

インドネシア東部島嶼地域の地熱系の予察調査

高橋正明¹⁾・村岡洋文¹⁾・浦井 稔²⁾・アズナヴィア ナスティオン³⁾

1. はじめに

インドネシアでは、ジャワ島、バリ島の東、南緯8～10度、東経115～126度の間約1,000kmに亘って連なる島々をヌサテンガラと呼ぶ。南東諸島の意味である。世界的にはバリ島も含めて小スンダ列島(Lesser Sunda)と呼ばれる地域である。行政的には、バリ島の東隣りのロンボク島とその隣のスンバワ島を南東諸島西州(Nusa Tenggara Barat・NTB, 州都はロンボク島マタラム)、スンバワ島の東・南に位置するコモド、フローレス、ロンブレ(レンバータ)、アロール、スンバ等の島々とチモール島西部を南東諸島東州(Nusa Tenggara Timur・NTT, 州都はチモール島クパン)と呼んでいる。ヌサテンガラの東方にはオンバイ海峡を隔ててウェタル島などを含むバンダ弧の島々、北方にはフローレス海を隔ててスラウェシ島、南方にはサウ海、チモール海を隔ててオーストラリア大陸がそれぞれ位置している。

インドネシアでは、村落部の発展、教育水準の向上、地域経済の活性化・開発(都市部との格差是正)を目的として、地域電化計画(Rural Electrification)が進められて来ている。電力は大部分内燃力(ディーゼル)発電により供給されてきたが、内燃力発電の経済性に直接反映する燃料となるディーゼル油の村落部への輸送コスト、安全性に関する問題の他に、石油・天然ガスを輸出商品として使用するためにインドネシア国内での化石燃料依存度

低減の必要性が生じ、水力、地熱、風力、太陽光等の電源開発に目が向けられるようになってきた。ヌサテンガラ地域には数多くの第四紀火山、地表地熱徴候(温泉・噴気)地が分布していること、想定される中小規模地熱発電所の設備容量は現在この地域に電力を供給している内燃力発電所と同規模である数百～数千kWであることから、中小規模地熱発電が内燃力発電の代替電源となり得ると考えられている。このような事情から現在ロンボク島センバルンと、フローレス島ウルンプに、それぞれ5,000kWと3,000kWの地熱発電所建設に向けた探査・開発が行われている(NEDO(1989, 1994)及び笹田・高橋(1996)を参照)。

1997年度から、地質調査所、新エネルギー・産業技術総合開発機構及びインドネシア火山調査所(VSI)がインドネシア東部の遠隔離島地域において地熱探査技術に関する共同研究を行い、熱帯地域にある遠隔離島の地熱資源に適した探査システムを構築し、その成果を今後のインドネシアの地熱開発に定着させ、上述の地方電化計画に大いに寄与することを目的とする「遠隔離島小規模地熱の探査に関する共同研究」がスタートした(詳細については村岡ほか(本誌)に述べられている)。研究初年度である1997年度は来年度以降に行う共同研究フィールドを決めるための予察調査が行われた。以下では今回調査を行ったヌサテンガラ東部、NTT州に分布する地熱系の概要と、来年度以降調査を行う時の注意点(インドネシア事情)について述べる。

1) 地質調査所 地殻熱部
2) 地質調査所 環境地質部
3) インドネシア火山調査所 地熱研究部

キーワード: インドネシア, ヌサテンガラ, 地熱系, 地域電化計画, 地熱発電

第1表 フローレス, ロンブレ, アロール各島に存在する地熱地帯, 地表地熱微候地及び第四紀火山の一覧. 太字で示した地域が, 今回予察調査を行った地表地熱微候地.

島嶼名	(1)-①地熱地域	(1)-②硫気・噴気孔存在地域	(1)-③火山1	(1)-④火山2	(2)活火山カタログ	(3)GRDC地質図
Flores		Wai Sano			Wai Sano	Wai Sano
	Wai Pesi (Beno)					
	Ulumbu	Leok			Poco Leok (Potjo Leok)	
	Bena-Mataloko (Bajawa)		Inie Lika Ambulombo	Inierie	Ranakah (Anak Ranakah) Inielika (Inie Lika) Inierie (Inie Rie) Ebulobo	Poco Ranakah Inierie (Inie Rie) Ebulobo (Ambulombo)
	Ndetsu Soko Mutubasa				Iya	Iya
		Ndetu Napu Sukaria	Keli Mutu		Ndetu Napu Sukaria caldera Keli Mutu	Keli Bara Keli Bara Keli Mutu
	Lesulogo					
	Egon		Egon		Egon	Egon
			Lewotobi Lakilaki Lewotobi Perempuan	Ili Muda	Ili Muda Lewotobi Lakilaki Lewotobi Perempuan	Lewotobi Perempuan
	Oka-Larantuka		Leroboleng		Leroboleng Riang Kotang	Burak
Lomblen	Lomblen			Ili Labalekan	Ili Labalekan	
	Watukuba, Karangora Waiwejak, Atedag		Ili Werung	Ili Werung	Ili Werung	
				Ili Lewotolo	Ili Lewotolo	
Alor	Bukapiling (Kalabahi)					

