

JNC TJ1410 2000-001

# 堆積岩を対象とした深地層の 研究施設建設に関する検討

(核燃料サイクル開発機構 委託研究内容報告書)

2000年3月

大成建設株式会社

JNC TJ1410 2000-001

# 堆積岩を対象とした深地層の 研究施設建設に関する検討

(核燃料サイクル開発機構 委託研究内容報告書)

2000年3月

大成建設株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,

Japan

©核燃料サイクル開発機構(Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2000

## 堆積岩を対象とした深地層の研究施設建設に関する検討

杉原 豊\*

### 要 旨

深地層の研究施設は、深部地質環境に関する知見を一層充実させるとともに 2000 年レポートによって示された地層処分技術や知見を実際の深地層での研究を通じて具体的に確認することを目的とすると同時に、一般の人々が深地層を実際に見て体験できる場として計画されている。

平成 10 年度は、堆積岩を対象とした深地層の研究施設の地下施設（以下地下施設とする）へのアクセス坑道に関して、基本レイアウト、支保設計、施工方法について概念的な検討を行った。

今年度は、一般の人々を対象とした見学・観光施設や集客施設を対象として入場者の管理办法や案内方法、施設の安全設備や防災体制、施設への適用法令や許認可手続きなどについて調査を実施した。また、地下施設を公開する場合の法による規制内容、および地下に存在すると予想されるガスが地下施設の建設および操業に及ぼす影響について調査し、防災上重要な通気システムの検討を行った。さらに、これらの調査検討結果を踏まえて、地下施設を建築物として建築基準法の適用を受ける場合と、地下施設を研究や実験が目的の構造物として建築基準法の適用を受けない場合の地下施設概念を構築し、平成 10 年度の検討結果を基に概略スケジュールを検討した。

その結果、建築基準法の適用を受けない場合には、労働安全衛生法や鉱山保安法に準拠して何らかの入場制限を設ける必要があり、施設の構造・設備、管理・運営方法、安全・防災体制を確立する必要があることがわかった。一方、建築基準法の適用を受ける場合には、特に入場制限を設ける必要はないものの、構造評定や防災評定などの許認可手続きが必要となる上に、建築基準法の適用を受けない場合よりも施設の構造や設備も大規模になることがわかった。また、ガス湧出がある場合には、ガスの低減や使用機器の防爆化などのガス対策を施す必要があることはもちろん、作業員のガス災害への理解と認識が重要であることがわかった。通気に関しては、建設中から運用中に至るまで換気と防災の観点から総合的にシステムを構築する必要があることが示された。

---

本報告書は、大成建設株式会社が核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：110D0233

サイクル機構担当部課室および担当者：立地推進部 研究主幹 山崎 真一

\* 大成建設株式会社エンジニアリング本部計画グループ

## Feasibility study on construction of the URL

Y.Sugihara<sup>1)</sup>

### ABSTRACT

The Underground research laboratory (URL) programme hosted by sedimentary rocks is aimed to obtain deep geological characteristics of sedimentary rocks and to confirm the applicability of the investigation methods for the geological environment and the engineering technologies for the geological disposal such as described in the H12 report. In addition, the URL is aimed to have public people experience a deep geological environment in order to understand a deep geological disposal of HLW.

The conceptual layout, design of support and construction method of access drift were considered in the previous report of 1998 [JNC TJ1410 98-001].

In this report, the management of visitors, guidance, systems for safety and protection against calamities, law and licensing procedure were investigated at five facilities that are open to public. In addition, the regulations written in relevant laws, that will be applied to the URL, on visitors and equipments were investigated. Since it is considered that sedimentary formations in Japan yield inflammable gas resolved in groundwater, the potential accidents caused by the gas were investigated and the appropriate air circulation system under inflammable gas atmosphere were considered. Furthermore, the conceptual structure and the schedule of the URL are discussed in the cases of applying and not applying the building standard based on the study about the construction of access drift in sedimentary rock conducted in the previous year.

From these investigations, it was noted that, if the URL is regarded as a structure for experiments and the building standard is not applied, visitors for the URL should be restricted to some degree (e.g., number of visitor is limited, visitors should be guided). On the other hand, if the URL is regarded as a structure for visitors and the building standard is applied, larger structure and equipments will be necessary for the sake of safety management and protection against accidents, while no restriction is made on the admittance of the URL. It was also noted that the reduction of inflammable gas concentration and the use of flameproof electrical apparatus are crucial for safety management under gas atmospheres. It is also prerequisite for visitors as well as workers at URL to understand the composition and property of inflammable gas and to pay attention to the gas accidents. The air circulation system from construction stage to operation stage of the URL should be established by taking into account ventilation as well as protection against accidents.

---

Work performed by Taisei Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute

JNC Liaison : Site Planning Division . . . . . Shinichi Yamasaki

1) Taisei Corporation, Engineering Division

堆積岩を対象とした深地層の研究施設建設に関する検討

担当者一覧

実施責任者	姉崎 進
実施担当者	杉原 豊
研究業務担当	姉崎 進 杉原 豊 五十嵐 孝文 山本 卓也 安達 哲也 鈴木 俊一 大石 雅也

## 目 次

	頁
1. はじめに.....	1
2. 類似施設の調査.....	2
2.1 概要 .....	2
2.2 調査結果 .....	3
2.2.1 玄海原子力発電所.....	3
2.2.1.1 施設概要 .....	3
2.2.1.2 調査内容 .....	5
2.2.2 サッポロビール北海道工場.....	7
2.2.2.1 施設概要 .....	7
2.2.2.2 調査内容 .....	8
2.2.3 マインランド尾去沢.....	10
2.2.3.1 施設概要 .....	10
2.2.3.2 調査内容 .....	11
2.2.4 清津峡.....	12
2.2.4.1 施設概要 .....	12
2.2.4.2 調査内容 .....	13
2.2.5 秋芳洞.....	15
2.2.5.1 施設概要 .....	15
2.2.5.2 調査内容 .....	16
2.3 まとめ .....	18
3. 地下施設における法的規制に関する調査.....	20
3.1 目的 .....	20
3.2 対象法令概要 .....	22
3.3 調査結果 .....	24
3.3.1 入場者に関する事項 .....	24
3.3.1.1 入場の制限 .....	24
3.3.1.2 入場者数の制限 .....	27
3.3.1.3 滞在時間の制限 .....	29
3.3.1.4 服装の制限 .....	30
3.3.1.5 年齢の制限 .....	32
3.3.1.6 入場者に対する教育 .....	33
3.3.1.7 入場者の管理 .....	36

3.3.2 事故責任に関する事項	37
3.3.2.1 管理者の責任	37
3.3.2.2 労働者の責任	42
3.3.3 構造・設備に関する事項	44
3.3.3.1 構造的な制限	44
3.3.3.2 換気設備	48
3.3.3.3 可燃性ガス対策	51
3.3.3.4 使用機器の制限	54
3.3.3.5 避難設備・通路	56
3.3.3.6 救護体制	60
3.3.4 安全計画	62
3.4 まとめと今後の課題	63
 4. 地下施設におけるガスの影響及び通気システムに関する検討	65
4.1 地下施設の建設時におけるガスの影響と対策	65
4.1.1 建設工法	65
4.1.1.1 掘削工法	65
4.1.1.2 掘削工法の適用限界	67
4.1.1.3 ガスが存在する場合の問題点	68
4.1.1.4 施工、維持管理上のガス対策	72
4.1.2 建設機械	82
4.1.2.1 建設機械の適用限界	82
4.1.2.2 適用限界以上のガスが存在する場合の問題点と対策	83
4.1.2.3 建設機械の防爆仕様	86
4.2 地下施設の操業時におけるガスの影響と対策	88
4.2.1 ガスが調査・計測機器に及ぼす影響	88
4.2.2 調査・計測機器がガスに及ぼす影響	89
4.2.3 調査・計測機器の適用限界とガス量の関係	89
4.2.4 適用限界以上のガスが存在する場合の問題点と対策	90
4.3 地下施設の建設、操業段階を対象とした通気システム概念の構築	91
4.3.1 通気システム概論	91
4.3.1.1 地下構造物における通気の必要性	91
4.3.1.2 通気システムの概念	91
4.3.1.3 通気システム構築方法	96
4.3.2 深地層の研究施設の通気的特徴	97
4.3.2.1 自然通気圧の影響	97
4.3.2.2 湧出ガス対策の必要性	97
4.3.2.3 自然発火対策の必要性	97

4.3.2.4 不特定多数の入坑者対策	98
4.3.3 通気システム概念の構築	99
4.3.3.1 基本通気システムの選定	99
4.3.3.2 災害時の通気制御の考慮	99
4.3.3.3 通気方向の検討	101
4.3.3.4 必要風量の検討	102
4.3.3.5 必要設備能力の設定	104
4.3.3.6 補助通気設備の検討	104
4.3.3.7 建設時の通気システム基本概念	105
4.3.3.8 操業時の通気システム基本概念	106
4.4 課題の抽出	108
4.4.1 ガス誘導、監視対策上の課題	108
4.4.1.1 ガス突出及びガス湧出に関する規格作成について	108
4.4.1.2 試験研究装置の防爆化適合改造について	109
4.4.2 通気上の課題	109
4.4.2.1 地下施設の坑内骨格構造に対応した最適通気システムの設定	109
4.4.2.2 地下施設の防災システムの設計と坑内設計への反映	109
4.5 まとめ	110
5. 地下施設概念の検討	114
5.1 地下施設の構造	114
5.2 全体スケジュール	119
6. まとめと今後の課題	121
参考文献	123

**付録**

付録A：類似施設調査写真集	付-1
付録B：鉱山保安規則抜粋	付-14
付録C：先進ボーリング、ガス抜き、ガス突出に係る危害の防止 (旧三井砂川炭坑「保安規定」抜粋)	付-19
付録D：防爆型建設機械の設備価格	付-22
付録E：日本工業規格	付-23

## 図 目 次

	頁
図 2.1 清津峡渓谷トンネル平面図	12
図 2.2 秋芳洞平面図	15
図 4.1 炭鉱における掘進時のガス対策概念図	74
図 4.2 主要ファンによる強制通気概念図	92
図 4.3 局部通気概念図	92
図 4.4 吸出通気および押込通気概念図	93
図 4.5 中央式および対偶式通気概念図	94
図 4.6 補助ファン通気概念図	95
図 4.7 米国の採炭切羽の3本坑道通気方法	101
図 4.8 上向通気および下向通気法概念図	101
図 4.9 建設時の通気概念図	106
図 4.10 操業時の通気概念図	107
図 4.11 操業段階における通気システム模式図	113
図 5.1 建築基準法の適用を受けない場合	116
図 5.2 建築基準法の適用を受ける場合	117
図 5.3 地下施設全体を対象としない場合	118
図 5.4 全体スケジュール	120

## 表 目 次

	頁
表 2.1 発電機 .....	3
表 2.2 類似施設調査一覧表 .....	19
表 3.1 法的規制に関する調査結果概要一覧 .....	64
表 4.1 使用設備一覧 .....	66
表 4.2 炭坑における岩盤掘削設備の使用例 .....	66
表 4.3 炭酸ガスの人体への影響 .....	69
表 4.4 一酸化炭素の人体への影響 .....	70
表 4.5 酸素欠損による人体への影響 .....	70
表 4.6 坑内ガス一覧表 .....	71
表 4.7 地下施設の建設時および操業時におけるガスの影響と対策 .....	111
表 4.8 ガス濃度別作業規制 .....	112

## 写 真 目 次

	頁
写真 2.1 玄海原子力発電所 .....	3
写真 2.2 玄海エネルギーパーク .....	4
写真 2.3 サイエンス館内原子炉模型 .....	4
写真 2.4 ふるさと館展示 .....	4
写真 2.5 地元物産店 .....	4
写真 2.6 サッポロビール北海道工場 .....	7
写真 2.7 見学コース入口 .....	7
写真 2.8 鉱山歴史の坑道入口 .....	10
写真 2.9 鉱山歴史の坑道内部 .....	10
写真 2.10 コスモアドベンチャー・プルトン号の冒険入口 .....	10
写真 2.11 清津峡景観 .....	12
写真 2.12 百枚皿石灰華の段丘 .....	15

## 1. はじめに

今年度は、平成 10 年度の概念的な検討を基に、地下施設の公開および試験研究環境を確保する上で必要となる法規制（許認可手続き等）、地下に存在すると予想されるガスが地下施設建設及び操業に及ぼす影響、防災上重要な通気システムなどについて検討する。また、これらの検討結果を踏まえて、堆積岩を対象とした深地層の研究施設の概念の構築を行う。

## 2. 類似施設の調査

### 2.1 概要

深地層の研究施設の地下施設の概念の検討及び法的規制と許認可手続きを検討するためには事例調査を実施した。調査の対象は、

- ① 施設の意義や役割を理解してもらうために積極的に一般公衆を受入れている施設
- ② 本来集客目的ではないものが集客施設に転用された施設
- ③ 観光を目的として建設された地下施設

に該当する施設をそれぞれ選定し、以下に示すような内容について調査を実施した。

#### ① 施設の意義や役割を理解してもらうために積極的に一般公衆を受入れている施設

調査施設： 玄海原子力発電所

サッポロビール北海道工場（食品工場）

調査内容：

- ・施設の生産活動への影響
- ・施設の適用法令・準拠法令
- ・施設の運営状況
- ・施設規模の決定方法
- ・見学許可等の手続等

#### ② 本来集客目的ではないものが集客施設に転用された施設

調査施設： 尾去沢マインランド（旧鉱山跡利用の観光施設）

調査内容：

- ・施設の適用法令・準拠法令
- ・施設の運営状況
- ・転用の経緯
- ・転用する部分の選定
- ・転用時の手続及び必要期間
- ・転用に際して受けた指導もしくは指示・命令
- ・転用に際して追加した施設の有無
- ・所轄監督官庁の特定
- ・具体的な変更箇所とその内容等

#### ③ 観光を目的として建設された地下施設

調査施設： 清津峡（観光用地下施設）

秋芳洞（鍾乳洞）

調査内容：

- ・許認可手続き
- ・施設の適用法令・準拠法令
- ・施設の運営状況

## 2.2 調査結果

### 2.2.1 玄海原子力発電所

#### 2.2.1.1 施設概要

玄海原子力発電所は、佐賀県東松浦郡玄海町今村に位置し、面積約87万m<sup>2</sup>の敷地内に低濃縮（約3～4%）二酸化ウランを燃料とする4機の加圧水型軽水炉があり（写真2.1、表2.1参照）、発電所内には社員・職員498名と協力会社約2,213名の従業員が働いている。平成7年より原子力発電所の安全性や信頼性をアピールするために3、4号機発電所内の見学を実施している。

また、発電所内見学とは別に、平成12年4月には発電所に隣接して電力をテーマとしたサイエンス館、地元を紹介するふるさと館および地元物産店などで構成される玄海エネルギーパークが完成する予定である。

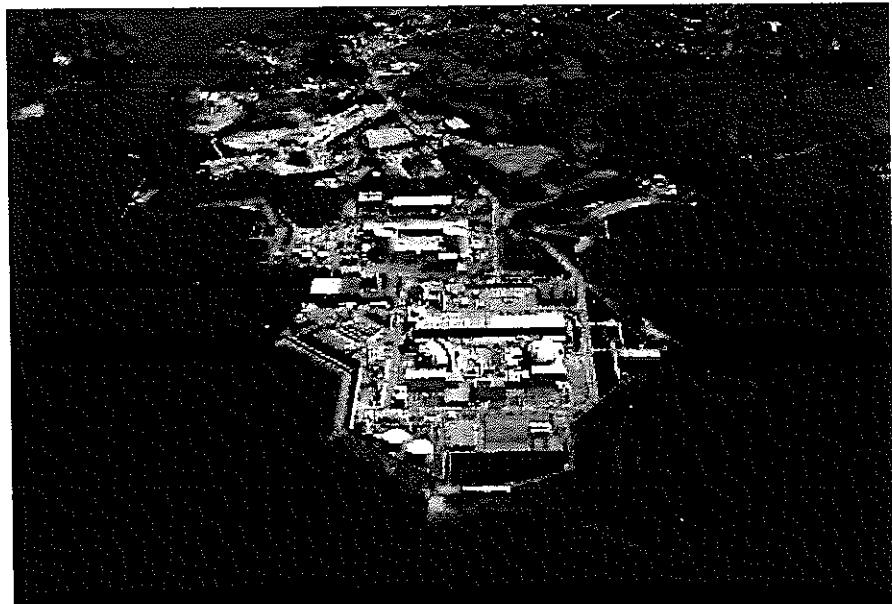


写真2.1 玄海原子力発電所  
(写真奥が1,2号機、手前が3,4号機)

表2.1 発電機

ユニット	電気出力	運転開始
1号機	55万9千kW	昭和50年10月
2号機	55万9千kW	昭和56年3月
3号機	118万kW	平成6年3月
4号機	118万kW	平成9年7月



写真 2.2 玄海エネルギーパーク

(左奥の聖火台形建物がサイエンス館、右円筒形建物がふるさと館、スロープ下に物産店)

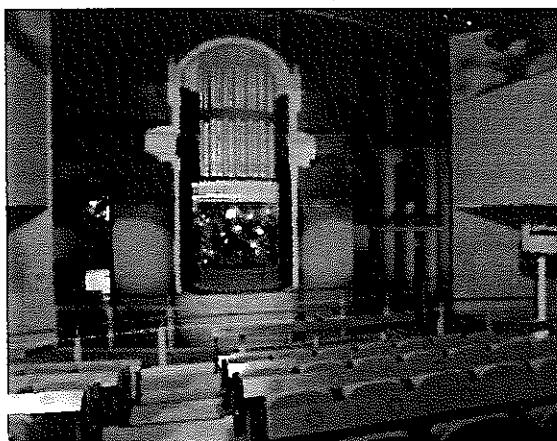


写真 2.3 サイエンス館内原子炉模型



写真 2.4 ふるさと館展示



写真 2.5 地元物産店

### 2.2.1.2 調査内容

調査は、玄海原子力発電所にて実施した。調査内容は、以下のとおりである。

#### (1) 施設概要および経緯

- 原子力発電所内の見学順路は、以下のとおりである（図 2.1、付録写真参照）。
  - ① エネルギーパーク前からバスに乗り 3、4 号機前に移動する。
  - ② 出入口で金属探知機による入場チェックを受け、入場者数などをチェックする暗証扉を経て施設内に入る。
  - ③ タービン建屋内の見学通路からタービンや発電機を見学する。
  - ④ 屋上通路から原子炉格納容器を見学する。
  - ⑤ 屋上通路を経て、燃料取扱建屋内に入り鉛ガラス越しに使用済燃料や燃料交換作業を見学する。
  - ⑥ 屋上通路を戻り、中央制御室内を見学して出入口に戻る。
- 原子力発電所の安全性・信頼性をアピールしてイメージアップを図ることを目的としており、原子力発電所のしくみや必要性を理解してもらうだけでなく、開かれた施設でかつ清潔で整備された施設であることを理解してもらうために、見学通路などはあたたかみや安心感を与えるような落ち着いた雰囲気になるように色使いにも配慮し、ところどころに休憩所を設け、機械類となるべく隠すように設計した。
- 3 号機建設中の平成 2、3 年に構想が持ち上がり、建設中の設計変更となつたため、3 号機内の見学エリアは、設置および施設規模等いびつになっている（例えば、タービン建屋内の通路は見学を想定した構造とはなっておらず、タービン建屋の屋上通路も許認可完了後だったため、軽微な構造となっている）。これに対し、4 号機は詳細設計前だったので見学エリアに問題は少なく、設計段階から検討することが非常に重要であった。
- 見学コンセプトの検討に際しては、関西電力大井発電所、東京電力柏崎発電所などを参考にした。

#### (2) 運営状況等

- 1 グループ 20 名とし常時立入者（コンパニオン、社員）1 名が引率案内している（核物質防護規定により見学者の取扱いが定められている）。
- 見学には事前に申込みが必要で、見学者の住所、氏名、年齢、生年月日を記録している。
- 平成 11 年は約 8 万人の見学者があった。
- 年 1 回避難訓練を実施し、引率者（常時立入者）の誘導により速やかに避難できるようになっている。避難経路は、屋上に一旦避難してから別階段で避難できるようにしている。
- 急病人に関するも、引率者が状況を判断して速やかに対応することとしている。
- 車椅子でも見学可能なようにスロープなどハード面でも対処している。電動車椅子も 2 台常設している。
- 英語のパンフレットも用意している。

- 出入口に常時 2 名の警備員が監視しており、施設内には監視カメラも設置している。
- 入場時には金属探知機による危険物持込検査を実施している。
- 見学者への事前教育はないが、注意事項は表示板やオリエンテーションを通じて説明をしている。
- 避難訓練を年 1 回程度実施している。
- 見学者の出入り管理は、総務課が担当している。

### (3) 適用法令および許認可手続き等

- 屋上からピット内を見学できる燃料取扱建屋に関しては、通産省に工事計画変更許可申請を提出し、材料シートなどの使用前検査を受検している。
- 屋上見学者通路に関しては、佐賀県に建築確認申請を提出した。
- 消防署から検査時に追加事項が多かった。
- 消防署の立入り検査が年 1 回ある。また、発電所内に常勤している通産省のパトロールで指摘を受けることがある。
- 許認可手続きは、施設の設計および建設中の要所々々で対応し、建設中の設計変更となった 3 号機と設計段階から取り組んだ 4 号機では許認可手続きに要した期間は異なる。

玄海原子力発電所では、発電所に隣接して原子力発電をテーマにしたエネルギーパークが 2000 年 4 月にオープンされることになっている。エネルギーパークに関して以下のような情報を得たので参考までに追記する。

- 施設の外装は、景観色としている。
- 消防署の検査を 5 回受けた。
- 排煙設備などに関して防災評定を受けた。
- 23 名程度の職員で管理する。
- 設計段階から地元との話合いを積極的に持ち、ふるさと館や地元物産店を設けて地元の観光に協力したり、野球グラウンド、テニスコートなどを地元に開放している。

## 2.2.2 サッポロビール北海道工場

### 2.2.2.1 施設概要

サッポロビール北海道工場は、札幌市街地の工場に代わって 1989 年 6 月に札幌郊外の恵庭市に建設された年間 11 万 6400kl (大びん換算 1 億 9 千万本) の生産能力を持つ同社の主力工場である (写真 2.6 参照)。工場内では、オートメーション化とコンピューター集中管理による最新鋭の設備のもとでビールが製造される過程を見学することができる (写真 2.7 参照)。広大な敷地 (面積約 360,000m<sup>2</sup>) 内には、床面積約 74,000m<sup>2</sup> の工場の他、ビールの試飲ができるゲストハウスと緑地面積約 160,000m<sup>2</sup> の「恵みの庭」がある。「工場という名の美術館」というコンセプトに基づいて、見学通路では照明を落として工場内の設備を工芸品のように見せる工夫がされており、恵みの庭では自然を生かしたアーティスティックなスペースで四季折々の景色が楽しめるようになっている。また、敷地内には野外音楽デッキやバーベキュー用テントが点在し、最近では北海道で人気のあるパークゴルフのコースを設けて、更なる集客を図っている。近くを走る JR 千歳線に専用駅「サッポロビール庭園駅」を費用負担で建設しているほど力を入れている。

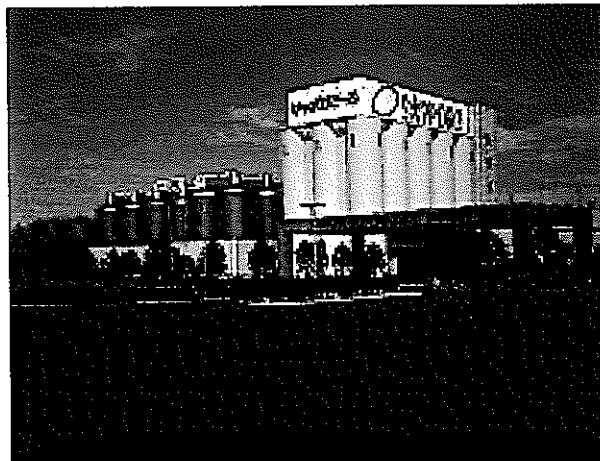


写真 2.6 サッポロビール北海道工場



写真 2.7 見学コース入口

### 2.2.2.2 調査内容

調査は、サッポロビール北海道工場にて実施した。調査内容は、以下のとおりである。

#### (1) 施設概要および経緯

- 生産設備の近代化、効率化の目指して工場に計画や設計を行った。さらに生産活動への理解や拡販への効果を期待して、構想の段階から見学者対応を強く意識して検討している。
- 「工場という名の美術館」の施設コンセプトの下で生産設備の見せ方などに腐心した。レストランへの通路は、照明を著名なデザイナーに任せ「星への散歩道」と称したファンタジックなものにしてある。これだけを見に来る人もいる。また、見学者から希望があったので、広い敷地を利用して、最近北海道で盛んになったパークゴルフのコースを18ホール作った。好評なのでさらに18ホール増設した。芝の手入れやコース運営の入件費分として最低額の500円/人（1日何ホールでもプレー可、ビール付き）だけ徴収している。
- 生産活動に従事する従業員が約100名程度であるが、見学者対応の担当者に20名（コンパニオン14名、厨房スタッフ6名）も投入している。見学者対応は、かなり重要な活動と認識している。

#### (2) 運営状況等

- 予約で希望した人には案内のコンパニオンが付く。また、定時（9時、10時、11時）にはコンパニオン付きの案内ツアーがある。その他は、セルフで見学出来るよう、各ポイントには音声案内等の設備がある。
- 見学コースは一方通行になっており、見学が終わった人は工場側で用意したシャトルバスで入口まで送り返す事にしている。観光バス等で来たグループには、出口まで迎えに来て貰うようお願いしている。
- 管理は、工場総務が実施しているが、見学者対応は本社予算でまかなっている。全国に数カ所ある工場は全て独立採算をとっているが、見学者対応は本社の所管である。
- 団体などの予約はうけるが、個人での見学は特に予約を必要としない。見学者数（施設の収容人員）の制限はない。実際は、ゲストルーム（ビールの試飲が出来る部屋）の定員があるが、満員になる場合は、缶ビールやジュースの手みやげでお帰り頂いている。
- 見学者の制限は無い。ビールがアルコール飲料であるからと言って未成年の見学を断る事はない。小学生高学年の見学は団体でも多数の実例がある。
- 特に監視体制はない。見学者の流れを見て、次の準備（主に試飲室の回転）のために見学コースの数カ所にモニターカメラを設置してある。結果的にそのカメラで見学コースに設置してある器物の破損や汚損を発見して、いち早い対応が可能となった場合があつたが、監視が目的では無い。
- 毎年1度防災記念日に避難訓練を工場全体で実施している。その際、見学者対応グル

プも参加する。急病人は工場の医務室で応急措置等を施す事になっている。また、案内役のコンパニオンは年2回、蘇生法の訓練を受けている。

### (3) 適用法令および許認可手続き等

- サッポロビール工場の建設に際しての監督官庁は、北海道庁の建築指導課と併設のレストランが工業専用地域に立地するためその部分のみ都市計画課に申請した。
- 許認可手続きは、設計および建設期間中に対応し、道の建築指導課へ申請すると、指導課から直接消防署に回送された後、指導課に戻されるため、別途の申請は不要であるが、消防署の許認可も受けている。
- 監督官庁から受けた指導は少なく、年に1度、地元消防署から消火器の検査などの査察を受けるだけである。

## 2.2.3 マインランド尾去沢

### 2.2.3.1 施設概要

マインランド尾去沢のある鹿角市は、1200年を超える長い歴史のある尾去沢鉱山をはじめ地域の基幹産業である鉱山の相次ぐ閉山により存立基盤を失う危機に面したため、地域活性化のため東北自動車道が中央を通り国立公園の八幡平や十和田湖などの観光地に囲まれている立地条件を生かして観光地再開発に活路を見いだすこととなり、鹿角市の観光振興の拠点として（財）秋田県観光物産公社や尾去沢鉱山（株）などと共同で（株）尾去沢鉱山観光を設立した。

マインランド尾去沢は、尾去沢鉱山（総延長800km、昭和53年閉山）の一部を利用した鉱山の歴史を後世に伝える産業博物館で、鉱山歴史の坑道（写真2.8、2.9参照）とコスモアドベンチャー・プルトン号の冒険（写真2.10参照）の2つの観覧コースがある。鉱山歴史の坑道は、鉱山の歴史を体験することができる全長1,700mの観光鉱道で昭和57年に開業され、コスモアドベンチャー・プルトン号の冒険は、延長0.8kmの音と光で構成された空間をコンピュータ制御の乗物に乗って探検しながらシーティングを楽しむアミューズメント施設で平成元年にオープンした。



写真 2.8 鉱山歴史の坑道入口

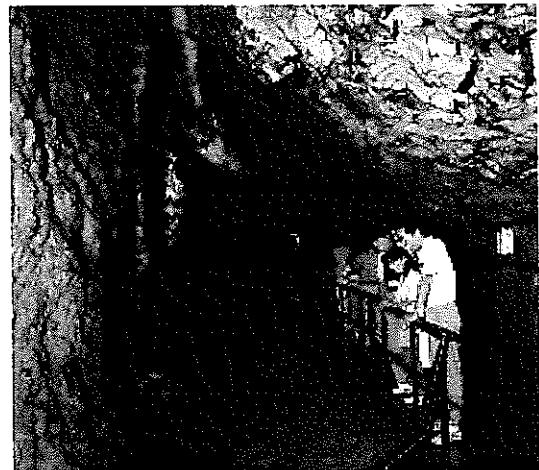


写真 2.9 鉱山歴史の坑道内部



写真 2.10 コスモアドベンチャー・プルトン号の冒険出入口

### 2.2.3.2 調査内容

調査は、尾去沢マイインランドにて実施した。観光坑道である鉱山歴史の坑道を対象とした調査内容は、以下のとおりである（付録写真参照）。

#### (1) 施設概要および経緯

- 昭和 53 年に閉山された尾去沢鉱山の一部を利用し、鉱山の歴史を後世に伝える産業博物館として、また、地元（鹿角市）の観光振興の拠点として昭和 57 年に設立された。
- 鹿角市、（財）秋田県観光物産公社、尾去沢鉱山（株）、その他の共同で設立された。

#### (2) 運営状況等

- 平成 11 年は 12 万人の見学者があった。
- 施設内の点検は、毎日実施している。
- 防災訓練を実施している（1 回／月程度）。
- 自然通気により換気を行っている。
- 施設内の湿度は 90% 以上であることから、火災の発生は無いものと考えられるため、火災報知機、煙感知器等の設置は行っていない。
- 基本的に施設内は禁煙であるが、見学コースの途中に休憩所（2 箇所）を設け、喫煙コーナーを設置している。
- 喫煙コーナー付近には自主的に消火器を設置している。
- 休憩所には、ベンチ、飲み物の自動販売機、ごみ箱等を設置している。
- 施設内での飲食は自由である。
- 非常用の電話を設置している。
- 車いすでの見学も可能であるが、階段があるため見学出来ない区間がある。迂回路として車いす専用の通路を設けている。
- 停電対策として、充電式の照明を設置しているとともに、自家発電装置を設置している。
- 展示室のみ監視カメラを設置している。
- 携帯用受信機（入口で貸出し、出口で回収）により施設内の説明を行っている。
- 観光坑道以外の坑道は立入禁止となっている。
- 見学通路以外に非常時の避難坑道を 2 本確保している。これにより、入口、出口、非常時の避難坑 2 本、計 4 方向の経路が確保されている。

#### (3) 適用法令および許認可手続き等

- 鉱山保安法で建設された鉱山坑道の観光坑道への転用にあたっては、観光者の安全確保には万全を尽くしたものの特に法的規制は受けなかった。

## 2.2.4 清津峠

### 2.2.4.1 施設概要

清津峠渓谷は、苗場山麓に位置し、清津川両岸に 12km に渡って柱状節理とエメラルドグリーンの渓流美が織成す景観は日本三大渓谷の一つに数えられている（写真 2.10 参照）。清津峠は、昭和 16 年に名勝天然記念物に、昭和 24 年に上信越国立公園に指定され観光の名所であったが、昭和 63 年の落石による死亡事故を契機に渓谷内の立入りが禁止され、環境庁、文化庁、新潟県などの関係機関で検討した結果、平成 4 年に遊歩道の代替施設として清津峠渓谷トンネルの建設が開始され、平成 9 年に完成した。清津峠渓谷トンネルは、全長 750m で内部には 3 箇所の見晴所とパノラマステーションおよび数箇所の展示施設がある（図 2.1 参照）。



写真 2.10 清津峠景観

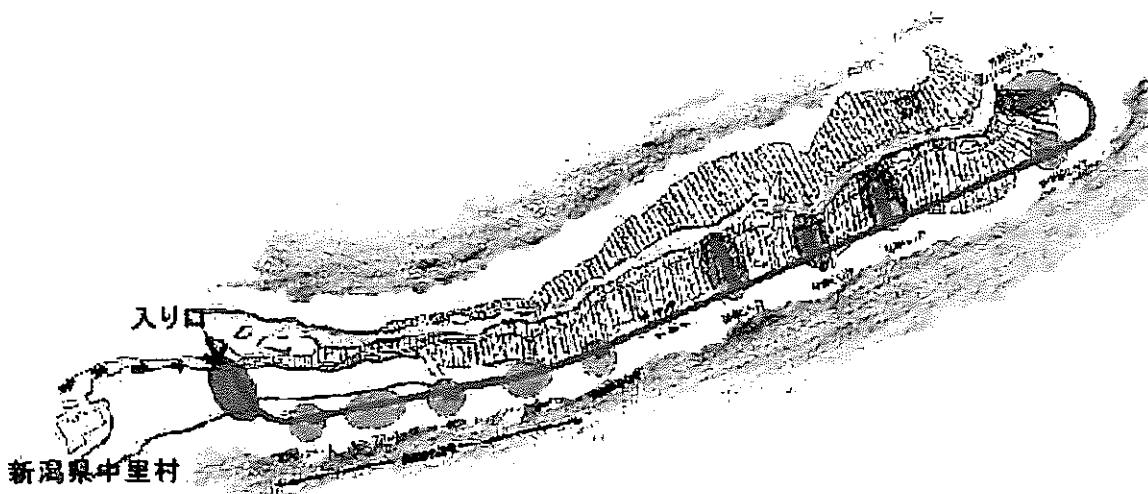


図 2.1 清津峠渓谷トンネル平面図

#### 2.2.4.2 調査内容

調査は、新潟県中魚沼郡中里村役場企画観光課にて実施した。調査内容は、以下のとおりである。

##### (1) 施設概要および経緯

- トンネル建設のきっかけは、昭和 63 年に渓谷内で落石事故があり、村が管理責任を問われ、最高裁まで行ったが敗訴したことである。その後、渓谷内の通路は閉鎖されたが、観光客の要望もあったし、地元の観光関係者の死活問題であったため、何らかの形で再開していきたいとの要望が強かった。
- スノーシェード（雪除け庇）案は国立公園の景観を乱すとの理由で排除され、新潟県のコンサルタントによりトンネル案が起案された。
- トンネルの所有者・管理者は村である。
- 総事業費 20 億 6 千万円、工期は平成 4 年 10 月から平成 9 年 3 月である。

##### (2) 運営状況等

- 構内の災害予防に監視カメラを設置した。また、放送設備も備えている。この他急病人用に車椅子（バッテリー駆動）も設置した。
- 建設中は工事車両などの通行は許されたが、供用後は構内での内燃機関の通行は禁じられており、バッテリーカーを用意している。
- 掘削中に温泉が湧き出てきた上に、硫黄系のガスも発生した。したがって工事中にガスの検知機を設置し、その後も引き続き設置している。微量なガスの発生は続いているが問題は発生していない。
- メンテナンスは構内の電球の交換である。
- 入場者数：128,000 人（平成 11 年）

##### (3) 適用法令および許認可手続き等

- トンネルは、国立公園、名勝天然記念物、治山などの規制に縛られて、建設までにかなりの苦労を要した。
- 規制官庁は、林野庁、文化庁、環境庁であった。
- 文化庁は、国立公園地域に人工工作物を作ることを禁じており、トンネル掘削に伴う柱状節理表面を壊さないよう求めてきた。その結果、地表面から 20m 奥でトンネルを掘削し、地表斜面の節理に影響が無いよう配慮を要求された。
- 当初、2 車線程度のトンネルを想定していたが、国立公園だからとすることで環境庁から断面の縮小を求められた。
- 土地の所有者である林野庁には、トンネル部は地中にあるため賃料は払っていないが、地上にある入り口の料金徴収小屋については賃料を払っている。
- 国立公園であるため、トンネル掘削用の発破用火薬の保管場所がサイトで用意できず、

朝昼各1回ずつ十日町から運んできた。火薬も遅発性のものである。

- 工事中の掘削ズリの川への投棄が禁じられたため、岩石として売却した（林野庁の収入となった）。
- トンネル構内の照明についても、規制を求められた。ネオン類は禁止である。
- 許認可手続きには都合4年かかった。

#### [県からの指導]

- 県の土木課によりトンネルは建築物ではなく土木構造物と判断された。
- 新潟県の観光施設ということで補助金を受けているが、その規定でトンネルの勾配中に一定区間水平の部分を設けるよう求められた。福祉対策上の理由で、車椅子の暴走を防ぐためである。

#### [消防署からの指導]

- 消火器の配置などで、消防署からの指導はある。不燃を基本的に強く求められており、トンネル路盤材料にアスファルトの使用は禁じられた。
- 構内のポスターを貼る位置の指定もあった。
- 構内は火災予防のため禁煙とされている。
- トンネル入口の料金徴収小屋内の造作は、当初、木造を考えていたが、火災予防のためアルミパネルに変更するよう求められた。

#### [警察からの指導]

- 警察からは、見学者がトンネルから渓谷に降りられないように設計することを求められた。そのため、トンネルは行き止まりになっており、3カ所ある渓谷へ開いている見晴所からも出られない。結果的に“通路”的概念とは異なってしまったし、見晴所が避難路になり得ていない。
- 見晴所の設置個所は当初7カ所計画していたが、これも3カ所に制限された。
- トンネルの設置レベルも、景観を見る立場からは、出来るだけ川面に近い方が好ましい。しかし、これも渓谷に降ろさないようにとの観点及びトンネル内に増水した河川水が流入しないようにとの観点で、林道レベルより最低でも2m以上上方に設定した。

## 2.2.5 秋芳洞

### 2.2.5.1 施設概要

秋芳洞は、総延長約 10km、天井高さ平均 30m の東洋一大鍾乳洞で、観光用に公開されているのは約 1.5km で、洞内の気温は 1 年を通じて約 17 度に保たれている。秋芳洞内には、数千万年の時をかけて成長した無数の石柱や石筍があり、扇形にひろがる傾斜地に、水に溶けた石灰分が沈積してきた「百枚皿」石灰華の段丘（写真 2.12 参照）をはじめ、傘づくし、青天井、千畳敷、黄金柱、五百羅漢など数多くの見所があり、黒谷トンネルにより黒谷口（図 2.2 左上）に連絡している。また、秋芳洞の上に 130km<sup>2</sup> にわたって広がる日本最大のカルスト台地である秋吉台は、昭和 30 年に国定公園に指定されている。



写真 2.12 百枚皿石灰華の段丘



図 2.2 秋芳洞平面図

### 2.2.5.2 調査内容

調査は、山口県美祢郡秋芳町観光商工課にて実施した。調査内容は、以下のとおりである。

#### (1) 施設概要および経緯

- 秋芳洞は、明治42年に滝穴として広く公開され、文化庁により大正11年に天然記念物、昭和27年に特別天然記念物に指定され、地上の秋吉台は環境庁により昭和30年に国定公園に指定されている。
- 秋芳町が国から管理委託を受けている。

#### (2) 運営状況等

- 階段があるため車いす利用者には、エレベータ周辺のみの観光を推薦している。その他の入場制限は特にない（入場者数制限なし。子供だけでも入場可。記名・安全装備等はなし）
- 無料ガイドは10名おり、洞内には常時3名待機し30名以上の団体を対象にガイドを行っている。ただし、来年度からは経済的理由により有料化の方針である。
- 立入禁止区域などの見回りは常時行い、監視カメラも設置している。
- 落盤に関しては、地元業者に委託して自主的に月1回入洞時間後と地震の後にハンマー検査や入口付近の雨水凍結による落盤点検などを実施している。
- 洞内ガイドボックス内に電話を設置し、携帯電話も使用している。
- 洞内入口には担架を設置している。
- 可燃物がないため火災報知器・煙感知器・非常通報はなく、防災訓練も実施していない。
- 周辺一帯には鍾乳洞が430ほど点在し、国定公園範囲外では石灰岩や鍾乳石の採石が可能である。

#### (3) 適用法令および許認可手続き等

- 規制官庁は、文化庁、環境庁、県である。
- 適用法令は、自然公園法と文化財保護法である。
- 軽微なものは山口県知事（農林課、自然課、文化課）の指導を受けるが、それ以外は文化庁や環境庁の指導を受ける。
- 文化庁主催の委員会からの指導が多く、照明は苔の成長を防止するために20ルクス以下に制限されている（付録写真参照）。
- 看板1つでも申請する必要があり、駐車場の舗装などは許可されていない。
- 自然通気による鍾乳洞の風化を防止するため、黒谷トンネル側入口に二重の自動ドアを設け、空気の流れを遮断している（付録写真参照）。
- 国による見回り検査が3年に2回程度実施されている。また、県自然保護課・文化課による抜打ち見回り検査が2~3ヶ月に1回程度実施されている。
- 黒谷トンネル建設中は、労働安全衛生法が適用された。
- 建築基準法は、史跡名勝天然記念物に指定されたものに対しては適用されない（第三条）

ため、洞内での二方向避難経路を確保する義務はない（実際には入口 2ヶ所とエレベータの計 3 方向の経路がある）

- 許認可手続きは、施設の変更のたびに対応している。

**[消防署からの指導]**

- 可燃物がないため停電時の対応での指導のみがあった。

**[警察からの指導]**

- 照明の代わりに懐中電灯での観光を危険として許可しなかった。

## 2.3 まとめ

類似施設調査結果の一覧を表2.2に示し、調査により得られた知見を以下に要約する。

### 適用法令・許認可手続きに関して

- 地上施設である玄海原子力発電所やサッポロビール北海道工場は、建築基準法の適用を受け、入場者に制限はない。
- マインランド尾去沢は、鉱山保安法のもと掘削された鉱山跡に不特定多数の入場者を入れている。
- 清津峡と秋芳洞は、ともに天然記念物と国立公園・国定公園に指定されているために文化財保護法と自然公園法の適用を受け、文化庁や環境庁および県の指導のもと不特定多数の入場者を対象としている。
- 施設建設にあたっては、監督官庁、県、消防署、警察署などの許認可手続きが必要である。
- 許認可手続きは、設計および建設期間中の対応が必要となり、施設によって設計および建設期間が異なるため、許認可手続きに要する期間も異なる。
- 玄海エネルギーパークのように、地元への還元に配慮して地元との話し合いを持つことが重要である。

### 施設に関して

- 車椅子などへの配慮が一般的である。
- 安全に関しては、入場者の管理、危険物持込禁止対策（特にガス災害の火源となるようなもの）、監視カメラによる監視体制などを整備する必要がある。
- 防災に関しては、非常通報（坑内放送）設備、火災・煙報知器などの防災設備、担架設置などの救急設備、非常時にも対応可能な換気設備などに加えて、避難訓練・防災訓練により防災体制を整えることが必要である。
- 施設や設備の定期点検・検査を自主的に行う必要がある。
- 施設の設計段階から見学を想定した構造や設備について検討することが重要である。
- 深地層の研究施設においても地層処分に対して良いイメージを与えるように、玄海原子力発電所と同様、開かれた施設として清潔さ、温かみ、安心感などを与えるような施設デザインに配慮することが必要と思われる。

表 2.2 類似施設調査結果一覧表

項目	玄海原子力発電所 (佐賀県東松浦郡玄海町)	サッポロビール北海道工場 (北海道恵庭市)	マイナーランド尾去沢 (秋田県鹿角市)	清津峡 (新潟県中魚沼郡中里村)	秋芳洞 (山口県美祢郡秋芳町)
管理運営元	九州電力(株) 総務課	サッポロビール(株) 工場総務	(株) 尾去沢鉱山観光	中里村	秋芳町(国から管理委託、正社員 50名、臨時社員 80名)
施設目的	原子力発電所の安全性・信頼性アピール	生産活動の理解、拡販効果	鉱山歴史観光	観光施設	観光施設
施設の構成	原子力発電所 3、4号機の建屋(タービン建屋、燃料取扱建屋など) 別途、発電所に隣接して玄海エネルギーパーク(サイエンス館、ふるさと館、物産店)がある	ビール工場 ゲストハウス(ビール試飲レストラン) 恵みの庭 パークゴルフ場	鉱山歴史の坑道(観光坑道、延長 1700m) コスモアドベンチャー・ブルトン号(2人乗りライド式、延長 800m、コンピュータ制御自動運転、120人/10分)	主要施設 清津峡渓谷トンネル(全長 750m、見晴所、パノラマステーション、展示施設含む) 管理運営施設 料金徴収小屋	主要施設 鍾乳洞 〃 内人工トンネル(180m、昭和 38 年完成) 〃 内エレベータ(昭和 31 年完成) 管理運営施設 地上管理事務所(昭和 44 年完成) エレベータ管理事務所
建設時期	平成 2~3 年設計開始、平成 7 年見学開始	平成元年 6 月竣工	昭和 57 年鉱山歴史の坑道 平成元年コスモアドベンチャー・ブルトン号	平成 9 年完成	明治 42 年公開
監督・指導官庁	通産省 佐賀県	北海道(建築指導課、都市計画課)	秋田県	文化庁(昭和 16 年名勝天然記念物に指定) 環境庁(昭和 24 年上越国立公園に指定) 林野庁(土地所有者) 新潟県(補助金)	文化庁(大正 11 年天然記念物、昭和 27 年特別天然記念物に指定) 環境庁(昭和 30 年秋吉台国定公園に指定) 山口県(農林課、自然課、文化課→知事)
運営時間	9 時~17 時	9 時~16 時 40 分(6~8 月) 15 時 40 分(9~5 月)、休み 11~4 月土日、祝日(5~10 月は無休)	9 時~17 時(4 月 1 日~11 月 10 日) 9 時~15 時 30 分(11 月 11 日~3 月 31 日)	9 時~17 時(季節により変更あり) 1 月中旬~3 月中旬まで降雪のため休業	8 時 30 分~16 時 30 分(夏季のみ 17 時 30 分) 年中無休
入場者数	平成 11 年約 80,000 人 (エネルギーパーク: 平成 12 年 4~6 月約 12 万人)	平成 11 年約 120,000 人	平成 11 年約 120,000 人	平成 11 年 128,000 人	平成 11 年 850,000 人(昭和 50 年の 198 万人をピークに減少し、平成 10 年度に 100 万人を割る)
入場制限	1 グループ 20 名以下、事前申込みおよび住所・氏名・年齢・生年月日の記載の必要あり	特になし(未成年者の見学も多い) 入館無料	特になし	特になし	階段があるため車いす利用者には、エレベータ周辺のみの観光を推薦している。
案内方法	常時立入者による引率	定時と予約時希望者にコンパニオン(計 14 名)による案内ツアーあり(所要時間 約 60 分)	携帯用受信機により説明	特になし	無料ガイド 10 名(洞内には常時 3 名待機、30 名以上の団体を対象; 来年度から有料化の方針)
適用法令	建築基準法	建築基準法	鉱山保安法	運営中: 自然公園法+文化財保護法	建設中: 労働安全衛生法(黒谷トンネル) 運営中: 自然公園法+文化財保護法
許認可手続き	通産省: 燃料取扱建屋の見学設備に関しては、工事計画変更許可申請を提出し、使用前検査を受検 佐賀県: 屋上見学通路に関しては、建築確認申請を提出	特になし	特になし	消防署: 不燃構造(トンネル路盤のアスファルト舗装不可、料金徴収小屋のアルミパネル化)、消化器配置、禁煙など指導あり 警察署: トンネルから渓谷への降下不可 新潟県: 土木構造物の認定、トンネル勾配の水平区間の設置(車椅子の暴走防止)	消防署: 火災の要因となるものがいたため停電時の対応程度 警察署: 懐中電灯での観光を許可しなかった程度 山口県: 基本的に木 1 本の伐採も許可必要。
特記すべき見学付帯設備	電動車椅子	車椅子昇降機	車椅子用通路	電動車椅子、坑内バッテリーカー、硫黄系ガス探知機(建設時から継続)	換気: 自然通気による鍾乳洞風化防止のためトンネル入口の二重ドアにより空気の流れを遮断 照明: 20 ルクス以下の制限(苔の成長防止)
安全設備・監視保守体制	金属探知機、暗証扉の設置 出入口に警備員 2 名、監視カメラ設置	特になし(見学用モニターカメラあり)	監視カメラ設置	監視カメラ設置、放送設備	監視カメラ設置
避難対策/非常時体制	避難訓練年 1 回 引率者による速やかな対応	避難訓練年 1 回 工場医務室での急病人対応、コンパニオンの蘇生法訓練年 2 回	避難訓練月 1 回 非常用電話、自家発電装置設置 火災報知器、煙感知器、非常通報なし	放送設備	洞内電話・携帯電話、洞内入口に担架設置 避難訓練なし 火災報知器・煙感知器・非常通報なし
点検・検査	通産省パトロールあり 消防署立入り検査年 1 回	消防署による消火器検査年 1 回	見回り	見回り	見回り(立入禁止区域など) 自主落盤点検(月 1 回入洞時間後+地震の後)
その他	開かれた施設として清潔さ、温かみ、安心感に配慮した見学通路デザイン 設計段階からの検討が重要				

### 3. 地下施設における法的規制に関する調査

#### 3.1 目的

深地層の研究施設は、第2次とりまとめ<sup>1)</sup>に示された地層処分の技術的信頼性や技術的拠り所を実際の深地層での試験研究を通じて確認」していく場として設置される予定である。「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」<sup>2)</sup>に示されているように、深地層の研究施設を「一般の人々が実際に見て体験できる」研究施設とするためには、広く一般の人々に深地層研究への理解を深めてもらうことができるような安全で開かれた施設であることが望まれる。そこで、このように見学を前提として深地層の研究施設を建設する場合に適用される法規制とその内容について検討を行う。

建築基準法では、地下施設を居室と判断するか非居室と判断するかによって適用するか否かが判断される。したがって、深地層の研究施設の1つである岐阜県瑞浪市に計画されている超深地層研究所のように研究や実験を目的とした場合は非居室として建築基準法の適用は受けないものの、見学を目的の一部とした場合には建築基準法の適用を受ける可能性が高い。逆に、深地層の研究施設のコンセプトを「地下施設の大部分あるいは部分について、何らかの形の入場制限の下での入場者に開かれた施設」とする場合は、あくまで研究・実験が目的の施設と見なされ建築基準法の適用を逃れる公算が大きいものの、「地下施設の大部分あるいは部分について、制限を設けることなく一般の人々に開かれた施設」とする場合には、見学施設と見なされて建築基準法が適用される可能性が高い。

