

## 키르기스스탄 촌아슈 지역 화강섬록암질암 및 사질원 퇴적암의 지화학적 특징

김수영\* · 지세정 · 박성원

한국지질자원연구원, 해외광물자원연구실

### Geochemical Characteristics of Granodiorite and Arenaceous Sedimentary Rocks in Chon-Ashuu Area, Kyrgyzstan

Soo-Young Kim\*, Sei-Jung Chi and Sung-Won Park

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 124-Gwahang-no Yuseong-gu, Daejeon, Korea

Chon-Ashuu copper mining claim area is located, in terms of the geotectonic setting, in the northern part of the suture line which is bounded with the marginal part of Issik-kul micro-continent on the southern part of North Tien-Shan terrane. The geological blocks of Chon-Ashuu districts belong to the southern tip of Kazakhstan orocline. The rock formation of this area are composed of the continental crust or/and arc collage and the paleo-continental fragments-accretionary wedge complex of pre-Altai orogenic materials. ASI(Alumina Saturation Index) of Paleozoic plutonic rocks in Chon-Ashuu area belong to the peraluminous and metaluminous rocks which were generated from fractional crystallization of Island and volcanic arc crusts in syn-post collisional plate. The geology of the Chon-Ashuu area consists of upper Proterozoic and Paleozoic rock formations. According to Harker variation diagrams for Chon-Ashuu arenaceous sedimentary rocks, the silty sandstone of Chon-Ashuu area showing the mineralogical immaturity were derived from Island arc or the marginal environments of active continent in Cambro-Carboniferous period. Numerous intrusive rocks of Chon-Ashuu area are distributed along north east trending tectonic structures and are bounded on four sides by the conjugate pattern. The most common type of the plutonic rocks are granodiorite and monzodiorite. According to the molecular normative An-Ab-Or composition (Barker, 1979), the plutonic rocks in Chon-Ashuu area are classified into tonalite - trondhjemite - granodiorite (TTG) series which are an aggregation of rocks which is the country rock of copper mineralization, that are formed by melting of hydrous mafic crust at high pressure.

**Key words** : Tianshan terrane, orocline, ASI(peraluminous, metaluminous), TTG

연구지역의 조구조 위치는 북부 천산지괴 남단의 이식물 미세지각 연변부 봉합선 북부에 위치한다. 지구조적으로는 카지흐 만곡조산대에 속한다. 암층은 알타이드 조산복합대 이전의 대륙지각이나 대륙호 및 화산호에 발달되는 고 지각 (Paleo- continent) 조각들과 지각 퇴적물의 부가복합체(Accretionary complex)등으로 구성되어 있다. 이들은 대부분 후기 원생대 및 고생대충으로 구성되어 있다. 중앙아시아 조산대의 마그마 활동은 고 생대 초부터 화강암류가 관입하기 시작하여 고기-테티스 해양(Paleo-Tethys ocean)의 소멸과 함께 시베리아 지괴(Siberia- Kazakhstan 미세대륙)와 타림-북중국 지괴의 대륙 충돌기(期)인 후기 데본기에서 전기 석탄기까지의 기간 동안 가장 활발하게 진행되었다. 이 기간에 키르기스스탄의 광화작용이 집중적으로 일어났는데 주로 조산운동과 관련된 금광화작용(Orogenic gold deposit)과 섭입작용과 관련된 반암 동광화작용 및 스킨 광화작용이다. 촌아슈에 분포하는 화강암류의 암석지화학 특징은 전술한 섭입작용과 관련된 도호(Island arc)나 화산호(Volcanic arc)의 화학적 특징을 갖는 영역에 해당한다. 이들은 대부분 과알루미나(per-aluminous) 내지 메탈알루미나(metaluminous) 계열의 암체들로서 동시 혹은 후 충돌 마그마호에서 유래된 특징을 보이고 있다. 촌아슈 광구지역의 지질은 캄브리아기에서 오도뷔스기의 해양 분지에서 형성된 육성 화산퇴적물로 구성된 Sokolot suite, Ashuairyk suite 층과 석회석, 이질암 등으로 구성된 캄브리아기의 Turgenaksuu suite 및 오도뷔스기의 Tashtambektan suite로 형성되었다. Pangea 육괴와 Angarida 대륙 충돌 단계인 중기 고생대에는 내해(內海) 퇴적층인 석탄기의 투룩층군(Turuk Stratum)이 형성되었다. 사암과 이질암은 해양 도호(島

\*Corresponding author: syk@kigam.re.kr

弧)나 활동성 대륙 연변부 환경에서 퇴적된 층으로 분류된다. 이 지역의 동 광화대 모임이 되고 있는 관입암체로는 석영섬록암-몬조섬록암-섬록암과 토날라이트-화강섬록암 계열의 암석이 있다. 촌아슈 광구에는 주로 적철석으로 되어 있는 철산화대가 광범위하게 발달하고 있다. 이 철산화대는 타슈탐백토르스크 섬록암 복합체와 상부 리피안기와 캄브리아기의 변성 및 퇴적암 층군의 NE와 NW의 공액구조나 산포상으로 분포한다. 동 광화작용은 철 광화작용 이후 섬록암의 카리 변질작용과 규화작용 및 탄산염화 작용을 수반하면서 전기 타슈탐백토르스크 섬록암 복합체 및 상부 리피안기와 캄브리아기의 변성 및 퇴적암 층군에 망상 또는 산포상의 열수 세맥군으로 배태된다.

**주요어 :** 천산, 카자흐 만곡조산대, 테티스해, 과알루미나, 메타알루미나

## 1. 서 론

키르기스스탄은 지구조적으로 카자흐 만곡 조산대(Kazakh orocline)에 속하고, 분포되는 암층은 알타이드 조산 복합대 이전의 대륙지각이나 화산호에 발달되는 고 기대륙지각(paleo-continent crust)의 조각들과 지각 퇴적물로 구성된 부가복합체(accretionary complex) 등으로 구성되어 있다. 이들은 대부분 후기 원생대 및 고생대층으로 구성되어 있으며 북부 천산(Tien-Shan)지괴, 중부 천산지괴 및 남부천산지괴로 분류된다(Fig. 2).

후기 원생대에서부터 전기 고생대의 해양판이 시베리아 지괴로 섭입 함에 따라 고-테티스해(Paleo-Tethys Ocean)가 닫히고, 중기 고생대에 북 중국판과 타림판의 섭입작용에 의해 화강암 마그마 작용과 이와 관련된 광화작용이 발달하고 있다.

연구 지역은 지리상으로는 키르기스스탄 동측단 촌아슈(CHon-Ashuu) 지역에 위치하고 지구조 상으로는 북부 천산지괴의 남단에 중부 천산지괴와 접하고 있다.

연구 지역 남측에 발달하는 Sary-Dzhaz 강은 남부 천산지괴와 타림판의 경계가 되는 Nikolaev's Line 상에 있다(Fig. 2).

동(銅) 광화작용의 모임이 되는 화강섬록암류과 흑색 이질암의 성인연구는 동 광화작용과 층서의 이해를 돕는데 중요한 역할을 한다. 따라서 2009년 및 2010년 지표 지질조사와 시추탐사에서 취득한 자료를 토대로 동 광화대의 모임이되는 섬록암질암을 분류하고 암석 지화학적 특징을 통해 그 지구조적 성인을 연구하고자 한다.

### 1.1. 조사 및 탐사 연혁

1950-1951년대 러시아 지질학자(Knauf *et al.*)에 의한 K44-51B 1대 5만 지질도폭에는 동(銅)을 비롯하여 금-연(鉛)-아연 광화작용이 보고 된 바 있다. 또한 1984년 Grischchenko *et al.*에 의하여 암석지화학 탐사 등이 실시되었으며, 1988년에는 암석분류, 구조분석(Zaharo *et al.*) 등의 연구가 이루어 졌다. 2006년 촌아

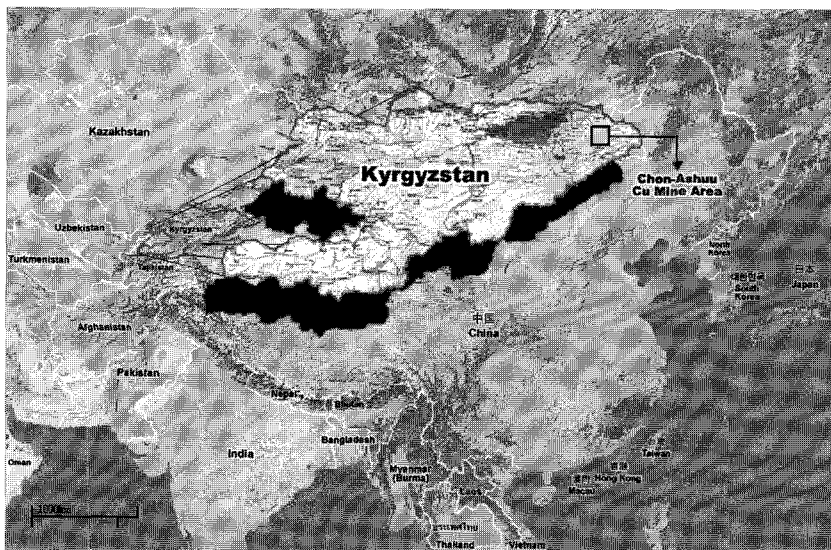


Fig. 1. Location of Kyrgyzstan and project area.

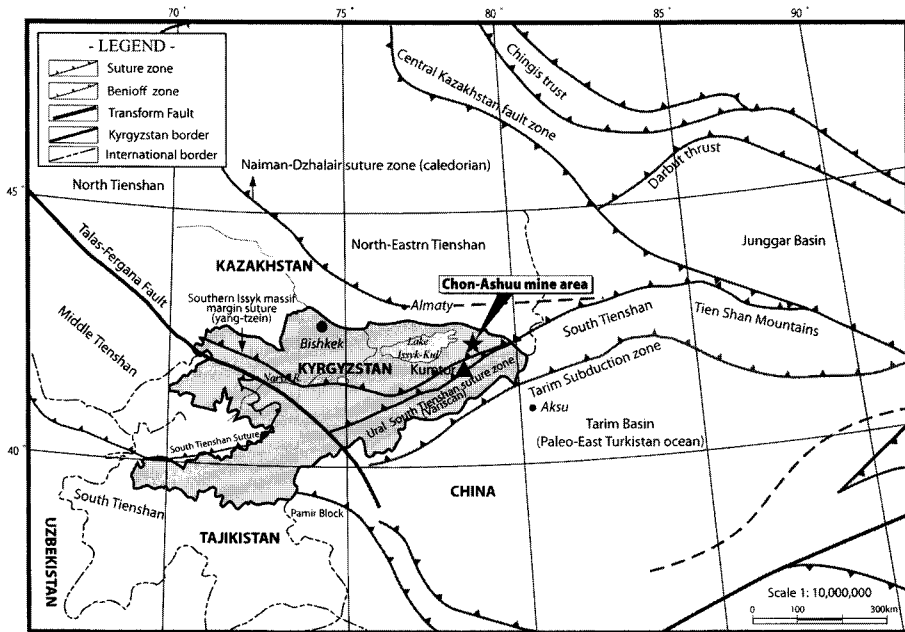


Fig. 2. Geotectonic blocks and structures of Kyrgyzstan and the adjacent area(3).

