

東濃鉾山における風速測定結果の 統計解析及び評価 報告書

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

平成 16 年 3 月

三井鉾山エンジニアリング株式会社

東濃鉾山における風速測定結果の 統計解析及び評価 報告書

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

平成 16 年 3 月

三井鉾山エンジニアリング株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

電話：029-282-1122（代表）

ファックス：029-282-7980

電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,

Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2004

2004年3月

東濃鉾山における風速測定結果の統計解析及び評価

坂井哲郎、奥園昭彦、柏瀬陽一¹⁾

要 旨

核燃料サイクル開発機構（以降、「サイクル機構」と称する）の保有する東濃鉾山においては、通気管理を行うために坑内の主要坑道5箇所サーミスタ風速計を設置して連続測定を行っている。現状では、各風速計は坑道断面の一点を測定しているため、正確な坑内通気の把握をすることはできない。このため、本延坑道160mにおいて同一断面上に配置した38測点での風速測定結果に基づき、統計処理により風速の分布を解析し、既設風速計の測定値から平均風速を求めるための位置校正係数を求めることとした。

統計処理により求めた風速分布は、坑壁付近でもある程度の風速を持つカマボコ型の風速分布が得られた。解析結果からは、本延坑道160mの既設風速計の測定値1.20m/secに対し平均風速は1.03m/secとなり、位置校正係数は0.86との結果を得た。このことにより、坑道断面上の1点における測定値をもって、坑道断面の平均風速を得ることが可能となった。

今後の課題としては、今回の測定箇所以外の風速計設置箇所と同様の測定を行い、その各箇所における位置校正係数を求めることにより、坑内全域での正確な坑内通気の把握と総合的な評価が必要となる。

本報告書は、三井鉾山エンジニアリング株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

契約番号：1506A01453

機構担当部課室：東濃地科学センター 施設技術グループ

1) 三井鉾山エンジニアリング株式会社 環境防災部（坂井・奥園）、地質部（柏瀬）

March, 2004

Analysis and Evaluation of the Air Velocity by Statistics Processing Method at the Tono Mine.

Tetsuo Sakai, Akihiko Okuzono, Yoichi Kashiwase ¹⁾

ABSTRACT

At the Tono mine, which belongs to Japan Nuclear Cycle Development Institute (herein after JNC), five thermistor anemometers have been installed separately at the main airway and air velocity is being monitored at the surface continuously to check the underground condition. However, since each thermistor anemometer can measure a point velocity in the cross section, so it is difficult to grasp the correct average air velocity. Therefore, based on the measurement result of the air velocity at the 38 points arranged on the same section at Hon· Nobe Kodo (main gallery), 160m from the pit bottom, those data were analyzed by statistics processing method and a positional coefficient of proofreading was calculated in order to find out average air velocity by the measured velocity of the installed anemometer.

Semicylindrical shape sectional view of the air velocity with considerable velocity even near the wall was obtained by the statistics processing method. According to the analysis result, 1.03 m/sec average air velocity was obtained compared to 1.20 m/sec measured value and also 0.86 was calculated as a positional coefficient of proofreading. By the result, it makes possible to find out average air velocity by the monitored value in the cross section of the airway.

As a future subject, grasping correct ventilation balance of the whole mine and total evaluation of the ventilation condition will be required by performing air velocity measurement and calculate the positional coefficient of proofreading using same methodology at other anemometer installed position.

This work was performed by Mitsui Mining Engineering Company Limited under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute. (Contract number 1506A01453)

JNC Liaison: Facility Technical Group, Tono Geoscience Center.

1) Mitsui Mining Engineering Company Limited, Safety & Environment Engineering Department (Sakai, Okuzono), Geology Department (Kashiwase)

東濃鉾山における風速測定結果の統計解析及び評価 報告書

目次

1.	はじめに	1
2.	風速測定値	1
2.1	測定方法	1
2.2	風速測定箇所および測定点位置図	2
3.	風速測定結果	4
3.1	風速測定結果	4
3.1.1	第1回風速測定結果	5
3.1.2	第2回風速測定結果	5
3.1.3	第3回風速測定結果	6
3.1.4	第4回風速測定結果	6
3.1.5	第5回風速測定結果	6
3.1.6	第6回風速測定結果	7
3.1.7	第7回風速測定結果	7
3.1.8	第8回風速測定結果	7
3.1.9	第9回風速測定結果	8
3.1.10	第10回風速測定結果	8
3.1.11	第11回風速測定結果	8
3.1.12	第12回風速測定結果	9
3.1.13	基準点の風速測定結果	9
3.2	超音波風速計の測定点補正風速	10
3.3	測定断面における風速	10
3.3.1	高さ440mm付近における水平断面風速分布	11
3.3.2	高さ1070mm付近における水平断面風速分布	12
3.3.3	坑道中心付近における垂直断面風速分布	13
4.	測定結果の統計解析	14
4.1	坑道内風速分布	14
4.1.1	坑道壁面風速を0m/secとした場合	15
4.1.2	坑道壁面風速0m/sec、壁面際で一定風速を与えた場合	18
4.1.3	坑道壁面風速0m/secでない場合	21
4.2	坑道断面風速分布	24
4.2.1	水平断面風速分布	24
4.2.2	垂直断面風速分布	26

5. 解析結果の考察	27
5.1 風速解析結果	27
5.2 風速分布図	27
5.3 平均風速および通気量の推定	28
5.4 既設風速計の位置校正係数	28
6. おわりに	29

参考資料

「移動式サーミスタ風速計校正係数により測定風速を補正した場合の位置校正係数」

東濃鉦山における風速測定結果の統計解析及び評価 報告書

図・写真 目次

第2章

写真 2-1	風速測定状況	1
図 2-1	風速測定点位置図	2
図 2-2	風速測定箇所位置図	4

第3章

図 3-1	風速測定切断面箇所図	10
図 3-2	高さ 440mm における水平断面風速分布図	11
図 3-3	高さ 1070mm 付近における水平断面風速分布図	12
図 3-4	坑道中心付近における垂直断面風速分布図	13

第4章

図 4-1	本延坑道 160m 三次元風速分布図(1)、壁面風速 0m/sec の時	15
図 4-2	本延坑道 160m 三次元風速分布図(2)、壁面風速 0m/sec の時	15
図 4-3	本延坑道 160m 三次元風速分布図(3)、壁面風速 0m/sec の時	16
図 4-4	本延坑道 160m 三次元風速分布図(4)、壁面風速 0m/sec の時	16
図 4-5	本延坑道 160m 三次元風速分布図(5)、壁面風速 0m/sec の時	17
図 4-6	本延坑道 160m 等風速線図、壁面風速 0m/sec の時	17
図 4-7	本延坑道 160m 三次元風速分布図(1) 壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	18
図 4-8	本延坑道 160m 三次元風速分布図(2) 壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	18
図 4-9	本延坑道 160m 三次元風速分布図(3) 壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	19
図 4-10	本延坑道 160m 三次元風速分布図(4) 壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	19
図 4-11	本延坑道 160m 三次元風速分布図(5) 壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	20
図 4-12	本延坑道 160m 等風速線図 壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	20
図 4-13	本延坑道 160m 三次元風速分布図(1)、壁面風速 0m/sec でない時	21
図 4-14	本延坑道 160m 三次元風速分布図(2)、壁面風速 0m/sec でない時	21

図 4-15 本延坑道 160m 三次元風速分布図(3)、壁面風速 0m/sec でない時	22
図 4-16 本延坑道 160m 三次元風速分布図(4)、壁面風速 0m/sec でない時	22
図 4-17 本延坑道 160m 三次元風速分布図(5)、壁面風速 0m/sec でない時	23
図 4-18 本延坑道 160m 等風速線図、壁面風速 0m/sec でない時	23
図 4-19 風速分布図切断箇所	24
図 4-20 高さ 850mm の位置における水平断面風速分布図	24
図 4-21 高さ 1070mm の位置における水平断面風速分布図	25
図 4-22 坑道中心における垂直断面風速分布図	26

第 5 章

図 5-1 管の中の流れの速度分布	27
-------------------	----

東濃鉾山における風速測定結果の統計解析及び評価 報告書

表 目次

第 2 章

表 2-1	風速測定点座標	3
-------	---------	---

第 3 章

表 3-1	坑外監視室 PC チャンネル番号と風速計名称関係表	5
表 3-2	第 1 回風速測定結果表	5
表 3-3	第 2 回風速測定結果表	5
表 3-4	第 3 回風速測定結果表	6
表 3-5	第 4 回風速測定結果表	6
表 3-6	第 5 回風速測定結果表	6
表 3-7	第 6 回風速測定結果表	7
表 3-8	第 7 回風速測定結果表	7
表 3-9	第 8 回風速測定結果表	7
表 3-10	第 9 回風速測定結果表	8
表 3-11	第 10 回風速測定結果表	8
表 3-12	第 11 回風速測定結果表	8
表 3-13	第 12 回風速測定結果表	9
表 3-14	基準点(CH11)の第 1 回測定から第 12 回測定までの測定結果	9
表 3-15	超音波風速計、補正後の風速値と平均値	10
表 3-16	高さ 440mm 付近における測定点の位置および風速値	11
表 3-17	高さ 1070mm 付近における測定点の位置および風速値	12
表 3-18	坑道中心付近における測定点の位置および風速値	13

第 5 章

表 5-1	風速解析結果表	27
表 5-2	壁面風速の違いによる解析平均風速比較表	28
表 5-3	既設風速計の測定風速と解析による平均風速	29

第 6 章

表 6-1	既設風速計の風速、風量および位置校正係数	29
-------	----------------------	----

1 はじめに

サイクル機構が保有する東濃鉱山においては、坑道内の通気管理を行うために坑内の主要坑道 5 箇所サーミスタ風速計を各 1 台ずつ設置してあるが、既設風速計では測定点の平均風速及び風量を測定することはできない。

このため本報告書では、既設風速計で坑道内の平均風速を知ることができるようにするために、サイクル機構が東濃鉱山の本延坑道 160m 地点で測定した風速測定結果に基づき、統計解析を行い測定断面の風速分布を求めて評価し、この風速分布から平均風速を求め、既設風速計の風速測定値と比較することにより、本延坑道 160m 位置における既設風速計の位置校正係数を求めたものである。

2 風速測定値

2.1 測定方法

今回統計解析に用いた風速値は、サイクル機構が下記の要領で測定した風速値を整理し、平均値を算出して使用した。

風速測定方法は本延坑道 160m 地点に設置の既設サーミスタ風速計を基準点（定点）とし、基準点の風速計以外に同一断面上に 3～4 個のサーミスタ風速計を取り付け（写真 2-1）、15 時間以上連続測定された。風速の測定は、2003.10.31～2004.01.23 間に渡って行われた。個々の風速計及び測定日の違いによる測定誤差をなくすために、測定開始初日に同一断面上に 5 台の風速計を配置して同時刻の風速を測定し、基準点（坑外パソコン表示チャンネル CH11－本延 160m サーミスタ風速計）における風速計と他の風速計との測定値比較を行い、その後の測定は、この基準点の風速計は動かさずに基準風速値とし、他の風速計を移動させ、測定した各点の風速値と基準点の風速値を比較し、測定初日の風速値に補正した。測定点は、坑道断面を流れる平均風速を求められるように、38 個の測定点が坑道断面上に満遍なく配置された(図 2-2)。また、基準点を既設風速計の測定箇所として平均風速を求めることにより、基準点の過去のデータ補正も可能となる。

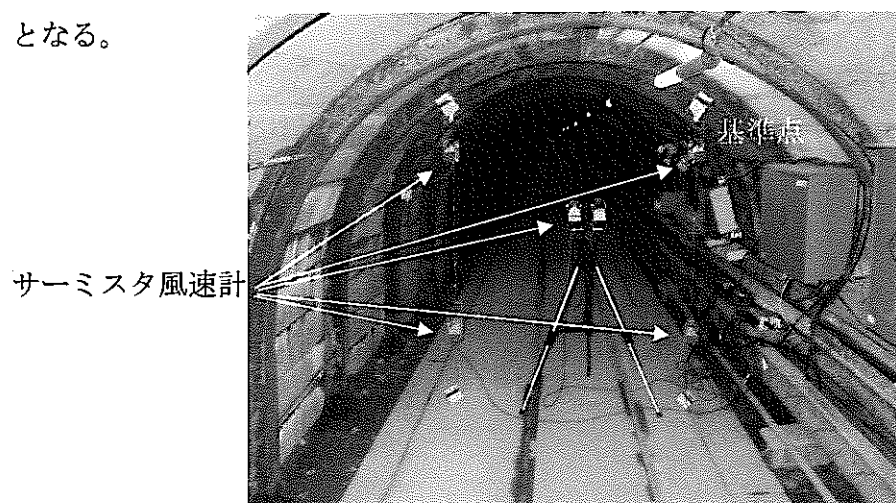


写真 2-1 風速測定状況（詰側より坑底側を見る）

2.2 風速測定箇所および測定点位置図

サイクル機構による風速測定は、本延坑道 160m 地点の同一断面上で行われた。坑道断面上における測定点の位置図、測定点番号および坑内測定位置を図 2-1、図 2-2 に示す。

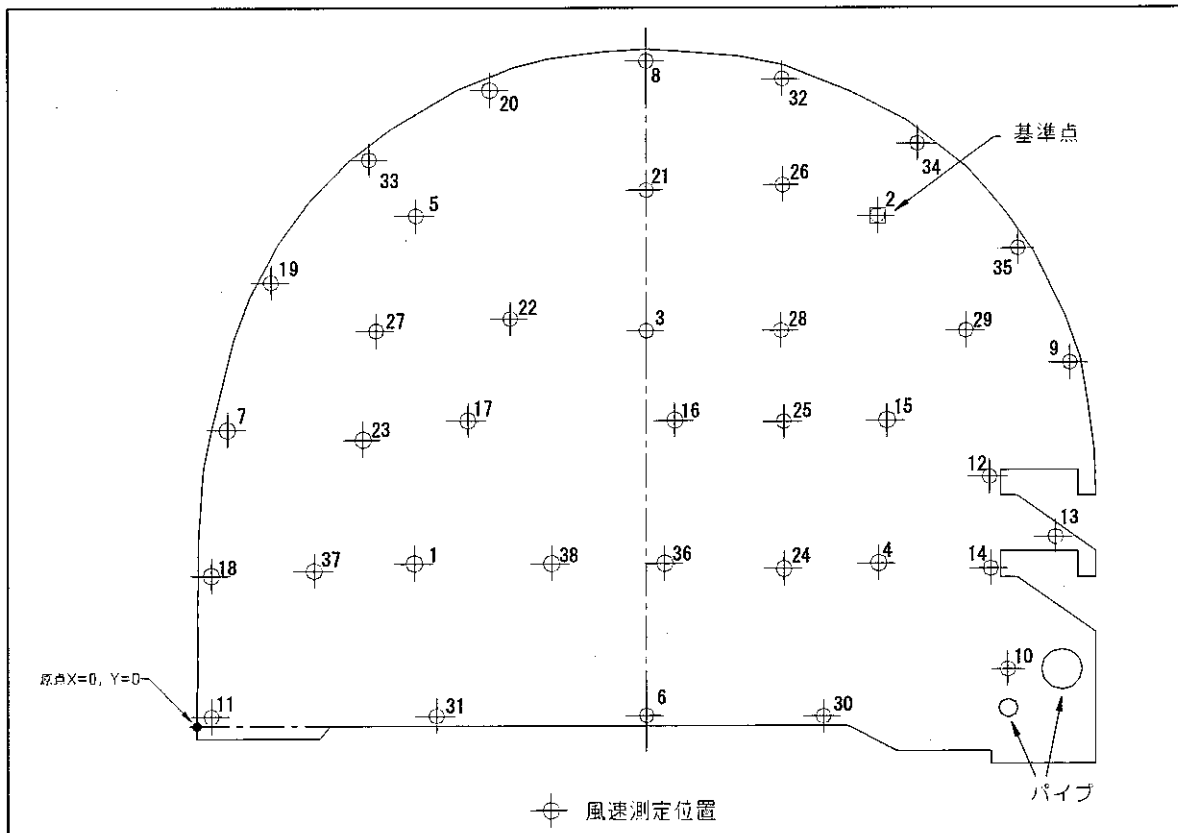


図 2-1 風速測定点位置図 (詰側より坑底側を見る)

坑道内の各測定点における風速値を基に三次元解析するために、各測定点に座標を与えた。座標は、坑道左側フロー（坑底側に向かって、図 2-1 参照）を原点 ($X=0, Y=0$) として求めた。その結果、各測定点の座標は、表 2-1 のようになる。

表 2-1 風速測定点座標

測定点No	測定点座標	
	X	Y
1	585	440
2	1,835	1,380
3	1,210	1,070
4	1,835	440
5	590	1,380
6	1,210	30
7	80	800
8	1,210	1,795
9	2,350	985
10	2,180	150
11	40	30
12	2,130	675
13	2,310	510
14	2,135	430
15	1,860	825
16	1,290	825
17	730	825
18	40	405
19	200	1,200
20	790	1,720
21	1,210	1,450
22	840	1,105
23	445	775
24	1,580	425
25	1,580	825
26	1,580	1,465
27	485	1,070
28	1,575	1,070
29	2,070	1,070
30	1,690	30
31	650	30
32	1,575	1,750
33	465	1,530
34	1,940	1,575
35	2,210	1,290
36	1,260	440
37	320	420
38	955	440

(基準点)

