

[総説] ソ連における初期ウラン資源開発

市川 浩

広島大学大学院人間社会科学研究科

[Review] The Uranium Resource Development in the Soviet Union in Its Early Days

Hiroshi ICHIKAWA

Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University

Abstract

With the initiation of the first Soviet atomic bomb developing project, the Soviet political authority began to make every effort to develop and secure uranium resources sufficient for their project by conducting the overall investigation for uranium deposits throughout their vast territory. In addition to those domestic measures, the Soviet Union demanded the newly established pro-Soviet governments in the Eastern Europe for their “cooperation” in securing the uranium resources for the Soviet nuclear projects. This review tries to trace the Soviets’ efforts for the uranium resources from the start of their atomic project to the mid-1960s when they could secure the abundant quantity of uranium. Thanks to the large-scale field investigations, the wide application of high-performance gamma-radiometers which enabled the search for the radioactive minerals from the trains, airplanes or helicopters in 1950s and other improvements of mining method, the exploration for the uranium ore and the uranium mining became so efficient. Such a rapid growth of uranium mining, however, brought about the unbearable radiation exposition to the mine workers.

1. はしがき

ソ連最初の原子爆弾開発計画の発動にともない、臨時の最高戦争指導機関＝国家防衛委員会（Государственный комитет обороны: ГКО）は1942年11月27日付けでウラン鉱採掘の組織化を指示し、翌年から広大な領土にわたって大規模な採鉱事業を展開した。また、初期核開発計画の過程で新たに東欧に次々と樹立された親ソ政権の協力を仰いだ。1956年から次々とカザフスタン（世界の埋蔵量の37%を占めると言われている）など中央アジアに莫大な埋蔵量を誇る鉱脈が発見されると、ウラン供給には余裕が生まれた（«Ядерная ...», 772-774）。ソ連は1980年代半ばまで保有核弾頭数を倦むことなく増加させ続けた（www.cnfc.or.jp/state/index.html：原子燃料政策研究会HP、2021年11月20日閲覧）にもかかわらず、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、かなりの輸出能力が解放され、ソ連は1970年代に世界の濃縮ウラン市場に参入した（*Бухарин*, 7）。ソ連解体の1991年現在、最大の採掘中鉱山は、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つの鉱区であった。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（*Бухарин*, 4-7）。

木戸衛一はソ連の貪欲なまでのウラン資源確保策の犠牲になった同盟国、ドイツ民主共和国（以下、東独）のウラン鉱採掘労働者や市民の苦境を活写してみせた（木戸）が、ソ連によるソ連領内、および同盟諸国領内におけるウラン資源開発の展開を俯瞰した概説、とくに日本語によるものはきわめて少ないと言わざるをえない。本稿は、戦後におけるソ連政府によるウラン資源開発の最初期から豊富な国内（連邦領土内）のウラン資源を基盤として核工業に安定して原燃料を供給できるようになった、おおむね、1960年代半ばまでを対象に、ソ連によるウラン資源開発努力の概略を、ロシアで公刊された記録類、文書資料集、関係者の回想などから明らかにする試みである。まず、ソ連領内におけるウラン鉱開発の過程を、1943年を始期として、おおまかに10年ずつ2期にわけて跡付け、続いて東ヨーロッパの同盟諸国からのウラン調達の推移を辿り、最後にウラン鉱山における放射能汚染と対策についても概観しておきたい。

2. ソ連領内におけるウラン資源開発

(1) 1943～1953年

1895年のX線発見に端を発する一連の放射性元素に関する研究のなかで、アンリ・ベクレル（Antoine Henri Becquerel. 1852-1908）はウランの放射性を確認、1898年にはマリー・キュリー（Maria Salomea Skłodowska-Curie. 1867-934）とピエール・キュリー（Pierre Curie. 1859-1906）が強力な放射能をもつ元素、ポロニウム（Po）とラジウム（Ra）の単離に成功した。放射性物質の研究は、それまでの元素や原子にたいする理解を根本から揺るがし、物理学は革命的と言ってもよいほどの変革を遂げる。また、放射性物質の生体への影響についても研究が急速に進み、なかでもラジウムは皮膚疾患、腫瘍、癌の治療に効果があるとして珍重されるようになった（中尾, 65, 66）。同時代のロシ

アでも放射性物質は地質学者、鉱物学者の関心を集め、のち、地球化学の創始者のひとりとして世界的な名声をえるヴラジーミル・ヴェルナツキー（Владимир Иванович Вернадский. 1863-1945）は1910年12月22日、ロシア科学アカデミーで「ラジウム分野における今日的課題」と題する包括的な講演をおこなっている（《Ядерная ...》, 744）。各地で天然の放射性物質の探査が行われ、ロシア革命後も続いた。ウランは放射性物質であるとともに、陶器の釉薬、ガラスの彩色具として古くから利用されていたこともあり、ソ連領内でも早くから探査が進み、すでに1908年にウズベキスタン東部のフェルガナ付近で小規模なウラン鉱脈が見つかった（市川 2007, 52, 53）が、最初の本格的なウラン鉱床は1926年、タジキスタンのタボシャル（Табощар：タバシャルーТабашарーと表記される場合もある）で発見された（Cochran et al., 175）。1930～31年、国立稀少金属工業科学=設計研究所はタボシャルでラジウム鉱を調査、1935年までに小さな鉱山施設を設け、採掘をはじめた。1934年にはフェルガナ渓谷を流れるマイリ川流域のマイリス、1938年にはウズベキスタンのウイグルサイでウラン鉱床が発見され、その他の小規模鉱脈もいくつか開発された。当初、採掘作業はほとんど素手でおこなわれた〔図-1〕。労働者（恩赦目当ての囚人も多かった）はスコップで鉱石を小さなワゴンに入れ、それをロバやラクダに積んで運んだ（《Создание ...》, 176-185）。また、第2次世界大戦中の工場疎開により、この地で抗炎症剤など医薬品原料となるビスマス塩、発煙筒や磁性材料の原料に使われるストロンチウム、その他の発光物質が、おもに軍事用途目的で採掘された（Круглов, 252）。