そこで、深地層の研究施設の建設および操業計画を立案するために、建築基準法に準拠する場合と建築基準法に準拠せずに労働安全衛生法（以下、労安法）や鉱山保安法に準拠する場合の以下の項目に対する規制内容を明らかにし、今後の課題や対策について検討する。ただし、労安法および鉱山保安法は、労働者あるいは鉱山労働者の就業に係わる安全の確保を図るために定められたものであり、一般の人々を対象としていない。また、労安法に関しては、ずい道等の地下作業場の条文を中心に抜粋した。

- (1) 入場者に関する事項 ······
  - ①入場の制限
  - ②入場者数の制限
  - ③滞在時間の制限
  - ④服装の制限
  - ⑤年齢の制限
  - ⑥入場者に対する教育
  - ⑦入場者の管理
- (2) 事故責任に関する事項 ······
  - ①管理者の責任
  - ②労働者の責任
- (3) 構造・設備に関する事項 ······
  - ①構造的な制限
  - ②換気設備
  - ③可燃性ガス対策

- ④使用機器の制限
- ⑤避難設備・通路
- ⑥救護体制

(4) 安全計画

### 3.2 対象法令概要

建築基準法、労働安全衛生法／労働安全衛生規則および鉱山保安法／鉱山保安規則の適用対象、目的、本施設に適用した場合の課題等を以下に述べる。

#### (1) 建築基準法

##### [適用対象]

建築物で建築基準法の第3条に規定される文化財保護法などの適用を受けた建築物や例外を除くものを適用対象としている。

##### [目的]

建築基準法の第1条に、本法の目的が下記のように規定されている。

「この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もって公共の福祉の増進に資することを目的とする。」

##### [深地層の研究施設に適用した場合の課題等]

地下街などを除く地下深部での施設に建築基準法が適用された例は少ない。特に、地下500m程度の深度となれば防災上も施設の構造は大掛かりなものとなると考えられる。

#### (2) 労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### [適用対象]

事業者（事業を行う者で、労働者を使用するもの）および労働基準法第9条に規定する労働者（職業の種類を問わず、事業に使用される者で、賃金を支払われる者）を適用対象としている。

##### [目的]

労働安全衛生法の第1条に、本法の目的が下記のように規定されている。

「この法律は、労働基準法と相まって、労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化および自主活動の促進の措置を講ずる等その防止に関する総合的計画的な対策を推進することにより職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成を促進することを目的とする。」従って、労働者が快適な環境で安全に労働できるような条件整備を目的としている。

##### [深地層の研究施設に適用した場合の課題等]

本施設に入場する一般の人々は、本施設で事業を行ったり、使用される者ではない。従って、入場者は本法の適用対象外であるが、本施設に本法を適用した場合は、入場者に対しては本法に準じて、安全と健康を確保し、快適な環境を提供する必要があると考えられる。

### (3) 鉱山保安法／鉱山保安規則

#### [適用対象]

鉱業法に基づく鉱業権者（登録を受けた鉱区において、登録を受けた鉱物およびこれと同種の鉱床中に存在する他の鉱物を掘採し、および取得する権利を賦与された者）および鉱山労働者（鉱山において鉱業に従事する者（鉱山：鉱業を行う事業場、鉱業：鉱物の試掘、探掘およびこれに付随する選鉱、精錬その他の事業））を適用対象としている。

#### [目的]

鉱山保安法の第1条に、本法の目的が下記のように規定されている。

「この法律は、鉱山労働者に対する危害を防止するとともに鉱害を防止し、鉱物資源の合理的開発を図ることを目的とする。」従って、労働者の安全の確保は勿論のこと、鉱業を通しての国家社会の発展に対する貢献をも目的としているところが特徴となっている。

#### [深地層の研究施設に適用した場合の課題等]

本施設は鉱山ではなく、本施設に入場する一般の人々は、本施設で鉱業に従事しない。従って、入場者は本法の適用対象外であるが、本施設に本法を適用した場合は、地下環境という条件および本施設で想定される鉱山類似事項（可燃性ガスの存在等）に対する対応を行い、入場者に危害が及ばないよう配慮することが必要であると思われる。

なお、本検討に関係する鉱山保安に関する用語の定義（鉱山保安規則第2条）は以下の通りである。

石炭鉱山： 石炭および亜炭を目的とする鉱業を行う鉱山

石油鉱山： 石油（可燃性天然ガス（石炭または亜炭の掘採を目的とする鉱山において石炭または亜炭の掘採に関する採集されるものを除く。「天然ガス」という）を含む）を目的とする鉱業を行う鉱山。

金属鉱山： 石炭鉱山および石油鉱山以外の鉱業を行う鉱山。

坑内： 鉱山の地中において掘削した空間であって、次の各号の一に掲げるもの。その一部が採鉱作業場となっているもの。その一部が採鉱作業場となるべき箇所と地上とを連絡するため掘進する作業場となっているもの。その一部が鉱床の状況を探査するため掘進する作業場となっているもの。前各号に掲げるものと直接地中において連絡することを目的として掘削中のもの。鉱床またはその周辺と地表とを連絡するために掘削したものであって、採鉱作業場または掘進作業場における保安を確保することを目的としているもの。

石炭坑： 石炭鉱山の坑内であって、鉱業法の規定による施業案の定める範囲。また石炭坑の種類は次の通りである。（鉱山保安規則第6条）

甲種炭坑： 次の各号の一に該当する石炭坑であって、通商産業大臣が指定するもの。排気坑道の気流中における可燃性ガス含有率が0.25%以上であるもの。掘操作業場の気流中における可燃性ガス含有率が0.5%以上であるもの。通気施設の運転を一時停止したとき含有率3%以上の可燃性ガスが通行坑道または掘操作業場に見出されるもの。

乙種炭坑： 甲種炭坑以外の石炭坑。

石油坑： 坑道掘りを行う石油鉱山。

### 3.3 調査結果

項目毎の記載要領は、各法の対照条文の内容を総括して本施設における対応法の概念を述べる。次に、対照条文を建築基準法、労安法／労働安全規則および鉱山保安法／鉱山保安規則の順に列記した後、鉱山運営管理上の慣例・自主規制等の例を記載する。

#### 3.3.1 入場者に関する事項

入場者に関しては、建築基準法では特に規定されていないため、労働安全衛生法と鉱山保安法に係わる規定について述べる。

##### 3.3.1.1 入場の制限

法によれば就業者については、安全確保のため必要な教育を受け、決められた所持品の携帯、不携帯を守り、かつ健康な者でなければ就業できることとなっている。

従って本施設に準用した場合、見学のみの入場者に対して、基本的には制限を設けることなく開かれた施設とすることはできないこととなる。対応としては、制限の種類による入場範囲の区分、入場方法等を検討して定める必要がある。

###### ①建築基準法

規定なし。

###### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

###### 安全衛生教育（法第 59 条）

事業者は、労働者を雇い入れたときは、安全または衛生のための教育を行わなければならぬ。

###### 病者の就業禁止（法第 68 条）

事業者は、省令に定める疾病にかかった労働者については、就業を禁止しなければならない。

###### 立入禁止（則第 386 条）

事業者は、次の箇所に關係労働者以外の労働者を立ち入らせてはならない。

- 浮石落しが行われている箇所または当該箇所の下方で、浮石が落下することにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるところ。
- ずい道支保工の補強作業または補修作業が行われている箇所で、落盤または肌落ちにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるところ。

###### 発火具の携帯禁止等（則第 389 条）

事業者は、第382条の2の規定による測定の結果、可燃性ガスが存在するときは、火気またはマッチ、ライターその他発火のおそれのある物をずい道等の内部に持ち込むことを禁止し、かつ掲示しなければならない。

### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

#### 保安教育（法第6条）

鉱業権者は、鉱山労働者にその作業を行うに必要な保安に関する教育を施さなければならぬ。

#### 一酸化炭素自己救命器等の携帯（則第65条）

石炭鉱山においては、入坑する鉱山労働者は、一酸化炭素自己救命器、酸素発生式自己救命器または簡易救命器を携帯しなければならない。

#### 一酸化炭素用自己救命器等（則第101条）

石炭鉱山においては、坑内の災害時に鉱山労働者を一酸化炭素中毒から保護するため、入坑する鉱山労働者には、一酸化炭素用自己救命器、酸素発生式自己救命器または簡易救命器を携帯させなければならない。

### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [就業者] 入坑に際しては、搜検という服装、携帯品等のチェック箇所がある。始業時における全員に対する保安、作業指示に先立ち、服装点検の指示があり、この時に一度各人による点検が行われる。
- 入坑時に決められた検査箇所において検査が行われ、発火具等携帯品のチェックが行われる。その際、検査人を配置する場合と、自己検査の場合がある。自己検査による場合は、教育による習慣化が必要である。
- [一般見学者] 部外者の入坑に関する制限の例として、A炭鉱における「所内取決め事項」を記すと次の通りである。
- [一般見学者] 女性の入坑は、全く制限のない炭鉱と、全面禁止の炭鉱がある。これはいわゆるヤマの神様に対する、各鉱山の歴史的背景から来る考え方の相違によるものである。A炭鉱では、女子従業員（経理、総務、労務等）あるいは従業員の主婦で構成される主婦会会員等を、年中行事として最先端の採炭切羽にも案内していた。これは父兄、夫の職場の実際を理解させたり、炭鉱特有の言葉を現場で理解させるという教育的因素を含んだ企画である（通常の見学者の場合は、男女を問わず採炭切羽に関してはせいぜい入口程度）。女性の例としては、中国からの調査団の一員としての女性を、男性同様入坑させた事例もある。

### 《坑所属以外の者（外来者）の入坑手続き》(S 53.8 改訂時)

坑所属以外の者の入坑は、所外者および所内者に分け、各々次の手続きをとるものとする。

- (1) 所外者の入坑手続きは、現状通り原則として総務課において行うものとし、万一総務課で出来ない場合には、各坑坑務所において行うものとする。その際の手続きは、坑内見学許可願で許可を受け、念書に所定事項を記入捺印するものとする。
- (2) 所内者（監督室員、保安検査関係者を除く鉱業所全員）
- ①所定の用紙に必要事項を記入し、所属坑課長の認印を受け、出向の際携行して（出来なければ他の手段、例えば常便<sup>注</sup>等で）坑保安係長または保安関係者に提出するものとする。（注：常便とは鉱業所、各坑間を決められた時間に回り、書類を受け渡しする郵便配達のような業務を行う所内独自の職種）
  - ②用紙を受取った坑保安係長または保安関係者は関係係長および坑長に用紙を提出し、認印を受け用紙は保安に保管するものとする。
  - ③外来者は、出坑後直ちに坑保安係長または保安関係者に面接し出坑を伝え、坑保安係長または保安関係者は出坑時間を用紙の所定欄に記入するものとする。
  - ④使用済みの用紙は坑保安に保管するものとする。

備考：入坑者は坑長、関係係長、保安係長より注意を受けた事項は厳守すること。

坑内見学許可願様式を以下に示す。

坑長	坑長代理	関係係長	保安係長

昭和 年 月 日

\_\_\_\_\_坑 坑 長 殿 \_\_\_\_\_課 長

坑出向について  
今般下記の通り 坑に出向かせますので宜しく  
御願い致します。

記

出向代表者氏名\_\_\_\_\_

出向人	員	他	名		
月	日	昭和	年	月	日
時	間	自	時	至	時
箇	所	_____			
用	向	_____			

-----

坑記入事項 「安全灯番号」 「CO マスク器体番号」  
「出坑時間」

### 3.3.1.2 入場者数の制限

就業者数についての制限条項はない。事業内容により、事業を行うのに必要な数の労働者が就業することになる。法で定めているのは、就業者数に応じた安全、衛生に必要な空気量、設備等の満足すべき要件である。

本施設においては、不特定多数の入場者は限られた時間内と考えられるので、通気設備の設置を考慮すればこの面の制約はないと考えられる。実際は、施設の人的、設備的な対応能力により、同時入場者数については一定の限度があると考えられる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 気積（則第 600 条）

事業者は、労働者を常時就業させる屋内作業場の気積を、設備の占める容積および床面から 4m を超える高さにある空間を除き、労働者 1 人について、 $10\text{m}^3$  以上としなければならない。

##### 便所（則第 628 条）

事業者は、次に定めるところにより便所を設けなければならない。ただし坑内等特殊な作業場でこれによる事ができない場合は、この限りではない。

男女用を区別すること。男性用大便の便房は 60 人以内毎に 1 個以上。男性用小便所は 30 人以内毎に 1 個以上。女性用便所は 20 人以内毎に 1 個以上。（以下略）

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

##### 通気量（則第 220、221、222 条）

石炭坑および石油坑の坑内作業場における通気量は、鉱山労働者の数、ガスの発生量、気温、湿度等に基づき決定しなければならない。坑内作業場の気流および通気量は、ガスおよび石炭坑および金属鉱山等における発破の煙を薄めて運び去るため必要な速度と量でなければならない。（則第 220 条）

甲種炭坑および石油坑の入気坑口における通気量は、坑内において同時に就業する鉱山労働者の一日の最大数を標準とし、一人につき毎分  $3\text{m}^3$  以上としなければならない。（則第 221 条）

金属鉱山等の坑内における車両系鉱山機械または自動車の作業箇所または運転箇所の通気量は、別に告示で定める量（定格出力 1kw 当たり  $3\text{m}^3$ ）以上でなければならない。（則第 222 条）

## 換気（則第 678 条）

屋内において鉱山労働者を常時就業させるときは、その気積および換気は、次の各号によらなければならない。

- 気積は、床面から 4m 以上の高さにある空間を除き、一人について  $10\text{m}^3$  以上すること。
- 直接外気に向かって開放できる窓を設け、その面積は床面積の 16 分の 1 以上すること。
- 換気量が一人当たり毎時  $30\text{m}^3$  を超えるときは、前項第 2 号の規定は、適用しない。

## ④鉱山の慣例・自主規制の例

[一般見学者] 一般の人々の入坑者数に関しては、入坑設備（立坑巻揚機、斜坑巻揚機、水平人車）の設備容量（40 人程度から多くて 230 人位）により、同時入場者数を制限する場合がある。また限られた坑内空間および暗闇による人員掌握の難易度を考慮すれば、経験上せいぜい 40~50 人程度である。

引率者は、通常 5~10 人に 1 人配置する。

### 3.3.1.3 滞在時間の制限

就業時間については、特殊作業以外の制限規定はない。通常は労働基準法第32条関係（労働時間）の規定に基づく時間以内と考えられる。

本施設においては、施設の建設あるいは研究の操業時間内の見学と考えれば、滞在時間の制限は考慮する必要はないと考える。従って施設運営上の便を考えかつ一般の人々が来所しやすいようにとの配慮の下に、見学時間を設定すればよいと思われる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 作業時間の制限（法第65条の4）

事業者は、潜水業務その他の健康障害を生ずるおそれのある業務で、労働省令（高気圧作業安全衛生規則）で定めるものに従事させる労働者については、労働省令で定める作業時間についての基準に違反して、当該業務に従事させてはならない。

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

該当条文なし

#### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [就業者] 坑外勤務者の中で、作業密度の薄いと考えられる業務については、一作業時間を他の通常の作業者より長めに設定する、監断業務という職種が設けられている。搜検、道具番、火薬庫、安全灯等に従事する者がそれにあたる。
- 坑内においては、三交代制による操業により、交代際の一定時間の後には次の方が入坑してくるので、同一人による長時間の滞在は必要がない。但し一番方のみの職種で、故障等のため、連勤となる場合がある。その場合もせいぜい2方迄であり、次の入坑者と交代することになる。
- [一般見学者] 来客の通常の入坑時間は3~4時間で、昼食をはさんだ午前または午後とする場合が殆どである。

### 3.3.1.4 服装の制限

就業中の服装については、安全に作業を行うのに必要な服装が求められている。従って保護帽、安全靴等が必要となる場合が定められている。

本施設においては、施設内に服装の制限を設ける必要のある部分の存在が想定される。その場合、入場者を隔離された非制限箇所で見学させるか、定められた服装でその場で見学させるかは、その部分の状況によりいろいろな場合が考えられる。多くの見学者をという観点からは、服装の制限はできるだけ避けるのが望ましい。保護帽程度にとどめるような施設設計を検討する必要がある。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### **作業帽等の着用（則第 110 条）**

事業者は、動力により駆動される機械に作業中の労働者の頭髪または被服が巻き込まれるおそれのあるときは、当該労働者に適当な作業帽または作業服を着用させなければならぬ。労働者は、前項の作業帽または作業服の着用を命じられたときは、これらを着用しなければならない。

保護帽の着用：ショベルローダー等（則第 151 条の 52）貨物自動車の荷積み卸し（則第 151 条の 74）、つり上げ式機械（則第 194 条の 7）、明り掘削（則第 366 条）、ずい道等の掘削作業主任者の職務（則第 383 条の 3）、ずい道等の覆工作業主任者の職務（則第 383 条の 3）、採石（則第 412 条）、はい上作業（則第 435 条）、港湾荷役作業（則第 464 条）、造林（則第 484 条）、運材（則第 497 条）、林業架線作業（則第 516 条）、橋梁架設等（則第 517 条の 10）、コンクリート造工作物（則第 517 条の 19）、コンクリート造橋梁（則第 517 条の 24）、船台の付近、高層建築場等（則第 539 条）

##### **安全靴等の使用（則第 558 条）**

事業者は、作業中の労働者に、通路または作業の状態に応じて、安全靴その他適当な履物を使用させなければならない。

##### **呼吸用保護具等（則第 593 条）**

事業者は、著しく暑熱または寒冷な場所における業務、多量の高熱物体、低温物体また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、蒸気また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。

### 騒音傷害防止用の保護具（則第 595 条）

事業者は、強烈な騒音を発する場所における業務においては、当該業務に従事する労働者に使用させるために、耳栓その他の保護具を備えなければならない。

### 保護具の数等（則第 596 条）

事業者は、保護具については、同時に就業する労働者の人数と同等以上を備え、常時有効かつ清潔に保持しなければならない。

## ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

### 保安規程（則第 72 条）

鉱業権者は、鉱山労働者が守るべき次の事項については、その細目を保安規程に定めなければならない。

- 事業場の清潔整頓にかんすること。
- 作業用材料の整頓並びに機械および器具の手入れに関すること。
- 作業中の服装に関すること。

## ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [就業者] 坑内温度、湿度等の環境の違いにより、半ズボンに脚絆、長ズボンにすね当ての組合せのように違いが見られたが、近年はより安全にという考え方から、似たような服装になってきている。また作業性のよい地下足袋から、より安全な保安靴への統一という保護靴の変遷もある。
- [一般見学者] 会社関係者等で多人数の場合、保安靴の代わりに個人の長靴を着用させたり、ヤッケ等作業性の良い範囲内でという条件で、個人の服装のまとめる場合がある。但し、ヘルメットだけは、どんな場合でも正規のものを着用させる。正規のものでなければ安全灯のキャップランプの装着が出来ない。

### 3.3.1.5 年齢の制限

就業年齢については、労働基準法に特殊（坑内）作業についての禁止規定があるほか、18才未満の者の深夜業、危険有害業務等の制限がある。

本施設においては、入場そのものは、通常の場合は年齢制限の必要はないと考えられる。しかし就学年齢未満あるいは老齢者の場合、若干でも危険の可能性の考えられる箇所において、どの程度安全な行動が確保できるかという点で問題の生じる可能性がある。また非常時を想定すると、これらの年齢層は、地下の閉鎖空間という状況では恐慌状態に陥ることが考えられる。従って対策としては、同時入場者数、設備面での配慮等の検討が必要になると思われる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 中高年齢者についての配慮（法第 62 条）

事業者は、中高年齢者その他就業に当たって特に配慮を必要とする者については、適正な配置を行うように努めなければならない。

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

該当条文なし。

参考： 満 18 歳に満たない者の坑内労働の禁止（基準法第 63 条）

女性の坑内労働の禁止（基準法第 64 条）

#### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [一般見学者] 近郊の小、中、高校の中には、郷土産業についての社会見学の一環として炭鉱見学を定期的に行う学校がある。その際は年齢に見合った範囲で坑外施設を案内し、坑内はパンフレット、模型、図等により説明する。大学の経済関係専攻等文化系学生による見学があったが、この場合は入坑させている。このように年齢に応じた、安全に対する炭鉱の判断により、見学範囲を選択して案内している。

### 3.3.1.6 入場者に対する教育

就業者に対しては、その作業内容により安全の確保に必要な教育および資格を必要とする業務のための特別な教育を行うことが定められている。

本施設においては、作業箇所に接近する程度に応じて、何らかの事前教育が必要になる場合が想定される。作業に関する教育は不必要と思われるが、外部要因（落盤、崩壊等）に起因する事項については、施設内における自然条件の露出程度、接近程度に応じて考慮する必要がある。前記服装の項とも関連するが、掘削箇所、露出地層箇所、機械類の稼働箇所等の見学が、これに該当すると考えられる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 安全衛生教育（法第 59、60 条、60 条の 2）（則第 35 条）

事業者は、労働者を雇い入れたときは、安全または衛生のための教育を行わなければならない。（法第 59 条）

事業者は、職長その他の作業中の労働者を直接指導または監督する者に対し、安全または衛生のための教育を行わなければならない。（60 条）

事業者は、危険または有害な業務に現に就いているものに対して、安全または衛生のための教育を行うように努めなければならない。（60 条の 2）

事業者は、労働者を雇い入れたときは、次の事項のうち安全または衛生のため必要な事項について、教育を行わなければならない。

- 機械等、原材料等の危険性または有害性およびこれらの取り扱い方法に関すること。
- 安全装置、有害物抑制装置または保護具の性能およびこれらの取り扱い方法に関するここと。
- 作業手順に関するここと。
- 作業開始時の点検に関するここと。
- 整理整頓および清潔保持に関するここと。
- 事故時等における応急措置および退避に関するここと。その他。（則第 35 条）

##### 特別教育を必要とする業務（則第 36 条）

法第 59 条第 3 項の労働省令で定める危険または有害な業務は、次のとおりとする。（略）

##### 職長等の教育（則第 40 条）

法第 60 条第 3 号の労働省令で定める事項は、次の通りとする。（略）

##### 就業制限（法第 61、72 条）（則第 41、42 条）

事業者は、クレーンの運転その他の業務で、政令で定めるものについては、当該業務に係

る免許を受けた者または当該業務に係る技能講習を修了した者その他労働省令で定める資格を有するものでなければ、当該業務につかせてはならない。(法第 61 条)

免許は、免許試験に合格した者その他労働省令で定める資格を有するもの対し、労働省令で定めるところにより、免許証を交付して行う。

法第 61 条第 1 項に規定する業務につくことができる者は、別表（略）に掲げる者とする。

（則第 41 条）

事業者は、職業訓練を受ける労働者に技能を修得させるため業務につかせる必要がある場合において、次の措置（略）を講じたときは、職業訓練開始後 6 月を経過した後は、訓練生を当該業務に就かせることができる（則第 42 条）

### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

#### **保安教育（法第 6 条）**

鉱業権者は、鉱山労働者にその作業を行うに必要な保安に関する教育を施さなければならぬ。

#### **就業制限（則第 69 条）**

危険作業については、有資格者または指定鉱山労働者でなければ当該作業に従事してはならない。

#### **危険業務に関する保安教育（則第 56、57、58、59、60、61 条）**

鉱業権者は、次（略）の作業に就く鉱山労働者については、教育（有資格者教育）を施さなければならない。（則第 56 条）

鉱業権者は、次（略）の作業に就く鉱山労働者については、教育（指定鉱山労働者教育）を施さなければならない。（則第 57 条）

有資格者および指定鉱山労働者は、その行うべき危険作業に他の鉱山労働者を従事させてはならない。（則第 58 条）

鉱業権者は、甲種炭坑においては甲種炭坑の、石油坑においては石油坑の坑内作業に経験のない鉱山労働者に対して、その作業に熟練した鉱山労働者の指導により 30 日以上の実習を施した後でなければ、単独に坑内作業に従事させてはならない。（則第 59 条）

石炭鉱山および金属鉱山等の鉱業権者は、新たに坑内に就業させる鉱山労働者については、当該作業を行うのに保安上必要な教育を施さなければならない。（則第 60 条）

石炭鉱山の鉱業権者は、ガスの突出または山はねによる危険発生のおそれが多い石炭坑に就業させる鉱山労働者については、先進ボーリングの方法、ガスの突出または山はねによる危険発生が予知されたときの退避の方法等保安上必要な教育を施さなければならない。

（則第 61 条）

### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [就業者] 鉱山の作業、保安指示を受ける場所には、ヤマの神を祭った神社があるの

が普通である。入坑前に全員で当日の安全を祈願して挙手する。このことにより保安意識の高揚を図る。

- 各鉱山では、頻発災害、重大災害を防止するため、個人単位、グループ単位、職場単位、全坑単位、鉱業所単位等様々なレベルにおいて、教育および構成員参加の保安運動等、多くの取組を行っている。鉱山毎に、その対象鉱物の賦存状況の違いによる、独自の保安の取組を求められることが多い。従って共通の保安教育のほかに、各鉱山の歴史を踏まえた、独特の保安教育内容がある。
- [一般見学者] 入坑前に、一通りの注意事項、心構え、必要携帯品等の説明、教育を行う。未経験者には事前の説明では理解が困難な内容もあり、実技上は付添人による現地での注意、指導による部分も多い。

### 3.3.1.7 入場者の管理

就業している労働者については、全員の所在の把握が求められている。

本施設においては、地下という特殊環境を考慮すると、開かれた施設の P R の名目等、できるだけ入場者に抵抗のない形で、最低限住所（都市区名程度）、氏名の把握と、個人を確認できる照合札の携帯（アイディアとしては、パンフレットに記入欄があり、記入部を読み取り機に通し控えとする。同時に多人数の入場者の場合は、その所要時間を考え、複数台を準備する）等は、必要があると思われる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 人員の確認（則第 24 条の 6）

事業者は、ずい道等の内部または高圧室内において作業を行う労働者の人数および氏名を常時確認することができる措置を講じなければならない。

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

##### 照合方式（則第 473 条）

坑内に就業している鉱山労働者の氏名および就業箇所は、照合札または記録により、坑外事務所において明らかにしておかなければならぬ。

#### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [一般見学者] 比較的多人数の一般見学者に際し、入昇坑に臨時の人車を手配する場合があり、決められたダイヤ外の臨時人車の運行となることがある。その場合は見学路の先々において、関係係員から坑外集中監視司令室に随時連絡が入り、司令室からその先の関係者に準備の指令が発せられる。従って現在位置は刻々把握され、必要な対応がとられる。通常の場合は、付き添い者が随時連絡し、所定の時間までに所定の人車乗り場に到着するように、見学者を誘導する。これらにより見学者の現在位置は、坑外において把握されている。

### 3.3.2 事故責任に関する事項

建築基準法では、罰則規定はあるものの、建築物内で発生した事故責任の所在に関する規定はない。労働安全衛生法および鉱山保安法では、事業を行う者に起因する事項と、労働者の行動に起因する事項があり、以下では管理者と労働者の責任について整理する。すなわち、本施設における設備面、管理運用面の具備事項と、労働者の立場から入場者を含めた人的事項に関する要件を明らかにする。責任の生ずる事項は、労安法においては安全と衛生、鉱山保安法においては保安と、表現に相違がある。

#### 3.3.2.1 管理者の責任

労働者の安全を確保するために、管理機構を定めることおよびその段階に応じた必要資格、権限、責任範囲が規定されている。

本施設においては、通常の組織機構とは別に、安全に関する管理機構を明確にし、かつその責任の範囲を、予め定めておく必要があると思われる。掘削段階、掘削と研究の併行段階、研究段階とケース毎に異なる可能性もある。施設従事者と入場者の関係等、細部にわたり具体的に検討することが必要と考えられる。

##### ①建築基準法

規定なし。

##### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

###### **事業者等の責務：(法第3条)**

事業者は、この法律で定める労働災害の防止のための最低基準を守るだけでなく、職場における労働者の安全と健康を確保するようにしなければならない。

設備の設計、製造、輸入者、原材料の製造、輸入者、建設物の設計、製造、輸入、建設者は、これらの物が使用されることによる労働災害の発生の防止に努めなければならない。仕事を他人に請け負わせる者は、安全で衛生的な作業の遂行をそこなうおそれのある条件を附さないよう配慮しなければならない。

###### **安全委員会（法第17条）**

事業者は、政令で定める業種および規模の事業場ごとに、次（略）の事項を調査審議させ、事業者に対して意見を述べさせるため、安全委員会を設けなければならない。

###### **衛生委員会（法第18条）**

事業者は、政令で定める規模の事業場ごとに、次（略）の事項を調査審議させ、事業者に対して意見を述べさせるため、衛生委員会を設けなければならない。

###### **安全衛生委員会（法第19条）**

事業者は、第 17 条および前条の規定により安全委員会および衛生委員会を設けなければならぬときは、それぞれの委員会に代えて、安全衛生委員会を設置することができる。

#### 危険防止のため事業者の講ずる必要な措置（法第 20、21、22、23、24、25 条、25 条の 2）

事業者は、次の危険を防止するため必要な措置を講じなければならない。

- 機械、器具その他の設備による危険
- 爆発性の物、発火性の物、引火性の物等による危険
- 電気、熱その他のエネルギーによる危険（法第 20 条）

事業者は、掘削等の業務における作業方法から生ずる危険を防止するため必要な措置を講じなければならない。事業者は、労働者が墜落するおそれのある場所、土砂が崩壊するおそれのある場所等に係る危険を防止するため必要な措置を講じなければならない。（法第 21 条）

事業者は、次（略）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。（法第 22 条）

事業者は、労働者を就業させる建設物その他の作業場について、通路、床面、階段等の保全並びに換気、採光、照明、保温、防湿、休養、避難および清潔に必要な措置その他労働者の健康、風紀および生命の保持に必要な措置を講じなければならない。（法第 23 条）

事業者は、労働者の作業行動から生ずる労働災害を防止するため必要な措置を講じなければならない。（法第 24 条）

事業者は、労働災害発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、労働者を作業場から退避させる等必要な措置を講じなければならない。（法第 25 条）

事業者は、労働者の救護に関する措置がとられる場合における労働災害の発生を防止するため次の措置を講じなければならない。

- 労働者の救護に関し必要な機械等の備え付けおよび管理を行うこと。
- 労働者の救護に関し必要な事項についての訓練を行うこと。（法第 25 条の 2）

#### 安全委員会の付議事項（則第 21 条）

法第 17 条第 1 項第 3 号の労働者の危険の防止に関する重要事項には、次の事項が含まれるものとする。

- 安全に関する規定の作成に関すること。
- 安全教育の実施計画の作成に関すること。
- 新規に採用する機械、器具その他の設備または原材料に係る危険の防止に関すること。
- その他。

#### 衛生委員会の付議事項（則第 22 条）

法第 18 条第 1 項第 4 号の労働者の健康障害の防止および健康の保持増進に関する重要事項には、次の事項が含まれるものとする。

- 衛生に関する規定の作成に関すること。
- 衛生教育の実施計画の作成に関すること。他。

#### 委員会の会議（則第 23 条）

事業者は、安全委員会、衛生委員会または安全衛生委員会を毎月一回以上開催するように

しなければならない。

#### 総括安全衛生管理者の選任（法第 10 条）（則第 2 条）

事業者は、政令で定める規模の事業ごとに、労働省令で定めるところにより、総括安全衛生管理者を選任し、その者に安全管理者、衛生管理者または第 25 条の 2 第 2 項の規定により技術的事項を管理する者の指揮をさせるとともに、次の事項を統括管理させなければならない。

- 労働者の危険または健康障害を防止のための措置に関すること。
- 労働者の安全または衛生のための教育の実施に関すること。
- 労働災害の原因の調査および再発防止対策に関すること。その他。（法第 10 条）

法第 10 条第 1 項の規定による総括安全衛生管理者の選任は、総括安全衛生管理者を選任すべき事由が発生した日から 14 日以内に行わなければならない。（則第 2 条）

#### 安全管理者の選任（法第 11 条、則第 4 条）：略

#### 安全管理者の資格（則第 5 条）：略

#### 安全管理者の巡視および権限の付与（則第 6 条）：略

#### 衛生管理者の選任（法第 12 条、則第 7 条）：略

#### 衛生管理者の資格（則第 10 条）：略

#### 安全管理者の巡視および権限の付与（則第 11 条）：略

#### 安全衛生推進者等の選任（法第 12 条の 2）（則第 12 条の 3）：略

#### 作業主任者の選任（法第 14 条、則第 16 条）：略

#### 作業主任者の職務の分担（則第 17 条）：略

#### 統括安全衛生責任者の選任（法第 15 条）：略

#### 元方安全衛生管理者の選任（法第 15 条の 2、則第 18 条の 3）、資格（則第 18 条の 4）、権限（則第 18 条の 5）：略

#### 店社安全衛生管理者の選任（法第 15 条の 3、則第 18 条の 6）、資格（則第 18 条の 7）、職務（則第 18 条の 8）：略

#### 安全衛生責任者の選任（法第 16 条）、職務（則第 19 条）：略

#### 元方事業者の講すべき措置等（法第 29 条、29 条の 2、30 条の 2）：略

#### 特定元方事業者等の講すべき措置等（法第 30 条）：略

#### 注文者の講すべき措置（法第 31 条）、違法な指示の禁止（法第 31 条の 3）：略

#### 請負人の講すべき措置（法第 32 条）：略

#### 機械等貸与者等の講すべき措置（法第 33 条）：略

#### 建築物貸与者の講すべき措置（法第 34 条）：略

### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

#### 鉱業権者の義務（法第 4 条）

鉱業権者は、次の各号のため必要な措置を講じなければならない。（保安全般：略）

#### 保安委員会（法第 19 条）（則第 74、76 条）

鉱業権者は、保安に関する重要事項を調査審議し、保安統括者の保安に関する職務の執行に協力し、これに勧告を行わせるため、鉱山に保安委員会を設けなければならない。(法第19条)

鉱業権者は、次の各号(常時50人以上の鉱山労働者を使用する鉱山、その他略)の一に掲げる鉱山においては、保安委員会を設けなければならない。(則第74条)

保安委員会は、月一回以上開催しなければならない。(則第76条)

#### 保安規程(法第10、12条)(則第54条)

鉱業権者は、鉱山における保安を確保するため、省令の定めるところにより、保安規程を定めなければならない。(法第10条)

鉱業権者および鉱山労働者は、保安規定を守らなければならない。(法第12条)

鉱業権者は、保安統括者および保安技術職員が守るべき次(略)の事項については、その細目を保安規定に定めなければならない。(則第54条)

#### 保安統括者および保安技術職員(法第12条の2、18条)

鉱業権者は、省令の定めるところにより、保安統括者、保安技術管理者、副保安技術管理者および係員を選任しなければならない。(法第12条の2)

保安技術管理者、副保安技術管理者、係員、保安監督員、保安監督員補佐員(保安技術職員)は国家試験に合格し、且つ、一定の資格を有するものでなければならない(法第18条)

#### 保安統括者の選任(則第14条)、職務(則第30、37条):略

#### 保安技術管理者の選任(則第15条):略

#### 副保安技術管理者の選任(則第16条):略

係員の選任(則第17条)、職務(則第31条)、電気保安係員の選任(則第18条)、職務(則第41条)、坑外保安係員の職務(則第38条)、坑内保安係員の職務(則第39条)、機械係員の職務(則第40条)、鉱害防止係員の職務(則第42条)、汽缶係員の職務(則第43条)、火薬係員の職務(則第44条)、発破係員の職務(則第45条)、溶接係員の職務(則第46条):略

#### 保安統括者および保安技術職員の職務(法第14条)

保安統括者は、保安に関する事項を管理する。保安技術管理者は、保安に関する技術的事項を管理する。副保安技術管理者は、保安技術管理者を補佐する。係員は、保安に関する技術的事項を分掌する。

#### 保安統括者および保安技術職員の職務(則第34、35条):略

#### 保安監督員、保安監督員補佐員の選任(法第15条)

鉱業権者は、保安監督員、保安監督員補佐員を選任しなければならない。保安監督員は、保安に関し勧告する。保安監督員補佐員は、保安監督員を補佐する。

#### 保安監督員の選任(則第19条)、保安監督員補佐員の選任(則第20条):略

#### 保安監督員の職務(則第32、47条)、保安監督員補佐員の職務(則第20、48条):略

保安技術職員の資格(則第21条)、係員の資格(則第22条)、保安監督員補佐員の資格(則第23条):略

#### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [一般見学者] 見学者には、必ず坑内経験豊富な熟練者の付添人が付く。直接的にはこの付添人が責任を持って案内することになるが、坑内各所はそれぞれ管理責任者が決められており、各管理責任者が管理責任を負うことになる。

### 3.3.2.2 労働者の責任

労働者は、決められた事項を守り、設備の保全をしつつ、安全作業を行うことが求められている。

本施設においては、入場者が作業をすることはないが、作業者あるいは作業箇所に近づくことが想定され、かつ地下施設という特殊環境に鑑み、入場者に何らかの安全配慮を求める必要があると思われる。基本的には設備面でのフェールセーフシステムにより対応することとするが、幾分でも自然の条件が存在する場合は、入場者にも最低限の行動の制限条項を求めざるを得ない。原則として入場者の責任を問うことはできないということを前提に、施設の設計、運営に配慮することが必要と考えられる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 労働者の責務（法第4、26、27条）

労働者は、労働災害を防止するため必要な事項を守るほか、関係者が実施する労働災害の防止に関する措置に協力するよう努めなければならない。（法第4）

労働者は、事業者が講ずる措置に応じて、必要な事項を守らなければならない。（法第26条）

事業者が講すべき措置およ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、労働省令で定める。（法第27条）

##### 機械等に関する規制（則第29条）

労働者は、安全装置等について、次（略）の事項を守らなければならない。

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

##### 鉱山労働者の義務（法第5、17条）

鉱山労働者は、鉱山においては、保安のため必要な事項を守らなければならない。（法第5条）

鉱山労働者は、保安統括者、保安技術管理者、副保安技術管理者および係員のする指示に従わなければならない。（法第17条）

##### 保安規程（法第12条）

鉱業権者および鉱山労働者は、保安規程を守らなければならない。

##### 機械の運転（則第67条）

石炭鉱山においては、採炭用その他の機械を運転する鉱山労働者は、付近の人に危険を及

ほさないようにしなければならない。

#### 保安施設の保全（則第 70 条）

鉱山労働者は、保安のためした施設を破損し、または変更してはならない。

#### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [一般見学者] 見学者の負傷は、殆ど例がないと思われる。これは熟練者の付き添い、見学路の事前チェックと未経験者を想定しての不安全要素の排除、当日の注意指導の徹底、見学箇所における、見学時の作業中止を含む作業内容の配慮等によるものと考えられる。

### 3.3.3 構造・設備に関する事項

ここでは本施設の構築に係わる事項全般についての項目について記述する。建築基準法に関しては、地下の集客施設であることから劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場その他これらに類するもので政令で定める特殊構造物を対象として整理した。また、建築基準法の中で「政令で定める技術的基準に従うもの」と書かれているものに関しては、建築基準法施行令で参考となる部分を記述した。

#### 3.3.3.1 構造的な制限

建築基準法に関しては、耐火構造、昇降機、内装、避難設備（3.3.3.5に記述）などに関する規定がある。

労安法および鉱山保安法に関しては、深度、勾配、材料特性などに関して調査した。その結果、深度に関する制限事項は特ないものの、ずい道等の掘削の際はあらかじめ深度を調査し記録する事という規定がある。勾配については、労安法に軌道に関する規定がある。鉱山保安法には非常時の退避経路におけるはしご道の傾斜に関する規定がある。また斜坑巻揚装置の保安設備の強化に関する事項で規則に、および車両系鉱山機械の安定性に関して告示に傾斜の記載がある。材料特性に関して、労安法の場合ずい道支保に関する事項を中心に抽出した。鉱山保安法では落盤、崩壊関係を主とした。坑内火災防止のため、設備設置箇所の耐火構造、防火構造の規定があるが省略した。

本施設においては、こう配は道路構造令を技術的根拠として設計されると思われるが、軌道敷設の際は参考とすることができる。材料については、落盤等に対応でき、施設の保持に十分堅固な設計とすれば、問題はないと思われる。

##### ①建築基準法

###### 耐火構造物（第27条）

特殊構造物（主階が一階にないもの）は、耐火構造物としなければならない。

###### 無窓の居室等の主要構造部（第35条3）

窓その他の開口部を有しない居室は、その居室を区画する主要構造部を耐火構造とし、又は不燃材料で造らなければならない。

###### 昇降機（第34条）

建築物に設ける昇降機は、安全な構造で、かつ、その昇降路の周壁及び開口部は、防火上支障がない構造でなければならない。

高さ三十一メートルをこえる建築物には、非常用の昇降機を設けなければならない。

###### 内装（第35条2）

特殊構造物は、政令で定める技術的基準に従って、その壁及び天井の室内に面する部分の仕上げを防火上支障がないようにしなければならない。

## 特殊建築物等の避難及び消火に関する技術的基準（第35条）

特殊構造物、階数が三以上である建築物、政令で定める窓その他の開口部を有しない居室を有する建築物又は延べ面積が千平方メートルをこえる建築物については、廊下、階段、出入口その他の避難施設、消火栓、スプリンクラー、貯水槽その他の消火設備、排煙設備、非常用の照明設備及び進入口並びに敷地内の避難上及び消火上必要な通路は、政令で定める技術的基準に従って、避難上及び消火上支障がないようにしなければならない。

## ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

### 仕事の範囲（則第89条の2）

法第88条第3項（計画の届け出等）の労働省令で定める仕事は、次の通りとする。

- 長さが三千m以上のずい道等の建設の仕事。
- 長さが千m以上三千m未満のずい道等の建設の仕事で、深さが50m以上のたて坑（道路として使用されるものに限る。）の掘削を伴うもの。他省略。

### 調査および記録（則第379条）

事業者は、ずい道等の掘削の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発等による労働者の危険を防止するため、あらかじめ、当該掘削に係る地山の形状、地質および地層の状態をボーリングその他適当な方法により調査し、その結果を記録しておかなければならぬ。

### 人車（則第211条）

事業者は、労働者の輸送に用いる専用の車両（人車）については、次に定めるところに適合するものでなければ、使用してはならない。

傾斜角30度以上の車道に用いる人車については、脱線予防装置を設けること。他省略。

### 軌道のこう配（則第202条）

事業者は、動力車を使用する区間の軌道のこう配については、千分の50以下としなければならない。

### ブレーキの具備（則第235条）

事業者は、こう配が千分の10以上の軌道区間で使用する手押し車両については、有効な手用ブレーキを備えなければならない。

### 落盤等による危害の防止（則第384条）

事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、落盤または肌落ちにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるときは、当該危険を防止するための措置を講じなければならない。

### ずい道支保工（則第390条）

事業者は、ずい道支保工の材料については、著しい損傷、変形または腐食があるものを使用してはならない。

### ずい道支保工の構造（則第391条）

事業者は、ずい道支保工の構造については、地質、地層、含水、湧水、き裂および浮石の状態並びに掘削の方法に応じた堅固なものとしなければならない。

### **支保工の組立（則第 392 条）**

事業者は、ずい道支保工を組み立てるときは、標準図を作成し、当該標準図により組み立てなければならない。

### **支保工の組立または変更（則第 393 条）**

事業者は、ずい道支保工を組み立て、または変更するときは、次（略）に定めるところによらなければならない。

### **ずい道支保工の危険の防止（則第 394 条）**

事業者は、ずい道支保工については、次（略）に定めるところによらなければならない。

### **支保工の部材の取り外し（則第 395 条）**

事業者は、荷重がかかっているずい道支保工の部材を取り外すときは、荷重を型わく支保工等に移す措置を講じた後でなければ、当該部材を取り外してはならない。

### **支保工の点検（則第 396 条）**

事業者は、ずい道支保工を設けたときは、点検、補強、補修をしなければならない。

### **型わく支保工の材料（則第 397 条）**

事業者は、ずい道型わく支保工の材料については、著しい損傷、変形または腐食があるものを使用してはならない。

### **型わく支保工の構造（則第 398 条）**

事業者は、ずい道型わく支保工の構造については、荷重、形状等に応じた堅固なものとしなければならない。

## **③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則**

### **斜坑人車巻揚装置等（則第 410 条）**

石炭鉱山および金属鉱山等における斜坑人車巻揚装置または車道人車巻揚装置は、前条の規定によるほか、次（略）の各号の規定によらなければならぬ。金属鉱山等においては、傾斜 30 度以上のときは、人車には脱線予防装置を設けること。他省略。

### **構造基準（則第 434 条）**

石炭鉱山および金属鉱山等においては、別に告示で定める基準に適合しない車両系鉱山機械または自動車を使用してはならない。（参考：告示第 280 号の内、ホークリフトの安定度。走行時の基準負荷状態でこう配 18% で転倒しない、前後の安定度等。他省略）

### **支柱等（則第 298、299 条）**

坑内において、落盤または崩壊のおそれが多いときは、速やかに、石炭坑および石油坑においては天盤および側壁等の、金属鉱山等においては岩盤等の状態に適応する支柱その他の設備を設けなければならない。（則第 298 条）

作業場または坑道における折損し、または腐朽した支柱は、速やかに取り替え、または補強しなければならない。（則第 299 条）

### **はしご道（則第 469 条）**

坑内に傾斜 40 度以上のはしご道を設けるときは、丈夫な構造とし、かつ、次の各号の規程

(略) によらなければならない。

#### 天盤または岩盤等の検査（則第 305、306 条）

鉱山労働者は、作業場の天盤、支柱等を検査し、危険のおそれが多いときは、必要な措置を講じなければならない。（則第 305 条）

保安技術職員は、巡回した作業場その他の天盤等を検査しなければならない。（則第 306 条）

)

)

### 3.3.3.2 換気設備

労安法においては、作業場の空気は自然の状態で先ず供給されており、条件に応じて設備を設けることとなっている。一方、鉱山保安法においては、空気は人為的に供給することにより確保されるものと考えている。この違いは対象とする作業箇所の条件の相違によるものであると考えられる。

本施設においては、地下施設であること、施設空間が大きいこと、可燃性ガスの存在の可能性が大きいことから、鉱山における考え方による通気設備による強制通気が必要と考えられる。労安法では衛生面を重視しており、鉱山保安法では主として災害防止対策としての位置づけという違いを考慮すると、入場者に対する快適環境の確保と災害対策の両面を成立させるために、風量、温度、湿度、清浄性等多面的な条件具備が必要である。

#### ①建築基準法

##### **換気（第 28 条）**

特殊構造物の居室には、政令で定める技術的基準に従って、換気設備を設けなければならない。

##### **集会場に設けなければならない換気設備（施行令第 20 条 3）**

特殊構造物の居室に設ける換気設備は、機械換気設備又は中央管理方式の空気調和設備でなければならない。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### **気積（則第 600 条）**

事業者は、労働者を常時就業させる屋内作業場の気積を、設備の占める容積および床面から 4m を超える高さにある空間を除き、労働者 1 人について、 $10\text{m}^3$  以上としなければならない。

##### **換気（則第 601 条）**

事業者は、労働者を常時就業させる屋内作業場においては、開口部の直接外気に向かって開放することができる部分の面積が、常時床面積の 20 分の 1 以上にしなければならない。ただし、換気が十分行われる性能を有する設備を設けたときは、この限りではない。事業者は、前条の屋内作業場の気温が 10 度以下の場合、換気に際し、労働者を毎秒 1 m 以上の気流にさらしてはならない。

##### **坑内の通気設備（則第 602 条）**

事業者は、坑内の作業場においては、通気設備を設けなければならない。ただし自然換気で十分の場合はこの限りではない。

##### **坑内の気温（則第 611 条）**

事業者は、坑内における気温を 37 度以下としなければならない。

### **局所排気装置についての措置（則第 658 条）**

注文者は、請負人の労働者に局所排気装置を使用させるときは、当該局所排気装置の性能については、規定する基準に適合するものとしなければならない。

### **全体換気装置についての措置（則第 659 条）**

注文者は、請負人の労働者に全体換気装置を使用させるときは、当該全体換気装置の性能について、規定する基準に適合するものとしなければならない。

### **通風等による爆発または火災の防止（則第 261 条）**

事業者は、引火性の物の蒸気、可燃性ガスまたは可燃性の粉じんが存在して爆発または火災が生じるおそれのある場所については、当該蒸気、ガスまたは粉じんによる爆発または火災を防止するため、通風、換気、除じん等の措置を講じなければならない。

### **視界の保持（則第 387 条）**

事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、ずい道等の内部における視界が排気ガス、粉じん等により著しく制限される状態にあるときは、換気を行い、水をまく等当該作業を安全に行うために必要な視界を保持するための措置を講じなければならない。

### **坑内の炭酸ガス濃度の基準（則第 583 条）**

事業者は、坑内の作業場における炭酸ガス濃度を、1.5%以下としなければならない。

## **③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則**

### **酸素および炭酸ガス（則第 216 条）**

鉱山労働者が就業し、または通行する坑内の空気は、酸素含有率 19%以上、炭酸ガス含有率 1%以下としなければならない。

### **坑内気温（則第 219 条）**

坑内作業場における気温は 37 度以下としなければならない。

### **通気量（則第 220、221、222 条）**

石炭坑および石油坑の坑内作業場における通気量は、鉱山労働者の数、ガスの発生量、気温、湿度等に基づき決定しなければならない。坑内作業場の気流および通気量は、ガスおよび石炭坑および金属鉱山等における発破の煙を薄めて運び去るため必要な速度と量でなければならない。（則第 220 条）

甲種炭坑および石油坑の入気坑口における通気量は、坑内において同時に就業する鉱山労働者の一日中の最大数を標準とし、一人につき毎分  $3\text{m}^3$  以上としなければならない。（則第 221 条）

金属鉱山等の坑内における車両系鉱山機械または自動車の作業箇所または運転箇所の通気量は、別に告示で定める量（定格出力 1kw 当たり  $3\text{m}^3$ ）以上でなければならない。（則第 222 条）

