

石油地下貯蔵技術 (その2)

ヨーロッパにおける廃坑備蓄の現況

星野一男 (燃料部)
Kazuo HOSHINO

まえがき

原油の国家備蓄計画はわが国では現在次の3段階で進められている (地質ニュース314号)。

- 洋上備蓄
- 地上備蓄
- 地下備蓄

洋上備蓄は原油を積載したタンカーを港湾外の洋上に遊弋したままにするもので わが国独自の方式である。最近では海上に四角形のタンクを浮べた貯蔵船方式が計画されるようになった。

地上備蓄は在来の陸上タンク方式である。国家備蓄基地として 現在苫小牧 下北に大容量のタンクを多数並べる備蓄規模数百万klクラスの石油貯蔵施設が建設されつつある。

このような在来方式が行われている一方 地下方式も間もなく実施されようとしている。半地下式と言われる 従来の地上タンクをすっぽりとそのまま地下に埋設するような型式が現在次の段階として検討中であり 本格的な地下方式は 現在 愛媛県菊間で行われている実証実験が終了した段階で実際に動き出すことになるであろう。

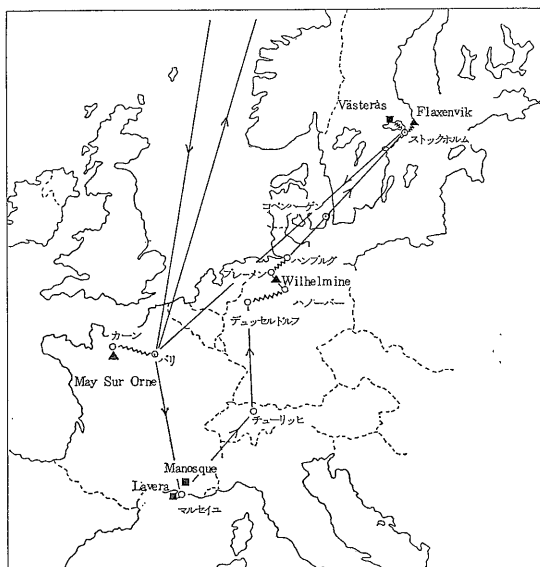
地下方式の主流は前稿 (北歐諸国における石油地下貯蔵地質ニュース 314号) で紹介したような新規掘削空洞方式であるが 一方 既設鉱山の採掘跡空洞を石油備蓄槽として転換利用することも試みられており 石油地下備蓄技術の先進国であるヨーロッパ諸国でも 廃坑を利用した石油備蓄基地がいくつか存在する。

本稿では昭和55年9月13—30日の期間に 日本立地センターの委託によって行った海外調査の報告書を基にヨーロッパ諸国における廃坑備蓄の例を紹介したい。

石油地下貯蔵技術のあらまし 水封式貯油空洞の原理などについては前稿 (前出) に簡単な説明を書いているので ここでは省略する。

メスルオルヌ鉱山備蓄施設 (フランス)

メスルオルヌ鉱山 (May Sur Orne) は大きく向斜した



第1図 旅行ルートおよび鉱山備蓄施設位置図

古生層中の鉄鉱床鉱山であり その採掘跡を転換して建設された石油 (軽油) 備蓄施設は ヨーロッパでも最も古いものの一つである。

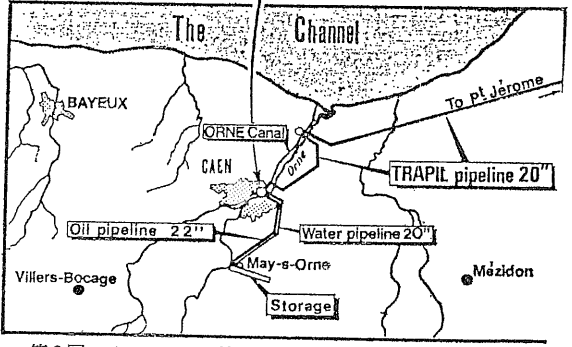
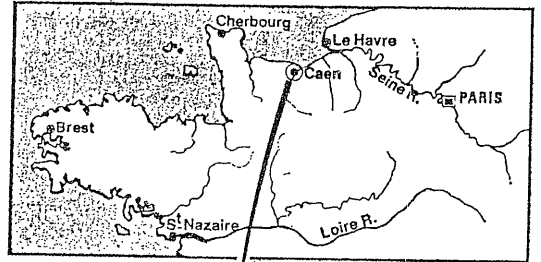
鉱山はパリの北西約240km カーン市 (Caen) の南約10km オルヌ川の右岸に位置する (第2図)。

カーン市はノルマンディ地方の中心地で 地中海よりオルヌ川に沿って約20km上流にあり 河口の都市オイストルハム (Ouistreham) との間は オルヌ川に沿う運河によって結ばれている。このため常時1,500トンまでの船がカーン市まで入港できる。

この地方の主要石油精製施設は カーン市の東方約85km セーヌ川の河口近くにあるポートゼローム (Pt. Jerome) であって 従って石油の主たる受払いメスルオルヌ鉱山を備蓄施設に転換したとき建設された カーン—ポートゼローム間のパイプラインによって行われている。

鉱山附近は海拔40—60mでこの中をオルヌ川が南から北に向かって流れている。オルヌ川の水面は海拔15mで 従って地形はオルヌ川に向かって比高約25mのゆるやかな斜面を形成している。

メスルオルヌ鉱山では 1875年頃から鉄鉱石の採掘が開始された。最盛期には年間250万トンの鉄鉱石を産出しこれを主として英国及びベルギーに輸出したが戦後次第に競争力を失い 1968年閉山した。この鉱山を地下貯油施設に転換するため GEOSTOCK 社 (Shell, Total, BP, ELF の出資により作られた石油地下備蓄のエンジニアリング会社) による予備調査が1969年末より開始され次いで1970年末より地質構造 地下水関係の精査が行われ 1971年秋より転換への建設工事が開始された。1972年5月より北側空洞に最初のガスオイル (軽油) の受入れが開始され 1972年末には 全施設が完成して1973年3月より南側空洞も操業に入った。



