

III 解 説

乾 燥 地 域 の 水

新 藤 静 夫 *

1. はじめに

筑波大学環境科学研究科の地球科学分野では教科外教育の一環として、大気環境ゼミ、流域環境ゼミを開き、論文講読や研究発表などを行っている。本文は、そのうち筆者が主催している流域環境ゼミで、一昨年から昨年にかけてとり組んだ「乾燥地域の自然環境の諸問題」の勉強成果をベースとし、これに筆者自身のこれまでの乾燥地域における調査結果を加えて、とりまとめたものである。

さて、つい先日（5月10日～17日）国連環境計画（UNEP）特別会議がケニアの首都ナイロビで開かれ、その最終日に「地球防衛」を目指す「ナイロビ宣言」がまとめられ、採択された。また今後10年間の地球環境を守るための行動計画も同時に決定した。決定事項の焦点は、計画期間に何に重点を置いて環境対策を進めるかを示した第三章で、「今後10年間に発生、明確になると見込まれる主な環境のすう勢と問題」として、「水の枯渇と水質悪化」、「土壌悪化と砂漠化の進行」等9項目をあげている。乾燥地域はまさにこの両方にまたがる問題をかかえているわけで、「水問題」はその中心的課題であるといえる。本文ではその点を考慮して、水、特にその利用の現状と問題点を中心に話を展開することとする。

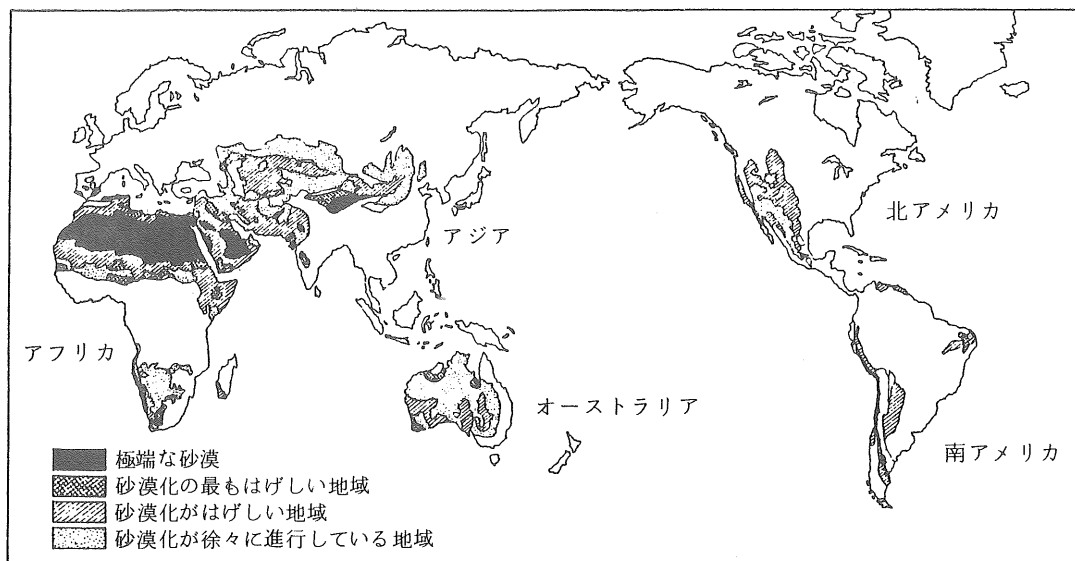
2. 一般的事項

ここでいう乾燥地域とは年間降雨量がほとんどゼロといった極乾燥地域から600 mm ぐらいは降る半乾燥地域までを含んでいるものとする。このように考えた乾燥地域は恐らく地球上の陸地面積の $\frac{1}{3}$ には達するであろうといわれ、しかもこれらの地域は年々拡大する一方であるといわれている。ところで乾燥地域というと「サバク」という言葉が連想され、漢字ではこれを砂漠と書いたり、沙漠と書いたりしている。小堀巖（1973）によれば「サバク」の自然は水が少なく、非常に乾燥しているため、植物がほとんど生育し得ない広漠たる不毛の荒野という特徴を有していることから、沙漠と書いた方が正しいとしているが、筆者もこの意見には賛成である。

今日、世界の沙漠～半沙漠地帯は図-1のように分布しており、最近の学説によるとこのような地域は年々拡大する一方であるといわれている。いわゆる沙漠化の問題がそれである。

現在、世界で六十数ヶ国が沙漠化の脅威に曝され、毎年九州と四国を合わせた面積が沙漠と化しているといわれている。

* 地球科学系



図－1. 世界にひろがっている砂漠化（『タイム』1977. 9. 12）

かかる現象をいかに食い止めるか、といった当面の問題に止まらず、この広大な面積の沙漠を人類のために、積極的に利用してゆくことも将来大きな課題になるものと思われる。

そしてこの場合何よりもまず沙漠での水のあり方を把握することが必要なことといえる。

さて、同じ乾燥地域といっても低緯度のものから高緯度のものまで様々なものがあって、その自然条件は様々ではない。しかし水、とりわけ地下水のあり方の上では共通する点が多い。即ち、

- ① 滞留時間が長い。
- ② 水質が一般に悪い。
- ③ 地理的に偏在し、量が少ない。

これらはいずれも少ない降雨量、激しい蒸発量といった乾燥地域における気象条件の共通性に基づくものである。

以下にこのような地下水のあり方を中近東地域を中心とした亜熱帯地域の例でお話することにする。

3. 乾燥地域における地下水の水質

地下水の年令、つまり雨が浸透して地下水になってからの時間は、水素の放射性同位元素であるトリチウム（ ^3H ）濃度や炭素の放射性同位元素である ^{14}C などから測定出来るようになったが、それによると一般に沙漠の地下水は他に比べて、表－1に示したように極めて古いことが知られている。恐らく乾燥地域の地下水のほとんどは現在の沙漠の姿からは全く想像出来ない、降雨量の多かった時代に供給されたものであろうといわれている。たとえば Thatcher et al. (1961) はサウジアラビアの 382 ～ 1,214 m の被圧帯水層から 20,000 ～ 33,000 年という値を得ており、また Carmi

