保 安 管 理

★石炭技術は近年メカトロニクスの時代に入つたが、保安管理に関しては模索の段階である。より定量的に予知可能な技術の確立が急務であるが、機器を有効に生かすのは人智であることを知るべきである。

〔 4 - 1 〕 概 説

Review on Mine Safety and Scientific Managements

梅 津 実¹
Minoru UMEZU

1. ま え が き

昭和56年の北炭夕張新炭鉱の93名の死者を出した大災害は未だ忘れることのできない生々しいものである。新炭鉱そのものはいろいろの事情があつて、閉山のやむなきに至つた。このことはこの炭鉱のみのこととして、他人ごとのように考えられないのではなからうか。日本の炭鉱は深部化、奥部化が進み、他国に比して地質条件も悪い。したがつて、これまで保安と生産は車の両輪として考えてきたが、保安なくして、生産はありえないという所にきたようである。それだけに日本の石炭を掘り続けるためには保安管理は炭鉱の操業上最重要なものとなつた。

2. 災 害 率 の 推 移

保安管理のパラメータの一つとして災害率が挙げられる。日本も鉱山保安法が施行されて30余年、40～43年頃をピークに災害は減少の傾向を示している。出炭量は51年以来1,800万t台を、また労働者数は30,000人台をおのおの維持している中で、死者数、稼働延百万人当り災害率は減少の傾向にあり、56年ではおのおの1,250人、143である（強度率5.21、度数率19.92）。死亡者数もマクロ的には減少の傾向にあるが、過去10年に隔年ごとに多数の死亡者を出している（第1表参照）。これを災害事由別に見ると過去5年の重大災害15中、ガス突出によるもの5で1/3を占め、54年以後は毎年発生しているうえ、ガス突出後の二次災害としてガス爆発や坑内火災を起こしている（第2表）。また、二次災害の発火源がいずれも静電気の疑いがあることは一つの特色である。

第1表 昭和47～56年における重大災害（保安年報）

項目 年別	災害 発生 回数	り 災 者 数				災 害 1回当り 死亡者数
		死 亡	重 傷	軽 傷	計	
昭和 47 年	4	41	26	14	81	10.3
48	4	12	14	17	43	3.0
49	2	17	30	2	49	8.5
50	5	38	42	7	87	7.6
51	0	0	0	0	0	0
52	4	32	19	5	56	8
53	2	1	44	26	71	0.5
54	2	17	12	0	29	8.5
55	1	3	0	0	3	3
56	6	105	22	47	174	17.5

1. 公害資源研究所資源第4部長（現 石炭技術研究所）

このようにガス突出が多くなつたことは深部化の影響も一因と考えられる。

なお災害事由別をり災者数から見ると落盤または側壁崩壊25%、坑内運搬11.2%、ガス炭じん爆発1.8%、出水0、取扱中の器材鉱物22.4%、飛石転石8.0%、その他30.1%、坑外2.0%（50～54年間の平均値、保安年報）で落盤または側壁崩壊が最も多いが頻発災害としての運搬による災害は取扱中の器材鉱物とともに見のがせない数値である。これらは深部化、奥部化に伴つて増加することもあると考えられる。しかし、ガス突出、ガス爆発は事由別に見ると率は比較的小さいが、重大災害として死亡者数が多く、災害対策としては重要な項目であることはいふまでもない。

