

## 硫化水素モニタリングの解析中間報告

### 1 データ

### 2 解析結果

(1) H<sub>2</sub>S50ppb 以上の出現日

(2) 土管埋設工事後の検出事例（北側 2003 年 3 月下旬）

(3) 降雨後変動の事例

(4) 中学における濃度増加の事例

(5) その他の特異変動

### 3 まとめ

平成 17 年 2 月 4 日

宮城県保健環境センター

## 1 データ

(1) 解析期間 2002年12月～2004年11月

(2) 硫化水素測定地点と測定高度(図1)

硫化水素モニターNo.1(以下「北側」と呼ぶ。)

測定高度1.5m、ただし2004年9月以降は0.4m

硫化水素モニターNo.2(以下「南側」と呼ぶ。)

測定高度1.5m、ただし2004年9月以降は0.4m

硫化水素モニターNo.3(以下「中学」と呼ぶ。)

測定高度1.5m

なお、補助測定として採気高度0.4mにおける測定及びNAFチューブを装着した水分対策試験を併行して実施しており、これらについては測定地点呼称にそれぞれ(2)及び(3)を付加して区別した。各併行測定の実施期間は表1のとおり。

表1 併行測定の実施期間

測定地点	採気高度	水分対策	測定期間(開始年月)			
			2002.12～	2004.6～	2004.9～	2004.11～
中学	1.5m	—	○	○	○	○
中学(3)	1.5m	有			○	
北側	1.5m	—	○	○	○ <sup>注)</sup>	○ <sup>注)</sup>
北側(2)	0.4m	—		○		
北側(3)	0.4m	有			○	
南側	1.5m	—	○	○	○ <sup>注)</sup>	○ <sup>注)</sup>
南側(2)	0.4m	—		○		

注) 測定高度は0.4mに変更している。

(3) 測定項目

硫化水素(以下「H<sub>2</sub>S」と表記する。)

理研計器株式会社製FP-260型ガスモニターを用い、各測定地点において50秒毎の平均値を自動測定。なお、当該ガスモニターは試料空気中の水分により測定妨害を受ける場合があるので、解析に当たってはメーカーが水分影響と判定したデータを除外している。

風向、風速、気温

中学及び北側で瞬時値を連続測定。南側については北側のデータを参照。

データ収集時間

データロガーにより30秒毎に収集。H<sub>2</sub>Sについては収集のタイミングにより同一の50秒平均値を2回収集するが生じるが、本解析では主として時系列変化に着目しデータ間の計算処理は行っていないので、補正せずにそのまま使用した。

(4) 参照データ

降水量等については竹の内産廃処分場周辺の川崎、白石及び亙理アメダス観測地点における気象データを使用し、データは気象庁提供の気象庁月報CD-ROM版及び同庁ホームページ電子閲覧室から引用した。

竹の内産廃処分場周辺環境の大気拡散状態に関する参考資料として、宮城県大気汚染常時監視網の柴田局における窒素酸化物(以下「NO<sub>x</sub>」と表記する。)濃度データを使用した。

これら参照地点の位置は図2のとおり。

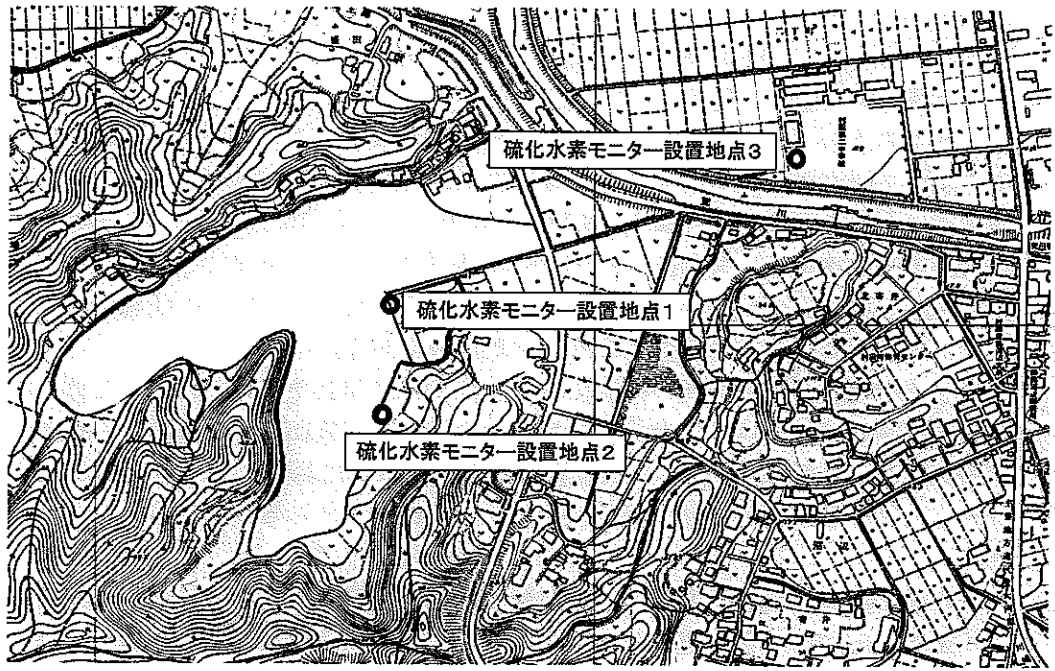


図1 硫化水素モニター設置地点



図2 参照地点

### (1) H<sub>2</sub>S50ppb 以上の出現日

2002年12月～2004年11月の期間において50ppb以上のH<sub>2</sub>S濃度が出現した日は、表2のとおり中学28日、北側38日、南側25日である。また、期間を通じての最大値は中学350ppb、北側235ppb、南側460ppbとなっている。

これらのうち、これまで解析した日のH<sub>2</sub>S変動はいくつかのパターンに分類できた。第1は北側において観測されたもので、処分場内の土管埋設工事(2003年2月下旬)、及び埋立廃棄物量等調査における表層ガス等調査(2004年9月中旬から10月上旬)、有害物質分布等調査における表層ガス(境界面)等調査(2004年10月末から11月上旬)やボーリング調査(2004年11月中旬から12月末)の際に一時的に覆土が除去されるなど覆土の状態が変化した後現れたもので、表2の日最大値を黄色に塗り分けた部分である。

第2は敷地境界の北側及び南側において降雨後に現れたものであり、これらは表2の日最大値を緑色に塗り分けている。なお、中学においても降雨後に55～85ppbの濃度が現れた事例を3件確認しているが、いずれも敷地境界の北側及び南側においては50ppb未満で中学よりも濃度が低かったことから、ここでは降雨に関係する可能性がある事象と分類し、表2では薄緑色で示した。

その他の特異変動として、瞬間的に濃度増加が生じた事例、及び測定機が作動停止の状態(以下「欠測」という。)から自動的に測定状態に回復した直後に一時的に濃度が増加する事例がみられており、表2では日最大値をそれぞれ紫色及び茶色に塗り分けてある。

表2の日最大値が無地の部分は濃度変化の状況がより複雑であって、未だ解析できていない。

表2 H<sub>2</sub>S日最大値50ppb以上出現日(2002年12月~2004年11月)

出現日		日最大値(ppb)			出現日		日最大値(ppb)				
		中学	北側	南側			中学	北側	南側		
2003年1月	23日		60		2004年4月	27日	85				
2003年2月	8日		50		2004年5月	17日			50		
	18日		55		2004年6月	10日	75				
2003年3月	17日		80	55		12日	70	60			
	18日		85			18日	50				
	19日		80			19日	80				
	20日		60		2004年7月	1日	100		55		
	25日		110			5日	135				
	26日		70			7日			55		
	27日		220			12日	100				
	28日		195			15日		80			
29日		235		16日			180				
2003年5月	7日			55		20日	85	60	105		
2003年6月	6日		100			23日	320				
	19日	55				25日		135			
	20日		100			30日		80	100		
	27日			100	2004年8月	2日	105				
	29日	55				3日	70				
2003年7月	11日			55		7日	55				
	13日		110			9日	55				
	20日	60				10日	50				
	28日		90			13日					
2003年8月	3日	65				31日		50			
	4日			460	2004年9月	3日	100				
	6日		65			7日		65			
	7日	350		90		27日	55		55		
	8日			130	2004年10月	31日		135			
	13日	60				2004年11月	1日		90		
	21日		60		2日			80			
	22日		80	55	3日			50			
	23日		65		9日			65			
	25日		80		11日			80			
	26日	235			12日			65			
	27日			100	26日				145		
	29日			65							
30日			55								
2003年9月	2日		70		出現日数				28	38	25
	3日		175	75	最大値				350	235	460
	11日	210									
	17日	105									
	18日	70									
	22日			75							
	23日			80							
	25日			55							
	26日			65							
2003年11月	25日	70									
	29日			110							
	30日			180							

(注1) 北側及び南側の2004年9月以降は測定高度0.4mのデータ(北側(2)及び南側(2))である。

(注2) 日最大値が出現したときの変動形態を以下のように区分し塗り分けている。

- |        |                      |        |           |
|--------|----------------------|--------|-----------|
| □ (白)  | : 配管工事又はボーリング調査の際の変動 | ■ (黒)  | : 瞬間的な増加  |
| ■ (黒)  | : 降雨後変動              | ■ (斜線) | : 欠測直後の増加 |
| ■ (斜線) | : 降雨に関係する可能性のある変動    | □ (白)  | : 未解析     |

## (2) 土管理設工事後の検出事例（北側 2003 年 3 月下旬）

竹の内産廃処分場において 2003 年 2 月に北側測定地点周辺で事業者が土管理設工事を実施した。その後 3 月には工事地点周辺で H<sub>2</sub>S 臭気を感知している。この状況は北側における H<sub>2</sub>S モニタリングでも検出され、表 2 のとおり 2003 年 3 月 17 日～20 日及び 25 日～29 日の期間は連日 50ppb 以上の H<sub>2</sub>S を検出した。特に 25 日、27 日～29 日は 100ppb を超え、北側での全期間を通じての最大値 235ppb はこのとき 29 日に出現している。

図 3 は北側の H<sub>2</sub>S 濃度と気象要素の変化図に、柴田大気常時測定局の NO<sub>x</sub> 濃度及び川崎、白石、亙理アメダス観測地点の気象要素を加えたもので、(a)は 3 月 17 日～20 日、(b)は 3 月 25 日～29 日の期間である。また、図 4 には図 3 (a)、(b)と同じ期間について北側の H<sub>2</sub>S 濃度と風速の関係を示した。

図 3 の変化図によれば H<sub>2</sub>S 濃度が増加しているのは主に夜間である。図 4 のように H<sub>2</sub>S は風が弱いときに濃度が高まる傾向であり、図 3 の風速変化にも示されているように夜間は大気が安定化し風が弱くなることから、高い濃度の H<sub>2</sub>S は夜間に現れやすいことになる。