表-1. いろいろな地下水の滞留時間（榎根勇，1973による）

	地	域	滞留時間	トレーサ-
	黒部川扇状地扇端部の砂丘の地下水		0.14年	C1
	黒部川扇状地の深層地下水		2年以上	³ H
	那須岳周辺から基底流出する地下水		2～3年以上	² H, ¹⁸ O
	南関東の深層地下水		20年以上	³ H
	市原臨海部の深層地下水		30年以上	³ H
	済州島の火山岩中の地下水		.2～9年	² H, ¹⁸ O
	オタワ川流域の湖沼水と地下水		約3年	³ H
	チェコスロバキアの山地小流域からの地下水		2.5年	³ H
	テキサス州カリブ砂岩中の地下水		最大27,000年	¹⁴ C
	マラカイボ湖岸の深層の地下水		4,000～35,000年	¹⁴ C
	リビア砂漠のスビア砂岩中の地下水		25,000～35,000年	¹⁴ C
	中央ヨーロッパの深層地下水		約10,000年	¹⁴ C
オーストラリア	ニューサウスウェールズ州の実験流域の河川		0.01年	
	ニューサウスウェールズ州 { 堤防貯留水		0.05年	方
	グルバーン川流域の { 河谷の地下水		1年	法
	オーストラリアの主な地表貯留水		0.1～2.5年	は
	クインズランド州北部ウエイパの地下水		3年	不
	ウエスタンオーストラリア州のセルナグレンの地下水		60年	明
	サウスオーストラリア州南東部の地下水		2,200年	
	クインズランド州大さんせい盆地の一部の地下水		10,000年	

et al. (1971) はヨルダンのリフトバレーで、10,000 ~ 30,000 年という値を報告している。その他、スエズのリフトバレーでは 31,000 年という測定値が Münnich and Vogel (1962) によって得られている。

以上は比較的深い帯水層の地下水であるが、ごく浅い地下水でも意外に古いものがあるのが注目されている。筆者が調べたアラビア半島南端の紅海に面した沙漠の地下水は、地下水面が地表から8 mという浅い沖積層中のものであったが、それでも数10年あるいはそれ以上といったものであった。

同じような指摘はたとえば Thatcher et al. (1961) などにより報告されている。即ちアラビアのワジの河床の砂礫層の地下水が10年のオーダーであったという。

このようなところでは、通常の降水は地下水面に到達することなく、土温不足を補うだけに消費され、この水もいずれは蒸発によって失なわれるものと思われる。恐らく沙漠地帯では何年かに一回の大降雨の折にはじめて地下水の涵養が行われるにすぎないのであろう。

4. 乾燥地域における地下水の水質

乾燥地域の地下水のもう一つの特徴は、すでにふれたように一般に水質が良くないことで、たと

例えば電気伝導度でいえば数千 $\mu\text{S}/\text{cm}$ というのは珍らしくない。図-2は筆者が調査した北イエーメンの紅海に面したティハマ平原における地下水の電気伝導度の分布図であるが、その値は山麓部から海岸部へ規則的に増大し、海岸部では $3,000 \sim 4,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、時に $5,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上に達している。また塩素イオン濃度は $100 \sim 1,000 \text{mg}/\ell$ 、全硬度も $100 \sim 1,000 \text{mg}/\ell$ という値である。

なお地下水の涵養が行われ易い大きなワジ沿いでは電気伝導度の低いゾーンが下流へ舌状にはり

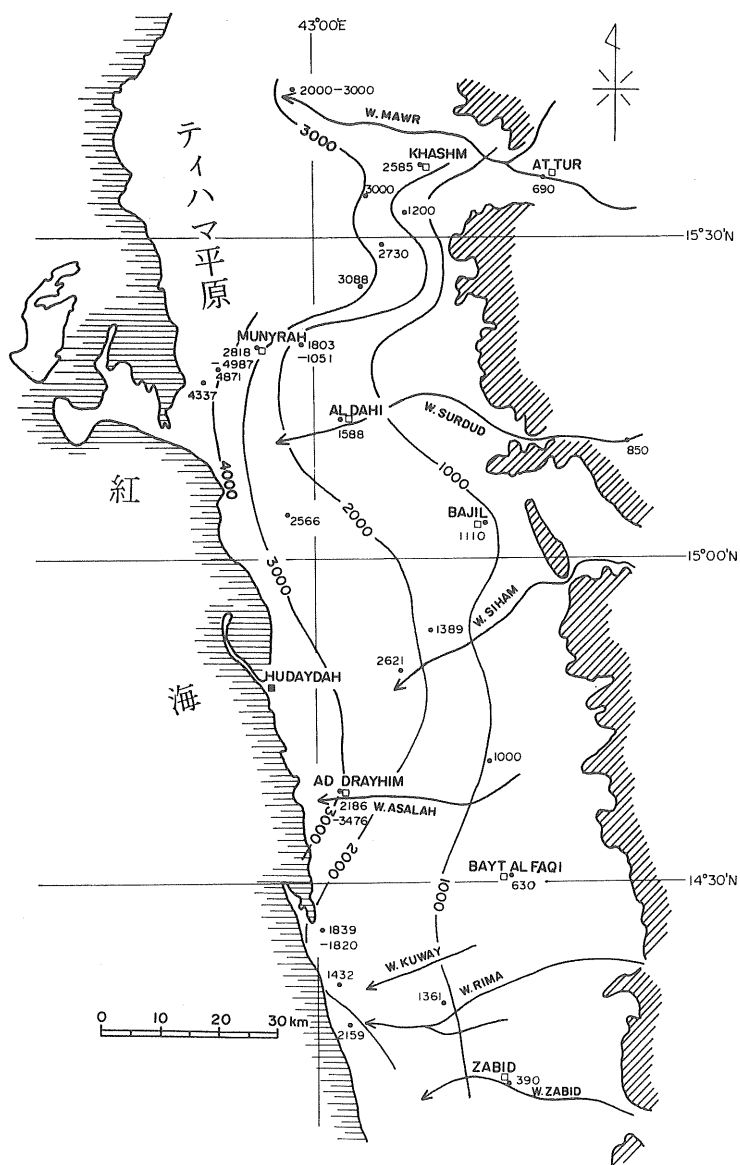


図-2. ティハマ平原における地下水の電気伝導度の分布
(数字は電気伝導度、単位は $\mu\text{S}/\text{cm}$)

出しているのが指摘出来る。このようなところでは地下水涵養域とその周辺部では数 $1,000\mu\text{g}/\text{cm}$ の差を示す。

乾燥地域の地下水中の溶解成分の多い要因として、

① 降水中の塩分が激しい蒸発によって地表部に集積する。これらの塩分は時おり発生する豪雨や洪水流の地下への浸透によって、地中に運ばれる。

② 浅層部における塩分堆積物が溶解する。

③ 地下水の循環速度が遅いため、溶けにくい物質でも溶けるチャンスが大きくなる。

④ 微塵中の塩分の地表での集積が供給源となる。この成分は乾燥地域の地下水中の可溶性塩分の起源として重要である。

非常に深い地下水はまさに化石水そのものである。今年の3月に調査したエジプト西部のオアシスの例では表-2のような結果が示されている。

表-2. エジプト西部オアシス地帯の深層地下水の水質(単位は ppm)

