

## 第2章 風の概況

鳥取大学 乾燥地研究センター

木村玲二

### 1. はじめに

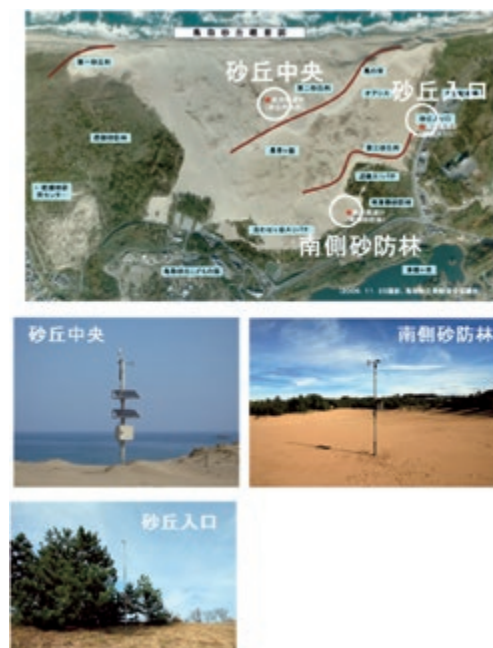
鳥取砂丘が本来の砂の動きを取り戻し、自然の地形を維持するためには、現場の風況や砂移動の変化を持続的に把握する必要がある。鳥取県では、砂丘中央、南側砂防林、砂丘入口に風向・風速計を設置しており、観測は現在でも継続して行われている。特に、砂丘中央では、観測データが鳥取砂丘再生会議事務局に自動送信されており、一般の人もタイムリーに、風況を10分毎にインターネットで知ることが出来るようになった。本研究では、砂丘の動きが“風”に支配されていることを前提に、2012年～2014年までに得られた、この3か所の風向・風速データを解析し、鳥取砂丘における風の特徴を検討したので報告する。

### 2. 観測および解析方法

図1に、風向・風速計を設置している場所について示す。観測場所の周辺の様子について、砂丘中央では第二砂丘列の丘陵に位置し、周辺はほぼ解放されている。南側砂防林では、第三砂丘列と南側の砂防林に挟まれた低地に位置している。砂丘入口では、近年、堆砂の著しい観光砂丘入口付近（階段横）に設置されている（図1）。

観測期間は2012年1月1日から2014年12月31日までである。砂丘中央では風向・風速の他に、降水量、気温、湿度、大気圧も測定されており、データは鳥取砂丘再生会議事務局に自動送信されている。砂丘入口、南側砂防林では、データは1か月に1

回、データロガーに保存されたものを回収している。本研究で用いる風向・風速データに関しては、3か所ともに10分間平均値である。砂丘中央の風向風速は、Vaisala社の複合気象センサー（WXT520-L5）、南



側砂防林、砂丘入口の風向風速は、North One社の風向風速計（KDC-S04-05）で測定した。風向・風速計の設置高さは、砂丘中央で5 m、南側砂防林で3.3 m、砂丘入口で6.3 mである。

図1. 鳥取砂丘における風向・風速計の設置場所（丸内）および周辺の様子。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 2012年～2014年までの砂丘中央での風向・風速の特徴

図2に、2012年から2014年までの砂丘中央における日平均風速、月平均風速の季

節変化，および年平均風速を示す。年平均風速は、5.3 m/s～5.6 m/s の範囲となっており、観測期間において年変化はほとんどなかった。鳥取砂丘の砂が風で動き始める（転動またはクリープ現象）のは1 m 高度において約4 m/s で、風速計設置の5 m 高度で約5 m/s に相当するので、年間平均で見ると、夏季の風速の小さい時期を除けば、砂を動かす風が卓越している。月平均風速が年平均風速より大きい月は、11月～2月の冬季と3月～4月の春季であるが、まれに10月が大きく、4月に小さい年もある。5月～9月の風は比較的穏やかである。

