

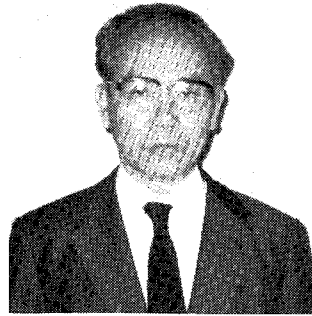
# 招待論文

## 古代における地下空間の開発と利用

THE USE AND DEVELOPEMENT OF UNDERGROUND SPACE IN THE ANCIENT AGES

村上良丸\*

By Yoshimaru MURAKAMI



### 1. はじめに

第4間氷期とよばれる最近の1万年間に、新石器から青銅器、鉄器へと道具を改良して、現代の機械文明を築き、第3の火といわれる核エネルギーを開発した現代人は、その足跡を月面にしるすまでに至った。しかしこの大発展の根底には、先人たちのなした地下の開発と利用があったことを忘れてはならない。そして、陽光と新鮮空気、水と緑に恵まれた地上の環境を保全しながら、多様化する人間生活の機能面改善と向上のために、土木技術者はいま、改めて地下空間の有効利用に取り組まねばならない時に、遭遇しているといえよう。

本文は主として、古代人がなした地下利用の目的と技術的努力を紹介し、現代文明とのつながりを述べ、将来の発展の参考になることを願ったものである。

### 2. 序 論

二本足で直立歩行し、手で道具を扱う能力を得た人類の祖先「猿人」は、第2氷期ミンデル(80~40万年前)の寒さに耐えるため、「火」を起こして利用する技術を生み出して、「原人」へと進化した。北京市南西54km

の周口店竜骨山山麓の鐘乳洞で発見された北京原人の遺跡は、火を使用した人類の地下空間(天然洞窟)利用を示す最古の例である<sup>1)</sup>。

その原人も、海面が現在より120m近く低下した厳寒の第3氷期リス(20~10万年前)を生き抜くためには、大脳機能を発達させた「旧人」へと進まねばならなかった。そして8~1万年前の第4氷期ヴェルムに、強い団結心と敬神崇祖の宗教心をもつ「新人」、すなわち現代人へと進化した。それが考古学でいうクロマニヨン人、グリマルディ人、周口店上洞人、オールドス人などの旧石器時代後期の人類で<sup>2)</sup>、彼らは、ラスコー(中部フランス)やアルタミラ(北スペイン)などの鐘乳洞壁面に、彩色画や線刻画、浅い浮彫りなどを残している。

海面が現在より90m近く下がっていたヴェルム氷期には、北回帰線から北緯30°の間の、リビア~ナイル中流域~アラビア~ペルシア湾西南岸~インドス下流域などの平坦地は、サハラ砂漠西縁のタシリ高原の岩壁に残る線画が示すように、気候温暖で、植物の繁茂する楽園だったと思われる。しかしながら旧約聖書の「ノアの方舟神話(創世記第6~8章)」が伝える約1万年前に到来した第4間氷期は、これらの地方を間もなく亜熱帯化し、高温乾燥の砂漠地帯に変えた。そこにいた部族の多くは、死滅を免れるために北上して、新しい土地の開拓に着手

\* 正会員 工博 宮崎大学教授 工学部  
(〒125 葛飾区青戸 8-26-6-204)

した。それがナイル川下流部、中東、メソポタミア、パンジャブ地方（パキスタン）での農耕文明の誕生であろう。同じ頃、黄河の派川「渭水」の盆地でも農耕と養蚕が始まった。

土地を耕し、種子をまき、成熟した作物を刈り取る農耕作業には、鋤や鍬、鎌などの道具の開発、牛などの家畜化とともに、コントロールできる水の確保が基本条件である。そのために登場したのが土木技術で、以来それは常に、文明（Civil）の基礎を築く役割を担っている。

一方、北緯40°線より北の中・北部ヨーロッパ、中央アジア、蒙古高原、満洲などで、ヴェルム氷期の寒さと飢えを耐えぬいた北の狩猟族にとっては、第4間氷期は春の到来だった。獲物の増加で、狩猟活動は活発化し、部族の人口も増加した。すでにチャートやフリント石、黒曜石で鋭利な石器刃物、矢じりを作っていた彼らは、これらの原石の地表採取だけでは間に合わなくなり、立穴や坑道を掘って、地下に求めるようになった。これが地下開発の嚆矢であろう。

彼らの一部は、やがて銅を含む鉱石の熱処理から、青銅をつくることに成功した。鋳造加工の容易なこの青銅から、新しい狩猟具や武器、防具がつくられただけでなく、車軸や滑車のような基本的工学器具の発明があり、文明の発達に直結した。しかし狩猟技術の向上は、獲物の獲りつきになり、新しい狩り場を求めての移動を活発化した。やがてアルプスやコーカサス、エルブルズ、ヒンズークシュなどの大山脈を越えて南下するものが現われ、イタリアやバルカン、小アジア、イラン高原、アフガニスタン、パキスタンなどで、先住の南方部族と壮絶な土地の争奪戦を演じた。ギリシア神話やインド最古の宗教書リグ・ヴェーダ、ゾロアスター教の聖典アヴェスタなどが、それを物語っている<sup>3)</sup>。この南北戦争の大半は、北の勝利となり、破壊のあとに続く建設によって、文明は進歩してきたといえる。

なお、ヴェルム氷期には、間宮海峡、朝鮮海峡と東シナ海の一部が陸化して、アジア大陸と地続きだった日本は、第4間氷期の到来で孤立し、縄文式とよばれる旧石器文明が続いたが、約2200年前に突然、九州の方から稲作農業と金属器の弥生式文明が始まった。それはBC 221年に、秦の始皇帝（259～210 BC）が中国大陸を統一した時期と一致する。

### 3. 新石器時代

#### (1) フリント鉱山

住居や墓としての天然洞窟の利用とは全く異

なって、人間が自らの手で地下を掘り、最高級の石器となるフリントの取得作業に着手したとき、考古学者のいう「新石器時代」が開幕した。それは第4間氷期の到来後まもなく、イベリア半島北岸からフランス北西部、イギリス海峡沿岸部にかけての帯状地域の河岸段丘ではじまり、青銅器が普及した4000年ぐらい前まで続いた。

この最古の鉱山遺跡の中で、英本土南部のNorfolkとSuffolkの中間にあるGrimes Gravesのものは、図-1に示すように、変形楕円状断面（4m×3m）の立穴が、地表下12mまで下ろされ、その底から四方に、やっと1人が入れるだけの小さな坑道が掘られていた。その坑道の各所から、ピックとして使った鹿の枝角と、ショベルにした牛の肩甲骨が出土している<sup>4)</sup>。

同じようなフリント鉱山遺跡が、ベルギーのSpiennesには、2万m<sup>2</sup>にわたって存在する<sup>5)</sup>。図-2に示すように、丘麓にあったフリント原石の露頭をオープン・ピットで掘ったのち、丘の上から立穴を下ろし、フリントを含むチョーク層に達した所で、直径1.8～3mのベル形空間を掘って基地とし、放射状に小坑道を出している。一部の坑道は、隣りの立坑につながっており、それは後年の金属鉱山や炭坑の採掘システムと同様に、地下

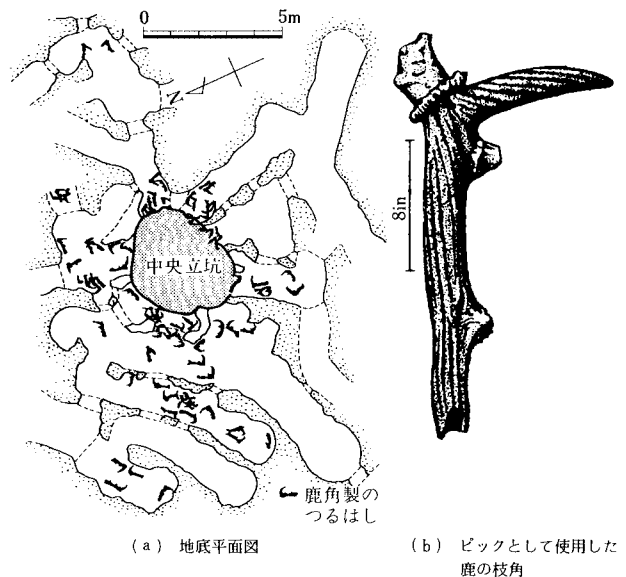


図-1 Grimes Graves フリント鉱山遺跡<sup>4)</sup>

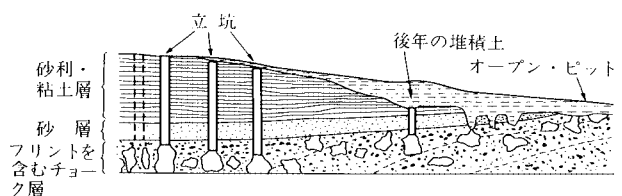


図-2 Spiennes フリント鉱山遺跡（ベルギー）の概念図<sup>5)</sup>

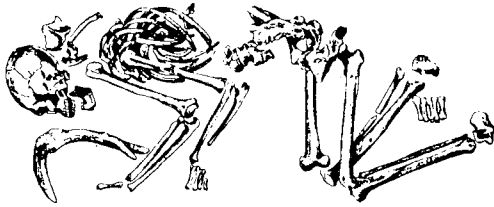


図-3 Spiennes フリント鉱山遺跡から出土した圧死坑夫の遺骸スケッチ<sup>5)</sup>

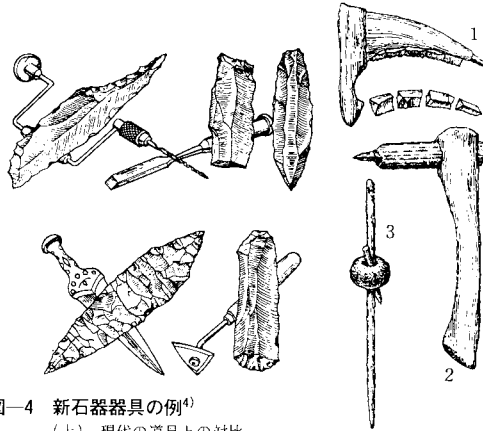


図-4 新石器器具の例<sup>4)</sup>  
 (上) 現代の道具との対比  
 (右) 細石片を植え込んだ農具

への出入と、換気に役立つためだったと思われる。この坑道遺跡からは、落盤のため、鹿角を握ったまま圧死した坑夫の遺骸(図-3)も出土した。獣油の薄暗い明りを頼りに、暗黒の地底に挑んだ、この孤独な技師の苦闘が、新石器文明をひらいたといえよう。

チャート的一种で、燧石として知られるフリントは、玉髄と蛋白石の集合体で、非常に硬くて緻密な珪質岩である。中でもイギリス海峡沿岸部のチョーク層に含まれるものは、団塊をなしており、その原石は水に浸けると、表面がはげやすくなり、双刃の短剣の原型となった木葉形石器(図-4)として、鋭利な刃物に加工できるので、特に珍重された。フランス産のフリント製石器がスイスで多数発見されていることは、それが最古の交易商品だったことを物語っている<sup>4)</sup>。また最も美しい西欧型フリント短剣は、エジプト最古の王墓から出土しており、注目に値しよう。

チャートやフリントの加工時に発生する細片は、矢じりに使われただけでなく、木や骨に植え込んで、鎌や鋸、ピックなどがつくられた。新石器とよばれたこれらの器具に代わって、青銅のものが普及するまでには、5~6000年の歳月を要した。

(2) 砂漠の導水トンネル・ガナート施設

① トゥルファン盆地とガナート施設

アジア大陸のほぼ中央にある中国のトゥルファン(新

疆ウイグル自治区)は、シルクロードの要衝「高昌国」として栄えた所で、唐代(618~907)には「火州」とよばれた。孫悟空が芭蕉扇で熱気を払ったと西遊記に描写された火焰山の南に展開するこの灼熱の地は、同時に、冬の気温が-20°Cに下がり、年間降水量は150mm以下の厳寒・乾燥の地でもある<sup>4)</sup>。秋から春までは、水を湛えているこの盆地中央のアイデン湖は、日中の最高気温が47°Cに達する夏には、完全に干上がって、標高154mの湖底が露出する。

こうした厳しい自然環境にもかかわらず、ここには現在、333万haの農地と1000万haの草場が造成されており、防暑・防風用に、1600万本のポプラ植林と3100か所のグリーン・ベルト整備がなされているという<sup>5)</sup>。ここでとれる西方伝来のブドウやウリ、モモなどの果実類は特に有名で、中国屈指の棉花の大産地でもある。そして、この農業と17万人の人口を支えているのは、北に聳える標高5000m級の東部天山の万年雪を水源とする約300本のガナート施設である。

20~30mの一定間隔で砂漠に並ぶ直径約1.5mの井戸(深さは10m前後)の底をトンネルでつないで、山麓の泉や尻無川の水を数kmから20km以上(最大は80km)も導水して、人工オアシスを造成する施設を、アラビア語で「カナート」ないし「ガナート」とよんでいる(図-5)。それは中近東世界を最初に統一したアケメネス朝ペルシア(558~331BC)が、「カフレーズ」ないし「カーレーズ」の名で、西はシリアから小アジア(後に回教徒が北アフリカにも)、東は中央アジアのシル川、アム川の中流域から「大宛」とよばれたパミール高原北方のフェルガナ盆地にまでひろめたものである。それを中国のタリム盆地に持ち込んだのは多分、前漢武帝の大宛遠征軍(104~101BC)であろう。中国名「坎兒井(カールジン)」は明らかに、ペルシア呼称からきており、これをトゥルファン盆地の開拓に導入したのは、匈奴を破った屯田軍司令官・鄯吉(?~48BC)と思わ