ところで、図 3 (a)、(b)の柴田大気常時測定局における NO<sub>x</sub> も、H<sub>2</sub>S と同様に夜間に濃度が増加している。柴田大気常時測定局は村田町隣接の柴田町健康センター4 階の屋上で大気汚染の常時監視を行っているものであり、地形的には村田町と同じく白石川沿いの盆地内に位置する。また、NO<sub>x</sub> は主に自動車排ガスに由来し発生源が地表付近であることは H<sub>2</sub>S と共通している。

H<sub>2</sub>S と NO<sub>x</sub> 濃度の変化傾向を見比べると類似点が多い。特に図 3 (a)及び(b)の前半は、26 日夕方以降の NO<sub>x</sub> 濃度増加を除けば、NO<sub>x</sub> 濃度が増加したときは H<sub>2</sub>S も増加しており、その時間帯はほぼ一致している。また、27 日は図 3 の中で唯一昼過ぎから H<sub>2</sub>S 濃度が増加し始めたときであるが、NO<sub>x</sub> も同じように昼過ぎから増加していた。これらの日は気温の日較差が大きい。放射冷却によって夜間に逆転層が形成されるなど当盆地内の大気が安定化したことにより、場所も物質も異なるが同じような濃度の変化になったものと考えられる。

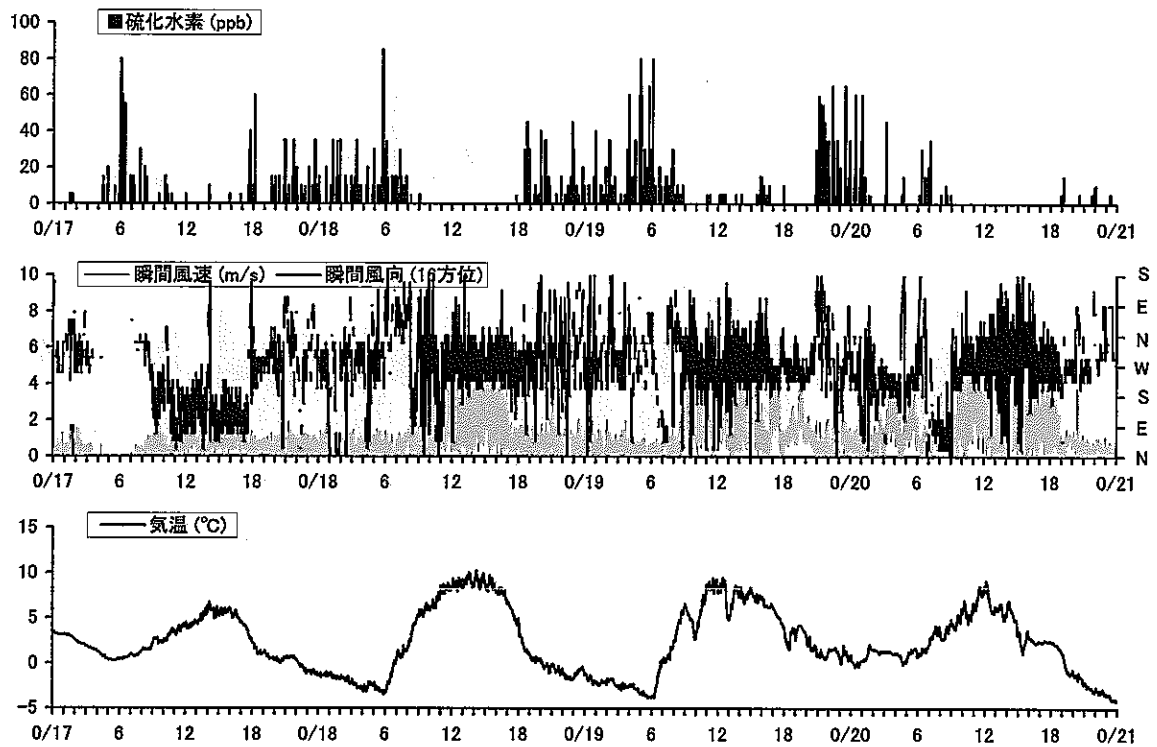
これに対し、図 3 (a)、(b)の後半はいずれも H<sub>2</sub>S は増加しているのに NO<sub>x</sub> は増加していない。このときの気温の日較差は前半のように大きくなく、強い安定層の形成はなかったと思われる。この場合は、幹線道路から少し離れた建物屋上での NO<sub>x</sub> モニタリングに比べ、H<sub>2</sub>S は放出源直近の敷地境界でモニタリングを行っていることから、拡散による希釈前の H<sub>2</sub>S を効率良く感知したものと見える。

ここで重要なのは、NO<sub>x</sub> の主要発生源である交通量は昼間に増大するにもかかわらず、拡散条件の変化により濃度は夜間に増加しているという事実である。このことを考慮すれば、H<sub>2</sub>S は日中に検出されていなくても放出は昼夜連続して起きていたと考えるのが妥当である。ただし、26 日夕方から 27 日朝にかけては、気温の日較差が大きく風は弱いなど NO<sub>x</sub> と同じように H<sub>2</sub>S 濃度も増加してよいような気象条件であったが、実際は増加していない。或いは一時放出が減少したのかもしれない。

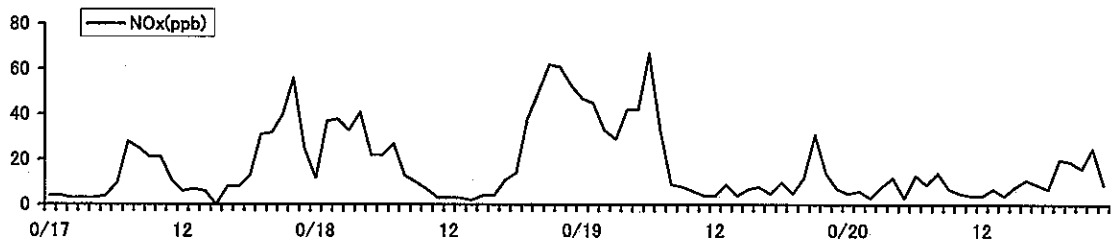
次に、H<sub>2</sub>S 変化の様子を詳しく見るため時間軸を拡大した変化図を図 5 に例示した。(a)は 3 月 27 日 12 時～28 日 0 時、(b)は 3 月 29 日 0 時～12 時の場合で、いずれも 200ppb を超える濃度が出現したときである。これによれば、H<sub>2</sub>S 濃度の持続性は小さくかなり大きく変動し、ときには間欠的に検出されている。

本事例は、土管理設工事に伴って覆土の状態が変化し、その後に硫化水素が高頻度で検出されたものである。本工事以後 2004 年 9 月末から始めた埋立廃棄物量等調査における表層ガス等調査の簡易なボーリング時までこのような現象は発生していないことから、覆土の効果が証明される一方、処分場操業時には恒常的にそしてより大規模にこのような現象が生じていたのではないかと推測できる。

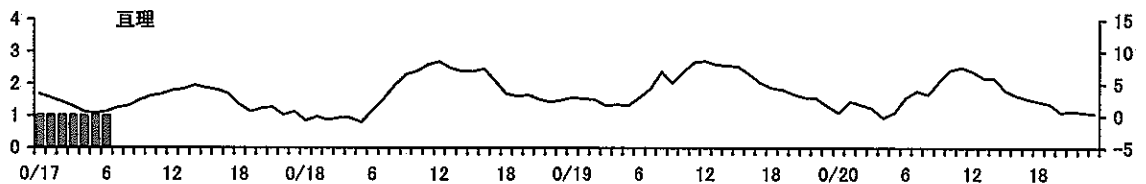
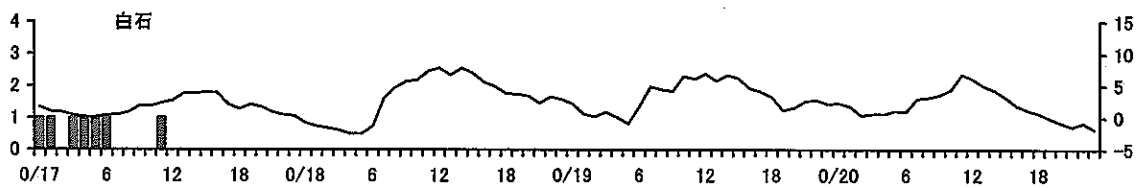
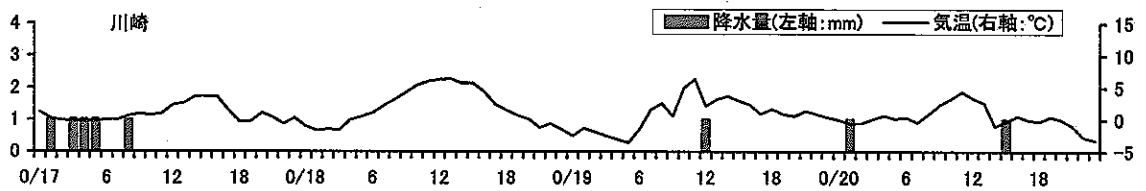
なお、図 3 (a)のとおり、竹の内周辺のアメダス観測地点では 17 日 7 時まで降水を記録していた。この降水は前日 16 日 22 時以降から降り続いたもので、これが H<sub>2</sub>S 発生に関与した可能性もある。1mm/h 以上の降水はその後散発的に観測されているだけで、図 3 (b) の 25 日～29 日の期間については記録されていなかった。



