

## 中南米・エジプトの水力発電その他について

会 長 藤 井 松 太 郎\*

日本ダム協会の視察団に加わって、主として中南米、エジプトの水力発電工事を見てきたので、興味のあるものを紹介する。もとより、40日間の飛脚旅行でいろいろの大工事を、のぞき見た程度なので、工事担当者の苦労している点を詳細に述べたり、工事計画の批判をしたりすることは不可能なことなので、あらかじめおことわりしておく。



かんがいをしなければならないし、また水力発電をする場合は、河川勾配が急で流量が少ないので勢い小水量高落差のものになってくる。これに反して、アンデスの東側は河川勾配がきわめてゆるやかで、河川流量が多いので、水力発電は大水量低落差のものになってくる。これらの代表的なもの二、三について述べることにする。

### 1. 中南米の水力発電

南米の地図をひらいて見ればすぐわかるように、西側の太平洋岸は、海岸線に接近してアンデス山脈がびょうぶをたてたように南北に走って、アコンカグワを主峰とする数千メートルの高峰がそびえ、アンデス山脈と海岸線の間に残された幅 100 km 程度の帯状帯は雨量が少なく砂漠をなしているが、アンデス山脈の東側の大西洋側は、雨量が多く、アマゾン、サンフランシスコ、ラプラタなどの諸大河があるいは東北に、あるいは東南に悠々数千 km を流れて大西洋にそそいでいる。

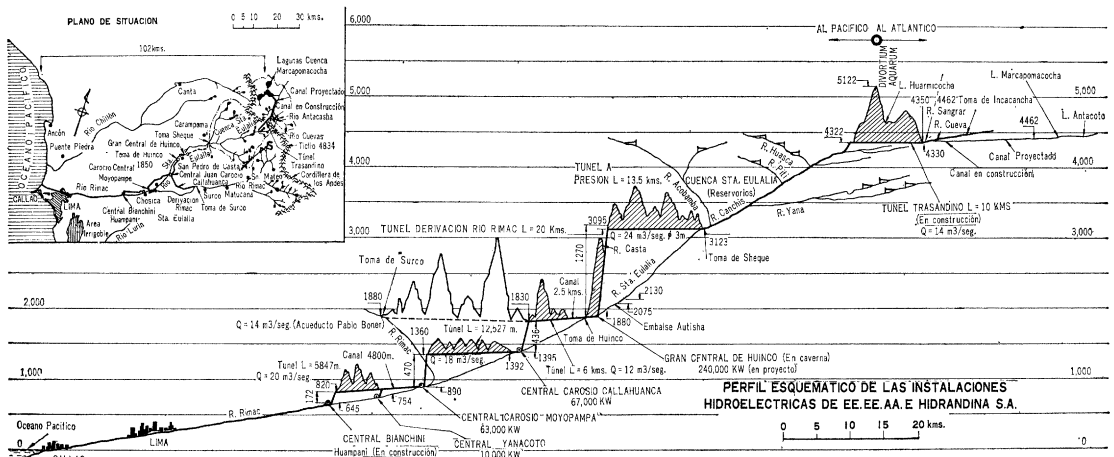
したがって太平洋岸にわずかに帯状に残された平地を緑地化するためには、何をあいてもわずかな水を集めて

### (1) マルカポマコチャ計画 (Marcapomacocha Projects)

マルカポマコチャ計画の主要目的は、現在東流してアマゾン河に流入している、マルカポマコチャ河流域の水を、アンデス山脈をつらぬいて太平洋岸に導き、リマ河上流の水を合わせ、きわめて高落差の発電を行なうと同時に、ペルーの首都リマ市の家庭用水、工業用水を、まかなうとともに、同地域のかんがいを行なうものである(図-1 参照)。

まず第一期計画としては、マルカポマコチャ流域の水をアンデス山脈の標高 4300 m 程度のところに、トンネルを掘り、太平洋岸リマ河上流に導く。トンネルの断面は 3.60 m × 2.80 m の馬てい形で、長さは 10 km, 10 m<sup>3</sup>/sec

図-1 マルカポマコチャ計画



\* 工博 第 50 代会長 国鉄技師長 (前日本交通技術 K.K 社長)

の水を通しうるように設計されている。このトンネルは最近貫通して工事を施工したスイス業者の代表が、有史上初めて、大西、大平両洋の流域変更に成功したことを誇示し、スイス技術に鼻を高くしたということである。第一期計画が完成しても、トンネルを通る水は  $6 \text{ m}^3/\text{sec}$  程度なので、さらに第二期計画として、マルカポマコチャ流域の数河川をせきとめトンネルに導いて、 $2 \text{ m}^3/\text{sce}$  の流量の増加をはかる。第三期工事は諸発電所の整備、かんがい、水道などの諸工事である。

マルカポマコチャ計画を実施することにより、第一期計画だけで約 48 万 kW の電力が得られ、さらに第二期、第三期工事をを行なうことによって、ペルーの首都リマ市の水源が確保され、さらに 4 300 町歩程度の耕地が得られることとなる。