図-5 ガナート井戸の例(西サハラ砂漠)<sup>5)</sup>

れる。

② ガナート施設の建設方法

人類最古の農耕は、イラン高原（標高1000～2000 m）のオアシス地帯で、6000～7000年の昔に始まったとされる<sup>3)</sup>。トウモロコシのほかに、ムギ、コメの原生種を栽培し、羊、ヤギ、ロバそして牛を家畜化し、牛にひかせる木製の鋤には、自動播種装置もつけられていた。

地味自体は肥沃で、夏には十分な日照時間があり、虫害皆無のオアシスで最も欲しいのは、より多くの灌漑水である。開渠による地表導水が不可能な砂漠で人工オアシスを造成するために、地下10 m くらいの所の土砂層に、導水トンネルをつくる方法を案出したのは、疑いなく、イラン高原で農耕をはじめた「エラム人」である。旧約聖書に「エラムの地」として登場するメソポタミア東方のイラン高原に残る古いガナート・トンネルの断面は、幅0.6 m、高さ1.1 m（断面積0.6 m<sup>2</sup>）で、子供がやっと入れる大きさである。

このような1 m<sup>2</sup>以下の小断面土砂トンネルの掘進には、図-6に示すように、簡易座椅子に仰向けに寄りかかって、スコップを使う方法が、Kicking 法として、ヨーロッパ各国の工兵に採用されている<sup>7)</sup>。こうすれば、後方の坑口や立坑下の明りを見ながら掘進するので、方向が定まり、呼吸にも便利である。ガナートは多分、このKicking 法で掘られたであろう。

1回の切羽前進を10 cm とすれば、発生土量は0.06 m<sup>3</sup>（約100 kg）、それを4～5個の羊の皮袋に詰めると、立坑の底にいる補助者が、ロープで引き寄せ、地上から吊り下げられているカゴにあける。それを地上の作業員たちが引き上げるという要領で、トンネル部は掘進される。

立坑の方は掘りやすいが、直径1.5 m では、深さ1 m 当たり1.8 m<sup>3</sup>（約3 t）の土砂を発生するので、深くなるほど、その引き上げは容易でない。木製滑車は早くから工夫されていたが、その吊り能力を支配する心棒に、青銅が使えるようになると、原始的なウインチの発明、牛の力の利用などが続いて、ガナートの建設速度は、飛躍的に増加したはずである。

いま、先行する深さ10 m の立坑（土量18 m<sup>3</sup>）の掘削に4日を要したとすれば、立坑間20 m のトンネル掘進（土量6 m<sup>3</sup>）は、日進5 m でバランスする。立坑隊、トンネル隊各4人ずつの作業員8名と、道具や食糧の運搬員2名の総勢10人で、1年間に2 km 近くのガナートをつくることができたのであろう。

③ ガナート測量

図-7に示すように、山麓の親井戸Oから導水して、既存のオアシス耕地の外側に新しく人工池Pをつくるには、まず、O-P間の地盤標高差Hを求め、次いで、0.5～1.0% ぐらいの導水勾配に納まるようにトンネル全長を考へて、地形の起伏に応じたルート選定をせねばならない。その際、トンネルの土被りは5～10 m、深くても20 m 以内になるように配慮する。すなわち、深すぎると立坑の施工が大変だし、浅すぎると落盤のおそれがあるのである。トンネルの掘進は、予定貯水池側から進めたであろう。

遠方まで見通しのきく砂漠でのルートと立坑位置の設定は、20 m 程度の一定長のロープを使って、中心杭に相当する標石を並べていくことで、容易に行える。しかし予定貯水池の計画水面を基準面とする各標石箇所の地盤高H<sub>i</sub>を求めるには工夫が要る。レベル器のなかった時代の水準測量は、コラペーテスとよばれる上面に溝を刻んだ長さ3～4 m の角材で行われていた<sup>8)</sup>。すなわち、図-8に示すように、この角材を水平に据え（溝に水を入れてチェック）、両端から下げ振りを吊りし、隣接標石間に張ったロープとの交点で切断して得られる2本の水糸a、bの長さの差（a-b）を求める。それをL/l倍（L=両標石間の距離、l=コラペーテスの長さ）すれば、両標石間のレベル差が得られる。これを予定貯水池側から順次、代数的に加えていけば、各標石の地盤高H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>、…、Hが求まる。最後の問題は、各標石位置での立坑の深さを定めることで、図-7が、その要領を示しているが、これらの算法には、加減乗除の四則演算と比例配分の概念が必要である。

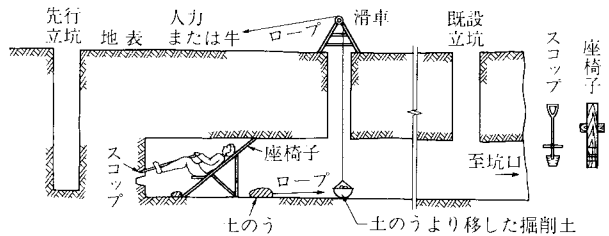


図-6 ガナート施設の建設要領推定図<sup>1),7)</sup>

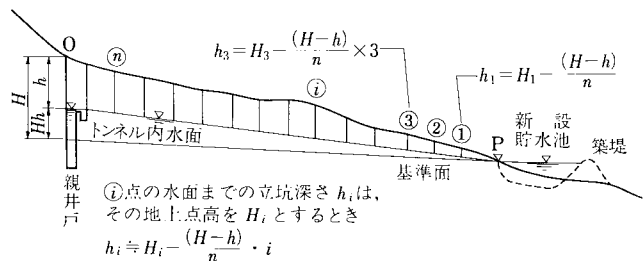


図-7 導水トンネル勾配の決定原理<sup>1)</sup>

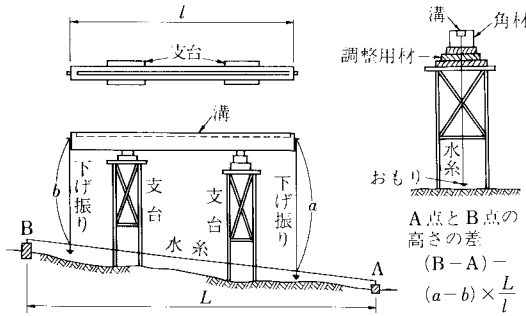


図-8 “Chorabates”装置による水準測量の原理<sup>1)</sup>

④ メソポタミア文明と数学の起源

ペルシア湾奥のチグリス、ユーフラテス両川の下流には、5000年以上の昔に、ウル、ウルク、ニップール、ラガシュなどの都市が栄え、金属器や円筒印章、最古の楔形文字板などが出土し、考古学では「シュメル文明」とよんでいる。このメソポタミア最初の文明をひらいたシュメル人は、伝説では種々の道具をもって東方からきたとされており、イラン高原出身のエラム人だったと考えられている。

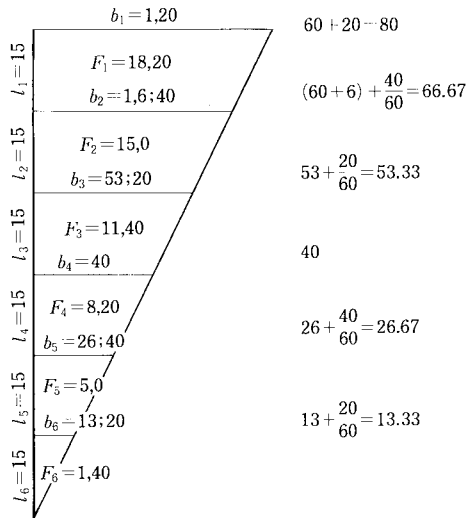
ザグロス山脈西南麓の丘陵地にある最古の都市遺跡ササは、イラン高原とシュメル地方を結ぶ交通の要衝で、「エラム王国」の首都だった所である。そこから出土した多数の楔形文字板のうち、最も古い約100枚は、数学に関するものであるという<sup>9),10)</sup>。やや長くなるが、ガナートの測量計算との関係を理解するために、その数記方法を概説しておこう。

シュメル算法の数字記号は、▼と◁の2種類だけである。前者は1、それを並べて9までを表わし、10を後者で示した。したがって10進法であるが、60は再び前者に戻った(図-9(a)参照)。よって60進法でもある。シュメル人は、この2つの記号だけで、すべての整数を表わすと同時に、小数の表示も、帯分数の形で行った。たとえば、▼◁▼は、60+24=84を表わすと同時に、 $1+\frac{24}{60}=1.4$ も表わした。現在では混乱をさけるため、前者を(1, 24)、後者を(1; 24)で表わしている。

この複雑な表記法による掛け算や逆数の表、 $\sqrt{2}$ の値などの粘土板が出土しているが、図-9(b)に示す直角三角形を5本の等間隔平行線で、6分割したときの各線分の長さで分割部面積を示す数列は、特に注目ししよう。それはガナート施設の立坑の深さ決定に直結するものである。コラベータスによる標石間のレベル差算定の基礎を、 $L/l=6$ にとったとすれば、数千に達する標石の数を、60個ずつに区切って処理する60進法は、合理的といえよう。左から右へ横書きする最初の表音式シュメル文字(4500年以上前)が、この算法板であることは、アラビアの数学起源が、ガナート建設に由来することを

1: ▼	6: ▼▼▼	12: ▼▼	60: ▼	120: ▼▼
2: ▼▼	7: ▼▼▼	20: ▼◁	70: ▼◁	180: ▼▼▼
3: ▼▼▼	8: ▼▼▼	21: ▼◁	80: ▼◁◁	200: ▼▼▼◁
4: ▼▼▼	9: ▼▼▼	30: ▼◁◁	90: ▼◁◁	.....
5: ▼▼▼	10: ▼◁	40: ▼◁◁	100: ▼◁◁	
	11: ▼◁	50: ▼◁◁	101: ▼◁◁	

(a) 記数法



(b) 直角三角形の6分割表

図-9 シュメル数学の例<sup>10)</sup>

示唆しているようである。

チグリス川の派川ディヤラ川の流域からモスルにかけてのイラン北東部の丘陵地帯を開拓したのは、アッシリア帝国(1150~609 BC)の首都だったニネベ遺跡出土の王名板に残る「サムラマト女王」である。東方からきた彼女は、ここの台地原野を、山麓からの導水トンネルで開拓したと伝えられており、ギリシア神話では、半神半人の絶世の美女「セミラミス」の名でよばれ、ギリシア人史家ディオドロス(46 BC)は、「偉大な將軍で、大政治家、しかも大土木技師」と述べている<sup>8)</sup>。青銅器時代のメソポタミア大文明を開花させた基礎もまた、ガナート施設だった。その維持と新設を担当する技師は、今日でも社会的に高い尊敬を受けているという。

(3) 墳墓の造成

① 起源

宗教心と敬神崇祖の念を有するのは、全生物中、ホモ・サピエンスの現代人だけである。

クロマニヨン人とよばれる西欧の新人は、外敵からの防衛と保温のために、寝ぐらとしてしか利用しなかった天然の地下空間(洞穴)に、遺体を盛装して埋葬する風習をはじめた。その埋葬遺体の頭上に石を置いて目印(墓石)にしたものもあった(南東フランスの「ソリュート

レ遺跡」)<sup>4)</sup>。彼らはやがて、高さ2~3mから6~7mもの自然石を柱状に直立させた「モノリス（独立石）」、「アリニューマン（列石）」、「ストーン・サークル（環状列石）」などの巨石記念物を西欧の大西洋岸につくったし、また、ユーラシア大陸内部の各地には、「ドルメン（支石墓）」とよばれる巨石を組み合わせた地上墳の遺跡が散在する<sup>5)</sup>。中でも南インド・ブラマーギリのストーン・サークルは、中央に立穴墳を有している（図-10）。これらは、狩猟部族の偉大だった指導者に対する敬弔の念の発露であろう。

一方、「万物は大地から生まれて大地に戻る大自然の哲理」を体得していた南の農耕族の庶民は、身内の遺体を地上において土をかぶせていたが、後には、立穴を掘って埋葬するようになった。

カイロからファイユームにかけての、下エジプトとよばれたナイル川下流域（図-11）の丘に点在する7000年以上昔の住居遺跡の近くからは、最古の立穴埋葬遺体が、多くの副葬品と一緒に出土している<sup>4)</sup>。亜麻をまとったミイラ状の遺体は、ヤギなどの皮を羽織り、骨製ビーズとダチョウの卵殻、東地中海や紅海産の貝殻などでつくった垂飾、象牙の櫛などをつけ、日のまわりには、化粧と日除けをかかえて、粉にした孔雀石を塗っていた。

この地方には間もなく、銅製の針やピンが登場し、それらと一緒に出土するアジアからの銀や青金石、メソポタミアの円筒印章などは、前述のシュメル文明との関係を示している。すでにエンマー小麦と大麦を栽培していた彼らは、フリント石刃を植込んだ木柄の石鎌で刈取り、それを藁で囲った地下の穴倉「シロ」に貯蔵していた。今日、粒体や粉体の貯蔵ビンを「サイロ」とよぶのは、

