

**徳山導水路改良工事  
事故検証報告書**

**平成29年3月**

**山口県企業局**

## はじめに

平成28年11月16日正午頃、下松市大字下谷地内で施工中の徳山導水路改良工事において、トンネル底部（インバート）の断面補修作業中に、トンネル内で補修作業を行っていた作業員8名と、様子を見るために入坑した1名が一酸化炭素中毒で負傷されるという事故が発生しました。

企業局では、事故発生直後に、関係機関との連携をとりながら、情報収集、発注者としての対応についての検証を行うとともに、事故原因や再発防止に向けた課題整理などを検討する、企業局職員からなる「事故検証チーム」を立ち上げました。

この報告書は、「事故検証チーム」が中心となって、現地調査や受注者からの聞き取り調査、さらには学識経験者の意見聴取などを行いながら、何故このような事故が発生したのか、その事故原因を検証し、二度とこのような事故が発生することがないように、発注者及び受注者が取り組むべき再発防止策について検討した結果をとりまとめたものです。

# 徳山導水路改良工事事故検証報告書

## 目次

1	事故の概要	1
1.1	工事の概要	1
1.1.1	徳山導水路の概要	1
1.1.2	事業の概要	2
1.1.3	平成28年度工事の概要	3
1.2	事故の概要	4
1.2.1	事故発生日時	4
1.2.2	事故発生場所	4
1.2.3	事故現場の状況	4
1.3	負傷者の状況	5
1.4	事故当日の経緯	6
1.4.1	事故発生から救助までの経過	6
1.4.2	事故発生日からの周南工業用水道事務所の対応状況	6
1.4.3	事故発生日における企業局本局の対応状況	8
1.4.4	消防情報（事故発生から救助まで）	8
1.5	事故後の企業局の対応状況	9
1.5.1	類似工事に対する安全対策の徹底	9
1.5.2	労働災害防止対策の徹底	10
1.5.3	企業局事故検証チーム	12
1.5.4	経済産業省への報告	12
1.5.5	通水開始への対応	12
1.5.6	報道対応状況	12
1.5.7	山口県公共工事労働安全講習会の開催	13
2	事故検証作業	14
2.1	現地調査の実施	14
2.1.1	調査概要	14
2.1.2	調査計画	14

2. 1. 3	調査結果	1 5
2. 2	聴き取り調査の実施	2 1
2. 2. 1	調査概要	2 1
2. 2. 2	聴き取り調査結果	2 1
2. 3	発注事務の検証	2 2
2. 3. 1	契約図書における安全管理の位置付け	2 2
2. 3. 2	予定価格・作業期間の設定の妥当性	2 4
2. 4	工事監督事務の検証	2 7
2. 4. 1	各種基準等における実施状況	2 7
2. 4. 2	監督職員への聴き取り調査	2 8
2. 5	調査結果の整理	2 9
2. 5. 1	持込機械	2 9
2. 5. 2	稼動機械	3 0
2. 5. 3	換気計画の検証	3 0
2. 5. 4	換気対策の検証	3 1
2. 5. 5	法令遵守	3 6
2. 5. 6	施工計画書	3 8
2. 5. 7	過去の工事との相違点	4 0
3	一酸化炭素発生が充満した原因	4 2
4	事故原因の推定	5 1
5	再発防止策	5 3

## 1 事故の概要

### 1. 1 工事の概要

#### 1. 1. 1 徳山導水路の概要

周南地域では、戦後、徳山海軍燃料廠跡地へ石油コンビナートが進出したのをはじめとして、多くの企業が立地し一大工業地帯となり、水需要が急速に増大した。そこで水不足の解消のため、新規水源開発として、昭和34年から周南地域の水瓶となる菅野ダム of 建設に着手し、昭和41年から周南工業用水道として給水を開始した。

徳山導水路は、県内で最大の給水能力を有する周南工業用水道（菅野系）の大動脈である導水施設で、周南市金峰の水越逆調整池から周南市徳山の徳山分水池に至る、延長約15 kmの導水トンネルである。昭和41年から運用開始し、現在、周南地区の日量約70万トンの工業用水の約6割にあたる日量416,800トンの工業用水を送水している。

#### 【施設概要】

延 長：15, 112 m

断面形状：幅2.3m×高さ2.3m（馬蹄形）

着 工：昭和34年4月

竣 工：昭和40年5月

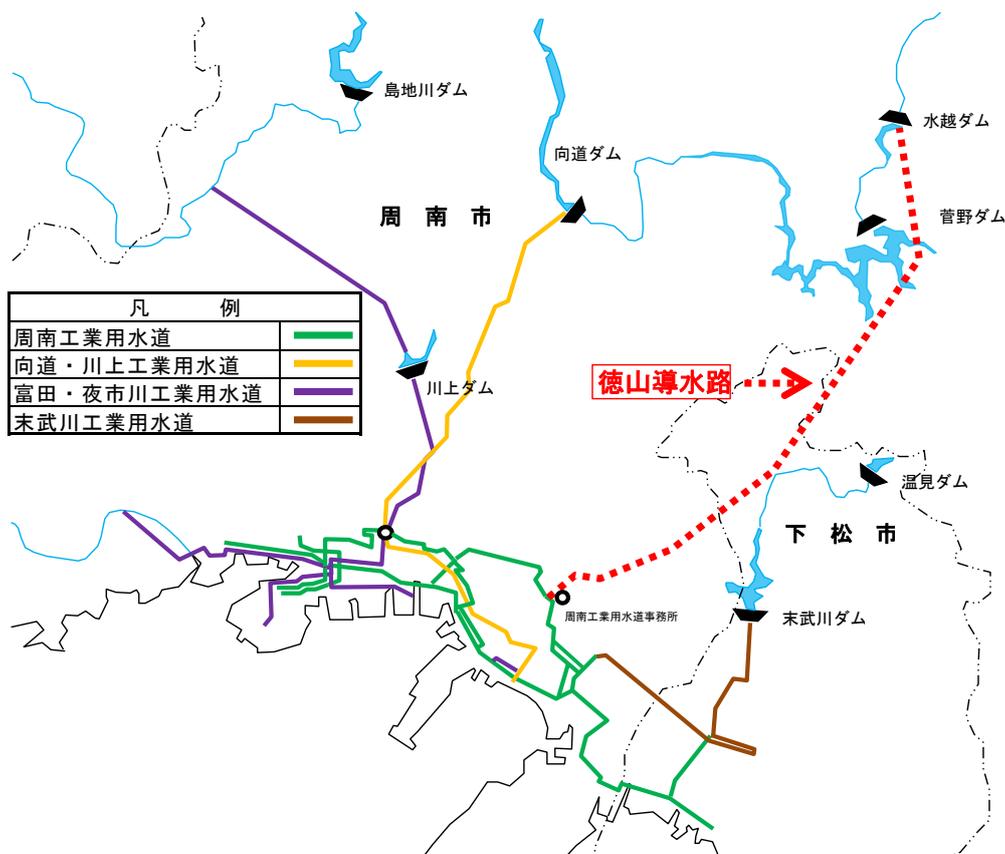


図 1.1 徳山導水路位置図

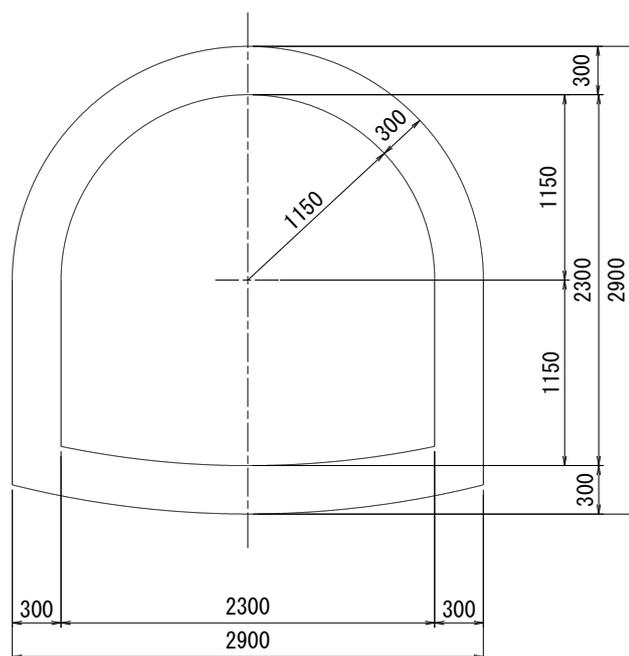


図 1.2 徳山導水路標準断面図

### 1. 1. 2 事業の概要

徳山導水路は、工業用水道施設維持管理要綱に基づき、定期的（6年毎）に点検を実施してきたが、点検に際しては企業への送水を停止する必要があり、点検時間が8時間程度に制約されていたことから、すべての項目について実施ができていない状況であった。

しかしながら、平成20年度に周南地区工業用水管路の二条化・ループ化が完了したことにより、徳山導水路の長期間にわたる断水が可能となったことから、平成21年度より徳山導水路の計画的な点検、調査、補修工事に着手した。

平成21年度において徳山導水路全区間の詳細調査を実施した。その結果、落盤等の機能低下を起こすような変状の発生はないと判明したが、一部の箇所において覆工背面の空洞化や覆工コンクリートの強度低下が確認されたため、計画的な補修工事が必要であるとの判断に至った。

このため、詳細調査の結果に基づき、平成22年にトンネル補修工の実施設計業務を行い、同年から補修工事に着手し、平成29年度までに事業を完了させることとしている。

表 1.1 年度別工事状況

年度	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
詳細調査	←→								
実施設計		←→							
覆工補強			←				→		
空洞充填			←			→			
断面修復							←→		
インバート補修								←→	→

### 1. 1. 3 平成28年度工事の概要

平成22年度～27年度においてトンネル頂部及び側面部の空洞充填工、覆工補強工（パネル工法）及び断面修復工が完了したことから、平成28年度についてはトンネル底部（インバート）の断面修復工に着手した。

- (1) 工事概要：インバート補修工 延長L=150m
- (2) 契約工期：平成28年8月25日から平成29年1月31日
- (3) 場 所：周南市大字金峰～大字徳山 地内
- (4) 設 計 額：47,788,920円（税込み）
- (5) 契約金額：43,886,556円（税込み）
- (6) 発 注 者：周南工業用水道事務所
- (7) 入札方法：一般競争入札（事前審査方式・特別簡易型）
- (8) 請負業者：シマダ株式会社
- (9) 下 請 け：9社（再下請け含む）
- (10) 節水状況：工業用水60%、上水30%
- (11) 作業期間：以下のとおり

表 1.2 徳山導水路作業期間

月	11月		12月	
給水切替作業	7日	11日		5日
補修工事		12日	4日	

- (12) 工事数量：以下のとおり

表 1.3 平成28年度工事数量総括表

工種		数量	単位
インバート補修	洗浄工	308	m <sup>2</sup>
	断面修復工（プライマー塗布）	308	m <sup>2</sup>
	断面修復工（ポリマーセメント系モルタル）	15	m <sup>3</sup>
仮設工	仮設工（照明設備）	1	式
	仮設工（換気設備）	1	式
	仮設工（資材等運搬）	1	式
	仮設工（その他必要工種）	1	式
付帯工	角落し設置・撤去	2	基
	床板蓋設置・撤去（水越坑口及び米川横坑）	2	箇所
	敷鉄板設置・撤去	14	m <sup>2</sup>
	立入防止柵設置・撤去	14	m

## 1. 2 事故の概要

### 1. 2. 1 事故発生日時

平成28年11月16日(水)12時10分頃\*

※周南工業用水道事務所がシマダ(株)から事故の第一報を受けた時間

### 1. 2. 2 事故発生場所

下松市大字下谷399-11付近の導水トンネル内部

(徳山導水路米川横坑から下流方向へ約1.5km付近)



図 1.3 事故発生位置図

### 1. 2. 3 事故現場の状況

事故直後に施工業者から聴き取りを実施したところ、事故時にはコンクリートの取壊作業が行われていたとの回答があった。また、施工箇所には以下の機械が持ち込まれたと回答があった。

【事故直後に施工業者から聴き取った持込機材（11月16日記者配布）】

軽トラック：10台 フレキポンプ（エンジン付）：2台 水中ポンプ（100V）：11台  
 発電機（2kVA）：10台 発電機（2.8kVA）：2台 コンプレッサー（15HP）：5台  
 作業用トップカー：2台

【実際の持込機械（12月3日現地調査等により確認したもの）】

軽トラック：10台 トップカー：2台 バイク（原付）1台 発電機  
 （3.5kVA）：1台 発電機（2.8kVA）：1台 発電機（2.4kVA）：1台 発電機  
 （1.35kVA）：1台 発電機（0.9kVA）：9台 エンジンポンプ：2台 エンジン高  
 圧洗浄機：1台 エンジンコンプレッサー：5台 水中ポンプ：16台 投光器  
 （バッテリータイプ）：2台 投光器：10台 送風機：5台 燃料タンク（ガソリ  
 ン）：9個 燃料タンク（軽油）：2個 掃除機：2台 水タンク：4個 プロパン  
 ガスボンベ：1個 エアーピック：5台 コンクリートブレイカー：6台 コンク  
 リートカッター：3台

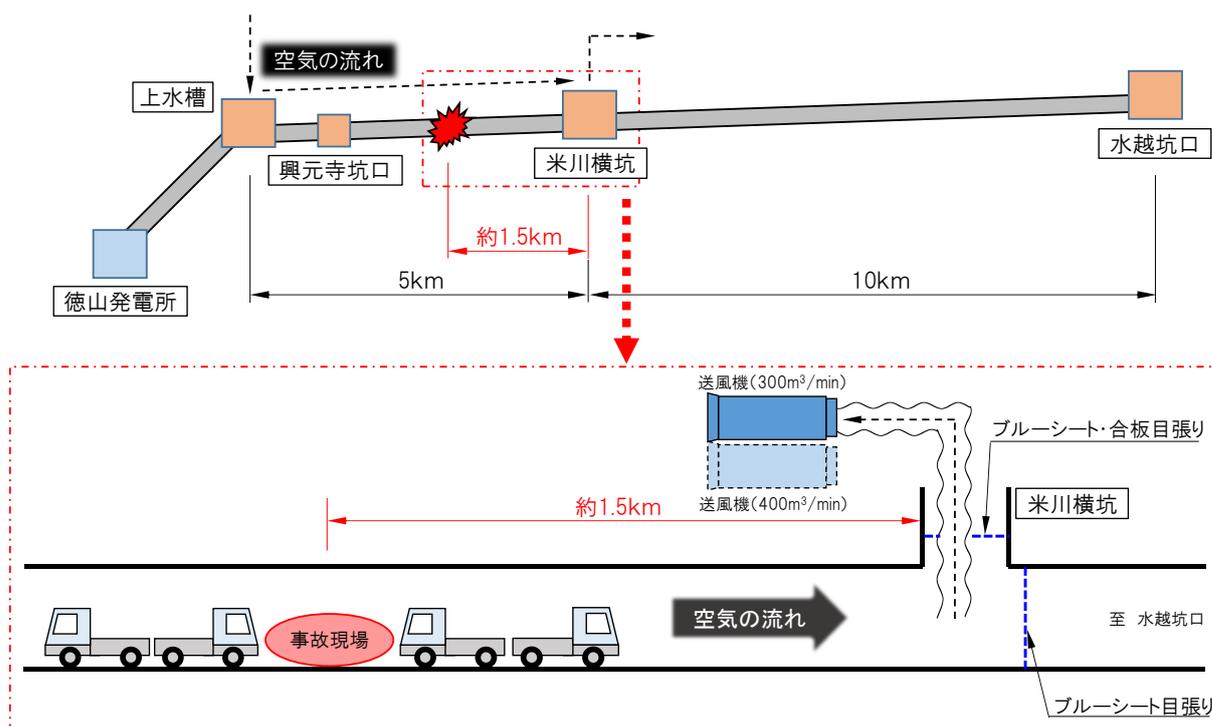


図 1.4 作業現場イメージ図

1. 3 負傷者の状況

事故により9名の作業員が負傷し、救急車及びドクターヘリにより県内5病院に搬送された。下松消防本部からの情報によると9名いずれも一酸化炭素中毒で、重症7名、中等症2名とのことであった。11月21日までに全員退院され、12月1日までに全員が職場復帰されている。

## 1. 4 事故当日の経緯

### 1. 4. 1 事故発生から救助までの経過

事故発生から救助完了に至るまでの経過については次のとおりである。

表 1.4 事故発生から救助までの経過

時刻	経過内容
8:00	現場事務所で朝礼・打ち合わせ
8:10	資材搬入開始。現場代理人及び下請けが入坑（送風機移動後）
9:00	施工箇所に到着。水替え作業の開始 一酸化炭素濃度の測定はされず*
9:20	コンクリート取壊し作業開始
10:00	現場代理人が、次の施工箇所のマーキングのため施工箇所から移動 一酸化炭素濃度の測定はされず*
11:30	坑道外の作業員（A）が作業状況確認のため入坑（バイク使用）
11:59	Aが1名を救助し自力で脱出 Aから坑外にいた現場代理人へ救急車要請の連絡
12:02	現場代理人が119番通報 救急車4台を含む救急車両13台、ドクターヘリ2機が現地へ急行
12:20	消防が米川横坑に到着。脱出した2名を救急車で搬送
13:35	作業員4名が作業用トップカーで米川横坑入口まで脱出してきたのを救助隊員が発見し救助
14:25	作業用トップカーで救助隊員が現場に移動開始
14:50	残り3名の作業員を確認
15:21	9名全員の救助完了

