



제 9 장 가스지구화학

교과목 : 응용지구화학
발표일 : 2009. 11. 17.
담당교수 : 전효택 교수님
발표자 : 송문진 박지영

Contents

1

서론

2

가스의 측정단위

3

자연적으로 발생하는 가스의 근원

4

가스의 반응

5

가스의 이동

6

가스의 지구화학적 거동

7

가스의 채취와 측정방법

8

Case Study

◆ 가스

- 다른 지질학적 물질에 비해 매우 좋은 이동도(mobility)를 가짐
 - 잠두광상이나 탄화수소(석유 및 천연가스) 탐사에 효율적, 경제적으로 이용
-

◆ 장점

- 이동성 좋음
- 간접적으로 지구화학적 물질이 수반
- 경제적
- 야외에서 측정 용이

⇒ 미래 지구화학 탐사 방법으로서 가능성이
대두되고 있음

9-2 가스의 측정단위

◆ 비방사성 가스

◆ 체적비 (Volume ratio) – 가장 일반적 측정단위

Ex) He 3ppm v/v

1. 일반조건에서 온도 압력 고려없이
 - 채취된 가스의 100만 체적단위 당 3만큼의 He이 포함
2. 이상기체와 이상기체 혼합물의 거동고려
 - 시료에 있는 가스 원자와 분자의 전체 수중 He의 원자수 3ppm만큼 포함
 - 전체 압력이 1atm일 때 He분압이 $3 \times 10^{-6} \text{atm}$

◆ 무게비

무게단위, 체적단위, 온도 등이 명시되어야 함

Ex) 25°C ,에서 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

9-2 가스의 측정단위

◆ 비방사성 가스

- 같은 체적의 가스는 같은 수의 분자를 포함하므로 단위 변환을 통해 표준 온도와 압력(0°C, 1atm 또는 STP) 에서 1g 분자량의 구성물질을 함유하고 있는 표준체적(22.4L)와 구성물질의 분자량으로 바꾸어 쓸 수 있음

표 9-1. 가스의 측정단위

$$1 \text{ v/v unit} = \frac{22.4}{\text{Mol. wt}} \times \text{wt/v unit (at } 0^\circ\text{C and 1 atm)}$$

$$1 \text{ wt/v unit} = \frac{\text{Mol. wt}}{22.4} \times \text{v/v unit (at } 0^\circ\text{C and 1 atm)}$$

$$\text{Example : } 3 \text{ ng/m}^3 \text{ Hg} = 3 \times 10^{-9} \text{ g Hg/m}^3$$

$$= 3 \times 10^{-12} \text{ g Hg/L} \times \frac{22.4 \text{ L/mole}}{200.6 \text{ g/mole}}$$

$$= 3.35 \times 10^{-13} \text{ vol. Hg/vol. gas}$$

$$= 3.35 \times 10^{-7} \text{ ppm Hg v/v}$$

Radon and other radioactive elements

$$1 \text{ curie (Ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{ disintegrations/second}$$

$$1 \text{ picocurie (pCi)} = 10^{-12} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ pCi Rn} = 6.5 \times 10^{-18} \text{ g}$$

$$1 \text{ pCiU} = 3 \times 10^{-6} \text{ g}$$

9-2 가스의 측정단위

◆ 방사성 가스

- Ci (curie)
- $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ disintegrations/second}$
Ex) U, Th, Ra, Rn
- Ra의 경우 약 1g
- 실질적으로 pCi(picocurie= 10^{-12}Ci)

◆ 수용액 중 가스

- (해당 가스의 체적 / 용해된 가스의 전체 체적)
으로 나타내는 것이 일반적
-

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

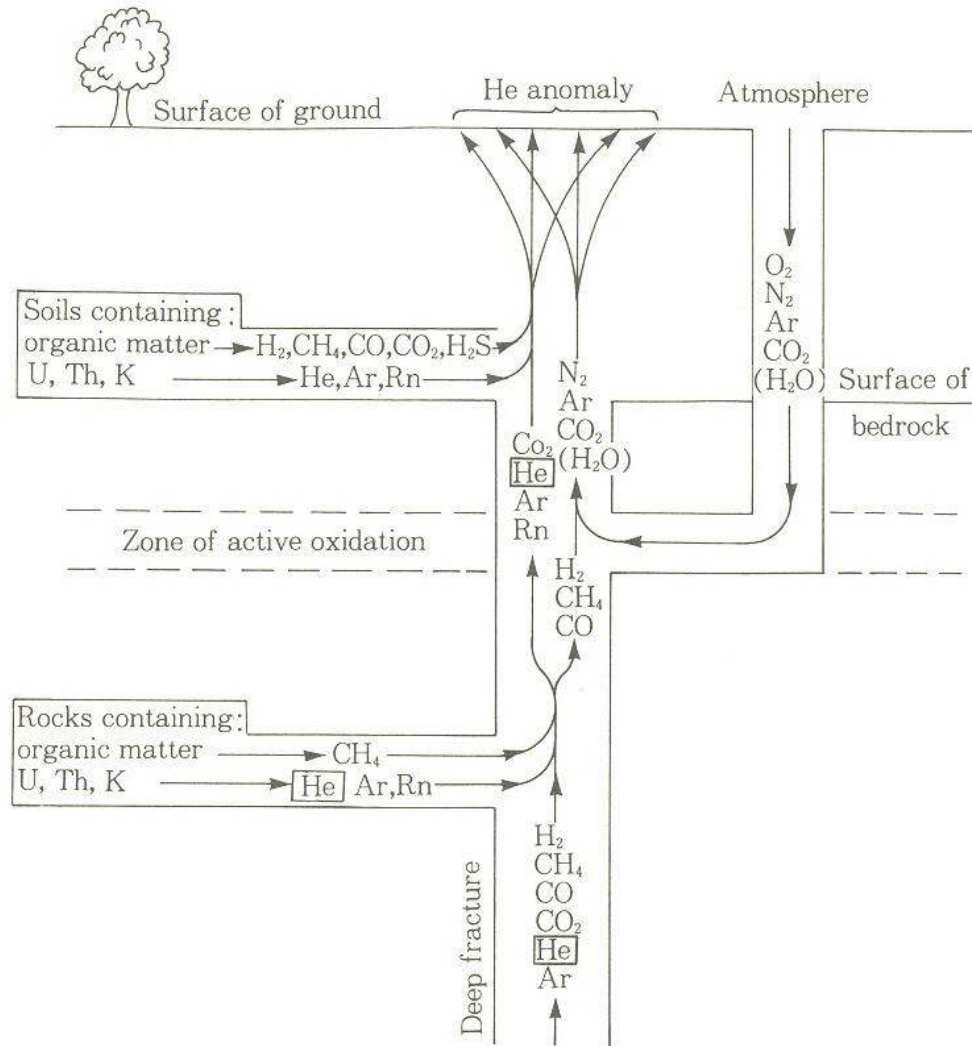


그림 9-1. 심부 단열대에 있어서 몇 가지 가스들의 출처와 이동을 보여 주는 모식도

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

표 9-2. 대기의 조성

	% v/v	ppm v/v
Nitrogen	78.088	—
Oxygen	20.949	—
Water	0.1~4	—
Argon	0.93	9300
Carbon dioxide	—	350
Neon	—	18
Helium	—	5.24
Methane	—	1.4
Krypton	—	1.14
Hydrogen	—	0.5
Nitrous oxide	—	0.2~0.4(rural areas)
Xenon	—	0.09
Carbon monoxide	—	0.08~0.5(rural areas)
Sulfur dioxide	—	0.007(rural areas)
Mercury	—	$0.2\sim0.8\times 10^{-6}$
Radon	—	0.01~0.45pCi/L

◆ 대기가스 (Atmospheric gases)

- 수증기를 제외한 대기조성은 매우 안정
- 산소: 반응성이 강해 수십~수백m깊이까지 순환가능
- CO₂: 해수에 용해된 CO₂와 평형상태(0.035% 함량유지)
- He: 지하 심부에서 대기권 유입되는 He의 양=대기권 상부에서 외부로 이탈하는 He 균형

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

◆ 지하 심부로부터 유래된 가스 (Deep-seated gases)

- 지하심부의 환경

낮은 산소분압 + 비교적 높은 환원성 가스 분압(H_2 , CH_4)

- 가스의 환원상태

3가 상태의 Fe보다 2가 상태의 Fe가 산출되면서 결정

- H, O, C, S만을 함유하고 있는 유체에서
황은 SO_2 보다 H_2S 로 산출

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

◆ 방사성 가스

- He, Rn : U, Th의 방사성붕괴로 생성
 - Ar : ^{40}K 의 방사성 붕괴로 생성
 - 이러한 원소들은 지하 심부 또는 얇은 곳 어디에서든 산출 가능
 - 대부분의 방사성 가스는 모암내에 포획되어 보존되다가 구조활동에 의한 암석의 파괴작용이 일어나면 열극을 따라 유출
-

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

◆ 생물 기원의 가스

- 유기물 분해 → 가벼운 탄화수소 생성
(메탄(CH_4)가 가장 많음)
 - 불투수 퇴적층 내에서 유기물 분해작용시
천연가스의 농집 발생
파쇄된 암석에서는 CH_4 가 지표로 유출
 - 지표 또는 그 부근에서 박테리아 작용
 CH_4 , H_2 , H_2O , CO 등 생성
 - 지상에 살고 있는 식물들이 금속원소를 액상(liquid-phase)
기상(vapor-phase)의 유기금속화합물 방출
-

