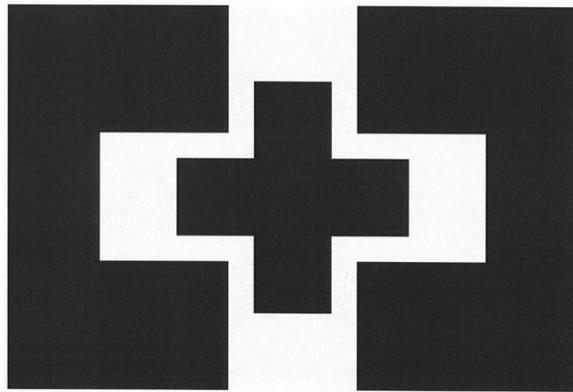


第1編 保安管理



緑十字

第1章 自然災害と環境

第1節 雨

1 降水量

降水とは、大気中を落下しかつ地表面に達する液体または固体の水物質の総称である。降水の形態には、霧雨、雨、雪、あられ、ひょう、氷晶、凍雨などがある。霧、露、霜、樹氷などは、大気中を落下しないので降水とは呼ばない。

降水量は、ある時間内に水平な地表面または地表の水平投影面に落下してたまった水の深さで定義され、通常はmm単位で表わす。雪、あられ、ひょうなどの固形降水の場合には、溶けた水の深さで表わす。時間の長さを示す場合には10分間降水量、1時間降水量、日降水量等があり、また任意の24時間降水量も算出されている。降水量の観測には、内径20 cmの受水口を持った雨量計が使用される。

年降水量は地域の降水量の大小を比較する時に用いられ、我が国の年平均降水量は、九州、四国の南部および紀伊半島が多く、2,000～3,000 mm、九州西北部および日本海沿岸は1,500～2,000 mm、東海、関東地方が1,500 mm前後、瀬戸内海沿岸、甲信および東北地方東部では1,000～1,500 mm、北海道は1,000 mm前後である。

月降水量は、その土地の季節的な降水量の変化を示すもので、我が国では一般に6月から10月の間が多い。日降水量や1時間降水量は、洪水の流量を想定する場合に主要な資料となる。

鉱山保安法の集積場に関する技術指針によれば、場外水と場内水排除施設は、少なくとも100年に1回、非常排水路にあっては少なくとも200年に1回あると考えられる最大降水量を用いる。

2 洪水量

洪水の直接原因は主に降雨であり、台風、低気圧、不連続線などに伴う降雨が洪水をひき起こす。局所的な気流性豪雨に原因する洪水も、しばしば問題となる。

河川工事や水路工事を行う場合には、その地点の洪水量を考慮に入れて設計・施工する。洪水量の算定には、雨量による方法、流量曲線による方法、比流量による方法、実測による方法などがある。雨と流出量との関係は、一般に次式によって表わされる。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A \dots\dots\dots (1.1)$$

ただし、 Q ：最大計画雨水流出量 [m³/s]

f ：流出係数

r ：洪水到達時間の平均1時間降水量 [mm/h]

A ：流域面積 [km²]

洪水到達時間の平均1時間降水量 r の求め方

河谷集水区域の最上流点から、流量を推定しようとする地点までの水平距離を L [m]、落差を h [m]

とすれば、平均勾配は h/L となる。そのとき洪水の到達速度 ω は、

$$\omega = 20 (h/L)^{0.6} \text{ [m/s]} \dots\dots\dots (1.2)$$

で表わされる。従って、最上流点より流量を推定しようとする点まで到達するのに費やす時間、すなわち到達時間 t が

$$t = L/\omega \text{ [s]} \dots\dots\dots (1.3)$$

として得られる。この到達時間 t より r を求めるには、時間降水量というものがある場合にはそれから求めることができるが、この曲線がない場合には、日降水量 r_{24} をもとにして次式で計算する。

$$r = r_{24}(24/t)^{2/3} \dots\dots\dots (1.4)$$

ただし $r = r_{24}/24$: 日雨量の平均1時間雨量 [mm/h]

r_{24} : 日雨量 [mm], t : 洪水到達時間 [h]

流出係数 f の求め方

f 値は従来の経験値から求める。我が国での河川洪水時の f 値を、表1.1に示す。集積場の基準は0.8以上である。

表1.1 流出係数 f の値

土地の状況	f
急峻な山地	0.75 ~ 0.90
三紀層山丘	0.70 ~ 0.80
起伏のある土地及び樹林	0.50 ~ 0.75
平坦な耕地	0.45 ~ 0.60
かんがい中の水田	0.70 ~ 0.80
山地川	0.75 ~ 0.85
平地小河川	0.45 ~ 0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.50 ~ 0.75

第2節 雪

新鮮な雪の質量は約 150 kg/m^3 であるが、降雪後数日を経て密度が大きくなると3倍程度になり、また水で飽和されると5倍程度になることもある。雪の性質による質量の違いを、表1.2に示す。

構造物の雪荷重は、建築基準法施行令に定められており、多雪地区では積雪量 1 cm ごとに 30 N/m^2 以上、その他の地区では 20 N/m^2 以上である。

表1.2 積雪高 1 cm に対する単位質量

雪の性質	単位質量 [kg/m ²]	
新雪 {	乾き雪	0.1 ~ 2.0
	ぬれ雪	1.0 ~ 3.0
	しまり雪	1.0 ~ 5.5
旧雪 {	ぬれて締まった雪	2.0 ~ 5.5
	ざらめ雪	3.5 ~ 7.0
	凍り雪	4.0 ~ 9.0

第3節 風

空気の重量によって一地点に起こる圧力を気圧といい、鉛直な大気柱の重量に等しい。温度0℃、高さ760 mmの水銀柱が標準重量（ 9.80665×10^{-3} N、ほぼ緯度45度の海面上重力に等しい。）で、その底面の圧力を1気圧という。水銀の比重は13.596であるから、1気圧は101.3 kPaに相当する。なお、我が国では1992年から気圧単位を国際単位系に統一し、ヘクトパスカルを用いている。1ヘクトパスカルは 0.01 N/cm^2 に等しく、1,000ヘクトパスカルは0.9869気圧である。

各地における観測気圧をすべて海面上の気圧に換算し、同一の気圧の点を地図上で連結すれば、等圧線が得られる。等圧線を記入した地図を気圧配置図という。等圧線は自閉線となるのが通例で、高い部分の中心を高気圧の中心、低い部分の中心を低気圧の中心という。高気圧では、その中心より外部に向う気流を生じる。低気圧では、外部からその中心に向かう気流を生じ、しばしば大暴風雨を伴う。南洋方面に発生して我が国を襲う低気圧を台風と呼び、多くは我が国の南方海上で極度に発達し、本土に上陸すると衰弱して分裂するが、この際に暴風雨を伴って大きい被害を及ぼすことが多い。

風は大気の流れで、方向と速度があり、風向きおよび風速という。風向は風上の方位によって東風、南東風などと区別し、風速は空気のほぼ平行な流れの速さでm/s単位で表わす。風向と風速は、開けた平坦地で、地上10 mの位置で測り、単に風速というときは観測時前10分間の平均風速測定値を用いる。風速の観測には、我が国ではプロペラ形自記風向風速計を用いている。

風のために起こる圧力を風圧といい、風向きに直角な壁面に作用する風圧と風速との間には、

$$p = kv^2 \dots \dots \dots (15)$$

ただし p : 壁面1平方メートルに加わる圧力 [N/m²]

v : 風速 [m/s]

k : 比例定数 [kg/m³]

の関係がある。実用では $k = 0.012$ とし、次式を用いる。これより、風圧は風速の二乗に比例する。

$$p = 0.012v^2 \dots \dots \dots (16)$$

暴風の場合、建物に実際に加わる圧力は建物の高さに大きな関係があるので、1971年に改正された建築基準法施行令第87条では、次式が定められた。

$$p = c \times q \dots \dots \dots (17)$$

ただし p : 風圧力 [N/m²]

c : 風力係数 [断面形状によって示す係数 (0.4~1.0)]

q : 速度圧 [N/m²]

この速度圧 q は、次の式による値を標準とする。

$$q = 9.8 \times 60\sqrt{h} \quad : h \leq 16 \text{ [m]}$$

$$q = 9.8 \times 120 \sqrt[4]{h} \quad : h > 16 \text{ [m]} \dots\dots\dots (1.8)$$

ただし h : 地盤面からの高さ [m]

(1.8) 式は、昭和9年室戸台風の際の室戸岬における風速の測定値を基準とし、かつ風速が高さの四乗根に比例するという仮定から算出された。通常この式から求めた値は、過大となる場合が多いため、建物の設計時には、建築基準法施行令に基づく告示で、低減措置が定められている。

なお、本法令は2000年に大幅に改正され、速度圧 q は地区ごとに細かく定められた基準風速 v_0 等を使用する等、実体を反映したきめ細かい規則となっている。

第4節 地震

日本は世界でも有数の地震国であり、古来より繰り返し地震被害を被ってきた(表1.3参照)。近い将来、東海地震や首都圏直下型地震の発生が確実なものとして、種々の対応が迫られている。

地震は地殻上層面(プレート)の移動などにより地球の内部に蓄えられた歪エネルギーが、岩石の破壊により断層運動として解放されるために生じるものであるという考え方が定着している。このようなプレートの運動論を「プレートテクトニクス」と呼び、この理論を裏付ける地殻表面の動きが観測されている。日本周辺には、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレート、ユーラシアプレートがあり、太平洋プレートやフィリピン海プレートが北米プレートとユーラシアプレートの下へもぐり込むことにより、多くの地震が発生している(図1.1参照)。さらに、日本海中部地震や北海道南西沖地震の発生から、破線で示されるような北米プレートとユーラシアプレートとの境界の存在も議論されている。

発生した地震波がどのような現象を引き起こすかということ念頭において、その防災対策を講じる必要がある。

地震現象を構成する要素は、震源、基盤、表層地盤、建物、および建物内の機器類に大別される。それぞれの要素で、次のような現象が生じる。建物および機器類の耐震化を考える上で、これら現象の一連の流れを把握し、耐震設計に反映させる。

震源 地震波の発生(地殻の破壊:断層)

表1.3 近年発生した主な地震

年	地震名
1923	大正関東地震
1964	新潟地震
1968	十勝沖地震
1978	宮城県沖地震
1983	日本海中部地震
1993	釧路沖地震
1993	北海道南西沖地震
1995	兵庫県南部地震
2011	東北地方太平洋沖地震
2016	熊本地震



図1.1 日本周辺の地殻プレート

基盤 地震波の伝達

表層地盤 地震波の増幅, 地盤の破壊 (塑性化, 液状化)

建物および機器類 地震波の増幅 (応答), 建物および機器類の破壊

第2章 火 災

第1節 概 説

「火災」は、予期しない場所や時間に建物、山林、機械、施設などが焼けて損害を受けることである。どの火災も、自然、産業あるいは生活基盤における資産の大きな損害を伴うほか、状況によっては人命の喪失や負傷者の発生につながる。このような人的、物的被害を回避するには、火災、防火に対する正しい知識を持つとともに、関係者が常に防火意識を持ち続けることが必要である。

鉱山における火災は、建物、山林、機械、施設などが炎や煙を伴って燃える一般に見られるような「露出火災」の他、採掘対象の石炭や硫化鉱などの鉱床や採掘後の石炭や硫化鉱などの貯鉱が自然に蓄熱発熱し燃焼に至る「潜伏火災」とも呼ばれる「自然発火」などがある。本章では、主に鉱山の坑外における火災の防止に関する内容について述べる。

第2節 火災統計

火災統計は、毎年「消防白書」に詳細に報告されている。この統計は、鉱山火災を含む一般火災の統計データであるが、火災の状況、出火原因、着火物などの概要を平成26年度版「消防白書」から引用し、表1.4および図1.2に示す。これらのデータは鉱山における火災の防止や防火管理を行う上でも有用な資料で、参考にすべき点は多い。

1 出火原因

火災の出火原因を図1.2円グラフに示す。失火が全体の約3分の2を占めており、大半が、火気の取扱いの不注意や不始末から発生している。次いで、放火・放

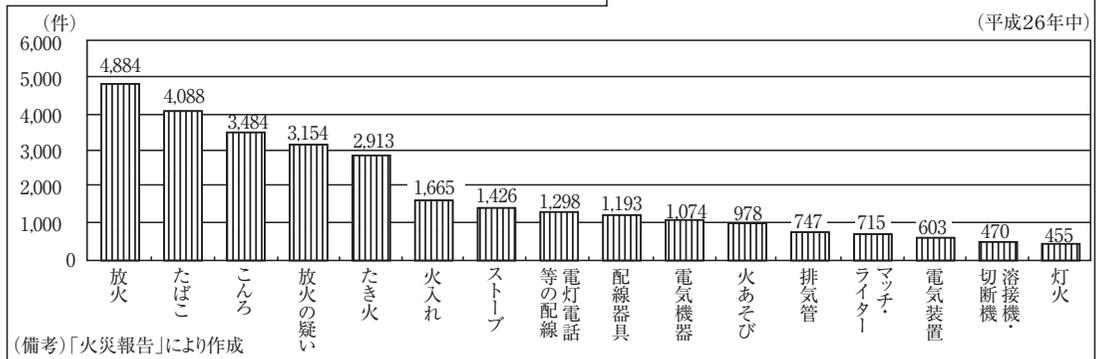
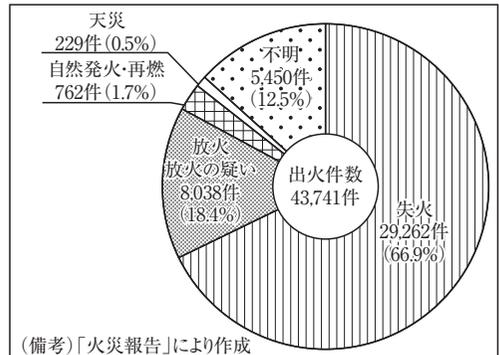


図1.2 出火原因別の出火件数 (平成26年中)

火の疑い，自然発火，再燃，天災の順となっている。

出火原因別の出火件数を，図1.2棒グラフに示す。出火件数で見ると，放火，たばこ，こんろ，放火の疑い，たき火，火入れ，ストーブ，電灯電話等の配線，火あそびなどの順となっている。

2 着火物

火災の始発として，最初に燃える着火物で出火件数を調べた例を，表1.4に示す。枯草，合成樹脂・成型品，動植物油類，袋・紙製品，ごみ屑（建築物収容物），寝具類などの順となっている。

表1.4 主な着火物別出火件数

(各年中)

着火物	平成25年		平成26年		出火件数の増減数
	出火件数 (件)	総出火件数に 占める割合(%)	出火件数 (件)	総出火件数に 占める割合(%)	
枯草	8,508	17.7	6,515	14.9	△1,993
合成樹脂・成型品	3,060	6.4	3,009	6.9	△51
動植物油類	2,263	4.7	2,066	4.7	△197
袋・紙製品	2,182	4.5	1,962	4.5	△220
ごみ屑（建築物等収容物）	1,777	3.7	1,593	3.6	△184
寝具類	1,650	3.4	1,562	3.6	△88
衣類	1,253	2.6	1,342	3.1	89
ごみ類（山林その他）	1,360	2.8	1,205	2.8	△155
線維製品	1,133	2.4	1,064	2.4	△69
落葉	1,238	2.6	1,026	2.3	△212

(備考) 1 「火災報告」により作成

2 平成26年中の着火物別出火件数の上位10番目までを表示した。

第3節 燃焼と火災

1 燃焼の要素

「燃焼」とは，発熱と発光を伴う酸化現象と定義される。鉄などの金属が自然に酸化し錆を発するが，これらは緩慢な酸化現象で，燃焼とは区分される。燃焼を構成するためには「可燃物」，「酸素（空気）」，「着火（熱）エネルギー」の3つが不可欠で，「燃焼の3要素」と呼ばれる。この3要素が同時に存在してはじめて燃焼が可能となる（図1.3参照）。

火災は場所，時間が予測できない燃焼現象であり，上記の3要

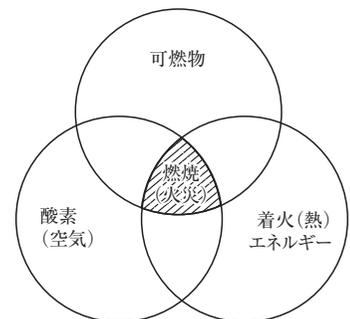


図1.3 燃焼（火災）の3要素

素のうち、1つ以上を除去することが消火・防火の基本的考えとなる。酸素（空気）を絶つ「窒息消火」、燃焼物に水をかけて熱エネルギーを消費させ燃焼を停止させる「冷却消火」、破壊などにより可燃物を除去する「破壊消火」などが消火の基本原理である。

2 発火温度と引火温度

火災は燃焼現象であるから、燃焼の発生を発火、点火あるいは着火という。発火は燃料（可燃性物質）の側から見た燃焼の開始を意味することが多く、点火はある道具で火を点ずるという意味が強い。また、着火は両方の意味を兼ねている。これらは何れも同意義語である。

発火現象には自然発火と口火による発火がある。

可燃性物質全体を加熱すると燃焼を開始する現象を自然発火といい、この自然発火温度を、「発火温度（発火点）」という。発火温度の値は、測定方法により著しく異なる。一般には容器温度を徐々に上げていき、発火するときの温度を発火温度と定義している。この温度上昇速度、物体の大きさ、形状などによっても発火温度は異なり、物理常数ではない。発火点の一例を、表1.5-aに示す。

「引火温度（引火点）」とは、可燃性物質を部分的に加熱し、これに口火を近づけると火が燃え広がる時の物質の最低温度をいう。液体の引火点は引火が起こる最低の液体温度をいう（表1.5-b参照）。

また、プラスチックの引火温度と発火温度を、表1.5-cに示す。

表1.5-a 発火温度（℃）

黄　　り　　ん	60
木　　　　　炭	250～320
ガ　ソ　リ　ン	300～320
石　　　　　炭	330～450
エチルアルコール	510

表1.5-b 引火温度（℃）

エ　　テ　　ル	-41～-20
ガ　ソ　リ　ン	-40以下
メチルアルコール	-1～32
灯　　　　　油	30以上

表1.5-c プラスチックの引火温度と発火温度（℃）

プラスチック	引火温度（℃）	発火温度（℃）
ポリスチレン	370	495
ポリエチレン	340	350
エチルセルロース	290	296
ポリアミド（ナイロン）	420	424
スチレン・アクリロニトリル共重合樹脂	366	455
スチレン・メチルメタアクリレート共重合樹脂	338	486
ポリ塩化ビニル	530<	530<
ポリウレタンフォーム（ポリエーテル系）	310	415
ポリエステル+ガラス繊維	398	486
フェノール樹脂+紙		429
メラミン樹脂+ガラス繊維	475	623

3 火災の性状

(1) 発火とフラッシュオーバー

火災の性状は建物構造， 燃焼物質等で種々異なるが， 一般的な木材の発火について述べる。木材を加熱すると， 100℃を越えると分解し始め， CO（一酸化炭素）， CH₄（メタン）などの可燃性ガスを発生する。160℃近くになると炭化し表面が褐色を帯びる。260℃近傍から木材乾留ガスが急激に発生し， 口火によって炎を発生して燃焼を継続する。分解によって発生した熱量は， 一部発生ガスとともに放散されるが， 他は未燃焼部分を加熱し， 逐次分解燃焼し続ける。このようなことから木材の発火危険温度は建築関係では260℃となっている（表1.6参照）。しかし， 長期間加熱された大きい木材が， 170℃で口火発火した例がある。また， 最近， 台所のガスこんろのステンレス裏ベニヤ板が， 長時間の間欠的な加熱で， ある時期に自然発火を起し， 火災を起した事例がある。

火災の性状は， 鉄筋コンクリートや木質等の構造によって異なるが， 耐火構造のビル火災を想定すると， その室内での時間-温度の関係は， 図1.4のような経時変化となる。図中の0-B'-Cは， 大半が不燃材料の内装の場合である。

火災の初期では， 0-Aで示すように， あまり温度変化もなく拡がりもほとんどない。初期消火が重要視されるのは， この図中の0-Aの間に処理するためである。

局部で徐々に成長した火は， ある段階に至ると温度が急上昇し， 火災範囲も拡大する。この急激な燃焼の拡大を「フラッシュオーバー」と呼ぶ。フラッシュオーバーによって， 窓ガラス等が破壊され， 空気の流入が増大し， 燃焼が盛んとなる。フラッシュオーバーになるまでの時間は， 内装材料， 火源の大きさや開口条件等により異なるが， 一般に約10分以内である。

内装材料の種類とフラッシュオーバーの起る時間との関係を， 図1.5に示す。

表1.6 木材の引火温度と発火温度（℃）

樹 種	引火温度 （℃）	発火温度 （℃）
スギ	240	
ヒノキ	253	
ツガ	253	445
アカマツ	263	430
カラフトアカマツ	271	
エゾマツ	262	437
トドマツ	253	
ケヤキ	264	426
カツラ	270	455
ブナ	272	
シラカバ	263	438
アカガシ		441
ツゲ		447
クリ		460
トネリコ		416
ヤマザクラ		430
ベイマツ		445

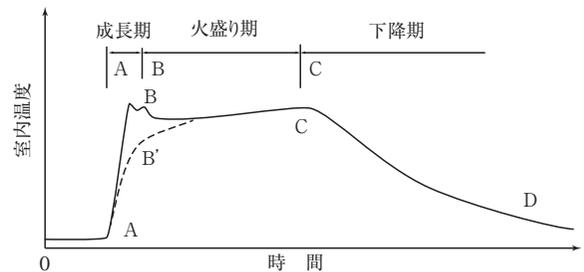


図1.4 火災の進行

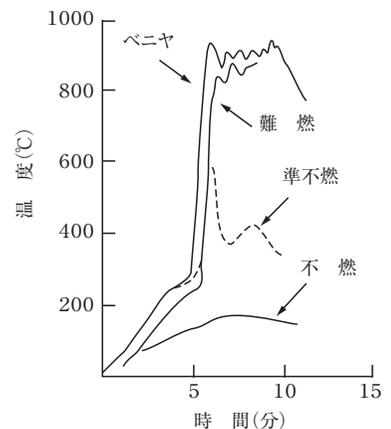


図1.5 内装材料の種類とフラッシュオーバー

(2) 火災の拡大

火災の拡がりの要素は、燃焼速度と延焼速度との2つが考えられる。燃焼速度は主として内装材料などに、また延焼速度は外装の防耐火構造に影響される。火災拡大の時系列的変化は、発火源の大小、可燃性物質との距離、その種類、材質および形状などによって異なる。

燃焼速度 主として、建物の開口条件に影響を受ける。開口部の面積を A [m²] その高さを H [m] とすると、燃焼速度 R [km/分] は下式で求められる。

$$R = (5.5 \sim 6.0) A \sqrt{H} \dots\dots\dots (1.29)$$

表1.7 延焼着火から次の隣家への着火時間 (1階への延焼) (分)

