

## 掘削中の某トンネル調査坑入坑経験について

星加安之・小山 裕・奥山周作・村山忍三

An experience of determination of carbon dioxide, methane and other hydrocarbons in air in prospecting tunnel

Yasuyuki Hoshika, Yutaka Koyama, Shusaku Okuyama and Ninzo Murayama

**ABSTRACT:** The prospecting tunnel was shape of a boiled fish paste (height, about 5m, bottom width, about 5.6m). The gas sampling was carried in working face (29.3°C, humidity, 75%). The point was distance of about 700m from the tunnel entrance, however, odor of hydrogen sulfide and sulfur dioxide was not detected. The concentrations of carbon dioxide increased by blasting (set a dynamite), from 0.1 to 0.5% in shunting car for retro-grade shock, that of methane was 4 to 16ppm, whereas, maximum concentrations of benzene and toluene were 65 and 150 ppb, respectively.

### 1 はじめに

長野県は山岳地帯が多く、北陸、飛騨、関東地方を直結するための重要な幹線道路があるが、道路交通整備の早急な解決が望まれている。このため、高熱地帯（熱水や硫化水素ガスの噴出の可能性がある。）を通るトンネルの施工が計画されている。しかし、我が国においては高熱トンネルの事例（昭和35～38年、新黒部第三発電所の水路トンネル、160°C。現在、北海道豊羽鉱山、90°C）は、乏しく、とくに地熱、熱水、火山性ガスの確認、さらには高温多湿の坑内作業環境などについて不明な点が多い。

トンネル工事の衛生と環境保全<sup>1)</sup>、鉱山における粉じんの問題<sup>2)</sup>、隧道工事出稼労働者のじん肺症の社会医学的研究<sup>3)4)</sup>、火山活動現象と水素、ネオン、アルゴンの含有量との対応<sup>5)~9)</sup>などがすでに報告されている。

我々は、昭和57年8月9日に県下の高熱トンネルの某調査坑（本坑とは別坑、併設で中心間隔25m、高さ約5m、底部幅約5.6mのかまぼこ型）に入坑を許可され、坑口より約700mの切羽部までを徒歩で見学し、切羽部での発破作業と二酸化炭素、メタンなどの炭化水素類を測定する機会をえたのでその概要について報告する。

### 2 実 験

#### 2-1 二酸化炭素定量法

水酸化バリウム法<sup>10)</sup>によった。

信州大学医学部衛生学教室

Dept. Hygiene, School of Med. Shinshu Univ.

#### 2-2 臭 気

直接臭気強度表示法によった。

#### 2-3 メタン及び炭化水素定量法

Table 1 にガスクロマトグラフの分析条件を示した。

### 3 結果及び考察

#### 3-1 坑内視察概要

Table 2 には坑内でのタイムスケジュールを示した。

Table 2 に示したように、午後2時30分に坑口に到着、ここでは硫化水素、二酸化硫黄等の臭気及び刺激等は感知しなかった。坑内に入っても臭気は、同様に感知しなかった。徒歩で坑口より約700m入り、2時50分ごろ切羽部についた。ここでも同様に臭気は、感知しなかった。気温29.3°C、湿度75%。ここで、発破前に第1回目の坑内ガスを10lのテドラバッグに採取した（以後メタンおよびその他炭化水素類もこの試料を用いて分析した。）。その後、切羽部から約100m坑口方向に置かれた待避用車輦内（空気ボンベ等設置。）で待機した。3時25分発破。発破直後は待避車輦の中から観察していたが粉じんが走ってせまってくるのがよくわかった。ここで、発破の衝撃を避けていたが、直ちに同車輦の右前方小窓より坑内ガス採取（第2回目）、発破直後。その後、3時27～30分に車外へ出て、微細粉じん、熱気のある中を切羽部より約20m手前まで進み、坑内ガス採取（第3回目）、発破5分後。3時35分に坑内作業者の作業（注水など）を避けつつ、切羽部にて坑内ガス採取（第4回目）、発破

Table 1 GC operating conditions for methane and other hydrocarbons

	Methane	Other Hydrocarbon
Apparatus	Shimadzu Model GC3BF	Shimadzu Model GC3BF
Column	Glass, 2m x 3mm i.d.	Glass, 3m x 3mm i.d.
Packing	Molecular sieve 5A, 60/80 mesh	5% SP-1200 + 1.75% Bentone 34 om Chromosorb W(AW, DMCS) 80/100 mesh
Column Temp.	80°C	80°C
Inj and Det. Temp.	120°C	120°C
Carrier gas flow rate	N <sub>2</sub> 35 ml/min	N <sub>2</sub> 35 ml/min
Sample Volume	5 ml	1 liter*
Detector	FID	FID

\* The sample gas was collected in the Tenax — GC (porous polymer beads, 60/80 mesh), 31 cm x 4mm i.d., glass, precolumn by adsorption at room temperature using a vacuum pump and a gas meter. The precolumn including hydrocarbons was let into the carrier gas line through with a three — way cock on the gas chromatograph.