	採水層	T・D・S	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁺⁺	HCO ₃ ⁻
ファラフラ・オアシス	上部白亜系	370	21	86	12	17	143	23	112
カルガ・オアシス	〃	800	27	89	31.6	62.4	236	104.9	95.8
〃	〃	1580	65	480	7.8	30	540	20	200
シワ・オアシス	〃	1646	—	457	14	63	535	56	517

5. 乾燥地域における地下水の存在

(1) 浅層地下水

ワジ沿い、あるいは灌漑水路沿いの極めて限られた地域に、いわば宙水のようなかたちで存在することが多い。また砂丘列間にレンズ状に分布することもある。このレンズの面積は時に $2,000\text{km}^2$ に達することもあり、その帯水層の厚さは 100m にも及ぶといわれている。

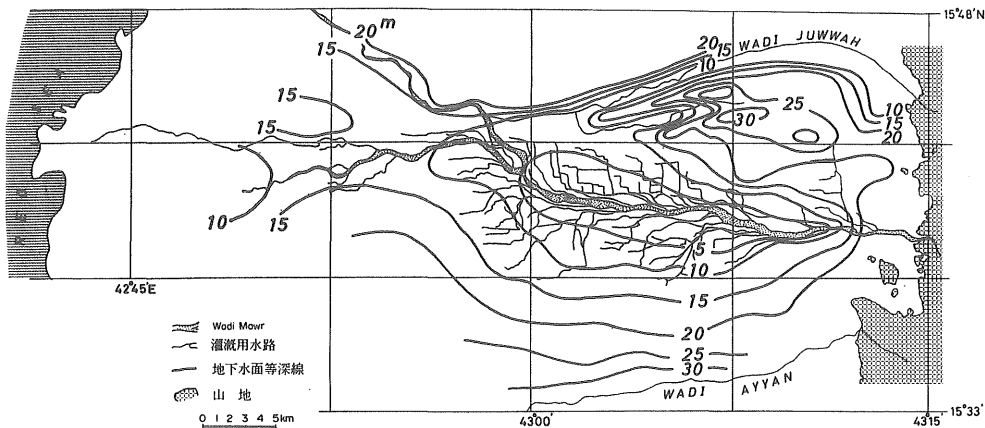
しかし一般には、図-3のティハマ平原での例のように、涵養源に近いところに偏在しており、これからはなれると地下水の位置はいちじるしく深くなり、利用し難くなる。

(2) 深層地下水

我が国のように水に恵まれたところではおよそ考えられない古い時代の地層で、しかも深いところの帯水層が採水の対象となる。

筆者が調査した北イエーメンの山岳地帯では、古いものでは先カンブリア紀の岩石までが深井戸堀削の対象となり、深いものでは 600m に達する井戸が存在する。

これらの地下水の特徴は静水位が深いこと、また少量の揚水量で地下水位が極端に低下し、中には全く涸渇してしまうものもあることである。もっとも、稀には極めて多量の地下水がわずかな水位降下量で得られることもあり、このようなところでの“水さがし”の難かしさを痛感させられた。



図－3. イエメン・アラブ共和国北西部 Wadi Mawr 流域の地下水面等深線図

エジプト西部のニューバレーと称するオアシス地帯には、ヌビア砂岩と呼ばれる 4,000 m 以上に達する地層から取水する深井戸が数多く存在し、中には 1,800 m に達する水井戸がある。深井戸のほとんどは自噴し、著るしいものでは自噴高が地表から 40m の高さに及び、自噴量は日量 20,000 m³ に達するのがある。

図－4 にこの付近の地下水の流動状況の模式図を示したが、涵養域までの距離は 1,000 km 以上に達するといわれている。

アラビア半島の東部沿岸部にも各所にオアシスが存在するが、その源は中央部アラビア楕状地の東部斜面にあるといわれている。

6. 乾燥地域の水利用

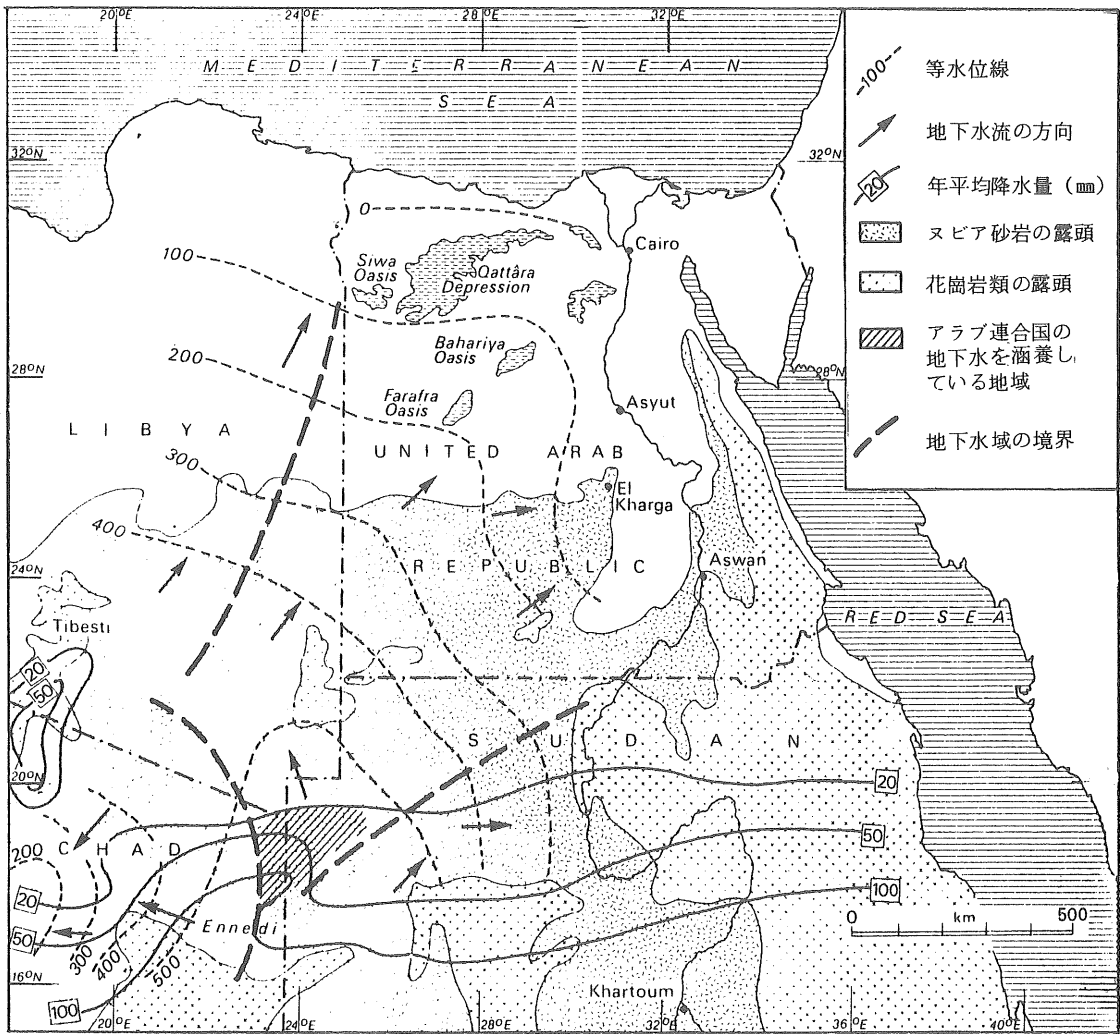
筆者の持論であるが、乾燥地域での水問題では、先進国のしかも水に恵まれた地域で発達した知見や技術を持ってくる前に、まず長年の経験から積み重ねられてきた工夫を現地で直に観察し、研究することによって水利用に関する重要な手掛りを得ることが多い。その中には自然条件に関するもの、また水を中心とした社会条件に関するもの、すべてが含まれる。