出火からの時間 (分)	延焼着火から次の隣家への着火までの時間 t (分)
出火から10分以内	$t_1 = \frac{3 + 3a/8 + 8d/D_1}{1 + 0.1v + 0.007v^2}$
出火から10 ~ 30分	$t_2 = t_1/1.2$
出火から30 ~ 60分	$t_3 = t_1/1.4$
出火から60分を越える場合	$t_4 = t_1/1.6$

注) a は家屋幅 [m], d は隣家との距離 [m]

D_1 は10分までの延焼限界距離 [m]

v は風速 [m/s]

火災の最盛期の性状は2つの形があり、上記の計算が適用できる範囲、すなわち、燃焼速度が開口部より流入する空気量に比例する範囲の火災を、換気支配型という。また、この計算が適用できない開口部が著しく大きな場合、すなわち、たき火や油火災のような燃焼形態のように可燃性物質の燃焼速度に大きく支配される性状の火災を、燃焼支配型という。なお、最盛期に至るまでの成長期、すなわちフラッシュオーバーまでの時間は、およそ5~10分、その時の温度は600~800℃、最盛期の温度は900~1,100℃とされている。

延焼速度 出火家屋より隣への類焼に至る時間をいう。

延焼速度 t (分) は、表1.7の式で求められる。

延焼時間は、隣壁面温度曲線に支配される。すなわち、出火家屋からの等温面は、 $h = pd^2$ で示される放物線 (図1.6参照) であると仮定すると、延焼限界距離 (D) は、表1.8に示す式で表わされる。

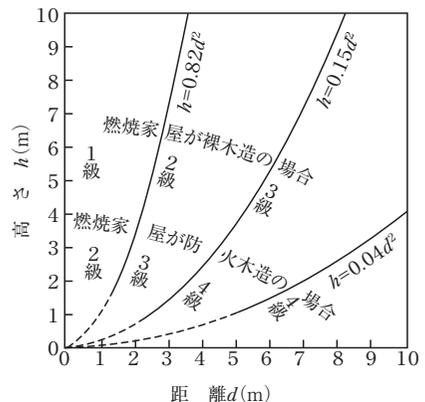
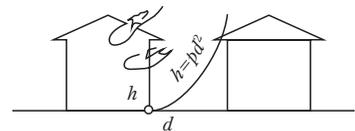


図1.6 加熱級別に対応する隣壁の位置

表1.8 延焼限界距離（1階への延焼）^{注）} [m]

風 向	延焼の時期	延焼限界距離 [m]
風 下	出火から10分以内	$D_1 = 5 + v/2$, v は風速 [m/s]
	出火から10～30分	$D_2 = 1.5D_1$
	出火から30～60分	$D_3 = 3D_1$
	出火から60分を越える場合	$D_4 = 5D_1$
風 上	時間に無関係	$D' = 5 + v/5$
風 側	時間に無関係	$D'' = 5 + v/4$

注）2階への延焼限界距離は上表の1.3倍

ここで、等温面曲線を、 $h = pd^2$ と仮定したが、この場合、 p の値は火災加熱曲線によって異なる。すなわち、家屋が裸木造りの場合、2または3等級ではそれぞれ0.82, 0.15, 防火木造りの場合、2, 3等級ではそれぞれ、無限大, 0.82となる。これらの値は、いずれも実験によるものである。

第4節 防火管理

1 防火管理体制

消防法では、多くの人が集まって仕事をする場所で、出火防止、出火後の消火、人の安全退避に関する責任を明確にするため、事務所、工場等の防火管理制度を義務づけている。この制度では、組織の中で消防計画を作成し、それに基づく防火管理業務を行い、人々の安全を期する。事業所や工場での自衛消防隊組織はこの一環であり、一般には、通常建物内外の消火設備の管理を行う。

防火管理者の資格と業務は、次のとおりである。

① 防火管理者

消防法施行令（法第17条第1項）に掲げる防火対象物（個人住宅以外はほとんど全部）で、収容人員（出入、勤務、居住する者）が50人以上（映画館等特定防火対象物は30人以上）のものには、防火管理者をおく。選任、解任は消防長等に届け出る。

② 防火管理者の資格

防火管理講習会修了者（消防長等が実施）・建築主事または一級建築士の資格を有する者で、一年以上防火管理の経験を有する者など。

③ 防火管理者の業務（法第8条）

- a) 消防計画の作成
- b) 消火、通報および避難の訓練の実施
- c) 消防用設備等の点検および整備
- d) 火気の使用または取扱いに関する監督
- e) 避難、防火上必要な構造および設備の維持管理

- f) 収容人員の管理
- g) その他, 防火管理上必要な業務

2 火災報知設備

事務所, 工場などの建物で発生した火災を初期の段階で自動的に感知し, 警報を発し, 建物内の関係者およびこれらを管理する人々に通知するために自動火災警報システムがある。これは火災発生を検知する火災感知器と, それを知らせる警報信号 (ベル等) および発生場所を送受信する装置で構成される。それらの機器を, 図1.7に示す。

鉱山で一般に使用される検知器の一例を, 次に示す。

① 熱感知器

温度による感知器は主として仕切られた場所に一般火災感知器と同様, 火災報知機として設置されている。燃焼温度の上昇を感知するもので, 次のような種類がある。

- ・ 定温式 一定の温度に達すれば作動し, 警報を発するもので, バイメタル式, サーモスタット式などがある。
- ・ 差動式 温度上昇速度があらかじめ定められた速度より大きくなったときに作動するもので, バイメタル差動式, 熱電対式, 空気管式などがある。
- ・ 定温式と差動式とを組み合わせたもの 両者の長所をとり入れたもので, 差動性を持ちながら高温で作動する。

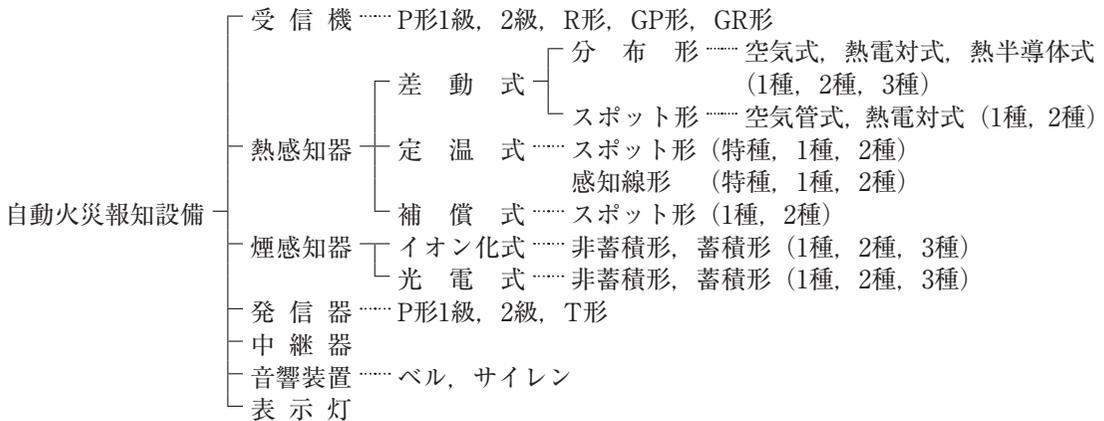


図1.7 火災報知設備の各種機器

注) 感知器には, 上に掲げた普通形のほかに, 特殊形として防水形, 耐酸形, 耐アルカリ形等がある。なお, 受信機, 感知器, 発信機および中継器等の機器類は, 国家検定に合格し, 合格証票を貼付したものでなければ使用できない。

温度検出に対し, これまでのようにスポットの温度でなく線上での温度を監視する方式, 即ち導線式温度検知器が開発されて, ベルトコンベアに应用されている。センサは2本あるいは4本の

線の半導体で披覆された導線できており、これがベルトコンベアの下部に配線される。局所的な温度上昇により、導線間の短絡が生じ電気抵抗の低下によって検知するものである。

② 煙感知器

近年、高分子材料がビル内に多量に使用されるようになり、これが火災時に多量の煙を発生し多くの罹災者を出した経験から、この感知器をビル内に設置することが建築法で規定された。このため、特にベルトコンベアを敷設した場所では火災検知器として煙感知器を設置している。

煙の発生を光電管で感知して作動するものであり、坑外建屋では有効であるが、坑内では通気力による風のために煙の拡散が大きく、また湿度、粉じんの影響で誤動作があるため、今後の改良が望まれる。

③ 一酸化炭素濃度計

ガス検知器としては、爆発防止のためのCH₄監視用と自然発火および坑内火災の早期発見のためのCO監視用があるが、これらはいずれも連続測定用としても用いられている。なお、CO濃度の測定器については特に自然発火の早期発見に対して種々の研究開発が行われており、現在連続測定器には赤外分析計および定電位電解方式によるCO計が開発されている。

以上のように、予知技術の新しい傾向としては、これまで時間的にも距離的にも点的な観測であったものが、最近では測定技術およびデータの処理技術の発達により、時間、距離のいずれにおいても点から線的な観測へと移行し、観測値の精度、信頼性の向上がはかられつつある。

これらの設備の設置に関する基準は、消防法施行令第21条、消防法施行規則第23条、第24条に、次項目について規定されている。

- ・警戒区域：1回線が火災の発生を感知することのできる区域。
- ・感知区域：感知器によって火災の発生を有効に感知できる区域。
- ・感知器の設置：(a) 機器の選定、(b) 感知器の適応性、設置の条件

3 建物の防火工法

(1) 耐火構造

鉄筋コンクリート、れんが、石、コンクリートブロックなどの不燃材料で、建物全体の構造が組成されているものである。このような構造物は、外部からの延焼には強いが、窓わくの部分が木造であったり、出入口などの開口部の防火処置が十分でないと、この部分から燃焼し始める危険がある。鉄材は不燃材であるから、着火、発火の心配はないが、450℃くらいから耐力が急減するから、構造物としては役にたちにくいので注意が必要である。

建築関係においては、耐火構造とは通常火災に十分耐える構造のもので、火災後においてもわずかの修理によって再使用が可能な構造のものと定義している。なお、建築基準法上は原則として2時間火災に耐える構造のものを耐火構造（耐火性能試験2級）として規定し、1時間だけ火災に耐えるもの（耐火性能試験3級）を特別の場合に限って認める条件づけの耐火構造としている。

(3) 構造を構成する材料

防耐火構造を構成する材料には燃えないもの、あるいは防火木材のように何らかの処理をして多少燃えにくい材料にしたものがある。これら材料を火災に対する性質、すなわち燃焼性について分類すると、不燃材料、準不燃材料、難燃材料の3つに分類できる。不燃材であるセメントと木材の組合せ、あるいは、この木材を防火木材として難燃処理したものをを用いるなど、この3つの材料を適当に組合せて防・耐火構造を作る。

① 不燃材料

コンクリート、レンガ、瓦、鉄鋼、アルミニウム、ガラス、モルタル、しっくい、その他これらに類する不燃性の建築材料が不燃材料である。

加熱しても燃焼しない材料で、通常火災時における火熱に対して溶融または赤熱しても燃焼の現象を起さない。従って一般の無機質の材料はこれに該当し、一般の有機質の材料はこれに該当しない。普通、グラスウール、金属材料等もこれに該当する。ただし、不燃材料とは防火または耐火構造に必要な要素であり、不燃材料即耐火材料ではなく、800℃～600℃以下の低温で燃焼はしないが溶融する鉛やアスファルト等の材料は、この範囲に入れていない。

② 準不燃材料

不燃材料に近い無機質のものが主材で、不燃材料に準ずる防火性能を有する、木毛セメント、石膏板その他の建築材料をいう。特に定めた防火試験に合格したもの、例えば石膏ボードで表面を難燃処理した厚さ9 mm以上のもの、または両面を難燃処理した厚さ6 mm以上のものでオガ屑混入率18 %以下のもの、木毛セメント板で厚さ12 mm以上のもの等も含む。

③ 難燃材料

合板、パーティクルボード、硬質繊維板、半硬質繊維板、軟質繊維板、強化ポリエステル板等準不燃材料より防火性能が劣るもので可燃材料に近い有機材が主成分となっているものをいう。定められた防火試験(難燃性試験)に合格したもの、準不燃材料ならびに難燃材料に対する防火試験法では、加熱試験は前者で10分(665℃)、後者は6分30秒(540℃)で発炎しないものを含む。

この他、木材や布のような燃える材料に対して薬剤で難燃処理を施し、防火性能を高める方法がある。

難燃材料試験の温度1時間曲線を、図1.8に示す。ここで注意しなければならないことは、難燃材料とは決して燃えないのではなく、初期の火災で燃えるまでに時間遅れがあるということである。即ち、燃えるのに時間の要素が大きく影響しているということ

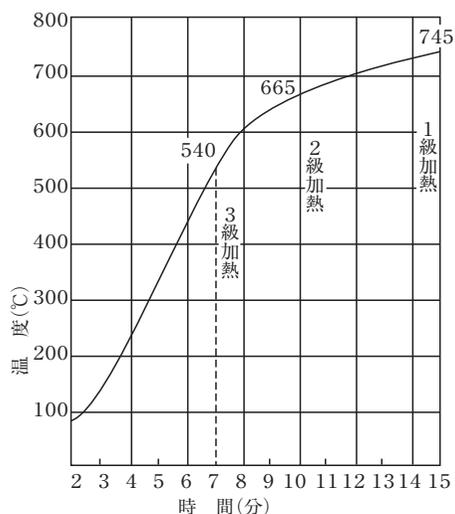


図1.8 難燃材料試験加熱曲線

で、燃えないことを保証されていない。難燃材料は、水素化合物で可燃性のため、燃焼に際しては高分子物質特有の煙を多量に発生する欠点がある。

第5節 消 火

1 消火の原理

火災は、熱発生速度が熱放散速度より著しく大きく、コントロールできない非計画的な燃焼現象である。消火は、燃焼の逆の現象で、燃焼の継続に必要な3要素（可燃性物質、空気、および火源）のうち、1つの要素を除去することにより燃焼の継続は停止し、消火できる。

燃焼を停止するには、次の4つの方法がある。

- ・ 冷却消火 水等によって可燃性物質を冷却し、燃焼を抑える消火。燃焼の際の発生エネルギーを抑え、熱発生速度より熱放散速度を大きくする。一般火災では、400℃以下、引火性液体の火災では、引火点以下に冷却する。
- ・ 窒息消火 密閉や泡沫等によって空気（酸素）を可燃性物質から遮断して、酸素の供給を断つ。
- ・ 希釈消火 不活性ガスの炭酸ガス（CO₂）や窒素ガス（N₂）や粉末消火剤で可燃性ガスを希釈し、ガスの燃焼を抑える。
- ・ 連鎖中断反応消火 ハロン等のハロゲン化合物を用いて、燃焼の化学反応を抑制する。

2 初期消火と消火器

出火してフラッシュオーバーになる前、燃焼が余り拡がらない、温度の低い所で消火すれば、消火作業も消火剤も少なく済むので最も望ましい。このために、可搬式の消火器がある。消火器の放出時間、射程距離や適応火災などの性能を十分知っておく必要がある。消火器を用いるに当り、火災の種類を、次の3つに分類している。

- ・ A火災 木材、紙、繊維などの一般可燃性物質の火災。適応消火器は白色マークのもの。
- ・ B火災 油などの可燃性液体の火災。適応消火器は黄色のマークのもの。
- ・ C火災 感電の恐れのある電気設備の火災。適応消火器は青色のマークのもの。

3 消火剤

消火剤の分類には、消火効果および火災燃焼物による方法があるが、前者による分類を記す。

- ・ 冷却効果 この方法に水がある。水の使い方は水を直接炎に向けてかける方法と、ビル建物などのスプリンクラや噴霧による方法がある。金属ナトリウムのように水と爆発的な反応を示す物質（禁水性物質）に注意しなければならない。
- ・ 窒息効果 油火災に対する空気泡（エアフォーム）、高膨脹泡沫消火などで、前者の薬剤は蛋白質系、後者は界面活性剤系である。
- ・ 希釈効果 不活性ガスを用いて可燃性ガスを不活性にする。

・連鎖中断反応効果 最近図書室や電算機室に適用されているハロンなどで、水や粉末のように未燃物を汚染しない。また、希釈効果ではないから少量で済む。

上記のいずれかが複合している場合もある。例えば、粉末消火は窒息と希釈効果を兼ねたものであり、泡沫消火は冷却と窒息効果の複合といえる。

ハロゲン化炭化水素が大気中に放出されると、地球大気の温暖化やオゾン層の破壊につながる。このため、製造が中止される予定で、代替ガスによる消火性能等が研究されている。ハロン1301は、一般に広く使用されているが、特定フロンであり、2009年末以降は消火用には製造されておらず、現在リサイクル品が流通している。

代表的な消火粉末剤の種類と主成分を、表1.10に示す。

表1.10 消火粉末剤の種類と主成分

消火粉末剤の種類	主成分
第1種消火粉末剤	炭酸水素ナトリウム NaHCO_3
第2種消火粉末剤	炭酸水素カリウム KHCO_3
第3種消火粉末剤	リン酸二水素アンモニウム $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 炭酸水素カリウムと尿素との反応物 $\text{KC}_2\text{H}_3\text{N}_2\text{O}_3$
ハロゲン化炭化水素類 (ハロンは略称)	四塩化炭素 (ハロン104) CCl_4 ブロムクロルメタン (ハロン1011) CH_2BrCl ブロムクロルトリプルオルメタン (ハロン1211) CBrClF_2 ブロムトリフルオルメタン (ハロン1301) CBrF_3

第6節 坑内火災

坑内火災は、一般火災と異なり、一度発生すると坑道が煙突の役割を果たし、よく燃焼伝播する。また、消火作業も一般火災のように周囲から消火作業に当たることができず、風上側の坑道からしか消火できないといった特異性を持っている。

坑内火災は、潜伏火災と露出火災に大別される。潜伏火災は自然発火をいい、露出火災は坑内の坑道および掘進箇所等の現場空間で可燃物が燃焼し、くすぶり・火源や炎が認められる火災をいう。以下露出火災について述べる。

1 火災の災害要因

坑内火災の原因の推移を見ると電気器具による火花が多かったようであるが、近年の電気器具の品質や器具そのものの発達により減少傾向にある。例えば変圧器などは過去においては油入りの湿式のものであったが現在はすべて乾式となっている。また、圧縮機はかつては坑内コンプレッサが活躍していたが、昭和36年坑内コンプレッサによる坑内火災が続いて2件も起り、各々死亡者71名と23名と

いう大災害となった。それ以来坑内コンプレッサは坑内に設置しないようになった。

過去の事例ではコンベアベルト、ケーブルによる火災が多い。次いでボーリング孔内での火災である。これは近年先進ボーリング、ガス抜ボーリングが増加したため、その頻度も多くなったものと考えられる。

ケーブル類の火災原因は局部扇風機やモータの過負荷或は落石等によるケーブル損傷等のためのケーブルの局部的な過熱による。

ベルトコンベア災害はいずれもベルトスリップによる摩擦過熱の発火である。ベルトは難燃性を使用し、ベルトコンベア専用坑道では消火栓の配備並びに煙感知器を取り付けている。

表1.11 坑内火災の要因と発生原因

	原 因	現 象	場 所
① ケー ブル 類	不 明	配線途中で燃焼	コンプレッサ近傍
	〃	〃	局部扇風機配線
	過負荷（絶縁劣化）	ケーブルのループ状の所より発火	モータ用配線
	岩石によるケーブルの損傷	損傷部過熱発火	〃
	接続部浸水、短絡	短絡発熱	動力配線
	不 明 過熱（原因不明）	発 火 発 火	局部扇風機配線
② コン ベ ア ベ ル ト	岩石がリタンローラに挟まる	ベルトスリップによる発熱	タンデムプーリの接続部
	不 明	発火燃焼	原動機付近
	石炭の過供給	テールプーリとベルトのスリップ	テールプーリ原動機付近
	不明（スリップ?）	ベルトスリップによる発火	プーリ付近
	テールプーリが研（岩石廃石）にうまる	スリップ発火	
不 明	スラスタブレーキより発火	原動機付近	
③ ボ ー リ ン グ	ビット或はロッドと孔壁との摩擦	摩擦熱による石炭への着火	先進ボーリング
	〃	孔口元より煙	ガス抜孔
	〃	〃 黒煙	ガス抜孔
④ 溶 断 器	溶断中の炎	炎が支保枠石炭に類焼	坑 道
	溶断の飛散火花	6時間後に煙を見る	〃

2 坑内火災の火源

火災やガス爆発を起こす火源には次の5つの種類がある。

- a) 高温の固体
- b) 断熱圧縮

- c) 衝撃・摩擦火花
- d) 高温ガス
- e) 電気火花

衝撃・摩擦火花とは、高温の固体と摩擦などで加熱された物体（例えば、電熱器の裸火や溶接・溶断のときに飛び散る火花）である。高温ガスとは、ガスバーナの裸火やエンジンの排気ガス等をいう。

電気火花や摩擦火花はメタンガス等への火源となりうるが、坑内火災の直接の火源とはなりにくい。坑内火災の具体的な火源となるものには、裸火および溶接・溶断、発破、機器の過熱および摩擦、電気機器およびその火花、静電気火花がある。これらのほかに、自然発火からの二次災害等が挙げられる。

① 裸火および溶接・溶断

最近では、裸火による出火はほとんどないが、かつて照明用にアセチレン灯を使用していた頃は坑木やカンバスなどの燃えやすいものに引火して火災になった例がある。また、かつては喫煙が許されていた坑内でタバコ、マッチによる出火の例も少なくない。

溶接中の火花や、後始末の悪さから火災になった例もある。溶接では、十分な消火設備を準備してから作業を行ない、作業終了後は、十分な散水を行なって火源を完全に無くすことが肝要である。溶接終了後数時間もたってから煙を発見した事例もあるから、特に注意を要する。

② 機器の過熱および摩擦

空気圧縮機、特に往復動型は過熱しやすい。冷却システムの不良、給油の不良（油の種類の不適、油量の過少、過多）、各種弁の作動不良などで過熱して、空気圧縮機の吐出弁およびその付近に沈積附着している炭化物（潤滑油の分解および炭化によって生ずる）が発火し、火災になる。

空気圧縮機の外部に引火しないまでも、管内の燃焼のために発生した一酸化炭素が、空気を通って作業現場に至り、作業員を中毒させた事例もある。空気圧縮機の点検手入れ、内部スケールの定期的な除去、適正油の適量注油が肝要である。

ベルトコンベアや動力伝達用ベルトがスリップし、プーリとの摩擦によって発火したり、プーリやアイドルプーリとベルトの間に木片、石炭などがはさまり、摩擦熱によって木片、石炭あるいはベルトが発火することがある。また、ローラの軸受けが摩耗して摩擦が大となり、その熱によって付近の可燃物に着火することもある。

3 坑内火災の防止

坑内火災を防止するには、まず不燃化や防火性或は難燃化を図り、防火・耐火構造とすることである。何らかの原因で発火現象が起きても、その周辺のもののが燃焼しなければ火災事故とならない。

