

“東側の原子力”
—1960～1980年代、原子力分野における旧ソ連邦から
東欧“同盟”諸国への科学技術協力について—

市川 浩

広島大学大学院総合科学研究科

“Atomic Energy in the Eastern Bloc”:
On the Soviet Aids in the Field of Atomic Energy to Its East-
European Allies in the 1960s - 1980s

Hiroshi ICHIKAWA

Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

Abstract

In 1960s the Soviet Union and its allies in the Eastern Europe began to rush the constructions of many nuclear power stations. This paper clarifies that a rapid growth of nuclear energy production during the following two decades in the “Eastern Block” was needed due to the Soviet Union’s serious energy crisis caused by the erroneous choice of energy sources in the national policy, and, meanwhile, the Eastern Germany, Czechoslovakia and other East-European allies were so eager to introduce nuclear energy due to their poverty in quality and quantity of their own energy sources. The Soviet Union exported only light water reactors to its allies, despite it developed nuclear energy with its particular type of graphite reactors domestically. This paper also aims to make clear the overall framework of the light water reactor export from the Soviet Union to its allies in the Eastern Europe, including the organization of a unique nuclear fuel cycle, doubled for both of the graphite reactors and the light water reactors, and the demand pressure on the sole light water reactor manufacturer.

1. はじめに

アメリカのアイゼンハワー大統領の国連総会における演説、いわゆる“Atoms for Peace”演説（1953年12月8日）とそれに続く西側諸国における原子力“平和利用”の実践と軌を一にして、1950年代の半ばと後半、ソ連とその“同盟国”における原子力“平和利用”も盛んに取り組まれた。1954年6月、オブニンスクに世界初の商用原子力発電所が開設され、ソ連における「平和のための原子」の実践ははじまった。ソ連邦科学アカデミー・原子力平和利用会議（モスクワ）と国連第1回原子力平和利用国際会議（ジュネーヴ）、ふたつの大規模な国際会議が開催される翌1955年はソ連にとって、「平和攻勢」の一環としての原子力「平和利用」攻勢を大規模に進める、夢と活力に満ちた1年となるはずであった。旧ソ連邦政府はこの年から翌年にかけて、“同盟”諸国の政府と矢継ぎ早に「原子力協力協定」を締結し、各国に高価な原子炉や粒子加速器を惜しげもなく提供してゆく。国内ではドゥブナに当時世界最大の加速器をもった巨大研究施設を建設し、これを国際共同利用施設として“同盟諸国”の原子科学（者）を育成してゆく。オブニンスクには世界の“反米”政治指導者たち、有力科学者たちが足しげく訪れた。が、実際には、1955年にジュネーヴの原子力平和利用国際会議などでアメリカ流のビッグ・サイエンスを目の当たりにしたソヴィエト科学者の自信喪失を反映して、ソ連の原子力“平和利用”キャンペーンはこれ以降しばらくの間は顕著な進展を見せなくなる¹。

ソ連が国内外で実用的な原子力発電所の建設に積極的に取り組むのは1960年代半ば以降である²。そして、東欧“同盟”諸国における原子力発電所建設は1970～80年代を貫いて強力に進められることとなった。本稿は、1960年代にはじまり、ソ連・東欧“社会主義”の解体にいたるまで続いた、この“東側の原子力”の“第2の波”を取り上げ、それがどのような背景のもと、どのような動機、枠組みですすめられたのか、そして、ソ連からの援助を受けた側の国々は原子力にどのような期待を抱いていたのか、その概略を示すことを目的としている。その際、ソ連解体直後に刊行されたオレグ・ブハーリン（Олег Бухарин）なる人物の手になるソ連の核燃料サイクルに関するレポート³、1960年代の原子力“第2の波”に備えて、海外の原子力事情を探るために設立された原子力情報機関＝「原子力科学・技術についての情報、および技術＝経済研究に関する中央科学研究所（Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике：以下、略して原子力情報研究所と表記する）」の1969年のレポート⁴をおもに活用

¹ Hiroshi Ichikawa, Obninsk, 1955: The World's First Nuclear Power Plant and “The Atomic Diplomacy” by Soviet Scientists. The History of Science Society of Japan, *Historia Scientiarum*. Vol.26-1, 2016 August, 25-41; 拙稿「第I部第2章 オブニンスク、1955年—世界初の原子力発電所とソヴィエト科学者の“原子力外交”—」、若尾祐司・木戸衛一編『核開発時代の遺産—未来責任を問う—』昭和堂2017年、26-50。

² ソ連、東欧における原子力発電の展開については、さしあたり、拙稿「第II部第6章 ソ連版“平和のための原子”の展開と“東側”諸国、そして中国」、(加藤哲郎・井川充雄編『原子力と冷戦—日本とアジアの原発導入—』花伝社、2013年)の149～155ページを参照のこと。

³ Олег Бухарин, «Ядерный топливный цикл в бывшем СССР и в России: Структура, возможности, перспективы.» (2-е издание, дополненное и переработанное). Москва, Ассоциация содействия нераспространению, сентябрь 1993. 24сс.

⁴ Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике, «Атомная энергетика в социалистических странах (Обзор составлен по материалам зарубежной печати по состоянию на 1 июля 1969г.)». Москва 1969г.

することにする。

ソ連、および“東側”の原子力発電の展開については、Paul Josephson の労作⁵がまず参照されなければならないであろう。同書は、ソ連を“原子力をもった (Atomic-Powered)” コミュニズム (国家) と定義し、イデオロギー的要因をはじめとする、原子力展開のソ連的特徴を追究した包括的な著作である。また、Sonja Schmid の著書⁶は、チェルノブイリ原子力発電所事故に帰結する、ソ連のこの分野における技術選択の過程を、開発当事者の姿勢や当事者間コンフリクトを含めて追究した好著である。しかしながら、両書とも炉型選択など原子炉技術に関心をほぼ集中させており、本稿が取り上げる諸問題、すなわち、1960年代にソ連が直面していたエネルギー問題全般との関連で浮き上がってくる、この“第2の波”の相対的独自性、東欧への原子力発電展開の制度的・技術的な枠組みなどについてとりたてて論じているわけではない。

2. 1960～70年代、ソ連のエネルギー危機⁷

1960年代の“東側の原子力”の“第2の波”を理解するうえで、もっとも重要な要因はソ連の深刻なエネルギー危機である。1960年から62年にかけて生産されたエネルギー (カロリー・ベース) の52.5%が石炭、26%が石油、9%が天然ガス・随伴ガス、9%が泥炭、3.5%が水力に由来するものであった。しかし、1970年代なかばになると、石油、天然ガス開発の進捗にともない、エネルギー源における石炭の比重は31%にまで減り、他方、石油は31%に、ガスは23%にまで比重を高めた⁸。1959年にはじまる「7ヶ年計画」では、当時価格面で優位にあったガス、石油への燃料転換が政策路線として大規模に進められた。しかしながら、この燃料転換は、1970年代にはいと突然停滞する。エネルギー経済の専門家、ドブロホトフ (В.И. Доброхотов) とトロイツキー (А.А. Троицкий) は、その理由として、①人口と工業が集中 (1960年代後半の段階で人口の70%、工業生産の75%) するヨーロッパ・ロシア部における資源の欠如、② (そのための) 辺境での油田探査・掘削に要する費用の増大、③石油化学工業の原料としての石油への需要拡大と価格上昇、④採掘地点からヨーロッパ・ロシア部へのガス輸送に必要な資材 (ガス・パイプライン建設資材) の不足と (そのための) ガス輸送費用の相対的な高さ、この4つの要因による石油、ガスの価格面での優位の揺らぎを挙げている。さらに、⑤領土東部における大量・安価な石炭資源の発見と⑥ヨーロッパ・ロシア部における原子力発電の成功といった外的な要因が石油・天然ガスの相対的な優位性をますます奪うことになったとしている⁹。

⁵ Paul R. Josephson, *Red Atom: Russia's Nuclear Power Program from Stalin to Today*. Pittsburgh, Pa.: University of Pittsburgh Press, 2005.