第2図 メスルオルヌ鉱山備蓄施設周辺

この貯油施設は最初原油 及び軽油の戦略備蓄施設として計画されたものであるが 1973年の石油危機以来軽油の季節的な調整用貯油施設として利用されており1972年から1976年までの受入量は 約1000万m³ 払出量は約600万m³であった。これは平均年間受入量約200万m³ 平均年間払出量150万m³に相当している。

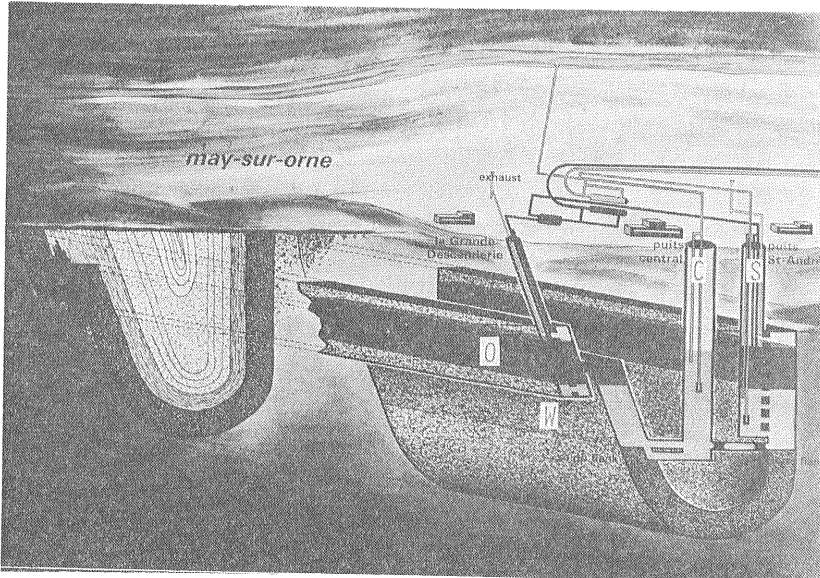
鉱山附近は古生代オルドビス紀の砂岩 頁岩及びこれを不整合に被覆する中生代ジュラ紀のパリ扇状地堆積岩よりなっている。古生層の走向は略東西で大きな向斜構造をなし 傾斜は向斜軸の北側では略々垂直 南側では約45°北に傾斜している (第3図)。

鉱床は古生層中に胚胎した厚さ3~5mの鉄鉱層で深さは地表から750mに達し その両端は向斜軸の北と南に約1kmの間隔をおいて地表に達している。鉄床の走向延長は7kmに達する。鉄床附近には2つの大き

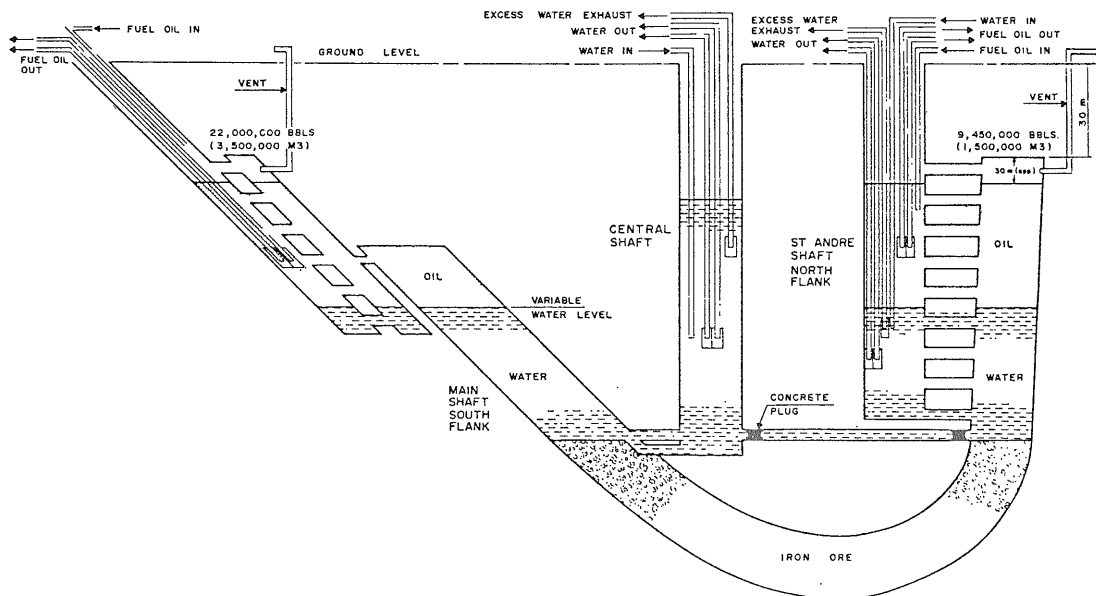
な走向断層と多数の斜交断層があり 特に向斜軸の南側にある鉄層は 走向断層により切断され大きく変位している。

鉄鉱物は赤鉄鉱であるが 微量の黄鉄鉱及び微細な方解石脈が認められる。

鉄床の上盤は頁岩 下盤は砂岩よりなり 母岩と鉄石との剥離性は良い。古生層を不整合に覆っているジュラ紀の堆積岩は固結度の低い泥岩で 透水性が高く鉄山附近では海拔40m以上の地表のみ分布している。



第3図
メスルオルヌ鉱山の向斜構造
O・原油 W・水 C・中央立坑
S・サンアンドレ立坑



第4図 メスルオルヌ鉱山施設の断面

採掘は向斜鉱床の両翼から行われ 北側ではサンアンドレ立坑により深さ400m 延長3.5km 南側は大斜坑と中央立坑により深さ400m 延長6kmにわたり稼行されていた。

