

PDC ビットによる地熱井掘削能率の向上

唐澤 廣和¹⁾・大野 哲二¹⁾

1. はじめに

地熱井の掘削に広く用いられているローラーコーンビットのベアリングや圧力バランス機構には耐熱温度が150~160°Cのゴム製シールが使用されているため、地層温度が350°C以上に達すると予想される深部地熱井の掘削ではゴム製シールの破損によりビット寿命が著しく低下すると考えられる。実際に、深部地熱井の掘削に適用可能な高耐熱型のローラーコーンビットの研究開発が新エネルギー・産業技術総合開発機構において開始されたところである(山口, 1993)。

近年、石油井の軟~中硬質岩の掘削ではローラーコーンビットに代わって多結晶ダイヤモンドを刃先とするビット(polycrystalline diamond compact bit; 以下PDCビットという)が急速に普及しており、掘削能率の向上に大きく貢献している。このビ

ットは刃先が衝撃に対してやや弱く、地熱井のような硬質岩の掘削では耐久性が低下するという欠点がある反面、ローラーコーンビットのような可動部がなく、構造がきわめて単純で、かつ刃先自体が約700°Cの耐熱温度を有しているという利点がある。筆者らはPDCビットの優れた耐熱性に着目し、地熱井の硬質岩掘削に対する本ビットの適用性を検討するために、室内および現場における掘削実験を数年前より行ってきた。

本文では、上記研究の紹介として、実際の地熱井において実施した掘削実験結果の概要を述べた後、深部地熱井の掘削能率の向上を図るために新たに着手した高速回転型PDCビットの研究について紹介する。

2. 地熱井における掘削実験

写真1に、室内および現場掘削実験に用いたPDCビットを示す。写真後方のコアビットが地熱井における掘削実験に用いたものである。そのビットの外径および内径はそれぞれ215.1mmと101.6mmで、第1図に示すように、市販刃先と構造の異なる新型刃先が合計57個取り付けられている。刃先数、刃先取付角度などに関するビットの設計やビット荷重、ビット回転数などの掘削条件の設定

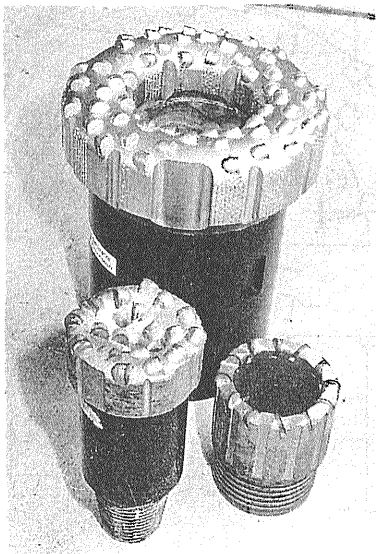
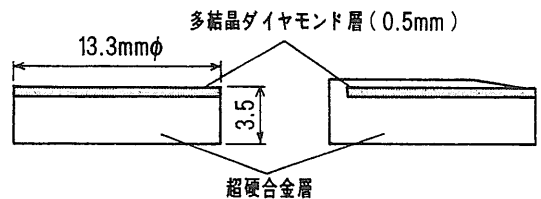


