孔別ガス抜き量の計測結果について*

——沿層ボーリングによる地山ガス抜き量の計測(第2報)——

村上文啓¹ 福島篤² 香室修造³

Gas Drainage Monitoring at Each Borehole

—— Gas drainage from virgin area by in-seam boring (2nd Report) ——

by Tomohiro MURAKAMI¹, Atsushi FUKUSHIMA² and Syuzo KAMURO³

1 ~ 3. The Coal Mining Research Centre, Japan, Chiyoda-ku, Tokyo 101

1. Present, Toyo Engineering Corp.

2. Present, The Institute of Energy Economics, Japan

3. Mitsubishi Materials Co., Ltd.

Continuous measurements related to gas drainage and cuttings volume at boring were carried out at 20 in-seam boreholes of No.3 slope area in Minami-Oyubari coal mine, which contained the virgin area, influence area due to cross measure boreholes from another rock road, and influence area due to boreholes of previous boring base.

The results obtained were as follows.

- 1) The relationship between cuttings volume at boring and influence area due to cross measure borings were described.
- 2) Investigating the relationship between the influence area due to cross measure borings and gas drainage rate, it was recognized that the latter was smaller as the former was larger.
- 3) It was recognized that cumulative gas drainage volume was in proportion to the peak value of gas drainage rate.
- 4) Typical gas drainage curves at each borehole could be divided into two patterns according to geological conditions and gas drainage rates.

KEY WORDS: Gas Drainage, Boring, Cuttings, In-site Monitoring, Each Borehole

1. 緒 言

地山ガス抜き工法のうち、坑道掘進切羽近傍に設けたガス抜き座からの沿層ボーリングによるガス抜き法は、ガス抜き効率が大きく一般的な工法である¹⁾。しかし、作孔後のガス抜き量は採掘部内毎、またはボーリング座毎に集合管を通じて地表に送られるため、これらを対象とした計測だけでは地山のどの箇所あるいはどの方向からガスが多く出のかといった問題を検討するためには不十分であり、孔別のガス抜き量の計測が望まれてきたところである²⁾。これら地山ガス量の計測については、現場条件により計測値が変化するものが多く、1箇所での実測値に基づく評価がそのまま、他の現場に使用できるわけではないが、ある特定箇所では幾何学的に整然と作孔した孔別のガス抜き量を連続計測することは、ガス賦存箇所の特定に関わる問題を考える場合意義のあることであり、このような報告は見あたらない。

また、一般に扇型に広げたボーリング作孔区域が、どの程度ガスを抜いた区域として評価できるのか、換言すれば一度ガス抜き

を実施した炭層区域にどの程度のガス量が残っているのかといった問題は、ボーリング設計をする上でも重要な課題であり、十分な検討が必要であると考えられるが、これに関わる連続計測結果も見あたらない。

このような観点から、筆者ら³⁾は、タタ炭鉱において、沿層ボーリングによる孔別ガス抜き量：および排出線粉量を計測し、約6か月以前に貫層ボーリングによりガスを抜いた箇所と、抜かない箇所のガス抜き量、排出線粉量の比較を試みた。これに基づいて、貫層ボーリングの効果の範囲、ガス抜き量の特徴について検討した結果を述べる。

2. 計測現場の概要

計測現場は三卸8片下層北坑道(沿層坑道)の第23座および第24座であり、計測期間は昭和62年10月20日から約3週間である。この計測現場の地質状況および計測区域の概要は第1報に示したので省略する³⁾。両ボーリング座とも、それぞれ10本のボーリングを10度間隔に90度まで振って、作孔長60mを目標に作孔した(ただし、第23座No.7孔のみ現場の都合により2本作孔した)。一方、このボーリング区域は盤下岩石風道(約22m下)からの貫層ボーリングが約6か月以前に行われており、貫層ボーリングによるガス抜き区域および、ガス抜きが実施されていない区域について、今回の沿層ボーリングによりガス抜き量および排出線粉量を比較した。図1に計測現場における作孔状況および岩石風道の