### (2) ウルブブンガ発電所 (Celusa, Urubupunga)

ブラジルのサンパウロ市の西北方、約 600 km の、ラプラタ河の上流パラナ河とティエテ河の合流するところにウルブブンガがある。

パラナ河の左右両岸を、長さそれぞれ 1 940 m, 2 210 m のロックフィルダムでせきとめ、河川中央部に、コ

図-2 ウルブブンガ発電所

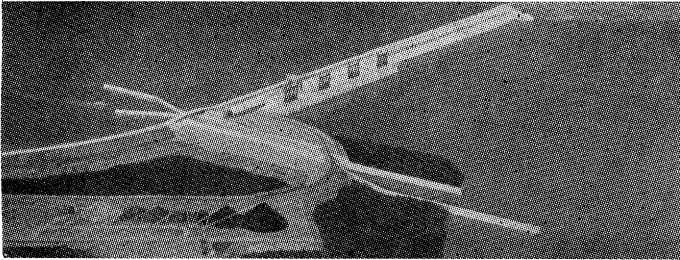


図-3 トレスマリア ダム平面図

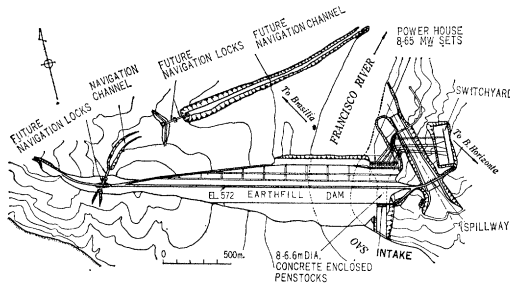
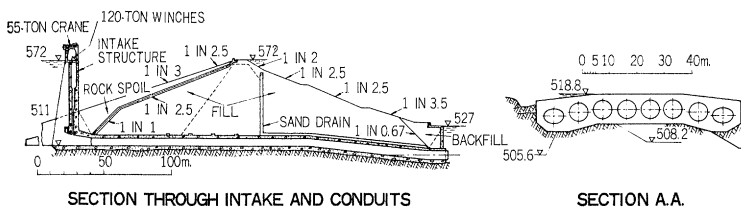


図-4 トレスマリア ダム断面図



ンクリート構造の余水吐、発電所、航行用ロックを設けたものである (図-2 参照)。

このダムによってその背後に長さ 40 km ないし 79 km の貯水池ができ、貯水量  $34 \text{ 億 m}^3$ 、有効貯水量  $7 \text{ 億 m}^3$  の水をたたえることとなる。貯水池の水面積は  $375 \text{ km}^2$ 、この地点における流域面積は  $470 \text{ km}^2$  である。ウルブブンガ発電所の特色は大きな使用水量であって、有効落差は  $24.40 \text{ m}$  であるが使用水量は毎秒  $5 000 \text{ m}^3$  であって、10 万 kW 発電機 12 基によって  $120 \text{ 万 kW}$  の出力を持っている。余水吐は全長 580 m, 37 門の水門によって毎秒  $5 \text{ 万 m}^3$  の水を吐くことができる。発電所は右岸側に設けられ機械室全長 370 m, タービンは垂直軸 Kaplan である。

航行用ロックは幅員 17 m, 長さ 210 m, 上下流の最大水面差  $24.50 \text{ m}$  で年間 2 700 万 t の船舶通過に備えている。

目下、左右両岸のロックフィルダム、航行用ロックの施工中である。

### (3) トレスマリア発電所 (Tres Marias Projects)

ブラジル中部を流れる大河サンフランシスコ河を、リオデジャネイロ西北方、約 700 km のピラポロ直上でせきとめ、最大出力 52 万 kW, 年間 27 億 kWh の発電をするとともに、ピラポロ下流 1 300 km 間を  $1.5 \text{ m}$  の吐水を確保して船舶の航行にそなえ、他方、ダム下流  $355 \text{ km}^2$  の肥沃地の洪水防止をする多目的計画がトレスマリア計画である。

トレスマリアダムはサンフランシスコ河をピラポロの直上でせきとめるもので、長さ 2 700 m, 最大高さ 70 m のアースダムである。これによる貯水量は  $1 200 \text{ 億 m}^3$  ののぼり、背水は本流において  $150 \text{ km}$ 、支流において  $60 \text{ km}$  におよぶこととなる。ダム地点における流域面積は  $48 200 \text{ km}^2$ 、標高は概して  $500 \text{ m}$  程度で、年降水量  $1 400 \text{ mm}$ 、年平均流量毎秒  $654 \text{ m}^3$ 、ダム地点の川幅は平時  $300 \text{ m}$ 、水深  $0.5 \sim 2.0 \text{ m}$  で、最近の洪水量は 1956 年 1 月 5 日の  $4 695 \text{ m}^3/\text{sec}$  の記録がある。ダム地点の地質は青灰色の粘板岩または砂岩で左岸側はそうとう風化したものが堅岩と互層をなしている。

地質調査で判明したことは、基礎岩盤は河床部を除き  $7 \sim 30 \text{ m}$  の土砂をかぶり、断層はないが、節理が発達し洩水に対しそうとうの考慮を要することである。本地点にアースダムを選んだ理由は本地点が僻遠の地でセメントその他諸材料の輸送が不便であるばかり

