

## 화북댐 상류지역을 통과하는 우보단층 파쇄대 영향분석을 위한 지화학적 접근

권 용 완\*

(주)지오스캔, 137-064 서울시 서초구 방배4동 836-5 2층

### Geochemical Approach to Define the Fracture Zone Affected by the Ubo Fault at the Northern Part of the Hwabuk Dam

Yong Wan Kwon\*

Geoscan Co., Ltd.

**요 약:** 경북 군위군 학성리 화북댐 건설예정지 북측 1 km 지점을 북서-남동방향으로 통과하는 우보단층은 20 km 내외의 연장을 가지는 대단층이다. 이 지역에서 우보단층은 소규모의 단층들로 분절되며 인접 지역에 비해 단층의 영향이 적고 낮은 구릉형 지형을 형성하며 화북댐 우안의 분수령을 통과한다. 저수유역내에 2매의 단층이 통과하며 파쇄대의 영향범위는 2 m 내외로 관찰된다. 지화학적 분석을 통해 파쇄대 영향범위를 평가하기 위해 주단층면을 중심으로 남북방향으로 각각 0.5 m, 1 m, 2 m, 4 m, 8 m, 16 m, 32 m 구간에서 시료를 채취하여 주성분원소와 광물함량비를 분석하였다. 파쇄대에 근접할수록  $Fe_2O_3$ , MgO,  $K_2O$ , 석영, 백운모, 녹니석은 증가하는 경향을 보이며,  $Na_2O$ , CaO, 사장석, 흑운모는 감소하는 경향을 보인다. 화학조성과 광물함량비를 기초로 학성리일대를 통과하는 우보단층의 파쇄대 영향범위는 중심지역이 총 2 m의 폭을 보이며, 2차 영향대는 총 8 m의 폭을 이룬다. 우보단층의 최대 영향범위는 총 16 m의 폭을 가지는 것으로 추정하였다.

**핵심어:** 우보단층, 화북댐, 파쇄대, 분수령, 저수유역

**Abstract:** The Ubo fault zone, which cross over the northwestern to southeastern direction at the Hwabuk damsite in Hakseongri, Gunwiguon, Gyeongsangbukdo Province, has length about 20 km. The Ubo fault zone in this area is segmented to several small faults and makes a gentle slope and hill along the right side of the drainage in the Hwabuk dam. In the storage area of Hwabuk dam, 2 pairs of faults occur and the width of fracture zones are about 2 m. To define the fracture zone using the geochemical data, the samples were collected at 0.5 m, 1 m, 2 m, 4 m, 8 m, 16 m and 32 m apart from the center of the main fracture zone toward north and south, respectively, and analyzed for major elements and mineral content. Approaching the fracture zone,  $Fe_2O_3$ , MgO,  $K_2O$ , quartz, muscovite and chlorite are increasing and  $Na_2O$ , CaO, plagioclase and biotite are decreasing, respectively. Based on the rock chemistry and mineral content, the range of the main fracture zone affected by the Ubo fault at Hakseongri is 2 m width in total, the secondary deformed zone is 8 m width in total. Finally the maximum affected range by the Ubo fault is inferred to 16 m width in total.

**Key words:** Ubo fault, Hwabuk dam, fracture zone, drainage, storage area

## 서 론

경상분지의 북부에 위치한 의성소분지는 백악기의 퇴적암과 화산활동과 연관된 콜드론 구조가 다수 발달되어 있으며 서북서-동남동 방향(N40-50°W)으로 20 내

지 30 km 이상의 연장성을 가지는 좌수향 주향이동단층들이 발달되어 있다(윤성호, 1988; 석동우와 도성재, 1994; 이병주와 황재하, 1997; 최범영 외, 2000; Choi et al., 2002). '가음단층계'로 불리는 일련의 단층들은 지역적으로 금천단층, 가음단층, 우보단층, 신령단층 등

\*Corresponding author: Tel. 82-2-3481-3562, 016-255-6756, Fax. 82-2-3481-3565, E-mail. kwonyw11@korea.com

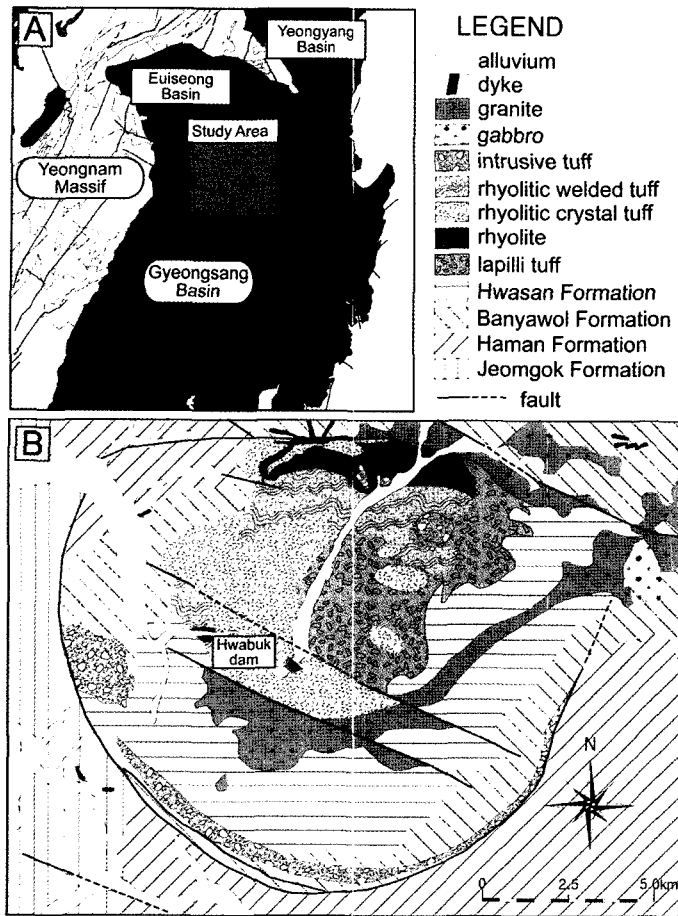


Fig. 1. (A) Tectonic map of the southeastern part of Korea and (B) geologic map of the study area (modified after Won *et al.* (1980), Kim *et al.* (1981) and Yun (1988)).