* 1992年1月8日受付 10月13日受理 資源・素材学会平成元年度春季大会において一部発表

1. 正会員 (財)石炭技術研究所(現 東洋エンジニアリング(株))
2. 正会員 工博 (財)石炭技術研究所(現 (財)日本エネルギー経済研究所)

3. 正会員 三菱マテリアル(株)

キーワード: ガス抜き, ボーリング, 線粉量, 計測, 孔別

図1 計測区域概要

図2 計測区域の立体図

位置を示し、図2には計測現場における沿層ボーリング、岩石風道、貫層ボーリング、貫層ボーリングによる貫縫箇所等の概略を立体的に示した。

3. 計測方法

孔別ガス吸引量およびメタンガス濃度は、実時間にて坑内から数km離れた坑外集中監視装置まで伝送し、作孔別の排出線粉量は小型コンベヤ(計量機器付)を使って5m毎の作孔長5mの線粉を計測した。計測装置の設置状況を図3に示す。

3.1 ガス計測

データ採取に使用した機器は、孔別流量計、メタンガス検知計、CO検知計である。このうち、メタンガス検知計は光干渉式型(0~100%)、CO検知計は定電位電解式型(0~50ppm)であり、市販品を使用した。各種ガスの濃度は、各孔から一旦16点サンプリング装置により約3分毎に採取したあと、各種センサーを用いて計測した。一方、孔別流量計は現場におけるガス量を考慮して、一般家庭で使用されているガスメータ

を使用した。ここで、流量の範囲がガスメータの使用最大値を超えないようにメイン管(3in)にバイパス管(1/4in)を分岐させ、このバイパス管にガスメータを取り付け、通過するガス量を計測することとし、表示値は電気信号に出力できるように改造して伝送可能なものとした。図4に孔別流量計を示す。ここで、このメイン管とバイパス管との流量比を調べるために、公害資源研究所(つくば)(現 資源環境技術総合研究所)の協力を得て、室内校正試験を実施した。その試験状況および結果を図5に示す。

この校正試験は、扇風機のダンパの調整によって約10段階に風量を変化させ、かつメイン管内のオリフィス断面5種類(そのうち1種類はオリフィスなし)について、メイン管およびバイパス管の流量を測定したものである。データを最小自乗法によって直線近似した結果、ほぼ直線に一致することが認められた。したがって、バイパス管の流量を測定することで、メイン管を流れるガス量(便宜上、ここではこのガス量を全ガス吸引量と定義し、メタンガス100%に換算したガス量を純ガス吸引量と定義する)を求めることができる。

3.2 線粉量計量

線粉量の計量は、小型コンベヤにベルト速度検出部および重量検出部を設置して、これら両検出部の値を掛けることによって、ある時間における線粉量を算出できるシステムである。この装置の詳細は昭和61年度鉱山保安技術調査委託事業成果報告書に示されている⁴⁾。

3.3 計測システム

計測システムは、コンピュータ、坑外受信機、坑内送信機、坑内電源、16点サンプリング装置、孔別流量計、圧気ポンプ、メタンガス検知計、CO検知計からなる。データの採取方法は、まず孔別の全ガス吸引量を孔別流量計で読み取り、その値を電気信号

1.孔別流量計, 2.ガス抜き用蛇腹管(3in)
(A) ボーリング座内の状況

1.孔別流量計, 2.16点サンプリング装置, 3.メタンガス検知計, 4.坑内送信機, 5.線粉量計量コンベヤ, 6.線粉量表示計, 7.線粉量制御計, 8.圧気ポンプ

(B) ボーリング座外の状況

図3 計測装置の設置状況

図4 孔別流量計

図5 孔別流量計内オリフィスの室内校正試験結果

図6 計測システムの概要

に変換し坑内送信機に取り込む。一方、孔別のメタンガス濃度は、駆動力となる圧気ポンプを16点サンプリング装置に直結して約3分毎に全ガス吸引量の一部を採取し、これをメタンガス検知計に送ることによって計測される。これらデータは、坑内送信機から坑外受信機を経てRS 232 C インターフェイスを介してHP 1000-A 700 へ5分毎にファイルに納められる。図6には計測システムの概要を示す。

