

表層ガス調査について

岐阜市椿洞地区表層調査結果報告書

平成16年9月26日

信州大学工学部

1. 目的

今回実施する表層調査技術は、対象サイトの汚染土壌中の炭酸ガス濃度を測定し、その濃度分布を解析することにより、迅速・容易に汚染源の推定や範囲の推測できるものである。

具体的には、サイト内の土壌に 100cm 程度の深さに管を差し込み、そこから土壌ガスを採取して、そのガス中の炭酸ガス濃度を測定する。土壌中に有機物が存在すると、微生物の働きにより土壌中の酸素を利用して有機物の分解が起こり、炭酸ガスが発生する。そのため、有機物濃度が高い地点は一般的に炭酸ガス濃度が高くなっている。測定した炭酸ガス濃度の分布を解析することにより、有機物による汚染の範囲や汚染源の推定が可能となる。

本技術の活用により以下の効果がある。

- ・ これまで有機物汚染の範囲の推測や汚染源の検討は、ボーリングにより土壌採取して、その土壌有機物を分析することにより推測していた。しかし、本発明により、ボーリングという手間とコストをかけることなく、表層ガス調査のみで可能である。
- ・ 今まで一般的に使用されているPIDデテクターによる表層ガスの検討では、その直下の揮発性有機物分布しか推測できなかったが、土壌中のCO₂濃度を測定することで、エリア全体の汚染の分布を知ることが出来る。また、本技術で使用するエコプルーブ5ではTPおよびPIDによる炭化水素濃度、CO₂濃度の他、メタン、酸素濃度を同時に測定可能であり、地中における有機物分解の状況を総合的に把握することが出来る。
- ・ ボーリングによる調査はコストがかかるのみではなく、ボーリングマシンの導入が不可能な個所や、急斜面地域ではその機器作業が制限されるために、現実的に適用不可能な場合が多々あった。しかし、本手法では直径0.5～1cm程度のガス吸引管100cmほどを地面に挿入できれば測定が可能であるために、これまで適用不可能であったサイトでも、有機物汚染の把握が可能となる。
- ・ 本方法ではボーリングマシン等の大掛かりな重機や機器を用いなくて済むために、火気の制限の厳しいサイトでも床面に吸引管が挿入できる穴を開けることにより、測定することが可能である。

これらの特徴を有するモニタリング法は清水建設(株)が保有する技術であることから、清水建設(株)が主体となり、本表層モニタリング技術を使用して、岐阜市椿洞地区不法投棄現場の表層調査を実施した。



写真1 調査現場上部の廃棄物堆積状況



写真2 調査現場斜面下部の廃棄物堆積状況

2. 調査概要

2 - 1 調査日時 :平成 16 年 8 月 30 日および 31 日

2 - 2 調査実施者

調査ポイントのマーキング :大日コンサルタント(株)コンサルタント事業部

表層調査 :清水建設(株)技術研究所

2 - 3 調査方法

開孔方法:

斜面地のポイントでは垂直に 1m を開孔。するために、日立充電式ハンマードリル DH24DV 型を使用し、その他のポイントでは、日立電動式ハンマードリル DH45 型を使用した。



写真3 ハンマードリルを用いた開孔状況

ガスの採取方法

ハンマードリルにて開孔した直径約 10 mm の孔に、直径 6 mm のアルミニウム製ガス採取管を挿入。深度 1m におけるガスを採取した。採取には下記に示す「エコプルーブ5」では内蔵する吸引ポンプにて、ガスを採取し、ガステック検知管は挿入管出口側に検知管を取り付け、吸引ポンプにて 100 mL の地下ガスを採取し検知管にて硫化水素を測定した。