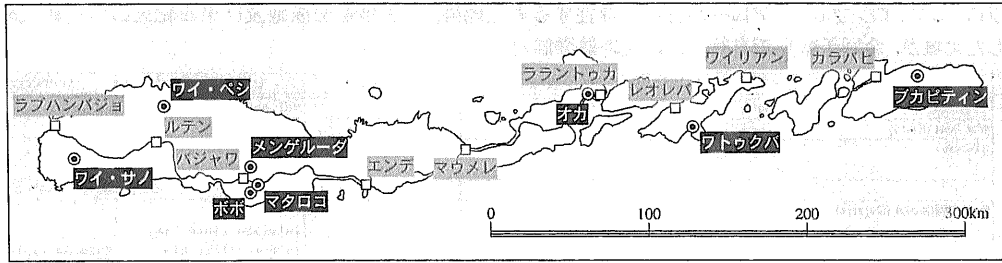
火山1 = 噴火・水蒸気爆発の記録のある火山
 火山2 = 噴気は存在するが噴火記録のない火山
 GRDC地質図 = 完新世の火山に分類された火山

2. ヌサテンガラ東部の地熱系

NTT州のフローレス島からアロール島には数多くの第四紀火山, 地表地熱微候地が分布している. 第1表に, (1) NEDO (1989) に掲載されている, ①地熱地帯, ②硫気・噴気孔存在地域, ③噴火・水蒸気爆発の記録のある火山, ④噴気は存在するが噴火記録のない火山, (2) Simkin and Siebert (1994) に掲載されている火山, 及び(3) インドネシアの Geological Research and Development Centre (GRDC) が発行している地質図 (Koesoemarinata and Noya, 1989; Koesoemarinata *et al.*, 1994; Noya *et al.*, 1997; Suwarna *et al.*, 1989) に掲載されている完新世の火山を, フローレス, ロンブレ, アロールの各島について掲載した. 第1表では, ①の地熱地帯と②の硫気・噴気孔存在地域 (以下, 地表地熱微候地) の周囲約10~15km以内に存在する火山は地熱系の熱源と何らかの関係がある可能性を考えて, 地表地熱微候地と同じ欄に記した. 第1表から, 周囲10~15km以内に火山が存在しない地表地熱微候地はフローレス島のワイペシ地域, レスログ地域 (詳細な位置不明) 及びア

ロール島のカラバヒ地域しかなく, 大部分の地表地熱微候地は第四紀火山の近傍に存在していることがわかる. このことは, NTT州に分布する大部分の地熱資源が「火山性」地熱資源に分類されるものであることを示唆している.

今回の予察調査は, 第1表に太字で示した6ヵ所の地表地熱微候地にて行った. 第1図に, 6ヵ所の地表地熱微候地の位置を示した (ポボ, メンゲルダ両地域はマタロコ地域に近いので1ヵ所に数えた). 各地熱微候地に存在する温泉 (鉱泉を含む) では, 水温, pH及び電気伝導度の測定を行った. 試料採取では現場で0.20 μ mと0.80 μ mのフィルターを連結して濾過を行った. 帰国後にイオンクロマトを用いて, 主要陽イオン及び陰イオンの分析を行った. ほかのイオン等については現在分析を継続中である. 第2表に, 水温, pH, 電気伝導度の測定結果, 主要陽・陰イオン組成から推定される温泉泉質及び陽イオン組成から計算されるアルカリ比温度を示した. 以下ではオカーララントッカ以外の5地域について得られた知見を述べる. オカーララントッカ地域に関しては, 温泉湧出地への到着が日没後午後6時を過ぎ, 水温の測定と試料採取が



第1図 予察調査を行ったヌサテンガラ東部の地表地熱微候地の位置。黒地白抜き文字で示した地域が予察調査を行った地域。マタロコ地域周辺のボボ、メンゲルーダ両地域の位置づけについては本文を参照。フローレス、ロンブレ、アロール各島で灰地黒文字で示したのは主要市町村。

かううじて行えたのみであったので、海岸近傍の熱水系であるということ以外残念ながら何も情報が得られなかった。

3. 各地熱地域での地化学調査

3.1 ワイサノ地域

ワイサノ地域はフローレス島の最西端ラフハンパジョの南東約28km、標高約1,000mに位置する。フローレス島の幹線道路the trans-Flores highway

をバンボールで南に折れ、ウェランで宗教的な聖地であるワイサノに入る手続きをして、その後舗装されていない悪路を延々と進む。ワイサノ火山の山頂部にある北西-南東方向4km、北東-南西方向2kmの火口湖が見えてくると道の状態は自動車が故障するかタイヤがパンクするかという程悪くなる。とても「道路」とは思えない湖岸の平坦面を更に進むと、シリカシンター、温泉・噴気地等からなるワイサノの地表地熱微候地に到着する(口絵4)。

水温、pH、電気伝導度、臭味の調査を行い、火

第2表 本年度に予察調査を行った地域から得られた試料の水温、pH、電気伝導度、泉質分類、地化学温度の一覧。地化学温度は、Na-K-Ca温度、R値(R>50の場合高温の熱水系の存在は期待できない)、Mg補正温度、Na-K-Ca-Mg温度(Mg補正温度>0の場合、Na-K-Ca温度-Mg補正温度にて求める)の4種類を示した。地化学温度で太字で示したのは地化学温度の最適値。マタロコ、ボボ、メンゲルーダの各地域はpHが2~3なので地化学温度は意味をなさない。表示温度は河川水よりやや高め温度になる。

