

衛星から観測されるデータから求められる植生指数

土屋 清*

1. 前書き

1972年アメリカの地球観測衛星Landsat-1号¹⁾が打ち上げられ、4つの波長帯に感度をもつセンサ、MSS (Multi-Spectral Scanner: 表1) による観測データが利用できるようになってから植生の特性を表す植生指数 (Vegetation Index, 以下数式等では植生指数をVIと表示する) が数多く導入された。

植生に到達する太陽光は植生のクロロフィルにより630~690nm(赤色)では吸収され、760~900nmの近赤外光帶では強く反射される(図1)。この性質があるので、分

光放射計の赤色バンドと近赤外バンドでの観測データは植生被覆の程度の識別に有効なことがわかる。Landsat-4号からは空間分解能及びスペクトル分解能の改善されたTM (Thematic Mapper: 表1) が搭載され、さらに詳しい情報が得られるようになった。

衛星からの観測データには植生の背景の土壤からの反射や大気による吸収・散乱の影響、さらに太陽高度、観測方向等の影響が含まれている。これらの影響を除いて植生だけの情報を抽出するための方法の違いや利用目的に応じて植生指数に異なる名前がつけられている。植生指数の発展の経過については、BANNARI *et al.* (1995)による詳細なレビューがある。ここでは、彼らの報告を参

表1. Landsat搭載MSS (Multi Spectral Scanner) およびTM (Thematic Mapper) の諸元。

MSSのバンド1~3はLandsat-1号と2号に搭載された3波長帯(バンド)に感度を持つリターンビームビジコン(RBV)カメラの各バンド(可視域2, 近赤外域1)につけられた。TMは4号から搭載され、7号(1999年4月打上げ)のTMには、0.5~0.9μmバンドとenhancedモード運用機能が追加された。enhancedモード運用では、観測幅は1/3(60km)に縮小するが、空間分解能は0.5~0.9μmバンドが5m、バンド1~4が10mになる。

	TM				MISS			
	バンド	波長	検出素子	NEΔp	バンド	波長	検出素子	NEΔp
波長 (μm)	1	0.45~0.52	シリコン フォトダイオード	0.5%	4	0.5~0.6	光 増 倍 管	0.57%
	2	0.52~0.60		〃	5	0.6~0.7		0.57%
	3	0.63~0.69		〃	6	0.7~0.8		0.67%
	4	0.76~0.90		〃	7	0.8~1.1	シリコンフォトダイオード	0.70%
	5	1.55~1.75	InSb	1.0%	8*	10.4~12.5 (8*は3号のみ)	HgCdTe	0.5K (NeΔT)
	6	10.4~12.50	HgCdTe	0.5K (NeΔT)				
	7	2.08~2.35	InSb	2.4%				
観測幅	185km				185km			
瞬時視野	30m(バンド1~5, 7) 120m(バンド6)				79m(1~3号), 81m(4~5号) 237m(3号のバンド8)			
サンプリング	9.611μsec				9.956μsec			
符号化	8bit(256レベル)				6bit(64レベル)			
送信周波数	8.2125GHz, 15GHz				2.2655GHz, 4~5号Xバンドもあり			
送信電力	44W(Xバンド), 20W(Sバンド)				44W(Xバンド), 10W(Sバンド)			

* 助成島環境情報センター

(2000年2月9日受理)

本稿の内容は1999年10月15日開催、日本沙漠学会季節フォーラム'99秋(於、成蹊大学)で講演した。

照し、それ以後の発展、筆者の経験等も入れ、最後にオーストラリア中央部の乾燥地における干ばつ状態の植生被覆の抽出に関するテスト例を示す。

2. 2つの波長帯の観測値の比の利用

図1からも明かなように、植生からの太陽反射輝度値は、近赤外バンドでは大きく、赤バンドでは小さいので、それらの比をとれば植生のある場所と無い場所のコントラストは増幅される。さらに異なる波長帯での観測データに対する植生周辺土壤、衛星と植生の間の大気、衛星の観測方向、季節等の影響が同じならば、2つの波長帯での観測データの比をとれば、それらの影響が軽減されることになる。この分野におけるパイオニアは(PEARSON and MILLER, 1972)で次の2つの指標を導いた。

$$\text{RVI} (\text{Ratio Vegetation Index}) = R/\text{NIR} \quad (1)$$

$$\text{VIN} (\text{Vegetation Index Number}) = \text{NIR}/R \quad (2)$$

上式でR (Red), NIR (Near Infra Red) はそれぞれ衛星から観測された対象物の赤及び近赤外バンドにおける反射輝度または反射率である。衛星による観測データは、受信局で校正され、数字に変換し記録媒体に記録される。植生指数の計算に当たって、これらの数字から輝度値や

反射率を計算するのは面倒なので、媒体に記録されている数値をそのまま利用して計算するのが普通である。比をとっているのでそれほど差がない。上記の指標は多くの研究者に利用され、役立ったことが報告されているが、次のようなコメントもある。この指標は、太陽光の照射条件の影響は少ないが地表の光学的特性に影響される(BARET and GUYOT, 1991)。RVIは大気の影響に敏感で、植生被覆率が50%以上の場合は識別能力が高い(JACKSON et al., 1983)。統いて次式で定義されるNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) がRouse (1973), ROUSE et al. (1974)により導かれた。

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - R)}{(\text{NIR} + R)} \quad (3)$$

近赤外のデータとしてMSSのバンド6または7のデータが利用された。これら2つの指標の比較について次のような報告がある。特に植生密度の小さい場所での植生分布にはバンド6、植生バイオマスの大きな場所にはバンド7が良い(TUCKER and MILLER, 1977)。ノーマライズすることによって、センサーの感度劣化の影響が軽減されている(HOLBEN et al., 1993)。NDVIから得られる植生分布は、植生の成長期の初期には過大、植生の末期には過小なる傾向がある(CYR, 1993)。オーストラリア中央部乾燥地帯では、希にある降雨で植生の活性度が回復し

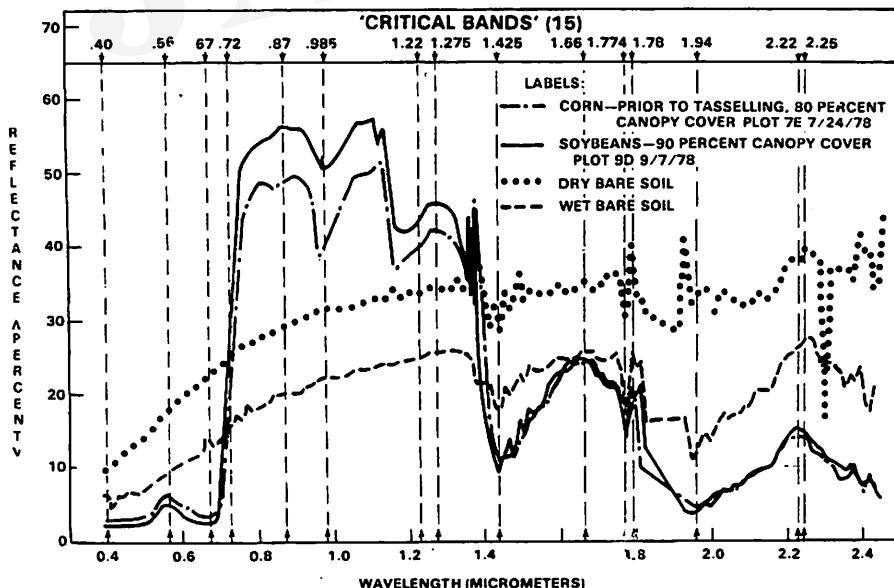


図1. 可搬型分光放射計で測定した農場における植生(玉蜀黍と大豆)、乾いた土壤と湿った土壤の分光反射率。(SHORT, 1982による)

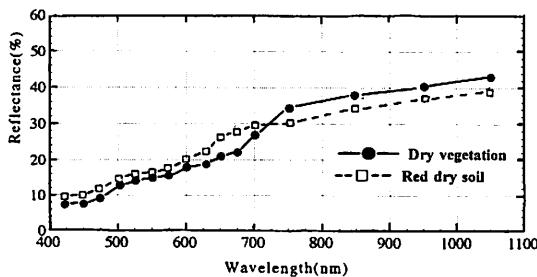


図2. 可搬型分光放射計で測定したオーストラリア中央部Erdunda (Alice Springs南方200km)付近の乾燥した赤色土壤および乾燥した丈の低い植生の分光反射率。植生からの反射光には植生の下の赤色土壤からの反射光がかなり入っている。

た時には良いが、干ばつ状態の時には丈の低い疎らな植生のある場所の植生と裸地との反射特性の差が小さくなるために(図2)，植生域と裸地の識別が困難になる(土屋, 1996; 土屋・菅, 1997)。

NDVIの値はところによって負の値になることがある。これを防ぐために、ROUSE *et al.* (1974) は、次式で定義されるTVI (Transformed VI) を導いた。

$$TVI = \sqrt{NDVI + 0.5} \quad (4)$$

VINもNDVIも使用データは同じで、両者の間には次の関係がある。

$$NDVI = (VIN - 1) / (VIN + 1) \quad (5)$$

3. 土壤を考慮した植生指数

衛星からの観測データには植生の下および周辺にある土壤からの反射光が入っている。特に砂漠地や乾燥地ではその量が大きい。土壤を考慮した植生指数として次のものがある。

1) 土壤線までの距離

Landsat MSSの赤および近赤外バンドの裸地の観測値はほぼ直線関係にあり次式で表せる (RICHARDSON and WIEGAND, 1977)。この直線を土壤線といふ。

$$NIR = aR + b \quad (6)$$

上式でaとbは衛星からの観測データから最小自乗法で求められる定数である。Richardson等は、赤および近赤外バンドの観測値の土壤線からの距離によって植生の分布状況を表すための指標PVI (Perpendicular distance VI)

を導いた。

RとNIRの2次元空間で土壤線が決まれば、任意の点、例えばRとNIRの値がそれぞれR'およびNIR'のとき、この点から土壤を表す直線に下した垂線の長さ(この点から土壤線までの距離)は解析幾何学の定理から次式により簡単に求められる。

$$PVI = \frac{NIR' - aR' - b}{\sqrt{1 + a^2}} \quad (7)$$

完全に植生で覆われている地点(画素)のNIRとRの値を上式のNIR' R'の所に代入すれば植生と土壤の距離が得られるので、その比を計算すれば植生分布密度が得られる。JACKSON *et al.* (1980) は、この指標は土壤の輝度、湿度に影響されることなく植生の状態を表すことができるとして報告しているが、HUETE *et al.* (1985), BARET and GOYET (1991) 等によればPVIには土壤の影響があり、湿った黒い土壤地帯では植生域が小さく出ること、植生のストレスの表現が十分でない等の不備がある。

PICKUP *et al.* (1993) は、オーストラリアの赤色の土壤の多い乾燥地帯では赤と近赤外バンドのデータよりもMSSのバンド4, 5の可視域のデータの方が有効であるとして、バンド4と5のデータから土壤線を求め、ある地点(画素)のバンド4と5の観測値からの土壤線までの距離から求める指標をPD54と命名した。図3に実際のデータを参考にした例を示す。図で土壤と植生線の距離をL_o、任意の画素の土壤線からの距離をL_iとすれば、指標は次の式によって計算される。

$$PD54 = M \times (L_i / L_o) \quad (8)$$

上式でMは指標の最大値で、植生被覆率を%で表す場合はM=100とする。オーストラリアではこの指標が有効であるとして使われている。なお現在の衛星搭載のマルチスペクトル放射計はスペクトル分解能がLandsat

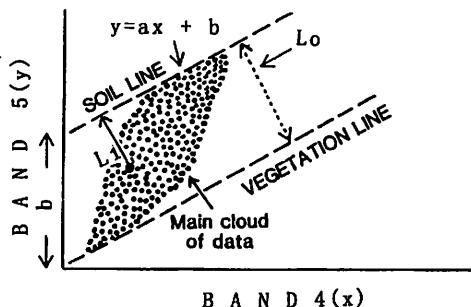


図3. 模式的に示したPD54指標の計算法。

MSSよりも向上しているが、MSSのバンド4と5に近い波長帯のデータを利用して同様の指標計算が行われ、PD54という名称がそのまま使われている。

2) 土壤の影響に対する補正項を含む指標

HUETE (1988) はリモートセンシングデータに及ぼす土壤の影響について幅広い研究を行い、土壤の影響を考慮した植生指数としてSAVI (Soil Adjusted VI) を導いた。

$$\text{SAVI} = \frac{(NIR - R)(1 + L)}{(NIR + R + L)} \quad (9)$$

上式のLは土壤の影響に対する補正項で、Lが0のときSAVIはNDVIと一致する。HUETEは簡単な放射伝達モデルに基いて、L=0.5が妥当な値とした。この式は簡単なので現在でも利用されている。ISHIYAMA *et al.* (1997) の乾燥地の植生状況についての調査の結果では、Land-sat TMのBand5/Band7の値が1.75以上の時にはNDVI、1.75未満の時にはSAVIが良い。一方QI (1993), QI *et al.* (1994) は補正項Lは一定ではなく、植生量に逆比例していることを指摘し、土壤の影響を最少にできる次のMSAVI (Modified SAVI) を導いた。

$$\text{MSAVI} = |2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8NIR - R}| / 2 \quad (10)$$

LIU *et al.* (1998) はCov (Optical Vegetation Coverage) という指標を提唱し、この指標は植生分布のみならずバイオマスの推定にも有効であることを指摘している。

$$\text{Cov} = \frac{NIR - R - (NIR - R)\text{soil}}{(NIR - R)\text{veg} - (NIR - R)\text{soil}} \quad (11)$$

上式で添え字のsoilは土壤、vegは植生である。この式では植生に100%覆われている場所ではCovの値が1になる。ノーマライズという言葉に拘泥するならばこの指標の方がノーマライズド植生指標にふさわしい。NDVIは植生被覆100%の所でも1にはならない。

4. 大気の影響を考慮した指標

大気の影響除去の方法として、KAUFMAN and TANRÉ (1992) は青バンドのデータも加えて、次式で定義されるARVI (Atmospheric Resistant VI) を導いた。

$$\text{ARVI} = \frac{NIR - RB}{NIR + RB} \quad (12)$$

$$RB = R - \beta(R - B), \beta = \frac{\rho(\text{red})}{\rho(\text{blue}) - \rho(\text{red})}$$

上式でBは青バンドにおける反射輝度である。ρ(blue), ρ(red)は青および赤バンドにおける大気の反射率で、βは補正項でエアロゾルに依存する。βが0の時ARVIはNDVIと一致する。さらにPULLMAN *et al.* (1994) は大気中に浮遊するエアロゾルによる散乱光を考慮した指標AVI (Angular VI) を導入した。

$$\text{AVI} = \text{Atan}\left\{\frac{\lambda_3 - \lambda_2}{\lambda_2(NIR - R)}\right\} + \text{Atan}\left\{\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2(F - R)}\right\} \quad (13)$$

$$\lambda_1 : \text{Green}, \lambda_2 : \text{red}, \lambda_3 : \text{nearIR}$$

λ1, λ2, λ3はそれぞれ緑、赤および近赤外バンドの中心波長、Gは緑のバンドで観測された反射輝度、Atanはtan⁻¹である。

5. 大気および土壤を考慮した指標

BARET *et al.* (1989) はSAVIを改善した指標としてTSAVI (Transformed SAVI) という指標を導いた。BARET and GUYOT (1991) はこれを改善して土壤の影響を最小にするための項を追加した。従来の土壤線がNIRとRで表現されていたが、BANNARI *et al.* (1994) は、Rの代わりに前記のARVI (式12) のRBをとりいれ、次式で定義される土壤線の定数を取り入れたTSARVI (Transformed Soil Atmospherically Resistant VI) を導いた。

$$\text{NIR} = a_r\text{RB} + b_r \quad (14)$$

この式では赤バンドのデータRの代わりに前式で説明のあったRBが使われている。この場合係数定数a, bの値が式(6)の赤バンドを使う場合と異なる。

$$\text{TSARVI} = \frac{a_r(NIR - a_r\text{RB} - b_r)}{|\text{RB} + a_r\text{NIR} - a_r b_r + X(1 + a_r^2)|} \quad (15)$$

TSAVIとの違いは、TSAVIで使用しているRのかわりにARVI中に定義されているRBを、また前式で定義される土壤線を使用したことである。この式では、土壤の影響と大気の影響が取り除かれ、植生分布の正しい値が得られると、著者は強調している。

GITELSON *et al.* (1996) はクロロフィル情報の抽出には緑のバンドのデータが有効であることを指摘して、GARI (Atmospheric Resistant Green VI), GRARI (Atmospheric Resistant Green-Red Index) を導いた。

$$\text{GARI} = [\rho_{NIR} - (\rho_G - \lambda(\rho_B - \rho_R))] / [\rho_{NIR} + |\rho_G - \lambda(\rho_B - \rho_R)|] \quad (16)$$

$$\text{GRARI} = \frac{[\rho_{\text{NIR}} - |\eta\rho_G + (1-\eta)\rho_R - \lambda(\rho_B - \rho_R)|]}{[\rho_{\text{NIR}} + |\eta\rho_G + (1-\eta)\rho_R - \lambda(\rho_B - \rho_R)|]} \quad (17)$$

上式で ρ は大気分子による散乱および吸収の補正をした反射率、 λ は大気補正のパラメータ、 η は ARVI と GARI の間の特性を得るために用いたもので、 GRARI の中にある緑と赤に対するウェート、添え字の NIR, G, B, R はそれぞれ近赤外、緑、青、赤を表す。GITELSON *et al.* (1996) のクロロフィル-a の量が $0.3\text{--}40\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の場合についてのこれらの指標の有効性についての検証結果では、 NDVI はダイナミックレンジが最小 (0.8) であった。一方 ARVI, GARI, GRARI はほぼ同じダイナミックレンジ (1.3) であった。

6. 4つの波長帯のデータを使う指標

MSS の 4 つの波長帯のデータの線形結合から指標を求める試みもなされている (KAUTH and THOMAS, 1976)。

$$\text{各種指標} = a(i)B4 + b(i)B5 + c(i)B6 + d(i)V7 \quad (18) \quad (i=1\text{--}4).$$

上式で B4 ~ B7 は MSS のバンド 4 ~ 7 における観測反射輝度値である。4 つの定数 $a(i)$, $b(i)$, $c(i)$, $d(i)$ の値の違いにより、 GVI (Green Vegetation Index), SBI (Soil Brightness Index), YVI (Yellow Vegetation Index), NSI (Non Such Index) と呼ばれた。これらの 4 つの指標のうち GVI と SBI は植生の状態、裸地の状態の識別に有効であるが他の 2 つの指標はそれほど有効ではない、という報告が他の研究者からなされている (KAUTH *et al.*, 1979; JACKSON *et al.*, 1983)。これらの指標の係数 a , b , c , d の決定にはかなり経験的の要素があった。そこで MISRA *et al.* (1977) は、主成分分析手法によって各バンドの係数を決定した。これらの指標は MISRA の M をつけて MGVI, MSBI, MYVI, MNSI と呼ばれる。MISRA らが係数の決定に使用したデータは、 KAUTH らの使用したデータとは異なるものであったが、得られた係数は、 GVI, SBI については非常に近い値、 YVI, NSI についてはかなり違った値であった。参考のために GVI, MGVI, YVI, MYVI について次に示す。

$$\begin{aligned} \text{GVI} &= -0.283B4 - 0.660B5 + 0.577B6 + 0.388B7 \\ \text{MGVI} &= -0.386B4 - 0.530B5 + 0.535B6 + 0.532B7 \\ \text{YVI} &= -0.899B4 + 0.428B5 + 0.076B6 - 0.041B7 \\ \text{MYVI} &= 0.723B4 - 0.597B5 + 0.206B6 - 0.278B7 \end{aligned} \quad (19)$$

PD-54 指数の所で述べたようにオーストラリア中央部の赤色土壌の多い乾燥地では、希にある降雨で植生の活性度を回復した時以外は、 NDIR よりは可視域の 2 バンドを利用した PD-54 指数の方がよい。しかし図 2 に示すように、非常に乾燥して、枯れ草のような植生でも赤色部では土壌より反射率が小さく、近赤外域では反射率が大きい。この事実に基いて、小黒ほか (1997) は波長および反射輝度値 (または反射率) からなる 2 次元空間で、青、緑、赤バンドおよび緑、赤、近赤外バンドの輝度値の組み合わせからなる三角計の面積と 100% 植生で覆われている場所の反射輝度値からなる三角形の面積比を求め、これを NATVS (Normalized Area of Triangle for Vegetation Spectral Pattern) 指数と命名した。オーストラリア中央部乾燥地帯ではよい結果を得た。

7. 近赤外域データのみを使う場合

近赤外域の波長の長い部分に着目して求めた指標に NDI (Normalized Difference Index) (McNAIRN and PROTZ, 1993) がある。この指標は玉蜀黍畠の収穫後の枯れ幹の状況を調べるために開発したもので、この指標は NDVI の定義式(3)の赤バンドの観測値の代わりに短波長赤外バンドの観測値を使う。この指標は土壌中の有機物に影響されることが少なく所期の目的達成に有効であった。同じような波長帯を使う指標に GAO (1996) が考案した NDWI (Normalized Difference Water Index) がある。これは植生の含水量の推定に有効である。

$$\text{NDWI} = \frac{\rho(0.86\mu\text{m}) - \rho(1.24\mu\text{m})}{\rho(0.86\mu\text{m}) + \rho(1.24\mu\text{m})} \quad (20)$$

上式で、 ρ は反射率で、括弧内の数字は波長である。

8. テスト結果

図 4 はオーストラリア中央部アリススプリングスの南方約 200km の辛うじて放牧地として利用可能な場所の Landsat TM (セーマテックマッパー) のデータからいくつかの植生指標を計算して比較したものである。この地域の大部分は図 5 (A) に示すような丈の低い枯れ草のような外見の草地で、所々 (B) に示すような砂漠もある。図 4 の PD-54 の図の F と示した所は林で、葉の活性度は低いが植生被覆率 100% の所である。

衛星で観測された時は雨が数ヶ月無く干ばつ状態の時である。この例では NATVSP, P-54 が比較的実状に近い結果をだしているようであるが完全とはいえない。NDVI

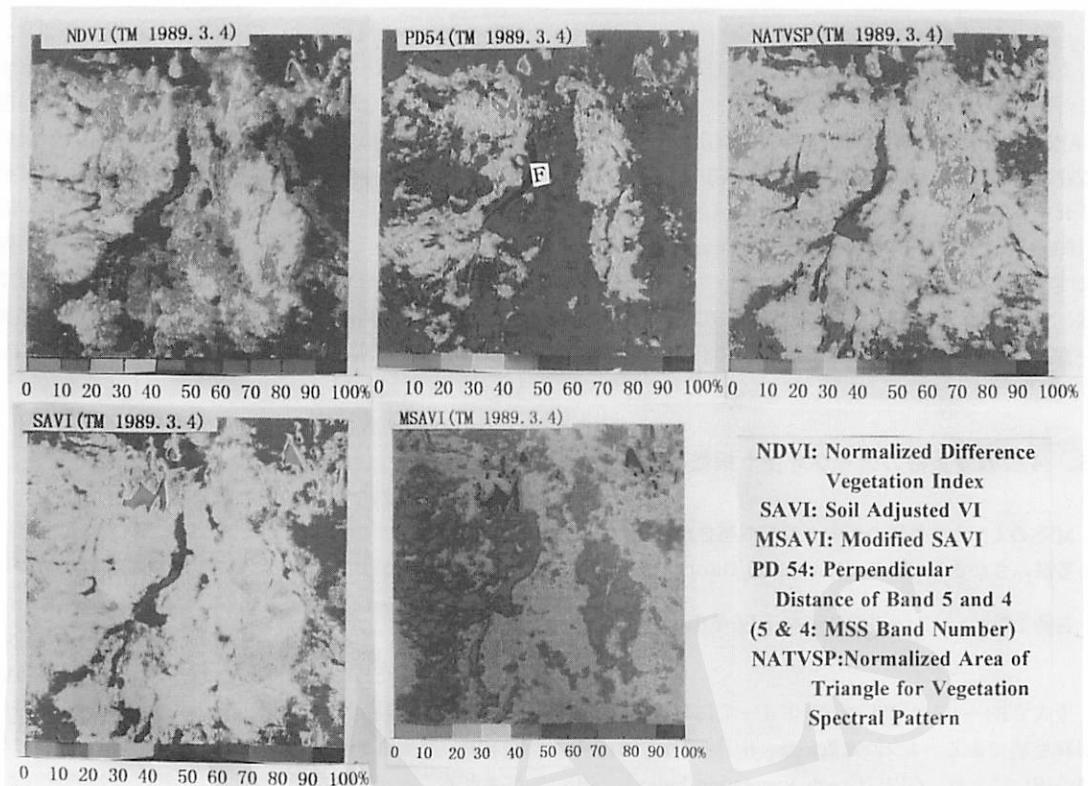


図4. 干ばつ状態におけるLandsatTMデータ(1989. 3. 4)に各種の植生指数を応用して求めた植生被覆分類の結果。
PD-54指数の図中のFは林で、100%植生で覆われている。場所：オーストラリア中央部Erdunda。

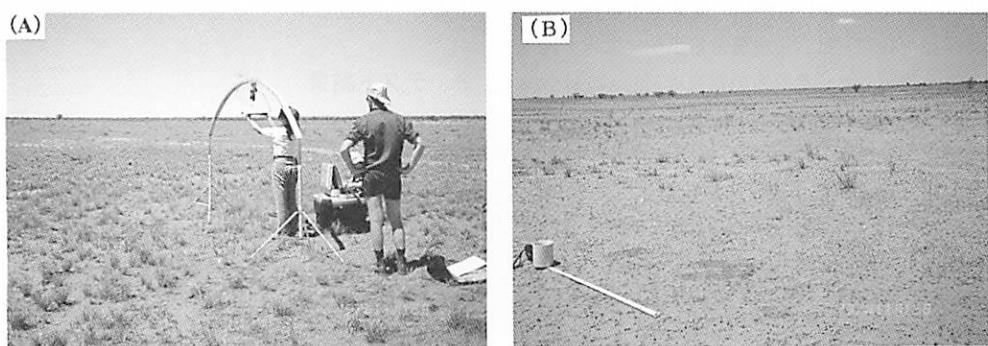


図5. 図4の中で大部分の所は図Aに示すような丈の低い枯れ草のように見える草地。ところどころB示すような広い裸地がある。

は、完全な裸地や100%樹木で覆われている林等を過小に評価している傾向がある。これは干ばつ状態の時期で樹木の葉の活性度が非常に低い時であると思われる。

9. 後書き

以上はこれまでの衛星搭載センサによる観測データに基づく植生指数の概要である。最近衛星データに対する利用者の要求度の高度化に対応して、スペクトル分解能、空間分解能の高いたセンサの開発が進んでいる。例えば、1999年4月に打ち上げられたLandsat-7号のTMでは、従来の7バンドにもう1バンド(0.5-0.9μm)が追加され、Enhancedモードの場合、観測可能幅は従来の1/3になるが空間分解能は4バンドのマルチモードで10m、パンクロモードでは5mになる。日本が2000年に打ち上げ予定のADEOS II号搭載のGLI(Global Imager)では0.375-12.5μmの間で36の異なるバンドに感度を持つ光学センサや6つの周波数帯に感度を持つ多周波マイクロ波放射計も搭載される予定で、これらのデータからは植生の詳細情報抽出が可能な植生指数が得られるようになるであろう。

注

- 1) Landsat: アメリカの地球観測用衛星。最初の名称はERTS(Earth Resource Technology Satellite)。発展途上国から勝手に他の国の資源探査をすることに異論が出たこと、およびNASAで海洋観測衛星 Seasat 計画ができたこともあって、3号衛星打ち上げの時から前に遡って名称を Landsat(陸域観測衛星)と改名した。日本ではこの衛星からの観測データの直接受信のために宇宙開発事業団で地球観測センターを設立、受信のための協定を結び、受信料を払って1978年末から受信を開始現在に至っている。現在同センターでは Land-sat の他に日本やフランスの衛星の直接受信を行っている。データはリモートセンシング技術センターから入手可能。なお Landsat-7号から西方の部分は広島工業大学がデータ受信・処理・配布を担当するようになった。

引用文献

- 小黒剛成・土屋 清・菅 雄三(1997): 植生のスペクトルパターンに基く乾燥地に対する植生指標の検討。「リモートセンシング学会第22回学術講演会論文集」121-123**.
- 小黒剛成・菅 雄三・土屋 清(1998): 新しい植生指標NATSPVの検証。「第24回日本リモートセンシング学会学術講演論文集」35-38**.