このような観点から、飲料水、農業用水に関して、いくつかの事例をまとめてみた。

(1) 飲料水

一般に利水の便と水使用量は相関するものである。乾燥地域でもこの例にもれない。たとえば、表－3 は東部アラビアにおける居住形式のちがいによる水使用量であるが、最低のものと最高のものでは一ケタ以上の相異がみられる。筆者が調査した北イエメンでは 1 人 1 日当りの使用量は 10～20 ℓ にとどまるという例もみられた。

飲料水の水源は地表水、地下水、雨水等、文字通りすべてが対象となる。その全部をここで紹介することは出来ないので、興味あるものだけをつぎにのべる。



図－4. アフリカ北東部における地下水の流動状況および、その地下水露頭（オアシス）の分布状況（Andrew Goudie & John Wilkinson, 1977による）

ア. カナート（qanat）

これは乾燥地域での取水方法の中でも最も注目されるものの一つといえる。同様のものは地域によって呼び名が異り、例えば、ソ連、中央アジアでは“kyarizi”と呼ばれ、パキスタン、インドではカレーズ（karez）と呼ばれ、またモロッコではレッタラ（rettara）、アルジェリアではフォガラ（foggara）とも呼ばれている。中国の新疆地方で坎儿井（カンアルチン）と呼ばれているものもこれに当る。

カナートがいつごろから作られるようになったかは詳しくはわかっていないが、一説によるとB.

表－3. 東部アラビア地域における定住様式の違いによる消費量
(Andrew Goudie & John Wilkinson, 1977 による)

定 住 様 式	1 人当り水消費量
きわめて小規模な沙漠の集落 (伝統的な給水方式)	28 ℓ/day
同 上 (政府の手によるトラックによる給水など)	80
伝統的生活様式による農村集落	120
改善された生活様式による農村集落	160
伝統的生活様式による市街地 (工業を除く)	160
改善された生活様式による市街地 (同 上)	240
近代的なオイルブームに湧く市街地 (同上)	400~1,800

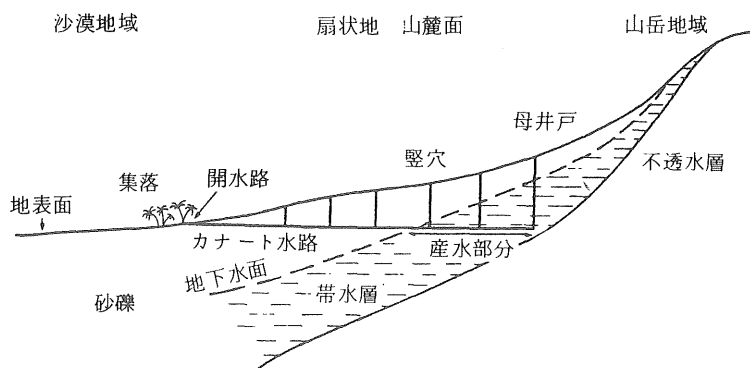
C 2,000 年にさかのぼるだろうともいわれ、古代ペルシャがその発祥の地とも考えられている。

カナートの基本的な構造はおよそ図－5 のようであって、いわゆる母井戸 (mother well) と呼ばれる深さ 20~50m 程の、帯水層に到達している井戸と、この水を必要とする地域への導水するためのトンネル、及びこれを掘削するときの排土と、トンネルの保守のために 10~20m 間隔で作られた堅穴 (shaft) から成る。

この技術は古代の鉱山地帯から広まったものと考えられており、それよりイラン北西部に伝わり、漸次中央アジア、アラビア、サハラ、地中海沿岸地域に広がったものといわれている。同じようなものはまたスペインや南米にも報告されている。

カナートの中には母井戸の深さが 100m に達し、トンネルの長さが 50 km に達するものがあるという。このような水源をどのように探りあて、またその工事はどのようになされたのであろうか？

イラン南西部、ザグロス山脈の石灰岩から成る扇状地帯にはとりわけカナートが数多く分布しており、密度の高いところでは、およそ 10km² の面積のところに 50 を越す母井戸が存在するという。規模は大小様々で、小規模のものでは 1 軒当りに一つ、大きいものでは数 10 軒に一つといったもの



図－5. カ ナ ー ト の 模 式 図

である。また水量も20ℓ／秒から200ℓ／秒といったぐあいである。

カナートが密集する地域では地下水位の低下が問題となっており、今日では母井戸の間隔を700m以上離すように制限されているという。

カナートの保守は非常に大変で、1年または2年に一回の割合で浚泄され、また地下水位が下がった場合には掘り下げる必要も生ずる。

イラン全土では現在46,000箇所のカナートが存在するといわれているが、近代的な深井戸掘削技術がこれにとって変わり、その数も減少しているという。また用途も飲料用から主として灌漑用になって来ているという。

写真－1はイランにおけるカナートの例である。

b. シスターン (cistern) (写真－2)

水文地質条件、集落の立地条件によって地下水、湧き水、河川水が利用出来ないところでは雨水を溜めて利用するより外はない。

アラビア半島の南西部から南端にかけて、2,000m～2,500m以上の山岳が連っているが、このあたりには無数の溜池が存在し、その水が人間や家畜の飲用に供されている。シスターンとはこのような一種の溜池のことで、あらゆる地形、地質条件のところに作られている。形は円形、楕円形あるいは長方形と様々であり、大きさも一辺あるいは直径が10mから30m、深さは2mから5mである。溜池の一種ではあるが、大地を掘り下げるか、岩盤を横に刳貫いて作ったもので、わが国のように土堰堤を築いて作ったものとは異なる。