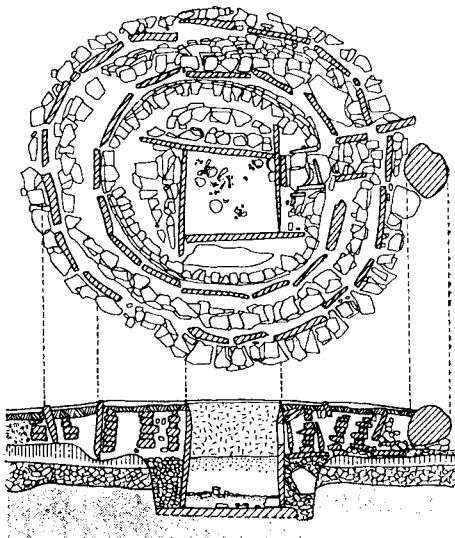


図-10 南インドのブラマーギリ遺跡<sup>4)</sup>（ストーン・サークル群の中央には立穴墳がある。）

これに由来する。地下空間の貯蔵庫としての利用は、エジプトに始まった。

## ② マスタバ墳

下エジプト最古の農耕族を征服したのは、ナイル川の上流からきて、中流のアビュドス（古名ティニス）付近を本拠とした「鷹（ホルス）」をトーテムとする狩猟族だった（図-11 参照）。古代ギリシア人から「メネス」とよばれ、テーブルや寝椅子を使って贅沢な生活をしたと伝えられる彼らは、下エジプトを併合して、7200年の昔に、最古の王国をつくった。

歴代のメネス王は、自分のための壮大な立穴墳を、下エジプト民につくらせた。数mから20m以上もある立穴の底に、大きな横穴を掘って玄室とするこの立穴墳の地上には、図-12に示すような長方形台状の構造物があり、ギゼーの大ピラミッドの前には、群をなして存在する。内部に拝壇と供物台をもつ日乾レンガでつくられたこの台状構造物の形が、アラビア人の接客用ベンチ「マスタバ」に似ていることから、7世紀末にエジプトを支配して今日に及んでいる回教徒は、これを「マスタバ墳」と名付けた。

初期の地上構造は、住居に擬して、多数の部屋を設け、

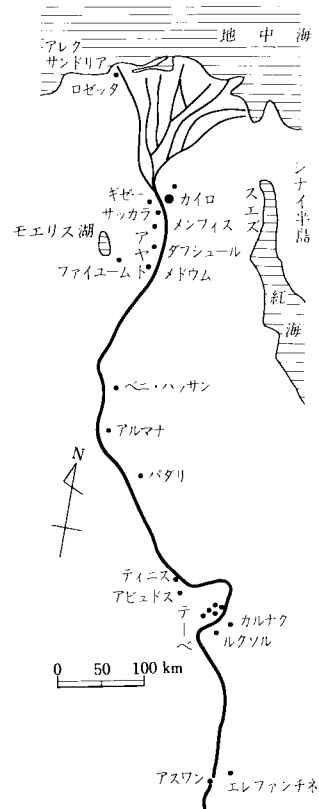


図-11 エジプトの主要遺跡

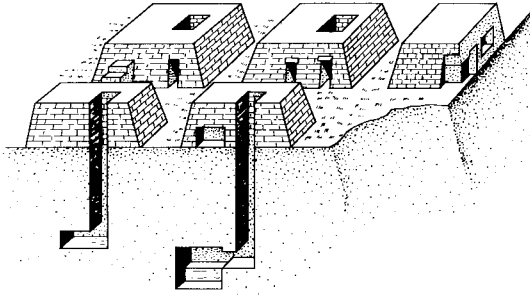


図-12 代表的なマスタバ墳の構造概念図<sup>4)</sup> (第4王朝時代- 2613 ~2494 BC-の貴族墓)

酒がめや食物、日用品を納めていた。アピュドス付近で発見されている7つの大マスタバ墳のうち、最初期のものは、地上方台7.8m×5.4mの下の立穴墳の底に木柵墓室があった。そこから出土した粘板岩製の長さ64cmの楕状石板の表裏に刻まれている絵文字から、墓主は「ナルメル」という名の下エジプトを征服した大王であることが判読された<sup>1)</sup>。この墓域には、殉葬者と見られる33個の小さな立穴墳もあった。

掘削技術の進歩とともに、立穴の深さがまし、横穴規模も大きくなって、玄室と壁で仕切った副葬品室が設けられるようになった。殉葬墓の数もふえ、「ゼル王墓」とよばれるものは、1.6km四方の墓域に、妾姫275人、貴族43人、廷臣269人の立穴墳を有していた<sup>1)</sup>。靈魂の不滅を信じた歴代のメネス王が、死後の世界でも、現世と同じ快楽を享受しようとした姿がうかがえる。

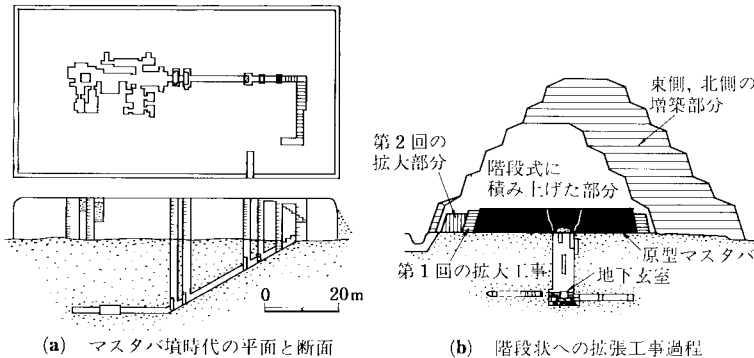
王都を下エジプトのサッカラに移した第3王朝(2680

~2613 BC)のジェセル王のとき、大土木技術者で万能の天才だったイムホテプが、削岩や吊り上げ用、運搬用の各種器具を青銅でつくった。彼はこれらの道具を使って石灰岩を切り出し、マスタバ墳の地上方台をつくったが、それに先立って施工した地下部に、図-13に示すような玄室と多数の副葬品室を設けるために、主立坑のほかに、数本の立穴をもつ斜坑も使った。この大マスタバ墳の地上構造を、イムホテプは4回にわたって増築、拡大し、6層の階段状ピラミッド(高さ60m、底面120m×109m)に仕上げた。天に聳えるピラミッドは、マスタバ墳を根として生えたといえよう。

③ ウル王墓

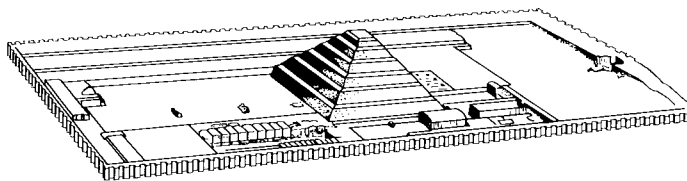
新石器時代の有名な地下墓として、シュメルの「ウル王墓」がある。ユーフラテス河口から280km上流の右岸で発見され、C.W. Wooleyらが発掘した(1922~34)この遺跡には、1000以上の小墓と数基の大墓があった。その最大のもは、5000年以上昔と推定される堆積土層にあり(図-14)、黄金製のかぶとや短剣、銀製の馬のついた置き物、貝殻象嵌の楽器(ハープ)や将棋盤、戦闘と凱旋の様子をモザイクした「スタンダード木板」などが出土した<sup>4)</sup>。この墓室への進入斜路には、服毒死したとみられる多数の男女人骨と小さな盃が落ちており、くずれた2台の四輪車とそれをひいた6頭の牛の骨もあった(図-15)<sup>1)</sup>。

殉死の風習は、中国河南省の安陽市北郊で発見された殷墟(1400?~1123 BC)の大墓域にもひきつがれている<sup>1)</sup>。殉死の代わりに「俑」とよばれる等身大の焼き物でつくった兵馬の像を、秦の始皇帝(259~210 BC)は、



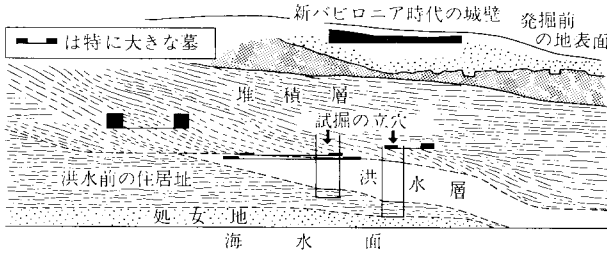
(a) マスタバ墳時代の平面と断面

(b) 階段状への拡張工事過程



(c) 霊域全体の復原図

図-13 サッカラの階段式ピラミッド構造図<sup>13)</sup>



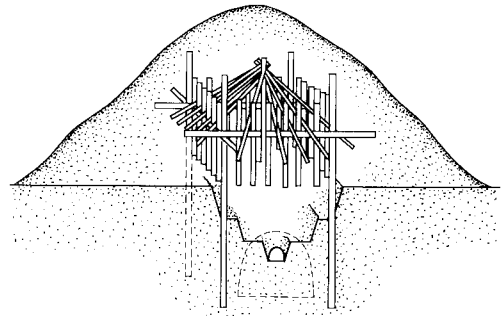
図一四 C. L. Woolley 発掘のウル遺跡の地層断面図<sup>11)</sup>

西安市西郊の地下に大量に埋めさせた。わが国の古墳から出土する埴輪は、この流れを汲むものである。

④ 高塚墳

当初は、ドルメンなどの地上墓を営んでいた北の狩猟族もやがて、長方形の広い立穴を、階段状に掘り下げ、遺体を入れた木棺を、その底に直接置いたり、横穴を設けて玄室にしたのち、上砂を埋戻し、地上には図一16に示すような木造小屋を建て、塊石や礫、粘土などで固めたうえで、全体を土で覆って高塚にする方法を案出した<sup>9)</sup>。南ロシアからコーカサス地方、カザフ共和国、南シベリアへと続くソ連領内に広く見られるこの高塚墳を、ロシア語で、「クルガン」とよんでいる。

また、地上の石造玄室の上に、盛土する型式の高塚墳は、前述の巨石記念物メンヒルを残す西欧の大西洋岸から北ドイツ、デンマーク地方に分布しており、多くは玄室へ入る石造通路（せん道）を有しているので、「せん



図一六 スキタイ族のクルガンの例<sup>11)</sup>（下の点線内が墓室）

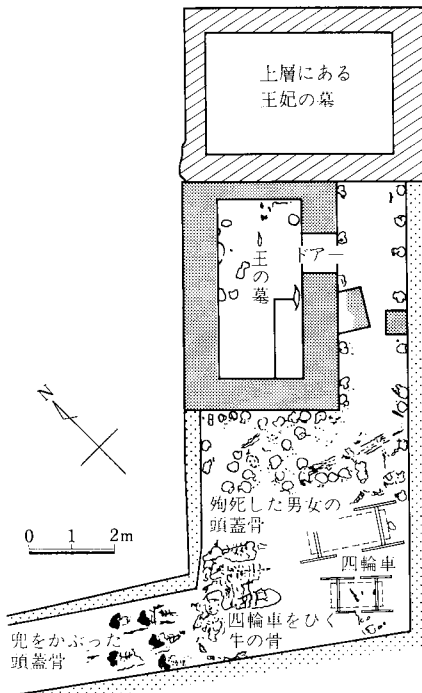
道墳」とよばれる。墓主の生存中から造営されたもので、封土の平面形状には、円や四角、楕円形のほかにも種々の変形がある（図一17）。ピラミッドや始皇帝の驪山陵、わが国の大和朝初期の大古墳などが、この系統に属する。地下に掘り下げなくても、十分な覆土をすれば、機能的には、地下空間と同じになることを実証したのが、せん道墳であるといえる。

⑤ 墳墓の工学的意義

鉱山が地下資源の開発を目的としているのに対して、墳墓は地下空間の利用を直接目的としたものである。陽光も新鮮空気もない隔離された地下の暗黒・静寂の空間は、同時に、恒温・無菌の世界で、優れた貯蔵性を有する。それを利用したのが墳墓で、地下を死者の世界に当てることで、崇祖の念を満たすと同時に、緑と太陽と新鮮空気に恵まれた地上を、生者の活動の場とすることに成功した。

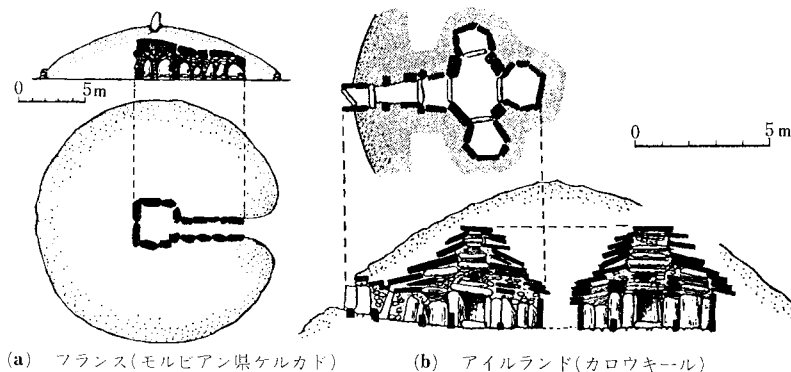
しかし死者の数は無限にふえる。それに伴ってふえる墓の形の合理化は、現代人の全時代を通じての最重要課題といえよう。地上墓をなくすために、トンネル墳やカタコンベが発明されたが、その工事費は高価であるため、火葬風習の確立した今日でも、都市域に、広い地上墓所を所有している。それを改めて地下に移すことが焦眉の急であろう。