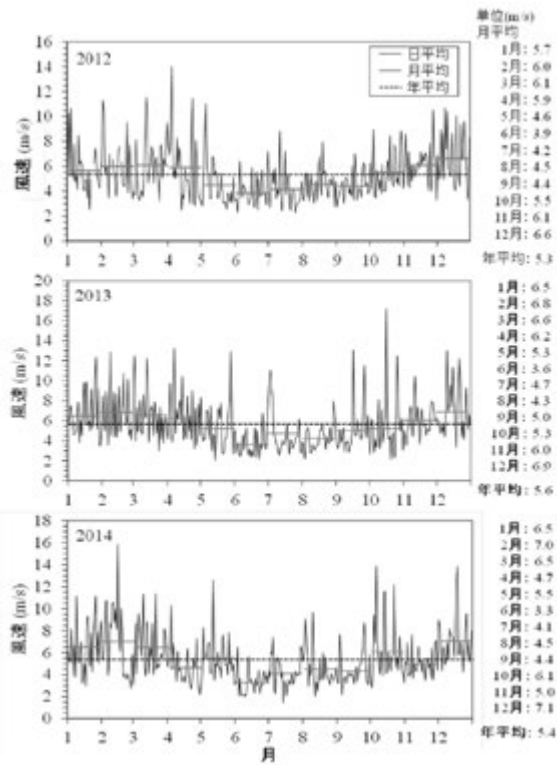


図2. 2012年から2014年までの砂丘中央における日平均風速，月平均風速の季節変化，および年平均風速。

図3に、2012年から2014年までの砂丘中央における風速別風向出現率風配図（左図）と風速が10 m/s以上の強風風向出現率風配図（右図）を示す。左図より、鳥取砂

丘における風向は、そのほとんどが北方向と南方向に分かれているのが理解できる。10 m/s以上を強風と定義すると、その風向のほとんどが北方向からである。一方、10 m/s未満の風の風向頻度のほとんどは南方向からとなっている。右図の10 m/s以上の強風の風向別頻度を見ると、西北西から北東にかけての風向頻度が高くなっている。これは、冬の季節風の影響であると考えられる。また、南からの強風も見られるが、これは春先のフェーンに伴う強風や台風、低気圧の通過によるものである。年によっては、台風や低気圧が通過し、通常の風向頻度分布と異なる場合がある。このような大規模な気象現象の発生数および通過進路は砂丘の飛砂量や砂丘列の移動に大きな差異を与えるため、砂丘地形の将来像を予想するのは容易ではない。

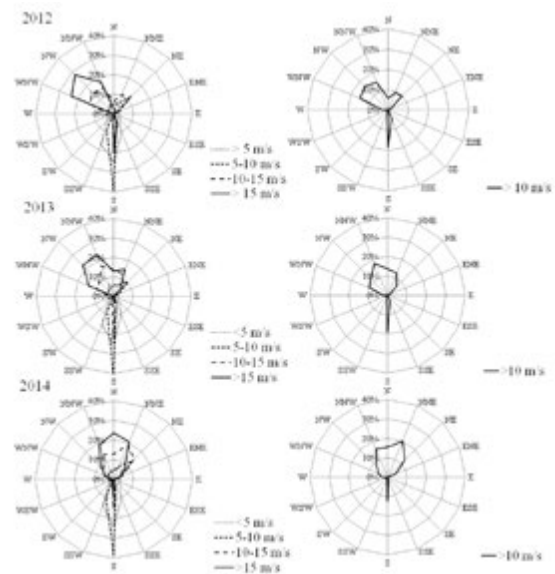


図3. 2012年から2014年までの砂丘中央における風速別風向出現率風配図（左側）と風速が10 m/s以上の強風風向出現率風配図（右側）。

表1は、2012年から2014年までの砂丘中央における風向の頻度を東西南北に分け

たものである。左側は、風速が 5 m/s 以上の方位別頻度、右側は 10 m/s 以上の方位別頻度である。ここに、北は 0~45 度、316~360 度の範囲、南は 136~225 度の範囲、東は 46~135 度の範囲、西は 226~315 度の範囲と定義した。乾燥した砂が動き始める風速が約 5 m/s 以上で頻度分布を調べると (左表)、南、北、西、東の順で頻度が大きく、年によってそれほど変化は見られない。砂丘列を大きく移動させると思われる 10 m/s 以上の強風の頻度分布を調べると (右表)、順位が逆転し、北、南となっている。2012 年には、西が南をわずかに逆転し 2014 年には東の風の頻度も高くなっている。ちなみに右表から、南北成分と東西成分それぞれの差し引き値を風向のベクトルとして二つの成分の合力を求めると、2012 年は北西、2013 年は北北西、2014 年はほぼ北になり、経験的に良く知られている「砂丘列を大きく移動させると思われる卓越風は北西方向である」という事実とほぼ一致する。