北イエーメンの例では集落は一般に標高1,500m～2,000m、時にはそれ以上の高山に分布し、しかも大抵は山の頂きに立地することが多いので、地下水や河川水は利用出来ず、もっぱらこのシスターンが頼りとなる。このようなところでは年間のうち、限られた時期の降水を溜めて使うわけであるから、量的にも質的にもいちぢるしい制約を受けることになる。

集落の規模とシスターンの大きさ、年間の降水量から、一人当りの限界使用量が推定されるが、極端な例では先にものべたように1人1日10ℓ程度と計算されるものもある。それでも降雨の少ないときには完全に涸渇するので、山の上から谷底まで10kmも水汲みのために降りてゆかなければならないという。

水質の悪いのはその衛生に対する配慮が全くなされていないことから当然といえるが、茶褐色に濁り、藻類の繁茂した水をどのように処理して生活用に供しているのか詳細はわからない。

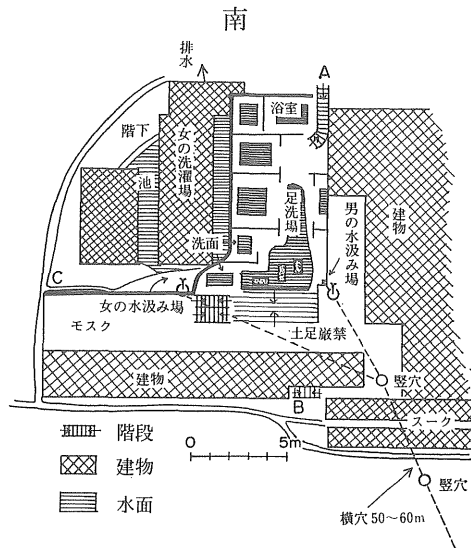
c. 湧 水

湧水が存在するための水理地質条件には様々なものがあり、また利用形態も多様である。

乾燥地域では恐らく集落の発生と発達はこの湧水の存在や規模に強力に規定されているといえる。この点はわが国と本質的にかわるところはない。

湧水は山麓斜面、ワジ底、扇状地末端部のほか、異なる性質の岩層の境界、割目、断層破碎帯などにみられるが、一般に小規模のものが多い。

乏しい水をいかにうまく使うかということから、水汲みには一定のきまりが生れてくる。



男性はAかBの階段から入る。女性はモスク脇のCの道から水汲み場に入る。図中の太線によって男性の領域（階上）と女性の領域（階下）がはっきりと分けられている。

図-6. イエメン・アラブ共和国の山岳都市, Al Mahweet における湧水利用施設（水汲み場兼浴室）

筆者が観察したイエメンの山岳都市のマハウイトの水汲み場は図-6のようで、水汲みの時間や性別による水汲み場の区別などがなされている。

アラビア語では泉のことをアイン（'ain）というが、その他に水場を意味する用語がいくつもあって、用途や水質の相違によって使い分けられているといわれる。堀内勝（1979）によれば、たとえばマウリド（Mawrid）は人が利用するための水場であり、マンハル（Manhal）は家畜のための水場を意味する。さらにマシュラウ（Mashra'u）は良質の水場であり、バクア（baq'ah）は濁り水の水場を意味する。人間の生命を維持する水にとりわけ厳しく直面せざるを得なかった乾燥地域の人達がこのように水に関する用語を使い分けて来たのは当然といえば当然である。我が国のように呼び方はいろいろあっても概念としてはほぼ同一のものを指しているのとは大いに異っている。

(2) 農業用水

乾燥地域では降雨量が少ないというだけでなく、その降り方が季節的にも、地域的にも片寄っており、また年によって変動が著しいのが特徴である。更に植生が少ないこと、土壌の発達が悪いことなどから、直接流出成分は大きい。そのため計画的に灌漑されているところが少ないのが現状である。

さて、農業の生産性向上という立場からみた乾燥地域の水問題は単に量のみならず質の側面も有している。前者についていえば、とにかく利用可能量に限界があるわけであるから、節水とロスの軽減を図るより外はない。実際乾燥地域の伝統的な営農法の中にこの点への工夫が多くなされてい

ることにひとつの驚きすら感じられる。

質の問題はいわゆる土壌の塩分集積に関するものである。乾燥地域では一般に地表水、地下水共に可溶性塩分の濃度が高い傾向にあり、灌漑によって生産を上げようとするれば、必ずこの問題が付随してくるといい良い。塩分の集積防止、あるいは塩分に強い品種の改良等は乾燥地域の農業経営にとって重要な課題といえる。

このような乾燥地域での農業用水の問題は、特定の分野からのみでは把握しがたい点が多いわけであるが、ここでは筆者の限られた知識から、いわゆる伝統的な水利用のあり方にかかわるものに絞ってお話するに止める。

a. 天水農業

文字通り降雨のみが頼りである。まえにも述べたように、乾燥地域では雨季、乾季が非常にはっきりしていて、それ以外の時期はほとんどカラカラの状態である。従って最も原始的な段階では、この限られた時期の限られた量の水をあてにして、播種し、あとは収穫まで全く手をつけないといったものが多い。このような営農形態をアラビア語でアサリといっている。

空から与えられる水分としては雨の外に露や霧がある。露は海岸地帯のように湿度の高いところでは一晩で 0.4 mm 位は結露するが、日中では再び蒸発するので、そのままでは植物に対して直接的効果があるとはいえない。

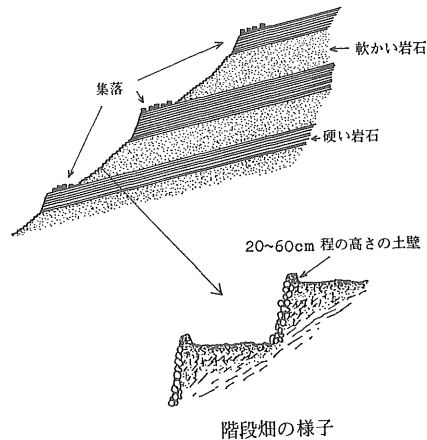
しかし露を農業に利用した例は昔からあって、ヨルダンやイスラエルではその遺構も残っているという。それは石をカマドのように積んでそこに付着した露の滴下によって植物の生育を助けようとするものである。

ついでに言えば、露はまた飲料に用いられた例もある。非常に珍しい例であるが、たとえばオーマンの海岸に住むある種族は夏の特に湿度の高い時期に木に掛けた布に付着した露を集めて利用することがあるという。

