

外94-8

早稲田大学大学院理工学研究科

## 博士論文概要

### 論文題目

Development of Computer-based Monitoring System  
for Coal Mine Safety

コンピュータを利用した石炭鉱山用  
保安監視システムの開発

申請者

勾坂 正幸

Masayuki SAGISAKA

1994年△月

## 1. 背景

「国際協調のための経済構造調整研究会」報告、いわゆる前川リポートで日本国内の石炭鉱山ではエネルギー安全保障の支えを失い、海外炭との価格競争力が求められた結果、選別が進み、生産保安の優良鉱山のみが採炭を継続している状態にある。このような昨今の状況に加え、これまで危険な労働環境の代表でもあった石炭鉱山は技術革新、保安教育の充実、保安意識の向上などにより著しい保安の向上が成し遂げられている。ここ数年、重大災害の発生もなく、災害の諸統計値は着実な安全傾向を映し出している。しかし、それに伴い人間の不注意、経験不足による災害が目立つようになってきている。

坑内の保安情報の集中監視についても機器の開発、導入により情報量は飛躍的に増大したものの、合理化による経験豊富な技術者の退職と人員の削減によりそれらの情報を有効に利用するに至っていない。この情報の見落としが災害に繋がっていった場合、これも構造的なヒューマンエラーの一因であるといえよう。

これらの問題の解決のため、坑内の環境監視情報の一次的な整理を行うシステムとして標記のシステムの開発を行った。試作のシステムはハードウェアの容量の面からは試験研究用の規模であるが、システムを使って得た現場データを基に、各種の災害検知、災害対策等の実用を目指したソフトウェアの開発を行った。当論文ではこの現場データの解析とソフトウェアを中心に、新たに開発されたセンサー等ハードウェアも含め、システムの開発全体を以下の構成で述べている。

## 2. 論文の構成および各章の概要

### - Chapter 1 Introduction -

第1章では石炭鉱山災害をとりまく現状について概述し、当システムの開発に至った経緯、諸外国で開発されているシステムの概要と論文の構成について述べている。

### - Chapter 2 System Hardware Overview -

第2章では開発されたシステムのハードウェアについて紹介している。システム全体はセンサー、伝送装置、処理コンピュータから構成される。センサーはシステムの開発に必要なものを今回新たに開発し、ここでは坑内用の乾湿計、ガスクロマトグラフについて触れている。

坑内用乾湿計は坑内用品としての検定を既に合格し、坑内で一般的に使用されている白金抵抗線式温度計を検定の使用条件の範囲内で改造し、乾湿球温度を測定するものである。適正な湿球温度測定条件を求め、実際の使用環境下での測定誤差要因を解明し、坑内での連続計測結果を踏まえ、相対湿度で±3%程度の精度で測定できることが解った。

ガスクロマトグラフは、恒温槽の工夫、小型電磁弁の採用などの技術を組み合

わせ、本質安全構造となっている。このガスクロマトグラフはこのために開発された2カラム2ディテクタ方式を採用し、坑内ガスの主要成分を一度で分析可能である。実際の坑内での使用では約1ヶ月に1度程度のキャリヤガスやカラムの交換が必要となる。この試作装置を使い、坑内での石炭の自然発火を想定した石炭燃焼ガスの連続変化を実験室で捉えることが出来た。

伝送装置については坑内の電気的雑音試験を基に必要な仕様の決定を行い、それに見合った装置の実際の製作は企業に委ねている。この装置は国内の各炭鉱で数多く導入が図られ、日本が技術供与している韓国、インドネシアでも使われているが、ここでは仕様の紹介にとどめている。

システムで利用されているコンピュータは一般の科学技術計算用のものであり、この論文では特に詳しくは触れていない。

この章では最後にシステムの基本的プログラムである "MOLES" (Mining Observation Libraries for Extra Safety) の概略流れ図とタスクの管理について述べている。基本的なタスクは7本に分かれ、5秒ごとのデータの取り込みを最優先に、そのほかデータの判断、坑内図上でのデータ位置の指定、データの属性の指定等々のタスクがある。