으로 구분된다. 우보단층은 경상북도 군위군 우보면을 중심으로 고로면까지 약 20 km 내외의 연장성을 가지고 있다. 이 연구는 경북 군위군 고로면 학성리일대에 건설 예정인 화북댐의 대안설계를 위해 실시된 지반 조사의 일환으로 수행되었다. 우보단층은 댐 건설예정지에서 북쪽으로 약 1 km 떨어진 지역을 서북서-동남동 방향으로 통과한다. 우보단층이 통과하는 댐 우안의 분수령은 다른 지역에 비해 능선부가 낮고 파쇄대를 따라 인접 계곡으로 누수가 발생할 가능성이 높은 지형과 지질특성을 가지고 있다. 따라서 우보단층이 통과하는 지역에서의 파쇄대의 영향범위를 규명하고 그로 인한 누수가능성을 평가할 필요성이 있다. 단층 파쇄대는 야외에서 육안 관찰을 통해 일차적으로 확인한 후, 시추조사나 물리탐사기법을 동원하여 방향과 연장성 등을 평가하는 것이 일반적이다. 이러한 조사기법

은 조사자의 주관과 경험에 많이 좌우되며 지하수 유동에 따른 미시적인 지화학적 변화를 평가하기에는 어려움이 있다. 이 연구는 단층의 영향권을 객관적으로 평가하기 위해 연속적으로 잘 발달된 암층이 존재하는 지역에서 규칙적으로 시료를 채취한 후 지화학적 분석을 통해 단층 파쇄작용시 또는 파쇄작용이후 지하수 유동에 의해 발생될 수 있는 암석조성 변화를 조사하여 단층 파쇄대의 영향범위를 정량적으로 밝히고자 하였다.

## 지형 및 지질

경북 군위군 일대는 백악기 퇴적암층과 환상형의 화산복합체가 주를 이루고 있다(Fig. 1). 기반암인 퇴적암층은 주로 셰일과 사암으로 구성되며, 하부로부터 점곡층, 사곡층(합암층), 춘산층(반야월층), 신양동층(화산

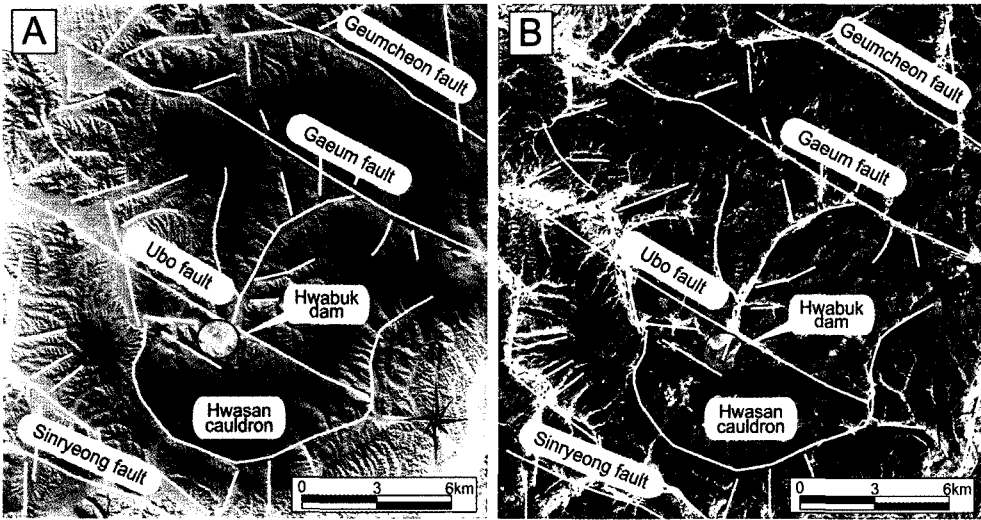


Fig. 2. Lineament of the study area. (A) DEM(digital elevation model), (B) Landsat 5TM.

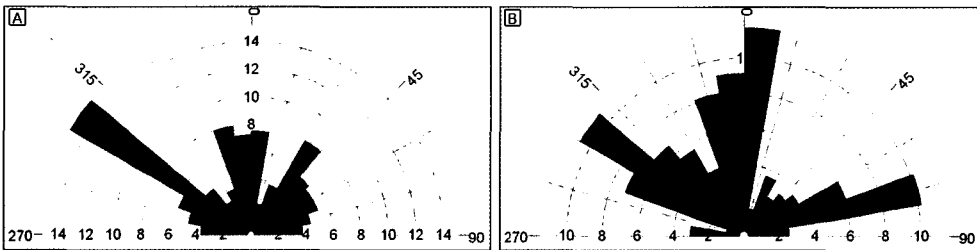


Fig. 3. Rose diagrams of (A) the length and (B) the density of the lineament.

층)으로 구분된다(원종관 외, 1980; 장기홍 외, 1984). 환상형 화산복합체의 중앙부는 화산옹회암, 유문암, 유문암질 결정옹회암 및 유문암질 용결옹회암으로 구성되어 있으며, 주변부는 관입옹회암의 암맥이 주를 이루는 외각부와 반려암의 암주와 화강암의 환상암맥이 내각부를 이루는 2중 구조를 이루고 있다(윤성효, 1988).