3. 深部化、奥部化に伴う現象の推移

最近、深部化、奥部化という言葉が使われてきているが、これらの推移と炭鉱坑内現象への影響については各論で詳しく述べられているので省略する。

4. 保 安 技 術

保安確保は関係する人々の保安に対する認識はもちろんであるが、技術なくしては保安を管理することはできない。

4・1 高温対策

炭鉱坑内の保安の基礎は作業場の最適環境の確保である。深部

第2表 昭和52～56年重大災害一覧表（保安年報）

炭鉱名	石炭坑名 （種別）	災害種類	発 生 年月日	り 災 者 数			
				死 亡	重 傷	軽 傷	計
池 島 高 井 三 井 池	池 島 高 井 別 池 高 井 池	ガス爆発	52. 4. 1	3	2	2	7
		落 ば ん	52. 4. 5	1	5	0	6
		ガス爆発	52. 5. 11	25	8	0	33
		落 ば ん	52. 8. 24	3	4	3	10
		運 搬	53. 4. 30	1	42	21	64
真 谷 地 南大夕張	南大夕張	運 搬	53.12.22	0	2	5	7
		ガス突出	54. 5. 15	6	3	0	9
		ガス爆発	54. 5. 16	11	9	0	20
		ガス突出	55.11.14	3	0	0	3
		運 搬	56. 6. 8	0	3	24	27
三 池 三井砂川 赤 平 夕 張 新	三 池 坑 第 一 坑 井 坑 新 坑	落 ば ん・ 側壁崩壊	56. 6. 11	6	0	0	6
		ガス突出	56. 6. 16	3	0	0	3
		"	56. 8. 1	3	0	3	6
		"	56.10.16	83	19	20	122
		ガス・炭 じん爆発	"	10	0	0	10

化並びに大型機械導入に伴う切羽温度の上昇に対して冷凍設備を設置し、作業環境の改善を計っている。これは温度を加味した通気網計算が未だ完成されていないことと深部化による通気の限界によるものと考えられる。したがって、ガス湧出、切羽温度の上昇に伴う通気網計算とともに冷凍機の小型、効率化が望まれる。

4・2 盤圧対策

重大災害に至らないが、各炭鉱では盤圧の増大による坑道閉そくと落盤事故が多発している。特に、坑道の閉そく即ち坑道の狭小化に対して、坑道拡大のため坑道内で常に仕繰を行なっているのが現状である。この坑道狭小化に対する積極対策として放圧発破、ロックボルト、薬液固化など種々のテストが石炭技術研究所により現場試験が行なわれている。また、事後処理として効率的な盤打機の開発等も行なわれている。各炭鉱によって多少条件的に異なるが、坑道の狭小化は通気の抵抗の増大とともに運搬系にも支障をきたすため、より積極的な検討を必要とする。

4・3 ガス・炭じん対策

ガス・炭じんの保安管理に対しては集中監視システムの採用によって、場所的に点から線に、また時間的には断続から連続へと移行し、広範囲に同時監視可能となった。最近のガス爆発の事故は南大夕張炭鉱や北炭夕張新炭鉱災害のように突出等のガス湧出異常時の着火源が問題となつている。この場合これらの着火源が何れも静電気による疑いが濃いことから、静電気災害防止対策の指針ともいうべき解説書が56年3月に静電気対策部会のもとでまとめられた。次いで58年4月保安規則の一部にガス突出警戒区域内での静電気に対する注意の項が設けられた。また、静電気による災害として53年頃石灰石鉱山で静電気による雷管の暴発事故が3～4回連続発生したことから耐静電気雷管が開発された。また、南大夕張炭鉱の災害以来、風管の耐静電気加工のものが開発され何れもJIS化された。今後とも高分子材料の使用に対しては静電気対策に十分留意するとともに新たな耐静電性加工品あるいはこれに替わる材料の開発が望まれる。多量のガスが湧出する所ではメタンガスは着火しても爆燃現象を起こし、爆発伝ば防止用の水袋等を転覆させるほどに爆発圧力が発達しない場合がある。したがって、このような爆燃現象に対しても水袋等が転覆、あるいは消火剤が強制的に散布されるような作動式爆発伝ば防止装置が各国で検討されている。

ガス突出の発生機構は未だ解明されていないが、現場としては予知、予防によって十分な災害対策を検討し、被害を最小限にとどめることが必要である。保安規則にもあるように警戒区域での先進ボーリング、自噴量、自噴圧等を測定して、予知することが重要である。予知のための最新技術としてAE計測法の炭鉱内への導入が考慮され、現在では現場適用化試験が石炭技研の委託研究によって多くの現場でテスト中である。AE、地震計等による予知技術はハードの面での現場適用の可能性をえたが、今後はソフト面の解析が必要であり、データの集積によってパターン化し、判定基準にまで進めるとともにこれまでの自噴量、自噴圧、ガス抜ガス量、上下盤接近量等との相互関係、即ち、ガス突出予知を多角的に押し進めることが必要である。また、予防あるいは防止対策としてボーリング孔からのガス抜、大口径による応力解放等の現場試験もとかく縦割の委託によって進められてきたが、58年より応力解放実証試験（現場赤平炭鉱）として、石炭技研を中心に大型プロジェクトとして、総合的に現場試験を行なうことは非常に効果的であると考えられる。