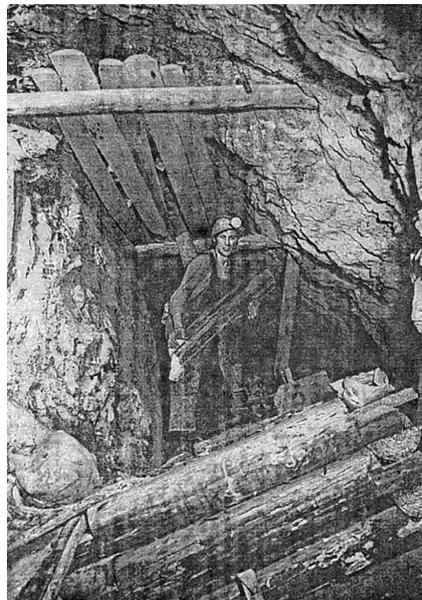


図-1. ウラン鉱山・坑道準備作業風景
出所) Круглов, 255

1940年にはヴェルナツキーの提案により、科学アカデミー幹部会にウラニウム委員会が設置され、ウラン資源探査に着手したが、戦争の激化により中断した（市川 2007, 19-21）。しかし、このときの探査活動により、ウクライナのクリヴォロージェ、北カフカースのスタヴローポリ、タジキスタン北部のカラマザルの各地帯でウラン鉱床が発見されている（Cochran et al., 175）。

事態が大きく変わったのは、1942年末、ドイツ、イギリス、アメリカの原子力計画をソ連の指導部

が察知して以降である。国家防衛委員会は1942年11月27日付けでウラン鉱採掘の組織化を指示し、翌年から、まず、タボシャルでこの指示は実践されることとなった（*Круглов*, 251, 252）。

大規模なウラン資源開発をめざす行政機構上の一連の改革が続く。1944年12月8日、国家防衛委員会は、非鉄金属人民委員部からいくつかの部局を内務人民委員部に移管し、第9管理部（アヴラミー・ザヴェニャーギン—Авраамий Павлович Завенягин. 1901-1956—長官）に再編し（《Ядерная ...》, 736）、中央アジアに巨大な採掘企業を設立させることとなった（*Круглов*, 253）。1946年5月15日付国家防衛委員会布告により内務人民委員部内に第6コンビナートが設立された（《Атомный проект ...》. II-1, 664）。建設にあたって、矯正収容所収容者も動員された（《Атомный проект ...》. II-1, 113）。本部は当初、フェルガナ（ウズベキスタン）に（《Атомный проект ...》. II-1, 189）、のちレニナバード（タジキスタン・ソグド州。現、ホジェンド）に置かれた（《Атомный проект ...》. II-5, 721）。1945年末、ソ連人民委員会議地学事業委員会に地質調査第1総管理部（Первое главное геолого-разведочное управление : ПГРУ）が設置された（《Ядерная ...》, 736）。1945年10月1日付で第6コンビナート、第9科学研究所は内務人民委員部から原子爆弾開発担当官庁＝人民委員会議附属第1総管理部（Первое главное управление : ПГУ）へ移管された（*Круглов*, 254）。

1946年末まで国産ウランは最初の実験炉^{ЭФ}Ф-1に必要な量の50%にも満たなかった（*Круглов*, 259）。第1総管理部が抱える需要（モスクワの実験炉Ф-1、南ウラルのプルトニウム生産炉の燃料、中央ウラルの気体拡散法工場の原料としての）を満たすためには天然ウランの量が不足していたので、第6コンビナートの建設は最重要なものとなった。1946年、第6コンビナート建設と事業には1億9,600万ルーブリの予算が投ぜられ、翌47年には2億4,900万ルーブリまでに増額され、計245隊のウラン探鉱部隊が発遣された。それにより明らかとなったウラン資源の推定埋蔵量は、1947年1月現在で（おそらく、金属ウラン換算で）約1,400トンであった（《Атомный проект ...》. II-3, 734）。1946年、第6コンビナートは18,000トンのウラン鉱石を採掘、そこから7トンの金属ウランを回収している（*Круглов*, 261）。1946年第1四半期、第817コンビナートには1,000万ルーブリ、第2研究所には700万ルーブリ、第813コンビナートには500万ルーブリ、モスクワの第9科学研究所には400万ルーブリが支出されたが、第6コンビナートには、第1総管理部所属の生産施設中最高の1,200万ルーブリが割り当てられた（《Атомный проект ...》. II-2, 161）。第6コンビナートには、1947年4月1日現在、9,897名が勤務していたが、その時点で第1総管理部全体の職員数は42,236名であった（《Атомный проект ...》. II-3, 650）。1948年末の時点で、第817コンビナート（いわゆる「チェリャビンスク-40」。のち、同-65にコード名変更。当時最重要の核兵器開発拠点）には5,070人、第813コンビナート（いわゆる「スヴェルドロフスク-44」のウラン濃縮施設群）には3,546人、第1総管理部全体で5万5000人くらいが働いていたので、1万人を超えた第6コンビナートは第1総管理部中最大の組織となった（*Круглов*, 263）。職員数はその後も増え続け、1949年10月1日現在で21,120名（《Атомный проект ...》. II-4, 733）、1951年には32,039名となった（《Атомный проект ...》. II-3, 650）。1951年現在、第6コンビナートは11カ所の鉱山、69の坑道、8つの化学工場を擁する巨大な企業体となっていた（《Атомный проект ...》. II-5, 680）。

