

ブラジルの電力危機と水力発電

The Brazilian Electric Power's Crisis and Hydroelectric Generation

大 原 宏

Hiroshi OHARA

(平成10年11月4日受理)

ブラジルでは1994年に始まったレアル・プランの成功により、東南アジアに次ぐ第2の成長センターとして世界の投資家の注目を集めるようになった。欧米企業を中心に自動車産業をはじめとして多くの産業への新規投資・拡張投資が加速化している。経済活動の活発化に伴い、インフレの沈静化とも相俟って、国民の生活水準も向上し家電製品の爆発的な販売をもたらしている。結果として電力の大幅な消費増につながり、需要と供給のバランスを崩しつつある。消費電力の伸び年4～6%に対して発電能力の増加は年2%余にすぎないためである。この状態があと何年か続けばブラジルの電力不足は決定的になる。しかし、独占国営企業エレクトロブラスの長年の投資不足、軍事政権時代に着工しながらも10年以上も中断、遅延している多くの発電所工事現場、総発電量の15%にのぼる盗電など様々な深刻な問題を抱えており事態の改善はそう簡単ではない。

ブラジルはその発電能力の90%余を水力に依存している。この事実がブラジルの電力問題を複雑にしている。アマゾン川、パラナ川、サンフランシスコ川など水量豊かな水系に恵まれているとはいえ、水力発電に適した立地はなくなりつつある。水量の大半はその平坦な地形故に環境上水力発電には最も不適とされるアマゾン川水系に偏在しているためである。ブラジルの一次エネルギーの38%を占める水力を他のエネルギーにシフトすることは簡単ではない。短期的には中断、遅延している発電所工事を再開すると同時に、ウルグアイ・アルゼンチン・ヴェネズエラなど近隣諸国と電力供給協定を結ぶことである。中期的には水力発電から石油・天然ガスなど火力発電へシフトする。天然ガスは元々クリーンなエネルギーであるし、石油など化石燃料も近年の技術の進歩により環境へ与える負荷は著しく減少した。長期的には太陽熱・風力・地熱など新エネルギーを開発しなければならない。先進国ではこれらの新エネルギーも21世紀の初頭には既存のエネルギーと十分競争できるほどコストは下るという目途は立っている。ブラジルは一次エネルギー構成の再編成も含め、電力問題を解決しない限り未来への展望は開けない。

I はじめに

ブラジルではポルト・プリマヴェーラ、シンゴをはじめとして多くの水力発電所の工事が、中断したまま長い間忘れられたように放置されている。原子力発電所アングラIIの工事現場の倉庫の中には、20年近く前に外国で調達された設備機器が使われることなく山積みされている。切断された送電線、倒壊した鉄塔、送電線のない鉄塔、すべてブラジルの電力システムの荒廃を象徴する風景である。

ブラジルでは1984年にサンパウロで、1993年にリオデジャネイロで電力不足から大規模な停電が起り都市機能が完全に麻痺した。また、アクレ州、 Rondônia州、アマパ州など北部ブラジルでは日々電力不足が深刻である。ブラジル中西部では送電インフラが未整備のため電力供給が不安定である。ブラジルでは発電能力の90%余を水力発電が担っている。パラナ川水系、サンフランシスコ川水系、アマゾン川水系など水量豊かなことでは世界に誇る大河川に恵まれながら常に電力不足に脅かされている。

一方、ブラジルでは近年電力の消費が大幅に伸びている。1994年に始まったリアル・プランの成功によって、東南アジアに次ぐ第二の成長センターとして世界の投資家の注目を集め、自動車産業をはじめとして多くの産業が事業の拡張を図ったり新規の生産拠点を求めてブラジルへの投資を活発化している。また生活水準の向上に伴い家電製品が爆発的に販売を伸ばしている。ともに電力消費の大幅な増加につながり電力の需要と供給のバランスを崩す要因となりつつある。

豊かな水資源に恵まれたブラジルでなぜ電力供給が不安定なのか、その要因を分析すると同時にその短期的・中期的対応策を提言するのが本稿の主旨である。

II 電力消費の伸び

東アジアや東南アジアが昨年末の通貨危機によって深刻な経済危機に陥っている今、中南米が新しい成長センターとして世界の注目を集め始めている。域内の関税を大幅に引き下げて市場を統合したメルコスル⁽¹⁾が軌道に乗り、域外特に欧米からの投資が急増している。自動車産業をはじめとする欧米企業は中南米を世界経済の新しい核と考え、世界戦略の中に組みこんでいる。特にブラジルでは外資による投資ブームが始まっている。背景にはリアル・プランによるインフレの終息と経済の安定化がある。第1表が示すように外国からの対ブラジル直接投資はリアル・プランが始まった1994年から急速に増加している。

第1表 対ブラジル直接投資の推移

(金額単位：百万ドル)

年 度	金 額	対前年比(倍)
1993	877	—
1994	2,241	2.6
1995	3,285	1.5
1996	9,580	2.9
1997	17,864	1.9

出所：News Letters Consultorial
Empresarial No.33 1998年7月13日 P.14

今や外資の直接投資の対象分野は全産業に及んでいる。1996年～2000年の5年間に自動車産業（部品産業を除く）が予定している投資だけでも170億ドルにのぼる。⁽²⁾それに今まで国家の独占事業であった通信、石油、運輸、鉱山開発、電力、港湾などの民営化に伴い、それらの企業に資本参加する外資の流入が本格化することが予想される。

リアル・プランの成功でブラジル人全般の生活水準が向上し、家電製品の販売が大幅に伸びた（第2表）。それまで経済的に家電製品にアクセスでき

なかった何百万人という低所得者階層も経済発展の恩恵に浴せるようになったためである。レアル・プランが始まる前の年1993年の販売台数に比較して1997年の販売台数は冷蔵庫2.2倍、カラーテレビ2.3倍、ビデオ3.0倍等と僅か4年間で飛躍的に伸長した。

第2表 主要家電製品販売台数推移 (単位：1,000台)