北側、H<sub>2</sub>S及び気象要素

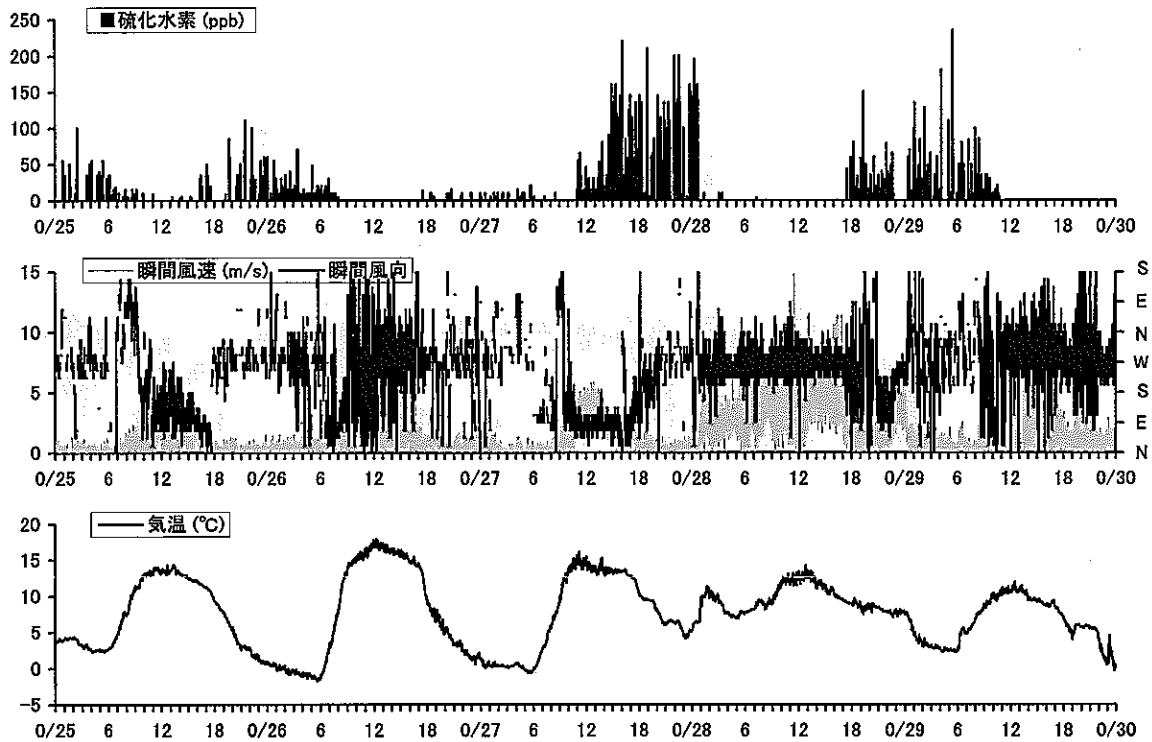


柴田、NO<sub>x</sub>

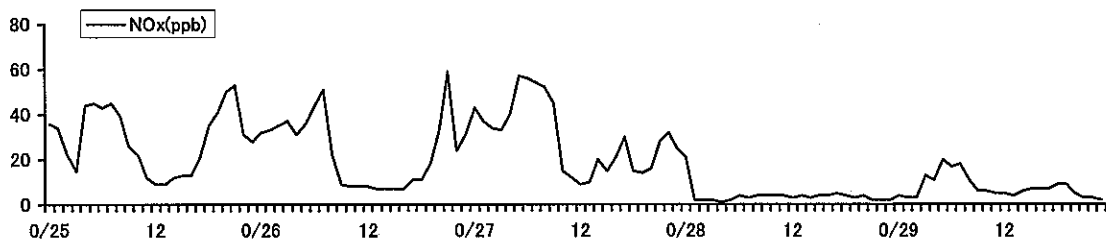


アメダス降水量、気温

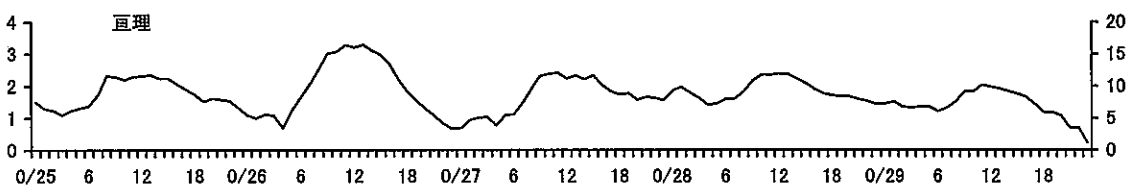
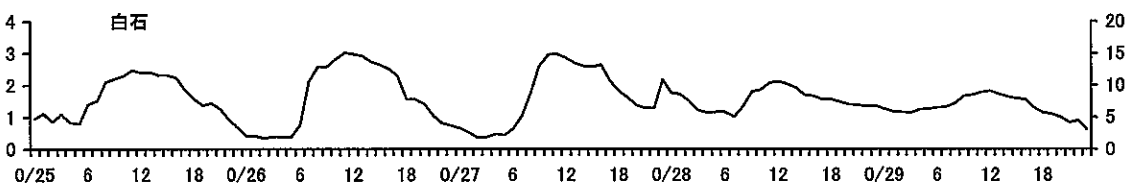
図3(a) 北側における2003年3月17日～20日の濃度増加



北側、H<sub>2</sub>S及び気象要素



柴田、NO<sub>x</sub>



アメダス降水量、気温

図3(b) 北側における2003年3月25日～29日の濃度増加



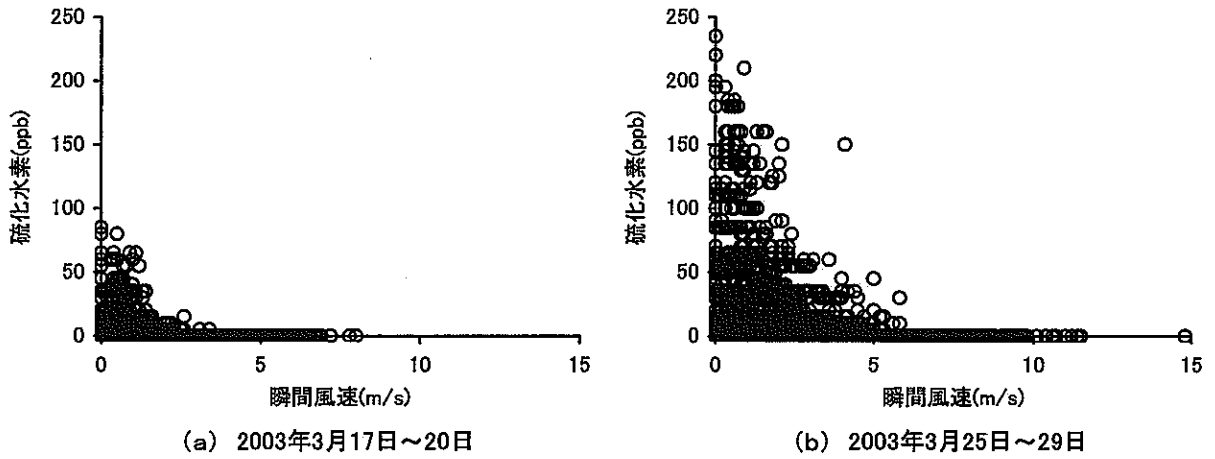


図4 硫化水素と風速の関係(北側)

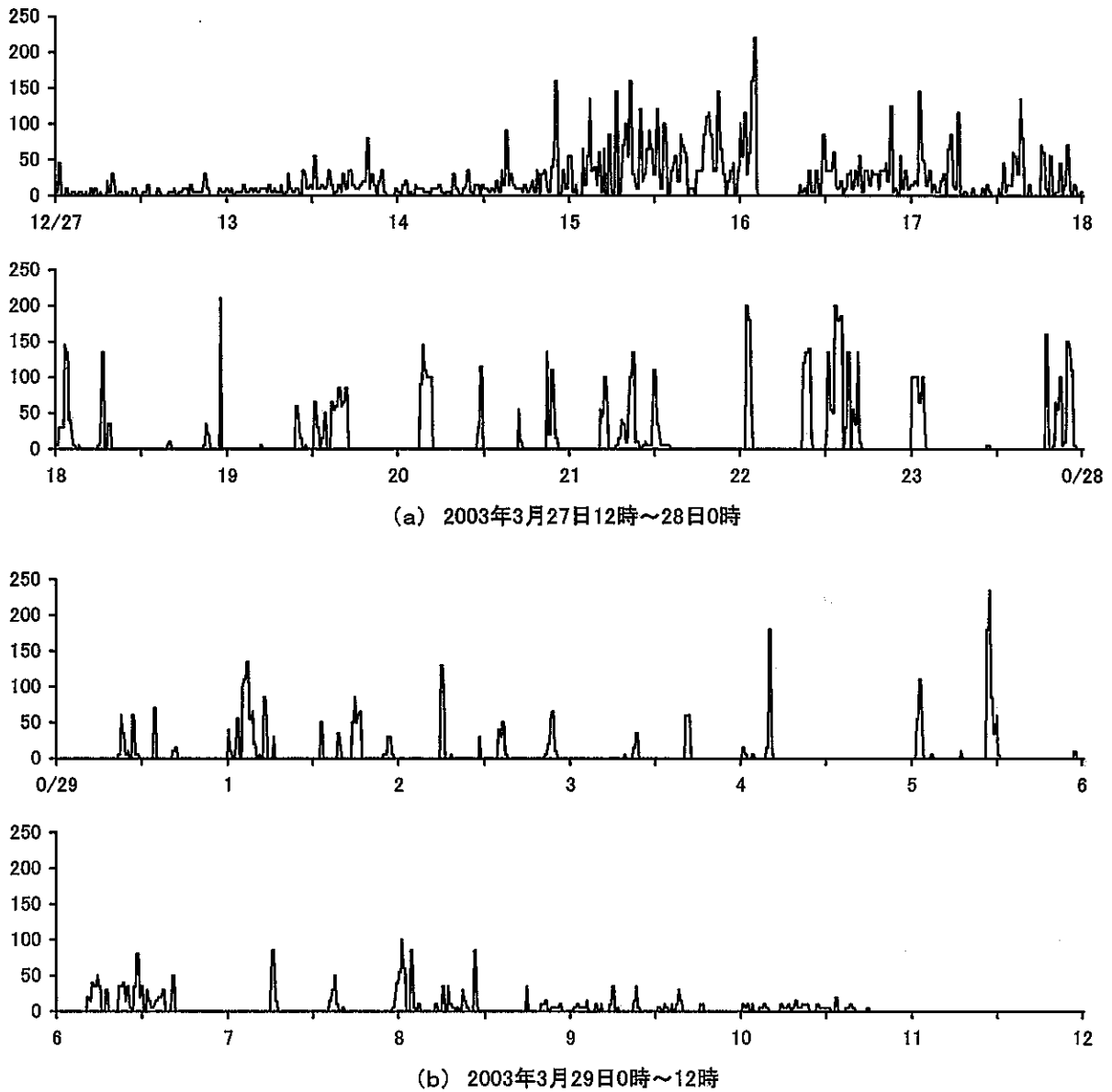


図5 北側における硫化水素変化(ppb)

### (3) 降雨後変動の事例

図6は降雨後のH<sub>2</sub>S濃度変動をみるため、上3段に中学、北側及び南側のH<sub>2</sub>S濃度を、下3段には竹の内周辺の川崎、白石及び互理アメダス観測地点の気象要素を比較したもので、(a)は2003年11月28日～12月1日、(b)は2003年9月20日～23日の期間について表している。

同図(a)の11月29日7時～30日11時は竹の内周辺のアメダス観測地点で降雨があり、南側では降雨中の29日22時頃からH<sub>2</sub>S濃度が増加し始め、最大110ppbが出現した。北側でも最大30ppbの濃度増加があったが、中学では検出されていない。同図(b)の場合は、周辺のアメダス観測地点で9月20日10時～22日13時に記録した降雨の後、数時間を経た22日16時過ぎから南側でH<sub>2</sub>S濃度が増加し始め、23日3時過ぎに最大80ppbが出現した。北側では最大35ppbの濃度増加があり、中学でもわずかではあるが5ppbを検出している。