ソ連ではじめて金属ウラン精錬を行った工場は「エレクトロスターリ」社第12工場であった。1945

年、ドイツで捕獲された粗精錬ウラン¹を材料に、そこで1 kgの高品位ウラン金属がえられた。第12工場はもともと弾薬工場であった（*Гуськова*, 54）が、400もの独立した建屋をもっていて、4,500人が勤務、うち650名が技師などの技術者という巨大工場であった。1946~47年の金属ウラン需要は200トン、うち150トンが最初の原子炉（実験炉Φ-1とプルトニウム生産炉^ア A炉）用であった。このA炉を用いて、1948~49年、核弾頭が準備されることになる（*Гуськова*, 55）。

しかし、ウランの平均抽出効率は56%（*Круглов*, 260）に過ぎず、精錬法の改良は焦眉の課題であった。のち、1951年4月17日、第9科学研究所の9つの研究室を基礎にウラン鉱精錬技術向上のため第10科学研究所（のちの先導化学工学研究所）が設立された（*Круглов*, 272）。さらに、1951年12月29日、第9科学研究所から第3施設（実験工場）が第10科学研究所に移管されている（*Круглов*, 274）。のち、大直径粉碎機「カスケード（Каскад）」の導入などによって、ウラン鉱精錬技術は改良されてゆく（*Круглов*, 275）。

1945年、フェルガナ地方を中心とする広域調査により、タジキスタンのシャコプタル、キルギスのマイリサイの2カ所で古第三紀の石灰岩中にウラン鉱石が発見された。この年、ウラン資源探査のため90隊もの調査隊が発遣されていた（*«Ядерная ...»*, 746）。1946~47年、ウクライナでウランを含む鉄鉱石鉱山、ペルヴォマイスク（「メーデーの町」を意味する）とジェルトレチェンスコエ鉱山（ジョルトイエ・ヴォドゥイ郊外）が発見され、北カフカースではバシュタウとブイク山地で鉱床が発見された。1946年、のちに第9コンビナート（正式には1951年に設立）を形成することになるウクライナと北カフカースの諸企業は13,500トンを探掘、13.4トンのウランを抽出した（*Круглов*, 261）。これらの発見のおかげで、1949年には、最初のプルトニウム生産炉、その他の炉建設、気体拡散法工場へ原料を確実に送れるまでになった（*Круглов*, 262）。これらのほか、キルギスのトゥラカヴァクス（採掘開始1951年）、トルクメニスタンのセルノエ（同、1952-53年）、南カフカースのクウルダイ（コルダイ、とも。採掘開始1953年）でウラン鉱床が発見された（*«Ядерная ...»*, 736）。

1949年12月27日日付閣僚会議布告でウラン資源関係部局は第1総管理部（ПГУ）から分離され、新たに設置された閣僚会議附属第2総管理部（Второе главное управление：ВГУ）の基盤となった。第2総管理部には第6、第7のコンビナート、キルギスの第8鉱山管理部、第48工場（モスクワ）、第906工場（ドニエプロジェリジンスク）、北エルマコーフ鉱山管理部、および建設部門が配置された。長官はピョートル・アントローポフ（Пётр Яковлевич Антропов. 1905-1979）であった（*Круглов*, 264）。のち、1953年3月16日付閣僚会議布告で第2総管理部は第1総管理部にふたたび統合され、同年中には、新たに原子力開発担当官庁となった中型機械製作省（Минсredoмаш）の一部となった（*«Ядерная ...»*, 37）。

1950年、計画を上回る2,080.7トンのウラン鉱が採掘された（*«Атомный проект ...»*. II-5, 680）。1945年のウラン採掘量は471トンとされているので、飛躍的な増産がなされたことになる。しかしながら、その量では需要のわずか2カ年分を賄えるだけであった（*Гуськова*, 47. なお、グシコーヴァは「その量」

¹ ナチス・ドイツのベルギー占領後、ベルギー領コンゴからドイツに渡ったウラン鉱石から作られた粗精錬酸化ウラン100トン、ドイツ敗戦後、ソ連の物理学者イサーク・キコイン（Исаак Константинович Кикоин. 1908-1984）らが発見し、ソ連に輸送した（市川 2007, 36, 37）。