⁶ Sonja D. Schmid, *Producing Power: The Pre-Chernobyl History of the Soviet Nuclear Industry*. Cambridge, Massachusetts, and London: The MIT Press, 2015.

⁷ 拙著『科学技術大国ソ連の興亡』(勁草書房、1997年)でも、この、1960年代ソ連の「エネルギー危機」については論じておいた (87～90、76～77ページ)。しかしながら、同書はすでに絶版となり、一般に参照が難しくなっているので、本稿の目的に沿い、かつ必要なかぎりにおいて、再度ここに主要な論点を掲げておいた。

⁸ Д.И. Мелентьев, Топливный баланс в энергическом хозяйстве. «Электричество». №11, 1974. С.8.

⁹ В.И. Доброхотов и А.А. Троицкий, Технический прогресс в теплоэнергетике и топливно-энергетический баланс. «Теплоэнергетика». №7, 1976. С.9.

戦後、東シベリア、中央アジアで、カンスク＝アチンスク炭田、エキバストーズ炭田、ハラノール炭田など大規模炭田の開発が進められた。いずれも1兆トンを超える豊富な埋蔵量と露天掘り法による採掘が可能であったため、原価はきわめて安く、1960年現在、1トン当たり20～28ルーブリ、石炭火力発電に換算して1kW/h当たり、0.62～0.87コペイカであった¹⁰が、その後も逡減し、1975年にはカンスク＝アチンスク炭の原価は1t当たり、2.50～3.0ルーブリと15年前の10分の1近い水準にまでなった（坑道採掘法によるドンバス炭は14～16ルーブリであった）¹¹。かくして、ソ連の燃料＝エネルギー政策は、ふたたび石炭（そして、新たに原子力）をエネルギー源のベースに置く方向に、もう一度転換して行った¹²。

しかし、この転換は、結果的にはソ連経済に深刻な停滞と危機をもたらす、大失敗であった。この転換のためには、まず、工業の中心、ヨーロッパ・ロシア部に、そこから2,000～4,000km離れたエキバストーズ炭田やカンスク＝アチンスク炭田から大量の石炭の輸送を組織しなければならなかった¹³。輸送に占める運河輸送、海上輸送がきわめて低位にあったソ連では、固形物である石炭の輸送は貨物鉄道、トラックによる輸送が主体とならざるをえない。やや時代は下るが、1981～85年の間、東部からヨーロッパ部への石炭輸送量は6,600万トンから9,600万トンに増加し、ついに貨物輸送（鉄道とトラック）の49%を占めるに至った。そのための費用も毎年約30億ルーブリに上った¹⁴。石炭輸送は陸上運輸を圧迫し、スムーズな物流を阻害した。

戦前の「社会主義工業化」期以来、ソ連工業生産力の上昇をささえてきた急速な工業労働人口増加率は1950年代後半以降顕著に鈍化した。大戦中の青壮年層の大量喪失や都市化の全般的進行のため、人口増加率は低下し、1960年にはすでに1.78%という低い水準にあったが、1970年には0.97%、1980年には0.88%と、さらに低下していった¹⁵。ソ連の工業労働者人口は、戦後の一時期に復員兵士がその最大の源泉となった以外、戦前の「農業集団化」期以降、農村から大量に排出される過剰人口を常に最大の源泉としていたが、ソ連の農業は1958年を画期に長い停滞期に入り¹⁶、そこから、大量の労働可能人口を遊離させ、工業部面に投入する従来型の労働力供給のありかたを継続することはできなくなった。さらに、戦後の東西冷戦のため、就業可能人口の一定の割合を割いて、常備軍兵員にあてなければならなかった。兵員数は、1958年には平時としては異常ともいえる580万人にまで膨れ上がってきた。その後、米ソ間の一定の「緊張緩和」を背景に、兵力削減が展望されたものの、「ベルリンの壁事件（1961年）」、さらに中ソ国境緊張を迎え、長大な国境線に沿って配備される常備軍兵員数を大胆に削減しよう

¹⁰ В.П. Ромадин, Рациональное использование твердых топлив на крупных электростанциях. «Теплоэнергетика». №4, 1960. С.12.

¹¹ Д.Г. Жимерин, Научно-технические проблемы современной энергетики. «Теплоэнергетика». №7, 1976. С.3.

¹² В.В. Ершов и Л.Г. Мамиконянц, Научно-технический прогресс в электроэнергетике. «Электричество». №2, 1986. С.1.

¹³ И.М. Болькенау и др., Проблемы создания Единой энергетической системы Советского Союза. «Электрические станции». №1, 1967. С.3.

¹⁴ К.Ф. Роддатис и К.В. Шахсуваров, О потерях в Народном хозяйстве из-за пониженного качества углей для тепловых электростанций. «Электричество». №1, 1985. С.6.

¹⁵ С. Хейнман, Экономическое ведение экологии. «Плановое хозяйство». №4, 1991. С.99.

¹⁶ 木原正雄・長砂実編『現代社会主義経済論』ミネルヴァ書房、1969年、175ページ。

とする政府当局の希望は費えた¹⁷。このような状況では、石炭輸送のための鉄道建設、石油・天然ガス輸送のためのパイプ・ライン建設に必要な大量の建設労働者を確保することは難しかった。バム（バイカル＝アムール鉄道—Байкало-Амурская магистраль—略して^{バム}БАМ）鉄道をはじめとする鉄道線、ガス＝パイプ・ラインの建設は軒並み停滞した。

さらに、新たに開発された炭田から採掘される石炭の質にも大きな問題があった。水分・灰分ともに過多のエキバストーズ炭、ハラノール炭やカンスク＝アチンスク炭の比重が高くなればなるほど、全体としての石炭燃料の効率は悪化していった。1965年から1982年にかけて、燃料として利用される石炭の平均灰分含有率は28.7%から33.2%に増加し、1kg当たりカロリーは平均4,180kcalから3,840kcalへ低下した¹⁸。1960年代に、1kg当たり5,800～6,000kcalの比較的良質な石炭を前提として標準設計された火力発電用ボイラーでは、ボイラーの操業それ自体も困難になるほどの効率低下がいたるところで見られるようになった。ノルマ維持のため、1980年代にはいるといくつかの巨大火力発電所で、粉塵を大量に排出しながら燃料を過剰に燃焼させる事態が常態化してくる。さらにこの時代のインフラ整備の遅れが重なって、すでに更新期を迎えた古い設備を動員してのフル稼働態勢がおうおうにしてとられることとなった¹⁹。