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

◆ 황화물 광상에서 발생하는 가스

- H_2S , COS , SO_2 : 조건에 따라 황화광물과 O_2 , CO_2 , CH_4 와의 반응에 의해 등 생성

① 안정도(stability)

Eh , pH , CO_2 , CH_4 , 황화합물종 등의 압력 또는 농도, 생물학적 촉매와 무기적 촉매 활동도에 의존

② 황화 수소가 가장 풍부한 유황가스. COS 가 그 다음

③ 황화 수소를 제외한 유황가스는 Eh 중간지점에서 비교적 많이 나타남

④ 이산화황(SO_2)은 물과 반응하여 SO_3 와 SO_4^{2-} 로 변화하므로 매우 불안정

⑤ 황화물 + H_2O or O_2 → H_2SO_4 + 탄산염광물 → CO_2 발생

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

◆ 황화물 광상에서 발생하는 가스

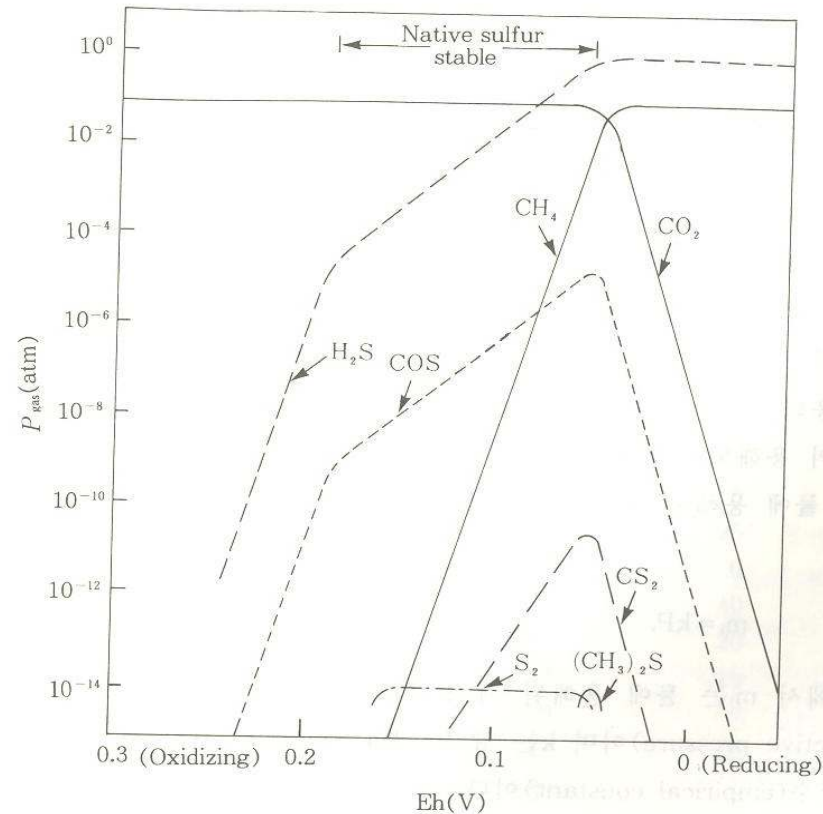


그림 9-3. 25°C , $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{CH}_4} = 0.1 \text{ atm}$ 에서 SO_4^{2-} 또는 H_2S 의 활동도가 10^{-2}M 이고 pH가 2인 용액과 평형상태인 몇 가지 유황가스에 대한 이론적인 안정도(Eh를 함수로 함). SO_2 는 그림에서 보여 주는 다른 가스들보다 덜 안정하다.

9-3 자연적으로 발생하는 가스의 근원

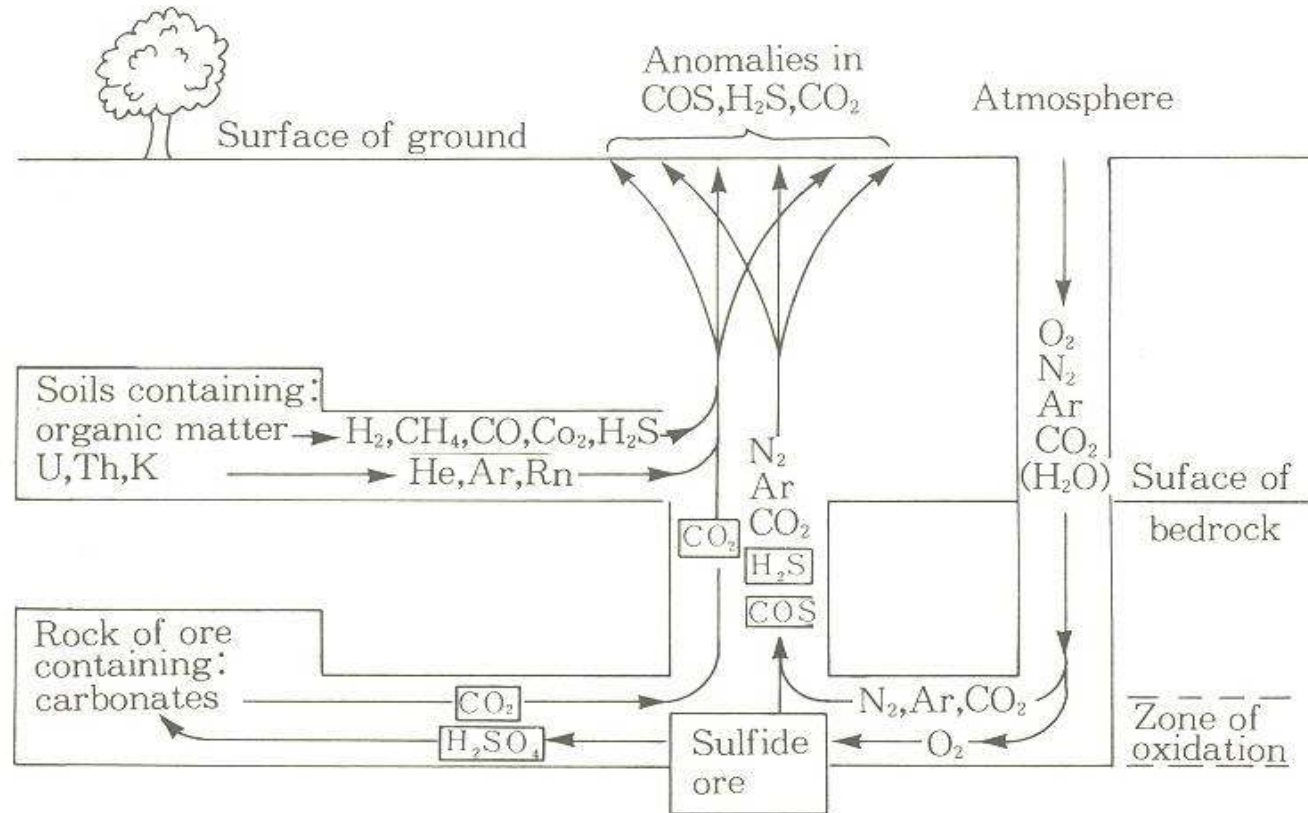


그림 9-2. 산화하고 있는 황화광상 상부에서 몇 가지 가스들의 출처와 이동을 보여주는 모식도

9-4 가스의 반응

◆ 자연적으로 발생하는 가스들의 상대적인 활동도

- 가스들의 유용성을 평가하는 중요한 요인
- 이유 : 가스의 이동도를 제한시키는 화학 반응이 없어야
이동도가 높은 가스의 유용성을 극대화 할 수 있음

◆ 가스는 다른 특성을 갖는 다른 화학적 형태로 변환

예> 유황가스는 SO_4^{2-} 로,
수소는 산화에 의해 H_2O 로,
 H_2S 로부터 고체황화물이 형성

9-4 가스의 반응

◆ 물 속에서의 흡착

- $m_i = kP_i$ (물에 용해된 가스의 농도는 가스의 압력에 비례)

m_i : 물에 용해된 가스 i 의 농도

P_i : 가스의 유효압력

k : 표 9-3의 자료에서 구할 수 있는 경험적인 상수

9-4 가스의 반응

표 9-3. 가스 1 atm이 존재하는 순수한 물에서의 가스들의 용해도

Gas	Solubility ^a	T(°C)
Argon(Ar)	5.6	0
	3.01	50
Carbon dioxide ^b (CO ₂)	171.3	0
	90.1	20
Carbon monoxide(CO)	3.5	0
	2.32	20
Carbon disulfide(CS ₂)	70	22
Carbonyl sulfide(COS)	80	13.5
	54	20
Helium(He)	0.94	0
	0.94	25
Hydrogen(H ₂)	2.14	0
	1.91	25
Hydrogen sulfide ^b (H ₂ S)	437	0
	186	40
Methane(CH ₄)	3.3	20
Neon(Ne)	1.47	20
Nitrogen(N ₂)	2.33	0
	1.42	40
Oxygen(O ₂)	4.89	0
	3.16	25
Sulfur dioxide ^b (SO ₂)	3937	20

^aSolubility in cm³ of gas(STP)/100cm³ of liquid water.

^bSolubility strongly dependent on pH—increases at higher pH.