試料採取地域名	Temp	pH	EC	Water type	Na-K-Ca	R-value	(Mg)	Na-K-Ca-Mg
	(°C)		(µS/cm)					
Wai Sano Lake Water	26.8	2.61	2980.	acid SO4				
Wai Sano 1	41.1	5.71	6760.	neutral Na/Ca-Cl	180.8	14.6	68.5	112.2
Wai Sano 2 (Bobok)	83.9	6.07	51100.	neutral Na/Ca-Cl	231.8	1.3	-0.8	+++
Wai Sano 3 (=VSI No.5)	43.3	3.22	12700.	acid SO4 + Na-Cl				
Wai Sano 4 (=VSI No.5)	45.0	3.18	12320.	acid SO4 + Na-Cl				
Wai Pesen 1	76.8	6.84	16300.	neutral Na/Ca-Cl	151.5	0.3		+++
Wai Pesen 2	89.0	6.73	17400.	neutral Na/Ca-Cl	152.6	0.2		+++
Mataroko 1	92.0	3.74	490.	acid SO4	200.3	41.4	169.6	30.6
Mataroko 2	94.6	3.00	1550.	acid SO4	129.4	32.7	80.6	48.9
Bobo (Wai Putih)	21.0	2.73	1700.	acid SO4	157.0	37.8	121.1	35.9
Mengeruda	41.1	2.97	1740.	acid SO4	207.2	31.5	153.0	54.2
Oka-Larantuka	57.4	6.83	10780.	neutral Na-Cl	204.5	54.4		+++
Watukuba fumarole	98.6							
Watukuba (Waiwejak)	37.4	7.98	370.	neutral Ca/Mg/Na-HCO3	160.3	36.2	121.4	38.9
Bukapiting 1	b.p.	7.91	9260.	neutral Na/Ca-Cl	159.3	2.8	-1.7	+++
Bukapiting 2	b.p.	7.50	9390.	neutral Na/Ca-Cl	157.4	2.7	-2.4	+++
Bukapiting 3	b.p.	7.91	9560.	neutral Na/Ca-Cl	159.8	2.8	-1.5	+++

口湖は酸性硫酸塩型、温泉は中性塩化物型と酸性塩化物-硫酸塩型であることが推定できた。1日に3回50cm程度吹き上げると村人が話していた中性高濃度塩化物型の間欠泉は(口絵5)、帰国後の分析から塩化物イオン濃度が約18,000mg/ℓの海水と同程度の鹹水であり、そのアルカリ比温度は230℃にもなることがわかった。火山ガスの寄与が明かな酸性硫酸塩型の温泉に近接して海水と同程度の高濃度温泉が存在している事実は示唆に富み、激しく興味を掻き立てられた(高橋, 1994)。

試料採取を行っている付近の村人・子供がいっぱい出て来た。水温、pH、電気伝導度などを測定していると測定機器の表面に数字が出てくるので大騒ぎ。数値で3がでると小声で「Tiger…」、ワイサノとか書くとまたまた小声で「Wai Sano…」。初めのうちは少しでも顔を上げるとすぐに逃げてしまっていたが、温泉水をガキ大将っぽい男の子に飲ませたら後はみんなも飲みたくなりまたまた大騒ぎ。記念写真を撮ると仕草で示すとみんな目がキラキラになって整列。休憩のため村の中心部まで自動車で移動したらみんな乗りたくて大騒ぎ。アクセスが悪く、地熱開発の可能性は低い地域だが再訪したいと思う場所である。

ワイサノ北東10kmに位置するリンブン(標高約150m、「リンジュン」とも表記される)にも低温の塩化物泉がシンターに伴って湧出していた。この水たまりには長さ2cmくらいの蛭だか虫の幼虫だかわからないものと、0.1mmくらいのミジンコみたいなものなど、とにかく気持ち悪いのがいっぱいいて、これを付近の鶏は喜んで食べていた。ワイサノとの比較には重要だとは思いつつもどうしても試料採取できなかつた。しかし、試料の臭いを嗅いだり、口に含んで味を確かめる臭味試験だけは蛮勇を振って行った。

3.2 ワイペシ地域

ワイペシ地域はルテンの北方約24km、標高約100m、Wai Naong川流域に位置する。ルテンからレオ方向に幹線道路を走行し、ニラの北でWai Pesi川をカヌーで渡り(丸木舟と言う方が実状にあっている、口絵6)、Wai Naong川を約2km徒歩で遡上するとワイペシの地表地熱徴候地(温泉)に到着する(写真1)。Wai Pesi川を渡るカヌーは体重の



写真1 ワイペシ地熱地域。人物は右から、ナスティオン、村岡、浦井、アクバル氏(今回の予察調査をコーディネートしてくれた、インドネシア火山調査所職員)。温泉はこの岩の下と対岸に湧出していた。

ある人が乗ると喫水線が川の水面と同じになり、カヌーの中が水浸しになってしまうという代物であった。

ワイペシの温泉は雨季には湧出箇所が増加するとのことであったが、訪れた7月は乾季の真っ最中でWai Naong川右岸・左岸1ヵ所ずつからの湧出であった。湧出温度は左岸にある温泉が89℃とかなりの高温を示した。日本の温泉では地表湧出水温90℃付近に明らかに温泉分布頻度の極小部分があり、90℃程度以上の温泉の形成には通常的地温勾配以外の何らかの熱源(例えば火山)を考慮するのが普通である。GRDCの地質図(Koesoemarinata et al., 1994)からは、ワイペシの温泉は中新世のキロ層群と鮮新世のラカ層群の境界あるいはWai Naong川に沿う北西-南東方向の断層から湧出していることが推定できるが、火山の存在については記述されていない。ワイペシの温泉の形成機構については今後の検討課題である。

帰国後の分析からワイペシの温泉は中性塩化物型で、アルカリ比温度は150℃程度であることがわかった。日本の温泉ではアルカリ比温度の計算値は通常150℃程度であることが多く、特に優勢な地熱系の存在を示唆するものではない。この経験則をインドネシアの地熱系に同様に適応できるのか否かは今後の検討課題であるが、ワイサノのようにアルカリ比温度の計算値が明らかに高温になる場合も存在している点を考えると、有望な地熱地域であるとは考えにくいのが率直な判断である。

なお、ルテンの南西方約15kmにはウルンプ地域



写真2 イネリ火山遠景.



写真3 エプロボ火山遠景.

