

## 特別講演

### クウェイトと沙漠の印象

九州大学農学部 須崎民雄

#### 1. はじめに

昭和46年5月よりほぼ2年間、クウェイト科学研究所の招請によって同研究所において樹木による沙漠緑化技術の研究に従事したのでその間の沙漠に対する印象を紹介したい。この研究の遂行にあたってはアラビア石油株式会社により多大の便宜を与えられた。また土壤関係については農業技術研究所寺沢四郎博士に負うところが大きい。ここに附記して謝意を表したい。

#### 2. クウェイト国

クウェイト国 (State of Kuwait) はアラビア半島北東部、チグリス河とユーフラテス河の合流したシャット・アル・アラブ河口近くに位置し、1961年イギリス保護領より脱して独立したペルシヤ湾沿岸アラブ土侯国の一つである。北緯28°45'と30°05', 東経46°33'と48°30'の間にあり、国土面積は15,900平方キロ、サバーハ家を首長とし国会をもつ立憲君主国である。人口約70万、うちクウェイト国籍をもつクウェイト人は約半数で他は周辺アラブ諸国すなわちパレスチナ、エジプト、イラク、ヨルダン、レバノン、さらにカタール、バハレイン、アラブ首長国連合、マスカット・オマンなどのペルシヤ湾沿岸国およびイラン、インド、パキスタン、アフガニスタン、欧米などの国々からの長期、短期居住者である。その他に流動的な遊牧民族ベドウィンがかなり居住していて定住しつつある。居住区は海岸に集中し、クウェイト旧市と隣接するハワリ、サルミア、スレビアなどの行政区劃をあわせた広義のクウェイト市がクウェイト湾に面して長く伸びる他、やや離れた南部にファハヘル、アハマディ、北部にジャハラなどの居住域があるが、いずれも海浜域で国土の大半はいわゆる沙漠で占められる。アラビア語を言語とし、イスラム教が国教である。特に宗教の影響の強い国であって聖コーランとそれに基づく宗教伝統が思想や行動になお深く根を下している。日常には太陽暦を用いるが、なお重要な部分でイスラム歴(太陰歴)が用いられ、金曜日の休日、断食月など他と異なる習慣がある。特に1年間に約1ヶ月定められ

る断食月は日中(日の出から日没まで)の喫煙、飲食の全てを国法で禁じており、乾燥酷暑地で水を飲む事までも禁止されることは生活への影響が大きい(病人、旅行者、幼児、緊急業務の人達は除かれる)。1937年世界最大の埋蔵量といわれたブルガン油田が発見され1945年より本格的採取に移ってから国家としての発展が約束され、国家収入は豊かである。低率の関税の他は、ほとんど無税である。福祉、教育、公共投資に重点がおかれ、西欧化が近年著しく進んだ。7世紀のイスラム思想と近代合理主義が奇妙に混じり合い、土地に根ざす国家意識よりも部族、家柄の名誉意識の強い誇り高き国民である。

#### 3. 土地的環境

南西部では海拔250m程度のやや高地となるが、一般に起伏のない平坦な沙漠である。3紀の地層の上はかなり厚く砂を堆積しているが、はげしい蒸発と豊富な塩類がしばしば砂を固結させいわゆる砂漠土を形成する。堆積の古い部分では固結が進んで現地でガッチと称せられる赤色固結土が形成されて砂の下に不透水層をつくる部分もあり、時に砂岩状になる。はげしい常風によって常に地表は攪乱されていて表層の安定していないところが多いが、大砂丘を形成するようないわゆる砂サバクとはいえないところが多く、またシャット・アル・アラブ河とは数十キロをへだてていて水分的には何の影響もない。土壤はいわゆる砂土で海岸より20kmほどの地点で組成は深さ90cmまでを平均して粗砂65.6%、細砂30.7%、シルト0.2%、粘土2.4%、R(OH)1.1%と、96%が砂である。また比較的堅密で、容積重1.73、固相64.4%、気相32.2%である。pH(土壤酸度)は水を用いての測定で、8.64とアルカリに傾く。有機物は極めて少なく、塩含量を示す土壤の電気電導度は下層になるほど高くなるが、10cm深さで14.4、90cmで23.5 ( $m\cdot mho/cm$ )と著しく高い。主な塩類は $Na_2SO_4$ 、 $CaSO_4$ 等である。紅海側山地の降雨に由来すると思われる地下水はペルシヤ湾岸に多くのオアシスを出現させるが、クウェイトでも内陸側、

