論文 露天採掘に伴う周辺地域の風速変化予測法の検討*

大塚 尚寛¹ 関本 善則²
齋藤 貢³ 千葉 新⁴

Investigation on Prediction Method of Wind Speed Change around the Quarry

by Naohiro OTSUKA¹, Yoshinori SEKIMOTO¹, Mitsugu SAITO¹ and Shin CHIBA¹

1. Faculty of Engineering, Iwate University, Ueda, Morioka 020

It is considered that land deformation caused by open-cut mining influences wind shift around the quarry. The authors made a statistical study on the influence of topography on the wind speeds at 8 meteorological stations in Iwate Prefecture. It was recognized that the wind speeds at meteorological stations in the mountainous district were affected by the surrounding topography in spring and fall. It was investigated the correlation between the mean wind speeds and the deviations of inclination. It was concluded that the topography within 1 km-radius affected the wind speeds. It was obtained the next quantitative formulae between the mean wind speeds (V_s , V_f : m/s) and the deviations of inclination in the same directions (K_i).

$$V_s = -6.15K_i + 3.03 \quad (\text{in spring})$$

$$V_f = -5.16K_i + 2.59 \quad (\text{in fall})$$

The deviations of inclination K_i are defined as follows.

$$K_i = \tan \alpha_i - \sum_{j=1}^{16} \tan \alpha_j / 16 \quad (i=1, 2, \dots, 16)$$

Where $\tan \alpha_i = \Delta H_i / L_i$

Here, ΔH_i is the difference between the altitude of the base point and the highest point within 1 km-radius. L_i is the distance from the base point to the highest point.

It became possible to predict the change of mean wind speed around the quarry by the use of these formulae. As a case study was conducted at the quarry that made a plan to be mined-out the whole mountain. As a result, it was predicted that wind system around the quarry would change widely with land deformation caused by open-cut mining.

KEY WORDS: Open-cut Mining, Land Deformation, Wind Speed, Deviation of Inclination, Prevailing Wind Direction

1. 緒 言

近年、地域住民の自然保護や環境保全に対する意識の向上を背景として、各種開発行為の規制が行われるようになってきている。資源開発の分野においても、石灰石や砕石用原石等の露天採掘が周辺環境に及ぼす影響がしばしば問題となり、新規原石山の開発が困難化する状況にある¹⁾²⁾。露天採掘が自然環境破壊行為とみなされる理由は、森林伐採、表土剥土、岩盤露出、地形改変といった行為を伴うためである。これらの行為は、例えば、動植物の生態系破壊、自然景観破壊^{3)~5)}、微気象変化⁶⁾⁷⁾など周辺地域の環境にさまざまな影響を及ぼしている。なかでも、森林伐採や大幅な地形改変は、地表の状態、斜面の傾斜、付近の山地の状態など

の微気候因子を大きく変化させる行為であり、周辺地域の微気候に少なからぬ影響を及ぼすことが考えられる。すなわち、露天採掘による森林伐採や地形改変に起因して、それまで風が吹き込まなかった地域に風が吹き込むようになり、風速が強くなるなどの風体系変化をもたらすことがある。風体系変化は、農作物の倒伏、枝折れ、落葉、落果や農業施設の倒壊等の風による直接的な被害ばかりでなく、採掘場から発生する粉じんの飛散や騒音の伝播によって地域の住民生活にも影響を及ぼし、思わぬ環境問題となっている。

筆者らはこれまで、露天採掘が周辺地域の風体系に及ぼす影響について注目し、小地域の地形と卓越風向との関係を数量的に表す方法について検討してきた。その結果、露天採掘に伴う地形改変状況から、周辺地域の卓越風向変化を予測することが可能となった⁸⁾⁹⁾。一方、風害は強風に起因する場合が多いため、露天採掘に伴う周辺地域の風速変化を予測することも重要な課題である。そこで本研究では、はじめに、小地域の地形と風速との関係を明らかにする目的で、気象観測所の既往の観測データを用いて、風速と観測所周辺の地形の傾斜との関係を調べ、これらを定量的に

* 1996年7月4日受付 12月4日受理

1. 正会員 工博 岩手大学助教授 工学部建設環境工学科

2. 正会員 工博 岩手大学教授 工学部建設環境工学科

3. 岩手大学助手 工学部建設環境工学科

4. 岩手大学大学院 工学研究科資源開発工学専攻

〔著者連絡先〕 FAX 0196-21-6459 (岩手大・建設環境)

