

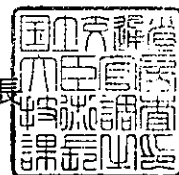


国官技第333-2号

平成25年3月29日

建設業労働災害防止協会会長 殿

国土交通省大臣官房技術調査課長



トンネル工事における可燃性ガス対策に関する留意事項について

( 参 考 送 付 )

平成24年5月24日に発生した、八箇峠トンネル爆発事故を受けて設置された「八箇峠トンネル事故に関する調査・検討委員会」より、平成25年3月26日に中間報告がなされました。

国土交通省におきましては、この中間報告を踏まえ、別添のとおり各地方整備局等に通知しましたので参考までに送付します。

貴団体におかれましても当該通知内容をご理解の上、貴団体会員の皆様に、周知いただきますようお願いいたします。



国 官 技 第 3 3 3 号

平成25年3月29日

|        |        |   |
|--------|--------|---|
| 北海道開発局 | 事業振興部長 | 殿 |
| 各地方整備局 | 企画部長   | 殿 |

国土交通省 大臣官房技術調査課長

トンネル工事における可燃性ガス対策に関する留意事項について

平成24年5月24日に発生した八箇峠トンネル爆発事故を受けて、北陸地方整備局は「八箇峠トンネル事故に関する調査・検討委員会」を設置し、再発防止策等について検討してきたところであり、平成25年3月26日には同委員会から北陸地方整備局に対し、中間報告がなされたところである。

この中間報告(別添)の「8. 事故の再発防止に向けて」においては、事故の再発防止に向けた留意事項が示されているので、これに留意し安全施工に努められたい。

八箇峠トンネル（南魚沼工区）その２工事の爆発事故に関する  
再発防止策および工事再開に向けた提言（中間報告）

平成２５年３月２６日

八箇峠トンネル事故に関する調査・検討委員会

## 目 次

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1. 委員名簿         | 2  |
| 2. はじめに         | 3  |
| 3. 八箇峠トンネルの事故概要 | 4  |
| 4. 委員会の調査・検討経過  | 5  |
| 5. 八箇峠トンネルの概要   | 7  |
| 6. 事故発生時の現場状況   | 9  |
| 7. 爆発原因の推定      | 10 |
| 8. 事故の再発防止に向けて  | 13 |
| 9. 工事再開に関する安全対策 | 14 |

## 1. 委員名簿

### 八箇峠トンネル事故に関する調査・検討委員会

(敬称略)

- 委員長 今田 徹  
東京都立大学 名誉教授 工学博士
- 委員 朝倉 俊弘  
京都大学大学院 教授 工学博士
- 委員 大賀 光太郎  
北海道大学大学院 助教 工学博士
- 委員 杉本 光隆  
長岡技術科学大学 教授 工学博士
- 委員 塚田 幸広  
国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター長
- 委員 真下 英人  
(独)土木研究所 道路技術研究グループ長
- 行政委員 高村 裕平  
国土交通省大臣官房技術調査課 建設システム管理企画室長  
(勢田 昌功の異動に伴い第2回委員会より就任)
- 行政委員 川崎 茂信  
国土交通省道路局国道・防災課 道路技術分析官

## 2. はじめに

「八箇峠トンネル事故に関する調査・検討委員会」は、平成24年5月24日に新潟県南魚沼市欠之上地先（国道253号）で工事中の八箇峠トンネル坑内において発生した爆発事故の原因と再発防止策および工事再開に向けた留意事項について専門的見地から検討することを目的として同年6月9日に設置された。

委員は6名の専門家および2名の行政担当者からなり、これまで2回の現地調査を含めて3回の委員会を行った。

委員会は、まず事故現場の状況確認を実施し、残留ガスに対する対策の検討を行い、その後、現場立ち入りが可能な状況が整備されてから、現地調査（ボーリング調査、可燃性ガス調査、換気状況調査等）と関係者からの提供された資料の分析等を基に検討を行ってきた。

現時点では警察等の捜査が続いている状況であり、爆発を誘発した火源は不明であるが、爆発の要因として特に重要である可燃性ガスがトンネル坑内に蓄積した経緯について、当委員会としての調査結果を取りまとめた。

