

한반도 중부권 지각물질의 구조와 물성연구(4):

충남도 지하수 개발 현황과 지질특성

Structure and Physical Properties of Earth Crust Material

in the Middle of Korean Peninsula(4) :

Development Status of Groundwater and

Geological Characteristics in Chungnam Province.

宋 武 永 (Song, Moo Young)

충남대학교 지질학과

申 恩 宣 (Shin, Eun Sun)

충남대학교 지질학과

요약 / Abstract

지하수 개발을 위한 한국 농어촌진흥공사 충남지사의 축적 자료로부터 충청남도 지역의 지하수 개발 현황을 각 군별 지역에 따라 지질특성과 비교, 검토하였다. 조사관정 212개의 관측자료로부터는 집수면적과 양수량의 관계를 살펴보고, 개발관정 344개 관측자료로부터는 시추공 심도와 양수량 관계, 케이싱 심도와 양수량 관계, 암석종류와 양수량 관계, 그리고 선구조 분포와의 관계들을 검토하였다.

집수면적과 양수량의 관계는 일정한 관련성을 보이지 않으며, 이는 충적층보다 암반층 지하수가 많을 때는 지표의 집수면적의 영향이 작음을 의미한다. 시추공 심도와 양수량의 관계는 충적층 지하수의 경우에는 충적층이 깊을수록 지하수량이 많으나, 암반층 지하수의 경우에는 시추공 심도와 양수량의 관계가 뚜렷하지 않다. 풍화대 심도에 대한 양수량 관계는 선형적으로 약간씩 증가하는 경향이 있으며, 풍화대 심도는 케이싱 심도로 추정할 수 있다. 암석 종류의 영향은 별 차이가 없으나 결정질 암석인 화강암과 편마암이 퇴적암과 편암에서보다 평균 양수량이 약간 많은 것으로 나타났으며, 이는 파쇄대 효과가 크다는 것을 의미한다. 암석종류, 케이싱 심도등이 비슷하면서도 양수량의 차이가 큰 홍성군과 부여군에서는 선구조 분포를 비교하였으며, 선구조의 교차점 밀도나 길이 밀도가 높은

홍성군의 양수량이 더 크게 나타났다. 따라서 심층 지하수 개발 방향은 집수면적이나 암석종류에 착안하기 보다는 선구조, 파쇄대 등을 파악하기 위하여 미지형 분석을 수행하고, 물리탐사 자료를 참고하여 추진함이 바람직하다고 판단된다.

The status of groundwater development in Chungnam was studied with geological characteristics according to the measured data of Korean Rural Development Corporation. The data of 212 survey wells were used for the relation between catchment area and water discharge, and the data of 344 development wells for the relationships between well depth and discharge, between casing depth and discharge, between rock type and discharge, and the relation with lineaments density.

The relationship between the catchment area and discharge does not show any special trend, and it is understood that groundwater of hard rock mass is not so much influenced by the surface catchment area. The relationship between well depth and discharge shows two different trends; discharge increasing with depth for alluvial groundwater, but no certain trend between depth and discharge for groundwater of hard rock zone. Discharge increases linearly with the casing depth, and it is reliable because the casing was installed in the weathered zone against well destruction.

Generally the rock type does not show any difference of discharge, but the crystalline rocks such as granite and gneiss yield a little more discharge than the more porous rocks such as sedimentary rock or schist. It suggests that the effect of fracture zone is a major governing factor.

In Hongsong and Puyo, there are similar in rock type and casing depth, but the big difference in average discharge. The big discharge of Hongsong is concordant with the higher intersection density and longer length of lineament in Hongsong than those of Puyo.

Therefore the groundwater development strategy should be focused on the micro topography analysis and geophysical survey for the understanding of the fracture zone rather than catchment area or rock type.

서론

본 연구는 지하수 개발 상황을 분석하고 지질 특성과 비교하여, 국내 충남권의 장래 지하수 개발에 참고 자료로서 이용

하려는데 목적을 두었다. 실제적인 지하수 개발에 관련된 연구조사는 어느 특정 지역에서의 사례 연구(송무영; 1992, 1993)와 여러지역의 지하수 개발 상황을 종합하는 통계적 연구(최순학; 1989; 이천복

; 1994)로 구분할 수 있다.