### **通気速度（則第 223 条）**

石炭坑および石油坑の坑内における通気速度は、毎分  $450\text{m}$  以下としなければならない。

### **一般通気施設（則第 224 条）**

石炭坑および石油坑並びに坑内採掘をする金属鉱山等においては、保安のため必要な分量の空気を坑内作業場に給送するため、通気施設を設けなければならない。

#### 入排気坑（則第 226 条）

入気坑および排気坑は、各別に設けなければならない。

#### 主要扇風機（則第 227、228 条）

甲種炭坑および石油坑においては、通気をするため、主要扇風機を設けなければならない。

その他省略。（則第 227 条）

指定する乙種炭坑においては、通気をするため、主要扇風機を設けなければならない。その他省略。（則第 228 条）

#### 運転（則第 232 条）

甲種炭坑、指定する乙種炭坑および石油坑においては、主要扇風機は、特別の理由があるときのほか、連続的に運転しなければならない。

#### 局部通気（則第 236 条）

甲種炭坑および指定する乙種炭坑において掘進するときは、局部扇風機、風管、張出等局部通気をするため適当な施設を設けなければならない。

#### 通気坑道の管理（則第 252 条）

石炭坑および石油坑においては、通気のための立坑および坑道は、通気のため必要な大きさを保たなければならない。

#### 通気量等の測定（則第 253 条）

坑内保安係員は、通気量を測定し、通気簿に記載しなければならない（詳細省略）

#### 気温および湿度の測定（則第 256 条）

坑内保安係員は、坑内作業場について気温および湿度を毎月 2 回以上測定し、結果を記録しなければならない。

#### 換気（則第 678 条）

屋内において鉱山労働者を常時就業させるとときは、その気積および換気は、次の各号によらなければならない。

- 気積は、床面から 4m 以上の高さにある空間を除き、一人について  $10\text{m}^3$  以上すること。
- 直接外気に向かって開放できる窓を設け、その面積は床面積の 16 分の 1 以上すること。
- 換気量が一人当たり毎時  $30\text{m}^3$  を超えるときは、前項第 2 号の規定は、適用しない。

### 3.3.3.3 可燃性ガス対策

建築基準法に排煙設備に関する規定はあるものの、可燃性ガス対策に関する規定はない。労安法および鉱山保安法とも、地下作業においては可燃性ガスによる爆発、火災を防止するために、測定、排除、ガス抜き等の対策を規定している。但し湧出ガス量の想定の程度は、両法の経験による相違があると思われる。

本施設においては、堆積層中に構築を行う関係上、可燃性ガスの発生を前提とした対応をする必要がある。ガス発生量の予測とそれを爆発限界内に薄める通気設備の設置が必要と考えられるが、同時に火源の排除対策も必要である。火源となるものは、人に付随するものと、設備によるものが考えられる。これに関して入場者に対して制限を設けるかどうか、湧出ガスの想定、施設の構造等を勘案して検討する必要がある。また電化製品の制限範囲をどのようにするか、施設構造の設計段階で検討する必要がある。

#### ①建築基準法

##### 特殊建築物等の避難及び消火に関する技術的基準（第35条）

特殊構造物、階数が三以上である建築物、政令で定める窓その他の開口部を有しない居室を有する建築物又は延べ面積が千平方メートルをこえる建築物については、廊下、階段、出入口その他の避難施設、消火栓、スプリンクラー、貯水槽その他の消火設備、排煙設備、非常用の照明設備及び進入口並びに敷地内の避難上及び消火上必要な通路は、政令で定める技術的基準に従って、避難上及び消火上支障がないようにしなければならない。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 爆発の危険のある場所で使用する電気機械器具（則第280条）

事業者は、第261条（通風等による爆発または火災の防止）の場所のうち、同条の措置を講じても、なお、引火性の物の蒸気または可燃性ガスが爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所において電気機械器具を使用するときは、当該蒸気またはガスに対しその種類に応じた防爆性能を有する防爆構造電気機械器具でなければ、使用してはならない。

##### 地下作業場等（則第322条）

事業者は、可燃性ガスの発生のおそれのある地下作業場において作業を行うとき、またはガス導管からガスが発散するおそれのある場所において明り掘削の作業を行うときは、爆発または火災を防止するため、次に定める措置を講じなければならない。

測定者を指名し、その者に作業開始前および当該ガスに関し異常を認めたときに、当該ガス濃度を測定させること。

これらのガスの濃度が爆発下限界の値の30%以上であることを認めたときは、直ちに、労働者を安全な場所に退避させ、および火気その他火源となるおそれのあるものの使用を停止し、かつ、通風、換気等を行うこと。

### **可燃性ガスの濃度の測定等（則第 382 条の 2）**

事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、可燃性ガスが発生するおそれのあるときは、測定者を指名し、測定させ、記録させておかなければならぬ。（詳細省略）

### **自動警報装置の設置等（則第 382 条の 3）**

事業者は、測定の結果、可燃性ガスが存在して爆発または火災が生ずるおそれのあるときは、自動警報装置を設け、点検、補修しなければならぬ。

### **発火具の携帯禁止等（則第 389 条）**

事業者は、第 382 条の 2 の規定による測定の結果、可燃性ガスが存在するときは、作業の性質上やむを得ない場合を除き、火気またはマッチ、ライターその他発火のおそれのある物をずい道等の内部に持ち込むことを禁止しなければならぬ。

### **自動警報装置が作動した場合の措置（則第 389 条の 2）**

事業者は、自動警報装置が作動した場合に関係労働者が可燃性ガスによる爆発または火災を防止するため講すべき措置を予め定め、周知させなければならぬ。

### **ガス抜き等の措置（則第 389 条の 2 の 2）**

事業者は、ずい道等の掘削の作業を行う場合において、可燃性ガスが突出するおそれのあるときは、ボーリングによるガス抜きその他必要な措置を講じなければならない。

## **③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則**

### **主要排気の気流中の可燃性ガス（則第 217 条）**

主要分流の排気の気流中の可燃性ガス（メタン）含有率は、石炭坑で 1.5% 以下、石油坑で 1% 以下としなければならぬ。

### **作業場および通行箇所の可燃性ガス（則第 218 条）**

坑内作業場の気流中における可燃性ガス含有率は、石炭坑および金属鉱山等にあっては 1.5% 以下、石油坑にあっては 1% 以下とし、通行箇所の気流中においては、石炭坑および金属鉱山等にあっては 2% 以下、石油坑にあっては 1.5% 以下としなければならぬ。

### **可燃性ガス発見届（則第 257 条）**

乙種炭坑において、排気坑道の気流中に含有率 0.25% 以上または掘採作業場の気流中に含有率 0.5% 以上の可燃性ガスが存在する事を発見したときは、直ちにその旨を届け出なければならない。

### **可燃性ガスの測定（則第 258 条）**

坑内保安係員は、精密可燃性ガス検定器をもって採鉱作業場、掘進作業場その他の可燃性ガスが存在し、または存在するおそれが多い箇所について、その含有率およびその存在する範囲を、石炭坑においては一作業時間に 1 回以上、石油坑においては毎日、金属鉱山等においては 15 日以内ごとに測定し、その結果を保安日誌に記載しなければならぬ。

### **可燃性ガス自動警報器（則第 259 条）**

甲種炭坑、指定する乙種炭坑においては、次の各号（略）の箇所ごとに可燃性ガス自動警報器をそれぞれ 1 個以上設けなければならない。

### **有害ガスの測定（則第 260 条）**

坑内保安係員は、検定器をもって、坑内において炭酸ガスその他の有害ガスが存在し、または存在するおそれが多い箇所について、その含有率およびその存在する範囲を、15 日以内ごとに測定しなければならない。金属鉱山等の坑内保安係員は、検定器をもって、坑内において内燃機関を原動機として使用する車両系鉱山機械または自動車の作業箇所または運転箇所その他必要箇所について、一酸化炭素その他の有害ガスの含有率およびその存在する範囲を 7 日以内ごとに測定しなければならない。

### **可燃性ガスに関する措置（則第 261 条）**

石炭坑および石油坑の坑内作業場またはその排気の気流中において、可燃性ガス含有率が、石炭坑においては 1.5%、石油坑においては 1% を超えるときは、当該係員は、直ちに当該箇所への送電を停止し、かつ、直ちに危険状態を改めることができないときは、鉱山労働者を退避させ、警標を掲げ、電気保安係員に通報しなければならない。金属鉱山等の坑内作業場またはその排気の気流中において、可燃性ガス含有率が 1.5% を超える場合であって、直ちに危険状態を改めることができないときは、鉱山労働者を退避させ、警標を掲げなければならない。

### **裸火の使用制限（則第 276 条）**

坑内においては、裸火を使用してはならない。

### **発火具等の携帯禁止（則第 279、280 条）**

甲種炭坑、指定する乙種炭坑および石油坑の坑内においては、鉱山労働者は、喫煙をし、または発火具、喫煙具、たばこ、懐炉等を携帯してはならない。石油坑を除く鉱山においては、管理者の指定した区域において、当該係員の指示により、作業上必要な発火具を携帯することができる。（則第 279 条）

甲種炭坑、指定する乙種炭坑および石油坑においては、入坑者について、指定する箇所または坑口において、発火具、喫煙具、たばこ、懐炉等の有無を入坑の度毎に検査しなければならない。（則第 280 条）

### **設置制限（則第 325 条）**

可燃性ガス含有率が、石炭坑においては常時 1.5%、石油坑においては常時 1% を超える箇所には、電気工作物を設置してはならない。

### **送電停止（則第 327 条）**

石炭坑および石油坑の坑内において、可燃性ガス含有率が第 261 条第 1 項に規定する含有率を超えた区域には、当該係員は、直ちに送電を停止しなければならない。

### **集中監視室の設置（則第 596 条）**

石炭鉱業の鉱業権者は、坑外に次条（略）に規定する装置により測定または感知された結果を集中して監視する装置を備えた集中監視室を設けなければならない。

### 3.3.3.4 使用機器の制限

建築基準法に使用機器に関する規定はない。労安法および鉱山保安法とも、作業者の安全確保およびそれぞれの使用条件に対応する検定用品でなければ使用してはならないと定めている。

本施設においては、建設に使用する設備については、可燃性ガスに対応した防爆構造のものを使用する部分の生じる可能性がある。また操業時においては、通気系統、施設の構造等を考慮して、防爆構造の必要範囲を検討する必要がある。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 譲渡等の制限等（法第 42、43 条）

特定機械等以外の機械等で、政令で定めるものは、規格または安全装置を具備しなければ、譲渡し、貸与し、または設置してはならない。（法第 42 条）

動力により駆動される機械等で、防護のための措置が施されていないものは、譲渡し、貸与し、展示してはならない。（法第 43 条）

##### 個別検定（法第 44 条）

第 42 条の機械等のうち、政令で定めるものを製造し、または輸入した者は、検定を受けなければならない。

##### 型式検定（法第 44 条の 2）

第 42 条の機械等のうち、個別検定によることが適当でないものは、型式検定を受けなければならない。

##### 定期自主検査（法第 45 条）

事業者は、自主検査を行うときは、有資格者または検査業者に実施させなければならない。

##### 計画の届出等（法第 88 条）（則第 85、86、88 条）

事業者は、当該事業場の業種および規模が政令で定めるものに該当する場合において、当該事業場に係る建設物若しくは機械等を設置し、若しくは移転し、またはこれらの主要構造部分を変更しようとするときは、その計画を当該工事の開始の 30 日前までに、届け出なければならない。以下省略。（法第 88 条）

則第 85、86、88 条：略

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

##### 機械、器具等に関する制限（法第 7 条）（則第 114、115 条）

鉱業権者は、機械、器具または火薬類その他の材料であって危険性の大きいものは、検定に合格したものでなければ、坑内において使用し、または設置してはならない。(法第 7 条)  
甲種炭坑並びに石油および金属鉱山等の坑内においては、鉱業権者は、次に掲げる(略)坑内用品については、種類別検定または型式検定に合格したものでなければ設置し、または使用してはならない。(則第 114 条)

乙種炭坑においては、前条に規定するもの一部および告示する坑内用品については、種類別検定または型式検定に合格したものでなければ設置し、または使用してはならない。  
(則第 115 条)

#### **施設計画の認可、届出等 (法第 8 条) (則第 83、84 条)**

鉱業権者は、建設物、工作物その他の施設の設置または変更の工事をしようとするときは、その計画につき、あらかじめ認可を受けなければならない。(法第 8 条)

鉱業権者は、次の各号の施設(略)について、これを設置し、または変更しようとするときは、認可を申請しなければならない。(則第 83 条)

鉱業権者は、次の各号の施設(略)について、これを設置し、または変更しようとするときは、届け出なければならない。(則第 84 条)

#### **工事の完成 (則第 87 条)**

鉱業権者は、上記施設(略)の設置、変更の工事が完成したときは、届け出なければならない。

#### **使用廃止 (則第 88 条)**

鉱業権者は、上記施設(略)を廃止したときは、届け出なければならない。

#### **性能検査等 (法第 9 条) (則第 89 条)**

鉱業権者は、施設(略)の設置、変更の工事が完了したときは、検査を受けなければならない。(法第 9 条)

鉱業権者は、上記施設(略)の設置、変更の工事が完了したときは、検査を受けなければならない。(則第 89 条)

### 3.3.3.5 避難設備・通路

災害発生に備えて避難の方法、避難設備、避難訓練等が規定されている。通路については、避難の場合だけでなく、一般作業用の通路要件についても条文の抽出を行った。

本施設においては、不特定多数の入場者は訓練を受けておらず、施設の通路状況、避難経路等に熟知していない。また入場者の中には就学年齢未満あるいは高齢者等のいわゆる災害弱者が入っている可能性がある。長距離の上方への避難、煙や未燃ガスの発生等の制約条件も考えられる。従って避難誘導についての施設担当者の訓練が必要になる。また避難設備、誘導設備も本施設独自のものを検討する必要がある。避難経路については、通気系統との整合性も確保しなければならない。このように、災害の種類にもよるが、不特定多数を対象とする避難に関しては、検討課題が多い。十分な事前検討が必要であると考えられる。

#### ①建築基準法

##### 特殊建築物等の避難及び消火に関する技術的基準（第35条）

特殊構造物、階数が三以上である建築物、政令で定める窓その他の開口部を有しない居室を有する建築物又は延べ面積が千平方メートルをこえる建築物については、廊下、階段、出入口その他の避難施設、消火栓、スプリンクラー、貯水槽その他の消火設備、排煙設備、非常用の照明設備及び進入口並びに敷地内の避難上及び消火上必要な通路は、政令で定める技術的基準に従って、避難上及び消火上支障がないようにしなければならない。

##### 二以上の直通階段を設ける場合（施行令第121条）

建築物の避難階以外の階が劇場、観覧場、集会場などに該当する場合においては、その階から避難階又は地上に通ずる二以上の直通階段を設けなければならない。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 退避（則第389条の7、8）

事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、労働災害発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、労働者を安全な場所に退避させなければならない。（則第389条の7）

事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合であって、可燃性ガスの濃度が爆発下限界の値の30%以上であることを認めた場合は、直ちに、労働者を安全な場所に退避させ、および火源となるおそれのあるものの使用を停止し、かつ、通風、換気等の措置を講じなければならない。（則第389条の8）

##### 警報設備等（則第389条の9）

事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、非常の場合に関係労働者にこれを速やかに知らせるため、次の各号の区分（略）に応じ、当該各号に掲げる設備（警報設備、通話装置等）を設け、関係労働者に対し、その設置場所を周知させなければならない。

### **避難用器具（則第 389 条の 10）**

事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、非常の場合に労働者を退避させるため、次の各号の区分（略）に応じ、当該各号に掲げる避難用器具（携帯用照明器具、呼吸用保護具、その他）を適当な箇所に備え、関係労働者に対し、その備え付け場所、および使用方法を周知させなければならない。

### **避難等の訓練（則第 389 条の 11）**

事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発、火災等が生じたときに備えるため、関係労働者に対し、避難および消火の訓練を行わなければならない。

### **警報用器具の設備（則第 548 条）**

事業者は、屋内作業場には、警報用の設備または警報用の器具を備えなければならない。

### **避難用出入口等の表示等（則第 549 条）**

事業者は、避難用の出入口、通路または避難用器具については、避難用である旨の表示をし、かつ、容易に利用することができるよう保持しておかなければならない。

### **はしご道（則第 556 条）**

事業者は、はしご道については、次（略）に定めるところに適合したものでなければ使用してはならない。

### **車両と側壁等との間隔（則第 205 条）**

事業者は、ずい道等の内部に軌道装置を設けるときは、その片側において、当該車両と側壁または障害物との間隔を 0.6m 以上としなければならない。

### **安全な通路とその保持（則第 540 条）**

事業者は、作業場に通ずる場所および作業場内には、労働者が使用するための安全な通路を設け、かつ、これを常時有効に保持しなければならない。

### **通路の照明（則第 541 条）**

事業者は、通路には、採光または照明の方法を講じなければならない。ただし、坑道等で通行する労働者に、適当な照明具を所持させるときは、この限りではない。

### **屋内に設ける通路（則第 542 条）**

事業者は、屋内に設ける通路については、次に定めるところによらなければならない。

- 用途に応じた幅を有すること。
- 通路面は、つまずき、すべり、踏抜等の危険のない状態に保持すること。
- 通路面から高さ 1.8m 以内に障害物を置かないこと。

### **機械間等の通路（則第 543 条）**

事業者は、機械間またはこれと他の設備との間に設ける通路については、幅 80cm 以上のものとしなければならない。

### **危険物等の作業場等（則第 546、547 条）**

事業者は、危険物その他爆発性若しくは発火性の物の製造または取り扱いをする作業場及び避難階には、地上に避難できる 2 以上の出入口を設けなければならない。（則第 546 条）

事業者は、避難階以外の階については、避難階または地上に通ずる 2 以上の直通階段または傾斜路を設けなければならない。（則第 547 条）

### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

#### **保安規程（則第 451 条）**

坑内の通路および就業箇所に関する保安については、次の事項について細目を保安規定に定めなければならない。

- 入出坑の際および災害発生時における照合札の取り扱い。
- 重大災害発生時における入昇坑者の管理。
- 非常はしご道およびはしご道の管理。その他。

#### **非常はしご道（則第 455 条）**

坑内における巻揚装置により人を昇降させる立坑または 40 度以上の斜坑においては、巻揚装置によらないで出入できる他の通路があるときのほか、非常はしご道を設けなければならない。

#### **照合方式（則第 473 条）**

坑内に就業している鉱山労働者の氏名および就業箇所は、照合札または記録により、坑外事務所において明らかにしておかなければならない。

#### **通信施設（則第 474、475 条）**

石炭坑においては、立坑および斜坑の坑口および坑底並びに坑内の主要作業場には、電話装置を設けなければならない。（則第 474 条）

指定された金属鉱山等においては、坑の内外または坑内主要箇所間に、電話その他の通信施設を設けなければならない。（則第 475 条）

#### **警報連絡装置等（則第 476 条）**

石炭坑においては、坑内の主要作業箇所その他必要な箇所に坑内誘導無線等の警報連絡装置を設けなければならない。

#### **避難所等（則第 100 条）**

石炭鉱山の鉱業権者は、坑内において災害が発生したときに備えるため、多数の鉱山労働者が就業する区域その他必要区域ごとに、坑内誘導無線等の連絡装置および空気供給設備を備えた避難所等を設けなければならない。

#### **一酸化炭素用自己救命器等（則第 101 条）**

石炭鉱山においては、災害発生に際して坑内における鉱山労働者を一酸化炭素による中毒から保護するため、入坑する鉱山労働者には、一酸化炭素用自己救命器、酸素発生式自己救命器または簡易救命器を携帯させなければならない。

#### **退避訓練等（則第 102 条）**

石炭鉱山においては、災害発生に備えるため、坑内に就業する鉱山労働者を対象として、3 月に 1 回以上退避訓練を行わなければならない。

指定した金属鉱山等においては、災害発生に備えるため、定期的に退避訓練を行わなければならない。

#### **連絡通路（則第 453 条 1 項、454 条）**

石炭坑においては、その奥部において連絡する二以上の通路をもって、地表に連絡させなければならない。(則第 453 条 1 項)

石油坑および同時に 50 人以上の鉱山労働者を就業させる金属鉱山等の坑内においては、その奥部において連絡する二以上の通路をもって、地表に連絡させなければならない。(則第 454 条)

#### 坑道 (則第 456 条)

エンドレス巻車道、主要コンベア運転坑道、機関車運転坑道等においては、車両と障害物等の間隔の一を 0.75m 以上、他の間隔を 0.3m 以上としなければならない。

#### はしご道 (則第 469 条)

坑内に傾斜 40 度以上のはしご道を設けるときは、丈夫な構造とし、かつ、次の各号の規程(略)によらなければならない。

### 3.3.3.6 救護体制

建築基準法に救護体制に関する規定はない。労安法および鉱山保安法とも、救護に関する設備、訓練等が規定されているが、鉱山においては、その特殊条件から、独自の鉱山救護隊の組織編成を求められているのが特徴である。

本施設においては、地下施設という特殊性から、災害発生時の救護体制が限定されることが考えられる。即ち地上の火災時の濃煙箇所での消防の消火、救護活動に類似した状況、あるいは限られた空間内における同時行動人員数の制約等の鉱山にも類似した状況等が、想定される。従って具体的な災害について、対応策を予め検討しておく必要がある。その検討結果を施設設計に反映させ、設備面での対応システムで解決できる内容を多くすることが望ましい。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 救護に関し必要な機械等（則第 24 条の 3）

規定された事業者は、次の各号に掲げる機械等を備え付けなければならない。

空気呼吸器等。濃度を測定するため必要な測定器具。携帯用照明器具。その他。

##### 救護に関する訓練（則第 24 条の 4）

事業者は、次に掲げる事項についての訓練を行わなければならない。

- 機械等の使用方法に関すること。
- 救急そ生その他の救急処置に関すること。
- 安全な救護の方法に関すること。

##### 救護の安全に関する規程（則第 24 条の 5）

事業者は、労働者の救護の安全に関し次の事項を定めなければならない。

- 救護に関する組織に関すること。
- 救護に関し必要な機械等の点検および整備に関すること。
- 救護に関する訓練の実施に関すること。

##### 救急用具（則第 633 条）

事業者は、負傷者の手当に必要な救急用具および材料を備え、その備付け場所および使用方法を労働者に周知させなければならない。

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

##### 応急救護（則第 103 条）

作業場付近の適当な箇所に、負傷者の手當に必要な救急用具および材料を備え、その設置箇所および使用方法並びに救急方法を鉱山労働者に周知させなければならない。

#### 鉱山救護隊等（則第 107、108、109、110 条）

甲種炭坑を有する鉱山または指定された乙種炭坑の鉱業権者は、災害が発生したときに備えるため、甲種鉱山救護隊を設けなければならない。（則第 107 条）

甲種鉱山救護隊または甲種共同鉱山救護隊は、1班の人員を 5 人以上とし、5 班以上を編成し、かつ、酸素呼吸器 24 組以上およびその付属品を備えなければならない。（則第 108 条）石炭鉱山の鉱業権者は、災害が発生したときに備えるため、他の鉱山の鉱業権者と共同して乙種共同鉱山救護隊を設けることができる。（則第 109 条）

石油坑および指定する金属鉱山等においては、災害発生に備えるため、鉱山救護隊を設けなければならない。（則第 110 条）

#### ④鉱山の慣例・自主規制の例

- [就業者] 救護隊員は、常にその所在を明らかにし、旅行等の遠出の際は救護隊事務局に届け出る事としている。
- [就業者] 救護隊の訓練は定期的に実施されるが、そのほかに隊員には一切知らせずに、非常召集訓練を行うこともある。隊員の外出の機会が多いこと、操業に支障の無いこと等に配慮して、通常日曜日の午前中に行われる。これにより集合完了までの所要時間を把握、連絡体制の問題点等を摘出、対策を講じて非常時に備える。
- 従って隊員は、決められた携行品（隊服、手帳、三角布、軍手等）をすぐ持ち出せるよう整備しておく必要がある。救護隊専用保安靴、保安帽等は、救護隊室の個人ロッカーに常備してある。
- [就業者] 救護隊隊員の任命は有資格者の中から行われるが、三交代の勤務体制、職種のバランス（採鉱、機械、電気）等を考慮して、非常時に入坑していない者だけで初期救護体制をとれるように、3 方にあるいは各職場に平均した人数となるよう、人選に配慮している。
- 入坑している救護隊員、有資格者を常時把握しておく。これは、救護隊を必要としないような坑内での事故に対して必要であれば迅速な応援体制をとれるようにしておくためである。
- [就業者] 保安に関する管理職あるいは関係者宅には、炭鉱内社宅にのみ通話可能な専用電話が設置されている。これにより緊急時の連絡の迅速化が図られる。また一斉呼び出しの呼び出し音も決められており、現場事務所の集中監視司令室における操作により、現場関係者に対する同時連絡が可能となっている。これを利用しての現場関係者の、非常召集訓練も行われる。召集は概ね深夜に行われる。

### 3.3.4 安全計画

建築基準法に安全計画に関する規定はない。労安法および鉱山保安法とも、安全に関しては、予め計画を作成し、かつこれを遵守することが求められている。

本施設においては、上記に検討した事項の内、安全に関しての独立した計画を立案する必要があると考えられる。

#### ①建築基準法

規定なし。

#### ②労働安全衛生法／労働安全衛生規則

##### 安全衛生改善計画の作成の指示等（法第 78 条）

都道府県労働局長は、改善措置を講ずる必要があると認めたときは、事業者に対し、改善計画を作成すべきことを指示することができる。

事業者は、安全衛生改善計画を作成しようとする場合は、労働者の過半数の代表者の意見を聞かなければならない。

##### 安全衛生改善計画の遵守（法第 79 条）

事業者およびその労働者は、安全衛生改善計画を守らなければならない。

##### 安全衛生診断（法第 80 条）

都道府県労働局長は、専門的な助言を必要とすると認めるときは、当該事業者に対し労働安全コンサルタントまたは労働衛生コンサルタントによる診断を受け、改善計画作成について、これらの者の意見を聞くべきことを勧奨することができる。

#### ③鉱山保安法／石炭鉱山保安規則

##### 保安規程（法第 10 条）（則第 80、81、82 条）

鉱業権者は、鉱山における保安を確保するため、保安規定を定めなければならない。保安規程の設定または変更は、認可を受けなければ、その効力を生じない。（法第 10 条）

鉱業権者は、保安規定を定めなければならない。（則第 80 条）

鉱業権者は、保安規定を定め、または変更しようとするときは、認可を申請しなければならない。（則第 81 条）

鉱業権者は、保安規程に次の事項（省略）を定めなければならない。（則第 82 条）

### 3.4 まとめと今後の課題

本報告書では、深地層の研究施設ができるだけ多くの一般の人々が実際に見て体験できる場とするために、以下の項目について建築基準法、労働安全衛生法／労働安全衛生規則および鉱山保安法／鉱山保安規則の対応条文を調査した結果、表 3.1 に示すような結果が得られた。

- 入場者に関する事項 : 入場の制限、入場者数の制限、滞在時間の制限、服装の制限、年齢の制限、入場者に対する教育、入場者の管理
- 事故責任に関する事項 : 管理者の責任、労働者の責任
- 構造・設備に関する事項 : 構造的な制限、換気設備、可燃性ガス対策、使用機器の制限、避難設備・通路、救護体制
- 安全計画に関する事項

建築基準法は、建築物に対する法令で、入場者や事故責任に関する規定はない。また、地下深部の建築物を対象とした規定ではなく、前例の少ない地下施設に関しては特認申請することになると想定され、建築センターによる構造評定および防災評定を受けることとなり、構造・設備上かなり大規模な構造が求められると考えられる。

労働安全衛生法／労働安全衛生規則および鉱山保安法／鉱山保安規則は、一般の人々を対象としていないものの、施設概念の構築にあたって参考となる条項は数多く、いずれの法令に照らし合わせても、地下施設には何らかの入場制限が必要と考えられる。すなわち、入場者に関しては、入場者、入場者数、見学場所、見学時間、保護帽の着用などに制限を設けるとともに、注意事項などに関して入場者に対して事前に安全教育を行う必要があることが明らかとなった。また、安全上、施設の設計にあたっては施設の換気やガス対策などに十分配慮し、施設の運営にあたっては施設や入場者の管理を厳重に行うことが必要であることが確認された。

今後は、施設の範囲（大部分または一部を対象とするか）や見学方法などをより具体化し、開かれた施設として一般入場者への負担をできるだけ軽減するという観点に立って、総合的に施設の設計方法、管理方法、運営方法などを検討し、開かれた施設概念を構築することが重要と考える。さらに、深地層の研究施設は、地下深部に建設されることから、防災対策については十分な検討が必要であると考えられる。すなわち、地下施設の防災に関しては、各都道府県で規定されている地下街での事例（通路幅の拡張、地表との連絡通路の増強、避難誘導標識等の整備、集中監視による早期発見、警報・連絡等の設備の改善）や、大深度地下空間開発における研究事例なども参考にしながら、具体的な防災対策について事前に検討しておくことが重要である。

表 3.1 法的規制に関する調査結果概要一覧

	建築基準法	労働安全衛生法	鉱山保安法	鉱山の慣例・自主規制
入場の制限	規定なし	安全衛生教育必要 疾病者の就業禁止 浮石・落盤・肌落ち箇所への立入り禁止 可燃性ガス下での発火物の携帯禁止	保安教育必要 石炭鉱山での救命器の携帯	服装・携帯品検査 所外者の入坑許可申請必要
入場者数の制限	規定なし	気積の確保（労働者1人あたり10m <sup>3</sup> 以上） 便所の確保	労働者数に応じた通気量の確保 換気量の確保（1人あたり10m <sup>3</sup> 以上）	設備の関係で人数制限あり（40～50人程度）
滞在時間の制限	規定なし	作業時間の制限	規定なし	作業密度の薄い業務は作業時間の延長可能 交代制による作業時間の制限 一般見学者の入坑時間は3～4時間
服装の制限	規定なし	作業帽・作業服・安全靴の着用 悪環境（有害、騒音等）下での保護具の着用	保安規程の制定	一般見学者はヘルメット・長靴着用
年齢の制限	規定なし	中高年齢者への配慮必要	規定なし（18歳未満・女性の坑内労働禁止）	見学者の年齢に応じて見学範囲の制限
入場者に対する教育	規定なし	安全衛生教育必要 特別教育（危険・有害業務） 職長教育 就業制限（有資格者など）	保安教育必要 就業制限（有資格者・指定鉱山労働者など） 危険業務に関する保安教育	保安教育・保安運動 一般見学者への教育、現地指導
入場者の管理	規定なし	労働者人数・氏名の確認	労働者氏名・就業箇所の確認	見学経路と時間の把握
管理者の責任	規定なし	事業者の責務（災害防止、安全確保） 安全委員会・衛生委員会の設置 統括安全衛生管理者の選任など	鉱業権者の義務 保安委員会の設置 保安統括者・保安技術職員の選任など	管理責任者の選任
労働者の責任	規定なし	労働者の責務（必要事項の遵守）	鉱山労働者の義務（保安規程の遵守、統括者・管理者の指示の遵守）	特になし
構造的な制限	耐火構造、昇降機の設置、防火内装、避難・消火設備の設置	隨道延長距離の制限、軌道勾配の制限、落盤防止措置設置、支保工の安全性確保など	使用機器の構造基準、落盤防止支柱の設置など	特になし
換気設備	換気設備の設置	換気設備・通気設備の設置 気温（37℃以下）・視界の保持 炭酸ガス濃度（1.5%以下）の保持	換気設備・通気設備の設置 気温（37℃以下）・湿度の保持 酸素（19%以上）・炭酸ガス（1%以下）濃度保持	特になし
可燃性ガス対策	排煙設備の設置	防爆構造電気機械機器の使用 ガス濃度の測定・自動警報装置の設置・発火具の携帯禁止・ガス抜き措置など	作業場・通行路・主要排気中のガス濃度の保持 ガス濃度の測定・自動警報装置の設置・発火具の携帯禁止・電気工作物の設置制限・集中監視室の設置など	特になし
使用機器の制限	規定なし	安全装置の具備・検定・定期自主検査の必要 機械の設置・移転等の計画の届出義務	検定の必要 計画の認可・届出義務	特になし
避難設備・通路	避難上支障のない構造（廊下・階段など） 直通階段の設置	災害やガス爆発発生の危険性が高い場合の退避措置義務、退避訓練の実施 警報設備・避難用器具の設置 避難用出入口の表示、安全な通路の確保	避難所・通信設備・警報装置の設置 自己救命器の携帯 退避訓練の実施 連絡通路の確保（2以上）	特になし
救護体制	規定なし	救護器具・救急用具の設置 救護組織の編成、救護訓練の実施	救急用具の設置 鉱山救護隊の設置	救護隊員の所在の明確化・非常訓練 初期救護体制の確保、緊急電話の設置
安全計画	規定なし	安全衛生改善計画の作成・遵守	保安規程の制定	特になし

## 4. 地下施設におけるガスの影響及び通気システムに関する検討

既往の事例に基づき堆積岩を対象とした深地層の研究施設の地下施設の建設および操業時におけるガスの影響について調査・検討を行う。

### 建設時

- ガス環境下で採用されている建設工法（掘削方法、建設機械）とその適用限界
- 適用限界以上のガス環境下における施工・維持管理体制（法制度上の検討を含む）や建設機械の防爆仕様など地下施設建設上の問題点及び対策の整理

### 操業時

- 各種調査測定機器に及ぼすガスの影響、および各種調査測定機器がガス環境へ及ぼす影響（誘爆等）と、測定機器の適用限界
- 適用限界以上のガス環境下における計測・研究上の問題点及び対策の整理

また、地下施設の建設および操業時における作業・研究環境の確保、ガスや粉塵等の除去・希釈、防災等を目的とした通気システムの構成要素、検討手順、問題点および対策を明らかにし、適正な通気システムの概念の構築を行う。

### 4.1 地下施設の建設時におけるガスの影響と対策

#### 4.1.1 建設工法

地上における建設としては、地上を削り採る土木掘削工事に地下建設と似た工事を見ることが出来るが、この場合、大地の上での工事であるから、大型機械及び電気設備の導入もしくはディーゼル機器による排気ガス等については、地下建設に比べ問題となるケースは少ない。しかし、地下における建設工事は地上における建設工事と違い、作業空間および作業環境において数多くの制約を受ける。当報告書においては環境の内、特にガスに関わる問題に焦点を当て、その災害と対策について記述する。

地下建設工事は、通常のトンネル掘削工事と同様に、掘削した四方を維持しながら空間を造成する工事であり、作業空間の面から使用機器は比較的小型となる。また、ガスの面から動力源は、その原動部を坑外または坑内の入気坑道に設置した空圧・油圧の他、ガス濃度使用制限、濃度を超えた場合の処置、機器の防爆構造等その使用に当たって各種制約を受けた上での電気機器となる。以下坑内の建設機器、並びに可燃性ガスの対応について述べる。

##### 4.1.1.1 掘削工法

地下掘削工法の採択については、その自然条件、即ち地質状況（生成年代、断層、褶曲、水脈、盤圧、深度）、岩盤状況（岩種、圧縮強度）、また、建設工事の仕様等（坑道展開、掘削断面積、掘削傾斜）の各種の条件を勘案し決定する。今回の検討においては、可燃性ガ

スの湧出を前提に記述し、掘削工法自体は一般論のみに止める。

### (1) 使用設備

水平掘削と立坑掘削とに分類し、さらに掘削工法別に発破掘削工法と機械掘削工法に分類して、掘削工法別に炭鉱で一般的に使用される設備を表4.1に記す。

表4.1 使用設備一覧

掘削工法	用途	水平掘削	立坑掘削
発破掘削	削孔機	レッグハンマー{空圧}、 ジャンボ{空圧、油圧}	ジャンボ{油圧}
	積込機	サイドダンプローダー(SDL)、 ロッカーショベル{空圧、電動}、ロード ホールダンプ(LHD){ディーゼル、電動}	マッカー{油圧}
	施作設備	軟岩：鋼枠等手作業、セグメント 硬岩：ルーフボルトセッター、 セメント吹付機{空圧、電動}	コンクリート、吹付等
	運搬機	トラック、鉱車とバッテリーロコモテ イブ(BL)、トロリーロコモティブ(TL)、 ベルトコンベヤー(BC) {電動}	運搬用にキブル用巻上機{電動} 作業用にスカッフォード巻上機{電動}
機械掘削	掘削	ロードヘッダー(RH)、	レイズボーラー{油圧}、TBM{電動}
	積込	トンネルボーリングマシーン(TBM){電 動}	水平掘削の発破工法と同様 (レイズボ ーラーの場合)
	施作設備	発破掘削と同様	立坑掘削の発破工法と同様 (同上)
	後方運搬	発破掘削と同様 後方運搬：サージカー{電動}とトラック 、鉱車とBL、BC、LHD等	水平掘削の工法と同様 (同上)

注) { }内は動力源を示し、空圧は圧縮機(非防爆)を坑外に設置又は防爆型を坑内に設置、油圧は原動機(防爆型)を坑内に設置、電動は防爆型電動機を搭載する場合を示す。

### (2) 炭鉱における岩盤掘進例(立坑掘削を除く)

可燃性ガスが湧出する炭鉱における掘削設備の使用例を表4.2に示す。

表4.2 炭鉱における岩盤掘削設備の使用例

ケース	炭鉱名	設備			
		掘削	積込	運搬	施作
ガス突出が無くガス 湧出が少ない場合	三井三池 太平洋	RH RH	RH RH	鉱車&BL 鉱車&BL* or PC→BC LHD 鉱車&BL	鋼枠 ルーフボルト or 鋼枠 ルーフボルト 鋼枠
	豪州の炭鉱 三井砂川 三井芦別	RH 削孔機 &発破	RH ローダー		

\* 後方運搬は日本の炭鉱の場合は、鉱車積みのBL運搬が主である。但し 太平洋炭鉱の場合は、直線坑道では掘削及び積込はRHを使用し、チェーンコンベア(PC)で運搬後、BCに転載し坑外に搬出している。なお、炭鉱の場合の大断面掘削は、上段先行下段後払い等の分割掘進で何回かに分けて掘進する工法をとるが、機械座、ポンプ座等の特殊な場合を除いては例がない。

#### 4.1.1.2 挖削工法の適用限界

建設時及び操業時にガスが湧出してくる場合、全く石炭層が介在しない場合はガス湧出量の変動は少なく、通気システムを管理することにより対応が可能であるので問題となるケースは少ない。しかし石炭層及び石炭層の影響を受けたゾーンが介在すると、通常のガスが少ないのであっても、急激にガス湧出が増加したり、時にはガス突出が生じる場合がある。

適用限界ガス濃度（1.5 %）以上の可燃性ガス（メタン）存在時については、原則として作業することは許されず、通常の作業をする場合は適応限界ガス以下にしなければならない。

また、適用限界濃度1.5 %以内のガスであっても後述する対策を立て現場に対応してゆく必要がある。堆積岩を対象とした深地層の研究施設はその性格上掘削主体は岩石坑道と考えられるが、上述のように急激なガスの発生が考えられるため石炭層及び石炭層の影響を受けたゾーンでの建設と捉えて記述する。

##### （1）鉱山保安規則上の制約

ガスが湧出してくることが想定される場合には、地下での掘進時及び操業時においては重大災害につながるおそれがあり、その災害を防止するため鉱山保安規則では各種の制約を設けている。ガス並びに通気に関連する主な規則は次の通りである。

坑内空気、坑内通気及び坑内ガスについては、鉱山保安規則 第5章第2節、第3節、第4節及び第5節に従う（詳細は付録Bの鉱山保安規則<sup>1)</sup>抜粋を参照）。

##### （坑内空気）

- a. 鉱山労働者が働くのに必要な空気を供給する。

炭鉱での最大入坑人員1人当たり3 m<sup>3</sup>/min 第221条

- b. 坑内で発生する有害ガスを拡散し希薄にする。

坑内作業場において酸素19 %以上 炭酸ガス1 %以下 第216条

坑内作業場の通気量は人数、ガスの発生量、気温、湿度、自然発火の可能性等に基づく。またガス及び発破の煙を薄め運び去るために必要な速度と量とする。 第220条

- c. 可燃性ガスの規制

###### イ. 1.5 %以内まで許される対象

一般作業（作業場及び通行箇所） 第218条

主要分流排気 第217条

電気工作物の設置 第325条

送電 第327条

発破（瞬発、100 ms以内のMSD=Mili Second Dynamite） 第516条

###### ロ. 2.0 %以内まで許される対象

特別許可以外の坑内通行箇所 第218条

係員付き添い作業（しばしばガス検定） 第218条

- d. 作業環境の規制

イ. 気温	37°C以下	第219条
ロ. 通気速度	450 m/min以下 但し立坑においては600 m/min以下	第223条

## (2) 掘削工法の特徴及び限界

前述したように適用限界ガス濃度1.5%以上では全ての作業は中止しなければならず、全ての掘削工法の適用は限界濃度1.5%以下に限られる（4.1.2.1節参照）。掘削工法別の工法の特徴について記す。

### a. 掘削工法別の特徴

発破掘削工法： 自然条件に対応し適用範囲が広く、小回りの利く工法である。

機械掘削工法に比し、一般的にはコストが高い。

機械掘削工法： 掘削傾斜に限度がある（昇り卸し共20°まで）。

電気駆動の設備導入のためガスへの対応が必要となる。（防爆必要）

ガス突出のおそれのある場合、全自動化以外は採用出来ない。

### b. 立坑掘削

レイズボーラーは、リーミングビット取り付けのために地下下部の連絡坑道の展開があって初めて機器の使用が可能となる。我が国での事例では 径5m×深度300mがある。トンネルボーリングマシーンは、我が国での事例はない。両方式とも使用箇所は、盤圧のかからない坑壁の維持が容易な地質状況が必要である。

## 4.1.1.3 ガスが存在する場合の問題点

### (1) ガスによる影響・災害

ガス災害は、建設時の方が操業時に比しはるかに多く且つ大きい。建設時及び操業時のガス災害としては、a) 石炭層が介在する場合のガス突出、ガス爆発、酸欠、ガス障害、自然発火、b) 石炭層が介在しない場合のガス突出（特定箇所においては岩石中でも生ずる場合があるため）、ガス爆発、酸欠、ガス障害がある。

### a. ガス突出

ガス突出、正確には石炭とガスの突出は、ガスが多量の粉炭を伴って噴出してくる現象を言うが、ガス突出の発生条件や発生機構については未だ解明されていない。発生機構については、包蔵されている高圧ガスが原因であるとするガス説と採掘（掘進を含む）による地圧状態の変化あるいは地質学的残留応力が原因であるとする地圧説、両者に原因があるとするガス・地圧説に大別される。いずれにしても、包蔵されている高圧ガスや採掘による地圧状態の変化あるいは地質学的残留応力による応力状態の突然変化により、石炭のひずみエネルギーが解放され、それが引き金になって起こる現象ととらえられている。

石炭層に接近もしくは貫縫する場合には、建設時におけるガスの影響で最も頻度が高く且つ危険度の高いのはガス突出である。石炭ばかりでなく砂岩中に含まれる油性ガスの突出の

場合もある。昇坑道では、石炭や岩石の自重で突出は一層起り易くなる。ガス突出は多量のガスと石炭又は岩石を噴出し切羽元の機械設備を埋没してしまうばかりでなく人命をも奪う。また火気が存在すれば後述するように、ガス・炭塵爆発を誘発し跡ガスによりガス突出より更に多大の被害を後方の人並びに構築物に与える。

### b. ガス爆発

メタンのガス爆発は、科学的にも完全に解明されておらず、反応プロセスも明確に把握されていない。メタンガスの爆発は通常  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  なる反応式が使用されているが、実際は複雑で100以上の反応が複雑に関与しているとされる。このメタンガスの反応により、実際の温度上昇は摂氏1,800°Cに達し、圧力は7 kgf/cm<sup>2</sup>となる。この圧力上昇によって爆風が発生し、次の段階では反応ガス中の水蒸気が凝縮して水となり、急激に体積が収縮し、いわゆる戻り現象が生ずる。爆発時の火炎の伝播速度は10~2,000 m/s位と言われている。炭酸ガスの人体への影響を表4.3に示す。

爆発限界濃度は5~15%で最強爆発濃度は9.5%である。メタン濃度が9.5%以上になると爆発の威力は低下するが、不完全燃焼反応のため一酸化炭素が発生し、これにより一酸化炭素中毒を引き起こす。なお炭塵が共存する状況では、爆発下限界が低下し、跡ガスも多量の一酸化炭素を含有する。一酸化炭素の人体への影響を表4.4に示す。

ガスと火源の両方が存在することにより、ガス爆発が起こる。ガスについては、上記のガス突出時又は気圧降下時にガスが増加して気流中に爆発限界を超える可燃性ガスが存在する場合がある。火源については、大別すると作業あるいは機器の管理に属する裸火、発破、電気エネルギー、火花等直接的ものと、自然発火、坑内火災等の二次災害として発生する間接的なものとに分かれるが、坑内作業の近代化と管理技術の向上にともない、電気機器のスパーク、ケーブル等の断線などによる火源は減少し、静電気によるものが増加している。裸火はマッチ・カンテラ等の火源は皆無となり、溶接等になっている。火花は鋼製品等の衝撃・摩擦によるものである。ガス爆発が起こると、その衝撃による被害の他その跡ガスにより、人並びに構築物等の被害は甚大である。

表4.3 炭酸ガスの人体への影響

CO <sub>2</sub> 濃度 (%)	症 状
0.1	公衆衛生上の懇望量 (ジョケンリョウ) *
2.5	数時間の呼吸でも症状はない
3	呼吸の深さ増す
4	粘膜に刺激を感じ頭部の圧迫感、数時間持続する頭痛、耳鳴り、血圧上昇、めまい、吐き気を催す
6	呼吸数は著明に増す
8	呼吸困難
10	意識喪失
20	死

\* 一作業時間(8時間)内において、人体に影響を及ぼさない限界量

表4.4 一酸化炭素の人体への影響

CO濃度(%)	吸入時間	症 状
0.01	6時間	異常感あり、しかし耐えうる。恕限量*
0.03	1時間	頭重い、頭痛
0.05	1時間	頭痛、めまい
0.07	1時間	著明頭痛、興奮手足しびれ感
0.10	1時間	耐えられるが1時以上は危険
0.15	1時間	危険
0.20	45分	死

\* 一作業時間(8時間)内において、人体に影響を及ぼさない限界量

### c. 酸欠

通常の坑内空気は、純粋の大気とは多少異なる平常組成を有している。この変化が起こる原因としては、入気として坑内に入ってきた純粋の空気中の酸素と、坑内にあるいろいろの物質（石炭、坑木、鉱石など）との化学的物理的反応、岩盤層からのガス放出、機械類の排ガス、発破後の跡ガスが考えられる。しかし、坑内空気の組成は純粋の空気と大差ない。従って、普通の空気と同様、酸素が約21%、窒素が79%含まれており十分な酸素であるが、各種災害時には違った組成になり酸素が不足し呼吸困難に陥る。酸素欠損による人体への影響を表4.5に示す。

ガス突出時の濃厚な可燃性ガス、窒素ガスによる酸素欠損の場合、または特に昇り箇所での局部通気の実施箇所で扇風機の故障等により通気が十分でなく酸欠の場合、長時間にわたれば死に至る。

表4.5 酸素欠損による人体への影響

O <sub>2</sub> 濃度 (%)	症 状
15	激しい運動をせず短時間呼吸のときは大きな被害はない
8~10	呼吸深くなり全く安静にして座臥していれば害はないが、多少動くとめまいが起こる
7	息切れ甚だしく顔色が青色に変わる
3	生命に危険を及ぼす
0	死

### d. ガス障害

坑内には下記のガスが発生する場合があり、その濃度により各種の障害をもたらす。坑内で発生するおそれのある主なガスの特性を表4.6に示す。

表4.6 坑内ガス一覧表

性状 種別	発生	性 状		
		色・臭	爆 発 性	生理作用
メタン CH <sub>4</sub>	石炭生成過程において生成蓄積されたもの	無色 無味 無臭 無毒	濃厚なメタンは空気中で青炎をあげて燃焼する。5~15 %で爆発する。5%以下では火源があればその部分だけ燃焼する。	毒性はないが濃厚なメタン中では酸素不足のため酸欠を生ずる(有害)
炭酸ガス CO <sub>2</sub>	石炭の緩慢な酸化と坑木の腐敗等	無色 無味 無臭 無毒	不燃性	(有害)
一酸化炭素 CO	爆発による跡ガス、自然発火・坑内火災・発破排気ガス	無色 無味 無臭	空气中に12.5~75%混合すると爆発する。濃厚なものは燃焼する。	微量でも中毒症状(有毒) 恕限量0.001 ppm
硫化水素 H <sub>2</sub> S	硫黄化合物の分解、坑内水中に溶融ガスの放出	無色 腐卵のような悪臭		猛毒性はCOより遙かに強い眼疾患を起こす 0.01 %で感知可(有毒)
亜硫酸ガス SO <sub>2</sub>	坑内火災、自然発火、爆発物等硫化鉄を含む石炭の燃焼酸化	無色 硫黄臭の刺激	不燃性	猛毒の氣体 0.003 ~0.005 %で感知可(有毒)
過酸化窒素 NO <sub>2</sub>	坑内火災、発破の際	赤褐色 硝煙臭の刺激		毒性あり(呼吸器を犯す) 0.003 %で生命の危険あり(有毒)
水素 H <sub>2</sub>	坑内火災、ガス爆発、発破の際	無色 無臭	爆発限界5~72%	窒息性あり(有毒)

### e. 自然発火

石炭は空気中の酸素と結合して酸化発熱現象を起こす。自然発火進行の過程は、石炭と空気中の酸素との結合速度の度合いにより左右されるので、石炭及び環境の温度が低い時点では、比較的緩慢な現象であるが、温度の上昇に伴い急速に発火状態に発展する。

ガスの低減を計る目的で石炭層等のガス吸引中に適当な酸素の供給がなされる場合があり、その時に石炭が自然発火し、それがガス爆発を誘発し跡ガスにより人並びに設備等に多大な被害をもたらすばかりでなく地下構築物全般に被害をもたらす。またこの消火が難しいので水没等の手段に及ぶことがある。

### (2) ガスが機器に与える影響

建設段階における機器には、掘削設備を除けば各種調査機器が考えられるが、現段階では機器が特定されておらず、個々の機器に対するガスの影響を評価することは困難である。しかし一般的には、各種調査機器に対するガスの影響は小さいと考えられる。炭鉱においては、可燃性ガス以外のガスが存在している場合に、可燃性ガス検定器(ガス濃度による屈折率の差を利用してガス濃度を測定する機器)の測定値に誤差を生じることがある。また、炭鉱では例がないが、硫化水素、亜硫酸ガスは機器の腐食を促進させる恐れがある。

#### 4.1.1.4 施工、維持管理上のガス対策

ガス湧出環境下の施工・維持管理にあたっては、鉱山保安規則が参考となる。

ガスが湧出してくる場合、ガスを希釈するために通気システムを確立し十分な通気量を確保し、通気制御を行うほか、ガス抜きボーリングの実施によるガス吸引等によりガスの低減を実施しなければならない。重大災害を起こさぬようするために、気流中のガスはもちろんガス吸引のガスについてもガス濃度、温度、煙感知等のセンサーを取り付け集中監視しなければならないしその対応を確立して置かねばならない。また掘進時は、ガスの状況に応じて発破掘削か機械掘削かいずれの工法をとるか選択をしなければならない。

以上、地下施設の建設にあたっては、ガスが存在する場合には、ガスを排除し安全なレベルまで下げて掘進するとともに、通常の作業時にはガス濃度は1.5%以下でなければならず、そのガスの低減と1.5%を超えた場合の対応を確実に実施出来る体制を確立しておくことが必要である。災害別の現場対応は以下の通りである。