注: 原点は坑底に向かって左壁フロア一位置

X: 水平方向mm

Y: 縦方向mm

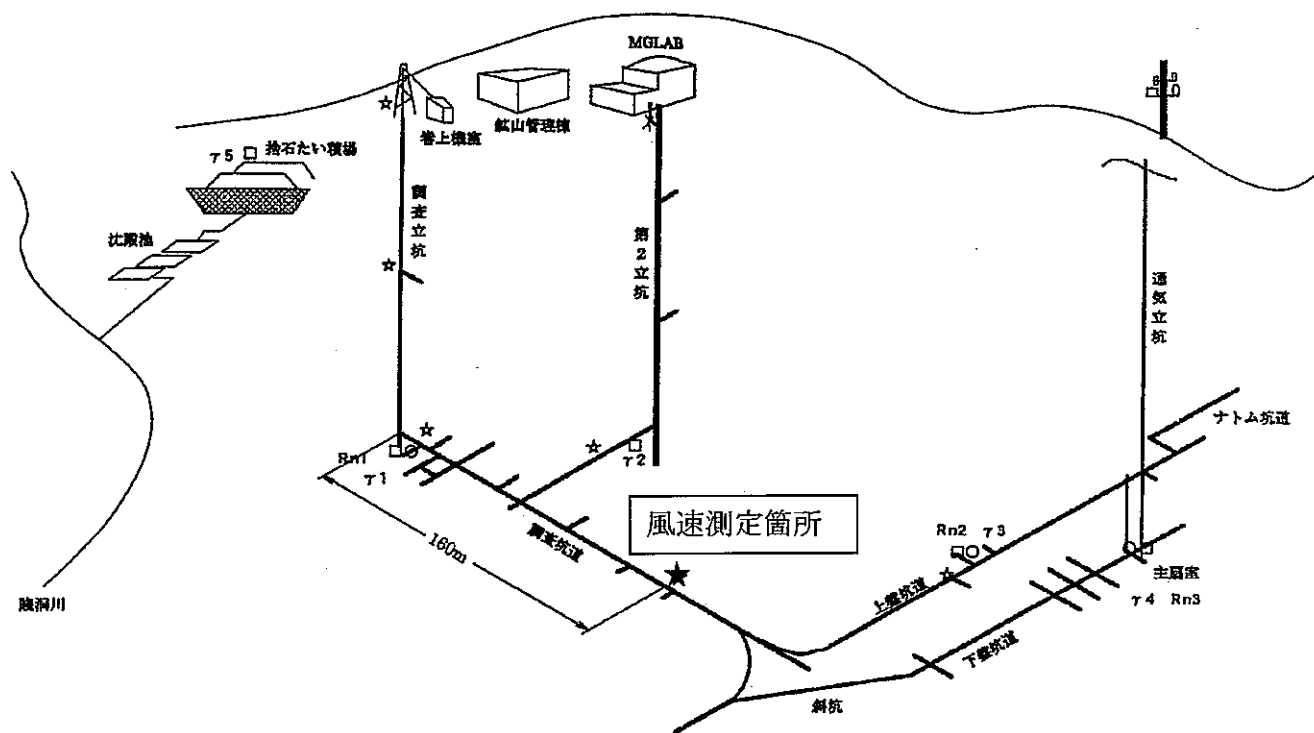


図 2-2 風速測定箇所位置図

3 風速測定結果

3.1 風速測定結果

風速測定は、2003年10月31日から2004年1月23日までに渡り12回行われ、同一断面上の38箇所にて測定された。風速値は、1分間に1回測定され坑外監視室のパソコン(PC)に記録される。各測定点における風速値は、刻々と変化するが、一定時間以上では平均化され、ほぼ一定値となる。解析に用いる各測定点の風速値は、測定時間内の風速値を平均して用いた。また、「2.1 測定方法」の項で前述したように測定日の違いによる誤差をなくすために、基準点の風速値を基に各測定点の風速値を補正した。坑外監視室のPCチャンネルと風速計名称(設置箇所名)の関係は、表3-1のようである。

表3-2から表3-13に風速測定結果を示すが、測定箇所と同じ所に設置し床から高さ約1070mmの箇所の風速を測定している超音波風速計の測定結果も、同時に示す。

表 3-1 坑外監視室 PC チャンネル番号と風速計名称関係表

監視室 PC チャンネル番号	風速計名称	備 考
CH3	本延 40m	
CH7	上盤連絡	第 1 回のみ使用
CH11	本延 160m	基準点 (定点)
CH15	北延上盤	
CH19	北延下盤	
CH31	160m 超音波風速計	

3.1.1 第 1 回風速測定結果

測定日時：2003 年 10 月 31 日 17:00～11 月 4 日 8:00

この間の測定結果を表 3-2 に示す。また、この日の測定値 CH11 の値を基準値とし、以降の測定値を補正する。

表 3-2 第 1 回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号					
		CH3	CH7	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	上盤連絡	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		4	3	2	5	1	
風速値	最低値(m/sec)	0.90	1.27	0.82	0.82	0.96	1.18
	最高値(m/sec)	1.47	1.75	1.59	1.50	1.53	1.50
	平均値(m/sec)	1.18	1.57	1.20	1.14	1.24	1.31
測定データ数		5,221	5,221	5,221	5,221	5,221	5,080

3.1.2 第 2 回風速測定結果

測定日時：2003 年 11 月 28 日 17:00～12 月 1 日 8:00

この間の測定結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 第 2 回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		7		8	6	
風速値	最低値(m/sec)	0.41	0.88	0.79	0.32	1.18
	最高値(m/sec)	1.16	1.57	1.18	1.07	1.41
	平均値(m/sec)	0.78	1.23	0.98	0.72	1.30
測定点補正風速 (m/sec)		0.76	1.20	0.96	0.70	1.27

3.1.3 第3回風速測定結果

測定日時：2003年12月1日10:00～12月2日10:00

この間の測定結果を表3-4に示す。

表3-4 第3回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		9		11	10	
風速値	最低値(m/sec)	0.43	0.93	0.46	0.36	1.21
	最高値(m/sec)	1.10	1.48	1.12	1.09	1.94
	平均値(m/sec)	0.77	1.23	0.77	0.74	1.30
測定点補正風速 (m/sec)		0.75	1.20	0.75	0.72	1.27

3.1.4 第4回風速測定結果

測定日時：2003年12月2日15:00～12月3日13:00

この間の測定結果を表3-5に示す。

表3-5 第4回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		12		14	13	
風速値	最低値(m/sec)	0.43	0.90	0.30	0.53	1.21
	最高値(m/sec)	1.07	1.48	0.94	1.11	1.44
	平均値(m/sec)	0.83	1.21	0.68	0.86	1.31
測定点補正風速 (m/sec)		0.82	1.20	0.67	0.85	1.30

3.1.5 第5回風速測定結果

測定日時：2003年12月3日17:00～12月4日8:00

この間の測定結果を表3-6に示す。

表3-6 第5回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		15		16	17	
風速値	最低値(m/sec)	1.05	0.96	1.08	1.28	1.21
	最高値(m/sec)	1.61	1.46	1.65	1.69	1.40
	平均値(m/sec)	1.31	1.21	1.43	1.55	1.32
測定点補正風速 (m/sec)		1.30	1.20	1.42	1.54	1.31

3.1.6 第6回風速測定結果

測定日時：2003年12月7日0:00～12月8日0:00

この間の測定結果を表3-7に示す。

表3-7 第6回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		19		20	18	
風速値	最低値(m/sec)	0.29	0.92	0.27	0.35	1.21
	最高値(m/sec)	0.73	1.44	0.52	0.77	1.40
	平均値(m/sec)	0.48	1.19	0.41	0.54	1.31
測定点補正風速 (m/sec)		0.48	1.20	0.41	0.54	1.32

3.1.7 第7回風速測定結果

測定日時：2003年12月8日16:00～12月9日9:00

この間の測定結果を表3-8に示す。

表3-8 第7回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		21		22	23	
風速値	最低値(m/sec)	0.53	0.91	0.77	1.15	1.21
	最高値(m/sec)	1.24	1.44	1.57	1.66	1.40
	平均値(m/sec)	0.93	1.19	1.28	1.45	1.31
測定点補正風速 (m/sec)		0.94	1.20	1.29	1.46	1.32

3.1.8 第8回測定結果

測定日時：2003年12月9日17:00～12月10日9:00

この間の測定結果を表3-9に示す。

表3-9 第8回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		24		25	26	
風速値	最低値(m/sec)	1.14	0.93	1.13	0.88	1.24
	最高値(m/sec)	1.52	1.53	1.55	1.34	1.43
	平均値(m/sec)	1.36	1.20	1.40	1.09	1.33
測定点補正風速 (m/sec)		1.36	1.20	1.40	1.09	1.33

3.1.9 第9回測定結果

測定日時：2003年12月10日17:00～12月11日9:00

この間の測定結果を表3-10に示す。

表3-10 第9回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		27		28	29	
風速値	最低値(m/sec)	0.91	0.90	0.98	0.89	1.21
	最高値(m/sec)	1.49	1.50	1.52	1.38	1.39
	平均値(m/sec)	1.18	1.18	1.25	1.14	1.30
測定点補正風速 (m/sec)		1.20	1.20	1.27	1.16	1.32

3.1.10 第10回風速測定結果

測定日時：2003年12月11日17:00～12月12日9:00

この間の測定結果を表3-11に示す。

表3-11 第10回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		30		31	32	
風速値	最低値(m/sec)	0.65	0.87	0.70	0.58	1.21
	最高値(m/sec)	1.11	1.43	1.26	1.12	1.40
	平均値(m/sec)	0.90	1.19	0.98	0.86	1.31
測定点補正風速 (m/sec)		0.91	1.20	0.99	0.87	1.32

3.1.11 第11回風速測定結果

測定日時：2004年1月21日15:30～1月22日14:00

この間の測定結果を表3-12に示す。

表3-12 第11回 風速測定結果表

		PCチャンネル番号				
		CH3	CH11	CH15	CH19	CH31
風速計名称		本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波
測定点No		33		34	35	
風速値	最低値(m/sec)	0.33	0.89	0.39	0.48	1.23
	最高値(m/sec)	1.07	1.52	1.17	1.05	1.46
	平均値(m/sec)	0.78	1.14	0.75	0.83	1.37
測定点補正風速 (m/sec)		0.82	1.20	0.79	0.87	1.44

3.1.12 第12回風速測定結果

測定日時：2004年1月22日15:00～1月23日14:30

この間の測定結果を表3-13に示す。

表3-13 第12回 風速測定結果表

	PCチャンネル番号					
	CH3	CH11	CH15	CH19	CH31	
風速計名称	本延40m	本延160m	北延上盤	北延下盤	160m超音波	
測定点No	36		37	38		
風速値	最低値(m/sec)	0.82	0.89	0.84	0.70	1.23
	最高値(m/sec)	1.55	1.42	1.51	1.56	1.49
	平均値(m/sec)	1.35	1.15	1.21	1.38	1.36
測定点補正風速 (m/sec)	1.41	1.20	1.26	1.44	1.42	

3.1.13 基準点の風速測定結果

第1回から第12回までの測定の内、基準点(定点)とした本延160m風速計(CH11)の測定結果をまとめると表3-14のようになる。

第1回から第12回までの各測定回の平均風速では1.14m/sec～1.23m/sec、12回の測定の平均値では1.19m/secであった。これは、測定点風速を補正する基準とした初日の基準風速1.20m/secとほぼ同じ値であり、2003年10月31日から2004年1月23日に渡る長期の測定だったが、基準点の測定値は、安定した風速値を示している。

表3-14 基準点(CH11)の第1回測定から第12回測定までの測定結果

	風速 m/sec		
	最低値	最高値	平均値
第1回測定	0.82	1.59	1.20
第2回測定	0.88	1.57	1.23
第3回測定	0.93	1.48	1.23
第4回測定	0.90	1.48	1.21
第5回測定	0.96	1.46	1.21
第6回測定	0.92	1.44	1.19
第7回測定	0.91	1.44	1.19
第8回測定	0.93	1.53	1.20
第9回測定	0.90	1.50	1.18
第10回測定	0.87	1.43	1.19
第11回測定	0.89	1.52	1.14
第12回測定	0.89	1.42	1.15
平均値	0.90	1.49	1.19

3.2 超音波風速計の測定点補正風速

本延坑道 160m に設置してある超音波風速計は、サーミスタ風速計と同じ場所で同時に風速を測定し、坑外監視室のパソコンに記録している。この超音波風速計の測定値（表 3-2～表 3-13 CH31 の 160m 超音波の値）の平均値をサーミスタ風速計と同様に基準点（CH11）の基準風速値を基に風速補正した第 1 回目から第 12 回目迄の風速値を表 3-15 に示す。

超音波風速計の位置校正係数は、この表の平均値を用いて算出する。

表 3-15 超音波風速計、補正後の風速値と平均値

	超音波風速計 測定点補正風速 m/sec
第1回測定	1.31
第2回測定	1.27
第3回測定	1.27
第4回測定	1.30
第5回測定	1.31
第6回測定	1.32
第7回測定	1.32
第8回測定	1.33
第9回測定	1.32
第10回測定	1.32
第11回測定	1.44
第12回測定	1.42
平均値	1.33

3.3 測定断面における風速

三次元解析を行う前に、2003年10月31日から2004年1月23日までの測定値を基に、風速分布の一般的傾向を見るために同一断面上に多くの測定点がある高さ 440mm 付近、1070mm 付近および坑道中心付近での坑道各断面における風速分布を求めた。

図 3-1 に切断面箇所を、表 3-16、表 3-17、表 3-18 に切断面付近の測定点の座標と風速値を示す。また、図 3-2、図 3-3、図 3-4 に切断面付近での水平断面風速分布を示す。これにより坑道における風速分布の一般的傾向を見ることが出来る。

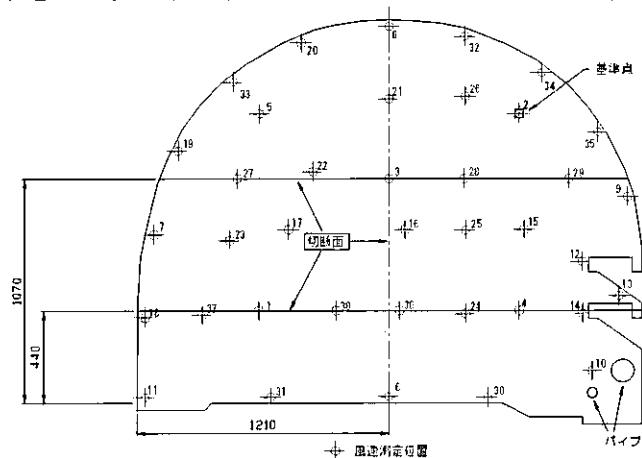


図 3-1 風速測定切断面箇所図

3.3.1 高さ 440mm 付近における水平断面風速分布

表 3-16 高さ 440mm 付近における測定点の位置および風速値

測定点	原点(X=0)からの距離(Xmm)	コンクリート床(Y=0)からの距離(Ymm)	風速m/sec		
			最低値	最大値	平均値
14	2135	430	0.30	0.93	0.67
4	1835	440	0.90	1.47	1.18
24	1580	425	1.14	1.52	1.36
36	1260	440	0.82	1.55	1.41
38	955	440	0.70	1.56	1.44
1	585	440	0.96	1.53	1.24
37	320	420	0.84	1.51	1.26
18	40	405	0.35	0.77	0.54

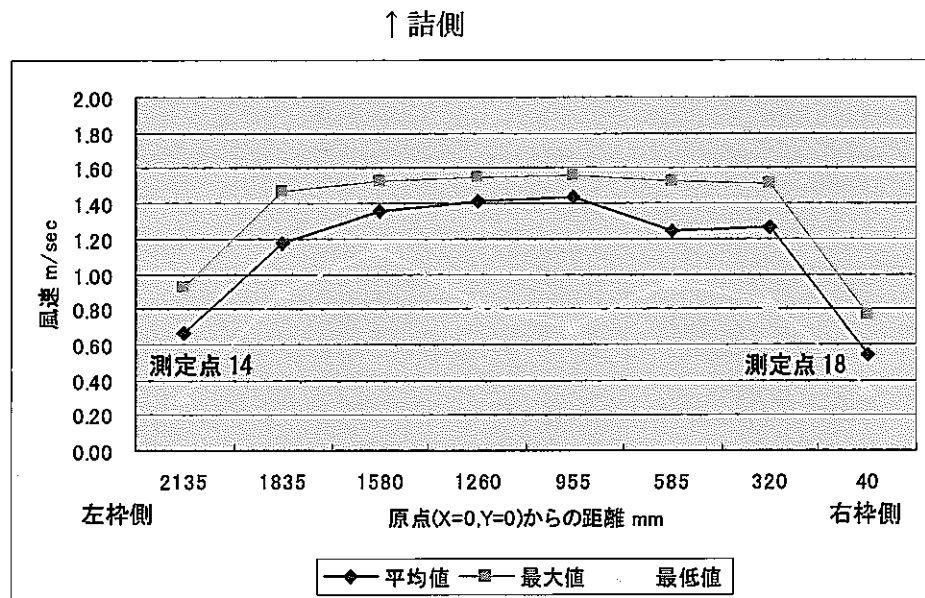


図 3-2 高さ 440mm 付近における水平断面風速分布図
(距離は原点 X=0, Y=0 からの距離、枠の左右は坑底側から見て)

3.3.2 高さ 1070mm 付近における水平断面風速分布

表 3-17 高さ 1070mm 付近における測定点の位置および風速値

測定点	原点(X=0)からの 距離(Xmm)	コンクリート床(Y=0) からの距離(Ymm)	風速m/sec		
			最低値	最大値	平均値
9	2350	985	0.43	1.10	0.75
29	2070	1070	0.89	1.38	1.16
28	1575	1070	0.98	1.52	1.27
3	1210	1070	1.27	1.75	1.57
22	840	1105	0.77	1.57	1.29
27	485	1070	0.91	1.49	1.20
19	200	1200	0.29	0.73	0.48

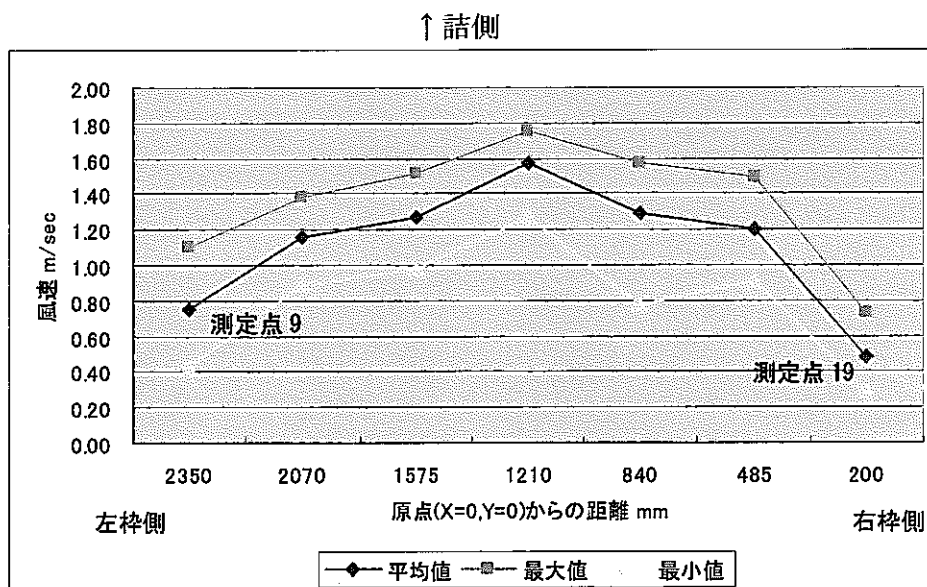


図 3-3 高さ 1070mm 付近における水平断面風速分布図
(距離は原点 X=0, Y=0 からの距離、枠の左右は坑底側から見て)

3.3.3 坑道中心付近における垂直断面風速分布

表 3-18 坑道中心付近における測定点の位置および風速値

測定点	原点(X=0)からの距離(Xmm)	コンクリート床(Y=0)からの距離(Ymm)	風速m/sec		
			最低値	最大値	平均値
8	1210	1795	0.79	1.18	0.96
21	1210	1450	0.53	1.24	0.94
3	1210	1070	1.27	1.75	1.57
16	1290	825	1.08	1.65	1.42
36	1260	440	0.82	1.55	1.41
6	1210	30	0.32	1.07	0.70