현재까지 국내의 지하수 개발은 총적층을 비롯한 천층 지하수와 심부 암반을 대상으로한 심층 지하수 그리고 온천수 탐사로 구분할 수 있으며, 민간업자들에 의한 지하수 개발은 탐사자료의 축적은 차치하고라도 과학적 탐사 시도도 없이 수행된 점이 많아서 통계학적 연구의 대상이 되지 못한다. 다만 전혀 탐사 수단이 없는 상황에서 水氣學적(Radiesthesie) 접근으로 수자원을 확보하기도 하였다(임응승, 1986 ; Lacroix-a-l'Henri, 1981). 현재에도 경비의 절약 입장이나 어려운 상황에 처한 주민들에게 봉사하는 입장에서 水氣學적 탐사 결과에 따라 지하수 혹은 온천 개발이 시도되는 수도 많고, 그의 성공 여부와 신뢰성에 대해서는 의견들이 분분하다(Lacroix-a-l'Henri, 1981). 때때로 나타나는 좋은 결과는 전체를 부정적으로 판단하기 어려우며, 개인적 특성에 따라 반응은 달라지지만 지하수 탐사 결과로서 과학적, 통계학적 연구의 대상은 되지 못한다.

민간업자들의 지하수 개발은 그 양에 있어서는 결코 적지 않을 것으로 판단되나 탐사방법, 개발 굴착심도, 지하수 채수량등이 전연 파악되지 않고 있다. 따라서 현재로서 국내의 지하수 개발 현황의 축적자료는 농어촌진흥공사에서 수행한 업무로 제한되는 수 밖에 없다. 농어촌진흥공사는 1965년에 처음으로 과학적인 지하수 조사 과정을 도입하여 93년까지 15,886공을 개발하였으며, 여기에 투입된 경비는 36,

176백만원에 달한다(최병수, 1994).

농어촌진흥공사는 비저항탐사법, VLF법, 그리고 수년전부터는 원격탐사 자료의 선구조 해석 결과를 토대로 지하수 개발을 수행하였으므로 개발 시추공에는 대부분 지하수를 얻을 수 있으리라고 기대되는 상황이다.

따라서 본 연구는 충청남도과 대전지역에서 각 군의 개발 시추공의 굴착심도, 양수량, 케이싱 심도, 집수면적등을 알아보고, 이들 사이에서 시추공 심도와 양수량 관계, 케이싱 심도와 양수량 관계, 암석류에 따른 개발 시추공 관계 및 선구조와 지하수 양수량등의 관계를 살펴보고 그 결과를 요약하여 보고한다.

연구 방법

연구지역은 지리좌표상 동경 126°06'00"-127°06'00", 북위 35°96'00"-37°05'00"에 해당하는 충청남도과 대전시 일원이며, 본 연구의 실내 작업은 1987년부터 1992년까지 농어촌진흥공사 충남지사에서 수행한 조사 관정자료 212개와 1984년부터 1992년까지의 개발 관정자료 344개를 토대로 하였다(Table 1). 이들 자료는 수맥도조사보고서, 지하수 실적 세부 내역 보고서로 정리되어 있는 바 이들 중에서 시추공 소재지(군, 면, 리), 시추공 굴착년도, 시추공 굴착심도, 자연수위, 안정수위, 케이싱 심도, 케이싱 구경, 지질 주상 구분심도, 분포 지질, 양수량, 물리면적, 유역면적등을 Database로 입력시킨 후 입력된 자

료는 Quattro program으로 분석하였다.

이들 야외 실측 자료의 신뢰성 여부를 체득하기 위하여 1993년 5월부터 10월까지 비록 본 논문의 자료와는 다른 지역이

라 할지라도 지하수 관련 측정을 실제로 놓어촌진흥공사 지하수 조사팀과 함께 수행하였다.

