イランの水理地質

森 谷 虎 彦*

Hydrogeology of IRAN

By Torahiko Moritani

要 旨

乾燥地域における地下水調査は日本のようなモンスーン地域とはまた異なつた考え方や調査の方法がとられなければならない。ここでは量よりも質の方が問題となることが多い。またその利用の面でも日本とは異なつた考え方をしなければならないことがある。例えば畑地かんがいにしても、掛け流しにすれば畑地はすみやかに塩が集積して使用不能となる。西アジアの砂漠において永く地下水取得法の王座を占めていたカナート（親井戸の水を自然流下の地下水道によつて地表に導く取水設備の一種）も最近の技術革新の波に押されて次第に消える運命にあるように見える。この報告はこのような問題を含んだ地域の地下水賦存の概略についてまとめている。

1. 緒 言

乾燥地域においては古来、水の存否が人類の消長に重大な関係を持ち、砂漠に樹立された諸王朝は水と共に栄え、また亡んだ。このことは宇宙時代といわれる現在もあまり革命的に変わつたようには見受けられない。今も砂漠の住民にとつての最大の関心事は良質の水を如何にして確保するかにあるようである。しかし水の利用形態は必ずしも10年1日とはいひ難く、最近の技術革新の波に乗つて徐々に変化しつつある。今世紀半ば頃までの主な利用形態は水路による自然流下とカナートによるものが殆んどであつた。しかし後半世紀に入つてダム築造熱がブームのごとく押しよせ、各国のコンサルタント会社によつてダム築造計画が目白押しといえる程提出されている。地下水の利用についてもすでに筆者も指摘したごとく（参考文献5）カナートよりボーリング井戸による動力揚水の方角に移りつつある。

本文ではイラン国の水資源一般と地下水区の設定についてべる。

2. イランの地形と地質一般

北にカスピ海があり、南にペルシヤ湾がある。カスピ海沿いにエルブールズ山脈がほぼ東西にのびている。アルプス造山帯の続きで、最高峰はデマベン山(5,780m)である。この巨大な山脈がカスピ海より吹いてくる水分を含んだ雲が内陸部に入り込むのを拒んでいる。南のペ

ルシヤ湾沿いにはザグロス山脈が北西南東に走り、北西の延長はトルコ国境附近でエルブールズ山脈と合流する。これは3,000~4,000mの山が連なる大きな山脈である。東のアフガニスタンとの国境にはやや低い山脈が南北に走っている。これも北のソ連国境附近でエルブールズ山脈と合体する。4,000mを越す山もあるが大部分は1,000~1,500mの低い山脈である。以上三つの山脈に囲まれた内陸部にはザグロス山脈に平行に、ほぼこれと同高度の山脈が1本走っているが、それ以外は1,000~500mの標高の不毛の荒地となつている。この国の降雨量は内陸部で100~150mmと非常に少ないが、ザグロス、エルブールズ両山脈には年500mm以上の降雨があるのでこれらの山脈に源を発する河川がかなりの水を低地帯にもたらすのであるが、内陸盆地に向かつた河川は広大な面積を占める沖積層または洪積層の中に消失するか、または盆地の中心部にある塩湖に吸い込まれる。

地質は北のエルブールズ山脈を構成するものは中心部に中生層の礫岩、砂岩、泥岩がありこれらは多量の石灰岩を交えている。その西側に第三紀層がある。その他に部分的に古生層が露出する。特に西方トルコの国境附近では火成岩類が優勢となる。ザグロス山脈は南側は主に第三紀層で構成され、北側は主に中生層から構成されている。ザグロス山脈の内側で、これと平行に走る山脈は酸性塩基性の火成岩であつて、これはトルコ国境でエルブールズ山脈の火成岩体に連画する。一方パキスタン、アフガニスタンとの国境を画する山脈は第三紀層から構成されている。これらの山脈に挟まれた平坦地は沖積層