キーワード: 露天採掘, 地形改変, 風速, 傾斜の偏差, 卓越風向

表す方法について検討した。つぎにこの方法を用いて、大幅な地形改変を伴う碎石用原石山の開発が周辺地域の風速変化に及ぼす影響予測を行ったので、これらの結果について報告する。

2. 風速と周辺の地形との関係

ある地点における風速は、その周辺の地形の影響を受けていることが考えられる。そこで気象観測所の既往の気象データを用いて、観測所周辺の地形と風速との関係について調べた。ここで、風速の特徴についてみると、風速は絶えず変化しており、それは卓越した周期をもつものではなく、多くの周期変動が混ざった不規則な変化である¹⁰⁾。そのため風速は、瞬間風速と平均風速に区別して表される¹¹⁾。瞬間風速は風が瞬間に通過した距離(風程)をその瞬間で割った値であり、極めて短時間の風速を指す。また、平均風速は一定時間内の風程をその時間で割った値

である。なお、気象庁では、平均風速には毎正時 10 分前からの平均値を用いている。例えば、10 時の風速値は 9 時 50 分から 10 時までの平均値である。したがって、風速と地形との関係を調べるには、平均風速を用いるのが妥当と考えられる。そこで、岩手県内 8 気象観測所の 24 時間毎時の平均風速を 1 年間分¹²⁾調べ、これをもとに 16 方位別の平均風速を算出した。

表 1 は、気象データより求めた各気象観測所の方位別の年間平均風速である。表より、同一の気象観測所でも年間平均風速は、方位によってかなり異なることがわかる。これは、季節風の影響による方位別の風速の相違もあるが、観測所周辺の地形の影響もあるものと考えられる。

本研究では、地形と卓越風向との関係の検討結果⁸⁾⁹⁾を踏まえて、地形の状態を定量的に表す方法として、地形傾斜の偏差を用いて、これと年間平均風速との関係について調べた。地形傾斜の求め方は、調べる地点を基準点として 16 方位の線を引き、各方位線上で半径 1 km 以内で最も標高の高い地点までの距離を読み取る。最も標高の高い地点と基準地点との標高差 ΔH を求め、その間の距離 L で割り(1)式により $\tan \alpha$ を算出する。16 方位の $\tan \alpha$ の平均値とその方向の $\tan \alpha$ との差によって各方位の傾斜の偏差を(2)式から求める。

$$\tan \alpha_i = \Delta H_i / L_i \quad (i=1,2,\dots,16) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$K_i = \tan \alpha_i - \sum_{j=1}^{16} \tan \alpha_j / 16 \quad (i=1,2,\dots,16) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、

ΔH_i : 基準地点と 16 方位別の半径 1 km 以内の最高点との標高差 (m)

L_i : 基準地点から 16 方位別の半径 1 km 以内の最高点までの距離 (m)

K_i : 半径 1 km 以内の地形について求めた傾斜の偏差
図 1 は、このようにして求めた気象観測所周辺の 16 方位

表 1 方位別の年間平均風速

単位: m/s

	盛岡	宮古	大船渡	門馬	紫波	沢内	住田	山田
N	3.9	2.7	2.3	1.2	1.1	1.0	2.3	1.5
NNE	2.8	2.9	1.8	1.2	1.2	1.0	1.5	1.6
NE	1.8	2.9	1.9	1.1	1.3	1.0	1.2	2.1
ENE	1.3	2.4	2.6	1.1	1.3	1.1	1.1	2.8
E	1.5	2.1	2.3	1.3	1.2	1.2	1.5	2.2
ESE	1.6	2.7	2.0	2.2	1.1	1.4	1.8	2.4
SE	1.9	2.9	3.0	2.1	1.2	1.6	2.4	2.5
SSE	2.9	2.5	3.8	1.5	1.6	1.4	2.5	1.6
S	<u>3.5</u>	2.2	2.6	1.8	2.1	1.4	2.1	1.5
SSW	2.7	1.9	1.9	1.6	<u>2.5</u>	1.7	1.5	1.9
SW	2.8	2.3	1.8	1.6	2.5	<u>1.8</u>	1.4	2.4
WSW	4.0	<u>2.7</u>	1.9	1.8	2.0	1.7	1.8	<u>2.7</u>
W	4.5	2.5	1.9	2.7	2.2	1.1	2.4	2.2
WNW	4.0	2.0	2.6	<u>3.0</u>	1.9	1.0	3.7	2.1
NW	2.7	2.0	3.3	2.2	1.5	1.1	<u>3.1</u>	1.6
NNW	2.5	2.1	<u>2.6</u>	2.3	1.2	1.0	2.7	1.5