また、この調査結果を基に、安全性を確保するための越冬対策、事故の再発防止策、工事再開に向けた安全対策を検討した。

八箇峠トンネルは、一般国道253号の通行規制区間や交通の難所である「八箇峠」の交通障害を解消し、関越自動車道六日町ICへのアクセス強化を目的とする八箇峠道路事業の要である。また、平成27年6月の開院を目指し、新潟県が第三次救急医療機関として整備を進める魚沼基幹病院（仮称）へのアクセス性を向上する重要な道路でもあり、起終点の南魚沼市および十日町市のみならず周辺の地方自治体からも早期の開通に大きな期待が寄せられている。

当委員会は、本事故に関してこれまでに把握した情報を分析・整理した結果を中間報告としてとりまとめ、類似工事における事故の再発防止および当該工事の再開に向けた安全対策を提言するものである。

### 3. 八箇峠トンネルの事故概要

事故は、工事中の八箇峠トンネル（南魚沼工区）坑内において発生した。トンネル坑内に蓄積したメタンガスを主成分とする可燃性ガスが何らかの火源によって爆発したものと考えられる。事故による被害の概要は以下のとおりである。

工事件名： 八箇峠トンネル（南魚沼工区）その2工事

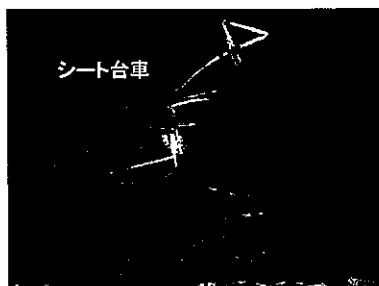
受注者名： 佐藤工業株式会社 北陸支店

発生日時： 平成24年5月24日（木）午前10時30分頃

発生場所： 新潟県南魚沼市欠之上地先（国道253号八箇峠トンネル坑内）

事故状況： ・坑内で電気設備および換気設備の点検作業中であったとみられる4名が、事故から3日後の5月27日に坑口から1,300m付近で発見されたが、搬送先の病院で全員の死亡が確認された。また、坑外で作業していた3名も重軽傷を負った。

・坑内に存置してあったドリルジャンボ、シート台車、セントル等の機械設備や車両が爆発によって大破し、最大約400m飛散・移動した。さらに、坑口付近に存置してあった工事用資機材や設備が爆風により損壊し、トンネルの外に最大約500mにわたり飛散した。



【写真：爆発直後の状況】

坑口から約590m地点（総務省消防庁提供）

坑口から約550m地点（総務省消防庁提供）

#### 4. 委員会の調査・検討経過

本事故に関して、当委員会は以下の調査・検討を行った。

- ① 爆発原因の推定
- ② 事故の再発防止策
- ③ 工事再開に関する安全対策

#### 【委員会の概要】

##### 第1回委員会：平成24年6月9日

###### 議題

- ・八箇峠トンネル工事の事故の状況について
- ・今後の委員会の進め方について

###### 議事概要

- ・トンネル坑内に残留しているガスの排気対策として、縦ボーリングを先行するよう事務局に助言した。
- ・施工時に確認した地質データの提示、他トンネル工事の可燃性ガス測定方法の事例を収集するよう事務局に要請した。

##### 現地視察：平成24年6月9日

- ・第1回委員会後、警察官立ち会いの下、トンネル坑口および周辺の状況等を確認した。

##### 事故現場調査：平成24年10月13日

- ・第2回委員会に先立ち、トンネル坑内の事故現場および覆工コンクリートの状況等を確認した。

##### 第2回委員会：平成24年10月13日

###### 議題

- ・八箇峠トンネルの爆発事故の現況把握について
- ・可燃性ガスに対する安全対策の事例について
- ・八箇峠トンネルでの爆発事故の類推について
- ・八箇峠トンネル施工上の課題抽出について

###### 議事概要

- ・覆工コンクリートに生じた微細なクラックは、トンネル構造の安全性に影響がないことを確認した。
- ・坑内からのボーリング調査および可燃性ガスの滞留メカニズムを確認す