製品名 \ 年	1993	1994	1995	1996	1997	対'93比(倍)
冷蔵庫	1,655	2,400	3,031	4,042	3,720	2.2
洗濯機	NA	633	709	1,090	1,068	1.7
カラーテレビ	3,399	4,984	6,070	8,541	7,835	2.3
ビデオ	816	1,234	1,923	2,703	2,449	3.0
電子レンジ	385	558	788	1,316	1,479	3.8

(注) NA=Not Available (出所：Abineeブラジル電気電子工業会⁽³⁾)

経済活動の活発化、家電製品の普及は当然の結果として電力消費の増大をもたらし、第3表が示すように、レアル・プランがスタートする2年前の1992年と5年後の1997年と比較するとブラジルの電力消費は1.3倍に増加している。1996年、1997年の伸び率6.8%、6.3%は政府の予想を遙かに超えている。特に商業用途、住宅用途の伸びが大きい、住宅での電力消費の伸びは家電製品の普及に負うところが大きいことは間違いない。

第3表 用途別電力消費量 (単位：1,000GW/h)

年度	商業		住宅		工業		その他		合計		年伸び率
	比率	比率	比率	比率	比率	比率	比率	比率			
1992	25,985	12.1	52,099	24.4	103,851	48.6	31,557	14.8	213,492	100	4.4
1995	32,135	13.2	63,500	26.1	111,544	45.9	35,722	14.7	242,901	100	4.6
1996	34,980	13.5	68,560	26.5	116,370	45.0	38,510	14.9	258,420	100	6.8
1997	37,992	13.8	74,040	26.9	122,660	44.6	40,118	14.6	274,810	100	6.3
1997 1992=倍	1.5倍		1.4倍		1.2倍		1.3倍		1.3倍		

(注) 「その他」の用途は公共、農業、輸送、エネルギーなど。
(出所：ブラジル中央銀行レポート)⁽⁴⁾

ブラジルが現在の経済成長を維持し、更によりよい生活を享受するためには電力の確保が不可欠である。しかしながらブラジルでは電力不足に対する不安が慢性化しつつある。過去に起ったサンパウロ、リオデジャネイロの停電の教訓はブラジルのエネルギー政策に生かされていない。今再び同じような停電パニックが起っても不思議ではない。それは企業の投資意欲を殺ぐことにほかならない。現に米国のコンピューターチップのメーカーである多国籍企業インテル社はブラジルに25億ドルの投資を予定しているものの、同社C・バレット社長は「ブラジルの電力供給不足が我々の投資決断の妨げになっている。何故なら工場で1秒の停電が起ると100万ドルの損失を蒙るからである。」と述べ、電力の安定供給の保証がない限り投資の決断は出来ないとしている。

III 電力不足の要因

1 投資の不足

ブラジルの電力消費が年4～6%で伸びている（第3表）のに対して、1994～1998年の発電能力の伸びは年2.2～2.6%にすぎない（第4表）。今後の電力消費を年5%と仮定すると、発電能力もまた年5%即ち約3,000MW増えなければ需給のバランスは崩れることになる。この伸びに対応するためにはイタイプ（12,600MW）クラスの水力発電所を3～4年に一つの割合で建設しなければならない。それでは発電能力3,000MW増やすためにはいくらの投資が必要なのだろうか。ブラジルでは水力発電所を建設する時、1KW当りの投資金額はダム湖の建設、発電設備をあわせて一般的にUS\$2,000（1MW当り200万ドル）とされている。国際水準と比較すると可成り割高であるが、一応この単価を是とすると発電能力を年間3,000MW増やすためには、3,000MW×200万ドル=60億ドルの投資が必要になる。電力供給に余裕をもたせ、停電の不安を払拭するために年間4,000MW増強すると仮定すると投資金額は80億ドルに膨らむ。この投資を5年間継続すると仮定すると400億ドルが必要になる。確かにブラジル連邦政府は1970年代から1980年代前半にかけて電力に年60億ドル投資した実績もあり、電力会社の資産総額は1,200億ドルに達する。しかし、1980年代後半から公社公団の電力への投資は国の成長に必要な水準を大きく下まわることになった。これは連邦政府や州政府の財政難が投資の継続を許さないまでに悪化したためである。最近でこそ連邦政府の電力に対する投資は年40億ドルに回復したとはいえ、本来あるべき水準の50%でしかない。

第4表 ブラジルの発電能力 （単位：MW）

エネルギー	年	1993		1994		1995	
			比率		比率		比率
水	力	47,967	91	49,297	91	50,687	91
火	力	4,783	9	4,807	9	4,825	9
合	計	52,750	100	54,105	100	55,512	100
				対前年伸び率	2.6%	対前年伸び率	2.6%

(注) 1. 火力の中には重油、天然ガス、石炭、原子力が含まれる。

2. ブラジル電力公社によると1998年の発電能力は59,100MW。1995年に対して3年間の発電能力の年平均伸び率は2.2%にすぎない。

(出所：Anuario Estatístico do Brasil 1996, 1BGE, P.4-68)

2. 中断・遅延工事

ブラジルの電力供給を危機に陥れたもう一つの大きな要因は多くの中断・遅延している発電所工事である。第5表が示すように、17の発電所で工事が10年以上中断または遅延しており、完工時の発電能力の総計は約13,000MWに達する。また1994年までに投入された資金は216億ドルにのぼりながら、まだ1KWの電力も生み出していない。発電能力の総計13,000MWからいえば、イタイプ水力発電所が工事中断のまま10年以上放置されている状況に等しい。これらの発電所の多くは政治的思惑から着工されたものであり、技術的にも採算的にも杜撰な計画、契約金額のオーバーインボイス、資材・設備機器にからむ腐敗・

