

국내 석탄층메탄가스자원의 잠재성

박 석 환¹⁾

1. 서 론

1990년대에 들어와서 미국을 비롯한 석탄자원 부국들은 석탄층메탄가스자원을 에너지로 이용하는데 성공하였으며 현재 그 생산과 이용규모를 빠르게 확대해 나가고 있다.

우리나라의 경우 약 15억 톤의 무연탄자원이 확인되지만 수요처 상실로 1980년대 후반부터 석탄합리화 과정을 통해 석탄생산량은 2700만 톤/년에서 400만 톤/년 이하로 급감 했으며 가행탄광 수도 350여 개에서 10개로 감소됐다. 이러한 추세로 보면 국내무연탄자원은 사실상 사장 화 될 처지에 놓이게 된 것이다.

현재 성공적으로 석탄층메탄가스자원을 생산, 이용하고있는 외국 탄전지역과 국내무연탄 부존 지역의 지질특성을 비교하여 국내 석탄층메탄자원의 전반적인 잠재성을 유추하고 2001년에 과학기술부 기획연구과제로 수행한 석탄층메탄가스 개발타당성 예비조사 결과를 기존 자료들과 비교하면서 향후 적극적인 탐사방법을 검토하였다.

특히 2000년대에 들어와서 밝혀진 중국 무연탄지역의 석탄층메탄가스 탐사, 개발 자료는 국내석탄층메탄자원의 잠재성 유추에 참고 자료로 이용될 수 있을 것이다.

2. 본 론

1) 석탄층메탄가스의 생성, 보관 그리고 생산에 적합한 지질조건

① 석탄층메탄가스의 생성에 관련된 지질조건 : 탄층 내의 메탄가스 발생총량은 탄화정도가 높을수록 많아진다(Karweil, J. 1969 ,유연탄:172m³/ton, 무연탄:224m³/ton).

국내 무연탄은 탄화정도가 매우 높아 그 동안의 탄화과정을 통해서 다량의 메탄가스가 발생되었을 것으로 기대된다.

또한 석탄자원의 총량과 석탄층메탄가스자원의 총량은 비례하므로 우리나라의 경우 확인된 15억톤의 매장량에 따른 메탄가스자원이 기대된다(약 4 x 10¹⁰m³ 예상 박석환 1999).

특히 이 15억 톤의 매장량은 평안누층군의 경우 함탄층 내의 5-6개의 탄층 중 한 개의 탄층(KS규정에 따라 탄 폭이 0.5m이상인 소위 본층탄)만을 대상으로 계산된 것으로서 나머지 4-5개의 탄층이 모두 가스자원의 대상이 된다면 매장량은 크게 증가될 것으로 기대된다.

② 석탄층메탄가스의 보관에 관련된 지질조건 : 석탄 내에 흡착, 보관되는 가스의 양은 탄층 내의 압력의 증가와 내부표면적의 증가에 따라 증가한다(Rice, D.D 등 1993).

국내에서는 삼척탄전의 경우 함백산 대향사구조에 의한 함탄층의 심도가 최대 1500m 로 비교적 높은 압력을 유지할 조건을 갖고 있다. 또한 석탄의 내부 표면적은 미세공극의 비율이 높을수록 증가되는데 탄화정도가 높을 경우(중휘발분역청탄 이상)미세공극(micropore)이

차지하는 비율이 높아지는 경향이 있으며 무연탄의 경우 75%정도의 미세공극을 갖게 된다(Gan, H. 등 1972).

국내 무연탄 중 한보탄광 석탄은 $4.11\text{m}^2/\text{g}$ 의 높은 표면적을 보여준다(박석환, 1994).

③ 석탄층메탄가스의 생산에 관련된 지질조건 : 메탄가스 생산은 3단계의 과정을 거쳐서 이루어진다. ㉠ 탄질물의 내부표면에 분자층상으로 붙어있는 메탄을 탈착 시키고, ㉡ 탈착된 메탄은 미세 균열(cleat)에 도착 될 때까지 탄질물을 통해서 확산되며, ㉢ 확산된 메탄은 열극체계를 통하여 가스 정(井)에 도착되어 생산된다.

석탄내의 메탄가스가 가스정 까지 이동되어 생산이 가능해 지려면 가스이동에 필요한 통로가 반드시 필요하다. 이 통로는 주로 석탄내의 미세균열(cleat)과 열극(fracture)에 의해 형성되는데 무연탄의 경우 오랜 지질시대동안 지하 심부 에서 받은 높은 압력으로 이들 미세 균열과 열극이 대부분 닫혀져 가스 이동성이 매우 낮아진다. 이러한 특성이 무연탄은 가스를 풍부하게 보유하면서도 가스 생산성이 매우 낮은 석탄층 메탄가스자원으로 인식되어 왔다.

