

地質 ニュース

NO. **63** 1959-11

地質調査所

ヨーロッパの ウラン鉱山



西ドイツ・ウイチヘン 中央は中世の修道尼院 この付近に多数のCo-Ni-Ag-Bi-U 鉱床がある

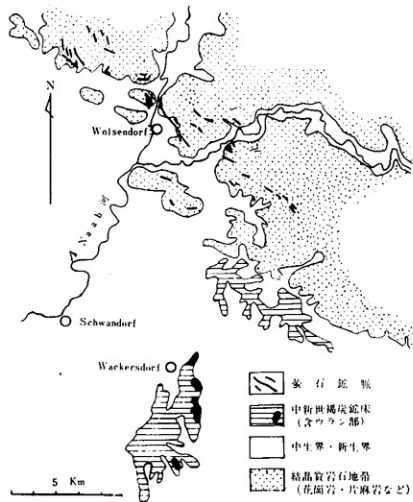
世界的にみれば小規模ながら 近年着実に開発されてきたヨーロッパ各国のウラン鉱床の探鉱と開発の状況はどうか？ 筆者は昨年秋から本年夏にかけて 西ドイツ・スウェーデン・ポルトガルおよびフランスの鉱床の一部を見学する機会を得たので そのあらましをお伝えしよう。

1. 西ドイツ

西ドイツでは連邦政府の原子力水力経済省において原子力平和利用と開発の最高政策が定められるが 実際の研究については各州政府に設けられた原子力委員会と大学・研究所・民間会社の協力の下に行われ ウラン資源の探査は各州の地質調査所により実施され民間会社も参加している。

過去の知識と現在までの調査結果からみて大規模なウラン鉱床の存在の可能性は少ないようであるが 比較的重要な鉱床は 次の通りである。

ウイチヘン (Wittichen) ライン地溝帯の東側にあつて 古生代末期の花崗岩・片麻岩からなるパーデン・ビュルテンベルグ (Baden-Württemberg) 州のシュワルツワルト (Schwarzwald) 山脈は古来有名な鉱産地であるが その中央のウイチヘン地区には 中世に銀・コバルトを採掘した多数の中熱水性 Co-Ni-Ag-Bi-U 鉱脈群がある。この鉱床にピッチブレンド (pitchblende) の産することは古くから知られていたが 戦後の詳細な調査の結果 既に廃坑になっている鉱床下部になお未採掘の残存鉱石が期待され 廃石や貯鉱にもウランの存在が確認された。両者を合わせて 10,000 t (0.2~0.3% U_3O_8) の鉱量に達するものと推定されるが いまだ実



西ドイツ Bayern州 Wölsendorf Schwandorf 付近の含ウラン鉍床



西ドイツ Bayern州北東部のウラン鉍床分布図



マリエンゲルベのステインクスパート重晶石鉍脈

質的な採鉍は行われていない。

ベルゼンドルフ (Wölsendorf) バイエルン (Bayern) 州北東部でチェコスロバキアとの国境山脈バイエリッシェルワルト (Bayerischer Wald) は古生代末期の造山帯でシュワルツワルトと同様に花崗岩・片麻岩などが広く分布し その中部のベルゼンドルフ地区に多数の熱水性螢石脈が存在している。鉍床は 螢石・重晶石・菱鉄鉍からなり 少量の硫化鉍物および石英を伴い さらに微細球状集合のピッチブレンドを含有する。放射能の影響により螢石は黒紫色で特異な臭気を有するステインクスパート (Stinkspat) と呼ばれる螢石となっているのが特長である。この地区の螢石脈は60条にのぼり稼行中の主要脈19条中15条にウラン鉍物を産する。ピッチブレンドは両盤際に細条・鉍染状をなし 卑金属・コバルト・ニッケルの硫化・砒化鉍物を伴うが 銀・蒼鉛鉍物は存在しない。