##### (1) ガス突出

石炭層とは関係ないある特定の砂岩層に油性のガス突出を経験する事があるが、そのような危険性のある岩石を掘進する場合には対応が難しい。四方八方にボーリングすることは実技上不可能であるし費用も嵩む。その場合は、排気側には人を置かず、事前に電気を遮断しておく発破工法でしか対応できない。

石炭層が関係する場合には石炭層への対応で済む。ボーリング等の対応により断層、褶曲等異常盤圧によるガス突出の発生箇所の把握および対処は比較的しやすい。しかし、石炭層からのガス湧出の絶対量が少なくてもガス突出する場合があるので安心できない。ガス突出を100%起こさないレベルまで到達するには、一ヵ所について2年以上をガス抜きに費やすべきならない場合があり、その場合は発破工法による誘導発破の方法がある。誘導発破と割り切れば、万が一ガス突出を誘発しても人への被害は皆無に押さえ込むことが出来る。

###### a. ガス突出対策

岩石掘進において予め石炭層の介在が予想される場合は、当該区域をガス突出警戒区域と定め、先進ボーリング・ガス抜きを以下の順序で実施する。なお石炭層中における掘進については岩石掘進と同様の手順にて進める。

- ① 先進ボーリングを実施し炭座を確認する。規格については地質、ガス湧出状況により別途定める。
- ② 炭座の確認後ガス抜きを実施する。規格については地質、ガス状況により別途定める。
- ③ ガス突出警戒区域の範囲を決定する。範囲は別途定める。
- ④ ガス突出の安全を確認後、掘進を開始する。安全の範囲（ガス圧、ガス量等）はガス状況により別途定める。

## b. 保安設備

ガス突出警戒区域の掘進時には、万一に備え後方の作業場に各種の避難、退避設備を設ける。各施設の設置条件は下記のとおりである。

- イ. 退避所等 箇所数、位置等の規格は状況により定める。  
保安設備（酸素ボンベ、救急バルブ、簡易救命器、連絡無線装置、臭弾<sup>\*</sup>等）の規格は状況により定める。
- ロ. 後方安全装置 電気品は防爆品の使用（電源遮断インターロック設備）等  
ガス自動警報器の設置が必要
- ハ. その他 通気戸門、風管遮断装置の設置、静電気帯電防止風管の使用、  
排気専用独立分流の採用、発破工法時の時間指定等の措置

## c. 通気システム

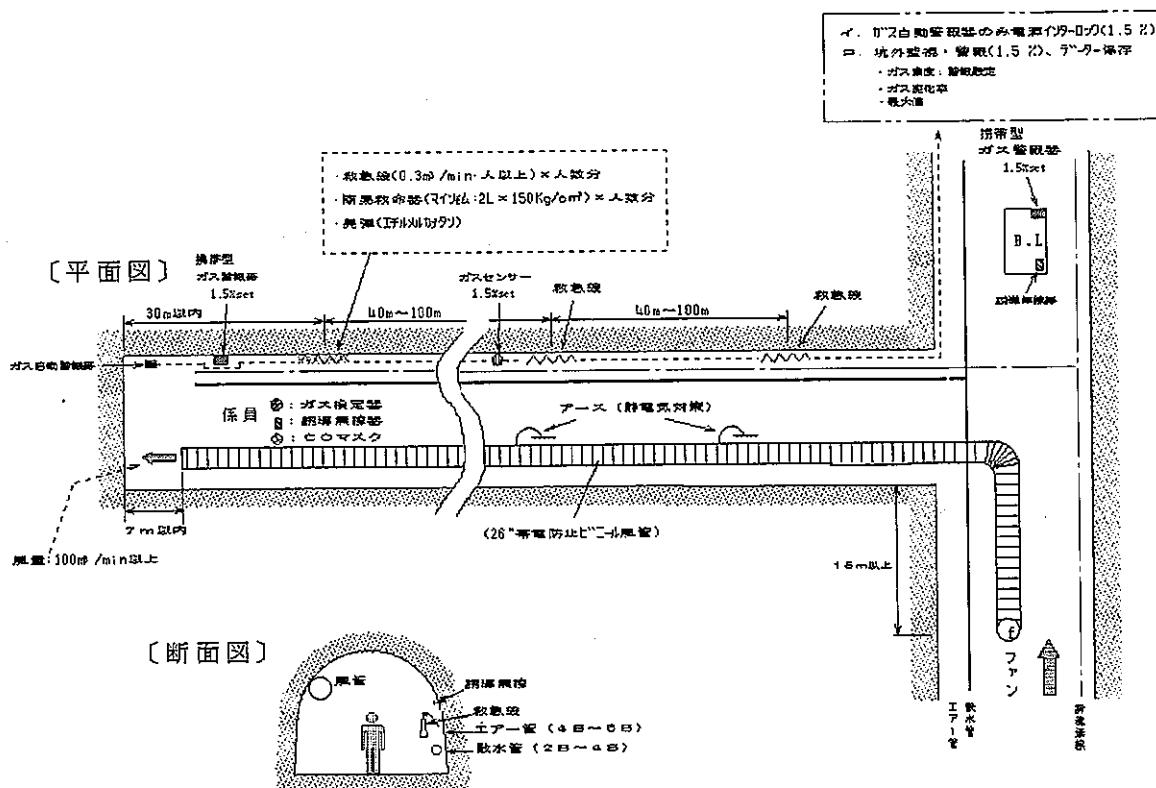
通常の対策を実施した後にガス突出指定切羽を掘進する場合は問題ないが、それでも万が一に備えることに越したことはない。人を入れず、電気を遮断しておき、設備も静電気等に配慮した機材を使用しておけばガス爆発を誘発する事はない。これら対策を十分実施した場合であって更に安全側を選択するには、排気専用の独立分流方式を採用することである。

炭鉱における掘進時のガス対策等概念図を図4.1に示す。この図における独立分流坑道の位置からも理解できるように、ガス突出が起きた場合にも、主要坑道へのガスの流出がないようになることが可能となる。最悪の事態のガス突出に至っても人に危害が及ぶことは避けられる。なお、上記の選択は、技術管理者の判断による。

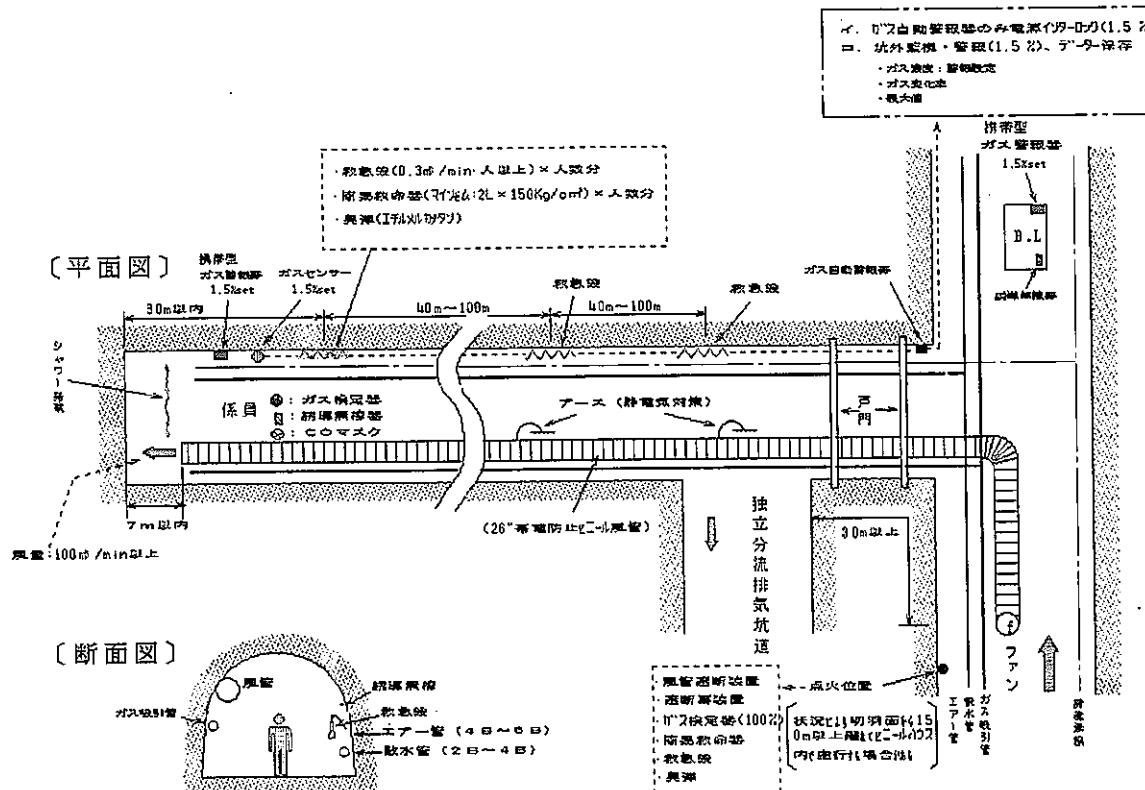
## d. ガス突出指定切羽の作業の進め方

鉱山保安規則では、以上のa.ガス突出対策、b.保安設備、c.通気システムに関し、各鉱山毎に保安規定を定めることを義務づけている。付録Cに、旧三井砂川炭鉱の保安規定<sup>2)</sup>に定められた先進ボーリング、ガス抜きその他のガス突出による危害防止に関する保安規定の一例を記す。

\* 極めて異臭の強いガス（メルカプタン等）を微量に封入したカプセル（小瓶）で、災害が発生した場合に風上側でこれを割ると、気流に乗って風下に流れ、災害の発生を知らせることができる。炭鉱では、教育により全員がこの臭いを知っており、直ちに退避等の処置を執ることができる。



(a) 一般的な場合



(b) ガスが多い場合

図4.1 炭坑における掘進時のガス対策概念図

## (2) ガス爆発

ガス爆発を起こさないためには、次の2つの条件を確実にクリアすることが肝要である。その一は、根源の可燃性ガス（メタン）の爆発限界濃度の雰囲気を作らないことであり、その二は、ガスに着火するような火源エネルギーを作らないことである。

この両者が同時に存在する場合、ガス爆発が起こる危険性が増大するので、両方の要因を無くすのが最も良いが、このいずれかを抑制することにより爆発を未然に防止することができる。電気工作物を使用する場合は、電気工作物を防爆構造にする以外に、ガス量の低減を図ることが必要である。

ガス湧出は自然条件に依存するところが大きいために、処理が自然条件に対応できずに、結果として両方の要因が揃ってしまい災害に結びつく事が往々にしてあるので下記ガス対策を実行しなければならない。

### a. ガス対策

通常、ガス対策は通気によって行う。以下に可燃性ガスの停滞原因について記す。

#### イ. 一時的な原因によるもの

##### ① 可燃性ガスの急激な増加

- ・地質条件の急激な変化
- ・採掘跡からの押し出し
- ・自然発火による乾留ガスの押し出し
- ・発破孔からの噴出
- ・発破に伴う噴出
- ・ガス突出
- ・岩石中の亀裂からの噴出
- ・崩落箇所からの噴出

##### ② 通気の停止又は風量の減少

- ・局部扇風機の停止、休止
- ・通気坑道の閉塞
- ・不注意による通気阻害
- ・通気施設の運転停止

#### ロ. 慢性的な原因によるもの

- ・通気施設の不完全
- ・局部通気施設の不完全
- ・通気施設の欠如
- ・自然通気力の減少

#### ハ. 特殊な原因によるもの

- ・貫通先からの流入
- ・他箇所からの流動

#### ・ボーリング孔からの噴出

主要坑道においては十分通気量が確保されているため、ガス突出の場合を除いては通常総排気におけるガス濃度は1%以下となる。しかし、掘進坑道のように袋坑道となっている箇所や、メタンが軽いという特徴により天盤際にはメタンガスが停滞しやすく、爆発災害が発生する危険性がある。また、台風などの低気圧襲来時にはガスが坑道内に湧出し易くなり、このような場合もガス爆発の危険性が生じる。

局部通気の方式として吹き込み式と吸い出し式が用いられるが、局部通気に一度使用した空気の一部又は全部が再び元の局部扇風機に吸い込まれてその局部を循環する、いわゆる車風\*の状態はガス濃度の増加につながり危険なので、局部通気の管理を適切に行うことが重要である。

精密可燃性ガス検定器あるいは可燃性ガス自動警報器及び集中監視装置を適切に使用することにより、ガスの存在を確実に把握し通気によるガス排除を行うことにより、ガス災害を防止することが出来る。

ガス突出のおそれがない場合でも、石炭からメタンガスが分離し易い場合には、ガスが多量に湧出してくる場合がある。この場合は通気量を確保して希釈する方法が一般的であるが、通常の気流中で0.5%を超える場合には何らかの処置を講ずる必要がある。湧出箇所が局部的である場合には覆工でガス湧出を押さえ込む方法やガス抜きボーリングを行いガス吸引して気流中に出てくるガスを抑える方法がある。この方法によって気流中のガスを低減させている場合であっても前述のとおり日常の気圧の変動によりガスが湧出してくることがある。この様なガス湧出量が増加する場合の対処方法としては、ガス吸引量を増加させ気流中へのガス湧出を低減させる。

スポット的なガスゾーンもあり、また、気圧変動で気流中のガスが増加する場合があるので、電気機器を使用している場合には電気工作物を防爆としなければならない。またガスが1.5%を超えた場合には、直ちに後方の電気工作物には電源遮断出来るようにインターロックをかける必要がある。

#### b. 火源対策

各火源に対する対策を以下に記す。

##### 1. 発破

坑内には可燃性ガスのが存在する場合があり、坑内で使用される火薬類がこれらの可燃物に着火し、ガス爆発の着火源となる可能性がある。従って、炭鉱爆薬は検定の安全度試験に合格したもので、発破が正常な状態で、正常に反応すれば、メタンガスに着火する可能性は極めて低くなる。

\* 局部通気等において、空気が循環することを言う。切羽でガスが発生する場合、循環によりガス濃度が徐々に高くなる危険性があるために、一般に車風は避ける必要がある。

## 四. 電気

電気エネルギーの着火源としては、電動機械類と付帯電気機器・電力配線網や坑内監視制御・通信電子機器等において正常運転中、又は事故時に発生する電気火花（スパーク、アーク）が代表的なものである。電気火花については、ガスの濃度が十分であること、着火源のエネルギーが十分であること（最小着火エネルギー：0.28mj）、ガスとの接触時間が十分であること、の3条件が満たされると着火源としての能力を持つ。

最小着火エネルギーが非常に小さい値であることから、電力線や電気機器等の正常時、又は事故時に発生する火花は、周囲のガスが爆発限界にあれば、ほぼ全て着火爆発すると考えられる。従って、可燃性ガスの湧出の恐れがある坑内で使用する機器は、原則として防爆構造とする必要がある。

## ハ. 静電気

炭鉱における静電気は、ビニール風管への粉塵気流の送入、プラスチックフィルムの剥離、ビニールシートへの粉塵気流の衝突など、物体の接触、摩擦、分離等に伴って発生する。また、発生した電荷の漏洩もある。電荷の蓄積は次のような要因に影響される。

### 物体の電気抵抗率

電気抵抗率は物体の絶縁性に大きく関係し、蓄積された電荷の保持能力を左右する。従って、同一の帶電条件下において、電気抵抗率の大きな粉体は、帶電量が大きくなる。

### 粉塵濃度

粉塵濃度が大きくなると、粒子相互間や周囲物体との接触、摩擦、分離など帶電の機会が増え、帶電量は大きくなる。更に粉塵濃度が大きくなると、粒子の運動が制限されて、帶電の機会が減少し、また、電荷が漏洩し易くなり、粉体の帶電量は小さくなる。

### 粉塵の流動速度（気流速度）

気流速度が大きくなると、粒子の動きが大きくなり、帶電の機会が増えたり、他物体への衝突エネルギーが大きくなり、これに伴う衝突界面の温度上昇により電荷の発生が容易になって、帶電量が大きくなる。また、更に気流速度が大きくなると、粒子の動きが制限されて、粉体の帶電量は小さくなると考えられる。

### 物体の剥離速度

物体の剥離速度は、接触界面での電荷移動により形成される電気二重層が分離したときの電荷発生に影響する。剥離速度は、剥離時の物体の機械的ゆがみの大きさや接触界面の電気二重層の中和に影響し、剥離速度が大きくなると帶電量は増大し、その後飽和する。

### 相対湿度

相対湿度は発生した電荷の漏洩に関係し、高湿度の雰囲気では電荷の漏洩が大きくなる。

ガス爆発は着火による酸化反応帯が拡大することにより、爆発が伝播する。ガスの着火性に影響を与える要因には次のようなものがある。

## 放電持続時間

放電持続時間は、ガスと着火源（放電火花）の接触時間を意味する。これが長いと粒子周辺に爆発性混合気が形成し易くなり、長いほど供給エネルギーが大きくなつて混合気の着火が起りやすくなる。

## 放電エネルギー量

放電エネルギー量は、ガスに与えられる総熱エネルギー量であり、ガス爆発が発生するには、ある一定量以上の放電エネルギーが必要である。爆発に必要な最小エネルギー量、すなわち最小着火エネルギーがガスの着火を検討する際の重要なファクターとなる。

## 放電エネルギー発生率

放電エネルギー発生率は、ガスに与える単位時間当たりの熱エネルギーであり、これが小さいと、着火源とガスの接触時間が長くとも（つまり、供給エネルギー量が大きくても）、着火が起らぬこともある。

## 物体の帶電電圧

物体の帶電電圧は、放電火花の発生に大きく影響し、電極間隔に対応した電圧に達しないと放電火花を発生しない。一方、帶電電圧が非常に大きいと、放電火花に伴つて大きな衝撃波が発生し、電極近傍で粉塵雲が発生し着火しないこともある。

ガス爆発の着火源となりうる静電気の発生と特性は、これまで述べてきたとおりであるが、ガス爆発を防止するには、静電気の発生を防止することが重要である。このためには、以下の項目があげられる。

- ・ 「JIS M 7102ビニール加工布風管」及び「静電気災害防止対策とその技術解説」（鉱業労働災害防止協会発行）に規定されるような帶電防止機材の使用とその接地管理
- ・ 帯電量及び接地の定期検査

坑内においては、ビニール風管、エアージェット、ビニールシート、局部扇風機などが多く使用されている。これらを使用する時は、風管やエアージェット、圧気管、圧気ホース等に粉塵やパイプスケール等が混入しないよう注意しなければならない。また、風管先端部では、粉塵の掃除や散水を行うことも効果的である。風管先端部はビニールシート類から隔離し、粉塵の衝突を防止するとともに、風管速度はできるだけ10m/s以下にするとか、風管の曲がり、絞りを少なくし、局部的な風速増大を抑制することも必要である。

帶電防止機材を使用している時は、帶電防止性能の劣化のチェックを的確に行う事が必要である。帶電防止機材や導電性機材を使用していても、風管の金属リング、金属部材などは、断面積 $2\text{ mm}^2$ 以上の金属線を用いて堅固な接地をすることが必要である。絶縁されている金属には電荷が溜まりやすいので、十分な接地を行わなければならない。

シート類を設置してある個所では、粉塵気流の衝突を防ぐほか、散水や水噴霧を行うことも効果的である。雷管の取り扱い時には、人体帶電を防止する必要がある。このため、帶電防止服や帶電防止靴を着用するとか、雷管に触れる前に両手を大地や接地した金属物に触るなどの注意を怠ってはならない。

以上のように、坑内で静電気が発生する作業には各種あるが、帯電に至る現象の回避、着火源となるような放電を防止することが重要である。

## ニ. 自然発火

自然発火については（5）自然発火の項に記載する。

## ホ. 摩擦火花

過去のガス爆発事例で、その原因が摩擦火花によると推定されている事例を挙げる。

- ・鉄柱回収時にコッタ（楔形固定金具）をハンマで打撃
- ・トラフ（鉄製樋）に鉄柱を流す
- ・軽合金製ケースのドリルをコンベヤ上に落下
- ・逸走炭車の脱線、衝突
- ・送風機のケーシングにブレードが接触
- ・送風機に異物が飛び込む
- ・ピックで岩盤や合盤を切削
- ・カッターピットで炭層の合盤を切削
- ・岩盤が崩落した場合
- ・空気充填の際、充填パイプから岩石が飛散

坑内作業において打撃や摩擦による熱あるいは火花のパターンは種々あり、下記のとおり分類される。

- ・切削摩擦
- ・回転接触
- ・落錘打撃
- ・高速打撃
- ・かすめ打撃

個体に摩擦や打撃を与えると機械的エネルギーの一部が熱に変換されて温度の上昇や火花の発生となり、発熱量や熱発生量の絡みで物体が小さい場合や尖った場合にはその部分の温度が著しく上昇し着火源となりうる。特に、発生した小さな粒子が化学的に活性である場合（たとえば鋳鋼板上にアルミニウム部材が落下したときの火花等）、酸化反応によって $2,500^{\circ}\text{C}$ にも上昇し白熱粒子がメタンガスに容易に着火する。

摩擦によって発生する熱や火花が可燃性ガスに着火する要因としては

- ・動力機械で動く物体例えばホイルの回転速度
- ・接触物体の押しつけ力
- ・摩擦させる物質の性状

等がある。

岩石と岩石、岩石と鋼、鋼と鋼等の場合、速度が一定の場合押しつけ力が大きい程、また、押しつけ力が一定の場合回転速度が速い程着火しやすい。

打撃摩擦によって着火する要因として以下のものが挙げられる。

#### **打撃角**

打撃角については角度が大きくなるほど、すなわち面に対して垂直になるほど着火率は低くなる。滑り摩擦が小さくなるためと考えられる。

#### **可燃性ガスの組成**

摩擦火花の可燃性ガスへの着火に関してはメタンガスの場合最適着火ガス濃度は6.4 %である。

#### **打撃エネルギー**

一般的に打撃エネルギーが増せば着火率も増加する。

#### **打撃を受ける物体の表面の粗さ及び形状**

被打撃面の粗さ及び形状と着火率との関係は、素材のままの面が高い着火率をあたえる。

また、鋸びた表面とか鋸が吸湿している場合高い着火率となる。

#### **打撃物体の材質あるいはその表面組成**

打撃物体の材質あるいはその表面組成と着火率の関係は、一般に金属としては、アルミニウム、マグネシウムの合金、岩石では、石英質の砂岩が着火しやすい。また、アルミニウム、マグネシウムの活性を抑制するために亜鉛やベリリウム等の金属を軽合金に添加すると着火しにくくなる。

以上のこと考慮に入れて摩擦火花を出さないように対策を施すことが重要である。

### **(3) 酸欠**

(2) のガス爆発の項で可燃性ガスの停滞原因について詳しく記述したが、特記点については以下の通りである。

ガス突出等の非常時には酸欠状態となり呼吸困難になり死に至る場合がある。単なるガス突出が起きた時に間近に酸素供給設備があれば助かる場合があり、切羽及び入排気の分岐まで適当な間隔で酸素供給設備、脱出用に簡易救命器を準備しておく必要がある。

昇り坑道で扇風機が停止したりして通気がとれていらない場合に、空気より軽いガスの溜まりができるでそこに人が入り込んだときに酸欠状態を起こす。これは地下において適当な通気がない場合に、空気より重いガスが下に溜まり酸欠状態を起こす事と同様である。局部通気の管理を確実に実施するとか、禁柵するとかの処置により事故を起こさぬようにする必要がある。

### **(4) ガス障害**

通常の通気が確保されている場合は問題ないが、坑内火災、ガス爆発、発破等により一般とは異なるガスが発生してくる場合があり、それらのガスは微量であっても有毒なガスがあり、死に至る場合がある。

炭鉱の場合、一酸化炭素に対しては COマスクの携帯が義務づけられている。また、一酸化炭素中毒対策が主な目的であるが、坑内の退避所には籠城のための救急バルブ、酸素ボンベが、退避のための簡易救命器が準備されているので、緊急避難的行動はとれるようになっている。

#### (5) 自然発火

炭層露出部分がある場合、適当な空気供給がなされると自然発火が起こることはよく知られている。炭層が露出していない場合でも、ガスが多いからガス抜きをするという手法は普段から用いられるが、この場合にガス管理を誤ると石炭が介在する場合自然発火を誘発し、状況によってはガス爆発につながる場合もあるので注意しなければならない。

従って、坑道の気流中にはCO、温度、煙等のセンサーを取り付けるほかガス吸引管にもCOセンサー等を設置し、集中監視する必要がある。

#### 4.1.2 建設機械

地下施設の建設を行うに際して掘削、ずり積み、運搬、支保工等の各工程で使用される建設機械には、多くのメーカーがあり多種多様の機械装置が製作されている。ここで現状の法規制によると

- ①「可燃性ガスが爆発の危険のある濃度に達する恐れのある個所」において、「電気機械器具（電動機、変圧器、以下省略）を使用するときは、当該ガスに対してその種類に応じた防爆性能を有する防爆構造電気機械器具でなければ使用してはならない。」（労働安全衛生法第280条）

と規定しており、電気機械器具の使用には制約が設けられている。しかし、ディーゼル駆動の建設機械装置に係る規制は見受けられず、

- ②「視界の保持」（労働安全衛生規則第387条）では、視界が排気ガスにより制限される場合には換気・散水等により視界を保持しなければならない

とされ、ディーゼル駆動機器の使用を前提とした規定が設けられている。また、

- ③「発火具の携帯禁止等」（安衛則第389条）では、可燃性ガスの測定の結果、可燃性ガスが存在するときは、作業の性質上やむを得ない場合を除き、発火具を隧道内に持ち込むことを禁止しなければならない。
- ④「退避等」（安衛則第389条の八）では、隧道内部の可燃性ガス濃度が爆発下限界の値の30%以上であることを認めたときは、労働者を退避させ、火気その他火源となる恐れのあるものの使用を停止させ、通風・換気等の措置を講ずること。

と規定されているにすぎない。従って、規則上では、可燃性ガスの湧出する恐れのある隧道掘削工事に際しては施工計画に、調査、点検、ボーリングによるガス抜き、警報装置の設置等の保安処置を網羅し、それに基づく建設機械の使用であればディーゼル駆動機械でも使用しても構わないとになる。

##### 4.1.2.1 建設機械の適用限界

堆積岩層中に地下施設を建設する本検討では、石炭層の介在を想定し、炭鉱などの坑内における可燃性ガスとされている「メタンを主成分とするガス」（JIS記述）を想定しなければならない。メタンは、炭鉱では坑内湧出ガスとして一般的に検出されるものであり、他の可燃性ガス（一酸化炭素、エチレン、プロピレン等）とは量的な差が著しく大きく、また水素に次いで比重の軽いガス（比重0.55）である。

メタンは、坑道内壁より湧出した後は浮遊しながら坑内通気により希釈され、排気坑道を後方に移動する。充分な風速が確保されていれば、湧出時の高濃度ガスが気流により拡散・希釈され、早い段階で爆発濃度範囲を経て低濃度域に至るが、低風速状態、または天盤の窪み等があった場合などは高濃度のまま浮遊、滞留していることがあり非常に危険な状態が発生する。またメタンの着火エネルギーは0.28 mjという非常に微小なエネルギー量であり、坑内で使用する電気機械器具はその殆どが火源となり得る。なおCH<sub>4</sub>ガスの最大爆力濃度は9.5 %であり、爆発濃度範囲は5~15 %であることから、全ての建設機械の適用限界は爆発下限界濃度5 %の30 %（労働安全衛生規則）にあたる1.5 %が適用限界と規定されている。

この様に一旦湧出した可燃性ガスは、湧出個所が最大濃度であり後方に行くに従って低濃度となる傾向にあることから、掘進現場から排気坑道にかけてが警戒区域として設定され、掘進機械の選定も自ずから制約を受けることとなる。

ここでディーゼル駆動の建設機械を想定し、可燃性ガスの湧出する恐れのある掘進現場に適用した場合の具備事項を検証すると、以下の点が挙げられる。

- ①メタンの発火温度は537 °CであることからJISの規定では、防爆電気機器の表面温度は450 °C以下と規定されている。また更に炭塵が付着・堆積することがある場合は150 °C以下としなければならない。ディーゼル機関を使用した場合、排ガス温度も含めてこの温度条件を満足すること。
- ②仮にガス突出等の異常事態が発生した場合に備えエンジン停止、機関冷却等が即座に、かつ自動的に行えること。
- ③可燃性ガス濃度が1.5 %以上となったときは、その風下側の個々に稼働している全ての建設機械が一斉に停止できること。

以上の条件は、可燃性ガスの湧出する恐れのある掘削現場及びその後方排気坑道で使用する場合のディーゼル駆動建設機械の絶対条件になるものと考えられ、実際に使用可能な建設機械は存在しない。なお、我が国の炭鉱における防爆型ディーゼル駆動機械装置の現状は、入気坑道で使用されるディーゼル機関車が唯一製作・使用されているのみであり、掘削現場及びその後方の排気坑道で使用に供されているものはない。また海外においては、唯一アメリカのJOY社製炭鉱防爆型ディーゼル式コールホーラー（石炭運搬車）を、柱房式採炭現場並びに沿層掘進現場での使用に向けて試験が始まった段階であり、他の国では日本と同様入気坑道のみに限定して使用されている状況にある。

#### 4.1.2.2 適用限界以上のガスが存在する場合の問題点と対策

##### (1) 問題点

次に、可燃性ガス濃度が1.5 %以上の濃度となった場合の影響を想定すると、

- ①防爆構造電気機器といえども本質安全防爆構造（後述）以外の防爆構造電気品は送電を停止しなければならないことから使用不能となる。
- ②通気や換気のための作業のみ行うことが可能であるが、一般労働者は労働者は退避しなければならない
- ③換気用扇風機は、可燃性ガスの混入した排気が直接電動機等に触れる構造のものは使用できず、押込通風扇風機、又は軸流プロペラファン等の電動機別置型扇風機による吸出し通気設備に依るものでなければならない。

なお、鉱山保安法の対応について付記すると、石炭鉱山では坑内の換気坑道は入気と排気に分かれており、掘進現場を界としてこれを通過した気流は「排気」と呼ばれる。複数の掘進現場があった場合、一つの掘進現場を洗浄してきた戻り風は、地上の扇風機に至る途中で他の掘進現場の戻り風と合流する。先の掘進現場からこの初めの合流点迄を1次排気と呼び、特に可燃性ガスに対する警戒を行う個所となり、次の排気合流点までを2次排気と呼ぶ（以下同じ）。また、可燃性ガスが存在する場合の防爆構造電気機器の適用限界は、本件と同様に1.5%であるが、電気設備等の火源が無く保安技術職員が付き添い作業を行う場合は、2.0%まで労働者の就業が可能となる。

## （2）対策

かつてガス山と呼ばれた北海道の内陸炭坑では、地下1,000m超の深部区域で、ところによつては先進ガス抜きボーリングの孔内より自噴ガスが減衰するのを待つての掘進作業が行われていた。近年の石炭採掘に係る経済性評価により、その存在意義を失つて消滅したが、可燃性ガス湧出環境下において安全操業を継続した点でその保安管理体制が評価されるものである。

可燃性ガスによる事故防止には、「可燃物の処置」と「火源の管理」に大別されることは言うまでも無く、この2者がもし接触しなければ大事に至らなかつたであろう事例は数多くある。

適用限界以上のガスが湧出する恐れのある個所で建設機械を使用し、掘進作業を行う場合の対策とインターロックの具体例を以下に記す。

- ①隧道入口より坑内で使用する建設機械は、入気、排気坑道の如何を問わず防爆構造電気機械器具とする。但し例外として、換気用扇風機を停止しても自然通気圧により換気が行われ、ガス湧出が認められず、かつ掘進現場の気流が漏出してこない完全な入気坑道については、緩和することが可能である。
- ②掘削現場から排気坑道にかけての1次排気坑道内において使用する建設機械は耐圧防爆構造により製作された電気機器を搭載する建設機械とする。
- ③排気坑道で使用する防爆構造電気機器は、可燃性ガス自動警報器他によりインターロックする。なお、可燃性ガス自動警報器は本質安全防爆構造のセンサーとし、その電源部

は入気坑道に置くものとする。

次にインターロックの具体例を以下に示す。

①掘進現場の排気坑道一次排気内に防爆型電気機器を設置する場合には、監視者の下での付き添い運転が必要条件であり、必要と判断したときは直ちに電源を遮断出来るような設備計画を行わなければならない。しかし、これによつても不断の監視は不可能である為、可燃性ガス自動警報器とのインターロックを実施する。

また当該個所では、同所に吹込む局部扇風機とのインターロックを行う。

- ②排気坑道（2次排気以降）に電気品を設置する場合には都度、可燃性ガス自動警報機とのインターロックを行う。
- ③通気、大気圧変動時に可燃性ガスの湧出する恐れのある個所の風下側に電気品を設置した場合には、不時のガス湧出に備えて可燃性ガス自動警報機とのインターロックが必要となる。
- ④地上に設置する換気用扇風機が不時停止した場合に備えて、坑内全電気製品のインターロックを行う。

以上の対策を基本とするとともに、以下の事項も併せて行う必要がある。

- ⑤坑内電気品に係る地絡検出装置の整備、及び遮断機能の維持
- ⑥可燃性ガス自動警報器作動の際の警報装置は、エアー駆動サイレン等の電動以外の安全な警報装置を使用する。
- ⑦隧道掘削作業に従事する労働者は、防爆型安全電灯を常時着用して作業し、異常時の対応を常に心掛けておく。
- ⑧可燃性ガスの状況を常に把握しておく必要があることから、掘削現場の直近より排気坑道後方にかけて本質安全防爆構造により製造された集中監視センサーによる連続監視を行う。

また、以下の機械装置については、電動機と機械装置の間に液圧を介すことにより、電動機等の電気製品は入気側に置き、機械装置は掘削現場で稼働可能としたもの、及び圧縮空気利用エンジンを用いて機械装置を駆動している例を示す。

- ⑨液圧駆動ロードヘッダー
- ⑩液圧駆動施杵機械
- ⑪圧気動ハンマー（搾孔機）
- ⑫圧気動排水ポンプ（揚程5 m、容量0.2 m<sup>3</sup>/min程度）

#### ⑬圧気動モーター利用による各種機械装置（50馬力程度までは汎用）

機械装置の動力源として圧縮空気も多用され、本質安全防爆構造の圧気開閉電磁弁と、圧気動モーターやシリンダー等の動力変換機構との併用により各種の自動化機械装置が考案され、坑内で安全に使用されたことも一考に値する。

- ・エアーホイスト
- ・エアー駆動ベルトコンベア
- ・エアー駆動サイドダンプローダー etc

#### ⑭油圧駆動巻上機（数百馬力まで対応可能）

### 4.1.2.3 建設機械の防爆仕様

防爆構造電気機械器具とは、「電気機械器具防爆構造規格」(告示)により規定された構造規格であり、平成5年改定のJIS C 0930～0935にその詳細が反映されている（付録E参照）。防爆構造の種類は、新JISでは下記に記す6種類が規定されたが、旧JISにおける挟隙防爆構造を特殊防爆構造に含んだことにより、呼称としては7種類を呼ぶことがある。

なお、従来の（旧）JISは、「炭鉱用防爆構造」と炭鉱以外の工場その他事業用の「工場防爆構造」に分けられており、規格上でも若干の差異があったため炭鉱では工場防爆構造の製品を使用することは出来ず、逆もまた同様であった。しかし現在の（新）JISでは規格の統一が図られ、「炭鉱用の防爆電気機器」と「炭鉱以外の工場その他事業用の防爆電気機器」について共通の防爆構造が規定され、その中で、炭鉱用とその他工場用のグループに分かれている。また、平成5年度のJIS改定では、従前の（旧）JISも有効な規格として存続が図られたため、従前に設計・製作された防爆構造電気機器も当分の間その製造及び使用が認められている。

防爆構造電気機器に付いては、製造を目指すメーカーが検査機関による検定を受けねばならず、その手続きはメーカーが構造規格に基づき設計・製作を行った上「個別検定」、「型式検定」の別に申請書類の提出を行い、指定検査機関の検定を経て合格となる。構造規格の種類により、耐圧防爆構造、内圧防爆構造、本質安全防爆構造の3種類については安全性が高く坑内全般で使用可能であるが、挟隙防爆構造、油入防爆構造、安全増防爆構造については設置場所が限定されているので注意を要す。また検定に当たって検査機関の付した「使用条件」により設置方法、点検基準等が付帯しているので事業主はこれらの維持管理体制を組織する必要がある。

電気機械器具防爆構造規格には現在6種類のあり、以下の構造ごとに定義がなされている。

#### ①耐圧防爆構造 例：開閉器、制御器、かご形誘導電動機、扇風機等

全閉構造であって、可燃性ガスが容器の内部に侵入して爆発を生じた場合に、当該容器が爆発圧力に耐え、かつ、爆発による火炎が当該容器の外部のガスに点火しないようにした構造をいう。

- ②内圧防爆構造 例：巻上機の制御装置を一括製作する場合等に適用  
容器の内部に空気、窒素、炭酸ガス等の保護ガスを送入し、又は封入することにより、当該容器の内部にガスが進入しないようにした構造をいう。
- ③安全増防爆構造 例：液体抵抗器、巻線型誘導電動機  
電気機械器具を構成する部分（電気を通じない部分を除く）であって、当該電気機械器具が正常に運転され、又は通電されている場合に、火花若しくはアークを発せず、又は高温となって点火源となるおそれがないものについて、絶縁性能並びに温度の上昇による危険及び外部からの損傷に対する安全性を高めた構造をいう。
- ④油入防爆構造 例：開閉器、変圧器、ヒューズ函  
電気機械器具を構成する部分であって、火花若しくはアークを発し、又は高温となって点火源となるおそれがあるものを絶縁油の中に収めることにより、ガスに点火しないようにした構造をいう。
- ⑤本質安全防爆構造 例：計測用センサー、  
電気機械器具を構成する部分の発生する火花、アーク又は熱が、ガスに点火するおそれがないことが点火試験により確認された構造をいう。
- ⑥特殊防爆構造 例：B L用蓄電池  
上記5種類に規定する防爆構造以外の防爆構造であって、ガスに対して防爆性能を有することが確認された構造をいう。（挿隙防爆構造を含む）なお、特殊防爆構造については厳密に構造規格があるものではなく、都度の申請により試験・審査を行い安全を確認する構造をいう。

卷末添付資料の日本工業規格を参照

## 4.2 地下施設の操業時におけるガスの影響と対策

地下施設の建設時における可燃性ガスの影響と対策については、ガス湧出の事象が掘進現場に最も多く発生することから、ここに対策の重点を置いて言及した。

一方、地下施設の建設が終了し既存坑道を使用して行われる試験研究の段階では、可燃性ガスの要警戒個所は建設段階に認められた下記のような個所に集約されるものと考える。

- ①建設時にガス湧出が認められた個所
- ②石炭層に接近して掘削した個所
- ③ガス抜きボーリングによりガス抜きを実施し、その湧出量減少からガス誘導を停止した  
ガス抜きボーリング孔
- ④建設時に断層を貫縫して掘削を行った個所
- ⑤掘削後の時間経過を経ても地山の安定が認められない個所

これらの箇所では、大気圧変動や緩慢な緩み域の進行によって可燃性ガスが湧出することがあり、またコンクリート覆工等を実施した個所では、ガス源から湧出したガスが覆工壁の裏側を伝って流動し、実際の湧出地点とは掛け離れたコンクリートの接合部や亀裂等の個所から湧出してくる場合があるので注意を要する。

また、操業時の作業といえども以下の作業に付いては建設時と同様に可燃性ガスの湧出を警戒し、保安対策を講じなければならない。

- ⑥調査のためのボーリング作業
  - ・特に地層の解明がなされていない個所において行われる場合
  - ・石炭層又はこれに接近して行う場合
- ⑦新たな坑道を試験的に掘削する等の作業

本章では以上の様なガスの湧出に対してその影響を検討する。なお、ガスと調査・計測機器の関係のうち、危険性の認識については前章で「可燃物」と「火源」との視点から記述したとおりであり、本章ではガスと調査・計測等の研究機器の相互の影響について検討を行なう。

### 4.2.1 ガスが調査・計測機器に及ぼす影響

ガスが調査機器に及ぼす影響については、以下の点を想定しなければならない。

- ①石炭層を挟む堆積岩層から湧出するガスは、一般的にはメタンガスを主成分とする可燃性ガスであり「炭鉱ガス」とも呼ばれている。このメタンを含む気流は、通常状態では1.5 %以下の状態に換気・維持されていなければならず、この状態にあれば一般的な計測

機器等に対しては、あまり影響のみられるものはない。しかし、例外的に赤外線CO分析計などの光学機器においては、被測定ガスにメタンや炭酸ガス等が混入している場合などは干渉ガスとして作用し、測定に誤差を生じることがある。

②可燃性ガスによる危険性を回避するために電気品を全て防爆構造電気機器とした場合、重量物の取扱い作業、機器の特性等により、一般工事とは異なった積算を行なわなければならない。

- 防爆構造電気機器は、ケース重量が加わることにより小型機器であっても数十～数百 kgの重量となり、取扱いは不便なものとなる。
- 防爆型照明設備等では、一般の機器に対し照度は低下することから設置数量の増加を考慮しなければならない。
- 可燃性ガスの存在する雰囲気中で使用される計測機器等に対しては、都度の防爆検定を受けなければならず、設計一製造一検定と期間もかかり、かつ高額な機器となる。

③計測機器の防爆構造への適用化改造では、従前保有していた機能を全て防爆構造に適合できない場合が多くあり、計測作業上の制約が生まれる可能性がある。

- パソコン等の坑内設置に際し耐圧防爆構造の容器に収納しキーボードの接続部を改造した事例があったが、プリンターの設置は断念した。
- ストレインゲージ等を用いた計測器では、連続計測をあきらめて可搬式の測定器を防爆構造とし、巡回計測とした事例がある。（現在は可能かもしれない）
- 無線通信機を炭鉱坑内で使用したいとの要求により、かつて無線電波が石炭層に及ぼす着火性について研究が行なわれたが、245 KHz以下の周波数について安全性が確認され、周波数の制約がかった。

#### 4.2.2 調査・計測機器がガスに及ぼす影響

本研究施設において使用される調査・計測機器にどの様な機器が使用されるか判明していないが、一般的な計測機器には防爆構造の設計は行なわれていない。従って上述のとおり、これらの機器を防爆ケース等に収納し、ケースから外部に出るセンサー部分に特殊設計を加えて防爆機能を満足させる等の加工を施して使用されるのが一般的である。これらの防爆構造に適合を図られた機器は、使用する側として、その使用条件を満たして使用する限り問題となる事項は発生しない。

#### 4.2.3 調査・計測機器の適用限界とガス量の関係

研究施設における調査・計測機器の使用は、その使用環境が仮に「可燃性ガスが爆発の危険のある濃度に達する恐れのある個所」の場合には、防爆構造による計測機器を使用しなけ

ればならないし、また計測機器の適用限界も掘削段階における可燃性ガスの警戒濃度（CH<sub>4</sub>=1.5%）がそのまま適用されてしかるべきである。この適用限界については、海外炭鉱のケースでは更に厳しい濃度管理を行なっているところもあり、中国の例では1.0%が電源遮断濃度と規定されている。

#### 4.2.4 適用限界以上のガスが存在する場合の問題点と対策

可燃性ガスが適用限界以上に湧出することを想定しなければならない研究施設における問題点は、ガスの湧出を自動的に検出し電源を遮断する保安上の処置が、調査・計測作業の連続性を損うという点にあると考える。この対策として以下を提案する。

- ①可燃性ガスの湧出する恐れのない坑道と、その他の坑道の区別を行ない入気坑道、排気坑道として区分し、電気機器は原則として入気坑道にのみ設置するものとする。
- ②地下施設の配電系統は、気流の流れと同じ経路を辿って負荷に至るものとし、やむを得ず途中にガス湧出個所が存在する場合は、ガス自動警報器によりインターロックを行うこととする。
- ③計測機器は、本質安全防爆構造のセンサー部と、本体部に分離した構造とし入気坑道に本体部を、排気坑道にセンサー部を設置してガス雰囲気中でも連統計測を可能とする。
- ④あらゆる条件下においてもガス湧出の可能性のない個所を特定し、この範囲に限って非防爆品を使用することとし、その範囲は以下の条件を満足する個所とする。
  - 坑道周囲の地質状況が解明されていること。
  - 大気圧低下時に換気用扇風機を停止しても、可燃性ガスの湧出を認められないこと。
  - 年間の季節変動を通じて、換気用扇風機を停止しても通気の逆流現象の発生しない個所であること

## 4.3 地下施設の建設、操業段階を対象とした通気システム概念の構築

### 4.3.1 通気システム概論

#### 4.3.1.1 地下構造物における通気の必要性

地下構造物においては、地上構造物と異なり大気に開放された出入り口が限られており、地上構造物のように窓やドア部からの大気への漏風が無いため、閉鎖回路・空間と考えることができる。このため地下の空気の挙動は、地下構造物全体のダイナミックな空気の流動と言う概念で捉える必要がある。

ここで、地下構造物における通気の目的は、大きく以下の2つからなる。

##### (1) 作業環境の維持・改善

地下空間や回路に人間が存在する場合、その呼気に必要な新鮮な空気を供給するとともに、機器運転等の生産活動、維持作業に伴って発生するCO<sub>2</sub>、CO、粉塵等の人体に有害な物質を除去または希釈し、人間が活動できる環境を維持する必要がある。また地熱や機械熱等による温度上昇と地層から湧出する水や散水等による湿度の上昇を抑え、作業環境を改善する必要がある。さらに、適度な風速は体感温度を下げる効果がある。

##### (2) 保安の確保

地下構造物では地上構造物と異なり、災害が発生したときに容易に脱出することが困難である。それは地上までの退避路が災害による有害物質の通路となるために限られ、また災害の発生により設備が損傷を受け、退避方法が限定される場合が多いこと、またのために退避時間がかかり、人体が有害物質の影響を受けやすくなるためである。ここで、災害が発生したときは空気は非定常状態となり、予想外の挙動を示すことが多いことを認識しておく必要がある。

#### 4.3.1.2 通気システムの概念

##### (1) 自然通気と強制通気

地下構造物では上記の通り全ての立坑、坑道、空間等において空気の流動が必要となるが、これらを通気的な回路として何らかの力学的なエネルギーで空気の流動を促す必要がある。仮に地下構造物が大気と坑内を繋ぐ2本の立坑を含む回路で構成されている場合、それぞれの立坑を満たす空気の比重が異なると、回路の空気の流動を促す力が発生する。これが自然通気圧であり、一般には坑内の地熱や機械熱による温度の上昇や、水蒸気の増加やガスの混入等による空気比重の減少に起因する。これに対しファンの吐出口と吸込口に発生する圧力差等の機械力をを利用して強制的に坑内各所の空気を流動させるものが強制通気である(図4.2参照)。

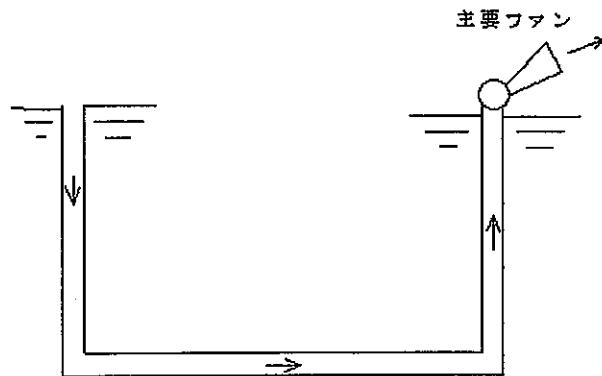
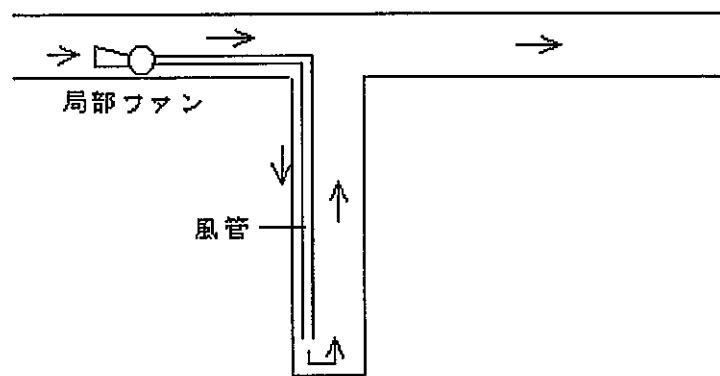


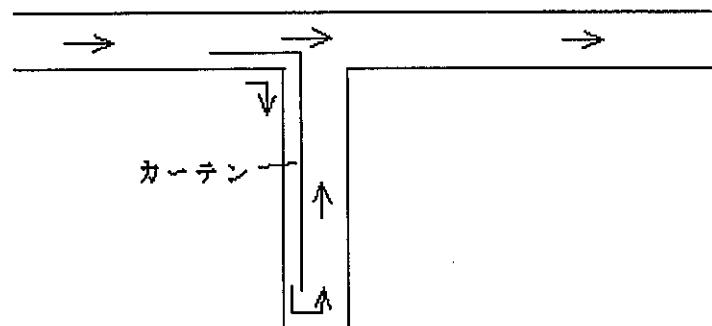
図4.2 主要ファンによる強制通気概念図

## (2) 主要通気と局部通気

強制通気は、坑内の排気回路または排気回路の坑口にファンを設置し、坑内全体の通気を行う主要通気と、掘進中の1本坑道のようにそのままでは空気が流動しない箇所に小型ファンやカーテン(プラティス)等により局部的に通気を行う局部通気がある(図4.3 (a)、(b)参照)。



(a) 局部ファンによる局部通気



(b) カーテンによる局部通気

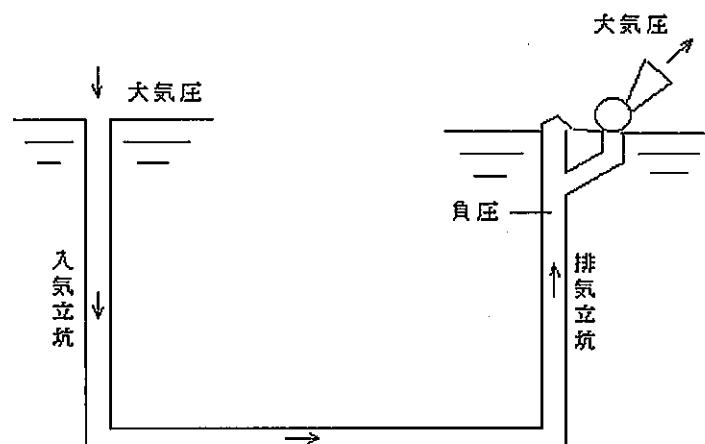
図4.3 局部通気概念図

### (3) 吸出通気と押込通気

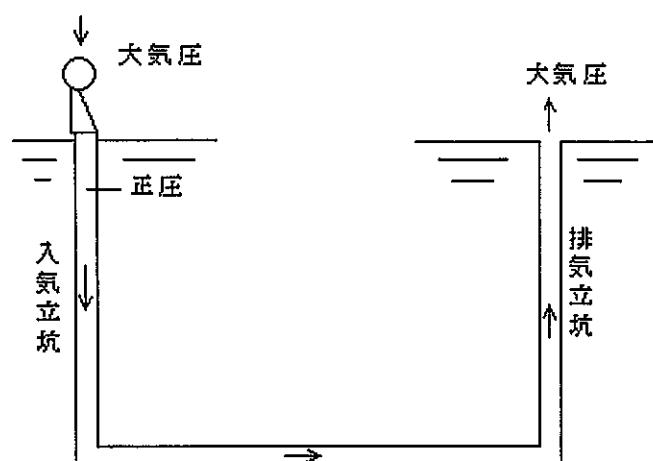
強制通気のうちファンにより空気を吸い出す吸出通気では負圧環境となり、ファンにより空気を押し込む押込通気では正圧環境となる。吸出通気環境下においては坑内の有害物質を除去・隔離する事ができるほか、自然通気圧を利用して空気を循環させることも可能となる(図4.4 (a)参照)。また押込通気の場合は新鮮な空気を必要箇所に直接供給することができるが、ファンが運転しているときに発生が抑制されているガスが、ファンの停止時に湧出を促すことになる(図4.4 (b)参照)。