そのときの採掘法はシュリンケージ法で採掘跡には若干の竜頭と鉱柱が残されているが 富鉱部ではその採掘率は90%に達し大きな空洞が残されている。

現在貯油空間として使用可能な空洞容積は 北側鉱床で約150万m³ 南側鉱床で約350万m³ 合計500万m³である。

下盤の砂岩と鉄鉱層は強固であるが 上盤の頁岩層は砂岩の薄層をはさみ 褶曲作用の影響で片理面が発達している。 そのために安定性は概して良好であるが 部分的には大きな崩落箇所もあり その部分はコンクリート注入により充填補強する方法を採っている。 空洞の補強工事には 7万m³のコンクリートが使用されたという。 空洞の安定性を確保するため 石油の出入による圧力の急激な変化を避けるために 変動水床式が採用されている。 岩盤に対する圧力の変化は 1日当り水柱20cm以内にとどめるよう操業されているとのことである。

上述したようにこの備蓄施設では 水封式貯油型式(水封式の原理については地質ニュース314参考)を採っているが 水封貯油空洞にとって重要な地下水理はどうなっているであろうか。

古生層中には多くの断層や節理が発達し 断層面に沿って若干の湧水が見られるが 全体としての透水率は高くない。 又 古生層を覆っているジュラ紀層中には表層地下水帯があり これから古生層の割れ目に多量の水が供給されている。 附近を流れるオルヌ川の水量は豊富で 最大50m³/秒に達するという。 従って鉱山附近の地下水面は比較的高く維持されており 空洞周辺に配置されたピエゾメーターの測定結果によると 標準地下水面は海拔40mのレベルにある。 空洞の直上では 地下水が割目を伝って空洞内に流入するので 地下水面の低下が見られるが その最低レベルは海拔15m 大切坑のレベルであり 貯油レベルは海拔12mに位置しているので 水封機能は完全に維持されているものとしてよいであろう。

現在の経常的な湧水量は毎時35m³である。

尚 大切坑準以上の湧水は大切坑から排出されているが その水量は毎分0.5m³程度である。

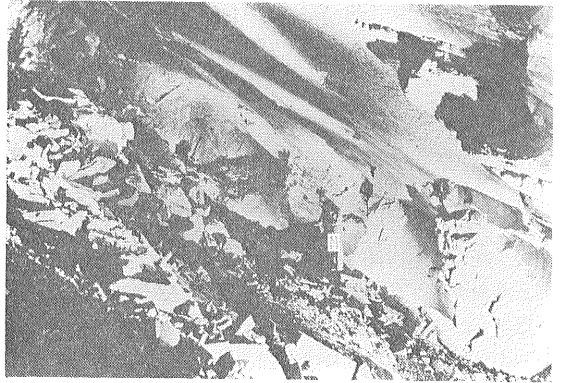
また 鉱山附近の地下水位 及び地下水位低下の状況は ジュラ紀層及び古生層中に設置された57のピエゾメーターにより 常時測定されている。 圧力変化による応力のチェックには貯油空洞の上盤3m 6m 及び9mのところ に パイブレーションワイヤ式ひずみ計が設置されている。 さらに入坑不可能な貯油空洞内の状況を把握するため 多数の音波探知装置が設置されており 空洞内で岩石の崩落等があった場合その場所 程度を正確にキャッチ出来るようになっている。

岩盤及び湧水の貯蔵石油製品に及ぼす影響は、廃坑利用の場合は特に考慮しなければならない。本鉱山の転換に当っては、空洞内に残された鉱石^{ズリ}餅は不透水性セメントで覆われ、坑木類はそのまま放置されたが、今日に至るまで貯蔵石油製品の品質に対する影響はないとのことであった。

度々述べたように本鉱山では、向斜構造により北側と南側の採掘空洞があり、この形態がそのまま石油貯蔵に利用されている。両方の空洞は、北側空洞、南側空洞を最下底レベルで連絡した立入坑道に閉塞栓を設けることにより、二つの部分に分割されており、それぞれ別個に変動水床式による石油の受払いを行っているのである。北側空洞は、サンアンドレ立坑中に石油の受払用パイプ及びポンプ、置換用水の受払用パイプ及びポンプ、さらに経常湧水の排水用ポンプが設置されており、旧立坑の槽を改造して、これら装置の出し入れが出来るよう捲揚装置が取り付けられている。一方南側空洞では、45°に傾斜した沿層の大斜坑に石油の受払用パイプ、ポンプ及び最下底レベルで南側空洞に連絡している中央立坑に置換用水及び経常湧水の受払いパイプ、ポンプが設置されている。

最後に廃水処理としては、置換水及び経常湧水は20"のパイプラインでカーンの廃水処理場に送られ、処理後オルヌ運河に放流されている。廃水処理場は上記廃水のほか、カーンに入港するタンカー（1,500トンまで）のバラスト水も処理しており、その処理能力及びそれぞれの廃水の汚染の程度は次の通りである。

置換水：1,500m³/時 H.C. 0.5 ppm フェノール



第5図 鉄鉱採掘あとの傾斜空洞。Mは立っている人

0.2 ppm

経常湧水：50m³/時 H.C. 0.5 ppm フェノール

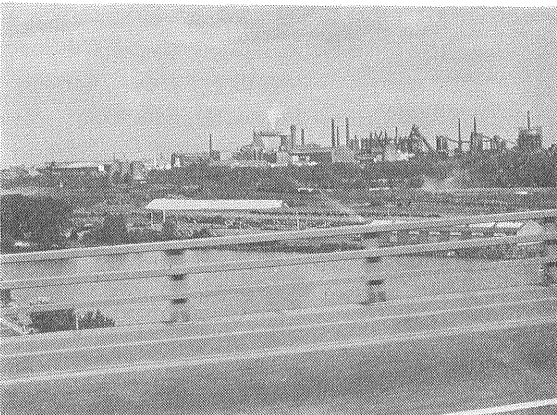
0.2 ppm

バラスト水：500m³/時 H.C. 1,000 ppm

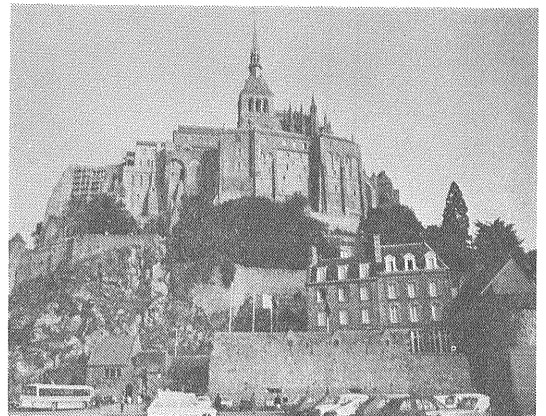
廃水はまず2つの沈殿池と20ユニットのオイルセパレーターで浮遊成分及び沈殿物が除去されたあと、過剰の次亜塩素酸ソーダで酸化し、次にその過剰分をピロ亜硫酸塩で中和することにより、廃水中のフェノールは完全に除去されている。