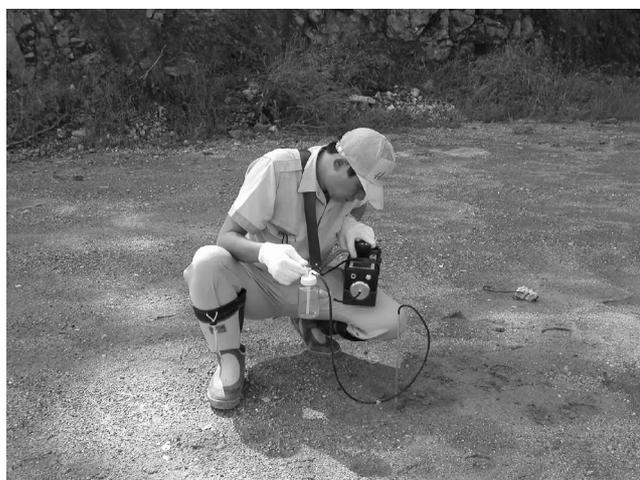


写真4 エコプルーブ5を用いたモニタリング状況

濃度の計量方法

RS ダイナミックス社製「エコプルーブ5」にて TC、PID、CH₄、CO₂、O₂ を測定。

TC:全炭化水素。IR 検出器にておもに直鎖炭化水素を測定

PID:PID 検出器にておもに芳香族炭化水素、有機塩素系化合物を測定

ガステック検知管:H₂S

上記で得られた TP(全炭化水素)、PID (VOC,芳香族炭化水素主体)、CH₄、CO₂、O₂、H₂S について、コンター図として表現する。

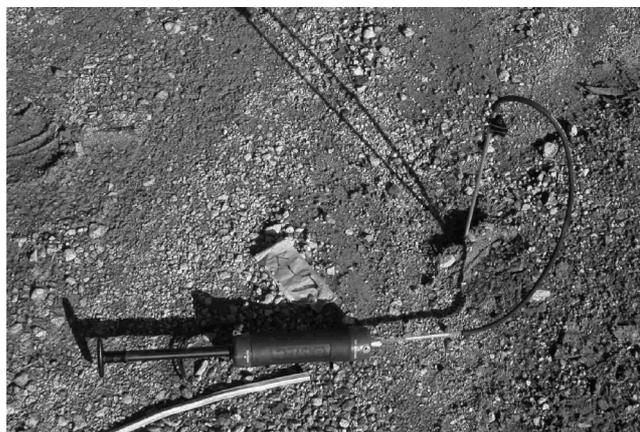


写真5 検知管による硫化水素測定状況

3. 調査ポイントの設定

調査ポイントは基本的に 30mメッシュとした。調査ポイントを図1に示す。赤字で示すポイントについて調査を行った。黒字で示すポイントはエリア外であるか、急斜面のため、調査ポイントの特

4.2 CH₄

メタンのコンターを図3に示す。空気中におけるメタンガスの爆発限界は5.3%～14%とされており、小さな数字は、爆発限界の下限であり、空気中に漏れたメタンガスの濃度が、この濃度以上に達すると爆発の危険性がある。大きな数字は、爆発限界の上限である。この濃度範囲の中で、空気が混入していると、火花が散っただけで爆発する可能性があるため、注意が必要である。14%以上のメタン濃度の場合は、このガスと空気が混合された場合に爆発のおそれが発生する。

メタン濃度が5%(50,000ppm)以上の濃度の地点は、いずれも、急斜面上部であり、CO₂と同様に、廃棄物が露出している地点の周辺にあたるE12、E13、F13、F14、G14、G16、H13、H14、I13、J12、J16、K13、K14、K16であった。その中で、メタン濃度が20%(200,000ppm)以上であった地点はF13、F14、G14、J16、K13、K14であった。

