

土木技術者の海外案内 / その6

城崎陸郎 (正会員 ワールドオーシャンシステム(株)企画室次長)
片山恒雄 (正会員 Ph.D. 東京大学助教授 生産技術研究所)



あっても、これを十分にバックアップするだけの建設事業がないといえる。働き盛りの研究者・技術者がより強い刺激を求めてアメリカやイギリスへ出て行くと同時によりよい生活環境と暮しやすさを求めてアメリカ人・イギリス人などが移住してくるといふ、一見相反した現象のおこる国である。実際文明生活に慣れてしまった現代人が、あまり無理な環境に身をおくこともなく、まだフロンティアを求めうる数少ない国の一つがオーストラリアであるといえるかもしれない。

オーストラリアは大部分の土木技術者にとっては地の果てのような国であろう。ヨーロッパやアメリカの諸国とは違って、何かの旅のおりに足を伸ばしてくるというわけにはいかない。はじめからそこへ行く目的で行かなければ行けない国である。

オーストラリアで思い出すのは第一にカンガルーであり、土木屋としてシドニーハーバー橋が頭に浮かばよほうかもしれない。

しかし、今日の日本にとって、オーストラリアは欠くことのできない原料供給国であり、また英連邦の主要な一員としてイギリスと密接な関係にあったこの国も、イギリスの EC 加盟を一つの契機にアジア・太平洋圏の一員としての意識を深めてきている。このことは、土木工学における日豪の技術交流も今後盛んになることを示していると考えられる。

オーストラリア人の生活は、いわゆる英語国民の生活であり、その水準は高い。大学での教育は教科内容や研究実験施設においても世界の最高レベルをいくものと考えてよいし、土木技術者のレベルも高い。ただ、人と水がたりないことがこの国にとっては致命的で、国内需要が低いために、せっかくの能力が生かしきれていないという印象が強い。たとえば、大学における研究は一流で

オーストラリアの土木工事を紹介するとき、まず第一に話題になるのはスノウィ マウンティンズ 開発計画 (Snowy Mountains Scheme) であろう。1949 年に開始されたこの国家的大事業も、すでに完成に近づいており、この事業によって出現した多くの人造湖の景観は、スノウィ地域を新しい観光地として、その存在を再認識させようとしている。オーストラリアで行なわれていたこの世界最大級の土木工事をとおして、この国の土木事情のあれこれを拾ってみることにする。

スノウィ マウンティンズ計画の紹介

オーストラリア大陸は世界でも珍しい水に恵まれな乾燥した土地であり、たえず旱魃の脅威にさらされている。したがって、大陸の東部を南北へかけて走るグレート・ディバイディング・レンジ (Great Dividing Range) の東側の降雨の多い沿海部に都市が発達し、シドニー、メルボルン、ブリスベーンを含むこの帯状の狭い土地に、実にオーストラリア全人口の 70% が集中しており、逆に大陸内部は、いまだに開発されない原始の状態にある。

スノウィ マウンテンズは、グレート・ディバイディング・レンジの一部をなすオーストラリアで最高の山脈

であり、毎年 5~6 か月間は雪でおおわれるスキーヤーのメッカである。スノウィマウンテンズに水源を発するマレー (Murray) 川とムランビジー (Murrumbidgee) 川は、肥沃ではあるが乾燥している内陸の農耕地を流れてサウザン オーシャンに注いでいる。また、スノウ