地下には貯蔵性のほかに、音と振動の遮断性、高い耐震・耐爆性があり、人目につかず、気づかれないという特徴もある。したがって、墳墓や導水、交通用のトンネル、地下要塞などだけでなく、現在、都市の地表を占めている塵芥や下水の処理場、倉庫、発・変電所、駐車場、工場はもとより、事務所、商店街、図書館、教室、実験室、劇場、公会堂、体育館、プール、博物館、レストラン、刑務所などの多くの施設に利用できるであろう。これらの施設の地下移行は、市街地の土地の立体利用を促進するので、都市のスラム化を防ぐだけでなく、住み良い地上環境の積極的整備に貢献することは明らかである。それにもかかわらず、照明と換気の技術が大発展している今日でさえ、隔離されて眺望のきかない地下を「黄



図一五 ウル王墓々室への進入斜路にあった遺骸状況<sup>11)</sup>



図一七 せん道墳の例<sup>4)</sup>

泉の国」<sup>3)</sup>として恐れ、不快な場所として敬遠する気持がある。地下空間利用の促進を妨げる最大のネックになっているこの心理状態は多分、人間の地下利用が、不幸にして、墳墓の形で始まったことに起因しているのであろう。

#### 4. 青銅器時代

##### (1) 概 説

現代文明は、鉄、銅、錫、鉛、マンガン、亜鉛などの多数の金属を原料にしてつくった金属器の利用の上に成り立っている。

黄色に輝く色彩に魅せられて、人間が最初に使用した金属は、河原で採取した自然銅の粒であったろう。柔らかな石として、叩いて伸ばし、磨いてピンや針にした。また化粧に使った孔雀石の粉末は、800°C前後で銅に還元され、銅自体は1085°Cで熔融する。それに3~33%の錫を加えて、石製ないし耐火レンガ製の鑄型に流し込むと青銅の鑄物ができる<sup>4)</sup>。

5800年の昔に、イラン高原でエラム人が、初めて使用した青銅の心棒は、イラン・イラク・トルコの国境地帯をなすクルジスタンの山岳地方からきたといわれる。それからの500年間に、青銅の製法は、中央アジア（アナウ遺跡）やメソポタミア（シュメル）、中東、下エジプト、さらに小アジアから東南ヨーロッパへと広まり<sup>5)</sup>、剣やかぶと、楯などの武器とともに、てこやローラ、心棒、たがね、のみ、ハンマー、ねじ、歯車などの多くの工具が作られるようになった。重量物を動かす滑車やウインチが青銅で改良され、歯車で測角儀ディオプトラが発明されたとき、サッカラの階段状ピラミッドができた。

かくして4600年の昔に、地上最大の建造物ピラミッドを、ギゼーに完成して、青銅器文明の頂点に立った古代エジプト人は、やがて紅海沿岸からシリアに至る中東全域とキプロス島、それにリビアとヌビアも支配して、史上最初の大帝国を3500年の昔に樹立した。

何度でも鑄直しが効き、鍛造すると練鉄の3倍の硬さになる青銅は、剣を除くすべての利器として、18世紀まで鉄を凌駕していた。したがって広義には、5800年前から200年前までの5600年間は、青銅器優位の時代だったといえる。

##### (2) 鉄の歴史

青銅器文明と現代の鉄器文明の関係を理解するには、始めに鉄の歴史を知っておくことが有益であるから、地下利用の本題からは外れるが、簡単にふれておこう。

###### ① 製鉄族カリベス人

銅の鉱脈は、特定の箇所にしかななく、採掘には坑道を必要とするが、鉄鉱石や砂鉄は、地上のどこにでも存在するし、イン鉄は「天の金属」として太古から知られていた。しかし鉄の熔融温度は1530°Cで、それに耐える耐火レンガの炉が、容易にできなかったことと、鋼にするまでの処理過程が複雑なため、鉄をつくるのは、銅よりはるかに遅れた。

砂鉄や鉄鉱石を穴の中で1200°Cくらいに加熱すると、鉱滓のついた「海綿鉄」になることは、4500年くらい昔に、エジプトで知られていたが、それを耐火レンガの炉に入れて熔融したのち、炉をこわしてとり出し、ハンマーで叩いて、鉱滓の粒をなくして「錬鉄」にする方法を発明したのは、クルジスタン北方のアルメニア山中にいたカリベス人と伝えられている<sup>5)</sup>。

約3400年の昔に、錬鉄をつくったカリベス人は間もなく、それを木炭で赤熱し、ハンマーで叩くことを繰り返すと、表面に炭素粒子が吸着して（浸炭法）、そこが鋼組織に変わることを知った。これが「鍛鉄」で、それを再び赤熱し、水で急冷する（焼入れ）と、「粗鋼」になる。折れやすいが、硬い粗鋼は、1%ぐらいのマンガンを含むと、ヘラクレスの剣のような「魔法の名剣」になった。

小アジアのアナトリア高原を本拠とし、メソポタミアにカッシート王国（1531~1150 BC）を樹て、ヒクソス

(1675～1567 BC) の名で、一時的に下エジプトも占拠した「ヒッタイト王国」に所属したこのカリベス人のつくった鉄剣と、ラーメス2世(在位1290?～1223 BC)の率いるエジプト軍の青銅剣が、レバノン山中のカデシュで火花を散らしたのは、BC 1286年である。

その後まもなく、ヒッタイト王国は瓦解し、カリベス人も四散したが、前11世紀のはじめに、アッシリア、パレスチナ海岸部(ペリシテ人)、ギリシア北部(ドーリア人)、東アルプス方面(エトルリア人)で鉄剣の製作が始まり、地中海世界での新しい強力部族の活動が起こった。考古学では、これを鉄器時代のはじめとしているが、鉄剣以外のすべての利器は青銅製であったし、粗鋼を再加熱して徐冷する「焼なまし」で、内部まで一様な鋼組織に変え、強靱性をまさせたのは、共和制時代のローマだった<sup>4)</sup>。また中国にはBC 250年頃まで鉄剣はなく、それが普及したのは、始皇帝が中国大陸を統一したBC 221年以降だった。

### ② 日本の状況

旧石器しかなかった日本に突然、銅剣や銅鐔などの青銅利器が、九州に登場するのは、約2200年前で、始皇帝が中国大陸を統一した時期に一致する。そして間もなく、北九州から兵庫にかけての山陽道の各地で、銅山の開発と青銅利器の製作がはじまり、やがて全国にひろまった。そして752年には、「奈良の大佛」として有名な東大寺の盧舎那佛(座高14.7m)が、熱銅44t、白ろう(錫)7.5t、鍊金370kgを使って建立、開眼するまでになった<sup>4)</sup>。

また、鋼の最高芸術品といわれる「日本刀」は、青銅器とはほぼ同時に、山陰地方でつくられたため、わが国では銅剣は普及しなかった。厚さ9～15cmの耐火レンガでつくった炉の中に、砂鉄と木炭を入れ、「たたら(踏鞴)」とよばれる足ぶみ式ふいごで送風し、強熱することで得られる「玉はがね」に、焼入れと鍛造を繰り返し、最後に焼なまして仕上げる日本刀の製作技法は、現代にまでひきつがれている。なお、この耐火炉の寿命は3～4日で、1回限りである。

### ③ 近代製鋼法への道

castingができず、鉄剣だけで、しかも錆びるという大欠点のあった鉄の大量生産と castingを可能にしたのは、ルネサンス期初頭(1300年頃)のライン川上流域にいた製鉄業者だった。彼らはまず、地中炉の代わりに、反覆使用のできる塔状の炉(高炉)を、耐火レンガで地上につくり、いわゆる「熔鉱炉」として、海綿鉄を製造した。その後これに、水車駆動の大型ふいごを取りつけ、炉内で直接、鉍滓を分離して、海綿鉄の代わりに「銑鉄」をつくり、炉底から連続的にとり出すことに成功した。この熔融銑鉄を鑄型に流し込めば、青銅と同様に、任意の

形の「鑄物」が製造できた。かくして安価な鉄器が、大量に供給できるようになり、真の意味の鉄器時代が、14世紀に、ライン川筋ではじまった。

鉄のこの生産方式は、大量の木炭を必要としたため、森林資源の枯渇という新しい問題を生じた。燃料として、地下資源の石炭が注目されたが、それは鉄に最も有害な硫黄を含んでいる。その解決策として、石炭を乾溜して固いコークスをつくり、硫黄の除去に成功したのは、英国のダービー父子である。コークスは、熔鉱炉での銑鉄製造に、1735年から使われたが、銑鉄を鍊鉄に変えるには、依然として木炭が使われた。そして1783年に、やはり英国で「反射炉」が発明され、コークスで半熔融状態に加熱した銑鉄を、「パドル」とよばれる特殊棒でかきまわし、不純物を逸散させ、鍊鉄にしてとり出すことに成功した。かくして18世紀の終わりから英国は、そこに豊富な石炭資源で、大量の鉄を生産し、19世紀の世界をリードする大英帝国へと発展した。

日本では、幕末の技術者・江川太郎左衛門が、蘭書を参考に独力で、1853年に着手し、その死後3年目の1858年に完成した伊豆韮山の反射炉が有名であるが、東洋で最初の本格的な製鉄所は、1901(明31)年に、北九州の八幡につくられた。それから70年たらずで、昭和45年に日本は、米国に次ぐ世界第2の製鉄国となり、今では貿易摩擦をひき起こして、操業短縮を余儀なくされるまでになっている。

### (3) シナイ銅山

4700年の昔に、ピラミッドの建設に着手し、世界一の銅消費国になったエジプトは、前10世紀までの1700年間に、約1万tの銅を使ったと推定されている<sup>5)</sup>。その銅を供給したのはシナイ半島、キプロス島、アスワン(第1急流)だった。

エジプトに銅の用法を伝えたのはシュメルであるが、銅の供給を担当したのは、クルジスタン出身の鉍山専門家だったろう(メネスの王族ではなかったイムホテプは、シュメル人かもしれない)。彼らは、トルコ石や孔雀石の産地だったシナイ半島のスエズ湾沿岸部に着目し、銅鉍石の露頭を発見したとき、その鉍脈を追って斜坑を下ろし、40～50mの水平坑道で、銅鉍石を採掘した。その跡が、シナイ山(カテリナ山)北方の荒野に、多数、残っており、そこが大ピラミッド建設時代(2680～2181 BC)から中王国時代(2133～1786 BC)にかけての約900年間、エジプトへ銅を供給した所であった。

鉍山の坑道は、土砂中のガナートとは異なって、岩をこわさねばならない。木柄に青銅刃をとりつけたつるはし(図-18)、ノミ、タガネ、木槌が使われ、岩の割れ目に木のくさびを打ち込み、水をかけて膨張させ、拡がった隙間に、青銅てこを入れて、こじ落とす方法も採ら

れた。さらに割れ目のない硬い岩に対しては、その前面にたき木をつみ、点火して熱したのち、水をかけて、ひびを入れる「たき火法」が採用された。これらの作業は、専門家にしかできない。

坑外では、搬出された銅鉱石を砕いて熔融する作業が、奴隷によって行われ、厳しく監督された。国営で行われたエジプトの鉱山では、犯罪者や捕虜があてられたので、その作業状況がむごいものだったことは確かである。前2世紀に、エジプトの鉱山を訪ねたギリシア人地理学者 Agatharchides の見聞記を、同じギリシア人の史家 Diodorus Siculus が紹介しているが(46 BC)、その恐怖に満ちた描写が、鉱山業の印象を極度に悪くしている。

シナイ銅山の現地でつくられた粗銅は、エジプト本国に送られて、精練され、種々の青銅利器に加工された。

#### (4) ペトラ遺跡

##### ① 岩窟都市ペトラ

金山や銀山はもとより銅山も、その場所は元来、秘密で、発見者グループの少人数が採掘、精練した。その金や銀、銅との交換で、仲介人を通して、都市から食糧や生活必需品、貴重品などを入手した。それが通貨の誕生であり、富鉱の開発者は、大資産家になった。

ナバタエ王国の首都として紀元前後に繁栄した岩窟都市ペトラは、最古の鉱山都市だった。死海とアカバ湾の中間のセイル山中にあって、ヨルダン地溝で深く刻まれた狭い峡谷の底に残るこの遺跡には、石灰岩の絶壁に掘った「ファラオの宝庫」とよばれるエジプト式岩窟神殿や多数の人工岩窟(図-19)、ローマ時代のキリスト教修道院、円形野外劇場などとともに、金、銀、銅の優れた鉱脈があったことを示す鉱山跡がある。

「エドム」とよばれたこの地方で、3800年の昔にこの鉱脈を発見して、極秘で掘り始めたのは、旧約聖書創世記(第14章)に登場する「ホリ人」であろう。前7世

紀にエドム地方を支配したアッシリア帝国(前12世紀~612 BC)では、この住民を“最古のシリア語である「アラム語」を話すアラブ人」という意味で、「ナバヤティ」とよんだ。後に独立して「ナバタエ王国」をつくった彼らの故地が、クルジスタン地方だったことを示唆している。

##### ② ヨブ記の鉱山記事

前10世紀頃、エドムにいたヨブという大資産家の思想を詩の形で示したのが、旧約聖書の「ヨブ記」で、その第28章は、最古の鉱山記事である<sup>12)</sup>。(〔 〕は著者の補注)。

