

### <文献紹介>北西ヨーロッパにおける後期完新 世風成砂の地形形成の様相と形成年代

ICHINOSE, Yoshimi / 市瀬, 由自

---

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

26

(開始ページ / Start Page)

49

(終了ページ / End Page)

53

(発行年 / Year)

1997-09-30

## 【文献紹介】

### 北西ヨーロッパにおける後期完新世風成砂の地形形成の様相と形成年代

Iiona Castel, Eduard koster and Rudolf Slotboom (1989): Morphogenetic aspects and age of Late Holocene eolian drift sands in Northwest Europe. Z. Geomorph. N. F. 33-1, p. 1-26.

この論文の目的はオランダにおける後期完新世の風成砂の考察に対する結論が、北西ヨーロッパ平野の砂地帯の大部分の地域についても適用できるか否かにおかれている。論文は序説、用語、層相と地形形成、風食を受けない原地表面に形成された小沼沢地、花粉ダイアグラム、中世以降の風成作用（付図 10、付表 2、写真 2）より構成される。風成砂の起源と時期、殊に subatlantic 期における大規模な移動は、初期の環境変化に与える人為の重要性を知る鍵を提供すると考えられるので、以下に要点を紹介する。

北西・中央ヨーロッパ平野の砂地帯においては、Weichselian から現在まで広域にわたる風成砂の生成がみられる。砂地帯はオランダ、北部ベルギー、ドイツ、ポーランド、バルチック諸国にまたがり、面積は数万 km<sup>2</sup> に及ぶ。風成砂の主要地域は更新世水河作用による水成堆積物や融水河川堆積物の広がり一致して、最終氷期には激しい周氷河環境下におかれていた。陸成堆積層の風による局地的再堆積は、新石器時代初期から現在にわたって大規模に発生してきた。この現象はオランダでは被覆砂地域に限られ、風成砂の一部は現在も移動しているが、多くは前世紀末期ごろからの植林によって固定されてきた。

風成砂層とそれに関連する地形については用語の面で混乱している。海岸砂丘形、河畔砂丘形と堆積物、被覆砂層形と堆積物を区別する必要がある。この区別は Koster (1982) によって説かれたように地形、堆積物の特徴、堆積環境に基づいている。被覆砂形：一様な厚さをもち、5m 以下の高度差を示す波状起伏と、5~6° 以下の傾斜をもつ比較的大面積の風成砂で構成され、多くは稜線をもつ。被覆砂層または被覆砂—Flug (deck) sand—：Weichselian から完新世初期のもので、層位

学的特徴から周氷河性風成砂を示す。有機物を欠きしばしば周氷河的構造がみられる。最上部に風化とポドゾル土化作用による B 層が形成されている。砂丘形をもつ風成砂は層相と年代から古期内陸砂丘 (Altdünen) に由来する。

風成砂層または風成砂 (Flugsand または Wehsand)：更新世陸成砂層の完新世における再堆積に基づく風成 (内陸) 砂に対して適用される。それらは一般的には複雑な砂丘形を示し、時には活発な形成作用がみられる。局地的であり、大部分は人為に起因する風成砂は明黄灰色で固結程度は比較的緩い。有機的 (時には碎屑物) に富む層をもつが周氷河構造を欠く。わずかに層理を示し、ゆるい角度で斜交する細かいラミナがみられ、淘汰良好な砂よりなる。

風成砂形は新期内陸砂丘に由来する。下位の堆積物には明瞭な土壌断面が発達して、風成砂層は多くの場合、古期風成砂 (Subboreal ~ Middle Ages) と、新时期風成砂 (Middle Ages ~ Recent) に分けられる。古期風成砂にはしばしば腐植質ポドゾルが発達するが、植被のある新时期風成砂には未熟な土壌断面がみられるに過ぎない。風成砂は殊にヨーロッパの砂地帯西部では内陸砂丘中に卓越する。Niedersachsen では広域にわたる被覆砂層とは別に、完新世の Jungdünen と Weichselian の Altdünen 地域にも発生している。東ドイツやポーランドでは内陸砂丘は Weichselian の主要な砂丘形成相として生成されたが、オランダの完新世の再堆積作用は Weichselian に比較すればそれほど顕著ではない。

