

中国の沙漠における人間活動と砂塵あらし

吉野 正敏

<筑波大学名誉教授／国際連合大学上席学術顧問>

要 旨

沙漠のオアシスの環境は、過度の農業開墾、放牧、薪採取、不適切な水利用などによって急速に悪化している。まず、主として、ききとりによるタクラマカン沙漠のオアシスの農民の生活・収入などの実態を明らかにした。次いで、これまでの測定値によって、耕地率がタクラマカン沙漠北縁では約4%までは100%灌漑が可能だが、南縁では2.5%までであることを明らかにした。耕地率がそれ以上になると、耕地灌漑率は激減することは将来の開発計画には考慮しなければならない。また、灌漑回数の限界、灌漑時期や量が厳しくなる。地下水利用は、農家の経済的負担が重い。また、長期的にみて利用可能ではない。水資源を河川と地下水にたよる場合、約50億トン以下の小河川と、50-60億トンの場合と、60億トン以上の場合で、利用可能な水資源総量と灌漑面積との関係は異なる曲線で示される。これも、オアシスの発展の具体的な条件として、重要な値である。

近年の砂塵あらしの実態・その長期変化傾向、寒波の経路回数・砂塵（黄砂）の発生回数、輸送・拡散過程などに基づいて、東アジアを5地域に区分した。そして、5地域別に特徴を記述した。地域間で極めて明確な差があることを明らかにした。

キーワード 中国、乾燥・半乾燥地域、タクラマカン沙漠、沙漠化、地球環境問題

I. まえがき

中国の総面積 2,221,732.96km²のうち、オアシス（中国語では緑洲）の総面積の合計は86,417.17 km²で、その約70%が新疆にある。また別の統計では新疆のオアシス総面積は約7万km²とも言われる。総土地面積に対するオアシス面積は全新疆の平均では3.5%（別の統計では4.2%）で、中国全体の平均値3.9%に近い。

沙漠においては人間活動がオアシスに集中し、95%以上の人口が集まっている。そこでは近年、人口増加が著しく、それに伴って、水利用・土地利用は急激に変化している。

乾燥地域の一人当たりの用水量は、湿潤地域から半乾燥地域までの一般的な地域の4～7倍に達すると言われており、農業用水量だけでも1.5倍以上だろうと考えられている。しかし、詳細な研究はまだない。

オアシス環境は近年著しく悪化している。その人為の因子（1）～（6）は次のように計算されている（黄, 2003）。すなわち

(1) 過度の農業開墾	25.4%	(4) 水資源の不適切な利用	8.3%
(2) 過度の放牧	28.3%	(5) 鉱業や工業化、都市化など	0.7%
(3) 過度の薪採取	31.8%	(6) 砂丘の侵入	5.5%

これに対し、自然因子による災害は 5.5%と見積もられるから、いかに人間活動の影響が大きいかわかる。

本稿では、人間活動、特にタクラマカン沙漠における農民の生産活動を現地研究によってとらえ、水利用については従来報告されている水量のデータを処理し灌漑可能面積の推定などの面から、問題点を画いた。次いで、風害、特に東アジアにおける砂塵あらしが卓越する部分を 5 地域に区分し、それぞれの地域における砂塵あらしの発生・輸送・浮遊・降下の現状、最近の変化傾向、などの違いを明らかにする。

II. オアシスの農業環境

1. オアシス農業の特徴

新疆のタクラマカン沙漠では、オアシスとオアシスの間の距離は平均して 100km 以上ある。沙漠の中に孤立し、分散しているので閉鎖性が強い。砂漠は極端に乾燥しているから河川水や地下水に依存する灌漑水、生活用水が重要な制約条件となる。また風害、その他の自然災害による被害も毎年多額に達する。水を利用できるところにはオアシスが成立し、崑崙山脈北麓や天山山脈南麓では、たくさんのオアシスが東西をつなぐ交通路の要点として歴史的に発展してきた。これらのオアシスが 2,000 年以上にわたって、シルクロードのオアシスルートを支えてきた。タクラマカン沙漠のオアシスの農民はほとんど 100%がウィグル族で、ドゥンファン（敦煌）は漢族である。

1986 年の統計では新疆のオアシスにおける農業生産高は、耕地生産食料が 119kg/μで全国平均値の 45%、油類は 9.3kg/μで全国平均値の 94.2%、糖類は 14.5kg/μで全国平均値の 36.9% である。金額で見ると、単位耕地面積に対する農業生産高（新疆全体の平均）は 142 元/μであった。全国平均は 284 元/μだから正しく半分の生産高である。これがオアシス農民の貧困の原因である。

農家一人当たりの正味の収入は 1995 年の統計によると、新疆全体の平均で 1,136 元/人、アクス地区で 1,218、カシ地区で 882、和田地区で 654 である。1985 年頃に比較して、1995 年には 2 ないし 3 倍、地区によっては約 4 倍になったが、それでもなお非常に低い水準にある（劉, 1999）。1980 年代後半、灌漑によって栽培する農作物は総農作物の約 75%で、灌漑人口は総農家人口の約 72%であった。

1949～1985 年の間、土地を開墾し、引水・排水の水利工事、道路や防護林など、農業用地の基盤整備のための建設費は平均すると 400～1,000 元/μであった。これに対し、1987 年の状況ではコムギの平均生産高 219kg/μ、純収入は約 50 元/μであり、ワタは 52kg/μ、純収入は約 100 元/μであったから、農業用地の建設費を回収する年数は 1987 年の水準で単純計算をすれば、ワタが 4～10 年、コムギは 8～20 年となる。