4.3 TC

TCのコンターを図4に示す。

TC濃度は、メタン濃度とほぼ同じ数値であり、コンター図もほぼ同じ傾向にあった。

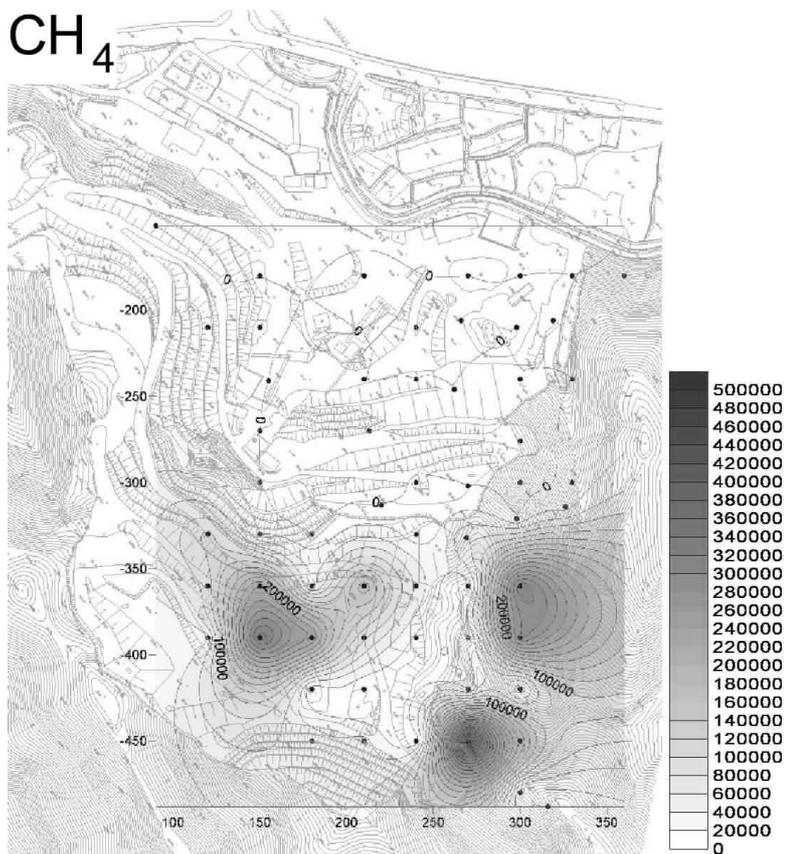


図3 土壌内メタン濃度分布

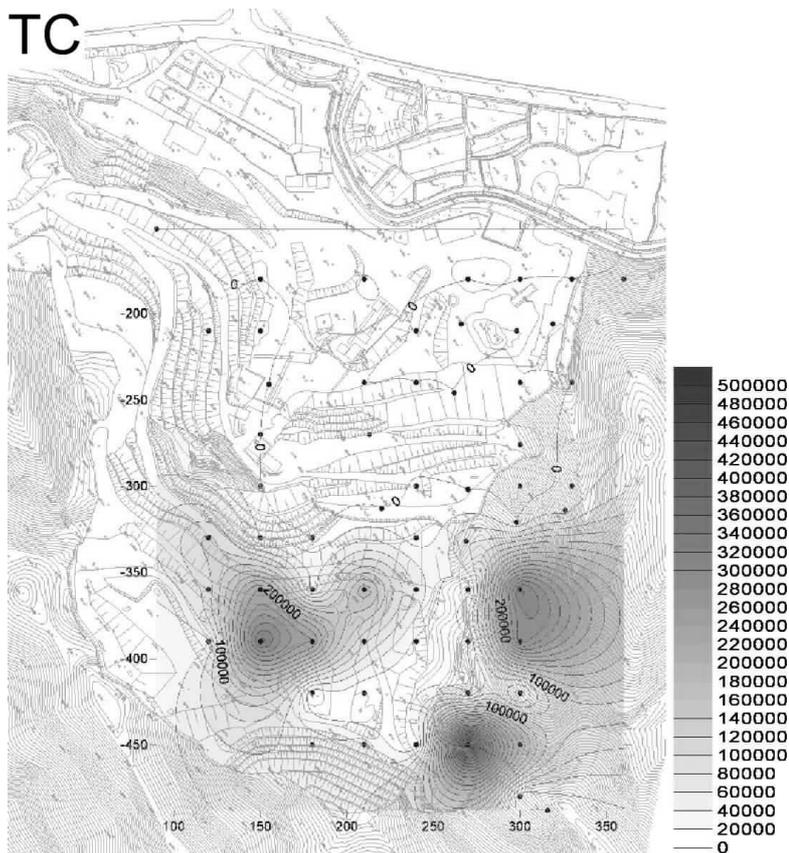


図4 土壌内TC濃度分布

4.4 O₂

O₂のコンターを図5に示す。

土壤中に有機物が存在すると、好気性微生物の働きにより土壤中の酸素を利用して有機物の分解が起こり、炭酸ガスが発生する。そのため、O₂濃度が低い地点は一般的に酸化物質が存在するか、有機物濃度が高く、酸素が消費されていることが予想される。