汚職、予算の大幅な上方修正、完成させようという意志の欠如、環境に対する配慮の欠落などがすべてのプロジェクトに共通している。第5表の中でアングラII原子力発電所は1976年に、ポルト・プリマヴェーラ水力発電所は1978年に着工して巨額の資金を投入しながらいまだ電力を生み出すに至っていない。その他の発電所もシンゴ（1987年着工）を除き殆んど1970年代に建設に着工している。それは丁度ブラジル軍事政権の絶頂期であった。それはまたブラジル経済の絶頂期でもあり「ブラジルの奇跡」と世界に賞讃された時代でもあった。軍事政権にとっての関心事は技術上・採算上のフィージビリティ・スタディより工事現場を開設することにより雇用を増やすことであった。杜撰な計画を次々と着工して行った。必要不可欠な投資が実施されずに、不要不急のプロジェクトに莫大な予算が注ぎこまれることもあった。

水力発電所の工事が中断したまま長年にわたって放置されるということは、本来得べかりし電力を得られないという単純な問題ではない。このような発電所工事は往々にして腐敗・不正が絡んで工事費が当初の予算を大幅に上まわるのが常であり、その上に借入金に対する金利が毎年積み上げられて行く。従って発電コストが著しく高くなり完成しても経済的には成り立たない。コストと売値の逆鞘は財政にとって大きな負担になるのである。次に、第5表からポルト・プリマヴェーラとシンゴの2つのケースを選びその非合理性を検証する。

第5表 工事が10年以上中断・遅延している発電所

発電所名	州名	発電能力 (MW)	投資金額 (100万ドル、'94まで)	エネルギー
1 ポルト・プリマヴェーラ	サンパウロ	1,818	4,300	水力
2 イタ	リオ・グランデ・ド・スル/サンタカタリーナ	1,450	1,400	水力
3 アングラII	リオ・デ・ジャネイロ	1,300	5,700	原子力
4 サルト・カシアス	パラナ	1,240	1,000	水力
5 セーラ・ダ・メーザ	ゴイアニア	1,200	1,600	水力
6 ミランダ	ミナス・ジェライス	390	646	水力
7 ジョージ・ラセルダ	サンタ・カタリーナ	350	959	水力
8 ジャクイ	リオ・グランデ・ド・スル	350	973	水力
9 カンジオッタIII	リオ・グランデ・ド・スル	350	724	火力
10 マンソ	マツト・グロッソ	210	507	水力
11 カノアスI	サンパウロ	82	252	水力
12 カノアスII	サンパウロ	72	226	水力
13 ジュバI	マツト・グロッソ	42	※	水力
14 ジュバII	マツト・グロッソ	42	※	水力
15 コルンバI	マツト・グロッソ	34	34	水力
16 デスヴィオ・ジョルドン	パラナ	6	100	水力
17 シンゴ	セアラ/アラゴアス	3,000	3,200	水力
合計		12,936	21,621	

(出所：ブラジル電力公社)⁽⁵⁾

(a) ポルト・プリマヴェーラの場合

ポルト・プリマヴェーラ水力発電所は、サンパウロ州で最も貧しい西端地域を活性化するという使命を帯びて1980年に着工した。工事の大幅な遅延、見積りのオーバーインボイス、機材購入にからむ腐敗、予算の大幅超過、環境問題などブラジルの水力発電所に共通する問題を内包している。ポルト・プリマヴェーラは決して特殊なケースではない。第5表に挙げられた他の16の発電所も多かれ少なかれ同じような問題をかかえている。

ポルト・プリマヴェーラ発電所は軍事政権の絶頂期の1980年に予算22億ドル、出力 1,800 MW、堤防11.4km、工期6年という計画で着工した。しかし、18年の歳月を経た現在まだ部分稼動にも至っていない。それどころか、1998年5月現在それまでに発生した金利48億ドルを含めると総工費は93億にのぼり、当初予算の4倍に達している。完成までには更に10億ドル単位で資金を投入しなければならない。サンパウロ州マルフ知事に始まり、モントーロ知事、ケルシア知事、フルーリー知事、そして現在のコーヴァス知事に至るサンパウロ州の5つの政権をまたぐ長期プロジェクトである。機材の購入も不透明である。1980年代初めにサンパウロ電力公社とサンパウロ州政府の間で、機材の購入についてただ一度だけ交渉が持たれ、6つの水力発電所（ポルト・プリマヴェーラ、ロザンナ、タクアルス、イーリャ・ソルテーラ、トレス・イルモンズ、ジュピア）の機材のすべてが一括して決定された。その時にポルト・プリマヴェーラ用に発注された機材は1982年に到着しはじめ、1994年まで時間をかけて分納された。発電タービン、変圧器、ケーブル、パーツなど7,000トンの機材が使われることなく、5万km²の機材置場で野ざらしになっている。他の三つの倉庫にも手つかずの梱包が山積みされている。

ポルト・プリマヴェーラ発電所は他の水力発電所と同じように深刻な環境問題をかかえている。比較的平坦な流域にダムが建設されたため冠水面積が大きくなり、ダム湖の面積は平均巾10km×長さ250km、約2,250km²にのぼり発電能力1,800MWと不釣り合いである。⁽⁶⁾グアナバラ湾の6倍、サンパウロ市の2倍である。ブラジル最大、世界最大のイタイプ発電所が12,600MWの発電能力に対してダム湖の大きさが1,750km²であることから見ても、ポルト・プリマヴェーラの1MW当りの冠水面積（2,250km²÷1,800MW=1.25km²）は、イタイプのそれ（1,350km²÷12,600MW=0.11km²）⁽⁷⁾の10倍以上である。ポルト・プリマヴェーラは32の島を水没させ、1700家族を強制移転させたことも考慮に入れると環境へのインパクトはイタイプ・ダムの比ではない。

ポルト・プリマヴェーラが企画された1970年代終の頃はまだ環境に対する関心が低く、環境に関する法律も全く存在しなかった。その結果環境の視点から好ましくない水力発電所が今完成を迎えようとしている。当時は水力発電所を計画するにあたって事前の環境調査も実施していなかったしダムによる影響も把握していなかった。軍事政権が盛んな頃は政府の決定は世論の濾過器を通過していなかったし世論がプロジェクトに反映されていなかった。1992年6月にリオデジャネイロで開催された「地球サミット」⁽⁸⁾で再確認された持続可能な発展のコンセプトとは相容れない。しかし、この種工事の不可逆性のため途中で中止することもできない。もし中止すれば罰金は莫大な金額になる。中止はできないにしても環境的配慮を加えながら、ダムによる影響を最少限に食い止める努力をすることは可能である。