「白銀には掘り出す穴があり、精錬する黄金には出所がある。鉄は土から採り〔砂鉄〕、銅は石を溶かしてとる。人は暗所〔切羽〕をつき破り、果から果まで探し求めて、暗黒の深淵から鉱石を探し出す。人の住む所から離れて立穴を穿ち、道行く人に気付かれることなく、身体を宙につり下げて揺れ動く。地上は食物を産し〔農業〕、その下は火でこわされる〔たき火法〕。その鉱石には碧玉が含まれ、金の沙もある。そこへの道は猛禽も知らず、鷹の目にもとまらず、猛獣も踏まず、獅子も通らない……。岩に坑道を掘り、……湧水を止め、……隠された宝物を明るい所にとり出す……。」この鉱山には奴隷はおらず、専門家だけで、ひっそりと掘っていたこと、たき火法も使われたことが示唆されている。

ペトラ近くの山麓には、数本の深い小さな立坑があり、その底から掘った坑道の奥は、部屋状に拡大されている。落盤を防ぐために残されている地山角柱には、鉱脈が認められるという<sup>5)</sup>。

##### ③ ナバタエ王国始末記

やがて富裕になったエドム人は、アラビアとエジプト、パレスチナを結ぶ隊商路上のペトラで、強勢を振るった。そのエドム人に対して、ユダ王国(926~586 BC)最後

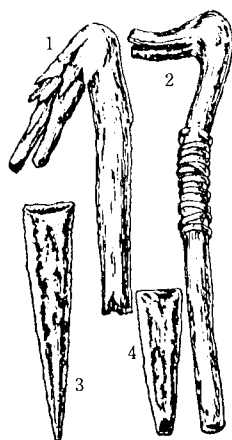
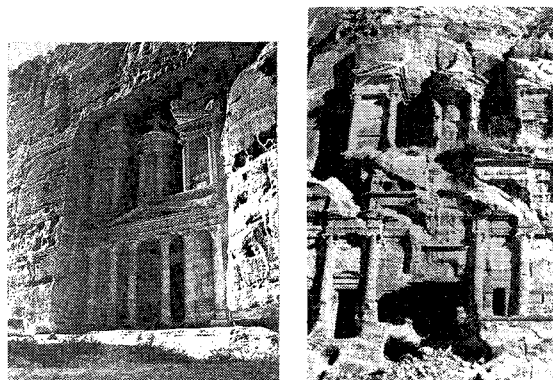


図-18 木柄の青銅つるはし<sup>4)</sup>



(a) ファラオの宝庫

(b) 人工岩窟

図-19 ペトラ遺跡 (NHK「未来への遺産」より)

の予言者エレミヤは、ヤーウェ神の言葉として、次のような警告をした（エレミヤ書第49章）<sup>12)</sup>：

「岩の割れ目に住み、山の高い所において、驕りたかぶっているエドム人よ！……汝らは驚のように高い所に巢をつくってはいるが、われ〔ヤーウェ神〕は、汝らをそこからひき下ろすであろう……。」

鉱山の秘密保持と狭い通廊地帯での土地の立体利用を兼ねて、エドム人は、通常の地上家屋の代わりに、断崖の高所に掘った岩窟を起居の本拠にした。それは上るには不便だったが、自衛とともに、灼熱の砂漠では、絶好の避暑地だったろう。同系統のものとして、後のインドの石窟佛寺がある。

エレミヤの予言にもかかわらず、エドム人は、BC 312年に来襲したアレクサンドロス大王の遺将アンチゴノスのギリシア軍を撃退した。そしてエジプトのプトレマイオス朝（305～30 BC）、シリアのセレウコス朝（312～63 BC）が衰微するや、ヨルダン全土からダマスカスまでを支配する王国となり、ペトラを王都とし、アラム語刻印の王貨を発行した。この極盛時のナバタエ王国は、エレミヤの予言から700年たったAD 105年に、“ヨルダンの草むらから、ライオンのようにかけ上ってきた”トラヤヌス帝のローマ軍に席卷され、1900年間にわたった採鉱族エドム人の歴史を閉じた。

ペトラの町自体は、ローマ帝国領に編入されてからもしばらくは、シルクロードのエジプト門として繁栄したが、シリアからアレクサンドリアへの海路ができるとともに斜陽化し、中世には回教徒に支配され、細々と採掘されていた鉱脈がつきるとともに、都市自体も消滅した。

### （5） 鉱山業の発展

鉱脈は、掘れば枯渇するか、採鉱条件が悪くなるので、鉱山家たちは絶えず、新しい鉱脈を探している。古代でも同じで、さらに需要の方も、銅だけでなく、それを強化する錫や、王候・貴族を魅了した金、銀と多様化し、岩塩も注目されるようになった。また副業として、建築用の石灰岩や花崗岩、彫刻用の大理石の切出しも始まり、鉱山業は大きく発展した。

エジプトでは、中王国時代の末期に、下エジプトが約100年間（1670～1567 BC）、ヒッタイトの一派「ヒクソス」に支配され、シナイ銅山を失った。テーベにいたエジプト王は、代わりに第1急流部アスワンにあった銅山の開発に全力を注いだ。同時に、より強い青銅にするために、錫の採鉱隊が、上流のヌビア地方に派遣された。錫は河床に黒い砂として、砂金とともに存在するし、沖積鉱床の錫石は普通、金の鉱脈を伴っている。ヌビア採鉱隊は第5急流部までの間で、錫と同時に100近くの金鉱を発見した<sup>13)</sup>。

こうして入手した錫で、品質の強化された青銅武器は、

2輪馬車にのるヒクソス軍を撃破し、第18王朝（1567～1304 BC）の開祖アアフメス1世は、下エジプトからパレスチナ全土を回復した。次のトトメス1世（在位1545～1514 BC）は、ユーフラテス河畔のカルケミシュ（シリア）まで遠征し、中東全域を支配した。その娘で、副王として内治を担当したハトシェプスト女王は、デル・エル・パハリ（王家の谷）の岩山を大開削して切り出した石材で、カルナクに、アメン・ラー神殿を建て、跡地には有名な大葬祭殿を建設した。またラー神殿の前には、アスワンから船で運ばれた高さ33.3 m、重さ800 tの大花崗岩柱オベリスクが2本すえられ、その方尖部には、黄金板が、かぶせられた。

貿易にも力を入れたこの女王の異母弟にあたるトトメス3世（在位1490～1336 BC）は、250の都市を征服し、4 tの黄金を獲得し<sup>14)</sup>、北はシリアのユーフラテス川南岸から、南は今日のハルツーム（スーダン）近くまでを支配し、総督と守備隊を配置し、史上最初の海軍を組織して東地中海全域に君臨する絶頂期のエジプト大帝国を築いた。この頃からヌビアでは、前述の金鉱開発が進められ、銅はキプロス島から輸入されるようになった。

キプロス島の銅山を開発したのも、クルジスタン出身の採鉱族だった。ここの青銅が、クレタ島とミケーネのエーゲ海文明を開花させた。

エジプトの国力にかげりが見えはじめたアマルナ時代（1330～1313 BC）に失ったシリアの宗主権を、ヒッタイトから奪回しようとしたのが、前述のラーメス2世である。カデシュの戦いに勝つことのできなかった同王は、雪辱を期して、ヌビアで製鉄事業を行わせたが、海綿鉄までしかできなかった。あきらめた同王は、第2急流部近くのアブシンベルに有名な大岩窟神殿を掘らせて、永遠の記念物にした（図-20）。

基本鉱物の銅を輸入に頼り、黄金の魔力にとりつかれたエジプト王朝の末路は哀れだった。金を掘らせていたヌビアのエチオピア人がまず、テーベを占領し（751～656 BC）、下エジプトにはアッシリア軍が侵入した（671

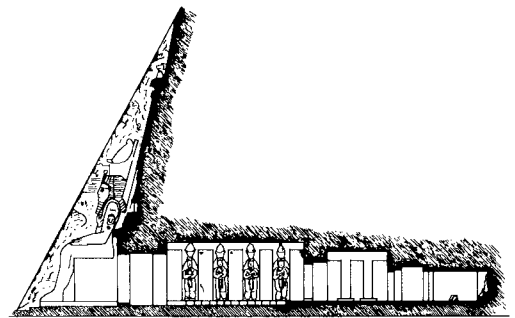


図-20 アブシンベル神殿の縦断面<sup>15)</sup>（前面の削岩高30 m、坐像高21 m、洞窟奥行46 m）

～655 BC). そして間もなく、ペルシアがエジプト全土を支配し (525 BC), 名目だけの末期王朝が, BC 332 年まで続いて, ギリシアのアレクサンドロス大王に遺産をひきついだ.

(6) 岩塩鉱山

① 鉄剣の普及

前述のように, 前 11 世紀はじめのヒッタイト王国の瓦壊は, アルメニアのカリベス人を四散させ, 製鉄技術をメソポタミアとヨーロッパに伝播した.

カリベス人の多くは, アッシリアに移って, クルジスタンの製銅族と協力して, アッシリア帝国発展のための鉄剣をつくったであろう. しかしヨーロッパに散ったものは, 青銅器具の製作の方が先だったから, 銅山のあるところに定着し, 副業として鉄剣の製作をはじめたと思われる.

コーカサス山脈を北に越えて, ロシア平原を西北進したものは, ポーランドから北ドイツ, デンマークからスカンジナビア方面の金属器文明をひらいた. また小アジアからヨーロッパに移ったもののうち, ダーダネルス海峡を渡ったものは, ブルガリア (トラキア), 北ギリシア (マケドニア) に定着し, ボスポラス海峡をわたったものは, ドナウ川沿いに西進してオーストリア・アルプスに入り, ザルツブルグからグラーツにかけての中部オーストリア (ノリクム地方) と, その西のチロル地方に定着したと思われる. 前者は, ドーリア人やアテネ人に, 後者はエトルリア人やケルト人に鉄剣と青銅武具を供給した.

かくして前 10～9 世紀に, 東部と北部のヨーロッパで突然, 青銅器と鉄剣の文化が同時に開花した. 以下, それを物語るハルシュタット遺跡を中心に, 岩塩鉱山のことを紹介しよう.

② ハルシュタット遺跡

オーストリアの中央北端に位置する都市ザルツブルグは, “塩の城” を意味し, 先史時代からの中部ヨーロッパへの食塩出荷地だった. ここの南東 60 km にある小湖ハルシュテッターゼーの西岸にへばりつく小村ハルシュタットは, 標高 2 109 m で吃立するアルプスの山麓にある. 舟で湖を渡るしか交通手段のないこの小村の裏山から採掘されている岩塩こそ「ザルツブルグの塩」である.

小道を這うようにして登るしか方法のないこの村の直上約 400 m の所にある小さな森の中で 1846 年に 1 体の人骨が発見された. それから 18 年間の調査で, 993 基の墓が見つかり, 土葬された 2 000 体あまりの男女と子供の遺体, 火葬した骨を入れた多数の壺などの 6 084 件の出土品を得た. 美しい晴着をつけた遺体のそばには, 武器や勲章, 腕環, ネックレス, プローチなどが置かれ

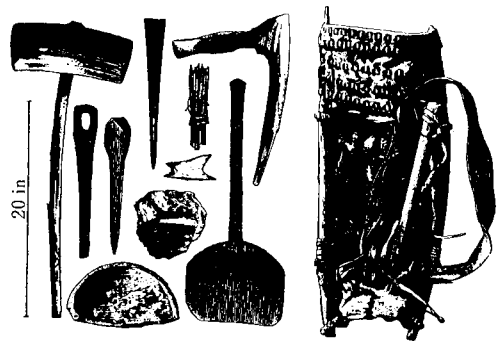
ていたという<sup>5)</sup>. 副葬品の大半は青銅製であるが, 黄金製のものや, 象牙の柄がついた鉄製長剣, 二股になった美しい柄つきの短剣も出土した. それらは, スキタイ系騎馬民族のものである.

近くには, 石壘と空壕に囲まれた小さな山城跡があり, この内側に長方形の立穴を掘って, 住居にしていたようである. 考古学者は, ここを 3 000 年ぐらいの昔から約 500 年間続いた文化遺跡と判定し, ヨーロッパの鉄器文化の発祥地とした. しかしここには, 製鉄はおろか, 製銅をした痕跡すらない. 代わりに, 水平に対して 25° から 60° の角度で, 山腹に掘り込んだ, 高さ 1～1.8 m の急な斜坑数本が発見されている. これらの斜坑の底が岩塩層に達すると, 種々の方向に坑道が掘られており, その長さの大半は, 100 m 前後であるが, 最も遠いものは坑口から 390 m, 最も深いものは, 地表下 100 m になっている<sup>5)</sup>.

坑道は所どころで 12 m×12 m の広さの部屋に拡大され, 高さ 1 m の天井は, 木材で支持されていた. 照明には粗い綿布を巻いた樹脂が使われており, 使用した道具としては, 図一 21 に示すような, 木柄のついた青銅のピックとノミ, 木製のショベル, 小型の木槌, 塩を詰めて運んだ背負式皮袋のほかに, 羊毛の衣服やスリッパ型の革靴などが, 良い保存状態で出土した. また事故で死んだ坑夫の遺体と人糞もあった. 前者は火葬し, 後者は分析された. その結果から, 3 000 年前のこの坑夫は, トウモロコシ, 大麦, そら豆, リンゴを食べ, 十分な栄養をとっていたことが判明した.

ハルシュタットの坑夫は, 奴隷でも, 騎馬貴族でもなかった. 彼らは熟練した鉱山技師で, 採掘した岩塩と交換に, 食糧, 衣服から金属道具のすべてと, 美しい鉄剣や装身具を入手していたと断ぜざるをえず, そこは鉄器文化の発祥地ではない.