◆ 물에 대한 용해도에 의해 두 그룹으로 분류

◆ 낮은 용해도를 갖는 가스

- 대부분 6cm³/100cm³ 이하
- 물과 잘 반응하지 않음
- 다른 천연물질과도 느리게 반응
- 불활성 가스, CH₄, H₂, CO 등

◆ 높은 용해도를 갖는 가스

- 물과 즉시 반응하여 이온기와 산기를 형성
- CO₂, H₂S, SO₂

9-4 가스의 반응

- ◆ 모든 가스들은 점토광물과 철산화물과 같이 표면적이 큰 광물 입자에 흡착되는 경향이 있음
 - Hg, Rn 같은 직경이 큰 원자에서 잘 나타남
 - Hg는 유기물질에 흡착되어 이동성이 없는 유기금속화합물을 만드는 경향있음
-

◆ 지하 심부 - 수용액에서의 이동

- ① 물을 통한 확산
- ② 물 자체의 질량운반(mass transport)

◆ 지하수면 상부 - 확산과 질량운반의 결합된 형태

◆ 지하수면 - 물과 공기 접촉면에서 증발, 응축

1. 확산 (Diffusion)

- 분자의 불규칙 열운동의 결과에 의해 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 분자가 이동
- 고체, 액체, 기체 모두에서 일어남
- 유동속도는 분자가 확산되는 매개체에 따른 이동의 자유도에 의해 지배됨

◆ Fick의 법칙

$$F = \frac{dC}{dx}, \frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2}$$

- 확산속도는 확산계수 D에 의해 표현
 - 건조하거나 습기 있는 토양 ($D=10^{-1} \sim 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$)
 - 물, 물로 포화된 퇴적층 ($D=10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cm}^2/\text{s}$)
 - 지하수에 비해 토양공기에서 약 10000배 정도 빠름
-

9-5 가스의 이동 - 확산

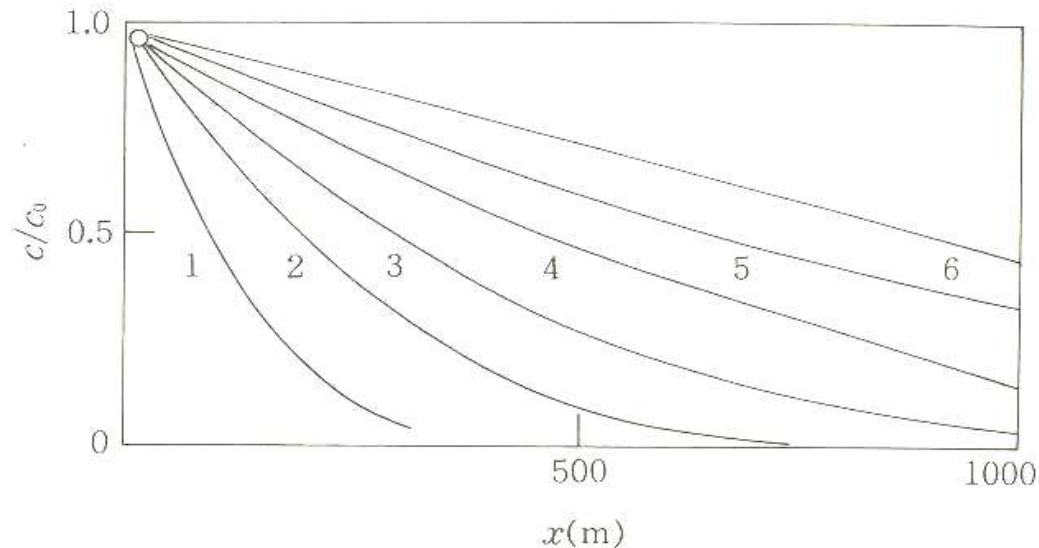


그림 9-4. 단순히 확산에 의해서만 생기는 가스의 농도(C)가 근원지(초기농도= C_0)로부터 거리(x)의 함수로 도시됨. $D=3.3 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{s}$. 확산 기간: 곡선 1=100만년; 곡선 2=400만년; 곡선 3=1000만년; 곡선 4=2500만년; 곡선 5=5000만년; 곡선 6=1억만년 (Kilimenko, 1976)

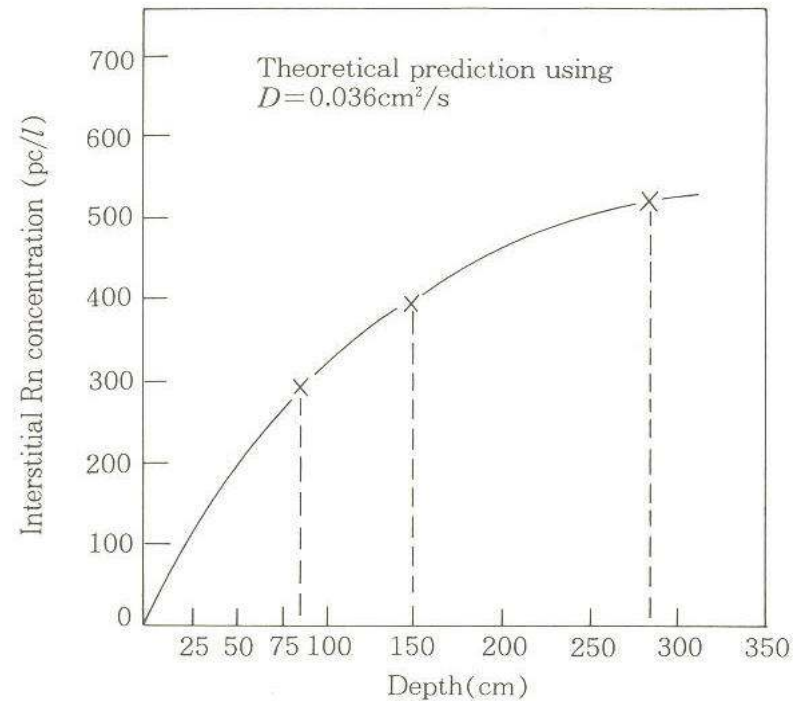
X축: 근원지로 부터의 거리

Y축: 가스의 농도 (C/C_0)

확산계수 $D = 3.3 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{s}$

Fick의 법칙을 이용해서 어떤 지점에 있는 가스의 확산속도와 농도 예측 가능

9-5 가스의 이동 - 확산



X축 : 깊이 (cm)

Y축 : Rn 농도 (pc/l)

D : $0.036\text{ cm}^2/\text{s}$

Fick의 법칙을 이용하여 사막토양 중의 Rn에 대해 확산속도를 계산.

그 결과와 실제로 측정된 Rn의 농도를 비교

9-5 가스의 이동 - 확산

- 직경이 작은 가벼운 분자는 크고 무거운 분자보다 확산속도가 더 빠름

- 자유 $H_2, He > Ar, CH_4 > Hg, Rn$

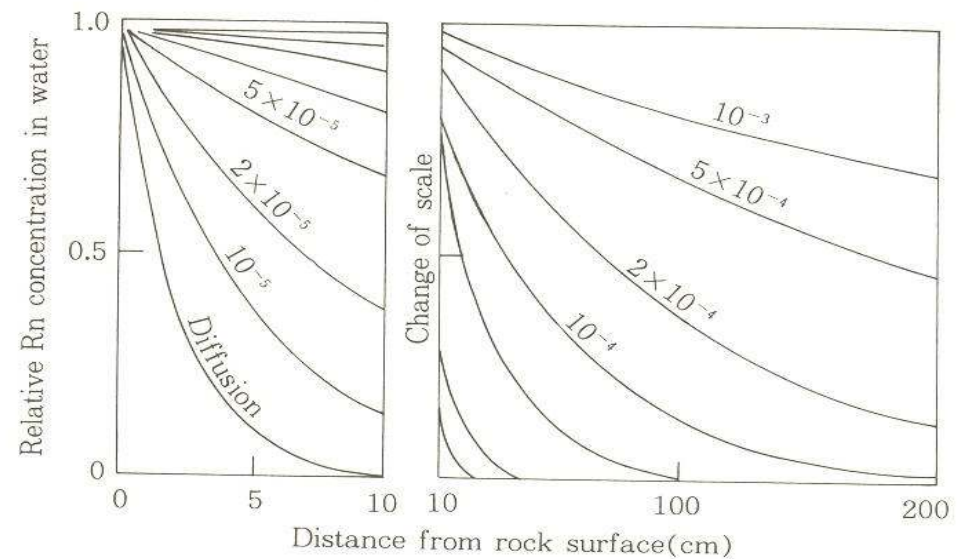
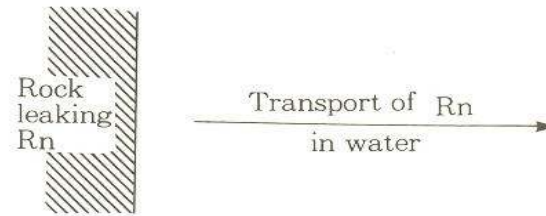
∴ 어떤 온도에서 가벼운 분자의 속도가 무거운 것보다 더 빠르고, 크기가 작은 분자가 큰 분자보다 확산하는데 방해가 덜 받음

Ex] 결정 격자 속에 유입된 방사성 He은 느리게 이탈.
반면에 방사성 Ar은 지질학적인 시간에 상당할 정도로 결정 격자 속에 남아 있게 됨.

