

中国内蒙古・砂地草原における土地的要因が流動砂丘 の拡大に及ぼす影響

The Influence of Edaphic Factors to Sand Dune Remobilization in the Sandy Grassland in Inner
Mongolia, China

立入 郁* 武内和彦*

Kaoru TACHIIRI Kazuhiko TAKEUCHI

VOL. 61 NO. 5

March, 1998

ISSN 1340-8984

中国内蒙古・砂地草原における土地的要因が流動砂丘の拡大に及ぼす影響

The Influence of Edaphic Factors to Sand Dune Remobilization in the Sandy Grassland in Inner Mongolia, China

立入 郁* 武内和彦*

Kaoru TACHIIRI Kazuhiko TAKEUCHI

摘要：旧日本軍が作成した1930年代の地形図と中国科学院が作成した1980年代の砂漠化類型図を比べた結果、中国内蒙古自治区奈曼旗でも、周辺で報告された結果にほぼ一致する約1.8倍の流動砂丘の拡大がみられた。1980年代における砂漠化程度は、地形では砂丘、低位段丘、氾濫原の順に大きく、土壌では風積砂土が湿草地を上回った。大半のカテゴリでは、1930年代に砂漠化地域だったところのほうがそうでなかったところより1980年代の砂漠化の度合いが大きかったが、例外的に逆の結果になるものもあった。

1. はじめに

近年、地球環境問題の一つとして、また食糧問題にも関連する問題として土地荒廃が注目されている。土地荒廃とは、土地の持っている自然的な諸条件と人間による土地利用のミスマッチによって起こる景観変化のプロセス¹⁰であって、乾燥した地域ではこの景観変化が目に見える形で起こるために、特に関心を集めている。

乾燥した地域の土地荒廃である砂漠化においては、アフリカにその注目が集まっているが、日本をとりまくアジア地域は、UNEP¹⁷によれば、乾燥・半乾燥・乾性半湿潤地域合わせて約370万km²で土地荒廃が起きており、これはアフリカの約319万km²を上回っている。また、同地域の人口密度(1988年で109人/km²)¹²は五大陸中最大であって、将来さらに砂漠化が進むことが予想される。なかでも中国は、世界最大の人口を有するうえ、今まさに経済発展が始まろうとしており、急激な砂漠化が始まる前に早急に何らかの対策を講じる必要がある。その際、防風・防砂林などの整備に加えて、より根本的な対策として自然条件に合致した合理的な土地利用を行っていく必要がある。砂漠化の進行の地域差の原因は、マクロスケールでは気候条件である。このことは砂漠の世界的な分布は気候条件からほぼ説明が可能であることからわかる¹³。しかし、さらに細かい空間スケールに注目し、地域の土地利用を考えると、地形、土壌といった土地条件が重要になってくる。

本研究では砂漠化の一形態である砂丘の再活動(中国では再活動を開始した砂丘は流動砂丘と呼ばれる)に注目し、中国でも代表的な砂漠化進行地域である内蒙古自治区奈曼旗において、旧日本軍が製作した地形図(国立国会図書館所蔵)を用いて1930年代から1980年代までの流動砂丘の拡大を把握し、土地的要因(地形・土壌)と流動砂丘の拡大との関連性を考察した。

2. 対象地の概要と解析手法

(1) 対象地の概要

本研究で対象とした中国内蒙古自治区哲里木盟奈曼旗は、東経120°30'~121°30'、北緯42°30'~43°30'に位置し(図-1)、その面積は8,232.7km²である¹⁹。この一帯はクルチン砂地と呼ばれる面積43,000km²の砂地草原を形成している。クルチン砂地は中国でもっとも大きな砂地草原の一つであり、また砂漠化が特に進んでいる地域でもある。年平均気温は6~7℃、年平均降水量

は約360mmであり、その大半は6~9月に集中している¹⁸。

この地域の砂漠化は、大きく分けて①西北部で顕著な、第四紀の湖沼堆積物からなる砂丘が、植被が消失することによって再活動し流動砂丘となるもの^{10,16}、②南部のレス地域で顕著な水による侵食¹⁶、③最近見られ始めた土壌の塩性化¹⁰、の3種類が見られる。本研究ではこのうちもっとも広範囲で見られる①の砂丘の再活動に注目して分析をおこなった。