これは風害その他の自然災害がない場合である。しかし、現実には自然災害による減収が極めて大きく、収穫皆無の年すらあるのだからこの年数はかなり延びると考えられる。

農民が使用する薪は年間 200kg/人と言われている。年間収入から見て、石炭を購入できない農民がまだ多いので、沙漠へ薪を採取に行かねばならない。ここにひとつの問題がある（吉野, 1997）。乾燥地域の農業、特にオアシス農業の持続的発展のための戦略検討は急務である（李

ほか、1998；李ほか、2005）。

タクラマカン沙漠のオアシス農業を考慮するとき、無視できないのが「新疆生産建設兵団」（以下兵団と略す）である（カマリディン、2003）。兵団とは日本のかつての北海道の「屯田兵」組織に似た組織で、農業発展や農業開拓を独自の行政管理体制で行ったものである。したがって、オアシス郊外で独立して大規模な開拓を行った。その結果、もし河川上流部にこれが配置された場合には、下流の水利用システムに影響を与えた。新疆全体に占める兵団の作付面積は1949年の4.5%から1978年の24.5%に増加し、2001年には約30%に達している。

兵団の人口も急増している。20世紀後半に新疆全体で人口は約4倍に増加したが、兵団のみの人口は12倍以上になっている。問題は、地域的に詳しい用水量、排水量、水系システムの分布や土地利用状況が知られていないので、タリム盆地全体を考察することがむずかしい点にある。

2. 耕地率と灌漑率

これまでの砂漠化対策には定性的な議論が多かった。定量的なデータが少なく、タリム盆地における水資源量、河川流量、オアシスの灌漑面積率などについて、これまで、必ずしも満足できるような研究成果はでていない。そこで、筆者らは以下のような灌漑面積と灌漑水量などとの関係を明らかにした（吉野、2004；吉野ほか、2005）。



図1 本文の中に出てくる新疆の地名

新疆（図1）における有効灌漑面積は1949年には1,500万 μ （1 μ =6.67a、1ha=15 μ ）であったが、1960年代初めには3,700～3,800万 μ に達した。その後、ほとんど横ばいかゆるい上昇で、1980年代半ばには4,000万 μ 、つまり、利用可能水量はほぼ上限に達した。横軸に耕地率（耕地面積/土地面積）をとり、縦軸に耕地灌漑率（灌漑面積/耕地面積）をとり、タリム盆地の11の流域についてプロットし、両者の関係の傾向を見ると（図2）、ある耕地率以上では灌漑率は急激に減少する。ここでいう土地面積とは、そのオアシスがある総県面積である。この関係で重要な点

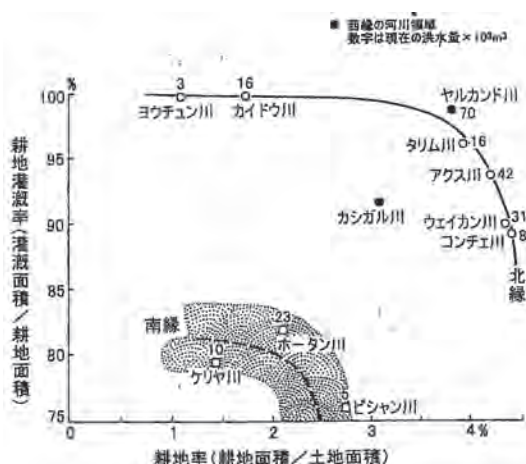


図2 タクラマカン砂漠の流域別の耕地率と耕地灌漑率との関係

は、（1）オアシス別に見て、耕地率がある値に達すると、耕地灌漑率は急激に減少する。これは耕地を増加させても利用可能な水量はほぼ一定だから灌漑面積は増やせないことを意味する。（2）その限界値はタクラマカン砂漠の北縁のオアシスでは天山山脈からの水を利用して耕地率が4%まで灌漑は100%可能だが、南縁のオアシスでは崑崙山脈からの比較的とぼしい水しか利用できないので耕地灌漑率の限界は80～82%で、耕地率が約2.5%以上になると耕地灌漑率は激減する。

このような具体的な値は、詳しい研究によって多少変わることはありうるが、[1] 閾値があること、[2] その閾値が局地的（タリム盆地の北側と南側など）に異なることが明らかになったことを強調しておきたい。

3. 灌漑回数、時期、量

タクラマカン砂漠南縁のオアシス和田（ホータン）、民豊では、灌漑回数はコムギ、トウモロコシ、ワタは平均して5回、敦煌では6回である。ただし、畑の条件（灌漑水路からの距離、上流部か下流部かなどの位置、地下水利用可能の難易度、砂質土壌などの条件、干ばつ年など）によって、±2回の差がある。

灌漑時期はワタ、コムギは播種前に1回、その後、6・7・8月の成育期間に10ないし15日ごとに行ない、トウモロコシは（コムギの間に播種するので）コムギの収穫前に1～2回、その後3～4回行なう。利用する川の水と地下水の割合は、地域差が大きいですが、敦煌ではそれぞれ50%であった。

灌漑用水は川の水は利用回数にかかわらず価格は、畑の面積に比例して年間いくらとして支払うので、なるべく川の水を使いたいが、河川の灌漑水は年々の変動が大きく、また、耕地面積が年々増加するので使用しにくくなっている。

1回の灌漑の水深は、水が不足がちな砂漠南縁の特に1～2回目はホータン、チーラでは浅い。民豊では7cm/回、3月以降になると水が比較的豊富になるので3回目以降は12cm/回である。敦煌では灌漑水量はワタ・コムギで平均して15～20cmである。条件の悪い所で例外的に

10cmである。また、ブドー畑では幅50cmで水深0～30cmである。

滞水時間は畑の条件によって大きな差があり4時間から4～5日間という幅があるが、6～12時間が最多である。砂地の畑はもちろん短い。タクラマカン沙漠の地下水浸透係数は1～5m/日といわれているが、かなり大きな地域差がある。

