

アラブ首長国連邦の水資源

小 鯛 桂 一 (環境地質部)

I ま え が き

アラブ首長国連邦 (UAE) は第1図に示すように アラビア半島の東部に位置する。 7つの首長国からなるこの国は まもなく建国8周年目を迎えようとしている若い国であるが 石油の発見とこれにつぐ産油開始にともなう関連工業と都市人口の急膨張に加えて 農業拡大などにより 水需要が近年急増してきている。 UAE領内で得られる地下水の量的限界と この問題に UAE政府がどのように対処してきたかなどの水事情について以下説明する。

II 気 象

アラビア半島は約15,000年位前に終わった最後の氷河期に 現在よりも多雨であり 砂漠の多くは草地であった。 そしてもっと温暖な気候を楽しんでいたものといわれている。 高地からの流水の浸食力によりできた大きなワジ・システムがこれを立証している。 その後 氷河期

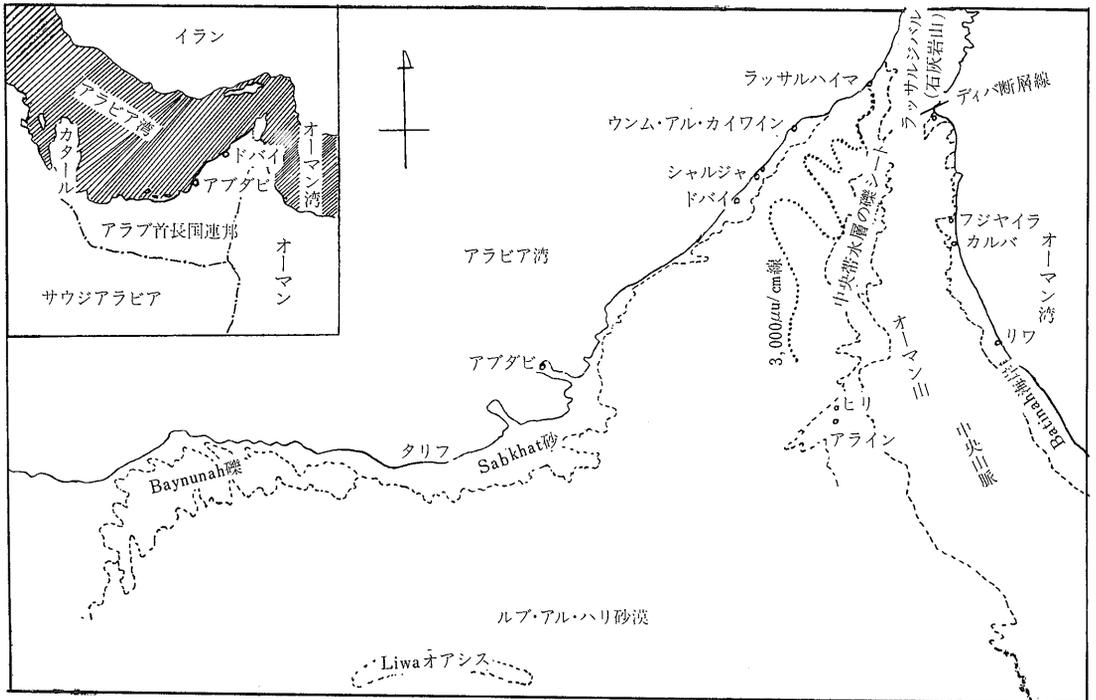
末に起きた気象変化は今日までほとんど変わらない同じパターンを続けているといわれている。

この国の主要都市がある臨海部の夏 (5月から10月まで) の日間最高温度は 38~50°C の範囲であり 湿度は 97%まで上昇する。 冬の日間温度は 20~35°C の範囲にある。 内陸部は臨海部と比べて 日間温度は高いが夜間の低下率は逆に大きい。 そして湿度は非常に低い。

降雨はおもに冬に生じるが 貧弱であり まれでありしかも不規則である。 そしてしばしば 120mm を超えるが 25mm 以下の低い場合もある。 オーマン山の山間部は 砂漠地帯に比べて降雨量はやや多い。