多くの水力発電所がその工事を中断したまま長年にわたって放置されているのは、イタ

イタイプ発電所の完成と因果関係がある。イタイプ水力発電所はパラグアイとの共同事業として当時軍事政権の威信が懸っており、他のいかなる水力発電所よりも優先されて1982年に完成した。イタイプの完成により電力の需給が大幅に緩和したことも事実である。ポルト・プリマヴェーラの事業主体であるCESP⁽⁹⁾は連邦政府の圧力によりすべての電力をイタイプから購入せざるを得なくなった。その結果サンパウロ州内でそれ以上の発電ダムは必要なくなりポルト・プリマヴェーラも例外ではなかった。もし建設を続行するなら電力の需要と供給のバランスが崩れ、ポルト・プリマヴェーラ発電所が予定している1,800MWはそのまま余剰になる恐れがある。とはいえ建設工事を一気に止めると契約違反の罰金が課せられるため、故意に工事の進捗を遅らせる作戦に出た。第5表に挙げられた17のプロジェクトの工事主体者は、中断・遅延の責任は自分たちにあるのではなく、イタイプ発電所のような巨大な発電所の出現による計画の齟齬であると主張する。それも真理の一面である。しかしながら、ブラジルのエネルギー総合計画の中では避けることができた問題であり、政治家やテクノクラートはその管理能力の欠如の謗りは免れまい。現に電力需給緩和時代は1995年頃に既に終りを告げ、今は電力不足時代に入っているにも拘わらず、中断している工事を再開しようという動きは見られない。それは工事中断の真の理由が他にあることを物語っている。

(b) シンゴーの場合

ブラジルの公共事業につきものの、政治家の腐敗を象徴するような水力発電ダムである。ブラジルの最貧地帯東北地方の2州、セルジッペ州とアラゴアス州の州境を形成するサンフランシスコ川の中流に建設されている。当然のことながら元々は政治家や企業の利益のためではなく国家的必要性によって始動したプロジェクトである。経済が年7%成長しているにもかかわらず慢性的に電力が不足している東北ブラジルにおいてイタイプ、トゥクルイに次いでブラジル第3位3,000MWの発電所を建設することにより、1,800万人の住民に電力を供給し地域の需要の40%を満たすというものである。この発電所の建設により東北ブラジルでは2000年まで電力不足は起らないとされていた。しかし、ダム湖の工事の着工はブラジルの外貨危機による資金不足で何回も延期されて1987年にずれ込んだが、6基の発電機（1基500MW）をはじめとする設備機材はその5年前の1982年に入札なしで既に発注・購入されている。フィゲレイド政権の大蔵大臣デルフィン・ネットが事業主体であるCHESF⁽¹⁰⁾抜きでドイツのサプライヤーと直接契約したものである。その後もこの工事はコロール大統領（1990～1992年）夫人一族の蓄財に利用され、1980年代初めの当初予算16億ドルは1ワットも発電しない間に7回も修正され現在は32億ドルに膨れあがっている。⁽¹¹⁾ブラジルでは工事や役務に対するオーバーインボイスは1億ドルに達するケースもあり、コストアップの大きな要因であり最終的には善良な消費者が負担させられる。

シンゴー発電所にはいろいろな不正・腐敗はあったにせよ、結果的には1MWh当りのコストはブラジルで最も安い部類に入る。ブラジル中西部・南部・南東部の平均的コストUS\$40/MWhに対してシンゴーはUS\$23/MWhにすぎない。⁽¹²⁾それはシンゴー発電ダムが位置するサンフランシスコ川大渓谷のすばらしい地形に負うところが大きい。長さ60km、高さ140m、水域66km²のダム湖は38億m³の水をたたえている。⁽¹³⁾発電能力に対して冠水面積が極めて小さいことは、環境への影響を最少限に喰い止めていることを意味する。⁽¹⁴⁾しか

し、1950年代から始まったサンフランシスコ川沿いの水力発電開発もそろそろ限界に来ており、シンゴーが完成した暁にはもうこれ以上の開発の余地は少ないといえる。

3. 盗 電

ブラジルでは盗電も電力の需給バランスを崩す要因である。盗電によって失う電力は年20億ドルに達する(後述)。意外なことは盗電が最も多いのはファベラ(スラム)ではなく一般企業である。因みにサンパウロ州に地盤を置くライト電力会社の場合盗電の合計13%の内ファベラは3%にすぎない。

トレビザン・コンサルト・レス社のエコノミスト・ルイス・ネルソン氏によると、⁽¹⁵⁾盗電率の国際的標準が7~8%であるのに対して、ブラジルの電力会社の平均は15%にのぼる。年間売上高17億ドルのライト電力会社にとって盗電が15%ということは約2.5億ドル分の電力を対価なしに送りつづけていることを意味する。民営化入札でライト社を落札した経営者は盗電防止のための作業の一環として、9,000万ドルを投資して顧客リストを作り直しているが、この投資は1年で回収できる筈である。⁽¹⁶⁾ブラジル全体の年間電力消費量は2,750億KWh、盗電率を15%と仮定すると盗電は412.5億KWh、平均的電力料金をUS\$0.05/KWhと仮定すると盗電による損失は412.5億KWh×US\$0.05=US\$20.625億となる。電力業界全体で盗電により年20億ドルの電力を無駄にしていることになる。従来は電力会社はすべて国営企業、州立企業であったため、盗電についても真剣な対策をとって来なかったという誇りは免れない。民間企業にとって盗電は最も深刻な問題である。今後電力会社の民営化が進むにつれて盗電に対する真剣な取り組みが行われるようになれば、盗電による遺失利益を新たな発電所の建設に振り向けることが可能になり、電力不足の解消に貢献できることは間違いない。