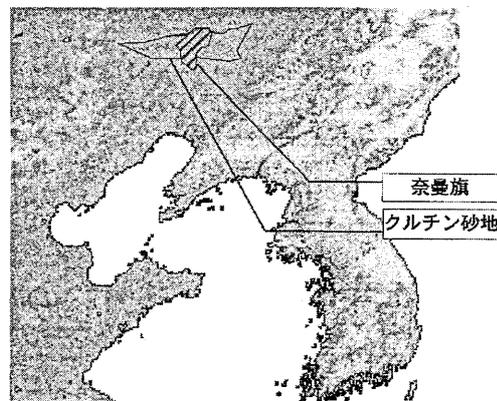


図-1 クルチン砂地と奈曼旗の位置

図は1995年の6月下旬のNOAA/AVHRRのデータから求めたNDVI(正規化植生指数)であり、陸域では色が薄い程植生が濃いことを示している。

(2) 本研究で用いた地図

本研究では、旧大日本帝国陸地測量部が製作した地形図²⁰(以下地形図)と中国科学院編集の砂漠化類型図²¹(以下類型図)を用いた。このうち地形図の一部を図-2に示す。ドットであらわされた部分は凡例では「通過困難ノ部」とされているが、十~数十mの起伏をとともうこと、その中の底部にはドットがなく頂部で特にドットの密度が高いこと、ドットで覆われた部分の形状が典型的なパラボリック(放物線状)な砂丘の形に近いことなどから流動砂丘の分布域を示すと推定される。また、図-2の右端部のシート状のドットは、河辺の砂堆を示す。なお、この地図を含み旧満州一帯をカバーする「満州十万分の一図」は1904年に編成された第二次臨時測図部が測図した5万分の1の地形図をもと

*東京大学大学院農学生命科学研究科

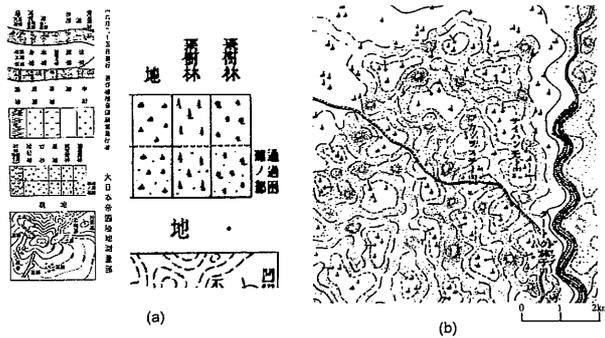


図-2 旧日本軍作成の地形図
(a) 凡例, (b) 本図

に、シベリア出兵(1918)の際にロシアから接收した8万4千分の1の地形図や満州事変(1931)の際に中国側から接收した地形図を用いて補強し、さらに不完全な部分は再調査して完成されたものである⁹⁾。本研究で取り上げる地域は旧満州の中でも南部にあたるためロシアからではなく中国から接收した地図が使われていると推測されるが、中国側から接收された地図のうち内外蒙古に関するもの474枚のうち455枚が10万分の1のものであり、それらは1931年の日中戦争の開戦の直前からつくられたものである⁹⁾。また、第二次臨時測図部の測図は1904年から始まっているが、満州国の成立(1932)以前のもは見取り図程度のもにすぎず⁹⁾、おもな部位はそれ以降のものだと思われる。以上のことからこの地形図はおもに1930年代の情報にもとづいていると思われる。この地形図は図-2にみられるように丘間低地と砂丘部の区別が可能であり、100m前後もしくはそれ以下で地形の識別が可能であろうと思われる。

一方、中国科学院編集の砂漠化類型図²⁾(以下類型図)には調査年度の記載がないが、関係者などの話から1980年代はじめの調査だと推定される。類型図は裸地の面積率によって重度砂漠化地域(裸地50%以上)、強度砂漠化進行地域(同25-50%)、砂漠化進行地域(同5-25%)、潜在砂漠化地域(同5%以下)、非砂漠化地域の5段階の区分をおこなっている。

(3) 解析手法

流動砂丘の拡大に関する現在までの研究は、層序学的方法によって数千~数万年オーダーの変化を考察したもの¹¹⁾などと、衛星画像解析によって10~20年の変化を追ったもの⁷⁾などがほとんどであり、ここで扱ったような50年程度の変化を対象とした研究は少ない。それは一つにはうえに挙げた2つの方法のように世界のどこでも適用できる普遍的な方法が確立されていないからであり、そのためこのタイムスケールを扱うことができるのは空中写真、古地図、古文書などが残っている地域にほぼ限られる。またこれまでは対象区域全体の砂漠化地域拡大率に力点を置いた研究が多く^{7),15)}など、その中の、①どのような条件の土地で、②どのくらい拡大したのか、の2点に踏み込んだ報告はほとんどない。一方、空間変化を考慮した定量的な砂漠化危険度の推定の例には、オーストラリアのビクトリア州の塩類集積を降水量、森林面積などで表わしたもの⁹⁾、砂漠化を水食、風食などのサブモジュールに分け、そこで降水量、地形などを考慮して評価したもの⁶⁾などがある。ここではそれらをふまえ、50年スケールでの砂漠化地域の拡大を土地条件と関連づけた解析を試みたい。