*下線は、最多風向

表 2 季節別の平均風速

単位: m/s

春 季 (3月~5月)

	盛岡	宮古	大船渡	門馬	紫波	沢内	住田	山田
N	4.4	3.1	2.7	1.7	1.2	1.0	2.4	1.4
NNE	3.0	3.8	2.2	1.2	1.3	1.0	1.4	1.5
NE	2.2	3.2	1.9	1.0	1.2	1.0	1.4	2.1
ENE	1.4	2.3	2.9	1.0	1.2	1.1	1.2	3.0
E	1.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.8	2.4
ESE	1.8	2.8	2.0	1.3	1.1	1.4	2.1	2.8
SE	2.0	2.5	3.1	1.3	1.4	1.6	2.2	2.9
SSE	3.1	2.6	4.5	1.5	1.8	1.5	3.0	1.7
S	3.8	2.6	2.9	1.0	2.2	1.3	2.5	1.7
SSW	3.0	2.3	2.4	1.5	2.8	1.8	1.6	2.0
SW	3.4	2.4	2.1	1.5	<u>2.6</u>	<u>1.9</u>	1.6	2.5
WSW	4.4	2.9	2.2	1.8	2.4	<u>1.6</u>	2.4	2.9
W	5.1	<u>2.8</u>	2.1	2.9	2.7	1.2	3.1	<u>2.3</u>
WNW	4.4	2.1	2.8	3.0	2.2	1.1	4.0	2.3
NW	3.4	2.6	3.3	2.5	1.5	1.1	<u>3.3</u>	1.6
NNW	2.9	2.3	<u>2.9</u>	<u>2.7</u>	1.1	1.1	2.8	1.6

秋 季 (9月~11月)

	盛岡	宮古	大船渡	門馬	紫波	沢内	住田	山田
N	3.0	2.9	1.9	1.3	1.1	1.1	2.1	1.9
NNE	2.3	2.9	1.5	1.3	1.2	1.0	1.3	1.6
NE	1.5	2.9	1.6	1.2	1.3	1.1	1.1	2.0
ENE	1.3	2.4	1.9	1.0	1.3	1.0	1.1	2.6
E	1.6	2.2	1.9	1.5	1.1	1.1	1.5	1.9
ESE	1.6	2.6	1.8	3.0	1.1	1.2	1.6	1.7
SE	2.0	4.0	3.2	2.3	1.2	1.2	2.7	2.0
SSE	2.8	2.7	3.6	1.7	1.5	1.3	2.3	1.4
S	<u>3.1</u>	2.1	2.7	2.0	2.0	1.3	1.7	1.4
SSW	2.3	1.8	1.9	1.5	2.3	1.7	1.3	1.7
SW	2.6	2.2	1.8	1.8	<u>2.2</u>	<u>1.7</u>	1.2	2.2
WSW	3.7	<u>2.8</u>	1.7	1.8	1.7	1.6	1.6	<u>2.2</u>
W	4.2	2.3	1.7	2.5	1.5	1.1	2.0	1.9
WNW	3.4	1.8	2.5	<u>2.7</u>	1.7	1.0	2.9	1.8
NW	2.6	1.7	3.1	2.2	1.3	1.1	2.7	1.4
NNW	1.9	2.2	<u>2.2</u>	1.6	1.2	1.0	<u>2.5</u>	1.3

夏 季 (6月~8月)

