

<文献紹介>完新世海岸段丘の不安定性：カリフォルニア・モロ砂丘の場合

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)

27

(開始ページ / Start Page)

38

(終了ページ / End Page)

41

(発行年 / Year)

1998-03-21

【文献紹介】

完新世海岸砂丘の不安定性：カリフォルニア・モロ砂丘の場合

Antony R.Orme (1990) : The instability of Holocene coastal dunes : the case of the Moro dunes, California. In: Nordstrom Norbert Psuty and Bill Carter (Editors) „Coastal Dunes Form and Process. John Wiley & Sons, Chichester, England, 315-336.

この論文はカリフォルニア大学ロスアンゼルス校の地理学教室に勤務する著者が、次の3点について考察したものである。第1は世界の海岸砂丘の不安定性に関する証拠の指摘、第2はモロ湾の不安定な第四紀砂丘に関する議論、第3は地球的規模で進行している砂丘の安定破壊と侵食の雛勢をふまえて、モロ湾における完新世砂丘の不安定性を導いた原因の検討である。論文は1. 序論2. 第四紀海岸砂丘の形成：世界的事例、3. カリフォルニア・モロ砂丘複合体、3. 1. 第4紀後期砂丘の層序、4. 分析と解釈、4. 1. 更新世の概要と古砂丘、4. 2. 古期 parabolic 砂丘、4. 3. 新期 parabolic および lobate 砂丘、4. 4. 現成砂丘、4. 5. 砂丘植生の破壊、4. 6. モロ湾口水路の改修、4. 7. 相対的海面変化、5. 結論（付図8、付表2）より構成されている。砂丘の安定破壊と侵食については、人類活動や自然力との複雑な関連が指摘されている。かかる視点に着目した本論文は、海岸砂丘系を考察する際に一読に値する。

1. 序論 海岸砂丘の形成と移動が、更新世後期と完新世初期の豊富な海浜砂の露出した大陸棚上においてしばしば行われた。フランドリアン海進期にも沿岸の広い地域に砂丘の形成をみた。海進極大期の5000年B.P.ごろには、砂の供給は減少して砂丘は植生によって固定され、砂丘形成の重要性が少なくなったとする見解がある。しかしながら、5000年以降の完新世砂丘の再移動については、種々な原因による汎世界的な証拠が数多く提起されている。

2. 完新世海岸砂丘の発達：汎世界的事例 完新世における海岸砂丘の発達については世界各地（オーストラリア東岸と南西部、ニュージーランド、アフリカ南岸、アメリカ大西海岸とメキシ

コ湾岸、ヨーロッパ北西部）の事例に基づいて次のように整理される。(i)フランドリアン海進期の onlapping dune sequence によって海岸付近に形成され、侵蝕を受けた。それらは(ii)次の海進の或る時期に固定された。(iii)続いて砂丘の安定を破壊する現象が発生した。各地域の事例にみると、(i)は多数の見解の一致を指摘できる。(ii)は見解の一致がより少なく、(iii)に対しては重要な見解の相違がある。

局地的には豊富な堆積物の供給が海岸砂丘系の形成に寄与しているが、砂丘の安定破壊と侵蝕が地球的規模において進行している。この背景には海岸管理と密接に関連する現象が内包されている。

3. カリフォルニア・モロ砂丘複合体 モロ砂丘複合体は Los Angeles の北西300kmの San Luis Obispo 近くにある。複合体は更新世後期古砂丘、完新世砂丘などによって構成される。完新世砂丘複合体は完新世後期 barrier beach dune system が、フランドリアン海進によって形成されたモロ湾の三角州性潟湖を閉塞するように発達する。

3.1. 第四紀後期砂丘系列 Islay Creek ~ Hazard Creek では shore platform（平均海面上3~6m）上に麓屑成、沖積成と海浜成堆積物（層厚1~5m）が載り、上部を古砂丘が被覆する。platform は Cayucos の shore platform に対比される。Cayucos platform 堆積層基底の化石サンゴ礁の年代は130000~140000±3000B.P.である。この platform は120000~130000B.P.の最終間氷期の海水準に対比される可能性が大きく、サンゴ礁形成期の汀線は現海面上約6mにあった。古砂丘は層厚15~45mの砂層で構成され、現海面

下から標高約300mの Irish Hills を被覆する。古砂丘内部には堆積の休止期を示す4層の年代未詳の古土壌がある。古砂丘は Point sal 近傍の古砂丘 (27000B.P.) に類似しているため、海水面が現海岸線より10km後退した最終氷期・亜間氷期の主要な dune transgression に対比されよう。古砂丘は最終氷期最終の寒冷期に形成された固結した古土壌 (層厚1~2m) に被覆されている。