があり、ニュージーランドの援助を受けた地熱開発が行われている(詳細については、NEDO(1989)を参照)。前述したように3,000kWの地熱発電所の建設を目指して坑井掘削が既に行われ始めている。ルテンの東南東約8kmには1987年に突如噴火を始めたアナ・ラナカ火山(表紙)もあり、ルテンの南方は火山・熱水活動が活発な地域であると考えられる。

3.3 マタロコ地域

マタロコ地域はバジャワの東南東約10km、イネリ火山とエプロボ火山の中間、標高1,000m付近に位置する。フローレス島の幹線道路the trans-Flores highwayをマタロコまで行き、20分くらいバナナやトウモロコシ、サトイモ、椰子の畑の中を歩くと噴気による酸性変質やそれに伴う地すべり等により地形的に低くなったマタロコ地域に到着する(口絵7)。基本的には噴気地帯で、90℃を越える河川水と混合した酸性硫酸塩型の温泉や「溺れた噴気」等が存在する。更新世の火山岩類から湧出しているが、西方13kmにはイネリ火山(噴気はあるが歴史時代の噴火記録はない。写真2)、東方15kmにはエプロボ火山(20世紀に入って5回の噴火記録がある。一番新しいのは1969年。現在でも活発な噴気活動が続いている。写真3)、北西方13kmにはイネリカ火山(1905年にphreaticな噴火を起こした)がそれぞれ存在する。また玄武岩質のコーン群(時代未詳)も多数存在している。南方の海岸には塩化物温泉が出ているとのことである。インドネシア火山調査所により地質、地化学、地球物理学的調査が開始されている。

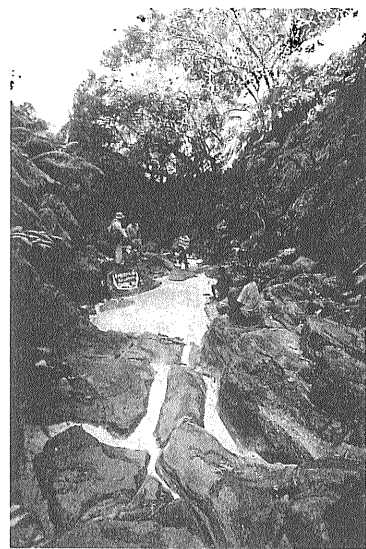


写真4 ボボ地域の鉱泉湧出地点の風景.

ボボ地域はバジャワの南東約10km、マタロコ地域の南西約8km、イネリ火山の東約7km、標高1,050m付近に位置する(写真4)。付近にはウォロ・ボボ等多数の玄武岩質のコーンが存在している。低温の噴気地帯で河川水と混合したものである。河川が硫黄で白くなっているのでワイプティ(Wai Putih, 白川)地域とも呼ばれている。

メンゲルーダ地域はバジャワの北東約18km、イネリカ火山の北東約12km、標高325m付近に位置する。水温は40℃程度であるが、湧出量は1分あたり24トンに達する酸性硫酸塩型の温泉で、ラテラルフローの典型例であると考えられる(口絵8)。湧出口は直径15m、水深1.5m程の巨大な池となっており、温泉湧出口直上の水面は噴き上がる温泉のため5~10cm程盛り上がっている。観光地とな

っており訪れる人たちが次々と湯浴みをしていた。

イネリ、イネリカ、エプロボ、時代未詳の玄武岩質コーン群などの存在は「熱源」という観点から見ると地熱系の形成には十分であると考えられる。温泉の泉質はいずれも酸性硫酸塩型で、硫化水素を含む噴気が関与して形成されているのであろう。この噴気・温泉系の下位あるいは周辺に地熱開発が可能な「熱水系」が存在しているか否かについては特に地下への「水」の供給状態という観点から今後十分に検討する必要があると考えられる。

マタロコ地域での調査の帰り、付近の村で「モケ」という椰子酒を飲ませてもらった。アルコール濃度は4%程度らしい。味はアップルタイザーに似ていた。村人皆口々に何か言う。下を指さして手をくるくる回し、飲む真似をして2本指を立て、上を指さしている人みんなを丸く囲む仕草を何回もしてくれた。「2杯飲むと友達だ、みんなで飲んで良い気持ちになろうよ」とか言っているような感じであった。マタロコ地域の人はfriendlyと聞いていたがまさにその通りである(口絵9)。

バジャワからthe trans-Flores highwayを130km程行くとエンデに到着する。エンデはオランダ植民地時代にインドネシア初代大統領スカルノが流刑されていた場所として知られている。エンデの東方20kmには3つの火口湖がそれぞれ青緑、深緑、赤(黒)に着色しているケリ・ムツ火山がある。20世紀に入って2回の噴火記録(一番新しいのは1968年)がある。エンデの宿の人の話では現在火口から水蒸気が上がるなど活動が活発化しているとのことである。付近には噴気地帯であるソコリア・カルデラ地域、ンデツ・ナプ地域(GRDCの地質図(Suwarna *et al.* (1989))では2つ合わせてケリ・バラ火山)や地熱地帯であるンデツ・ソコ地域、ムツバサ地域がある。ニュージーランドの援助を受けてソコリア地域で地熱開発に向けた調査が行われている。

エンデから150km程行くと1992年の地震の津波によって大被害を受けたマウメレに到着する。マウメレから140km程行くとフローレス島の最東端ララントウカに到着する。ララントウカの手前7kmには地熱地帯であるオカ-ララントウカ地域がある。ララントウカの南西約30kmにはレオトビ火山がある。20世紀に入って12回の噴火記録(一番新しいのは