でなく付近にコンクリート骨材の採集場がなく、他方、基礎岩盤がさうとう深いことなどである。サンフランシスコ河を横切って長さ 2700 m, 最大高さ 70 m のアースダムを築造し、右岸側で 8 本の圧力管でダムを横切りその下流側に発電所を設ける。右岸アバット沿いに開きよの余水路を掘削、左岸側に航行用ロックを設ける(図-3 参照)。アースダムは 図-4 のように堤頂幅 10 m, 上流側のり勾配は上部より 2.5:1, 3:1, 4:1, 下流側は同じく 2:1, 2.5:1, 3.5:1 とし上流側に 1 カ所、下流側に 2 カ所の幅 3 m の犬走りを設ける。ダム中心部のコアは最も不透水性の粘土、上流側殻の部分は不透水性のシルト、粘土、下流側殻は掘削で発生した土砂岩屑の類を用いている。ダムの最大高さは 70 m であるが施工は将来の沈下、収縮にそなえて 1 m の余盛をつけている。ダム頂部の水面上の余裕は洪水時 2.5 m, 平時 4 m である。のり面の保護は上流側は 0.4 m 厚さの砂の上に 1.0 m 厚さの栗石でおおい EL 541 m 以下の下部は厚さ 0.3 m 程度の岩屑でおおっている。下流側のり面は厚さ 0.4 m の土羽打ちである。本ダムの全土量は 1400 万 m<sup>3</sup> のうち 1300 万 m<sup>3</sup> が不透水性材料である。転圧は 30 cm の層にならし、シープスフートルローラーとゴムタイヤローラーで締固めている。

8 本の圧力管をアースダムを貫いて設けることは、常道を逸している感があるが、6 本の圧力トンネルをダムよりさうとうはなして設ける案、基礎の岩盤に入った 8 本のサイホントンネルを掘削する案などを比較検討した結果、右岸沿いの岩盤が比較的浅いこと、圧力管位置が工事中の仮排水路として使えるなどの利点のため現在案となったものである。ダムの洩水防止に対しては心壁を基礎岩盤に掘り込んで粘土を充填し、さらにカーテングラウトを施している。圧力管がダムを貫く箇所の洩水は最も懸念されるところであるが 図-4 のようにダム下流部に厚さ 0.8 m の砂のフィルターを垂直、水平に入れ、水平フィルターは圧力管をつつむコンクリートに接しており、洩水排除にそなえている。圧力管は図のように 6.6 m 径の鋼管を鉄筋コンクリートで包んだもので、基礎は堅岩上に置かれ、コンクリート上には前記のように厚さ 0.8~1.5 m の砂の水平フィルターを設け、洩水にそなえる。余水路は 図-3 のようにダムより離して掘削され下部流は発電所の下流 350 m のところに吐いている。7 門のラディアルゲートで毎秒 8700 m<sup>3</sup> の水を吐くことができる。

本発電所の利用水頭は下流側の船舶航行を考え、32~55 m の間を変化する。ここで注意すべきは水頭 50 m において 90000 kW を出す世界で最大の高水頭カプラン水車を使っていることであって、おそらく、フランス水車と十分比較検討した結果と思われ、最近におけるカ

プラン水車の発達を物語るものである。

送電は 285000 V 二回線で 250 km はなれたペロホリゾンテに送る。

本工事の総工事費は 4700 万ドルの予定で現在ほとんど完成しかけている。

## 2. ドーバー海峡連絡計画

### (1) ドーバー海峡連絡の緊急性

ドーバー海峡を船舶、航空機によって通過する客貨の数量は、最近とみに増大し 1952 年から 1960 年の間を例にとってみると、貨物において 55%, 旅客 150%, 自動車においては 200% の増加を示し、その後もますます増加の傾向をたどっている。船舶、航空機などの連絡手段は現在すでに最大限度の力を出しきっており、全然余力を残していない。イギリスは欧大陸との連絡を密にして、自国産業を発展させることを国是としているのであるが、以上のような船舶、航空機の能力を考えると、この点でイギリスの大陸政策は阻まれること確実で、これをさけるためには、何をおいてもトンネルまたは橋梁による十分な交通容量を持ち、しかもドーバーの悪天候に左右されない交通路を開くことが絶対に必要である。

### (2) ドーバー海峡連絡計画小史

ドーバー海峡連絡計画は、1802 年マシウ (Mathieu) なる一技師が海峡トンネル計画をナポレオンに提出し、翌 1803 年、モットレイ (Mottray) なる一イギリス人が海峡の海底に径の大きな鉄管を敷設することを提案したのに初まる。海峡トンネルのルートは海底の地質に支配されるのは当然で、1833~1869 年にガモンド (Thome de Gamond) とホークショウ (Sir John Hawkshaw) の両名が、ある程度の地質調査を基礎にし、それぞれ独自の鉄道トンネル案を作製し 1867 年と 1869 年に一般に公刊され、ようやく世人の注目をひくようになった。その後ガモンドとホークショウの意見が調整され 1872 年に海峡トンネル会社 (Channel Tunnel Company) が設立され 3 年後にはフランスの国鉄を母体とした英仏海峡会社が参加、資本の半分を持つこととなり、その後は研究が組織的に進められることとなった。その後フランスの地質学会会長ラバレイ (Lavalley) 氏が水路学者のラルゼ (Larousse) 氏の力をかり、海峡の詳細な地質調査を行ない、重要な箇所の地質図を公けにしたが、これがその後の研究の指針となりイギリス側ドーバーとフランス側サンガットとを結べばトンネル掘削に最適な、均質な下部白亜層が十分な厚さをもって存在することが明らかとなった。海峡トンネル会社は白亜層の透水度を調べるために海峡の両岸に立坑を下し、下部白亜層に水平坑道を掘削することとし、1878 年着手、1883 年には英仏両岸ともそれぞれ約 1 マイルの進行を見たのである

