

アメリカにおける最近の水利用についての諸問題

安 芸 岐 一

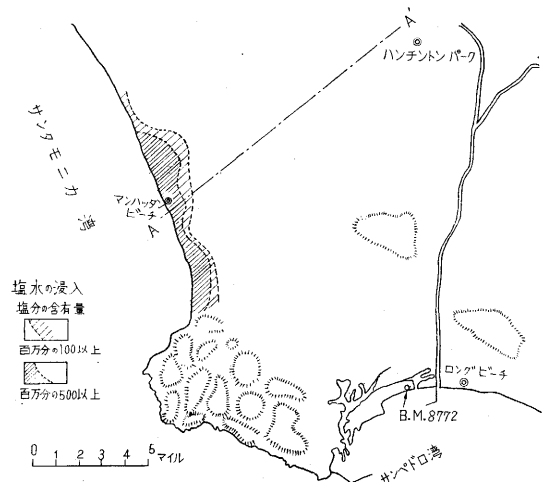
わたくしはこの夏を日本生産性本部の計画による工業用水供給ならびに利用調査団に参加して、アメリカで過ごしてきた。およそ3週間を西部海岸地帯、特にロサンゼルス市を中心とした地方で過ごし、他の3週間を中央部ならびに東部で過ごしてきたのであるが、水の供給から利用に当たって、もちろんその工業化の歴史的過程とか自然条件により経過は異なっているのであるが、経済活動の活発化に従い、常に新しい問題が提起せられ、その解決に従って新しい経済発展が可能となってゆく姿を知ることができた。この姿は経済発展が急速に進められた西部、特にロサンゼルスを中心とした地域に、より明瞭に見受けることができたのである。水は初めは部落の手でそれぞれのところに供給されていたのである。なお今までもスペイン領時代に新しい開拓部落に与えられた水の取り入れに関する権益が残されており、新しい発展を阻止する要因ともなっているといわれているが、次第に部落の連合体という形式で水の取得が考えられるようになり、その範囲はまた順次に拡大されてきていた。そのうちにこれは州としての問題とならざるを得なくなり、さらにこれは州間の問題となって、連邦政府の関与するところとなってきたのである。この関連する規模が大きくなってきたということは、互いの間の利害を調整することができるようになってくるとともに、またその規模の拡大は次第に困難になってくる取水の手段を可能とするものになるのであって、あるいはまたこれは要請するところのものを可能とするための新しい技術の投下を受け入れることができる大きさを必要とするようになってきたものといえるであろう。

ロサンゼルス市を中心とする地域に入殖した人達は初めはロサンゼルス河を中心としてその地表水あるいは地下水に依存していたのであるが、今世紀の初めになってシエラ・ネバダの山間部から水を導くようになった。この場合は主としてこの山間部の雪に依存するというのがあったが、これはまた雪に対する研究を進めるようになり、雪調査を行なうという機会を持つようになったのである。当時の水は主としてかんがい用に使われていた。1930年になってロサンゼルス市を中心とした都市給水区が設定されるようになり、コロラド河から延長200哩の水路が開き、この水路はロサンゼルスからサン・ディエゴにおよぶものであって、今日ではこの都市給水区の供給している水量はこの地区の全給水量の75%を占めており、残りの25%が個人の井戸によって供給されている。それが今日ではフェザー河開発

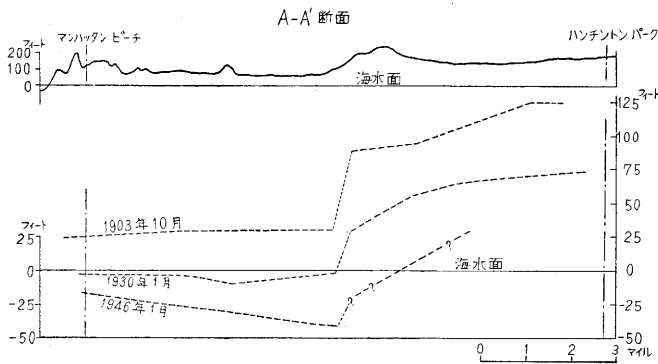
計画ということになり、カリフォルニア州の北部、サクラメント河の支流であるフェザー河から1,000哩を越える水の輸送が考えられるようになった。この計画はおおよそ1975年までには完成されるといわれている。このように水の供給は初めは単一の市、さらに市の連合体、それが州全体を一つの系統のなかにというように進んでいるのであった。