4. 計測結果および考察

図7に第23座における、図8に第24座における孔別の排出線粉量の計測結果を示す。また、図9に第23座における、図10に第24

(注) No.7 は2本作孔したため、各線粉量を合計した。

図7 第23座の孔別排出線粉量

図8 第24座の孔別排出線粉量

座における純ガス吸引量の経時変化を示す。ここで、第23座No. 7は、前述したように現場の都合により坑道掘進の方向に向かって右へ60度に、上下方向をわずかに異にして2本作孔した。また、ボーリング1 m当たりの積算純ガス吸引量： A_{cgb} (m^3/m)、ボーリング1 m当たりの積算排出線粉量： B_{ccb} (kg/m)、最大純ガス吸引量： C_{mg} (l/min)、 C_{mg} の半減日： D_{hd} (日)、積算純ガス吸引量： E_{cg} (m^3)、積算排出線粉量： F_{cc} (kg)を表1にまとめて示す。

以下には、各ボーリングから得られた排出線粉量、純ガス吸引

(注) No. 7は2本作孔したため、合計した。

図9 第23座の純ガス吸引量

図10 第24座の純ガス吸引量

量について考察を述べる。

4・1 排出線粉量について

この測定方法は、85mm径のビットを使用して沿層ボーリングを作孔中に、5m毎の作孔長5mの排出線粉量を計測したものである。もし、85mm径のビットで作孔した時、ビット径とほぼ同じ径のボーリング孔が作孔された場合、石炭の比重を1.3とすると、作孔された石炭重量は、

$$(0.085/2)^2 \times \pi \times 5 \times 1300 = 37\text{kg}$$

となるが、特に線粉が多く出た箇所として200kg以上の線粉量^{a)}

表1 孔別ガス抜き量の計測結果一覧表

第23座

番号	孔長	A_{cgb}	B_{ccb}	C_{mg}	D_{hd}	E_{cg}	F_{cc}
1	38.0	9.84	37.21	50	0.8	374	1414
2	51.0	12.61	38.47	92	0.8	643	1962
3	44.0	24.11	25.89	123	1.0	1061	1139
4	42.0	22.36	34.55	113	1.2	939	1451
5	29.0	34.38	35.38	130	1.0	997	1026
6	46.0	87.28	22.17	440	2.0	4015	1020
7	82.0 ^{*1)}	26.44	22.80	143	1.0	2168	1870
8	41.0	35.12	25.76	108	6.0	1440	1056
9	40.0	2.88	20.35	22	0.5	115	814
10	31.0	29.42	27.00	70	8.0	912	837

第24座

番号	孔長	A_{cgb}	B_{ccb}	C_{mg}	D_{hd}	E_{cg}	F_{cc}
1	60.0	13.88	30.70	74	5.0	833	1842
2	60.0	11.52	18.85	60	2.0	691	1131
3	56.0	0.52	35.82	16	0.5	29	2006
4	60.0	3.20	39.67	60	0.5	192	2380
5	60.0	18.40	22.73	107 ^{*2)}	—	—	1364
6	60.0	12.95	23.98	20 ^{*2)}	—	—	1439
7	60.0	4.13	22.53	75	0.4	248	1352
8	60.0	11.97	36.68	141	1.0	718	2201
9	60.0	9.28	25.88	150	0.2	557	1553
10	60.0	16.63	38.08	120	4.0	998	2285

*1) 現場の都合により2本作孔した合計(35m+47m)である。

*2) 一部、伝送異常、現場日誌より補填

A_{cgb} : ボーリング1m当たりの積算純ガス吸引量 (m^3/m)