図6(a)のH<sub>2</sub>Sは降雨中から検出され始めたのに対し、図6(b)では降雨終了から数時間後に濃度増加が始まっていた。このときの南側におけるH<sub>2</sub>S濃度と風速の関係は、図7のとおり風が弱いときに濃度が高まる傾向で図4と同じである。したがって、前項の土管理設工事後の検討を踏まえれば、降雨に伴う図6(a)、(b)の検出開始時間の差異は、放出が始まるタイミングの違いと解するよりも、図6(b)の場合、雨が降り止むころの風は同図中段の変化図のように乱れが大きかったため拡散が進み、大気が安定化した夕刻以降に濃度が検出されるようになったのであり、放出はそれ以前から始まっていたと考える方が妥当でないかと思われる。また、この2事例の濃度が増加したときの状況は、時間軸を拡大した図8のようにH<sub>2</sub>Sは連続して検出されており、図5に比べれば持続性がみられた。

次に、図9は北側において2003年8月21日～23日の3日間、連続して50ppb以上のH<sub>2</sub>S濃度が検出されたときの事例である。この時期は雨が多く、断続はあったものの先行する14日～20日の間は毎日降雨を記録していた。図9下段に示した竹の内周辺のアメダス観測地点でも20日20時まで1mm/h以上の降水があった。H<sub>2</sub>Sは北側において降雨期間中から検出され、夜間に濃度が増加する変化を繰り返していた。大きく増加したのは雨が降り止んだ翌21日の19時以降であるが、濃度の変化は大気の拡散状態に依存するため、直ちにこのときに放出が強まったとはいえない。ここで特筆すべきは濃度を増加させるような放出が降雨以降数日間続いたことである。長雨との関連など覆土の効果を評価する場合は留意が必要であろう。

ところで、南側では2003年8月4日に全期間を通じての最大値460ppbが出現している。このときの変化図を図10に示した。前後には測定器不調による欠測が生じており、その間で記録した最大濃度であった。しかし、時間軸を拡大した変化の様子は図11のとおりで、降雨に伴う図8の変動に似ている。また、図12の風速との関係を見ると風が弱いときに濃度が高まっており、現象としての異常性はない。

このとき、竹の内周辺のアメダス観測地点では図10のように川崎で11時～12時の間に3mmの降雨を記録しただけである。一過性、局所的なものであったため、これだけでは竹の内では雨が降ったかどうかはわからない。しかし、図10において白石で11時に起きた気温低下は降雨と連動していないものの、川崎では降雨があったときに気温の一時的な低下があり、竹の内においても丁度この時間に一時的な気温低下を観測していること、また、気象庁のホームページから引用した図13のレーダーエコーによれば、川崎上空の雨雲はその縁が竹の内にかかっていたことから、降雨の積極的な証拠は得られていないもののしゅう雨が降った可能性は残っているため、本事例は降雨後変動であると判断した。

このように覆土した状態でも、降雨後には敷地境界において主に風の弱まる夜間にH<sub>2</sub>Sが高い濃度で検出される現象が生じていた。2002年12月～2004年11月の期間では、表2で緑色に塗り分けたのが降雨後に現れた50ppb以上の日最大値であり、日数的には北側9日、南側13日と南側の方がやや多い。2003年8月下旬～9月上旬は北側、南側双方で検出され、9月下旬～11月は南側だけ、2004年は北側だけの検出となっている。また、2003年に比べ2004年は発生が少ないが、処分場の状態に基づくものなのか、気象条件等に関係するものなのか、更には長期的傾向として判断してよいものなのかを含め、今後とも注意して監視していく必要がある。

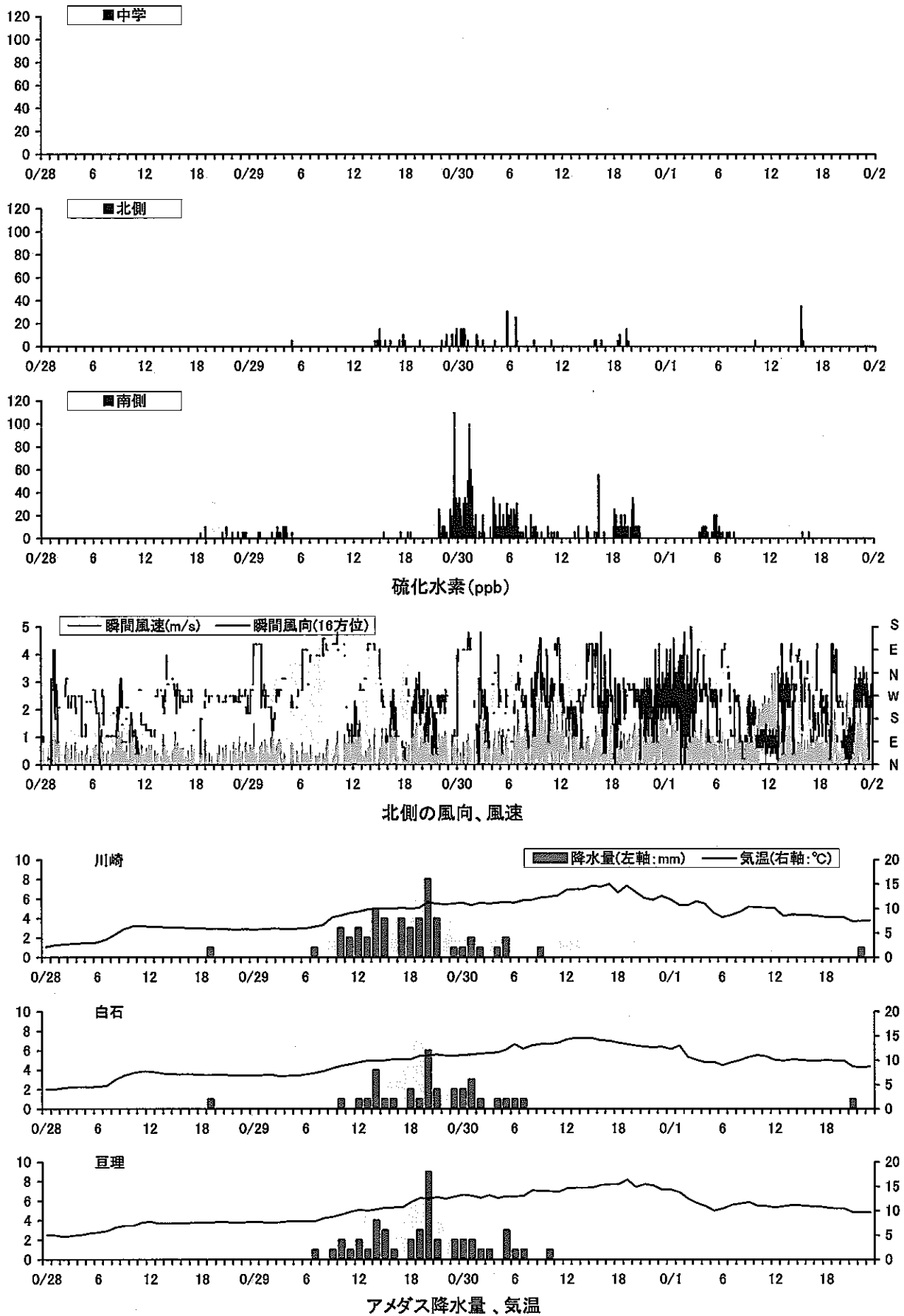


図6(a) 硫化水素と気象要素の変化図 (2003年11月28日~12月1日)