本研究の解析手順は以下のとおりである。まず、地形図と類型図をラスタ化した。ラスタ化はともに、まず数十mの解像度でスキャナによって解析システムに取り込み、カテゴリごとに色をつけたのち出力することをおこなった。地図のラスタ化の際は、類型図にならぬ丘間低地もあわせて砂漠化地域とした。なお解析段

階では、約1km四方のメッシュを単位とし、もっとも大きい面積を占めるカテゴリでそのメッシュを代表させた。つぎに重度砂漠化地域、強度砂漠化進行地域、砂漠化進行地域の面積の和を砂漠化地域面積とし、地形図の砂漠化地域の面積と比較することによってこの間の砂漠化地域の増加を把握した。さらに1980年代の砂漠化程度と、地形、土壌との関連性を調べた。その際、1930年代に砂漠化地域であったところと、そうでなかったところを分けて調べた。地形、土壌図は奈曼旗農業局によるもの¹⁶⁾をスキャナで読み込んでラスタ化したものを用いた。なお、本研究においては地形、土壌の分類は調査者のものをそのまま用いたが、理解を簡単にするためカテゴリ名はできるかぎり日本語になおして用いた。

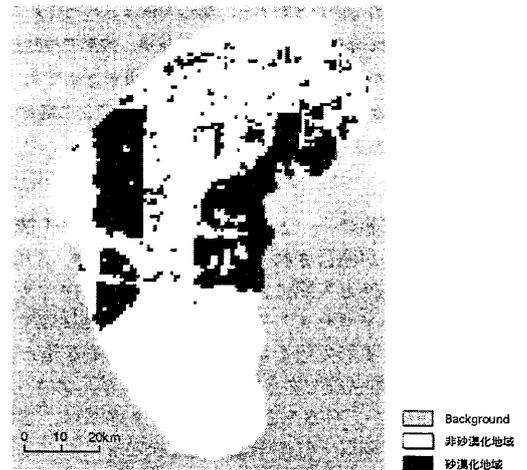


図-3 1930年代の奈曼旗における砂漠化地域の分布

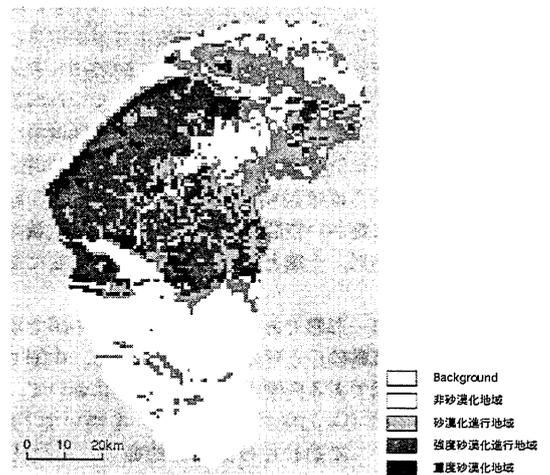


図-4 1980年代の奈曼旗における砂漠化地域の分布
(中国科学院沙漠研究所, 1984をもとに作成)

3. 結果

- (1) 1930年代および1980年代の砂漠化地域の面積とその拡大
1930年代では奈曼旗全体で、砂漠化地域が2,398.8km²であり、また、1980年代には重度砂漠化地域が700.8km²、強度砂漠化進行地域が1,825.7km²、砂漠化進行地域が1,779.9km²であり、合計で砂漠化地域の面積は4,306.4km²であった。この間に砂漠化地域は約1.8倍に拡大していた(図-3, 4, 5)。
- (2) 砂漠化地域の拡大と土地的要因との関係

