

KR-04(c)-01

지질도폭 조사 연구

Geological Mapping Research

한국지질자원연구원

산 업 자 원 부

제 출 문

산업자원부 장관 귀하

본 보고서를 “지질도폭 조사 연구”과제의 연차보고서로 제출합니다.

2004. 11. 30

주관연구기관명 : 한국지질자원연구원

주관연구책임자 : 김 복 철

연 구 원 : 황 재 하

” : 이 병 주

” : 조 등 룡

” : 고 희 재

” : 기 원 서

” : 송 교 영

” : 김 유 홍

요 약 문

I. 제 목 : 지질도폭 조사 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 연구개발의 목적

- 전 국토의 지질구성 및 지질구조의 기반정보 확보
: 전 국토의 축척 1:5만 국가기본지질도 완성(총 363매)
- 한반도 지질계통 확립
- 국내 지질조사 기술의 기술체계 확립
- 선진국 수준의 지질조사 기반기술 확보

○ 연구개발의 필요성

- 지질도는 국가기본도로서 국토의 지질학적 기초정보 확보의 기본자료
- 한반도 지질계통 확립 등의 학술적 필요
- 효율적인 국토개발을 위한 지질과학 분야 기반정보 확보 및 지식기반 구축
- 광물, 지하수, 에너지 자원의 탐사 및 개발 등 국가 유지에 필수적인 기초지질 정보 확보로 국부가치 향상
- 지질조사 기술 분야의 국제적 수준의 기반기술 확보 및 기술체계 확립
- 핵폐기물 저장소 부지, 원자력발전소 부지, 도로, 고속철도 등의 국가기간시설 설계, 건설 및 유지에 필요한 기초지반정보 확보로 사회적 편익가치 향상
- 국토 환경보존 등 국민 생활환경 연구에 기초자료 확보
- 동북아시아 등 국제 지구과학 연구에 동참

III. 연구개발의 내용 및 범위(당해년도)

강화-온수리, 의정부, 포천 등 4개 도폭구역 내 각종 지질특성의 조사, 기재를 거쳐 1년차 조사면적(전체 면적의 50%)에 대한 지질도 완성

- 위성영상, 항공사진 판독 및 해석
 - 대상 구역에 대한 위성영상과 항공사진 판독으로 주요 선구조선 분석
 - 인지된 주요 선구조선에 대한 실제 지질구조 발달 여부 확인
- 화성암류, 변성암류, 퇴적암류 등의 암석분포, 지질경계 조사
- 단층, 습곡 등의 지질구조 요소 조사 및 해석
- 조사대상 구역의 층서, 지사 등의 지질계통 수립
 - 상기 요소들에 대한 야외 현장조사 및 실내연구 결과를 바탕으로 조사대상 구역(각 도폭의 1년차 진도목표인 전체의 50% 해당 면적)에 대하여 암석/지층 분류, 도폭 내 층서단위 및 지질경계 특성 파악, 지질경계 설정, 층서 수립 등을 통한 지질계통을 확립하였음
- 암석의 지화학적 특성 분석 및 주요 암석층서 단위의 절대연령 측정
- 화성활동, 변성활동 등의 지각활동 연구
 - 저어콘 음극발광영상 분석, SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정, EPMA를 이용한 조암광물의 정량 화학성분 분석 등을 실시하여 각 조사도폭 구역 내에 분포하는 암석의 기원, 암석의 생성연대, 변성작용의 특징, 화강암과 변성암의 분류 등을 실시하였음
- 지형학적 구성 요소를 근거로 제4기 미고결 퇴적층 분류
 - 연구비의 부족으로 인하여 조사도폭 구역 내에 분포하는 제4기 퇴적물에 대한 시추시료의 획득은 불가. 따라서 제4기 퇴적물에 대해서는 지형분석을 위주로 지표상의 미고결 퇴적물을 성인적으로 분류
 - 포천도폭에서는 충적층, 붕적층 등의 일반적인 미고결 퇴적물 층서단위 외에도 하안단구 요소가 인지되어 이를 제4기 미고결 퇴적물의 층서체계에 추가함
- 조사구역 내의 광산 분포 및 현황 기재
 - 도폭구역 내에 위치하는 석재광산 등의 응용지질 요소를 파악, 분류하여 기재

IV. 연구개발 결과

- 강화-온수리도폭
 - 강화-온수리도폭에 분포하는 선캠브리아기의 기반암은 경기편마암복합체의 일

부로서 하부로부터 호상편마암, 결정질편암 그리고 이를 관입한 화강편마암으로 구성

- 석모도를 중심으로 분포하는 중생대 화성암류는 반정질조립질흑운모화강암, 중립질흑운모화강암, 중조립질각섬석흑운모화강섬록암, 세립질흑운모화강암 순서로 관입하였으며, SHRIMP 연대측정결과 각섬석흑운모화강섬록암의 연대는 약 100 Ma로 백악기로 판명
- 상기의 암석들을 관입하는 암맥류는 산성암맥인 규장암맥(felsite dyke), 유문암맥(rhyolite dyke), 거정질화강암맥(pematite vein), 석영맥(quartz vein)이 주를 이루며, 산성암맥 외에도 염기성암맥이 발달. 산성암맥이 남북방향으로 관입한 반면에 염기성 암맥은 동서방향으로 관입
- 제4기 충적층은 자갈, 모래, 점토 등으로 구성
- 편마암류에 발달하는 편마구조는 동서 방향의 주향과 남쪽 방향의 고경사가 우세
- 호상편마암에 발달하는 절리구조는 북서 방향이 우세한 반면, 화강편마암에 발달하는 절리구조는 북동 방향 우세
- 중생대 화강암류에 발달하는 절리구조는 북북동 방향 내지 동북동 방향 우세

○ 의정부도폭

- 기반암인 선캄브리아시대 변성암류는 조사지역의 중부-동부에 폭넓게 분포. 퇴적기원의 변성암인 흑운모편마암, 편암과 이들 암석이 변성작용 동안에 부분용융되어 형성된 미그마타이트질 편마암이 기반암을 형성하며, 편마암류를 관입한 화성기원의 흑운모가 우세한 화강편마암으로 구성
- 유라기 화강암류는 화강암 중에서 가장 넓은 분포면적을 차지하는 흑운모화강암과 반상질 흑운모화강암, 각섬석화강암과 소규모의 섬록암과 산성맥암으로 구성되며 도폭의 중부-서부 지역에 분포
- 자갈, 모래, 점토로 구성된 제4기 충적층은 부용천과 중랑천이 흐르는 의정부시 일원과 왕숙천이 흐르는 진접읍 연평리 일원의 평야지대에 넓게 분포
- 의정부도폭의 지질구조는 선캄브리아시대 변성암체에 나타나는 광역 엽리와 남북방향의 동두천단층, 북동-남서 방향의 포천단층과 왕숙천단층이 도폭지역을 지배하는 대표적인 지질구조임

○ 포천도폭 : 도폭 북동부지역(1년차 1/2도폭)의 지질계통 확립

- 기반암은 선캄브리아시대의 경기편마암복합체에 속하는 변성암류로서 규암과

- 대리암을 협재하는 흑운모 편마암, 안구상 편마암, 엽리상 우백질 화강암, 거반정질 변성화강암, 감악산 변성 섬장암 등으로 구성되며, 도폭구역의 중부 및 북서부에 넓게 분포
- 후기 트라이아스기~전기 유라기 대동층군의 적성층은 석탄층을 함유한 육성 퇴적층(역암, 역질 사암, 사암, 세일)으로 구성되고, 도폭구역의 북서부에서 동북동-서남서 방향의 좁은 대상으로 분포
 - 유라기의 대보화강암류는 함석류석 흑운모 화강암, 반상질 흑운모 화강암, 흑운모 화강암섬, 섬록암등으로 구성되고, 도폭구역의 북서부에서 남동부에 걸쳐 분포
 - 제4기의 미고결 쇄설성 퇴적층은 하안단구층 및 충적층과 분류되며, 주요 수계의 양안, 산록, 계곡부에 분포
 - 감악산 변성 섬장암, 안구상 편마암, 그리고 흑운모 편마암의 일부에 동북동-서남서 방향의 연성전단대가 약 4 km 폭으로 발달. 이 전단대는 적성층 퇴적 이전(트라이아스기 말)에 경기육괴와 임진강대의 경계부에서 발생한 지각의 수평적인 신장변형에 수반된 신장성 연성전단대로 해석
 - 적성층의 북서측 경계를 따라 선캄브리아시대의 엽리상 우백질 화강암을 적성층 상위로 운반시킨 동북동-서남서 방향의 주향과 북쪽으로 저각의 경사를 이루는 충상단층 발달
 - 동서로 양분되어 분포하는 적성층을 기준으로 백악기 동안 4 km 정도의 우수향의 수평변위가 발생된 남-북 방향의 동두천단층과 역시, 주향이동단층의 성격을 갖는 단층으로 판단되는 북북동-남남서 방향의 포천단층이 발달

IV. 연구개발 결과의 활용계획

- 산업자원부, 광업 및 에너지 개발 관련 공공/민간업체
 - 광물, 지하수, 석재, 골재, 에너지 등 국토 부존자원 탐사 및 개발
 - 지열 등의 에너지 자원 탐사 및 개발
 - 천연가스 등 지하 에너지 저장시설 설계 및 유지
 - 광업 등록 등 지하자원 관련 분야 주요 국가정책 수립 및 추진
- 산업자원부, 건설교통부, 환경부, 원자력발전소, 관련 공공기관/민간업체
 - 원자력 시설, 고속철도, 고속도로, 지하철 등 국가기간시설 설계 및 건설
 - 우리나라 지질특성에 부합하는 원전부지, 폐기물부지 등의 지반안정성 평가기준 설정

- 천연가스 등 지하 에너지 저장시설 설계, 유지
 - 환경영향평가, 지질재해, 토양오염 등의 국토환경 관리
 - 고속철도, 고속도로, 항만 등의 설계, 건설
 - 광업 등록 등 국토 부존자원 관리 분야
- 국방부, 농림부, 관련 공공기관/민간업체
 - 땅굴 탐사, 지하시설물 설계 등의 국방 분야 및 농업, 임업 연구 분야
- 과기부, 대학교, 관련 정부투자기관/민간업체
 - 산, 학계의 순수 기초 내지는 응용 지구과학 관련 연구, 교육 분야
 - 동북아시아 등을 대상으로 한 지질과학 분야의 국제기술 교류

S U M M A R Y

I . Title : Geological Mapping Research

II. Purpose and significance of the study

Geological mapping program of Korea has been conducted as a long-term program since the early 1920's. KIGAM has carried out the bulk of the program for last 40 years. The primary goal of the program is to collect, process, analyze, translate, and disseminate earth-science information through geological maps. This information contributes to maintaining and improving the quality of life and economic vitality of the nation and mitigating the effects of hazardous events and conditions. Up to the present, a total of 233 out of 363 quadrangles (1:50,000 scale) of entire South Korea has been mapped. In addition, eight 1:25,000 scale geologic maps for selected areas have been published since 1988.

III. Scope of the study

The Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM) is a major publisher of geological maps. Production has responsibility for all aspects of publishing, both conventional and electronic. Our research and information contributes to enhanced industrial, economic, social and environmental benefits to the community - by providing input for decisions that impact upon resource use, management of the environment, and the safety and well-being of Korea.

During the year 2004, we completed preliminary geological maps for the 1/2 area of Ganghwa-Onsuri, Uijeongbu, and Pocheon quadrangles (1:50,000 scale). The main research fields for geological mapping project include:

- geological surveying and mapping of surface geology
- lineament analyses from satellite image and aerial photography
- interpretation of the geological occurrences of each stratigraphic unit
- petrographic descriptions of each stratigraphic unit
- detailed geometrical and kinematic analyses of the structural elements

- such as fault, fold, bedding, foliation, joint, lineation and etc for interpreting subsurface geology
- geochemical analyses and absolute age determination of the main rock units
- interpretation of crustal evolution of each quadrangle through the analyses of igneous and metamorphic rock units

IV. Results

1. Ganghwa-Onsuri Sheet

The Ganghwa · Onsuri sheet(1:50,000), lying between the longitudes 126°15' – 126°30' and latitudes 37°30' – 37°50', is situated in the northwest part of the Gyeonggi Massif.

The Precambrian basement of the mapped area, the Gyeonggi Gneiss Complex, is composed of banded gneiss, crystalline schist and granite gneiss in ascending order. The banded gneiss is characterized by alternation of feldspar-, quartz-rich part and mafic mineral-rich part. The crystalline schist consists of mica schist, quartz schist, crystalline limestone and quartzite. The granite gneiss, intruding banded gneiss and crystalline schist, shows similar appearance of Mesozoic granite but some parts has gneiss or migmatic foliation.

Mesozoic granitoids, distributed in the western part of sheet area, are classified to porphyritic coarse-grained biotite granite, medium-grained biotite granite, medium coarse-grained hornblende biotite granodiorite and fine-grained biotite granite in emplacement sequence. The medium coarse-grained hornblende biotite granodiorite shows the SHRIMP U-Pb zircon age of about 100 Ma. Therefore, porphyritic coarse-grained and medium-grained biotite granites are the Jurassic granites. And the others are the Cretaceous granites. The fine-grained biotite granite, so-called 'Ganghwa stone', was used as a building stone and intruded in the direction of N-S.

Gneissic foliation developed in the banded gneiss is mostly oriented N75°E/60–90°SE. And the gneissic foliation of granite gneiss show maximum of N75°W/70°SW. Rose diagram of joint of banded gneiss shows the

N40°W–N50°W maximum, and that of granite gneiss indicates the N40°E–N50°E maximum. The joints developed in Mesozoic granitoids are concentrated at NS–N10°E or N70°E–N80°E directions.

2. Uijeongbu Sheet

The Uijeongbu sheet (1:50,000) is located in the north-eastern part of the Seoul metropolitan area and geologically belongs to the Gyeonggi Metamorphic Complex zone of Middle-east Korea Peninsula. The quadrangle includes three major geologic units: (1) Precambrian metamorphic complex of Gyeonggi Massif; (2) Jurassic granitic rocks and dikes; (3) Quaternary alluvium deposits.

The Precambrian metamorphic basement which occupies the central-eastern part of the sheet includes biotite gneiss, migmatitic gneiss, banded gneiss and granite gneiss. The migmatitic gneiss of which SHRIMP U–Pb zircon age is 1,870 Ma intercalated in the biotite gneiss which para-gneiss originated from Proterozoic sediments.

The Jurassic Daebo granites and dykes are classified into porphyritic biotite granite, biotite granite, hornblend granite, diorite and acidic dyke on the basis of the lithology. The granites are distributed in the central-western part of the sheet. These granites had intruded the Precambrian metamorphic basement several places within the Uijeongbu sheet. The K/Ar biotite age of biotite granite is 164.5 ± 2.4 Ma and the Rb/Sr whole rock age is 165 ± 30 Ma. The SHRIMP U–Pb zircon age of biotite granite is 180.0 ± 1.5 Ma, which indicate that the age of granite intrusion.

The foliation of the Precambrian metamorphic rocks is generally N40–50°E/40–60°SE and this is accord with general topography of the eastern part of the Uijeongbu sheet.

In the Uijeongbu sheet, there are distinctive three fault line. First is N–S trending the Dongducheon Fault, and the others is NE–SW trending Pocheon Fault and Wangsukcheon Fault. In the Cretaceous time the Dongducheon Fault was activated as a N–S–trending dextral strike-slip fault with a displacement of about 4 km.

3. Pocheon Sheet

The Pocheon Sheet(1:50,000), lying between the longitudes $127^{\circ}00'00'' \sim 127^{\circ}15'00''$ and the latitudes $37^{\circ}50'00'' \sim 38^{\circ}00'00''$, is situated in the northwest margin of the Gyeonggi Massif. The Precambrian metamorphic basement which occupies the central part of the sheet includes biotite gneiss, augen gneiss, foliated leucocratic granite, blastoporphyratic metagranite, Gamaksan metasyenite. Characteristically in the biotite gneiss are intercalated quartzite and thin limestone beds. The blastoporphyratic metagranite of which SHRIMP U-Pb zircon age is 1870Ma intruded into the biotite gneiss and contains megacrysts of alkali feldspar. The SHRIMP U-Pb zircon age of the Gamaksan metasyenite is 758.35.1 Ma and is interpreted to be upper proterozoic. Late Triassic to Early Jurassic Dedong Group occupies the ENE-trending Yeoncheon coalfield in the northwestern part of the sheet and is mainly composed of coal-bearing non-marine sediments. The Jurassic Daebo granites are classified into garnet-bearing biotite granite, porphyritic biotite granite, biotite granite and diorite on the basis of the lithology. The granites are distributed in the northeastern, southeastern and southwestern part of the sheet.

The ENE-trending extensional ductile shear zone occurs along the boundary between the Kyeonggi massif in the south and the Imjingan belt in the north. The width of shear zone is at least 4 km in the sheet. Within the shear zone, the metasyenite, augen gneiss and biotite gneiss are mylonitized with mylonitic foliation and stretching lineation. The mylonitic foliation strikes ENE and dips consistently north at 40° . This foliation surface is marked by strong down-dip stretching lineation with high angle of pitch. Kinematic indicators including S-C fabrics, asymmetric augen of feldspar and oblique grain-shape fabrics consistently indicate a normal sense of shear. A Rb-Sr muscovite age(2261.2 Ma, Kim et al., 2000) of the mylonite suggests that the extensional ductile shearing occurred during the late Triassic. In middle Jurassic(?) time the ENE-trending thrusting occurred along the northwestern boundary of the Daedong Group. The thrust transported the Precambrian leucocratic granite over the Daedong Group. In Cretaceous time the Dongducheon Fault was activated as a N-S-trending dextral strike-slip fault with a displacement of about 4 km.

V. Suggestions for applications

Geological maps are the primary database for virtually all applied and basic earth science investigation, including (a) exploration and development of mineral, energy and water resources, (b) land- use evaluation and planning for environmental protection, (c) design and construction of infrastructures, (d) siting of major industrial facilities, and (e) basic earth science research. The improved knowledge through the production of geological maps will help to improve the efficiency of resource exploration and development, and reduce its culminative impact on the ecologically sensitive region.

C O N T E N T S

Chapter 1 Introduction	25
Chapter 2 Status of the research trend related to this study	27
Section 1 Status of the research trend of foreign countries	27
Section 2 Status of the domestic research trend	29
Chapter 3 Results	31
Section 1 Ganghwa-Onsuri Sheet	31
1. Introduction	31
2. Physiography	32
3. Geological setting	32
4. Stratigraphy	34
A. Banded gneiss	36
B. Crystalline gneiss	36
C. Granitic gneiss	37
D. Porphyritic coarse-grained biotite granite	40
E. Medium-grained biotite granite	41
F. Medium- to coarse-grained hornblende biotite granodiorite	42
G. Fine-grained biotite granite	42
H. Dykes	44
I. Alluvium	44
5. Geological structures	45
A. Foliations	45
B. Joints	46
C. Folds	46
6. Applied geology	46
Section 2 Euijeongbu Sheet	49
1. Introduction	49
2. Physiography	50
3. Geological setting	51
4. Stratigraphy	54
A. Precambrian rocks	54
(1) Biotite gneiss	54

(2) Granite gneiss	57
B. Jurassic Daebo granites	59
(1) Porphyritic biotite granite	59
(2) Biotite granite	60
(3) Hornblende granite	60
(4) Diorite	63
(5) Acidic dykes	63
C Quaternary alluvium	64
5. Geological Structures	65
A. Foliation and folding	65
B. Lineaments and fault	67
6. Geological history	69
7. Applied geology	70
Section 3 Pocheon Sheet	72
1. Introduction	72
2. Physiography	72
3. Geological setting	73
4. Stratigraphy	76
A. Precambrian rocks	76
(1) Biotite Gneiss	76
(2) Augen Gneiss	77
(3) Foliated Leucocratic Gneiss	78
(4) Blastoporphyratic Metagranite	78
(5) Gamaksan Metasyenite	80
B. Late Triassic to Early Jurassic Daedong Group	80
C. Jurassic Daebo Granite	81
(1) Garnet-bearing Biotite Granite	81
(2) Porphyritic Biotite Granite	82
(3) Biotite Granite	82
(4) Diorite	84
D. Quaternary river terrace deposits and alluvium	85
5. Geological Structures	86
A. Ductile shear zone	86

B. Fault	87
(1) Thrust	87
(2) Dongducheon Fault and Pocheon Fault	87
6. Geological history	88
Chapter 4 Achievement of the goal and contribution to related research fields	89
Section 1 Achievement of the goal of research development	89
Section 2 Contribution to the related research fields	89
Chapter 5 Utilization plan for the obtained results	91
Section 1 Utilization plan for the obtained results	91
Section 2 Necessity for the additional research	93
Chapter 6 References	95
Appendix. EPMA Analysis Data	99

목 차

제 I 장 서 론	25
제 2 장 국내외 관련기술 개발 현황	27
제 1 절 국외 관련기술 개발 현황	27
제 2 절 국내 관련기술 개발 현황	29
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	31
제 1 절 강화-온수리도폭	31
1. 서 언	31
2. 지 형	32
3. 지질개요	32
4. 지질각론	34
가. 호상편마암	36
나. 결정질편암	36
다. 화강편마암	37
라. 반상질조립질흑운모화강암	40
마. 중립질흑운모화강암	41
바. 중조립질각섬석흑운모화강섬록암	42
사. 세립질흑운모화강암	42
아. 암맥류	44
자. 제4기 충적층	44
5. 지질구조	45
가. 엽리구조	45
나. 절리구조	46
다. 습곡구조	46
6. 응용지질	46
제 2 절 의정부도폭	49
1. 서 언	49
2. 지 형	50
3. 지질개요	51
4. 지질각론	54
가. 선캠브리아시대 변성암류	54

(1) 흑운모편마암	54
(2) 화강편마암	57
나. 쥐라기 대보화강암류	59
(1) 반상질흑운모화강암	59
(2) 흑운모화강암	60
(3) 각섬석화강암	60
(4) 섬록암	63
(5) 산성맥암	63
다. 제4기 충적층	64
5. 지질구조	65
가. 엽리 및 습곡구조	65
나. 선구조와 단층	67
6. 지사	69
7. 응용지질	70
제 3 절 포천도폭	72
1. 서 언	72
2. 지 형	72
3. 지질개요	73
4. 지질각론	76
가. 선캠브리아시대 암체	76
(1) 흑운모편마암	76
(2) 안구상편마암	77
(3) 엽리상우백질화강암	78
(4) 변성거반정질화강암	78
(5) 감악산변성섬장암	80
나. 후기 트라이아스기~전기 쥐라기 대동층군의 적성층	80
다. 쥐라기 대보화강암류	81
(1) 함석류석흑운모화강암	81
(2) 반상질흑운모화강암	82
(3) 흑운모화강암	82
(4) 섬록암	84
라. 제4기 하안단구층 및 충적층	85
5. 지질구조	86

가. 연성전단대	86
나. 단 층	87
(1) 층상단층	87
(2) 동두천단층 및 포천단층	87
6. 지사	88
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도	89
제 1 절 연구개발 목표 달성도	89
제 2 절 관련 분야에의 기여도	89
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	91
제 1 절 연구결과의 활용계획	91
제 2 절 추가연구의 필요성	93
제 6 장 참고문헌	95
부록 EPMA 분석치	99

표 차례

Table 3-1. 강화-온수리도폭의 지질계통표.	34
Table 3-2. 외포리 지역의 지질계통표.	39
Table 3-3. 의정부도폭 지역의 지질계통표.	52
Table 3-4. 의정부도폭 내에 분포하는 광산과 골재업체.	71
Table 3-5. 포천도폭 지역의 지질계통표.	74
Table 5-1. 지질정보의 구성요소/활용분야/편익요소의 상관관계.	92
Table 5-2. 기본지질도폭 발간을 위한 단계별 추진계획 및 기간.	93

그림 차례

Fig. 3-1. 강화-온수리도폭 지질도.	35
Fig. 3-2. 호상편마암의 야외노두 사진.	36
Fig. 3-3. 편암의 야외노두 사진.	37
Fig. 3-4. 화강편마암의 야외노두 사진.	39
Fig. 3-5. 조립질흑운모화강암의 야외노두 사진 및 현미경 사진.	40
Fig. 3-6. 중립질흑운모화강암의 야외노두 사진.	41
Fig. 3-7. 중립질각섬석흑운모화강암의 야외노두 및 현미경 사진.	43
Fig. 3-8. 각섬석화강섬록암 저어콘의 현미경 사진과 음극발광영상.	43
Fig. 3-9. 세립질흑운모화강암의 야외노두 사진.	44
Fig. 3-10. 여러 가지 암맥의 야외노두 사진.	45
Fig. 3-11. 편마암과 화강암 내 엽리 및 절리구조의 입체투영도.	47
Fig. 3-12. 습곡구조의 야외노두 사진.	48
Fig. 3-13. 조사지역의 지형을 보여주는 전산음영기복도.	51
Fig. 3-14. 의정부도폭 지질도.	53
Fig. 3-15. 미약한 호상구조를 보이는 흑운모편마암.	56
Fig. 3-16. 함석류석미그마타이트질편마암의 현미경 사진.	56
Fig. 3-17. 함석류석미그마타이트질편마암 저어콘의 현미경 사진과 음극발광영상	57
Fig. 3-18. 거정질화강편마암.	58
Fig. 3-19. 담홍색의 장석이 특징적인 흑운모화강암.	61
Fig. 3-20. 흑운모화강암의 현미경 사진.	61
Fig. 3-21. 중립의 등립질 조직을 갖는 괴상의 각섬석화강암.	62
Fig. 3-22. 각섬석흑운모화강암의 현미경 사진.	62
Fig. 3-23. 세립질의 섬록암.	63
Fig. 3-24. 회백색을 보이고 장석반정을 함유하는 산성맥암.	64
Fig. 3-25. 선캠브리아시대 편마암에 나타나는 광역엽리.	66
Fig. 3-26. 포천-의정부도폭 지역에 발달하는 구조선.	67
Fig. 3-27. 음영기복도에서 추출한 의정부도폭의 선구조.	68
Fig. 3-28. 좌수향 주향이동을 지시하는 단층조선이 발달한 단층면.	69
Fig. 3-29. 포천도폭 지역의 지질도.	75

Fig. 3-30. 흑운모편마암의 야외노두 사진.	76
Fig. 3-31. 안구상편마암의 야외노두 사진.	77
Fig. 3-32. 변성거반정질화강암의 야외노두 및 현미경 사진.	79
Fig. 3-33. 감악산 변성섬장암의 야외노두 사진.	80
Fig. 3-34. 적성층 상부 층준에 분포하는 역암노두 사진.	81
Fig. 3-35. 대보화강암류의 야외노두 및 현미경 사진.	83
Fig. 3-36. 흑운모화강암의 SHRIMP U-Pb 분석자료.	84
Fig. 3-37. 하안단구층의 노두사진.	85
Fig. 3-38. 연성전단대를 이루는 암석들의 노두사진.	86

제 1 장 서 론

지질도는 어떤 지역에 노출되어 있는 지층이나 암석의 종류, 지질시대를 나타내고 이들의 선후관계나 분포상태를 여러 가지 모양으로 나타낸 평면도로 정의될 수 있다. 이 지질도를 임의의 방향으로 잘라서 지하의 지층, 암체의 모양을 묘사한 것이 지질단면도이다. 따라서 우리는 지질도와 지질단면도를 통해서 어느 특정한 지역에 대한 각종 지질정보를 읽어 낼 수 있기 때문에 지하자원 탐사, 댐의 건설이나 터널의 굴착, 지반침하나 지진, 화산재해의 대책, 지역의 효율적인 개발을 위한 환경영향 평가 등을 실시할 때 지질도와 지질단면도는 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 체계적인 국토지질조사를 통하여 국토가 어떤 지층이나 암석으로 되어 있는지, 그것들이 언제 만들어진 것인지, 지층이나 암석들의 상호관계는 어떻게 되어 있는지를 파악하여 국가적인 차원에서 기본적인 국토지질정보를 확보하는 것은 학술적인 필요 외에도 국가산업 발전 및 국민생활환경 보전을 위하여 매우 중요한 의미가 있다.

지질도 작성사업은 세계 모든 국가에서 국가기본사업으로 수행하고 있으며, 사업의 특성상 막대한 재원과 오랜 기간이 소요되기 때문에 정부기구인 지질조사소(우리나라의 경우 국립지질조사소의 업무를 수행하고 있는 한국지질자원연구원)가 수행하고 있다. 이렇게 수집된 국토기본지질정보는 민간 및 공공부문에 자유롭게 제공되며, 이들은 이러한 정보를 기초로 자원 개발, 지하수 개발, 건설 및 국토환경 개선 등 다양한 목적의 공공 및 수익사업을 시행하고 있다.

지질도폭 조사 연구사업의 연구개발 배경, 목표 및 범위를 간단히 요약하면 아래와 같다.