- 土屋 清(1996): 砂漠変動評価手法の開発。宇宙開発事業団、「地球科学技術研究のための基礎的データセットの作成研究 平成7年度成果報告集」152-159*.
- 土屋 清・菅 雄三(1997): 砂漠変動評価法の開発及びデータベース化。宇宙開発事業団:「地球科学技術研究のための基礎的データセット作成研究」152-160.
- ASHBURN, R. (1978): The vegetative index number and crop identification. *The LACIE Symp., Proc. Tech. Session*, II: 843-856.
- BANNARI, A., MORIN, D. and HE, D.C. (1994): High spatial and spectral resolution remote sensing for the management of the urban environment. *First Int. Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, Strasburg, France*, Vol. III, 247-260.
- BANNARI, A., MORIN, D. and BONN, F. (1995): A review of vegetation indices. *Remote Sensing Review*, 13: 95-120.
- BARET, F. and GUYOT, G. (1991): Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment (RSE)*, 35: 161-173.
- BARET, F., GUYOT, G. and MAJOR, D.J. (1989): TSAVI vegetation index which minimizes brightness effects on LAI and APAR assessment. *Proc. 12th Canadian Symposium on Remote Sensing*, 1355-1358.
- CYR, L. (1993): *Apport des indices de vegetation pour l'évaluation de la couverture du sol en vue d'une modélisation spatiale de l'érosion*. Mémorandum de maîtrise en télédétection, Dept. de géographie et télédétection, Univ. de Sherbrooke, Canada, 160pp.
- GAO, B.C. (1996): NDWI—A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *RSE*, 58: 257-266.
- GITELSON, A.A., KAUFMAN, Y.J. and MERZLYAK, M.N. (1996): Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *RSE*, 58: 289-298.
- HUETE, A.R. (1985): Spectral response of plant canopy with different soil backgrounds. *RSE*, 25: 295-309.
- HUETE, A.R. (1988): Soil adjusted vegetation index (SAVI). *RSE*, 25: 295-309.
- HUETE, A.R. and TUCKER, C.J. (1991): Investigation of soil influences in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. *Int. J. Remote Sensing*, 12: 1223-1242.
- HUETE, A.R. (1985): Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *RSE*, 17: 37-53.
- HOLBEN, B.F., KAUFMAN, Y.J. and KENDALL, J.D. (1990): NOAA 11 AVHRR visible and near IR inflight calibration. *Int. J. Remote Sensing*, 11: 1511-1519.
- ISHIYAMA, T., NAKAJIMA, Y., KAJIWARA, K. and TSUCHIYA, K. (1997): Extraction of vegetation cover in an arid area based on satellite data. *Advances in Space Research*, 19: 1375-1378.
- JACKSON, R.D., PINTER, P.J., PAUL, J., REGNATO, R.J., ROBERT, J. and IDOSO, S.B. (1980): *Hand-held Radiometry*. Agricultural Reviews

- and Manuals ARM-W-19, USDA Science and Education Administration.
- JACSON, R.D., SLATER, P.N. and PINTER, P.J. (1983): Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmosphere. *RSE*, 13: 187-208.
- KAUFMAN, Y.J. and TANRÉ, D. (1992): Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30: 261-270.
- KAUTH, R.J. and THOMAS, G.S. (1976): The tasseled cap—A graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Proc. Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue Univ.*, 41-51.
- KAUTH, R.J., LAMBECK, P.F., RICHARDSON, W., THOMAS, G.S. and PENTLAND, A.P. (1979): Feature extraction applied to agricultural crops as seen by Landsat. *Proc. LACIE Symp., NASA, Houston*, 705-721.
- KAUTH, R.J. and THOMAS, G.S. (1976): The tasseled cap—a graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Proc. Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue Univ., USA*, 41-51.
- LAWRENCE, L.R. and RIPPLE, W.J. (1997): Comparison among vegetation indices and bandwise regression in a highly disturbed, heterogeneous landscape: Mt. St. Helens, Washington. *RSE*, 64: 91-102.
- LIU, P., ZHANG, L., ALISHIR, K., CHANG, P. (1995): An estimate method of optical vegetation coverage using TM data. *Remote Sensing Technology and Application*, 10(4): 9-14***.
- LIU, P., HANG, L., WANG, R., FAN, Z. (1998): Optical vegetation coverage is a better parameter for estimating vegetation biomass. *SPIE Proc. Series*, 3508, 352-355.
- MCNAIRN, H. and PROTZ, R. (1993): Mapping corn residue cover on agricultural fields in Oxford Contry, Ontario, using Thematic Mapper. *Canadian J. Remote Sensing*, 19(2): 152-159
- MISRA, P.N., WHEELER, S.G. and OLIVER, R.E. (1977): Kauth-Thomas brightness and greenness axes. *Contract NASA, 914350, RES*, 23-46.
- PEARSON, R.L. and MILLER, L.D. (1972): Remote mapping of standing crop biomass for estimation of productivity of the short grass prairie. *Pawnee National Grasslands, Colorado. Proc. 8th Symp. on Remote Sensing of Env., II*, 1355-1379.
- PICKUP, G., CHEWINGS, V.H. and NELSON, D.J. (1993): Estimating changes in vegetation in arid range land using Landsat MSS data. *RSE*, 43: 243-263.
- PLUMMER, S.E., NORTH, P.R. and BIGGS, S.A. (1994): The angular vegetation index: an atmospherically resistant index for the second along track scanning radiometer (ATSR-2). *Proc. Sixth Int. Symp. Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, Val d'Isere, France*.
- QI J. (1993): Composing multitemporal remote sensing data. PhD Dissertation, Department of Soil and Water Science, Univ. of Arizona, 200pp. USA.
- QI J., CHEHBOUNI, A., HUETE, A.R., KERR, Y.L.H. and SOROOSHIAN, S. (1994): A modified soil adjusted vegetation index. *RSE*, 47: 1-25.
- RICHARDSON, A.J. and WIEGAND, C.L. (1977): Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43: 1541-1552.
- ROUSE, J.W. (1973): Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation. *NASA/GSFC Type II Report, Greenbelt, MD, USA*.
- ROUSE, J.W., HAAS, R.W., SCHELL, J.A., DEERING, D.W. and HARLAN, J.C. (1974): Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. *NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, MD, USA*.
- SHORT, N.M. (1982): *The Landsat Tutorial Workbook*. NASA, USA, 553pp.
- TSUCHIYA, K. and SUGA, Y. (1998): Development of a method for assessing the variation of desert and development of data base. *Studies for Production of Fundamental Datasets for Earth Science and Technology Res.*, 87-92. (NASDA, Japan)
- TUCKER, C.J. and MILLER, L.D. (1977): Soil spectra contributions to grass canopy spectral reflectance. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43: 721-726.
- Remarks:
- * : Original texts in Japanese and English.
 - ** : Original text in Japanese with English summary.
 - ***: Original text in Chinese with English summary.
- RSE: Remote Sensing of Environment

Vegetation Indices Derived from Remotely Sensed Data from Satellites

Kiyoshi TSUCHIYA*

Incoming solar radiation to the vegetation is absorbed by chlorophyll in red spectrum while it is strongly reflected by leaf cellular structure in near infrared spectrum. Taking advantage of these characteristics the vegetative cover can be extracted through effective use of the multi-spectral data obtained from satellites. After the data obtained with MSS (Multi-Spectral Scanner) onboard satellites of Landsat series became available, many types of Vegetation Index (VI) have been proposed.

The reflected solar radiance of vegetation observed from a satellite includes those reflected from the background soil, scattered by atmospheric aerosols. In addition there are effects of viewing directions, solar zenith angles, etc in the observed radiance values, thus elimination of contributions of these undesirable signals is indispensable to derive true vegetation information.

The ratio of the radiance values in red and near-infrared is the base of most of vegetation indices since it amplifies the contrast of vegetated and unvegetated areas. Furthermore various undesirable influences described above can be reduced to a certain extent by taking ratio. The first indices, RVI(Ratio Vegetation Index) and VIN (Vegetation Index Number) utilizing this idea were derived in 1972, then another very popular vegetation index called NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was introduced in 1973. Although NDVI is fairly effective to distinguish vegetated area, it is not enough to distinguish details of vegetation especially for dry vegetations in an arid area with red background soil. The major vegetation indices including soil and atmospheric resistant indices including SAVI (Soil Adjusted VI), MSAVI (Modified SAVI), TSARVI (Transformed Soil Atmospherically Resistant VI, PVI (Perpendicular Distance VI) are reviewed.

A test of several VI's for a semi arid land in the central Australia with background red soil under a very dry condition indicates PD54 (PVI utilizing spectra of of MSS band 5 and 4), NATVS (Normalized Area of Triangle for Vegetation Spectral Pattern) and SAVI (Soil Adjusted VI) are effective in this area.

Key Words: Vegetation index, RVI, VIN, NDVI, SAVI, PD54, TSARVI

* Foundational Juridical Person, Hiroshima Earth Environment Information Center

(Accepted, February 9, 2000)

蒸発力を利用した新たな集積塩類除去法(Dehydration法)と 地表灌漑方式によるLeaching法との比較研究

安部征雄*・仲谷知世**・桑畠健也**・横田誠司*

1. はじめに

塩類集積による土壤劣化の原因には、不適切な灌漑と自然現象の二通りが挙げられる。乾燥・半乾燥地域の塩類集積地域は、相対的に農業生産能力が高い農用地である。それゆえ、土壤回復による食糧生産量への貢献が見込まれ、塩類集積解消の早期実現が望まれている。

除塩技術に関する研究は、古来より嘗々と続けられており、それぞれに応じた貢献を成している。特に Leaching 法については数々の研究がなされ、一つの効率的技術システムとして完成していると言える (鈴木, 1978; TANJI, 1990)。しかし、Leaching 法は低塩濃度の水の確保、排水システムの設置など、コスト面で実施に制約がある。つまり Leaching 法は、除塩による費用と便益

が見合う高度な土地利用が行われる耕地でのみ導入可能な技術といえる。この現状を克服するために、更に合理的かつ効率的な除塩方法の開発が望まれている。

本報では、乾燥・半乾燥地域の環境条件を活かした、安価でコスト負担が少ない新しい発想に基づく除塩法として「Dehydration法」を提案し、その特徴ならびに有利性を Leaching 法との比較を通じて検討する。

2. Dehydration 法の概念

塩類集積は、土壤内の塩類を含む溶液が土壤表面に移動し、溶媒である水が蒸発して溶質の塩類が土壤表層に集積する現象である。

この塩類集積問題を解決するための、Dehydration 法と Leaching 法の除塩概念の相違について図 1 にとりまと

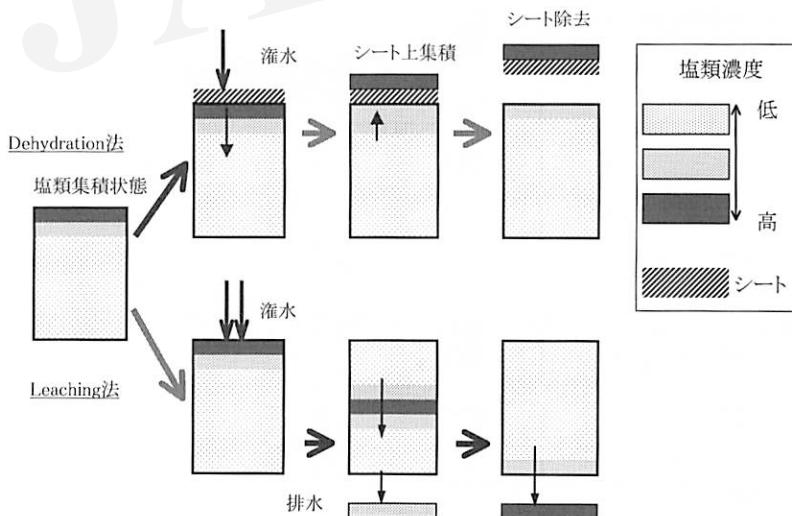


図 1. Dehydration 法と Leaching 法の概念図

* 筑波大学農林工学系

** 筑波大学大学院農学研究科

(1999年7月6日受付；2000年4月14日受理)

めた。

Dehydration 法は、乾燥地の強力な蒸発力による土壤溶液の上昇移動を利用する除塩方法である。まず、塩類集積を起こした土壤の表面にガーゼなどの透水性のシートを敷き、シート上から土壤表層に集積した塩類の溶解に必要な少量の水を灌水する。灌水した水は、土層に浸潤しながらその塩類を溶解し、溶液となって下方へ浸潤するが、灌水量が少量なので再分配深は深くならない。シート表面で蒸発が始まると、水分ボテンシャル勾配や毛管上昇によって上向きに溶液移動が起る。シート上で上昇した溶液は水分の蒸発に従い、塩類が濃縮し結晶化していく。結晶化した塩類を含む乾燥したシートを取り除くことによって土中の塩類が除去できる。以上の除塩過程から、Dehydration 法について、イ) 浸潤速度と毛管上昇速度を考慮した最適除塩用水量、ロ) 除塩効果の見込める除塩用水濃度、ハ) 土壤中の塩類を効果的に溶解させる灌漑方法、などの検討が必要となる。

一方、Leaching 法は、土壤表面からの多量の灌水により、重力によって集積塩類を溶かし、土壤溶液を鉛直下方向へ溶脱させ、排水施設によって土壤系外へ除去する手法である。一般的に、Leaching 法によって土壤中の塩類濃度を初期状態の 80% 減少させるのに必要な除塩用水量は、除塩対象土壤の間隙体積に対する除塩用水量の体積の割合である間隙体積比が 1.87 となる量と算定されている (GARDNER and BROOKS, 1956)。なお、本報で述べ

る Leaching 法は、地表灌漑による Leaching 法を想定している。地表灌漑による Leaching 法には連続灌漑法と間断灌漑法があり、後者の灌漑法が前者に比べて優れている (HOFFMAN *et al.*, 1980)。Leaching 法には、散水灌漑や畝間灌漑による方法もあり、特に散水灌漑は土壤中の塩類を溶脱させる能力が地表灌漑に比べて高い。ただし、風の強い日が多く蒸発散量の多い地域にはふさわしくなく、加えてエネルギーや初期投資コストがかかるといった特徴もある (TANJI, 1990)。また、上で述べたどの Leaching 法も大量の低塩濃度除塩用水の確保、排水施設の埋設、そして塩性排水の処理施設を必要とする。

3. 実験方法

本実験の手順を図 2 に示した。実験は、供試体の作成、塩類集積試料の作成、除塩実験、データ収集・処理の四段階に分けられる。

本実験では、環境条件を乾燥地に設定したため、蒸散による水の損失が多大であることが予想されること、用いる供試体が小型であるので散水灌漑を行うと灌水量にばらつきが生じ易いこと、等の理由から比較の対象として地表灌漑方式による Leaching 法を選定した。

なお、本実験は Dehydration 法のカラムレベルの解析および Leaching 法との比較検討を通して、塩類の移流分散の変化を追うこと目的とし、実験結果の明確な相違

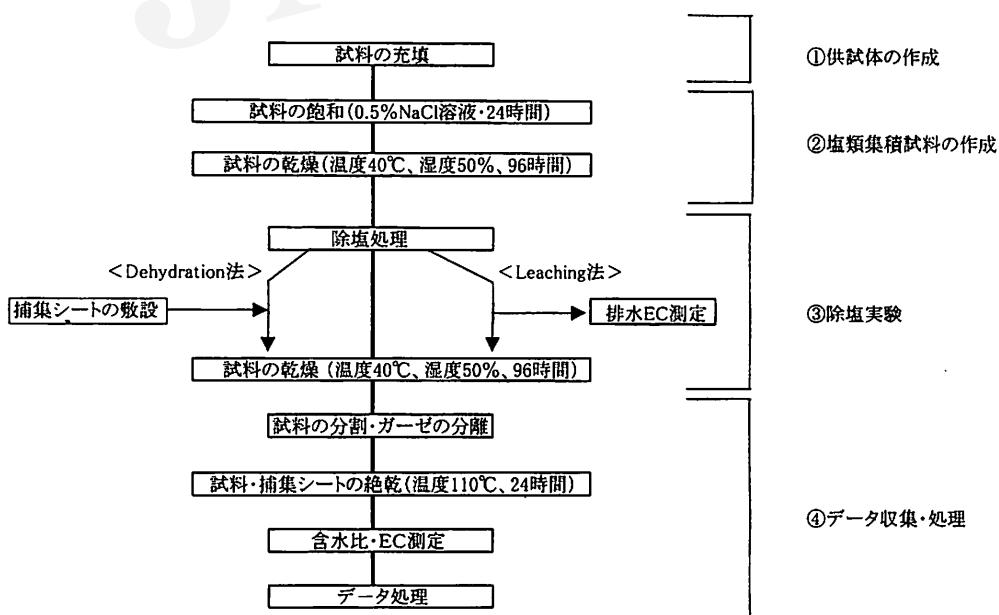


図2. 実験の手順。

を得るためにシンプルな実験条件を設定した。

1) 供試体の作成

実験カラムの横断面を図3に示した。カラムは内径9.0cm、厚さ0.5cm、高さ5.0cmのアクリル製円筒2個をテープで繋ぎ合わせ、底部には濾紙（東洋濾紙社製2種、直径11.0cm）とランダムに孔を開いたアクリル製多孔板（直径10.0cm）を敷いた。このカラムに豊浦標準砂を充填した。充填密度は細密と最疎の平均値とした。標準砂の物理性、カラムへの充填密度等を表1に示した。

2) 塩類集積試料の作成

豊浦標準砂を充填したカラムを0.5%NaCl溶液中に24時間以上静置し、浸潤飽和させたものを飽和供試体とした。塩類をNaCl溶液で代表させたのは、イ) 本供試土は吸着性がない砂質土であるため、ロ) NaClは代表的な集積塩類であるため、ハ) 塩類量の測定に電気伝導度を用

表1. 豊浦標準砂および供試体の物理性。

項目	数值
粒度組成 土粒子の単位体積質量 (g/cm ³)	100~420μmの砂分100% 2.63
供試土の単位体積質量 (g/cm ³)	1.53
間隙率 (%)	42.0
間隙体積 (cm ³)	267.1
比表面積 (cm ² /g)	0.296
飽和透水係数 (cm/s)	2.1 × 10 ⁻²
本供試土の土柱体積 (cm ³)	635.9
本供試土の充填質量 (g)	970.9

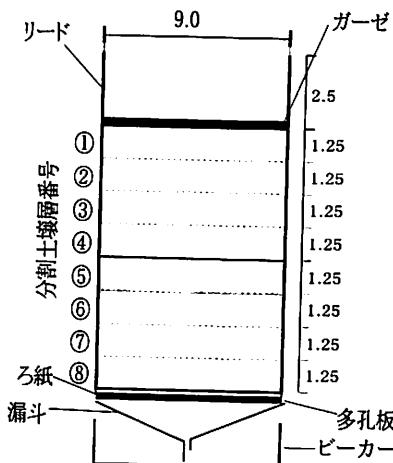


図3. 実験カラム (単位:cm)。

いるので、一価イオン一種類であるほうが容易に置換ができるため、の三点の理由による。塩類濃度を0.5%としたのは、小麦が10%減収となる土壤塩類濃度が0.5%であるというデータに基づいている(FAO/UNESCO, 1973)。浸潤飽和の時間は供試体に十分溶液を浸透させるため、24時間とした。

飽和供試体を乾球温度40°C、湿球温度30.3°C、相対湿度50%、飽差3.92hPaの乾燥条件に設定した恒温恒湿槽（プログラム低温度恒温恒湿槽、株式会社二葉科学製GLMP-6255）内に96時間静置し、土壤表層にNaClを集積させた。供試体側面への熱の影響を緩和させる為にカラム側面に発泡スチロールを二重に巻きつけて断熱した。

恒温恒湿槽内の乾燥環境条件は、裸地からの蒸発量が13mm/day (4745mm/year) となる環境に設定した。これはオーストラリア西部の乾燥地域の夏季を模したものである。乾燥時間は、土壤表層と塩類捕集シートとの間に液状水の移動が無くなったと見做せるのに十分な時間として、96時間と設定した。

この土壤表層に塩類を集積させた供試体を塩類集積試料と称した。

3) 塩類捕集シート

Dehydration法を用いて土壤内に集積した塩類を捕集するために、塩類捕集材を土壤表面にセットした。捕集材は将来的な実用化を考え、安価、再利用可能、入手容易なものという点、環境への拡散が起こった際の環境保全という点、さらに著者らの研究結果(安部ほか, 1992; 山口ほか, 1996)から、天然纖維製品で塩類の吸着効率が高い医療用ガーゼ(東栄衛材株式会社製矢羽十字印)を五枚重ねにしたシート状のものを用いた。医療用ガーゼは規格が厳しい製品であるので、均一条件下での比較実験では有用である。この素材を塩類捕集シートと称した。

4) 除塩実験

塩類集積試料に対し、表2に示すような除塩用水量および濃度のNaCl溶液を土壤表面に灌水することで除塩処理を行った。

Dehydration法を行う供試体には、塩類集積試料の土壤表面に塩類捕集シートを設置したのち、除塩用水をピーカーで瞬時に灌水した。塩類捕集シートを設置した後に灌水するのは、シートを湿らせる事によってシートと土壤との密着性を向上させ、土壤溶液のシートへの移動を促すためである。Leaching法を行う供試体には、裸地表面に直接除塩用水を灌水した。両除塩法を処理し

表2. 除塩用水量および濃度。

除塩用水量							
除塩用水量 (cm ³)		50	100	150	200	300	500
間隙体積比 (倍)		0.19	0.37	0.56	0.75	1.12	1.87
LF値 (無次元)		0	0	0	0.18	0.47	0.66

除塩用水塩濃度							
NaCl濃度 (%)		0.02	0.07	0.2	0.5	1	3.5
EC (25°C) (μm/cm)		402	1368	3740	8990	17070	53000
灌漑水質 (塩害危険度)		中	高	極高			

た供試体は、塩類集積試料の作成と同じ条件で再乾燥させた。対照実験のために、除塩処理を行わない無除塩試料も作成した。

除塩用水塩濃度の設定は、灌漑水の塩害危険度として中、高、極高と評価されている塩類濃度0.02%，0.07%，0.2% (RICHARDS, 1954) と海水の塩類濃度である3.5%をとり、極高と海水濃度の間にさらに2点加えたものとした。

除塩用水量の設定にあたっては、本供試体の間隙体積267.1cm³に先述のGARDNER and BROOKS (1956) が提唱した体積間隙比1.87を乗じて算出したLeaching法における最適除塩用水量500cm³を本実験の除塩用水量の最大値とした。次に、地表面灌漑によるLeaching法の必要水量計算指標であるLeaching Fraction (LF値、無次元) を用い、本供試体において排水がおこる最小除塩用水量を理論的に算出した。LF値は実際に根群域を通過した排水水深に対する加水水深の比を表す。つまり、Leaching法による十分な除塩効果を得るためにLFと同じか、それ以上の除塩用水量を与えるなければならない。この指標から、本実験の供試体が排水を起こす最小除塩用水量として200cm³を設定した。次に200cm³と500cm³のLF値0.18と0.66から、中間値0.47に相当する除塩用水量300cm³を設定した。さらに、Dehydration法の最適除塩用水量を推定するため、200cm³の間隙体積比0.75以下の排水が発生しない除塩用水量を等間隔に3点設定した。

5) 分割試料の塩類量および水分量の測定

除塩実験が終了した供試体を深さ1.25cm毎に分割し湿土質量を計測した後、温度110°Cの乾燥器内で18時間ほど炉乾燥させたのち、再び質量を測定して含水量を求めた(土質工学会, 1990)。その後、絶乾土壤に絶乾土壤質量の2倍の純水を加え、よく攪拌し塩類を抽出させた後、電気伝導度を測定した。2倍量の純水を加える方程式は長堀ほか(1982)の理論を参照した。

塩類捕集シートは土壤表面から剥離させ、質量を計測した後絶乾させ、200cm³の純水を加えて電気伝導度を測定した。また、除塩実験時に発生した排水についても電気伝導度測定を行った。

電気伝導度の値をNaCl濃度に変換し、そのNaCl濃度、溶液量から体積当たりの塩類の絶対量を算出した。また、除塩実験終了後の土壤層深さごとの体積含水率とNaCl量の分布を求めた。さらに、本実験で最も重要な除塩効率を示す指標として除塩率(%)を下記のように定義し、計算によって求めた。

$$\text{除塩率}(\%) =$$

$$\left(1 - \frac{\text{除塩処理後の土壤内残留塩量}}{\text{塩類集積供試体含有塩量}} \right) \times 100$$

4. 実験結果および考察

1) 塩類集積試料の特徴

塩類集積試料の表層にはNaClが白く析出していた。図4に塩類集積試料の体積含水率および含有塩類量分布を示した。含有塩類量分布から、深さ0cm～1.25cmの層に供試体内に含まれる全塩類量の約70%が集積しており、極めて浅い層に多量の塩類が集積していることが読み取れる。乾燥・半乾燥地域においては、大気の蒸発要求が大きいので、地下水位が特に高い場合には毛管上昇および水分ポテンシャル勾配により全土層が飽和状態となる(中野, 1988)。さらに蒸発が進むと極めて浅い層に多量の塩類が集積し、このような弓反り型の分布形態を示す(中野, 1991)。

体積含水率について観察すると、土壤表面には風乾状態の水分域があり、土壤表面直下との含水率勾配が最も大きくなっている。さらに、深部に至るほど含水率勾配が小さくなっている。

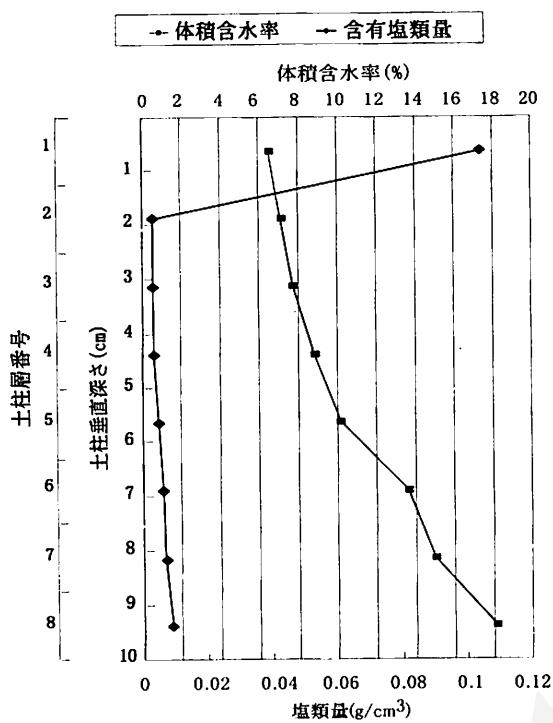


図4. 塩類集積試料の体積含水率分布及び含有塩類分布。

2) 除塩用水量の特徴

0.2% NaCl溶液を除塩用水として用いた場合の両除塩方法による除塩量の割合と供試体内残留塩類量の割合を、除塩用水量ごとに示した（図5）。

図5の縦軸は投入した総ての塩類量を100%として除塩割合、残留割合を異なる模様の棒グラフで示した。総塩類量は浸潤飽和によって供試体に吸収された塩類量と除塩用水中の塩類量の和を示している。

横軸は除塩用水量である。各除塩用水量ごとの二本の棒グラフは、左がDehydration法、右がLeaching法の実験結果である。除塩用水濃度0.2%以外の実験結果は、除塩用水量の増減に対する考察については全ての塩類濃度について全く同じ傾向を示し、除塩率に関してもほぼ同じ傾向を示した。よって、図5は0.2%の実験結果で代表した。

Dehydration法による除塩実験を行った供試体では、LF値からの理論的予測通り、除塩用水量200cm³で排水が発生した。そこで、Dehydration法については、塩類がシートに捕集された作用をDehydration作用、排水によって除塩された作用をLeaching作用と称し区別した。

最少量の除塩用水量50cm³で最もDehydration作用による除塩効率が良かった。Dehydration作用の除塩率は、除塩用水量の増加に伴い徐々に低下し、排水が発生する200cm³を越えると急激に低下した。

Leaching法は、LF値が理論的に0である除塩用水量

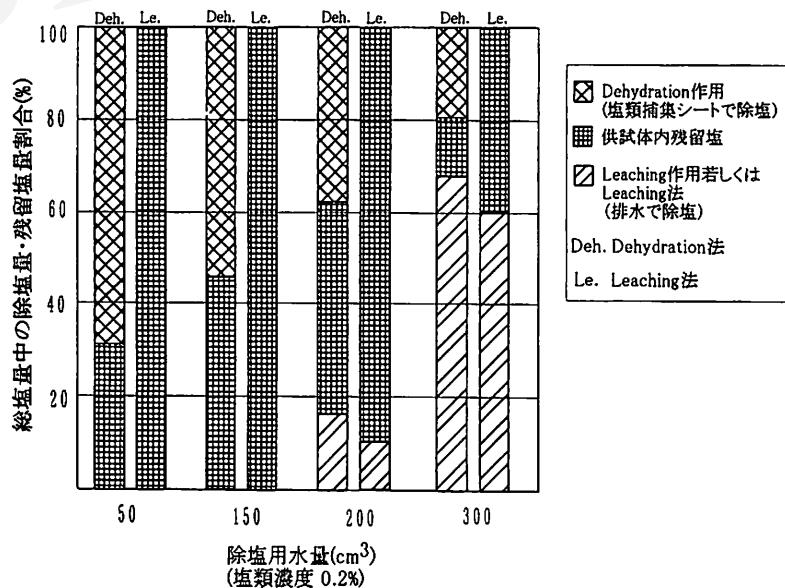


図5. 除塩用水量別除塩量、残留塩類量（塩類濃度0.2%）。

(50cm³, 150cm³) では、全く除塩が不可能であった。除塩用水量が200cm³以上の場合は、排水量の増加に伴って除塩割合が増加した。

次に、除塩用水量の変化に対する除塩率の変化を図6に示した。縦軸は除塩率を、横軸は除塩用水量をとった。実線でDehydration作用の結果を、破線でLeaching法の結果を示した。排水の有無の境目にあたる除塩用水量200cm³に目印の線を入れ、「Dehydration有効上限灌水線」と称した。この線の左側は排水の発生しない除塩用水量に、右側は排水が発生する除塩用水量にあたる。