地下水面はすでに記したように近年下がりつつあり、敦煌では3～18mである。井戸の本数は3～6本/小隊（1村=数小隊、1小隊=約60軒、1小隊の人口=250～300）である。

敦煌では川の水の代金は、回数にかかわらず平均して71元/μ/年であるが、農家（畑）によって差があり50～85元/μ/年の開きがある。平均は60元/μ/年（約1.35円/a/年）である。ただし、水不足の2001年の場合、100元/μ/年にまでなった。一方、地下水は平均して6.5角/度（度の単位は不明だが、KW時と考えられる）で、これも農家（畑）によって差があり、4角～1元/度であった。または240円/a/年で面積に関係しない。しかし、年によって差があり、例えば2001年は乾燥年で、川の水が不足したため、地下水の価格は2002年の約1.7倍であった。川の水が豊富な場合、例えば2002年、まれな条件の畑の場合ではあるが、0.5角/度という非常に安い価格であった。

一般的には河川からの灌漑水が地下水より安価であり、塩分も少ないので、河川からの灌漑水をより多く利用する。例えば、河川の1回の灌漑水は1～2日間という長い間灌漑するのに対し、井戸の水は6～10時間ないし1日間しか灌漑しないと、灌漑水深は河川の水の場合17～20cmだが地下水では10cmくらいにするとかである。

この結果、河川からの灌漑水路に近い畑と末端の畑との差は大きい。すなわち、河川の水をより多く得られる畑はより安い価格の水を、より多く使用することが可能で、干ばつを受ける危険度も少ないという有利性を持つ。しかもこの水を得る難易に起因する諸条件の差は干ばつ年ほど大きくなる点が重要である。

4. 利用可能水量・灌漑水量

水資源のうち河川流量のみをとり、これを横軸とし、オアシスにおける灌漑（面積）率を縦軸にとる。上記の10河川流域のオアシスの値をみると、河川流量ほぼ60億 m^3 が上限で、灌漑（面積）率は約4%である（図3）。まえがきで述べたように、新疆全体の総土地面積に対するオアシスの総面積は計算によって差異はあるが、3.5～4.2%である。すなわち、大まかに言って、約4%という値がオアシスにおける水利用でひとつの閾値である。

水資源総量（河川水と地下水の合計）と灌漑面積との関係を図4に示す。使用した数値は姜（2003）から求めた。それぞれの流域においてオアシスを中心として、土地利用が行なわれて

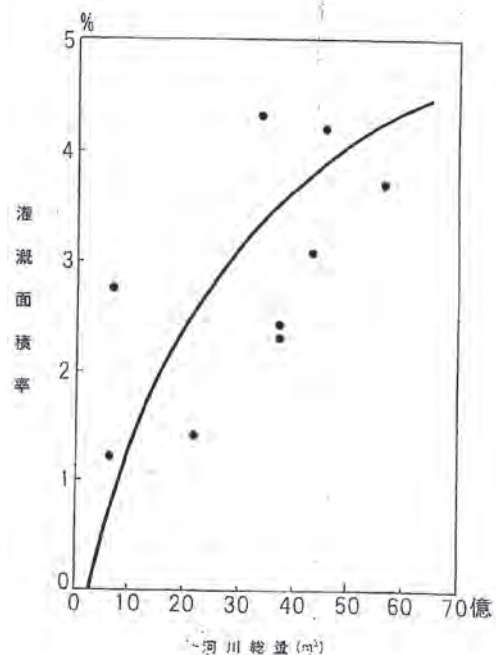


図3 タリム盆地の主要地区の河川流量と灌漑面積率との関係

いるが、その形態や分布、歴史的経過状況などの差については考慮せずにプロットしたものである。図4から判明した結果は以下の通りである。

(i) 水資源総量が約 50 億 m³ 以下の比較的小さい河川流域の場合 (図4の領域Ⅲ) においては、両者の関係はほぼ直線関係である。すなわち、灌漑面積 (y) と水資源総量 (x) の関係は

$$y \text{ (万ム)} = 3.4x \text{ (億 m}^3\text{)} \dots\dots (1)$$

(ii) 水資源総量が約 45 m³ 以上 60 億 m³ までの地域の場合 (図4の領域Ⅱ) においては灌漑面積の増加は水資源総量と強い関係がなく、約 150 万ムから約 380 万ムまで大きな範囲にプロットされる。水資源総量のわずかの増加によって灌漑面積が急増する。別な表現をすれば灌漑技術・栽培技術などによって、灌漑面積を急増することが可能である。

カイドウ川とホータン川地域は領域Ⅲの上限であるが、領域Ⅱの下限でもある。このことは、カイドウ川やホータン川の地域が領域Ⅱの範囲に移ったとすれば、わずかの水資源量の増加と、技術向上によって灌漑面積を急増させる可能性があることを意味する。

水資源総量が 50 億 m³ 以上の領域Ⅲになると、水資源総量の増加に対して灌漑面積の増加は領域Ⅰに示される関係よりゆるい。タリム盆地ではヤルカンド川が最大の水資源総量であるが、おそらく、430 万ムが最大限であろう。この限界値は、灌漑面積が単に水だけの問題でなく、地形、農業人口、灌漑施設の技術的限界などの問題が強く影響するためであろう。このように、タリム盆地の主要な地域におけるこの水資源総量と灌漑面積の関係は、領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3形式に分類されることは極めて興味ある事実である。今後、より詳しい分析が必要である (吉野, 2003)。

Ⅲ. 砂塵あらし

1. 20 世紀後半の変化傾向

これまで知られている東アジア、すなわち、中国、蒙古、韓国、日本におけるサンド・ダストストーム (中国語で砂塵暴、日本語で砂塵あらし)、黄砂などの経年変化を概観すると、次のようである。