ィマウンティンズの東側の斜面に水源を発するスノウィ (Snowy) 川は降雨の多い東沿海部を通過して南下し、タスマン海に注いでいる河川である。

スノウィ マウンティンズ 計画の目的は、南に流れてむだになっているスノウィ川およびその支流の水を、西

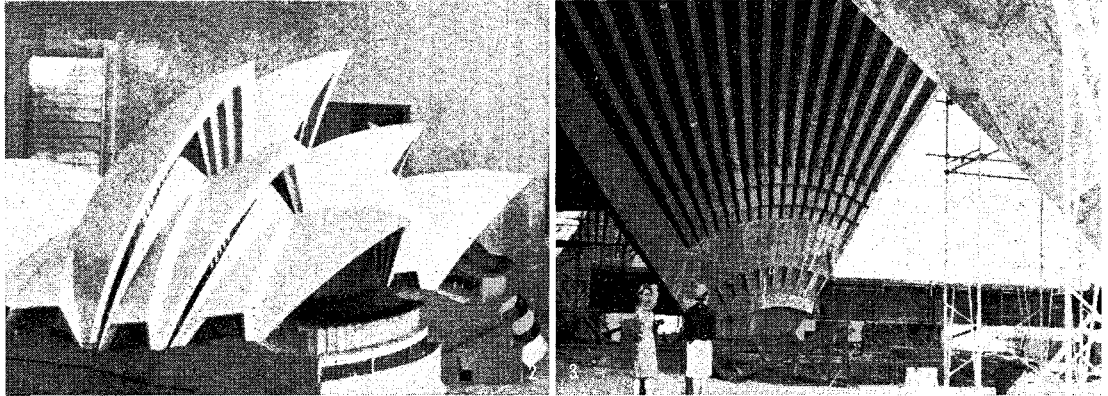


表-1 スノウィ計画の主要構築物

名 称	形 式*	高 さ (m)	堤頂の長さ (m)	総貯水量 (10 ⁶ m ³)	完成年度
タルビンゴ	ロ ッ ク	162	701	921 050	1970
ユーカンビン	ア ー ス	116	579	4 796 490	1958
プロワリング	ロ ッ ク	112	808	1 631 750	1968
ジーハイ	ロ ッ ク	91	265	21 080	1966
チューマツポンド	コン・アーチ	86	218	52 770	1959
ジンダバイン	ロ ッ ク	72	335	688 010	1967
ツ ー マ	ア ー ス	67	305	28 110	1961
アイランドバンド	コン・重力	49	146	3 080	1965
チューマツ2	コン・重力	46	119	2 710	1961
タンタンガラ	コン・重力	45	216	254 000	1960
ジュナマ	ロ ッ ク	44	518	43 530	1968
マレー 2	コン・アーチ	43	131	2 340	1968
ガ テ ガ	コン・重力	34	139	1 600	1955
ハッピージャックス	コン・重力	29	76	271	1959
カンコーバン	ア ー ス	18	1 067	26 630	1966

注：*印/ロック=ロックフィル，アース=アースフィル，コン・アーチ=コンクリート・アーチ，コン・重力=コンクリート重力式。

(2) トンネル

名 称	長 さ (km)	完 成 度
ユーカンビン-スノウィ	23.5	1965
ユーカンビン-チューマツ	22.2	1959
マランビジー-ユーカンビン	16.6	1961
スノウィ-ジーハイ	14.5	1966
ツマー-チューマツ	14.3	1961
マレー 1 導水	11.7	1966
チューマツ2 導放水	11.3	1961
ジンダバイン-アイランドバンド	9.8	1968
ガ テ ガ	4.7	1955
総 延 長 (上記以外も含む)	134.7	—

(3) 発 電 所

名 称	最大出力 (kW)	完 成 度
チューマツ3	1 500 000	1973
マレー 1	950 000	1967
マレー 2	550 000	1969
チューマツ1	320 000	1959
チューマツ2	280 000	1962
プロワリング	80 000	1969
ガ テ ガ	60 000	1955

【写真説明】

写真-1 (前ページ)・1932年に完成したシドニーハーバー橋はスパン 503 m、いまでもこの形式の橋としては世界最大級のものの一つである。橋の左側に Jørn Utzon の設計になるシドニーオペラハウスが見える。右手の円筒型建物は 45 階で、このような高層ビルを鉄筋コンクリートでつくれるのは地震力を考える必要がないからである。

写真-2・シドニーオペラハウスの完成模型。

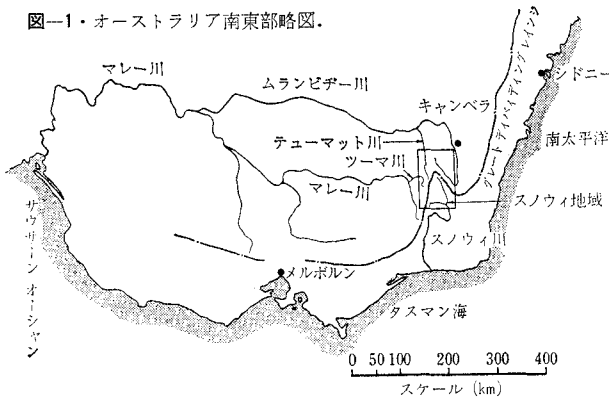
写真-3・オペラハウス 施工中のシェル内部——プレキャスト プレストレスト コンクリート構造である。



へ流れるマレー川、ムランビジー川の両河川に導き、内陸の乾燥地のかんがい用水として役立たせると同時に、その途中に発生する落差を利用して水力発電を行ない、産業の発展に寄与しようとするものである。

この事業によって、電力は約 400 万 kW の容量の発

図-1・オーストラリア南東部略図。



電所から毎年 53 億 kWh のエネルギーが生じ、その価値は約 4 400 万 A \$ (オーストラリア・ドル) に達する。他方、農業の発展のためにスノーウィ川から内陸へ追加される水は年間約 24 億 m³、年間約 6 000 万 A \$ の農産物が産出されると考えられている。なお、この事業に投下される総工費は 8 億 A \$ (約 3 000 億円) といわれている。