運搬営力を反映する分布傾向を示す風成砂は、均一な粒径をもち壤土を含まない微細砂、中細砂からなる。オランダ中央部ではしばしば再堆積の新时期被覆砂を示すが、粒径分布の点では風成砂と

被覆砂の識別は困難である。風成砂層は厚さ数cmの、より粗粒で中程度にラミナの発達した層と細粒でラミナの発達した層との不規則な互層である。堆積物は一般的には変化に富んだ非石灰質石英砂で、重鉱物の平均重量比は粒径の減少にともなって大きく増加するが、重鉱物の含有量は低下する。比率と重鉱物組成は局地的に形成されている下層土と一致して漸変する。この現象は被覆砂をもつ場合にもみられる。粒径と母材の組成上の相違は局地的な再堆積の場合にも存在する。円磨の程度は粒径が大きくなると増加するが地域差は少ない。地形的・土壌的指標(色調・土性・構造)が不明確な地域では、風成砂と被覆砂の識別は困難であるが、この場合には固結状態が役立つ。

(新时期) 風成砂では孔隙量は深さと関係がないので貫入抵抗値は一定である。被覆砂では孔隙量が急激に減少するので、抵抗値は深くなると増加する。風成砂は腐植含量が極度に乏しいにもかかわらず、部分的に碎屑物を混える薄い腐植層がある。ス様な現象は被覆砂では一般的には存在しない。ただ、原地表面上に堆積が進行した地域(blow-over)の土壌断面直上の風成砂層最下部と、風成砂地域の周縁では豊富な腐植質砂層がみられる。薄い断面内の微形態学的解釈が腐植の区分を可能にする。

先学による成果を参考に、形態と風成砂地域の残された性状を基にして次のように整理できる。

a. 侵食、堆積によって形態と大きさが不規則に変化する。円形、楕円形や不規則な輪郭などを呈して孤立したり複合形を示す。時には対称的縦断面形をもつ。砂丘形は大きさ、高さ、傾斜ともに変化に富む。b. 高さは平均的には1.5~10m、例外的には10~20mで、1.5m以下の起伏をもつ地域から波状を呈する地域までである。c. 急傾斜がしばしばみられ、最大傾斜は15~33°、植被をもつ安定斜面では47°となる。d. 対称的、または非対称的な長い縦断面形、砂丘の稜線は曲ったり直線を示す。風成砂地域の縁に位置していて1~20mの高度差をもつ。

風成砂は海岸砂丘や河畔砂丘と比較して、供給地域から風下側へ移行する明確な地形形成単位の

系列はみられない。現状では海岸砂丘形の地形形成分類を、風成砂形に適用することは困難である。しかし、風成砂地域は侵食、堆積の性状、埋没土壌断面を基に、以下の地形形成単位に分類できる。a. blown-out 地域：原面・土壌断面は風食によりかなり除去されている。b. blown-over 地域：先行した風食作用が存在しなかったために、原地表面上に堆積が進行する。c. blown-on 地域：先行した blown-out 面上に堆積作用が発生する。

北西ヨーロッパの風成砂は卓越する偏西風に因る。優勢方向はWSW~ENEであり、これはオランダの風速5m/sec以上の頻度分布と完全に一致する。オランダ、ベルギーの海岸砂丘、河畔砂丘、古期内陸砂丘形、新时期被覆砂形の優勢方向も風成砂形と同じく偏西風の風向に類似する。風成砂の正確な形成年代と起源については不明な点が多い。風成砂は一般的には更新世(被覆)砂層頂部に堆積し、両者は酷似するので層位的境界は明らかではない。両者は元来緩く波状に起伏する被覆砂地形の地形逆転に起因していて、それらは時として泥炭形成以前の低位湿地を示す。湿地は風食期に砂で覆われ、もともとの低位地域が砂丘に変形している。