O₂の濃度が2ppm以下にまで低下している地点は、急斜面上部であり、E8、E14、F13、F14、H13、I12、K13、K16において、O₂濃度は低下していた。CO₂濃度が高くなっている地点とほぼ同地点であり、有機物の分解が著しく行われていることが示唆される。

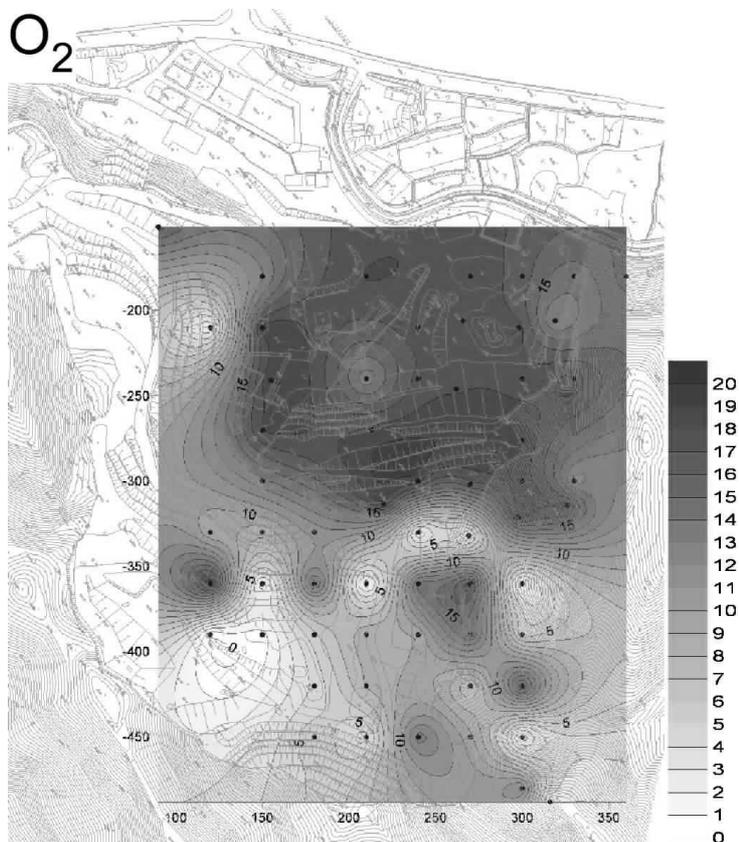


図5 土壌内 O₂ 濃度分布

4.5 硫化水素

硫化水素のコンターを図6に示す。硫化水素は可燃性で水に溶け、無色で腐敗した卵のような臭気である。高濃度では臭気をあまり感じなくなるので、極めて危険である。低濃度の場合、目・気道及び肺に強い刺激と炎症が起きる。また、高濃度の場合、意識喪失に続いて呼吸麻痺・心機能不全により死に至る。500～700ppm 15分以内にめまい、頭痛、吐き気、30～60分後、意識喪失、呼吸停止するとされている。500 ppm以上の硫化水素が検出されたのはF14、H16、K16、K17の4地点であり、K17地点(600ppm)以外の3地点では、いずれも4000 ppm以上の高濃度硫化水素が検出された。また、F14、H16、K16周辺では、大気中でも硫化水素の臭気が感じられたことから、これらの地区での安全については注意が必要である。