この事業の第一の目的は水資源開発である。一般には、このような国家の発展のために投資される事業の場合は、経済的に採算がとれないとされるのが通例であるが、第二次目的の水力発電によって生ずる利益から、この事業の採算性が強調されている。

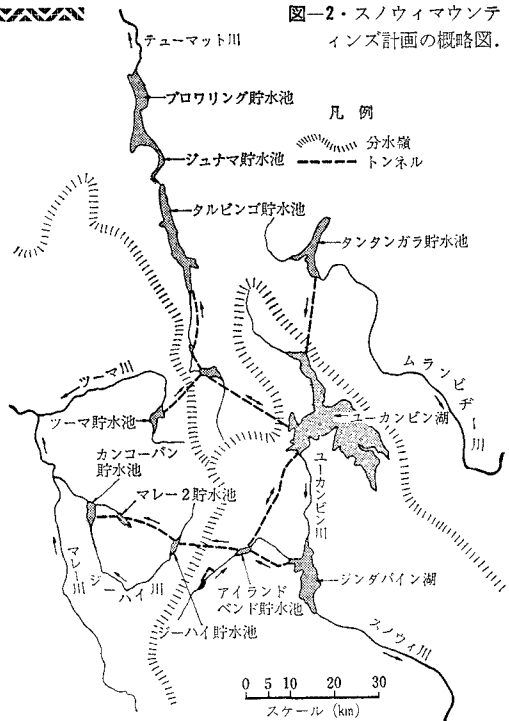
スノーウィ マウンティンズ計画の事業概要

事業を大別すると、スノーウィ川の流れをチューマット (Tumat) 川をとおしてムランビジー川へ放流するスノーウィーチューマット開発と、スノーウィ川の流れをマレー川に流すスノーウィーマレー開発の 2 つに分けることができる。

スノーウィーチューマット (Snowy-Tumut) 開発

この事業は、ユーカンビン (Eucumbene)、ムランビジー、ツーマ (Tooma) の 3 河川の上流を堰き止めて、トンネルでこれらの水をチューマット川を堰き止めてつくられたチューマットポンド貯水池 (Tumut Pond Reservoir) に導き、以上の 4 河川から集められた水を

図-2・スノーウィマウンティンズ計画の概略図。



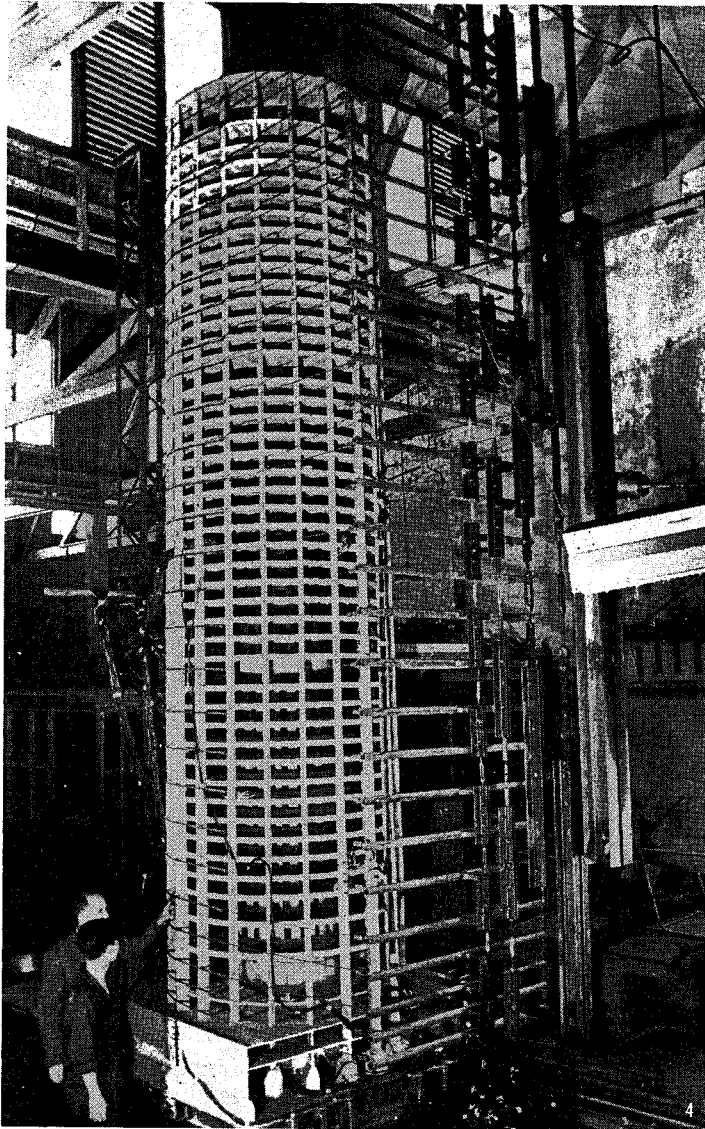
利用してチューマット 1、チューマット 2、チューマット 3 の 3 つの発電所で電力を得る。そのあと逆調整池の働きをするブロウリング (Blowering) 貯水池で、冬は水を貯え、夏の渇水期に必要なに応じてムランビジー川へ放流し、かんがい役に役立たせようとするものである。なお、チューマット 3 発電所は揚水式でありピーク時に発電に供し、放流された水はジュナマ貯水池 (Jounama Pondage) で貯えられ、夜間のオフ・ピーク時の電力を使用してタルビンゴ (Talbingo) 貯水池にポンプバックされる。