슈 지역 화강암질암과 지구조 환경(Dmitry Konopelko *et al*), 그리고 2007년의 혼아슈 광화대 지화학 탐사 (Alexander Neevin *et al*) 등 여러 지질학자에 의한 탐사 연구를 통하여 이 광구에 수개소의 동광화대 유망지역이 추천된 바 있다.

1.2. 위치

키르기스스탄은 북측으로는 카자흐스탄, 동측으로는 중국, 그리고 남측의 타지키스탄, 서측의 우즈베키스탄과 국경을 이루고 있는 중앙아시아 내륙 국가이다(Fig. 1). 사업지역은 키르기스스탄 이식쿨(Issyk-Kul) 지역에 해당하고, 행정구역상 익시이스카야 주, 악수이스키에 위치한다(Fig. 1).

2. 키르기스스탄 일반 지질

키르즈스탄은 지체구조 상 동유럽 강괴(East European craton), 시베리아 강괴(Siberia craton) 및 테티측(Tethysides) 지구조대의 중앙부에 해당하는 알타이드 조산 복합체(Altaid orogenic complex)에 위치한다(Fig. 3). 또한 키르기스스탄의 지구조 진화는 알타이드 조산복합체 이전의 대륙 지각의 조각으로 구성된 킱착호에서부터 발달되었고, 알타이드 조산복합체의 북서부에서 남동측으로 발달하는 카자흐 만곡조산대(Kazakh

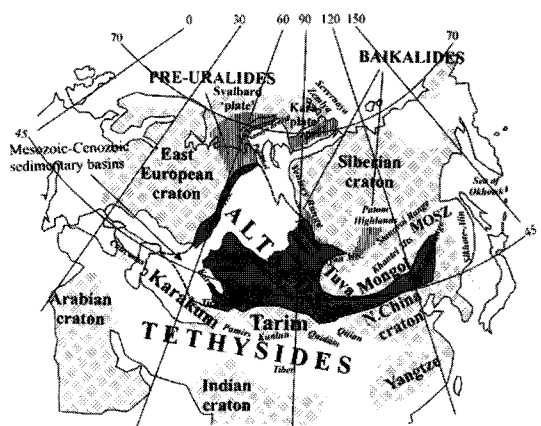


Fig. 3. The evolution of Central Asian Terrane and Altai Orogenic Collage (Yakubchuk, 2004).

orocline)에 해당한다. 남측은 카라쿰(Karakum)-타림(Tarim)판과 경계하고 있다.

키르기스스탄의 지질은 전기 원생대에서부터 중생대 이전(65 Ma)의 알타이드 조산 복합체와 중생대에서 신생대에 이르는 거대한 지구조 블록 등 2개의 암석 복합체들로 구성되어 있다. 전자는 퇴적암, 화성암 및 변성암들의 다양한 암상으로 구성된 복합체들로서 변형이 심하고, 후자는 약간의 석탄층을 수반하고, 변성작용이 거의 없었으며 주로 육성암석으로 구성되었다는

점이 특징이다. 중생대 이전 암석 복합체는 천산산맥을 형성하였고, 중생대-신생대 퇴적물은 중생대 이전의 육괴에 발달된 산맥 사이의 분지를 채우고 있다. 키르기스스탄의 지체 구조의 진화과정은 고생대 초기 고-테티스해(Paleo-Tethys ocean)가 점차적으로 소멸되어 가면서 시베리아 지괴와 카라쿰(Karakum)-타림(Tarim)-북중국 지괴의 소규모 대륙충돌에 의하여 시작된 섭입 운동과 이에 따른 지체구조 진화가 일어나고, 고생대 말에 나타나는 북중국 지괴와 남중국 지괴 간의 대륙 충돌과 이에 따른 남부 천산 조산운동과 화강암 관입 작용, 그리고 중생대 초기부터 나타나는 남중국 지괴와 인도차이나 블록 간의 대륙충돌, 신생대 중기부터 나타나는 인도차이나 블록과 인도 지괴 간의 대륙충돌(티베트 융기, 히말라야 조산운동) 등 단계적인 지각진화와 대륙 성장 과정이다.

요약하면 중앙아시아 조산대의 마그마 활동은 약 500 Ma 전인 고생대 초 부터 화강암류가 관입하기 시작하여 고-테티스 해양의 소멸과 함께 시베리아 지괴(Siberia-Kazakhstan 미세대륙)와 타림-북중국 지괴의 대륙충돌 기인 후기 테본기에서 전기 석탄기까지의 기간 동안 화성활동이 가장 활발하게 진행되었다. 이 기간에 키르기스스탄에는 광화작용이 집중적으로 일어났는데 주로 조산운동 관련된 금광화작용과 대륙의 섭입 작용에 수반된 도호 및 화산호와 관련된 반암 동광화 작용 및 스카른 광화작용이다.

### 3. 촌아슈 지질 광상

#### 3.1. 지질 및 지구조 특성

촌아슈 지역은 지구조 상 북부 천산지괴의 남단에 위치하고 타림판 북부 경계외의 접촉대에 해당한다. 천산지괴를 형성한 조산운동은 중기-고생대에 타림판-북중국판과 고기-카자스흐탄판(Paleo-Kazakhstan Plate) 간 충돌에 기인되었고, 그 후 변형작용은 타림분지에 있던 고-터키스탄해(Paleo-Turkestan Ocean)가 마지막으로 닫힌 후 일어났다.

이 연구 지역은 초대륙인 판게아(Pangea)의 형성 단계인 하부 원생대의 대리암, 편마암, 변성각섬암, 미그마타이트 층군으로 구성된 촌아슈 층군(Chon Ashuu Stratum)과 화강암류로 이루어진 Sary Dzhas 복합체를 기반암으로 하고 있다. 하부 캄브리아기-중기 오도뷔스기에는 고기해양 형성 단계로서 중부 천산지괴가 형성되고, 반면 화산호에서는 해저 화산과 대륙 화산형 화산 활동이 있었다. 이와 관련하여 타쉬탐베크트르스

크 관입암 복합체(Tashtambektorsk intrusive complex)의 화강섬록암류가 형성되었다.

캄브리아기-중기 오르도비스기에 형성된 고기 해양 분지에는 상부 리피안(Upper Riphean)기의 육성화산 퇴적물로 구성된 소코롯 층군(Sokolot Suite), 아슈아이릭 층군(Ashuairyk Suite) 그리고 석회암, 이질암 등으로 구성된 캄브리아기의 투루게낙수 층군(Turgenaksuu Suite) 및 타쉬탐베크탄 층군(Tashtambektan Suite)이 형성되었다.

판게아(Pangea) 육괴와 앙가리다(Angarida: 시베리아 육괴) 고대륙의 충돌이 있었던 단계인 중기 고생대는 고기 해양이 닫히는 마지막 단계로서, 이 때에는 내해(內海) 퇴적층인 석탄기의 투룩층군(Turuk Stratum)이 형성되었다. 이 후 해양이 닫힘에 따라 비교적 천해성 분지가 형성되고, 대륙 및 고립호 내에 대륙붕 퇴적물(그레이와케, 이질암, 혈암, 석회암, 화산성퇴적암 등이 퇴적되었다.

전술한 두 대륙의 충돌로 화강암 저반이 형성되고, 북-중부 천산 구조대가 중기 오르도비스기-하부 실루리아기에 형성되었다. 이때 대륙 연변부는 섭입작용의 영향을 받았고, 따라서 호(arc) 내외에 깊은 파쇄대가 형성된다. 이 파쇄대는 섭입 방향의 맥터 방향에 수직하는 압축장의 영향에 의해 형성되었다.

상부 석탄기-하부 페름기에는 남북 천산(Tien Shan)의 마그마 활동이 일어나는 작은 규모의 내부 판 변형이 형성된다. 닫혀진 얇은 내해에는 석회질 성분이 비교적 적은 퇴적물과 플리쉬(flysch) 퇴적물이 쌓였고, 이때에 해안선이 나타나게 되었다. 내해에는 먼저 형성된 광상이 부분적으로 노출된다. 이 시기는 북부 천산과 중부 천산의 또 다른 단계의 지구조 및 마그마 활동 단계로서, 남부 천산의 충돌에 의한 마그마 작용과 지구조 활동이 일어났다. V.A. Girschenko(1984)는 전술한 지구조 운동과 관련된 화강암질암에도 촌아슈 지역 등지에 금-은 접촉 교대작용이 일어났다고 보고한 바 있다.

#### 3.2. 광상개요

촌아슈 동(銅) 광화대는 화강질섬록암의 파쇄대를 모암하여 발달하는 세맥 혹은 산점상 광체와 점판암 혹은 혈암에 발달하는 각력대를 모암으로 하는 각력 충전광체로 구분된다. 전자는 하부-캄브리아기의 섬록암질암의 세맥 균열대에 분포하며 광석 광물은 주로 공작석(malachite :  $Cu_2(CO_3)(OH)_2$ )이나 남동석(azurite :  $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ ) 등 수산화 탄산염 광물이다. 후자

인 각력대에 발달하는 광상은 상부 리피안기의 흑색 점판암 또는 혈암을 모암으로 하여 황동석(chalcopyrite:  $CuFeS_2$ )을 주 광물로 하고 황철석을 수반한다.

지표에는 경철석을 주로 하는 철 산화대가 발달하며 압쇄 마찰에 의한 혼색을 나타낸다. 촌아슈 광구에 발달하는 동 광물에는 탄산염광물이나 산화물이 주로 배태되고 있어 공간 분포상 동 광상의 풍화대에 해당되는 것으로 판단된다.

동 광화작용의 모암이 되고 있는 화강섬록암체의 생성 지구조 환경은 대부분 화산호나 섭입대의 전후 충돌대에서 생성된 섬록암 복합체로 분류된다. 촌아슈 동 광화작용은 고-테티스 해의 소멸과 함께 시베리아 지괴와 카라쿰-타림-북중국 지괴와의 대륙 충돌기인 후기-데본기에서 전기-석탄기까지의 기간 동안 고 대륙 연

변부나 화산호에서 형성된 마그마원 열수에 의한 것으로 사료된다.

#### 4. 암석 지화학

##### 4.1. 지표 시료 및 분석 방법

분석은 지표에서 채취한 암석시료와 시추탐사에서 회수된 암석코어를 대상으로 실시하였다. 지표 시료는 총 249개이며 대부분 암편 시료로서 무게는 500 g에서 약 1 kg 이다. 시추코어 시료는 총 1,700개이며 이번 분류에 이용한 시료는 각 시추공에서 착맥한 암석의 대표 구간의 시료를 선정하였고, 각 시료는 시추코어 2 미터 구간의 시료이다. 화학분석은 미국 Act Lab과 캐나다 SGS의 몽골 지소에 병행 실시하였다.