写真5 レオトビ火山遠景。右手がラキラキ火山、左手がペレンプアン火山。

1991年)がある。ラキラキ火山(雄岳)とペレンプアン火山(雌岳)がある。日本と異なりより活発なのはラキラキ火山の方である(写真5)。

3.4 ワトウクバ地域

フローレス島のララントウカ港を午前8時30分に出発した小型客船は4時間ほどでロンブレン島(レンバータ島とも言う)のレオレバ港に到着する。レオレバを出発したのは午後4時。非常に暑いので夕方から夜歩こうという配慮である。カランゴラまでは小型レンタバスで行く。宮崎(1989)にはジープが1台しかなかったと書かれているが、自動車・道路事情は格段に向上しているようである。小型レンタバスは、運転手、運転助手(集金係)、扉押さえ係、天井に載せる荷物押さえ係など数人のグループで1チームになっている。車内には女優のポスターが貼られ、若者の音楽が耳を聳する程の大きさで流されている(口絵10)。途中までは舗装されていたが、舗装がなくなると雨季には通過不能ではないかという急勾配のがたがた道が続く。到着は午後6時頃。旧日本軍が作ったという起伏の多い軍用道路を10km歩いた。途中から完全に夜になり霧も出てきて涼しくはなったが、全くの暗闇になりヘッドライトが大いに役立った。カランゴラ火山観測所に到着したのは午後8時30分頃であった。火山観測所の職員がレオレバから同行し、夕食、翌日の朝食、昼食とも作ってくれた。途中の村では翌日の昼飯用の鶏まで手に入れてくれていた。3食ともカップラーメンと水の覚悟をしていたが、美味しく食事をすることができた。観測所には来客用ベッドが4つもあり気持ちよく休めた。

翌朝火山観測所から1時間歩いてアテダグの噴気地帯に到着した(口絵11)。レオレバの南東約

25km、標高900m程度、半島部に位置する。本地域の温泉は中新世のキロ層相当層と更新世のイリ・ラマフカ火山との境界付近から湧出している。南方にはイリ・ウェルン火山も存在している。イリ・ウェルン火山は南東斜面、南東海中の活動も含めて20世紀に11回の噴火記録（一番新しいのは1993年、1973年あるいは1983年の南東海中での噴火については宮崎（1989）に触れられている）がある。この噴気地帯では噴気に穴を開けて椰子の実を蒸している。椰子の皮を剥き、輸出商品であるコプラを作るためであると思われる。噴気温度は沸騰点であったが、硫化水素臭などは一切なかった。ヌサテンガラ東部でも東に位置するため降水量が少ないらしく温泉は枯れてしまっていた。

噴気地帯から徒歩1時間ほどでワイウエジャック村南方の温泉に到着する（口絵12）。標高は300m程である。この温泉についても宮崎（1989）に触れている。さらに南方の海岸にも温泉の湧出があるようである。温泉は40℃程度で、集水枡から湯浴みや洗濯に使いやすいように塩ビパイプで導水されていた。調査団の1人はこの温泉で湯浴みをしフレッシュしたが、帰国後の分析では25ppmもの硝酸イオンが検出された。上流側に位置する村々からの排水が混入しているものと推定された。地化学温度も40℃程度しかなく、アクセスも悪いし、地熱有望地域ではないという感じであった。

本地域には、カランゴラ、アテダグ、ワイウエジャックなど様々な名称が付けられているが、噴気地帯、温泉を総称して呼ぶため、ここではワトゥクバと書いてある。

3.5カラバヒ（ブカピティン）地域

ワトゥクバからレオレバに戻った我々は翌朝7時にロンブレン島の東端ワイリアンに向けて出発した。途中イリ・レオトロ火山を遠望した。この火山には20世紀に入って2回の噴火記録がある。一番新しいのは1951年。現在でも活発な噴気活動が続いている。案内書ではイリ・アペ火山とも書かれている。イリは「山」、アペは「火」の意味である（写真6）。ロンブレン島からアロール島に行くフェリー（小型客船）はワイリアンへ行く途中のパローリンから出るのが、本当に来るのか不明なため、ワイリアンで備船しようと考えた。ワイリアンでは結局船は見



写真6 イリ・レオトロ火山遠景。

つからず、パローリンで備船しワイリアンまで来てもらうことになった。しかしワイリアン港の番小屋で待てど暮らせど一向に船が現れる気配がない。結局夕方まで海を見ながら待機することになった。昼食にはラーメンを食べたが蟻が調味料みたいに入っていた。

夜になって備船がやってきた。船というより舟である（口絵13）である。ワイリアン出発午後7時40分。初めは月明かりであったが、月が落ちた頃パンタール海峡にさしかかった。パンタール海峡は波、風ともに強く、10トン(?)程度の備船は大揺れ、中に乗っている我々は海水まみれ。恐いとか気分が悪いとかの状態ではない。目の前に「蠟座」がでんと構えていた（蠟の毒になぞやられてたまるかという感じである）。頭の中はドイツ映画「U boat」のイメージソングで一杯。こういう状態の中、ぐっすり眠っている仲間がいる。すごい一言につきる。夜光虫が一杯で海が青く輝くのだけは気味悪かった。アロール島のカラバヒ湾の入口に到着したのが午前2時15分。3時間休憩したが体中海水でベタベタし、寒くて眠れる状態ではなかった。午前5時に出発。カラバヒ湾は水の入替えが悪いのか、途中からクラゲの海。その奥はカラバヒからの廃棄物がいろいろ浮いていた。湾上に魚を捕るための鉄骨があちこちに組立られていた。カラバヒに到着したのは午前6時30分。

ブカピティン地域はカラバヒ東方約25kmに位置する。標高は300m程度。鮮新世のアロール層群より湧出し、構造性であるらしい。カラバヒは1991年アロール地震の大被害を受けた。この時断層に沿って温泉が何か噴出したらし「燃えている」

