

露天採掘場周辺の地形と風向との関係

RELATION BETWEEN WIND DIRECTION AND LAY OF LAND AROUND OPEN-PIT MINE

大塚 尚寛*・関本 善則**

by Naohiro OTSUKA and Yoshinori SEKIMOTO

1. はじめに

国土が狭く、その80%近くが山地であるわが国では、石灰石や砕石用原石などの露天採掘の多くが、生活地域に近接した山地で行われている。そのため、露天採掘による森林伐採や尾根、山塊などの切取りが、周辺地域の微気象、特に風向、風速などの風体系に影響を及ぼし、問題となっている例がみられる¹⁾。

本研究では、はじめに地形と風向との関係を明らかにする目的で、既往の気象データによる年間最多風向と、観測地点周辺の地形の傾斜との関係を調べ、これらの関係を数量的に表す方法について検討した。この方法を用いて、露天採掘に伴う風向変化の予測を行ったので、これらの結果について報告する。

2. 既往の気象データと地形との関係

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²⁾。しかし、気候学の分野では、数 m~数kmの範囲の気候を微気候といい、地形と密接な関係があることが指摘されている³⁾。すなわち、ある地点における風向は、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、岩手県内33箇所、青森県内26箇所の気象観測点における過去3年間の気象データ^{4) 6)}を調べ、風向と観測地点周辺の地形との関係について検討した。

図1は、盛岡気象台における1991年の年間風配図を示したものである。当地点では、冬季は西、北および南方向、春季は西および南方向、夏季と秋季は南および北方向の風が卓越しており、年間を通じて東寄りの風がほとんど吹いていないことがわかる。そこで、気象台周辺の地形を調べたところ、気象台の東側500m付近から山地となっており、その方向からは風が吹き込みにくい地形となっていることがわかった。また、その他の方向は観測点より低い平地となっており、風が吹き込み易い地形であることがわかった。その他の気象観測点においても、近くに山地がある地点では、風向は周囲の地形に影響されている傾向がみとめられた。

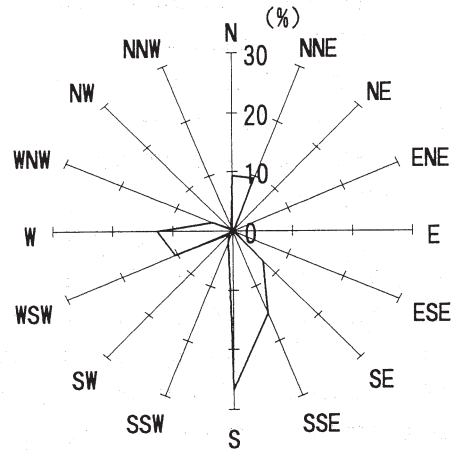


図1 盛岡気象台における1991年の年間風配図

3. 地形と風向頻度との関係の定量化

ある地点において、どちらの方向から風が吹き込み易いかを考えた場合、周囲の地形の傾斜の分布状態が影響しているものと思われる。そこで本研究では、地形の状態を数量的に表す方法として、地形傾斜の偏差というものをを用いて、これと風向頻度との関係について検討した。

図2は、地形傾斜の偏差の求め方を示したものである。まず、地形図上に観測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1kmおよび2km以内で最も

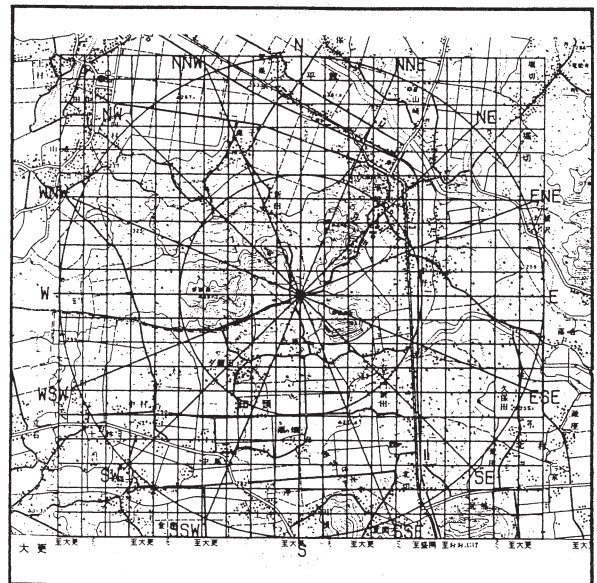


図2 地形傾斜の偏差の求め方

* 岩手大学工学部 建設環境工学科 助教授
(〒020 盛岡市上田4丁目3-5)