が、英政府は 1883 年、国防上の見地からこのトンネル工事を禁止する旨、海峡トンネル会社に通達した。この坑道掘削によって、下部白亜層は不透水性なることが確認され、英軍技師 Beaumont の考案した掘削機はその後のこの種機械の母体となったのである。その後も海峡連絡に関する研究は続行され、道路トンネルを掘削する場合は換気立坑を人工島上に作る関係上、水深の小さいことが必要であるから、ルートはイギリスのフォークストン (Folkstone) とフランスのグリネツ (Gris-Nez) を結ぶこととなり、地層はジュラ層を貫くこととなることが第一次大戦後明らかにされた。

橋梁で海峡を渡る案は前記のガモン (Thome de Gamond) が 1836 年提案したのを始めとし、1889 年には海峡橋梁会社が設立されたりしたが、橋梁案は航行上の障害のために常に一般から反対されどおしだった。

第二次世界大戦後、英政府部内に海峡トンネル委員会が再建され海峡トンネルの論議がたたかわされていたが 1955 年、当時の国防相マクミラン (Harold Macmillan) 氏が国会において、政府は国防上の見地から海峡トンネルに反対する根拠ありやとの質問に対し、ほとんどなしと答弁したことによって、イギリスの長期にわたる作戦上からの反対には終止符が打たれ、海峡トンネル研究団が生まれることとなった。

### (3) ドーバー海峡トンネル案

マクミラン氏の声明後 2 年、1957 年 7 月に至って海峡トンネル研究団 (The Channel Tunnel Study Group) が結成されたが、これは、イギリスの海峡トンネル会社、フランスの海峡会社、アラブのスエズ運河会社、アメリカのニューヨーク技術研究団の四者が全く同等の立場で結成したもので、その後の 4 年間に邦貨約 5 億円を投じて各種の地質調査、経済調査の設計などを進め広範な報告書を出している。

トンネル位置は図-5 に見るようにイギリス側はドー

図-5 ドーバー海峡平面図

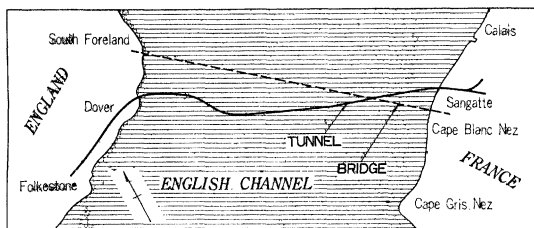


図-6 トンネル縦断面図

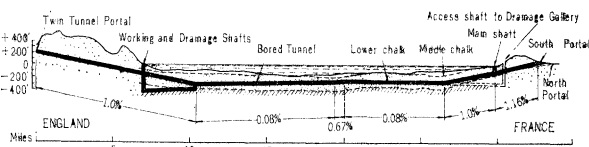
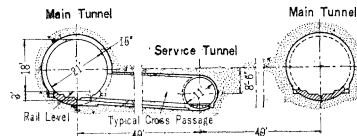


図-7 トンネル横断面図



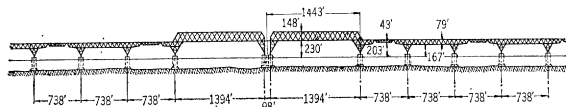
バーとフォークストンの中間、フランス側はカレー南方のサンガットである。トンネルの延長は、海面下 36.4 km、陸上部アプローチ 16.05 km、計 52.45 km であって、トンネル断面は図-7 のように、内径 21 ft、巻厚 15 in の単線トンネルを二条、中心間隔 98 ft に掘削するもので、その中間に中心を 8 ft 6 in さげて内径 11 ft のサービストンネルを掘削する。トンネル掘削には爆薬を使用せず、もっぱら回転せん坑機を使用、ずりは粉泥とし海中に排出する。この方法によればひかえ目に見て毎月 1 475 ft (447 m) の進行が期待され、工期は着手後 5 カ年で完成するものと考えられる。工費はトンネル関係土木工事 8 000 万ポンド、駅その他鉄道設備 2 670 万ポンド、フランス側道路改修 220 万ポンド、計 1 億 890 万ポンド (邦貨 1 100 億円) と称していたが研究団のその後の調査により、総工費 1 億 3 000 万ポンド (邦貨 1 300 億円) を要するものといわれている。以上、述べたところは、普通トンネルの場合であるが、沈埋式の場合は必ずしも不透水層を求める必要がないのでルートも多少は異なるものとなる。あらかじめ陸上部で組立てられたトンネルの 1 ユニットの、あらかじめ掘削された海底の溝中に沈め、岩石、砂利の類で埋めもどすもので、現在、油井やレーダーステーション建設に使われている伸縮脚を有するプラットフォームを使用、海底の溝の掘削や、プラットフォーム位置に曳航されたトンネルユニットの沈下作業を行なうものである。沈埋式に要する工費は前述の普通トンネルの場合と同様 1 億 3 000 万ポンド程度であるが、工期は前者よりも速くおよそ 4 カ年程度で完成される。