* 日本工営株式会社

または扇状層が表面を厚く覆っている。いずれも未固結の礫、砂、シルトを主な構成要素としている。これらの状況を図-1、表-1 に示す。

3. 気候的特質と水資源一般

国全体は乾燥気候で、年平均降雨量は全国平均で 250 ~ 300 mm 程度で、全世界年平均降雨量 860 mm の約 1/3 であるが、その降雨量は国内でかなり偏在している。図-2 に雨量分布を示す。エルブールズ、ザグロス両山脈では年間 500 mm 以上の所もある。この原因は勿論その地形にある。両山脈に挟まれた内陸部では年間 100 mm 以下の所が広い面積を占めている。

全国の年平均降雨量 280 mm として年間総降雨量は 4,500 億 m^3 と見積られる。この内の 1/3 が全国土面積の 1/10 のカスピ海岸に集中している。年間 500 mm 以上の降雨量のあるのは国土の面積の 4 % の地域で、ここえ全雨量の 27% が集中して、残りの 73% の雨量が国土の 96% に分散される。

蒸発量も非常に大きい。主都テヘランの例では年降雨量 220 mm に対して、年蒸発量の実測値は 3,000 mm に達した。即ち降雨量の 13 倍が蒸発する計算となる。中央高原ではこの比率は実に 62 倍となる。

降雨の年分布も集中的で、夏期は殆んど降雨を見ず、降雨は冬期に集中する。このためイランの川には常時流

表-1 イ ラ ン の 地 質

(層厚の単位はm)

地 域		カ ス ビ 海 沿 岸		中 央 高 原		ペ ル シ ヤ 湾 岸	
		層厚	岩 質	層厚	岩 質	層厚	岩 質
第 四 紀		1000<	扇状層, 段丘層, 三角洲堆積層 水河堆積層, 海成砂, 粘土層	800<	扇状層, 砂丘, 石灰華 礫, 石膏, 湖成層		海成段丘, 凝灰岩, 隆起サンゴ礁, 泥火山
第 三 紀	鮮 新 世	1000<	海成層, 礫岩, 凝灰岩, 泥灰岩, 砂岩, 泥炭, 下部海成層	1000<	礫岩, 砂岩	3000<	海成層, 礫岩, 砂岩, 石灰岩, 泥灰岩
	中 新 世	1000	砂岩, 礫岩, 石灰岩, 凝灰岩	5000>	泥岩, 砂岩, 石灰岩, 礫岩	9500<	礫岩, 砂岩, 泥岩, 石灰岩, 泥灰岩
		700<	礫岩, 泥岩 含石膏泥岩	1000>	礫岩, 砂岩, 石灰岩, 岩塩, 頁岩		
	下 部	100<	隆起サンゴ礁, 泥灰岩, 礫岩	1500<	泥灰岩, 石灰岩, 礫岩	500>	石灰岩
		2000<	礫岩, 砂岩, 隆起サンゴ礁, 頁岩, 凝灰岩	500<	泥灰岩, 石灰岩		礫岩, 泥灰岩, 石灰岩
	始 新 世	4500<	礫岩, グルコナイト石灰岩, 凝灰質 珪質緑色岩, 熔岩, 脈岩	1500<	砂質頁岩, 礫岩, 岩塩, 熔岩, 泥灰岩; 石灰岩	1000>	石灰岩, 泥灰岩, 礫岩, サンゴ石灰岩, 頁岩
晩 新 世							
白 亜 紀		4000>	泥灰珪質石灰岩, 砂岩, 頁岩 塩基性火成岩		頁岩, 石灰岩, 石膏, 超塩基性岩, 火山噴出物, 赤色砂岩, 礫岩	3000~4000	石灰岩, 頁岩, 泥灰岩, 超塩基性岩, 赤色頁岩, 熔岩, 凝灰岩
ジ ュ ラ 紀		1500<	石灰岩, 赤黒色頁岩, 熔岩, 凝灰岩頁岩, 砂岩礫岩層群, 石炭挟み		隆起石灰岩, 砂質頁岩, 砂岩, 礫岩, 石炭挟み		石灰岩, 凝灰質頁岩, 砂岩, 珪質礫岩, 火山岩類, 脈岩
三 畳 紀			塊状白雲岩, 石灰岩, 灰褐色縞状白雲岩, 結晶質白雲岩		白雲岩, 石灰岩, 砂岩頁岩, サンゴ石灰岩, 礫岩		赤色砂岩, 石灰岩, サンゴ白雲質石灰岩, 砂質頁岩質石膏
石 炭 二 畳 紀		1000>	石灰岩, 頁岩, 珪岩, 黒色頁岩, 礫岩, 石炭挟み		白雲岩, 石灰岩, 珪岩, 陸成砂岩頁岩		石灰岩, 白雲岩
デ ボ ン 紀			石灰岩, 赤色頁岩, 暗赤色石英質砂岩, 凝灰岩, 礫岩, 塩基性火山岩		褐色白雲岩, 砂岩質白雲岩, 頁岩, 珪岩, 礫岩, 塩基性火山岩		砂岩, 頁岩
先デボン時代	カンプロシルリア紀		珪質頁岩, 白雲石灰岩, 珪岩, 塩基性脈岩		白雲石灰岩, 砂岩, 珪岩, 塩基性火山岩	800~1000	頁泥, 砂岩, 珪岩, 白雲石, 灰岩, 石膏珪
	変 成 岩 類		混成片麻岩, 片岩, 千枚岩, 緑色片岩, 大理石, 花崗岩, 変成岩類, 珪岩, 片麻岩		片岩, 千枚岩, 大理石, 花崗岩, 花崗片麻岩, 粘板岩		混成片麻岩, 片岩, 千枚岩, 珪岩, 岩塩ドーム