ようだったそうだ。カラバヒ湾も幅1km、奥行き15kmの細長い構造的な湾である。ただしGRDCの地質図(Noya et al., 1997)には付近に更新世の火山岩類の存在が記述されている。温度は沸騰点でシリカセンターの先から吹き上げていたり(口絵14)、川の中から噴き上がっていたり、極めて派手な温泉である。帰国後の分析から、中性の塩化物泉であり、その派手さとは対照的に地化学温度は160℃程度であることがわかった。前述したワイベシ地域と同様に火山性の熱源がない地域で沸騰点に達する温泉がどのように形成されるのか不明な状態であるので、今後注目していきたいと考えている。

4. インドネシアの諸事情

インドネシア東部、ヌサテンガラ地域での地熱地域調査はこのようにして終了した。カラバヒのホテルは快適そのものであった。翌日カラバヒからチモール島のクバンに向かった。地熱地域調査は順調そのもので「ヌサテンガラって何て良い所なんだ」と思っていた我々に最後になって搭乗券取得問題という衝撃波が襲ってきた(4.6に詳述)。インドネシアでの今後の調査を快適に、安全に行うために、今回の調査行で得た情報を以下に記述する。

4.1 水と薬

インドネシアで最も注意を要するのは生水(水道水を含む)である。はっきり「生水は危険!」であると言える。顔を洗うと目から、歯磨きをすると口から、髭剃りなどの怪我ではその傷口を洗っても菌が感染し、最悪の場合ヘルペスになる可能性がある。水の消毒には沃素水(うがい薬)が簡単で便利らしい。傷口は水で洗えないので傷口消毒薬は必携である。生水が関係する全ての食品(氷、アイスクリーム、カットした生野菜等)は厳禁。牛乳、生卵も厳禁。

レストランでは湯冷ましを出してもらえる。これは安全。ビール、サイダー、コーラ、コーヒー、紅茶も安全。ミネラルウォーター(アクア)も通常は安全。封印の有無や、中に何か浮遊していないか確かめる必要があるのは日本の場合と同じである。腹をこわした時のために、止瀉薬、整腸剤、ビタミン剤、

風邪薬等は必携である。

ヌサテンガラは最近熱帯性マラリア、デング熱の猖獗地になりつつあり、雨季の調査では特に注意が必要なのである。マラリアピルは服用して2週間後から効力を発揮するので、出発2週間前から飲み、帰国後も1回服用する必要がある。ただし副作用があり老眼になりやすいとのことである。

インドネシアのホテルの水道水の電気伝導度の測定を行った。以下にその結果を示す。

ジャカルタ水道水	370	μS/cm
バンドン水道水	370	μS/cm
ラブハンバジョ水道水	467	μS/cm
ルテン水道水	94.9	μS/cm
バジャワ水道水	175.4	μS/cm
エンデ水道水	1137	μS/cm
ララントウカ水道水	1222	μS/cm
レオレバ水道水	768	μS/cm
カラバヒ水道水	415	μS/cm
つくば水道水(参考)	367	μS/cm

高地で相対的に水が豊かであると思われるルテン、バジャワでは電気伝導度から見る限り日本の河川水と大して差があるようには見えない(ただし油断は禁物である)。

熱帯地方というと大量のフミン物質を含んだ赤褐色の河川を想像しがちであるが、フローレス、ロンブレン、アロールの各島では少なくとも「清澄」な河川、泉であった。ただし、pHや電気伝導度測定用のセンサーの洗浄には水道水を用いることはせず、ミネラルウォーターかイオン交換水を用いるのが賢明であると思われる。

4.2 気温・降水

ヌサテンガラ地域は海洋サバンナ地域で乾季が長いとの指摘がなされている。確かに海岸近くの標高の低い部分、あるいは東部、南部にはこの指摘は当てはまる(年平均降水量は500mm以下)が、標高の高い地域では必ずしもそうではない。雨量は1,500mm程度(3,000mmとする案内書もある)で、乾季は6月から8月、残り9月から5月は雨季である。

フローレス、ロンブレン両島には多数の火山観測所があり、降雨記録も取られている。降雨記録の情報収集、降雨の採取など、「熱水系」を同位体地球化学的に解析する基礎資料・試料の収集は、調査地域近傍のいくつかの火山観測所にて行うのが賢明であろう。

フローレス島からアロール島の間、早朝に気温測定を行った。以下にその結果を示す。

ラブハンバジョ	7時	19.1℃
ルテン	6時	13.5℃
バジャワ	6時30分	11.7℃
エンデ	6時20分	19.7℃
ララントッカ	6時20分	25.3℃
カラングラ	6時頃	20.3℃
レオレバ	6時	24.4℃
カラバヒ	6時20分	21.9℃

高地のルテン、バジャワでは朝は寒いくらいである。100m標高が上がると1℃程度気温が降下するようである。ヌサテンガラ7月の気候はイメージ的には東日本の9月、残暑の季節から秋になりかけくらいと思われる。

4.3 食事

食事のメニューはフローレス、ロンブレン、アロール各島ともたいへん良く似ている。基本的にパダン料理かインドネシア風中華料理である。

パダン料理は、店の入口に並べられている大きなお皿から取り分けられ別々のお皿に盛られた牛、魚、鶏、豆腐などの香辛料煮(簡単に言えばカレー)や唐揚げを各自のお皿に適当に取って白飯(Nasi Putih)と一緒に食べるというものである。豆腐の香辛料煮は豆腐に梅干しエキスを加えたような味で結構美味である。牛や鶏はすべての部分を利用するので、「肉」以外にも骨髓や肝臓や目や脳の香辛料煮がお皿の上に並んでいる。食事の代金は香辛料煮の食べた分量で決まる。食べ残した香辛料煮はまた店の入口に並べられている大きなお皿に戻される。大皿のまわりには蠅がぶんぶん飛び回っているが、そのようなことを気にしてはパダン料理は食べられない。