わたくしがロサンゼルス市の専門家達と話をしている時にいわれたことなのであるが、これはわたくし達は日本がうらやましいというのであった。日本は最も水の需要の多い夏に雨が降るからというのである。ここでは水源が雪に依存するところが大きいのではあるが、一体に雨期は冬なのであって、雨の降るのは大体12月から3月というのであり、したがって水の需要の少ない冬からその最も多い夏まで水を持ちこさなければならないのであった。しかもこの夏期は温度が高くて乾燥している。貯水池では水の蒸発量が著しく、また腐敗するということが大きな問題なのであって、微生物の発生に対処しなければならないのであるというのであった。

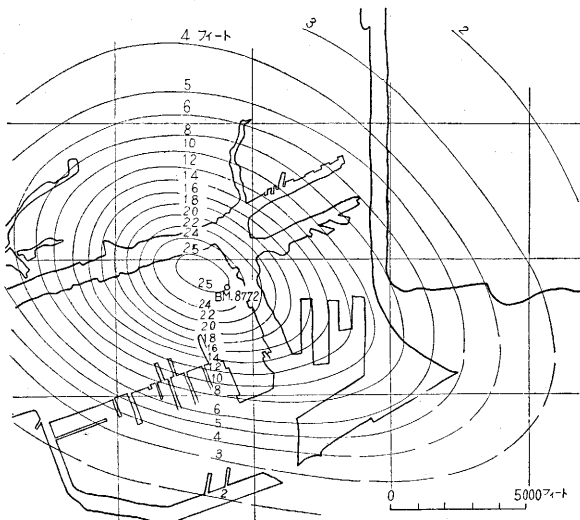
少なくとも一カ年は貯めておかなければならないということから、腐敗防止のために塩素とか硫酸銅の連続投入ということが必要となるのであるが、このためには貯水池内の水の循環を知るということなどがまた必要となってくるのであった。このような事情は地下水としての利用を課題とするのであって、多くの井戸が設けられているが、近年になっては地下水面の低下が著しく、これによる塩水の浸透がまた問題となってきている。これは



第1図



第 2 図 1903 年, 1930 年, 1946 年におけるマンハッタン・ビーチ市からハンチントンパークまでの間の地下水位の断面



第 3 図 ロングビーチ市における 1928 年から 1958 年までの間の地盤沈下 (フィートで)

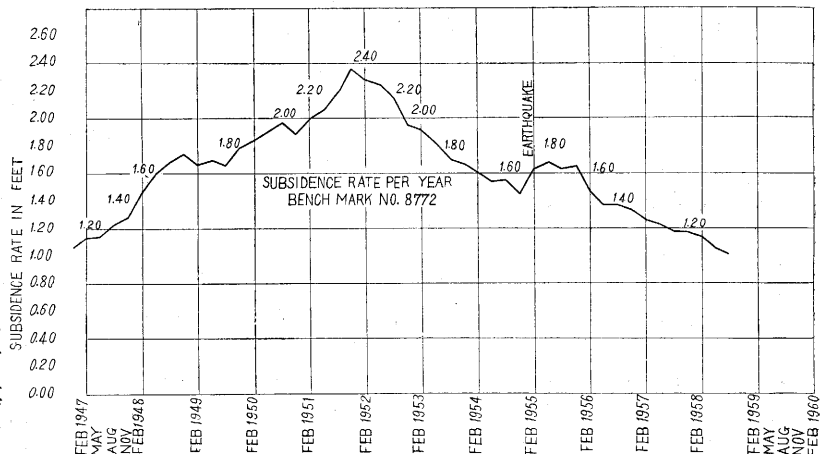
ロサンゼルス市の西側海岸に面しているマンハッタンビーチ市付近での例であるが、海岸線から約 10 哩の地点、大体これはロサンゼルス市に達するところまでなのであるが、この付近まで地下水面の低下は著しく、今世紀の初めには海面上およそ 25 呎であったのが、今日では海面下 50 呎前後となっており、1949 年には海岸線から 5.75 哩まで塩水の浸透が検出されたのであって (第 1, 2 図), その後地下水保全のために海岸線に沿って真水の注入を行ない、真水の防壁をつくることによって塩水の浸透を防ぐという手段の検討が進めら

