

리프만방법에 의한 중생대관입암체들의 형성온도와 깊이결정

김동철, 주영수

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《김일성종합대학 지질학강좌 교원들은 우리 나라의 지각발전과 지질구성문제, 우리 나라 지하자원을 더 많이 찾아내고 효과적으로 리용하기 위한 문제를 연구하여야 합니다.》

(《김정일전집》 제2권 399페이지)

우리 나라의 지각발전과 지질구성문제를 정확히 해명하기 위하여서는 관입암체들의 형성환경을 밝히는것이 중요하다. 특히 관입암체의 형성깊이와 온도를 결정하는것은 관입암체들의 형성원인과 지체구조적환경을 밝히는데서 중요한 의의를 가진다.

그러므로 우리는 리프만방법을 리용하여 중생대관입암체들의 형성온도와 깊이를 결정하기 위한 연구를 하였다.

1. 관입암체들의 형성깊이와 온도결정방법

화성암의 광물조성이나 화학조성에 의하여 관입암체가 형성될 당시의 형성깊이와 온도를 결정하는 방법들[4]에는 여러가지가 있다. 대표적인 방법들은 두 광물에서의 원소분배결수에 의한 방법, 두장석온도계, 동위원소분배결수에 의한 방법 등이다.[1, 2]

우리는 중생대관입암체의 화학분석자료로부터 리프만방법에 의하여 표준광물조성을 결정하고 두장석온도계를 리용하여 화성암의 형성온도와 깊이를 계산하였다.

두장석온도계를 리용하자면 칼리움장석과 사장석에 포함된 나트륨장석의 함량을 알아야 한다.

정장석(Or)과 사장석(An)에 포함된 나트륨장석(Ab)의 함량은 장석조성결정도표(그림 1)를 리용하여 계산할수 있다.[1-3]

정장석과 사장석에 들어있는 나트륨장석의 함량을 결정한 다음 포웰의 두장석온도계로부터 형성

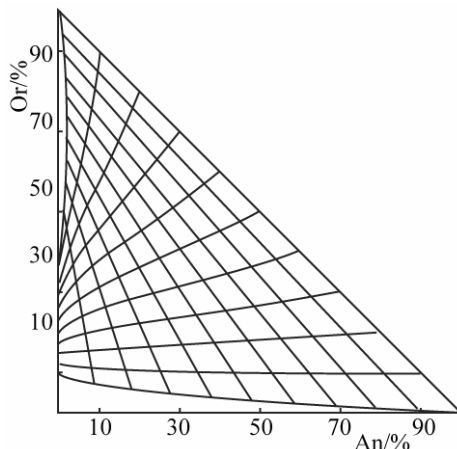


그림 1. 심성암의 장석조성결정도표

온도를 계산할수 있다.

$$T = \frac{-(X_{Ab}^{Fsp})^2 [6330 + 0.093P + 2X_{Or}^{Fsp} (1343 + 0.019P)]}{1.987 \cdot 2 \ln(X_{Ab}^{Fsp} / X_{Ab}^{An}) + (X_{Ab}^{Fsp})^2 (1.54X_{Or}^{Fsp} - 4.63)}$$

여기서 T 는 형성온도(K), P 는 압력, X_{Ab}^{An} 와 X_{Ab}^{Fsp} 는 각각 사장석, 칼리움장석(Fsp)에 포함된

나트륨장석함량, X_{Or}^{Fsp} 는 칼리움장석에 포함된 정장석함량이다.

두 장석의 조성으로부터 형성깊이를 결정하기 위하여서는 먼저 형성압력을 계산하여야 하는데 형성압력을 계산하자면 화성암이 형성될 때의 물분압을 결정하여야 한다.

두 장석의 조성으로부터 물분압은 그림 2와 같은 도표들을 리용하여 계산할수 있다.