▶ 연구개발 배경

- 지질도는 국가기본도로서 국토의 지질학적 기초정보 확보의 기본자료임
- 지질도는 순수기초 내지는 응용지구과학 연구, 국토의 효율적인 이용 및 개발을 위한 가장 필수적인 자료
- 한반도 지질계통 확립 등의 학술적 필요
- 효율적인 국토개발을 위한 지질과학 분야 기반정보 확보 및 지식기반 구축
- 광물, 지하수, 에너지 자원의 탐사 및 개발 등 국가유지에 필요한 기초 지질정보 확보로 국부가치 향상

- 핵폐기물 저장부지, 원자력발전소, 도로, 고속철도 등의 국가기간시설 설계, 건설 및 유지에 필요한 기초지반정보 확보로 사회적 편익가치 향상
- 지질조사 기술 분야에서 국제적 수준의 기반기술 확보 및 기술체계 확립

▶ 연구개발 목표 및 범위

- 국토 지질구성 및 지질구조의 기반정보 확보
 - 전 국토의 축척 1:5만 국토기본지질도 완성 (총 363매)
 - 국토 주요지역의 축척 1:2.5만 정밀지질도 완성 (총 132매)
- 한반도 지질계통 확립
- 국내 지질조사 기술의 기술체계 확립 및 선진국 수준의 기반기술 확보

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국외 관련기술 개발 현황

- 모든 국가에서 지질도폭 조사를 광물, 수자원, 에너지 자원의 개발 및 탐사, 효율적인 국토개발 등을 위한 정책연구과제로 수행 중
- 대부분의 선진국에서는 지질도 작성 사업을 “국가지질도법” “광업진흥법” 등과 같은 법령에 근거하여 국가기구인 지질조사소가 중장기적인 국가지질조사 계획을 수립하여 체계적으로 수행 중
- 국가에서는 지질조사소를 통하여 기초적인 지질정보를 수집, 이를 공공 및 민간부문에 제공하며 민간 기업은 이러한 정보를 기초로 다양한 목적의 공공 및 수익사업 시행
- 전 국토를 대상으로 하는 1/5만 기본지질도폭 조사는 미국, 프랑스, 호주 등의 구미 선진국의 경우 75~90%, 일본은 약 75% 완료
- 최근에는 선진국을 중심으로 1:25,000 축척 정밀지질도의 제작이 크게 확산되고 있는 상황이며 이와 함께 디지털지질도, 지질도에 GIS 개념을 도입하여 3-D 지질도 작성 등 기존의 지질도 작성기법에 최근에 눈부신 속도로 발전하고 있는 전산기술을 도입하고 있음
- 지질재해 (산사태, 지진, 홍수, 화산폭발 등), 고도산업사회로의 전환에 따른 각종 폐기물 처리장 건설, 고갈되어 가는 각종 에너지 및 광물자원 평가 및 수자원 평가 등과 관련한 국가적 요구 및 이해집단의 요구에 부응하는 지질학적 필수전문자료로 활용

▶ 미국

- 국가지질조사사업 수행기관 : 미국지질조사소
(USGS; United States of Geological Survey)
- 지질도폭 조사 연구 : 1992년에 입법된 “국가지질도법(National Geological Mapping Act)”과 1997년에 개정된 “National Geological Mapping Reauthorization Act”에 근거하여 연방지질조사소와 주지질조사소를 중심으로 “National Geologic Mapping Program”을 진행, 국가주도로 지질도와 각종 주제도 생산
- 특히 1994년부터는 대통령특별령(Executive Order 12906)에 의거하여 NSDI

(National Spatial Data Infrastructure) Project를 시작하면서 지질도의 제작에 GIS와 RS 기술을 적용함으로써 지질도의 디지털화에 박차를 가하고 있음

- 현재는 지형도와 항공사진만이 디지털화 되어 있으나 디지털지질도 제작의 필수 선결조건인 지질정보의 표준화는 1980년대부터 시작해서 1990년대 중반에 이미 완성(ArcInfo Base)

▶ 프랑스

- 국가지질조사사업 수행기관 : 지질자원연구소 (BRGM; Bureau de recherches géologiques et minières). 1959년도에 설립된 정부부처의 국 단위 조직으로 지질조사, 토양조사 및 광업행정 담당
- 지질도폭 조사 연구와 지질정보 관리 : 프랑스 광업법에 의거 지질도 및 주제도 작성과 같은 기초지질조사사업은 국가지질조사기구인 프랑스 지질자원연구소가 담당. 이외의 공공 및 민간부문에 의해 시행되는 모든 지질조사 및 시추사업은 정부의 사전허가 의무화

▶ 영국

- 국가지질조사사업 수행기관 : 영국지질조사소 (BGS, British Geological Survey)
- 지질도폭 조사 연구와 지질정보 관리 : “Minerals Act of 1959”, “Mining Industry Act of 1926” 등의 법령에 의거하여 지질도 및 주제도 작성과 같은 기초지질조사사업은 국가기관인 영국지질조사소가 담당. 수집된 각종 지질자료는 D/B화해서 지질조사소 산하기관인 “National Geosciences Records Center”에서 종합 관리
- 기존에 생산하던 기본지질도는 지속적으로 추진하고 있으며 이와 함께 1:25,000 축척의 디지털지질도를 함께 발간(디지털지질도는 raster image와 vector data를 모두 발간)
- 디지털지질도는 4개의 주제(solid geology; drift deposits; mass movement; artificial ground)로 작성되어 발간
- 기존에 발간된 지질도를 새로운 디지털지질도의 제작기준에 맞추어 디지털화가 진행되고 있음

▶ 캐나다

- 국가지질조사사업 수행기관 : 캐나다지질조사소
(GSC, Geological Survey of Canada)
- 기존의 기본지질도와 함께 디지털지질도를 함께 발간(디지털지질도는 raster image로 구성)
- 기본지질도폭 조사에 지구물리나 지화학 분야의 각종 자료들이 모두 포함
- 기본지질도폭 외에도 지질재해 등 지질학 관련 주요 분야에 대한 디지털화가 상당히 진행되고 있음
- 지질정보의 표준화는 미국과 함께 1980년대부터 시작해서 1990년대 중반에 이미 완성(ArcInfo Base)
- 현재 진행 중인 디지털 지질도 사업은 "NATMAP Program"에서 진행 중. 특히 현재 진행 중인 도폭조사 지역에 대한 preliminary 자료를 on-line상에서도 image로 확인이 가능

▶ 호주

- 국가지질조사사업 수행기관 : 호주지질조사소
(GSA, Geological Survey of Australia)
- 기존의 기본지질도와 함께 디지털지질도를 함께 발간(디지털지질도는 raster image와 vector image로 구성되며, 1996년부터 보급 시작)
- 지질정보의 표준화는 완료

▶ 일본

- 국가지질조사사업 수행기관 : 일본지질조사소
(GSJ, Geological Survey of Japan)
- 기존의 기본지질도와 함께 디지털지질도를 함께 발간
- 디지털지질도는 Thematic Map에 한해서만 image file로 제작
- 1990년대 말부터 vector data를 포함하는 디지털지질도를 제작 중

제 2 절 국내 관련기술 개발 현황

우리나라의 지질도폭 조사연구 사업은 일제 때 조선총독부 산하 지질조사소로

부터 시작되어 현재까지 진행되고 있는 역사가 매우 오래된 사업이다. 지질도폭 조사를 위해서는 지질학의 학문영역에 속하는 모든 분야의 기술이 종합적으로 필요하며 따라서 지질학의 각종 세부분야별로 높은 수준의 기반기술이 확보되어야 만 품질이 우수한 지질도폭의 생산이 가능해 진다.

현재 우리나라는 지난 40 여년간 꾸준히 지질도폭을 제작하여 왔으며, 지질과학의 눈부신 발전에 발맞추어 지속적으로 선진 지질학 및 현대적 개념의 지질조사 기법을 습득, 개발해 왔기 때문에 현재 우리나라의 지질도폭 제작기술은 거의 선진국 수준에 육박해 있으며 일부 동남아시아, 아프리카, 및 일부 동북아시아 국가에 지질조사 및 지질도 작성 기술을 수출 내지는 이전하고 있다. 특히 지난 1986년부터 2003년 까지는(2004년부터는 사업이 중단) 고도의 지질조사 및 지질도 작성 기술을 요하는 1:25,000 축척의 정밀지질도폭을 8매 발간함으로써 국내 지질조사 기술의 고도화 및 정밀지질도 작성 기술에 대한 know-how를 축적하고 잇는 상태이다. 국내의 지질도폭 발간 역사 및 현황을 요약하면 아래와 같다.

- 일제 강점기(1920-1937) 조선총독부 지질조사소에 의해 감포도폭 외 1/5만 지질도 60매 발간(북한 35매, 남한 25매)
- 해방 후 중단되었으나 1961년 조사가 재개되어 1962년 태백산지구지하자원조사단에 의해 1/5만 지질도 19매 발간
- 1962년 이후 우리 연구원에서 지질도폭 발간 지속, 2003년까지 189매 발간
남한지역 총 363매 중 현재까지 233매의 국토기본지질도(1:50,000 축척) 발간
(전체 면적 대비 86.5%)
- 1986년부터 2003년까지 1/25.000 축척 정밀지질도폭 8매 발간

지질자원정보는 다양한 산업분야에 이용되어 다양한 사회-경제적 편익가치를 창출하기 때문에 국가 및 다양한 산업주체들은 각각 자신의 사회적 목적에 맞는 지질정보의 취득을 위하여 여러 가지 지질조사 사업을 수행하고 있으며 최근에는 지질정보의 처리, DB구축, GIS를 이용한 지질정보 전산화 등 각종 지질정보 관련 산업이 활발하게 진행되고 있다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

2004년도에는 강화-온수리, 의정부, 포천 등 4개 도폭의 1차년도 조사를 수행하였으며, 각 조사대상 도폭의 50%에 해당하는 면적에 대한 지질조사를 완료하고 이에 따른 지질도를 작성하였다. 각 도폭별 연구결과를 기술하면 다음과 같다.

제 1 절 강화-온수리 도폭 (황재하, 김유홍)

1. 서언

강화·온수리 지질도폭은 2004년부터 2005년까지 조사될 산업자원부 협약사업의 일환이다. 조사지역은 북위 37°30' - 37°50', 동경 126°15' - 126°30'으로 구획되는 지역으로 강화도폭과 온수리도폭이 함께 조사되었다. 행정구역상으로는 인천광역시 강화군 강화읍을 중심으로 교동면, 삼산면, 양사면, 하점면, 송해면, 웅진군 및 인천광역시 중구의 일부가 조사지역에 포함된다. 인접도폭으로는 김포·인천도폭이 1995년에 발간되었으며, 통진도폭이 1997년에 발간되었다. 조사지역에 대해서는 1968년 김봉균과 박용안에 의한 강화도의 지질에 대한 조사가 있었으며, 1990년에는 심중우의 강화도 남부와 석모도에 분포하는 화강암에 대한 연구가 있었다.

금년은 2년의 조사기간 중에 1차 연도로 주로 조사지역의 북부를 조사하였으며, 내년까지 전 지역을 조사하여 연구를 완료할 예정이다. 현지 조사는 금년 2월부터 시작되어 현재 계속되고 있으며, 실내 실험은 현장조사에 이어 계속되고 있다. 특히 10월에는 도폭 지역에 분포하는 일부 화성암에 대한 연대측정이 이루어져 정치 연대를 얻었다. 이러한 암석연대 측정은 내년도에 계속하여, 분포암석들의 정확한 지질시대를 규명하고자 한다.

현장 조사에는 국립지리원에서 발간한 1:25,000(교동, 철산, 석모, 강화, 장봉, 신도) 및 1:50,000(교동, 강화) 축척의 지형도가 이용되었다. 조사지역의 상당부가 민간 인통제구역으로 항공사진 등 자료수집에 어려움이 많으며, 현지조사에도 장애가 된다. 또한 조사지역의 일부는 해안 내지는 도서지역에 해당하여 현장접근에 많은 제약이 따른다.

조사지역은 역사적으로 의미를 가지고 있는 사적들이 산재하고 있는 반면에, 지질자원이라든가 학술적으로 혹은 국토의 활용면에서 크게 이목을 끌지 못하였다. 따라서 조사지역에 대한 선행연구 자료도 극히 드물다. 그러나 지질학적으로 중요

한 소위 ‘임진습곡대’와 경기육괴의 접경부에 해당하므로, 남한에서 임진습곡대를 연구할 수 있는 증거들을 내포하고 있을 가능성도 있는 지역이라는 점에서 이번 조사의 중요성이 있다.

2. 지형

조사지역은 모두 섬으로 구성된다. 대부분의 섬들이 한두 개의 고봉을 중심으로, 일부 조간대를 간척하여 약간의 평지를 만들고 있는 형태들이다. 가장 큰 섬인 강화도는 넓이가 236km²로 우리나라에서 다섯 번째로 큰 섬이지만, 이렇다할 산계를 형성한다고 보기는 어렵고, 내륙지방에 비하면 구릉성 산지의 형태에 불과하다. 섬 내의 최고봉을 이루는 마니산(469m) 이외에 북쪽에서부터 별립봉(399m), 고려산(436m), 퇴모산(338m), 진강산(441m) 등이 비교적 높은 산형을 이루고 있으나, 대부분 독립고봉의 형태를 보인다.

그러나 비교적 낮은 구릉들이 미약하나마 일정한 방향성을 보이고 있다. 이러한 방향성은 조사지역 남부와 북부에서 다소간의 차이를 보이는데, 북부에서는 북동-남서나 동북동-서남서의 방향성을 뚜렷하게 보이는 반면 남부에서는 북서-남동향의 방향성을 보이고 있다. 이러한 방향성은 서쪽의 석모도까지 연장되어, 석모도의 북단은 상주산을 중심으로 북동-남서향을, 남부는 상봉산과 해명산이 북서-남동 방향으로 연봉을 이루고 있음을 볼 수 있다.

강화도는 북쪽으로 한강을 사이에 두고 연백평야와 접하며, 김포와는 폭 300m 내지 1km의 염하를 사이에 두고 있다. 따라서 대부분의 하천들은 바다로 직접 유입되거나 이들 하천으로 유입되며 1, 2차 수계를 벗어나지 못한다. 특히 하천의 하구는 대부분 간척에 의해 인위적으로 유도된 인공수계를 형성하고 있다.

이러한 인공적인 부분을 제거하면 자연수계는 대략 산계에서 보여주는 방향성에 일치하는 경향을 보이고 있다. 즉 수계 역시 북부에서는 북동-남서 또는 동북동-서남서 방향을 잘 보여주며, 남부에서는 북서-남동의 방향성을 보이고 있다.

3. 지질개요

한반도의 중서부 경기만에 위치하는 조사지역은 지체구조적으로 경기육괴의 북서부, 소위 임진대의 인접부에 위치한다. 조사지역에 대해서는 1968년 김봉균과 박용안에 의해 강화도의 전반적인 지질에 대한 조사가 이루어진 바 있다. 김봉균과

박용안(1968)에 의하면, 강화도는 하부로부터 결정질편암, 강화화강암질편마암, 김포층, 마니산화강암으로 구성된다고 보고되었다. 결정질편암은 주로 강화도남부에 분포하는 운모편암, 석영편암, 결정질석회암, 백운암 등을 말하며, 운모편암 내에는 석류석이 발달한다. 강화화강암질편마암은 1929년 1:1,000,000 지질도에서는 화강암으로 표시되었던 것으로, 정편마암과 준편마암으로 구성된다고 보고되었다. 김포층은 역암과 사암 등으로 구성된 퇴적암으로 강화대교 부근에만 분포하며, 조사지역에는 포함되지 않는다. 마니산화강암은 마니산부근에 주로 분포하는 화강암으로 흑운모각섬석화강암을 말한다. 1990년 심우종은 강화도 남부와 석모도에 분포하는 화강암체에 대한 연구에서 마니산화강암을 길상산 부근의 흑운모화강암과 마니산 부근의 흑운모각섬석화강암으로 분리하였으며, 야외 증거를 바탕으로 흑운모각섬석화강암이 흑운모화강암을 관입한 것으로 해석한 바 있다.

기존 자료와 지금까지의 조사를 바탕으로 이 지역의 지질을 간략히 살펴보면, 크게 기반암인 선캄브리아기의 암석과 이를 관입한 중생대 화강암류로 나눌 수 있다. 선캄브리아기 암석은 경기편마암복합체의 일부로 생각되는 호상편마암과 이를 부정합으로 덮는 결정질편암과 이들을 관입하는 화강편마암으로 구성된다. 과거에 사용되었던 ‘강화화강암질암’이라는 용어는 화강편마암, 호상편마암을 분리하지 않고 함께 포함하여 사용하던 용어로 일부 흑운모화강암까지 포함하므로, 이번 조사에서는 사용되지 않았다(김봉균과 박용안, 1968). 마찬가지로 마니산화강암(김봉균과 박용안, 1968)이란 명칭도 중립질흑운모화강암과 흑운모각섬석화강암을 구분하지 않고 사용하던 명칭이므로 사용하지 않았다.

조사지역의 최하부 층으로 생각되는 호상편마암은 김옥준(1973)의 경기편마암복합체 중에서 부천층군에 해당된다. 그리고 이를 부정합으로 덮는 결정질편암은 부천층군의 일부로 볼 수도 있고, 연천층군의 연장일 가능성도 있다고 생각된다. Kawasaki(1917)에 의하면 연천층군은 평남분지 남쪽인 비무장지대(DMZ) 근처로부터 노출되기 시작하여 경기육괴 북서부로 연장되는 결정질편암을 의미한다. 또한 연천층군은 경기편마암복합체를 부정합으로 덮으며, 상원층군에 의해 부정합으로 덮고, 선캄브리아기 화강편마암에 의해서 관입당한다(나기창, 1999). 따라서 강화지역의 지질과 잘 일치한다고 볼 수 있다. 두 가지 가능성 외에, 또 다른 가능성으로는 부천층군의 결정질편암과 연천층군의 결정질편암이 모두 존재할 가능성도 있다. 이에 대해서는 더 많은 조사가 필요하며, 2004년 조사에서는 경기편마암복합체의 일부로 설정하였다.

중생대 화강암류는 순차적으로 흑운모화강암, 흑운모각섬석화강암, 세립질화강암 순으로 관입하였다. 흑운모화강암은 다시 조립질(반정질)과 중립질로 구분할

수 있다. 두 암체는 석모도에서 조립질이 중립질을 관입한 듯이 나타나나, 확실하지는 않다. 그러나 두 암체는 구성성분이나 분포로 보았을 때, 비슷한 시기에 관입했을 것으로 추측된다. SHRIMP 연대측정결과 흑운모각섬석화강섬록암의 연대는 약 100Ma의 백악기이다. 통진도폭에 의하면, 흑운모화강암은 섬장암을 관입하고 홍색장석화강암에 의해서 관입당한다. 같은 도폭에 의하면, 섬장암의 흑운모 K-Ar 연대는 193Ma이고 홍색장석화강암의 흑운모 K-Ar 연대는 140Ma이므로, 흑운모화강암의 연대는 193-140Ma로 유라기로 볼 수 있다. 그리고 이들을 부정합으로 제4기 충적층이 피복한다. 표 3-1은 강화·온수리 지역의 지질을 정리한 지질계통표이다.

표 3-1. 강화-온수리 도폭의 지질계통표

제4기	[	충적층 ~ 부정합 ~	
백악기	[	암맥류 - 관입 - 세립질흑운모화강암 - 관입 - 중조립질흑운모각섬석화강섬록암 - 관입 -	] 불국사화강암류
유라기	[	중립질흑운모화강암 ... 관계미상 ... 반정질조립질흑운모화강암 - 관입 -	] 대보화강암류
선캠브리아기	[	화강편마암 - 관입 - 결정질편암 호상편마암	] 경기편마암복합체

4. 지질각론

현재까지 조사된 바에 따르면, 강화도 중심부에 호상편마암 및 화강편마암이 넓게 분포하며, 결정질편암류는 강화도 북부와 교동도 일대, 석모도 서부 및 서쪽 섬들에 분포한다. 중생대 화강암류는 주로 석모도 일대에 분포한다(그림 3-1).



그림 3-1. 강화-온수리 도폭 지질도.

가. 호상편마암

호상편마암은 석영과 장석으로 이루어진 우백대와 흑운모 등의 유색광물로 구성된 우흑대가 교호하는 암상이다(그림 3-2). 우흑대와 우백대의 교호현상이 약한 곳은 흑운모편마암의 형태로 나타나기도 한다. 주 분포지역은 낙조봉에서 고려산과 청련사를 거쳐 국화리에 이르는 지역과 혈구산, 퇴모산 일대이다. 낙조봉에서 청련사에 이르는 지역은 편마구조가 뚜렷하게 관찰된다. 혈구산, 퇴모산 일대는 북쪽의 낙조봉-청련사 지역에 비해서 암상의 색이 더 암황색 내지 암갈색을 띠며, 변성광물이 크고 많다. 특히 편마구조는 불규칙하며 습곡이 심하다(그림 3-2).

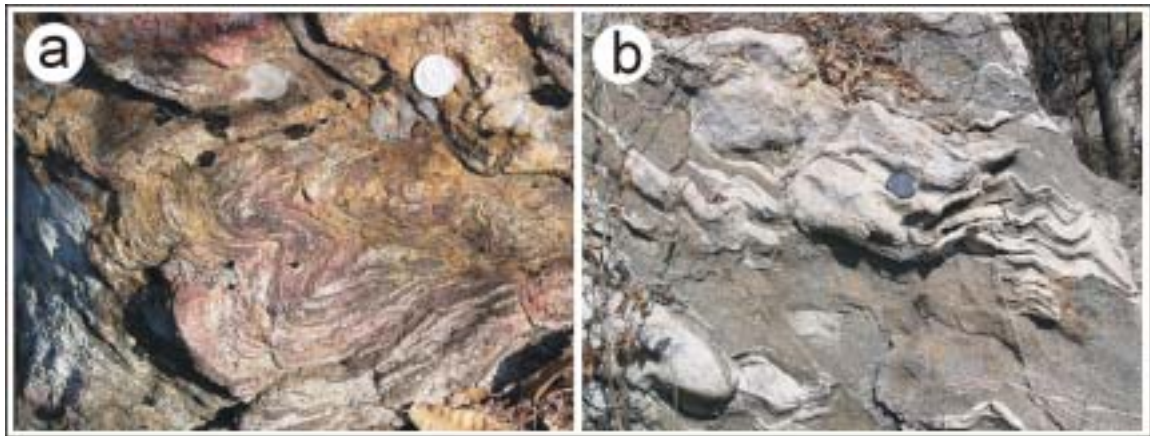


그림 3-2. 호상편마암의 야외노두 사진. (a) 암황색 내지 암적색을 보이며 습곡구조가 잘 발달함. 강화읍 혈구산. (b) 흑운모호상편마암.

나. 결정질편암

주로 흑운모편암, 백운모석영편암, 석회질편암, 규암 등으로 이루어지며, 페그마타이트가 자주 관입하는 것이 특징이다. 결정질 편암은 주로 강화도 송해면 신당리, 솔정리, 양사면의 구등곶돈대, 교동도 지역에서 잘 관찰된다. 강화도와 교동도의 편암류는 주로 흑운모편암, 석영편암, 규암 등으로 구성된다(그림 3-3a, b). 석모도 서쪽의 미법도, 괴리섬, 수섬 등지에도 편암류가 분포한다. 이 지역의 편암류는 강화도나 교동도의 편암류와는 달리 석회질편암이 잘 발달하며(그림 3-3c) 일부 편마구조를 보이기도 한다. 특히 석류석 등의 여러가지 변성광물들이 발달한다(그림 3-3d). 이러한 차이는 외관상 석모도 서쪽에 발달하는 편암류가 강화도와 교동도의 편암류보다 변성도가 높아 보이게 한다. 따라서 석모도 쪽의 편암류와 강화도-교동도에 발달하는 편암류는 서로 다른 편암류일 가능성이 있다.

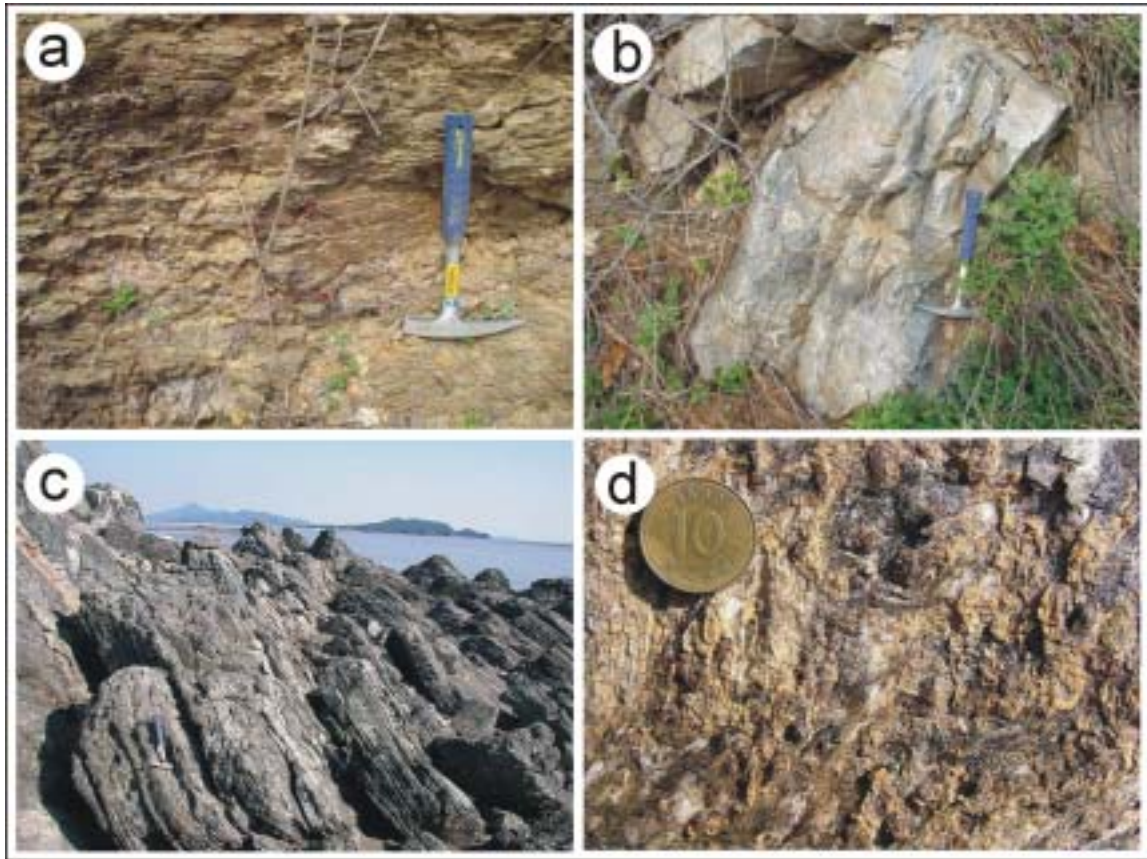


그림 3-3. 편암의 야외노두 사진. (a) 석영편암. 강화읍. (b) 규암. 강화읍. (c) 층식구조를 보이는 석회질편암. 소송도. (d) 석류석편암. 미법도.

다. 화강편마암

주로 중-조립의 화강암질암이다. 중생대 화강암류와의 차이점은 입자들이 제 모양을 이루고 있지 못 하며, 부분적으로 엽리 내지 편마구조를 갖고 있다. 편마구조를 보이지 않을 경우 중생대 화강암류와 구분이 쉽지 않다.

하점면과 내가면의 미꾸지고개에서 낙조봉(적석사)에 이르는 지역에 분포하는 화강편마암은 엽리가 거의 관찰되지 않는다(그림 3-4a). 그래서 이 능선에서 관찰되는 화강편마암은 일부 약하게 엽리를 보이거나 흑운모편마암을 포획하고 있는 점을 제외하고는 마치 화강암처럼 보인다. 적석사에서 전형적인 노두가 잘 관찰된다. 일부 관찰되는 편마구조는 북동방향의 주향에 남동방향의 경사를 보인다(N31-40E/68-71SE).

낙조봉 부근에서 고려지에 이르는 화강편마암 지역에는 세 개의 채석장이 존재한다. 이 채석장들은 모두 남북 방향으로 일렬로 연장된다. 채석장에서는 남북 방향

으로 관입한 세립질흑운모화강암을 채석하였으며, 주변의 암석들은 능선에서의 화강편마암과는 달리, 화강편마암과 호상편마암이 혼재한다. 화강편마암과 호상편마암이 혼재하는 지역과 화강편마암과의 관계는 앞으로 해결해야할 문제이다. 이 화강편마암 암체는 내가면과 양도면의 퇴모산 부근으로 연장된다.

양사면의 별악봉-저담봉 지역은 화강편마암은 엽리구조가 매우 강하며, 매우 일정한 암상을 보이는 것이 특징이다(그림 3-4b). 이 지역의 엽리의 방향은 습곡이 심하기는 하나 대략적으로 북서방향의 주향에 북동방향의 경사가 우세한 편이다. 북서방향의 주향은 강화도에서 가장 우세한 방향이며, 경사방향은 북동 내지 남서 방향으로 변화가 심한 편이다. 이 암체는 별악봉을 지나 천신돈대까지 연장될 것으로 생각된다. 그러나 산이포 등 동북쪽 해안가에서는 부분적으로 중립에서 조립의 화강암이 관입한다.

내가면 외포리 선착장 부근은 흑운모편암 내지 편마암이 다량으로 포획되어 있으며, 포획하고 있는 화강편마암 내에도 엽리가 발달한다. 엽리의 방향은 N35W/60SW이 우세하다. 강화도 전체에 걸쳐서 일반적인 화강편마암의 암상은 1-3mm의 중립질이며, 흑운모가 적어 유백색을 띤다. 그러나 외포리 쪽의 화강편마암은 양사면 별악봉이나 하점면 낙조봉의 화강편마암보다 흑운모의 함량이 많고 반정질화강편마암과 함께 발달하는 것이 특징이다(그림 3-4c). 반정은 직사각형 모양으로 장축이 최대 약 3cm이며, 주로 석영으로 이루어져 있다. 석모도의 중립질 흑운모화강암과 구분이 어려울 때가 많으며, 중립질 흑운모화강암과는 다음과 같이 다른 점을 찾을 수 있다. (1) 반정질 화강편암함이 혼재. (2) 흑운모편암의 포획체가 많음. (3) 페그마타이트 암맥이 많이 발달(그림 3-4d). (4) 약하게 편리를 가짐. 페그마타이트 암맥은 상주산 부근의 반정질조립질 흑운모화강암에도 많이 분포하나, 반정질조립질 흑운모화강암은 중립질과 반정질이 혼재하는 이 암체와는 조직이 많이 다르다.

포춘의 마을 뒤쪽 해안가에서는 다양한 암상이 나오기 시작한다. 먼저 많은 부분을 차지하는 화강편마암과 반정이 있는 반정질화강편마암, 이들을 관입한 반정질조립질화강암과 세립질화강암이다. 반정질조립질화강암은 최대 7cm의 석영반정들을 포함하며, 석영반정들은 원형이다. 조립질, 세립질 화강암은 모두 암맥상이다.

포춘 부근에서는 상기한 암석들의 관계를 잘 관찰할 수 있는 노두가 나온다. 먼저 두 가지 화강편마암, 즉, 화강편마암과 반정질화강편마암이 있으며, 페그마타이트가 엽리와 평행하게 관입해 있다. 이 페그마타이트는 화강암과 함께 편마암화 작용을 받은 것으로 보인다. 편마암류는 결정질편암 내지 흑운모편마암의 포획체를 많이 포함하고 있다. 그리고 이들을 조립질화강암 또는 반정질조립질화강암이 관입

한다. 그리고 최후기에 세립질화강암이 관입한다. 표 3-2는 외포리 부근의 지질계통을 정리한 표이다.