광역지형 및 지질구조를 분석하기 위해 음영기복도와 인공위성영상을 분석하였다(Fig. 2). 광역적 음영기복도를 작성한 결과 환상형 함몰구조인 화산콜드론이 남부지역에서 명확히 관찰되며 서북서-동남동의 구조선인 금천단층, 가음단층, 우보단층, 신령단층등이 관찰된다. 이지역의 주구조선은 연장성을 고려할 때 N50-60°W 방향이 우세하며 빙도를 고려할 때 N20°W-N10°E 방향이 우세하다(Fig. 3). 우보단층은 화북댐의 주 하천인 위천을 중심으로 동부지역은 비교적 뚜렷한 직선형 계곡을 형성하고 풍화대의 심도도 깊은 편이나, 서부지역은 상대적으로 소규모의 단층들로 분절된 형태를 이루며 낮은 구릉형 지형을 형성한 후 우보지역으

로 가면서 다시 넓은 직선형 평지를 이룬다. 댐의 저수유역을 고려할 때 깊은 계곡을 형성하고 있는 동부지역은 누수가능성이 낮으나 낮은 구릉지형을 형성하며 단층이 가로지르는 우측 분수령은 인접계곡과 폭도 좁아 댐 건설후 저수시 누수가능성이 높은 지형 및 지질 특성을 가지고 있다(Fig. 4).

우보단층이 통과하는 화성리일대는 유문암질 결정질 옹회암으로 구성되어 있다. 유문암질 결정질 옹회암은 세립질의 기질부가 대략 60-70% 정도를 차지하며 0.5-3 mm 크기로 아원상 내지 일부 용식된 구조를 보이는 석영 반정이 특징적으로 나타난다. 사장석은 주로 올리고클레이스에서 안데신( $An_{15-38}$ )에 해당하며 정장석도 다수 관찰된다. 부수광물로는 견운모, 방해석이 존재하며 인접지역에 비하여 암편의 함량은 비교적 적은편이다(Fig. 5). 정밀 지표지질조사 결과 분수령 주변에서 우보단층 통과예상지에는 폭 40-50 cm 정도의 N57°W방향의 F2 단층과 폭 10-35 cm 정도의 F1 단층이 관찰되며 주변에 다수의 소단층들이 관찰된다(Fig. 6, Table 1).

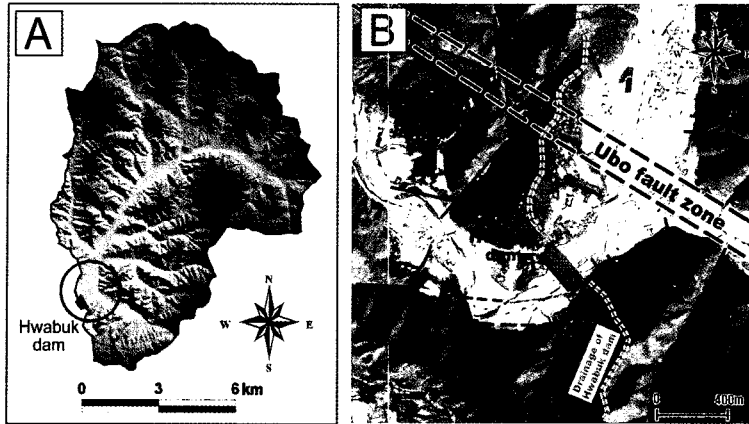


Fig. 4. (A) Drainage and storage area of the Hwabuk dam. (B) lineament and inferred fracture zone of the Ubo fault at the Hakseongri based on the IKONOS image (1 m×1 m resolution).

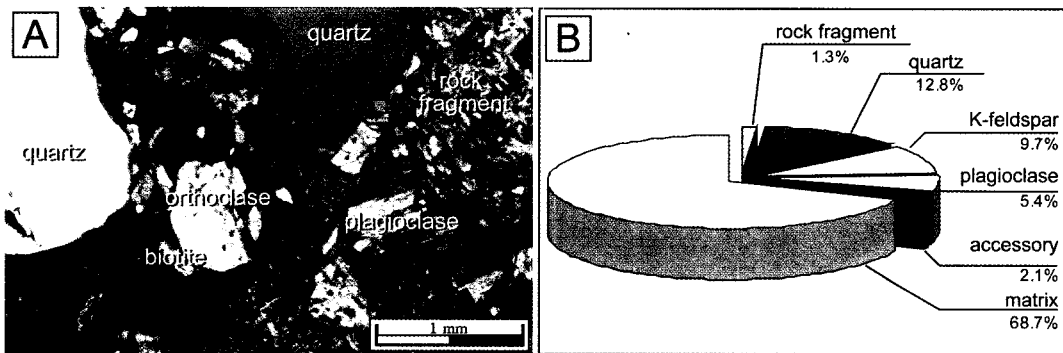


Fig. 5. (A) Microphotograph and (B) mode of the rhyolitic crystal tuff.

연장성이 좋고 규모가 큰 우보단층이 이 지역에서 비교적 작은 규모의 파쇄대를 형성한 이유는 대규모 단층이 분절되며 상대적으로 약한 파쇄작용을 일으킨 결과로 추정된다. 또한 단층 F1과 F2의 경우 우보단층이 기존에 좌수향 주향이동의 운동을 받은 것으로 알려진 것과는 달리 우수향 주향이동을 지시하는 단층조선이 관찰되어 좌수향 주향이동 이후에 이들 단층이 재활성되며 우수향 주향이동이 발생한 것으로 추정한다.