ウラン富鉍部の規模は幅数cm 走向延長 10m 程度で

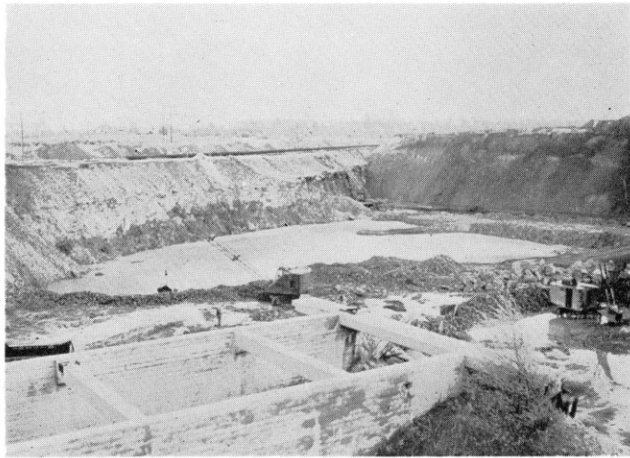
下部に延び 品位は0.1~6%U₃O₈であるが 螢石粗鉍中のウラン品位ははるかに低下する。地表下100mくらいまでは二次ウラン鉍物が豊富に産し その鉍物種類は19種に達する。現在のところ ウラン鉍採掘に対し積極的な国家的奨励策がとられていないために 含ウラン塊鉍は別途貯蔵されているにすぎないし 詳しい鉍量も算定されていないが 螢石採掘の副産物として回収は可能であろう。この地帯はエルツゲビルゲ (Erzgebirge) の西隣にあたり 今後の積極的な採鉍によっては西ドイツの重要なウラン鉍地帯となる可能性がある。

ワイセンシュタット (Weissenstadt) ベルゼンドルフ北方70kmにあるフィヒテルゲビルゲ (Fichtelgebirge) のワイセンシュタット地区には 古生代末期の花崗岩中に多数のグライゼン鉍床があり かつて錫石が探鉍された。

グライゼン中の割れ目には燐銅ウラン鉍 (torbernite) 燐灰ウラン鉍 (autunite) が薄膜・鱗片状をなしており



マリエンゲルベの螢石運鉍場 左端に含ピッチブレンド塊鉍の貯鉍



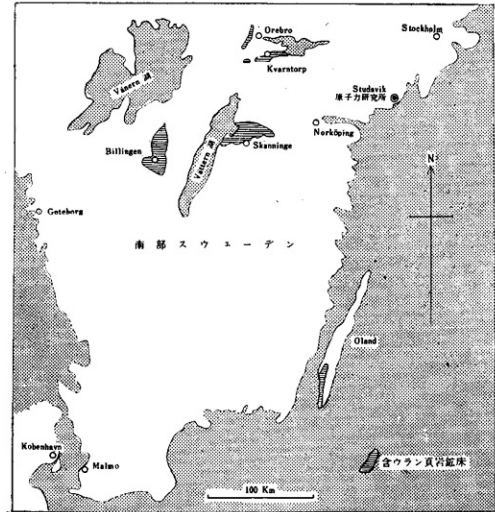
スエーデン・クバルントルプ含ウラン油母頁岩の露天掘

グライゼン・錫石・鉄マンガン重石・硫砒鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・螢石・石英などを含有する。グライゼン脈は多数にのぼり延長15~20m 幅数cm~1m 深さ200mに達するものがある。ルドルフシュタイン (Rudolfstein) では平均品位 0.07~0.08% U_3O_8 で鉱量約 100 t U が採掘可能で 化学的処理に適するといわれる。

ロイポルズドルフ (Leupoldsdorf) では1950年ころ二次ウラン鉱が探鉱出鉱され 西ドイツにおいて初めてデグーサ (Degussa) (ドイツ金銀冶金) 会社により金属ウラン棒に精製された。またフロッセンベルグ (Flossenberg) では 20 数カ所で 花崗岩の割れ目にカオリン化作用を伴う燐灰ウラン鉱が産し 0.03~0.06% U_3O_8 の品位を有するものや またピッチブレンドの微粒が花崗岩中に鉱染している鉱床も発見されているが 稼行は困難なようである。