4・4 自然発火対策

43年から55年までに発生した自然発火件数は北海道のみで29件、これを層厚別に見ると3.25m以上15件、発生箇所では坑道16

第1図 集中監視点数の推移

件、採掘跡10件、炭層別では夕張層13件という統計値が挙げられる。しかし、これは結果論であつて、現場でどこで、何時起こるか予測できないのが現状である。したがって、自然発火もガス突出と同様、予知技術の開発が先行するものである。特に早期発見については自然発火の指標ガスとしてのCOの微量濃度計の開発が行なわれ、現在、集中監視センサーにも定電位電解法によるCO濃度計が利用されている。現在、これらの情報を入力しても自然発火の判定、即ちデータの解析が未だ十分でないため判定基準を定めるまでに至っていない。

4・5 集中監視

メカトロニクスの発達とともに炭鉱坑内での集中監視システムも保安、生産両面と広範囲に利用されている（第1図参照）。保安面においてはハードの部分では研究開発も進み、保安関係の測点（温度、風速、ガス（CH₄、COなど）、煙、火災等）は約7,400点にも及んでいる。これらによって、坑内の情報を連続的に収集できるようになったが、これらのデータを解析し、判断し、指示することが全面的にできるまでに至っていない。即ち、これら測点を系統的により多く配置し、坑内の地域別の状況を密に収集し、その推移を把握するとともに異常を早期に発見し、コントロールできるようなソフト面の研究開発が残されている。ハード面においてもセンサーの信頼性や光ファイバーによる多重伝送と雑音除去によるデータの信頼性の向上に向けて開発が進められている。

4・6 その他

緊急脱出用器具、特にガス炭じん爆発の跡ガスからの脱出用として現在携帯されている一酸化炭素用自己救命器はガス突出などメタン濃度が高く、酸素の欠乏している箇所では使用できない。したがって、ガス突出警戒区域内で使用できる緊急脱出自己救命器の開発が急がれている。また、ボーリング機械の自動化の開発が石炭技研を中心に進められているが、将来、坑内用機械の自動化、遠隔操作化さらにはロボット化が考えられる。このような無人化に伴って機器の防爆が一つの課題ともなろう。この防爆化については危険性領域の狭小化や無線化に伴う電磁波利用の際の安全性等も今後の研究の対象となる。

5. ま と め

保安管理にかかわる今後の課題について述べたが、保安技術開発の裏づけともなる予算については、58年度には公害資源研究所

の一般会計による82,902千円の試験研究費、および石炭特別会計による16,443千円、石炭技術研究所への保安技術開発調査委託費445,064千円、鉱業労働災害防止協会への保安技術教育費194,743千円、総計739,152千円が認められた。特に、先にも述べたように58年度より4年間にわたり応力解放総合実証試験として赤平炭鉱を現場に石炭技研を中心に公資研、企業とでプロジェクトを組み、これまで縦割的に行なわれてきた各種のガス突出予知や防止対策を総合的に行なうことは非常に意義のあることと考える。

最後に、保安管理には予知、予防そして防止対策という言葉がよく使われる。予知のためには、事象を予測すること、予測するためには事象の機構解明が必要である。理想的にはこれらが整って初めて完全な予防と防止対策が講ぜられる。しかし、ガス突出や自然発火は発生機構が複雑で解明が困難で、現場的に確実に予

知し、防止対策の効果を完全に生かすことは難しい。現在の日本の炭鉱においてはガス突出や自然発火に対して現場的な予知技術の開発研究に力が注がれている。保安の理想的な姿は災害を予測することであろう。そのために保安の研究が進められていると言つてよいのではなからうか。なお、炭鉱保安に国の隔たりはない。したがって各国との交流、情報交換を密にすることが望ましい。その一環としてわが国は国際エネルギー機関(IEA)に加盟し各国の情報を集めるとともに57年にはガス突出調査団がポーランド、西独、英国に派遣され、同じ悩みをかかえる各国と議論を交した。また2年に一度の鉱山保安研究所会議等国際会議にも積極的に参加を続けている。国立研究所間では韓国、中国、豪州等との研究交流が行なわれている。