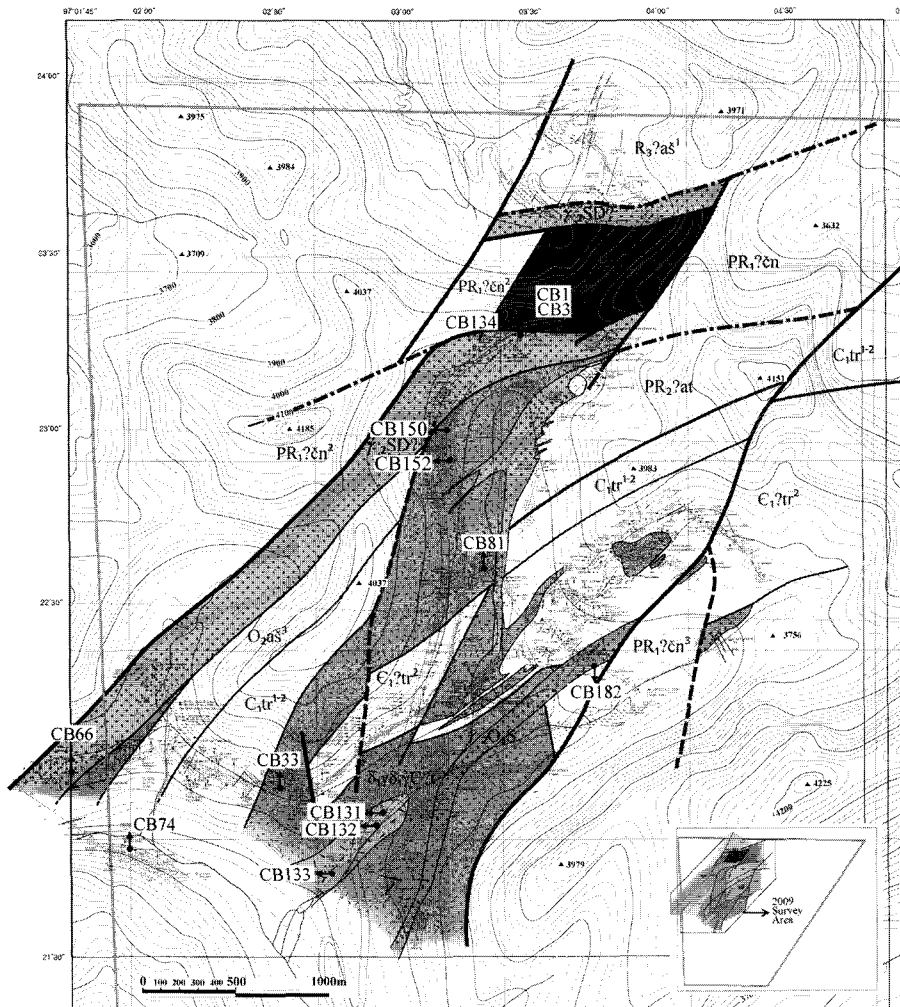


Fig. 4. The geological map and sampling site of Chon-Ashuu area, Kyrgyzstan.

Act Lab 분석소는 ICP AES 법과 NAA 법을 이용하여 분석하였다. 몽골 SGS는 AA법 및 건식 분석을 적용하였다. 지표 시료의 주성분 분석은 키르기즈스탄의 Karabalta 분석소에서 습식법이 적용되었다.

는 타쉬탐벡토르스크 섬록암 복합체과 캄브로 오르도비스기의 석회암 및 이질암층으로 구성된 투루게낙수층군과 아슈토르 층군이다(Figs. 4, 5). 이 퇴적암체는 지화학적 성숙도를 확인하여 퇴적환경의 지화학적 특징을 유추하고자 한다.

4.2. 암석 분류

이번 연구의 주 대상 암체는 동 광화대의 모암이 되

는 타쉬탐벡토르스크 섬록암 복합체는 중기 캄브리아기의 북중국판/타림판과 고기 카자흐스탄 판과의 충돌에

- LEGEND -

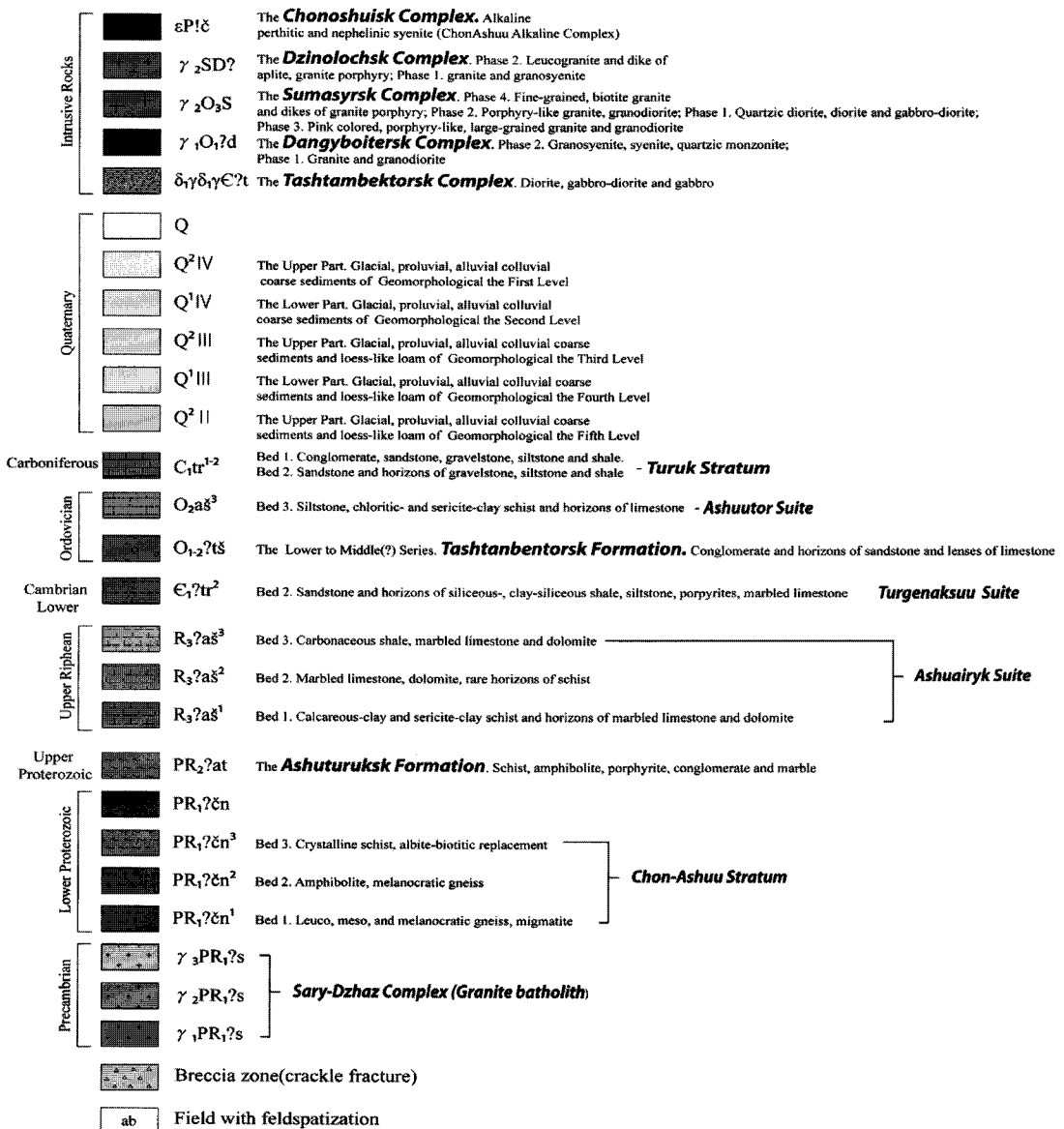


Fig. 5. The legend of L-44-51B geological quadrangle scaled 1 to 50,000 of Chon-Ashuu area, Kyrgyzstan.

의한 마그마 작용에 의해서 형성된 복합체로서 그 후 중기 오르도비스기, 실루리아기, 하부 석탄기에 일어난 북부, 중부 및 남부 천산 지괴 운동 등에 의해서 많은

조각들로 나뉘어 지고 이동되었다.

이 관입 복합체는 연구지역의 남부에서 중앙부로 관입하고 있으며, 관입 복합체 중에서 가장 규모가 크다.

**Table 1.** The major chemical compositions and cation proportion of granitoids from outcrops in Chon-Ashuu, Kyrgyzstan.