### 우보단층 파쇄대에 대한 지화학적 분석

#### 시료채취 및 분석방법

화북댐 우안부 분수령을 가로지르는 우보단층의 주요 파쇄대는 단층 F1, F2을 중심으로 발달되어 있다. 단층 F1는 단층의 진행방향이 분수령중 가장 낮은 능선부를 가로지르며 수물예정지에서는 단층 F2에 비해 좁은 범위의 파쇄대를 형성하나 분수령 너머에 있는

계곡부에서는 약 15 m폭으로 심한 파쇄대가 형성되어 있어 F2에 비해 누수위험성이 더 높을 것으로 판단하였다. 파쇄작용에 의한 영향을 평가하기 위해 단층 F1의 단층비지를 중심시료로 선택한 후 남북방향으로 각각 0.5 m, 1 m, 2 m, 4 m, 8 m, 16 m, 32 m 떨어진 지점에서 총 15개의 시료를 채취하였다. 주성분원소에 대한 분석은 X-선 형광분석기(XRF)를 이용하였다. 주성분원소는 약 2g의 잘 분쇄된 분말시료를 백금도가니에서 용제(Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>)와 1 : 5의 비율로 혼합하여 1200°C의 버너로 가열하여 완전히 용융시켜 유리구(glass bead)를 제작한 후 한국기초과학지원연구원 서울분소의 XRF (Philips PW2404)를 이용하여 분석하였다. 조암광물의 상대적 함량비는 X-선 회절분석기(XFD)로 측정된 분말 회절 패턴에 대해 Rietveld 법에 기초한 결정질 조성 정량분석프로그램인 SIROQUANT를 이용하여 구성 광물의 정량분석을 실시하였다. 분석기기는 한국기초과학지원연구원 서울분소에 보유중인 Philips X'pert

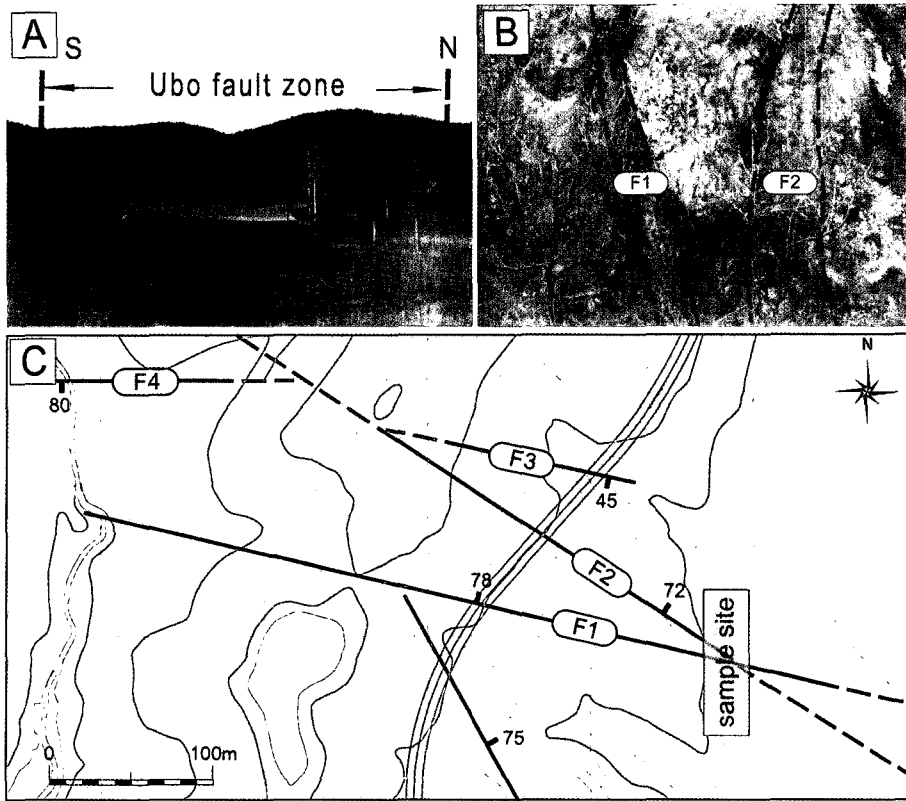


Fig. 6. (A) Distant view and (B) near view of the Ubo fault zone, and (C) lineament of several minor fault of the Ubo fault zone.

Table 1. Characteristics of the faults at the Hakseongri area

	Direction	Width	Filling	Remark
F1	N77°W/78°NW	10-35 cm	fault gouge: <10 cm fault breccia: <20 cm	dextral strike slip
F2	N57°W/72°NE	40-50cm	fault gouge: hard to found fault breccia: 40-50 cm	dextral strike slip
F3	N78°W/45°SW	3-5 cm	fault gouge: 3-5 cm fault breccia: poorly developed	dip slip (normal fault?)
F4	EW/80°S	30-40 cm	fault gouge: 30 cm fault breccia: poorly developed	sinistral strike slip

MPD를 이용하여 step scan(step size: 0.02° 2θ, step time: 10초)으로 측정하였으며 사용된 X-선은 Cu-Kα이다.

**암석 화학조성에 따른 변화**

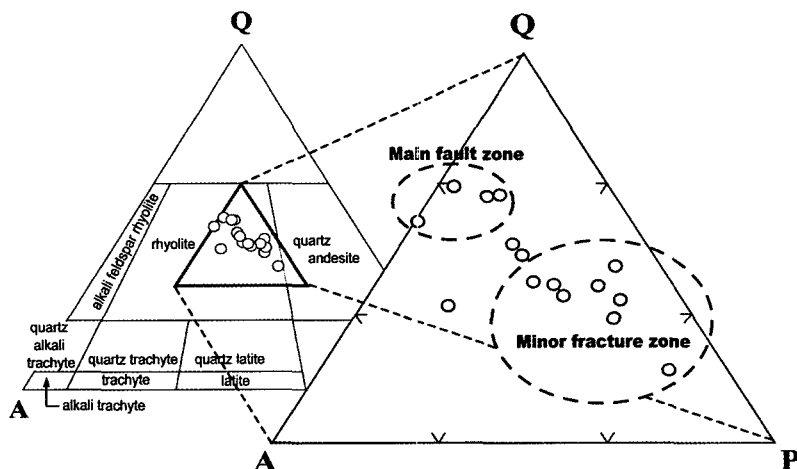
우보단층대가 통과하는 결정질 응회암의 SiO<sub>2</sub> 함량은 70.74-74.18 wt%로 유문암질에 해당하며 화산암으로서의 지화학적 특성은 윤성효(1988)에 의해 보고된 결과들과 유사하다(Table 2). 단층영향권에 대한 지화