表 1. 2012 年から 2014 年までの砂丘中央における風向の方位別頻度。左は風速 5 m/s 以上のデータを対象、右は風速 10 m/s 以上のデータを対象。太字は各年の 1 位。

U > 5 m/s (%)				U > 10 m/s (%)			
	2012年	2013年	2014年		2012年	2013年	2014年
東	9	7	12	東	7	5	11
西	17	15	12	西	27	18	12
南	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	南	25	25	16
北	29	34	36	北	<b>42</b>	<b>52</b>	<b>61</b>

図 4 に、2012 年から 2014 年までの砂丘中央における風力エネルギーの月変化を示す。ここに、黒帯は北方向 (0~90 度、271~360 度) からの風力エネルギー、斜線帯は南方向 (91~270 度) からの風力エネルギーである。2012 年の総風力エネルギーは

5449 MJ/m<sup>2</sup>, 2013 年は 7606 MJ/m<sup>2</sup>, 2014 年は 7088 MJ/m<sup>2</sup> となった。図 2 に示したように、平均風速は年による差はないが、エネルギーにすると風速の 3 乗に比例するため、季節間による差が出るようになる。全体的に、北からの風力エネルギーが南からの風力エネルギーを大幅に上回っているが、2012 年のように僅差な年もある。総じて、1 月~3 月、10 月~12 月の北からの強い風力エネルギー、4 月~5 月の南からの強い風力エネルギー、5 月~8 月にかけての南からの穏やかな風力エネルギーが確認出来る。また、4 月~5 月および 9 月~11 月の風力エネルギーの年変動が比較的大きくなっている。台風や低気圧の影響と考えられるが、このような大規模な気象現象の発生数および通過進路は砂丘の飛砂量や砂丘列の移動に大きな差異を与えることが考えられる。

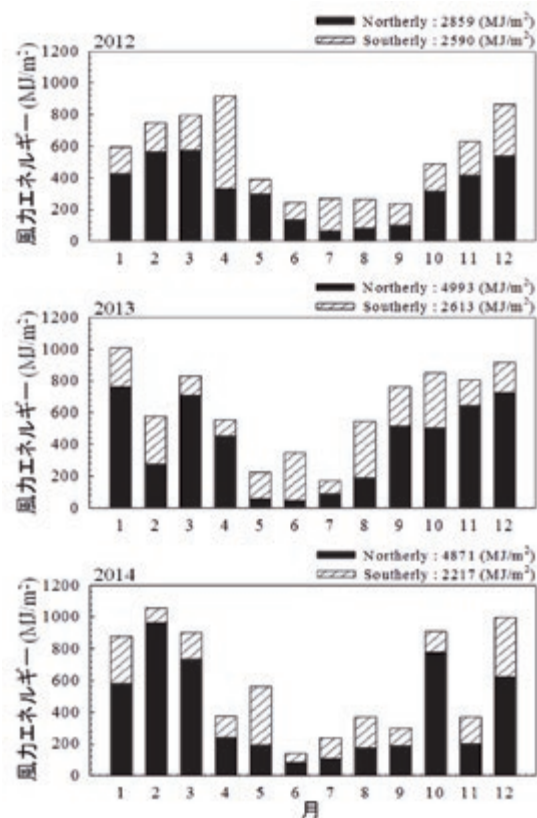


図4. 2012年から2014年までの砂丘中央における風力エネルギーの月変化。黒帯は北方向(0~90度, 271~360度)からの風力エネルギー, 斜線帯は南方向(91~270度)からの風力エネルギー。

表2は、2012年から2014年までの砂丘中央において、砂を移動可能にする総風力エネルギー量を方位別に示したものである。ただし、砂が転動によって動き始める風速5 m/s以上のデータを対象にエネルギーを計算した。第1表と同様に、北は0~45度、316~360度の範囲、南は136~225度の範囲、東は46~135度の範囲、西は226~315度の範囲と定義した。表より、北、南、西、東の順でエネルギーが大きくなっているが、2012年のように南がわずかに北を逆転したり、2014年のように北からのエネルギーが大幅に大きい年もある。2014年には、東の風のエネルギーが大きくなっている。前述したように、大規模な気象現象の発生数および通過進路は砂丘の飛砂量や砂丘列の移動に大きな差異を与えることが考えられるので、卓越風だけの風向を考慮した防砂対策には注意が必要である。南北成分と東西成分それぞれの差し引き値を風向のベクトルとして二つの成分の合力を求めると、2012年は西(1033 MJ/m<sup>2</sup>)、2013年は北西(1434 MJ/m<sup>2</sup>)、2014年はほぼ北(14158 MJ/m<sup>2</sup>)になり、年によって砂を動かすエネルギーの量と方向は大幅に異なるのが理解できる。しかし、この3年間だけを見るとやはり砂は内陸側に動いているとみてよいだろう。