シュワンドルフ (Schwandorf) シュワンドルフ東方では上部中新統の褐炭が露天掘で採掘されており 組織的調査によって1955年この鉱床の一部にウランの存在が確認された。ウランの含まれる部分は 鉱床の東縁部でおもに下位の粘土質低品位褐炭層である。含ウラン層は厚さ 0.2~0.7 m で品位は 0.5% U_3O_8 に達する部分があるが 採掘可能鉱量として平均厚さ 1.5~2.5 m 0.03~0.05% U_3O_8 として約10万 t と推定されている。灰分では 0.07~0.09% U_3O_8 になり硫酸による抽出も可能で含ウラン部の露天掘も可能であるが まだ採掘されていない。鉱床中にはウラン鉱物が発見されず ウランは粘土および褐炭に吸着されているもので 上記のベルゼンドルフならびにパイエリッシエルワルトに分布するウラン鉱床に由来するものであろう。

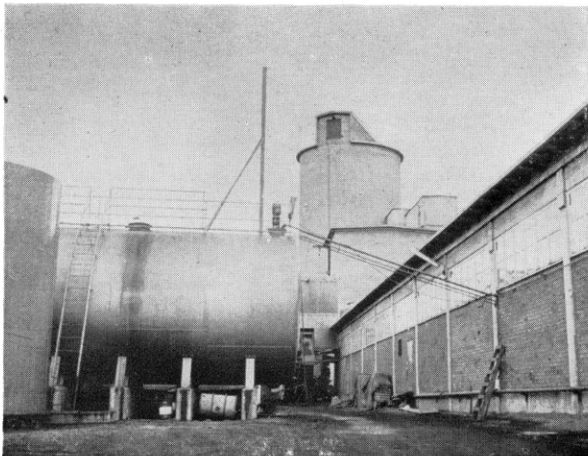
エルワイラー (Ellweiler) ラインランド-プファルツ (Rheinland-Pfalz) 州マインツ (Mainz) の南西方ナーエ (Nahe) 川流域には 下部二疊系下半部を貫く斑岩岩



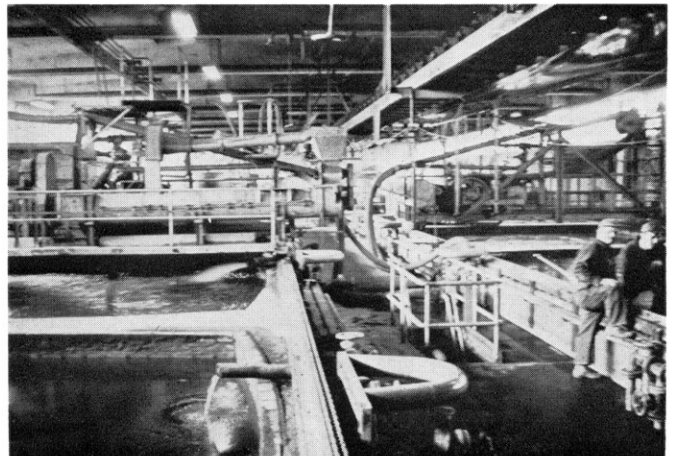
スエーデン南部の含ウラン頁岩鉱床分布図

株が各地に分布し エルワイラー付近でこれら岩株中および被貫入堆積岩中にウランの鉱染鉱床が1957年に発見された。鉱床は風化変質作用をうけた斑岩および粘板岩の微細な割れ目に粉末状の砒銅ウラン鉱・燐銅ウラン鉱が付着するもので 地表近くの部分が富鉱体をなしている。現在 2 鉱体が知られており 試錐結果によれば 20m±以深ではウラン濃集度が著しく低下する。ウランは斑岩中に含まれていたものが風化作用によって溶脱・濃集し 割れ目に沈殿したと考えられている。平均品位 0.11~0.12% U_3O_8 として 80~100 t U_3O_8 の鉱量が確認され 本年夏には処理能力 50t/日の選鉱場が建設され 月産 1 t のウラン精鉱が生産される予定である。

