

陽明山國家公園

地熱噴氣之空氣品質影響研究

研究主持人：鄭 福 田

協同主持人：蔡 俊 鴻

研究助理：蔡 朝 棟

委託單位：內政部
營建署 陽明山國家公園管理處

執行單位：國立台灣大學環境工程學研究所

中華民國七十九年六月三十日印製

中文摘要

本研究主要目的在調查分析陽明山國家公園範圍內，地熱噴氣作用所造成附近區域空氣品質變異現象，及其可能對人體造成之影響，以供規劃設置禁制或警告標示之參考。

研究工作乃於陽明山國家公園範圍內之大磺嘴、硫磺谷、小油坑、馬槽、大油坑及石碇子坪等地熱噴氣孔附近區域及陽明山國家公園管理處進行現場調查測試，包括地熱噴氣及大氣環境中硫化氫、二氧化硫、氟酸氣、氨及粒狀物之濃度分析。每處調查分析區域分別於13至18個地點採樣分析，並於不同季節分別進行，以比較地熱噴氣孔附近區域空氣污染物濃度之變異特性。

依據調查分析結果，本研究報告獲致如下結論：

1. 陽明山國家公園範圍之地熱噴氣作用，造成噴氣孔附近地區大氣環境中之硫化氫、二氧化硫、氟酸氣及氨濃度明顯高於一般大氣環境之現象。
2. 噴氣孔附近地區之空氣品質受噴氣量及地形等因素影響甚大。
3. 陽明山地熱噴氣濃度
 - (1) 硫化氫濃度值0.48~37.5ppm
 - (2) 二氧化硫濃度值0.03~15.7ppm
 - (3) 氟酸氣濃度值0.55~30.0ppm
 - (4) 氨濃度值0.25~32.9ppm

4. 噴氣孔附近地區之硫化氫濃度

(1) $0.02 \sim 15 \text{ ppm}$

(2) 春季濃度略高

(3) 硫磺谷濃度略高於其它地區

5. 噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度

(1) $0.02 \sim 7 \text{ ppm}$

(2) 春季濃度略高

(3) 大油坑、石磺子坪之濃度略高

6. 噴氣孔附近地區之氰酸氣濃度

(1) $0.1 \sim 12 \text{ ppm}$

(2) 夏季濃度略高

(3) 硫磺谷、石磺子坪濃度略高

7. 噴氣孔附近地區之氮氣濃度

(1) $0.1 \sim 15 \text{ ppm}$

(2) 夏季濃度略高

(3) 硫磺谷、石磺子坪濃度略高

8. 噴氣孔附近地區之粒狀物濃度

(1) $15 \sim 492 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

(2) 春季濃度略高於甚它季節

(3) 大油坑、石磺子坪之濃度略高於其它地區。

9. 以短時間曝露而言，地熱噴氣孔附近區域之各項空氣污染物濃度尚不致對人體造成直接而顯著之危害；以長時間曝露而言，則部份噴氣孔附近區域，大氣中之空氣污染物濃度已達到可造成慢性危害程度，是否會造成實際影響則尚待更進一步之研究。

Abstract

This goal of this report is to investigate and analyze the changes created in air quality in areas surrounding fumaroles in Yangmingshan National Park, and their influence on human health, in order to consider denying admittance to certain areas or posting warnings.

The research work was carried out near fumaroles in the park such as Tahuangchuei, Liuhuangku, Hsiaoyiokeng, Machao, Tayiokeng, Shihhuangtzep'ing, and Yangmingshan National Park - Construction and Planning Administration, Ministry of the Interior, and included density analysis of HCN, H_2S , SO_2 , NH_3 and Particles in the fumarole and atmospheric environment. At each location, samples were taken at from 13 to 18 spots and at different seasons to compare changes in air quality.

誌 謝

本研究承陽明山國家公園管理處劉處長慶男，林副處長培旺，與保育解說課曾課長偉宏及羅淑英小姐之支持與協助，使研究調查工作得以順利完成，謹於此表示誠摯之謝意。

研究進行期間，承蒙惇敘高工提供電源設備及場所，使研究工作順利進行，於此一併表示謝意。

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	IV
誌 謝.....	V
第一章 緒 言.....	1
1-1 研究緣起.....	1
1-2 研究目的與內容.....	1
第二章 地熱噴氣特性及其對人體健康之影響.....	3
2-1 地熱噴氣之形成.....	3
2-2 影響地熱噴氣空氣污染物濃度分佈之因素.....	4
2-3 地熱噴氣對人體之影響.....	5
第三章 研究方法.....	17
3-1 研究流程.....	17
3-2 現場調查採樣.....	17
第四章 陽明山國家公園地熱噴氣對空氣品質之影響.....	21
4-1 地熱噴氣孔之噴氣特性.....	21
4-2 噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈特性.....	22
4-3 噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈特性.....	24
4-4 噴氣孔附近地區之氰酸濃度分佈特性.....	28

4-5	噴氣孔附近地區之氯氣氫濃度分佈特性.....	30
4-6	陽明山國家公園管理處辦公大樓附近之空氣 品質時間變異特性.....	32
4-7	陽明山國家公園之粒狀物濃度分佈特性.....	33
第五章	結 論.....	35
第六章	建 議.....	37
	參考文獻.....	38
附錄一	大磺嘴噴氣孔附近地區測定值.....	157
附錄二	大磺嘴噴氣孔附近地區測定值.....	158
附錄三	硫磺谷噴氣孔附近地區測定值.....	159
附錄四	硫磺谷噴氣孔附近地區測定值.....	160
附錄五	小油坑噴氣孔附近地區測定值.....	161
附錄六	小油坑噴氣孔附近地區測定值.....	162
附錄七	馬槽噴氣孔附近地區測定值.....	163
附錄八	馬槽噴氣孔附近地區測定值.....	164
附錄九	大油坑噴氣孔附近地區測定值.....	165
附錄十	大油坑噴氣孔附近地區測定值.....	166
附錄十一	石磺子坪噴氣孔附近地區測定值.....	167
附錄十二	石磺子坪噴氣孔附近地區測定值.....	168
附錄十三	地熱噴氣孔附近地區之安全告示標幟.....	169

表 目 錄

表2-3-1	不同濃度硫化氫對人體之影響.....	39
表2-3-2	不同濃度二氧化硫對人之影響.....	40
表2-3-3	微粒與二氧化硫協力效應之影響.....	41
表2-3-4	不同濃度氯對人體之影響.....	42
表4-1-1	各測站春季排放口測值.....	43
表4-1-2	各測站夏季排放口測值.....	44
表4-1-3	各測站秋季排放口測值.....	45
表4-1-4	各測站冬季排放口測值.....	46
表4-6-1	陽明山國家公園管理處四季空氣污染物測定值.....	47
表4-7-1	各測站四季TWA測值.....	48

圖 目 錄

圖 1-1-1	調查區域示意圖.....	49
圖 2-2-1	地形、風向對噴氣煙流擴散影響.....	50
圖 2-3-1	二硫化硫對人體之危害.....	51
圖 3-1-1	工作流程圖.....	52
圖 3-2-1	大磺嘴採樣點位置圖.....	53
圖 3-2-2	硫磺谷採樣點位置圖.....	54
圖 3-2-3	小油坑採樣點位置圖.....	55
圖 3-2-4	馬槽採樣點位置圖.....	56
圖 3-2-5	大油坑採樣點位置圖.....	57
圖 3-2-6	石磺子坪採樣點位置圖.....	58
圖 4-2-1(a)	大磺嘴噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖.....	59
圖 4-2-1(b)	大磺嘴噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖.....	60
圖 4-2-1(c)	大磺嘴噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖.....	61
圖 4-2-1(d)	大磺嘴噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖.....	62
圖 4-2-2(a)	硫磺谷噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖.....	63
圖 4-2-2(b)	硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖.....	64
圖 4-2-2(c)	硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖.....	65
圖 4-2-2(d)	硫磺谷噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖.....	66

圖4-2-3(a)	小油坑噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖.....	67
圖4-2-3(b)	小油坑噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖.....	68
圖4-2-3(c)	小油坑噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖.....	69
圖4-2-3(d)	小油坑噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖.....	70
圖4-2-4(a)	馬槽噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖.....	71
圖4-2-4(b)	馬槽噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖.....	72
圖4-2-4(c)	馬槽噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖.....	73
圖4-2-4(d)	馬槽噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖.....	74
圖4-2-5(a)	大油坑噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖.....	75
圖4-2-5(b)	大油坑噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖.....	76
圖4-2-5(c)	大油坑噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖.....	77
圖4-2-5(d)	大油坑噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖.....	78
圖4-2-6(a)	石磧子坪噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖...	79
圖4-2-6(b)	石磧子坪噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖...	80
圖4-2-6(c)	石磧子坪噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖...	81
圖4-2-6(d)	石磧子坪噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖...	82
圖4-3-1(a)	大磧嘴噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖...	83
圖4-3-1(b)	大磧嘴噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖...	84
圖4-3-1(c)	大磧嘴噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖...	85
圖4-3-1(d)	大磧嘴噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖...	86
圖4-3-2(a)	硫磧谷噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖...	87

圖4-3-2(b)	硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖...	88
圖4-3-2(c)	硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖...	89
圖4-3-2(d)	硫磺谷噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖...	90
圖4-3-3(a)	小油坑噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖...	91
圖4-3-3(b)	小油坑噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖...	92
圖4-3-3(c)	小油坑噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖...	93
圖4-3-3(d)	小油坑噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖...	94
圖4-3-4(a)	馬槽噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖.....	95
圖4-3-4(b)	馬槽噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖.....	96
圖4-3-4(c)	馬槽噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖.....	97
圖4-3-4(d)	馬槽噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖.....	98
圖4-3-5(a)	大油坑噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖...	99
圖4-3-5(b)	大油坑噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖...	100
圖4-3-5(c)	大油坑噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖...	101
圖4-3-5(d)	大油坑噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖...	102
圖4-3-6(a)	石磺子坪噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖.	103
圖4-3-6(b)	石磺子坪噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖.	104
圖4-3-6(c)	石磺子坪噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖.	105
圖4-3-6(d)	石磺子坪噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖.	106
圖4-4-1(a)	大磺嘴噴氣孔附近地區春季之氟酸氣等濃度圖.....	107
圖4-4-1(b)	大磺嘴噴氣孔附近地區夏季之氟酸氣等濃度圖.....	108

圖4-4-1(c)	大礮嘴噴氣孔附近地區秋季之氰酸氣等濃度圖.....	109
圖4-4-1(d)	大礮嘴噴氣孔附近地區冬季之氰酸氣等濃度圖.....	110
圖4-4-2(a)	硫磺谷噴氣孔附近地區春季之氰酸氣等濃度圖.....	111
圖4-4-2(b)	硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之氰酸氣等濃度圖.....	112
圖4-4-2(c)	硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之氰酸氣等濃度圖.....	113
圖4-4-2(d)	硫磺谷噴氣孔附近地區冬季之氰酸氣等濃度圖.....	114
圖4-4-3(a)	小油坑噴氣孔附近地區春季之氰酸氣等濃度圖.....	115
圖4-4-3(b)	小油坑噴氣孔附近地區夏季之氰酸氣等濃度圖.....	116
圖4-4-3(c)	小油坑噴氣孔附近地區秋季之氰酸氣等濃度圖.....	117
圖4-4-3(d)	小油坑噴氣孔附近地區冬季之氰酸氣等濃度圖.....	118
圖4-4-4(a)	馬槽噴氣孔附近地區春季之氰酸氣等濃度圖.....	119
圖4-4-4(b)	馬槽噴氣孔附近地區夏季之氰酸氣等濃度圖.....	120
圖4-4-4(c)	馬槽噴氣孔附近地區秋季之氰酸氣等濃度圖.....	121
圖4-4-4(d)	馬槽噴氣孔附近地區冬季之氰酸氣等濃度圖.....	122
圖4-4-5(a)	大油坑噴氣孔附近地區春季之氰酸氣等濃度圖.....	123
圖4-4-5(b)	大油坑噴氣孔附近地區夏季之氰酸氣等濃度圖.....	124
圖4-4-5(c)	大油坑噴氣孔附近地區秋季之氰酸氣等濃度圖.....	125
圖4-4-5(d)	大油坑噴氣孔附近地區冬季之氰酸氣等濃度圖.....	126
圖4-4-6(a)	石礮子坪噴氣孔附近地區春季之氰酸氣等濃度圖...	127
圖4-4-6(b)	石礮子坪噴氣孔附近地區夏季之氰酸氣等濃度圖...	128
圖4-4-6(c)	石礮子坪噴氣孔附近地區秋季之氰酸氣等濃度圖...	129

圖4-4-6(d)	石磧子坪噴氣孔附近地區冬季之氦酸氣等濃度圖...	130
圖4-5-1(a)	大磧嘴噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖.....	131
圖4-5-1(b)	大磧嘴噴氣孔附近地區夏季之氦等濃度圖.....	132
圖4-5-1(c)	大磧嘴噴氣孔附近地區秋季之氦等濃度圖.....	133
圖4-5-1(d)	大磧嘴噴氣孔附近地區冬季之氦等濃度圖.....	134
圖4-5-2(a)	硫磧谷噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖.....	135
圖4-5-2(b)	硫磧谷噴氣孔附近地區夏季之氦等濃度圖.....	136
圖4-5-2(c)	硫磧谷噴氣孔附近地區秋季之氦等濃度圖.....	137
圖4-5-2(d)	硫磧谷噴氣孔附近地區冬季之氦等濃度圖.....	138
圖4-5-3(a)	小油坑噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖.....	139
圖4-5-3(b)	小油坑噴氣孔附近地區夏季之氦等濃度圖.....	140
圖4-5-3(c)	小油坑噴氣孔附近地區秋季之氦等濃度圖.....	141
圖4-5-3(d)	小油坑噴氣孔附近地區冬季之氦等濃度圖.....	142
圖4-5-4(a)	馬槽噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖.....	143
圖4-5-4(b)	馬槽噴氣孔附近地區夏季之氦等濃度圖.....	144
圖4-5-4(c)	馬槽噴氣孔附近地區秋季之氦等濃度圖.....	145
圖4-5-4(d)	馬槽噴氣孔附近地區冬季之氦等濃度圖.....	146
圖4-5-5(a)	大油坑噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖.....	147
圖4-5-5(b)	大油坑噴氣孔附近地區夏季之氦等濃度圖.....	148
圖4-5-5(c)	大油坑噴氣孔附近地區秋季之氦等濃度圖.....	149
圖4-5-5(d)	大油坑噴氣孔附近地區冬季之氦等濃度圖.....	150

圖4-5-6(a)	石碇子坪噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖.....	151
圖4-5-6(b)	石碇子坪噴氣孔附近地區夏季之氦等濃度圖.....	152
圖4-5-6(c)	石碇子坪噴氣孔附近地區秋季之氦等濃度圖.....	153
圖4-5-6(d)	石碇子坪噴氣孔附近地區冬季之氦等濃度圖.....	154
圖4-6-1	陽山國家公園管理處硫化氫之48小時連續偵測.....	155
圖4-6-2	陽山國家公園管理處二氧化硫之48小時連續偵測.....	156

第一章 緒 言

1-1 研究緣起

陽明山國家公園位於台灣北部大屯山火山群之核心地帶，除以每年三、四月間之花季聞名全省外，更擁有台灣地區規模最大之火山地形特徵，以及由地熱所造成之溫泉和噴氣活動，奇峰羅列，景緻宜人，故一向為北部民衆休閒、遊憩之主要場所。

陽明山國家公園範圍內，地熱噴氣活動較強烈之地區，如：大磺嘴、硫磺谷、小油坑、馬槽、大油坑及石碇子坪等地圖 1-1-1，由於具有高度遊憩、教育功能，在陽明山國家公園管理處妥慎規劃之下，興建多項遊憩及教育設施，以滿足旅客之需求，並使其觀光價值與教育功能充分發揮。鑑於上述地區之地熱噴氣範圍甚廣，噴氣量亦相當大，且由於陽明山地區之氣候變化不定，於不良天候狀況下，地熱噴氣所含之空氣污染物是否可能由於地形、氣象條件影響而造成局部高濃度現象，對遊客之健康與安全造成潛在之威脅，遂為相當值得探討之問題。

1-2 研究目的與內容

由於陽明山國家公園範圍遼闊，地熱噴氣現象發生於多處地點，

其所造成之影響區域及程度不一，本研究基於時間與人力、物力之考慮，依據陽明山國家公園管理處之建議，乃針對地熱噴氣現象比較顯著之地區，包括大磺嘴、硫磺谷、小油坑、馬槽、大油坑及石磺子坪等六處噴氣孔附近地區進行空氣品質調查測定工作。

研究目的包括以下四項：

- 1.瞭解陽明山國家公園範圍內之地熱噴氣特性外，包括硫化氫、二氧化硫、氟酸氣、氯等項空氣污染物濃度。
- 2.瞭解地熱噴氣孔附近地區由噴氣所致空氣污染物濃度分佈現象。
- 3.探討不同季節之噴氣特性及空氣品質分佈變化特性。
- 4.探討噴氣孔附近地區空氣品質對人體健康影響程度，並分析因應對策。

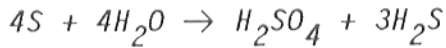
第二章 地熱噴氣特性及其對人體健康之影響

2-1 地熱噴氣之形成

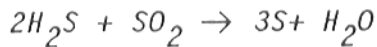
大屯山火山群區地熱之形成大致係由雨水滲入地下、進入含水層或儲集層，被下方之熱源加熱以後再順沿岩石裂隙而上，或在低窪處形成溫泉如：硫磺谷、大磺嘴，或在高處(地下水面以上)形成噴氣孔[1]。

地熱噴氣乃以噴出蒸氣為主之一種地熱活動，如果噴氣孔周圍有天然硫磺生成則稱之為硫氣孔 (Solfatara)。噴氣孔之生成條件有二：一為地下熱水必須超過攝氏一百度，否則無法汽化成為蒸氣；另一個條件為噴氣孔位置必須在地下水面以上，否則縱有百餘度之熱水亦只能造成沸騰溫泉而非噴氣孔。

噴氣孔所噴出之氣體以水蒸汽為主；約佔96.5~97.7%(體積比)，其餘2.3~3.5% 為不凝結性氣體，其中又以二氧化碳(CO_2)及硫化氫(H_2S)為主，各佔55.0~71.5% 與20.3~37.2% (體積比)。深部熱水汽化所得蒸氣中之不凝結氣體較噴氣孔蒸氣為低，僅佔 1.3~1.9%，其中二氧化碳與硫化氫含量各佔33.3~68.3% 與 26.3~43.6%，顯示深部熱水之硫化氫含量有相對提高之趨勢，此現象可能與深部硫磺水解有關，其化學反應式如下：



噴氣孔周圍常見黃色針狀硫磺結晶，此種噴氣孔又稱「硫氣孔」，其周圍之硫磺結晶乃蒸氣中所含硫化氫與二氧化硫化之結果，其化學反應式如下：



由於二氧化硫極易與硫化氫反應形成硫磺，在硫化氫含量甚高之蒸氣中，不太可能發現二氧化硫存在，故地熱之二氧化硫含量甚低。

除硫化物外，由於地質組成或其它化合物存在，致使地熱噴氣亦可能含有碳氫化合物、氮之化合物等，因此地熱噴氣之成份可能相當複雜，且濃度亦可能有相當大之變化。一般言之，噴氣成份及含量與地質組成、噴氣形成程序有密切之關係。

2-2 影響地熱噴氣空氣污染物濃度分佈之因素

影響地熱噴氣孔附近地區空氣污染物濃度分佈之因素主要包括以下三項：(一)噴氣量：噴氣量大小直接影響污染物濃度，噴氣量大者或噴氣所含污染物濃度較高者，其污染物之排放量亦隨之增大，故附近濃度較高(二)局部地形：局部地形對空氣污染物擴散作用影響甚大，由於陽明山地區之地形複雜，且地熱噴氣孔均位於山谷中，局部地

形所造成之複雜風場使污染物濃度之空間分佈產生顯著之變化。在部份山谷地區，由於擴散不佳或氣流迴流作用而形成局部高濃度現象。

(三)局部風速、風向：風速、風向會影響污染物傳送方向及擴散程度。

不同地形及風向、風速對污染物濃度變化影響甚大，圖2-2-1 為典型地熱噴氣於不同條件下之擴散現象。於平坦地區之噴氣孔，於下風側將造成明顯污染物濃度上昇現象，唯若噴氣量甚大，且噴氣速度明顯高於水平風速，則於下風側較遠處之濃度反而高於噴氣孔沿側，如圖2-2-1 (a)、(b)所示。

當風向由高處吹拂而來，在下風側凹角處之噴氣可能由於局部迴流作用使污染物無法稀釋擴散而致形成局部高濃度，故於下風側凹地區域將瀰漫由噴氣所致之空氣污染物，如圖2-2-1 (c)所示。

當風向由低處吹向高處，如圖2-2-1 (d)所示，噴氣所致空氣污染物將氣流傳送至高處，故於下風側產生高濃度現象。

當噴氣孔位於凹谷內，由於凹谷內氣流將有明顯迴流現象，污染物稀釋擴散作用不佳，故易於凹谷內累積而造成局部高濃度現象，如圖2-2-1 (e)所示。

2-3 地熱噴氣對人體之影響

地熱噴氣中所含氣體包括硫化氫、二氧化硫、氰酸氣及氮氣等多項，其對人體健康之影響並不相同。

1. 硫化氫

硫化氫為無色氣體，具有蛋臭(*Rotten eggs*)般令人厭惡之臭味，在濃度低至0.00047ppm時即可為人類嗅覺感知。於墨西哥 *Poza Rica*地區，曾發生天然氣精煉廠硫化氫外洩之意外事件，造成320人就醫，22人死亡之案例[2]。

(1) 對人類之毒性 [3]

1) 硫化氫直接作用在神經系統，而抑制呼吸中樞造成呼吸衰竭；亦對嗅神經有抑制作用；對*ferric hemoglobin* 有抑制作用而造成窒息死亡。

2) 硫化氫中毒之症狀：

(a) 慢性中毒(*Subacute*)：

(I) 對眼之刺激：結膜炎、怕光、流淚，及角膜之不透光變化。

呼吸道：鼻炎、呼吸道氣管炎、肺水腫。

皮膚：直接接觸可造成皮膚紅腫及疼痛。

(II) 腸胃道之影響：口水特別多、頭昏、嘔吐、下痢。

(III) 中樞影響：頭痛、眼花、睡不著、意識不清。

(IV) 其它：心跳加快、心律不整、出汗、累，及肌肉痛。

(b) 急性中毒(*Acute*)：

(I) 突然昏倒及不醒人事。

(II) 呼吸中樞受抑制而死亡，死前有窒息前之抽筋症狀。

(Ⅲ)如果曝露的劑量是在致死劑量之下，復原後則會有慢的

Residual 咳嗽、心臟擴大、脈搏減慢、周邊神經炎、

蛋白尿、睡不著，及精神上之不安。

(2)人體毒性數據 [3]

人由呼吸之LCL0是 600 ppm /30min。

(3)不同濃度硫化氫對人體所造成之影響如表2-3-1所示。

2. 二氧化硫為無色而有特殊臭味之氣體，其味覺閾值為0.3 ppm,濃度超過0.5 ppm 時即可產生令人厭惡之味道。

(1)人類毒性作用 [3]

1)引起眼睛之傷害：只有液態二氧化硫才會；角膜表皮細胞變灰及不規則，但仍貼在角膜基質上；眼皮腫脹；結膜表皮細胞變白及不透明；血管有血凝塊。

2)嗅覺及味覺改變，尿中酸性增加，極度疲勞。

3)急性二氧化硫中毒會破壞氣管之纖毛細胞，而導致細菌引起之肺部感染。

4)二氧化硫可當空氣污染之指標，並且其濃度與氣管炎引起之死亡率成正比。

5)二氧化硫之濃度可決定死因：如非常高濃度，引起呼吸反射抑制而窒息死亡；中等濃度，肺水腫；低濃度，酸中毒；但有證據指出症狀因人而有程度上之差異。

6)造成血管擴張，鼻中隔壞死，所以引起流血。

- 7)胸痛、呼吸變慢、流淚、胃痛、不適、想吐。
- 8)影響甲狀腺功能，月經失調。
- 9)美國NIOSH調查了9030個工人，發現FVC及FEV1值降低時，其呼吸系統疾病之症狀亦加強。而且發現吸煙與二氧化硫二者對肺之症狀有加成之效果。
- 10)英國調查了10,000個鋼鐵工人，發現二氧化硫之暴露濃度在0.35 ppm時不會對肺功能有影響。
- (2)人體毒性數據 [3]
- 1)人類由呼吸之LCL0：400 ppm / 1分鐘。
- 2)引起人類淋巴球突變之劑量：57,000 ppb。
- 3)人類由呼吸之TCL0：4 ppm / 1分鐘；毒性：呼吸系統受影響。
- (3)不同濃度二氧化硫對人體所造成之影響如表2-3-2、2-3-3所示。
- 二氧化硫與大氣中微粒物同時存在將產生協力效應(Synergistic effect)，加重對人體之危害[5]。協力效應產生機制係由人類呼吸道中佈滿纖毛(Cilia)，經由規則蠕動而將由口部或鼻部吸入之外物排出體外。二氧化硫和硫酸分子能麻痺纖毛，使其喪失正常功能，以致微粒物質得以深入肺部。二氧化硫氣體由於分子粒徑太小，並不停留在肺部；然而部份二氧化硫氣體能吸附在微粒物質表面，隨其進入肺部，並沈積於肺部內。經由長期沈積作用，二氧化硫和微粒物質之化合物將損害肺部組

織，刺激呼吸管道，增加心臟輸氧負荷，甚致導致心臟功能喪失而造成死亡。

二氧化硫及其與微粒物質所造成之協力效應，對人體之影響如表2-3-2、2-3-3及圖2-3-1所示。

二氧化硫對人體影響因人而異，而哮喘(Asthma)患者對其反應尤為劇烈，Sheppard [7]之研究指出，哮喘患者對二氧化硫反應之症狀比曝露於同樣環境下健康之實驗者更持久而顯著。在其一組進行溫和運動之哮喘患者中，僅曝露於 0.25 ppm 濃度下約十分鐘，患者之通氣阻力在統計於即呈現顯著增加之趨勢。

3. 氰酸氣

氰酸氣為一種劇毒性氣體，其氰根離子將與細胞呼吸之電子傳遞鏈產生穩固之化合作用，進而導致電子傳遞鏈功能受阻，影響呼吸作用，甚而造成死亡。

(1) 人類毒性 [3]

1) 症狀：

(a) 症狀在食入或吸入毒物數秒至數分鐘內出現，包括眼花、喘息性呼吸、頭痛、心悸、發紺還有喪失意識等。缺氧性肌肉痙攣會在死亡前出現。

(b) 食入：會有喉嚨緊縮、流汗、抽搐，抽搐後有麻痺現象，眼球突出，瞳孔放大而無反應，口吐白沫。至於嘔吐及流口水則並不常見。

2) 循環：

(a) 中毒時，靜脈血因周邊組織無法利用氧分子，而含有高濃度的“高度氧化血紅素”使靜脈血液有時會呈現鮮紅色和磚紅色。

(b) 爲了彌補體內氧化反應受抑制，醣解代謝便會增加，而這又會導致代謝性(乳酸)酸中毒。

3) 眼睛：只有偶而一些情形會有眼睛的刺激，如結膜炎，或長期的暴露在氫氰酸氣體中而形成淺表的角膜炎。

4) 甲狀腺：甲狀腺會變大，可能是硫氰酸(氰化物的主要代謝產物)所造成的。甲狀腺的改變可以在定期處於低濃度氰化物暴露的場所工作超過一年的工人身上發現。

5) 病歷研究：

(a) 電鍍工人，長期暴露在氰化物中，產生：

(I) 皮膚炎、生瘡、猩紅疹、丘疹。

(II) 鼻子嚴重的不適，會鼻塞、出血、落痂，有的還會有鼻中隔穿孔。

(b) 定期暴露在濃度4-12 ppm的環境下工作達7年之久的工人，其主訴症狀增加，如頭痛、虛弱、味覺和嗅覺改變，喉嚨不舒服、流淚、腹痛、心口痛、神經不安定。

(c) 曾有小孩吃了杏仁和杏仁做的甜點，造成四個人死亡。杏仁含有一種氰化物源叫Amygdalin，經過食用後會水解釋

出氫氰酸。而在甜點的製造中也可能會產生水解。

(d) 1981年，莫三鼻克北方的村莊有很多的婦女和小孩發生突發性的下身痙攣現象，這種現象與慢性氰化物中毒有關，其飲食中幾乎都包括了樹薯，該區因一段長期的乾旱，除了樹薯(特別是若味種類的樹薯)之外，其餘食物來源都缺乏，在該區做營養學，毒物學和植物學的調查，主要的發現是樹薯植物中有非常高的氰化物含量，而乾旱時每天食用樹薯的結果，大約每天會攝入15-31.5mg 的HCN。由於缺乏正常食物，該區的婦女和小孩缺乏含硫的胺基酸，而使其體內代謝和解毒功能可能因而降低，所以用陽光乾燥處理來祛除樹薯毒性的方法並不妥當。

(e) 調查暴露在氰化物氣體或霧氣中工作的人，測量其工作環境、血液、尿液中的氰化物量，吸煙者比不吸煙者高。在一般工作區和呼吸帶最高的濃度分別是0.2 和0.8 mg/cu M，濃度雖然低，但工人仍會抱怨一些典型的氰化物中毒現象。

(f) 在抽煙和不抽者的全血中的氰化物量並沒有顯著的不同，不過抽煙者血漿中的硫氰酸就很明顯的比較高，在體液中，氰化物和硫氰酸的比例大約是1:1000。在測量氰化物暴露量時，測量血漿中的硫氰酸要比測量全血的氰化物可靠得多。

(2)人類毒性數據 [3]

1)人類最低致死量：

(I)吸入(LCLO)：200 mg/cu M/10 min。

(II)皮下注射(LDLO)：1 mg/kg。

2)人類半數致死量(LD50)：

靜脈注射：1 mg/kg。

4. 氯氣

(1)人類毒性 [3]

1)症候學(氯氣或氯水)：

(a)蒸氣引起眼部和呼吸道的刺激。高濃度引起結膜炎，咽頭炎和肺水腫或肺炎。窒息的感覺因聲門痙攣或咽頭水腫引起。

(b)皮膚接觸能引起灼傷和生水泡。若噴入眼中，眼內壓上升造成假性窄角度綠內障(*glaucoma*)。角膜水腫和半腫脹固定的瞳孔是典型的症徵。

(c)若因系統性吸收而變擴大，則可能引起昏睡，接下來則是高度緊張(*hypertonus*)和痙攣。

2)氯比其他的鹼性物質更容易滲透且傷害到虹膜，而在嚴重的灼傷時引起白內障。虹膜炎可能伴隨前房積膿(*hypopyon*)或出血一起產生，擴大失去色素和嚴重的綠內障。

3)食入氯會引起高發生率的胃潰瘍或咽頭炎和遲發性狹窄，胃

，十二指腸和空腸狹窄(*stenosis*)。不能辨認的遲發性狹窄可能與惡性生長互相混謠。

4)工人抱怨有慢性咳嗽和用力呼吸困難增加。左右對稱性的滲透作用在胸部 X光上可見且肺功能指數反應出換氣和滲透作用不正常。經過氯暴露三年之後的工人，發現肺部已受損傷。

5)六名自願者吸入氯 21 mg/cu M 和 35 mg/cu M 10 分鐘，五名報告快要昏過去到中度刺激，一名報告無刺激性在 35mg/cu M。另一組暴露 5分鐘在 22, 35, 50 和 94 mg/cu M。在 94 mg/cu M 引起眼部刺激和流淚，鼻子和喉嚨刺激和1人有胸部刺激性。

6)引起毒性的氯，能影響大腦能量代謝，且此效用是存於腦基部區域。

7)症狀：呼吸困難；氣管痙攣；胸痛；粉紅色且多泡的痰；肺成小泡狀。

8)吸入引起唾液分泌和閉尿。

9)吞食液體引起嚴重的口腔、喉頭和胃的腐蝕。

10)暴露在高氣體濃度可以引起暫時的盲目和嚴重的眼部受損。

直接以液態無水氯接觸眼睛會引起嚴重的眼部灼傷。

(2)人類毒性數據 [3]

1)人類吸入最低致死濃度(LCLO)：5,000 ppm / 5 min。

2)人類吸入最低毒性濃度(TCLO)：20 ppm；毒性效應：鼻子、

眼睛、呼吸系統。

3)人類吸入最低致死濃度(LCLO)：21,000 mg/cu M/ min。

4)人類吸入最低致死濃度(LCLO)：7,000 mg/cu M/3hr。

5. 粒狀物

懸浮微粒對呼吸道所造成之危害與微粒之濃度及在呼吸道沈積的位置有極大的之相關。雖然懸浮微粒之化學組成是影響其對人體呼吸道產生傷害的重要因素之一。但懸浮微粒之穿透力 (penetration) 及最終沈積處亦為很重要之因素。穿透力及最終沈積處依粒徑大小來決定。

影響微粒沈積在呼吸道內第一個因素為對呼吸系統之穿透力。粒徑大之微粒多沈積在呼吸道，而粒徑較小者很容易到達深部呼吸道內。粒徑 10μ 以上之微粒只有極少部份能進入呼吸道，絕大多數在鼻咽部便被截留，但是粒徑 2μ 以下之微粒可穿透到達呼吸道深部。鼻咽部對次微粒 (submicron) 微粒之防禦能力很低，因其進入鼻咽部以下呼吸道時由於氣流速度降低，使其本身之慣性力降低。因此，不會衝擊 (Impact) 到管壁之纖毛及黏膜上。能使微粒能夠進入支氣管及肺部。1966 年國際放射保護委員會 (International Radiological protection Commission) 的研究小組發展出一種已廣泛應用之肺沈積模式 (lung deposition model)。由此模式可知懸浮微粒依粒徑不同在三個呼吸道區域中之理論沈積效率亦不同。根據此模式，粒徑大於 10μ 之微粒幾乎全部沈

積在鼻咽部，只有極少部份可達肺泡，粒徑 $2-5\mu$ 之微粒約10%以下沈積在支氣管，20%~30%沈積在肺部，同時亦預測粒徑小於 2μ 之微粒沈積在肺部之效率最高。其他動物及人體實驗之結果與此模式頗為符合。Morton Lippmann之實驗結果亦顯出粒徑 $0.1\sim 2\mu$ 之微粒沈積在呼吸道之部份遠比沈積在肺泡之部份來得少。所以，粒徑 $0.1\sim 2\mu$ 之微粒幾乎全部沈積在肺泡。

(1) 懸浮微粒之毒性機轉

事實上任何可以到達呼吸道之微粒不論其化學組成為何皆能造成傷害。根據病理學及生理學上之反應可以確定有三種基本的毒性機轉存在。

- 1) 特定之化合物或化學因子如硫酸、鉛、石棉、氧化矽等具有毒性且已證明其直接與健康影響有關者。例如，石棉可引起間皮瘤(Mesothelioma)；二氧化矽可引起矽肺症。
- 2) 化學之惰性物質，因其在呼吸道上之物理特性，仍可干擾及攜帶氣體污染物如二氧化硫、二氧化氮等，而產生更強烈之化學反應，危害人體健康。此類微粒如碳粒或煤煙皆是。

(2) 懸浮微粒對呼吸道之作用及影響

懸浮微粒對呼吸道上主要之作用部份有三：

- 1) 對主支氣管產生作用，造成纖毛麻痺，支氣管粘膜過度分泌，粘液腺增生，引起可逆性支氣管痙攣，抑制深呼吸，並蔓延至小氣道。例如硫酸鹽影響主支氣管可能引發一般性之支

氣管炎，使受感染之可感受性增加，造成慢性有痰之咳嗽，由於更多之粘液腺增加及反覆之感染，結果影響氣體通過支氣管之速度，使呼吸短促，上呼吸道之抵抗性(*Resistance*)增加，此種影響可由肺功能指標 $FEV_{1.0}$ 之減少得知。

- 2) 粒徑較小之微粒對末梢細支氣管有強烈之影響，而且在較低濃度會有很明顯的影響。同樣地亦會造成深部呼吸道之抵抗性增加。此情形可由肺功能指標 $FEV_{0.5}$ 之減少得知。亦可能形成慢性支氣炎、細支氣管擴張、肺水腫及支氣管纖維化。
- 3) 粒徑 1μ 以下之微粒特別容易到達肺泡組織，使得肺部之巨吞噬細胞明顯地增加，溶蛋白酶增加，造成肺氣腫及肺泡之破壞。

第三章 研究方法

3-1 研究流程

研究工作主要包括噴氣孔排氣測定、噴氣孔附近地區空氣品質測定，以及空氣品質分佈特性與對人體健康影響評估。

噴孔排氣測定及附近地區空氣品質測定係於現場進行採樣，所得樣品部份項目即時於現場以自動分析儀測定濃度，部份項目則以吸收液吸收後再於實驗室分析。此外，為瞭解空氣品質調查測定期間之風速、風向，並於現場以自動風速風向儀連續紀錄之。

現場採樣調查分析結果則配合採樣點位置分佈，依據陽明山地區之地形圖，輸入電腦以繪製濃度分佈圖，以供分析濃度分佈特性之依據。研究工作流程如圖3-1-1所示。

3-2 現場調查採樣

現場研究工作主要乃進行空氣污染物採樣及風速風向量測，再將利用化學吸收法取得之樣品回實驗室分析。藉由現場採樣所不同空氣污染物濃度資料，配合地形特徵，即可獲得噴氣孔附近地區之空氣品質分佈特性；並於陽明山國家公園管理處二樓空氣品質測定。

1. 調查採樣地點

現場調查採樣地點及分佈於各噴氣孔四周附近約200公尺範圍，並依八個方位分別標定地點。由於部份噴氣孔附近地區之地勢陡峭而無法採樣，故於每處噴氣孔附近地區約有13~18處採樣點。各噴氣孔區域之採樣點位置如圖3-2-1 至圖3-2-6所示。

2. 測定方法

調查採樣乃以採樣器於各採樣點同時擷取四種氣體(硫化氫、二氧化硫)及採樣瓶(氰酸、氨)。採樣袋所收集之氣體於現場以自動分析儀器分析其濃度，而氰酸及氨樣品則攜回實驗室分別進行化學分析。

各項空氣污染物測定分析所使用儀器及其分析原理分別說明如下：

(1) 硫化氫(H_2S)

硫化氫之測定係先以硫化氫轉化器(H_2S Converter, Thermo Electron Model 340)於 $400^{\circ}C$ 之高溫條件下，將硫化氫轉化成二氧化硫，分析二氧化硫濃度後再換算成為硫化氫濃度。

(2) 二氧化硫(SO_2)

二氧化硫測定係以二氧化硫分析儀(Sulfur Dioxide Analyzer, Dasibi Model 4108)為之，利用紫外光螢光法(UV Fluorescence)原理分析。

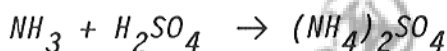
(3) 氰酸氣(HCN)

氰酸氣之測定則以 $0.1\ N\ NaOH$ 為吸收劑，藉由手提式採樣器

(Handy Sampler, Kimoto HS-7)抽取氣體，流量為 2 l/min，抽氣 10 min，採樣瓶冷藏保存之，攜回實驗室再以氯離子電極配合標準液(CN⁻, Ion Meter, Orion Model SA720)分析其濃度。

(4) 氨(NH₃)

氨之測定係以0.1 N H₂SO₄為吸收劑，藉由手提式採樣器(Handy Sampler, Kimoto HS-7)抽取氣體，流量為 2l/min，抽氣 10 min，採樣瓶冷藏保存之，攜回實驗室再進行分析。其原理為：氨加硫酸產生硫酸銨，其反應式如下：



此硫酸銨與納氏試劑反應產生黃生錯化合物，於400nm 之光度計下(UV-VIS Spectrophotometer, Perkin-Elmer 550A)分析其析光度，再根據標準液而換算成氨之濃度。

(5) 粒狀物

粒狀物之測定係以手提式光學原理之粒狀物測定器自動分析之，並於實驗室校正後求取其濃度。

3. 資料分析

依據現場調查採樣所得空氣污染物濃度資料，配合各採樣點位置，以台北市航照圖為基準，利用電腦輸入各採樣點之空氣污染物濃度，繪成地面等濃度圖。依據各項空氣污染物濃度資料，參考有

關空氣污染物對人體健康影響之文獻，即可評估地熱噴氣對附近地區空氣品質影響程度，以及其可能對人體健康安全所造成之衝擊。

陽明大學圖書館

第四章 陽明山國家公園地熱噴氣對空氣品質之影響

地熱噴氣孔附近地區之空氣品質現場調查測定工作，係於民國七十七年十二月至七十九年三月間進行，分別於春、夏、秋、冬不同季節進行。由於調查期間，陽明山地區天候陰晴不定，為顧及儀器設備及工作人員安全，所有調查測試工作盡可能於不下雨之天候進行，故每一季空氣品質測試工作皆持續多日始克完成。由於不同季節氣候條件及不同污染物分佈特性各有所異，故每處噴氣孔之空氣品質測試結果均予以分別討論。

4-1 地熱噴氣孔之噴氣特性

由於地熱噴氣孔之範圍並非固定侷限一處，一般多包括主噴氣孔，以及附近諸多裂縫皆呈噴氣現象，且噴氣孔附近土質鬆軟，加上噴氣煙塵影響，噴氣孔之噴氣特性測量工作十分困難。

依據現場調查測量所得，主要噴氣孔出口處之空氣污染物濃度顯示，硫化氫濃度介於 $0.5 \sim 37.5 \text{ ppm}$ 之間，二氧化硫濃度介於 $0.03 \sim 15.7 \text{ ppm}$ 之間，氟酸氣濃度介於 $0.56 \sim 30.02 \text{ ppm}$ 之間，而氮濃度則介於 $0.25 \sim 32.88 \text{ ppm}$ 之間，不同噴氣孔之測值如表4-1-1至表4-1-4所示。由於噴氣孔面積無法測量，故各噴氣孔之排放量亦無法推估。

4-2 噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈特性

於不同季節分別於各噴氣孔附近地區測定所得硫化氫濃度及其分佈特性如圖4-2-1(a)、(b)、(c)、(d)至圖4-2-6(a)、(b)、(c)、(d)所示。

1. 大磺嘴噴氣孔

大磺嘴噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈如圖4-2-1(a)至圖4-2-1(d)所示。春季期間之硫化氫濃度高於其它季節，於200公尺範圍內之測值介於0.05~5.45ppm之間。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間，於噴氣孔周圍50~100公尺處，硫化氫濃度約0.5~1.0ppm，已達人體可察覺之範圍，夏季期間，於噴氣孔周圍約110公尺處，硫化氫濃度約0.4~1.6ppm，已達人體可察覺範圍；秋季期間，噴氣孔周圍約30~80公尺處，硫化氫濃度為0.2~0.8ppm之間；冬季期間，噴氣孔周圍約50公尺處，硫化氫濃度約為0.5ppm。

2. 硫磺谷噴孔

硫磺谷噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈如圖4-2-2(a)至圖4-2-2(d)所示。春季期間硫化氫濃度高於其他季節，一般介於1~3 ppm之間，其它季節一般多低於1ppm。

由等濃度分佈圖分佈結果顯示，春、秋及冬三季期間，於噴氣孔附近75公尺處，硫化氫濃度已達1ppm，已為人體嗅覺可察覺程度；夏季期間，於噴氣孔附近約100公尺處硫化氫濃度亦達1ppm，故可考慮於上述距離處設置告示標幟。

3. 小油坑噴氣孔

小油坑噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈如圖4-2-3(a)至圖4-2-3(d)所示。春季及秋季之硫化氫濃度明顯高於夏、冬兩季，於人行步道終點以南均高於1ppm，已為人體可明顯嗅察程度；夏季期間，步道終點為中心，方圓50公尺，硫化氫濃度介於0.05~0.45ppm；冬季期間，以步道終點為中心，方圓75公尺，硫化氫濃度介於0.2~1.8 ppm之間。由於地形影響，四季硫化氫濃度分佈均略呈北南走向。

4. 馬槽噴氣孔

馬槽噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈如圖4-2-4(a)至圖4-2-4(d)所示。春季及冬季硫化氫濃度高於夏季及秋季，其濃度介於0.03~3.72ppm；而夏季及秋之濃度則介於0.019~1.99ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間，於馬槽橋處，硫化氫濃度已1ppm，為人體嗅覺可察程度，此外，馬槽橋右方約75公尺處，有些許排氣現象，造成硫化氫也達1ppm；夏季期間，馬槽橋附近硫化氫濃度約為0.3ppm；秋季及冬季，距離馬槽橋約40公尺處硫化氫濃度均已達3ppm，而於排放口附近，硫化氫濃度更可高達15ppm，故可考慮於該處設置警告標幟。

由於受地形影響，硫化氫濃度分佈大致呈東西走向。

5. 大油坑噴氣孔

大油坑噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈如圖4-2-5(a)至圖4-2-5(d)所示。春季測值高於其它季節，其測值介於0.05~3.11ppm；夏、秋、冬三季硫化氫濃度介於0.02~2.11ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間採礦場硫化氫濃度已達3ppm，距離採礦場東南方約75公尺處，硫化氫濃度可達12ppm，夏季期間硫磺採礦場硫化氫濃度約0.1ppm；秋季期間以硫磺採礦場為中心，方圓40公尺內，硫化氫濃度介於0.2~1.8ppm之間；冬季期間，採礦場硫化氫濃度已達人體可嗅察程度，1ppm。由於受地形影響，硫化氫濃度分佈大致是南北走向。

6. 石磺子坪噴氣孔

石磺子坪噴氣孔附近地區之硫化氫濃度分佈如圖4-2-6(a)至圖4-2-6(d)所示。春季及冬季期間硫化氫濃度明顯高於其它季節，其測值介於0.05~3.3ppm；夏季及秋季期間其濃度介於0.03~1.44ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春、冬兩季噴氣孔方圓約40公尺，其硫化氫濃度介於2~22ppm，已達人體可嗅察濃度，夏季期間，噴氣孔方圓約30公尺處，硫化氫濃度約介於0.4~2.4ppm；而秋季期間，噴氣孔周遭約40公尺處，硫化氫濃度達1~9ppm，故建議上述地點建立告示標幟。

4-3 噴氣孔附近地區二氧化硫濃度分佈特性

於不同季節分別各噴氣孔附近地區測定所得二氧化硫濃度及其分佈特性如圖4-3-1(a)、(b)、(c)、(d)至圖4-3-6(a)、(b)、(c)、(d)所示。

1. 大磺嘴噴氣孔

大磺嘴噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈如圖4-3-1(a)至圖4-3-1(d)所示。春季及冬季高於其它兩季，其濃度介於0.03~2.47 ppm，其它兩季則均低於0.38ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間，噴氣孔東側約100~150公尺處，二氧化硫濃度介於2~3ppm，可能對人體健康造成影響；夏季期間，噴氣孔周遭方圓100公尺處，二氧化硫濃度約為0.025 ppm；秋季期間，噴氣孔西側約100~120公尺處，二氧化硫濃度介於0.05~0.15 ppm，可引起呼吸加速，甚至引起肺病，加速金屬腐蝕速率、增加老年人之呼吸疾病等。冬季期間，噴氣孔周圍20公尺處，二氧化硫濃度達0.2ppm。故建議於上述地點設置告示標幟。

2. 硫磺谷噴氣孔

硫磺谷噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈如圖4-3-2(a)至圖4-3-2(d)所示。春季及冬季高於其它兩季，其濃度介於0.1~2.5 ppm之間；其它兩季則低於0.03ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間，噴氣孔周圍約50~70公尺處，二氧化硫濃度介於1~3ppm，可能對人體健康造成影響。夏、秋兩季期間，噴氣孔周圍約50~70公尺處，二氧化硫濃度介於0.01~0.02 ppm之間。冬季期間，噴氣孔東側靠近悖紋高工處，二氧化硫濃度高達3ppm，可能對人體健康造成影響。故建議於上述地點設置告示標幟。

3.小油坑噴氣孔

小油坑噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈如圖4-3-3(a)至圖4-3-3(d)所示。春、冬兩季明顯高於其它兩季,濃度介於 $0.05\sim 2.14\text{ppm}$;夏、秋兩季二氧化硫濃度則介於 $0.012\sim 0.033\text{ppm}$ 之間。