スレイビア、ジャハラ地区にはかなり深いところに地下水脈を有し、量は多くないが現在ポンプアップして灌漑水と飲料水に用いられている。南部での水脈はそれ程深くなく、ワフラ地区では若干の蔬菜農業が行なわれている。ただしこれらの地下水は量が限られると同時に、塩分を多量に含んだ水、いわゆる Brackish Water であって飲料には、海水蒸溜によって得られた Sweet Water に若干混入させる程度である。これらの地下水は電導度  $6\text{ m}\cdot\text{mho}/\text{cm}$ 、塩分濃度  $4,000\sim 5,000\text{ ppm}$  と塩含量が高く、灌漑水としての長期施用は塩集積となり生育障害につながる恐れがある。

#### 4. 気候的環境

年平均気温  $27^\circ\text{C}$ 、降雨量平均  $75\text{ mm}$  の乾燥地帯で、メイグスの気候帯分類によれば、Ac24 すなわち雨量  $100\text{ mm}$  以下の地帯、Arid Region で冬季に降雨のある地帯に属する。数字の 2 は最寒月平均気温が  $10\sim 20^\circ\text{C}$ 、4 は最暖月気温が  $30^\circ$  以上を意味し、このような乾燥地帯は世界の大陸の 19% を占めると推定されている。

気温は海岸に近いこともあって昼夜差はそれ程大きくなく、1972年8月に海岸近くの苗畑で測定した気温は日かげの最高は午後2時で  $47^\circ\text{C}$ 、最低は午前3時で  $30^\circ\text{C}$  であった。5月から9月までは月平均  $31^\circ\text{C}$  から  $37^\circ\text{C}$ 、冬季は  $13^\circ\text{C}$  から  $27^\circ\text{C}$ 、最高温度は夏季  $45^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 、直射下では  $60^\circ\text{C}$  から時には  $80^\circ\text{C}$ 、冬季は  $15\sim 28^\circ\text{C}$  である。最低温度は夏季  $25\sim 30^\circ\text{C}$ 、冬季  $2\sim 12^\circ\text{C}$  で、零下に落ちることもある。気温的には夏、冬の2シーズンがあって5月—10月までの夏は酷暑の地である。

湿度の日変化は気温変化と逆の傾向で日中著しく低く夜間高くなり、先の気温測定の際の変化は、午後2時20%、午前3時62%であった。一般に北西風の時は湿度が低く、南東風で湿度が高くなるが、夏季の最高相対湿度は  $25\sim 35\%$ 、冬季  $75\sim 98\%$ 、最低はそれぞれ  $4\sim 12\%$ 、 $15\sim 55\%$ 、年間を通ずると年最高平均  $80\%$ 、最低平均  $13\%$  である。降雨は年平均  $75\text{ mm}$  で11月から4月に集中し、5月から10月までは一滴の降雨もみられない。11月から4月までは時に降雨をみることもあるが、夏季は皆無であるという特異性の他に年変動が極めて大きく、 $30\text{ mm}$  から  $250\text{ mm}$  と変動幅が大きいこと、および狭い国土の中で降雨はかなり局地的であることが我国などと異なる点である。

風は一般に強く、夏季の北西風(地方風シャマル)はシリア、イラクの乾燥地より吹きこんで常風で  $7\sim 10\text{ m}/\text{sec}$  程度、時に  $15\text{ m}$  以上に達しはげしい砂嵐と表面の砂の移動をもたらす。

#### 5. 植 生

雨量指数  $253^\circ$  (九州で  $120^\circ\sim 140^\circ$  程度)、乾湿指数  $0.4$  (九州で  $10.0\sim 13.0$  程度) で植物の生育には困難なところである。事実、夏季  $50^\circ\text{C}$  の気温、15%の湿度の下で、 $10\text{ m}/\text{s}$  以上の風と砂嵐に耐えることは、しかも無降雨と、場所によっては羊の喰害もあるようなところでは、その生育の困難さが想像される。1年間にわたって月毎に土壌水分を深さ  $1\text{ m}$  までについて調べてみると6月以降11月までは、水分は吸湿係数以下、すなわち植物の利用し得ない水分をごく僅か有するのみである。