エネルギー資源にあまり恵まれていない同盟諸国への燃料援助も、この時期、ソ連経済の大きな足枷となっていた。一大“産油国”であったソ連からの石油（原油、および精製石油）輸出は、1970年現在、世界に9,580万トン、うち「経済相互援助会議」（Совет экономической взаимопомощи：以下、^{セヴ}СЭВ）加盟の東欧5カ国（ブルガリア、チェコスロヴァキア、東ドイツ、ハンガリー）への輸出はその半分を超える4,030万トン、とりわけ、チェコスロヴァキアに1,050万トン、東ドイツに930万トンが輸出されていたが、その量は逡増し、1979年には、全世界向け輸出は15,810万トン、対東欧諸国向け7,630万トン（1970年には輸入のなかったルーマニアが40万トン購入している）、対チェコスロヴァキア、1,830万トン、対東ドイツ、1,850万トンとなっていた。当然ながら、ソ連の対東欧諸国天然ガス輸出も同様の伸びを示していた。ソ連も、もちろん、他の石油産出国と歩調を合せた国際協調価格路線を採っていたが、同時に、輸送価格を極端に低く抑えることで、同盟諸国にたいする優遇策を執っていた²⁰。

対同盟国エネルギー支援が、ただでさえ深刻なエネルギー問題に直面していたソ連経済に大きな負担を強いていたであろうことは、容易に推察できる。ここに、同盟諸国への原子力発電技術提供の経済的根拠があった²¹。

¹⁷ G. ボッフア、坂井信義・大久保昭男訳『ソ連邦史4』大月書店、1980年、225ページ。

¹⁸ Роддатис и Шахсуваров, Указ. статья в примечании 14, С.6.

¹⁹ Е.И. Борисов, Итоги развития электроэнергетики в 1982 году и задачи на 1983 год. «Теплоэнергетика». №2 1983. С.2.

²⁰ Office of Technology Assessment, *Technology and Soviet Energy Availability*. Boulder, Colorado: Westview Press, 1982. 288, 289.

²¹ ほかにも次の2点は考慮されなければならないであろう。(1)まず、ソ連邦共産党の対東欧諸国政策の変化である。原発輸出が1966年3月29日～4月8日に開催されたソ連邦共産党第23回大会後にすすめられていることにも注目しなければならない。この大会は、ニキータ・フルシチョフ失脚後の対中関係改善をめざし、“プロレタリア国際主義”を強調したものであった（邦訳『ソ連邦共産党史3』大月書店、1973年、960、961ページ）。(2)次に、西側諸企業の逞しい商魂を挙げなければならない。ソ連からかなり自律した外交姿勢をとっていたルーマニアはおろかチェコスロヴァキアにまで西側企業は商談をもちかけている。これについては、注57、69で掲げた文献に紹

3. 原子力発電技術提供の枠組み

ソ連最初の実験炉、^{エフ}Ф-1 の組み上げにも立ちあつた、高名なエンジニア、イヴァン・ジェジェルン (Иван Феодосьевич Жежерун: 1915-1997) らの懸念²²にもかかわらず、黒鉛炉の一種でソ連固有の炉型、「チャンネル型大出力原子炉」、いわゆる黒鉛チャンネル炉 = РБМК^{エル・ペー・エム・カー} は、とりわけその究極の巨大化ともいふべき 1,000 MW 級の РБМК-1000 が相対的に安価な火力発電に匹敵する経済性を示して成功したあと、それを 3～4 基備えた原子力発電所がレニングラード、クルスク、チェルノブイリ、スモレンスクと次々に建設されていった²³。こうした РБМК 流行の背景には、ソ連における軽水炉開発の不首尾があつた。そのため、ソ連国内における民生用原子力発電は РБМК 主導ですすめられることとなった²⁴。にもかかわらず、東欧諸国には自国で開発された軽水炉を、もっぱら提供している。その理由は、もちろん、核不拡散条約 (Non Proliferation Treaty; NPT : 1968 年 7 月 1 日締結、1970 年 3 月 1 日発効) で、ソ連を含む締結国に、核兵器非保有国への、核兵器開発に転用されやすい技術の供与が禁じられたことにある。中性子減速能に限界のある軽水を減速材として利用する軽水炉は、燃料寿命の相対的に長い低濃縮ウランを燃料として活用せざるをえず、炉内で燃料中のウラン 238 が中性子を過剰に吸収し、プルトニウムがそのアイソトープ、プルトニウム 240 (²⁴⁰Pu) に転化する確率が著しく高まり、その結果、ウェポン・グレードのプルトニウムを抽出することが難しくなる。軽水炉はこのように、それ自体として核拡散抑制効果をもっているとされ、国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency; IAEA) 体制下でも「原子力の平和利用」に役立てるため、その応用が推奨されている、現状ではほぼ唯一の炉型である。

軽水炉の大量輸出にあたって、ソ連政府は原子炉技術の提供、原子炉・原子力発電所建設への技術的協力にとどまらず、運転開始後も低濃縮ウランの供給、使用済み核燃料の再処理、すなわち、軽水炉用の核燃料サイクルの構築、ないし再編を必要としたが、国内では軍用・民用の黒鉛炉がひしめくなか、やがてソ連の核燃料サイクルは、軽水炉体系と黒鉛炉体系の両方を包含する、いささか複雑な形態をもつにいたつた。

ソ連の援助による東欧の同盟諸国における原子力発電の展開についてはすでに述べた²⁵。ここでは、東欧同盟諸国への原子力技術の普及を推進した仕組みとしての核燃料サイクルと軽水炉メーカーについて述べておこう。

介されている。

²² ソ連解体後明らかになったことであるが、ジェジェルンはこの炉型の危険性について 1965 年以來関係諸機関に警告していた («Литературная газета». 20 июля, С.12)。とくに、なんらかの理由で蒸気量が過度に増えると水への中性子の吸収が減り、核分裂反応が促進されるという「正のボイド係数」のため、冷却材として水-水蒸気混合体を無数の圧力管内に個別に循環させるこのタイプの炉では炉暴走の危険性が著しく増大することを強調していた。なお、ジェジェルンのものを含め、РБМК^{エル・ペー・エム・カー} にたいする憂慮・警告については拙稿「第 10 章 結びにかえて - チェルノブイリ原発事故を緒に原子力技術史を考える -」(原子力技術史研究会編『福島事故に至る原子力開発史』中央大学出版部 2015 年、164、165 ページ) を参照されたい。

²³ Н.А. Доллежалъ и Я. Эмельянов, Опыт создания мощных энергетических реакторов в СССР. «Атомная энергия». Том 40, Вып. 2, 1976г. С.122.