** 同 教授

標高の高い地点の標高と、その地点までの距離を読み取る。(1)式により各方位別の傾斜を求め、(2)により傾斜の偏差を求める。

$$\tan \alpha_i = \Delta H_i / L_i \quad (1)$$

$$K = \tan \alpha_i - \sum_{i=1}^{16} \tan \alpha_i / 16 \quad (2)$$

ここで、

ΔH_i : 基準地点と16方位別の半径1kmおよび2km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1kmおよび2km以内の最高点までの距離(m)

K : 半径1kmおよび2km以内の地形について求めた傾斜の偏差

図3は、以上のようにして求めた岩手県および青森県内の観測所における半径1km以内傾斜の偏差と、気象データによる最多風向頻度との関係を示したものである。縦軸に気象データによる最多風向頻度を取り、横軸にその方位の半径1km以内における傾斜の偏差をとっている。なお、最多風向頻度は、各観測地点における過去3年間の気象データから求めた。図より、傾斜の偏差が大きくなるにつれて最多風向頻度が小さくなる負の相関がみとめられる。図中の式は、それぞれ1次、2次、指数の回帰式で、それぞれの相関係数は、1次回帰が0.237、2次回帰が0.304、指数回帰が0.229となっている。

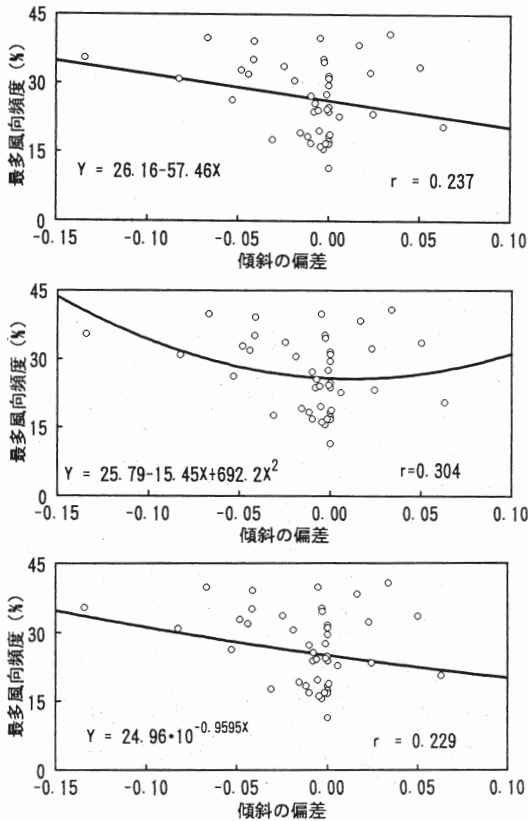


図3 半径1km以内の傾斜の偏差と最多風向頻度との関係

図4は、同様に最多風向頻度とその方位の半径2km以内の傾斜の偏差との関係を示したものである。気象データによる最多風向頻度と、傾斜の偏差との関係で求めた回帰式は、1kmの場合と同様に相関係数が小さく、明瞭な相関はみとめられなかった。これは、地形傾斜の状態に関係なく、最多風向の方位の傾斜の偏差と風向頻度を比較しているためと思われる。

そこで、16方位のうちで傾斜の偏差が最小となる方位、すなわち地形的にみて風の最も吹き込み易い方位と、最多風向の方位が一致する観測点について、最多風向頻度と傾斜の偏差との関係について調べてみた。

図5は、半径1km以内における傾斜の偏差が最小の方位と、最多風向の方位が一致している観測点について、傾斜の偏差と気象データによる風向頻度との関係を示したものである。相関係数は、1次回帰が0.672、2次回帰が0.672、指数回帰が0.605となっており、図3の最多風向の方位の傾斜の偏差と風向頻度との関係と比較して、相関係数は良い値になっている。