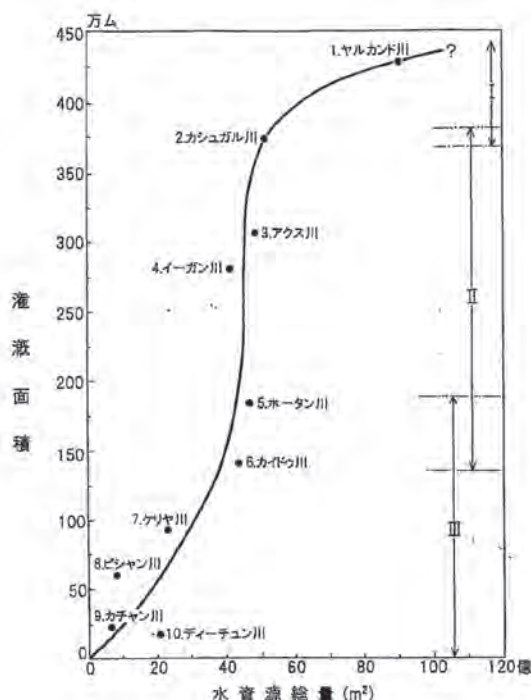


図4 タリム盆地の主要地区の灌漑面積と水量源総量 (河川水と地下水の合計量) との関係

- I : 60 億 m³ 以上。(例えばヤルカンド川)。灌漑面積の上限は 430 万ム。
- II : 40~55 億 m³ (カシュガル川、アクス川など)。
- III : 50 億 m³ 以下 (ホータン川、ケリヤ川、ビシャン川など)。

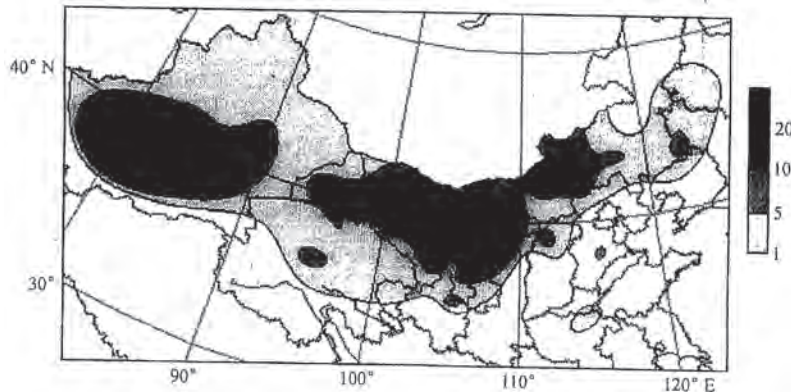


図5 中国の乾燥・半乾燥地域の典型的に強い砂塵あらしの回数の分布, 1954-2002 (zhou et al., 2003)

- (1) 最近の30~40年、北-北西中国では、発生回数は減少傾向が顕著である。
- (2) 最近の6~7年の増加傾向は著しく、特に東アジアの東部ほど顕著である。
- (3) 中国内でも地域により、また、蒙古・韓国・日本それぞれ傾向が異なる。すなわち、地域性が強い。
- (4) 数年のスケールで見ると、内蒙古と日本の変動は類似している。
- (5) 韓国と日本において1985年ごろから明瞭な増加がみられる。
- (6) 問題点は、国により、研究者により砂塵あらし・黄砂現象の定義が異なり、統計の方法が異なることである。

図5には1954~2002年の中国の乾燥・半乾燥地域におけるはげしい砂塵あらしの分布である (Zhou et al., 2003)。これを年々変化で見ると図6 (上) の通りである。20世紀後半の時間スケールで見ると、回数が減少していることが明らかである。この図と中国内の606地点の平均で見ると、0.4~0.8℃/10年の割合で気温は図6 (下) のように上昇しており (Zhai et al., 2003)、両者の関連が認められる。

さらに20年間について別の統計によって詳しくみよう。図7 (下) にみられる観測地点について、1982~2002年の砂塵あらしの経年変化

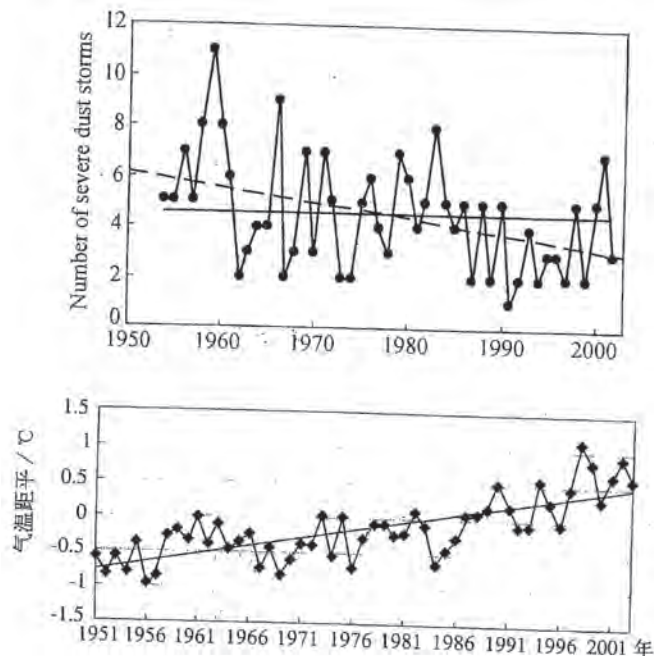


図6 (上) 北中国における典型的強いダストストームの年々変動およびその49年間の直線関係, (zhao et al., 2003)
 (下) 中国606地点平均の年平均気温偏差 (1951-2003)。偏差は1971-2000年の30年間に對する値 (翟., 2005)

を調べた結果は図7（上）にみる通りである。タクラマカン沙漠（和田、ホータン）では1980年代前半から後半に減少し、河西回廊と中国北部では、タクラマカン沙漠より日数はやや多いが、1988年ごろから1992年ごろにかけて減少する。1996年ごろからの増加はこの図の内蒙古・韓国・日本で明瞭である。