る調査案を了承した。

- ・越冬対策および越冬後の入坑手順案について了承した。

### 第3回委員会：平成25年3月26日

#### 議題

- ・坑内ボーリング調査および可燃性ガス滞留メカニズム調査結果について
- ・爆発原因の推定について
- ・事故の再発防止策について
- ・工事再開に関する安全対策について
- ・委員会提言（中間報告）（案）について

#### 議事概要

- ・調査結果から坑内に可燃性ガスが湧出・蓄積した状況を推測し、爆発要因を推定した。
- ・可燃性ガスを胚胎する地層の付近で施工されるトンネル工事における事故の再発防止策を検討した。
- ・工事の再開に向けて、冬期休工解除時、施工時、トンネル貫通までの間の各段階における安全対策をとりまとめた。
- ・委員会提言（中間報告）（案）について了承した。

## 5. 八箇峠トンネルの概要

八箇峠道路は、新潟県十日町市八箇を起点とし、「八箇峠」を通過し同県南魚沼市余川を終点とする延長約9.7kmの道路である。通行規制区間や交通の難所である八箇峠の交通障害を解消し、関越自動車道六日町ICへのアクセス強化を目的とする。うち約2.8kmが八箇峠トンネルである。

八箇峠道路は、平成12年度に事業化し工事に着手したが、その後、事業効果の早期発現やコスト削減の観点から平成17年に道路計画を見直した。

その際に、①4車線を2車線に変更、②トンネル区間を脆弱な西山層が分布する地域を避けるとともに延長を約5kmから約3kmに縮小、③新たに確認された大規模な地すべり地を避けて八箇IC（仮称）の位置を変更、④地域の利便性を向上するために野田IC（仮称）を追加している。

### 【八箇峠道路の諸元】

- ・事業区間：新潟県十日町市八箇～同県南魚沼市余川
- ・延長：9.7km
- ・道路区分：第1種第3級
- ・車線数：2車線
- ・設計速度：80km/h
- ・工事着手：平成12年度

### 【八箇峠トンネルの諸元】

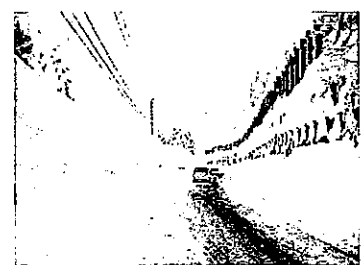
- ・延長：2,840m
- ・断面積：約80m<sup>2</sup>
- ・掘削工法：十日町側および六日町側から上半先進ショートベンチカット工法及び補助ベンチ付き全断面掘削工法（NATM機械掘削方法）で掘削
- ・縦断勾配：坑口から切羽に向かって3%の上り勾配（南魚沼工区）



