間

現地調査期間 平成 15 年(2003 年) 9 月 4 日 ~ 12 月 8 日(96 日間)

作業監理 平成 15 年(2003 年) 12 月 1 日 ~ 12 月 6 日(6 日間)