²⁴ 軽水炉は、①燃料交換時に炉の完全停止が必要となること、②熱効率が悪いこと、そして、③ソ連の地理的特性から、原子炉圧力容器、格納容器が鉄道によって運搬されざるをえず、そのため、それらの外寸が鉄道輸送可能な大きさに限られていたことが、РБМК と比較した場合の欠点とみなされていた(前掲拙著、注 4、118-121 ページ)。

²⁵ 前掲拙稿「第 II 部 第 6 章 ソ連版“平和のための…”(注 2)、152～155 ページ。

3-1. 核燃料サイクル

ソ連解体直後、ソ連の原子力産業に深くコミットしていた Yu.K. ビビラシュヴィリと F.G. レシェトニコフは、黒鉛炉から出た使用済み核燃料が経済的理由から処理されず、貯蔵されるだけになっている現状を告白した²⁶。しかし、ソ連の核燃料サイクルについてはより詳細な説明が必要となる。1980年代を前提にしたものではあるが、われわれはここでブハーリンに従って、その概要をたどることにしよう。

まず、燃料となるウランの調達について見ておこう。1991年現在、大規模な採掘中鉱山は、ウクライナ、ロシア、カザフスタン、中央アジアの諸共和国に展開する9つの鉱区である（これに加え、ロシアには6か所、採鉱を終えているがまだ採掘されていない鉱区があった）²⁷。これら鉱区の埋蔵量は豊富で、東欧諸国の原子力計画の燃料消費の多くは旧ソ連諸国から調達されたウランによって満たされていた。1980年代、毎年1,600トンになる消費のうち、ロシアからの調達は1,300トンに及んだ。ソ連の鉱山から採掘されたウランを扱う工業の総生産量は年14,500トンであった。核エネルギー計画の毎年のウラン原料消費量は天然ウランに換算して8,000トンのオーダーである。そのため、ほかの源泉がなくとも毎年、世界の市場に6,500トン以上を提供することができた²⁸。1963年以降の、いわゆる“緊張緩和”のおかげで、軍事核計画は縮小し、かなりの輸出能力を解放した。ソ連は1970年代に世界の濃縮ウラン市場に参入した²⁹。

1980年代、東欧諸国などへの原発輸出が相当に進捗しつつあったころ、黒鉛炉と軽水炉が同じひとつの核燃料サイクルに包含されるようになった。黒鉛炉と並行して大容量の軽水炉を多数建設するためには、核燃料サイクルの拡張・再編が必要であり、そのことは比較的早くから指摘されていたとされる³⁰。そして、再編の結果、1980年代には^{エル・ベール・エム・カー} PBMKの燃料は、以下のような根拠から、ときに軽水炉の量産タイプ = ^{ヴェー・ヴェー・エ・エル} ВВЭР-440の使用済み核燃料から製造されるようになった。

重水や黒鉛など他の代表的な減速材と比較した場合、軽水の中性子減速能は低く、そのため軽水炉には予めいくぶんか濃縮したウラン燃料が必要となる。そして、燃料は何年間か燃やされたのち、ウラン235の割合が低下して、それ以上核分裂連鎖反応を効率的に進めることが期待できなくなると新しい燃料と交換される³¹。1992年現在、ロシアでは、年間120トンにのぼる軽水炉からの使用済み核燃料が加工され（チェリヤピンスク-40の放射化学工場、^{エル・ター} P T-1で）、同量の0.8～1%濃縮ウラン燃料となる。他方、黒鉛炉は天然ウランでも操業が可能である。あるいは、もっと低い濃縮度の燃料でも稼働させることができる。0.8～1%濃縮ウランは軽水炉には不向きでも、これで黒鉛炉を操業させることは可能である。さらに、もうひとつのウランの源泉は濃縮工場からでた廃棄物を再生したものである。その場

²⁶ Yu.K. Bibilashvili and F.G. Reshetnikov, Russia's nuclear fuel cycle: An industrial perspective — An overview of policies, plans, and experience in producing and reprocessing nuclear fuels, and in the utilization of plutonium. *IAEA Bulletin*. 3/1993 28-33.

²⁷ Бухарин, Указ. соч. в примечании 3, С.5. .

²⁸ Там же, С.7.

²⁹ Там же, С.4.

³⁰ И.Я. Емельянов и В.А. Черняев, Развитие ядерной энергетики в СССР. «Теплоэнергетика». №1, 1982. С.6.

³¹ 最盛期の日本の原子力発電所の場合、核分裂連鎖反応を起こす、「燃えるウラン」=ウラン235 (²³⁵U)の割合を3%程度にまで高めた（濃縮した）核燃料を用い、3年間ほど燃したのち、ウラン235の割合が約1%程度にまで減ったところで、燃料を交換した（通商産業省資源エネルギー庁『原子力発電—その必要性和安全性—』1985年、61、64ページ）。

合、原子炉燃料となるウラン 235 の割合は 0.36 ~ 0.7% (最大値は天然ウランとほぼ同程度) となる。ビブラシュヴィリとレシェトニコフはこうして軽水炉や濃縮工場から取り出された燃料は PT-1 でウラン 235 の比率 2 ~ 2.5% にまで濃縮されたとしている³² が、そうした処理は確実になされていたであろう。この場合、PBMK は ^{エル・ベー・エム・カー} В В Θ Р から出た“核のゴミ”で稼働することになる³³。これらのプロセスによって再生される黒鉛炉用燃料が使用済みとなった場合、そこからはもはや原子炉燃料もウエポン・グレードのプルトニウムも入手できない。これが黒鉛炉からの使用済み核燃料を処理しなかった「経済的理由」である。ソ連が東欧諸国に展開した軽水炉はこうした重層的な核燃料サイクルに含まれることになった。

ここでもう少し、ソ連 (ロシア) における核燃料サイクルの特徴を確認しておこう。ロシアでは民需転換した生産が、ヴェルフネ=ヴィヤンスク (エカチェリンブルグからそう遠くない) やアングルスク (イルクーツクから北西 30 km) のウラン濃縮工場を有する企業体で展開されている。これらの工場生産された 6 フッ化ウランはトムスク、クラスノヤールスク、アングルスク、ヴェルフネ=ヴィヤンスクの濃縮工場に送られる。軍事核計画と船舶用、および研究用原子炉の燃料生産のために使われる高濃縮ウランは年間約 1.5 トンであったが、1987 年、高濃縮ウランの生産は停止された³⁴。

ウラン濃縮に遠心分離法が広く活用されていた点もソ連の核燃料サイクルに特徴的であった。1957 年、ヴェルフネ=ヴィヤンスクの企業集合体にソ連初の実験工場が操業を開始し、1962 ~ 1964 年、大規模な濃縮生産拠点が建設された。5 世代にわたる遠心分離装置が開発され、操業に附された³⁵。