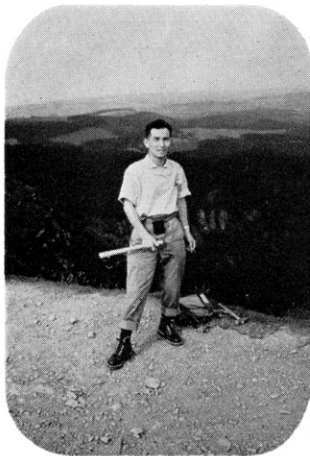
以上に述べた鉱床以外にも 各地で地質学的・鉱物学的に興味のある産状を示すウラン鉱物が知られているが 経済的価値に乏しい。このように西ドイツのウラン鉱床は一般に小規模・低品位で 採掘可能な鉱床を全部集計しても ウラン資源は乏しくウラン量にして 300 t 余と推定されているに過ぎない。



クバルントルプのウラン抽出場(右)と粗砕鉱貯鉱塔(後)



クバルントルプの硫酸浸出槽

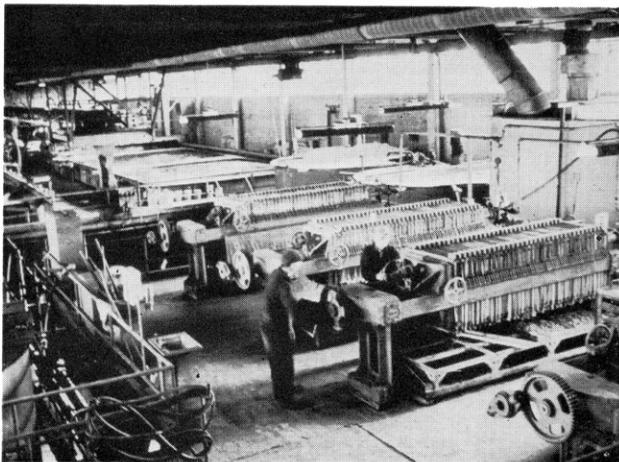


西ドイツ Feldberg 山頂の関根技官

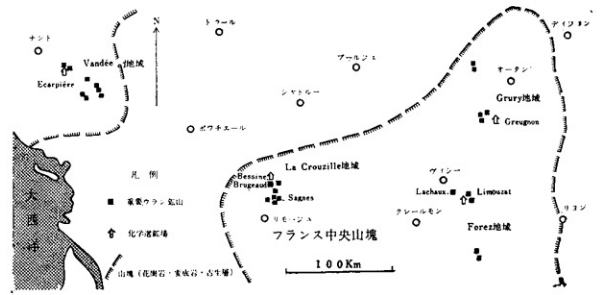
2. スウェーデン
石油・石炭の燃料資源をもたないスウェーデンでは 原子力発電は今後重要な意義を有する。唯一のウラン資源は ネルケ(Närke)・ベステルイエトランド(Västergötland)・オェーランド(Öland) 島各地域に広範囲に分布する含ウラン油母頁岩

岩鉱床であり 現在ネルケ地域クバルントルプ(Kvarn-
torp) 鉱床が開発されウランが抽出されており ベステル
イエトランド地域とビルンゲン(Billingen)にも年産精
鉱120tの処理能力を有する抽出工場が建設準備中である。
ストックホルム(Stockholm) 西方約200kmのク
バルントルプ地区では 先カンブリア紀基盤岩上に堆積
したカンブリア紀の砂岩・頁岩を下盤とし 石灰岩に被
覆される含ウラン瀝青質黒色頁岩は 厚さ平均17mで
きわめてゆるい傾斜(平均6°)を示し この最上部4.5~
5mの部分がとくにウランに富み 平均200~300g U/t
であるが 炭化水素の含有量のとくに多い団塊(kölm)
では0.2~0.3 U₃O₈に達する。なお 頁岩層中には
多量の石灰岩の円盤状団塊が包含されている。

第二次大戦中から石油の輸入困難に伴って 油母頁岩
中に4~6%含有される石油がクバルントルプにおいて
スウェーデン頁岩油会社によって抽出・精製されていたが
その抽出工場に隣接して原子力会社のウラン抽出工場が
設けられ 年間約11万tの粗鉱が化学的に処理され精鉱
10~15tが産出されている。