| Sample No.                     | CB-1         | CB-3        | CB-33        | CB-66        | CB-74        | CB-81        | CB-131       | CB-132       |
|--------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 54.9         | 58.2        | 49.5         | 63.3         | 70.2         | 50.1         | 39.1         | 37.9         |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.0          | 0.3         | 0.4          | 0.2          | 0.2          | 0.7          | 7.4          | 5.1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.8         | 13.4        | 16.3         | 13.9         | 12.9         | 16.1         | 17.2         | 15.2         |
| MgO                            | 5.1          | 1.1         | 4.8          | 0.3          | 0.7          | 2.5          | 9.9          | 11.1         |
| CaO                            | 2.1          | 0.6         | 4.5          | 1.5          | 0.7          | 4.6          | 7.6          | 0.0          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.0          | 0.0         | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.1          | 0.0          | 0.0          |
| MnO                            | 0.2          | 0.1         | 0.2          | 0.0          | 0.0          | 0.1          | 0.3          | 0.3          |
| FeO                            | 6.2          | 4.1         | 8.5          | 2.2          | 1.3          | 13.9         | 9.8          | 10.9         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.5          | 0.8         | 4.3          | 0.3          | 0.4          | 4.2          | 4.8          | 5.4          |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.4          | 5.9         | 4.0          | 4.1          | 3.9          | 5.0          | 4.9          | 5.0          |
| K <sub>2</sub> O               | 1.5          | 4.6         | 0.3          | 4.2          | 5.4          | 0.2          | 1.7          | 1.2          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.2          | 0.1         | 0.1          | 0.2          | 0.1          | 0.1          | 0.7          | 1.8          |
| Total                          | 95.9         | 89.2        | 92.9         | 90.3         | 95.5         | 97.7         | 103.5        | 94.0         |
| A/CNK                          | 1.2          | 0.9         | 1.1          | 1.0          | 1.0          | 1.0          | 0.7          | 1.6          |
| A/NK                           | 1.8          | 0.9         | 2.4          | 1.2          | 1.1          | 1.9          | 1.7          | 1.6          |
| ASI                            | 1.2          | 0.8         | 0.6          | 0.98         | 0.96         | 0.96         | 0.7          | 1.6          |
|                                | Peraluminous | Peralkaline | Peraluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Peraluminous |
| molecule proportion            |              |             |              |              |              |              |              |              |
| Si                             | 0.913        | 0.969       | 0.823        | 1.054        | 1.167        | 0.834        | 0.651        | 0.630        |
| Ti                             | 0.013        | 0.004       | 0.005        | 0.003        | 0.002        | 0.009        | 0.092        | 0.063        |
| Al                             | 0.155        | 0.131       | 0.160        | 0.136        | 0.126        | 0.158        | 0.169        | 0.149        |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0.028        | 0.005       | 0.027        | 0.002        | 0.002        | 0.026        | 0.030        | 0.034        |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0.086        | 0.057       | 0.119        | 0.031        | 0.018        | 0.193        | 0.136        | 0.152        |
| Mn                             | 0.002        | 0.001       | 0.002        | 0.001        | 0.000        | 0.002        | 0.004        | 0.004        |
| Mg                             | 0.127        | 0.026       | 0.118        | 0.008        | 0.017        | 0.063        | 0.247        | 0.276        |
| Ca                             | 0.038        | 0.011       | 0.081        | 0.027        | 0.012        | 0.082        | 0.135        | 0.000        |
| Na                             | 0.071        | 0.096       | 0.065        | 0.067        | 0.062        | 0.080        | 0.079        | 0.081        |
| K                              | 0.016        | 0.049       | 0.003        | 0.045        | 0.057        | 0.002        | 0.018        | 0.013        |
| P                              | 0.002        | 0.001       | 0.001        | 0.001        | 0.000        | 0.001        | 0.005        | 0.013        |
| Cr                             | 0.000        | 0.000       | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.001        | 0.000        | 0.000        |
| Ni                             | 0.000        | 0.000       | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| Ba                             | 0.000        | 0.000       | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| Sr                             | 0.000        | 0.000       | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| CO <sub>2</sub>                | 0.000        | 0.000       | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| norm minerals                  |              |             |              |              |              |              |              |              |
| or                             | 8.7          | 27.3        | 1.8          | 25.0         | 31.8         | 1.0          | 10.1         | 7.4          |
| ab                             | 37.5         | 43.2        | 34.2         | 34.9         | 32.7         | 42.0         | 5.2          | 40.1         |
| an                             | 9.1          | 0.0         | 21.6         | 6.2          | 1.9          | 21.2         | 19.9         | -11.8        |

이들 암체의 분포대 중에서 동부에서는 연성 변형작용을 심하게 받아 편리 및 엽리조직을 보이고 있다.

주성분 및 노름 광물: 촌이슈 지역에 분포하는 타쉬 탐베크트르스크 섬록암 복합체는 화강섬록암질암 또는 몬

조섬록암질암류로 대분된다. 알루미늄 포화지수(ASI)는 대부분 메타알루미나(metaluminous:0.84-1.0)계열에 속하고 있으나 부분적으로는 과알루미나(peraluminous:0.97-1.29) 범주에 속하는 암체도 있다(Table 4-1,2,3,4). 메

**Table 2.** The major chemical composition and cation proportion of granitoids from outcrop in Chon-Ashuu, Kyrgyzstan.

| Sample No.                     | CB-133       | CB-134       | CB-150       | CB-152       | CB-182       | CB-224       | CB-227       |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 48.6         | 60.0         | 43.8         | 48.2         | 44.9         | 69.8         | 61.1         |
| TiO <sub>2</sub>               | 2.0          | 0.2          | 1.3          | 1.3          | 0.7          | 0.1          | 0.7          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.4         | 12.8         | 19.1         | 17.5         | 16.0         | 12.9         | 15.4         |
| MgO                            | 7.2          | 1.1          | 5.6          | 5.7          | 6.0          | 0.8          | 4.0          |
| CaO                            | 2.6          | 5.1          | 5.0          | 4.1          | 3.0          | 0.5          | 1.4          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          |
| MnO                            | 0.3          | 0.0          | 0.2          | 0.2          | 0.3          | 0.0          | 0.3          |
| FeO                            | 4.4          | 3.1          | 9.1          | 7.4          | 6.4          | 1.2          | 2.7          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.5          | 1.3          | 5.4          | 4.7          | 1.6          | 0.2          | 1.8          |
| Na <sub>2</sub> O              | 6.3          | 5.3          | 3.5          | 3.5          | 7.8          | 4.3          | 3.6          |
| K <sub>2</sub> O               | 3.6          | 2.5          | 2.2          | 1.8          | 1.1          | 4.6          | 3.7          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.6          | 0.2          | 0.6          | 0.3          | 0.8          | 0.0          | 0.1          |
| Total                          | 92.5         | 91.6         | 95.9         | 94.5         | 88.6         | 94.3         | 94.9         |
| A/CNK                          | 0.8          | 0.6          | 1.1          | 1.2          | 0.8          | 1.0          | 1.2          |
| A/NK                           | 1.1          | 1.1          | 2.5          | 2.3          | 1.1          | 1.1          | 1.6          |
| ASI                            | 0.8          | 1.1          | 1.1          | 1.1          | 0.8          | 0.99         | 1.2          |
| ASI                            | Metaluminous | Metaluminous | Peraluminous | Peraluminous | Metaluminous | Metaluminous | Peraluminous |
| molecule proportion            |              |              |              |              |              |              |              |
| Si                             | 0.808        | 0.998        | 0.729        | 0.801        | 0.748        | 1.162        | 1.017        |
| Ti                             | 0.026        | 0.003        | 0.017        | 0.016        | 0.009        | 0.001        | 0.009        |
| Al                             | 0.151        | 0.126        | 0.188        | 0.171        | 0.157        | 0.126        | 0.151        |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0.009        | 0.008        | 0.034        | 0.030        | 0.010        | 0.001        | 0.011        |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0.061        | 0.043        | 0.127        | 0.103        | 0.089        | 0.016        | 0.038        |
| Mn                             | 0.004        | 0.001        | 0.002        | 0.002        | 0.004        | 0.001        | 0.004        |
| Mg                             | 0.178        | 0.027        | 0.138        | 0.141        | 0.150        | 0.019        | 0.099        |
| Ca                             | 0.046        | 0.091        | 0.090        | 0.073        | 0.053        | 0.009        | 0.026        |
| Na                             | 0.102        | 0.085        | 0.057        | 0.057        | 0.126        | 0.069        | 0.058        |
| K                              | 0.038        | 0.026        | 0.023        | 0.019        | 0.012        | 0.049        | 0.039        |
| P                              | 0.004        | 0.002        | 0.004        | 0.002        | 0.005        | 0.000        | 0.001        |
| Cr                             | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| Ni                             | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| Ba                             | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| Sr                             | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| CO <sub>2</sub>                | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        | 0.000        |
| Norm Minerals                  |              |              |              |              |              |              |              |
| or                             | 21.3         | 14.6         | 13.0         | 10.7         | 6.7          | 27.4         | 21.8         |
| ab                             | 28.5         | 44.8         | 27.9         | 29.7         | 32.6         | 36.2         | 30.5         |
| an                             | 2.9          | 3.9          | 21.3         | 18.5         | 5.4          | 2.2          | 6.2          |



타알루미나(metaluminous:0.84-1.0)계열은 알루미나 산화물의 양이온 몰비가 K+Na+Ca 산화물 합외 양이온 몰비보다 같거나 적은 것을 나타낸다. 촌이슈 화강암류의 알루미나 포화지수가 나타내는 특징은 암체의 근

원암이 대부분 하부 지각의 고철질 광물의 혼화작용과 부분용융 기원의 특징을 나타내고 그 환경은 대륙지각 연변부에 분포하는 마그마 호(magma arc)에서 분화하는 특징의 화강암류로 해석된다.

**Table 3.** The major chemical composition and norm minerals of rock core recovered from drill holes of 09DH-CA2 and 09DH-CA5 in Chon-Ashuu, Kyrgyzstan.

| Sample No.                     | DH2-17       | DH2-83       | DH2-92       | DH2-126      | DH2-145      | DH2-148     | DH2-155      | DH2-162      | DH2-165     |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46.5         | 60.9         | 57.0         | 59.9         | 61.9         | 65.8        | 55.3         | 58.8         | 59.7        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.5          | 0.5          | 0.7          | 0.6          | 0.3          | 0.5         | 0.2          | 0.4          | 0.5         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 25.6         | 15.8         | 16.3         | 14.4         | 16.5         | 10.3        | 15.1         | 14.5         | 13.3        |
| MgO                            | 3.7          | 3.0          | 3.0          | 2.6          | 1.9          | 3.0         | 4.0          | 5.0          | 2.9         |
| CaO                            | 5.9          | 4.7          | 6.2          | 6.8          | 3.4          | 5.1         | 9.6          | 6.0          | 8.6         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0         | 0.1          | 0.1          | 0.0         |
| MnO                            | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1         | 0.1          | 0.1          | 0.1         |
| FeO                            | 7.2          | 4.7          | 6.5          | 5.4          | 5.4          | 5.8         | 5.7          | 6.4          | 4.7         |
| Na <sub>2</sub> O              | 8.5          | 7.0          | 6.2          | 6.4          | 4.2          | 6.9         | 5.6          | 4.4          | 5.9         |
| K <sub>2</sub> O               | 1.7          | 3.0          | 3.6          | 3.5          | 5.9          | 2.4         | 4.1          | 4.1          | 4.1         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.3          | 0.3          | 0.3          | 0.3          | 0.3          | 0.2         | 0.3          | 0.3          | 0.2         |
| Total                          | 100          | 100          | 100          | 100          | 100          | 100         | 100          | 100          | 100         |
| A/CNK                          | 0.96         | 0.68         | 0.64         | 0.54         | 0.85         | 0.44        | 0.49         | 0.64         | 0.45        |
| A/NK                           | 1.62         | 1.07         | 1.16         | 1.01         | 1.24         | 0.74        | 1.11         | 1.24         | 0.94        |
| ASI                            | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Peralkaline | Metaluminous | Metaluminous | Peralkaline |
| molecule proportion            |              |              |              |              |              |             |              |              |             |
| Si                             | 0.77         | 1.01         | 0.95         | 1.00         | 1.03         | 1.10        | 0.92         | 0.98         | 0.99        |
| Ti                             | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.00         | 0.01        | 0.00         | 0.01         | 0.01        |
| Al                             | 0.25         | 0.16         | 0.16         | 0.14         | 0.16         | 0.10        | 0.15         | 0.14         | 0.13        |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0.10         | 0.06         | 0.09         | 0.07         | 0.08         | 0.08        | 0.08         | 0.09         | 0.07        |
| Mn                             | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| Mg                             | 0.09         | 0.07         | 0.07         | 0.06         | 0.05         | 0.07        | 0.10         | 0.12         | 0.07        |
| Ca                             | 0.11         | 0.08         | 0.11         | 0.12         | 0.06         | 0.09        | 0.17         | 0.11         | 0.15        |
| Na                             | 0.14         | 0.11         | 0.10         | 0.10         | 0.07         | 0.11        | 0.09         | 0.07         | 0.10        |
| K                              | 0.02         | 0.03         | 0.04         | 0.04         | 0.06         | 0.03        | 0.04         | 0.04         | 0.04        |
| P                              | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| Cr                             | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| Ni                             | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| Ba                             | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| Sr                             | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| CO <sub>2</sub>                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00        |
| norm mineral                   |              |              |              |              |              |             |              |              |             |
| or                             | 9.97         | 17.94        | 21.22        | 20.65        | 34.88        | 13.95       | 24.21        | 24.49        | 24.21       |
| ab                             | 13.33        | 52.95        | 35.76        | 42.82        | 35.59        | 39.66       | 17.92        | 37.19        | 35.56       |
| an                             | 26.79        | 2.82         | 6.02         | 0.00         | 8.57         | 0.00        | 4.05         | 7.48         | 0.00        |