トンネル案はいずれの場合も通過自動車はエンジンをとめ、現在、サンガットやシンプロントンネルで使われている低床式特殊貨車で運ばれ、積おろしに多少の時間を要するが、トンネル中の速度が大きいことで十分とりもどされるものと考えられている。排気の問題は列車前頭のピストン作用、列車後部の空気吸引作用に期待し、多少、補助的ファンをそなえる程度で十分と考えられている。

### (4) ドーバー海峡橋梁案

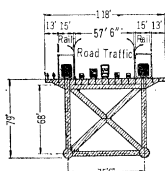
ドーバー海峡橋梁案は、1836 年ガモンの提案を初めとするはすでに述べたが、最近に至りドルマンロング、カムパニフランセエンタプライズ、メリット、チャップマンアンドスコットの四者を構成員とするフランスの英仏海峡橋梁会社が

図-8 ドーバー海峡橋梁案



橋梁案を提示した。橋梁詳細は図-8,9のようなもので、橋梁総延長は 20.5 マイル (32.800 km) で、スパン割は 738 ft 120 径間, 1394 ft 10 径間で、モーメントを受ける部材の箱形断面以外はすべて管状断面を用いたワーレン トラスである。設計荷重は鉄道複線, 5 車線, 2 軽車線を考えている。橋桁総重は 88 万 t である。1394 ft の 10 連は主航路にあり悪天候時における船舶通過にそなえるもので、海面上桁下に至る余裕は、クインメリーのマスト高に 23 ft の余裕をとり 230 ft になっている。橋脚は陸上ドック内で製作された鉄筋コンクリートリングを現場に曳航し、デロング型のプラットフォームで所定の位置に沈下し重ね合わせて築造される。橋梁の完成工期は設計完了後 4 年半で建設費は 2 億 1000 万ポンド (邦貨 2100 億円) である。橋梁案を支持する者は、橋梁の工費はトンネルのその約 2 倍であるが、その能力は橋梁は毎時一方向に 6000 両の自動車を通わせうるが、トンネルのそれは 1800 両にすぎないので、橋梁はトンネルの能力の 3 倍の能力を持つこととなり、2 倍の工費を投じて橋梁のほうが結局、経済的に有利になるといっている。

図-9 橋梁横断面



(5) トンネル案と橋梁案の優劣 (主としてトンネル支持者の主張)

工費から見ると橋梁はトンネルの 2 倍を要するので、トンネルが有利である。これを交通容量から見ると、橋梁支持者の主張にかかわらずトンネルは橋梁とほぼ同等の容量を有し、少なくとも今世紀の輸送増加には耐えうる。ドーバー海峡は年間濃霧 25 日, 5 マイル以上視界のきかぬ日, 100 日であるが、トンネルはこれら悪天候に支配されない点、橋梁よりはるかに有利である。建設を資金的に見ると、トンネルの建設資金は、比較的僅少で、25% イギリス出資, 75% をフランス, アメリカその他の投資でまかない、利企業で経営することが可能で政府の公共事業の資金をくわぬが、橋梁は資金が大きくその採算から見て橋梁支持者のいうように建設費の 80% を国外に求めることが至難であるから、勢い国家の補助金を仰ぐか、または官営になり公共事業の資金をくうこととなる。橋梁案は換気の心配は全然ないが、悪天候に橋上を通過する自動車の運転手、乗客に被害なしとはいえず、160 基におよぶ橋脚は輻そう時一日 1000

におよぶ船舶の航行を阻害することがきわめて大きい。最近のレーダーの発達は悪天候においても十分船舶を防護しようと呼しているが、レーダーを装備した船舶の海難事故はレーダーの信頼度が 100% でないことを立証するものである。一度衝突が起ると船舶のみならず橋脚も甚大な損傷を受けることは当然で、外洋船やタンカーが 1/4 速度で橋脚に衝突した場合を想定すると、およそ納得のいく桁の工費で橋脚を防護できないことは明らかである。橋梁案の最も困ることは、トンネル案では英仏両国の同意のみで、ただちに工事にかかれるが橋梁案は、公海上の国際航路に 160 基におよぶ障害物を建てることになるので、ソ連を初め諸外国の同意を必要とし、この同意が容意にとれないことは、いわずして明らかである。

3. ビアンデン揚水発電所 (The Vianden Pumped Storage Plant)

オール河(Our)はラインにそそぐモーゼル河の一支流でルクセンブルグ公国とドイツとの国境線流れ、1861 年以来ドイツ、ルクセンブルグ両国の共同管理になっている。オール河発電に関しては、その歴史は 1922~25 年にさかのぼるのであるが、当時の計画は周辺の数河川の水をあつめ、ダムを築いて容量 8 億 m<sup>3</sup> (有効 1.8 億 m<sup>3</sup>) の貯水池を造り、出力最大 60 万 kW, 年間 1000 時間運転で 6 億 kWh を発生する尖頭発電所を作る計画であったが、規模が大きすぎて実現を見なかった。ドイツのルールヘルデッケの揚水発電所が成功し、揚水発電が世人の注目をひくようになって 1950 年に至り、フランスはオール河のビアンデンに揚水発電所を作る案を呈示した。ビアンデンはベルギー、ドイツ、ルクセンブルグの炭鉱、鉄工地帯に近いので、これらの地域に電力を供給しているドイツの RWE (Rheinisch Westfaelisches Elektrizitaetswerk) の関心をひき 1951 年 5 月、オール電力会社 (Société Electrique d'Our) が設立され、同社の資本は RWE が 40%、ルクセンブルグ政府が 40%、その他民間資本が 20% である。オール電力会社は当初はもっぱら調査計画を進めていたが、1958 年 7 月 1 日、ビアンデン発電所建設が、ドイツ、ルクセンブルグ両国で調印され、いよいよ発電所建設に着手したものである。ビアンデン揚水発電所の重要諸元を列記すると、