実際の地下構築物の通気方法においては、人間の作業環境等の坑内環境管理目標によって、上記のような通気方法が組み合わさって全体としての通気システムが構成される。

なお、鉱山保安法規では、主要ファンは爆発によるファンの損傷を避けるため、坑道の延長線外の坑外に設置することが義務づけられている。



(a) 吸出通気の概念図



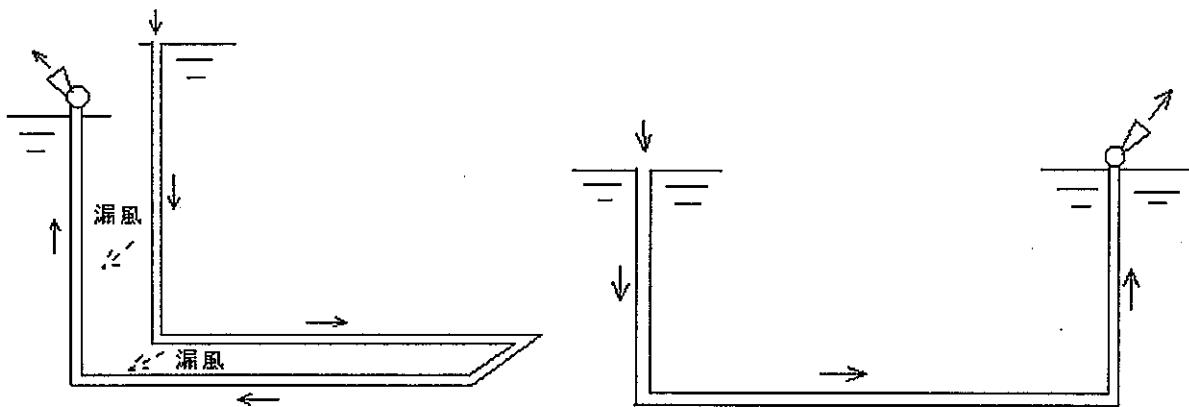
(b) 押込通気の概念図

図4.4 吸出通気および押込通気概念図

#### (4) 中央式通気と対偶式通気

入気坑口と排気坑口が近接している場合、入気は坑内を循環後、隣接した入排気坑道や立坑を通過して坑口から排気される。これを中央式通気と称する。入気坑道と排気坑道を隣接して構築する理由は、立坑の建設位置に制限がある場合や、掘進の容易さに依存することが挙げられる。中央式通気の場合、隣接坑道や立坑間での漏風により、通気圧や風量が有効に利用できること、また地層中に炭質物等を夾んでいる場合、漏風により自然発火が発生する危険性がある。また、立坑から最終通気必要箇所まで2本の坑道を要し、掘進距離が長くなる等のデメリットもある。

これに対し、入気立坑から通気必要箇所を通り、排気立坑から排気する通気法を対偶式通気と称する(図4.5 (a)、(b)参照)。



(a) 中央式通気概念図

(b) 対偶式通気概念図

図4.5 中央式および対偶式通気概念図

#### (5) 補助ファン通気

吸出式または押込式主要ファンで長距離の坑道や通気抵抗の大きい坑道に通気を行う場合、ファンの能力が極大化する場合がある。このため負圧が大きくなり、通気設備コストの増加、負圧による坑内ガスの湧出、自然発火発生の危険性等が生じる。このため、坑内の坑道に補助ファンを設け、主要ファンの負荷軽減に寄与する通気方法が採られることがある。補助ファンを設置した場合、補助ファンの吸込口側は負圧、吐出口側は正圧となり、主要ファン吸込口側で再び負圧となる(図4.6参照)。

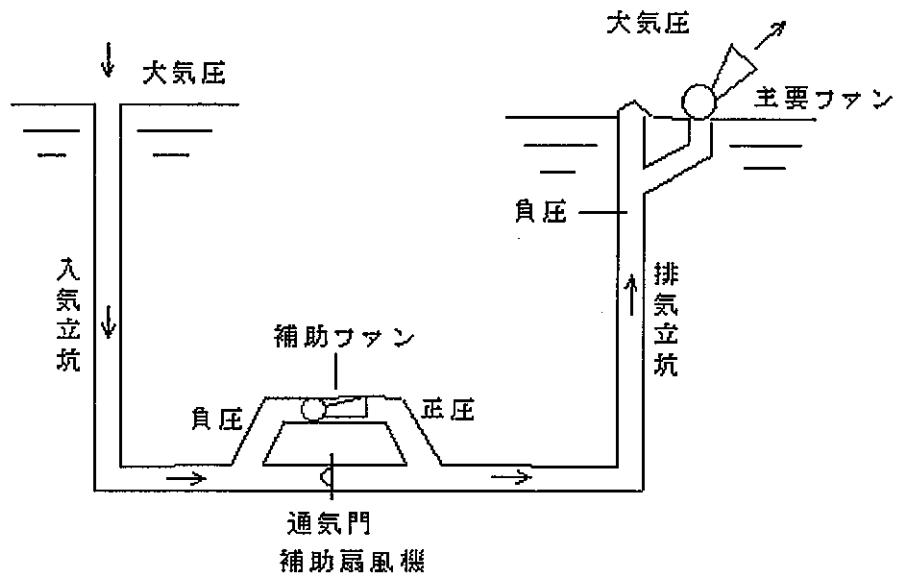


図4.6 補助ファン通気概念図

#### (6) 通気制御

建設中や操業中の普通の状態(定常状態)においては、坑内の環境は、大気の季節的な温湿度や気圧の変動、また坑内の自然状況の変化に大きく左右されることなく、坑内全体の空気の挙動を一定に保ちながら必要な箇所に必要な量と風速の空気を供給する必要がある。また掘進の進展や坑道の貫通等による通気的イベントが生じた場合、特定箇所の坑内環境を求める状況とするために、坑内外に設置されたファンや通気回路上の通気門などの通気設備を適正な状態に調節することが必要である。

さらにこれらの通気制御は、災害等の異常事態が発生した場合に重要な役割を果たす。地下(坑内)で発生する可能性のある重大災害には、坑内火災、異常出水、爆発、ガス突出、坑道崩壊などがあるが、機器の故障や大地震も災害に繋がることがある。もとより災害の発生は全て予知し、発生を防止するための十分な対策が施されなければならないが、発生原因には予見不可能なものもあり、万が一災害が発生したときの早期発見、初期対策、災害拡大防止、退避、復旧等の対策を事前に検討し、坑内設計に反映させる必要がある。特に退避路と退避時間を確保するための通気制御が重要となる。

#### 4.3.1.3 通気システム構築手法

坑内の通気回路(坑道)や空間を通る空気の量(通気量)は、基本的には通気力(ファンの能力－特性と自然通気圧からなる)と坑道の抵抗(坑道壁面との摩擦抵抗－摩擦係数・坑道断面・長さの関数、曲がり抵抗、抵抗物等によって定まる)から求められる。従って、地下構築物の通気システムの構築に当たっては、通気の目的、位置、必要風量、管理区分、骨格構造等の当該地下構築物の特徴から、どのような通気手法を採用するかを決定する必要がある。同時に災害の発生等非定常時の空気の挙動も考慮に入れ、通気の挙動制御が可能なシステムとする必要があると考えられる。

近年、コンピュータ技術の発達により、坑内の空気の挙動を簡単にシミュレートできる通気網解析解析技術が向上し、多くのケーススタディーを容易に行うことが可能となってきた。通気網解析では、定常時の風量解析や熱環境解析、また火災時等の非定常状態における空気(煙やガス)の挙動の解析を行うことができる。従って、通気網解析技術の有効活用により、建設段階の各ステップや操業時の通気システムが一貫しており、通気設備の変更や設備費、電力費等を考慮し、合理的且つ建設コストをミニマイズするような最適通気システムの選定と、綿密な防災対策検討の上に、通気計画を策定する必要がある。

### 4.3.2 深地層の研究施設の通気的特徴

#### 4.3.2.1 自然通気圧の影響

大気と坑内から形成される落差のある2本の通気回路において、それぞれの通気回路を流れる空気の比重量が異なるとき、自然通気圧が発生する。従って、回路の落差と、大気温度と坑内の地熱や機械熱等による坑内温度との差が大きいほど自然通気圧は大きくなる。この時、地下構築物全体で考えれば、水平坑道の部分の大きな鉱山等においては坑内全体に通気を行うための通気力に対し自然通気圧の影響は相対的に小さくなる。しかし、深地層の研究施設の地下施設のように立坑部分の比率が通気回路全体に対し大きい場合には、自然通気圧の影響は大きい。

この時、地下深部の地温は一定であるが大気温度は季節変動があるため、自然通気圧も季節で変動し、風量の変動や場合によっては風向きが逆転することもあり得る。また坑内温度は湿度の影響(潜熱の影響)も受けるため、坑内環境を適正に維持するためにはファンの能力制御や通気門の抵抗制御など、こまめな通気制御を行う必要がある。

#### 4.3.2.2 湧出ガス対策の必要性

メタンガス等を主体とする可燃性ガスの発生が予想される地域においては、定常時の湧出ガス濃度を規制濃度以下とする必要があり、風量はガスを十分に希釈するのに必要な風量となる。しかし吸出通気を行っている場合に、低気圧の接近等による気圧低下はガスの湧出を促進し、気流中ガス濃度の上昇をもたらす。このため、通気システムの設定と必要風量の設定に当たっては、このことを考慮する必要がある。

また、坑道掘進時等においては、亀裂の発達やガス圧によるキャップロックの破壊により、地層中に胚胎するガスが突出することもあり得る。突出ガス量が多い場合には、発生箇所近辺の人間は窒息死亡に至ることがある。また爆発限界濃度内のガスが存在し、これに何らかの原因で着火すれば、ガス爆発を生じる。このため通気システムの選定に当たっては、湧出ガスを安全な濃度まで十分に希釈できる風量が必要であると共に、万が一災害が発生した場合に通気制御による災害の拡大防止も念頭に置いて検討を行う必要がある。

#### 4.3.2.3 自然発火対策の必要性

地層中に炭質物が夾在する場合、掘進による地山の応力再分配等により炭質物を含む地層に亀裂を生じる事がある。炭質物に適度な量の空気が供給されると酸化反応により蓄熱し、自然発火に至ることがある。特に坑内の通気抵抗が大きく、大きな圧力差で通気が行われている場合に、亀裂内への空気の進入は容易となる。

自然発火を防止するためには、炭質物と空気の遮断、炭質物の除去、冷却等状況に応じた対策が必要であるが、通気的観点からは坑内の通気抵抗を小さくし、通常は小さな圧力差で空気が流動するような通気システムを選定する。

#### 4.3.2.4 不特定多数の入坑者対策

本施設の特徴に、不特定多数の入坑者対策が挙げられる。一般に地下構築物の建設段階においては、入坑者は特殊教育を受けた経験者が殆どで、一般の人々が入坑する場合には引率者が入坑者の行動を制御でき、十分に安全であることが保障される範囲に限られる。本施設の場合、不特定多数の入坑者の通気的検討事項としては、定常時には呼気を確保できる必要通気量の確保、及び良好な坑内環境の確保の問題があるほか、仮に災害が発生した場合に十分な保安教育と経験を有しない一般の人々の退避路と退避時間を確保するための通気制御システムが重要な要素となる。本項目については、それぞれの建設段階から操業段階までのステップごとに十分な検討が為される必要がある。

### 4.3.3 通気システム概念の構築

それぞれの地下構築物に最適な通気システムは、建設段階から操業段階までその構築物の状態によって異なる。従って、本項で地下施設の通気システムを検討するにあたり、対象とする状況を建設段階の通気的イベント毎とし、最終段階は建設工事竣工後の操業段階とすることが適切である。このことにより、各通気的イベントにより通気システムの変更が行われるとしても、基本的な通気システムが変更されることは通気設備コスト、工事工程からも好ましくない。

即ち通気システムは、建設開始時点から操業時までを通し、一貫した基本通気システムのもとに各通気的イベントに合理的に対応できるシステムを検討すべきである。

本項では、建設段階、操業段階を通した通気システムの概念について述べ、最後に建設段階と操業段階の具体的な通気システム概念に言及する。

#### 4.3.3.1 基本通気システムの選定

定常状態においては、入坑者が坑内のどの区域に立ち入るかにも依るが、基本的に常時新鮮な入気環境にいられることが望ましい。そのためには発生した有害物質は可能な限り直ちに入気から隔離して排気されるシステムを採用することが適切である。この場合主要通気システムは押込方式でも吸出方式でも対応可能であるが、本施設はガスの湧出が予想されることから、主要ファンが停止した場合に坑内の気圧が上昇し、ガスの湧出が抑制される安全サイドの観点から、また入気立坑側に押込ファンを設置すると資機材や人員の入昇坑の際に通気門の開閉が必要となることから(上述の通り入気側からの入昇坑を前提とする)、排気主要ファン方式が有利である。また主要ファンを坑外に設けることにより、主要ファンの管理が容易で、災害が発生したときも設備の損傷を防止できる、原動機は防爆構造不要、と言ったメリットがある。

しかしながら、主要ファンの非常用電源切り替えが可能、且つ故障の場合も直ちに予備ファンへの切り替えが可能な場合、坑内の気圧を定常的に高くすることによってガスの湧出を抑制することによるメリットも考える必要があり、さらに検討を要する。

#### 4.3.3.2 災害時の通気制御の考慮

非定常状態、即ち災害が発生した場合、入坑者の安全な退避路の確保と退避時間の確保のため、通気制御が可能なシステムとする必要がある。通気制御は主要ファンの運転停止・逆転、通気門の開閉等により行われるが、災害の内容及び発生箇所により様々な条件が存在するため、いかなる災害にも対応できるような通気制御が可能なシステムを検討する必要がある。

主要な通気回路を流れる空気の速度は場所及び風量により異なるが、入排気立坑や研究坑道を流れる空気の風速は退避速度に比べて十分に早いことが予想され、また災害の種類と発生箇所によっては定常状態での入気環境が維持できる保証はなく、退避ルートを限定できな

い。また坑外まで歩行により短時間に退避するのは現実的ではない。さらに災害により昇降装置が作動を停止する可能性は高い。従って、いかなる災害が発生した場合でも安全な入気環境が存在しうるか、また通気制御によりそのような環境を確保できるかが検討の焦点となる。なお、鉱山保安規則では多数の作業員が就業する区域に空気の供給が可能な避難所(救急センター)の設置を義務づけていることも考慮する必要がある。

一般論として、入排気系統が各1系統(アクセス立坑ー入気、通気立坑ー排気)の場合、例えば災害に火災を想定すると、入気系統で発生した火災のガスフロントは容易に坑内全域に回り、安全箇所は火災発生点の入気側のみとなる。この場合、場所によっては逆流も予想されることから、火災ガスフロントの流動前に通気制御により流動を抑制し、安全箇所を確保するのは容易ではないと考えられる。

米国の石炭鉱山保安法規では、採炭切羽の坑道本数は最低3本とし、そのうち1本は新鮮な入気環境にある退避路(escape way)としなければならないと義務づけられている。実際の米国の掘進坑道本数は、2本が5%、3本が53%、4本が42%という比率になっており、2本の場合は監督官庁である鉱山安全衛生局(Mine Safety and Health Administration)の特別許可が必要とされている。これは災害発生時の退避路確保の目的と共に、切羽にガス及び粉塵を希釈・除去するのに十分な風量を確保し、且つ風速を押さえることにより粉塵の発生を抑制することも目的としている。さらに通常の入排気系統以外に、作業箇所から坑外に通じる入気環境にある退避路の確保も義務づけている(図4.7参照)。

豪州においては州毎に鉱山保安法規が定められ(特に炭鉱数の多いNew South Wales州やQueensland州等)、特に坑道本数に関する明確な規則は見られないが、通気速度と必要風量、ガス濃度等に関する規制値が定められている。このため実際は、自然発火抑制のために採掘区画を分離しなければならない場合等の特例を除き、殆どの炭鉱で最低でも2本の掘進坑道が必要となっている。

また最近の高層ビル等の機密性が高い建築物においては、換気系統が入気(空調)系統、排気系統、排煙系統の3系統から構成されていることがある。

このように通気系統が3本以上の場合、通気回路は複雑化するものの、通気制御により安全箇所を発生させることが可能なケースは増加する。今後、骨格構造の設計の際には、上記の観点から十分な検討を行う必要がある。

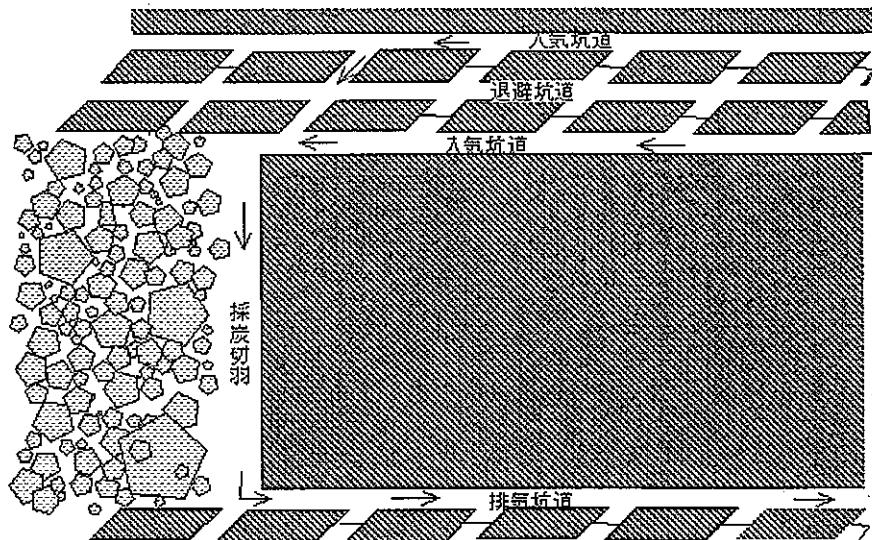


図4.7 米国の採炭切羽の3本坑道通気方法

#### 4.3.3.3 通気方向の検討

日本の石炭鉱山(甲種)においては、長壁式採炭切羽が傾斜を有する場合、通気方向は深部側から浅部側とすることが鉱山保安法規で定められている。反対方向に流す場合(下向通気)は鉱山保安監督局(部)からの特別許可が必要である。これは可燃性ガスが空気より軽く天盤に沿って浅部側に流動し易いために、可燃性ガスの排除がし易い昇通気が有利なためである(図4.8(a)、(b)参照)。

地下構築物がスパイラル坑道や斜坑等により構成され、ガスの湧出が予見される場合は、その湧出量や濃度を考慮しつつ、適切な通気方向と通気量を設定する必要がある。

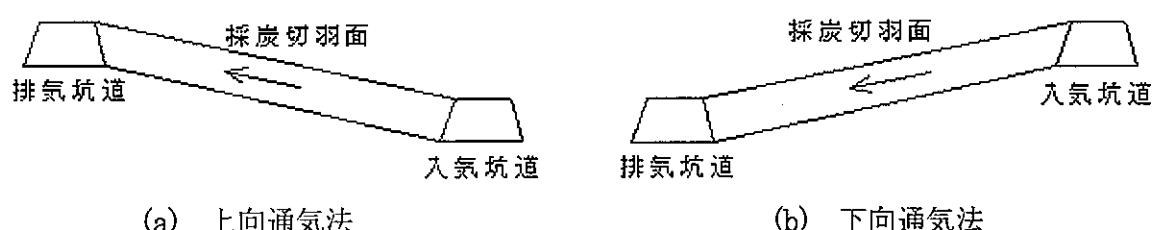


図4.8 上向通気および下向通気法模式図

#### 4.3.3.4 必要風量の検討

##### (1) 土木分野における必要風量の算定方法

トンネル等土木工事における必要通気風量(換気量)は以下の項目により算出される<sup>3)</sup>。なお、ここでは出典に準じ、「必要通気量」の代わりに「必要換気量」と言う表現を用いる。

###### a.自然発生ガス・酸素欠乏空気のある場合

$$\text{必要換気量 } Q_1(m^3/\text{min}) = \frac{\text{可燃性ガス湧出量 } VG(m^3/\text{min})}{\text{管理目標濃度 } E_m(\%)} \times 100$$

$$\text{必要換気量 } Q_2(m^3/\text{min}) = \frac{\text{酸欠空気酸素濃度 } C(\%) \times \text{酸欠空気湧出量 } V_{sa}(m^3/\text{min})}{\text{供給空気酸素濃度 } C_a(\%) - \text{酸欠空気酸素濃度 } C(\%)}$$

###### b.発破を使用する場合(排気式の場合)

$$\text{必要換気量 } Q_3(m^3/\text{min}) = \frac{\text{換気係数 } K \times 1 \text{ 発破あたりの有害物質発生量 } V(m^3)}{CO \text{ 管理目標濃度 } \alpha(50 \text{ ppm}) \times \text{所要換気時間 } t(\text{min})}$$

ここで、K : 排気方式の場合0.4

$\alpha$  : COの管理目標濃度50 ppm

###### c.ディーゼル機関を使用する場合

$$\text{必要換気量 } Q_4(m^3/\text{min}) = \text{総定格出力 } H(\text{PS}) \times \text{定格あたりの換気量 } q(m^3/\text{min} \cdot \text{PS}) \\ \times \text{稼働率 } \alpha$$

ここで、ショベル系 :  $q=2.2 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{PS}$ 、稼働率 0.2~0.3

ダンプ系 :  $q=0.8 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{PS}$ 、稼働率 0.4~0.5

その他機械 :  $q=0.8 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{PS}$ 、稼働率0.15~0.2

ディーゼル機関を使用する場合の必要換気量の算定根拠は、COよりもNOが多く発生し、NOの管理目標濃度50 ppmを安全に希釈するには2倍の換気量が必要としている。またこの計算式からは、必要換気量(通気量)は坑道断面に依存しないことになる。

###### d.吹付けコンクリート施工の場合

$$\text{必要換気量 } Q_5(m^3/\text{min}) = \frac{\text{切羽付近での粉塵発生量 } Mg(mg/\text{min})}{\text{管理目標濃度 } E_m^*(mg/m^3)}$$

ここで、 $E_m^* = \frac{2.9}{0.22 \times \text{遊離珪酸含有率} S_i (\%) + 1}$  と表され、通常  $2.4 \text{ mg/m}^3$  の数値を用いる。

ただし、粉塵発生量  $Mg$  については機器や吹き付け条件により異なる。また必要換気量は断面積に依存せず、粉塵発生量を  $2,500 \text{ mg/min}$  とするといかなる切羽でも  $Q_5 = 1,042 \text{ m}^3/\text{min}$  となる。このため小断面切羽では坑内風速( $0.3 \text{ m/sec}$ )を確保すると言う指針に準拠し、小さい方の値を用いているのが実態である。

#### e. 呼気による汚染の場合

汚染対象ガスを  $\text{CO}_2$  として以下のように設定されている。

$$\text{必要換気量} Q_6 (\text{m}^3 / \text{min}/\text{person}) = 3$$

#### f. 温熱対策としての換気を行う場合

$$\text{必要換気量} Q_{7a} (\text{m}^3 / \text{min}) = \frac{\text{高温岩盤等からの発熱量} H (\text{kcal/h})}{\text{空気の低圧比熱} C_p (\text{kcal/}^\circ\text{C}) \times (\text{送気温度} \theta_0 - \text{管理温度} \theta_t)} \\ \times \frac{1}{60 \times \text{空気の比重} \gamma (\text{kg/m}^3)}$$

ここで、 $C_p = 0.24 \text{ kcal/h}$

$H$ ：坑道壁面、掘削硬及び湧水からの放熱量  $H_g$ 、 $H_z$ 、 $H_w$  の合計値である。

また発熱の大きい機械類がある場合は、

$$\text{必要換気量} Q_{7b} (\text{m}^3 / \text{min}) = \frac{59 \times \text{機械類の動力} W (\text{kW})}{\text{管理温度} \theta_t - \text{送気温度} \theta_0} \times \text{空気への熱伝達比率} \phi$$

ここで、 $\phi$  は機械の大きさや形状、坑道断面積、地盤の温度と熱伝達率などで異なるが、概略的には  $\phi = 0.5$  とする。本係数については、三井鉱山エンジニアリング(株)<sup>4)</sup>によても経験的な手法より  $0.5$  の値が示されている。

必要換気量  $Q$  は、以上の必要換気量  $Q_1 \sim Q_{7b}$  のうち最大値  $Q_{max}$  と作業員1人当たりの呼気換気量  $Q_6$  の合計値で計算される。

このうち本施設において重要な要素となる項目は、 $Q_6$  の可燃性ガスの希釈に要する必要換気量と  $Q_5$  の吹付粉塵に対する必要換気量と思われる。また地熱の状況によっては  $Q_{7b}$  も重要な要素となる。但し坑内の温度は、乾燥空気分圧のエンタルピーと水蒸気分圧のエンタルピーの和から求められるものであるため、熱環境解析による評価が必要である。

## (2) 石炭鉱山での必要風量の考え方

石炭鉱山においては、鉱山保安法規で1人当たり $1\text{ m}^3/\text{min}$ の空気の供給が義務付けられているが、実際には湧出可燃性ガスの希釈が風量算定上最も重要なファクターである(豪州Western Australia州の法令では $0.1\text{ m}^3/\text{sec}$ の例もある)。切羽の適正環境を維持するために、 $10\sim15\text{ m}^2$ 程度の断面積の坑道掘進切羽においては一般的に $200\sim300\text{ m}^3/\text{min}$ の風量が必要とされるが、切羽断面が小さい場合に風速が大きいと粉塵の発生原因になること、また作業員の体感温度を表すカタ度が風速に依存すること等を考慮し、総体的な観点からの必要風量設定を行っている。

豪州New South Wales州の鉱山保安に関する州令では、コンティニュアス・マイナーによる掘進切羽においては $4\text{ m}^3/\text{sec}$ 以上、長壁式採炭切羽においては $10\text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の必要風量が義務づけられている。また粉塵発生抑制のため、風速は最大 $2.5\text{ m/sec}$ 以下に押さえるように指導されているほか、ベルトコンベアの設置された坑道では風速 $1\text{ m/sec}$ 以下とするよう義務づけられている。実務上は、これらの風速制限の中で最大限の風量を確保するように設定されており、通常掘進切羽では $300\text{ m}^3/\text{min}$ 以上、採炭切羽では $1,500\text{ m}^3/\text{min}$ 以上が確保されている。

本施設においても、当該箇所へのそれぞれの通気の目的を鑑み、適切な必要風量の設定を行う必要があると考えられる。

### 4.3.3.5 必要設備能力の設定

上述の項目に従い通気システム及び必要風量の設定が行われた場合、次に通気施設の能力の算出を行う。この時、通気を行うのに必要なファンの能力、通気門の開放度合い等の算出を行う。この時考慮すべき重要な事項は、季節変動や非常時の空気挙動を加味して、通気制御を行うことができる能力を通気設備に与えることである。例えば本施設においては自然通気圧が大きく、絶対風量は季節により大きく変動することが予想されるため、主要ファンの能力は坑内の環境を適正に維持するに足る風量を確保し、且つ変動に対応できる機能を備えている必要がある。さらに、災害が発生した場合に大きく変動する空気挙動を制御し、目的の風量と風向を維持できる能力を有していかなければならない。

設備能力の設定に当たっては、適切な安全係数を乗じた能力とともに、過剰能力によるコストアップを押さえることが必要である。これらのファクターは目的に応じて大きく変動しうるものであり、4.3.2項で述べたような本施設の特殊性を考慮し、総体的な観点から安全サイドに立った適切な設備能力の設定が必要である。

### 4.3.3.6 補助的通気設備の検討

可燃性ガスは空気より軽いために坑道の天盤際に濃縮し易い。特に天盤付近に風が流動しにくい崩落箇所や凹凸がある場合、ガスの蓄積・濃縮が生じる可能性がある。これらの場合、小型ファンやエアムーバーによりガスを拡散させることが必要である。

#### 4.3.3.7 建設時の通気システム基本概念

風管は断面積が小さいために圧力損失が大きいが、特に坑道断面が小さい場合には掘削設備等の坑内設備との位置関係で断面積が著しく小さくなり、風量確保のために高出力高圧力のファンが必要となる(圧力損失は風管径の5乗に反比例する)。従って大風量を取り扱う場合には設備費、電力費、発熱等の面から非合理的な方法と言える。このため特に欧米の石炭鉱山の坑道掘進においては、建設段階の通気システムは、基本的には小型ファンと風管による局部通気が主体とならざるを得ない。

従って風管通気を行う場合は、切羽から直近の排気回路との連絡坑道に小型ファンを設置し、切羽まで風管距離をできるだけ短くして通気を行うこと、小口径の風管しか用いることが出来ず圧力損失が大きい場合には、風管を2本並列に用いたり楕円風管を用いて断面積を少しでも大きくするなどの工夫が必要である。また風管通気は漏風効果が大きく、通常漏風率は施工状況に依存するが100 m当たり1.5~3 %程度と言われ、切羽での必要風量以上のファン能力が必要となる。

建設段階においては、建設工事の進捗によって立坑の完成や坑道の貫通等の通気的イベントが段階的に発生する。従って上述の通り可能な限り風管による局部通気距離を短縮し、動的な通気制御が可能な坑道通気に段階的に切り替えていく必要がある(図4.9(a)、(b)参照)。

前述のように入坑者の良好な環境確保の観点からは、局部通気は吸出式とし、有害物質を隔離する方法が好ましい。近年、掘進機の切削部分に吸込口を設け、機体に設置した集塵装置で除塵した後、排気坑道に設置したファンまで風管で繋ぐ方法が一般的である。特に硬岩の切削のように粉塵発生率が高い場合には効果的である。

一方、ガス湧出が見られる掘進切羽においては、高濃度のガスが湧出した場合に、センサーがガスを検知しインターロックにより電源遮断が行われる前にファンが高濃度ガスを吸引する危険性があるため、炭鉱では一般的に押込通気が用いられている。この場合は作業環境が悪化する恐れがあり、防塵マスクの着用や風管吸込口前へのセンサーの設置等の工夫が必要となる。

吸出局部通気の場合、入気は坑道全体を流れてくるため風速が小さく、隧道工事における換気技術指針では最低0.3 m/sec、ガスがある場合は0.5 m/secを確保するとしているが、地熱や機械熱等のために切羽温度が高い場合は適切な作業環境とならない。このため坑道断面が十分に取れる場合は、吸出通気用風管と共に押込風管を併用し、切羽の作業環境を良好に維持する方法もある。また豪州や米国の一帯の炭鉱では、坑道の片側を布で仕切り、入気と排気を分離するカーテン(ブラティス)局部通気法も行われている。

このようにガスの湧出条件や坑道断面、距離等の条件により様々な局部通気方法が考えられるため、詳細な検討が必要である。

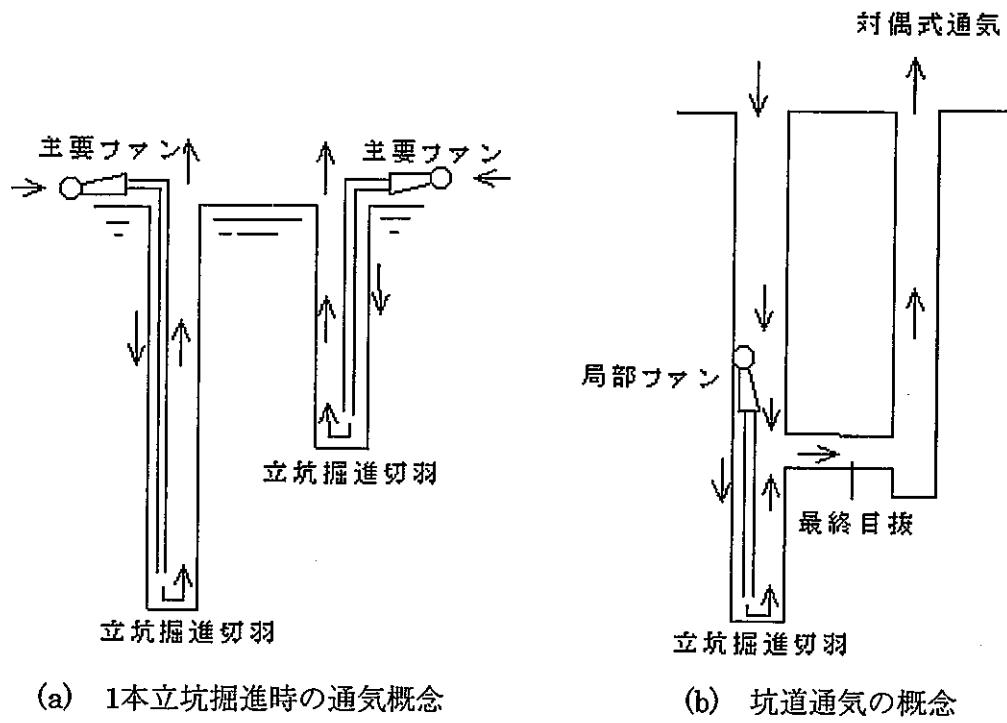


図4.9 建設時の通気概念図

#### 4.3.3.8 操業時の通気システム基本概念

建設段階が終了した状態では、基本的に立坑を含む主な坑道は通気回路を構成することになる。この場合、局部ファンと風管からなる局部通気は不要となり、坑道通気が主体となる。このため通気システムとしては比較的シンプルなシステムとなり、通気に要する動力や設備をミニマイズすることができる。

操業段階の通気システムは建設段階における強制的な局部通気と異なり、基本的には主要ファンのみで坑内全域の通気を行う必要があるため、最奥部や通気抵抗の高い箇所、またガス湧出が多い箇所等でも十分な風量を確保するためには、適切な箇所に通気門等の通気施設を設け、通気を制御する必要がある(図4.10参照)。

この場合、空気はファンと自然通気圧によって生ずる圧力差によって様々に挙動するため、常に坑内全体の通気バランスを確保しながら綿密な通気計画を立案する必要がある。なお、操業段階ではあっても研究坑道の設計によっては(例えば行き止まりの坑道等)局部通気を継続する必要がある。この時は、当該箇所でのガスの湧出状況や研究状況により必要風量を算出し、十分且つ適切な方法による通気設計を行う必要がある。

次に、非定常状態においては、その状態の発生原因や発生箇所によって空気の挙動は著しく異なる場合がある。例えば入気坑道で火災が生じた場合、火災熱による空気の膨張に伴って条件によっては入気坑道が空気の逆流現象を起こしたり、排気ファンを運転していても排気坑道が入気状態となることもあり得る。この時、主要ファンが定常状態の通気を行うのに最適な能力しか有していない場合、非定常状態によって生じる空気挙動を制御することができない。従って、主要ファンの能力はもとより十分な余裕を持って設計する必要があるが、

非定常状態の種類と規模を想定し、具体的な対策と共に適切な通気設備能力を設計しなければならない。通気制御方法としては、主要ファンの運転・停止・逆転、通気門の開放・閉鎖、補助ファン運転・停止・逆転、等が考えられ、様々な非定常状態におけるケーススタディーにより最適な防災対策と通気計画を立案する必要がある。

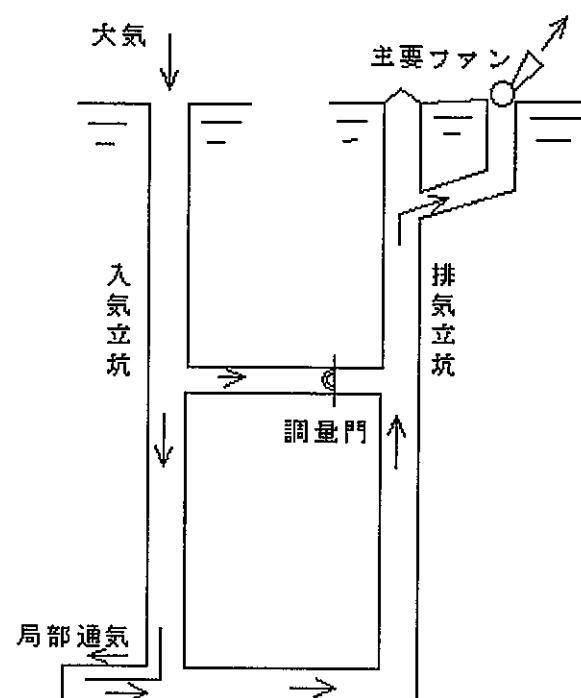


図4.10 操業時の通気概念図

## 4.4 課題の抽出

### 4.4.1 ガス誘導、監視対策上の課題

#### 4.4.1.1 ガス突出及びガス湧出に関する規格作成について

急傾斜地層における石炭採掘は、地表に露出する石炭の露頭線から採掘が進み、深部化・奥部化していく。しかし地下数百mに横たわる平らな石炭層を対象として新たに炭鉱開発を行った場合、かつて北炭の夕張新炭鉱がそうであったように、石炭を挟む堆積層のガス放出は相当多いと考えられることから、ガス誘導、監視等について対策を講ずる必要がある。

また、深地層への新たな自由空間展開は、頁岩層等の吸湿膨張性岩石に対し著しい影響を及ぼすものと考えられる。また過大な地圧による坑道変形等も想定され、支保及び保坑はもとより、ガス誘導、監視装置等でも新たな基準を定める必要がある。

ガス突出や盤圧の影響が、地下深度300~400 mを超えるあたりから顕著に出始める事は経験的によく知られている。

今まで述べてきたように自然条件即ちガスの湧出状況により対応が違ってくる。それには、研究所の建設区域の炭層地帯、ガス地帯、深度、断層地帯の諸々の自然条件をまず把握する必要がある。

ガス突出を考えねばならないのか、ガスの量は多いか少ないか、いずれにしても鉱山保安規則の保安規定に準ずるものを作成する必要がある。自然状況が把握できない段階にあっては、保安を優先して最大限の対策を講じておき、状況により小さな対策でも対応できる方策を考慮して作成しておく必要がある。

#### 1) ガス突出対応

先進ボーリング規格 (ネット\*、カバーロック残孔米\*\*)

ガス抜きボーリング規格 (ネット)

ガス吸引規格等の決定 (ガス自噴圧、ガス自噴量、ガス吸引濃度、ガス抜き期間)

#### 2) ガス対策

ガス抜きボーリング規格 (ネット)

ガス吸引規格等の決定 (ガス自噴圧、ガス自噴量、ガス吸引濃度)

\* 採掘(掘進を含む)前に、あらかじめ石炭層内のガス湧出状況を把握するため(先進ボーリング)、または炭層中に含まれるガスをあらかじめ回収する(ガス抜きボーリング)ため、炭層に向けて穿孔するボーリングの方位、長さ、本数等の状況(規格)を言う。

\*\* あらかじめガスの状況を把握またはガスを回収するために、坑道掘進方向に掘進に先行して長孔のボーリングを削孔する。このボーリングの長さに対して掘削可能距離を差し引いた距離をカバーロック残孔米(サンコウメートル)と言う。例えば、掘進切羽先20mまでボーリング孔がある場合は、5mを残し、15mまでは掘進可能となる。この5mをカバーロック残孔米と言う。

#### 4.4.1.2 試験研究装置の防爆化適合改造について

本文中で述べたとおり試験研究用計測機器は、可燃性ガスの雰囲気中においても使用可能とするため、防爆構造に変更・改造を行なわなければならない。この改造に際して、その機能・精度を保持したまま改造できればそれに越したことは無いが、経験的には精度の減退、機能の限定がつきものであった。従って、鉱山保安法の下においてさえも試験研究の用に供する機器については「特別許可」という制度により非防爆構造機器の使用の道を開き、坑内現場での使用に係る保安対策・人的管理により対応したのが実情である。

本試験研究では、防災上安全を確保し、精度・機能の充実した試験計測機器の確保が絶対条件と考えられることから、必要とする試験研究機材の種類、機能等の防爆化検討を早期に開始すべきと考える。

#### 4.4.2 通気上の課題

##### 4.4.2.1 地下施設の坑内骨格構造に対応した最適通気システムの設定

4.3項において、可燃性ガスの発生が予想される地下構築物の通気システム設定の概念について基本的な事項及び検討すべき事項について記載した。しかし実際の地下施設の通気システムは、対象となる地下施設の自然条件や、施設建設の目的や用途、また施設の形状等により種々のパターンが考えられ、多くのケース・スタディーを行って最適通気システムを設定していく必要がある。またこれらの検討は坑内設計と並行して、坑内設計に反映しつつ実施されるべきものである。

従って今後、本施設の通気システム検討のためには、ガス賦存量を把握するために、建設予定地の地質学的、地質工学的特性、有効間隙率などの岩盤特性、湧出ガス量と濃度、地下水に溶存して湧出してくることから地下水の湧出量、気圧変化により湧出量が変化するため地域の気象状況などを把握するとともに、坑内環境の管理目標値等の通気システム設定に必要なパラメータの設定を実施することが必要である。

##### 4.4.2.2 地下施設の防災システムの設計と坑内設計への反映

地下施設の最適通気システムの設定に当たっては、災害防止の概念、及び万が一災害が発生したときの災害拡大防止、人命の保護を目的とした非常常状態における通気制御が可能なシステムとする必要がある。

このためには想定する災害の種類、発生箇所の検討、防止対策、早期発見方法と監視体制、退避の基本的考え方、適用法規等について十分な検討がなされるべきである。しかしこれらのファクターは当該施設の目的や形状によって変動するものであり、施設の概念設計段階において並行的に且つ相互に反映させつつ、十分な検討を行う必要がある。

## 4.5 まとめ

深地層研究所に限らず地下一般の建設、操業におけるガスの影響とその対策について検討した。坑内の環境維持のための適正な通気システムの構築上の問題点と対策についてまとめた。以下に要約する。

### (1) ガス対策について

可燃性ガスが湧出する環境下での地下施設の建設時および操業時における問題点とその対策の一覧を表4.7に示す。使用機器にかかわらず適用限界ガス濃度1.5%以上では全ての作業を中止する必要があり、適用限界濃度以下でもガス濃度に応じて作業規制を設け、ガス突出、ガス爆発、酸素欠損、ガスによる障害および自然発火等のガスを原因とする災害が発生する可能性があるため、ガスの低減や使用機器の防爆化などのガス対策を実施し、ガス災害を念頭に置いて作業を進めていくことが重要であることがわかった。表4.8にはトンネルでのガス濃度別の作業規制の例<sup>6)</sup>を示す。

ガスの低減に関しては、存在するガスの絶対量の低減と通気量増加によるガス濃度の低下があり、現在の技術ではガス賦存状況や湧出状況を前もって正確に把握することはできないものの、工事着工前のガス抜きによりガス量を安全な基準値まで強制的に低減することは可能である。

ガスの監視・管理と並んで使用機器の防爆化など火源となり得るもの徹底した対策・管理が重要である。火源対策には、電気機器・発熱機器の防爆構造化の他に、着衣や空气中を飛び交う粉塵により帯電する静電気に対処するための綿製品の着用や湿度の保持、ハンマーなどの衝撃火花対策などがあり、火源となりうるもの全てに対策が講じられている必要がある。鉱山保安法を例にとると、検定対象品で実験的に安全性が保証されていなければ機器の使用は認められず、検定合格品であっても防爆機能が永久に保証されているわけではないので使用方法を守り点検や維持管理を怠らぬことが求められている。また、防爆機器を使用する場合の絶対条件としてインターロックがあり、ガスセンサーの性能試験、電気回路の遮断試験等を定期的に実施し、不断の安全管理を行わなければならない。

以上、可燃性ガスの湧出が想定される場合には、地下の自然状況・ガス状況をふまえた上で、ガス增加の危険性やあらゆる火源の可能性を念頭において一律的な方法でなく安全第一を主眼に効率的に作業を進めていく必要がある。そのためには、地下施設の計画段階から実際の工事・運営にいたるまで、全ての段階を通じてそこに従事する人全員の防爆に対する理解と認識が非常に重要である。

表 4.7 地下施設の建設時および操業時におけるガスの影響と対策

	問題点	坑内環境規制	作業規制	対策
建設時	建設機械によるガス災害 (ガス突出、ガス爆発、酸欠、ガス障害、自然発火)の発生	空気 3m <sup>3</sup> /min/1人 酸素 19%以上 炭酸ガス 1%以下 可燃性ガス 1.5%以下 気温 37°C以下 通気速度 450m/min 以下 [鉱山保安規則 <sup>2)</sup> ]	適用限界可燃性ガス濃度 1.5%以上 全ての作業禁止（濃度2.0%以下のガス検定など一部の特別作業は許可） 送電停止 労働者退避 適用限界可燃性ガス濃度 1.5%以下 低濃度でもガスがある場合は右欄に示すような対策が必要 [鉱山保安規則 <sup>2)</sup> ]	火源の除去 建設機械の防爆化 火源対策（発破、電気火花、静電気、自然発火、摩擦火花など） 発火具の携帯禁止 ガスの低減 ガス抜きボーリングによるガス吸引 通気量の増大 建設工法 発破工法（事前に電気遮断可能）の採用 保安設備 退避所、ガス自動警報器、電源遮断インターロック、酸素供給設備、簡易救命器などの設置 通気システム 独立分流排気坑道の採用
	ガスによる測定機器への影響（ガス検定器の誤差増幅、機器の腐食促進など）			
操業時	調査・計測機器によるガス災害の発生（特に建設時にガス湧出があった箇所） ガスによる調査機器への影響（調査機器の誤差増幅）	同上	同上	調査機器対策 調査機器の防爆化（不適合機器の取扱いが問題） 電気機器（電源部）は入気坑道へ設置 ガス自動警報器によるインターロック ただし、新規のボーリング削孔や新規の坑道掘削時は建設時と同様の対策が必要

1) 石炭坑ではメタンガスが対象

2) 鉱山保安法の規定に基づき、及び同法を実施するために制定された規則

表4.8 ガス濃度別作業規制<sup>5)</sup>

ガス濃度 (vol%)	規制事項	処置
0~0.25	平常作業	
0.25~0.5	火気使用禁止（一次警戒）	発生源調査、測定回数増加、換気改善
0.5~1.0	作業中止退避（二次警戒）	自動警報装置作動、換気設備の増強
1.0~1.25	退避	自動検知による濃度測定
1.25以上	電源遮断	自動電源遮断装置作動、入坑禁止

## (2) 通気システムについて

地下構築物においては、地上構築物と異なり大気に開放された出入口が限られており、地上構築物のように窓やドア部からの大気への漏風が無いため、閉鎖回路空間と考えることができる。このため地下の空気の挙動は、地下構築物全体のダイナミックな空気の流動と言う概念で捉える必要がある。

地下構築物の通気システムの概念としては、ファンの吐出口と吸込口に発生する圧力差を利用して強制的に坑内各所の空気を流動させる強制通気に、温度差と落差によって発生する自然通気から構成される。本施設では、大気温度と坑内温度（地熱や機械熱）の差が大きく、また立坑部分の比率が通気回路全体に対し大きいために、自然通気圧の影響が大きいと考えられる。

本施設の通気システムの選定にあたっては、坑内を正圧とするか負圧とするか、入気環境をどのようにして維持するかなど様々な観点から検討する必要がある。建設および操業中の通気システムには、

- 坑内全体の空気の挙動を一定に保ちながら必要な箇所に必要な量と風速の空気を供給して大気の季節的な温湿度や気圧の変動等に左右されない坑内環境（定常状態）の創出
- メタンガス等を主体とする可燃性ガスによる様々な災害の発生防止
- 地層中に炭質物が夾在する場合の空気の圧力制御による自然発火の発生防止
- 掘進の進展や坑道の貫通等による通気的イベントに対する通気制御
- 災害が発生した場合（非定常状態）の退避路と退避時間を確保するための入排気系統デザイン（配置、本数）と通気制御

が求められ、定常状態だけでなく非定常状態における様々な災害ケースにおいても通気制御が可能な設備能力を設定し、綿密な通気・防災計画を策定する必要がある。近年、通気システムと防災システムの検討には、多くのケーススタディーを容易に解析することが可能な通気網解析が一般的に使われている。

建設時の通気システムは、局部扇風機と風管による通気が主体となるが、風管は極めて圧力損失が大きく、風量確保のために高出力高圧力のファンが必要となる場合には設備費、電力費、発熱等の面から非合理的な方法と言える。従って、風管通気の距離を最短とするような通気回路が取れるように、建設工程を考える必要がある。局部通気には様々な手法があり、

目的に応じた手法の選定が必要である。

建設が終了した段階では、局部ファンと風管からなる局部通気は不要となり、立坑を含む主な坑道を通気回路とした坑道通気が主体の比較的シンプルな通気システムとなり、通気による動力や設備を最小化できる。

操業段階の通気システムは、建設段階における強制的な局部通気と異なり、主要ファンのみで坑内全域の通気を行う必要があるため、最奥部や通気抵抗の高い箇所やガス湧出が多い箇所等でも十分な風量を確保するためには、適切な箇所に通気門等の通気施設を設け、通気を制御する必要がある。この場合、空気は、ファンと自然通気圧によって生ずる圧力差によって様々に挙動するため、常に坑内全体の通気バランスを確保しながら綿密な通気計画を立案する必要がある。操業段階における通気システム模式図を図4.11に示す。施設は、入出および避難用坑道として入気坑道を2本配置し、ガスの排出に有効な上向き通気ができるように排気側を高く配置した構造としている。主要ファンは、管理が容易で災害時の損傷を防止でき防爆構造の必要もなくなることから排気坑道外に設置し、通気制御の観点から停止および逆転ができ、非常時に応じるように非常用電源や予備ファンへの切替可能な構造とする。深度が深いことから避難通路を安全空間として確保するとともに、坑道内には独立した換気・照明設備と外部との通信手段を備えた一次退避所を設け、ガス溜りには小型ファンやエアムーバーを設置する。