	盛岡	宮古	大船渡	門馬	紫波	沢内	住田	山田
N	4.2	2.1	2.1	1.2	1.0	1.0	1.9	1.4
NNE	3.3	2.3	1.9	1.0	1.0	1.0	1.7	1.7
NE	1.8	<u>2.8</u>	2.4	1.0	1.1	1.0	1.1	2.0
ENE	1.0	<u>1.9</u>	2.8	1.2	1.0	1.1	1.1	<u>2.5</u>
E	1.2	1.3	2.9	1.1	1.1	1.2	1.5	2.0
ESE	1.5	2.3	2.1	1.1	1.0	1.4	1.9	2.2
SE	1.7	2.8	3.2	1.1	1.1	1.7	2.5	2.4
SSE	3.0	2.6	<u>3.7</u>	1.2	1.5	1.6	2.6	2.1
S	3.6	2.1	<u>2.5</u>	1.2	2.0	1.3	<u>2.2</u>	1.9
SSW	<u>3.1</u>	1.4	1.6	1.0	<u>2.5</u>	1.8	1.6	1.6
SW	2.7	1.8	1.5	1.1	<u>2.6</u>	1.6	1.3	1.5
WSW	3.7	2.2	1.2	1.4	1.8	<u>1.2</u>	1.1	1.9
W	3.7	1.8	1.3	1.8	1.2	1.1	2.1	1.6
WNW	2.6	1.2	2.0	1.8	1.1	1.0	3.3	1.4
NW	1.9	1.4	2.2	1.3	1.1	1.2	2.4	1.4
NNW	2.4	1.7	2.0	<u>1.7</u>	1.0	1.0	2.2	1.5

冬 季 (12月~2月)

	盛岡	宮古	大船渡	門馬	紫波	沢内	住田	山田
N	3.7	2.9	2.5	1.0	1.1	1.0	2.5	1.6
NNE	2.5	3.8	1.7	1.3	1.2	1.0	1.7	1.5
NE	1.7	2.7	1.8	1.3	1.4	1.0	1.3	2.2
ENE	1.5	3.2	2.0	1.0	1.4	1.0	1.0	2.2
E	1.5	2.9	1.4	1.7	1.2	1.0	1.3	2.4
ESE	1.6	3.1	2.1	2.0	1.2	1.4	1.5	1.8
SE	1.8	1.7	2.2	2.1	1.2	1.5	1.8	1.4
SSE	2.8	2.0	2.9	1.8	1.6	1.4	1.5	1.3
S	3.1	2.1	2.4	1.9	2.2	1.5	1.3	1.5
SSW	2.4	2.0	2.0	1.7	2.6	1.6	1.3	1.9
SW	2.5	2.4	1.9	1.6	<u>2.4</u>	2.0	1.1	2.5
WSW	<u>4.0</u>	<u>2.7</u>	2.1	2.0	1.9	1.9	1.3	<u>2.7</u>
W	4.5	<u>2.7</u>	2.0	3.1	2.8	1.1	2.1	<u>2.1</u>
WNW	4.2	2.2	2.9	<u>3.4</u>	2.2	1.2	4.0	2.1
NW	2.3	2.1	3.7	2.3	1.7	1.0	3.4	1.6
NNW	2.4	2.1	<u>3.1</u>	2.7	1.2	1.0	3.0	1.3

*下線は、最多風向

図1 傾斜の偏差と年間平均風速との関係

の傾斜の偏差と気象データによるその方位の年間平均風速との関係を示したものである。図より、傾斜の偏差が大きくなるにつれて、年間平均風速の値が小さくなる負の相関がみられる。しかし、相関係数 ($r = -0.245$) は小さく、年間平均風速と傾斜の偏差の間には明瞭な相関はみられない。ところで、筆者らの研究によれば、最も風の吹き込みやすい方位は地形傾斜の偏差と関係が

図2 季節別の平均風速と傾斜の偏差との関係

あることが明らかである⁹⁾。したがって、風速も地形傾斜の偏差と何らかの関係があることが考えられる。

ここで、風速の傾向を知るためには、季節風の影響を考慮する必要があるものと思われる。すなわち、わが国では夏季および冬季に季節風が吹き、風速は夏季より冬季の方が強い。また、多くの気象観測所では、台風の影響により秋に最大風速が観測され、北日本では春先に強風が吹くことが多い¹³⁾。一方、周辺の地形が平坦な気象観測所では、季節風の影響を受けやすいことが先の研究⁹⁾より明らかとなっている。

このような点を考慮して、季節別の平均風速に着目し、これらと地形傾斜の偏差との関係について検討することとした。多くの国で用いられている気候学上の四季の区分は、北半球では、春は3~5月の92日間、夏は6~8月の92日間、秋は9~11月の91日間、冬は12~2月の90日間である¹⁴⁾。この区分に従って季節