표 3-2. 외포리 지역의 지질계통표

중생대	세립질화강암 반상질조립질흑운모화강암 - 편마암화 작용 -	
선캠브리아기	페그마타이트 - 관입 - 반정질화강편마암 화강편마암 결정질편암(흑운모편마암)	경기편마암복합체

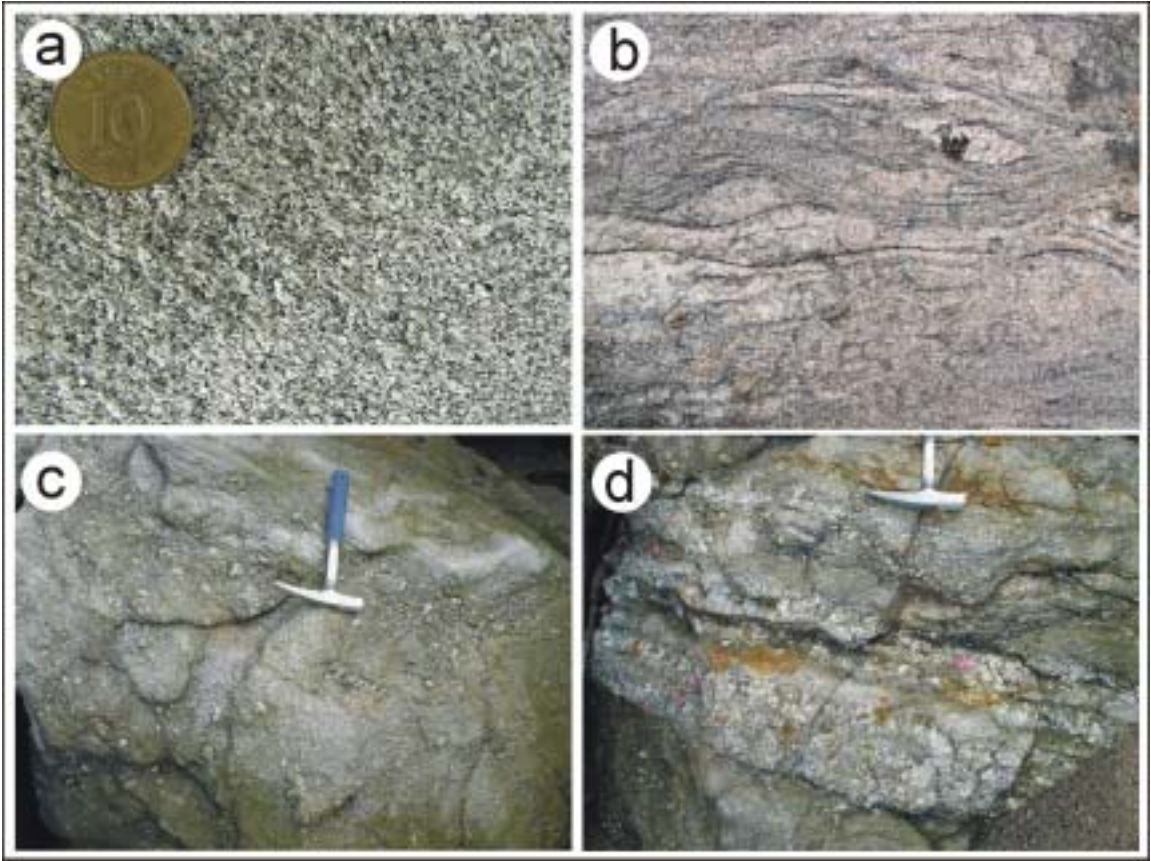


그림 3-4. 화강편마암의 야외노두 사진. (a) 화강편마암. (b) 엽리구조가 발달한 화강편마암. (c) 반상질화강편마암. (d) 페그마타이트가 관입한 화강편마암.

라. 반상질조립질흑운모화강암

반상질조립질흑운모화강암이 분포하는 곳은 석모도 북쪽의 상리와 하리 지역과 미법도 동쪽 해안가, 석모도 북쪽의 섬들이다. 그리고 강화도 북쪽 해안가에도 일부 분포한다. 석모도는 상리지역 보다 하리지역의 흑운모화강암이 반정의 구분이 안 될 정도로 전체적으로 더 조립질이며(그림 3-5a), 반정의 크기도 상리지역이 최대 20mm인 반면, 하리지역은 최대 35mm로 상리지역에 비해 하리지역의 반정이 더 크다. 반정은 석영반정과 장석반정이 모두 존재하며, 석영반정은 10-20mm 정도로 장석반정에 비해서 작다. 석모도 상주산 동측에서는 흑운모화강암에 약하게 엽리가 발달하며(그림 3-5b), 이 엽리는 관입 당시 형성된 것으로 생각된다. 미법도에서는 여러 개의 석영맥이 조립질흑운모화강암을 관입하고 있다(그림 3-5c)

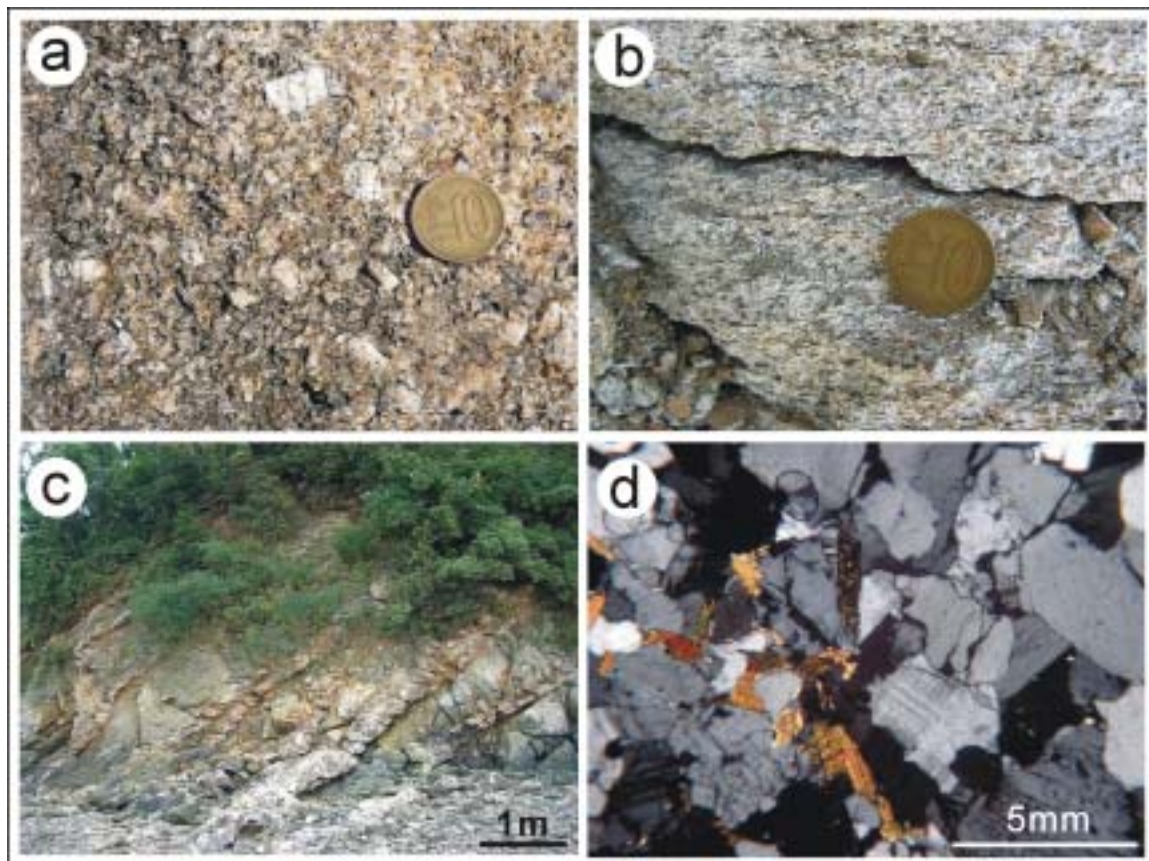


그림 3-5. 조립질흑운모화강암의 야외노두 및 현미경 사진. (a) 반상질조립질흑운모화강암. 석모도. (b) 엽리상조립질흑운모화강암. 석모도. (c) 석영맥을 포함하는 조립질흑운모화강암. 미법도. (d) 조립질흑운모화강암의 현미경 사진.

마. 중립질흑운모화강암

중립질흑운모화강암의 주요 분포지는 석모도의 중앙부와 남부이다(그림 3-1). 중앙부와 남부의 암체는 하나의 암체로 보이며, 암체의 중심부로 중조립질 각섬석화강섬록암이 관입하고 있다. 따라서 각섬석화강섬록암을 기준으로 했을 때, 북쪽 암체와 남쪽 암체로 나눌 수 있다. 나눈 이유는 위치에 따라서 성분상의 변화를 보이기 때문이다. 즉, 북쪽 암체는 입자의 크기가 2-3 mm인 중립질 유백색 흑운모화강암은 주를 이루는 반면에(그림 3-6a), 남쪽 암체는 반정질 또는 중세립질이며, 흑운모의 비율이 북쪽 암체에 비해 높고 일부 각섬석도 포함한다(그림 3-6b, c).

북쪽 암체와 남쪽 암체는 모두 특징적인 풍화양상을 보여준다. 산정상부에서는 판상으로 분리되며, 중턱에서는 테일러스를 이룬다. 노두에서는 거북등 모양의 풍화양상을 보여준다(그림 3-6d).

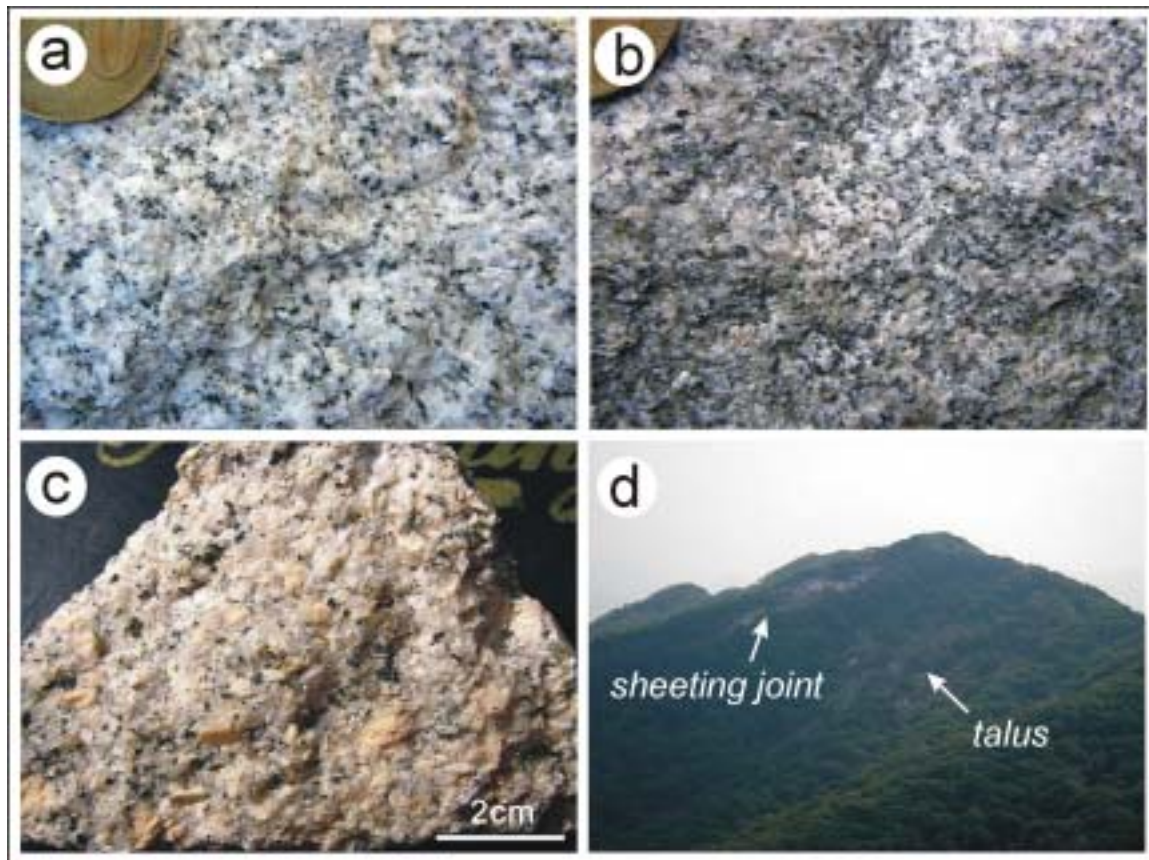


그림 3-6. 중립질흑운모화강암의 야외노두 사진. (a) 중립질흑운모화강암. 석모도. (b) 중립질각섬석흑운모화강암. 석모도. (c) 반상질중립질각섬석흑운모화강암. 석모도. (d) 중립질흑운모화강암의 풍화양상.

바. 중조립질각섬석흑운모화강섬록암

이 암석은 석모도 중앙부에 분포하며, 강화도 남측의 마니산으로 이어지는 암체이다(그림 3-1). 중립질 또는 조립질의 각섬석이 많이 포함되며, 흑운모는 적은 편이다(그림 3-7a). 각섬석은 자형 내지 반자형의 8mm에 이르는 커다란 결정을 이루기도 한다. 각섬석과 흑운모의 차이는 풍화되었을 때 잘 나타난다(그림 3-7b). 흑운모는 풍화되었을 때, 갈색을 보이는 반면에 각섬석은 검정색 또는 흑녹색을 띤다. 결정의 형태에 있어서도 각섬석은 대부분 기둥모양을 보이는 반면에 흑운모는 판상을 보인다. 조직은 약한 미문상 조직을 보이며, 흑운모화강암 중에 일부 각섬석을 포함하는 암상과는 이러한 조직의 차이로 구분할 수 있다. 특징적인 것은 많은 양의 염기성포획체(mafic enclave)가 포함되어 있다는 사실이다(그림 3-7c). 이런 염기성포획체들은 삼산면 석포리 골짜기에서는 방향성을 보여주며, 신장되어 있기도 하다.

이 암석에서 산출된 저어콘은 무색 투명한 자형의 장주상 결정으로서 (그림 3-8), 비교적 마그마가 빠르게 냉각하였음을 시사한다. 음극발광영상에 의한 저어콘의 내부구조는 화강암 기원 입자에서 전형적인 자형의 진동누대를 나타내고, 상속핵을 갖는 입자가 거의 없어 각섬석 화강섬록암이 Zr의 용해도가 높은 고온형화강암 (high-temperature granite)에 속하는 것을 보여준다.

각섬석 화강섬록암은 전형적인 유라기의 대보화강암류에 속하는 것으로 알려져 왔지만, 스핀 U-Pb 연대측정에 의하면 백악기의 암체이다 (사공회, 미발표). 이를 검증하고 정확한 관입시기를 구하기 위해 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정을 실시하였다. 현재 스탠다드 저어콘에 의한 U-Pb 동위원소 보정이 호주국립대학에서 진행 중이어서 정확한 연대를 제시할 수 없지만, 예비적 결과에 의하면 각섬석 화강섬록암은 약 100 Ma 전후의 관입시기를 갖는 불국사화강암에 속하는 암체이다.

사. 세립질흑운모화강암

세립질흑운모화강암은 강화도 지역에 산재하는 채석장의 채석대상으로 위에서 기술한 모든 층들을 암맥상으로 관입하고 있다(그림 3-9). 이 세립질 흑운모화강암은 소위 ‘강화석’이라 불리던 암석으로 관입방향은 남북 방향으로 일정하다.

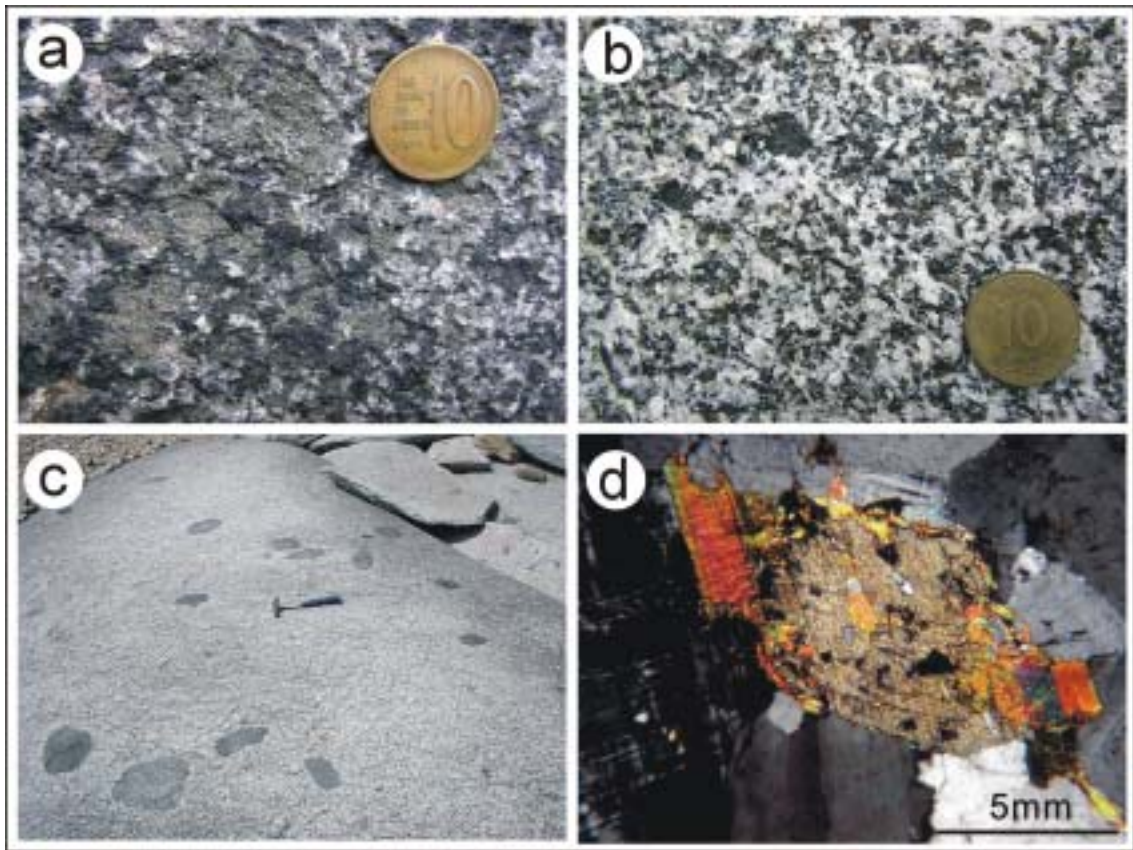


그림 3-7. 중조립질각섬석흑운모화강암의 야외노두 및 현미경 사진. (a) 조립질각섬석흑운모화강암. (b) 중립질각섬석흑운모화강암. (c) 중립질각섬석흑운모화강암에 포함되는 유색 포유암 (d) 조립질각섬석흑운모화강암의 현미경 사진.

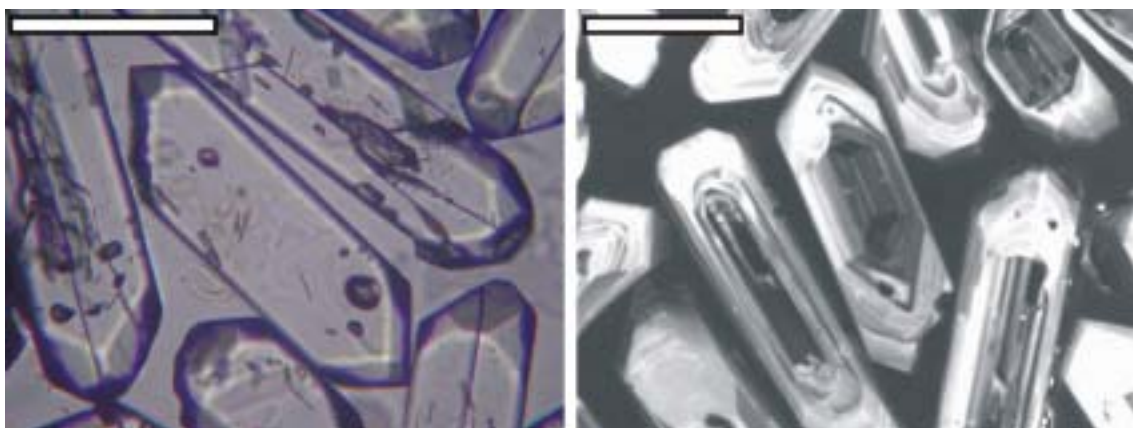


그림 3-8. 각섬석 화강암 저어콘의 개방니쿨 편광현미경 사진 (좌측)과 음극발광영상 (우측). 스케일 바 = $100\mu\text{m}$.

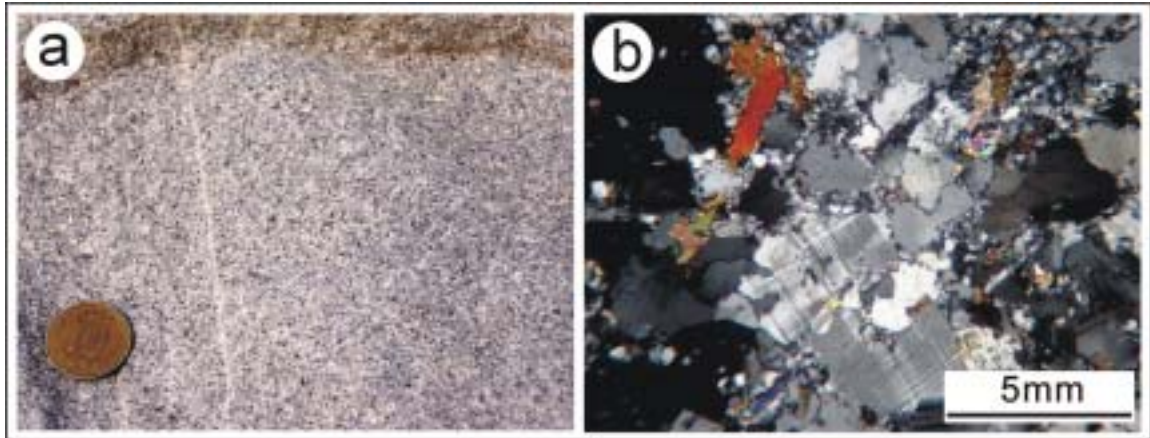


그림 3-9. 세립질흑운모화강암의 야외노두 사진. (a) 세립질흑운모화강암. (b) 세립질흑운모화강암의 현미경 사진.

아. 암맥류

암맥류는 산성암맥인 규장암맥(felsite dyke), 유문암맥(rhyolite dyke), 거정질화강암맥(pematite vein), 석영맥(quartz vein)이 주를 이룬다. 규장암맥은 석모도의 중조립질 각섬석흑운모 화강섬록암내에 방개고개 근처에서 잘 발달하며(그림 3-10a), 유문암맥은 고려산과 별립산의 정상에 잘 발달한다. 이러한 산성암맥류는 대부분 남북 방향으로 관입한다. 거정질화강암맥과 석영맥은 조립질흑운모화강암 내에 잘 발달한다(그림 3-10b, c).

산성암맥 외에도 강화도 양사면 인화리 지역에는 염기성암맥이 발달한다(그림 3-10d). 이 염기성 암맥은 산성암맥과는 달리 동서방향으로 관입하고 있다.

자. 충적층

강화도, 석모도, 교동도 등의 섬들은 몇 개의 고봉 및 구릉지 사이에 편암, 편마암류 및 화성암류들을 부정합으로 덮으며 충적층이 넓게 분포하고 있다.

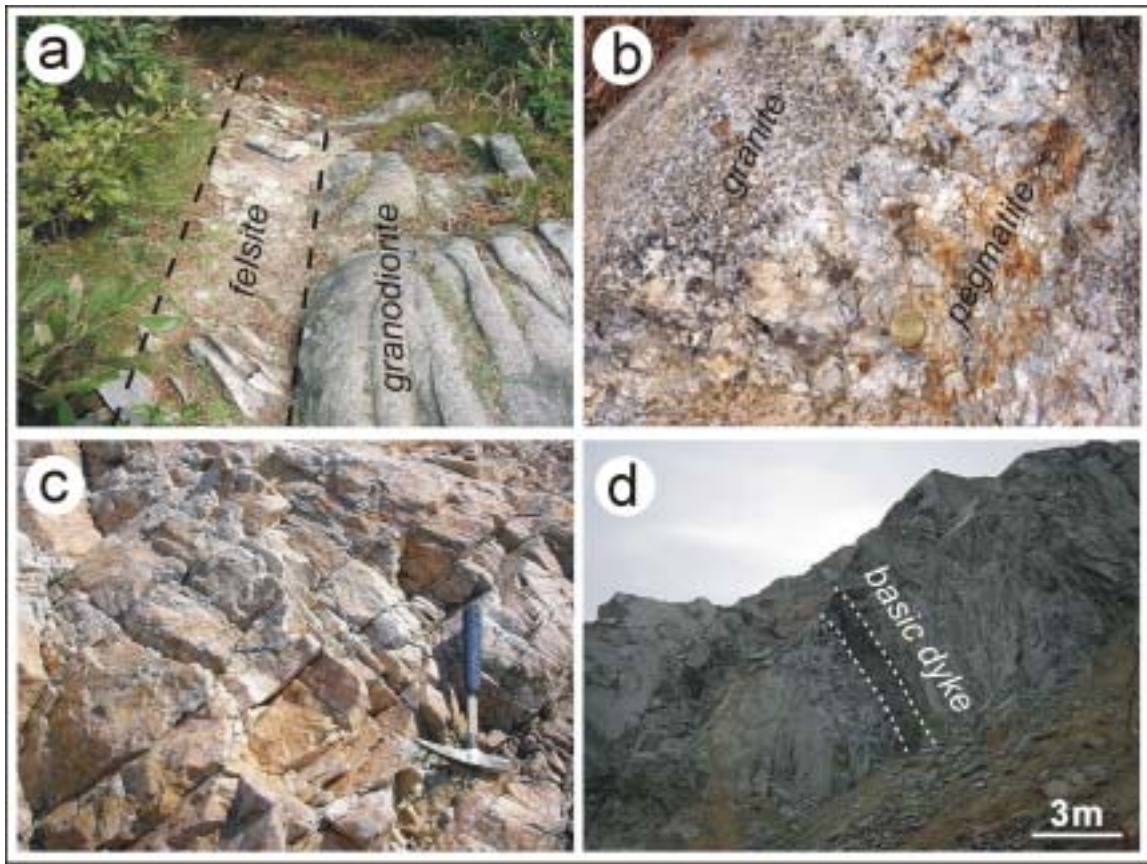


그림 3-10. 여러 가지 암맥의 야외노두 사진. (a) 각섬석흑운모화강섬록암을 관입하고 있는 규장질 암맥. (b) 흑운모화강암을 관입하고 있는 페그마타이트. (c) 조립질 흑운모화강암을 관입하고 있는 석영맥. (d) 중립질흑운모화강암을 관입하고 있는 염기성 암맥.

5. 지질구조

가. 엽리구조

엽리구조는 선캠브리아기의 기반암류에 잘 발달한다. 호상편마암 내의 주 엽리구조는 우흑대와 우백대의 교호에 의한 편마구조이며, 화강편마암 내의 주 엽리구조는 석영과 흑운모의 배열에 의해 정의되는 엽리면이다. 주라기 화강암류에 부분적으로 엽리구조가 발달한다. 이는 화강암체의 관입과정에서 형성된 마그마기원의 엽리이며, 흑운모의 배열에 의해 정의된다.

그림 3-11은 현재까지 측정된 엽리자료를 입체투영망에 도시한 것이다. 호상편마암 내에 발달하는 편마구조는 동북동 방향의 주향과 동남동 방향의 저경사가 우

세하다(그림 3-11a). 화강편마암 내에 발달하는 엽리구조는 서북서 방향의 주향과 서남서 방향의 저경사가 우세하다(그림 3-11b). 전체적으로 보았을 때, 편마암 내에는 동서 방향의 주향과 남쪽 방향의 저경사가 가장 우세하다.

나. 절리구조

절리구조는 암상에 따라 명확한 발달양상의 차이를 보여준다. 비교적 괴상의 화강편마암에서는 2-3 방향의 절리가 잘 발달하는 반면, 이방성이 강한 호상편마암에서는 규칙적인 절리가 잘 발달하지 않는다. 이는 호상편마암의 경우 응력이 엽리방향으로 흡수되기 때문인 것으로 해석된다(그림 3-11c).

그림 3-11은 현재까지 측정된 절리자료를 장미그림에 도시한 결과이다. 호상편마암의 경우는 북서방향의 절리가 우세한 반면(그림 3-11d), 화강편마암은 북동방향의 절리가 우세하다(그림 3-11e). 주라기 화강암류에는 남북방향과 동서방향의 절리가 우세하다(그림 3-11f).

다. 습곡구조

습곡구조는 편암류와 편암류 내에서 잘 발달한다(그림 3-12). 대부분의 습곡은 소규모로 층간습곡의 형태로 등사습곡 내지 닫힌습곡으로 관찰되며, 뚜렷한 방향성을 보여주지는 못한다. 현재까지 지질도 상에서 영향을 줄 만한 대규모의 습곡구조는 확인되지 않았다.

6. 응용지질

강화·온수리도폭 지역 내에는 채석장의 흔적이 많이 남아있다. 대표적으로 큰 규모의 채석장은 강화도 양사면 인화리 채석장으로 중립질의 흑운모화강암을 채석 대상으로 하고 있으며, 골재로서 이용되고 있다. 이 채석장의 규모는 길이가 약 500m로 매우 대규모로 가동되고 있다. 그리고 소규모의 채석장이 강화도와 석모도 곳곳에서 발견된다. 이러한 채석장은 모두 남북방향으로 관입한 세립질 흑운모화강암을 채석하기 위한 것으로 현재는 모두 가동이 중단된 상태이다.

석모도 남부에 온천수의 용출이 보고된 바 있으나 환경오염 문제로 개발은 되지 않고 있다.