Table 1. 충청남도 각 군별 조사 관정자료('87-'92)와 개발 관정자료('84-'92)수

순번	군	조사관정	개발관정	순번	군	조사관정	개발관정
1	태안	5	4	9	청양	16	6
2	서산	19	15	10	공주	27	90
3	당진	4	3	11	연기	23	53
4	아산	13	9	12	서천	9	6
5	천안	9	44	13	부여	9	18
6	홍성	22	20	14	논산	16	21
7	예산	8	4	15	대진	3	9
8	보령	14	23	16	금산	15	19
계		212	344				

지질특성

지질개요

지하수는 육지, 바다, 대기로 구성된 물순환 체계의 한 단계로서 물이 지하에 머물러 있는 상태를 말한다. 따라서 지하에 물이 머물러 있을 수 있는 공간문제와 강수로서 공급되거나 증발 및 하천을 통한 유출로 인한 평형문제를 고려해야 할 것이다.

우리나라는 년 평균 1,274mm의 강우량을 갖고, 이들을 우리 국토 면적으로 환산할 때 총 년강수량은 1,267억³m³으로 추정된다. 또한 이들은 하천을 통하여 55%인 697억³m³/y이 유출되고 나머지 중 342억³m³

/y가 증발산되며, 228억³m³/y이 지하로 침투되는 것으로 추정되고 있다(이천복, 1994). 또한 국내 총 지하수 부존량은 암반 지하수 12,856m³, 천층 지하수(충적층과 풍화대) 2,592m³으로 추정되며, 우리가 이용할 수 있는 지하수량, 즉 비산출량은 약 100-150억³m³으로 추정되고 있다(이천복, 1994). 따라서 국내 지하수 관심의 초점은 암반 지하수에 두어야 하며, 국내 지질의 대부분은 화강암질이 우세하여 전통적으로 수질이 아주 양호한 편이다. 그러나 화강암이나 편마암등의 대부분은 결정질이므로 본래부터 공극률이 적어 지하수를 함유하기 어렵다. 다만 국내 기반암이 절리, 파쇄대가 심한 편이므로 대부분의 암반 지하수는 파쇄대 내에 함유되어 있

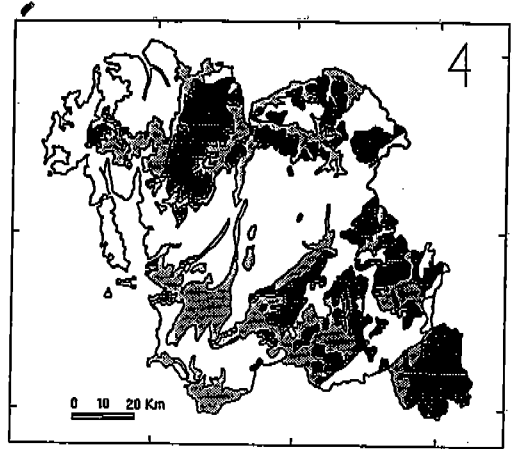
는 것으로 판단된다. 따라서 지하수 탐사나 개발의 측면에서는 암반의 파쇄대를 규명하는 것이 우선이며, 이를 위해 원격탐사, 지형분석, 현지 정밀조사에 의한 미지형 연구, 비저항이나 MT(Magneto Telluric)등의 전기탐사법등이 활용된다(송무영, 1991). 또한 고비저항을 갖는 암반 내의 파쇄대에 고유전상수의 지하수가 유동할 때 여러가지 현상이 나타나고, 이를 水氣學的(Radiesthesie를 의역함)으로 접근하는 경향도 있다(임응승, 1986 ; Lacroix-a-l'Henri, 1981).

물리탐사의 결과 해석이나 水氣學的 접근 방법도 지하 깊은 곳의 지하수 정보를 완전하게 제공하지는 못하며, 이는 지표에서 측정하는 물리량이나 특히 현상에 복합적 요인이 작용하기 때문으로 추정된다. 이의 보완을 위해서는 아직도 미진했던 미지형 정밀조사와 이들의 효과적 해석 기술이 수행되어야 할 필요가 있다고 본다. 미지형 정밀 조사는 지하 지질구조의 지표 노출을 관찰하는 것이므로 가장 종합적인 자료로 인정될 수 있으며 최근의 제 4 기 지질학 해석 방법으로도 크게 인정받고 있다(Okada, et al, 1994).