廃水は定期的に採取されたサンプルについて赤外線スペクトル法で炭化水素の分析を行うほか、完全自動化された水質監視システムで流入・流出時のフェノールの含有量及び排水の塩素及び酸素のレベルが測定されている。

処理された排水の水質は下記のフランスの排水規準を完全に満しているとのことである。



第6図 ノルマンディー・メスルオルヌ附近の製鉄所



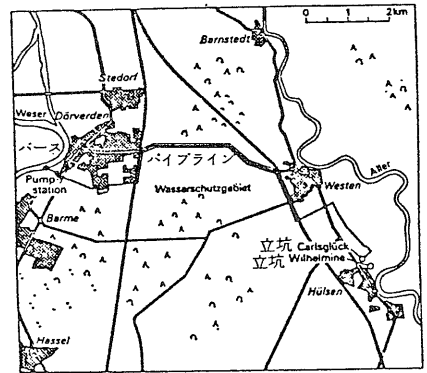
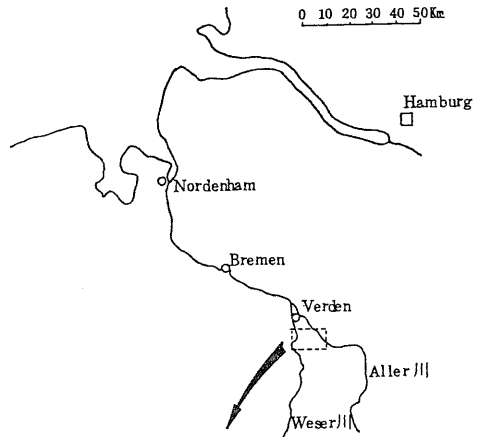
第7図 ノルマンディーで最も著名な寺院。モンサンミシェル (Mont St. Michel) は先カンブリア紀 (? あるいは古生代) の花崗岩上にある。

COD	max	150 ppm
BOD	max	50 ppm
石油	max	5 ppm
フェノール	max	1 ppm

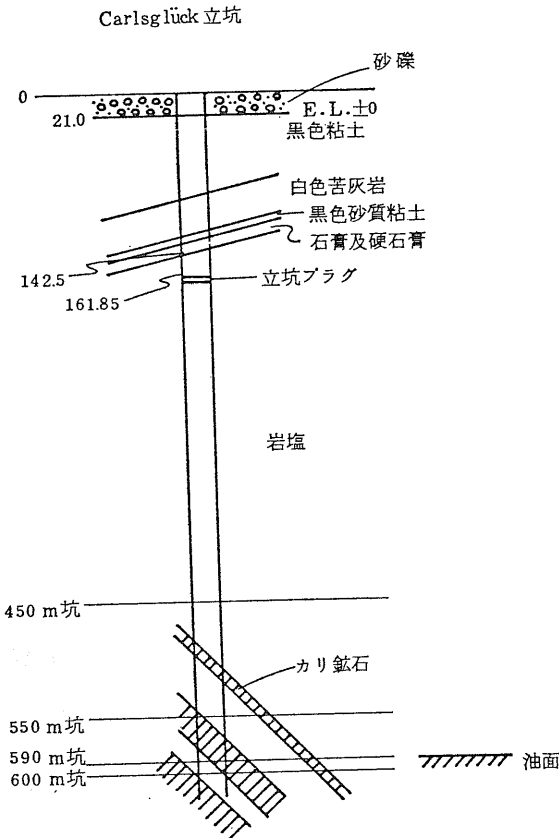
ウイルヘルム山備蓄施設 (西ドイツ)

ウイルヘルム山は ウイルヘルマイン (Wilhelmine) 坑とカルスグリック (Carlsgrück) 坑の2坑に分かれている。この備蓄施設は西ドイツのブレーメン(Bremen)から南東約40kmのHülsenという町にあり Weser川から約10kmを遡った静かな田園地帯にある 岩塩中の石油備蓄施設である (第8図)。

ここでは1912年から1924年の12年間に カリ鉱山として Carnallite の粗鉱72万トン 研12万トンの採掘を行った。その後 1938年~1945年間に兵器 弾薬庫として地下600mに約7.2万m³の空洞が開さくされた。1973~1975年の間に石油備蓄への転換改修工事がなされ1975年10月から備蓄が開始された。現在は55万m³の備蓄容量に対し 45万m³の重質原油を備蓄している。