※事故直後に周南工業用水道事務所が聴き取りした際には測定したとの回答があったが、11月22日にシマダ株式会社から測定していなかったと申し出があった。

### 1. 4. 2 事故発生日からの周南工業用水道事務所の対応状況

事故発生日（11月16日）以降の周南工業用水道事務所の対応状況は次のとおりである。

表 1.5 事故当日以降の周南工業用水道事務所の対応状況

時刻	経過内容
11月16日（水）	
12:10	現場代理人から周南工水に事故発生の電話連絡
12:17	周南工水から本局へ事故速報（第1報）の電話連絡
12:22	周南工水第1現地調査班2名出発
12:43	周南工水第1現地調査班2名到着

13:00	本局へ事故速報（第1報）送付
13:15	本局へ事故速報（第2報）送付
13:18	周南工水第2現地調査班2名出発
15:16	周南工水第2現地調査班2名撤収
15:33	全員救出確認
15:50	周南工水第3現地調査班2名出発
16:15	周南工水第3現地調査班2名到着
17:47	周南工水第1及び第3現地調査班それぞれ2名撤収
11月17日（木）	
8:20	消防・警察の米川現地調査に周南工水職員の2名が立会
13:26	警察・労基の米川現地調査に周南工水職員の2名が立会 警察：機械等の配置状況写真撮影（職員1名が写真に立会証明として撮影される） 労基：機械の配置調査
11月18日（金）	
9:30	労基の米川、上水槽、水越の現地調査に周南工水職員の2名が立会 （10:48坑内で風量測定）
10:00	警察の上水槽現地調査に周南工水職員の2名が立会
11月20日（日）	
10:00	本局職員4名、周南工水職員3名が米川現地確認（下松警察同行）
11月21日（月）	
10:00	現場代理人から事故当時の換気のための遮蔽状態を聞き取り
11月24日（木）	
13:30	警察の工事の設計書及び調査設計報告書、写真等押収に周南工水職員2名が対応
11月25日（金）	
14:00	警察の事故報告書押収に周南工水職員1名が対応
11月29日（火）	
13:00	警察の被災者9名との現場検証に周南工水職員2名が坑口で待機
11月30日（水）	
13:00	警察の坑内風速測定に周南工水職員1名が同行
12月1日（木）	
10:00	警察の事情聴取に周南工水職員1名が対応
16:00	警察の米川坑口での風量測定に周南工水職員2名が同行
12月2日（金）	
12:00	警察の上水槽現場検証に周南工水職員2名が対応

12月3日(土)	
9:00	警察、米川風量測定(職員対応なし)
13:00	本局職員2名、周南工水職員3名による事故検証作業(現地調査)実施
12月5日(月)	
	坑内撤去作業開始
12月6日(火)	
	坑内撤去作業完了、撤去状況確認、導水路フラッシング開始
12月7日(水)～13日(火)	
	給水切替作業
12月14日(水)	
	給水切替作業完了、菅野系断水終了

※時刻については職員が確認したものであり、消防等の発表と一部異なる場合がある。

#### 1.4.3 事故発生日における企業局本局の対応状況

事故発生日(11月16日)の企業局の対応状況は次のとおりである。

表 1.6 事故当日の企業局本局の対応状況

時刻	経過内容
12:17	周南工水から事故の第一報を受ける
13:00	周南工水から本局への事故速報(第1報)受理
13:15	周南工水から本局への事故速報(第2報)受理
13:30	知事へ報告(第1報)
13:30	本局職員1名を周南工水へ派遣
14:20	知事へ報告(第2報)
14:30	派遣した職員が周南工水へ到着(連絡対応)
15:00	記者会見(第1回)
18:00	記者会見(第2回) ※記者会見(第1回)時の質問への回答等
随時	国(経済産業省及び中国経済産業局)へ状況報告
-	11月16日付で各事務所あて注意喚起文書の発出

#### 1.4.4 消防情報(事故発生から救助まで)

下松市消防本部によると事故発生から救助完了に至るまでの消防活動状況は次のとおりである。

表 1.7 事故発生から救助までの経過

時刻	経過内容
12:02	工事現場から救助要請を受け出動 要請概要:工業用水道管内(入り口から1.5km付近)で作業中、工事作業員が息苦しさや体調不良を訴えて動けなくなったもの

12:20	救急・救助隊が現地到着 米川横坑入口付近の2名を救急車で搬送
13:35	作業員4名が作業用トップカーで米川横坑入口まで脱出してきたのを救助隊員が救助し、4名を救急車で搬送
14:25	作業用トップカーで救助隊員が現場に移動開始
14:50	残り3名の作業員を確認、作業用トップカーに乗せて救助 (一酸化炭素濃度) 入口付近 180~200ppm 移動中 最大500ppm(測定値の上限値) 現場付近 180~200ppm
15:21	要救助者9名を全員救出
	車両等:救急車両13台、ドクターヘリ2機

## 1. 5 事故後の企業局の対応状況

### 1. 5. 1 類似工事に対する安全対策の徹底

事故の発生を受け、現在企業局で実施している類似工事(酸欠、一酸化炭素中毒のおそれがあるもの)について、同日付け企業局長名で全事業所長宛に注意喚起文書を発送し、安全対策の徹底、事故防止へ万全を期すよう注意喚起を行った。

#### 【事業所への注意喚起文書】

平 2 8 電 気 工 水 第 4 4 9 号 平成 2 8 年 (2016 年) 1 1 月 1 6 日
各 事 務 所 長 様
企 業 局 長
導水路等工事における安全対策の徹底について(注意喚起)
本日、下松市内の徳山導水路改良工事現場において、導水トンネル内部で作業していた現場作業員が倒れ、病院に運ばれるという事故が発生しました。
本事案の原因については現在調査中ですが、各事業所においては、このような事故が発生することがないように、改めて安全対策を徹底し、事故防止に万全を期すようお願いいたします。

さらに、受注者に対し、以下の内容に留意の上、下請業者を含めて安全管理の徹底を指導するように全事業所へ文書により指示をした。このうち、(2)及び(3)については受注業者から実施結果を発注者へ報告させるように指示をした。

### 【受注者に対する指示内容】

(1) 工事関係者の連絡協力体制の確立

下請業者を含む工事従事者の安全意識の徹底や安全施工のための情報交換を密に行うほか、隣接又は関連工事の施工業者による安全対策協議会等の開催により、安全管理についての連絡協力体制を確立すること。

(2) 施工計画書の照査

施工計画関係法令や共通仕様書に基づき、提出した施工計画書について、施工の安全性に関する内容が十分に整えられているか再度照査し、必要に応じて適切な措置を講じること。

(3) 工事現場の安全パトロールの実施

安全管理の徹底のため、危険防止に関する安全点検・指導を重点に、早急に安全パトロールを実施すること。

(4) 建設労働者の労働災害防止、安全対策の徹底

労働安全衛生法をはじめとする関係法令及び山口県土木工事共通仕様書第1-1-26等を遵守し、安全な施工に努めるとともに、建設労働者の労働災害防止、安全対策を徹底すること。

### 1. 5. 2 労働災害防止対策の徹底

平成28年12月8日付け山口労働局長からの要請文の内容を踏まえ、自然換気が十分でない場所でやむを得ず内燃機関を有する機械を使用する等により、一酸化炭素中毒や酸素欠乏等の発生のおそれがある場合には、要請文に記されている配慮事項について、改めて受注者に周知し、各工事現場における安全対策の徹底を通知した。

### 【事業所への注意喚起文書】

平 2 8 電 気 工 水 第 4 8 2 号  
平成 2 8 年 (2016 年) 1 2 月 9 日

各 事 業 所 長 様

企 業 局 長

既設トンネル等の補修工事等における労働災害防止対策の徹底について（通知）

このことについて、平成28年12月8日付け山口労発基1208第2号で山口労働局長から、別添のとおり要請がありました。

つきましては、工事において自然換気が十分でない場所で作業上やむを得ず内燃機関を有する機械を使用するなど、一酸化炭素中毒や酸素欠乏症等の発生のおそれがある場合には、別添「建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドライン」、  
「酸素欠乏症等防止規則」及び労働局長からの要請文書の記1～5について受注者

へ周知するとともに、各工事現場において再度安全対策の徹底を図られますようお願いいたします。

なお、参考として「建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドラインのポイント」を併せて送付します。

#### 【山口労働局からの要請文】

山口労発基 1208 第 2 号  
平成 28 年 12 月 8 日

山口県企業局長 殿

山口労働局長

既設トンネル等の補修工事等における労働災害防止対策の徹底について（要請）

平素より、労働基準行政の運営にご理解をいただき感謝申し上げます。

また、労働災害防止に向けた取組にご協力いただいておりますことに対し、厚くお礼申し上げます。

さて、本年 11 月 16 日に、下松市内にある工業用水導水トンネルの補修工事において、一酸化炭素中毒により同時に 9 名が被災するという大規模な事故が発生したところですが、同種のインフラ施設は既に老朽化が進んでいるものが多く、今後、同様な補修工事の発注は増えていくものと思われます。

なお、トンネルの内部等、狭隘で自然換気が十分でない場所における作業では、ガソリンエンジン等の内燃機関の使用により、一酸化炭素中毒や、酸素欠乏空気及び硫化水素による酸素欠乏症等、労働災害の発生するおそれが大きくなります。

貴職におかれましては、平素より労働災害の防止に配慮した発注、施工管理を推進していただいていることと存じますが、改めて、類似災害を防止するため、発注等に際しては「建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドライン（平成 10 年 6 月 1 日基発第 329 号）」（別添参照）にご留意いただくとともに、特に下記の事項についてご配慮いただき、関係事業者に対する周知、パトロールの際の指導等にご協力くださいますようお願いいたします。

#### 記

- 1 自然換気が不十分な場所では、ガソリンエンジン等の内燃機関を有する機械を使用しない作業方法とすること。

ただし、作業の性質上、やむを得ず使用する場合には、使用する内燃機関の数や作業する場所の容積に応じた十分な換気を、作業開始前から終了までの間、継続して行うこと。

特に、換気的能力については、ファン等の設備の設置後に、計画した風速、風量が作業する場所において確保されていることを確認すること。

- 2 測定器具の保守・点検を確実に実施した上で、作業状況に応じた測定場所、時期にガス及び酸素等の濃度を測定すること。
- 3 作業場所の危険性に応じ、必要な「警報装置」を設けること。
- 4 異常時や二次災害防止に備え、作業場所の危険性に応じて、必要な数の呼吸用保護具を用意すること。
- 5 作業に従事する労働者に対し、必要な安全教育を実施すること。

### 1. 5. 3 企業局事故検証チーム

警察等により事故原因の究明が進む中、関係機関と連携をとりながら、発注者である企業局としてとるべき対応策を検討するため、情報収集や課題整理を行うとともに再発防止を検討することを目的とした、本局4名、周南工業用水道事務所2名による企業局事故検証チーム（以下「検証チーム」）を11月17日に設置した。

検証チームでは、11月21日から通常の給水が再開された12月14日まで、チーム会議を閉庁日を除く毎日開催し、本局及び事業所それぞれにおける対応状況を確認するとともに、効果的な再発防止策を検討する上で必要となる事故原因についても調査等を行い、情報の共有化を図った。なお、その内容は幹部（二役・両課長）へも報告（以下「状況報告」）した。

### 1. 5. 4 経済産業省への報告

事故発生から通水が再開されるまでの間、工業用水道事業を所管する経済産業省及び中国経済産業局に対し、事故概要、工事概要、事故後の対応状況等について随時報告をした。また、11月25日には経済産業省地域産業基盤整備課へ赴き事故概要等の説明をした。

### 1. 5. 5 通水開始への対応

事故後の捜査が進み、12月5日に警察及び労働局の現場規制が解除されたことから、通水開始に向けての作業が可能となった。これにより、同日からトンネル内の機材の撤去を開始し、12月7日から水の切り替え作業を開始し、12月14日に受水企業等への給水量復旧作業が完了し、通常の給水体制に戻った。当初予定（12月10日）より遅れることとなったが、事前に受水企業と協議を行い、承諾を得た。

なお、12月3日に警察及び労働局の許可を得て、企業局によるトンネル内調査を実施し、コンクリート取壊厚さの寸法確認を行い、トンネル最小巻厚が確保されており通水において問題ないことを確認した。

### 1. 5. 6 報道対応状況

今回の事故が、9名の作業員が負傷され救急搬送にヘリコプターが使用されるなど重

大なものであったこと、また、事故発生箇所が小断面のトンネル内という特異な現場であることから、事故当初には全国ニュースでも取り上げられ、その後も継続的に事故関連のニュースが報じられた。

企業局としても、必要に応じ記者発表、記者配布等の情報提供に努めた。

事故発生日の11月16日から12月27日まで、100件を超える問い合わせがあった。

#### 1. 5. 7 山口県公共工事労働安全講習会の開催

今回発生した事故が、多数の作業員が一酸化炭素中毒により救急搬送される重大な事故であったことから、山口労働局の協力も得て、労働災害防止対策推進のため施工業者及び発注者を対象として山口県公共工事労働安全講習会を開催した。

##### 【概要】

- 1 日時 平成29年2月21日（火）13時30分から16時まで
- 2 場所 山口県セミナーパーク講堂
- 3 主催者 山口県（農林水産部、土木建築部、企業局での合同開催）
- 4 対象者
  - 山口県農林水産部・土木建築部・企業局の工事担当者
  - 県内の建設業者
- 5 内容
  - 山口県発注工事における労働災害の発生状況
  - 集中監督指導（9月・10月）における状況及び対応について
  - 建設業における一酸化炭素中毒予防のための対策について
  - 墜落・転落防止対策に関する注意事項

##### 【実施結果】

出席者・・・241人

## 2 事故検証作業

### 2. 1 現地調査の実施

#### 2. 1. 1 調査概要

警察による現場検証中であったが、事故当時の状況の確認、事故原因の究明及び通水開始に向けてのトンネル内部を確認する必要があることから、下松警察署及び下松労働基準監督署からトンネル内部への入坑許可を得て、企業局による現地調査を実施した。

目的：事故発生時の状況を確認し、事故原因の究明及び再発防止策の検討に資するとともに、通水時の構造上の安全についても併せて確認を行うもの。

日時：平成28年12月3日（土）13：00～16：00

場所：下松市大字下谷399-11付近 導水トンネル内部

調査員：電気工水課2名、周南工業用水道事務所4名

#### 2. 1. 2 調査計画

調査は米川横坑から5名が入坑し（1名は見張り役として坑外に待機）上水槽側最下流の放置車両まで徒歩で移動しながら、搬入機械・機種や作業状況を確認することとした。移動においては、酸素濃度及び一酸化炭素濃度を連続的に測定しながら、適宜風速を確認し、さらに緊急用空気呼吸器を携帯して安全対策に万全を期した。



写真-2.1 酸素測定器



写真-2.2 風速測定器



写真-2.3 空気呼吸器

なお、調査においては、下記の着目箇所について重点的に調査を行った。

表-2.1 現地調査における着目箇所

調査項目	着目箇所
搬入機械・機種	<ul style="list-style-type: none"><li>事故発生時の稼働状況</li><li>搬入機種の仕様（製造者、出力、消費電力等）、台数</li><li>内燃機関の有無</li></ul>
コンクリート取壊し箇所	<ul style="list-style-type: none"><li>取壊し厚さについて寸法確認</li><li>通水時に構造上支障がないか</li></ul>
換気設備	<ul style="list-style-type: none"><li>事故発生時の稼働状況</li><li>仕様</li></ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"><li>事故原因に関係すると思われるもの</li></ul>

### 2. 1. 3 調査結果

以下に調査結果の概要、車両配置図、酸素濃度等の観測結果、作業区間における機材配置図、内部持込機材一覧表及び写真を示す。

表-2.2 調査結果概要

調査項目	調査結果
車両配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両の配置を確認した。ただし一部の車両は救急作業に使用されたため事故発生時から移動されていた。</li> <li>・事故発生箇所は米川横坑から1.64km下流で、事故当時の作業箇所の延長は30mであった。</li> </ul>
酸素濃度等の観測 (調査当日)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平均風速は0.37m/sで、風向は下流から上流であった。</li> <li>・酸素濃度は約21%であった。</li> <li>・一酸化炭素濃度は0ppmであった。</li> </ul>
搬入機材・機種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米川横坑付近、作業区間上流、作業区間、作業区間下流、上水槽付近それぞれにおいて搬入機材・機種を確認した。</li> </ul>
コンクリート取壊し状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート取壊し厚さを確認した結果、5cmであった。</li> <li>・コンクリート取壊し後の覆工厚は20cmであり、土地改良事業計画設計基準における最小巻厚10cmが確保されており、通水において問題ないことを確認した。</li> </ul>

