

鹿児島県志布志砂丘における台風接近時の暴浪による 堆積物と地形変化

—2004年および2005年の越波イベントを事例に—

伊 藤 晶 文

(2007年10月23日 受理)

The Morphological Responses to 2004 and 2005 Storms on Coastal Dunes along
Shibushi Bay, Southwestern Japan

Ito Akifumi

要約

鹿児島県志布志砂丘では、台風0416号、0418号、0514号接近時に後浜上限を超えて砂丘まで達した波（越波）による堆積物と地形変化が観察された。本研究では、地形測量、堆積物の観察および粒度分析を行い、2004年および2005年の越波堆積物の分布、粒度組成、単位面積当たりの体積を明らかにし、越波イベント発生時における砂丘の地形変化と各イベントの差異を考察した。さらに、波浪および気象資料からイベント発生条件を検討した。イベントが発生すると、海岸林の立地する区域において、越波堆積物の定着により砂丘表面の起伏が埋められて平滑化が進む。調査地（100 m²）におけるイベント当たりの越波堆積物の体積は約7-8 m³であった。台風接近時の最大有義波高が6 m以上、かつ台風の経路が調査地の西側であることがイベント発生条件と考えられた。この条件を満たす台風は1980年以降8個あり、1993年から2005年までに7個の台風が来襲している。

キーワード：海岸砂丘、イベント堆積物、越波、暴浪、台風、志布志湾

1. はじめに

鹿児島県志布志砂丘では、台風0416号および0418号の接近に伴う暴浪による堆積物と地形変化が観察され、伊藤（2007）はそれらの調査結果に基づき、暴浪時における海岸砂丘の地形プロセスを考察した。その後、翌年の台風0514号通過後にも同様の堆積物および地形変化が観察された。各台風接近時には、後浜上限を超えて通常は砂の移動がほとんどないとみられる海岸林の立地する砂丘に波が到達するイベント（以下、越波イベント¹⁾とする）が発生し、砂が厚く堆積している。台風接近時の暴浪による砂浜の更新や植生破壊は、砂丘発達の一つとされる（福本, 1989）もの

の、暴浪そのものが引き起こす砂丘の地形変化、特に暴浪による堆積物については、十分に議論されているとはいえない。そこで、本研究では、海岸林の立地する砂丘にみられる2004年および2005年の暴浪による堆積物（以下、越波堆積物とする）の分布、粒度組成および単位面積当たりの体積を明らかにし、越波イベント発生時における砂丘の地形変化と各イベントの差異について考察した。さらに、越波イベントの発生条件について、波浪および気象資料に基づいて検討した。本研究の成果は、南九州に位置する海岸砂丘の一事例に過ぎないが、過去の砂丘形成史や将来予測される強大化した台風による海岸地形変化を検討する上での基礎的資料になると考える。

2. 調査地および調査方法

2. 1. 調査地

鹿児島県志布志砂丘は、大隈半島東部に位置する、北東－南西方向へ長さ約16 km、内陸側へ幅約1.5 kmの海岸砂丘である（図1）。砂丘が面する志布志湾には、北から順に、前川、安楽川、菱田川、田原川、肝属川が流入する。これらの河川流域の大半は、非溶結の入戸火砕流堆積物から成る台地であり、志布志砂丘構成層は火山灰質砂（火山ガラスや軽石）を多く含むことが知られている（成瀬, 1989）。