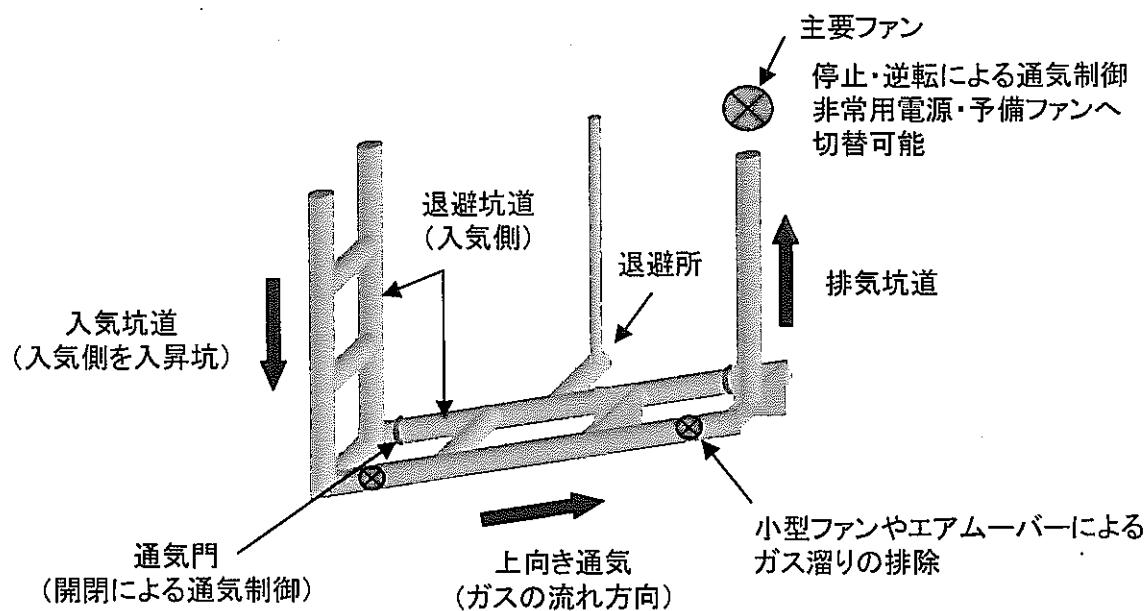


図4.11 操業段階における通気システム模式図

## 5. 地下施設概念の検討

深地層の研究施設を「一般の人々が実際に見て体験できる」研究施設として計画するにあたっては、できるだけ多くの人々が入場でき、広く一般の人々を含めて社会に深地層の研究施設への理解を深めてもらうことができる安全で開かれた施設であることが望まれる。本章では、地下施設の大部分あるいは一部について、建築基準法を適用せずに労安法や鉱山保安法に基づき「何らかの入場制限の下での入場者に開かれた施設」とする場合、もしくは建築基準法を適用して「制限を設けることなく一般の人々に開かれた施設」とする場合を想定し、それぞれについて2章の類似施設調査、3章の法令調査および4章のガス影響下の通気システム検討の結果を踏まえて地下施設の構造と設計から完成に至るまでのスケジュールについて検討する。

### 5.1 地下施設の構造

2章の類似施設調査によると、玄海原子力発電所やサッポロビール北海道工場は、建築基準法が適用された地上施設であり、入場者への制限は特にならない。マインランド尾去沢は、鉱山保安法に基づいて掘削された鉱山の中にある地下施設であるが、不特定多数の入場者を受入れている。清津峡と秋芳洞は、ともに天然記念物と国立・国定公園に指定されているために文化財保護法と自然公園法が適用されており、深地層の研究施設とは性質を異にする。

平成10年度に実施した地下施設調査結果<sup>1)</sup>によると、スーパーカミオカンデ、東急ジオフィールド、上砂川無重力実験施設は、研究や実験が目的の施設で建築物に該当しないため建築基準法は適用されず、事前許可が必要な引率・誘導を前提とした入場制限のもと入場者を受入れている。高山祭りミュージアムは、わが国初の岩盤空洞内の公共娯楽施設であることから永久構造物として建築基準法が適用され、申請段階で建築主事より建築基準法第38条（建設大臣が建築材料又は構造方法がこれらの規定によるものと同等以上の効力があると認める場合においては、建築物の敷地、構造及び建築設備の規定又はこれに基く命令若しくは条例の規定は適用しない）の適用指導を受け、（財）日本建築センター内に設置された委員会にて構造評定および防災評定を受けている。

これらの類似施設調査結果に基づいて、地下施設を研究や実験が目的の施設として建築基準法の適用を受けない場合と地下施設を見学が目的の施設として建築基準法の適用を受ける場合について地下施設構造について検討した。

#### (1) 建築基準法の適用を受けない場合

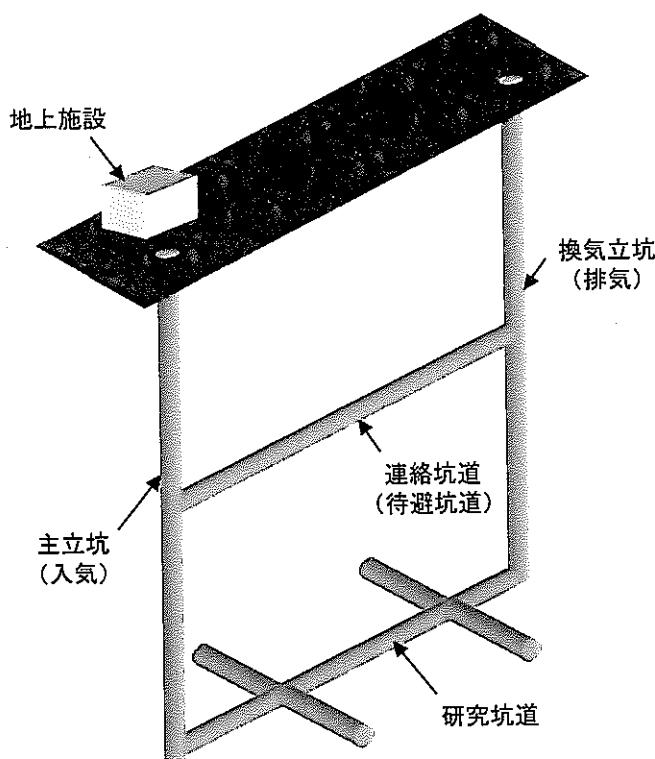
スーパーカミオカンデ、東急ジオフィールド、上砂川無重力実験施設と同様に、地下施設を研究や実験が目的の施設とする場合には、建築基準法の適用を受ける必要はなく、労働安全衛生法／労働安全衛生規則、鉱山保安法／鉱山保安規則や鉱山自主規制などに準じて入場制限を設けて入場者の安全確保や施設の防災対策を講じることとなる。ガス湧出もなく地下

施設内での火災発生がないと判断された場合とガス湧出の有無にかかわらず火災発生があると判断された場合の施設概念図をそれぞれ図 5.1(a)、(b)に示す。火災発生があると判断された場合には、4章に述べたガスの湧出がある場合と同様に、防災対策上非常時の避難経路として排気立坑の他に入気立坑を2本確保するとともに独立した換気・照明設備と外部との通信手段を備えた退避所を設けた構造が望ましい。なお、施設の防災に関しては、建築基準法の適用を受けない場合でも、建築基準法で定める延焼拡大防止対策（内装材の不燃化、防火区画、耐火規制）、避難対策（非常警報設備、誘導灯の設置、通路幅員、天井高、勾配制限、直通階段までの距離制限、非常用の照明装置、排煙設備の設置）などを参考に今後も検討していく必要がある。

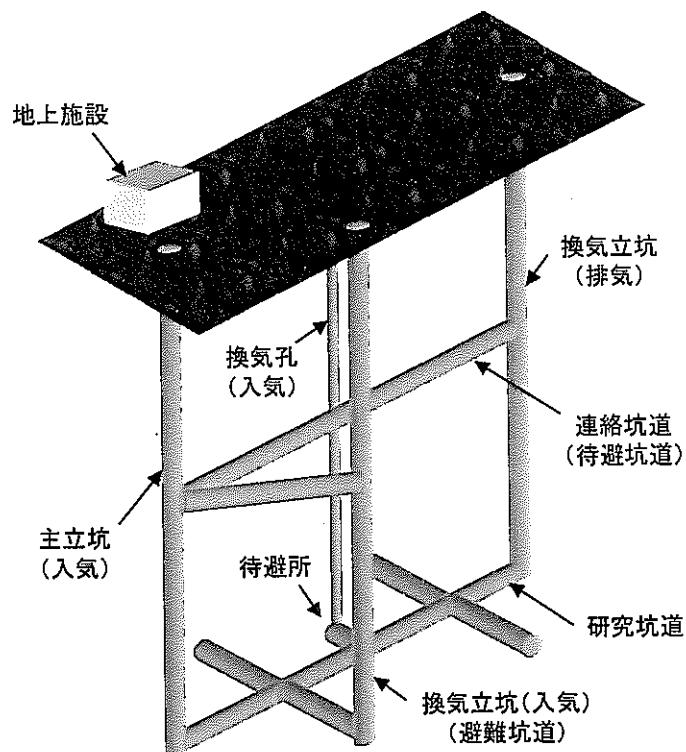
## （2）建築基準法の適用を受ける場合

高山祭りミュージアムと同様に、地下施設をより公共性の高い見学を目的とした施設とする場合には、建築基準法の適用を受け、入場制限は特に必要なくなるものの、建築センターによる構造評定および防災評定により防災対策上かなり大規模な構造を求められると考えられる。すなわち、深度が深く地上までの距離が長いために、地上までのアクセスとして複数の昇降機が必要な上に（建築基準法第34条に高さ31mをこえる建築物には非常用の昇降機を設けなければならないとある）、非常時の避難経路として主構造とは分断された特別避難階段を複数設けなければならない可能性がある（建築基準法施行令第120条に居室の各部分からの歩行距離が定められた距離以下となるように避難階段を設けなければならないとあり、第122条に地下三階以下の階に通ずる直通階段は特別避難階段としなければならないとある）。さらに、立坑内の500mにもおよぶ特別避難階段が実用的でないと判断されれば、斜坑を建設して独立した換気・照明設備と外部との通信手段を備えた退避所を有する避難通路を設ける必要が生じる。したがって、建築基準法の適用を受ける場合は、図5.2(a)、(b)に示すような構造が最低限必要と考えられ、建築基準法の適用を受けない場合と比べて大規模な構造になると考えられる。

構造を軽減する方法としては、図5.3(a)に示すように地下施設の地下浅部の一部分のみを建築基準法の対象とするか、図5.3(b)に示すように地上にバーチャルリアリティーによる地下体験などができる施設を設ける案が考えられる。いずれも地下施設の構造や設備はかなり軽減されるものの、別途、地下深部への見学に対しては建築基準法の適用を受けない場合と同様な入場者の受け入れ体制を作る必要がある。

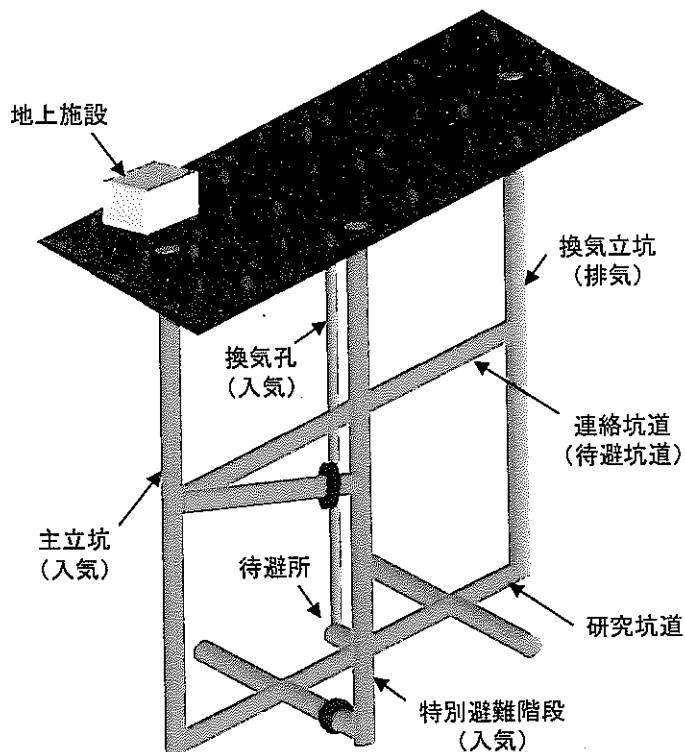


(a) 火災発生がない場合

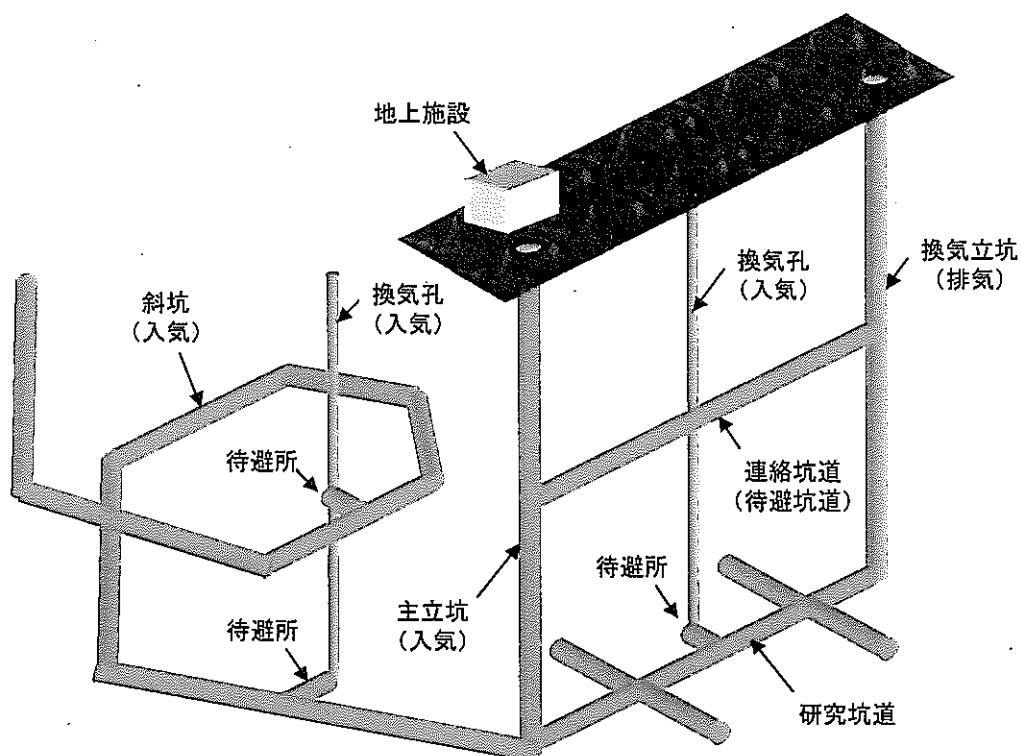


(b) 火災発生がある場合

図 5.1 建築基準法の適用を受けない場合

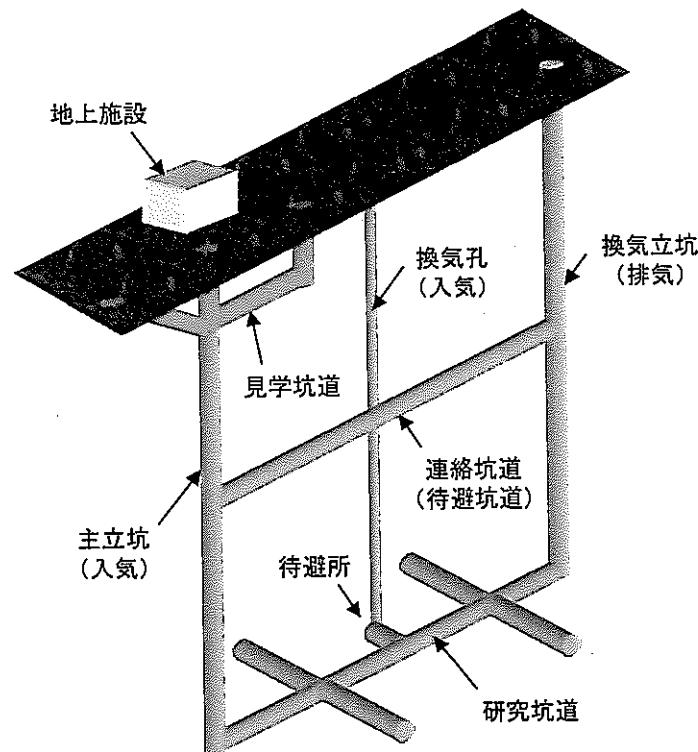


(a) 特別避難階段を設ける場合

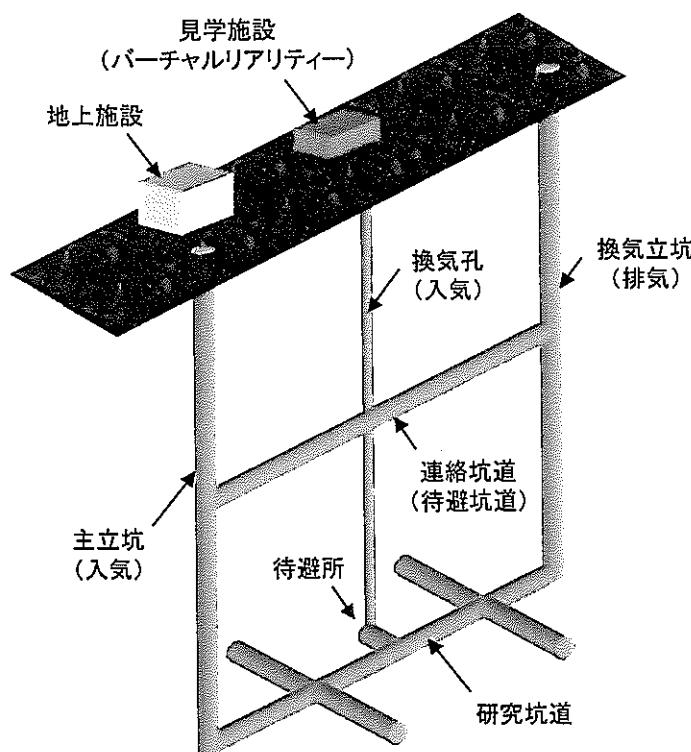


(b) 斜坑内に避難通路を設ける場合

図 5.2 建築基準法の適用を受ける場合（桃色部が建築基準法の対象区域）



(b) 地下施設の一部を対象とする場合



(b) 地上施設のみ対象とする場合

図 5.3 地下施設全体を対象としない場合（桃色部が建築基準法の対象区域）

## 5.2 全体スケジュール

建築基準法の適用を受けない場合と受ける場合の全体スケジュールを図 5.4 に示す。全体スケジュール策定にあたっては、

- 現地調査の開始は 2001 年からとし、施設概念の構築は 2002 年までに終了することとする。
- 設計に関しては、建築基準法の適用を受けない場合は、労働安全衛生法や鉱山保安法に基づいた基本設計および詳細設計を各 1 年とする。建築基準法の適用を受ける場合は、建設時の労働安全衛生法の適用に加え建築基準法の適用に基づいて構造評定と防災評定を受けることとなるため、さらに時間を要すると考え詳細設計のみ 2 年とした。
- 許認可手続きは、類似施設調査結果より設計期間中は断続的に必要となると考え、建築基準法の適用を受けない場合は 2 年、建築基準法の適用を受ける場合は 3 年とした。
- 工事用道路の付設など周辺環境整備に関しては、いずれの場合においても現在想定スケジュールとした。
- 地下施設の建設に関しては、建築基準法の適用を受けない場合は、立坑 2 本からなる構造（図 5.1(a)参照）を考え、平成 10 年度の検討結果<sup>2)</sup>をもとに図 5.4(a)に示すような工程とし、建設工期は 5 年 3 ヶ月とした。建築基準法の適用を受ける場合は、立坑 2 本に螺旋形状の斜坑を加えた構造（図 5.2(b)参照）を考え、平成 10 年度の検討結果<sup>2)</sup>をもとに図 5.4 (b)に示すような工程とし、建設工期は 5 年 5 ヶ月とした。

ただし、いずれの場合においても、ガス湧出がある場合には、現地調査の結果を設計に反映したり、建設時にガス対策を講じる必要があるため、全体的にさらに時間が必要になると考えられる。

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
(a)建築基準法の適用を受けない場合 (立坑2本；図5.1(a)参照)											
現地調査	4年										
施設概念構築	2年										
基本設計	1年										
詳細設計	1年										
許認可手続き	2年										
周辺環境整備	4年										
建設	5年3ヶ月										
・準備工	6ヶ月										
・主立坑掘削(500m)	30m/M, 約17ヶ月										
・連絡坑道掘削(368m)	60m/M, 約6ヶ月										
・段取替	5ヶ月										
・副立坑掘削(500m)	30m/M, 約17ヶ月										
・研究坑道掘削(698m)	60m/M, 約12ヶ月										
(b)建築基準法の適用を受ける場合 (立坑2本+螺旋坑道；図5.2(b))											
現地調査	4年										
施設概念構築	2年										
基本設計	1年										
詳細設計	2年										
許認可手続き	3年										
周辺環境整備	4年										
建設	5年5ヶ月										
・準備工	6ヶ月										
・主立坑掘削(500m)	30m/M, 約17ヶ月										
・連絡坑道掘削(368m)	60m/M, 約6ヶ月										
・段取替	5ヶ月										
・副立坑掘削(500m)	30m/M, 約17ヶ月										
・研究坑道掘削(698m)	60m/M, 約12ヶ月										
・準備工	2ヶ月										
・螺旋坑道掘削(5000m)	79.6m/M, 約63ヶ月										

図 5.4 全体スケジュール  
(ただし、建設工期は核燃料サイクル開発機構<sup>②</sup>より引用)

## 6. まとめと今後の課題

堆積岩を対象とした深地層の研究施設を開かれた施設として一般に公開するために、一般見学者を対象とする類似施設の調査を実施した結果、

- 引率・誘導による少人数単位（20名程度）の案内
- 厳重な入場者の管理（事前申込みによる住所・氏名などの登録、火気・危険物の持込検査、監視、人数の把握など）
- 一般への公開を前提とした施設設計（車椅子への対応、見学通路など）
- 入場者への負担を軽減するような施設構造・設備の策定
- 徹底した安全管理と防災対策（定期的保守・点検、防災設備、非常時訓練など）
- 開かれた施設として清潔感、安心感、温かみを与えるような施設デザイン
- 基本設計段階での監督官庁、消防署・警察署との綿密な事前打合せ
- 地元への還元を配慮した地元住民との話し合い

などが特に重要であることがわかった。また、適用法令に関しては、研究および実験が目的の施設として引率・誘導を原則とした入場制限を設ける場合は、労働安全衛生法の適用のみで、建築基準法の適用は受ける必要はないことがわかった。一方、見学施設として入場制限を設けず不特定多数の入場者を対象とする場合は、建設中の労働安全衛生法に加えて、建築基準法の適用を受ける可能性があることが明らかとなった。

入場者、事故責任、施設の構造・設備などについて法令を調査した結果、建築基準法では入場者や事故責任に関する規定や地下深部の施設を対象とした規定がないため、地下施設に建築基準法を適用した場合は比較的大規模な構造・設備が求められる可能性が高いことがわかった。労働安全衛生法や鉱山保安法では、労働者を対象とし一般入場者を対象としていないものの、施設概念の構築にあたって参考となる条項は数多く、入場者に関しては、入場者数、見学場所、見学時間、保護帽の着用などに制限を設けるとともに事前に安全教育を行い、救護体制を整え入場者の管理を厳重に行う必要があることがわかった。また、施設の構造・設備の設計にあたっては、施設の換気やガス対策など安全・防災対策に十分配慮し、施設の運営にあたっては施設の管理や保守点検を徹底する必要があることがわかった。上記法令以外の鉱山における自主規制にも参考となる規定が多いことが確認されている。

堆積岩を対象とした深地層の研究施設においては可燃性ガスの湧出が想定されるため、ガス災害対策と地下施設内の通気システムについて検討した。その結果、ガス環境下での地下施設の建設および操業にあたっては、ガス突出、ガス爆発、酸素欠損、ガスによる障害および自然発火等のガス災害が発生する可能性があるため、

- 建設工事の着手前にガス抜きや換気量の増加によるガスの低減

- 使用機器の防爆化や火源の排除
- 使用機器の定期点検や維持管理（ガスセンサーの性能試験、電気回路の遮断試験など）
- 防爆機器のインターロック

などのガス対策が重要であることに加え、全ての作業員が防爆に対する理解と認識を持ち、常にガス災害の可能性を念頭に置いて一律的な方法でなく安全第一を主眼に効率的に作業を進めていくことが重要であることが明らかとなった。また、通気システムには、

- 自然通気と強制通気の組合せにより操業中だけでなく建設中も常に良好な坑内環境を提供できること、
- 通気によるガス低減でガス災害の発生を防止できること、
- 災害が発生した場合に退避路と退避時間を確保できるような入排気系統や通気門などの通気制御設備を備えていること、

が求められ、綿密な通気・防災計画を策定し、地下施設全体での通気システムを構築する必要があることが明らかとなった。ガスの湧出がある場合には、防災対策上非常時の避難経路として入気立坑を2本確保するとともに、深度が深いことから独立した換気・照明設備と外部との通信手段を備えた一時退避所を設けた構造が望ましいことが示された。

以上の調査結果を踏まえて、研究および実験が目的の施設として建築基準法の適用を受けない場合と見学が目的の建築基準法の適用を受ける場合の地下施設概念について検討した。その結果、建築基準法の適用を受けない場合は、入場制限を設けて引率・誘導により入場者を受け入れることとなり、火災発生の有無により立坑2本と立坑3本からなる施設構造を考え、立坑2本の場合には平成10年度の検討結果に基づき地下施設建設には5年程度かかることを示した。建築基準法の適用を受ける場合には、入場制限を設けずに不特定多数の入場者を受け入れる施設となり、構造評定や防災評定に時間を要するため、建築基準法の適用を受けない場合に比べて施設の構造や設備が大規模になり、立坑2本と螺旋斜坑道からなる施設構造を考えた場合には工期は5年半程度と立坑2本の場合とあまり変わらないものの、建設費はかなり大きくなると考えられる。この場合の施設の建設費を軽減する方策としては、地下施設の地下浅部のみを一般に開放したり、バーチャルリアリティーによる地下体験ができる地上施設を建設することも今後の検討課題に挙げられる。

今後は、開かれた施設としての地下施設の概念をより具体化し、一般入場者への負担をできるだけ軽減するという観点に立って、施設の構造や設備を設計し、施設の管理・運営方法、安全・防災対策について検討することが重要である。防災に関しては、通気解析により通気扉、安全区画、換気設備などシステムを構築し、地下街での事例や大深度地下空間開発における研究事例なども参考にして防災計画を策定していく必要がある。

## 参考文献

### 3章

- 1) 核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ－総論レポート、JNC TN1400 99-020.
- 2) 原子力委員会高レベル放射性廃棄物懇談会（1998）：高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について

### 4章

- 1) 通商産業省環境立地局監修：鉱山保安規則、（株）白亜書房
- 2) 三井砂川炭鉱／三井石炭鉱業（株）：三井砂川・保安規定
- 3) 建設業労働災害防止協会編：隧道工事等における換気技術指針
- 4) 三井鉱山エンジニアリング（株）：国内炭鉱技術活用可能性調査事業（中国）坑内環境総合解析調査報告書
- 5) 大成建設株式会社：メタンガス湧出対策を講じたトンネル施工、土木技術資料（内部資料）

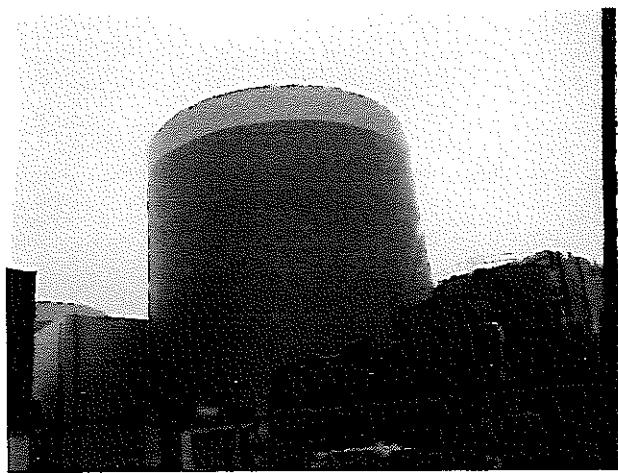
### 5章

- 1) 核燃料サイクル開発機構（1998）：超深地層研究所における地下施設の設計研究（平成10年度）、JNC TJ1400 99-001.
- 2) 核燃料サイクル開発機構（1998）：堆積岩を対象とした地下へのアクセス坑道に関する研究、委託研究成果報告書、大成建設株式会社、JNC TJ1410 98-001.

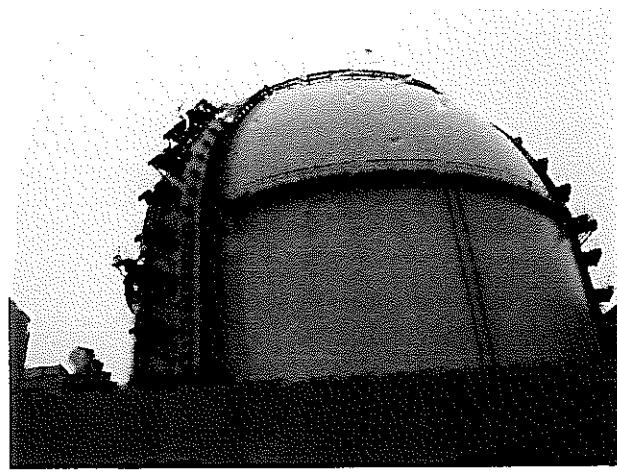
## 付録 A：類似施設写真集

- |                  |       |
|------------------|-------|
| A.1 玄海原子力発電所     | 付録-2  |
| A.2 サッポロビール北海道工場 | 付録-6  |
| A.3 マインランド尾去沢    | 付録-8  |
| A.4 清津峡          | 付録-10 |
| A.5 秋芳洞          | 付録-11 |

## A.1 玄海原子力発電所



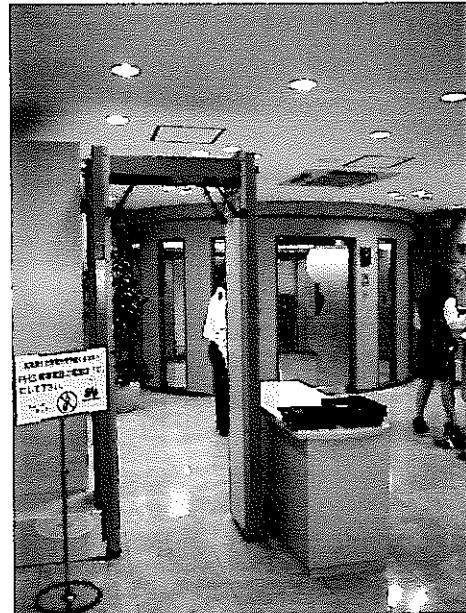
1号機外観



3号機外観



施設内見学入口



金属探知機



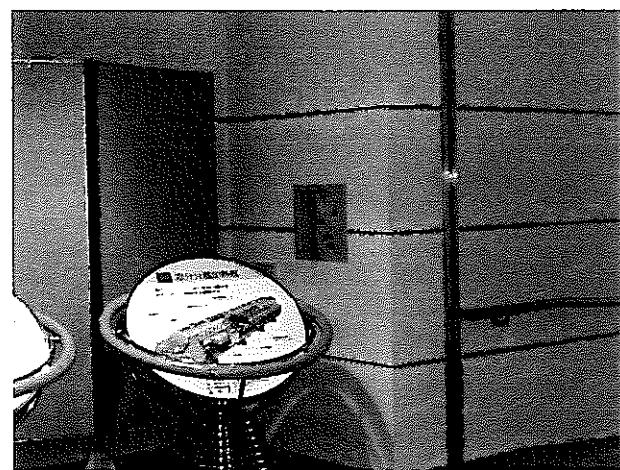
暗証扉（専用カードにより人数を入力）



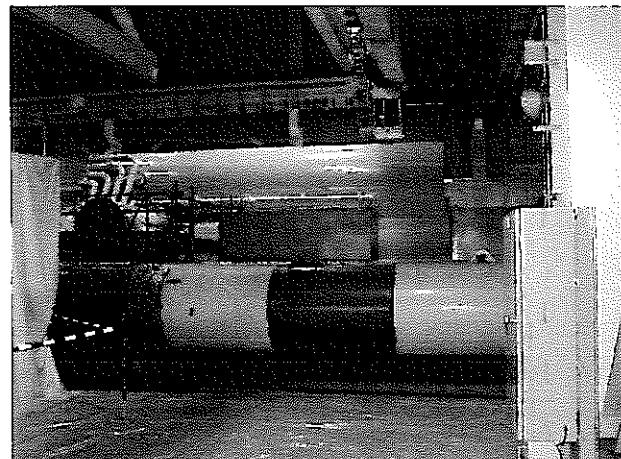
通路脇休憩コーナー



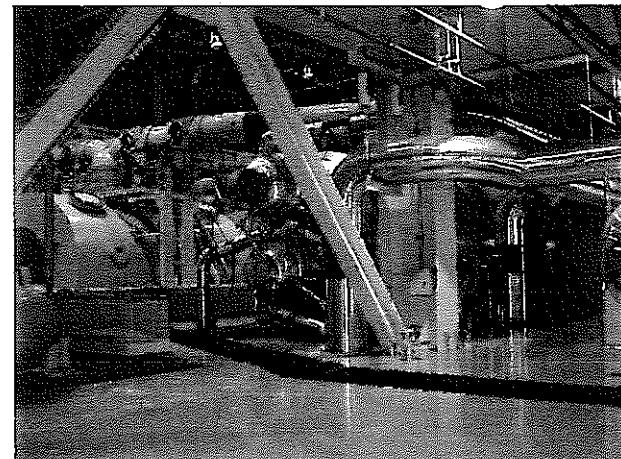
説明パネル



説明パネル



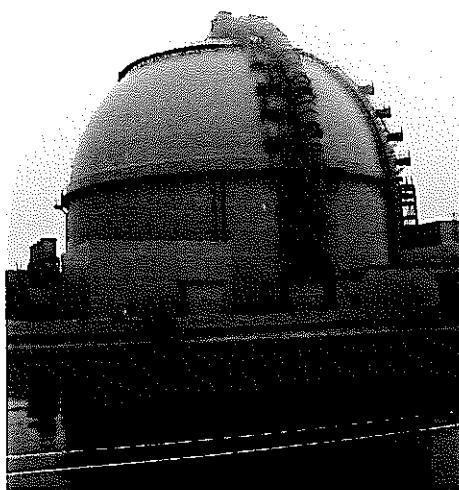
発電機



タービン



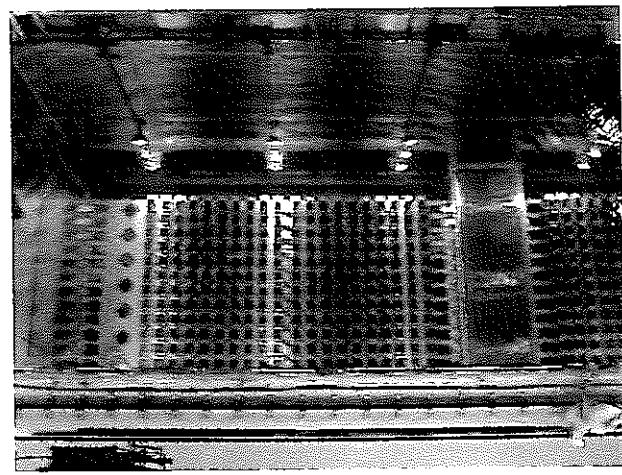
屋上通路



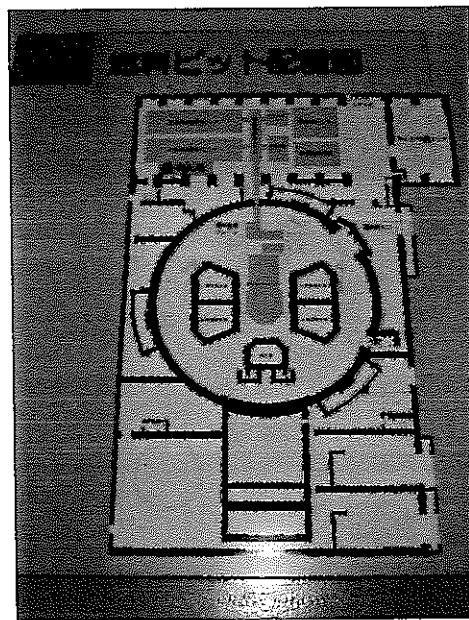
原子炉格納容器外観



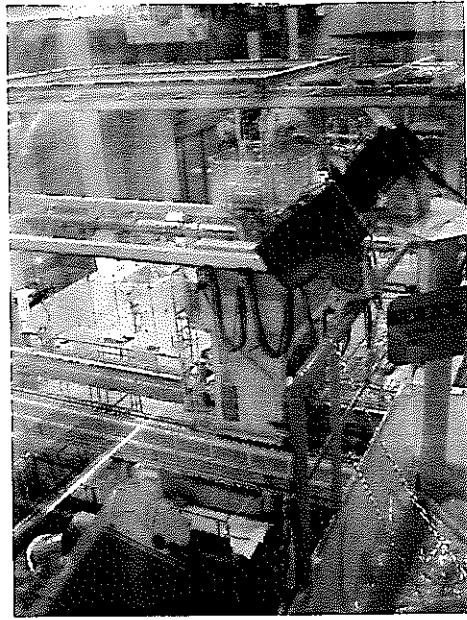
燃料取扱建屋見学



使用済燃料貯蔵プール



原子炉とプールの配置



燃料交換作業



中央制御室

## 玄海エネルギーパーク

### ■ふるさと館

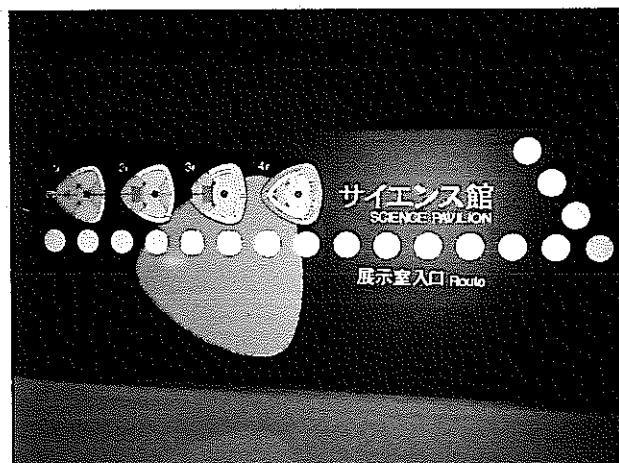


地元紹介パネル

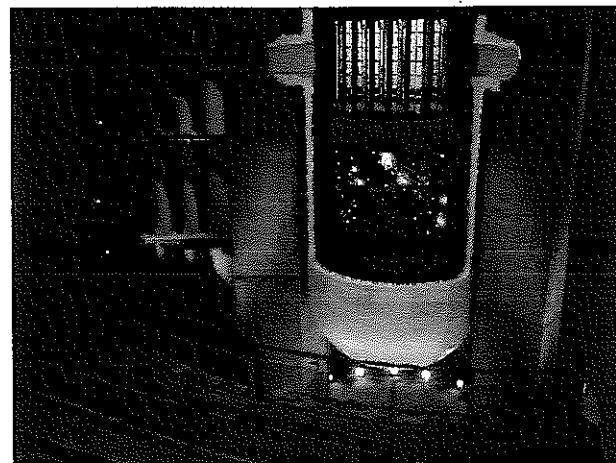


郷土民芸品展示

### ■サイエンス館



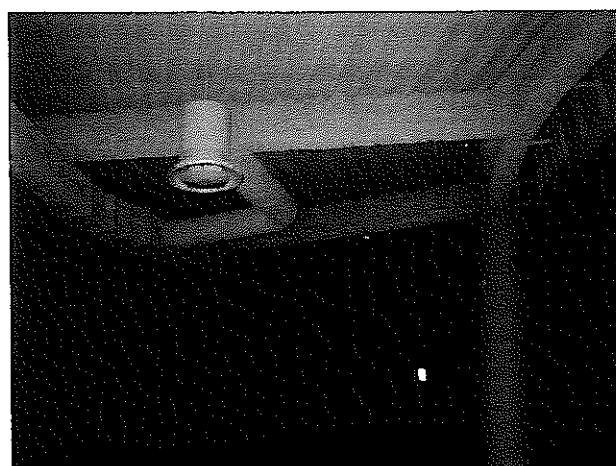
サイエンス館入口



原子炉実物大模型

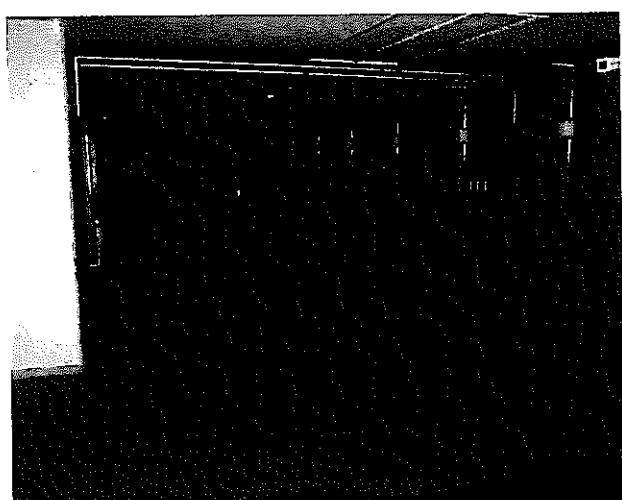
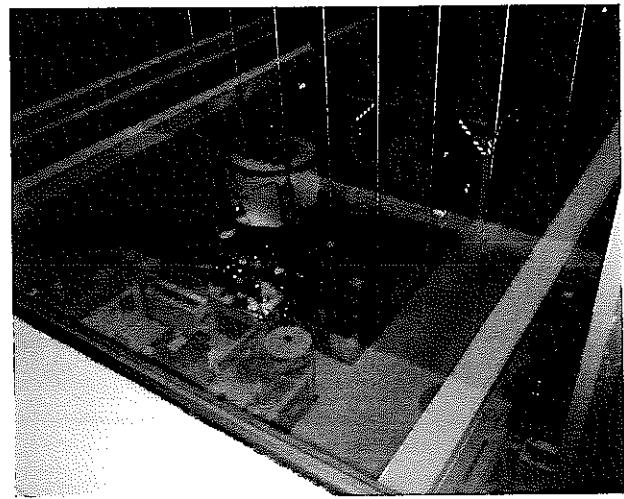
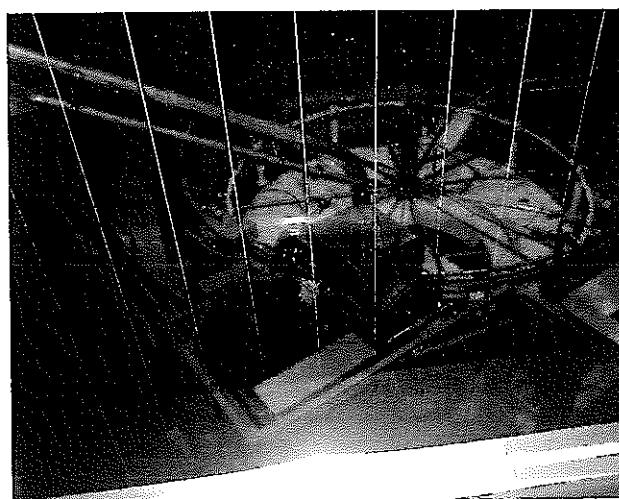
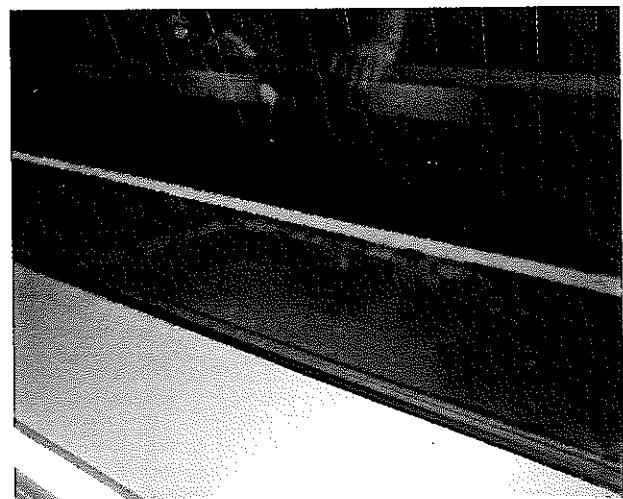
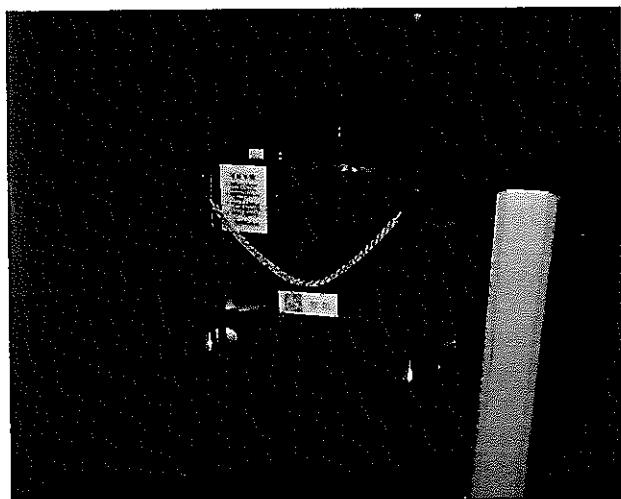


通路沿いの説明パネル

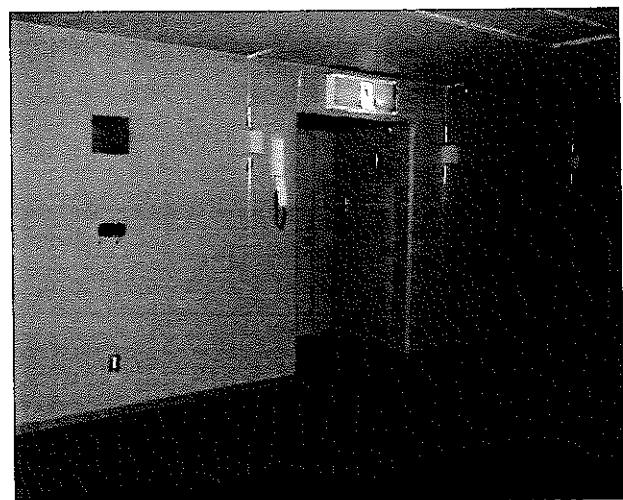


換気配管

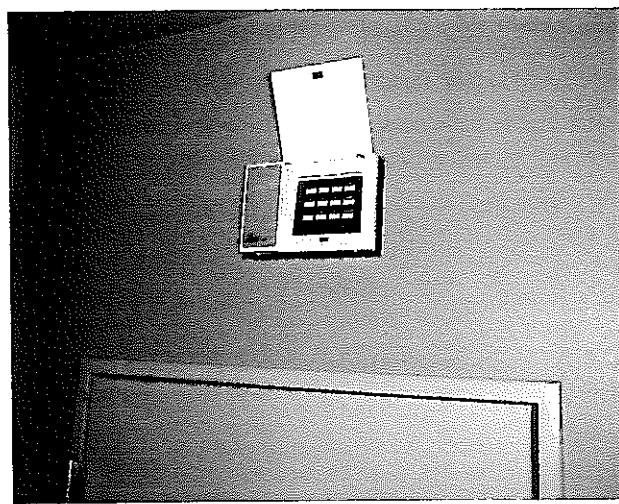
## A.2 サッポロビール北海道工場



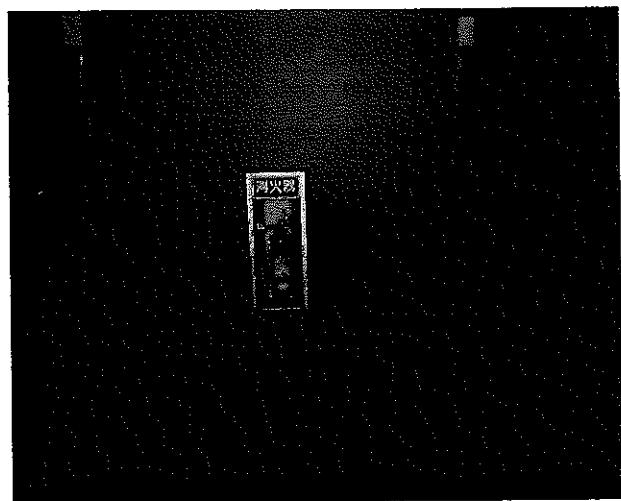
見学通路



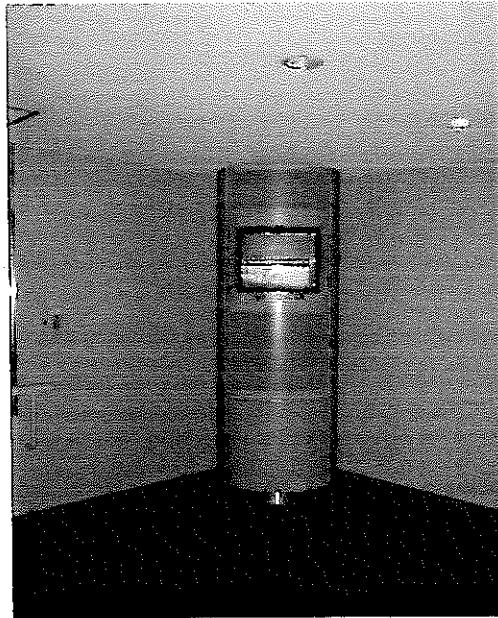
非常口（非常口左：非常電話）



非常口扉の暗証番号鍵



消火器



ビデオ説明



試飲ルームへの連絡通路（パネル展示）

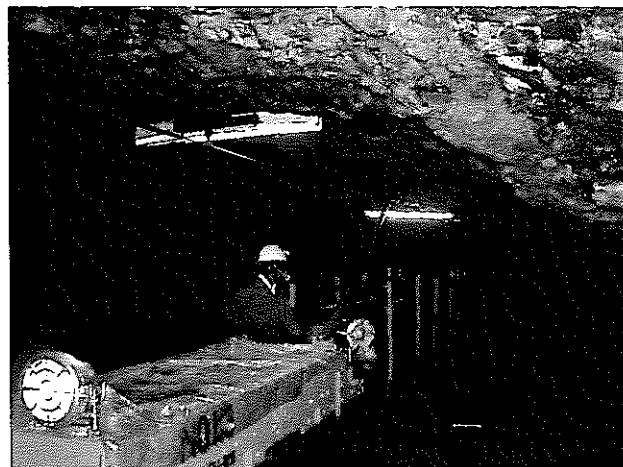


試飲ルームと土産ショップ



敷地内の庭

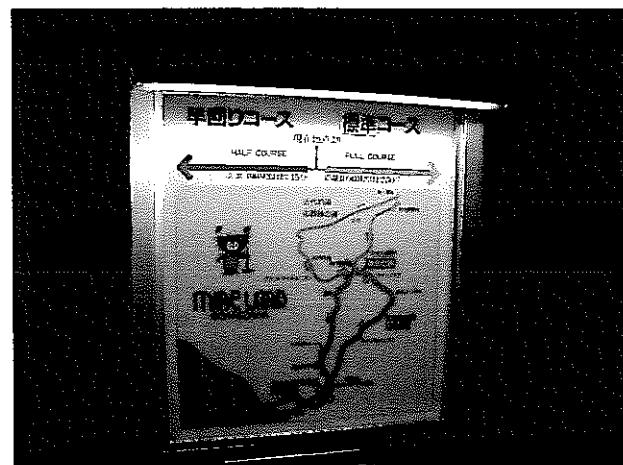
### A.3 マインランド尾去沢



鉱山内展示



展示パネル



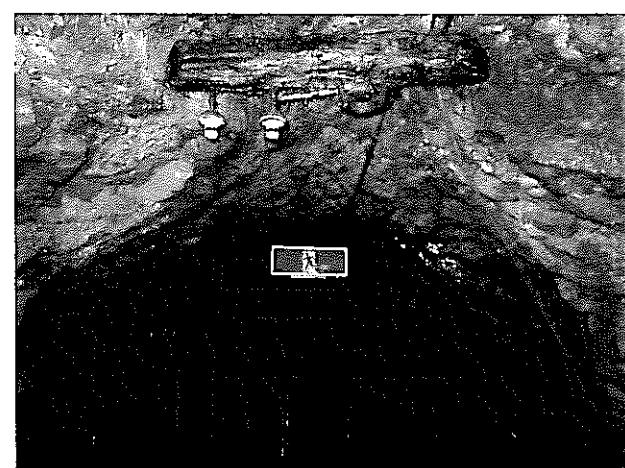
見学コース表示板



観光坑道



立入り禁止看板



非常口



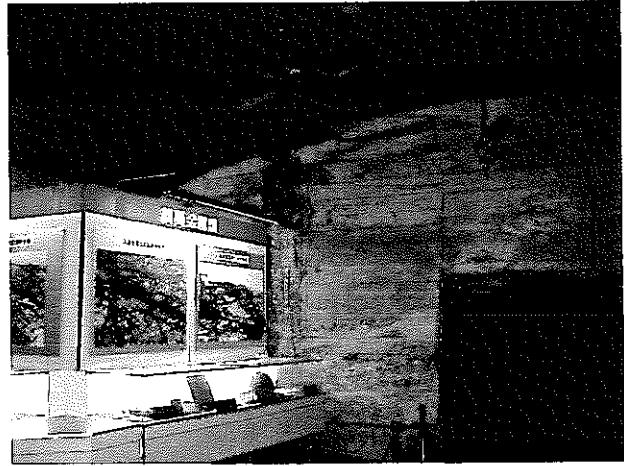
休憩室



非常用電話



車椅子用通路



監視カメラ (右上)