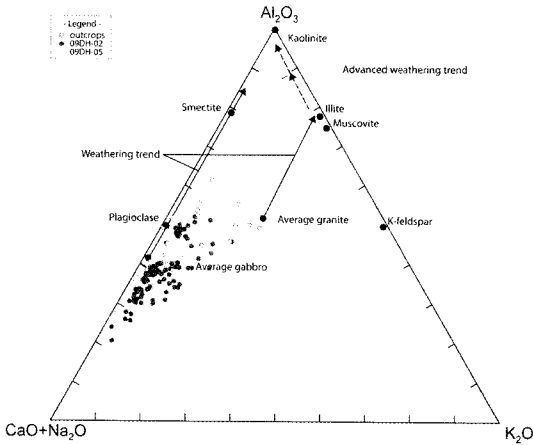
Fig. 6 은 화강섬록암류나 반러암류의 풍화정도를 나타내는 것으로서, 지표시료와 시추공 09DH-CA2,5호공 시료를 처리한 것이다. 타쉬탐벡토르스크 섬록암 복합체는 시추코아에 비해 지표시료가 풍화경향이 약간 높게 나타나고 있다. 전체적으로 보면 사장석의 풍화 정

도는 비교적 낮으며, 각 암석의 화학 조성은 CaO+Na<sub>2</sub>O에서 CaO 보다는 Na<sub>2</sub>O가 많은 하석질-문조 화강섬록암의 조성을 보이고 있다(Table 1,2).

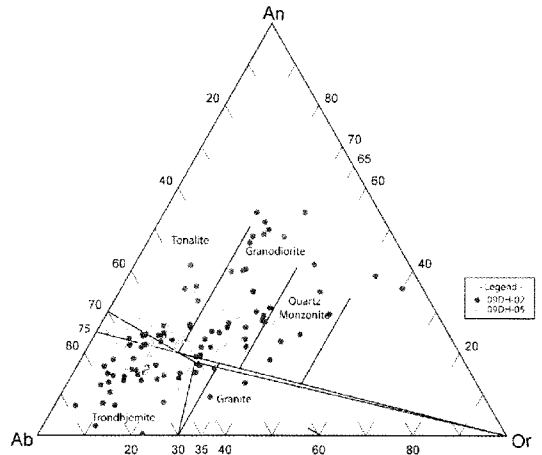
Fig. 7은 Roche *et al.*(1980)의 심성암의 매개변수(parameter)(R1: 4Si-11(Na+K) -2(Fe+Ti)과 R2: 6Ca

**Table 4.** The major chemical composition and norm minerals of rock core recovered from drill holes of 09DH-CA2,5 in Chon-Ashuu, Kyrgyzstan.

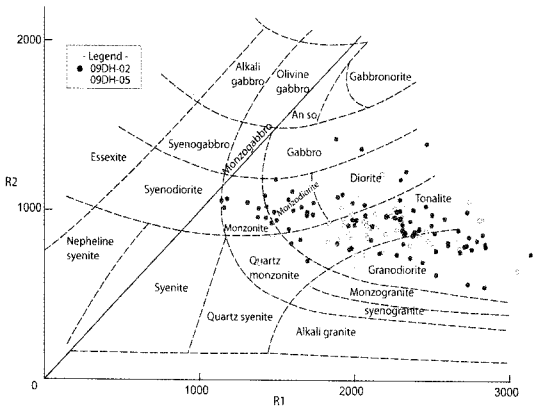
| Sample No.                     | DH5-3               | DH5-4        | DH5-5        | DH5-15       | DH5-24       | DH5-29       | DH5-31       | DH5-32       | DH5-56       |
|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 60.8                | 66.7         | 58.2         | 59.8         | 59.2         | 59.0         | 59.8         | 64.4         | 58.0         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.4                 | 0.4          | 0.4          | 0.4          | 0.3          | 0.5          | 0.4          | 0.4          | 0.4          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.3                | 13.9         | 16.3         | 16.7         | 16.1         | 15.9         | 16.4         | 12.4         | 15.1         |
| MgO                            | 2.6                 | 2.6          | 3.3          | 3.5          | 2.6          | 3.6          | 3.5          | 3.5          | 3.6          |
| CaO                            | 4.8                 | 3.6          | 4.8          | 4.5          | 5.9          | 5.4          | 5.8          | 6.1          | 8.4          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0                   | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |
| MnO                            | 0.1                 | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.1          |
| FeO                            | 4.8                 | 4.2          | 6.4          | 5.5          | 5            | 5.5          | 4.3          | 4.7          | 4.3          |
| Na <sub>2</sub> O              | 6.1                 | 4.9          | 8.2          | 4.5          | 8.1          | 7.7          | 7.1          | 6.2          | 6.4          |
| K <sub>2</sub> O               | 4                   | 3.4          | 2            | 4.6          | 2.5          | 2.1          | 2.4          | 2            | 3.5          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.2                 | 0.3          | 0.2          | 0.3          | 0.2          | 0.2          | 0.2          | 0.2          | 0.2          |
| Total                          | 100                 | 100          | 100          | 100          | 100          | 100          | 100          | 100          | 100          |
| A/CNK                          | 0.71                | 0.76         | 0.67         | 0.81         | 0.6          | 0.64         | 0.66         | 0.53         | 0.51         |
| A/NK                           | 1.13                | 1.18         | 1.04         | 1.35         | 1.01         | 1.06         | 1.15         | 1.0          | 1.05         |
| ASI                            | Metaluminous        | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous | Metaluminous |
|                                | molecule proportion |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Si                             | 1.01                | 1.11         | 0.97         | 1.00         | 0.99         | 0.98         | 1.00         | 1.07         | 0.96         |
| Ti                             | 0.00                | 0.01         | 0.01         | 0.00         | 0.00         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.00         |
| Al                             | 0.16                | 0.14         | 0.16         | 0.16         | 0.16         | 0.16         | 0.16         | 0.12         | 0.15         |
| Fe <sub>3+</sub>               | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| Fe <sub>2+</sub>               | 0.07                | 0.06         | 0.09         | 0.08         | 0.07         | 0.08         | 0.06         | 0.07         | 0.06         |
| Mn                             | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| Mg                             | 0.06                | 0.06         | 0.08         | 0.09         | 0.07         | 0.09         | 0.09         | 0.09         | 0.09         |
| Ca                             | 0.08                | 0.06         | 0.09         | 0.08         | 0.10         | 0.10         | 0.10         | 0.11         | 0.15         |
| Na                             | 0.10                | 0.08         | 0.13         | 0.07         | 0.13         | 0.12         | 0.12         | 0.10         | 0.10         |
| K                              | 0.04                | 0.04         | 0.02         | 0.05         | 0.03         | 0.02         | 0.03         | 0.02         | 0.04         |
| P                              | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| Cr                             | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| Ni                             | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| Ba                             | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| Sr                             | 0.00                | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| CO <sub>2</sub>                | 0.01                | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         |
|                                | norm mineral        |              |              |              |              |              |              |              |              |
| or                             | 23.4                | 19.9         | 12.1         | 27.5         | 14.5         | 12.5         | 14.0         | 11.5         | 20.9         |
| ab                             | 51.2                | 41.5         | 50.6         | 38.3         | 48.8         | 52.2         | 53.5         | 52.2         | 34.1         |
| an                             | 5.5                 | 6.0          | 1.3          | 11.5         | 0.6          | 2.7          | 5.6          | 0.4          | 1.9          |



**Fig. 6.** The triangular diagram of granitoids from Chon-Ashuu area showing the weathering trends for average granite and average gabbro (after Nesbitt and Young(1984)). Compositions are plotted as molar proportions.



**Fig. 8.** Classification of Chon-Ashuu granitoids according to the molecular normative minerals. An-Ab-Or composition after Barker(1979).



**Fig. 7.** Classification of Chon-Ashuu plutonic rocks using the parameter R1 and R2(after de la Roche *et al.*, 1980). The composition of the granitoids from Chon-Ashuu area are plotted to the fields of granodiorite, quartz-monzonite, tonalite, diorite, monzo-diorite, monzonite to gabbro(parameter, R1:  $4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$  and R2:  $6Ca+2(Mg+Al)$ ).

+2(Mg+Al)에 의한 분류도이다. 시추공 09DH-CA02 및 09DH-CA05호에서 회수한 심성암류는 전체적으로 화강섬록암(granodiorite)-토날라이트(tonalite)-섬록암(diorite)- 몬조섬록암 (monzodiorite)- 몬조나이트(monzonite) 계열의 암체로 광범위한 분포 양상을 보인다. 그러나 09DH-CA05호공의 화강암류는 대부분 토날라이트-화강섬록암에 국한되어 점시된다. 이는 장석류가 알카리 장석에 비해 주로 알바이트 계열의 사장석으로 구성되어 있으며 Si 성분이 높은 토날라이트 계열의 암체임을 나타낸다.

Fig. 8은 An-Ab-Or 노름 광물에 의한 화강암류의 분류이다. 본 연구 대상이 되는 화강암류의 화학 조성은 화강섬록암-토날라이트-트론제마이트 계열의 암체에 해당한다. 소위 토날라이트-트론제마이트-화강섬록암(TTG) 계열은 주로 고압하에서 물을 함유하는 고철질 지각이 부분 용융되어 형성된 화강암계열의 암석들의 집합체들이다(Table 3, 4, 5).

이와같은 특징은 이 화강암체들이 대부분 메타알루미나 영역에 해당되는 알루미늄 포화지수(ASI)를 보여주고 있어, 지각 하부의 고철질 광물의 부분 용융에 의한 마그마호에서 형성된 특징과 일치한다.

화학성분과 지체구조 분류: Fig. 9, 10은 시추공 09DH-CA2,3 호에서 회수된 사암과 세일의 주 구성원소 변화에 의하여 퇴적 환경을 유추한 것이다(Table 6). 이 분류는 Bhita(1983) 그리고 Roser 와 Korch(1986)가 현재 해양 퇴적물과 대륙호, 활동성-비활동성 대륙 연변부의 사암이나 이질암을 연구한 결과를 비교한 것이다.