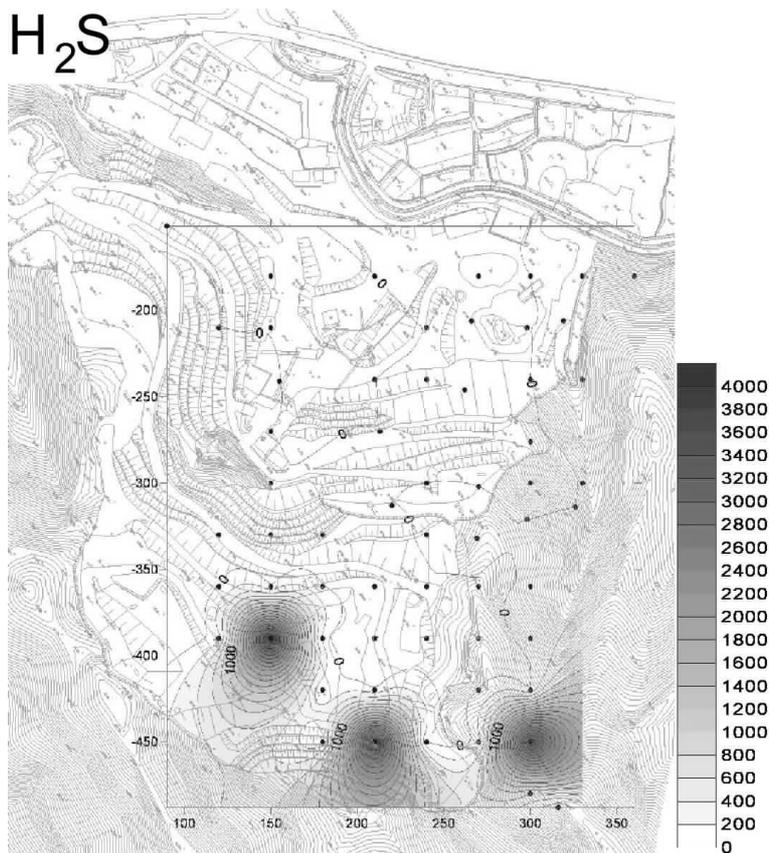


図6 土壌内 H₂S 濃度分布

5. 考察(相関図)

5.1 TCとメタン濃度との関係

図7に TC とメタン濃度との関係を示す。TC 値は全炭化水素を示し、IR 検出器にておもにメタンを含む直鎖炭化水素を測定する。

図7からTC値とメタン濃度との相関は非常によく、相関式は $Y = 1.001X + 194$ であり、TCのほとんどはメタンに由来すると考えられ、燃料油等のメタン以外の直鎖炭化水素は少ないと考えられる。

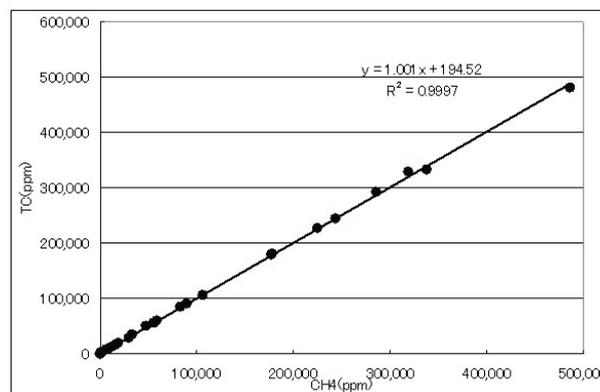


図7 TCとメタン濃度との関係

5.2 CO2とメタン濃度との関係

CO2とメタン濃度との関係を図8に示す。

メタン濃度が上昇するとCO2濃度も上昇する傾向にある。有機物は種々の微生物により可溶化され、有機酸に分解される。メタン生成細菌は大きく下記の反応によりメタンを生成する。