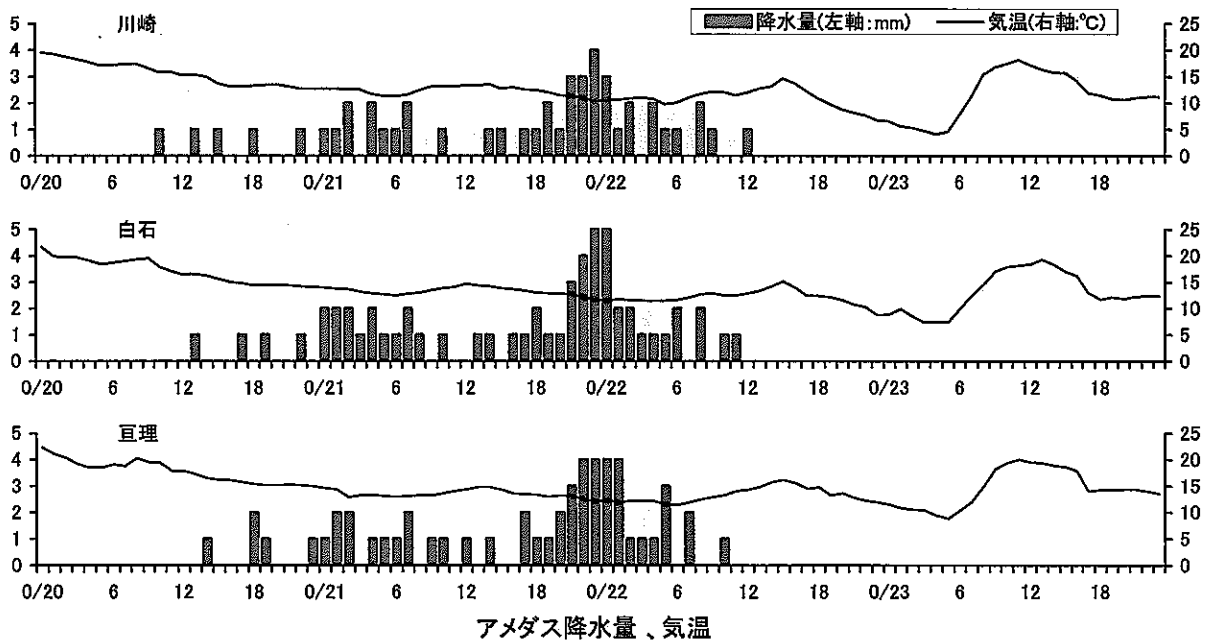
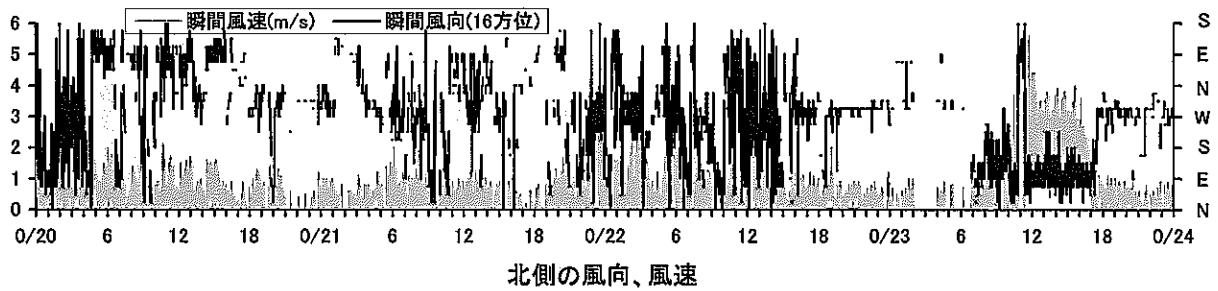
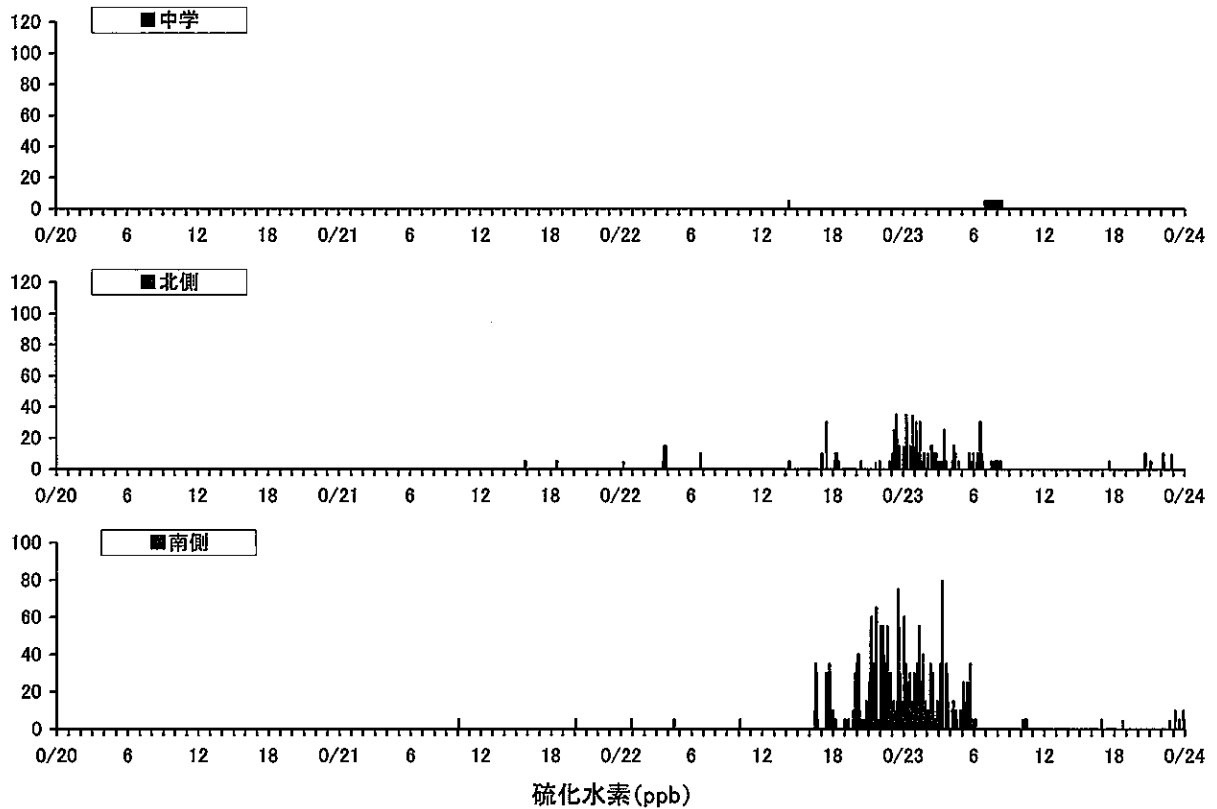


図6(b) 硫化水素と気象要素の変化図 (2003年9月20日~23日)

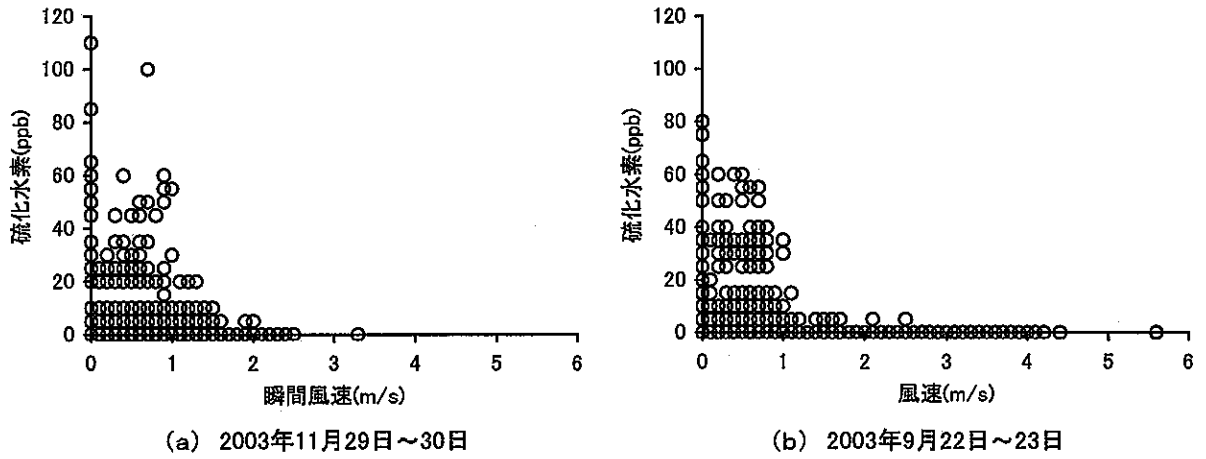
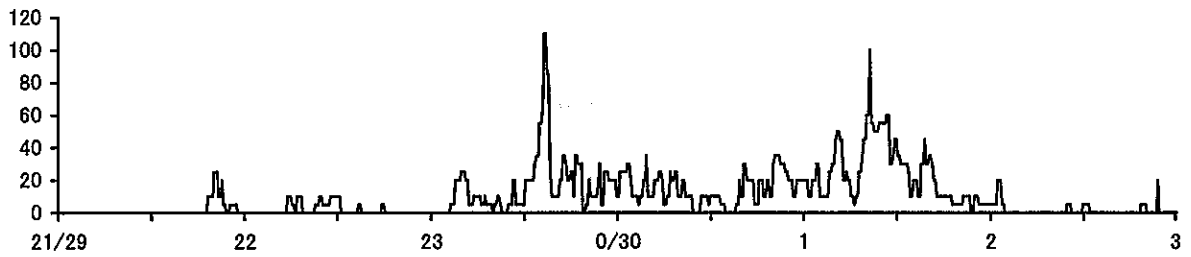
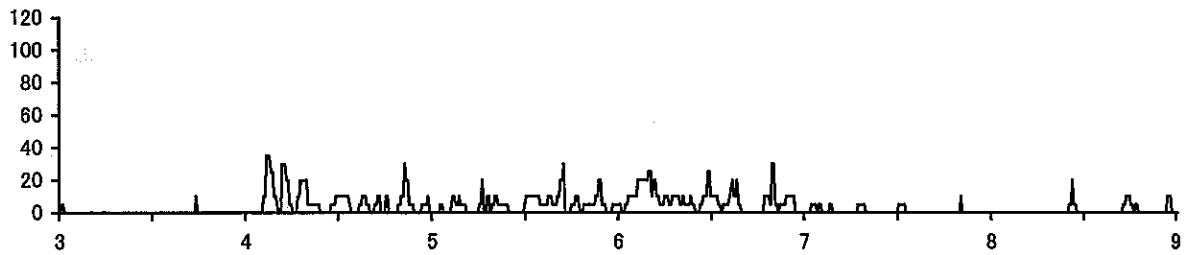


図7 硫化水素と風速の関係(南側)



(a) 2003年11月29日21時～30日9時



(b) 2003年9月22日15時～23日3時

図8 南側における硫化水素変化(ppb)