第8図 ウイルヘルム山備蓄施設位置図

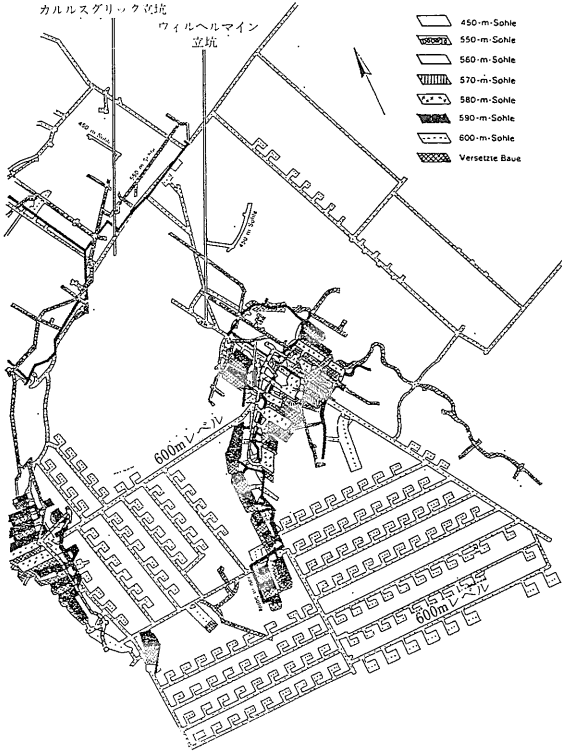


第9図 カルスグリック立坑の地質断面図

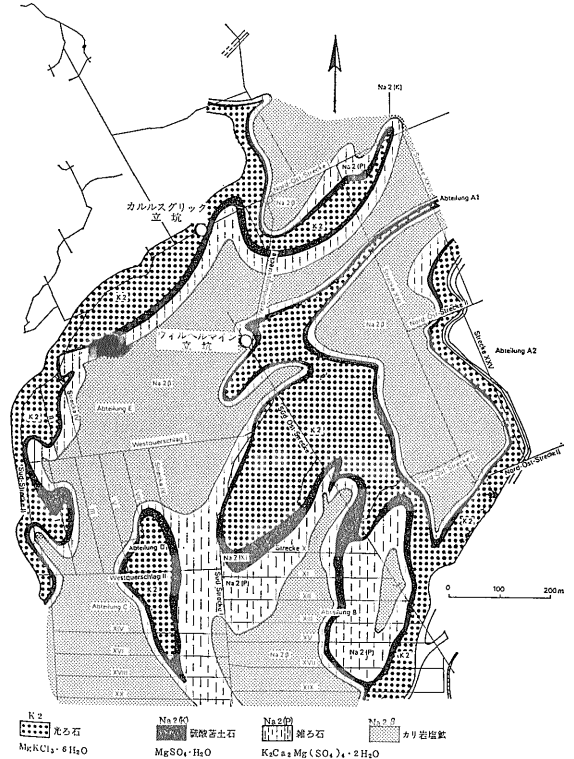
地形は写真で見えるような 氷河の浸蝕による ならかな起伏をもつ平原である。地下140mまでは氷河堆積物を主とした第4紀層に被われており その下は古生代の岩塩ドーム (広がり45km²) である。採掘されていたのは岩塩ドームの中に脈状に胚胎する Carnallite (Mg KCl₃ · 6H₂O) で K₂O 8%品位であったという。

採掘は10mレベル毎に (-550m~-590m) 沿層を room and pillar 法で行い 小規模採掘である。Carnalliteの採掘は 約75,000m³ 岩塩の採掘は約38,000m³ と見積られている 採掘あとは一時兵器弾薬庫として使用されていた。これは-600mレベルに10m×20m×2.2m (高さ)の部屋が150箇所あり その容積は約72,000m³。またこれを連絡する坑道の全容積は203,000m³でありその他に坑内鉱石・研堆積空隙容積112,000m³ (空隙率35%)を加えて 合計542,800m³が本施設の空洞容積である。現在約45万m³の重質原油 (比重約0.9) が貯蔵されている。

立坑内の補強工事は 鉱山開発時に堆積層は凍結法で掘り下がり 鋼棒で巻立てしてある。坑内整形として



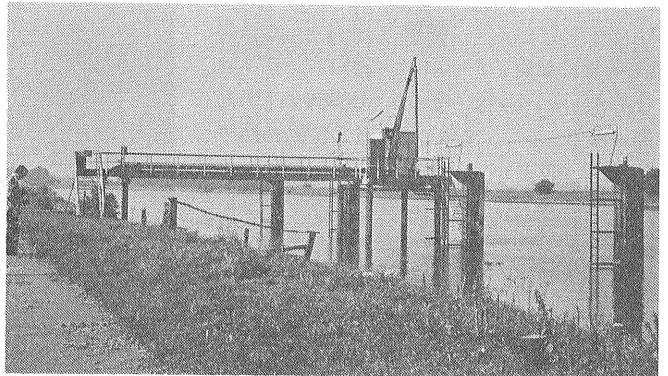
第10図 空洞の形態図. 主な備蓄槽は—600mレベルにある



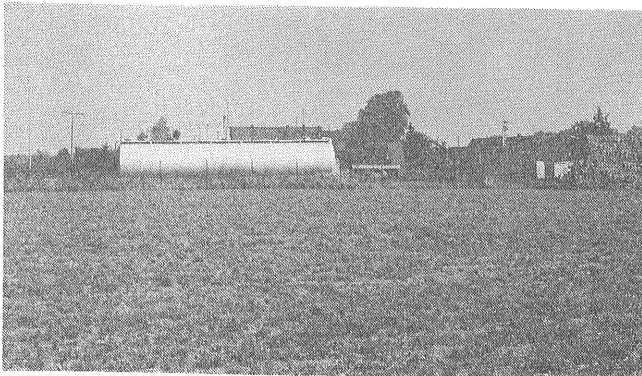
第11図 -600mレベルにおける鉱山地質図

は充填箇所はそのままでコンクリート保護もしていない。ただ油の払い出し時にはサブマージドポンプがついたパイプを立坑プラグにあらかじめ埋設してあるケーシングから挿入している。地上設備としては第8図に示すようにDörverdenのバースポンプステーションパイプラインがおかれている。