ハルシュタットの西方はチロル地方で, そのミッテルベルグには, ヨーロッパ最古の銅山遺跡がある. また



図一 21 Hallstatt 岩塩鉱山出土の 3 000 年前の良い保存状態の採鉱用具<sup>5)</sup>

東方約 80 km には、ごく少量のマンガン以外の不純物は全く含まない理想的な鉄鉱床の Eisenerz (鉄山) があり、現在も壮大な露天掘りを続けている。ノリウムとよばれたこの地方からの鉄剣で武装したローマ軍が、カルタゴを倒して、地中海の覇者となり、シーザーはケルト人をスイス、フランス (ガリア) から追い出して、英本土に上陸した。そのケルト人に青銅の武器を供給していたのが、ミッテルベルグ銅山で、ハルシュタットの坑夫が使ったピックやノミもここから得たのであろう。

この 3 つの鉱山はおそらく同族のカリベス人の経営だったろう。そしてハルシュタットは、他の 2 鉱山の仲間だけでなく、中部ヨーロッパ人にも純良な塩を高額で売ったので、彼らは、この険阻な山中にあってなお、砦を築いて防衛と警戒に当たらねばならなかったと思われる。坑道が深くなって採掘条件が悪くなり、ドイツやポーランドでも岩塩が発見されたとき、彼らは、山を下りて、湖岸に移り、現在の岩塩鉱床の採掘に着手したと思われる。

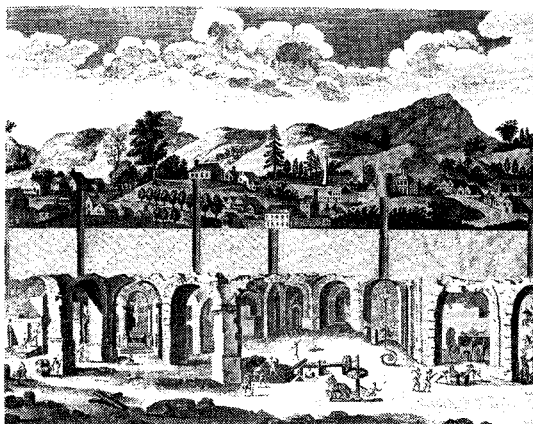
### ③ 岩塩鉱山の特徴

比重 2.1~2.6 の岩塩 (NaCl) の純度はきわめて高く、白色か、わずかに黄色を呈する。生命維持に不可欠な食塩は、食品加工の他に現在では、ソーダ工業に大量に使われ、石けんや染料、肥料、ガラス、紙などの原料になっており、世界の塩需要量の 2/3 は、岩塩に依存している<sup>4)</sup>。

岩塩鉱床は通常、岩塩層の間に、碎屑岩層や無水石膏層をはさんで、総厚数百 m に達するが、ハルシュタットのように、上方に厚い被覆地層があって、その下に、深さ 1000 m をこえる岩塩部分が、柱状に貫入した岩塩ドームもある。そうした優れた鉱床は、オーストリアを含む南ドイツからポーランドや北米大陸で発見されており、数百年以上も操業されて、採掘深度が 800 m に達しているものもあるという<sup>2)</sup>。

図一22 は、チェコスロバキアとの国境に近い南ポーランドのクラクフ市南方にある岩塩鉱山の 17 世紀の操業状態を伝えるものである<sup>13)</sup>。天井を支えるために残されている多数の地山方柱の頂部間がアーチ状になっていること、換気と採掘岩塩の巻揚げと同時に、人や道具の出し入れから、馬のつり下ろしにも使われている立坑、その馬が、さらに下段の採掘場からのたる詰め岩塩を巻揚げる歯車式ウインチの動力として使われていること、そしてこの地底広間には、キリスト像を刻出した祭壇があることなどを示している。地底の暗黒世界に挑んだ坑夫はすべて、敬虔な人々である。

一方、地下水が全くない岩塩採掘の跡地は、使用済み核燃料廃棄物の恰好な恒久貯蔵所と考えられているし、西ドイツの Huntorf 鉱山跡地では、そこに圧入貯蔵する



図一22 17世紀頃の岩塩鉱山の操業図<sup>13)</sup> (南ポーランド・クラクフ市南方のもの)

空気で発電する CAES 事業が進められている<sup>14)</sup>。それは 1000 万 kW 時の発電に、ポンプ揚水式地下発電所 (UPH) では、1220 m の深さと 340 万 m<sup>3</sup> の地下空洞を必要とするのに対して、610 m と 90 万 m<sup>3</sup> ですみ、深さで半分、空洞容積で約 1/4 にすぎないと推定されている。

### (7) ラウリオン銀山

歴史上、非常に重要な役割を演じた鉱山は、アテネのラウリオン銀山である。ここで BC 484 年に採れた 2.6 t の銀で、3 段オール軍船 100 隻を造ったアテネは、BC 480 年に来襲したペルシアの大艦隊を、サラミス水道で大破し、ギリシアの黄金時代を開幕することができた。

アッティカ半島南端にあるこの銀山は、4000 年の昔に、ミケーネ人によって開発され、間もなく放棄された。それをアテネ僭主ペイストラトス (在位 546~523 BC) が再開したが、前 4 世紀のはじめにトラキアで、新しい鉱山の大開発があってから衰微に向かい、AD 100 年頃、再び放棄された。このギリシア時代の採掘状況を伝える立坑や坑道、地下採掘場、地上選鉱施設の跡などがある。

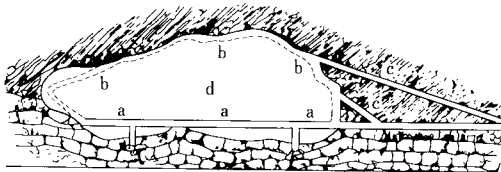
この銀と鉛の鉱脈は、片岩に覆われた石灰岩と粘板岩の接触部にあり、露頭では、炭酸塩の鉛や亜鉛、酸化鉄に変わっている。この酸化鉄から作った鉄のピック、ハンマー、クサビがこの岩の掘削に使われた。

約 2000 本の立坑が下ろされ、最も深いものは 116 m で、この海面に一致していた。立坑の標準断面は、1.85 m × 1.35 m の長方形で、10 m 下がるごとに 10° ずつねじられている。それは、短辺にとりつけたはしごの踊り場を得るためだった<sup>5)</sup>。

鉱脈を追う坑道は、幅 0.75 m、高さ 1 m が標準で、大きな鉱床に遭遇すると、図一23 に示すように、その



(a) 前6世紀の粘土板に描かれた坑夫の作業状況



(b) 鉱体の採掘システム  
 a: 水平坑道, b: 試験坑道  
 c: 連絡坑道, d: 鉱体

図-23 ラウリオン銀鉱の採掘要領<sup>5)</sup>

まわりを階段状に切り上がった後、掘り下がったりした後、水平坑道を通し、地山柱を残して、部屋状に採掘した。1か所で約10万トンの鉱石を掘り出した跡もある。

換気のため、坑道は、2つの立坑と結ばれていた。深い立坑の上には、煙突つきの炉を据えて、火力で坑内の汚染空気を吸い出す方法をとったが、たき火法は採用しなかった<sup>5)</sup>。

原石は地下で選別し、バケットに入れて、立坑からまき上げた。地上では鉱石を40~60cmの乳鉢に入れて砕き、大きな石うすでひいて粉にしたものを選鉱プラントの流し台に移し、そこから長さ約7mの洗濯板状の樋に、水と一緒に流し、比重差を利用して銀粒を集めた。それをファイゴつきの熔鉱炉で溶かし、素焼の壺にとって、風を吹きつけ、銀と鉛を吹き分けた。こうして純度98%の銀をつくった<sup>13,3)</sup>。必要な水を雨水から集めるために夥しい水がめが用意された。しかしたき木をつくるために、林を切り払ったので、アッティカ半島は、やがて無残な鉱滓だけを残す裸地となった。

ここで働いたのは、監督まで奴隷だったが、優秀な監督には、月給として銀26kgが支払われたので、それはおそらく今日の大会社の社長級の給料だろう。自由アテネ人は、株主としてこの銀山に投資し、持株に応じて産出銀を分けた。この方法は後に、すべての鉱山の経営に適用され、株主たちは毎週1回集まって、宴会をひらきその席で、監督から地下の状況を聞き、次週の必要経費を渡した。この宴会をシンポジウムとよび<sup>15)</sup>、その用語だけが、現代に残っている。

この経営と採鉱方法のすべてを引継いだローマ人は、イベリア半島の鉱山を大開発して、銀や銅、錫、鉛、亜鉛などを得た。その時、追加として必要だったのは、深

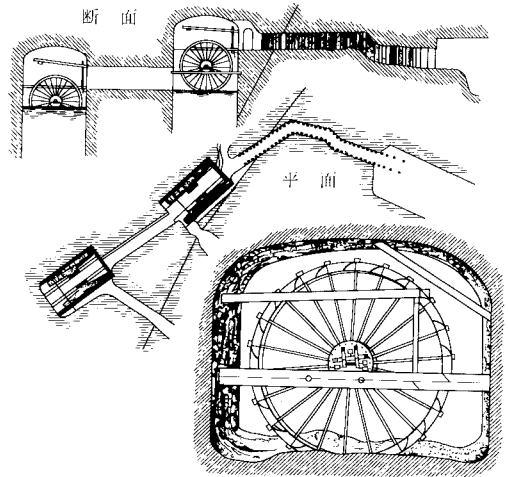


図-24 ローマ時代の鉱山の足ぶみ水車式排水システム<sup>5)</sup>

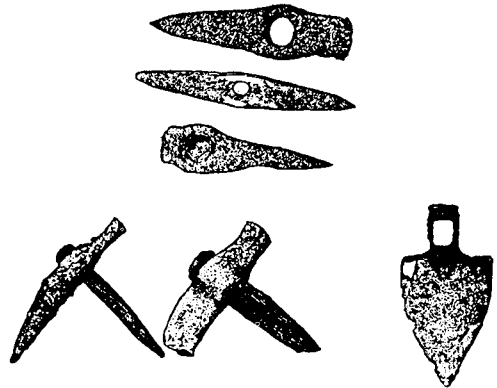


図-25 ローマ時代の鉄製掘削具<sup>5)</sup>

い地下からの排水を機械化することだけだった。階段式斜坑に並んだ奴隷のバケツ・リレーで汲み出されていた水を、アルキメデスのスクリュウ・ポンプの導入で、ステップ式に揚水させたのは、シーザー(102?~44 BC)である。その後、図-24に示すような揚程4.5mの足ぶみ水車を、ステップ状に配置するシステムも工夫された。使用した鉄製の各種掘削具(図-25)を含めて、鉱山の基本的な採掘システムは、20世紀の前半までほとんど変化しなかった。

(8) モエリス湖トンネルと大迷宮

カイロ南西80km(ナイル川本流まで30km)にあるファイユームの町の北に広がるビルケトカルン湖は、「モエリス湖」とよばれた一大人造湖である。

2400年以上の昔に、ここを訪れたギリシア人史家ヘロドトス(484~424 BC頃)は、この湖と南湖畔の「大迷宮(ラビュリントス)」を見て驚愕し、前者の周長640kmはエジプト海岸線の全長に匹敵し、後者の規模は、大ピラミッドを凌駕すると表現した<sup>16)</sup>。彼は水深

90 m ときいたこの湖の中央に聳える2つのピラミッドの全高を180 m と推定し、この湖は明らかに人造で、掘った土は、ナイル川に捨てたろうと考えた。

実際は、元来が低地だったここへ、ナイル川と結ぶ幅90 m の水路を掘って人造湖にしたのは、大ピラミッドの建設が終わった中王国時代の英主アメン・エム・ヘト3世とされている（BC 1850年頃）。ナイル本川と平行して、その西側に、アビュドスからメンフィス（カイロの南）まで続く大運河は、舟運をかねて古王国時代（2680～2181 BC）に掘られた。それとファユーム低地を直結することで、夏至の頃から増水し、エジプト全土に氾濫していたナイルの水の遊水池とし、秋分頃からのゆっくりとした減水時に戻す役割をさせた。今日ではそれを、アスワン・ハイダムが果たしている。

ヘロドトスはまた、モエリス湖の水が、非常に長いトンネルで、灌漑のためにリビアのシュルチスに導水されているという話を伝えているが、そこを標高-133 m のカタラ低地とすれば、このガナート・トンネルの全長は、200 km をこえる。

ヘロドトスを直接驚かしたのは、この大湖の南にあった大迷宮である。石壁で囲まれ、内側に大きな中庭をもつ建造物が、入口を向かい合せて、北側と南側に6つずつ、全部で12あった。その各入口を入ると、白石列柱をめぐらした中庭のまわりに、石屋根の建物が125室ならび、相互に柱廊で結ばれていた。したがって地上には全部で1500室の建物があり、その終端には高さ70 m のピラミッド2つが、並んで建ち、巨大な動物の彫刻で飾られていた。そして立入禁止の地下にも1500室あって、相互に坑道で結ばれ、諸王の遺品と聖なる鱗が祭つてであると聞かされている。そこはおそらく、宝物のほか、武器や食糧用の貯蔵庫だったのだろう。まさに「大迷宮」とよぶにふさわしいが、その跡は発見されていない。

1900年春に、イギリスの考古学者 A. J. エヴァンスが、クレタ島のクノッソスで発見した「迷宮」は、60 m × 20 m の中央広場を囲む180 m 四方ぐらいの傾斜地にあり、石段と廊下で結ばれた木屋根の3つの建物が、木柱とレンガ壁でつくられていた。部屋は1階が全部で約100室、2階、3階とへって、ごく一部だけが4階だったといわれる。前16世紀頃のクレタ最盛時に建てられたと推定されているが、ヘロドトスの伝えるモエリス湖のものとは、とうてい、比肩できない。