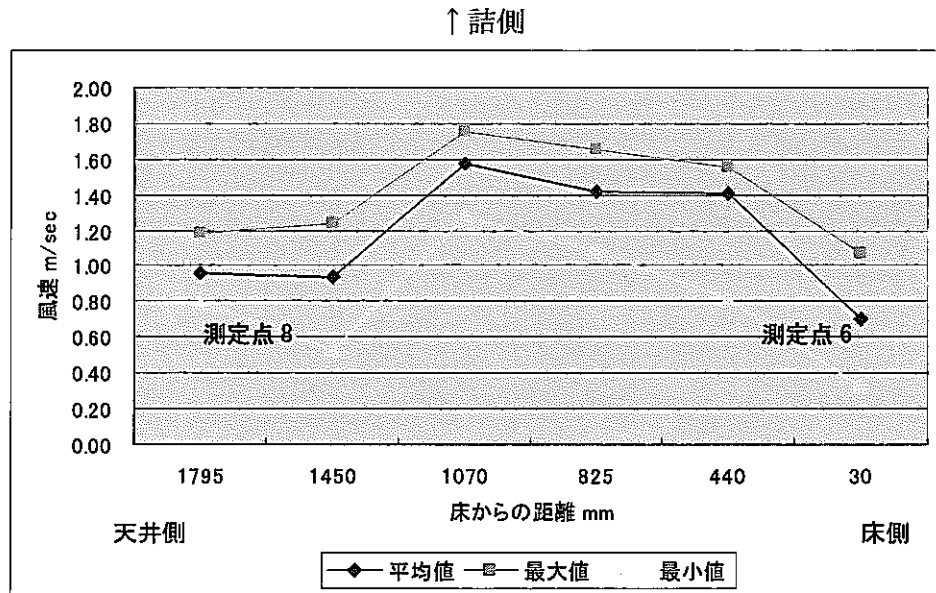


図 3-4 坑道中心付近における垂直断面風速分布図

水平断面および垂直断面とも最小風速が、一部で平均風速、最大風速と合わない箇所もあるが、全体的な傾向としては、平均風速、最大風速、最小風速ともほぼ同じような傾向を示している。

4 測定結果の統計解析

2003年10月31日から2004年1月23日までに測定した38箇所の風速データを基に、統計処理を行い、速度分布を求めた。解析ソフトはECSI社MINEX, Ver.4を使用した。

統計処理方法としては、坑道断面を5mmメッシュでグリiddingし内挿法の一つであるグロウスメソッド(Growth method)を用いた。グロウスメソッド法により限られた測定点からグリッドの値を予測し、坑道内の平均風速を求めた。内挿距離は、測定点間で最も離れた距離が約620mm(測定点5と21間)だったので、坑道断面内の隣接する数箇所の測定点がお互いに補完しあえるように1,000mmとした。

4.1 坑道内風速分布

風速値の解析では、次の3つのケースについて求めた。

- ① 坑道壁面の風速を0m/secとし、壁や床際の測定点から壁(風速0m/sec)まで比例的に減じた場合の風速分布を求めた。この時の三次元風速分布を図4-1～図4-5に、二次元で表した等風速線を図4-6に示す。
- ② 統計処理上の問題から壁や床際では、正確な速度分布が得られなかったために、壁や床際の測定点の持つ風速値を連続させて壁や床際に与え(壁や床際の2つの測定点を結び、その線上では2点間で比例配分した風速を持つ)、その線から壁や床の0m/sec点まで比例的に風速が減じるとして風速分布を求めた。この時の三次元風速分布を図4-7～図4-11に、二次元で表した等風速線を図4-12に示す。
- ③ 実際には壁や床の間際まで風速を持っていることから、壁や床の風速を0m/secとしないで、風速分布を求めた。この場合の三次元風速分布図を図4-13～図4-17に、二次元で表した等風速線を図4-18に示す。

4.1.1 坑道壁面風速を 0m/sec とした場合

本延坑道 160m 地点において、坑道壁面風速を 0m/sec とした場合の風速分布図を以下に示す。

(1) 三次元風速分布

① 坑道壁面風速 0m/sec、坑底に向かって左壁下側から見た場合

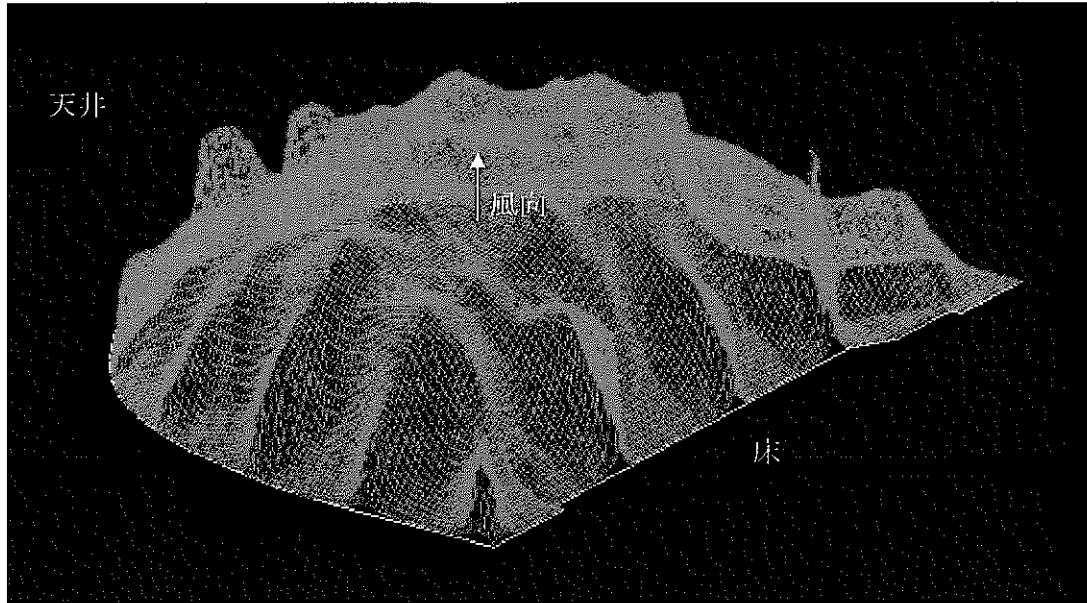


図 4-1 本延坑道 160m 三次元風速分布図(1)、壁面風速 0m/sec の時

② 坑道壁面風速 0m/sec、坑底に向かって左壁側から見た場合

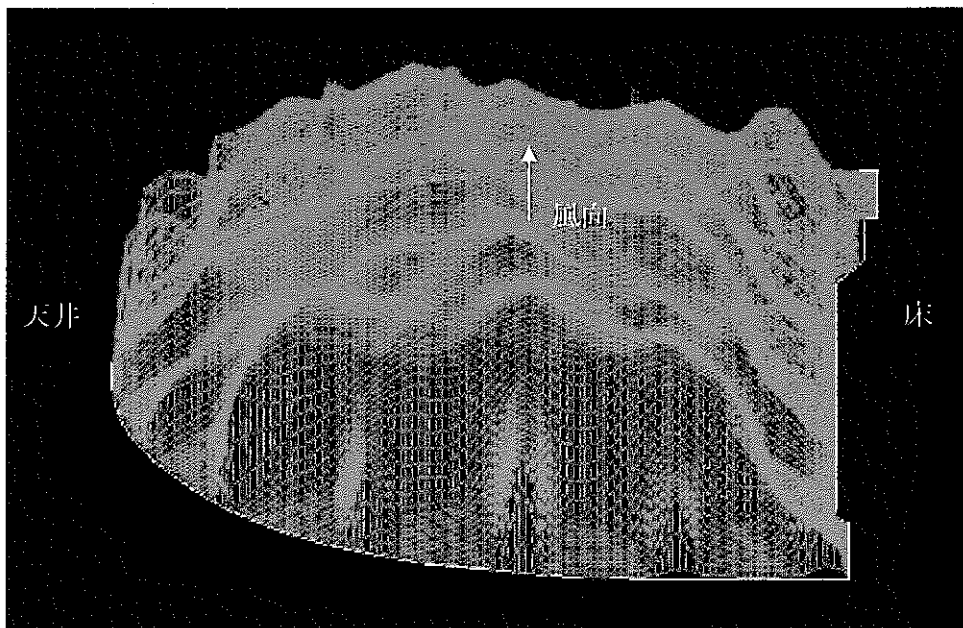


図 4-2 本延坑道 160m 三次元風速分布図(2)、壁面風速 0m/sec の時

③ 坑道壁面風速 0m/sec、天井側から床側を見た場合

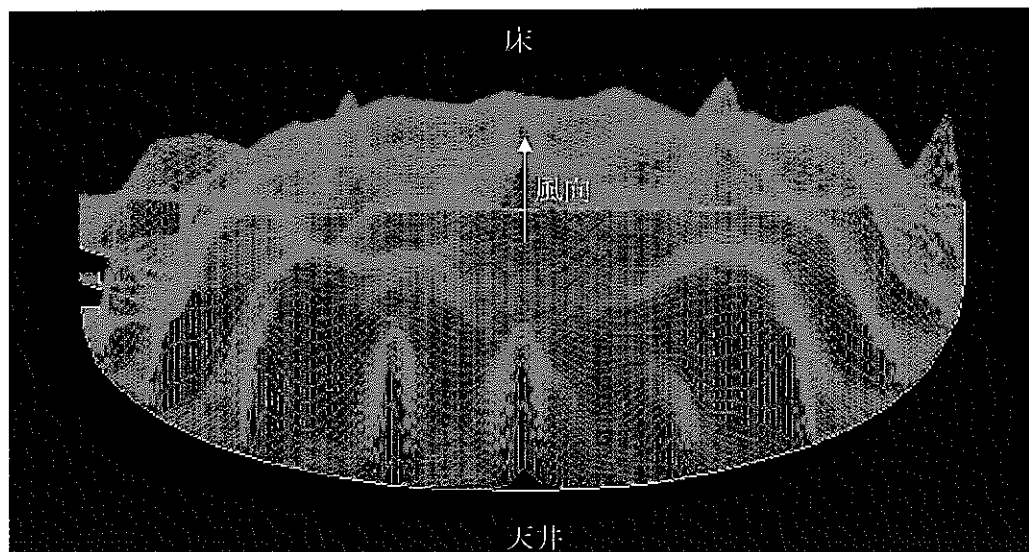


図 4-3 本延坑道 160m 三次元風速分布(3)、壁面風速 0m/sec の時

④ 坑道壁面風速 0m/sec、坑底に向かって右壁下側から見た場合

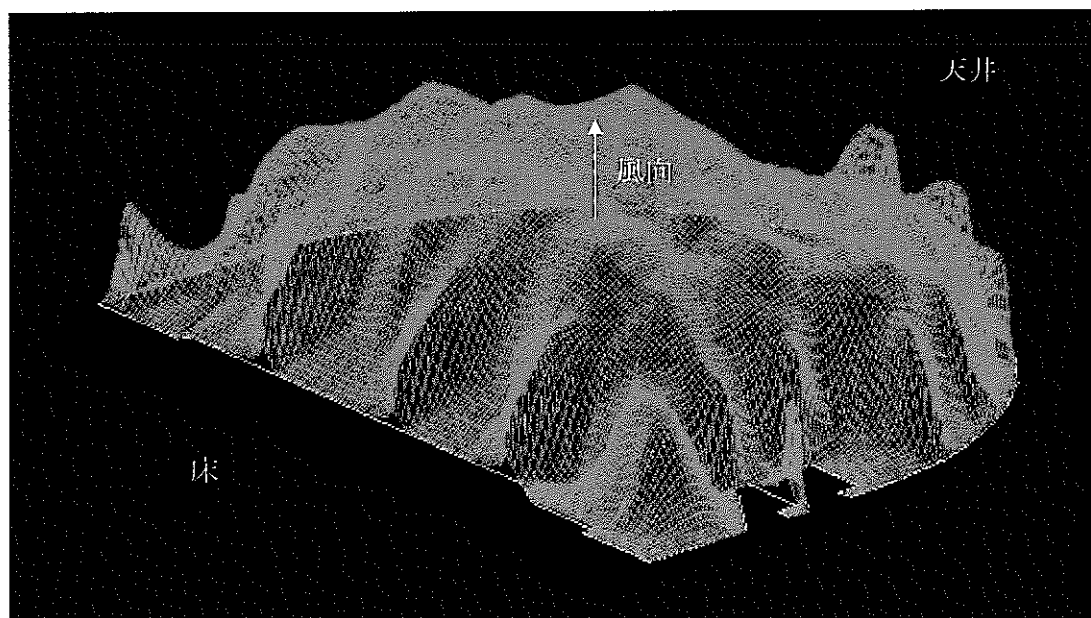


図 4-4 本延坑道 160m 三次元風速分布図(4)、壁面風速 0m/sec の時

⑤ 坑道壁面風速 0m/sec、坑底に向かって右壁側から見た場合

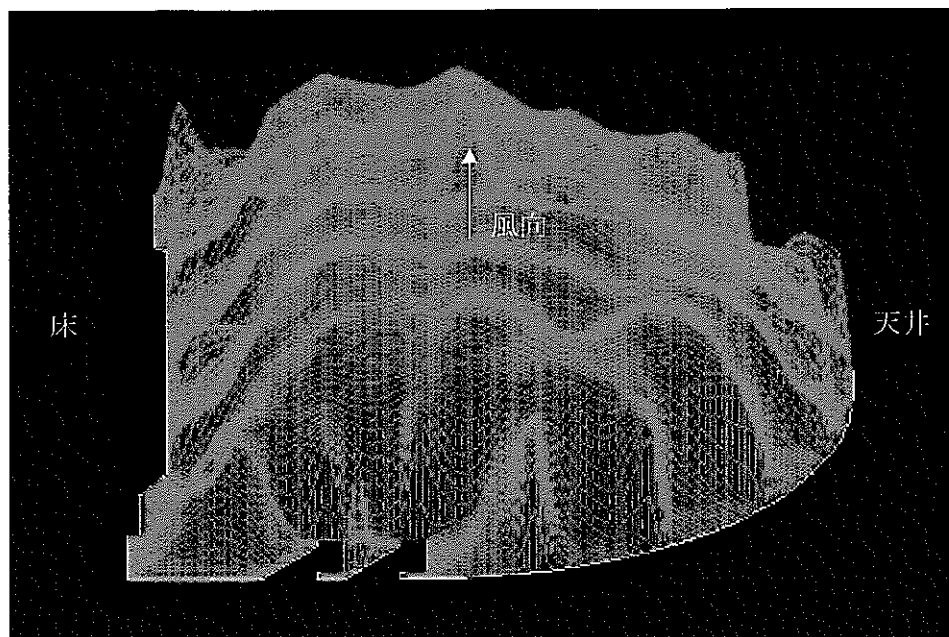


図 4-5 本延坑道 160m 三次元風速分布図(5)、壁面風速 0m/sec の時

(2) 等風速線図

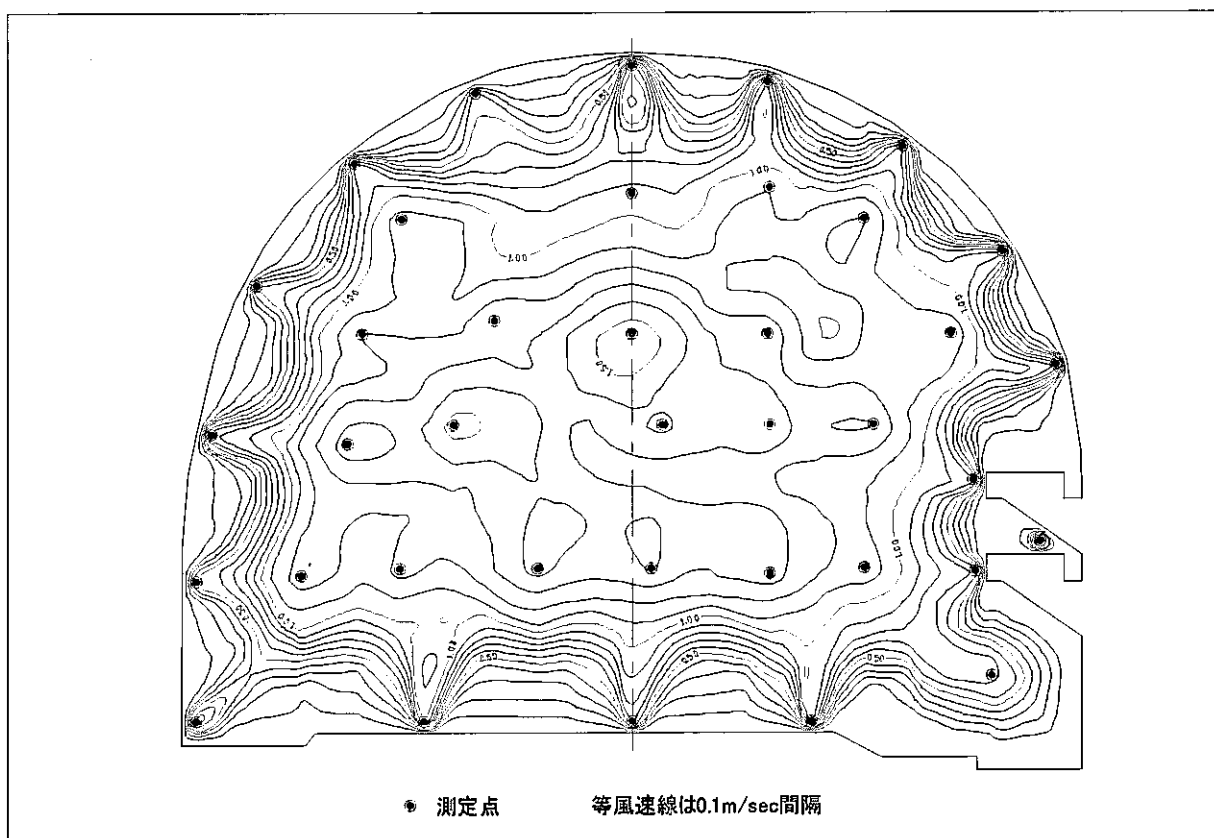


図 4-6 本延坑道 160m 等風速線図、壁面風速 0m/sec の時
(詰側より坑底側を見る)

4.1.2 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際で一定風速を与えた場合

本延坑道 160m 地点において、坑道壁面際の各測定点を結び、その線上のある点の風速は隣り合う 2 測定点間の距離に比例した風速を持つとした場合の風速分布図を以下に示す。

(1) 三次元風速分布図

① 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、坑底に向かって左壁下側から見た場合

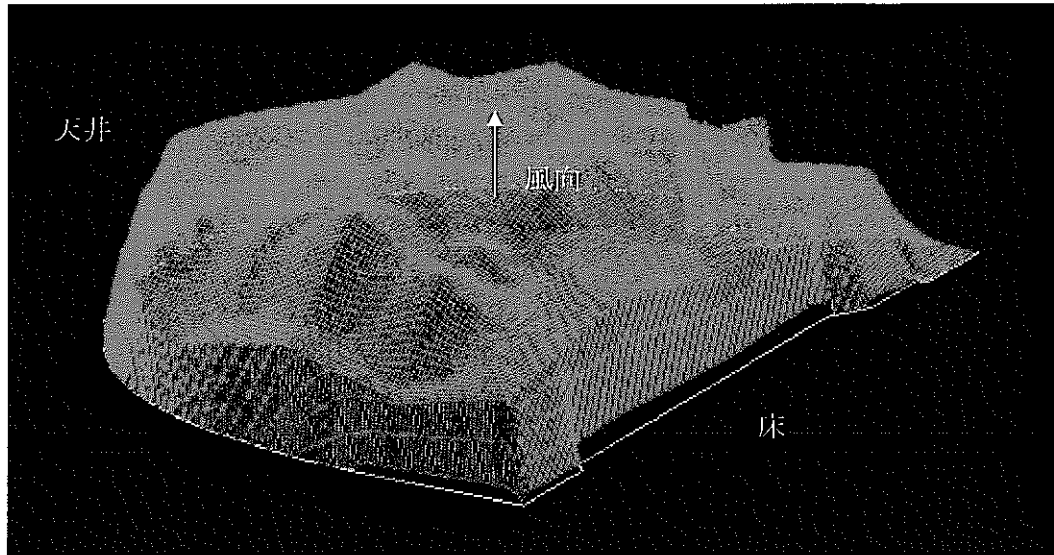


図 4-7 本延坑道 160m 三次元風速分布図(1)

壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時

② 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、坑底に向かって左壁側から見た場合

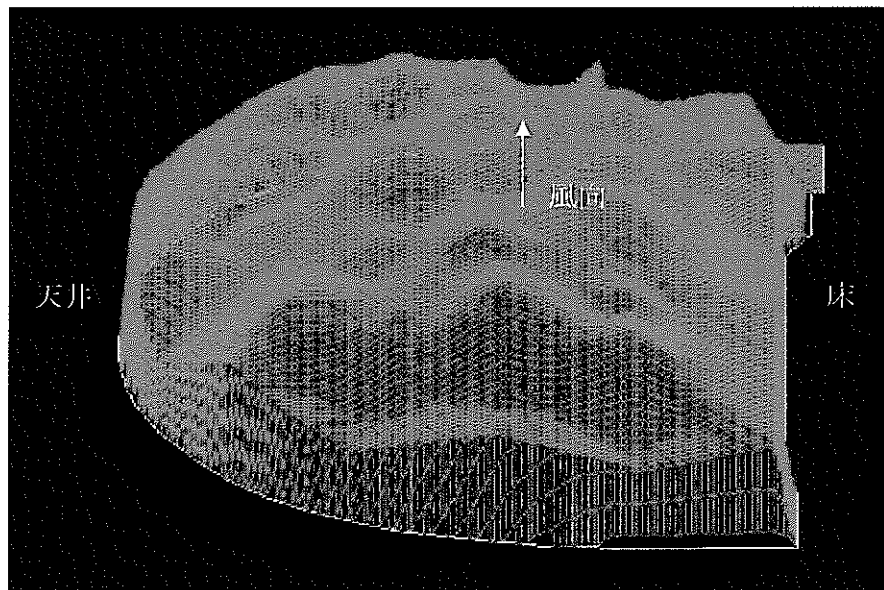


図 4-8 本延坑道 160m 三次元風速分布図(2)

壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時

③ 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、天井側から床側を見た場合

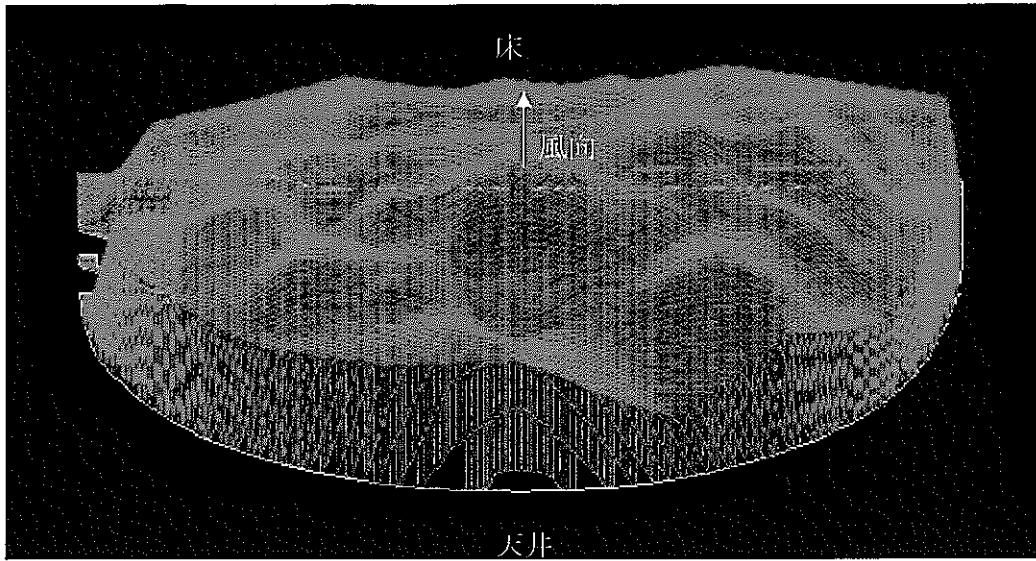


図 4-9 本延坑道 160m 三次元風速分布図(3)
壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時

④ 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、坑底に向かって右壁下側から見た場合

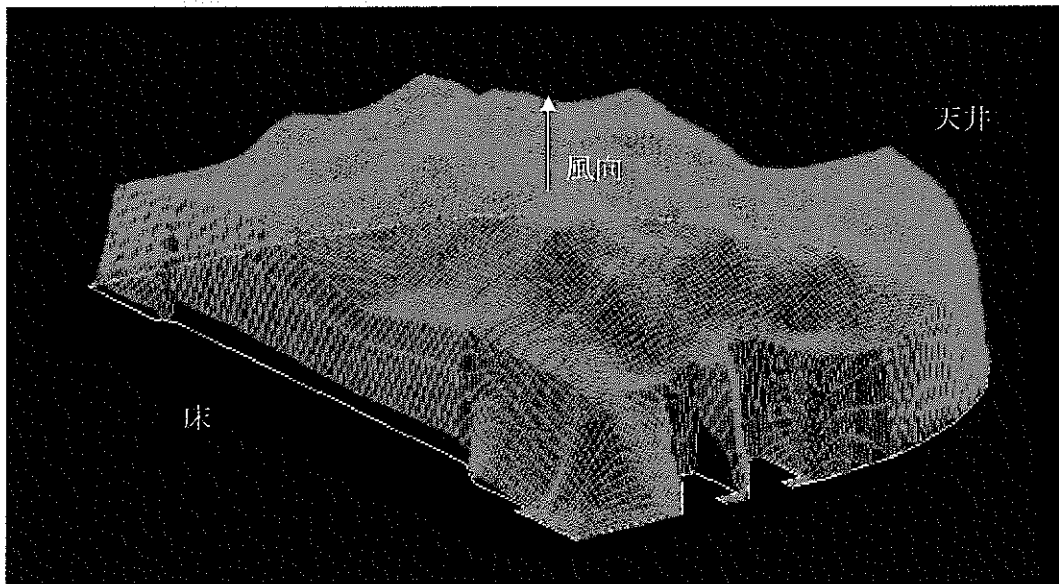


図 4-10 本延坑道 160m 三次元風速分布図(4)
壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時

⑤ 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、坑底に向かって右壁側から見た場合

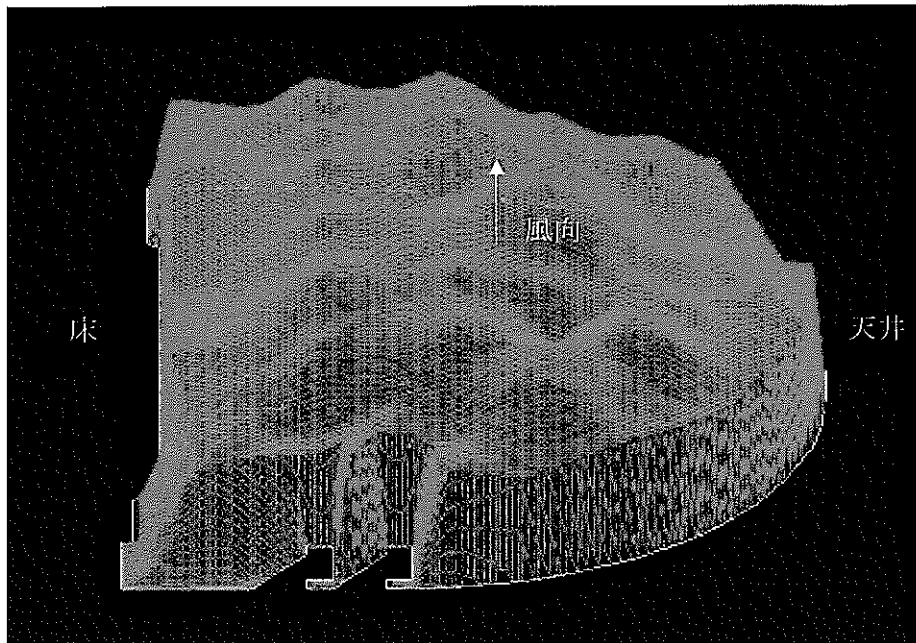


図 4-11 本延坑道 160m 三次元風速分布図(5)

壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時

(2) 等風速線図

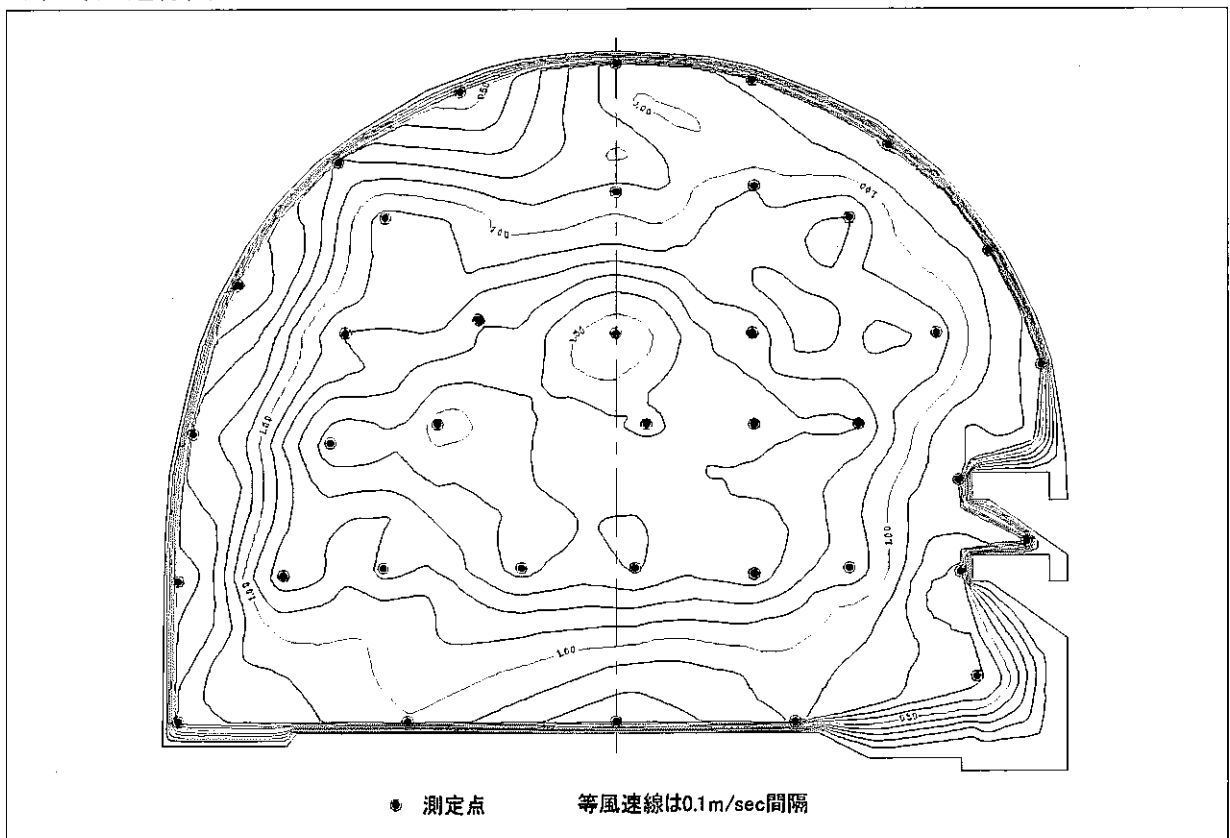


図 4-12 本延坑道 160m 等風速線図、壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時
(詰側より坑底側を見る)