충청남도의 지질은 대규모로 볼때 선캄브리아기에 속하는 결정질 편암계 및 화강편마암의 분포가 총 50%, 중생대 화강암류 및 퇴적암류가 40%를 차지하고 그 상부에 제 4기 충적층이 얇게 피복한다(Fig.1) 이 지역의 지질 계통을 도시하면 Table 2와 같다.

Table 2. 지질계통표

Quaternary.....	Alluvium
~~~~	Uncomformity~~~~
	Porphyries
	Gradation or intrusion
	Cretaceous
Cretaceous.....	Bulgugsa granite
	Relation unknown
	Neungju group
~~~~	Uncomformity~~~~
	Daebo granite
Jurassic.....	Gradation or intrusion
	Upper nampo group
	Lower nampo group
~~~~	Uncomformity~~~~
Cambrian.....	Yeongweol group
Later Precambrian...	Ogcheon group
~~~~	Relation unknown~~~~
Precambrian...	Gyeonggi gneiss complex



LEGEND

- Metamorphic rock
- Sedimentary rock
- Igneous rock

Fig.1 Geologic map in Chungnam Province

지질각론

충남권의 지질도가 종합 정리된 것은 1973년으로서 이를 기초로 대규모 지질분포를 파악할 수 있으며, 1987년에는 지질학자들의 업적을 종합하여 전체적인 한국 지질을 정리하게 되었다(Lee., 1987). 이에 의하면 충남권의 지질은 경기 편마암 복합체로 구성된 경기육괴와 유라기의 화강암이 많이 분포하고, 남동부에는 저변성 퇴적암인 옥천계가 분포한다. 옥천대와 평행하게 백악기 퇴적분지가 곳곳에 분포하며, 최근 천수만에선 약간 방향을 달리하여 N-S로 발달한 백악계 화산성 퇴적 분지가 알려졌다(송무영,우영균,1992).

근래에 와서 러시아와 중국의 지질연구 결과가 북한 지질 보고와 함께 알려지면서 휴전선 근방에 분포한다는 임진강계가 관심을 끌기 시작하였다. 고생대 중기의 지질 암체로 추정된다는 암진계는 옥천계와 함께 북한의 지질과 남한의 지질을 구분짓는 지질 분합선이 아닌가하는 관점에서 활발한 연구가 이루어지고 있다. 최근에는 남중국 지괴가 곤드와나로 부터 분리되어 이동하다가 북중국과 충돌한 트라이아스기 무렵, 남한지괴도 똑같은 운동을 했을 가능성이 높다고 발표되었으며(Liou et al, 1994 ; Ree et al, 1994 ; Cho, 1994), 백악기의 동아시아 퇴적분지 발달은 Izanaki판과 Kula판의 운동 결과로 해석되기도 한다(Sakai et al, 1994).

충남권 지질은 이렇게 논란과 흥미를 불러 일으키는 임진계와 옥천계 사이의 경기 지괴의 남부이므로 이를 주요 지질

단위 별로 살펴 보기로 한다.

가. 경기 편마암 복합체

이는 경기지괴에 분포된 변성암으로서 종래 화강편마암계로 기재되어 오던 것이 최근의 연구로 그 대부분이 준편마암류(호상편마암, 반상편마암, 미그마타이트질 편마암)이며, 이에 흑운모, 녹리석편암, 결정질 석회암, 규암이 협재한다는 사실이 밝혀졌다. 이 복합체는 심한 화강암화 작용을 받았고, 또 여러 번의 변성작용을 받아 암상의 변화가 심하므로 지층의 추적과 세분이 곤란하여 이들을 일괄하여 경기 편마암 복합체라 부르게 되었다.