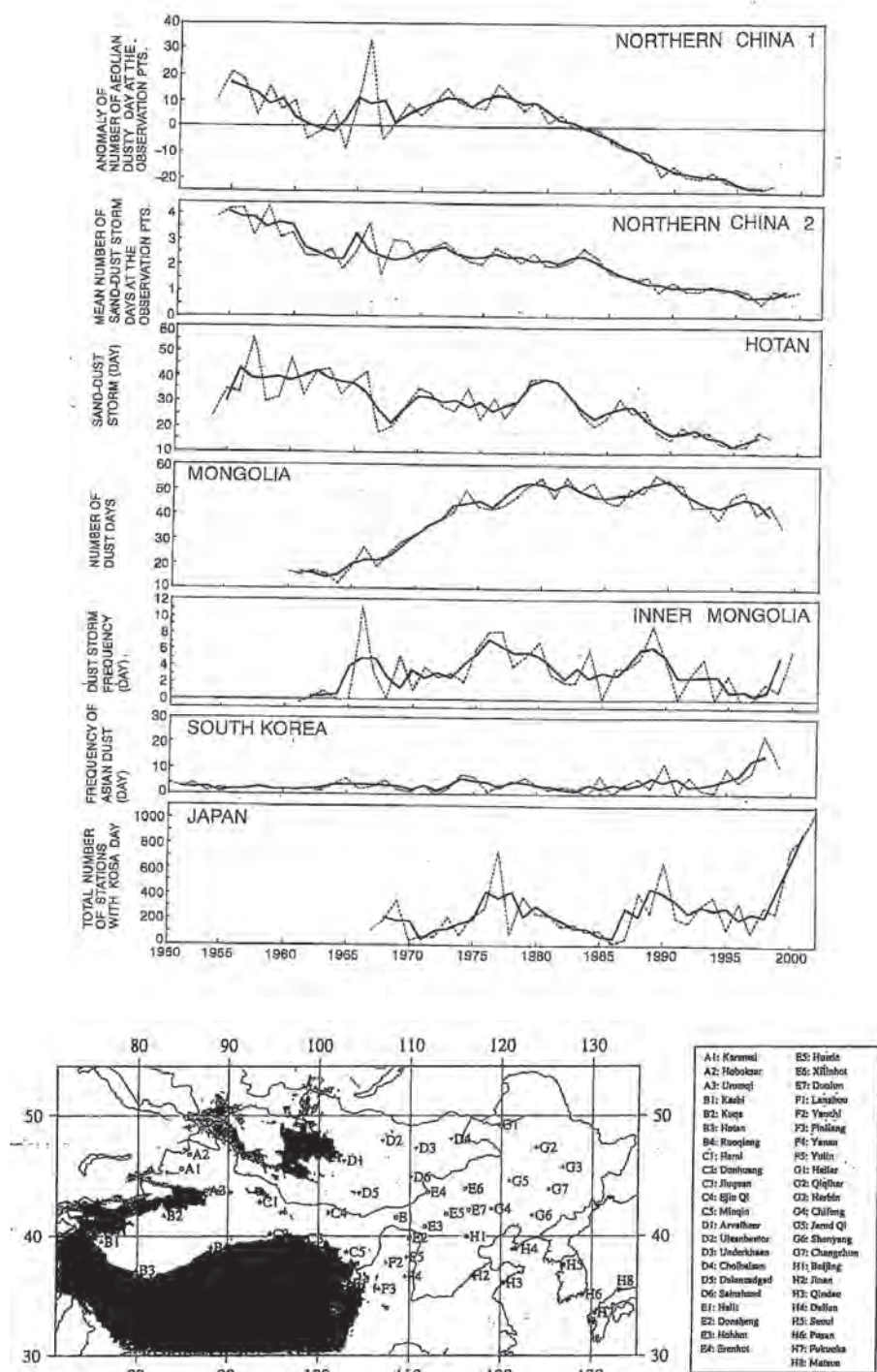


図7（上） 中国北西部、蒙古、内蒙古、韓国、日本における砂塵あらし・黄砂の経年変化
（下） 上記の各地域の観測地点の分布

2. 砂塵あらしの実態：敦煌における1例

中国の北部、内蒙古やモンゴル東半などにおいては近年、砂塵あらしの回数が増加しているが、タクラマカン沙漠では明瞭に減少している (Yoshino, 2002a, b, c)。その地域差を生じる理由について総観気象学的な解明が進んでいる (吉野ほか, 2002)。ここではその詳細を述べることは省くが、タクラマカン沙漠のオアシスにおいてはダストストームの回数は減少していると結論してよかろう。その減少している地域の東の限界はタクラマカン沙漠内で、94° E 以東になると、すなわち甘粛省に入るとごく近年は増加しているようである。

砂塵あらしに関する農民からのききとりをタクラマカン沙漠東に位置する甘粛省西部の敦煌において行った結果をまとめると表1のとおりである。カラブラン (黒風) と呼ばれる非常に強いものと、セリクブラン (黄風) と呼ぶ普通の強さのものにわけて発生回数、季節、近年の増減、および農民の記憶にある最近の事項をまとめた。その結果、カラブランは3～4月に約3回、セリクブランは2～5月に1～2回との答えが多かった。回数は近年 (特に最近の7～8年) 増加していると答えた農民が9軒のうち7軒あり、不明が2軒、減少しているが0であったことは注目してよかろう。

表1 敦煌におけるカラブラン・セリクブランに関する農民からのききとり結果

(2002年8月)

