

学 位 論 文 題 名

# 立坑及び斜坑掘さくにおける高圧地下水の 止水に関する研究

## 学位論文内容の要旨

日本の石炭産業は、1945年以降戦後復興の原動力となり、目ざましく発展した。しかし、1960年頃からかげりが見えはじめ、一般炭の生産縮小、製鉄用原料炭の増産が国家政策として計られてきた。この間、原料炭を求めて石狩炭田の深部開発が進められ、古第三紀の軟弱岩盤に世界でも類例を見ない悪条件下で大深度立坑及び斜坑が開さくされてきた。

著者は、1954年から1975年まで北海道炭鉱汽船株式会社において石狩炭田の深部開発に参画し、立坑9本と斜坑2本の開さく工事の計画、施工を担当した。この間、何本かの立坑及び斜坑掘さくで湧水に悩まされ、高圧地下水に起因する「水突出」現象で排水能力を超える大量出水に何度も見舞われた。本論文は、これらの立坑及び斜坑掘さく工法に関する研究成果、特に深刻な問題となった高圧地下水の止水に関する研究成果をまとめたもので、11章で構成している。なお、論文作成に当たっては、炭鉱で開発された貴重な技術の埋没を防ぎ、他分野への応用促進を計る立場を貫ぬいている。

第1章は諸論で、炭鉱開発における含水層突破の意義に触れ、本論文の目的と立場を述べている。

第2章では、わが国における立坑掘さく史を概説し、従来からの立坑掘さく工法であった交互法の限界から、同時法の開発に至る経緯を施工例をあげて説明している。特に、同時法における掘進と築壁の工程上の諸問題を明らかにし、幌内炭鉱の立坑掘さくにおいて月進行130mの日本記録達成に至る過程での技術開発について詳述している。また、真谷地、平和、夕張新炭鉱における同時法による4本の立坑掘さくの工事概況を説明し、巻上設備、スカフォード、移動枠、穿孔機および積込機等の掘さく機材の改良と掘さく能率の向上について論述している。更に、深部開発における斜坑掘進法についても略述している。

第3章では、立坑及び斜坑掘さくにおいて湧水の存在がいかに多くの問題を提起するかについ

て述べ、湧水による工程の遅延について施工例をあげて説明している。また、湧水が単に掘さく能率を低下させるだけでなく、その炭鉱の閉山まで排水費の増加につながることから、完全止水の重要性を力説している。

第4章では、炭鉱開発の主要フィールドとなった夕張炭田南部の地質について述べている。この中で立坑及び斜坑の掘さく対象となった幌内層群と石狩層群の岩質を説明し、上部から幌内層、幾春別層及び若鍋層の特定層が含水層であることを指摘している。第5章では、夕張新炭鉱の開発計画で新しく試みた地質構造の解析方法と解析結果について論述している。開発計画に当たっては、この解析結果から断層や背斜軸などの地質構造に関する従来の考え方を修正し、立坑及び斜坑の位置を断層などの擾乱地帯を避けて決定している。なお、この数理地質学的解析法の有効性は開さく工事の進捗過程で実証されている。

第6章では、夕張新炭鉱における湧水の物理的及び化学的性状について述べている。湧水の物理的性状に関しては、水温及び水圧の計測結果を示し、湧水が浸透ではなくき裂を通して起こることを指摘している。また、化学的性状に関しては、溶存イオンの濃度分析結果を示し、塩素イオンとカルシウムイオンの濃度比によって湧水を地表水型、混合水型及び化石水型の3種類に分類している。更に、化石水の溶存ガス量について検討を加え、メタンの溶解度係数から高圧地下水による「水突出」の発生を示唆している。

第7章では、掘進切羽の事前止水工法を提案し、平和炭鉱第三立坑、夕張新炭鉱第一立坑、第二立坑、材料斜坑及びベルト斜坑における止水工事の成功例と失敗例を説明している。止水工法の実施に当たっては、切羽面から掘進方向へ三次に分けて放射状に作孔し、セメントミルクを注入している。これまで例を見ない50kg f / cm<sup>2</sup>以上もの高圧地下水に対して成功と失敗を重ねながら作孔、注入及び止水残尺等の規格化と機材の改善を計っている。特に注入用口元管の固定方法については苦心しており、76φのリーマ付きビットによって作孔したボアホールにセメントコーキング方式によって固定することに成功している。

第8章では、「水突出」という高圧水に起因する岩はね現象を多数の事例をあげて説明している。また、水突出の際生じるクレータ形状に着目し、この深さ及び頂角が砂岩及び頁岩等の岩種によって異なることを指摘している。更に、岩種によってクレータ形状が異なることを突出時の破壊現象に対して破壊の確率論を適用することによって検討するとともに、注入深さと残尺の規格に理論的根拠を与えている。第9章では、水突出における大量出水対策として採用した湛水注入工法について述べている。湛水注入工法は、立坑を水没させることによって湧水を止め、坑底にコンクリートを打設することによって止水する工法である。本工法の施工に当たっては、湧水