図6は、同様にして求めた半径2km以内における場合であるが、こちらも相関係数は、図4の場合と比較して良い値になっている。

以上のことより、傾斜の偏差が最小の方位と最多風向の方位の一致している観測点について、傾斜の偏差と気象データによる最多風向頻度の関係を表したものが、相関係数が高いことがわかった。

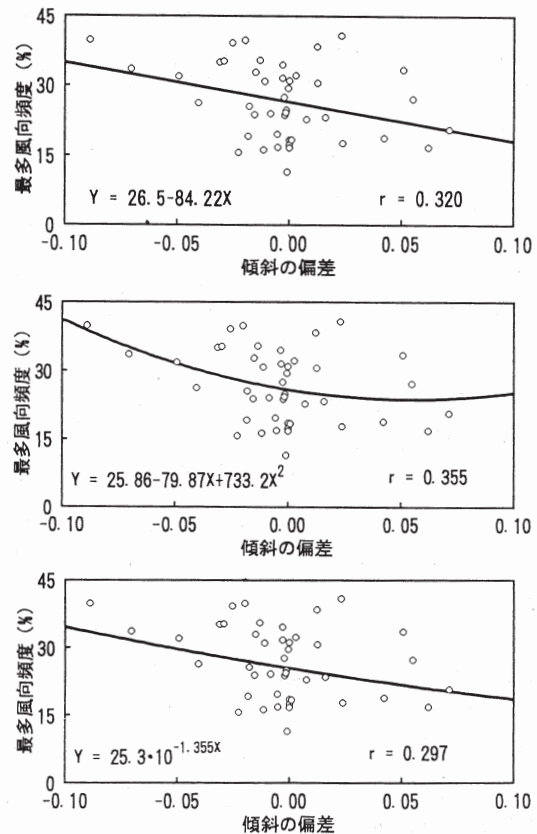


図4 半径2km以内の傾斜の偏差と最多風向頻度との関係

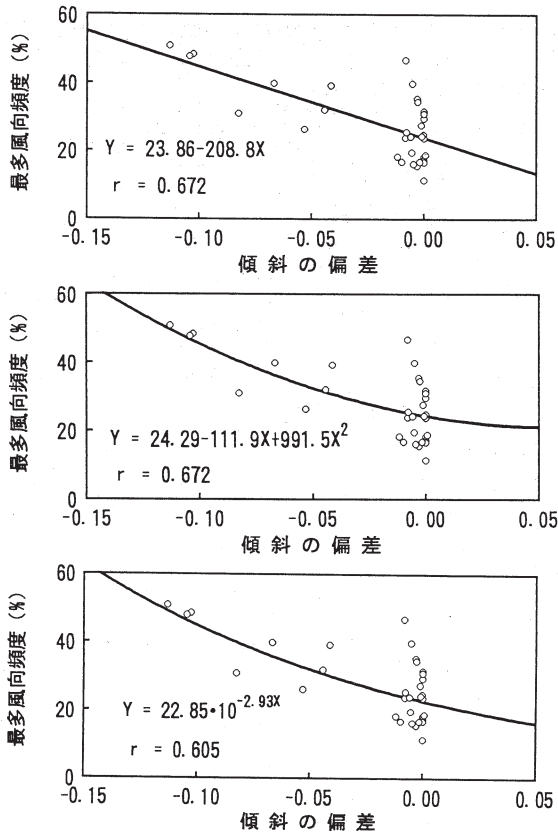


図5 最多風向と傾斜の偏差が最小の方位と一致している場合（半径1km以内）

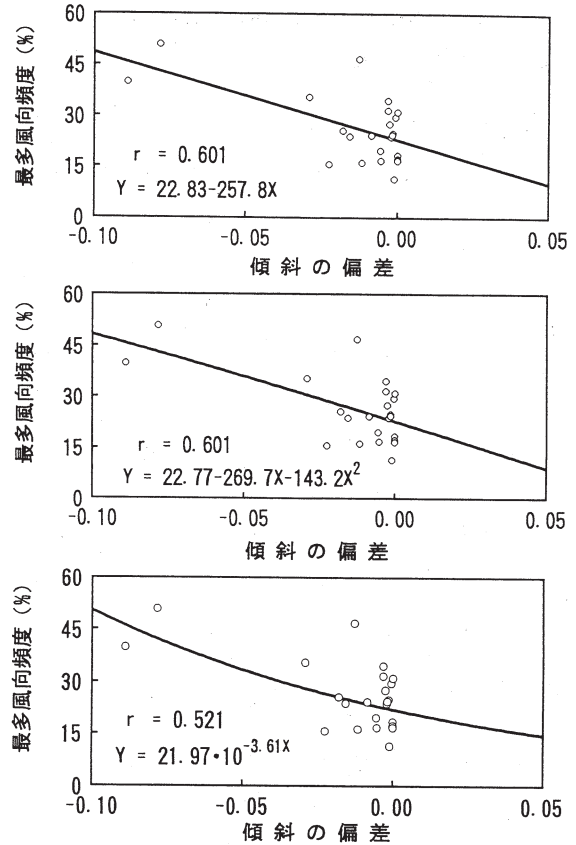


図6 最多風向と傾斜の偏差が最小の方位と一致している場合（半径2km以内）

そのうちより単純な形で表される1次回帰式を、ここでは地形と風向頻度との関係を定量的に表す式として採用することにした。

(3)、(4)式は、それぞれ半径1kmおよび2kmの地形について求めた傾斜の偏差と最多風向頻度との関係を示したものである。両式を比較すると、傾きは2kmの方がやや大きい、切片はほぼ等しい値となっており、半径1km以内に対する(3)式の方が相関係数rが高い値である。このことより、ある地点において風が最も吹き込みやすい方向は、地形傾斜の偏差が最小となる方向として求めることが可能であり、また、半径1km以内の地形傾斜の偏差からより精度良く推定することが可能であるといえる。

$$F_1 = -208.8K_1 + 23.86 \quad (r=0.672) \quad (3)$$

$$F_2 = -257.8K_2 + 22.83 \quad (r=0.601) \quad (4)$$

ここで、

F_1 、 F_2 ：最多風向頻度(%)

K_1 、 K_2 ：半径1kmおよび2kmの地形について求めた傾斜の偏差

気象データによる風向頻度をみると、年間を通じて全く風が吹き込まない方位があることがわかった。そこで、16方位のうち風向頻度が最も低い方位の風向頻度を0とすることとし、16方位の相対風向頻度を算出する方法と

して(5)式を導いた。

$$E_i = \frac{F_i - F_{min}}{\sum_{i=1}^{16} (F_i - F_{min})} \times 100 \quad (5)$$

ここで、

E_i ：各方位の相対風向頻度(%)