この備蓄基地では岩塩層中には湧水がなく貯油空洞は水封機能を必要としない。ただ岩塩層の上部堆積層から立坑への湧水は掘



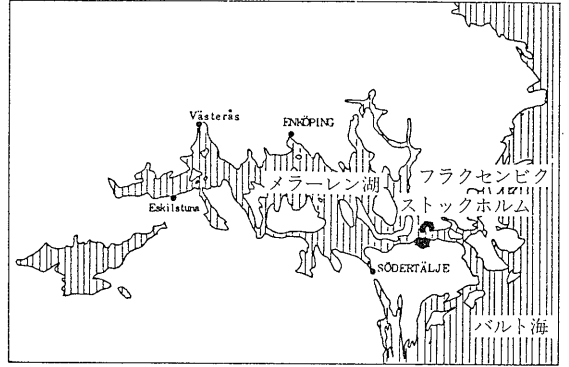
第12図 Aller川支流のWeser川に Nordenham があるバース



第13図 Nordenham にある送油施設

り下り時の工事で止水がなされているので 立坑プラグ上の溜水にとどまっている。

貯蔵油量は余裕があるので 現在も石油を受入れているが 払い出しは常時は考えておらず 非常時のみとしている。 非常時の払い出しは 倉庫に保管してあるサブマージドポンプを立坑から挿入して行う。 油受け入れのルートとしては Weser 川の河口 Nordenham までは 35,000 t 級の船が着き Weser 川を 1,000 t 級の船で Dörverden まで水上輸送をする。 Dörverden のバースからは近くの陸上ポンプステーションを経て 約 10 km のパイプラインにより 坑内に備蓄される。



第15図 フラクセンビク鉱山備蓄施設位置図

西ドイツではアメリカと同じように この他に 岩塩を利用した備蓄施設が数多く存在している。 西独に於ける備蓄の思想は 非常時と常時の備蓄槽は区別するということであり 廃坑備蓄は非常時の場合である。 備蓄油種は原油だけでなく 非常時の用途に応じ また 空洞の性格に応じ適したものを選んでいく。 備蓄の管理は公社が行い 地下備蓄はいわゆる長期の備蓄であって 常時の操業はしていない。

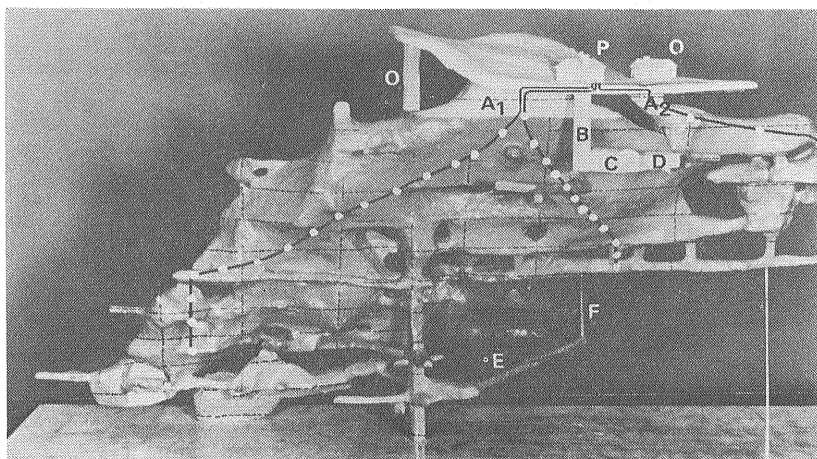
この備蓄施設を所有している Wintershall AG は 石油精製会社である。 廃坑備蓄の設計は同社で行ったが 工事は立坑専門会社 Khyssen Co. などが行い 石油の供給は Crown Co. が行っている。 西ドイツ全体としては岩塩の石油貯蔵地下ドームは 合計 137 ケ所あり (1978年12月31日現在) そのうち操業中のものは 105 ケ所である。 全体の容量は 3,570 万 m³ ですでに 1,400 万 m³ の石油が備蓄されている。

フラクセンビクハルスバッカ鉱山備蓄施設 (スウェーデン)

この備蓄施設は 花崗岩中の長石鉱床採掘跡に建設されている。 フラクセンビク港とハルスバッカ鉱山より成立している。 フラクセンビク港は ストックホルム



第14図 Hülsen にある地上施設。 貯蔵原油の受け払いを行う。



第16図 フラクセンビク鉱山の探掘跡空洞模型

北東約24km ハルスバッカ鉱山はフラクセンビクの北西約2kmにある。

ハルスバッカは低い丘陵地帯で 南西から北東に小さい谷が走り 谷沿いに公道がある。谷には数mの新しい堆積層があり 地下水は其中を北流している。谷の両側の丘陵は 標高50m程度 長石鉱床はこの堆積層の下から東部丘陵のすそに走っている。

石油需要地であるベステロースは ストックホルムの西にひろがる メラーレン湖の西北岸にあり フラクセンビクより約100kmである。この間を重油を積んだ小型タンカーが運航する。

石油貯蔵施設として 転換された1950年頃は 鉱山以外何もない丘陵であったが 近年ストックホルムのリゾート地区として開発が進み 近隣まで別荘が進出し 悪臭公害問題が発生しているということである。

本備蓄施設は ハルスバッカ長石鉱山の採掘跡を転換してつくられたものである。

ハルスバッカ鉱山は 長石鉱山として1895年露天掘を開始し 以後 深部移行に伴ない 立坑掘削を行い坑内採掘に切り替え 1947年に閉山している。

1896年から1945年までの出鉱量は 長石99,000 t 石英215,000 tである。

戦後 ベステロースの石炭火力発電所の石油火力への切り替えにあたり 一次受入基地として検討され 石油備蓄施設として 転換が行われた。転換工事は1947年に着工され 1948年から操作が開始された。貯蔵油種は中近東よりの燃料用重油である。

地質は先カンブリア (Older Archaen) のスピアランド

脊斜帯に属し 全般に花崗岩ないし片麻状花崗岩がひろがっている (第20図)。

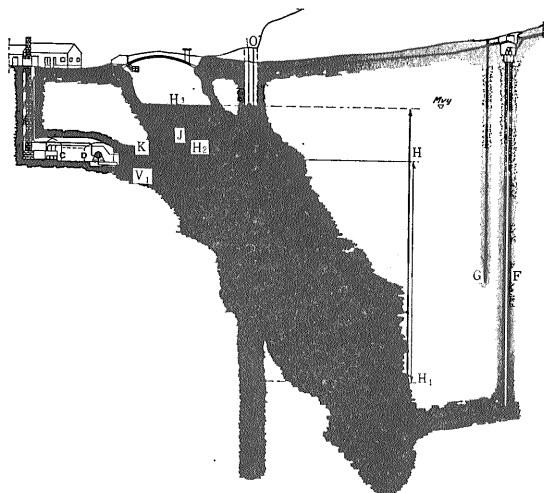
鉱床は緑色斑れい岩と灰色片麻岩の接触部に胚胎する長石質ペグマタイトである。ペグマタイトは 走向NE～SW 傾斜60°SEでレンズ状を呈している。採掘跡より推定すると A₁, A₂の2鉱床にわかれ 大きいA₁は走向長210m 傾斜長90m 最大巾40m 小さいA₂は走向長80m 傾斜長50m 最大巾不明である (第16図)。