圧の計測結果に基づいてバルクヘッド厚さや養生日数を決定すると同時に、配管整備、湛水注入、セメント注入及び揚水等の工事を進める必要がある。これらの工事においては数百メートルの立坑を水没させて行う大規模工事であるためさまざまな問題が生じる。特に、緊急時にはバルクヘッドの温度上昇による強度低下など予想外な問題が生起する。本章の後半では、これらの諸問題を明らかにして解決の方策を示している。

第10章では、高水圧に対する止水工法の改善作について論述し、完全止水技術の確立を模索している。ここでは、止水工事の実態を統計的手法を用いて詳細に分析することにより作孔、注入に関する成功と失敗の因子を明らかにし、完全止水の施策を提示している。

第11章は本論文の結論で、各章で述べた研究成果を総括するとともに、炭鉱で開発された止水技術の他分野への応用を提言している。

## 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 島 巖

副 査 教 授 佐 藤 寿 一

副 査 教 授 樋 口 澄 志

日本の石炭産業は、1945年以降戦後復興の原動力となり、目ざましく発展した。しかし、1960年頃からかげりが見えはじめ、一般炭の生産縮小、製鉄用原料炭の増産が国家政策として計られてきた。この間、原料炭を求めて石狩炭田の深部開発が進められ、古第三紀の軟弱岩盤に世界でも類例を見ない悪条件下で大深度立坑及び斜坑が開さくされてきた。本論文は、これらの立坑及び斜坑掘さく工法に関する研究成果、特に、深刻な問題となった高圧地下水の止水に関する研究成果をまとめたもので、11章で構成している。

第1章は緒論で、石炭開発における含水層突破の意義に触れ、本論文の目的と立場を述べている。

第2章では、わが国における立坑掘さく史を概説し、従来からの立坑掘さく工法であった交互法の限界から、同時法の開発に至る経緯を施工例をあげて説明している。特に、同時法における掘進と築壁の工程上の諸問題を明らかにし、幌内炭鉱の立坑掘さくにおいて月進行130mの日本記録達成に至る過程での技術開発について論述している。第3章では、立坑及び斜坑掘さくにお

いて湧水の存在がいかに多くの問題を提起するかについて述べ、湧水による工程の遅延について施工例をあげて説明している。また、湧水が単に掘さく能率を低下させるだけでなく、その炭鉱の閉山まで排水費の増加につながることから、完全止水の重要性を提言している。

第4章では、炭鉱開発の主要フィールドとなった夕張炭鉱南部の地質について述べている。第5章では、夕張新炭鉱の開発計画で新しく試みた地質構造の解析方法と解析結果について論述している。開発計画に当たっては、この解析結果から断層や背斜軸などの地質構造に関する従来の考え方を修正し、立坑及び斜坑の位置を断層などの擾乱地帯を避けて決定している。なお、この数理地質学的解析法の有効性は開さく工事の進捗過程で実証されている。

第6章では、夕張新炭鉱における湧水の物理的及び化学的性状について述べている。湧水の物理的性状に関しては、水温及び水圧の計測結果を示し、湧水が浸透ではなくき裂を通して起こることを指摘している。また、化学的性状に関しては、溶存イオンの濃度分析結果を示し、塩素イオンとカルシウムイオンの濃度比によって湧水を地表水型、混合水型及び化石水型の3種類に分類している。

第7章では、掘進切羽の事前止水工法を提案し、平和炭鉱第三立坑、夕張新炭鉱第一立坑、第二立坑、材料斜坑及びベルト斜坑における止水工事の成功例と失敗例を説明している。止水工法の実施に当たっては、切羽面から掘進方向へ三次に分けて放射状に作孔し、セメントミルクを注入している。これまで例を見ない $50\text{kg f/cm}^2$ 以上もの高圧地下水に対して成功と失敗を重ねながら作孔、注入及び止水残尺等の規格化と機材の改善を計っている。

第8章では、「水突出」という高圧水に起因する岩はね現象を多数の事例をあげて説明している。また、水突出の際生じるクレータ形状に着目し、この深さ及び頂角が砂岩及び頁岩等の岩種によって異なることを指摘している。更に、岩種によってクレータ形状が異なることを突出時の破壊現象に対して破壊の確率論を適用することによって検討するとともに、注入深さと残尺の規格に理論的根拠を与えている。

第9章では、水突出における大量出水対策として採用した湛水注入工法について述べている。これらの工事においては数百メートルの立坑を水没させて行う大規模工事であるためさまざまな問題が生じる。これらの諸問題を明らかにして解決の方策を示している。

第10章では、高水圧に対する止水工法の改善作について論述し、完全止水技術を確立している。特に、止水工事の実態を統計的手法を用いて詳細に分析することにより作孔、注入に関する成功と失敗の因子を明らかにし、完全止水の施策を提示している。

第11章は本論文の結論で、各章で述べた研究成果を総括するとともに、炭鉱で開発された止水

技術の他分野への応用を提言している。

これを要するに、著者は、立坑及び斜坑の掘さく工法と高圧地下水の止水法に関して多くの技術改善を進め、理論的考察に基づいて新しい工法を確立している。この成果は、鉾山工学及び掘さく工学の発展に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。