After about 5 min (necessary for the constant flow rate of nitrogen) the trapped sample was injected into the gas chromatograph by heating the precolumn with a nichrome wire for 54 sec, at 25 to 200°C.

Table 2 Time schedule in prospecting tunnel

Time	Remarks
2:30 <sup>pm</sup>	Entrance of tunnel(not detected H <sub>2</sub> S and SO <sub>2</sub> by olfactory perception) Working to distance of about 700m from the tunnel entrance
2:50	Working face 29.3°C, humidity 75 , 1st gas sampling
3:20	Retrograde in shunting car(equipped fresh air bombe), distance of about 100m from working face
3:25	Blasting, set a dynamite
3:25-27	Retrograde shock in shunting car, then gas sampling through a front small window in the car, 2nd gas sampling
3:30	Heat small particle, in distance 20m from working face 3 rd. gas samoling
3:35-38	Working to working face, injected water for cooling, 53°C for temperature of separated small mine 4 th. gas .sampling in ambient air of working face

10分後、はく離岩石温度53℃。

### 3-2 臭気について

坑口近くには温泉があり、温泉付近では特有の硫化水素臭(温泉硫黄臭)を感知したが、1 ppm 未満であると考えられた。しかし、坑内各地点、各時間において硫化水素、二氧化硫黄等の火山性ガス臭は感知しなかった。当日は、吹付工法によるコンクリート壁からの臭気を感知する程度であった。ここでは、坑内への送風2000 m<sup>3</sup>/minによって臭気を感知できるレベルに達していないこととも考えられ、今後は火山活動による物質(硫化水素、二氧化硫黄、フッ化水素、塩化水素など)の変化に対して、一時的に膨大な、あるいは長期化の場合もありうるので微量濃度の検知でも注意が望まれる。

### 3-3 坑内二酸化炭素濃度

水酸化バリウム法による坑内二酸化炭素濃度の変化をFig.1に示した。Fig.1から明らかなように、発破前の

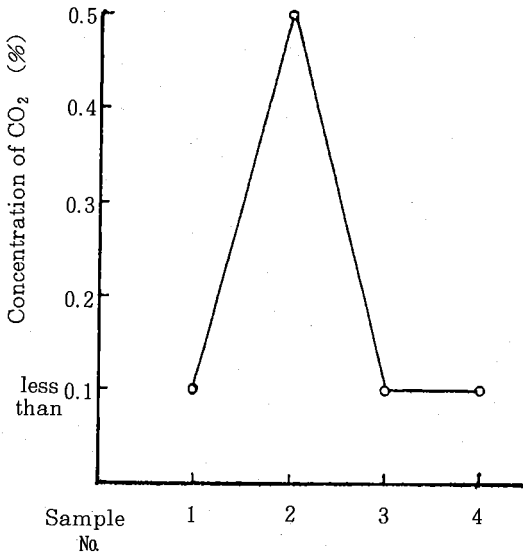


Fig. 1 Variation of Concentrations of CO<sub>2</sub>

切羽部では0.1%未満で坑外空気と大差なかった。これは、2000 m<sup>3</sup>/minの送風によるものであると考えられる。発破直後0.5%レベルに達したが、測定地点は切羽部から約100 m離れていることから注目される。

当日作業(5~6人)は、発破後1~2分で直ちに作業を開始する者もあり、比較的高濃度の二酸化炭素に暴露される可能性がある。少なくとも作業は、発破後充分な時間をおくべきであろう。坑内二酸化炭素濃度は坑内作業により変動することが考えられるので、連続測定の必要性があり、発破終了後できる限りすみやかに送

風、換気を開始することが望ましい。一方、当日の酸素濃度は約21%であったが、坑内の作業内容により、変化が見出されているので作業内容との対応を十分に把する必要がある。