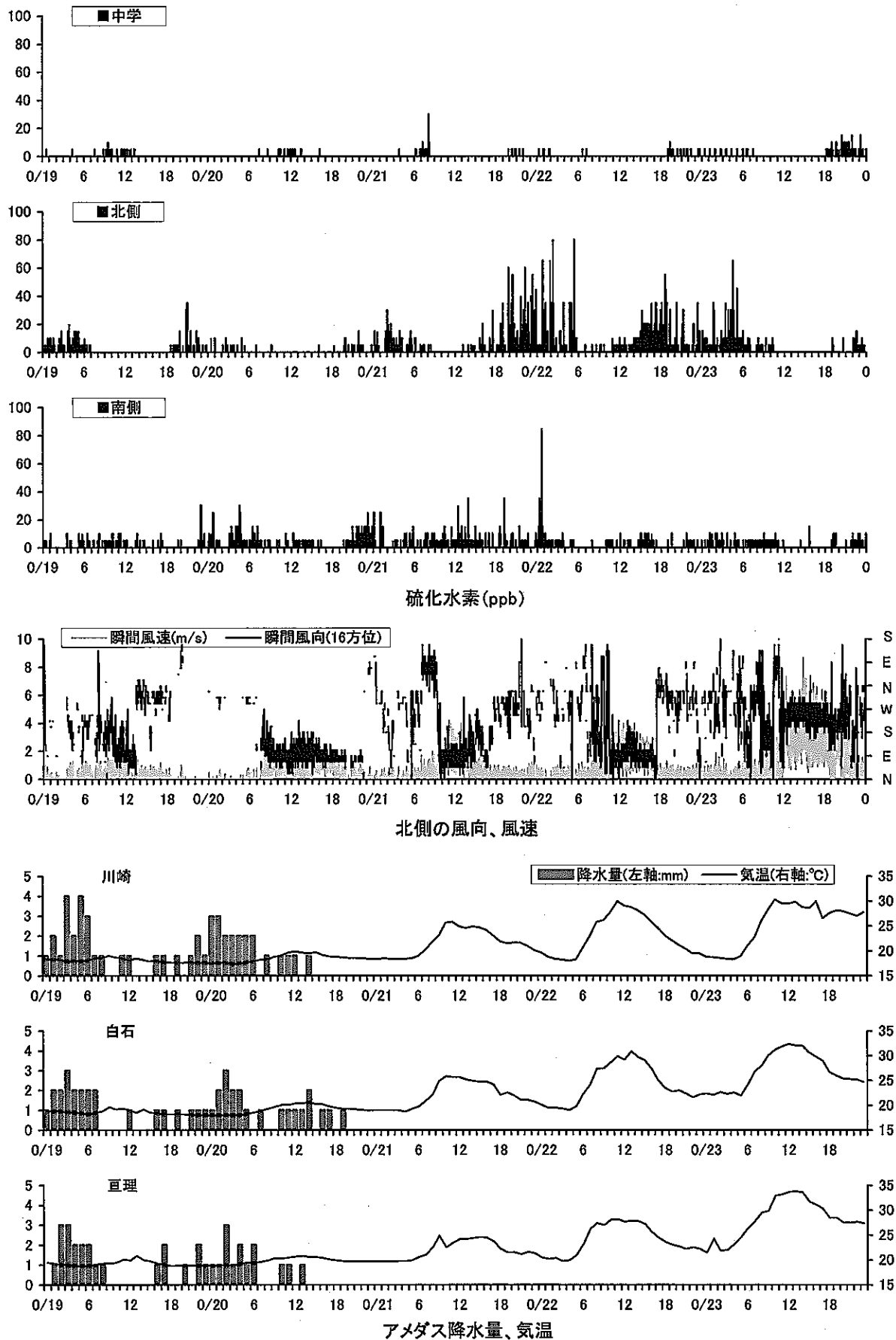
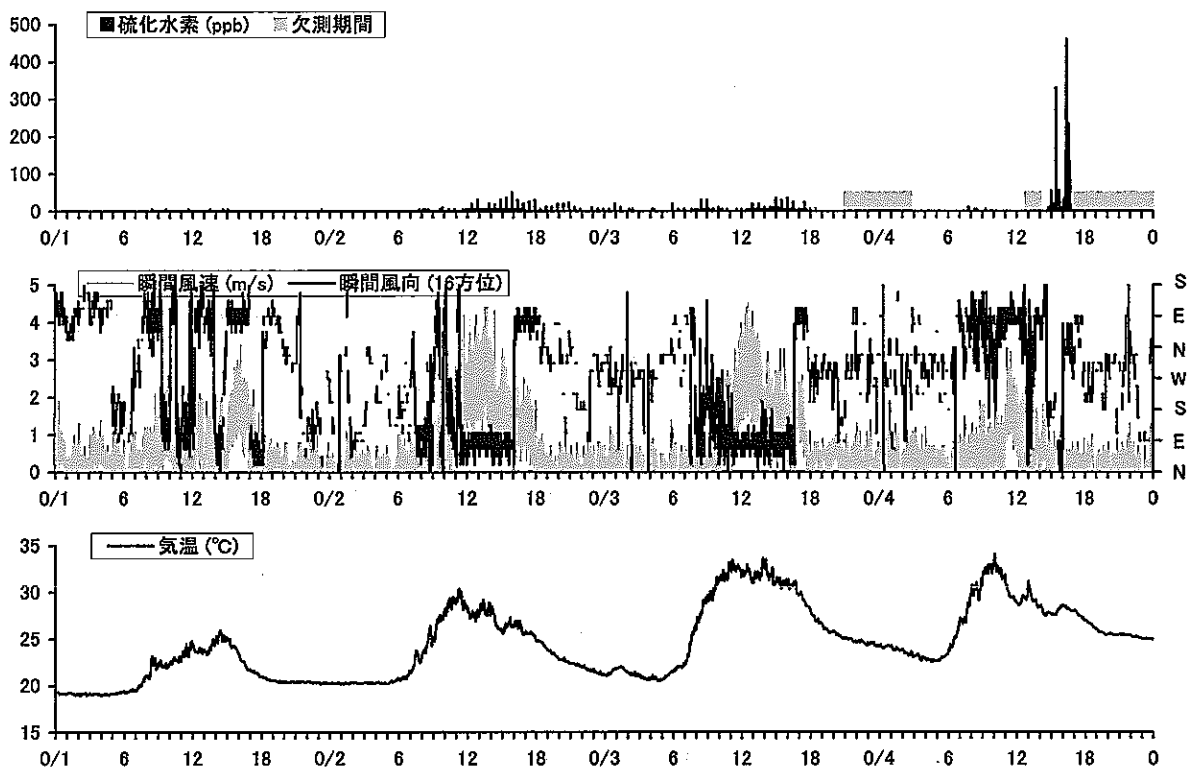
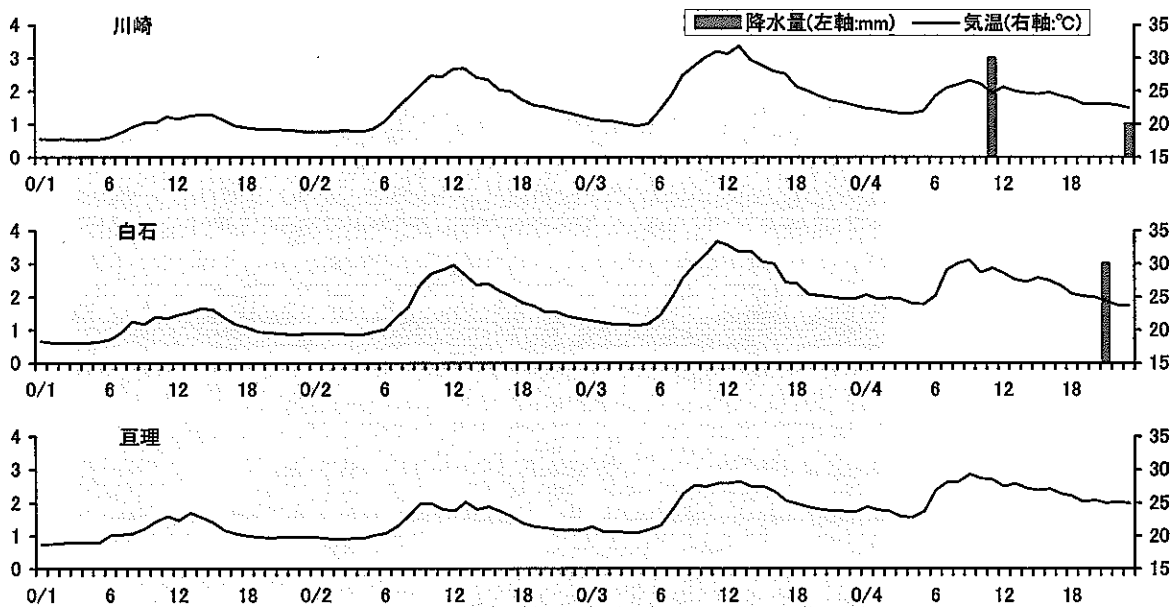


図9 硫化水素と気象要素の変化図 (2003年8月19日~23日)



(a) 南側、H<sub>2</sub>S及び気象要素



(b) アメダス降水量、気温

図10 南側における2003年8月1日~4日の濃度増加

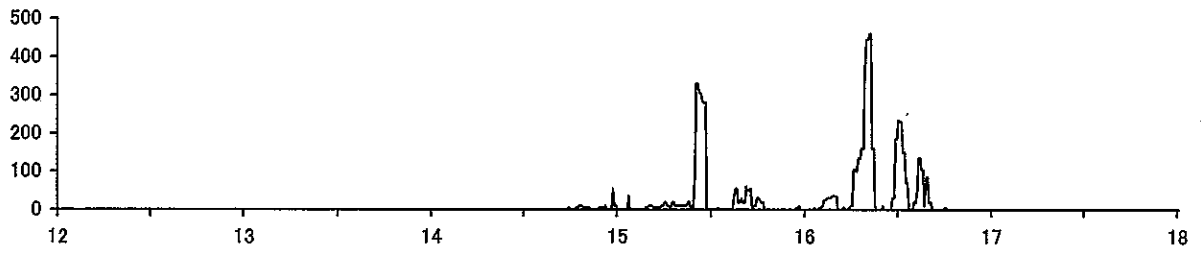


図11 南側における硫化水素変化(ppb、2003年8月4日12時～18時)

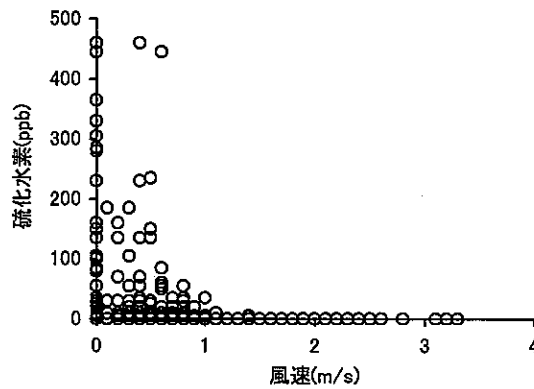


図12 硫化水素と風速の関係  
(南側、2003年8月4日)

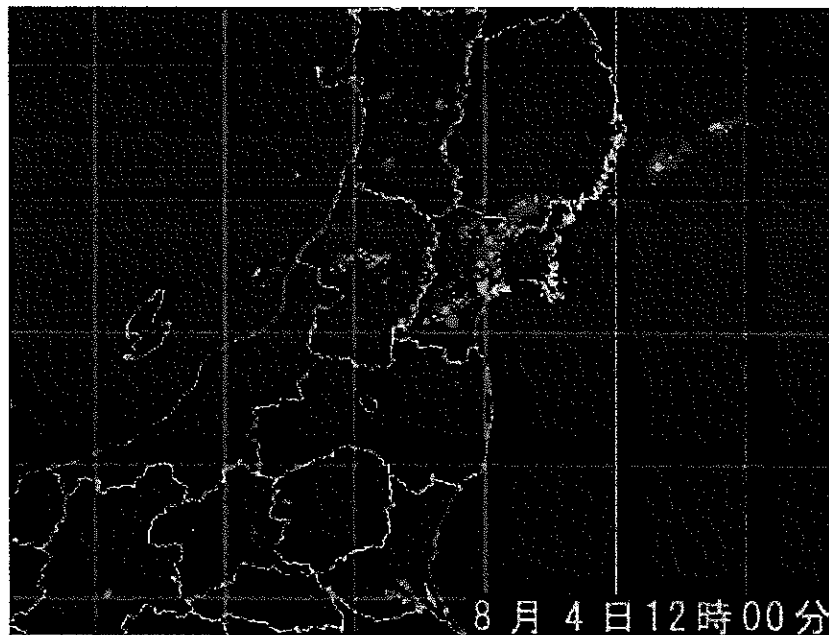


図13 レーダーエコー(2003年8月4日12時)  
気象庁ホームページから引用し、竹の内産廃処分場の位置を赤色の丸印で加筆した。



#### (4) 中学における濃度増加の事例

2004年4月27日は図14に示したとおり、中学において23時過ぎからH<sub>2</sub>S濃度が増加し始め最大85ppbが現れている。竹の内周辺のアメダス観測地点では26日22時～28日9時の間に降雨があり、時間軸を拡大してみた図15のH<sub>2</sub>S変化の様子は前記の降雨後変動と似ている。また、図16の風速との関係でも風の弱いときに濃度が増加する傾向であったことなど、濃度変化の状況は降雨後変動の場合と同じである。

しかし、このときは図14のように敷地境界の北側、南側ではほとんど検出されていない。H<sub>2</sub>Sの発生源を処分場とするならば、風が弱く拡散があまり働かないときに濃度が増加していることから、敷地境界ではより高い濃度が検出されるはずである。敷地境界の北側、南側にかからないところから放出され中学に到達したものなのか、或いは処分場以外の発生源を想定しなければならぬのか解析しきれておらず、表2では降雨に関係する可能性のある変動として分類した。