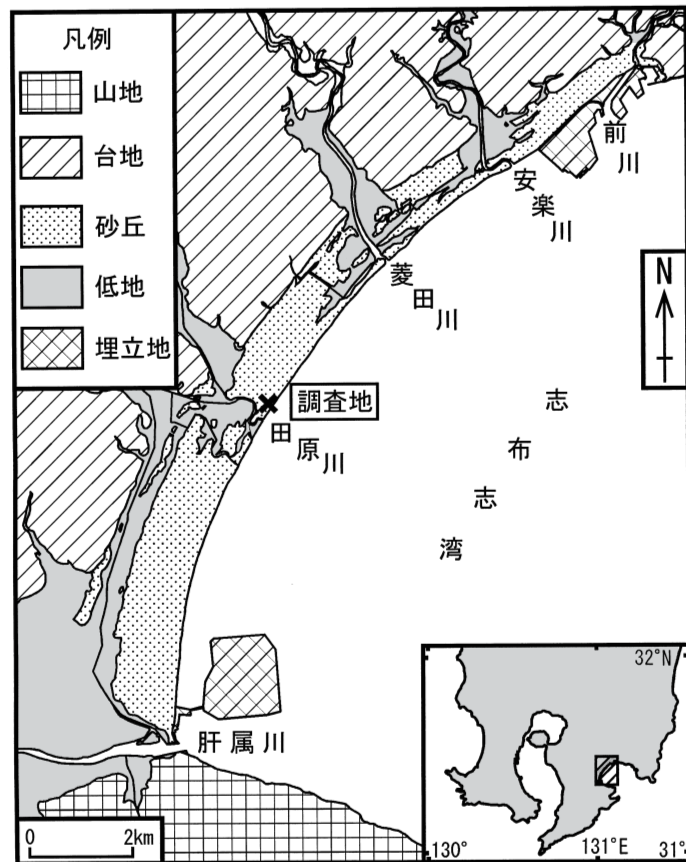


図1 調査地の位置と地形概観

志布志湾岸の砂浜海岸では、海側から順に、前浜、後浜、砂丘の地形配列がみられる（図2）。後浜はシケ時に遡上波が到達する後浜Aと、暴浪時以外は風による砂の移動や堆積が卓越する後浜Bとに、砂丘は一部を除いて、植生被覆により、主に草本が繁茂する砂丘Aと海岸林に覆われる砂丘Bとに、それぞれ区分される（伊藤, 2007）。越波イベント発生時には、砂丘前面に数m程度の崖が形成され、砂丘Aでは面状侵食による平坦化と植生破壊が発生するとともに軽石礫や木などのゴミが部分的に集積し、砂丘Bでは混入物のほとんどない砂が堆積する。本研究では、砂丘Bに2004年および2005年の越波堆積物が顕著にみられる田原川河口北部を調査地とした（図1）。

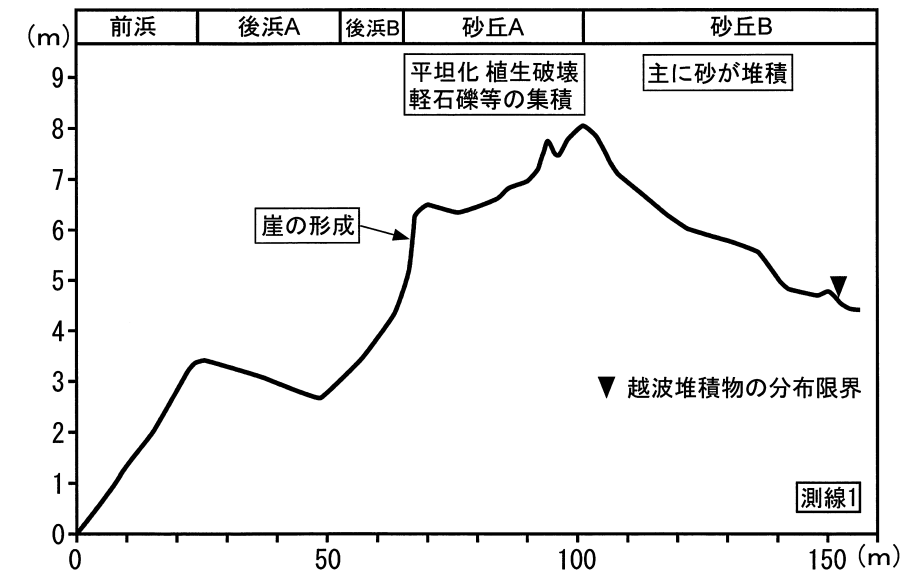


図2 調査地周辺の地形断面と暴浪時の地形変化

2. 2. 調査方法

図1に示した調査地において海岸線に直交する4本の測線²⁾を2 m間隔で設定し、オートレベルを用いた地形測量を行った。次に、各測線上においてピット掘削による断面観察を2 m間隔で行い、各越波堆積物の厚さを測定した。さらに、測線1の11地点において各越波堆積物を採取し、粒度分析によって両者の粒度組成を比較検討した。粒度分析については、伊藤（2003）と同様の方法で行い、Friedman（1961）の示した積率法を用いて、平均粒径、淘汰度、歪度を算出した³⁾。