初期は A₁, A₂の 露天掘として開発されたが ひきつづき 立坑0により下部開発を行った。採掘は下向き採掘 又はシュリンケージによって行われている。全掘さく量は 188,000m³である。

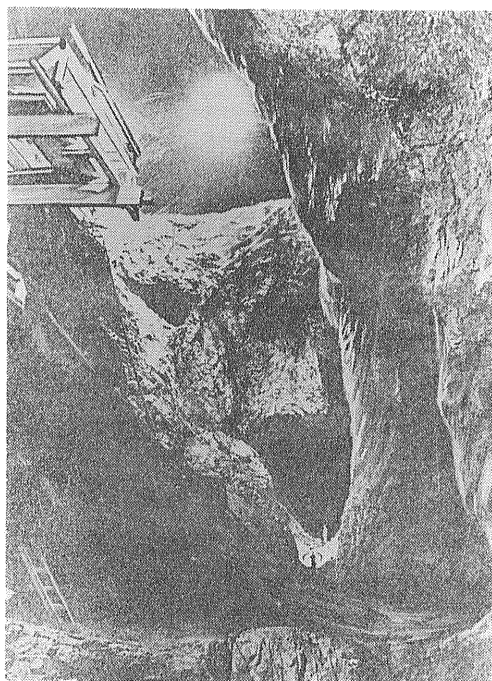
採掘跡の空洞は全般的に大きいレンズ状を呈し 両盤共に堅固で 特別な補強を行うことなく安定している。空洞の形態は図のように複雑だが 正確な空洞容積は転換に先立って 標高10m毎の面積測定が行われ レベル別容積図が作成されている。貯油対象容積は 対象レベル+15m～-65m間で 157,000m³ それ以下で約20,000m³である。転換にあたっては 特別な岩盤力学的な調査は行ってないということであった。

鉱床附近における地下水位は14～15mと記載されているが 岩盤の透水性は極めて小さいとみられるため 大巾な地下水位低下はないと考えられる。

岩盤の透水性は少さく 鉱山としては透水係数の測定



第17図 貯油空洞断面図



第18図 空洞内部16図のAに相当する箇所

も 空洞内湧水量の測定も行っていない。 空洞周辺の 水圧分布の測定も行っていない。

ただ排水ポンプ用ボーリング孔Fの前面に安全確保のため 水封ボーリング2本を行って 万一に備えている。

この備蓄基地は スウェーデンで地下石油備蓄が計画されるようになった 初期の頃に建設されたもので 採油設備の詳細をみると 同国における備蓄設備の最初の頃の考え方がよく窺われるのである。

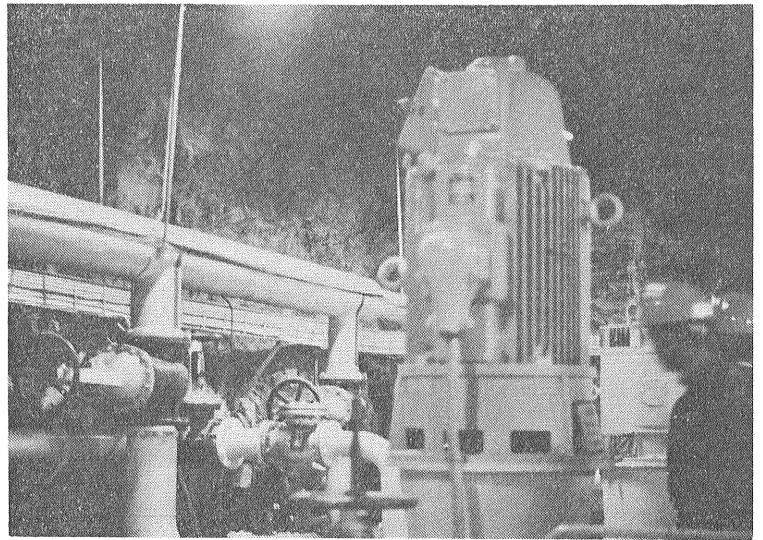
第17図に貯油基地の断面を示す。 満タン状態の油を底レベル H_1 とトップレベル H_3 で示している。 貯油空洞から重油を払い出す時は その払出量に見合う水量を送り込んで全体のバランスをとる 変動水位法が採用されている。 送り込める水の最高水位は H_2 である。 レベル H_3 と H_2 との間に貯蔵される重油は ウォーターベッドを変化させないで受払いができる。 連絡坑Kは ポンプ室Dと二重コンクリート壁によって仕切られ 壁と壁の間は水封のため 圧力水で満たされている。