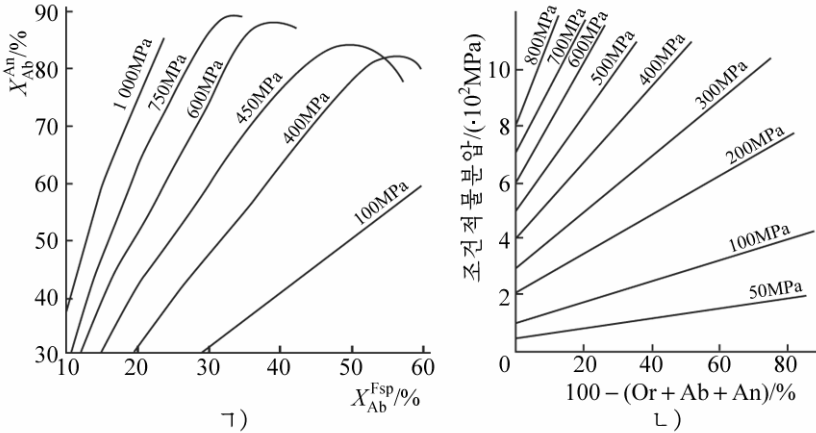


그림 2. 두 장석의 물분압계(1))와 암석의 실제적물분압의 환산도표(2))

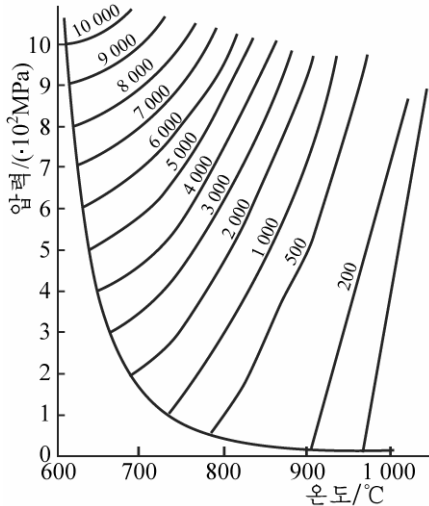


그림 3. 형성압력복원도표
그림의 수값은 물분압(kPa)이다.

그림 4에서 보는바와 같이 중생대관입암체들은 대체로 3~12km의 깊이에서 형성되었으며 평균형성깊이는 약 7km이다.

다음으로 관입암체들을 여러가지 암석지구화학적지수들에 의하여 화산호형, 충돌형, 충돌 및 조산말기형, 조산말기형, 리프트형으로 나누고 매 류형별로 관입암체들의 형성깊이를 평가하였다. 지체구조적환경에 따르는 관입암체들의 형성깊이는 표 1과 같다.

먼저 두 장석의 조성으로부터 조건적물분압을 먼저 계산한 다음 그것으로부터 실제적물분압을 계산한다. 그리고 실제적물분압과 계산한 형성온도자료에 기초하여 실제형성압력과 깊이를 계산한다. 이때 그림 3과 같은 형성압력복원도표를 리용한다.

2. 관입암체들의 형성깊이와 형성온도결정

1) 중생대관입암체들의 형성깊이결정

우리는 우리 나라에 분포되어있는 중생대관입암체들의 형성깊이를 결정하기 위하여 650건의 관입암체화학분석자료를 리용하였다.

중생대관입암체들의 형성깊이분포특성은 그림 4와 같다.

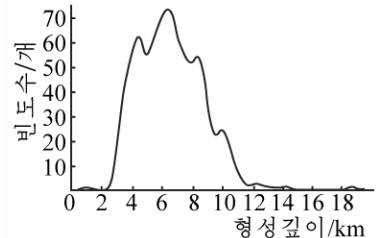


그림 4. 중생대관입암체들의 형성깊이빈도그래프

표 1. 지체구조적환경에 따르는 중생대관입암체들의 형성깊이

지체구조적환경	평균깊이/km	구간/km	최대빈도수/개
화산호형	8.5	14.5~3.0	15
층돌형	8.5	15.0~5.6	7
층돌 및 조산말기형	6.5	8.5~4.0	7
조산말기형	6.5	12.0~2.0	30
조산말기 및 리프트형	5.0	10.5~2.0	18
리프트형	5.0	6.5~3.0	7
	8.2	9.3~6.5	

표 1에서 보는바와 같이 지체구조적환경에 따라 관입암체들의 형성깊이가 차이나다. 즉 화산호형과 층돌형은 평균 8.5km, 조산말기형은 6.5km의 깊이에서 형성되었다. 그리고 리프트형은 5.0, 8.2km의 깊이에서 형성되었는데 이것은 화산호형과 조산말기형 관입암체들의 형성깊이와 비슷하다.