3. 結果

3. 1. 2004年および2005年の越波堆積物

4本の測線における地形断面と越波堆積物の分布を図3に示す。砂丘Bに分布する越波堆積物は貝殻などの混入物がほとんどない白色～灰白色の砂を主体とする。越波堆積物と下位の砂丘構成層は、厚さ数cmの腐植質砂や倒伏した草本植物によって明瞭に区別することができる。また、越波堆積物

に挟まれるリター（マツの葉）により、2004年と2005年の越波堆積物は区別される。

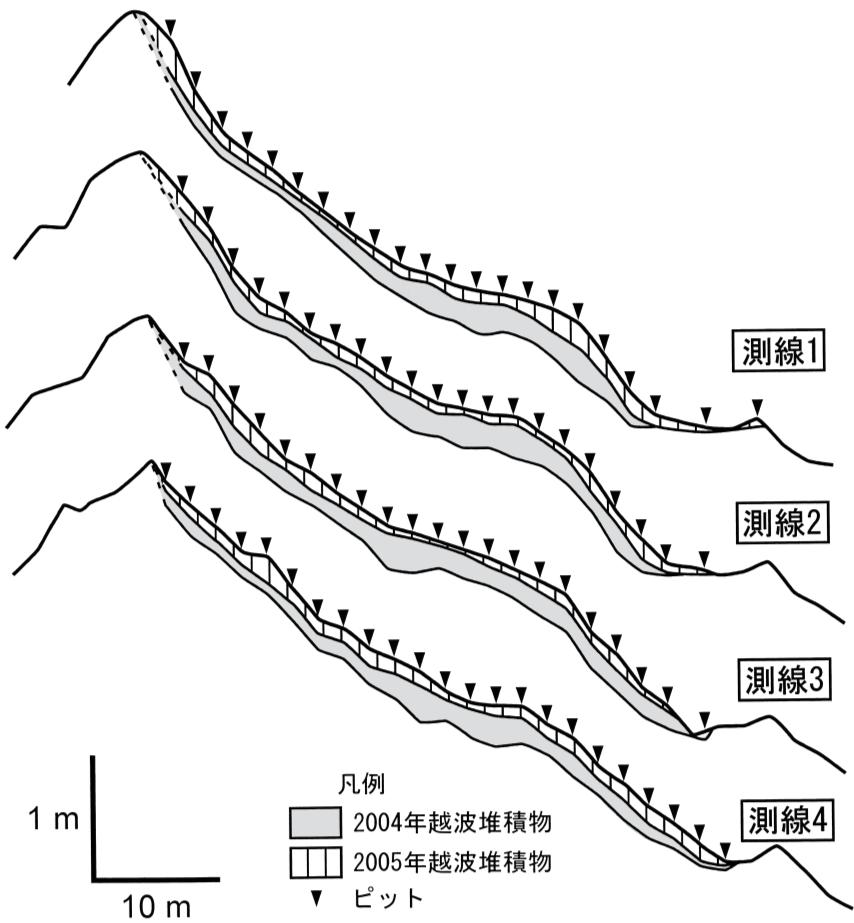


図3 砂丘Bにおける越波堆積物の分布

調査地付近では、越波堆積物は海岸線から約150 m内陸までの範囲に分布する（図2）。測線1では2005年越波堆積物が2004年越波堆積物よりも約10 m内陸まで分布しているものの、他の測線では2004年越波堆積物の分布範囲とほぼ同じであった（図3）。両者を合わせた厚さは、最も厚い箇所では46.5 cmであり、測定地点の多くで20 cmを超える。越波堆積物は、堆積前の地表面の凹所に厚く堆積する傾向を持ち、2004年越波堆積物は測線の中央付近に、2005年越波堆積物は測線の海側と陸側に、それぞれ厚く分布する。