使用済み核燃料の加工法は、それが使用される炉形式によって決められている。PBMK からの使用済み核燃料 (6 万トンのレベル) は水槽型の貯蔵施設に入れて原子力発電所構内に置かれていただけであった。その理由はすでに述べた。船用炉、ВВΘР-440 と高速中性子炉、^{ベー・エス} ВН-350/600 の燃料は炉から引き離された後 3 年間、炉に付属した貯蔵施設に貯えられる。その後、加工のためにチェリヤピンスク -40 のマヤーク・コンビナートの放射化学工場、^{エル・デー} PT-1 に送られた。プルトニウム (1992 年 6 月で約 30 トン) はまた酸化物にされコンビナート構内の特別の貯蔵施設に置かれる。ВВΘР-1000 の燃料は使用が終わった瞬間から 3 ~ 7 年後、クラスノヤールスク-26 の中央貯蔵施設に移された³⁶。

ソ連の領域内で酸化核燃料は基本的には 3 か所の企業で生産されていた。酸化セラミックス粉末とさまざまなタイプの燃料タブレットの多くを産出したウスチ=カメノゴルスク (カザフスタン) のウリピンスク金属工場、燃料タブレット (多くはウスチ=カメノゴルスクから調達されたが)、ВВΘР-1000 用の燃料 (熱中性子分裂) 要素と燃料集合体を作るノヴォシビルスクの化学濃縮工場、PBMK、ВВΘР-440 の燃料要素 と燃料集合体のあらゆる種類、研究用、船舶用、そして ВН 炉用の燃料を準備したエレクトロスターリ市 (モスクワから東に 30 km) の機械製作工場がそれである³⁷。

³² Bibilashvili and Reshetnikov, op. cit., in note 26, p.29.

³³ Бухарин, Указ. соч. в примечании 3, С.7.

³⁴ Там же, С.10, 11.

³⁵ Там же, С.12.

³⁶ Там же, С.17: ただし、船用原子炉の液状、および固形廃棄物は 1964 年から 1984 年までそれぞれヴァレンツ海、カラ海に捨てられていた (Там же, С.16)。プハーリンはここで ВВΘР-1000 から取り出される使用済み燃料について述べていないが、ビブラシュヴィリらによれば、それは 1993 年の段階で建設中であった ^{エル・デー} PT-2 施設 (クラスノヤールスク) で再処理される予定であった (Bibilashvili and Reshetnikov, op. cit., in note 26, p.29)。

³⁷ Там же, С.17.

最後に放射性廃棄物の貯蔵であるが、トムスクとクラスノヤールスクに、燃料加工の過程で出た放射性廃棄物を深さ 300～400 m の、粘土層で隔離された地下に完全に埋められる。チェリヤビンスクでは、高レベル廃棄物（1990 年で 3 億キュリーのストロンチウム 90、セシウム 137）は特別の貯蔵施設に保管されている³⁸。液状廃棄物は蒸気洗浄され、濃縮（concentrate）されて、その後、鋼製の覆いを持つ鉄筋コンクリート製の容器に入れられて構内に置かれる。いくつかの原子力発電所（レニングラードとイグナリーナ）は廃棄物の瀝青化装置を有している。低レベル・中レベル放射性的の固形廃棄物は、原子力発電所が操業している間、事前処理なしに埋められていた³⁹。

3-2. 唯一の軽水炉メーカー＝「ギドロプレス」

ソ連側の対東欧諸国原子炉輸出の体制はどのようなものであったのであろうか。「СЭВ 諸国の原発は基本的にたったひとつのコンセプト、事実上 1 タイプの設備を応用した単一の設計から成り立っているが、それは原発の設計、装備、操業、原子力エネルギー設備の製造、操業人員の養成、原子力のより実際的な諸問題での科学・技術協力における単一の技術政策を容易にする。СЭВ 諸国の大多数における原子力発展の基礎は В В Э Р -440、ВВЭР-1000 炉をもったブロックである」⁴⁰。この“単一の技術政策”を支える体制は以下のものである。まず、総合設計はモスクワにおかれた全連邦科学研究＝設計研究所＝Атомтепловых электростанций、設計・製造はモスクワ南郊外、ポドリスクに立地する特殊設計ビューロー＝Гидропресс が担当し、全体の学術的指導はイーゴリ・クルチャートフ名称原子力研究所がおこなった⁴¹。

1946 年 1 月 28 日付ソ連邦人民委員会議布告によって、モスクワ南郊に位置するオルジェニキーゼ名称ポドリスク機械工場に、「油圧・蒸気圧プレス設備設計に関する特殊設計ビューロー（Особое конструкторское бюро по конструкциям гидропаропрессового оборудования；略称は Гидропресс；以下、「ギドロプレス」と表記する）が開設されることになった。「ギドロプレス」は、クルチャートフ名称原子力研究所（ソ連最初期の原子爆弾開発を担ったソ連邦科学アカデミー・第 2 研究所の後身）、理論＝実験物理学研究所（いわゆる、アルザマス-16 の中心施設）、物理エネルギー研究所（世界初の原子力発電所＝オブニンスク発電所の研究機関）などが使用する研究用原子炉の設計・製造にあたった。原子力潜水艦建造ブームの到来に伴う業務の拡張に応じて、1963 年 11 月、「ギドロプレス」はポドリスク機械工場から分離独立し、単独で原子力利用国家委員会に直属する独立した企業体となった⁴²。

「ギドロプレス」はまずソ連の原子力潜水艦建造に動員されることになった。ソ連初の原子力潜水艦は К-3 という戦術名を与えられて、1959 年試験航海のために海軍に引き渡された⁴³。しかし、それ以前、1955 年 10 月 22 日付の閣僚会議布告により、К-3 の試験結果をまたず、造船工場＝第 402 工場では 12 隻の軽水炉搭載原子力潜水艦の建造が展開されることとなった。このシリーズの 1 号艦、К-5 は

³⁸ Там же, С.18.

³⁹ Там же, С.16.

⁴⁰ Ф.Я. Овчинников и др. «Международное сотрудничество стран-членов СЭВ в области атомной энергетики». Москва, Энергоатомиздат, 1986. С.21.

⁴¹ Там же, С.21.

⁴² Ю.Г. Драгунов и др. «ОКБ “Гидропресс” — 60 лет». Москва: Изд-АТ, 2006г. С.8.

⁴³ Р.А. Шмаков, Первые советские ПЛА проекта 627. «Подводный флот». №7, 2001. С.16-19.