4.1.3 坑道壁面風速 0m/sec でない場合

本延坑道 160m 地点において、坑道壁面の風速は 0m/sec でないとした場合の風速分布図を以下に示す。

(1) 三次元風速分布図

① 坑道壁面風速 0m/sec でない、坑底に向かって左壁下側から見た場合

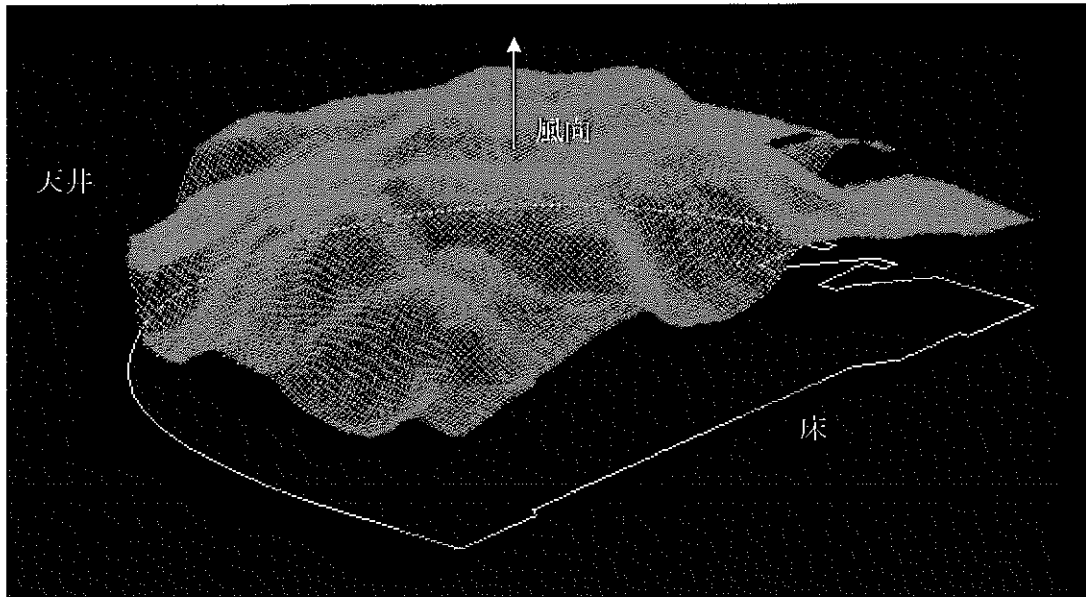


図 4-13 本延坑道 160m 三次元風速分布図(1)
壁面風速 0m/sec でない時

② 坑道壁面風速 0m/sec でない、坑底に向かって左壁側から見た場合

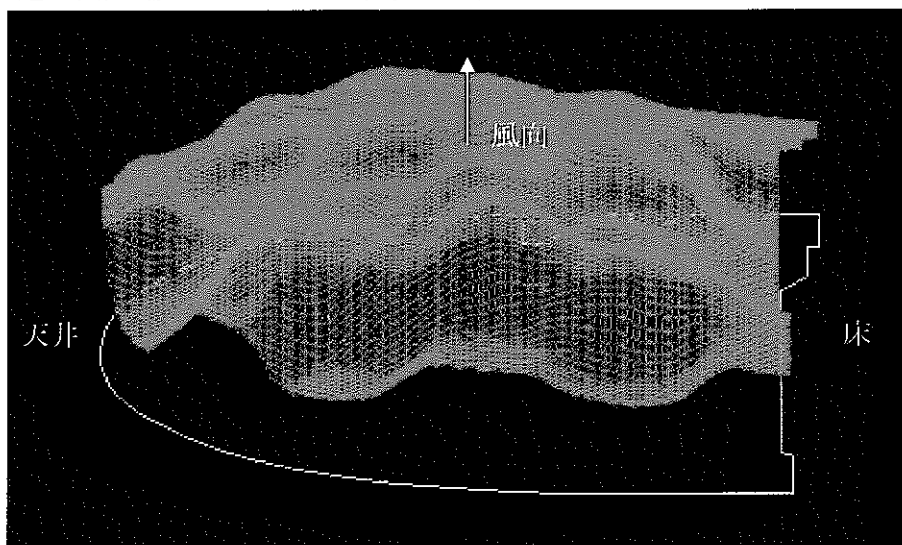


図 4-14 本延坑道 160m 三次元風速分布図(2)
壁面風速 0m/sec でない時

③ 坑道壁面風速 0m/sec でない、天井側から床側を見た場合

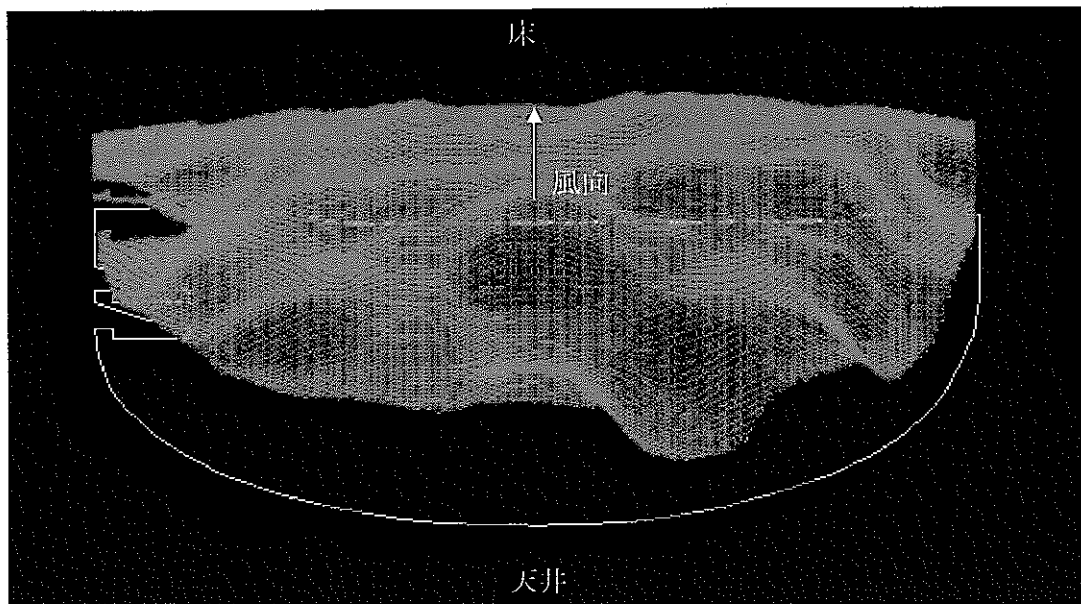


図 4-15 本延坑道 160m 三次元風速分布図(3)
壁面風速 0m/sec でない時

④ 坑道壁面風速 0m/sec でない、坑底に向かって右壁下側から見た場合

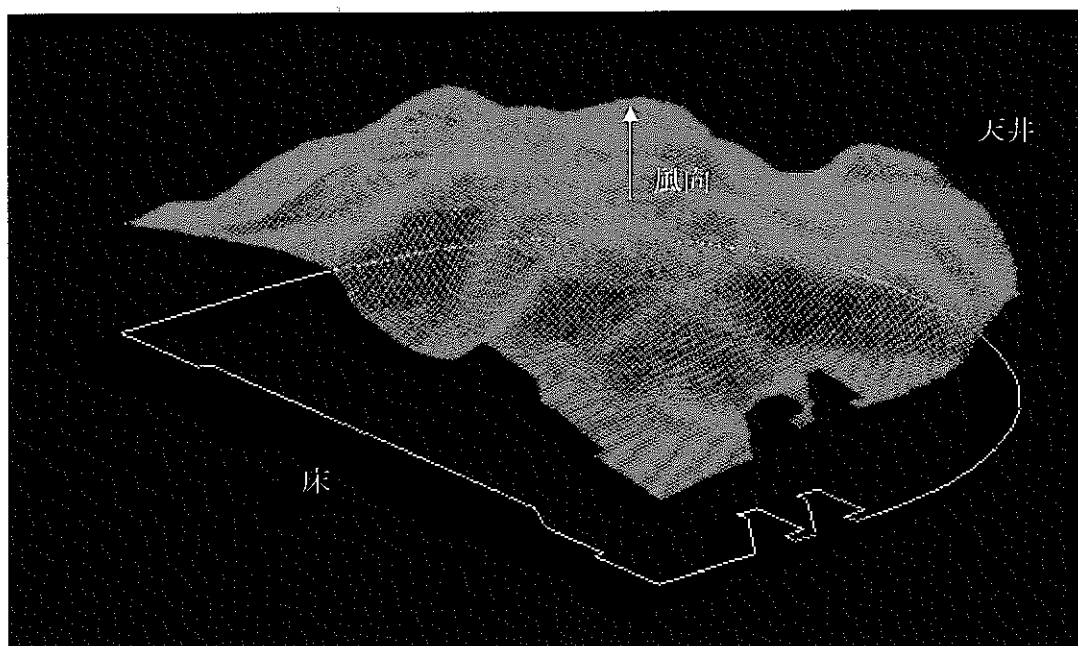


図 4-16 本延坑道 160m 三次元風速分布図(4)
壁面風速 0m/sec でない時

⑤ 坑道壁面風速 0m/sec でない、坑底に向かって右壁側から見た場合

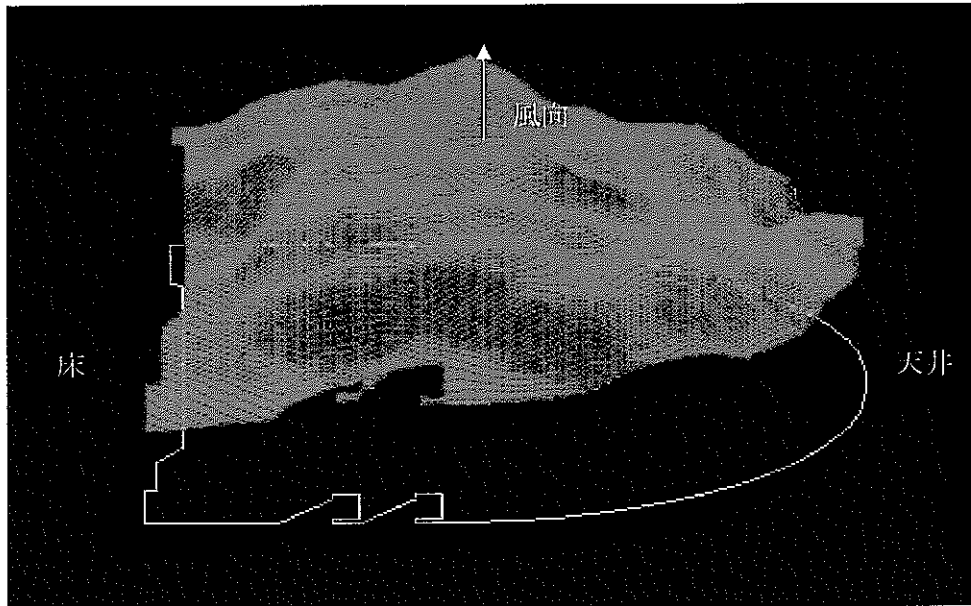


図 4-17 本延坑道 160m 三次元風速分布図(5)、壁面風速 0m/sec でない時

(2) 等風速線図

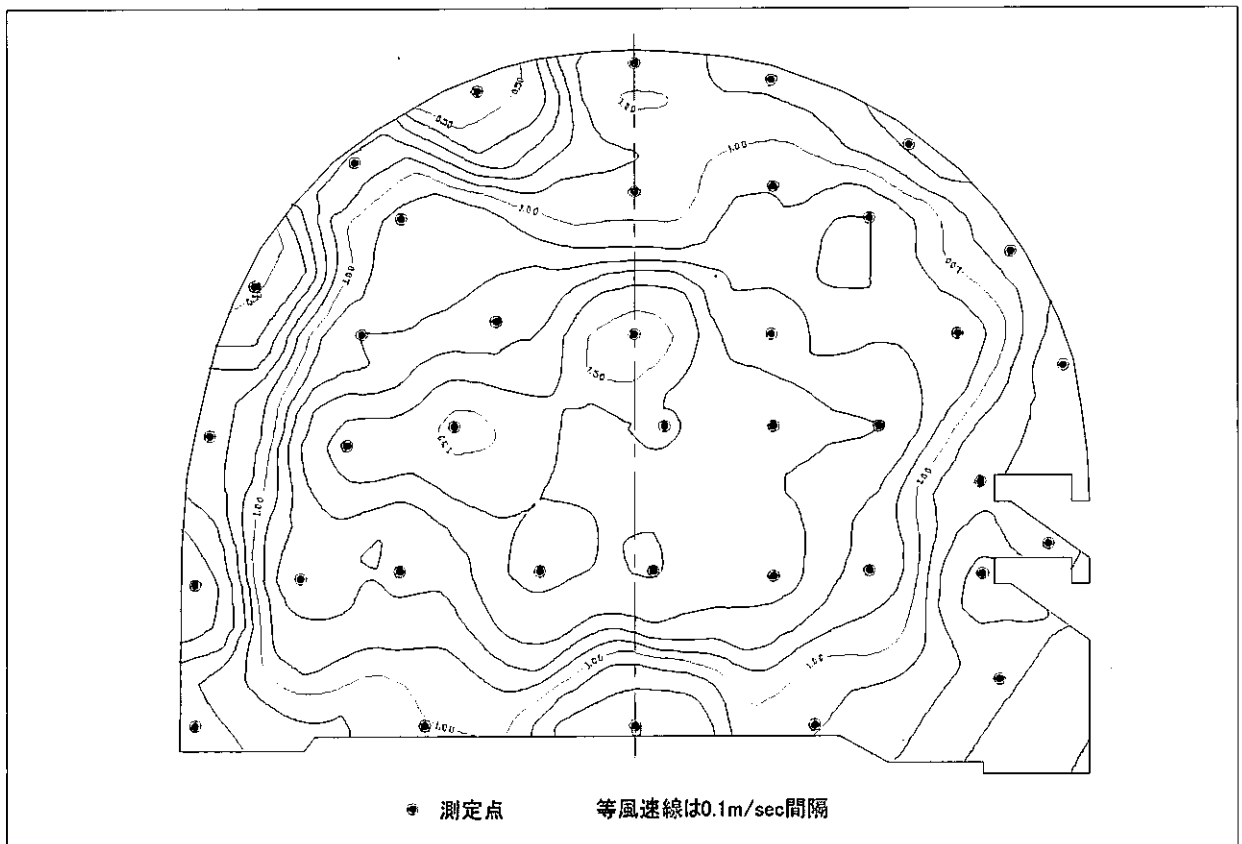


図 4-18 本延坑道 160m 等風速線図、壁面風速 0m/sec でない時
(詰側より坑底側を見る)

4.2 坑道断面風速分布

求めた風速分布を水平断面と垂直断面で切断し、各断面における風速分布を求めた。

切断箇所は、図 4-19 に示すように水平断面においては、坑道中心付近にあたる床からの高さ 850mm および超音波風速計の測線付近である 1070mm とし、垂直断面においては坑道中心に当たる壁から 1210mm で切断した。

坑道壁面や床の風速を 0m/sec とした場合と、しない場合の水平断面 (X-X') および垂直断面 (Y-Y') における風速分布を求め、図 4-20、図 4-21、図 4-22 に示す。

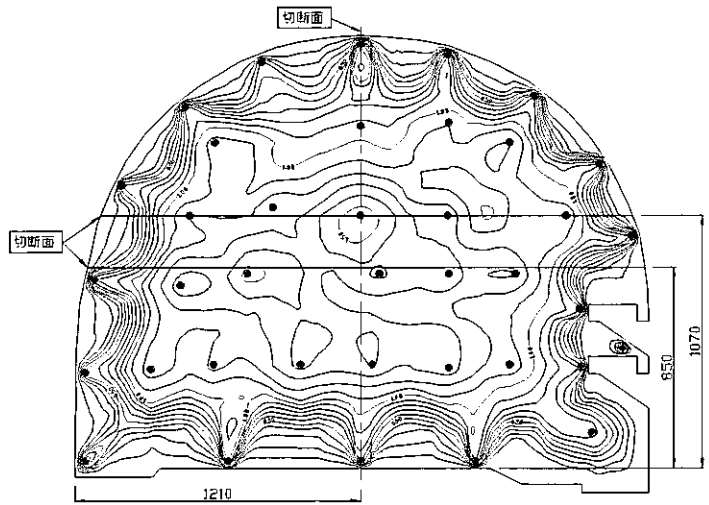


図 4-19 風速分布図切断箇所

4.2.1 水平断面風速分布

(1) 床からの高さ 850m の位置における水平断面風速分布

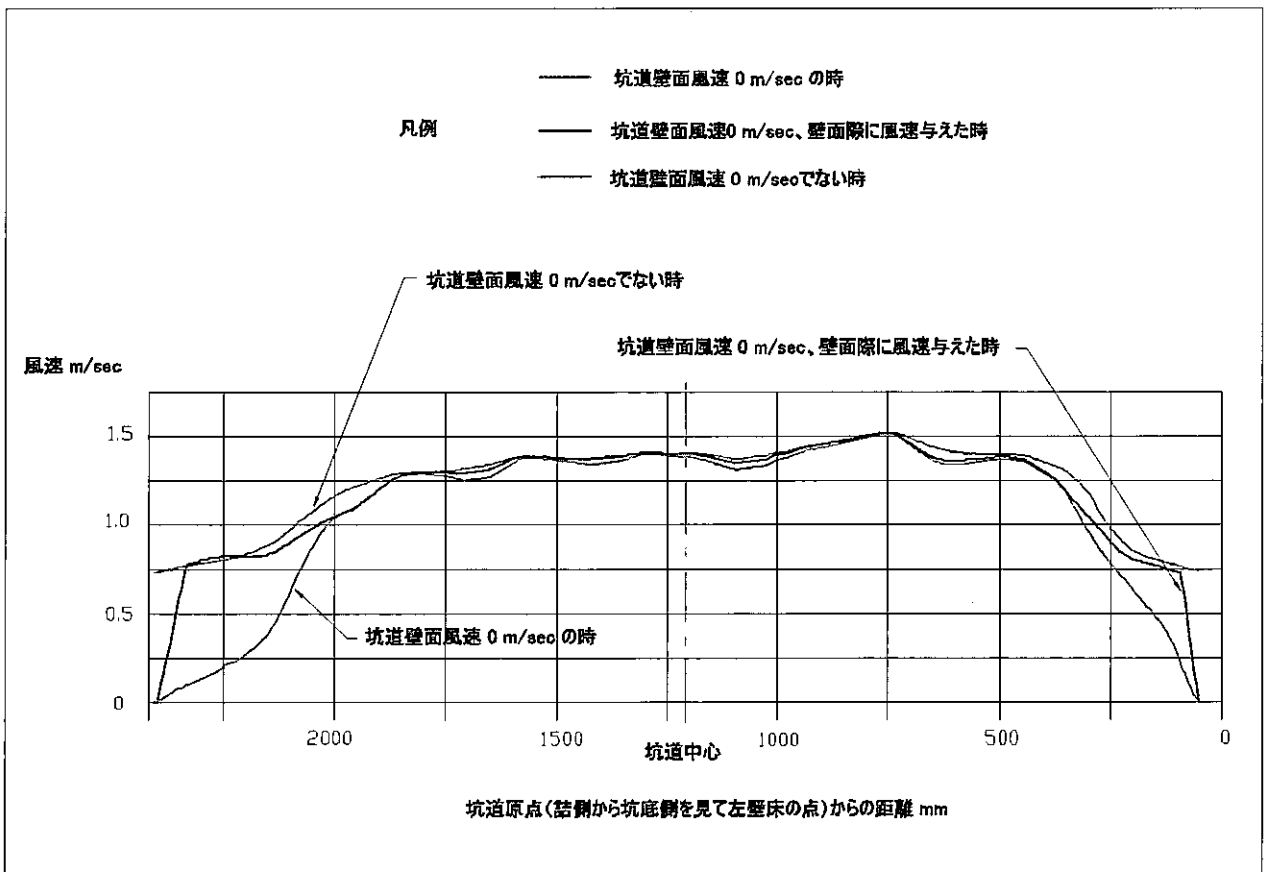


図 4-20 高さ 850mm の位置における水平断面風速分布図

(2) 床からの高さ 1070mm の位置における水平断面風速分布

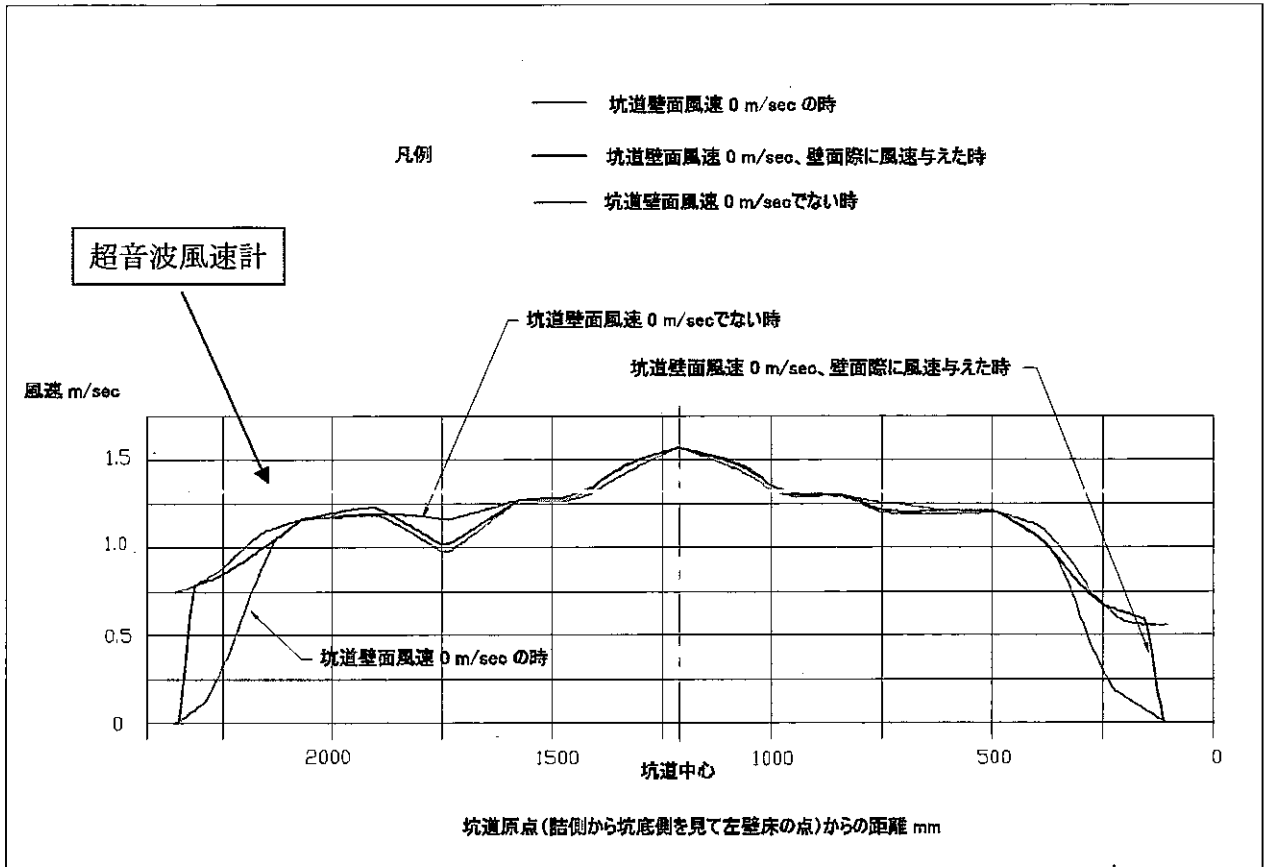


図 4-21 高さ 1070mm の位置における水平断面図風速分布

4.2.2 垂直断面風速分布

(1) 坑道中心（壁から 1210mm）における垂直断面風速分布

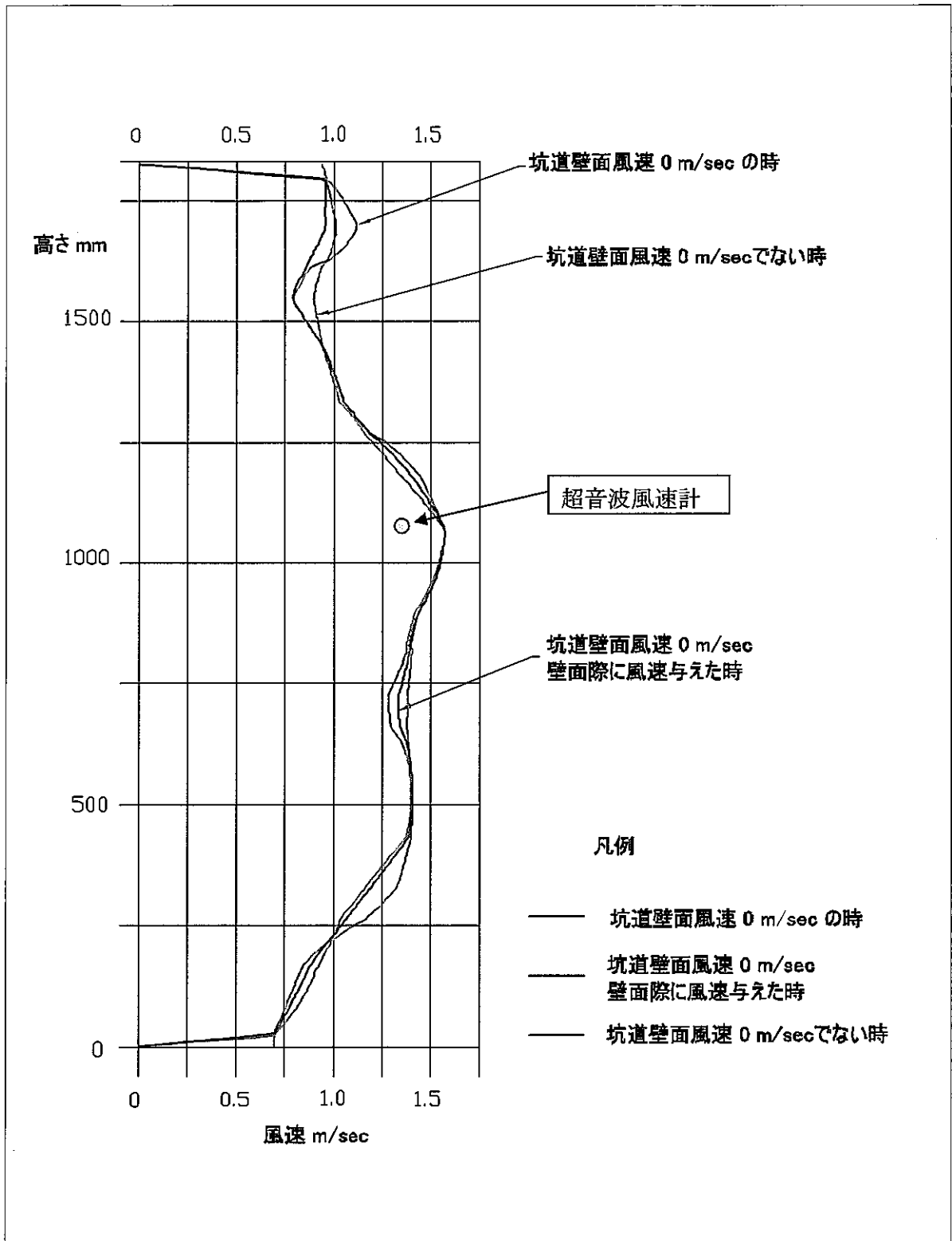


図 4-22 坑道中心における垂直断面風速分布図

5 解析結果の考察

一般に、乱流の場合の壁面の粗い管内流の速度分布は、図 5-1 のようであり、実際の風速も坑道壁面際や床面際まである程度の風速を持っていると考えられる。このことは、今回の測定結果からも明らかで、坑道中央付近の風速が 1.40m/sec ~1.57m/sec を記録したのに対し、壁から 40mm ~50mm 離れた箇所でも 0.4m/sec~0.9m/sec の風速を記録しており、壁際でもかなりの風速を有していることがわかる。