9-5 가스의 이동 - 물에 의한 이동

2. 물에 의한 이동도 (Water transport)

- 투수성 암석, 열극을 통해 휘발성 가스들을 함유한 수용액의 질량이동 또는 침투현상은 확산에 의한 이동보다 훨씬 더 빠르게 가스들을 이동
- 물에 의한 이동은 대수층에 국한 \Rightarrow 국지적인 수문학적 상태 이해 필요



9-5 가스의 이동 - 물과 증기상 사이에서의 이동

3. 물과 증기상 사이에서의 이동

(Transfer between water and vapor phases)

- 지하심부에서 생성된 가스의 경우

- 유효운반이 일어남
- 물에서 그 위를 덮고 있는 증기로의 상향이동 가능
- 가스가 연속적으로 물 속에 재보충 되고 동시에 물에서 가스가 대기로 계속해서 방출

Ex] 각 상에 있는 가스의 실제 함량 구하기

- 1atm의 He와 접촉하고 있는 물 속의 He의 함량은 물 100cm³당 0.94cm³이며, 지구의 대기 중 He의 함량이 체적을 기준으로 5ppm 함유 → 5×10^{-6} atm에 해당
 - ∴ 대기과 평형상태에 있는 물은 물 100cm³당 $5 \times 10^{-6} \times 0.94$ cm³만큼의 He 함유

9-5 가스의 이동 - 증기에 대한 이동

4. 증기에 대한 이동 (Vapor transport)

- 수면 상부의 공기층에 한정
 - 공기의 유동에 영향을 미치는 요인
: 압력과 온도 그리고 수분의 변화 (직,간접적으로 일기변화와 관련)
 - 기압의 증가 → 농축된 가스를 모이게 하여 심부에 그 가스의 함량을 증가시킴
 - 지표온도의 증가 → 토양 중의 공기를 팽창시켜 대기 중으로 방출
-

9-5 가스의 이동 - 증기에 대한 이동

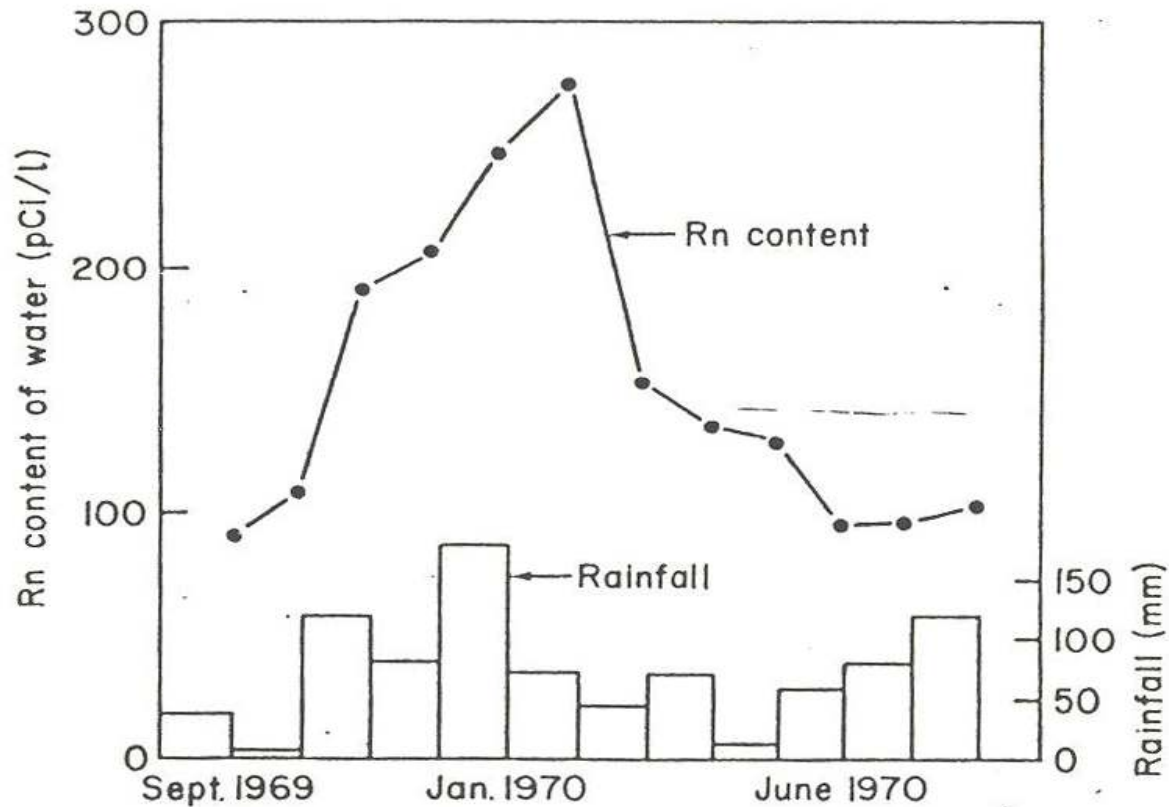


Fig. 18.7. Seasonal variations in rainfall and Rn content of spring water from Rickford Rising, U.K. Rainfall totals are for 30 days prior to Rn measurement. (After Andrews and Wood, 1972, p. 198.)

9-5 가스의 이동 - 확산에 대한 침투의 상대적인 영향

5. 확산에 대한 침투의 상대적인 영향 (Relative effects of infiltration versus diffusion)

- 대수층과 투수성 퇴적암, 파쇄된 화성암과 변성암에서는 수용액의 침투에 의한 휘발성 가스의 운반이 지배적임
 - 토양공기를 통한 확산은 여러가지 대기의 영향이 크게 미치지 않는 지하수면 상부의 토양과 암석층에서 가스들을 이동시키는 주요한 요인이 됨
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

1. CO₂

- 지하수에 있어서 CO₂의 이상적인 함량은 종종 잠두 황화 광상과 관련
⇒ 광석 또는 모암 중에 존재하는 탄산염광물로부터 CO₂를 방출시키는 산성수의 작용에 의해 설명
- 일반적인 대기 중 CO₂ 함량 : 0.035% v/v
토양공기 중 CO₂ 함량 : 0.2~4% v/v (Brady, 1974)

2. CO

- 일반적으로 지하 심부에서 유래하며 심부의 열극에 소량 존재
 - 황화 광상의 산화가 일어나는 곳에서 화학반응에 관여하기도 함
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

3. COS

- 황화 광상이 산화된 후에 생기는 가스
 - $\text{COS} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$
 - ⇒ 일상적인 온도와 압력에서 아주 급속하게 일어나며
 - 수분과 햇빛이 있는 곳에서 COS는 CO_2 와 H_2O 로 쉽게 분해
 - 다른 어떤 유황 가스보다, 생성된 장소로부터 멀리까지 이동
 - ⇒ COS의 물에 대한 용해도와 반응도가 H_2S 와 SO_2 보다 낮음
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

4. He

- ^4He : 지하 심부에서 U, Th의 방사성 붕괴에 의해 생성
 ^3He : 대기권과 지하 심부에서 ^3H 의 붕괴에 의해 생성
 - 근원 광물의 결정격자 밖으로 확산에 의해 방출 될 수 있고
유동률(flow rate)은 모암의 투수율에 의해 영향을 받음
⇒ 지하 심부에서 생성된 He는 파쇄대를 통해 이동
 - 대기 중의 함량이 약 5ppm으로서 용해가 잘 되고 이동도도 매우
좋기 때문에 토양중의 공기로부터 빨리 방출되는 가스
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

5. H₂

- 생성 : 고온, 고압 하에서 Fe²⁺를 함유하는 광물과 접하고 있는 물의 반응 산물, 방사성 붕괴로 인해 생긴 에너지에 의한 물의 분해
 - 풍화대에서의 상온에서는 준안정 상태
 - ⇒ 특정 박테리아가 활동하는 경우를 제외하고는 화학반응에 관여하지 않음
 - 자연수와 시추공 파이프 또는 강철관과의 전기화학적 반응에 의해 인위적으로 생성될 수도 있음
 - ⇒ 수소 지구화학의 기술적 문제
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

6. H₂S

- 물에 용해될 때 H⁺, HS⁻, S²⁻ 이온으로 해리되는 경향이 있음
- 물에 대한 용해도가 비교적 높기 때문에 일반적으로 습윤기후에 있는 토양가스 중에서 H₂S를 기대하기는 어려움

7. Hg

- 공기 중 Hg의 배경값 : 2~8ng/m³ 또는 0.2~0.8 X 10⁻¹² v/v
 - 여러 가지 상(phase) 으로 암석과 토양에서 나타남
⇒ 황화물의 주성분과 부성분, 할로겐화합물, 산화물, 유기화합물, 자연금속
 - 수은을 함유하는 대부분의 광물은 풍화과정 중 불안하며 Hg의 방출로 천천히 붕괴 됨
 - 자연수는 자체는 광물 표면에 흡착되거나 물에 용해되어 혹은 액상 또는 가스상의 Hg로 산출되기도 함
 - 광물 탐사에 있어서 지시원소로 많이 사용 됨
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