写真1 掘削実験用PDCビット



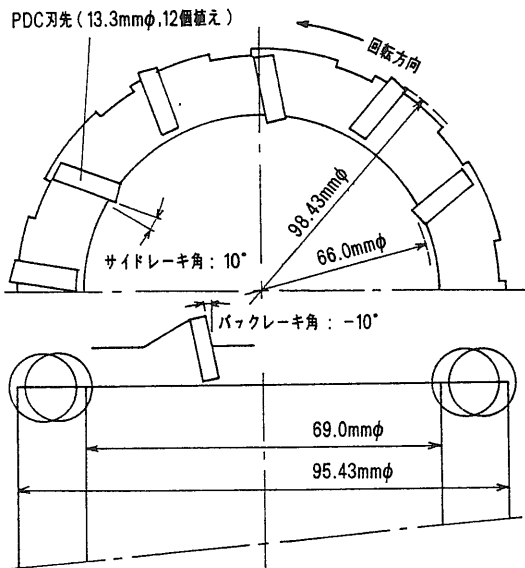
(a) 市販刃先 (b) 新型刃先
第1図 PDC刃先断面図

1) 資源環境技術総合研究所 地殻工学部：
〒305 茨城県つくば市小野川16-3

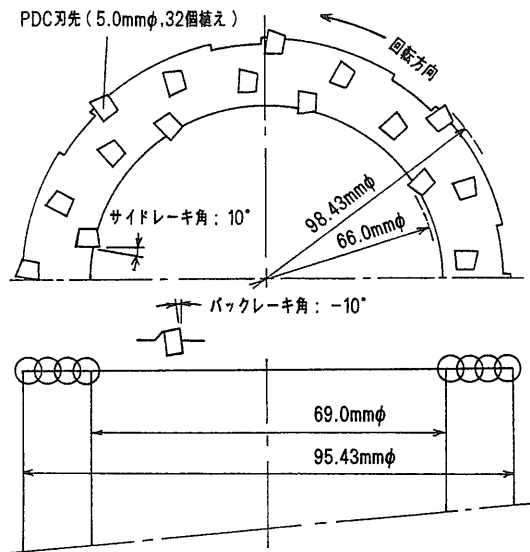
キーワード：PDCビット, 地熱井, 掘削能率, 新型刃先, 高速回転

第1表 地熱井における掘削実験結果

ビット番号	ビットタイプ	掘削深度 (m)	掘削長 (m)	時間 (hr)	掘進率 (m/hr)	回収率 (%)	回転数 (rpm)	ビット荷重 (kN)	ロータリトルク	泥水圧 (MPa)	備考
1	新型刃先PDC (HDR-2井)	1905.00 ～ 1909.90	4.90	6.0	0.82	91	27	5.9～118	—	2.1～2.7	普通コアリック 刃先摩耗:約60%
2	新型刃先PDC (HDR-3井)	1627.00 ～ 1629.34	2.34	5.5	0.43	88	27	2～98	60 ～ 110	2.0～2.5	普通コアリック コアキャッチャー装着不良 刃先摩耗:約5%
3	新型刃先PDC (HDR-3井)	1641.00 ～ 1646.00	5.00	7.5	0.67	93	27	2～69	70 ～ 140	2.3～3.0	定方位コアリック PDC刃先5個脱落
4	新型刃先PDC (HDR-3井)	1716.00 ～ 1721.04	5.04	9.0	0.56	87	27	1～78	70 ～ 150	2.9～3.2	定方位コアリック
5	サーフェイスセット ダイヤモンド (HDR-3井)	1741.00 ～ 1745.74	4.74	13.17	0.36	96	33～55	1～98	60 ～ 120	2.6～6.5	定方位コアリック
4-a	新型刃先PDC (再使用) (HDR-3井)	1755.00 ～ 1759.28	4.28	12.17	0.35	96	25～30	2～98	80 ～ 150	1.8～2.5	定方位コアリック PDC刃先1個脱落 刃先摩耗:約50%
6	サーフェイスセット ダイヤモンド (HDR-3井)	1800.00 ～ 1801.47	1.47	7.17	0.21	57	33～60	2～98	80 ～ 150	2.6～4.9	定方位コアリック
3-a	新型刃先PDC (再使用) (HDR-3井)	1902.00 ～ 1907.00	5.00	12.0	0.42	88	20～30	2～98	80 ～ 150	2.0～2.8	定方位コアリック PDC刃先9個脱落 刃先摩耗:約40%