#### (5) その他の特異変動

表2で瞬間的な増加と分類したときの事例をいくつか図17に示した。ある時間だけ瞬間的に急増している場合、或いはその後に周期性の微弱な増減が現れている場合である。多くは日中に発生していることから人為性も感じるが、南側の2003年3月17日のように夜中の発生もあり、原因はつかめていない。中学における全期間最大値350ppbはこのような状況で発現したものであった。

次に、表2で欠測直後の増加と分類したのは図18のような場合である。本モニタリングで用いているH<sub>2</sub>S計は、規定流量の試料空気を吸引できなくなると測定を停止し、流量を確保できるようになったときに自動的に回復する機能があり、この場合が唯一自動的に測定を再開できる構造となっている。図18で欠測が生じたとき測定器の点検は行っておらず、自動的に立ち上がっていた。ダストフィルターの目詰まり等による試料流量の低下が起きていたことになるが、その回復直後に一時的に指示値が大きくなったものである。このような事例は表2のように頻発している。流量低下という機器固有の障害に合わせて環境中のH<sub>2</sub>S濃度が数多く増加するのはあまりに不自然であり、限りなく異常値に近いと考えているが、実験で再現できないためデータの棄却は行っていない。

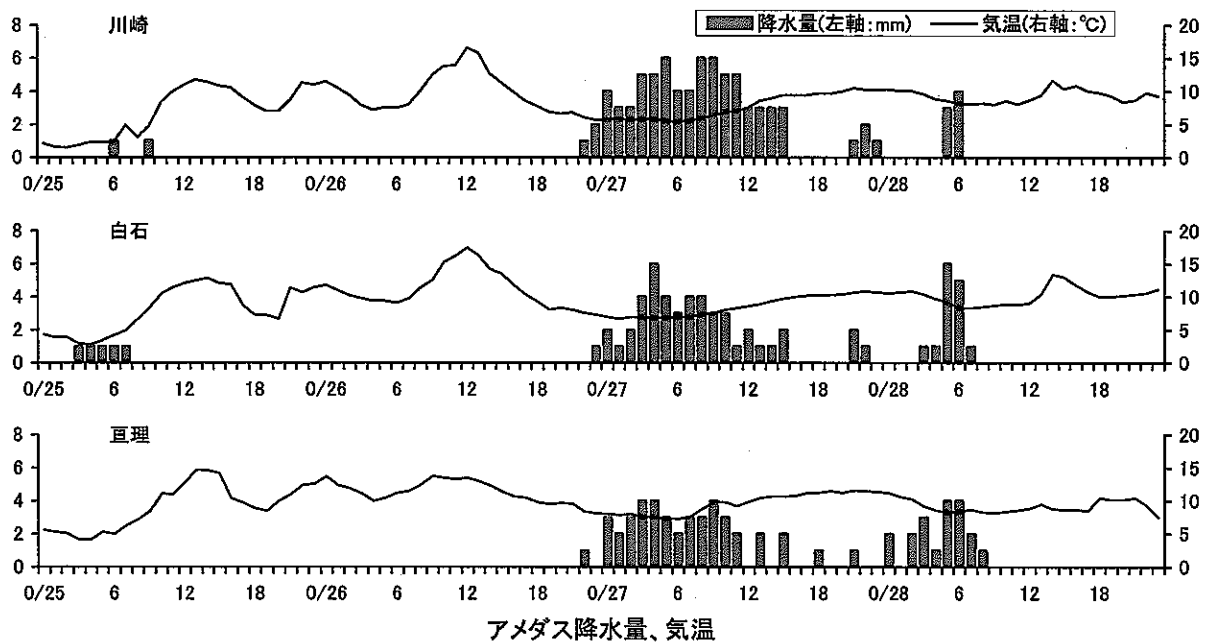
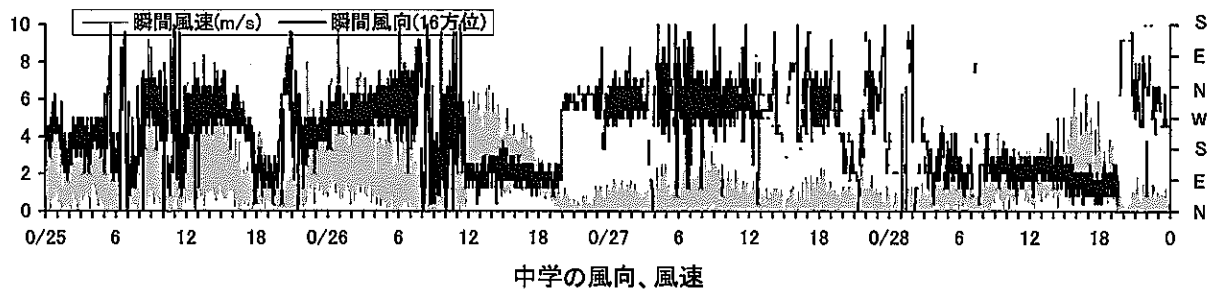
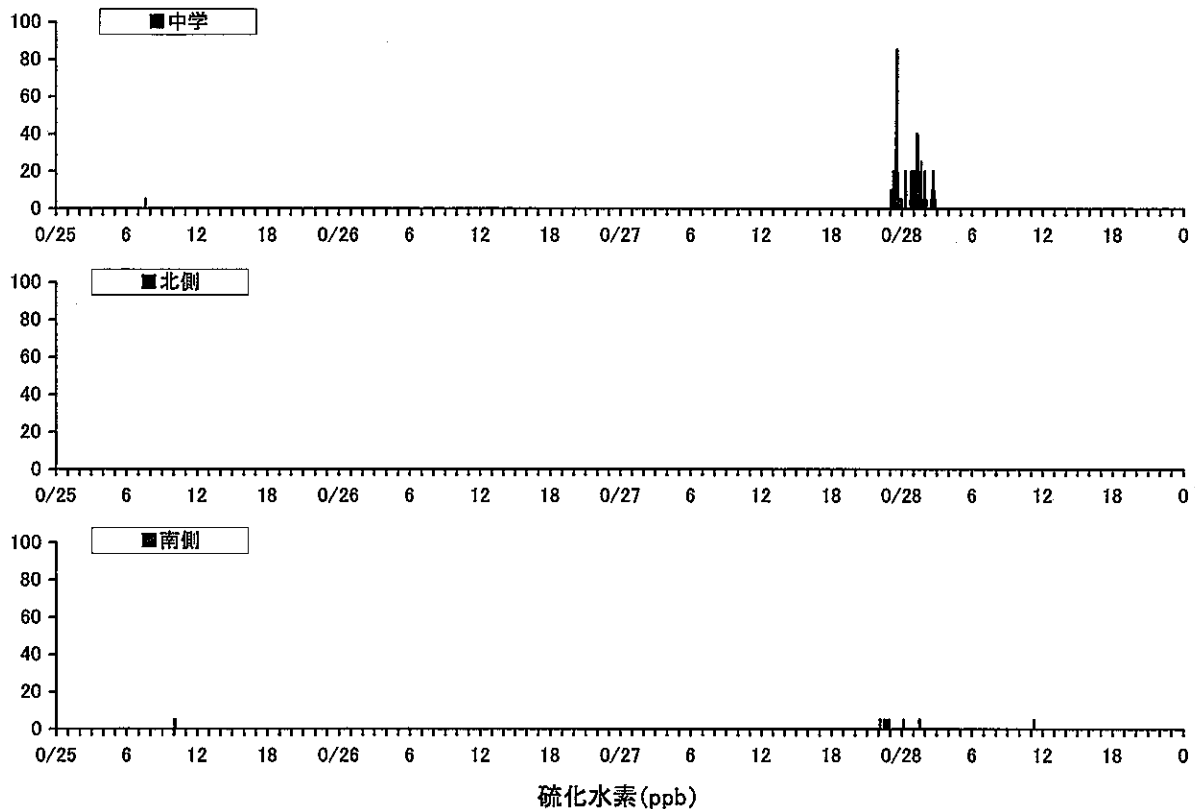


図14 硫化水素と気象要素の変化図(2004年4月25日~28日)

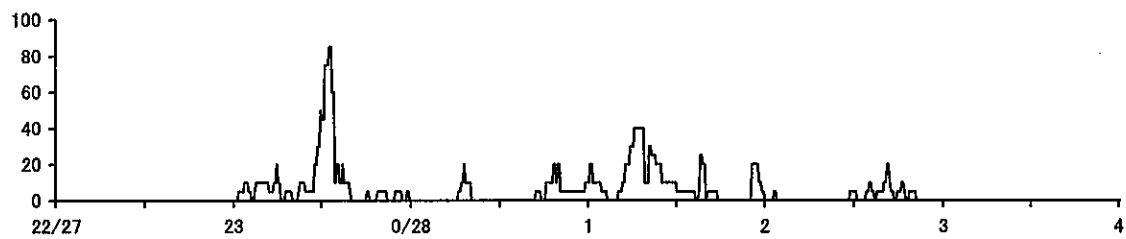


図15 中学における硫化水素変化(ppb、2004年4月27日22時～28日4時)

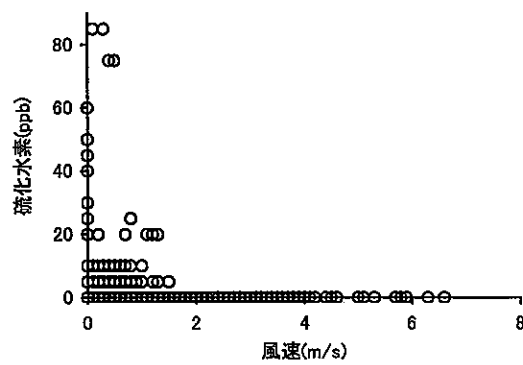
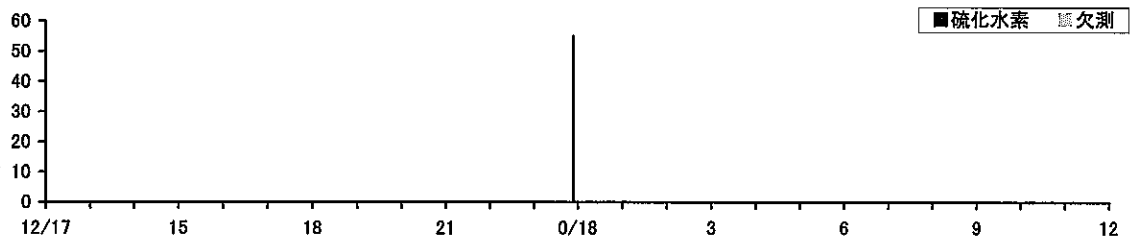
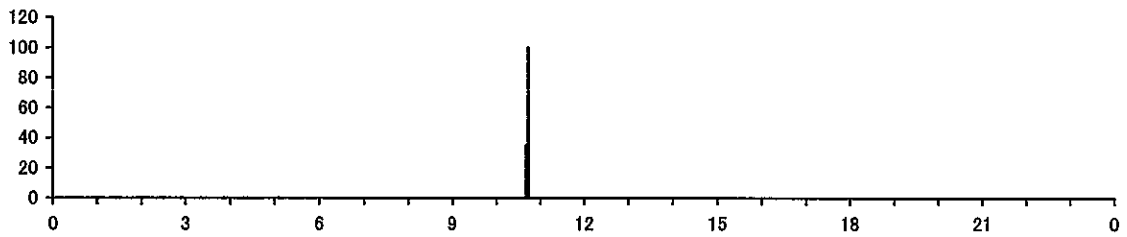