### - Chapter 3 Monitoring Methods for Disaster Prediction -

第3章では重大災害と呼ばれる自然発火、坑内火災、ガス突出災害の予知、早期検知に必要な監視手法について現場での観測データを基に解析した結果を主体に述べている。

まず、石炭の酸化発熱によって生ずる一酸化炭素濃度の長期間の変動を連続監視するに当たって障害となる発破の跡ガスの影響を除去する統計的な手法を導いた。更に短期間で上昇する火災起源等の一酸化炭素を発破の影響と判別する時系列解析的な方法を見い出し、実際の観測データを基に有効性を確認した。

次に、炭層内の温度を測定し、蓄熱状態の監視を行う有意性について検討した結果について述べている。残炭柱を対象に100日間余り、温度計測と同時にガス分析を行い、自然発火の指標として知られるガス比と、温度測定値を対比した。その結果、炭層内温度の長期間の連続監視は蓄熱状況の推察に一定の示唆を与えるとともに、自然発火対策を施した箇所の経緯監視に有効であることが解った。

最後に、ガス誘導管と坑道気流中の一酸化炭素濃度の強い相関関係を見いだし、掘進切羽での異常な応力集中への適用性からガス突出の検知への可能性について述べている。

### - Chapter 4 Monitoring Method for Usual Environment - Air Velocity -

第4章では平常時の坑内環境監視の中で、特に重要な通気速度の計測について述べている。

通気流速度は通常、“点”で計測されるため、測定値から平均風速を求めることが困難であった。近年、各種センサの開発が進み、特に災害関連物質の検知では発生量の推移を監視することが有力な方法となっており、濃度から量への変換に必要な通気流の平均速度の値は重要さを増してきている。ここでは模型実験を基に風速分布の表示、湾曲後の風速分布の遷移、風速分布の枠間依存性等々について実験、考察を行った。その結果、坑道内の風速分布はLog-lowに従って表示が可能であり、レイノルズ数の影響を受けないこと、必要な助走距離は坑道水力径の約20倍であり、枠の主流方向投影高の8倍程度の距離にわたり、枠による主流への影響があることなどが解り、通気流速度監視データの処理とセンサの配置についていくつかの知見が得られ、それらについて当章で詳解している。

#### - Chapter 5 Monitoring Method for Post-disaster -

平常時を想定して設置される環境監視システムが、災害後に利用される際の問題点について、第5章では日本国内の炭鉱で使われている代表的なメタンガスセンサーへのガス爆発の影響について実験した結果について報告している。メタンガス濃度は測定点が多く、坑内に広範囲に設置されており、災害後に利用が期待されているデータの一つである。このメタンガス濃度計を爆発試験坑道内に設置し、メタンガスの爆発に曝し、出力の挙動を計測した。この結果、爆発直後はセンサの検知方式により圧力等に起因する出力変動を示し、その後は爆発跡ガスの温度、成分等に応じた指示をすることが判明し、災害規模の推定や原因の解明の際に有効なデータとなるほか、災害後の救出作業の参考となり得ることが判明した。

#### - Chapter 6 Conclusion -

第6章では全章のまとめを行っている。

### 3. おわりに

このシステムの開発を踏まえ、日本国内の炭鉱ではコンピュータを利用した坑内集中監視システムが積極的に導入されてきている。

多くの炭鉱ではこのシステムが雑形となって独自のシステムの開発が行われてきており、当システムの果たした役割は大きいと言える。

各方面での計測関連機器の発展とともに、ハードウェアの拡充は一段落を迎えており、炭鉱での監視ソフトウェアは開発が緒についた段階であり、これからもさらに計測データ、実験データを積み重ね、各方面で拡充が順次、精力的に継続されるものであろう。

炭鉱保安に係わる者として、微力ではあるが、このような成果を通して尽力出来る事が至上の喜びである。