由等濃度圖分佈結果顯示,春季期間,以人行步道終點為中心,周圍約60公尺處,其二氧化硫濃度介於 $0.3\sim 2.1\text{ppm}$,可能引起人體生理不適反應,值得留意;夏季期間,以人行步道終端為中心,距離約100公尺處,二氧化硫濃度介於 $0.013\sim 0.018\text{ppm}$;秋季期間,以人行步道終端為中心,距離約50公尺處,二氧化硫濃度介於 $0.018\sim 0.027\text{ppm}$;冬季期間,人行步道終端為中心,距離約70公尺處,二氧化硫濃度介於 $1\sim 5\text{ppm}$,可能引起人體生理不適反應。故宜於上述距離處設立告示標幟。由於受地形影響,二氧化硫大致呈北南走向。

4.馬槽噴氣孔

馬槽噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈如圖4-3-4(a)至圖4-3-4(d)所示。春、冬兩季二氧化硫濃度明顯高於夏、秋兩季、其濃度介於 $0.05\sim 2.78\text{ppm}$;而夏、秋兩季則介於 $0.011\sim 0.036\text{ppm}$ 。

由等濃度圖分佈結果顯示,春季期間,於噴氣孔附近約50~100公尺處,二氧化硫約為 1ppm ;夏、秋兩季於噴氣孔周圍100公尺處,二氧化硫約為 $0.013\sim 0.021\text{ppm}$;冬季期間,位於噴氣孔周圍約100~120公尺處,二氧化硫濃度則為 $1\sim 4\text{ppm}$,已達到可能影響人體健康之程度,故建議設置告示標幟。

5. 大油坑噴氣孔

大油坑噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈如圖4-3-5(a)至圖4-3-5(d)所示。春季一般濃度均高於夏季及冬季，一般介於0.5~1.6ppm，秋季除了較近噴氣孔之地區為2.2~3.1ppm外，其餘地區均約為0.012~0.060ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間，於噴氣孔周圍約50~100公尺處，二氧化硫濃度介於1~7 ppm，已可能影響人體健康，請參見表2-3-2；夏季期間，噴氣孔周圍約10~70公尺處，二氧化硫濃度約為0.5ppm；秋季期間，硫磺採礦場北側約70~150公尺處之人行步道上，二氧化硫濃度已達2~4ppm，此外採礦場東南方約70公尺處，二氧化硫濃度更可達10ppm；冬季期間，噴氣孔附近100公尺處，二氧化硫濃度介於0.5~3.0ppm，故上述地點，建議設置告示標幟。由於受地形影響，二氧化硫濃度大致呈北南走向。

6. 石磺子坪噴氣孔

石磺子坪噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度分佈如圖4-3-6(a)至圖4-3-6(d)所示。春、冬兩季顯著高於其它兩季，一般濃度介於0.05~1.34ppm；夏、秋兩季則介於0.011~0.056ppm。

由等濃度圖分佈結果顯示，春季期間，噴氣孔附近50~70公尺處，二氧化硫濃度介於1~7ppm之間，已嚴重影響人體健康，夏季期間，該地區二氧化硫濃度則介於0.01~0.11ppm之間；秋季期間，噴氣孔周圍約70公尺處，二氧化硫濃度介於0.02~0.14ppm；冬季期間，噴氣孔

周圍約50公尺處，二氧化硫濃度則介於0.5~2.0間，已可能影響人體健康，故於上述地點建議設立告示標幟。

4-4 噴氣孔附近地區之氟酸濃度分佈特性

於不同季節分別在各噴氣孔附近地區測點所得之氟酸濃度分佈如圖4-4-1(a)、(b)、(c)、(d)至圖4-4-6(a)、(b)、(c)、(d)所示。

1. 大磺嘴噴氣孔

大磺嘴噴氣孔附近地區之氟酸濃度分佈特性如圖4-4-1(a)至圖4-4-1(d)所示。夏季期間濃度略高於其它季節，最高值達1.95ppm，已達到可能影響人體安全健康之程度，值得留意。在噴氣孔約15公尺範圍內則界於0.5~1.0ppm之間，人員仍不宜久留以免造成不利影響。

秋季、冬季期間除部份測點濃度接近1ppm外，其餘大部測值多低於0.3ppm。整體而言，噴氣孔附近地區約70公尺處，其濃度多維持在0.1ppm以上。

2. 硫磺谷噴氣孔

硫磺谷噴氣孔附近地區之氟酸濃度分佈如圖4-4-2 (a)至圖4-4-2 (d)所示。夏季期間之濃度明顯高於其他季節，最高濃度達12ppm，一般則多維持在2~7ppm之間；在距離噴氣孔50~100公尺範圍內，其濃度仍維持在1ppm以上，值得留意。

秋與冬季之氟酸濃度一般約為0.2~2ppm之間，唯局部高濃度可達到7.3ppm；春季期間之濃度則較低，且分佈較均勻，大多界於0.1~1

ppm。整體而言，在硫磺谷噴氣孔附近約150公尺範圍內，氟酸濃度多維持在0.1ppm以上；而夏季期間之濃度明顯升高，應係受地熱噴氣量隨季節變化特性之影響，故於夏季期間在硫磺谷噴氣孔附近地區不宜久留，以確保安全。

3. 小油坑噴氣孔

小油坑噴氣孔附近地區之氟酸濃度分佈如圖4-4-3 (a)至圖4-4-3 (d)所示。夏季與秋季期間之濃度稍高於冬季期間之濃度，夏季期間最高濃度為4.6ppm，秋季、冬季期間之最高濃度分別為2.5ppm及1.8ppm。整體而言，在噴氣孔附近約100公尺範圍內，氟酸濃度約維持在0.1ppm以上，噴氣孔附近則約為1ppm，值得留意。

4. 馬槽噴氣孔

馬槽噴孔附近地區之氟酸濃度分佈現象如圖4-4-4 (a)至圖4-4-4 (d)所示。夏季期間之濃度明顯高於其它季節，一般界於1~3ppm之間，最高濃度為3.2ppm。冬季期間除有少數測點濃度較高外，其餘測值多低於1ppm，而秋季期間之濃度則幾乎皆低於0.2ppm，顯示馬槽噴氣孔附近地區之氟酸濃度分佈隨季節變化幅度甚大。夏季期間，於噴氣孔附近約50公尺範圍之濃度多維持在1ppm以上，而秋季，冬季期間，則在20~50公尺範圍內濃度維持在0.1ppm以上，變化甚大。

5. 大油坑噴氣孔

大油坑噴氣孔附近地區之氟酸濃度分佈如圖4-4-5 (a)至圖4-4-5 (d)所示。一般而言，大油坑噴氣孔附近地區氟酸濃度大多低於1 ppm

，冬季及夏季期間之最高濃度分別為6.4ppm及2.5ppm，主要發生在接近噴氣孔之區域。由氰酸濃度分佈圖顯示，在噴氣孔附近約30公尺範圍內，氰酸濃度多維持於1ppm以上，故建議於上述地點設置造示標幟；在噴氣孔約100~150公尺範圍內之濃度則多在0.1ppm以上。

6. 石碇子坪噴氣孔

石碇子坪噴氣孔附近地區之氰酸濃度分佈如圖4-4-6(a)至圖4-4-6(d)所示，夏季及冬季期間之濃度明顯高於其它季節，一般維持在1~2ppm之間，最高濃度則分別達4.7ppm及9.8ppm。春季及秋季期間之氰酸濃度則皆低於1ppm，顯示石碇子坪噴氣孔附近地區氰酸濃度分佈明顯受季節變化之影響。整體而言，於夏季及冬季期間，於噴氣孔附近約50~70公尺範圍內，氰酸濃度多維持在1ppm以上，故人員於此範圍內不宜久留。

4-5 噴氣孔附近地區之氮氣濃度分佈特性

於不同季節分別在各噴氣孔附近地區測定所得氮氣濃度及分佈特性如圖4-5-1(a)、(b)、(c)、(d)至圖4-5-6(a)、(b)、(c)、(d)所示。

1. 大礮嘴噴氣孔

大礮嘴噴氣孔附近地區之氮氣濃度分佈如圖4-5-1 (a)至圖4-5-1 (d)所示。夏季及秋季期間之氮氣濃度明顯高於其它季節。於200公尺範圍內之測值多界於1~5ppm之間；冬季及春季期間之濃度一般則界於0.1~1ppm之間。

由等濃度圖分佈結果顯示，夏季及秋季期間，於噴氣孔附近約100公尺處，氮氣濃度已1ppm，春季及冬季期間，於噴氣孔附近約30公尺處，氮氣濃度亦達1ppm。

2. 硫磺谷噴氣孔

硫磺谷噴氣孔附近地區之氮氣濃度分佈如圖4-5-2 (a)至圖4-5-2 (d)所示。夏季期間濃度一般界於5~10 ppm之間，其它季節一般多於1 ppm。等濃度圖分佈結果顯示，夏季期間於噴氣孔附近約100公尺範圍內皆高於1ppm，而其它季節則於噴氣孔附近50公尺範圍內呈現較高濃度之現象。

3. 小油坑噴氣孔

小油坑噴氣孔附近地區之氮氣濃度分佈如圖4-5-3 (a)至圖4-5-3 (d)所示。一般而言，夏季濃度較高，大多界於2~3.5ppm之間；春季、秋季有部份測點濃度亦較高，約為3~4ppm，但一般濃度多低於2ppm；冬季則除於噴氣口附近濃度略高外，其餘測點濃度皆低於1ppm。

由濃度分佈圖顯示，夏季期間近小油坑噴氣口附近約150公尺範圍內，氮氣濃度約為1ppm，春季及秋季期間於50~100公尺範圍處之氮濃度約1ppm，冬季則約30公尺處達1ppm。

4. 馬槽噴氣孔

馬槽噴氣孔附近地區之氮氣濃度分佈如圖4-5-4(a)至圖4-5-4(d)所示。夏季期間濃度一般界於1~5ppm之間，最高濃度則達8.2ppm，春季、秋季期間濃度則多低於2ppm，唯最高濃度仍可達7.4ppm。冬季期

間之濃度變化較大，噴氣孔附近濃度可達 9.1ppm ，而遊客可達之公路側濃度亦達到 5.9ppm ，若停留時間太長，可能造成人體不適之現象值得留意。

5. 大油坑噴氣孔

大油坑噴氣孔附近地區之氦氣濃度分佈如圖4-5-5 (a)至圖4-5-5 (d)所示。春季期間濃度一般界於 $2\sim 5\text{ppm}$ 之間，夏季、秋季期間濃度則多界於 $1\sim 3\text{ppm}$ 之間，冬季期間濃度大多低於 1ppm 。由於濃度分佈圖顯示，夏季期間於噴氣孔附近約20公尺範圍內濃度可達 2ppm ，春季及冬季期間則於10~30公尺範圍內之濃度可達 3ppm 。

6. 石碇子坪噴氣孔

石碇子坪之氦氣濃度分佈如圖4-5-6(a)至圖4-5-6(d)所示。除冬季期間之濃大多低於 1ppm 以外，其它季節皆有高濃度之現象，夏季期間於噴氣孔側之最高濃度達 15.4ppm ，春季期間約為 4.8ppm ，秋季期間則約為 4.5ppm 。

由等濃度圖分佈結果顯示，於噴氣孔側停留時間若太長則可能造成人體不適之現象，值得留意。

4-6 陽明山國家公園管理處辦公大樓附近之 空氣品質時間變異特性

為瞭解陽明山國家公園管理處附近硫化氫、二氧化硫濃度隨時間變異之特性（氰酸氣及氦由於以化學方式採樣，不便於以濃度隨時間

變異，故以24小時連續採樣並平均所得濃度表示，表4-6-1) 乃於陽明山國家公園管理處保育課設置偵測儀器進行測定，所得之各項空氣污染物之逐時平均濃度如表4-6-1及圖4-6-1及圖4-6-2所示。

硫化氫濃度四季變化並不明顯，其值界於0.018~0.024 ppm，以秋季較高；與噴氣孔附近地區之硫化氫濃度比較，顯然此處濃度遠低於噴氣孔附近區域。二氧化硫濃度四季變化並不顯著，其值界於0.012~0.017ppm，以冬季之0.017ppm為較高，顯示公園管理處之二氧化硫污染問題並非十分顯著。氰酸氣濃度四季幾無變化，其值界於0.001~0.003ppm，與噴氣孔附近地區之氰酸氣濃度比較，顯然此處濃度遠低於噴氣孔附近區域。氯氣濃度四季變化較為顯著，其值界於0.099~0.239ppm，以秋季之0.099ppm為最低，冬季之0.239ppm為最高，與噴氣孔附近地區之氯氣濃度比較，顯然此處濃度近於或甚至超越噴氣孔附近區域，雖然此區域並無噴氣孔，故此一現象值得再進一步探討。

硫化氫濃度變化趨勢如圖4-6-1所示，中午濃度最高，分別為0.029及0.020ppm，夜間濃度較低，分別為0.023及0.018ppm。

二氧化硫濃度變化趨勢如圖4-6-2所示，於中午前後，二氧化硫濃度最高，其值界於0.010~0.011ppm之間，其它時段幾乎低0.009ppm。

4-7 陽明山國家公園之粒狀物濃度分佈特性

量測所得如表4-7-1。大磺嘴、硫磺谷、陽明山國家公園管理處及小油坑之粒狀物濃度均以春季最高其值界於121~492 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。夏

季值最低，其值界於 $14\sim 40\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。馬槽粒狀物濃度以冬季 $81\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 最低，春季之 $166\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 最高。大油坑粒狀物濃度四季變化非常顯著，以春季之 $485\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 最高，秋季之 $168\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 最低。石碇子坪粒狀物濃度四季變化非常顯著，以夏季之 $416\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 最高，秋季之 $153\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 最低。

根據台灣地區環境空氣品質標準，粒狀物濃度標準為 $260\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，故硫磺各春季粒狀物濃度 $492\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、大油坑春季及夏季粒狀物濃度分別為 485 及 $311\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、石碇子坪夏季粒狀物濃度為 $416\ \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 均已超出標準甚多，可能影響遊客身體健康，故宜於上述地區設置告示標幟。

第五章 結 論

依據調查分析結果，本研究報告獲致如下結論：

1. 陽明山國家公園範圍之地熱噴氣作用，造成噴氣孔附近地區大氣環境中之硫化氫、二氧化硫、氟酸氣及氬濃度明顯高於一般大氣環境之現象。
2. 噴氣孔附近地區之空氣品質受噴氣量及地形等因素影響甚大。
3. 陽明山地熱噴氣濃度
 - (1) 硫化氫濃度值 $0.48 \sim 37.5 \text{ ppm}$
 - (2) 二氧化硫濃度值 $0.03 \sim 15.7 \text{ ppm}$
 - (3) 氟酸氣濃度值 $0.55 \sim 30.0 \text{ ppm}$
 - (4) 氬濃度值 $0.25 \sim 32.9 \text{ ppm}$
4. 噴氣孔附近地區之硫化氫濃度
 - (1) $0.02 \sim 15 \text{ ppm}$
 - (2) 春季濃度略高
 - (3) 硫磺谷濃度略高於其它地區
5. 噴氣孔附近地區之二氧化硫濃度
 - (1) $0.02 \sim 7 \text{ ppm}$
 - (2) 春季濃度略高
 - (3) 大油坑、石碇子坪之濃度略高

6. 噴氣孔附近地區之氯酸氣濃度

(1) 0.1~12ppm

(2) 夏季濃度略高

(3) 硫磺谷、石磺子坪濃度略高

7. 噴氣孔附近地區之氯氣濃度

(1) 0.1~15ppm

(2) 夏季濃度略高

(3) 硫磺谷、石磺子坪濃度略高

8. 噴氣孔附近地區之粒狀物濃度

(1) 15~492 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

(2) 春季濃度略高於其它季節

(3) 大油坑、石磺子坪之濃度略高於其它地區。

9. 以短時間曝露而言，地熱噴氣孔附近區域之各項空氣污染物濃度尚不致對人體造成直接而顯著之危害；以長時間曝露而言，則部份噴氣孔附近區域，大氣中之空氣污染物濃度已達到可造成慢性危害程度，是否會造成實際影響則尚待更進一步之研究。

第六章 建議

1. 依據現場調查測定之空氣品質資料顯示，由於部份噴氣孔附近地區之空氣污染濃度可能造成嗅覺干擾或人體健康具潛在威病，故宜於適當地點設置標誌或告示。
2. 噴氣孔排氣之溫度甚高，且含危害性氣體成份，益以地層部份鬆動沉陷，具潛在危害性，宜告示遊客勿接近，以免造成危害。
3. 由於噴氣孔附近地區之空氣污染物濃度變化甚大，若欲掌握長期變化趨勢，可考慮於噴氣孔附近設置空氣污染物自動監測設備，並設置顯示幕，可兼具教育功能。監測項目可包括硫化氫、二氧化硫、氟酸、氯及粒狀物等項。

參考文獻

- 1.火山奇蹟—陽明山國家公園地形、地質景觀，陽明山國家公園管理處（七十六年）
- 2.Bela G. Lipta, k, " *Environmental Engineers' handbook*", Vol II, Chilton Book Company (1974)
- 3.HSDB "Hazardous Substance Data Bank", National Library of Medicine (1988)
- 4.陳瑞雲，許盤銘，"毒物化學"，大行出版社（六十六年）
- 5.Esberl. Shaheen, "Environmental Pollution: Awareness and Control", Engineering Technology Inc. (1974)
- 6.郎咸日，"室氣污染物之形成與其影響"，環境科學月刊第二卷，第二期（七十一年）
- 7.施安迪譯，"空氣污染物對健康之評估"，工業污染防治第三卷，第三期（七十三年）
- 8.Asher J. Finkel, "Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology" PSC Inc. (1983)

表2-3-1 不同濃度硫化氫對人體之影響[4]

硫化氫濃度(ppm)	對人體之影響
0.2	可感覺微弱臭味
3	有顯著臭味問題
10	8小時之恕限值
80~120	尚無顯著症狀，可支持約6小時
150	嗅覺神經麻痺
200~300	臭氣感覺減弱，然而於曝露5~8分鐘後，眼鼻喉等之粘膜有強烈疼痛感，長時間曝露會引起肺水腫
500~700	曝露半小時至一小時會引起全身症狀，發生亞急性中毒，有生命危險
1000	呼吸系統急速衰竭
5000	即刻死亡

表2-3-2 不同濃度二氧化硫對人體之影響[3]，[6]

二氧化硫濃度(ppm)	對人體之影響
0.03(年平均)	美國於1974年公佈之空氣品質標準、植物受慢性傷害
0.037~0.092	加速呼吸、甚者引起肺病
0.1	可引起刺激性及感覺消失
0.11~0.19(24小時平均)	加速金屬腐蝕速率、增加老年人之呼吸疾病
0.19(24小時平均)	在低濃度微粒物質之條件下即會增加死亡率
0.25(24小時平均)	在 $750 \mu/m^3$ 濃度煙霧下將增加死亡率，而且快速地增加疾病患者
0.3(8小時平均)	可嗅覺、有些樹木將受到傷害
0.52(24小時平均)	當大氣中有微粒存在，將增加死亡率
3	臭味問題、肺功能輕微受傷害、支氣管痙攣(抽搐)、咳嗽現象產生
5	鼻、喉嚨乾燥
6-8	肺之潮氣容積降低
10	打噴涕、咳嗽、眼刺激
20	(可恢復性之)呼吸系統受害
50	引起不好聞之味道，但只要一下下就聞不出了，極度不適
50~100	肺水腫導致肺功能喪失，為最大容許界限
400~500	有生命危險
大於500	感覺喪失、呼吸受抑制，30-60分鐘內會死亡

表2-3-3 微粒與二氧化硫協力效應之影響[6]

微粒濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	二氧化硫濃度 (ppm)	影 響
75		美國於1974年公佈之空氣品質標準
150		視程減少至五哩
100~150		日光減少1/3
80~100	硫酸鹽含量為 $30\text{ mg}/\text{cm}^2/\text{月}$	增加死亡率
100~130	$>0.05\text{ppm}$	孩童會增加呼吸疾病之發生率
200 (24小時平均值)	$>0.1\text{ppm}$	工廠工人易患病，增加工人缺席率
260 (24小時平均值)		台灣地區環境空氣品質標準
300 (24小時平均值)	$>0.25\text{ppm}$	慢性支氣管炎患者可能急劇惡化
750 (24小時平均值)	$>0.27\text{ppm}$	將發生死亡和疾病

表2-3-4 不同濃度氯對人體之影響 [8]

氯濃度(ppm)	對人體之影響
53	可感覺嗅味
100	長期停留
	最大容許濃度
300—500	短暫停留(1/2—1 hr)
	最大容許濃度
408	刺激喉嚨
698	刺激眼睛
1720	引起咳嗽
2500—4500	危險濃度
>5000	致死濃度

表 4-1-1 各測站春季排放口測值

	H_2S	SO_2	HCN	NH_3
大 礮 嘴	1.430 - 3.333	0.871 - 7.365	2.238 - 18.256	2.411 - 10.831
硫 礮 谷	2.256 - 37.464	0.481 - 14.316	0.881 - 10.033	2.221 - 15.081
小 油 坑	2.629 - 2.714	1.329 - 2.432	3.417 - 4.125	17.841 - 19.152
馬 槽	1.283 - 3.442	0.414 - 2.528	2.603 - 11.509	5.916 - 18.564
大 油 坑	13.000 - 15.940	1.912 - 8.063	0.551 - 18.333	17.569 - 23.915
石礮子坪	13.266 - 16.497	7.133 - 8.011	0.917 - 2.891	11.174 - 13.371

表 4-1-2 各测站夏季排放口测值

	H_2S	SO_2	HCN	NH_3
大 磺 嘴			2.112 - 5.134	1.742 - 14.973
硫 磺 谷	2.001 - 5.043		4.033 - 30.023	
小 油 坑	2.538 - 3.027			1.502 - 2.941
馬 槽	0.481 - 1.563	0.155 - 0.493	3.153 - 15.602	3.842 - 7.623
大 油 坑	2.313 - 14.233	4.371 - 10.432	15.311 - 20.231	3.280 - 6.342
石磺子坪	1.242 - 2.463	0.112 - 0.134	12.043 - 15.012	12.533 - 26.263

表4-1-3 各測站秋季排放口測值

	H_2S	SO_2	HCN	NH_3
大 礮 嘴	1.261 - 9.263	0.260 - 0.670	6.773 - 10.574	11.392 - 13.124
硫 礮 谷	3.243 - 22.081	0.252 - 0.332	3.663 - 21.312	7.931 - 32.881
小 油 坑	8.382 - 10.213	0.026 - 0.049	1.431 - 6.177	8.382 - 16.226
馬 槽	2.083 - 18.331	0.124 - 0.134	1.144 - 1.530	8.706 - 11.231
大 油 坑	3.981 - 0.811	11.012 - 15.678	6.293 - 8.800	4.370 - 6.835
石礮子坪	2.442 - 10.473	0.124 - 0.153	4.662 - 5.334	15.743 - 18.941

表4-1-4 各測站冬季排放口測值

	H_2S	SO_2	HCN	NH_3
大 磺 嘴	1.848 - 6.792		2.311 - 12.294	0.246 - 3.570
硫 磺 谷	7.024 - 18.854	2.443 - 6.532	7.272 - 23.331	0.842 - 11.113
小 油 坑	8.386 - 15.501	7.972 - 12.251	2.256 - 4.779	3.551 - 19.937
馬 槽	3.902 - 26.741	3.207 - 15.415	7.724 - 15.372	7.892 - 14.138
大 油 坑	4.020 - 7.323	0.650 - 3.455	6.811 - 22.932	1.167 - 12.031
石磺子坪	4.438 - 24.280	0.881 - 4.329	9.239 - 20.14	9.033 - 13.049

表 4-6-1 陽明山國家公園管理處四季空氣污染物測定值

季節 項目	春	夏	秋	冬
H_2S	0.018	0.021	0.024	0.021
SO_2	0.013	0.015	0.012	0.017
HCN	0.002	0.002	0.001	0.003
NH_3	0.183	0.135	0.099	0.239

(濃度單位：ppm)

表 4-7-1 各測站四季TWA測值

單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	春	夏	秋	冬
大磺嘴	146	15	121	141
硫磺谷	492	14	118	151
陽明山國家 公園管理處	121	40	70	99
小油坑	189	20	126	110
馬槽	166	144	118	81
大油坑	485	311	168	246
石磺子坪	231	416	153	181

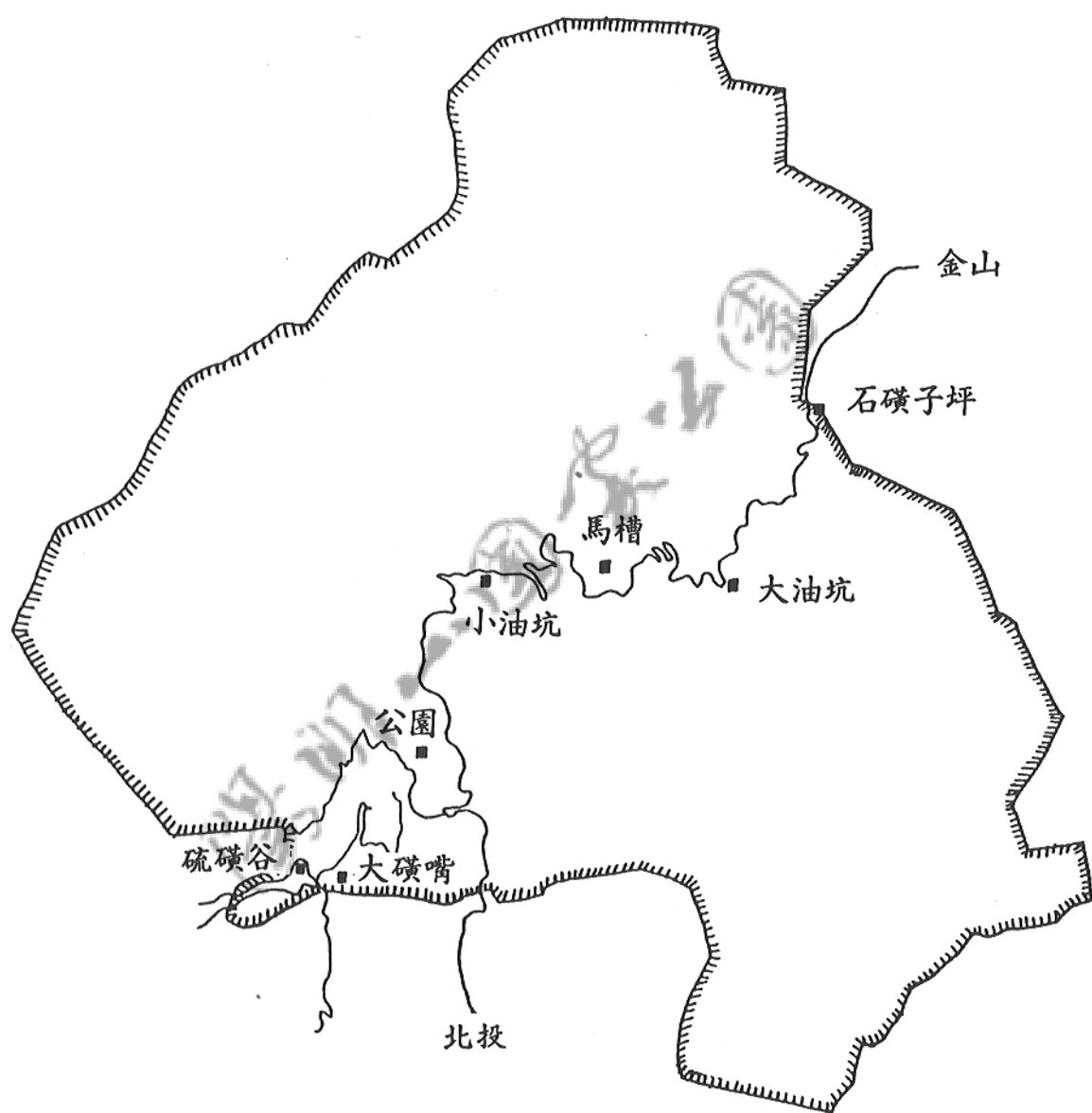


圖1-1-1 調查區示意圖

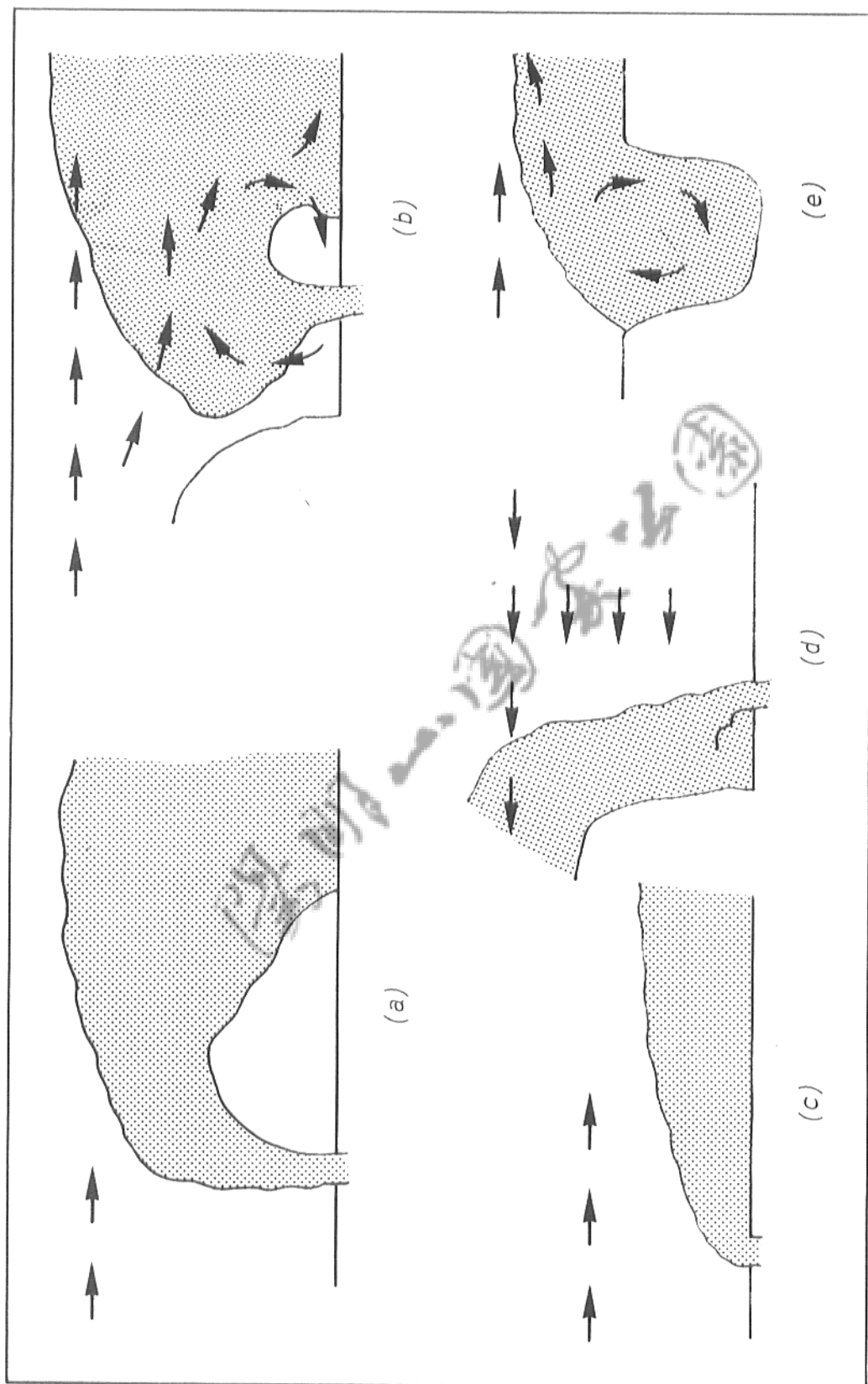


圖 2-2-1 地形、風向對噴氣煙流擴散之影響

註：風向：→

污染物： stippled area

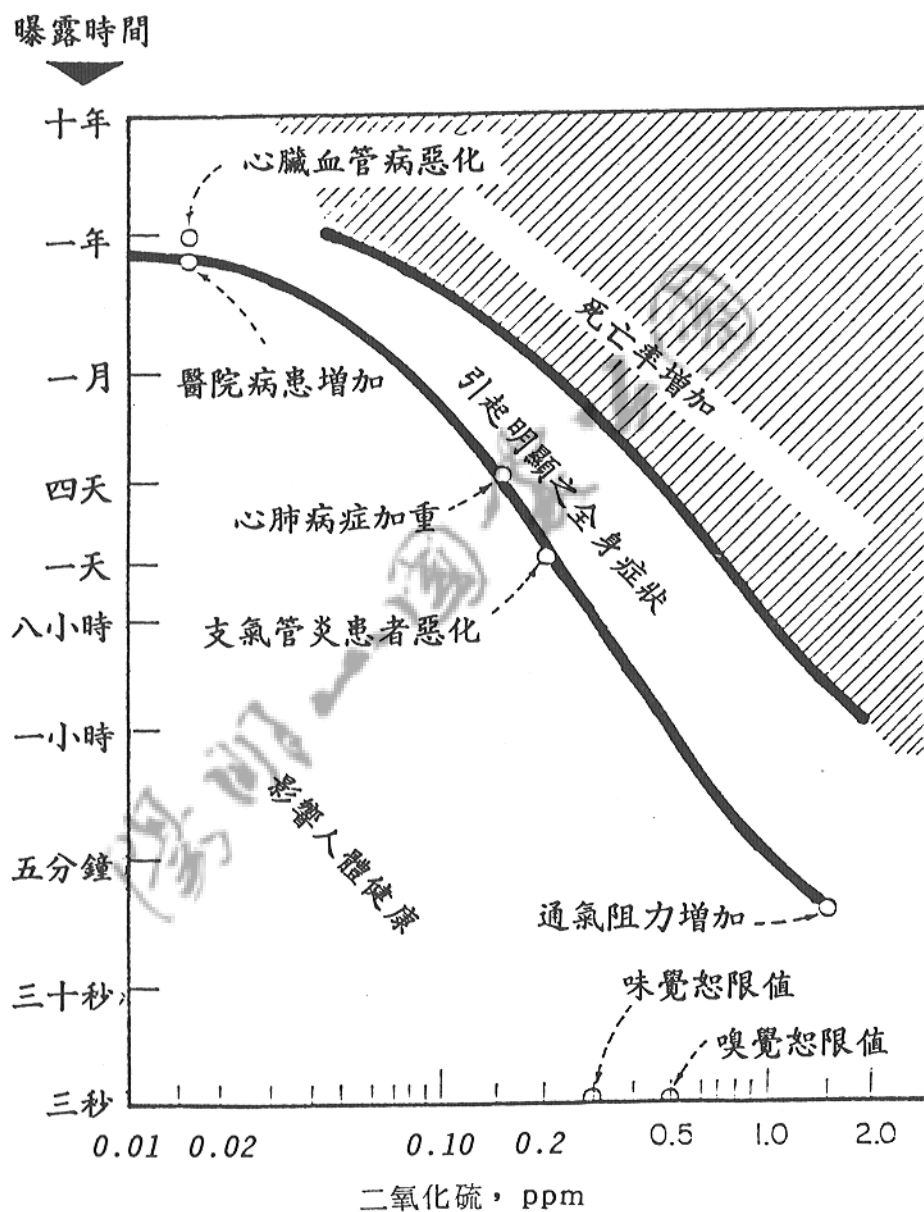


圖3-2-1 二氧化硫對人體之危害[4]