4 坑内火災の消火

(1) 坑内火災の特徴と消火対策

消火対策は、一般的には初期消火のための消火対策と拡大した火災の消火、すなわち消防の2つに大別される。しかし坑内においてはこの消防作業が著しく困難となる。

坑内では、坑内構造および坑内通気の機構から、風上のしかも狭い坑道内からしか消火作業が行えない。火災の状況によっては、煙および有害ガスは入気側の相当な距離まで逆流するから、風上側であっても有害ガスの観測を十分行なった後でなければ進入は危険である。このことは、消火作業に従事する人員、水ホースなどの放水口の数に極端に制限されることを意味する。従って、火災がある程度以上拡大した場合は、直接消火が困難になり、幸い成功したとしても非常に時間が掛かる。

一方、火災自体の燃え広がり方は、坑道に沿って逐次延焼していくのが普通であり、飛び火などの恐れは少ないから消火作業は火災の燃え盛る地点に集中することができる。一般に、坑内火災は先ず風下側に延焼拡大するが、酸素が不足するに従って風上側に燃えて行くものである。消火用水源としては、撒水管、排水管などの配管に頼るしかない。管の直径、ポンプの能力などから水量、水圧とも制約されるし、平常坑内水の少ない所では、水源の水量自体にも限度がある。

平素から、非常時の消火用水の給水について、例えば圧気管の転用、主排水から分岐させる非常用取り出し口の設置、火災現場に集中給水ができるよう散水管系統のバルブ配置など、水源確保の手段を講じておくことが重要である。

(2) 消火器

初期消火に対しては一般火災と同様可搬式の消火器と消火用水が最も有効である。これらは坑内どこでも手早く、誰でも使用できる状態にしておくことが望ましい。特に、ベルトコンベア専用坑道やチプラ室、電気設備等火災になりやすい所は密に設置するよう努める。

消火器の性能、すなわちその放出時間、射程距離や適応火災を十分に知る必要がある。消火剤は、木材、紙などの火災、液などの火災および電気設備などの火災と3種類に分類し、それに有効な消火器を使用する。炭鉱では消火器とともに、乾燥砂または岩粉を風上側に設けることが規定されている。

(3) 消火設備

消火設備としては消火栓、水噴霧およびスプリンクラなどがある。消火栓は水の取り出し口と消火用ホース、ノズル等を備えたものである。

(4) 消火方法

1) 直接消火

火災の初期においては、ガス爆発の恐れがなければ、適当な消火器、砂、岩粉などを使って消火する直接消火が有効である。消防ホースなどを使った水による直接消火も一般火災に対しては極めて有効であるが、B級、C級火災に対しては危険な場合があるから十分注意しなければならない。

直接消火は火災発生個所の周辺に居る者がとっさに消火に当るのであるから、消火器、砂、消火栓、消防ホースなどの配置および使用方法を、平素から周知徹底しておくことが必要である。この平素の

準備，教育の良否が，直接消火作業に着手する早さに大きく影響し，従って，直接消火の成否を決定する要因となる。

直接消火作業の際，監督者としては，煙，有毒ガスおよび通気の点に留意し，可能な場合には通気変更（方向および風量）を工夫し，直接消火の作業がしやすく効果があがるように努めるべきであるが，この場合，消火作業のことだけを考えて軽々しく行くと，不測の影響を他の方面に及ぼすことが少なくないから，坑内全般の状況を十分検討してから実施に移すことが大切である。

また，直接消火の作業中に状態が悪化して消火不能となり，密閉など別の方法に切替えなければならなくなる場合がしばしば起る。そのために密閉の時期を失することがないように，直接消火作業と併行して密閉の準備をし，もし直接消火に失敗したら直ちに密閉が行えるようにしておかねばならない。この直接消火法の代表的なものは水であるが，消火剤や高発泡による消火がある。

泡沫流送による発泡消火は，当初坑内火災消火として導入されたが，一般火災での消火，すなわち，消防用として実用化されている（図1.9参照）。

2) 間接消火

密閉

直接消火による消火が困難な場合，直接消火に失敗した場合などは，密閉によって消火する。

火災現場に通じるすべての坑道に気密のダムを構築し，火災区域への空気の供給を断ち，内部の酸素量を減少させて窒息消火させる。

(5) 退避

坑内では，火災や爆発が起ると直ちに坑内の情報を収集し，坑内で作業している人々を危険地区から脱出させるために誘導し，人命を救助するよう最大の努力を払わなければならない。このためには坑内の情報をいかに迅速かつ正確に収集するか，個々人がガス，煙中をいかにすれば脱出することができるか，何処へ退避するか，またこれら坑内作業の人々をいかに誘導すべきかを常日頃考え，訓練

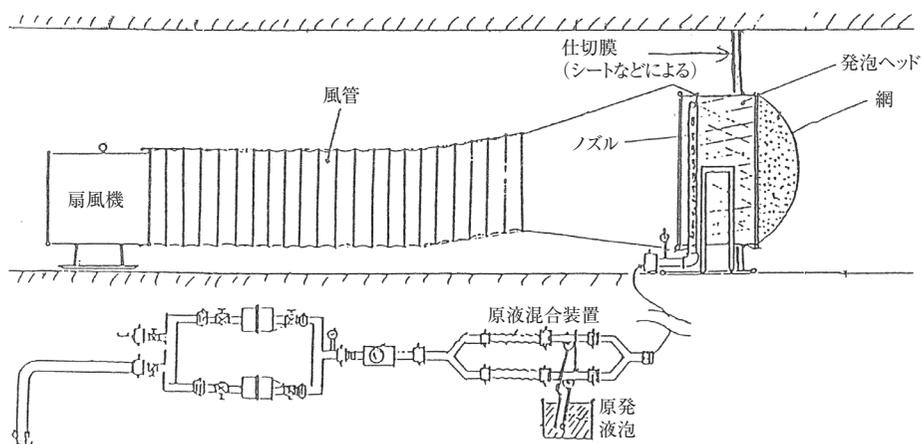


図1.9 高発泡消火機全体図

を行う。さらに、個々の人の保護具はどうあるべきか等を考慮しなければならない。退避訓練は坑内火災のシミュレーションを基礎として行われることが望ましい。

緊急脱出用のCO自己救命器は、酸欠等の雰囲気では効果がないため、COマスクに替わる酸素発生式自己救命器が開発されつつある。自己救命器の開発とともに、アメリカでは自己救命器、緊急避難室および退避所（ろう居する場所）を一つのシステムとして捉えた研究が行なわれている。

第3章 作業環境と保安教育

第1節 作業環境

1 通路

通路について考える場合、まずその目的により一般通路と非常通路に分け、さらに屋内と屋外とに分けて考えるのがよい。

(1) 一般（安全）通路

一般通路とは、日常一般の鉱山労働者が現場への往復や作業上に通常の通路として使うものである。作業場へ通ずる箇所および作業場内には、鉱山労働者が使用する安全な通路を設け、これを通行できるようにしておく。また、主要な通路には適当な標示をし、交通が頻繁な通路と交わる軌道で機械運搬や自走運搬をするときは、見張人を配置し、警鈴を鳴らす等適当な措置を講じる。

1) 屋内の一般通路

① 幅および高さが十分ある

単に通行のための通路か、材料、製品などを持って通る通路であるかなどにより、どの程度の幅、高さが必要かは異なる。また、通路の周辺にあるものが、建物、保管品、貯蔵品など静的なものであるか、工作機械、運搬機械など動的なものであるかによっても異なるし、通常運ぶ品物の寸法、形状によっても高さ、幅などの所要寸法は違ってくる。一般的には、幅方向の0.8 m以内、床上高さ1.7 m以内の空間には障害物がないことがよいとされている。

② 床面に障害物がない

床板の食い違い、下水や溝の蓋の出っ張り、凹みなど、建物自体としての床面の凹凸や、パイプ、車道などの凹凸のような床面の段差や、置いてある品物の突出しなどの障害物で、普通に歩くときに、つまずき・転倒の要素をなくす。既存施設などでやむを得ないときは、渡り板や、踏み越し用の足場板を設け、できるだけ歩行の障害にならないよう工夫する。

③ 踏み抜きの危険がない

④ 滑りにくいようにする

傾斜したコンクリート歩道、踏みならした木の床や玉砂利状の小石の散乱した路面など、滑りやすい通路がある。特に、板や鉄板に濡れたたい積粉じんが付着しているときは非常に滑りやすい。従って、濡れた場合なども考え、適切な滑り止めの方法を工夫する。

2) 屋外の一般通路

屋内の場合と原則的には変わりはない。強いて追加すべき点をあげると、

① できる限り重点地点間の最短距離を通路として定め、整備する

屋内の場合でも留意すべきであるが、特に屋外の場合、人間の心理として、最短距離を選んで通行したがるものである。従って、正規の通路は最短距離を選び、適切に整備することが望まし

い。この心理に反する通路は、事実上通路として利用されず、監督者の意に反する経路が、事実上の通路となり、不測の災害を引き起こすことがある。

② 手すり、柵囲などに留意する

特に屋外では立体交差の橋の上、通路と軌道との境界、勾配の急な所、滑りやすい所など、雨天、霜、積雪、結氷なども考えて、手すり、柵囲などには細かい注意が必要である。

③ その他の注意

軌道や自動車・フォークリフトなどの通行路が通路と交差する箇所は、できれば立体交差が望ましいが、少なくとも警標、警笛、警鈴など、通行者の注意を喚起する配慮が必要である。

(2) 非常通路

非常通路とは、火災その他非常事態が発生したとき、関係現場などにいる者を、迅速、かつ、安全に退避させるため、所要の箇所に設けられた通路である。非常通路が問題となるのは屋内であり、屋外では作業場に至る通路が通常の状態に維持管理されていれば特に問題はない。非常通路は文字どおり非常の際逃げるのが直接の目的で、手に物を持ったり、背中にかついたりすることは考えない。

発火性または引火性のものを取扱う屋内作業場または常時30人以上の鉱山労働者が就業する屋内作業場には、非常の場合に容易に安全な箇所へ避難することができる適当な2以上の通路を設けなければならない。通路に設ける戸は、引戸または外開き戸とする。また、非常通路、非常口は、その方向を誘導する標識を適切な箇所ごとに設け、作業者特に新規作業者には周知徹底する。

非常通路・非常口は文字どおり通常使用しないことが多く、扉付近に物が置かれたり非常階段が腐食していたりして、いざという際の役に立たぬことが往々にして起こる。監督者は、定期的にこれらを細部にわたって点検して、常に良好な状態にあるよう努める。

2 高所作業

高所作業では、作業者の墜落防止と、物体の飛来、落下、投下による災害防止とが大切である。高所作業での一般的注意事項には、①服装は軽快なものとし、腰綱は適正配置と着用を励行し、履物は足に密着し滑りにくいもの（例えば、保安靴、地下たび）を用いる、②不要品は、つまずきの元などになり災害を誘発するため、携行したり、足元に置かない。③物の受渡し、置き方、取扱い方に注意することなどがある。

高所作業について、保安規則（旧省令）では、表1.12に示す種々の規定が設けられている。

(1) 貯鉱槽、貯炭舎内などの高所作業の保安

貯鉱槽内で、周りの壁に付着または宙吊りになった鉱石を落す作業中、崩落した鉱石をかぶったり、宙吊り鉱石が崩落して鉱石に引込まれて災する例は、金属鉱山などで後を絶たない。貯鉱槽、貯炭舎などの上部周辺には、一般作業者の墜落防止用の安全柵を設ける。

この種の災害防止に関する保安上の留意点は、次のとおりである。

① 貯鉱槽、貯炭舎などの内部では、できる限り作業しないですむように工夫する。

- ② 内部に立ち入った場合、貯鉱、石炭上に乗らないですむよう、梯子、足場などを設置する。

表1.12 高所作業に関する保安規則の規定条文

保安規則条項	規定している事柄
第683条	手すり、さく囲などの設置
第684条	足場および足場板の具備条件
第685条	丸太足場の具備条件
第686条	つり足場の具備条件
第696条 第697条 第698条	物体の投下、落下、飛来による危険防止
第699条	高所における作業時の腰綱などの墜落防止の措置

- ③ やむなく貯鉱槽内などで作業する場合は、次の諸点に留意する。
- a) 給鉱、流し込みは絶対に停止する。
 - b) 作業者のほか、貯鉱槽などの上部に、見張り・連絡のため少なくとも1名配置する。
 - c) 下から抜き出しながら作業する場合は、抜き出し口を万一の際直ちに閉鎖できるよう、抜き出し口に人を配置し上部見張人と即座に確実な連絡ができる方法を講じておく。上部見張人などが遠隔操作可能なようにしておくことが望ましい。
 - d) 内部での作業者は慎重に行動し、足元に十分注意しつつ、付着した鉱石などの切り取り・掻き取りは安全な勾配のところで行い、急激な崩落を警戒する。
 - e) 必ず十分信頼できる命綱をつけ、またその命綱に必要以上のたるみを作らない。
 - f) 万一、作業者が埋没した場合は、次点に留意する。
 - ・直ちに抜き出しを停止する。
 - ・崩落がそれ以上進行しないよう措置する。
 - ・上から救出することを第一義とし、あわてて多数の者が鉱舎などに入り、崩壊を助長させない。

第2節 保護具

1 保護具の役割

(1) 保護具とは

保護具は災害が発生した場合にその被害を最小限に食い止めるものであり、災害防止手段としては、二次的なものであって決して最上の方法ではない。監督者としては、先ず災害発生の原因となる悪い作業環境の改善整備を考えるべきである。

しかし、作業環境が常に一定である場合はなく、不慮の事故から人命を保護するためには、個人用保護具は必要不可欠である。

保護具は、作業者が着用して、危険や有害物から個人の身を守るものであるから、保護具が必要になった場合は、いつでもその性能が十分発揮できるように整備し、必要な数をそろえておくことが大切である。保護具には、その種類により個人貸与、現場貸与など供給方法の違いがある。したがって、保護具の管理は工具類と同様に保護具の手入れ方法とともに、一定の場所で集中的に管理し常に清潔さが保たれるようにすることが望ましい。

(2) 服装と保安

作業をするに当たってまず心得なければならないことは、作業に適した服装をすることである。

作業服の大きさが体に合っていないかったり、汚れていたり、破れがあるような作業服では、作業効率を妨げたり、注意力が散漫になったりして、負傷、災害の直接間接の原因となる。

また、酸・アルカリなどの薬品の取扱い、高熱物の取扱い、高温環境、低温環境などそれぞれの作業に応じ、適した作業服を選ぶことが必要である。職場での災害防止、健康障害を防止するための保護具には、日本工業規格（JIS規格）が制定されている。これらを使用する際は、作業条件、対象物質、使用可能時間などを考慮して、作業に適した正しい保護具を選択しなければならない。

(3) 保護具の原則的要件

保護具は、いかなる場合にも、次のような必要条件を備えていなければならない。

- ① 予想される災害・傷害防止に十分な機能を持つものであること。
- ② 着装して、作業がしやすく快適で束縛感のないものであること。
- ③ 堅牢で、耐久性があり、長期間使用しても他の機能障害を起こさないものであること。
- ④ 常時使用が容易で、習慣となりやすいものであること。
- ⑤ 身につけていても、作業の妨げにならないものであること。

2 保護具の種類

(1) 保護具の種類

保護具は、その種類によって使用条件が異なる。保護具の選定に当たっては、その保護具の性能特徴をよく調べその有効な限度や、使用方法など熟知した上で選び、使用する。

保護具には、傷害防止を目的にした保安帽、保安靴などのような安全保護具と、健康障害を防止するために使用する防じんマスク、防毒マスクなどの安全衛生保護具がある。現在市販されている保護具のうち、JIS規格で制定されている種類を、表1.13に示す。

(2) 各種保護具の概要

1) 安全帽

頭の保護具については、JIS規格で「産業用ヘルメット」、「乗車用ヘルメット」、「自転車用ヘルメット」の3種類があり、それぞれ使用目的によって規定されている。

坑内外を問わず保安帽（安全帽）の着用が常識となっはいるが、自転車に乗る場合は“自転車用”，自動二輪車，バイクなどに乗る場合は“乗車用”とそれぞれ使い分ける。

2) 安全靴

鉱山災害を身体の部位別に分類すると、手指とともに足部の負傷が圧倒的に多い。しかし、近年保安靴、安全靴の使用が一般的となり、踏抜きや落下物による足部の負傷は大幅に減少している。安全靴にも高所作業、薬品取扱作業などに適したもの、また軽量の安全靴など多くの種類が市販されている。

3) 保護手袋

手指の保護手袋には、切創防止用、振動障害防止用、火傷防止用、薬傷防止用等いろいろのものがある。

表1.13 保護具の種類

産業用ヘルメット	T8131	圧縮酸素形循環式呼吸器	M7601
乗車用ヘルメット	T8133	閉鎖循環式酸素自己救命器	M7651
自転車用ヘルメット	T8134	一酸化炭素ヨウ自己救命器（COマスク）	M7611
しゃ光保護具	T8141	電気絶縁用手袋	T8112
溶接用保護具	T8142	溶接用かわ製保護手袋	T8113
レーザ保護フィルタ及びレーザ保護めがね	T8143	防振手袋	T8114
保護メガネ	T8147	化学防護服	T8115
防音保護具	T8161	化学防護手袋	T8116
防じんマスク	T8151	化学防護長靴	T8117
防毒マスク	T8152	静電気耐電防止作業服	T8118
送気マスク	T8153	柱上安全帯	T8165
空気呼吸器	T8155	革製安全靴	T8101
酸素発生形循環式呼吸器	T8156	静電気帯電防止用安全・作業靴	T8103
電動ファン付き呼吸用保護具	T8157		

4) 保護フード

頭部、顔面および呼吸器を保護することのできる一定流量形のエアラインマスクがあり、塗料の吹きつけ、薬物散布、サンドブラスト作業などの時に使用される。

5) 保護めがね類

目には、外からの飛来物やまぶしい光に対して本能的に目をつぶるという機能を持っているが、これだけで飛来物や有害光線から目を保護することはできない。目および顔面を保護するための保護具としては飛来物より目を保護するための保護めがね（防じんめがね）と目並びに顔面も保護する防災面があり、有害光線から目を保護するものとしては、遮光めがね、レーザ保護めがね、溶接用保護面

などがある。また、高熱、輻射熱を防ぐためには金網、アルミのパンチング板、金蒸着したプラスチックなどを使った防熱面がある。

6) 耳栓, イヤーマフ (防音保護具)

騒音環境に長期間暴露されると騒音による難聴症状が起きる。聴覚障害を防止するには耳栓, イヤーマフを使用して予防することが重要である。

耳栓は耳孔に挿入して外耳道をふさぐ形式のもので、軟質プラスチック、ゴムなどであらかじめ成型加工されたものと、シリコンゴムを使用者の耳孔に合わせて成型、固化させ個人専用にしたもの、またガラス繊維を円錐状にして使用するものや、ウレタンフォームを円筒状にして外耳道に挿入するものなどがある。

イヤーマフ (耳覆い) は、硬質プラスチックでできたカップで耳全体を覆うもので、ヘッドバンドで頭部に固定するようになっている。

これらの遮音効果は周波数により違う。輸入品の防音保護具にはNR R (騒音減衰指数, アメリカ) 値が表示されているものがあり、比較的簡単にその性能を判断できる。

7) 呼吸用保護具

呼吸用保護具は有害環境で作業するときには必要なものである。種類が多いため、それぞれの特長および限界を知った上で選択、使用する配慮が必要である (表1.14参照)。

8) 労働衛生保護衣類

酸、アルカリ、鉱植物油、化学薬品などの飛沫、ガス、ミストなどによる皮膚障害を防止するためにゴムやプラスチックなどの不浸透性の材質を使用したものである。

手袋、長靴のほか服としては全身密閉形やエプロン形などがあり、酸・アルカリなどの薬品による皮膚障害を防ぐ労働衛生保護服、高熱作業に使われる耐熱衣、寒冷職場での防寒服、人体帯電を防止するための静電気帯電防止用作業服など作業環境の有害対象物に対応できる。

いずれも不浸透性が要求されるため蒸れるという難点がある。

9) 安全帯

高所作業における墜落防止対策としては、安全な足場の設置、開口部からの墜落防止柵には囲い、手すりなどを設置するなどによる防止措置があるが、作業の性質上移動が多い場合には常時安全帯を着用し、墜落、滑落の危険が考えられる箇所での作業の際には安全等のフックを専用の固定装置に取り付けることにより災害を防止する

表1.14 呼吸用保護具一覧

種 類	特 徴
① 防じんマスク	ろ過材を成型してマスクの形にした使い捨て式と、ろ過材を交換すれば再度使用が可能な取り替え式がある。取り替え式のろ過材には静電ろ過材式のものともメカニカルフィルタ式のものがあり、それぞれ特徴がある。
② 防毒マスク	大形吸収缶を付けた隔離式、中形吸収缶の付いた直結式と小形吸収缶の付いた直結式小形の3種類がある。また、有毒ガスによって適応する吸収缶の種類が異なる。
③ 電動ファン付き呼吸用保護具	防じんマスクや防毒マスクは着用者の肺力で吸引する方式であるが、本保護具は肺力ではなく、電動ファンによって環境空気を吸引し空気中の有害物質をフィルタまたは吸収缶で除去する。このため、楽に呼吸ができる。
④ 送気マスク	手動や電動送風機、エアコンプレッサによりホースを通じて送られる新鮮な空気を呼吸する方式である。環境空気の汚染の程度に関係なく楽に呼吸ができるが、使用するホースの長さによって行動範囲が限定される。
⑤ 空気呼吸器	空気を充填した高圧容器を携行する方式。送気マスク同様環境空気に関係なく使用できる。行動に制限がなく自由に行動できる。反面、ボンベの大きさにより使用時間が限られ、非常に短時間しか使用できず、重い。
⑥ 酸素呼吸器	圧縮酸素形循環式呼吸器、酸素発生形循環式呼吸器、閉鎖循環式酸素自己救命器がある。供給酸素は高圧容器に充てんした酸素のほか、過酸化カリウムや塩素酸ナトリウムなどの化学薬品で酸素を発生させる方式もある。呼気の中に含まれる炭酸ガスを吸収浄化し、酸素を繰り返してできる点である。このため、長時間使用できる利点がある。ただし、構造が複雑で使用方法に習熟する必要がある。
⑦ 簡易救命器	圧縮酸素形の半開放式呼吸器で、取扱いが簡単。有害、有毒ガスなどで危険な区域からの脱出、退避用である。酸素欠乏に対しては有効だが、やや大きく重いうえ、有効時間が短い（15～25分）点が短所といえる。
⑧ 一酸化炭素用自己救命器	防毒マスクの一種であって、炭鉱に入坑する鉱山労働者には個人携帯が義務づけられている。ただし、防毒マスクであるから、酸素欠乏に対しては効果がない。