表2. 2012年から2014年までの砂丘中央における方位別総風力エネルギー量。ただ

し、砂が転動で動き始める風速5 m/s以上のデータを対象。太字は各年の1位。

U > 5 m/s (MJ/m<sup>2</sup>)

	2012年	2013年	2014年
東	434	407	749
西	1467	1285	838
南	<b>2160</b>	2268	1797
北	2138	<b>3402</b>	<b>15955</b>

### 3. 2 2013年における砂丘中央、砂丘入口、南側砂防林での風向・風速の特徴

本節では、2013年を例に、砂丘の海岸側と内陸側の風向・風速にどのような違いが見られるか考察する。図5に、2013年における砂丘中央、砂丘入口、南側砂防林での日平均風速、月平均風速の季節変化、年平均風速について示す。年平均風速は砂丘中央で5.6 m/s、砂丘入口で3.4 m/s、南側砂防林で2.7 m/sであった。海側の風速は強く、砂丘の内側は砂防林の影響もあって風速が半減しているのが理解できる。砂丘入口や南側砂防林では10 m/s以上の強風がほとんど見られない。月平均風速が年平均風速より大きい月は3地点ともに11月~2月の冬季と3月~4月の春季である。



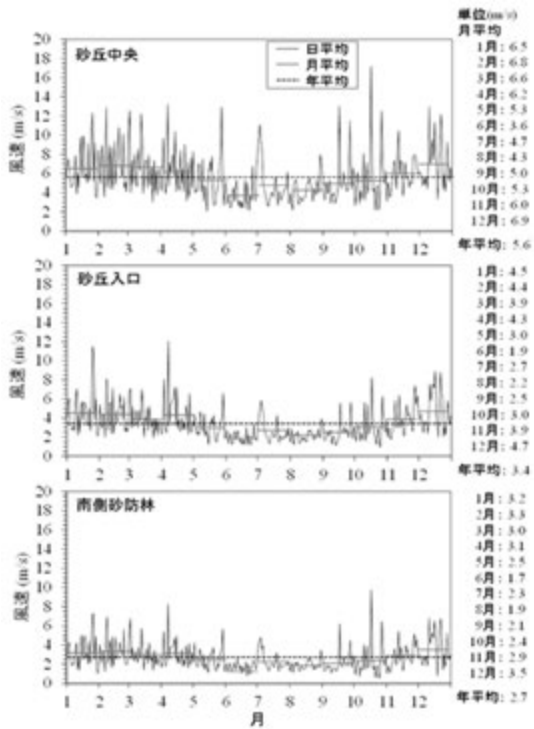


図5. 2013年における砂丘中央, 砂丘入口, 南側砂防林での日平均風速, 月平均風速の季節変化, 年平均風速。

図6に, 2013年における砂丘中央, 砂丘入口, 南側砂防林での風速別風向出現率風配図(左側)と10 m/s以上の強風風向出現率風配図(右側)を示す。左図より, 砂丘中央と砂丘入口では西北西から北方向にかけての15 m/s以上の強風が見られるが, 南側砂防林では見られない。また, 右図より, 10 m/s以上の強風は砂丘中央と南側砂防林では西北西から北東にかけてであるが, 砂丘入口では北から北東にかけての風向がほとんど出現しなくなるのが特徴的である。