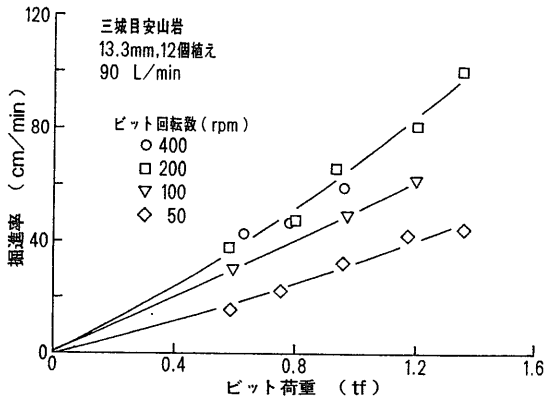


(a) 13.3mm, 12個植え

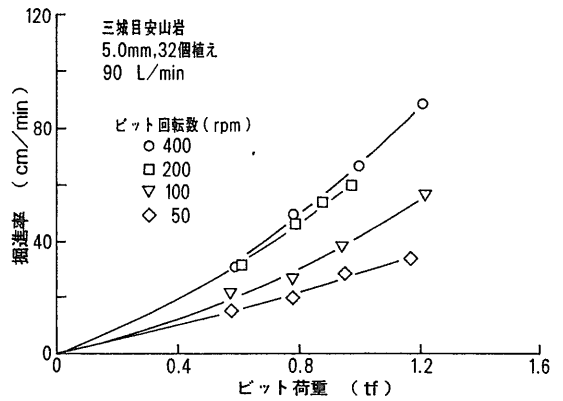


(b) 5.0mm, 32個植え

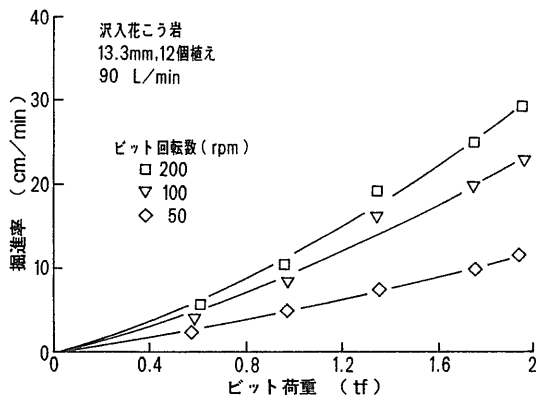
第2図 高速回転掘削実験用 PDC コアビット



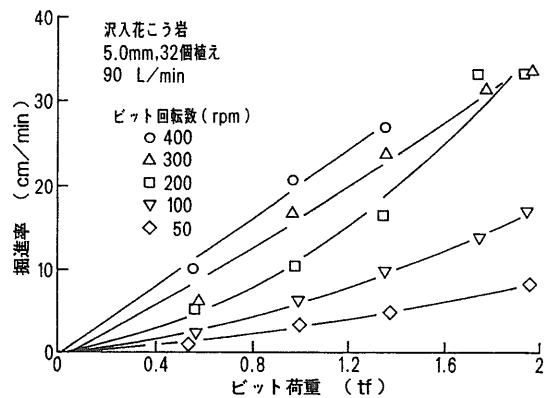
(a) 三城目安山岩



(a) 三城目安山岩



(b) 沢入花こう岩



(b) 沢入花こう岩

第3図 刃先径13.3 mmのビットによる掘削実験結果

第4図 刃先径5.0 mmのビットによる掘削実験結果

は、すべて室内の掘削実験結果(唐澤ほか, 1991)に基づいて行った。掘削実験は合計4個の新型刃先ビットを用い、新エネルギー・産業技術総合開発機構が研究開発を進めている山形県肘折の高温岩体実験場に掘削されたHDR-2およびHDR-3井において実施した。実験を行った地層は基盤の花こう閃緑岩で、地層温度は250°C前後である。

両坑井における掘削実験結果を第1表に示す。実験の結果、新型刃先PDCコアビットは地熱井のコアリングに普及しているサーフェイスセットダイヤモンドコアビットに比べ、掘削長および掘進率の点で2倍以上の性能を有していることが確認され、地熱井の掘削に十分適用可能であることが明らかとなった(三澤・唐澤, 1991; 唐澤・三澤, 1993)。