表1は、半径1km以内における採掘前後の風向頻度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地点の高低差および最高点までの距離から $\tan \alpha$ を算出した。その平均の差として偏差Kを求め、(3)式を用いて最多風向頻度Fを算出し、さらに(5)式を用いて相対風向頻度Eを算出した。この計算例では、例えば南南東についてみると、採掘前には相対風向頻度が6.02%であったのが、採掘後では11.32%と5.30%も増加すると推定される。

4. 露天採掘に伴う風向変化の予測

図7は、全山採掘方式により採掘が行われている原石山周辺の採掘前後の卓越風向の変化を予測するために、原石山を中心として200m間隔のメッシュを切り、その格子点について、先に述べた方法により風向頻度の計算を行ったものである。図中の矢印は、その方向から風が吹

表1 採掘前後の風向頻度の計算例

基準地点の標高：288m

採掘前							
風向	最高点 (m)	高低差 (m)	距離 (m)	$\tan \alpha$	K_1	F_1 (%)	E_1 (%)
N	329	41	150	0.273	0.080	7.1	3.47
NNE	345	57	175	0.326	0.132	-3.8	1.65
NE	332	44	125	0.352	0.159	-9.3	0.74
ENE	324	36	100	0.360	0.167	-11.0	0.46
E	316	28	75	0.373	0.180	-13.7	0.00
ESE	314	26	75	0.347	0.153	-8.2	0.93
SE	310	22	75	0.293	0.100	3.0	2.78
SSE	305	17	85	0.200	0.007	22.4	6.02
S	312	24	522	0.046	-0.148	54.7	11.37
SSW	310	22	200	0.110	-0.083	41.2	9.14
SW	299	11	423	0.026	-0.167	58.8	12.06
WSW	375	87	1000	0.087	-0.106	46.0	9.94
W	320	32	552	0.058	-0.135	52.1	10.94
WNW	288	0	1000	0.000	-0.193	64.2	12.96
NW	301	13	100	0.130	-0.063	37.1	8.44
NNW	309	21	189	0.111	-0.083	41.1	9.12