I 水関係	第一期	第二期完成後
下部貯水池		
最高水位	+226.00 m	+227.00 m
最低水位	+219.75 m	
容 量	900 万 m <sup>3</sup>	1000 万 m <sup>3</sup>
有効容量	500 万 m <sup>3</sup>	600 万 m <sup>3</sup>
上部貯水池		
最高水位	+509.8 m	
最低水位	+494.0 m	

有効容量	275 万 m <sup>3</sup>	550 万 m <sup>3</sup>
日間移動水量	242 万 m <sup>3</sup>	484 万 m <sup>3</sup>
使用水量 (4 台, 8 台)	158 m <sup>3</sup> /sec	316 m <sup>3</sup> /sec
揚水量 (4 台, 8 台)	84 m <sup>3</sup> /sec	168 m <sup>3</sup> /sec
平均水頭	280 m	

## II パワー関係

水車 (最大)	4 × 143 000 HP	8 × 143 000 HP
発電機 (最大)	4 × 115 000 kVA	8 × 115 000 kVA
揚水ポンプ	4 × 94 000 HP	8 × 94 000 HP
送電網荷重変化調整能力	700 000 kW	1 400 000 kW
発電機発生電圧	13 800 V	
送電電圧	220 000 V	
運転サイクル	一日	
ユニット数	4	8
軸	水平	
速度	428 r.p.m.	
年間運転時間	水車 1 500 時間	ポンプ 2 800 時間
年間発生電力	6 億 kWh	12 億 kWh
ポンプ使用電力	8.5 億 kWh	17 億 kWh
能率	75% 以上	

のようである。各種構造物を述べる。

### (1) 上部貯水池

きわめて風化しがたい堅固なスレートよりなる丘の頂部をけずり、掘削岩屑で四周にアースダムを作り貯水池とするもので、水面積一期、二期を合わせて 2 000 万 m<sup>2</sup>、ダム位置の水深 15.80 m である。貯水池は一期と二期は別個に仕切られ、いずれか一方を単独に使用することが可能で将来の池の修繕その他にそなえている。ダムののり勾配は下流側 1:1.5、上流側 1:1.75 で付近に適当な粘土がないので 2 層のおのおの 2.5 cm 厚のアスファルトコンクリートで張りつめ、この水密層の下に砂利のフィルター層を入れ、ろう水をダム底部の排水路に導いている。ダムの堤体は、掘削岩屑を 30 cm の層に敷きならし比重 2.3 を目標に締固めている。第一期の貯水池容量は 900 万 m<sup>3</sup>、有効 500 万 m<sup>3</sup>、二期が完成すれば容量 1 000 万 m<sup>3</sup>、有効 600 万 m<sup>3</sup> となる。

### (2) 下部貯水池

図-10 のようにピアンデンのすぐ上流に高さ 30 m の重力式ダムを設けオール河を締切って設置されるもので、第一期では池の容量 900 万 m<sup>3</sup>、有効容量 500 万 m<sup>3</sup>、二期完成後は容量 1 000 万 m<sup>3</sup>、有効容量 600 万 m<sup>3</sup> である。容量に多少余裕があるのは冬期の結氷にそなえるものである。オール河の流量は 0.5~20 m<sup>3</sup>/sec、洪水量は 400 m<sup>3</sup>/sec で余水吐は 500 m<sup>3</sup>/sec になっている。

### (3) 発電所

オール河の谷がせまいので幅 20 m、高さ 30 m、長さ 300 m の地下式となっている。発電関係機器の 1 ユニットは発電電動機 1 台、水車 1 台、揚水ポンプ 1 台よりなり、発電は 1 日約 4½ 時間、揚水は一日 8 時間で、一

図-10 ピアンデン発電所一般平面図

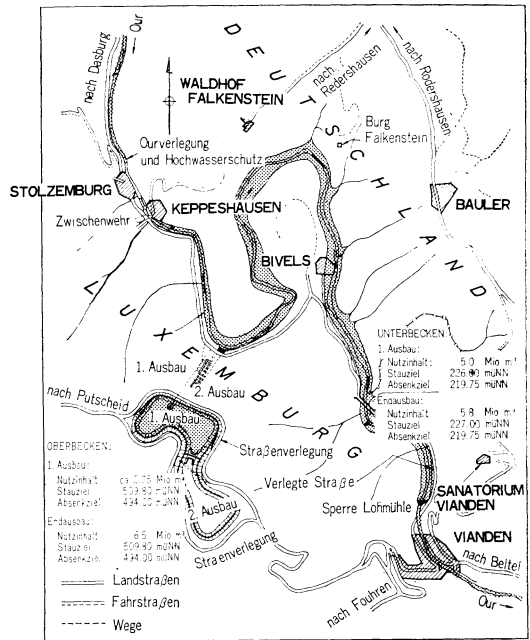
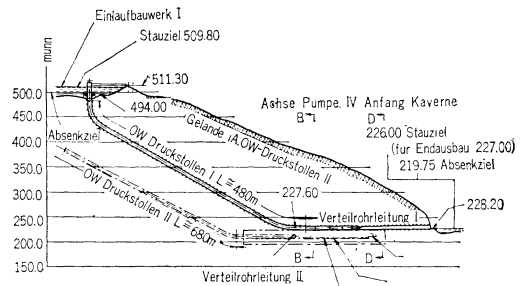


