

由火山氣體成份變化 看大屯火山之活動性

1. 世界上活火山噴出氣體的特性
2. 活火山？如何偵測岩漿庫？
3. 如何監測火山活動？
4. 大屯火山的火山氣體成分與來源
5. 大屯火山的監測結果
6. 結論

楊燦堯
國立台灣大學 地質科學系



火山氣體

- ❑ 直到19世紀中期，科學家還相信每座火山會噴出不同特有的火山氣體成分，例如：
 - (1) 義大利 Etna 火山：以 SO_2 為主
 - (2) 義大利 Vesuvius 火山：以 HCl 為主
 - (3) 哥倫比亞 Purace 火山：以 CO_2 為主
- ❑ 於1850s 法國學者 Claire Deville 首次證實前述之觀察是不對的！他是首位對火山噴出之氣體成分詳細分析的科學家。經過他長期對不同火山噴氣之觀察，他認為所有火山幾乎都會噴出相同的氣體成分，雖然不同火山會有不同火山氣體比例組成。
- ❑ 此結論為後來的火山學家所確認，不過每座火山的噴氣成分有非常大的不同，也代表者火山氣體反應了來自地底不同的成分與遷移過程的重要訊息。





火山氣體地球化學組成

- 不管是活火山或者是休眠火山都會持續不斷的釋放出火山氣體至大氣中
- 火山氣體中主要的氣體組成為： H_2O , CO_2 , and SO_2 次要與微量之氣體組成為： H_2S , HCl , HF , H_2 , CO , CH_4 , S_2 , N_2 , NH_4 , O_2 and rare gases（惰性氣體）
- 大多數的火山氣體為各種不同端成分來源的混和，由地底岩漿庫上升至地表的通道中，包含各種不同端成分，包括：岩漿脫氣、熱液系統、海水、天水、及空氣等。





壓力、溫度、氧化還原狀態 對於火山氣體成分之影響

- 由岩漿分離出的氣體成分，會隨者上升至地表過程中，因為溫度、壓力、及氧化還原狀態改變而改變其成分。
- 下列反應式是影響火山氣體成分最重要的反應，因為此反應式包括了火山氣體中主要的氣體組成 H_2O , SO_2 , H_2S , H_2 .
$$\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$$
- 由熱力學模擬結果顯示，上列反應在較高壓力狀態下（即在較深處的岩漿脫氣作用），傾向於向右反應，所以該處的火山氣體將以硫化氫為主要的硫化物；在岩漿上升時，因為溫度下降，也會造成類似的結果。
- 反之，在地殼淺處所釋放出來高溫火山氣體則會以二氧化硫為主要的硫化物，這與大部份活火山所噴發出來的高溫火山氣體組成相符合。



地殼淺處非岩漿相關作用 對於火山氣體的影響

- 地體構造環境與岩漿脫氣歷史過程為主要控制高溫火山氣體組成的主要因素
- 大部份的火山氣體成分在不同地區與時間會有明顯的不同，而這些成分的變化主要都是受控於一些跟岩漿活動沒有直接相關的作用，非如火山淺處存在有熱液系統或者受到天水的影響。
- H_2O , SO_2 , H_2S and HCl 是最容易受到地殼淺處非岩漿相關作用影響的氣體組成，這也可以說明為何火山氣體成分經常有非常大的變異性。



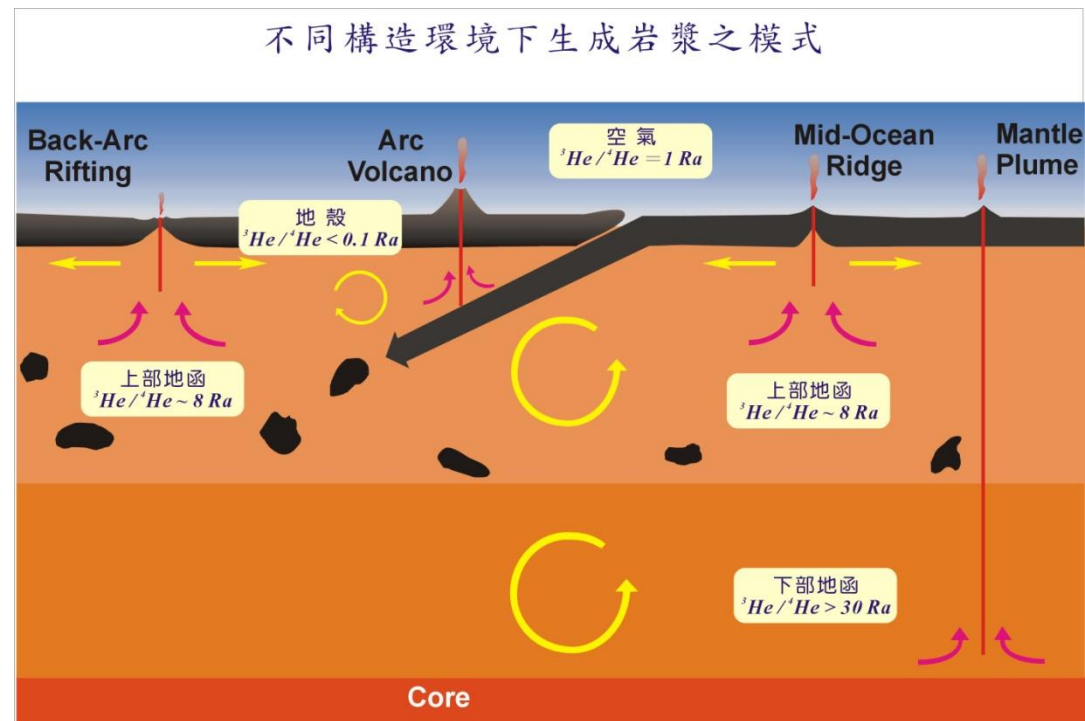
不同地體構造與地質環境 對於火山氣體成分之影響

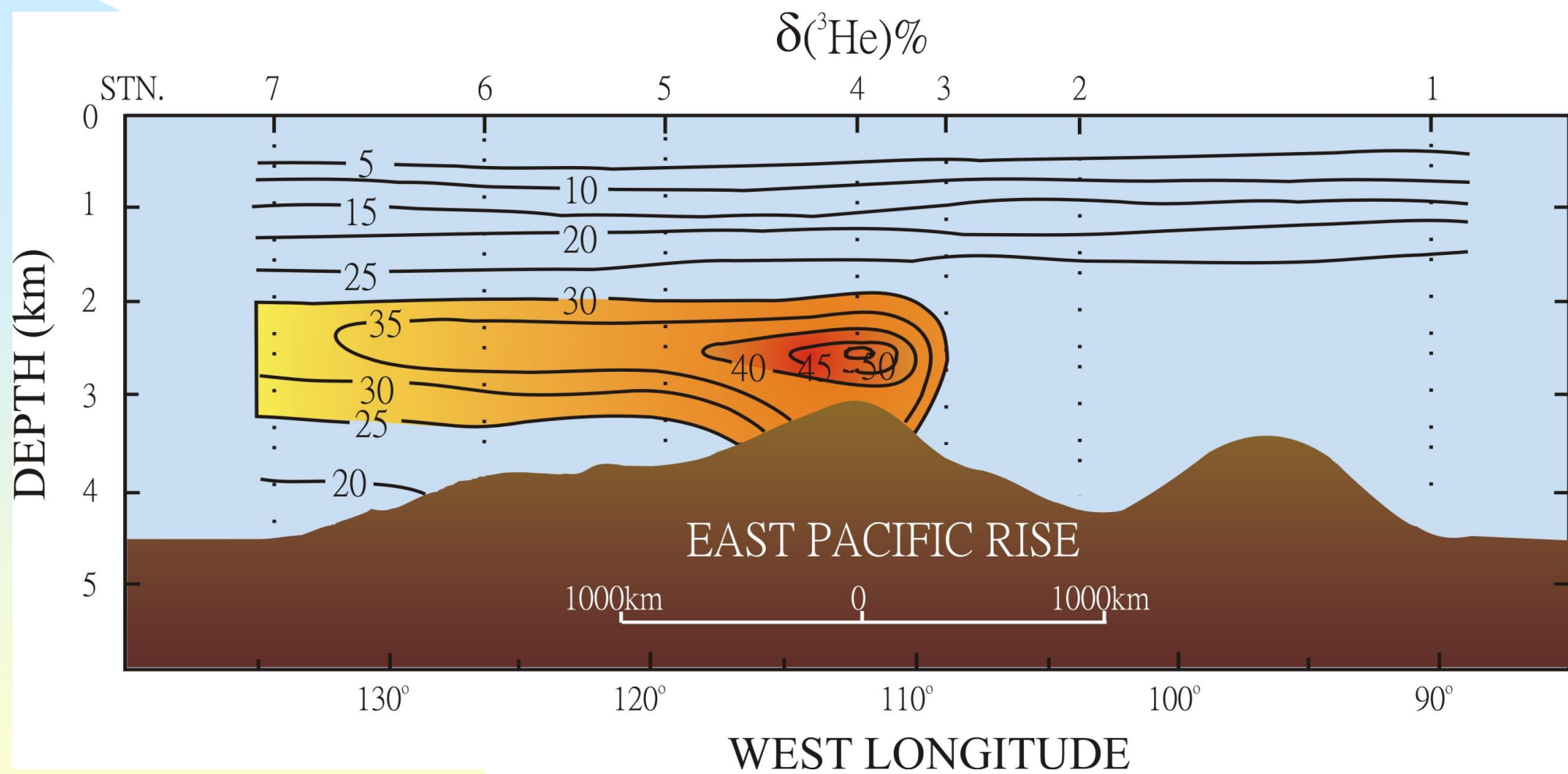
- 火山學者最常利用下列化學組成來分辨來自地殼深處的火山氣體來源
- δD and $\delta^{18}O$ (‰)
 CO_2 ($\delta^{13}C_{CO_2}$) and SO_2 ($\delta^{34}S_{SO_2}$)
 $^3He/^4He$
 CO_2/He and N_2/He ; N_2/Ar and He/Ar ;
 H_2O/He and H_2O/CO_2 ratios
 $CO_2/^3He$ ratios



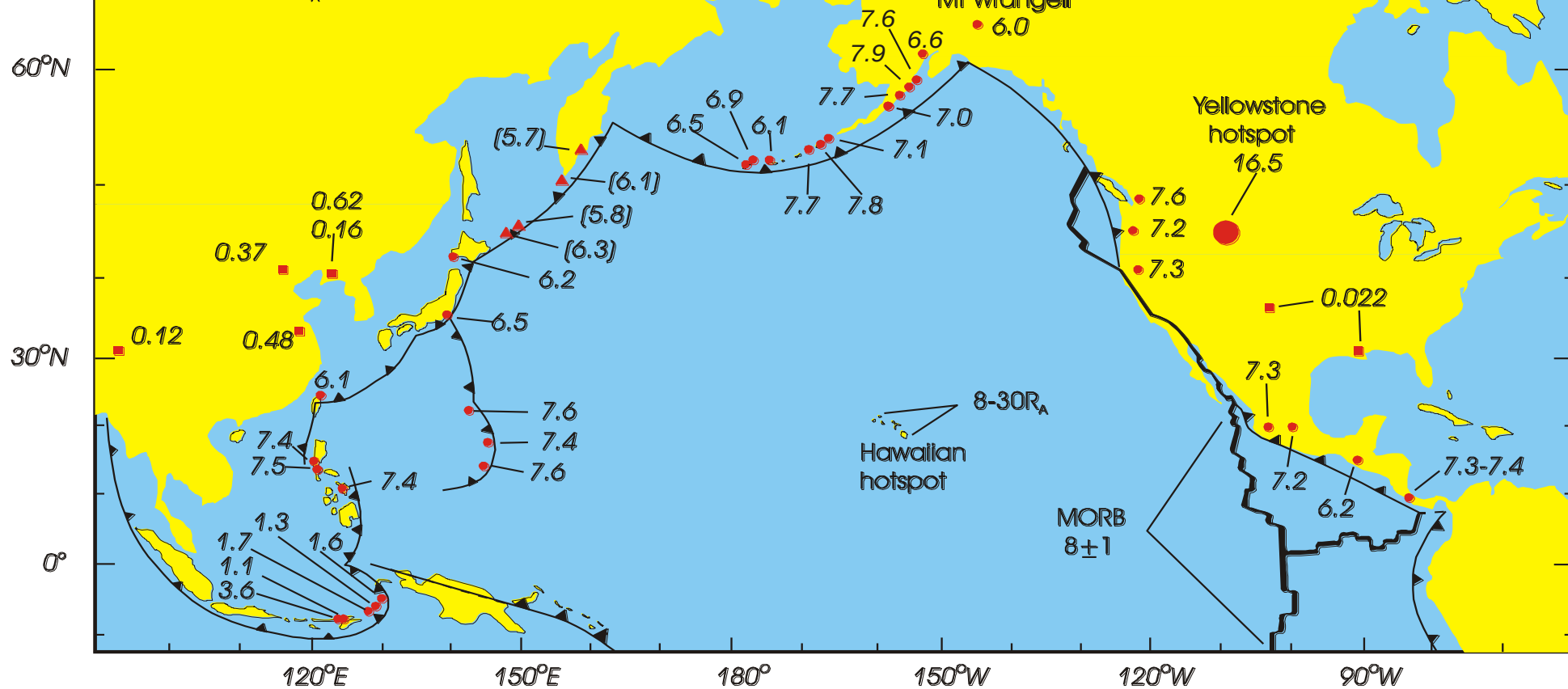
氦氣之特性

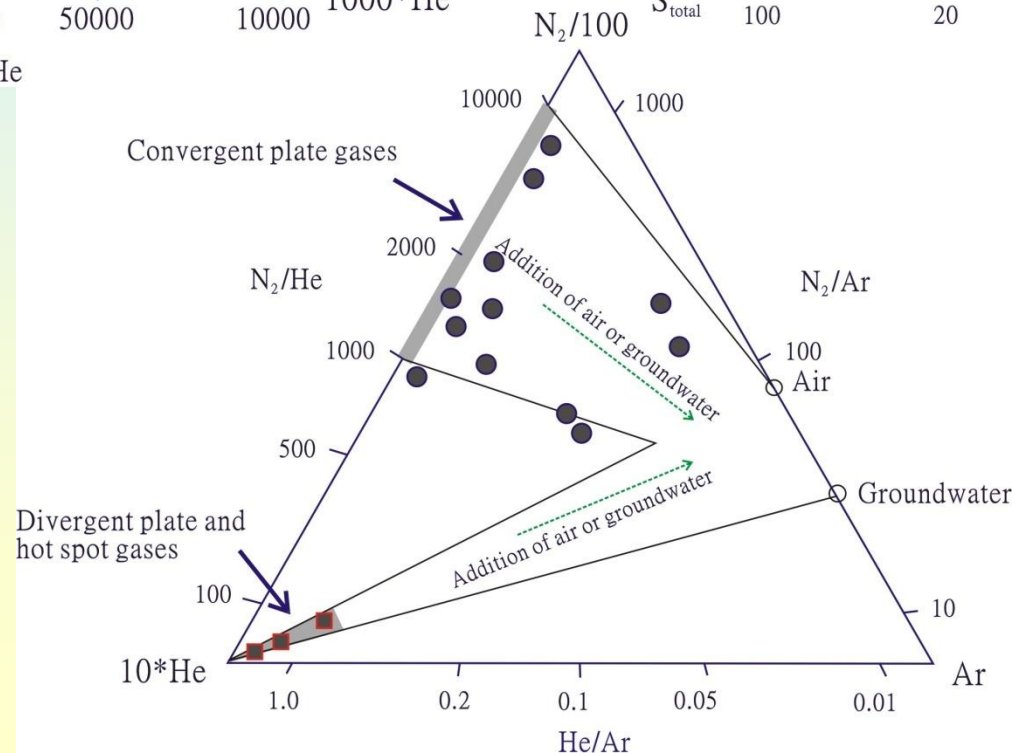
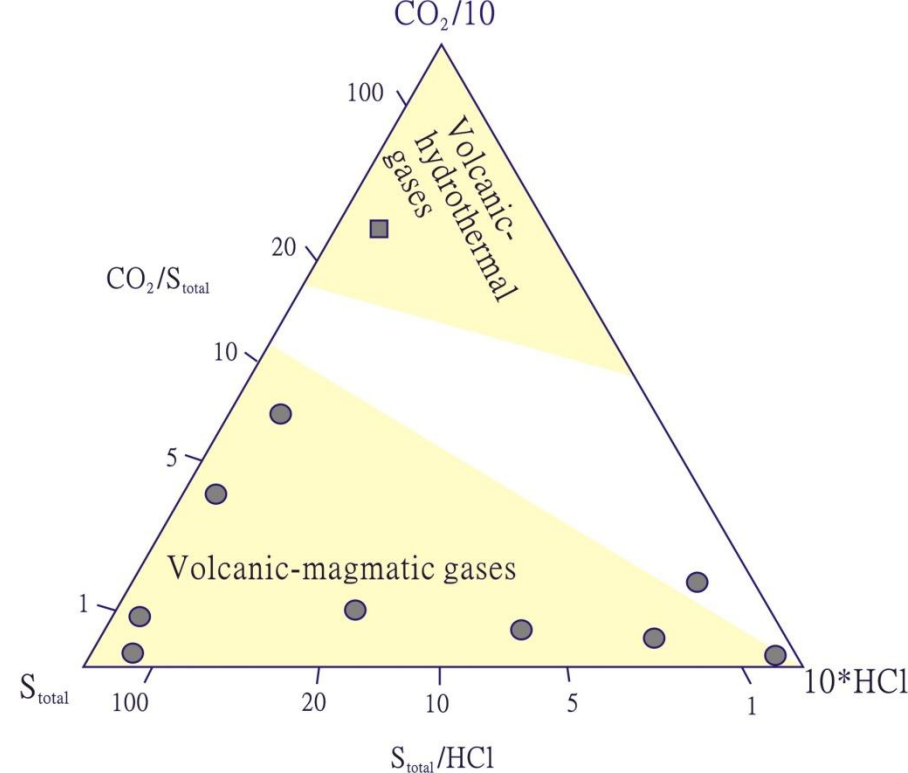
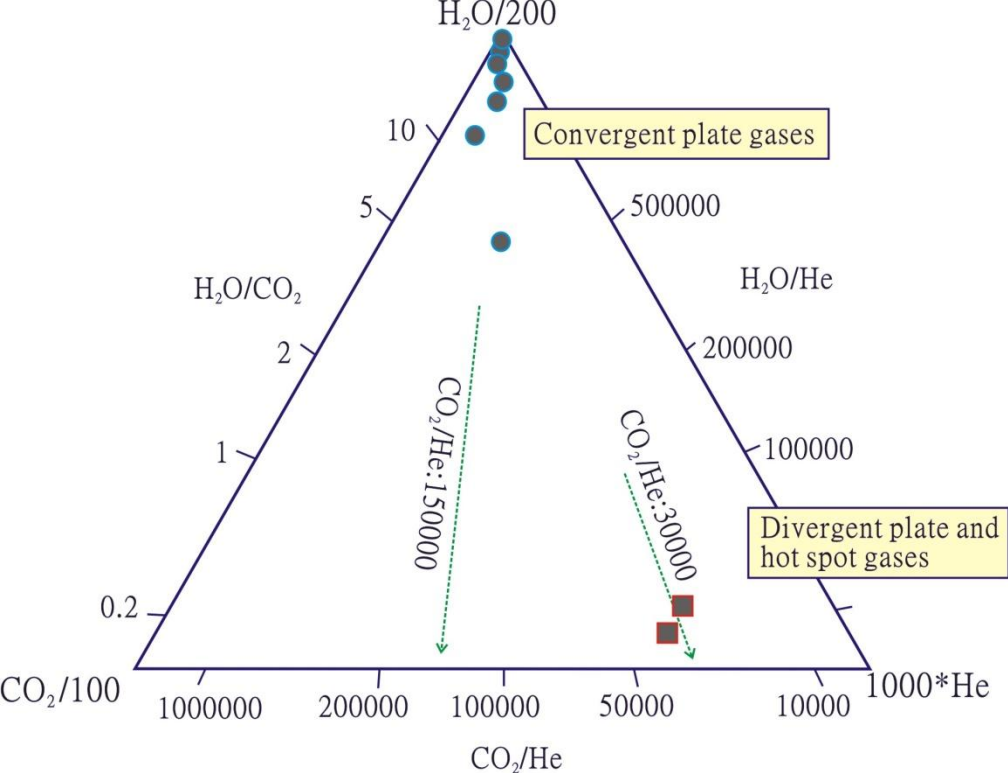
- 特有之氦—3同位素來源：
只源於地球剛形成時，現只存於地球內部。造成地球目前明顯的三種不同氦同位素端成份。
- 氦—4同位素來源：
源於地殼中鈾、釷、鉛放射性元素之蛻變。
- 穩定：只與物理作用有關，而不受化學作用之影響
- 稀少：對於外來添加物（污染源）極為敏感，是很好之追蹤劑
- 非常適合用於火山、地震活動之監測。