IV ブラジルの水力発電と環境問題

ブラジルではこれから21世紀を迎えるにあたって、中・長期的には石油・天然ガスなどの化石燃料や太陽熱、風力、地熱などの新しいエネルギーに依存しなければならないことは当然だが、当面は依然として水力に頼らざるを得ない。ブリット商工大臣も21世紀の最初の20年間は水力中心のエネルギー政策を立てると述べている。ブラジルはアマゾン川、パラナ川、サンフランシスコ川など水量豊かな水系を有し、世界でも有数の水資源国である。水力発電の潜在能力は260,000MWといわれているが、第4表が示すように現在活用されているのは50,000MW、約20%にすぎない。⁽¹⁷⁾まだ200,000MW分が未開発の状態に放置されている。ブリット商工大臣は上院のインフラ委員会でも向う20年間は水力発電を優先すべきであると証言している。水力優先とはいえ他のエネルギー源に投資しなければならないことは言を俟たない。何故ならば水力のポテンシャルも有限であり、2010/2020年頃には枯渇するという予測もあるからである。更に、ポテンシャルの約40~50%は水力発電には最も不適とされる、パラ州を中心としたアマゾン川水系に偏在していることも水力発電の将来を楽観できない要因である。

水力発電所を建設するための立地条件として水量が豊かで、ダム湖を作ったとき冠水面積を最少限に喰いとめるような地形を有することが重要である。パラナ川水系、サンフランシスコ川水系は比較的そのような条件を備えた立地が多いが、アマゾン川水系はその平

坦な地形故に、水力発電所を建設する場所としては地球上で最後の場所とされて来た所以である。アマゾン川河口から1,700kmの上流に位置するマナウス市が海拔21mであることから、アマゾン川は1km流れて傾斜は1.2cmにすぎない。このような平坦な流域に水力発電ダムを建設することは、広大な流域を水没させることを意味し、環境に与える負の影響は誠に大きい。然るに、アマゾン川流域には既に4つの水力発電所が稼動しているが、その内の3つは1MW当りの冠水面積では最悪の発電所である（第6表）。

第6表 水力発電所と冠水面積（I）

発電所名	所在州	流域河川	発電量(MW)	ダム冠水面積(km ²)	1MW当り冠水面積(km ²)
クルアウナ	パラ	タバジョス川	20	78	3.9
バルビナ	アマゾナス	ワトゥマン川	250	2,360	9.4
サムエル	ロンドニア	マデイラ川	86	584	6.8

(注) 1.流域の川はすべてアマゾン川の支流

2.1MW=1,000KW

(出所：Anuario Estatístico do Brasil 1991, 1BGEより作成 P.114)

平坦な場所に水力発電所を建設するためには広大な原生林を水没させてダムを作らなければ必要な水量を確保できない。第6表が示すようにバルビナ発電所は僅か250MWの電力を得るのに東京都の広さ以上の面積2,360km²を水没させている。その結果1MWの電力を得るのに水没した森林は9.4km²にのぼる。

アマゾン川又はその支流に立地する水力発電所がその冠水面積において環境にいかにか大きな負荷を与えているかは、アマゾン川以外に立地する大型発電所の冠水面積と比較すれば明らかである。第6表のバルビナ発電所の1MW当りの冠水面積9.4km²は、第7表のフォ

第7表 水力発電所と冠水面積（II）

発電所名	所在州	流域河川	発電量(MW)	ダム冠水面積(km ²)	1MW当り冠水面積(km ²)
イタイプ	パラナ	パラナ川	12,600	1,350	0.11
イーリャ・ソルテイラ	サンパウロ	パラナ川	3,240	1,192	0.37
イツンビアラ	ミナス・ジェライス	パラナイバ川	2,280	799	0.35
フォス・ド・アレア	パラナ	イグアス川	1,676	142	0.08

(出所：Anuario Estatístico do Brasil 1991, 1BGEより作成 P.115)

第8表 水力発電所と冠水面積（III）

発電所名	所在州	流域河川	発電量(MW)	ダム冠水面積(km ²)	1MW当り冠水面積(km ²)
サルト・オゾリオ	パラナ	イグアス川	1,050	56	0.05
エストレイト	ミナス・ジェライス	グランデ川	1,104	47	0.04
イタウバ	リオ・グランデ・ド・スル	ジャクイ川	500	17	0.03
シンゴ	セルジッペ/アラゴアス	サンフランシスコ川	3,000	66	0.02

(出所：Anuario Estatístico do Brasil 1991, 1BGE他より作成 P.115)

ス・デ・アレイア発電所の0.08km²の実に100倍以上である。更に冠水面積が最も小さく効率のいい中規模の水力発電所と比較すると、第8表からも明らかなように、アマゾンの水力発電ダムでは1MW当り200倍から500倍に達する森林が水没している。

一般的に水力発電は、火力発電のように化石燃料を使用しないので、エネルギーそのものはクリーンに違いないが、アマゾンにおける水力発電は広大な熱帯雨林を水没させることにより、様々な環境上の問題を引き起こす。ブラジルの電力会社は経済性とタイム・ファクターを優先するあまり、環境に対する配慮を著しく欠いている。アマゾンの水力発電ダム建設によって引き起こされる環境上の問題は大きく分けて次の二つである。

1. 先住民と野生動物

ダム建設のために、水没させようとする広大な地域には必ず先住民インディオの居住地が存在する。トゥクルイ・ダムの場合はパラカナン族とガビオン族の居住地がその影響を受けた。⁽¹⁸⁾又バルビナ・ダムの場合はワイミリ・アトロアリ族がその土地を追われた。彼等は何百年、何千年もの昔からその土地に居住している先住民族である。北部ブラジルを担当地域とする電力会社エレクトロノルチ社もFUNAI (国家インディオ財団) もインディオに対して賠償を行ったり移住先を確保するような措置をとっていない。インディオが新しく移住した先は法的な手続によって権利を得た土地ではないので不法侵入者によって再び追いたてられることが往々にして起る。インディオは移住によって今までの生活基盤を失うばかりでなく、生活環境の変化によって病気に対する抵抗力も失ってしまう。

ダムに水を貯える時に、その土地に生息している動物が事前に調査され救出されるのが普通だが、アマゾンのダムではそのような調査が行われたことはない。その土地にしか生息しない稀少な動物もすべてダムの底に水没してしまう。