スノーウィーマレー (Snowy-Murray) 開発

この工事は、スノーウィ川の流れをマレー川へ導くもので、トンネルをとおって流れる間に生じた 2 600 ft の落差を利用して、マレー 1、マレー 2 の発電所で電力を得たのちマレー川へ放流され、内陸の農耕地をうるおすものである。より多くの水を内陸へ導くためアイランドベンドダム (Island Bend Dam) の下流のスノーウィ川の水をジンダバイン湖 (Lake Jindabyne) に貯え、余剰電力を使用してアイランドベンド貯水池へポンプバックされる。

スノーウィ マウンティンズ オーソリティ (Snowy Mountains Authority)

オーストラリアは州制度をとっており、内政的には各州にそれぞれ自治権が委任されている。しかし、スノウ



イ マウンテンズ 計画では、その開発が1つの州の利益のためだけではなく、ニュー サウス ウェルズ 州、ビクトリア 州、サウス オーストラリア 州および オーストラリアン キャピタル テリトリー と3州1テリトリーに及ぶため、連邦政府の承認のもとに、1949年にスノウィ マウンテンズ オーソリティーが発足し、この大事業を推進している。オーソリティーで使われる費用は、毎年連邦議会で認められた額を貸付金として渡される。この事業が完了して70年後には、借入金と利子の全額が償還できる予定とのことである。

オーソリティーの建設現業部門は、コントラクターに発注される大規模工事を監督する部門 (Major Contracts) と、直接労務者を指導して工事を行なう部門 (Field Construction) の2つに分かれている。直轄工事として施工されるものは、道路の新設および補修、貯水池への導水工事、工事関係者のための町づくり、湖底に沈む町にかわる新しい町の設営などがおもな仕事である。

工事関係者のための町づくりは家屋、寮、食堂、集会所はもちろんのこと、教会(宗派の違いから1つの町に4~5つの教会が建てられる)、ショッピングセンター、劇場、学校、病院、郵便局といった施設を含む大がかりなものである。工事が終わると、貯水池、発電所、送電線といった設備の維持管理のためにとどまる人のために、その一部を残して大部分は次の街づくりのために移動していく。したがって、建物は移動し易いように、中央から縦に2つに割ってトレーラーに

写真-4・45 陥鉄筋コンクリートビルの風荷重による応力解析を目的として行なわれた1/30モデルによる実験。

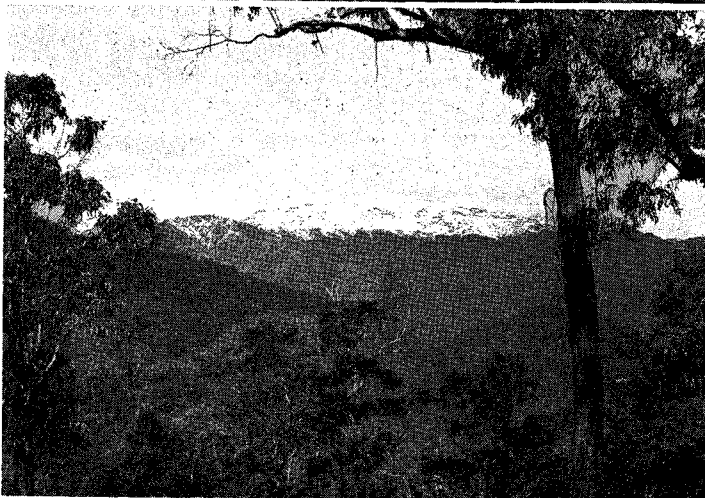


写真-5・雪をいただくスノウィ地域の山々——開発計画によって出現した多くの人造湖が観光価値をさらに高めた。

積めるように設計されている。

オーストラリアは大農法であるため、農家の所有する土地はかなり大きい。新しくつくるダムによって湖底に沈む人のためには、新しい家と農地が用意され、人々は、よりよい環境のもとに何の抵抗もなく移っていくようである。クラウンランドと称する国有地が多いので、日本のように用地の問題で争うこともない。