図3 卓越風向方位の平均風速と傾斜の偏差との関係

別の平均風速を求めた結果を、表2に示す。表より、季節の違いによって平均風速が複雑に変化していることがわかる。また、同じ季節でも気象観測地点によって平均風速がかなり異なることがわかる。さらに、同一の気象観測地点においても、方位によって平均風速がかなり異なることがわかる。

一方、わが国における風向の傾向は、大気候的には、冬季は北西、夏季は南東の季節風が卓越するといわれているが、気象観測地点によってはこの傾向と異なる場合もみられる。これらのことから、ある地点における風向、風速は周辺の地形の影響を受けていると判断される。

図2は、季節別の16方位の平均風速とその方位の半径1km以内の傾斜の偏差との関係を示したものである。いずれの季節も相関係数($r = -0.224, -0.327, -0.264, -0.224$)は小さく、明瞭な相関はみとめられない。これは、風の吹き込みやすさを考えていないためと考えられる。そこで卓越風向の方位に限定して、季節別の平均風速と傾斜の偏差との関係を調べた。

図3は、卓越風向方位の平均風速とその方位の傾斜の偏差との関係を示したものである。図より、いずれの季節も傾斜の偏差が大きくなるにつれて平均風速が大きくなる正の相関がみとめられる。これは、傾斜の偏差が大きくなる方位、すなわち標高の高い方向から吹く風は斜面を吹き下ろすため、風速が大きくなる¹⁵⁾傾向が現れたものと考えられる。また、春季と秋季に相関係数($r = 0.524, 0.643$)が大きく、夏季と冬季の相関係数($r = 0.198, 0.213$)は、春季、秋季と比べて小さいことがわかる。すなわち、春季と秋季の方が夏季と冬季よりも、風速と地形傾斜の偏差との関係が密接であるといえる。このことから、風速は夏季や冬季に

は季節風の影響が支配的となるが、季節風の影響が少ない春季や秋季には、周辺の地形の影響を受けているものと考えられる。

したがって、春季および秋季においては、ある地点における卓越風向方位の平均風速を、周辺の地形傾斜の偏差から(3)および(4)式により推定することが可能である。

$$V_s = -6.15K_1 + 3.03 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$V_f = -5.16K_1 + 2.59 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

V_s : 春季(3~5月)の平均風速(m/s)

V_f : 秋季(9~11月)の平均風速(m/s)

K_1 : 半径1km以内の傾斜の偏差

表3は、ある地点における採掘前後の風向頻度および平均風速の計算例を示したものである。16方位別に半径1km以内の最高点と基準点との標高差およびその間の距離から $\tan \alpha$ を算出した。16方位の $\tan \alpha$ の平均値と各方位の $\tan \alpha$ との差として偏差を求め、(5)式⁹⁾により風向頻度 F を、また、(3)式により春季の平均風速を算出した。

$$F_i = -190.8K_i + 24.43 \quad (i=1,2,\dots,16) \quad \dots\dots\dots (5)$$

この地点では、WNW方向についてみると、半径1km以内の最高点は採掘前には400mであるが、採掘後には山の切り取りにより350mと50mも低くなるため、風向頻度は7.9%から18.0%へと大幅に増加すると予測される。また、平均風速は3.5m/sから3.2m/sへ減少すると予測される。また、最も風が吹き込みやすいと考えられる方位はSSE方向で、採掘前後での卓越する風向の変化はみられない。卓越風向の採掘前後での風向頻度は、採掘前は39.2%、採掘後では37.6%と1.6%の減少がみられる。これは、山が切り取られることによって、WNW方向のように風向頻度が大幅に増加する方位があるため、16方位でみた場合には卓越する風向の頻度が減少する結果となるものと考えられる。また、卓越風向方位の平均風速は、採掘前後で変化しないものと予測される。

3. 露天採掘に伴う風速変化の定量的予測

前節の地形と風速との関係を定量的に表す方法を用いて、採掘前後の周辺地域の風速変化の予測を行った。ここでは、尾根部の切り取りを含む大幅な地形改変を伴う開発例として、全山採掘方式により採掘が行われている碎石用原石山を事例として取り上げた。この開発事例では、東西約400m、南北約350mの地域が採掘され、切り取り高さは最高で60mである。