【豪雨による通行止】



【冬期の登坂不能車の発生】



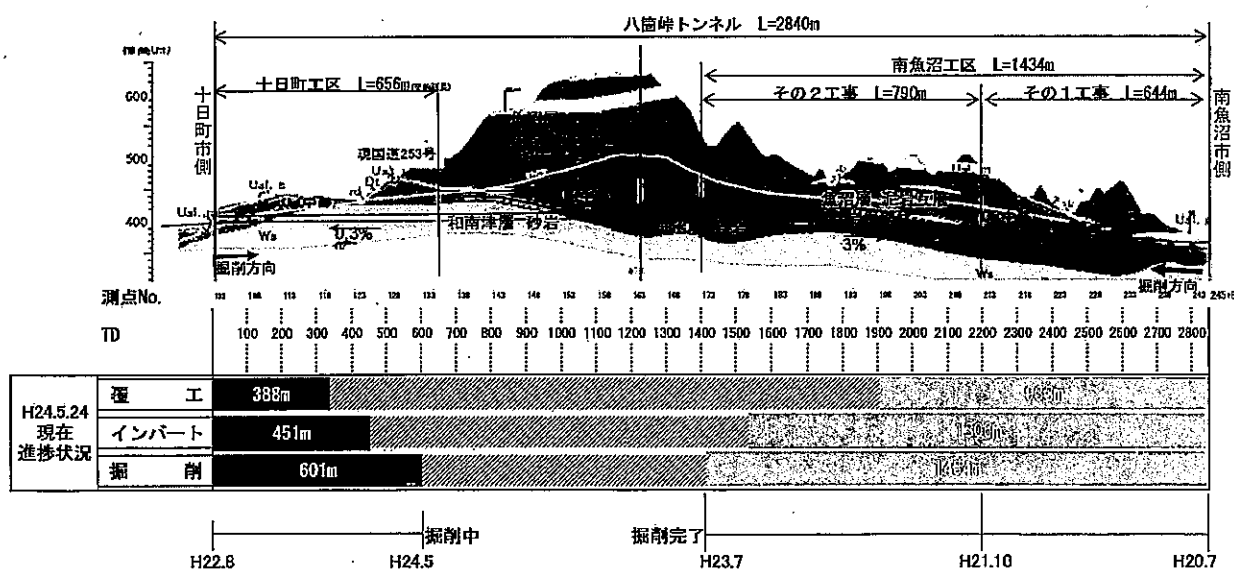
【冬期道路状況】



【「八箇峠道路」道路計画見直し概要、位置図】

事故発生時の工事捗状況および立ち入りが可能になった時点での坑内の状況は、以下のとおりである。

- ① トンネルの掘削は、坑口から 1,434mまで完了していた。
- ② インバートは、坑口から 1,306mまで完了し、切羽の手前 128m間および切羽の手前 197～260m間の計 191mは未施工で掘削地盤が露出していた。
- ③ 覆工コンクリートは、非常駐車帯を設ける 2ヵ所（各約 50m）を除き、坑口から 933mまで完了していた。
- ④ 9月20日に完了した警察等の現場検証直後の入坑時、および10月13日に委員会が実施した事故現場調査時に、坑内の水溜まりで気泡の湧出を確認した。採取した気泡と坑内の湧水からメタンガスを主成分とする可燃性ガスが確認された。



【図：事故発生時の工事捗状況】



【写真：坑内水溜まりの気泡（坑口から1428m左）】

平成24年10月9日佐藤工業(株)撮影

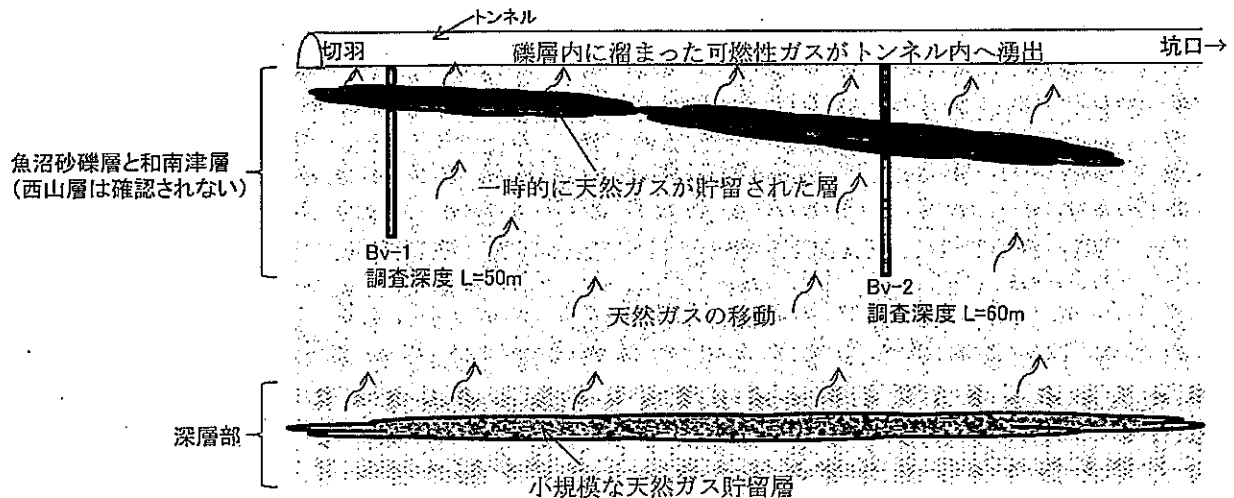
## 7. 爆発原因の推定

これまでに行った可燃性ガスに関する調査結果から、長期間換気を行っていなかった休工期間中に、トンネル掘削地盤下の地層内から湧出したメタンガスを主成分とする可燃性ガスがトンネル坑内に蓄積し、何らかの火源によって爆発に至ったものと判断される。