まず、Leaching法の除塩率について検討する。Dehydration有効上限灌水線左側では、除塩用水量の増加によってLeaching法による除塩率が負の値となった。これは、排水が起きない除塩用水量では、除塩用水量の増加に従い供試体の中に含まれる塩類量も増加することによる。このことは、地下へと溶脱された塩類を含む除塩用水が土壤系外に排出されない限り、Leaching法による除塩は逆効果となることを意味する。

Dehydration有効上限灌水線右側のLeaching法は、除塩用水量の増加と共に除塩率が増加する。ただし、除塩用水濃度が0.2%NaCl溶液のケースでは、除塩用水量200

cm³の実験結果が示すように、除塩用水自体が含む塩類量も相対的に多くなり、除塩率は上昇するものの除塩用水によって添加された塩類量を上回る塩類量を除去することはできなかった。つまり、高塩濃度の除塩用水を灌水したことで塩類量が見かけ上添加された事になり、除塩率は負の値となった。

300cm³以上の除塩用水量では、どの除塩用水濃度でも約40~80%の除塩率が得られた。しかし、除塩用水量が300cm³以上になると除塩率の増加が停滞する傾向が見られる。よって、Leaching法では除塩用水量を500cm³以上に増加させても除塩率の向上を望むことは難しいと考えられ、GARDNERらの提案した体積間隙比から最適除塩用水量を算出する理論を再確認する結果となった。

次にDehydration法について述べる。Dehydration有効上限灌水線左側は、非常に良好な除塩率となった。本実験の最少除塩用水量50cm³では、約70%の除塩率が得られた。これは、塩類捕集シートを敷設したことによって、本来なら土壤表面に再集積しようとする塩類を塩類捕集シートに捕集、除去できるからである。しかし、除塩用水量の増加に伴って除塩率が減少していく傾向が見られる。

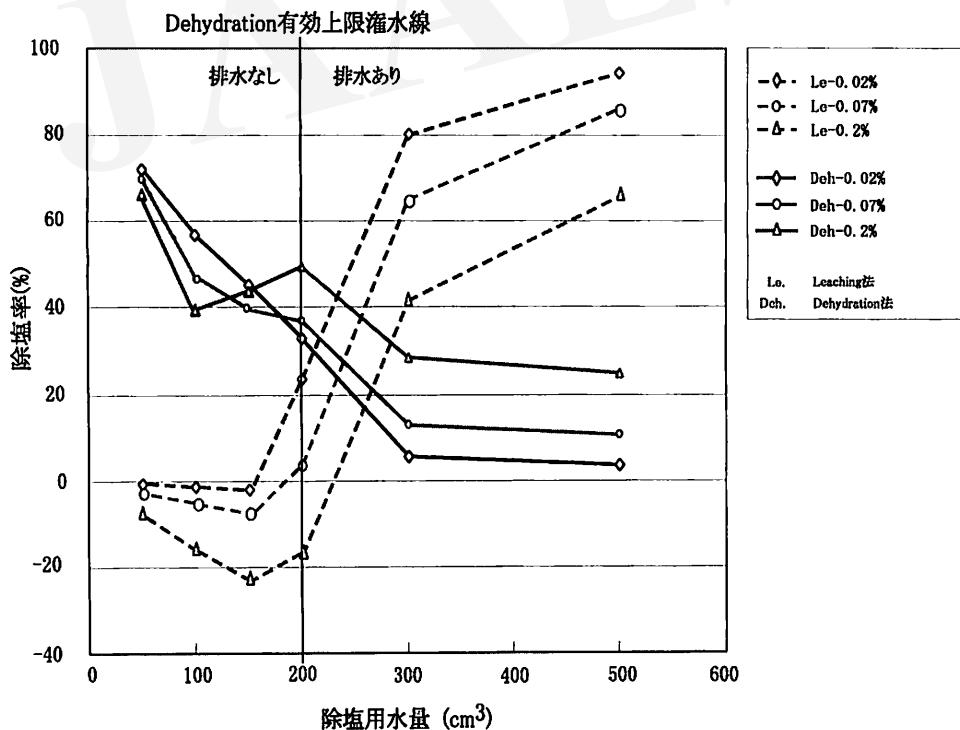


図6. 除塩用水量と除塩率。

排水が発生するDehydration有効上限灌水線右側でのDehydration作用は、排水が発生しない左側と比べて除塩率が急激に減少し、ごく少量の除塩しか行えなかった。これは、より多くの除塩用水量を灌水することによって土壤表層の塩類が下層へと浸透分散し、土壤表面の塩類捕集シートに捕集、除去されなかつたためと考えられる。

このことから、除塩用水量が増加すると灌水直後は蒸发力より重力による下方浸透が優越することがわかる。

3) 除塩用水濃度の特徴

除塩用水濃度の変化に対する除塩率の変化を図7に示した。横軸に除塩用水濃度、縦軸に除塩率をとった。除塩用水によって付加された塩類量よりも除塩類量が低かった場合には、除塩率は負の値を示す。

図7では、Dehydration作用で最も良好な結果が出た除塩用水量50cm³、下方浸透が生じるが排水が起きない除塩用水量100cm³、Leaching法の標準的な除塩用水量500cm³での除塩率を比較した。つまり、各除塩法の特徴的な除塩用水量における除塩率を示している。

本実験において除塩用水量500cm³によるLeaching法の除塩率は、除塩用水濃度が低い場合には良好な除塩率を示した。しかし、濃度が高くなると除塩率が急激に落ち負の値となることが確認できた。このような現象は、土壤溶液を除塩用水で置換することで除塩を行うLeaching法の特性によるものだと考えられる。Leaching

法ではLeaching終了時に土壤内に除塩用水が残り、その後それらの残留溶液が土壤表層に再集積する。よってここでは土壤内残留溶液に含まれる塩類が大きな問題となる。土壤内に残する塩類の量は、除塩用水濃度と密接に関係しているので、Leaching法は除塩用水の濃度そのものの影響を受けやすい除塩方法であると言える。従って、Leaching法は低塩濃度の除塩用水を用いて除塩を行うことが不可欠である。

一方、Dehydration作用でも除塩用水濃度の増加に伴って除塩率が減少するが、減少勾配はLeaching法に比べてはるかに小さい。例えば除塩用水濃度0.2%の除塩率はほぼ同じで、図7ではドットが重なっているが、この場合、Dehydration作用によってLeaching法と同程度の除塩率を達成するのに必要な除塩用水量はLeaching法の10分の1である。そのため除塩用水によって土壤に加わる塩類量も少なく、Dehydration法終了時に土壤内に残する塩類量が小さくなる。さらに、Dehydration作用はLeaching法と異なり除塩用水塩濃度の変化の影響を受けにくく、除塩率の減少があまり見られない。除塩用水量50cm³では、除塩用水濃度が海水と同じ3.5%というケースにおいても除塩率57.6%という非常に良好な結果が得られた。Dehydration作用で高塩濃度水による除塩が可能である理由は、50cm³の除塩用水は全て捕集シート上に移動し蒸発に用いられるので、そこに含まれる塩類はほぼ全量シート上に集積、捕集されるためと

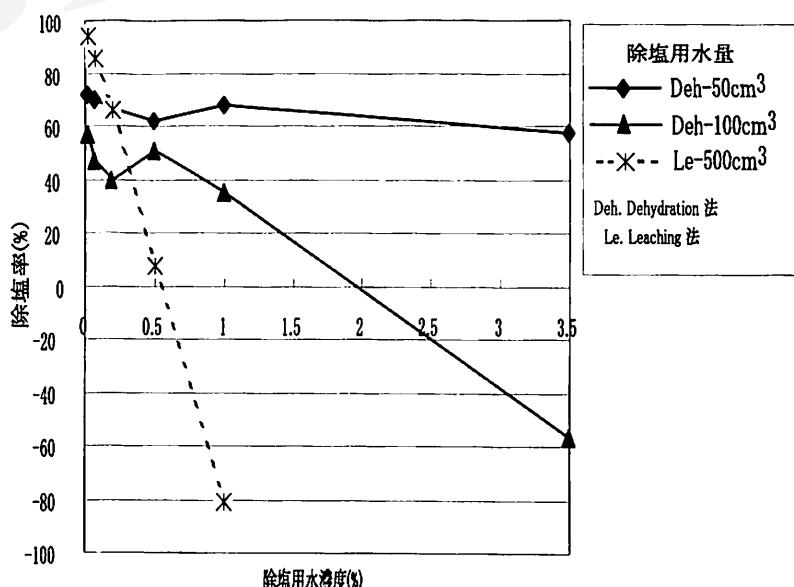


図7. 除塩用水量及び濃度と除塩率。

考えられる。

NaCl の溶解度は、恒温恒湿槽の設定温度と同じ温度の水温40°Cで水100gに対し26.65g(国立天文台, 1999)であり、百分率では21.0%である。水温20°Cにおける溶解度は26.38gでほとんど差がない。理論的に、除塩用水は溶解度の分量まで塩類を溶かしきむことができる。その除塩用水全てを塩類捕集シートに捕集することができれば、非常に効率よく除塩を進めることができるとなる。つまり、水温40°C、塩類濃度3.5%の除塩用水を用いても、残りの17.5%分の塩類を土壤内から除去することが可能である。この理由から、海水程度の濃度の用水を用いた除塩の可能性を確認することも実験目的とした。ただし、本実験の供試土は砂質土であったので言及しなかったが、粘土分を含んだ土壤を供試土とする場合には、粘土のイオン吸着や置換反応などを考慮する必要がある。

4) 除塩用水量と濃度の関係

Dehydration法の有効水分領域である200cm³以下の除塩用水量の除塩用水濃度において、Dehydration作用とLeaching法の除塩率の差を図8に示した。この図で除塩率差が正の値である場合、Dehydration法の方がより有効であることを意味する。どの灌水量のグラフにおいても、除塩用水量が少ないほど除塩率の差が正の値に大きくなっていることから、除塩用水量が少ない場合はDehydration法が特に有効であると言える。

除塩用水濃度が0.1%以下の場合、除塩用水量の塩類濃度が低いのでDehydration法とLeaching法の除塩率の差が大きくなるが、除塩用水濃度0.1%以上の150cm³以上の除塩用水量においては、除塩用水量の増量に従い、

両除塩法の除塩率差が小さくなる。

5. 結論

結論を表3にまとめた。数ある除塩作業にかかるコスト項目から、5項目に絞り表にまとめたものである。除塩作業に関わるコストは、土壤に関わるもの、除塩用水に関わるもの、その他の三種に大別される。それらにはまた細かい項目がある。土壤に関連するコスト項目としては、土壤組成、蒸散量、土壤保水量、塩類集積量が検討項目としてあげられている。除塩用水については、地下水、排水、水量、水質、自然土壤と灌漑の必要性、施設費、操作費、施設維持費、水の費用があげられ、その他には植物の病気、害虫、気象条件、作物の品質、量、圃場の利用効率、作物のローテーション等があげられる(FAO/UNESCO, 1973)。同一圃場でDehydration法とLeaching法の比較検討を行う場合、検討項目となるのは、水量、水質、排水、施設費、操作費、施設維持費である。水の費用は水質と水量に影響されるため、そちらに含めた。操作費は除塩作業量の大小、施設費は散水施設を両除塩法が必要とするとして排水路で代表した。

表3. Leaching法とDehydration法の比較。

要素	Leaching法	Dehydration法
水量	多	少
水質	塩濃度低	塩濃度高
塩性排水	有	無
排水	要	不要
除塩作業	小	大

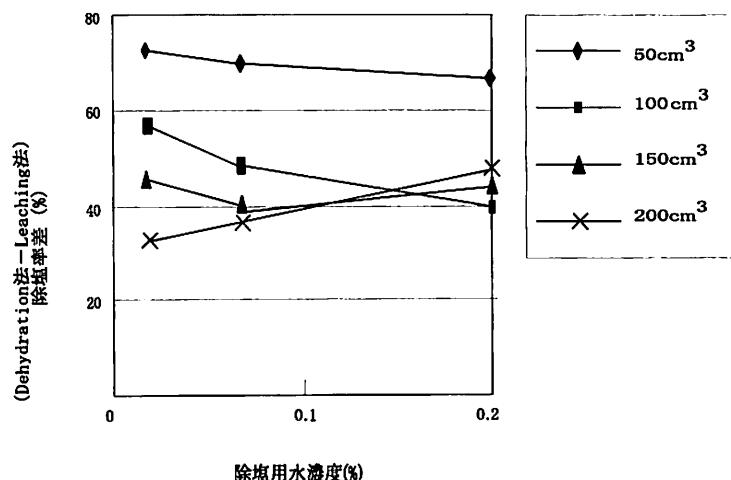


図8. 除塩用水濃度と除塩率差との関係。

本実験のDehydration法では、一定条件下においてはLeaching法での除塩が不可能な除塩用水量(50~150cm³)でも、除塩が可能である事がわかった。Dehydration法は除塩用水量に関してLeaching法より節水型の除塩法であるといえる。また、Dehydration法を用いれば、Leaching法では塩類集積を促進してしまい、灌漑用水として使用するには不適当な塩類濃度の除塩用水を用いても除塩が可能であることがわかった。以上の結果から、除塩用水の質と量に関してLeaching法よりもDehydration法が除塩効率の良い方法であるという結論が得られた。

Dehydration法がより節水、塩性水使用型の除塩方法であるとするならば、除塩用水の確保が容易になる。これは、水源に乏しい乾燥、半乾燥地での除塩作業に比較優位があると言える。さらには、除塩用水によって引き起こされる塩性地下水位の上昇を防止することが可能であると共に、Leaching法のような大規模な排水施設のための土木工事を必要とせず、その点ではコストの大幅縮小が可能だと思われる。一方、Leaching法が十分な量の低塩濃度用水を掛け流せばよいのに対し、Dehydration法は塩類捕集シートを敷き、決められた除塩用水量を灌水し、塩類捕集シートを除去するという作業工程が余分にかかり、除塩作業がスケールアップした場合は予想されないコストが発生する可能性も今後は考慮する必要がある。以上の点を勘案したとしてもDehydration法は、除塩用水の量と質の確保に条件の厳しい乾燥・半乾燥地では有効な除塩法となる可能性を持っていると考えられる。

謝 辞

本研究、本実験を行うに当たり、筑波大学農学研究科に在籍中であった、鶴井 純氏(現、日本工営)のご協力を得た。深く感謝申し上げます。

引 用 文 献

- 安部征雄・山口智治・横田誠司・大塚義之・井伊博行(1992): 土壌表層に集積する塩類の捕集法、「沙漠研究」2: 19-27.
- 土質工学会(1990):「土質試験の方法と解説」土質工学会.
- 国立天文台編(1999):「理科年表」丸善.
- 長堀金造・天谷孝夫・高橋 強(1982): 干拓ヘドロの基礎的諸特性と除塩機構について、「農業土木学会論文集」101: 15-25.
- 中野政詩(1988): 蒸発に伴う土壤の水分、塩分、熱の移動、「土の物理性」58: 30-39.
- 中野政詩(1991):「土の物質移動学」東京大学出版会.
- 鈴木 滉(1978):「乾燥地域の水利と開発戦略」日本イリゲーションクラブ.
- 山口智治・安部征雄・横田誠司・大塚義之・井伊博行(1996): 土壌塩類捕集材の性能に及ぼす環境条件と土性の影響、「農業施設」27(3): 111-119.
- FAO/UNESCO (1973): *IRRIGATION/DRAINAGE AND SALINITY*. HUTCHINSON & CO. LTD, US.
- GARDNER, W.R. and BROOKS, R.H. (1956): A Descriptive theory of leaching. *Soil Sci.*, 83: 295-304.
- HOFFMAN, G.J., AYERS, R.S., DOERING, E.J. and McNEAL, B.L. (1980) : *Salinity in Irrigated Agriculture, Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE.
- RICHARDS, L.A. (1954): *Diagnosis and Improvement of Saline Alkaline Soils*. Agriculture Handbook 60, U.S. Government Printing Office.
- TANJI, K.K. ed. (1990): Agricultural salinity assessment and management. *American Society of Civil Engineers*, 54: 413-415.

Comparative Study on New Desalination Method (Dehydration) by Evaporative Force and Leaching Method

Yukuo ABE*, Tomoyo NAKATANI**, Kenya KUWAHATA** and Seiji YOKOTA*

Soil salinization is one of the greatest problems interfering the utilization of arid and semi-arid lands. For the desalinization, leaching method has been generally taken. However, when it was applied in vast acreage of Salts-affected Soils in arid and semi-arid lands, this conventional method has practical restrictions in respects of cost and use of salt-contaminated irrigation water. Regarding to these regional characteristics, we propose new desalinization method, named "dehydration method".

In the dehydration method, salts can be removed from the soil surface by evaporation force.

"Salts-capturing sheet" will be attached on the soil surface, at first, and then, small amount of irrigation water will be applied to dissolve salts from salts-affected soils. As water evaporate, salts will be left on the surface sheet.

In this paper, we conducted a comparative study between the leaching and dehydration method in a laboratory scale, especially paying attentions on the point of water quality and quantity needed for the desalinization.

Results obtained are as follows:

- 1) The dehydration method could be used for concentrated salts water as the desalinization.
- 2) The dehydration method was used in small amount of water for the desalinization than leaching one.
- 3) The dehydration method has an important effect for preventing seepage from drainage.

From these results obtained above, an advantage of the dehydration method was shown comparing with the conventional leaching method and we came to a conclusion that the dehydration method has great possibilities as a new practical desalinization method in arid and semi-arid lands.

Key Words: Salinization, Leaching, Dehydration, Salts-capturing sheet, Evaporation force

* Institute of Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba. 1-1-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan.

** Doctoral Degree Program in Agricultural Sciences, University of Tsukuba. 1-1-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan.

(Received, July 6, 1999; Accepted, April 14, 2000)

中国乾燥地トルファンの防風林が微気候と植物葉温に及ぼす影響 —タマリスク防風林を事例として—

真木太一*・伊藤代次郎*・西川 敦*・杜 明遠**

1. はじめに

中国では沙漠が開発される一方、人為的な過放牧、過伐採などの直接的原因および地球温暖化の間接的原因などにも影響されて、沙漠化が加速する傾向がある。中国北西部の乾燥地、吐魯番（トルファン）では、春～秋季は高温で、特に夏季には45℃を越える気温や80℃を越える地表面温度が観測されることがよくある（真木ほか、1992）。また、最高気温（極値）は48℃、最低気温（極値）は-28℃で気温の年・日較差が大きく、年降水量は16mm、最小湿度は1%以下で極めて乾燥しており、4～8月、特に4～5月が強風期（W～WNW）で、最大風速は28m/sを越える（真木ほか、1996）。

トルファンで農業を行うには防風林、防風垣が不可欠であり、ポプラ（新疆楊）（*Populus alba* L.）防風林は有効であるものの、灌漑水が必要であり、特に水が少ない場所では後述するタマリスク（*Tamarix* L.）がよく用いられ、効果を果たしている（真木ほか、1992, 1995）。トルファンでは水と防風林があれば、コウリヤン、ワタなどの作物がよく生育する。特にブドウやハミウリなどは乾燥と気温較差大的気候のために糖度が高く品質がよくなるが、それには強風・飛砂防止用の防風林が必要である。

ここでは、防風林による微気象改良効果を解明とともに、特に乾燥と年・日気温較差の大きい厳しい気象環境のもとでも植物が生存できる生理・生態的原理の重要な指標で、かつ光合成や蒸散機能と密接に関連する植物葉温に焦点を当てて、防風林の存在による防風林周辺に生育する植物葉温の変化特性の解明を目的とした。なお、極乾燥地の極高温期における防風林からの距離別葉温変化データは著者の知る限り、初めてのことである。

葉温測定には防風林の観測地域に生育する駱駝刺

（*Alhagi sparsifolia* Shap.）、刺山柑（老鼠瓜）（*Capparis spinosa* L.）、頂羽菊（苦薔）（*Acroptilon repens* L.）を用いた。駱駝刺はハギと同じ豆科で刺があるが、新芽は羊や山羊がよく食べ、硬くなつてからもラクダはよく食べるため、この名があり、冬季には燃料にされる。老鼠瓜は木本蔓性で匍匐して四方に成長し、数mにも延び、刺があって種からは油がとれる。苦薔は菊科の多年生植物である。これらは綠化・沙漠化防止に貴重な役割を果たす沙漠植物である。

なお、これら沙漠の乾性植物は高さ50cm以下のもののがほとんどであるが、1.5mにも達することがある。地上部に引き換え、地下部の根と地下茎は長く10～15mに達することもあるといわれており、地上部の10倍の根長であり、そのような地下から水を吸収している。また、地上部の植生が折損したり、刈り取られても著者の調査によると10日程度で回復し始めるほどの復元力がある。

さて、1990年7月1～2日にトルファンで観測した防風林による微気象改良効果の一部分は、すでに報告した（真木ほか、1992）。しかし、希少価値のある葉温を測定した7月1～2日のデータのうち、タマリスク防風林による植物葉温の変化などについては報告していないかった。

そこで、新たに7月1日9, 12, 15時および7月2日18時で風速、地表面温度、湿度、気温のデータを解析して報告するとともに、上述の葉温のデータについて既報（真木ほか、1992）の7月1日18時～7月2日15時の3時間毎の気象データに7月1日18時、7月2日0, 6, 9, 12, 15, 18時の葉温のデータを加えて報告する。観測には現地に近いウルムチ時間を利用した。

乾燥地での植生は、乾燥条件下では気温、地温に直接影響されるが、水分欠乏条件下にない植生の体温や葉温はあまり高温にならず、ある温度以下に保持される。この理由についても3種の植物を対象に考察するとともに、1991～96年の葉温データに関して簡単に記述する。

* 愛媛大学農学部

** 農林水産省農業環境技術研究所気象管理科

(1999年5月31日受付；2000年3月31日受理)

2. 気象観測条件

1) 観測地域の特性

観測は中国新疆ウイグル自治区トルファンの中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所（現：新疆生態与地理研究所）トルファン沙漠研究站（所）（北緯42°51'、東經89°11'、海拔-80m）の西方600mの沙漠地域で実施した。

防風林は南北線（N-S）から時計回りに10°振った方向（NNE-SSW）に設定されており、林帯幅12.0mで、長さ1km以上にわたって配置されている。防風林樹種のタマリスクは、枝と葉が区別付かない茎状のものが密生し、沖縄などにあるモクマオウに類似した樹形を示す特性がある。防風林の密閉度は上層部が50%，中層部が80～90%，下層部が100%で、林帯平均で85%であり、平均樹高は4.6mである。林帯幅の中央部には平均1.5mの砂の堆積があり、高い所で2.5m、低い所で0.5mである。タマリスクは、地上部分が平均3m（2～4m）で、樹体の1/3は砂に埋まった状態であり、堆砂作用が大きい。

観測地付近は約30cmの凹凸のある粘土・砂質土壤の風食地形（ヤルダン）となっており、その間に乾燥植生の駱駝刺、老鼠瓜、苦蘿がわずかに生えており、巨視的には平坦地形である。なお強風時の主風向（W～WNW）に相当する防風林の風上側200～300m付近には、わずかに梭梭 (*Haloxylon ammodendron* Bge.) の灌木が生えている状況であり、風下側570mには高さ約15mのボプラ、胡楊 (*Populus euphratica* Olivier)、沙棗 (*Elaeagnus angustifolia* L.) の防風林がある。ただし、観測にはこれらの防風林の影響は距離が離れているため、空気力学的にほとんど影響ないと判断される。

2) 気象観測方法

気象要素のうちの風速・風温は熱線風速計（日本科学工業社製アネモスター6061）、気温・湿度はデジタル温湿度計（チノー社製HN-K）とアスマン通風乾湿計（中浅測器社製E-401）、地表面温度（地表温）・葉温はハンディ放射温度計（日本電気三栄社製TR-0510）でそれぞれ測定した。風速Uは地上1.3m、気温Ta、相対湿度RHは1.0mの高度で測定し、地表温Ts、葉温Tlは地上0.3mから非接触で測定した。なお、風向は観測露場の高さ6.1mで測定し、毎正時前後1時間を作めた平均風向である。

また、防風林による堆砂状況は風上側と風下側でほぼ同じであるため、風上・風下が変わる風向変化に対しても各気象要素の比較は可能である。

そこでFig. 1に示すように、防風林の風上側-20（基準点）, -15, -10, -7, -5, -2, -1, -OH（高倍距離）、12m幅の防風林中央部、風下側0, 1, 2, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30Hで移動観測を行った。また葉温Tlは-20, -5, -2H、防風林中央、2, 5, 10, 20, 30Hで測定し、解析には移動観測の前後に基準点で2回測定した変化量を比例配分し時間補正した値を利用した。また、防風林の南西700mの定常気象観測装置で測定した上述の10気象要素のデータも用いた。なお、高倍距離nHとは防風林の高さ（H=4.6m）の倍数で表した距離であり、風上側を-1、風下側を+1で表す。

3. 観測結果と考察

1) 7月1～2日の気象変化

定常気象観測結果（真木ほか、1992）をFig. 2に示す。風速（6m、1m高）は7月1日19時より強くなり、NW～WSWの最大風速（6m高）が14m/sを越す強風で、早朝まで継続している。地表面温度（0.5cm深）は25～75℃で50℃も温度較差がある。最小相対湿度（1m高）は昼間の8%で、最大値は早朝の30%である。気温（1m高）は24～43℃であり、気温較差が大きい。2日間とも夕方から夜半に高温の乾燥したフェーン風（真木ほか、1992）が吹き、一方、昼間には弱風で、より一層乾燥した高温の気象特性を示している。

このような風速10m/s以上のフェーン風の吹走日は夏季7～8月には1/3程度あり、トルファンの気候を特徴付けている（真木ほか、1994）。なお、フェーン風は天山山脈を越える時には本例のように高山地域に降水をもたらす場合が多く、特に山越え気流がウルムチ方面から比較的低い谷間を越えて吹く風と合流する場合、夕方から夜半にかけて強風化しやすい特性がある。

2) 防風林からの距離別気象変化

気象データ（Figs. 3-6）のうち、次の(1)～(3), (12)が新たなものであり、(4)～(11)（真木ほか、1992）は葉温との比較を行うためのデータである。

(1) 7月1日9時 (Fig. 3-A)

基準点（風上92m、-20H）における平均風向はE、平均風速Uは3.4m/sであり、相対風速Ur（基準点の風速に対する各地点の風速比）は防風林直後の1Hで6%と最も小さく、その後20Hで回復している。地表面温度（地表温）Tsは防風林直前-OHで61℃、5Hで65℃と高く、最も低い防風林直後OHの28℃との間に最大37℃の温度較差がある。相対湿度RHは基準点付近の値より防

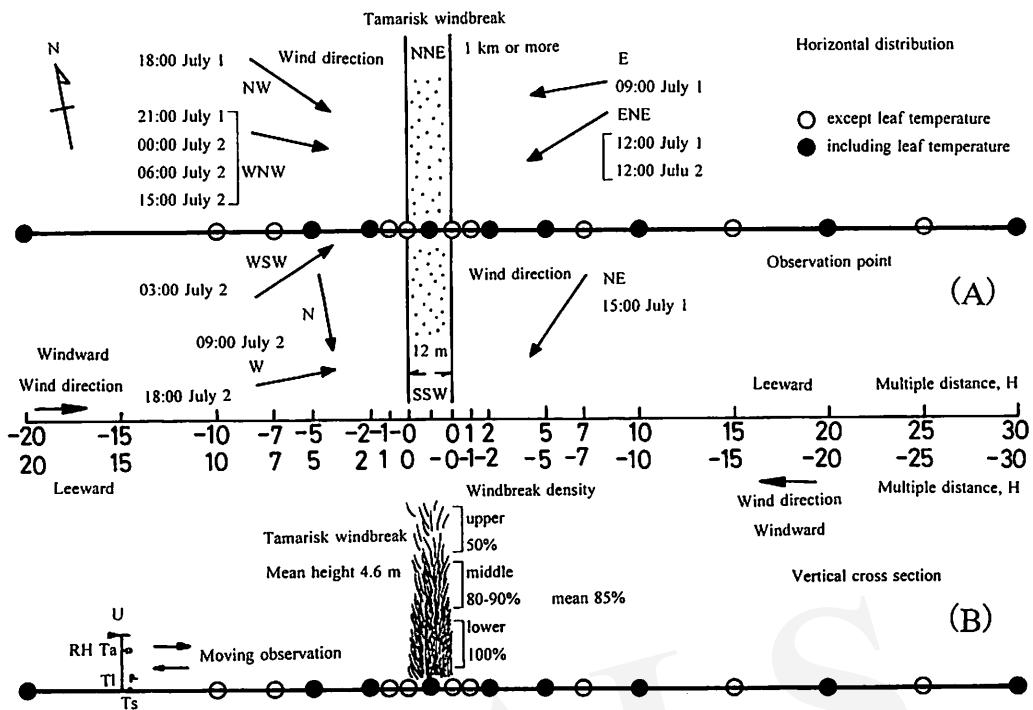


Fig. 1. (A) Horizontal distribution of observation points and wind directions at observation times.
 (B) Vertical cross-section of observation field and observation points.

Numerals of -20H to 30H and 20H to -30H explain windward to leeward and leeward to windward with wind direction arrow, respectively.