학적 분석을 위해 CIPW norm 계산을 실시한 후 이를 Q-A-P 다이어그램에 도시한 결과 단층의 부영향권에서 주영향권으로 갈수록 사장석 함량이 감소하는 경향을 보인다(Fig. 7). 단층을 중심으로 거리에 따른 주성분의 변화양상을 관찰하기 위해 각 산화물들의 조성변화를 도시화하였다(Fig. 8). SiO<sub>2</sub>의 함량은 남측 16 m 지점의 시료를 제외하고 단층에 근접할수록 증가하나 단층에서는 급격히 감소한다. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>도 단층에 접근하

**Table 2. Chemical composition of major element and CIPW normative composition of the rhyolitic crystal tuff.**  
(unit: wt%)

Location (m)	S-32	S-16	S-8	S-4	S-2	S-1	S-0.5	center	N-0.5	N-1	N-2	N-4	N-8	N-16	N-32
SiO <sub>2</sub>	73.04	74.06	72.16	72.30	72.98	73.67	73.99	71.44	74.18	73.43	71.34	72.79	72.35	71.56	70.74
TiO <sub>2</sub>	0.32	0.32	0.31	0.32	0.30	0.31	0.31	0.30	0.32	0.31	0.28	0.34	0.30	0.35	0.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.00	13.51	13.00	13.43	13.03	13.48	13.36	13.81	13.55	13.93	12.73	12.98	12.93	14.87	13.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	1.90	1.78	1.91	2.11	1.07	1.98	2.65	2.05	2.48	2.89	2.45	1.68	2.54	1.75	2.62
MgO	0.36	0.34	0.44	0.50	0.45	0.51	0.64	0.65	0.56	0.67	0.52	0.44	0.43	0.52	0.49
MnO	0.11	0.06	0.11	0.05	0.05	0.04	0.13	0.01	0.03	0.02	0.20	0.08	0.10	0.00	0.13
CaO	1.57	0.47	1.65	1.15	1.22	0.51	0.20	0.26	0.16	0.19	2.34	1.49	1.16	0.17	2.48
Na <sub>2</sub> O	2.78	2.76	2.96	2.51	2.65	2.59	2.45	1.96	2.16	2.36	2.49	2.79	2.77	2.60	3.10
K <sub>2</sub> O	3.49	4.26	3.84	4.30	4.18	4.24	3.99	4.75	4.35	4.08	3.65	3.78	4.13	5.11	3.68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.12
LOI	3.00	1.66	2.58	2.35	2.41	2.01	1.76	1.82	1.60	1.92	3.58	2.58	2.30	1.81	1.91
Total	99.67	99.31	99.04	99.10	98.42	99.42	99.57	97.13	99.46	99.89	99.65	99.04	99.08	98.81	99.61
CIPW norm															
Q	41.23	41.40	37.63	39.53	40.10	41.84	44.27	42.53	44.96	43.81	38.86	39.90	38.77	37.08	33.67
C	2.04	3.77	1.19	2.80	2.17	3.99	4.92	5.38	5.27	5.58	0.63	1.83	2.02	5.08	0.55
Or	21.36	25.80	23.54	26.29	25.75	25.74	24.13	29.48	26.29	24.63	22.47	23.18	25.24	31.15	22.28
Ab	24.31	23.89	25.93	21.93	23.33	22.47	21.17	17.38	18.65	20.36	21.90	24.45	24.19	22.65	26.81
An	7.52	1.85	7.94	5.42	5.82	2.06	0.53	0.86	0.33	0.42	11.54	7.12	5.46	0.33	11.88
Hy	0.93	0.87	1.14	1.29	1.17	1.31	1.64	1.70	1.43	1.71	1.35	1.14	1.11	1.34	1.25
HyEn	0.93	0.87	1.14	1.29	1.17	1.31	1.64	1.70	1.43	1.71	1.35	1.14	1.11	1.34	1.25
Mt	0.37	0.20	0.37	0.17	0.17	0.13	0.43	0.03	0.10	0.07	0.68	0.27	0.34	0.00	0.43
Hm	1.71	1.68	1.72	2.06	1.00	1.94	2.41	2.13	2.46	2.90	2.08	1.55	2.39	1.80	2.38
Ap	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.20	0.18	0.18	0.18	0.20	0.20	0.20	0.18	0.20	0.27
Q	43.67	44.54	39.59	42.43	42.21	45.42	49.13	47.12	49.83	49.10	41.00	42.16	41.39	40.65	35.58
A	22.62	27.76	24.77	28.22	27.11	27.94	26.78	32.66	29.14	27.61	23.71	24.49	26.95	34.15	23.54
P	33.71	27.70	35.64	29.35	30.68	26.63	24.08	20.21	21.04	23.29	35.29	33.35	31.66	25.19	40.88

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*: total FeO; LOI=loss on ignition