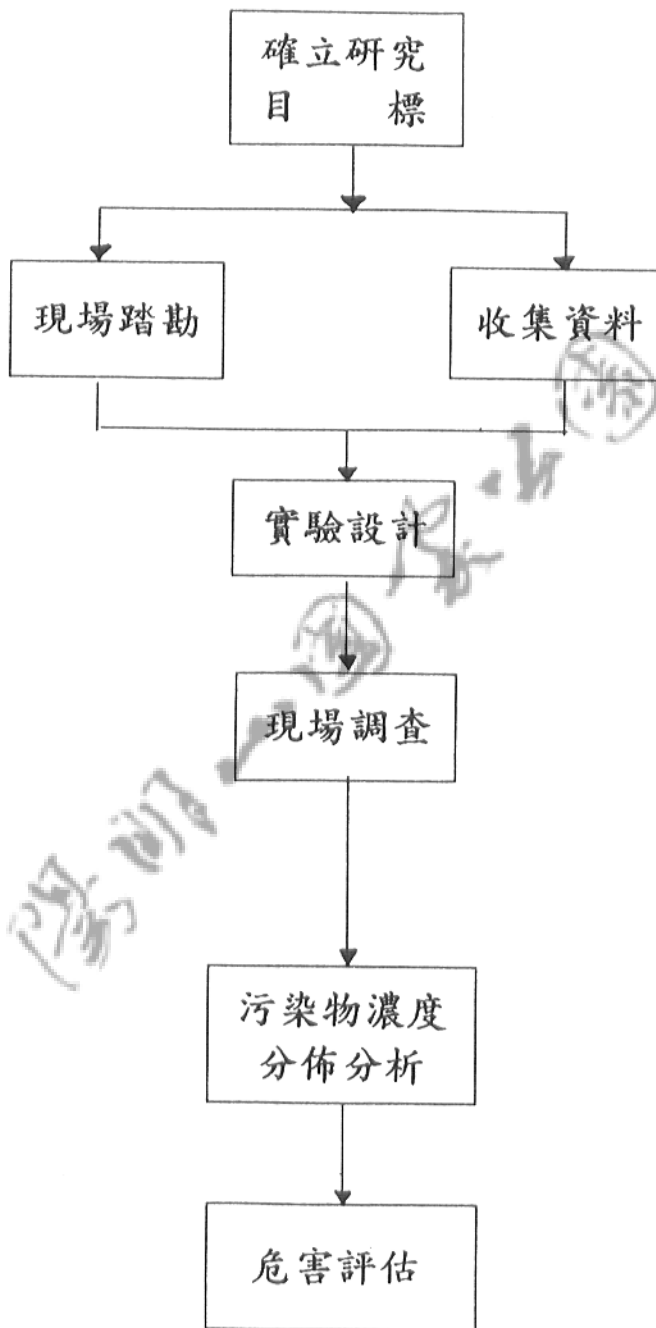


圖 3-1-1 研究工作流程圖

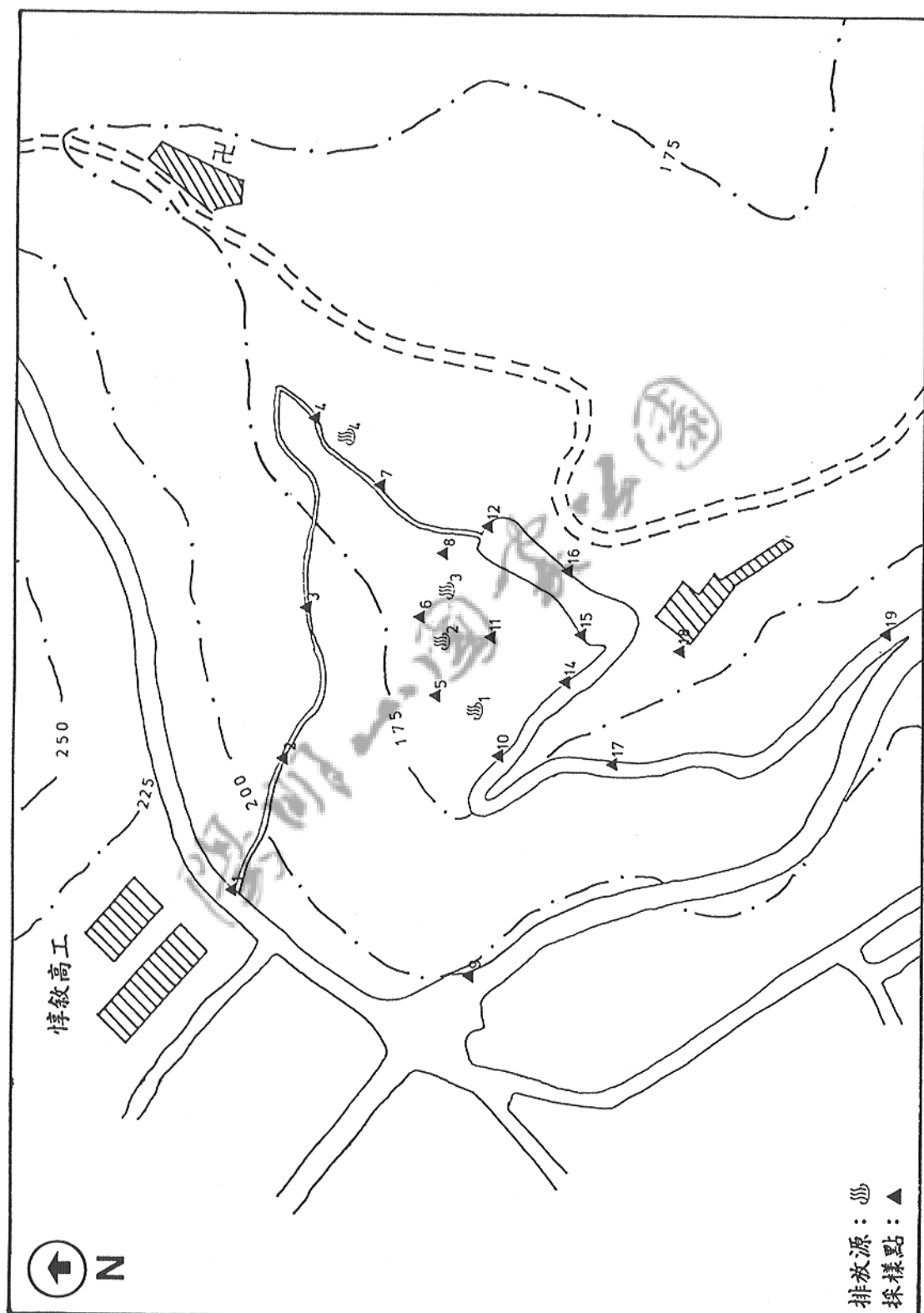


圖 3-2-1 大礦嘴採樣點位置圖

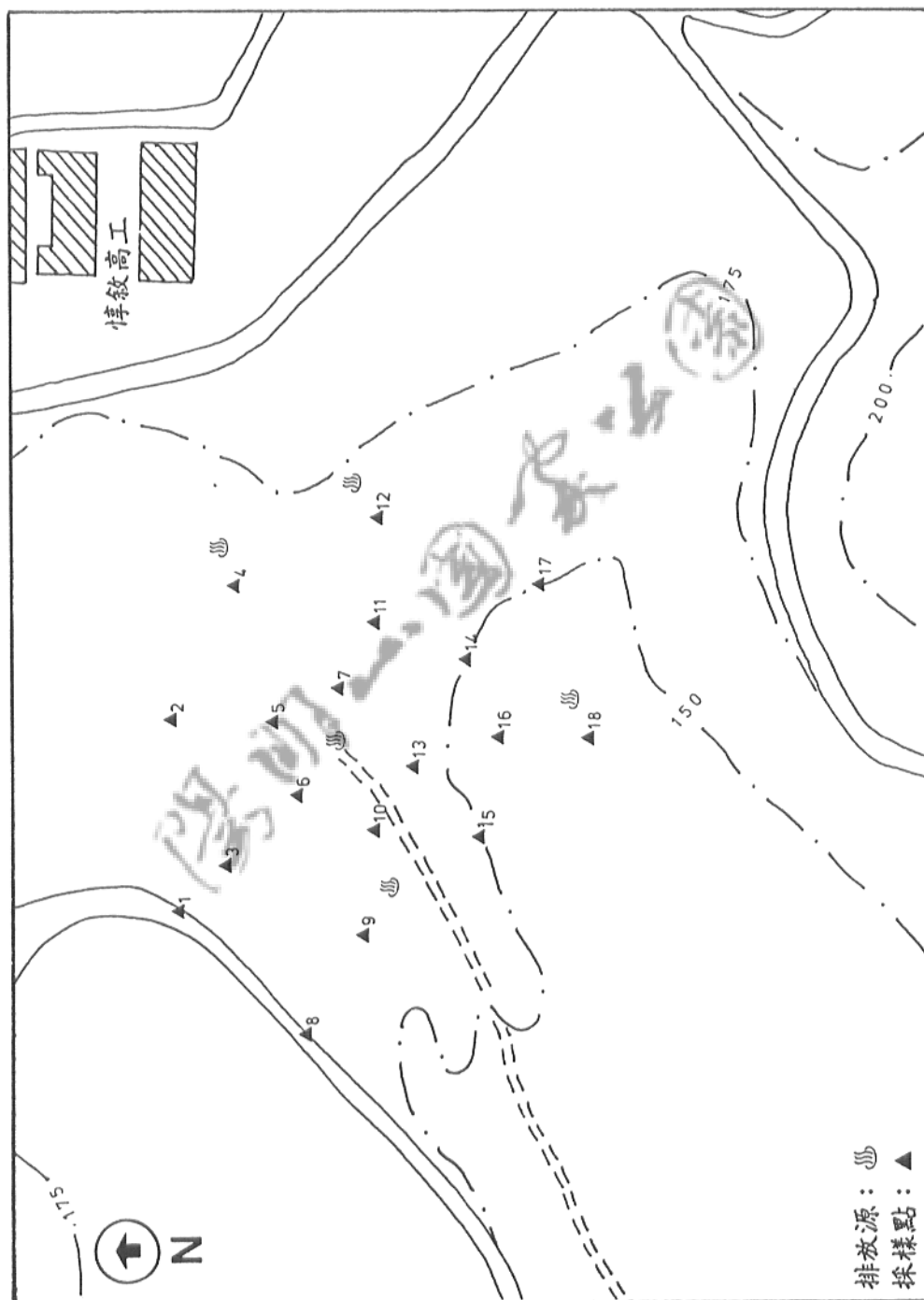


圖 3-2-2 硫磺谷採樣點位置圖

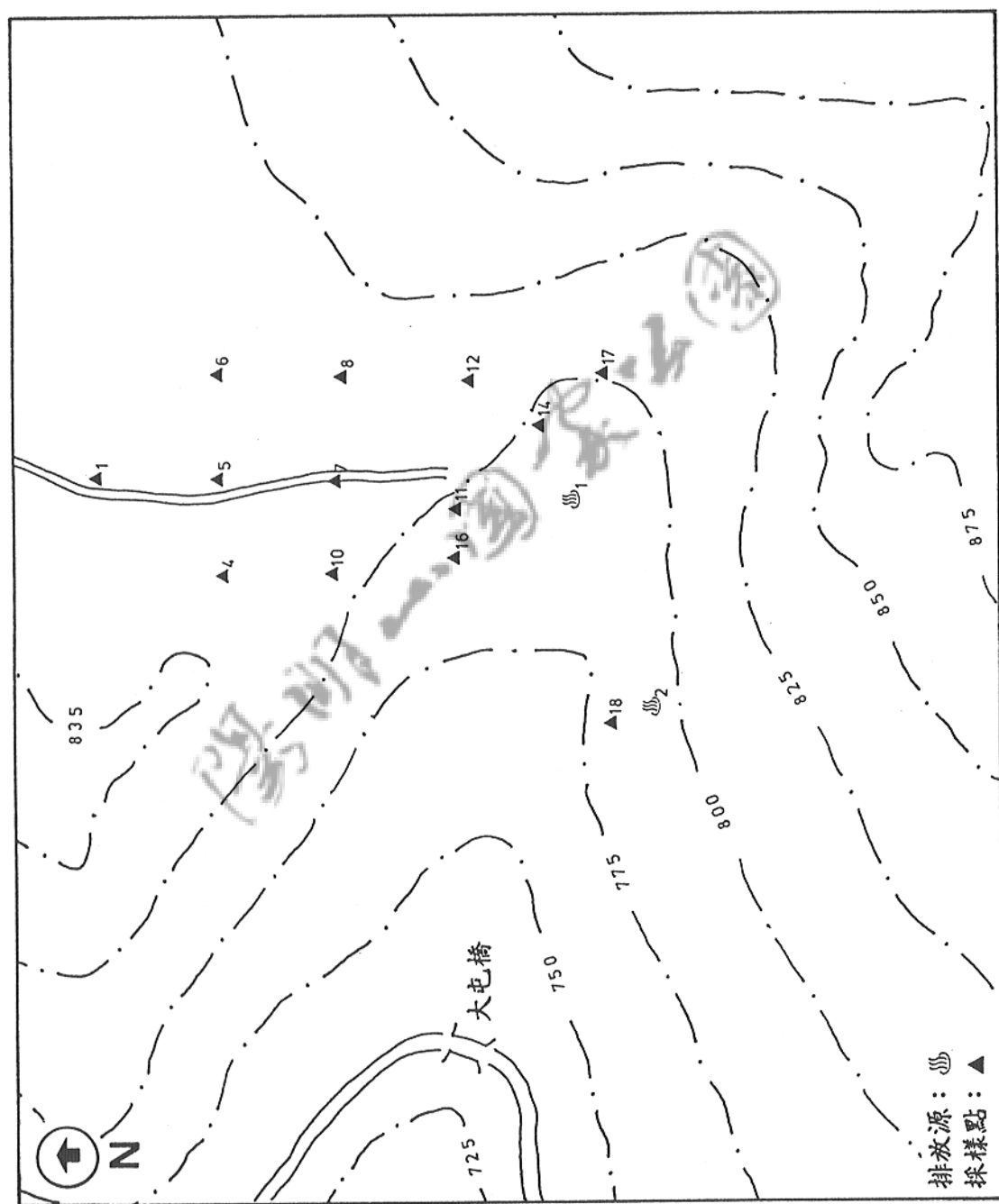


圖 3-2-3 小油坑採樣點位置圖

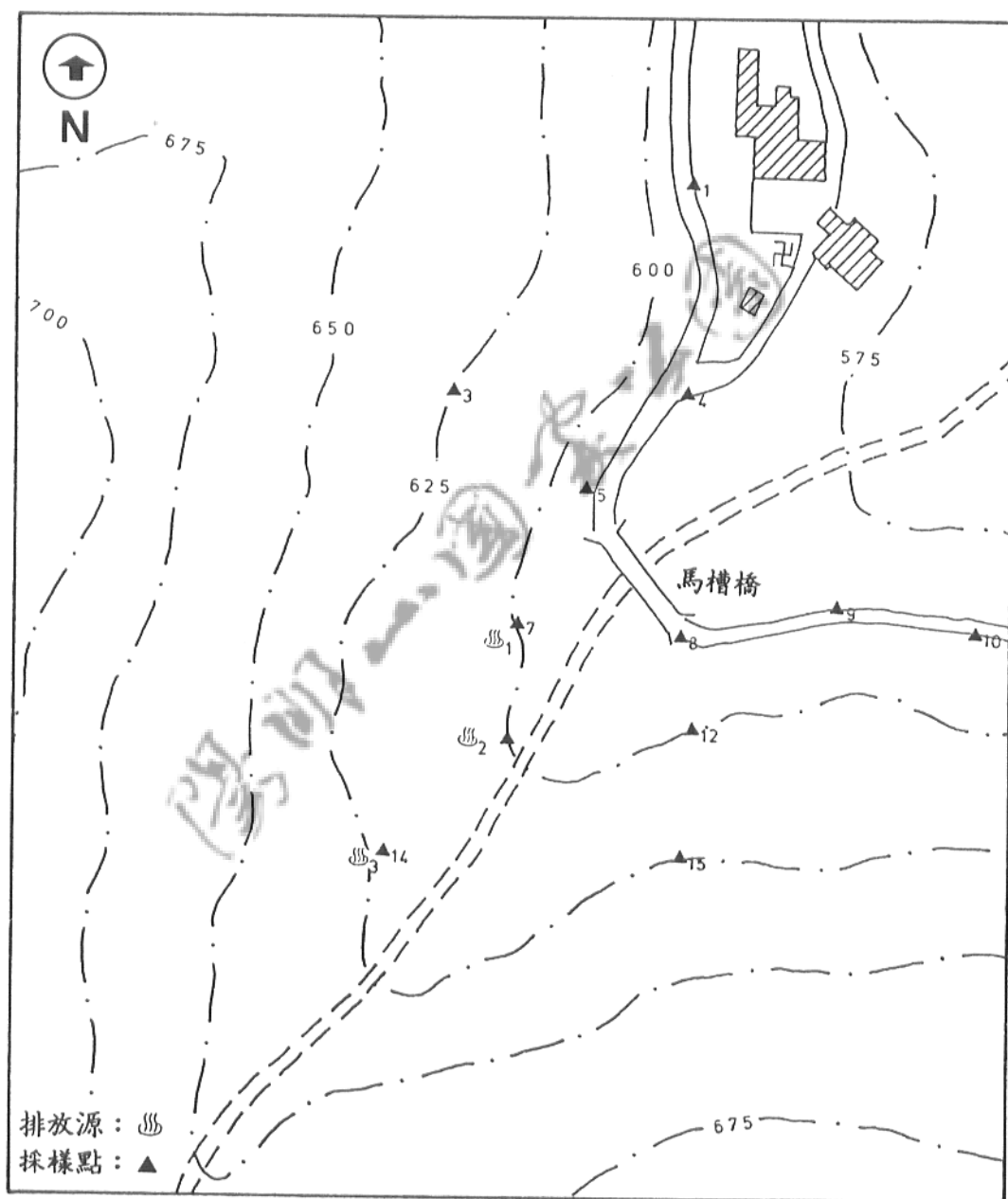


圖 3-2-4 馬槽採樣點位置圖

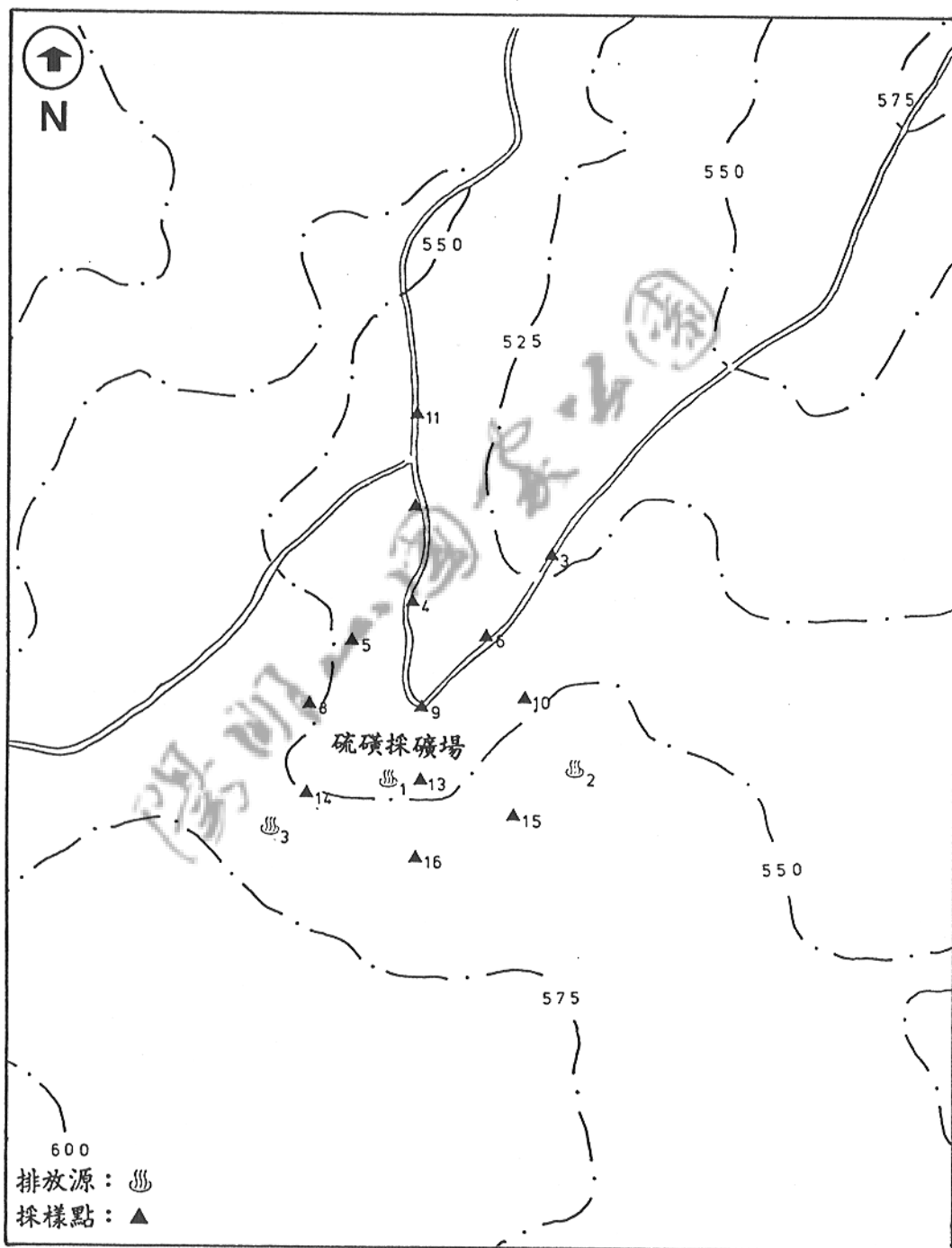


圖 3-2-5 大油坑採樣點位置圖

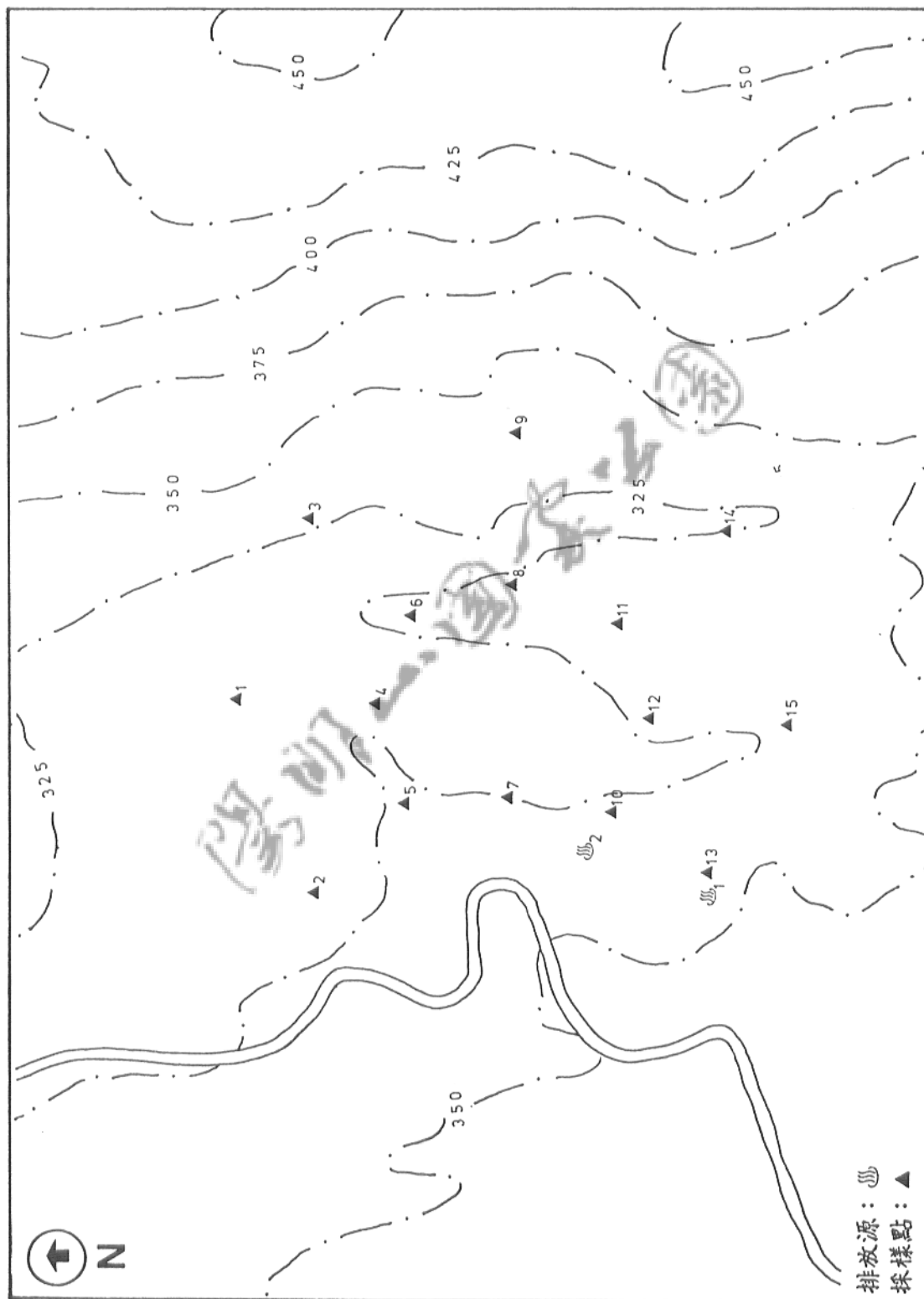


圖 3-2-6 石磺子坪採樣點位置圖

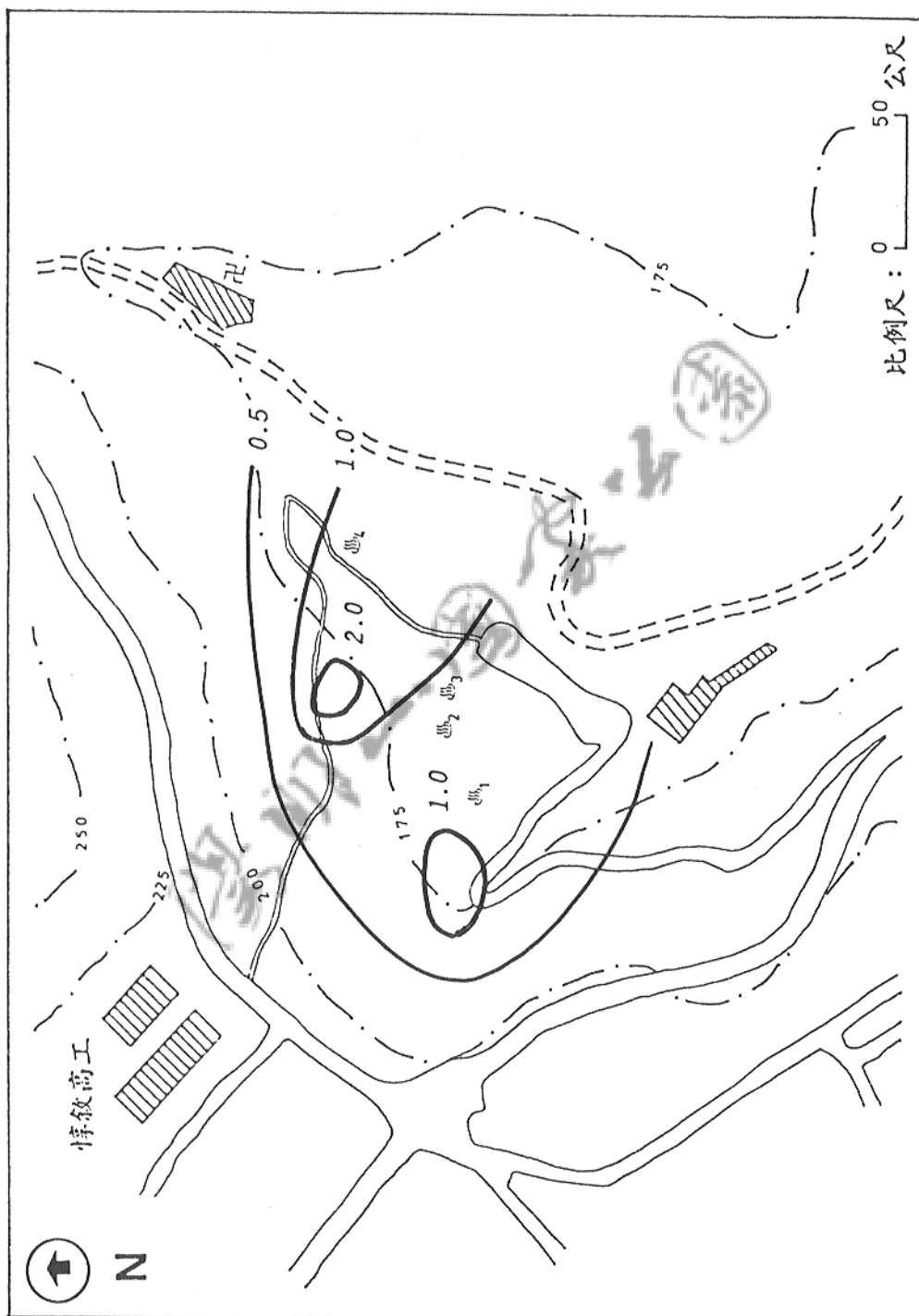


圖 4-2-1(a) 大磺嘴噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

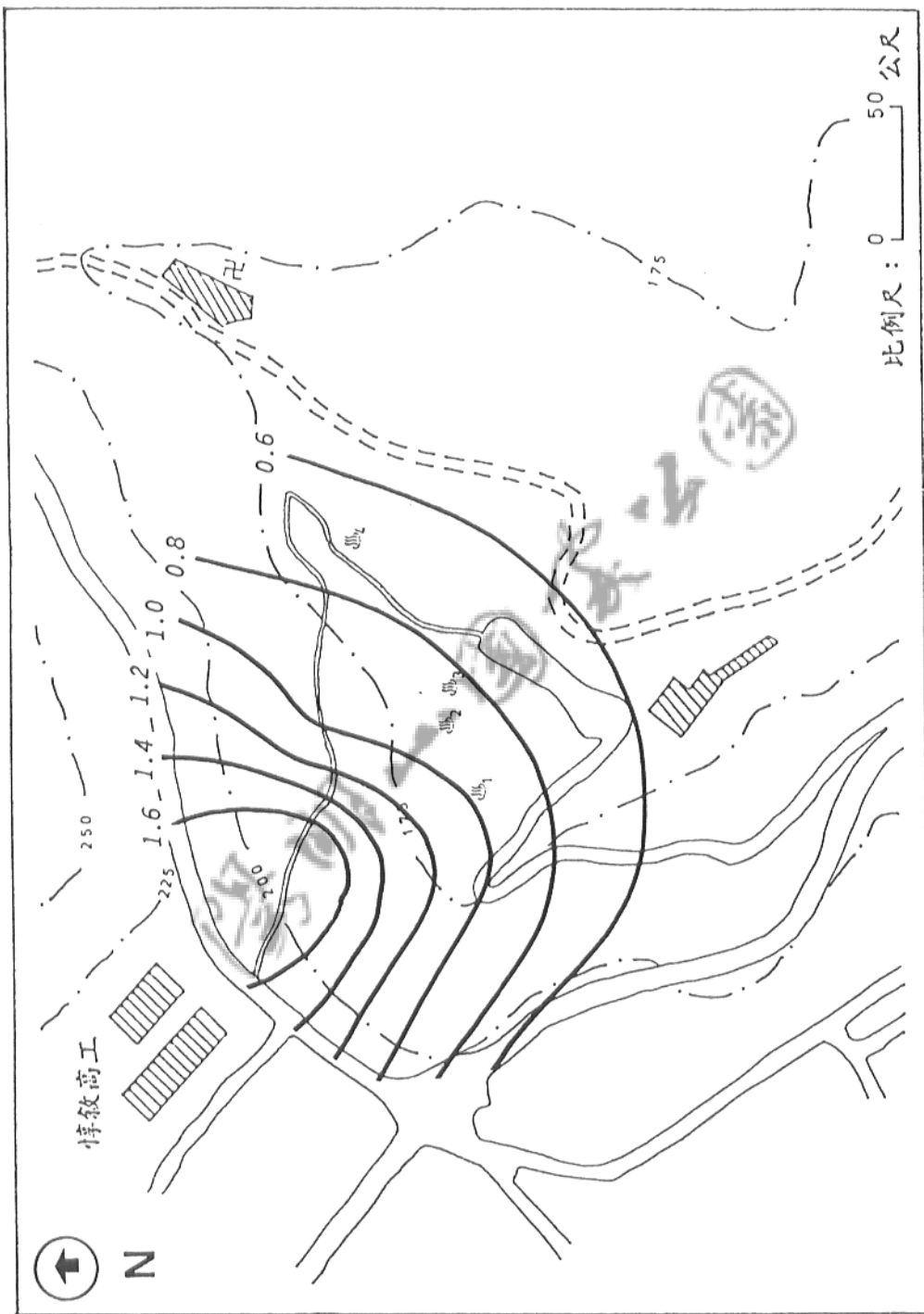


圖 4-2-1(b) 大磺嘴噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-.-
空氣污染物等濃度線: - - - - -

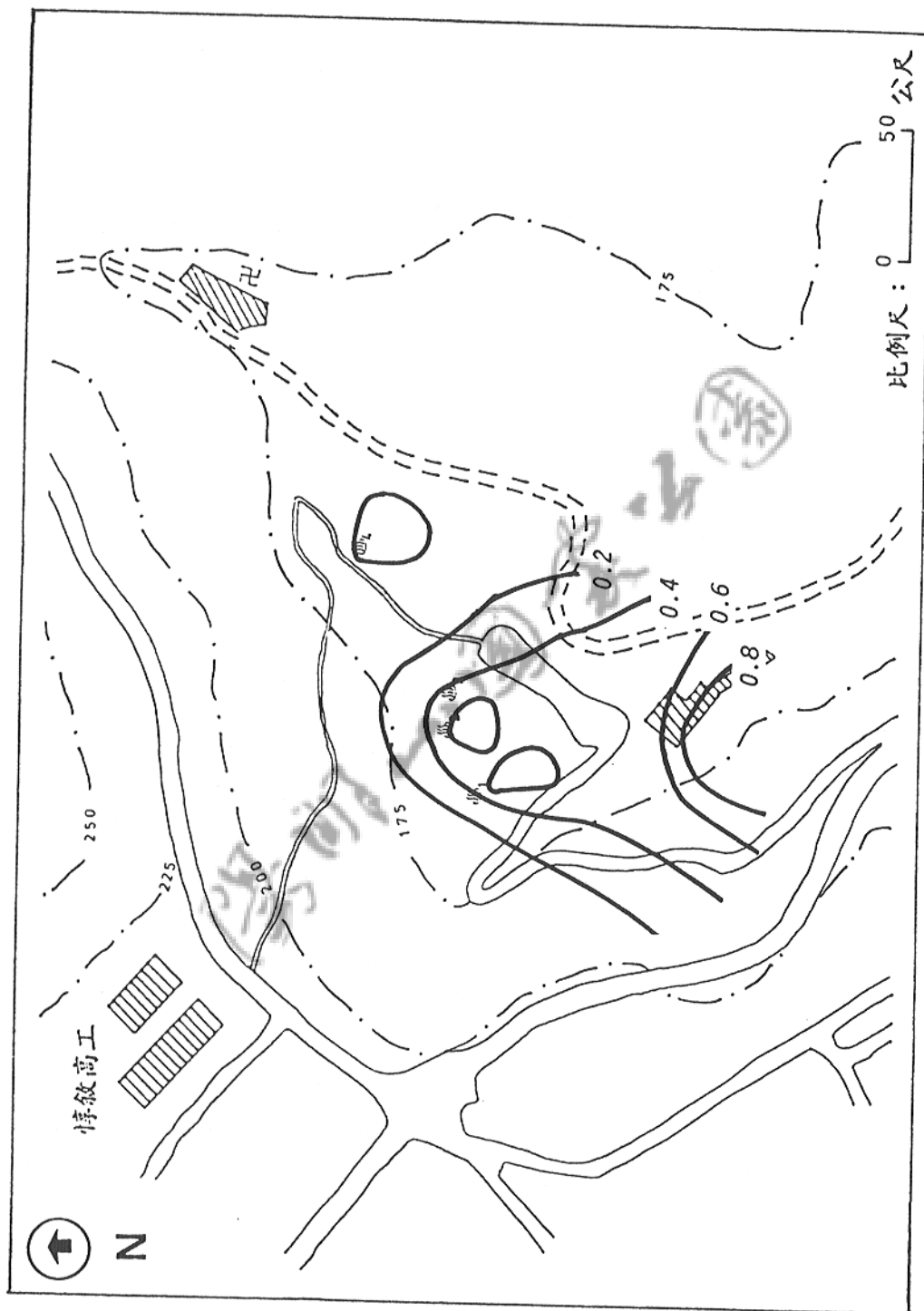


圖 4-2-1(c) 大礦嘴噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ———

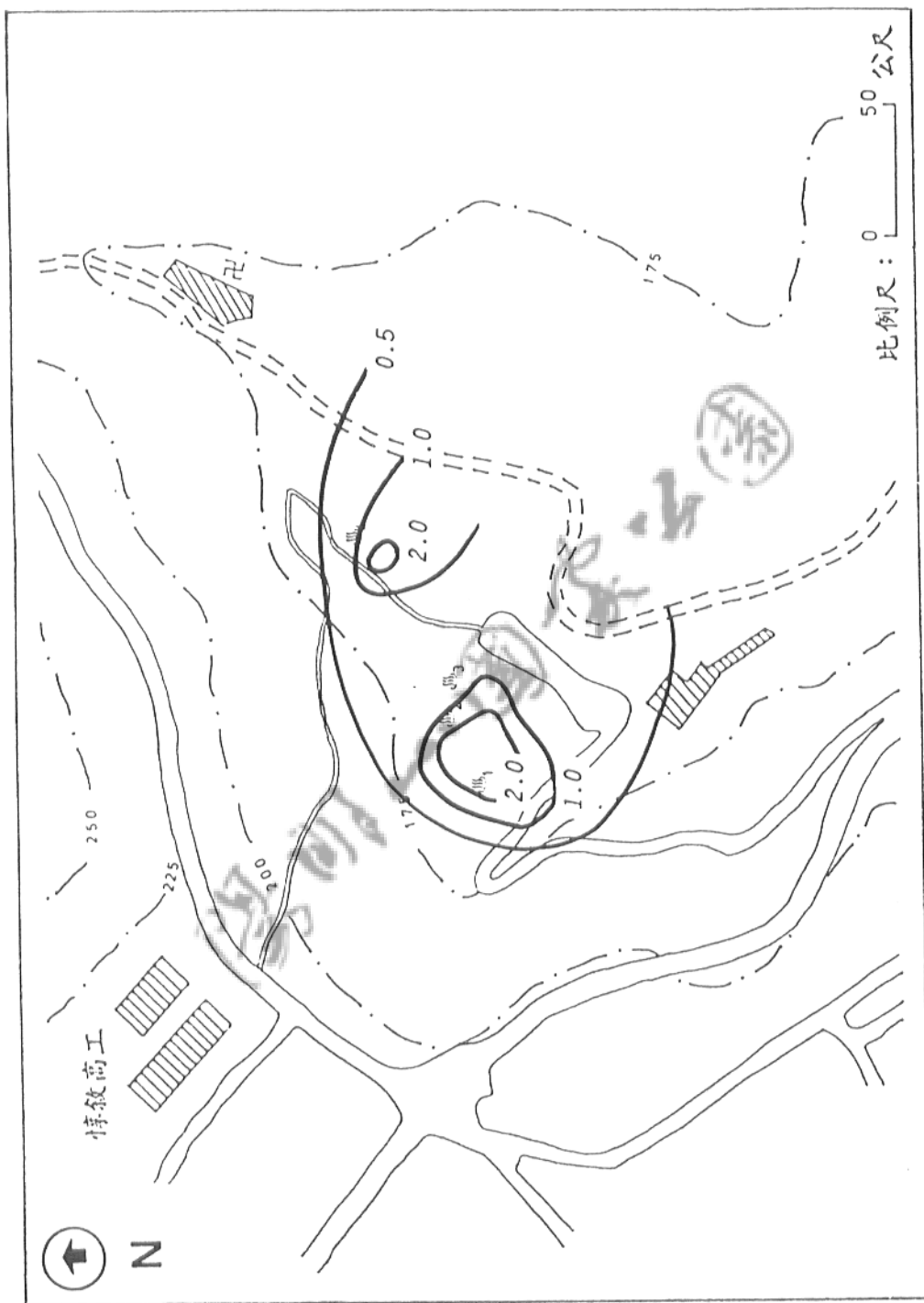


圖 4-2-1(d) 大磺嘴噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-
空氣污染物等濃度線: -----

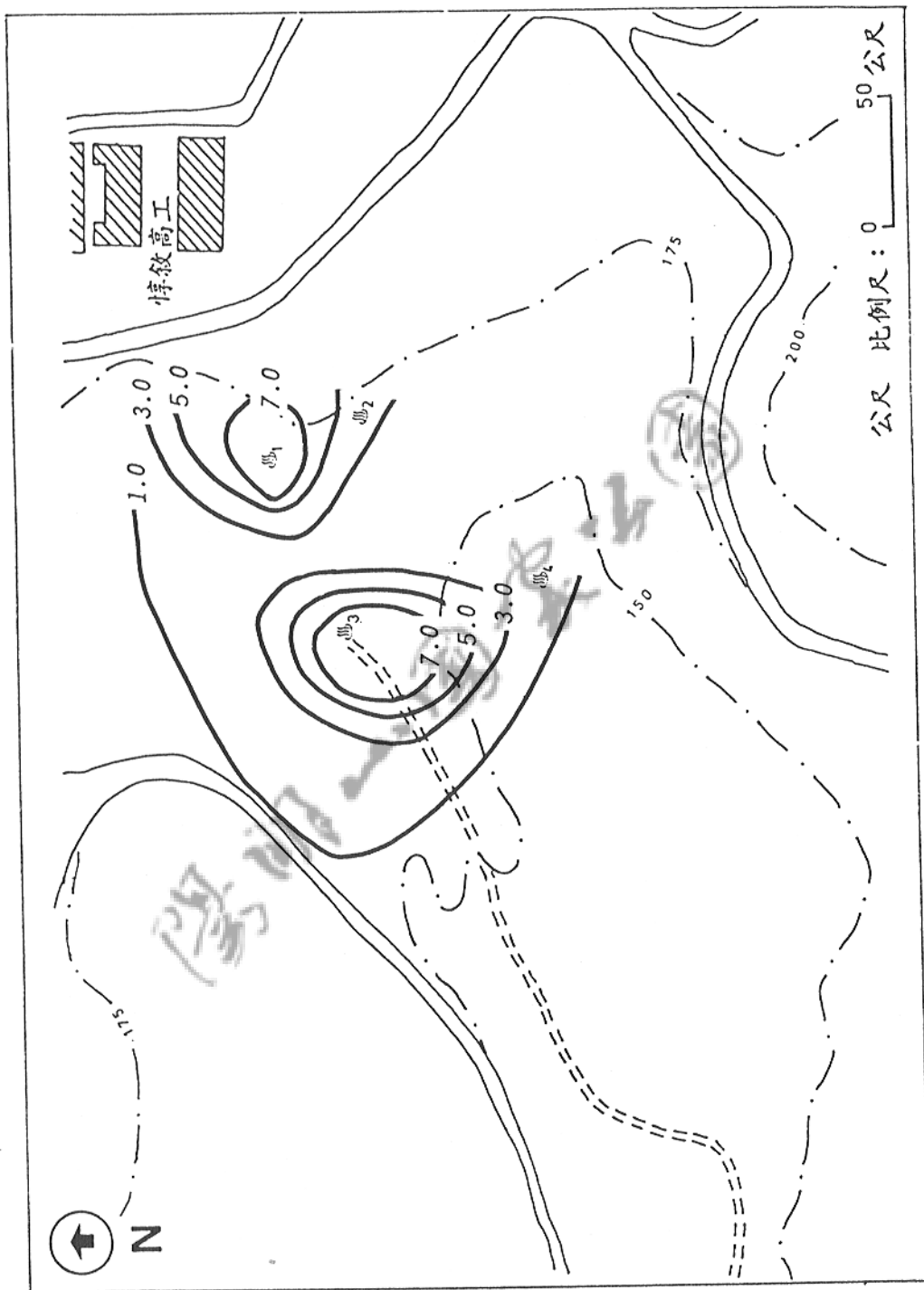


圖 4-2-2(a) 硫磺谷噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —
空氣等濃度線: — — — — —
空氣污染物等濃度線: — · — · —

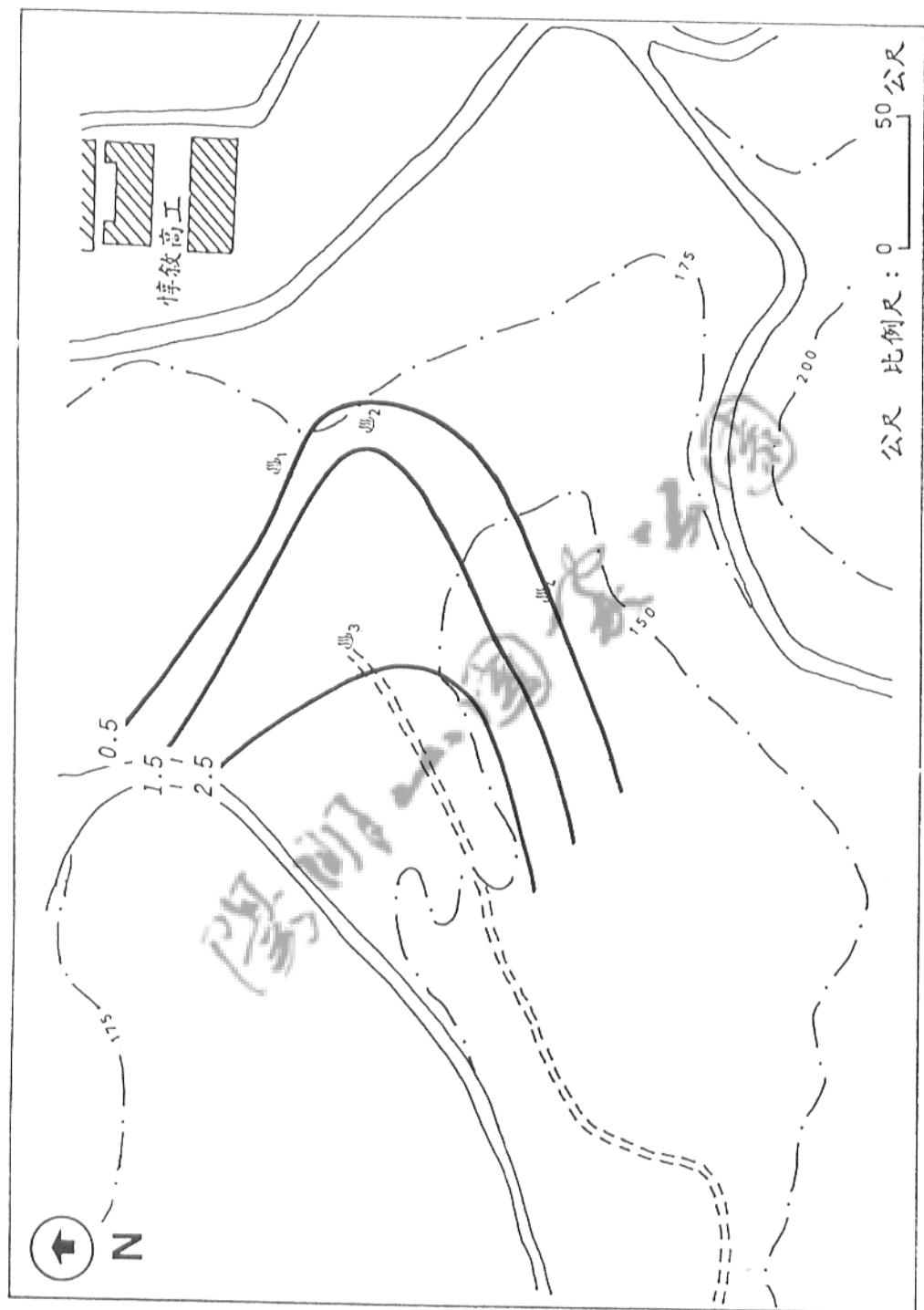


圖 4-2-2(b) 硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - - - - -

空氣污染物等濃度線: ————

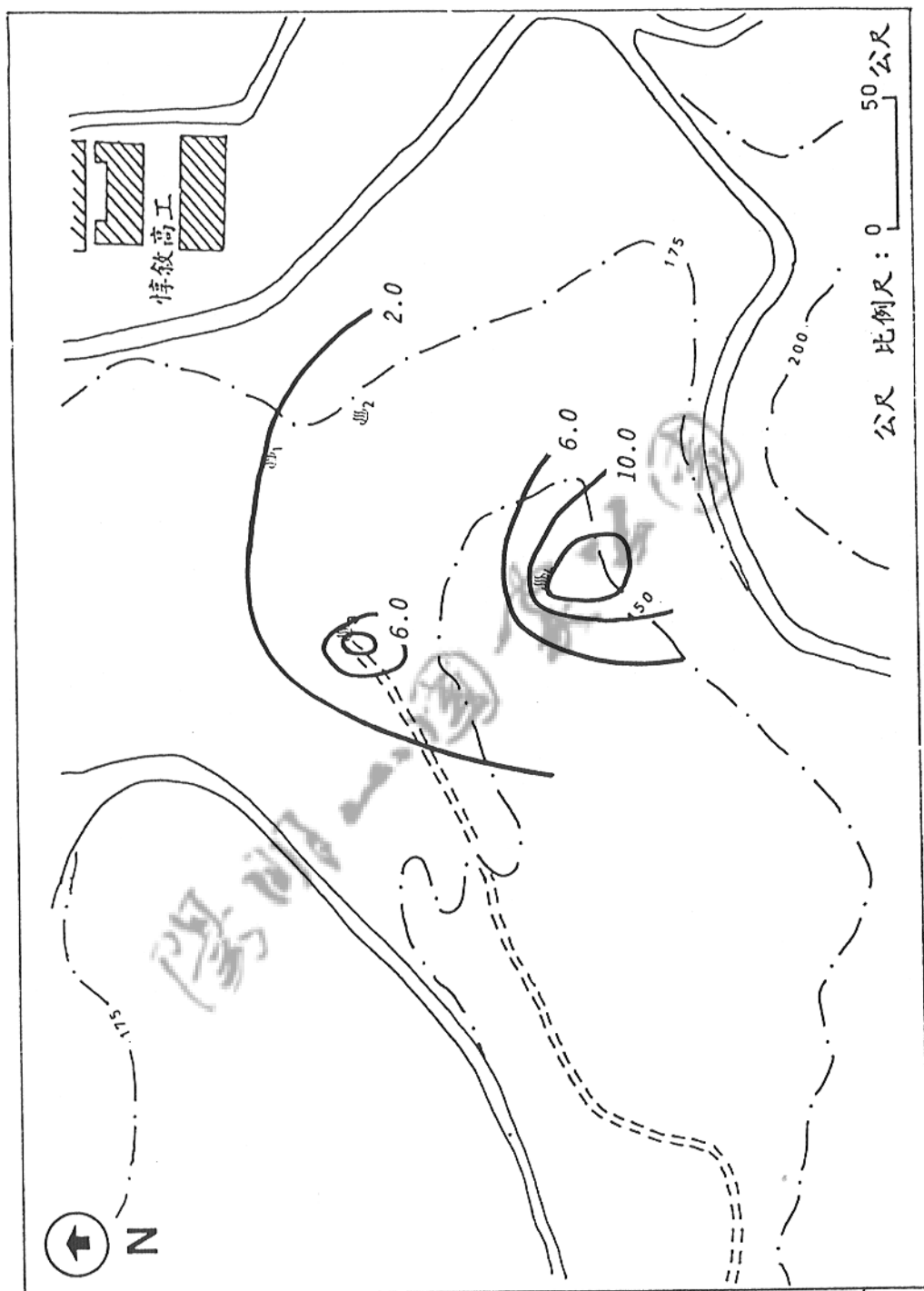


圖 4-2-2(c) 硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: — — — — —



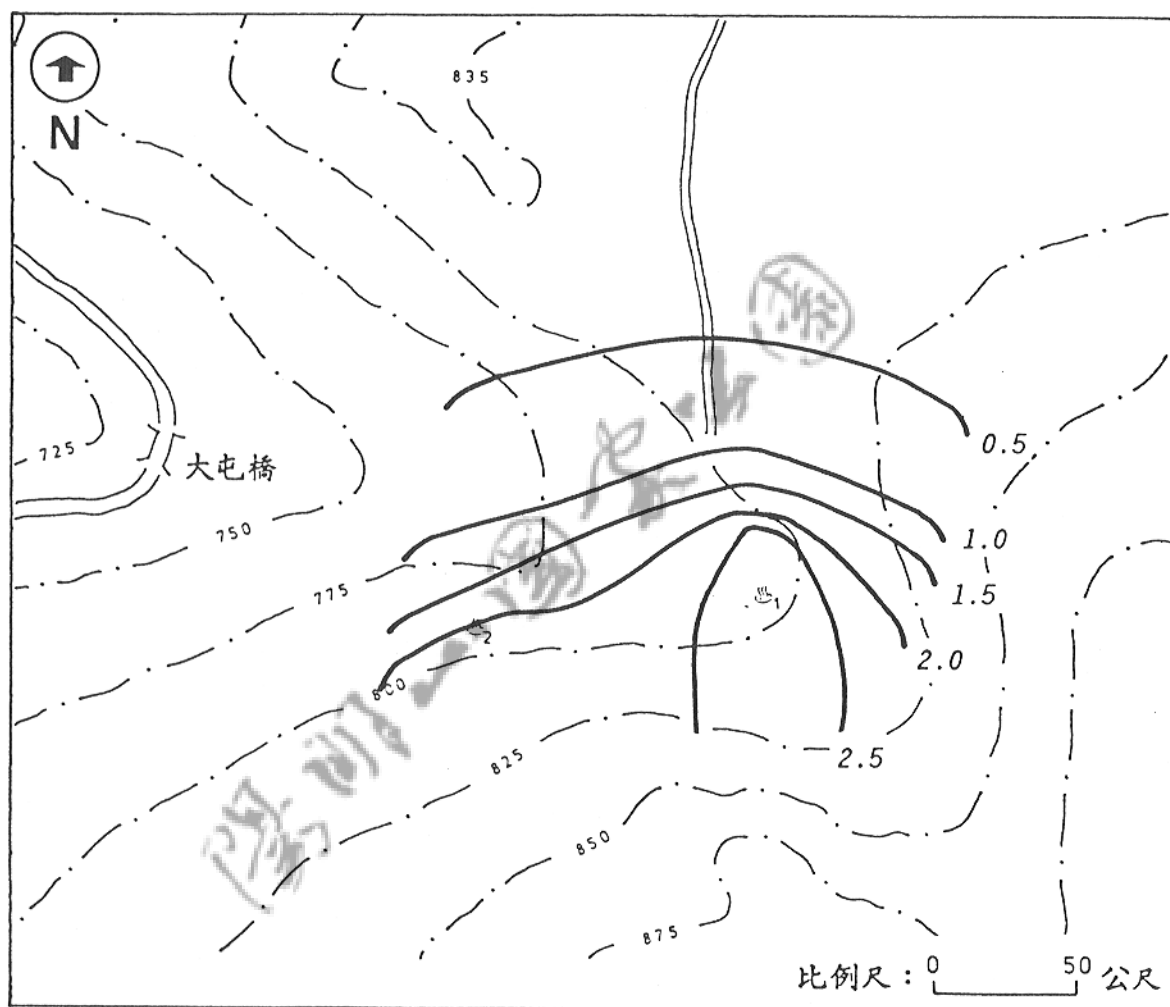


圖 4-2-3(a) 小油坑噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

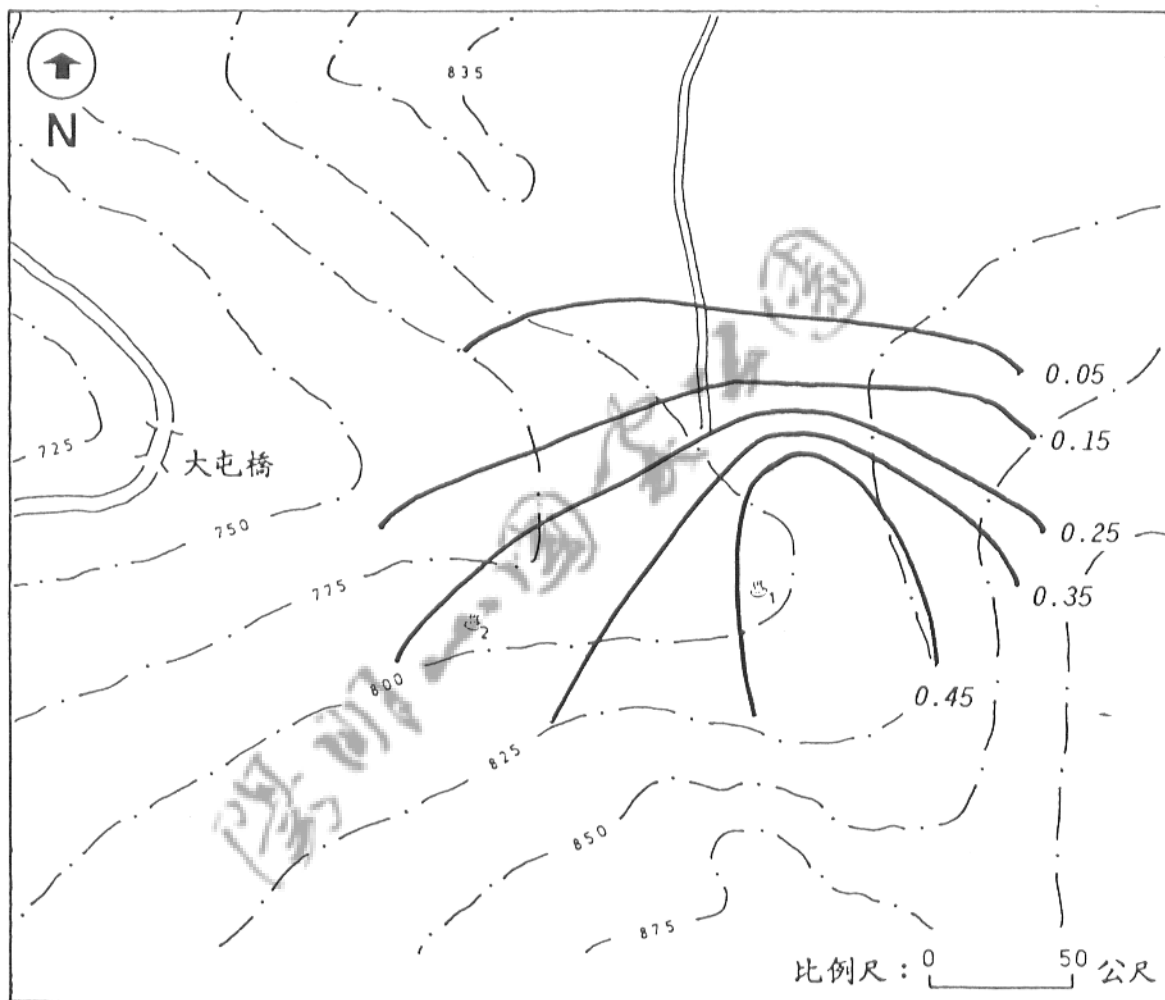


圖 4-2-3(b) 小油坑噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

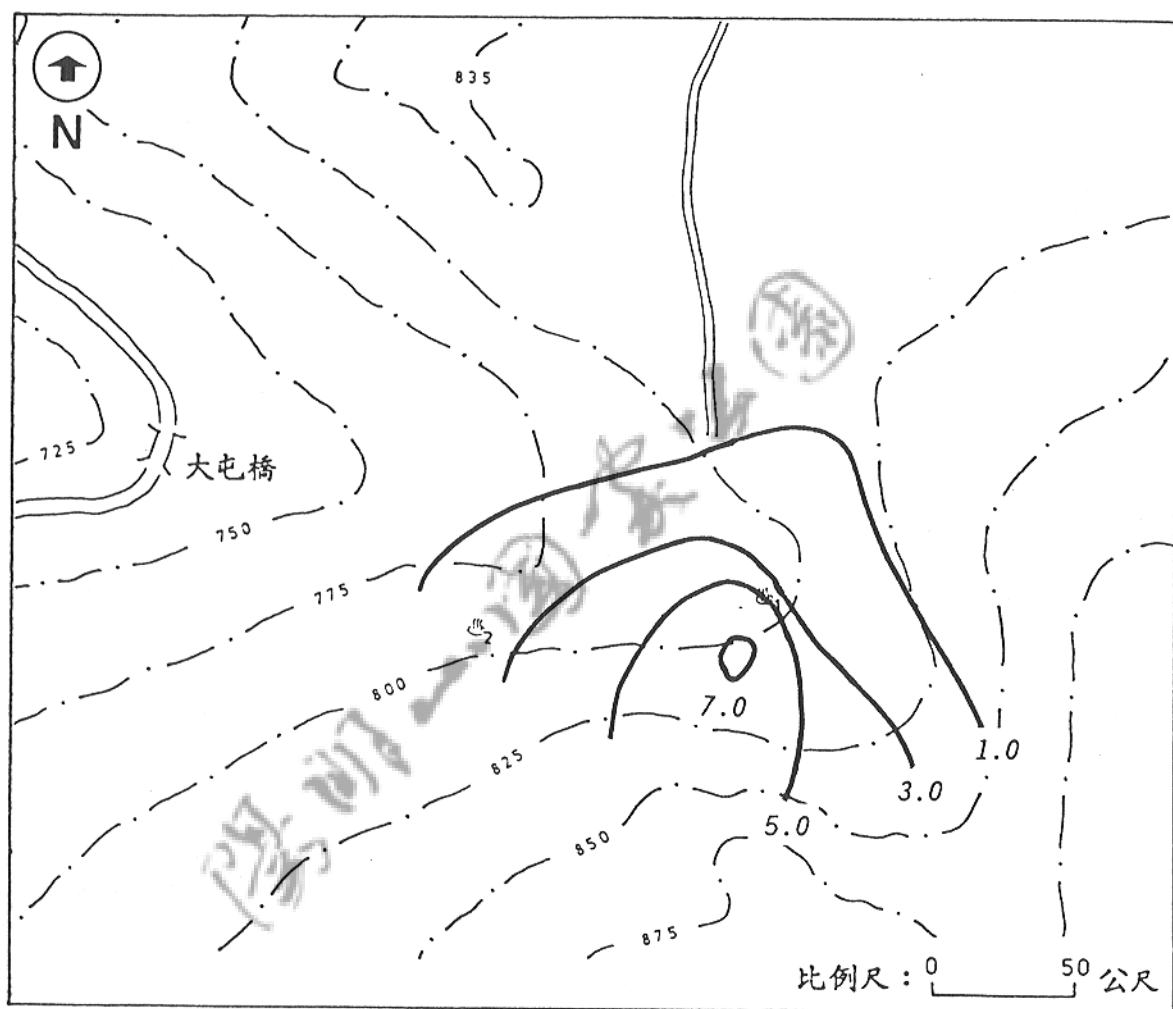


圖 4-2-3(c) 小油坑噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

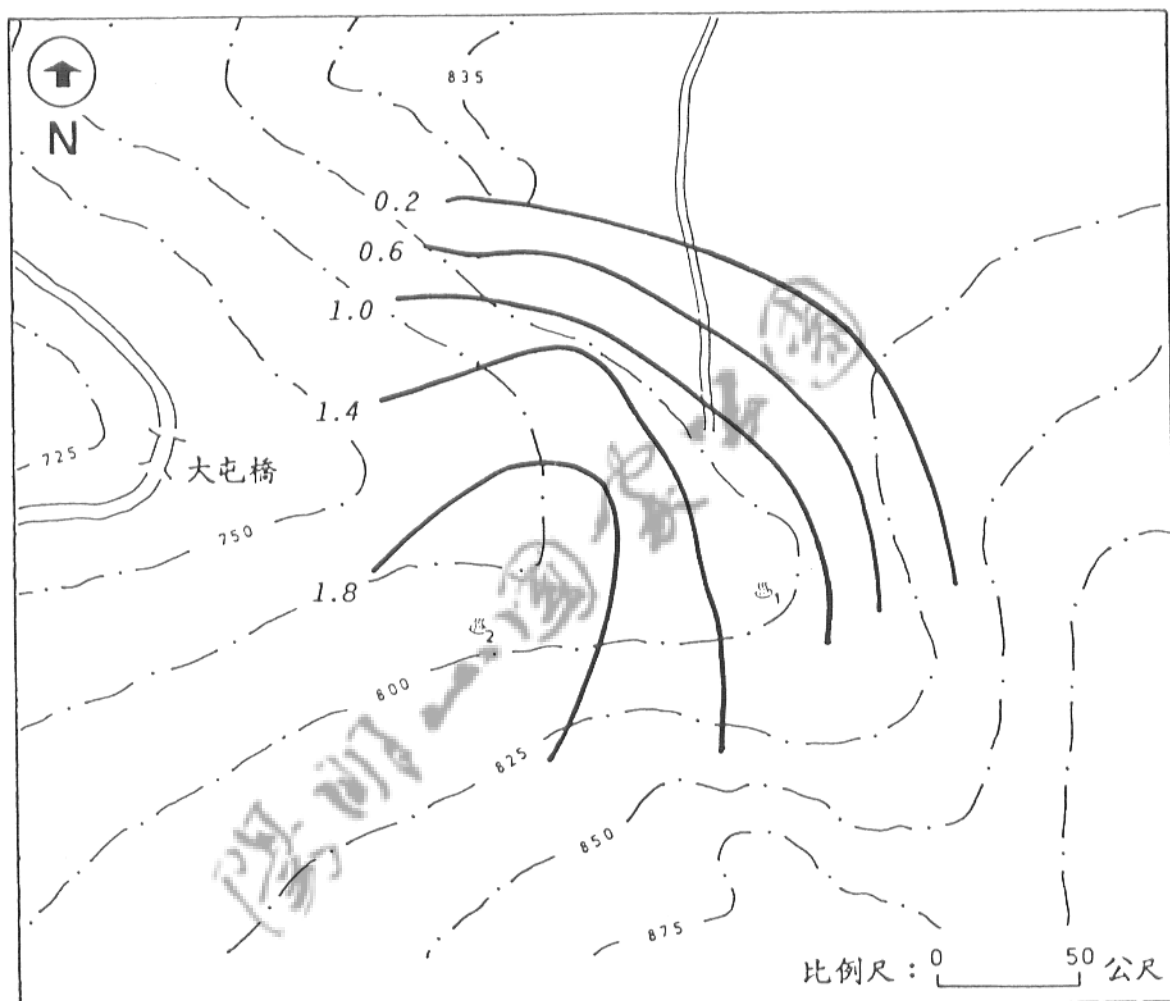


圖 4-2-3(d) 小油坑噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地 形 等 高 線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