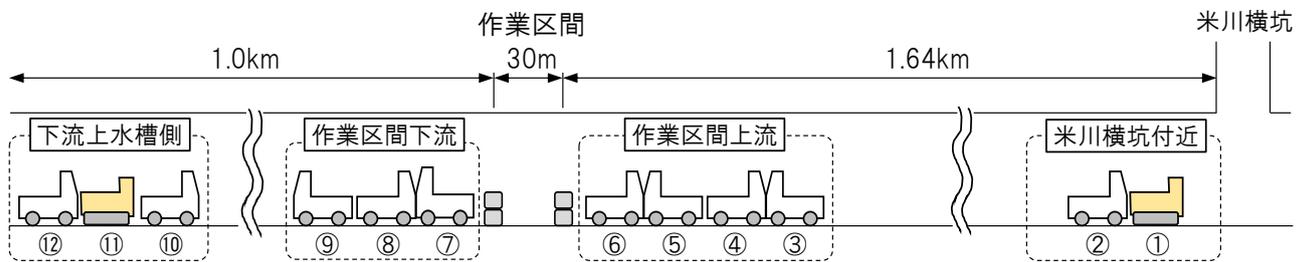


図-2.1 車両配置図

米川横坑							
測定箇所:700m	測定箇所:600m	測定箇所:500m	測定箇所:400m	測定箇所:300m	測定箇所:200m	測定箇所:100m	測定箇所:0m(13:00)
風速:0.46m/s→	風速:0.46m/s→	風速:0.40m/s→	風速:0.31m/s→	風速:0.31m/s→	風速:0.6m/s→	風速:0.26m/s→	風速:0.66m/s→
O <sub>2</sub> :20.9%	O <sub>2</sub> :21.0%						
CO:0ppm							
上水槽		作業区間					
測定箇所:2,700m(15:25)	測定箇所:1,700m(14:30)	測定箇所:1,680m	測定箇所:1,500m	測定箇所:1,300m	測定箇所:1,100m	測定箇所:900m	
風速:0.1m/s→	風速:0.5m/s→	風速:-m/s	風速:0.61m/s→	風速:0.57m/s→	風速:0.46m/s→	風速:0.45m/s→	
O <sub>2</sub> :20.9%	O <sub>2</sub> :20.9%	O <sub>2</sub> :21.0%	O <sub>2</sub> :20.9%	O <sub>2</sub> :20.9%	O <sub>2</sub> :20.9%	O <sub>2</sub> :20.9%	
CO:0ppm							

※測定箇所:米川横坑からの距離

図-2.2 調査時における酸素濃度等の観測結果



図-2.3 作業区間における機材配置

表-2.3 内部持込調査結果一覧

場所	積載 車両	機種名	規格	台数	内燃 機関	
米川横坑付 近	①トッパークー			1	○	
		発電機	2.4kVA	1	○	
		発電機	2.8kVA	1	○	
		送風機		1	×	
	②軽トラック			1	○	
		エンジンコンプレッサー	1.4m <sup>3</sup> /分	1	○	
		燃料タンク		1	×	
		投光器 (バッテリータイプ)		1	×	
		コンクリートカッター		1	×	
	導水路底面部					
		バイク (原付)		1	○	
		発電機	0.9kVA	1	○	
		水中ポンプ	2インチ	4	×	
		投光器		1	×	
		掃除機		2	×	
作業区間上 流	③軽トラック			1	○	
		エンジンコンプレッサー	1.4m <sup>3</sup> /分	1	○	
		燃料タンク		1	×	
		水中ポンプ	2インチ	1	×	
	④軽トラック			1	○	
		エンジンコンプレッサー	1.4m <sup>3</sup> /分	1	○	
		燃料タンク		1	×	
		発電機	0.9kVA	2	○	
		プロパンガスボンベ		1	○	
		コンクリートブレイカー		3	×	
	⑤軽トラック			1	○	
		エンジンコンプレッサー	1.4m <sup>3</sup> /分	1	○	
		燃料タンク		1	×	
		発電機	0.9kVA	2	○	
		水中ポンプ	1インチ	5	×	
水中ポンプ		2インチ	1	×		
投光器			1	×		

		コンクリートカッター		1	×
	⑥軽トラック			1	○
		エンジンコンプレッサー	1.4m <sup>3</sup> /分	1	○
		燃料タンク		1	×
		エンジンポンプ		2	○
		送風機		1	×
		投光器		1	×
		コンクリートブレーカー		2	×
	コンクリートカッター		1	×	
作業区間	導水路底面部				
		水中ポンプ (エンジン式)	3 インチ	1	×
		水中ポンプ	2 インチ	3	×
		発電機	0.9kVA	2	○
		発電機	1.35kVA	1	○
		送風機		3	×
		投光器 (バッテリータイプ)		1	×
		投光器		1	×
エアークピック			5	×	
作業区間下流	⑦軽トラック			1	○
		水タンク		1	×
		発電機	3.5kVA	1	○
		投光器		1	×
		水中ポンプ	1 インチ	1	×
	⑧軽トラック			1	○
		水タンク		1	×
		燃料タンク		1	×
		高圧洗浄機		1	○
		投光器		1	×
	⑨軽トラック			1	○
		燃料タンク		1	×
投光器			1	×	
下流上水槽側	⑩軽トラック			1	○
		発電機	0.9kVA	1	○
		燃料タンク		3	×
		投光器		1	×

	①トップカー		1	○
		発電機	0.9kVA	○
		投光器	1	×
	②軽トラック		1	○
		水タンク	1	×
		燃料タンク	1	×
		投光器	1	×

【トンネル内状況写真】※12月3日現場確認時撮影したものであり、一部事故当日とは異なる（写真中矢印は水の流れの方向を示す）



写真-2.4 米川横坑付近①



写真-2.5 作業区間上流①



写真-2.6 作業区間上流②



写真-2.7 作業区間①



写真-2.8 作業区間②

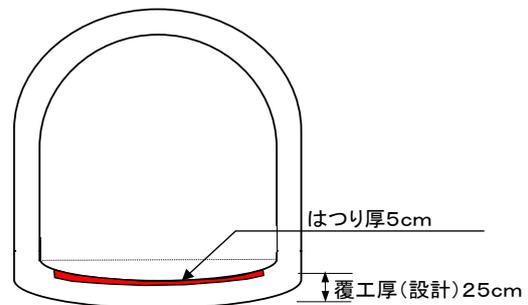




写真-2.9 作業区間③



写真-2.10 作業区間④



写真-2.11 作業区間⑤



写真-2.12 作業区間下流①



写真-2.13 作業区間下流②



写真-2.14 作業区間下流③



写真-2.15 作業区間下流④



写真-2.16 上水槽付近①



写真-2.17 上水槽付近②



写真-2.18 屋外発電機

## 2. 2 聴き取り調査の実施

### 2. 2. 1 調査概要

12月3日に実施した現地調査のみでは不明な事項があったことから、本工事を実施したシマダ(株)にヒアリングを実施した。

目的：現地調査結果と併せて、事故当日及び事故発生に至るまでの経緯を把握し  
事故原因の究明及び再発防止策の検討に資するもの

日時：平成28年12月7日(水) 14:00～16:30

場所：企業局1号会議室

相手：シマダ(株)3名

調査員：電気工水課2名、周南工業用水道事務所2名

### 2. 2. 2 聴き取り調査結果

シマダ(株)からのヒアリング内容のうち、事故原因に関わる事項を以下に示す。

表 2.4 聴き取り調査結果概要

質問	回答
作業員に対する事前の安全教育の有無	実施していない
当日の稼働機械	(シマダ(株)が下請業者に聞いた情報) ・コンプレッサー：5台 ・発電機：4台 ・水中ポンプ：3台 ・投光器、送風機：台数不明
稼働台数に制約を設けていたか	制約は設けていない
酸素欠乏危険作業主任者は誰でどのような作業を行ったか。	第2種酸素欠乏危険作業主任者は現場代理人。 作業主任者としての作業は実施していない。

酸素、硫化水素、一酸化炭素濃度の測定計画及び当日の測定状況	測定器を車に置いたままで測定していない。現場に入って1度も測定していない。
現場代理人以外で測定器の携行者は。	他に携行していたものはない。測定器は1台のみ。
坑内の換気計画について	11月2日に機械増加に伴う再計算をメーカーに依頼。 11月5日換気量が700m <sup>3</sup> /分必要と判明し、送風機を追加で1台手配。 11月14日に送風機の手配が完了したが、ダクトは16日に間に合わなかった。 16日の作業は、300m <sup>3</sup> /分の送風機があればできるであろうと曖昧な考えで作業を始めた。
換気量700m <sup>3</sup> /分が必要と認識がありながら300m <sup>3</sup> /分で作業をしたのは	3年前の工事で上流側10kmを施工したときは300m <sup>3</sup> /分で問題なくできた。今回は前回よりも短い1.5kmであり大丈夫と思った。
目張り後の換気装置の試運転、風量測定は	実施していない。
事故の要因はどのように考えているか	一酸化炭素濃度が上昇するという認識が低かった。また換気設備への考えが甘かった。
一酸化炭素中毒予防のためのガイドラインの存在を知っていたか。	現場代理人：存在は知らなかった。 会社：工事ごとに該当するガイドラインを徹底している。企業局工事でトンネル施工は今回で4回目になる。3年前に施工した工事では、酸素・硫化水素・一酸化炭素について測定を実施した。このときは、今回の現場代理人はサブとして配置していたので、大丈夫と思っていた。

## 2. 3 発注事務の検証

発注事務において、安全管理に関する指示や予定価格・作業期間が妥当なものであったかを検証した。

### 2. 3. 1 契約図書における安全管理の位置付け

契約図書において、安全管理・対策について、受注者に対しどのように明示していたのかを確認するため、契約図書における安全管理の位置付けについて確認をした。なお、契約図書とは、山口県土木工事共通仕様書により以下のように定義されている。

**【山口県土木工事共通仕様書】**

1-1-2 用語の定義

5. 契約図書とは、契約書及び設計図書をいう。
6. 設計図書とは、仕様書、図面、現場説明書及び現場説明書に対する質問回答書をいう。また、土木工事においては、工事数量総括表を含むものとする。
7. 仕様書とは、各工事に共通する共通仕様書と各工事ごとに規定される特記仕様書を総称していう。

以下に、当該工事の契約図書に記載されている安全管理に係る記述を抜粋する。

**【契約書】**

第1条（総則）

- 3 仮設、施工方法その他工事の目的物を完成するために必要な一切の手段（以下「施工方法等」という。）については、この契約書及び設計図書に特別の定めがある場合を除き、受注者がその責任において定める。

第26条（臨機の措置）

- 3 監督職員は、災害防止その他工事の施工上特に必要があると認めるときは、受注者に対して臨機の措置を執ることを請求することができる。

**【山口県土木工事共通仕様書】**

1-1-23 施工管理

1. 一般事項

受注者は、工事の施工にあたっては、施工計画書に示される作業手順に従い施工し、品質及び出来形が設計図書に適合するよう、十分な施工管理をしなければならない。

6. 労働環境の改善

受注者は、作業員の労働条件、安全衛生その他の労働環境の改善に努めなければならない。また、受注者は、作業員が健全な身体と精神を保持できるよう作業場所、現場事務所及び作業員宿舎等における良好な作業環境の確保に努めなければならない。

1-1-26 工事中の安全確保

1. 安全指針等の遵守、6. 安全巡視、8. 定期安全研修・訓練等、9. 施工計画書、12. 工事関係者の連絡会議、13. 安全衛生協議会の設置

#### 1-1-34 諸法令の遵守

##### 1. 法令等の遵守

受注者は、当該工事に関する諸法令を遵守し、工事の円滑な進捗を図るとともに、諸法令の適用運用は受注者の責任において行わなければならない。なお、主な法令は以下に示す通りである。

(4) 労働基準法（平成24年6月改正 法律第42号）

(5) 労働安全衛生法（平成26年6月改正 法律第82号）

#### 【特記仕様書】

##### 1. 施工管理について

工業用水道管路布設工事の施工に当たっては、「水道工事標準仕様書（2010年）」によること。また、施工管理については「山口県企業局工業用水道管路布設工事施工管理基準（平成10年）」および「山口県土木工事施工管理基準（平成20年）」等の規定によること。

##### 10. 仮設工

各工種実施時に必要な照明設備、換気設備等及び材料運搬のための不陸地運搬車等運転も含む。

徳山導水路は延長14.5km、米川抗口は取水口より約10km地点と長いことから送風機等の機械選定には注意すること。

#### 【検証結果】

これらの記載にあるよう、発注時においては、受注者に対し、契約図書において法令遵守と安全対策の徹底を指示しており、安全管理に関し適正に明示されていることを確認した。

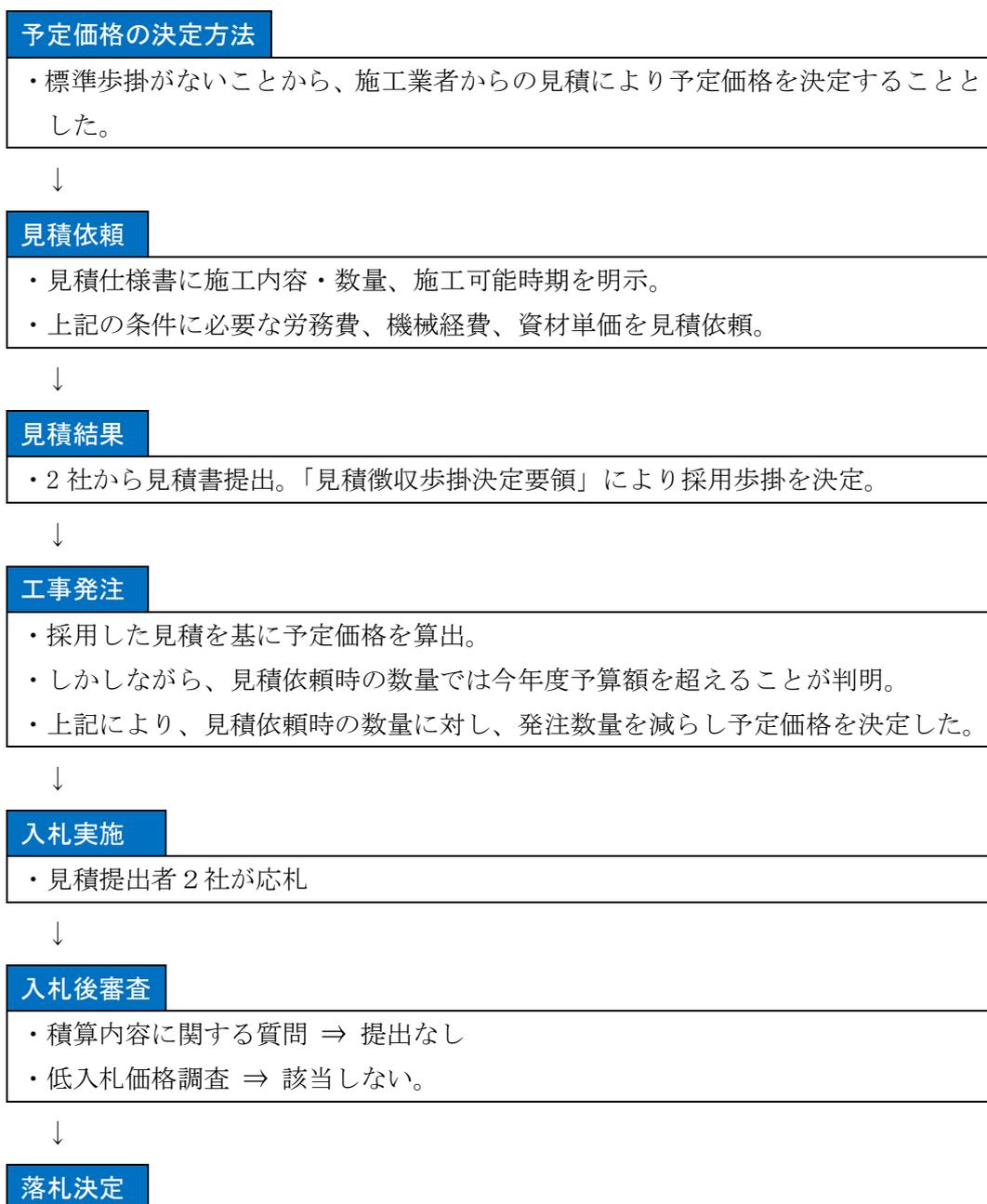
#### 2. 3. 2 予定価格・作業期間の設定の妥当性

本工事における予定価格や作業期間が、施工内容・数量と比較して妥当なものであったかを検証するため、予定価格の決定から契約にいたるまでの流れを整理した。

表 2.5 予定価格・作業期間の設定の検証

項目	内容	
予定価格	・入札参加者から見積を依頼し予定価格を決定している。 ・見積条件として、作業可能期間を明示しており、これに見合う費用を見積書に計上している。	問題なし
作業期間	・見積条件に作業可能期間を明示 ・予算の関係により、施工量を見積時より減らしている。	問題なし
積算内容	・入札参加者から質問なし	問題なし
低入札	・該当しない	—