れ、今日試験期を終わって近く本格的な実施にはいろいろとしている。そしてこれにはコロラド河からの水を注入しているのであった。

この地下水圧の低下ということは塩水の浸透ということだけでなく、地盤沈下という現象をもひきおこしている。この地区ではまだその話はきかなかったのではあるが、ここから北へ向かってサン・オーキン河の谷にはいったところでは今日新しい課題として検討が進められている。ロサンゼルス地区では原因が地下水ではなく、石油によるものといわれているのであるが、ロングビーチ市の埠頭地区で顕著な地盤沈下を見ているのであった (第 3, 4 図)。

ロングビーチの埠頭地区の地盤沈下が顕著に見受けられるようになったのは 1945 年頃からなのであって、この当時は最も甚しい地域で年間におよそ 1.2 呎というのであったが、これが 1952 年には 2.4 呎となり、このときから沈下に最も関係があると考えられた第三紀油層、地下およそ 2,700 呎の油層に塩水を注入するということをしたのであって、それからは次第に沈下速度は低減し、1954 年の地震に際して多少速められたのではあったが、その後は順調に低下傾向を続けて、今日では大体年間 1.0 呎となっている。

1928 年から 1958 年までの 30 年間に沈下した最大量はおおよそ 26 呎というのであって、この間に沈下量 3 呎以上と考えられる地域は大体 17 平方哩といわれ、楕円形であって、短径がおおよそ 3.5 哩、長径が 6 哩あまりとなっている。さてこれがどのくらい沈下したら停止するであろうかということについては今日のところではまだなんとも予測できないということであり、これは実際に圧縮されているところがなお不明なのであって、もし粘土状の部分が圧密によって収縮しているのか、あるいは粗い砂利層の部分が水圧が低下することによって破壊さ



第 4 図 ロングビーチ市のベンチマーク No. 8772 の示した地盤沈下の速さ (フィートで)

れているので、安定するまでの期間に相違があるというわけで、この位置を探るためラジオ・アイソトープの利用が試みられているが、まだ結論を得るに至っていないのであった。今日ではアメリカについてのみ見ても地盤沈下の問題は各所におきている。ここに述べたばかりでなく、テキサス州のヒューストンからガルベトン、さらにルースフィールドで見受けられ、コロラド州のデンバーでも、またジョージア州のサバンナでもおきているのだという。

ワシントンの地質調査所の専門家達の意見では地盤沈下はどこにでもおきている、原因には石油とかガスの採取あるいは水の汲み上げの二種類があるが、むしろ水の汲み上げによるものの方が多いのではないかと、ただ、問題になるところとならないところがあるだけで、ロングビーチの沈下はよい例であるといい、水の再注入をやっているが、この対策はほとんど考えられないのではないかとしたのであった。沈下についてはこれを表面沈下と深部沈下の二種類に分けており、上部は浮力がなくなって重くなり沈下をみるものと考えられ、地下水面から下の部分は粘土であれ、砂・砂利であれ、圧力が下がることから凝縮するのであって、地下水面上昇に従って回復することのあるのを認めている。もっとも地盤の沈下はいずれの場所においても同じであるというのではなく、かなり地域的な性質を持っている。ロングビーチでもみられるように、大きく沈下しているところは限られているのであり、これは大きく地質の構造に関連するのであって、ここでは土地の形成過程である変動を受けたものようで、油層上部が変形しており、ここに幾つかの断層が見受けられるのであるというのであった。しかし沈下の誘因は内部圧力関係の変動であり、原則としては地盤の沈下は地下水圧の低下にもとづく地層の圧密によるものであるというのであった。