インドネシア風中華料理は判で押したように同じメニューである。英語が併記されていない場合も多いがそんなことは気にする必要がない。豚肉や牛肉は宗教上のタブーから提供されることは少ないので(フローレス島以東の宗教はキリスト教なので豚肉や牛肉を提供しているレストランもあるが、イスラム教徒の共同研究者の前でわざわざ食べる必要もないであろう)、Nasi(ご飯)、Mi・Mie(麺)、Ayam(鶏)、Ikan(魚)、Sayur(野菜)、Telur(卵)、Sop・Sup(スープ)、goreng(炒める)の単語を覚えれば出てくる料理の凡その検討はつくからであ

る。食べたいものを紙に書いてお店の人に手渡すと7割方想像通りの料理が提供される。残り3割は味付けであるが、テーブルには調味料も置かれているので、味付けを変え想像の8割5分まで持つていくことは十分可能である。

70年程前にオランダ人によりヌサテンガラ東部に持ち込まれた稲作は、スハルト政権の米自給政策も反映しているのかフローレス島のみならず、アロール島でも見られ、各所に「耕して天に至る」風景が見られる。高地で降水量が多いルテンやバジャワは稲作の中心地域である。米は1キロ1,000ルピア程度とのことである。

道路沿いの村々には小さな露店や市場が結構たくさんある。ここで売られているバナナやオレンジは日本で売られているバナナやオレンジとは全く異なる香り豊かな美味な食物である。山奥での調査では、バナナ、オレンジ、ココナツの3点セットがあれば困ることは全くない。今回の調査で全くと言っていいほど我々が腹をこわさなかったのは、この3点セットのおかげであるのかもしれない。

4.4 宿泊

バリ島以東の地域では、ホテルは予約できない(予約制度そのものがない?)ようである。行ってみて空いていれば泊まれるといった感じである。今回の調査では案内書ではLosmen(木賃宿)に分類されるホテルに宿泊したが、日本語訳から受け取るイメージのような宿泊施設ではない。ベッド、テーブル、水浴び/トイレ用部屋が基本的構成で、低地ではクーラーやファンが付いている時もある。

ただし、電話やテレビの類はない。電話はジャワ、バリ両島ではホテルからかけることができる。フローレス、ロンブレン、アロール、チモールの各島では電話局か電話会社から衛星電話が可能である。東に行くほどつながりが悪くなる。

また、クーラーやファンが付いている所でも、窓は何故か鎧戸式で完全には閉まらない。蚊の出入りは自由なので蚊取線香は必携であろう。もっともインドネシアの蚊は蚊取線香の煙を浴びても低空飛行になるが死んだりしない。蚊取線香が燃え尽きて消えると復活して襲いかかってくるので結局朝起きると蚊に献血している状態になる。マラリアピルのみが頼りである。

シャワー設備は基本的になく、水溜があるだけである。この水で水浴びをしたり、トイレの水を流したり、顔を洗ったりする。水は部屋に入ったらすぐに溜めておく必要がある。夜には出なくなる場合もあるからである。高地では水浴びでは寒いので、バケツに熱湯をもらい水で少しづつうめながら体を洗う。床の衛生状態を考えるとサンダルを持っていた方が快適である。トイレには紙が無い場所が大部分。洋式でも便座が無い場合もある。宿泊客は置いてある桶で水を汲んであちこち洗うことになる(トイレトーパーは必携である)。桶はだからそういう用途にも用いられていることになる。大小2つの桶が置いてあるホテルもあるが、1つの桶しかないホテルもある。この辺を考えすぎると桶が使えなくなり、試料水採取用のジョッキが大活躍することになる。

コンセント(220V)は存在している場合とない場合がある。コンセントがあればユニバーサルな電気機器・測定機器は使用することができる。パソコンや水質用測定機器の大部分は現地で使用可能であることが判明した。また電気機器・測定機器を持ち歩いていても好奇の目で見られることを我慢すれば警告・没収の憂き目にあうこともなかった。

4.5 換金

円からルピアへの換金率はバンドン21.2、バリ20程度、ジャカルタのスカルノ・ハッタ空港19程度、フローレス島ルテン18.6、同島マウメレ16であり、バンドンとマウメレでは最大25%もの違いが出ることがわかった。またルテンでは換金限度額が5万円であった。数百万ルピアもの大金を持ち歩くのはあまり愉快なことではないが、フローレス、ロンブレン、アロール各島での調査では身に危険を感じることはなかった。銀行での換金は時間帯も限られている(インドネシアでは特に金曜日のお昼はイスラム教のお祈りで大変重要な時間である。この時間帯は基本的には何もできない)ことから、必要額を事前に計算しバンドンで換金しておくのが良いように思えた。また、破れたお札はいずれの場所でも換金してくれない。出発前に調べておくべきである(換金率、換金限度額は1997年7月の状況である)。