出力 80% で 28 ノットを出せるもので、1959 年 12 月 27 日、北洋艦隊に配備された。つづいて、K-8 は 1960 年 8 月 31 日、K-11、K-21、K-52 は 1961 年 12 月 27 日、K-42、K-152 は 1961 年 11 月 4 日、K-133、K-152 は 1962 年 10 月 16 日、K-115 は 1962 年 12 月 30 日、K-50 は 1963 年 12 月 20 日、それぞれ海軍に配備された⁴⁴。

液体金属冷却炉による原子力潜水艦の開発史は 1952 年 9 月にはじまる。所長ボリス・ショルコヴィチ（Борис Михайлович Шолкович. 1900～1965 年）の直接指導のもと、「ギドロプレス」ですすめられた。コード名 = ВТ^{ヴェー・テー} 炉が与えられた⁴⁵。著しい欠陥⁴⁶にもかかわらず、液体金属冷却炉をもつ潜水艦は 1981 年までに計 5 隻建造された。

高速中性子 = 液体金属冷却炉製造の経験は、さらに 3 基の民生用原子炉 = БОР-60^{ボ・ル}（1969 年稼働）、БН-350^{ベー・エス}（1973 年稼働）、БН-600（1980 年稼働）製造につながっていった⁴⁷。このうち、БОР-60 はディミトロフグラードの原子力発電施設で利用されたものであるが、90% 濃縮ウランを燃料とし、1 次冷却系ナトリウムの温度は 580～600℃、熱出力は 60 MW、電気出力 12 MW という小型の炉⁴⁸で、実用とはみなしえない。БН-350 は、カスピ海東岸のシェフチェンコ（現、アクタウ）原子力発電所で活用された（当時、同地ではウラン鉱脈などの開発が進んでいた）が、運転開始直後に不備が現れ、一時休止ののち、おもに海水の淡水化用に利用が再開されている⁴⁹。БН-600 はベロヤルスク原子力発電所の 3 号機として設計されたものであるが、稼働はようやく 1980 年のことであった⁵⁰。

「ギドロプレス」は、さらにもうひとつ重要な課題を担っていた。1955 年、原子力発電用の軽水炉開発に動員されたのである。この工場で製造されたソ連初の軽水炉による原子力発電所 = ノヴォ・ヴォロネジ原子力発電所の ВВЭР-210^{ヴェー・ヴェー・エー・エル} は、開発に手間取り、1964 年になってようやく稼働した⁵¹。こうし

⁴⁴ В. Ильин и А. Колесников, «Иллюстрированный справочник: Подводные лодки России». Москва: Изд-во Астрель, 2002г. С.12-16: こうして急激に進められた原子力潜水艦建造の経過と問題点については、拙著『冷戦と科学技術—旧ソ連邦 1945～1955 年—』（ミネルヴァ書房、2007 年）の第 3 章「船用原子力機関開発の初期とその問題点」（115～185 ページ）を参照されたい。

⁴⁵ А.М. Антонов, Атомная подводная лодка пр. 645. «Судостроение». №10, 1995 (№695). С.57.

⁴⁶ Под ред. А.М.Петросьянца и др., «Ядерная индустрия России» Москва, Энергоатомиздат, 2000г.С. 500, 501: 最初の液体金属冷却炉搭載原子力潜水艦、K-27 は、1964 年 4 月～5 月、はじめて自力航海実験によって、51 昼夜連続潜航の記録をつくった。1964 年 7 月～9 月、K-27 は造船工場では設備の点検、乗組員の交替と予防的な修理が施された。翌 1965 年 7 月～9 月、再び自力航海に出て地中海に入り、帰還後 2 年間にわたり改修、設備近代化が施され、その後、みたび、洋上航海に出発した。1968 年 5 月 24 日、左舷の原子炉で液体金属のスラグの付着とそれによる炉心における冷却材の流路の閉塞を原因とする事故が発生した。過熱した燃料が 1 次冷却系の一部などのうえに落ちてしまい、炉心は破壊され、乗組員の多くが被曝し、炉は停止の止むなきにいたった。このため、冷却材は固まり、艦は曳航され帰還、そのまま退役処分となった。1981 年 9 月にも、同型艦が深度 50m の地点で冷却材が固まる事故を起こしている（Там же, С.498, 499）。K-27 建造に並行して 1960 年 6 月、党中央委員会と閣僚会議の名による特別布告により、改良型液体金属冷却炉を 2 基搭載した原子力潜水艦プロジェクト №705 が発動された（Ильин и Колесников, Указ. статья в примечании 44, С.63）。これは、液体金属冷却材を利用することによる炉の軽量化を見込んだものであった。その後プロジェクト №705 は、№645 艦の事故をうけて、1971 年、72 年、75 年と 3 回にわたって設計の見直しがおこなわれたものの、その建造は継続され、1970 年の 9 月には一応完成し、10 月から一連の試験に付されることになった。しかし、海軍に配備された直後の 1972 年 2 月、事故により現役を退いている（Под ред. Петросьянца и др., Указ. соч., 500, 501）。

⁴⁷ Драгунов и др. Указ. соч. в примечании 42. С.9.

⁴⁸ А.М.Петросьянец, «Современные проблемы атомной науки и техники в СССР». Москва: Атомиздат, 1976г. С. 176, 177.

⁴⁹ Там же, С.186-189.

⁵⁰ Емельянов и Черняев, Указ. статья в примечании 30. С.3.

⁵¹ Драгунов и др. Указ. соч. в примечании 42. С.9.

て、同工場は原子力発電用軽水炉製造に着手するようになった。

1960年代、「ギドロプレス」は輸出用の軽水炉製造を一手に引き受けることになる。^{ヴェー・ヴェー・エ・エル}BBÖP-210の開発・製造を請け負った翌1956年、早くも7月17日付ソ連邦閣僚会議布告により同工場は、東ドイツ初の原子力発電所に70 MW級軽水炉の製造を委託される。のちの、ラインスベルク原発である⁵²。かくして、「ギドロプレス」は1960年代、^{セヴ}СЭВ加盟国のために総計27基、フィンランドのために1基の軽水炉建設を請け負うことになった⁵³。1956年1月1日現在、たった225名であった「ギドロプレス」従業員は1965年12月31日現在、1,017名に増加した⁵⁴。

しかし、さまざまな設備の製造を他の企業に請け負わせていたとはいえ、1社でこれほどの発注を抱えることには無理があったとも言えよう。とりわけ、BBÖP-440からBBÖP-1000への発展にはひどく時間がかかっている。

一般に軽水炉の圧力容器は硬度の高い軽合金を使って、継ぎ目なし鍛造によって製造されるが、すでに述べたように、旧ソ連の場合、さらに鉄道輸送が可能となるよう、最小の寸法と重量で製造されなければならなかった。1969年に開発・製造が始められたBBÖP-1000炉にはクロム=モリブデン=バナジウム鋼製造の高さ11 m、直径4.5 mの圧力容器が製造されることになった⁵⁵。しかしながら、BBÖP-1000炉の普及は遅れ、1984年段階でもわずかに2基であった⁵⁶。「ギドロプレス」から圧力容器の製作を請け負った「アトムマシ」工場はその作業遅滞と事故の故に、1983年、ソ連共産党機関紙『プラウダ』紙上で公式に指弾されることとなった⁵⁷。

4. 東欧諸国における原子力発電所建設

このようなソ連側の事情、原子炉輸出の枠組みのもと、東欧諸国の原子力発電所建設が進んだわけであるが、原発を導入した側における原子力の位置づけ、ソ連製軽水炉、ないしその他の原子力技術を導入した思惑はどのようなものであったのであろうか。以下、おもに本稿冒頭に示した原子力情報研究所の1969年のレポートなどからそれを探ることにしたい。その際、これら諸国のなかではとりわけ工業化が進んでおり、また燃料事情も深刻で、結果として原子力への期待が高かった東ドイツとチェコスロヴァキアの例をとくに取り上げてみたい。また、ルーマニアは、すでに1960年代には旧ソ連とその“同盟”諸国とは違った、独自の外交を展開しており、原子力の導入についても西側企業に期待し、それらと交渉していた⁵⁸。そのため、ここでは考察から除外している。さらに、相対的に豊富な石炭資源に恵ま

⁵² Там же, С.94.