그러나 최근에는 지구조 작용에 의해 후차적으로 형성된 탄층 내의 소규모 절리(joint), 균열(crack), 단층(fault) 등이 가스통로 역할을 할 수 있다고 밝혀져 무연탄도 석탄층 메탄가스자원 대상으로 인식되기 시작했다(Ian H Harris 등 1996).

우리나라의 경우 삼척탄전의 함백산대항사 구조 내에는 소규모 습곡과 단층이 발달되고 이에 수반되는 절리, 균열 등이 무수히 발달되어 있으며 석탄은 대부분 분탄 화 되어있어 지질구조에 의한 후차적 가스통로가 형성되었으리라고 기대된다.

실제로 석탄개발이 활발했던 때는 몇 개의 대형탄광이 갱내 가스 누출 때문에 갑종탄광으로 분류되어(강원탄광, 경동탄광, 함태탄광, 도계탄광, 어룡탄광, 장성탄광 등) 화기의 갱내 반입이 통제된 바 있으며, 몇몇 탄광에서는 가스누출에 의한 폭발사고도 있었다.

이는 탄층 내에 함유되었던 메탄가스가 채탄과정에서 압력저하에 따라 누출된 상태이며, 압력저하에 따른 가스 이동이 탄층 내에서 용이하다는 것을 말해준다.

2000년대에 들어와서 중국 북부지역의 Qinshui 탄전은 무연탄지역으로서 가스함량은 $10\sim 34\text{m}^3/\text{ton}$ 이며 총 가스매장량이 $685.3 \times 10^{10}\text{m}^3$ 로서 중국에서 가장 가스 잠재력이 큰 탄전으로 확인되고 있다. 이는 무연탄자원이 석탄층메탄가스자원 탐사, 개발 대상으로 인정 될 수 있는 좋은 예일 것이다.

2) 국내무연탄에 대한 가스함량관련 측정자료

최근에 실시된 국내무연탄의 가스함량 측정은 현재 가행 중인 6개 탄광에서 실시되었으며 이들 탄광은 화순탄광만 제외하고는 모두(장성, 도계, 경동, 한보, 삼탄)삼척탄전에 위치하고 있다.

이들 탄광에서의 석탄층가스함량 측정은 갱내의 채탄막장에 노출되어 있는 석탄에 대하여 실시되었으며 석탄층 내부로 1 - 3m 정도에 위치한 석탄을 채취하여 측정하였다. 시료채취는 주로 갱내 채탄작업에 사용되는 천공기를 이용하였으며 채취된 시료는 갱내에서 곧바로 canister에 장입 된 후 manometer를 이용하여 매 20분마다 측정이 반복되었다.

이렇게 측정된 결과 경동탄광 석탄의 평균가스배출량은 $1.52\text{m}^3/\text{ton}$ 이고 나머지 탄광의

경우는 $0.2\text{m}^3/\text{ton}$ 이하 이었다. 이렇게 경동탄광의 경우가 기타의 경우보다 10배 이상의 가스 배출량을 나타내고 있는 것은 시료 채취당시 경동탄광에서만 유압식 천공기를 사용하였고 기타탄광에서는 공압식 천공기를 사용했기 때문인 것으로 해석된다.

이들 측정자료는 신뢰도가 매우 낮아 가스자원 잠재성 평가를 위한 자료로는 사용하기 어렵다.

석탄 내에 함유되어 있는 가스의 량과 이들 가스가 석탄 내에서 이동할 수 있는 능력에 대한 정확한 측정자료는 석탄층 메탄자원의 잠재성과 생산성을 예측하는데 반드시 필요하다.

이들에 대한 정확한 자료는 반드시 in-situ 상태에서 측정되어야 하며 이런 이유 때문에 심부 시추가 석탄층메탄가스 잠재성 평가를 위한 필수조건으로 취급된다. 이렇게 in-situ 상태에서의 가스함량 측정이 요구되는 것은 압력차이에 따른 가스의 예민한 이동성 때문이다.

그러므로 갱내채탄막장에서 측정된 석탄층메탄가스 함량 측정결과는 석탄층메탄가스자원 잠재성 평가를 위해서 사용될 수 없다.