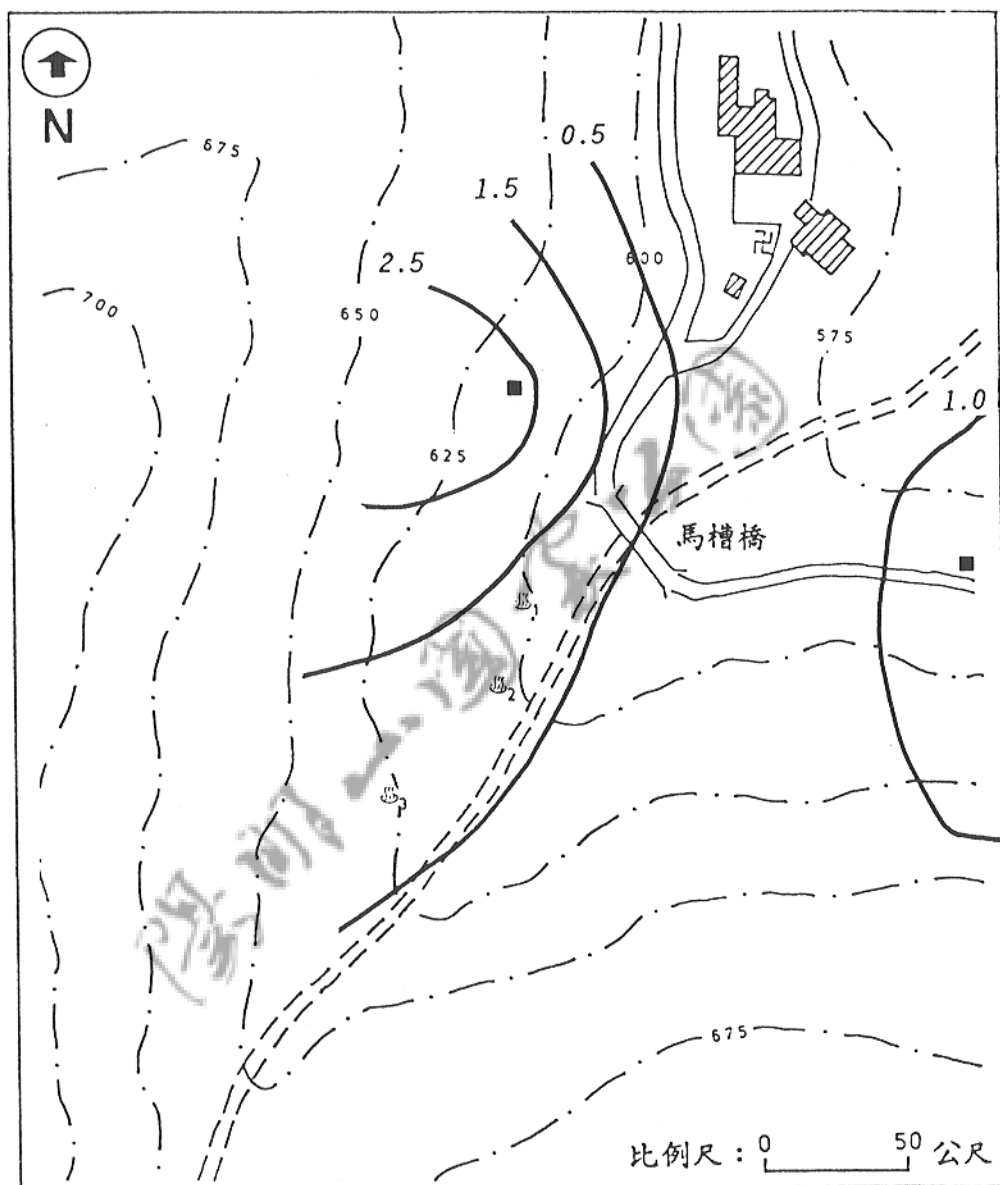


圖 4-2-4(a) 馬槽噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

小排放源 ■

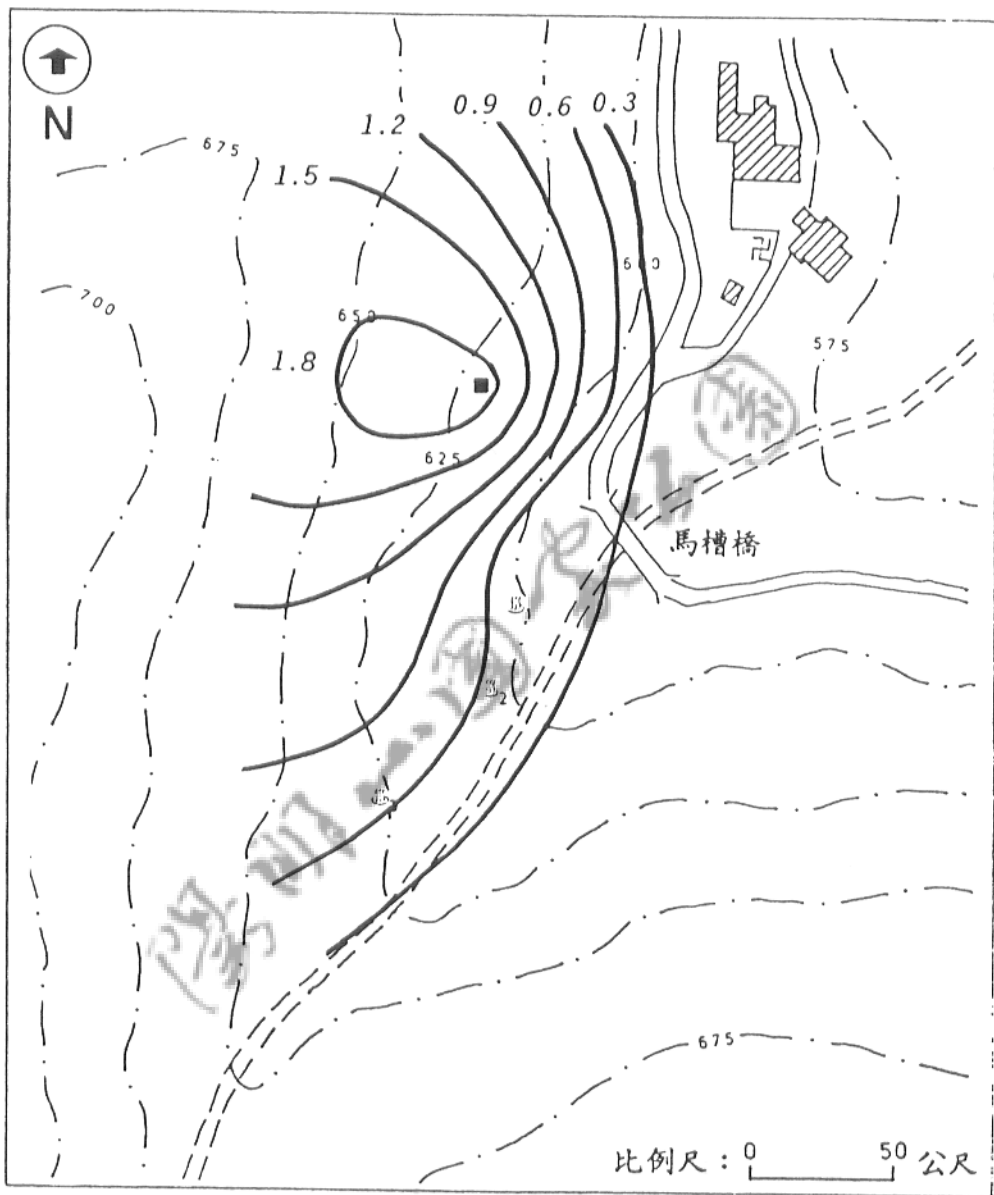


圖 4-2-4(b) 馬槽噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

小排放源 ■

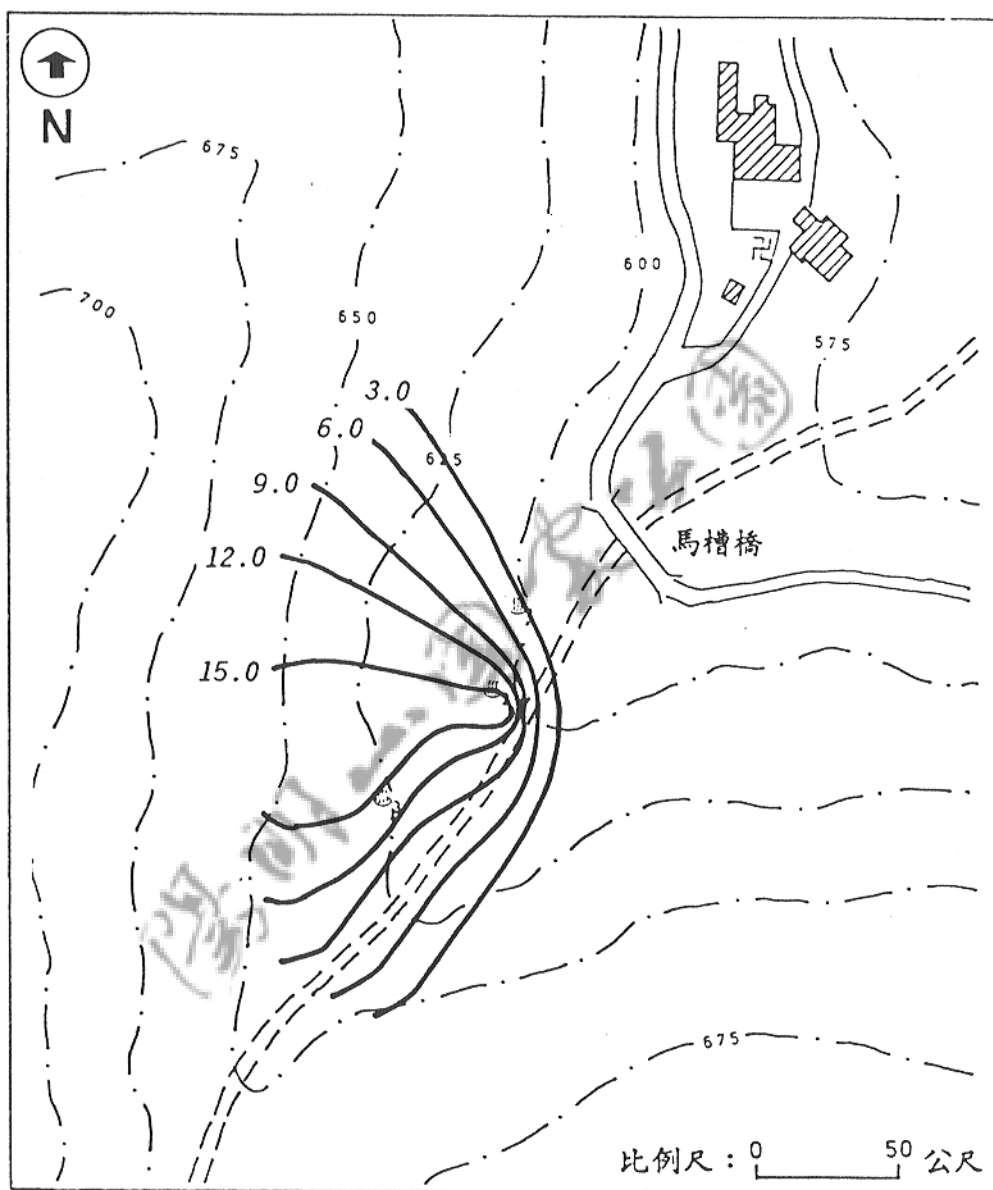


圖 4-2-4(c) 馬槽噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

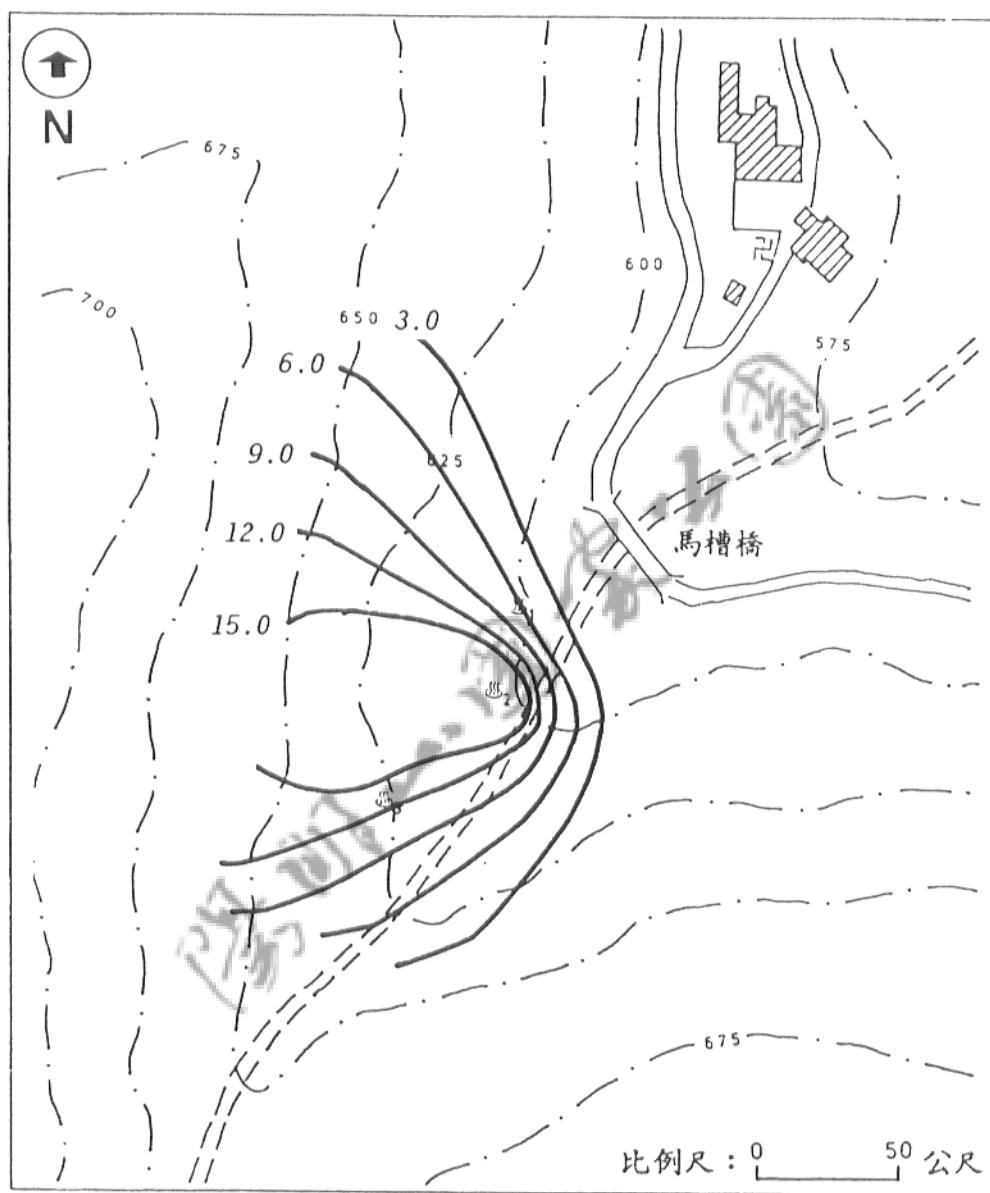


圖 4-2-4(d) 馬槽噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

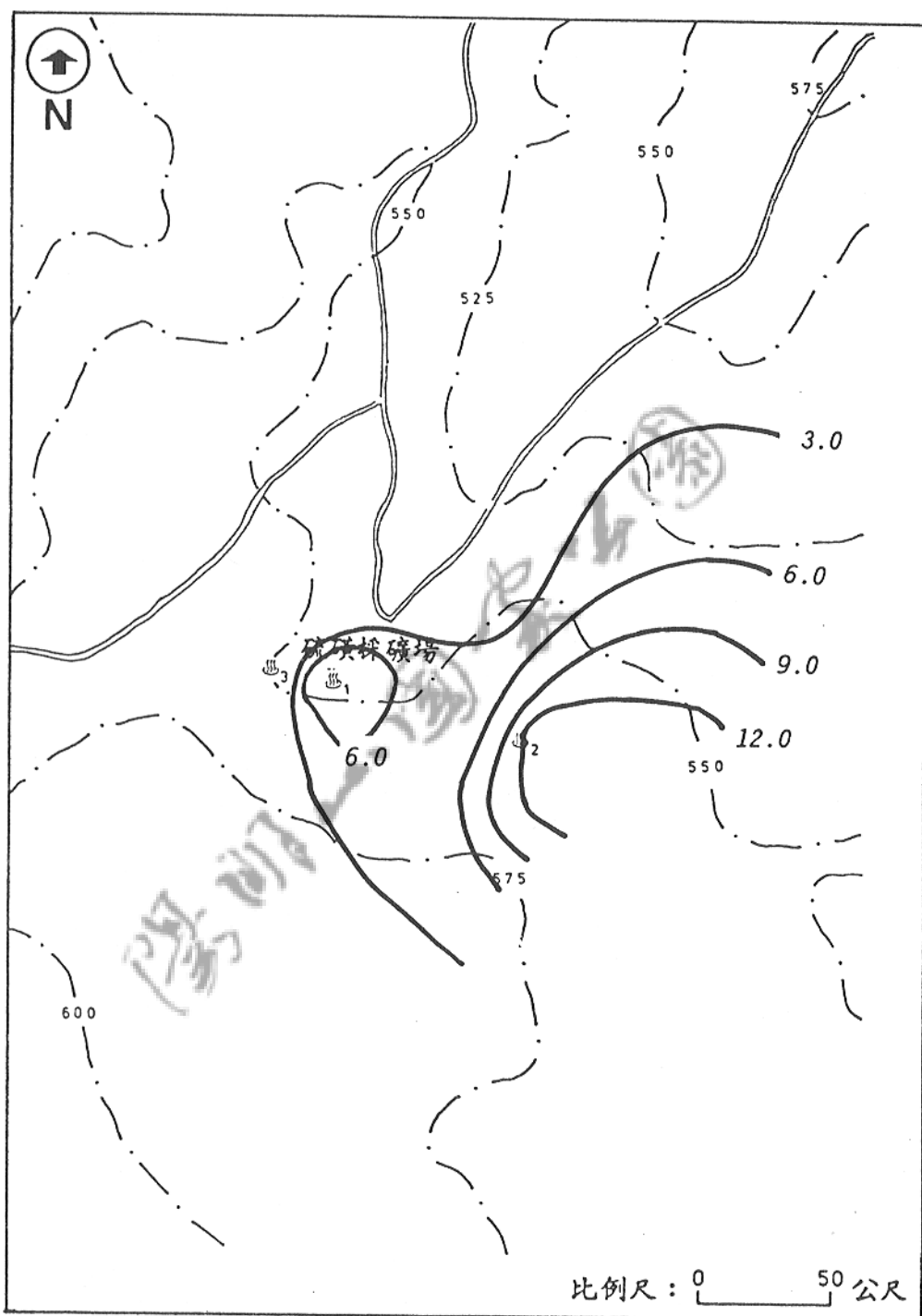


圖 4-2-5(a) 大油坑噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

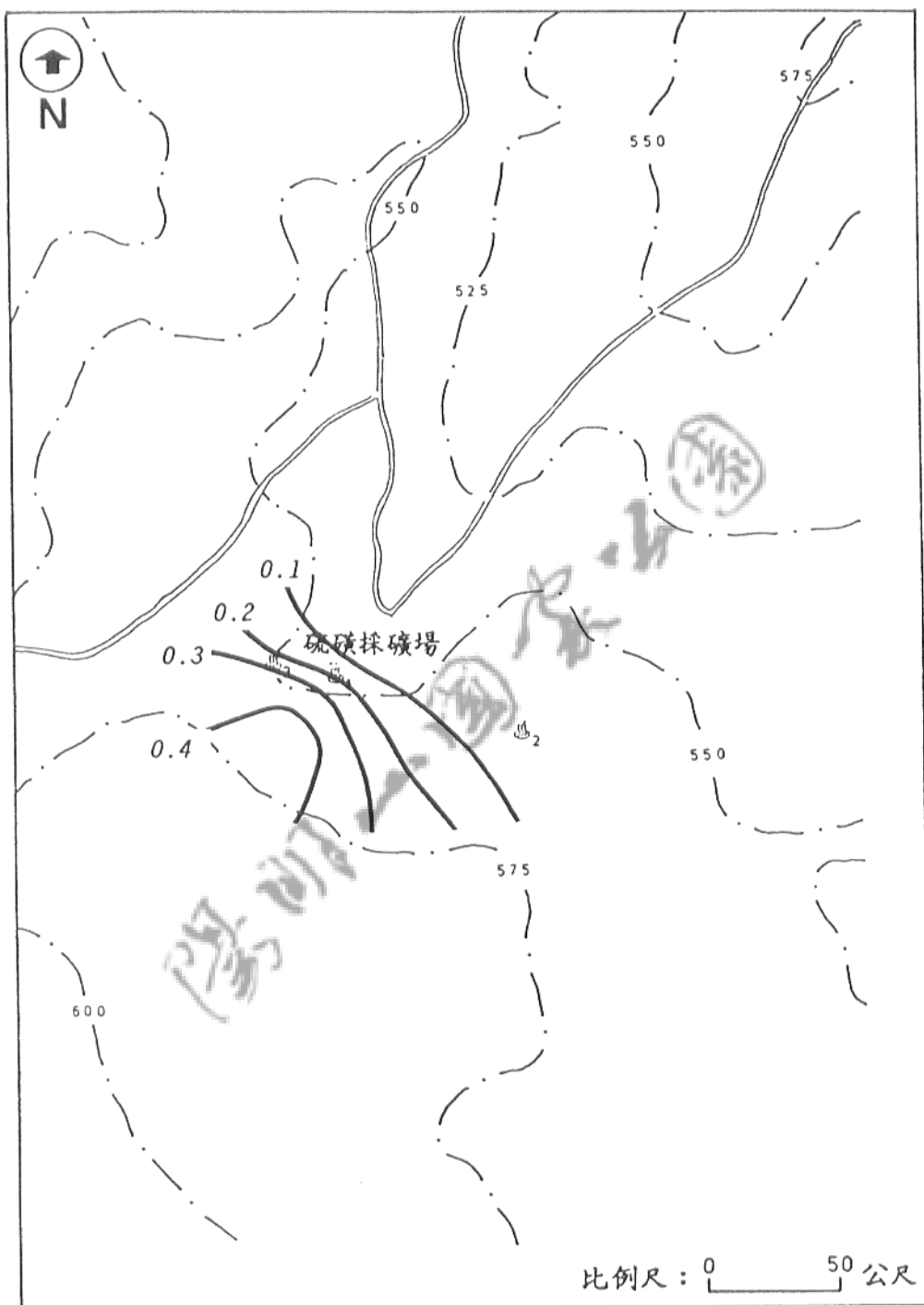


圖 4-2-5(b) 大油坑噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

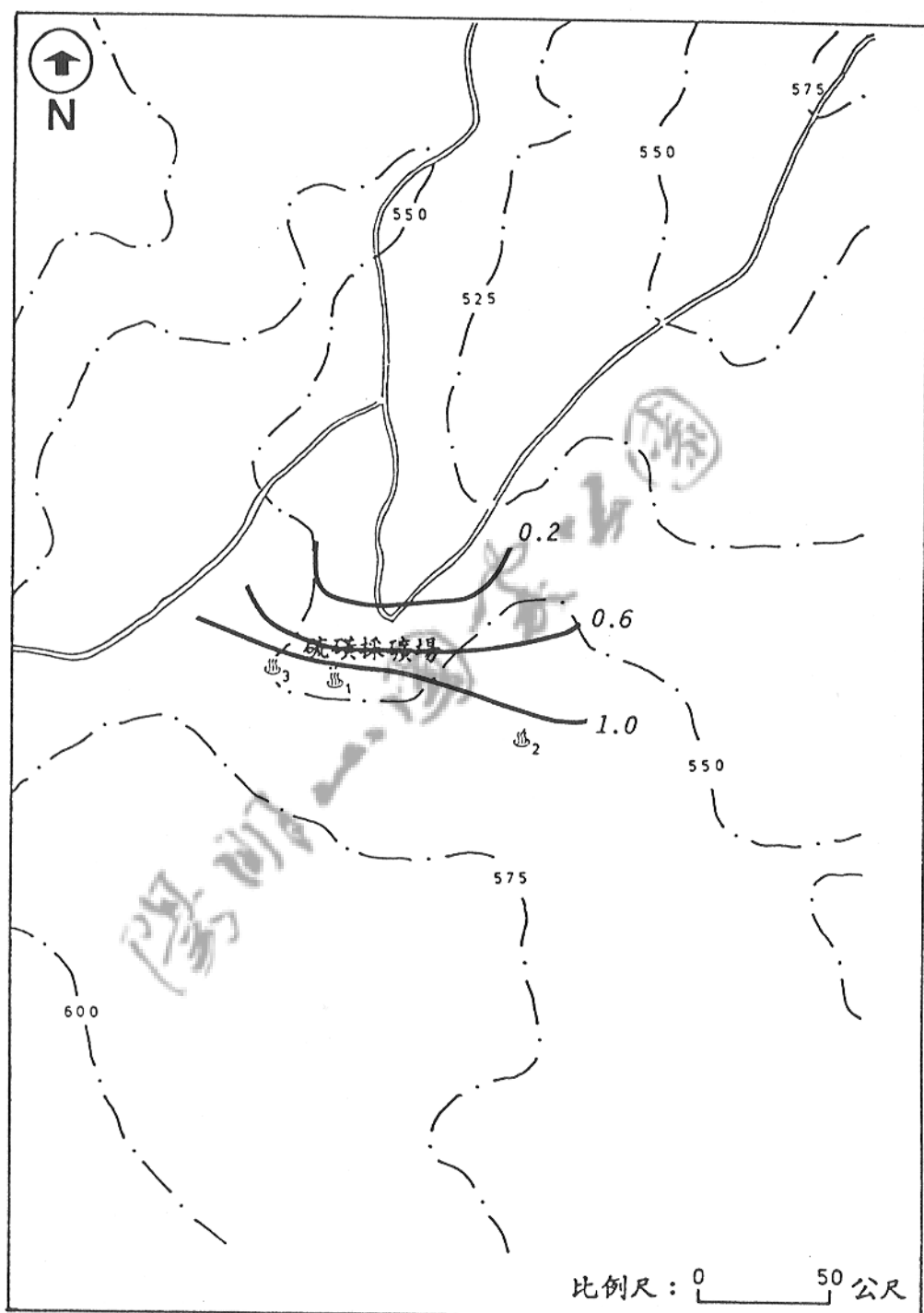


圖 4-2-5(c) 大油坑噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ————

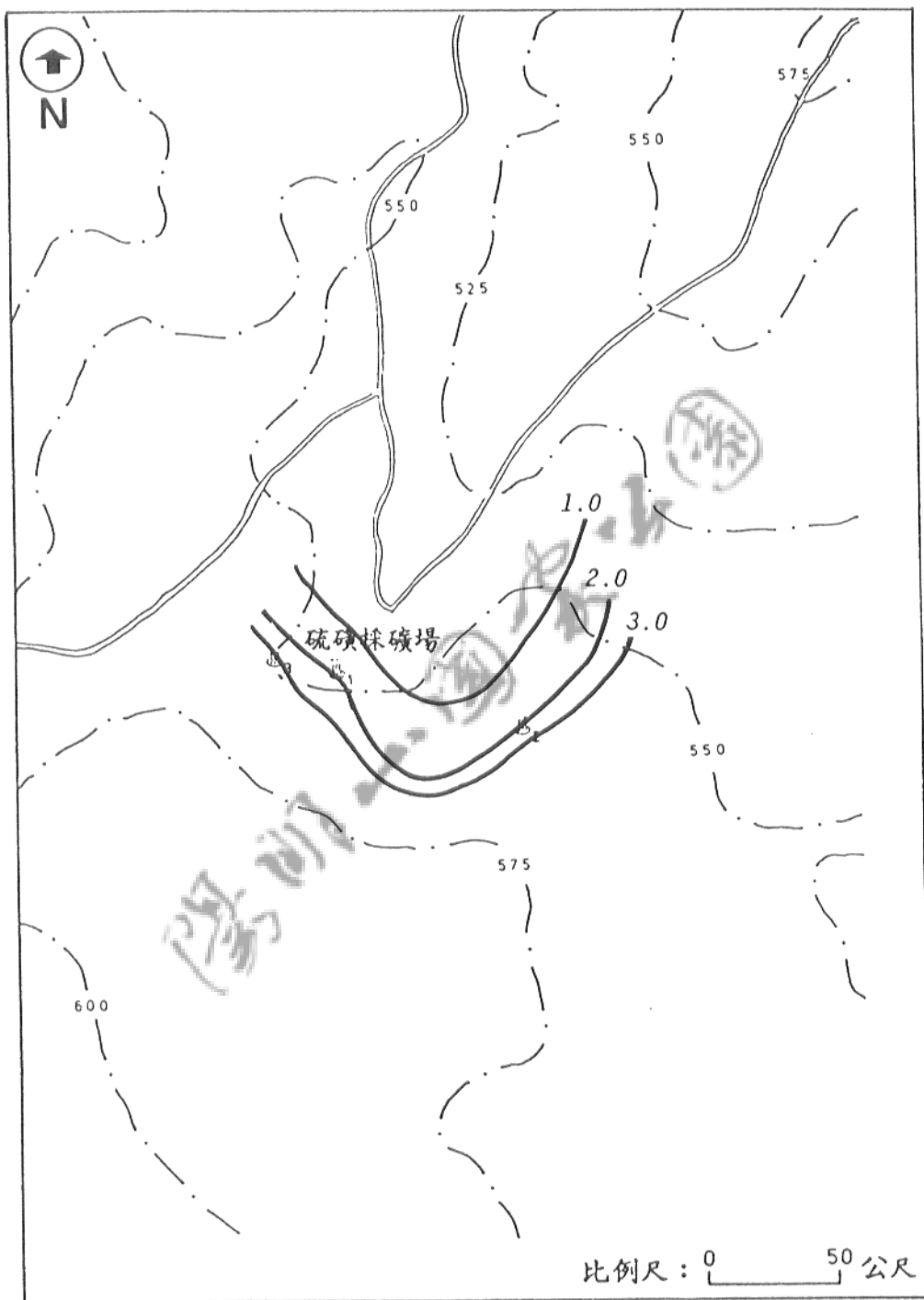


圖 4-2-5(d) 大油坑噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

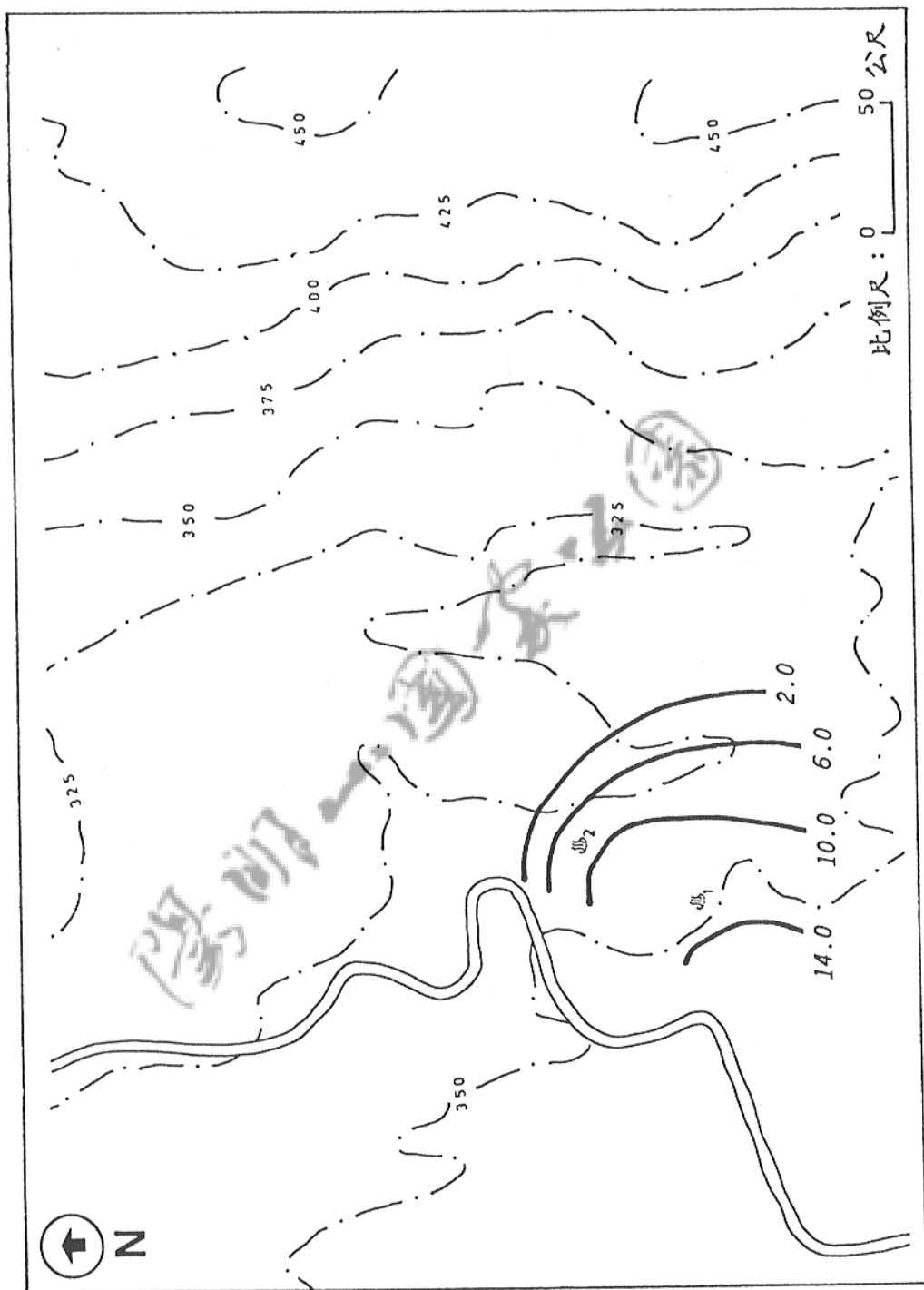


圖 4-2-6(a) 石碇子坪噴氣孔附近地區春季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —
空氣污染物等濃度線: — · — · —

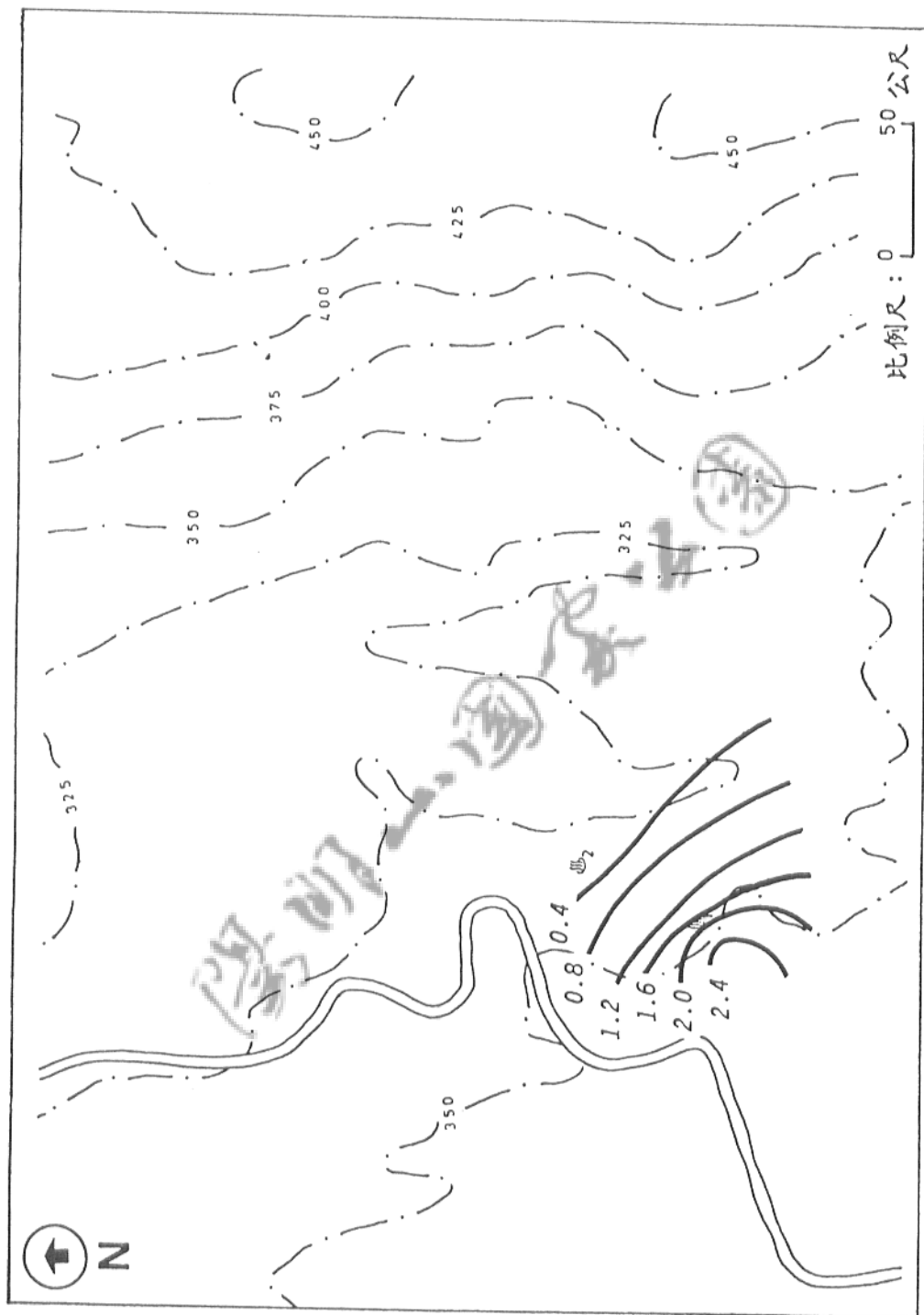


圖 4-2-6(b) 石碇子坪噴氣孔附近地區夏季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: ————

空氣污染物等濃度線: - - - - -

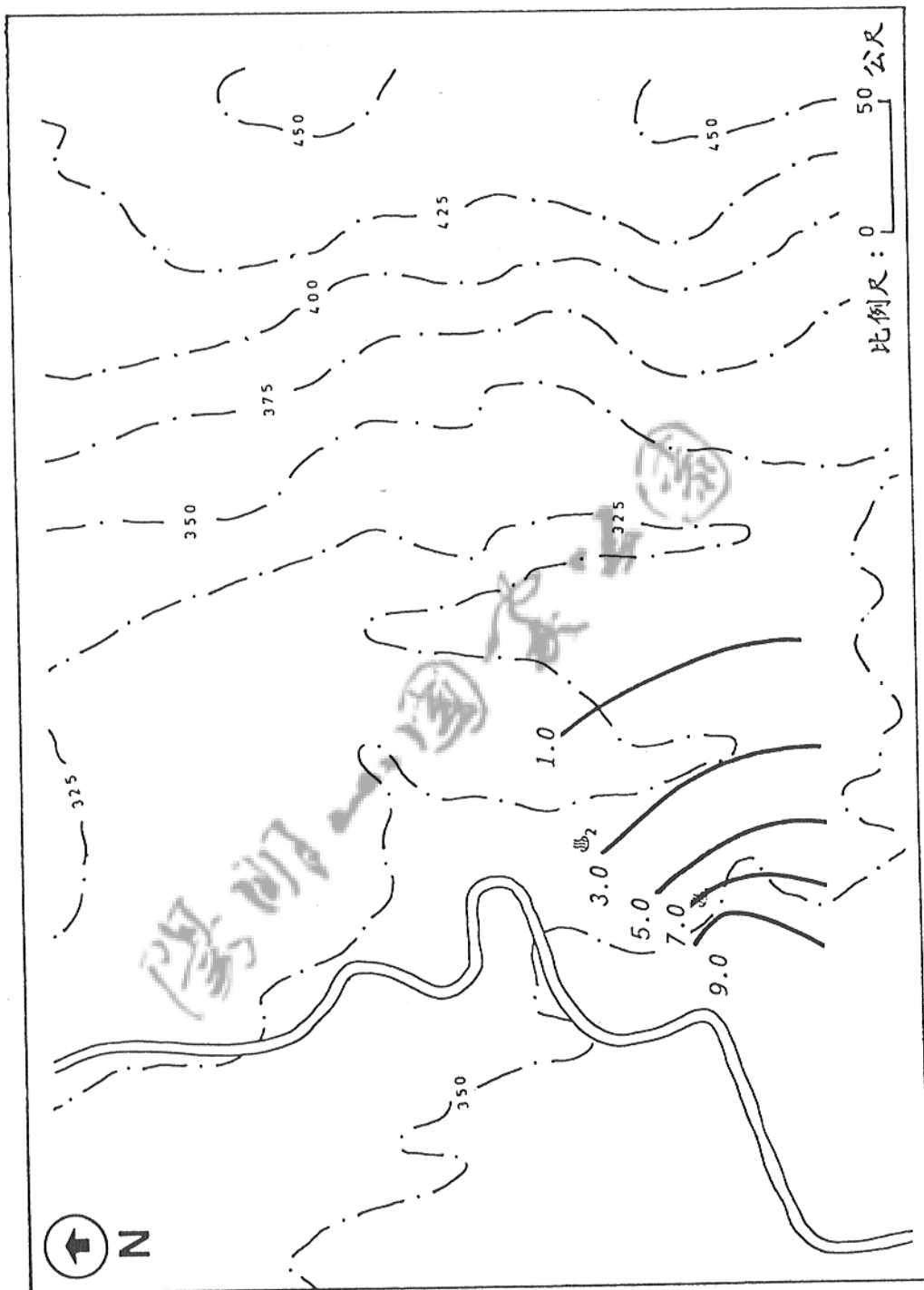


圖 4-2-6(c) 石碇子坪噴氣孔附近地區秋季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)
 註: 地·形 等 高 線: ————
 空氣污染物等濃度線: - - - -