2. 樹木

トゥクルイ・ダム⁽¹⁹⁾予定地には、マホガニーやブラジル・ナッツのような高級材も含め2,000万m³の良質な木材があった。エレクトロノルチ社はこれら木材を伐採して販売することもできたが、それをせずに大部分をダムの底に沈めてしまった。熱帯雨林の中で木材を伐採せずに湖底に沈めることによって蒙る損失は、本来売れる商品を捨ててしまったという経済上のものだけではなく、環境上の大問題なのである。水底の樹木はやがて分解し硫化水素を発生する。更に植物の分解によって水が酸性を強め、発電所の高価な金属製の装置が腐蝕してしまう。又腐蝕した樹木は水中に栄養素を放出するので、水草にとっては絶好の繁殖地となる。水際で発生した水草は徐々にダムの中央まで繁殖し、その内に湖面を覆いつくす。水草が大量発生すると水面の通行を妨げたり、機械類に絡みつくなど様々な不都合や損失をもたらすことがある。腐敗すると悪臭を放ち人を近づけないだけでなく、遠く離れた集落の住民をも悩ます。水草はマラリアを媒介する蚊や住血吸虫病という人間にとって極めて危険な病気を媒介する寄生虫が宿るタニシにも栄養と繁殖地を提供する。

エレクトロノルチ電力公団は樹木を伐採せずに水没させると、上述のような諸々の環境上の問題が発生することは承知の上で敢えて事前の対策を講じなかったし、伐採を行うべきだという世論にも耳を貸さなかった。トゥクルイ・ダムの場合、当初の建設計画では着工から5年という短期間で完成することになっていたため、樹木を伐採して運び出す時間的

余裕は全くなかったし、また経済的に引き合わないということでもあった。

このような環境上の大きな犠牲を払って完成したダム湖も、上流からの土砂の流入によって意外に早くダムとしての機能を失ってしまう恐れがある。上流の森林の伐採が進行すると雨水が地面に吸収されることなく土砂を洗い流してダムに堆積させる。ダムが土砂で埋もれてしまうと又新たなダムを作らなければならなくなる。ダムを計画するのに当っては、上流の森林伐採状況はどうか、どの程度土砂の影響を受けそうなのか等を事前に調査した上でダム完成後の土砂の流入を抑制するための対策を考えなければならない。しかし、エレクトロノルチ社はそのような調査をしておらず、40億ドルのビッグ・プロジェクトにしては計画があまりにも杜撰であったといわざるを得ない。

環境保護の立場からアマゾン地域での水力発電所の建設は必要最少限にとどめなければならない。そのためにはブラジル政府はどのような政策で電力の需給バランスを図ればよいのだろうか。

ブラジルは世界でも有数の水資源大国であり潜在発電能力は大きい。特にパラナ川水系の発電能力が大きく、有名なイタイブ発電所もこの水系に属している。潜在発電能力が次に大きいのがミスナ・ジェライス州から北東ブラジルに向って流れるサンフランシスコ川水系である。この二つの水系でブラジルの潜在発電能力の60%を有する。反面アマゾン川水系は水量が豊かな割には高低落差のない平野を流れる川が多いため発電には適さず潜在能力は小さいとされている。パラナ川水系・サンフランシスコ水系にこれ以上発電所立地の余地がないわけではない。環境問題もアマゾン川水系ほど深刻ではなく、電力需要地にも近いこの両水域を優先して水力発電所の立地を検討すべきである。

あらゆる可能性を検討した結果、止むを得ずアマゾンに水力発電所を建設しなければならなくなった場合でも、環境に与える影響を最少限に食い止めるために、少なくとも次の点に留意しなければならない。

- (a) 平坦なアマゾンの中でも出来得る限り地形的にダム湖に適した場所を選び、ダム湖の底に水没させる森林の面積を最少限にとどめる。
- (b) ダム地の森林の樹木は水没させる前に伐採・搬出する。ダムの中で立ち枯れさせない。
- (c) ダム湖としてはインディオが居住していない地域が望ましいが、止むを得ずインディオ居住地が水没する場合には、法的に所有権が保証された移住先を提供しなければならない。
- (d) 水没する地域から事前に動物を救出する。
- (e) ダムの上流で森林の伐採が進むと、土砂の流入によってダムが用をなさなくなる恐れがある。上流の森林の管理を徹底することにより、土砂の流入を最少限に抑制しなければならない。