採掘後							
風向	最高点 (m)	高低差 (m)	距離 (m)	$\tan \alpha$	K_1	F_1 (%)	E_1 (%)
N	329	41	150	0.273	0.093	-4.4	3.24
NNE	345	57	175	0.326	0.146	-6.5	1.54
NE	332	44	125	0.352	0.172	-12.0	0.70
ENE	324	36	100	0.360	0.179	-13.7	0.43
E	316	28	75	0.373	0.193	-16.5	0.00
ESE	314	26	75	0.347	0.166	-11.0	0.86
SE	310	22	75	0.293	0.113	0.2	2.59
SSE	290	2	85	0.024	-0.157	56.6	11.32
S	290	2	522	0.013	-0.167	58.7	11.65
SSW	310	22	200	0.110	-0.070	38.5	8.52
SW	299	11	423	0.026	-0.154	56.1	11.24
WSW	375	87	1000	0.087	-0.093	43.3	9.26
W	320	32	552	0.058	-0.122	49.3	10.19
WNW	288	0	1000	0.000	-0.180	61.5	12.08
NW	301	13	100	0.130	-0.050	34.4	7.87
NNW	309	21	189	0.111	-0.070	38.4	8.50

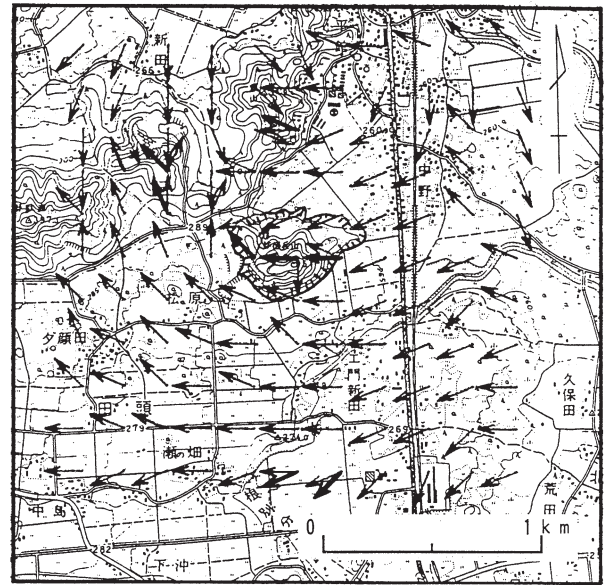


図7 採掘前後の卓越風向（半径1km）

き易いことを示している。👉の所が採掘予定地、細かい矢印が採掘前の卓越風向、太い矢印が採掘による地形変化に伴って卓越風向が変化すると予測される地点を表

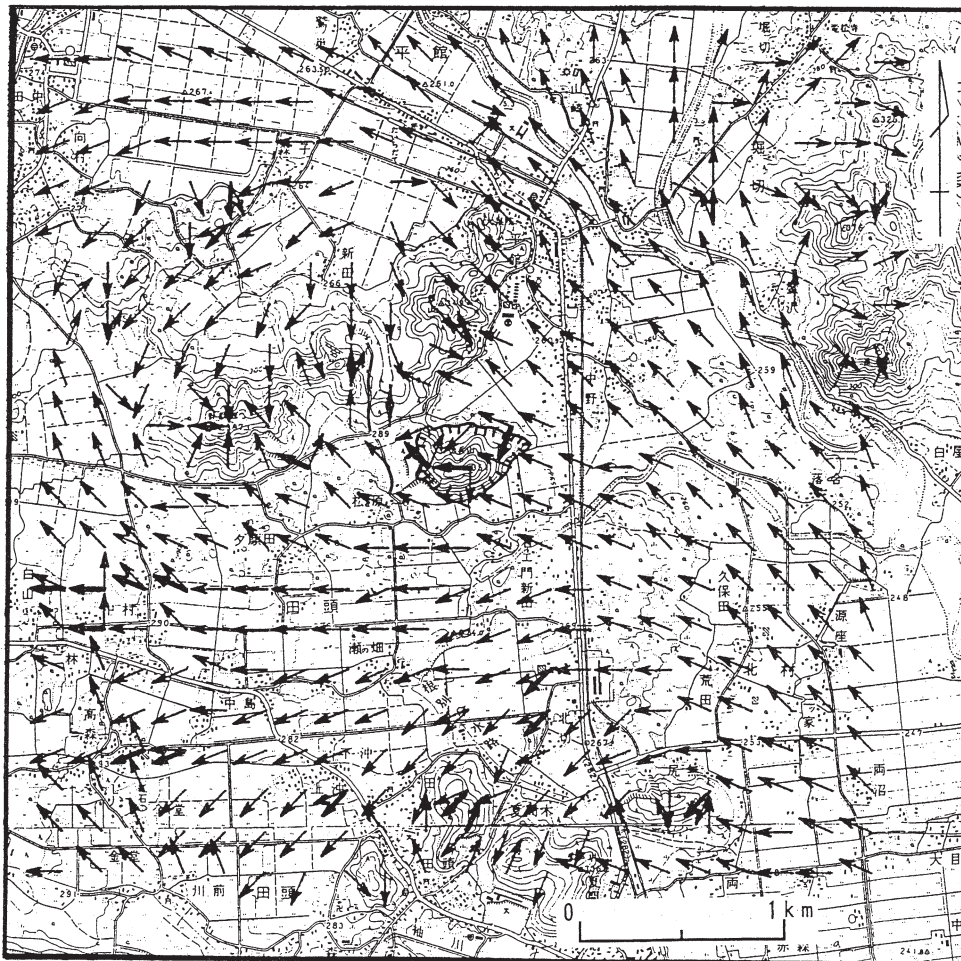