第3節 保安教育

災害は、物（設備）が不安全な状態にあったか、人の側に不安全な行為があったか、またはその両方であったかのいずれかの場合に発生する。災害を防ぐには、不安全な状態と行為（これらを不安全要素という）を早期に見つけ、除去することが大切である。このためには、

- a) 安全か否かを判断する知識
- b) 不安全状態を発見する能力
- c) 不安全状態を取除く実行力

が必要となる。

作業員それぞれが自分の身を守るために、各人がこれらをしっかりと身につけて災害防止能力を向上させるためには、何よりも、適切な保安教育訓練の積み重ねが重要である。

1 事例研究

(1) 事例研究とは

災害を防ぐためには、最終的には作業員全員の災害を防ぐため必要な能力の向上を図ることに帰着する。能力を向上させる具体的な方法として、事例研究は少なくとも従来の保安教育の方法に比し、より具体的、かつ、合理的である。

事例研究が、災害防止能力の啓発に役立つ理由は、概ね次のとおりである。

- ① 個々の事例につき、原因を分析し、対策、具体策を考え工夫する過程を通じ、経験が整理され、また討議を通じてお互いの経験が交流されることにより、経験が批判され反省させられるので、それを再編成するのに役立つとともに、経験内容も豊富になる。
- ② 経験が整理され、再編成されるので「何が危険か」など、物事を判断する基準が明確になり、問題解決に対する自信が強くなる。
- ③ 原因の分析、対策、具体策の研究工夫を通じ、細かいことに気がつく訓練が行われる。
- ④ 考えることに興味を持つようになり、常に何か考えることを探そうとする意欲が強くなる。
また、監督者が部下に対する指導能力を高める上では、次のような効果がある。
- ⑤ 「何が人の行動意欲を高めるのに役立つか」が明らかになり、指導能力を高める。
- ⑥ 原因分析から対策、具体策を研究する結果、教育するとき活用すべき急所、要点を発見するのに役立つ。
- ⑦ 具体的に物事を見たり考えたりする習慣がつくので、部下を指導監督するときの着眼点や指示事項も具体的になり、はっきりしてくる。

2 機会教育

(1) 機会教育とは

経験者に対する教育は、個々の知識、技能、経験などが千差万別であるだけに、画一的教育（集合

教育)では教育効果は十分でない場合が多く、機会あるごとに個別に特定の問題について教育しなければ、大きな効果は期待できない。この教育方式を機会教育というが、機会教育は、問題が明らかになったとき、その機会を失せず、その問題点について教え、また考え工夫するように動機づけるとともに、必要があればその問題点解決のための工夫に援助を与える教育方法である。

このような機会教育を効果的に行うには、教育を行う側に日頃から十分な準備が必要である。

(2) 機会教育の実施を担当する者

管理者、監督者は、必要があれば、いつでも機会教育を行わなければならない。作業員に接触する機会が最も多く、かつ部下の性格や能力を個別に把握しているのは、第一線監督者であるので、機会教育を最も効果的に行うことができる者は係員ということになる。

第一線監督者が機会教育を行う能力をつけるための教育は、第二線監督者以上の上級管理者の任務である。

(3) 機会教育を行うために必要な能力

機会教育を行うためには、次のような能力が必要である。

- ・問題点(教育するチャンス)を発見する能力。
- ・相手に考え工夫しようという意欲が起こるように、問題を提起する能力。
- ・工夫考案を援助することのできる能力。
- ・不安全につながる要素の実態を見逃さず気づく能力。

これらの総合能力は一朝にして得られるものではない。第一線監督者の中にも、知識、技能、経験にそれぞれ違いがあり、また教育が不得手な人もいる。従って、第二線監督者以上の管理者は、第一線監督者それぞれに対して必要な教育を施さなければならない。実際面では、仕事の教え方、改善の仕方、人を動かすリーダーシップ、問題解決技法等のマンツーマン教育が効果的であろう。

3 視聴覚教育

(1) 視聴覚教育とは

視聴覚教育では、DVD、パワーポイントなどのマスコミュニケーションの画像や音声により、視覚と聴覚を同時に活用して学習をできるだけ効果的にする。

保安教育訓練に視聴覚教育を活用する方法は、次の3つに大別できる。

- ・概念的全般的知識を注入する。
- ・特定の問題点を提示し、理解度を深める補助手段とする。
- ・技能習熟の補助手段として、未熟練者の望ましからざる動作と熟練者の模範演技を別々に具体的に提示し、是正すべき点とその理由を明らかにする。

(2) 視聴覚教育の効果と問題点

視聴覚教育の効果は、次のとおりである。

- ① 理解力が増し、印象が比較的長く残る。

- ② 視聴者の注意力を集中しやすく、興味を喚起し、自発的学習意欲を促進する。
- ③ 教育者側としては、必要なものを比較的容易に教材として作ることができる。
- ④ 実際には復元できない現象でも復元してみせ、あるいは流動しているもののある時点を捕え、また必要な問題点を拡大または分解しつつ表現することなどが可能となるので、細部まで具体的観察を容易にする。

一方問題点は、次のようである。

- ① 視聴覚教育が最も効果をもたらすのは、知識を与えることを目的とする場合であって、技術の習熟のためにはあくまでも補助手段に過ぎない。
- ② 視聴者（被教育者で主として作業員）は、同じ画面を二度以上見ることを望まない。従って、教育者（管理監督者）が企画しているような内容についての印象を深めようとして、同じスライドや映画を2回以上上映しても期待した効果を挙げない場合が多い。

(3) 視聴覚教育を効果的に行う方法

スライド、映画などによる視聴覚教育を効果的に行う方法には、次のようなものがある。

- ① 画面は違っているが、内容的には同じ事項を盛り込んであるものを、同一作業員に対し2か月以内に少なくとも3回以上見せるように計画的に実施する。
- ② 単に見ただけで解散せず、必ず内容について感想など意見交換を行う。
- ③ 問題点の提示とその内容の理解を深めるため、必要な時点で若干のスライド映写などを使用する。理解を深めることは、その後の討論を活発にし、教育効果を高める。
- ④ DVD、パワーポイントなど視聴覚教材は、その目的を明らかにした上で最も適当なものを選び活用する。

4 無災害事故報告運動

(1) 無災害事故報告運動とは

保安運動の1つとして効果をあげているものに、無災害事故報告運動がある。この運動は、災害の原因となる可能性のある不安全状態や不安全行為を、全従業員が、少しでも早く発見しようという運動である。日本では「300事故申告運動」、「災害の芽つみ取り運動」、「災害ポテンシャル摘発運動」、「一口保安」、「ヒヤリハット」などいろいろの名称と呼ばれ、各鉱山で実施されてきた。

この運動の目的は、主として次の3つに集約される。

- ・ 不安全状態や不安全行為を早く発見し、災害の原因となる可能性のあるものをなくす。多くの場合、災害は唯一の原因から起こることはまれで、いくつかの原因が重なり合っている。早く実施できるものから実施すれば、たとえ他の原因は残っていても災害とならない場合が多い。
- ・ 災害要因を見つける過程で、細部に気を配る習慣を身につけるよう、間接的に訓練する。
- ・ 本運動を通じて、従業員の参画意欲を高める。

本運動の効果を具体的に挙げると、次のとおりである。

- ① 従業員がこまかいことに気がつくようになるための訓練に役立つ。
- ② 管理監督者でさえ気付かなかった多くの問題点があることがわかる。
- ③ 従業員自身が、保安について責任を負わねばならないという意識を持つ。
- ④ 反省報告とともに、他人に気楽に警告するという友情精神につながる報告が増え、人間関係に好影響を与える。
- ⑤ この報告を通じて、安全に楽に仕事を進める方法を考えるようになり、改善提案が増える。
- ⑥ 災害発生件数が減少し、作業場の整理整頓が行き届くようになる。

(2) 無災害事故報告運動の採用に当り障害となる問題点

無災害事故報告運動の採用の障害となる問題点には、次に挙げるようなものがあり、それぞれについて慎重な検討と十分な事前準備が必要である。

- ① 災害の原因は、必ずしも設備の不安全状態のみではないのに、設備の不安全状態のみが報告され、その改善のために多額の経費の支出が必要となる。また、改善が遅れたり、姑息な対策であった場合などは、かえって不信感を与えかねない。
- ② 報告数が多くなると、その後処理に係員が忙殺されることになり、係員の手不足が生ずる。
- ③ 他人の不安全行為に対する報告の提出は、作業員相互の感情問題に発展する恐れがある。

5 K Y T (危険予知訓練)

K Y Tの目的は、職場や作業の状況のなかにひそんでいる危険要因を、職場の小集団で話し合い、考え合い、分かり合って、行動する前に解決することを習慣づけることである。

第一線の生産活動は、少人数の集団のチーム行動として行われ、小集団にはリーダーが定められている。第一線の安全を確保していくために、リーダーを中心に行う短時間ミーティングで、職場や作業にひそむ危険要因を発見、把握、解決する「危険予測のチーム行動」を充実する必要がある。K Y Tは、「職場」で行う「短時間」の「チームワーク」による「問題解決訓練」つまり危険予測活動のための訓練として実施する。

(1) 安全先取りのためのチームワーク訓練

K Y Tは、職場のチームワークで安全を「早く正しく」先取りする、次の3つの訓練である。

- ・危険要因を発見する感受性を、個人レベルからチームレベルに高める感受性訓練。
- ・差し迫った危険要因について話し合い、考え合い、分かり合うための短時間ミーティング訓練。
- ・危険要因を、行動する前にチームで解決する問題解決訓練。

(2) 危険予知訓練の効果

K Y Tが極めて効果的に活用された場合には、次のような効果が期待できる。

- ① 短時間で危険が予知でき、作業標準の見直しにつながる。
- ② 安全活動が活発化し、職場が明るくなる。
- ③ 優れた教育活動となる。

- ④ 良い目標づくりとなる。

6 鉱山におけるリスクマネジメント（鉱山保安マネジメントシステム）

平成17年に施行された改正鉱山保安法では、国の関与（規制）を最小限のものとし、保安確保に当たって民間（鉱山）の自主性を主体とするとの考え方から、リスクマネジメントの手法が法体系の中に導入された。

改正鉱山保安法により、鉱業権者は、保安上の危険の把握（現況調査の実施）とその結果に応じた対策措置の立案・実施・見直し（保安規程への反映）が義務付けられ、それにより、現場の実態にあったPDCA（Plan 計画-Do 実施-Check 評価-Act 改善）サイクルが定着し、鉱山において「マネジメントシステム（PDCAを回すための仕組み）」として自律することを目指している。

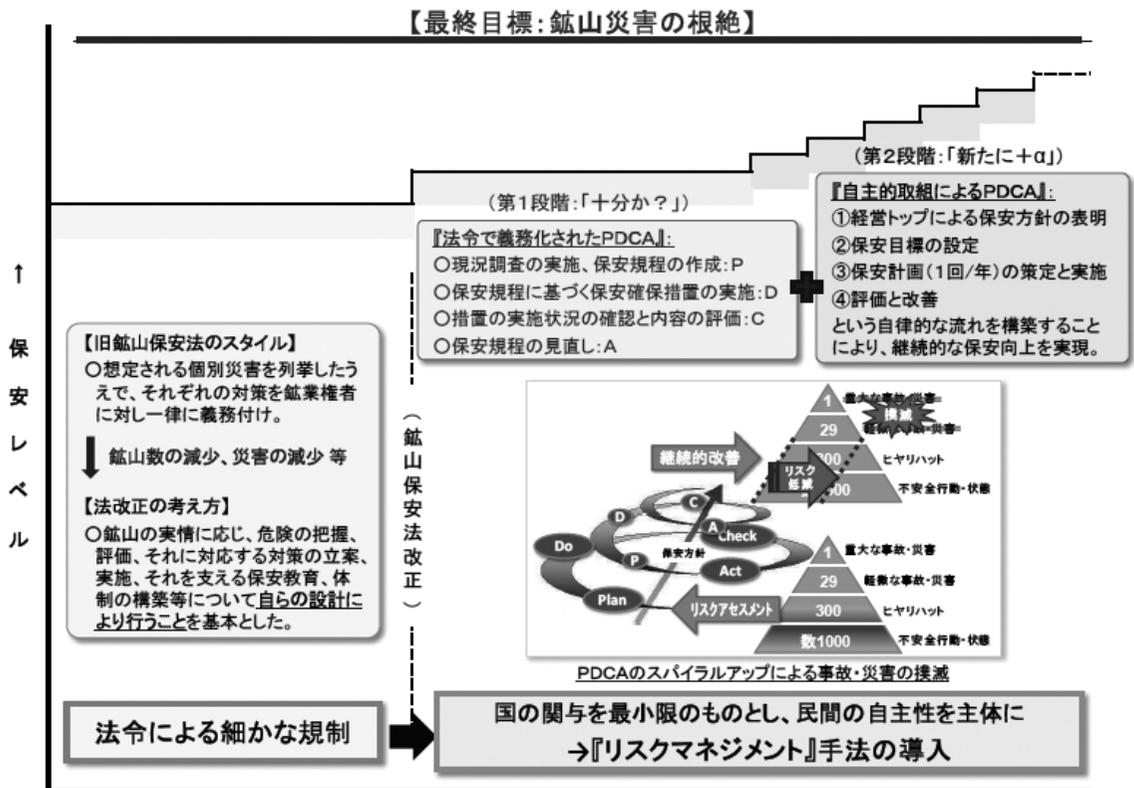


図1.10 鉱山災害の根絶に向けたリスクマネジメント手法の導入

改正法の施行後、各種の講習会や研修等を通じて、リスクアセスメントをはじめとした一連の取組みが鉱山に浸透してきたが、全ての鉱山において「マネジメントシステム」として自律し、PDCAサイクルがスパイラル状にレベルアップし、保安の向上につながるまでには至らなかった。

改正法施行から5年後のレビューにおいても、中央鉱山保安協議会から、以下のような指摘がなさ

れた。

- リスクマネジメントの定着等について具体的対応策を講じ、災害の減少を図っていくことが必要。
- リスクマネジメントの定着等に関し、国は今後も支援していくとともに、その内容については、(中略) 所要の見直しを行い、必要な場合には法令等の見直しについても検討すること。

この指摘を受け、経済産業省は、リスクマネジメントの有識者等の協力の下、各鉱山におけるリスクマネジメントの方法、そのために役立つチェックリスト及び優良事例集等を『『鉱山保安マネジメントシステム』の構築と有効性向上に向けた手引書』としてとりまとめ、平成25年2月に公表した。

その後、平成25年度から始まった第12次鉱業労働災害防止計画の対策事項の一つとして「鉱山保安マネジメントシステムの構築と有効化」が掲げられたことから、中小零細鉱山での理解促進のため、経済産業省は「鉱山保安マネジメントシステムの構築とその有効化のためのガイドブック」及び「リスクアセスメント事例集50選」等の支援ツールを作成し、鉱山への指導を行っている。



図1.11 リスクマネジメントの支援ツール

7 作業手順書

鉱山において、人に対する危害の防止及び施設の保全のため、①機械、器具の使用、②工作物の使用、③火薬類その他の材料、動力及び火気の取扱いについて、鉱業権者は、安全かつ適正な使用方法・作業方法・作業手順（以下、「作業手順書」という。）を定め、鉱山労働者に周知する義務がある（鉱山保安法第5条第1項、第7条、鉱山保安法施行規則第12条）。

また、鉱山労働者はこの鉱業権者が定めた作業手順書を遵守しなければならない（鉱山保安法施行規則第27条）。

具体的に作業手順書を定めるべき主な作業は、「鉱業権者が講ずべき措置事例」の第10章に42項目挙げられているが、あくまで主なものであって、鉱業権者が必要と判断した場合には、積極的に作業手順書を作成し、鉱山労働者に周知することが必要である。

第4章 災害発生時の措置

第1節 平素の準備

災害が発生した場合、その措置が適切を欠き、時期を失すれば、救助されるべき尊い人命が失われるのみならず、大きな災害に発展し、施設の復旧に莫大な経費と長い期間を要し、鉱山経営に重大な支障をきたす。従って、災害発生時の措置は、平素から十分な準備と訓練を行い、保安統括者、保安管理者、作業監督者はもちろん一般鉱山労働者にもその措置を周知徹底させておかなければならない。

1 警報伝達系統の確立

災害発生時には通報や命令系統が混乱しがちであるから、平素から各鉱山の实情に応じた伝達系統を確立しておく。鉱山内のみならず、監督官庁、警察署、消防署、病院およびその他の公的機関との連絡方法を含めた警報伝達系統図を作り、所要の箇所に明示しておく必要がある。

また、暴風雨や火災などの場合は、送電線、電話線などが切断されることもある。このため、主要伝達回路の二系統化、誘導無線装置やトランシーバの移動無線連絡装置の併設などが望まれる。

2 防災設備・資材の整備

火災報知器、防火ドア、ドレンチャなどの防火設備や消火器、消火栓、スプリンクラなどの消火設備、非常階段、救助袋、縄バシゴなどの避難設備は、万一火災が発生した場合に有効に作動するよう、日常の点検整備と定期的な機能テストが肝要である。

集積場やダムなどの事故は、鉱山のみならず地域社会の鉱害発生に直結する。このため、現場の实情に即した非常用資材や工具を、一定の置場に常備しておく必要がある。

また、人身事故に備え、作業現場の近くに負傷者の手当に必要な救急用具および材料を備えつけることが保安規則に義務づけられている。その作業現場の实情に即した救急用具を、品名数量を定めて常に準備しておく。特に、担架用毛布は、实情に即した保管方法を考えて十分配備する。

なお、これらの防災設備や資材などの設置保管場所は、保安図に明示するとともに、作業現場や通路などに警標や掲示を設置して明示しておく。

3 防災訓練・教育の徹底

警報伝達網が完成したら、発令した情報がいかに早くいかに正確に末端まで伝えられるか「警報伝達演習」をする。情報は正確には伝わりにくいものであり、定期的に演習をすることが必要である。

また、防災設備や資材なども、必ず身をもって使い方を確かめておく必要がある。救急用具なども全く同じであり、反復訓練をしていないと、すぐその使い方を忘れるものである。

防災訓練や教育は、個人的な訓練ばかりでなく組織的な訓練も必要であり、全国鉱山保安週間（7

月1日～7日)や全国防災の日(9月1日)に行う、全山一斉の総合防災訓練も十分意義がある。

第2節 災害発生時の処置

災害が発生した場合は、全力をあげて被災者の救出および災害の拡大防止と復旧に当らなければならないが、災害発生時の一般的な処置には、次のようなものがある。

1 災害対策本部の設置

保安統括者は、災害が発生した場合、その災害の重要度を判断し、直ちに所要の人員を召集して災害対策本部を設ける。この対策本部は、救護と復旧作業を進めるための重要な中枢組織である。保安統括者又は保安管理者自ら本部長となり、その災害の種類、規模に応じて必要なすべての部門の責任者で組織し、平素の諸準備に従って迅速に、かつ、遺漏なく、作業の計画、遂行にあたる。

この対策本部は、万一の場合に備えて、平素から組織を定めておき、災害発生時には混乱することなく速やかに体制を整え、救護、復旧作業が開始できるようにしておく。

2 救護および復旧活動

救護作業は最も急を要するが、救助者が二次災害に巻き込まれることがあるので、十分に周囲の状況を検討し、安全を確かめてから作業を行う。これは、消火や復旧作業にも当てはまる。

また、消防署その他の公的機関との連携協力のもとに作業をすることもあるから、相互の連絡を十分にとることも肝要である。

3 原因調査と対策実施

救護作業や復旧作業の終了を待って、速やかに災害の原因を調査し、再び同じような災害を起こさないよう十分な対策を講じる。大規模災害では、災害原因の調査には、当該鉱山だけでなく、産業保安監督部、警察、学識経験者も加えた政府調査団が原因の究明にあたることもある。

原因の究明で得た災害防止対策は、災害の記憶が新鮮なうちにすぐ実行に移し、その対策が継続されるよう努力する。

第3節 救急法

1 救急法とは

救急法とは、負傷者や急病人(以下、事故者)が出たとき、事故者を医師に引継ぐまで、その場で時を移さず行う一時的な応急手当のことである。救急法を施す人(以下、救助者)の任務は、事故者を医師に引継いだとき終わる。従って、救急法で行う手当の範囲は、事故者を医師に引継ぐまで、事故者の容態がそれ以上悪化させないための応急手当に限られる。原則として医薬品は使用せず、後で医師の診療の妨げとなるような手当はしない。

2 救急法の必要性

最近わが国の救急車の現場到達時間は、全国平均8.5分（平成24年：総務省消防局）であるが、救急員が救急処置を済ませ患者を医師に引き継ぐまでには30分以上を要しており、この30分間の処置技能を向上させることが急務である。

事故者の中には大出血や呼吸停止など寸刻を争って応急処置をしなければ手遅れになるような人も多く、救急車が来るまで何もしないで待っていたため、助かる命も助からなかったという例は非常に多い。そのため最近都会でも救急車が来るまでの救急法が見直されてきている。

一般に、鉱山は山間僻地にあり、また作業現場は特殊な作業環境で、広範囲に分散していることが多い。事故者が出て、医師や救急車が現場に到着するには相当の時間を要する。そのため、鉱山では、第一線の作業監督者、作業責任者はもとより、すべての従業員に正しい救急法を教育し、どんな所で災害が発生しても、いつでもすぐ適切な応急手当ができる体制作りが必要である。

3 救急法教育の目的

救急法教育の第1の目的は、不慮の災害に備え、だれもが事故者に対する正しい応急手当の方法を身につけ、必要ときに必要な救急処置を、自信をもって行えるようにすることである。

救急法の教育訓練にはもう1つ大切な目的がある。それは、この教育を通じて災害防止の思想を養い、受講者一人一人に自分自身が災害を起こさない人間、つまり人から救助されることのない人間になってもらおうということである。

4 事故者救助の一般的手順

事故者の負傷の程度や症状は多種多様で、それぞれに応じた手当が必要であるが、異なった容態の事故者の救急処置にも共通した手当の方法と順序がある。いろいろな傷や病状に対する個々の手当の方法を学ぶ前に、事故者救助に当たっての「共通した一般的な手順」をよく理解しておく。

災害現場で事故者を発見し、救急処置後医師に引継ぐまでの一般的手順は、次のとおりである。

(1) 事故者への接近と二重遭難防止

災害が発生し事故者を発見したときは、救助者は、引続き危険な状態がないかどうかすばやく点検し、冷静に事態を見極め、二重遭難を受けないよう適切な措置をしてから事故者に接近する。もし危険であると判断したら、すぐに事故者を近くの安全な場所へ移さなければならないが、この場合の事故者の移動は、必要最小限に止め、すぐ次の緊急症状の処置に移らなければならない。