クバルントルプのウラン精鉱口過脱水装置



フランス中央部の主要ウラン稼行鉱山分布図

含ウラン油母頁岩は 粗砕後重液選鉱により石灰岩塊
を除き 浮鉱をさらにコーンクラッシャーとロッドミル
で4mm以下に粉砕し8区の浸出槽に入れ 70°Cに加
熱し 硫酸を加えてウランを浸出溶解させる。浸出
液に石灰を加えてpHを1.8に調節し 口過後口液をイ
オン交換塔に送り イオン交換樹脂ゼロライトで複雑な
形の硫酸ウラニルイオンを吸収し これに硝酸を加えて
溶解し さらにアンモニアを加えてウランをウラン酸ア
ンモニウム(NH₄)₂U₂O₇の形で沈殿させ 口過し乾燥し
て60~65%Uの黄橙色の精鉱としている。精鉱はスト
ックホルムにある原子力会社の精製工場に送られ 酸化
物・金属などに精製される。

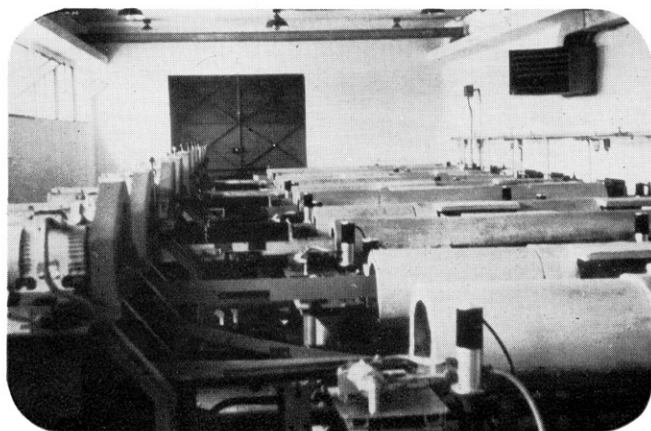
クバルントルプ・ビルンゲン両地区の含ウラン油母頁
岩鉱床の埋蔵鉱量は最低47億tと推定されており 含有
ウラン量は15万tに達し 今後数世紀にわたり重要なエ
ネルギー資源となるものである。このような低品位の
ウラン鉱床が稼行されている例は他にはみられない。
この型の鉱床以外のスウェーデンのウラン鉱はいずれも品
位・規模ともに小さく資源的価値に乏しい。

3. フランス

1946年にウラン探鉱が始まって以来 数年間でヨーロ
ッパ随一のウラン産出国となったフランスは 現在第2



フランス・リモーザ鉱山全景 立坑と物理選鉱場



リモーザ鉱山の放射能塊鋳選別機

回目の開発5カ年計画を実施中で その終了後の1962年にはウラン選鋳全能力は113万t/年 精鋳産出量は1,200~1,500 t Uに達する予定である。現在フランスのウラン鋳床は中央山塊 (Massif central) 地帯のクルージュ (Crouzille)・グルリー (Grury)・フォレーズ (Forez) とブレターニュ (Bretagne) 南部のバンデー (Vendée) の4地域で原子力委員会によって開発・採掘されている。いずれも古生代末期の花崗岩・白粒岩 (granulite)・斑状花崗岩・片麻岩などの破碎帯を充填・鋳染したピッチブレンド鋳床である。

鋳脈には破碎角礫構造がみられ セリサイト化作用と共に赤鉄鋳化作用が著しい。鋳石はピッチブレンドを主とし 一部はパラピッチブレンド (parapitchblend) になり 少量の黄鉄鋳・方鉛鋳・閃亜鉛鋳・石英・方解石・赤鉄鋳を伴う。所によっては花崗岩中の煌斑岩岩脈 (lamprophyre)・微花崗岩岩塊に規制されて富鋳部を形成することがある。また 母岩の花崗岩・閃長岩