風林の前後で少し高く、基準点に対して-5Hで1.5%，林内で3%，2Hでも2%高く、加湿効果が認められる。しかし、防風林直前では地表温Ts、気温Taが高いことから基準点以下に乾燥している。また気温は防風林前後で1~2.5℃高い。なお、9時の風向は強風時の主風向(W~WNW)とは逆であり(Fig. 1)、15時の観測時までその状態が継続している。

(2) 7月1日12時 (Fig. 3-B)

風向はENE、基準風速は3.0m/sであり、相対風速の分布は9時と類似しているが、風向が防風林に対して9時よりも幾分斜めになっていたため、効果範囲が若干狭くなっている。地表温は防風林風下の10Hで77℃を記録し、0Hで40℃であることから、温度較差は9時と同じく37℃と非常に大きい。湿度は基準点に対して林内で4.8%も高く、2Hでも2.8%高く、10H程度で元に戻っているが、効果範囲がある程度認められる。また後述のとおり防風林前後で気温が上昇しているにもかかわらず、湿度が高いことは乾燥気候の改良・緩和への効果を示している。気温は防風林内と風下で高く、2Hでは2.8

℃高いが、湿度と同様、10H付近で復元している。

(3) 7月1日15時 (Fig. 3-C)

風向はNE、基準風速は3.0m/sであり、相対風速は防風林内と直後OHで10%前後であるが、50%以下の減風範囲は入射角45~75°と風向がより斜めとなつたため、9~12時に比べて、さらに狭くなっている。地表温の変化形態は防風林付近で低い点で9、12時と類似しているが、最高が2H、5Hで75℃、最低が林内で46℃と較差はやや小さくなっている。湿度は林内とその直後OHで高く、特に0Hでは基準点より5.6%も高いが、同じく効果範囲はあまり広くない。気温は林内で1.5℃程度低い以外はほとんど同温である。

(4) 7月1日18時 (Fig. 4-A)

風向はNW、基準風速は4.5m/sであり、観測データはフェーン風が吹き始めた頃の気象を示す。相対風速は防風林直後の1Hで5%程度に低下した後、20Hで回復している。地表温、気温は防風林直後で少し低く、湿度は逆に少し高く、防風林による気象改良効果が若干認められる。

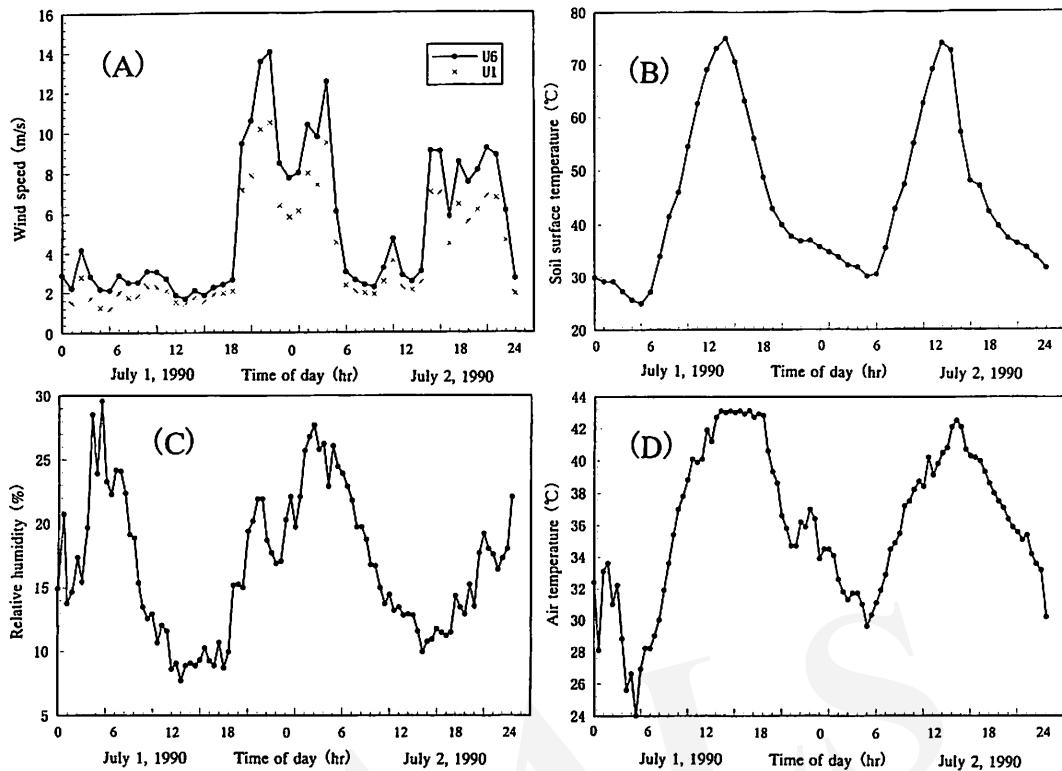


Fig. 2. Diurnal variations of (A) wind speeds (U6, U1) at 6 m and 1 m heights, (B) soil surface temperature at 0.5 cm depth, (C) relative humidity at 1 m height, and (D) air temperature at 1 m height; all values obtained at the Turpan Desert Research Station from July 1 to 2, 1990.

(5) 7月1日21時 (Fig. 4-B)

風向はWNW, 基準風速は13.0m/sと強風であり, かなり強い砂塵が発生した時の状況である。強風のため防風林による気象変化は小さく, 防風林の風下で地表温が放射冷却で5~7°C低い程度で, また湿度, 気温では2Hのみでわずかに低い程度である。

(6) 7月2日0時 (Fig. 4-C)

風向はWNW, 基準風速は6.5m/sで, かなりの強風が治まった状態を示す。地表温は放射冷却が強くなり, 1Hで12°C, 10Hでも10°C低下している。しかし, まだ強風のため, 気温の方は風下0Hで約1°Cの低下を除くと, ほぼ一定である。湿度は1%程度加湿効果が認められる。

(7) 7月2日3時 (Fig. 5-A)

風向はWSW, 基準風速は9.2m/sと, また少し強くなっている, 減風範囲はかなり広い。0時に比較して地表温と湿度の変化はかなり類似しているが, 気温には0Hの低下など, 距離による変化はほとんど認められない。

(8) 7月2日6時 (Fig. 5-B)

風向はWNW, 基準風速は2.0m/sで弱風である。強風で, かつ風向も防風林に対してほぼ直角のため, 風速の減風範囲が非常に広くなっている。また風上の地表温と気温の低温は日陰のためであり, 風下の高温は日向のためである。一方, 0Hの湿度は基準点より7%も高く加湿効果が顕著であり, その影響範囲も30Hに達している。

(9) 7月2日9時 (Fig. 5-C)

風向はN, 基準風速は2.6m/sである。風向が変化して防風林に対して平均的にはほとんど平行に吹き, しかも風向変化(防風林の前後45°方向)になったため, 効果範囲が非常に狭い。地表温は非常に高く, この時も日陰と日向では30°C以上の温度差になっているが, 変化形態は6時と類似している。気温は-0~10Hで1~3°C高い。湿度はむしろ風上側に加湿効果が認められる。これは地表温・気温の低温と一時的な逆風向に起因するためと考えられるが, 加湿効果があることには変わりない。

(10) 7月2日12時 (Fig. 6-A)

風向はENE, 基準風速は3.0m/sである。風向はESE

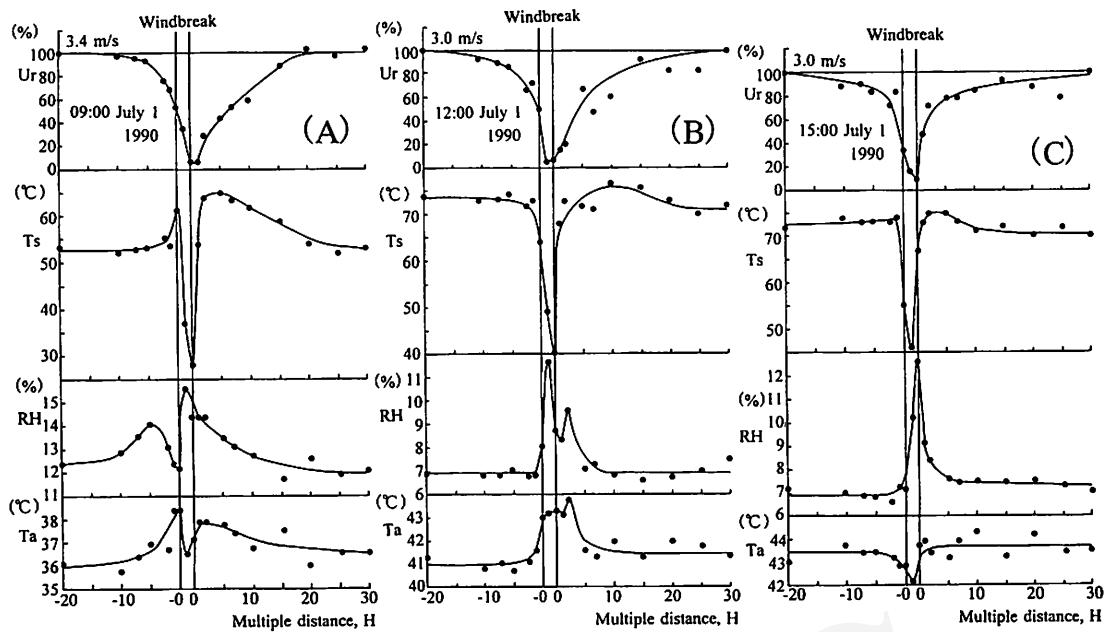


Fig. 3. Horizontal variations of climatic elements in and around the tamarisk windbreak at Turpan, China at (A) 9:00, (B) 12:00 and (C) 15:00 July 1, 1990.

Ur: Wind speed (m/s) at 1 m height, Ts: Soil surface temperature ($^{\circ}$ C) at 0.0 cm, RH: Relative humidity (%) at 1 m height, Ta: Air temperature ($^{\circ}$ C) at 1 m height, and Tl: Plant leaf surface temperature ($^{\circ}$ C).

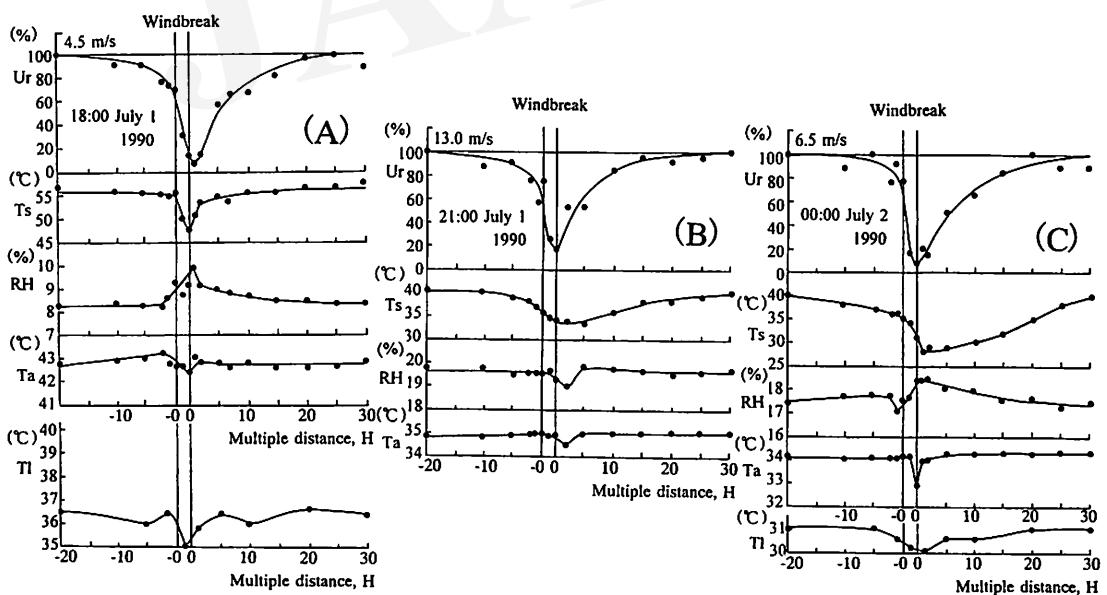


Fig. 4. Horizontal variations of climatic elements in and around the tamarisk windbreak at Turpan, China at (A) 18:00, (B) 21:00 July 1 and (C) 0:00 July 2, 1990.

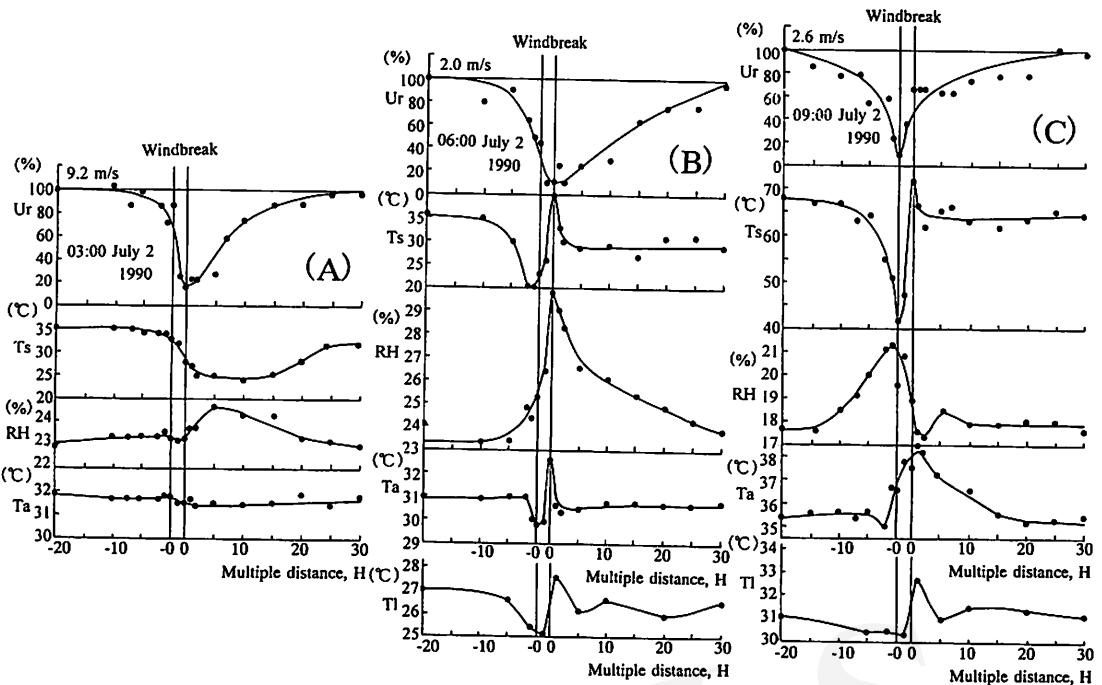


Fig. 5. Horizontal variations of climatic elements in and around the tamarisk windbreak at Turpan, China at (A) 3:00, (B) 6:00 and (C) 9:00 July 2, 1990.

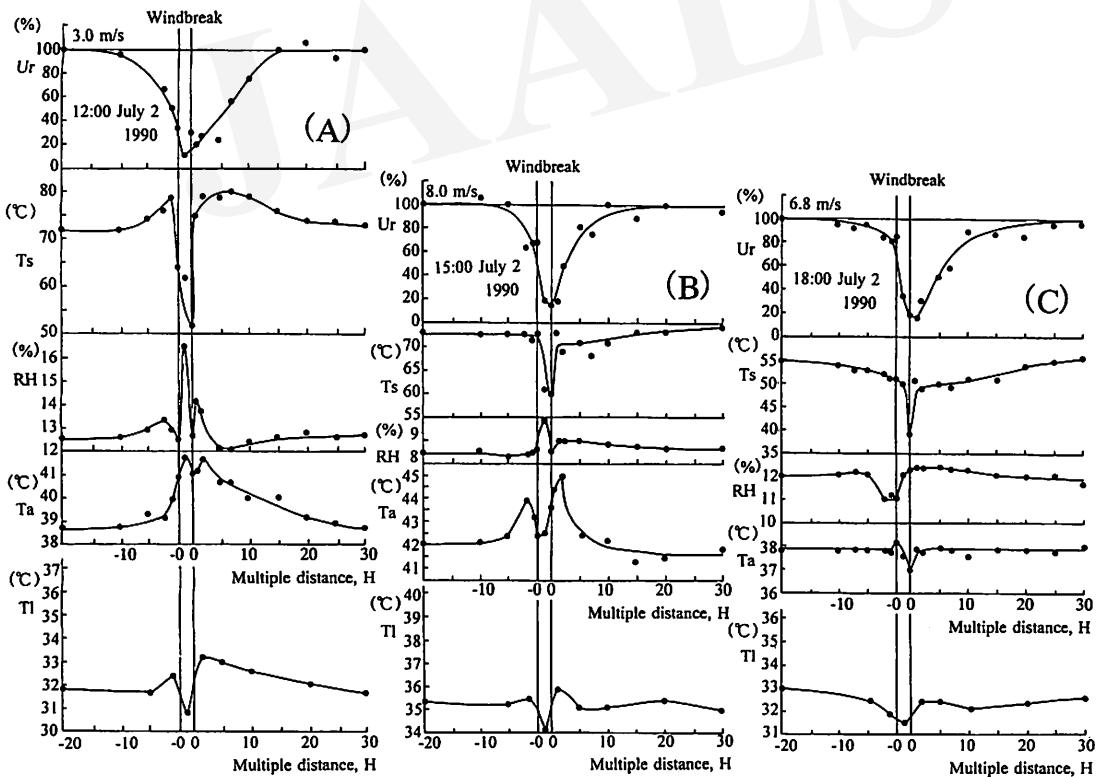


Fig. 6. Horizontal variations of climatic elements in and around the tamarisk windbreak at Turpan, China at (A) 12:00, (B) 15:00 and (C) 18:00 July 2, 1990.

～N(NE～ENE)と、防風林に平均45°の斜め風のため、相対風速の最大低下率は他の時刻とあまり変わらないが、15Hですでに基準風速に回復している。地表温は防風林直前-2Hと2～10Hで80°C前後であり、非常に高温である。また気温は-2～15Hで昇温しており、2Hでは3°Cも多い。

(11) 7月2日15時 (Fig. 6-B)

風向はWNW、基準風速は8.0m/sであり、この後夜半までは低い砂塵が発生した。強風になり始めた時間帯であり、風速変動が大きいため、防風林による効果範囲が狭い。従って、地表温、湿度ともに防風林付近のみに変化があり、気温では-2H、2Hで2～3°C高くなっている。

(12) 7月2日18時 (Fig. 6-C)

風向はW、基準風速は6.8m/sでかなり強く、相対風速は最低で17%にまで減少しているが、減風範囲は15時より広く認められる。地表温は風下直下で日陰のために低く39°Cであるが、その他は防風林前後の-10～20H、特に1～10H間で基準値から緩やかに5°C程度低い。湿度では防風林の風上側-2～-OHで日射のため約1%乾燥しているが、風下側1～10Hでは0.5%程度加湿されて高い。気温は風下直下で0.8°C低く、風上直下で0.4°C高い以外は、夕方でかなり強風のため37.8°C前後で変化が小さい。

3) 7月1～2日の防風林による葉温の変化

Figs. 4-6に、次の各時間帯の防風林による葉温の変化を示す。葉温は調査対象の植生種によって若干異なるが、その差はせいぜい1～2°Cであり、広葉の植生では低く、老鼠瓜よりも硬い葉の駒駒刺では1～2°C高温であった。

(1) 7月1日18時 (Fig. 4-A)

葉温T_lは防風林内で35.0°Cと低いのに対して、林外では36.5°C程度であまり変化がみられない。また、この時刻の地表温、気温は、ともに林内外の変化が相対的に小さい。そして気温43°Cの非常に高温の条件下でも葉温や植物体温は6～8°Cも低い35～37°Cであり、植物が生存できる温度となっている。

(2) 7月2日0時 (Fig. 4-C)

21時の強風に続く強風時の値である。葉温は防風林直後2Hで30°Cと、風上側に比較して1.0°C程度低い。夜間のため葉温変化は小さく、放射冷却の影響が出ていることが判る。かなりの強風のため葉温は気温より約3°C低い程度であり、18時に比較して両者の差が小さい。夜間の低温化は昼間の過剰高温の解消に好都合であり、植物の光合成や呼吸に効果的である。

(3) 7月2日6時 (Fig. 5-B)

防風林直前の-2Hおよび林内(25.1°C)では低い一方、風下側2Hでは27.6°Cと林内との間に2.5°Cの較差がある。この変化形態は、日陰と日向の温度特性をよく表した気温と地表温の温度変化と類似することから、同様の温度特性が反映されたものと判断される。また葉温と気温の差は、早朝であり4～6°Cと小さいが、2日0時の強風時に比べて弱風のため増大している。なお、葉温の変動幅は地表温のそれに比べて小さく、気温のそれに近い。

(4) 7月2日9時 (Fig. 5-C)

風上側でやや低く、防風林通過後は32.7°Cと高いが、5H以降では基準点とあまり差がなく、地表温と気温の中間的な変化形態である。なお気温との差は4～7°Cであり、気温の変動幅は葉温のそれより小さく、地表温のそれより顕著に小さくなっている。このような葉温の特徴から、植物の蒸散作用による温度の緩和作用が認められる。

(5) 7月2日12時 (Fig. 6-A)

変化形態は防風林内の気温低下が著しいことから、気温よりも地表温に近い。葉温自体は林外の地表温より40～47°Cも低いが、林内付近では21～33°Cと差は小さい。また気温より7～11°Cも低く、変動幅も小さい。従って、高温の影響が蒸散によって緩和されることになる。

(6) 7月2日15時 (Fig. 6-B)

変化形態は防風林の前後でその他に比べて葉温が高いことから、地表温より幾分気温に近い。葉温は地表温より32～44°Cも低い。その温度差はかなりの強風のため12時より小さい。また気温との差は7～10°Cであり、変動幅も小さく12時の気温・葉温変化とほぼ同様である。

(7) 7月2日18時 (Fig. 6-C)

変化形態は地表温に近い。地表温からは17～23°C低いが、林内付近では約8°Cの差である。気温との差は5～7°Cであり、夕方でやや強風のため葉温の較差・変動幅ともに小さく、7月1日18時とかなり類似している。

4) 葉温と地表温・気温に関する考察

葉温は、夏季の日中から夕方にかけて植物が蒸散を十分行なっていれば30°C程度であるが、より厳しい環境下では観測のように37°C以上に上昇しており、植物生理上、一般植物では高温障害(農業気象ハンドブック編集委員会、1974)が出て問題である。7月1日18時の葉温は35～37°Cであるが、昼間の高温下で蒸散が盛んに行われ、体内水分が減少した結果、活性度がかなり低下して葉温が植物の生育限界に近い高温であったと判断される。

なお、1991年8月24日、1992年7月14～16日、1994年6月15～16日、1996年9月5日など数回の観測によると、観測値の最高である気温48°Cや地表面温度85°Cでも、葉温は38°Cを越えることはなかった。

防風林による葉温への影響状況や葉温の変化形態は気温と地表温のそれぞれの変化に比較的類似しているが、どちらかといえば中間的な変化形態を示す。葉温の変化は植物の蒸散作用と密接に関連することは定性的には明らかであるが、その細かいメカニズムについては明確ではない。また、蒸発散量は昼間ばかりでなく夜間にも相当認められる（真木ほか、1994）。しかし、今回の測定結果では蒸発量と蒸散量の合計値であり、区別がつかないが、夜間には蒸発量に対して蒸散量は相対的に少ないと考えられる。従って、蒸散量と葉温との関連性は定量的には明確ではないが、現に非常な高温にも耐えていることを考慮すると、昼間にはかなりの量の蒸散があると推測される。

次に、沙漠の強い砂塵による葉温変化について考察する。7月1日の夜間21時に、風速13m/sの激しい砂塵が発生したため、葉温の測定はできなかった。0時には風速は6.5m/s、葉温は30～31°Cで気温より約3°C低いが、18時と比較すると気温は約9°C低下したのに対して、葉温は約5°Cしか低下していない。21時は測定値がないため明確な論議はできないが、この時葉温の低下量が小さかったことは、粉塵による気孔閉鎖のための葉温上昇例（平野ほか、1991）にあるように、7月1日19時からの砂塵による気孔閉鎖と葉表面への砂の付着による放射冷却の減少が葉温上昇に作用したためと考えられる。

また、昼間のデータをみると、7月2日12時には風速3m/sで気温が39～42°Cであるのに対して、葉温は31～33度である。15時には風速8m/sでかなりの強風となり、風が吹き始めであることも加わり、砂塵がかなり激しく発生した。この状況下においては、気温が41～45°Cで2～3°C上昇したのに対して、葉温は34～36°Cで3°Cずつ上昇している。一般に日中の沙漠環境下では気温の方が葉温よりも上昇度が相当大きいはずであるが、この場合は植物にとって高温の厳しい環境に、さらに砂塵が加わったため、葉温の方が気温よりも相対的により大きい影響を及ぼしたと考えられる。

さらに、7月2日18時には、気温は37～39°Cで、15時に比べて4～6°Cの下降に対して、葉温は31～33°Cで、3°Cの下降であり、気温の低下の割には葉温の低下がかなり小さい。日射の弱い条件下では葉面からの放射冷却が卓越し、葉温は気温よりも、より大きい低下も予測されるが、そうでない理由は砂塵の影響が関与してい

るためと考えられる。すなわち、2日0時の場合より日射もあるため、砂塵の影響がよく出ている。

5) 防風林のプラス・マイナスの効果

夏季、日中にはタマリスク防風林の前後付近の気温・地温は過剰に昇温することがある。この夏季、日中の減風による高溫化は作物の生育にとっては不利であるが、-5～20Hの領域では減風されており、また防風林がつくる日陰や防風林からの蒸散による蒸発潜熱に起因する気温低下などによって微気候が緩和される。従って、過剰昇温のマイナスの効果は軽減される。なお、気温が上昇すると相対湿度は低下するが、夏季日中においても絶対湿度は増加する結果が報告されている（真木ほか、1995）。また夏季、夜間の放射冷却による気温・地温の温度低下は植物体温を低下させるため、光合成や呼吸に影響することで、作物にとっては有利である。

タマリスク防風林は細かい枝葉が密生した植物構造のため、気流の整流作用によって空気力学的に微気候の改良効果が高く、また同時に風食を防止し砂粒を濾過する機能が高い。防風林の風下側での昇温、加湿は防風林自体の直接の影響であるが、風上側では間接的であり、防風林の中・下層部で密閉度が高く、風が抑制されて渦を巻くことがあるため、防風林からの蒸散による加湿や減風による昇温などの影響が風上側にも認められる（真木ほか、1992）。従って、防風林の主要な効果範囲は-5～20Hであった。

トルファンなどの乾燥地での蒸発散量は日平均で0.5～3 mmであり（真木ほか、1994），仮にその半分が蒸散量としても、気孔からの蒸散による潜熱消費が、気温や地表温より遙かに低い体温や葉温を維持する原動力となっている。ただし、乾燥地では正確な蒸発散量、特に蒸散量の計測は環境の厳しさや測器の精度の問題からも、精度の高い観測が難しい状況にある。この方面的研究もさることながら、今後の課題として葉温からみた光合成、呼吸、蒸散などの生理的な効果や、防風林による距離別の変化の数式化などの研究も推進する必要がある。

防風林による葉温への影響を考慮する意味から、防風林があることは、いわゆるオアシスとしての減風、気温の年・日較差の減少、加湿作用などがあるため、オアシス効果として地域全体では気候緩和に貢献することになる（真木、1987；真木ほか、1994；黒瀬ほか、1998）。しかし、乾燥地では水が不足するため、最小限の水量で最大限の防風林の造成が必要である。ボプラや胡楊は高木種で減風効果が高いが、トルファン地域での造成には灌漑を必要とするため、限界がある。従って、耐干・耐暑・

耐寒・耐塩・耐砂性の優れたタマリスクを防風林として造成する必要がある。

沙漠開発や沙漠化防止の最前線（灌漑を要するボプラなどの防風林前面）には、今後ともこのタマリスクを中心とし、沙蓬、榆（*Ulmus L.*）、梭梭、沙拐蓬（*Calligonum L.*）と混交させて造成し、沙漠の最前線では草方格と組み合わせて防風・防砂の機能をさらに高める必要がある。

4. まとめ

中国北西部の乾燥地トルファンでタマリスク防風林を用いて、微気候改良効果と、特に初めて葉温への影響程度を評価した。得られた結果は次のとおりである。

(1) 夏季、昼間においては、タマリスク防風林の前後付近の気温・地温は過剰に昇温することがあるため、植物体温にとって防風林の存在は不利であるが、減風、日陰の形成、蒸散作用によって過剰昇温のマイナスの効果を軽減している。夏季、夜間には、放射冷却によって気温・地温が降温するため、植物体温を低下させ、光合成や呼吸に対して有利に作用する。

(2) タマリスク防風林は細かい枝葉が密生した植物構造であり、気流の整流作用によって微気候の改良効果が高く、また風食を防止し砂粒を濾過する機能が高いため、最小相対風速は1~2H（高倍距離）に発生し、5%程度で非常に小さい。従って、タマリスクの場合、風速の主要な減少範囲は-5~20Hである。

(3) 葉温は高温時には気温や地表温より低い。気温に比べて3~11°C低く、両者の差は昼間に大きく夜間に小さい。葉温は昼間には地表温より著しく低いが、夜間に逆に幾分高いことがある。防風林による葉温への影響

状況・変化形態は気温または地表温のそれと類似することが多いが、どちらかといえば中間的な変化形態を示す。

(4) 防風林と植生からの蒸散による加湿と蒸発の潜熱消費による降温効果のために、微気象を緩和している。防風林による葉温の変動幅は気温や地表温のそれよりも小さいのは、植物の葉が気候緩和機能を持つためである。

引用文献

- 平野高司・清田 信・相賀一郎（1991）：粉じんによる気孔閉塞作用と葉温上昇作用が植物葉の光合成速度に与える影響。「農業気象」46: 215-222.
- 黒瀬義孝・唐 立松・大場和彦・丸山篤志・真木太一（1998）：中国トルファンにおけるオアシス内外の温湿度分布。「農業気象」54: 337-343.
- 真木太一（1987）：『風害と防風施設』文永堂出版、301pp.
- 真木太一・潘 伯榮・黃 丕振・閻 国榮（1992）：中国トルファンの乾燥地におけるタマリスク防風林による微気象改良。「農業気象」48: 157-164.
- 真木太一・杜 明遠・潘 伯榮・上村賢治（1994）：中国北西部の乾燥地トルファンにおける砂漠・オアシス気候と蒸発散特性。「農業気象」50: 185-195.
- 真木太一・潘 伯榮・鯨島良次・杜 明遠（1995）：中国新疆の乾燥地トルファンにおける防風林による農作物生育環境の微気象改良。「沙漠研究」5: 21-32.
- 真木太一・杜 明遠・潘 伯榮・鯨島良次（1996）：中国新疆トルファンの沙漠における気候特性。「沙漠研究」6: 1-14.
- 農業気象ハンドブック編集委員会（1974）：『新編農業気象ハンドブック』養賢堂、854pp.