したがって、メタン濃度が上昇するとCO2濃度も上昇することは十分にあり得る現象である。

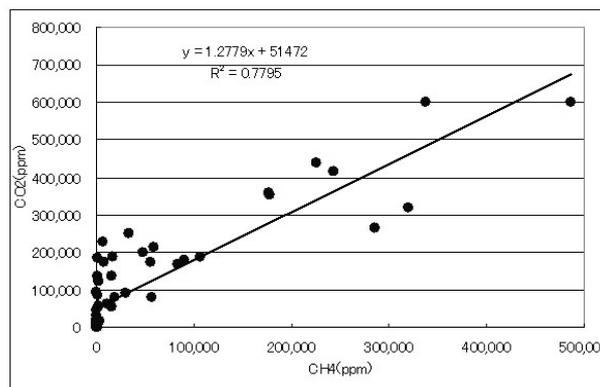


図8 CO2とメタン濃度との関係

5.3 酸素濃度とメタン濃度との関係

酸素濃度とメタン濃度との関係を図9に示す。酸素濃度が低下するとメタン濃度が高くなる傾向にある。

土壌中に有機物が存在すると、土壌中の酸素は有機物を酸化し、酸素は消費される。土壌中が嫌気性条件になることで、上記の式のように、メタンが生成する。

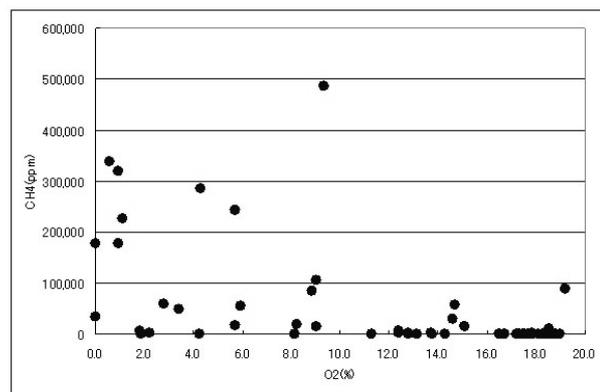


図9 酸素濃度とメタン濃度との関係

5.4 酸素濃度と硫化水素濃度との関係

酸素濃度と硫化水素濃度との関係を図10に示す。ほとんどのポイントは酸素濃度に関係なく硫化水素の生成は認められていない。しかし、4ポイントについては高濃度の硫化水素が発生している。

廃棄物中に硫酸イオンが存在すると、嫌気

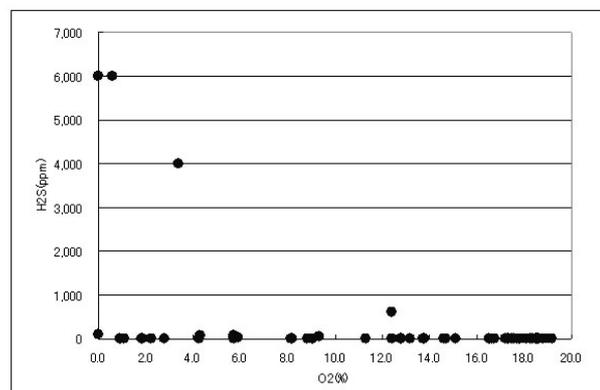


図10 酸素濃度と硫化水素濃度との関係

性条件下では、硫酸還元菌により、硫酸イオンが還元され、硫化水素を生成することが知られている。したがって、上記4ポイントでは、廃棄物中に硫酸イオンを多く含有する地点があり、嫌気性条件下にて硫酸還元菌が硫酸を硫化水素に変化させたものと考えられる。

5.5 L8ポイントにおける調査結果

写真6にL8ポイントの廃棄物の体積状況を示す。L8ポイントについては急斜面下部の比較的古く、表層に露出している廃棄物の境界部分であったことから、縦方向で覆土の下部、および横方向の廃棄物層の中についてガス調査を行った。その結果、廃棄物層の中でのガス分析(横掘削)に比べ、深度方向への掘削を行ったガス分析の方がいずれの項目も高い数値を示した。深度方向は、上部に覆土されていることから、地下で発生したガス成分が、覆土により外部に気散しにくく、横方向への分析では、廃棄物層単独では、比較的外気との接触の機会があり、発生したガスの気散もしやすく、また、酸素も廃棄物層内に進入しやすく、酸化状態にあるのではないかと考えられた。



写真6 斜面下部廃棄物の状況(ポイントL8)

表1 L8ポイントにおける調査結果

	CH4(ppm)	CO2(ppm)	O2(%)	H2S(ppm)
L8縦	2,424	56,460	128	1
L8横	159	19,524	185	0

5.6 ボーリング井戸中のガス濃度測定結果

J13ポイント近傍に位置するボーリング井戸の蓋を開け、井戸管頭部から深度1mの地点でガス採取を行った。ボーリング井戸の蓋を開けると、40～50 程度の熱風が井戸内部から吹き出し、そのガス濃度はメタン28%、CO2が38%、酸素は1%、硫化水素は250ppmであった。