Circum-Pacific arcs
Helium R/R_A





萬泰白金卡
WANTAI PLATINUM CARD
隨時隨地信用無限
信用、智慧、服務、萬泰銀行
電話：(02) 8023-9088
萬泰銀行

創辦人：林榮三

發行人：吳阿明

自由時報

第1140號第6710號，今日出版15大張

總社：114台北市福州路399號

今日氣象

根據氣象局預測，未來幾天，北部、東北部、南部地區均將有陣雨或大雨，中部山區午後常有短暫陣雨，台灣其他地區多雲，多雨機會較多。

民曆記事
農曆4月18日(甲子)
宜：祭祀、出行、裁衣、合帳、嫁娶、開張、立券、安門、安灶、開市。

北部地區 19°C~21°C
中部地區 19°C~21°C
南部地區 21°C~23°C
高山地區 23°C~27°C



台北地區 17°C~19°C
桃園地區 22°C~24°C
新竹地區 24°C~27°C

http://www.libertytimes.com.tw

本報圖文未經同意不得轉載

The LIBERTY TIMES

台北總社：(02) 2656-2828 傳真：(02) 2656-1038 全國各縣市採訪、訂報、廣告專線請見B3地方版

台北大屯山區 是活火山

Focus
D2 王識賢開演唱會 老婆老媽大和解

B2 黑幫血腥襲警 巴西逾50人死

A2 台北賓館修好了 六四起開放參觀

B3 高個子糖尿病患 截肢風險比較高

雖有岩漿庫 無噴發徵兆
【記者鍾夏華／台北報導】沉寂已久的「休火山」大屯火山群，是否有復活的可能性？台大與中研院學者分別針對火山氣體與微震，推測大屯火山群有岩漿庫存在，而且仍持續釋放能量，尤其是大屯火山附近，證據更明顯，學者認為，大屯火山群屬於「活火山」。唯目前還沒有噴發徵兆。

大屯火山群噴氣頻繁，地熱活動十分活躍，是否會再度爆發？關係到大台北地區民眾的生命安全。經濟部中央地質調查所與內政部營建署多年來委託學者進行監測，相關研究成果將在臺灣地質學會舉行的「地質學會年會」發表。

台大地質系教授楊慶堃表示，國外以氦同位素分析，來瞭解活火山底下岩漿的活動，他以相同方式，連續七年在大屯火山噴氣口進行監測，發現氦氣成分與岩漿成分一致，顯示大屯火山群底下有岩漿庫存在。不過，楊慶堃教授也指出，雖然過去七年監測，噴氣系統相當穩定，岩漿也沒有新增噴發，但去年在大屯火山附近，不僅噴氣量增加，連氦氣成分也出現變化。

連七年監測 噴氣頗穩定

兩種不同研究方式，均推測出大屯火山群有岩漿庫存在。不過，楊慶堃教授也指出，雖然過去七年監測，噴氣系統相當穩定，岩漿也沒有新增噴發，但去年在大屯火山附近，不僅噴氣量增加，連氦氣成分也出現變化。

此外，中研院地球科學研究所研究員林正洪也在大屯火山群設置八個地震站，監測到微震中，有明顯震源現象，正落在大屯坑下方二到五公里深，與七星山下二到三公里深，他同時比較每一測站的連續地震紀錄，發現地震震源相似，此一異常的火山地震訊號，與日本、夏威夷等地的活火山地震訊號類似。

連七年監測 噴氣頗穩定



還是活的...

學者研究推測大屯火山群有岩漿庫存在，屬於「活火山」。如果大屯火山群只有岩漿庫存在，沒有噴發的徵兆，也無法預測何時才會噴發，但一再噴發是不太可能。

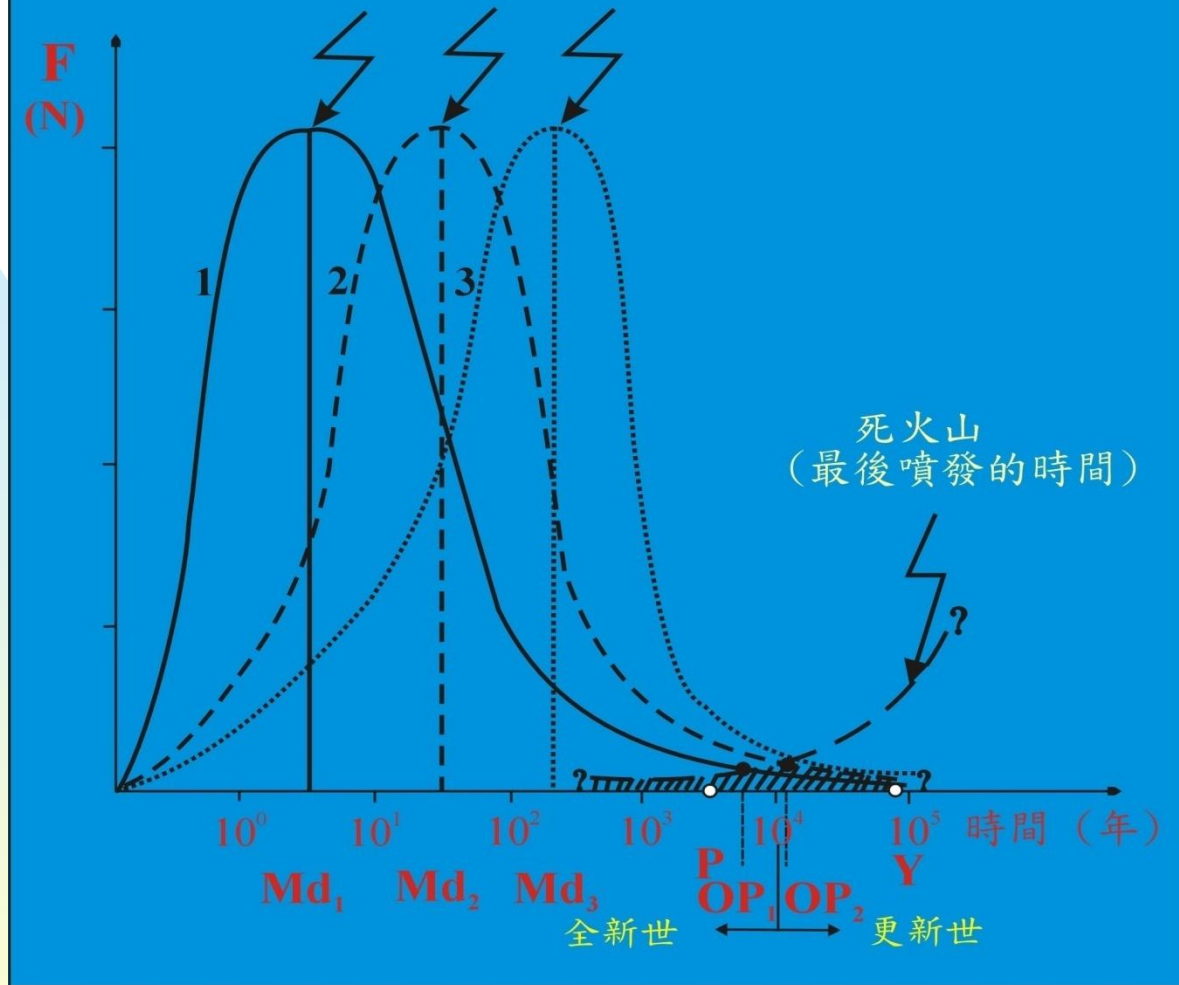
學者研究推測大屯火山群有岩漿庫存在，屬於「活火山」。如果大屯火山群只有岩漿庫存在，沒有噴發的徵兆，也無法預測何時才會噴發，但一再噴發是不太可能。

2006/5/15

活火山經驗定義

1. 歷史文獻紀錄 (Smithsonian Institution, 1989)
2. 科學方法確定一座火山在10,000或5,000或2,000年內(日本)有火山噴發紀錄 (Szakacs, 1994)
3. 依照火山岩漿性質來劃分(Szakacs, 1994)
4. 完全瞭解一座火山的噴發史和性質後再做判斷 (Szakacs, 1994).

活火山（火山兩次噴發間距的時間）



$F(N)$: 火山兩次噴發間距的時間頻率

Md_1 : 5 年; Md_2 : 50 年; Md_3 : 220 年

OP_1 和 OP_2 是曲線1和曲線2最樂觀的時間值

P: 法國Pavin火山; Y: 美國黃石公園火山

*: 斜線部分為火山兩次噴發間距較長的火山和最近才噴發過的死火山的重疊區域。

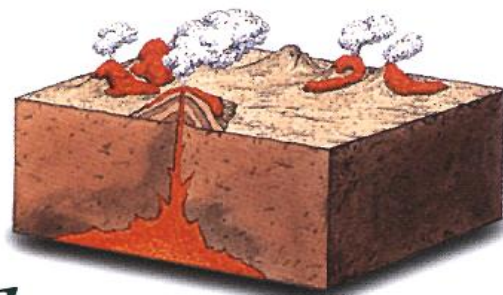
四種型態的火山噴發週期

- (1) 高噴發頻率的玄武岩火山:1~100 years
(Mauna Loa)
- (2) 中噴發頻率的安山岩—石英安山岩火山:
100~10,000 years (Colima)
- (3) 低噴發頻率的流紋岩火山:10,000~100,000
years (Yellowstone Caldera)
- (4) 大陸張裂型的玄武岩火山:1,000~100,000
years (Rio Grande Rift Zone)

活火山現象定義

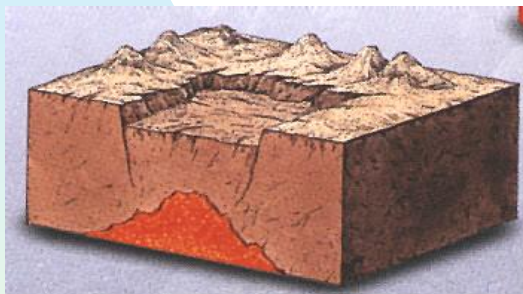
如果火山底下的岩漿庫還活躍著，
應屈定其為一座活火山(Szakacs, 1994)



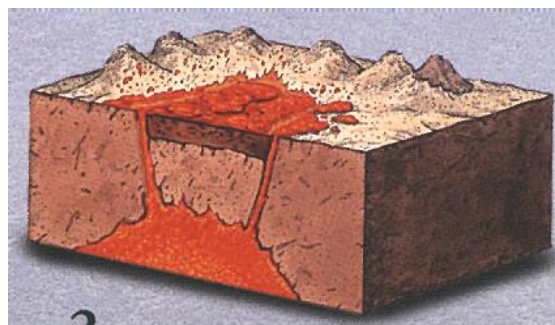


1

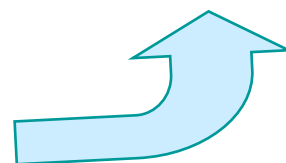
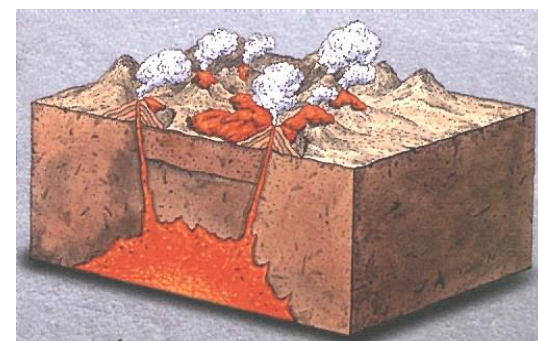
2.8~2.5Ma
擠壓環境
火山規模不大



0.8~0.7Ma
沖繩海槽
張裂西延
地殼陷落

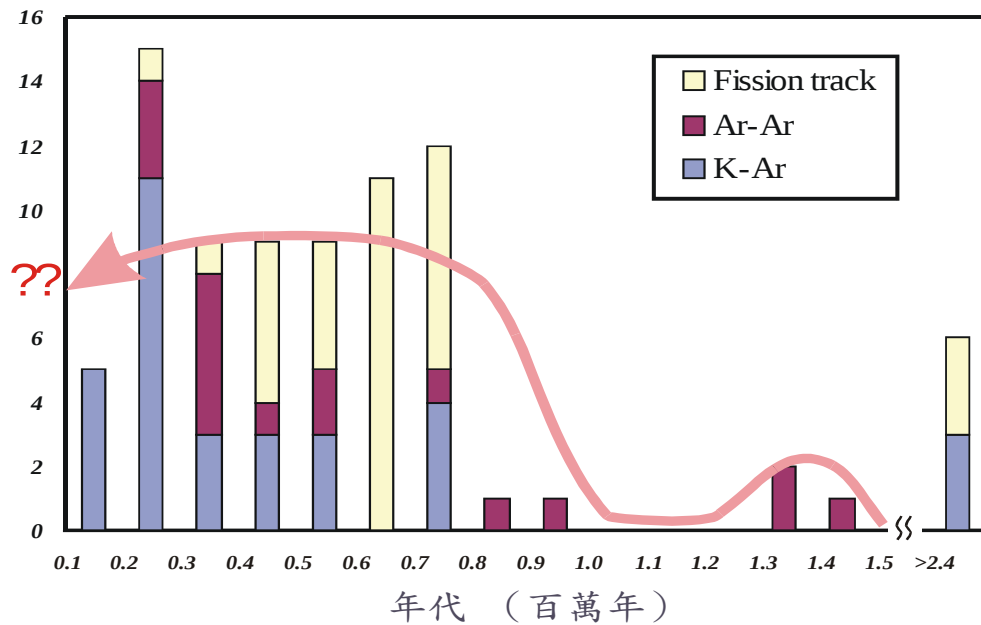
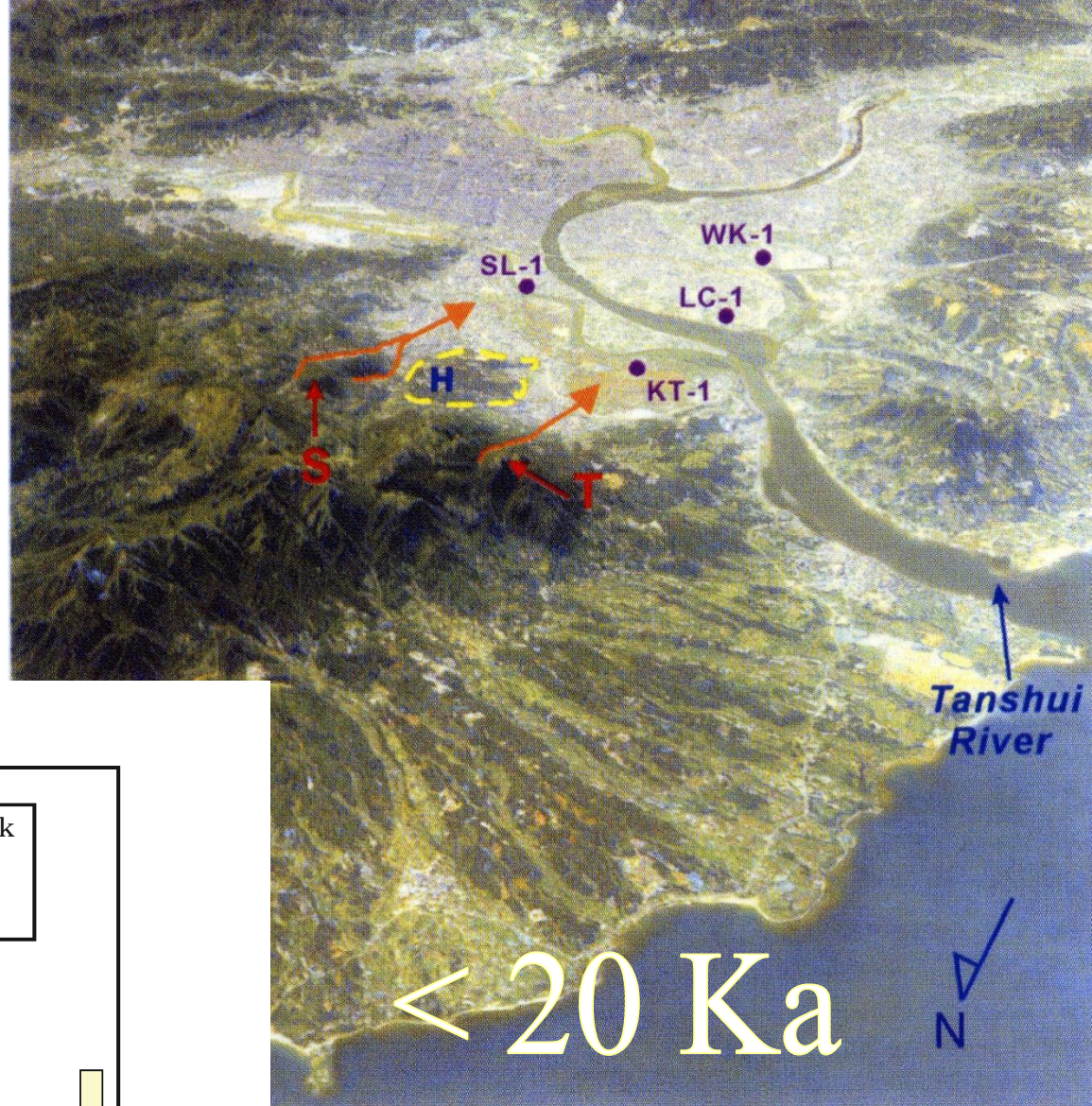