北西ヨーロッパの台地砂丘は時には不透水性か、または泥炭薄層よりなる没埋土壌をもつ。砂丘は原地表面または土壌断面が風食によって除去された地域にみられ、比較的急な側面とやや高さの揃った頂面をもつ。オランダのVeluwe、Drenteにおいては、原地表面上に形成された数層の泥炭が風成砂によって覆われる。Veluweでは花粉分析と<sup>14</sup>C年代値から、風成砂は主として1150—1250 A.D.以降に発生している。Heidinga(1984 a, b)はVeluweの初期の風成砂は10世紀であること、Waterbolk(1961, 1965, 1966)はDrenteのそれは花粉学的、考古学的証拠から、さらに遡ることをそれぞれ指摘する。オランダ南部の数回の風食現象は1400 A.D.—19世紀に発生し、時には風成砂は未熟な土壌断面により識別される。

ドイツでは人間活動による侵食砂丘がSolger

(1910)により、また、Pritz (1972)によっても同じ砂丘型が主として風成砂地域に発生することが指摘されている。デンマークの台地砂丘は、南部 Jutland の氷床主要停滞線西方の数地域に散在する風成砂地域にみられるが、原地表面上に砂が堆積する地域の泥炭地は小地域に停まる。本地域の台地砂丘の予察的花粉分析と<sup>14</sup>C年代によれば、風食最盛期は850A. D.である。Stenz (1969), Sørensen (1972)は泥炭直上の風成砂中の木片に着目し、“landnam phase”における泥炭地またはヒース荒野の森林開発、開墾による火入れが風食開始の原因であると述べている。Hansen (1959)によれば、Jutlandの内陸砂丘と海岸砂丘には1200—1300A. D.ごろに風成砂の再移動が発生したと言う。

各観察断面は或る程度類似した層位と配列を示す。被覆砂層中のポドゾル断面頂部に泥炭薄層がみられ、表面は風成砂に覆われる。特に腐植薄層は風成砂層の最下部に形成されている。腐植薄層は下位の被覆砂の黒色、暗褐色A<sub>1</sub>層から由来した物質の風成再堆積か、植被による風成砂の一時的停滞に、それぞれ起因する。時には薄い腐植層頂部には、被覆砂の元来のポドゾル断面（多くは典型的腐植質ポドゾル）のA<sub>2</sub>層に由来した物質が堆積する。

Kootwijk 地域：泥炭の形成は被覆砂中の凹地にみられるポドゾル断面上の雨水の停滞による。Carex, Sphagnum, Eriophorum の遺体よりなる泥炭層の層厚は時には160cmに達する。泥炭の形成は風成砂によって部分的に、または完全に中断されたが、現在は泥炭集積の再活動期にある。Heidinga (1984a)は青銅期と民族移動期(4—6世紀)と推測される時代を除いて、中期新石器時代以降には永久的の居住が行われたと説く。Carolingia 期(750—900A. D.)には人口密度は増加し、集落は1つの敷地に集中するようになった。9世紀には住宅、納屋、付属建物を含む約20戸の集落が形成され、それらは沼沢地縁に立地していた。風成砂によって耕作不能となり、約750—1000A. D.には東方へ移動し、沼沢地が涸れた950—1000A. D.に集落は放棄された。

Geeste, Herzlake 地域：風成砂は被覆砂中の腐植質ポドゾル上部にある、層厚15cmの固結したSphagnum-Eriophorum 泥炭層を覆っている。Herzlake 近郊のice-pushed ridgeの側面では、風成砂層頂部には古期または新期の被覆砂が堆積する。Fröslev Plantage 地域：約30の台地砂丘が風成砂のblown-out areasにみられる。風成砂は再堆積の被覆砂で融水河流堆積物の下層にある。風食地域では層厚1—3mの被覆砂が除去され礫質下層土にまで達する。blown-over 沼沢地(低層湿原)では上位にある風成砂中にやや厚い土壌断面がみられる。褐色泥炭が、下位の初期被覆砂中の腐植質ポドゾル上部にある固結した黒色泥炭を覆っている。Geeste 断面と同様に断面下部にはやや漂石化した壤土質層位がある。本地域では写真判読により、植被のある風成砂地域と大規模台地砂丘地域を識別できる。Schleswig-Holstein では3月が風食を最も受ける時期で、飛砂は時に吹雪に伴ってNiedersachsen, Schleswig-Holstein, Jutlandの広い地域に発生する(Hassensflug 1972)。