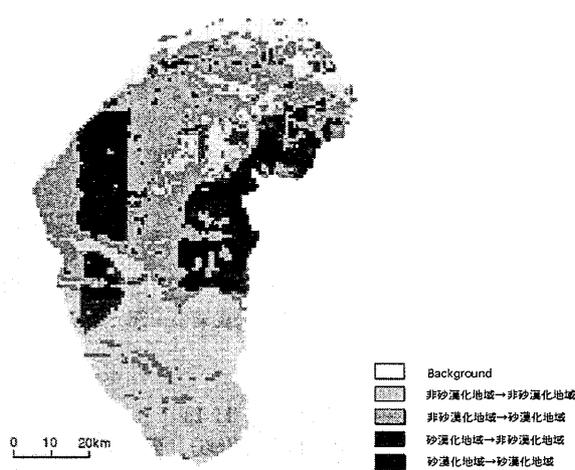


図-5 1930年代から1980年代までの奈曼旗における砂漠化地域の分布の変化
1980年代の砂漠化地域は、砂漠化進行地域、強度砂漠化地域、重度砂漠化地域をあわせたものとした。

各地形区分の砂漠化程度の分布を表-1に示す。1930年代の非砂漠化地域（以下旧非砂漠化地域）と1930年代の砂漠化地域（以下旧砂漠化地域）の裸地率を比べるとそれぞれ0.16, 0.27で、大きな差が見られた。裸地率とは、砂漠化の度合いをあらわすために本論文で導入した指標で、重度砂漠化地域、強度砂漠化地域、砂漠化進行地域をそれぞれ重みづけして和をとり、総面積で除したものである。重みづけの係数は、重度砂漠化地域については裸地の割合が50%から100%であるから、その中点である0.75を、以下同様に強度砂漠化地域については0.375、砂漠化進行地域には0.15を用いた。

各地形区分ごとにとみると、おもに南部に分布する低山・丘陵地、黄土台地では砂漠化地域があまり見られず、おもに北部に分布する砂丘、低位段丘、氾濫原は、この順に裸地率が高く、それぞれ0.33, 0.20, 0.08であった。

砂丘、低位段丘を砂丘の大きさによってさらに細かく分類すると、砂丘が大きいほど裸地率が高かった。また、旧非砂漠化地域と旧砂漠化地域を比較すると、どのカテゴリでも旧砂漠化地域の方がそれぞれ0.05もしくはそれ以上大きかった。ただし、砂丘の大きさに注目してさらに細かく分けた場合は、大起伏砂丘を伴う低位段丘においては、旧非砂漠化地域の方がはるかに値が大きく、0.40というその裸地率は、大起伏砂丘のそれと等しく、全てのカテゴリ中で最大である。

つぎに砂丘、低位段丘、氾濫原について、土壌タイプごとの考察をおこなった。奈曼旗の土壌は、南部に分布する成帯性土壌の栗色土や肉桂色土と、北部の湖沼堆積物起源の風積砂土、ならびに良好な水条件の下で発達した成帯内性土壌である湿草地土がおもなものであるが、このうち栗色土と肉桂色土の分布域では砂丘再活動はほとんど起こらない。そこで、ここでは風積砂土と湿草

地土に注目して砂丘再活動の様子を調べた（表-2）。その結果、砂丘-風積砂土の組み合わせでもっとも裸地率が高く、続いて砂丘-湿草地土、低位段丘-風積砂土の組み合わせがほぼ同じ値で続いた。以下、地形では砂丘-低位段丘-氾濫原、土壌では風積砂土-湿草地土という明確な値の差が得られた。

表-2 地形・土壌タイプと裸地率
旧非砂漠化地域の値/旧砂漠化地域の値を示す。
---は該当メッシュなし。

	風積砂土	湿草地土	その他
砂丘地	0.32 / 0.37	0.25 / 0.32	0.33/---
低位段丘	0.25 / 0.27	0.06 / 0.11	0.23 / 0.18
氾濫原	0.15 / 0.18	0.03 / 0.05	0.02 / 0.10

4. 考察

流動砂丘の拡大率に関しては、奈曼など7つの旗からなる哲里木盟においては空中写真の解析によれば1950年代末から1970年代末までに約2.7倍に増加したこと¹⁸⁾、クルチン砂地西部（奈曼旗は含まれない）では1935年から1985年までに砂地が2.3倍に拡大したこと¹⁵⁾などの報告があり、奈曼旗とその周辺の砂漠化地域が1930年代から1980年代に1.8倍程度増加したとする今回の推定結果は妥当性が高いといえる。