## （9）上水道トンネル

### ① アクロポリスの飲料水

都市がまっ先に必要とするのは、飲料水である。それを直接、川から、または浅い井戸から得ていた沖積平野の町も、人口の増加と川の汚濁のため、やがて遠方の山

中から飲料水を導入せねばならなくなるのは、古今東西を通じて、都市のもつ不可避的な宿命である。

この問題に、最初に遭遇したのは、「アクロポリス」とよばれた中東やギリシアの都市だった。防衛目的で居住区を岩丘上に選び、谷側に城壁をめぐらすこの山城の飲料水は、裏山の溪流か、麓の泉に求めねばならないが、その水源を攻撃側に知られて、毒物を投入されると悲劇的なことになる。このためトンネルで城内の地下に導水して貯水し、そこから地表へ階段付きの斜坑を掘り上げた。水汲みには、その階段を下りていくので、「地下井戸」とよんでおり、ギリシアのミケーネ（前16～12世紀）遺跡に、その良い例が残っているという<sup>41,51</sup>。

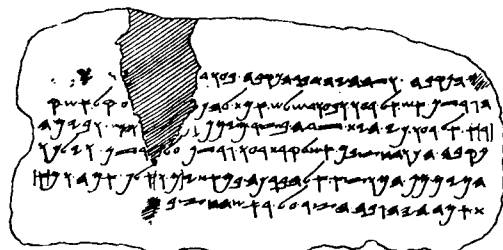
ダビデ（在位1004～965 BC頃）がつくり、ソロモン（同961～922 BC頃）が仕上げた旧約聖書のイエルサレム古城は、東丘オベルの麓にあるケデロン谷の「ギホンの泉」から飲料水を得ていた。当初は城内から階段式斜坑で下りて、この水を汲んでいた。しかしソロモンの没後、イスラエル王国は南と北に分裂し、北朝はBC 722年に、アッシリアの部将だったサルゴン2世（在位722～705 BC）に亡ぼされて、南朝ユダ王国は孤立した。この危機に臨んでユダ王ヒゼキア（在位715～687 BC）は、同王国の各城の外にあるすべての井戸や泉を埋めて、アッシリア侵攻軍を飲料水で苦しませる作戦に出た（歴代志下第32章）。これは的中し、エジプト遠征途上で来襲したアッシリア軍の猛攻に耐えることができた。その結果、エジプト遠征にも失敗してニネベに戻ったセンナケリブ王（在位705～671 BC）は、子供たちに暗殺された（列王紀下第18～19章）。

このとき、ギホンの泉も塞いだヒゼキア王は、その水を、城内の「シロアムの池」に導くために、トンネルを掘らせた。直線距離で330 m のこのトンネルは、両側から掘進したが、測量の失敗で容易に会合しなかった。やむなく、両導坑の切羽から地表まで立坑を掘り上げ、互いの位置を確認し、何度もカーブを入れて、やっと貫通した。このため全長は525 m になった<sup>51</sup>。こうした例は、後に（AD 152年）、ローマ人もアルジェリアのサルダエ・トンネルで経験している<sup>11</sup>。

1881～3年に行われたパレスチナ文化財の調査で、幅0.6 m のこのトンネルと、その貫通を記念したヒゼキア王の碑文石板が発掘された。それは現在する最古のトンネルと、最古の草書体ヘブライ文字（最初のアルファベット）である。図-26に示すこの文は、アッシリア王の攻撃に備えて、両側から掘進したこのトンネルは、両方の作業員が、互いの槌音をききながら、トンネル全長のほぼ中央点で会合し、歓喜の声を上げたことを記しているという<sup>71</sup>。

### ② サモス島トンネルとアテネ水道





図一六 シロアム導水トンネル貫通についてのヒゼキア王記念碑文<sup>5)</sup>

エーゲ海をへだてたアテネの対岸にあり、幅 1.5 km の水路で、小アジアから切り離されているサモス島は、面積 500 km<sup>2</sup> の小島（淡路島は 590 km<sup>2</sup>）であるが、ピタゴラス（582～493 BC 頃）とイソップ（620～560 BC 頃）を生んだイオニア人の都市である。ここに僭主をおいたのは、ペルシアのキュロス大王で（546 BC）、その僭主になったポリュクラテス（？～522 BC）は、赤く塗った 50 丁の橈船 100 隻と弓兵 1000 人を擁するエーゲ海第一の海軍をつくり、対立するペルシアとエジプトの間で巧みに勢力を伸ばし、来襲したスパルタ軍の 40 日に及ぶ攻囲にも耐えて撃退した。

この僭主の下で、2 人のギリシア人技師が活躍した。1 人はテオドロスで、宝石加工人として出発し、サモス島に当時のギリシア最大の神殿を建て、後にエフェソスのアルテミス大神殿（長さ 130 m、幅 70 m で、高さ 18 m の柱 127 本を使用）の設計もした。いま 1 人はメガラ（アテネの西）出身のエウパリヌスで、彼はここのアクロポリスへ導水するために、高さ 270 m の丘を貫く長さ約 1.3 km のトンネルを掘った<sup>16)</sup>。彼の父ナウストロボスは多分、このアクロポリスと、水深 35 m のサモス港に長さ 350 m の防波堤を築いたのであろう。

サモス島トンネルは、1822 年に発見された<sup>8)</sup>。しっくいでも覆工された断面積約 1.7 m<sup>2</sup> のこのトンネルは、立坑を使わずに両坑口から掘進されている。結果は、方向で 5.4 m、高さで 2.7 m の喰違いを生じ、中央付近に、直角に近い立体曲がりを入れている<sup>3)</sup>。トンネル線形のこの狂いを補償して、一様な水流にするために、エウパリヌスは、トンネル床の下に溝を掘り陶管を埋設して、その中に通水し、ところどころに検査用のピットを設けた。オープン水路で導いた溪流を上流坑口前の深さ 2.4 m のピットに集めてから、この陶管に入れた。さらに下流坑口の外には、深さ 5.4 m の大ピットを設けていた<sup>5)</sup>。

このサモス島トンネルを完成したエウパリヌスは、数年後に、アテネの僭主ペイシストラトス（？～528 BC）に招かれて、同市の上・下水道と道路を整備した。東のヒュメットス山地から開渠で導水した溪流を市外の貯水

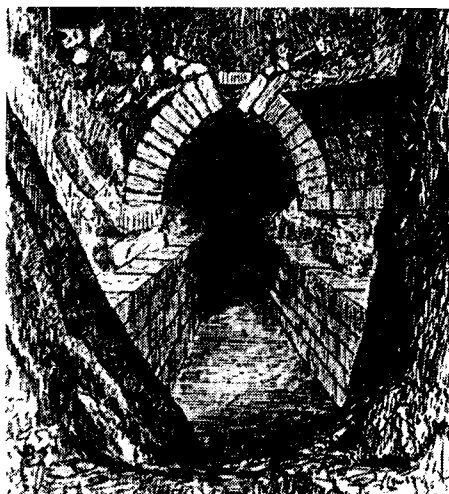
池に集め、直径 15 cm、一端が細くなった長さ 75 cm の陶管を、次々にはめ込んで、セメントで水密にした管路を埋設して、市内の給水場へ配水した。また雨水と各戸からの汚水を流す蓋つきの下水溝を路側に設け、西の城門ティピロンの外につくった沈殿池に集め、うわ水をレンガで巻いた長い放水路に流し、ケフィンス川までの途中で汲み上げて農地にまいた。沈殿池も定期的に浚らえて、沈殿物を農地に鋤き込んだ。都市への導水は同時に、排水とその処理を必要とする。図一27 は、前述のアッシリア王センナケリブが築いたニネベ城の下水道トンネルの出口のスケッチである。

なおアテネ市の上水道が本格的に整備されたのは、約 650 年後で、ローマの建設王ハドリアヌス帝（在位 117～138 AD）が行った。深さ 10～40 m の立坑を 700 本以上下ろし、その底を結ぶガナート式トンネルの全長は 24 km に及び、6 年の工期を要したという<sup>17)</sup>。それからさらに 1800 年あまり経過した 1925 年に、アメリカ合衆国の Ulen & Co. 社が、このハドリアヌス水道の清掃と補修をして、現在の大アテネ市上水道網の一部に組み入れた<sup>18)</sup>。トンネルの生命が永遠なことを示す好例である。

③ ローマ水道

下水の末端処理をせずに放流して、飲み水を失い、疫病に苦しんだ最初の都市がローマであり、それを解決するのに史上最高の導水をしたのもローマである。

BC 312 年にケンソル職についた盲人貴族アッピウスは、ローマ市南方の山麓地帯を灌漑していた後述のアルパノ湖の水の一部を、開削埋戻工法でつくった 16.5 km の導水渠（アッピア水道）で、ローマ市へ送水させ、20 か所に配水槽を設けた。その結果、貴族がやっと、週 1 回入浴できるようになったといわれるから<sup>3)</sup>、当時の



図一27 ニネベ城の下水道<sup>9)</sup>

ローマの水問題の深刻さが想像できよう。

このアッピア水道を範として、AD 109年までに10本の水道がつくられた(11本目のアレクサンドリナ水道22kmは226年にできた)。橋、トンネル、大盛土の組合せで建設されたこれらの水道本線の総延長は500kmに達し<sup>4)</sup>(配水枝管を含めると2080km)、1日113.4万トンの水がローマへ送られたと計算されている<sup>3)</sup>。ローマ市の人口が最大だったトラヤヌス帝(在位98~117AD)時代を120万人としても、1人1日1000リットルの給水量は、今日の大都市の計画給水量の3~4倍に相当する。この水で、宮殿や兵営、市民の家庭のほかに、公園や庭園の公設プール、1352か所の噴水、856軒の民営浴場、11か所の国営大浴場(その代表が、3000人収容のカラカラ浴場)が運営され、残りは貯水池に入れられた。その詳しい状況は、AD 100年頃、水道長官となったフロンティヌスの書いたDe Aquis urbis Romae(ローマ水道論)に出ており、そこに上げられている水道7本の総延長370kmのうち、7割にあたる254kmが地下になっている。ローマ水道にまさる大規模な都市導水工事をしたのは、20世紀初頭のアメリカ合衆国だけである。そこでは、136.8kmのデラウエア川導水トンネルをはじめ20km以上のトンネル30本が建設された。

ローマ人は、ローマ市だけでなく、フランス、スペイン、ポルトガル、アルジェリアなどの各地でも都市導水をした。中世のヨーロッパは、ローマ最大の偉業といわれる「ローマ水道」によって、文字通り培養された。

#### (10) 排水トンネル

湖水の水をトンネルで排水し、跡地を農地に変えた最古の例は、アテネ北西50kmの「ボイオチア盆地」である<sup>1)</sup>。ここにあった約400km<sup>2</sup>のコバイス湖を、ミニユアエ人という伝説上の部族が、長い間かけて掘ったトンネルで排水したのは、4000年以上の昔であった。ミケーネ時代に発展したこの地の遺跡を、北端のオルコメノスの丘で発見したのは、ドイツ人考古学者H. シュリーマン(1822~90年)である。そこにはミケーネと同様な大トロス墳(図-28)があった。それは尖った天井ドームと方形の玄室、長いせん道を大理石切石でつくり、金、銀、銅の見事な財宝を納めていた。

ギリシア神話の英雄ヘラクレスの出身地で、BC 370年には、スパルタを破ってギリシア第一の雄都となったテーベをもつこの盆地も、その後間もない頃にあった地震で、この排水トンネルがつぶれ、盆地の中央部分は、冬は湖、夏は不健康な沼地に変わった。それを改善しようとして、アレクサンドロス大王(356~323BC)の技師Cratesが、多数の立坑を下ろして、新しい排水トンネルを掘る準備をしたが、同大王の死で完成しなかつ

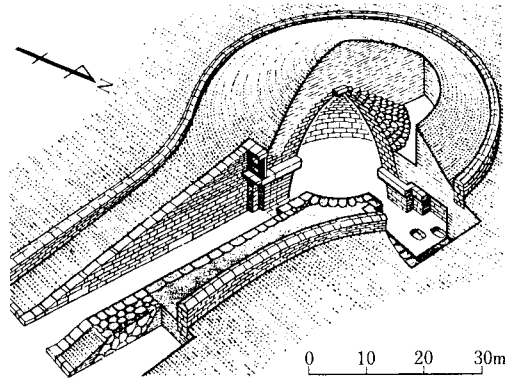


図-28 トロス墳の復原図<sup>4)</sup>(ミケーネ遺跡の「アトレスの宝庫」)

た<sup>5)</sup>。現代のこの沼の排水は、20世紀につくったトンネルで行われている。

ティベレ川とアニオ川の合流点の南西にある7つの丘に囲まれた沼地を、大ローマ市に変えたのは、エトルリア人の技師である。ローマ建国の父ロムルスから5代目の王スペルプス(在位618~580BC)は、エトルリアのタルクィニア地方の出身で、エトルリア人とギリシア人の技師や職人を招いて、ローマの整備に励んだ<sup>3)</sup>。後に「クロアカ・マキシマ」とよばれた排水溝を、現在のローマ終着駅付近からティベレ川まで掘り、それを切り石で巻いて、干し草を積んだ車が通れるくらいの半円形断面のトンネルにした。かくして、この沼地を肥沃な農地に変えた後、居住区の丘でも道路を整備し、側溝の水をこのトンネルに流し込んだ。ローマには、農業だけでなく、商業や金融業も興り、神殿が建ち、同王治下の38年間に、人口26万人の大都市に発展したとされている<sup>3)</sup>。