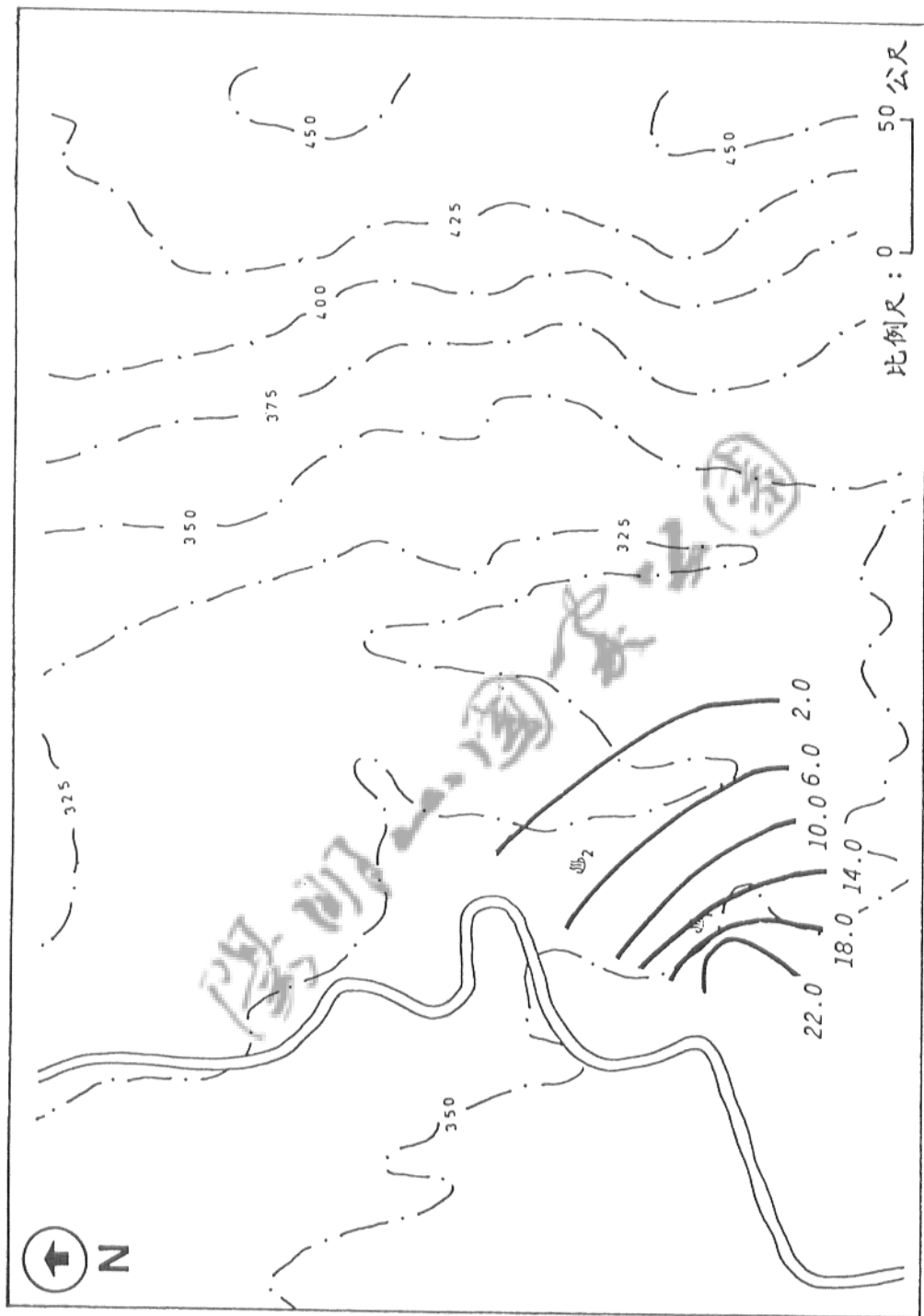


圖 4-2-6(d) 石礮子坪噴氣孔附近地區冬季之硫化氫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ———

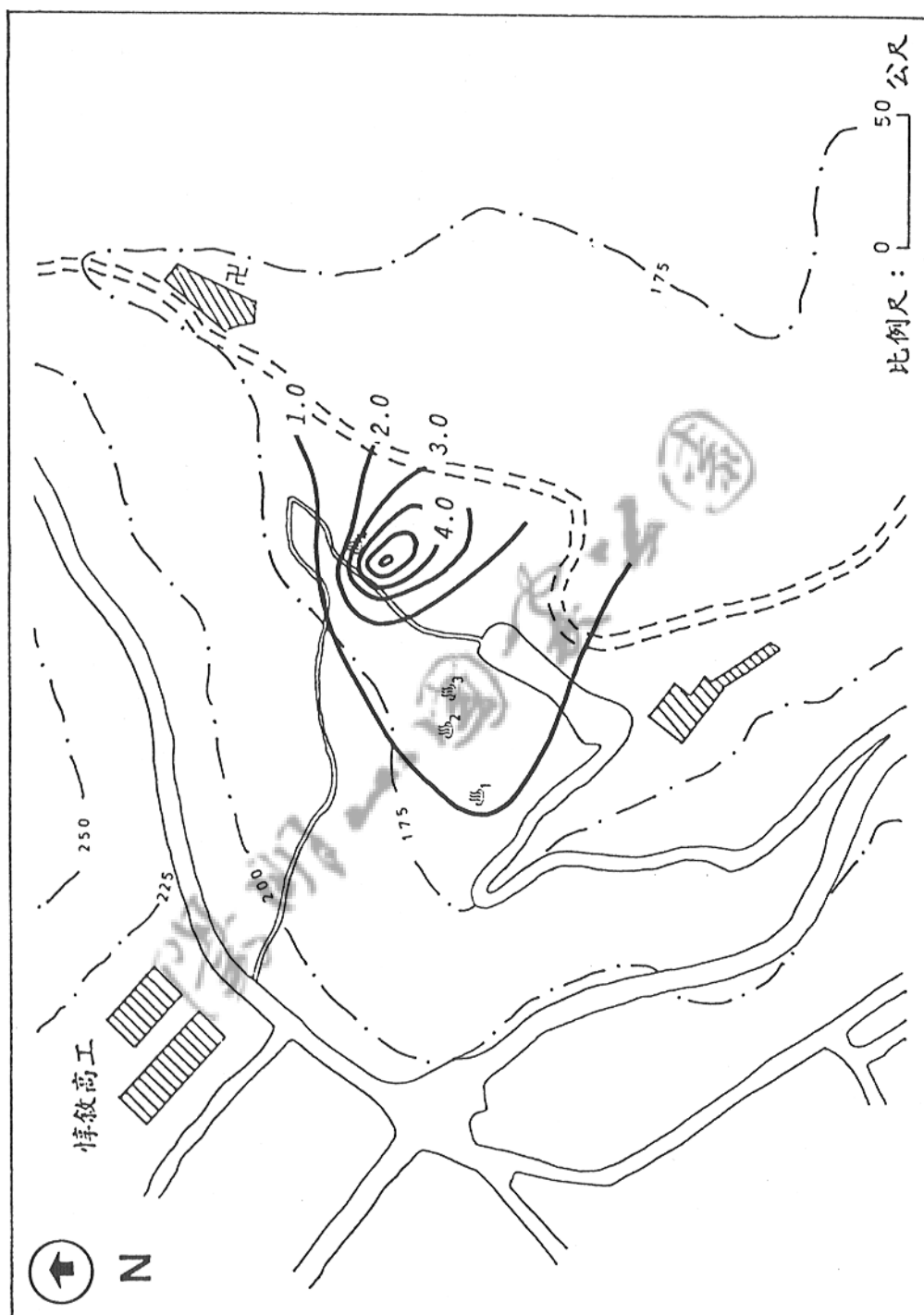


圖 4-3-1(a) 大磺嘴噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · — · —

空氣污染物等濃度線: —

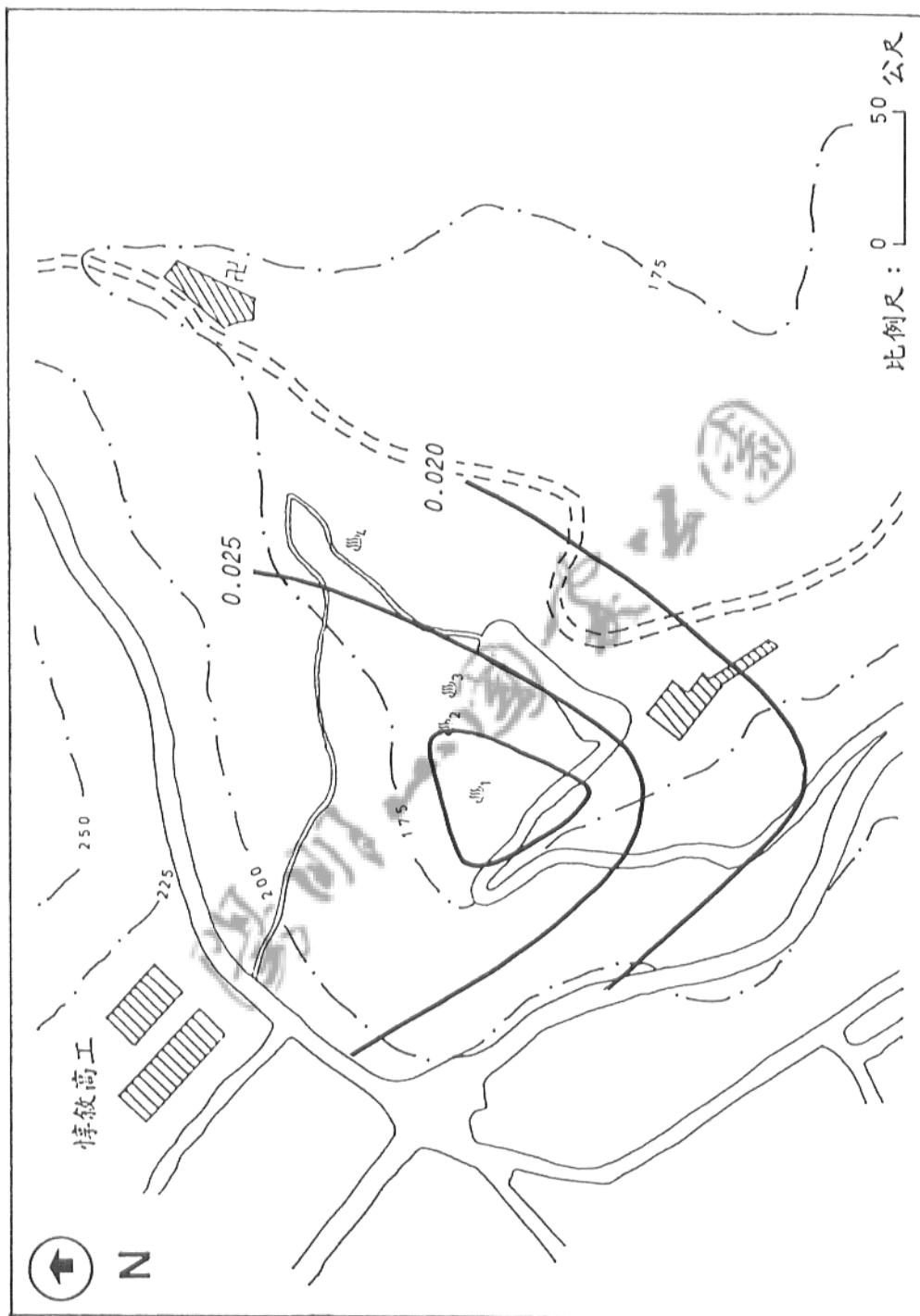


圖 4-3-1(b) 大磺嘴噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

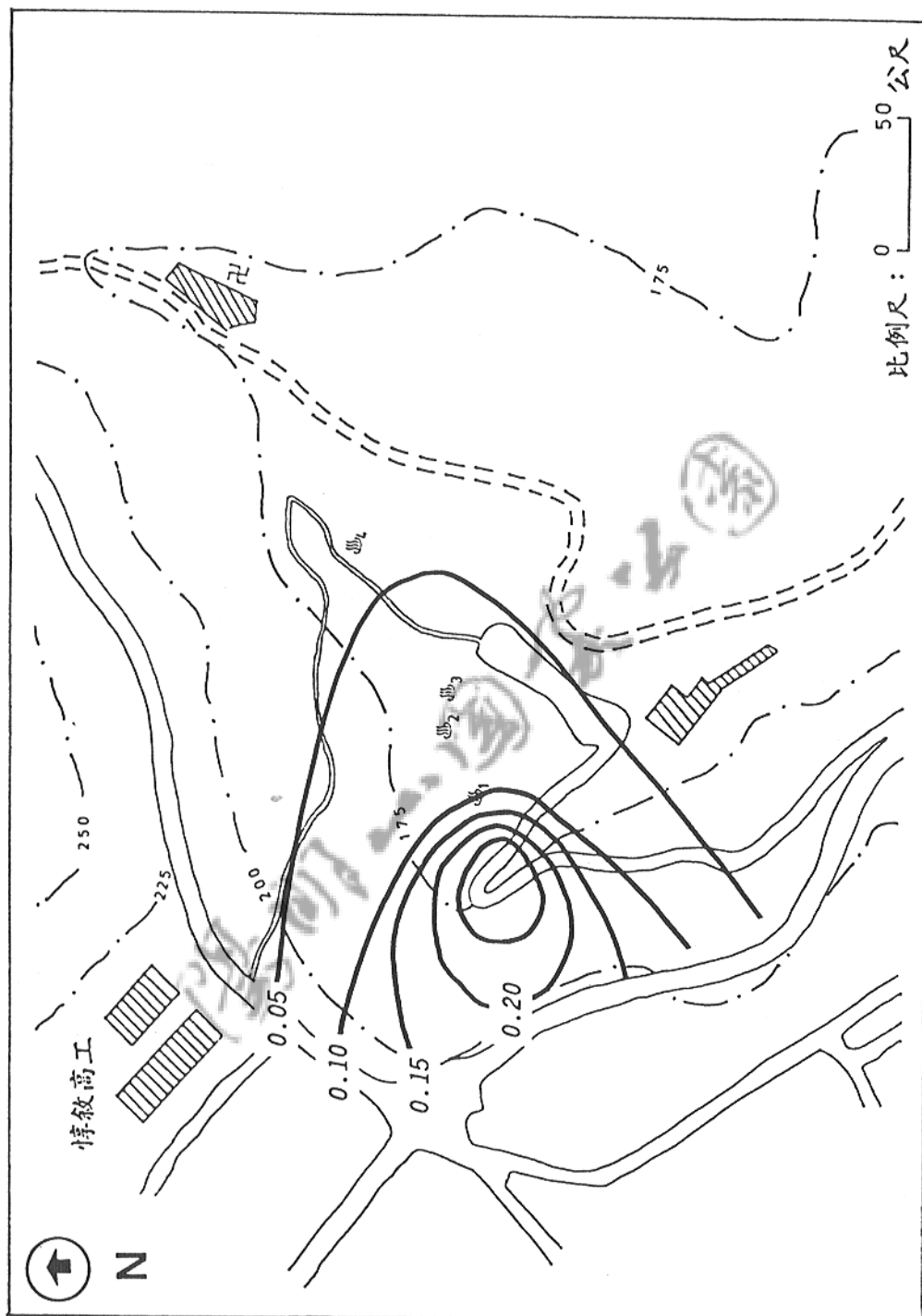


圖 4-3-1(c) 大磺嘴噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

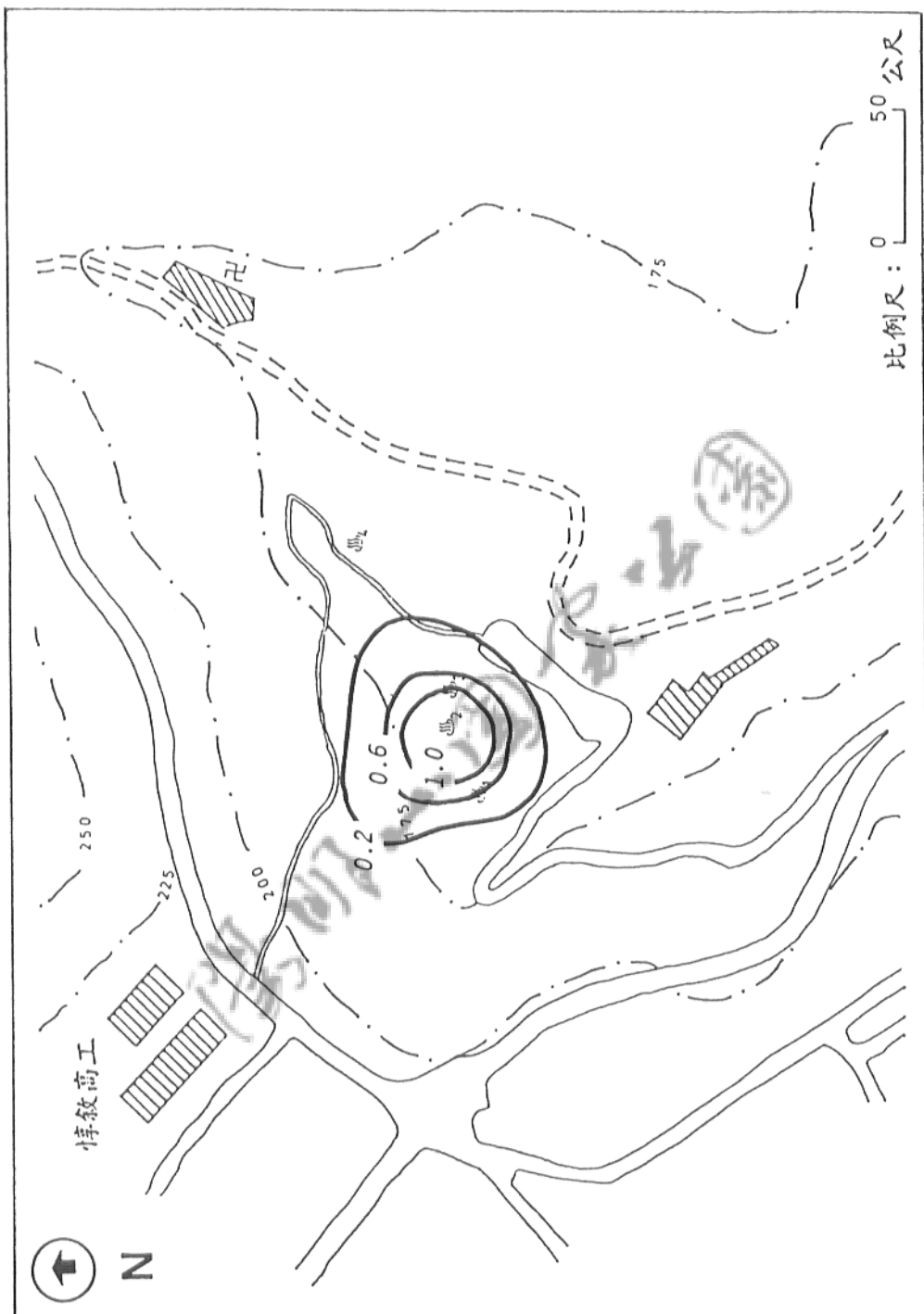


圖 4-3-1(d) 大磺嘴噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

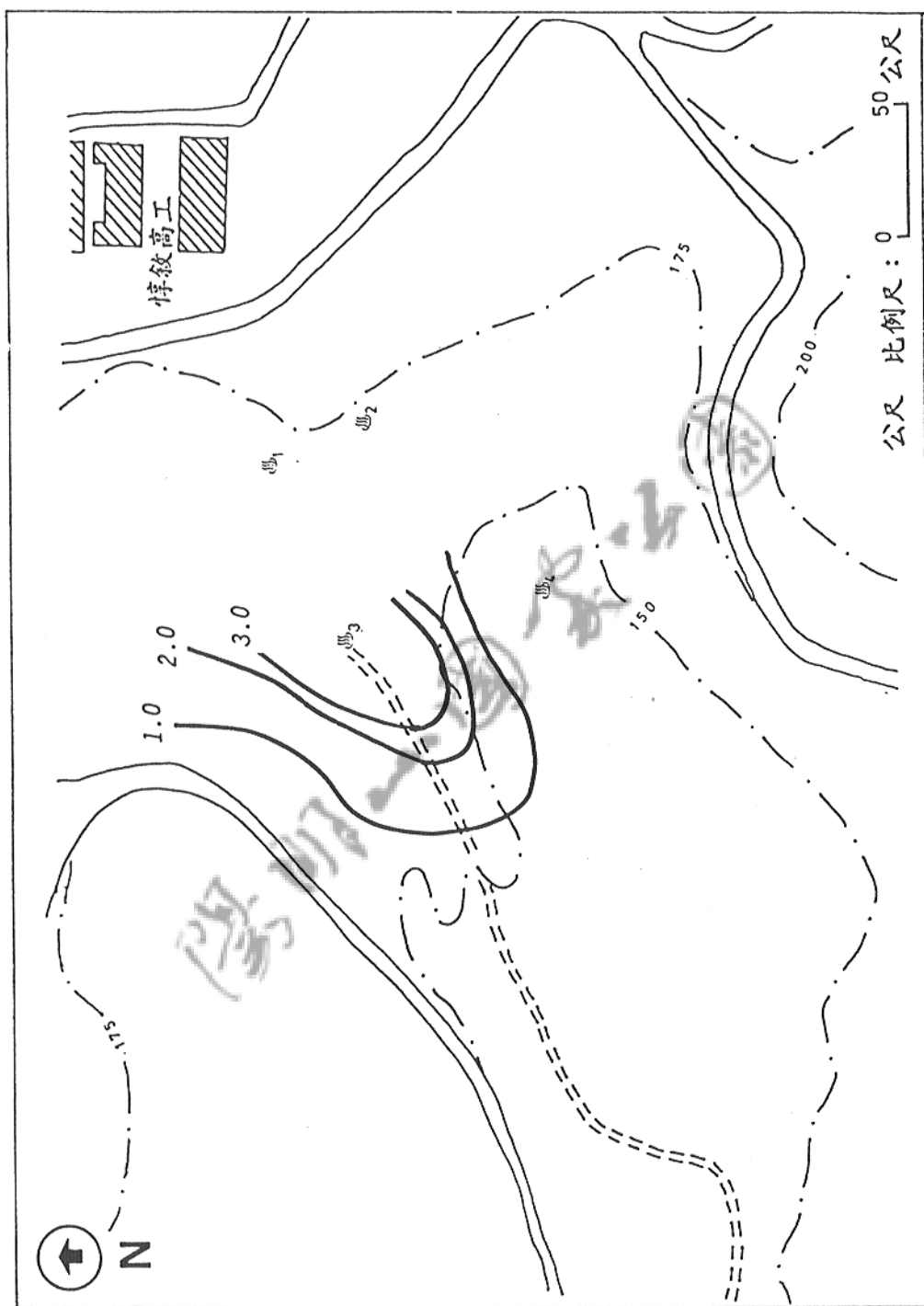


圖 4-3-2(a) 硫磺谷噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

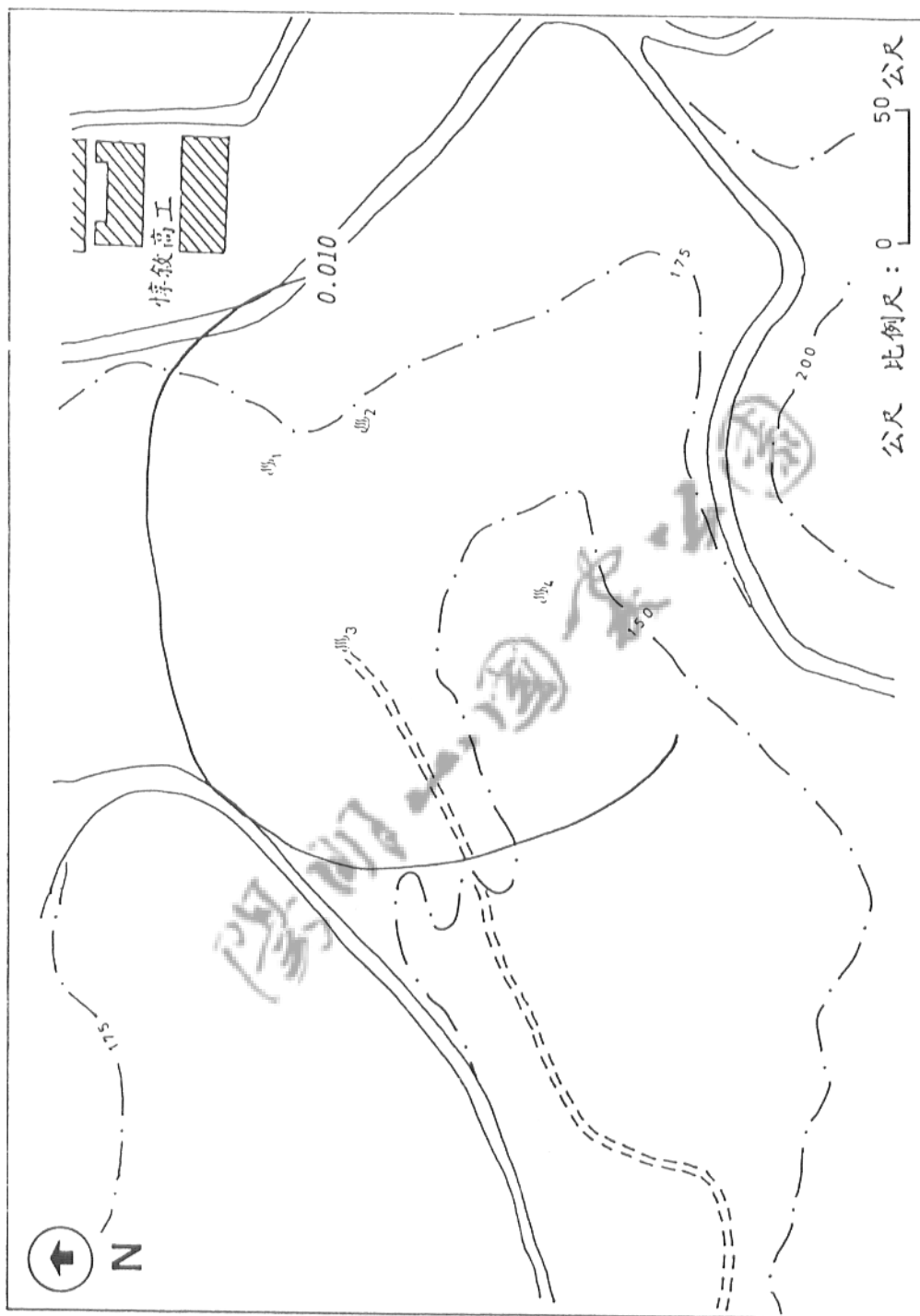


圖 4-3-2(b) 硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: ————

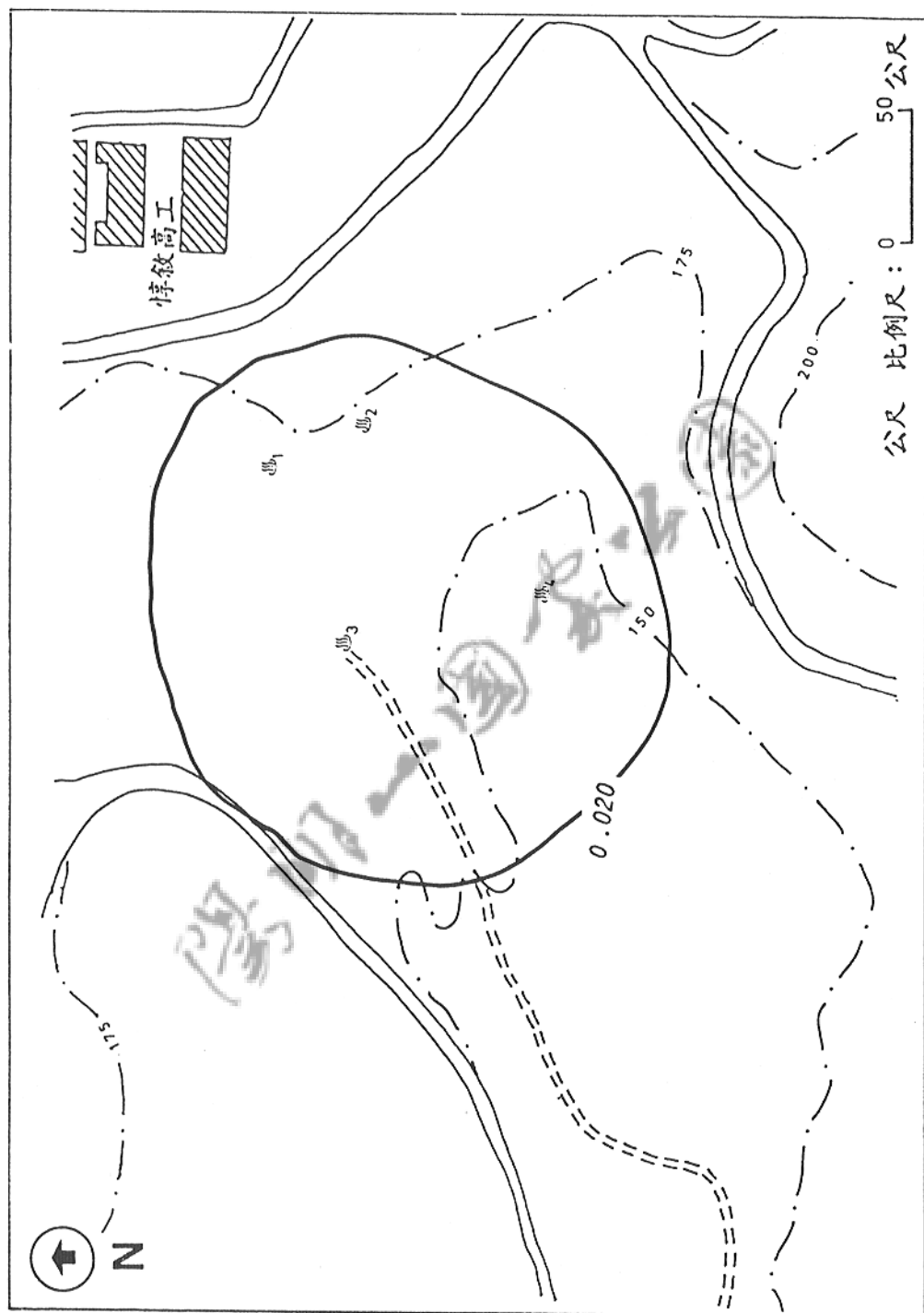


圖 4-3-2(c) 硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形 等 高 線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: - - - - -

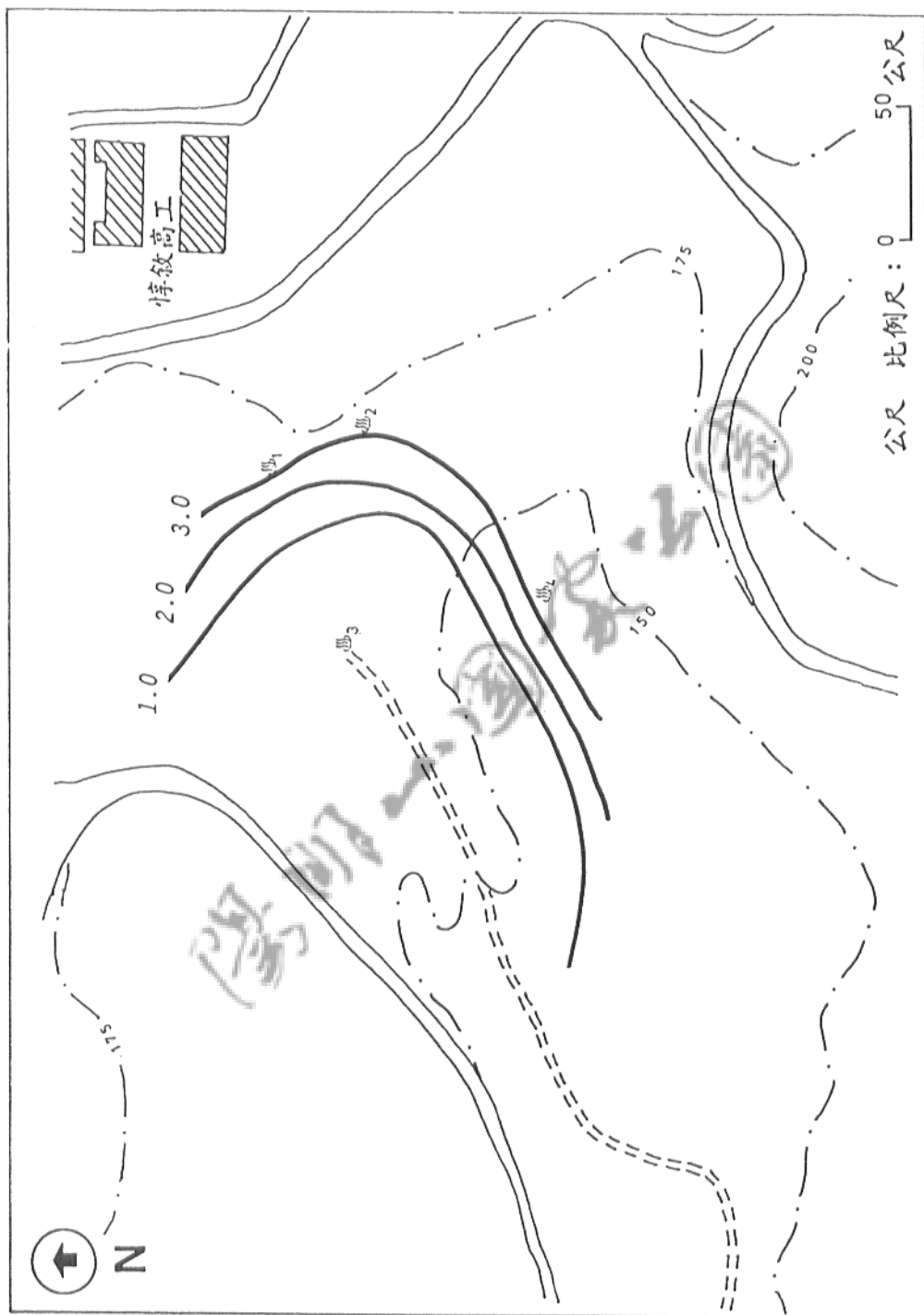


圖 4-3-2(d) 硫磺谷噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位：ppm)