図4は、春季における採掘場周辺地域の採掘前後の卓越風向方位の予測平均風速を示したものである。原石山を中心に200m間隔に11×11のメッシュを切り、その格子点について(3)式を用いて平均風速の計算を行った。図中、 の箇所が採掘予定地である。矢印は卓越する風向を示し、その長さが平均風速を表している。なお、卓越風向の方位は、先に報告した地形改変に伴う周辺地域の風向変化予測法の検討結果⁹⁾を用いて予測したものである。採掘前後で卓越する風向が変化すると予測される地点は、採掘後の卓越風向を太い矢印で示した。図より、全体的には矢印の長さはほぼ等しく、地形傾斜の偏差から予測される平均風速は、この地域ではいずれの地点も3m/s程度であることがわかる。

図5は、同じ地点の秋季における採掘場周辺地域の採掘前後の卓越風向方位の予測平均風速を示したものである。採掘場の北側で1.7~1.9m/sと小さい値が予測される。

表3 採掘前後の風速変化の計算例

基準地点の標高: 254m							
風向	最高点 (m)	高低差 (m)	採 掘 前		傾斜の偏差 K	風向頻度 (%)	平均風速 (m/s)
			距離 (m)	$\tan \alpha$			
N	304	50	705	0.071	-0.005	25.5	3.0
NNE	281	27	530	0.051	-0.025	29.6	2.9
NE	276	22	630	0.035	-0.041	32.9	2.8
ENE	264	10	625	0.016	-0.060	36.8	2.7
E	267	13	1000	0.013	-0.063	37.4	2.6
ESE	267	13	725	0.018	-0.058	36.3	2.7
SE	266	12	1000	0.012	-0.064	37.6	2.6
SSE	258	4	1000	0.004	-0.072	39.2	2.6
S	265	11	75	0.146	0.070	10.2	3.5
SSW	271	17	280	0.061	-0.015	27.5	3.0
SW	276	22	250	0.088	0.012	22.1	3.1
WSW	282	28	240	0.116	0.040	16.3	3.3
W	364	110	755	0.146	0.070	10.2	3.5
WNW	400	146	930	0.157	0.082	7.9	3.5
NW	380	126	830	0.152	0.076	8.9	3.5
NNW	348	94	730	0.129	0.053	13.6	3.4

風向	最高点 (m)	高低差 (m)	採 掘 後		傾斜の偏差 K	風向頻度 (%)	平均風速 (m/s)
			距離 (m)	$\tan \alpha$			
N	304	50	705	0.071	0.003	23.9	3.0
NNE	281	27	530	0.051	-0.017	27.9	2.9
NE	276	22	630	0.035	-0.033	31.2	2.8
ENE	264	10	625	0.016	-0.052	35.2	2.7
E	267	13	1000	0.013	-0.055	35.8	2.7
ESE	267	13	725	0.018	-0.050	34.7	2.7
SE	266	12	1000	0.012	-0.056	36.0	2.7
SSE	258	4	1000	0.004	-0.064	37.6	2.6
S	265	11	75	0.146	0.078	8.5	3.5
SSW	271	17	280	0.061	-0.007	25.8	3.0
SW	276	22	250	0.088	0.020	20.5	3.2
WSW	282	28	240	0.116	0.048	14.6	3.3
W	296	42	555	0.076	0.008	22.9	3.1
WNW	350	96	960	0.100	0.032	18.0	3.2
NW	380	126	830	0.152	0.084	7.3	3.5
NNW	348	94	730	0.129	0.061	12.0	3.4

図4 採掘前後の卓越風向方位の予測平均風速（春季）

図6 採掘前後の卓越風向方位の平均風速の変化予測比（春季）

図5 採掘前後の卓越風向方位の予測平均風速（秋季）

図7 採掘前後の卓越風向方位の平均風速の変化予測比（秋季）

全体としては、2.5 m/s 前後の値を示している。春季と秋季を比較すると、春季の方が若干ではあるが矢印が長く、予測される平均風速の値が大きいことがわかる。

図6は、春季における採掘前後の卓越風向方位の平均風速の変化予測比を示したものである。数値は、採掘前に対する採掘後の平均風速の比で、1.00 以上は採掘により平均風速が増加することを表し、1.00 未満は減少することを表している。採掘前後で平均風速が増加すると予測される地点は121地点中25地点であり、減少すると予測される地点は4地点である。採掘前後の風速比は、最大で21%の増加、12%の減少が予測される。風速比で21%の増加は、実際に予測される平均風速では、2.4 m/s から2.9 m/s への0.5 m/s の増加に相当する。