III 深 層 地 下 水

UAE の南西方に位置するサウジアラビアの主要帯水層は 古生代の地層中から選ばれている。 しかし この下流域にあたる UAE 領内では 深度的にかなり深く



第1図 ア ラ ブ 首 長 国 連 邦 位 置 図

なることと 地下水流下にもなう水質の悪化が予想されるので いまのところ地下水開発の対象にしていない。

IV 浅層地下水

上述の理由により UAE 領内で求めるべき帯水層は浅層(おもに 0~200m 位までの範囲)の 地質年代的にも若い帯水層に限られる。

この国の自然湧水を含む浅層地下水に関係した過去の調査資料のおもなものは下記の通りであり 本文はこれらを参考にしてている。

- 1) Water Supply Augmentation for the United Arab Emirate; United States department of the Interior Bureau of Reclamation (1979). ……これは 2) 以下の文献を総括した内容で UAE の今後の方向づけをも与えている。
- 2) Report on the Water Resources of the Trucial States; by Sir William Halcrow and Partners (1969). ……これは最初でしかも最も完備した報告であり 北部連邦中の 105 柱状図 90 の揚水試験と 180 か所の水質分析など豊富なデータを含む
- 3) Water Resources Survey for Abu Dhabi; by Sir Alexander Gibb and Partners (1970). ……おもにアブダビ首長国領内の地下水資源調査結果について記述し 古



写真1: オーマン山麓から Hili までひかれていた Falaj と呼ぶ人工地下水トンネルで つくられた歴史は 2,000 年以上昔にさかのぼる

い歴史をもつアライン・オアシスの詳細な水理説明も含む

- 4) Preliminary Appraisal of Water Resources; by D. P. Carr and W. M. Barber (1976). ……上記文献 2) をもとに 近時の地下水理状況をレビューしている。

以上のように 文献 3) はおもにアブダビ首長国だけを対象にしているのに対し 他の文献はこれを除く北部連邦をおもな対象とした内容である。

(i) アブダビ地区

UAE 領地の85%の面積を有するアブダビ首長国の浅層地下水賦存地域には Al Ain, Liwa の2つのオアシスと Baynunah 礫砂漠がある。

Liwa オアシス—UAE 内の広大な砂漠中央部 (23°N 54°E) に位置するこのオアシス帯は 大規模な砂丘帯の谷間にあたり この周辺に降った雨水が直接厚い砂丘 (100m位) 中に浸透し貯えられ これが谷間に浸出しオアシス帯を形成している。

Baynunah 礫砂漠帯—アブダビ市よりさらに西方にある Baynunah 地域は 各種の礫が低地に沈澱した場所で 天水の浸透と貯留に恵まれ 古くから手掘井戸による水利用がなされている。

Al Ain オアシス—Al Ain とその近くの Hili にはイランのカナートを小規模にしたような Falaj と呼ぶ地下の人工水道トンネルがある。これは山裾の第三紀・始新世石灰岩中の別れ目からの湧水をこの地まで運ぶために 少なくとも2,000年以上前に掘られたもの



写真2: 車窓からオーマン山を望む 幹線道路は全て完全舗装されている

と聞く。

その後 手掘井戸 (深さ5~30m) も数多く掘られ これらを含めて年間 2.5MCM (million cubic meter: 100万t) の水が得られているということである。

なお ALEXANDER ら(1979) は Liwa と Baynunah の両地域の地下水が質・量ともに劣り Al Ain の地下水だけが アブダビ首長国内で十分な地下水が得られる唯一の地域であると結論している。

UAE 政府は Al Ain 北方 20km の地域に年間合計 22 MCM の新たな地下水を得るための井戸群を開発中である。

(ii) 北部連邦地区

北部連邦の主要地下水——UAE の主要な浅層地下水は オーマン山でかん養された地下水であり 前述の Al Ain 地域もこれに含まれる。そして Al Ain 地域を除く他はすべて北部連邦内で水が使われている。全体的に量は豊富であるが 下流域では塩分を多量に含み水質的に悪い。