を1,850トンとしている)。1943～55年の間に発見された計55カ所のウラン鉱床のうち、39カ所（70%）が小規模鉱床で、うち10カ所が1955年までに登録を抹消された（《Ядерная ...》, 752）。2万トン以上の大規模鉱床はカザフスタン・マンガシシュラク半島のメロヴォエ、カザフスタンのマヌィサイ、ウズベキスタン・ブハラ付近のウチクドゥクの3カ所のみであった（《Ядерная ...》, 753）。こうした鉱床の小規模性ととも、ソ連領内で産出されるウラン鉱の品位の低さも深刻な問題であった。ペルヴォマイスクとジェルトレチェンスコエ鉱山から1946年中に採掘されたウラン鉱の平均ウラン含有率は0.05%であった（《Атомный проект ...》. II-3, 523）。1946年12月現在、タボシャルなど中央アジア産出のウラン鉱の平均品位は0.07%であった（《Атомный проект ...》. II-3, 540）。1951年3月の段階でも、第6コンビナートが取り扱った鉱石の平均ウラン含有率は0.06%にすぎなかった（《Атомный проект ...》. II-5, 668）。かなりのちの数字ではあるが、1974年の時点で、世界のウラン鉱の平均ウラン含有率は0.1%である（*Круглов*, 265）ので、ソ連領内のウラン鉱床はおしなべて貧鉱であったと言えよう。

(2) 1954～1964年

1943～50年、ウラン鉱の発見は鉄鉱石の放射能分析によっていた（《Ядерная ...》, 746）。しかし、1950年代になると、動く貨物列車から地表のγ線を計測するガンマ・ラジオメーターが必要数供給されるようになり、航空機やヘリコプターから地上のγ線を計測する空中ガンマ・ラジオメーターが実際の探査に応用されるようになると鉱床探査は新たな段階を迎えた（《Ядерная ...》, 747）。カザフスタン、ウズベキスタンの大きなウラン鉱山が次々と発見され、それらはソ連のウラン生産の基礎となった（*Cochran et al.*, 176）。この新しい探査法により発見された最初の鉱床のひとつが、先に挙げたクウルダイ（1951年）であったが、それに続いて、ボタブルム（1954年）、メロヴォエ（1954年）ではさまざまな鉱物と混じり合った鉱床が発見され、ややのちには、カザフスタンのタスムルン、タイボガルとトマクでも鉱床が発見された。北カフカースでは、バルカシノ（1953年）のほか、マヌィバイ（1954年）、アクスウ（1954年）で新鉱床が発見された。この時期、トルクメニスタンではセルノエ鉱床も発見されている（《Ядерная ...》, 747-9）。1960年代になると、地学分野の体系的な理論研究が進み、航空機からの放射線分析調査が届かない鉱床探査が可能となった（*Cochran et al.*, 175）。

採掘については、地下水がある地層内にウラン鉱石がある場合、地下をアルカリ化する方法が有効であることがわかった。ここに言う「地下アルカリ化法」とは、ウラン鉱石がある地層内にアルカリ溶液を注入し、その液にウランを浸出させ、ウラン資源をウランが溶け込んだ浸出液として回収する方法で、西側諸国でも広範に活用された（《ATOMICA》「ウラン粗製錬」04-04-01-01：https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_04-04-01-01.html. 2021年9月17日閲覧）。ウラン採掘の「地下アルカリ化法」による採掘は1956年に初めて試行されたが、当時、イオン交換樹脂のようなコンパクトな吸着材がなかったために成功しなかった。イオン交換樹脂は1961年によりやう研究が開始され（《Ядерная ...》, 762）、1965年から本格利用された（《Ядерная ...》, 740）。

1950年代後半から1960年代はじめにかけて、北カフカースでバルカシノ（1956年）、バルカシノ地区内のデルガチェフスコエ（1962年）、マヌィバイ（1959年）、タストイコリ（1961年）、ザオーゼルノエ（1963年）各鉱床の精査が終了した。南カザフスタンではクィズィルサイ（1957）鉱床が発見さ

れた。しかし、埋蔵量は予測を大きく下回った（《Ядерная …》，753）。クィズィルクムでウチクドゥク鉱床が発見されたのに続き、ケトメンチ（1956年）、ブキナイ（1959年）、サブィルサイ（1960年）、南ブキナイ（1961年）、スウグラルィ（1961年）、リャヴリャカン（1961年）各鉱床が次々と発見されていった。これらのなかには地下300から500メートルという採掘が難しいところにあるものもあった。ドニエプル褐炭炭田では大きな鉱床デヴラドヴォ（1956年）、ブラーツコエ（1962年）が、より小規模なペルヴォズヴァノフカ、ペトロ=ミハイロフスカなどでも鉱床が見つかった（《Ядерная …》，754）。新しい大きな鉱山、なかでも、ザバイカルのストレリツォフスコエ、ウクライナのキロヴォグラード、さらにツウ=サルィスイのウヴァンス鉱床の発見は重要であった。ソ連ではこの時期、ウラン埋蔵量の見込みは265,000トンにまで増えた（《Ядерная …》，756）。こうして、ソ連領内における各ウラン産地の比重は大きく変化していった〔図-2〕。