**Fig. 7. Q-A-P diagram of the rhyolitic crystal tuff.**

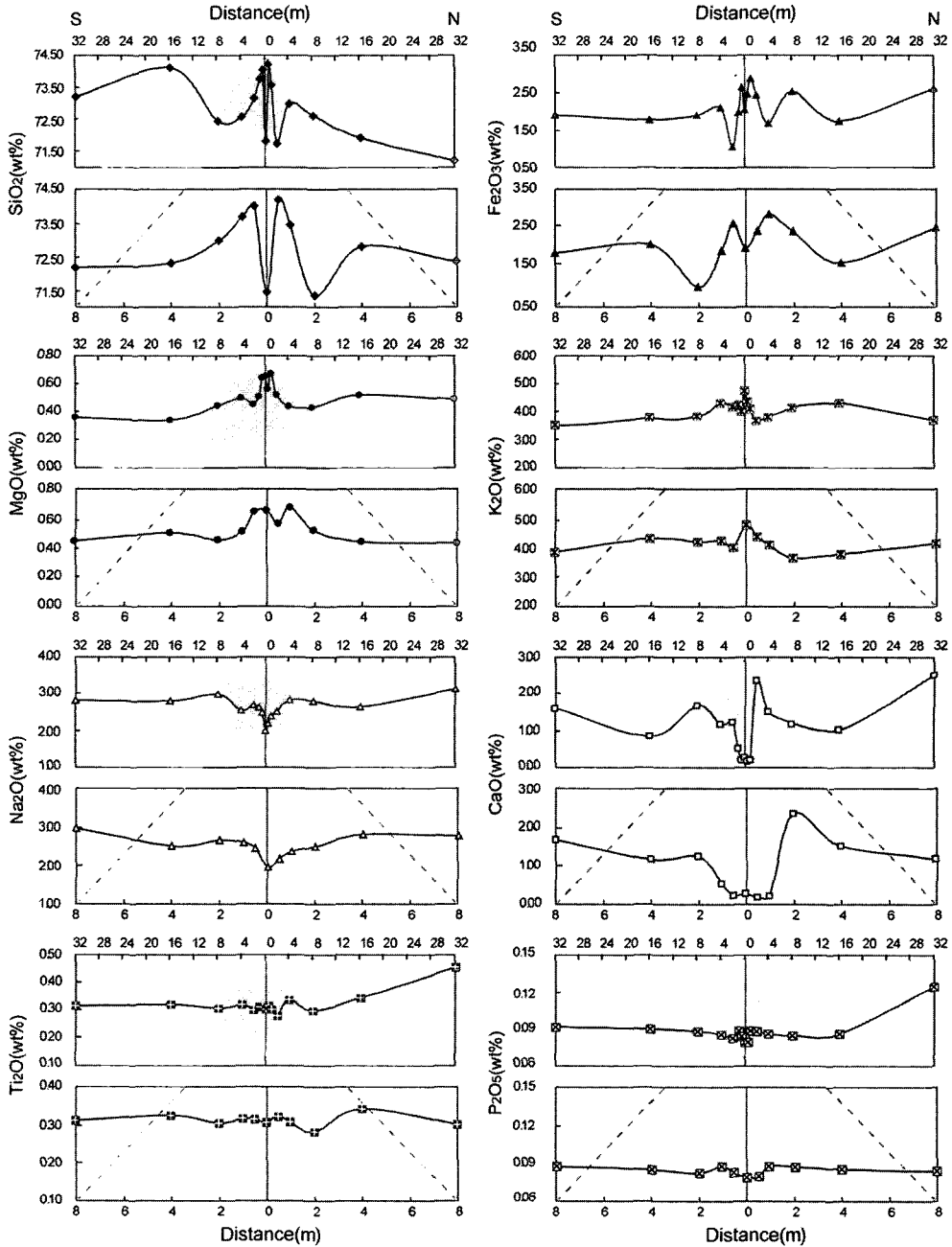


Fig. 8. Compositional variations of the oxides toward the distance.

며 일부구간에서 낮아지나 전반적으로 증가하는 양상을 보인다. MgO과 K<sub>2</sub>O는 비교적 뚜렷하게 증가하는 양상을 보인다. Na<sub>2</sub>O는 단층에 근접할수록 함량이 감소하는 양상이며 CaO는 남북으로 각각 16m 지점에서 낮아지나 단층 중심부에서는 뚜렷하게 감소하는 양상

이 특징적이다. TiO<sub>2</sub>와 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 암석내의 함량도 적고 거리에 따른 변화도 거의 없다.

#### 조암광물 함량에 따른 변화

암석의 분말시료에 대한 X-선 회절분석을 통한 정

Table 3. XRD quantitative analysis of the rhyolitic crystal tuff

(unit: wt%)

Location (m)	S-32	S-16	S-8	S-4	S-2	S-1	S-0.5	Center	N-0.5	N-1	N-2	N-4	N-8	N-16	N-32
Quartz	43.30	38.10	37.50	33.30	43.70	44.10	38.70	43.60	47.60	43.10	48.00	46.20	42.80	36.10	34.30
Albite (low)	26.60	24.60	27.20	26.10	21.40	23.10	27.10	17.90	19.90	19.80	19.00	25.00	25.10	28.50	30.00
Anorthite	2.00	4.10	3.50	2.90	5.20	3.90	0.70	3.60	4.00	5.80	3.20	1.40	0.60	0.30	-
Biotite	4.40	4.50	2.90	3.00	3.20	2.90	1.60	1.20	1.90	0.00	5.50	5.30	4.80	4.70	3.60
Chlorite	3.30	3.50	4.00	6.20	2.80	3.20	7.10	3.90	4.40	5.20	2.20	1.40	2.30	1.80	6.00
Illite	0.40	-	-	-	-	-	-	4.30	-	1.30	-	0.20	-	1.20	0.40
Mica	8.10	5.20	8.40	5.30	5.00	5.90	4.50	3.70	9.00	8.10	7.70	5.70	6.30	7.20	10.70
Muscovite	0.40	0.70	-	1.30	-	-	-	5.90	1.40	-	0.50	2.30	-	-	-
Orthoclase	10.40	15.80	12.90	14.40	18.20	12.40	14.40	11.20	6.70	14.60	11.70	10.30	13.90	15.70	8.90
Microcline	1.20	3.40	3.50	7.70	0.00	4.60	5.90	4.30	5.10	1.90	2.00	2.10	4.30	4.20	6.00
Vermiculite	-	-	-	-	-	-	-	0.30	-	-	-	-	-	0.30	-
Sanidine	-	-	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	100.10	99.90	99.90	100.20	100.00	100.10	100.00	99.90	100.00	99.80	99.80	99.90	100.10	100.00	99.90