図-2.4 工事発注から落札決定までの流れ



#### 【予定価格決定方法】

本工事における作業歩掛は、山口県土木工事標準歩掛表等に掲載されておらず、見積により予定価格を決定する必要がある。過去の工事においても同様に見積により予定価格を決定している。

入札は一般競争入札・事前審査方式により実施することとした。見積期間についても、建設業法施行令第6条及び山口県会計規則148条に定める期間を確保しており、問題ないものと考えられる。

### 【見積依頼】

見積仕様書に下記の条件を明示し、このために必要な労務・機械経費数量、資材単価を見積依頼した。また、見積結果によっては工事発注数量を変更する旨を明示した。

施工数量：断面修復工 39.57m <sup>3</sup>
作業可能期間：平成 28 年 11 月 12 日～12 月 4 日

表 2.6 見積依頼実施状況

見積条件書	実施状況
現場条件、施工条件、施工数量	施工条件書、施工可能時期、導水路への入口を明示
有効期限	記載あり（平成 29 年 3 月 31 日）
代価表を添付し基本的な項目を明示	記載あり
代価表項目を追加・削除できる	記載あり
複数歩掛がある場合、個別で採用するか一連で採用するかを示す	記載あり（一連で採用する）
開示請求があった場合は開示	—
採用した歩掛を公表する	資材と歩掛を同時に見積依頼するため該当なし
不明な点は確認を行う	記載あり

### 【見積結果】

2社から見積が提出され、「見積徴収歩掛決定要領」により採用歩掛を決定した。

見積提出者：2社
決定方法：提出された各見積の総価を比較し、平均直下となる見積を採用する

### 【工事発注数量】

採用した歩掛により予定価格を算出した結果、見積依頼時に示した予定数量では、今年度予算を超えることが判明した。このため、施工数量を減少することとした。また、作業可能期間については、施工数量が減少することから、見積依頼時の期間で十分施工可能と判断し変更はしていない。

施工数量：断面修復工 15.44m <sup>3</sup>
作業可能期間：平成 28 年 11 月 12 日～12 月 4 日

### 【入札実施から落札決定まで】

入札結果は以下のとおりである。入札後、積算内容に関する質問については提出されていない。また、低入札価格調査にも該当するものではなかった。これによりシマダ(株)の落札が決定した。

## 【検証結果】

当該工事においては、主要な工種（換気を含む）について標準歩掛が無いことから、発注時に入札参加業者に対し見積依頼を行い、提出された見積金額を参考に予定価格を設定し発注を行った。

また、作業期間についても、見積依頼時に可能日数を示し、そのために必要な労務数量が提出されていることから、工事数量・費用からみても施工可能な期間であると確認した。

以上の検証により、今回の発注事務については適正に行われており問題ないことを確認した。

## 2. 4 工事監督事務の検証

### 2. 4. 1 各種基準等における実施状況

今回の事故原因に係る、企業局の工事監督実施状況についての妥当性を検証した。

検証は、工事請負契約、土木工事監督技術基準（案）に従い、本工事の管理・監督が適切に実施されていたかを確認した。

表 2.8 山口県土木工事監督技術基準（案）の履行状況及び事故との関連性・予見性の確認

項目	業務内容	該当の有無・監督職員履行状況	事故との関連性・予見性
施工計画書の受理	受注者から提出された施工計画書により、施工計画の概要を把握する。	施工計画書*を受理記載内容を把握し、安全管理に関し問題があるとの認識はなかった。※P30 参照	予見不可
契約書及び設計図書に基づく指示、承諾協議、受理等	契約書及び設計図書に示された指示、承諾、協議（詳細図の作成を含む）及び受理等について、必要により現場状況を把握し、適切に行う。	工事打合せ簿により指示、承諾、協議、受理等を実施、現場立会時には現場の改善等の必要性は認められなかった。	予見不可
臨機の措置	災害防止、その他工事の施工上特に必要があると認める時は、受注者に対し臨機の措置を求める。	臨機の措置が必要となる事態は、立会時には認められず、また、受注者から必要である旨の報告もなく、知り得なかった。	予見不可

## 2. 4. 2 監督職員への聴き取り調査

本工事を担当した監督職員にヒアリングを実施した。

<p>目 的：事故発生に至るまでの工事監督状況を把握し、事故原因の究明及び再発防止策の検討に資するもの</p> <p>日 時：平成 28 年 12 月 2 日（金）15：00～16：00</p> <p>場 所：周南工業用水道事務所会議室</p> <p>相 手：周南工業用水道事務所 2 名</p> <p>調査員：電気工水課 2 名</p>
---

表 2.9 聴き取り調査結果概要

質問	回答
施工計画書の受理状況	・工事着手前に受理している。その後変更は提出されていない。
契約書第 18 条（条件変更等）に基づく照査結果	・報告されていない。
11 日の作業状況、現場立会等	・午前中に水の切替作業を行い、角落し設置作業の立会をした。 ・米川横坑の蓋が開いていたが、坑内搬入作業がなく坑内に入っていないので作業状況は把握していない。
12 日の作業状況、現場立会等	立会・連絡等なし
13 日の作業状況、現場立会等	立会・連絡等なし
14 日の作業状況、現場立会等	・午後に施工位置の立会を実施。 ・現場代理人から下流は水替が困難なことから施工箇所の変更について協議があった。 ・このため、その上流側で対策が必要な箇所を確認。数量を整理するよう指示し、提出されれば施工箇所を決定することとした。 ・坑内に施工機械はなかった。 ・坑内で往来する軽トラックと 2～3 度すれ違ったので 2 台程度入っていたと思われる。
15 日の作業状況、現場立会等	・水替作業に苦勞することから、さらに上流に施工箇所を変更できないか相談あった。 ・現地を見て判断したいと意向を伝えた。
16 日の作業状況、現場立会等	・午前 立会・連絡等なし ・12 時 10 分頃に現場代理人から事故の連絡が入った。
その他	・工事の仕様書上はコンクリートをはつる（取壊）ことになっていないが、施工業者ははつる作業を計画していた。

## 【検証結果】

土木工事監督技術基準（案）により定められている発注者業務の履行状況から確認したところ、いずれの項目においても、事故と直接関係ない、もしくは事故を予見可能なものではないことが確認された。

また、聴き取り調査からも事故を予見可能なものではないことが確認された。

このことから、当該工事においては監督職員 2 名により適正な工事監督が行われており、事故に対し必要な措置を求めることは不可能であり、工事監督事務に問題ないことを確認した。

## 2. 5 調査結果の整理

### 2. 5. 1 持込機械

現地確認調査結果及び受注者からの聴き取り調査結果等を踏まえると、坑内への持込機械は以下のとおりとなる。なお、本持込機械は、今回の工事全体に対応するための資機材であって、事故当日の稼動機械とは異なるものである。

表 2.10 持込機械一覧

機械名等	数量	単位	内燃機関の有無
軽トラック	10	台	○
トップカー	2	台	○
バイク（原付）	1	台	○
発電機（3.5kVA）	1	台	○
発電機（2.8kVA）	1	台	○
発電機（2.4kVA）	1	台	○
発電機（1.35kVA）	1	台	○
発電機（0.9kVA）	9	台	○
エンジンポンプ	2	台	○
エンジン高圧洗浄機	1	台	○
エンジンコンプレッサー	5	台	○
水中ポンプ	16	台	×
投光器（バッテリータイプ）	2	台	×
投光器	10	台	×
送風機	5	台	×
燃料タンク（ガソリン）	9	個	×
燃料タンク（軽油）	2	個	×
掃除機	2	台	×
水タンク	4	個	×
プロパンガスボンベ	1	個	×
エアピック	5	台	×
コンクリートブレーカー	6	台	×
コンクリートカッター	3	台	×
合計	99		—

## 2. 5. 2 稼働機械

現地確認調査結果及び受注者からの聴き取り調査結果等を踏まえると、事故当時稼働していた機械は、以下のとおりなる。なお、これらの機械は、事故発生日から15日程度経過した状況と受注者からの聴き取り調査結果から推測したものであり、事故時間に稼働していたものを断定するには至らなかった。

表 2.11 事故当時稼働機械一覧

機械名等	数量	単位	内燃機関の有無	使用燃料
発電機 (3.5kVA)	1	台	○	ガソリン
発電機 (1.35kVA)	1	台	○	ガソリン
発電機 (0.9kVA)	2	台	○	ガソリン
エンジンポンプ	1	台	○	ガソリン
エンジンコンプレッサー	5	台	○	軽油
合計	10			

## 2. 5. 3 換気計画の検証

本工事における換気計画について、発注者に提出されていた施工計画に記載されていた換気計画、作業着手前に受注者が計画していた換気計画は以下のとおりである。

### 【提出された施工計画書における換気計画】

・稼働機械	発電機 1.3 kVA	1 台
	軽トラック	4 台
	発電機 2.5 kVA	4 台
・入坑者	人員	15 人
・必要換気量 (必要圧力)		140 m <sup>3</sup> /分 (0.25 kPa)
・選定送風機		<b>300 m<sup>3</sup>/分 (3.92 kPa)</b>
・換気方法	米川横坑坑口からダクトを突っ込み、排気による換気	

### 【作業着手時点で受注者が計画していた換気計画 (発注者へは未提出)】

・稼働機械	発電機 1.5 kVA	3 台
	コンプレッサ	9 台
	トップカー	2 台
・入坑者	人員	10 人
・必要換気量 (必要圧力)		699 m <sup>3</sup> /分 (1.21 kPa)
・選定送風機		300 m <sup>3</sup> /分 (3.92 kPa)
		<u>400 m<sup>3</sup>/分 (2.94 kPa)</u>
		<b>計 700 m<sup>3</sup>/分</b>
・換気方法	米川横坑坑口からダクトを突っ込み、排気による換気	

なお、事故当日には、送風機（400m<sup>3</sup>/分）は設置されていたものの、現地にはダクトが持ちこまれておらず、400m<sup>3</sup>/分は稼働できない状態であった。

さらに、推定した事故当時の稼働機械に対して、「ずい道等建設工事における換気技術指針（建設業労働災害防止協会）」に基づき必要換気量を計算し、必要送風機を検証した。

#### 【検証による必要換気量（作業時）】

・稼働機械	発電機3.5kVA	1台
	発電機1.35kVA	1台
	発電機0.9kVA	2台
	エンジンポンプ	1台
	エンジンコンプレッサー	5台
・入坑者	人員	8人
・必要換気量（必要圧力）		291m <sup>3</sup> /分（0.57kPa）
・選定送風機		<b>300m<sup>3</sup>/分</b> （3.92kPa）
・換気方法	米川横坑坑口からダクトを突っ込み、排気による換気	

#### 【検証による必要換気量（移動時）】

・稼働機械	軽トラック	5台
	トップカー	1台
・入坑者	人員	8人
・必要換気量（必要圧力）		174m <sup>3</sup> /分（0.57kPa）
・選定送風機		<b>300m<sup>3</sup>/分</b> （3.92kPa）
・換気方法	米川横坑坑口からダクトを突っ込み、排気による換気	

#### 【検証結果】

当時稼働していた送風機（300m<sup>3</sup>/分）は、計算上においては作業中の必要換気量（291m<sup>3</sup>/分）及び移動時の必要換気量（174m<sup>3</sup>/分）を満足しているが、漏風などがあることを見込めば、当時の換気能力は、余裕がない状態であったと考えられる。

### 2. 5. 4 換気対策の検証

事故当日、換気装置や目張りなどの換気対策の状況について、現地確認調査結果及び受注者からの聴き取り調査結果等を踏まえ整理を行った。

事故当日は、坑外に300m<sup>3</sup>/分と400m<sup>3</sup>/分の2台の排気式の送風機を設置していたが、作業時には300m<sup>3</sup>/分の送風機1台のみを稼働させていた。送風機は、作業前に稼働させ、入坑している。換気設備の配置状況は図2.5のとおりであった。

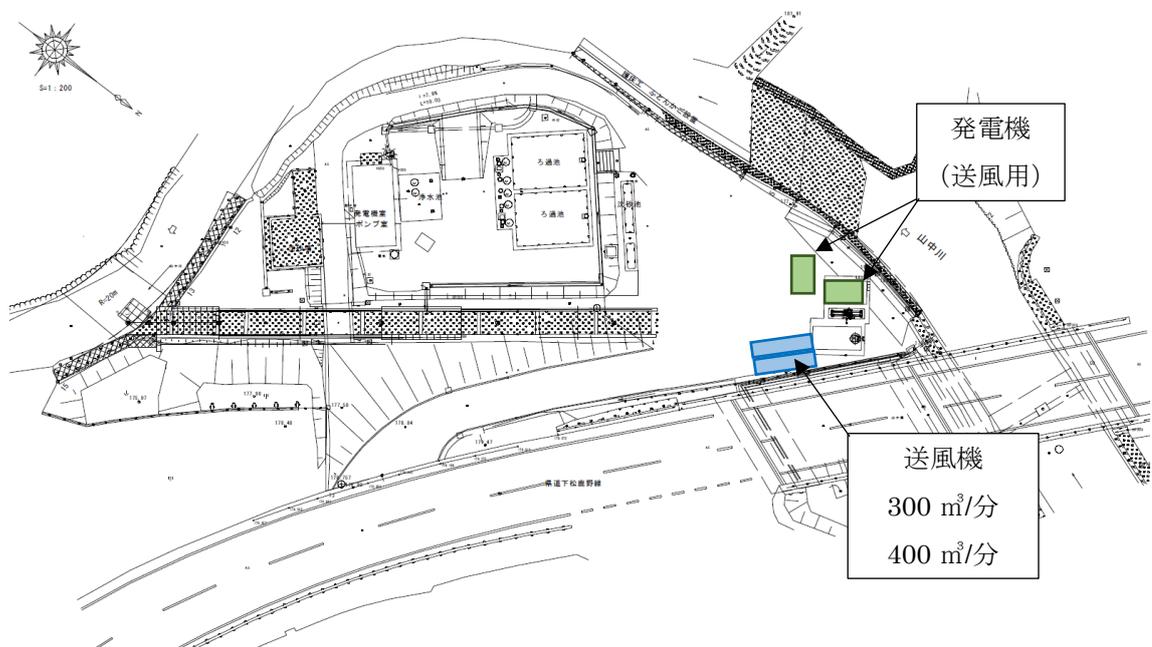


図 2.5 換気設備配置図 (米川横坑)

また、換気の機能を大きく左右する目張りやダクトの状況は以下のとおりであった。

【目張り】

- ①上流側トンネル断面 ブルーシート (上部：数点で吊る)  
(下部：土のうで押さえ)  
(側部：留めなし)
- ②横坑越流部断面 ブルーシート (上部：グレーチングに設置)  
(下部：土のうで押さえる)
- ③立坑上部断面 ブルーシート及びコンパネ (中段グレーチング部)
- ④排水バルブ断面 なし
- ⑤ゲート部開口断面 ブルーシート

【ダクト】

立坑中段グレーチング部から下向きに1～2 m程度垂らす

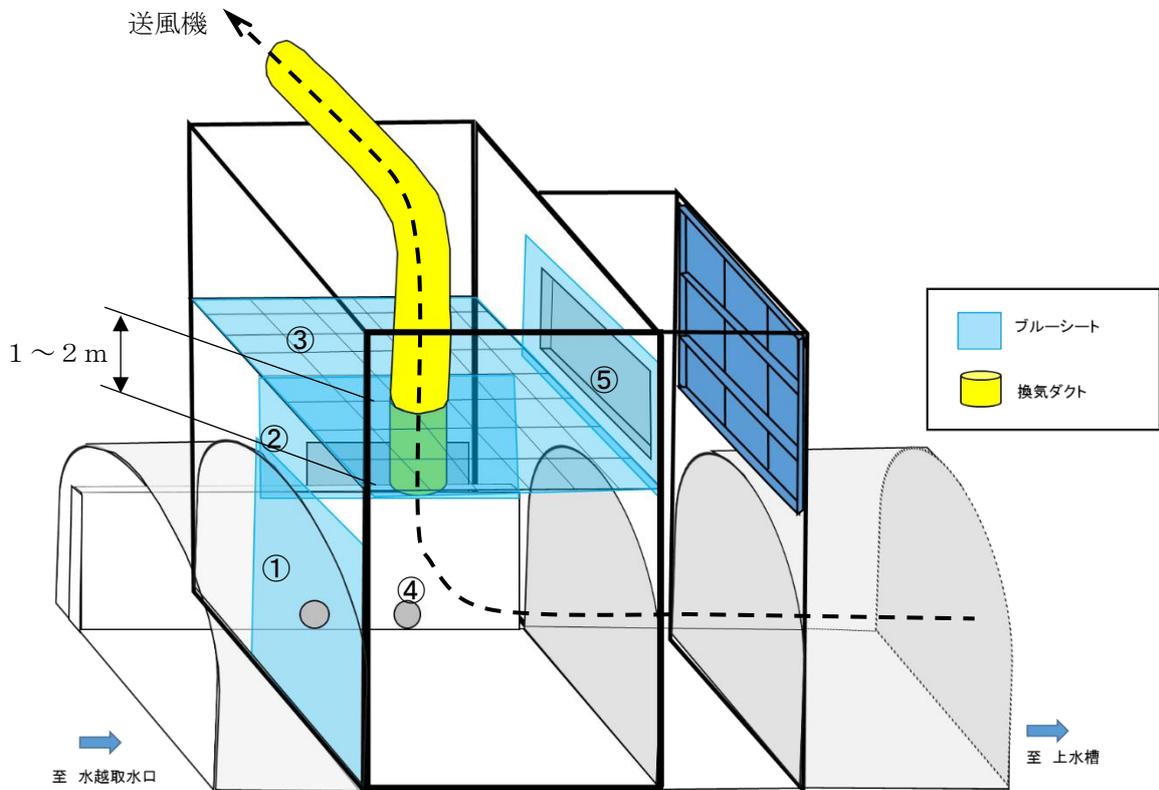


図 2.6 米川横坑坑口イメージ図

【目張り前の状況】 (写真中の矢印は水の流れを示す)