촌이슈 사암이나 이질암의 변질암인 세일을 전술한 그림에 직접 적용한 것으로서 본역에서 시행한 시추공 09DH-CA2 및 09DH-CA3호공에서 회수된 암석들은 대부분 해양호나 대륙호의 호상열도(island arc)에서 유래된 퇴적암으로 분류된다.

이는 Fig. 9 에서 보는 바와 같이 고철질 성분의 증가에 따른 산화규소 대 산화 알루미늄의 비가 증가하는 해양호나 활동성 대륙 연변부의 화학적 조성의 특징을 나타낸다. Fig. 10 은 석영과 알카리 성분의 판별도이다. 이 지역의 사암 및 이토암(table 6)의 화

**Table 5.** Brief chemical composition of the dioritic rock cores of Chon- Ashuu, Kyrgyzstan(Act Lab Analysis).

| D.H No.        | 09DH-1(n:103) |       |       | 09DH-2(n:175) |       |      | 09DH-3(n:96) |       |      | 09DH-5(n:122) |       |       |
|----------------|---------------|-------|-------|---------------|-------|------|--------------|-------|------|---------------|-------|-------|
|                | Max           | Min   | S.D   | Max           | Min   | S.D  | Max          | Min   | S.D  | Max           | Min   | S.D   |
| Elements (ppm) |               |       |       |               |       |      |              |       |      |               |       |       |
| S(%)           | 0.040         | 0.005 | 0.004 | 1.3           | 0.005 | 0.4  | 1.6          | 0.005 | 0.7  | 0.230         | 0.005 | 0.022 |
| Al(%)          | 13.5          | 4.7   | 1.9   | 14.4          | 1.5   | 2.4  | 12.0         | 5.5   | 0.9  | 9.9           | 5.2   | 0.8   |
| As             | 26.5          | 0.25  | 3.4   | 37.8          | 0.3   | 5.9  | 72.5         | 3.2   | 8.6  | 49.1          | 0.3   | 4.8   |
| Ba             | 1,050         | 3     | 243   | 1,050         | 3     | 211  | 1,210        | 3     | 241  | 1,200         | 3     | 253   |
| Be             | 3             | 0.5   | 0.3   | 2.0           | 0.5   | 0.3  | 2            | 0.4   | 0.3  | 3.0           | 0.5   | 0.3   |
| Br             | 2.7           | 0.3   | 0.3   | 2.7           | 0.3   | 0.2  | 2.5          | 0.3   | 0.5  | 3.7           | 0.3   | 0.4   |
| Ca(%)          | 9             | 1.4   | 1.2   | 28.6          | 1.2   | 5.2  | 7.1          | 0.8   | 1.3  | 6.1           | 0.8   | 0.9   |
| Co             | 31            | 9     | 4     | 51            | 6     | 6    | 40           | 11    | 4    | 34            | 10    | 4     |
| Cr             | 340           | 79    | 45    | 462           | 47    | 71   | 214          | 53    | 37   | 268           | 41    | 40    |
| Cs             | 5             | 0.5   | 1.0   | 4.0           | 0.5   | 0.9  | 3.0          | 0.5   | 0.8  | 11.0          | 0.5   | 1.4   |
| Eu             | 0.9           | 0.1   | 0.2   | 1.2           | 0.1   | 0.2  | 1.0          | 0.1   | 0.2  | 2.8           | 0.1   | 0.3   |
| Fe(%)          | 5.8           | 2.9   | 0.6   | 5.9           | 1.1   | 0.9  | 6.4          | 2.8   | 0.8  | 9.0           | 3.0   | 0.7   |
| Hf             | 5             | 0.5   | 0.7   | 5.0           | 0.5   | 0.7  | 3.0          | 0.5   | 0.5  | 4.0           | 0.5   | 0.7   |
| K(%)           | 2.5           | 0.2   | 0.6   | 2.64          | 0.16  | 0.60 | 2.96         | 0.25  | 0.47 | 2.23          | 0.04  | 0.50  |
| Mg(%)          | 3.6           | 0.3   | 0.7   | 3.4           | 0.6   | 0.6  | 3.3          | 0.8   | 0.4  | 3.3           | 0.9   | 0.5   |
| Mn             | 1,500         | 480   | 173   | 1,350         | 300   | 161  | 1,400        | 425   | 175  | 1,300         | 479   | 166   |
| Na(%)          | 3.7           | 1.1   | 0.8   | 4.07          | 0.13  | 0.82 | 4.05         | 1.03  | 0.60 | 3.97          | 0.75  | 0.74  |
| P(%)           | 0.07          | 0.03  | 0.01  | 0.13          | 0.02  | 0.01 | 0.07         | 0.04  | 0.01 | 0.20          | 0.03  | 0.02  |
| Rb             | 146           | 0.6   | 29.3  | 111.0         | 0.6   | 34.0 | 92.0         | 0.6   | 23.9 | 116.0         | 0.6   | 30.1  |
| Sb             | 3.8           | 0.7   | 0.6   | 3.5           | 0.2   | 0.6  | 3.6          | 0.8   | 0.7  | 3.9           | 0.6   | 0.6   |
| Sc             | 28            | 11    | 3     | 30.8          | 4.8   | 6.0  | 20.5         | 12.1  | 1.9  | 23.4          | 11.7  | 2.8   |
| Sr             | 649           | 121   | 97    | 988           | 91    | 137  | 927          | 139   | 130  | 695           | 106   | 103   |
| Ta             | 2.2           | 0.3   | 0.2   | 3.1           | 0.25  | 0.45 | 2.2          | 0.25  | 0.2  | 3.3           | 0.25  | 0.5   |
| Ti(%)          | 0.36          | 0.18  | 0.04  | 0.48          | 0.07  | 0.09 | 0.4          | 0.14  | 0.05 | 0.54          | 0.14  | 0.1   |
| Th             | 11.6          | 0.1   | 1.6   | 11.9          | 0.1   | 1.5  | 3.9          | 0.1   | 0.7  | 14            | 0.1   | 1.8   |
| U              | 4.3           | 0.25  | 0.8   | 4.4           | 0.3   | 1.1  | 3.0          | 0.3   | 0.8  | 4.3           | 0.3   | 0.9   |
| V              | 173           | 74    | 22    | 206           | 30    | 41   | 208          | 70    | 27   | 260           | 74    | 27    |
| W              | 11            | 0.5   | 1.3   | 381           | 0.5   | 28.9 | 5            | 0.5   | 0.6  | 11            | 0.5   | 1.2   |
| Y              | 26            | 3     | 3     | 19            | 3     | 4    | 23           | 7     | 3    | 33            | 6     | 4     |
| La             | 35.2          | 5.1   | 4.3   | 31            | 2     | 4    | 15           | 6     | 2    | 220           | 5     | 20    |
| Ce             | 60            | 9     | 7     | 61            | 2     | 8    | 33           | 12    | 4    | 421           | 12    | 38    |
| Nd             | 18            | 3     | 4     | 21            | 3     | 5    | 15           | 3     | 4    | 133           | 3     | 13    |
| Sm             | 4.5           | 1.2   | 0.5   | 4.3           | 0.4   | 0.5  | 2.8          | 1.2   | 0.3  | 12.6          | 1.4   | 1.2   |
| Tb             | 1.8           | 0.3   | 0.2   | 0.8           | 0.3   | 0.1  | 1.0          | 0.3   | 0.1  | 0.9           | 0.3   | 0.1   |
| Yb             | 2.7           | 1.0   | 0.3   | 2.5           | 0.4   | 0.3  | 2.3          | 1.0   | 0.3  | 4.1           | 0.9   | 0.4   |
| Lu             | 0.52          | 0.05  | 0.08  | 0.4           | 0.1   | 0.1  | 0.4          | 0.1   | 0.1  | 0.6           | 0.1   | 0.1   |

학적 조성 특징은 석영의 증가와는 무관하고 알카리와 관련된 특징을 보여주는 화산호나 활동성 대륙 연변부에서 형성된 퇴적 환경을 보여 주고 있다.

Fig. 11은 석영의 증가에 따른 주성분의 변화 경향을 나타낸 것으로서 퇴적암의 성숙도는 석영이 증가함에 따라 암석편(lithic fragment)과 장석의 주성분이 감소하는 성숙도 경향을 보여주고 있다. 전기한 그림은 호주 동부의 사질 퇴적암의 주 구성 원소의 변화 경향이다.  $\text{SiO}_2$ 가 증가 하여 퇴적 성숙도가 진행 함에 따

라 사질퇴적암을 구성하고 있는 장석류 및 운모류와 고철질 광물이 감소하는 퇴적 성숙도를 반영하는 것이다. 촌이슈 사질원 퇴적암의 주구성 성분의 함량이 높은 영역에 점시되고 있어 성숙도가 낮은 퇴적환경에서 형성되었음을 나타낸다.

Fig. 12는 Harris *et al.*(1986)가 지구조 환경에 따라 형성되는 화강암류를 분류한 것으로서 크게 판내부(within plate), 화산호(volcanic arc), 해령(oceanic ridge) 충돌 전후(late-post collisional) 및 충돌 동시성

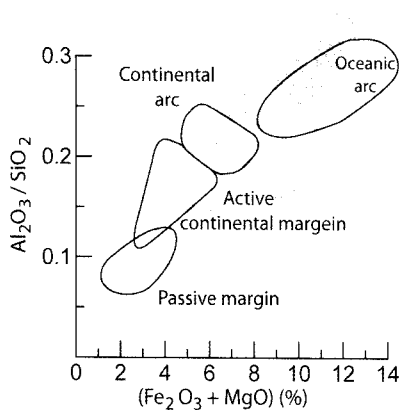


Fig. 9. Discrimination diagram for sandstone and shale (after Bhtia, 1983) from drill holes of 09DH-CA2 and 09DH-CA3 in Chon-Ashuu area, Kyrgyzstan, based upon a bivariate plot of  $TiO_2$  vs  $(Fe_2O_3 + MgO)$ .

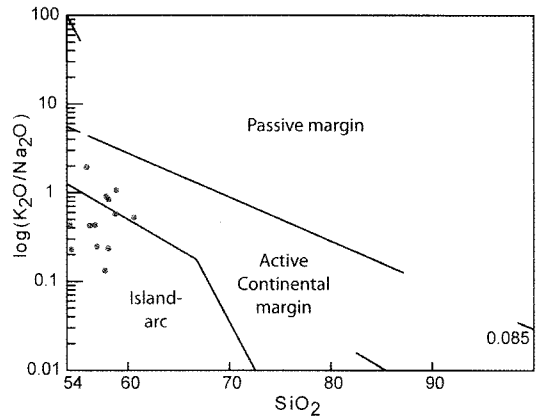


Fig. 10.  $\log(K_2O/Na_2O)$  vs  $SiO_2$  discrimination diagram for sandstone-shale suites from the rock core of drill holes 09DH-CA2 and 09DH-CA3 in Chon-Ashuu area, Kyrgyzstan. After Roser and Korch(1986).