8. CH₄

- 물에 대해 어느 정도 가용성
- 자유 O₂가 존재할 때 열역학적으로 불안정하지만 어떤 박테리아의 도움을 받는 경우를 제외하고는 일반적으로 반응성 없음
- 황화 광상이 산화하는 환경에서 금속과 반응하여 휘발성 화합물 형성

9. O₂

- 지표 부근에서 일어나는 거의 모든 지구화학적 작용의 원인
 - 지하수의 순환 : O₂를 대기로부터 광물들의 산화작용이 일어날 수 있는 지하 심부까지 이동하게 함
 - 물의 지속적인 순환 : O₂의 감소, 비대기성 가스 함량 증가
-

9-6 가스의 지구화학적 거동

10. Rn

- 반감기가 3.8일인 ^{222}Rn 은 ^{238}U 의 방사성 붕괴로 형성
⇒ U를 근원으로 하여 기체상으로 이동할 수 있는 U에 대한 유일한 지시가스
 - 대기 중 배경값 : 0.01~0.45pCi/L
호수 중 배경값 : 1~7pCi/L
하천수 중 배경값 : 약 50pCi/L
 - 토양가스에서 Rn의 이상값은 확산뿐만 아니라 방사성 붕괴로 인하여, 근원지로부터 멀어짐에 따라 감소
 - Tanner(1964) : Rn이 공극내에 고여 있는 공기를 통해 확산됨으로 잠두광체 상부에서 어느 정도의 이상값을 나타내는 최대 심도를 7m로 추정
 - 야외조사를 근거로 측정한 결과, U광상 모암의 상부 약 100m 이상까지 확장되어 있음도 알려져 있음
-

9-7 가스의 채취와 측정방법

- ◆ 미량의 가스를 채집하고 분석하기 위해서는 민감한 분석기술 필요
⇒ 가스 지구화학의 역사는 분석 기술에 의해 좌우
 - ◆ He : 질량 분석기(mass spectrometer)
Hg : AAS
Rn : 휴대용 섬광계수법(portable scintillation counting method)
α 입자에 민감한 필름의 개발
유황과 탄화수소 가스 : 가스 크로마토그래피의 도입
-

9-7 가스의 채취와 측정방법

가스 채취 방법

1. Hollow probe :

- 간극 사이에 있는 자유 토양공기를 여러 깊이로 뚫는 방법
(Jones and Drozd, 1983)

시료 채취의 심도는 일반적으로 1m 정도이나 탄화수소의 경우,
50m 이상의 심도에서 채취하였다는 보고도 있음

⇒ 채취방법을 통해 현지에서 휴대용 야외장비를 이용하여 토양
공기 중의 이산화탄소와 산소 함량을 직접 측정할 수도 있으며
크로마토그래피 분석을 위해 적당한 용기에 담아 실험실로 운
반할 수도 있음

9-7 가스의 채취와 측정방법

가스 채취 방법

2. 활성탄이나 molecular sieve와 같은 외적인 흡수제에 가스를 흡수시켜 측정하는 방법

- 이렇게 채취한 가스는 보통 열 또는 화학처리 후 기기분석을 통해 측정될 수 있음
 - 흡수제를 이용하여 채취하는 방법의 주요한 이점은 기상 변화와 관련된 단기간의 변동으로부터 생기는 문제점들이 제거되어 보다 대표적인 시료를 채취할 수 있다는 점.
 - 인위적으로 흡수제를 사용하거나 또는 α 입자에 민감한 필름을 이용하기 위해서는 4주 이상의 기간이 요구됨
-

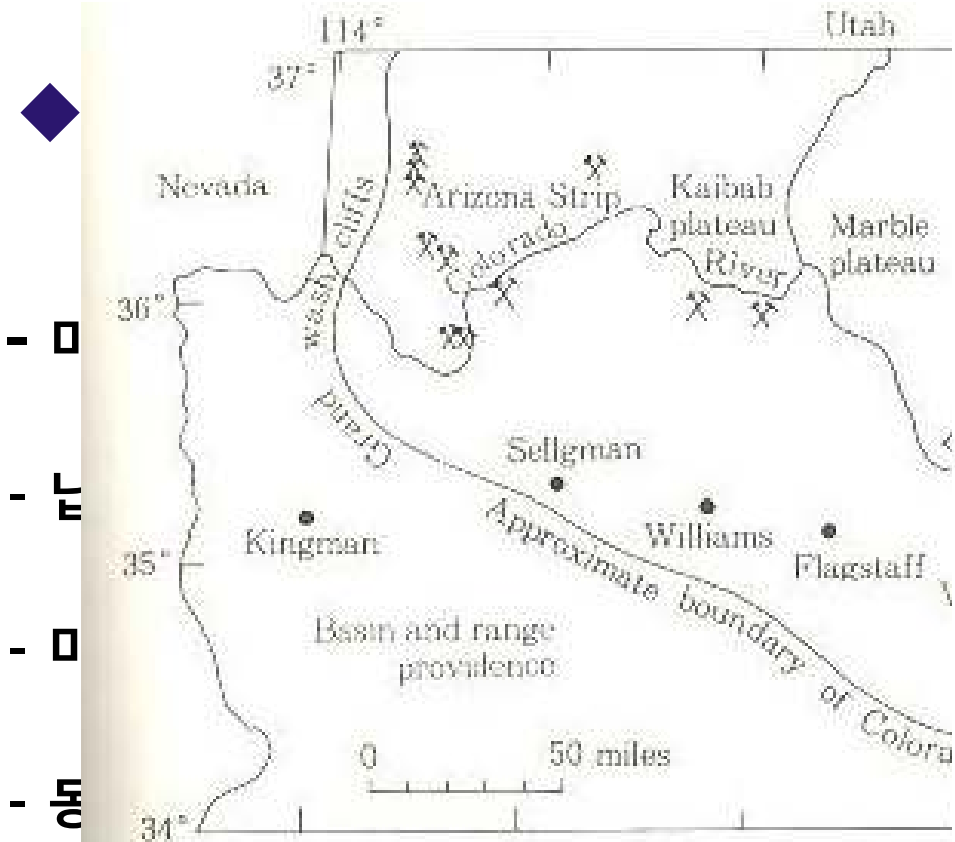
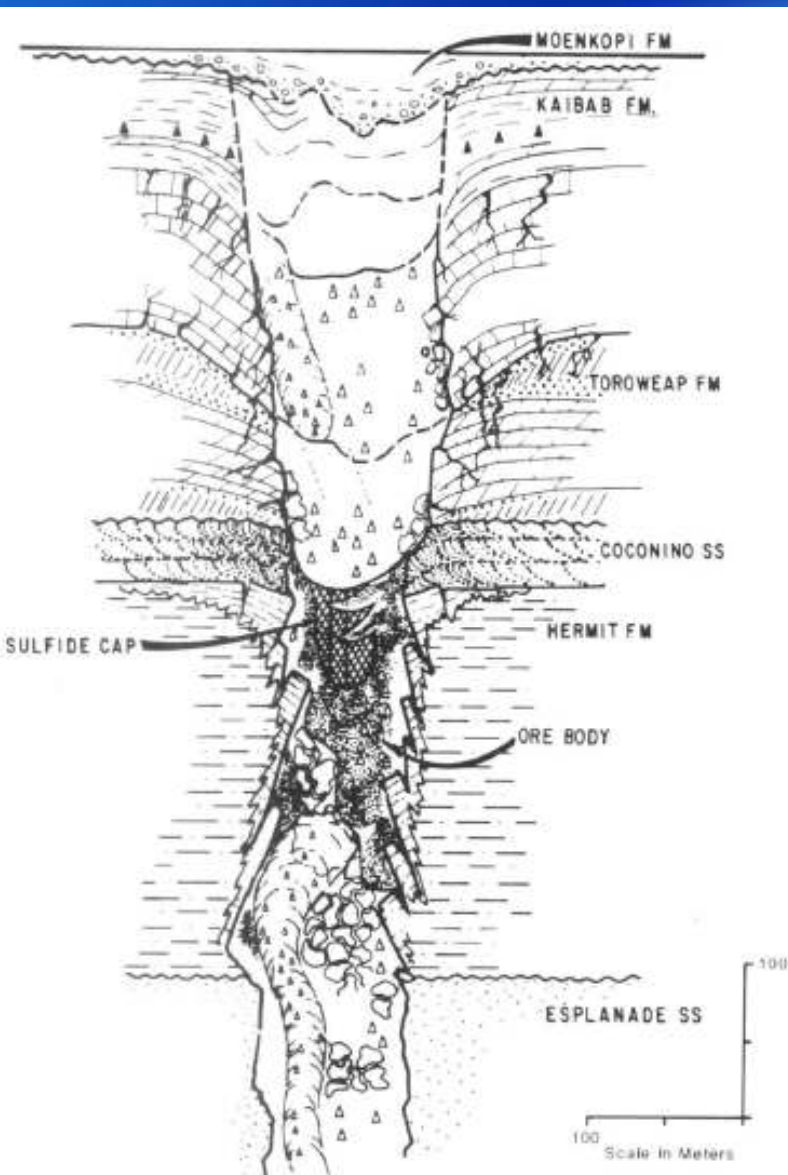