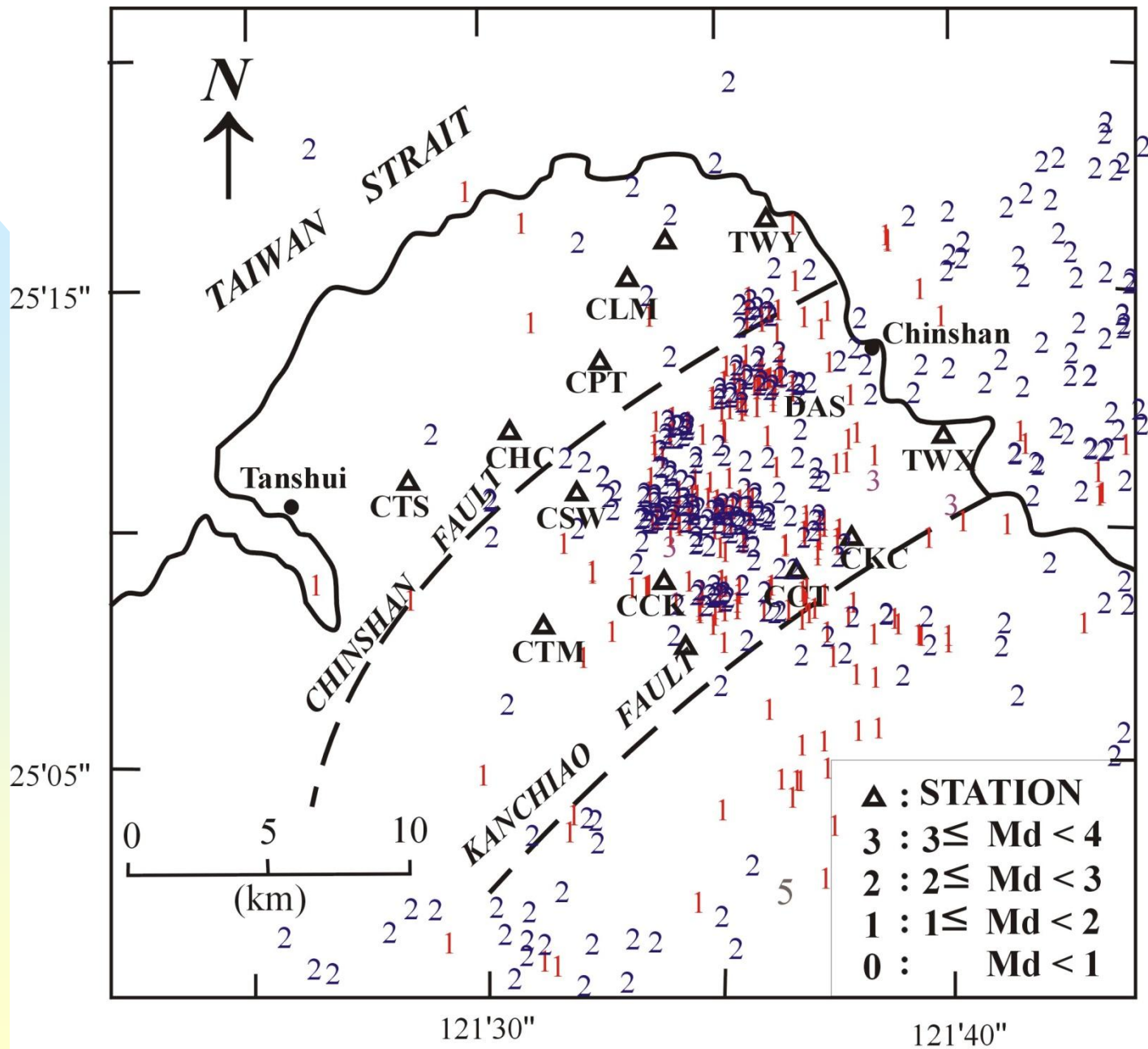
0.7~0.2Ma
岩漿上湧



火山分佈現況

Active Volcano ??





THE TATUN VOLCANO GROUP IS ACTIVE OR EXTINCT?

SHENG-RONG SONG¹, TSANYAO F. YANG¹, YIH-HSIUNG YEH², SHUH-JONG TSAO³ AND HUANN-JIH LO¹

1. Department of Geology, National Taiwan University

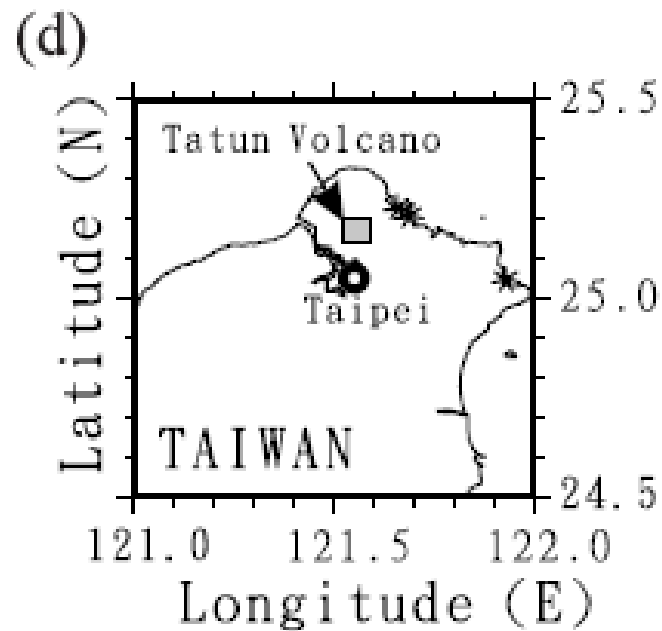
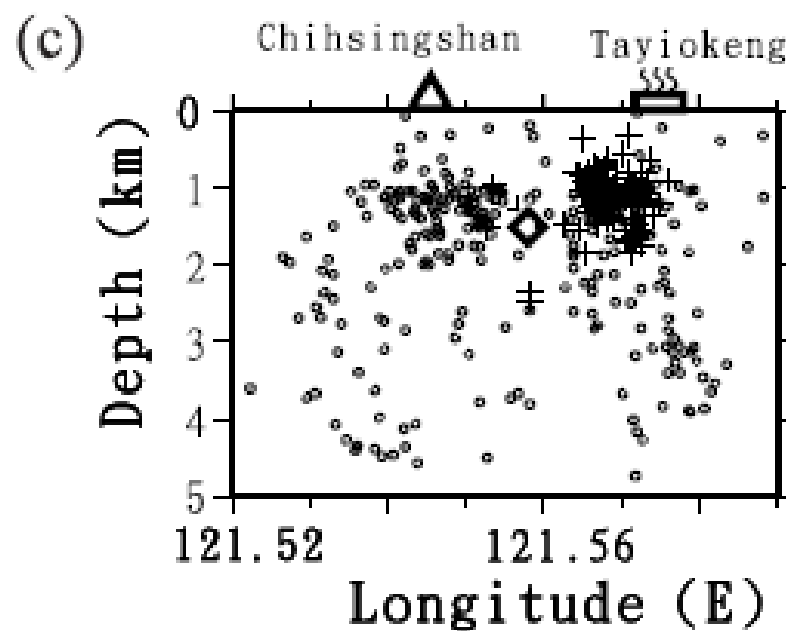
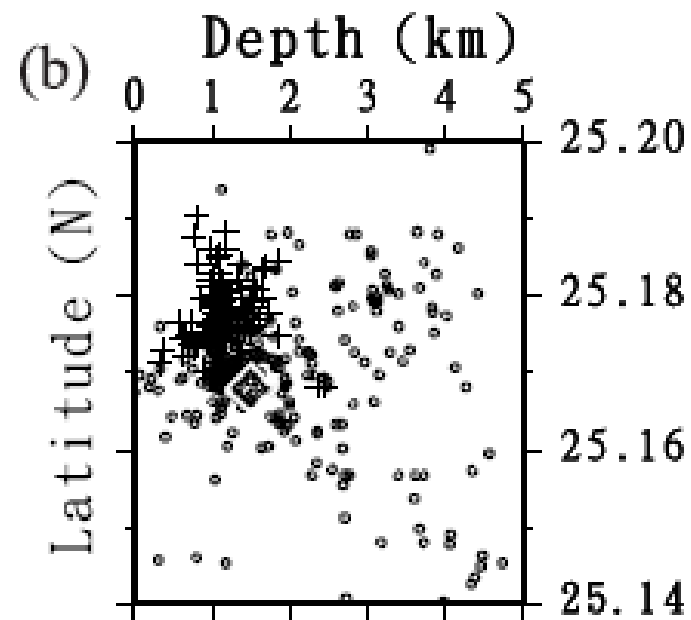
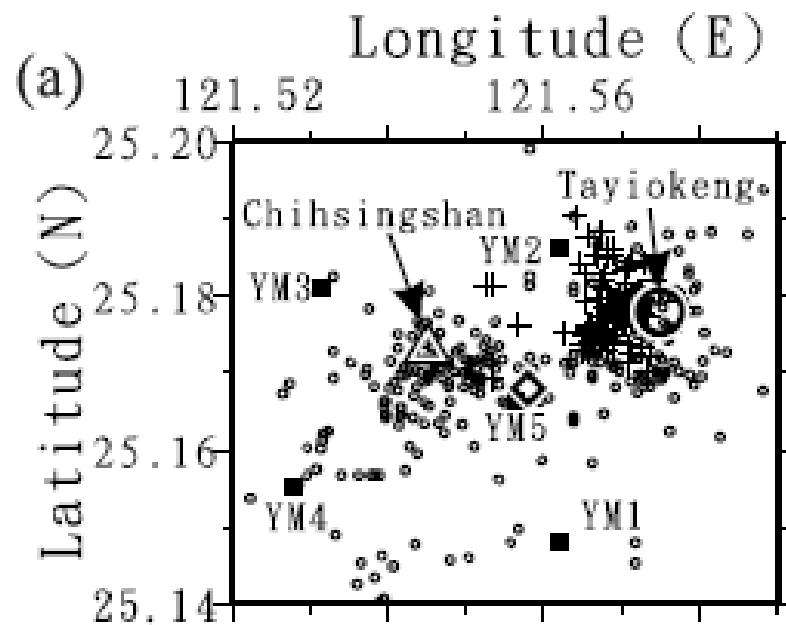
2. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica

3. Central Geological Survey, MOEA

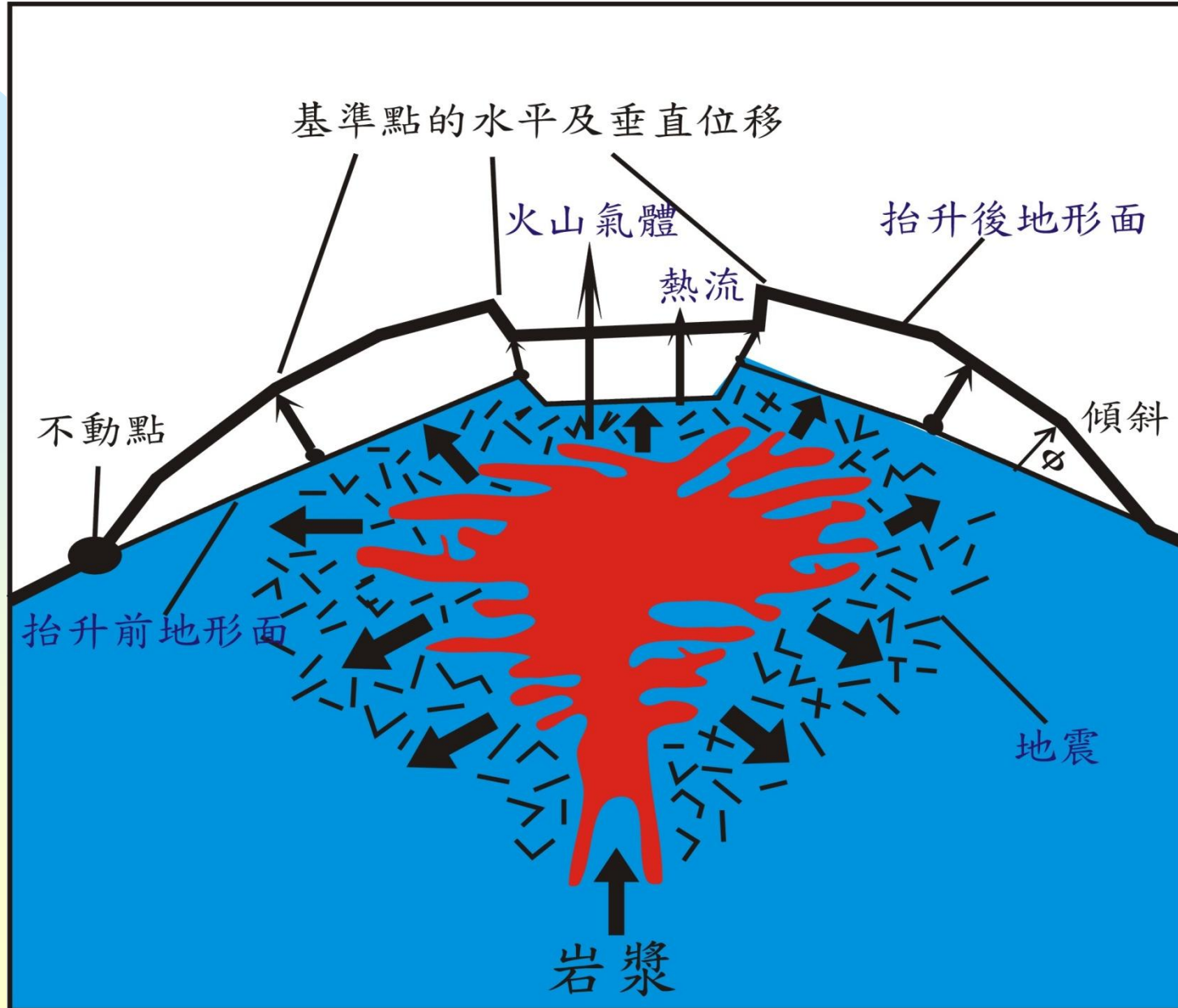
ABSTRACT

The Tatun Volcano Group (TVG), located in northern Taiwan has generally been regarded as an extinct volcano, because of lacking documented historical eruptions. Recent data about seismicity, hydrothermal activity, volcanic gases and helium isotope, however, suggest that there is probably an active magma chamber underneath the volcano group, implying that it may be an active volcano.

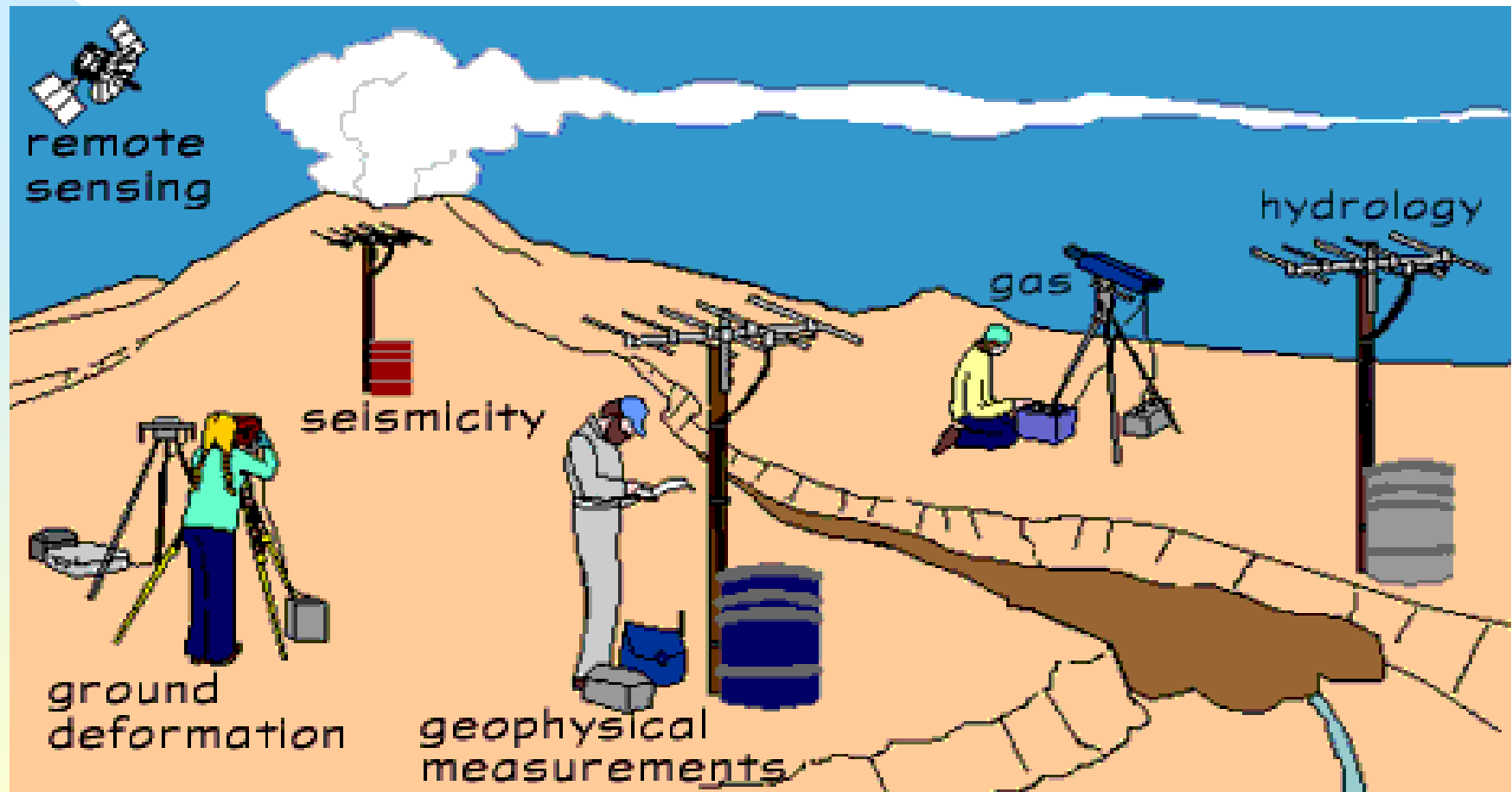
Key words: Tatun Volcano Group, active volcano, extinct volcano, hydrothermal activity



火山噴發前的可能前兆圖



火山監測方法



From: USGS

COSPEC (correlation spectrometer) designed originally for pollution studies. The instrument measures the amount of **solar ultraviolet light absorbed by sulfur dioxide** in the plume and compares it with an internal standard.