⁵³ Под ред. Петросьянца и др., Указ. соч. в примечании 46. С.609.

⁵⁴ Драгунов и др. Указ. соч. в примечании 42. С.112 : 残念ながら、1965年以降の従業員数の推移に関する資料は入手できなかった。

⁵⁵ Емельянов и Черняев, Указ. статья в примечании 30. С.3.

⁵⁶ Г.А. Шашарин, Состояние и перспективы развития ядерной энергетики СССР, «Атомная энергия». Том 56, Вып. 6, 1984. С.35.

⁵⁷ «Правда». 20 июля 1983.

⁵⁸ 「経済相互援助会議」加盟国でありながら、ソ連とは相対的に自律した外交政策を展開していたルーマニアへの原子力発電導入には西側の企業が深く関与していた。500 MW級原発2か所を建設する計画をもったルーマニア

れたポーランドだけは冷戦時代に原子力発電所を建設しなかった⁵⁹ので、これも考察から除外している。

4-1. ドイツ民主共和国（東ドイツ）

1965年現在、火力発電所燃料の79%が自国産のリグナイト褐炭であった。同国はウラン資源にも比較的恵まれている。東欧諸国のなかでは、電力需要が高く、1965年国民一人当たりの電力消費量は3,145 kW/h、総発電量は536億1,100万kW/hであった。そして、ソ連側の原子力情報研究所が驚いたことに、東ドイツ政府の電力担当者は、ここ10～15年間は軽水炉が有利だが、将来は高速中性子を使った増殖炉が有利となると見ていたのである。また、15年スパンで使用済み核燃料再処理施設建設も計画していた⁶⁰。

1956年に結ばれた政府間合意書に基づき、ベルリン郊外北方80 kmに70 MW級軽水炉を1基装備したラインスベルグ原子力発電所が建設された⁶¹。ラインスベルク原子力発電所は1966年5月9日に操業を開始し、東欧における原子力“平和利用”の嚆矢となった。原子炉は加圧水型で、熱出力265 MW、電力出力70 MW。2%濃縮ウランを燃料としていた⁶²。ラインスベルグ原発の詳細設計（*рабочее проектирование*）は東独の研究所がおこなった。「ギドロプレス」が基本的な設備を製作し、備え付けしたが、冷却装置、蒸気発生器などは東独で設計・製造された⁶³。「ラインスベルグ原発の特殊性は実験・営業兼用で建設されたことで、電力生産のみならず、原子力エネルギー設備運転の経験習得、操業に携わる人材、その他原子力エネルギー分野の専門家の養成、必要な核物理学、その他の研究をも目的としているところにあった」⁶⁴。1974年にはシミュレーター設備が出来、技能者養成・資質向上の中心となった。860名が訓練を受け、うち225名が外国の専門家であった⁶⁵。ラインスベルク原発の稼働直後、「ブルーノ・ロイシュナー」と名付けられた、大型原発がバルト海沿岸グライフスヴァルト付近に建設されることが決まった。^{ヴェー・ヴェー・エ・エル} В В Э Р-440が8基で出力3,520 MWであった。1967年5月に用地選定が済み、1968年11月、最初の2ブロックの技術設計が確認されて、1969年5月、建設開始、1973年に竣工、同年中に第1ブロックが稼働し、1975年7月には第2ブロックが、1978年には、第3ブロックが

政府は、社会主義国ルーマニアへの戦略物資供給禁止はばまれながらも、ついに1967年にはカナダの天然ウラン・重水炉購入の協議を開始、1969年にはAtomic Energy of Canada社と8,000万カナダ・ドルの重水炉購入契約を締結した。これには、西独、スイスの企業も参加していた（«Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 4. С.8, 9）。

⁵⁹ OECD, International Energy Agency, *Energy Policies of Poland: 1994 Survey*. 1995. p.15: ただし、1969年にはソ連とは独自に原子力発電の実現可能性について調査研究をはじめていた。その結果、1980年以降に1,500 MW級原子力発電所を建設することを展望していた（«Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 4. С.10）。

⁶⁰ «Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 4. С.10: 軽水炉導入は当時の東ドイツにとって暫定措置に過ぎず、重水炉開発や、とりわけエネルギー問題解決の“切り札”としての迅速な高速増殖炉への転換が真剣に期待されていた（Mike Reichert, »*Kernenergiewirtschaft in der DDR. Entwicklungsbedingungen, konzeptioneller Anspruch und Realisierungsgrad (1955-1990)*. « St. Katharinen 1999.S.153-176）。

⁶¹ Овчинников и др. Указ. соч. в примечании 40. С. 64.

⁶² «Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 4. С.10-12.

⁶³ Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (составитель – Т.З. Партош), «Атомная энергетика ГДР (По материалам открытой зарубежной печати)». Москва, 1972.С.13.

⁶⁴ Овчинников и др. Указ. соч. в примечании 40. С. 64.

⁶⁵ Там же,

稼働した⁶⁶。同原発はのち次第に増設され、1990年の東西ドイツ統一を迎えたが、チェルノブイリの悪夢からまだ覚めやらぬ当時、その危険性が国民的関心事となり、1990年中に1～4号炉は閉鎖が決まり、5号炉も1991年閉鎖が決まった⁶⁷。

4-2. チェコスロヴァキア

1980年現在、火力発電所の燃料は、固体燃料、とくに褐炭（brown coal）、石炭、リグナイト褐炭の割合が高く、ソ連から供給される石油・天然ガスの割合は相対的に低く、水力の割合も低く、エネルギー自給率は64%に過ぎない⁶⁸。遡って、1969年現在、ほとんどの発電所はソ連から供給された石油を燃料にしている。1968年、議会工業委員会は原発建設計画を採択した。1980年までに3か所の原発を稼働させ、全電力の15%にまで引き上げる計画であった。電力供給は1972～74年には危機的な局面を迎えるものと考えられていた。いくつかの固体燃料の源泉は枯渇が心配されており、近い将来、鉱物性燃料が不足するとみられていたのである。同国独自のエネルギー資源で豊富なものはボヘミア北西部の泥炭鉍層とウランのみであった⁶⁹。そのため、同国政府は原子力発電導入に熱心であった⁷⁰。