량분석방법은 최근 비약적인 발전을 이루고 있음에도 불구하고 그 신뢰도는 비교적 낮은 편이며 특히 운모류와 점토류에 대한 구분에는 어려움이 있다. 세립질로 이루어진 기질부와 압편 내지 반정상을 이루는 석영, 장석류 등이 혼재되어 있어 정확한 모달분석이 어려운 결정질응회암에 대해 보조적으로 수단으로 X선 회절분석을 이용한 조성광물의 정량화를 시도하였다. 조암광물의 상대적 함량비는 X선 회절분석기(XFD)로 측정된 분말 회절 패턴에 대해 Rietveld 법에 기초한 결정질 조성 정량분석프로그램인 SIROQUANT를 이용하여 구하였다. X선 회절분석에 의해 검출된 결정질 응회암의 구성광물은 석영, 장석류, 운모류, 녹니석, 일라이트 등으로 현미경적 관찰과 일치하고 있다(Table 3). 석영의 함량은 남측 32 m 지점의 시료를 제외하면 단층 중심부로 갈수록 증가하는 양상을 보인다(Fig. 9). 알칼리장석은 양 끝단에서 낮은 값을 보이는 것을 제외하면 중앙부로 갈수록 감소하는 경향을 보인다. 사장석과 흑운모는 중앙부로 가면서 감소하는 경향이 가장 뚜렷하며 백운모+운모와 녹니석은 중앙부로 가면서 증가하는 경향을 보인다.

## 토 의

저수역내에서 육안상 관찰되는 단층파쇄대의 범위는 단층 F1과 F2를 포함하여 2 m 내외로 파악되나 노두를 덮고 있는 이끼류에 의한 식생과 표면 풍화작용으로 인해 파쇄대를 연속적으로 관찰하기 어려운 상태였다. 파쇄작용으로 인해 발생한 미세구조들을 관찰하기 어려운 환경에서 암석의 화학조성과 구성광물의 함량변화를 위주로 단층영향권을 파악하기 위한 조사를

수행하였다. X선 회절분석에 의한 광물함량비와 X선 형광분석에 의한 산화물의 함량간의 상호관계를 직접 비교하기는 어려우나 주구성광물의 대표 양이온을 이용하여 광물간의 상호관계와 주성분의 변화양상을 비교해볼 수 있다. 단층대에 접근하며 함량이 감소하는 대표적 양이온인 CaO는 사장석, 일부 알카리장석, 방해석을 구성하는 주성분이다. 사장석은 CaO와 함께 파쇄대에 접근할수록 감소하며 그 영역이 대략 남북으로 각각 1 m 구간에 해당한다. MgO는 흑운모와 녹니석을 구성하는 주성분으로 흑운모와는 다른 경향을 보이며 녹니석과는 동일한 양상을 보여 흑운모가 풍화되며 녹니석화가 되었음을 알 수 있으며 그 범위는 대략 1.5 m에 해당된다. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 흑운모가 풍화되어 녹니석이 형성되는 동일한 현상을 거쳤을 것이며 또한 지하수를 따라 유동한 Fe<sup>3+</sup> 이온이 철 산화물형태로 침전되어 단층대에서 부화되었을 가능성이 높다. K<sub>2</sub>O는 운모류와 알카리장석 등 다양한 구성광물의 주성분을 이룬다. 알칼리장석은 파쇄대 북측 4 m 구간까지 감소하며 이에 반해 백운모+운모는 높게 나타난다. 암석 내에 백운모 내지 견운모들이 정장석 내부의 풍화산물로 나타나고 있는 것과 일치되는 결과이다. SiO<sub>2</sub> 함량과 석영의 함량을 직접적으로 비교하기는 무리가 있으나 상대적으로 SiO<sub>2</sub> 함량이 낮은 단층 파쇄대에 인접한 중앙부에서 석영이 함량이 높게 나온다. 이는 화산암의 정출과정과 밀접한 관련이 있을 가능성도 있으나 상대적으로 풍화에 강한 석영이 많이 남은 결과일 수도 있다. 이러한 패턴은 석영과 사장석간의 관계를 고려할 때 정반대의 양상을 보이고 있어 파쇄대를 따라 유동하는 지하수의 흐름에 의해 사장석은 풍화작용을 받아 감소하고 석영은 농집된 결과로 추정된다. 이상