以上のようにアマゾン川流域に水力発電ダムを建設するにあたっては、環境に対する配慮を忘れてはならない。

V エネルギー対策

既に見て来たように、ブラジルは様々な事情から電力供給に対する不安をかかえている。それでは電力を安定的に確保するためには今何をしなければならないか。まずは2～3年

のレンジ、即ち今世紀中に打たなければならない対策を考える。

1. 云うまでもなく3-(2)で挙げた10年以上も中断・遅延している発電所の工事を再開することである。第5表が示すように、これら17の発電所に既に216億ドルの資金が投入されているが、すべてを完成・稼働させるためには新たに100億ドルの資金を追加投入しなければならないといわれている。ポルト・プリマヴェーラやアングラIIのように完成しても発電コストが高すぎて採算ベースに乗らない工事もある。例えばポルト・プリマヴェーラの発電コストはUS\$ 150/MWhと予測され、ブラジルの平均的発電コストUS\$ 30/MWhの5倍に達する。追加投入資金額、発電量、発電コストなどを念頭におきながら、投資効率のいいものから優先順位をつけた上で工事を再開すべきである。
2. ブラジルとパラグアイの国境を形成するパラナ川に立地するイタイプ発電所（ブラジル・パラグアイ2ヶ国の共同事業）は70万KWの発電機18基を有する世界最大の水力発電所である。スペース的にはあと2基並列的な増設が可能であり、新たに70万KW×2基=140万KWの電力が生まれる。それに要する期間は長くて3年、資金はタービンと発電器1.8億ドル込みで3億ドルである。ブラジルでは一般的に1KWを発電するのに必要な投資はUS\$ 2,000といわれている。従って140万KWの能力を持つ水力発電所を新たに建設するためには、本来ならば140万KW×US\$ 2,000=28億ドルの投資が必要になる。しかも順調に行っても建設に6～7年の年月を要する。新規建設に比較して増設の方が必要資金、所要期間ともに遙かに有利であることは明らかである。しかし、イタイプ発電所増設にあたってはアルゼンチンの合意を得なければならないことはいうまでもない。増設によりパラナ川の流量に変化が起り、下流のアルゼンチンの、またはアルゼンチンとパラグアイの共同事業の水力発電が影響を受けるかもしれないからである。現に1980年代初めにブラジルの軍事政権がパラグアイと共同でイタイプ発電所を建設したのがきっかけでブラジル・アルゼンチンの関係が冷却したという歴史がある。
3. ブラジルは南米を構成する10ヶ国の1つであり、政治的にも経済的にも相互に深い関わりをもっているので、ブラジルをそれら近隣諸国から切り離してエネルギー政策を立案することはできない。電力についてもブラジル国内で自給自足することを考えず、隣接する2ヶ国で必要に応じて電力を融通し合うことが重要である。相互に陸続きであるため送電線一本で2ヶ国は結ばれるのである。現に次の3つのプロジェクトが進行している。将来はこれら3つのプロジェクトにとどまらず、更に他の隣接国或いは他の電力会社にも供給元を多様化すべきである。

(a) ヴェネズエラとの協定

ブラジル電力公社がヴェネズエラのエデルカ社と協定を結び同社のグリ発電所からブラジル国境まで700kmの送電線を設け、更にロライマ州の首都ボアビスタまで195kmの送電線を設け電力を供給する。ボアビスタはアマゾンでも最も奥まった地域であり燃料の供給も不安定である。この送電線を更に延長すれば建設予定のカショエイラ・ポルテリラ水力発電所や石油燃料を予定している幾つかの火力発電所にとって替ることも可能である。コスト面のメリットは勿論のこと発電所の新規建設に要する莫大な投資資金をセーブすることもできる。更に石油燃料による環境汚染やダム湖による広大な面積の水没をもたらす環境破壊を回避することも可能である。

(b) アルゼンチンとの協定

ブラジル電力公団サンパイオ社長が明らかにしたところによると、アルゼンチンのガラビ発電所（建設予定）より1,000MWの電力を購入する取り決めをした。これは中型の水力発電所の発電量に相当し、もし新規に建設すれば20億ドルの資金が必要になる。アルゼンチンから購入する電力の単価US\$ 35/MWhは妥当である。この電力は主として南リオ・グランデ州に供給することにより、そこで余裕のできた電力は他の南部諸州や南東部・中西部へ振り向けることができ、エネルギーの安定供給の点では大変好ましい。

(c) ウルグアイとの協定

ブラジルのエレクトロスル社がウルグアイのUTE社と協定を結び、国境にサイクル変換器を設置して一本の送電線によって2国間で必要に応じて電力を融通し合おうというものである。

メルコスル諸国、更に南米諸国はエネルギーの調達について統合・協力の方向に向いつつあり、上述のブラジルの動向はその流れに合致している。このような南米内のエネルギー統合はヴァーレ・ド・リオドセ社のエリゼー・バッテスタ社長が持論として長年提唱していたものだが、やっと現実のものになりつつある。

次に中長期的視点より電力不安に対してブラジル政府がとるべき方策について考えてみたい。

ブラジル政府はもう何年も前から電力分野への投資を怠って来たことは既に述べた。即ち1990年代初めからこの分野への政府の投資は激減している。もう政府には投資余力はないのである。この分野に資金を投入し電力不足を解消することができるのは民営化された電力会社をおいてない。トレビザン・コンスルトーレス社によると、国営の電力会社の民営化により1999年までに政府は200億ドルの売却代金を手にすることができる。既に売却されたライト電力とエスセルサ社の2社は政府に27億ドルの収入をもたらした。政府は売却代金を手にするだけでなく、増加する電力の消費に対応するための投資から免れる。トレビザン・コンサルトールス社によると、民営化で利益を得るのは政府だけでなく、無限の可能性を秘めた市場で電力の生産・販売に携わる民間企業や、よりよい条件、よりよいサービスを提供する電力会社を選択できる企業や消費者すべてが受益者なのである。

しかし、サンパウロ州の7つの州立電力会社はすべて経営不振の赤字会社である。このまま放置しておいては政府の民営化路線の障害になりかねないので、民営化するためにはそれらの赤字会社の経営を前もって健全化することが重要である。電力会社の民営化については外資の関心は極めて高い。先進国では電力の需要は既に頭打ちになっており今後あまり大きな期待はできないからである。従って常に将来性ある市場への投資のチャンスを窺っている。しかし、破綻状態の会社に投資することはできない。現実には州立電力会社の中には経営が破綻状態に陥っているものが多い。経営が不在なのである。長年放置されたままの資産横領、乱脈経営、経営戦略・投資戦略の欠如、過剰な従業員、税の滞納、無駄な投資など破綻すべくして破綻したのである。莫大な資金が投入されながらも、工事の中断・遅延により操業開始の目途が立っていない電力会社は、資本参加・買収の対象になり得ず最後までジョーカーとして州政府の手許に残るに違いない。少なくとも操業開始日を確認した政府の保証が必要だろう。しかし、このような発電所は無事完成しても電力の

コストが市場価格の何倍にも達して経済原則に合致しない可能性がある。例えば、ポルト・プリマヴェーラの電力コストは市場価格US\$ 30~40/MWhに対して、投資を回収するためにはUS\$ 150/MWhで販売しなければならない。多くの水力発電所は政治的思惑から着工されたものであり、そうでなくても着工されたあと政治的思惑に翻弄されることが多い。

サンパウロ州エネルギー長官ジルベルスツタイン氏（当時）は外資の資本参加を容易にするため、就任以来CESP、ELETROPAULO、CPFL、COMGASなどサンパウロ州の電力会社、ガス会社の経営にメスを入れている。第一に経費の削減である。⁽²⁰⁾30%の人員削減、すべての工事の契約の見直し（相場より高い契約は値下げ、必要ないものは契約破棄）、賃借ビルの返却など5億ドル以上の経費削減に成功している。