Effects on Microclimate and Plant Leaf Surface Temperature by a Single Row of a Windbreak on the Arid Land of Turpan in China — An Example of a Tamarisk Windbreak —

Taichi MAKI*, Daijiro Ito*, Atsusi NISHIKAWA* and Mingyuan DU*

Microclimatic improvement and the effect on plant leaf surface temperature caused by a tamarisk windbreak were evaluated on the arid land of Turpan in Northwest China. The results obtained were as follows:

(1) In the daytime in summer, plant temperature tends to rise due to overheating of air and soil temperatures at the regions close to the windbreak on the windward and leeward sides though the negative effects are mainly compensated for by the positive effects of windbreaks, such as decrease of wind speed, shade, and transpiration from windbreak trees. In the nighttime in summer, the decrease in air temperature via radiation cooling effectively decreases plant temperature and accelerates photosynthesis and decreases respiration.

(2) The tamarisk windbreak is made of plant structures with fine leaves and slim stems, and has an overall high plant density. Due to a rectification of air flow, the degree of microclimatic improvement is high. The windbreak filtrates the sands and offers significant protection from wind erosion. Consequently, the smallest relative wind speed of about 5 % is found at 1 to 2 H (numeral nH is multiple distance of windbreak height H and negative sign shows windward side). The area of decreasing wind speed created by the windbreak is mainly -5 H to 20 H.

(3) Leaf surface temperatures are 3 to 11 °C lower than air temperatures under the condition of high temperature, and the differences of both temperatures are larger during the daytime and smaller at night. Soil surface temperature is significantly higher than leaf surface temperature during the daytime, but is occasionally lower at night. The variations of leaf surface temperatures on the effect of windbreak are similar to those of air temperature and soil surface temperatures, however, their changing patterns of leaf surface temperatures generally correspond to the average of these latter temperatures.

(4) The microclimate is alleviated by the cooling effects of humidification and latent heat consumption based on transpiration from plants. The magnitude of variation of leaf surface temperature is smaller than that of air temperature. This finding suggests that these factors are represented by the same function of microclimatic alleviation.

Key Words: Arid land, Leaf temperature, Microclimatic alleviation, Tamarisk windbreak, Wind speed

* College of Agriculture, Ehime University, 3-5-7, Tarumi, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan.

** Division of Agrometeorology, National Institute of Agro-Environmental Sciences, 3-1-1, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan.

(Received, May 31, 1999; Accepted, March 31, 2000)

乾燥地研究で日本に求められる3G — 第6回乾燥地開発会議の印象 —

濱 村 邦 夫*

1. はじめに

おあしすNo. 23で小堀前会長が案内しておられたように、1999年8月22日より27日まで、カイロのレ・メリディアン・ピラミッド・ホテルで第6回乾燥地開発会議が開催された。参加者は28カ国、8機関からの285名であった。このうち地元エジプトからの参加者が167名で半数を越えた。日本からは7名が参加した。

会議後のエクスカーションはシリアの乾燥地農業研究センター（ICARDA）とヨルダン大学を見学するものであった。参加者は8名程度で少なかった。

この会議に参加して、私は乾燥地研究の現状と日本に対する期待を探りたいと考えた。一応の結論として、日本に要望されているテーマは3G、すなわち Geographic Information System, Genetic Manipulation, Gathering Waterであるとの印象を受けた。これは単純化のしすぎかもしれない。もっと広範な部面にわたるハードウェアとソフトウェアが求められていることは確かであるが、やはり焦点となっているのは、先端的な技法で難問題を手早く解決できる技術である。

いずれにしても草の顔から天を覗いたに過ぎないので、幹を見ず枝葉のみを見ているかもしれない。諸氏のご批判を頂ければ幸いである。

前回、テキサスで行われた第5回の報告集を出発直前に見せてもらった（INTERNATIONAL CENTER FOR ARID AND SEMIARID LAND STUDIES, OFFICE OF INTERNATIONAL AFFAIRS, TEXAS TECH UNIVERSITY, 1996）。この中で小堀先生は日本の乾燥地研究、開発事業を要約しておられる。今回の正式な報告集が出るのは大分後のことになろう。

なお次回は2002年7月にイランのテヘランで開催される予定との発表があった。

2. エジプトの乾燥地開発

エジプトは開催国として力を入れていた。冒頭に農業・土地改良省のYoussuf WALLY大臣が演説を行った。国際農業研究諮問グループ（CGIAR）の議長Dr. I. SERAGELDINやICARDAの所長Dr. A. EL-BELTAGYがエジプト出身であることもエジプト人の誇りを高めていたようであった。Dr. I. SERAGELDINは水資源に関する総括演説を行った。国際機関の責任者らしい機能的なテンポの早い話であった。結びの言葉はNo easy solutions. People are the key.であった。老齢の大物Dr. M. AL-KASSASやDr. M. MAHFOUZがそれを感じさせない情熱的な講演を行った。

エジプトの農業研究センター所長のDr. S. Nassarによるとエジプトは国家開発計画によって143万haの土地開発ないし改良を行うこととしており、南部のトシュカでは22万5千haの大規模乾燥地開発を開始している。トシュカの投資に対する利益率は15~18%になり、一部投資会社も参画しているという。

乾燥地の大規模開発に関して、会議の席上ではあまり批判的な意見は聞かれなかった。せいぜい、農業研究センター傘下の砂漠研究センターとカイロ・アメリカ大学の研究者の間で小競り合い程度の論争が見られた程度である。しかし、エクスカーションで一緒になったアメリカのDr. D. WICHLIENSはエジプトの砂漠開発計画は非現実的なところがあり、むしろデルタの水系整備が先決という意見であった。この人は前に6ヶ月エジプトで水利事業のコンサルタントをしたことがあるというので、かなり事情を良く知っている上での意見と思われた。確かに砂漠に水を引けば、水はもう還流しては来ない。いずれは塩類集積が問題となる。短期的な利益と長期的な対策の間に均衡を必要とする。

8月25日は現地見学で、アレキサンドリア近くのアル・ブスタン灌漑開発地区を見た。ここではナイルの水が

*鳥取大学乾燥地研究センター植物生産分野

(1999年11月10日受付；2000年2月15日受理)

ところどころでポンプアップされて引かれていた。移動式のスプリンクラーが見えた。まず試験場で長期輪作試験を見た。トウモロコシ、ピーナッツ、ゴマが使われていた。次いで普及センター New Lands Agricultural Service Project で話を聞いた。農業高校を卒業した若い人を優先して入植させる。はじめは生活、耕作開始を支援する。入植者が定着するかどうかが問題である。そこで農業者に対するモニタリング活動をして丁寧な指導を図っているという。モニタリングの地点の一つを見た。ピーマン、ブドウが作られていた。

帰途、ディナ農場に寄った。ここは大規模モデル農場で、大規模ピボット灌漑を採用して、農産、畜産、畜産物加工を行っている。近くの農場も見た。ここではブドウ、バナナ、マンゴーを栽培し、ミカン、観葉植物の育苗を行っていた。

エジプトは世界有数の観光地として、歓迎プログラムも盛り沢山であった。市場とモスクの見学、スフィンクスの前でのレーザー光と音響によるショウ、ナイル・クルーズ、歓迎パーティー。歓迎してもらったのは有り難かったが、一般人は貧乏暮らしをしているのに心苦しい所もあった。

3. 講演の内容

会議は朝、基調講演があり、続いて2つの分科会に別れて一般講演があった。基調講演は18題あった。Dr. DREGNE は黄河の浸食について話した。Dr. BISHAY は「夢の実現」と題して自分の足跡を語った。小堀先生はオアシスの開発について話された。

講演要旨集 (ICARDA, 1999) には一般講演123課題とポスター展示61題が載っている。目次では講演を表1の

ように分類しているが、少し見方を変えると表2のよう分類することもできる。作物として比較的に多く研究されているものは、コムギ、オオムギ、トマトであった。メキシコのDr. GARDUNOはしきりと Kochia ホウキギの飼料価値を宣伝していたが、ホウキギは容易に雑草化して好ましくないと評判が良くなかった。ICARDAのDr. EL-MONEIMはUnderground Vetch を紹介した。これは地上部にも、地下部にも実をつけるという植物である。薬用植物についてはカイロ大学のDr. K. EL-BATANOUNYが基調講演を行った。Dr. BATANOUNYには後ほどエジプトの伝統的な薬用植物についてまとめた本を頂いた (BATANOUNY, 1999)。一般講演で Globularia という薬用植物が絶滅の危機にあると発表されたが、どんな植物か詳細はわからない。

表1で講演題数から見ると、土地保全、水資源管理、放牧地管理が重点となっている。放牧地 Rangeland の管理は乾燥地の重要な問題であるが、講演を聞いて共通して感じるパターンは、過放牧はまずい、一定の限度内で草地を持続的に利用にしなければならない、それは解っている、しかし、具体的にどのように規制すべきか手が着かない、というものである。壁に頭をぶつけているという感じである。中央政府か地方政府が強権で規制するか、農民、牧畜民が進んで自己規制するか、いずれにしても持続性を考慮した管理をしなければならないのであるから、そのような先進例が聞けるかと期待したが、成功している例はほとんどないようだ。

情報科学、分子生物学の最新技法が導入され始めていることが感じられた。イギリスのDr. JONES が基調講演でストレス生理学について話したが、古臭く感じた。事態はもっと急速に進展している。しかし、具体的な耐乾性、耐塩性の作物品種となると、まだ実用的なものの噂

表1. 講演の内容 (要旨集の目次)。

番号	分 野	一般講演数	ポスター数
1	新技術の応用、技術移転	6	10
2	エキスパートシステム	5	0
3	土地保全、土壤劣化	18	10
4	水管理、保全	19	12
5	牧地管理、飼料、畜産	14	7
6	砂漠化対処	9	4
7	生物多様性保全	7	2
8	更新可能エネルギー	5	2
9	バイオテクノロジー	5	3
10	ストレス生理学	10	8
11	社会・経済学、人類学	11	3
12	オアシスの開発	9	0
13	NGO の役割、伝統的知識	5	0
合 計		123	61

表2. 講演の内容 (見方を変えた分類)。

番号	分 野	一般講演数	ポスター数
1	タイトルに作物名の入るもの	26	19
2	水利用関係	25	10
3	社会・経済学	20	3
4	土壤劣化	12	9
5	情報科学	12	2
6	畜産	7	7
7	生物多様性	7	2
8	砂漠化	5	5
9	自然エネルギー	5	2
10	持続的農業	4	2
合 計		123	61

が聞こえない。

エジプトはエキスパートシステムの導入に力を入れていて、会議直後の8月28日の農業研究センター見学の際にも、リモートセンシングとエキスパートシステムが紹介された (AGRICULTURAL RESEARCH CENTER, ARAB REPUBLIC OF EGYPT, 1994)。

高知工科大学の村上雅博教授は水の再利用の四万十方式について講演した。名調子であった。希少な水の反復利用は乾燥地の重要なテーマであり、引き合いも多いことだろう。

4. 國際乾燥地研究センターの活動

今回の会議を実質的に運営したのはICARDAのカイロ事務所である。また会議の学術報告でICARDAの研究者が多くの発表を行って会議をリードしていた。言うまでもなくICARDAは国際半乾燥地作物研究所 (ICRISAT) と並んで、乾燥地研究の2大センターである。いずれのセンターも戦略論議を進めて対象作物・分野はかなり絞りこんでいる。私は国際農林水産業研究センターにいた時に、高畠、藤田、稻垣などの諸氏からICARDAの活動についていろいろ聞いた。特に高畠さんは本を書いている (高畠, 1995)。小堀先生は理事を勤めておられて、若い人の研修に力を入れておられるようであった。獣医の折田さんを記念した建物もあるという話だったが、見そびれた。

ICARDAは従来WANA地域を対象としていたが、中央アジアが対象範囲にはいってCWANA, Central and West Asia and North Africa となった。今回の会議に中央アジア5カ国のうち、3カ国 (カザフスタン、キルギスタン、ウズベキスタン) の研究者が来ていた。

8月29日から9月1日までICARDAを訪ねた。8月30日は1日であちこちの部署を見て回り、忙しかった。アレッポ周辺の風景はごみごみしたものが多く、広々としている。小高い丘からあたりを見回すと、ICARDAの圃場はサポート部門の充実できれいに整地されていた。周辺の緑は農家が地下水を汲み上げて作物を栽培しているものだとのことだったが、地下水位の低下が問題となっているという。8月31日はアレッポの南東70kmのところにあるカナセル地域を見学した。ここはICARDAが一つの研究地点として選んでいるところで、塩湖、ローマ時代に掘られたカナート、風食の観測地点、オリーブを植樹したばかりの斜面などを見た。

5. ヨルダン大学の研究サイト

9月1日にマイクロバスでアレッポからアンマンまで南下した。アレッポの近くにはオリーブ、ピスタチオなどの果樹園があった。ダマスカスでICARDAの事務所に立ち寄った。シリア・ヨルダン国境では通関に1時間20分ほどかかった。アンマンで新規開店のホテル、ホリディー・インを探すのに手間取った。9月2日にヨルダン大学とICARDAの共同研究のサイトを見学した (FACULTY OF AGRICULTURE, UNIVERSITY OF JORDAN AND EEC, 1988)。

アンマンの南東約20kmのムワッカルでは雨期の水を集める小ダム、Water harvestingの手法によるアーモンド栽培、などを見た。タル・ハッサンではソーラー発電、風力発電を見た。石のゴロゴロしたところで、ハマアカザ属植物の移植をやっていたが、例年なく雨が少なかったとかで、ほとんど枯死していた。アンマンの北東約160 km にあるサファウイ研究センターで話を聞き、昼食をとった。ここではBadia Research and Development Programme を進めている。年降雨量が200mm以下の乾燥地帯で、山羊にワクチンをうち、人材育成を進めている (JORDAN BADIA RESEARCH AND DEVELOPMENT PROGRAMME, 1999)。

6. おわりに

一昨年、日本が正式に砂漠化対処条約に加わったことにより、日本が資金面、技術面でどのような貢献が果たせるのかが改めて問われている。

日本には乾燥地ではなく、乾燥地農業そのものについての蓄積はないから、まず現地事情の把握から始めて、得意とする技術分野で協力することになる。

情報科学や分子生物学は日本の得意とするところである。何か乾燥地に応用の効く具体的な成果物、技術をもって乾燥地に臨みたいものである。

中東には複雑な事情がある。クウェートの研究者が湾岸戦争の跡地の生態の修復について講演したら、イラクの参加者が「講演のスライドにCNNのニュースを引用するのは学問的ではない」と抗議していた。この会議にはイスラエルからの参加者がなかった。好意的に見れば、イスラエルの研究者は自分たちが出席を申し込みれば、アラブ側で参加を辞退する人が大勢出ることだろうと遠慮したのかもしれない。一方シリア政府はICARDAの研究者に対してもイスラエルとの電子メール交換を許可しないという。交戦状態が続いているのである。和平交渉

の進展によって早く正常な状態に戻ってほしいものである。

なお今回の会議中には小堀先生に、旅行中にはJICAの牛木久雄国際協力専門員にいろいろ教えて頂いた。厚く感謝申し上げる。

引用文献

- 高畠 滋 (1995): 「砂嵐に耐えて」熊谷印刷. 202pp.
AGRICULTURAL RESEARCH CENTER, ARAB REPUBLIC OF EGYPT (1994):
CLAES, Central Laboratory for Agricultural Expert Systems.
36pp.
BATANOUNY, K.H. (1999): *Wild Medicinal Plants in Egypt*. Acade-

my of Sci. Res. and Technology, Egypt and Internl. Union for Conservation (IUCN), Switzerland. 207pp.

FACULTY OF AGRICULTURE, UNIVERSITY OF JORDAN AND EEC (1988):
Agricultural Production in the Semi-arid to Arid Land and Areas Suffering from Desertification. 26pp.

ICARDA (1999): *Abstracts, Sixth International Conference on the Development of Dry Lands*. 152pp.

INTERNATIONAL CENTER FOR ARID AND SEMIARID LAND STUDIES,
OFFICE OF INTERNATIONAL AFFAIRS, TEXAS TECH UNIVERSITY
(1996): *Proceedings of the Fifth International Conference on Desert Development, Volume I, II*. 529pp., 1055pp.

JORDAN BADIA RESEARCH DEVELOPMENT PROGRAMME (1999): *Jordan Badia Research and Development Programme (BRDP)*. 21pp.

3Gs Requested for Arid Land Development to the Researchers in Developed Countries

— A Brief Impression of the Sixth International Conference on the Development of Dry Lands —

Kunio HAMAMURA*

After attending the Sixth International Conference on the Development of Dry Lands in Cairo, Aug. 22-27, 1999, I felt that 3Gs are requested to researchers in developed countries. Those are Geographic Information System, Genetic Manipulation and Gathering Water.

Overgrazing and reduction in underground water table are becoming more serious. Any successful examples in controlling those problems through either by public enforcement or by the self-control by the farmer's organizations were not presented.

Most advanced technologies of computer science and molecular biology are now flowing into arid land studies. Yet, no promising varieties were bred by biotechnology.

Key Words: Control measures, Dry lands, Genetic manipulation, Geographic information system, Water gathering

* Arid Land Research Center, Tottori University, 1390 Hamasaka, Tottori 680-0001, Japan.

(Received, November 10, 1999; Accepted, February 15, 2000)

おあしす



本会は、毎年秋に開催される「日本沙漠学会学術大会」で、最新の研究発表を行ないます。

開催地は、毎年異なるところですが、例年、関西地方や東北地方など、日本の地理的特徴を反映するところが多いです。また、開催地によっては、研究会の場所が、海岸や山岳地帯、川の河口など、自然環境が豊かなところが多いです。このため、開催地によっては、研究会の場所が、海岸や山岳地帯、川の河口など、自然環境が豊かなところが多いです。

日本沙漠学会2000年度秋季公開シンポジウム
乾燥地域の環境変動—人類誕生から現代まで—

1. 主 催：日本沙漠学会

2. 日 時：2000年12月2日(土) 13:00～17:00

3. 場 所：名古屋大学豊田講堂第一会議室。

4. 趣 旨：

人類は洪積世後期、アフリカに出現した。その後の移動・拡散を経て、紀元前3500-3000年、ティグリス・ユーフラテス川、ナイル川、インダス川、黄河の流域で4大文明が開花した。現在、これらの地域はいずれも乾燥地域となっている。

本シンポジウムでは、まず、甲斐氏が本年4月北京で観測された最大級の黄砂を取り上げながら、現在における乾燥地域の環境変動について問題提起をする。次いで、人類史の視点から赤澤氏、文明史の視点から嶋田氏が話題提供する。総合討論では、中国内モンゴル出身の文化人類学者・楊氏が沙漠に生きてきた人々の視点から砂漠化を報告し、ディスカッションの糸口をつくる。ここでは、乾燥地域の環境変動を人類誕生から現代までのタイムスケールで人類史・文明史・自然科学の視点から議論する。

5. プログラム：

13:00-13:05 開会の挨拶 嶋田義仁 日本沙漠学会編集委員長

13:05-13:40 1)「黄砂から見た乾燥地域の環境変動」

甲斐憲次氏（名古屋大学大学院人間情報学研究科）

13:40-13:45 質問

13:45-14:20 2)「沙漠から見た人類史」 赤澤 威氏（国際日本文化研究センター）

14:20-14:25 質問

14:25-15:00 3)「沙漠から見た文明史」 嶋田義仁氏（名古屋大学大学院文学研究科）

15:00-15:05 質問

15:05-15:20 コーヒーブレイク

15:20-16:40 総合討論

15:20-15:40 導入「モンゴル人から見た沙漠化」 楊 海英氏（静岡大学人文学部）

15:40-16:40 フリーディスカッション

16:40-16:45 閉会の辞 吉野正敏 日本沙漠学会会長

17:00-19:00 懇親会

❖ 表紙写真 タクラマカン大沙漠に残る「ニヤ遺跡」❖

西域南道の小都市・民豈より約100km沙漠へ北上した一帯に残る漢・晋時代の都市国家「精絶国」遺跡。これが約1,500～2,000年前の木造建築物かと疑いたくなるが、沙漠という乾燥地帯ゆえに残った。写真是92A11(スタインNo.N8)を南西から見たもの。このような遺構が約200、残存する世界に類を見ない貴重な遺跡群であり、保存することは人類の責任とも言えよう。

小島康吾（佛教大学ニヤ遺跡学術研究機構）

5. 参加費：無料。ただし、懇親会費は当日受付にてお支払い下さい。
6. 申し込み：参加希望者は申込書を下記あてに、郵便または電子メール（メールのタイトルは必ず desert として下さい）でお送り下さい。

◇申込先

〒 464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院人間情報学研究科 甲斐憲次
Tel & Fax: 052-789-4257 E-mail: kai@info.human.nagoya-u.ac.jp

日本沙漠学会 2000 年度秋季公開シンポジウム参加申し込み書

氏名：

所属：

住所：

電話 / Fax / E-mail :

丸印を付けて下さい。

1. 講演会： 参加 不参加

2. 懇親会： 参加 不参加

日本沙漠学会2000年度評議員会・総会記事

2000年5月20～21日、東京農業大学において、日本沙漠学会2000年度評議会、総会、学術大会、公開シンポジウムが盛況裏に開催・実施されました。

第13回評議員会

5月20日12:30～13:30、吉野会長、評議員23名の出席の下に第13回評議会が東京農業大学において開催されました。牛木久雄評議員を議長に選出し、総会提出議案について報告・審議され、議案全文が承認されました。

2000年度総会

5月20日13:30～14:30、東京農業大学世田谷キャンパス1号館において日本沙漠学会2000年度総会が開催されました。白石雅美評議員を議長に選出し、以下の議題につき報告・審議され、それぞれ承認されました。

[議事]

1. 1999年度事業報告、決算案および会計監査報告
2. 2000・2001年度役員選出結果について
3. 会則の改正案
4. 2000・2001年度日本沙漠学会役員(案)
5. 2000年度事業計画および予算(案)
6. その他

1. 1999年度事業報告、会計報告および監査報告

(1) 1999年度事業報告

a. 会員

2000年3月31日現在、会員数は以下の通り。

正会員: 424名(入会25名、退会19名)

学生会員: 50名(入会5名、退会2名)

賛助会員: 16社

b. 会議

(a) 日本沙漠学会1999年度総会

1999年5月21日、高知工科大学において開催。

総会の内容は「おあしす」No.27に掲載。

(b) 評議員会(第12回)

1999年5月21日、高知工科大学において開催。

議事録は「おあしす」No.27に掲載。

(c) 理事会

本年度中に理事会は4回開催された。

第44～47回の議事録は「おあしす」No.26、No.27、No.29に掲載。

(d) 編集委員会

編集委員会は6回開催された。

2) 刊行物

a. 日本沙漠学会誌『沙漠研究』

Vol.9 No.1 (1999年4月), Vol.9 No.2 (1999年7月), Vol.9 No.3 (1999年10月), Vol.9 No.4 (2000年2月)

b. ニューズレター『おあしす』

No.26 (1999年4月), No.27 (1999年7月), No.28 (1999年10月), No.29 (2000年2月)

臨時ニューズレター3回(1999年6月, 9月, 2000年1月)

c. 日本沙漠学会講演要旨集(第10集, 第10回学術大会, 1999年5月)

3) 講演会及び研究会等の開催

a. 第10回学術大会:

1999年5月21日(金)～22日(土)高知工科大学において一般研究発表24題、公開シンポジウム「乾燥と国際協力」が行なわれ、2日間の参加者は約85名。

b. 第8回秋季シンポジウム:

11月19・20日千葉県御宿町にて「シナイ半島の沙漠・人・文化」のテーマで開催、4課題の講演が行われ、45名が参加。

c. 季節フォーラム:

'99春(1999年4月6日), '99夏(1999年7月6日), '99秋(1999年10月6日), '00冬(2000年2月9日)を開催した。

d. 沙漠工学講演会(第12回):

1999年12月17日に開催(41名参加)。

e. 乾燥地農学講演会(第8回):

2000年1月14日に開催(35名参加)。

4) 分科会の活動

a. 沙漠工学分科会(2000年3月31日現在、会員数196名)

コーディネーター: 安部征雄(筑波大学)

連絡先(事務局): 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1

筑波大学農林工学系乾燥地工学研究室

Tel: 0298-53-4647, 4898 Fax: 0298-53-4647

活動実績: 分科会の講演会を12月に開催した。また、

季節フォーラム2000冬を当分科会の責任のもとで

開催した。幹事会は 1 回開催され、持続的運営方法及び企画等についての議論を行った。

- b . 乾燥地農学分科会(2000 年 3 月 31 日現在、会員数 236 名)

コーディネーター: 松本 聰(東京大学)

連絡先(事務局): 〒 100-0031 千代田区霞ヶ関ビル
31 階 (社)日本沙漠開発協会気付 君島安津子
Tel: 03-3501-3898 Fax: 03-3593-1172

活動実績: 「講演・国際交流等」「会報」「情報・出版」
「研究開発」等のワーキンググループに分かれて調査、研究、実践活動を実施している。1999 年 9 月 3 日には風力発電見学会を開催(20 名参加)した。2000 年 1 月 14 日に第 8 回講演会を「未利用水資源の有効利用」を開催(35 名参加)。分科会機関誌「CADAL ニュース」を第 38 号から 41 号まで発行し、沙漠に関する多方面の情報を会員に提供した。会員以外にもひろく乾燥地農学分科会の活動を普及

することを目的にインターネットのホームページを開き定期的に情報を更新している。

- c . 沙漠誌分科会(2000 年 3 月 31 日現在、会員数 98 名)

コーディネーター: 櫻井清彦(昭和女子大学)

連絡先(事務局): 〒 101-0071 千代田区富士見
2-17-1 法政大学文学部 考古学研究室 伊藤玄三
Tel: 03-3264-9348 Fax: 03-3264-9381

活動実績: 諸般の事情で活動できなかった。

5)内外の研究者・関係機関との交流および協力

- a . 講演会「第 10 回沙漠の緑化に関する講演会」, 草炭研究会と共催(1999 年 10 月 24 日早稲田大学国際会議場)(約 150 名参加)

- b . 日本学術会議、地理学研究連絡委員会における活動

- c . 地球環境科学関連学会協議会(仮称)における活動

(2) 1999 年度会計報告

日本沙漠学会1999年度決算
(1999年4月1日~2000年3月31日)

(単位: 円)

一般会計		決算額	予算額	対予算額増減	摘要
収入部	前年度繰越金	623,621	623,621	0	
	会費	3,333,000	3,700,000	-367,000	正会員費、学生会員費
	賛助会員費	1,700,000	1,500,000	200,000	賛助会員費(1 口 5 万円 × 34 口; 過年度分を含む)
	の雑収入	79,230	400,000	-320,770	印刷物売上、広告料、利息等
	助成金	840,000	840,000	0	科学研究費補助金(研究成果公開促進費)
	合計	6,575,851	7,063,621	-487,770	
支出部	印刷・出版費	3,201,420	3,000,000	201,420	「沙漠研究」(「おあしす」含む) 印刷代、編集費
	活動交付金	1,068,760	1,515,000	-446,240	シンポジウム、分科会等活動費
	通信・運搬費	729,334	600,000	129,334	学会誌・ニュースレター発送費、その他郵送費
	会場費	0	20,000	-20,000	
	会議費	45,883	50,000	-4,117	理事会・評議員会・編集委員会等
	事務局運営費	270,800	300,000	-29,200	コピー、電話・ファックス料金など
	交通費	34,000	150,000	-116,000	遠距離理事、事務局の交通費等
	人件費	523,700	560,000	-36,300	事務局賃金、各種行事アルバイト等
	消耗品費	87,817	200,000	-112,183	各種印刷物、ラベル用紙等
	諸雜費	7,277	50,000	-42,723	振り込み手数料、その他
	(小計)	5,968,991	6,445,000	-476,009	
	学会積立金	0	0	0	
	予備費	-	618,621	-618,621	
	剰余金	606,860	-	606,860	
合計		6,575,851	7,063,621	-487,770	

2. 2000・2001 年度役員選出結果について(選挙管理委員会報告)