霧についてははっきりした資料は持ち合わせていないが、規則的に霧が発生する地域では、明らかに植物の生長に重要な役割を演じていると思われる。たとえば北イエーメンの紅海に面した山岳地の階段耕作地では、コーヒーの栽培が行われているところが多いが、これは紅海から流れてくる湿った空気に由来する霧の凝縮水に負うところが大きいと思われる。

b. 水盤法

いわば貯留法ともいえるもので、乾燥地域に特有の農耕法の一つである。外見はわが国の水田に似ていて、一つ一つの区画は小さく、高さ 20~30 cm の畦で囲ってある。これは限られた水量を少しでも余計に貯留しておこうとするものであるが、同時に雨季前に土塊をよくほぐしておき、吸水効果を高める工夫もなされている。急傾斜地では図-7のように丹念に石垣を築き、さらに耕地のまわりを土壁で囲んだ見事な階段耕作（terrace cultivation）の景観がみられるが、機能的にはこれも水盤法の範疇に入ろう。写真-3はその例で北イエーメンの紅海に面した山岳地帯で普通にみられる景観である。谷底から山頂にいたる比高数 100 m に及ぶ耕作地の様子は文字通り“耕して天にいたる”といった印象である。



図－7. 土地条件と集落の立地状況の一例

c. 出水農業

イスラエルなどで昔から続けられて来た方法を述べるとつぎのようである。

① 集水域を小区画に分ける。

② その表層部が降雨時に急速に不透水性を示すように、石などに付着しているシルトや粘土の細粒物質をはらい落とし、傾斜地の表面流出を高める。

③ この水を人工的な溝や水路によって貯水池、または畦をめぐらした耕地に集める。

写真－4は北イエーメンの山岳地帯でみた例で、このようにして集めた水の水路をサゲヤ (sageya) と称している。サゲヤは水路であると同時に農道でもあり、また両側の壁は家畜が畑へ入るのを防止する役割も果している。

中近東地域では年間降水量 250 mm 位がいわゆる乾燥農業 (dry farming) の限界だといわれているが、イスラエルではこの古来の農耕法が研究され、その 1/10 の雨量でも収穫可能な水量が得られているという。ただしこの方法は起伏の少ない緩傾斜地であることが条件である。

d. 洪水灌漑

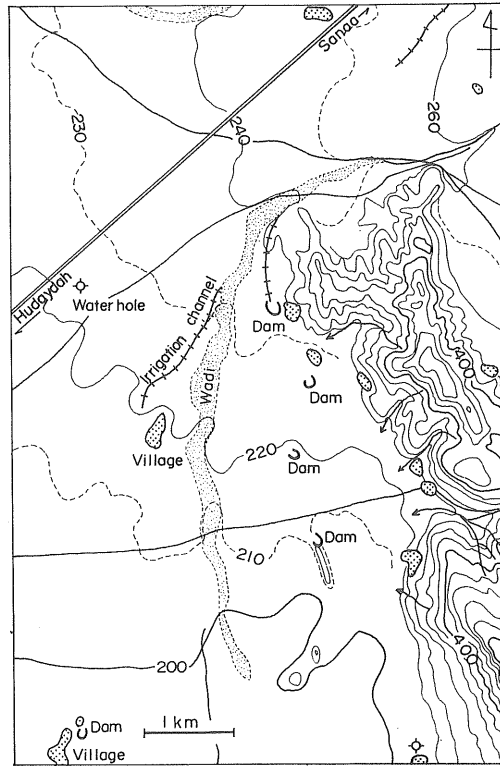
乾燥地域のほとんどの河川は涸れ川で普段は流水をみないが、雨季には一時的に大量の水が流れ、時には洪水災害を伴うことすらあるという。乾燥地域のこのような涸れ川をアラビア語でワジ (wadi) といっているが、われわれが頭に画いている河川のイメージとはだいぶ異なる。たとえば耕作可能な氾濫平野も、河床路の部分も合わせてワジと呼んでいる。

洪水灌漑はこのワジにおける、出水時の表流水をあらかじめ作られている土堰堤により、耕作地に導水し、利用する方法である。導水の前に耕作地をよく耕しておき、かつ土壁で農地を囲んでおく工夫は水盤法の場合と変りはない。灌漑方法から考えて、このような耕作が可能なのはワジ流域の一部に限られている。写真－5は洪水灌漑による耕作地の様子を示したものである。

場所によっては水路によって導かれた表流水を上流側に開いた馬蹄形の土堰堤によって

いったん貯水し、灌漑しているところもある。

図－8は北イエーメンの紅海に面した海岸平野で見られるこのようなタイプの例である。



図－8. イエーメン・アラブ共和国西部海岸部の Bajil 東部における溜池型ダムの例（灌漑水路との組み合わせやダムの開口部の方向に注目）

e. ダム

ここでいうダムとは一般のイメージにある貯水を目的としたものではなく、洪水流を遮断し、これを灌漑地に導くためのもので、いわば堰止め型のダムであるから、上述の洪水灌漑の一部といった方が良いかも知れない。

写真－6は北イエーメン北東部のマリブ付近の洪水灌漑の様子を示したものである。図にある diversion dam とは一種の導流堤のような堰堤で、これをワジ中に突き出し、いったん洪水をここに滞留させ、灌漑地に導こうとするものである。ところでここに示したマリブは、西部にある山岳地帯と東部にある沙漠地帯（ルブ アル ハリ沙漠と称し、アラビア半島の大半を被う大沙漠である）の接触部に位置する。この地域は紀元前に栄えたシバ王朝の拠点であったといわれ、写真－6にあるように古代農耕の遺構が各所にのこっている。

ここにはまた世界で最も古いものに属するといわれるアースダムの遺構群が残っている。これらは B.C 1,000 年～ B.C 700 年のある時期に築造されたものといわれているが、この中で現在のマ

リブの町（町といっても戸数は数100程度である。）の近くにあるものは最大である。

これは高さ数10m、長さ約570mもあって両側には排水口も設置されている（現存するのはこれだけである）。写真－7はその右岸側のもので、積み石の間、また積み石と岩盤の間の透き間は漆喰で固められており、精巧をきわめている。

これらのダム群は5世紀はじめに、大洪水にあって破壊され、以後は修復されることはなかったという。

f. 地下水灌漑

先にのべたように、沙漠地帯でもワジ沿いの沖積地や、灌漑水路付近には表流の浸透によって涵養されている地下水がレンズ状に存在する。このようなところでは地下水の利用が可能で、昔から手掘りの井戸（hand dug well）が掘られ、飲料用だけでなく、農業用にも供されている。

手掘り井戸は工法上、深さに限界があるが、深いものでは100mにも及ぶものがあるという。このような深い井戸から水を汲み出すには、人力だけでは不可能で、ラクダや羊などの動物の力を利用したものが多い。