본 연구 지역에서는 이 선캠브리아기의 경기 편마암체가 가장 넓은 분포를 차지하고 있으며, 호상 편마암, 화강암질 편마암, 반상암질 편마암 및 편암으로 구성되어 있다. 호상 편마암은 주로 청양군 남쪽 부근, 공주군 중심부 및 아산군 등에 분포하며, 화강암질 편마암은 청양군, 공주군 북쪽부근, 예산군, 연기군등에 분포한다. 서산과 태안군 지역에선 주로 편암이 많이 분포하나 매우 복잡한 암상의 변화를 보여준다.

나. 옥천계

충청북도 청주시 부근으로 부터 남서방향으로 옥천을 지나 이리시 북쪽 15Km까지 대상으로 길게 분포되어 있는 옥천 누층군은 그 시대의 문제로 아직 학자들 사이에 상당한 견해차가 있는 암층으로, 본 연구지역으로는 논산군, 금산군, 및 대전 직할시 일대가 해당된다. 암질은 천매암,

석회암, 편암등이 대부분이고 변성상은 녹색편암상에 해당된다.

다. 화강암

본 연구 지역의 화강암은 주라기 대보 화강암이 가장 넓게 분포하며, 백악기 불국사화강암과 중생 및 엽기성 심성암류가 국부적으로 분포한다. 대보화강암은 주라기 말에 관입한 것으로 생각되며, 남한에서는 북북동-남남서 방향의 분포를 보여 주고, 북한에서는 거의 방향성을 보여주지 않는다. 이들 대부분이 흑운모화강암이지만 각섬석화강암도 있다. 불국사화강암은 경상누층군의 유천층군까지 관입한 화강암을 주로 하며 압맥, 반력암, 섬록암이 있다.

라. 퇴적암

본 연구 지역의 퇴적암은 선캠브리아기의 영월층과 중생대 남포층, 능주층, 신생대 제 4기 충적층으로 구성되어 있다. 선캠브리아기의 영월층은 암상으로는 대석회암층에 대비되나 시대상으로는 미구분된 석회암층으로 금산군 일대에 일부 협재한다. 보령군과 서천군 및 천안군 일대에 분포하는 중생대 남포층은 역암이나 사암 혹은 셰일로 구성되어 있으며, 응회암, 유문암을 주성분으로 하는 능주층은 공주군과 청양군에 걸쳐 NE방향으로 발달되어 있다. 그 외 신생대 제 4기 충적층은 충청남도 전 지역에 산발적으로 분포하고 있다.

자료 분석 결과 및 논의

1. Casing 심도와 양수량 관계

지하 토질 암반층은 표준관입치(N)와 밀도, 풍화정도에 따라 대체로 다음과 같이 분류한다 (Bell., 1987); 표토층: N=20/30이하 (보통조밀), 풍화토층: N=20-25/30 (상부는 보통 조밀 하고 하부는 매우 조밀), 풍화암층: N=50/15 (매우 치밀한 밀도), 기반암층 (연암) : 다소 풍화 받음 (암편상의 코아의 일부 회수)(김윤종, 1994). 풍화대 깊이는 토사나 점토 및 전석층을 포함하여 풍화암까지의 깊이, 즉 지표면에서 기반암이 나타나기 전까지의 심도를 말하며, 이 부분에 대하여 시추과정 중 충격으로 인한 붕괴를 막기 위해 casing을 설치한다. 본 연구에서 분석한 300여개의 시추공 자료는 직경 12 inch의 casing을 사용하고 있으며, drill rod는 직경 8 inch이다. 따라서 본 논문에서는 앞으로 언급될 케이싱 심도를 풍화대 깊이로 이해해도 좋겠다.