写真-2.22 ①上流側トンネル断面



写真-2.23 ②横坑越流部断面



写真-2.24 ③立坑上部断面



写真-2.25 ⑤ゲート部開口断面



写真-2.26 ④排水バルブ断面

【目張り後の状況】 ※11月20日現場確認時に撮影



・ブルーシートと側壁は密着しておらず、隙間あり



・ブルーシート上部に隙間あり

写真-2.27 ①上流側トンネル断面目張り状況

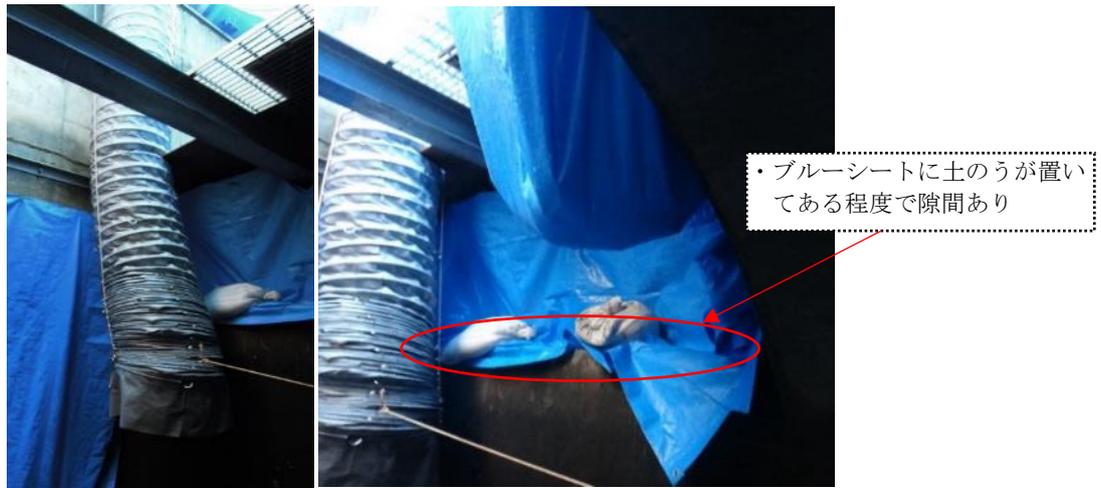


写真-2.28 ②横坑越流部断面目張り状況



写真-2.29 ③立坑上部断面目張り状況

写真-2.30⑤ゲート部開口断面目張り状況

【検証結果】

現地坑内の稼動機械や坑外の送風機に不具合があったとの報告はなかった。  
 送風機からのダクトは坑口から内部に突っ込まれていたが、トンネル内部までは突っ込まれず、坑口内に留まっていたものであった。  
 開口部を遮断するための目張りは、排水バルブ以外の全てをブルーシートやコンパネで覆っていたが、ブルーシートは構造物に設置された釘などに掛け、下部を土のうで押さえてある程度であり、外気の流入を完全に遮断するまでには至っていなかった。また、排水バルブの部分は、無対策で隙間がある状態のままで、さらにゲート頂部を覆う鋼板等の蓋部などにも隙間がある状態であり、坑内の密閉性は高いものではなかったと考えられる。  
 このことから、計画どおりの換気効果が確保されていなかったことが考えられる。

## 2. 5. 5 法令遵守

事故当日の安全管理について、現地確認調査結果及び受注者からの聴き取り調査結果等を踏まえ、関係諸法令の遵守状況の整理を行った。

まず、当該工事に関係する諸法令等を以下に整理する。

### 【労働安全衛生法（昭和47年法律第57号）】

（事業者の講ずべき措置等）

第二十二条 事業者は、次の健康障害を防止するため必要な措置を講じなければならない。

- 一 原材料、ガス、蒸気、粉じん、酸素欠乏空気、病原体等による健康障害
- 二～四 （略）

第二十七条 第二十条から第二十五条まで及び第二十五条の二第一項の規定により事業者が講ずべき措置及び前条の規定により労働者が守らなければならない事項は、厚生労働省令で定める。

2 （略）

（元方事業者の講ずべき措置等）

第二十九条 元方事業者は、関係請負人及び関係請負人の労働者が、当該仕事に関し、この法律又はこれに基づく命令の規定に違反しないよう必要な指導を行わなければならない。

2～3 （略）

### 【労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）】

（内燃機関の使用禁止）

第五百七十八条 事業者は、坑、井筒、潜函、タンク又は船倉の内部その他の場所で、自然換気が不十分なところにおいては、内燃機関を有する機械を使用してはならない。ただし、当該内燃機関の排気ガスによる健康障害を防止するため当該場所を換気するときは、この限りでない。

（呼吸用保護具等）

第五百九十三条 事業者は、著しく暑熱又は寒冷な場所における業務、多量の高熱物体、低温物体又は有害物を取り扱う業務、有害な光線にさらされる業務、ガス、蒸気又は粉じんを発散する有害な場所における業務、病原体による汚染のおそれの著しい業務その他有害な業務においては、当該業務に従事する労働者に使用させるために、保護衣、保護眼鏡、呼吸用保護具等適切な保護具を備えなければならない。

【建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドライン（平成10年6月1日付け基  
発第329号 労働省労働基準局長通知）（以下「ガイドライン」という。）

1 趣旨

本ガイドラインは、建設業において自然換気が不十分な作業場所における、内燃機関を有する機械の使用又は練炭の燃焼によるコンクリート養生作業等の業務に従事する労働者の一酸化炭素中毒を予防するため、事業者及び元方事業者が労働安全衛生関係法令に基づき講ずべき措置に加え、作業管理、作業環境管理等について留意すべき事項を示したものである。

【検証結果】

労働安全衛生法第22条で、事業者の講ずべき措置として「原材料、ガス、蒸気、粉じん、酸素欠乏空気、病原体等による健康障害の防止」が義務付けられており、これに一酸化炭素中毒が含まれる。

労働安全衛生規則第578条において、「自然換気が不十分なところにおいては、内燃機関を有する機械を使用してはならない。ただし、当該内燃機関の排気ガスによる健康障害を防止するため当該場所を換気するときは、この限りでない。」と規定されており、当該工事においては、坑内で内燃機関を使用する以上、十分な換気が求められる。その際には、ガイドラインに留意することが求められるため、事故当時の状況を、ガイドラインの主な項目について照らし合わせて整理した。その結果、ガイドラインにより事業者が留意すべきとされている事項について、ほとんど対応がなされていなかったことが確認された。

また、労働安全衛生規則第593条において、「有害な業務においては、当該業務に従事する労働者に使用させるために、保護衣、保護眼鏡、呼吸用保護具等適切な保護具を備えなければならない。」と規定されているが、聴き取り調査の結果から、事故当時、呼吸用保護具を作業現場ではなく倉庫に保管していたことから、同上の規定に違反していたことが確認された。

なお、関係法令の体系は図2.7のとおりである。

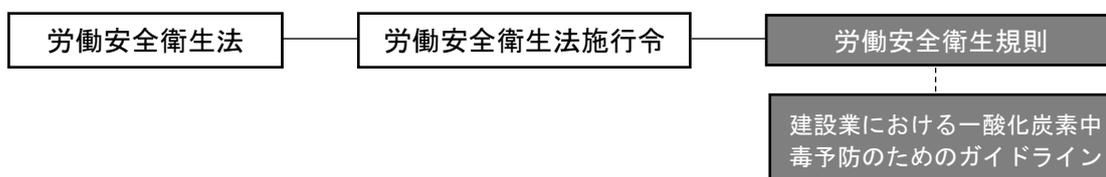


図 2.7 関係法令の体系図

表 2.12 建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドラインの主な項目

項目	実施状況
○作業責任者	
作業責任者の選任	×
作業手順書の作成	×
関係者以外の立入禁止措置	○
○元方事業者による管理	
作業責任者の履行確認	×
作業場所の巡視	○
作業方法の改善指導	×
○作業管理	
一酸化炭素発生の少ない機材の選定	△
警報装置の点検	×
呼吸用防護具の数の確認・点検	×
一酸化炭素濃度の測定（作業前、作業中）	×
換気の実施	○
異常時の措置（一酸化炭素濃度が上昇し、警報装置が作動した場合の措置）	×
○作業環境管理	
換気効果を一酸化炭素濃度測定により確認	×
機械換気装置の性能を確保する	×
換気は能力に余裕があるファンを選択	×
○警報装置	
警報が発していることを作業員に速やかに知らせるものを選定	○
複数の作業場所で作業が行われる場合は、それぞれの作業場所に設置	×
○労働衛生教育	
一酸化炭素に関する安全衛生教育	×

凡例) 実施：○、未実施：×、不明：△

## 2. 5. 6 施工計画書

受注者は、工事着手前に施工計画書を発注者へ提出しているが、事故当時の状況は施工計画書とは差異があった。その差異について、使用機械及び安全管理に関して以下に整理した。

表 2.13 施工計画書（当初）と事故当時の差異【使用機械】

施工計画書			事故当時の状況				
機種	規格	台数	機種	規格	台数	増減	内燃機関
坑内							
モルタルミキサー	45L	1～2 台	モルタルミキサー	45L	0 台	-1	-
発電機	2kVA	1～2 台	発電機	2kVA	0 台	-2	-
			発電機	3.5kVA	1 台	+1	○
			発電機	2.8kVA	1 台	+1	○
			発電機	2.4kVA	1 台	+1	○
			発電機	1.35kVA	1 台	+1	○
			発電機	0.9kVA	9 台	+9	○
高圧洗浄機		1～2 台	高圧洗浄機		1 台	-1	○
エアープック		2～3 台	エアープック		5 台	+2	×
エンジンコンプレッサー	0.6MPa	2 台	エンジンコンプレッサー	1.4m <sup>3</sup> /分	5 台	+3	○
水中ポンプ	2 インチ	1～3 台	水中ポンプ	2 インチ	9 台	+6	×
			水中ポンプ	1 インチ	6 台	+6	×
			水中ポンプ	3 インチ	1 台	+1	×
			エンジンポンプ		2 台	+2	○
			投光器（バッテリータイプ）		2 台	+2	×
			投光器		10 台	+10	×
			送風機		5 台	+5	×
			燃料タンク（ガソリン）		9 個	+9	×
			燃料タンク（軽油）		2 個	+2	×
			掃除機		2 台	+2	×
			水タンク		4 個	+4	×
			プロパンガスボンベ		1 個	+1	×
			コンクリートブレーカー		6 台	+5	×
			コンクリートカッター		3 台	+3	×
軽トラック	300kg 積	4～5 台	軽トラック	300kg 積	10 台	+5	○
			トップカー		2 台	+2	○
			バイク（原付）		1 台	+1	○
米川横坑（坑外）							
発電機	60kVA		発電機	100kVA	1 台	-	-
			発電機	125kVA	1 台	-	-
送風機	300 m <sup>3</sup> /分		送風機	300 m <sup>3</sup> /分	1 台	-	-
			送風機	400 m <sup>3</sup> /分	1 台	-	-
ラフタークレーン	5～10t		ラフタークレーン	13t	1 台	-	-
上水槽（坑外）							
			発電機	25kVA	1 台	-	-
			排水ポンプ	6 インチ	1 台	-	-
その他（坑外）							
ダンプトラック	2t		ダンプトラック	2t			
			ダンプトラック	4t			
			ユニック車	2t 吊			

表 2.14 施工計画書（当初）と事故当時の差異【安全管理】

項目	施工計画書記載内容	事故当時の状況
安全訓練一覧表	10月～12月に毎月1回（半日以上）実施	実施していない
仮設機械 換気 設備設置・撤去	酸素濃度及び一酸化炭素濃度の測定は、午前（作業開始前）午後（午後の作業開始前）に行い記録する	測定及び記録は行って いない

【検証結果】

使用機械及び安全管理について、施工計画と大幅な差異があった。共通仕様書には、「重要な変更が生じた場合は、その都度当該工事に着手する前に監督職員へ提出しなければならない。」とある。

今回の差異は、重要な変更と相当すると考えられ、変更施工計画書の提出が必要であった。また、安全管理については施工計画どおりに実施されていなかった。

2. 5. 7 過去の工事との相違点

徳山導水路改良工事は、平成22年度から実施されているが、このような事故は発生していない。今回の工事と過去3年の施工状況及び安全管理体制について、業者からの聞き取りを基にその相違点を整理した。

表 2.15 徳山導水路改良工事における施工内容と安全管理体制

施工年度		H25	H26	H27	H28
施工箇所	米川 上流	空洞充填 10 箇所	空洞充填 4 箇所	空洞充填 4 箇所 断面修復 14 箇所	—
	米川 下流	覆工補強 10 箇所	覆工補強 16 箇所	覆工補強 16 箇所	インバート補修 17 箇所
送風機	m <sup>3</sup> /分	300×1 台	300×1 台	700×2 台	300×1 台
	箇所	米川（排）	米川（排）	米川（排×1） 水越（送×1）	米川（排）
目張り		米川立坑上部断面 （ブルーシート+コンパネ）			米川立坑上部断面 （ブルーシート+コンパネ）
		—	上流側トンネル断面 （防音シート）	上流側トンネル断面 （防音シート）	上流側トンネル断面 （ブルーシート）
		横坑越流部断面 （ブルーシート）	横坑越流部断面 （防音シート）	横坑越流部断面 （防音シート）	横坑越流部断面 （ブルーシート）
		ゲート部隙間 （ブルーシート）	ゲート部隙間 （防音シート）		ゲート部隙間 （ブルーシート）
			下流側ゲート断面 （防音シート）		
ダクト		米川横坑上流側 8m 程度、下流側 5m程 度突っ込み 上下流ダクトを切替 式T字管で接合し、 一方のみを通気させ て使用	水越坑口下流側 2～3 m程度、米川横坑上 流側 2～3m程度突っ 込み	米川立坑中段グレー チング部から下向き に 1～2m程度垂らす	

測定項目	O <sub>2</sub>	作業前	○	○	○	—
		作業中	○	○	○	—
	CO	作業前	—	○	○	—
		作業中	—	○	○	—
	H <sub>2</sub> S	作業前	○	○	—	—
		作業中	○	○	—	—
	CO <sub>2</sub>	作業前	—	○	—	—
		作業中	—	○	—	—
	風向	作業前	—	—	○	—
	風速	作業中	—	—	○	—
その他				○ 粉塵、坑内温度		
酸素マスク	軽トラックにマスク（10分）計10個配備	ポンベ（30分）×2、ポンベ（1h）×2、いずれも水越坑口に配備	マスク（10分）を各作業員に1個配備 予備に5個程度在庫	計21個準備していたが現場事務所に置いていた		
シマダ株式会社施工		○	×	○	○	

### 【検証結果】

工事内容としては、これまでは、覆工補強、空洞充填、断面修復を実施しており、インバート補修は今年度がはじめての工種となる。工事内容や施工規模の違いによって、使用機械や台数は異なるものの、坑内ではこれまでも軽トラックや発電機、エンジンコンプレッサーなどの内燃機関がこれまでも使用されていたが、今回の工事ではインバート補修に伴い、湧水の処理のため水替作業が必要となるほか、受注者が作業効率等を考慮して自らコンクリートはつり作業を追加したことから、発電機やエンジンコンプレッサーをこれまでより多く使用していた。

また、施工箇所としては、これまで、米川横坑より上流側及び下流側のどちらも施工しており、平成25年度以降では、シマダ(株)が3回受注している。

換気対策において、送風機については、基本的に米川横坑から排気する形式を採用しており、年度によってそれぞれ必要な換気能力のものが使用されている。また、目張りについては、今回同様のブルーシート又はそれより厚手の防音シートの2つのケースがあり、ダクトについても、今回同様の中段グレーチングから下向きに1～2m垂らすものと、坑口に突っ込む場合の2つのケースがあった。