表1 粒度分析結果			
	平均粒径(φ)	淘汰度	歪度
2004年越波堆積物(10)	1.521	0.627	0.073
2005年越波堆積物(11)	1.266	0.647	0.256

○ 内の数字は試料数を示す。

越波堆積物の粒度分析結果を表1に示す。表1に示した平均粒径、淘汰度および歪度は、2004年越波堆積物は10試料の、2005年越波堆積物は11試料の、それぞれ平均値である。両者を比較すると、淘汰度はほぼ同じ値を示すものの、2005年越波堆積物の平均粒径の値が小さく、歪度の値がやや大きい（表1）。また、2004年越波堆積物の全試料の最頻粒径が1.5-1.75φにあるのに対して、2005年越波堆積物は11試料中6試料の最頻粒径が1.5-1.75φよりも粗いという結果が得られた。さらに、両者を採取できた10地点での平均粒径を比較すると、全ての地点で2005年越波堆積物が粗いことが明らかとなった（図4）。

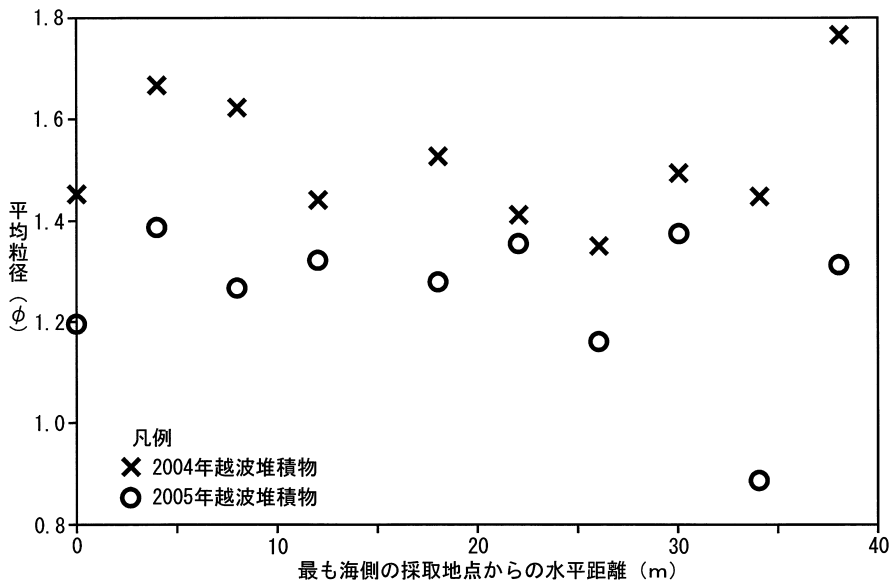


図4 各採取地点における2004年および2005年の越波堆積物の平均粒径

各越波堆積物の体積は、以下に示す手順で算出した。2 m間隔で平行する4本の測線上において、2 mおきに測定地点を設けて各越波堆積物の厚さを測定した。測定した堆積物の厚さが1 m²の平均値であると仮定し、堆積物の厚さと面積（1 m²）を乗じて、1 m²当たりの体積（m³）を求めた。さらに、対象範囲を100地点とし、各越波堆積物の100 m²当たりの体積（m³）を算出した。以上の手順で求めた100 m²当たりの体積は、2004年越波堆積物が13.9 m³、2005年越波堆積物が8.07 m³であった。

表2 志布志湾における2004年および2005年の高波浪と発生時の気象

観測年	最大有義波高(m)	周期(s)	気象要因	台風の通過経路	備考
2004	9.03	12.8	台風0416号	調査地の西側	
	7.07	14.5	台風0406号	調査地の東側	
	6.34	12.5	台風0423号	調査地の東側	
	6.33	10.5	台風0418号	調査地の西側	
2005	5 m以上のデータなし	—	台風0514号	調査地の西側	台風0514号接近時は欠測