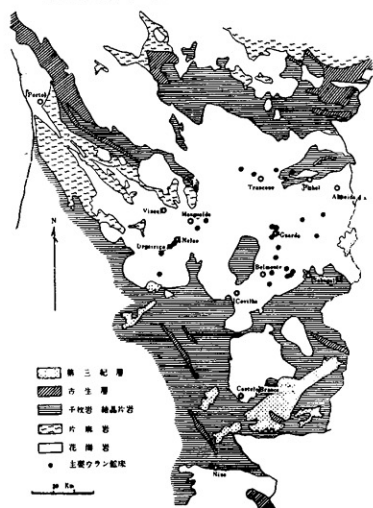
の割れ目や空隙にコフフィナイト (coffinite) の散点していることがある。

フォレーズ地域ボワ・ノワール (Bois Noirs) で最大のリモーザ (Limouzat) 鋳床は延長1,400 m 富鋳部は延長700 m 最大幅25 m で18°

のゆるい落しをもち 深さ200 mまで開発 400 mまで試験によって確認されている。二次ウラン鋳物のとくに多い露頭富鋳部は露天掘によって採掘されているが 処理能力20万t/年の化学選鋳場の完成 (1960) をまわって坑内採掘に移る予定である。

クルージュ地域のブリュジョー (Brugeaud) 鋳床では花崗岩と白粒岩との境界部付近の多数のピッチブレンド脈の集合からなり 東西70 m南北250 m 深さ30 mの区域が露天掘され その下100 mまで坑道探鋳が行われており 埋蔵鋳量3,000 t Uが確認されている。また同地域のサニエーファネー (Sagnes-Fanay) 鋳床は多数の鋳脈群が一定の系統に配列するが総延長1,700 m以上の鋳化帯で このうち3地区に富鋳帯があり 深さ200 mまで開発・採掘されている。この地域で採掘される鋳石はブリュジョー鋳床の北方にあるベッシーヌ (Bessine) の化学選鋳場 (処理能力60万 t/年) へ送られる。

ホルトガル主要ウラン地帯の概略地質と主要ウラン鋳山分布



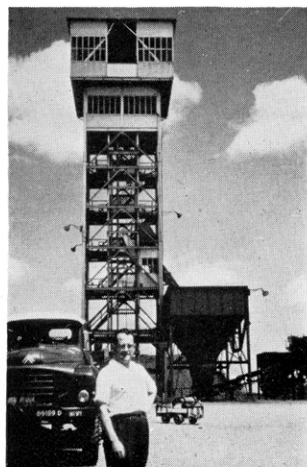
ホルトガル主要ウラン地帯の概略地質と主要ウラン鋳山分布図



リモーザ鋳山のウラン露天掘



ブルジョー鋳山の露天掘



サニエー鋳山の立坑



ポルトガル・ウルジェイリサ鉱山(CPR)全景
遠方に化学選鉱場が見える

4. ポルトガル

ポルトガルは西欧においてフランスに次いで重要なウラン資源を有する国である。今世紀初めのラジウムラッシュ当時からポルトガルラジウム会社(CPR)がウルジェイリサ(Urgeirica)およびその他数鉱山のウラン鉱を採掘しラジウムの生産につとめてきていた。戦後原子力委員会(JEN)が設置され本土・海外領土のウラン探査が直接JENの探鉱部によって開始された。

JENは国内ウラン鉱の組織的調査開発のために最高方針から室内・現場作業の細部に至るまでの詳細な計画と準備を行い統一的な作業様式を規定した。この準備のために数年間を費している。1955年から実質的な調査が始められ有望地(国土面積9万km²の約2/3でベイラス(Beiras)州を中心とする花崗岩類露出地)の約80%が3年間に一応終了し今後はそれらの探鉱開発の継続と共に調査は残余の堆積岩地域に拡張される。

ウラン鉱の組織的調査探鉱は次の順序に従って綿密に行われる。

1. 航空写真地質図作成

2. 一般地質構造図幅作成
3. 放射能異常地概査
4. 地域的放射能探鉱
5. 地区的放射能探鉱
6. 鉱床の放射能探鉱

この順に調査探鉱の密度と精度が高くなり各段階相互に有機的な連絡を保って作業が進められる。(2)(3)の段階に平行してカー・ボーン探鉱も実施される。以上の段階を経て確認されたウラン鉱床は次いでトレンチ・簡易試錐・ダイヤモンド試錐によって規模と品位が推定され坑道探鉱計画が立案され有望なものは立坑や坑道探鉱が実施され採掘計画がたてられる。