安全管理体制については、過去の実施内容と差異が見られた。

今回の工事は、これまでよりも多くの内燃機関を使用しているため、従前と同等以上の一酸化炭素中毒に対する安全管理体制が必要であったと考えられるが、測定等十分であったとは言えない状況であった。

### 3 一酸化炭素が充満した原因

これまでの調査結果を基に、一酸化炭素が坑内に充満した原因をそのメカニズムから検証する。

東京都生活文化局が作成した「発電機・木炭等による一酸化炭素中毒の危険性 平成23年11月」（以下「報告書」という。）を参考に、坑内の作業場における一酸化炭素濃度の上昇する状況を計算した。また、救出に入った消防の情報による当時の一酸化炭素濃度の測定値から、換気効果がどの程度であったかを推定した。

#### ■一酸化炭素（化学式：CO）

空気は、窒素と酸素が99%を占めている。一酸化炭素の重さは、空気とほぼ同じであり、排出後の動きは、基本的に外気との温度差に左右する。トンネル内では、内燃機関から燃焼した排気ガスは暖かく、一旦はトンネル頂部に上昇するが、徐々に冷やされ降下し、空気と一様に混ざる。しかし、降下した一酸化炭素が内燃機関に吸い込まれると、内燃機関の燃焼がさらに不完全なものとなり、一酸化炭素の排出を助長する。

一酸化炭素は、無色・無臭で気づきにくく、血中のヘモグロビンと結合しやすいため、暴露が多くなると、脳や心臓などに機能障害が生じる。

#### ■稼動機械

坑内で使用した稼動機械のうち、一酸化炭素が発生し得る機械は下表のとおりとする。

表 3.1 事故当時稼動機械一覧

機械名等	数量	単位	内燃機関の有無	使用燃料
発電機 (3.5kVA)	1	台	○	ガソリン
発電機 (1.35kVA)	1	台	○	ガソリン
発電機 (0.9kVA)	2	台	○	ガソリン
エンジンポンプ	1	台	○	ガソリン
エンジンコンプレッサー	5	台	○	軽油
合計	10	台		

#### ■一酸化炭素排出量

一酸化炭素の排出量については、東京都生活文化局が作成した報告書を参考にする。報告書によると、図 3.1 の室内試験場（19.84m<sup>3</sup>の部屋）の中で出力の異なる3種類の発電機を運転させ、時系列での一酸化炭素濃度を測定し、その上昇の状況を把握する実験を行っている。

実験によると3種類の発電機とも、エンジンを始動してから10分以内で2000ppmに達している。なお、室内試験場では換気扇による30分に1回の間欠運転が行われていたが、換気扇による換気が行われないうちに高濃度となったと考えられる。

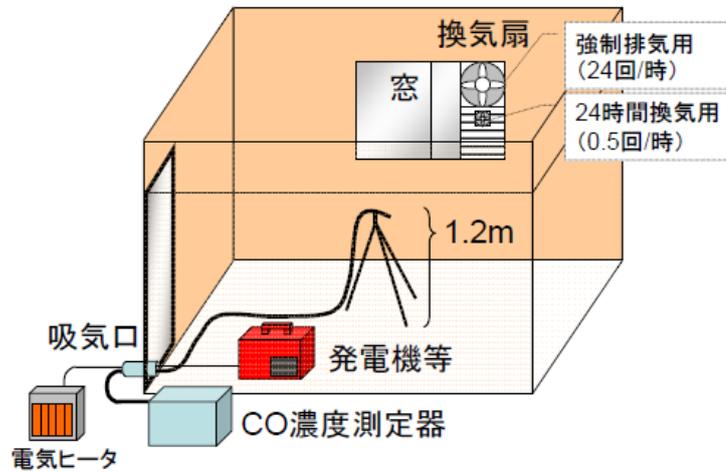


図 3.1 試験環境の配置図

(出典：発電機・木炭等による一酸化炭素中毒の危険性)

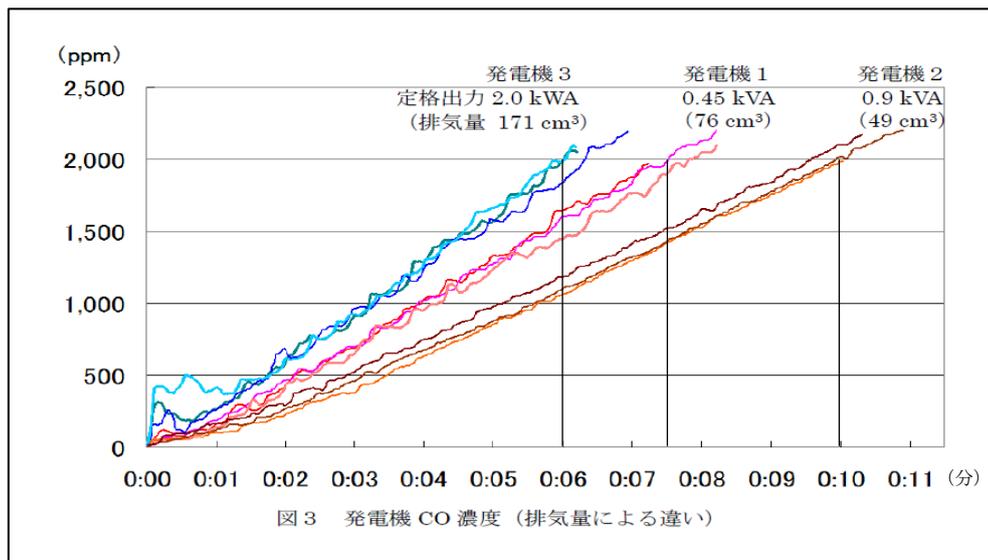


図 3 発電機 CO 濃度 (排気量による違い)

図 3.2 発電機 CO 濃度

(出典：発電機・木炭等による一酸化炭素中毒の危険性)

この結果から、一酸化炭素濃度が 2000 ppm に達する時間を整理すると、以下のとおりとなる。

表 3.2 一酸化炭素濃度 2000ppm に到達する所要時間

名称	①排気量 (cm³)	②所要時間 (分)	③CO 濃度 (ppm)
発電機 0.9kVA	49	10.0	2000
発電機 0.45kVA	76	7.5	2000
発電機 2kVA	171	6.0	2000

一酸化炭素濃度は、発電機の出力ではなく、排気量に比例しており、排気量と一酸化炭素濃度が2000ppmに到達する所要時間の関係を示すと下図のとおりとなる。また、この関係から近似式を作成した。

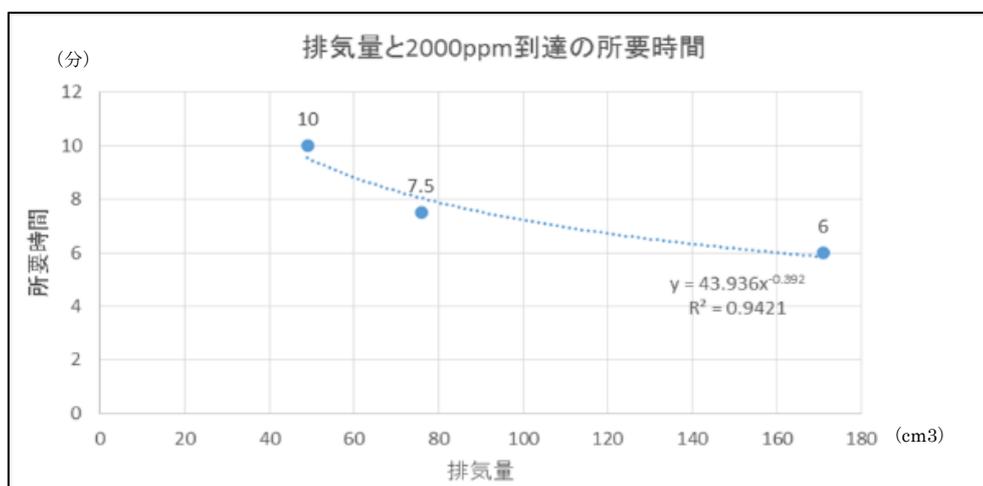


図 3.3 排気量と 2000ppm 到達の所要時間

X を排気量とすると、一酸化炭素濃度が2000ppmに到達するまでの所要時間 y は以下の式で示される。

$$y = 43.936 * X^{-0.392}$$

この近似式を用い稼働機械に対する一酸化炭素濃度が2000ppmに到達する所要時間を算定し、1台当たりの1秒当たり一酸化炭素排出量を整理した。さらに、稼働機械の稼働台数を考慮し、作業時の稼働機械から排出される一酸化炭素排出量の合計を求めた。

表 3.3 一酸化炭素濃度 2000ppm に到達する所要時間

名称	①排気量 (cm³)	②所要時間 (分)	1台当り CO 排出量 (m³/秒)
コンプレッサー50s	676	3.42	0.0001936
コンプレッサー55s	761	3.26	0.0002028
エンジンポンプ 3.7kW	172	5.84	0.0001132
発電機 0.9kVA	50	9.48	0.0000698
発電機 1.35kVA	86	7.66	0.0000863
発電機 3.5kVA	357	4.39	0.0001507

表 3.4 稼働機械別の一酸化炭素の排出量

名称	規格	台数	1 台当り排出量 (m <sup>3</sup> /秒)	排出量 (m <sup>3</sup> /秒)
エンジンコンプレッサー (軽油)	PDS50S 出力 11.8kW 空気量 1.4m <sup>3</sup> /分、排気量 676cm <sup>3</sup>	4	0.0001936	0.0007745
エンジンコンプレッサー (軽油)	PDS55S 出力 10.5kW 空気量 1.55m <sup>3</sup> /分、排気量 761cm <sup>3</sup>	1	0.0002028	0.0002028
エンジンポンプ (ガソリン)	EH17-2D 出力 3.7kW 回転数 3400rpm、排気量 172cm <sup>3</sup>	1	0.0001132	0.0001132
発電機 (ガソリン)	0.9kVA、排気量 50cm <sup>3</sup>	2	0.0000698	0.0001395
発電機 (ガソリン)	1.35kVA、排気量 86cm <sup>3</sup>	1	0.0000863	0.0000863
発電機 (ガソリン)	3.5kVA、排気量 357cm <sup>3</sup>	1	0.0001507	0.0001507
			合計	0.0014670

### ■作業現場における一酸化炭素濃度の計算

#### (1) 計算条件

事故当時の作業現場は下図のとおりであり、作業現場における一酸化炭素濃度を計算する対象空間は、作業区間の 30 m と下流側の機材区間の 10 m、さらに上流側の機材区間の 20 m をあわせた 60 m に設定する。

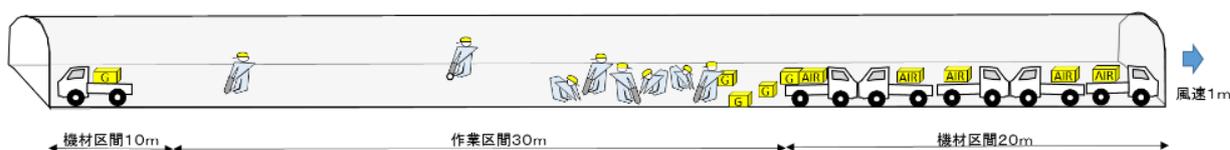


図 3.4 対象空間のイメージ図

一酸化炭素濃度の計算に当たっては、当日、米川立坑で送風機を稼働させて排気していることから、下流から上流に向けて風速があったものと考えられるため、発生した一酸化炭素は上流側へ時間とともに移動するものとし、対象空間では、時間とともに一酸化炭素濃度が上昇するが、下流から新しい空気が風速に相当する体積だけ入り込み、また、上流へ一酸化炭素の混じった汚れた空気が風速に相当する体積だけ出て行くものと仮定する。

#### (2) 計算方法

##### ・対象空間の体積

トンネル断面積 4.6m<sup>2</sup>

対象空間延長 60m

対象空間体積 = 4.6m<sup>2</sup> × 60m = 276m<sup>3</sup>

##### ・換気量

トンネル断面積 4.6 (m<sup>2</sup>)

風速 v (m/s)

1 秒当たり換気量 =  $4.6 \times v$  (m<sup>3</sup>)

なお、当時稼動していた送風機の送風量は 300m<sup>3</sup>/分であり、100%の換気能力があった場合の風速は、次のとおりとなる。

$v = 300 / (60 \times 4.6) = 1.09 \approx 1.0$  (m/s)

- 対象空間における 1 秒当たりに発生する一酸化炭素量 (全稼動機械合計) S

$S = 0.001467$  (m<sup>3</sup>/s)

- 対象空間における t 秒後の一酸化炭素濃度 (全稼動機械合計)

$0.001467 \times t \times 10^6 / 276 = 5.315 \times t$  (ppm)

- 対象空間における一酸化炭素濃度の推移

対象空間においては、一様に一酸化炭素濃度が上昇するものとする。また、換気によりきれいな空気が下流側から加わるとともに、一酸化炭素濃度の上昇した空気が同量上流側へ排除される。

t 秒後の対象空間の平均一酸化炭素濃度 (ppm)

$$\frac{0 + 5.315 \times 1 + 5.315 \times 2 + \dots + 5.315 \times t \times (60/v - t)}{60/v}$$

ただし、 $t \leq 60/v$

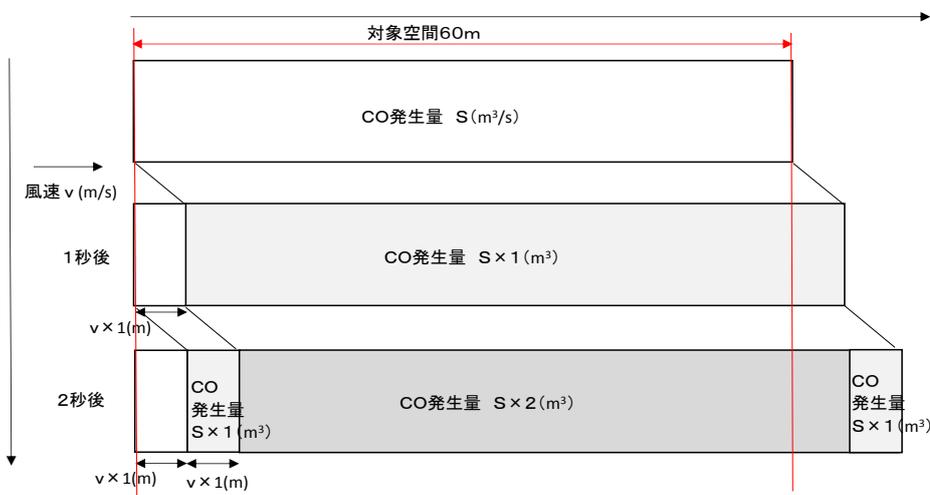


図 3.5 一酸化炭素濃度の計算イメージ

■一酸化炭素濃度の計算結果

(1) 換気効果が 100%の場合 (風速 1 m/s)

対象空間における一酸化炭素濃度の変化は下図のとおりとなる。

一酸化炭素濃度は 1 分程度で約 160 ppm 程度に上昇し、留まった。

9時に作業開始してから事故発生の 11時30分頃までに 2時間30分が経過しているが、

160 ppmは、軽度の中毒症状が起きる程度より低い値である。

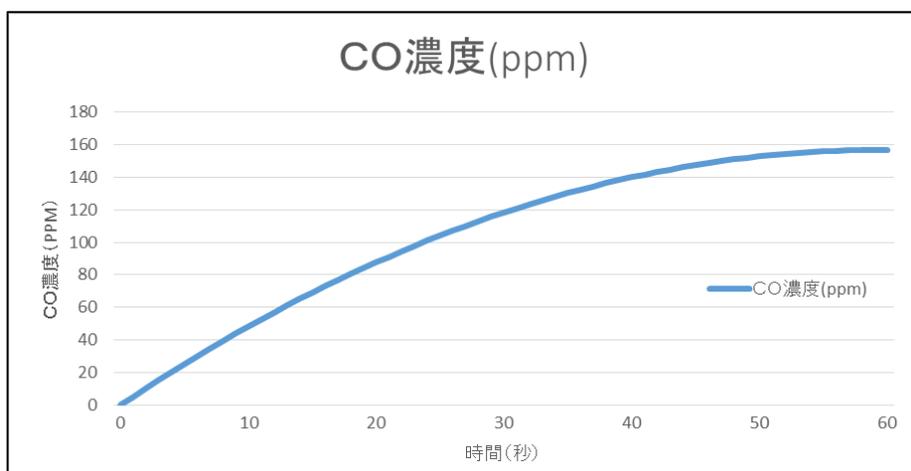


図 3.6 対象空間における一酸化炭素濃度の推移（換気効果100%）

表 3.5 一酸化炭素濃度と中毒症状

CO 濃度 (ppm)	呼吸時間及び症状	CO 濃度 (ppm)	呼吸時間及び症状
200	2～3 時間内に軽い頭痛	3,200	5～10 分で頭痛、めまい 30 分で致死
400	1～2 時間で前頭痛 2.5～3.5 時間で後頭痛	6,400	1～2 分で頭痛、めまい 10～15 分で致死
800	45 分で頭痛、めまい、吐気 2 時間で失神	12,800	1～3 分で致死
1,600	20 分で頭痛、めまい 2 時間で致死		