爆発は「可燃性ガス」、「空気（酸素）」、「火源」の三要素が全て揃って初めて起こるものである。現時点では警察等の捜査が続いている状況であり、爆発を誘発した火源は不明であるが、爆発の要因として特に重要である可燃性ガスがトンネル坑内に蓄積した経緯について、当委員会としての調査結果を以下のとおり取りまとめた。

- ・ 施工記録（坑内環境記録表）には、可燃性ガスを検知したという記録は一切見られず、掘削中から可燃性ガスが湧出していたかは確認できなかった。
- ・ 現在の可燃性ガス湧出量を調査した結果、換気のない状態でメタンガス濃度は1日あたり平均0.37%LEL上昇し、20日間の観測期間中（H24.11.14～12.5）での最大濃度は11%LELであった。多く見積もっても1日あたり20～60 m<sup>3</sup>程度の湧出量である。
- ・ この湧出量では、爆発が生じるまでの換気停止期間（H23.10.16～H24.5.24までの221日間）に全量が坑内に蓄積されたとしてもメタンガスの爆発下限界100%LEL（爆発範囲は空気中の体積比で5～15vol%）に到達しないことから、現在の湧出状況は、既に減衰した状況にあると考えられる。  
なお、この期間に爆発下限界に達するためには、現況の1.2倍程度の湧出量が必要である。
- ・ 減衰前の湧出量があったとしても、工事中の換気（2,000 m<sup>3</sup>/分）が行われている状況では、測定器では検知できない程度のメタンガス濃度である。  
（計算ではメタンガスの湧出量が1 m<sup>3</sup>/min以上でなければ測定器が計測できる1%LEL以上に達しない。）
- ・ トンネル掘削地盤下の地質および可燃性ガスの湧出状況を調査するために、平成24年10月に行ったボーリング調査の結果では、トンネル下部50-60mの範囲に可燃性ガスの発生源となる西山層は確認できなかった。  
しかし、トンネル下部数メートルの位置の層に微量の可燃性ガスが存在することが確認された。これは深層部に存在の可能性がある小規模な天然ガス貯

留層から移動して来た可燃性ガスが一時的に貯留されたものと解釈される。



【図：可燃性ガスの湧出メカニズム（推定）】

- ・爆発の要因となったトンネル坑内に蓄積した可燃性ガスは、トンネル掘削に伴う環境の変化、すなわち、掘削に伴い地山から地下水が抜けたことや地盤の緩みの進行が要因となって、地下深部の小規模な天然ガス貯留層から漏れ出して来たものと考えるのが妥当である。
- ・地震や豪雨災害の影響については、事故の前年平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震、3月12日の長野県北部地震および7月28～30日の新潟・福島豪雨を経験しているが、観測井戸の水位に顕著な変化はなく、これらによる影響を示すデータは得られていない。  
しかし、平成24年10月に行ったボーリング調査のコア資料の一部から水素とメタンガスが検出され、水素が高濃度比で存在することが確認された。一般の天然ガスでは、このように高濃度比で水素が存在することはなく、水素は地震により活断層が動いた時に発生することが知られていることから、これらの地震との関連も否定できない。
- ・冬期休工中は、電源が確保できないことから換気を停止したことと、縦断勾配が切羽に向かって3%の上り勾配であることから、比重が小さいメタンガスがトンネル坑内に滞留しやすい状況であった。漏れ出した可燃性ガスは、長期の休工期間中にトンネル坑内に徐々に蓄積し、爆発下限界を超える濃度に達したものと考えられる。
- ・それに加え、休工していた冬期間はトンネル坑内の気温が坑外に比べて高く、

自然換気の効果が低下した。坑内の風向風速調査では、坑外の気温が概ね20℃以上の場合は坑口～切羽間で坑内外の空気の入れ換えがあるのに対し、20℃未満の場合はトンネル坑口から400m付近よりも奥では、その間のみで循環するように見られる。