オーソリティの本部があるクーマ (Cooma) の町には技術研究所があり、スノウィ マウンティンズの工事における種々の実験・研究を進めているほか、オーストラリア連邦政府の依頼によるこの事業以外の実験、さらには、コロンボ計画にそって広く海外の水力発電事業の実験まで手がけている。

建設に関連する請負業者

初期に施工された請負工事は、そのほとんどが、オーストラリアの国内業者の手によらず、海外の建設工事事社により施工されている。それも、ジョイントベンチャーによるものが多いのは注目される。たとえば、1950年代に施工されたテューマット ポンド ダム (コンクリートアーチダム・高さ 86 m)、テューマット 1 トンネル (直径 6.3 m・円型断面・長さ 2.4 km) はカイザー、ウォルシュ、ペリニ、レイモンドのアメリカ合衆国の 4 建設業者によるジョイントベンチャーであり、テュー

マット 1 発電所 (容量 32 万 kW・地下発電所) は、エチュードをスポンサーとしたフランスの 6 業者によるジョイントベンチャーである。プロジェクトが大きいので、リスク分散のためこの形式をとるもので、実際の施工はスポンサー会社に委託され、パートナーは入札において、より正確で、より妥当な見積値を算出するため、個々に見積りを行ない、それを検討して落札の可能性を高める協力と、工事の収支におけるリスクの負担を受持つというケースが多い。

この海外業者の成功に刺激されて、オーストラリアの土木の大手業者 ティース ブラザーズが 1958 年に ツーマダム (ロックフィル・高さ 67 m) と ツーマーテューマット トンネル (高さ 3.4 m 馬蹄型・長さ 14.3 km) を施工した。その後も、ヒュームス、ジョン ホランドといったオーストラリアの業者が単独の請負で参加している。しかし、全体的には、海外業者 (とくにアメリカ勢) のジョイントベンチャーによる施工が多い。