	カラブラン (黒風)	セリクブラン (黄風)
回数(1年間)	約3回 (1～2回から4～5回)	1～2回 (1～2回から4～5回)
時期	3～4月	2～5月
近年の増減：増	7農家が回答	7農家が回答
" ：不明	2農家が回答	2農家が回答
" ：減	0農家が回答	0農家が回答
付記	<ul style="list-style-type: none"> ・6～7級の風が増加 ・近年の7～8年来増加 ・1996年から増加 ・2002年は2回。強 (特に5月4日) ・昔は砂が飛ばなかったが、最近は砂ぼこりが多くなった。 ・NWからくる (まれにEから) 	<ul style="list-style-type: none"> ・空が赤・黄・黒になる。 ・近年の7～8年来増加 (2農家が回答) ・地球温暖化のため乾燥してきて回数が増加した (1農家が回答)。

カラブランによる風害に関し、敦煌におけるききとり結果をまとめると次の通りである。

(i) ワタ栽培に対する被害は増加している。風害を受けた畑では、播種を2回やらねばならない。やり直しをする畑は3年に1回はでる。(ii) オアシスの中で強い風害を受けるところは毎回同じでない。例えば2002年は南西のゴビに近いところであった。しかし、たまには同じ場所で2回続くこともある。(iii) 近年、1999, 2000, 2001年は風害より害虫の被害が大きかった。(iv) 1998年5月29日強いカラブランで小学生3人が飛ばされ、灌漑水路に落ちて死んだ。(v) 近年ワタの価格が下がっている。1998年は高値で6元/kgであったが、2001年は3元/kgであった。(vi) ワタには上記のような風害・害虫、価格の下落があるので、政府は最近ブドー栽培を奨励している。(vii) ブドーの幹は9月下旬、ワタの収穫後、土をかぶせ寒さから保護し、4月中旬ワタの播種後土からだす。ブドーには生食用、干しブドー用とがある。ワタよりいずれ

も収入はよく、灌漑水量は少なくてすむ。風害も少ない。しかし、1998年ころから始めたワタ栽培をすぐにやめたくない。(viii)カラブランより弱いセリクブランは木の枝を折り、温室のビニールを飛ばすような被害をもたらす。(ix)このほか、まれに乾熱風 (Gan Re Feng) が7月に吹く。東から吹いてくる高温で乾燥した風で、38℃に達することもある。表1によると、カラブランもセリクブランも近年 (1990年代末から2000年初めにかけて) 増加している。

3. 砂塵あらし発生の地域性・寒気の侵入経路・砂塵の輸送

寒気の侵入経路の模式図によると、3経路有あり、西、北西、北から侵入するものが多い。そのうち、ハミ、張液、榆林を含む地域における砂塵あらしの発生頻度は最も高い。

この種の図で問題なのは、(1) 中国の北西部国境から東経 110 度付近までしか描かれていないこと、つまり、東アジア、東経 110 度より東の地域がどうなっているか不明である、(2) 分布範囲や経路を画く際の客観的な方法が明らかでない、(3) タクラマカン沙漠から河西回廊に入る経路と甘肅省北部の多発地域との関係が十分に解明されていない、(4) 侵入経路に描けるほど、個々の寒気の分布範囲 (気団または気塊) は小さくなく、その中心を特定できない場合が多い。

一方、東経 90~100 度より東の地域においては、寒冷前線の解析が「超強」・「強」の砂塵あらしごとにケーススタディとして解析されている。また、「寒潮年鑑」には、寒波ごとに解析され、印刷刊行されている。寒冷前線の移動と、黄砂の分布範囲の移動とが 700 hPa 面のジェット軸とがどのような関係にあるかを示したケーススタディはたくさんある。

ここで問題なのは、(1) このような解析は、ほぼ東経 100 度以東において詳しいので、新疆についての研究・説明の範囲・方法と連続しない。(2) 気候学的な一般的知見と個々の場合の解析では研究の目的が異なる。(3) 寒冷前線の動きに注目しているのに、寒冷前線の北東端である低気圧の位置・強さ・発達などについて、十分な解析をしていない。(4) しかし、描かれている前線の状況から推定するかぎり、低気圧の中心は北緯 50 度、東経 120 度付近の地域にある。