본 연구지역의 시추 개발 자료 총 344개공에 대하여 casing 심도와 양수량 사이의 관계를 알아보기 위하여 회귀분석 (regression analysis)을 하였으며, 이를 간단한 수식으로 전개한 결과(Fig.2) $Y = 2.065X + 383.308$; X: 케이싱 심도(casing depth), Y:양수량(discharge);과 같은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. Fig.3은 충청남도 16개군에서의 평균 케이싱 심도(풍화대)에 따른 양수량 분포로서 비교적 일직선상의 증가 추세를 잘 나타내

고 있다. 케이싱 심도가 깊은 3(당진군), 9(청양군)에서의 양수량은 450-550(m³/일)로 높게 나타나는데 반해, 케이싱 심도가 얇은 7(예산군)에서의 양수량은 300(m³/일) 가량으로 나타나 그 양에 있어서 150-250(m³/일)까지의 차이를 보이고 있다. 또한 지하 시추공 자료수가 평균 18개 이상인 군만을 추출하여 분석한 결과(Fig.4)에서도 마찬가지로 각 군들 사이의 심도 차이는 약 8m이나 케이싱 심도가

15m이상인 군(홍성군, 보령군, 논산군)에서의 평균 양수량이 약 450(m³/일)이상으로 높은 값을 보인다.

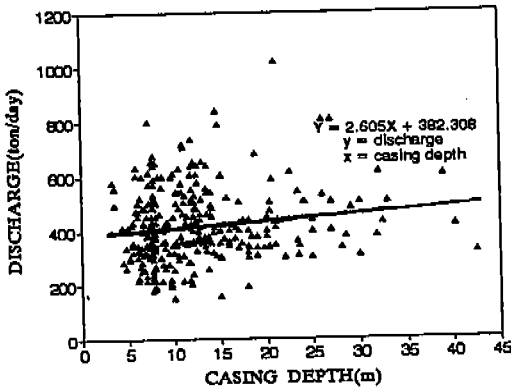


Fig. 2 Relationship between casing depth and discharge in the development wells

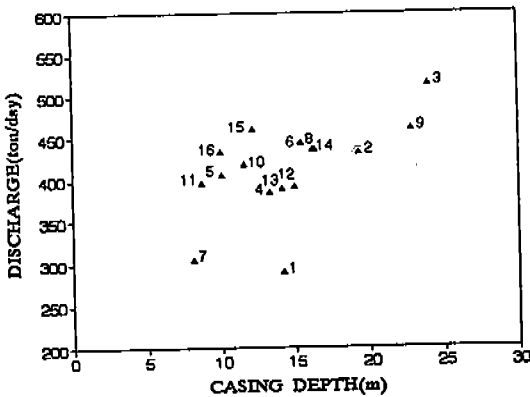


Fig. 3 Relationship between the average of casing depth and discharge in each Kun

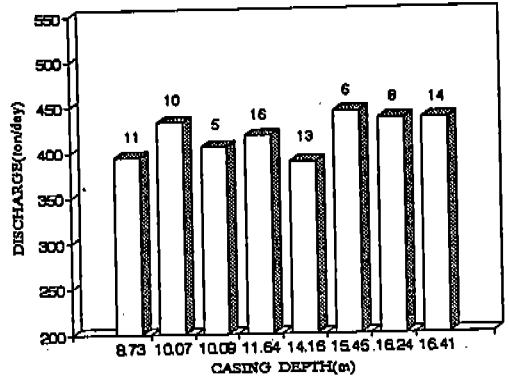


Fig. 4 Relationship between the average of casing depth and discharge in each Kun of which have more data than 18

2. 관정 굴착 심도와 양수량 관계

지하수 개발 관정의 추정심도는 시험공을 시굴하여 얻은 지하 지질자료나 관정 설치 예정지점 주변의 동일 대수층에 이미 설치된 기존관정의 자료를 이용하는 경우가 많다. 일반적으로 충적층에서는 대수층 하부까지 완전히 관통하여 대수층 밑바닥까지 관정자재를 설치하며, 암반지하수의 경우는 각 암반 내에 발달된 지질 구조선까지 고려하여 착정을 실시하여야 한다(한정상, 1982).

농어촌진흥공사에서 84년부터 92년까지 충청남도 전 지역에서 개발한 총 344개공의 시추 관정 자료에 대하여 굴착 심도와 양수량 분포를 알아보기 위하여 자료

높게 나타남과 동시에 양수량도 큰 것으로 나타났다. 이상 심층 지하수 개발 방향은 집수면적이나 암석 종류에 착안하기 보다는 선구조, 파쇄대등을 파악하기 위하여 미지형 분석을 수행하고, 물리탐사 자료를 참고하여 추진함이 바람직하다고 판단된다.