図-2 イラン雨量分布図

水を見ない川が非常に多い。このとぼしい量の水が川となりあるいは地下水となつて海または中央高原の中の低地に向つて流入するのであるが、その過程において激しい蒸発と、可溶性物質を多量に含む地層を通過するために水中の塩分濃度は非常に高くなる。この傾向は中央部南部、東部に特にいちぢるしい。

イランにおける水収支は次のごとく見積られる。すなわち年間入る量は降雨によるもの4,575 億 m^3 、他地域より流入する河川によるもの 75 億 m^3 で合計 4,575 億 m^3 で、これに対して出てゆく量は：

A. 河 川

- a. 降雨が直接河川に排出 710 億 m^3
- b. 表面水が河川に排出 75 "

- c. かんがい使用 380 "
- d. 都市用、工業、畜産等 10 "
- 計 1,175 " (25%)

B. 地下水

- a. かんがい用カナート 150 億 m^3
- b. " 井戸 50 "
- c. 非かんがい農地、牧草地 280 "
- d. 森 林 210 "
- 計 690 " (15%)

C. 表面蒸発

- 2,710 " (60%)
- 総 計 4,575 "

以上のごとく計算される。川として流出する総量は 1,175 億 m^3 で、この内利用されざるもの 785 億 m^3 、か

イランの地下水区

図-3 イランの地下水区

んがいその他に利用されるもの 390 億 m^3 となる。390 億 m^3 の内の都市用水等の 10 億 m^3 を除いた 380 億 m^3 の内訳は地表水の有効率が 35% と見積られるので、実際に農地で必要とする 160 億 m^3 の水を得るために川から実際には 450 億 m^3 の水を取入れる。その内排水されるものを 70 億 m^3 と仮定すると 370 億 m^3 の水が差引き川より取入れる量となる。

地下水に補給される量 690 億 m^3 で、この内カナート、井戸により取出される量は 200 億 m^3 で、この内で有効に利用されるのは 130 億 m^3 である。地下水の内カナートで取出される水の有効率は60%、井戸の有効率は80%

と評価される。

全流入量の消費比率は河川流出25%、地下浸透15%、蒸発60%となる。イラン全土の内で沖積洪積平野の占める面積は650億ヘクタールで、イランの地下水は殆んどこの面積内に滞水するものと考えれば 1 km^2 に 100 m^3 の地下水が存在する計算となる。