6. まとめ

調査結果は上記に記載した通りであるが、今回の調査結果の中で毒性の強い硫化水素および爆発の可能性の高いメタンについて図9にまとめた。

メタン

空気中におけるメタンガスの爆発限界は5.3%～14%とされており、図9の黄色のマーカーは5.3%以上の濃度のポイントについてマーキングした。

爆発限界濃度範囲の中で、空気が混入していると、火花が散っただけで爆発する可能性があるため、注意が必要である。また、14%以上のメタン濃度の場合は、このガスと空気が混合された場合に爆発のおそれが発生する。むやみに掘削すると、爆発の可能性がある。

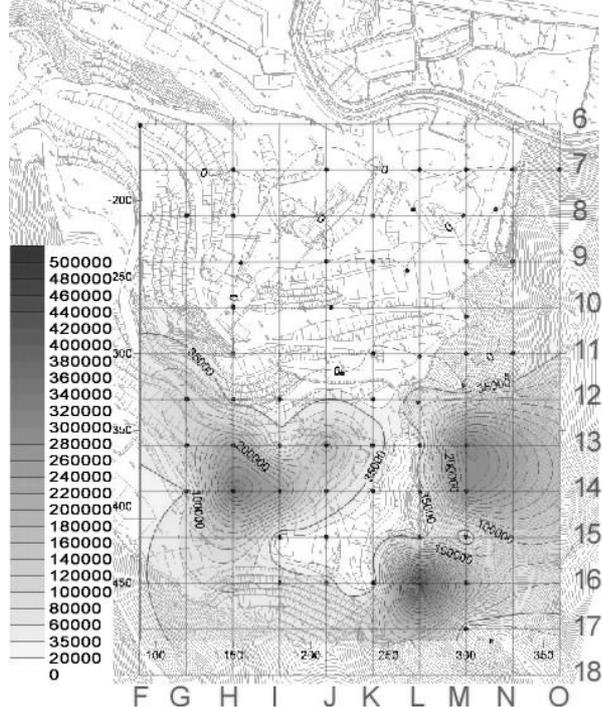
硫化水素

硫化水素は可燃性で水に溶け、無色で腐敗した卵のような臭気である。高濃度では臭気をあまり感じなくなるので、極めて危険である。低濃度の場合、目・気道及び肺に強い刺激と炎症が起きる。また、高濃度の場合、意識喪失に続いて呼吸麻痺・心機能不全により死に至る。500～

700ppm15分以内にめまい、頭痛、吐き気、30～60分後、意識喪失、呼吸停止するとされている。図9の黄色のマーカーは500ppm以上の硫化水素が検出された場所を示す。安全管理に注意を要する。

CH₄分布

図中赤線内：爆発限界下限(53,000ppm)



H₂S分布

図中赤線内：30～60分後に意識喪失および呼吸停止が起こりうる(500ppm)

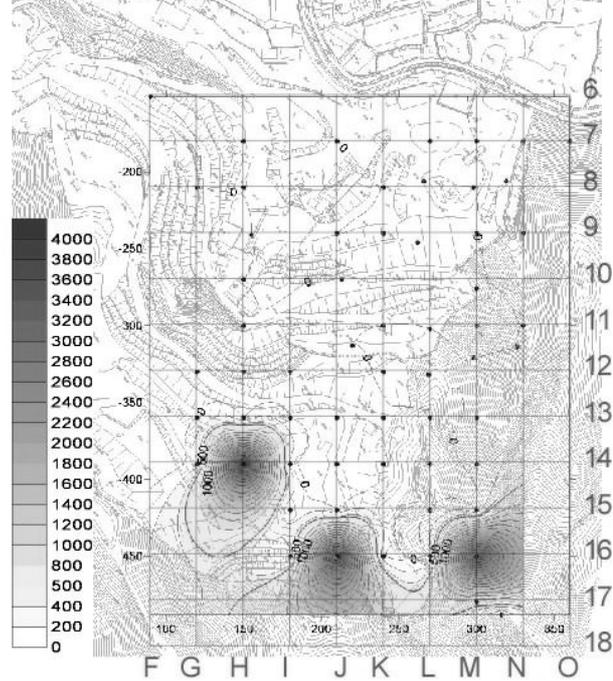


図9 メタン、硫化水素の危険濃度地区分布