水の供給がこのような問題を持ってくると、利用の面においても新しい問題がおきてくる。ロサンゼルス市のジェネラル・ペトロリウム会社の精油所では石油の取扱い量とはほぼ等しい水を使っているのであるが、この場合使用水量の大部分は冷却水であって、ここでは冷却水の場合 98.1% は再使用しているのであり、新しい補給水は 1.9% に過ぎないのであった。再使用する場合には特に水処理に関心を持たなければならないのであって、この場合スケールの形成とか腐食の防止、さらに微生物の発生を防ぐための処理が行なわれており、冷却塔の木材の変質をどうして防ぐかということも一つの課題となっていた。一企業内での水の高度利用が考えられるとともにより広範囲の対策として下水の浄化による再使用ということも考えられている。厚生省の管轄の下にあるのであるが、1957年にシンシナチ市に衛生工学センターが設けられ、水と空気の汚染問題を取り扱ってい

る。また今日ではまだ全国で 50 個所に過ぎないのであるが、この地点で定期的に水質の検査を行なっており、将来はこれを少なくとも 250 個所以上として全アメリカに自然水水質網を組み立てようというのである。これらの地点は内務省の地質調査所と連絡をとり、定期的に水文資料をとっている地点と関係づけ、全アメリカの水の量と質とをできるだけ正確に知ろうという努力が続けられている。厚生省の研究資金計画によると 1958 年の支出は 2.2 百万ドルであり、1959 年には 3.0 百万ドルが予定されており、そのうち水処理と汚染防止にそれぞれ 1.0 百万ドルが割り当てられているのであって、汚染防止としては次のような課題が大きくとり上げられている。たとえばバクテリアの自己分解とか、エアレーションあるいはラジエーションによる殺菌、クロマトグラフィによる下水沈泥の処理、水中にふくまれている固形物の凝固についての基礎研究とか、または家庭污水のかんがい用水としての利用、微生物を増殖して家畜の飼料に当てよう、などというのであるという。この分野の研究費の過去 30 年間に支出された総額のおよそ 95% が最近 5 年の間に使われていた。

とにかく急速に水の利用は増えている。今日のアメリカでの水利用はおよそ家庭用水として一日当たり 170 億ガロン、工業用水に 800 億ガロン、かんがい用水に 880 億ガロンというのであるが、これが 1975 年には家庭用水で 250 億ガロン、工業用水は 2,150 億ガロンとなり、かんがい用水は 1,100 億ガロンになるであろうということが推算されている。今日でさえ水の取得に困難しているのであって、今後この問題をどうして解決してゆくかはアメリカ経済拡大の上で最も困難な障害の一つであるというのであった。この事情が水についての量からさらに質についての重大な関心を提起しているのだといえるであろう。もちろん具体的な水の処理となると地域ごとといつてよいほど異なっている。原水の質がどうであるかということや、これが何に使われるかということ、さらにそれぞれのところの水文事情はこれに大きく影響している。しかし新しい問題への接近方法は方法論として同質のものであることは確かなのであって、わたくし達にも当面する課題であることを痛切に感ずるのであった。

わたくしはワシントンに滞在している間にできるだけ機会をつくって E. A. アッカーマン博士と話し合った。彼は今はワシントンのカーネギー研究所の総支配人をしていのであるが、地理学者である彼はシカゴ大学の教授をやめてからテネシイ河域開発公社の副支配人をつとめ、その後「将来の資源協会」で水資源開発に関する部門を担当していた。その間、フーパー委員会で水の行政機構に関する部門を担当し、また大統領行政府に設けられた水資源政策委員会ではその総論を分担していたのである。彼は今また 1959 年から、議会の上院に新しく設

けられた水資源開発に関する委員会の作業に関係している。この委員会の目的はアメリカ経済が 1980 年に期待される規模に拡大される場合に、水に関してどのような問題を解決しなければならないかという問題を提起しようというのであって、1960 年末までに答を出そうというわけで、今日ようやく検討すべき課題の提出が終わったところであった。