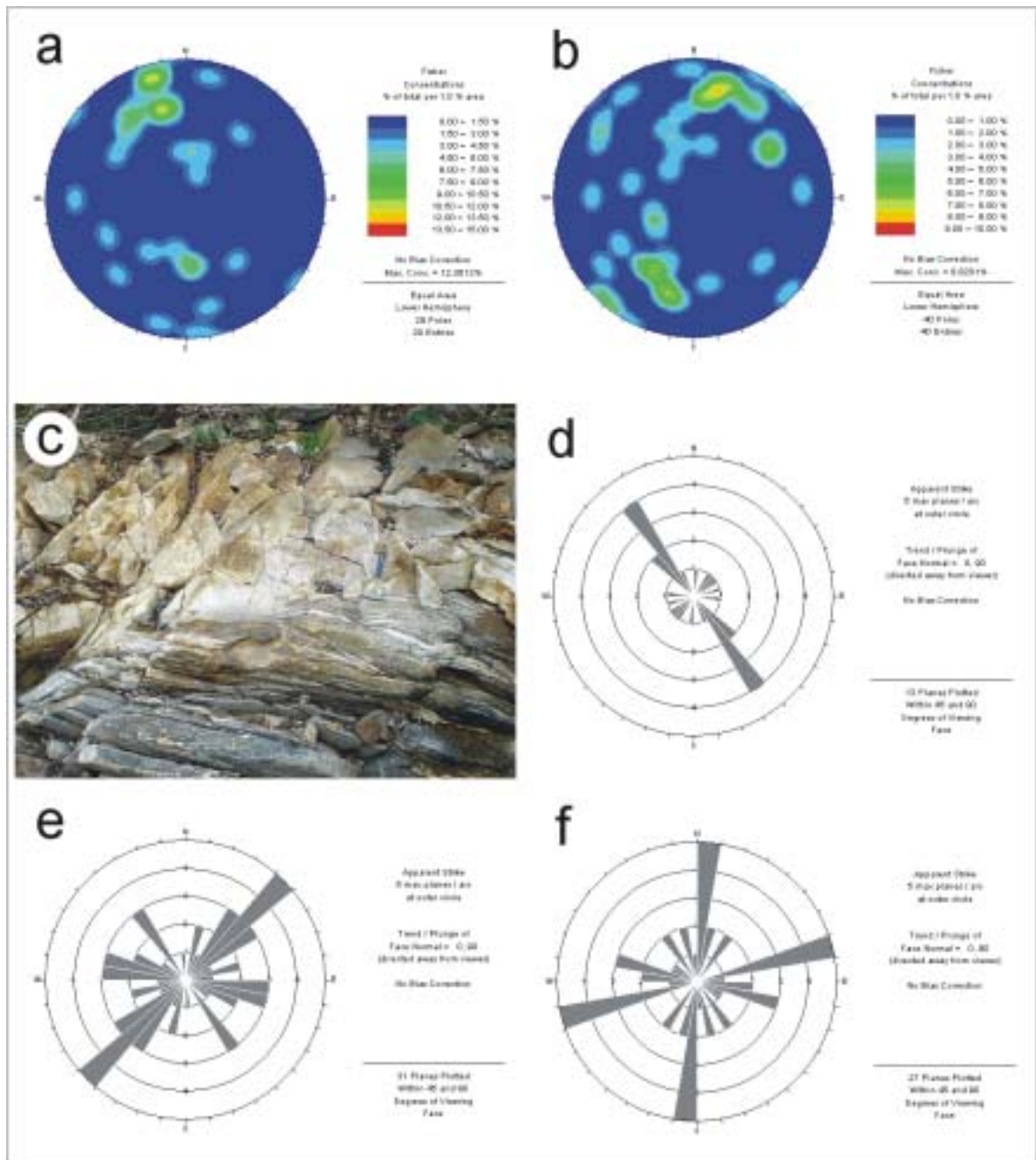


Fig 3-11. (a) 호상편마암 내에 발달한 엽리구조의 입체투영도. 동북동 방향의 주향과 북북서 방향의 저경사 우세. (b) 화강편마암 내에 발달한 엽리구조의 입체투영도. 서북서 방향의 주향과 북북동 방향의 저경사 우세. (c) 화강편마암과 흑운모 편마암의 절리발달 형태의 차이. (d) 호상편마암 내에 발달한 절리구조의 장미그림. 북서 방향의 절리 우세. (e) 화강편마암 내에 발달한 절리구조의 장미그림. 북동 방향의 절리 우세. (f) 유라기 화강암류 내에 발달한 절리구조의 장미그림. 남북 방향과 동북동 방향의 절리 우세.

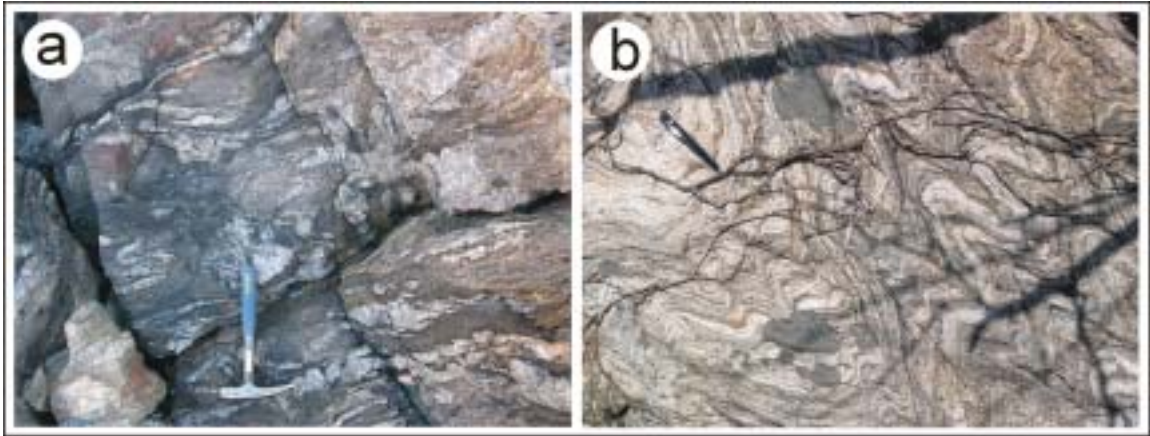


그림 3-12. 습곡구조의 야외노두 사진. (a) 편암에 발달하는 Intrafolial folds. (b) 호상편마암에 발달하는 소규모 습곡구조.

제 2 절 의정부 도폭

1. 서 언

1:50,000 축척의 의정부도폭 지질조사 사업은 2004년부터 시작하여 2005년까지 2년간에 걸쳐 산업자원부 출연과제로 수행되는 과제이며 이 보고서는 1차년도 조사 보고서이다. 지질도폭조사의 수행은 야외조사와 실내연구로 크게 구분된다. 야외조사는 노두에 관찰되는 모든 지질학적 현상을 기재하고 측정하였으며, 이들 야외에서 수집한 각종자료인 암석, 지질구조요소 등 제반자료들을 실내연구를 통해 분석하였다. 전 조사지역에 대한 종합적 지질자료를 분석하여 최종적으로 각종 지질현상을 종합 해석하였다.

본 조사지역에 관한 연구는 1:250,000 축척 서울도폭(이병주 외, 1999)과 1대 100만 한국지질도(최위찬 외, 1995), 동위원소 연대지도(신성천 외, 1995)에서 광역적인 지질상황과 지화학 자료가 조사 발간되었고, 조사지역과 연관되어 화강암류의 산상과 암석화학(윤현수, 1995), 경기육괴의 광역변성작용(Na, 1978), 화강암질 저반의 암석학 및 지구화학적 연구(Kwon *et al.*, 1994), 서울 화강암의 Rb/Sr 전암연령과 지구화학적 연구(Park, 1972; Hong, 1984) 등의 연구가 수행된 바 있다. 의정부도폭과 인접한 문산도폭(최성자 외, 1998), 고양도폭(이병주 외, 2003), 서울도폭(홍승호 외, 1982), 독도도폭(원종관 외, 1981), 양수리도폭(홍승호 외, 1981), 청평도폭(김정환 외, 1981)은 발간되었으며, 포천도폭은 현재 의정부도폭과 함께 조사가 진행 중이다.

조사 지역은 한반도의 중서부 지역에 위치하며 비무장지대에 인접하여 군부대 및 군사시설이 곳곳에 존재한다. 또한 수도권과 연계되어 다양한 산업구조물과 건물이 밀집되어 있으며, 본 도폭 남쪽으로 서울 외곽순환고속도로가 건설 중이다. 본 지질도는 이와 같은 각종 구조물, 도로 및 국가기간산업구조물 건설 시 지반 자료로 이용될 것이며, 조사지역에 분포하는 화강암의 석재 및 골재 채석장 개발에 크게 기여할 것이다.

본 도폭은 국립지리원에서 발간한 축척 1:50,000의 포천 지형도(도엽번호 NI 52-9-05)의 남쪽 1/3과 성동 지형도(도엽번호 NI 52-9-12)의 북쪽 1/3에 속하는 지역으로서 경도 127°00'00" ~ 127°15'00", 북위 37°40'00" ~ 37°50'00" 내에 위치한다. 행정구역상으로 서울특별시 도봉구 북부 일원과 경기도 의정부시, 양주시 회천읍과 백석읍, 포천시 소흘읍, 남양주시 오남읍, 진접읍, 별내면 등 수도권 북동부지역에 속한다.

조사지역의 교통편은 수도권 내에 속하여 의정부시를 남북방향으로 통과하는 3번 국도와 의정부시에서 북동방향과 남동방향으로 분기하는 43번 국도, 퇴계원에서 북동방향으로 이어지는 47번 국도가 있으며, 주거 밀집지역이 집중되어 있어 국도 및 지방도가 잘 연계되어 있다. 철도망은 3번 국도와 평행하게 경원선이 도봉역, 의정부역을 지나 전곡, 연천으로 향한다. 의정부도폭의 남서부에는 북한산 국립공원의 일부가 있다.

2. 지 형

조사지역의 남서부 일대에 도봉산(721.3 m)과 수락산(640.6 m)이 위치하여 높은 산지를 형성하고 동부에는 철마산(709.5 m)과 국사봉(547 m), 중부에는 수리봉(535.9 m)과 죽엽산(622.2 m)이 위치하여 전반적으로 높은 산지를 형성하고 있으며, 도폭 남서부인 서울 도봉구와 의정부시 지역과 남동부 지역 일부에 하천을 따라 평야지대가 형성되어 있다(그림 3-13).

포천도폭 지역에서부터 본 도폭 중북부지역에 걸쳐 특이하게 나타나는 반환상 구조는 화강암류의 산출위치와 밀접한 관련이 있으며, 후기에 발달한 남북방향의 추가령단층대 (동두천단층)에 의하여 절단되어 우측 반원만 나타나는 지형을 보인다.

도폭의 서부는 동두천단층을 경계로 서쪽에 도봉산, 사패산(552 m), 463고지, 불국산(468.7 m)과 도락산(439.8 m)으로 이어지는 남북방향의 산맥을 형성하고 있고, 동쪽에는 수락산이 독립암체로 떨어져 있으며 반환상구조와 별개의 산세를 형성한다. 도폭의 동부는 북북동 방향의 능선이 발달하는 철마산과 국사봉이 도폭 경계를 이루고 있다. 또한 도폭 북동부인 국사봉에서 수락산에 이르는 북동방향의 산지가 발달하고 있어 의정부 도폭지역은 대체로 중장년형의 산지 형태를 보인다.

도폭지역 내 수계는 도폭의 동부지역 고산지에서 발원한 부용천과 백석천이 의정부시에서 합류하여 남쪽으로 흘러 한강의 2차수인 중랑천으로 흘러가며, 이 하천의 주위로 충적층이 분포한다.

또한 조사지역의 서부지역에서는 북동방향으로 한강의 2차수인 왕숙천이 발달하여 남쪽으로 흘러가며, 역시 이 하천의 주위로 충적층이 넓게 분포한다.

도폭지역의 북부에는 북동방향으로 포천천이 발원하여 북쪽으로 흐르고 있으나 하천으로서의 발달은 미약한 편이다.

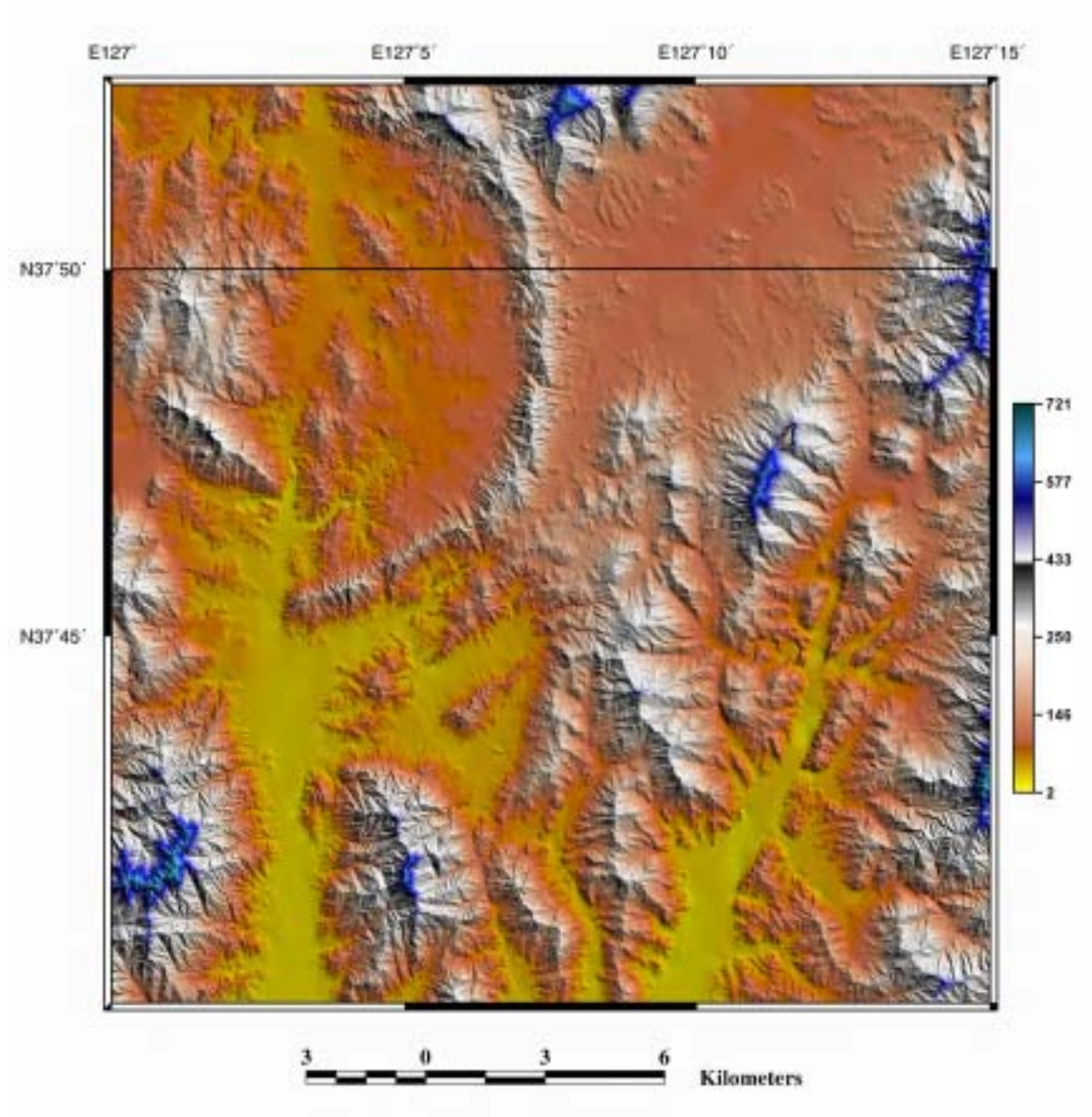


그림 3-13. 조사지역의 지형을 보여주는 전산음영기복도. 상부는 포천도폭의 남부 일부지역임.

3. 지질 개요

조사지역은 선캠브리아기 변성암(편마암류 혹은 화강편마암), 쥐라기 화강암류, 제4기 충적층으로 구성된다.

경기편마암복합체에 속하는 선캠브리아시대 변성암은 조사지역의 중부-동부에 폭넓게 분포하며, 쥐라기 화강암류는 화강암 중에서 가장 넓은 분포면적을 차지하

는 흑운모화강암과 반상질 흑운모화강암, 각섬석화강암과 소규모의 섬록암과 산성 맥암으로 구성되며 도폭의 중부-서부 지역에 분포된다(그림 3-14).

선캠브리아기 편마암은 퇴적기원의 변성암인 흑운모편마암, 편암과 이들 암석이 변성작용 동안에 부분용융되어 형성된 미그마타이트질 편마암이 기반암을 형성하며, 편마암류를 관입한 화성기원의 흑운모가 우세한 화강편마암으로 구성된다.

제4기 충적층은 부용천과 중랑천이 흐르는 의정부시 일원과 왕숙천이 흐르는 진접읍 연평리 일원의 평야지대에 넓게 분포하며, 도폭 북부의 회천읍 매정리 부근과 포천천이 시작되는 이가팔리, 가산리 일대에 소규모로 분포한다. 산악지형이 끝나는 계곡의 초입이나 평야지대의 고하상이 존재한 지역에는 소규모로 제4기의 고기하성층이 분포하나 도면에 표시할 정도로 발달하지는 않는다.

조사지역에 분포하는 암석의 지질계통표를 종합적으로 정리하면 표 3-3과 같다.

표 3-3. 의정부도폭 지역의 지질계통표.

제4기	[	충적층 (Qa)	
		- 부정합 -	
	[	산성맥암 (Jad)	
		- 관입 -	
		섬록암 (Jdi)	
		- 관입 -	
쥬라기		각섬석 화강암 (Jhgr)	대보화강암
		- 관입 -	
		흑운모 화강암 (Jbgr)	
		- 관계 미상-	
		반상질 흑운모 화강암 (Jpgr)	
		- 관입 -	
	[	화강편마암 (PCgrgn)	
		(우백질 화강편마암 협재)	
		- 관 입 -	
선캠브리아기 (전기~중기 원생대)		흑운모 편마암 (PCgn)	경기편마암복합체
		(호상편마암, 편암, 우백질편마암, 미그마타이트질 편마암 협재)	

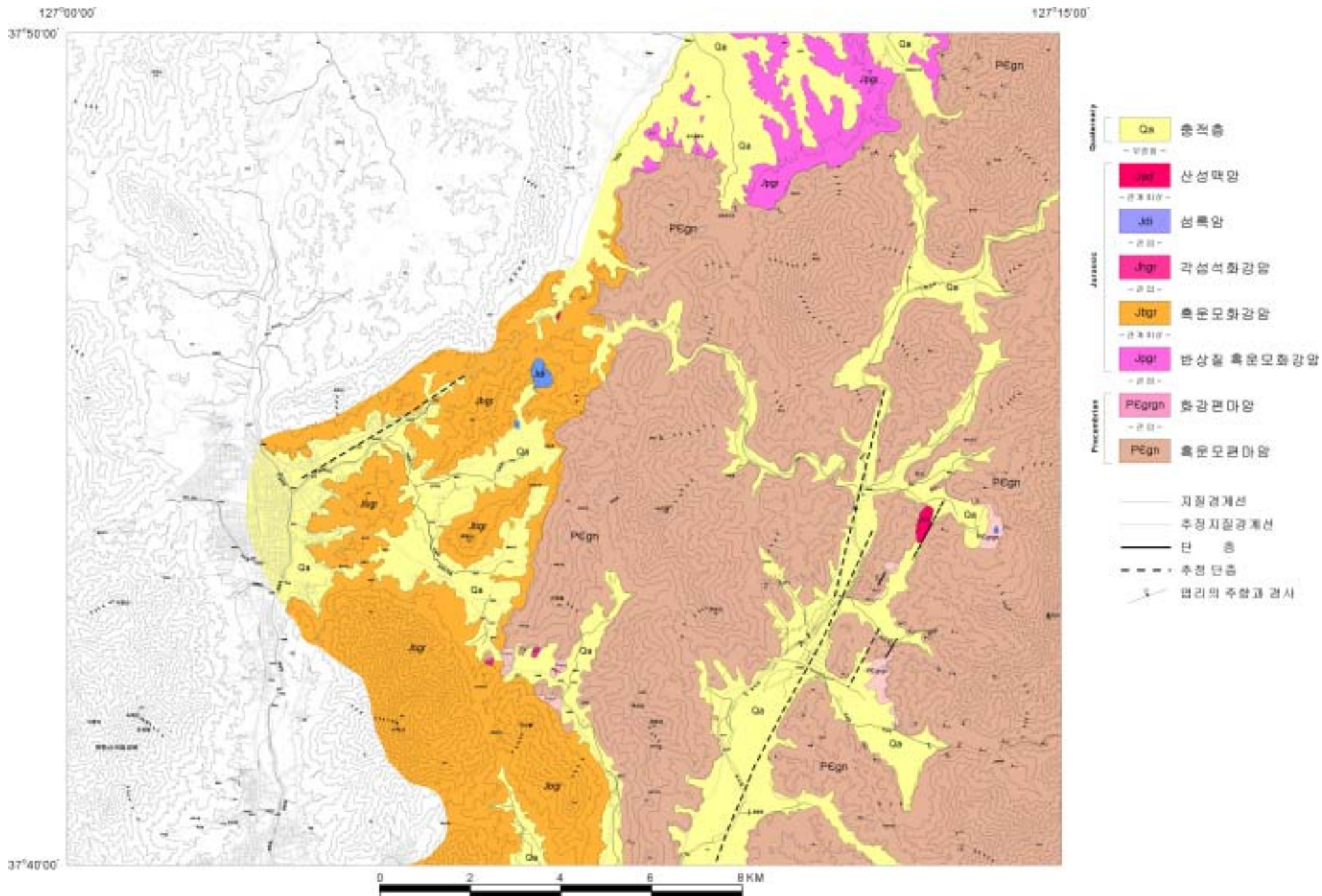


그림 3-14. 의정부도폭 지질도.

4. 지질 각론

가. 선캠브리아기 변성암류

조사지역에 분포하는 선캠브리아기 암석은 경기편마암복합체의 일부에 속하며, 전기~중기 원생대의 퇴적기원 및 화성기원의 변성암류로 구성된다. 퇴적기원 변성암은 흑운모편마암, 호상편마암, 우백질편마암 등으로 구성되어 있으며, 화성기원 변성암은 주로 흑운모 화강편마암과 우백질 화강편마암 등으로 구성되어 있다.

변성퇴적암류의 대부분은 흑운모편마암으로 구성되며, 유백색 석영편암과 이질편암이 소규모 협재된다. 1차년도 조사에서는 이들의 구분이 명확하게 분류되지 않아 편의상 흑운모편마암으로 통합 기재하였다. 변성퇴적암류가 미그마타이트화 작용을 받아 형성된 미그마타이트질 편마암은 소규모로 조사지역에 산재하여 분포하며, 선캠브리아기 암석의 광역엽리의 주향방향과 유사하게 북동-남서 방향으로 신장된 타원체 형태로 분포한다.

화성기원 변성암은 주로 흑운모 화강편마암과 소규모의 우백질 화강편마암이 협재하나, 흑운모의 양이 가변적이고 우백질 화강편마암의 분포가 워낙 협소하여 화강편마암으로 통합 기재한다.

(1) 흑운모편마암

흑운모편마암은 김옥준(1973)에 의하여 정의된 경기편마암복합체의 부천층군과 시흥층군에 속하며, 조사지역과 양수리도폭(홍승호 외, 1982), 독도도폭(원종관 외, 1981), 청평도폭(김정환 외, 1982)의 넓은 지역에 걸쳐 광범위하게 분포한다.

의정부도폭에서는 도폭지역의 중부-동부 지역의 대부분을 차지하며 폭 넓게 분포하고 있다(그림 3-14). 기존의 연구에 의하면 변성시기는 18억7천만년이고, 원암의 퇴적시기는 약 19억년으로 제한되는 것으로 보고 되어있다(이병주 외, 2003). 변성퇴적암류의 기반암을 형성하는 퇴적기원의 흑운모편마암은 모암의 구성성분에 따라 다양한 종류의 변성퇴적암류로 구성되어 있다(이병주 외, 1999). 흑운모 편마암은 변성작용 이전의 모암 특성에 따라 지역적으로 암상차이를 보이며, 호상편마암, 편암, 우백질편마암, 미그마타이트질 편마암 등이 협재된다(이병주 외, 2003).

편암은 이질기원의 석영-운모편암, 운모편암, 석영-장석질 편암과 사질기원의 편암으로 구성되며, 편리의 발달이 매우 양호하고, 지역에 따라 부분적인 변성분화작용에 의해 편마암화 하였다(나기창, 1989).

의정부도폭에서는 조사지역의 서부에 속하는 진접읍 봉대리 철마산 서측 기슭에 소규모 분포한다.

사질기원과 이질기원 편암의 구성 비율은 전반적으로 비슷하며, 석영-운모 편암과 석영-장석질 편암으로 구성된 부분은 미약하게 편마암화 작용이 발생하여 부분적으로 우흑대와 우백대가 교호하는 편마암상 구조를 보인다. 운모편암과 사질기원 편암이 호층되는 부분은 변형작용 동안에 형성된 지질구조가 잘 보존되어 있으며, 이질기원의 운모편암, 석영-운모편암은 변성작용동안에 부분용융 되어 화강암질 물질이 엽리면에 아평행하게 관입한 미그마타이트 구조가 잘 나타나는 화강암질 편마암으로 대부분 전이되었고, 사질기원 편암은 화강암화작용을 미약하게 받았거나 거의 받지 않아 편암의 구조를 보존하고 있다. 이들은 화강암화작용이 모암의 성분에 관계되어 발생하였음을 지시한다.

미그마타이트질 편마암은 퇴적기원의 편암 혹은 편마암이 변성작용 동안에 부분용융된 화강암질 성분을 갖는 물질이 모암내로 관입하여 형성된 것으로, 야외조사에서 미그마타이트화 작용의 발생 유무에 따라서 구분할 수 있으나 경계가 점이적 이거나 노두의 불량으로 인해 1차년도에서는 구분하여 표시하지 않았다.

미그마타이트질 편마암은 오남읍 오남저수지 북쪽 일원, 진접읍 금곡리의 원금곡, 가마솔골 일대와 장현리, 내각리 일대에 소규모로 불규칙하게 분포한다. 이질성분이 부분용융된 화강암질 성분을 갖는 물질은 전반적으로 엽리면에 평행하게 관입하였으며, 부분적으로 엽리면과 사교하거나 절단한다. 화강암질 물질의 관입 양이 적을 경우에 흑운모편마암 혹은 편암의 엽리구조가 잘 보존되어 있으며, 엽리면에 평행하게 석영, 장석질 물질이 세맥으로 관입한 경우, 부분적으로 호상편마암의 구조를 보여준다.

흑운모편마암과 미그마타이트질 편마암의 경계부를 따라서 우백대와 우흑대가 잘 발달한 호상편마암이 지역적으로 분포한다(그림 3-15). 미그마타이트화 작용이 심하게 발생한 지역에는 엽리의 방향이 매우 불규칙하거나 엽리구조가 희미하여 잘 관찰되지 않는 괴상으로 나타난다.

성인적으로 미그마타이트화 작용은 이질기원 혹은 사질기원의 모암 성분에 따라서 강도의 많은 차이점을 보인다. 미그마타이트화 작용은 이질기원의 편암으로 구성된 지역에서 심하게 발생한 반면에, 사질기원의 편암이 우세한 지역은 미약하거나 부분적으로 발생하였다. 그러므로 미그마타이트질 편마암내에는 변성작용 동안에 완전히 용융되지 않은 사질 편암이 잔류 포획체로 간혹 존재하며, 현미경 관찰에 의하면 미그마타이트질 편마암은 이질 성분의 부분용융에 의해 형성된 석류석이 흔히 산출되고 있다(그림 3-16).

미그마타이트질 편마암과 흑운모 편마암의 접촉부를 따라서 2~4 cm 크기의 정장석반정을 갖는 우백질 화강암이 1~2 m 두께의 맥상으로 빈번히 관입한다. 이는 미그마타이트화 작용의 마지막 분화 단계에서 휘발성 성분이 높은 용융체가 모여 흑운모 편마암과 미그마타이트질 편마암을 관입한 것으로 해석된다.



그림 3-15. 미약한 호상구조를 보이는 흑운모편마암. 오남읍 팔현리.

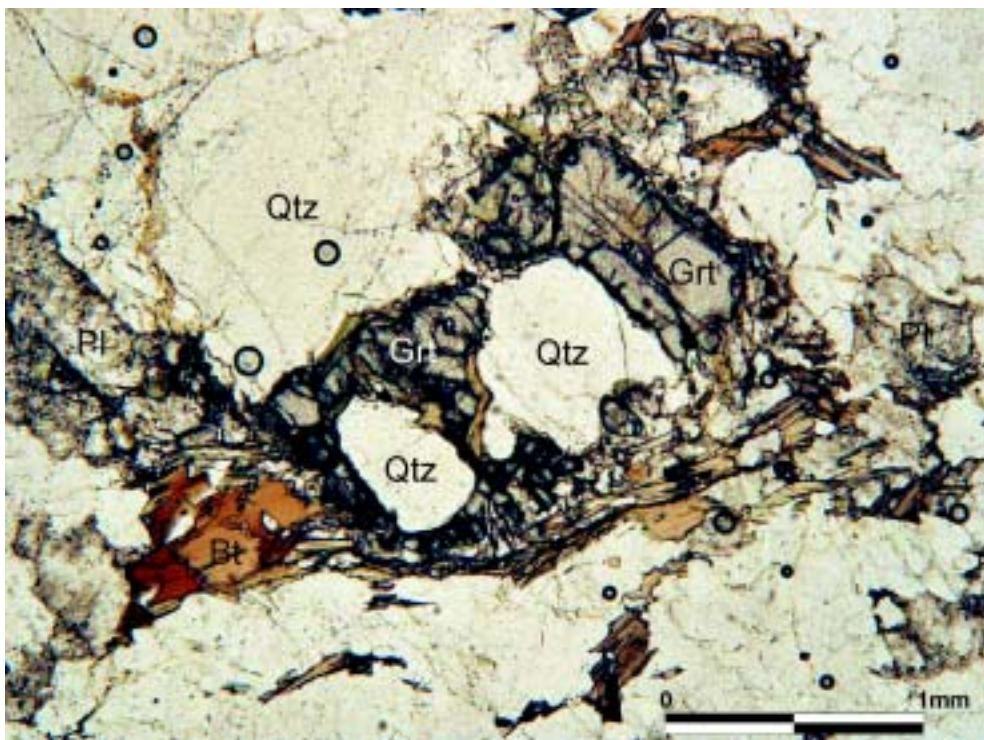


그림 3-16. 함석류석 미그마타이트질 편마암의 현미경 사진. 이질 성분의 부분용융에 의해 형성된 석류석이 흔히 산출됨.

함석류석 미그마타이트질 편마암에서 산출된 저어콘은(그림 3-17) 전형적인 자색을 띠며, 둥근 외형이 주를 이룬다. 음극발광영상에 의해 외연부에 2차적으로 과성장한 부분을 발견할 수 있었는데, 이는 대부분 등척성(isometric)으로서 상부 각섬암상-백립암상의 전이대에 해당하는 고온의 변성작용을 받았음을 지시한다. 저어콘 핵은 변성기원의 조각누대, 화성기원의 강한 진동누대 등의 다양한 구조를 나타내고, 일부는 삭박작용을 받은 흔적을 보인다. 따라서 이 편마암은 퇴적기원의 준편마암임을 알 수 있다.