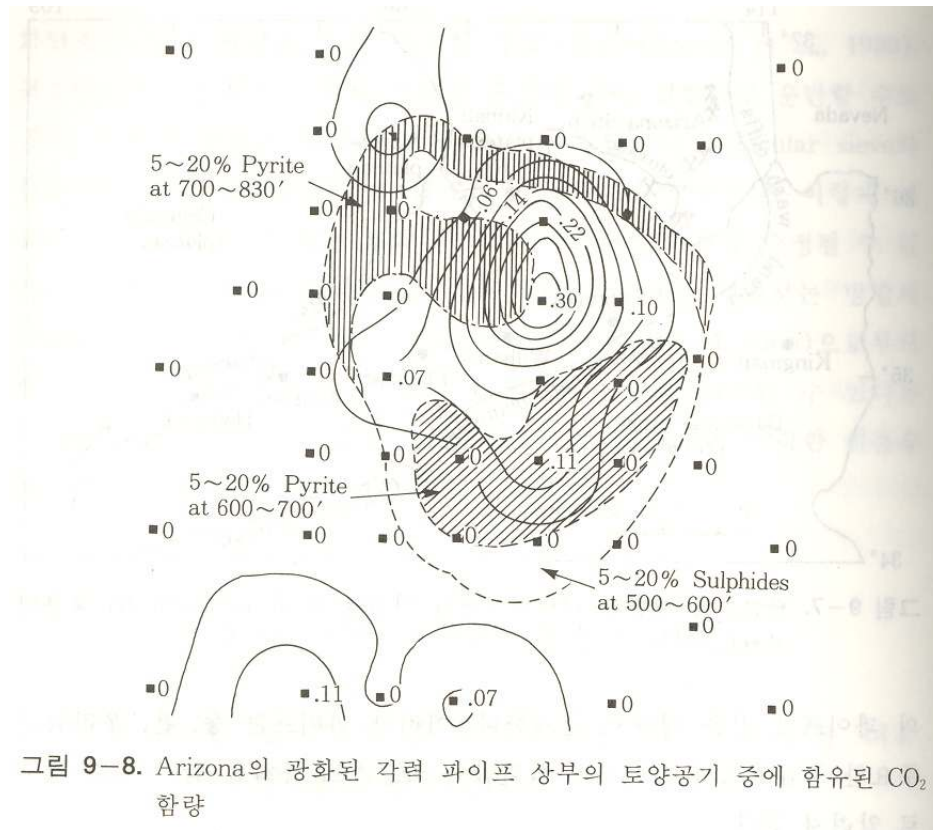
그림 9-7. 광산으로 개발된 자력파이프의 위치를 지시도



구성

Allan R. Reid and James D. Rasmussen, 'The use of soil-gas CO₂ in the exploration for sulfide-bearing breccia pipes in northern Arizona, 1990, Journal of Geochemical Exploration, vol.38, pp. 87~101

◆ 토양가스 중 CO₂의 함량을 이용한 황화 광상의 탐사



각력 파이프 최대 1m 깊이에서
수집한 토양 가스 중 CO₂ 함량에
대한 등함량 곡선

9-8 Case Study

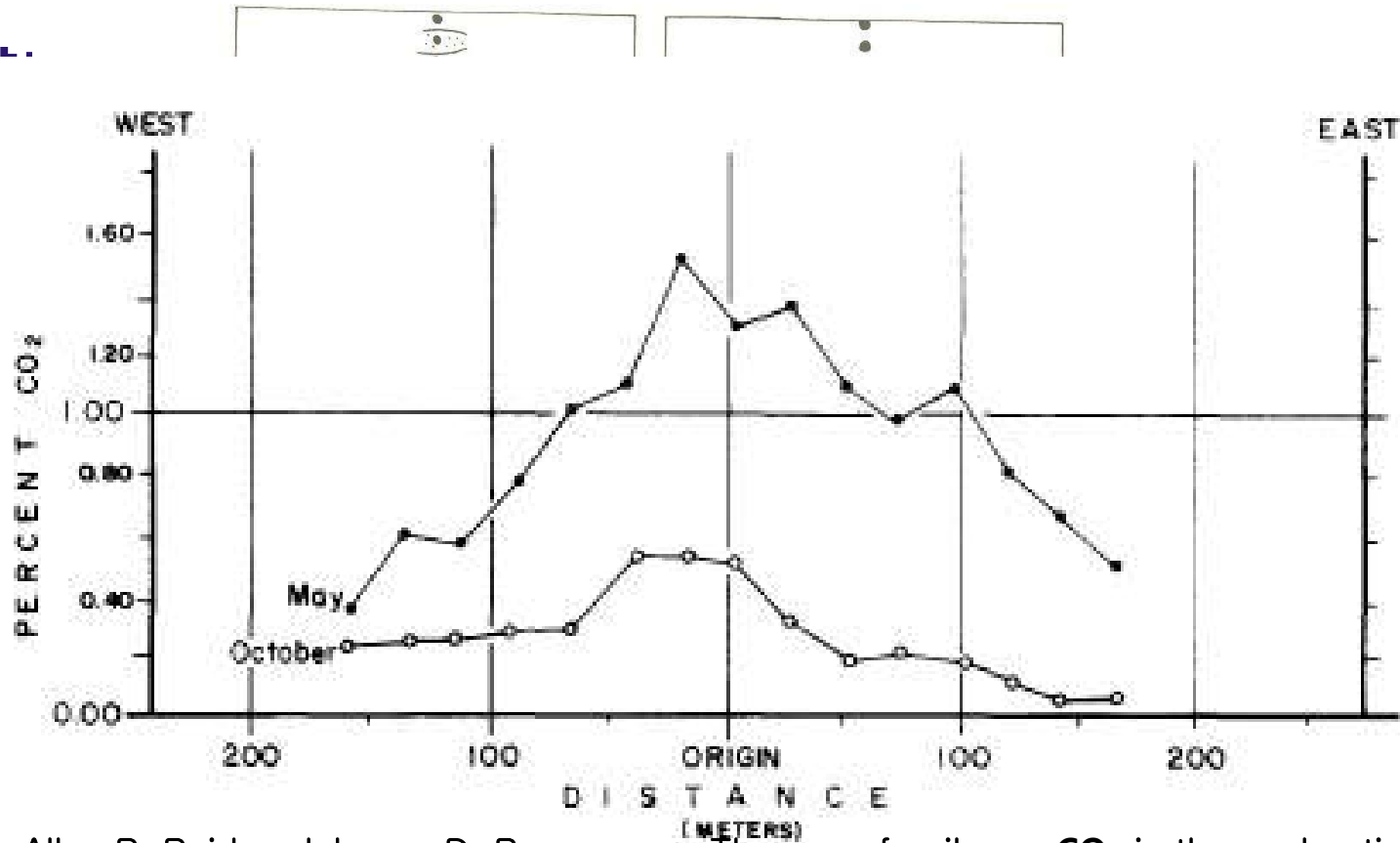
◆ 토양

CO₂

- 채취

- >

- 나



채취

못함

=> C, L Allan R. Reid and James D. Rasmussen, The use of soil-gas CO₂ in the exploration for sulfide-bearing breccia pipes in northern Arizona, 1990, Journal of geochemical Exploration, vol.38, pp. 87~101

그림 9-9. 초여름에 황제 상부의 토양공기 중에서 나타나는 CO₂의 변화량

◆ 토양가스 중 CO₂의 함량을 이용한 황화 광상의 탐사

- **Journal of geochemical exploration (JGE)**

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03756742>



Application of soil-gas geochemistry to mineral exploration in Africa

- T.K. Ball, M.J. Crow, N. Laffoley, D.

Piper and J. Ridgway

1990, vol.38, pp.103~115

9-8 Case Study

Application of soil-gas geochemistry to mineral exploration in Africa

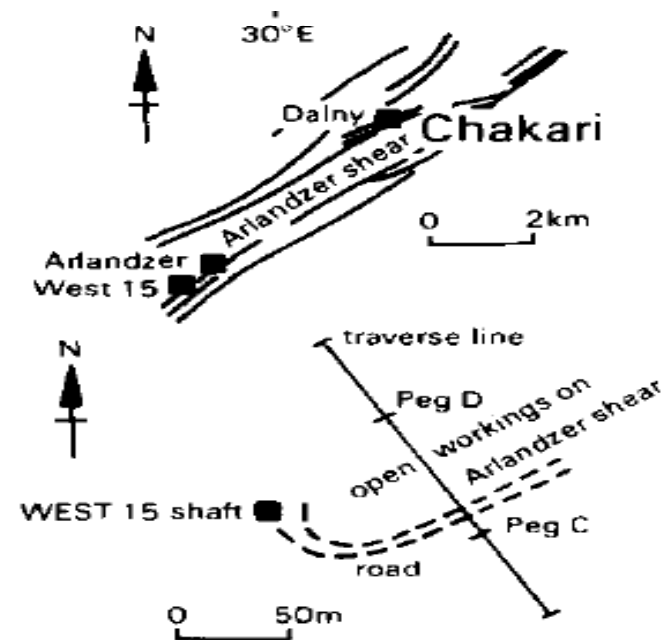
- T.K. Ball, M.J. Crow, N. Laffoley, D. Piper and J. Ridgway