Older parabolic dunes は北部では後期砂丘の下に連続するが、Islay Creek から北方3kmの間では崖上部に沿って古砂丘を覆う。Montañã de Oro 地塊では Older parabolic dunes の基底面は Moro barrier 南端では現海水面まで低下する。この砂丘は古砂丘 (更新世後期) 上を陸側より海側に向かって高さを減少しつつ被覆し、内部凹地では10~12m、最高点は平均海面上52mに達する。Older parabolic dunes の年代は貝塚の貝殻片によって示唆される。Islay Creek の真北の崖端近くにある、貝塚基底付近から得られた red abalone shell の¹⁴C年代は4160±70B.P.である。また、Islay Creek 北部の parabolic dunes 下の古土壌上部中に多数散乱する貝殻片の¹⁴C年代は3080±90B.P.である。

Islay creek の北部3km近くにある Older parabolic dunes は、younger parabolic dune, lobate dune に覆われている。新旧の parabolic dunes の接触面は弱程度に発達した古土壌を覆って粘り気の強い木炭薄層 (1730±90¹⁴C年 B.P.) がみられる。younger dunes は、海蝕崖では10mの高さにあるが、Moro barrier 上部では older parabolic dunes を覆って平均海面上20~30mに達する。Older dunes の植生は自然的、人為的災害によって破壊され、砂丘移動が開始されている。

Moro barrier の砂丘形成の最新局面は、裸出した舌状砂丘によって表現される。それらは古期砂丘を横断して移動し、数箇所において Moro 湾にまで侵入する。活動砂丘の一部は現在の海岸から、一部は older dunes の安定破壊によって、それぞれ砂が供給されている。Moro 湾内の Grassy Island の0.6mの深度では砂 (-1~4

phi) が93~98%を占めていて、それより下位では典型的な風成砂粒の比率が減少することから、最近における風送作用の増加を示唆する。

barrier dunes 堆積物については化学的分析成果を基に活動砂丘と安定砂丘との識別が可能である (Brady,1977)。Ca, p, N は海岸から距離が増加するに従って増加するが、土壌 pH は砂丘植生による有機物増加のため減少した。Na と K は風化断面の塩類作用の分布特性を現わすが、古期固定砂丘における燐分と Ca 値は風化の進行に伴うカルシウム燐酸塩の変化による。

前砂丘の形成は一般的には多年生草本類による植生遷移を上回る飛砂を受けて行われている。前砂丘の内陸側の younger parabolic dunes は灌木性植物によって固定される。Older parabolic dunes には coastal sage scrubs が着生する。さらに南部と内陸では older parabolic dunes と古砂丘は、dune chaparral から矮性海岸 oak *Quercus agrifolia* と共棲する、dune oak scrub への遷移を示す。Moro barrier dunes は海浜堆積物、nearshore deposit を覆っており、海浜堆積物は深さ6.5m~平均海面下18.5mまで nearshore marine sediments を被覆している。

4. 分析と解釈 Moro 湾周辺の砂丘形成は少なくとも更新世後期1回、完新世3回の主要な局面を伴っている。これらの地形と構造は現在と類似した条件下 (ESE 方向) における堆積作用を示唆する。WNW 方向の風 (時速平均2.4~4.5 ms⁻¹, 突風時16ms⁻¹) は9ヶ月間、NW 方向は2ヶ月卓越するが、12月にはESE方向の風が限界ぎりぎりの影響を与える。過去および現在において海浜砂や風成砂の供給は、(i)陸上の集水域 (519 km²) の存在、(ii)Moro 湾北部と南部の海蝕崖の侵蝕、(iii)Estero 湾の陸棚堆積物に作用する底層流の存在などと関連する。第四紀の海水準変動は陸棚堆積物移動の増加をもたらす、低海水準期には多量の砂が風送作用を受けたであろう。

4.1. 更新世の概要と古砂丘 完新世砂丘は更新世事変に基づく砂層の堆積に関連する次の要因に支配される。(i)更新世地殻運動は Moro 湾地域の形成に重要な役割を演じた。更新世の断層運動

は Moro 湾の ESE-WNW の長軸に沿う複合地溝の深度を増加し、そこに厚い地層の堆積を可能にしたと推測される。この地殻運動が一部においては完新世砂丘の不安定化、Moro 湾地域の沈降に伴なう急崖の侵蝕に寄与することは無視できないであらう。(ii)Montañā de Oro 地塊においては、完新世砂丘が Cayucos 海成段丘に対比される海浜堆積物上の古砂丘を覆っている。27000B. P. 直後の亜間氷期の挿話的時期に堆積したと推測される、最新の更新世砂丘中にみられる数層の古土壌の存在は、砂の供給が挿話的に行なわれ、休止期を伴っていたことを示唆する。古砂丘上の土壌生成は older parabolic dunes に埋没されるまで継続した。

(iii)Moro barrier の層序関係は open marine embayment の形成と、それが潟湖に変化した海進的な barrier environment の存在を示唆する。これらはフランドリアン barrier を基礎として、その後完新世後期砂丘が堆積したことを教える。