의정부 도폭 구역을 포함한 경기육괴 북부의 경기편마암복합체는 각섬암상의 중온형 혹은 흑운모 편마암이 주를 이루지만, 국부적으로 부분용융과 수반한 미그마타이트가 존재한다. 이러한 현상이 부분적으로 높은 변성온도 때문인지, 혹은 다변성작용의 결과인지는 아직 확실하게 보고 된 바 없다. 또한 함 석류석 미그마타이트질 편마암의 모암이 퇴적된 시기에 대한 정보도 전무하다. 이를 규명하기 위해 변성작용에 의해 재성장 저어콘과 쇄설성 저어콘 핵을 SHRIMP U-Pb 방법으로 연대측정하였다. 현재 동위원소 보정 및 연대계산이 진행 중이어서 정확한 연령은 제시하지 못하지만, 예비적 결과를 살펴보면 함석류석 미그마타이트질 편마암의 원암은 흑운모 편마암의 경우와 같이 (조동룡 외, 미발표) 약 19억년 전에 퇴적되었으며, 그 후 18억7천만년 전에 광역변성작용을 받았다.

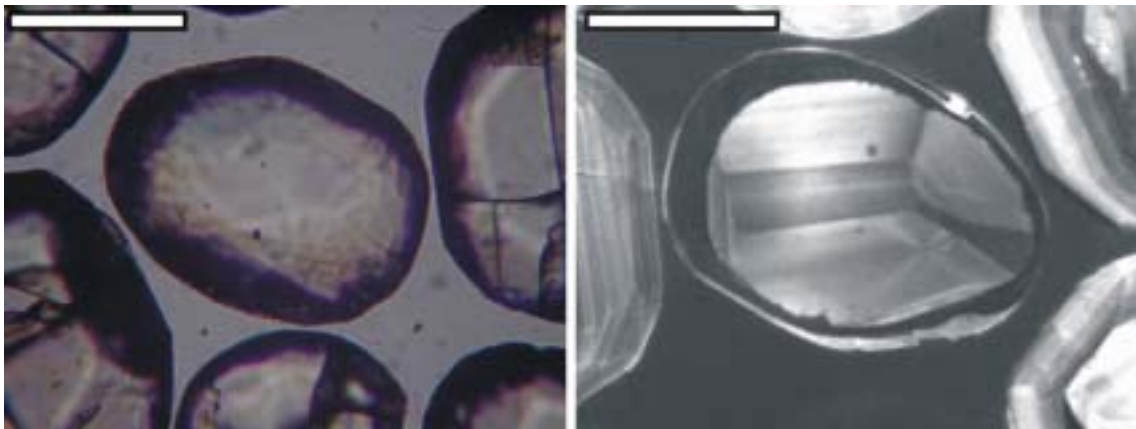


그림 3-17. 함석류석 미그마타이트질 편마암 저어콘의 개방니콜 편광현미경 사진 (좌측)과 음극발광영상 (우측). 스케일 바 = 100 μ m.

(2) 화강편마암

화강편마암은 편암, 미그마타이트질 편마암 등으로 구성된 흑운모 편마암을 관입하며 진접읍 봉대리, 오남읍 양지리, 별내면 청학리 일대에 소규모로 분포한다. 중립질의 흑운모 화강편마암이 대부분이나 일부 지역에서 조립질의 우백질 화강편마암이 협재하고 있으며, 풍화정도가 심하여 노두에서 구분하기 어렵다. 대체로 다양한 입도 변화를 보이며,

부분적으로 1 cm 이하 크기의 정장석 반정을 포함하기도 하고, 전단운동에 의하여 부분적으로 엽리가 강하게 발달하지만 전반적으로 엽리의 발달이 미약하여 괴상의 형태로 산출된다. 현재까지의 조사에 의하면 흑운모 화강편마암과 우백질 화강편마암의 상호 관계 및 산상이 뚜렷하지 않고 분포지역도 매우 협소하게 나타나고 있어, 금년도 보고서에서는 이를 화강편마암으로 통합하여 기술한다.

흑운모 화강편마암은 전반적으로 담회색을 띠며, 세립질에서 거정질까지 다양한 입도 변화가 나타나고(그림 3-18), 부분적으로 1 cm 이하 크기의 정장석 반정을 포함하기도 하는 잔류반상질 화강편마암의 형태로 산출되기도 한다. 흑운모 편마암, 편암, 미그마타이트질 편마암을 관입하며, 진접읍 봉대리, 오남읍 양지리, 별내면 청학리 일대에 소규모로 분포하며, 풍화정도가 심하여 노두의 확인이 어렵다. 주구성광물은 석영, 장석, 각섬석, 흑운모이며, 백운모, 녹리석, 전기석, 저어콘 등이 부구성광물을 구성한다.



그림 3-18. 거정질의 화강편마암. 엽리가 거의 없거나 미약하다. 오남읍 양지리.

전단운동에 의하여 부분적으로 엽리가 발달하지만 전반적으로 엽리의 발달강도가 미약하여 괴상내지는 약한 편리상으로 산출되고, 혼하지는 않지만 잔류반상질 화강편마암과의 경계부를 따라서 강한 압쇄암화 작용이 발생하여 전단엽리가 형성되기도 한다.

우백질 화강편마암은 흑운모편마암(편암 포함)을 관입하고 있으며, 흑운모 화강편마암과 인접하여 소규모로 오남읍 양지리 일대에 분포하고 있으나 상호관계는 노두의 불량

으로 인해 알 수가 없다. 석영과 장석의 함량이 우세하여 우백색을 띠며, 소량의 흑운모가 관찰된다. 엽리의 발달 강도는 다른 암체에 비하여 약하며, 풍화 정도가 매우 심하여 야외 노두의 산출상태는 매우 불량하다.

우백질 화강편마암은 세립질 내지 중립질이며, 유백색 내지는 담회색을 띤다. 이 암석은 고철질 광물이 거의 산출하지 않은 우백질화강암에서 유래한 것으로 생각되며, 주구성 광물은 사장석, 미사장석, 석영, 백운모 등이며, 흑운모, 녹리석, 녹염석, 전기석 등이 부구성광물로 이루어져 있다. 장석은 대부분이 중립 내지 조립의 반자형 내지 타형으로 산출한다.

나. 유라기 화강암류

유라기 화강암류는 경기 편마암 복합체를 관입한 대보 화강암으로서(신성천 외, 1995), 주로 도폭지역의 중부-서부에 폭 넓게 분포한다(그림 3-14). 이 지역의 화강암류에 대한 연구로는 화강암질 저반의 암석학 및 지구화학적 연구(Kwon *et al.*, 1994), 서울 화강암의 Rb/Sr 전암연령과 지구화학적 연구(Park, 1972; Hong, 1984), 포천-의정부 일대에 분포하는 화강암류의 산상과 암석화학(윤현수, 1995), 서울 화강암질 저반의 암석학 및 Rb-Sr 동위원소 연구(권정형 외, 1995) 등이 있으나, 윤현수(1995)를 제외하고는 이 지역에 대한 지질, 구성암상의 분류와 분포경계, 산출특성과 관입관계 등에 관한 자세한 연구는 미약한 편이다.

조사지역에 분포하는 유라기 화강암류는 반상질 흑운모화강암, 흑운모 화강암, 각섬석 화강암과 섬록암, 산성맥암이 산출된다. 반상질 흑운모화강암과 흑운모 화강암은 산출상태와 암색 등에서 차이가 많아 잠정적으로 분류하였으나 직접 접하며 노출된 곳이 없어 상호 관계는 알 수 없으며, 윤현수(1995)는 이 두 암상을 하나의 암체로 규정하였다.

흑운모화강암은 의정부도폭의 남서부인 서울특별시 도봉구와 경기도 의정부시 일대에 위치한 도봉산과 사패산, 수락산 지역에 분포하며, 북한산을 구성하는 서울화강암의 북쪽 연장부에 속하며 험준한 산악지형을 형성한다. 이에 반하여 조사지역의 북동부 국사봉, 죽엽산의 가장자리인 가산면 금현리와 소흘읍 이가팔리 일대의 평야지대에 넓게 분포하는 반상질 흑운모화강암은 저지대를 형성한다.

각섬석 화강암과 섬록암, 산성맥암은 선캠브리아기 편마암과의 경계부와 내부에 소규모로 분포한다.

(1) 반상질 흑운모 화강암

의정부도폭의 북동부인 국사봉, 죽엽산의 가장자리인 가산면 우금리, 금현리와 소흘읍

이가팔리 일대의 평야지대에 넓게 분포하며 북쪽 인접 도폭인 포천도폭으로 연장된다. 중립질 내지 조립질이고 전반적으로 회색을 띠며, 1~2 cm 크기의 장석반정을 함유하면서 반상조직이 우세하다. 반상질 흑운모화강암과 흑운모 화강암은 위에서 기술한 산출상태와 암색 등에서 차이가 많아 잠정적으로 분류하였으나 직접 접하며 노출된 곳이 없어 상호관계는 알 수 없다. 윤현수(1995)에 의하면 이 암석을 회색화강암으로 명하고, 서울화강암(흑운모화강암)의 주변부를 이루고 있으며, 간혹 미립의 석류석을 수반하고 일부 지역에서 염기성 분결체(basic clot)가 발달하며 흑운모화강암과 매우 점이적인 관계를 이룬다고 기재하였다. 이 암석은 주로 석영, 정장석, 사장석, 흑운모 등으로 구성되며 저어콘이 수반된다.

(2) 흑운모 화강암

흑운모 화강암은 조사지역의 중부-서부 일대에 화강암류 중에서 가장 넓은 면적을 차지하면서 서쪽의 고양도폭과 인접하여 분포하며, 흑운모 편마암과 미그마타이트질 편마암을 관입한다. 중립질 내지 조립질 입상조직을 갖는 흑운모 화강암은 장석의 풍화정도에 따라서 담회색에서 담홍색까지 다양한 색을 보이며, 전반적으로 담홍색을 띤다(그림 3-19). 도봉산과 수락산 지역에서 우세한 절리는 $N40^{\circ}\sim 50^{\circ}E$ 와 $N20^{\circ}\sim 30^{\circ}W$ 의 두 방향이 뚜렷하며, 주절리의 방향과 유사하게 북동-남서 방향으로 주요 계곡이 발달한다.

이 암석은 주로 석영, 정장석, 사장석, 흑운모 등으로 구성되며 저어콘이 수반된다(그림 3-20). 알카리 장석은 뚜렷한 칼스바드 쌍정을 보이는 정장석 페다이트이며, 흔히 사장석, 석영 및 흑운모를 포유하는 반자형의 주상이다. 석영은 입상 혹은 간극충진 상의 타형 내지 반자형이며 사장석은 주상으로 입자의 내부가 회색으로 나타난다. 흑운모는 부분적으로 녹리석으로 변질되어 있으며, 드물게 견운모화 된 부분이 존재한다. 이 암석에 대한 K/Ar 흑운모 연령은 164.5 ± 2.4 Ma(윤현수, 1995), Rb/Sr 전암연령은 165 ± 30 Ma와 160 ± 10 Ma(Ueda, 1969; Park, 1972)), K 장석 연령은 157 Ma(김옥준, 1971)로서 유라기 중기에 해당한다.

(3) 각섬석 화강암

도폭 중남부인 별내면 청학리 일대에 소규모 암주상 또는 관입상으로 산출되며, 선캠브리아기 흑운모편마암과 화강편마암, 유라기의 흑운모화강암을 관입한다. 담회색을 띠며, 중립의 등립질 조직을 갖는 괴상의 암체로서(그림 3-21), 주로 석영, 사장석, 정장석, 흑운모, 각섬석 등으로 구성되며, 부구성 광물로 백운모, 녹니석, 인회석, 불투명광물 등이 있고(그림 3-22), 각섬석과 흑운모의 많은 부분이 녹리석으로 변질되어 있다.



그림 3-19. 담홍색의 장석이 특징적인 흑운모 화강암. 광적면 가납리.

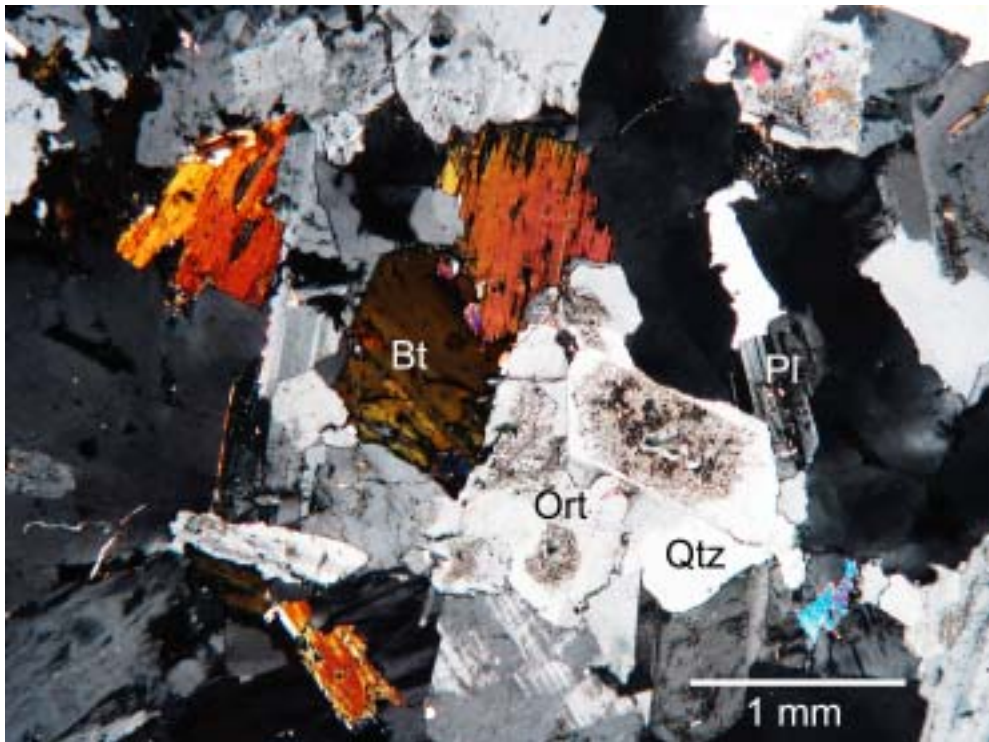


그림 3-20. 흑운모 화강암의 현미경 사진. 조사지역의 남서부에 분포하는 흑운모 화강암은 서울화강암의 북서부에 해당하며, 주변의 사패산 도봉산, 북한산 지역과 수락산 지역으로 연장 분포한다 (Bt: 흑운모, Qtz: 석영, Pl: 사장석, Ort: 정장석).



그림 3-21. 중립의 등립질 조직을 갖는 괴상의 각섬석 화강암. 별내면 청학리.

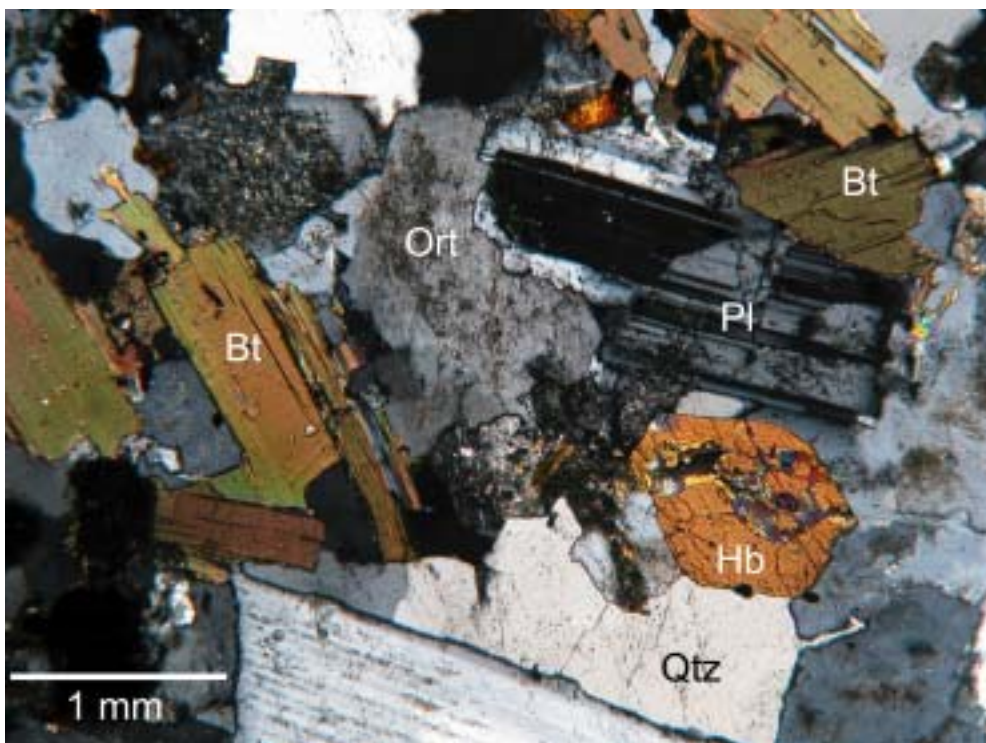


그림 3-22. 각섬석 흑운모 화강암의 현미경 사진 (Bt: 흑운모, Hb: 각섬석, Qtz: 석영, Pl: 사장석, Ort: 정장석)

(4) 섬록암

섬록암은 진접읍 봉대리에서 선캠브리아기 암석을 관입한 소규모 암주 형태로 존재하고, 의정부시 낙양동에서는 흑운모 화강암을 관입한 타원형의 암주상 형태로 존재한다. 세립질의 염기성 포유암 (mafic microgranular enclave)을 가지며, 이것과의 혼화 정도에 따라 유색광물의 함량 변화가 심하고, 입도 역시 세립질에서 중립질로 불균질하다(그림 3-23). 부분적으로 각섬석 화강암의 암상을 보이는 곳도 관찰되고 있으며, 반상질 흑운모 화강암이 맥상으로 발달하기도 한다. 세립질의 석영, 장석, 휘석, 흑운모와 소량의 각섬석으로 구성된다.



그림 3-23. 세립질의 섬록암. 반상질 흑운모 화강암이 맥상으로 발달한다. 의정부시 낙양동.

(5) 산성암맥

진접읍 봉대리와 금곡리 사이의 고개 부근과 소흘읍 축석령 부근에 소규모로 분포한다. 담회색 내지는 회백색을 띠며, 관입체의 중심부는 장석반정을 갖는 반화강암의 성분을 갖기도 하며 석영과 장석, 소량의 흑운모로 구성된다.

이 암석은 관입체의 중심과 가장자리에서 입도의 차이가 매우 크다. 관입체의 중심부

는 장식반정을 갖는 반화강암의 성분을 갖으며, 가장자리에는 입도가 작아져 미세립으로 변화한다. 주로 사장석으로 구성된 반정은 광물벽개와 평행하거나 수직한 방향으로 많은 양의 세립 석영 결정(hollow crystal)을 포함한다. 이 구조는 관입암체가 급격히 냉각되었음을 지시한다. 기질은 세립질의 석영과 장식석으로 구성되며, 등립질 조직을 갖는다(그림 3-24).



그림 3-24. 회백색을 보이고 장식반정을 함유하는 산성맥암. 진접읍 봉대리.

다. 제4기 충적층

제4기 충적층은 부용천과 중랑천이 흐르는 의정부시 일원과 왕숙천이 흐르는 진접읍 연평리 일원의 평야지대에 넓게 분포하며, 도폭 북부의 회천읍 매정리 부근과 포천천이 시작되는 이가팔리, 가산리 일대에 소규모로 분포한다.

충적층의 대부분은 역질, 혹은 사질물로 구성되며 점토질 물질은 사질이나 역질 물질에 비하여 소량 분포한다. 산악지형이 끝나는 계곡의 초입이나 평야지대의 고하상이 존재한 지역에는 소규모로 제4기의 고기하성층이 분포하나 도면에 표시할 정도로 발달하지는 않는다.

중랑천과 왕숙천이 흐르는 평야지대에 하안단구로 판단되는 지형적으로 10 m 정도

높은 편평한 대지 위에 분포한다. 퇴적 초기에는 고하상을 따라 하성층이 비교적 넓게 분포되었을 것이나 현재는 대부분 삭박되어 극히 일부분만 존재한다. 미고결된 이 암석은 역질과 사질, 이질 물질로 구성되며, 분급이 불량하지만 미약한 층리구조가 인지된다.

5. 지질 구조

조사지역의 지질구조는 선캠브리아시대의 지구조운동에 의하여 형성된 경사습곡, 광역 엽리의 발달 등이 특징적이다. 현생이언에 발생한 구조운동은 포천-의정부 도폭의 전역에 걸쳐 나타나는 북북동-남남서 방향과 북동-남서 방향의 단층이 발달하며 주 계곡 방향을 형성하였다.

가. 엽리 및 습곡구조

조사지역의 선 캠브리아기 변성암에 나타나는 지질구조는 선 캠브리아기 지구조운동에 의하여 형성된 광역 엽리(regional foliation)와 북동 방향의 습곡축을 갖고 동남쪽으로 기울어진 동형의 등사습곡(isoclinal fold) 등이 특징적이다. 도폭 중부-동부에 분포하는 편마암류의 엽리는 대부분 북동방향의 주향에 동남쪽 경사를 보이며 전반적인 지형도 이와 일치한다(그림 3-25). 지층의 구조적 반복 분포를 파악할 수 있는 지층의 상하 판단 기준이 될 수 있는 퇴적구조가 전혀 관찰되지 않으며, 습곡/엽리 버전스, 습곡축면과 층리면의 상호관계로부터 유추할 수 있는 상하판단의 지질구조적 해석이 습곡작용 동안에 발생한 강한 flattening 작용 때문에 거의 불가능하다.

조사지역에는 퇴적기원 편마암에서 사질암과 이질암이 교호하는 부분의 성분적 경계는 변성분배작용에 의하여 관통상 엽리로 완전히 전위되었기 때문에 야외노두와 미세구조로부터 판단되는 첫 번째 습곡구조의 형성 이전에 발생한 습곡작용이 몇 회가 존재하는지 알 수 없다.

조사지역의 광역엽리를 형성시킨 습곡작용은 습곡구조의 양 날개가 서로 평행한 동형 습곡이 특징으로서 광역 엽리면에 평행한 전단운동이 수반되었다. 이들 암석에서의 동형 습곡은 습곡축이 두꺼워지고 습곡날개가 얇아지는 형태이며, 엽리면, 습곡축면, 습곡날개는 평행하다. 이들 구조는 layer-parallel flattening 작용에 의하여 형성되었으며, 노두규모의 석영-운모 편암, 편암/규암 호층대, 석회질 편암 등에서 전단운동이 수반되어 잘 나타난다.

편암 호층대나 석영맥을 포함하고 있는 편암에서 습곡화작용에서 flattening이 더 진

행되면 두 암상의 물리적 특성차이에 의하여 석영맥이나 박층의 사질암은 부딘화 되고, 동형습곡은 렌즈 모양의 고립된 rootless fold 형태로 나타난다. 엽리면상에서 이들 부딘과 rootless fold는 규칙적인 정향배열을 하는 로드(rod)구조를 형성하여 신장선구조 방향을 정확하게 인지할 수 있다.

부딘구조와 rootless fold의 꼬리부분에서는 광역엽리면의 형성과 연관된 전단운동면이 존재하며, 대부분의 경우 광역엽리와 전단운동면은 서로 일치하거나 10^0 이내의 작은 각으로 사교한다. 석영, 흑운모, 백운모, 장식류 등의 광물은 변형/변성작용 동안에 완전히 재결정화 되었거나 광역엽리와 평행한 방향으로 새로운 결정이 성장하였다.

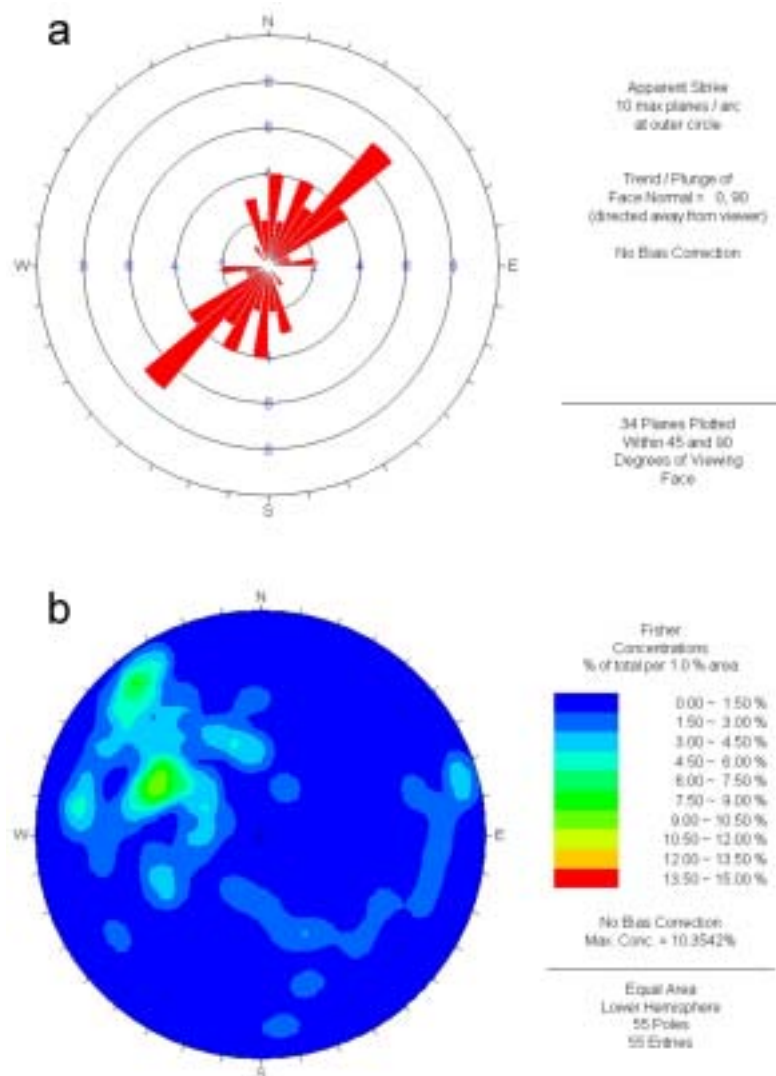


그림 3-25. 선 캄브리아기 편마암에 나타나는 광역 엽리. a: 엽리의 주향을 도시한 rose diagram; b: 엽리면의 축에 대한 contour diagram.

나. 선구조와 단층

조사지역에서 선 캄브리아기에 발생한 단층작용은 모두 규모에서 소규모 단층은 간혹 관찰되나, 이들 단층의 연장방향 추적은 매우 어렵다. 선 캄브리아기의 지구조운동은 연성변형작용이 우세하기 때문에 지층과 지층을 변위시키는 단층보다는 습곡구조를 광범위하게 형성하였다. 그러므로 항공사진과 전산음영기복도에서 해석할 수 있는 선상구조는 대부분 현생누대에 형성된 것이다.

의정부도폭 지역에서 기존 연구를 통하여 기재된 단층에는 서에서 동쪽으로 동두천단층, 포천단층, 왕숙천단층이 있다(기정석 외, 2000; 그림 3-26).

기정석 외(2000)는 이들 세 단층이 추가령 단층대에 속하는 것으로, 중력탐사 결과에 의하면 모두 저이상대가 나타나며, NS 및 NW 방향의 단층에서는 우수향 및 좌수향 주향이동이 동시에 관찰되지만 NE 방향의 단층에서는 좌수향 주향이동이 우세하게 관찰되어 추가령 구조대에서는 우수향 주향이동 후에 좌수향 주향이동이 일어났다고 기재하고 있다.

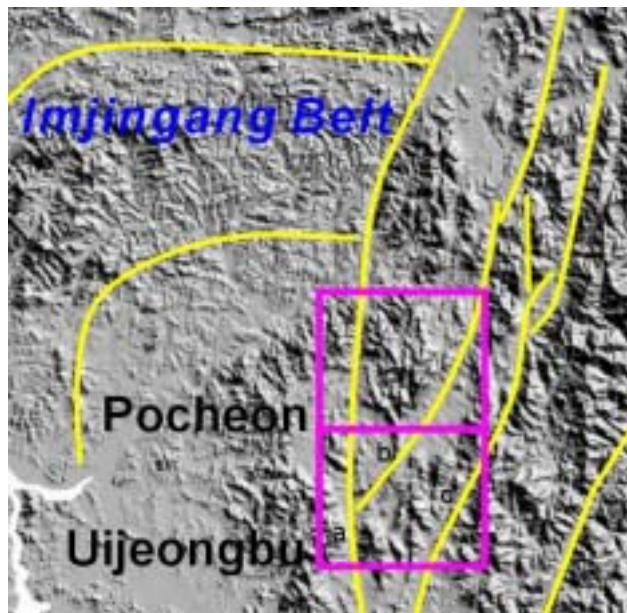


그림 3-26. 포천-의정부도폭 지역에 발달하는 구조선. a: 동두천단층, b: 포천단층, c: 왕숙천단층

항공사진과 전산음영기복도에서 추출한 의정부도폭 지역의 선구조 분석자료를 보면 $N30^{\circ}W$ 방향과 $N30^{\circ}E$ 방향의 선구조가 가장 뚜렷하고 빈도수가 높은 편이며, 그 다음으로 $N60^{\circ}E$ 방향의 선상구조가 관찰된다(그림 3-27). 선구조가 직접적으로 단층과 연결되는 것은 아니며, 현장조사를 통하여 단층의 유무를 반드시 확인하여야 한다. 1차년도 조

사자료에 의하면 북북동 방향의 소규모 단층은 노두 규모에서 빈번히 관찰되나, 이들 단층의 연장방향 추적은 동일한 암상의 연장과 노두의 불량 등으로 인하여 매우 어려운 점이 많다.