3. 2. 越波イベント発生時の波浪と気象

志布志湾において2004年と2005年に観測された高波（最大有義波高5 m以上）のデータと調査地からみた各台風の経路（永井・里見, 2006; 清水ほか, 2007）を表2に示す。2004年では5 m以上の最大有義波高が4回観測されており、そのうち越波イベントが発生した台風0416号接近時の最大有義波高は9.03 m, 台風0418号接近時は6.33 mであった。2005年では5 m以上の最大有義波高は観測されていないが、越波イベントが発生した台風0514号接近時は欠側であった。各台風の経路は、台風0416号, 0418号, 0514号が調査地の西側, 台風0406号および0423号が調査地の東側であった。

4. 考察

2004年および2005年の越波堆積物の調査結果から、砂丘Bにおいて越波イベント発生時に生じる地形変化と各イベントの差異について考察する。両者の厚く分布する箇所は異なる（図2）ものの、ともに堆積前の凹所に厚く堆積する傾向を持つ。このことは、越波堆積物が繰り返し定着することにより、砂丘Bの地表面の起伏が埋められ、平滑化が進むことを示唆する。砂丘Aでは、越波イベント時に面状侵食による平坦化が起きることが明らかとなっている（伊藤, 2007）。したがって、越波の発生にともない、砂丘Aは主に侵食作用によって、砂丘Bは主に堆積作用によって、それぞれ平滑化され则认为られる。次に、2004年および2005年の越波堆積物の粒度を比較すると、後者の平均粒径が粗い（表1, 図4）ことが目立つ。また、2004年には2回の越波イベントが生じていることから、3.1.で求めた値の半分を越波イベント1回の100 m²当たりの体積と仮定すると6.95 m³となり、2005年の8.07 m³はそれと比べて大きい値を示す。これらの事実から、台風0514号接近時は波浪データが欠側であるために台風0416号および0418号のデータと比べることができない（表2）ものの、2005年に発生した越波のエネルギーが2004年のそれと比べて強かったと考えることもできる。しかし、測線1を除いて、両者の分布範囲はほぼ同じであり、両者に明瞭な差は認められない（図2）。ところで、砂丘Bに分布する越波堆積物の主な供給源は、砂丘Aおよび後浜Bであると考えられている（伊藤, 2007）。したがって、2004年と2005年の越波のエネルギーに大きな差がある则认为るよりも、2005年の越波イベント発生前、すなわち2004年の越波イベント発生時に海浜から砂丘Aへ通常よりも粗い砂が供給されていたために、2005年越波堆積物の平均粒径がより粗くなったと考えた方が妥当であろう。体積の差異については、越波イベントの継続時間の差異が影響を与えると予想されるものの、2004年の各イベントの体積を正確に見積もることができないこと、前述したように台風0514号接近時の波浪データが得られていないことから、これ以上の議論はできない。

次に、砂丘Bまで越波が達するイベントの発生条件について検討する。台風0514号接近時は欠測であったものの、台風0416号接近時に観測された最大有義波高は9.03 m, 台風0418号接近時は6.33 mである（表2）ことから、最大有義波高が6 m以上であることがイベント発生条件の一つと认为られる。しかし、台風0406号接近時には7.07 m, 0423号接近時には6.34 mの最大有義波高

がそれぞれ観測されており（表2）、最大有義波高以外の条件も考える必要がある。そこで各台風の経路をみると、越波イベントが発生した台風0416号と0418号が調査地の西側を通過したのに対し、台風0406号と0423号は調査地の東側を通過している（表2）。また、台風0514号も調査地の西側を通過している。志布志湾は南東に開けた湾であり（図1）、台風の中心が調査地の西側に位置するときには、湾に向かって強風が吹くことになる。したがって、台風が調査地の西側を通過するときには、強風による海岸への海水の吹き寄せによって高潮が発生しやすくなり、その結果として越波イベントが発生しやすくなると认为られ、前述した事実とも調和的である。以上をまとめると、台風接近時の最大有義波高が6 m以上であること、かつ台風が調査地の西側を通過することが、砂丘Bまで越波が達するイベントの発生条件と认为られる。なお、1980年以降に6 m以上の最大有義波高が観測され、かつ調査地の西側（直上を含む）を通過した台風は、前述した3個の台風を除くと、台風8013号, 9307号, 9313号, 9719号, 9905号の5個である（高橋ほか, 1982; 永井ほか, 1995, 1999, 2001）。1980年からの2005年までの26年間では、1993年以降に越波イベントの発生条件を満たす台風が多く来襲している。