最近では動力ポンプが導入され、また機械力による井戸掘削が行われるようになり、乾燥地域の営農形態や水を取りまく人文、社会環境がいちぢるしく変化しているといわれる。即ちいまでも不毛の土地とされ、手のつけられなかった土地が次第に開発されるようになり、また資本力のあるものが井戸を掘って、いわゆる水主となり、一定の小作料をとって水を小作人に分けるといったような例もみられるようになっていっているといわれる。

g. 農業用水の確保と生活

乾燥地域の農業は、特に後進国にあっては、きわめて不安定で水の確保ということが農民の生活維持の上に決定的な影響を及ぼしている。その最も厳しい現実を筆者の手元にある北イエメンの紅海に面したティハマ平原の一角、ワジ・マウル流域の資料で紹介しよう（図－9参照）。

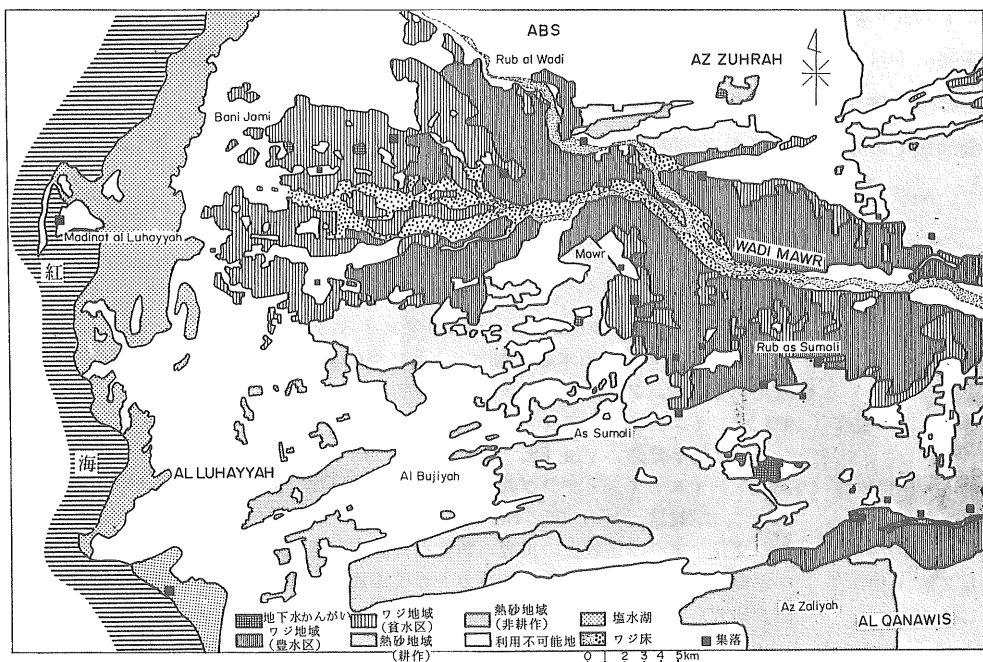
ここではしばしば見舞われる旱魃時に、利水の便に恵まれない農民から順に移住が行われる。移住のパターンには大きく、

- ① 局地的移住
- ② 都会志向移住
- ③ 国外移住

の三通りがある。もともと当国は国外へ移住するものが多い国であるが、中でもティハマ平原北部のサウジ・アラビアとの国境付近の地域が目立って多い。例えば図－9のAl Luhayyahでは住民の30%が国外で生活しているという。

このように移住者が多いのは、しばしば見舞われる旱魃による生活の不安定が最大の原因で、これらの中には耕地を全く放棄してしまったようなところもある。

国外移住や都会への移住の出来る住民はまだ良い方で、移住するための資金すらない熱砂地域に住む最も貧困の人々は、上述の第一の移住パターンをとる。彼等は旱魃時には全財産を1～2頭のラクダに積み、より豊かな農地（主としてワジ地域）を渡り歩く一種の季節労働者としての生活を



図－9. イエーメン・アラブ共和国北西部 Wadi Mawr 地域の土地利
用形態（集落は主なものを示す）（図－3. 参照のこと）

余儀なくされる。このような“さまよえる農民”のグループはアラビア語でマハディール（mak-had ir）と呼ばれており、一つの収穫が済むと他の収穫地へと移住する。通常このような移住者の住まいは麦わらで作った粗末なもので、定住者の住居群の外側にグループで設営される。

もともとイエーメン人は農耕民族であるから、移住はしていても、いわゆる遊牧民とは異なり、水さえ得られれば元の住居地に帰るところに特徴がある。

旱魃に苦しむ熱砂地域においても地下水利用が進み、生活形態が少しずつ変わって来ていることはすでに述べたとおりである。

7. おわりに

昭和53年12月に北イエーメン地方水道計画の事前調査団の団長として同国に赴いたのが乾燥地域の水問題にかかわった最初である。この時、日本政府に提出した報告書の結論の一部で今後の水源開発に際してのとりくみ方についてふれた部分を下に引用して結びとする。

「……すでに述べて来たようにイエーメン・アラブ共和国では、永い歴史を経て、最適の水利用を行って来たわけであるから、それらの所産である現有水施設を一概に否定することは出来ない。つまり現状を正しく把握し、その上に立った調査がなされなければならない。」……また「……水源の開発ならびに維持に要する経費と水の需要度の優先性について、先方政府ならびに現地住民の

意向を正しく把握しておく必要がある。水源は確保されてもその経費が莫大なものになるような水源の開発はやはり問題と考えられるからである。」また「上記に関連して管理上、技術的に高度なものを伴う水施設はその選択を慎重にする必要がある。」

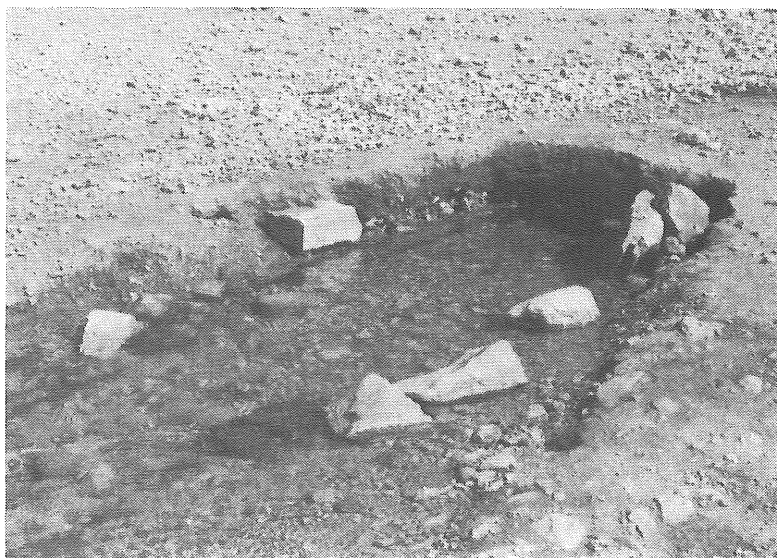
乾燥地域での水源開発はわが国の海外援助のいわば“目玉”の一つであるが、とかく古いものを否定し、高度なものを考えたがる行政者に対して、注意したつもりである。