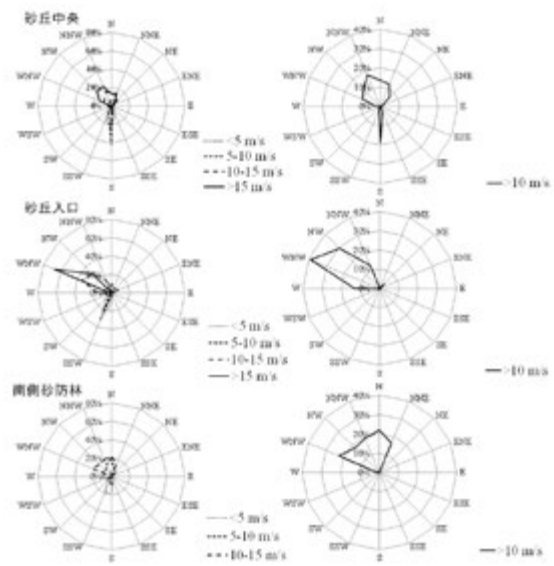


図6. 2013年における砂丘中央, 砂丘入口, 南側砂防林での風速別風向出現率風配図(左側)と風速が10 m/s以上の強風風向出現率風配図(右側)。

左図を見ると, 砂丘入口では西北西の強風の出現率が他2点よりもかなり多いが, 強風の頻度としては多くはない。近年, 観光砂丘入口の堆砂が激しいことから, 突発的な北西方向の防風を強化する必要があるのかもしれないが, 今後2013年以外の年についてもデータ解析を行い, 慎重に議論する必要がある。砂丘中央では南方向からの強風も見られるが, 砂丘入口や南側砂防林では見られない。このことは, 砂防林が南方向からの強風に対する防風の機能を果たしているが, 砂丘中央では強風が復活していることを示唆している。つまり, 砂丘中央付近では, 北のみならず南方向からの風による営力も砂移動に対して十分な大きさを持つことが考えられる。

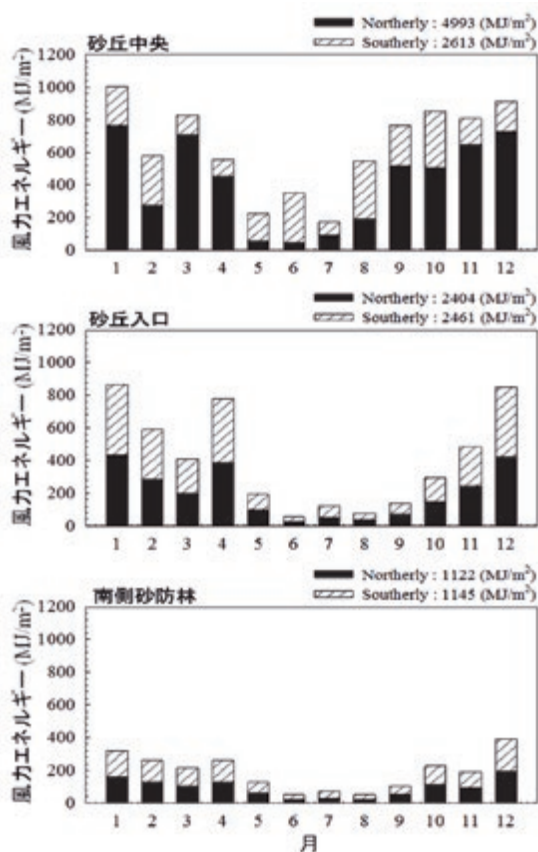


図7. 2013年における砂丘中央, 砂丘入口, 南側砂防林での風力エネルギーの月変化。黒帯は北方向(0~90度, 271~360度)からの風力エネルギー, 斜線帯は南方向(91~270度)からの風力エネルギー。

図7に, 2013年における砂丘中央, 砂丘入口, 南側砂防林での風力エネルギーの月変化を示す。ここに, 黒帯は北方向(0~90度, 271~360度)からの風力エネルギー, 斜線帯は南方向(91~270度)からの風力エネルギーである。年全体で見ると, 砂丘中央では北方向からの風力エネルギーが大幅に上回り, 砂丘入口や南側砂防林では南方向からの風力エネルギーが若干上回る結果となった。第6図においては, 砂丘入口や南側砂防林では, 南方向からの10 m/s以上

の風は見られなかったが, 一方で, 10 m/s以下の南方向からの風の頻度は多くなるので, エネルギーに変換すると南方向からの数値は大きくなった。前述したように, 風力エネルギーは飛砂を引き起こす営力であるが, 砂丘中央と比較して, 南側砂防林ではその力が約80%, 砂丘入口では約40%減少している。これは, 砂防林および地形による影響であると考えられる。