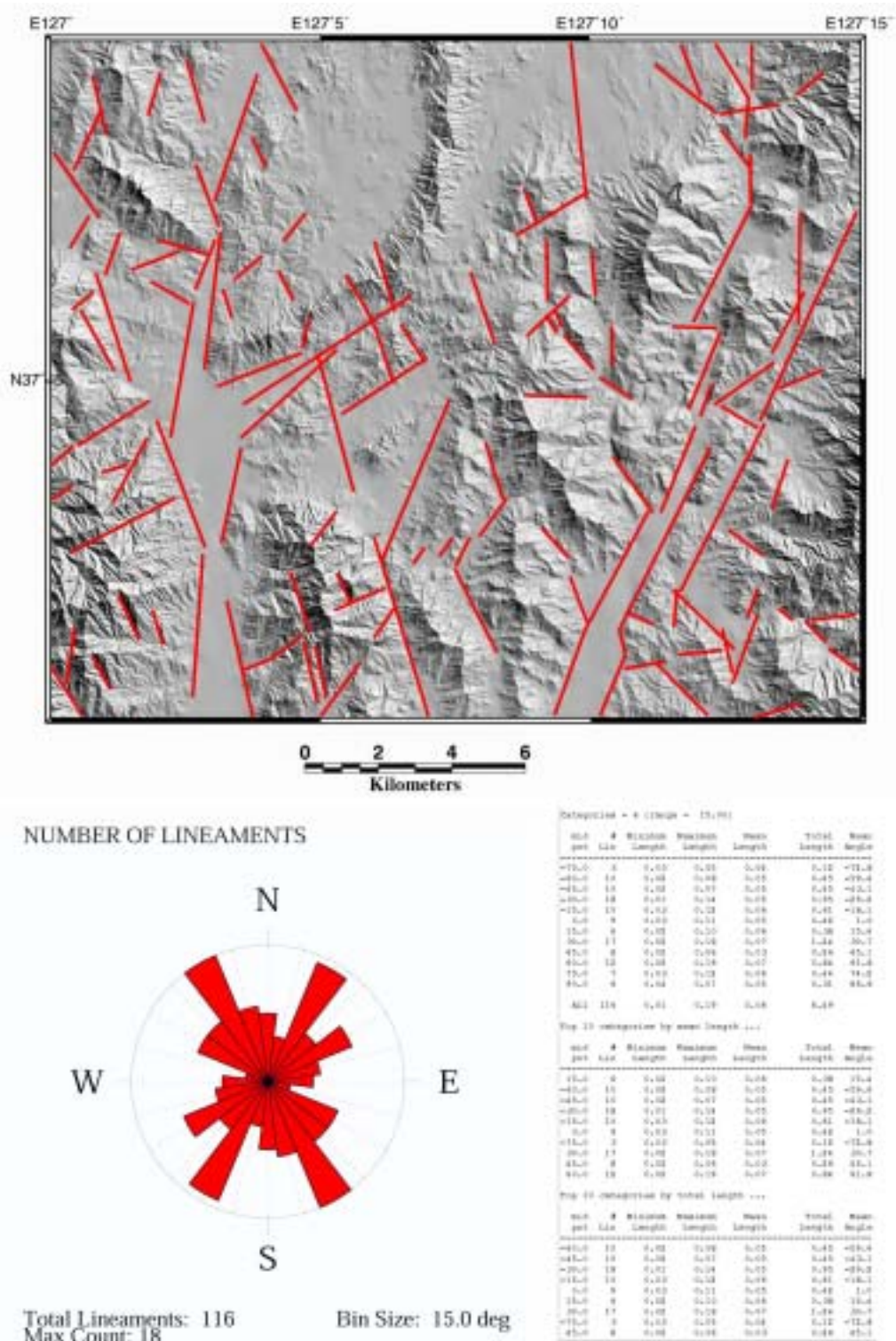


그림 3-27. 음영기북도에서 추출한 의정부도폭 지역의 선구조 및 선구조 분석자료.

진접읍 봉대리와 금곡리 사이의 고개에는 왕숙천단층 방향과 평행한 $N34^{\circ}E/61^{\circ}SE$ 의 주향과 경사를 갖는 단층노두가 존재한다(그림 3-28). 3 m 이상의 폭을 갖는 단층대에는 1~2 cm 두께의 백색 단층비지가 존재하며, 단층비지와 단층비지 사이는 단층각력암으로 채워져 있다. 이 단층면에는 좌수향 주향이동을 지시하는 단층조선이 발달하고 있다.



그림 3-28. 좌수향 주향이동을 지시하는 단층조선이 발달한 단층면. 진접읍 금곡리.

그러나 이 외의 단층은 1년차의 조사에서는 노두상에서 명확한 단층의 증거가 관찰되지 않기 때문에 이들 선상구조가 단층작용에 의한 것인지 혹은 주 절리가 강하게 발달하여 형성된 것인지는 알 수 없다.

의정부도폭 지역에서는 아직 조사가 이루어지지 않은 남북방향의 동두천단층과 북동방향의 포천단층은 북쪽에 인접한 포천도폭에서 주라기의 화강암류를 절단하고 있기 때문에 단층작용의 시기는 최소한 주라기 화강암의 관입 이후임을 지시하고 있다.

6. 지 사

조사지역에 분포하는 선 캄브리아기 암석은 경기편마암복합체의 일부에 속하며, 전기~중기 원생대의 퇴적기원 및 화성기원의 변성암류로 구성된다. 퇴적기원 변성암은 흑운모편마암, 호상편마암, 미그미타이트질 편마암 등으로 구성되어 있으며, 화성기원 변성

암은 주로 흑운모 화강편마암과 우백질 화강편마암 등으로 구성되어 있다.

흑운모편마암은 김옥준(1973)에 의하여 정의된 경기편마암복합체의 부천층군과 시흥층군에 속하며, 의정부도폭에서는 도폭지역의 중부-동부 지역의 대부분을 차지하며 폭 넓게 분포하고 있다(그림 2). 흑운모 편마암은 부분적으로 함석류석 미그마타이트질 편마암의 암상을 보이고 있으며, 흑운모 편마암의 저어콘은 변성작용에 의해 외연부에 음극발광도가 낮은 어두운 색의 2차적으로 재성장한 부분 존재한다. 재성장한 저어콘은 대부분 등척성(isometric)으로서 상부 각섬암상-백립암상의 전이대에 해당하는 고온의 변성작용을 받았음을 알 수 있다. 내부의 저어콘은 변성기원의 조각누대, 화성기원의 강한 진동누대 등으로 다양하고, 일부는 삭박작용을 받은 흔적을 나타내고 있어 이 편마암이 퇴적기원의 준편마암임을 지시한다.

경기육괴 북부의 경기편마암복합체는 각섬암상의 중온형 흑운모 편마암이 주를 이루지만 국부적으로 부분용융과 수반한 미그마타이트가 존재한다. 이러한 현상이 부분적인 변성온도의 증가 때문인지, 혹은 다변성작용의 결과인지 아직 확실하게 보고 된 바 없다. 또한 흑운모 편마암과 함 석류석 미그마타이트질 편마암의 모암이 퇴적된 시기에 대한 정보도 전무하다. 이를 규명하기 위해 변성작용에 의해 재성장 저어콘과 쇄설성 저어콘 핵을 SHRIMP U-Pb 방법으로 연대측정 실시하였다. 현재 동위원소 보정 및 연대계산이 진행 중이지만 예비적 결과를 살펴보면, 약 1,870 Ma에 변성작용을 받았고, 퇴적시기도 약 19억년으로서 흑운모 편마암의 경우와 같은 것으로 판단된다.

쥬라기 화강암류는 경기 편마암 복합체를 관입한 대보 화강암으로서, 주로 도폭지역의 중부-서부에 폭 넓게 분포한다(그림 2).

기존 연구에 의하면, 가장 넓은 면적을 차지하며 분포하는 흑운모 화강암에 대한 K/Ar 흑운모 연령은 164.5 ± 2.4 Ma(윤현수, 1995), Rb/Sr 전암연령은 165 ± 30 Ma와 160 ± 10 Ma(Ueda, 1969; Park, 1972)), K 장석 연령은 157 Ma(김옥준, 1971)로서 쥬라기 중기에 해당한다. 포천도폭 지역에서 흑운모 화강암과 이에 관계미상인 각섬석 화강암의 저어콘을 SHRIMP U-Pb 방법으로 연대측정을 실시하였으며, 현재 동위원소 보정 및 연대계산이 진행 중이지만 예비적 결과를 살펴보면, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 연령은 180.0 ± 1.5 Ma 로서, 이는 이 암석의 관입시기를 지시한다.

7. 응용 지질

고양 도폭 내에 등록된 광종은 금-은, 장석 등이 현재 등록 상태이나 실제로 채광을 하는 광산은 없다(표 2). 1996년까지 금, 은, 장석을 대상으로 채석한 광산은 있었으나 지금은 모두 채석을 중단하고 일부 복구한 상태이다. 골재 채석은 내촌면 진본리 지역에서 화강암질 편마암을 대상으로 쇄석골재를 채석하는 채석장과 광적면 가남리와 은현면 도

하리에서 흑운모 화강암을 대상으로 쇠석골재를 생산하는 채석장이 현재 가행 중이다.

표 3-4. 의정부도폭 내에 분포하는 광산과 골재업체.

광 산 명	위 치	광 종
금곡장석	경기도 남양주시 진접읍 금곡리 산 104번지	장석
의정부	경기도 포천시 소흘읍 고모리	장석
천보	경기도 양주시 양주읍 삼송리	금, 은
대야	경기도 양주시 회천읍 울정리	금, 은
업 체 명	위 치	업 종
우신건설(주)	경기도 양주시 광적면 가남리 산 2번지	산림골재
삼표산업	경기도 양주시 은현면 도하리 345-7	산림골재

본 도폭에서 남서쪽에 화강암이 분포하는 지역에는 주위의 지형과 어울려진 경관이 화려한 북한산국립공원 일부와 수락산이 있다.

도봉산은 서울 근교의 산으로 북한산과 함께 북한산 국립공원에 포함되어 있으며 교통이 편리하고 산세가 아름답다. 운악산과 불곡산을 거쳐 남서쪽으로 달리던 한북정맥이 북한산에 이르기 전에 수려한 화강암으로 솟은 산이다. 도봉(道峰)이라는 이름은 조선왕조를 여는 길을 닦았다 하여 붙은 이름이다. 우이령을 경계로 북한산과 이어져 있는 도봉산은 최고봉인 자운봉을 비롯 만장봉, 선인봉, 주봉 등의 암봉과 서쪽으로 다섯 개의 암봉이 나란히 줄지어 있는 오봉이 있다. 선인봉, 만장봉, 주봉, 우이암은 각기 거대한 암벽들이다. 도봉산은 우람한 기암괴석과 뾰족히 솟은 암봉들이 장관을 이루며, 사방으로 뻗은 계곡을 따라 녹음이 우거져 명소를 만들고 있다. 도봉산의 3대 계곡은 문사동계곡, 망월사계곡(원도봉계곡), 보문사계곡(무수골) 이다.

수락산은 산세가 웅장할 뿐만 아니라 산 전체가 석벽과 암반으로 이루어져 기암괴석을 연출하며, 수락 8경이라 불리는 금류폭, 은류폭, 옥류폭포와 신라때의 흥국사, 이조때의 내원암이 있고, 동서 산록의 계곡에는 수락산 유원지와 벽운동 유원지가 있어 볼거리도 다양하다. 장암동에는 이조 숙종 때 형조판서를 지낸 서계 박세당의 정자인 6각형의 궤산정이 있다.

제 3 절 포 천 도 폭

1. 서 언

포천도폭은 북위 $37^{\circ}50'00'' \sim 38^{\circ}00'00''$, 경도 $127^{\circ}00'00'' \sim 127^{\circ}15'00''$ 범위에 위치하며, 행정구역상으로는 파주시 적성면과 연천군 전곡읍, 청산면의 일부, 동두천시, 양주시 은현면, 포천시 영중면, 신북면, 군내면, 가산면의 일부지역이 조사구역 내에 포함된다.

이 지역은 지체구조적으로 임진강대와 인접한 경기육괴의 서북부 연변에 위치하며, 선캠브리아시대의 변성암복합체에 속하는 각종 편마암류와 변성섬장암, 쥐라기의 대동층군과 대보화강암류가 주로 분포하고 있다. 지질구조적으로는 쥐라기 퇴적분지와 더불어 경기전단대(Kim et al., 2000), 동두천단층 및 포천단층(김옥준, 1973) 등과 같은 대규모 지질구조들이 발달하고 있어 한반도 중부지역 지각의 지구조적 진화과정을 이해하는데 중요한 위치를 점유하고 있는 지역이라 할 수 있다.

지금까지 이 지역에 대한 연구로는 변성암의 층서와 지질구조 연구(김옥준), 포천지역에 분포하는 각섬석질암에 배태되는 철광상의성인 연구(So, 1977; 이상훈, 1979), 의정부-포천-기산리 일대를 중심으로 넓게 분포하는 대보화강암류의 암석 및 암석화학 연구(윤현수, 1995, 1997; 윤현수 외, 2002; 정원석 외, 2003), 화강암류의 산상과 지구화학 연구(Kwon et al., 1994, 1999; Kwon and Sagong, 1998), 연구 등이 있다.

2004년은 총 조사기간 2년 중 1차년도로서 국립지리원이 발행한 1:25,000 축척의 지형도를 기본도로 하여 도폭의 동부 및 북부 지역을 중심으로 야외조사가 진행되었으며, 총 조사면적의 55%에 해당하는 면적에 대해 지질조사 및 지질도 작성을 완료하였다. 야외조사를 통하여 조사지역에 분포하는 암층들의 산상, 암석학적 특성, 분포양상 등을 조사하여 암층들을 분류하고 이들 간의 상대적인 층서를 수립하였으며, 단층이나 연성전단대와 같은 대표적 지질구조의 발달 양상과 구조적 특성을 기재하였다. 그리고 이 지역의 정확한 지질계통 확립과 지체구조적 열역사 규명을 위해 3개 암체에 대한 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정을 실시하였으며, 화강암질암의 조암광물에 대한 EPMA 분석을 실시하였다.

2. 지 형

포천도폭 구역은 광주산맥의 지맥에 해당하는 지역으로서 이 지역의 지형 및 수계는 분포암석의 물리적 특성과 지질구조의 영향을 잘 반영하고 있다.

이 지역의 대표적인 수계로는 각각 동두천시와 포천읍을 통과하여 흐르는 신천과 포

천천이 있다. 신천은 남-북 방향의 동두천단층의 자취를 따라 북쪽으로 흐르는 유로를 형성하고 있으며, 전곡 지역에서 한탄강으로 합류된다. 포천천 역시, 포천단층의 자취를 따르는 북북동 방향의 유로를 형성하고 있으며, 영증면에서 한탄강의 지류인 영평천으로 합류된다. 그리고 포천시 서측의 왕방산에서 발원한 소하천이 신북면을 통과하여 흐르다가 창수면에서 한탄강으로 합류된다.

포천도폭 구역 내에서 선캠브리아시대의 편마암류나 규암이 분포하는 중앙부, 북부, 북서부 지역은 능선부의 표고가 500~700 m에 이르는 산지 지형이 우세하고 평야지의 발달은 매우 빈약한 편이다. 이에 반해, 주라기 화강암류가 주로 분포하는 북동부, 남동부, 남서부 지역은 전반적으로 표고 300 m 이하의 완만한 구릉지가 형성되어 있으며, 포천천 및 신천의 양안을 따라서는 비교적 넓은 평야지가 발달한다. 특히, 이 지역의 남서부에는 산 능선의 분포 형태가 고리모양을 이루는 환상의 지형이 일부가 의정부도폭 구역으로까지 연결되면서 발달하고 있다.

이 지역에서 비교적 높은 고도의 산지 지형을 이루는 봉우리들을 지역 별로 살펴보면, 이 지역의 서부인 신천의 서측으로는 옥녀봉에서 마차산(588.4 m)으로 이어지 북북동-남남서 방향의 산릉이 발달하며, 이 지역의 중앙부인 신천과 포천천 사이에는 종현산(588.5 m)-상백운대(558.7 m)-소요산(586 m)-국사봉(754 m)-왕방산(737 m)-해룡산(661 m)으로 이어지는 고봉들이 자리하고 타 지역에 비해 비교적 험준한 지형을 이룬다. 그리고 이 지역의 동부인 포천천 동측에는 천주산(424.6 m)에서 의정부도폭 구역의 국사봉(547 m)으로 이어지는 남-북 방향의 산릉이 발달한다.

3. 지질개요

포천도폭 구역은 지체구조적으로 동-서 방향으로 발달하는 임진강대와 인접하는 경기육괴의 북서 연변부에 위치한다. 이 지역의 지질은 선캠브리아시대의 각종 편마암류와 이들을 관입한 화강암류와 섬강암으로 구성되는 경기편마암복합체, 후기 트라이아스기 말~전기 주라기의 육성퇴적층으로 구성되는 대동층군, 주라기의 화강암류 및 섬록암으로 구성되는 대보화강암류, 그리고 상기 제 지층들을 부정합으로 피복하고 있는 제4기 미고결 채설성 퇴적층으로 구성된다(표 3-5, 그림 3-29).

경기편마암 복합체를 암층들 중 가장 고기인 흑운모 편마암은 도폭구역의 중앙부에 넓게 분포하며, 안구상 편마암과는 점이적으로 접한다. SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정 자료(조동룡 외, 미발표)에 의하면, 흑운모 편마암은 약 19억년 이전의 퇴적되었던 지층으로부터 유래된 준편마암으로서, 변성시기는 약 18억 7천만년전인 것으로 밝혀졌다.

표 3-5. 포천도폭 지역의 지질계통.

제4기	충적층 하안단구퇴적층 ~ 부정합 ~	
쥬라기	섬록암 - 관 입 - 흑운모 화강암 반상질 흑운모 화강암 함 석류석 흑운모 화강암 - 관 입 -	대보화강암류
후기 트라이아스기 ~ 전기 쥬라기	적성층 ~ 부정합 ~	대동층군
선캄브리아시대	감악산 변성 섬장암 - 관 입 - 변성 거반정질 화강암 엽리상 우백질 화강암 - 관 입 - 안구상 편마암 흑운모 편마암 (규암 협재)	경기변성암복합체

엽리상 우백질 화강암은 도폭구역의 북서단부 일대에 대동층군 및 감악산변성섬장암 상위로 충상되어 분포한다. 본 조사연구에서 그 존재가 처음으로 밝혀진 변성 거반정질 화강암은 포천시 신읍 북쪽 일대에 흑운모 화강암을 관입하면서 분포한다. 이 암석의 관입시기를 지시하는 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대는 약 1,870 Ma로 측정되었다. 감악산 변성섬장암 포천도폭의 북서부 일대에서 북동-남서 방향의 대상으로 분포하면서 흑운모 편마암을 관입하고 후기 트라이아스기~전기 쥬라기의 대동층군에 의해 부정합으로 피복된다. SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정에 의하면, 이 암석의 관입시기는 758.3 ± 5.1 Ma이다 (조등룡, 미발표).

하면 이들은 주라기에 관입한 대보화강암의 일부 것으로 알려져 있다(신성천과 진명식, 1995). 이 화강암류는 일명 ‘양주석’ 또는 ‘포천석’으로 통용되고 있는 석재자원으로 개발되고 있다.

4. 지질각론

가. 선캠브리아시대 암체

경기변성암복합체에 속하는 선캠브리아시대 암체들은 흑운모편마암과 안구상 편마암을 기저로 하여, 이를 관입하는 변성 거반정질 화강암, 우백질 화강암편마암, 감악산변성섬장암 등으로 구분된다.

(1) 흑운모 편마암

흑운모 편마암은 도폭구역 지층들의 기저를 이루며 중앙부에 넓게 분포한다. 전반적으로 뚜렷한 엽리를 갖는 암상이 주를 이루며(그림 3-30a), 수 m 내지 수 백 m폭의 규암대와 박층의 대리암 및 세립질 각섬암대가 이에 협재한다. 흑운모 편마암은 부분적으로 변성반정을 함유하며 변성분화작용에으로부터 기인된 우백대를 갖는다. 특히, 도폭구역의 남서측 가산면 마전리와 군내면 명산리 일대에는 석류석을 포함하는 미그마타이트질 편마암상으로 점이하며(그림 3-30b), 부분용융에 의한 우백질 화강암 맥에 의해 조화적 혹은 부조화적으로 빈번하게 관입된다.

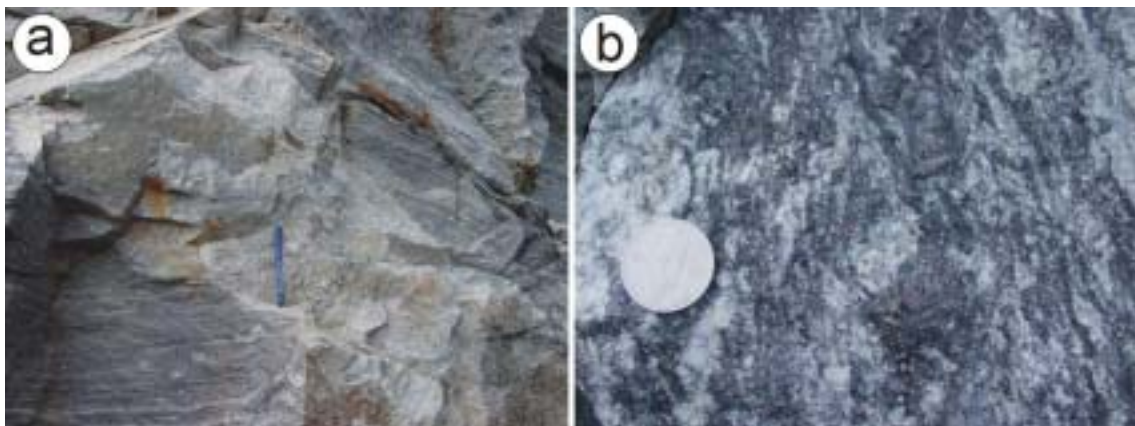


그림 3-30. 야외노두사진. (a) 부분용융으로 형성된 우백질 화강암 맥을 포함하는 흑운모 편마암. 부분적으로 안구상의 장식변정을 드물게 포함하고 있음(동두천시 왕방이 마을). (b) 함 석류석 미그마타이트질 편마암의 암상을 나타내는 흑운모 편마암.

동두천 일대지역에는 이 암체 내에 규암과 대리암이 협재되는데, 특히, 소요산 일대에는 200~300 m 층후의 유백색 규암층이 좋은 연장성 갖고 분포한다.

흑운모 편마암은 시료에 따라 입도와 함량비의 차이가 있지만 대부분 석영+사장석+흑운모+녹니석+백운모+불투명광물의 광물조합이며, 특별한 변성색인광물은 관찰되지 않는다. 흑운모 편마암에 협재하는 규암은 봉합상 경계의 석영이 주를 이루고, 세립의 백운모와 불투명광물 및 드물게 저어콘, 모나자이트 등을 수반한다. 한편, 각섬암은 각섬석+흑운모+사장석+석영+불투명광물+스핀±석류석의 광물조합이다. 함 석류석 미그마타이트질 편마암상을 보이는 부분은 중립 내지 조립의 석류석과 석영, 사장석, 흑운모, 백운모, 녹니석, 불투명광물로 구성된다. 석류석은 부분적으로 세립의 흑운모+견운모+녹니석+석영+사장석으로 교대되고, 사장석은 일부 견운모화되어 있다.

흑운모 편마암은 경기편마암복합체의 일부로서 한국에서 가장 고기인 시생대 지층으로 알려져 왔다. 그러나 조등룡 외(미발표)의 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정 자료에 의하면, 이는 약 19억년 이전에 퇴적된 지층으로서, 변성시기는 18억7천만년전에 해당하는 것으로 밝혀졌다.

(2) 안구상 편마암

안구상 편마암은 도폭구역 북서부의 신북면 북부와 동두천시 서부 일대에 분포한다. 이 암석은 알칼리장석의 변정을 다량 포함하는 암상으로 산출하며(그림 3-31), 흑운모 편마암과는 점이적인 경계를 이루고 있으나 야외에서 분대는 가능하다.

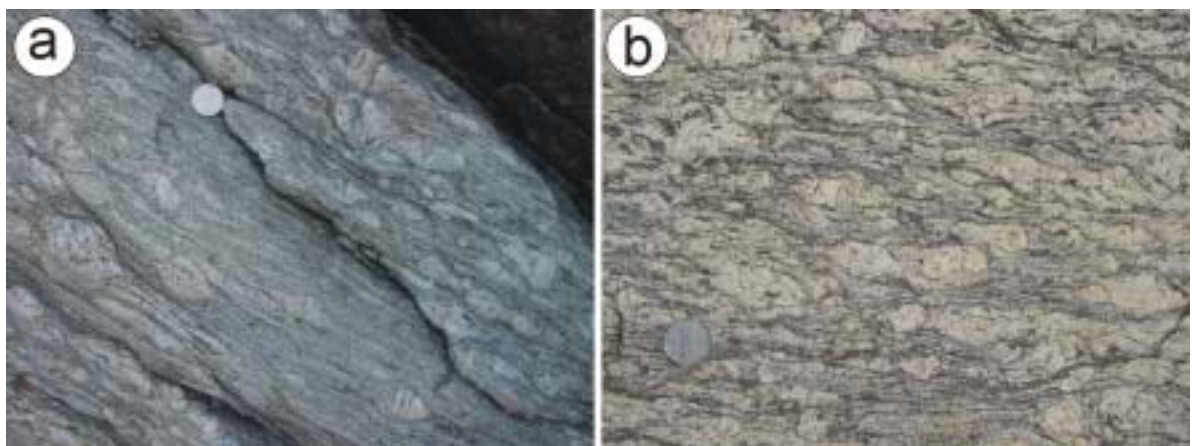


그림 3-31. 안구상 편마암의 노두사진(포천시 신북면 삼정리). (a) 흑운모 편마암과의 접촉부 근처에서 약 10 % 정도의 장석 변정을 포함하는 안구상 편마암. (b) 다량의 장석변정을 포함하는 전형적인 안구상 편마암.

이 암석은 담갈색 혹은 담회색의 암상을 보이고, 장석 변성반정의 함량은 불균질하여 약 10 %에서 65 %까지 다양하게 나타난다. 알칼리장석 변정의 장축은 1~3 cm이며, 일부는 8 cm에 달하는 것도 관찰된다.

안구상 편마암의 주구성광물은 알칼리장석(미사장석 혹은 정장석 페타이트), 사장석, 석영, 백운모, 흑운모이고, 미량의 저어콘, 갈염석, 인회석과 불투명광물이 부수광물로 존재한다. 이의 석영-알칼리장석-사장석의 비는 화강암 내지 알칼리화강암 조성을 갖는다.

(3) 엽리상 우백질 화강암

엽리상 우백질 화강암은 선캠브리아시대 기반암의 일부로서 도폭구역의 북서단부에 해당하는 파주시 적성면과 연천군 청산면 일대에 분포한다. 이 암체는 후술할 후기 트라이아스기~전기 유라기의 대동층군 및 선캠브리아 후기의 감악산 변성 섬장암을 충상한다. 엽리가 비교적 미약한 곳에서의 이 암상은 대체로 중립질 조직을 보이고, 특징적으로 유색광물이 거의 존재하지 않는다. 이의 석영-알칼리장석-사장석의 함량은 거의 같아 심성암의 분류에서 화강암 영역에 속한다.

(4) 변성 거반정질 화강암

이 암석은 도폭구역 동부의 포천시 신읍 북쪽 일대에 장축의 크기가 수 cm인 알칼리장석의 거반정을 포함하는 엽리상의 화강암질암으로 산출한다(그림 3-32a). 변성 거반정질 화강암의 저어콘 음극발광영상은 이 암석이 관입 이후에 변성작용을 경험한 마그마기원의 심성암임을 나타낸다(그림 3-32b). 이 화강암은 전술한 흑운모 편마암과 접촉하는 누두의 노출상태가 불량하여 관입관계인지 혹은 부정합으로 피복 당하는지 불명확하지만, 저어콘의 SHRIMP U-Pb 연대측정의 예비결과에 의하면 관입시기가 약 1870 Ma로서 흑운모 편마암의 퇴적시기 이후로 측정되어, 흑운모 편마암을 관입한 암체임을 지시한다.

변성 거반정질 화강암의 알칼리장석 거반정은 미사장석으로서(그림 3-32c), 노두에 따라 담홍색 혹은 유백색을 띠며, 시료에 따라 10~30 % 정도의 다양한 함량을 나타낸다. 이 화강암의 주구성광물은 알칼리장석, 사장석, 흑운모, 각섬석이며, 부구성광물로 티탄철석, 스핀, 저어콘, 형석, 인회석 등을 수반한다. 또한 시료에 따라 드물게 석류석을 포함하는 경우도 있다(그림 3-32d). 석영-알칼리장석-사장석의 비는 심성암 분류의 알칼리화강암 내지 몬조니화강암의 조성을 보인다.

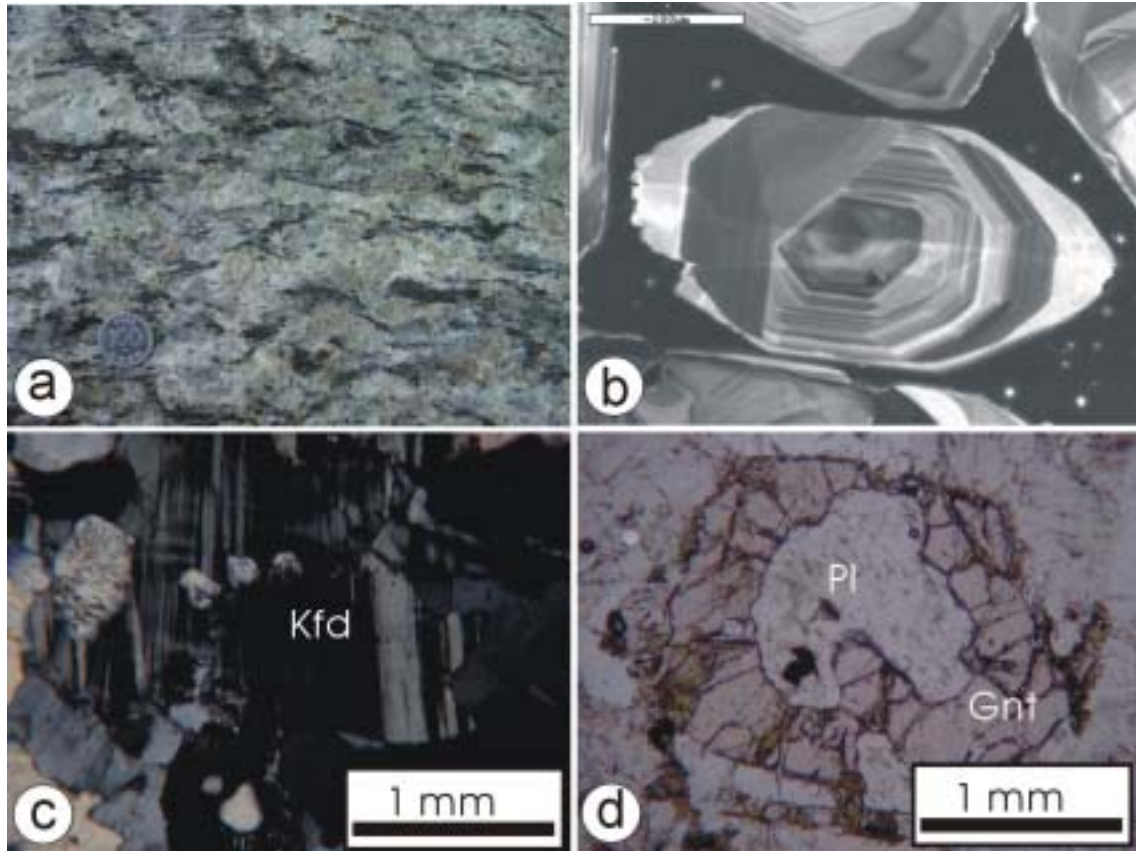


그림 3-32. 변성 거반정질 화강암. (a) 변성 거반정질 화강암의 전형적인 암상(포천시 신읍동). (b) 마그마기원의 자형 진동누대구조와 변성작용에 의해 연변부가 과성장한 내부 구조를 보이는 저어콘(음극발광영상). (c) 미사장석(Kfs, 직교니콜)의 편광현미경 사진. (d) 사장석 (Pl)에 포획된 석류석(Gnt)의 편광현미경 사진(개방니콜).