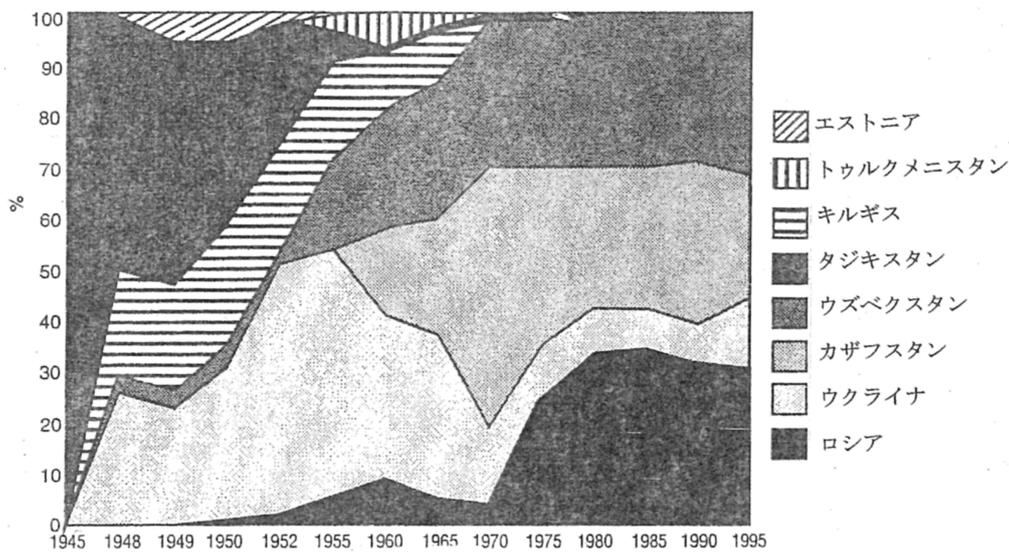


図-2. ソ連におけるウラン総採掘量に占めるソ連内各共和国の比重（縦軸は%、横軸は年次）
出所）《Ядерная …》，741.

1956年、北カフカースの諸鉱山を管轄する第4コンビナート建設が開始され、1959年に操業を開始した。1958年には、第2コンビナートがブハラの前ウチクドゥク鉱山を開発しはじめ、1963年に採掘を開始した。1959年、マンガィシュラク半島メロヴォエのウラン=燐鉱石鉱床が開発されはじめ、1964年に採掘が開始された（このために第1コンビナートが建設された）。これら諸鉱山からのウランは中型機械製作省第1総管理部の総採掘量の72.5%に当たった（《Ядерная …》，737）。1956～61年、ソ連のウラン産出量は社会主義諸国中第1位となり、アメリカのそれにほとんど接近できるようになった（《Ядерная …》，737-738）。

しかし、国産ウランの低品位性は依然として大きな問題であった（《Ядерная …》，738）。0.2% U_3O_8 含有鉱を基準としていたが、実際には0.02%含有鉱までも利用されていた（Круглов, 265）。

3. 東ドイツ、チェコスロヴァキアなどからのウラン資源調達

東独のサクソニアとチェコスロヴァキアのヤーヒモヴォ（Яхимово：ドイツ名「ヨアヒムスタール」）鉱山は前世紀から採掘されていた（*Круглов*, 261）。1938～1939年、ボヘミアの鉱山は年に200トンのウラン鉱石を産出していた。1945年1月27日付国家防衛委員会指令によりブルガリアのブコヴォ鉱山がソ連に引き渡され、採掘が開始された。1947年からはポーランドからもウランの提供があった。1945年3月、亡命から帰ったばかりのチェコスロヴァキア政府にソ連はウラン供給に関する秘密協定の締結を打診した。しかし、それ以前にすでに、ヨアヒムスタール（ヤーヒモヴォ）の鉱山は1945年9月の締結を待たずにソ連軍が準備作業を実施していた（*Гуськова*, 48）。1945年11月に締結された協定によりソ連軍政部はドイツ東部の鉱山から採掘されたウラン鉱石の96%を入手した（*Гуськова*, 48-49）。1945年11月23日、チェコスロヴァキアと、1946年10月には東独と協定を結んだ（*Круглов*, 261）。1945年末、ソ連政府は、ブルガリア、チェコスロヴァキア、少し遅れて、ポーランド、ルーマニア、ハンガリー政府と放射性鉱石の共同調査、採取、およびウラン製品のソ連への提供に関する協定を締結した。東独とは“共同で”専門の鉱山管理部を創設し、1947年5月10日付でソヴィエト国立株式会社《ヴィスマート》²を設立、サクソニアとそれに隣接する地域のウラン鉱の調査と採掘の全権利をえた（《Ядерная ...》, 746; *Круглов*, 261）。1946年、ソ連は金属ウランに換算して100.8トンのウランをえたが、そのうち62トンが外国から提供されたものであった（《Атомный проект ...》, II-3, 735）。