PDCビットに関する一連の研究により、コアビットについては地熱井の掘削に実用可能であることが確認されたものの、大口径全断面ビットについては検討課題が残されている。この点については後述の高速回転型ビットの研究のなかで今後、検討を行う予定である。

3. 高速回転型PDCビットの研究

従来製作したビットは、硬質岩を対象とした場合、比較的低速での回転(直径が215.9 mmのビットで30 rpm程度)に適したものである。高速で回転するダウンホールモーター(150~400 rpm)への適用と、深部地熱井の掘削能率の向上を図るため、高

速回転型 PDC ビットの研究に着手した。この研究では、PDC 刃先の直径を小さくすることにより、高速回転可能なビットの開発を目指している。

予備的な検討として、第2図に示すように、刃先径が13.3 mm、刃先数が12個と刃先径が5.0 mm、刃先数が32個の小口径コアビットによる高速回転掘削実験を2, 3の岩石に対して行った。第3図および第4図は、両ビットによる三城目安山岩(一軸圧縮強度：950 kgf/cm²) および 沢入花こう岩(1710 kgf/cm²) に対する掘削実験結果である。三城目安山岩の場合、ビット回転数が200 rpm 以上になると掘進率はほとんど増加しないが、両ビットともビット回転数400 rpm での掘削が可能であった。沢入花こう岩の場合、刃先径が13.3 mm のビットはビット回転数が200 rpm 以上になると振動が生じ、掘削が不可能となる一方、刃先径が5.0 mm のビットは多少の振動が生ずるものの、ビット回転数400 rpm による掘削が可能であった。また、刃先径が5.0 mm のビットによる花こう岩の掘削において、ビット回転数が400 rpm のときの掘進率はビッ

ト回転数が50 rpm (直径が215.9 mm のビットの場合の30 rpm に相当) の場合に比べて6倍程度に達しており、回転数を大きくすることにより掘削能率が大幅に向上することが明らかとなった。

本研究に関してはまだ予備的な検討段階である。今後、さらに詳細な検討を進め、高速回転掘削時のビット性能の向上を図っていきたい。

参考文献

唐澤廣和・三澤茂夫・吉田 覚(1991)：PDC ビットの性能に及ぼすレーキ角の影響。資源と素材，107, 853-858。
唐澤廣和・三澤茂夫(1993)：新型 PDC ビットによる地熱井の掘削(第2報)。石技誌，58, 245-254。
三澤茂夫・唐澤廣和(1991)：新型 PDC ビットによる地熱井の掘削。石技誌，56, 492-500。
山口 勉(1993)：深部地熱資源開発への期待。資源環境技術総合研究所第4回研究講演会資料，No. 230, 45-48。

KARASAWA Hirokazu and OHNO Tetsuji (1994): Improvement of efficiency in geothermal well drilling using PDC bits.

〈受付：1993年11月29日〉

地学と切手

花崗岩を主題とした切手

P.Q.

ここに紹介する切手は花崗岩を主題とした切手で、珍しい方に属するであろう。本当は4枚1組で、他にローデシアの地質図を画いたものが1枚あるが、それは地質図の切手として別に取り上げたい。

1971年8月30日から9月19日にかけて地質シンポジウムが開かれたことを記念して、開会の当日に発行されたもの。このシンポジウムの内容については実ははっきりしない。しかし1965年に開かれた西アフリカの花崗岩シンポジウムからうかがうことが出来よう。

1965年西アフリカ花崗岩シンポジウムは3月10日から30日にかけて、アイボリーコースト・ナイジェリア・カメルーンの3国において行われた。



シンポジウムはユネスコの地質学国際連合とアフリカ地質調査協会の共催だった。その結果は162ページの報告としてユネスコから出版されている。

1971年の花崗岩シンポジウムも似たものだったと推察される。

2 1/2c は斑状花崗岩，

15c は花崗岩の鏡下像，

7 1/2c は白雲母のスコープ像である。他に25c がローデシアの地質図である。