### 3-4 坑内メタン濃度

ガスクロマトグラフ分析法による坑内メタンの代表的なガスクロマトグラムをFig.2に、また定量結果をFig.3に示した。

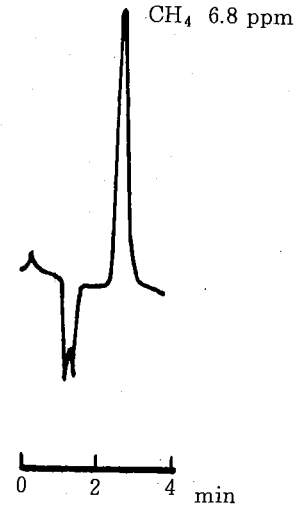


Fig. 2 Typical gas Chromatogram of methane in air (Sample No.2) in prospecting tunnel  
FID sensitivity,  $1 \times 10^2$   
Other GC Conditions are the same as in Table 1 (methane).

The concentration of methane in air in GC laboratory room was as 1.5ppm

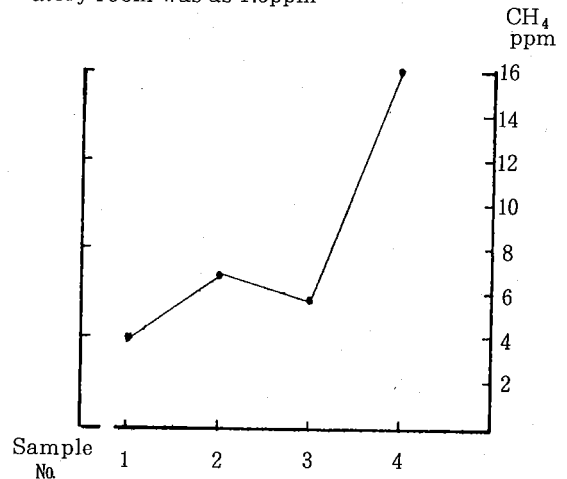


Fig. 3 Variation of Concentration of CH<sub>4</sub>

メタン濃度は3.9, 6.8, 5.8, 15.9 ppmと変化しているが、発破10分後、切羽部で最高値を検出している。このことは、発破作業とは直接関係していないように思われる。

### 3-5 その他の炭化水素類

ガスクロマトグラフ分析法による坑内炭化水素類の代表的なガスクロマトグラムをFig. 4に、また定量結果をFig. 5に示した。Fig. 4から明らかなように、トルエンについては発破5分後で濃度が低下したが、発破10分後切羽部において最大となった。ベンゼンの最大値はトルエンと同様に変化したが、エチルベンゼン、キシレンは、これらとは異った傾向を示した。

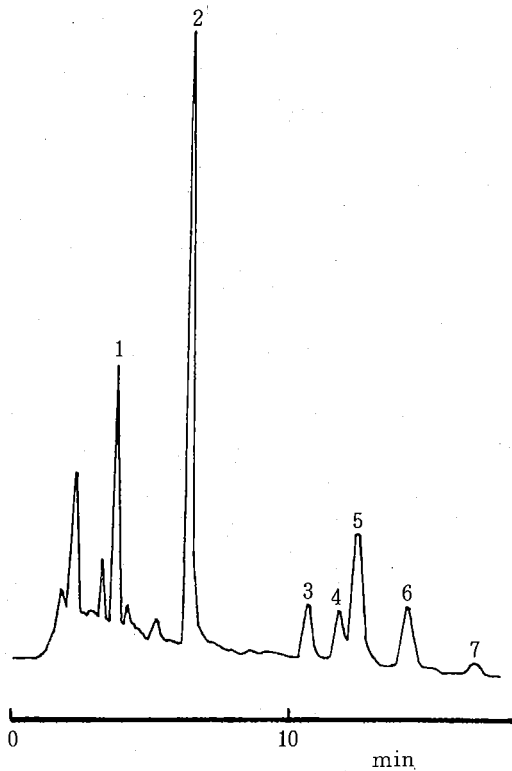


Fig. 4 Typical gas Chromatogram of hydrocarbons in air (Sample No. 3) in prospecting tunnel FID sensitivity,  $4 \times 10^2$

Other GC conditions are the same as in Table 1 (other hydrocarbons)

Peaks no. 1. Benzene (23.7 ppb) ; 2. Toluene (48.5 ppb) ; 3. Ethylbenzen (5.9 ppb) ; 4. p-Xylene (6.5 ppb) ; 5. m-Xylene (21.9 ppb) ; 6. o-Xylene (11.0 ppb) ; 7. Styrene (2.4 ppb).