註：地形等高線：-.-.-.-
空氣污染物等濃度線：——

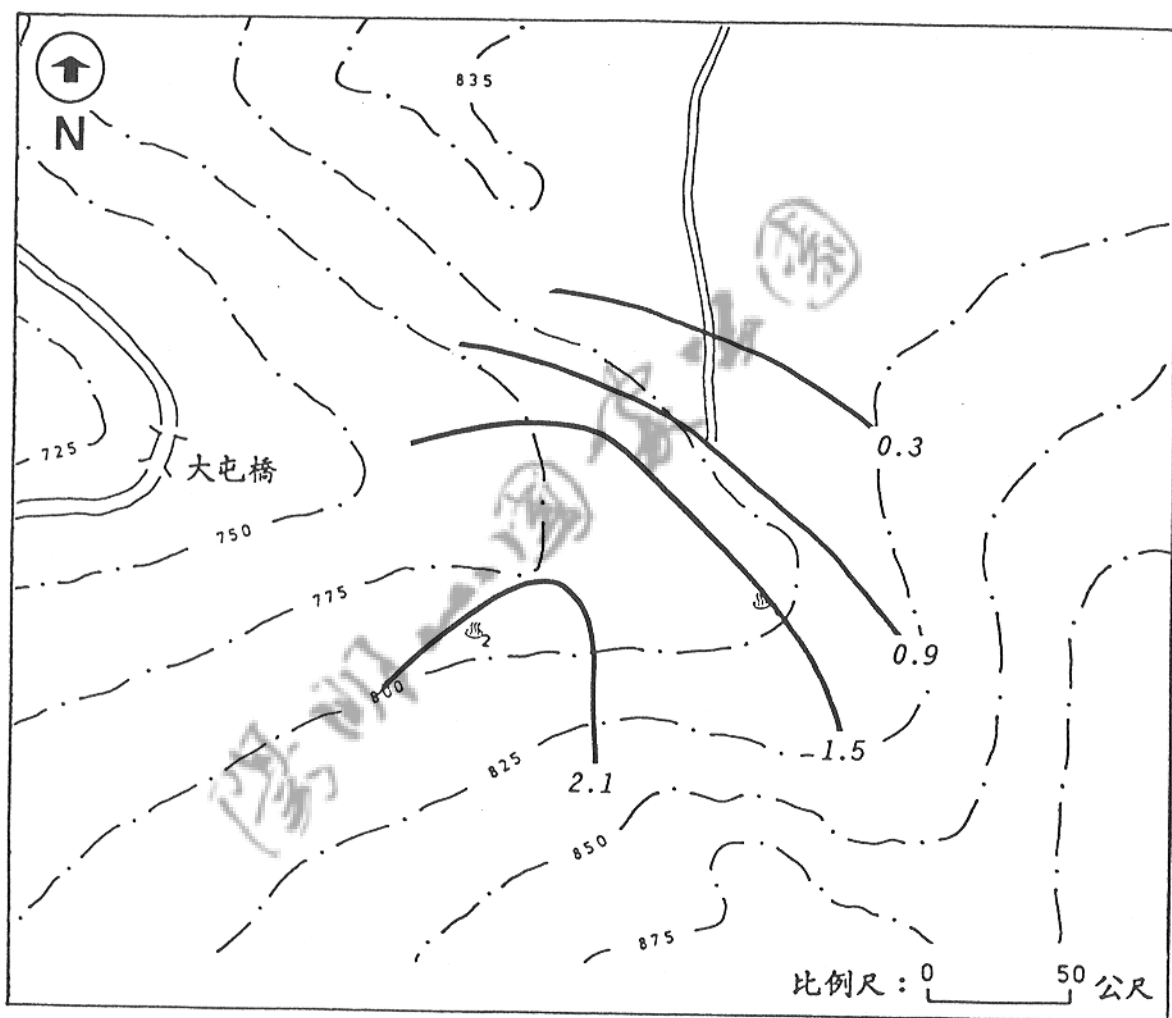


圖 4-3-3(a) 小油坑噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

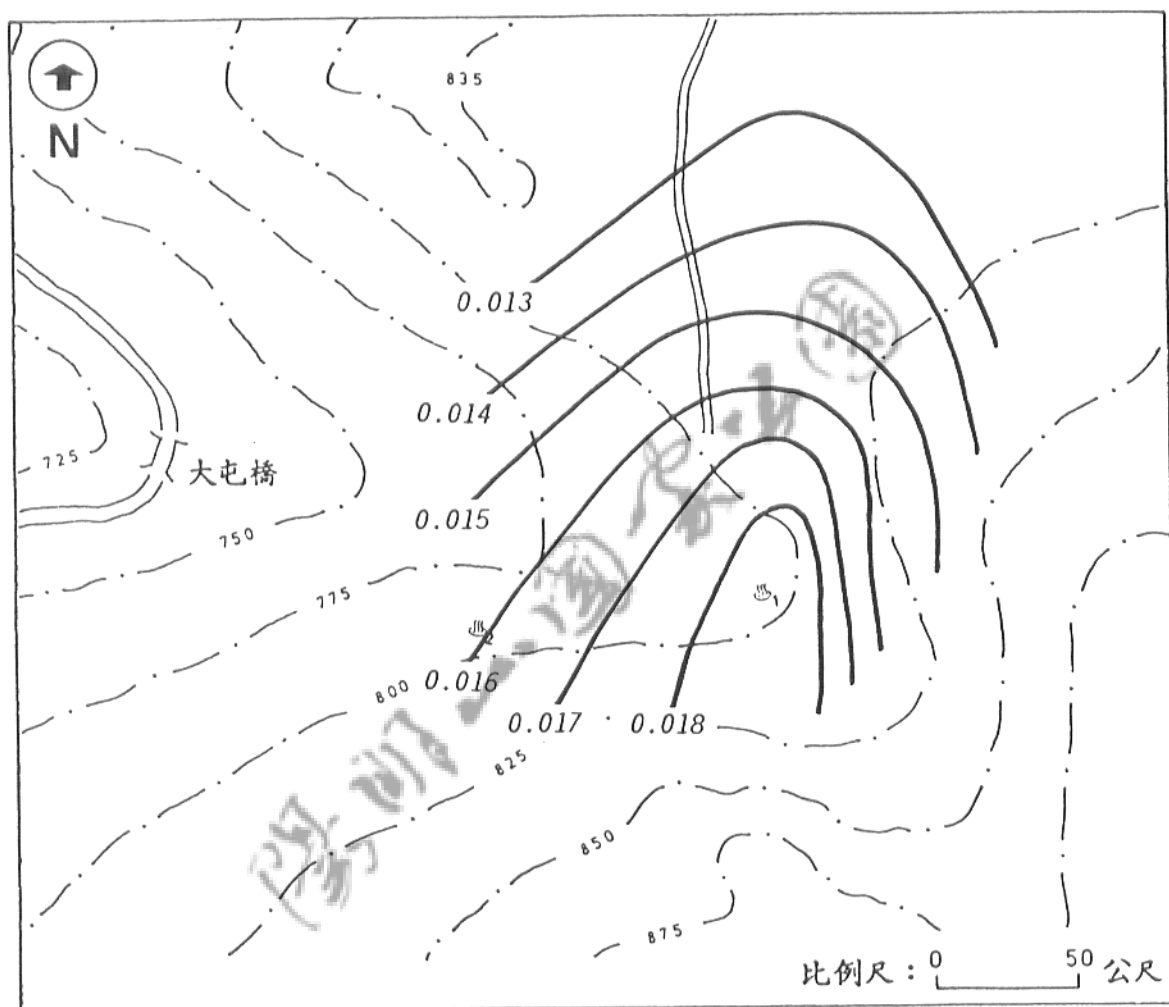


圖 4-3-3(b) 小油坑噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

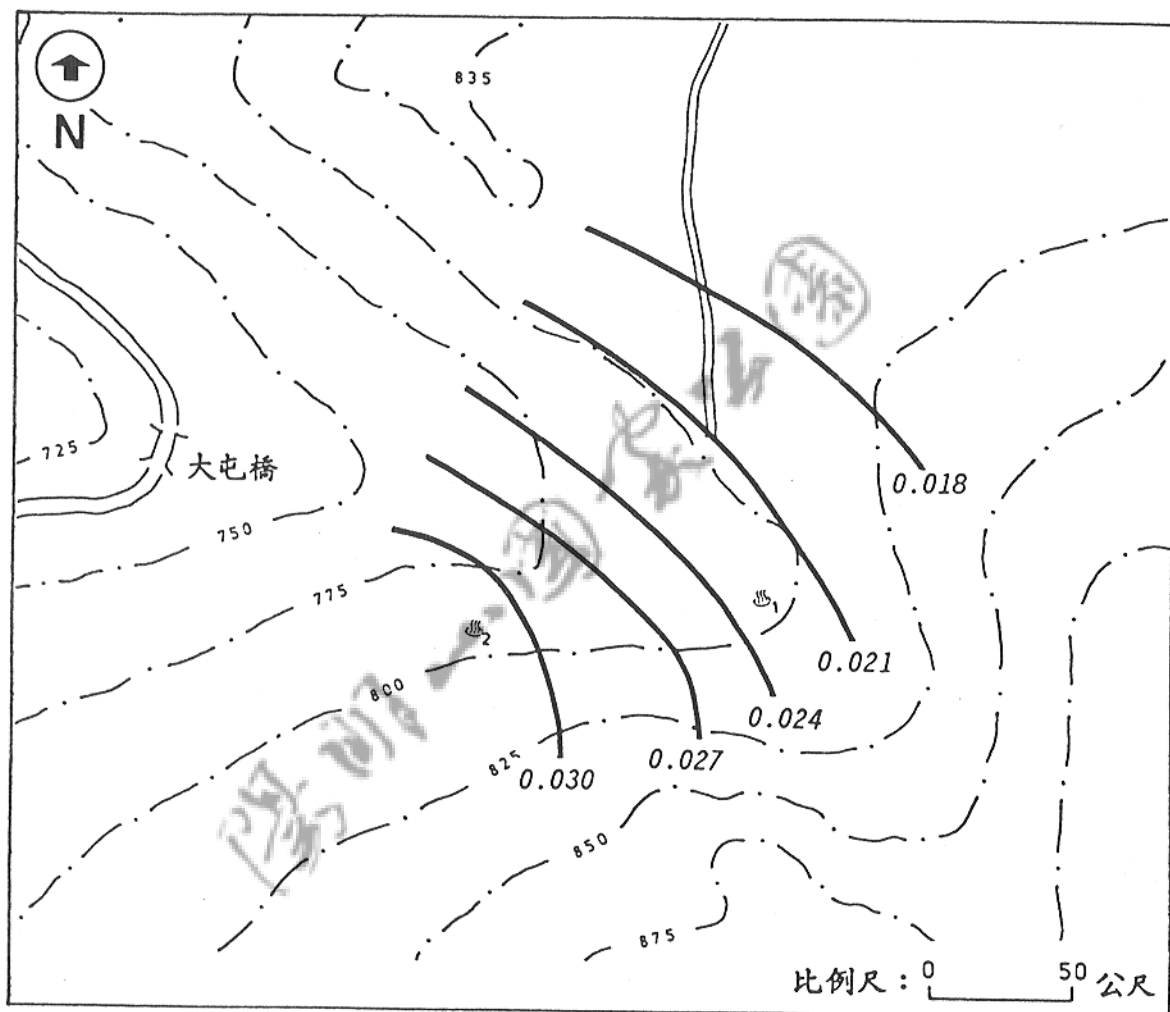


圖 4-3-3(c) 小油坑噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

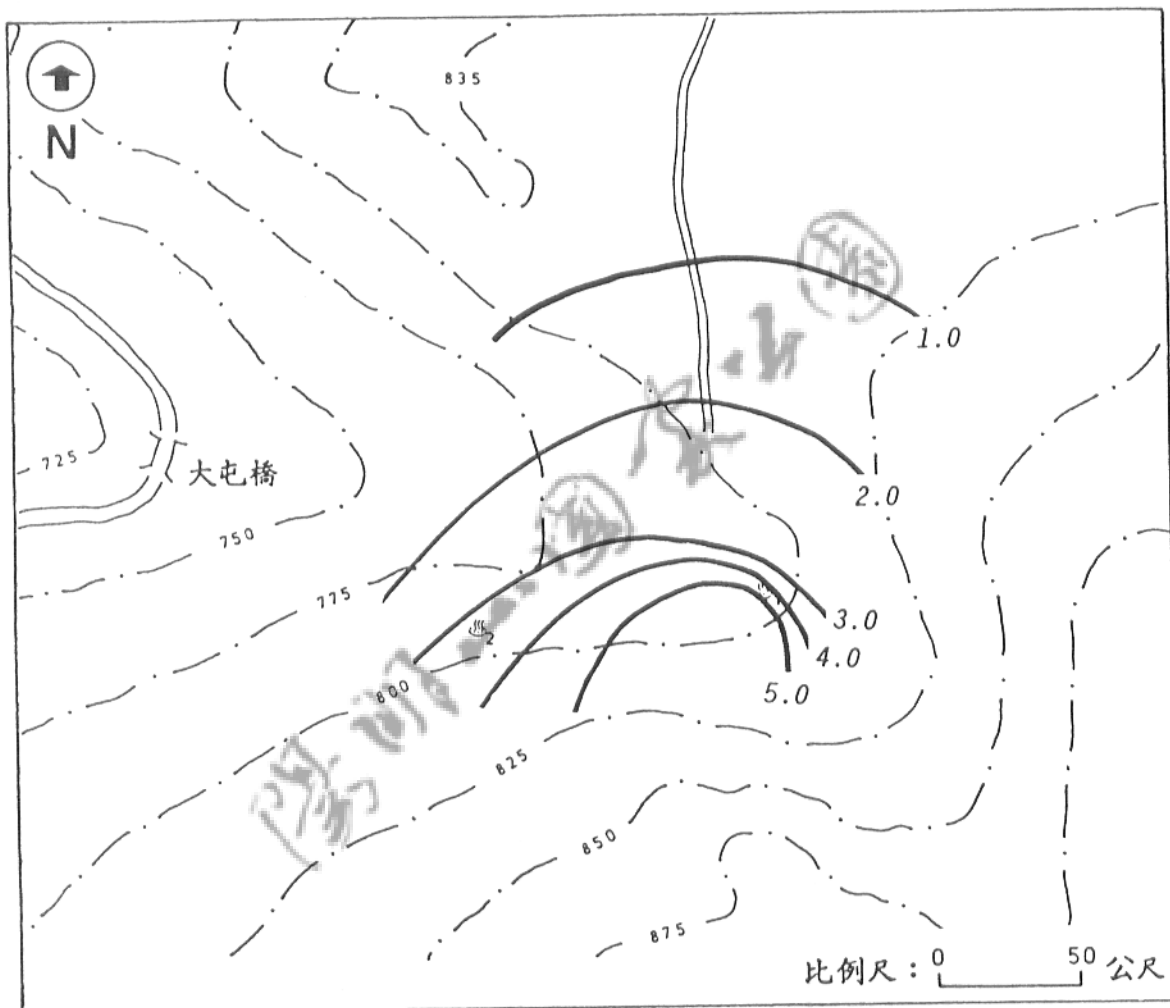


圖 4-3-3(d) 小油坑噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: — — — — —

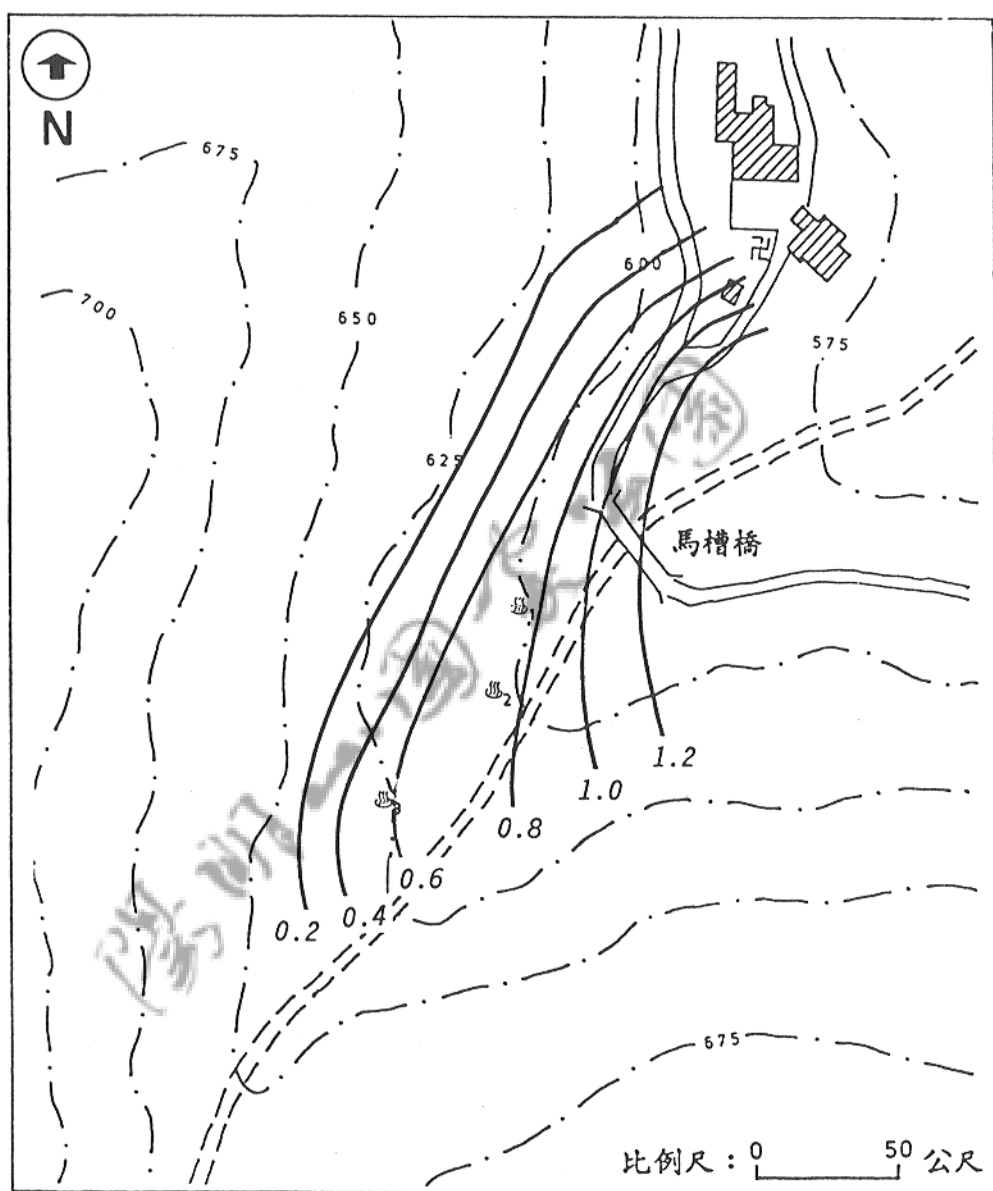


圖 4-3-4(a) 馬槽噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

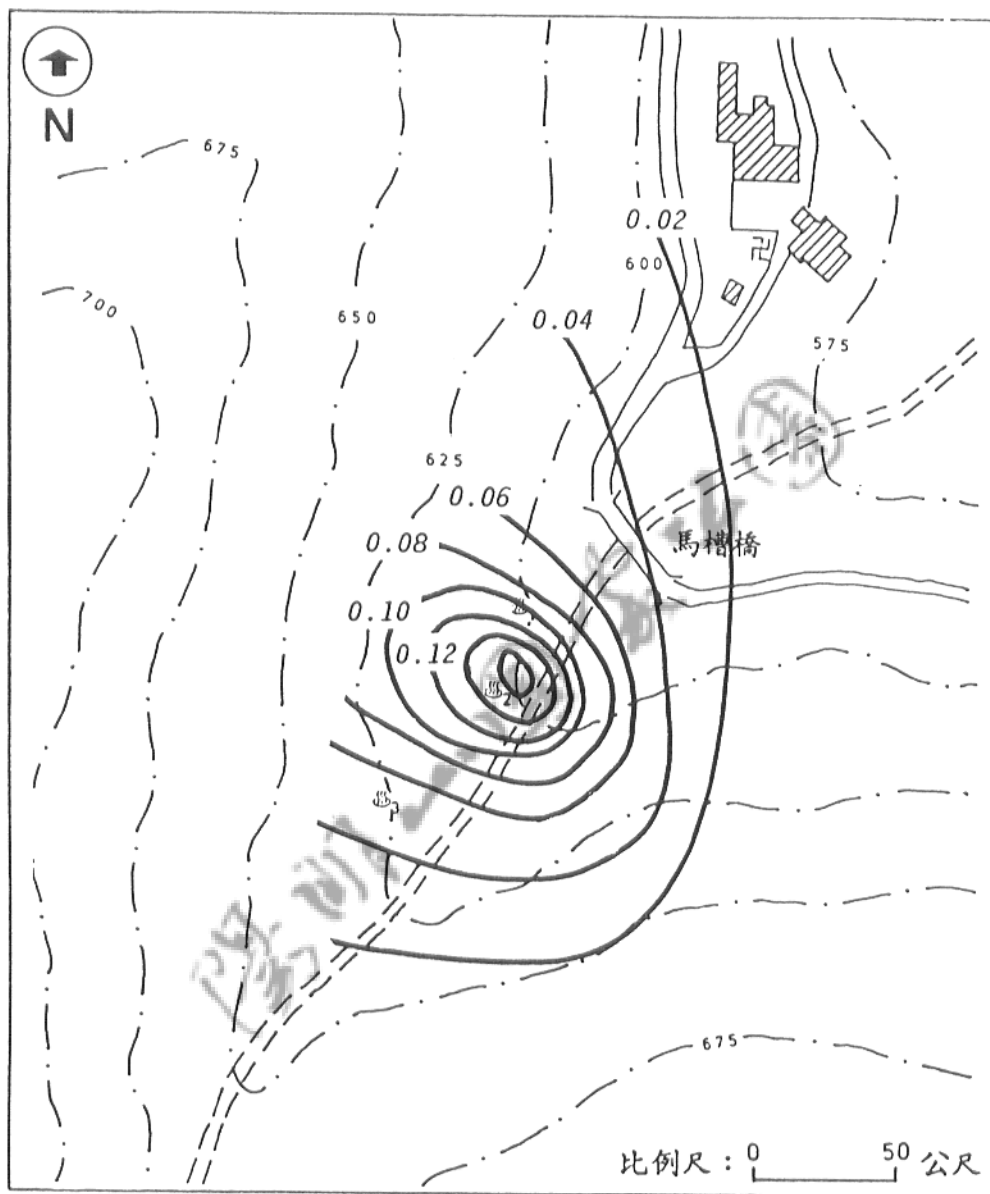


圖 4-3-4(b) 馬槽噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

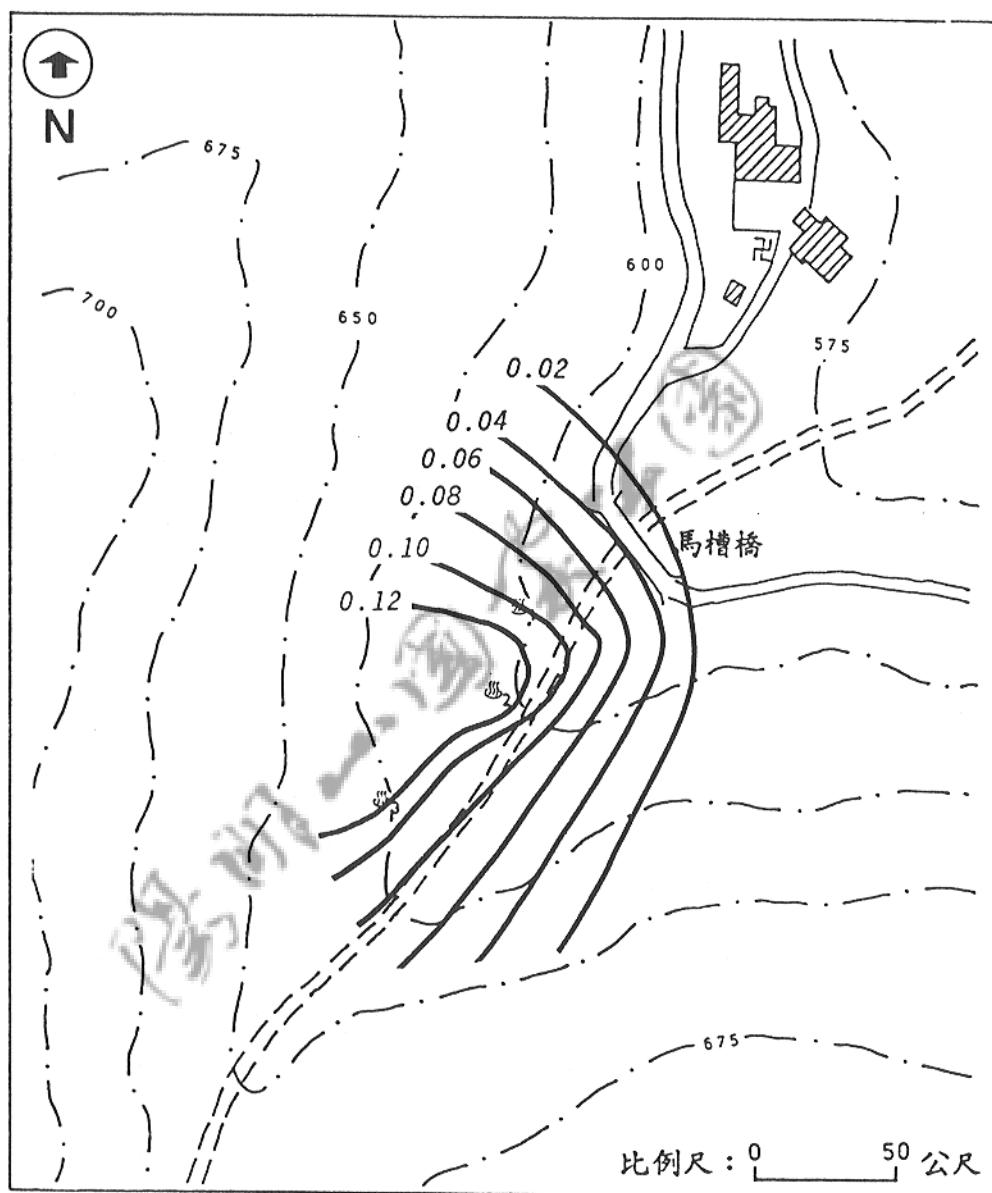


圖 4-3-4(c) 馬槽噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

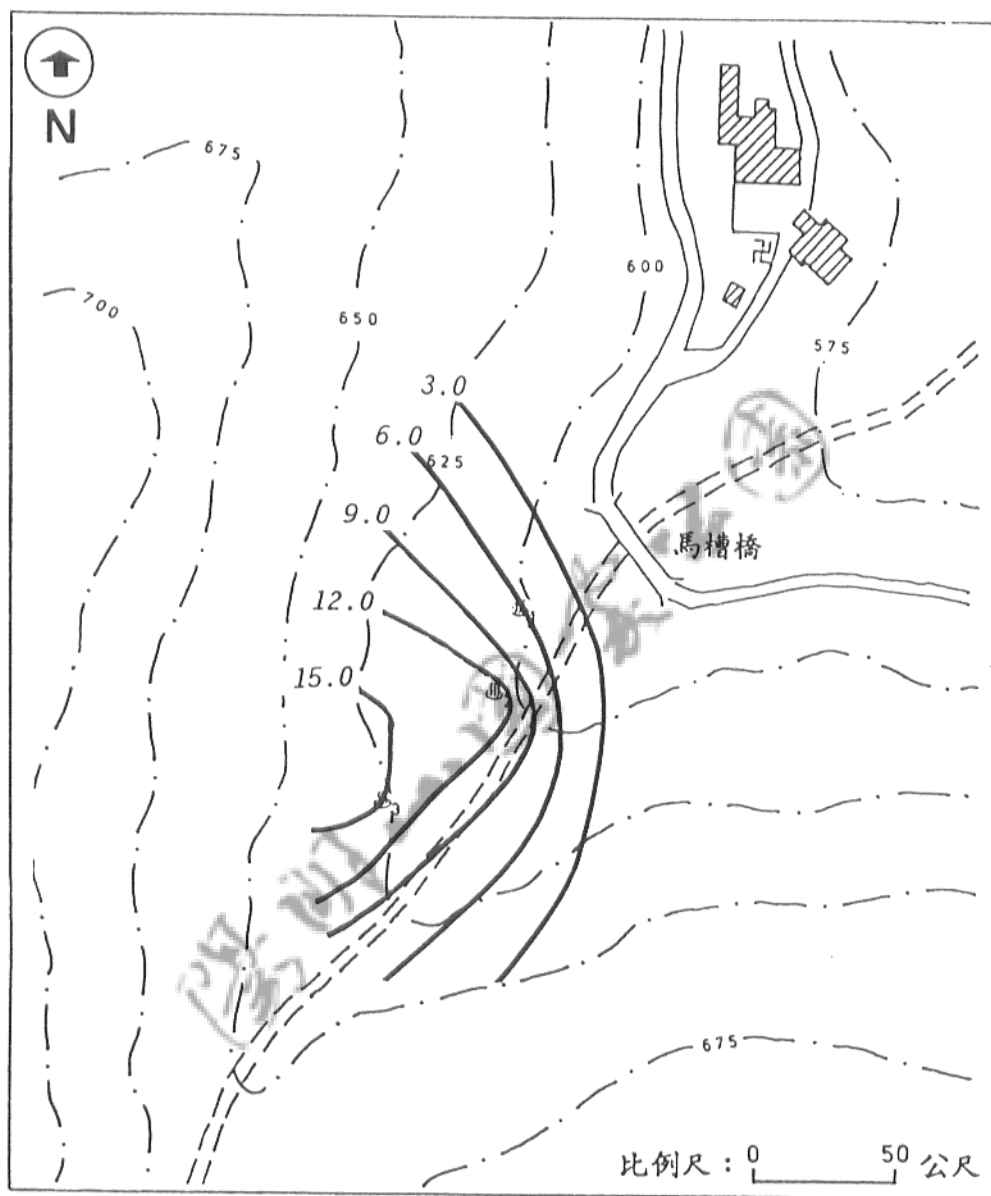


圖 4-3-4(d) 馬槽噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

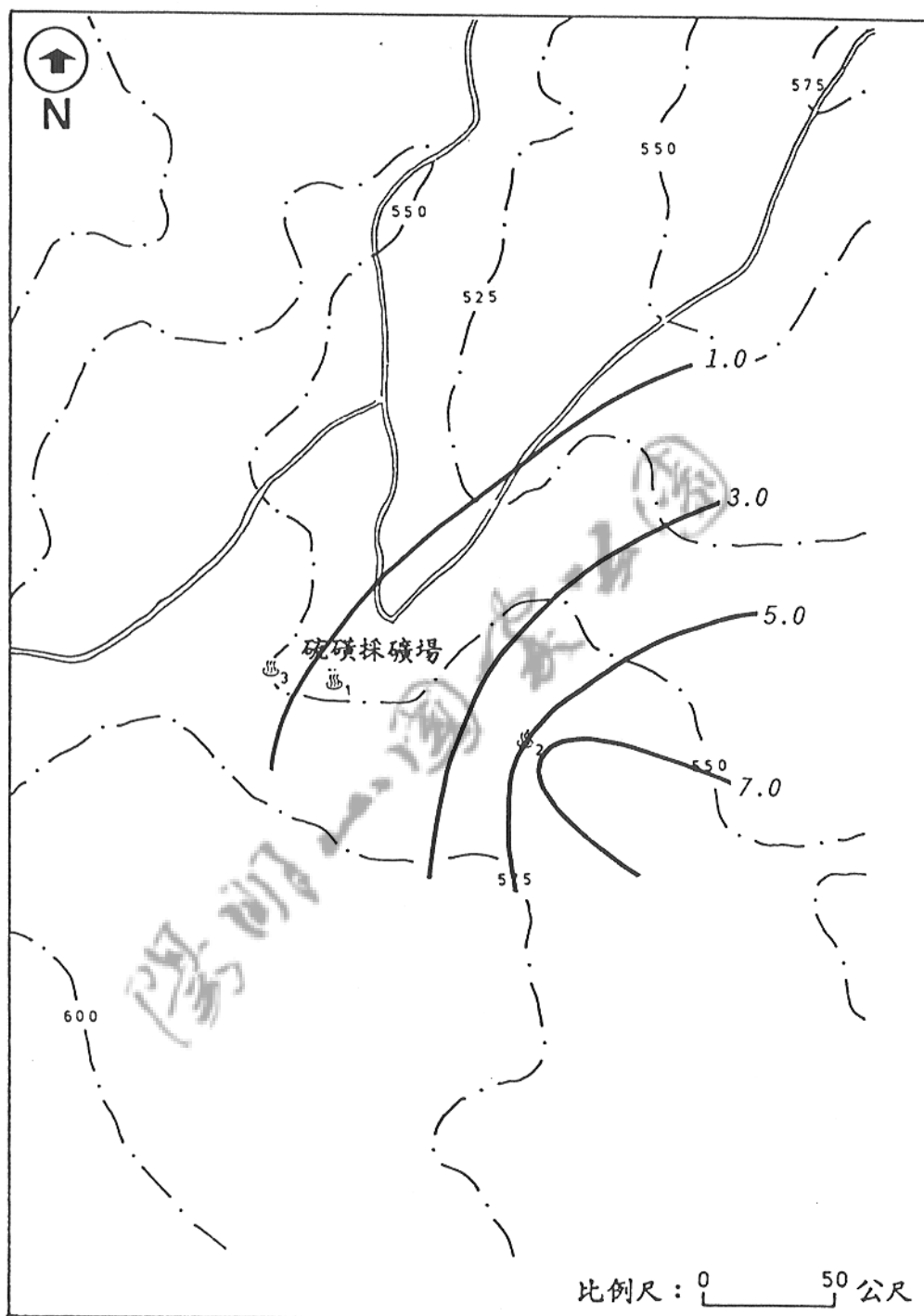


圖 4-3-5(a) 大油坑噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

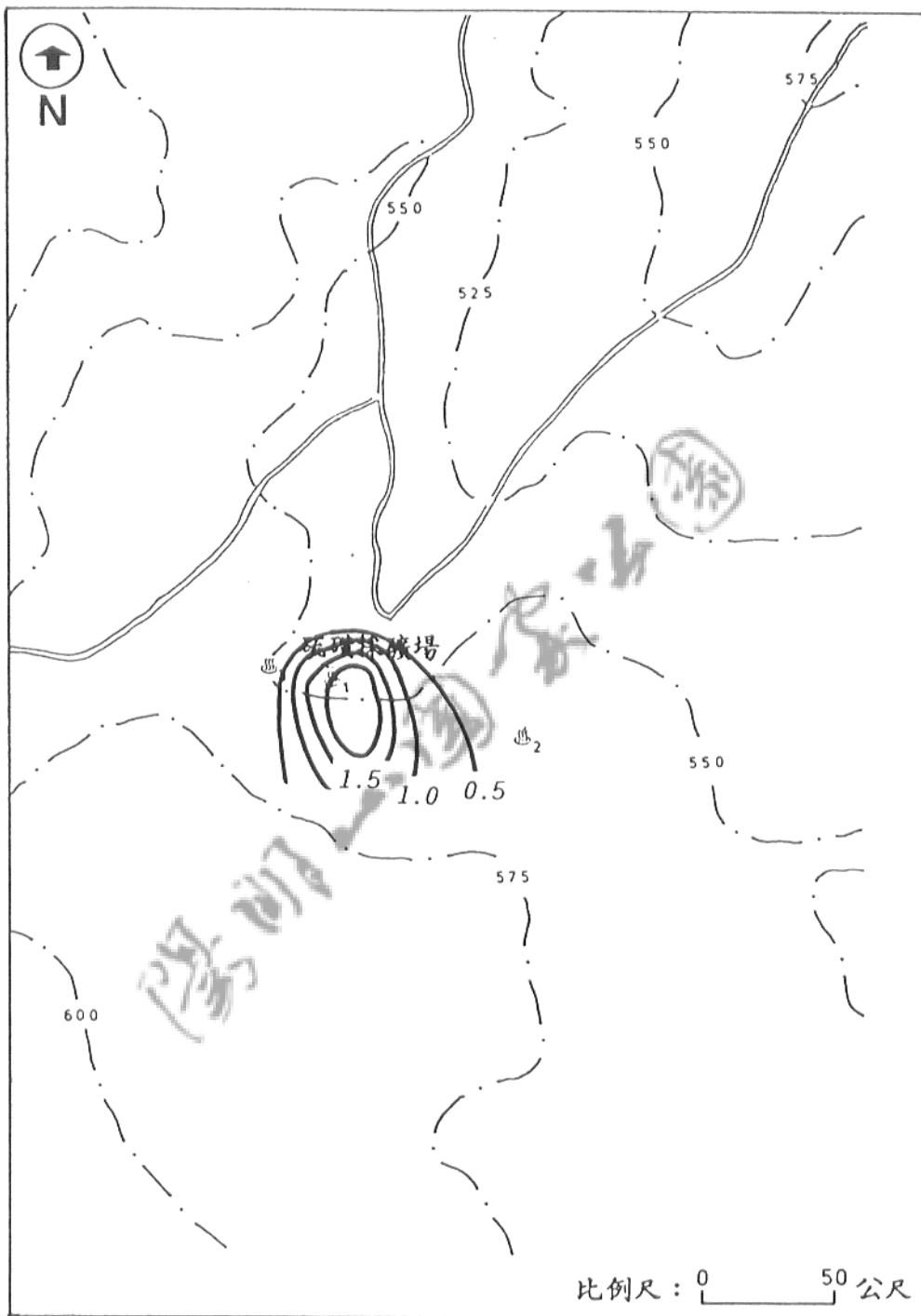


圖 4-3-5(b) 大油坑噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: —————

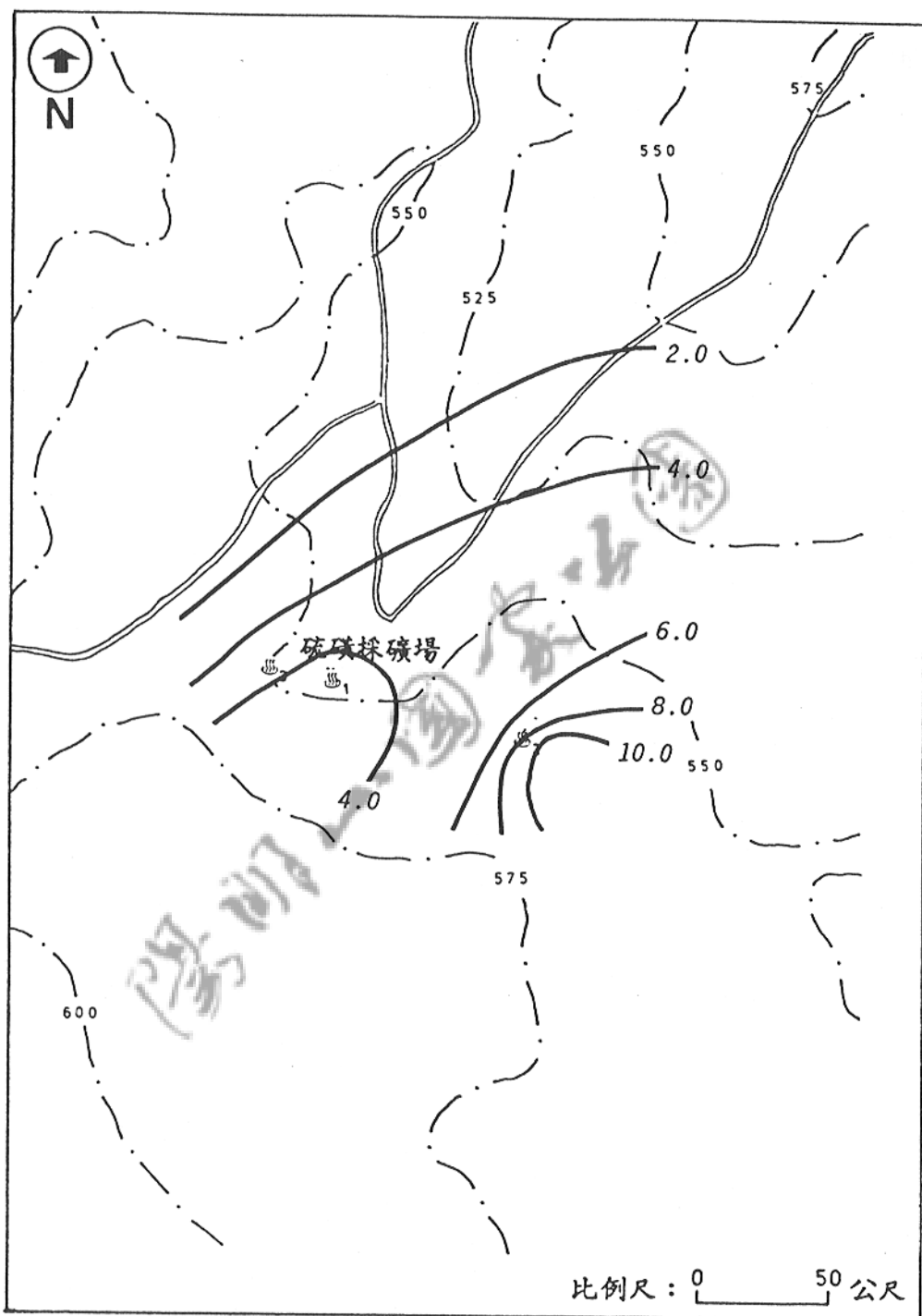


圖 4-3-5(c) 大油坑噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)
 註: 地形等高線: - · - · -
 空氣污染物等濃度線: —————

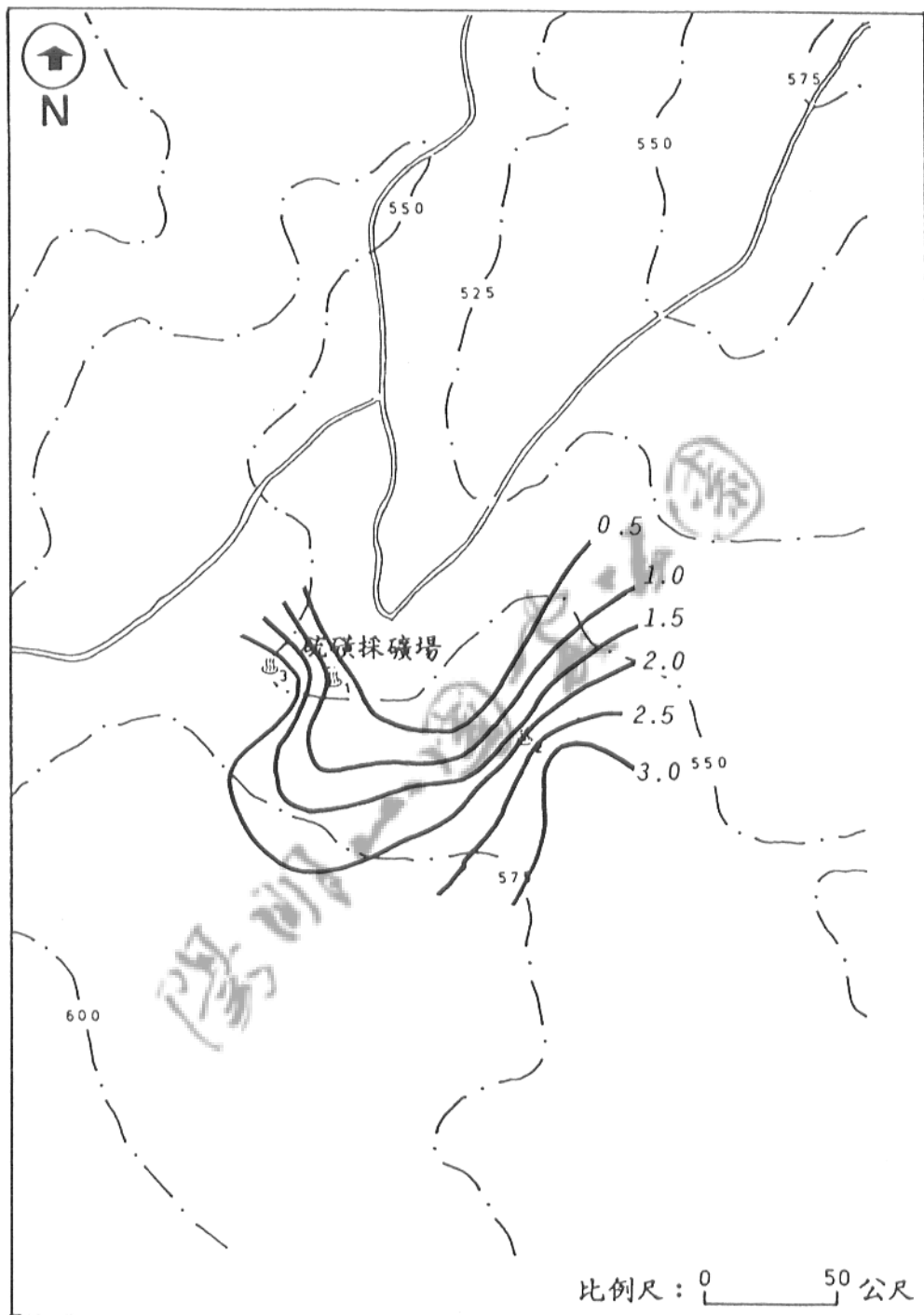


圖 4-3-5(d) 大油坑噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

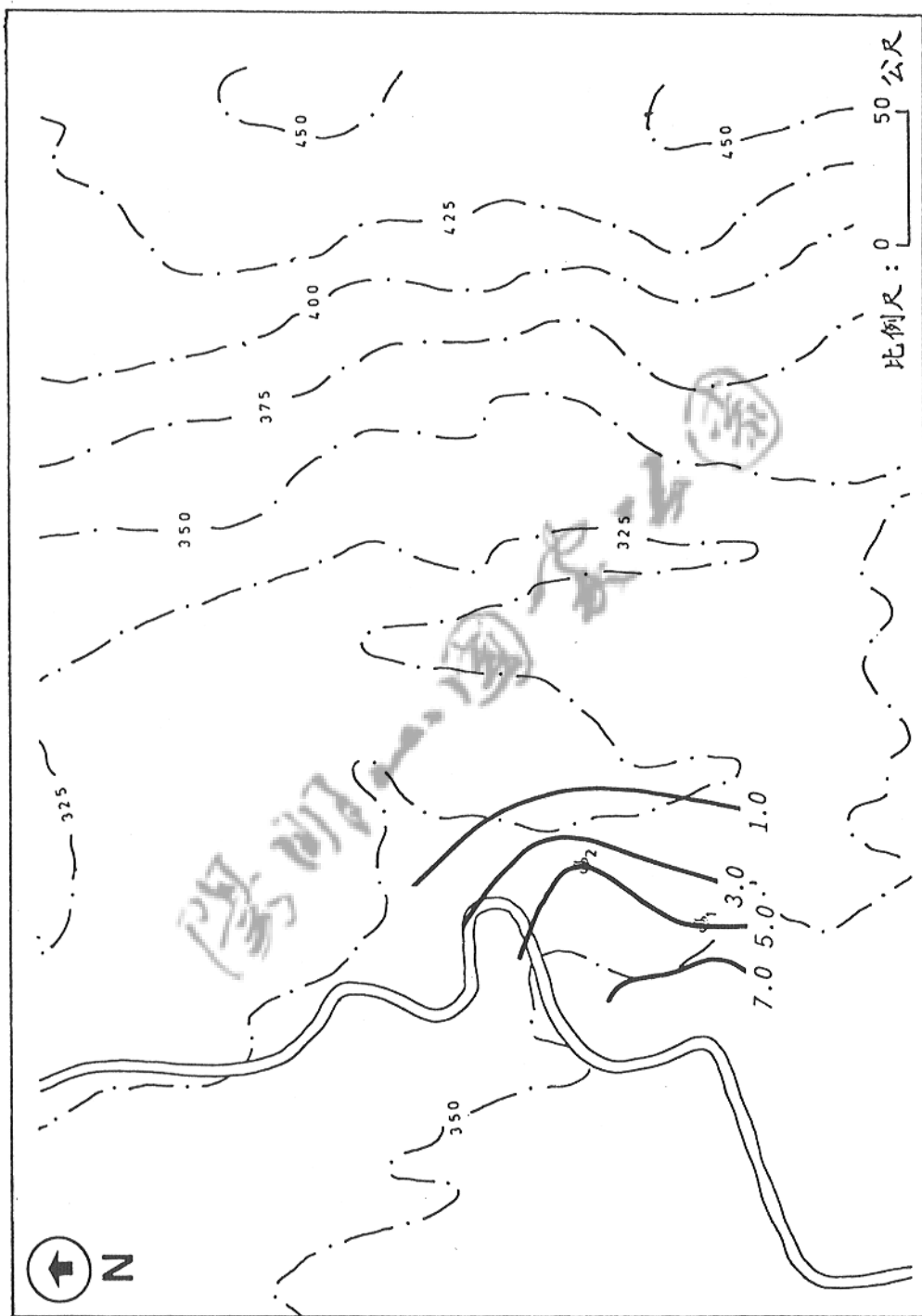


圖 4-3-6(a) 石磧子坪噴氣孔附近地區春季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —
空氣污染物等濃度線: ———

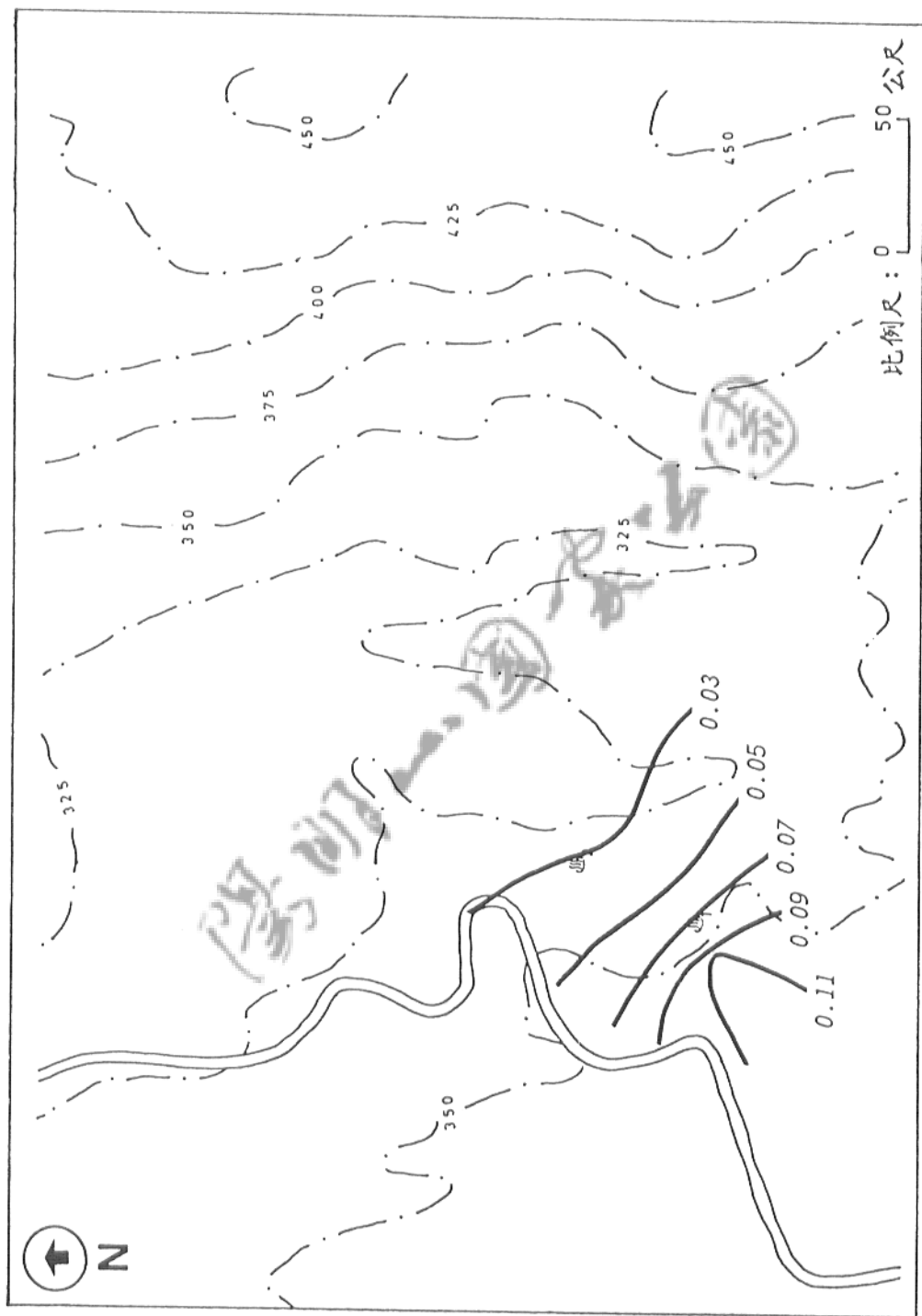


圖 4-3-6(b) 石磧子坪噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形、等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: — — — — —

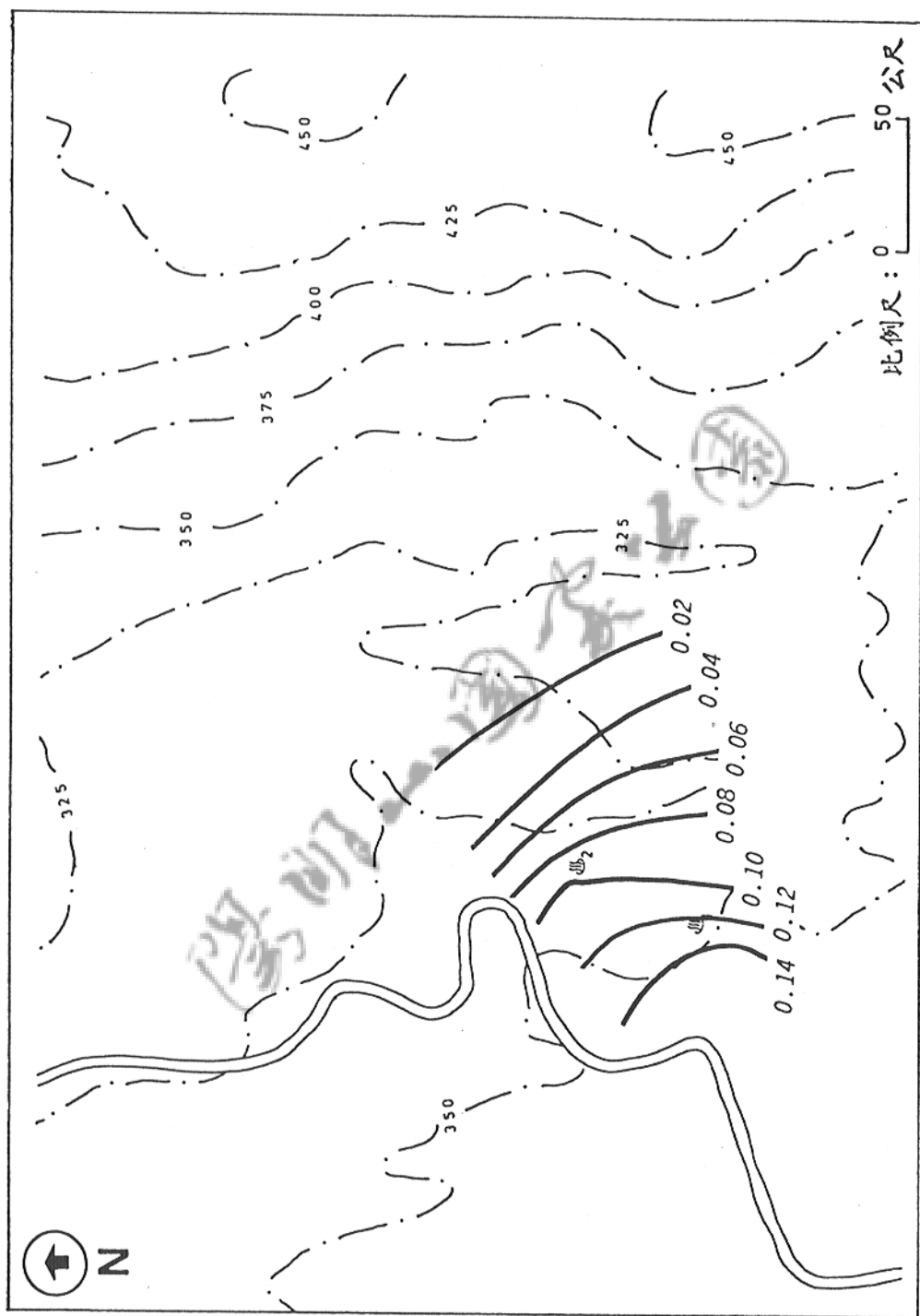


圖 4-3-6(c) 石磧子坪噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ———

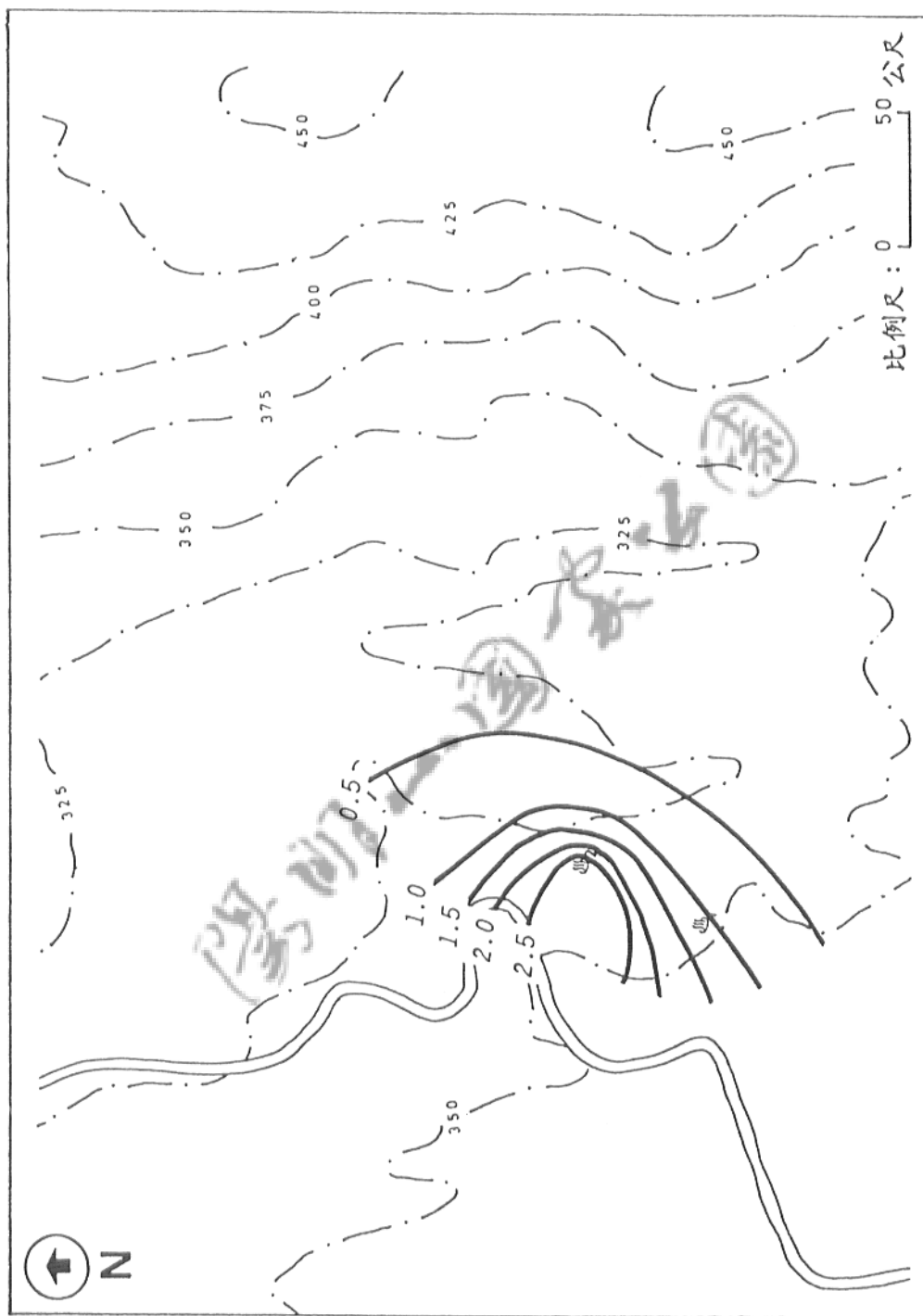


圖 4-3-6(d) 石磧子坪噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: ————

空氣污染物等濃度線: - - - -

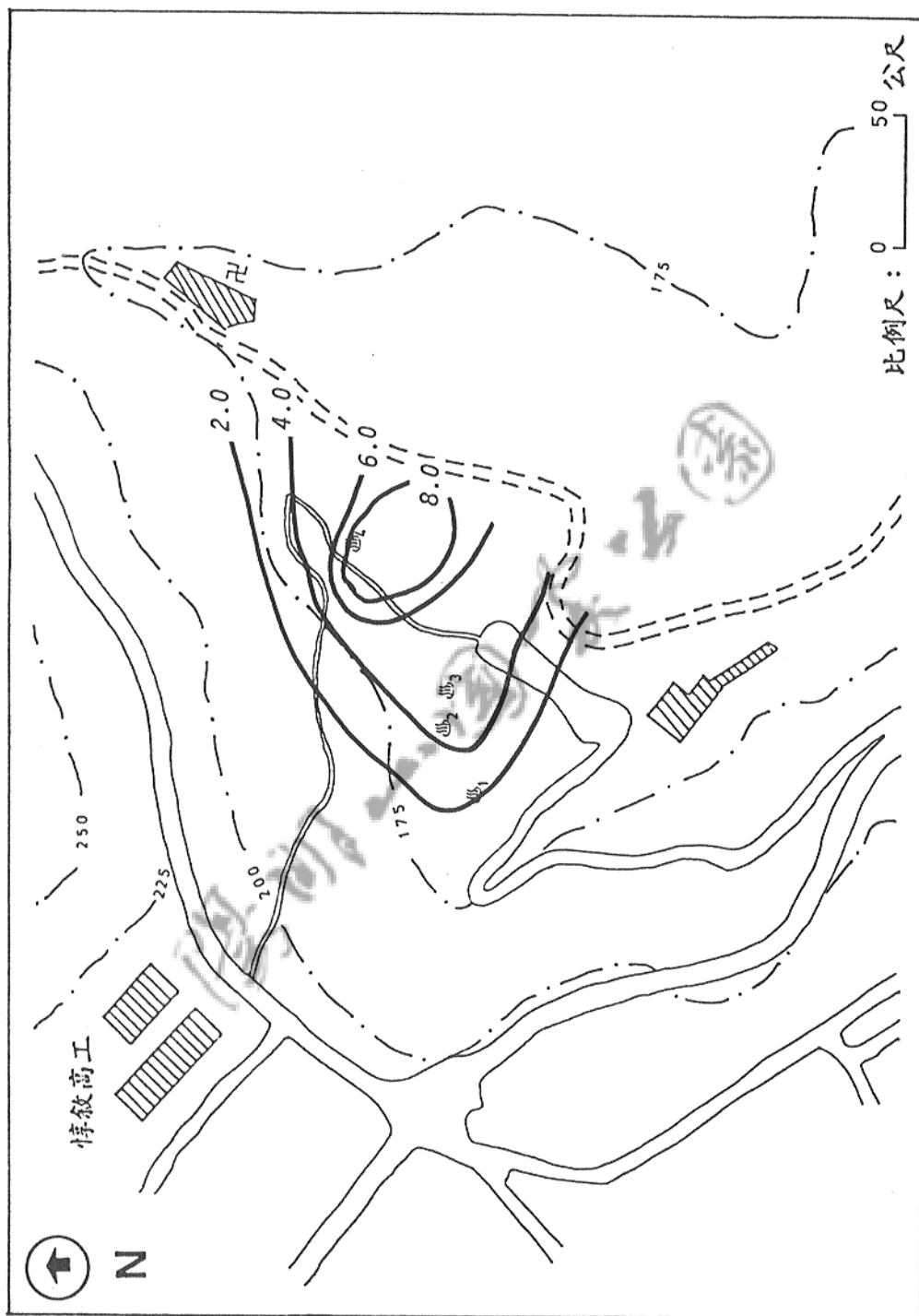


圖 4-4-1(a) 大磺嘴噴氣孔附近地區春季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-.-
空氣污染物等濃度線: ————