White Island volcano, New Zealand: carbon dioxide and sulfur dioxide emission rates and melt inclusion studies

Lois J. Wardell ^{a,*}, Philip R. Kyle ^{a,b}, Nelia Dunbar ^b, Bruce Christenson ^c

^a *Department of Earth and Environmental Science, New Mexico Institute of Mining and Technology, 801 Leroy Place, Socorro, NM 87801-4796, USA*

^b *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, New Mexico Institute of Mining and Technology, 801 Leroy Place, Socorro, NM 87801-4796, USA*

^c *Institute of Geological and Nuclear Sciences, Wairakei, New Zealand*

Received 17 February 2000; accepted 10 June 2000

① Plume

SO₂: COSPEC

CO₂: aircraft with CO₂ analyzer

② Soil gas

③ Melt inclusions: H₂O, Cl, F, S

Comparison of White Island CO₂ emission rates with other volcanoes

	Flux (mg day ⁻¹)	% From soil	Source
Mt. Etna	70,000 11–38,000	10–50	Carbonnelle et al. (1985) Allard (1998)
Popocatepetl	6400 40,000	0	Gerlach et al. (1997), Varley (1998) Delgado et al. (1998)
Oldoinyo Lengai	7200	< 2	Koepnick et al. (1996)
Augustine	6000	–	Symonds et al. (1992)
Mt. St. Helens	4800	–	Casadevall et al. (1983)
Stromboli	3000	–	Allard et al. (1994)
Kilauea	2800	~ 50	Gerlach and Graeber (1985), O'Keeffe (1994)
White Island	2600	< 1	This paper
Mt. Erebus	1850	–	Wardell and Kyle (1999)
Redoubt	1800	–	Casadevall et al. (1990)
Grimsvothn	360	–	Brantley et al. (1993)
Vulcano	270	20	Carbonnelle et al. (1985)

References

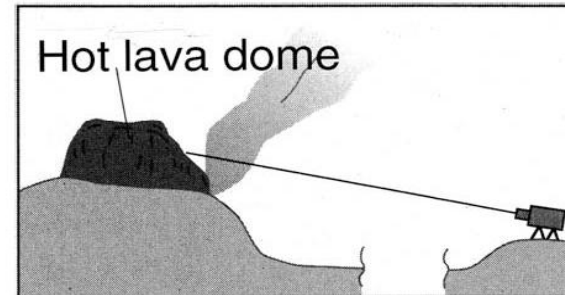
1988	780*	Gas ratio/COSPEC	Giggenbach and Matsuo (1991)
1988	2040 (1080) ²	Gas ratio/COSPEC	Tedesco and Toutain (1991)
1988	1400	Gas ratio/COSPEC	Marty and Giggenbach (1990)
1984–1985	1150–1260	Gas ratio/COSPEC	Giggenbach and Sheppard (1989)
1982–1984	900–1000	Gas ratio/COSPEC	Rose et al. (1986)

*Calculated from published data.

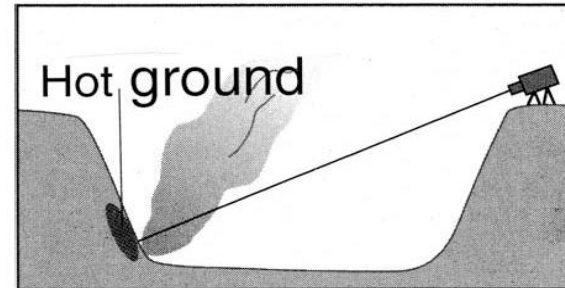
Chemical monitoring of volcanic gas using FT-IR spectroscopy at several active volcanoes in Japan

- In 1969, Naughton measured H_2O , CO_2 and SO_2
- In 1993, Mori measured HCl and SO_2
- To date, SO_2 , HCl , HF , CO , CO_2 , COS , SiF_4 and H_2O
- Except for H_2S and H_2

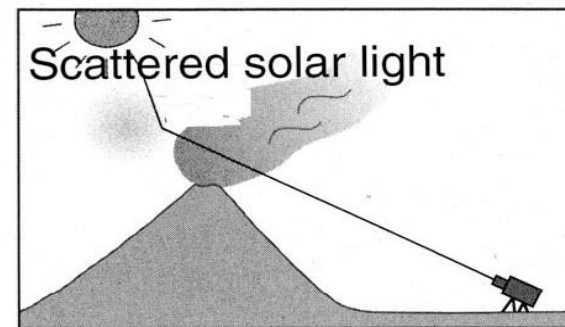
Natural Infrared Light Source



Hot lava dome:
Unzen < SO_2 , HCl >



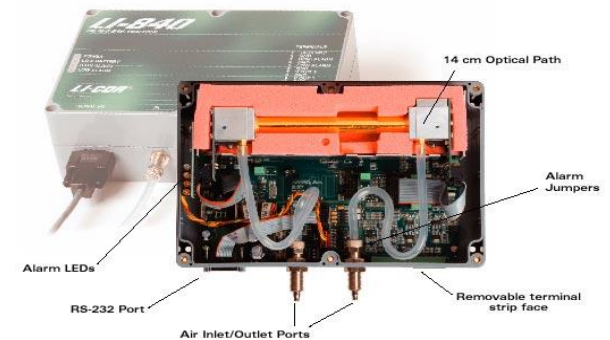
Hot ground:
Aso, Usu, Satsuma-Iwojima

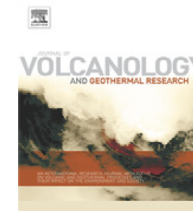


Scattered solar light:
Sakurajima,
Miyakejima, Asama

Multi-Gas equipment

- For H_2O and CO_2 :
Licor Li-840 NDIR spectrometer
- For SO_2 :
SO₂-S-100 electrochemical sensor (INGV-type)
KTS-512P(GSJ-type)
- For H_2S :
H₂S-S-50 model Membrapor





Fumarole compositions and mercury emissions from the Tatum Volcanic Field, Taiwan: Results from multi-component gas analyser, portable mercury spectrometer and direct sampling techniques

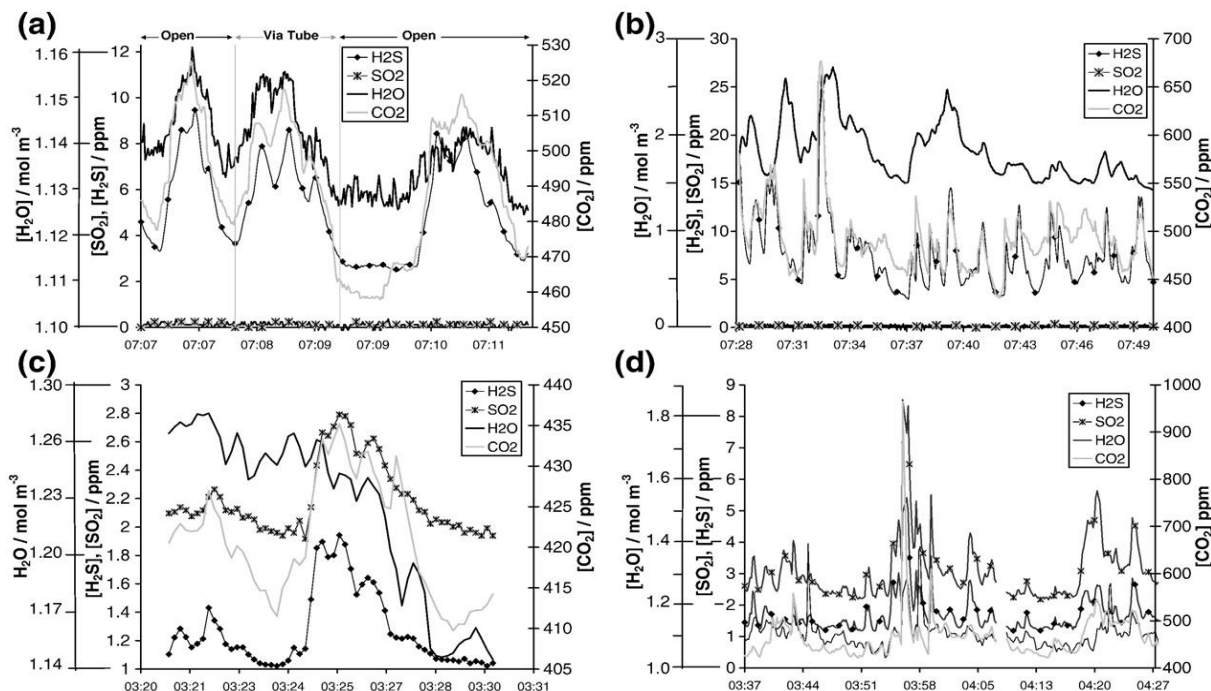
M.L.I. Witt^{a,*}, T.P. Fischer^b, D.M. Pyle^a, T.F. Yang^c, G.F. Zellmer^d

Methods:

- ① Multi-GAS,
- ② Giggenbach flask
- ③ GEM (gaseous elemental mercury)

GAS: CO₂, SO₂, H₂S, Hg

Place: DYK & GTP



現地氣體成分連續分析



- August 1998, continuous monitoring of CO₂ efflux at HSL:
 - ◆ Establish a baseline of variability of CO₂ efflux
 - ◆ Identify causal factors for variation in the CO₂ efflux rate (seismicity, crustal deformation, and/or meteorological variations)

Soil-efflux measurements

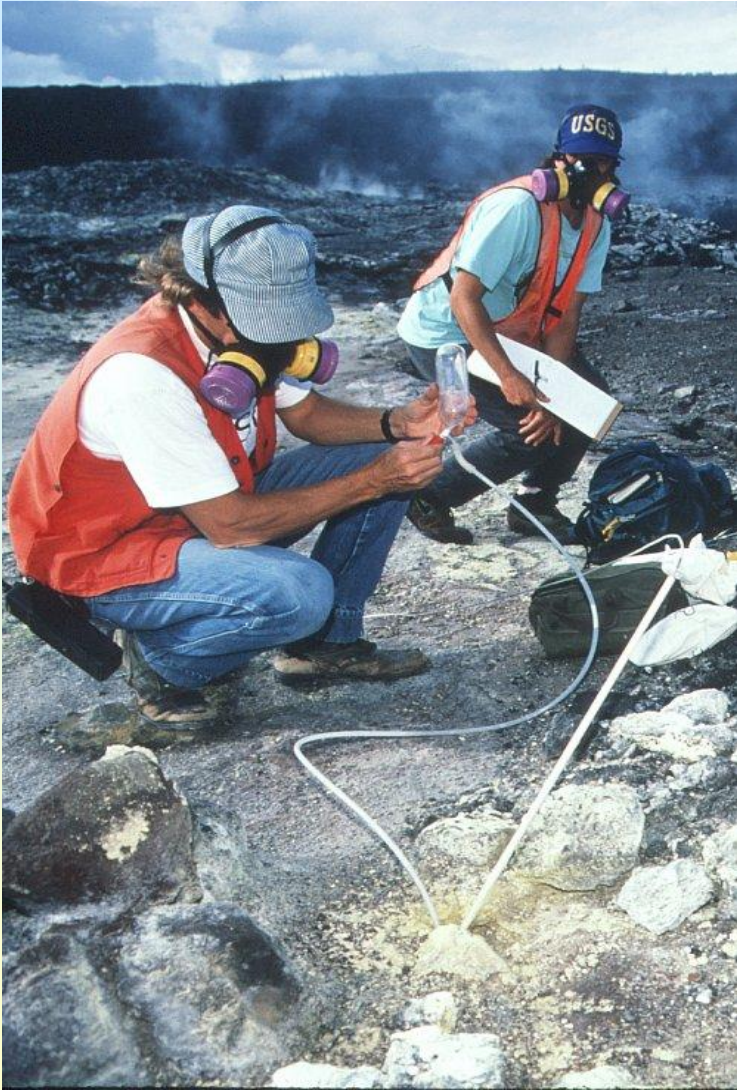


Gas-accumulation chamber



LI-COR analyzer on backpack, Kilauea Volcano

直接採樣帶回實驗室分析



Collecting gas samples from a fumarole on
Mageik volcano, Alaska

2000 7th Field Workshop on Volcanic Gases



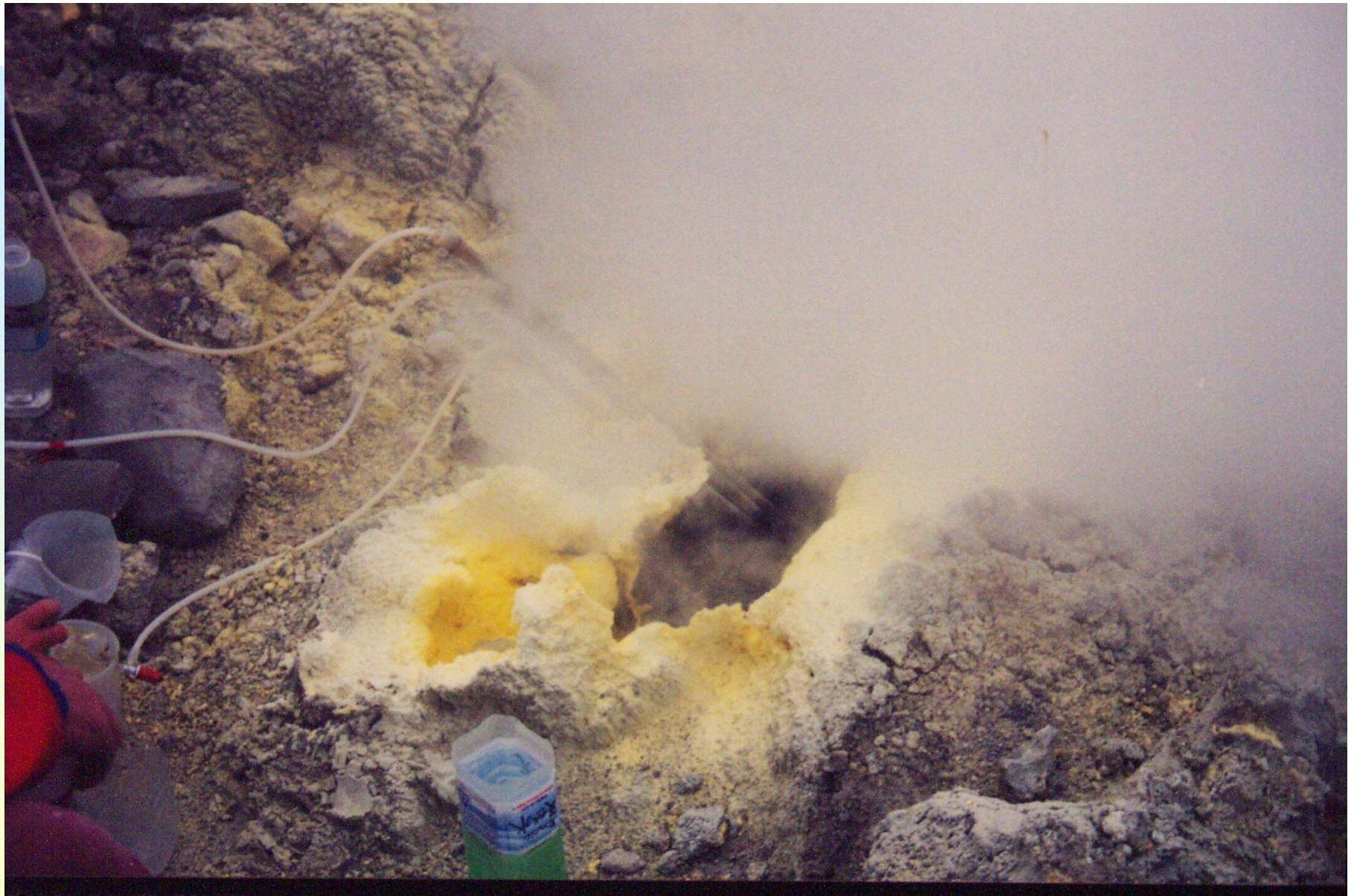
Satsuma-Iwojima, Japan







Low temp fumaroles (110C)