図8 採掘前後の卓越風向（半径2km）

している。図をみると、地形と風の吹き込み易さがよく一致しており、今回採用した卓越風向の定量的予測法が適していることがわかる。すなわち、点在する山塊に対応して卓越風向は複雑に変化しているが、地形と卓越風向との関係は一致した傾向を示している。採掘前後での卓越風向を比較すると、原石山の北から北西側にかけて

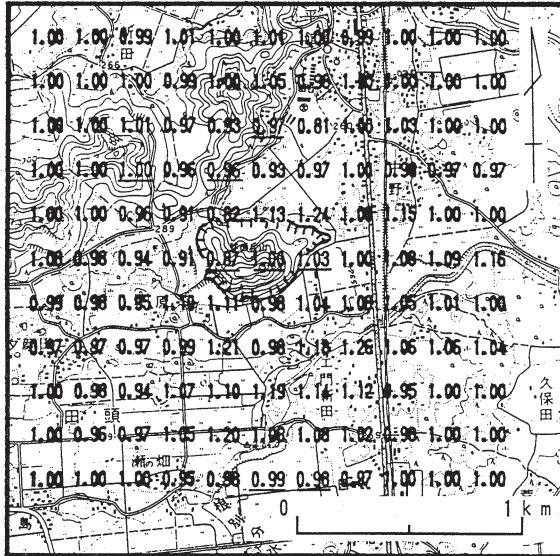


図9 採掘前後での風向頻度の変化（半径1km）

と南側に合計 9地点で卓越風向の変化がみられ、最大で 90°、すなわち 4方位分の風向変化が生じると予測される。

図8 は、同様に半径2km以内の採掘前後の卓越風向を示したものである。原石山の西南西から南側にかけて24地点で卓越風向の変化がみられ、最大で157.5°、すなわち 7方位分の風向変化が生じると予測される。

図9 は、半径 1km以内の卓越風向頻度の変化を示したものである。図中の数値は、採掘前に対する採掘後の卓越風向頻度の比で、1.00以上は採掘により風向頻度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。なお、下線の引いてある数値は採掘前後で卓越する風向が変化すると予測される地点であり、下線のない数値は採掘前後で卓越する風向が変化しない地点を表している。この例では、全山採掘が行われるので、採掘により風向頻度が増加すると予測される地点は、121点中78点である。特に、採掘予定地を中心に20%前後の風向頻度の変化が予測される。採掘前後の風向頻度は、最大で26%の増加、19%の減少が生じると予測される。

図10は、半径 2km以内の卓越風向頻度の変化を示したものである。半径 2km以内では、広範囲で風向頻度の変化がみられ、441点中159点で風向頻度が増加すると予測される。採掘予定地を中心に20%前後の増減が予測され、