奈曼旗の砂漠化地域のほとんどが分布する同旗北部は、第四紀の湖沼堆積物によって、数mから最大数十mの厚い砂の層に覆われている¹⁾などが、その厚さは場所によって異なる。砂丘ならびに低位段丘といった地形カテゴリ内で砂丘の大きさによって裸地率が変化するの、もちろん砂丘再活動の結果砂丘が大きく発達するという面もあるだろうが、もともと砂の厚さが大きいところほど起伏が大きくなりやすく、裸地化もそのようなところより進む、という面も考えられる。

湿草地土の形成には、①湿草地草本類植被が成長し土壌有機物の集積がおこること、②地下水が比較的浅く土層下部が地下水の浸潤を直接受けること、が必要である¹⁾が、このような条件は奈曼旗では川沿いの低地に集中している。つまり、湿草地土の分布は地形と密接に関わっている。その他の地域は、大きな人為的攪乱がなければ植被との相互作用でゆっくりと土壌生成作用が進み、半固定砂丘風積砂土を経て固定砂丘風積砂土へ、さらに成帯性の土壌へと変化していくはずであった。その過程でその時点の土地の容量を越える土地利用圧がかかれば再び裸地化することになるが、その際起伏が大きく水分条件が悪いところほど裸地化しやすく、また裸地化することによって地表が風の作用を受けやすくなり起伏が大きくなっていく。このようなことが、1980年代の砂漠化地域が起伏の大きな土地へ集中していること、その大半が風積砂土地域に集中していることの原因だと思われる。

また、大起伏砂丘を伴う低位段丘において非砂漠化地域のほうが裸地率が大きくなった原因は、1930年代以降に土地の容量をはるかにこえる利用圧が一度にかかったことだと考えられる。このカテゴリ最大の重度砂漠化地域は、八仙筒という郷（郷は旗の下の行政単位）であるが、ここは農業地域に区分されている。この土地利用圧は放牧ではなく農地拡大によるものであった可能性もある。

奈曼旗北部においては、河川の両側に氾濫原-湿草地土の組み合わせによる肥沃な土地がひろがり、川から離れ比高が大きくなるにしたがって地形は氾濫原から低位段丘を経て砂丘へと、土壌は湿草地土から風積砂土へと変化し、生産のための条件が悪くなっていく。つまり、土地利用は川を中心に考え、概念的には川と平行なラインで区切られるように配置するのが望ましいと思われる。

表-1 各地形区分における1980年代の砂漠化程度

地形区分	1930年代の非砂漠化地域				1930年代の砂漠化地域				合計	裸地率				
	d0	d1	d2	d3	d0	d1	d2	d3						
低山・丘陵地	907	74	18	19	1018	0.03	4	5	6	8	21	0.36	1039	0.04
黄土台地	605	51	10	1	667	0.02	96	43	3	11	153	0.10	820	0.03
砂丘地	108	314	431	141	894	0.32	29	97	286	77	489	0.37	1483	0.33
うち(大起伏砂丘)	39	80	411	137	667	0.40	20	72	285	76	453	0.39	1120	0.40
(小起伏砂丘)	69	234	20	4	327	0.14	9	25	1	1	36	0.14	363	0.14
低位段丘	898	512	432	236	2078	0.20	181	476	315	107	1079	0.25	3157	0.22
うち(大起伏砂丘を伴うもの)	13	47	67	53	180	0.40	27	140	71	13	251	0.23	431	0.30
うち(小起伏砂丘を伴うもの)	518	427	343	164	1452	0.22	122	330	242	89	783	0.26	2235	0.23
(砂丘を伴わないもの)	367	38	22	19	446	0.06	32	6	2	5	45	0.12	491	0.07
氾濫原	202	64	19	6	291	0.07	31	8	1	5	45	0.12	336	0.08
沼沢地	24	13	8	1	46	0.12	9	16	17	0	42	0.21	88	0.17
合計	2744	1028	918	404	5094	0.18	350	645	628	206	1829	0.27	6923	0.19

表中、d0,d1,d2,d3はそれぞれ1980年代における非砂漠化地域、砂漠化進行地域、強度砂漠化進行地域、重度砂漠化進行地域のメッシュ数を示し、裸地率は(0.15d1+0.375d2+0.75d3)をメッシュ数で除したものである。

5. おわりに

旧日本軍作成の地形図と、中国科学院作成の砂漠化類型図を比較することで、1930年代から1980年代までの砂漠化地域の拡大を推定し、その空間分布の特徴を調べた。北部に多く分布するカテゴリについて調べた結果、地形タイプでは砂丘、低位段丘、汎濫原の順に、土壌タイプでは風積砂土、湿草地土の順に裸地率が高かった。