しかしながら現実にはかなりの植生を有していて、内陸では夏季休眠的に生長をとめるようであるが、海岸部は地下水が高いこともあって種々の低木が自生する。クウェイト北部では、アカシア高木林が、かつては存在していたように想像され、現在1本だけ、樹令300年と称せられるアカシア (*Acacia arabica*) が、なお存在している。下層やや深くに不透水層を有してしかも地形的に集水されるようなところでは多少の高木の存在は許されると思われる。ただし、その木を中心に行なったクウェイト政府による人工植栽はほとんど失敗している。

冬季、雨量の多い年には短寿命の1年生草本が12月頃からかなりの量で発生し、3—4月には一斉に開花し、沙漠に独特の景観をもたらす。しかしこれは降雨の量に左右され、たとえば1971年の降雨シーズンでは  $230\text{ mm}$  ほどの降雨があり、土は充分にうるおって *Senecio desfontainei* (キク科、タイキンギクの仲間)、*Malcolmia grandiflora* (アブラナ科、イヌガラシなどの仲間) などの1年生草本の大量の発生を見たが、72年のシーズンでは  $30\text{ mm}$  程度の降雨であったため、ほとんど1年生草本の発生をみなかった。1年間のみの調査や短期の訪問では、その印象を異にすることが多い。多年生の植物は海岸の塩生植物を除けば、夏季に地上部の枯死あるいは休眠状態を呈するが、これらはかなり疎であるがまとまった群落を形成し、海浜から内陸に向って *Zygophyllum coccineum* (ハマビシ科、草質木本)、*Panicum turgidum* (イネ科イヌビエの仲間)、*Cyperus Conglomeratus* (カヤツリグサ科カヤツリの仲間)、*Haloxylon salicornicum* (アカザ科木本)、*Rhanterium epapposum* (キク科木本) 群落を明瞭に区別することができる。内陸部の種の組成は単調であるが海岸部は *Salsola baryosma* (アカザ科、オカヒジキの仲間)、*Cor-nulaca leucacantha* (アカザ科)、*Phragmites*

*communis* (イネ科, アシ), *Atriplex leuococlada* (アカザ科, ハマアカザの仲間), *Nitraria retusa* (ハマビシ科, ソーダノキの仲間), *Tamarix passerinoides* (ギョリュウ科) などの塩生小低木をかなり混じ, クウェイト自生の植物は350種にも達する。ただしこれらの発生は年によって異なることは先述のとおりである。

これらの自然植生は, しかしながら都市の拡大, 油田の開発, 遊牧民の燃料, 遊牧家畜の喰害などの人為要因によってかなり破壊が進みつつあり, 人工植生は単に都市部の環境保全のみならず, 耕地, 道路の防風, 防砂林および沙漠植生の維持, 保護のためにもその研究の重要性が強調されている。

## 6. 造 林

中近東からアフリカにかけての乾燥地帯には広大な沙漠が広がっている。このような沙漠を対象に, 漠然とした沙漠緑化を考えることは何の意味もない。人為要因によって土地の荒廃がひきおこされその結果森林の存立が許されていないようなところでは植物的な見方からの緑化が考えられようが, 気候的に森林存立限界の外にあるこのような地域に対しては, 土木工学的な手段すなわち灌水技術を同時に考えなければ不可能であるし, とするとそれに伴う多額の経費に対する投資意義が考えられなければならない。防砂, 防風, リクレーションといったある目的をもつ森林を具体的に考えて, 始めて緑化の意義があろう。すなわち大気候的に疎草原である極盛草原を単に植物学的な手法で遷移的に前進させることは不可能である。このような乾燥地域に対しては, 地下水条件から森林の存在が, 量, 質の如何に拘わらず何らかの形で許されるところ, および灌漑工事が, 水資源のおよび経済的に許されることのみ造林が考えられる。すなわち都市内部の緑化, 郊外の都市防備林, リクレーション林, 耕地, 工業地防風, 防砂林, 道路防備林, 都市と鉱業地(油田など)の乱雑な拡大から沙漠植生を保護するための隔離樹帯などに具体的にしばって考える必要がある。

現在クウェイトでは, *Tamarix aphylla* (ギョリュウ科), *Eucalyptus* 類 (ユーカリ, フトモモ科), *Prosopis juliflora* (キヤベ, マメ科), *Acacia* 類 (アカシア, マメ科), *Casuarina* 類 (モクマオウ, モクマオウ科), *Parkinsonia aculeata* (マメ科 (ジャケツイバラ亜科)) 等が導入され, 在来種 *Zizyphus jujuba* (サネブトナツメ, クロウメモドキ科) などと