まず最初の課題は今後のアメリカの人口推定であり、これが地域的にどうなる、特に都市化がどのように進むか、ということであり、次に水を多量に使用する産業の水の需要量の推定であって、さらにこれらの産業が将来のために今日何を考えているかということについての検討を進めることにしている。あるいは水と農業の生産性の関係だとか、家庭用水の将来の動向、都市化された地域での水のリクリエーションからの要求、さらに今後水供給の立場からみた場合、地域的にまた年次的に、これは降雨の多い年と少ない年とでどうなるかという意味であるが、どのような見通しがもてるか、という課題を挙げている。これについて電力需要と電力供給形式の問題とか、洪水防御の問題、これは都市と農村での災害実態とこれにどう対処するか、その際の費用がどうなるかということなどの検討を進めることとしている。さらに今後河川の汚染がどのような問題をひきおこすか、内河水運の役割がどうなるかを検討する。次にアメリカ経済のなかでの農業の持つ問題と将来のその動向を調査

し、市場がどうなるのか、そういう事態から幾つかの州を選んで水の需給関係を調べ、供給量を支配する幾つかの要素を検討するとともに気象転換の可能性についての研究を進める。これについて水の供給を最大限に上げることのできる手段を検討し、これらの手段と水の多目的開発との間の技術上の諸問題を探究する。さらに水の需給と原子力利用との関係とか、海水の除塩技術の見通し、それに将来予想される水供給の手段を総ざら的に検討しようというのであって、このような事象の検討をすませた上で、1960 年から 1980 年に至る間の水開発の問題がアメリカ経済発展の上でどのような役割を持つか、そしてこれから技術的な面と経済的な面とを合わせて総合的な分析をしようというのである。

アメリカの上院は今このような問題を取り上げている。考えてみるとこれはアメリカの過去 10 年にわたる水資源開発について論議された諸問題の再検討を企図しているのではなかろうか。アッカーマン博士は 1980 年を考えるとすると問題は海水の除塩と超純粋水の生産にゆくのではないかといっていた。日本では水のみが残された資源だとよくいわれたものである。その日本で今日水について何が要求されているのか、恵まれていたればこそ恵まれたなかでの慣行が根づくつくられている。わたくし達にとっても再検討の場が強く要求されているのではないかということを再び痛切に感ずるのであった。(1959. 10. 12)

(14ページよりつづく)

ユーゴ国内には製鉄用石炭を産出しないので、コークスは西独から輸入している。製鋼、圧延も行なっているが、谷間に沿った細長い土地のため、拡張に際しては工場配置に困難をしている。製品は少量の造船用厚板を別として、薄板や細線等、国内用の消費材が多い。

スロベニア人民共和国の首都リュブリアナは人口約 14 万で、ドイツ名をライバツハといい、街の構成はオーストリアの地方都市とあまり変わらないといわれている。ここでは水力発電用タービンを製造するリトストロイ機械工場、溶接研究所、材料研究所ならびに IIW の大会を記念して開かれた溶接関係の展示会を見学した。リトストロイ工場は戦後国家資本で作られたものだけに、敷地は広く、建物も大きい、設備された機械はまばらに置かれていて、労働時間も短いため、われわれから見るとあまり能率がよくないように感ずる。製品の 80% までは南アフリカ、中近東、東南アジア方面への輸出である。

二つの研究所は本所の一つの部にもおよばない程度

規模で特に取り立てるようなこともない。ただ材料研究所では金属よりも煉瓦の方に力を入れているように思われたが、これは住宅建築に多くの問題があるためと考えられる。展示会でもユーゴの製品より外国からの出品に注意が向けられていた。

クロアチア人民共和国の首都ザグレブはドイツ名をアグラムといい、人口は 35 万で、ベオグラードに次ぐユーゴスラビア第 2 の都会である。工業も盛んで毎年秋には国際見本市が開かれる。ここでは大型の発電機、電動機、変圧器などを製造するラデコンツァール工場とボイラーを作るトボルニカ工場を見学した。

総じて言えることは、ユーゴの工業力はわが国の 1 桁下であろう。そして国民の生活程度は西欧諸国はもちろん、わが国よりもさらに低い。しかし、その中では技術者が優遇され、次いで工場労働者の待遇がよいようである。そして国を挙げて工業力の増強に努力しているように思われる。現在はたいしたことはないにしても、他の共産国と同様に将来が期待されると感じつつ、ユーゴの旅を終えた。(1959. 10. 16)