《ヴィスマート》は、国家防衛委員会内で原子力開発に責任をもつ臨時の国家機関＝「特別委員会（通称、ベリヤ委員会）」の発議により、1950年6月10日付でソ連海外資産総管理部への管理替えがなされ（《Атомный проект ...》, II-5, 35）、1951年からソ連政府の監督のもとで、採掘計画が立てられることとなった（《Атомный проект ...》, II-5, 79）。粗鉱、精鉱あわせて年間1,250トンの採掘のために、労働力確保などの諸方策が策定され（《Атомный проект ...》, II-5, 288-291）、原価は1キログラム当たり、395ルーブリからはじまり、年内に405ルーブリ、さらに450ルーブリへと上昇した（《Атомный проект ...》, II-5, 343）。1952年6月には、ポーランド全域で大規模な“鉛鉱（ウラン鉱のコード名）”採掘に向けた計画が策定され（《Атомный проект ...》, II-5, 443, 444）、ほぼ同時期にチェコスロヴァキアにたいしても、ウランの採掘・精錬を司るソ連閣僚会議附属第2総管理部（ВГУ）への1,000万ルーブルの追加予算投入による“鉛鉱”の大増産計画が策定された（《Атомный проект ...》, II-5, 469）。また、翌年には、チェコスロヴァキア、ブルガリア、ポーランドでの“鉛鉱”増産のため、矯正収容所収容者の大量活用を決めている（《Атомный проект ...》, II-5, 547, 548）。東欧諸国のなかでも、東独のウラン推定埋蔵量は1,600トンで、第2位、465トンのチェコスロヴァキアを大きく引き離し、群を抜いていた（ブルガリアは90トン、ポーランドは45トン）（《Атомный проект ...》, II-5, 711）。また、東独産ウラン鉱石の平均品位は0.15%（1948年現在）（《Атомный проект ...》, II-4, 492）、ヤーヒモヴォ

² 《ヴィスマート》については、木戸衛一によって、その“国家中国家”ともいうべき特異な様相が、そこでの深刻な放射線被ばくの事例とともに明らかにされている（木戸, 164～192）。また、ドイツの科学ジャーナリスト、Rainer Karlshには、やはり「ヴィスマート」を対象とした大著、*Uran für Moskau: Die Wismut – Eine populäre Geschichte*（Christoph-Links-Verlag, 2012）、Rudolf Bochとの共著、*Uranbergbau im Kalten Krieg: Die Wismut im sowjetischen Atomkomplex. Band 1: Studien.*（Christoph-Links-Verlag, 2011）がある。

のそれは0.14%（1946年現在）であり（《Атомный проект ...》. II-3, 542）、その点からも東欧産ウラン鉱石はソ連にとって魅力あるものであった。

ヤーヒモヴォは1945年までに30.84トンのウランを、多くの場合、地表部から露天掘りで採取していた。1946年には他の鉱山からの3.5トンを含め、チェコスロヴァキアは14.5トンをソ連に提供した。チェコスロヴァキアのウラン鉱山はソ連から大增産が求められた。1949年、チェコスロヴァキアからソ連に提供されたウラン累計102トンのうち、84.1トンが1949年1年で採れたものであった。1945年、ヤーヒモヴォの鉱山で働いていた鉱夫は約300人にすぎなかったが、1949年になると全土28鉱山で14万人が働いていた。1953年になると、ヤーヒモヴォの労働者は56,800人となった。1945年にのちに《ヴィスマート》の傘下に入る鉱山には約300人の鉱夫が働いていただけであったが、東独では最大時4万人がウラン鉱山で働くことになった（Гуськова, 49）。

閣僚会議第2総管理部成立とともに、海外施設部（Отдел иностранных объектов）が設置され、《ヴィスマート》、《ヤーヒモヴォ鉱山》社、ソヴィエト-ブルガリア鉱山協会、ポーランドの《クズネツ》諸鉱山、ルーマニアの《クヴァルツイト》社によるウラン採掘がはじまった（《Ядерная ...》, 737）。《ヴィスマート》は11の鉱床を開発した（《Ядерная ...》, 749）。1953年、ソ連の国内産出量は1946年の28倍になったが、東欧“人民諸共和国”からのウラン製品調達は90倍になった（《Ядерная ...》, 737）〔図-3〕。