北部ドイツ、デンマークにおける3層のblown-over 泥炭層を対象に、初期の風食卓越期の地域的植生を把握するための花粉分析と、風成砂堆積期と泥炭生成開始期を知るための<sup>14</sup>C年代測定が行われた。ここでは有用な情報を提供するKootwijk との比較検討が試みられる。

Kootwijk ダイアグラムでは4回の局地的小風成相(1150—1250A.D.以降)がみられ、それは風成砂層地域の最終拡大期以前である(Van Geelら1987, Koster 1978)。IX<sub>2</sub>, IX<sub>3</sub>とXa<sub>1</sub>を被覆するその時期は風成砂停滞期の泥炭集積を示す。森林要素の増加は9世紀までの人口減少を示唆し、FagusとCarpinusの増加は人間活動の影響の可能性がある。泥炭生成終了期に近い風成砂帯形成開始期の寸前にEricaceaeが著しく増加する。これと同時に、または少し後に樹木花粉は減少し、Gramineaeと耕作指標が増加する。ヨーロッパの50°Nと0—10°E地域には、顕著な夏季の干魃期があったが(Lamb 1979)、この現象がKootwijkにおける農業周縁地域の開発の終焉を招いた

と推測される (Heidinga 1946)。

Geeste と Herzlake 地域においても Kootwijik の花粉帯細分が適用され、IX<sub>2</sub>、IX<sub>3</sub> における *Fagus* と *Carpinus* の増加に伴う NAP、殊に *Ericaceae* が減少している。Xa<sub>2</sub> の風成砂中の *Sphagnum* の顕著な増加は泥炭薄層の生成を示唆する。Fröslev Plantage では Velume ダイアグラムの細分が適用でき、NAP の減少に先行する IX<sub>3</sub> において、*Fagus* が増加する。*Tilia* は IX<sub>2</sub> の終りに完全に消滅するが Xa<sub>2</sub> に再度侵入する。

各花粉ダイアグラムの示す植生変化は、ほぼ同様な過程を辿るが、それが同時に発生したか否かについては不明である。4 断面の<sup>14</sup>C年代値を基に、連続した泥炭生成と砂層の平均堆積速度を仮定し、花粉帯境界の年代を決めている。Geeste ダイアグラムを除く他の地点の<sup>14</sup>C年代値によれば、Kootwijik 沼沢地の泥炭の平均生成速度は 1.1~1.5 mm/yr. である。この値は Aaby ら (1975) とほぼ類似するがやや大きい。平均泥炭生成速度 (0.1~0.5mm/yr.) を他の blown-over 泥炭層と比較すると、風成砂層の荷重は泥炭層元来の層厚の 1/5 以下を収縮させたことになる。

景観に与える人類の影響を反映する一つは *Fagus* 曲線である。*Fagus* は陰樹として原始時代の森林への侵入は困難であるので、IX<sub>2</sub>、IX<sub>3</sub> にみられる *Fagus* 曲線の増加は、放棄した耕地への森林の侵入を示唆する (Iversen 1973)。Herzlake の *Betula*、Kootwijik の *Corylus* などの先駆植生の微増はこの見解を支持する。周辺地域に *Fagus*、*Carpinus*、*Quercus*、*Fraxinus* の優勢する現象は、Aaby (1986) のダイアグラムと同一の型である。*Fagus* 増加以前の開拓に関する議論は、*Gramineae*、*Artemisia*、*Chenopodiaceae*、*Plantago*、*Rumex* のような人間営力の指標となるものの曲線中に見出される。これら草本類の値が非常に少ないが故に、草本類の出現を否定することはできない。同様な傾向が北西ヨーロッパの他のダイアグラム中にも見出されるからである。Geeste ダイアグラムにおいてのみ *Rumex*、*Plantago* 曲線が連続することは、多少とも人間営力が継続したことを示唆する。

Geeste、Herzlake、Fröslev Plantage の各ダイアグラムの最古期に *Tilia* が出現しているが、その後完全に消滅する。表層における *Tilia* の再出現は、シナノキの加工品の材料として *Tilia* が再び植林されたものであろう (Behre 1976)。各断面上部の風成砂の拡大は人口圧による。時折出現する風成砂地域の拡大は、Plaggen 沃肥化方式 (Behre 1980) と結びついた耕作方法に関連する。試料採取地点周辺において、中世に Plaggen 沃肥化方式が行われていたならば、*Ericaceae* 曲線の増加は、Plaggen 供給地域 (主としてヒース類のおい茂った荒野) に対する耕地の比率は 1:40 であったと想定される (Behre 1980)。