日本沙漠学会選挙管理委員会

委員長: 笠原共之

委員: 山口智治、杜 明達、久島 繁、横田誠司

日本沙漠学会会則、細則および役員選出マニュアルの規定に従い、2000・2001 年度役員選出を行った結果について、以下の通り報告する。

1) 新規評議員候補者の公募による推薦:

18 名の正会員から新規評議員候補者についての推薦があり、篠田 裕、高橋 悟、中村 徹、村上雅博、山本太平氏の上位 5 会員が新たに推薦された。

2) 評議員選挙:

現評議員(40 名) ならびに新規被推薦者(5 名) の計 45 名を被選挙人、正会員を選挙人として、1999 年 11 月 12 日付け文書にて告示を行い、投票を行い、12 月 22 日に選挙管理委員 5 名により開票を行った結果、下記の 30 名が、選挙による次期評議員として選出された。

[2001・2001 年度評議員当選者(30 名, 50 音順)]
(全有効投票数 220)

安部征雄, 石 弘之, 稲永 忍, 牛木久雄,
梅棹忠夫, 遠藤 煲, 片倉もとこ, 加藤 茂,
門村 浩, 小島紀徳, 小林登史夫, 小堀 巍,
篠田 裕, 嶋田義仁, 白石雅美, 都留信也,
遠山正瑛, 遠山粧雄, 長島秀樹, 長濱 直,
袴田共之, 真木太一, 松本 聰, 村上雅博,
森 忠保, 山口達明, 山口智治, 山本太平,
吉野正敏, 吉村作治

3)会長選挙:

次いで上記の 30 名の互選により会長選挙を行い,
2月 9 日, 選挙管理委員 4 名により開票行った結果,
吉野正敏氏が最多得票した。

吉野正敏氏には次期会長をお引き受け頂いた。

4)会長指名評議員:

次期会長から, 下記の 10 名を, 会長指名による次
期評議員として選任頂いた。

(50 音順)

赤澤 威, 石田紀郎, 梅村 坦, 勝俣 誠,
川床睦夫, 後藤 明, 高橋一馬, 高橋 悟,
中村 徹, 矢吹貞代

5)理事選挙:

選挙により選出された 30 名と, 会長推薦による 10
名の, 計 40 名の次期評議員による互選によって理事
選挙を行い, 3月 9 日, 選挙管理委員 4 名により開票
を行った結果(全投票数 32 票, 無効票無し), 以下の
8 名が, 次期理事として選出された。

(50 音順)

牛木久雄, 嶋田義仁, 高橋 悟, 都留信也,
長島秀樹, 裴田共之, 真木太一, 山口智治

3. 会則改正(案)

日本沙漠学会会則第 6 , 8 , 9 条を下記の通りに改正する。

(現)

(役員)

第 6 条 本学会に次の役員をおく。

- (1) 会長 1名
- (2) 副会長 2名以内
- (3) 評議員 30名以上 40名以内
- (4) 理事 10名
- (5) 監事 2名
- (6) 顧問 若干名

(役員の選任)

第 8 条 役員は正会員の中から選任する。

- (3) 理事 (会長を除く) は, 評議員の中から互
選により選任する。

- (5) 会長は, 理事の中から副会長を選任する。
- (8) 選任された役員が事故その他の理由により,
役員を辞退しようとするときは, その旨を会
長に届け出なければならない。辞退した役
員が, 評議員または理事の場合には, 会
長は, 選挙の際の次点者を繰り上げ評議
員とすることができます。

(新)

(役員)

第 6 条 本学会に次の役員をおく。

- (1) 会長 1名
- (2) 副会長 2名以内
- (3) 評議員 30名以上 40名以内
- (4) 理事 10名以内
- (5) 監事 2名
- (6) 顧問 若干名

(役員の選任)

第 8 条 役員は正会員の中から選任する。

- (3) 理事は, 評議員の中から互選により選任す
る。

- (5) 会長は, 評議員の中から副会長を選任する。
- (8) 選任された役員が事故その他の理由により,
役員を辞退しようとするときは, その旨を会
長に届け出なければならない。辞退した役
員が, 評議員または理事の場合には, 会
長は, 選挙の際の次点者を繰り上げ評議
員または理事とすることができます。

(任期)

第9条 役員の任期は2年とする。但し、評議員の任期をのぞき引き続いては2期を限度とする。

(任期)

第9条 役員の任期は2年とする。但し、評議員の任期をのぞき第6条に定める同一役職において引き続いては2期を限度とする。

付則

(5) 本会則は1997年4月1日より発効する。
(1997年5月31日 第3,4,6,7,8
条の改正)

付則

(5) 本会則は1997年4月1日より発効する。
(1997年5月31日 第3,4,6,7,8条の改正)
(6) 本会則は2000年4月1日より発効する。
(2000年5月21日 第6,8,9条の改正)

4. 2000・2001年度日本沙漠学会役員(案)について

1)副会長、理事の選任

第48回理事会(2000年4月6日開催)において、会長は、2000年度総会における会則改正を受けて、副会長として安部征雄氏、片倉もとこ氏を選任することとした。また、会則第8条4項による会長指名理事として、川床睦夫、山口達明の2氏を選任した。

2)監事の推薦

同上理事会において監事候補者について審議し、岡田昭彦、土屋清の2氏を推薦することとした。

2000・2001年度日本沙漠学会役員(案)

会長 吉野正敏

副会長 安部征雄 片倉もとこ

監事 岡田昭彦 土屋清

理事

(総務担当) 褐田共之 真木太一

(財務担当) 山口智治 山口達明

(編集担当) 嶋田義仁 長島秀樹

(企画担当) 牛木久雄 川床睦夫 高橋悟

(学会賞担当) 都留信也

評議員

赤澤威 安部征雄 石弘之 石田紀郎

稻永忍 牛木久雄 梅棹忠夫 梅村坦

遠藤勲 片倉もとこ 勝俣誠 加藤茂

門村浩 川床睦夫 小島紀徳 後藤明

小林登史夫 小堀巖 篠田裕 嶋田義仁

白石雅美 高橋一馬 高橋悟 都留信也

遠山正瑛 遠山征雄 長島秀樹 中村徹

長濱直 褐田共之 真木太一 松本聰

村上雅博 森忠保 矢吹貞代 山口達明

山口智治 山本太平 吉野正敏 吉村作治

[委員会]

学会賞審査委員会(*1委員長 *2幹事)

都留信也*1 安部征雄 片倉もとこ 川床睦夫
小林登史夫 横田誠司*2

編集委員会(*1委員長 *2副委員長 *3書記)

嶋田義仁*1 長島秀樹*2 委員は調整中

総務・財務委員会(*1委員長)

安部征雄*1 褐田共之 山口智治 中村徹
安田裕 横田誠司

5. 2000年度事業計画案および予算案

(1)事業計画案

①会務

a. 会員

2000年4月1日現在、会員数は以下の通り。

正会員: 425名

学生会員: 57名

賛助会員: 13社(26口)

b. 会議

(a)日本沙漠学会2000年度総会、2000年5月20日、東京農業大学にて開催。

(b)評議員会(第12回)、2000年5月20日、東京農業大学にて開催。

(c)理事会 2000年4月6日(第48回)、他3回開催。

(d)編集委員会 適宜開催する。

(e)総務財務委員会 適宜開催する。

(f)学会賞審査委員会 適宜開催する。

2)刊行物

a. 日本沙漠学会誌『沙漠研究』Vol.10 No.1(1999年4月), No.2(7月), No.3(10月), No.4(12月)

b. 日本沙漠学会講演要旨集(第11集, 第11回学術大会)

3) 講演会及び研究会等の開催

a. 第 11 回学術大会:

2000 年 5 月 20 日(金)～5 月 21 日(土) 東京農業大学

総会・評議員会

研究発表会

公開シンポジウム「沙漠化地域の生産環境の再生」

b. 第 9 回秋季シンポジウム:

2000 年 11 月 場所:未定

テーマ:未定

c. 季節フォーラム :未定

d. 沙漠工学講演会 (第 13 回) 2000 年 7 月に開催予定

e. 乾燥地農学講演会(第 9 回) 2000 年 10 月に開催予定

f. 沙漠誌研究会:未定

4) 分科会の活動

a. 沙漠工学分科会

1) 幹事会 1 回, 総会 1 回, 講演会 1 回を実施する。

その他の会の開催について本部行事との関係を考慮し, 再検討する。

2) 見学会, 研究会などの新規行事の検討をおこなう。

3) 第 6 回国際沙漠技術会議に向けての研究発表の準備をすすめる。

4) その他.

b. 乾燥地農学分科会

1) 2000 年 8 月に見学会, 2000 年 10 月に第 9 回講演会を予定。

2) 分科会機関誌「 CADAL ニュース」を年 6 回, 第 42 号から 46 号まで発行。

3) 「 CADAL ニュース」よりデータベース作成予定。

4) インターネットホームページの情報更新等。

c. 沙漠誌分科会

(未定)

5) 内外の研究者・関係機関との交流および協力

a . 日本国際会議, 地理学研究連絡委員会における活動。

b . 地球環境科学関連学会協議会(仮称)における活動。

c . その他内外の講演会等への参加をはじめ, 研究者・関係機関との交流および協力を積極的に深める。

6) その他本会の目的達成のための事業

a . 必要な事業を随時開催予定

(2) 2000 年度予算案

日本沙漠学会2000年度予算
(2000年4月1日～2001年3月31日)

(単位:円)

一般会計		予算額	前年度決算額	対前年度額増減	摘要
費目					
前年度繰越金	606,860	623,621	-16,761		
収会費	3,700,000	3,333,000	367,000	正会員費, 学生会員費	
入賛助会員費	1,300,000	1,700,000	-400,000	賛助会員費(1口5万円×26口)	
の雑収入	500,000	79,230	420,770	印刷物・合本号売上, 広告料等	
部助成金	900,000	840,000	60,000	科学研究費補助金(研究成果公開促進費)	
合計	7,006,860	6,575,851	431,009		
印刷・出版費	3,200,000	3,201,420	-1,420	「沙漠研究」(「おあしづ」含む)印刷代, 編集費	
活動交付金	1,300,000	1,068,760	231,240	学術大会・シンポジウム・分科会等活動費	
通信・運搬費	720,000	729,334	-9,334	学会誌・ニュースレター発送費, その他郵送費	
会場費	20,000	0	20,000	諸会議会場借料	
会議費	40,000	45,883	-5,883	理事会・評議員会・編集委員会等	
支事務局運営費	250,000	270,800	-20,800	コピー, 電話・ファックス料金など	
出交通費	150,000	34,000	116,000	遠距離理事, 事務局の交通費等	
の人工費	500,000	523,700	-23,700	事務局賃金, 各種行事アルバイト等	
部消耗品費	80,000	87,817	-7,817	各種印刷物, ラベル用紙等	
諸雑費	10,000	7,277	2,723	振り込み手数料, その他	
(小計)	6,270,000	5,968,991	301,009		
予備費	736,860	-	736,860		
剰余金	-	606,860	-606,860		
合計	7,006,860	6,575,851	431,009		

日本沙漠学会2000年度学術大会記事

開催日：2000年5月20日(土)～21日(日)
会 場：東京農業大学世田谷キャンパス1号館

◇一般研究発表◇

1. 「半乾燥地の基盤岩分布域における水収支モデル試案」

藤田元夫(株)ミュー技研

地下水開発を計画・実施する場合に、「再生可能な地下水開発量」をどう評価するかが重要であり、浸透率は地域によって差異がある。これは気象条件や地質条件の差異を反映したものであるというよりは、解析者の解析方法や浸透率に対する主観的評価による差異を反映している側面の方が大きいものと考えられる。そこで、西アフリカ半乾燥地域の基盤岩分布域における浅層地下水の挙動に関する水収支モデルの検討し、その結果水平的水収支モデルから垂直的水収支モデルとする必要性を示した。

2. 「ニジェールの斜面ミレット栽培地における流出現象」

長野宇規¹⁾、堀野治彦¹⁾、三野徹¹⁾、清水直也²⁾

[¹⁾京都大学農学研究科、²⁾緑資源公団海外事業部]
ミレットは従来、浸透性の良い砂質の土壤が深く堆積した渓谷下部が栽培適地であるが、現在は農地の逼迫により、浸透性の低い不適地にも耕作が広がっている。このニジェール地域では地表面に形成されるクラストが浸入阻害や表面流出生起の大きな原因となっている。そこで流出プロットを用いた試験により、斜面地の流出現象の把握と保全策の有効性の評価を行った。また、シロアリがクラストを破壊し、浸透を促進させる効果があることを明らかにした。

3. 「中国新疆三工河流域における水文学特性(第一報)」

李新¹⁾、唐常源²⁾、新藤静夫²⁾ [¹⁾中国科学院新疆生態・地理研究所、²⁾千葉大学]

乾燥地域における水循環は学問の問題だけでなく、地域の経済発展に大きくかかわっている。そこで、乾燥地域における水循環研究の一環として筆者らは、1997年から中国科学院阜康荒漠生態系観測実験地を中心とする三工河流域で定期的に、土地利用、水質、水利用など現地調査を行った。その結果、流域の降雨量は標高につれて

増大し、また研究地域における河川水の殆どが使用され、地下水の揚水量が年々増大していることを明らかにした。

4. 「Utilization of Water Resources and its Effects of Desertification around Tarim River Basin in Xinjiang, China」

李新¹⁾、唐常源²⁾、新藤静夫²⁾ [¹⁾中国科学院新疆生態・地理研究所、²⁾千葉大学]

Desertification has become a serious disaster in the world. In Xinjiang, China, desertification developed quickly in last 50 years; for instance, Taklimakan Desert has expanded for 170 km² per year, and it has been mainly caused by human activities. Many scientists studied the course of desertification, the main opinion is that desertification was caused by over land use and lack of water. More than 100 of Japanese scientists joined the research related to desertification in Xinjiang in the last 20 years, and about 20% of cooperative research projects is in hydrology.

5. 「イラク、アイン・シャーイア遺跡におけるカナートシステムと地下水質の問題点」

藤井秀夫(国士館大学)

ナジャフから西約22kmの崖地形地域の扇状地にアイン・シャイアと白噴泉孔と石蓋被われたカナートからの取水孔を発見した。また、後背の崖地形の稜線に母井の掘削口を発見し、このカナート及びアイン・シャイアの水質について同位体水文学の手法によって調査したところ、現地降水やその水を集めて流れるフディの浸透水でもなく、ユーフラテスからの水でもないことを立証した。

6. 「ゴビの沙漠化対策」

遠山征雄(鳥取大学乾燥地研究センター)

大寒波により家畜の大量死が生じているのもゴビ地域が中心となっている。大量死の原因が大寒波であるように報じられているが、その大量死の主因は前年(1999)の干ばつによる家畜の飼料となる草の生育不足によるものであると述べている。1999年はゴビ地帯、特に東部は極めて雨が少なく、一方、北部のウランバートル等は比較的雨に恵まれていた。そのため、ゴビ地帯の家畜は牧草が少なく、お腹をすかせ、栄養不足から体力が落ちていた状態での

寒波で大量死が生じた。この大量死の原因を1999年の干魃による栄養不足であるとし、モンゴル国での沙漠化対策の重要性を述べた。

7. 「ジブティ共和国におけるオアシス農業について」

岩本晋一¹⁾, 渡邊文雄²⁾, 高橋新平²⁾, 高橋 悟²⁾

[¹⁾東京農業大学・院, ²⁾東京農業大学]

ジブティ共和国では地下水を水源としたオアシス農業がある。しかし近年、この農業形体もワジ周辺への人口集中などにより地下水の涸渇、水質の悪化と言う問題が発生している。オアシス農業の現地の状況を調べたところ、水路による送水中の灌漑水の損失が土水路では 68.9 % であり、これに対しソイルセメント水路では 24.4 % と土水路に比較して小さくなつた。本研究ではこの実験結果と現地の状況をふまえて灌漑水の効率的な水利用について検討した。

8. 「多重効用型塩水淡水化システムの開発研究」

河合良典, 山口智治, 金井源太(筑波大学)

太陽熱を直接利用した塩水淡水化の場合、代表的な方法である水盤型蒸留法は最も構造的に簡略なものである。しかし熱効率が低く、化石燃料資源を利用した淡水化法に比べ造水性能は低く、装置の設置面積を広く取らなければならない。そこで小面積にて、多くの真水を高効率的に得るために、太陽熱直接利用の多重効用型蒸留法を用いたシステムについて理論的実験的検討を行なつた。その結果、多重効用型の造水能力は、水盤型ソーラースチルの造水性能の約 7 倍となることを示した。

9. 「ソーラースチルの熱収支解析と環境条件の集水量への影響」

金井源太, 山口智治, 横田 誠, 河合良典(筑波大学)

水盤型ソーラースチル(太陽熱蒸留器, solar still)の熱収支解析に基づく集水量予測計算方法を用いて日射、外気温等の環境条件、また水盤水深等の装置設計要素などが集水量へ与える影響の評価をおこなつた。また、その結果からソーラースチルの性能改善の可能性について検討し、集水量に与える影響として熱変換効率、水盤水深、底面からの熱損失であることを示した。さらに、性能改善については熱伝導率が低い素材、水盤水深の浅化、底面等蒸留に関係ない部分の断熱に留意する必要があることを示した。

10. 「黄土標準試料(CJ-1)及び風送ダスト標準試料(CJ-2)の地球化学特性」

矢吹貞代¹⁾, 金山晋司²⁾, 本多将俊¹⁾, 叶 王³⁾ [¹⁾理研, ²⁾山形大学, ³⁾中国科学院新疆生態地理研究所]

人為起源のエアロゾルについては、定量的な研究が進められているが、大気中エアロゾルの 60 % を占めると言われている鉱物質エアロゾルについての研究は系統的な研究が進んでおらず、定量的な議論を行うため自然起源の風送ダストの実験的把握が急務とされている。中国黄土標準試料(CJ-1)および風送ダスト標準試料(CJ-2)を使用し、本試料の Sr, Nd 同位体組成、希土類元素組成の定量、鉱物組成の同定を試み、中国各地の黄土の化学特性と比較検討した。

11. 「乾燥地土壤の風食過程における飛砂量と粒径組成との相互関連性」

三原真智人¹⁾, 雁畑真幸²⁾, 渡邊文雄¹⁾ [¹⁾東京農業大学, ²⁾東京農業大学・院]

本研究では、乾燥地土壤を用いて風食過程における飛砂量と粒径組成との関係を調べた。さらに、粒径組成の変化に伴う飛砂量をシミュレーションして、風食の抑制に有効な粒径組成について検討した。細砂、粗砂は各々風速 5m/s, 7m/s で飛砂したが、礫は最大風速 12m/s に至るまで飛砂しなかつた。また風食過程において各粒径の土壤粒子が独立して飛砂する場合のシミュレーションを行なった結果、粗砂割合の増加により飛砂量は減少したが、2.1 % の礫の有無の影響は殆ど見られなかつた。

12. 「イナワラ草方格による減風特性について」

真木太一, 伊藤代次郎, 中山美歩, 新山奈央子, 中野貴文(愛媛大学農学部)

草方格は経験的な効果によって普及したもので、技術化が先行し、風速、気温、地温、風食などの影響などについてはほとんどデータがない。そこで、本研究では、高さ 15cm の 1 × 1m のイナワラ草方格を作成して、その効果調査を行なつた。その結果、1 月の試験結果から風速の水平分布の変化パターンは 7 列目まで類似した変化を示していることが明らかになつた。また、2 月の試験結果からも同様に最低風速の減少の加算および風速回復の減少が認められた。

13. 「抗力形風車(サボニウス型)を縦横集合した装置の、防風効果」

下田 坦

風車は、風のエネルギーを利用する装置であり、その風車の後側の風速は弱まる。そこでこの風車による防風効果というものを考えた。小型風車を集合させ用いること

により大量生産によるコストの切り下げと、風車の設置場所への運搬の利便性、メンテナンスが容易であること等が主な理由である。本研究では各種小型風車を集合させて用い、その構造と性質から防風効果について検討した。

14. 「乾燥地トルファンのタマリスク防風林が微気候と葉温に及ぼす影響」

真木太一¹⁾, 杜 明遠²⁾ [¹⁾愛媛大学農学部, ²⁾農業環境技術研究所気象管理科]

中国では沙漠が開発される一方、人為的な過放牧、過伐採などの直接的原因および地球温暖化の間接的原因などにも影響されて、沙漠化が加速する傾向がある。ここでは、防風林による微気象改良効果を解明するとともに、特に乾燥と高・低温の厳しい気象環境のもとでも植物が生存できる生理・生態的原理の重要な指標であり、かつ光合成や蒸散機能と密接に関連する植物葉温に焦点を当てて、防風林による葉温の変化特性を紹介した。

15. 「防風施設による蒸発散量抑制効果」

杜 明遠¹⁾, 真木太一²⁾ [¹⁾農業環境技術研究所気象管理科, ²⁾愛媛大学農学部]

防風施設を用いると、風速が弱くなるとともに温湿度も蒸発散量も変化する。これらについて最近数年間、圃場で観測を行い、風洞を用いて防風ネットによる蒸発量変化の試験を試みた。本報告では蒸発散量計算のバルク法によって、蒸発散量の抑制効果について検討した。その結果、防風施設は増湿効果があり、蒸発散量の抑制効果、表面温度の昇温効果が蒸発散の促進効果があることを示した。しかし殆どの場合は、防風施設の風速、温度、湿度への影響の総合効果であり、蒸発散量の抑制効果が大きいことがわかった。

16. 「植生と気候を考慮して作成された土壤劣化指数」

蒲生 稔¹⁾, 篠田雅人²⁾, 菅野達彦²⁾ [¹⁾資源環境研, ²⁾東京都立大]

乾燥地域は今まで降水量や各種の乾燥指数で分類されてきたが、気候と植生との関係はあまり明確ではなく、衛星画像からも関連性がはっきりと表現されていない。従来、乾燥指数は降水量/可能蒸発散量(PEP)で表されてきたが、特に、乾燥地域において PEP を求めるることは非常に困難であった。そこで、気温データだけにより Thornthwaite 式から PEP を求め、Penman 式との比較から得られた交換式により、Penman 式に換算して乾燥指数を求めた。さらに、乾燥指数と植生指数の 2 次元面の乾燥域で 1 次回帰式を求め、土壤劣化地域を推定した。

そして、その結果から緯度の違いによって変化に違いが認められることを示した。

17. 「乾燥地・半乾燥地における排水の処理と再利用」

尾崎益雄¹⁾, 梅津 剛¹⁾, 田中恒夫¹⁾, A.R. Williams²⁾, M.L. Jones³⁾, John Law⁴⁾ [¹⁾前橋工科大学, ²⁾CMAE, ³⁾Curtin University, ⁴⁾M.R.S. pty Ltd]

河川のない乾燥地・半乾燥地において水の最終地点は土壤浸透や蒸発の経路をたどっている。本研究は最終処分法を検討するために、西オーストラリア州クールガーディ地区において、排水処理と処理水の再利用を考慮した実験プラントを用いて BOD, COD, NH₄-N の変化について検討したものである。その結果、COD, NH₄-N はばらつきが大きいにもかかわらず、COD 除去率は 70 % で NH₄-N の残留が少ないことが明らかになった。さらに、生物膜の増殖が極めて遅く、原生動物の多様性が見られず、顕微鏡観察可能な生物の種が少ないと明らかになった。

18. 「テント以前の遊牧民: カア・アブ・トレイハ西遺跡の発掘調査から」

藤井純夫(金沢大学)

「遊牧民=テント」の図式は必ずしも当初から成立していたとは限らず、どのような住居を営み、テントはどのような経過をたどっていたか、確かめられていない。そこで、本研究ではカア・アブ・トレイハ西遺跡発掘調査から、図式にいたるまでの経過をたどって調査した。その結果、ヨルダン南部における初期遊牧民の住居には、1) 後期新石器時代に特殊な簡易住居の跡があり、当時テントは存在してなかった。2) 前期青銅器時代には楕円～円形プランの石積み住居が存在していたが、テントと断言できるまで至らないことを明らかにした。

19. 「中国内蒙 Keerqin 沙地の牧畜村における牧農業振興と貧困克服」

川鍋祐夫¹⁾, 押田敏雄²⁾, 南 寅鎧³⁾, 冠 振武³⁾, 蒋徳明³⁾, 高田-及川直子²⁾ [¹⁾中国内蒙沙丘・草原綠化研究会, ²⁾麻布大学, ³⁾中国科学院沈陽応用生態研究所]

中国内蒙カルチン沙地は、年降水量 300 ~ 350mm, 半乾燥冷温帯気候に属し、牧畜を中心とした中国で最貧地帯とされる地域である。その地域を対象に啓蒙活動の一環として、1993 年からモデル牧家の技術指導を行った。具体的には、牧柵で草地を囲んだり、灌漑用井戸を掘りトウモロコシ、大豆を栽培したり、草地を防風林で囲む等の

対策を行った。報告は、牧家の暮らしの変化や差が浮き彫りとなるなど、指導協力・支援のあり方についてまとめている。

20. 「現代モンゴル族の経済生活—中国内モンゴル西部・中部の事例から—」

児玉香菜子(静岡大学)

中国内モンゴルでは、土地私有権の個人化による定住化が進み、急激な経済改革と著しい社会変動が起きている。これらによって、伝統的遊牧生活に大きな変容を遂げ、環境悪化を引き起こしている。その現状下でモンゴル族の市場経済について、1997年モンゴル西部、1999年モンゴル中部を対象としたフィールドワーク調査を行った。その結果、牧民にとっての家畜は現金、ジープ、小型トラックなどに変わる源泉であるなど、家畜売買が市場経済と連動していることがわかった。

21. 「サヘル地域における植林活動の一考察—NGOによる砂漠化対策の事例から—」

石山 俊(名古屋大学文学研究科)

砂漠緑化活動において、地域住民の関わりは非常に重要である。特に住民の生活向上が大きな課題である地域では、「支援する側」と「支援される側」の両方の意見を反映しなければならない。また植林活動においては結果ができるまで時間を要するため、住民参加の活動の継続性やその他の要望にも活動を展開することが今後重要になってくる。そこで、本研究ではその点に焦点をあて、サヘル地域の住民育苗場での樹種の評価について検討している。

22. 「CORONA衛星写真からみたトルファン盆地におけるカレーズと遺跡」

相馬秀廣¹⁾、松田真一²⁾、渡辺三津子³⁾ [¹⁾奈良女子大学、²⁾奈良県立橿原考古学研究所、³⁾奈良女子大学・院]

トルファン盆地におけるカレーズの起源を明らかにするため CORONA衛星写真から遺跡の位置、現在のオアシス及びカレーズの分布について LANDSAT TM や現地調査を交えて検討した。遺跡分布とカレーズ分布の関係は、トルファン盆地では唐代以前の遺跡は河川灌漑に依存し、早くても 15 世紀以降であった可能性が高いことが示唆された。

23. 「衛星データによる乾燥地の植生バイオマスの評価」

石山 隆¹⁾、田中壯一郎²⁾、藤川真治²⁾、内田清孝²⁾,

加藤雅胤³⁾ [¹⁾千葉大学、²⁾同和工営、³⁾ERSDAC]

乾燥地の環境変動をみるために植生環境を正確に把握しなければならない。一般によく使用される正規化植生指数(NDVI)は密度の小さい地域では土壤からの放射を受けやすいため誤差が大きく生じやすく、その欠点を補完した植生指数アルゴリズム(OPVI)が開発された。そこで、本研究は衛星データからバイオマスを推定する過程で、草地の分光反射率データから得られた植生指数と植生被覆率、バイオマス、LAI 等の物理量との相関を求め、植生の物理量を検討した。その結果、ドライバイオマス、LAI は高い相関が見られ、植生被覆率はやや劣ることがわかった。

24. 「中国ホルチン沙地のボプラ植林地における植林後の年数と土壤特性の関係」

白戸康人¹⁾、谷山一郎¹⁾、張 銅会²⁾、趙 哈林²⁾ [¹⁾農業環境技術研究所、²⁾中国科学院・蘭州沙漠研究所]

中国内モンゴル自治区ホルチン沙地では、冬から夏にかけて北西から気節風が吹くため、流動砂丘地が形成され、風食による砂漠化が深刻な問題となっている。そこで、風食対策の一つでもあるボプラの植林が土壤特性に及ぼす影響を年数の異なる植林地において調査解析を行った。その結果、植林後、植林なし < 3 年 < 9 年 < 20 年であり、10 年未満はよほど差が見られなかつたが、10 年以下と 20 年とでは大きな差がみられ、飛散抑制、有効水分量、有機炭素量が増加し、土壤の肥沃度が年数と共に向上していることが明らかになった。

25. 「冷涼乾燥地域の多目的樹種、沙棘の生態地理学的特性及びバイオマス利用」

趙 十一¹⁾、一戸良行²⁾、都留信也³⁾ [¹⁾日本沙棘研究所、²⁾日本大学理工学部、³⁾日本大学生物資源科学部]

沙棘は年平均温度が 4.7 °C ~ 15.6 °C、年降水量が 250mm ~ 800mm の範囲内で生長することができ、特に地温最低温度が -50 °C、最高温度が 60 °C に耐えることのできる環境適応能力の優れている植物である。また、各種土壤への適応性も大きい。この沙棘を水土流失問題や砂岩土地の改良、また土壤改良特性からみた改善効果を検討した。その結果、地表流出の減少や微生物のバイオマス、全窒素含量の増加がみられた。