4. 地下水の水質

国全体を概観すると溶解成分のきわめて多い地下水といえる。これには地質的原因、気候的原因、地理的原因の三つが考えられる。第一については古生層、中生層、

第三紀層を通じて石灰質の地層がきわめて多いことがあげられる。特に中央イラン高原、南方ペルシャ湾岸にはソルトドームが多数露出している。これらソルトドームの成因は火成岩の噴出に関係していると考えられている。前記各時代の地層中には厚薄さまざな岩塩、泥灰岩、チョーク、石膏、石灰岩、サンゴ化石層等が豊富に存在し、これらが直接間接に地下水中に塩分を補給している。第二の気候的原因としては砂漠または半砂漠的気候がある。もともと少ない降雨が冬期に集中し、夏の高温時には降雨を殆んど見ない。このような状態で特に内陸低地に流入した河川水、浅層地下水は激しい蒸発の結果内陸部に渾大な塩類の二次的堆積を引起し、地下水の塩分を濃縮することになる。第三の地理的原因とは主として地下水の流路の長いことと傾斜の少ないことに加うるに透水層が比較的締まっていることもあつて、地下水流速がおそいことに原因して塩を含んだ地層と地下水の接触する期間が長いことが地下水塩分濃度を高めている。

以上の原因で国全体の地下水は高塩分濃度の水となつて以下地下水を三つのタイプに別けた分布を示すと図-3 のようになる。三つのタイプは炭酸塩系、硫酸塩系、食塩系であつて、炭酸塩系は三つのタイプの内では最も塩分濃度のうすいもので1,000 ppm を越すことなく通常 180~550 ppm である。このタイプの水は各種の用途に適している。硫酸塩系は炭酸塩系について塩分濃度の低いもので農業用水として使用可能である。食塩系のものは三つのタイプの内では一番塩分濃度の高いもので、気候、地質、地理的原因によるものである。このタイプの地下水は中央高原、東部、南部イランに多い。濃度は1,000~30,000 ppm と変化が多い。このタイプの水は農業用としても工業用としても飲用としても問題の多い水で、使用不可能な場合が多い。一般に水源涵養地帯から離れた地帯にこのタイプの水が多い。図-3ではこの食塩系の地下水を含有塩分濃度 5,000 ppm を境として2種に区分してある。

5. 地下水の利用形態

イラン国における地下水利用の歴史は大変古く、その利用形式の一つであるカナートの歴史はいまより少なくとも 2500 年以前にさかのぼると考えられている。その実在数は 40,000 以上あり、それで少なくとも 30,000 ケ以上の村落や農園が存在し得ている。過去は勿論そうであるが現在でも地下水を最も多量に使用しているのは農業である。

1963 年の統計によれば 1961 年現在で 20,000 本のカナートが現在利用されていて、その総湧出量は 150 億 m^3

に達する。この量はイラン全国の農業用かんがい用水の 1/3 をまかなつている。しかし近年ボーリングによる深井戸揚水井の増加、使用量の増加に伴う地下水面の低下等の原因で使用に耐えるカナートの数は減少している。

カナートに代つて地下水利用の方法として最近急速に普及してきたのはボーリングによる深井戸からの揚水である。テヘランの西方に位置するカズビン盆地の例をとると 1962 年に始まつたこの盆地の地下水調査の結果その総賦存量は 360 億 m^3 年と評価され、この水を有効に利用するためすに於て、井戸による 8,000 万 m^3 /年の他に新たに 350 本の井戸を掘り、合計 2 億 7,000 万 m^3 /年の水を有効に利用する計画が進められ、現在 20 本の調査井が完成し、第三次計画が終わる 1968 年にこの盆地の深井戸数は 200 本に達する筈である。これらの井戸は深井戸タービンポンプまたは電動水中モーターポンプが利用されることになる。この盆地における平均地下水深度は 50m である。

6. イランの地下水区

イランを 12 地下水区に区分する。(図-3 参照)

- (1) カスピ海岸地下水区
- (2) レザイエ湖地下水区
- (3) カルーン川地下水区
- (4) ペルシャオーマン湾岸地下水区
- (5) 東部国境地下水区
- (6) カスハフ川地下水区
- (7) 中央北部高原地下水区
- (8) ルート砂漠地下水区
- (9) シュラーブ川地下水区
- (10) アバルクシルジャン低地地下水区
- (11) シバンド川地下水区
- (12) ハマン塩湖地下水区