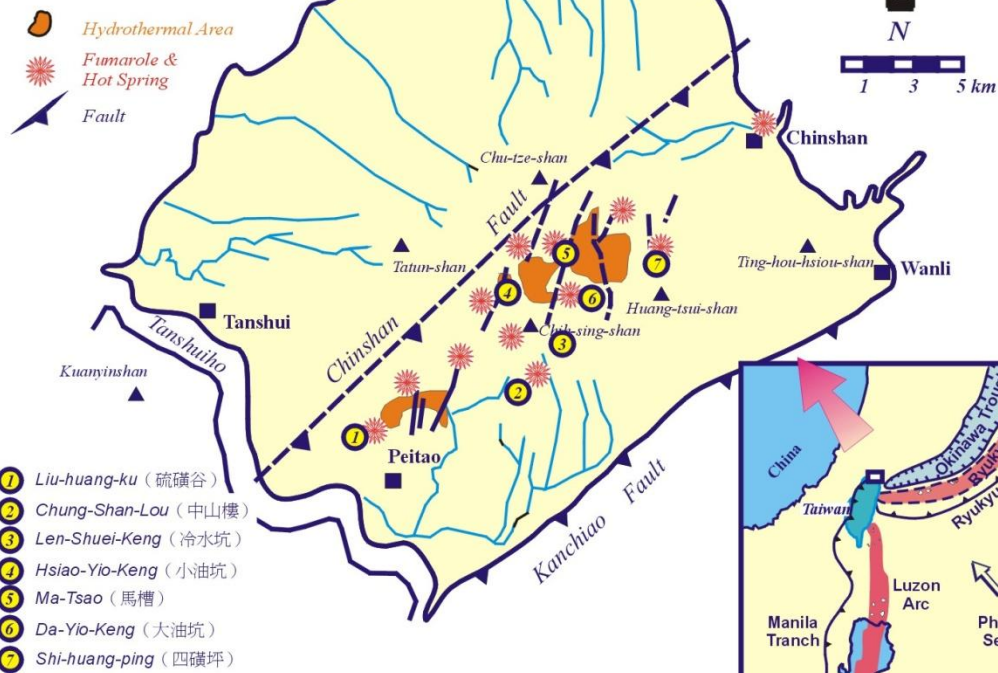




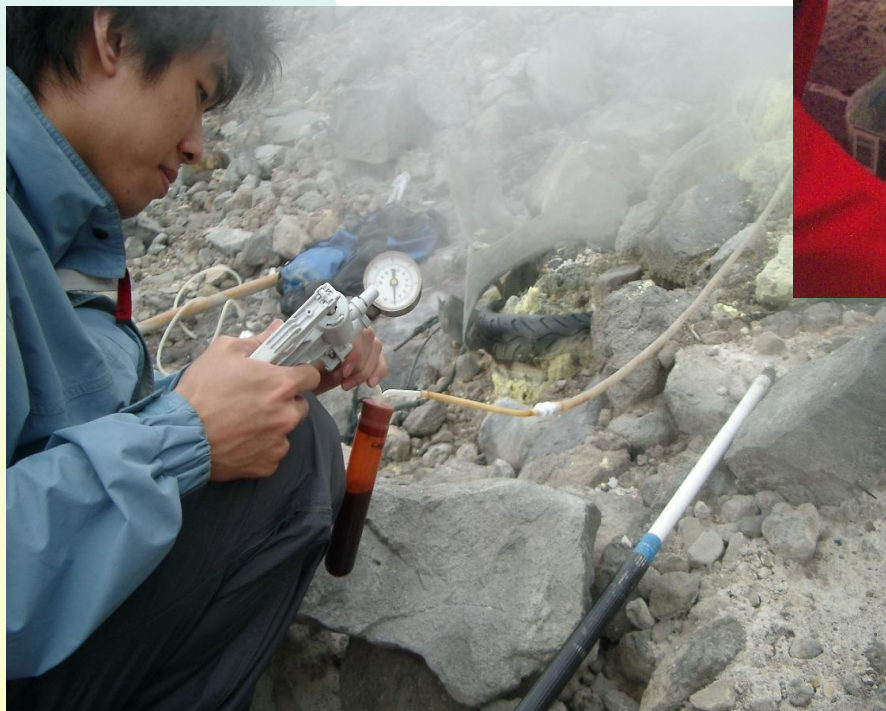
High temp fumaroles (810C)



採樣地點



火山氣體採樣



- 參考世界著名實驗室之採樣與分析方法，改進適用於我們的方法。

67~98% H₂O

大屯火山群各地區之氣體成份

Sample No.	採樣地點	樣品種類	He ppm	H ₂ ppm	Ar ppm	O ₂ ppm	N ₂ ppm	CO ppm	CH ₄ ppm	C ₂ H ₆ ppm	HCl ppm	total S %	CO ₂ %	H ₂ O %
021031-LHK-1	硫磺谷	噴氣	0.02	0.00	0.11	3.69	13.56	0.00	5.28	0.02	0.29	1.11%	8.49%	90.40%
021222-LHK-1	硫磺谷	噴氣	0.01	0.00	0.03	1.86	10.74	0.00	4.56	0.02	0.82	1.31%	8.86%	89.83%
021222-SYK	小油坑	噴氣	0.01	0.60	0.02	1.56	7.17	0.00	14.91	0.06	1.69	0.45%	7.13%	92.41%
030108-SYK	小油坑	噴氣	0.01	0.70	0.05	2.21	8.85	0.00	13.17	0.00	0.89	0.46%	10.32%	89.22%
021031-LSK	冷水坑	噴氣	0.04	0.49	0.08	3.40	24.22	0.01	8.46	0.05	1.98	4.75%	28.41%	66.83%
021223-LSK	冷水坑	噴氣	0.01	0.38	0.02	2.10	10.06	0.00	3.40	0.02	0.23	2.21%	9.73%	88.05%
021127-DYK	大油坑	噴氣	0.00	0.00	0.15	5.33	11.10	0.01	0.00	0.00	0.67	0.13%	2.09%	97.78%
021223-DYK	大油坑	噴氣	0.01	0.00	0.16	6.69	24.85	0.00	0.15	0.00	0.58	0.23%	6.36%	93.40%
021031-BY	八煙	噴氣	0.06	0.01	0.06	2.55	19.60	0.00	37.53	0.15	0.89	0.14%	20.04%	79.82%
021224-BY	八煙	噴氣	0.05	0.01	0.02	3.72	143.18	0.00	36.48	0.20	1.36	0.23%	17.06%	82.69%
021224-SHP	四磺坪	噴氣	0.02	0.02	0.07	3.75	14.80	0.00	9.27	0.03	0.29	1.41%	15.78%	82.81%
030108-SHP	四磺坪	噴氣	0.04	0.03	0.14	2.32	21.14	0.00	14.78	0.00	0.98	1.90%	23.64%	74.45%
021031-TRK	地熱谷	氣泡	0.09	35.8	3.23	13.97	139.6	0.03	17.63	0.57	143	6.59%	73.24%	20.13%
021127-TRK	地熱谷	氣泡	0.00	43.8	2.13	27.01	118.6	0.00	11.18	0.00	661	4.37%	42.26%	53.29%
021031-LHK-2	硫磺谷	氣泡	0.11	0.48	0.45	11.09	86.95	0.02	47.34	0.16	3.26	7.50%	89.38%	3.10%
021127-LHK-2	硫磺谷	氣泡	0.05	0.05	1.06	31.90	101.3	0.00	28.95	0.11	2.62	4.84%	90.06%	5.09%
021223-CSL	中山樓	氣泡	0.13	0.37	1.07	22.25	173.8	0.00	18.75	0.06	9.54	8.57%	88.07%	3.33%
030109-CSL	中山樓	氣泡	0.17	0.45	2.69	18.05	230.8	0.00	25.46	0.00	6.34	6.47%	88.35%	5.15%
021031-MS	馬槽	氣泡	0.11	0.11	0.58	15.96	56.90	0.01	84.32	0.92	4.24	1.66%	60.56%	37.76%
021224-MS	馬槽	氣泡	0.07	0.12	0.28	20.35	28.04	0.00	73.11	0.83	4.42	1.27%	42.04%	56.68%
021031-DP	大埔	氣泡	0.79	0.09	1.62	15.33	327.0	0.02	350.8	1.06	17.59	0.05%	96.69%	3.19%
021127-DP	大埔	氣泡	1.04	0.10	3.38	58.74	511.0	0.00	567.0	1.76	11.44	0.04%	90.76%	9.09%

Lee et al. (2005)

H₂O+CO₂+S > 99.9%

81~99.9% CO₂

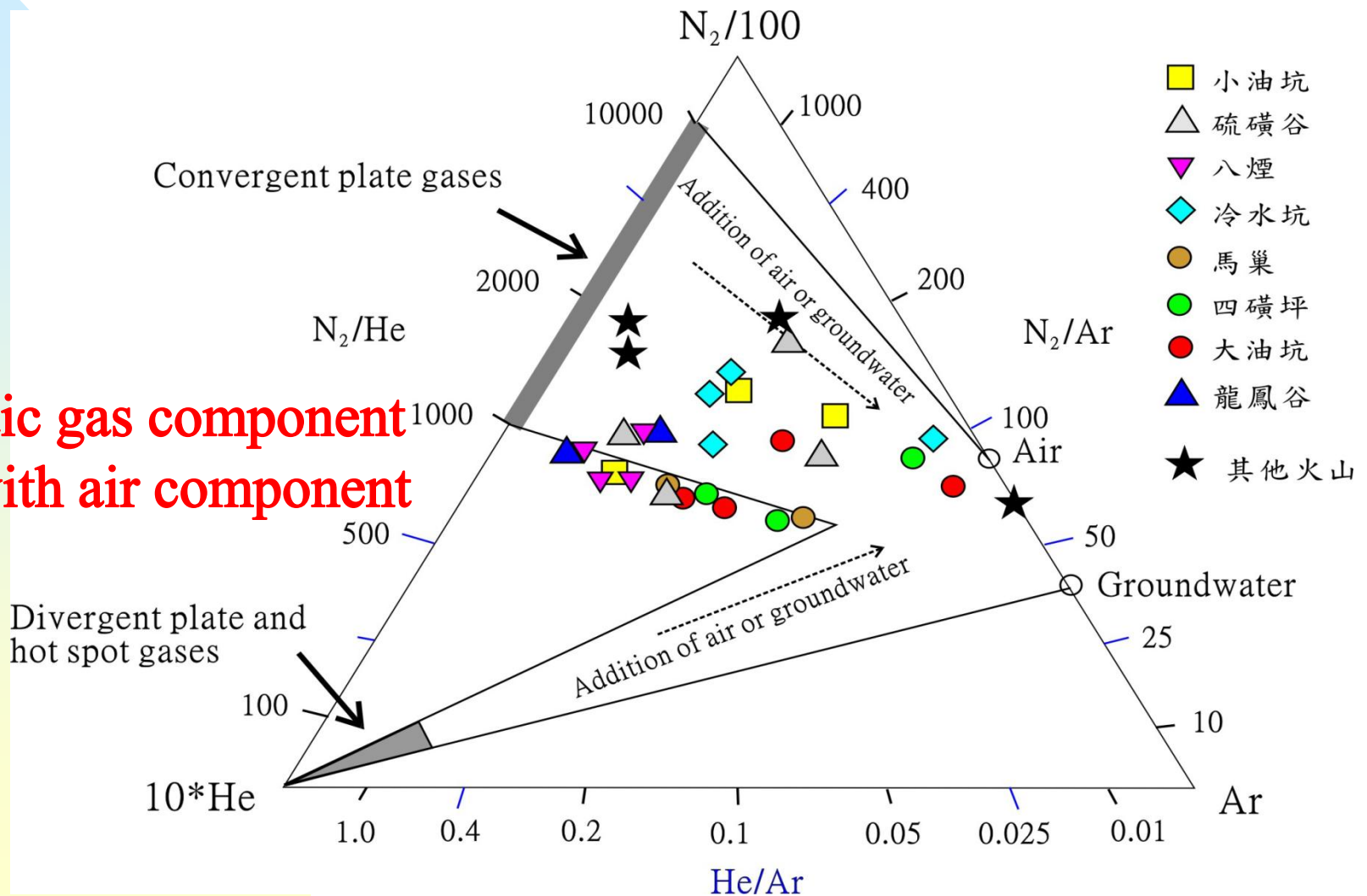
大屯火山群各地區之氣體除水後成份

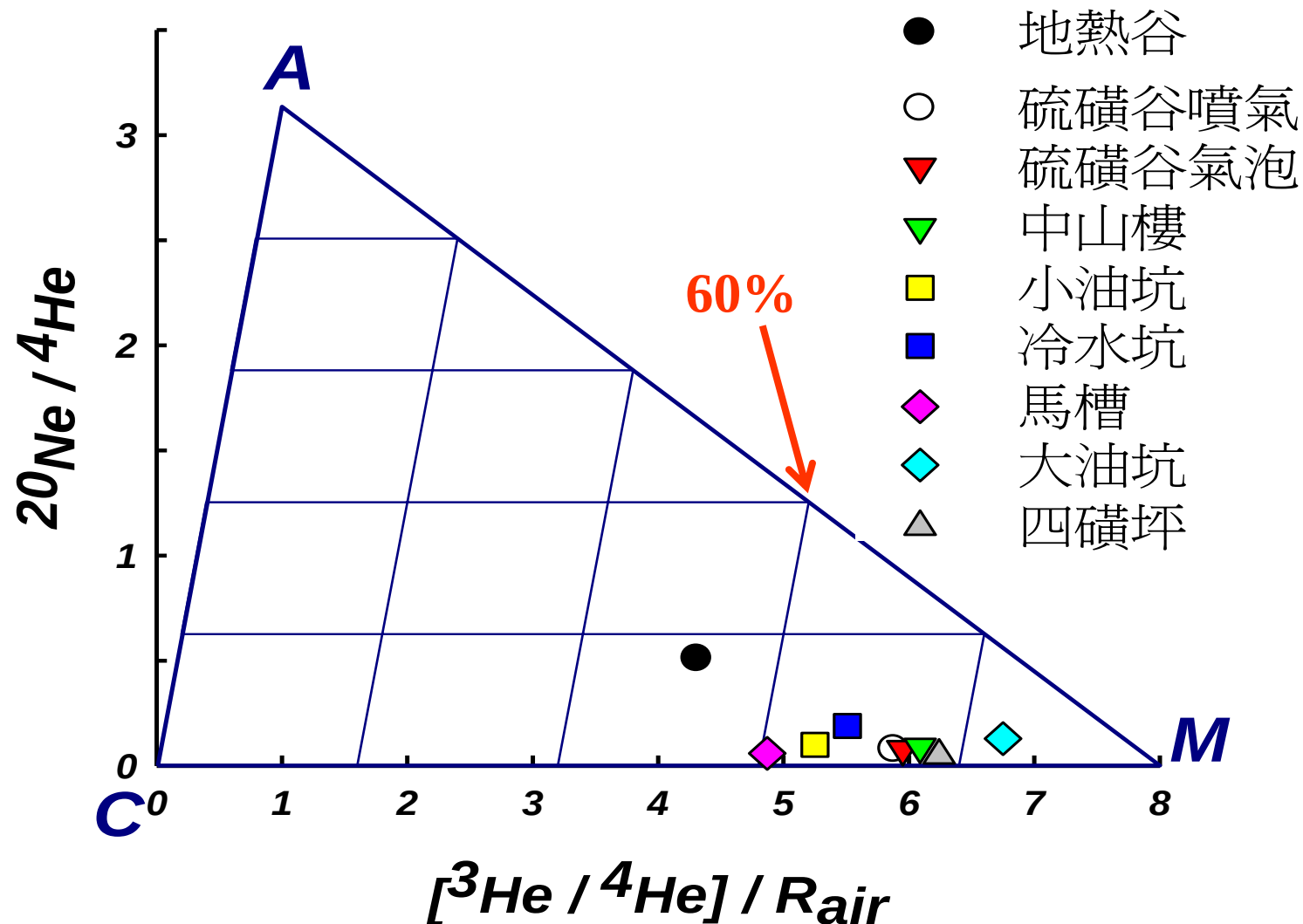
Sample No.	採樣地點	樣品種類	He ppm	H ₂ ppm	Ar ppm	O ₂ ppm	N ₂ ppm	CO ppm	CH ₄ ppm	C ₂ H ₆ ppb	HCl ppm	H ₂ S %	SO ₂ %	CO ₂ %
021031-LHK-1	硫磺谷	噴氣	0.17	0.03	1.16	38.43	141.24	0.03	55.02	0.17	3.05	11.52%	0.03%	88.43%
021222-LHK-1	硫磺谷	噴氣	0.11	0.01	0.29	18.24	105.58	0.00	44.84	0.16	8.07	12.79%	0.06%	87.13%
021222-SYK	小油坑	噴氣	0.12	7.85	0.20	20.58	94.46	0.00	196.5	0.76	22.29	5.92%	0.06%	93.98%
030108-SYK	小油坑	噴氣	0.06	6.53	0.50	20.54	82.15	0.00	122.2	0.00	8.25	4.24%	0.02%	95.71%
021031-LSK	冷水坑	噴氣	0.12	1.49	0.24	10.25	73.04	0.02	25.51	0.15	5.96	14.28%	0.03%	85.67%
021223-LSK	冷水坑	噴氣	0.09	3.14	0.19	17.54	84.18	0.00	28.45	0.15	1.94	17.89%	0.65%	81.45%
021127-DYK	大油坑	噴氣	0.00	0.00	6.56	240.3	500.2	0.41	0.00	0.00	30.34	4.10%	1.61%	94.21%
021223-DYK	大油坑	噴氣	0.19	0.01	2.36	101.4	376.8	0.01	2.27	0.00	8.73	3.25%	0.24%	96.47%
021031-BY	八煙	噴氣	0.30	0.05	0.31	12.65	97.15	0.01	186.0	0.73	4.39	0.61%	0.08%	99.28%
021224-BY	八煙	噴氣	0.27	0.07	0.11	21.49	827.0	0.00	210.7	1.14	7.88	1.26%	0.08%	98.56%
021224-SHP	四磺坪	噴氣	0.14	0.10	0.41	21.82	86.08	0.00	53.95	0.15	1.66	8.19%	0.04%	91.76%
030108-SHP	四磺坪	噴氣	0.14	0.13	0.55	9.07	82.73	0.00	57.84	0.00	3.82	7.42%	0.03%	92.53%
021031-TRK	地熱谷	氣泡	0.11	44.8	4.04	17.50	174.8	0.03	22.08	0.72	179.2	8.08%	0.17%	91.71%
021127-TRK	地熱谷	氣泡	0.00	93.7	4.56	57.83	253.8	0.00	23.93	0.00	1415	9.34%	0.01%	90.47%
021031-LHK-2	硫磺谷	氣泡	0.12	0.49	0.46	11.45	89.74	0.02	48.85	0.16	3.37	7.72%	0.02%	92.24%
021127-LHK-2	硫磺谷	氣泡	0.05	0.06	1.12	33.61	106.8	0.00	30.50	0.12	2.76	5.09%	0.00%	94.89%
021223-CSL	中山樓	氣泡	0.14	0.39	1.11	23.02	179.8	0.00	19.39	0.06	9.87	8.85%	0.02%	91.11%
030109-CSL	中山樓	氣泡	0.18	0.47	2.83	19.03	243.3	0.00	26.85	0.00	6.68	6.80%	0.02%	93.15%
021031-MS	馬槽	氣泡	0.17	0.17	0.93	25.65	91.42	0.01	135.5	1.48	6.80	2.67%	0.01%	97.30%
021224-MS	馬槽	氣泡	0.17	0.27	0.64	46.98	64.74	0.00	168.8	1.92	10.20	2.92%	0.01%	97.04%
021031-DP	大埔	氣泡	0.81	0.09	1.68	15.83	337.8	0.02	362.4	1.10	18.17	0.05%	0.00%	99.88%
021127-DP	大埔	氣泡	1.15	0.11	3.72	64.62	562.1	0.00	623.7	1.93	12.59	0.04%	0.00%	99.83%