旧ソ連邦と東欧諸国との“協力”のなかで、注目に値するのは、1958年、旧ソ連邦が設計を担当し、スコダ社が機器製作を分担するかたちで、天然ウラン=重水減速=ガス冷却炉であるボフニチェ A-1 炉（KS-150 炉）の建設が開始されていることであろう。重水炉はプルトニウム生産のみならず、水爆に利用されるトリチウムも抽出できる炉型であるが、核不拡散条約（NPT）締結に10年先立つこの当時はまだ核不拡散への東西協調は進んでおらず、技術提供にたいする警戒度は低かったと考えられる。また、なによりチェコスロヴァキアにとって天然ウランを活用するこの炉型は、自国産出のウランを高価な濃縮コストなしに利用できるメリットがあった。1958年、ソ連とチェコスロヴァキアの間で原子力分野での協力協定が締結されると直ちに、ソ連側は150 MW 出力、天然ウラン燃料=重水減速=ガス冷却炉の全技術情報を提供した。完成は1969年の予定であった。しかし、ソ連側はチェコスロヴァキアのこの計画に懐疑的であった。原子力情報研究所のレポートは「当時、電力出力で5～35 MW の実験炉しかなかったのに、チェコスロヴァキアのエネルギー省は150 MW 出力の原子炉を選択した」とチェコスロヴァキア側の主観主義的な技術選択に疑問を呈していた⁷¹。

1961～63年、ボフニチェ原発の建設は中断される。チェコスロヴァキア政府が「膨大なシベリアのエネルギー資源を活用」することを望んだためであった。しかし、すぐに、輸送コストが高く、合理的ではないことがわかった。ボフニチェ原発の建設は再開され、改めて1969年12月31日に竣工する予定となった。長引いたおかげでチェコスロヴァキア国内でシリンダー、蒸気発生器、その他の設備が製造できるようになり、5,000人近くが訓練を受けた。フランス製コンプレッサーを除けば原発用設備は

⁶⁶ Там же, С. 65.

⁶⁷ 日本原子力産業会議『世界の原子力発電の動向—1991年年度報告—』38、39ページ。

⁶⁸ Овчинников и др. Указ.соч. в примечании 40. С. 99.

⁶⁹ «Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 4. С.3, 4.

⁷⁰ エネルギー問題で隘路に立ったチェコスロヴァキア政府は原子力発電所導入を急ぎ、西側企業にすら期待を抱いた。原子力情報研究所の調査では、ロイター通信によると、こうした事情を察知したイギリスの原子力産業がチェコスロヴァキアへの原子炉販売に関心をもっているとのことであるが、まだ交渉は始まっていないとのことであった（Там же, С. 5.）。

⁷¹ Там же,

すべてチェコスロヴァキア製となった⁷²。しかし、ボフニチェ原発は建設資材の腐食の激化、重水の不足、資金投下額の高張りを含む技術的・経済的問題が生じたため、1977年 A-1 原子炉のそれ以降の操業は断念された⁷³。

4.3. ブルガリアとハンガリー

自国に豊富なエネルギー資源を欠くブルガリアは1966年、旧ソ連邦との間に加圧水型2基・800MW級原発建設に関する協定を締結。ソ連は完成後5年間燃料を無条件に供給すると約束した⁷⁴。1970年4月6日からコズロドゥイ (Kozloduy) において原発を建設しはじめた。ソ連製加圧水型軽水炉 ヴェー・ヴェー・エ・エル В В Э Р -440 第1世代に属する1号炉は1974年に、2号炉は1975年に稼働し、さらに同タイプのものが2基、大型の ВВЭР-1000 炉が2基増設された⁷⁵。

同じくエネルギー資源の不足に悩むハンガリーは、専門家がノヴォ=ヴォロネジ原発1号炉を研究し、加圧水型軽水炉を望ましいとして炉型を“自主的に”選択した。1969年の推計では、電力価格は、輸入電力より20%、水力発電より30%、石炭火力より10%安くなる見込みであった⁷⁶。ブルガリア、東ドイツと同じ1966年の12月28日に旧ソ連邦との間で原子力発電所建設協力協定が締結され、1967年2月16日にはパクシュ (Paks) の地が選定され、ただちに整地作業などがすすめられたが、1969年12月31日に旧ソ連邦側の事情 (内容不詳) で建設作業は一時凍結され、1971年10月21日になってようやく再開された。パクシュ原子力発電所の原子炉=ВВЭР-440型4基は1982年から1987年にかけて漸次操業を開始し、やがて同国の電力生産の40%をになうまでになった⁷⁷。

5. むすび

1960年代、ソ連、および東欧の同盟諸国は原子力発電所建設ブームを迎えた。本稿ではその背景を探った。深刻なエネルギー危機、東欧の同盟諸国へのエネルギー支援の負担こそ、1960年代のソ連が国内外での原子力発電所建設を大規模に展開した大きな要因であった。その意味で、この時期の原子力発電所建設ブームには内発的な必然性があった。

その際、ソ連は、原子力発電所から排出される放射性廃棄物の扱いという点では重大な問題を抱えつつも、国内の黒鉛炉主体の原子力発電の展開と並行して、重層的な核燃料サイクルを構築し、そこに海

⁷² Там же, С. 4, 5.

⁷³ Овчинников и др. Указ.соч. в примечании 40. С. 100 : 同炉は1972年、“営業運転”を開始したものの、1976年、77年と相次いで事故を起こしている (Петросянц, Указ. соч. в примечании 48, С. 225, 226 ; (財)高度情報科学技術研究機構 (RIST)、『原子力百科事典 ATOMICA』「スロバキアの原子力事情 (14-06-08-02)」http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=14-06-08-02 : 2013年3月閲覧)。

⁷⁴ «Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 3. С.7.

⁷⁵ А.М. Петросянц, «Современные проблемы атомной науки и техники СССР». М.: Атомиздат, 1976г. С.230-234, 405.

⁷⁶ «Атомная энергетика в социалистических странах». Указ. в примечании 4. С.7,8.

⁷⁷ OECD, International Energy Agency, *Energy Policies of IEA Countries. Hungary: 2003 Review*. 2003. p.128. /See, Paks Nuclear Power Plant, Home Page (<http://paksnuclearpowerplant.com/>).

外に展開した軽水炉体系を組み込むことに、やがては成功した。また、“東側”唯一の軽水炉製造企業＝「ギドロプレス」は、技術的負担を軽減すべく、輸出する軽水炉を $\text{B B } \overset{\text{ヴェー・ヴェー・エ・エル}}{\text{P}} \cdot 440$ と BBOP-1000、ふたつのタイプに限定して軽水炉を供給しつづけたが、それは著しい超過需要の圧力のもとでは、いささか強引なドライブでもあった。

他方、東ドイツ、チェコスロヴァキア、ブルガリア、ハンガリーは自国の燃料資源の品質の著しい低位性、ないし乏しさから、原子力発電に強い期待を抱いた。しかし、東ドイツ、チェコスロヴァキアの過度の期待は、本来それを歓迎する立場にあったソ連の側からみても、その主観主義が疑われるほどのものであった。

深刻な問題点を抱えつつも、このような背景のもと、ソ連、および東欧同盟諸国における原子力発電は進展を見せることになった。

謝辞

本稿は、平成 28～30 年度日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (C) 「“東側” 諸国における原子力研究の国際化—1950 年代ソ連＝東独間科学交流を中心に」 [研究代表者—市川 浩：課題番号 16K01164]、および、平成 30～32 年度基盤研究 (B) 「放射性物質の政治文化史に関する国際比較」 [研究代表者—木戸衛一：課題番号 18H0070101] による研究成果の一部である。友次晋介氏（広島大学平和センター）には貴重なご助言をいただいた。記して感謝したい。