出典：経済産業省 HP

(2) 換気効果が本来の80%の場合（風速0.8m/s）

対象空間における一酸化炭素濃度の変化は下図のとおりとなり、一酸化炭素濃度は約200ppm程度に上昇した。

200ppmは、2時間30分の経過により軽度の中毒症状が起きる程度である。

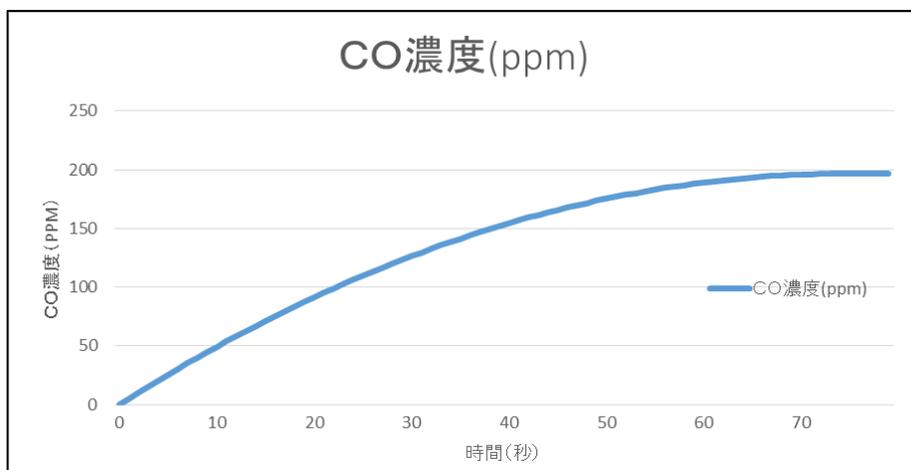


図 3.7 対象空間における一酸化炭素濃度の推移（換気効果80%）

(3) 換気効果が本来の50%の場合 (風速0.5m/s)

対象空間における一酸化炭素濃度の変化は下図のとおりとなり、一酸化炭素濃度は約320ppm程度に上昇した。

320ppmは、2時間30分の経過により軽度の中毒症状が起きる程度である。

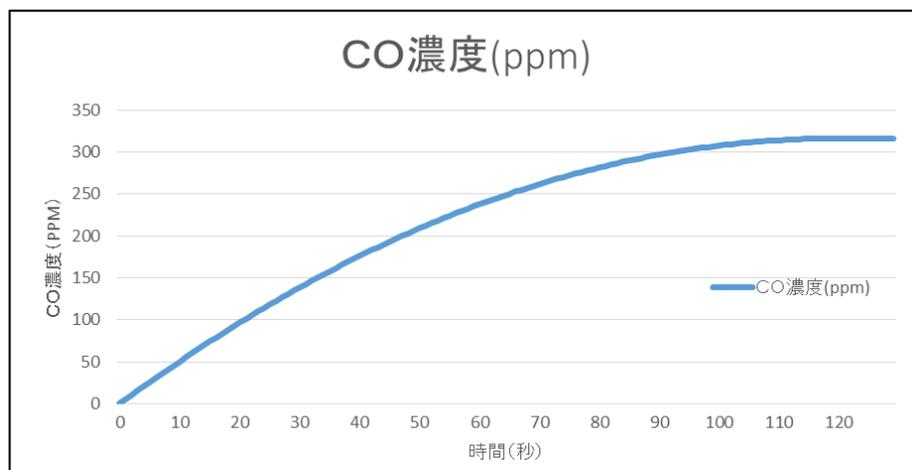


図 3.8 対象空間における一酸化炭素濃度の推移 (換気効果50%)

(4) 換気効果が本来の30%の場合 (風速0.3m/s)

対象空間における一酸化炭素濃度の変化は下図のとおりとなり、一酸化炭素濃度は約530ppm程度に上昇した。

530ppmは、2時間30分の経過により頭痛などや重度の中毒症状が起きる程度である。

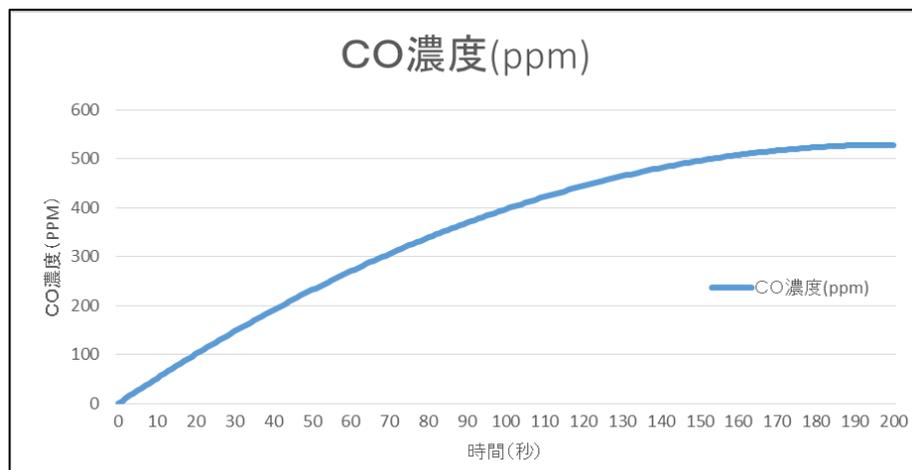


図 3.9 対象空間における一酸化炭素濃度の推移 (換気効果30%)

(5) 換気機能が本来の0%の場合 (風速0m/s)

対象空間における一酸化炭素濃度の変化は下図のとおりとなり、一酸化炭素濃度は3分間で約960ppm程度に一気に上昇する。ただし、これは対象空間内で閉め切られた状態の場合であって、実際は一酸化炭素が対象空間より外に拡大していくことから、これ

より下回るものと想定される。

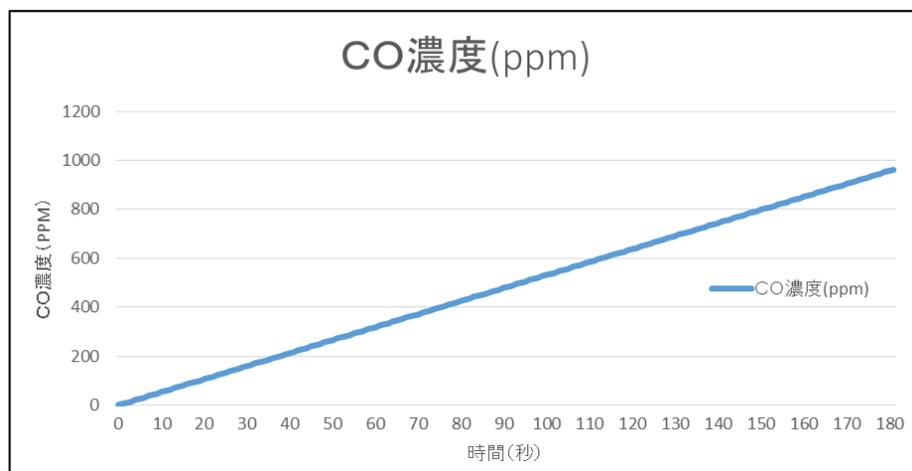


図 3.10 対象空間における一酸化炭素濃度の推移（換気効果 0%）

#### 【検証結果】

坑内の作業場における一酸化炭素濃度は、内燃機関の稼働後、数分で急激に上昇する。換気効果が十分に確保されれば、その濃度の上昇は一定規模に抑えられ、一酸化炭素中毒になることを防止できたものであるが、換気効果が低い程、その濃度は高くなり、一酸化炭素中毒の症状も重症になることがわかる。

救出に入った消防の情報によると、事故現場に向かうまでに、一酸化炭素濃度の測定値が180ppm～500ppmであった。

作業場における一酸化炭素濃度が均一であると考えれば、作業場の一酸化炭素濃度が500ppmまで上昇するには、当時の換気効果は本来の30%程度しかなかったものと推定でき、換気効果が不十分であったことから、一酸化炭素が坑内に充満したものと推定される。

なお、一酸化炭素中毒の症状の発生には、個人差があると言われているが、今回の事故では、800ppm程度で見られる重度な中毒症状が発生していることから、かなり高濃度の区間が発生していた可能性も否定できない。

## ■有識者からの助言

内燃機関工学、燃焼工学などを研究され、一酸化炭素の発生に関して専門的な知見を有している山口大学大学院創成科学研究科の三上真人教授から、一酸化炭素の充満する原因のメカニズム及び再発防止策について助言を頂いた。

項目	内容
トンネル内における一酸化炭素の動きについて	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比重は空気とほぼ同じで、基本的には温度差により動くため、燃焼した排気ガスは暖かく、一酸化炭素は一旦頂部へ上昇するが、徐々に冷やされ降下し、空気と一様に混ざり、内燃機関に吸い込まれる。</li> </ul>
内燃機関と一酸化炭素について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸素が十分にある状態で燃焼しても、一酸化炭素は排出される。</li> <li>・ガソリンエンジンの場合は、排気口では1000ppmを超える濃度であるが、少し離れると空気と混ざり、濃度は低下する。</li> <li>・一酸化炭素が内燃機関に吸い込まれると、酸素不足による不完全燃焼が発生し、一酸化炭素の排出を助長する。</li> <li>・バーナーや自動車は、空気量増大や触媒利用によって排出量を軽減しているが、発電機は対応していない。</li> <li>・軽油を燃料とするもの（ディーゼル）は、ガソリンを燃料とするものに比べ、一般的に通常燃焼時には1/10程度排出量が減少するが、不完全燃焼が発生すれば、急激に増加する。</li> </ul>
一酸化炭素の充満する原因のメカニズムからの検証について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検証方法等については、妥当なものである。</li> </ul>
事故原因について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内燃機関が一酸化炭素を吸い込み、酸素不足による不完全燃焼が発生し、さらに一酸化炭素が高濃度になった可能性はある。</li> <li>・内燃機関が密集していると酸素不足による不完全燃焼が発生しやすく、一酸化炭素が高濃度になりやすい。</li> </ul>
再発防止策について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一酸化炭素濃度の測定器又は警報器を作業員が付けていることが重要であり、警報音を発するものが良い。</li> <li>・目張りをしっかりして気密性を高める場合は、作業員の火災時等の避難経路の障害にならない配慮が必要である。</li> <li>・空気の流れができていないことを風速計により確認すること、及び一酸化炭素濃度の測定が重要である。</li> </ul>

## 4 事故原因の推定

企業局事故検証チームによる現地確認調査や受注者からの聴き取り調査、発注者の発注事務・工事監督事務の検証、一酸化炭素の発生メカニズムの検証、さらには有識者の知見などを踏まえ、事故が発生した「直接的な要因」とその要因から作業員を巻き込んだ「人身事故へと拡大した要因」について推定した。

### 【直接的な要因】

■要因1 坑内の換気が不十分であったこと

### 【人身事故へと拡大した要因】

■要因2 一酸化炭素発生を早期に予知する体制が不十分であったこと

■要因3 万一事故が発生した場合などの対策が未実施であったこと

### 【直接的な要因】

■要因1 坑内の換気が不十分であったことについて

#### (1) 内燃機関からの一酸化炭素の発生

事故当日の作業において、坑内で稼動していた内燃機関は、発電機4台、エンジンポンプ1台、エンジンコンプレッサー5台であった。

内燃機関は、酸素が十分に供給された状況であっても、一酸化炭素を発生するものであり、内燃機関の稼働台数が多いほど、一酸化炭素の発生量が多くなることから、今回稼動した内燃機関から多量の一酸化炭素が発生した。

#### (2) 換気不足等による不完全燃焼の発生に伴う一酸化炭素の発生の助長

閉鎖空間である坑内においては、内燃機関から排出された排気ガスは、外気より暖かいため、排気ガスに含まれる一酸化炭素は一旦トンネル頂部へ上昇し、徐々に冷やされ降下する。換気不足も相まって、その降下した一酸化炭素を内燃機関が吸い込み、内燃機関が不完全燃焼を起こし、更なる一酸化炭素の発生を助長したことも推定される。

また、坑内での作業において、発電機やエンジンコンプレッサーなどが比較的近接した状態で稼動していたことから、それぞれの内燃機関から排出された排気ガスを近接する内燃機関が吸い込み、不完全燃焼が起こり、更なる一酸化炭素の発生を助長したことも推定される。

#### (3) 計画換気能力と実際の稼動機械に基づく必要換気能力

事故当日の送風機の換気能力は $300\text{ m}^3/\text{分}$ であるのに対し、実際に稼動していたと推測される機械に必要な換気能力が $291\text{ m}^3/\text{分}$ であることから、基本的には換気能力は満足していた。しかし、漏風などを見込めば換気能力に余裕があることが望まれるが、余裕がほとんどないことから、結果的に換気不足に至り、(2)の不完全燃焼と相まって、一酸化炭素濃度が上昇したものと推定される。

#### (4) 目張り等の不備による換気効果の低下

坑外の排気式送風機からの換気ダクトは、立坑内に突っ込まれていたが、トンネル内部までは突っ込まれておらず、また、立坑の上部断面や上流側トンネル断面などの開口部を遮断するための目張りは、排水バルブ以外の全てをブルーシートやコンパネで覆っていたが、隙間があり外気の流入を完全に遮断しておらず密閉性は低下していたものと推定される。さらに、坑内の軽トラックなどの持込車両により空気の流れが阻害されることも相まって、本来の換気効果を発揮できず、一酸化炭素濃度が上昇したものと推定される。

### 【人身事故へと拡大した要因】

#### ■要因2 一酸化炭素発生を早期に予知する体制が不十分であったことについて

##### (1) 一酸化炭素ガス濃度計による測定等が未実施

一酸化炭素濃度の測定が実施されていなかったこと、また、一酸化炭素のガス検知警報装置が設置されていなかったことや作業員に携帯させていなかったことから、作業場での一酸化炭素濃度が上昇していることに気付かなかった。

##### (2) 換気装置の性能の確認が未実施

作業場において、作業前及び作業中に風速の測定による換気装置の性能の確認をしていなかったことから、換気が不十分となっていることに気付かなかった。

##### (3) 労働衛生教育が未実施

労働者に対して、「建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドライン」の内容を踏まえた労働衛生教育や、緊急時の訓練が実施されておらず、作業員の一酸化炭素の危険性や避難などに対する認識が低かった。

#### ■要因3 万一事故が発生した場合などの対策が未実施であったことについて

##### (1) 避難経路及び連絡体制の不備

事故が発生した場合に、どのように避難するか、どこに連絡するかが作業員へ説明されておらず、迅速な避難・連絡ができなかった。

##### (2) 呼吸用保護具の不備

呼吸用保護具は準備されていたが、作業場から1 km程度離れている現場事務所の倉庫に保管されたままで異常時に直ちに使用できる状態でなかった。

## 5 再発防止策

推定した事故原因については、ほとんどが「建設業における一酸化炭素中毒予防のためのガイドライン」に示されたものが実施されていなかったことによるものであり、ガイドラインに留意していれば、今回の事故は防止できたものと考えられる。このため、ガイドライン及び推定した事故原因を踏まえ、特に必要となる対策を整理し、この対策を確実に遂行するため、発注者及び受注者が取り組むべき再発防止策を検討した。

### 【推定した事故原因を踏まえ必要となる対策】

#### 1 一酸化炭素の発生を抑制する対策

事故の直接的な要因となる一酸化炭素を過度に発生させないことが最も重要であることから、発生の抑制のため、以下の対策を実施する。

##### (1) 一酸化炭素の発生の少ない機材の選択

自然換気が不十分なところにおいては、内燃機関を有する機械を使用しないことが基本であるが、やむを得ず使用する場合は、排出ガス対策型建設機械を採用するなど一酸化炭素の発生が少なくなるように機材の選択に配慮するとともに、使用も最小限に留める。

##### (2) 使用する機材の点検

使用する発電機などの内燃機関については、故障や破損により不完全燃焼が発生しないように、定期的な点検と作業前の点検を実施する。

##### (3) 使用する機材の適切な配置

内燃機関を複数使用する場合は、排気ガスを吸い込むことによる不完全燃焼が発生しないように、それぞれの内燃機関に適切な離隔を持たせて配置する。

#### 2 十分な換気が行われる対策

内燃機関の排気ガスによる一酸化炭素中毒を防止するため、十分な換気効果を確保し、一酸化炭素濃度を上昇させないことが重要であり、そのため以下の対策を実施する。

##### (1) 能力に余裕のある送風機の選択

換気を行う場合は、換気能力に余裕のある送風機を選択するとともに、換気ダクトの材質・配管形状等や、坑内の機材等により空気の流れが阻害されることによる圧力損失も考慮したものにする。

##### (2) 作業前・作業中の換気装置の性能の確保

目張りが効果的に行われ、送風機が換気計画どおりに機能しているかを確認し、その換気装置の性能を確実に確保するため、送風機の吸込み口又は吹出し口の風量測定を作業前に行うとともに、作業場においても、風量測定を作業前、作業中に行い、設計風量が確保されていることを確認する。