26. 「天然腐植資材による塩類集積土壤の理化学性改良」

山田パリーダ、大沢則寿、滝口泰之、西崎 泰、山口

達明(千葉工業大学)

沙漠化の一因である塩類集積問題を解決するために、腐食酸が多く含まれている草炭及び風化炭を用いた土壤改良を行っている。そこで、天然腐植資材の草炭と風化炭を用いて、植生実験及び基礎的実験を行い、塩類集積土壤に対する各改良資材の土壤理化特性に及ぼす影響について検討を行った。腐植資材には土壤に与える土壤密度の低下により、透水性を改善させ、またフミン酸によって塩類を容脱させる効果があった。

27. 「草炭利用による沙漠土壤の改良 その 1 —物理性に及ぼす影響(ポット・テスト)ー」

新島靖雄¹⁾, 川上 敏¹⁾, 黄 二中²⁾, 王 周京²⁾ [¹⁾草炭研究会, ²⁾中国科学院生態与地理研究所]

中国・新疆の沙漠地において、カナダ産ミズゴケ草炭と新疆・石河子産草炭を用いて、混合割合をえた土壤を使用して、ポット栽培試験を行った。栽培前後の三相分布、容積量、土壤表面硬度、pH の変化について比較測定し、物理性の変化から草炭の施用が沙漠の土壤改良に与える影響について検討した。その結果、混合することで固相率が減少し孔隙率が増大して圃場容水量も増加し、容積重や土壤表面硬度、pH なども低下することが示され、草炭投入が沙漠土壤の改良に有用であることが明らかになった。

28. 「草炭利用による沙漠土壤の改良 その 2 —物理性に及ぼす影響(フィールド・テスト)ー」

新島靖雄¹⁾, 川上 敏¹⁾, 石川八年¹⁾, 唐 立松²⁾, 王 周京²⁾ [¹⁾草炭研究会, ²⁾中国科学院・生態与地理研究所]

中国・新疆クルバントンギュト沙漠南縁で、カナダ産草炭と石河子炭を用いて、その 1 と同様な実験をフィールドで行った。その結果、三相分布、容積重、pH、土壤表面硬度ともポット栽培試験と同様な結果が得られ、また、乾燥時表面のクラストの形成阻害効果があることがわかり、総合的に沙漠土壤の物理性の改善や植物の生育には有用であることが示された。

29. 「草炭利用による沙漠土壤の改良 その 3 —強アルカリ性土壤に施用した尿素からのアンモニア揮散ー」

川上 敏¹⁾, 王 周京²⁾, 太田保夫³⁾ [¹⁾草炭研究会, ²⁾中国科学院生態与地理研究所, ³⁾東京農業大学]

中国では尿素が窒素肥料として多用されており、そのため、アルカリ性の高い土壤中ではその分解された NH₃ が大気中に揮散し易いことが指摘されている。そこで、沙

漠土壤とカナダ産、石河子産草炭を用いて、NH₃ 挥散量と尿素窒素の土壤中における挙動を草炭の有無で比較し、NH₃ の大気中への揮散抑制効果について検討した。その結果、草炭を混合させることで窒素のアンモニア化揮散を抑制し、草炭がない場合に比べ、揮散量は約半分に減少した。また、草炭の違いによって抑制された N は異なる影響を示すことを明らかにした。

30. 「Dehydration法による集積塩類の効率的除去に関する研究」

桑島健也, 安部征雄, 仲谷知世(筑波大学)

塩類集積の除去には Leaching 法が盛んに行われてきた。しかし、低濃度でも比較的多量の用水を必要とするため、水の乏しい地域においては非常に厳しい方法である。そこで、乾燥地域の強力な蒸発力と水資源の特徴を考慮した除塩法 Dehydration 法について除塩用水の灌水法について検討した。一定条件下において、灌水回数及び灌水量を変化させて塩の捕集率、捕集効率が最大となる灌水回数及び灌水量を求めた。

31. 「土壤の透水性が蒸発促進材の吸水能力に与える影響」

内藤大嗣¹⁾, 安部征雄¹⁾, 小川哲夫²⁾ [¹⁾筑波大学, ²⁾(株)カネコ]

乾燥地でのウォーターロギングや塩類集積の問題に対し、乾燥地の強い蒸散力と蒸発促進材を使用することで、過剰水と塩水の両方を処理する蒸発排水法について検討した。今回は土壤の透水性が変化した時の蒸発促進材の吸水能力について報告し、その結果吸水能力については、土壤の水平方向における透水性が低下することによって蒸発促進材の吸水範囲を縮小させることができた。

32. 「階段的淘汰圧選抜法による環境ストレス耐性植物の作出について—砂漠緑化への適用の可能性ー」

三木 優, 佐伯由美, Wanna Mangkita, 久島 繁(筑波大学)

緑化と農耕が難しい土地で食料・飼料生産を可能とする方策の 1 つに、環境ストレス耐性形質を持つ植物の利用が挙げられる。こうした植物を得る方法として段階的塩淘汰圧選抜に注目し、イネについて検討を行なった。その結果、塩害環境下でも実用的な栽培が可能と示された。

33. 「灌水前後におけるアカシアの樹液流量の変化について」

久保田光政, 植本正明, 角張嘉孝(静岡大学)

本研究では乾燥地に自生するアカシアに人工的に灌水を行い、土壤の透水性の変化を観察すると共に、土壤水分増加にともなって変化する樹液流量を測定し、水消費機構を調べた。実験結果からアカシアは渴水に強く、土壤水分の変化に素早く対応し、滞水個所と林分密度が一致すると考えられた。また、水の浸透には根系の存在が重要であることが類推された。

34. 「灌水前後におけるアカシアの水ストレスと光合成速度の変化について」

橋本正明、角張嘉孝、久保田光政(静岡大学)

本研究では、乾燥地において、水不足の状態から降雨や灌水によって水ストレスが解消された状態を実験的に再現し、葉の水ボテンシャルと光合成速度の変化を測定した。その結果、灌水による光合成交量の増加が見られた。さらに環境制御下において灌水によって光合成速度の増加が見られ、このときの葉の水ボテンシャルは $-9.2 \text{ Mps} \sim -1.7 \text{ Mps}$ であることが示された。

35. 「西オーストラリアレオノラ地区におけるユーカリ・アカシア林の物質生産—植物生態・生理学的アプローチから一」

角張嘉孝、佐藤紘子、山下秀康、久保田光政、橋本正明(静岡大学)

ユーカリ林およびアカシア林を対象に、光合成・蒸散、クロロフィル蛍光反応、葉の水ボテンシャル、樹液流などの生態・生理学的情報などを定期的に計測し、微気象要素との関係を示した。その結果、葉と枯れ枝を含めた地上部現存量はユーカリ林で 34.9 t/ha 、アカシア林で約 9.5 t/ha であることなどが明らかになった。

36. 「西オーストラリアのレオノラ地区における樹液流量の季節変化—アカシアとユーカリを中心にして—」

久保田光政、橋本正明、角張嘉孝(静岡大学)

乾燥地緑化を行なう上で、樹種選択は重要であるが一様に乾燥地樹種といつても水利用特性が異なり生育場所も違ってくる。そこでアカシア(ほぼ全域に生育)とユーカリ(クリーク沿いなどの特定地に生育)の主要 2 樹種について年間を通じた樹液流量を連続的に測定することで、蒸散量である利用量の特性の把握を試みた。

37. 「西オーストラリアレオノラにおけるユーカリとアカシアの光合成特性」

橋本正明、角張嘉孝、久保田光政(静岡大学)

乾燥地緑化を成功させるためには、乾燥地に現存する

植生の生理的特性を把握する必要がある。そこで、主要樹種であるアカシアとユーカリの光合成特性について断続的に一年を通じて観測を行った。

その結果、ユーカリでは水ストレスによる光合成速度の低下ははつきりと確認できなかったが、アカシアにおいては大きいことが明らかになった。

◇ポスター発表◇

1. 「塩類集積土壤における塩の動きに及ぼす草炭の影響 その 1—浸透水による脱塩—」

川上 敏¹、新島靖雄¹、鐘 順清²、王 周瓊² [¹草炭研究会、²中国科学院生態与地理研究所]

中国新疆の沙漠地では、土壤の塩類集積のため植物が育ちにくい地域が多い。そこで、土壤改良材として草炭を投入することで塩類を除去する方法が試みられている。本報告では、草炭の除塩効果を確認するために、脱塩時の草炭の影響を小型実験装置とフィールド試験で調べた。室内試験の小型実験装置では 90 %以上除去することが可能なことが示された。また、フィールド実験からは土壤と土の接触から 56 %以下に留まることが明らかになった。

2. 「塩類集積土壤における塩の動きに及ぼす草炭の影響 その 2—毛管上昇による塩類集積—」

川上 敏¹、新島靖雄¹、鐘 順清²、王 周瓊² [¹草炭研究会、²中国科学院生態与地理研究所]

浸透水により一旦地下へ移動した塩類は、地表で水分が蒸発するとともに毛管上昇で再び地表近くに再集積する。本報告は塩類集積に及ぼす草炭の影響について小型実験装置とフィールド試験で検討した。その結果、蒸発に伴い塩類は急速に表層に集積するが、集積濃度に限界があることが確認された。また、フィールド実験では水洗いによって塩類は比較的長期間土壤下層に封じ込められることが示唆された。

3. 「ジブティ共和国南部地域の土壤の物理・化学特性」

吉田 敬¹、渡邊文雄²、福永健司²、Tabarek, M. I.³、高橋 悟² [¹東京農業大学・院、²東京農業大学、³ジブティ国農業省]

ジブティ共和国の沙漠土壤の生成過程を明らかにすることと、同国の乾燥地土壤の特性を明らかにするため、同国南部地域 52 個所から採取した土壤について基礎的な物理性と化学性の試験を行った。その結果、この地域の土壤は、有機物を含まず、土粒子密度も高いことから一般的の沙漠土壤と同じような風化の進んでいない未熟土壤であることが示された。

4. 「ダブルサック緑化工法における土壤改良材の投入位置の検討—灌水後の保水性について—」

古村哲史¹⁾, 渡邊文雄²⁾, 高橋 悟²⁾ [¹⁾東京農業大学・院, ²⁾東京農業大学]

東京農大で開発されたダブルサック工法における草炭投入位置について検討したものである。本報告では、とくに草炭の投入位置と灌水後の土壤の保水性について、土壤面蒸発量と土壤水分分布から室内コラム実験により検討した。その結果、草炭の投入位置を中部にした場合に最も蒸散量が小さくなり、灌漑水の有効利用の観点から、最適であるということがわかった。

5. 「ダブルサック緑化工法における土壤改良材の投入位置の検討—毛管給水条件下での保水性と塩の移動—」

小嶋亜希子¹⁾, 渡邊文雄²⁾, 高橋 悟²⁾ [¹⁾筑波大学・院, ²⁾東京農業大学]

前述の報告と同様に、ダブルサック工法における草炭の投入位置について検討した。とくに、草炭の投入位置と塩類集積との関係を明らかにするために、塩水をカラム底から毛管給水条件下で給水することにより実験を行った。その結果、保水性や塩の集積状況から、草炭は全体に投入するのではなく各部ごとに、特に中部に投入することが保水性の面から結論づけられた。しかし、草炭の投入位置の違いが塩の集積状況に及ぼす影響はあまり認められなかつた。

6. 「ジブティ共和国におけるアグロフォレストリーの可能性について」

富沢彰之¹⁾, 渡邊文雄²⁾, 菅原 泉²⁾, 高橋久光²⁾, 高橋 悟²⁾ [¹⁾東京農業大学・院, ²⁾東京農業大学]

低緯度の乾燥地に位置するジブティ共和国は、年間を通して少雨・高温・低湿な気象条件であり、農業開発の際には緑化による微気象改善などが必要である。そこで、本研究ではアグロフォレストリーによる夏季における農業の可能性について、微気象要素である気温、湿度、地温、日射量などから検討した。その結果、植樹によって気温や地温の緩和が認められ、環境改善の効果が認められ、同国におけるアグロフォレストリーの可能性が示された。

◇公開シンポジウム「沙漠化地域の生産環境の再生」

「砂漠砂の多様性」

諏訪兼位(日本福祉大学)

砂漠を構成する砂漠砂は千差万別である。砂漠砂の多様性は何を物語っているのであろうか。演者はこれまでに、リビア砂漠、カラハリ砂漠、オーストラリア砂漠、タクラマカン砂漠、および敦煌の砂漠砂の調査を行った。

砂漠の岩石は、長い年月、風とわずかな雨にさらされて砕け、可溶成分は溶け出して、鉱物は分解し、最後は石英粒だけが生き残る。石英粒は摩耗し、ラグビー球のような美しい回転楕円体となる。

リビア砂漠やオーストラリア砂漠の砂は、石英粒と珪質岩砂の総計の量比が極めて高い。これは運搬作用の過程で、石英粒と珪質岩砂以外の鉱物粒や岩石砂が著しく消滅したことを物語っている。すなわちリビア砂漠やオーストラリア砂漠の砂は、成熟した砂漠砂であるといえよう。これに反し、タ克拉マカン砂漠の砂は、種類に富み(岩石砂が5種類、鉱物砂が18種類)、未成熟の砂漠砂であるといえよう。

敦煌の砂漠砂は、岩石砂が全体の96.6%を占め、鉱物砂はわずか3.6%にすぎない。この点で、他の砂漠砂と対的である。

「サヘル地域における砂漠化防止活動」

高橋一馬(緑のサヘル)

緑のサヘルは、アフリカ・チャド共和国における活動を1992年より開始し、チャド政府機関や国連機関、欧米や現地NGO等との協議と活動候補地の現地踏査、住民との話し合いを積み重ね、現状の把握に努めた。

プロジェクトは①現存する緑の減少を防ぐ、②積極的に緑を増やす、③生活改善と食料生産性の向上を目標に、改良カマド普及、植林活動の活性化、野菜、稻作奨励、井戸掘削、農民組合の支援等を実施している。

農業や牧畜も一体化したアグロフォレストリー、環境保全ばかりでなく地域開発にも期待の持てるアラビヤ・ゴム地域公共施設や場所への緑化に向けた小学校、市場、街路樹などへの植樹、果樹や有用樹を取り入れたホームガーデン、村内空間の緑化等の植林活動を促進する目的で、育苗実務や環境保全にかかるセミナーや講演会の開催や中央育苗所の設置・運営に重点を置いて活動している。

中央育苗所での集中育苗と近隣周辺村への苗の配布は初めは順調に推移した。しかし、地域住民自身の手による種子からの育苗と植栽後の家畜の食害や野火による

延焼防止等一貫した樹木の育成および管理を促すために、農民組合が村内共有地あるいは各メンバーの目的や用途に応じた樹種の選定や育成本数等を決定し、管理運営を行うことを奨励した。

「水環境に対する植物の反応について」

石原 邦(東京農業大学)

植物は、生体重の 70 ~ 80 % は水である。水は代謝における溶媒、反応物質として、また代謝が行われる細胞、細胞器官を正常な状態に保つために欠くことのできない物質である。

植物の葉の含水量は通常は面積 100cm^2 当たり 1.0 ~ 1.2g であるが、植物は晴天の日の日中 1 時間当たり 100cm^2 当たり 4 ~ 5g の水を蒸散している。このように大量の水が植物体内を通過しているが、代謝に使われる水はごくわずかである。植物の最も重要な生理過程の光合成を例にとると、1 時間あたり葉面積 100cm^2 で 44mg の二酸化炭素を固定するのに使われる水は 18mg である。このように C_3 植物の最大値に近い光合成を行っているときでも、1 時間で代謝される水は葉の含水量の 60 ~ 70 分の 1 で、葉を通過する水の 300 分の 1 に過ぎない。

このように植物では代謝に使われる水は含水量などと比較して非常にわずかであるので、乾燥によって植物が水不足を起こしても、その影響は代謝物質として水が不足するのではなく、代謝が行われる体内環境を通じて表れる。したがって、水不足によって生じる体内的生理的変化は生態学的に検討される場合が多く、水分生理、水分代謝、という言葉が使われることは少なく、植物の水関係 (Plant Water Relation) が用いられる。

水環境に対する植物の反応を基礎に、沙漠の緑化の際に考慮すべき点について考察を試みた。

「ジブティ共和国における沙漠緑化」

高橋 悟(東京農業大学)

東京農業大学では 1991 年以来今日まで 10 年間東アフリカ、ジブティ共和国で沙漠緑化研究活動を実施している。この研究活動の目的は沙漠或いは沙漠化した土地の自然環境の改善、それを基に食料生産の足がかりを作ること、即ち「森林と農業の共存を図るための技術体系」を確立することである。東京農業大学の緑化の進め方は、①現地の自然を否定的に見ないで、現地の自然状況を引き出して利用する。②地域にある材料で低コストの材料を利用して改善する。③現地の人、農家の人もやれる緑化、農業を考えながら、緑化、農業に雨を積極的に利用する。以上のことを頭において緑化を進めてきている。具体的な緑化の実践活動として、山岳部の岩石沙漠地域においては山岳ウォーターハーベスティング、土沙漠においては平地ウォーターハーベスティング、ストーンマルチ工法、ダブルサック工法、砂沙漠においてはストーンマルチ工法、ダブルサック工法などの併用により行われていると報告があった。

今日、地球上には色々な環境問題が生じている。たとえば、地球の温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨の問題、熱帯雨林の減少および砂漠化の拡大などである。これらのこととは、人類生存のための深刻な課題として捉えることができる。本日は『沙漠化地域の生産環境の再生』と題し、諫訪先生に『砂漠砂の多様性』、高橋一馬先生に『サヘル地域における砂漠防止活動』、石原先生に『水環境に関する植物の反応について』、最後に高橋悟先生より『ジブティ共和国における沙漠緑化』について話題を提供して頂いた。

今回のテーマは、現場の実践活動を通じて得られた成果と、植物と土、植物と水という作物生産に必要な基本的な知識について発表になった。

第 11 回のシンポジウムが、沙漠化の進行している地域や荒廃している土地における生産環境の再生の一歩になることを期待し、成功裡の内に終了することができた。

新ミレニアムの農村開発戦略

(財)国際開発センター 理事 高瀬国雄

新ミレニアムが始まつて、世界銀行や IMF, FAO などが口を揃えて「食料不足」「貧困削減」「環境保全」などを連呼している。しかし、彼らはほんとうに事柄の真実を正しく理解しているのであろうか。また、それらへの対策は「必要にして十分」といえるのであろうか。私の過去 50 年を超える日本、アジア、世界の農村開発にたずさわった経験から、それらの詳細検討の時期がすでにきていると思われてならない。以下いくつかの逆説的発想による問題提起を試みたい。

1. 世界の食料は余っている

過去 40 年間で世界の食料供給が大きく赤字になったのは、1973 年の石油ショックと、1990 年の東西冷戦終結時の 2 回、いずれも「政治」的事件が原因であった。その他の年はすべて欧米先進国の食料生産は過剰で、アフリカや南アジアの途上国で飢餓に直面していたのは、その配分がうまくいかなかつたことが主因である。1994 年にレスラー・ブラウンが中国の食料不足を警告したのに発憤して食料増産をやりすぎた結果、中国は 5 年連続の食料過剰に悩み、農家は豊作貧乏にあえいでいる。「食料不足」を強調することだけが能ではない。

2. 「貧困削減」だけでは貧困は解消しない

1990 年に世銀開発報告が「貧困削減」を掲げてから 10 年、貧富格差はますます開いている。1999 年の UNDP 人間開発報告では、世界最富 20% と世界最貧 20% の GDP 配分は 86%:1% に開いたという。1990 年代の 80 回をこえる地域的紛争の主因は、このような貧富格差がテレビで増幅報道され、その不公平感が高まって民族問題に火をつけたためと考えられる。その結果、環境は破壊され、敵味方の憎しみは 10 年やそこらでは修復しない実情である。「貧富格差縮小」に焦点をあてない限り、21 世紀もまた人類は同じ失敗を繰り返すことは明白である。

3. 先進諸国の環境破壊は目に余る

先進諸国と途上国の 1 人あたり消費格差は穀物 3 倍、肉 6 倍、排気ガス 8 倍、エネルギー 10 倍、木材 11 倍、車 24 倍となっている。とくに日本は、国土面積が世界の 0.3 % に対し、人口は 2.2 %、GDP は 20 % を占め、地球資源の最大消費国（19.5 億トン中 6.9 億トンを輸入）である。日本のエネルギー自給率は 18 %、木材 20 %、食料 40 %、水産 70 % の自給率しかないので、環境・女性・市民運動における日本のレベルは先進国中でも最低である。

1997 年京都会議のゼロ・エミッション目標を達成するための「環境コストの内部化」が早急に必要である。途上国に説教する前に、先進国は自らのエゴを猛省し、浪費を 10% 削減する方が、地球環境改善にはずっと効果がある。

4. 狹義の農業だけに固執するのは時代遅れ

私が ADB を定年退職した時（1986 年）、全融資における農業セクターの比率は 35 % であった。それが 1990 年代に入ると 8 % に急降下した。戦後 40 年の努力が実って、アジアの食料自給が実現した当然の結果であった。それからの ADB 融資の焦点はより広く農業のほかに、保健、医療、教育、所得を含む農村開発へと戦略転換を行つた。貧困を削減するには農業開発だけでは狭すぎるのである。その結果、農村開発を中心とする貧困削減に、いま ADB は 40% 以上の融資を行つてゐる。しかし、一つのプロジェクトを計画するのにそれぞれの専門家が 4 ~ 5 人もかかってやつてゐる。これでは何百人スタッフがいても追いつかない。これらを横断する農村開発専門家を新ミレニアムは待望している。

5. 食料、貧困、環境のトリレンマへの挑戦

この三つのキーワードは、それぞれ世間一般に使われている意味に関する限り、相互に矛盾すると考えられている。しかし、上記 4 項目に述べた新しい観点に立てば、これらは併存しうるし、またそうしないと今後の国際開発は完全に行きづまってしまうであろう。1999 年 11 月の WTO 会議（シアル）で起つた途上国や NGO の反乱を再発させないためには、先進国の「エゴ削減」こそがキメテとなる。さらにいえばアジア、アフリカ、中南米のそれぞれの自然、社会環境に応じた戦略転換が、今すぐ必要なことが分かってくる。私は米州開発銀行の要請に応じて、1999 年 10 月 29 日ワシントン本部で「アジア農村開発の経験を、いかに中南米に移転できるか」の公開講演を行つた。それに続いて本年 4 月 1 日から 14 日までの 2 週間、ドミニカ共和国の農村開発パイロット・プロジェクトに参加した。そこはドミニカ西北部の少雨、貧困地域であった。ここに乾燥地農学分科会での研究成果をどのように適用できるか、これまでの多雨地帯を主対象としてきたわれわれ日本の農村開発専門家にも、グローバル的視点を問われる時がきたことは確かである。

（2000 年 5 月 18 日 乾燥地農学分科会幹事）

学会記事

第49回理事会

日 時: 2000年6月15日(木) 15:00 ~ 17:30

場 所: 東京水産大学 海洋環境棟1階会議室

出席者: 吉野正敏(会長・議長), 安部征雄, 山口智治,
山口達明, 嶋田義仁, 長島秀樹, 牛木久雄, 都
留信也

オブザーバー: 安田 裕, 中村 徹(ともに総務・財務委員
会委員)

議 事:

[審議事項]

1. 秋季シンポジウムについて

例年11月20日前後に行っている秋季シンポジウムの会場について京都大学を第一候補とし, 吉野会長が石田先生と協議することとなった。

2. 2001年度学術大会及びシンポジウム

2001年春に開催される学術大会について, 千葉工大・山口(達)理事にお願いすることとなった。また, 秋のシンポジウムは名古屋大学を候補とした。なお, 秋のシンポジウムに関連して, DESERT TECHNOLOGY VIの会議が9月15日~20日に中国のウルムチで開かれることが紹介された。

3. 学会誌編集体制

嶋田理事から, 配布資料に基づき学会誌の新しい編集委員会の体制について説明があった。編集の流れや委員会の継続性について質疑応答があった。今後, 繼

続して検討していくこととなった。

4. 学会運営の問題と対応

安部副会長(兼 総務・財務委員長)から資料に基づき, 学会運営の問題のうち, 総務関係事項について説明があった。総務・財務担当の分離, 会則の整備, 分科会の問題等, 今後, 理事会で審議していくこととなった。

また, 山口(智)理事から, 財務関係事項について説明があった。とくに来年度から科研費がうち切られる見通しに連れて, さまざまな問題提起がなされた。今後, 理事会で審議していくこととなった。

[報告事項]

1. 2000年度学術大会

資料に基づき, 欠席の高橋理事に代わって安部副会長から2000年度の学術大会の収支決算が報告された。ほぼ例年通りの収支であったことが確認された。要旨集のみの販売をしたらどうかとの提案があった。

2. 諸報告

① 安部副会長から学術会議の第6部関連学協会長懇談会が開かれたことが報告された。今年度から学術振興会に審査が移行した科研費(学会刊行物助成)の情勢について, 意見の交換があった。

② 山口(智)理事から学会誌の合本号(1セット4万円)が印刷され, すでに9セットの申し込みがあったことが報告された。

* * * * * 会 員 異 動 * * * * *

◆新入会員

三原真智人

所 属:東京農業大学地域環境科学部

生産環境工学科

〒 156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2338

FAX 03-5477-2620

E-mail: m-mihara@nodai.ac.jp

自 宅:〒 195-0064 町田市小野路町 2987-1

TEL 042-734-1204

FAX 042-734-1204

雁畑 真幸

所 属:東京農業大学大学院農学研究科

農業工学専攻

〒 156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2338

FAX 03-5477-2620

自 宅:〒 343-0807 越谷市赤山町 4-9-1 A-915

TEL 0489-62-7487

福永健司

所 属:東京農業大学地域環境科学部

森林総合科学科

〒 156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2275

FAX 03-3420-4244

E-mail: fuku@nodai.ac.jp

自 宅:〒 305-0054 世田谷区桜丘 1-18-3-202

TEL 03-3420-1152

関山哲雄

所 属:東京農業大学地域環境科学部

生産環境工学科

〒 156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2481

FAX 03-5477-2620

E-mail: sekiyama@nodai.ac.jp

自 宅:〒 277-0885 柏市西原 5-14-26

TEL 0471-53-4072

FAX 0471-53-4072

植松 齊

所 属:東京農業大学短期大学部生物生産技術学科

〒 156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2463

自 宅:〒 410-0002 沼津市東沢田市 257

TEL 0559-21-8258

FAX 0559-21-8258

高橋新平

所 属:東京農業大学地域環境科学部造園科学科

〒 156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2424

E-mail: shinpei@nodai.ac.jp

自 宅:〒 206-0812 稲城市矢野口 3750-70

TEL 042-379-4387

FAX 042-379-4387

三津野真澄

所 属:金沢大学大学院自然科学研究科

地球環境科学専攻

〒 920-1192 金沢市角間町

自 宅:〒 923-0061 小松市国府台 2-3-6

TEL 0761-47-5023

E-mail:masumijp@po.incl.ne.jp

渡辺勝弘

所 属:大日コンサルタント環境事業部

〒 500-8384 岐阜市藪田南 3-1-21

TEL 058-271-2506

FAX 058-276-6417

自 宅:〒 502-0916 岐阜市西中島 5-9-6-405

TEL 058-233-9244

盛 弘仁

所 属:名古屋大学大学院文学研究科人文学専攻

総合人文学領域群比較人文学講座

〒 464-8601 名古屋市千種区不老町

TEL 052-789-2206

自 宅:〒 465-0097 名古屋市名東区平和が丘 3-83

河合ビル 306 号

TEL 052-781-3713

盛 恵子

所 属:名古屋大学大学院文学研究科

比較人文学講座

〒 464-8601 名古屋市千種区不老町

TEL 052-789-2206

自 宅:〒 465-0097 名古屋市名東区平和が丘 3-83

河合ビル 306 号

TEL052-781-3713

石山 俊

所 属:名古屋大学大学院文学研究科

〒 464-8601 名古屋市千種区不老町

自 宅:〒 243-0421 海老名市さつき町 1-11-203

TEL 0462-32-8796

FAX 0462-32-8796

杉山二郎

所 属:日本植生(株)技術開発課

〒 708-8652 津山市高尾 573-1

TEL 0868-28-0251

FAX 0868-28-4410

◆退会

鈴木啓史, 犬谷信一, 高橋正男, 中田禮嘉, 杉山二郎,
丸井智敬, 小森保数, 山添 清, 石本正一, 森 正次,
長崎 均, 岩手まゆみ, 小野幹雄, 結城邦之, 安藤幹夫

◆転居先不明

唐津 秀, 吉岡孝浩

日本沙漠学会誌「沙漠研究」投稿規定

(2000年7月11日改訂)