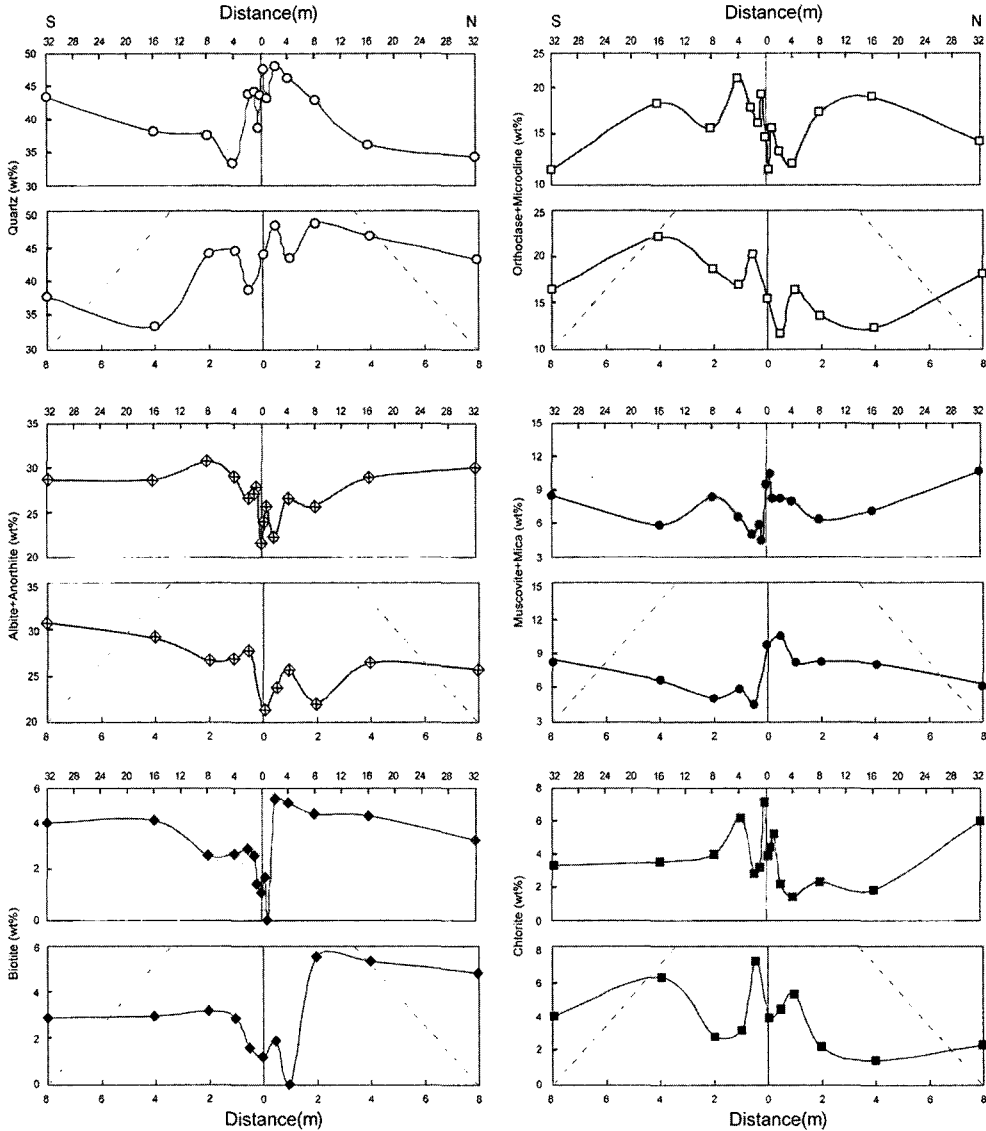


Fig. 9. Variations of the mineral contents toward the distance.

의 결과들을 종합적으로 평가하여 단층파쇄대의 영향 범위를 설정하면 다음과 같다. 비교적 뚜렷한 변화양상을 보이는 CaO, MgO, 흑운모 함량변화를 고려할 때 단층에 의한 직접적인 영향은 단층을 중심으로 남북 각각 1m에 해당하는 총 2m의 구간을 중심구간으로 설정하였고 야외에서 확인된 결과와 일치한다. Na<sub>2</sub>O, 알칼리장석, 사장석등을 고려할 때 남북 각각 4m에 해당하는 총 8m 구간을 2차 영향대로 설정하였다. 석영과 사장석의 변화를 고려하여 북측으로 8m 지점까지 그리고 흑운모의 변화를 고려하여 남측 8m 지점

까지 총 16m 구간을 3차 영향대로 설정하고 이 범위를 학성리 서측부를 통과하는 우보단층의 최대영향범위로 설정하였다. 이러한 결과는 분수령 넘어 서쪽의 계곡부 하상에서 관찰되는 파쇄대의 폭과 대체로 일치한다.

## 결 과

1. 화북댐 건설예정지 북측 1km을 통과하는 우보단층은 총 연장 20km 내외의 대단층이나 학성리일대에

서 소규모의 단층들로 분절되며 다른 지역에 비해 상대적으로 단층의 영향이 적고 낮은 구릉형 지형을 이루고 있다.

2. 학성리일대는 유분암질 결정질 응회암이 주를 이루고 있으며 우보단층을 중심으로 남북방향으로 규칙적인 시료를 채취한 후 X-선 형광분석과 X-선 회절분석을 통해 광물과 화학조성의 변화를 조사하였다.

3. 암석의 화학조성과 광물조성의 변화를 관찰한 결과 학성리일대에서 우보단층의 영향범위는 중심지역이 총 2m의 연장을 보이며, 2차 영향대는 총 8m의 연장을 이루며 최대 영향범위는 총 16m의 연장을 가진다.

### 감사의 글

본 조사를 수행할 수 있게 도와주신 화북댐 건설공사 대안설계에 참여한 (주)대우건설과 (주)삼안건설기술공사 관계자 여러분, 야외조사에 도움을 주신 정상원 박사님과 박달 대리 그리고 XRF와 XRD 분석에 도움을 주신 기초과학지원연구원의 박찬수 박사님에게 감사드립니다. 또한 부족한 내용에 많은 조언을 주신 진명식 박사님과 홍세선 박사님에게 감사드립니다.

### 참고문헌

- 김봉균, 정창희, 김수진, 양승영, 1981, 1:50,000 지질도 대 울도폭, 29.
- 석동우, 도성재, 1994, 의성지역에 분포하는 백악기 화산암류에 대한 대자율 이방성연구. 자원환경지질학회지, 27, 4, 411-420.
- 윤성호, 1988, 화산 환상화성암복합체의 발달사 및 콜드론 구조. 지질학회지, 24, 3, 267-288.
- 원종관, 윤선, 소철섭, 1980, 1:50,000 지질도 신령도폭, 21.
- 이병주, 황재하, 1997, 경상분지 북동부에서의 가음단층과 양산단층의 관계. 지질학회지, 33, 1, 1-8.
- 장기홍, 이유태, 이영길, 서승조, 오규영, 이창훈, 1984, 경상속 유천층군 기저의 부정합. 지질학회지, 20, 1, 41-50.
- 최범영, 이승렬, 최현일, 2000, '가음단층계'의 분포와 운동 특성에 대하여. 대한지질학회, 대한자원환경지질학회, 한국석유지질학회, 한국암석학회 2000년도 추계공동학술발표회 초록집, 62.
- Choi, P., Lee, S.R., Choi, H., Hwang, J., Kwon, S., Ko, I. and An, G., 2002, Movement history of the Andong Fault System: Geometric and tectonic approaches. Geosciences Journal, 6, 2, 91-102.

(2004년 7월 5일 접수; 2004년 8월 12일 채택)