(2) 緊急症状の処置

事故者に接近したら、まず次の5つの症状があるかどうかを調べる。

- ① 止血を必要とするようなひどい出血はないか？
- ② 意識はあるか？
- ③ 正常な呼吸をしているか？気道は確保されているか？

- ④ 心臓は動いているか？正常な脈拍はあるか？
- ⑤ ひどいショック症状はないか？

事故者にこれらの症状の1つでも認められれば、すべての救急処置に優先して、その症状に応じた、表1.15に示す緊急処置を、すぐその場で行う。

表1.15 緊急症状と処置

緊急症状	行うべき緊急処置
① ひどい出血	寸刻を争って適切な止血法を行う。
② 意識不明	適切な体位に寝かせ、気道を確保する。
③ 呼吸停止	すぐ気道を確保し、人工呼吸法を行う。
④ 心臓停止	人工呼吸を併用しながら、AEDおよび心臓マッサージを行う。
⑤ ひどいショック症状	すぐ適切なショック防止法を行い、保温してやる。

(3) 応援の依頼と通報

事故者の救助は、救助者が一人の場合は、必ず事故者に対する緊急症状の処置を済ませてから応援を求め、指定された箇所へ災害通報をする。通報は正確に、要領よく簡潔に行う。

(4) 傷の調査

緊急処置が終われば、救急資材が届くまで、事故者の身体をもれなく調べておく。調査にあたっては、ショック防止に気を配り、必要以上に衣服を脱がせないようにするとともに、負傷箇所が汚れた衣類に触れて、細菌に感染されないよう十分気を付ける。

(5) 傷の手当

傷の手当は、原則として次の順序で行う。

- ① 出血の多い傷、② 出血の少ない傷、③ 火傷、④ 骨折、⑤ 脱臼、⑥ 捻挫、⑦ 打撲。

ただし、事故者の不安や苦痛をできるだけ早く取り除くために、事故者が先に手当を望む傷から手当をしてもよい。手当中も事故者に絶えず声をかけ元気づけることも大切で、勇気と自信を持って手当をする。

(6) 事故者の看護

手当が終わったら、事故者の体力の消耗を避けるため寝かせておくのがよいが、意識不明の場合は気道の確保に十分注意する。また、事故者は自分で体温を維持することが困難になって寒いときは、ショックの原因になるので、毛布などで保温する。原則として、飲み物は与えない。特に胸部、腹部に打撲を受けている事故者には絶対に与えない。また、熱射病や火傷など飲み物を与える必要がある事故者にも、一度に多量に飲ませない。

(7) 現場の保存と観察

災害現場の保存と見取図の作成が規定されている。同様の災害を繰返さないための災害対策立案の

ためには、何よりも災害現場の観察が大切である。事故者の運搬に先立ち、災害発生当時の現場の状況をよく観察し、その災害現場の現状保存措置を十分しておく。

(8) 事故者の運搬

事故者を担架で運ぶ場合は、あらかじめ連絡した搬出経路を通り、できるだけ担架を動揺させないよう静かに運ぶ。担架は事故者の足の方へ向かって前進させ、後方の担送者は事故者の顔色や容態の変化に常に注意する。なお、担架を救急車に乗せるときは、向きを変え、事故者の頭部が前になるようにして乗せる。また、運搬の際、事故者の所持品を忘れてならない。特に、切断された事故者の手足は、傷口に滅菌ガーゼを当て三角巾等できれいに包み、事故者と一緒に医師に引継ぐ。

(9) 医師への引継ぎ

事故者を医師に引継ぐときは、事故の状況、施した救急処置の内容、事故者の容態変化の状況および止血帯の部位および止血時刻を必ず報告する。

5 止血法

血液は、赤血球、白血球、血小板とよばれる有形成分と、これらとほぼ同量の血漿とよばれる淡黄色の液体成分とから成っており、心臓の働きによって全身に栄養分や酸素を補給し、老廃物や炭酸ガスを運び出す仕事をしている。普通の成人男子の血液量は、体重1 kg当り約80 ccで、体重60 kgの人は約4.8 L。そして全血量の1/3（体重60 kgの人で1.6 L）を失うと生命に危険が迫り、また短時間のうちにその1/2を失うと死亡するといわれる。ひどい出血に対して寸刻を争って止血しなければならないのはこのためである。

止血法には、直接圧迫法、間接圧迫法、直接間接圧迫併用法および止血帯法の4法がある。

(1) 直接圧迫法

傷口の上に滅菌ガーゼを当て、その上から強く圧迫して止血する方法で、大多数の出血を止めることができる。包帯の場合は、出血部に滅菌ガーゼを厚めに当てしっかり包帯で固定する「直接圧迫包帯」である。滅菌ガーゼがない場合は、炭鉱の坑内以外では、ハンカチや手ぬぐい等をライターやマッチの炎であぶって代用できるが、当て物の滅菌や準備に時間をかけ、止血の時間を遅らせてはならない。

手足の止血では、その部位を高く上げる（高揚法）（図1.12参照）。

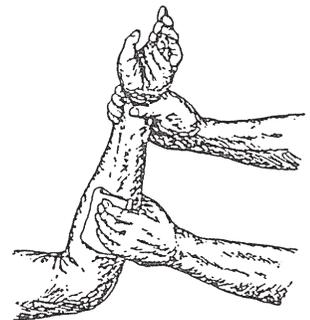


図1.12 直接圧迫法

(2) 間接圧迫法

間接圧迫法は、出血部と心臓の間にある「止血点」の動脈を、指または手掌で圧迫して止血する方法で、「指圧止血法」ともいう。出血部に直接接触れないので、直接圧迫法に対し間接圧迫法という。

止血点は、身体の左右両側に15箇所以上あるが、そのうちの4箇所（表1.16中の図1.13～図1.16参照）は、重要であるから鉱山労働者に必ず教育して、どんなときでもすぐ止血できるようにしておく。

表1.16 出血場所と止血点の押さえ方

	出血箇所	止血点 (動脈名)	止血点の押さえ方
(1)	頭 部 顔 面	の どの 横 (総頸動脈)	<p>事故者の首をまっすぐに伸ばし、喉ぼとけの横にある脈どころ（指先でやや強く押してみると脈を打っている。）へ、たたんだ布を当て、その上から拇指以外の4指を揃えて、しっかり押さえ他の手で頭をささえる。</p>  <p>図1.13 総頸動脈の止血</p>
(2)	前 腕	二 の 腕 (上腕動脈)	<p>出血している腕の上腕の力こぶのできるところへ救助者の拇指の腹を当て、他の4指で下から上腕をつかみ、拇指の腹に力を入れてしっかり押さえ、心持ち下へ引くようにする。（右の止血点は右手で、左の止血点は左手で押す。）</p>  <p>図1.14 上腕動脈の止血</p>
(3)	上 腕	鎖 骨 の 凹 み (鎖骨下動脈)	<p>鎖骨のくぼみの胸骨寄りのところへ拇指の腹を当て、残りの4指を背へ回し足先の方へ向け、拇指の腹をヘソの方へしっかり押さえ、他の手で事故者の頭を手前に引いて曲げる。（右の止血点は左手で、左の止血点は右手で押す。）</p>  <p>図1.15 鎖骨下動脈の止血</p>
(4)	大 腿	股 の ツケ 根 (股動脈)	<p>事故者を仰向けにねかせ、出血している方の肢のつけ根の脈どころへ掌尾を当て、指先を反らし肘を伸ばして体重をかけて押さえる。（右の止血は事故者の左側に左膝をつき左手で止血し、左の止血は右側から右手です。）</p>  <p>図1.16 動脈の止血</p>

(3) 直接間接併用法

ひどい出血のときは、直接圧迫法と間接圧迫法を併用し、まず止血点を押さえて間接圧迫止血を行ってから、出血部に直接圧迫包帯をかける。この方法によれば、動脈性のひどい出血の場合でも、圧迫包帯がかけられれば、ほぼ確実に止血できる。

(4) 止血帯法

止血帯は他の方法で止血できないときに最後の手段として用いるもので、安易に用いてはならない。本法は、四肢のどこかを切断し、直接間接圧迫併用法でも止血できないときや、押しつぶされて形が壊れたような挫滅傷や、骨端が突き出ている開放性骨折のような場合に通用する。

1) 止血帯使用上の注意事項

- ① 幅が5 cmくらいのものを用いる（たたみ三角巾や自転車のチューブを縦に半分に割ったものやパンティストッキングなどはよく締めやすい）。
- ② 傷のすぐ上部で健康な皮膚を3 cm残し、できるだけ傷に近いところにかける。
- ③ 出血が止まるまで締め、止血できたらそれ以上強く締めない。
- ④ 止血した部位は、その下に毛布などの当て物を入れて高揚しておく。
- ⑤ 止血帯をした部位は毛布などで覆わず、外部から見えるようにしておく。
- ⑥ 止血等をした時刻を記入した傷票を、止血帯か本人の体につけておく。
- ⑦ いったんかけたら、医師の指示があるまで決して解かないこと。
- ⑧ 事故者には保温などショック防止の処置をし、精神力を高めるよう、絶えず元気づける。

2) 止血帯のかけ方 (1) (止血棒を用いる方法. 図1.17参照)

- ① 止血するところへ止血帯を2回巻き、ねじる余裕を残して両端を1回交差させる。
- ② 交差させた下へ止血棒を入れ止血帯の端と一緒に右手に握る。
- ③ 左手の人指し指と中指を止血棒の下に入れ、下に巻いてある止血帯を押さえる。
- ④ 右手で止血棒を引き上げながらねじり締め、左手の指を抜く。
- ⑤ 出血部からの血が止まったら、ねじりを止める。
- ⑥ 止血帯の余った両端を止血棒にからませて固定し、止血帯の両端を裏に回して結び、端を始末しておく。

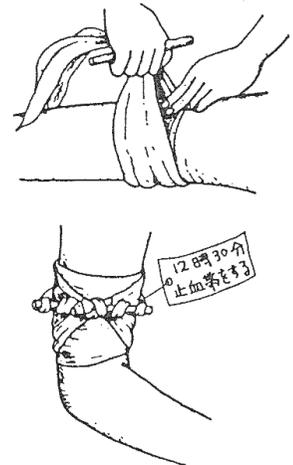


図1.17 止血帯のかけ方 (1)

3) 止血帯のかけ方 (2) (止血棒を用いない方法, 図1.18参照)

- ① 止血帯を長さの半分のところで2つに折る。
- ② 折った端を止血帯の両端の間に通し、止血場所を2回巻く。
- ③ 折目の輪の部分へ、上下からそれぞれ止血帯の両端を入れ、輪の中で交差させる。
- ④ 止血帯の両端を各々左右の手でしっかり握り、血が止まるまで両側に開くように引締める。

- ⑤ 止血できたら止血帯の両端を後ろに回して結ぶ。
- ⑥ ふくらはぎや、大腿部など太い部所では、ハツ折三角巾2枚を縦に継いだものを用いて、同じ要領でかける。



図1.18 止血帯のかけ方 (2)

6 救急蘇生法

救急法では、従来から、手を用いて胸郭を収縮・拡張させて呼吸を回復させる、「用手法」が活用されてきた。近年、救助者の呼気を口から口または鼻へ吹き入れて呼吸を回復させる、「呼気蘇生法」が採用されている。また、人工蘇生器を用いる「機力法」も発達している。このため、現在では、用手法、呼気法、機力法を総称して人工呼吸法と呼ぶ。

また、最近呼吸停止者のみならず心臓の停止した人に対しても、開胸手術をしないで血液循環を回復する非開胸式心臓マッサージ法が開発され、救急法にも取り入れられており、人工呼吸法と心臓マッサージ法、AEDを総称して救急蘇生法と呼んでいる（図1.19参照）。

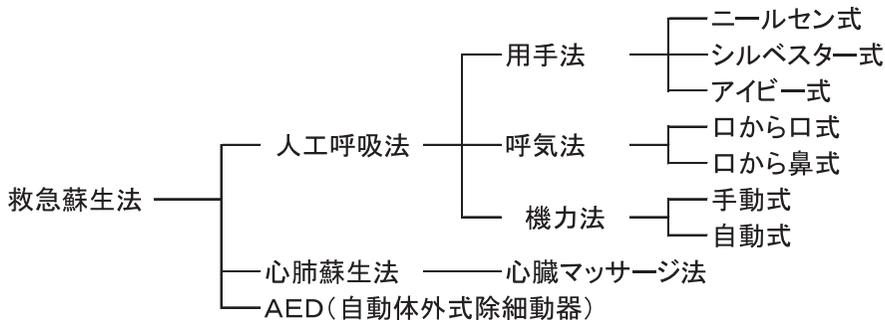


図1.19 救急蘇生法の分類

(1) 意識不明者の3容態

不明の人の容態を大別すれば、表1.17に示す3タイプに分けられ、それぞれ施すべき救急蘇生法が異なる。

1) 気道の確保

気道の確保より心臓マッサージが優先であるが、意識不明者を、そのままにしておくと窒息して呼吸が止まり、心臓も止まることがある。これは、仰向けに倒れていると、舌の根が後ろに垂れ下り、気道を塞ぎ窒息を起こすためである（図1.20参照）。

意識不明者の気道確保の最も簡単なやり方は、頭部後屈による方法で、一方の手で意識不明者の首の後を支え、もう一方の手で額を押して頭を後ろへ曲げ、のどを十分に伸ばす（図1.21参照）。この

ようにすれば、舌の根が、上を向いた下顎と一緒に上部へ移動して、気道が確保される(図1.22参照)。

また意識不明者は胃の内容物を吐き出しそれが咽喉に溜まったり、義歯や口の中の粘液やタンがからんで、気道を塞ぎ窒息を起こすことがある。

表1.17 意識不明者の3容態分類

意識不明者の3容態	気道の確保	人工呼吸法	心臓マッサージ法
単なる意識不明者	○	×	×
呼吸停止者	○	○	×
心臓停止者	○	○	○

注) ○は必要とする救急蘇生法, ×は実施不要なもの。

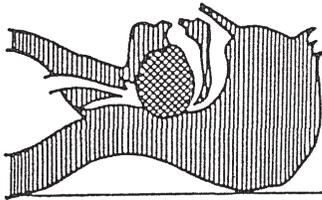


図1.20 舌根による窒息

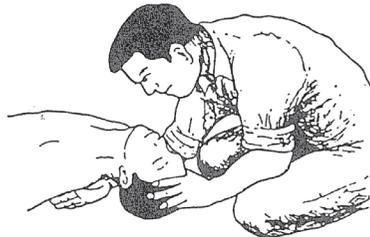


図1.21 頭部後屈法

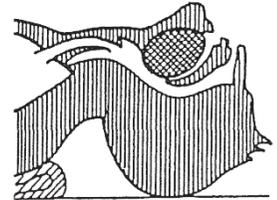


図1.22 気道の確保

2) 人工呼吸法

正常な呼吸と血液循環が行われている間は、血液によって酸素が身体各部の組織細胞に供給され、そこで栄養素と結びついてエネルギーとなり、人体の生命力が保たれる。

もし呼吸が止まれば、いくら心臓が動いていても、すぐ組織細胞に酸素欠乏が起こり、極めて短時間のうちに生命力を失う。特に脳細胞は、他の組織細胞に比べ、酸素欠乏に対する抵抗力や生存力が弱く、4分以内でほとんどの人が回復不能になる。このため呼吸が止まってから4分以上経過した人は、たとえ人工呼吸で呼吸が回復しても、意識が戻らなかったり、記憶喪失や性格異常を来したり等、視覚や聴覚などに障害が残ることがある。

呼吸が停止してから人工呼吸を始めるまでの時間経過につれ、蘇生の可能性が急速に低下する。

米国やデンマークの赤十字社では、「呼吸の停止から人工呼吸を開始するまでの経過時間と蘇生率の変化」について、「ドリンカーの生存曲線」と呼ばれる画期的なデータを発表している(図1.23参照)。この

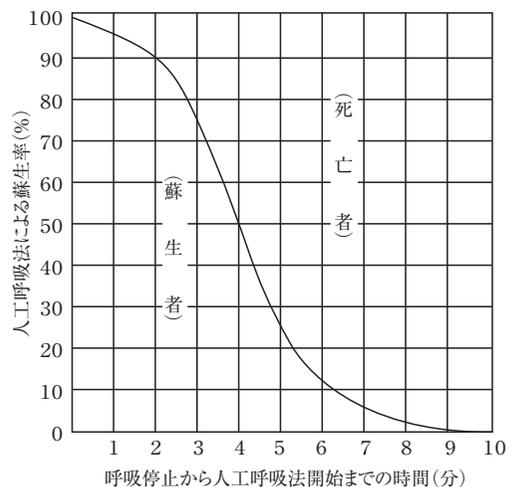


図1.23 ドリンカーの生存曲線

グラフの縦軸は蘇生率を示し、横軸は呼吸停止から人工呼吸を始めるまでの時間を示している。呼吸停止後1分以内に人工呼吸を始めれば、100人中95人が蘇生するが、4分経過すると50人しか蘇生することができず、10分以上経過すると蘇生する可能性がほとんど失われることを示している。このため、人工呼吸の開始は寸刻を争って急がなければならない。

① 用手法

呼気吹込法が開発されるまでは、鉱山では「ニールセン式」や「シルベスター式」などの用手法が人工呼吸法の主流をなしていたが、現在ではあまり使われていない。ただ顔面の外傷や原因の分からない中毒の吐物等で呼気吹込法が難しい場合に行われることがある。

② 呼気法

現在、鉱山や製錬所で採用されている人工呼吸法は、ほとんどが呼気法（呼気吹込法）である。呼気法には「口から口式」と「口から鼻式」があるが、いずれの場合も最初は1,000 mLずつ、呼気を2回続けて素早く試し吹きし、以後は5秒に1回のリズムで吹込む。

口から口式

呼吸停止者の頭部を後屈させて気道を確保しておいてから片手の指で事故者の鼻をつまみ、自分の口を事故者の口の周りにかぶせ息を大きく吹き込む。

事故者の胸がふくらみ、吹き込みに抵抗を感じたら吹込みをやめ、口を離せば事故者は自然に息を吐き出すので、また吹き込むという動作を、リズム正しく繰り返す（図1.24参照）。



図1.24 口から口式

口から鼻式

口から口式と同じように、事故者の気道を確保してから、片手の指先で事故者の口を閉じさせ、自分の口を事故者の鼻の周りに被せて密着させ、鼻から息を吹き込む。吹込み方やリズムは口から口式と同じでよい。

この方法は、口から口式では空気が入りにくい場合でもよく入ることがあり、口や顔面の傷で口への吹込みが難しい場合に用いる（図1.25参照）。



図1.25 口から鼻式

③ 機力法

人工蘇生器は、用手法や呼気法に比べはるかに有効であり、小形で軽便な器具であるから各鉱山で常備しておくことが望ましい。現在、鉱山で使用されている主な機種は「ミニットマン」、エマーソン、リテック等であり、いずれも圧縮酸素ボンベ、調整器、マスクからなっており、使用方法も非常に簡単である。

3) 心臓マッサージ法

呼吸が停止しても、すぐ心臓が止まることはなく、少しの間は心臓だけは動いている。この間に人工呼吸法を行い血液に酸素を与えてやれば蘇生できるが、心臓が止まってからでは、いくら人工呼吸を施しても、それだけでは蘇生させることはできない。ただし、何らかの方法で血液の循環を回復させ、肺に酸素を供給すれば蘇生できる。心臓マッサージ法は、心臓が停止した人に開胸手術等をせず血液循環を回復させる方法である。

本法では、事故者を仰向けに寝かせ、事故者の胸骨下半分の中央部に両手を重ね、人工呼吸法を併用しながら事故者の胸骨が4~5 cm沈む程度に1秒1回のリズムで直下に向かい加圧する。

ただし、本法は肋骨の骨折や肺臓・心臓などに損傷を与える危険があるので、実技指導を受けた人以外は実施してはならない。

4) A E D (Automated Exterminal Defibrillator, 自動体外式除細動器)

小型の器械で、体外(裸の胸の上)に貼った電極の付いたパッドから自動的に心臓の状態を判断する。もし心室細動という不整脈(心臓がブルブルふるえていて、血液を自動的に送ることが出来ない状態)を起こしていれば、強い電流を一瞬流して心臓にショックを与えること(電気ショック)で、心臓の状態を正常に戻す機能を持っている。機械の電源を入れれば、音声が使い方を順に指示してくれるので、誰でもこの器械を使って救命活動を行なうことができる。(日本心臓財団ホームページより)

7 ショック対策

(1) ショックとは

事故者の救急処置をしている間に、事故者の容態が急に悪化することがあるが、これは事故者が「ショック」を起こしたためである。「ショック」とは、ひどい出血や痛さなど負傷による種々の原因により、急激な血液循環障害が起こり全身の機能が低下した状態をいう。心臓そのものの失調に起因するものではなく、末梢血管の失調によるものであるから、「末梢循環失調」ともいわれる。ショックは、負傷したときすぐ起こる場合もあるが、30分から数時間して現れることもある。

事故者がショックを起こした場合には、次のような症状が現れる。

- ① 顔色が青白くなり、手足が冷たくなる。
- ② 額・手のひら・腋の下などに冷や汗をかく。
- ③ ぐったりとなって、気力がなくなる。
- ④ 脈が弱くなって、速くなる。
- ⑤ 呼吸が乱れて、速くなる。
- ⑥ 吐き気や目まいを訴える。

事故者に、上記①、②、③の3症状中の1つでも発症しておれば、ショックを起こしつつあると判断できる。負傷時のこのような症状を放置しておく、症状はますます重くなる。

ひどい負傷ほど、ひどいショックが起きる。そのため、負傷者の救助に当たっては、傷そのもの手

当をすると同時に、ショックに対する措置もする。ひどいショックが現れてからでは回復が難しいので、ショックの予防措置をしておくことが大切である。ショック予防措置は、事故者の生死に大きな影響を与え、早く正しい予防措置をすれば、それ以上悪化させないですむ。事故現場で行う止血や傷の手当などは、ショックを防ぐためにしているといっても過言ではない。

(2) ショックの起きる原因

ショックの起きる原因の主なものを、表1.18にまとめる。

表1.18 ショックの起きる原因と特徴

原因	特徴
① 多量の出血	出血による死亡を「失血によるショック死」と呼ぶ。また、動脈などからの出血を長引かせれば、やはりショックの原因になる。
② 熱傷による体液の減少	水泡ができたり、皮膚がただれたところから体液が多量に流れ出すため、多量の出血の場合と同様にひどいショックが起きる。
③ 長時間の苦痛	我慢できない痛さが長引くと、ショックの症状が現れる。また事故者への手荒らな扱いや不適当な運搬は、苦痛を増しショックの原因となる。
④ 精神的な衝撃	精神的な衝撃もショックの原因になる。傷や出血を見ただけで失神する人がいるが、これは恐怖心や精神的な打撃によって血液の循環失調が起こり、ショック症状が現われたためである。
⑤ 過度の寒さや暑さ	重傷者は自分自身の体温を調節する機能が衰えており、ひどい寒さや暑さにさらされるとショックが起きる。
⑥ 細菌の感染	悪質な感染菌が血液に入ったとき、細菌の出す毒素により毛細血管麻痺し、血液の循環障害が起きてショック症状が現われる。
⑦ その他の原因	本人の体調や持病などもショックの進行を早める原因になる。肉体的に消耗している人は、健康な人よりも強いショックが早く起こる。