B_{ccb} : ボーリング1m当たりの積算排出線粉量 (kg/m)

C_{mg} : 最大純ガス吸引量 (l/min)

D_{hd} : 半減日 (日)

E_{cg} : 積算純ガス吸引量 (m^3)

F_{cc} : 積算排出線粉量 (kg)

を排出した箇所を図11に示した。また、何種類かの網かけ部分を示すが、aは貫層ボーリングの軌跡が疎な区域^{b)}または前座(第21座、第22座)からのボーリングの影響区域、bは貫層ボーリングの軌跡が密な区域、cは貫層ボーリングの軌跡が疎な区域と前座(第21座、第22座)からのボーリングの影響区域の重複区域を示す。したがって、既存のボーリングによって地山が何らかの影響を受けていると考えられる区域を大きい順に示せば、b, c, aとなると推測される。この図を見ると一部例外はあるが、排出線粉量が200kg/5m以上を示したのは大部分貫層ボーリングの影響を受けていない区域に存在していることが分かる。

4・2 純ガス吸引量について

過去に実施したボーリングによるガス抜き効果を調査するため、第23座および第24座において、沿層ボーリングによる純ガス吸引量を計測した。その結果、最大純ガス吸引量は第23座No. 6で初期に440 l/minを示したが、全体的には初期に150 l/min以下を示し、約5~6日以内に半減することがわかった。これに基づき、純ガス吸引量と貫層ボーリングの影響を考慮して5区域に分けることを提案し、図12に示す。この図には図11と同様に、貫層ボーリングまたは前座からのボーリングの影響範囲も示している。

これによれば、A区域(第24座No. 8~10)はボーリング孔口部分において、過去に実施したボーリングの影響区域があるが、

- 排出線粉量がおよそ200kg以上/5mとなると、ジャミングにかなり注意が必要で、何度もロッドを前後させつつ作孔する必要があり、同時に微少な山鳴り等もしばしば観察される。この場合、排出線粉量は作孔による体積分よりはるかに多く、孔周辺の地山から出ていることが推定される。ここでは、このように200kg以上/5mの地点を線粉量が多く出た箇所と定義した。
- この判定は、当該区域の炭層厚が約5mであるのでこの厚さを目安に、同等あるいはそれ以上に2孔間が離れた場合を「疎」、接近した場合を「密」と定義した。したがって、例えば2孔が10度の角度で孔長60mであるとすれば、 $5/\sin 10^\circ \approx 30\text{m}$ となり、0mから30mまでは「密」、30mから60mまでは「疎」とした。

- a 貫層ボーリングの軌跡が疎な区域または前座（第21，22座）のボーリングの影響区域
 b 貫層ボーリングの軌跡が密な区域
 c 貫層ボーリングの軌跡が疎な区域および前座（第21，22座）のボーリングの影響区域が重複した区域
 ■ 排出線粉量が200kg/5m以上の箇所
 □ 貫層ボーリングの影響を受けていない区域

図11 貫層ボーリング等の影響区域と排出線粉量の関係
 排出線粉量が多い区域は貫層ボーリングや前座のボーリングの影響が少ない区域であることが分かる。

孔先になるに従ってほとんどその影響がなく地山区域を作孔したと考えられる。ここでは、比較的純ガス吸引量が大きく、最大値は120～150 l/minを示している。

B区域（第24座No. 1～7）は孔口付近に貫層および前座ボーリングの影響があり、孔の中央にも一部貫層ボーリングの軌跡が密な部分があることから過去にかなりのボーリングの影響を受けた区域である。ここでNo. 5とNo. 6は、ある期間伝送異常があったがその他の正常期間のデータから判断可能であるとして、比較

図12 各ボーリングの純ガス吸引量の大きさに応じて分けた5区域（網かけは図11と同様である。）

的純ガス吸引量が小さく、最大値が16～107 l/minを示している。このように、多くのボーリングが実施されていた区域は地層の擾乱がかなり発達し、その結果として純ガス吸引量が少ないものと考えられる。