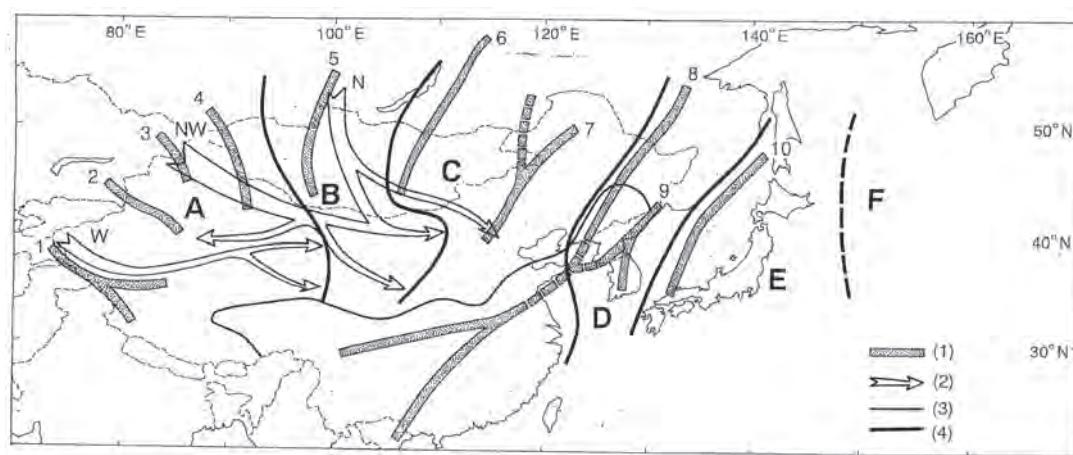


図8 砂塵あらしの特性による東アジアの地域分布

このような寒冷前線の動きに伴う低温な地域を、次のように解析した（吉野ほか, 2002）。850hPa 面高度の旬平均・月平均気温の等温線図において、等温線が局地的に低緯度方向に張り出している部分を注目し、そこを連続させて低温軸と定義した。この低温軸を2・3・4・5月について、1997年から2001年の5年間の状態を求めた（吉野ほか, 2002）。その結果、図8に示すように低温軸帯が出現する位置は10本あり、西から第1～5番までは上述の寒気の侵入経路と一致する。次に地上気圧が1000hPa以下の出現回数の分布図を同じく、月別と旬別に作った。その図を低温軸の図と比較すると、第6～7番目の軸帯は近年の強、特強のダストストーム発生と関係する。すなわち、3・4・5月に東経110～140度、北緯40～50度の範囲における低気圧発生・発達（サイクロジェネシス）が低温軸とよい対応を示し、この低気圧に伴う寒冷前線（寒気の侵入）が強いダストストームの原因のひとつであることが推定された。また、このサイクロジェネシスにかかわる気圧の谷型低気圧配置の日数は最近の20年間で見ると明瞭な増加を示し、特に近年の数年（1990年代末から2000年代初め）の増加は顕著である。この結果として強い砂塵あらしの発生回数が第6、7番の低温軸帯で増加していると考えられる。

上記10本の低温軸帯の位置、寒気の侵入の主要経路、ダストストームと沙漠の南限を1枚の図にまとめた（図8）。これを基礎として、中国、蒙古、韓国、日本を含む範囲をA, B, C, D, Eの5地域に区分した。

この地域特性は次項にまとめる通りである。地域A, Bは寒気の侵入はシベリア高気圧から直接である。地域Cは寒冷な年または期間において北東から南西に延びる寒冷前線にそった地域で黄砂が発生する。地域Cでは極端な場合、サイクロジェネシスが起る。さらに地域D, Eにおける黄砂の広がり、低気圧の背後を東進してくる移動性高気圧の圏内で大きくなる。

表2 地域A, B, C, D, Eにおける低温軸帯・その走向・寒気の侵入との関連

	地域A	地域B	地域C	地域D	地域E
低温軸帯（図8に示す）の番号	第1, 2, 3, 4軸帯	第5軸帯	第6, 7軸帯	第8, 9軸帯	第10軸帯
その走向	WNW-NWからESE-SE方向へ	NからSEへ	NEからSWへ	NEからS-SWへ	NEからSWへ
寒気の侵入	寒気の侵入経路と軸帯の走向は一致。	寒気の侵入経路と軸帯の走向は一致。	発生した低気圧の中心からSW方向に走る寒冷前線に沿って砂塵あらし。	山脈の風下の低風速地域。寒冷前線に沿って砂塵あらし。	直接にはなし。冬の高気圧域から侵入してくる。
主要な地理地域	タリム盆地	ゴビ	蒙古・内モンゴとその周辺	韓（朝鮮）半島	日本とその周辺海域

以上に述べたことを、5地域のそれぞれについて、低温軸帯との関係、その走向、寒気の侵入との関係をまとめたのが表2である。砂塵あらしの発生・黄砂（砂塵）の浮遊や輸送・黄砂（砂塵）の降下が地域的に集中し、各5地域の特徴になっていることが明らかである。地域特性を砂塵あらしの実態・変化傾向・気象状況について近年の研究成果（Kurosaki et al., 2005; Kurosaki, 2005; Yoshino, 2005; 全ほか, 2002; 杜ほか, 2004; 李, 2003; 銭ほか, 2002; 王, 2002; 吉野ほか, 2002; 周ほか, 2002）を参考にしてまとめたのが表3である。

表3 東アジアの地域A, B, C, D, Eにおける砂塵あらしの実態・最近の変化傾向・気象

	地域A	地域B	地域C	地域D	地域E
実態	砂塵あらしがよく発生する。浮遊塵、砂塵天気がよく発生する。浮遊粉塵量は極大。	砂塵あらしがよく発生する。砂塵の降下もよくみられる。浮遊砂塵量は地域Aに次ぐ。	降下砂塵量と砂塵天気の関係は高い。この地域から地域DとEへ輸送される砂塵量は大。	浮遊砂塵量は天気との関係が大きい。	砂塵あらしの発生とは関係がほとんどない。
最近の変化傾向	過去30年間の傾向では砂塵あらしの年間日数は減少している。地球温暖化影響が明らか。しかし、2000-2003年には小さい極大が現れた。	減少、または一定の傾向なし。しかし、2000-2002年に極大が現れた。	はっきりした傾向なし。1986年以來、増加傾向あり。地球温暖化による春の低気圧発生強化・それにともなう寒冷前線活動強化のためか。2000-2002年に極大。	はっきりした傾向はないか、または増加傾向。2000-2002年に極大。最近の6-7年は増加傾向。地球温暖化の影響で春の低気圧発生強化・それにともなう寒冷前線活動強化か。	増加または不明瞭。2002年に極大。地域C、D、の風下のため、同じ傾向か。
気象・天候	寒気がWNW-NW（シベリア高気圧）から直接侵入する。	同左。2003年には上空に気圧の谷が発達。	寒気はNE方向（シベリア方向）から侵入する。2002年4・5月には気圧の谷が発達。	寒気はNEから侵入。蒙古付近の低気圧発生回数は近年増加。ゴビから視程20km以下になる砂塵の輸送は明らか。	低気圧が東進して温帯低気圧系に発達する。其の背後の移動性高気圧にともなう黄砂域（浮遊塵域）が拡大し、移動。

IV. まとめ

以上、中国の沙漠における人間活動の1例をオアシスにおける農民の生活の実態を紹介し、次いで砂塵あらしの実態や近年の発生回数の変化傾向を述べた。タクラマカン沙漠の農業が直面する厳しい環境問題は、地球温暖化、人口増加に伴う一人当たりの耕地面の縮小・可能水利用量の減少などにあることを指摘した。