各地下水区の特質について以下のべる。

(1) カスピ海岸地下水区

本地下水区の河川にワヂ(涸沢)は殆んどなく、季節による増減はあるが殆んど川は通年流水がある。カスピ海にエルブールズ山脈がせまつているので河川延長はセフィード川を除いてあまり長いものはない。地下水の水質は炭酸塩系に属し一般的に飲用農業工業用に適した良質の水が得られる。カスピ海は内陸塩湖であるからこの水自体は利用出来ない。地質は大部分は中生層で、西部沿岸では火成岩、第三紀層が優勢となる。堆積岩は何れも多量の石灰岩を介在するのでこれらの中を通る地下水またはそれらの地層上を通る表流水で養われた地下水は可成硬度の高い水となる。電気伝導度で 1,000

$\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度になる所もあるがこの国で $1,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ の水は良質の水の範囲に属するといえる。

(2) レザイエ湖地下水区

レザイエ湖は内陸塩湖である。水源地帯の山は年降雨量 500 mm 以上あるので表流水、地下水ともに比較的豊富である。地質は中生層と火成岩で第三紀層も一部にある。水質は湖畔では塩水の浸入もあつてよくないがそれ以外では炭酸塩系に属する良質の地下水が得られる。本地下水区中にも石灰岩が非常に多い。これらの石灰岩は地層として可成の距離にわたって分布するものもあつて、レッカ水が多量に存在し、各所に自噴泉を形成している。将来有力な地下水源として開発の可能性が大きい。

(3) カルーン川地下水区

本水系はペルシヤ湾岸地下水区に属し、主としてカルーン川とカルケ川に養われた地下水区である。両川とも末端はシャト・アル・アラブ川（チグリス、ユーフラテス両川の合流したもの）地下水系に合流する。地質は上流部が火成岩類、中流で第三紀層、下流で洪積沖積層となる。水質は山岳地帯は炭酸塩系の良質な水であるが平野部に出て食塩系となり悪化する。平野部でも河川系によつて水質には可成の差がある。現在地下水の開発は殆んどなされていないので地下水系の細区分は出来ないがカルーン川とカルケ川では水質に著しい差があり、地下水系としては別のものであるが広大な沖積平野の中を明瞭な地形的分水界もなく流れる両川の地下水系を分離することは地下水開発の行なはれていない現在では困難である。

本水系の下流域のアワズ平野はこの国で農業開発の可能性の最も大きい地域である。この中を流れるカルケ川はその末端はイラン国境を越えてイラク領内に入りチグリス川の洪水に養われる大湿地帯へ消失する。水質は平野部で $2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ と可成り高い塩分の水である。これとほぼ平行して流れるデス川（下流でカルーン川）の水質は $700 \mu\text{S}/\text{cm}$ と比較的良質の水である。地下水の水質記録が得られないがこの河水に養われているので平野部では東部の方が良質の地下水が得られると考えてよいであろう。カルーン川の下流がシャト・アル・アラブ川に合流することはすでに述べたがこの下流部低地帯ペルシヤ湾岸の地下水は海水の影響を受けて水質は非常に悪くなり、電気伝導度も $5,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上となつて殆んどあらゆる用途に不適である。ただしナツメヤシのみは $6,000 \sim 7,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ の高い塩分濃度の水でもよく生育するのでペルシヤ湾岸唯一の農産物となつている。平野部における地下水量は帯水層が未固結の砂礫なので

豊富で地下水位も 10 m 以下殆んど $2 \sim 3 \text{ m}$ であるが水質は地表水より悪いのが普通であつて現在のところ豊富な地表水の利用が緒についたばかりで地下水利用にまではおよんでいない。