また今回は土地的要因に焦点をあてたが、人為的要因についてはあらためて報告をおこないたい。また、自然条件については降水量などについて今後検討したい。

また、近年土壌の塩性化および水による侵食を衛星画像から解析することが可能になっている。今後これらについても検討して

いきたい。

謝辞

本研究で使用した砂漠化類型図は、中国科学院蘭州沙漠研究所の好意により提供されたものである。ここに記して謝意を表す。また、中国語のデータの読みとりなどに際しては、元東京大学アジア生物資源環境研究センター特別研究員の劉若剛氏（現ブレック研究所）に大変お世話になった。合わせてここで厚く謝意を表す。なお、本研究は環境庁の地球環境研究総合推進費（1995-97年度採択プロジェクト：G-1砂漠化防止対策適用効果の評価手法の開発に関する研究）による研究成果の一部である。

引用文献

- 1) 中国科学院南京土壤研究所主編 川瀬金次郎・菅野一郎訳 (1983): 中国土壌 一改良・性質・肥沃度・生成分類一: 博友社, 1020pp.
- 2) 中国科学院沙漠研究所 (1984): 奈曼旗・庫倫旗・科尔沁左翼后旗沙漠化類型図
- 3) 大日本帝国陸地測量部 (1933): 地形図 10万分の1 「開魯」「チュールト王府」「ホルスタイ」「周呢営子」「朝哈拉哈王府」「阜新」「東土黙特王府」
- 4) 大日本帝国陸地測量部 (1935): 地形図 10万分の1 「メンチカスム」「ネエム営子」「開包営子」「梧桐好懶」「興隆地」「宝国圖」「高家梁」
- 5) 藤原 彰 編 (1992): 満州および関東州: 十五年戦争極秘資料集第30集 外邦兵要地図整備誌: 不二出版, 465-478
- 6) Grunblatt, J., Ottichilo, W. K. and Sinange, R. K. (1992): A GIS approach to desertification assessment and mapping: *J. Arid Environ.* 23, 81-102.
- 7) 今川俊明 (1996): 宇宙から見た中国東部の砂漠化: 土壌の物理性 74, 29-37
- 8) Ive, J. R., Walker, P. A. and Cocks, K. D. (1992): Spatial modeling of dryland salinization potential in Victoria, Australia: *Land degrad. & rehabil.* 3, 27-36.
- 9) 建設省国土地理院 (1970): 測量地図百年史: (社)日本測量協会, 37, 223-230
- 10) 森昌弘・古川郁夫 (1992): 中国北東部科尔沁沙地の砂漠化動態の解析: 日本砂丘学会誌 39 (2), 12-19
- 11) 大森博雄, 遠藤邦彦, 上杉陽, 堀越増興 (1987): サウスオーストラリア州南東部ミリセント付近の海岸における完新世砂丘の層序と地形発達史: 地学雑誌 96(1), 1-22
- 12) 総務庁統計局編 (1990): 国際統計要覧 1990: 大蔵省印刷局, 東京, 2-7
- 13) 鈴木秀夫 (1977): 地理学の風土: 地理 22(11), 11-18
- 14) 武内和彦 (1996): 東アジアの土地荒廃と持続的土地利用システムの確立: 農村計画学会誌 14(4), 3-6
- 15) Takeuchi K., Katoh K., Nan Y. and Kou Z. (1995): Vegetation cover change in desertified Kerqin Sandy Lands, Inner Mongolia: *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, 30, 1-24.
- 16) 内蒙古奈曼旗農業局土壌普查隊 (1984): 内蒙古奈曼旗第二次土壌普查報告
- 17) UNEP (1992): *World atlas of desertification*: Edward Arnold, London, 69pp.
- 18) Zhu., Z., Zou., B., Di., X., Wang., K., Chen, G., Zhang, J. (1988): *Desertification and rehabilitation -case study in Horqin Sandy Land*: Institute of desert research academia sinica, Lanzhou, 113pp.

Summary: The expansion of remobilized sand dune in the sandy grassland in Naiman-Qi, Inner Mongolia, China was studied using the map produced by the Former Imperial Japanese Army and the desertification classification map published by Chinese Academy of Sciences. Sand dune expanded 1.8 times larger in 1980's than 1930's. The spatial distribution of its severity depended upon edaphic factors such as landform and soil type. Concerning landform, the sequence of sand dune - low terrace - flood plain arranged in order of the magnitude of *bare land rate* while in soil type, aeolian sandy soils were damaged far more severely than meadow soils.