図-11 ピアンデン発電所横断面図



日あたり一期では 242 万 m<sup>3</sup>、二期完成後は 484 万 m<sup>3</sup> の水が発電時は上部から下部へ、揚水時には下部貯水池から上部貯水池に移されることとなる。

本発電所完成後は平均 80 万 kW の出力をもち、揚水時には 55 万 kW の電力をくうこととなるので両者の計 135 万 kW、大約 140 万 kW の送電網負荷の凹凸を調整することとなる。本発電所はポンプと水車とは別になっていてギヤで切りかえるものであるが、最近、水車揚水ポンプ (pumpturbine) が発達したので将来は建設費、機械費の節約のため、水車揚水ポンプがもっぱら使用されるものと考えられるが、本発電所のように、一日の調整を行なっているところでは、全体の能率を落さず、かつ切り換え時間を短縮しなければならないので、水車揚水ポンプにはなお研究の余地が残されているものと考えられる。

本発電所の総合能率は、機器製作者の保証数字を合算すれば、77% であるが、大体 75% 程度は確実と考え

られる。

本発電所建設の現在の進捗は第一期の土木工事を完了し、機器4ユニットのすえつけ中で、すでに1ユニットは稼動している。第二期完成目標は1964年といっているが、多少おくれ気味のように思われた。

#### 4. アスワン ダム (Sadd-El-Aali)

##### (1) いままでのいきさつ

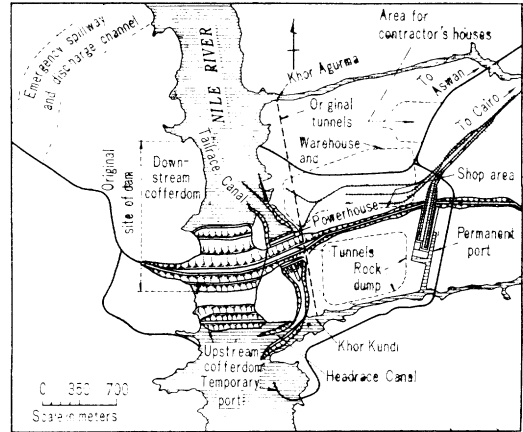
アスワン ハイダム (Aswan High Dam, Sadd-El-Aali) はエジプトのカイロからナイル河を約 950 km さかのぼったアスワンの町にあり、現在、世界の注目をあびて、ダム工事が急がれている。アスワン ハイダムは現存の旧アスワン ダムの上流約 7 km の地点で、堤長 3 600 m、最高高さ 111 m、堤体土量 4 270 万 m<sup>3</sup> のロックフィルダムでナイルをせきとめ、ダム背後に 1 570 億 m<sup>3</sup> の水をたたえるものである。ダムの高さや堤体土量からいうとこれ以上のものが5~6を数えるのであるが、世界を驚倒さすものは、実に 1 570 億 m<sup>3</sup> におよぶ貯水量であって、この数字はアメリカのフーバー ダム背後のメアド湖の3倍以上に達するものである。アスワンハイダムが完成すると、ナイル河のほとんどすべての洪水をせきとめてかんがい、発電に有効に利用できるのみならず、乾ばつ年を年越しに調節することが可能になるので、エジプトの母なるナイルの体質をすばらしく改善することとなる。

アスワン ハイダムの当初の計画はドイツ人技師の手になるもので、International Consulting Board が承認したものである。その計画内容はつぎのとおりである。

ダムは粘土心壁を有するロックフィルで河床上 25 m 厚に敷かれた砂 (Dune sand) 上に築造され、この砂層と砂層下部のシルト層は振動つき固めをやる。ダムのろう水をおさえるために、グラウトカーテンを砂層シルト層を通して河床から約 200 m 下にある不透水岩盤に到達さす。ろう水を防ぐ第二の手段としては、砂と粘土の長いブランケットを上流側に延ばす。工事中の排水路としては径 16 m の無巻トンネルを7本右岸側に掘削、左岸側に径 14 m のトンネルを4本掘削して取水路とする。というものであった。その後、ソ連が2回にわたって邦貨約 814 億円の借款を提供し、ダム工事の指導をすることになったので、当初の計画をそうとう変更して現在施工中のものとした。すなわち変更の要点はつぎのとおりである。

ダムの断面はほとんど原案どおりだが、上流側のブランケットを省略し、ダム自体を 800 m ばかり上流側に動かす。右岸側のオープンカットをやって排水トンネルを短縮し左岸側の4本の取水路トンネルをやめて、右岸排水路トンネルと取水トンネルを合体兼用し発電設備を