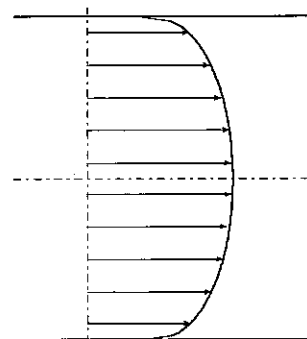


図 5-1 管の中の流れの速度分布

5.1 風速解析結果

坑道壁面や床の風速を 0m/sec とした場合や、坑道壁面に風速を与えた場合をコンピューター(MINEX)により統計処理し解析した結果、表 5-1 の解析結果を得た。

表 5-1 風速解析結果表

		壁面風速 0m/sec の時	壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	壁面風速 0m/sec でない時
メッシュサイズ		5 mm	5 mm	5 mm
グリッド数		153,492	153,492	153,492
風速	最大値 m/sec	1.57	1.57	1.57
	最小値 m/sec	0	0	0.40
	平均値 m/sec	0.83	0.98	1.07

5.2 風速分布図

解析結果では壁面風速を 0m/sec とした場合には、風速分布図からもわかるように壁面や床面の近くで風速分布曲線が、測定点を除いて中心部に引っ張られる結果となった。これは、壁の風速を 0m/sec として統計処理したために、壁面や床面付近に測定点が無い箇所では、坑道内部の測定点と壁面や床面の風速 0m/sec の点がお互いに平均化しあい、中心部に引っ張られた為である。実際の風速分布では壁面や床面際も風速を有しているから、このような分布図にはならず、内部への引っ張りの無いもつとなだらかな等風速線となる。

坑道周辺部を無視すれば、風速分布は坑道中央付近が高く、周辺に行くに従って徐々に低くなっている。坑道断面風速図(図 4-20、図 4-21、図 4-22)では、おおよそ坑道中央部が高く壁に行くに従い低くなる風速分布をしていることがわかる。坑道中央部付近の垂直断面図(図 4-22)では、坑道上部付近で急激に低下しているが、これ

は測定点 21 の風速(0.91m/sec)が低かったことが影響しているためである。

5.3 平均風速および通気量の推定

坑道周辺の風速 0m/sec の影響を少なくするために、壁や床際の測定点の持つ風速値を壁際に連続して持つようにした場合（壁や床際の測定点を結び、その線上では、結んだ 2 点間の風速を比例配分して持たせる）の風速分布図（図 4-7～図 4-12）では、坑道周辺部での風速線の凹凸は無くなり、坑道際の測定点から、坑道面に向かって風速は急激に減少しているのがわかる。一方、坑道際でもある程度の風速を持っていることから、坑道面の風速を 0m/sec としない場合の等風速線図（図 4-18）では坑道周辺も緩やかな等風速線となっている。それぞれの場合の解析による平均風速と、坑道断面積を 3.81m² とした時の風量を比較すると表 5-2 のようになる。

表 5-2 壁面風速の違いによる解析平均風速比較表

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
	壁面風速 0m/sec の時	壁面風速 0m/sec、壁面に風速与えた時	壁面風速 0m/sec でない時
平均風速 m/sec	0.83	0.98	1.07
風量 m ³ /min	190	224	245

坑道周辺際に風速を与えた場合と、坑道が 0m/sec としない場合とでもかなりの風速の違いがあることがわかる。壁際まである程度の風速を持っていることを考慮すれば、実際の風速はこのケース 2 とケース 3 の間にあることになる。どの付近が妥当かは、もっと多くの測定が必要なため、ここではケース 2 とケース 3 の中間とする。この場合の平均風速は、

$$\text{平均風速} = (0.98 + 1.07) \div 2 = 1.03 \text{m/sec}$$

となる。実際の風速分布がケース 2 かケース 3 のどちらかに非常に近かったとしても、平均風速を比較すれば、その誤差は±5%程度以内に収まることになり、この値を使っても、既設風速計の校正係数や風量に対してはそれほど大きな影響は無いものと思われる。この時の、風量 Q は有効坑道断面積を 3.81m² とすれば、

$$Q = 3.81 \times 1.03 \times 60 = 235 \text{m}^3/\text{min}$$

となる。

5.4 既設風速計の位置校正係数

本延坑道 160m 地点における既設風速計の校正係数を求める。今回の解析結果から求めた平均風速と解析に用いた既設風速計の風速値の関係は、表 5-3 のようになる。

表 5-3 既設風速計の測定風速と解析による平均風速

	本延坑道 160m 既設 サーミスタ風速計 基準点風速値(CH11)	本延坑道 160m 既設 超音波風速計平均値 (CH31)	解析による 平均風速 m/sec
風速値 m/sec	1.20	1.33	1.03

従って、本延坑道 160m 地点に設置の既設風速計の位置校正係数は、

① サーミスタ風速計の場合

$$\begin{aligned} \text{位置校正係数} &= 1.03 \div 1.20 = 0.858 \\ &\approx 0.86 \end{aligned}$$

② 超音波風速計の場合

$$\begin{aligned} \text{位置校正係数} &= 1.03 \div 1.33 = 0.774 \\ &\approx 0.77 \end{aligned}$$

となる。

6. おわりに

東濃鉱山の坑内では本延 40m、上盤連絡、本延 160m、北延上盤、北延下盤の 5 箇所
にサーミスタ風速計、本延 160m、通気立坑（地上部）の 2 箇所に超音波風速計を設置
して坑内各所の風速を測定している。今回、位置校正係数を求めた風速計は、本延 160m
地点に設置のサーミスタ風速計と超音波風速計である。この地点は、調査立坑と第 2 立
坑からの入気が合流して流れる箇所、ここでの平均風速がわかれば東濃鉱山の全入気
量¹⁾を知ることができるため、この地点に設置の風速計の位置校正係数を求めることは、
非常に重要なことである。

今回求めた、この本延坑道 160m 地点における既設風速計での測定値、解析による平
均風速、風量および位置校正係数をまとめると表 6-1 のようになる。

表 6-1 既設風速計の風速、風量および位置校正係数

	本延坑道 160m	
	サーミスタ風速計	超音波風速計
測定値 m/sec	1.20	1.33
解析による平均風速 m/sec	1.03	
解析による風量 m ³ /min	235 ^{注)}	
既設風速計位置校正係数	0.86	0.77

注) 有効断面積 3.81m² として求めた。

1) 一般に、鉱山の排気は空気の圧縮熱や、地熱、坑内での機械熱、木材等の酸化熱、圧搾空気の使用等により入気に比
べ増加する傾向にあるが、夏期には外気温よりも坑内温度の方が低いため、鉱山の規模や坑内での使用機器により減少
することもあり得る。一方、東濃鉱山では深度も浅く、掘削後長年経ているために坑道も十分に冷却されており、また
坑内での機械の使用や圧搾空気の使用もほとんど無いため、夏期には空気が坑内で冷却されて入気量>排気量となり、
冬期には入気量<排気量となるが、その増減は僅かであるため、入気量はほぼ排気量に等しいと考えても良い。

ここで、校正係数はサーミスタ風速計、超音波風速計とも1より小さい値になったが、これは測定値と平均風速を比較してもわかるように、サーミスタ風速計および超音波風速計が共に平均風速よりも高い部分を測定しているためである。

今後は、各坑道別の風量を把握するためにも、本延160m以外の箇所でも今回と同様な風速測定を実施し、校正係数を求めることにより鉱山全体の通気の流れを把握することが望まれる。坑内各所の風速計の位置校正係数を求めることにより、坑道毎の風量を知ることができると共に坑内全域での正確な坑内通気の把握と総合的な評価が可能となる。

今回、校正係数を求めるために2003年10月31日から2004年1月23日間で、12回に渡り38測定点での測定を行った。測定日による誤差を少なくするために、全測定期間にわたり測定位置を変えない基準点(定点)を決め、測定初日の基準点風速を基に測定日毎の測定点の風速を補正した。12回の測定での基準点の平均風速は1.19m/secで、基準風速とした測定初日の1.20m/secとほとんど変わらない風速であった。このことは12回に渡る測定値を測定初日の基準風速で補正したが、測定日の違いによる、風速の誤差はほとんど無かったと考えることができ、今回の校正係数への測定日の違いによる影響は無視しても良いと思われる。

但し、測定に使用した風速計自体も5つの風速計間で若干の個体差を持つかもしれないが、今回の測定ではこの個体差は無視した。より正確な校正係数を求めるためには、測定に用いる風速計間の個体差も考慮に入れなければならないが、これは今後の課題となる。

坑道を流れる風速に関しては、風速分布図の水平断面図、垂直断面図を見てもわかるように、坑道中央部が速くて周辺に行くに従い徐々に遅くなるカマボコ型の風速分布を描く。坑道を流れる風は、実測すると、壁際でもかなりの風速を持っていることから、壁際の風速分布は、今回の解析で求めた坑道の壁面際に風速を与えた場合と、坑道壁面の風速を0m/secとしない場合の間にあることになる。どの付近が妥当かは、壁面際での詳しい測定が必要となるため、今後の課題であるが、今回の平均風速はこの2つの風速分布の平均値として算出した。この場合、実際の風速分布がどちらかのケースに非常に近いとしても、最大で5%程度の誤差になり、校正係数には大きな影響はないものと言える。風速分布図では、一部で凹凸があるが、これは測定点の数を増やせばもっとなだらかな分布図となるだろう。しかしながら、測定点を増やしても坑道各部での風速は大きく変化しないことから平均風速値には、それほど大きく影響しないと考えられるので、今回求めた校正係数が大きく変わることはないと思われる。

参 考 資 料

移動式サーミスタ風速計校正係数により
測定風速を補正した場合の位置校正係数の検討

坑道内風速の簡易測定を目的として製作した移動式サーミスタ風速計の校正を行い、この風速計と東濃鉱山の既設サーミスタ風速計を、坑道内に同時に設置して風速を比較することにより既設風速計の校正係数を求めた。次に、この校正係数を用いて今回の測定値を補正した。この補正風速を、統計処理、解析して、風速補正した場合の位置校正係数を求めた。

移動式風速計と既設風速計の校正係数は、東濃鉱山において2003年12月12日に実施した風速測定結果より求めた¹⁾。また、簡易測定用の移動式風速計は、東海大学工学部航空宇宙学科のご協力を得て、同大学の大型低風速風洞装置を用いて校正した。但し、風洞装置を用いた校正では、東濃鉱山の風速域である1.5m/sec以下での校正データが少なく校正値そのものの信頼性に若干の疑問が残るため、移動式サーミスタ風速計の校正値については更に検討する必要があるため、ここでの検討は参考とする。

1 既設の固定式風速計と移動式風速計の風速比較

坑内の5箇所（本延40m、上盤連絡、本延160m、北延上盤、北延下盤）に設置してある5つの固定式サーミスタ風速計を撤去し、本延160m地点の坑道中央に図1-1および写真1-1、写真1-2に示すように、校正した移動式サーミスタ風速計と並べて設置し、両方の風速計で同時に測定した風速値を比較した。

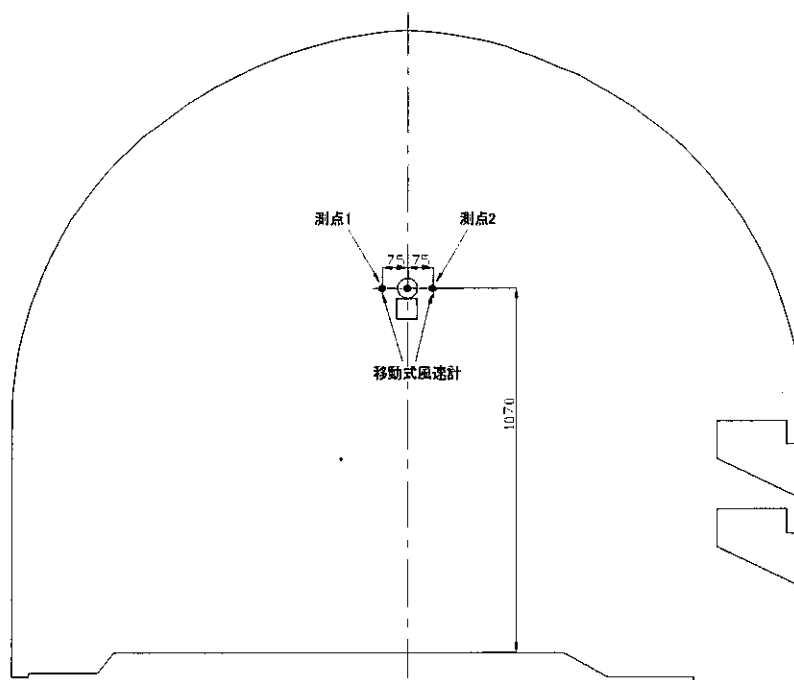


図 1-1 風速測定状況

¹⁾：東濃鉱山 坑内設置のサーミスタ風速計校正係数の算出 報告書 平成16年1月 三井鉱山エンジニアリング（株）

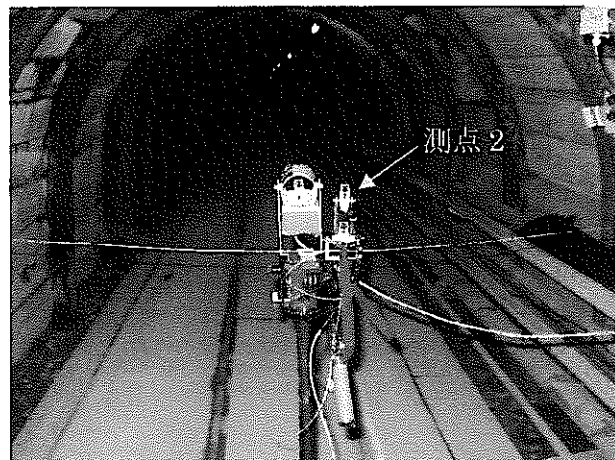
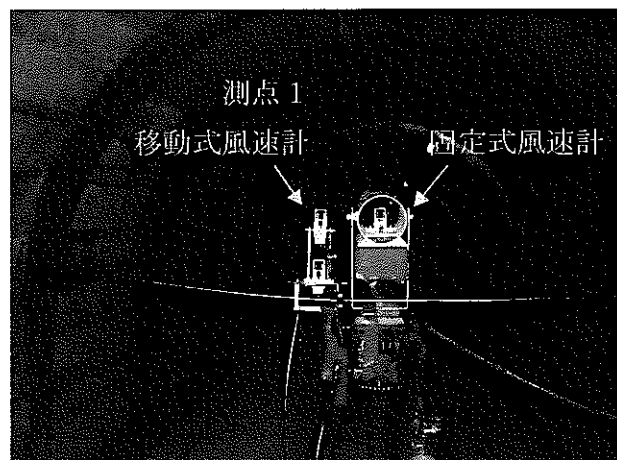


写真 1-1 固定式風速計の左側での測定

写真 1-2 固定式風速計の右側での測定

(固定式風速計に対しての左右は坑道詰側から坑底側を見て)

2 移動式サーミスタ風速計の校正係数による測定風速の補正

東海大学の風洞装置により校正した移動式サーミスタ風速計を用いて、2003年12月12日に本延40m、上盤連絡、本延160m、北延上盤、北延下盤の5つの固定式風速計の校正係数を求めた結果は、表2-1のようである。

表 2-1 移動式サーミスタ風速計を用いての固定風速計の校正係数

校正風速計	移動式サーミスタ風速計		固定式風速計 坑外PC記録風速 B m/sec	固定式風速計 校正係数 A/B	160m超音波 風速計 m/sec
	測定風速 m/sec	校正風速 A m/sec			
本延40m	1.13	1.55	1.37	1.13	1.35
上盤連絡	1.11	1.52	1.41	1.08	1.35
本延160m	1.13	1.54	1.40	1.10	1.32
北延上盤	1.13	1.54	1.34	1.15	1.32
北延下盤	1.12	1.53	1.37	1.12	1.37
平均	1.12	1.54	1.38	1.12	1.34

この校正係数を用いて、今回解析に用いた風速値を補正すると表2-2のようになる。この値を使用して、今回の解析と同様に統計処理を行い（壁面0m/secで測定点だけの解析除く）、風速分布と平均風速値を求めた。以下にその結果について述べる。

表 2-2 既設式風速計による今回測定値の補正風速値

測定点No	測定点座標		測定風速 m/sec	CH番号	校正係数	補正風速 m/sec
	X(mm)	Y(mm)				
1	585	440	1.24	CH19	1.12	1.39
2	1,835	1,380	1.20	CH11	1.10	1.32
3	1,210	1,070	1.57	CH7	1.08	1.70
4	1,835	440	1.18	CH3	1.13	1.33
5	590	1,380	1.14	CH15	1.15	1.31
6	1,210	30	0.70	CH19	1.12	0.78
7	80	800	0.76	CH3	1.13	0.86
8	1,210	1,795	0.96	CH15	1.15	1.10
9	2,350	985	0.75	CH3	1.13	0.85
10	2,180	150	0.72	CH19	1.12	0.81
11	40	30	0.75	CH15	1.15	0.86
12	2,130	675	0.82	CH3	1.13	0.93
13	2,310	510	0.85	CH19	1.12	0.95
14	2,135	430	0.67	CH15	1.15	0.77
15	1,860	825	1.30	CH3	1.13	1.47
16	1,290	825	1.42	CH15	1.15	1.63
17	730	825	1.54	CH19	1.12	1.72
18	40	405	0.54	CH19	1.15	0.62
19	200	1,200	0.48	CH3	1.13	0.54
20	790	1,720	0.41	CH15	1.12	0.46
21	1,210	1,450	0.94	CH3	1.13	1.06
22	840	1,105	1.29	CH15	1.12	1.44
23	445	775	1.46	CH19	1.15	1.68
24	1,580	425	1.36	CH3	1.13	1.54
25	1,580	825	1.40	CH15	1.12	1.57
26	1,580	1,465	1.09	CH19	1.15	1.25
27	485	1,070	1.20	CH3	1.13	1.36
28	1,575	1,070	1.27	CH15	1.12	1.42
29	2,070	1,070	1.16	CH19	1.15	1.33
30	1,690	30	0.91	CH3	1.13	1.03
31	650	30	0.99	CH15	1.12	1.11
32	1,575	1,750	0.87	CH19	1.15	1.00
33	465	1,530	0.82	CH3	1.13	0.93
34	1,940	1,575	0.79	CH15	1.12	0.88
35	2,210	1,290	0.87	CH19	1.15	1.00
36	1,260	440	1.41	CH3	1.13	1.59
37	320	420	1.26	CH15	1.12	1.41
38	955	440	1.44	CH19	1.15	1.66