発電機等の機械関係は、イギリス、スイスといったヨーロッパ勢が活躍しているが、とくに 1960 年代には、東芝、日立、三菱といった日本勢の進出もめざましい。

スノウィに働く労務者

広大な面積を保有するわりに人口の少ない (日本の約 1/10) オーストラリアは、国家の発展を促進するために

図-3 (右上)・スノウィテューマット計画の概略図。

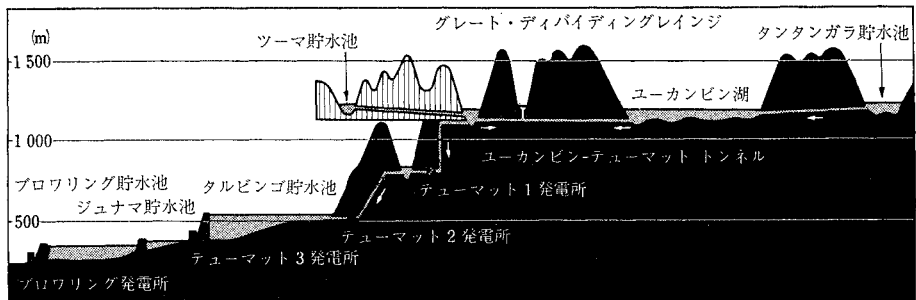
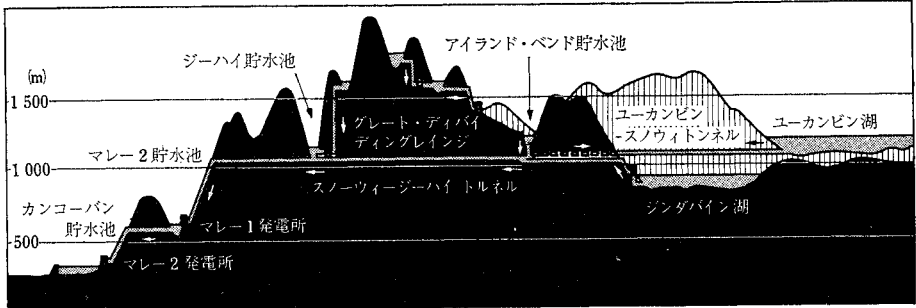
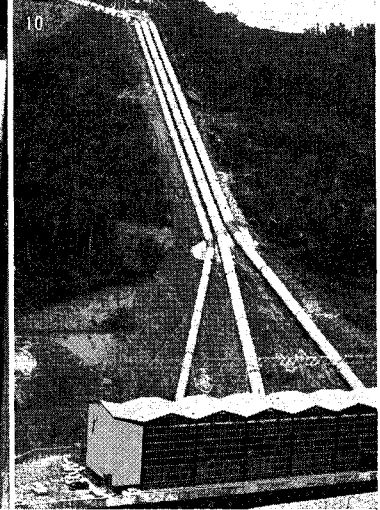
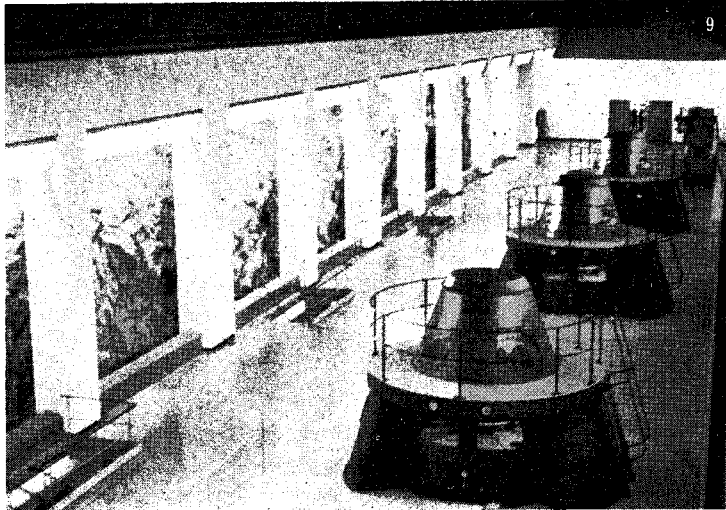
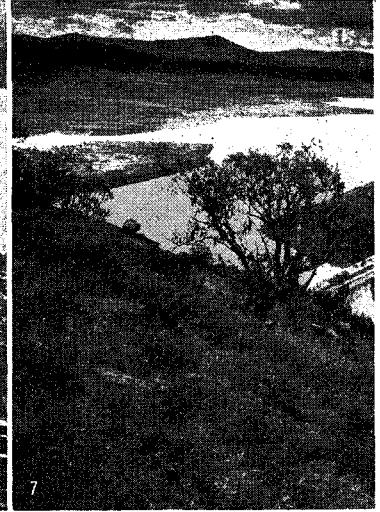
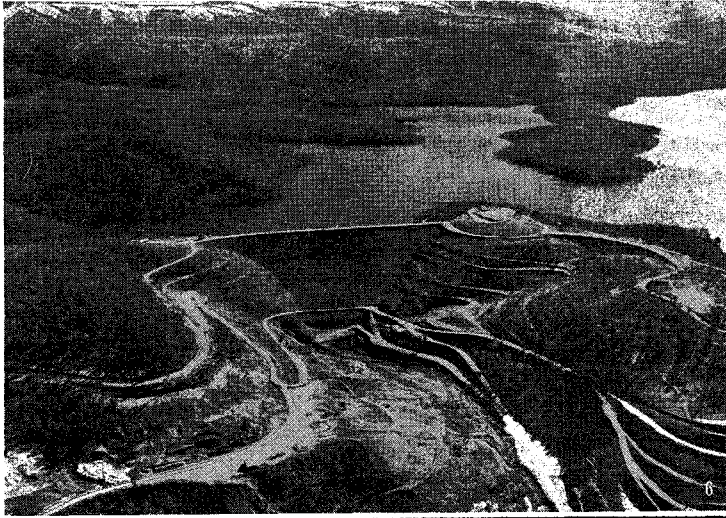


図-4 (右下)・スノウィマレー計画の概略図。





積極的な移民政策をとっており、ヨーロッパからの移民希望者には、オーストラリア国家が補助金を与えているほどである。この政策によって、ヨーロッパ各地から集った人達の中には、言葉のハンディキャップに関係なく容易に就労できるので、建設工事の労働者として働いている人も数多い。

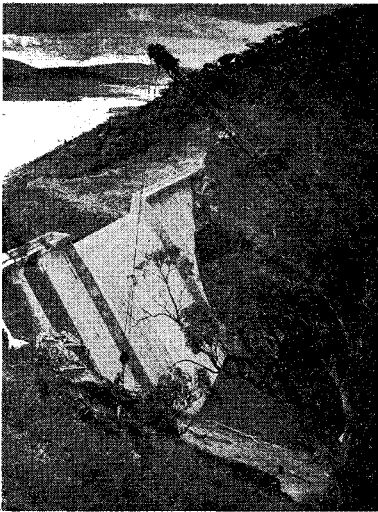
スノウィ マンティンズ 開発計画の中心地であるクーマの町には、これらの協力者のために、出身 27 か国の国旗をかかげて感謝の意を表わしている。これは、工事が開始されて 10 年目の記念日にあたる 1959 年 10 月 17 日につくられたもので、その後さらにふえて、現在までに 32 か国の人々が、この事業にたずさわったと記録されている。