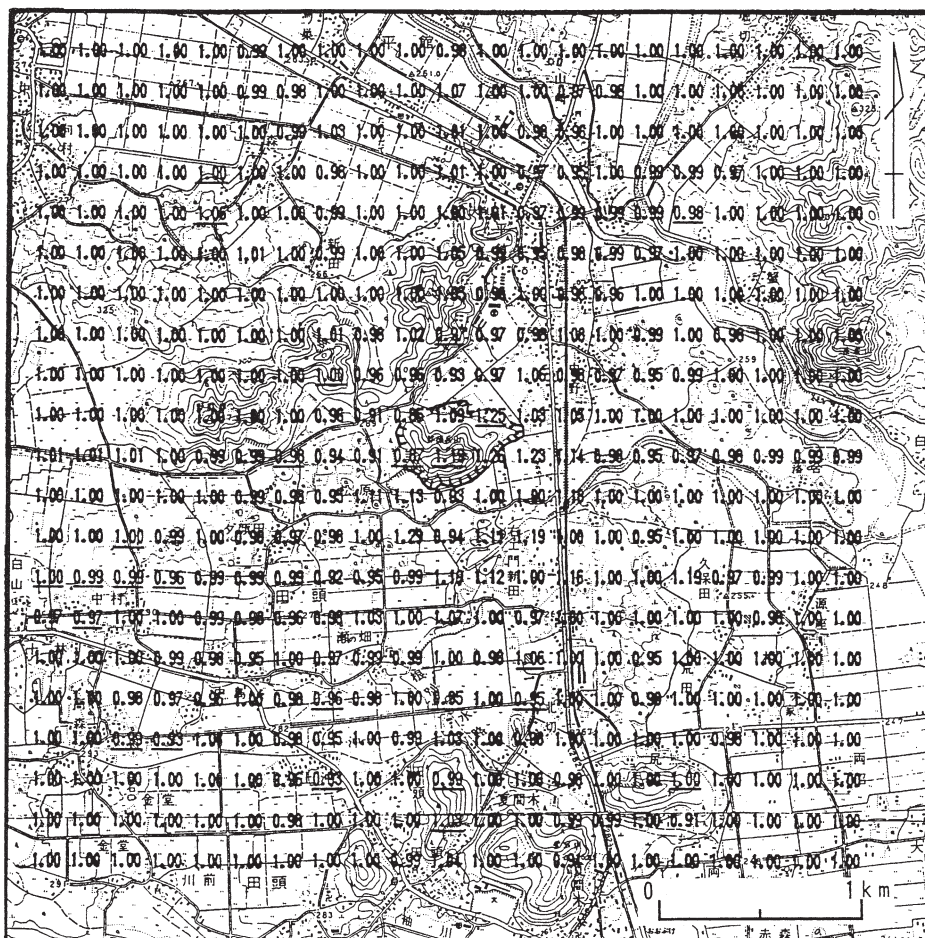


図10 採掘前後での風向頻度の変化（半径2km）

最大で29%の増加、15%の減少が生じると予測される。

5. まとめ

本研究では、気象データによる年間最多風向と、観測地点周辺の地形の傾斜との関係を調べ、これらの関係を数量的に表す方法について検討した。この方法を用いて、露天採掘に伴う風向変化の予測を行った。得られた結果をまとめると、以下の通りである。

- (1) 微小地域の風向は、周辺の地形と密接な関係があり、ある地点の最多風向頻度は、周辺の地形の偏差から推定できることが明らかとなった。
- (2) 地形の偏差Kと最多風向頻度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、全山開発方式の露天採掘場に

ついて風向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、卓越風向や風向頻度がかなり変化することが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 大塚尚寛・関本善則：資源と素材，Vol.109，p.897-902，(1993)
- 2) 倉島 厚：日本の気候，p.169-197，(1992)，古今書院（東京）
- 3) 吉野正敏：小気候，p.1-7，(1986)，地人書館（東京）
- 4) 日本気象協会盛岡支部：岩手県気象月報，平成元年1月号～平成 3年12月号
- 5) 日本気象協会青森支部：青森県気象月報，平成元年1月号～平成 3年12月号

(1994年11月21日受付)