- 짐바브웨 Chakari 위 Danly Mine area에서의 금 광화작용

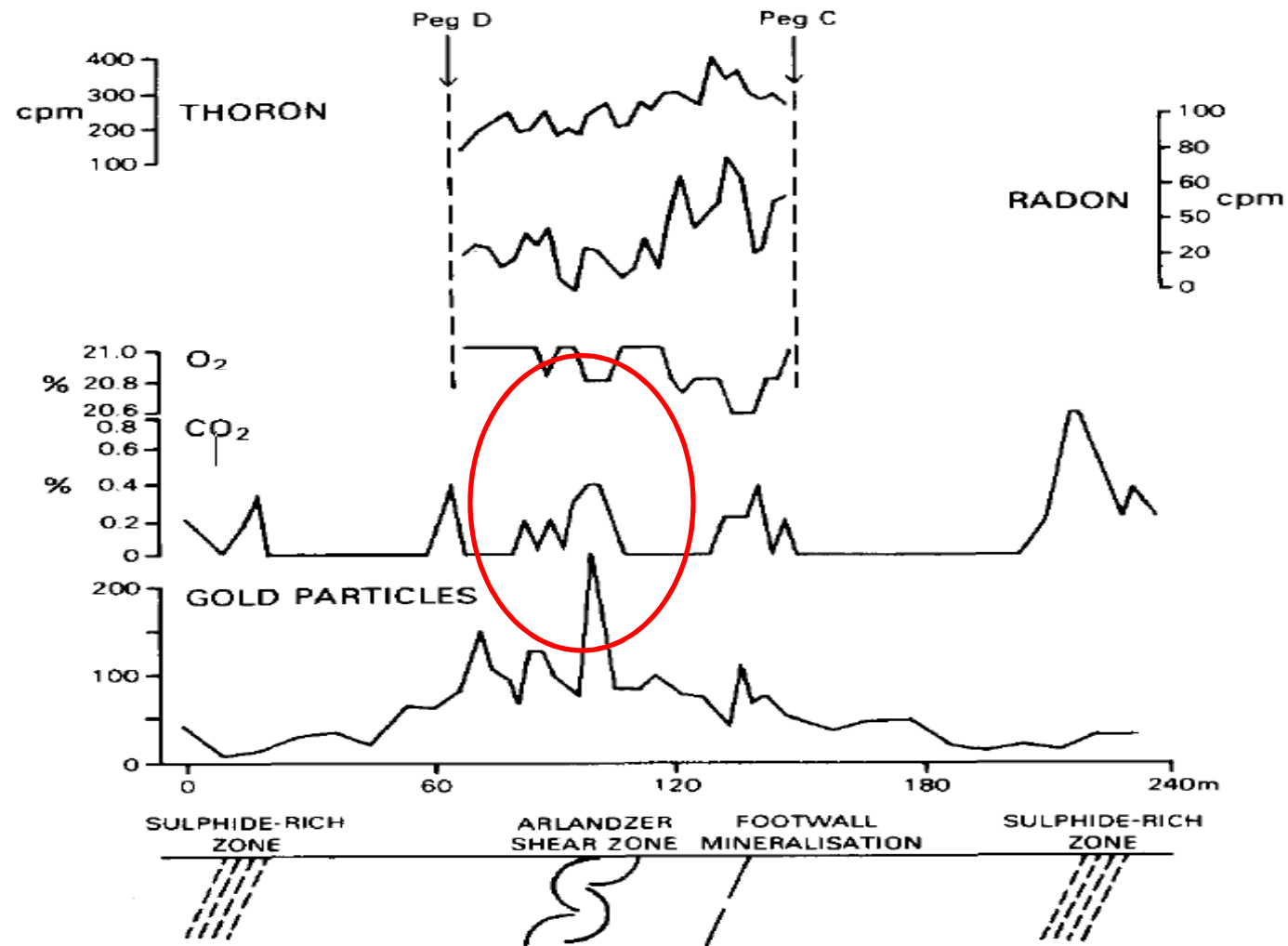
- 금이 석영 광맥과 함께 발달

-> 광맥을 가로지르는 traverse

- traverse를 따라 CO₂ 포집



9-8 Case Study

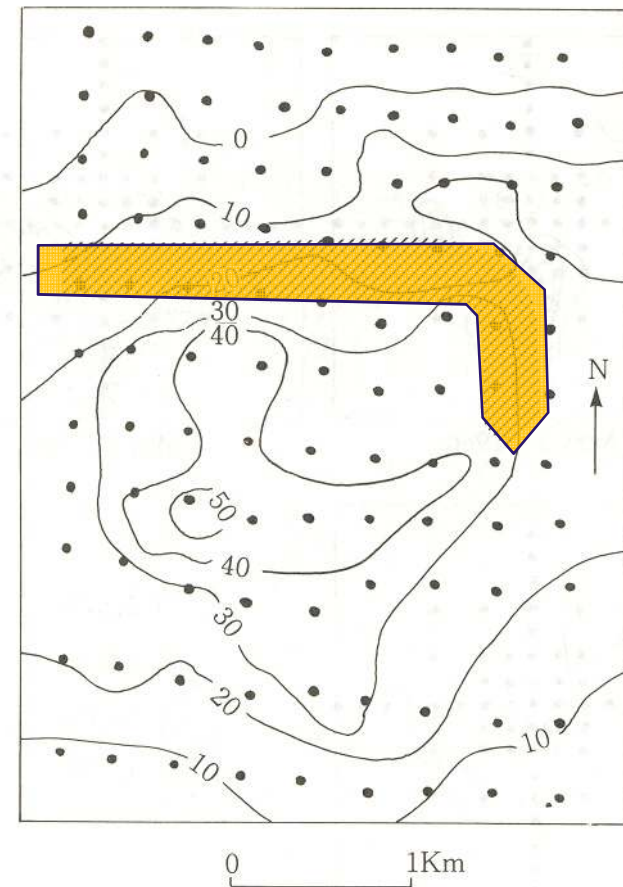


Result

- CO₂ peak 의 분포는 시추를 통해 판명된 광맥과 일치
 - O₂ 는 CO₂ 와 상보관계
 - Radon, Thoron는 CO₂ 와 비슷한 곡선 but 일반적인 결과는 아님
-

◆ 토양가스 중 He 함량을 이용한 우라늄 탐사

- 미국 Colorado의 Weld county에 위치하는 두루마리형 (roll-type) 우라늄 광상
- 8km²의 대상 지역에서 360m 간격을 갖는 격자형으로 0.6m 깊이에서 100개의 시료 채취
- 통계적 처리 -> 등함량 곡선 도시



◆ 토양가스 중 He, 유황 및 탄화수소를 이용한 석유 탐사

- 미국 Colorado Denver 에서 동쪽에 위치한 Dragoon 유전

-> D1 사암층에 매장 (일반적인 시추로 탐사하기 힘들)

- 표토층 A0층과 약 50cm 깊이에 있는 토양층의 토양 시료 : 측선을 따라 80m 간격으로 채취

- He 분석을 위한 토양가스 시료 : 75cm 심도에서 320m 간격으로 채취

-> 가스 크로마토그래프 분석 -> A0의 표토층에서 유전 위치 감지

토양가스 중 He, 유황 및 탄화수소를 이용한 석유 탐사

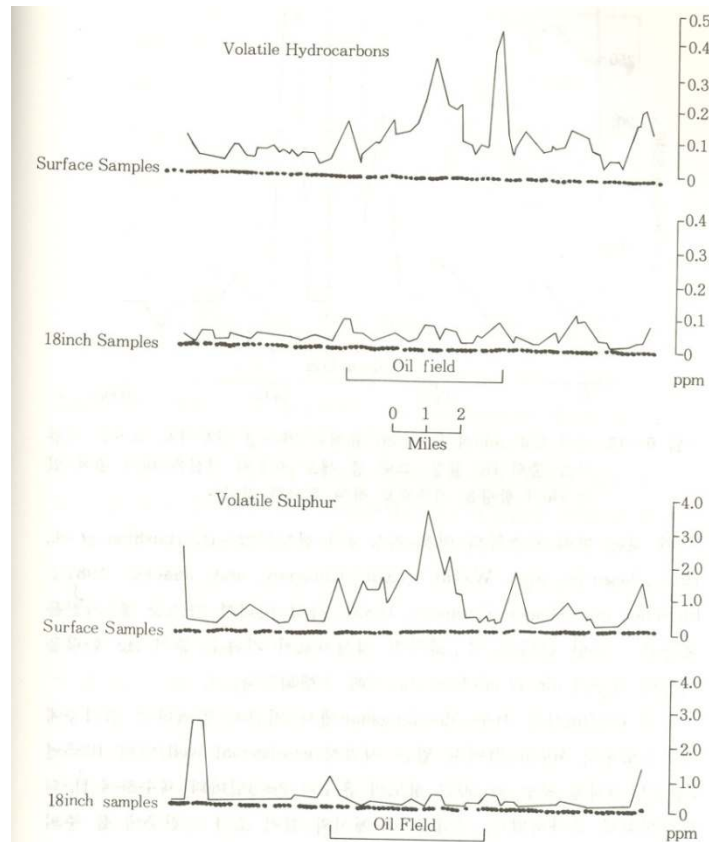


그림 9-12. 미국 Colorado의 Dragoon 유전과 가스정 상부에 있는 표토와 50cm(18in) 깊이의 토양 중에 있는 휘발성 탄화수소와 유황의 함량변화