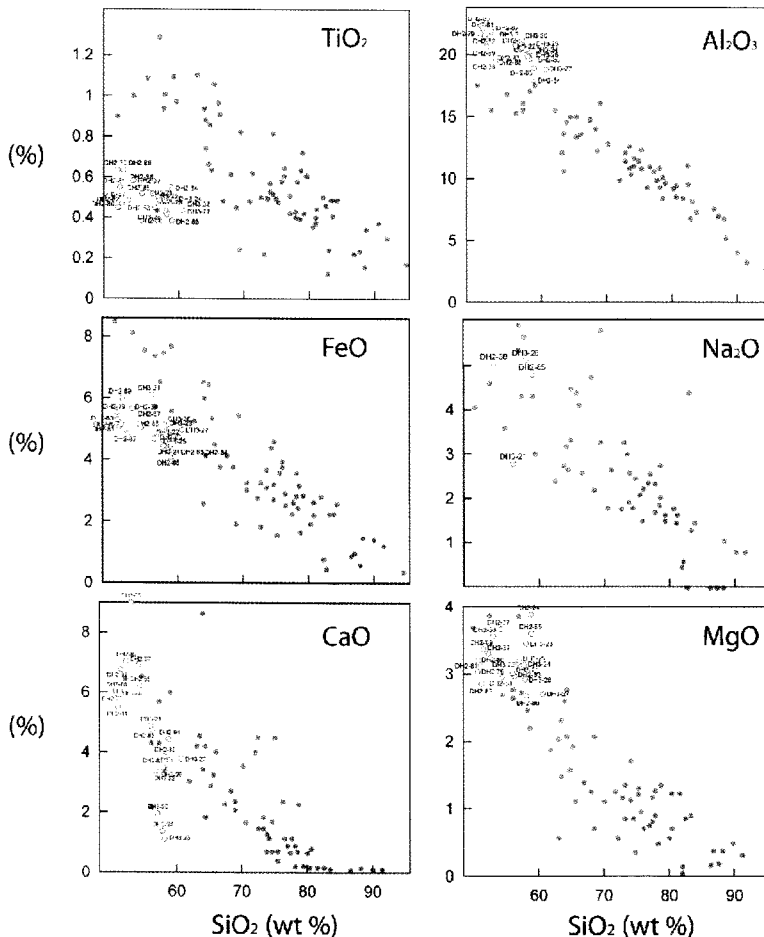


Fig. 11. Harker variation diagrams for Chon-Ashuu arenaceous sedimentary rocks. (Blue circles are from Chon-Ashuu). Silty sandstone of Chon-Ashuu area showing the mineralogical immaturity. Brown circles are from eastern Australia(Bhatia, 1983)(11).

**Table 6.** The chemical composition of sandy shale from drilling holes of 09DH-CA2, CA3 in Chon-Ashuu, Kyrgyzstan.

| S. No. | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | FeO | MnO | MgO | CaO | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--------|------------------|--------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| DH2-37 | 54.2             | 19.6                           | 0.6              | 5.3 | 0.1 | 3.7 | 6.9 | 6.4               | 2.8              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-38 | 53.0             | 19.5                           | 0.6              | 5.7 | 0.1 | 3.6 | 9.0 | 5.0               | 3.3              | 0.2                           | 0.1                            |
| DH2-79 | 50.6             | 21.7                           | 0.6              | 5.5 | 0.1 | 3.0 | 5.9 | 10.5              | 1.6              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-80 | 50.7             | 22.3                           | 0.5              | 5.3 | 0.1 | 3.2 | 6.0 | 9.5               | 2.1              | 0.2                           | 0.0                            |
| DH2-81 | 51.0             | 22.1                           | 0.6              | 5.1 | 0.1 | 3.1 | 5.5 | 9.1               | 3.1              | 0.2                           | 0.0                            |
| DH2-82 | 51.3             | 21.5                           | 0.5              | 5.1 | 0.1 | 2.9 | 6.0 | 10.4              | 2.0              | 0.2                           | 0.0                            |
| DH2-83 | 56.3             | 20.4                           | 0.5              | 4.7 | 0.1 | 3.0 | 4.7 | 7.0               | 3.0              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-84 | 58.8             | 18.0                           | 0.6              | 4.4 | 0.1 | 3.9 | 4.4 | 6.0               | 3.5              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-85 | 58.9             | 18.9                           | 0.4              | 4.1 | 0.1 | 3.6 | 3.7 | 4.8               | 5.2              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-86 | 58.2             | 19.6                           | 0.4              | 4.4 | 0.1 | 2.7 | 3.9 | 5.6               | 4.8              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-87 | 52.3             | 21.8                           | 0.5              | 4.8 | 0.1 | 3.3 | 7.0 | 8.1               | 1.7              | 0.2                           | 0.0                            |
| DH2-88 | 54.4             | 19.6                           | 0.5              | 5.0 | 0.1 | 3.0 | 6.2 | 8.8               | 2.0              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH2-89 | 51.5             | 20.6                           | 0.6              | 6.0 | 0.1 | 3.4 | 6.8 | 9.4               | 1.2              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-21 | 56.0             | 20.7                           | 0.5              | 6.1 | 0.1 | 3.0 | 4.9 | 2.8               | 5.5              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-22 | 56.8             | 20.4                           | 0.5              | 4.8 | 0.1 | 3.2 | 3.4 | 7.2               | 3.2              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-23 | 58.1             | 20.1                           | 0.5              | 5.1 | 0.1 | 3.4 | 1.1 | 9.1               | 2.2              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-24 | 57.8             | 20.0                           | 0.5              | 4.4 | 0.1 | 3.1 | 1.4 | 10.9              | 1.5              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-25 | 57.0             | 20.5                           | 0.5              | 4.6 | 0.1 | 3.2 | 2.0 | 9.4               | 2.4              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-26 | 57.9             | 19.8                           | 0.4              | 5.1 | 0.1 | 2.9 | 3.5 | 5.1               | 4.7              | 0.3                           | 0.0                            |
| DH3-27 | 60.7             | 18.8                           | 0.4              | 5.0 | 0.1 | 2.7 | 3.8 | 5.4               | 2.9              | 0.3                           | 0.0                            |

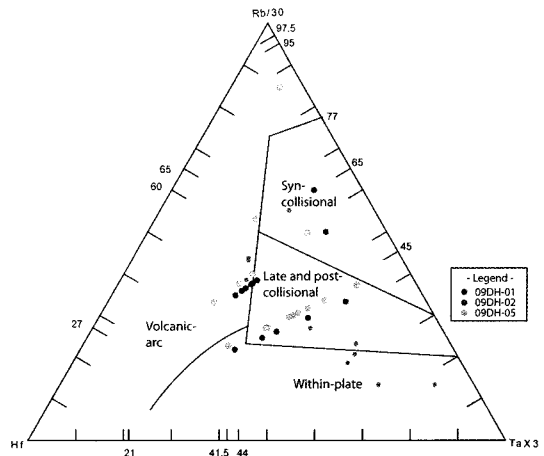
(syn-collisional) 화강암 등으로 분류하였다. 촌아슈 지역의 화강암섬록암을 전기 분류에 적용하면 대륙 충돌 전후의 화강암류에 화산호에서 형성된 화강암류로 분류된다.

이러한 지체구조상 화강암의 형성 특징은 알타이드 조산대에서 고생대초에서 중기에 이르는 화강암류의 관입과 고해양의 소멸과 함께 시베리아 지괴와 타림-북중국 지괴의 대륙충돌기인 후기 대본기에서 전기 석탄기까지의 기간 동안 고 대륙 연변부나 화산호에 형성된 화강암류로 사료된다.

촌아슈 지역에는 후기 원생대 결정질 편암-각섬석 편마암류 등을 기반암으로 하여 전기-중기 고생대 석회질 퇴적암류와 사암-세일 등 육성원 퇴적암층이 분포하며 또한 이들 층들을 관입하는 심성암류 분포한다. 화성암류는 캄브리아기부터 대본기에 이르는 섬록암류가 대부분이다(Table 1, 2, 3, 4, 5).

이 심성암들은 지체 구조상 킷착 화산호 및 칸타만시 배호대에서 유래된 암층들로 대부분 알루미나 포화 지수(ASI)가 메타알루미나(metaluminous)이고 일부 과알루미나형(per-aluminous) 화강암이다.

암체들은 대부분 알루미나가 포화된 과알루미나-메타알루미나 범주에 속하고 있어 대륙지각 연변부의 마그마호에서 분화된 특징을 보여주고 있다. 촌아슈 지역에는 이 심성암류가 동 광화작용의 모암이 되고 있



**Fig. 12.** The Hf-Rb/30-Ta × 3 discrimination diagram for Chon-Ashuu granitoids(after Harris *et al.*, 1986) showing the fields for volcanic arc granite, and late to post collisional granites.(Rb of the above detection limit is adopted for the plot).

으며 성인적으로도 밀접하게 관련 되어 있다.

이런 현상은 이 지역의 퇴적암의 지구조체 분류에서와 같이 대륙연변부나 호상화산열도에서 생성된 화강암류와 일치하고 있다. 이는 천산 단위체에 해당되는 알타이드의 카지호스탄 만곡조산대와 타림-북중국 강괴들과 충돌에 의한 화성활동과 연관 되었을 것으로