미국의 가스연구소(GRI)의 지침에 의하면 석탄층메탄가스자원의 평가시 대상 석탄층의 가스함유량이 $5.7\text{m}^3/\text{ton}$ 이상이면 경제적 생산가능성이 있다고 하였다. 그러나 미국에서는 안전성을 위해서 $7\text{m}^3/\text{ton}$ 을 생산가능 최저 치로 삼고 있으며 중국의 경우에는 $8\text{m}^3/\text{ton}$ 을 그 기준으로 삼고 있다.

국내 무연탄 자원이 함유하고 있는 가스의 양을 in-situ 상태에서 정식으로 측정한 자료는 없다. 다만 갱내 가스사고 위험도가 높은 갑종탄광의 갱내 통기시스템을 연구하는 과정에서 갱내 채탄막장의 탄층 시료에 대한 가스 함유량, 또는 갱내 공기의 가스함유 %, 배출된 공기량, 석탄 생산량 등에 의해 환산된 가스량 등의 자료가 일부 존재할 뿐이다. 그러나 이들 자료는 in-situ 상태의 가스함량 정도를 예측하기 위한 참고자료 밖에 될 수 없을 것이다.

이들 기존자료에 의하면 국내무연탄의 가스함량은 $1.1\text{m}^3/\text{ton}$ - $5.51\text{m}^3/\text{ton}$ 으로서 가스 측정조건을 감안하면 지하 심부 in-situ 상태에서는 매우 큰 가스함량이 확인 될 것으로 기대된다.

3. 결 론

석탄층메탄가스를 성공적으로 생산, 이용하고 있는 외국의 경우를 보면 이들 석탄층메탄 가스는 대부분 유연탄 지역에서 생산되고 있다.

이러한 현실은 석탄층메탄가스자원의 탐사, 개발 대상지역으로는 유연탄 지역이 가장 유리할 것이라는 것을 말해준다. 이는 새롭게 시작된 석탄층메탄가스자원의 탐사, 개발이 그 간에 채탄작업이 진행되고 있던 대부분의 유연탄 지역에서 수행되었으며 또한 유연탄이 가장 풍부하게 부존된 석탄자원이기 때문일 것이라고 해석될 수도 있다.

그러나 한편으로는 유연탄 이외의 갈탄이나 무연탄은 그간의 연구에서도 석탄층메탄가스 자원의 대상으로는 부적합한 면이 많다는 것이 거론 되었었다.

즉 갈탄은 낮은 탄화정도와 얇은 부존심도 때문에 석탄층메탄가스의 총 생산량과 이의 안전한 보존이 크게 기대되기 어렵고 무연탄의 경우는 높은 탄화정도와 깊은 부존심도 때문에 매우 풍부한 석탄층메탄가스의 총 생산량과 안전한 보존이 기대되지만 깊은 부존심도 때문에 생산정에 이르는 가스 이동통로가 모두 막혀서 가스 생산이 매우 어렵다는 부정적인 면이 있기 때문이었다.

최근에 밝혀진 연구 결과에 의하면 무연탄의 경우 문제가 되었던 가스 이동통로 장애의 심각성이 실제로는 예상보다 낮으며 지구조 운동에 의해 이차적으로 생성된 탄층 내의 열극들이 가스이동통로로서의 역할을 대신할 수 있다는 것이다.

또한 2000년도에 들어와서 중국 북부지역의 Qinshui basin 내의 무연탄은 그 메탄가스 잠재성과 생산성이 현재 세계에서 가장 좋다는 미국의 Sanjuan basin의 경우보다도 더욱 좋은 것으로 평가되었다.

우리나라의 무연탄은 15억 톤의 매장량이 확인되고 있지만 여러 가지 이유로 사장될 처지에 놓이게 되었다. 국내무연탄에는 석탄층메탄가스자원의 부존이 여러 형태로 감지되고 있지만 이를 이용하기 위해서는 신뢰성 있는 경제성평가가 실시되어야 한다. 이의 첫 단계로서 시추에 의한 in-situ 상태의 가스 함량 확인이 반드시 실시되어야 한다.

지금도 국내의 가행중인 탄광에서는 채탄작업의 안전성을 위하여 갱내 석탄가스를 대기중으로 방출시키고 있다. 이는 대기를 오염시킬 뿐만 아니라 아까운 에너지 자원을 낭비하고 있는 것이다.

주요어 : 석탄층메탄가스 함유량, 생성, 보관, 생산, in-situ 상태, Qinshui basin, Sanjuan basin

1) 한국지질자원연구원 지질연구부 (psw@kigam.re.kr (042)868-3105)