第二は生産性アップである。技術的改善によりイーリャ・ソルティラ発電所の発電量を7%、ジュピア発電所の発電量を10%増やすことによって、追加投資なしで新たに355MWを手に入れている。1KW発電に必要な投資額をUS\$ 2,000と仮定すると約7億ドルの投資に相当する。このような合理化によって債務不履行に陥ったこともある電力会社が甦って黒字体質に転換して株式の評価も高まり1997年後半にそれぞれ好条件で売却された。

電力不足に対する中長期対策として重要なことは発電用一次エネルギーの見直しである。第4表で見たように、ブラジルにおける電力用一次エネルギーの91%は水力に依存している。従ってブラジルでは河川の水位が下がる乾期に電力危機が起りやすい。それは電力の供給が天候に左右されることを意味する。即ち一国のエネルギーが雨だのみであってはならない。当面は水力に依存しなければならないにしても、中長期的には徐々に火力へシフトして行かなければならない。現にコスト・環境などの点で条件のいい水力発電はなくなりつつある。適地の多くは既に水力発電に使用されており、多くの先進諸国で大規模な水力発電プロジェクトは停止状態にある。発展途上国でさえ水力発電を取り巻く環境は厳しい。中国揚子江流域の三峡ダム建設が決定されるまでの宇余曲折がそれを物語っている。それに対して火力発電は技術の進歩により、より効率よく、より環境にやさしく、MW当りの発電コストは、水力発電に比較してより安くなりつつある。火力発電の中にも石炭、重油、天然ガス、原子力などがあるが、将来的には環境に対する優位性に重点を置けば自ずと天然ガスがクローズアップされる。

ブラジルのエネルギー政策の中における天然ガスの位置づけについては次稿に譲りたい。

VI おわりに

先進諸国では既に次世代エネルギーの実用化の時代に入りつつある。ブラジルも長期的には風力、太陽熱、地熱など新エネルギーの開発を急がねばならない。これら新エネルギーの技術的進歩は著しく、発電コストも急速に低下している（第9表）。風力・太陽熱の発電コストは2000

第9表 米国におけるエネルギー別発電コスト
(1993年、価格：セント/KWh)

エネルギー	1985年	1994年	2000年
天然ガス	10-13	4-5	3-4
石 炭	8-10	5-6	4-5
風 力	10-13	5-7	4-5
太陽熱 ^{#1}	13-26	8-10	5-6
原 子 力	10-21	10-21	- ^{#2}

(注) 1.天然ガスをバックアップ燃料として使用。
2.1978年以降新規発注なし。1973年以降の発注はすべてキャンセルされた。
(出所：クリストファー・フレイビン著『エネルギー大湖流』ダイヤモンド社 P.249)

年には天然ガス・石炭と大差なくなる。欧米諸国ではこれらの新エネルギーは既に実用の段階に入っている。José Goldenberg氏⁽²¹⁾によると、ブラジルの水力発電コストは世界で最も安いとされているがそれでもUS\$ 30/MWhである。中西部・南東部ではUS\$ 40/MWhはする。これらと比較してもアメリカにおける風力・太陽熱による発電の予想コストは21世紀の世界エネルギー政策の方向性を示唆しているといえる。ブラジルにおいても新エネルギーの研究・開発で先進諸国に遅れをとることのないよう官民あげて努力しなければならない。

注

1. 南米南部共同市場。1995年1月発足。原加盟国ブラジル、アルゼンチン、ウルグアイ、パラグアイの4ヶ国に加え、1996年にはチリ、ボリビアから準加盟国として参加。
2. ブラジル経済開発銀行の資料と各社発表の集計。
3. ブラジル日本商工会議所編『ブラジル経済情報』1998年3月1日 P.7
4. 『ブラジル経済情報』1997年5月1日 P.5&1998年4月1日 P.6
5. Isto é Editora Três 1325号 1995年2月25日
6. Marco Antonio Mroz氏（イーリャ・ベラ市議員）談 O Estado de São Paulo 1994年1月22日
7. Anuario Estatístico do Brasil 1991, IBGE P.114
8. 環境と開発に関する国連会議。通称「リオ'92」
9. Companhia Eletrica de São Paulo サンパウロ電力公社
10. Companhia Eletrica de São Francisco サンフランシスコ電力公社
- 11.12.13. Angela Lacerda記者 O Estado de São Paulo 1994年6月13日
14. 冠水面積66km²÷発電能力3,000MW=0.022km²/MW
- 15.16 クレイ・ショルツ記者 O Estado de São Paulo 1997年3月10日
17. ブリット鉱山エネルギー大臣 O Estado de São Paulo 1997年9月10日
18. C・コーフィールド著『熱帯雨林で私が見たこと』築地書館（1990年）P.13
19. パラ州トカンチンス川流域に建設された水力発電所。発電能力3,300MW
20. 例えばCESPの場合、1994年 19,705人、1995年 13,404人、1996年 11,118人と3年間で人員を43%削減した。（出所：CESPサンパウロ電力公社発表 O Estado de São Paulo 1997年4月7日）
21. 元サンパウロ大学学長、元ブラジル環境庁長官

参考文献

1. クリストファー・フレイビン、ニコラス・レンセン著『エネルギー大潮流』ダイヤモンド社（1995年）
2. 西沢利栄・小池洋一著『アマゾン 生態と開発』岩波書店（1992年）
3. C・コーフィールド著『熱帯雨林で私が見たこと』築地書館（1990年）
4. IBGE編 Anuario Estatístico do Brasil, IBGE（1991年、1993年、1996年）
5. VEJA Editora Abril（1992～1998年）
6. O Estado de São Paulo O Estado de S.P.（1992～1998年）

7. 『ブラジル経済情報』ブラジル日本商工会議所編（1994～1998年）
8. Isto é Editora Três 1325号（1995年）
9. News Letters Consultorial Empresarial No.33 1998年7月13日 P.14