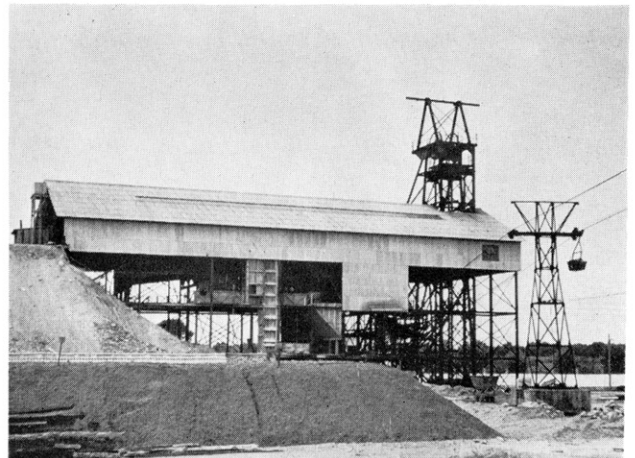
現にCPRにより開発採掘されている鉱山は14鉱山でまたJENにより5鉱山が探鉱出鉱されており120余の鉱床が調査中でさらに200に近い放射性異常地点が発見されている。

ポルトガルのおもなウラン鉱床は前記フランスの鉱床と全く同様な性質を有する。

- (1) 古生代末期造山帯の花崗岩類 変成岩類の破碎帯中に鉱脈および鉱染状に産出するピッチブレンドおよび二次ウラン鉱物の鉱床である。最大のウルジェイリサ鉱床を初めとして現に稼行・探鉱出鉱中の重要鉱床および大半の鉱床はこの型に属する。
- (2) 上記花崗岩の貫入接触変成帯内の古生層とくに先シルリア紀の千枚岩中の燐灰ウラン鉱の鉱染鉱床がニザ(Nisa)その他各地で発見されている。これは紅柱石千枚岩の剝離面・節理や割れ目などに燐銅ウラン鉱・フォスフラニライト(phosphuranylite)・サビュガライト(sabugalite)



ウルジェイリサ鉱山の事務所(後方)と低品位ウラン鉱石の天然溶脱(前方)



ウルジェイリサ鉱山の主立坑と放射能自動測定所 鉱石は索道で選鉱場へ送られる

を伴って鉱染したもので 延長200 m 幅20mの富鉱部が連続分布し 試錐によって数m以上の深さが確認され 品位は最高3% U_3O_8 平均0.4% U_3O_8 に達する。

- (3) またウルジェイリサ鉱床に隣接する中新世の砂岩・礫岩中に鉱染状の燐灰ウラン鉱・燐銅ウラン鉱の鉱床がごく最近に発見された。この富鉱部の厚さは3 m以上 品位は平均0.17% U_3O_8 以上であり ウルジェイリサなどの鉱床に由来するウランが沈殿したものであろう。この両型の鉱床は共に採掘可能である。

ポルトガル最大のウルジェイリサ鉱山はすでに50年以上も採掘されてきたウランラジウム鉱山で 鉱床は花崗岩中のNE方向の構造線にのるピッチブレンド石英脈で 延長上にさらに幾つかのウラン鉱山がある。ピッチブレンド鉱石は少量の黄鉄鉱・方鉛鉱・時に黄銅鉱・閃亜鉛鉱を伴う。粘土化作用ならびに赤鉄鉱化作用が著しい。その鉱脈延長は1 km余で数条の分岐細脈を伴い 深さ530 mまで開発されている。脈幅は変化に富むが粗鉱品位0.35% U_3O_8 に達する。地表から100 m程度までは酸化帯で各種の二次ウラン鉱物を多量に産するがなおピッチブレンドも残存し 下部の初成鉱石帯に移過する。