사 사

본 연구는 교육부 특성화 93년도 연구결과(과제번호:BSRI-93-507)의 일부이며, 이에 대하여 교육부 당국에 감사한다. 야외 탐사와 기존 자료 제공에 협조해 주신 농어촌진흥공사 충남지사 한규언부장, 김동호계장, 이동익계장 및 여러 연구원에게 감사드린다.

참고문헌

- 김윤종, 1994, 지반의 지질공학적 특성분석을 위한 GIS 활용 연구, V.2, N.1, pp. 39-46.
- 송무영, 1992, 경기도 용인군 반저리일대 심부 비저항 탐사, 90p.
- 송무영, 1993, 전남 광양읍 부저리 부근 심부 비저항 탐사, 95p.
- 송무영,우영균, 1992, 한반도 중부권 지각물질의 구조와 물성연구(1):천수만 주변의 지질, 한국과학 회지, V.13, N.1, pp. 53-66.
- 이천복, 1994, 한국의 지하수 자원과 개발방향, 지하수 개발과 농어촌 용수(농어촌진흥공사), pp. 123-170.
- 임응승, 1986, 수맥과 풍수, 천풍전산인쇄사, 199p.
- 최병수, 1994, 농어촌용수(지하수) 개발현황과 추진과제, 지하수개발과 농어촌 용수(농어촌진흥공사), pp. 171-206.
- 최순학, 1989, 제주도 지하수의 수질특성 연구, 지질학회지, V.25, N.3, pp. 230-238.
- 최순학, 1991, Sea Water Intrusion in the Coastal Area of Cheju Volcanic Island, Korea, 광산지질, V.24, N.3, pp. 319-327.
- 한정상, 1982, 지하수학개론, pp. 9/265.
- Bell, F.G., 1987, Ground engineer's reference book, Butterworths Press, pp. 9/1-9/34.
- Cho.M., 1994, Tectonometamorphic evolution of the Central Gyeonggi Marsif, Korea,proceedings of IGCP321,Gondwana Dispersion and Asian Accretion, 17p.
- Lacroix-a-l'Henri, R., 1981, Manuel de radiesthesie, Dangles, 202p.
- Lee, D, S(ed), 1987, Geology of Korea, Geological Society of Korea, 514p.
- Liou, J.G., R.Y.Zhamp and W.G.Ernst, 1994, The Triassic Qinling-Dabie Collision and Ultra high-P Metamorphism in East-Central China: Implication for a Similar Collision in the

Korean Peninsular,proceeding of IGCP 321, Gondwana Dispersion and Asian Accretion, pp. 76-78.

Okada, A., M.Watanabe, H.Sato, M.S. Jun, W.R.Jo, S.K, kim, J.S.Jeon, H. C.Chi, and K.Oike, 1994, Active Fault Topography and Trench Survey in the Central Park of Yangsan Fault, Southeast Korea,J. of Geography(Jap), 103(2), pp. 111-126.

Ree, j.h., M.Cho, S.T.Kwon, K.H.Chi, and E.Nakamura, 1994, The Imjingang Delt in South Korea: A preliminary result proceeding of IGCP321, Gondwana Dispersion and Asia Accretion, pp. 103-104.

Sakai, T., and H.Okada, 1994, Tectonic evaluation of the Cretaceous Sedimentary Basins along the oblique-slip

Margin of the East Asia Continental, Abstracts of International Symposium on Paleoenvironmental History of East of East and South Asia and Cretaceous Correlation(IGCP350), 55p.

송무영 :

충남대학교 자연과학대학 지질학과
대전시 유성구 궁동 220

305-764

TEL : (042)821-6423

FAX : (042)823-3722

신은선 :

충남대학교 자연과학대학 지질학과
대전시 유성구 궁동 220

305-764

TEL : (042)821-6423