プルトン号入口通路

#### A.4 清津峡



清津川と柱状節理



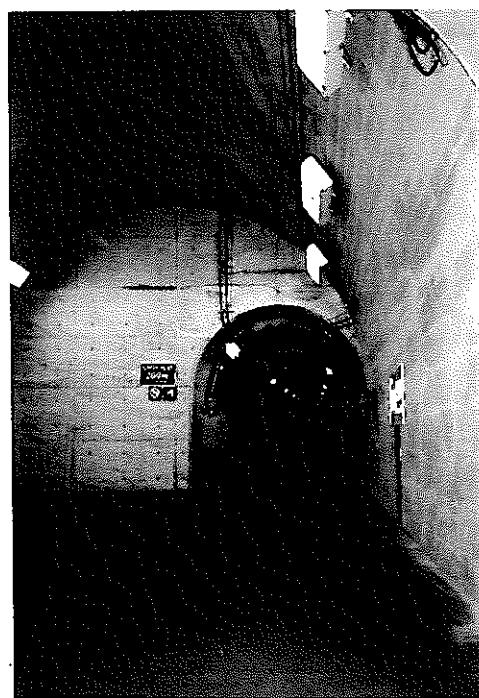
パノラマステーションからの眺望



トンネル入坑口周辺



見晴所からの眺望

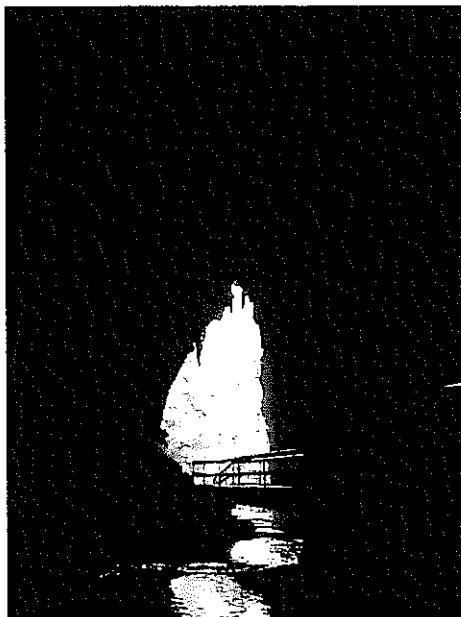


トンネル坑内



消防栓と非常電話

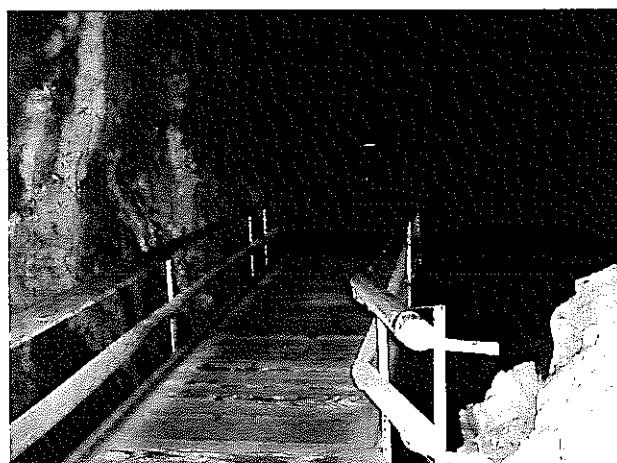
## A.5 秋芳洞



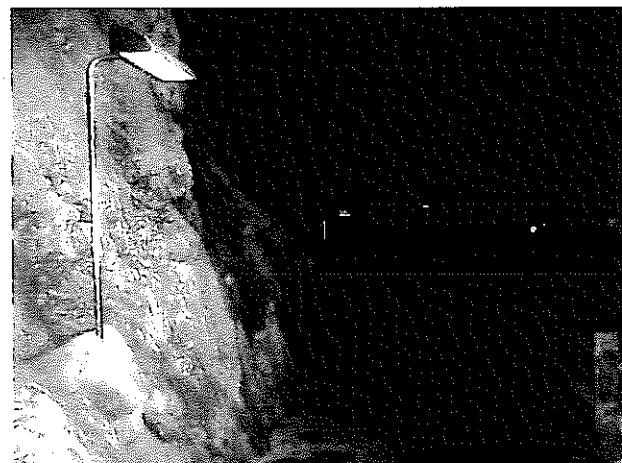
秋芳洞入口



入口スロープには滑止め用段差あり



洞内河川脇の見学用板張り通路



同見学用コンクリート通路



照明（20 ルクス以下）



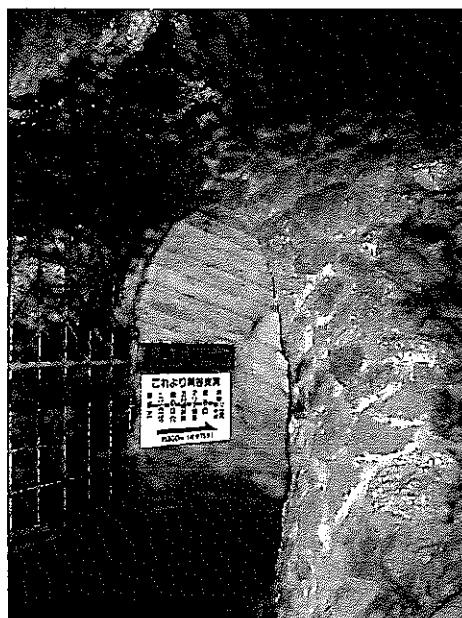
立て看板（危険区域）



立て看板（禁煙）



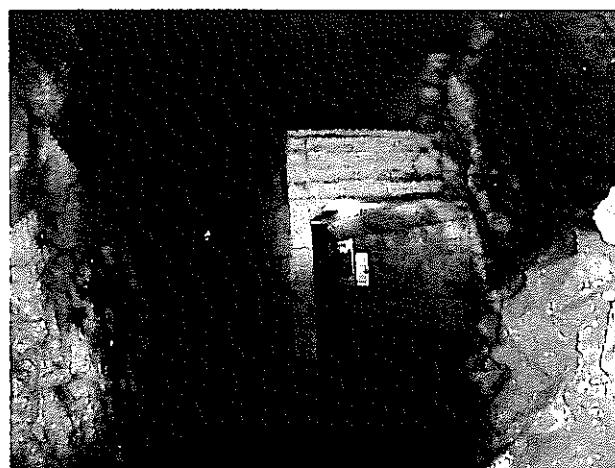
立て看板（いたずら防止）



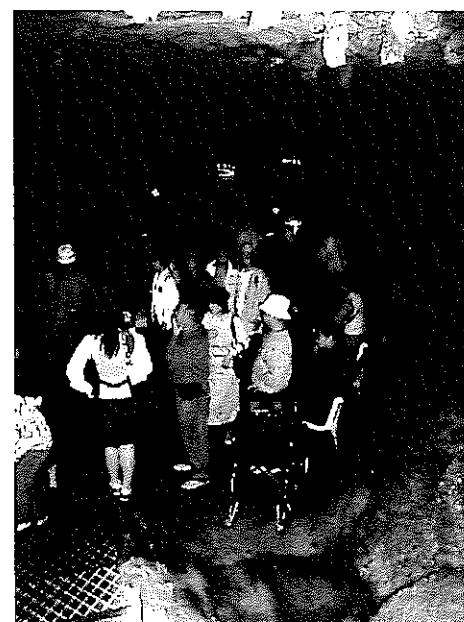
洞内人工トンネル



人工トンネル内



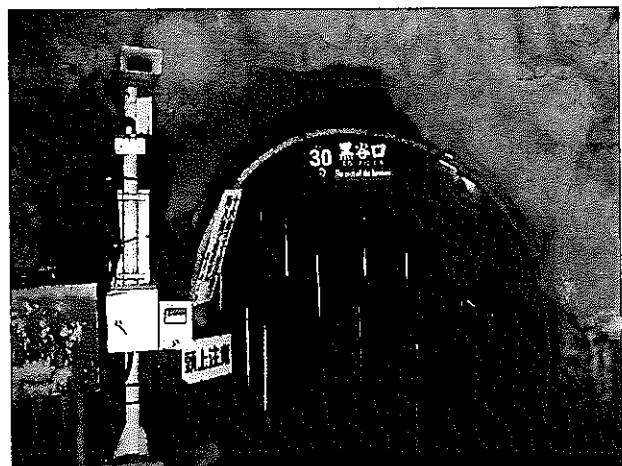
洞内防護トンネル



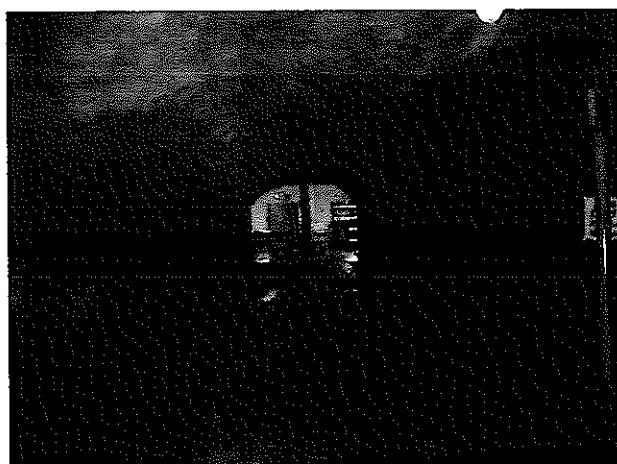
見学者団体一行（車椅子が見える）



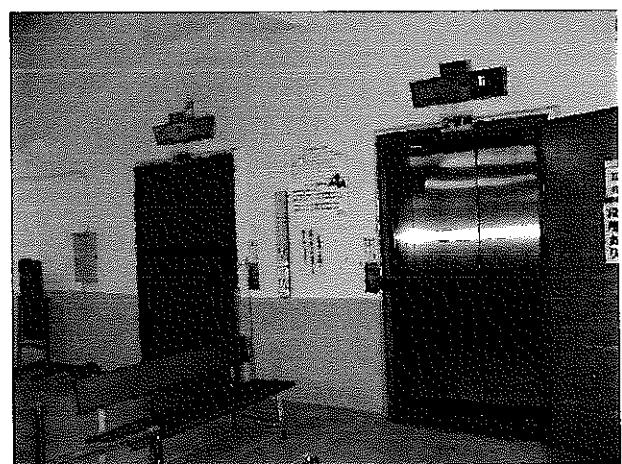
黒谷口空気遮断用二重自動ドア



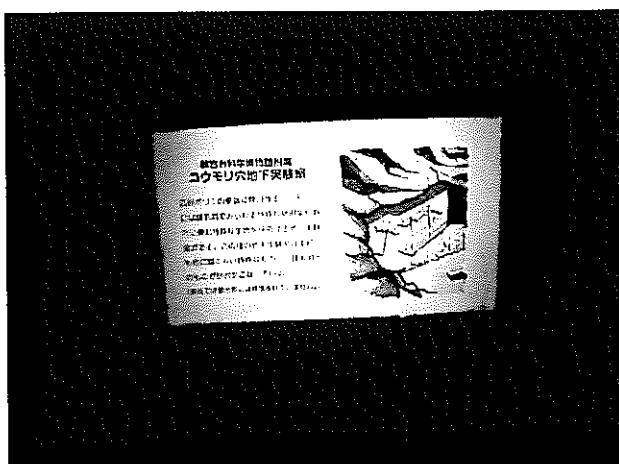
黒谷口人工トンネル（延長 180m）



エレベーター入口



エレベーター



依然地下実験室もあった様子

## 付録 B：鉱山保安規則抜粋

### 1. 坑内空気、坑内通気及び坑内ガス

坑内空気、坑内通気及び坑内ガスについては、鉱山保安規則 第5章第2節、第3節、第4節及び第5節に従う。

#### (坑内空気)

第216条 鉱山労働者が就業し、又は通行する坑内の空気は、酸素が入率 19%以上、炭酸ガス含有率 1%以下としなければならない。

特に安全な方法によって人命救助又は保安に関する作業をさせるときは、その作業場については、適用しない。

第217条 主要分流の排気の気流中の可燃性ガス含有率は、1.5%以下としなければならない。

第240条及び第261条に規定する場合は、この限りでない。

第218条 坑内作業場の気流中における可燃性ガス含有率は、1.5%以下とし、坑内通行箇所の気流中においては、2%以下としなければならない。

第261条第3、5、6項に規定する場合は、この限りでない。

第219条 坑内作業場における気温は、摂氏 37 度以下としなければならない。安全な方法によって、人命救助若しくは保安に関する作業をさせるときは、その作業場については、この限りでない

第220条 坑内作業場における通気量は、当該作業場において作業する鉱山労働者の数、可燃性ガス又は有害ガスの発生量、気温、湿度、自然発火の可能性等に基づき決定しなければならない。

坑内作業場の気流及び通気量は、可燃性ガス又は有害ガス並びに石炭坑における発破の煙を薄めて運び去るため必要な速度と量出なければならない。

第221条 入気坑口における通気量は、坑内において同時に就業する鉱山労働者の一日中の最大数を標準とし、1人につき毎分 3 立方メートル以上としなければならない。

第223条 坑内における通気速度は、毎分 450 メートル以下としなければならない。

ただし、立坑及び通気専用坑道においては、毎分 600 メートルまでこれを増加することができる。

#### (通気施設)

第226条 入気坑及び排気坑は、各別に設けなければならない。

第 227 条 通気をするため、主要扇風機を設けなければならない。

第 245 条 主要入気坑道と主要排気坑道との間を連絡する坑道には、遮断壁又は通気戸を設けなければならない。

第 231 条 主要扇風機を運転する電気回路は、坑内の他の回路から独立して設けなければならない。

第 232 条 主要扇風機は、特別の理由があるときのほか、連続的に運転しなければならない。

第 233 条 管理者は、主要扇風機が運転を停止し、坑内保安のため危険のおそれが多いときは、当該危険区域への送電を停止し、鉱山労働者を安全な箇所に退避させなければならない。

運転を再開したときには、保安のため適当な処置をした後でなければ、危険区域への送電をし又は鉱山労働者を就業させてはならない。

第 237 条 局部扇風機により通気するときは、次の規定による。

局部扇風機は、その排気がその入気に引き入れられないような位置に設け、その位置を通る通気量は当該扇風機の能力以上とする等、車風風が起こらないようにする。

局部扇風機は、特別の理由により保安のための必要がないときのほか、連続的に運転すること

局部通気のため風管は、漏風防止等必要な措置を講じて良好な状態に維持し、その先端は、掘進作業面から 7 メートルを超えないこと。

第 338 条 局部扇風機により通気するときは、当該係員は、次の規定を守る。

局部扇風機が運転を停止し、保安のため危険のおそれが多いときは、鉱山労働者を安全な箇所に退避させると共に当該作業場への送電を停止する。

停電したときは、当該箇所の電動局部扇風機及びその他の電気機械の開閉器を開く。

電動局部扇風機が運転を停止した後、運転を再開するときは、可燃性ガスを測定し、危険のおそれが無いときでなければ運転を再開しない。

局部扇風機が運転を停止した後運転を再開したときは、可燃性ガスを測定し、危険の怖れがない場合でなければ、当該区域へ送電し、又は鉱山労働者を就業させない。

第 240 条 局部通気施設により停滞した可燃性ガスの排除を行う場合であって、その流動の危険のおそれが多いときは、当該係員は、管理者の指揮を受け、安全な方法により行わなければならない。

第 241 条 可燃性ガスが存在せず、又は存在するおそれが少ないときは、第 234 条から第

238条までの規定によらざりが能く。

第245条 入気立坑と排気立坑との間又は主要入気坑道と主要排気坑道との間を連絡する坑道には、遮断壁又は通気戸を設けなければならぬ。  
通気戸は、相当の間隔をおいて2個以上設けなければならない。

#### (坑内ガス)

第259条 次の各号の箇所ごとに可燃性ガス自動警報機をそれぞれ1個以上設けなければならぬ。

掘進作業場（可燃性ガスが湧出するおそれがない岩石掘進作業場は除く。）

可燃性ガス含有率が常時1%を超える箇所で電気工作物を設置した箇所  
通気に異常があるときに可燃性ガスが停滞するおそれのある箇所で電気工作物を設置した箇所その他必要な箇所

可燃性ガス自動警報機は可燃性ガスを効果的に監視することが出来るように設置しなければならない。

可燃性ガス自動警報機をガス突出警戒区域又は可燃性ガスの著しい増加による危険発生のおそれが多い箇所に設ける場合は、その区域又は箇所の可燃性ガス含有率が1.5%を超えたときに、その区域又は箇所に設置された電気工作物に対する送電を自動的に停止し得るようにしなければならない。

第261条 気流中において、可燃性ガス含有率が1.5%を超えるときは、直ちに当該箇所への送電を停止し、かつ、直ちに危険状態を改めることができないときは、入坑者を当該危険区域から退避させ、その箇所に一定の警標を掲げ、電気保安係員に通報しなければならない。

但し、電気工作物を施設せず、特別の理由により特に可燃性ガス発生量が多い箇所であつて、かつ、保安係員が付き添い作業中しばしば可燃性ガスの測定をしているときは、可燃性ガス含有率が2%に達するまで適用しない。この場合には、その箇所に一定の警標を掲げなければならない。

可燃性ガス含有率が2%超える箇所には、さく囲その他の方法により通行を遮断しなければならない。

管理者の指揮を受け、安全な方法により人命救助、通気改良その他の保安に関する作業を行うときは、その作業場については、先の規定を適用しない

第263条 坑道の掘進その他の掘削を行う際、可燃性ガスの著しい増加による危険発生のおそれが多いときは、先進ボーリング、ガス抜きその他の適当な措置を講じなければならない。

## 2. ガス突出による危険の防止

ガス突出による危険の防止については鉱山保安規則 第5章第6節に従う。

### (ガス突出警戒区域)

第 265 条 坑道の掘進その他の掘削を行う際、ガス突出による危険発生のおそれが多い区域をガス突出警戒区域として設定しなければならない。

当該区域は、坑外事務所に掲示する等の方法により、鉱山労働者に周知徹底するとともに、当該区域の坑道を掘進するときは、その箇所に保安係員を配置しなければならない。

第 266 条 当該区域において坑道を掘進するときは、先進ボーリングをし、かつ、その孔底と掘進作業面の間は、常に安全な距離を保たなければならない。

その先進ボーリングの方向、本数及び孔長は、地質条件及び可燃性ガスの状況を把握するため必要なものでなければならず、かつ、可燃性ガスの状況を把握するため、その孔口において自噴するガスの圧力、量その他の必要な事項を測定し、必要があるときは、その変化に注意しなければならない。

第 267 条 当該区域においては、掘削予定箇所に包蔵されるガスの圧力、量に応じて必要なガス抜きをした後でなければ、掘削してはならない。

ガス抜きをボーリングにより行うときは、必要な期間、定期的にガス誘導量、孔口において自噴するガスの圧力、量その他の必要な事項を測定し、その変化に注意しなければならない。

第 269 条 当該区域においては、昇り向き掘進を行ってはならない。例外処置はある。

第 270 条 当該区域においては、適当な箇所に、空気供給設備その他鉱山労働者の退避のための適当な設備を設けなければならない。

### (遵守事項)

第 272 条 保安係員は、先の先進ボーリングまたはガス抜きを行ったときは、その方法及び結果をガス突出処理簿に記載し、その結果に異常があるときは、直ちに管理者に報告しなければならない。

第 273 条 ガス突出を認めた保安係員は、直ちに鉱山労働者を安全な箇所に退避させるとともに、送電の停止その他の応急処置をし、かつ、管理者に報告しなければならない。

## 3. 静電気による危険の防止

静電気による危険の防止については、鉱山保安規則第 5 条第 7 節に従う。

### (静電気に関する措置)

第 275 条 静電気による危険発生を防止するため、次の規定によらなければならない。静電気の帯電による危険発生のおそれのある施設等については、帯電防止処置を施し

たものの使用、接地、散水その他の適当な措置を講じること。また、静電気の帶電による危険発生のおそれのある作業を行うときは、散水その他の適当な措置を講じること。

当該係員は、先の施設等について、異常の有無を毎日検査し、その結果を保安日誌に記載しなければならない。

#### 4. 裸火の使用制限

裸火の使用制限については、鉱山保安規則第5条第8節に従う。

##### (裸火の使用制限)

第276条 坑内においては、裸火を使用してはならない。

第277条 当該係員が管理者の指示を受け、安全な方法により又は安全な箇所において、修理、動力用がい装ケーブルの接続函等の絶縁充てん物の注入作業等やむを得ない作業のため、電気又は炎を使用するときは、前項の規定を適用しない。

#### 5. 電気

第325条 可燃性ガス含有率が、常時1.5%を超える箇所には、電気工作物を設置してはならない。

第327条 可燃性ガス含有率が、1.5%を超えた区域には、当該係員は、直ちに送電を停止しなければならない。ただし、携帯用安全電灯、精密可燃性ガス検定器、測風器等の小型の電気器具及び当該区域を通過する地中配線については、この限りでない。

前項の区域に再送電するときは、当該係員は、管理者の指揮を受け、関係係員に連絡し、保安に関する危険がない事を確かめた後送電しなければならない。

第349条 坑内における接地用接触子を備えた差す込未設族装置は、その接地用接触部が主接触部よりも先に接触するような構造のものでなければならない。

第358条 坑内主要配線には、がい装ケーブルを使用し、かつ、保安のため必要があるときは、2回線以上を設けなければならない。

第366条 坑内の高压配線においては、坑口付近、受電端及び主要分岐点に、坑内の低压配線においては、坑口付近及び可燃性ガスの突出その他の危険のおそれが多い箇所に至る配線に、区分開閉器を設けなければならない。

第384条 坑内においては、携帯用照明器具として、携帯用安全電灯以外のものを使用してはならない。

## 付録 C：先進ボーリング、ガス抜き、ガス突出に係る危害の防止 (旧三井砂川炭鉱「保安規定」より抜粋)

### Ⅰ. 先進ボーリング及びガス抜きの基準並びにその方法

- ・ボーリング方法  
　　予め定めた規格により行う。
- ・カバーロック  
　　5m以上とする。
- ・ガス自噴圧、ガス自噴量の測定  
　　ボーリング後は全孔のガス自噴圧、ガス自噴量を測定する。
- ・ガス抜き期間  
　　ガス自噴圧、ガス自噴量が基準値を超える場合及びその変動が著しい場合は増孔するかガス誘導を行い、基準値以下になってガスの変動が安定してから掘進を行う。  
　　基準値は次の如く定める。
  - ガス自噴圧　：　1分間当たり水銀柱 300 ミリメートル
  - ガス自噴量　：　1分間当たり 50 リットル

### Ⅱ. ボーリングにより把握する事項及び処理

- ・解析責任者の選定  
　　保安技術管理者とする。
- ・解析の項目及び方法  
　　全孔のガス自噴圧、ガス自噴量を測定するほか必要に応じて、穿孔状況、繰粉の排出状況、地層状況を把握する。  
　　ガス誘導時には、ガス自噴圧、ガス自噴量、ガス誘導量を必要な期間測定しその変化に注意する。  
　　掘進中において必要と選定したボーリング孔については、ガスの状況の測定を継続する。
- ・ガス突出兆候把握時の対応  
　　ボーリング時に山鳴り、ガス、繰粉量の以上增加等の前兆を認めた場合は直ちに作業員を安全な場所に退避させる。  
　　ガス誘導中ガス自噴圧、ガス自噴量、ガス誘導量等に急激な変化が生じた場合はその後の測定を継続し、その変化に注意する。

### Ⅲ. 発破の時期及び方法

- ・発破の開始時期  
　　ガス自噴圧、ガス自噴量が基準値以下になってから行う。
- ・火薬及び込物制限  
　　炭層 5m 接近時 : E.q.s 爆薬 (装填量:一孔当たり 400 g)  
　　込物 (砂タンパー、粘土、着炭時は水タンパー)  
　　岩石 : 検定合格である白梅等の膠質ダイナマイト (一孔当たり 500 g)
- ・発破の方法  
　　発破は MSD による全面一斉発破とする。

#### ・水幕発破の方法と水量

着炭 5m以内；シャワー発破、水量は一分間当たり断面一平方メートル当たり 8 リットル以上とする。

#### ・点火箇所及び警戒人の位置と退避箇所

点火位置は入気側の安全な箇所とする。やむを得ず盲坑道内で点火するときは切り羽元より 150m 離れた位置に設けたハウス内とする。

発破時の警戒、退避は、その坑道の排気を直接かぶる一次排気側の者は入気の安全な位置まで退避し、二次排気側の者は警戒体制をとる。

発破施行は事前に誘導無線等により風下へ連絡し退避を確認後行う。

#### ・退避時間

発破後その排気口でガス量が 2%を超えた場合は退避時間を 10 分以上、2%を超えた場合は 20 分以上とし、進入に当たってはガスが 1.5%未満に低減し、且つガスの変動、異常な山鳴りがないことを確認する。

発破後 30 分を経過してもガスが 1.5%以下に低減しない場合は作業を中止する。

#### ・誘導発破の方法

保安技術管理者（炭鉱の技術最高責任者）が認めた箇所に限る。

次の対策を実施する。

・発破時に事前にガスの流動のおそれがある区域の電源を遮断する。

・発破は交代時、若しくは公休日に行う。

・発破は立ち会い発破とし、発破後の退避時間は 30 分以上とする

### ニ. 掘進方法

・通気は原則として独立すること。

・特定断層等地層条件の著しい箇所における掘進については、探査ボーリング等により十分地質構造を把握する。

### ホ. 予知、予防のための係員の配置及び緊急時における応急処置

・ガス突出に関する教育を受けた係員を選定し、選任する。

・係員はガスの変動等の変化、状況、山なるの察知の場合、保安日誌に記載するとともに次方係員への引き継ぎを確実に行う。

・緊急時の処置

ア) 作業中ガス状況が不安定な場合、連続性の山鳴りが認められる場合は直ちに作業を休止し、報告する。

イ) ガス突出の前兆を予知した場合は直ちに作業を中止し、速やかに退避するとともに報告し次方は休止する。

ウ) ガス突出の際は直ちに安全な箇所に退避した後、当該作業場の風管切断又は戸門を遮断し、風下の電源遮断及び連絡等の処置をとり、報告する。

エ) 風下への連絡は臭弾又は警報連絡装置による。

### ヘ. 送電の停止その他の緊急時における対応

#### イ 送電を停止する者と送電停止の方法

ガス突出の兆候またはガス突出による流動ガスにより、電気品に対する危険発生のおそれのある時は、その区域の電源を遮断するか自動電源遮断設備を

設ける。

□ 送電停止の範囲

ガス突出等によりガスが流動するおそれのある範囲とする。

ハ ガス自動警報機による電源遮断の処置

- センサの設置位置は、原則として天盤又は梁下より 0.3 メートル付近の落石及び滴水のない適当な位置とする。
- センサ位置と電気工作物との関係については、異常時に流動ガスの逆流により電気品に対する危険発生のおそれがあるときは、その区域に自動電源遮断設備を設け、そのセンサは電気工作物より安全な距離を確保した風下側とする。

二 蓄電池式電気機関車に対する処置

ガス突出警戒区域の切羽排気が流入する坑道を運行する蓄電池式電気機関車には可搬式ガス自動警報機及び誘導無線機を積載する。

ホ 現場処置の方法

・ガス突出の前兆

- A) ガス湧出量が急激に増加噴出または減少する時、またはその増減の激しい場合
- B) 石炭または岩石の層状の変化が著しく、石炭又は岩石が軟化して返ってくる場合
- C) 急激に盤圧が増大したり、切り羽面の押し出しや山鳴り帶切れ遠雷音等が発生し、それらが回数と強さを増してきた場合。
- D) 発破の流動ガスが急増した場合または発破による量が異常に多い場合
- E) 長時間にわたってガスが低減しない場合

・現場処置の方法

停電中は相互に緊密な連絡を取り、ガス停滞および水害その他保安上危険な事項に留意し、停電時間の長短に応じて操業上の処置を講ずる。

ヘ 退避の方法

ガス突出に際しては、簡易救命器を携帯し入気側に退避するか籠居の体制を探ること。退避に当たっては人員の掌握を確実に行い混乱を防止すること。

## 付録 D：防爆型建設機械の設備価格一覧

付表 D.1 防爆型建設機械の設備価格一覧

機器名		防爆型		備考
種別	機種	容量(kw)	価格(千円)	
掘削機械	ロードヘッダー コンテニアスマイナー	S220 12HM	220 150,000	
積込機械	サイトダンプローダー ロードホールダンプ キャザーリングローダー	ME632 Diesel FL15 三井三池	30,000 50,000 20,000	運搬兼用
運搬機械	シャトルカー フレキシブルコンベアトレイン ペルトコンベア チェーンコンベア フイーダーブレーカー サージカー	Joy 製 Joy 製 42Inch 三井三池製	60,000 80,000 10,000 15,000 50,000 60,000	100m 当たり 100m 当たり
	フレッチャーホルター		60,000	
	ハッティーロコ	8	15,000	
その他	扇風機 排水ポンプ		37 40	4,000 4,000
電気機器	3kv 高圧遮断器 3kv 高圧開閉器 3kv / 変圧器 400v 開閉器 400v 電磁開閉器 継電器函 3kv・ケーブル 400v・ケーブル 制御ケーブル 集中監視設備 可燃性ガス自動警報機	200k v	1,500 400 6,000 450 500 250 1,300 900 150 450 450 300 300 1,200 2,000 750	千円/ 千円/ 千円/ 4 点 / 1 台 32 点 / 台
その他	扇風機 排水ポンプ		37 40	4,000 4,000

## 付録 E：日本工業規格

電気機器の防爆構造総則 (JIS C 0930) .....	付-24
電気機器の耐圧防爆構造 (JIS C 0931) .....	付-39
電気機器の内圧防爆構造 (JIS C 0932) .....	付-40
電気機器の油入防爆構造 (JIS C 0933) .....	付-41
電気機器の安全増防爆構造 (JIS C 0934) .....	付-42
電気機器の本質安全防爆構造 (JIS C 0935) .....	付-44

## 電気機器の防爆構造総則

C 0930-1993

**Electrical apparatus for explosive gas atmospheres**  
**—General requirements**

1. 適用範囲 この規格は、爆発性雰囲気 [2. (2) 参照] が生成するか、又は生成するおそれがある場所（以下、危険場所という。）に設置し、又は持ち込んで使用する、次の各防爆構造の電気機械器具（以下、防爆電気機器という。）に共通な一般要件について規定する。

- (1) 電気機器の耐圧防爆構造
- (2) 電気機器の内圧防爆構造
- (3) 電気機器の油入防爆構造
- (4) 電気機器の安全増防爆構造
- (5) 電気機器の本質安全防爆構造

この規格は、爆発性雰囲気の爆発性特性に対する周囲状態が $-20\sim+60^{\circ}\text{C}$  の温度範囲内及び $80\sim110\text{ kPa}$  の圧力範囲内とみなされる場合の防爆電気機器に適用する。ただし、これらの状態以外については、別に考慮する必要がある。

この規格は、製造業者の仕様書などにおいて、電圧 $1.2\text{ V}$ 、電流 $0.1\text{ A}$ 、電気的エネルギー $20\text{ }\mu\text{J}$ 及び電力 $25\text{ mW}$ のいずれの値も超えることがない電気部品には、適用しない。ただし、これらが他の回路に接続されていざれかの値を超えるおそれがある場合には、この規格及び各防爆構造の規格を適用する。

備考1. この規格は、船用の防爆電気機器には適用しない。

2. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS C 0931 電気機器の耐圧防爆構造

JIS C 0932 電気機器の内圧防爆構造

JIS C 0933 電気機器の油入防爆構造

JIS C 0934 電気機器の安全増防爆構造

JIS C 0935 電気機器の本質安全防爆構造

JIS C 7610 低圧ナトリウムランプ

JIS C 8325 交流電磁開閉器

IEC 79-12 (1978) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

Part 12 : Classification of mixtures of gases or vapours with air according to  
 their maximum experimental safe gaps and minimum igniting currents

IEC 192 (1973) Low pressure sodium vapour lamps.

IEC 529 (1989) Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

IEC 662 (1980) High pressure sodium vapour lamps.

3. この規格の対応国際規格を、次に示す。

IEC 79-0 (1983) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

Part 0 : General requirements.

Amendment No.1 (1987), Amendment No.2 (1991)

**2. 用語の定義** この規格で用いる主な用語の定義は、次のとおりとする。

- (1) **電気機器** 電力の消費による他のエネルギーの発生、発電、送配電、蓄電、電力の交換・調整・制御及び電気を利用した計測・通信・情報伝達などを行う電気に関連した機械、器具及び装置。
- (2) **爆発性雰囲気** 炭鉱などの坑内ではメタンを主成分とする可燃性ガスが、炭鉱以外の工場その他の事業場では種々の可燃性ガス又は可燃性液体の蒸気(以下、ガス又は蒸気という。)が、爆発するおそれがある濃度で空気中に存在する雰囲気。  
備考 炭鉱坑内のメタンを主成分とする可燃性ガスを“坑気”という。
- (3) **危険場所** 電気機器の構造及び使用について特に考慮を必要とするほどの量の爆発性雰囲気が生成するか、又は生成するおそれがある場所をいい、次の三つの種別に分類される。
  - (a) **0種場所** 正常な状態において、爆発性雰囲気が連続して又は長時間持続して生成する場所。
  - (b) **1種場所** 正常な状態において、爆発性雰囲気が生成するおそれがある場所。
  - (c) **2種場所** 異常な状態において、爆発性雰囲気が生成するおそれがある場所。
- (4) **試験ガス** 防爆電気機器の試験に使用する特定な組成の爆発性混合ガス。
- (5) **発火温度** ガス又は蒸気と空気との混合ガスに点火することのできる加熱された表面の温度のうちの最も低い温度。
- (6) **最高表面温度** 防爆電気機器を仕様の範囲内の最も過酷な条件のもとで使用した場合に、周囲の爆発性雰囲気に点火するおそれがある各部分が到達する温度のうちの最も高い温度。
- (7) **防爆構造** 電気機器がその周囲に存在する爆発性雰囲気の点火源となることがないように、電気機器に適用する技術的手法。
- (8) **容器の保護等級** 次の(a)及び(b)に示す事項について、容器が備えるべき保護の度合を表す等級。
  - (a) 容器内の充電部分又は回転部分への人体の接触に対する保護、及び容器内への固体異物の侵入に対する保護。
  - (b) 容器内への水の浸入に対する保護。
 備考 保護等級については、IEC 529による。
- (9) **接続端子部** 外部の電線の電気的接続に使用する、端子、ねじ部品及びその他の部品から成るもの。
- (10) **端子箱等** 接続端子部を収納するための独立した容器又は本体容器内の区画。
- (11) **ケーブル引込部** 防爆電気機器の中にケーブルを引き込む部分。
- (12) **電線管引込部** 防爆電気機器の中に電線管を引き込む部分。
- (13) **容器** 防爆電気機器の防爆性能を維持するための充電部分の外被をいい、ドア、カバー、ケーブル引込部、操作軸、回転軸などを含む。
- (14) **最大安全すきま** 試験容器の内部でガス又は蒸気と空気との最も火炎逸走しやすい濃度(IEC 79-12参照)の混合ガスに点火したとき、試験容器の接合面(奥行き25 mm)を通って爆発の火炎が外部の混合ガスに伝ば(播)しない接合面のすきまの最大値。
- (15) **最小点火電流** ガス又は蒸気と空気との最も点火しやすい濃度(IEC 79-12参照)の混合ガスを用いて火花点火試験を行ったとき、点火を生じる電流の最小値。

**3. 防爆電気機器の分類** 防爆電気機器の分類は、次による。

- (1) 防爆電気機器は、次のいずれかに分類する。

グループI：炭鉱用の防爆電気機器。

グループII：炭鉱以外の工場その他の事業場用の防爆電気機器。

なお、坑気以外のガス又は蒸気の爆発性雰囲気が普通に生成するおそれがある炭鉱に使用する防爆電気機器

は、グループIの規定に適合した構造とするほか、該当するグループIIに規定するガス又は蒸気について試験を行い、また、その旨を表示すること。

- (2) グループIIの耐圧防爆構造及び本質安全防爆構造の電気機器は、次の(2.1)～(2.5)に規定する対象ガス又は蒸気の分類A、B及びCに対応して、それぞれグループIIA、IIB及びIICに分類する。

備考 グループIICの防爆電気機器は、IIB及びIIAの防爆電気機器を使用する場所に、また、グループIIBの防爆電気機器は、IIAの防爆電気機器を使用する場所にも使用することができる。

- (2.1) 耐圧防爆構造の電気機器の対象とするガス又は蒸気は、表1の左欄に示すガス又は蒸気の爆発性雰囲気中の最大安全すきまの値に応じて、右欄に示すとおり、A、B及びCに分類する。

表1 耐圧防爆構造の電気機器の対象とするガス又は蒸気の分類

ガス又は蒸気の爆発性雰囲気中の最大安全すきまの値 mm	ガス又は蒸気の分類
0.9以上	A
0.5を超え 0.9未満	B
0.5以下	C

- (2.2) 本質安全防爆構造の電気機器の対象とするガス又は蒸気は、表2の左欄に示すガス又は蒸気の爆発性雰囲気中の最小点火電流比の値に応じて、右欄に示すとおり、A、B及びCに分類する。

表2 本質安全防爆構造の電気機器の対象とするガス又は蒸気の分類

ガス又は蒸気の爆発性雰囲気中の最小点火電流比の値	ガス又は蒸気の分類
0.8を超えるもの	A
0.45以上 0.8以下	B
0.45未満	C

備考 最小点火電流比は、メタンの最小点火電流を基準として求められる。

- (2.3) 耐圧防爆構造及び本質安全防爆構造の電気機器の対象とするガス又は蒸気は、その最大安全すきま又は最小点火電流比が(2.4)に示す範囲内にある場合を除いて、最大安全すきま又は最小点火電流比のいずれか一方の値によって分類することができる。

- (2.4) 最大安全すきま又は最小点火電流比の値が次の(a)～(c)の範囲内にあるガス又は蒸気は、その分類のために、それぞれ対応する最小点火電流比又は最大安全すきまの値を必要とし、これらの両方によって分類する。

- (a) 最大安全すきまが0.5 mm以上、0.55 mm以下のもの
- (b) 最小点火電流比が0.8以上、0.9以下のもの
- (c) 最小点火電流比が0.45以上、0.5以下のもの

- (2.5) (2.1)～(2.4)の規定によるほか、耐圧防爆構造及び本質安全防爆構造の電気機器の対象とするガス又は蒸気は、その化学構造などによって分類することができる。

- (3) グループIIの防爆電気機器は、その最高表面温度によって、表3に示すとおり、温度等級T1～T6のいずれかに分類する。

表3 グループIIの防爆電気機器の温度等級の分類

電気機器の最高表面温度の値 ℃	温度等級
450以下	T1
300以下	T2
200以下	T3
135以下	T4
100以下	T5
85以下	T6

- (4) グループIIの防爆電気機器は、特定のガス又は蒸気の爆発性雰囲気だけに使用するものとして分類することができる。この場合には、その防爆電気機器は、特定のガス又は蒸気に対して試験し、その旨を表示すること。

#### 4. 温度

##### 4.1 基準周囲温度 基準周囲温度は、次による。

- (1) 防爆電気機器は、一般には、-20~+40 ℃の周囲温度の範囲で使用できるように設計すること。

なお、防爆電気機器がこれと異なる周囲温度の範囲での使用に適する場合には、その温度範囲を表示すること。

- (2) 表3に規定する防爆電気機器の温度等級は、基準とした周囲温度の範囲の上限値に基づいて決定すること。

##### 4.2 最高表面温度 防爆電気機器の最高表面温度は、次の(1)~(3)のいずれかの条件又は(4)の条件による。

- (1) 防爆電気機器の最高表面温度は、電気機器のグループに応じて、次に規定する値を超えないこと。

(a) グループIの防爆電気機器：炭じんがたい（堆）積することがあり得る場合は、150 ℃。炭じんがたい積することができない場合は、450 ℃。

(b) グループIIの防爆電気機器：電気機器の温度等級に応じて、表3に規定する最高表面温度の値。

- (2) グループIIの防爆電気機器は、その最高表面温度として表3に規定する最高表面温度と異なる値をとることができる。この場合には、防爆電気機器にその値を表示するとともに、その最高表面温度は表示した最高表面温度の値を超えないこと。

- (3) 特定のガス又は蒸気の爆発性雰囲気だけに使用する防爆電気機器の最高表面温度は、そのガス又は蒸気の発火温度の値未満であること。

- (4) 全表面積が10 cm<sup>2</sup>以下の電気部品で、その表面温度よりも次に規定する値だけ高い温度になつても点火のおそれがない電気部品は、その表面温度が、表示された温度等級に対応する最高表面温度の値を超えてよい。ただし、この場合に電気部品による点火のおそれがないことは、その電気部品と同種のものにおける実績又は適切な点火特性をもつ試験ガス中のその電気部品の試験によって確認すること。

T1, T2及びT3の防爆電気機器では、50 ℃

T4, T5及びT6の防爆電気機器では、25 ℃

#### 5. 防爆電気機器に共通な要件

##### 5.1 一般要件 防爆電気機器に共通な一般要件は、次による。

- (1) 防爆電気機器は、この項以下の規定によるほか、適用する防爆構造の種類に応じて、JIS C 0931~JIS C 0935に規定するそれぞれの防爆構造に関する規定に適合すること。

- (2) 防爆電気機器の容器が、内部のコンデンサの残留エネルギーがここに規定する値以下になるまで放出する前か、又は内蔵の構成部品の温度がその防爆電気機器の最高表面温度以下になる前に開けることができる構造で

ある場合には、電源を遮断した後に時間を遅らせて容器を開けなければならない旨の注意銘板をその容器に取り付けること。

グループI及びグループIIAの防爆電気機器では、0.2 mJ。

グループIIBの防爆電気機器では、0.06 mJ。

グループIICの防爆電気機器では、0.02 mJ。

## 5.2 プラスチック製容器 プラスチック製容器は、次による。

(1) プラスチック製の容器は、熱的に安定であること。この規定は、7.6に規定するプラスチック製容器などの熱安定性試験によって確認すること。

(2) 調整、点検、操作などの際に開くことがあるふたを締め付けるために容器に設けるねじ部品用のねじ穴は、次のいずれかに適合すること。

(2.1) 金属製のねじ部品については、次によること。

(a) タップを立てた金属製のインサートで、それが容器のプラスチック材料の中に固定されていること。

(b) プラスチック製容器に立てたタップ穴で、そのねじ山の形がプラスチック材料に適合していること。

(2.2) プラスチック製のねじ部品に対しては、プラスチック製容器に立てたタップ穴で、そのねじ山の形とプラスチック材料とが互いに適合し、また、十分な強度及び耐久性をもっていること。

(3) プラスチック製容器、容器のプラスチック製部品及びその他の露出したプラスチック製部品は、7.8に規定する試験によるほか、次による。ただし、プラスチック製の部品であっても、ケーブル引込部のパッキン、差込接続器の絶縁物、絶縁用ブッシング及び防爆構造に関係がない密閉用パッキンなどは、この限りでない。

移動機器のプラスチック製容器及び現場でこすられたり、清掃作業があり得る固定機器のプラスチック製部品は、正常の使用状態、点検作業及び清掃作業の際に生じる静電気帶電の危険を回避するために、次のいずれかのように設計すること。

(3.1) 静電気帶電が生じるおそれがないような寸法、形状及び配置又は他の保護方法によること。

(3.2) 7.8に規定する試験によって測定した絶縁抵抗が $1\text{ G}\Omega$ 以下となるようなプラスチック材料を選定すること。

(3.3) プラスチック製容器又はプラスチック製部品の表面積は、次の値を限度とすること。

(a) グループIの電気機器は、 $100\text{ cm}^2$ 以下。

(b) グループIIA及びIIBの電気機器は、 $100\text{ cm}^2$ 以下とすること。ただし、プラスチック面の周囲が導電性のフレームで囲まれていて接地されている場合には、 $400\text{ cm}^2$ 以下とすることができます。

(c) グループIICの電気機器は、 $20\text{ cm}^2$ 以下とすること。ただし、静電気帶電回避の対策が別に施されている場合には、 $100\text{ cm}^2$ 以下とすることができます。

(3.4) (3.1)、(3.2)又は(3.3)の措置を設計的に取れないために点火のおそれがある場合には、運転中に必要な他の安全対策を指示する注意銘板を取り付けること。

**備考** 0種場所で使用するプラスチック製容器には、さらに厳しい要件を設ける必要がある。

## 5.3 締付ねじ部

### 5.3.1 締付ねじ部一般 締付ねじ部は、次による。

(1) 防爆構造を構成するのに必要な部品及び裸充電部分への接触を防止するために必要な部分の締付用ねじ部品は、工具を使用しなければ、緩め、又は取り外すことができないようなものであること。

(2) 軽合金製容器に使用する小ねじ及びボルトは、その材料が容器の材料に適合している場合には、軽合金又はその他の材料のものとすることができます。

(3) 調整、点検、その他の操作上の理由によって使用中に開くことがあるふたを締め付ける小ねじ又はボルト用のねじ穴は、ねじ山の形が容器の材料に適合する場合に限り、軽合金にタップを立てたものとすることができます。

**5.3.2 錠締め** JIS C 0931～JIS C 0935の各防爆構造の規格において、締付ねじ部を錠締めとすることが規定されている場合は、次による。

- (1) 錠締めは、ねじ回し、プライヤなどの一般工具によって取り外すことができないようなものであること。
- (2) 錠締めの構造は、一般には、次によって構成すること。
  - (a) ねじ部品として、六角ボルト、六角ナット、六角穴付きボルトなどを使用すること。
  - (b) 個々の締付ねじ部に、ボルトの頭部又はナットをその高さより深く、また、その外周の $\frac{2}{3}$ 以上囲む座ぐり穴又はボルトカップなどを設けること。

なお、ボルトカップなどを設ける場合は、それを容器と一緒に製作するか、容器に溶接するなどして確実に固定すること。

- (c) 六角ボルト、六角ナット又は六角穴付きボルトを使用する場合の、ボルトカップ又は座ぐり穴の寸法例を附属書1に示す。
- (3) グループIの電気機器においてはM24を超えるボルト又はナットは、錠締めとする必要がない。

**5.4 インタロック装置** 防爆構造を維持するために用いるインタロック装置は、通常の工具を使用しては容易にインタロックを解除することができない構造でなければならない。

**5.5 ブッシング及び端子スタッド** 外部の電線の接続に用いるブッシング及び端子スタッドであって、電線の取付け又は取外しの際にトルクを受けるものは、そのトルクによって共回りすることができないような方法で取り付けなければならない。

なお、この規定は、7.4に規定するブッシング及び端子スタッドのトルク試験によって確認しなければならない。

**5.6 固着用材料** 透光性部品などの固着及びガスケット以外のすきまの充てんに使用する固着用材料は、次による。

- (1) 固着用材料は、化学的に安定で、固着される物質と反応性がないものであり、水、油、溶剤などの外部の影響に対して抵抗力をもつか、又はこれらの影響から保護すること。
- また、電気機器が定格以内で使用されている場合にそれ自体が受ける温度に対して、十分な熱安定性をもつこと。

(2) 固着用材料が、使用中に受ける最低温度において安定であり、また、使用中に受ける最高温度よりも20 °C高い温度(最低120 °C)において安定であるならば、その材料の熱安定性は十分であるとみなす。

**5.7 電線の接続部** 電線の接続部における接触圧力は、使用中の温度、湿度などに起因する絶縁材料の寸法変化によって影響されなければならない。

**5.8 接地端子** 防爆電気機器の保護接地又は等電位接地に使用する接地端子は、次による。

- (1) 接地端子は、電気機器の端子箱等の内部で、しかも他の接続端子に近いところに設けること。
- (2) 金属製の容器をもつ防爆電気機器は、(1)に規定する接地端子のほか、容器の外部に接地端子を設けること。ただし、移動しながら使用できる電気機器で、接地用線心を含むケーブルによって電力を供給されるものは、外部の接地端子を設けなくてもよい。
- (3) 二重絶縁の電気機器のように接地を必要としない防爆電気機器、又は容器が金属製で金属管配線で施設する電気機器のように金属管を接地線として使用する防爆電気機器には、内部及び外部ともに、接地端子を設ける必要はない。
- (4) 接地端子は、それを設けた防爆電気機器を有効に接地するために必要な寸法の接地線を確実に接続することができる構造及び寸法であること。
- (5) 良好的な電気的接觸を保持するために、接地端子は、腐食に対して有効に保護すること。