0.04~18% total S

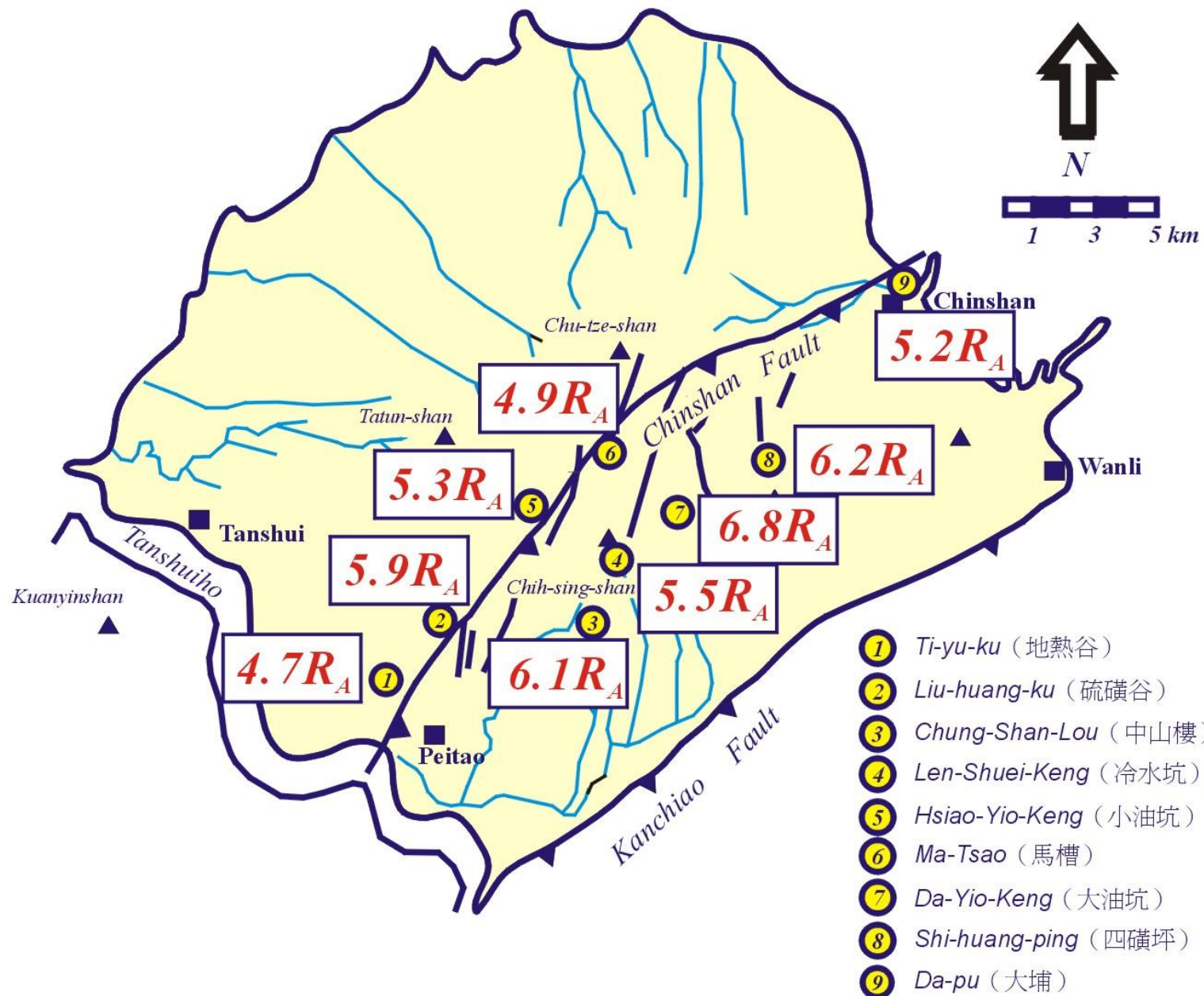
大屯火山氣體成份投圖

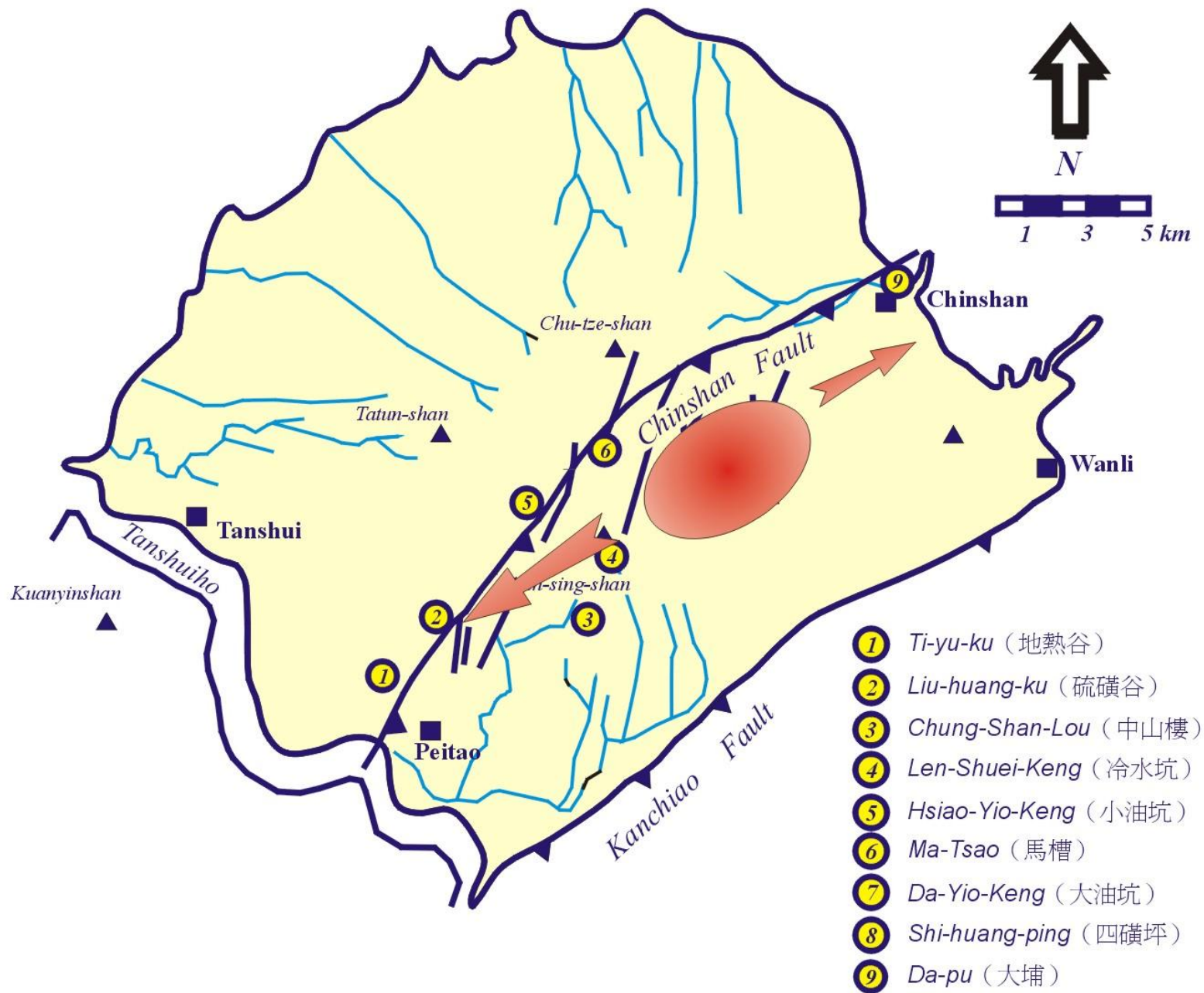
Magmatic gas component
mixed with air component

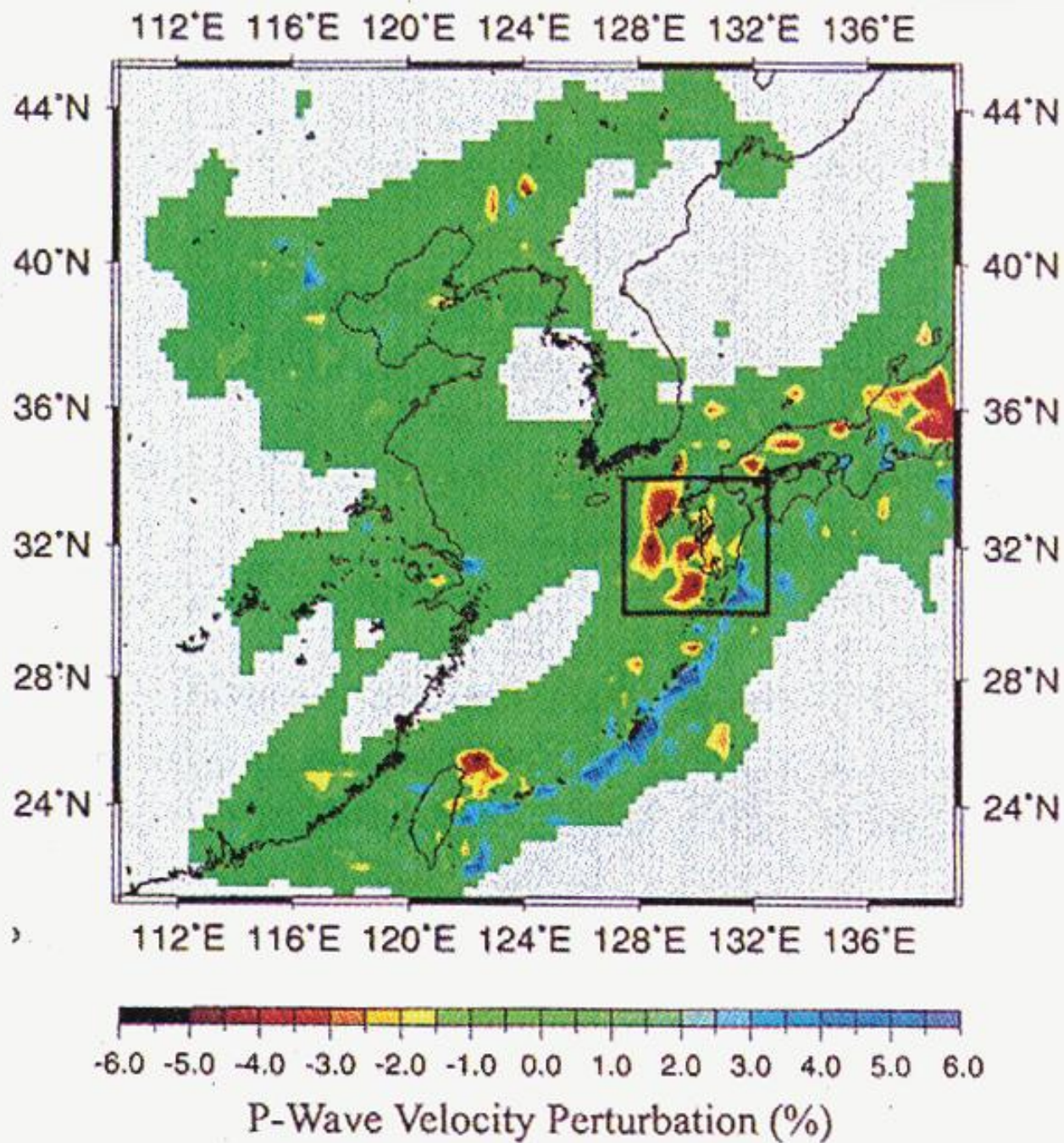




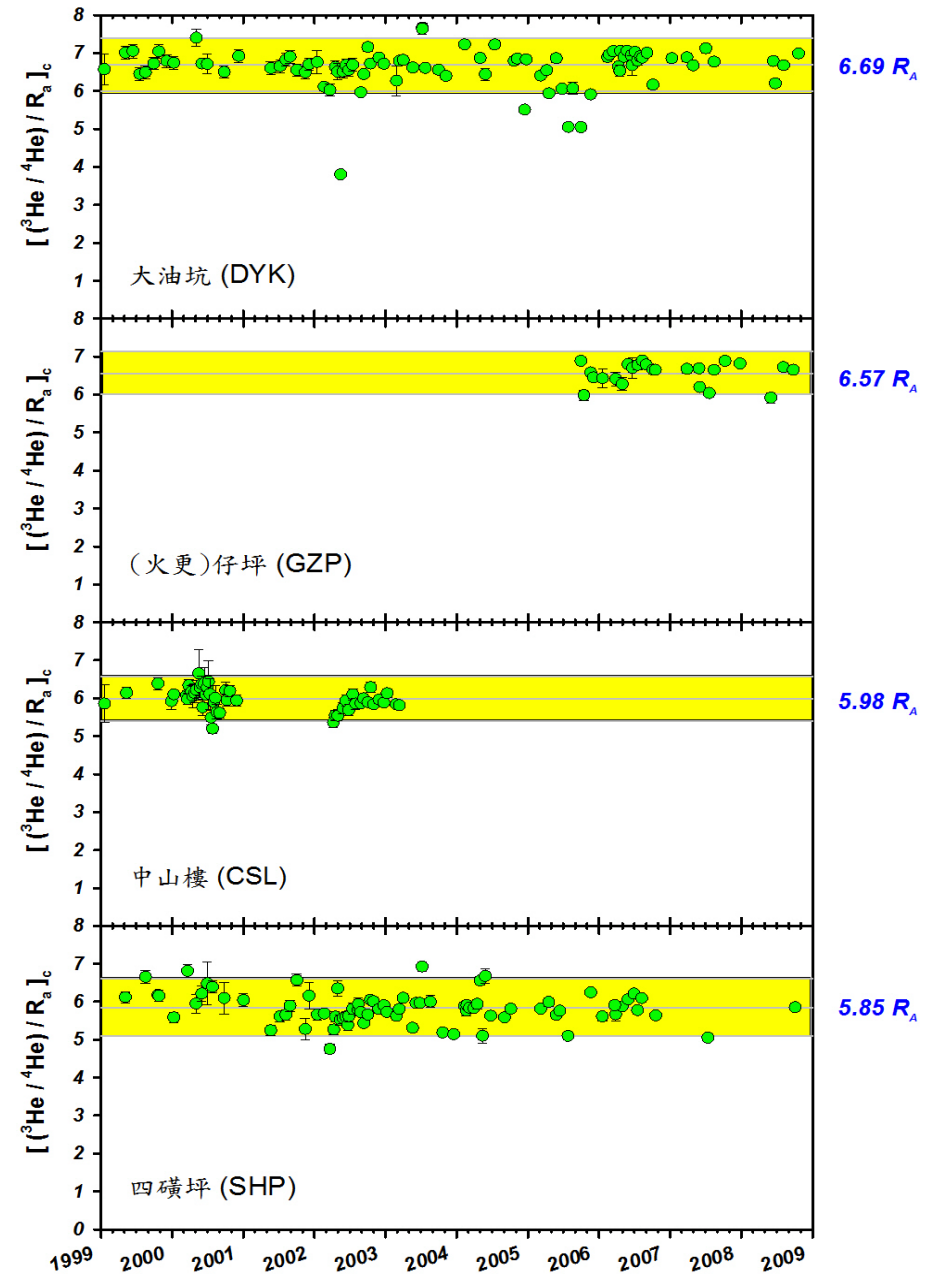
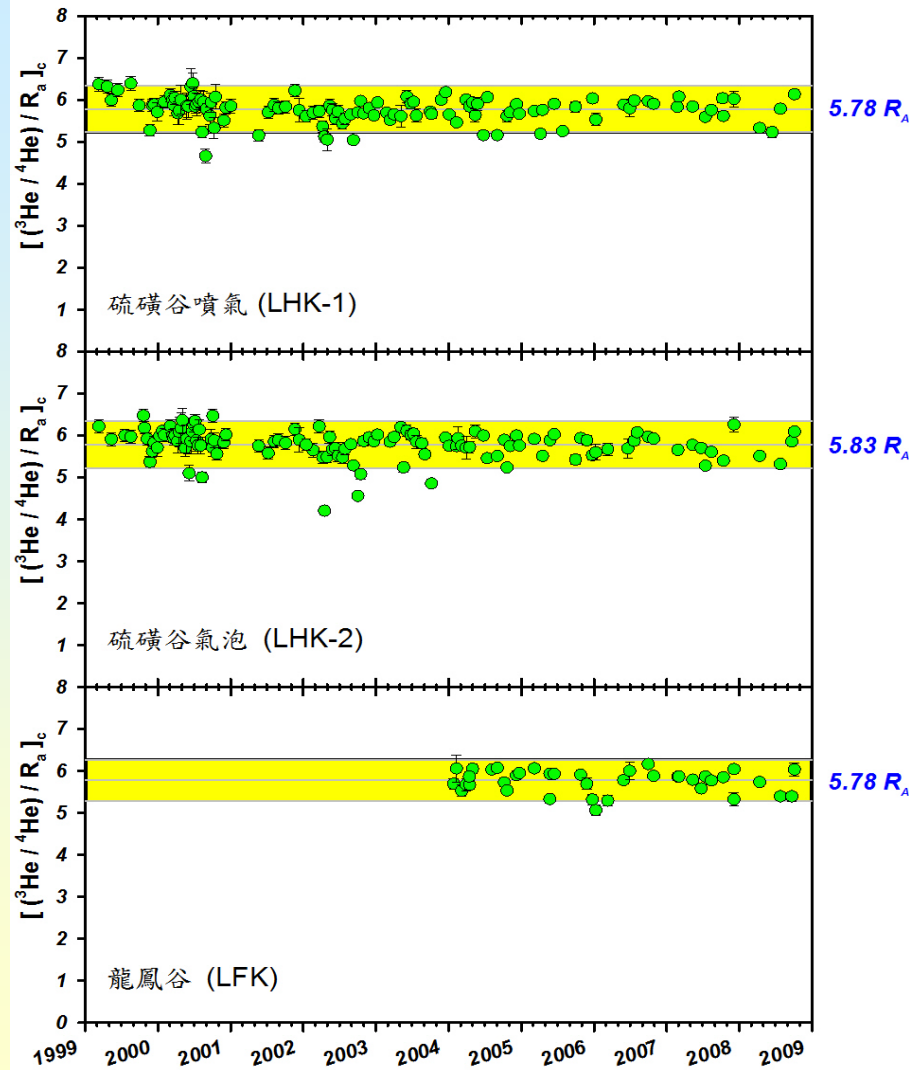
在大氣 (A)、地殼 (C) 及上部地函 (M) 三端元成份中，除地熱谷外大屯火山區之氣體，幾乎皆有 >60% 的地函源氦氣成份。