(4) ペルシヤオーマン湾岸地下水区

ザグロス山脈とその南東延長山脈に水源を持つ小河川に涵養される地下水系群で、流路は何れも極めて短い。地質は山地は大部分が第三紀層であるが東部の水源地帯は火成岩と中生層が露出する。平野部は海岸沿いに僅かにある程度で地下水も大部分は海岸平野部に集中する。現在ホルモズ海峡北岸にあるバンダラアパス、ミナブを中心とする海岸平野と山麓扇状地でかんがい用地下水の開発が進められている。採水法は主として井戸により、カナートは地形の関係であまり用いられない。地下水位は扇状層では 10 m 以上であるが海岸ではさらに浅くなる。自由面地下水のみが目下開発されている。第三紀層中の深層地下水の可能性はあるが水質が恐らく極度に悪いことが予想される。全般的に水質は山地部で硫酸塩系、海岸平野部で食塩系となるが臨海部では $5,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の高塩分濃度のところもある。

本地下水区の地下水の水質はその地質の特異性で特徴付けられる。それはソルトドームの存在である。ソルトドームは特にホルモズ海峡に面する地域に多数存在する。主要成分は食塩と石膏である。地質時代はカンブリアンと考えられている。ドーム附近では溶解した塩類が厚く地表に再堆積し、また河川に流れ込み、ために附近を流れる川をことごとく高塩分濃度の川としている。これら高塩分濃度の河川水が海岸平野部で地下に浸透し、地下水の塩分濃度をさらに高める。本地下水区内で飲用水源として地下水を利用しているがその含有塩分濃度は $1,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上が普通である。またかんがい用に多数井戸が掘られて動力揚水で利用されているがその多くは非常に高塩分濃度の水を利用している。もちろん河川水自体も濃度が高いので物理化学的处理による以外に $1,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水を得ることは絶望に近い状態である。

ホルモズ海峡附近ミナブ川の上流で年間産出量 $20,000 \sim 90,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ 下流海岸近い扇状地で $12,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ 程度と見積もられる。

(5) 東部国境地下水区

パキスタン、アフガニスタン両国と接する地域で、国境に平行して走る山脈を水源地として東流する小河川群に養われた地下水区である。末端はいずれも内陸塩湖に流入する。地質は第三紀層を主とし、中生層、火成岩類が多少ある。水質は山脈に近い水源地帯では炭酸塩系

および硫酸塩系であるが山麓および平野部では食塩系となり、国境に近い一部では蒸発濃縮の結果さらに高塩分地下水となつている。

この地下水区では人口稀薄の故もあつて地下水開発はあまり進んでいないが平野部では塩分濃度が高く飲用に耐えるものが少ないためもあつて人口は主に山麓部に集中し、従つて地下水開発もこの山麓部に帯状にならぶ地域で進んでいる。

(6) カスハフ川地下水区

ソ連国境沿いに東流するカスハフ川に涵養される地下水区で地質は中生層と火成岩で、谷底平野は扇状層と沖積層である。水質は上流部が炭酸塩系、下流は食塩系となる。国境の盆地は塩の低地で、地下水も高塩分濃度となる。水源地帯はカスピ海の影響を受けてやや雨量も多く 300~400 mm/年 に達するのでカスハフ川の本支流とも水量はやや多く、且つ上流部では水質も良いので河川水が多く利用されるため地下水開発はあまり進んでいない。

(7) 中央北部高原地下水区

主都テヘラン南東部に広がる広大な砂漠を含む地下水区で、河川水も地下水もともに内陸塩砂漠に流入蒸発する。地質は中央盆地の砂漠には第三紀層が露出し、周辺の山地は中生層、第三紀層の堆積岩で構成される。この地下水区の地質的特質はソルトドームの存在である。その地質時代は第三紀中新世と考えられている。この地下水区には北のエルブールズ山脈に源を発する多くの河川があり、これに涵養された地下水が豊富にあつてイランでは最も地下水開発の進んだ地下水区である。本地下水区は若干の重要な地下水系に区分されるが特に重要なのはカズビン盆地々下水系である。この地下水系はこの国で大規模地下水開発計画として最初に取り上げられた地域であつて、すでに民間の深井戸によつて 8,000 万 m^3 /年の地下水が利用されており、将来深井戸は 350 本まで増加し 2 億 7,000 万 m^3 /年 の揚水をする計画である。この地下水系はエルブールズ山脈の水を受けて 7,600 km^3 の帯水面積に年間 3 億 6,000 万 m^3 の地下水が流入する。帯水層は未固結砂礫層で層厚は 120 m 以上に達する。大部分が自由面地下水である。地下水面までの深度は山麓部では 20 m 以浅であるが、山麓より離れると 50~80 m に達し、中心部で 20~30 m となる。カズビンは古代に栄えた都市で昔より地下水利用は盛んで、その手段はカナートに頼つていたので現在でも部落の大部分はカナートを利用している。近代的深井戸工法による採水はごく最近始められたものである。水質は中央低地を囲む周辺の山地では炭酸塩系で比較的良質の地下水が