共に造林が進められているが, これらは現在のところ, 都市の街路樹, 公園樹として灌水の充分できるところ, あるいは灌水の価値のあるところ, あるいは地下水の高い海岸部に限定され, その他は地下水の容易に得られる一部の農耕地の防風林に限定されている。公共事業省農業局の報告によれば, 何らかの形で外国から導入されテストされたもの, あるいは現在造林, 庭園, 公園に用いられているものは65種以上であり, この他, インド, シリア, イラク, ヨルダン, エジプトなどからかなりの庭園樹が移入されて, 拡大する民家の庭園に用いられている。農業局は都市内街路樹, 公園に植栽を進める一方, 道路沿い海岸低湿度部に無灌水で *Tamarix aphylla* (ギョリュウ, 檉柳) の直挿し造林を推進している。また都市から集められた下水灌漑による造林もスレビア地区で一部試みている。しかし一般的にいて住民の緑に対する関心は著しく低く都市内緑化といえども国民的総意とはなり得ないように思われる。近代科学とそれからもたらされる機械文明への渴仰は著しいが, 沙漠に建設された都市を緑で環境づくりすることより, 砂塵の侵入から道路を保護するか, 近代都市を標榜する象徴としての装飾的な緑に, その意義を見出しているようで, 従って住民による無関心からくる緑の破壊もかなり多い。

内陸部の沙漠の人工植生については, 造林は極めて困難である。沙漠の土壌水分を1年間にわたって各月毎に1m深さまで測定したが, 降雨の多い年の冬季3~4ヶ月が50~60cm深さまで有効水が存在するのみで, その他の月と雨量が1973年のように30mm程度だと1年中, 吸湿係数の附近の水分分布で, 特殊な乾生植物を除けば水分的に植物は存在し得ない。一般に森林の存在条件は雨量500ないし800mmといわれるが, この地帯が多い年で200mm, 少ない年で30mm, しかもはげしい乾燥にさらされる事からも容易に灌水の必要性が考えられる。

今, 土壌水分を  $W_1$  とすると, 一般に

$$W_1 = R + C_1 + C_2 - Fh - Qd - ET$$

が考えられる。R: 降水量,  $C_1$ : 水蒸気凝縮,  $C_2$ : 地下からの供給, Fh: 表面流出, Qd: 地下への流亡, ET: 土壌, 植物からの蒸発散, である。重量法や熱収支法によって蒸発散を, コンテナ重量で水蒸気凝縮を推定してみると, この沙漠では収入部分としての  $R + C_1$  は294.2mm, 支出部分としての ET は310.8mm が一応得られた。このような収支の変動で規定されていく  $W_1$  (自然土壌水分) を樹木が存在し得るように変えるためには,

$W_2 = R + C_1 + C_2 - ET + I$  (I: 灌水) とならなければならない。ただ I が加わることによって蒸発数も変化するし、I の損失もあるので実際には

$W_2 = R + C_1 + C_2 - ET + (I - ET_2 - Qd)$  となろう。苗木の蒸散量や、土壤水分の増加に伴う蒸発量の増加などを考えると、夏季では  $W_2$  は 1 m 深さの土壤で 100 mm は必要で、100 mm に保つとすると 1 日当り 20 mm ほどの灌水が必要になると大略推定される。この I (灌水量) を可能にすることが土木技術であり、I を小さくすることが造林技術ということであって、上の式で  $C_2$  (地下からの供給) の多いところ、すなわち海岸部を選ぶ現在のクウェイトのやり方の他に、I に伴う  $Qd$  と  $ET_2$  を小さくすることにしぼられる。

このために考えられることは樹種の選択、土壤被

覆、不透水層の造成、滴下灌水、林分構造(風による蒸散の促進を防いで、樹木を健全に保つための)などであろう。そのため 1) 粘土、アスファルトエルジョンで不透水層を作る、2) 表面マルチ、3) 巢植え、4) パイプによるドリップ灌水、5) 堆肥と化学肥料の使用、6) 樹種混交、を考え、スレビア地区に試験地を設け、地下水(塩分 6,000 ppm の Brackish water) を配管し、これよりフレキシブルな肉厚塩化ビニール管を表面に設置し点滴灌水を巢植えの巢の中心に施しながら、ユーカリと木本低木のハマアカザを混植して用いた実験林を造成した。1973年8月現在、旺盛な生育を示している。これらの詳細はおって発表の予定である。