図7は、秋季における採掘前後の卓越風向方位の平均風速の変

化予測比を示したものである。採掘前後で平均風速が増加すると予測される地点は121地点中16地点であり、減少すると予測される地点は3地点である。採掘前後の風速比は最大で19%の増加、12%の減少が予測される。風速比で19%の増加は、実際に予測される平均風速では、2.1 m/s から2.5 m/s への0.4 m/s の増加に相当する。春季と秋季を比較すると、春季の方が予測される平均風速が大きく、増加率も大きいことがわかる。

これらの結果より、山全体を切り取ってしまう全山採掘方式では、周囲の風体系がかなり変化すると予測され、環境に及ぼす影響も大きいと考えられる。

4. 結 言

本研究では、風速と地形との関係を明らかにする目的で、気象

データによる平均風速と、観測所周辺の地形の傾斜の偏差との関係を調べ、これらの関係を定量的に表す方法について検討した。また、この方法を用いて、大幅な地形改変を伴う碎石用原石採掘場を事例として取り上げ、採掘前後の周辺地域の風速変化の予測を行った。得られた結果を要約するとつぎのとおりである。

1) 山地に近い小地域の卓越風向方位の平均風速は、周辺の地形と相関がみとめられ、季節風の影響が少ない春季および秋季には、地形傾斜の偏差から推定できることが明らかとなった。

2) 半径 1 km 以内の地形の傾斜の偏差 K_1 と、春季および秋季の卓越風向方位の平均風速 V_s , V_f との関係を表す式として、(3), (4)式が導かれた。

3) (3), (4)式を用いて、全山採掘方式の露天採掘場について採掘前後の風速変化を予測した結果、採掘場周辺地域では採掘に伴う地形改変によって、平均風速や卓越風向がかなり変化することが明らかとなった。

今回得られた結果は、岩手県内 8 箇所の気象データに基づくものである。今後は他地域における検討も加えて、結果の適用性を確認したい。また、風速変化の予測では、採掘による地形改変高さによる影響のみを対象とした。しかし、採掘場周辺は森林となっており、露天採掘に伴う周辺地域の風速変化には、森林伐採に伴う減風効果の変化も考慮に入れる必要があると思われる。このよ

うな点を含めて、地形および森林の影響を考慮した風の流れの解析には、数値流体力学による検討が必要と思われるので、今後の課題としたい。

引用文献

- 1) 秋本 勲：資源と素材，Vol. 110，p. 1017-1022，(1994)
- 2) 寺田 孚：資源と素材，Vol. 110，p. 1033-1036，(1994)
- 3) 大塚尚寛・関本善則：資源と素材，Vol. 109，p. 203-208，(1993)
- 4) 大塚尚寛・関本善則・尾刀幸雄：資源と素材，Vol. 111，p. 835-840，(1995)
- 5) 西山 孝・楠田 啓・伊藤俊秀：資源と素材，Vol. 110，p. 1037-1042，(1994)
- 6) 関本善則・大塚尚寛・海老名弘明：骨材資源，Vol. 22，No. 87，p. 149-156，(1990)
- 7) 大塚尚寛・関本善則：資源と素材，Vol. 109，p. 897-902，(1993)
- 8) 大塚尚寛・関本善則：建設用原材料，Vol. 5，No. 1，p. 1-6，(1995)
- 9) 大塚尚寛・関本善則・千葉 新，安全工学，Vol. 34，No. 4，p. 254-261，(1995)
- 10) 塩谷正雄：強風の性質，p. 18-35，(1978)，開発社（東京）
- 11) 真木太一：風害と防風施設，p. 26-34，(1987)，文永堂出版（東京）
- 12) 日本気象協会盛岡支部：地域気象観測毎時風向・風速日報，平成 4 年 1 月号～平成 4 年 12 月号
- 13) 倉島 厚：日本の気候，p. 169-197，(1992)，古今書院（東京）
- 14) 前出 13)，p. 41-66
- 15) 前出 10)，p. 118-121