かん養源であるオーマン山は アラビア半島の東部部分に沿って標高 2,000m 以上の中央山脈を横たえる。山は多くの長いワジと浸食谷をもつ。これらおもなワジの多くは 洪積礫と厚い集塊岩からなる。これらの沈澱物を通る最近の切れ込みは その多くの水路に沿って 20m またはそれ以上の高さの険しい断崖をもつ。その他 露出岩床もところどころにみられ 岩石表面の風化は進んでいる。

オーマン山・中央山脈の西側の砂漠前地は この方向に流れるワジの合体扇状地であり 10m 以下の厚さで連続的シート状に広がる礫砂漠である。中央山脈でかん養・流下した水を受ける帯水層であることから これを中央帯水層と呼んでいる。UAE で使用する水の多くはこの帯水層に依存していて最も重要な水資源になっている。年平均の地下水かん養量は 100MCM と見積られている。この水は Dubai, Sharjah, Ajman, と Umm al Qawain の臨海部までの都市用水を供給すると同時におもな農業 (ナツメヤシ 柑橘類といった Cl⁻ 濃度の高い水に比較的強い植物が主) を支えてきた。昔から農業を営んでいる主要地域は オアシス帯を中心に存在しこれらは砂漠前地と風成砂からなる砂漠の境界線とほぼ合致する。

他方 オーマン山中の断層 Dibba 線を境にした北側は石灰岩と白雲石で構成されており Rus Al Jibal と呼ばれる地域である。この山体は北に走る幾つかの小断層や岩体表面の風化と共に かなり裂かに富んでいる。

この裂かに浸透 もしくは表流した天水は 山体西側下流の扇状地堆積礫の平野中に流下浸透し 中央帯水層と複合する連続的な帯水層中に胚胎する。この地下水の年周期は気温年周期に比べて半年の時間遅れを生じていて 夏に低く冬に高くなっている。このことから Rus Al Jibal での降雨水は 半年の浸透流下時間を経て平野まで到達するものと考えられている (この平野部 Ras Al Khaimah は UAE 中最大規模の農業地帯として知られている)。

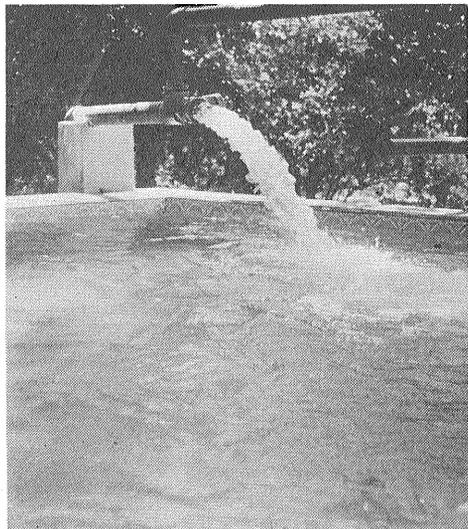


写真 3-a

3-b

東海岸沿いにあるデイバ農場内の揚水風景 (a) と揚水装置 (b) 水位は 10m 以下であるため 水中ポンプを使用しているが ポンプ駆動軸は地上まで延びていて ジーゼルエンジンで駆動している UAE 内では このような形式の揚水装置が多く用いられている

オーマン山西側の地下水水質——HALCROW ら (1969) は 180 か所におよぶ水質分析を行っている。これらデータをもとに 農業に利用しうる最大限度の TDS 濃度値は 1,400ppm (3,000 $\mu\text{g}/\text{cm}$ と等価)前後であると判断し この等値線を図中の点線で示している。したがってこの点線よりも西海岸寄りの地下水は 量的に得られても質的に処理なしでは一般に利用できない区域である。