다음으로 ACF도표, AlCaFM도표들을 리용하여 중생대관입암체들을 I형, I-S형, S형으로 나누고 매 기원암장형에 따르는 형성깊이를 평가하였다.(표 2)

표 2. 기원암장형에 따르는 중생대 관입암체들의 형성깊이

기원암장형	평균깊이/km	구간/km	최대빈도수/개
I형	8.3	13.5~3.2	25
I-S형	6.5	10.5~2.5	20
S형	5.8	11.5~2.0	20

표 2에서 보는바와 같이 기원암장형에 따르는 중생대관입암체들의 형성깊이는 I형으로부터 S형으로 가면서 점차적으로 감소된다. 즉 I형이 제일 깊은 곳에서, S형이 제일 얇은 곳에서 형성되었다.

2) 중생대관입암체들의 형성온도결정

우리는 우리 나라에 분포되어있는 중생대관입암체들의 형성온도를 결정하기 위하여 650건의 관입암체화확분석자료를 리용하였다.

중생대관입암체들의 형성온도분포특성은 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는바와 같이 우리 나라 중생대관입암체들의 형성온도는 620~780°C이며 평균형성온도는 약 710°C이다.

우리는 중생대관입암체들을 지체구조적환경과 기원암장형에 따라 구분하고 형성온도분포특성을 평가하였다.(표 3, 4)

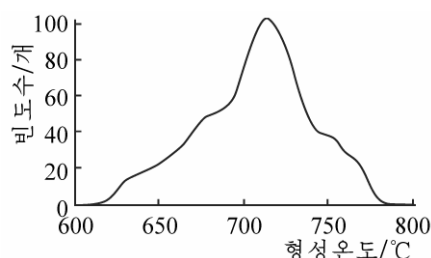


그림 5. 중생대관입암체들의 형성온도분포

표 3. 지체구조적환경에 따르는 중생대관입암체들의 형성온도

지체구조적환경	평균형성온도/°C	구간/°C	최대빈도수/개
화산호형	735	620~780	22
화산호 및 층돌형	750	650~770	9
층돌형	730	710~770	2
층돌 및 조산말기형	720	620~780	30
조산말기형	700	620~780	40
조산말기 및 리프트형	700	620~780	15
리프트형	730	620~780	8

표 3, 4에서 보는바와 같이 지체 구조적환경에 따르는 중생대관입암체들의 형성온도는 크게 차이나지 않는다. 그러나 기원암장형에 따라서는 I형으로부터 S형으로 가면서 형성온도가 점차 낮아진다.

표 4. 기원암장형에 따르는 중생대 관입암체들의 형성온도

기원암장형	평균형성온도/°C	구간/°C	최대빈도수/개
I형	740	620~780	30
I-S형	710	620~780	37
S형	690	620~780	10

맺는말

우리 나라 중생대관입암체들은 대체로 3~12km의 깊이에서 형성되었는데 평균깊이는 약 7km이다.

지체구조적환경에 따라 관입암체들의 형성깊이를 평가한데 의하면 화산호형과 충돌형은 8.5km, 조산말기형은 6.5km, 리프트형은 5.0, 8.2km에서 형성되었다. 또한 기원암장형에 따르는 중생대관입암체들의 형성깊이는 I형으로부터 S형으로 가면서 점차적으로 알아진다.

중생대관입암체들의 평균형성온도는 710°C정도이다. 지체구조적환경에 따르는 중생대관입암체들의 형성온도는 크게 차이나지 않지만 기원암장형에 따라서는 I형으로부터 S형으로 가면서 점차 낮아진다.

참고문헌

- [1] 한룡연; 지질학통보, 1, 80, 1994.
- [2] 한룡연; 지질학통보, 1, 26, 1997.
- [3] A. Rittman; Stable Assemblage of Igneous Rocks, Springer, 24~136, 1973.
- [4] Jianren Mao et al.; Proceedings of IAGG 5000, 74~78, 2009.

주체105(2016)년 3월 5일 원고접수

Determination of Formation Temperature and Depth of the Mesozoic Intrusive Units by Rittman Method

Kim Tong Chol, Ju Yong Su

The Mesozoic intrusive units were generated at the depth of 3~12km, and the mean depth was 7km in our country.

According to the tectonic environments that formed the intrusive units, the depth of IAG and CCG were 8.5km, POG 6.5km and RRG 5.0 and 8.2km. And their depth became shallow from I type to S type, based on the original magmatic types.

The mean formation temperature of the Mesozoic intrusive units was 710°C. The formation temperatures of the Mesozoic intrusive units according to the tectonic environments make little difference, but they became lower from I to S.

Key words: intrusive rock, Mesozoic