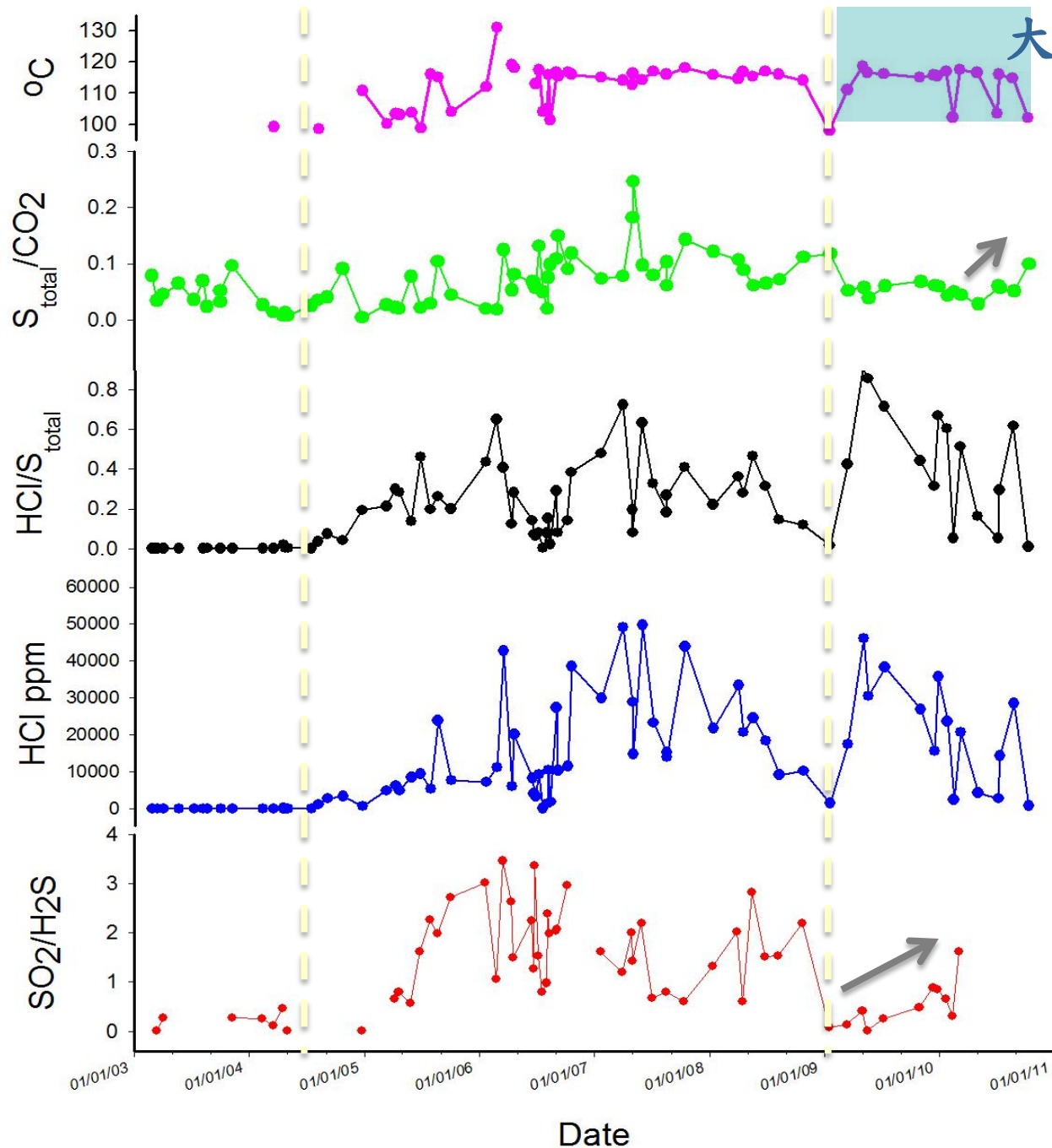




連續分析結果



大油坑氣體成分連續變化圖



$S_{\text{total}}/\text{CO}_2$ 的上升，代表氣體有較多岩漿來源或是受到較少次級反應的影響。

成分開始有變化

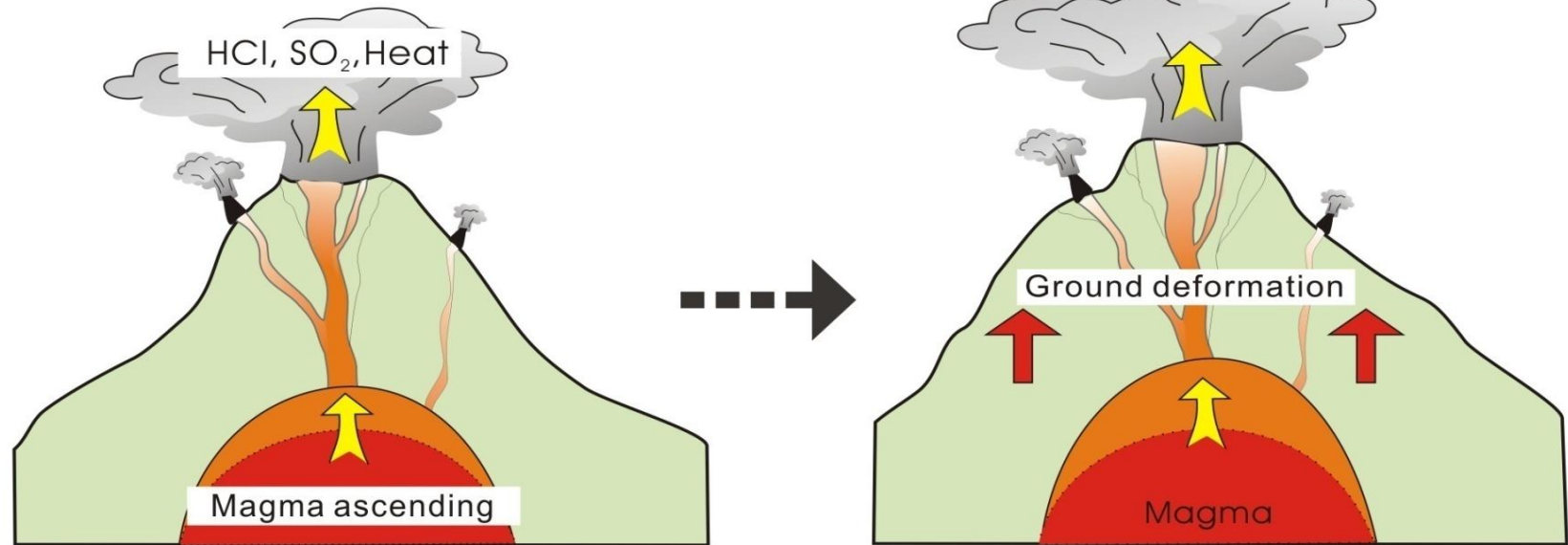
2009年1月，不管是 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 的值、 HCl 以及 $\text{HCl}/S_{\text{total}}$ 都有驟降的變化；可能與溫度的驟降有關。

及至2010年3月， $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 的比值上升並大於1，但 HCl 以及 $\text{HCl}/S_{\text{total}}$ 卻下降。目前硫化物種類以 SO_2 為主。

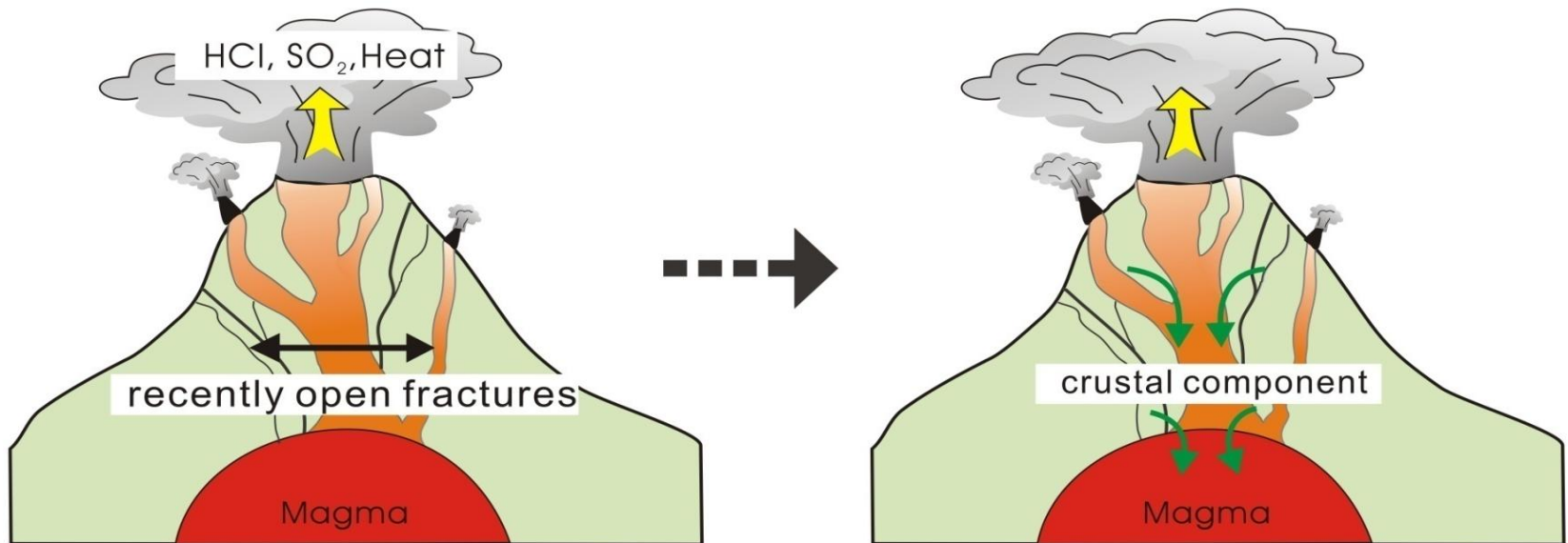
異常變化

- 自2004年8月至今，大屯火山地區噴氣孔氣體成分有些異常變化發生：
 - ◆ 大油坑噴氣孔氣體中的HCl濃度和溫度逐漸上升中， $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 的比值也有升高。
 - ◆ 2006下半年至今，由總硫量(S_t)對 CO_2 做圖可以看出其比值(S_t/CO_2)有上升的趨勢，顯示大油坑的噴氣中的硫化物增加中，亦即有更多氣體來源來自岩漿。

A



B



小 結

- 本地區火山噴氣成份以水氣含量佔絕大部分 (>90%) ；各地區除水後氣體成份，仍以二氧化碳為主要組成 (>92%) 、硫化物次之；為典型低溫火山氣體成份。
- 大油坑雖然在2009年1月，不管是 $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 的值、 HCl 以及 $\text{HCl}/\text{S}_{\text{total}}$ 都有驟降的變化，隨後這些值皆回升；及至2010年3月， $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ 的值確實上升並大於1，但 HCl 以及 $\text{HCl}/\text{S}_{\text{total}}$ 卻下降。目前硫化物種類以 SO_2 為主。
- 大油坑地區 $\text{S}_{\text{total}}/\text{CO}_2$ 的比值上升，代表代表氣體有較多岩漿來源或是受到較少次級反應的影響。
- 大多數的噴氣孔氣體成分上並無明顯變化，顯示逸氣系統穩定。

火山監測

直接採樣

危險!!



土壤逸氣通量

安全



二氧化碳

- ◆ 在岩漿中含量僅次於水氣
- ◆ 岩漿上升過程中，最早被釋出的氣體之一
- ◆ 可作為岩漿上升的指示劑
- ◆ 除了從火山口被釋放至大氣，也會自火山地區的土壤逸散至大氣中