図-12 アスワン ダム平面図



右岸側に作る。

というものである。アスワンダムの工事局長ザッキイ (Dr. Hassan Zaky) 氏の言によれば、この変更の主要点は上流側ブランケットの廃止であるが、フランスのゼレホンコンダム (Serre Poncon Dam) で深さ 330 ft の粘土とセメントのグラウトカーテンが沖積層を水密にすることに成功したので、従来疑問視されていた、沖積層中のグラウトカーテンに確信ができたためブランケットを廃止したものである、と述べている (図-12 参照)。

##### (2) アスワンダムの主要データ

###### ダ ム

ダム頂長さ	3 600 m	ナイル横断長	520 m
河床よりの高さ	111 m	ダム頂幅	30 m
ダム底幅	980 m	所要土量	4 270 万 m <sup>3</sup>
河床標高	85 m	堤頂標高	196 m

###### 貯水池、ナイルの水文データ

過去の最大洪水量	13 500 m <sup>3</sup> /sec
過去の最小流量	275 m <sup>3</sup> /sec
最高貯水位	182 m
貯水容量	1 570 億 m <sup>3</sup>
推定シルト堆積	300 億 m <sup>3</sup>
有効貯水量	900 億 m <sup>3</sup>
洪水取容余裕	370 億 m <sup>3</sup>
貯水池長さ	500 km
貯水池幅	平均 10 km、最大 25 km
貯水池最大水深	97 m
貯水池よりの年平均取水量	840 億 m <sup>3</sup>

###### 排水路

全長	1 950 m
排水能力	11 000
排水兼取水トンネル	径 15 m 6本

###### 水車、発電機

水車	180 000 kW	フランシス 12 台
水頭	77~35 m	
使用水量	12×346 m <sup>3</sup> /sec	
発電機	175 000 kW	12 台
総出力	2 100 000 kVA	

送電電圧 500 000 V 亘長 900 km 2 回線

### (3) ダム建設の効果

本ダムが完成すると、発電のほうから見ると最大出力 210 万 kW、年間 100 億 kWh の電力が得られ工業の発展を促すこととなり、かんかいのほうからいうと、ナイルの洪水を年越しに調節し、年間平均 840 億 m<sup>3</sup> の水を利用、70 万町歩の耕地が得られ、アラブ連合の耕地を 25% 増すこととなる。他方、上流部スーデンにおいても耕地が 3 倍に増加し、現存発電所の出力を増すこととなる。

### (4) 工事の現況

本工事は 1960 年 1 月 9 日出発したもので、計画によれば 1964 年末に上流仮締切を河床より 85 m あげ 80 億

m<sup>3</sup> の水を貯水し 70 万町歩の耕地をまかない、漸次工事をすすめる。1972 年完成するものであった。現在エジプト人 20 000 人、ソ連人 1 050 人が、ソ連製重機械 25 000 t を駆使して鋭意工事をすすめているが、現在、右岸側排水兼取水トンネルを掘削中なので、工事は計画よりそうとうおくらせているようである。アスワンダム関係の工事費はダム関係 850 億円、神殿補償 200 億円、発電所建設 575 億円、送電線関係 500 億円、計 2 130 億円で、これにかんかいい施設、土地開拓、交通居住施設などの工費を加算すると総計 4 150 億円の巨額となるので、本工事の前途は、なかなか容易なものではないと思われる。

(1963. 5. 24・京都会館にて講演)

## 海外ニュース

### インドネシアの港湾拡張工事

インドネシアのアンボン、テルナテ、テナラの 3 港の設備拡張計画に関する契約がこのほどインドネシアとハワイアン・ポメロイ・コモン建設会社との間に調印された。これら港湾の建設工事は港湾 BPU (一般指導機関) と DMJM (ダニエル・マン・ジョンソン・アンド・メ

ンドール社) の監督の下に行なわれる。この港湾拡張工事は米国の開発借款基金がインドネシアに供与する借款で行なわれるもので、工事費は 295 万ドルと見積られており、3 年以内に完成の予定である。工事は突堤の拡張、倉庫の建設、給水計画、その他の設備の拡張をふくんでいる。

設計・施工に必備のコンサルタント 諸家賞讃  
成瀬勝武・谷藤正三・沼田政矩・種谷 実 監修

# 土木施工データブック 最新刊

B5判 1162頁 豪華本 定価 4800円 千160円  
特価 4500円 (本年6月末日限)

〔主要項目名〕 計画測量・工事測量／仮設工事／土工・土木機械／地盤改良工法／基礎工法／プレキャストコンクリート工／プレストレストコンクリート工／鋼橋・鋼構造物の製作・架設／電気防食法／道路工事／軌道布設・保線工事／地下鉄工事／河川工事／砂防工事／港湾・海岸工事／ダム・発電水力工事／トンネル工事／上水道工事／下水道工事／防水工事／工事管理／付録／資料

成瀬勝武・本間 仁・谷藤正三監修

# 土木設計データブック 好評10版

B5判 776頁 豪華本 定価 4000円 千160円

〔主要項目名〕 構造力学／鋼橋・鋼構造／木橋／コンクリート／鉄筋コンクリート／PS コンクリート／土質力学／基礎工／土工／道路／空港／鉄道／水理／河川／水力・ダム／港湾・海岸／上水道／下水道／都市計画／土地改良／付録／資料

森北出版株式会社

東京・神田・小川町3丁目10番地  
振替東京 34757 電 (291) 2616・3068