1. 日本沙漠学会誌「沙漠研究」は、沙漠ならびに乾燥・半乾燥地に関する広範な分野の研究成果を掲載し、内外の研究交流を図ることを目的とし、年4回発行(季刊)を原則とする。
2. 投稿の資格 投稿原稿の著者(連名の場合は1名以上)は日本沙漠学会の正会員でなければならない。ただし編集委員会が認めた場合はその限りではない。
3. 原稿の種類と長さ 原稿の種類と標準となる長さ(図表を含めた刷り上がりページ数: 3000字/頁)は次のとおりとする。なお標準を上回る長さの原稿の掲載が認められた場合、超過ページ分の経費は著者の負担とする。使用言語は日本語および英語とする。
 - (1) 原著論文(Original Article):著者のオリジナルな研究の成果で、他の著書、学術雑誌に未発表のもの。10ページ以内。
 - (2) 短報(Research Note):速報的・中間報告的、あるいは補遺的ではあるが、オリジナルな研究の成果で他誌に未発表なもの。4ページ以内。
 - (3) 総説・展望(Review):特定の問題について従来の研究結果・資料に基づき総合的に論じ、あるいは将来への展望を述べたもの。10ページ以内。
 - (4) 資料・報告(Material · Report):研究あるいは実用面で価値が高い事項について関連する資料をまとめたもの。6ページ以内。
 - (5) 講座(Lecture):すでに学問体系が確立された事項について客観的に取りまとめ、専門外の会員にも理解できるよう平易に記述したもの。10ページ以内。
 - (6) 書評(Book Review):すでに出版されている書籍などの内容を批判的に解説したもの。2ページ以内。
 - (7) 批評・応答(Critique and Reply):すでに掲載された本誌記事にたいする批評、ならびに著者の応答。2ページ以内。
- (8) その他:編集委員会が必要と認めたもの。
4. 原稿の書き方 別に定める執筆要領、および *Instructions to Contributors* による。
5. 原稿の採否 原稿は編集委員会で内規に従って審査を行い、採否を決定する。編集委員会は査読結果に基づき、原稿の一部変更を求めることがある。
6. 原稿の送付先
 - ①コピー1部を日本沙漠学会編集委員会宛に簡易書留で送付する。同時に、e-mailにて論文要旨、前書き、結論部を編集委員長におくる。原稿全文をe-mailにて送ることも可。
 - ②後、編集委員会の指示に従って原稿のコピー3編を編集担当者に送る。
7. 原稿の返却 受理された原稿は返却しない。ただし、図・表・写真については希望があれば返却する。
8. 校正 著者校正は初校のみとし、以降の校正是原則として編集委員会が著者の初校に従って行うが、初校ミスは著者の責任とする。著者校正是誤植によるもののみとし、新たな加除訂正あるいは図表の縮小率などの変更は認めない。
9. 別刷 原則著者負担とする。負担額は別に定める。
10. 著作権 すべて日本沙漠学会に属する。著者が一部を転載する場合には下記に連絡の上予め許可を得る。
11. 投稿料 一部著者負担とする。負担額は別に定める。

※原稿送付先:

日本沙漠学会編集委員会委員長 嶋田義仁
〒464-8601 名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院文学研究科 宛
Tel/Fax: 052-789-5697
e-mail: jsysima@lit.nagoya-u.ac.jp

◇投稿規定内規(2000年7月11日改訂, Vol. 10, No. 2より適用)

1. 投稿料金:以下に該当しない場合は無料。非会員からの投稿は1件あたり50,000円(依頼の場合無料)。
投稿規定制限頁数超過1頁あたり7,000円(依頼の場合無料), カラー1頁あたり50,000円。(以上実費。尚討議中)
2. 別刷料金:50部まで無料(表紙なし), 50部以上あるいは表紙つきを希望する場合は以下の規定による。

150部まで	800円/頁 (表紙つきの場合:総額に2000円加算)
151-300部	1000円/頁 (表紙つきの場合:総額に3000円加算)
3. 支払方法:超過料金とカラー料金は学会からの請求による。別刷は印刷会社からの請求。
経費請求に関する問い合わせ先: 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1筑波大学農林工学系 山口智治
Tel: 0298-53-6763 Fax: 0298-55-2203 e-mail: yamatomo@agbi.tsukuba.ac.jp

日本沙漠学会誌「沙漠研究」執筆要領

(2000年7月11日改訂)

1. 用紙・様式 邦文・英文原稿(英文要旨を含む)とともにA4サイズの用紙を用い、天地・左右のマージンを十分とて、ワードプロセッサにより次の要領で書くことを原則とする。

a) 邦文原稿は、1ページあたり35字×30行(1150字)のフォーマットで書く。

b) 英文原稿は、12ポイントの字体を用いて、ダブルスペースで書く。

c) 使用ソフトは特定しないが、完成した原稿は、併せてテキスト形式のファイルに変換し、フロッピーディスクに保存する。

d) フロッピーディスクは原稿が受理となった後あるいは編集委員会の求めに応じて、その表面に使用機種・ソフト等を明記して提出する。

2. 英文原稿は、本執筆要領とともに別に定める *Instructions to Contributors* の規定に従って書き、著者の責任でネイティブスピーカーなど、しかるべき人の校閲を予め受けるものとする。編集委員会が校閲を必要と判断し、校閲者を斡旋した場合には、校閲に要する経費は著者の負担とする。

3. 邦文原稿は次の順に整える。英文原稿の場合は邦文原稿に準じて整えるが、2.に相当する邦文要旨は編集委員会の了承の上で省略することができる。

(1) 表 紙: 原稿の種類、題名(書評の場合は書名等)、著者氏名(会員資格)、所属機関名および所在地、連絡先住所・電話番号・Fax番号・e-mailアドレスを書く。題名、著者氏名、所属機関名・所在地には英訳を併記する。英文原稿の場合は、それぞれに邦文を併記する。

(2) 英文要旨: 原著論文・論説、総説・展望には250語内外、短報・資料には100語内外の英文要旨を記載し、5語以内のキーワードを添える。英文要旨から図一覧表までをとおしてページを付ける。

(3) 本文

(4) 引用文献

(5) 表

(6) 図一覧: 図番号、タイトル(必要に応じて凡例、説明文を付ける)をまとめること。

(7) 図: 図番号と著者名を、鉛筆にて右下に記載する。

4. 図 表 表は別紙に書き、縦野は用いない。図は14×19cm以内にそのまま縮小印刷されることを考慮して書き、A4判サイズの用紙上にまとめる。写真も図板

いとし、図とともに一連番号を付ける。図表の挿入位置は本文原稿の右端に明示する。図表中およびタイトルで用いる言語は邦文、英文のいずれかとし、一つの論文中で統一する。原図は、原稿が受理となった後、あるいは編集委員会の求めに応じて提出する。

5. 本文

(1) 抄録・書評は次例の見出しから書き始め、文の末尾に筆者の氏名を記す。

小川 了『サヘルに暮らす—西アフリカ・フルベ民族誌—』NHKブックス 540, 日本放送出版協会, 1987, 222pp., B6判, 750円。

Rognon, Pierre: *Biographie d'un désert: Le Sahara*. L'Harmattan, Paris, 1994, 347p., A5判。

(2) 他の原稿種類については、本文形式を特に限定しないが、論旨を明確に簡潔に記載する。

(3) 脚注は使用しない。注が必要な場合には本文末尾にまとめる

(4) 単位はSI(The System International)を用い、略記・略号の使用はスタンダードなものに限る。

6. 引用文献 本文中では市川(1988), Rognon(1994), または、……である(Tucker *et al.*, 1981, 1985; Grove, 1986a, b; Lean and Warrilow, 1989; 天谷ほか, 1984; 田中・長, 1987). のように書く。成書などからページを指定して引用するときは、小堀(1972: 15-17)のように、年号の後ろにページを記載する。本文の後ろに引用文献をまとめる。邦文の文献について欧文の文献を、それぞれ著者名のアルファベット順に並べる。雑誌の場合、巻(号): ページを記載するが、通しページの場合は号は省略してもよい。そのほか詳細は下記の例および慣例に従う。

天谷孝夫・長堀金造・三野 徹(1984): 当面する物質移動の課題、「土壤の物理性」49: 3-8。

藤井秀夫(1981): イラク、ハムリン調査概要。「ラーフィダーン」2: 5-129

市川正巳(1988): 世界における沙漠化とその研究の現状、「地理学評論」61A: 89-103。

小堀 嶽(1972):『沙漠』日本放送出版協会。

小川 了(1987):『サヘルに暮らす—西アフリカ・フルベ民族誌—』NHKブックス 540, 日本放送出版協会。

田中 明・長 智男(1987): 土壤の保水性及び透水性と作物根への水分供給力。「九大農学芸誌」41-1/2: 63-70。

- FAO (1993): *Year Book – Production 1992*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Clarke, W.C. (1986): Themes for a research program. In Clark, W.C. and Munn, R.E. eds., *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge Univ. Press, 5-48.
- Grove, A.T. (1986a): The scale factor in relation to the processes involved in "desertification" in Europe. In Fantechi, R. and Margaris, N.S. eds., *Desertification in Europe*, D. Reidel, Dordrecht, 9-14.
- Grove, A.T. (1986b): The state of Africa in the 1980s. *Geogr. J.*, 152: 193-203.
- Lean, J. and Warrilow, D.A. (1989): Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation. *Nature*, 342: 411-413.
- Rognon, P. (1989): *Biographie d'un Désert: Le Sahara*. L'Harmattan, Paris.
- Tucker, C.J., Holben, B.N., Elgin, J.H and Mcmortrey, J.E. (1981): Remote sensing of total dry matter accumulation in winter wheat. *Remote Sensing of Environment*, 11: 171-189.
- Tucker, C.J., Townshend, J.R. and Goff, T.E. (1985): African land-cover classification using satellite data. *Science*, 227: 369-375.
- Young, J.A. and Young, C.G. (1992): *Seeds of Woody Plants in North America*. Dioscorides Press, Portland.
7. 最終原稿の提出 原稿が審査を経て受理となった後、編集委員会からの指示にしたがって最終原稿をe-mail, フロッピーディスク等で提出する。論文の最終的な調整とレイアウトは編集委員会の責任で行う。

日本沙漠学会報告・会員のページ「おあしす」投稿執筆要領

(2000年7月11日改訂)

- 「おあしす」(学会報告/会員のページ OASIS (News and Communications)) は、日本沙漠学会記事および会員からの投稿からなり、相互の情報交換を図ることを目的とする。「沙漠研究」誌刊行に併せて掲載するが、「沙漠研究」とは通しページとせず、独立のページとする。原稿は、原則、最新の「沙漠研究」と併せて発行される「おあしす」に掲載される。詳しくは編集委員会に問い合わせされたい。
- 投稿の資格 投稿原稿の著者(連名の場合は1名以上)は日本沙漠学会の正会員でなければならない。ただし編集委員会が認めた場合はその限りではない。
- 原稿の種類と長さ 「おあしす」には、形式にとらわれず様々な形で寄稿可能である。典型的な原稿の種類と標準となる長さは次のとおりとする。邦文原稿を原則とするが編集委員会で認めた場合は英文も可とする。
 表紙写真(モノクロ)と、その解説(300 ~ 1000字)。
 口絵として「沙漠研究」に掲載することもある。
 論壇(1000 ~ 2000字程度)。
 学術大会・秋季シンポジウム報告
 国際会議・シンポジウム報告
 分科会報告
 賛助会員プロファイル
 研究所紹介
 プロジェクト・研究・活動紹介
 新刊紹介

- 会員の声(200字から1ページ程度まで)
- その他(編集委員会が認めたもの)
- 4. 原稿の送付先 分類、タイトル、著者名および連絡先を明記の上、e-mailにて編集委員会に送る。
- 5. 原稿の採否 原稿は編集委員会で採否を決定する。標準的長さであれば原則として変更を求めないが、制限ページを超えた場合、あるいは編集上の都合等により短縮・加筆・修正を求めることがある。
- 6. 原稿の返却 受理された原稿は返却しない。ただし、図・表・写真について希望があれば返却する。
- 7. 校正 校正は編集委員会内で行う。
- 8. 別刷なし
- 9. 投稿料 投稿料は無料とする。

※原稿送付先:

日本沙漠学会編集委員会委員長 鳩田義仁
 〒464-8601 名古屋市千種区不老町
 名古屋大学大学院文学研究科 宛
 Tel/Fax: 052-789-5697
 e-mail: jsysima@lit.nagoya-u.ac.jp

注)広告掲載および入会についての問い合わせは下記へ。
 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 筑波大学農林工学系
 山口智治 Tel: 0298-53-6763 Fax: 55-2203
 e-mail: yamatomo@agbi.tsukuba.ac.jp

Instructions to Contributors

Journal of Arid Land Studies is a broad-based archival journal for the publication of significant research results in all areas concerning deserts, arid and semi-arid lands.

Papers will be published only when they are judged by the Editor to be characterized by some general significant conclusions or by experimental and field data having probable lasting value. It is understood that a paper submitted to this Journal has not been previously published, accepted for publication or submitted for review elsewhere.

One copies of manuscript in English should be submitted to (hold original figures and diskette until acceptance):

The Editorial Office, The Japanese Association for Arid Land Studies
c/o Prof. Y. SHIMADA
Graduate School of Literature, Nagoya University,
Furo-cho, Chigusa-ku, Nagoya, Japan 464-8601
Tel./Fax. 81-52-789-5697
e-mail: jsysima@lit.nagoya-u.ac.jp

Abstract should be sent also by e-mail to Prof. Y. Shimada.

Submitted manuscripts will not be returned whether they are published or not. Original figures, tables and photos may be returned if authors desired.

Paper Categories

- 1. Full-length Original Articles** — Formal presentation of significant and completed research projects. Enough originality is required. The length should be less than ten printed pages (about 7000 words, incl. Figs. etc.).
- 2. Research Notes** — Brief reports with originality. Supplemental or intermediate reports. Reports which require prompt publication is also submitted. The length should be less than four printed pages (about 2800 words, incl. Figs. etc.).
- 3. Material and Report** — First hand materials valuable to be quickly reported. The length should be less than six printed pages (about 6200 words, incl. Figs. etc.).

- 4. Others** — Articles which are approved by the editorial committee., for example critical review about articles published in our journals. As to the details, please contact the editorial office.

Proofs and Charges

The authors are requested to correct only first proofs carefully. Some parts of publication and reprint charges may be imposed (see the last part of this instruction).

Copyright Transfer

Upon acceptance of an article by the Journal, the copyright of the article is transferred to The Japanese Association for Arid Land Studies.

Manuscript Preparation

All manuscript should be prepared on A4 (or 8.5 by 11 in.) paper in the order. The text has to be prepared on a diskette, using Word or similarly well known word processing system, in double-spacing with 12 point or similar size typeface.

A) Title Page with the following items in this order.

- a) Category of paper.
- b) A descriptive and concise title of the paper.
- c) Authors' names, affiliation(s), and address(es): first names, middle initials, if any, and surnames followed by their affiliation(s) and address(es). The author to whom correspondence should be addressed is to be identified using superscript, * with phone and fax numbers.
- d) Five or less Key words.

B) Abstract is to be clear and concise. The length is around 250 words for full-length Original Articles 100 words for Research Notes.

C) Main Body should be prepared clearly and concisely. The precise arrangement of the text are left to the authors' discretion. (Each author may choose the format best suited to the paper.) Figures and Tables should not be included but be cited in the body. The

placement of the Tables and Figures appearing first should be clearly identified by noting their numbers in the right hand margin. Footnote may not be used. Notes should appear at the end of the body, if necessary. SI (The system Internationale) unit should be used wherever possible. Standard abbreviation may be used.

Literature is to be cited in the text as Rognon (1994), or (Tucker *et al.*, 1981, 1985; Grove, 1986 a, b; Lean and Warrilow, 1989). The words "et al." should be used for three or more authors. Lowercase letters following year may be used if necessary to identify. Cited pages from books should be identified as Young and Young (1992: 15-17).

D) Literature cited should appear at the end of each text in an alphabetical order. Give complete information as in following examples:

Grove, A.T. (1986a): The scale factor in relation to the processes involved in "desertification" in Europe. In Fantechi, R. and Margaris, N.S. eds., *Desertification in Europe*, D. Reidel, Dordrecht, 9-14.
Lean, J. and Warrilow, D.A. (1989): Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation. *Nature*, 342: 411-413.

Rognon, P. (1989): *Biographie d'un Désert: Le Sahara*. L'Harmattan, Paris.
Tucker, C.J., Holben, B.N., Elgin, J.H and Mcmortrey, J.E. (1981): Remote sensing of total drymatter accumulation in winter wheat. *Remote Sensing of Environment*, 11: 171-189.

Tucker, C.J., Townshed, J.R. and Goff, T.E. (1985): African land-cover classification using satellite data. *Science*, 227: 369-375.

Young, J.A. and Young, C.G. (1992): *Seeds of Woody Plants in North America*. Dioscorides Press, Portland. accumulation in winter wheat. *Remote Sensing of Environment*, 11: 171-189.

E) Tables should be typed on separate sheets and be prepared in order.

F) Figure captions should be typed on a separate sheet.

G) Figures should be drawn in black ink on a white background. The size of the lettering should be proportional to that of the drawing; it must be a minimum of 3 mm high when the illustration is reduced to 67 mm wide or 140 mm wide. First author's name and figure number should be written in pencil on the right corner of the sheet. Photos may be included as Figures. Three printed photos, or one original and two high quality reproductions, pasted on A4 paper should be submitted for reviewing process.

H) After the manuscript has been reviewed and accepted for publication, the author should not carry out any other corrections than that are requested. The final version of the text is then submitted to the Editorial Board together with original figures, and a diskette following the special instructions to be sent to the author. The diskette should include an additional text converted into an MS-DOS text file (ASCII file). The Editorial Board is responsible for the final arrangement and layout of the articles.

For domestic contributors

The authors are requested to prepare Japanese translations of the following items on a separate page; A-a) title, c) Author(s)' name(s), affiliation(s) and address(es), in the title page, and B) abstract.

To be a member of The Japanese Association for Arid Land Studies: Contact: Dr. T. Yamaguchi,

Inst. Agr. Forest Eng., Univ. Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, 305-8572, Japan
Phone + 81-298-53-6763, Fax + 61+298-55-2202
e-mail yamatomo@agbi.tsukuba.ac.jp

Publication and reprint charges (valid for articles published from Vol. 10, No. 2)

Publication charge*: 50000 Jp.Yen/article (free for members of The Japanese Association for Arid Land Studies).
Excess page charge*: 7000 Jp.Yen/one excess printed page (in discussion).
Color page charge: 50000 Jp.Yen/one color page (in discussion).

Reprint charges (Domestic mailing cost is free)

first 50 reprints* (without cover): free
less than 150 reprints: 800 Jp.Yen/page (addition with cover of 2000: Jp.Yen with cover).
151-300 reprints: 1000 Jp.Yen/page (addition with cover: 3000 Jp.Yen.)

*Free for invited articles (incl. overseas shipping and handling charge for first 50 reprints)

日本沙漠学会発行
沙 漠 研 究 合 本 号 (限定版)

第1巻～第9巻 全20冊

ご 案 内

日本沙漠学会は、地表面積の約1/3を占める広大な沙漠について、沙漠の自然・社会環境の過去、現状とその未来像について、人文科学、社会科学、自然科学などの研究者ならびに沙漠に深い関心を抱く方が広い分野から考究し、かつ実践するきわめて学際的な学会で、1990年に設立されました。

この10年間の国内外における沙漠研究の進展は著しいものがあり、とりわけ本学会は学会誌『沙漠研究』の刊行を軸として幅広い活動を展開し、沙漠研究の進化を促してきました。

日本沙漠学会は、学会創立10周年を期に、既刊学会誌第1巻より第9巻4号までの全20冊(特別号2冊を含む)の美麗装本の合本号(3分冊)を制作販売することと致しました。

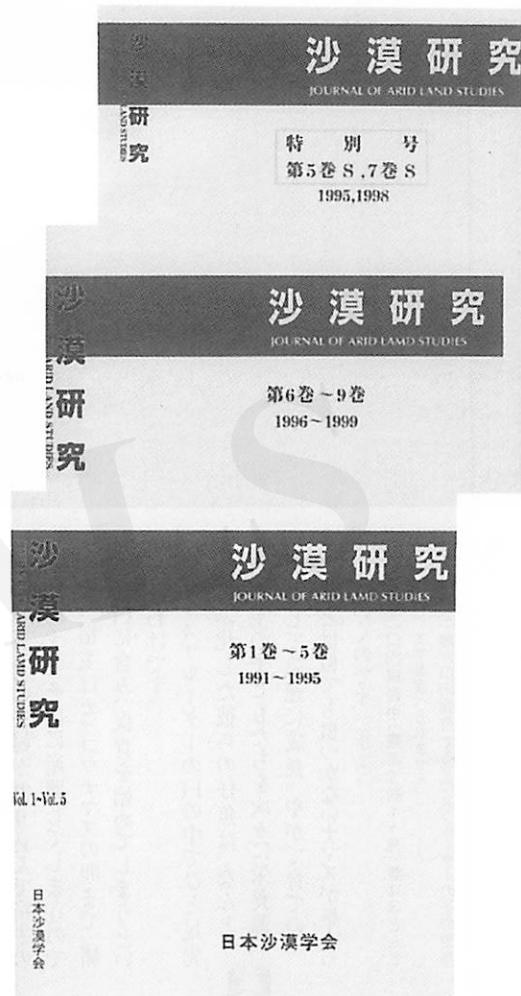
ここに広くご利用いただくようご案内申し上げます。

価 格 39,000 円 (送料学会負担)

刊 行 2000年6月中旬

予 約 所定の申込用紙、FAXまたはE-mailにて送付先、氏名、電話番号、必要部数を明記の上、下記学会事務局にお申し込み下さい。

申し込み先：〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 筑波大学農林工学系気付
日本沙漠学会 財務担当理事 山口智治
FAX 0298-55-2203 電話 0298-53-6763
E-mail yamatomo@agbi.tsukuba.ac.jp



地球の鼓動を聴く。
明日のテクノロジーを探る。
DATAMARK®
HAKUSAN CORPORATION

いつの間にかよその子が…?!

カツコウナマズの托卵作戦

photo : カツコウナマズ
学名／シンドンティス・ムルティブンクタウス

マウスブルーダーの雌が産卵後、雄が放精。雌が体を反転して卵を口に拾いあげようとする瞬のすきに、カツコウナマズの夫婦が割り込んで宿主の卵のすぐそばに産卵してしまうのです。宿主はカツコウナマズの卵まで一緒に口に含み、保育を始めてしまうというわけです。

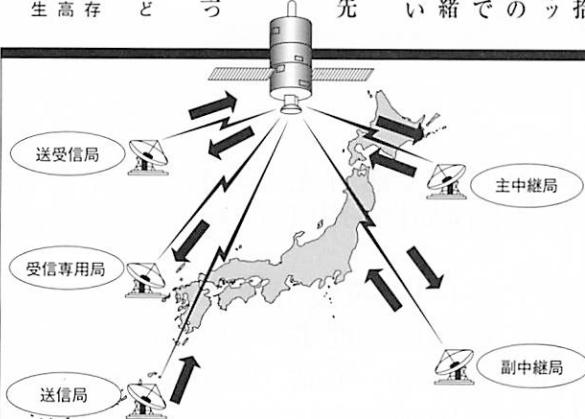
マウスブルーダーの口の中でひと足先にふ化した彼らの仔魚は、なんど宿主の子どもたちを次々に栄養源として急速に成長。やがて育ての親とは似ても似つかないナマズが巣立っていくのです。（注2）

（注1）口内保育中（最高で約1ヶ月）雌はほとんどエサを食べられません。
（注2）雌が口内保育するマウスブルーダーの子の生存率はきわめて高率です。皮肉なことに、この高い生存率こそが特殊化した托卵ナマズの寄生を進化させた重要な条件でもあるのです。

魚の世界にも、鳥のカツコウのような習性をもつものがいます。アフリカのタンガニーカ湖に生息するカツコウナマズは「托卵」、すなわち他の魚に子育てを押しつけることで知られています。押しつけられるのはシクリッド科の数種のマウスブルーダー（口内保育魚）。彼らは産卵後ただちに卵を口に含み、子どもが自立するまで大切に口の中で保育します。（注1）

ではいったいカツコウナマズはどうやってマウスブルーダーの口の中に自分の卵を紛れ込ませることができるのでしょうか？それは見事な割り込み作戦によるものです。

カツコウナマズの卵は、どうして口の中に入らせるのでしょうか？それは、カツコウナマズの夫婦が割り込んで宿主の卵と一緒に口に含み、保育を始めてしまうのです。宿主はカツコウナマズの卵まで一緒に口に含み、保育を始めてしまうのです。



全土を見る。衛星通信テレメタリング地震観測システム。

白山工業の一貫した開発理念が「データマークの躍進」を支えてきました。そして今、「衛星通信テレメタリング地震観測システム」は、日本全国にネットワーク網を広げ、全国の大学・研究機関に「地球の変化」を知らせています。

地球を知る感性を、社会に応える新技術に。

白山工業株式会社

〒183-0044 東京都府中市日鋼町1-1 Jタワー
TEL.042-333-0080 FAX.042-333-0096

URL <http://www.datamark.co.jp>

編集後記

今号より新編集委員会の担当となり委員長として編集にたずさわることになりました。本誌は小島委員長の時代に年4回の発行となり、編集委員長の激務ぶりを考えると、編集委員会を三分割したほうがよいのではないかという案もでもましたが、e-mailを効率的に駆使するならば、なんとか編集委員会の一体的運営も可能であろうという見通しがつきました。本学会のように様々の分野の研究者があつまる学際的複合的学会のメリット、面白さは異分野間の対話にあることはいうまでもありません。その意味でも、編集委員会の一体的運営を維持できたことに喜んでいます。また本号より、本誌掲載の論文、記事に対する批評・応答欄をあらたにもうけました。論文掲載とともに、批評論文がのることもあります。本誌を本学会会員相互の議論と対話の場となるよう運営していきたいというのが、新編集委員会の期するところです。皆様の積極的な投稿をお待ちしております。

(鳴田 記)

編集委員

鳴田義仁（委員長：名古屋大学）、長島秀樹（副委員長：東京水産大学）、池谷和信（国立民族学博物館）、石山 隆（千葉大学）、梅村 坦（中央大学）、江頭靖幸（大阪大学）、尾崎益雄（前橋工科大学）、角張嘉孝（静岡大学）、門村 浩（立正大学）、北村義信（鳥取大学）、相馬秀廣（奈良女子大学）、根本正之（東京農業大学）、楊 海英（静岡大学） 書記：黒瀬匡子

日本沙漠学会編集委員会／〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院文学研究科 鳴田義仁 気付
Tel/Fax 052-789-5692, E-mail: jsysima@lit.nagoya-u.ac.jp

Editorial Board

SHIMODA Yoshihito (Chief Editor), NAGASHIMA Hideki (Sub-Chief Editor), IKEYA Kazunobu, ISHIYAMA Takashi, UMEMURA Hiroshi, EGASHIRA Yasuyuki, OZAKI Masuo, KAKUBARI Yoshitaka, KADOMURA Hiroshi, KITAMURA Yoshinobu, SOHMA Hidenobu, NEMOTO Masayuki, YANG Haiying Editorial Secretary: KUROSE Kyoko

Editorial Office of The Japanese Association for Arid Land Studies

C/o SHIMADA Yoshihito
Graduate School of Literature, Nagoya University, Furo-cho, Chigusa-ku, Nagoya, Japan 464-8601
E-mail: jsysima@lit.nagoya-u.ac.jp

本誌の刊行にあたっては平成12年度科学研究費補助金「研究成果公開促進費」の交付を受けた。

編 集：日本沙漠学会編集委員会／〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院文学研究科 鳴田義仁 気付
Tel/Fax 052-789-5692, E-mail: jsysima@lit.nagoya-u.ac.jp

発 行：日本沙漠学会／〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1
筑波大学農林工学系乾燥地工学研究室 安部征雄 気付
Tel/Fax: 0298-53-4647, E-mail: abe@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

©The Japanese Association for Arid Land Studies
定価 1,500円（本体1,492円）

発行日 2000年7月25日

印刷：佐藤印刷（株）

JOURNAL OF ARID LAND STUDIES

CONTENTS

Foreward Iwao KOBORI

Special Reviews

"Retrospect and Prospect on the Archaeological Researches in Arid Land: Japanese Contribution"	
Hiroshi UEMURA: Introduction to the Special Reviews "Retrospect and Prospect on the Archaeological Researches in Arid Land: Japanese Contribution"	79- 80
Sakuji Yoshimura: Archaeological Research in Egypt	81- 89
Yasuyoshi OKADA: The Latest Japanese Contribution to Mesopotamian Archaeology	91- 98
Nakao ODANI: Afghanistan's Cultural Heritage and its Current Crisis	99-106
Kyuzo KATO: A Bronze Age Site in Margiana: The Sanctuary Togolok 21	107-115
Yasutaka KOJIMA: Retrospects and Prospects on Twelve Years of the Joint Sino-Japanese Research at the Niya Site in Xinjiang	117-124

Invited Reviews

Hideo FUJII: The Natural Environment of the Southwestern Desert of Iraq and the Hellenistic Culture: The Caves of at-Tar, <i>Qanat</i> Water System of Ain Sha'ia, and Oases of the Southwestern Desert	125-135
Kiyoshi TSUCHIYA: Vegetation Indices Derived from Remotely Sensed Data from Satellites	137-145

Original Article

Yukuo ABE, Tomoyo NAKATANI, Kenya KUWAHATA and Seiji YOKOTA: Comparative Study on New Desalination Method (Dehydration) by Evaporative Force and Leaching Method	147-156
--	---------

Research Note

Taichi MAKI, Daijiro ITO, Atsushi NISHIKAWA and Mingyuan DU: Effects on Microclimate and Plant Leaf Surface Temperature by a Single Row of a Windbreak on the Arid Land of Turpan in China – An Example of a Tamarisk Windbreak	157-166
---	---------

Material and Data

Kunio HAMAMURA: 3Gs Requested for Arid Land Development to the Researchers in Developed Countries – A Brief Impression of the Sixth International Conference on the Development of Dry Lands	167-170
--	---------

OASIS (News and Communications)