(3) ショックの救急処置

① 適切な体位に寝かせる。

本人に意識があるときは、本人が気持ちよい体位にする。意識がないときは、窒息させないよう気道の確保を考え、傷の部位や状態により適切な体位にする。頭部損傷以外の傷で出血が多い場合は、下肢を頭より20～30 cm高く上げ、体内の血液をできるだけ多く頭部に回すことを考える。これは、循環血液量の不足により、脳細胞が酸素欠乏障害を受けやすいからである。

② 飲み物を与えてよい場合は適宜与える。

出血や熱傷などによる体液の減少は、ショックを起こす大きな原因になる。事故者の体液を補充するため、温かいお茶や食塩を少し入れた水を、少しずつ時間をおきながら与える。

③ 適当に保温する。

毛布などで全身を包み、本人の体温が保持できる程度に保温する。包み過ぎは呼吸が苦しくなり、温め過ぎは汗をかき体液が少なくなるのでよくない。

④ 必要なときは人工呼吸や酸素吸入を行う。

呼吸が止まったり、止まりそうになったら、すぐ人工呼吸を始める。呼吸困難な人には、人工蘇生器や酸素呼吸器等を利用して酸素吸入を行う。

⑤ 苦痛をやわらげ、元気づける。

手当は、常に安静第一を心がけ、苦痛を和らげることを念頭におき、冷静な判断で自信をもって行う。絶えず、事故者を安心させ、気力を奮いたたせるようなことばをかけて、元気づけることが大切である。

8 外傷および急病の手当

(1) 外傷の手当

1) 出血のある傷の手当

鉱山や製錬所でよく見かける傷には、擦過傷、挫傷、挫滅傷、切傷、刺傷、裂傷、爆傷などがある。このような傷の手当では、どのように、出血の危険性、細菌の感染による危険性、痛みによる危険性を防ぐかを考える。

適切な止血法により完全に止血する。細菌の感染を考え、小さい傷や出血が少ない傷でも、すべて手当をする。救急法では、後で医師の手当を受ける必要があると思われる傷に対しては、たとえ消毒薬といえども使用してはならない。傷が泥などで汚れている場合には、傷を傷めないように水道の水で静かに洗い落してから手当をする。傷の手当が終れば、できるだけ患部を高揚し、動揺しないよう固定して止血の効果をよくするとともに、事故者の苦痛を和らげる。

2) 熱傷の手当

熱湯、蒸気、火炎、熱い物体などの熱によって、皮膚や身体の組織が傷つけられたものを熱傷（火傷）という。また、紫外線や化学薬品などによる皮膚の炎傷も症状や手当が共通しているので、救急法では同様に扱う。

熱傷は、その程度がひどく損傷した範囲が広いほど危険であり、熱傷を受けた範囲が体表面積の10%以上の場合にはショックが起こり、30%以上にわたると生命に危険がある。体表面積の何%かを知るには「ナインの法則」という目安がある（図1.26参照）。

熱傷は、皮膚が広範囲に犯され、傷口はいつまでも渴きにくいため細菌の感染を特に受けやすい。

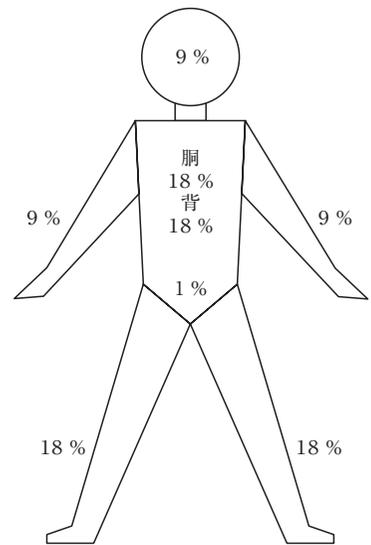


図1.26 ナインの法則

細菌の感染を受けた熱傷は治療が長引くばかりでなく、治っても皮膚がケロイドになってひきつれたりする。このため、手当では、特に細菌の感染防止に注意する。また、熱傷は激しい痛みを伴い、体液の減少が重なるのでひどいショックを起こす危険性があるため、適度に飲み物を与えて体液の減少を補う。

熱傷の手当の方法は、どんな種類の熱傷でも水で冷やすことが第一である。熱傷した部分をすぐ冷水に入れるか、傷部に清潔な布をかけその上から水道水を流し続けるとよい。また、熱傷の範囲が広いときは、衣服を脱がさずその上から水をかけて冷し、毛布等で保温し、できるだけ早く医師に渡す。後で医師の手当が必要と思われる熱傷の場合には、絶対に薬や油を塗ってはならない。

3) 目の傷の手当

眼球に異物が刺さった場合は、異物が見えるときでも、決してそれを取り除いてはならない。

また、単に目に異物が入ったときは、先ず目を閉じたまま洗顔し、清潔なぬるま湯か水の中へ顔をつけて、水の中で「まばたき」をするか、異物が入っている目が下になるように本人の顔を下に向け、「まばたき」しながら水道の洗眼水流で目を洗うと取れることがある。以上の方法で取れないときは、そのまま目に滅菌ガーゼを当て眼帯をするか軽く包帯をして医師の手当を受ける。

4) 骨折・脱臼・捻挫の手当

骨 折 骨折部の安定を図るため、上下の関節が動かないように副木を当てて固定する。副木の選び方は、幅は当てようとする四肢の一番幅の狭いところよりやや広めの幅のもので、長さは骨折部のすぐ上の関節と、もう1つ上の関節との中間から骨折部のある四肢の指先までの長さがあるものを選ぶ。また、脊椎関係の骨折には、固定板（脊板）を使用する。

骨折部付近に傷がある場合は、傷の手当をしてから骨折の手当をする。傷口からの出血が多い場合は骨折の手当の前に止血帯をかける。皮膚の外に突き出た骨は、絶対に押し戻さず、突き出た骨に滅菌ガーゼを当て、その周囲に当て物を当て、そのままの状態固定する。

脱 臼 脱臼の手当には原則として副木は用いない。変形した関節を元に戻そうとせず、上肢の脱臼の場合は、そのままの形を動かさないよう三角巾で吊るか胴体に固定する。下肢の脱臼の場合は、そのままの形を動かさないように担架の上に寝かせ周囲に毛布などの当て物をして担架に固定する。

捻 挫 捻挫の手当も原則として副木は用いない。捻挫したところに冷湿布を当て、その上から皮下出血を押さえるための圧迫包帯をし、上肢の場合は三角巾でつり、下肢の場合は寝かせて下に当て物を入れ患部を高揚して固定する。足首の捻挫で、歩かなければならないときは、靴を履いたまま足首にしっかり固定包帯をする。

5) 頭・胸・腹部の傷の手当

頭部の傷では、脳挫傷と脳圧迫症の処置が重要である。これらは、外部からの打撃で直接脳の一部が損傷を受けたり、頭蓋骨内の血管が損傷を受け内出血のため脳が圧迫され機能を失ったものである。脳挫傷の場合は、受傷直後から意識障害があり、脳圧迫症の場合は、やや時間をおいてから意識障害

が現われる。どちらの場合も意識障害は長時間続き、体温や脈拍に変化が現われ神経系にも麻ひが起こり、けいれんが起こることもある。

このような傷で耳、鼻、口などから出血がある場合には耳や鼻にはつめ物をしない。また、事故者を揺り動かしたり、大声で名前を呼ばない。頭部に動揺を与えないよう枕をしないで水平に寝て、大至急医師の手当を受ける。また、酸素があれば脳の酸素欠乏を補うために吸入する。

胸部の外傷は、大きく「胸壁の傷」、「肋骨骨折」および「胸腔内の損傷」に分かれるが、いずれの場合も安静にして呼吸が楽な体位をとり、早急に専門的処置を受ける必要がある。胸を打って血タンや呼吸困難のある者は危険である。胸に穴のあいた傷があるときは幅の広い滅菌ガーゼをあてその上をすき間なく絆創膏で固定し穴を塞ぐ。腹部は胸部よりも内臓に損傷を受けやすい。次のような症状があれば内臓に損傷を受けている恐れがあるので、早めに医師の手当を受ける。

①吐き気、②内腹痛、③腹がはる、④血尿、⑤血便、⑥ショック症状

また、傷口から腸管などが露出している場合は、腸管などを中へ押し込んではいならない。腸管は乾かないように滅菌ガーゼで覆う。三角巾で輪形の当て物を作って腸管の周りを囲み、その上を幅広く清潔なビニールシートなどで覆い、さらに、強く圧迫しないように腹全体を三角巾で覆って医師に渡す。なお、飲み物は絶対に与えてはならない。

9 鉱山坑外の特殊災害の救助法

鉱山や炭坑の坑外には、露天掘採場、選鉱、選炭場、製錬場など特殊な作業環境があり、岩盤の崩壊、墜落、埋没、運搬（車両）災害、発破災害、感電、ガス中毒、酸欠災害等死亡につながる重大災害の発生が跡を断たない。

(1) 岩盤崩壊災害の救助

- ① 引続いて崩落する恐れがないことを見極めてから事故者に接近する。危険が予測される場合には、近くの安全なところまで事故者をすばやく移す。
- ② この種の災害による傷口は、土砂で汚れていることが多いので、簡単に取り除ける大きな異物だけをすばやく除く。水道水などの清潔な水がなければ、汚れはそのままにして滅菌ガーゼを当てて包帯する。
- ③ 四肢の傷で直接圧迫法による止血が困難な場合は、止血点を押さえておいて止血帯をかける。また、挫滅傷の場合は、手当を終えてから患部を高揚し冷やすと苦痛を和らげられる。
- ④ 打撲や圧迫による内臓損傷の恐れが高いため、事故者の容態をよく観察し、少しでもそのような症状があれば、すぐショック防止の処置をし、できるだけ早く医師の手当を受ける。内臓損傷の恐れのある事故者には、飲み物を与えてはならない。

(2) 墜落災害の救助

- ① 事故者が深穴に落ち込んでいるような場合は、救助者用と事故者用の丈夫なロープや安全帯を準備し、ロープの端を上部にしっかり固定し、できれば見張人を残し、有害ガスなどの危険がな

いことを確かめながら、下に物を落とさないよう気をつけて事故者に接近する。

- ② この種の災害は、四肢の骨折が多く、外傷よりはむしろ頭部打撲、脊椎関係や内臓の損傷という危険度の高い損傷が多い。このため、事故者の観察は入念に行い、不用意に事故者を動かすことは禁物で、必要な手当を慎重にする。また、呼吸が停止していることもあるので、人工呼吸法の要否の調査も忘れてはならない。
- ③ 脊椎関係を損傷している恐れのある事故者を運搬するときは、特に慎重に取扱い、その人の身長や幅よりやや大きめの広い板（全身固定板・背板）に、損傷部位に適した体位で固定し、動揺させないように静かに運搬する。腰椎損傷の場合は、事故者をうつ伏せにして固定し、その他の場合は仰向けに固定することが基本である。
- ④ 手当の終わった事故者を深穴などから吊り上げる場合は、滑車と吊上げ専用安全帯を使う。もし無ければ、事故者を板などにしっかり固定し、周囲の壁に当てないように慎重に吊り上げる。

(3) 埋没災害の救助

- ① 事故現場へ入るときは、引続いて周囲の土砂や鉱石が崩落する恐れがないか、よく確かめてから入る。貯鉱舎などの埋没の際は、救助者がアリ地獄に巻き込まれて二重遭難することのないよう、必ず腰綱を着用し見張人を残して救助に当たる。
- ② 事故者の掘出しでは、埋没位置を推定し、頭部があると思われる方から掘り進めていく。ショベルなどの機具を使うときは事故者を傷つけないよう十分注意し、事故者に近づいたら素手と手送り掘り進み、先ず事故者の顔面を掘り出す。
- ③ 事故者の顔面が現われ、呼吸が止まっていたら、そのままの位置ですぐ口から口への人工呼吸を始め、人工呼吸を続けながら急いで胸部も掘り出し呼吸しやすくする。
- ④ 土砂などで埋没されていた者は、外傷よりもむしろ圧迫による内臓損傷や内出血の危険が高いため、掘り出したとき元気であっても必ず医師の診断を受ける。そのまま歩いて帰宅した後、容態が急変し内臓破裂で死亡した例もあり、十分注意をする。

(4) 運搬（車両）災害の救助

- ① 事故者が車体などに挟まれたり閉じ込められている例が多いので、救助では、ジャッキ、エンジンカッタ、溶断器等の手配も行う。事故現場が車道や軌道上の場合は、後続車両などが事故現場へ進入しないよう、適切な交通遮断措置をして救助にあたる。
- ② 轢断（れきだん：引いて切断する）や挫滅傷（ぞめつしょう：摩擦による損傷）などのひどい傷が多いが、四肢の轢断の場合は、何よりも先ず止血が第一であり、この場合は必ず止血帯を用いる。轢断された四肢は、現場に残さず、清潔に保管し事故者と一緒に医師に引継ぐ。
- ③ 頭部や胸部を打撲したり、瞬間的に挟撃されたりして、外傷があまり残っていないのに、内部に脳挫傷などの大きな損傷を受けている場合があるので、特に注意が必要である。このため、必要な緊急措置と十分なショック防止措置をして、できるだけ早く医師の看護に委ねる。
- ④ 頸椎損傷や脊椎・骨盤の損傷（「ムチウチ症」）が多いので、このような事故者は不用意に動か

さず、必ず全身を固定板に固定して静かに運搬する。

(5) 発破災害の救助

- ① 引続いて爆発する発破はないかをよく確かめてから事故者に近づく。また、浮石ができていますので、岩盤の崩壊や落石・転石にも十分注意する。
- ② ほとんどの事故者が全身にひどい爆創を受け、手足の断裂や内臓の露出などがあるのが常であるから、救助者はそのすさまじさに脅えることなく沈着に行動し、止血その他の緊急措置を素早く行い、できるだけ早く事故者を医師の看護に委ねる。
- ③ 発破災害は、特に事故原因の究明が難しいので、救助にあたっては、できるだけその現場を荒らさないよう努める。事故者の運搬に先立ち、もう一度その現場をよく観察し、災害発生時の状況をよく頭に入れ、証拠物件や保存に最大限の努力を払う。

(6) 感電災害の救助

- ① 救助に当たっては、第一に電源スイッチを切る。それができない場合は、乾いた板切れなどの上に立ち、乾いた布や衣類などで手を包み、事故者の衣服の乾いているところをもって帯電物から引離すか、乾いた竹や棒などで帯電物を払い除いてから事故者に触れる。
- ② この種の事故者は、電撃によって呼吸や脈拍が止まっていることが多いから、先ず呼吸や脈拍を調べ、止まっていればすぐその場で必要な救急蘇生法を始めること。柱上の場合でも呼吸が止まっていれば、事故者を下へ降ろさず柱上で人工呼吸を行う。
- ③ 電撃によって呼吸や脈拍が止まった事故者は、救急蘇生法の開始時期が早ければ助かる見込みがあるので、たとえ蘇生までに時間がかかっても根気よく救急蘇生法を続ける。電撃を受けた人は24時間もてば助かる見込みがあるが、6～12時間後にショック死が起きる場合がある。

(7) ガス中毒・酸欠災害の救助

- ① 地下室やポンピットや空タンクの中などの場合は、事故現場の有毒ガスや酸欠空気を扇風機や圧気で排除し、換気を続けながら事故者に近づく。できれば安全地帯に見張人を残し、合図用のロープを腰につけ、それを延ばしながら現場へ進入する。
- ② 事故者に近づいたら、先ず呼吸と脈拍を調べ、呼吸や脈拍が止まっていたら、その場で一刻も早く必要な救急蘇生法を始める。自発呼吸が始まったとき、酸素ボンベが近くにあれば事故者の口元で酸素を緩やかに放出させ酸素吸入をする。
- ③ この種の事故者は、いくら呼吸が回復して元気になっても、必ず医師の診断を受ける。ガス中毒による事故者の中には、興奮して制止できなくなる者もいるので注意が必要である。

10 救急資材とその管理

鉱山や炭坑では、作業場の付近に救急用具や材料を備え付けておくことが、鉱山保安規則で義務づけられており、その設置箇所や使用方法を鉱山労働者に周知させなければならない。

作業現場で発生すると予想される負傷・急病の種類や、医師の手当を受けやすいかどうかなどの条

件を考えて、救急資材の品目や数量を選択する。鉱山の一般の作業現場に備え付ける救急資材を列挙すると、①止血帯と止血棒、②滅菌ガーゼと絆創膏 ③三角巾と巻軸帯、④ハサミとピンセット、⑤傷票と筆記具、⑥骨折用副木類、⑦担架と毛布、⑧AED、⑨その他の救急用品、等がある。

救急箱に入れて保管する小物類は、いつの間にか在庫品がなくなっていることがある。救急資材の管理を良くするために、管理責任者を決め、常備品の点検補充にあたる。現場の救急用毛布は防湿等保管の問題がありまた不足しがちなため、担架1組に少なくとも3枚の毛布を配置する。

なお、婦人用ストッキングは、止血帯や包帯材料として使用するが、頭部や肘・膝の包帯にも非常に便利である。また多くの鉱山では、三角巾と滅菌ガーゼをセットにしたものやナイロンストッキング等をビニール袋に入れ、保安帽の内装の内側に入れて全員に携行させている。

第5章 坑内支保

第1節 盤圧

1 盤圧

地中では、地表からの岩盤の重量や、地殻変動の際に発生した力などが作用している。これを地圧という。この地圧に対して岩盤内部にもそれに相応する力（応力）が発生して釣り合っている。

しかし、地下に空洞を設けると、これまでの力の均衡状態が破れ、岩盤が地圧に持ちこたえられなくなって破壊し、空洞に向かってはみ出してることがある。この力を盤圧という。

(1) 岩盤の性質

地殻を形成している岩盤を、その性質により2つに分類する方が、盤圧を理解するのに都合がよい。その1つは弾性岩盤であり、他の1つは塑性岩盤である。弾性岩盤とは、力を加えると力の量に応じて変形し、力を除くと元の形にもどる性質を持つ岩盤をいう。堅硬な岩盤がこれに属す。塑性岩盤とは、力を加えると変形するが、力を除いても元の形にもどらない性質を持つ岩盤をいう。粘土のような岩盤はこれに属す。

岩石は圧縮には強いが、引張りには非常に弱い。代表的な岩石強度を表1.19に示す。なお、この岩石強度は乾燥岩石についてのものであり、湿潤岩石では極端に強度が落ちるものがある。

表1.19 代表的な岩石強度（測定例）

種類	圧縮強度 [N/mm ²]	引張り強度 [N/mm ²]
花こう岩	169	5.2
安山岩	107	6.2
砂岩	69 ~ 125	2.6
けつ岩	98	3.4

従って、坑道の設定はできる限り堅硬な岩盤中にとるとともに、引張り応力を生じない形状のものを設計することが望ましい。

(2) 盤圧の測り方

坑内の盤圧のようすを知ることは、将来の予測と対策樹立のために極めて大切である。

① 盤圧のかかり方を見る方法

普通、地山内の応力の様子は正確には分からない。そこで、肉眼的観察によって、坑内空洞回りにどんな破壊が生じたかを調べることが、盤圧の状況を把握する上に役に立つ。

岩盤の圧縮応力による破壊（以下「圧縮破壊」という）と、引張り応力による破壊（以下「引張り破壊」という）とは一見して区別がつく。圧縮破壊は、応力の方向に対して45度より小さい角度をなす多くの断面に沿って不規則なせん断破壊として起るか、あるいは力の方向にほぼ平行に不規則な分離破壊として起るかのどちらかである（図1.27参照）。

一方、引張り破壊は応力の方向に垂直に、通常一つの面で分離破壊として起る（図1.28参照）。

例えば、空洞の側壁に圧縮破壊が現われたとすると、その部分の圧縮力が岩石の圧縮強度に適したことを示している。破壊の様子から、圧縮破壊か引張り破壊かが分かるから、応力集中に関する知識と相まって盤圧現象

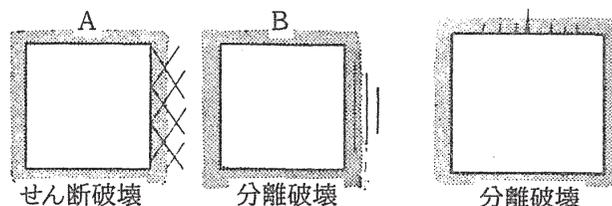


図1.27 圧縮応力による岩石の破壊

図1.28 引張り応力による岩石の破壊

が把握でき、ひいては盤圧制御に役立つ。空洞の壁面に破壊が現われ始めてもまだ危険ではないが、警報であることには違いない。力学的な応力の集中を念頭に入れて、どんな盤圧現象が生じるかを常に考える必要がある。

② 応力の測定法

ある部分に破壊が起ると、その点の応力が岩石の強度に適したことが分かる。しかし、応力はどんなわずかな採掘によっても、それに応じて多少の変化をする。すなわち岩盤内のある一点で応力の測定を行なっていれば、どこかで採掘を行うたびに応力の大きさ、方向が変化する。この変化は、採掘箇所が測点に近づくほど、加速的に大きくなる。採掘を行なわなければ変化はない。もし、ある時期に採掘によらないで応力の変化が観測されたとするならば、それは岩盤のどこかで異状のあったことを知らせていることになる。また、採掘の影響を受けて、当然応力の変化があるべきところに変化のない場合は、測点付近の岩石が浮いてしまっていると考えられる。

このように、応力の変化の測定は長期にわたって行う必要がある。応力変化の測定に用いられる計器には、光弾性応力計、ボアホール応力計、フラットジャッキ、バイブレーションワイヤストレスメータ、8素子ゲージなどがあるが、例として光弾性応力計を用いる方法と応力解放法について記す。光弾性応力計で測定する方法はゲージを測定片として使用する。ゲージはほう珪酸ガラスでできており、その直径は35 mm、長さは30 mmであって、中央に6 mmφの孔があいている。このゲージを測定しようとする位置に埋設しておき、携帯用光弾性応力計を用いて等色線模様の変化を観察するか、コンペンセータで読みをとり、解析してその位置にかかっている応力を判断する。

これは、あくまで測定片を埋没してからの応力の変化だけしか得られないから、最初の応力を知ろうとすれば、応力解放法によらなければならない。応力解放法とは、測定しようとする位置にヒズミ計を貼り付け、その周囲の岩盤を透かすと、この岩石は地圧より解放され、若干伸び縮みする。この変化を測定して、そこにかかっていた応力を算出するものである。

2 弾性岩盤内の盤圧

(1) 盤圧のかかり方

弾性岩盤内に空洞を設けた場合、どのように岩盤内の応力が変化するかということは、次の例によ

り分かる。図1.29に示すように、岩石ブロックを圧縮試験機にかけ、圧力を順次大きくしていったところ、1,000 kgの力で破壊が起ったものとする。

次に、同じ種類の、従って同じ強さの岩石で、同じ形、同じ寸法のブロックを作り、図1.30のように中央にブロック幅の3/10の直径の穴をあける。このブロックを圧縮すれば、1,000 kgの70 %、すなわち700 kgの力で破壊が起るように思われるが、実際はそれよりもはるかに小さい力で破壊する。