このクロアカ・マキシマに都市汚水も流し、その末端処理をしなかったため、ティベレ川が汚染されたことは既述のとおりである。シーザーやアウグストゥス帝は、このポンティネ沼のティレニア海に向けての排水を、同じ開削埋戻工法のトンネルで試みたが成功しなかった(この沼の処理は、ムッソリーニが着手した覆土埋立事業で行われ、ごく最近完了して、新市街EURと高速道路、新しい農地が誕生した)。しかしポー川流域の北イタリアでは、この方式の排水トンネルで、ポローニア、クレモナ、フェララ、パドア、ラベンナなどの今日の都市が誕生した<sup>5)</sup>。

一方、ローマ市南東約25kmにあるアルバノ山中の湖から導水して、その山麓台地を開墾する事業に、ローマ人が着手したのは、BC 360年であるが、幅1.5m、高さ2.4mの導水トンネル1.85kmを、50本の作業立坑を使って、硬い熔岩中に、わずか1年で完成させたことを、アウグストゥス帝の許で、142巻の「ローマ建国

史」を書いた T. リヴィウス (59 BC～17 AD) が伝えている<sup>1),3)</sup>。灌漑用水に使われていたこの水の山麓貯水池が、前述のアップピア水道の水源になった。

ローマ人がつくった最大の干拓トンネルが、ローマ東方 80 km のアペニノ山中にある。「フキノ湖」とよばれた約 150 km<sup>2</sup> の湖の水を、その西岸のカピストレロからリリ川へ放流したもので、長さ約 4.8 km のこのトンネルは、2.7 m の幅と 6 m 以上の高さを有している。

シーザーが計画したこのトンネルの工事に、第 4 代皇帝クラディウス (在位 41～54) は、即位と同時に着手した。担当技師ナルシスス (Narcissus) は、3 万人の奴隷と数千頭の馬を使って、10 年がかりで、この大トンネルを 22 本の立坑と斜坑 (最大深 120 m) から掘った。堅硬な岩の部分を除いて、天井にはアーチ状の切石覆工をし、悪い地山では、インバートもつけた<sup>1),3)</sup>。

トンネル完成の知らせを受けて喜んだクラディウス帝は、死刑囚 1 万 9 000 人を集め、数百の軍船に分乗させて、この湖上で戦わせ、最後まで生き残った者を放免するという壮絶な模擬海戦を実施した (48 km に及ぶ湖岸線には、近衛兵団を配置して、逃亡者を殺させた)。この海戦を満喫したのち同帝は、放水を命じたが、開けられた水門はすぐ詰まって、水は流れなかった。クラディウス帝は激怒してローマに戻ったが、ナルシスス技師には、名誉挽回のチャンスを与えた。

トンネル内を掃除し、勾配を修正するのに、さらに 1 年を要した。2 回目の通水式は、トンネル出口の下流側で開催された。皇帝夫妻臨席の下で、帝国全土からの招待者への宴席が設けられ、剣闘士の決闘試合の後、通水の合図が送られた。今度はトンネルから大奔流が出て、洪水となり、宴席は流され、皇帝以下全員が、命からがら避難する破目になったという<sup>5)</sup>。

## (11) 交通トンネル

### ① バビロン水底トンネル

地下を死者の世界と考えた古代の一般人は、まっ暗で、じめじめしたトンネルを交通に使う気持はなかったようである。それでも最初の交通用トンネルは、水底につくられたと信じられている<sup>1)</sup>。

ペルシアのクセルクセス 1 世 (在位 486～465 BC) に大破壊されてから 20～30 年たったバビロンの廃墟を、BC 440 年頃訪れたヘロドトスは、古老の話として、この町の往時の姿を克明に述べている。その話には、王名や時代のとり違いは多いが、2 000 年間に及んだこの大都市の基本像は、正しく伝えているといえる。

ヘロドトスは、ユーフラテス川で、東の王城と西の神殿に 2 分されたバビロンの規模を詳述した後、東方からの攻撃に備えると同時に、ユーフラテス川の水勢を制御し、舟運を発展させるために、上流に多くの運河をつくっ

て分水し、それを市の東方に掘った大きな池に集めた。こうして市内を流れる本川を一時的に、池の方へ移して干し上げた河床に、石造の橋脚を設置し、木橋をかけてから、本川を戻した。池の跡は沼となり、東からの攻撃に対する新しい防御線ができた。また夜間は橋板を外す木橋によって、西岸への侵攻も阻止できるようになったと述べている。

その後 (46 BC)、ディオドロスは、この石造橋脚施工時に、河床を横断して溝が掘られ、その中に、天然アスファルトで接着・被覆した 3～4 層の硬焼レンガで、幅 4.6 m、高さ 3.7 m の水密な馬蹄形トンネルがつけられたと断定し、その長さを 900 m と推定した<sup>3)</sup>。

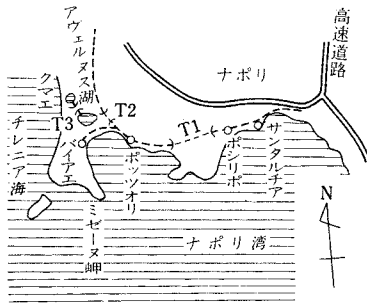
メソポタミアに大規模な運河網をつくり、ユーフラテス川に堤防を設け、最初の橋を石造橋脚の上に架設したのは、古バビロニア王国 (1950～1531 BC) の大王ハンムラビ (在位 1728～1686 BC) である。シュメルの諸都市を征服したセム族のこの王は、スサを首都としたエラム王国の反撃を極度に怖れた。バビロン水底トンネルは、非常事態に備えた軍事目的のものだったといえる。

### ② ローマの交通トンネル

“すべての道はローマに通じる”といわれたローマ帝国でさえ、敷石舗装した直線公道 372 路線 82 000 km のうち、トンネルがあったのは、ローマから北上してアドリア海側 (ラベンナ) に出る「フラミニアン道 (BC 230 年頃、護民官ガイウス・フラミニヌスが建設)」が、中央アペニノ山脈を越える Scheggia 峠 (標高 572 m) に、ヴェスパシアヌス帝 (在位 69～79) がつくらせたもの 1 本だけである。

19 世紀中葉に、スイスのベルン市北西にあるビール湖近く (Hagdek) で、50～60 m ごとに立坑をもつ長さ約 900 m の道路トンネルが発見された<sup>8)</sup>。アルプスのシンプロン峠 (標高 2 005 m) 道に多数の石造スノーシェッドや石橋をつくらせたシーザーの建設と推定されている。彼は、イタリア北部 (リグニア海側) のピサにいた BC 52 年 1 月に、「ガリア反乱」の報をうけたとき、数人の部下とともに厳冬のアルプスを越え、ベルギーの本隊に合流するために、1 300 km の行程を僅か 8 日間で走破したといわれる<sup>3)</sup>。それにはあらかじめ、こうしたアルプス道の整備が、不可欠だったはずである。

ローマ時代最大の道路トンネルが、ナポリ市西郊外のボシリポ丘 (図—29) の下に現存する。幅員 7.6 m、内高 9 m で、長さ 900 m のこのトンネルは、最近まで、市電を併設していた。その西坑口の外方に展開するボツオリは、天然の良港で、ギリシア人のひらいた「パレアポリス」である。その東の「ネアポリス」が現在のナポリであり、西のバイアエは、景勝の保養地として、歴代のローマ皇帝が好み、多くの貴族が別荘をおいた所で



図—29 ナポリ略図

- ポシリポ・トンネル (T1)
- ポツオリ・トンネル (T2)
- クマエ・トンネル (T3)

ある。

このポツオリ港を基地としたオクタヴィアヌス（後のアウグストゥス帝）の海軍が、BC 36年に、政敵ポンペイウスの艦隊をシチリア沖で撃破した。その年に、オクタヴィアヌスの命で、技師コッセイウス（Cocceius）が掘ったのが、このポシリポ・トンネルで、当初の長さをギリシア人地理学者ストラボン（64 BC～21 AD頃）は、1.5 kmと伝えている<sup>9)</sup>。

AD 1世紀のローマ哲人セネカ（4 BC?～65 AD）は、このトンネルを“クリプタ・ネアポリス（ナポリの穴倉）”とよび、「牢獄でも、この穴倉より暗いものはない。……風が全く通らないので、ほこりが凄まじく……どんなトーチ・ランプでも、互いの顔の見分けにすら役立たない……」と書いている<sup>17)</sup>。このトンネルは何度も改修され、入口の高さを23 mまで切り上げ、内部に向けて漸減させ、少しでも採光を良くしようと努めた結果、トンネルの全長も1.2 kmにまでへった。

これと平行するいま1本のトンネルが、1840年に発見された。「セイアノ（Seiano）」とよばれるこのトンネルは、皇帝と軍隊の専用に使われたもので、換気と採光用の立坑を有しており、遺跡として保存されている<sup>17)</sup>。

ポツオリ港の西の岩山にも、長さ180 mの道路トンネルがあり、やはりコッセイウス技師の建設と見られている。その西口にあるアヴェルヌス湖（Avernus）西岸の軟らかな石灰華地層にも、長さ130 mで、幅1 mならず（高さは5 m）の非常に古いトンネルがある。ギリシア人が開いたイタリア最古の都市クマエに、アヴェルヌス湖から導水するため、前6世紀の始め頃、掘ったものであろう。前1世紀のローマ詩人ヴェルギリウス（70～19 BC）は「クマエの巫女シビルのほら穴」とよんだし、ダンテ（1265～1321年）の「神曲」では、“地獄の入口”に比定されている。

いずれにしてもトンネルは、まっ暗なほら穴として、一般人には怖い所だった。真の意味での交通トンネル



図—30 掘割式都市遺跡「交河故城」<sup>6)</sup>

は、近世フランスの太陽王ルイ14世（在位1643～1715年）の時に出来たマルパス運河トンネルの開通（1681年）まで、待たねばならなかった。

## 5. まとめ

以上のほかに、古代から中世にかけての顕著な地下利用としては、ツタンカーメンの墓で有名なエジプトのトンネル墳；600万體以上の遺体が収容されたと推定されるローマやナポリ、シラクサの地下墓所カタコンベ；インドの佛教徒が起居した石窟佛寺；シルクロードの要衝トゥルファンの西にあった半地下式掘割都市の交河城（図—30）；そして現代に続いて、4000万人以上が暮らしているといわれる中国黄土地帯の地下住居などがあるが、それらの紹介は、他の機会にゆずることとして、ここでは1970年に、ワシントンで開催されたOECD会議の結論として、加盟各国政府に出された勧告文<sup>19)</sup>の要旨を掲げて、結びとしよう：

「全人類の90%が都市に集中する事態さえ予想される21世紀の社会に向けて、現在の都市機能の低下防止と環境保全に努力するだけでなく、それらの積極的改善と向上をはかることが、先進諸国の技術者に課された重要かつ緊急の課題である。……21世紀の都市は、地上の使用を、住宅、公園、広場に限定し、運輸・交通・通信・電力・水道・ガスなどの施設はもとより、駐車場、倉庫、工場、学校、劇場、図書館、博物館、塵芥・下水の処理場などもすべて地下に移すことを理想とする。……この実現に向けて、加盟各国の政府がすみやかに、下記の施策を採ることを勧告する：

- i) 国際的な技術協力体制と組織の確立；
- ii) 自国内の長期的かつ総合的な地下利用計画の樹立；
- iii) 工費の低減、工期の短縮、工事中の公害防除につながる技術革新に対する国の助成策。」

## 参考文献

- 1) 村上良丸：トンネルの歴史（全3巻），土木工学社，昭

- 50～54.
- 2) 平凡社：地学事典，昭56.
  - 3) デュラント：世界の歴史(全32巻)，日本ブック・クラブ，昭42.
  - 4) 平凡社：世界大百科事典，昭47.
  - 5) Sandström, S.E. : The History of Tunnelling, 1963 (昭38).
  - 6) NHK：シルクロード(全12巻)，昭56.
  - 7) Pequinot 編：Tunnels and Tunnelling, 1963 (昭38).
  - 8) Drinker, H.S. : Tunneling, Explosive Compound and Rock Drills, 1878.
  - 9) S. メイソン (矢島祐利訳)：科学の歴史，昭30.
  - 10) 平田 寛：科学の起源.
  - 11) 文芸春秋社：大世界史(全26巻)，昭42.
  - 12) 日本聖書協会：聖書，1968 (昭43).
  - 13) Encyclopedie de DIDEROT et d'Alembert, plaches vol.6, 1751—1772(熊谷組カレンダー，1979年4月).
  - 14) Willet, D.C. : The economic use of underground space, Oct., 1979, Tunnels & Tunnelling.
  - 15) Georgii Agrico (三枝博音訳)：De Re Metallica, 1550 (岩崎学術出版社，1968).
  - 16) Herodotus (松平千秋訳)：Historiae (歴史)，岩波文庫，昭46.
  - 17) Gies, J. : Adventure Underground, 1962 (昭37).
  - 18) Black, A. (平山復二郎訳)：The Story of Tunnels (トンネルの話)，昭14.
  - 19) Orski, C.K. : OECD Advisory Conference on Tunneling. March-April 1970, Tunnels & Tunnelling. (1986.6.5・受付)
-