(基準点)

注1):0点は坑底に向かって左壁フロア一位置。 X:水平方向mm、Y:立方向mm
 注2):測定点No.18以降は、北延べ上盤と北延べ下盤センサの坑外PCへの接続が逆になっていたため、CH15とCH19の校正係数も入れ替える。

3 補正風速値の統計解析

3.1 補正風速値を用い、壁面際に一定風速を与えた場合の風速分布

坑道壁面際の各測定点を結び、その線上のある点の風速は、隣り合う2測定点間の距離に比例した風速を持つとした場合の風速分布図を以下に示す。

(1) 三次元風速分布図

① 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、坑底に向かって左壁下側から見た場合

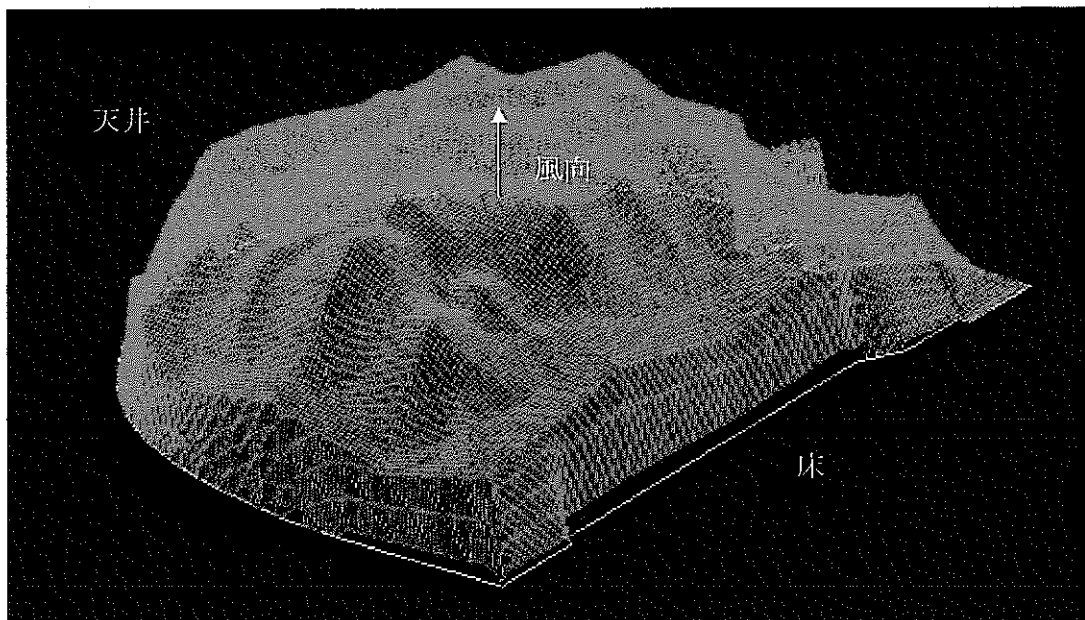


図 3-1 本延坑道 160m 風速補正した場合の三次元風速分布図(1)

② 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、坑底に向かって右壁下側から見た場合

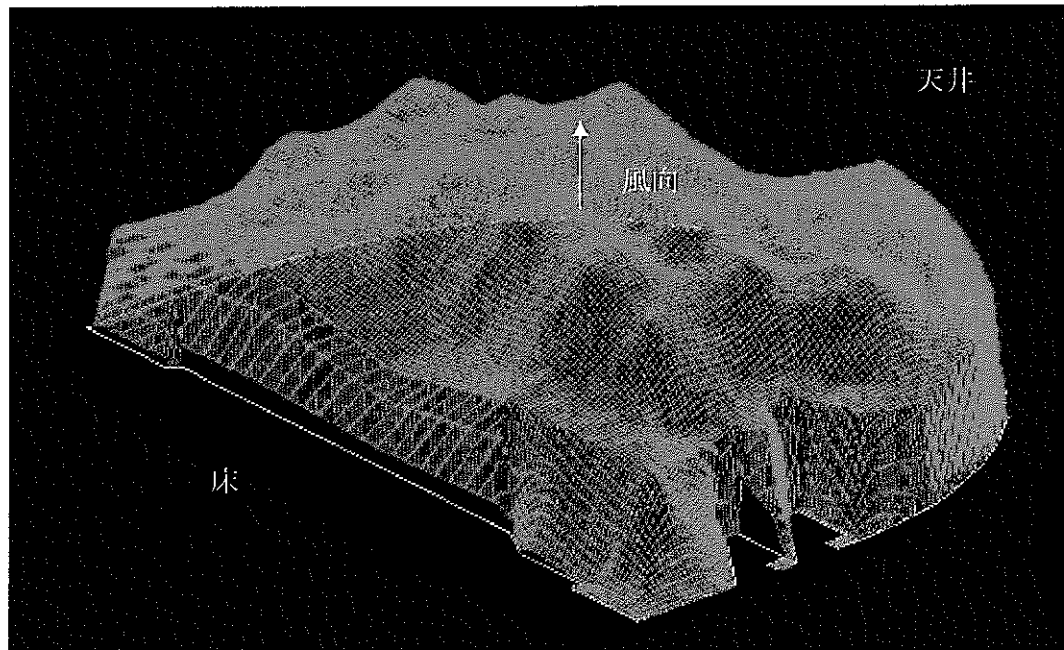


図 3-2 本延坑道 160m 風速補正した場合の三次元風速分布図(2)

③ 坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与え、天井側から床側を見た場合

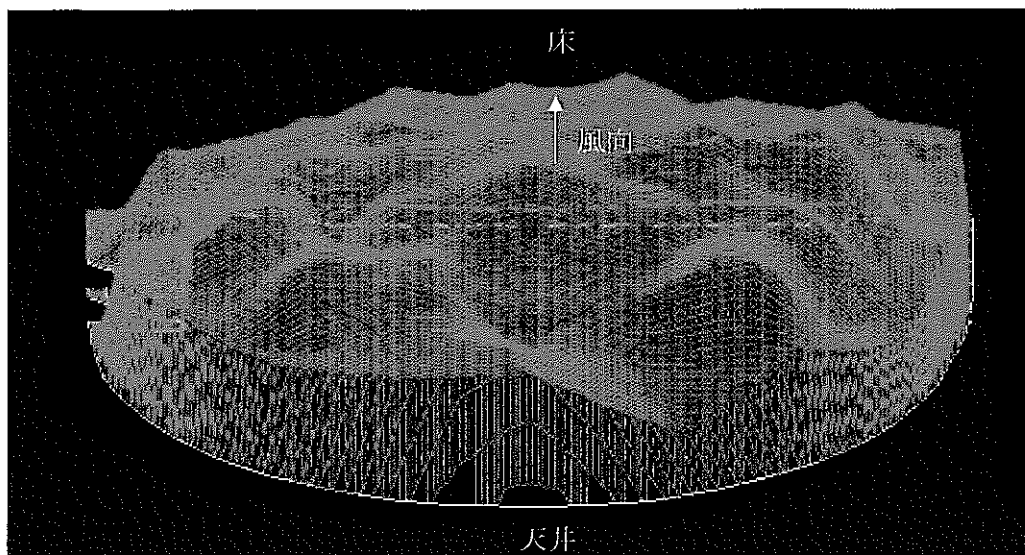


図 3-3 本延坑道 160m 風速補正した場合の三次元風速分布図(3)

(2) 等風速線図

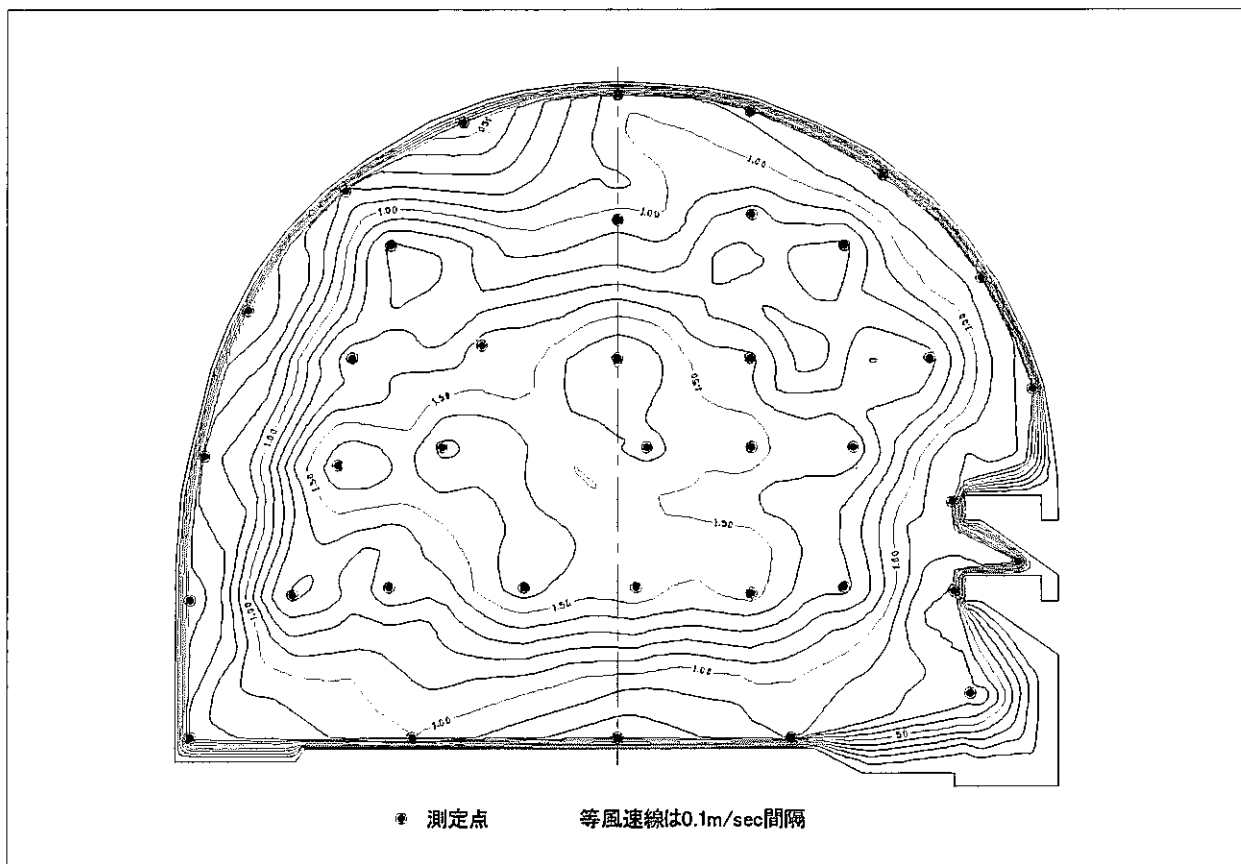


図 3-4 本延坑道 160m、風速補正した場合の等風速線図
(坑道壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時、詰側より坑底側を見る)

3.2 補正風速値を用い、坑道壁面風速 0m/sec でない場合

本延坑道 160m 地点において、坑道壁面の風速は 0m/sec でないとした場合の風速分布図を以下に示す。

(1) 三次元風速分布図

① 坑道壁面風速 0m/sec でない、坑底に向かって左壁下側から見た場合

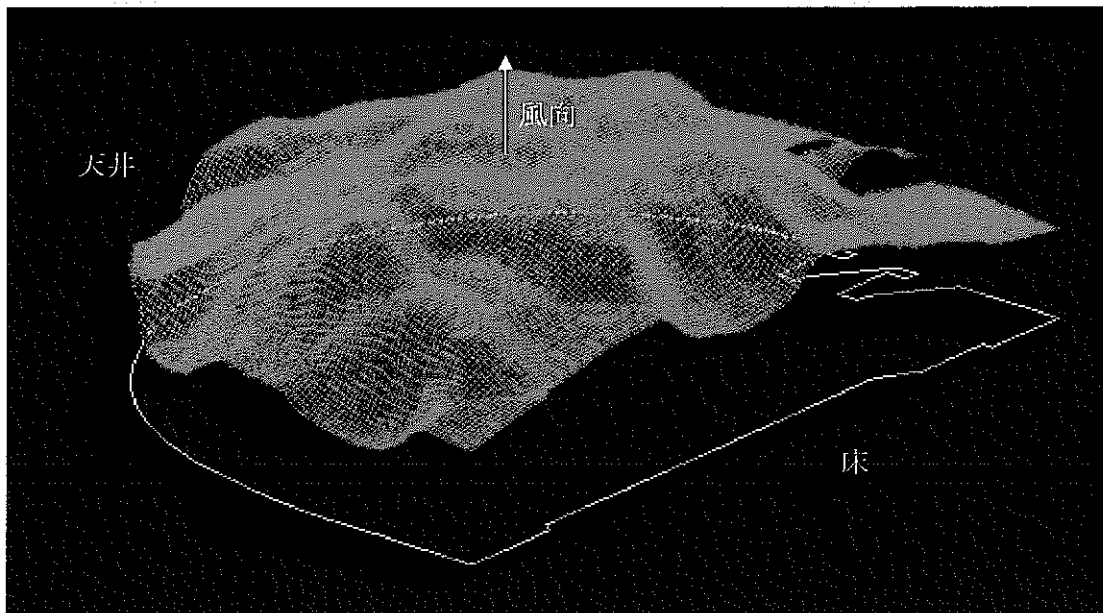


図 3-5 本延坑道 160m、風速補正した場合の三次元風速分布図(1)

② 坑道壁面風速 0m/sec でない、坑底に向かって右壁下側から見た場合

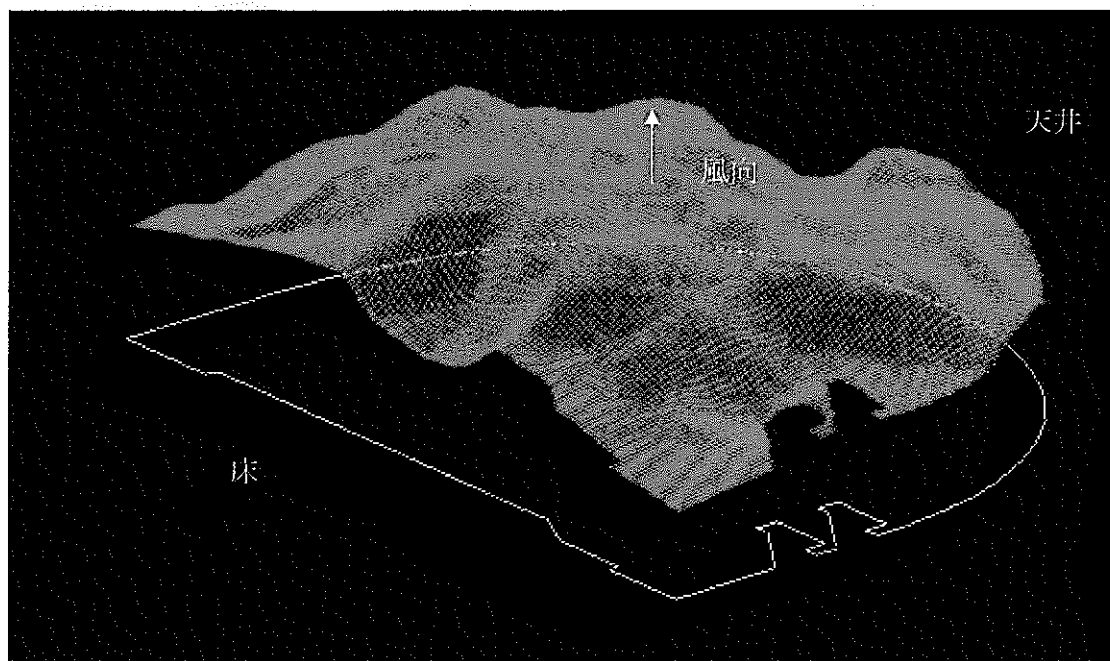


図 3-6 本延坑道 160m、風速補正した場合の三次元風速分布図(2)

③ 坑道壁面風速 0m/sec でない、天井側から床側を見た場合

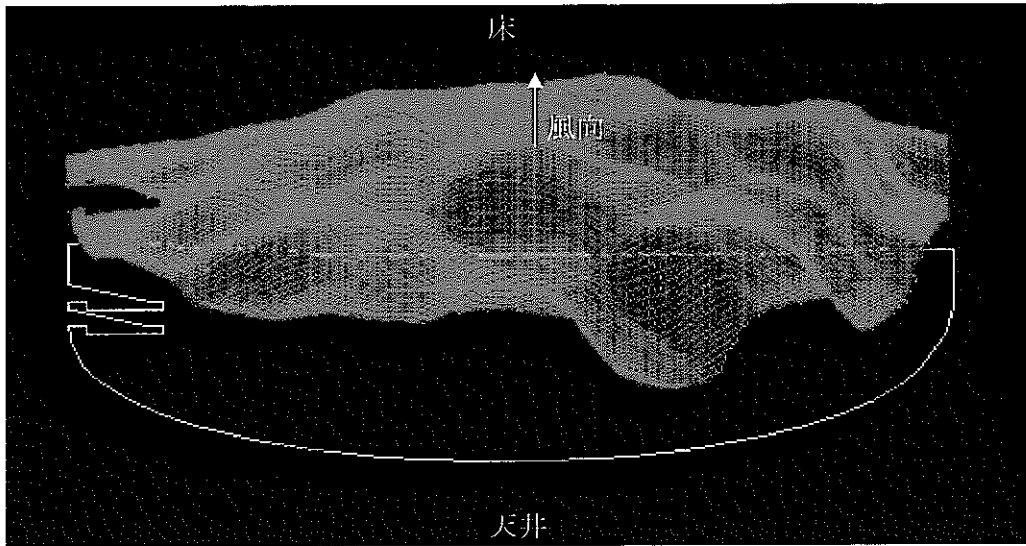


図 3-7 本延坑道 160m、風速補正した場合の三次元風速分布図(3)