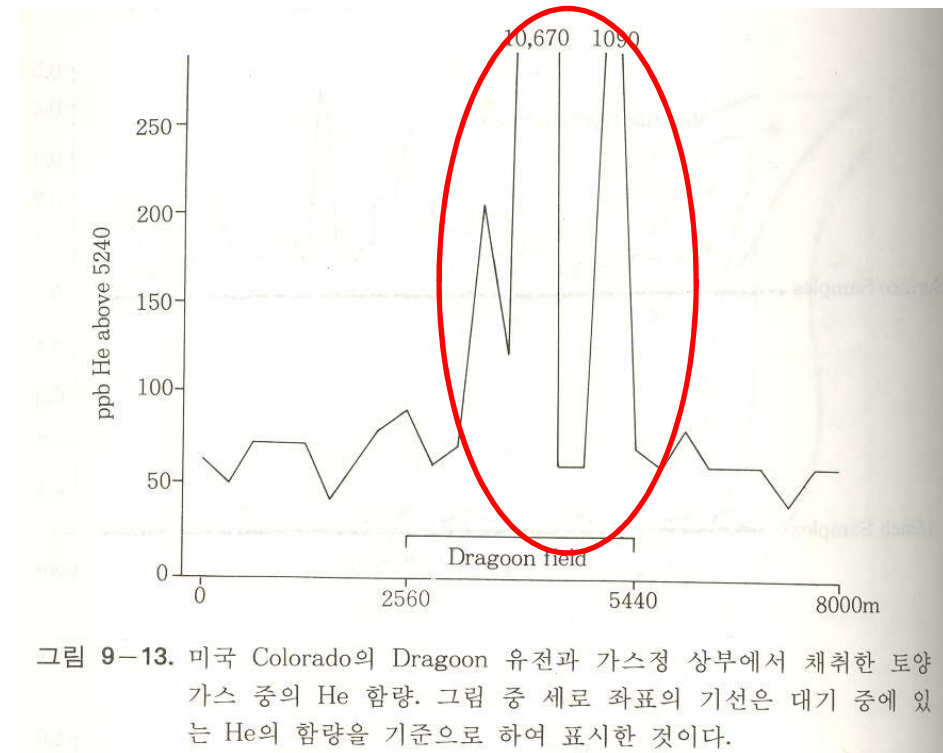
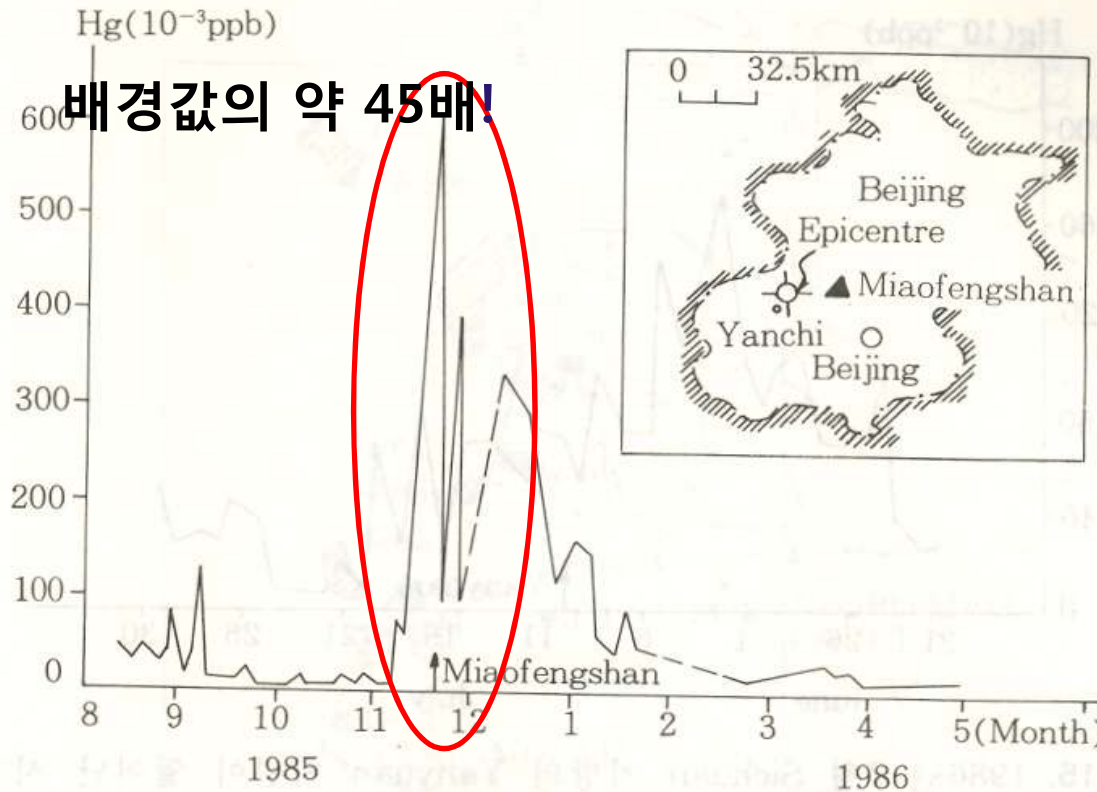


그림 9-13. 미국 Colorado의 Dragoon 유전과 가스정 상부에서 채취한 토양 가스 중의 He 함량. 그림 중 세로 좌표의 기선은 대기 중에 있는 He의 함량을 기준으로 하여 표시한 것이다.

9-8 Case Study

◆ 지진 후 도시 수질에 대한 환경 지표의 예측

- 중
- 19



환경 조사

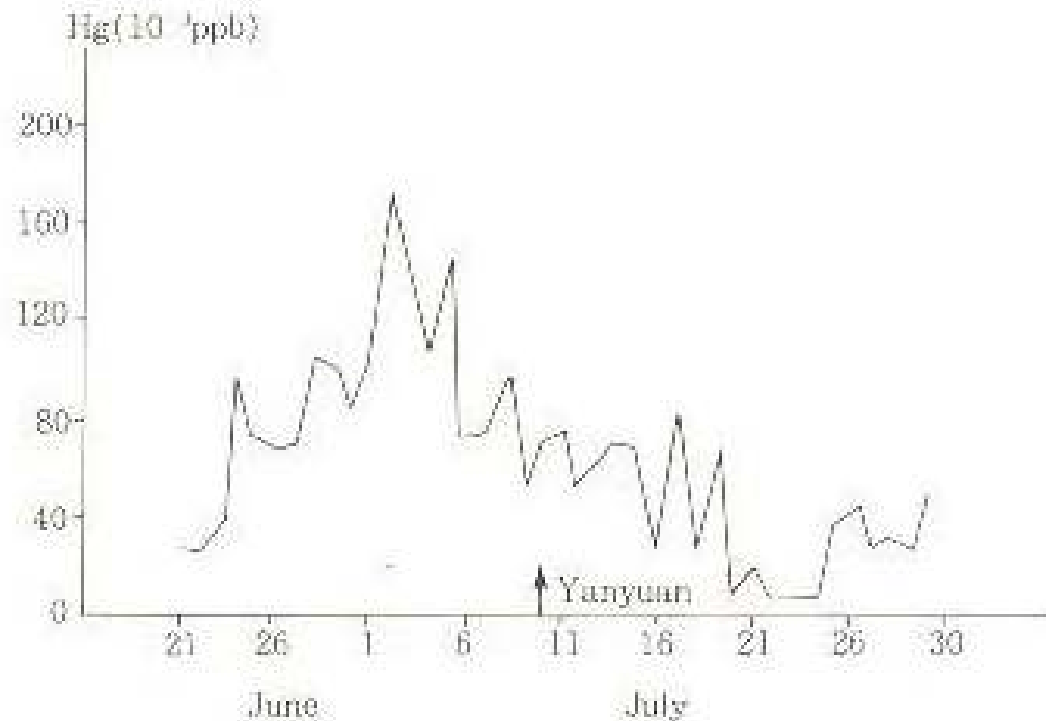
그림 9-14. 1985년 11월 Beijing시의 서부 Miaofengshan 지진이 일어난 시기
중에 물 중 Hg 함량의 변화

9-8 Case Study

◆ 지하수

- 중국 Sicl

- 1986년 (



Hg 함량 -> 지진을 예측하는 데 널리 활용될 수 있음!

15. 1986년 중국 Sicl에서 발생한 Yanyuan 지진이 이후 7개월 동안의 Hg 함량의 변화

◆ 지열탐사에서의 응용

- 온도가 200°C 이상인 지열 시스템의 경우 토양 중의 미량원소
-> 특히 휘발성 원소들의 분포에 차이가 생김

ex) 미국 Utah주 Roosevelt Hot Springs

Hg 함량 20ppb인 등함량 곡선이 215°C의 등온지열선과 일치

- 지열탐사와 관련된 토양 가스 : Rn, He, S, CO₂, CO
-

전효택, [응용지구화학], 서울대학교출판부, 2004년 8월 30일 초판 4쇄

**T.K. Ball, M.J. Crow, N. Laffoley, D. Piper and J. Ridgway ,
Application of soil-gas geochemistry to mineral exploration in
Africa, 1990, Journal of Geochemical Exploration, vol.38,
pp.103~115**

**Allan R. Reid and James D. Rasmussen, The use of soil-gas CO₂
in the exploration for sulfide-bearing breccia pipes in northern
Arizona, 1990, Journal of Geochemical Exploration, vol.38,
pp. 87~101**



Thank You !