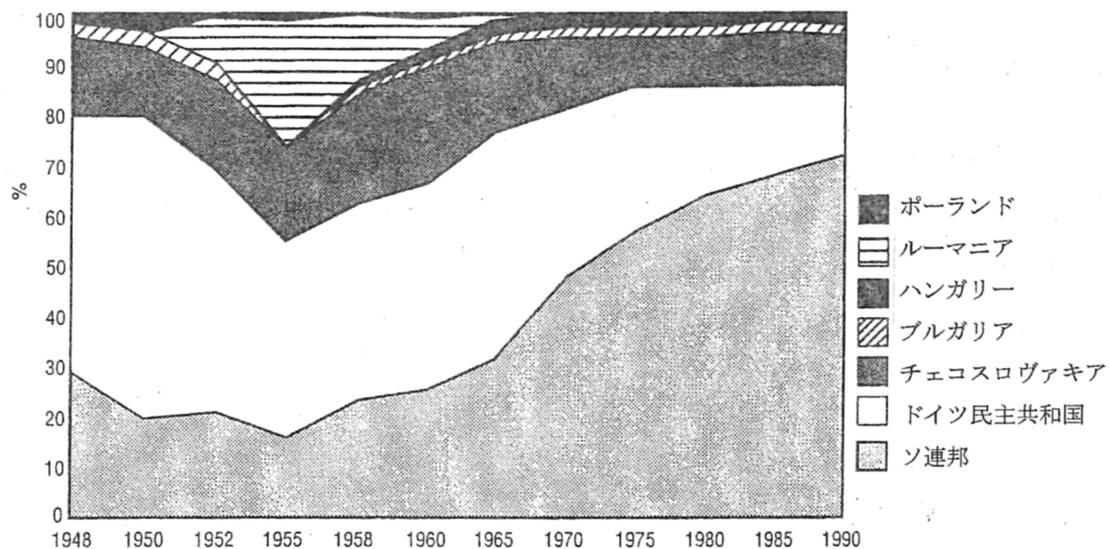


図-3. ソ連・東欧諸国におけるウラン総採掘量に占める各国の比重（縦軸は%、横軸は年次）
出所）《Ядерная ...》, 741.

他方、ブルガリアは全部でも500トンくらいの埋蔵量しか見込めず、ルーマニアは、1953年ソヴィエト調査隊が発見したツウダユヴィツァ（ロシア語表記、Цудаювица）鉱山のみが工業規模で採掘可能であった（《Ядерная ...》, 750）。ポーランドのウラン資源も乏しく、数十トンから100トン台の前半程度の埋蔵量と見込まれた（《Ядерная ...》, 751）。ブルガリア、ポーランドの鉱山開発は1951年には事実上キャンセルされたと思われる（Гуськова, 48）。埋蔵量推定2万トン以上の大鉱床は東欧では4カ所のみ（ニーダーシュレーマ=アルペロード、シュミルヒャウ、パイツドルフ、プリシーブラム）で

あった («Ядерная ...», 753)。

また、東欧産のウラン鉱石の低品位化も急速に進んだ。ウラン含有率0.01のものまで使わざるをえなかった旧ソ連諸共和国のウラン鉱の低品位性ゆえに、ほとんどのウラン鉱石は“副業”として採掘されるか、他の鉱物との抱き合わせで採掘されるかであった (Cochran et al., 177)。1950年まで“人民諸共和国”からの輸入ウランはソ連領内産のウランを補い、国内産の3～4倍となることもあったとされる (Гуськова, 50)。しかし、比較的品位が高かった東独のウラン資源でも、増大する需要のため、含有率0.02%の貧鉱まで採取しなければならなくなった (Гуськова, 49)。

4. ウラン鉱山における放射能汚染と防護策

旧ソ連でその原子力開発最初期から放射線病と放射線防護に取り組んでいた医師・医学者、アンゲリーナ・グシコーヴァ (Ангелина Константиновна Гуськова, 1924-2015) は初期のウラン採掘業における放射線汚染についても貴重な証言を残している。ウラン鉱山では、何よりも坑内に発生するラドンが、そして、モナザイト (モナズ石: リン酸塩鉱物. しばしば微量のウランを含む) の精鉱を扱う企業の場合はトロンが深刻な影響を与えていた (Гуськова, 47, 48)。多くの場合、当時国際機関³で受け入れていた月別被曝線量基準、またカナダ、アメリカ、アフリカ諸国の鉱山における坑内被曝線量の見積りを凌駕していた (Гуськова, 48)。

鉱山を管理する当局もそうした状況の深刻さを、ある程度は認識していた。1948～49年、主要坑道での通風機構を改修するとともに、洗浄装置付きの掘削法を採用したことで労働現場での粉塵は10分の1に低減したとされる。1950～53年には、古い、活用されない鉱山産出物を隔離し、区画ごとに通風を最適化し、発破作業においては水力を活用して粉塵を除去するなどの対策を採った (水力粉塵除去法)。さらに、粉塵吸着添加剤 (ナフテン酸塩石鹼) の洗鉱用水への添加などを施しても、空気中の粉塵率はまだ高い水準にあった。1954～55年には、ラドン対策、通風促進に加え、発破作業と集積作業への水力粉塵除去法の大量導入とそのための新しい吸着添加剤と注水機の利用をはじめた。1956～59年になると、貫通型横坑道へラドンを誘導し、集中させることによって、1958年までに対1955年比でラドンの量を3分の1にまで減らした。そして、1959年、粉塵もようやく当時のソ連の環境基準値以下となった («Ядерная ...», 772)。こうした放射線防護措置の有効性については、当然ながら疑問もある。

しかし、より深刻であったのは、東欧におけるウラン鉱山の放射線汚染であった。グシコーヴァは1957年に《ヴィスムート》社を訪問しているが、当時のソ連のウラン鉱山と比べても「とても重苦し

³ グシコーヴァの著書では「国際機関」とあるだけで、どの国際機関か特定することができない。ただし、ソ連は1950年の国際放射線学会議 (International Congress of Radiology: ICR) の放射線安全基準を受け入れており、その後は同年に発足した国際放射線防護委員会 (International Committee for Radiation Protection: ICRP) の基準に従っていた (А.А. Летавет, “Гигиенические проблемы в радиологии.” в Под ответ. ред. А.В. Лебединского, «Тезисы пленарных докладов Всесоюзной конференции по медицинской радиологии». Москва: Медгиз 1956г. С. 27, 28)。