변성 거반정질 화강암의 주요 조암광물에 대해 EPMA 분석을 실시하였다. 사장석은 Or 함량이 거의 없고, An몰이 23~27%인 올리고클래스(oligoclase) 영역에 속하며, 알칼리장석은 대부분 Or몰이 0.95 이상으로서 결정화작용 후의 재평형을 시사한다(부록 표 1). 각섬석은 팔면체 자리(octahedral site)의 Al 함량이 0.35~0.38이고 $Mg/(Mg+Fe)$ 의 비가 0.10 내외이며 (부록 표 2), 흑운모 역시, 팔면체 자리의 Al 함량이 0.20~0.21이고, $Mg/(Mg+Fe)$ 의 비도 0.1 내외이다(부록 표 3). 석류석은 스페사틴(spessartine)과 파이로프(pyrope) 몰이 약 2 % 이하인 알만딘(almandine) 66~68 몰% - 그로술라(grossular) 28~31 몰%의 고용체이다(부록 표 4). 이와 같은 유색광물의 특징적인 화학조성은 변성 거반정질 화강암이 알칼리계열에 속할 가능성을 시사하는 것이다.

(5) 감악산 변성 섬장암

감악산 변성 섬장암은 문산도폭에서 연장되어 포천도폭의 북서부인 연천군 전곡읍과 청산면 일대에 분포한다. 이는 경기편마암복합체의 흑운모 편마암을 관입하며, 후술할 후기 트라이아스기~전기 쥐라기의 대동층군에 의해 부정합으로 피복된다. SHRIMP U-Pb 저어콘 연대측정에 의한 이 암석의 관입시기는 758.3 ± 5.1 Ma이다(조동룡, 미발표). 연성 전단작용에 의해 형성된 북동-남서 방향의 압쇄엽리가 잘 발달하여 있으며, 변형을 미약하게 받은 부분은 중립질 내지 조립질의 조직을 보인다(그림 3-33).

이 암석은 신선한 노두에서는 연녹회색을 띠며, 주구성광물은 알칼리장석, 사장석, 석영, 각섬석, 흑운모이며, 저어콘, 인회석, 스피인 부수광물로 존재한다. 석영과 사장석이 상당히 존재하여 심성암의 분류에서 석영섬장암 내지 문조니화강암 영역에 속하는 것으로 예상되기 때문에 추후 이 암석의 명칭을 ‘감악산 변성 섬장암질암’으로 변경해야 할 것이다.

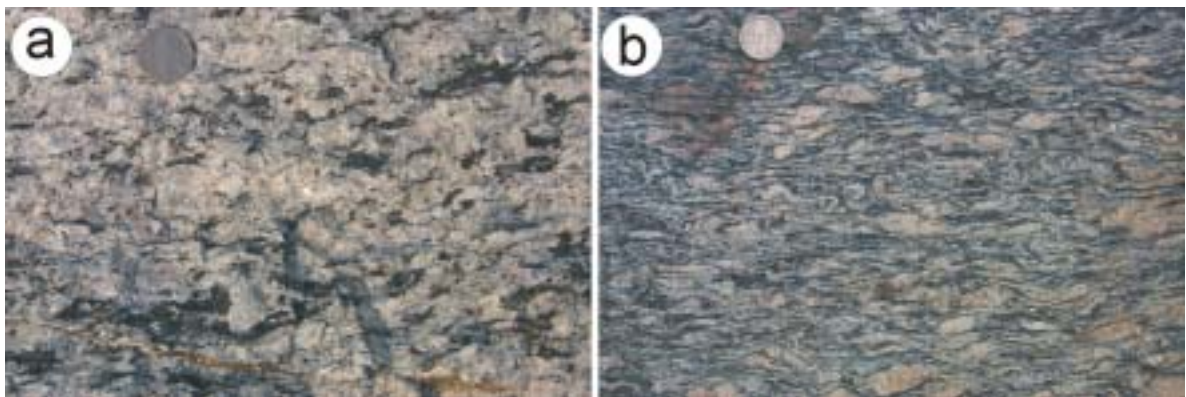


그림 3-33. 감악산 변성섬장암의 노두사진(동두천시 소요동). (a) 조립질의 조직을 보이는 감악산 변성섬장암의 전형적인 암상. (b) 연성전단작용에 의해 강한 압쇄엽리를 보이는 감악산 변성섬장암

나. 후기 트라이아스기 ~ 전기 쥐라기 대동층군의 적성층

대동층군에 속하는 적성층은 도폭구역의 북서단부인 전곡읍과 청산면에 감악산변성 섬장암 상위를 부정합으로 피복하면서 북동-남서 방향의 좁은 대상으로 분포한다. 인접한 문산도폭(최성자 외, 1998) 구역으로부터 연장되어 분포하는 이 층은 4 km 정도 우수향의 수평변위를 갖는 동두천단층에 남-북 방향으로 절단되어 있다. 이 층의 북서측은 엽리상 우백질 화강암이 충상된 드리스트단층 접촉을 보인다. 이 층은 석탄층을 포함하는 육성기원의 쇄설성 퇴적층으로 역암, 역질 사암, 사암으로 구성되고 박층의 흑색 셰일을 협재한다. 역암은 대부분 규암으로부터 유래된 역들로 구성된다(그림 3-34).

전희영 외(1988)와 유광민 외(1992)는 전국읍 양원리 권돌말 부근의 함탄대 상위 층에서 *Cladophlebis* sp., *Clathropteris* sp. *Phoenicopsis* sp., *Podozamites* sp., *Pterophyllum* sp., *Neocalamites* sp. 등의 화석을 보고하고, 이 층을 후기 트라이아스기~전기 쥐라기에 온난한 열대 내지 아열대 기후의 호소환경에서 퇴적된 지층으로 해석하였다.



그림 3-34. 적성층의 상부 층준에 분포하는 역암 노두사진(연천군 청산면 초성리). (a) 아원형의 규암력을 포함하는 역암. (b) 역암 내에 발달된 사층리구조.

다. 쥐라기 대보화강암류

포천도폭의 대보화강암류는 경기편마암복합체를 관입하며, 서울-의정부-철원을 거쳐 북한쪽으로 연장되는 대규모 저반의 일부에 해당한다. 기존의 Rb-Sr 및 K-Ar 절대연령 측정 자료에 의하면 이들은 쥐라기에 관입한 대보화강암인 것으로 알려져 있다(신성천과 진명식, 1995). 야외산상 및 암상에 의해 함 석류석 흑운모 화강암, 반상 흑운모 화강암, 흑운모 화강암 및 섬록암으로 분대된다.

(1) 함 석류석 흑운모 화강암

도폭구역의 동측에 포천천을 따라 북동-남서 방향으로 발달하는 포천단층의 동측인 포천시 화현면 일대에 2 mm 내외의 석류석 및 이차기원의 백운모를 미량 포함하는 함 석류석 화강암이 분포한다(그림 3-35a). 후술할 흑운모 화강암과 이 암체가 점이적인지, 아니면 관입관계인지 아직 명확하지 않으며, 반상 흑운모 화강암과도 직접 접촉하는 곳이 없어 관계를 알 수 없다. 이 암체는 “포천석”이란 석재명으로 여러 채석장에서 채굴되고 있으며, 이외의 노두는 대부분 풍화되어 신선한 암석을 보기 어렵다.

함 석류석 흑운모 화강암은 유백색의 괴상 중립질-조립질 조직을 갖는다. 주구성광물은 반자형 내지 타형의 석영, 알칼리장석(미사장석 퍼사이트), 사장석, 흑운모와 백운모이며, 흑운모는 대부분 녹니석과 녹염석으로 변질되어 있고, 사장석도 상당 부분 견운모화되어 있다. 백운모는 변질된 사장석 내 불규칙한 세립의 결정으로 존재하는 이차기원이다. 특징적으로 알칼리장석의 연변부가 사장석으로 둘러싸이는 라파키비(rapakivi) 조직이 관찰된다(그림 3-35b). 부구성광물로 석류석, 저어콘과 불투명광물이 존재한다.

함 석류석 흑운모 화강암의 운모류와 석류석에 대해 EPMA 분석을 실시하였다. 흑운모는 Ti 함량이 거의 없는 반면, 팔면체 자리의 Al 함량은 약 1.17로 매우 커서 전암의 과알루미늄질(peraluminous) 조성을 잘 반영하고, Mg/(Mg+Fe) 비는 0.01로서 극히 분화된 조성을 보인다(부록 표 3). 한편, 백운모는 Ti 함량은 거의 없고 주원소 산화물의 합이 93 wt% 미만인 이차기원의 특징적인 성분을 보인다(부록 표 5). 석류석은 파이로프 함량이 영에 가깝고, 그로슬라의 몰도 2% 미만이며, 주로 스페살틴 31~41 몰% - 알만딘 58~68 몰%의 고용체로 이루어진 전형적인 마그마기원의 성분이다(부록 표 4).

(2) 반상질 흑운모 화강암

도폭구역의 남동부인 포천시 군내면-가산면 일대에 1 cm 내외 장축의 장석 반정을 갖는 반상질 흑운모 화강암이 분포한다(그림 3-35c). 이 화강암은 부분적으로 세립질 염기성 포유암(mafic microgranular enclave)을 수반하며(그림 3-35d), 일부 노두에서는 모암과 세립질 염기성 포유암이 혼화되는 양상을 잘 보여준다.

반상질 흑운모 화강암은 전반적으로 중립질이 우세하나 세립질 염기성 포유암과의 접촉부에서는 부분적으로 세립질 조직을 보인다. 주구성광물은 사장석, 석영, 알칼리장석(미사장석 퍼사이트), 흑운모이며, 부구성광물로 스펀, 인회석, 저어콘, 모나자이트 등을 갖는다. 각섬석이 일부 시료에 소량 나타나는데, 이는 사면체 자리의 Mg/(Mg+Fe)의 비가 0.5 내외이며(부록 표 2), Leake (1978)의 각섬석 분류에서 에데나이트질 보통각섬석(edenitic hornblende) 혹은 철질-에데나이트질 보통각섬석(ferro-edenitic hornblende)에 속한다. 한편, 흑운모는 Ti 함량이 0.5 내외이고, 팔면체 자리의 Al 함량은 약 0.2로서 함 석류석 흑운모 화강암에 비해 알루미늄이 적은 전암의 조성을 시사한다(부록 표 3).

(3) 흑운모 화강암

도폭구역의 북동부인 포천군 창수면 일대의 저지에 흑운모 화강암이 넓게 분포한다. 이는 전술한 함 석류석 흑운모 화강암과 같이 “포천석”이란 석재명으로 여러 채석장에서 채굴된다. 연회색 혹은 연홍색을 띠는 괴상의 등립질 암석으로서, 중립질 내지 조립질이

다(그림 3-35e). 암색은 장석의 색에 따라 담홍색 및 유백색 암상으로 점이한다. 특히, 대규모의 채석장의 절단면에서 심부로 들어갈수록 담홍색에서 유백색으로 변화하는 것을 잘 관찰할 수 있다.

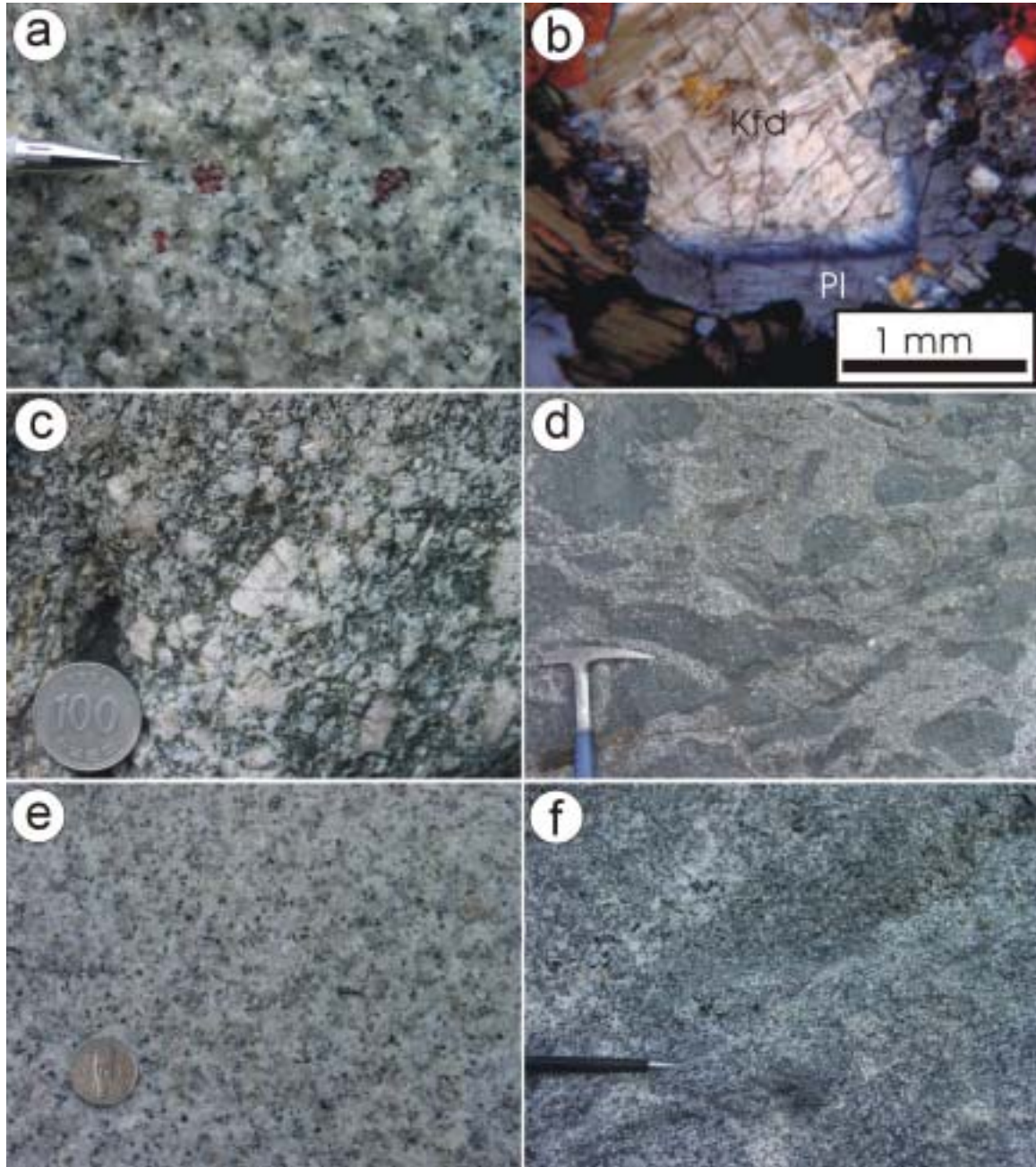


그림 3-35. 대보화강암류. (a) 중립질 괴상조직의 함 석류석 흑운모 화강암. (b) 알칼리장석과 그 연변부의 사장석이 라파키비조직을 보이는 함 석류석 흑운모 화강암의 현미경사진. (c) 중립질 괴상조직의 반상 흑운모 화강암. (d) 반상질 흑운모 화강암의 세립질 염기성 포유암, (e) 중립질 괴상조직의 흑운모 화강암. (f) 세립질~중립질의 불균질한 입도를 보이는 섬록암. (a: 포천시 화현면 기지리, c, d & f: 포천시 가산면 마전리, e: 포천시 창수면 가양리).

흑운모 화강암의 주구성광물은 석영, 알칼리장석, 사장석, 흑운모이며, 부구성광물로 인회석, 저어콘, 갈염석과 불투명광물 등이 나타난다. 석영-알칼리장석-사장석 조성비는 화강암 영역의 값을 갖는다. EPMA 분석에 의한 흑운모 화강암의 사장석 성분은 Or 함량이 거의 없고, An몰이 30~44%인 안데신(andesine) 영역에 속하며, 알칼리장석은 대부분 Or몰이 0.95 이상인 고상선 이하 온도에서 재평형된 성분이다(부록 표 1). 흑운모의 성분은 전술한 반상 흑운모 화강암의 경우와 유사하게 Ti 함량이 0.4 내외이고, 팔면체 자리의 Al 함량은 약 0.17~0.19이다(부록 표 3).

흑운모 화강암의 저어콘에 대해 SHRIMP U-Pb 분석을 실시하였다. 총 12점의 분석치를 얻었으며, 분석치는 Tera-Wasserburg 콘코디아 다이어그램에서 전형적인 납 손실(Pb-loss)이 일어난 유형을 보인다(그림 3-36). SHRIMP U-Pb 자료를 처리하는 SQUID 프로그램에서 납 손실을 경험하지 않았을 것으로 판별된 5점 분석치에 대한 가중평균 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 연령은 184.0 ± 1.5 Ma로서(MSWD=1.1, probability=0.35), 이는 흑운모 화강암의 정확한 관입시기에 해당한다.

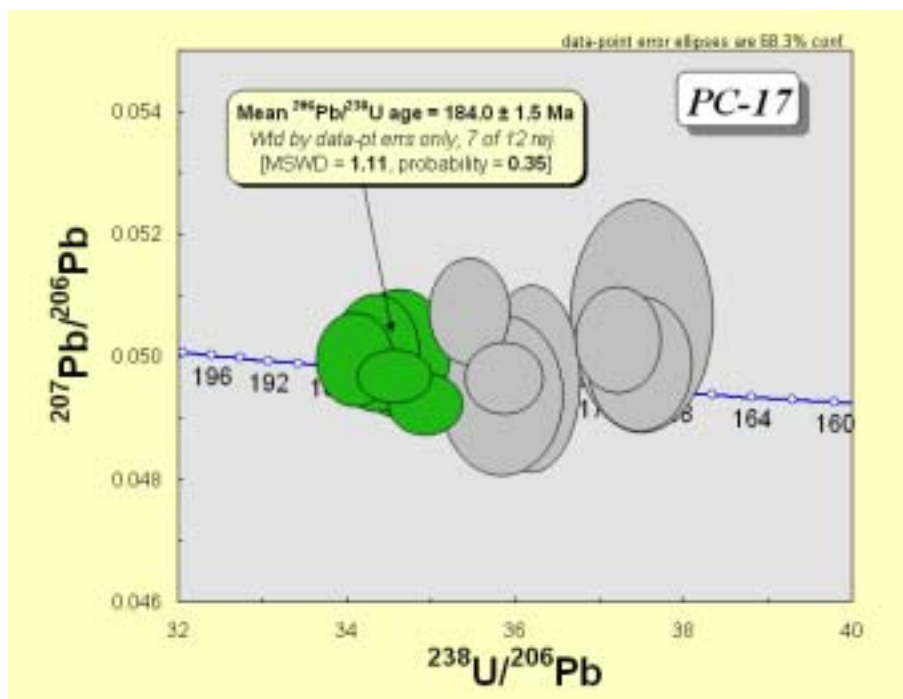


그림 3-36. 흑운모 화강암의 SHRIMP U-Pb 저어콘 분석치에 대한 Tera-Wasserburg 콘코디아 다이어그램.

(4) 섬록암

섬록암은 도폭구역의 동부인 포천시 회현면과 군내면 일대에서 각각 함 석류석 흑운

모 화강암과 반상질 흑운모 화강암을 관입하며 소규모로 분포한다. 또한 흑운모 편마암 내에 국부적으로 부딘 혹은 전이된 블록(transposed block)의 산상을 갖는 섬록암이 발견되는데, 이들이 모두 동시대의 암체인지는 아직 확실치 않다.

섬록암은 대부분 노두에서 세립질 내지 중립질로 입도가 불균질하다(그림 3-35f). 부분적으로 각섬석 및 사장석 반정을 포함하며, 일부 사장석은 포이킬리틱 결정이다. 주구성광물은 사장석, 각섬석, 흑운모와 석영이고, 불투명광물, 인회석, 알칼리장석, 스피, 인회석, 저어콘 등의 부수광물이 존재한다. 시료에 따라 석영-알칼리장석-사장석 비가 다양하여 일부는 반려암에 가깝고, 석영 및 알칼리장석이 증가하여 석영섬록암이 되기도 한다.

라. 제4기 하안단구층 및 충적층

미고결 쇄설성 퇴적층으로 구성되는 제4기 지층은 충적층과 하안단구층으로 분류되며, 도폭구역에서의 분포면적은 비교적 협소한 편이다. 하안단구층은 층리가 비교적 잘 발달된 사질 내지 역질 퇴적층으로 구성되며(그림 3-37), 포천천과 영평천이 합류하는 연중면 일대의 하안에 분포한다. 충적층은 신천과 포천천을 비롯한 주요 하천의 양안에 발달하는 평야지나 산록부의 충적선상지에 주로 분포하며, 계곡을 따라서도 일부 분포한다.



그림 3-37. 하안단구층의 노두사진(영중면 영송리 은젯말).

5. 지질구조

가. 연성전단대

포천도폭 구역에 분포하는 감악산 변성 섬장암, 안구상 편마암, 흑운모 편마암의 일부, 그리고 엽리상 우백질 화강암에 동북동-서남서 방향의 연성전단대를 이루는 압쇄대가 발달한다(그림 3-38). 김옥준(1973)은 임진강대(그는 임진강 열곡이라 기재하였음)의 남측이 단층으로 구획된다는 의견을 제시하고 이 단층을 임진강단층으로 명명한 이후, 포천도폭 서측의 문산도폭 구역에서 최성자 외(1998)는 적성전단대로, Lee et al.(2000)은 경기전단대로 다시 명명된 바 있다. 최성자 외(1998)와 Lee et al.(2000)은 문산도폭 지역에 발달하는 전단대의 폭이 2 km 및 4~5 km 정도라고 각각 보고하고 있으나, 그들은 자세한 전단대의 발달 범위를 지질도에 도시하진 않았다. Lee et al.(2000)은 감악산 변성 섬장암의 압쇄암내에 포함된 백운모의 Rb-Sr 연대에 근거하여 전단대의 형성시기가 226 ± 1.2 Ma라고 보고하였다.



그림 3-38. 연성전단대를 이루는 암석들의 노두사진. (a) 불균질한 변형양상의 압쇄대가 발달된 감악산 변성 섬장암(동두천시 소요동). (b) 고각의 피치각을 이루는 신장선구조가 발달된 흑운모 편마암(신북면 삼정리).

본 도폭구역에서 확인되는 전단대는 감악산 변성섬장암이 대동층군과 접하는 지점에서부터 남쪽으로 안구상 편마암체 분포지 까지 약 4 km 폭을 이루고 있는 것으로 확인된다. 그리고 대동층군의 적성층 내에는 압쇄조직이 발달하고 있지 않으나 이 층을 충상하고 있는 엽리상 우백질 화강암에도 압쇄엽리가 발달하고 있어, 적성층 퇴적 이전에 연성전단작용이 광역적으로 발생하였음을 지시한다.

감악산 변성 섬장암체는 전반적으로 압쇄엽리와 신장선구조로 대표되는 압쇄조직이

잘 발달하고 있으며(그림 3-38a), 이 암체의 남측에 분포하는 안구상 편마암과 흑운모 편마암에도 상대적으로 약한 강도의 압쇄조직이 관찰된다. 압쇄엽리의 전반적인 주향은 동북동 방향이며, 북쪽으로 약 40° 내외의 경사를 이룬다. 전단 방향을 지시하는 신장선구조는 고각의 피치각을 이루면서 엽리의 경사 방향과 비슷한 북북서 방향으로 침강한다(그림 3-38b). 감악산 변성 섬장암 및 안구상 편마암에는 정이동의 전단감각을 지시하는 S/C-복합면구조나 비대칭 반상쇄정계와 같은 전단구조들은 잘 관찰된다. 따라서, 이 전단대는 적성층 퇴적 이전의 시기(트라이아스기 말)에 경기육괴와 임진강대의 경계부에서 발생한 지각의 수평적인 신장변형에 수반되어 형성된 신장성 연성전단대로 해석할 수 있다.

나. 단층

(1) 충상단층

충상단층은 도폭구역의 북서부에 분포하는 적성층의 북서측 경계를 따라 동북동-서남서 방향의 주향과 북쪽으로 저각의 경사를 이루며 발달되어 있다. 이 단층에 의해 선캄브리아시대의 엽리상 우백질 화강암이 적성층 상위로 충상되어 분포한다.

(2) 동두천단층 및 포천단층

이 단층들은 김옥준(1973)에 의해 처음으로 그 존재가 기재되고 명명된 것들로서, 도폭구역에서 매우 뚜렷한 선형구조로 나타난다. 단층의 연장은 모두 충적층으로 덮혀 있어 야외에서 직접적인 노두의 관찰은 불가능하다.

동두천단층은 남-북 방향의 주향을 갖는 단층으로서 동서로 양분되어 분포하는 적성층을 기준으로 4 km 정도의 우수향의 수평변위가 발생한 단층으로 인지된다. 이 단층은 그 북부 연장이 백악기 철원분지(최위찬 외, 1996)의 서측 경계단층로 연장되고, 후기 트라이아스기~전기 유라기의 적성층과 이에 수반된 충상단층을 모두 절단하고 있는 것으로 보아 백악기 동안에 우수향의 주향이동단층을 겪었던 것으로 판단된다. 그러나 동두천단층의 최초 형성시기와 전체 운동사에 대한 해석은 아직 확실치 않다. 최위찬 외(1996)는 철원도폭 구역의 발달하는 단층을 추가령단층으로 정의하고, 이 단층에 의해 공간적 분포가 규제되는 변성암류의 광역변성작용 시기(250 Ma)와 제4기 평강현무암의 분포에 근거하여 고생대부터 중생대를 거쳐 신생대까지 단층운동이 간헐적으로 발생했던 것으로 해석한 바 있다.

포천단층은 북북동-남남서 방향의 포천천을 따라 발달된 단층으로서 야외에서 단층

노두의 직접적인 관찰은 불가능하여 단층의 구조적 특성은 확인할 수 없다. 다만, 이 단층의 남서 연장이 의정부 도폭 지역에서 동두천단층과 합치되고, 단층의 자취가 거의 직선상인 점으로 보아 주향이동단층의 성격을 갖는 단층으로 판단된다. 그리고 포천도폭 구역과 인접한 기산리도폭과 의정부도폭 구역에 걸쳐 포천단층과 거의 평행하게 발달하는 왕숙천단층(김옥준, 1973)이 발달하고 있어, 이 단층들은 광역적으로 하나의 단층계를 이루는 것으로 추정된다.

6. 지사

포천도폭 구역에 분포하는 각 암층의 산상과 지질시대에 근거하여 이 지역의 지사를 사건별로 간략하게 설명하면 다음과 같다.

적어도 19억년 이전에 이 지역 최고기의 지층인 흑운모 편마암의 기원암이 되는 퇴적암이 형성되었다. 이 퇴적암들은 약 18억 7천만년 전에 일어난 지구조운동 동안 광역변성 작용을 받았으며, 동시에 수반된 화성활동으로 흑운모 편마암을 관입한 거반정질 변성 화강암이 형성되었다. 이후, 후기 원생대에 들어와 약 7억 6천만년 전에 감악산 변성 섬장암의 관입을 야기한 알칼리 계열의 심성활동이 발생하였다.

후기 트라이아스기 동안에는 지각의 상승작용에 수반되어 경기육괴와 임진강대의 경계를 따라 정경사이동의 운동감각을 갖는 신장성 연성전단작용이 발생하여 소위 경기전단대가 형성되었다. 곧 이어 온난한 열대 내지 아열대 기후 하에서 호소환경의 퇴적분지가 형성되고 후기 트라이아스기~전기 쥐라기 동안 대동층군의 적성층이 퇴적되었다.

이후 쥐라기 중엽으로 추정되는 시기에 선캄브리아시대의 암체를 남쪽으로 운반하여 대동층군 상위로 충상시킨 동북동-서남서 방향의 단층운동이 발생하였으며, 한반도에서 전역에 가장 대규모의 심성활동으로 기록된 대보화강암류의 관입이 뒤따랐다. 백악기 동안에는 남-북 방향의 우수향 주향이동 단층작용이 발생하여 대동층군을 4 km 정도 변위시킨 동두천단층이 형성되었다.

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도

당해연도 연차 목표인 강화-온수, 의정부, 포천도폭의 도폭별 조사목표 면적(전체면적의 50%)에 대한 지질도 작성을 성공적으로 완료하였으며, 특히 포천도폭의 경우는 목표량을 약간 상회하는 약 60%에 해당하는 면적에 대한 지질도 작성을 완료하였다. 연구내용에 있어서도 도폭구성 주요 지질요소들에 대한 정확한 현장기재와 함께 실내분석 및 종합과정을 효과적으로 병행하여 조사도폭별로 합리적인 지질계통을 수립하였다. 특히 편마암류와 화강암류의 지층단위 세분과 함께 일부 암체에 대한 음극발광영상 분석 및 SHRIMP 분석을 통하여 암체의 성인, 변성도, 화강암 분류, 절대연령 등을 정확히 해석하여 이를 도폭지역 지질계통을 확립에 반영함으로써 기대이상의 정성적 연구결과를 도출하였다. 연구결과의 정량화에 있어서는 국내 학술발표 부문을 제외하고는 SCI 및 등재 학술지 논문게재, 국외학술발표 등에서 목표를 초과 달성함으로써 정량화 측면에서도

정량적 달성도 (100) %

- 축척 1:5만 강화-온수, 의정부, 포천도폭의 1년차 조사면적(전체면적의 50%에 해당, 총 624 km²)에 대한 지질도 작성 완료

정성적 달성도 (100) %

- 축척 1:5만 강화-온수, 의정부, 포천도폭의 1년차 조사면적에 대한 암상분포, 암석/지층 산상, 지질구조, 지질경계, 층서 및 지질계통 확립

제 2 절 관련 분야에의 기여도

지질도폭 사업을 통해서 발간되는 지질도는 지질과학, 자원개발, 토목, 건설 분야로부터 농업, 임업 및 국가방위 분야에 이르기까지 다양한 산업용도와 사회적 수요를 갖고 있으며, 보건, 환경, 지질재해 방지를 통한 사회 안전 분야 등에서도 다양한 사회적 편익가치를 유발하고 있음은 주지의 사실이다.