この壁を貫通して 重油 温水 計装ケーブル等の配管が通っているが ウォータータイトとなる様配慮されている。

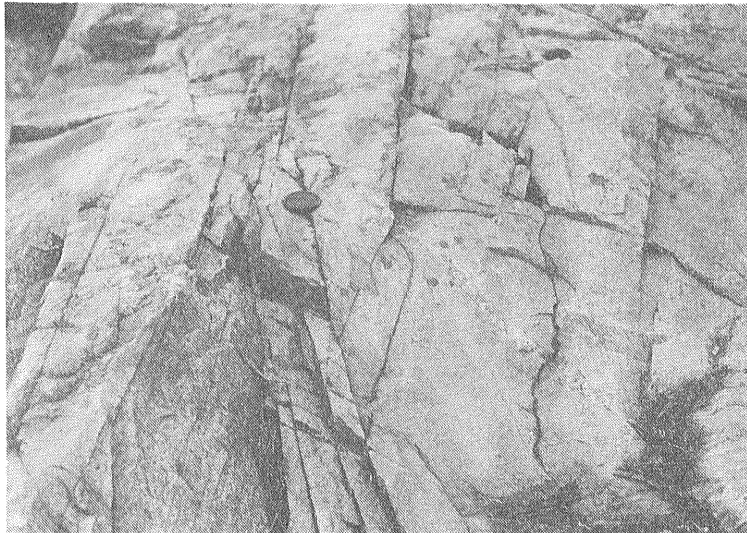
種管Jレベル以下の重油の量は ウォーターベッドのレベルによって決まる。 ベッドウォーターの受け払いのため 長さ60mのトンネルEが最底レベル H_1 の下20mに掘削さ

れ トンネル端は地表からの2本のボーリング孔Fにつながっている。 これらの孔には排水用として サブマージドポンプが設置されているが 同時に重油払い出し時に供給される ベッドウォーターもパイプラインを通して この孔に注入されるようになっている。

また、このサブマージドポンプが設置されているボーリング孔Fと 貯油空洞の間に ボーリング孔Gが設けられているが これはボーリング孔Fの水位が貯油空洞の油面より常に低い位置にあるため 重油ボーリング孔Fの水面上に浸出してこないよう 水封効果をもたせるために設けられたものである。 従って ボーリング孔Gの水位は 貯油空洞の油面より常に高い水位に保持さ



第19図 ポンプ室 16図のC



第20図
長石鉱床の母岩となっている花崗岩

れていることが必要である。立坑Oは改造されフロート式の油面測定装置と電気式の油水界面検知装置が設置されている。

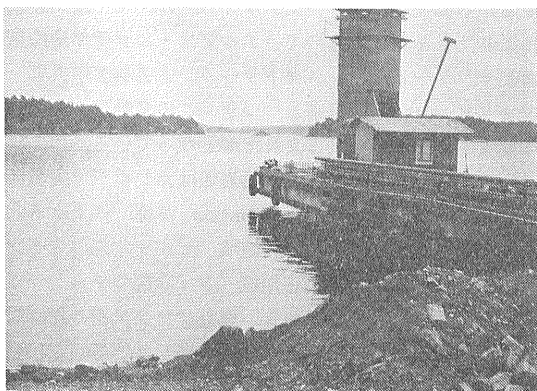
露天掘をカバーしているコンクリートドームには扉があり油面最高レベルより上高くバルコニーを設けそこから訪問者が空洞天井ライトにより油面をみることができるようになっている。

第18図は 空洞内部の頂部を覗いたところである。重油ポンプを運転すると油は坑道を通して流れ その間に熱交換器 V₁ によって加熱されるようになっている。しかし この熱交換器は既に老朽化したとみえ 現在地上部に代替を新設工事中である。従って 新設工事完了後は坑道K内では加熱されず 重油はポンプにより地上に移送され 地上の熱交換器で加熱された後 再び地下空洞内に戻される。地下空洞は不整形であるためできるだけ均一な加熱がおこなえるよう 加熱された戻りラインは2ヶ所に分散して放流できるよう計画されている。旧熱交換器は 伝熱面積 400m² で 600m³/H の重油を 10°C 上昇せしめる能力を有している。

重油の貯蔵温度は 上部で30~40°Cである。旧熱交換器の熱源となる温水ボイラーは ポンプ室に隣接して地下に設置されているが 熱交換器同様これも地上に新設中であり 近く切り替えられることになっている。旧温水ボイラーの能力は 120°C 300 kcal/hr である。重油ポンプは既に新規のものに交換済みである。旧ポンプの型式は不明であるが 新規のものは IMO PUMP が採用されており 300m³/hr × 11 bar × 1 基 200m³/hr × 11 bar × 2 基となっている。

地下ポンプ室の隣には また非常電源としてディーゼル発電機が設置されている。

地下に設置されている機器は 地上よりリモートコントロールできるようになっているが 地下の状況を監視するために モニターテレビが設置されている。



第21図 フラクセンビク港

地下電力室 C, D は油面より下にあり 貯油空洞との間には十分の水封機構が採用されていないため 室内に若干の重油が浸透してきている。また この室内には地下水も浸入してくるため 地下室内にピットを設けてこれらを集め 排水処理装置により油水分離をおこなっている。室内は浸透してくる重油のため悪臭があり この悪臭を除去する目的と 室内温度を適温に保つために 空調設備が設けられている。

あとがき

鉱山跡を利用した石油備蓄施設として このほか

Wabana (カナダ)	鉄鉱山
Johannesburg (南アメリカ)	石炭鉱山
Weeks Island (アメリカ)	岩塩鉱山

などが著名である。

以上の例でもわかるように 廃坑石油地下備蓄鉱山に共通する地質事項として挙げられることは

1. 岩盤は中・古生層あるいは先カンブリア系の如き地質年代の古い岩層である。
2. 鉄鉱層 岩酸塩岩層 岩塩層 石炭坑が利用されている。
3. 岩盤は 褶曲して断裂のある岩盤が利用されている。
4. そのために岩盤安定と空洞補強 および水封保持と地下水制御などに大きな注意が払われている。

ウィルヘルム鉱山やフラクセンビク鉱山の例でみるようにこの種の施設における石油貯蔵容量は必ずしもそれ程大きくはない。

要は 各国それぞれの国情 地質岩盤特性 石油貯蔵の目的などに合わせて それぞれ最も適合する備蓄基地の設計 使用する岩盤の決定 貯蔵油種の選定などを行っているのである。

本報告が わが国で鉱山跡を利用した施設・基地を考える場合に参考になれば幸いである。



第22図 ストックホルム郊外 スカンディナヴィア全土は氷河により作られたU字谷が陥没した“フィヨルド”が発達するために奥地深くまで大型船が航行できる