各断面における *Ericaceae* の増加し IX<sub>3</sub> の *Fagus*、*Quercus*、*Carpinus*、*Alnus* 曲線の減少と対照的である。これはヒースランドの拡大を惹起した森林伐採に因る。花粉帯境界の年代決定と同じ方法によって *Ericaceae* の増加開始の大略の年代を求めると、Kootwijik 1175 (—950) B.P.; Geeste 1380 B.P.; Herzlake 1215 B.P.; Fröslev Plantage 1185 B.P. である。ほぼ 200 年以内にヒースは最大の拡大を示した。Carolinga 期には人口密度の増加に伴って農業の集約化が行われ、本期末には植生は部分的に破壊された。これは比較的乾燥期であったことが風成砂地域の拡大を促した。Heidinga (1984a, b) は 950—1000 A.D. の干魃による Kootwijik の集落放棄を指摘しているが、花粉ダイアグラムにみられる耕作指標の増加は耕地のより集約化を示唆する。

植生に対する人類の影響は、放棄された地域に森林が侵入する機会が与えられた中世初期に発生している。8 世紀末と 9 世紀にヒースランドが再び拡大し、10—11 世紀には栽培作物と他の草本地域が増加した。この現象は増加しつつあった人口圧や、やや乾燥化した気候などによって風食の活発化が促され、植生破壊を導いたであろう。

オランダの主要な風成砂の初期相は 10—12 世紀に現われ、風成砂は広大な再植林事業が実施された前世紀以降まで農業に種々な影響を与えてきた。ドイツでも風成砂が中世初期の終りから前世紀末まで発生したことが多くの文献によって指摘

されるが、出現の最初期については明らかではない。Niedersachsen の多くの地域では歴史的証拠により、最大の風食が1700—1850A. D. (Heidebauernzeit) に発生している (Meijer 1984)。Jutland では詳細な情報に乏しいが、風成砂の堆積が中世後期以降に行われている (Sørensen 1972)。東部 Jutland における塵嵐層、砂層、泥炭層 (Fuglsø Mose) の<sup>14</sup>C年代などによれば、大規模な風食期は約 600 B. C.—200A. D. および約 1000A. D. 以降であって、17 世紀に最も深刻となり前世紀末まで継続した。

風食の開始は北西ヨーロッパの Plaggen 土壤型耕地の急速な拡大と密接に関連するようにみえる (Pape 1970)。この土壤は Schleswig-Holstein, D. D. R. の Jutland, Altmark および Ireland, England, Scotland の海岸部にも分布する (Niemeyer 1972)。Plaggen 土壤耕作出現の最初期については見解の一致はみられないが、“Waldviehbauerntum” から “Heideviehbauerntum” までの大きな変化が 1000A. D. ごろに発生している (Mückenhausen ら 1968, 700—1200 A.D. ; Pape 1970 ; Pyritz 1972, 800—1200A.D.)。この時期に

は自然林の荒廃、Plaggen 土地沃肥法に伴う耕地の急速な拡大、羊の放牧やヒース刈り取りによるヒースランドの拡大、開拓などによって森林破壊が進行し、裸地が形成されて風食を受けるようになった。これらの営力は新しい農法、組織的再植林事業が導入された 19 世紀末に停止した。本研究では最初の深刻な森林荒廃がほぼ 750A.D. に発生したことを指示する。北西ドイツの<sup>14</sup>C年代値をみても、耕地の拡大、Plaggen 土地沃肥法と関連する主要な風成砂相はやや古い時代を示している。けれども一般的には 950A.D. より古期の発生はみられない。

中世における気候変化が、北西ヨーロッパの砂質土壤の拡大に伴う砂漠化に重要な役割を果たしたか否かについては、なお、決定するにはいたらない。その証拠についても結論は得られない。これは気候変化の指標が泥炭の生成や砂丘の形成における変化に示されるような、しばしば循環論争が惹き起され易い環境的資料に基づいているからである。

[市瀬由自・法政大学文学部地理学教室]