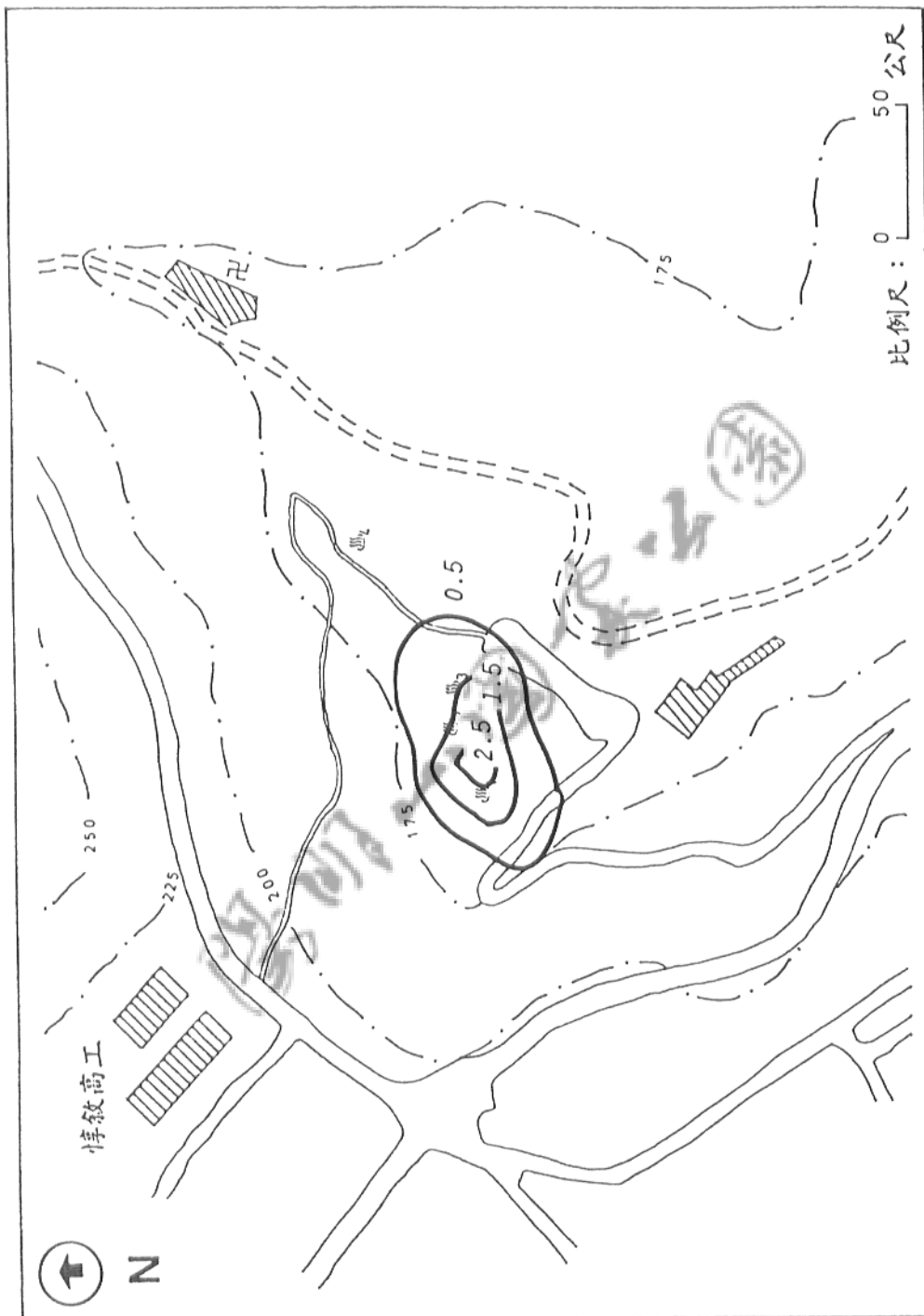


圖 4-4-1(b) 大礮嘴噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-
空氣污染物等濃度線: ———

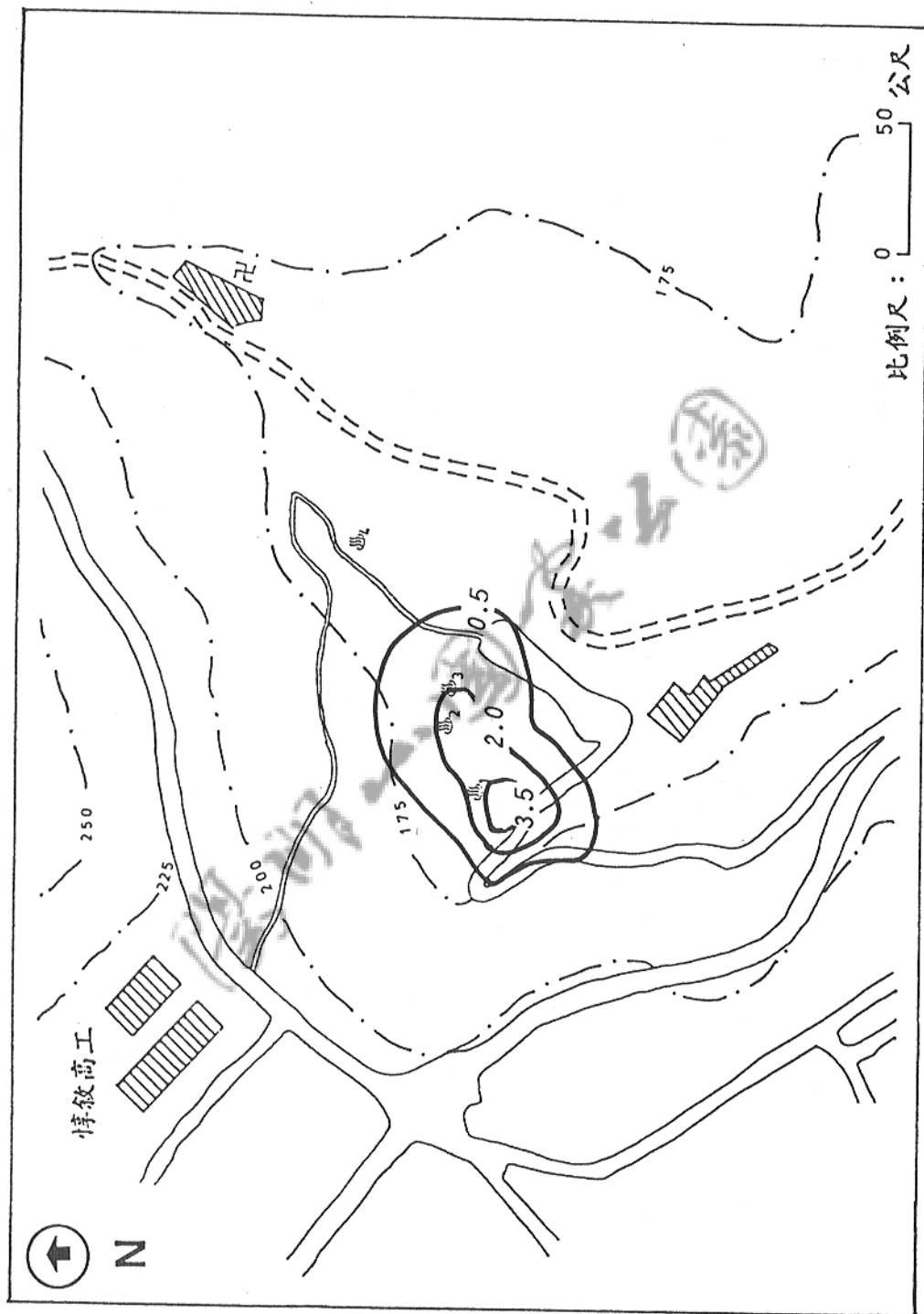


圖 4-4-1(c) 大磺嘴噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - - - - -
空氣污染物等濃度線: ————

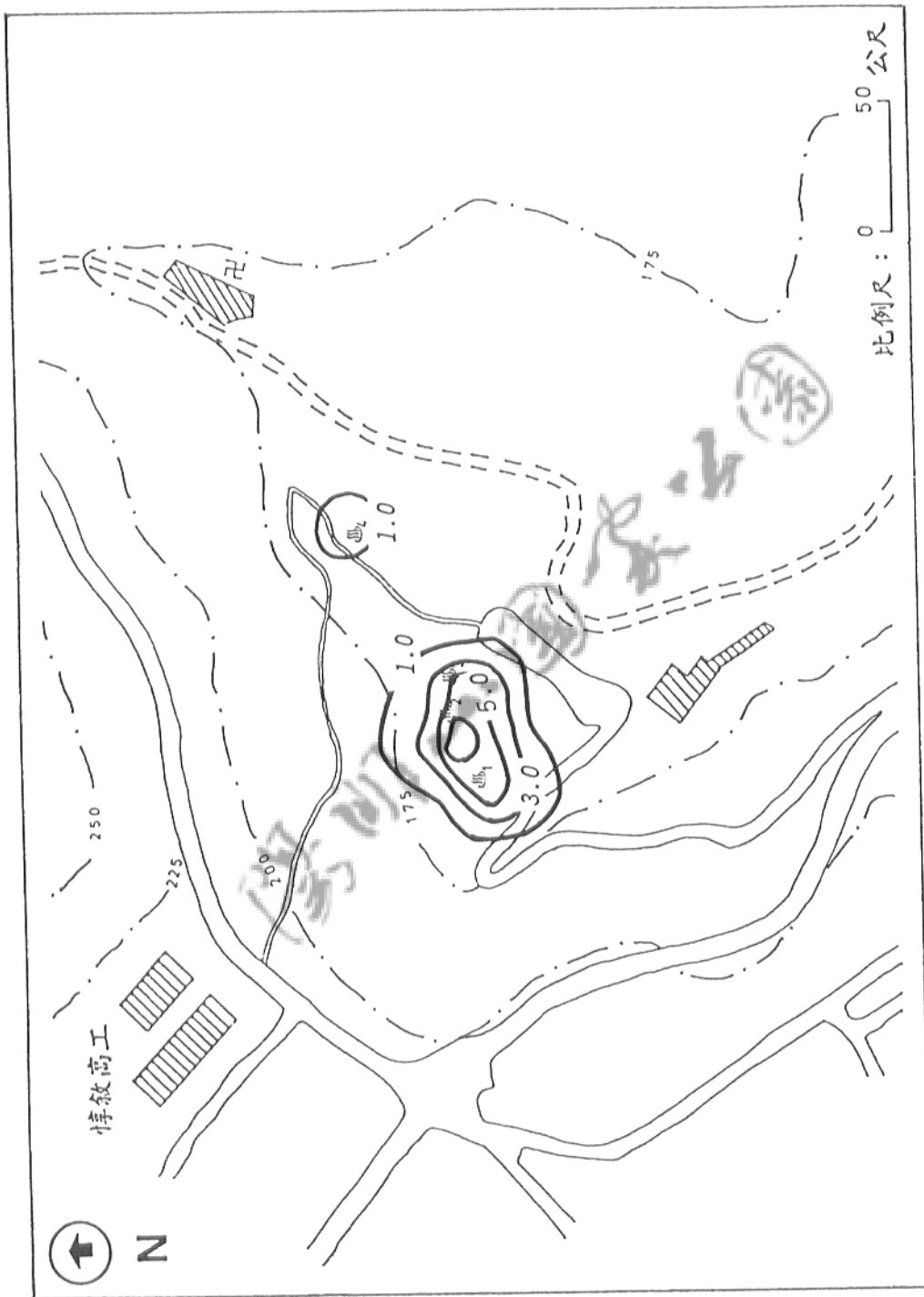


圖 4-4-1(d) 大磺嘴噴氣孔附近地區冬季之氫酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: - - - - -

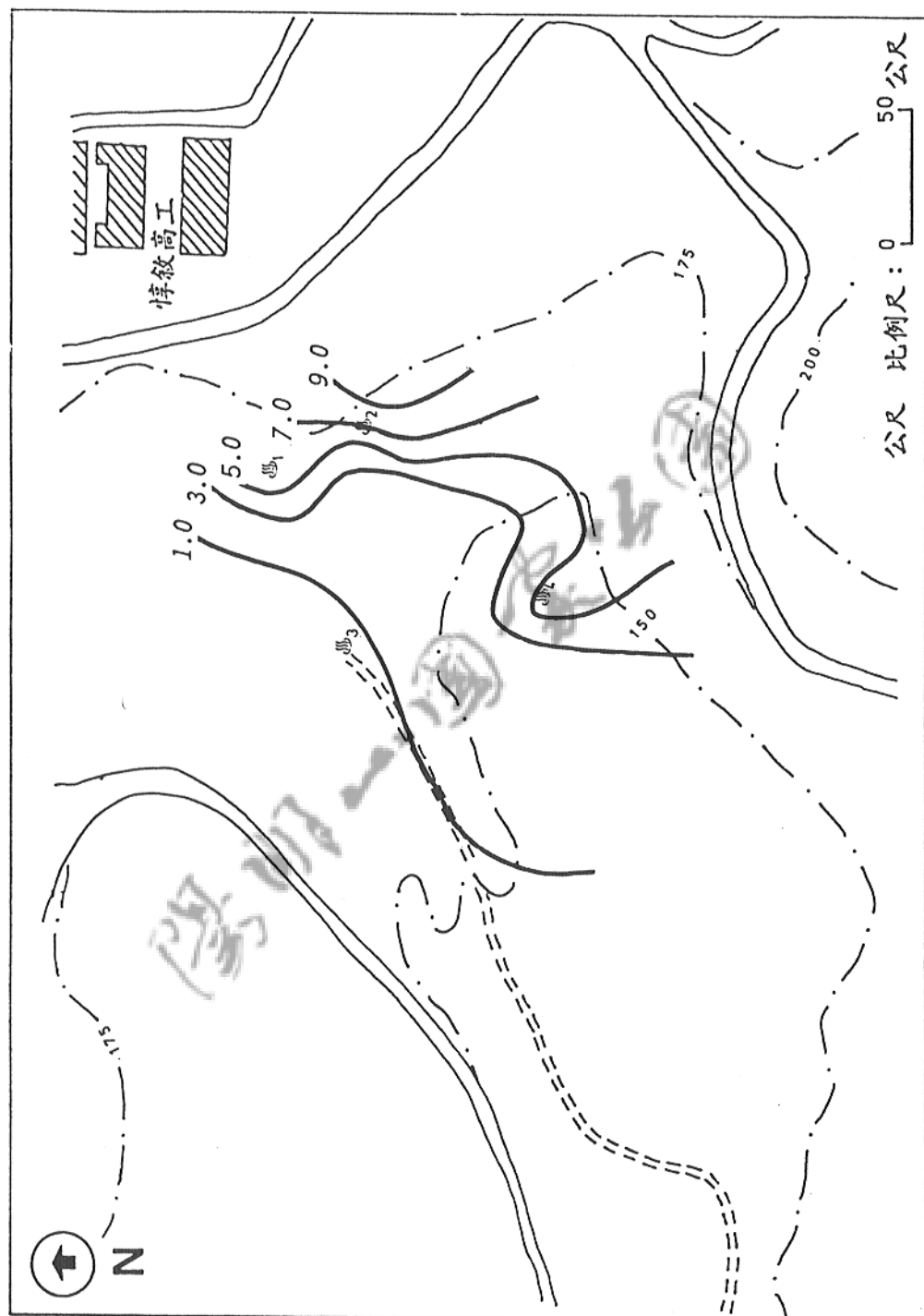


圖 4-4-2(a) 硫磺谷噴氣孔附近地區春季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ———

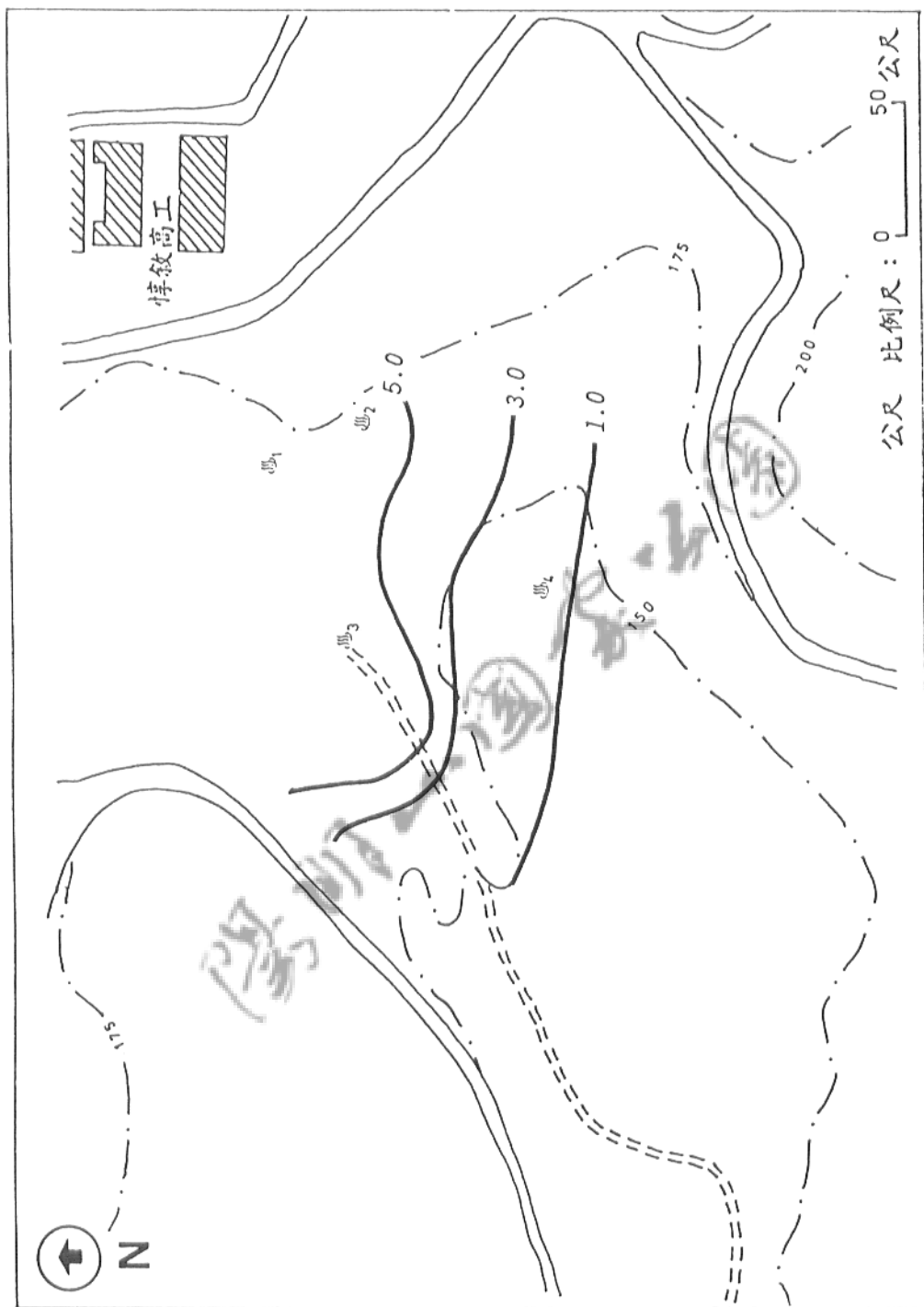


圖 4-4-2(b) 硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —
空氣污染物等濃度線: — — — — —

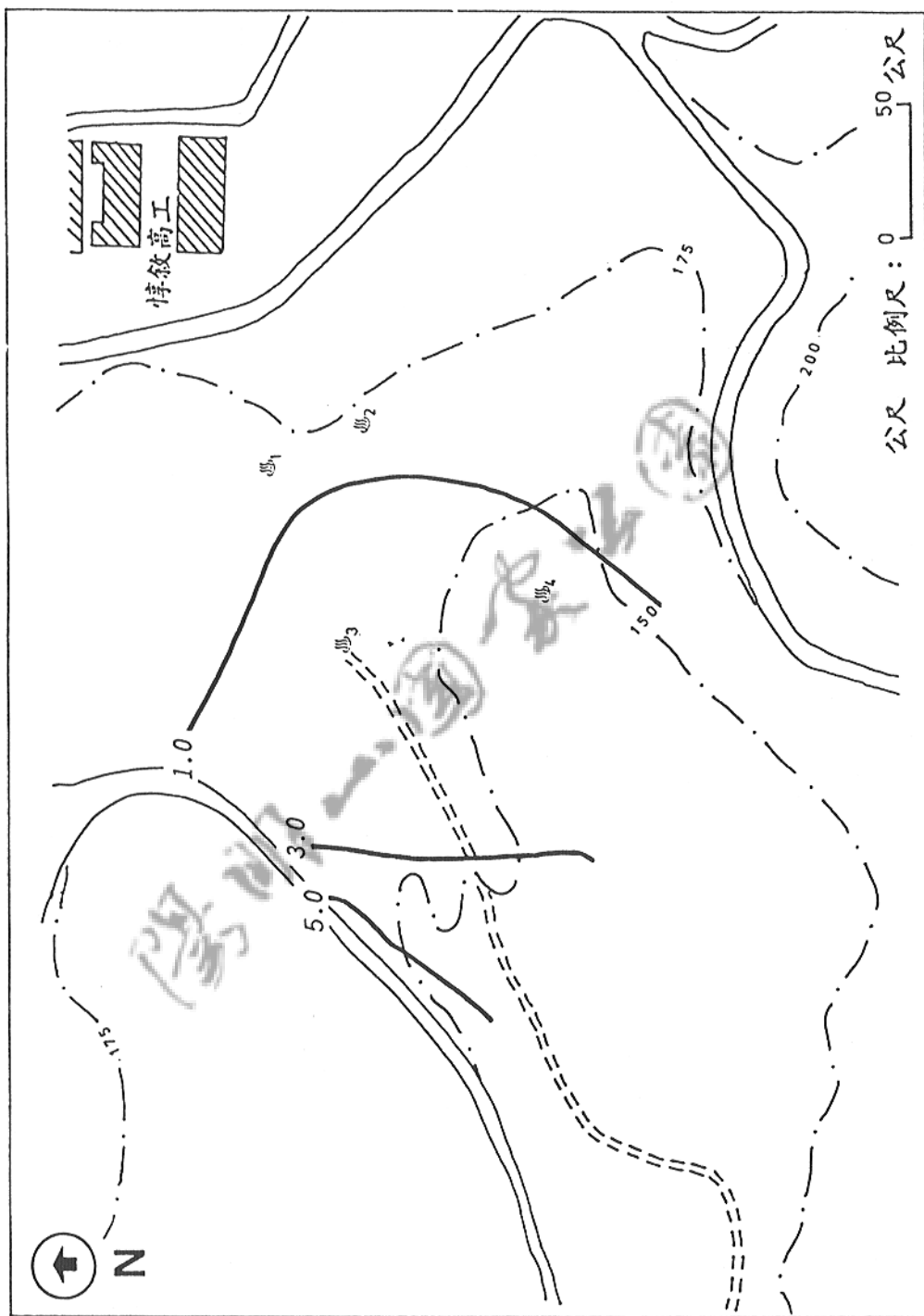


圖 4-4-2(c) 硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)
 註: 地形等高線: -.-.-.-
 空氣污染物等濃度線: ————

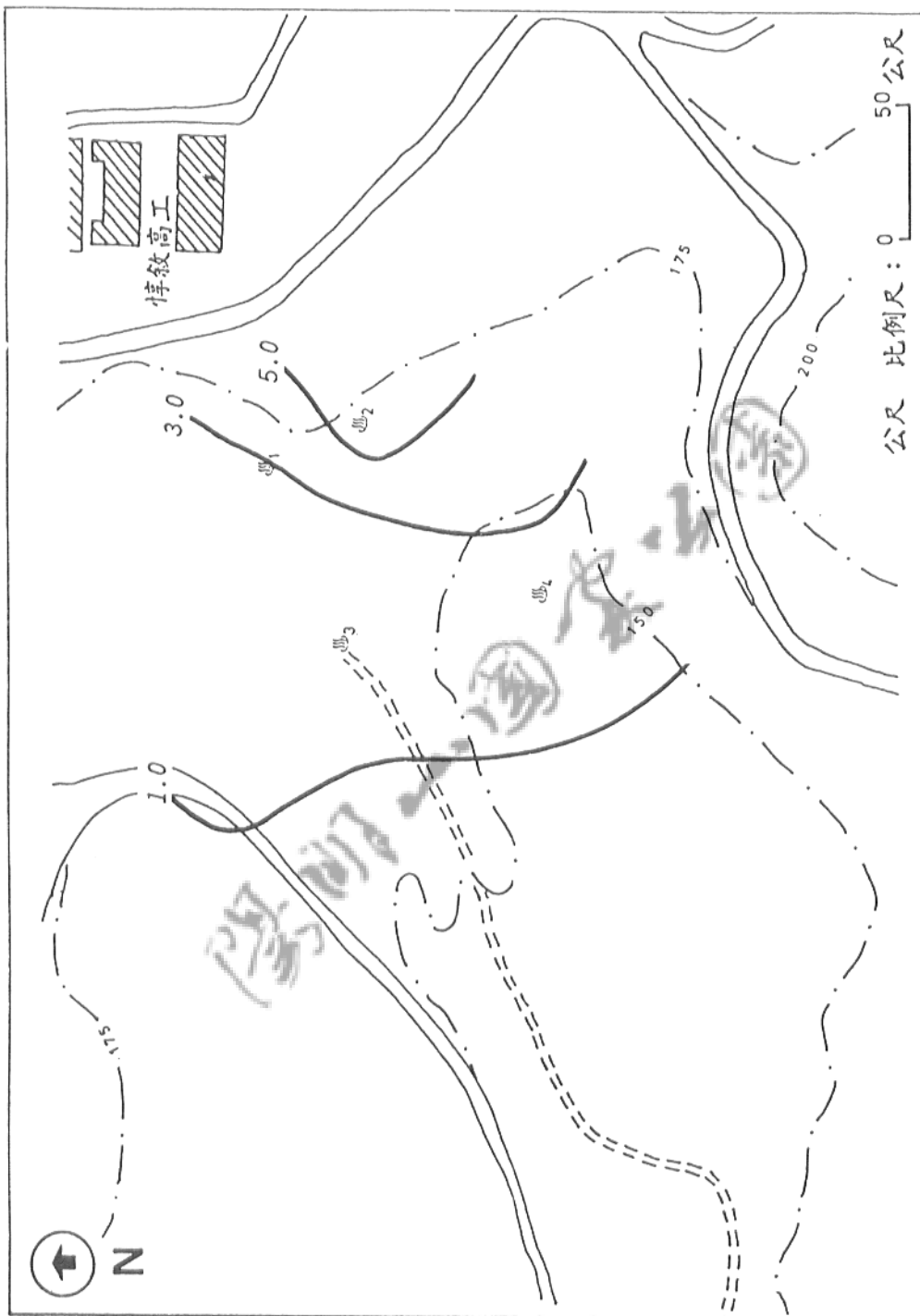


圖 4-4-2(d) 硫磺谷噴氣孔附近地區冬季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: — — — — —

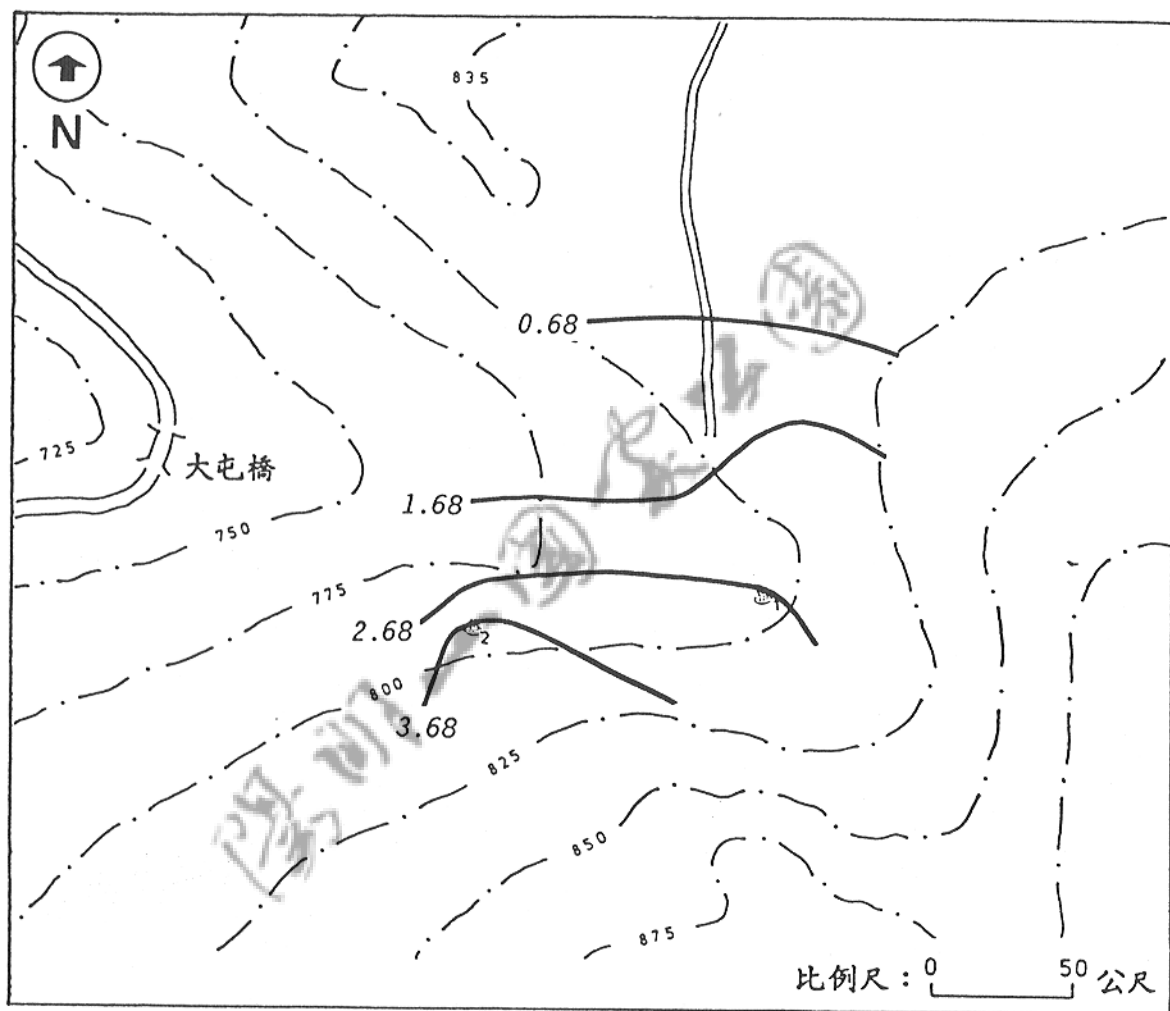


圖 4-4-3(a) 小油坑噴氣孔附近地區春季之氮酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

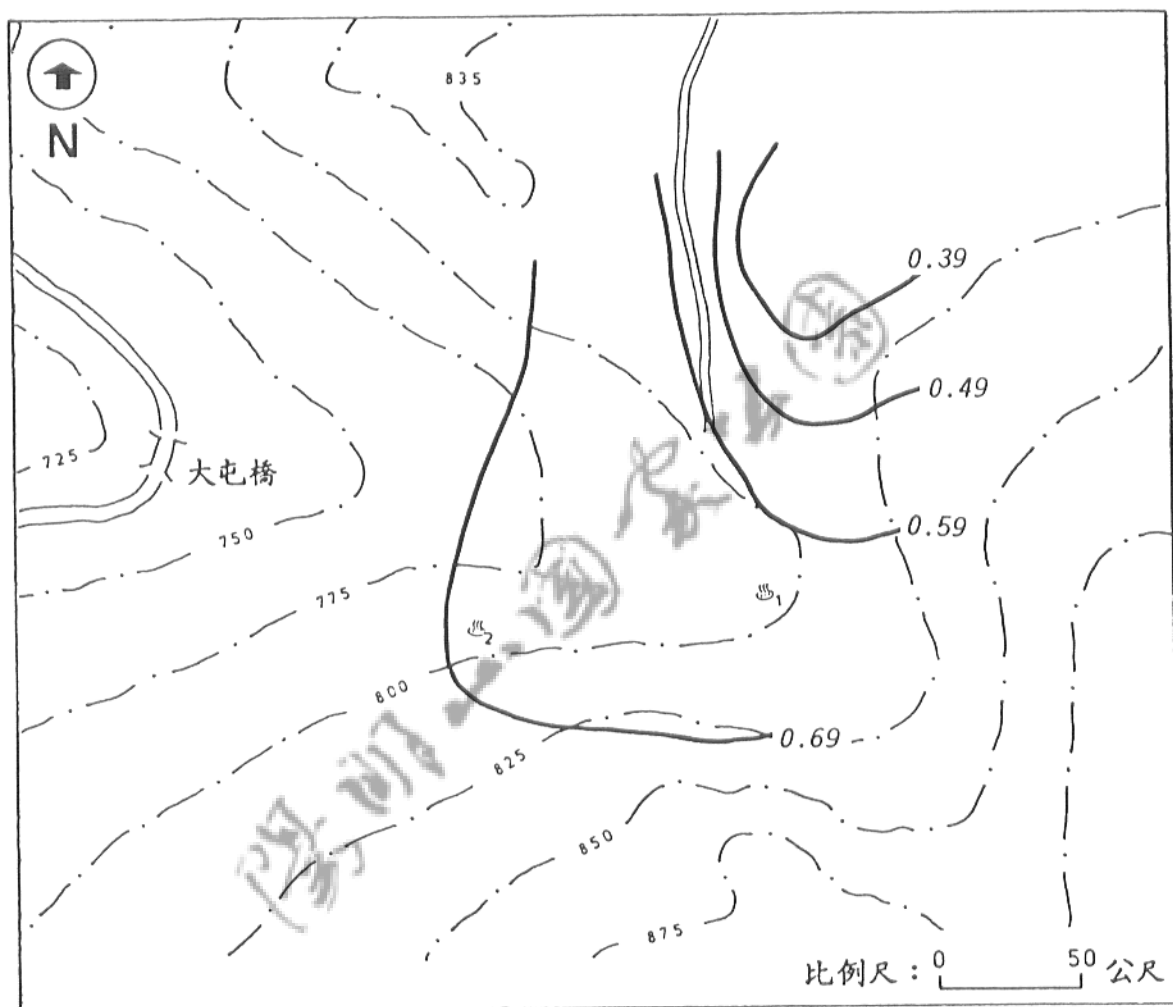


圖 4-4-3(b) 小油坑噴氣孔附近地區夏季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: - - - - -

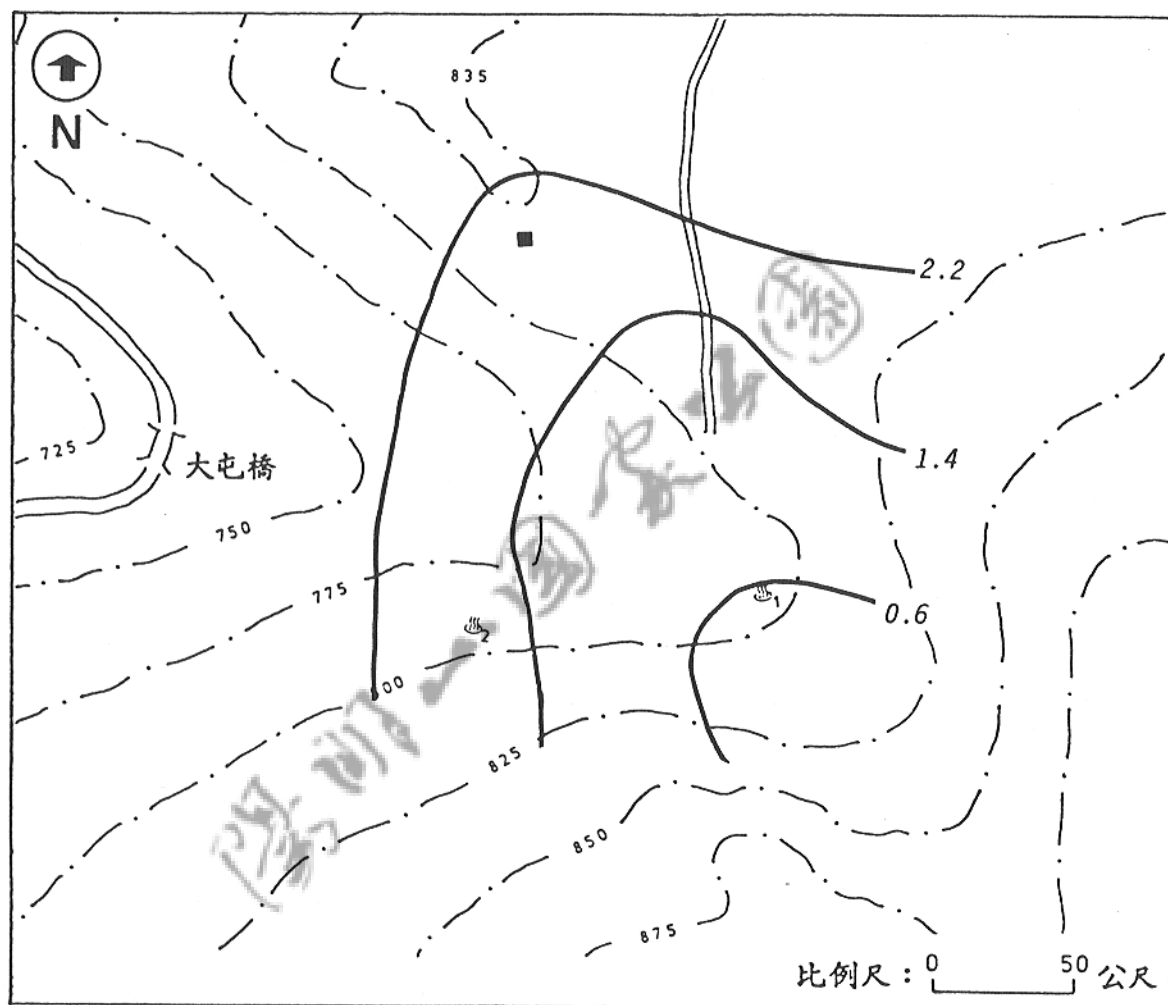


圖 4-4-3(c) 小油坑噴氣孔附近地區秋季之氟酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: —————