得られるが山麓部を離れた低地では蒸発による濃縮の結果極めて高濃度の食塩系地下水となる。中央低地は全般的に塩の荒野で全く人の住まない地域である。

(8) ルート砂漠地下水区

ルート砂漠はイランの中央高原南東部を占める大きな砂漠で中心部やや南寄りにナマクザル低地があつてこの地下水区の水は総てこの低地に流入して塩分を集積する。周辺山地の地質は西に中生層、北と東に第三紀層、南に火成岩があり中心部は地表が塩で覆われ従つて地下水も濃度の高い食塩水である。中央部の低地は無人の荒野であつて人は周辺山麓部に帯状に居住し、地下水開発もこの帯状地帯でのみ進んでいる。特にケルマン市附近とビルジャン南方の高原地帯では井戸およびカナートにより地下水の開発が進んでいる。

(9) シュラーブ川地下水区

北と南を山脈で挟まれた北西—南東方向の狭長な地下水区で、地質は中生層と火成岩類で、シュラーブ川沿いには塩の荒地が分布する。水質は山地で炭酸塩系であるが山麓と平野部では食塩系となり、部分的に高塩分濃度帯がある。ケルマンの北西部を除いては人口稀薄で、地下水開発もあまり進んでいない。

(10) アバルクシルジャン低地々下水区

シュラーブ川地下水区の南側に位置し、これと殆んど平行した 1 本の河によつて涵養された地下水区である。北側は中生層と火成岩類、南側は中生層の山脈に挟まれ、シルジャン川沿いは第四紀層となつている。水質は山地は炭酸塩系で山麓部が食塩系で中心部は蒸発による高塩分地帯となる。住民は東南端の山地に集中し、それ以外には極めて少なく、中心部塩砂漠には全く住んでいない。従つて地下水開発も殆んど行なわれていない。

(11) シバンド川地下水区

内陸塩湖に流入するシバンド川に涵養された地下水区で、本地下水区中にはペルシヤの古都シラズを含むが現在はシラズ周辺を除けば人口極めて稀薄で地上水の開発もあまり進んでいない。地形はザグロス山脈の一般走向である方 NW—SE 向に支配されて狭長な凹地で地質は凹地北方が中生層、南方が第三紀層で中心部は第四紀層である。水質は山地では炭酸塩系、凹地で食塩系となる。今日なおカナートの利用が盛んである。

(12) ハマン塩湖地下水区

中央高原南東部に位置するハマン湖は季節的塩湖で、これに注ぐ主要な河川はハリル河で、この川は本地下水区北端のサルイエ山脈に源を発する川である。地質は山地の北と北西は火成岩、一部中生層。南と東は第三紀層と火成岩で、川沿いと湖周辺は第四紀層である。水質は

ハ ril川の水源地帯で炭酸塩系、それ以外は食塩系である。ハ ril川の水質はイランとして極めて良質な部に属し、水源地帯の標高 2,000m 以上の高原には集落が密集している。また中流の広い平野ではこの川に涵養された地下水が広く分布し一部は被圧地下水となつてゐる。しかしさらに下流の塩湖に近いところでは急激に水質が悪化し、部落も殆んど存在しなくなる。水量については中流域の一部で $80,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ の年間埋蔵量のところもあるが少し下流では $5,600 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ と減少する。地下水位は数mから20m止まりで採水型式は井戸が発達していてカナートは少ない。