以上をまとめると、トンネル掘削による地山の環境変化や事故の前年に発生した地震等が要因となって、地下深部に存在が推測される小規模な天然ガス貯留層から可燃性ガスが湧出したものと考えられる。

可燃性ガスの湧出量は微量であり、換気を伴う通常の施工状態では可燃性ガスの湧出を認識するのは難しい状況にあった。

可燃性ガスが坑内に滞留した原因は、長期の冬期休工により電源供給ができなかったために換気を長期間停止したこと、縦断勾配が切羽に向かって上り勾配であったこと、トンネル内外の気温差による坑内空気の滞留等が重なったため、約7ヵ月間の冬期休工期間中に、メタンガスを主成分とする可燃性ガスがトンネル坑内に徐々に蓄積し、やがて爆発下限界を超える濃度に達したと考えられる。

## 8. 事故の再発防止に向けて

今回の爆発事故から、ボーリング調査を含む地質調査等で、可燃性ガスの存在が認められない状況においても、当該トンネルのように地質構造的に、可燃性ガスを胚胎する地層の分布が認められる場合には、通常の施工状態では検知できない微量の可燃性ガスが湧出する可能性があることが明らかになった。また、微量ではあっても、冬期間の工事中止などにより、換気を伴う通常の施工状態が維持されない場合は、トンネルの構造条件や気象条件によっては、可燃性ガスが坑内に蓄積し危険な状態になる可能性があることが示された。これらのことから、以下の点に留意することが必要である。

- ・調査で可燃性ガスの存在が認められない場合でも、地質構造的に可燃性ガスが胚胎する可能性のある場合は、微量の可燃性ガスが湧出する可能性があることを十分認識する必要がある。
- ・可燃性ガスの測定値が通常の施工状態で検出下限値以下であっても可燃性ガスの湧出がないことを必ずしも意味しない。特に、地質構造が前項に該当する場合は慎重な判断が必要である。
- ・従って、冬期の工事中止など通常の状況と異なる状態となる場合は、慎重に可燃性ガスの状況を把握するとともに、工事の再開に向けての手順、対策を検討することが必要である。
- ・通常の施工状態で可燃性ガスが検知できない場合、危険性の認識の維持が難しくなりがちであるが、第1項での地質条件下では潜在的な危険性に十分留意することが重要である。

可燃性ガスの対策については、法令、規則で定められており、基本的な対策については示されている。しかし、散發的ではあるが事故が起こっているのも事実である。問題は、危険性を認知できるかどうかである。

今回の事例は、地質構造的に可燃性ガスが胚胎する可能性がある条件下においては、通常の施工状態では問題がない場合でも、潜在的な危険性が存在するということを認識することの重要性を示したものと言える。



## 9. 工事再開に関する安全対策

八箇峠トンネルの爆発事故に関して、これまで委員会が把握した事項を関係法規・指針等に照らしてみたところ、逸脱している事項は現時点では確認できない。

しかし、地層内から湧出した可燃性ガスがトンネル内に蓄積し、爆発事故に至ったことは事実である。

八箇峠トンネル（南魚沼工区）その2工事を再開することに対し、可燃性ガスに関する法規・指針等を遵守するとともに、当委員会として工事の安全対策について下記のとおり取りまとめた。

ただし、この内容については、これまでに現場等から得られた情報を基に判断したものであり、今後新たな情報等が判明した場合には、追加・変更の検討が必要である。

### 1) 冬期休工解除時に講ずる事項

- ・ 坑内の可燃性ガス濃度と酸素濃度の測定を行い、安全性が確保されたことを確認してから入坑すること。
- ・ 坑内換気設備の起動は、坑外の安全な場所から行うこと。

### 2) 施工時に講ずる事項

- ・ 「可燃性ガスが発生している」という前提で、関係法規・指針等に基づいた適切な設備の設置・使用・運用を行うこと。
- ・ 可燃性ガスが発生していることを常に意識し、安全に工事を行うことを作業員も含め徹底すること。

### 3) トンネル貫通までの間に配慮すべき事項

- ・ 南魚沼工区の完成後も、トンネル貫通までに期間を要することから、貫通するまでの間の安全対策に配慮すること。

以 上