(2) 等風速線図

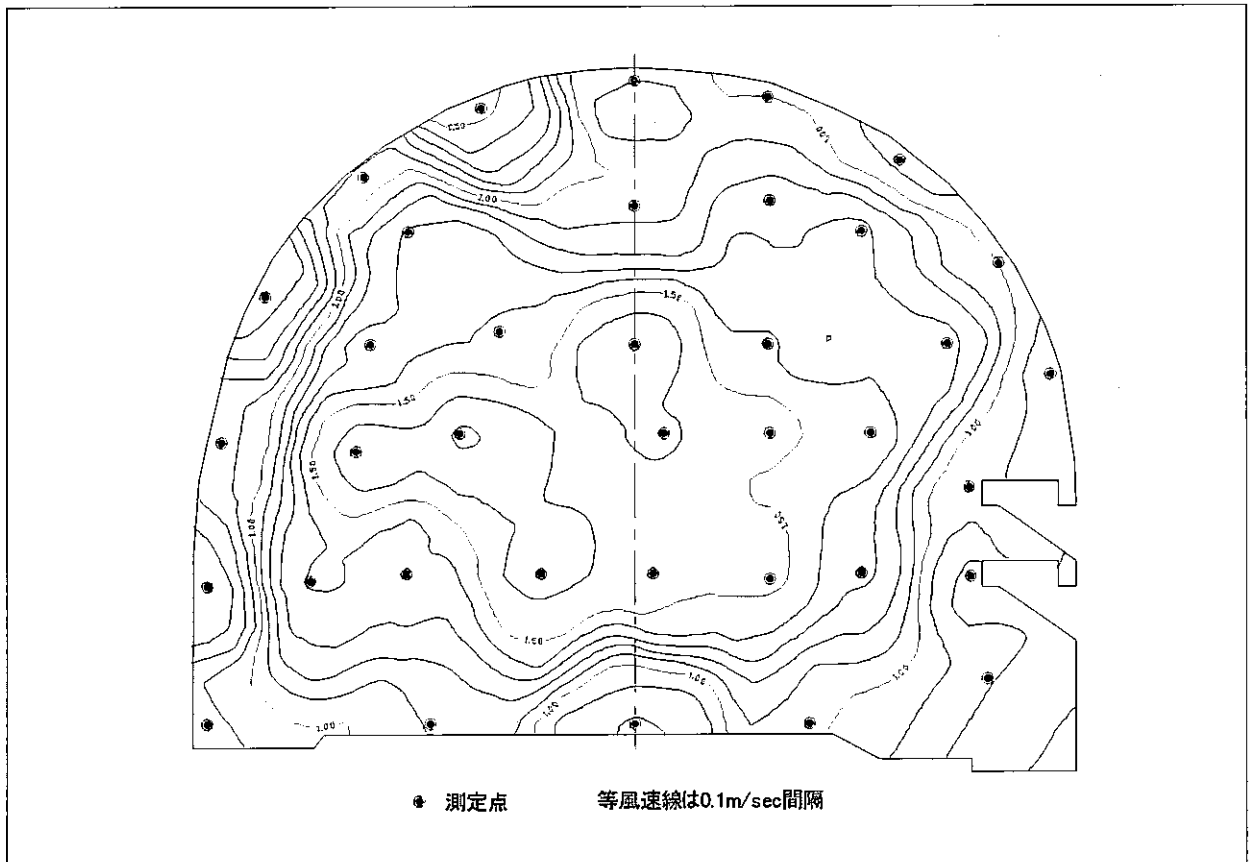


図 3-8 本延坑道 160m、風速補正した場合の等風速線図
(坑道壁面風速 0m/sec でない時、詰側より坑底側を見る)

3.3 補正風速値を用いた場合の坑道断面風速分布

補正値を用い、坑道壁面や床の風速が 0m/sec で坑道壁面際に風速を与えた場合と、坑道壁面風速を 0m/sec としない場合の水平断面(X-X')および垂直断面(Y-Y')における風速分布を求め、測定値の場合と比較する。切断箇所は測定値の場合と同様に水平断面においては、坑道中心付近である床からの高さ 850mm と超音波風速計の測線付近である 1070mm とし、垂直断面においては坑道中心に当たる壁から 1210mm で切断し、測定値の場合の断面図と重ねて示した。

(1) 床からの高さ 850m の位置における水平断面風速分布

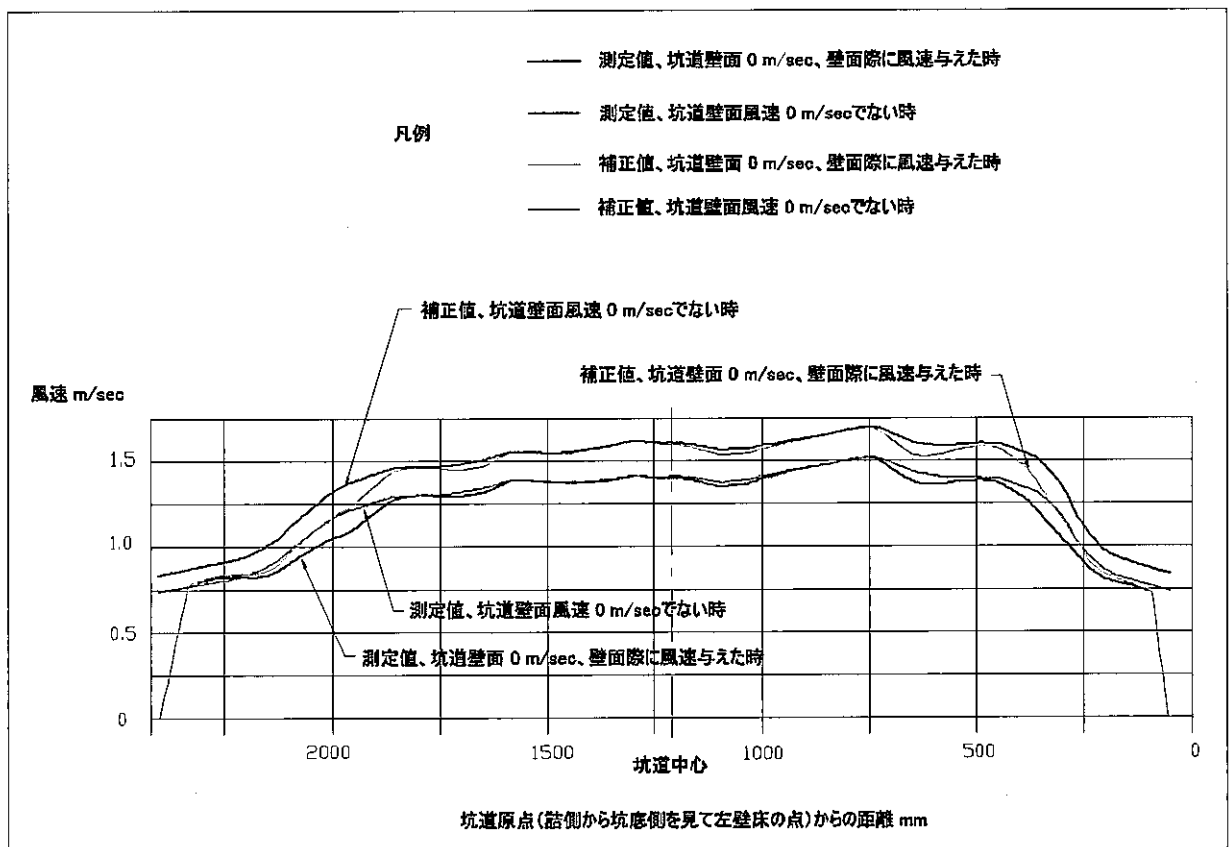


図 3-9 高さ 850mm の位置における測定値および補正値を用いた水平断面風速分布図

(2) 床からの高さ 1070mm の位置における水平断面風速分布

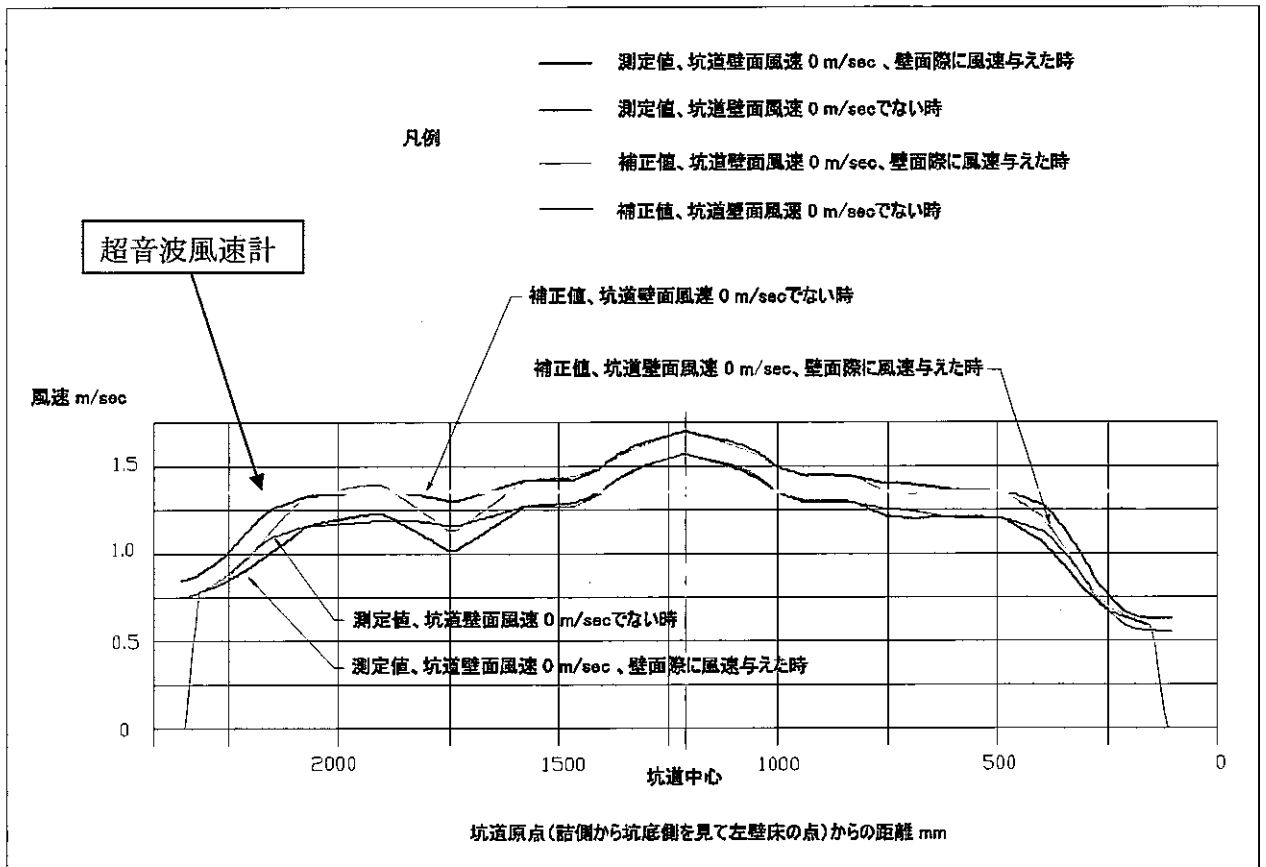


図 3-10 高さ 1070mm の位置における測定値および補正值での水平断面風速分布図

(3) 坑道中心（壁から 1210mm）における垂直断面風速分布

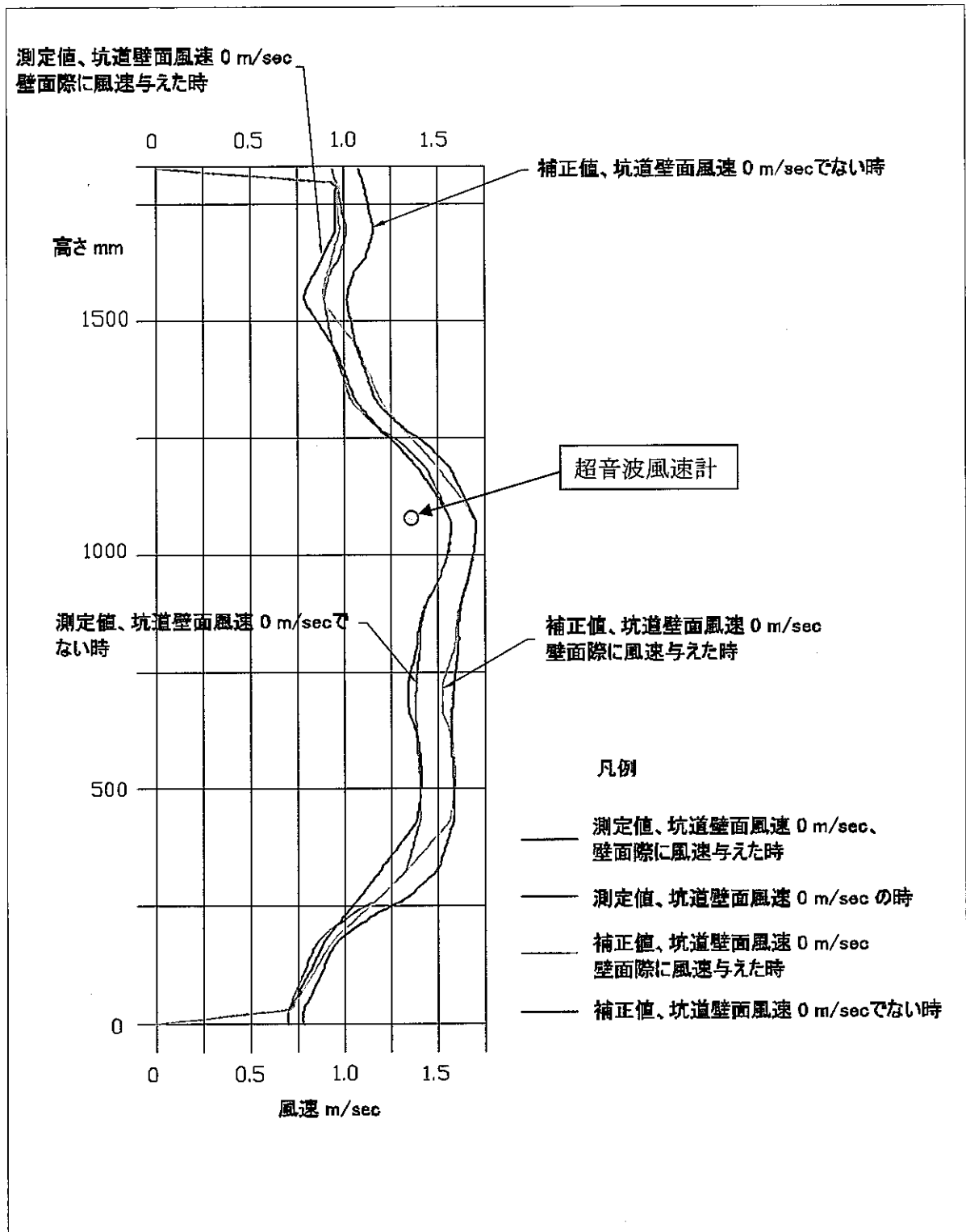


図 3-11 坑道中心における測定値および補正值での垂直断面風速分布図

4 風速補正を行った場合の風速解析結果

4.1 平均風速および通気量の推定

測定風速の補正を行い、坑道壁面の風速を 0m/sec とし坑道壁面際に風速を与えた場合と、坑道壁面風速を 0m/sec としない場合でコンピューター(MINEX)により統計処理して解析した結果、表 4-1 の解析結果を得た。

表 4-1 測定風速を補正した場合の風速解析結果表

		壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	壁面風速 0m/sec でない時
メッシュサイズ		5 mm	5 mm
グリッド数		153,492	153,492
風速	最大値 m/sec	1.72	1.72
	最小値 m/sec	0	0.45
	平均値 m/sec	1.07	1.21

この場合の坑道を流れる風量は、坑道断面積を 3.81m² とすれば、表 4-2 のようになる。

表 4-2 測定風速を補正した場合の風量比較表

	壁面風速 0m/sec、壁面際に風速与えた時	壁面風速 0m/sec でない時
平均風速 m/sec	1.07	1.21
風量 m ³ /min	245	277

測定値の場合と同様に、壁面風速 0m/sec で坑道周辺際に風速を与えた場合と、壁面を 0m/sec としない場合とでもかなりの風速の違いがあることがわかる。補正風速の場合も、実際の風速は上記 2 ケースの間にあることになる。平均風速は、本文中第 5.3 節（平均風速および通気量の推定）と同様に上記 2 ケースの平均として求めると、

$$\text{平均風速} = (1.07 + 1.21) \div 2 \approx 1.14 \text{m/sec}$$

となるので、この値を測定風速を補正した場合の坑道平均風速と見なすことができる。この時の、通気量 Qm³/min は有効坑道断面積を 3.81m² とすれば、

$$Q = 3.81 \times 1.14 \times 60 \approx 260 \text{m}^3/\text{min}$$

となる。

4.2 風速補正を行った場合の既設風速計の位置校正係数

風速補正を行った場合で、本延坑道 160m 地点における既設風速計の校正係数を求める。解析結果から求めた平均風速と解析に用いた既設風速計の関係は、次の表 4-3 のようになる。

表 4-3 既設風速計の測定風速と風速補正を行った場合の解析による平均風速

	測定による平均風速 m/sec		解析による平均風速 m/sec
	本延坑道 160m 既設風速計測定値(CH11)	超音波風速計平均値(CH31)	
風速値 m/sec	1.20	1.33	1.14

従って、測定値をサーミスタ風速計の校正係数で補正した場合、本延坑道 160m 地点に設置の既設風速計の位置校正係数は、

① サーミスタ風速計の場合

$$\text{位置校正係数} = 1.14 \div 1.20 = 0.95$$

② 超音波風速計の場合

$$\text{位置校正係数} = 1.14 \div 1.33 = 0.857 \approx 0.86$$

となる。

5 まとめと課題

移動式風速計を用いて既設のサーミスタ風速計の校正係数を求めると 1.10~1.15 となる。補正風速もこれに比例して大きくなるが、風速分布の傾向は測定値の解析の場合と変わらない。解析結果を、測定値とサーミスタ風速計の校正係数を用いて補正した場合とで、まとめると次の表 5-1 のようになる。

表 5-1 測定値と補正風速値の解析結果比較表

			壁面風速 0m/s の時	壁面風速 0m/s 壁面際に風速与えた時	壁面風速 0m/s でない時
測定値の 場合	風速 m/sec	最大値	1.57	1.57	1.57
		最小値	0	0	0.40
		平均値	0.83	0.98	1.07
		解析平均値	1.03		
	風量 m ³ /min		235		
補正風速 値の場合	風速 m/sec	最大値	—	1.72	1.72
		最小値	—	0	0.45
		平均値	—	1.07	1.21
		解析平均値	1.14		
	風量 m ³ /min		260		

また、測定値と補正した場合の既設風速計の位置校正係数は表 5-2 のようである。

表 5-2 既設風速計の設置箇所における位置校正係数

		本延坑道 160m サーミスタ風速計	本延坑道 160m 超音波風速計
測定値 m/sec		1.20	1.33
校正 係数	測定値の場合	0.86	0.77
	測定値をサーミスタ風速計の校正係数を用いて補正した場合	0.95	0.86

移動式サーミスタ風速計の校正値が正しいとすれば、平均風速および既設風速計の校正係数は、それぞれ測定値の場合よりも約 10%高くなり、坑内風速も約 260m³/min 前後となる。しかしながら、サーミスタ風速計の校正係数を求めた風洞試験に疑問が残るために、この値は今後更に検証する必要がある。この移動式サーミスタ風速計の校正係数については今後の課題としたい。