東アジアを5地域に区分しそれぞれの地域の砂塵あらしの[1]発生原因、[2]近年の変化傾向、[3]砂塵の発生・輸送・浮遊・降下、などの特徴をまとめた。この論文の前半で述べた農民の生活・土地利用・水利用の実態は、この5地域の最も西に位置するタクラマカン沙漠における状況で、人間活動に対する環境が最も厳しい地域である。

中国の乾燥・半乾燥地における環境問題の考察・改善計画の一助に本稿がなれば幸いである。

参考文献

- Kurosaki, Y. and M. Mikami, (2005): Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: Relationship among dust outbreak, surface wind, and land surface condition. *Jour. Met. Soc. Japan*, 83A, 1-18.
- Kurosaki, Y. (2005): A study on Aeolian dust outbreak in East Asia. Doctoral Thesis, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, 140p.
- Qian, Z.-a., M.-h. Song, and W.-y. Li, (2002): Analysis on the distribution and the change trend of dust storms in North China since recent 50 years. *China J. Desert Research*, 22(2), 106-111.
- Yoshino, M. (1998): An overview and problems of the climatological and human geographical studies on dust storm. *Jour. Arid land Studies*, 8(2): 165-168.
- Yoshino, M. (2002a): Kosa (Asian dust) related to Asian Monsoon system. *Korean Jour. Atmosph.*

- Sci. (Seoul), 5 (S), 93-100.
- Yoshino, M. (2002b): Secular variations of sand dust storm and blown sand occurrence in the Taklimakan Desert, NW China. *Jour. of Arid Land Studies*, 11(4), 253-258.
- Yoshino, M. (2002c): Climatology of yellow sand (Asian sand, Asian dust or Kosa) in East Asia. *Science in China, Ser. D*, 45 (Supl.) 1-12.
- Yoshino, M. (2005): Regional division of sand dust events in East Asia from the standpoint of synoptic climatology. Fourth ADEC Workshop (26-28 January, 2005, Nagasaki, Japan), 117-120.
- Zhai, P.-m., and X.-k. Zou (2003): Changes in temperature and precipitation and their impacts on drought in China during 1951-2003. *Advances in Climate Change Research (Beijing)*, 1(11), 16-18.
- Zhou, Z.-j. and G.-c. Shang (2003): Typical severe dust storms in northern China during 1954-2002. *Chinese Science Bulletin* 2003, 48(21), 2366-2370.
- 全映信・金相源・趙慶美・金正淑 (2002): 最近 100 年間の韓国における黄砂観測回数、地球環境, 7 (2), 243-254.
- 程其畴 (1993): 塔里木河研究. 河海大学出版社、南京、246p. Cheng, Qichou (1993): Research on the Tarim River. Hohai University Press. Nanjing, 246p.
- 杜明遠・陳洪武・任宜勇 (2004): タクラマカン沙漠の最近の気候変動. *沙漠研究*, 14(1), 53-60.
- 黄徳律 (2003): 新疆緑洲灌溉農業發展模式. 黄盛璋編: 緑洲研究、科学技術出版社、北京、56-61.
- 黄盛璋 (2003): 緑洲研究. 科学技術出版社、北京、205p. Huang Shengzhang (2003): Oasis Studies. Science Publ., Beijing, 205p.
- カマリディン (康馬爾丁): 新疆ウイグル自治区における持続的農業發展の可能性. *沙漠研究*, 13, 123-130.
- 姜徳華 (2003): 新疆緑洲灌溉農業發展模式. 黄盛璋編: 緑洲研究. 科学技術出版社、北京、56-61.
- 李江風 (2003): タクラマカン沙漠和周辺山区天气气候. 气象出版社、北京、851p.
- 李述剛・程心後・王周環 (1998): 荒漠緑洲農業生産系統. 气象出版社、北京、138p.
- 李万明等 (2005): 干旱区緑洲農業可持續發展戰略研究. 中国農業出版社、北京、375 p.
- 劉永誌 (1999): 中国新疆タクラマカン沙漠地域における資源・環境とオアシス経済——その地理学的研究——. 愛知大学大学院文学博士学位論文, 342p.
- 錢正安・葵芙・劉景涛・李棟梁 (2002): 中国北方砂塵あらし研究の若干の問題. (ミメオグラムノート), 1-9.
- 王涛 (編) (2002): 中国沙漠与沙漠化. 河北科学技術出版社, 955p.
- 吳正 (2004): 風砂地貌研究論文選集. 海洋出版社. 北京, 225 p.
- 吉野正敏 (1997): 中国の沙漠化. 愛知大学文学会叢書 I. 大明堂, 東京, 300 p.
- 吉野正敏 (2003): 中国の乾燥地域、特に新疆のタリム盆地とそのオアシスにおける水問題と水利用. *水利科学*, 47(1), 1-20.
- 吉野正敏 (2004): タクラマカン沙漠のオアシスにおける水利用と土地利用. *沙漠研究*, 14(1), 41-51.
- 吉野正敏・鈴木潤・清水剛・山本享 (2002): 東アジアにおけるダストストーム・黄砂発生回数の変動に関する総観気候学的研究. *地球環境*, 7 (2), 243-254.
- 吉野正敏・藤田佳久・宮澤哲男・有菌正一郎・鈴木潤・杜明遠・雷加強・Deliber Turdi (2005): タクラマカン沙漠とその周辺の諸オアシスとダウンファンにおける農民の生活. *地球環境*, 10(1), 81-96.
- 周自江・王錫穩・牛若芸 (2002): 近 47 年中国沙塵暴和揚沙天气. 中国气象局預測減災司主編: 沙塵暴監測預警服務, 12-19.