い印象」を受けている。狭く、未整備の坑道、弱い換気装置、火事が頻発し、70℃にも達する坑内温度、ひどい湿気、不十分な機械化、無理なポーズでの重筋肉労働は労働者に深刻な影響を与えていた（Гуськова, 49）。気管支の病気が蔓延し、おそらく、放射性粉塵によるものと考えられる珪肺はその80%が、労働条件を犠牲にしての大増産が図られた1949～51年に発症している（Гуськова, 51）。

ソ連でも東独でも、当時は重労働をとまなう坑道採掘法が優性（90%）であった。あとになってようやく、よりましな労働条件をもたらす（粉塵の発生がかなり抑えられる）「地下アルカリ化法」（先述）が利用され、ベンチレーターも改良されて、粉塵抑制が一定進捗した（Гуськова, 51）。

グシコーヴァは、また、初期のウラン精錬工場における放射線汚染についても証言している。「エレクトロスターリ」第12工場は、ひどい湿気、有毒ガス（クロルエーテル、フッ化物など）が充満していた。最初は戦利品の「黒い粉末（粗精錬ウラン）」（脚注1参照）を加工していた段階はともかく、のち国産の低品位鉱を対象とするようになると、事態はたいへん深刻になった（Гуськова, 55）。

5. むすびにかえて

ウラン資源探査活動は旧ソ連邦領土内のみならず、東独、チェコスロヴェキアなどにもおよび、各地で採掘、精錬が大規模に進められた。しかし、核軍拡を強力に押し進めていた冷戦前期のソ連の需要を満たすには、それでも不十分であり、海外のそれを含む、あらゆるウラン資源を寄せ集める必要があった。また、領内諸鉱床から産出されるウラン鉱石はかなりの貧鉱であったため、のちにはやはり貧鉱化するとはいえ、1950年代においては東欧産の相対的に豊かな鉱石への依存には断ちがたいものがあった。

ウラン資源に余裕ができるのは1950年代後半から1960年代半ばにおけるウラン資源開発が成功してからである。列車、航空機、ヘリコプターなどから鉱物由来の放射線を探知できる高性能のガンマ・ラジオメーター（および、検討対象の時期からはややずれるが、「地下アルカリ化法」）の広範な活用がそれを可能にした。

その後、1970年になるとソ連は17,500トンのウランを生産した（うち1,800トンが平和目的に利用された）。ソ連を除く世界のウラン採掘量は1975年でも25,000トンだったので、ソ連は世界最大のウラン供給国となったことになる（Круглов, 265）。ソ連は1970年代に世界の濃縮ウラン市場に参入した（Бухарин, 4,7）。

1980年代、毎年1,600トンになるソ連・東欧諸国の消費のうち、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企業の取り扱い総量は年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。

興味深いのは、ウラン資源に余裕が生まれ、東欧諸国、なかんずく東独産鉱石の品位が落ちてても、ソ連政府が東独《ヴィスムート》などからのウラン輸入をさかんに続けたことであろう（木戸, 174の図-2参照）。これがソ連の原子力産業全体にかかわる“構造的”な問題によるものなのか、あるいは、

当時の“社会主義”経営体に多く見受けられた“惰性”によるものにすぎないのか、また、東独屈指の“輸出”型産業への“救済策”であったのか、解明されなければならないであろうが、それは将来の課題としておきたい。

【謝辞】本稿は、令和3～6年度日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（B）「“越境するソヴィエト科学”－旧ソ連由来の科学知の国際的影響－」〔研究代表者－金山浩司：21H00504〕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。

引用文献

- Бухарин, Олег А.* (1993), «Ядерный топливный цикл в бывшем СССР и в России: Структура, возможности, перспективы». (2-е издание, дополненное и переработанное). Москва, Ассоциация содействия нераспространению.
- Под общ. ред. *Л.Д. Рябева* (1998-2010), «Атомный проект СССР: Документы и материалы» в 3-х тт.-12 кн. Москва-Саров: Наука-Физматлит.
- Под ред. *А.М. Петросьянца* и др. (2000), «Ядерная индустрия России». М. Энергоатомиздат. 2000.
- Министерство Российской Федерации по атомной энергии и др., (1995) «Создание первой советской ядерной бомбы». Москва, Энергоатомиздат, 1995.
- Круглов, А.К.* (1995), «Как создавалась атомная промышленность в СССР». Москва: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 1995.
- Гуськова, А.К.* (2004), «Атомная отрасль страны глазами врача». Москва: Реальное Время, 2004.
- Cochran, Thomas B., Robert S. Norris and Oleg A. Bukharin* (1995), *Making the Russian Bomb: From Stalin to Yeltsin*. Westview Press, 1995.
- 市川 浩 (2007) 『冷戦と科学技術－旧ソ連邦 1945～1955年－』 ミネルヴァ書房.
- 市川 浩 (2019) 「“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－」、広島大学平和センター『広島平和科学』第40号 (2019.03). 2～15.
- 木戸衛一 (2017) 「東独のなかの『原子力国家』－ウラン採掘企業『ヴィスムート』－」、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、164～192.
- 中尾麻伊香 (2017) 「放射性物質の小史－ラジウム、ウラン、アイソトープ－」、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、64～75.