##### (3) 継続的な換気効果の確保

換気装置の性能を確認するだけでなく、作業環境のより確実な安全性を確保するため、作業前及び作業中に一酸化炭素濃度を継続的に測定し、換気効果が十分確保されていることを確認する。

### 3 一酸化炭素発生など危険の早期予知のための対策

危険予知のために作業場の状態を把握することや、一酸化炭素中毒の発生を防止するための教育を関係労働者に行うことが重要であることから、以下の対策を実施する。

#### (1) 一酸化炭素ガス濃度計による測定等の実施

作業開始前及び作業中に一酸化炭素濃度を測定する。また、一酸化炭素濃度の上昇を検知した時点で警報音を発する警報装置を作業場に設置し、又は労働者に携帯させ、異常が労働者に伝わるようにする。

#### (2) 換気装置の性能の確保

作業開始前及び作業中に風量測定を行い、設計風量が確保されていることを確認する。

#### (3) 労働衛生教育の実施

##### ①労働衛生教育の実施

一酸化炭素中毒のおそれがある業務に従事する労働者に対し、ガイドラインの内容を踏まえた労働衛生教育を行う。

##### ②日常の教育の実施

当日行う作業の確認及び注意事項を作業前に労働者全員に説明する。また、一酸化炭素の有害性、換気設備及び呼吸用保護具等の使用方法等について周知する。

##### ③緊急時の訓練の実施

一酸化炭素濃度が急激に上昇する等の緊急時に備え、避難や連絡体制等の訓練を行う。

### 4 万一事故が発生した場合など異常時の対策

不測の事態を想定して、どのように対応したらよいか、事前に対応策等を検討しておくことが重要であることから、以下の対策を実施する。

#### (1) 避難経路の確保及び連絡体制の確立

異常時は、作業に従事する労働者及び作業場付近の労働者を安全な場所に速やかに避難させる必要があるため、あらかじめ避難経路を確保する。また、作業場との連絡が容易に取れる手立てを講じる。

#### (2) 呼吸用保護具の必要数を確保

異常時には呼吸用保護具を着用して避難させる必要があることから、人数分以上の保護具を作業場に用意する。また、二次災害防止に備えても、救助体制に応じた数量を速やかに使用できる場所に用意する。

## 【再発防止策】

### 1 チェックリストによるガイドライン等に留意した作業の徹底

ガイドラインに留意した作業が確実に実施されることが重要であるため、一酸化炭素中毒のおそれがある類似工事について、ガイドラインに留意した作業内容となっているかを確認するためのチェックリストを設計図書に添付する。

なお、チェックリストには、ガイドラインに定められている事項のほか、受注者における作業手順書のチェック体制や現場点検等の監視体制の強化についても記載する。

受注者は、チェックリストに基づき、施工計画書にガイドライン等に留意した作業の実施方法を記載するとともに、作業着手時においてもガイドライン等に留意した作業を実施する。

発注者は受注者から提出された施工計画書について、チェックリストに基づき確認を行う。

### 2 特記仕様書によるガイドラインの周知

一酸化炭素中毒のおそれがある類似工事については、特記仕様書にガイドラインに留意することを明記し、受注者に対しガイドラインを周知させるとともに、一酸化炭素中毒に対する注意喚起を行う。

### 3 安全講習会等の実施による意識の向上

山口労働局や土木建築部等と連携し、「安全講習会」の積極的な開催に努め、工事施工業者の労働災害防止対策の徹底を図るとともに、発注者も積極的に「安全講習会」へ参加する。

また、企業局では、定期的に行われている講習会等において職員に対する安全教育を実施する。

# 一酸化炭素中毒予防に向けた措置に基づく 施工計画書記載事項チェックリスト

大項目	小項目	内容	チェック	
			受注者 確認	発注者 確認
1 労働衛生 管理体制	(1)作業責任者の選任等	① 作業手順書を作成することが記載されているか。		
		② 作業責任者を選任することが記載されているか。		
		③ 作業責任者が作業手順書に基づき業務に従事する労働者を指揮することが記載されているか。		
2 作業管理	(1)作業開始前の管理	① 一酸化炭素の発生の少ない機材を選択することが記載されているか。		
		② 使用する機材や警報装置を点検することが記載されているか。		
		③ 使用する機材は適切な位置に配置することが記載されているか。 (内燃機関に適切な離隔を持たせて配置すること)		
		④ 呼吸用保護具が労働者の人数分以上あることを確認することが記載されているか。(異常時や二次災害防止に備えて必要数を作業場等に確保すること)		
	(2)作業中の管理	① 一酸化炭素中毒を予防するための換気を行うことが記載されているか。		
		② 労働者が作業を行っている間、継続的に、一酸化炭素の気中濃度を測定することが記載されているか。		
	(3)異常時の措置	① 速やかに作業に従事する労働者及び作業場所付近の労働者を安全な場所へ退避させることが記載されているか。		
3 作業環境 管理	(1)作業環境管理 労働者が一酸化炭素にばく露されるおそれがある場合には、右記に掲げる事項に適合する換気を必ず行うこと	① 一酸化炭素作業の開始前に換気の効果を一酸化炭素ガス濃度計で確認することが記載されているか。		
		② ファンは適切に管理をし、吹出口若しくは吸込み口の風量の実測により風量を使用前に確認することが記載されているか。		
		③ 機械換気装置の性能を確保することが記載されているか。 (作業場において、作業開始前・作業中に設計どおりの風量が確保されているか確認を行うこと)		
		④ 機械換気をする時は、能力に余裕のあるファンを選択するとともに、圧力損失も考慮することが記載されているか。		
4 警報装置	(1)警報装置 警報装置の使用に際しては、右記に掲げる事項を実施すること	① 警報を発していることを作業中の労働者に速やかに知らせることができるものを選定することが記載されているか。 (一酸化炭素濃度の上昇を検知した時点で、警報が労働者に伝わる機能を有すること)		
		② 複数の作業場所で作業が行われている場合には、それぞれの作業場所に設置することが記載されているか。		
5 労働衛生 教育	(1)労働衛生教育	① 事業者は、労働者に対して、本ガイドラインの内容を踏まえた次に掲げる教育等を実施することが記載されているか。		
	(2)日常教育	① 当日行う作業の確認及び注意事項を作業前に作業者全員に説明することが記載されているか。		
		② 一酸化炭素の有害性、換気設備及び呼吸用保護具等の使用方法等について周知することが記載されているか。		
(3)緊急時の訓練	① 作業場の一酸化炭素濃度が急激に上昇する等の緊急時に備え、避難や連絡体制等の訓練を行うことが記載されているか。			
6 受注者の 社内チェッ ク	(1)作業手順書のチェック 体制強化	① 社内において、ガイドラインに沿った作業手順書の内容が記載されているかチェックを行うことが記載されているか。 (チェック体制について、施工計画書に、体制、実施時期等を明記のこと)		
	(2)作業手順書の監視体制 強化	① 社内において、作業手順書どおり履行できているか現場点検等を実施することが記載されているか。 (監視体制について、施工計画書に、体制、実施時期等を明記のこと)		

※対象項目については、チェック欄に「✓」を付し、対象外の項目については、チェック欄に「-」を付す。

# 一酸化炭素中毒予防に向けた措置に基づく 作業着手時チェックリスト

大項目	小項目	内容	チェック
			受注者 確認
1 労働衛生 管理体制	(1)作業責任者の選任等  事業者は、一酸化炭素が発生することにより労働者の健康障害が発生するおそれのある内燃機関を有する機械の使用作業を行わせるに当たって、一酸化炭素中毒予防に関する知識を有する者の中から作業責任者を選任し、右記に掲げる事項を行わせ、必要に応じて改善等の措置を講ずるよう努めること	① 作業手順書を作成すること	
		② 作業責任者を選任すること	
		③ 作業手順書に基づき業務に従事する労働者を指揮すること	
		④ 作業関係者以外の者が立ち入ることを禁止し、その旨を見やすい箇所に表示すること	
		⑤ 労働者が呼吸用保護具を適切に使用しているか確認すること	
		⑥ 作業管理、作業環境管理、警報装置、呼吸用保護具、健康管理、労働衛生教育について、実施状況を確認し、必要に応じて事業者に報告すること	
	(2)元方事業者による管理  事業者が工事の一部を請負人に請け負わせている場合、元方事業者は関係請負人に対する労働衛生指導を適切に行うため、右記に掲げる事項を行わせること	① 関係請負人から上記で作成された作業手順書を提出させるとともに、労働衛生を担当する者の氏名、作業責任者の氏名及び作業現場の巡視計画、労働者の一酸化炭素中毒に係る労働衛生教育の受講の有無、作業工程ごとの作業開始及び終了予定日時を事前に通知させること	
		② 作業責任者が上記(1)の事項を適切に履行しているか確認するとともに、作業手順書の作成を指導する等、その履行を積極的に支援すること	
		③ 作業場所の巡視を行うこと	
		④ 作業手順書等により、作業の方法等が不適切であると判断した場合には、これを改善するように指導すること	
		⑤ 関係請負人の間における連絡調整を行うこと	
		⑥ 一酸化炭素発生による中毒のおそれがある場合には立入禁止の措置を行うこと	
2 作業管理	(1)作業開始前の管理	① 一酸化炭素の発生が少ない機材を選択すること	
		② 使用する機材や警報装置を点検すること	
		③ 使用する機材は適切な位置に配置すること。 (内燃機関に適切な隔離を持たせて配置すること)	
		④ 呼吸用保護具が労働者の人数分以上あることを確認すること (異常時や二次災害防止に備えて必要数を作業場等に確保すること)	
		⑤ 呼吸用保護具の破損がないか、また、呼吸用保護具が清潔に保持されているかを確認すること	
		⑥ 一酸化炭素の有害性を関係者に周知徹底すること	
		⑦ 関係箇所に労働者が立ち入る作業を再開する場合には必ず一酸化炭素濃度等を測定し、一酸化炭素濃度の上昇等が確認された場合には、換気を行うこと	
	(2)作業中の管理	① 一酸化炭素中毒を予防するための換気を行うこと	
		② 内燃機関の排気管付近は一酸化炭素濃度が高いことから、労働者を内燃機関に近づけて作業をさせないようにすること	
		③ 労働者が作業を行っている間、継続的に、一酸化炭素の気中濃度を測定すること	
		④ 労働者に適切な呼吸用保護具を必要に応じ使用させること	
		⑤ 作業手順書に従って作業を行わせること	
	(3)作業終了後の管理	① 使用済みの防毒マスクの一酸化炭素吸収缶は、すみやかに破棄しておくこと	
		② 呼吸用保護具は作業終了後清潔に保持しておくこと	
	(4)異常時の措置  一酸化炭素濃度が上昇し、警報装置が作動している等労働者に一酸化炭素中毒を発生させるおそれがある場合には、右記の措置を講ずること	① 速やかに作業に従事する労働者及び作業場所付近の労働者を安全な場所へ退避させること	
		② 当該作業場所に再び労働者を入らせる際は、十分換気し一酸化炭素濃度及び酸素濃度を確認した上、労働者に適切な呼吸用保護具を着用させること。特に、防毒マスクによる場合には、吸収缶を交換して使用すること	
③ 当該作業場所での作業再開は、一酸化炭素濃度が上昇する等の異常等の原因を調査し、換気の方法、作業方法等で問題のあったことについて必要な改善を行い、安全を確認した後とすること			

大項目	小項目	内容	チェック
			受注者 確認
3 作業環境管理	(1)作業環境管理 労働者が一酸化炭素にばく露されるおそれがある場合には、右記に掲げる事項に適合する換気を必ず行うこと	① 自然換気を行う場合は、十分に換気が行われたことを確認すること (一酸化炭素ガス濃度計を用いて確認すること)	
		② 換気は均一に行われるようにすること (一般的な対応例として、作業している間に20回/時間以上の割合で空気が入れ替わるように換気を継続すること)	
		③ 作業開始前に換気の効果を一酸化炭素ガス濃度計で確認すること	
		④ ファンは適切に管理をし、吹出し口若しくは吸込み口の風量の実測により風量を使用前に確認すること	
		⑤ 換気により作業の実施に支障が生ずる場合には、一酸化炭素発生機材の代替、作業方法の改善及び有効な呼吸用保護具の使用等を行うこと	
		⑥ 機械換気装置の性能を確保すること (作業場において、作業開始前・作業中に設計どおりの風量が確保されているか確認を行うこと)	
		⑦ 機械換気においては送排気式が望ましいが、送気式及び排気式の一方を使用する場合には、その作業状況に応じて有効な換気が確保できる方式を用いること	
		⑧ 機械換気をする時は、能力に余裕のあるファンを選択するとともに、圧力損失も考慮すること	
4 警報装置	(1)警報装置 警報装置の使用に際しては、右記に掲げる事項を実施すること	① 機種及び設置場所の選定に際しては、ガスの検知目的、検知場所等の作業・環境条件等を考慮すること	
		② 警報を発していることを作業中の労働者に速やかに知らせることができるものを選定すること(一酸化炭素濃度の上昇を検知した時点で、警報が労働者に伝わる機能を有すること)	
		③ 複数の作業場所で作業が行われる場合には、それぞれの作業場所に設置すること	
		④ 検知場所の環境条件にあわせ、必要に応じ、フィルター、防滴カバー等を装着すること	
		⑤ 使用前には作動確認をすること	
		⑥ 使用時の強い振動や衝撃等を避けること	
		⑦ 急激な環境条件の変動を避け、作業前にゼロ調整は必ず行うこと	
		⑧ 適切な保管をし、日常点検及び定期点検・整備を行うこと	
5 呼吸用保護具	(1)呼吸用保護具	① 換気が十分に行われていることが確認されている場合を除き、有効な呼吸用保護具を使用すること	
		② 呼吸用保護具を使用する場合には、作業環境中の一酸化炭素濃度及び酸素濃度等を考慮し、適切なものを使用すること	
		③ 適正な着用を行わせること	
	(2)送気マスク	① 規格はJIS T8153に適合したものをを用いること	
		② 作業時には、専任の監視者を選任し次の事項を監視させること ・空気の入れ口は常に新鮮な空気が得られる場所とすること ・送気ホースは送気が十分に行われるよう、ホースが潰されたりしないようにすること	
	(3)自給式呼吸器	① 規格は、空気呼吸器の場合はJIS T8155に、酸素呼吸器の場合はJIS M7601又はJIS T8156に適合したものをを用いること	
		② 作業時には、専任の監視者を選任し、異常があったときに直ちにその旨を通報することができるよう監視させること	
	(4)一酸化炭素用防毒マスク	① 高濃度のガスが存在するおそれのある作業環境では使用しないこと	
		② 酸素欠乏のおそれがある場合には使用しないこと	
		③ 一酸化炭素濃度及び酸素濃度を測定した上で使用すること	
		④ 国家検定に合格したものをを使用すること	
		⑤ 一酸化炭素用呼吸缶は次のような特徴があるので留意すること ・特定のガス濃度で最小の破過時間を示すので呼吸缶に付属した破過曲線図に注意すること ・一酸化炭素の呼吸缶は再使用ができないこと ・長期に保存したものは性能が落ちているものもあるので注意すること	
		⑥ 呼吸缶の交換は破過時間に余裕を持って行うこと	
⑦ 一酸化炭素は無臭であるので、臭気の有無を基準に呼吸用保護具の使用の判断等は絶対行わないこと			

大項目	小項目	内容	チェック
			受注者 確認
6 健康管理	(1)健康管理 事業者は、労働者に対して、右記に掲げる事項を実施すること	① 雇入れ時の健康診断及び定期健康診断を実施すること	
		② 上記①の結果に基づき、適切な健康診断実施後の措置を講ずること	
7 労働衛生教育	(1)労働衛生教育	① 事業者は、労働者に対して、本ガイドラインの内容を踏まえた次に掲げる教育等を実施すること	
	(2)雇い入れ時等教育	① 新たに一酸化炭素中毒のおそれがある業務に従事する労働者（作業内容の変更による場合を含む。）に対して作業管理、作業環境管理、換気設備の使用法、警報装置の使用法、呼吸用保護具等の使用法、一酸化炭素の有害性、健康管理及び関係法令等についての安全衛生教育を行うこと	
	(3)日常教育	① 当日行う作業の確認及び注意事項を作業前に作業者全員に説明すること	
		② 一酸化炭素の有害性、換気設備及び呼吸用保護具等の使用法等について周知すること	
(4)緊急時の訓練	① 作業場の一酸化炭素濃度が急激に上昇する等の緊急時に備え、避難や連絡体制等の訓練を行うこと		
8 受注者の社内チェック	(1)作業手順書のチェック体制強化	① 社内において、ガイドラインに沿った作業手順書の内容が記載されているかチェックを行うこと (チェック体制について、施工計画書に、体制、実施時期等を明記のこと)	
	(2)作業手順書の監視体制強化	① 社内において、作業手順書どおり履行できているか現場点検等を実施すること (監視体制について、施工計画書に、体制、実施時期等を明記のこと)	

※対象項目については、チェック欄に「✓」を付し、対象外の項目については、チェック欄に「-」を付す。