**Table 7.** The elemental composition of dioritic rock core from drilling hole in Chon-Ashu, Kyrgyzstan.

| unit: ppm | DH-1(n:51) |       |       | DH-2(n:91) |      |      | 09DH-5(n:46) |      |      |
|-----------|------------|-------|-------|------------|------|------|--------------|------|------|
|           | S. No.     | Max   | Min   | Avr        | Max  | Min  | Avr          | Max  | Min  |
| Cd        | 0.3        | 0.3   | 0.3   | 1.1        | 0.3  | 0.4  | 0.6          | 0.3  | 0.3  |
| Mo        | 1.0        | 1.0   | 1.0   | 4.0        | 1.0  | 1.2  | 1.0          | 1.0  | 1.0  |
| Pb        | 5.0        | 3.0   | 3.3   | 24.0       | 3.0  | 7.1  | 9.0          | 3.0  | 4.5  |
| Ni        | 76.0       | 23.0  | 48.9  | 103        | 16   | 48   | 63           | 14   | 33   |
| Zn        | 87.0       | 6.0   | 48.1  | 180        | 22   | 67   | 61           | 14   | 41   |
| S(%)      | 0.0        | 0.0   | 0.0   | 1.3        | 0.0  | 0.4  | 0.0          | 0.0  | 0.0  |
| Al(%)     | 13.5       | 4.7   | 10.4  | 14.4       | 4.0  | 8.7  | 9.9          | 5.6  | 8.4  |
| As        | 10.9       | 0.5   | 4.7   | 31.0       | 2.8  | 8.7  | 9.4          | 2.3  | 5.1  |
| Ba        | 800.0      | 50.0  | 407.5 | 790        | 50   | 439  | 1200         | 50   | 528  |
| Be        | 1.0        | 1.0   | 1.0   | 2.0        | 1.0  | 1.1  | 1.0          | 1.0  | 1.0  |
| Bi        | 2.0        | 2.0   | 2.0   | 2.0        | 2.0  | 2.0  | 2.0          | 2.0  | 2.0  |
| Br        | 0.5        | 0.5   | 0.5   | 2.7        | 0.5  | 0.5  | 1.3          | 0.5  | 0.5  |
| Ca        | 9.0        | 2.3   | 4.1   | 14.2       | 2.3  | 4.0  | 6.0          | 2.4  | 3.8  |
| Co        | 31.0       | 14.0  | 20.3  | 32.0       | 13.0 | 21.3 | 28.0         | 12.0 | 19.1 |
| Cr        | 238.0      | 79.0  | 155.8 | 286        | 61   | 159  | 192          | 41   | 117  |
| Cs        | 3.0        | 1.0   | 1.5   | 4.0        | 1.0  | 1.5  | 5.0          | 1.0  | 1.7  |
| Eu        | 0.9        | 0.2   | 0.6   | 1.0        | 0.2  | 0.6  | 2.8          | 0.2  | 0.7  |
| Fe        | 5.3        | 2.9   | 4.1   | 5.6        | 3.1  | 4.6  | 9.0          | 3.3  | 4.4  |
| Hf        | 3.0        | 1.0   | 1.6   | 3.0        | 1.0  | 1.8  | 2.0          | 1.0  | 1.5  |
| Hg        | 1.0        | 1.0   | 1.0   | 1.0        | 1.0  | 1.0  | 1.0          | 1.0  | 1.0  |
| Ir        | 5.0        | 5.0   | 5.0   | 5.0        | 5.0  | 5.0  | 5.0          | 5.0  | 5.0  |
| K(%)      | 1.8        | 0.3   | 0.9   | 2.4        | 0.2  | 1.1  | 1.9          | 0.1  | 0.9  |
| Mg(%)     | 3.6        | 0.5   | 2.1   | 3.4        | 1.4  | 2.2  | 2.8          | 1.3  | 2.1  |
| Mn        | 1050.0     | 480.0 | 753.7 | 1,040      | 492  | 699  | 1,100        | 479  | 721  |
| Na(%)     | 3.7        | 1.6   | 2.9   | 3.9        | 1.3  | 2.5  | 4.0          | 1.7  | 2.8  |
| P(%)      | 0.1        | 0.0   | 0.1   | 0.1        | 0.0  | 0.1  | 0.1          | 0.0  | 0.0  |
| Rb        | 67.0       | 15.0  | 23.2  | 108        | 15   | 36   | 92           | 15   | 25   |
| Rb/30     | 2.2        | 0.5   | 0.8   | 3.6        | 0.5  | 1.2  | 3.1          | 0.5  | 0.8  |
| Sb        | 3.1        | 0.7   | 1.8   | 3.2        | 0.1  | 1.2  | 3.3          | 0.6  | 1.6  |
| Sc        | 21.7       | 10.6  | 16.0  | 30.8       | 10.9 | 19.3 | 23.4         | 11.7 | 15.5 |
| Se        | 3.0        | 3.0   | 3.0   | 3.0        | 3.0  | 3.0  | 3.0          | 3.0  | 3.0  |
| Sr        | 531.0      | 136.0 | 319.0 | 988        | 215  | 382  | 695          | 169  | 375  |
| Ta        | 0.5        | 0.5   | 0.5   | 3.1        | 0.5  | 0.6  | 2.8          | 0.5  | 0.6  |
| Tax3      | 1.5        | 1.5   | 1.5   | 9.3        | 1.5  | 1.8  | 8.4          | 1.5  | 1.7  |
| Ti(%)     | 0.4        | 0.2   | 0.3   | 0.5        | 0.2  | 0.3  | 0.4          | 0.1  | 0.2  |
| Th        | 2.9        | 0.2   | 1.4   | 5.5        | 0.2  | 2.4  | 12.3         | 0.2  | 2.0  |
| U         | 3.5        | 0.5   | 0.8   | 4.4        | 0.5  | 1.4  | 2.1          | 0.5  | 0.7  |
| V         | 157.0      | 83.0  | 121.6 | 206        | 92   | 156  | 260          | 74   | 129  |
| W         | 4.0        | 1.0   | 1.1   | 23.0       | 1.0  | 1.4  | 2.0          | 1.0  | 1.0  |
| Y         | 14.0       | 3.0   | 8.8   | 19         | 3    | 13   | 23           | 7    | 13   |
| La        | 17.2       | 5.4   | 8.2   | 22         | 7    | 11   | 220          | 5    | 13   |
| Ce        | 27.0       | 10.0  | 15.1  | 33         | 11   | 20   | 421          | 12   | 27   |
| Nd        | 12.0       | 5.0   | 6.6   | 19         | 5    | 8    | 133          | 5    | 11   |
| Sm        | 2.3        | 1.3   | 1.7   | 2.9        | 1.4  | 2.0  | 12.6         | 1.4  | 2.0  |
| Sn(%)     | 0.0        | 0.0   | 0.0   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0          | 0.0  | 0.0  |
| Tb        | 1.5        | 0.5   | 0.5   | 0.8        | 0.5  | 0.5  | 0.9          | 0.5  | 0.5  |
| Yb        | 1.9        | 1.0   | 1.3   | 2.1        | 1.1  | 1.5  | 1.9          | 0.9  | 1.4  |
| Lu        | 0.4        | 0.1   | 0.2   | 0.4        | 0.1  | 0.2  | 0.3          | 0.2  | 0.2  |

사료된다. Yakubchuk(1994)는 Kipchak 화산호의 내부에는 초기 고생대 오피올라이트로 구성된 봉합대가 분포하고 있으므로 이 지역이 판 내부 화산호이거나 배호 분지였음을 지시 한다고 있다고 한 바 있다.

## 5. 결 론

연구 지역에 분포하는 타쉬탐백토르스크 화강섬록암류는 화강암섬록암-토날라이트-트론제마이트 계열의 암체이며, 알루미늄 포화지수(ASI)는 메탈알루미나 영역에 해당하고, 대륙지각이나 화산호에 발달되는 고기 대륙 지각 (Paleo-continent) 조각들과 지각 퇴적물의 부가복합체(Accretionary complex) 등으로 구성된 화학적 특징을 보여준다.

연구 지역에 발달하는 캄브로-오르도비스기의 사질원 퇴적암은 그 성숙도가 대단히 낮은 점으로 보아 활동성 대륙 연변부의 화산도호의 환경하의 내륙 호에서 퇴적되었을 것으로 해석된다. 이 지역에 분포하는 캄브리아기-중기 오르도비스기의 고기 해양 분지에서 형성된 육성 화산퇴적물로 구성된 석회-이질 층군은 해양 도호(鳥弧)나 활동성 대륙 연변부 환경에서 퇴적된 층으로 해석된다.

## 참고문헌

Buslov, M.M., De Grave, J., Bataleva, E.A.V. and Batalev VYu. (2007) Cenozoic tectonic and geodynamic evolution of the Kyrgyz Tien Shan Mountains: A review of Geological, thermochronological and geophysical data. Elsevier, Journal of Asian Earth Sciences, 29, 205-214.

Bazhenov, M.L. and Mikolaichuk, A.V. (2004) Structural Evolution of Central Asia to the North of Tibet: A Synthesis of Paleomagnetic and Geological Data. Geotectonics, 38, 68-84.

Chi, S.J., Ko, S.M., Kim, I.J., Yoo, J.H., Lee, J.H., Ryu, C.R., Kim, S.Y., Kim, D.U., *et al.* (2005) Study on the genetic environments of metallogenic provinces of NE Asia, KR-2005, 010-2005, 1-433.

Clark, A.L. and Naito, K. (1998) Risks and opportunities for foreign investment in the mineral sectors of the Central Asian Republics: Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan, Elsevier, Resources Policy, 24, 105-114.

Djenchuraeva, R.D., Borisov, F.I., Pak, N.T. and Malyukova, N.N. (2008) Metallogeny and geodynamics of the Aktiuz-Boordu Mining District, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan. Elsevier, Journal of Asian Earth Sciences, 32, 280-299.

Goldfarb, R.J., Groves, D.I. and Gardoll, S. (2001) Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. Elsevier, Ore Geology Reviews, 18, 1-75.

Gwalani, L.G., Lytwyn, J. and Ramasamy, R. (2001) Alkaline and carbonatic magmatism and associated mineralization (Part II), Elsevier, Journal of Asian Earth Sciences, 19, 261-264.

Jenchuraeva, R.J. Tectonic settings of porphyry-type mineralization and hydrothermal alteration in Paleozoic island arcs and active continental margins, Kyrgyz Range, (Tien Shan) Kyrgyzstan. Springer-Verlag, Mineralium Deposita, 1997, 32, 434-440.

Konopelko, D., Biske, G., Seltmann, R., Eklund, O. and Belyatsky, B. (2007) Hercynian Post-collisional A-type granites of the Kokshaal Range, Southern Tien Shan, Kyrgyzstan. Elsevier, Lithos, 97, 140-160.

Konopelko, D., Neyerin, A. and Biske, G. (2007) Discovery of copper mineralization associated with the alkaline rocks of Chon-Ashu complex in the Eastern Kyrgyz Tien Shan.

Kozlovsky, A.M., Yarmolyuk, V.V., Savatenkov, V.M. and Kovach, V.P. (2006) Sources of Basaltoid Magmas in Rift Settings of an Active Continental Margin: Example from the Bimodal Association of the Noen and Tost Ranges of the Late Paleozoic Gobi-Tien Shan Rift Zone, Southern Mongolia. Pleiades Publishing, Inc., Petrology, 14, 337-360.

Şengör, A.M.C., Natal'in, B.A. and Burtman, V.S. (1993) Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. Nature, articles, 364, 299-307.

Yanga, Z. and Woolley, A. Carbonatites in China: A review, Elsevier, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 559-575.

Yakubchuk, A.S. (2002) The Baikaliide-Altaid, Transbaikali-Mongolian and North Pacific orogenic collage: similarity and diversity of structural patterns and metallogenic zoning. In: Blundell, D.J., Neubauer, F., von Quadt, A. (Eds.), The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen: Geological Society of London, Special Publication, 204, p. 273-297.

Zaharov, I.L., Haristova, M.P. and Lopatako, O.H. (1988) СОСТАВЛЕНИЕ ЛЕТЕНДЫ К ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ ХРЕБТА ТЕРСКОЙ АЛТАОО., p188, Unpublished,