○ 과학기술적 측면

- 국토지질기반 정보의 체계적 공급으로 국가 지질과학 분야의 지식기반 구축 및 활용에 기여

- 한반도 지질계통 확립
- 국내 지질조사 기술의 전문화/선진화 및 기반기술의 국외 수출
- 산업적 측면
 - 국토부존 광물자원, 에너지 자원, 지하수 자원 등의 탐사 및 개발을 위한 원천자료 확보
 - 광업권 등록 등 광무행정의 효율적 지원
- 국가정책 지원 측면
 - SOC, 원자력발전소, 방사성폐기물 처리장 건설 등 국가 주요 기간산업시설의 설계, 건설, 유지에 필요한 지반정보 제공으로 대규모 국책사업 추진의 효율성 제고
 - 국민생활의 위해요소인 지진이나 산사태 같은 지질재해 방지 및 대처, 국토 환경관리 및 보전 등에 기초지반정보 제공

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

산업구조와 과학기술 수준이 점차 고도화됨에 따라 국토지질연구 자료는 활용분야가 점차 다양해지고 있는 추세에 있다. 또한 선진국을 중심으로 지구환경 문제가 심화되면서 환경보전 문제에 많은 예산이 투입되고 있는 상황에서 지질재해, 토양 오염, 지하수 오염 등 각종 환경관련 분야에서 국토지질자료의 활용가치는 점차 높아지고 있는 실정이다.

제 1 절 연구결과의 활용계획

지질도폭 조사연구 사업을 통해서 생산되는 국토지질자료는 건설 분야(철도, 도로, 항만, 댐, 지하저장 시설 등의 건설), 광공업 분야(광물/에너지 자원 등의 탐사 및 개발), 원자력 관련 시설(원자력발전소, 방사성폐기물 처분장), 지하수, 지열 자원의 탐사 및 개발과 같은 산업 분야에 가장 기본이 되는 자료로서 활용가치를 인정받고 있다. 또한 국토지질자료는 농업 분야(토양오염, 토양특성 연구), 지질재해 평가(산사태, 지진, 화산활동) 등 인간생활에 가장 필수적인 자료로서도 활용범위가 확대되고 있는 실정이다. 따라서 산업이 발전하고 산업구조가 고도화함에 따라 국토이용이 장기적인 안정성과 효율성에 비중이 커지고 있어 국토지질자료의 활용도는 앞으로도 매우 높아질 것으로 예상된다. 김대형 외(2001)는 국토지질정보의 구성요소, 활용분야 및 편익요소의 상관관계를 정성적으로 평가하여 보고한 바 있는데(표 5-1) 이를 보면 지질도의 활용범위 및 가치는 매우 다양한 것을 알 수 있다.

- 산업자원부, 광업 및 에너지 개발 관련 공공/민간업체
 - 광물, 지하수, 석재, 골재, 에너지 등 국토 부존자원 탐사 및 개발
 - 지열 등의 에너지 자원 탐사 및 개발
 - 천연가스 등 지하 에너지 저장시설 설계 및 유지
 - 광업 등록 등 지하자원 관련 분야 주요 국가정책 수립 및 추진
- 산업자원부, 건설교통부, 환경부, 원자력발전소, 관련 공공기관/민간업체
 - 원자력 시설, 고속철도, 고속도로, 지하철 등 국가기간시설 설계 및 건설
 - 우리나라 지질특성에 부합하는 원전/폐기물 부지의 지반안정성 평가기준 설정
 - 환경영향평가, 지질재해, 토양오염 등의 국토환경 관리
- 국방부, 농림부, 관련 공공기관/민간업체
 - 땅굴 탐사, 지하시설물 설계 등의 국방 분야 및 농업, 임업 연구 분야
- 과기부, 대학교, 관련 정부투자기관/민간업체
 - 산, 학계의 순수 기초 내지는 응용 지구과학 관련 연구, 교육 분야

- 동북아시아 등을 대상으로 한 지질과학 분야의 국제기술 교류

표 5-1. 지질정보의 구성요소/활용분야/편익요소의 상관관계(김대형 외, 2001)

지질정보 활용분야	지질정보의 종류															편익요소			
	지 질 도	지 형	지 화 학	지 구 물 리	수 리 지 질	금 속 광 성 인	비 금 속 광 성 인	귀 금 속 탐 사	석 유 지 질	지 열	방 사 능 지 질	해 양 지 질	지 질 공 학	원 격 탐 사	G I S / I T	보 건	환 경	재 정	안 전
석골재개발	x	x			x		x					x	x	x	x		o	o	
광물자원개발	x		x	x		x	x	x				x	x		x		o	o	
폐기물관리	x	x	x		x						x	x	x		x	o	o		
환경영향평가	x	x	x		x					x	x	x	x	x	x	o	o		
지반안전관리	x	x			x						x	x	x	x	x				
연안역관리	x	x	x		x						x	x	x	x	x		o		o
지하수자원관리	x	x	x	x	x					x	x			x	x		o		
수질관리	x		x		x					x	x				x	o	o		
건설	x										x		x		x		o	o	
토목	x				x							x	x	x	x		o	o	
보험(재해)	x												x	x	x			o	
교육	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			o	
학술연구	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			o	
해양석유개발	x		x	x					x			x	x	x	x			o	
내륙석유개발	x		x	x	x				x				x	x	x			o	
석탄광개발	x			x	x								x	x	x			o	
보건관리	x		x		x	x	x				x				x	o			
자연보호	x	x			x								x	x	x		o		
관광/레저	x	x						x					x	x	x			o	
농업	x				x									x	x		o	o	
임업	x				x									x	x		o	o	
내륙방위	x	x		x	x				x		x	x	x	x	x				o
해양방위	x	x		x					x		x	x	x	x	x				o
정보통신	x	x		x								x	x		x			o	o
지열발전	x			x	x	x	x				x		x	x	x		o	o	
핵연료제조	x	x	x	x	x	x					x		x	x	x	o	o	o	o
금속산업	x	x	x	x	x	x		x			x	x	x	x	x		o	o	
보석/귀금속	x	x	x	x				x					x	x	x			o	
광업장비개발				x	x	x			x	x	x	x			x			o	
해양설비				x					x			x	x		x			o	
국제환경규제	x			x		x				x	x	x	x	x	x		o		o
광업규제/정책	x				x		x		x	x	x	x	x	x	x		o	o	

제 2 절 추가 연구의 필요성

지질도폭 조사 연구의 최종목표는 총 363매의 국토기본지질도를 발간함으로써 국토지질기반정보의 기본적인 인프라를 구축하는 것이다. 우리 연구원에서는 지난 2003년까지 총 233매의 기본지질도를 발간함으로써 우리나라 전체면적의 약 86.5%에 해당하는 면적에 대한 기본지질도의 발간을 완료하였다. 그러나 아직도 미발간 지질도폭이 휴전선 부근, 내륙 일부 지역, 임해 및 도서지역을 중심으로 총 130매에 이르고 있어 앞으로도 지속적인 투자가 필요한 상황이다. 이에 지난 2003년에 산업자원부와 우리 연구원에서는 국토기본지질도폭의 발간과 관련한 단계별 중장기 계획을 수립하여 2004년부터 이를 추진 중에 있다(표 5-2).

표 5-2. 기본지질도폭 발간을 위한 단계별 추진계획 및 기간

단 계	추 진 내 용
1단계 : 2004년~2011년	- 휴전선 부근 미조사 17개 도폭 발간 완료(1단계 완료시, 전체 조사면적은 90,010km ² 이며, 이는 남한 전체 면적의 90.8%에 해당)
2단계 : 2012년~2017년	- 임해 및 도서지역을 제외한 내륙 지역에 남아 있는 미조사 14개 도폭 발간 완료(2단계 완료시, 전체 조사 면적은 93,085km ² 이며, 이는 남한 전체 면적의 93.9%에 해당)
3단계 : 2018년~미정	- 중장기 계획에 의거 서남해안의 임해 및 도서지역의 미발간 109개 지질도폭의 연차적 발간(도폭예산 확보 상황에 맞춰 전체 조사기간 조정 예정)

현재 구미 선진국과 동아시아 일부 국가에서는(예, 미국, 프랑스, 영국, 독일, 폴란드, 대만 등) 1:50,000 축척의 기본지질도와 함께 1:25,000 축척의 정밀지질도폭을 발간하고 있으며, 이와 함께 GIS 등의 전산기법을 지질도 제작에 적용한 디지털지질도의 개발에 많은 연구비를 투자하고 있는 실정이다(2장의 국외기술동향 분석 참조). 우리나라의 경우에는 지난 2003년까지 1:50,000 축척의 국토기본지질도폭과 함께 1:25,000 축척의 정밀지질도폭을 함께 수행하여 왔으나, 기본지질도폭 발간을 보다 조기에 완료하기 위하여 2004

년부터는 정밀지질도폭 제작을 잠정적으로 중단하고 기본지질도폭에 전념하고 있다. 그러나 1:25,000 축적의 정밀도폭 발간은 세계적인 추세이며, 특히 기술적으로 고난이도를 요구하는 정밀도폭 발간을 통한 국내 지질조사 기술의 지속적인 개발이 매우 필요한 실정이다. 또한 현재 선진국 수준에 근접해 있는 우리나라의 지질조사 기술을 유지, 확보하는 차원에서도 정밀도폭 사업을 보다 조기에 재개할 수 있도록 노력을 기울일 예정이다.

최근 구미 선진국에서는 지질도에 GIS 개념을 도입하여 3-D의 디지털지질도를 개발하는 등 기본지질도와 디지털지질도의 발간을 병행하여 활발하게 연구를 진행하고 있다. 이에 따라서 우리도 디지털지질도의 개발을 서둘러야 하는 시점에 있으며, 이미 지질도폭 조사 연구팀에서는 국내 실정에 맞는 디지털지질도의 개발을 위해서 디지털지질도의 기본적인 구성과 관련한 기본설계를 마친 상태이다. 이와 아울러 현재 선진국에서 수행하고 있는 디지털지질도의 개발 현황에 대해서도 꾸준히 모니터링을 실시하고 있기 때문에 향후 연구비 재원이 확충되는 데로 디지털지질도 사업을 체계적으로 추진할 예정이다.

제 6 장 참고문헌

- 권정형, 남정형, 1995, 서울 화강암질 지반의 암석학 및 Rb-Sr 동위원소 연구. 대한지질학회 50차 학술발표회 초록, 21.
- 기정석, 민경덕, 이윤수, 2000, 지구물리학적 방법에 의한 의정부-동두천 일원의 추가령 단층대에서의 지구조 연구. 한국지구물리탐사학회 2000년 춘계 공동 학술발표회 논문집 초록, 107-108.
- 김대형, 이경한, 최걸, 유옥중, 2001, 핵심 소재자원 유통분석과 지질·자원 법제화 연구. 한국지질자원연구원 KR-01(연차)-17, 218p.
- 김봉균과 박용안, 1968, 강화도의 지질개요. 지질학회지 4, 31-39.
- 김옥준, 1971, 남한의 신기화강암류의 관입시기와 지각변동. 광산지질, 4, 1-10.
- 김옥준, 1973, 경기육괴 서북부의 변성암복합체의 층서와 지질구조. 광산지질 6, 201-218.
- 김정환, 박석환, 이병주, 1982, 청평도폭 지질조사 보고서. 한국동력자원연구소.
- 나기창, 이동진, 1973, 경기변성대의 Rb-Sr 방법에 의한 지질시대 소고. 지질학회지, 9, 168-174.
- 나기창, 1989, 선 캄브리아 지질시대 구분 및 동부 아시아 선캄브리아의 층서와 이에 관한 우리말 용어의 문제점. 암석학회지, 5, 10-20.
- 손치무, 1971, 동아의 선캄브리아계의 층서, 광산지질, 4, 19-32.
- 신성천, 진명식, 1995, 한국 심성암 동위원소 연대지도(1:1,000,000). 한국자원연구소.
- 심우중, 1990, 강화도남부 및 석모도에 분포하는 화강암체에 대한 암석학적 연구. 연세대학교 이학석사 학위논문, 53p.
- 원종관, 백광호, 지정만, 구무옥, 안해룡, 1981, 독도도폭 지질조사 보고서. 한국동력자원연구소.
- 유강민, 권영인, 전희영, 1992, 연천지역에 분포하는 대동층군의 층서와 사암의 광물조성. 지질학회지 152-166.
- 윤현수, 1995, 포천-의정부 일대에 분포하는 화강암류의 산상과 암석화학. 암석학회지, 4, 91-103.
- 윤현수, 1997, 포천-의정부지역 화강암류 석재자원의 암석학적 특성연구. Jour. Petrol. Soc. Korea, 6, 34-44.
- 윤현수, 홍세선, 이윤수, 2002, 포천-기산리 일대에 분포하는 주라기 대보화강암류의 암석 및 암석화학. Jour. Petrol. Soc. Korea, 11, 1-16.
- 이병주, 고희재, 이승렬, 2003, 고양도폭 지질조사 보고서. 한국지질자원연구원.
- 이병주, 김유봉, 이승렬, 김정찬, 강필중, 최현일, 진명식, 1999, 서울-남천점 지질도폭 설

- 명서(1:250,000). 한국자원연구소, 64p.
- 전희영, 봉필윤, 이호영, 최성자, 김복철, 권영인, 1988, 경기탄전지역 함탄퇴적분지의 생층
서 연구. 한국동력자원연구소보고서 KR-88-1A 41p.
- 정원석, 윤현수, 나기창, 2003, 석영의 파동소광을 이용한 포천-기산리 일대의 화강암 변
형의 정량화. Jour. Petrol. Soc. Korea, 12, 101-109.
- 최성자, 이승렬, 김규봉, 김준락, 김복철, 1998, 문산도폭 지질보고서(1:50,000). 한국자원연
구소 79p.
- 최위찬, 김규봉, 홍승호, 이병주, 황재하, 박기화, 황상기, 최범영, 송교영, 진명식, 1995, 한
국지질도(1:1,000,000). 한국자원연구소.
- 최위찬, 김규봉, 최성자, 윤욱, 진명식, 1995, 한국지질도 김포-인천도폭 (1:50,000) 지질도
및 설명서. 한국자원연구소, 46p.
- 최위찬, 최성자, 박기화, 김규봉, 1996, 철원-마전리 지질조사보고서(1:50,000). 한국지원연
구소 31p.
- 최위찬, 최성자, 김규봉, 1997, 한국지질도 통진도폭 (1:50,000) 지질도 및 설명서. 한국자
원연구소, 76p.
- 홍승호, 오인섭, 김학천, 이병주, 1982, 양수리도폭 지질조사 보고서. 한국동력자원연구소.
- 홍승호, 이병주, 황상기, 1982, 서울도폭 지질조사 보고서. 한국동력자원연구소.
- Hong, Y.K., 1984, Petrology and geochemistry of the Seoul and Anyang granites,
Korea. J. Geol. Soc. Korea, 20, 51-71.
- Kawasaki, S., 1926, Addition to the older Mesozoic plants in Korea. Bull. Geology
Survey of Choseon, 4(2), 35.
- Kim, J.-N., Ree, J.-H, Kwon, S.T., Park, Y., Choi, S.-J. and Cheong, C.-S., 2000, The
Kyonggi shear zone of the central Korean peninsula: Late orogenic imprint of the
North and South China collision. J. Geol. 108, 469-478.
- Kwon, S.T. and Sagong, H., 1998, Uijongbu circular structure of Seoul granitic
batholith, Korea: ring dike origin of a Jurassic volcanic cauldron. Geosci. Jour., 2,
161-164.
- Kwon, S.T., Cho, D.L., Lan, C.Y., Lee, T. and Mertzman, S.A., 1994, Petrology and
geochemistry of the Seoul granitic batholith. Jour. Petrol. Soc. Korea, 3, 109-127.
- Kwon, S.T., Lan, C.Y. and Lee, T., 1999, Rb-Sr and Sm-Nd isotopic study of the
Seoul granitic batholith in middle Korea. Geosci. Jour., 3, 107-114.
- Leake, B.E., 1978, Nomenclature of amphiboles. Canadian Mineral. 16, 501-520.
- Lee, S.H., 1979, Ore petrological studies on the genesis of the metamorphic iron
deposits in southern Korea- with special reference to the Yangyang, Pocheon and

- Chungju iron deposits- part II: geochemistry. Jour. Geol. Soc. Korea, 15, 269-281.
- Na, K.C., 1978, Regional metamorphism in the Gyeonggi massif with comparative studies on the Yeoncheon and Occheon metamorphic belts(1). J. Geol. Soc. Korea, 15, 67-88.
- Park, B.K., 1972, Whole-rock rubidium-strontium age of the Seoul granite. J. Geol. Soc. Korea, 8, 156-161.
- So, C.-S., 1977, Origin of the strata-bound magnetite ore from the Pocheon iron mine, Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, 13, 249-262.
- Thomas. L.P. and Park, S.H. 1976, Geology of the Kimpo and Yeoncheon coalfields, Gyeonggi province, Republic of Korea. Korea Res. inst. of Geosci. & Mineral Res. 48p.
- Ueda, N., 1969, Evolution of the continent in Northeast Asia 1: Reconnaissance survey of the geochronology of the Korean peninsula. J. Korea Inst. Mining Geol., 2, 96-97.

부 록

화강암류의 장석, 흑운모, 각섬석, 석류석, 백운모의 EPMA 분석치

표 1. 장석의 EPMA 분석치

포천 변성 거반정질 화강암 (사장석)					포천 변성 거반정질 화강암 (알칼리장석)				
	#1	#2	#1	#2	#3	#4	#7	#8	#9
SiO ₂	62.61	63.19	62.76	62.72	62.39	62.54	66.17	65.04	65.08
Al ₂ O ₃	23.13	22.55	22.93	23.15	23.04	23.19	18.31	18.05	17.91
Fe ₂ O ₃	0.27	0.17	0.09	0.10	0.11	0.11	0.00	0.00	0.01
FeO	0.24	0.15	0.08	0.09	0.10	0.01	0.00	0.00	0.01
CaO	5.17	4.71	5.16	5.20	5.29	5.34	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	8.17	8.44	8.11	8.18	8.11	8.09	3.08	0.60	0.57
K ₂ O	0.11	0.11	0.16	0.17	0.13	0.15	12.2	16.13	16.31
total	99.46	99.17	99.21	99.52	99.07	99.42	99.76	99.82	99.88
Number of inos on the basis of the 8(O)									
Si	2.783	2.813	2.795	2.786	2.784	2.782	3.017	3.010	3.013
Al	1.212	1.183	1.204	1.212	1.212	1.216	0.984	0.985	0.977
Fe	0.009	0.006	0.003	0.003	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000
	4.004	4.001	4.001	4.002	4.000	4.001	4.001	3.995	3.991
Ca	0.246	0.225	0.246	0.248	0.253	0.254	0.000	0.000	0.000
Na	0.704	0.728	0.700	0.705	0.702	0.698	0.272	0.054	0.051
K	0.006	0.006	0.009	0.010	0.007	0.009	0.710	0.952	0.963
	0.957	0.959	0.956	0.962	0.962	0.961	0.982	1.006	1.015
mol %									
Or	0.7	0.7	1.0	1.0	0.8	0.9	72.3	94.6	95.0
Ab	73.6	75.9	73.3	73.3	72.9	72.6	27.7	5.4	5.0
An	25.7	23.4	25.8	25.7	26.3	26.5	0.0	0.0	0.0
포천 흑운모 화강암 (알칼리장석)					포천 흑운모 화강암 (사장석)				
	#10	#11	#12	#13	#14	#16	#17	#18	#19
SiO ₂	65.08	65.1	65.08	65.21	65.05	61.6	61.07	57.84	58.43
Al ₂ O ₃	18.02	18.02	17.81	18.13	17.76	23.6	23.99	26.26	25.83
Fe ₂ O ₃	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.13	0.13	0.03	0.17
FeO	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.12	0.12	0.03	0.15
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.84	6.15	8.98	8.41
Na ₂ O	0.49	0.57	0.44	0.39	0.55	7.78	7.70	6.24	6.45
K ₂ O	16.21	15.96	16.24	16.44	16.08	0.12	0.13	0.10	0.10
total	99.81	99.65	99.59	100.17	99.48	99.07	99.17	99.45	99.39
Number of inos on the basis of the 8(O)									
Si	3.012	3.014	3.019	3.010	3.020	2.754	2.732	2.601	2.625
Al	0.983	0.983	0.974	0.986	0.972	1.244	1.265	1.392	1.368
Fe	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.004	0.004	0.001	0.006
	3.996	3.997	3.993	3.996	3.993	4.002	4.001	3.994	3.999
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.280	0.295	0.433	0.405
Na	0.044	0.051	0.040	0.035	0.050	0.674	0.668	0.544	0.562
K	0.957	0.943	0.961	0.968	0.952	0.007	0.007	0.006	0.006
	1.001	0.994	1.001	1.003	1.002	0.961	0.970	0.983	0.973
mol %									
Or	95.6	94.9	96.0	96.5	95.1	0.7	0.8	0.6	0.6
Ab	4.4	5.1	4.0	3.5	4.9	70.2	68.8	55.4	57.8
An	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.1	30.4	44.0	41.6

표 2. 각섬석의 EPMA 분석치

	포천 변성 거반정질 화강암				포천 반상 흑운모 화강암			
	#9	#10	#11	#12	#11	#12	#13	#14
SiO ₂	39.66	39.39	39.63	39.35	43.92	42.67	45.03	45.08
TiO ₂	1.49	1.77	1.88	1.84	1.25	1.39	1.15	1.11
Al ₂ O ₃	10.51	10.73	10.45	10.42	8.21	8.63	6.85	7.14
FeO ^{total}	29.77	29.71	29.86	29.49	20.12	21.09	19.21	19.9
Fe ₂ O ₃ ^{calc}	2.54	2.02	1.78	1.71	3.58	3.71	2.66	3.68
FeO ^{calc}	27.48	27.89	28.26	27.95	16.90	17.76	16.82	16.59
MnO	0.36	0.29	0.29	0.29	0.95	0.81	0.9	0.99
MgO	1.8	1.69	1.73	1.76	9.03	8.37	9.65	9.47
CaO	11.18	11.09	11.05	11.11	11.52	11.37	11.56	11.61
Na ₂ O	1.18	1.25	1.33	1.25	1.23	1.44	1.14	1.07
K ₂ O	1.44	1.49	1.46	1.49	1.02	1.13	0.86	0.81
total	97.39	97.41	97.68	97.00	97.25	96.90	96.35	97.18
Number of inos on the basis of the 23(O)								
Si	6.378	6.343	6.370	6.368	6.696	6.579	6.898	6.847
Al	1.622	1.657	1.630	1.632	1.304	1.421	1.102	1.153
Al	0.370	0.380	0.350	0.355	0.171	0.147	0.134	0.125
Ti	0.180	0.214	0.227	0.224	0.143	0.161	0.132	0.127
Fe ₃	0.308	0.245	0.216	0.208	0.410	0.430	0.306	0.420
Fe ₂	3.696	3.756	3.798	3.782	2.155	2.289	2.154	2.108
Mn	0.049	0.040	0.039	0.040	0.123	0.106	0.117	0.127
Mg	0.431	0.406	0.414	0.425	2.052	1.923	2.203	2.144
XM1-3	0.034	0.040	0.045	0.034	0.055	0.057	0.048	0.051
Ca	1.926	1.913	1.903	1.926	1.882	1.878	1.897	1.889
Na	0.039	0.046	0.052	0.039	0.063	0.065	0.055	0.059
N	0.370	0.392	0.416	0.394	0.367	0.435	0.341	0.318
K	0.295	0.306	0.299	0.308	0.198	0.222	0.168	0.157
SumA	0.624	0.650	0.662	0.660	0.499	0.587	0.452	0.413
Fe ₃ /Fe ₂ +Fe ₃	0.077	0.061	0.054	0.052	0.160	0.158	0.125	0.166
Mg/Mg+Fe ₂	0.105	0.097	0.098	0.101	0.488	0.457	0.506	0.504
Si	6.421	6.377	6.400	6.397	6.756	6.641	6.944	6.910
Al	1.579	1.623	1.600	1.603	1.244	1.359	1.056	1.090
Al	0.426	0.424	0.389	0.393	0.245	0.224	0.189	0.200
Ti	0.181	0.215	0.228	0.225	0.145	0.163	0.133	0.128
Fe total	4.031	4.023	4.033	4.009	2.588	2.745	2.477	2.551
Mn	0.049	0.040	0.040	0.040	0.124	0.107	0.118	0.129
Mg	0.434	0.408	0.416	0.426	2.071	1.942	2.218	2.164
XM1-3	0.122	0.110	0.106	0.094	0.172	0.180	0.135	0.172
Ca	1.939	1.924	1.912	1.935	1.899	1.896	1.910	1.907
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.370	0.392	0.416	0.394	0.367	0.435	0.341	0.318
K	0.297	0.308	0.301	0.309	0.200	0.224	0.169	0.158
SumA	0.668	0.700	0.717	0.703	0.567	0.659	0.510	0.476
Al(T)	2.005	2.047	1.989	1.996	1.489	1.583	1.245	1.290
P(kbar)					3.6	4.0	2.3	2.6

표 3. 흑운모의 EPMA 분석치

	포천 변성 거반정질 화강암		포천 함 석류석 흑운모 화강암		포천 반상 흑운모 화강암		포천 흑운모 화강암	
	#36	#37	#22	#23	#11	#13	#1	#2
SiO ₂	33.33	32.99	33.03	33.27	33.24	33.07	36.13	36.35
TiO ₂	4.14	4.25	0.42	0.45	3.89	4.22	3.58	3.39
Al ₂ O ₃	14.03	14.4	19.53	19.27	14.13	14.07	13.98	13.97
FeO	32.29	32.12	31.67	31.43	32.07	32.07	21.81	21.7
MnO	0.18	0.21	0.63	0.61	0.17	0.17	0.53	0.47
MgO	2.12	2.2	0.24	0.23	2.56	2.48	9.73	9.85
CaO	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.03	0.03	0.01	0.02	0.04	0.05	0.01	0.03
K ₂ O	8.96	8.89	9.31	9.12	8.60	8.70	9.45	9.51
total	95.09	95.10	94.84	94.40	94.74	94.83	95.22	95.27
Number of inos on the basis of the 22(O)								
Si	5.482	5.422	5.401	5.451	5.471	5.445	5.614	5.639
Al	2.518	2.578	2.599	2.549	2.529	2.555	2.386	2.361
	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al	0.201	0.211	1.165	1.173	0.212	0.175	0.174	0.193
Ti	0.512	0.525	0.052	0.055	0.482	0.523	0.418	0.395
Fe	4.441	4.415	4.331	4.307	4.415	4.416	2.834	2.815
Mn	0.025	0.029	0.087	0.085	0.024	0.024	0.070	0.062
Mg	0.520	0.539	0.059	0.056	0.628	0.609	2.254	2.278
	5.700	5.720	5.693	5.676	5.760	5.746	5.750	5.743
Ca	0.002	0.002	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
Na	0.010	0.010	0.003	0.006	0.013	0.016	0.003	0.009
K	1.880	1.864	1.942	1.906	1.806	1.827	1.873	1.882
	1.891	1.875	1.945	1.913	1.826	1.843	1.876	1.891

표 4. 석류석의 EPMA 분석치

포천 변성 거반정질 화강암				포천 함 석류석 흑운모 화강암				
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#15	#16
SiO ₂	36.75	37.09	36.92	37.01	36.09	35.94	35.63	35.63
TiO ₂	0.02	0.09	0.07	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	20.62	20.68	20.54	20.78	20.1	20.01	20.08	19.91
FeO ^(total))	30.49	30.02	30.44	30.09	29.57	29.84	25.3	25.71
MnO	1.14	0.95	0.90	0.60	13.22	13.67	17.49	17.21
MgO	0.45	0.48	0.52	0.63	0.02	0.02	0.01	0.01
CaO	10.04	10.28	10.36	11.02	0.53	0.53	0.58	0.63
total	99.51	99.59	99.75	100.16	99.53	100.02	99.10	99.10
Number of inos on the basis of the 12(O)								
Si	2.982	2.997	2.986	2.976	3.002	2.987	2.982	2.985
Al	0.018	0.003	0.014	0.024	–	0.013	0.018	0.015
Al	1.954	1.966	1.945	1.946	1.975	1.947	1.963	1.951
Ti	0.001	0.005	0.004	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000
Fe	2.069	2.029	2.059	2.024	2.057	2.074	1.771	1.801
Mn	0.078	0.065	0.062	0.041	0.932	0.962	1.240	1.221
Mg	0.054	0.058	0.063	0.076	0.002	0.002	0.001	0.001
Ca	0.873	0.890	0.898	0.950	0.047	0.047	0.052	0.057
sum	5.031	5.013	5.030	5.037	5.012	5.033	5.027	5.032
mol%								
almandin e	67.3	66.7	66.8	65.5	67.7	67.2	57.8	58.5
spessaltine	2.5	2.1	2.0	1.3	30.7	31.2	40.5	39.6
pyrop e	1.8	1.9	2.0	2.4	0.1	0.1	0.0	0.0
grossula r	28.4	29.3	29.1	30.7	1.6	1.5	1.7	1.8

표 5. 백운모의 EPMA 분석치

포천 함 석류석 흑운모 화강암								
	#1	#29	#30	#31	#32	#33	#34	#35
SiO ₂	45.15	45.47	44.84	44.95	45.23	45.55	45.05	44.88
TiO ₂	0.00	0.03	0.06	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03
Al ₂ O ₃	32.44	31.62	32.19	32.24	31.79	31.27	31.87	32.79
FeO	4.18	4.83	4.48	4.35	4.80	5.18	4.78	4.23
MnO	0.05	0.09	0.03	0.06	0.11	0.09	0.06	0.07
MgO	0.06	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08	0.06	0.06
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.34	0.20	0.31	0.33	0.30	0.19	0.31	0.23
K ₂ O	10.39	10.35	10.16	10.38	10.16	10.34	10.07	10.51
total	92.61	92.67	92.14	92.42	92.49	92.73	92.20	92.80
Number of inos on the basis of the 22(O)								
Si	6.277	6.334	6.270	6.271	6.310	6.353	6.300	6.234
Al	1.723	1.666	1.730	1.729	1.690	1.647	1.700	1.766
Al	3.593	3.527	3.575	3.572	3.538	3.493	3.554	3.602
Ti	0.000	0.003	0.006	0.002	0.002	0.003	0.000	0.003
Fe	0.486	0.563	0.524	0.508	0.560	0.604	0.559	0.491
Mn	0.006	0.011	0.004	0.007	0.013	0.011	0.007	0.008
Mg	0.012	0.017	0.015	0.019	0.017	0.017	0.013	0.012
	4.098	4.120	4.123	4.108	4.129	4.128	4.133	4.117
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.092	0.054	0.084	0.089	0.081	0.051	0.084	0.062
K	1.843	1.840	1.812	1.847	1.808	1.840	1.797	1.862

주 의

1. 이 보고서는 산업자원부에서 시행한 기본 연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 산업자원부에서 시행한 기본연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.