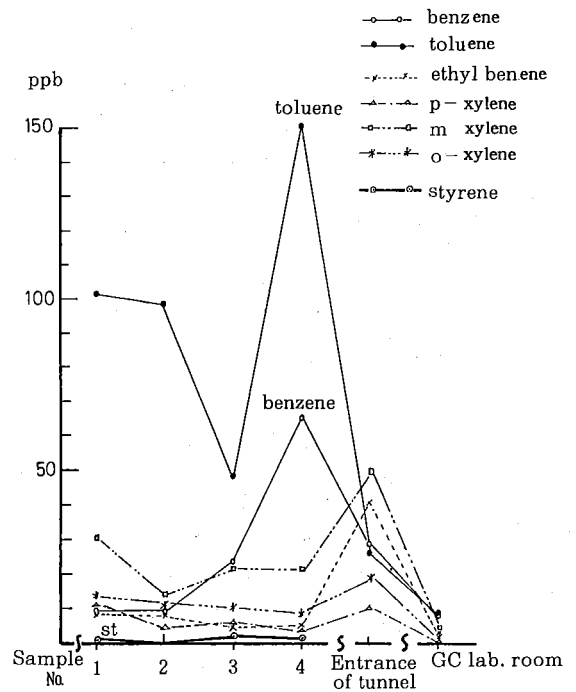


Fig. 5 Variations of Concentrations of hydrocarbons

### 3-6 粉じん, 温度, 湿度

坑内換気中は、粉じん量は比較的少ないように思われたが発破直後より粉じん量は激増しており、高温、多湿がこれに重なるためほとんど視界を失うほどになった。このため防じんマスク等の保護具の使用が望ましい。また、夏期においては坑内外の温度差は、あまり重要でないと思われるが、冬期においては温度差が大となるため坑内出入については温度変化に対する考慮が望まれる。

### 3-7 騒音, 振動, 照明, 足場

坑内作業時には高い騒音があり、時には会話が聞き取れない程であった。このため作業能率の低下や連絡の不徹底などの起こる可能性があり、コンプレッサー、送風サイレンサーなどの騒音対策が望まれるであろう。

また、発破時の全身への衝撃は極めて大きいものであり、一時的なショック状態を体験した。このため耐衝撃車輛内での待機は必須であろう。坑内は比較的整理、整頓がゆきとどいている印象をうけたが、トロッコ前後の照明と、放水の影響とも思われるが坑口より約300 m付近から切羽にむかって、水深40 cm程度のところが数か所あった。

#### 4 ま と め

今回我々は、長野県下の1つの高熱トンネル調査坑を見学する貴重な機会をえた。実際の体験をもとに、十分とは言いがたいが、若干の切羽部での発破作業時における二酸化炭素、メタンなどの炭化水素の測定を行った。当日は、硫化水素、二酸化硫黄等の臭気はほとんど感知しなかったが、火山性噴出ガスの性質は、時間とともにその組成、濃度が刻々と変化するため、今後連続的な監視体勢を続ける必要がある。さらに、一層注意深い安全な工事・調査等が行われ、所期の目的が達せられることを祈るものである。

終わりに、この貴重な体験の機会を与えられた関係各位に深謝致します。

#### 文献

- 1) 白田三郎：“トンネル工事の衛生と環境保全”(土木工学社)。
- 2) 田尻昭英：鉱山の鉱害防止対策—主として粉じん対策。産業公害，16，891—899(1980)。
- 3) 畝博，和気健三：隧道工事出稼ぎ労働者のじん肺症に関する社会医学的研究—じん肺認定患者に対するアンケート調査結果。労働科学，60，17—25(1984)。
- 4) 畝博，和気健三：隧道工事出稼ぎ労働者の供給地域におけるじん肺症の社会医学的研究。労働科学，60，27—33(1984)。
- 5) 鎌田政明，小沢竹二郎：火山の化学と分析化学 ふんせき，1976—6，365—371。
- 6) 鎌田薩男：鹿児島大学理学部鎌田研究室を訪ねて ふんせき，1977—9，563—565。
- 7) 鎌田政明：火山の試料を取り扱ってきて。ふんせき，1981—7，512—515。
- 8) 大西富雄，鎌田政明：火山ガス中の残留ガス微量成分の定量 日本化学会誌，1981(11)，179—181。
- 9) 野津憲治：火山ガスの分析。ふんせき，1984—6，405—412。
- 10) 日本薬学会編，“衛生試験法注解”(1957)(金原出版)，昭和47年1月30日増刷第7回 p.882。