在安全的範圍內監測火山活動

監測站位置



監測站內部配置圖

Closed-chamber method

- ◆ **Sensor**

EDINBURGH – NDIR 0-30%

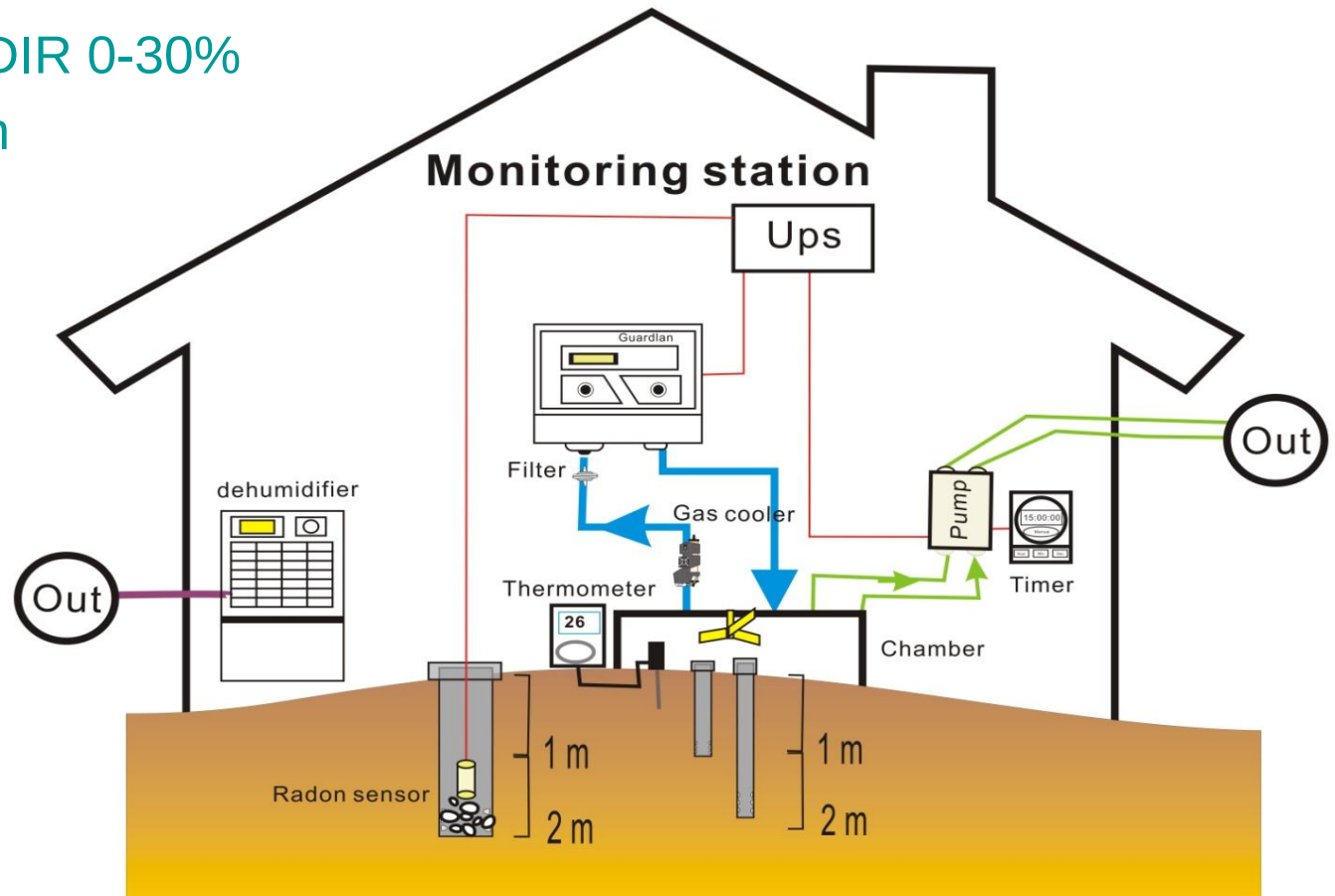
Flow rate : 1 L/min

- ◆ **Chamber**

Fan

capillary

- ◆ **pump**

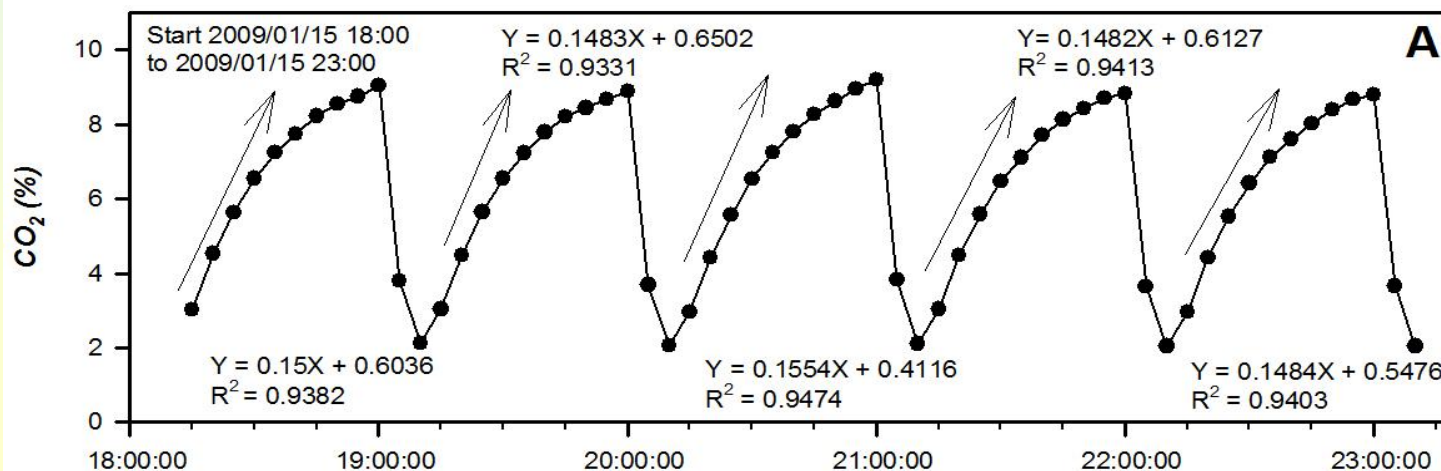


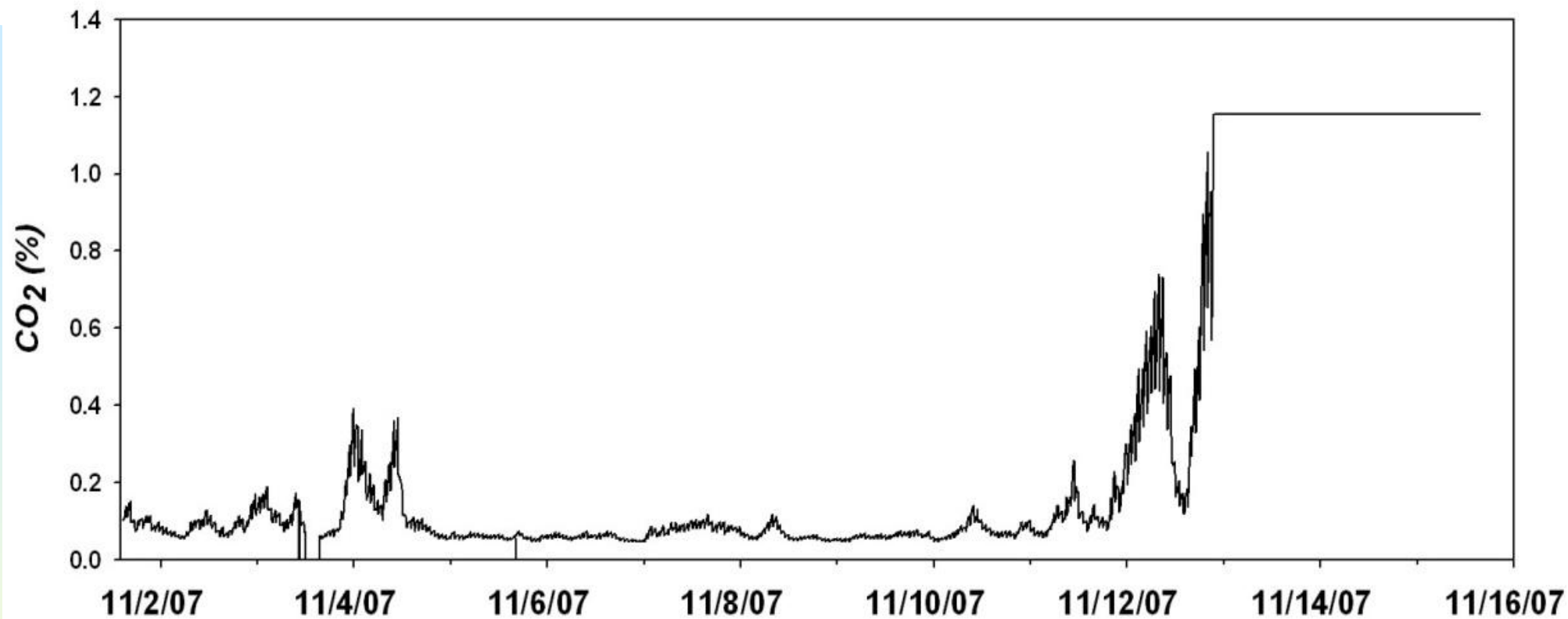


監測站完成

通量計算

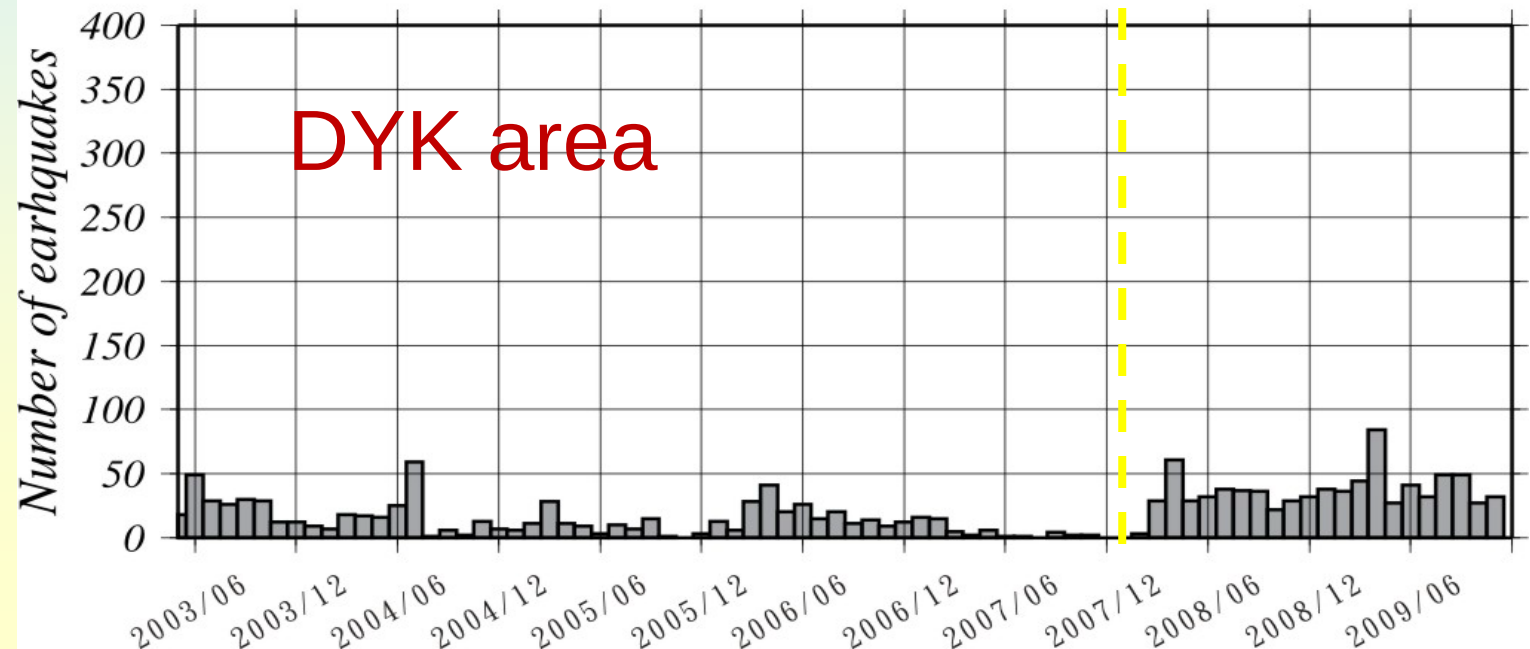
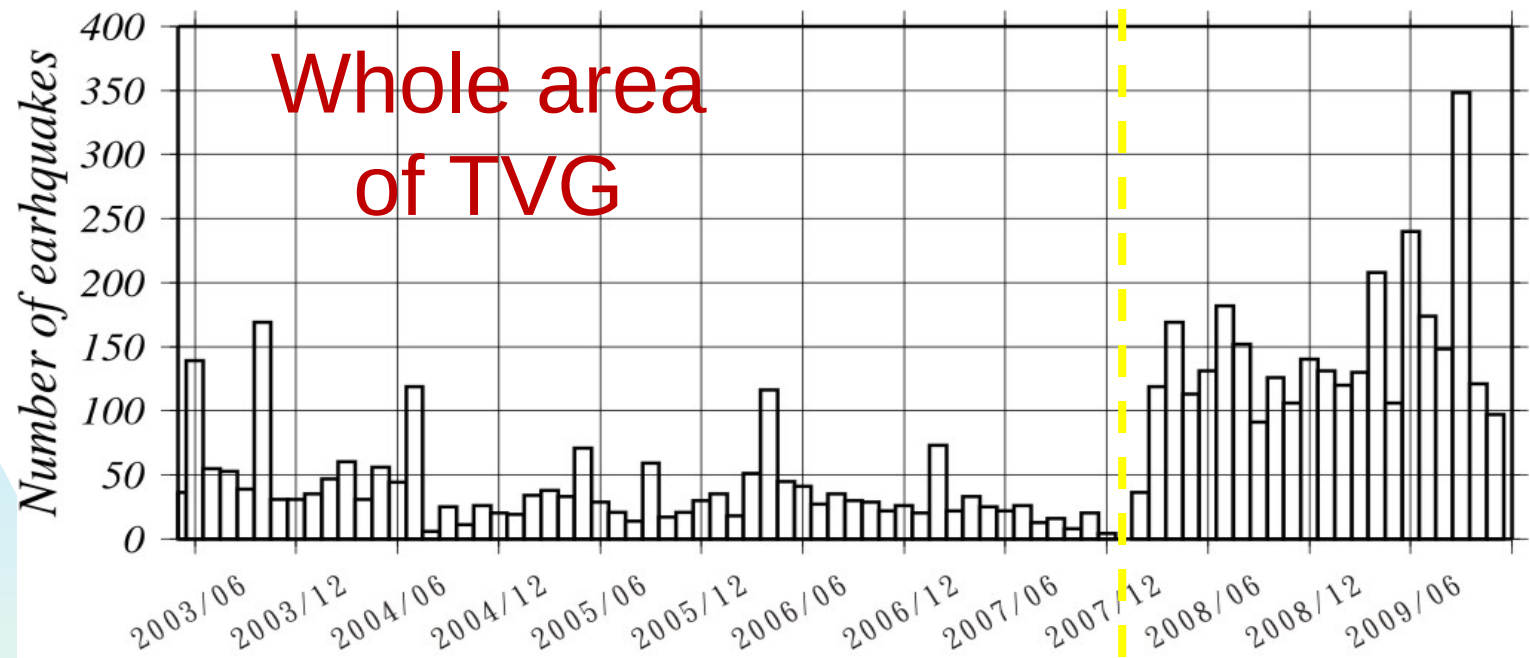
- ◆ 24小時連續監測
- ◆ 每5分鐘分析一筆數據
- ◆ 每小時將氣罩中氣體排出
- ◆ 利用線性迴歸計算逸氣通量





	CH4	N2	O2	H2S	Ar	CO2	SO2	Total
071116-SYK-1	0.00%	76.61%	20.22%	0.14%	0.96%	2.07%	0.00%	100.00%
071116-SYK-2	0.00%	76.68%	20.16%	0.14%	0.94%	1.960%	0.00%	100.00%
SYK 鐵管*	2.13%	4.49%	0.44%	6.26%	0.014%	86.53%	0.04%	100.00%

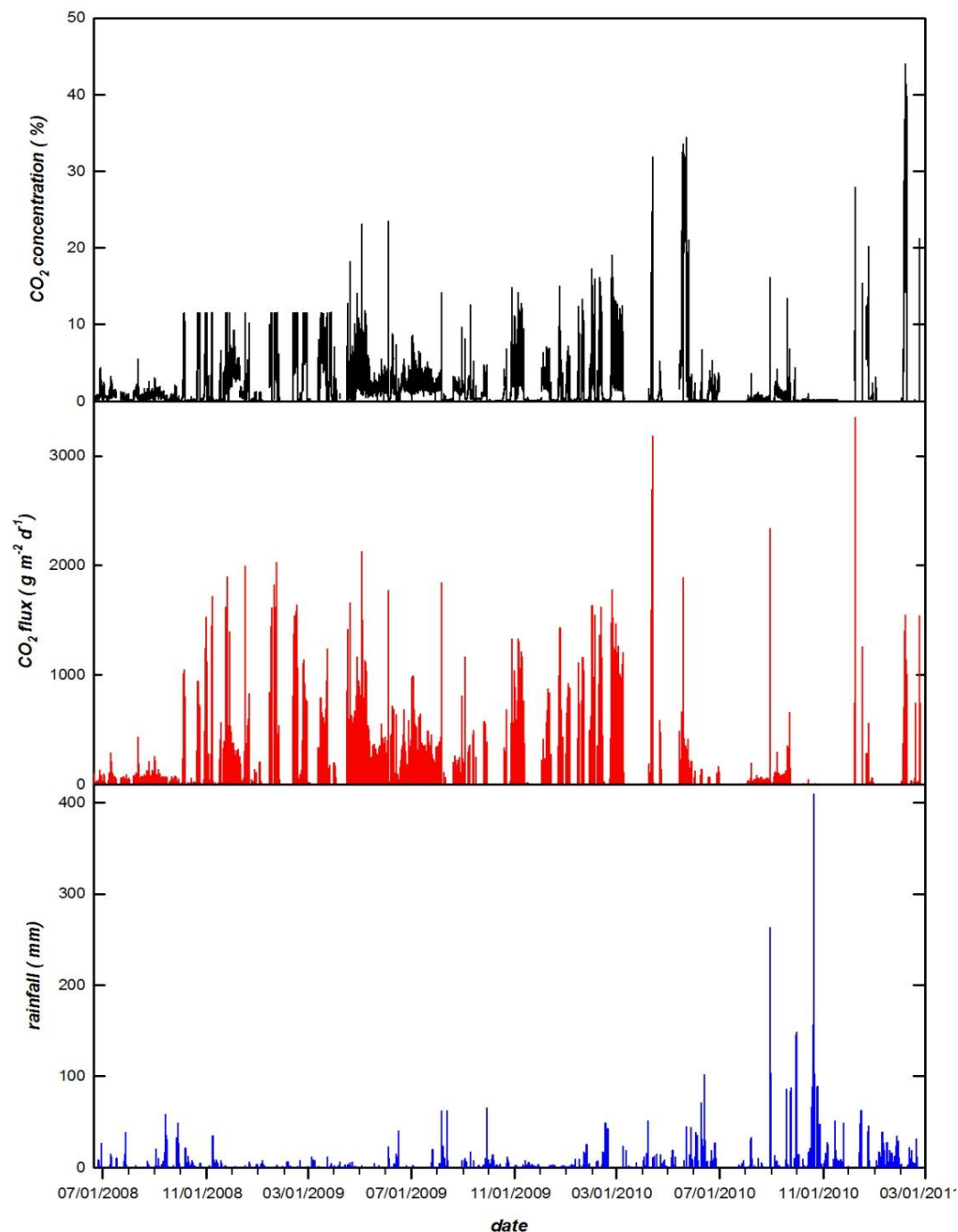
EQ no.



Lin (2010)

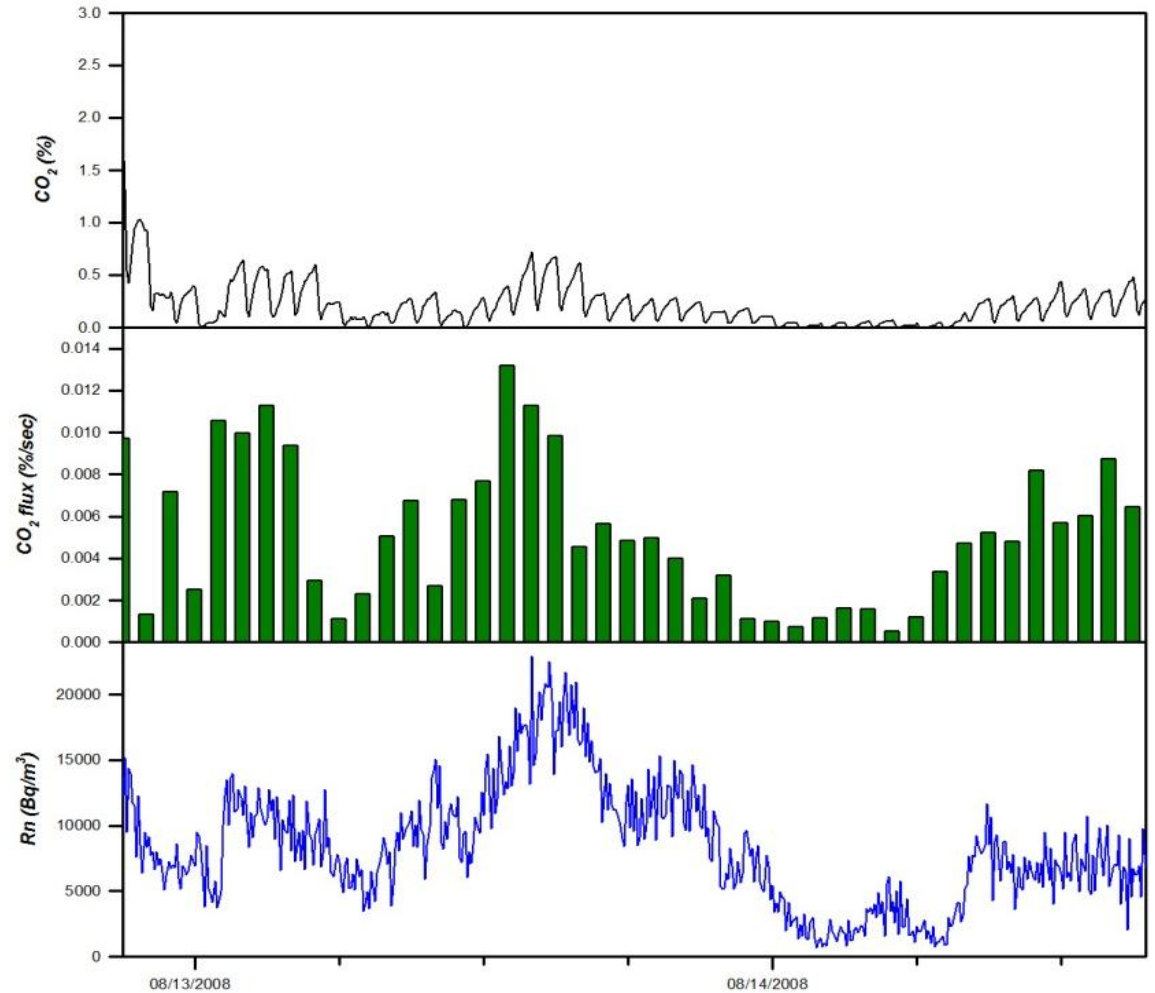
結果

1. 逸氣通量為0.012至3350 $\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$
2. 逸氣通量變化明顯，可能與當地的逸氣型態有關



結果

- ◆ 氬氣濃度變化與二氧化碳逸氣通量有相似的變化趨勢，故而推測此處二氧化碳為氬氣的攜行氣體。



Yang et al. (2011)

結 論

- 大屯火山群具有很高的地溫梯度、活躍的地熱活動、很高比例的地函成分、很頻繁的火山地震
=> 可能地底仍有岩漿庫活動，為一活火山!!
- 由目前地球化學與地球物理監測的結果顯示，大屯火山群仍是相當活躍、但是相對穩定，並未有立即噴發的徵兆，唯仍持續監測。

- Research funds from NSC, GSC, YMS National Park
- Thanks for their efforts of all staffs in our group !