オーストラリアの建設労働者は、ユニオンを組織してその労働条件を確立しており、とび工、鉄筋工、足場工、土工といった職種により、1 時間あたりの賃金が決められているほか、たとえば、高所での作業、狭い場所に身

を入れて行なう作業、足元がぬれるような場所での作業、雨天の中での作業といったように、働く場所の条件によって、それぞれ割増し賃金が支払われるようになっている。とくに、週休 2 日制が実施されているこの国では、土曜日の労働に対しては最初の 3 時間が 50% 増、その後の時間については 100% 増、日曜日の労働に対しては労働した時間全部について 100% 増というレートが決められており、土曜日の 8 時間労働は 14.5 時間、日曜日の 8 時間労働は 16 時間の賃金の支払いを受ける対象となる。

一般に、都市部での建設工事は日曜日は休みだが、土曜日は作業を行なっている。これは工程を推進する目的ももちろんであるが、それにもまして、建設労働者を確保するために土曜日の労働により収入をふやしてやる目的のほうが大きいとの話である。

スノウィ マウンティンズの開発工事は、都会から遠く離れた山間僻地での作業であり、集まってきた労働者



- 写真—6・ユークンビンダムは高さ 116 m のアースダムであり、開発計画の中心的なユークンビン湖は面積 145 km² をもつ。
 写真—7・高さ 45 m の重力ダムであるタンタンガラダムはムランビジー川を堰き止め、その水は 16.5 km のトンネルによってユークンビンダムへ送られ貯えられる。
 写真—8・タルビンゴ貯水池に沈んだタルビンゴの町並——人口 50 人の町にあるバーに注意。ビールの立飲みをするパブはオーストラリアの町の特徴的な風景の一つである。
 写真—9・28 万 kW のチューマット 2 地下発電所——良質な岩のためライニングがなく岩はだが露出している。
 写真—10・マレー 1 発電所——ジーハイ貯水池からの水で 95 万 kW の電力をおこす。水はさらにマレー 2 貯水池を経てマレー 2 発電所で 55 万 kW の発電をし、カンコーバン貯水池から内陸部へ一定の流量で供給される。

は都市部での労働より、よりよい収入を期待している。ここでは日曜日は休みだが、土曜日はウィークデイと同様に作業をしているうえに、昼夜にわたる交替勤務により、労務者の収入がふえるように考えられている。たとえば、ジンダバインダム (Jindabyne Dam) の建設工事では週 6 日で各 10 時間の昼夜 2 シフト制 (ウィークデイでも 8 時間をオーバーした時間に対しては 50% 増、夜間作業では、最初の 8 時間に対して 25% 増、それ以上の時間については 50% 増のレートで賃金が割増される)、また、マレー 2 発電所およびダムの工事では、週 6 日でデイシフト 9 時間、ナイトシフト 8 時間の 2 シフト制で作業が進められていた。とくにトンネルの掘進工事は 8 時間労働による 3 シフト制で進められることが多く、これらの結果として、スノウィの工事のほとんどが、契約工期を 3~7 か月短縮して完成されている。

単位の切換え

オーストラリアではフィート・ポンド法が使用されており、オーソリティの示方書でもフィート・ポンド法による単位を使用することが明記されている。しかし、ヨーロッパの人たちとの接触でオーストラリアの技術者も 10 進法によるメートル法の利便性は十分に認識しているようである。とくに、オーストラリア政府でも、技術者や学者らの強い要請があり、フィート・ポンド法をメートル法に切り換えるべく前向きな検討がなされている。

これは余談だが、貨幣についてもポンド・シリングのイギリス式が 1966 年に 10 進法のドル式に切り換えられた。これを例にとり、筆者の知人のオーストラリアの技術者は「10 進法のドルのほうが便利だから切り換えようという世論が起って 10 年ぐらいで実現された。現在、メートル法のほうが便利であると皆が認めつつあるので、1970 年代にはメートル法への切換えが実現するのではないだろうか」と語っていた。しかし、生活の中にしみ込んだ数の概念を代えることは、なかなかむづかしいだろう。一例として、われわれは買物でもリンゴ 5 個といった注文は普通だが、12 進法のダースになれた彼らには、この 5 という数は非常に奇妙に感じられるようで、6 つ (半ダース) 買ってくれといわれたことを思い出す。

2 つの橋梁事故

現在世界で最長を誇るコンクリート・アーチ橋がシドニー郊外にあるグレイズビル橋 (Gladesville Bridge, 304.8 m) であることを知る人は少ないかもしれないが比較的最近オーストラリアで起った 2 つの橋梁の事故は橋梁技術者の記憶に新しい。一つは 1970 年 10 月のウェストゲート橋の架設中の崩壊である。これについては学会誌 (1972 年 2 月号) に詳細な報告がある。この橋の設計施工には共同設計者として鋼構造関係を担当したイギリスのコンサルタントと、きわめて変則な架設方法を