参 考 文 献

- 小堀 巖（1973）：沙漠 — 遺された乾燥の世界 —，NHK ブックス，187.
- 国際協力事業団（1979）：北イエメン地方水道計画パートⅡ，事前調査報告書.
- 清水正元（1979）：砂漠化する地球，ブルーバックス.
- 新藤静夫・田口雄作（1981）：イエメン・アラブ共和国の環境地質（第一報），— 自然環境と水利用 —，地学雑誌，Vol. 88，No. 4.
- 新藤静夫・田口雄作（1981）：イエメン・アラブ共和国の環境地質（第二報），— ティハマ平原 —，地学雑誌，Vol. 90，No. 3.
- 堀内 勝（1979）：砂漠の文化，アラブ遊牧民の世界，新教育社歴史新書.
- 矢野友久他（1979）：中近東乾燥地域の農業開発に伴うカンガイ方式と水管理に関する調査研究，海外学術調査研究.
- Andrew Goudie & John Wilkinson（1977）：The warm desert environment, Cambridge University press.
- Davis & De Wiest（1966）：Hydrogeology, John Wiley & sons, Inc.



写真－1a カナート。矢印の方向に並んでいるのは竖穴，前方に灌漑地がみえる。



写真－1b カナートの出口（いずれもイランの例）



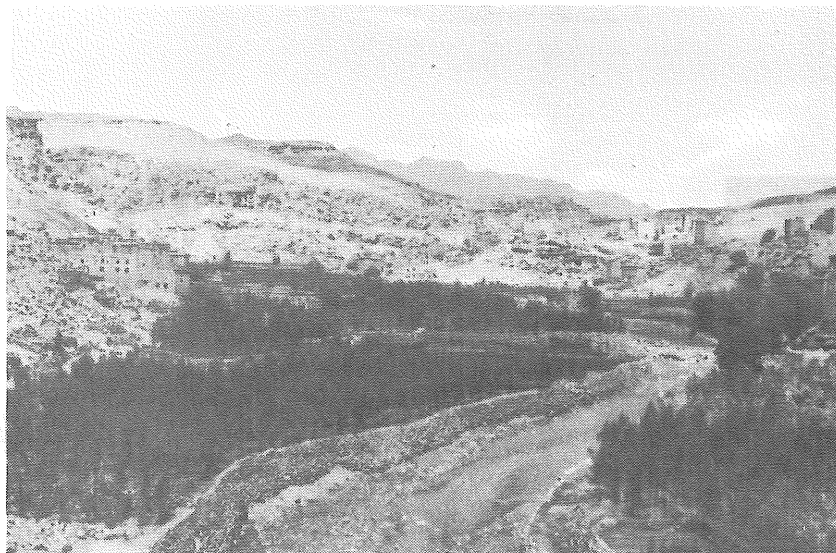
写真－2. イエーメン・アラブ共和国中央部山岳地域にみるシスターン（天水溜め）の一例，この写真の場所は標高 2,300 m ほどのところにある。



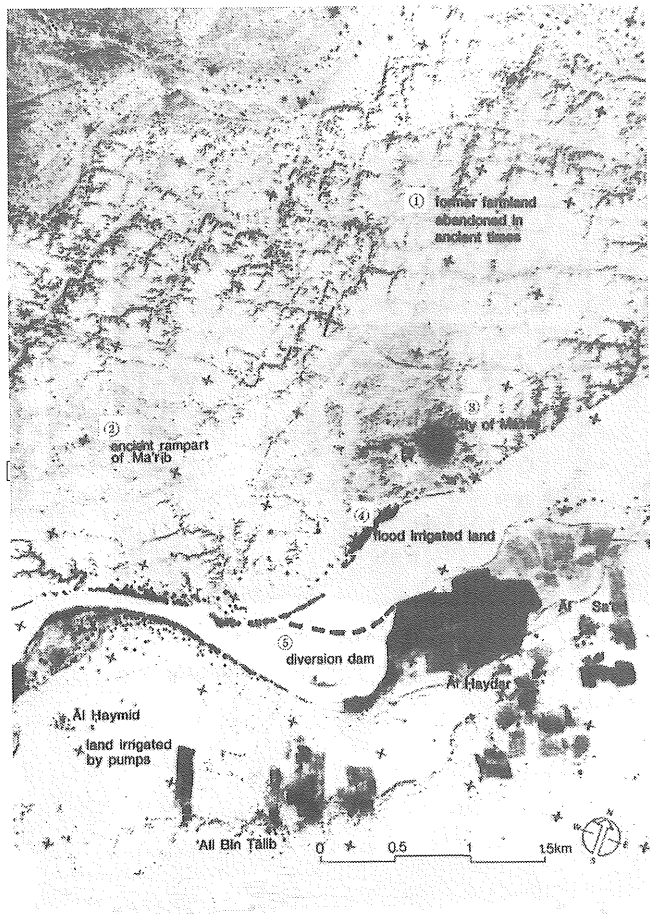
写真－3. 階段耕作の例，イエーメン・アラブ共和国の山岳地域に普通にみられる景観である。



写真－4. イエーメン・アラブ共和国における出水農業の例，前方斜面にみられる筋は水を集めるために作られた石垣である。手前はその灌漑地（ブドー畑の石積みは柵木の代りである）。



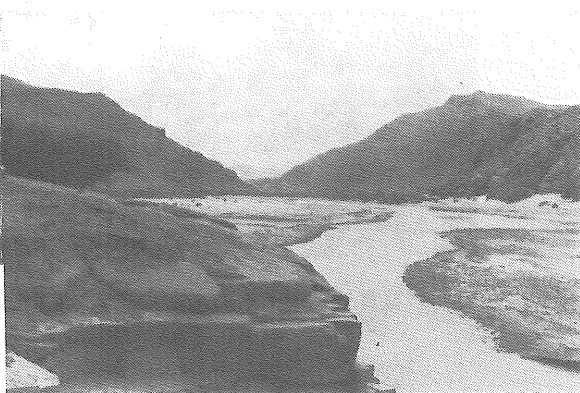
写真－5. イエーメン・アラブ共和国における洪水灌漑の例，中央部の水路は洪水時の表流を導水するためのものである。



写真－6.

イエーメン・アラブ共和国北東部のマリブ付近にみる古代農耕の遺構（ダム部分は見易いように加筆してある），（Central Plann. Org., Y. A. R.（1978）より）

- ① 古代農耕の遺構
- ② 古代マリブの遺跡
- ③ 現在のマリブ
- ④ 洪水灌漑地
- ⑤ 転流式ダム



写真－7. マリブダムの遺構（右岸側水門）
中央堰堤部は勿論流亡している。