C区域（第23座No. 1～4）は全体的に疎な貫層ボーリングの軌跡をもつが、純ガス吸引量の最大値は50～123 l/minであることが分かる。

D区域（第23座No. 5～8）はほとんど地山区域を作孔したと考えられ、純ガス吸引量が大きく108～440 l/minであるが、特にNo. 6は440 l/minを示した。このことから、貫層ボーリング等の影響をほとんど受けていない区域では、従来言われているように多くのガスが賦存していることが分かった。

E区域（第23座No. 9～10）は明らかに前座（第21座）のボー

図13 純ガス吸引量と経過時間の5区域と2パターン

(注) 図中のA～Eは図12で示した各域である。

図14 積算純ガス吸引量 (E_{cg}) と最大純ガス吸引量 (C_{mg}) の相関関係

リングおよび貫層ボーリングの影響を受けており、22～70 l/min とほとんどガスが出ていない。このような区域は、既にガスが去勢されていたものと考えられる。

以上の考察に用いた5区域 (A～E) のうち純ガス吸引量の最大値および経時変化から判断して、AとD区域をパターン1、BとCとE区域をパターン2として図13に示す。パターン1は一部が貫層ボーリングまたは前座からのボーリングの影響下にあるが、その他は地山区域を作孔した場合および地山区域を作孔した場合のパターン、パターン2は過去にかなりのボーリングの影響を受けた区域を作孔した場合、全体的に貫層ボーリングの軌跡が疎である区域を作孔した場合、貫層ボーリングの軌跡が疎でかつ前座の影響を受けた区域を作孔した場合のパターンを示す。この図から、純ガス吸引量と過去のボーリングの影響の程度には、明らかに関係があることが分かる。

また、積算純ガス吸引量 (E_{cg}) と最大純ガス吸引量 (C_{mg}) の関係を図14に示す。この結果をみると、両者に相関関係が存在することが分かり、次式によって示すことができる (相関係数 = 0.9110)。

$$C_{mg} = K \times E_{cg}$$

ただし、 K は比例定数で、ここでは0.105である。

5. 結 言

南大夕張炭鉱において、約6カ月以前に実施された貫層ガス抜きボーリングの有効性を把握するために、今回一部が重複するように上盤約22mの沿層坑道のガス抜き座から10度の振りで60m長を目標に沿層ボーリングを実施し、各孔の純ガス吸引量および排出線粉量を計測した結果、次のことが確認できた。

まず、各ボーリングの排出線粉量と貫層ボーリング等の影響を受けた区域との間には相関関係があり、貫層ボーリング等の影響のない区域では、排出線粉量が200 kg/5mを越えることが確認できた。

次に、純ガス吸引量経時変化と貫層ボーリングによるガス抜きの影響に応じて、5区域に分類し、このうちAとD区域をパターン1、BとCとE区域をパターン2とした。すなわち、

A：一部が過去のボーリングの影響下にあるが、その他は地山区域を作孔した場合

B：過去にかなりのボーリングの影響を受けた区域を作孔した場合

C：全体的に貫層ボーリングの軌跡が疎の区域を作孔した場合

D：地山区域を作孔した場合

E：貫層ボーリングの軌跡が疎でかつ前座の影響を受けた区域を作孔した場合

とした。

また、5区域における各ボーリングの積算純ガス吸引量 (E_{cg}) と最大純ガス吸引量 (C_{mg}) の間には次の関係式が存在することが分かった。

$$C_{mg} = K \times E_{cg}$$

ただし、 $K = 0.105$

参 考 文 献

- 1) 後藤ら：日鉱誌，100，p. 13-19，(1984)
- 2) 石炭技研：昭和56年度鉱山保安技術調査委託事業成果報告書 (1981)
- 3) 村上ら：資源と素材，Vol. 108，p. 855-862 (1992)
- 4) 石炭技研：昭和61年度鉱山保安技術調査委託事業成果報告書 (1986)