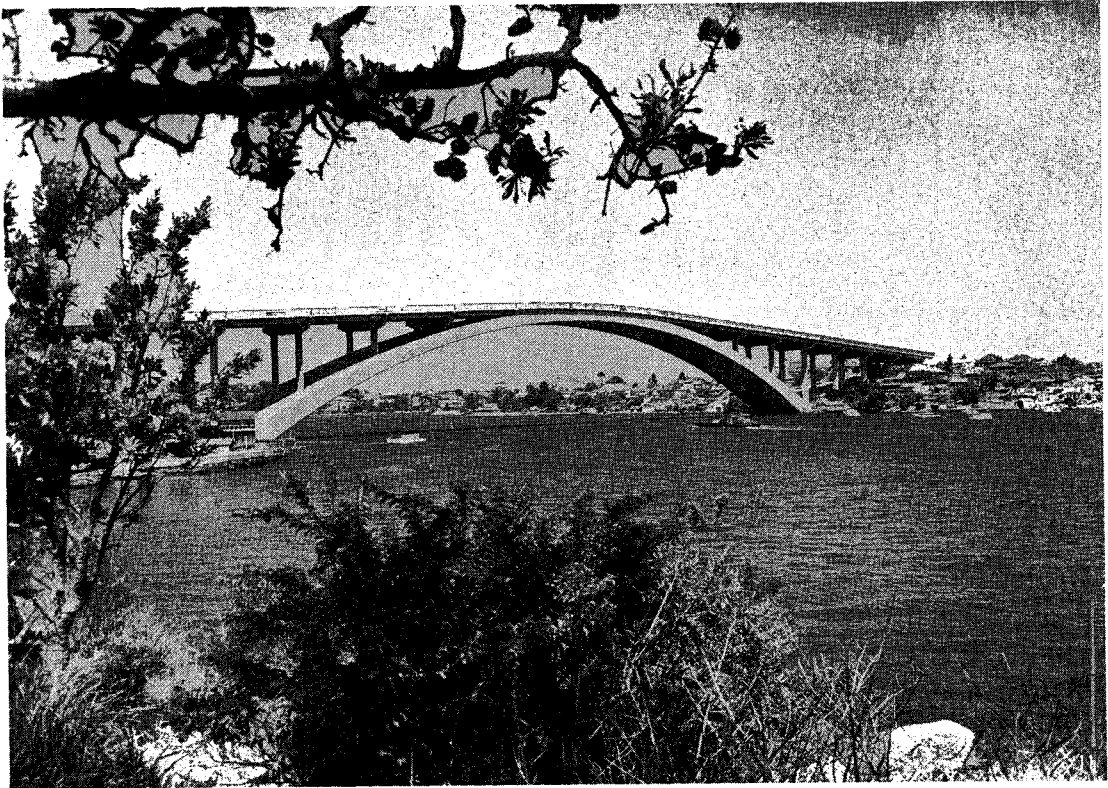


写真-11・コンクリートアーチ橋として最長スパンを誇るグレイズビル橋——アーチを通してシドニーハーバー橋が見える。

提案した外国系橋梁メーカーのオーストラリアにおける子会社が関係していた。また、1962年7月にはキングス橋 (Kings Bridge) が供用15か月で破壊した事故が起っている。この橋の設計施工にもアメリカ系のコントラクターが元請として関係しているが、事故の最大の原因は全溶接の高張力鋼プレートガーダー橋の製作において溶接の重要性を理解している技術者が欠如していたことにあったとされている。これらの例だけからオーストラリアの橋梁工学のレベルをうんぬんするつもりは毛頭ない。しかし、このような事故の中に、資源に恵まれ

台風も地震もほとんど心配する必要のない Lucky Country がもつほどの不足という深刻な問題を垣間みる思いがするのは筆者らだけであろうか。

最後にスノウィ マウンティンズ 開発計画について最新の資料をお送りいただいた清水建設オーストラリア駐在員・青木保之氏および写真の使用を許可していただいた在日オーストラリア大使館に感謝の意を表したい。

(次回は USA の西部国立公園における環境保護) 問題を扱います。ご期待下さい。

EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES, EARTH STRUCTURES AND FOUNDATIONS IN JAPAN, 1973

B 5 判・150 ページ (口絵・付図つき) 定価 1600 (〒 140・海外価格 \$ 8)

1973年6月25日~29日までローマで開かれる第5回世界地震工学会議を記念して出版される各分野の耐震規定を収録したもの。土質基礎、ダム、港湾構造物、上水道、橋梁に分け、土質工学会、日本大ダム会議、運輸省港湾技術研究所、日本水道協会、土木学会橋梁構造委員会が責任編集にあたった貴重な指針。