これは、このブロック内に空洞ができたために、応力の分布が変化し、あるところに多く掛かるようになったためである。穴のない場合は、ブロックの横断面上の応力は一様であるが、穴があれば、図1.31のように、穴の回りに大

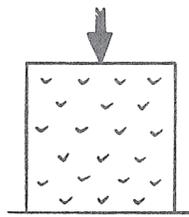


図1.29
岩石ブロック圧縮試験

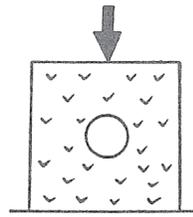


図1.30

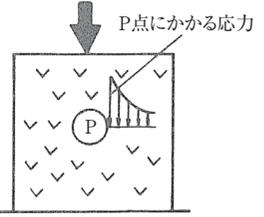


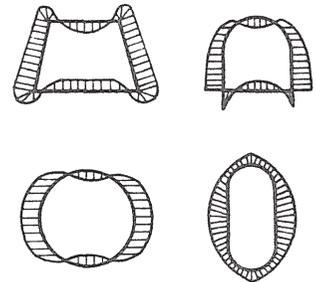
図1.31 応力分布

きな応力が集中する。しかも、応力の最大値がその岩石の強度に達すると岩石の破壊が始まるから、700 kgよりずっと小さい力で破壊する。

このように、穴があるとその回りの応力は大きくなる。これを応力の集中という。坑内の空洞はすべて岩盤中に作られた穴であるから、その周辺には応力が集中しているわけである。図1.29を見れば分かるが、空洞の回りの応力集中は、空洞壁面から奥に進むにつれて急速に小さくなり十分奥の方に行けば空洞を作った影響はほとんど認められなくなる。

一般に、空洞の上下部には引張り応力、両側には圧縮応力が発生する。この応力は、空洞の形状に大きく影響され、ある形状では引張り応力が全然生じない場合もある。数種の形状の空洞で測定した応力の分布を、図1.32に図示する。

地中に空洞を作れば、大なり小なりその内部の応力は変化し、岩盤に空洞がない場合の応力と著しく異なる応力（引張りもしくは圧縮）が働く。空洞の周壁の岩盤が、この応力に打勝つ強度を持っているならば問題はないが、岩石は引張りに対して非常に弱いので、それに持ちこたえられない場合は破壊することになる。そのため、坑道はできる限り堅硬な岩盤中に設け、引張り応力の生じない形状のものを設計する必要がある。



坑道側壁、あるいは上下ばんより引いた法線がその点の応力をあらわし断面内は引張り、外は圧縮を示す。

図1.32 坑道断面形状と応力分布

(2) 支保に及ぼす影響

岩盤が丈夫で、空洞の回りに集中した応力に十分耐えうるならば、岩盤は破壊しないから、空洞に施した支保には盤圧はほとんど作用せず天盤の浮石の自重だけが支保の荷重となる。

しかし、空洞の回りの応力集中が高くと、側壁が圧縮破壊を起し、更に天盤も浮いてくることがあ

る。岩石は破壊を起すと見掛けの体積が増加するから、その分だけ岩石がはみ出し、支保を圧迫することになる。このため、硬い岩盤でも丈夫な支保を施すと、岩盤表面のはみ出しの進行を相当防ぐことができる。

3 塑性岩盤内の盤圧

(1) 盤圧のかかり方

塑性岩盤内に空洞を作ると、その壁面上における壁面に垂直な応力は0となる。一方、壁面の接線方向の応力は、空洞を作る以前の大きさより大きくなろうとするが、これと直角な方向の応力が0であるため大きくなることができない。そのため滑りが起り、空洞内へ岩盤がはみ出して来る。

このようなはみ出しは、空洞壁面からだんだん奥に進行する。はみ出した岩石を取り出して空洞をもとの寸法に保っても、はみ出しは続く。しかし、ある程度のはみ出しが進行すると、はみ出した岩石がせりもちにより側方よりの応力を支えることができるようになり、もうそれ以上のはみ出しが起らず、安定する。円形断面坑道の中心を通る水平断面上の応力は図1.33のようになる。

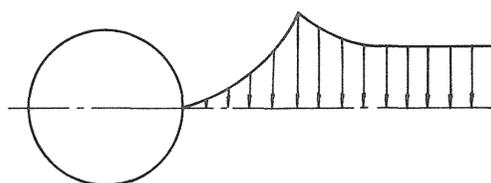


図1.33 塑性岩盤内の応力分布

壁面付近では応力が最も小さく、奥に進むにつれて大きくなる特徴がある。はみ出しが起ると、岩盤内に空隙ができ、見掛けの体積が増加する。この増加した分は空洞内にはみ出すより他に行き場がない。こういう訳で、空洞の周囲の岩盤が空洞内にはみ出して来るものと思われる。岩盤内部の摩擦が大きければはみ出しは遅く、小さければ速い。

(2) 支保に及ぼす影響

塑性岩盤では、もし内部摩擦が0であれば、流体のように、空洞を作る以前の岩盤内の応力と同じ大きさの地圧が支保に作用する。この地圧は非常に大きい値を示すものである。例えば、深さ100 mのときは1 m²について250 t程度の圧力である。内部摩擦が0でなく、はみ出しが十分起った後に支保を施せば、支保に作用するばん圧は少ない。しかし、まだはみ出しの余地が残っているときに支保を施すと、その後にはみ出しによって支保に盤圧が作用する。はみ出しは時間とともに進行するから、支保に作用する盤圧も時間とともに増加する。岩盤内部の摩擦が同一であれば、早く支保を施した方が支保に掛かる盤圧は大きい。重圧の作用する坑道では、支保が破壊され、何度も仕繰をしなくてはならないような場合、仕繰のたびごとに岩盤のはみ出しが次第におだやかになることを経験している。一般に、岩盤の内部摩擦が大きいほどはみ出しが少なく、早く安定状態に達するから支保に掛かる最大盤圧は小さく、更に他の条件が同一であれば、剛性支保より可縮性支保の方がはみ出しを許すから、それに加わる最大盤圧は小さい。

(3) 弾性岩盤と塑性岩盤中の盤圧現象の比較

弾性岩盤と塑性岩盤とでは、その応力の状態、支保に掛かる盤圧などに著しい差異があるが、これ

をまとめれば表1.20のようになる。

弾性岩盤内に空洞を作ると、盤圧のほとんど全部を岩盤がささえるから、支保は浮石を支える程度のものでよく、従って支柱費が安くつく。しかし、応力が岩盤の強度以上に達すると大きな崩落を起す可能性があり、これは普通の支柱ではささえきれない場合がしばしばある。塑性岩盤では、絶えず岩盤が押し出すから、密に支柱を施す必要がある。そのために、支柱費は非常に高くつくが一時に大きな崩落を起す恐れは少ない。

表1.20 弾性岩盤と塑性岩盤内の盤圧現象の比較表

弾性岩盤内の盤圧現象	塑性岩盤内の盤圧現象
1. 空洞の周りに応力が集中する。	1. 空洞の廻りの応力は小さくなる。
2. 時間的に変化しない	2. 時間とともに岩盤が空洞に向かって押し出す。従って、動力も時間とともに変化する。
3. 支保には浮石の自重や、はく離れた岩石の見掛けの膨張による力だけが荷重として作用する。この荷重は通常ごく小さい。	3. 支保には、岩盤のはみ出しにより、盤圧が作用する。この盤圧は時間的に変化し通常大きい。これは支保を施した時期、岩盤の内部摩擦、支保の可縮性などにより異なる。
4. 空洞の上に存在する岩盤の自重による盤圧のほとんど全部は岩盤自身が支える。	4. 空洞の上に存在する岩盤の重量による地圧の主な部分は岩盤自体が支え、残りの部分の一部は岩盤の内部摩擦力が支え、一部は支保が支える。

4 坑道に働く盤圧

(1) 静圧を受ける坑道

岩盤の母体より分離した岩石の重量による静的な盤圧を静圧という。図1.34 (A)のように円形の坑道を掘ったものとすれば、地圧が開放されるために、岩石は膨張して亀裂が入り膨脹した岩石は母体岩盤から離れ、いわゆる浮石の状態になる。この浮石には直接地表からの圧力はかからない。

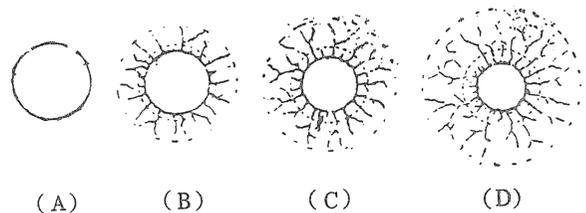


図1.34 免圧圏の拡大の状況

すなわち膨脹した岩石は免圧されたことになる。また、岩石が膨脹することにより、新しく生ずる分離面に対して、再び地圧が働いて、その周囲の岩石もまた膨脹する。このような作用は、時間が経過すると共に、玉ねぎ状に順次岩盤の奥部に向かって進行し (図1.34 (A), (B), (C), (D) 参照),

岩石の膨張の範囲，すなわち免圧圏は次第に拡大する傾向がある。その圏内の岩石は，膨張破壊とによって容積が増加するため，坑道の断面積は次第に縮小し，甚だしいときは完全に押し潰される。

免圧圏内の岩石には地表からの圧力は直接掛らない。坑道は免圧圏に囲まれているから，坑道支保には直接地圧は掛らず，免圧圏内の岩石重量が静圧として掛かるだけである。従って，免圧圏内の岩石の摩擦による抵抗力と枠の支持力の合計が地圧と等しくなれば，これ以上が変形することもなく，免圧圏の拡大もない。いわゆる“やまが落ち着く”ということになる。直接静圧しか掛らない坑道では，力の掛り方は鉛直方向でかつ小さく，その処置は比較的容易である。

(2) 動圧を受ける坑道

地圧が直接発動し，岩盤が動くことにより生ずる盤圧を動圧という。これは静圧よりはるかに強大な力で，坑道周辺の岩盤を激しく破壊することが多い。方向も鉛直方向だけでなく壁のはり出し，盤膨れも起す。

例えば長壁式採炭切羽付近の坑道では，採掘の影響で広範囲にわたって岩盤の移動が起り，強大な圧縮および引張り力が掛かることがある。このような動圧を受ける坑道では可縮可屈支保を使ったり，仕繰によって必要断面を維持するなどの処置を要する。

第2節 坑道の支保と落盤対策

坑内支保の目的は運搬や通気，人の通行や作業に必要な断面の維持並びに落盤災害の防止にある。そのためには，その箇所の使用目的に合った大きさ，盤圧の状態に応じた設計と，より合理的なきめ細かい管理に努めなければならない。

1 坑道支保の分類

坑道支保は，次のように分類できる。なお，それぞれを組み合わせたものなどもある。

(1) 使用する材料による分け方

- ① 木材支保
- ② 鋼材支保
- ③ コンクリート支保
- ④ コンクリートブロック支保

(2) 形状による分け方

- ① 正方形，矩形，梯形支保
- ② 多角形支保
- ③ アーチ形支保
- ④ 円形支保
- ⑤ 楕円形支保

(3) 可縮可屈性による分け方

- ① 剛性支保（断面積も形状もともに変わらない構造）
- ② 可縮支保（断面積が小さくなることのできる構造）
- ③ 可屈支保（断面形状が変わることのできる構造）
- ④ 可縮可屈支保（断面積も形状もともに変わることのできる構造）

(4) 使用期間による分け方

- ① 一時的支保（採炭坑道のように比較的短期間使用する坑道）
- ② 永久的支保（主要運搬坑道のように長期間使用する坑道）

2 坑道支保の材料

(1) 木 材

杵材、矢木（成木）材として木材が使われる。利点としては支保の施工が早くて簡単であり、重量が軽く、それ自体がある程度の可縮性をもち、必要に応じて壁透かしをし、木材の裏込めを行えば可縮性は一層増してくる。仕操作業も容易である。

しかし欠点として、腐りやすく、強度が弱い。支保材として最も広く使われている木材は、かし、からまつおよび松である。各種木材の平均強度を鋼材と比較して、表1.21に示す。

木材強度は、湿潤状態では2/3くらいに低下し、しかも湿った木材は腐敗しやすく取り扱いに不便なので、よく乾燥したものを使用することが望ましい。長期間使用する木材支保に対しては、腐敗を防ぐため防腐処理をすることがある。これは、皮をはぎ十分乾燥させた木材を、防腐剤中に浸漬したり薬剤を圧入したりするもので、寿命は浸漬法で2～3倍、圧入法で5～10倍に延びる。

(2) 鋼 材

坑道支保として最近では木材よりも鋼材が多く使用されている。従来多かった古レールに代って最近では坑枠用型鋼の使用が増加してきている。古レールは22 kg, 30 kg, 37 kg, 50 kgの4種類があり、それぞれ1 m当りの重量を呼び名としている。

坑枠用型鋼としては、断面の形がI形をしたSMI 105, 115および125などのI型鋼が多く使われ、可縮性を持たせたトーサンハイツマンのU型鋼なども使われている。鋼材は断面積が小さくて強度があること、腐朽しにくいことなどから、維持期間の長い坑道、回収可能な箇所などでは有利であるが、坑木に比し高価で、現場状況に合せた加工がしにくいなどの欠点がある。

(3) コンクリート

コンクリートは、坑口、立坑・機械座など長期間維持する箇所などで支保材として使われている。ただ、強度は圧縮に強く（普通ポルトランドセメントの28日強度30～35 N/mm²）、曲げに弱い（5～6 N/mm²）ので、曲げ応力にも耐える必要がある場合は鉄筋コンクリートにする必要がある。一般にコンクリート支保は、いったん破壊されたとき、その補修が困難になるので、偏圧（動圧）が少ない箇所に施工することが多い。

表1.21 各種木材の平均強度

	密度 [kg/m ³]		強度 [N/mm ²]		
	乾燥	湿潤	圧縮	引張り	曲げ
かし	700	600	45	69~94	82
からまつ	650	800	50	40~70	90
松	500	600	41	49~71	77
もみ	450	550	38	47~59	69
えぞ松	400	500	32	40~53	63
鋼材	7,900		490~690		

(4) その他

上記の支保材料のほか、合成樹脂なども使用できるが、現在では一般的でない。いずれにせよ、支保材料の選択は使用箇所の盤圧、断面積の大小、坑道の用途ならびに維持期間も考慮して定めなければならない。

3 坑道支保の形式

(1) 盤圧と坑道支保の形式

坑道の形によって応力のかかり方が異なるが、例えば、坑道を素掘りのまま放置しておくと天盤は崩落してアーチ形になり安定することが多い。このことから考えると、梯形坑道よりアーチ形坑道の方が無理な応力がかからず、支保による影響を与えることが分かる。また同じ材料を用いても支保の形式によって支保自体の強さが異なる。例えばリング枠の方がアーチ枠より強度が大きい。

一般的には、断面の形を縦軸の長さが2で横軸の長さが1の割合の楕円形、またはしずく形にすれば支保に掛かる荷重は最も小さくなり、梯形の断面では支保は比較的破壊しやすい（図1.35参照）。

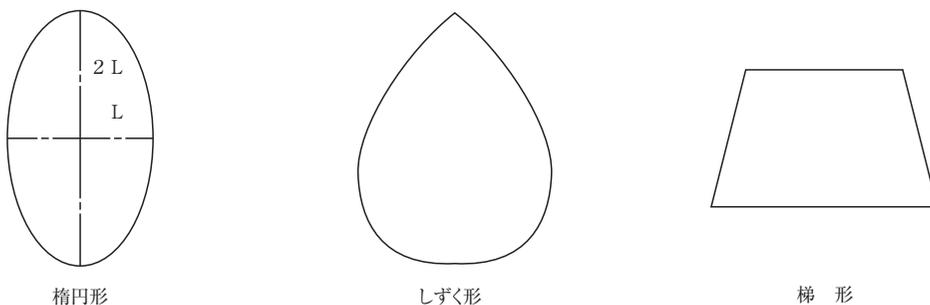


図1.35 坑道断面形状の例

(2) 坑道支保の呼び名と方法

坑道支保にはいろいろな呼び名があり、同じ支保でも地域別、石炭、金属鉱山別にも異なっているが、一般的なものについて、以下に記す。

① 一般の木材坑道支保

- a) 三つ杵 木材坑道支保の基本形である。なお図のb/aを「しのび」という（図1.36参照）。
- b) 合掌杵 形状がアーチ杵に似ており、大加背で盤圧の強い箇所に使われる。各部材の接合が可縮可屈性を持っているのが特長であるが切り込み、締め、を正確に行う必要がある。使用する部材の数により四枚合掌杵、五枚合掌杵の2種類がある（図1.37、図1.38参照）。

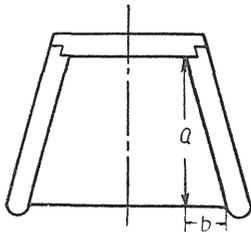


図1.36 三つ杵

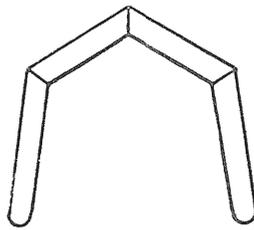


図1.37 四枚合掌杵

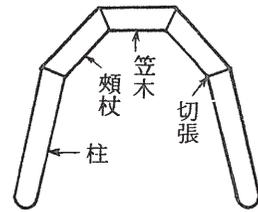


図1.38 五枚合掌杵

② 鋼材支保

- a) 鉄梁 三つ杵の梁材を鋼材としたもので、普通30～50 kgレールを使用するが、I型鋼も使用されている（図1.39参照）。
- b) アーチ杵 標準的な剛性支保で、I型鋼または30～50 kgレールを使用する（図1.40参照）。
- c) モール杵 接合部と足に連結丸太を入れて可縮可屈性としたもので、モール継ぎ手を使用する。塑性岩盤で盤圧の強いところに良い（図1.41、図1.42参照）。

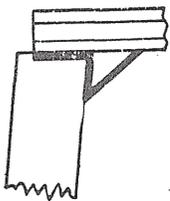


図1.39 鉄梁

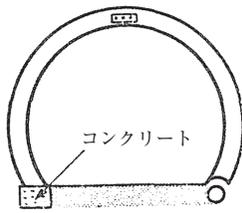


図1.40 アーチ杵

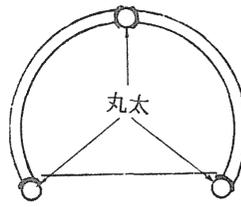


図1.41 モール杵

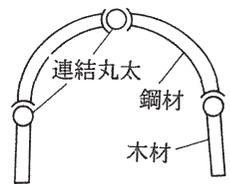


図1.42 モール杵

- d) 可縮鋼杵 杵の部材が互に入りこんでいて、滑りにより可縮の機能を持たせた支保で、代表的なものとしてU形鋼を使ったトーサンハイッツマン型鋼支保がある（図1.43参照）。

③ コンクリート支保

- a) コンクリート コンクリートは圧縮に強く、引張り、曲げに弱いので、盤圧の強い

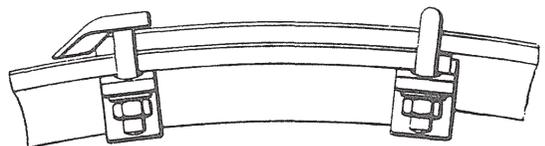


図1.43 トーサンハイッツマン型杵材

ところでは、鉄筋入りにしないと割れやすい。また下盤が水を含み、盤膨れしやすい箇所には下盤を掘り込んでコンクリートを打設するインバート施工することがある（図1.44、図1.45参照）。

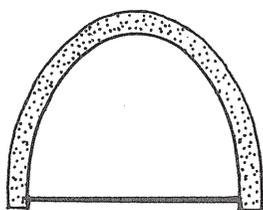


図1.44 コンクリート支保

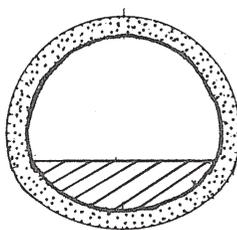


図1.45 コンクリート支保

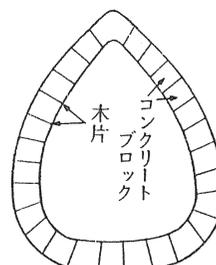


図1.46 コンクリートブロック

- b) コンクリートブロック コンクリートは、それ自体は剛性支保として使われるが、これをコンクリートブロックとして、間に木材を入れて可縮性を与えれば、更に坑内支保としての適用性を増大する（図1.46参照）。その他、PSコンクリート支保がある。

4 静圧および動圧を受ける坑道の支保

静圧を受ける坑道の支保に掛かる荷重は、免圧圏内の岩石重量であり、特にそのうちの天井部分の重量が大きい。この場合、免圧圏が拡大すると支保に掛かる荷重が増加するから、免圧圏が拡大しないように支保を施さなければならない。従って、このような坑道では、剛性支保がよい。盤圧が強くと、岩盤があまり堅固でない場合でも、支保が過度の可縮性を持つことは、かえって強大な盤圧を誘導することになるから、わずかな可縮性と可屈性を持たせることによって、免圧圏拡大の速度をゆるやかにする必要がある。

坑道支保のうちで、最も難しいものは、動圧を受ける坑道の支保である。ことに、採炭切羽では空洞ができたために岩盤の移動が起るばかりではなく、全体として上盤が採掘跡に沈下する。これは、静圧坑道に掛かる荷重よりもはるかに大きく、しかも盤圧は切羽の進行とともに変化する。従って、支保には強大な力が掛かってくる。また、その方向も変動する。これらの理由のため、動圧を受ける坑道の支保は、剛性枠を破壊限度まで使うか、可縮性や可屈性のもの、または両者を組み合わせたものとなる。しかし、必要断面積を維持するためには可縮したままではすまない場合があり、このときは拡大作業を必要とする。このため、あとで仕繰がしやすいように、変形、可縮後の処置（枠回収、部材取替など）が容易な枠種を選ぶことが多い。

5 坑道支保支柱時の留意事項

(1) 坑道掘進における一般的留意事項

主要坑道は、できるだけ堅固な岩石中にとることが望ましい。たとえ、立入掘進坑道であっても、断層、湧水、粘土帯、旧坑地帯などは極力避ける。また、斜坑開さくにあたっては、岩石の成層面に対して、落盤の影響が少ないように坑道傾斜を取るべきで、いつまでも保坑困難に苦しむことのないようにする。坑道形状は、岩石の引張り応力がなるべく小さくなる形を選ぶべきである。主要運搬坑道、通気坑道、排水坑道、人道等はそのほとんどが長期間維持すべき坑道であるため、保坑には常に留意し、手入れを継続する。無枠坑道の場合は、天盤側壁を常に点検し、浮石処理を行うが、このとき、落した後の点検を忘れてはならない。また、支保のある坑道においては、支保の状況を調べ、枠の腐朽、折れ、割れ、あごの圧縮程度、枠のゆるみ、つなぎの状態、裏込めの状況、踏前の状態、湧水の変化などによって判断し、補修すべきは早急を実施していくことが大切である。