ポルトガルのピッチブレンド鉱脈の性質・年代測定・地質構造の解析から ウラン鉱脈はアルプス造山運動の時期に形成されたと考えられており(多分始新世~漸新世) フランス西半部のウラン鉱床生成時期が中生代中期と推定されているのと考え合わせて興味深い。

ウルジェイリサを初めとして CPRで採掘中ならびに JENで探鉱出鉱中の鉱石(0.05% U_3O_8 以上)のうち0.2% 以上の高品位鉱は ポルトガル唯一のウルジェイ

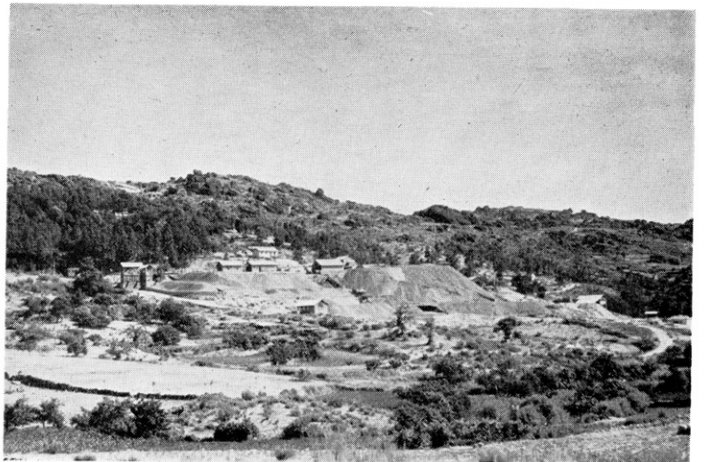
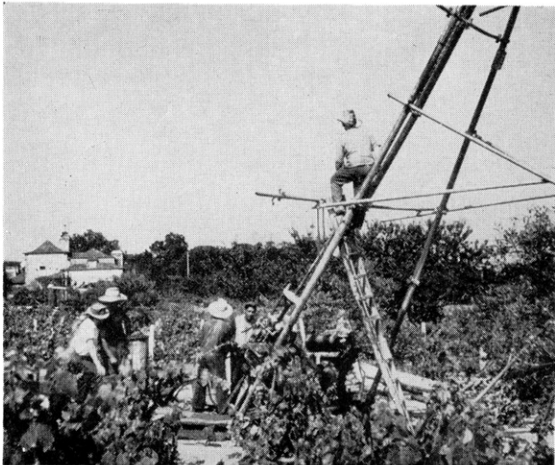


セニョラダスフォンテス鉱山(JEN)全景

リサ鉱山化学選鉱場(処理能力粗鉱 100 t/日)へ送られる。この選鉱場で鉱石は粗砕後 酸化剤の MnO_2 を加えてロッドミルで22メッシュ以下に粉碎し 攪拌浸出槽に入れて93~98%硫酸を加えてウランを溶解浸出させ サイクロンとシクナーで固体分を分離し 母液にマグネシアを加えて中和させ 沈殿物をろ過し乾燥してウラン含有量20~30% U_3O_8 以上の精鉱(含水ウラニル燐酸マグネシウム)を得ている。選鉱実収率は91%程度である。0.05~0.2 U_3O_8 の低品位ウラン鉱は 採掘現地において天然溶脱法(natural leaching)により処理されている。この方法は ポルトガル独自の低廉なウラン回収法で 1区画500~700 tの粉碎低品位ウラン鉱に鉱石 t 当り0.4~1.0kgの黄鉄鉱を添加して露天に堆積し水を撒布して4~6カ月間放置する。天日のもとで生じた硫酸が粉鉱中のウランを溶脱し 浸出液を集めて中和槽中でマグネシアを加えて沈殿させ ウラン粗精鉱を回収している。

この天然溶脱法の実収率は 気温・天候など種々の条件に左右されるが60~80%以上に達する。

ウルジェイリサの化学選鉱場などはすべてJENの管理下におかれ 産出された精鉱はすべてイギリスへ送られて精製されている。(鉱床部 関根良弘 技官)



ポルトガル・カバナスのオリーブとブドウ園の中のダイヤモンド試錐風景(JEN)

ビカ鉱山(CPR)全景