4.6 空港

国内、国際を問わず空港使用料が必要である。ボーディングパスに空港職員が付けてくれる。場合によっては寄付の強制や2重の空港使用料(?)となる場合もある。

ジャカルタ、バンドン、デンパサールでは飛行機の予約は問題ないが、クーポン(噂ではマウメレ)では予約のリコンファームは1~3日前にその空港で行わなければならない。他の場所(例えばバリ島デンパサール空港)でリコンファームが受け付けられても意味をなさない。また例え予約をその空港でリコンファームしても、自分のボーディングパスを手にするまでは安心できない。パスが手には入らなければ再入手に1週間程度は必要となる。少々焦り始めると、「航空券は手に入ったか?」「航空券を手に入れてやろう」「君たちの航空券はキャンセルされた」などと言いながら、何だか怪しげな、目つきが恐い感じの人たちが周辺をウロウロはじめる。インドネシアの発展途上の一面を見る感じである(この感じはタクシーでも同様である。タクシーは「メーター」運転手と「定額」運転手があり、「定額」運転手の方が数倍高く7倍にも達する場合もあった)。現在地方中核(ハブ)都市から、ジャカルタ、バンドン、デンパサール方面への航空路線は供給が需要に追いついていないため発生する事態だそうである。

インドネシアでの調査が終了する数年後にはどのように変化しているのだろうか。

4.7 道路

フローレス、ロンブレン、アロール各島の幹線道路は舗装されている。宮崎(1989)に述べられている「悪路」とは比較にならない格段の変化である。現在道路拡幅工事が各所でなされているが、クレーンで崖を掘ったり、さもなくば手で崖を少しずつ崩して広げているので、道路が半分埋まったりしている場所も多い。トンネルは1ヵ所もない。一部には木橋も残されており、また雨季には道路崩落などの事故も起きているそうである。幹線道路以外は大部分が未舗装である。

フローレス島の幹線道路 the trans-Flores highway の総延長は約670kmである。主要都市間の距離は以下のものである。



写真7 フローレス島を西から東まで走破してくれた運転手。右がチェメ氏、左がヴェルカ氏。

ラブハンバジョールテン	126km
ルテンーバジャワ	130km
バジャワーエンデ	126km
エンデーマウメレ	148km
マウメレーララントッカ	137km

レンタカー(運転手付き、写真7)、小型バスの借り上げ等の費用は日本のレンタカー料金と同等である。ヌサテンガラ島の島々では「耕して天に至る」風景に象徴されるように、どのような山奥でも人が住んでいない場所はない。村人を初め、飼っている犬も牛も何もかも自動車には慣れていないのか、自動車が来ても道路からなかなか離れない。道路にコーヒー豆が広げられている場合もある。そのため自動車はクラクションを鳴らし続けながら、村人の肩先、犬や牛の鼻先か尻尾の先をかすめるようにして走る必要が生じてくる。日本の道路に慣れた我々ではとても運転できるものではない。

5. おわりに

クバンで搭乗券取得問題という衝撃波に襲われ、12時の飛行機に乗るのに早朝6時から待機していた我々であるが、インドネシア側の共同研究者の尽力もあって無事バリ行き飛行機に搭乗することができた。バリ・デンパサール空港に到着、バリ・ヒルトンホテルに宿泊し一息つく。日本のテレビニュースも流れている。和食も用意されている。シャワーもある。バスタブもある。クーラーも利いている。快適きわまりないが、一方では「文明」生活と

は大量の電気エネルギーと清澄・清潔な水を消費して成り立っていることを実感する瞬間でもある。すでに急速に変化しつつあるヌサテンガラの村落部であるが、地域電化計画の遂行により変化が加速する可能性は十分考えらる。各調査地域で必ずと言っていいほど出逢った子供達のきらきら好奇心に光る目に写るであろう今後の光景を考えると、少なからずアンビバレンツな感情に捕らわれずにはいられない。ヌサテンガラの均衡のとれた発展を祈るところである。

参考文献

- Koesoemadinata, S. and Noya, Y. (1989): Geological map of the Lomblen quadrangle, East Nusa Tenggara. Systematic geological map, Indonesia (1:250,000). Geological Research and Development Centre.
- Koesoemadinata, S., Noya, Y. and Kadarisman, D. (1994): Geological map of the Ruteng quadrangle, East Nusa Tenggara. Systematic geological map, Indonesia (1:250,000). Geological Research and Development Centre.
- 宮崎芳徳(1989): 金銀鉱床有望地域発見への現地調査。地質ニュース, no.423, 27-34.
- NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)(1989): インドネシアにおける中小地熱開発発電可能性調査。昭和63年度調査報告書, 168p.
- NEDO(1994): 平成6年度地熱探査技術の海外共同実証研究可能性調査報告書。平成6年度調査報告書, 159p.
- Noya, Y., Burhan, G., Koesoemadinata, S. and Mangga, S.A. (1997): Geological map of the Alor and west Wetar sheets, Nusa Tenggara. Systematic geological map, Indonesia (1:250,000). Geological Research and Development Centre.
- 笹田政克・高橋正明(1996): インドネシアの地熱資源-特に東部地域における今後の探査に関連して-。地質ニュース, no.502, 54-58.
- Simkin, T. and Siebert, L. (1994): Volcanoes of the world, 2nd ed.-A regional directory, gazetteer and chronology of volcanism during the last 1000 years-. Smithsonian Institution Global Volcanism Program, Geoscience Press Inc., Tucson, Arizona, 349p.
- Suwarno, N., Santosa, S. and Koesoemadinata, S. (1989): Geological map of the Ende quadrangle, East Nusa Tenggara. Systematic geological map, Indonesia (1:250,000). Geological Research and Development Centre.
- 高橋正明(1994): 化学的に見た第四紀火山と熱水系との関係-なぜ高塩濃度と低塩濃度の熱水系が存在するのか-。地質学論集, no.43, p.156-168.

TAKAHASHI Masaaki, MURAOKA Hirofumi, URAI Minoru and NASUTION Asnawir (1998): Preliminary study of geothermal resources areas in the eastern Nusa Tenggara, Indonesia.

< 受付: 1997年12月12日 >