なお、各課題については担当者から詳細な報告がある。

〔4-2〕 1971～1982年におけるガス突出に関する研究の概観

小 田 仁平次¹

1. ま え が き

日本鉱業会誌昭和46年11月号¹⁾の石炭特集号に「突出に関する展望と今後の課題」と題して、ガス突出に関する当時の概観を述べてから、12年の歳月が過ぎた。その「むすび」に、ガス突出の発生原因は、岩盤の不規則な運動過程にあり、盤圧、ガスをも含めた石炭の物性および環境の拘束条件の三つの相対的な関係の組合せにより、種々の形態の突出が発生すると推定した。ガス突出の予知および防止方法については、その後種々の試験が試みられたが、まだ十分満足できる結論を得たとはいえない状況にある。

本文では、12年間に行なわれた多くの研究結果について簡単に述べ、また1982年9～10月にガス突出調査団がポーランド、西ドイツおよびイギリスで調査した結果もふまえ、現在におけるガス突出に対する知見について考察した結果を述べた。

2. ガス突出の発生機構

ガス突出の発生原因や発生機構については、わが国をはじめ各主要産炭国で多くの仮説が提出されてきた。それらは一見異なった仮説のようにみえるが、まとめると第1図のようになる。

最近の仮説の一つに、切羽前方の集中応力のために炭層に生ずる亀裂の方向によって突出が発生するとし、その一例として炭

理の方向と坑道の進行方向との角度が大きいほど突出しやすいというものがある。しかしこれも第1図における石炭の破砕とガスの脱着の関係性を詳述したもので、石炭の破砕は地圧が原因であり、この仮説も図中に組み込むことが可能であると思われる。

概括的に述べれば、それぞれの仮説は石炭の破砕の原因が何であるかによって分類することができる。石炭の破砕の原因は、大別してガス圧、地圧およびガス圧と地圧の組合せの三つになる。ところがガス突出の予知、防止の研究において、ガスの変化を測定したところ、ガスが抜けていると考えられる場所は別として、地圧の変化に従属しているとみなされるガスの変化のデータが得られた。¹⁾このことは現場における測定で、純粋にガスあるいは地圧のみの測圧値を得ることが難しいことを示し、これがガス突出の発生原因を明確にしえない一つの理由であろうと思われる。例えばガスの脱着速度は、石炭における亀裂の発生程度にも関係し、切羽へのガス湧出量の変化は、その付近の上下盤接近速度の変化にも関係しているようである。

さらに、現在の炭鉱の採掘深度では、炭層の一軸圧縮強度が、深度に比例する静水圧の応力より低い場合が多いであろうから、応力集中点の位置が切羽の進行に伴って、切羽面の前方で前後に変化しているはずであり、応力分布は常に一定の状態にあるのではない。そこでガス突出が地圧に関係しているとすれば、仮に坑道掘進切羽付近の岩盤中の応力と炭層中のそれとに分けて、ガス突出の発生機構を考えてみると説明しやすいのではないかと考えた。

これらを考慮に入れ、ガス突出の発生には次のような条件が必要であると考えられる。³⁾

第1は、応力の集中点が切羽面の近くにあることである。切羽面より遠くに高い応力が集中していても、突出には関係ない。切羽面付近に応力の集中点があることは、切羽面に不安定な応力状態が発生していることを意味し、この時は切羽の流動ガスの低下がみられよう。さらに応力の集中点が切羽面のごく近くに存在する時には、流動ガスの急激な増減の繰返しが見られ、ガス突出発生の前兆とみなすことができる。

第2は、応力再配分が急速に移行することである。ゆつくりした移行は、炭壁の破壊にとどまる。コービック、ホーベル等切削式採掘並びに切羽の緩速進行の採用は、急速な応力の再分布を避けるためである。

第1図
ガス突出の
発生機構²⁾

1. 工博 石炭技術研究所第1研究部次長