掘進作業に際しては、次の点に注意が必要である。

- ・坑道における落盤は発破直後に最も多い。発破によって坑道周壁の岩石は影響を受け、多くの亀裂を生ずるが、これに地圧の開放が加わることにより、次第に浮石の危険を増す。発破後は、発破の煙が消えてから浮石の点検を十分に行い、先受けなどにより天盤を早急に囲うべきである。
- ・落盤、落石の災害は、枠入前の引立面での作業、あるいは枠入中における天盤の崩落や作業面の倒かいによるものである。従って、これらの災害を防止するためには切羽面の点検とともに、先受け、作業面押えを確実に行うことが必要である。

(2) 木枠支柱時の留意事項

- ① 枠脚または打柱は、元口（太い方の切口）を上にし末口を下にするのがよい。
- ② 笠木は柱より太いものを使用する。
- ③ 曲った坑木は、張り出した方を外側にして使用する。
- ④ 笠木には枝や節の多い坑木を使用しない。
- ⑤ やむをえず坑木を切る時は末口側を切る。
- ⑥ 枠を締め、裏込めをするときは、中心に集中荷重がかからないようにする。
- ⑦ 盤圧の強い箇所では、笠木と柱の切込み部は密着させ、特にえび尻の空げきはくさびを入れて締めあげた方がよい。
- ⑧ 枠間保持の切張りは、正しい位置に確実に施し、転位脱落した際はすみやかに入れ直す。
- ⑨ 坑道の側壁、踏前などを計画勾配にそろえてから、根掘りを硬岩でも10 cm、軟岩では15 cm以上確実に行う。
- ⑩ 枠入を行う場合、特に発破終了後の箇所においては、天盤、側壁をよく点検し、落石防止などのため、努めて仮押えを行うか、必要に応じて仮枠を施した後作業をする。

6 その他の坑道支保

ルーフボルト支保

ルーフボルトは、天盤にせん孔した孔の奥にボルトを固定し、このボルトで天盤を吊るす働きをするものである。支柱を施すまでもないが、長い間に浮石の生ずる恐れがある硬岩とか、構造上砕入れをするとじゃまになるような硬岩の箇所で使用すれば有効である。

代表的なルーフボルトについて、次に記す。

① くさび型ルーフボルト

ボアホールにこのボルトを叩きこむと、くさびによりとまる。内壁もいたみやすく支持力は弱い。取り付けは容易で安価である（図1.47参照）。

② さや型ルーフボルト

先端にナットがねじこまれており、ボルトを回すとナットが引きよせられて四つ割りのさやが広げられて孔壁に密着する（図1.48参照）。

③ 接着支保ボルト

接着剤（主剤と硬化剤）の入ったカプセルをあらかじめボアホール内に入れ、これをボルトで壊して攪拌し、その接着力でボルトと岩盤を固定するもので、やや弱い岩盤でも使用できる（図1.49参照）。

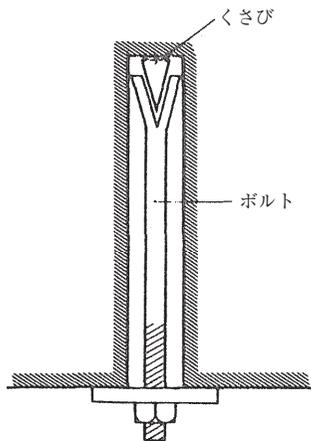


図1.47 くさび型ルーフボルト

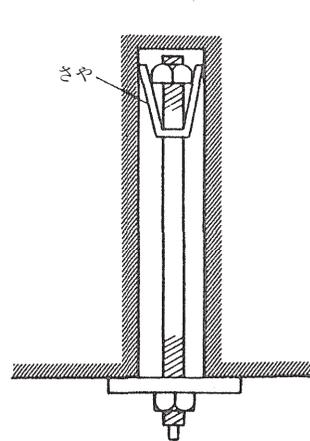


図1.48 さや型ルーフボルト

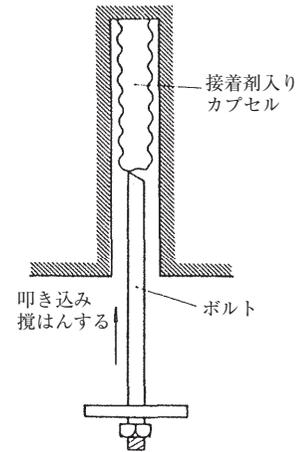


図1.49 接着支保ボルト

第6章 坑内通気

1 通気の目的

近年鉱山における通気は、採掘個所の奥部化や深部への移行に伴い、ますますその困難性を増している。通気に関係する失敗は、ガス爆発などの重大災害につながるので、坑内保安係員としては通気の重要性を十分認識し、その基礎的技術を身につける必要がある。

通気の目的は、

- ・坑内で働く鉱山労働者の呼吸に必要な量の新鮮な空気を供給する。
- ・坑内において発生するメタン、人の呼吸、鉱石の酸化、坑木の腐敗、発破作業などによって発生する炭酸ガスその他の有害ガスを、新鮮な空気で危険のない程度に薄めて、坑外に導き排除する。
- ・坑内の空気は地熱、機械熱その他の原因で熱せられており、また多湿の空気となっているので、冷却して作業に適する温度と湿度を保たせ、作業環境を快適にする。

の3項目であるが、それぞれの鉱山、炭鉱の事情によって、通気の目的や重点の置き方が異なる。例えば、金属鉱山では発破の後ガスの排除を第1の目的とする鉱山もあるが、鉱石の酸化が激しく二硫化水素、炭酸ガス、亜硫酸ガスなどの有毒有害ガスの発生が多い鉱山や、坑内に温泉が湧出するなどの理由により、高温である鉱山もある。また、最近の重機械類の坑内導入で、その排出ガスの排除に十分な通気を必要としている鉱山もある。

炭鉱では、可燃性ガスであるメタンの排除が絶対的な条件であり、最も重要な保安対策であるが、高温な個所を冷却することが必要な炭鉱もある。

2 通気量

以上の目的を達成するため必要な通気量は、ガス発生量、坑内稼働人員、地熱などによって異なる。わが国の保安規則では、次のように定められている。

① 酸素および炭酸ガス

原則として酸素含有率19 %以上、炭酸ガス含有率1 %以下としなければならない（施行規則第16条第1項）。

② 可燃性ガス

主要排気中の可燃性ガス含有率は、原則として1.5 %以下としなければならない（措置事例第4章 1 (2)-(1)）。また、作業場は1.5 %以下、通行箇所は2.0 %以下としなければならない（措置事例第4章 1 (2)-(2), (3)）。

③ 坑内気温

坑内作業場における気温は、摂氏37℃以下としなければならない（施行規則第16条第2項）。

④ 通気量

可燃性ガス、有害ガスおよび発破の煙を薄めて運び去るために必要な速度と量でなければならない（措置事例第14章 1 (2)）。なお、鉱山労働者の数、ガス発生量、自然発火の可能性、気温、湿度などに基づいて決定しなければならない。（措置事例第14章 1 (2)）。なお、甲種炭坑では、原則として1人当たり毎分 3 m^3 以上としなければならない（措置事例第14章 1 (1) ①）。

⑤ 通気速度

炭鉱では、原則として毎分450 m以下としなければならない。ただし、立坑では毎分600 mまで許容される（措置事例第14章 1 (4) ①, ②）。

3 主要通気

坑内全般の通気を主要通気という。通気を行うためには、入気坑口と排気坑口との間に、ある圧力差が生ずるようにしなければならない。通気力を起す方法には、坑内外の温度差によって気流を起させる自然通気と、扇風機により人工的に圧力差を起させる機械通気とがある。金属鉱山においては、自然通気または機械通気によっており、炭鉱ではほとんど機械通気によっている。

(1) 主要通気の種類

1) 自然通気

坑外の気温は、四季・昼夜を通じて絶えず変化するが、坑内温度はあまり変化しない。

一般に、冬季は気温よりも坑内温度が高く、夏季は反対に低い。従って、入排気坑口の高さが異なるときは、両者の間に空気密度の差を生じ、通気力が起る。これを自然通気とい

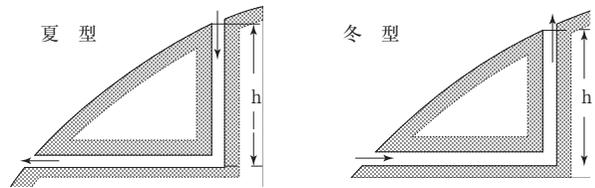


図1.50 自然通気（夏型と冬型）

う。2つの坑口の高さが異なる場合を考えると、夏季は坑内温度が外気より低いから、外気は上の坑口から入り下の坑口から出る。冬季はその反対となる（図1.50参照）。

自然通気は、主として坑内外の温度差によるものであるから、その差の少ない春秋には通気力が減少して、ときにより無風または逆流状態になるなど通気がきわめて不安定である。そのため、ガス発生のある鉱山や炭鉱では、自然通気だけに頼ることは危険である。

2) 機械通気

扇風機で通気を行う方法である。必要通気量と通気圧から、最も適当な性能の扇風機を選定する。

① 吹込式と吸出式

吹込式は、扇風機を入気坑口側に設け、坑内に空気を吹込む方式で、扇風機が止まったとき坑内気圧が運転時より下がるので、採掘跡や亀裂などからガスの湧出が多く危険である。

吸出式は、扇風機を排気坑口側に設け、坑内より空気を吸出す方式で、坑内は大気圧より低い気圧（負圧）となる。扇風機が止まったとき、坑内気圧が運転時より高くなって、逆にガスを押し込む形となり安全である。現在、大部分は吸出式が採用されている。

② 中央式と対偶式

入排気坑口が接近している通気方法を中央式，遠く離れている通気方法を対偶式という。

中央式では，通気距離が長くなり通気抵抗が増大するほか，目抜などからの漏風が多い欠点がある。対偶式では，通気距離は減少し，通気戸や風橋が少なくて済み，かつ漏風の恐れがない。また，坑内爆発などが発生した場合，扇風機の運転が可能な間は坑内通気が途絶せず，また排気が入気に吸引される恐れがない。このため，通気方法としては対偶式が望ましい。

(2) 坑道の通気抵抗

1) 坑内空気の流れおよび通気抵抗

① ベルヌーイの定理

圧縮性と粘性とを考
えない理想流体の流れ
において，その任意断
面における水頭は圧力
水頭（静圧）と速度水
頭（動圧）と位置水頭
の和に等しい。

図1.51に示す管路
AB間に流れの抵抗が
ないものとすれば，A
点における流体の持つ
エネルギーは，B点に
おける流体の持つエネルギーに等しい。

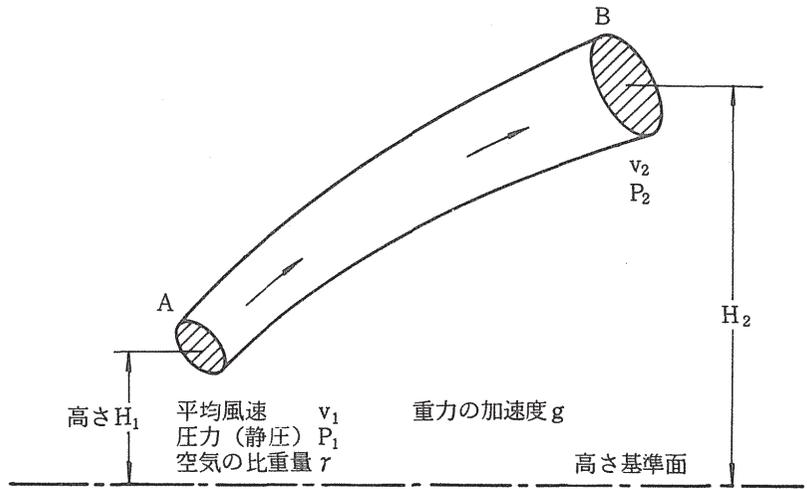


図1.51 ベルヌーイの定理関係図

このエネルギー保存の法則は，ベルヌーイの定理と呼ばれ，水や空気などを取り扱う流体力学の基礎をなすもので次の式で表わされる。

$$P_1 + \frac{v_1^2}{2g} \cdot r + H_1 \cdot r = P_2 + \frac{v_2^2}{2g} \cdot r + H_2 \cdot r \dots \dots \dots (1.10)$$

(1.10) 式を一般式に書きなおすと，

$$P + \frac{v^2}{2g} \cdot r + H \cdot r = \text{一定} \dots \dots \dots (1.11)$$

となる。(1.11) 式の第1項のPは静圧，第2項の $\frac{v^2}{2g} \cdot r$ は動圧である。第3項のH・rは，高さの違いによる位置の圧力で，空気の場合ではH=0とみなせるので，

$$P + \frac{v^2}{2g} \cdot r = \text{一定} = \text{全圧} \dots \dots \dots (1.12)$$

となる。従って，静圧と動圧の和が全圧になる。静圧をPs，動圧をPv，全圧をPtとすれば，(1.12)

式より，次のようになる。

$$P_s + P_v = P_t$$

(静圧 + 動圧 = 全圧)

全圧と静圧はピトー管で測定できるので，全圧から静圧を差引けば動圧が分かる。また，

この動圧から $v = \sqrt{\frac{2g \cdot P_v}{r}}$ の式によって風速を計算で求めることができる。

② 坑道の通気抵抗

坑道を空気が流れる場合，坑道断面積が小さく，長さが長く，木枠支柱で壁面に凹凸があると，通気抵抗が大きくなり風が通りにくい。通気のためには通気抵抗に打ち勝つために圧力が消費されることになる。通気抵抗は普通水柱 [mm] で表わされる。

通気抵抗 (通気圧) と風量，坑道の性質，断面積などの関係については，アトキンソンの公式があり，気流の摩擦抵抗を示す公式として，通気学においてのみ使用される大切な式である。

$$h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot V^2}{S} \text{ または } h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot Q^2}{S^3} \quad \left(\because V = \frac{Q}{S} \right)$$

ただし h : 通気抵抗 [水柱mm] V : 風速 [m/s]
 k : 摩擦係数 S : 断面積 [m²]
 L : 坑道長 [m] Q : 風量 [m³/s]
 U : 坑道周長 [m]

すなわち，次のようにもいえる。

- ・通気抵抗は，同一坑道においては，風速の2乗に比例する。
- ・通気抵抗は，坑道の断面積に逆比例し，坑道長，坑道周長に正比例する。

アトキンソンの公式における $k \cdot \frac{L \cdot U}{S^3}$ は，坑道条件などによって決まる定数で，坑道の比抵抗 (R) と呼ばれる。この値は小数点以下非常に小さな数値となるので，実用上，1000倍にしたものを使用し，ミュルグという。これをMとすれば，

$$M = k \cdot \frac{L \cdot U}{S^3} \times 1000 \text{ (ミュルグ)} \dots\dots\dots (1.13)$$

$$= R \times 1000 \text{ (ミュルグ)}$$

従って，アトキンソンの公式は，次の式のように表わされる。すなわち

$$h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot Q^2}{S^3}$$

$$= \frac{M}{1000} \times Q^2 \dots\dots\dots (1.14)$$

となり，通気抵抗 (h) は風量の2乗に比例し，比抵抗が大きいほど大きくなることを示している。

今日では、通気網の計算はほとんどコンピュータによって行なわれているが、その基礎となる比抵抗に、(1.13)式より計算して求めた比抵抗 (M) を用いると、計算結果に大きな誤差を生ずることがあるので、鉱山気圧計などで比抵抗を実測することが望ましい。

2) 摩擦係数 (k)

通気圧力損失に関するアトキンソンの式で、摩擦係数は、坑道周壁の性質、坑道の屈曲、断面積の急激な変化、その他種々の障害物により異なる個々の坑道特有のもので、実測により求める。屈曲のない坑道の摩擦係数の例を、表1.22

に示す。 k の値が小さいほど、通気抵抗は小さくなる。また、坑道の屈曲程度が大になれば、通気抵抗は増加するので、できるだけ丸味を付けるようにする。

3) 等積孔 (A)

通気抵抗を表わすのに、等積孔 (m^2) がある。いま、1枚の薄板に孔をあけて、その孔を通る風量がある坑内の風量と等しくし、この孔の前後における圧力差をその坑内の通気圧と等しくなるように、孔の大きさを仮定することができる。この仮定された孔の大きさを、この坑内の等積孔という。等積孔は、風量と通気圧が分かれば、次の公式によって算出できる。

$$A = 0.38 \frac{Q}{\sqrt{h}} \dots\dots\dots (1.15)$$

ただし A : 等積孔 [m^2]
 h : 通気圧 [水柱mm]
 Q : 風量 [m^3/s]

等積孔を大きくすることは、通気抵抗を減ずることであって、通気をよくするために肝要である。

いかに理論風量の大きな扇風機を設置しても、等積孔が伴わなければ、風量は増加するものでない。このため、主要坑道の拡大、切り替え、分流の増加などによって、等積孔を大きくすることが必要である。等積孔 (A) と比抵抗ミュルグ (M) との関係は、次の式で表わされる。

$$A = \frac{12}{\sqrt{M}} \dots\dots\dots \text{比抵抗を等積孔に換算} \dots\dots\dots (1.16)$$

$$M = \frac{144}{A^2} \dots\dots\dots \text{等積孔を比抵抗に換算} \dots\dots\dots (1.17)$$

両式は単に等積孔 (A) と比抵抗 (M) との関係を示すのみでなく、比抵抗を等積孔に、また、等積孔を比抵抗に換算することができ、坑道の比抵抗を合成する場合に使われる便利な式である。

表1.22 坑道の摩擦係数 (k)

坑道形状		k の値
アーチ型	コンクリート巻	0.0005
	ブロック巻	0.0006
	鋼 柵	0.001
無柵坑道		0.001
木柵坑道		0.002
立坑 (コンクリート巻, 上下接続部を含む)		0.001

第7章 坑内排水

1 排水の意義

坑内への地下水の湧出や地表水の浸透あるいは流入をそのままに放置すると、作業の支障となる。特に、大量の湧出や流入の場合には、坑内の一部あるいは全部が水没することにもなる。従って、坑内排水の第一歩は、坑内水の源泉を明らかにして、坑内への出現を防止することである。これを坑内の防水という。坑口水準以上の水は適当な水路によって直ちに坑外に放流させ、同水準以下の水は適当な場所にバック（水溜）を設けて集水し、ポンプで必要な高さまで揚水して坑外に排出する。以上のとおり、坑内排水の課題は、防水、集水および揚水の3つに分けて考えることができる。

わが国の鉱山では、一般に、坑内の湧水量が多く、従って排水作業は生産に多大の負担となっている。多量の坑内湧水がある場合には、排水設備も大型となり、その投資と維持に多大の経費を要する。特に、洪水による坑口からの地表水浸入の恐れのある鉱山や、溜水のある旧坑、多量の高圧水を含む水脈を付近に持つ鉱山では、出水による坑内水没の危険が常に存在しているため、坑内作業における排水の占める役割は極めて重要である。

2 坑内水

(1) 坑内水の根源

地表に降った雨の一部は、地下に浸透して地層中を透過流動する地下水となる。従って、地下の資源を採掘する鉱山では、この地下水を切り離して仕事を考えることはできない。坑内水の大部分がこの地下水であり、坑内構造の周辺に含水層があるときは、坑内水は多くなり、不透水性の岩石に囲まれている場合には、湧水の量は少ない。

(2) 湧水と出水

坑内水は、大きく湧水と出水とに分けられ、不透水性の岩盤や石灰石のように空隙のある岩盤の中に蓄えられている。

岩盤中の空洞の内部や、断層、水脈などにある溜り水は、これに突当たると急に流出して、しばしば重大災害となる出水災害を引き起こすことがある。このときの出水量は日時の経過につれて次第に減少するのが常である。このような、坑内水の一時的な異常増加を出水と呼び、湧水とは区別して取扱う。

湧水と出水には本質的な相違はないが、出水は、坑内の重大災害を引き起こし、人命の損傷や資源の放棄、あるいは復旧のための莫大な日時や費用の損失を招く。

(3) 坑内水の性質

多孔質の帯水性岩盤によってろ過された地下水は、一般に有機化学的には純水であるといわれているが、実際にはいろいろの物質を溶解している。地下水に含まれる不純物の中で最も普通であり、かつ排水上有害であるものは、泥土、酸類、塩類である。

(4) 排水溝による排水

通洞により開坑し、その地並以上で稼行している坑内では、湧水をこの通洞に集めて坑外に流出させる。金属鉱山では通洞地並以上を稼行している鉱山も多く、これら鉱山では一般にこの方法が用いられている。この方法では、なんら機械設備も動力も必要とせず、作業も簡単である。また、この地並以下に坑内が発展した場合でも、地形の許す限り排水専用の坑道を開さくして排水することが行なわれている。この坑道は一般に長大となり、開さく費を多く要するが、排水の経費が軽減されるので、金属鉱山では広く利用されている。この種の坑道を一般に疎水坑道と呼んでいる。

湧水量の少ない場合には専用の疎水坑道を設けず、主要運搬坑道に側こうを設け、水路に勾配をつけた自然流水による排水を行うが、その勾配は、金属鉱山、石炭鉱山の別なく、運搬と流水の両面から、1/200～1/300の勾配とするのが通常である。

また、流速があまり遅すぎると、粉じんや土砂が沈殿して、水路の断面が小さくなるので、これらを流し去る最小流速7.2 m/min以上は維持する。排水溝の容量計算は流積 [m²] × 流速 [m/s] で示され、流速の算出には、次のクッターの公式がよく使われる。流送係数は径深と排水溝の種類によって決まる（表1.23参照）。

$$V = C\sqrt{R \cdot S} \quad \dots\dots\dots (1.18)$$

V = 平均流速 [m/sec]

C = 流速係数

R = 径 深 [m]

S = 水面こう配 (= tan θ, θ ……こう配角)

表1.23 クッターの公式流速係数 (C)

径 深	コンクリート こ う	岩石そのまま の み ぞ
0.05	36	30
0.10	42	34
0.15	44	36
0.20	47	37
0.25	50	39

径深とは、水流に直角な断面において、流れの断面積を水に接触する水路壁全長で割ったものである。

例えば、図1.52の場合では次式となる。

$$R = \frac{a \times b}{a + 2b} \dots\dots\dots (1.19)$$

自然流下法だけで排水を処理することは、実際は極めて稀で、ほとんどの鉱山では、水準以下の採掘に伴って生ずる湧水を、ポンプによる機械的動力で揚水排出する。

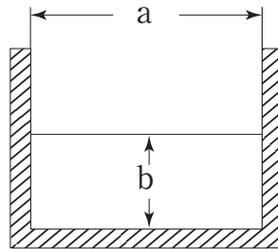


図1.52 排水溝断面 (例)