7. 地下水利用の現状と将来

以上各地下水区の現況についてのべたが、これを要約するとイランの年間地下水補給量 690 億 m^3 の内の 200 億 m^3 が取り出され、その内の 130 億 m^3 が有効に利用されているのみであとの 490 億 m^3 は湖や砂漠で無駄に蒸発している。これらの水を有効に利用することが出来ればイランに取つて大きなプラスになるであろう。イランを含めて乾燥地域における地下水利用の上で含有塩分量は重大な障害となつてゐる。現実にはその源流地より末端の湖や砂漠や海に到るまで全く利用不可能なほど多量の塩分を有する川も少なくない。これらは全くその流域の地質が原因であつて現状ではこの川およびこれによつて涵養される地下水は利用不可能である。イランの地図を開くとシュール川という同じ名前の川が国内到るところにある。これは塩川という意味で利用価値がないので特に固有名をつける必要がないかとも受取れる。内陸部と南部に特に多い。その含有塩分濃度は非常に高く通常陸水調査に使用する電気伝導度計ではスケールアウトして測定不可能なので正確な値は得られないが南部ペルシヤ湾岸のシュール川の数ヶの川についていずれも $50,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の値を示した。飲雑用水としては全く不適な水であるがこれ等の塩川には海棲とは異なる魚が棲息しているので内陸水産用水としての価値があるいはあるかも知れない。

塩川流域以外の地下水は大体水源地帯より排出地帯に近づくほど塩分濃度は高まり、また通常同じ位置では地表水より高い濃度の塩分を持つてゐる。中央高原の内陸地下水区の地形の一般的特質は厚い沖積または扇状堆積層の砂漠の中に岩石山があたかも残丘状に頭部を出しているのであるが、集落は岩石山（あるいは山脈）の中の谷間にあるか、沢が山地から扇状地に出たところにある

か、またはそれより少し離れたところかにかたまつて存在する。これはすべて水に支配された型式であつて、山間部のものは直接表流水利用、扇頂部のものは浅井戸または表流水、扇頂を少し外れたものは扇頂附近に親井戸を持つたカナートがちょうど地表に水面を現わす標高に位置する。内陸地下水区と臨海地下水区を限る大山脈の山麓部では山脈に平行に帯状に集落が分布している。いずれも山地よりの表流水が扇状または沖積原に伏没する直前の水を利用するからである。

以上のような現況から 490 億 m^3 の地下水を有効に利用するために扇頂部で地下水を汲上げる。塩湖の周辺に井戸群を連ねて汲上げる等の方法で塩分の少ない水を取り出し、使用済みの水は放流することなくふたたび地下にすみやかに還元することが必要になつてくる。

現在イランで地下水開発はアメリカあるいはヨーロッパの業者が行なつてゐるがロータリーボーリングが主力となつていて掘削口径 350 mm が標準的サイズでトラックにマウントしたものが主に使用されている。砂質地で日進 $25 \sim 30 \text{ m}$ で、深度は勿論地域で異なるが 120 m 止まりが大部分のようであつた。

地下水開発と並行して海水の淡水化試験プラントもあるが水のコストは次のような値段となつてゐる。（1968年、日本円換算）

- a. 水の淡水化 $40 \sim 80 \text{ 円}/\text{m}^3$
- b. カナート $1.5 \text{ 円}/\text{m}^3$
- c. 深井戸揚水 $2 \sim 8 \text{ 円}/\text{m}^3$
- d. ダムによる $2.7 \sim 4.5 \text{ 円}/\text{m}^3$

で現状では依然としてカナートが最も安価な水を供給しているようである。

参 考 文 献

- 1) Manuchehr Vahidi (1968) Water and Irrigation in IRAN イラン国政府
- 2) Ministry of Water and Power (1968) Iran Water Type Outline Map 250 万分の 1
- 3) National Iranian Oil Company (1957) Geological Map of Iran 250 万分の 1
- 4) Abkav Louis Berger INC (1968) Groundwater and Agricultural Feasibility Study Jiroft-Minab Project (Draft)
- 5) 森谷虎彦 (1966) 西アジアのカナート (短報)—イラン国カズビン盆地の例—地理学評論 Vol. 39, No. 7. pp 48—54.