図中のこの等値線は 2・3 の波状を呈している。これは次に述べる成因による すなわち ワジは中央山脈から平野部に入る。このあたりでワジ溝は高い透水性をもつ第四紀砂礫で埋りながら優勢な地下水流路を形成する。主要なワジはこの延長が臨海部まで続き舌状を呈することによる。図中 大きな舌間にはさまれた地域は おもにマールや粘土を含む堆積物からなっていて 難透水性であるため 地下水を遮断する形になっている。Mifeihah 周辺はこの最も山寄りに位置している水質はもちろん悪い。

オーマン山東側の農業と地下水——UAE 内の全農地面積は全領土の約 5% にすぎない。これには Al Ain 中央帯水層沿いの地帯 と Ras al Khaimah の他に オーマン山東側海岸沿いに細長く分布する Batinah 海岸 Fujairah と Dibba の各地域も含まれる。この各地域は全体的に山裾が海岸線近くまでせままっているので 地下水を貯留するスペースは小さく 地下水は直接的に海中に流失するか または浅井戸のあるところでは揚水による水位低下により海水侵入を惹起しやすい傾向にある。

(iii) 過剰揚水による障害

HALCROW らの報告によると 1966 年後半までは 上述の Batinah 海岸周辺だけに過剰揚水による海水侵入の徴候がみられただけであったが その後の地下水利用の増大により 最近はその徴候が Kalba——Fujairah——Dibba 方向に延びていて 浅井戸の静水位は例外なく海水準上 2~3 m 間にあるということであった。他方 オーマン山西側の中央帯水層地帯にある農耕地では毎年少なくとも 0.3m の水位低下が認められていて 現在も進行中であると考えられる。そしてまた これまで永遠不変と信じられていた Al Ain の Falaj の水量もわずかながら減少傾向にあるらしい。

(iv) 地下水揚水量

中央帯水層からの地下水揚水量は自然かん養量をはるかに超えている。1975年に UAE 政府は 既存の水利データをもとに 中央帯水層からの年間の実際揚水量

自然かん養量と 過剰揚水量をそれぞれ見積っている。それによると 実際揚水量=224 MCM 自然かん養量=100MCM したがってこの差から 過剰揚水量=124 MCM となる。その後の水量の管理・規制はなされていないので 揚水量はさらに増大しているものと思われる。このような状況下で政府は 1980年の水資源総需要量を 340MCM と見積っている。以上のことから 全部の水需要を地下水に負うことがとうてい不可能なのは明白である。

V 海水淡水化プラントによる水生産

UAE での石油発見につぐその生産開始と共に その関連工業と都市人口の急膨張に比例して 特に都市間で水需要が急増しだした。しかしこれまでに述べたように 主要都市のある臨海部周辺では良質な地下水は得られない。そしてまた 内陸側の良質水の絶対量が農業繁栄のためにも不充分である現状では ここから都市に送水する余裕などなくなってきている。そのために UAE 政府はこれまでに多数の淡水化プラントを建設し水を生産している。

そして現在もなお多数を建設中である。すなわち アブダビでは現在 44.6MCM/y の全容量をもっているのに加えて 130.0MCM/y 以上の全容量をもつ22のプラントを建設中である。この全部が稼動するとき 実に 175MCM/y の生産量をもつことになる。また ドバイは1980年までに建設されるものを含めて 110MCM/y の生産が可能になる。現在 市内緑地の散布水を含めた全都市用水の平均使用量は 人口1人当りにして 約 160 l/day となり 乾そう国としては以外に多量であることに驚く。

以上のように 海水淡水化プラント群による水生産は増大する水需要をいまのところ満してはいるが そこには プラント建設と維持管理のための財政的限界があるし 生産コストの問題もあるので UAE 政府としても 永続的水生産拡充方法とは考えていないようである。

それは 産油国である関係上 排ガス利用を含めた低コストのエネルギーを使用してもなおかつコスト高であるため 価格の面で輸入農産物に対抗できないからである。そしてまた このようなプラント増大による石油の大量消費は産油国といえども世界的エネルギー資源の節約の観点から好ましくない。

UAE 政府は いま石油エネルギーに代って この国の気象の好条件 (高温・乾そう) を利用した 太陽エネルギーの利用による 大規模な海水淡水化プラントが 開発実用化されるのを待望している。