5. まとめ

本研究の結果は以下のようにまとめられる。1) 越波イベントの発生にともない、面状侵食による平坦化が起こる砂丘Aだけでなく、砂丘Bでも繰り返し越波堆積物が定着することにより、砂丘表面の起伏が埋められ、平滑化が進む。2) 調査地（100 m²）における越波イベント当たりの体積は約7-8 m³と算出され、通常時にはほとんど砂の移動がない砂丘Bにおいては、大きな地形変化を生じるといえる。3) 砂丘Bまで達する越波イベントの発生条件として、台風接近時の最大有義波高6 m以上、かつ台風の経路が調査地より西側であることが挙げられる。この条件を満たす台風は1980年以降に8個あり、1993年から2005年まで7個来襲している。

謝辞

鹿児島大学教育学部社会専修の織田尚充氏、曲田遼氏、川越一樹氏、佐伯直史氏には、現地調査を手伝っていただきました。ここに記して感謝いたします。本稿は、2007年度東北地理学会春季学術大会において発表した内容を加筆修正したものである。

注

1) 越波という用語は、堤防や護岸の高さが波の打上げ高に比べ低いとき、打上げられた海水が陸側に侵入する現象を一般に指すが、本研究では鈴木（1998）の図7.2.3（p.428）等を参考に、遡上波が後浜上限を越えて背後（多くは海岸砂丘）に達する波を越波と呼ぶ。

2) 4本のうち1本の測線については、測線上に、海岸線から順に、前浜、後浜、砂丘が配列するように設定した。なお、測定高度は、海上保安庁（2004）の潮汐表を用いて、志布志湾（志布志）の

平均水面からの高度に補正した。また、水平距離の基点は平均水面時の汀線とした。

3) 4φより細粒な物質の重量%が大半の試料で0.3%未満ときわめて微量であったため、それを除いた重量%を計算式に代入して求めた。

文献

- 伊藤晶文 (2003) : 北上川下流低地における浜堤列の形成時期と完新世後期の海水準変動. 地理学評論, 76, 537-550.
- 伊藤晶文 (2007) : 鹿児島県志布志砂丘における暴浪時の地形プロセス. 鹿児島大学教育学部研究紀要自然科学編, 58, 21-27.
- 海上保安庁 (2004) : 平成17年潮汐表 第1巻 日本及び付近. 日本水路協会.
- 清水勝義・佐々木 誠・永井紀彦 (2007) : 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 2005). 港湾空港技術研究所資料, 1161.
- 鈴木隆介 (1998) : 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地. 古今書院.
- 高橋智晴・広瀬宗一・菅原一晃・橋本典明 (1982) : 沿岸波浪観測年報 (昭和55年). 港湾技研資料, 417.
- 永井紀彦・里見 茂 (2006) : 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 2004). 港湾空港技術研究所資料, 1118.
- 永井紀彦・佐藤和敏・菅原一晃・川口浩二 (1999) : 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 1997). 港湾技研資料, 926.
- 永井紀彦・佐藤和敏・菅原一晃・川口浩二 (2001) : 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 1999). 港湾技研資料, 988.
- 永井紀彦・菅原一晃・清水勝義・橋本典明 (1995) : 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 1993). 港湾技研資料, 796.
- 成瀬敏郎 (1989) : 日本の海岸砂丘. 地理学評論, 62A, 129-144.
- 福本 紘 (1989) : 日本の海浜地形の地理的特性とその形成環境. 地理学評論, 62A, 108-128.
- Friedman, G. M. (1961) : Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31, 514-529.