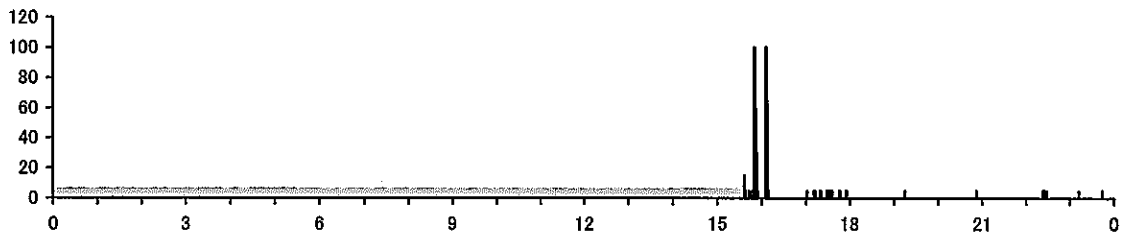
図16 硫化水素と風速の関係  
(中学、2004年4月27日～28日)



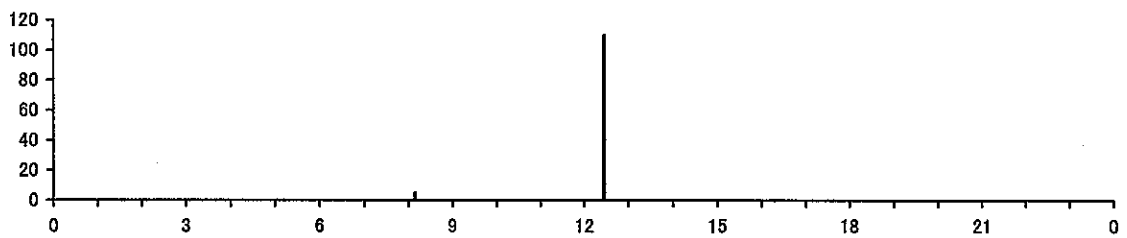
(a) 南側、2003年3月17日～18日  
※時間軸の目盛に注意



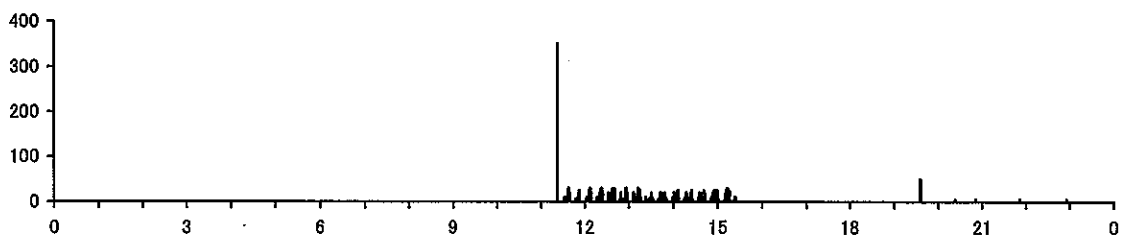
(b) 北側、2003年6月6日



(c) 北側、2003年6月20日

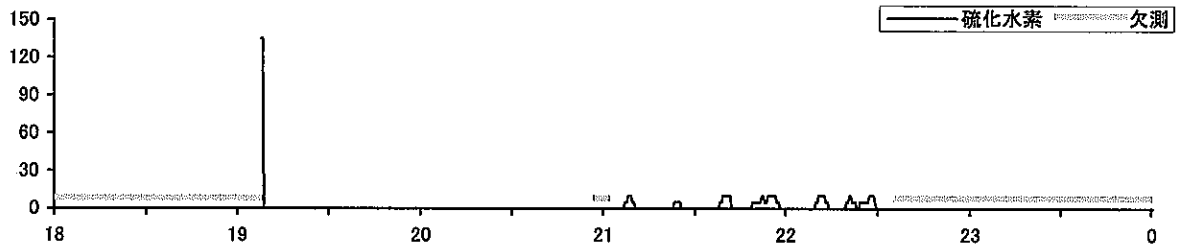


(d) 北側、2003年7月13日

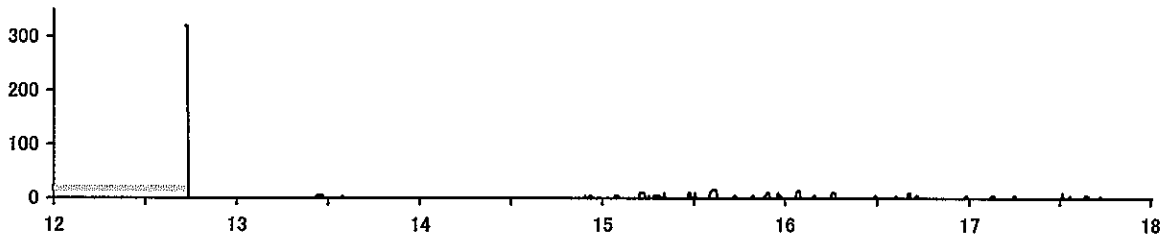


(e) 中学、2003年8月7日

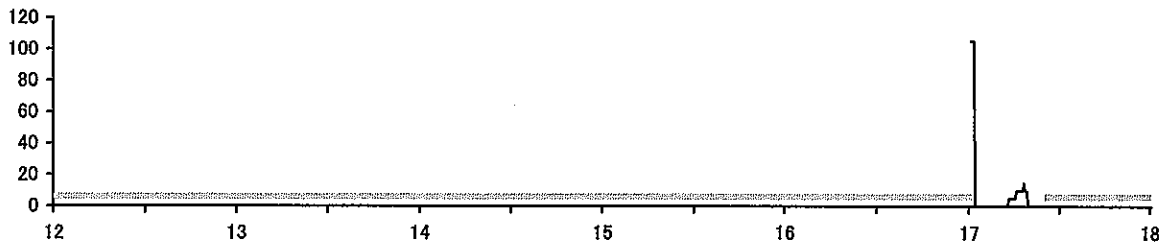
図17 瞬間的に濃度が増加したときの硫化水素変化例(ppb)



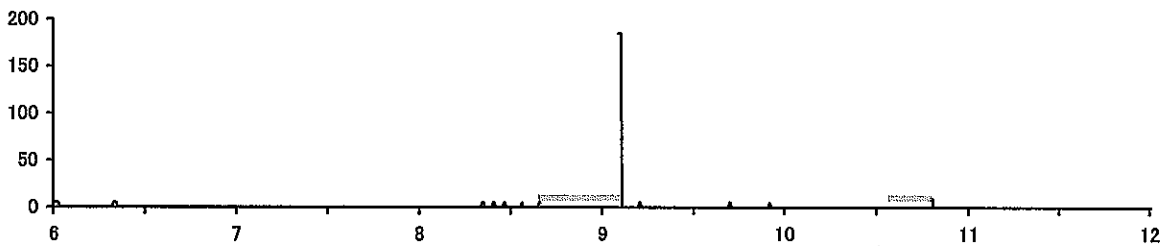
(a) 中学、2004年7月5日



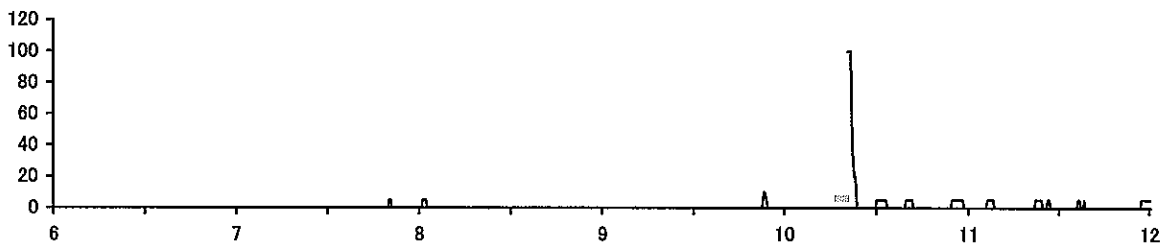
(b) 中学、2004年7月23日



(c) 中学、2004年8月2日



(d) 北側、2004年7月25日



(e) 南側、2004年7月30日

図18 欠測直後に濃度が増加したときの硫化水素変化例 (ppb)

### 3 まとめ

竹の内産廃処分場の敷地境界及び周辺環境における 2002 年 12 月～2004 年 11 月の H<sub>2</sub>S モニタリングデータの解析を進めており、これまでのところ以下の結果を得ている。

- (1) 50ppb 以上の H<sub>2</sub>S 濃度が出現した日は中学 28 日、北側 38 日、南側 25 日であり、期間を通じての最大値は中学 350ppb、北側 235ppb、南側 460ppb であった。
- (2) 処分場内で実施した土管理設工事 (2003 年 2 月) 及び埋立廃棄物量等調査や有害物質分布等調査における表層ガス等調査・ボーリング調査 (2004 年 9 月末以降) に伴って覆土の状態が変化し、その後に敷地境界で最大 235ppb の H<sub>2</sub>S が検出された。常時はこのような現象は生じていないため、覆土による H<sub>2</sub>S の放出抑制は有効である。
- (3) ただし、覆土された状態でも降雨後には敷地境界において 100ppb オーダーの H<sub>2</sub>S が検出されることがあり、ときには数日間続く場合があった。解析期間内では、降雨後に日最大値が 50ppb 以上となった日を北側で 9 日、南側で 13 日確認しており、覆土の効果を評価する場合は留意が必要である。
- (4) 中学でも降雨後に日最大値が 50ppb 以上となった日を 3 日確認しているが、このときはすべて敷地境界の北側、南側における濃度が中学よりも低かった。北側、南側にかかりにくいところから放出された H<sub>2</sub>S が中学に到達したものなのか、或いは処分場以外の発生源を想定しなければならぬのか原因は特定できていない。
- (5) H<sub>2</sub>S は風が弱いときに濃度が高まる傾向であり、夜間は大気が安定化して風が弱まりやすいことから、夜間に H<sub>2</sub>S が高い濃度で出現することが多い。
- (6) モニタリングデータの中には、瞬間的に増加する場合や欠測直後に増加している場合など、特異的な変動を示しているものがある。