4.2. Older parabolic dunes 古砂丘表面を横断して海進期か、またはその直後に形成された older parabolic dunes の活動は、4160B. P. の少し前に開始され 3000B. P. ごろまで継続したが、その後植生によって固定され土壌生成が進行した。海水準の停滞に伴なう陸棚からの砂の供給の減少や風の働きの低下によって、固定された older parabolic dunes は横列砂丘またはバルハン型砂丘の侵入をみたであらう。

4.3. Younger parabolic and lobate dunes 海岸線が海側の或る距離に停滞している間の、1730B.P. 以後における新しい砂丘発達の展開として、older parabolic dunes は植生の焼失(自然的または人為的火災)によって不安定化した。

4.4. Active dunes 活動的な砂丘形成は 200 年以降(最も効果的なものは 1940 年以降)における次の要因によるものであらう。(i)火災、食害、off-road vehicles, 軍事演習、(ii)Moro 湾口水路の改修と Moro Creek の新しい場所への転位、(iii)相対的海面上昇などである。砂丘の活動は今世紀に入り加速化している。

4.5. 砂丘植生の破壊 植民初期には自然砂丘系の一部は風蝕を受けていたが、海岸植生に強い影響を与えたのは 1772 年の宗教社会事業団設立とそれに伴なう家畜の食害、穀物の栽培である。

4.6. モロ湾口水路の改修 Moro 湾口水路周辺の過去数世紀にわたる改修は、Moro barrier に深刻な影響を与えてきた。1769 年には Moro rock は高潮時には孤立して海岸から離れ、南と北にあった湾口水路の一つの浅瀬化は、他のその下刻を伴っていた。1872 年には北の水路の閉塞が勧告され護岸が建設されたが、1913 年には荒廃し 1943 年には北の水路が侵食を受けたために補強された。一方では Moro Creek は Moro rock の北の海岸へ水路が変更された。1943 年には北突堤が南に向けて建設されたが、突堤周辺では波の屈折により風下への砂州の形成を惹き起した。南の突堤は湾口水路に向って北流する沿岸漂砂を減少するために建設された。これらの改修は Moro barrier の安定に対して次の 3 つの影響を与えた。

(i)高潮時には突堤は Moro rock と本土間の堆積物の南に向う移動を妨げ、変更後の Moro Creek から rock の西方までの堆積作用を促進した。(ii)北突堤では波の屈折による Moro rock の影響を強め、barrier に沿う約 2km の優勢な漂砂が逆方向に効果的に惹き起された。現在の条件下では Moro rock の北の海岸から南に向う漂砂 ($14000\text{m}^3\text{a}^{-1}$) が、rock の南では北へ向う漂砂 ($25000\text{m}^3\text{a}^{-1}$) がそれぞれ推定される。このためさらに南部の barrier は侵蝕を受け、前砂丘を形成する砂の供給を少なくしている。

(iii)護岸と北防波堤では Moro rock の風下に多量の砂の堆積を生じ、湾口水路の周期的浚渫を行っている。1949~1987 年の浚渫量は 3795217m^3 、推定年間堆積速度は $88261\text{m}^3\text{a}^{-1}$ である。浚渫物は Moro rock 両岸の updrift 上、Moro barrier 北端、浅海底、南防波堤南海岸などに放置された。これらは海岸と前砂丘の加速的局地的侵蝕や、不安定な砂丘を維持するために必要な中砂・細砂を供給したことになる。浚渫物は遠方で惹き起されている一部の海岸侵蝕と釣り合うであら

う。しかしながらそれは継起する砂丘の不安定性をも確実にするものである。

4.7. 相対的海面変化 California では海水面の上昇が観測されているが、それは地殻運動の影響を受けて複雑化している。San Francisco と Los Angeles の検潮記録は今世紀において $1\sim 2\text{ mma}^{-1}$ の海面上昇を示している。Moro 湾における人間活動に起因する砂丘の不安定さを、海面上昇に求めることは早計であらう。しかしながら、Islay Creek から 4km 北地方にまでみられる砂丘前面の急崖に示される侵食は、Los Osos と Edna 両断層の海側延長に沿う地殻運動に伴う沈降運動と結びついた、上昇する海水面に起因するであらう。

5. 結論 Moro 湾の海岸砂丘は更新世後期の堆積と再活動、および海進極大期以降に発生した

完新世砂丘の局面を記録する Older parabolic dunes はオーストラリア東海岸、北西ヨーロッパの古期完新世砂丘に対比されよう。younger parabolic dunes の形成は Moro 湾地域に特有な現象であらう。最新期砂丘はヨーロッパ人による植民活動以降に発生したことが推測される。Moro 湾口水路の改修と浚渫は、Moro barrier system の安定性を徹底的にくつがえしてきた。この原因は世界的にみられる人類活動の強度の時期的、地域的変化の多様性をも反映する。

相対的海面上昇、低気圧の発生頻度、風力強度などの増加については一般化することはできない。これら自然力と最近の人類活動に起因する impact の影響を識別することは困難な問題である。

[法政大学文学部地理学教室・市瀬由自]