また、接地端子は、接地用導体の緩み又はねじれを生じず、しかも接触圧力を確実に保持できる構造である

こと。

なお、接触する部品の一つが軽合金で、腐食のおそれがある場合には、防食のための特別な処置を施すこと。

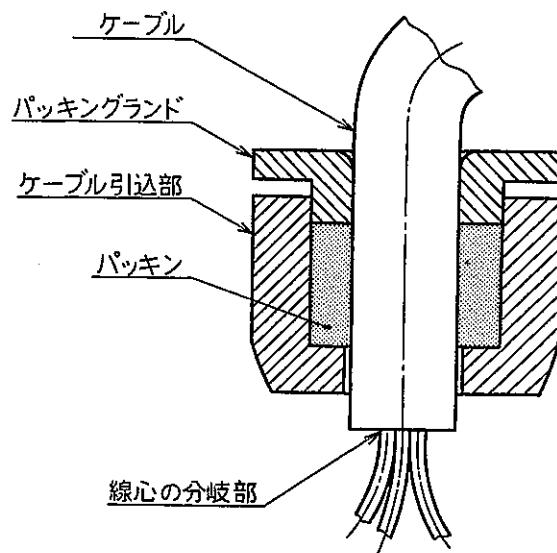
### 5.9 接続端子部及び端子箱等 接続端子部及び端子箱等は、次による。

- (1) 外部の電線に接続して使用する防爆電気機器は、端子箱等の内部に接続端子部を備えること。ただし、ケーブルが取り替えられないように接続して製作される防爆電気機器は、この限りでない。
- (2) 端子箱等及びこれに設ける配線のための開口部は、電線を容易に接続できるような構造及び寸法であること。
- (3) 端子箱等は、JIS C 0931～JIS C 0935の各防爆構造の規格のいずれかに適合すること。
- (4) 接続端子部及び端子箱等は、JIS C 0931～JIS C 0935のいずれかの規格に空間距離及び沿面距離について規定されている場合には、電線を適切に接続した後に、これらの規定を満足すること。

### 5.10 外部の電線の引込部 防爆電気機器の端子箱等にケーブル又は電線管を引き込む場合の引込部は、次による。

- (1) ケーブル引込部及び電線管引込部は、これらを取り付ける電気機器の防爆性能を損なうことがないように作られ、取り付けられること。この規定は、これらの引込部に使用できるすべての直径の電線について満足すること。
- (2) ケーブル引込部は、ゴム弾性体のパッキン、硬く固まる樹脂又はコンパウンド、金属パッキン（金属シースケーブルを使用する場合）などを用いる方法によって密封すること。図1にケーブル引込部の一例を示す。

図1 ケーブル引込部の一例



- (3) ケーブル引込部は、ケーブルを損傷することなく容器壁を貫通させることができ、また、必要な場合には、ケーブルの引留め及び金属製のがい装、シースなどの等電位接地が可能であること。
- (4) ケーブル引込部は、ケーブルに加えられる引張り又はねじりが接続部に伝わるのを防ぐために、ケーブルに対して効果的な引留機能を発揮すること。

また、ケーブル引込部は、7.9又は7.10に規定する引留機能試験を満足すること。

なお、これらの規定は、ケーブル引込部以外の箇所でケーブルの引留めをすることができるグループIIの定置式電気機器のケーブル引込部には、適用しない。

- (5) 可とうケーブルの引込部は、ケーブルをその引込軸に対してもれの方向にも90°動かしたとき、ケーブルを損傷するおそれがある鋭い縁をもっていないこと。

また、ケーブルの引込口は、ケーブルの曲げ半径がそのケーブル引込部に適用できる最大寸法のケーブルの

- 直径の $\frac{1}{4}$ 以上となるように、丸みが付いていること。
- (6) 電線管引込部は、電線管を次のいずれかの箇所に設けたねじ穴にねじ込むか、又はねじなし穴に固定すること。
- (a) 容器壁
  - (b) 容器壁に固定した取付板
  - (c) 容器壁と一体になっているか、又は容器壁に取り付けた密封用部品
- (7) ケーブル引込部又は電線管引込部を設けるための電気機器の容器壁の開口部は、それを使用しない場合に、電気機器の防爆構造及び容器の保護等級を満足するような方法で、閉鎖用部品によって閉鎖することができる構造であること。
- なお、閉鎖用部品は、工具を使用しなければ取り外すことができないものであること。
- (8) 定格使用時におけるケーブル又は絶縁電線の温度が、ケーブル引込部若しくは電線管引込部の引込口で70 °C、又は線心の分岐部分で80 °Cを超える場合には、ケーブル又は絶縁電線を使用者が選定するための注意銘板をその防爆電気機器に取り付けること。

## 6. 防爆電気機器の種類別の要件

### 6.1 回転電気機械

#### 6.1.1 外扇部における保護等級 外扇部における保護等級は、次による。

- (1) 回転電気機械(以下、回転機という。)の外扇部における保護等級は、外扇部の吸気口でIP20以上、外扇部の排気口でIP10以上であること。
- (2) 立て形の回転機においては、異物が通風口内に落下することを防止できる構造とすること。
- (3) グループIの回転機においては、12 mmを超える寸法の異物が垂直落下又は振動によって可動部分に入り込まないように開口部が作られ、又は配置されている場合には、保護等級はIP10でもよい。

#### 6.1.2 外扇部の構造及び取付け 外扇、ファンカバー、スクリーンなどは、強固な構造であって、回転部が固定部に対して衝突又は摩擦を生じるおそれがある変形又は位置ずれを防止するように取り付けなければならない。

#### 6.1.3 外扇部のすきま 外扇部のすきまは、次による。

- (1) 外扇部における回転部と固定部とのすきまは、正常な運転状態において、ファンの最大直径の $\frac{1}{100}$ 以上(最小1 mm)であること。ただし、このすきまは、5 mmを超える必要はなく、また、回転部及び固定部の相対する部分が機械加工されている場合には1 mmまで減少することができる。
- (2) (1)に規定するすきまは、正常な運転中における各部分の最大の移動によって生じる最も不利な条件を想定して、静止状態で測定すること。

#### 6.1.4 外扇の材料 プラスチック材料で作られた外扇の電気抵抗は、7.8に規定する試験によって測定したとき、1 GΩ以下でなければならない。ただし、グループIIの回転機において、外扇の周速が50 m/s未満である場合は、この限りでない。

### 6.2 開閉装置 開閉装置は、次による。

- (1) 油に浸した接点をもつ開閉装置は、直流回路に使用しないこと。
- (2) グループIの電気機器では、油に浸した接点をもつ交流の開閉装置は、電圧が1100 V以下の場合には使用しないこと。ただし、各極が隔離されていて、1極当たりの油の量が5 l以下である場合には、電圧が1100 Vを超えるものに限って使用してもよい。
- (3) グループIの断路器で、JIS C 8325に規定される遮断電流及び閉路電流による級別AC3の遮断容量より小さい遮断容量のものは、負荷状態で操作できないように、適切な負荷遮断装置を用いて電気的又は機械的にイン

タロックすること。

グループIIの断路器は、上記のようにインタロックする必要はないが、その近くに、負荷状態で操作してはならない旨の注意銘板を取り付けること。

- (4) 断路器をもつ開閉装置においては、その断路器は、すべての極を同時に遮断するもので、外部から開閉状態を見ることができるか、又は開路状態が確実に指示されるような構造であること。

また、断路器と開閉装置のカバー又はドアとの間に設けるインタロック機構は、断路器の接点が電源を遮断するのに十分に分離されたときだけ、カバー又はドアを開くことができるものであること。

- (5) グループIの開閉装置の断路器の操作機構は、開路状態で施錠できるものであること。

- (6) グループIの開閉装置において、短絡及び地絡保護用继電器を使用する場合には、それらは施錠できるようにすること。

また、その復帰装置は、5.3.2に規定する錠締めを施すか、又は继電器を収納する容器の中に設けること。

- (7) 開閉接点をもつ遠隔操作で作動する装置を収納する容器のカバーで、それを開いたとき内部に接近し得るものは、次の(a)又は(b)のいずれかによること。

(a) カバーの開閉を断路器の開閉とインタロックさせること。

(b) 通電中はカバーを開いてはならない旨の注意銘板を取り付けること。ただし、カバーを開いた後も充電されている部分が防爆構造によって保護されている場合は、この限りでない。

また、この部分を安全増防爆構造とするときは、その保護等級をIP20とすることができる。

**6.3 ヒューズ** ヒューズを収納する容器は、ヒューズリンクの取付け又は取外しが無電圧のときだけ行うことができるよう、また、容器を完全に閉じるまではヒューズに通電することができないように、インタロックしなければならない。ただし、通電中は開いてはならない旨の注意銘板を容器に取り付ける場合は、インタロックする必要はない。

**6.4 差込接続器** 差込接続器は、次による。

- (1) 差込接続器は、差込接続部に通電されているときはプラグとプラグ受けとを分離することができないように、また、プラグとプラグ受けとが分離されているときは差込接続部に通電することができないように、インタロックすること。ただし、プラグとプラグ受けとを錠締めを施した締付け方法によって固定し、さらに通電中は分離してはならない旨の注意銘板を取り付ける場合は、インタロックする必要はない。
- (2) プラグは、プラグ受けに差し込まれていないときにも課電される部分をもたないこと。
- (3) グループIIの差込接続器で、プラグとプラグ受けとが分離する前に消弧させ得る遅延機構を備えて全定格電流を遮断するように作られ、消弧時間中に耐圧防爆性能が維持され、また、露出したプラグ受けの差込口に保護等級IP43以上のカバーを備えたものには、(1)及び(2)の規定は適用しない。

**6.5 照明器具** 照明器具は、次による。

- (1) 照明器具の光源は、ランプ保護カバーによって保護すること。さらに、光源は、ガードによって保護することが望ましい。
- (2) 照明器具は、光源を収納する容器を開くときにソケットのすべての極を自動的に遮断する装置を備えるか、又は通電中は開いてはならない旨の注意銘板を取り付けること。
- (3) 遊離した金属ナトリウムを内蔵するランプ(例えば、IEC 192又はJIS C 7610に規定する低圧ナトリウムランプ)は、使用しないこと。ただし、高圧ナトリウムランプ(例えば、IEC 662に規定するランプ)は、使用してもよい。

**6.6 携帯電灯及びキャップランプ** 携帯電灯及びキャップランプは、次による。

- (1) 携帯電灯及びキャップランプの材料は、電池の電解液に対して化学的に耐えるものであること。

また、携帯電灯及びキャップランプは、それをいかなる姿勢に置いても電池の電解液が漏れるおそれがない

ものであること。

- (2) 光源と電池が別々の容器に収納されている場合には、ケーブル引込部及び接続ケーブルは、これらの部分の防爆性能を低下させることなく、150 Nの引張荷重に耐えること。  
また、接続ケーブルは、耐油性及び難燃性のシースで保護されているものであること。

## 7. 試験

**7.1 衝撃試験** 防爆電気機器の容器の各部分及びガード、ファンカバーなどの耐衝撃性を確認するための衝撃試験は、次による。

- (1) 衝撃試験は、防爆電気機器が使用中に受ける機械的損傷のおそれの程度に応じて、表4に規定する衝撃エネルギーを加えて行うこと。

表4 耐衝撃試験

単位 J

グループ		衝撃エネルギー E			
		I		II	
機械的損傷のおそれの程度		普通	低	普通	低
透光性部品	ガード付き	4	2	1	
	ガードなし	7	4	2	
透光性部品以外の容器及び容器の部品 (ガード、ファンカバーなどを含む。)		20	7	4	

備考 機械的損傷のおそれの程度が“低”に対する試験を行った場合は、8.2 (8) に従って、その防爆電気機器に“X”的記号を表示すること。

- (2) 表4に規定する衝撃エネルギーは、表5によって、直径25 mmの半球状の焼入鋼製の衝撃頭をもつ質量Mのおもりを高さhから落下させて加えること。

表5 規定の衝撃エネルギーを与えるおもりの質量及び落下高さ

衝撃エネルギー E J	質量 M kg	落下高さ h m
1	0.25	0.4
2		0.8
4	1.0	0.4
7		0.7
20	2.0	1.0

備考 この表における各数値の関係は、次の式による。

$$h = \frac{E}{M \times g}$$

ここに、 $g = 10 \text{ m/s}^2$

- (3) 試験装置は、附属書2に例示するような自由落下式のおもり落下試験装置を使用すること。ただし、おもりの自由落下によって衝撃を加えることが困難な場合は、振り子式の衝撃試験装置を使用することができる。この場合には、支持棒又は支持ひもを含む衝撃部分は、表5に規定する質量をもっており、しかも衝撃点が運動部分の重心の軌道上にあるようにその質量を配分すること。
- (4) 試験品は、一般に、完全に組み立てられ、使用できる状態の電気機器とする。ただし、透光性部品について上記の状態で試験することが困難な場合は、この部品だけを正規の支持棒又はこれと同等の棒に取り付けて試験してもよい。

- (5) 試験は、ガラス製の透光性部品については3個の試験品に対してそれぞれ1回、その他の部品については1個の試験品に対して2回衝撃を加えて行うこと。この場合、衝撃を加える点は、最も弱いと判断される箇所とする。
- (6) 試験品は、衝撃を受ける面が平らな場合は衝撃方向がその面に垂直になるような姿勢で、衝撃を受ける面が平らでない場合は衝撃方向が衝撃点がある面の接線に垂直になるような姿勢で、鋼製台(附属書2参照)に載せること。試験品を載せる鋼製台は、20 kg以上の質量をもっているか、建造物に堅固に固定されているか、又はコンクリートで固めるなどの方法で床に埋め込まれていること。
- (7) 試験は、周囲温度 $25 \pm 10$  °Cで実施すること。ただし、容器又は容器の部品がプラスチック材料で作られている防爆電気機器は、それが使用される場所の温度より10 °C高い周囲温度(最低50 °C)及び $-25 \pm 3$  °Cの低い周囲温度でこの試験を実施すること。

なお、防爆電気機器が屋内専用である場合は、低い周囲温度の試験を $-5 \pm 3$  °Cで実施することができるが、この場合には、その旨を防爆電気機器に表示すること。

- (8) (7)に規定する温度と異なる温度で試験を行う場合は、恒温槽に入れて試験を行うこと。規定の温度が試験を実施する場所の温度より高い場合には、規定の温度より約10 °C高い恒温槽に、また、低い場合には、規定の温度より約5 °C低い恒温槽に試験品を入れ、各部の温度が飽和した後、試験品を恒温槽から取り出して鋼製台に載せ、規定の温度になった瞬間に衝撃を加えること。

- (9) 試験の結果、試験品に電気機器の防爆構造を損なうような損傷を生じないこと。

## 7.2 落下試験 携帯用防爆電気機器の機械的強度を確認するための落下試験は、次による。

- (1) 試験品は、使用できる完全な組立状態で水平なコンクリート面の上に1 mの高さから4回落下させること。この場合、コンクリート面に衝突するときの試験品の姿勢は、その携帯用防爆電気機器の使用条件などを考慮して決定すること。
- (2) 試験は、周囲温度 $25 \pm 10$  °Cで実施すること。ただし、容器又は容器の部品がプラスチック材料で作られているものは、 $-25 \pm 3$  °Cの低い周囲温度でこの試験を実施すること。
- (3) 試験の結果、試験品に電気機器の防爆構造を損なうような損傷を生じないこと。容器の表面的な損傷、塗装のはがれ、冷却フィン、その他これと類似する電気機器の部分の損傷及び小さなへこみは、一般に防爆性能に影響がない範囲ならば無視してもよい。

ファンカバー及びスクリーンは、変形しても防爆性能の保持には支障がないが、それらが位置のずれ又は著しい変形によって回転部分と接触しないこと。

## 7.3 容器の保護等級の試験 容器の保護等級の試験は、IEC 529による。

## 7.4 ブッシング及び端子スタッドのトルク試験 外部の電線の接続に使用するブッシング及び端子スタッドで、電線の取付け又は取外しの際にトルクを受けるものは、表6に示す値のトルクを加えたときブッシング及び端子スタッドが回ってはならない。

表6 ブッシング及び端子スタッドに加えるトルク

端子スタッドのねじの呼び	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
トルク Nm	2.0	3.2	5	10	16	25	50	85	130

## 7.5 温度試験 防爆電気機器に許容される最高表面温度を確認するための温度試験は、次による。

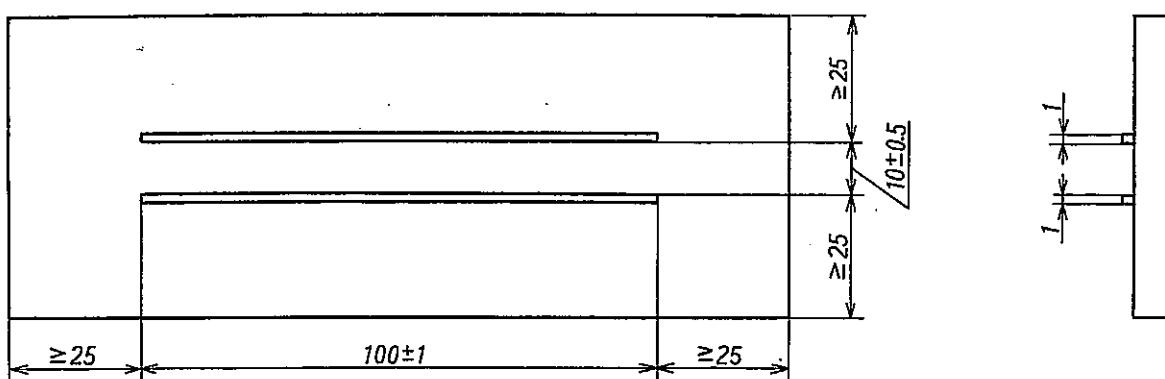
- (1) 温度試験は、電気機器が定格で稼動している状態において行うこと。ただし、電圧の変動が温度上昇に影響を及ぼすおそれがある電気機器では、定格電圧の90~110 %の範囲内で温度上昇に最も不利な影響を及ぼす電圧においても温度試験を行うこと。

なお、電気機器の一般規格において、定格電圧の90~110 %の範囲以外の電圧の許容値が規定されている場合には、それを考慮すること。ただし、回転機及び照明器具の最高表面温度の測定は、次による。

- (a) 回転機の最高表面温度の測定は、定格電圧の95~105 %の範囲内で最も不利な影響を及ぼす電圧において行うこと。
- (b) 蛍光灯安定器については、バラストに対する整流効果の影響を考慮して、定格電圧の110 %に加えて行うこと。
- (2) 温度の測定は、無風の空気中で、電気機器を正常な使用姿勢にして行うこと。この場合、さまざまな姿勢で正常に使用できる電気機器は、それぞれの姿勢における温度を測定し、そのうちの最も高い温度をとること。このような電気機器を姿勢を限定して使用する場合に、限定した姿勢だけで温度を測定したときは、その使用条件を明示すること。
- (3) 温度の測定に用いる器具（温度計、熱電対など）及び接続電線は、適切なものを選定し、これらが電気機器の熱的特性に有意な影響を及ぼさないように配置すること。
- (4) 測定した温度は、定格として規定された最高周囲温度によって補正すること。
- (5) 得られた最高表面温度は、次の値を超えないこと。
- (a) 個々の製品について温度試験を行う防爆電気機器では、4.2に規定する最高表面温度の値。
- (b) (a)以外の防爆電気機器では、温度等級T1及びT2で10 °C、温度等級T3~T6で5 °Cだけ、それぞれ4.2に規定する最高表面温度から差し引いた値。
- (6) 最終温度は、温度の上昇率が1時間当たり2 °C以下に達したときの温度とみなす。
- 7.6 プラスチック製容器などの熱安定性試験 プラスチック製容器などの熱安定性試験は、次による。
- (1) 防爆構造を構成するプラスチック製容器、容器のプラスチック製部品及び密閉用ガスケットは、90 %以上の相対湿度及び最高周囲温度より20 °C高い温度（最低80 °C）において、電気機器の防爆構造を損なうことなく、連続4週間耐えること。
- (2) プラスチック製容器及び容器のプラスチック製部品は、-30±3 °Cにおいて、電気機器の防爆構造を損なうことなく、24時間耐えること。
- 7.7 热衝撃試験 照明器具及び電気機器のぞき窓などに使用するガラス製の部品は、その最高使用温度において、温度が10±5 °Cで直径が約1 mmの噴流水を注いで熱衝撃を与えたとき、破損することなく耐えなければならぬ。
- 7.8 プラスチック製部品の絶縁抵抗試験 6.1.4に規定するプラスチック製外扇などのプラスチック製部品の電気抵抗を測定するための絶縁抵抗試験は、次による。
- (1) この試験は、部品の寸法が十分に大きい場合はその部品を試験品として、そうでない場合は図2に示す形状及び寸法の試験片を試験品として行うものとし、試験品の表面に、絶縁抵抗に影響しない溶剤を含む導電性塗料を使用して図2に示すような2本の平行な電極を描く。

図2 2本の平行な電極を描いた試験片

単位 mm



- (2) 試験品は、成形したままの完全な表面をもつものとし、これを蒸留水で洗浄し、次にイソプロピルアルコール又は水溶性で試験品の材料に影響しないその他の溶剤で洗浄し、再び蒸留水で洗浄して乾燥する。それから、手で触れたりせずに、温度が $23 \pm 2$  °Cで、湿度が48~52 %の清浄な雰囲気中に24時間放置する。
- (3) 電気抵抗の測定は、(2)と同様な雰囲気中で、次によって行う。
- (a)  $500 \pm 10$  Vの直流電圧を、2本の電極の間に1分間印加する。
  - (b) この印加電圧は、電圧変動によって生じる充電電流が、試験品を通って流れる電流に比べて無視できるよう、試験中、十分に安定に保つ。そのために、必要な場合には乾電池又は蓄電池を使用する。
- (4) 絶縁抵抗の値は、直流電圧を1分間印加したときに電極間に流れる全電流に対する電極間に印加した直流電圧の比として求める。

## 7.9 無がい表ケーブルを用いるケーブル引込部の引留機能試験

### 7.9.1 引留機能 引留機能の試験は、次による。

- (1) 引留機能の試験は、ケーブル引込部のゴム弾性体パッキンに引留機能をもたせる場合、又は金属パッキンに引留機能をもたせる場合に応じて、それぞれ適用できる最小の直径のケーブルに等しい直径をもつ清浄な磨き軟鋼丸棒又は金属シースケーブルを用いて行うこと。
- (2) 軟鋼丸棒を通したゴム弾性体パッキン又は金属シースケーブルを通した金属パッキンをケーブル引込部に組み込み、このケーブル引込部を緩く組み立てて引張試験機に取り付ける。次に、パッキングランドのねじ部品などを締めていき、軟鋼丸棒又はケーブルにmmで表したこれらの直径の値の20倍に等しいNで表した値の引張力を加えたときに、軟鋼丸棒又はケーブルの滑りを防止するのに必要なねじ部品などの最小締付トルクを測定する。
- (3) パッキングランドのねじ部品などに(2)で測定した最小締付トルクの110 %のトルクを加えて締め付け、軟鋼丸棒又はケーブルに、(2)に規定する引張力に等しい一定の引張力を6時間加える。
- (4) 試験の結果、軟鋼丸棒又はケーブルの滑りは、6 mm以下であること。

### 7.9.2 機械的強度 機械的強度の試験は、次による。

- (1) 機械的強度の試験は、7.9.1に規定する引留機能の試験の後、ケーブル引込部を引張試験機から取り外し、パッキングランドのねじ部品などに、7.9.1(2)で測定した最小締付トルクの2倍のトルクを加えることによって行うこと。
- (2) (1)の試験の後、ケーブル引込部を分解して構成部品を検査したとき、顕著な損傷が認められること。ただし、パッキンの変形は、無視すること。

## 7.10 がい表ケーブルを用いるケーブル引込部の引留機能試験

### 7.10.1 引留機能 引留機能の試験は、次による

- (1) 引留機能の試験は、ケーブル引込部に適用できる最小の直径のがい装ケーブルを用いて行うこと。
- (2) がい装ケーブルをケーブル引込部に組み込み、このケーブル引込部を緩く組み立てて引張試験機に取り付ける。次に、クランプ部のねじ部品などを締めていき、ケーブルにmmで表したがい装付き外径の値の80倍(鋼線のがい装ケーブル以外のがい装ケーブルを用いる場合は20倍)に等しいNで表した値の引張力を加えたときに、ケーブルの滑りを防止するのに必要なねじ部品などの最小締付トルクを測定する。
- (3) クランプ部のねじ部品などに(2)で測定した最小締付トルクに等しいトルクを加えて締め付け、ケーブルに、(2)に規定する引張力に等しい一定の引張力を2分間加える。
- (4) 試験の結果、ケーブルのがい装の滑りがないこと。

### 7.10.2 機械的強度 機械的強度の試験は、次による。

- (1) 機械的強度の試験は、7.10.1に規定する引留機能の試験の後、ケーブル引込部を引張試験機から取り外し、クランプ部のねじ部品などに7.10.1(2)で測定した最小締付トルクの2倍のトルクを加えることによって行うこと。
- (2) (1)の試験の後、ケーブル引込部を分解して構成部品を検査したとき、顕著な損傷が認められないこと。

## 8. 表示

**8.1 表示一般** 防爆電気機器は、その主体部分の見やすい箇所に、8.2に規定する表示を施さなければならぬ。なお、この表示は、化学的な腐食などのそれを考慮して、読みやすく、耐久性があるものでなければならない。

**8.2 表示事項** 防爆電気機器の表示事項は、次のとおりとする。

- (1) 製造業者名又はその略号
- (2) 製品の形式
- (3) 記号“Ex”。この記号は、表示した電気機器が防爆構造であることを示す。
- (4) 防爆構造の種類を示す記号。この記号は、表7による。

表7 防爆構造の種類を示す記号

防爆構造の種類	記号
耐圧防爆構造	d
内圧防爆構造	p
安全増防爆構造	e
油入防爆構造	o
本質安全防爆構造	ia又はib <sup>(1)</sup>

注<sup>(1)</sup> 本質安全防爆構造の記号は、JIS C 0935に規定する機器の区分に応じて、それぞれia又はibとすること。

- (5) グループを示す記号 I 又は II。ただし、グループIIの耐圧防爆構造及び本質安全防爆構造の電気機器では、対象とするガス又は蒸気の分類A, B又はCを記号IIに付けて、IIA, IIB又はIICとすること。特定のガス又は蒸気の爆発性雰囲気だけに使用するグループIIの電気機器では、記号IIにそのガス又は蒸気の名称又は化学式を付記すること。
- (6) 温度等級を示す記号(グループIIの電気機器に限る。) T1, T2, T3, T4, T5又はT6。ただし、温度等級の記号の代わりに、又は温度等級の記号とともに、最高表面温度の値を°Cで表示してもよい。最高表面温度が450 °Cを超える場合は、その値だけを表示すること。

なお、温度等級の記号と最高表面温度の値の両方を表示する場合には、温度等級の記号は最高表面温度の値

の後に括弧に入れて表示すること。基準周囲温度の範囲が4.1(1)に規定する範囲と異なる場合には、その温度範囲を表示すること。

- (7) 製造番号(必要な場合)
- (8) 記号“X”(使用条件を表示する必要がある場合。)
- (9) 追加表示事項。(1)～(8)のほかに、各防爆構造の規格において表示事項が別に規定されている場合には、それを表示すること。

### 8.3 2種類以上の防爆構造を適用した電気機器における防爆構造の種類の表示方法

- (1) 一つの防爆電気機器の別々の部分に異なる種類の防爆構造を適用している場合は、それぞれの部分に、適用した防爆構造の種類を記号で表示すること。
- (2) 一つの防爆電気機器に2種類以上の防爆構造を適用している場合は、主となる防爆構造の種類の記号を始めに表示し、他の防爆構造の種類の記号を追記すること。

### 8.4 防爆構造に関する記号の表示方法 8.2(3)～(6)に規定する防爆構造に関する記号は、(3)～(6)の順序に、一括して表示しなければならない。

8.5 小形の電気機器における表示 極めて小形の防爆電気機器であって、表示する余地が十分にないものは、8.2に規定する表示事項の一部を省略してもよい。ただし、少なくとも次の事項は表示しなければならない。

- (1) 記号“Ex”
- (2) 記号“X”(表示する必要がある場合。)
- (3) 製造業者名又はその略号

### 8.6 特殊な防爆構造の表示 1.に示す各防爆構造の規格に適合しない防爆電気機器で、その防爆性能が試験などによって確認されたものは、特殊な防爆構造であることを示す記号として“s”を表示しなければならない。

## 電気機器の耐圧防爆構造

C 0931-1993

(1999 確認)

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres  
—Construction and verification test of flameproof enclosures  
of electrical apparatus

1. 適用範囲 この規格は、電気機器の耐圧防爆構造に特有な要件について規定する。

この規格は、金属及び非金属材料で作られた耐圧容器及び耐圧容器を構成する部品に適用する。

なお、この規格に規定していない各防爆構造に共通な事項については、JIS C 0930によるものとする。

備考1. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS B 0215 メートルねじ公差方式

JIS B 0601 表面粗さの定義と表示

JIS C 0930 電気機器の防爆構造総則

2. この規格の対応国際規格を、次に示す。

IEC 79-1 (1990) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres

Part 1 : Construction and verification test of flame-proof enclosures of electrical apparatus

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS C 0930によるほか、次のとおりとする。

- (1) 耐圧防爆構造 電気機器の容器の内部で爆発が起こった場合に、容器が爆発圧力に耐え、しかも、容器の外部の爆発性雰囲気への火炎の伝ば(播)を防止する防爆構造。
- (2) 耐圧容器 耐圧防爆構造を満足する容器(以下、容器という。)。
- (3) 内容積 容器の容積から電気機器の機能上欠くことができない内容物の体積を差し引いた容積。
- (4) 接合面 容器を構成する接合部分が相対しており、容器の内部から外部へ火災の経路を生じるおそれがある部分。
- (5) 接合面の奥行き 接合面における、容器の内部から外部への火災の経路の距離。
- (6) 接合面のすきま 接合面における、相対する面の間の距離。相対する面が円筒状の場合は、穴と円筒状部品との直径差。
- (7) 回転軸 回転運動の伝達に使用する円形断面をもつ部品。
- (8) 操作軸 回転運動、直線運動又は両者の組合せによる制御動作の伝達に使用する円形断面をもつ部品。
- (9) 圧力重積 容器の内部の特定の箇所で起こった爆発によって、容器の内部の他の箇所の爆発性雰囲気が予圧され、続いて起こる爆発によって、他の箇所の爆発圧力が異常に高くなること。

## 電気機器の内圧防爆構造

C 0932-1993

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres  
—Type of protection “p”

(1999 確認)

1. 適用範囲 この規格は、電気機器の内圧防爆構造に特有な要件について規定する。

なお、この規格に規定していない各防爆構造に共通な事項については、JIS C 0930によるものとする。

備考1. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS C 0930 電気機器の防爆構造総則

IEC 529 (1989) Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

2. この規格の対応国際規格を、次に示す。

IEC 79-2 (1983) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

Part 2 : Electrical apparatus—type of protection “p”

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS C 0930によるほか、次のとおりとする。

- (1) 内圧防爆構造 電気機器の容器の内部に保護ガスを送入又は封入し、その圧力を周囲の圧力より高く保持することによって、通電中に周囲の爆発性雰囲気が容器の内部に侵入するのを防止するか、又は容器の内部に可燃性ガス又は蒸気の放出源がある場合にそれを希釈する防爆構造。
- (2) 保護ガス 容器の内部を所定の圧力に保持するために使用する清浄な空気、窒素などの不燃性ガス。
- (3) 内圧 周囲の爆発性雰囲気が容器の内部に侵入するのを防止するために、容器の内部の圧力を外部の圧力より高く保持する場合における圧力差。
- (4) 掃気 電気機器に通電する前に容器の内部に保護ガスを通すことによって、通電停止中に容器内部に侵入した周囲の爆発性雰囲気を排除すること。
- (5) 通風式内圧防爆構造 容器の内部に連続して保護ガスを供給することによって内圧を保持する方式の内圧防爆構造(以下、通風式という。)。
- (6) 封入式内圧防爆構造 容器の内部から外部への保護ガスの漏れ量に応じて保護ガスを補充することによって内圧を保持する方式の内圧防爆構造(以下、封入式という。)。
- (7) 連続希釈式内圧防爆構造 可燃性ガス又は蒸気の内部放出源を含む容器に存在する可能性がある可燃性ガス又は蒸気を希釈する目的で、保護ガスを連続的に供給する方式の内圧防爆構造(以下、連続希釈式といふ。)。
- (8) 容器内部に点火源をもつ機器 正常運転において点火源を発生し、それが爆発性雰囲気に点火し得る機器。
- (9) 自己明示の故障 それを継続して使用するには修理を必要とするような機能不良を生じ、それが可聴又は可視の信号によって表示されるような故障。
- (10) 容器内部の放出源 正常運転中又は異常状態で可燃性ガス又は蒸気を放出する可能性がある電気機器の内部の部品。

## 電気機器の油入防爆構造

C 0933-1993

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres  
—Oil-immersed apparatus

## 1. 適用範囲 この規格は、電気機器の油入防爆構造に特有な要件について規定する。

なお、この規格に規定していない各防爆構造に共通な事項については、JIS C 0930によるものとする。

備考1. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS C 0930 電気機器の防爆構造総則

## 2. この規格の対応国際規格を、次に示す。

IEC 79-6 (1968) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

Part 6 : Oil-immersed apparatus.

## 2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS C 0930によるほか、次のとおりとする。

- (1) 油入防爆構造 電気機器のアーク又は火花を発生するか、又は高温となる部分を絶縁油中に収めることによって、これらの部分が油面上に存在する爆発性雰囲気の点火源とならないようにする防爆構造。  
(2) 油 油入防爆性能を維持するための絶縁油。

## 電気機器の安全増防爆構造

C 0934-1993

Electrical apparatus for explosive gas  
atmospheres—Increased safety “e”

1. 適用範囲 この規格は、電気機器の安全増防爆構造に特有な要件について規定する。

この規格は、定格電圧が11 kV未満の交流実効値又は直流で、正常運転においてアーク、火花又は危険温度を生じない安全増防爆構造をもった電気機器に適用する。

なお、この規格に規定していない各防爆構造に共通な事項については、JIS C 0930によるものとする。

備考1. 蓄電池については、参考2に、抵抗加熱デバイス及び抵抗加熱ユニットについては、参考3に参考として示す。

2. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS C 0930 電気機器の防爆構造総則

JIS C 0931 電気機器の耐圧防爆構造

JIS C 3202 エナメル線

JIS C 4004 回転電気機械通則

JIS C 7501 一般照明用電球

JIS C 7709 電球類の口金及び受金

JIS F 8407 船用電球

IEC 34-1 (1983) Rotating electrical machines. Part 1 : Rating and performance.

IEC 34-5 (1991) Rotating electrical machines. Part 5 : Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP code).

IEC 34-6 (1991) Rotating electrical machines. Part 6 : Methods of cooling (IC code).

IEC 61-1 (1969) Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety. Part 1 : Lamp caps.

IEC 61-2 (1969) Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety. Part 2 : Lampholders.

IEC 64 (1987) Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes. Performance requirements.

IEC 85 (1984) Thermal evaluation and classification of electrical insulation.

IEC 112 (1979) Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions.

IEC 185 (1987) Current transformers.

IEC 238 (1991) Edison screw lampholders.

IEC 317-3 (1990) Specifications for particular types of winding wires. Part 3 : Polyester enamelled round copper wires, class 155

IEC 317-7 (1990) Specifications for particular types of winding wires. Part 7 : Polyimide enamelled round copper wire, class 220

IEC 317-8 (1988) Specifications for particular types of winding wires. Part 8 : Polyesterimide enamelled round copper winding wire, class 180

IEC 432 (1984) Safety requirements for tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes.

IEC 529 (1989) Degrees of protection provided by enclosures (IP code)

3. この規格の対応国際規格を、次に示す。

IEC 79-7 (1990) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 7 : Increased safety "e"  
Amendment No.1 (1991)

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS C 0930によるほか、次のとおりとする。

- (1) 安全増防爆構造 正常な使用状態では、爆発性雰囲気の点火源となり得るアーク又は火花の発生がなく、さらに、高温又はアーク・火花の発生の可能性に対して安全度を高めた電気機器の防爆構造。  
備考 正常な使用状態でアーク又は火花を発生する機器は、この定義から除外する。
- (2) 許容温度 機器又は部品に対し、許容する温度の最高値で、次の(a)又は(b)の低い方の温度。  
(a) 爆発性雰囲気での点火の危険性によって決まる温度。  
(b) 機器又は部品の材料の熱的安定性によって決まる温度。  
備考 この温度は、JIS C 0930の2.(6)(最高表面温度)及び4.(温度)に規定する最高表面温度、又は4.に規定する温度の低い方をいう。
- (3) 拘束電流 $I_A$  定格電圧及び定格周波数を与えて回転子を拘束した交流電動機、又は最大エアギャップで可動鉄心を拘束した交流電磁石に流れる電流の最大実効値。ただし、この場合、過渡現象は含めない。
- (4) 拘束電流比 $I_A/I_N$  拘束電流 $I_A$ と定格電流 $I_N$ との比。
- (5) 許容拘束時間 $t_A$  交流巻線に拘束電流 $I_A$ を流したとき、最高周囲温度で定格通電時に到達する温度から許容温度まで上昇するのに要する時間。
- (6) 定格短時間熱的電流 $I_{th}$  導体の温度を、最高周囲温度で定格通電時に到達する温度から許容温度まで、1秒間で上昇させる電流の実効値。
- (7) 定格機械的電流 $I_{dyn}$  電気機器が、流れる電流によって機械的に損傷することなく耐え得るそのときの電流の波高値。
- (8) 短絡電流 $I_{sc}$  機器の使用状態における最大短絡電流の実効値。
- (9) 空間距離 二つの導体間の空気中の最短距離。
- (10) 沿面距離 二つの導体間の絶縁物の表面に沿った最短距離。
- (11) 使用電圧 $U$  定格電圧を供給した状態において、絶縁物にかかる交流電圧の実効値の最高値又は直流電圧の最高値。ただし、開路状態や通常の運転状態における過渡現象は含めない。

## 電気機器の本質安全防爆構造

C 0935-1993

Electrical apparatus for explosive gas atmospheres  
—Intrinsic safety “i”

**1. 適用範囲** この規格は、電気機器の本質安全防爆構造に特有な要件について規定する。

また、本安システム及び危険場所以外の場所（以下、非危険場所という。）で使用する本安関連機器についてもこの規格を適用するものとする。

なお、この規格に規定していない各防爆構造に共通な事項については、JIS C 0930によるものとする。

**備考1.** この規格の引用規格を、次に示す。

JIS C 0930 電気機器の防爆構造総則

IEC 79-3 (1990) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

Part 3 : Spark test apparatus for intrinsically-safe circuits

IEC 112 (1979) Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions.

IEC 326-3 (1980) Printed boards.

Part 3 : Design and use of printed boards.

IEC 529 (1989) Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

IEC 664A (1981) Insulation co-ordination within low-voltage systems including clearances and creepage distances for equipment.

First supplement.

IEC 742 (1983) Isolating transformers and safety isolating transformers—Requirements.

**2. この規格の対応国際規格を、次に示す。**

IEC 79-11 (1991) Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

Part 11 : Intrinsic safety “i”

**2. 用語の定義** この規格で用いる主な用語の定義は、JIS C 0930によるほか、次のとおりとする。ただし、JIS C 0930の2.(1)(電気機器)及び(13)(容器)は除く。

(1) **本質安全防爆構造** 正常状態及び特定の故障状態において、電気回路に発生するアーク又は火花が規定された試験条件で所定の試験ガスに点火せず、かつ、高温によって爆発性雰囲気に点火するおそれがないようにした防爆構造。

(2) **電気機器** 通常1個の容器内に収納する部品、電気回路又は電気回路部品の集全体。

**備考** ここでいう電気機器（以下、機器という。）は、JIS C 0930の定義とは異なる。

(3) **本安回路** 正常状態及び特定の故障状態において発生する火花又は熱が、この規格に規定する試験条件で試験ガスに点火を生じない電気回路。

(4) **本安機器** 機器の内部の電気回路が、すべて本安回路である機器。

(5) **本安関連機器** 本質安全防爆性能に影響を及ぼす本安回路と非本安回路の両方の電気回路が含まれる機器。

**備考** 本安関連機器は、次のいずれでもよい。

1. 爆発性雰囲気の中で使用するために、他の防爆構造で保護されている機器。
  2. 爆発性雰囲気の中で使用しないために、他の防爆構造で保護されていない機器。例えば、爆発性雰囲気の中で機器を使用せず、爆発性雰囲気の中に置かれている熱電対を接続する記録計入力回路だけが本安回路となっている機器。
- (6) 本安システム 本安機器、本安関連機器及び他の機器を含む相互に接続された機器の集全体で、接続ケーブル又はそれらの機器が、爆発性雰囲気にさらすことができるシステム。
- (7) 区分“ia”の機器及びシステム 次の(a)及び(b)を適用する場合に適切な安全係数をもち、点火を起こすことが不可能である本安回路を含む機器及びシステム。
- (a) 二つまでのカウント可能な故障 [(10.1) 参照]。
  - (b) 最悪条件を与えるカウント不可能な故障 [(10.2) 参照]。
- (8) 区分“ib”の機器及びシステム 次の(a)及び(b)を適用する場合に適切な安全係数をもち、点火を起こすことが不可能である本安回路を含む機器及びシステム。
- (a) 一つまでのカウント可能な故障。
  - (b) 最悪条件を与えるカウント不可能な故障。
- (9) 正常状態 本安機器又は本安関連機器が電気的及び機械的に製造業者の設計仕様を満足している状態。  
備考 正常状態には不特定機器からの  $U_m$  [(19) 参照] の適用を含む。
- (10) 故障 本安回路の本質安全防爆性能を低下させるような部品又は接続の欠陥及び電気的損傷。回路の保護のために使用する(11)～(13)に規定するもの以外の短絡、開放による回路の欠陥。
- 備考1. 故障が、回路の保護方式として機能している他の部分に波及する故障は、初めの故障と合わせて一つの故障とみなす。
2. このような故障の適用については、3.による。
- (10.1) カウント可能な故障 この規格の構造要件に適合している機器及びシステムの部分で起こる故障。
- (10.2) カウント不可能な故障 この規格の構造要件に適合していない機器及びシステムの部分で起こる故障。
- (11) 故障を生じないとみなす部品及び集全体 それらが用いられている本安機器及び本安関連機器の使用中及び保管中において、本安回路の本質安全防爆性能を低下させるような故障を生じないとみなせる部品及び部品を集めたもの。  
備考 このような部品及び集全体は、評価又は保護の形式試験を実施する場合、故障の対象として考えない。
- (12) 故障を生じないとみなす分離及び絶縁 使用中又は保管中に短絡を生じないとみなす電気部品又は導体間の分離及び絶縁。
- (13) 故障を生じないとみなす接続 使用中又は保管中に回路の開放を生じないとみなす結合及び相互接続配線を含む接続。
- (14) 内部配線 製造業者によって機器内で行われた配線及び電気的接続。  
備考 ラック又はパネル内で、製造業者からの詳細指示に基づいて行われる機器個々の部品間の相互接続は、内部配線とみなす。
- (15) 接続器具 外部回路の電気的接続に使用する端子台、プラグ及びソケット、並びに他の部品。
- (16) 容器 機器の保護等級を維持するための充電部分の外被をいい、ドア、カバー、ケーブル引込部、操作軸、回転軸などを含む。  
備考1. この規格でいう容器は、本安機器では、単一の容器内になくてもよいこと、及び防爆性能維持の主な保護等級が容器に依存しないことのために、JIS C 0930の定義と異なる。
2. この“容器”は、充電部への接触、固体異物及び液体の侵入に対する保護構造とは物理的に同一でなくともよい。

3. この“容器”の境界を形成する表面の指定は、製造業者の責任で行われること。

(17) 最小点火電流 ( $MIC$ ) IEC 79-3による火花点火試験装置で、試験ガスに点火し得る抵抗回路又は誘電回路の最小電流。

(18) 最小点火電圧 IEC 79-3による火花点火試験装置で、試験ガスに点火し得る容量回路の最小電圧。

(19) 非本安回路最大電圧 ( $U_m$ ) 本質安全防爆性能を損なうことなく本安関連機器の非本安側の接続器具に印加できる最大電圧(直流又は交流実効値)。

備考  $U_m$ の値は、接続器具の違いによって値が異なる場合がある。

(20) 最大入力電圧 ( $U_i$ ) 本質安全防爆性能を損なうことなく本安機器の接続器具に印加できる最大電圧(直流又は交流のピーク値)。

(21) 最大出力電圧 ( $U_o$ )  $U_m$ 及び $U_i$ を含む最大電圧までのいかなる適用電圧においても、機器の接続器具での開放回路状態で生じる本安回路の最大電圧(直流又は交流のピーク値)。

備考 二つ以上の適用電圧がある場合、 $U_o$ は、適用される電圧の最も厳しい組合せのもとで生じる。

(22) 最大入力電流 ( $I_i$ ) 本安機器の接続器具に適用できる最大電流(直流又は交流のピーク値)。

(23) 最大出力電流 ( $I_o$ ) 機器の接続器具から得られる本安回路の最大電流(直流又は交流のピーク値)。

(24) 最大入力電力 ( $P_i$ ) 機器の接続器具に適用できる外部の本安回路の最大電力。

(25) 最大出力電力 ( $P_o$ ) 機器から得られる本安回路の最大電力。

(26) 最大外部キャパシタンス ( $C_o$ ) 機器の接続器具に接続できる本安回路の最大のキャパシタンス。

(27) 最大内部キャパシタンス ( $C_i$ ) 機器の接続器具に生じるとみなされる等価的に合計された内部キャパシタンス。

(28) 最大外部インダクタンス ( $L_o$ ) 機器の接続器具に接続できる本安回路のインダクタンスの最大値。

(29) 最大内部インダクタンス ( $L_i$ ) 機器の接続器具に生じるとみなされる等価的に合計された内部インダクタンス。

(30) 空間距離 二つの導体間の空気中の最短距離。

備考 この空間距離は、固体絶縁物又は成形物で覆われた部品ではなく、周囲の雰囲気にさらす部品だけに適用する。

(31) 埋め込まれた導体間の距離 絶縁物(例えば、エポキシ樹脂)の中に埋め込まれた二つの導体間の最短距離。

(32) 固体絶縁物を通じての距離 二つの導体間の固体絶縁物(例えば、押出成形又はモールドの流動しない絶縁物)を通じての最短距離。

備考1. この固体絶縁物は、例えば、シート、スリーブなどのように前もって作られたものである。

2. ワニス及び同様のコーティングは、固体絶縁物とはみなさない。

(33) 沿面距離 二つの導体間の絶縁物の表面に沿った最短距離。

備考 この沿面距離は、空気と直接接触した絶縁物表面に沿って測定する。

(34) コーティングしているときの沿面距離 5.5.1に規定するコーティングを行っているプリント配線板又は他の部品上の導体間の最短距離。

(35) 携帯用電気機器 運転中に移動することができるか、又は電源に接続したまま、ある場所から他の場所に容易に移動することができる機器。

備考1. 混同のおそれがない場合は、単に“携帯用機器”という。

2. この規格におけるこの定義は、一つ以上のハンドルを備え、20 kgを超えない質量の機器であるか、又は、ハンドルはないが、5 kgを超えない質量の機器に限定される。

3. 機器の区分 本安機器、本安関連機器及び本安システムを構成する部分は、“ia”又は“ib”的いずれかに区分す

る。特に他の方法で規定がない限り、この要件は、両方の区分に適用する。

**備考** 機器は、“ia”と“ib”の両方に指定してもよい。ただし、限定された変数は、それぞれの場合によって異なる。

(1) 区分“ia”

(1.1)  $U_m$ 及び $U$ を適用した区分“ia”的機器及びシステムの本安回路は、次の(a)～(c)の各項の状態において、点火しないこと。

- (a) 最悪条件を与えるカウント不可能な故障。
- (b) 一つのカウント可能な故障に加えて、最悪条件を与えるカウント不可能な故障。
- (c) 二つのカウント可能な故障に加えて、最悪条件を与えるカウント不可能な故障。

**備考** カウント不可能な故障は、上記の各状態において異なって適用してもよい。

(1.2) 火花点火試験回路は、8.2.5に規定する電圧、電流又は両者の組合せに、次の安全率を適用すること。

なお、温度等級の決定のための電圧又は電流の安全率は、すべての場合1.0を適用すること。

- (a) (1.1)(a)及び(b)の場合 : 1.5
- (b) (1.1)(c)の場合 : 1.0

(1.3) カウント可能な故障が起こり得ないか、又はカウント可能な故障が一つだけ起こり得る機器及びシステムは、カウント可能な故障の有無、さらにそれぞれの場合に最悪条件を与えるカウント不可能な故障の有無にかかわらず、試験条件を満足すれば、区分“ia”とみなすこと。

(1.4) システムの場合、カウント可能な故障は、システム全体として適用すること。

また、システム内の機器の各品目には同時には適用しない。例えば、二つの機器を含む区分“ia”的システムは、四つではなく二つのカウント可能な故障を適用すること。

(2) 区分“ib”

(2.1)  $U_m$ 及び $U$ を適用した区分“ib”的機器及びシステムの本安回路は、次の(a)及び(b)の各項の状態で、点火しないこと。

- (a) 最悪条件を与えるカウント不可能な故障。
- (b) 一つのカウント可能な故障に加えて、最悪条件を与えるカウント不可能な故障。

**備考** カウント不可能な故障は、上記の各状態において異なって適用してもよい。

(2.2) 火花点火試験回路は、8.2.5に規定する電圧、電流又は両者の組合せに、安全率1.5を適用すること。

なお、温度等級の決定のための電圧又は電流の安全率は、すべての場合1.0を適用すること。

(2.3) カウント可能な故障が起こり得ない機器及びシステムは、それらが最悪条件を与えるカウント不可能な故障によって、試験条件を満足すれば、区分“ib”とみなすこと。

(2.4) システムの場合、指定されたカウント可能な故障は、システム全体として適用すること。

また、システム内の機器の各品目には同時には適用しない。例えば、二つの機器を含む区分“ib”的システムは、二つではなく一つだけのカウント可能な故障を適用すること。

4. 温度 温度は、JIS C 0930の4.(温度)によるほか、次による。

- (1) 最高表面温度は、正常状態及び故障状態を考慮して爆発性雰囲気に触れるすべての部分の値をとること。
- (2) 機器内配線、小形部品などについては、5.2.1～5.2.4によること。