小排放源 ■

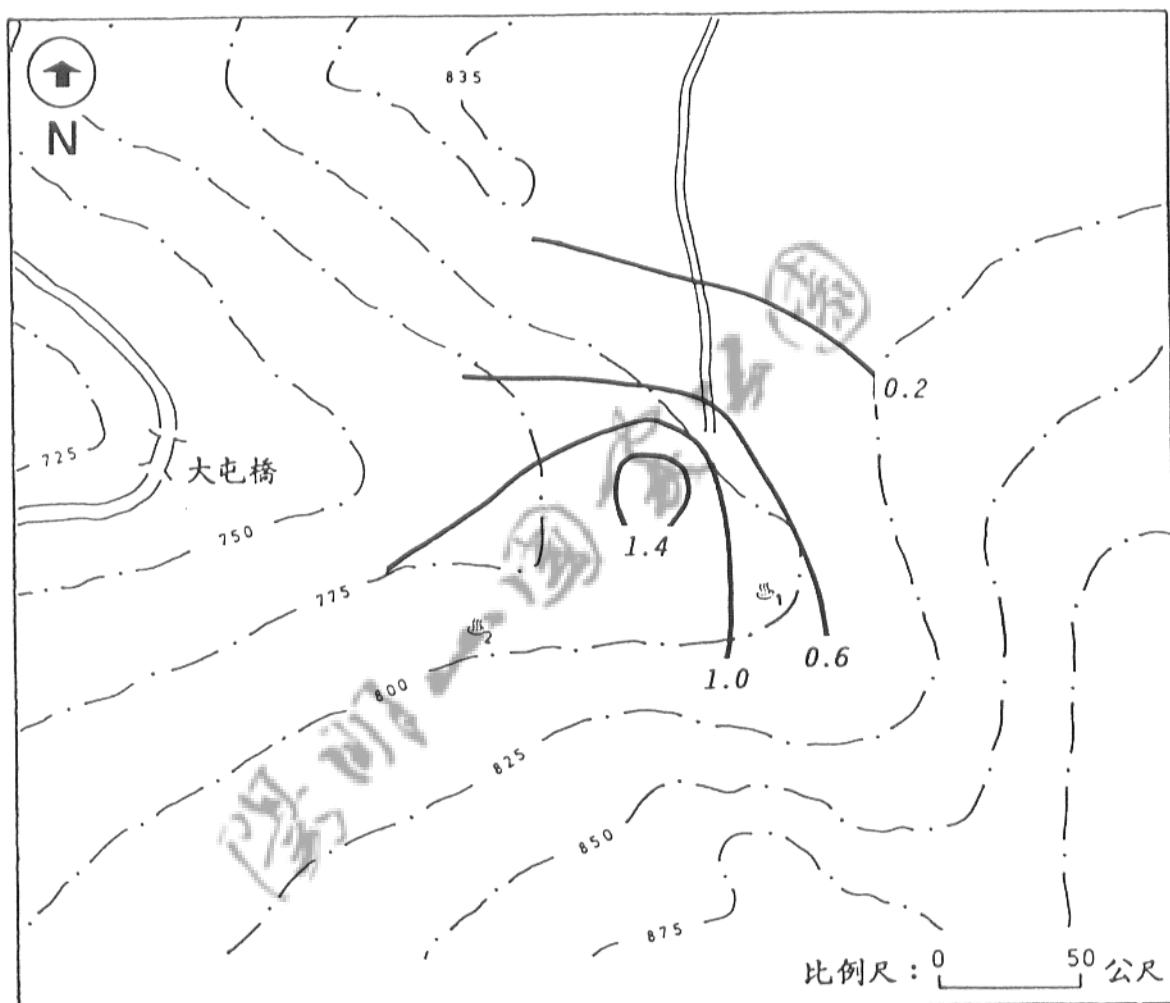


圖 4-4-3(d) 小油坑噴氣孔附近地區冬季之氮酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

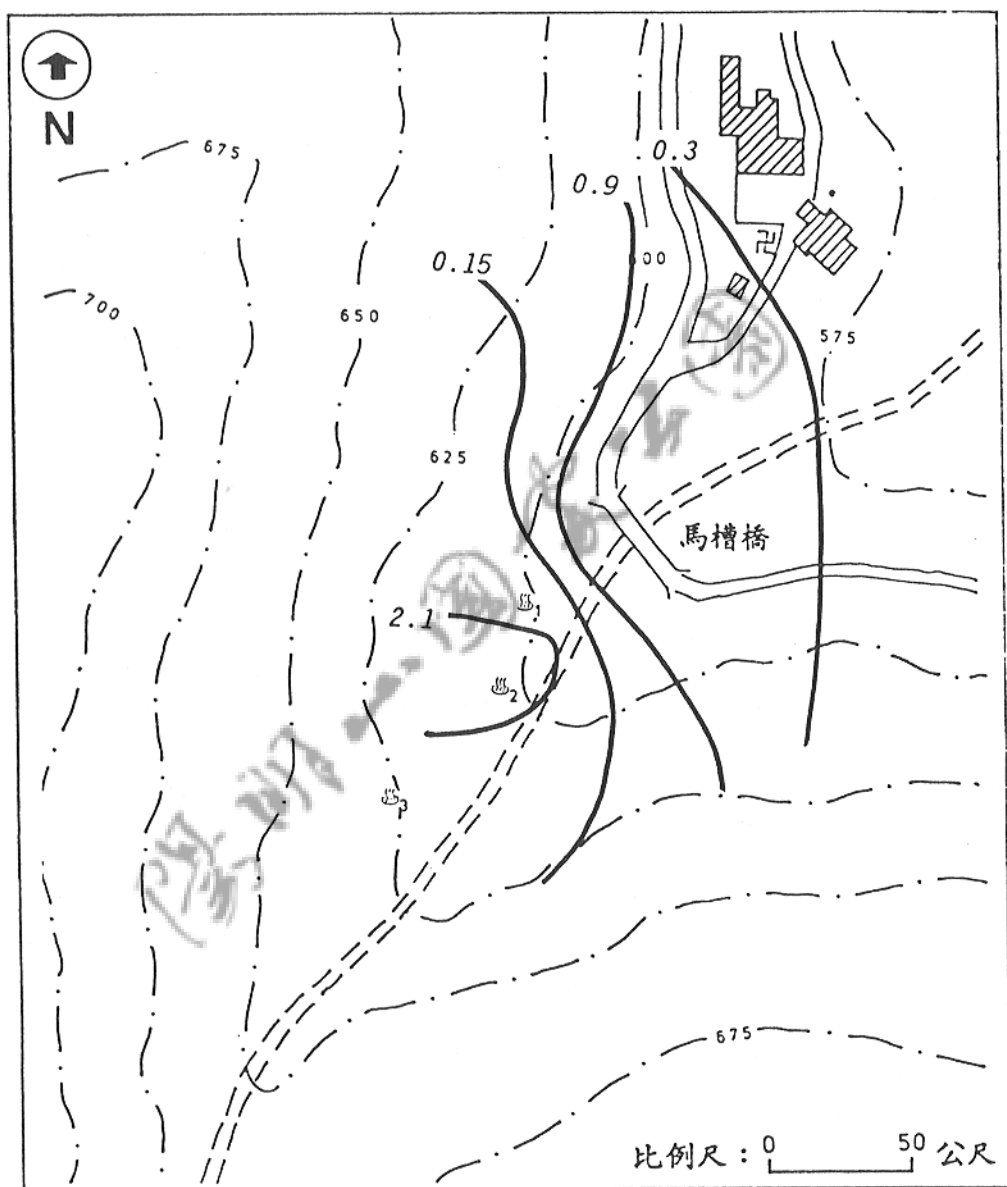


圖 4-4-4(a) 馬槽噴氣孔附近地區春季之氟酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

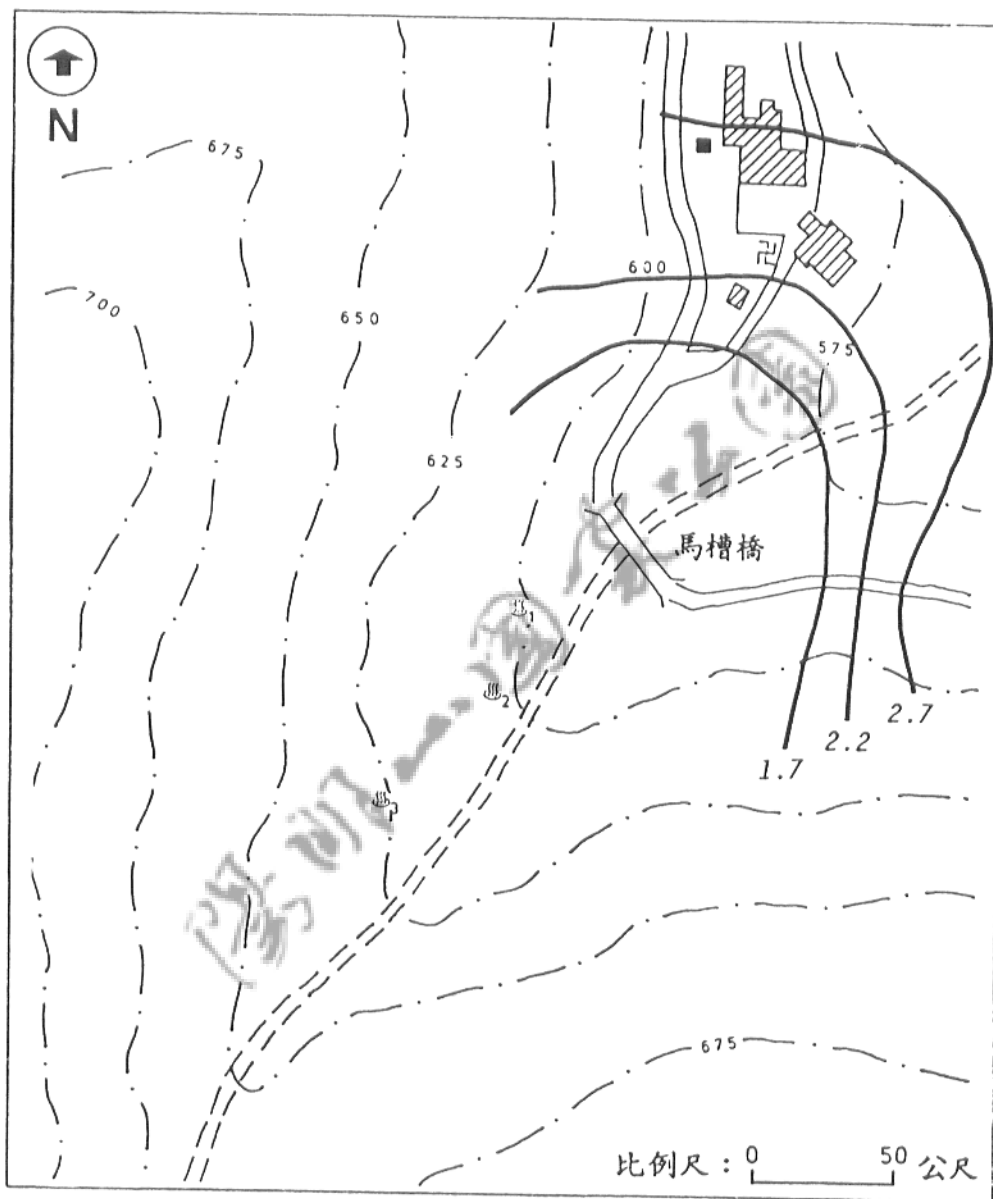


圖 4-4-4(b) 馬槽噴氣孔附近地區夏季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

小排放源 ■

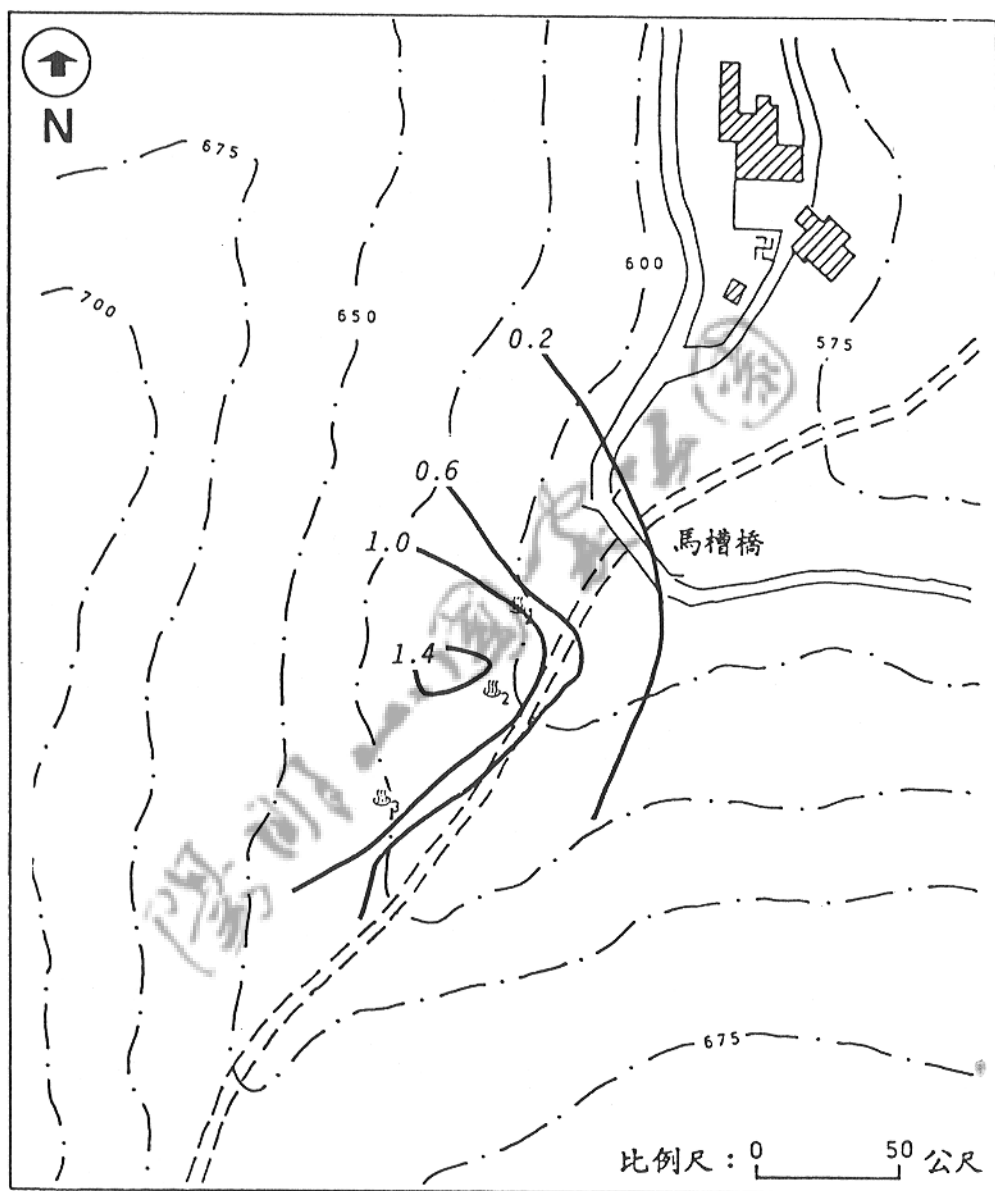


圖 4-4-4(c) 馬槽噴氣孔附近地區秋季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

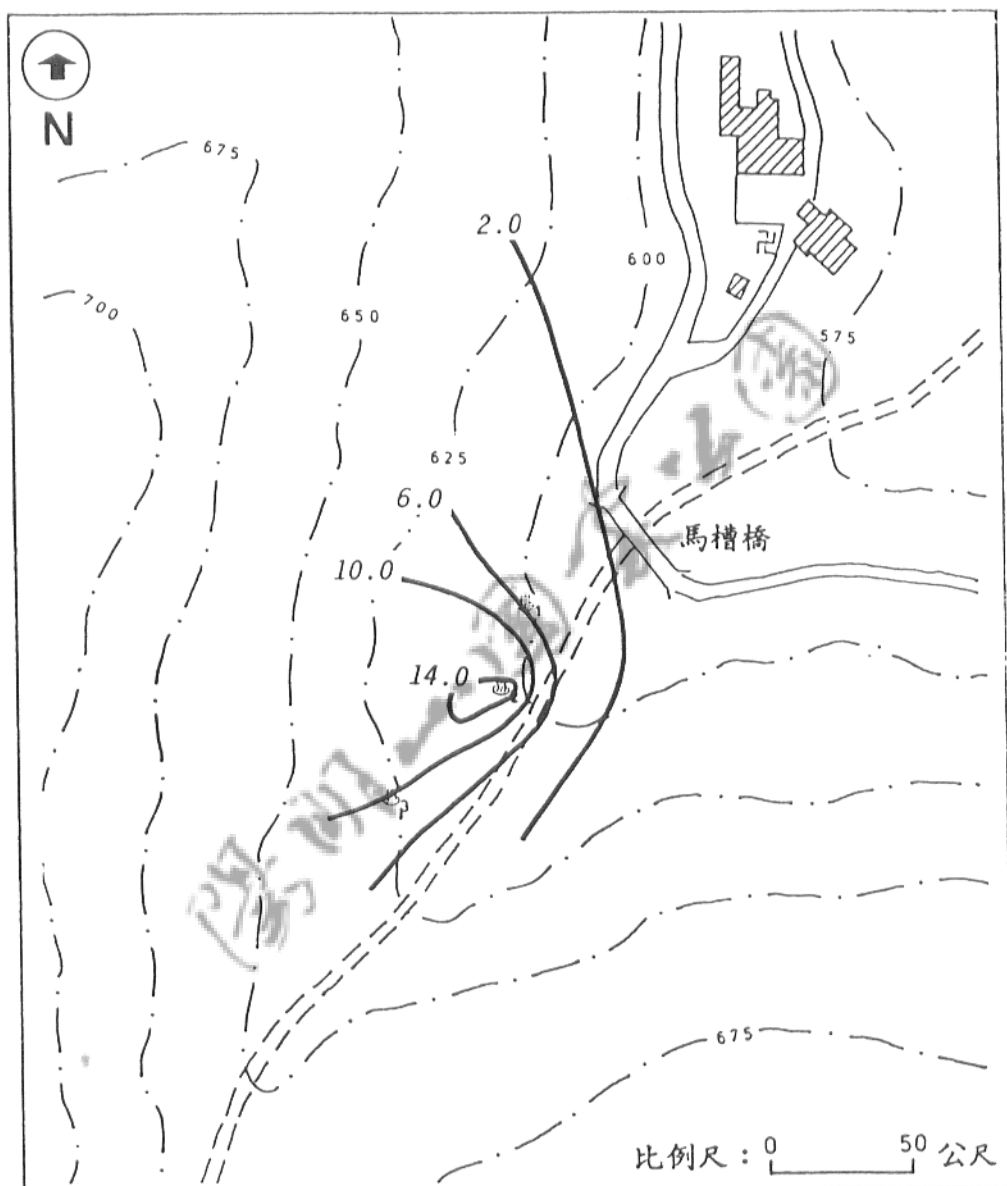


圖 4-4-4(d) 馬槽噴氣孔附近地區冬季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

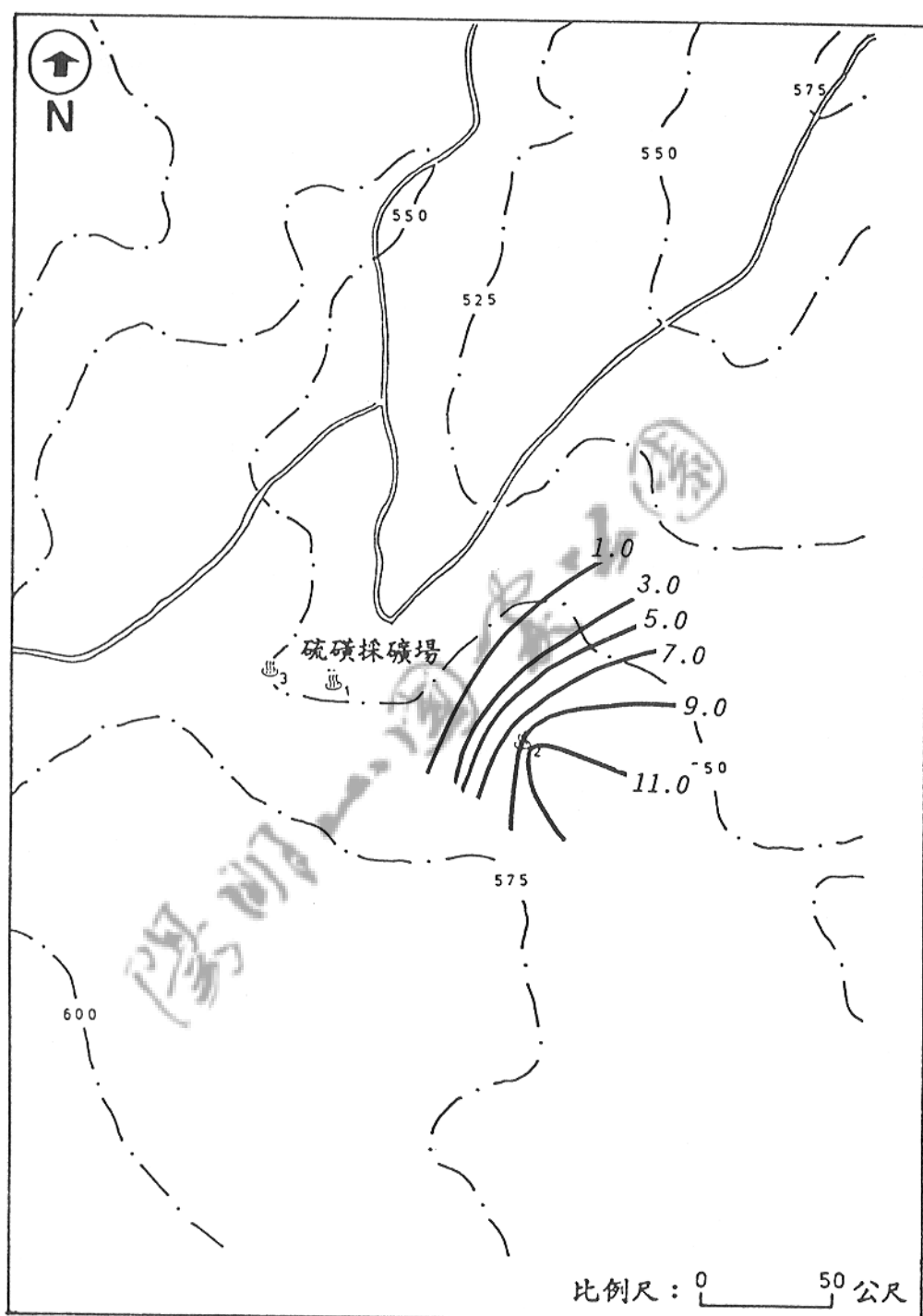


圖 4-4-5(a) 大油坑噴氣孔附近地區春季之氟酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

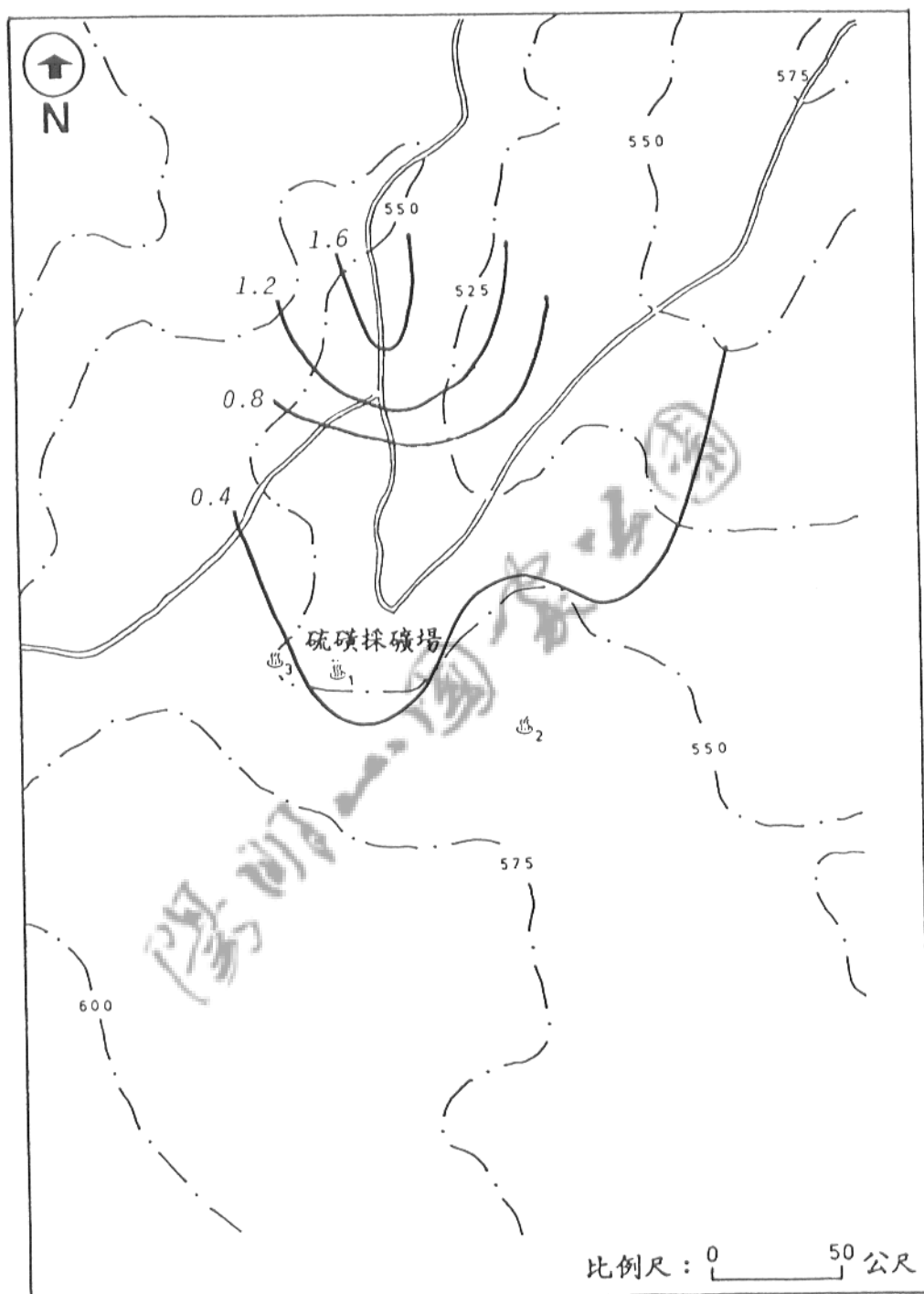


圖 4-4-5(b) 大油坑噴氣孔附近地區夏季之氟酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

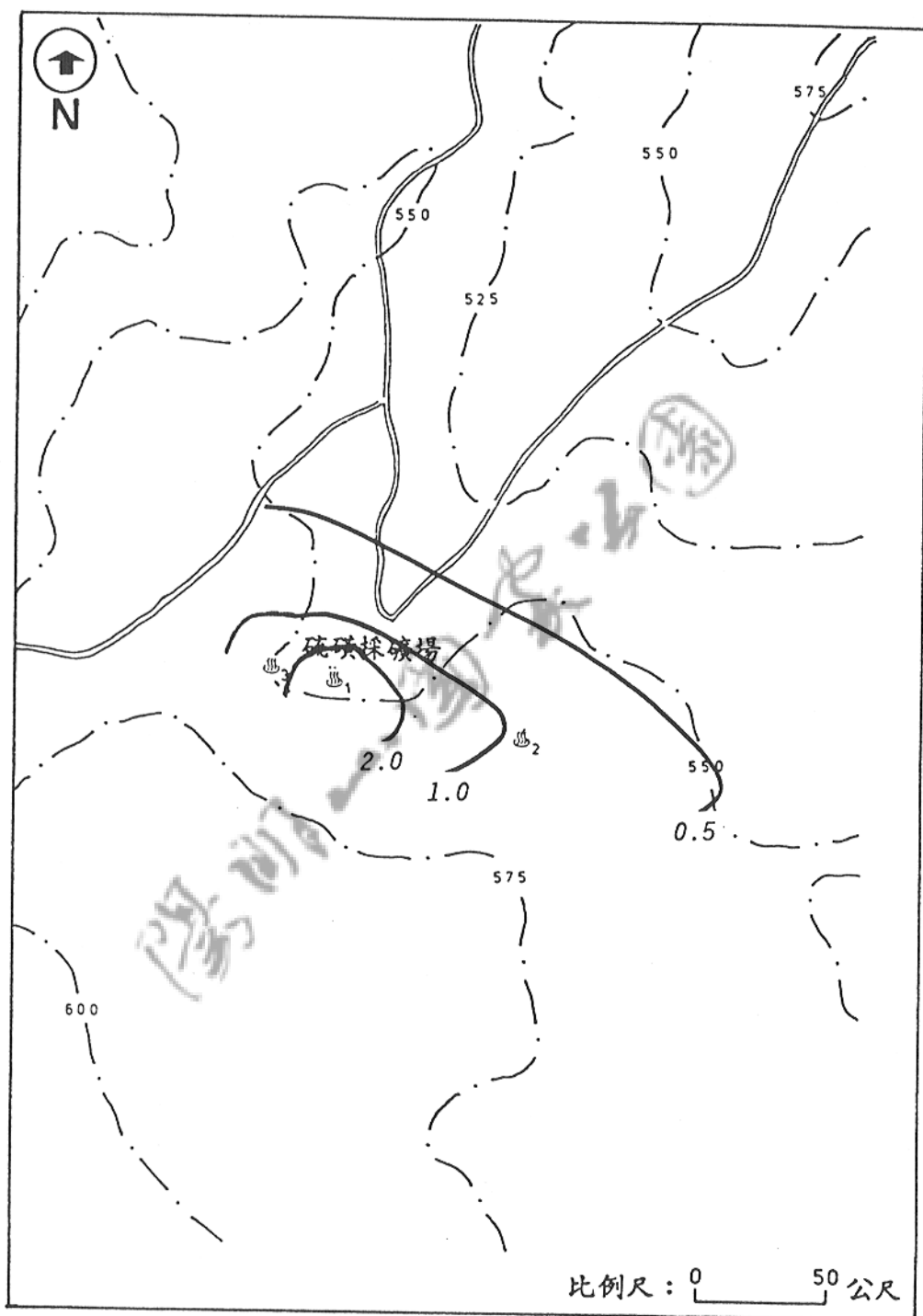


圖 4-4-5(c) 大油坑噴氣孔附近地區秋季之氟酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - - - - -

空氣污染物等濃度線: —————

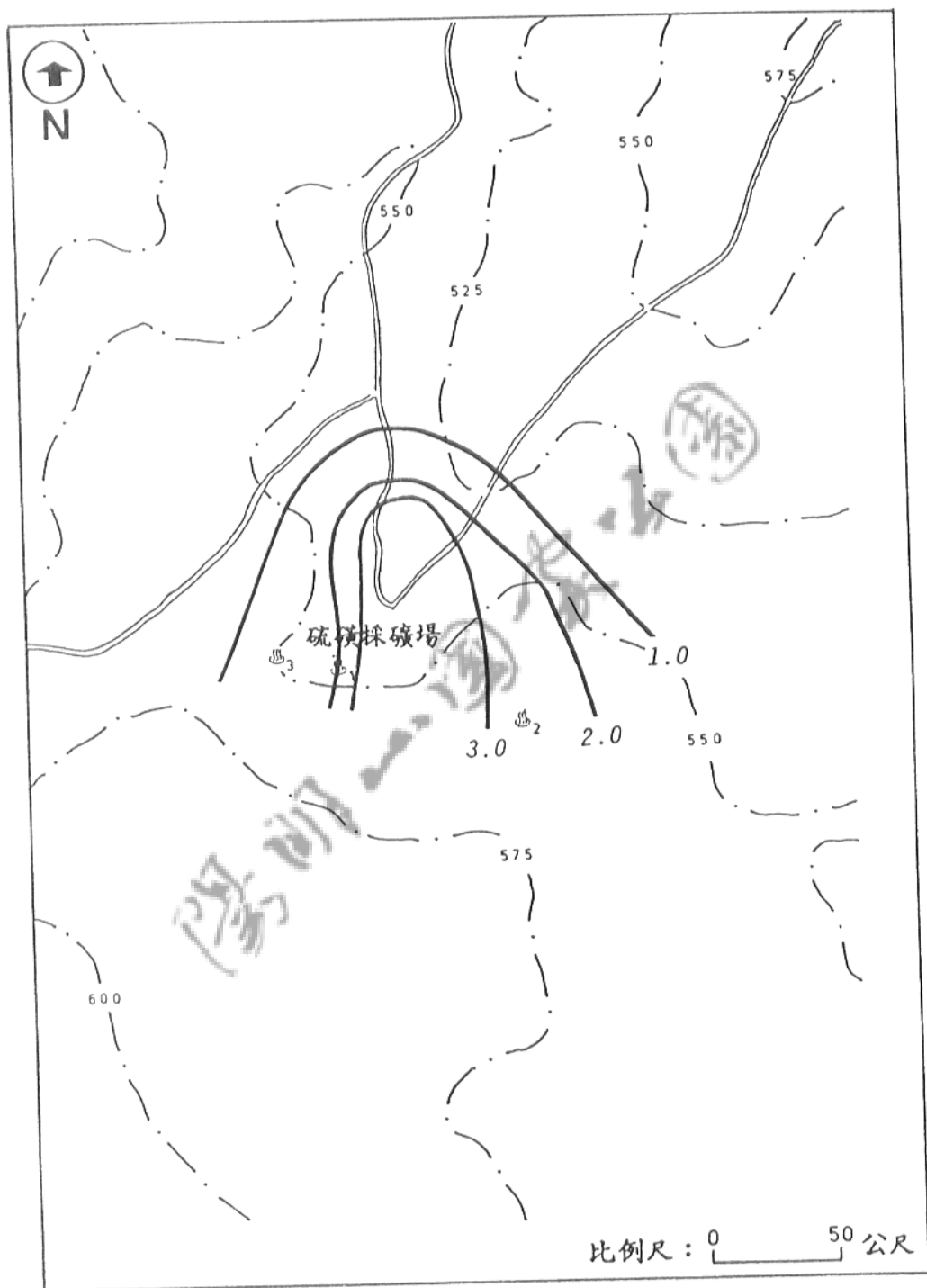


圖 4-4-5(d) 大油坑噴氣孔附近地區冬季之氟酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

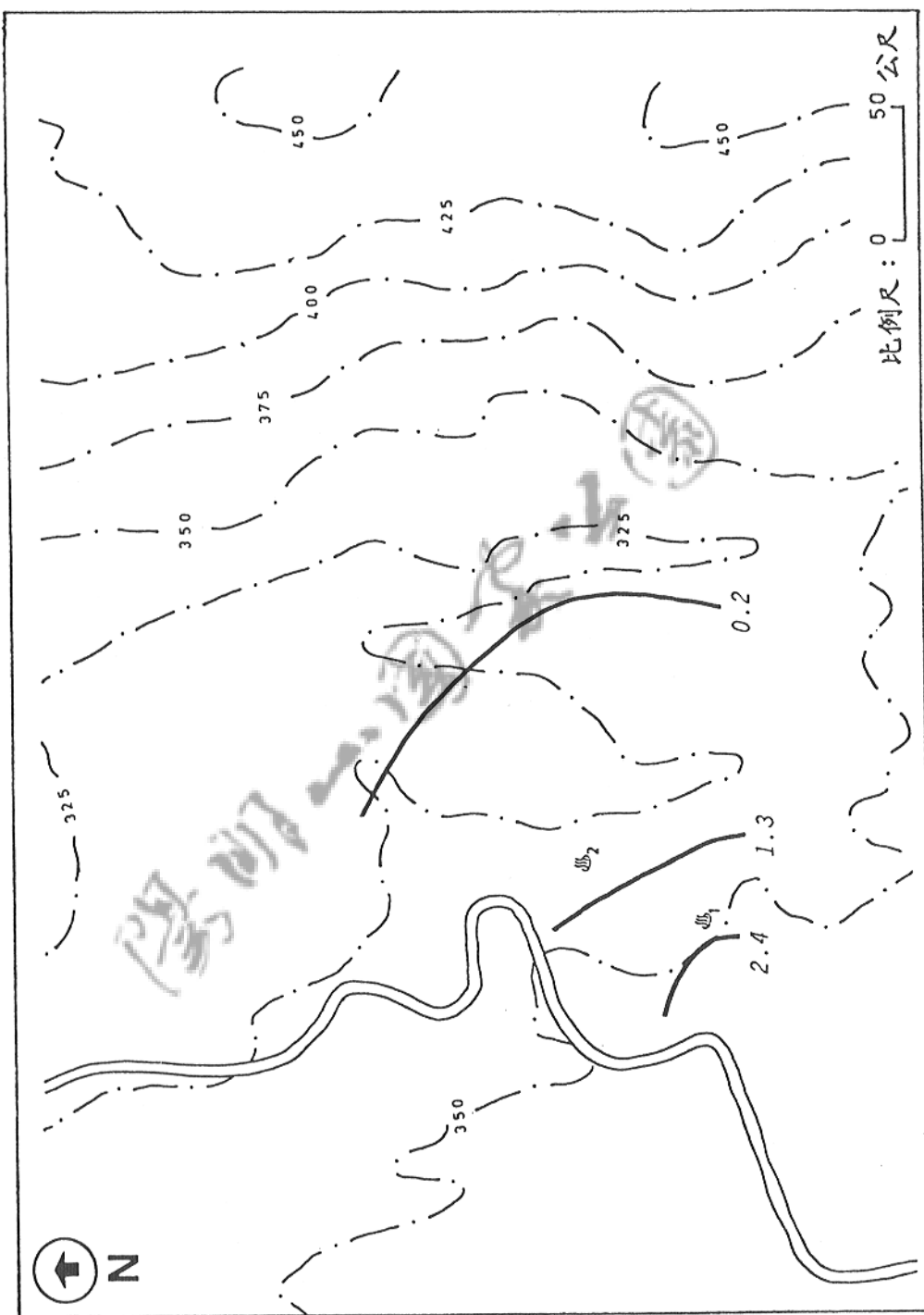


圖 4-4-6(a) 石碇子坪噴氣孔附近地區春季之氯酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-.-

空氣污染物等濃度線: ————

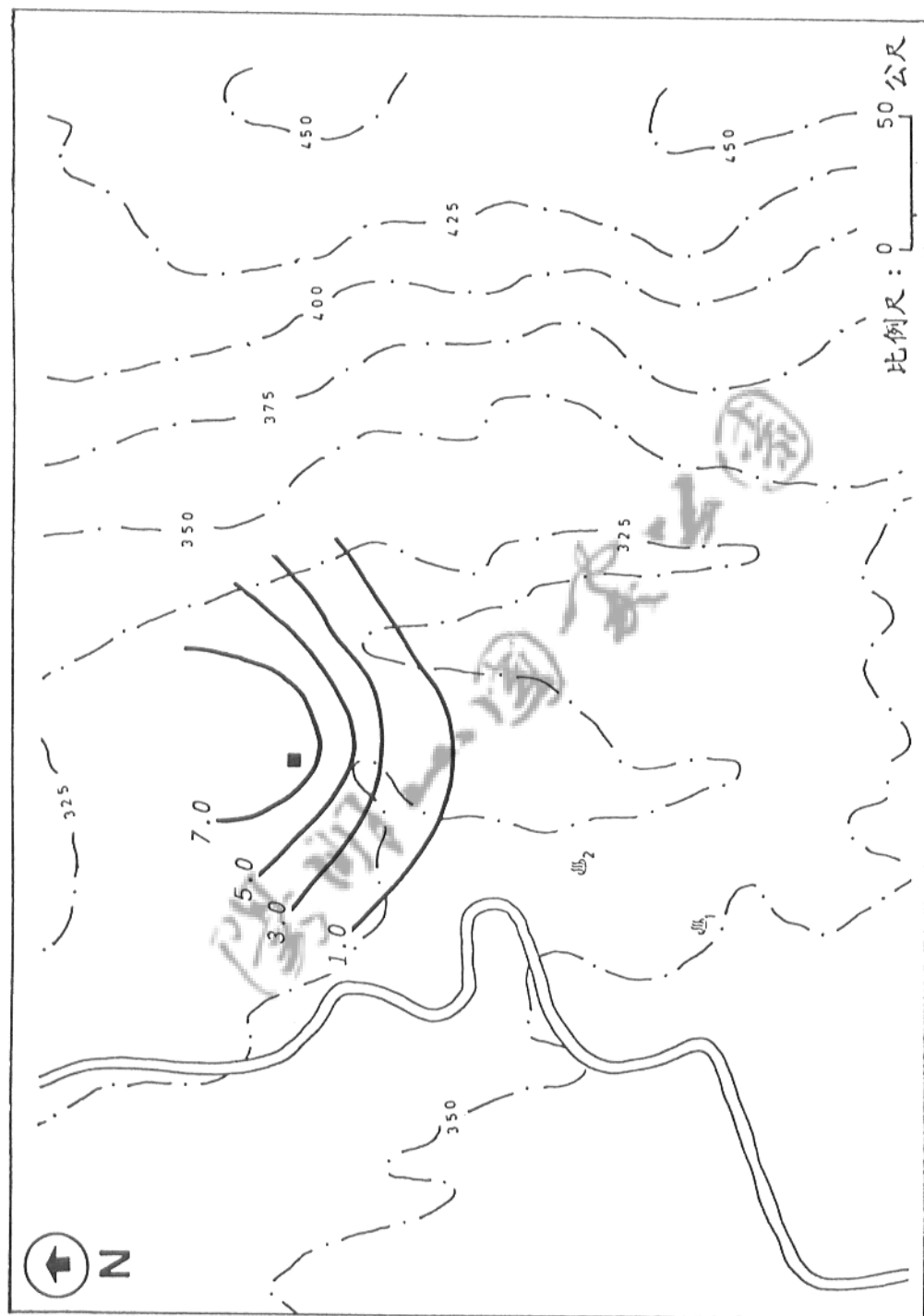


圖 4-4-6(b) 石碇子坪噴氣孔附近地區夏季之二氧化硫等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ———

小排放源 ■

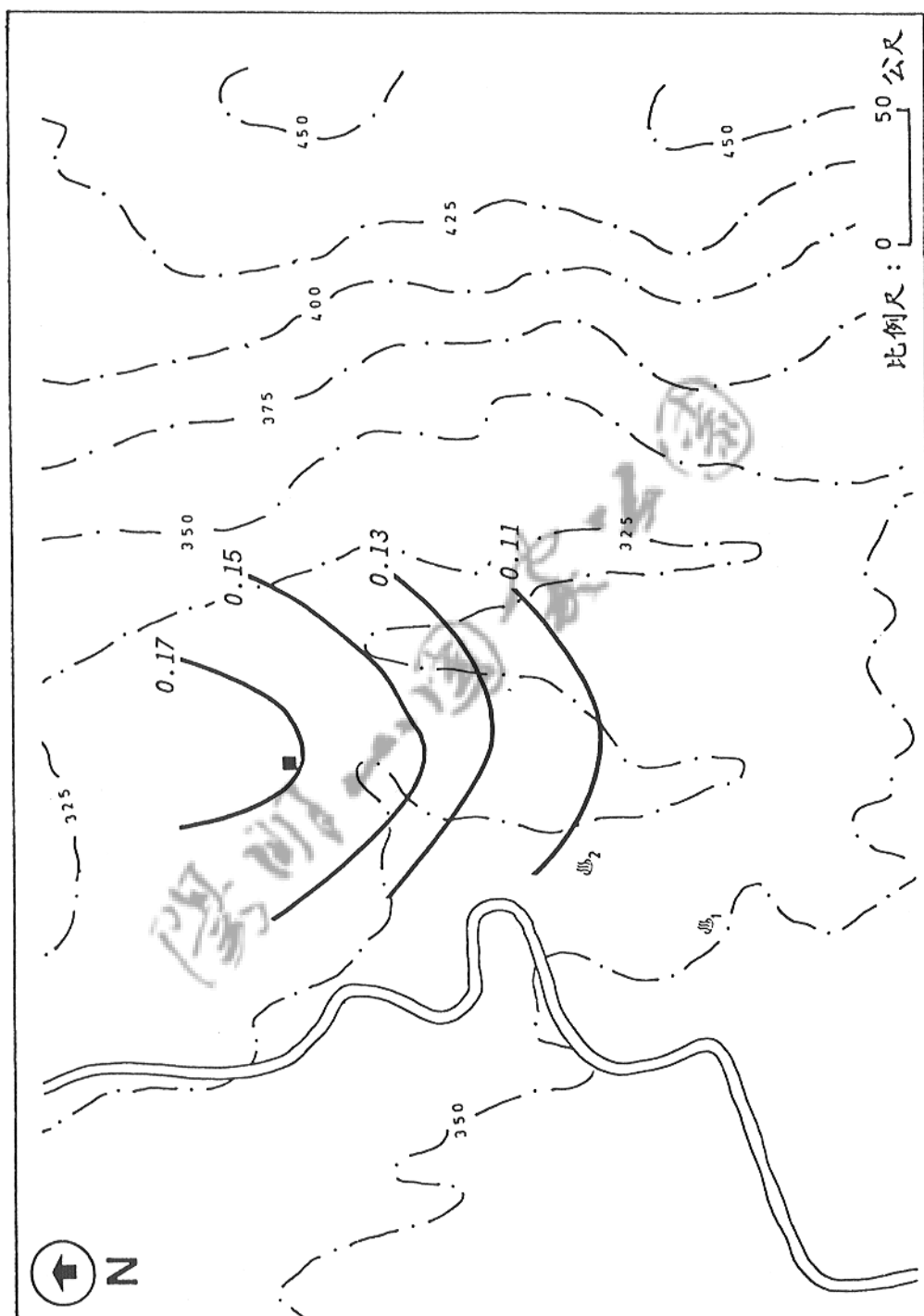


圖 4-4-6(c) 石碇子坪噴氣孔附近地區秋季之氮酸氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: — · — · —

空氣污染物等濃度線: — — — — —

小排放源 ■

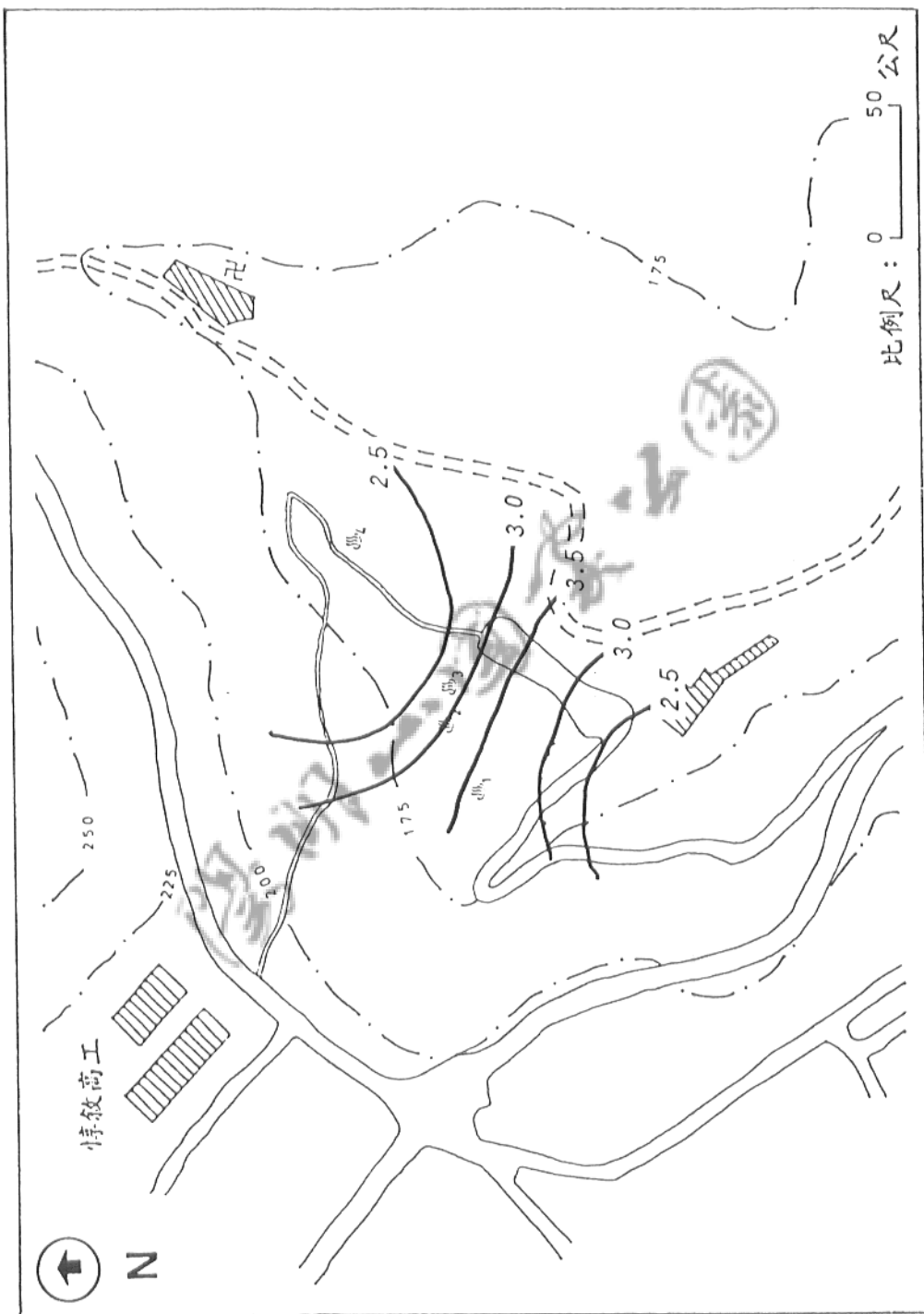


圖 4-5-1(b) 大礦嘴噴氣孔附近地區夏季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-
空氣污染物等濃度線: ———

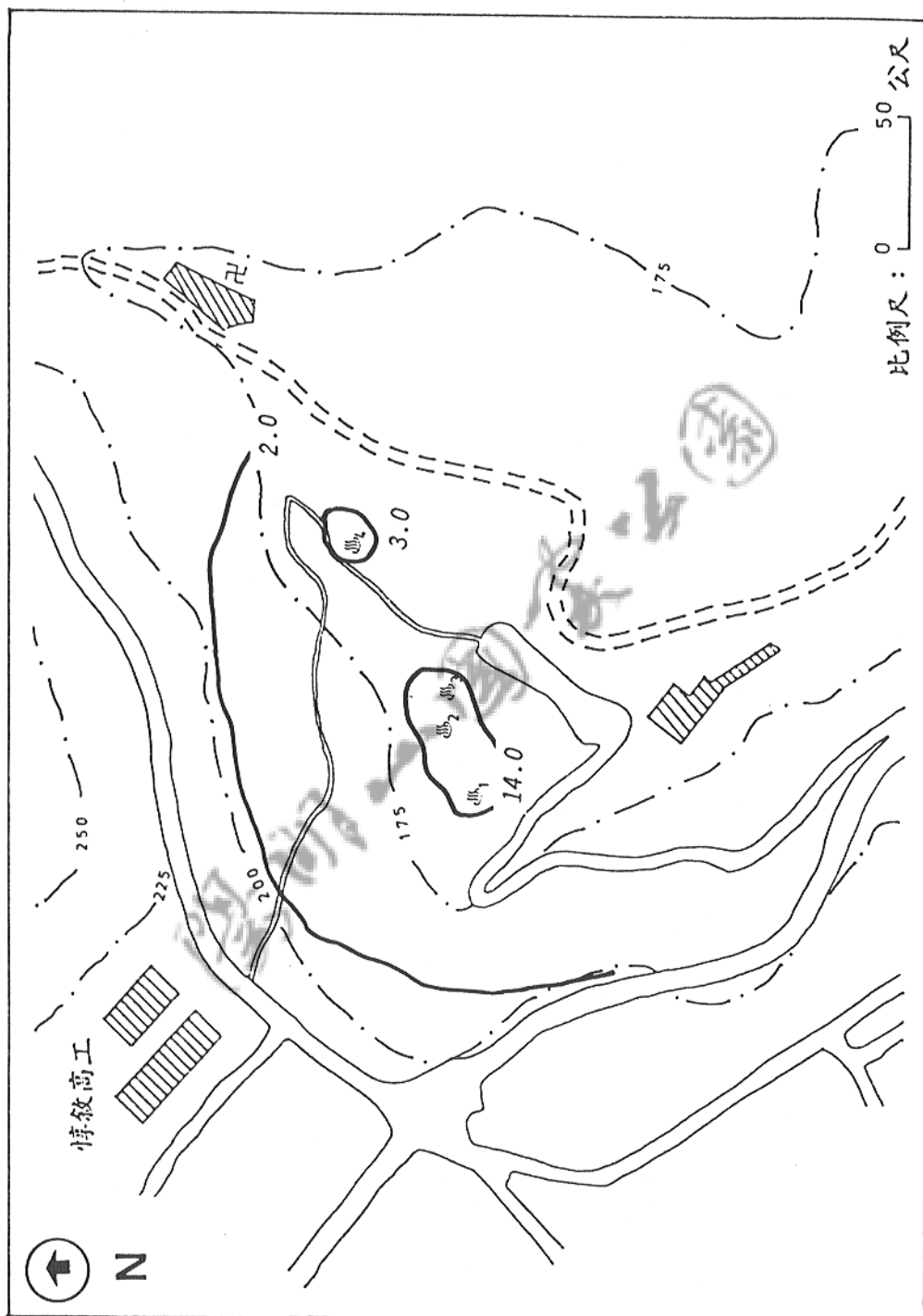


圖 4-5-1(c) 大磺嘴噴氣孔附近地區秋季之氣等濃度圖 (濃度單位：ppm)

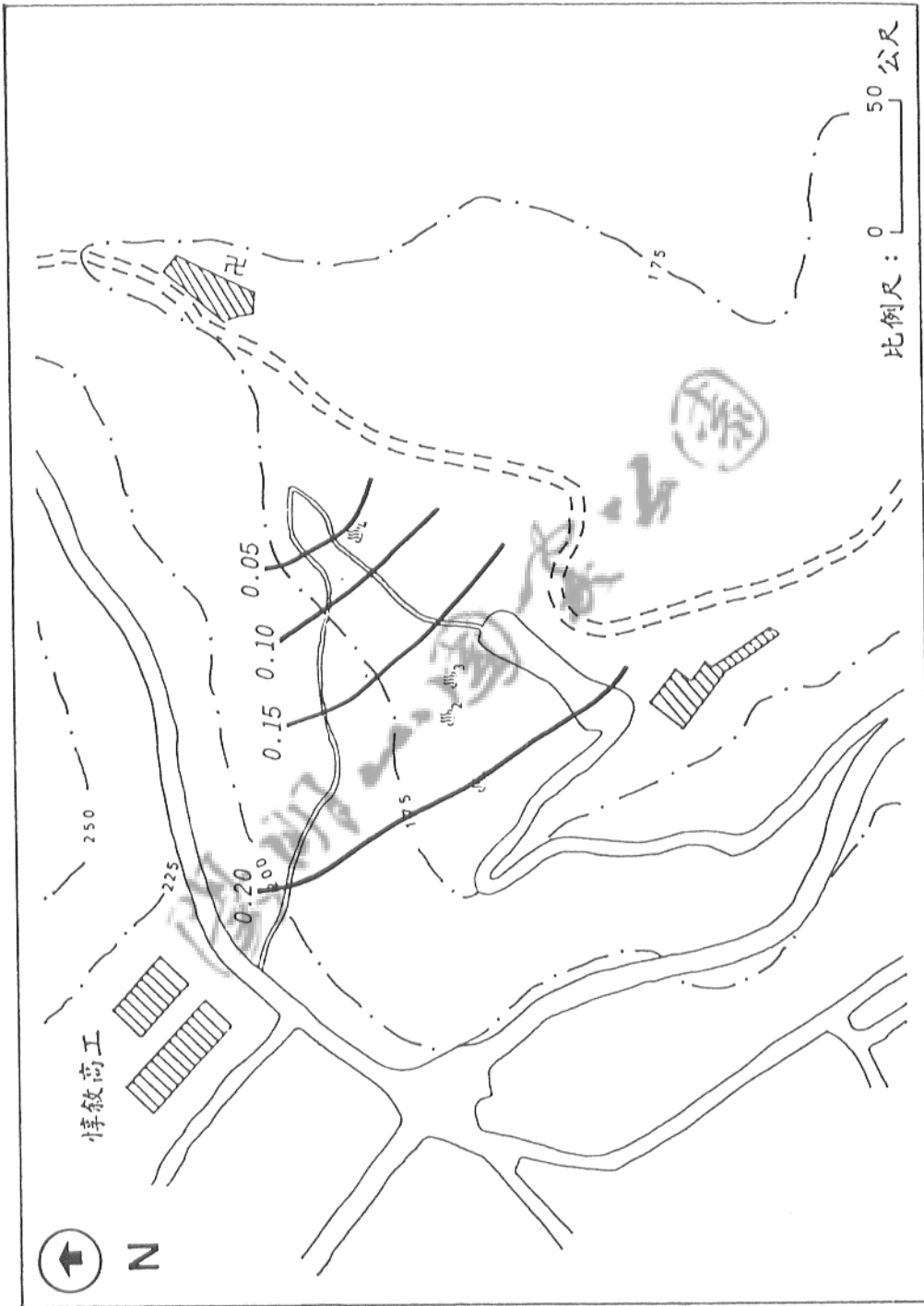


圖 4-5-1(d) 大磺嘴噴氣孔附近地區冬季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

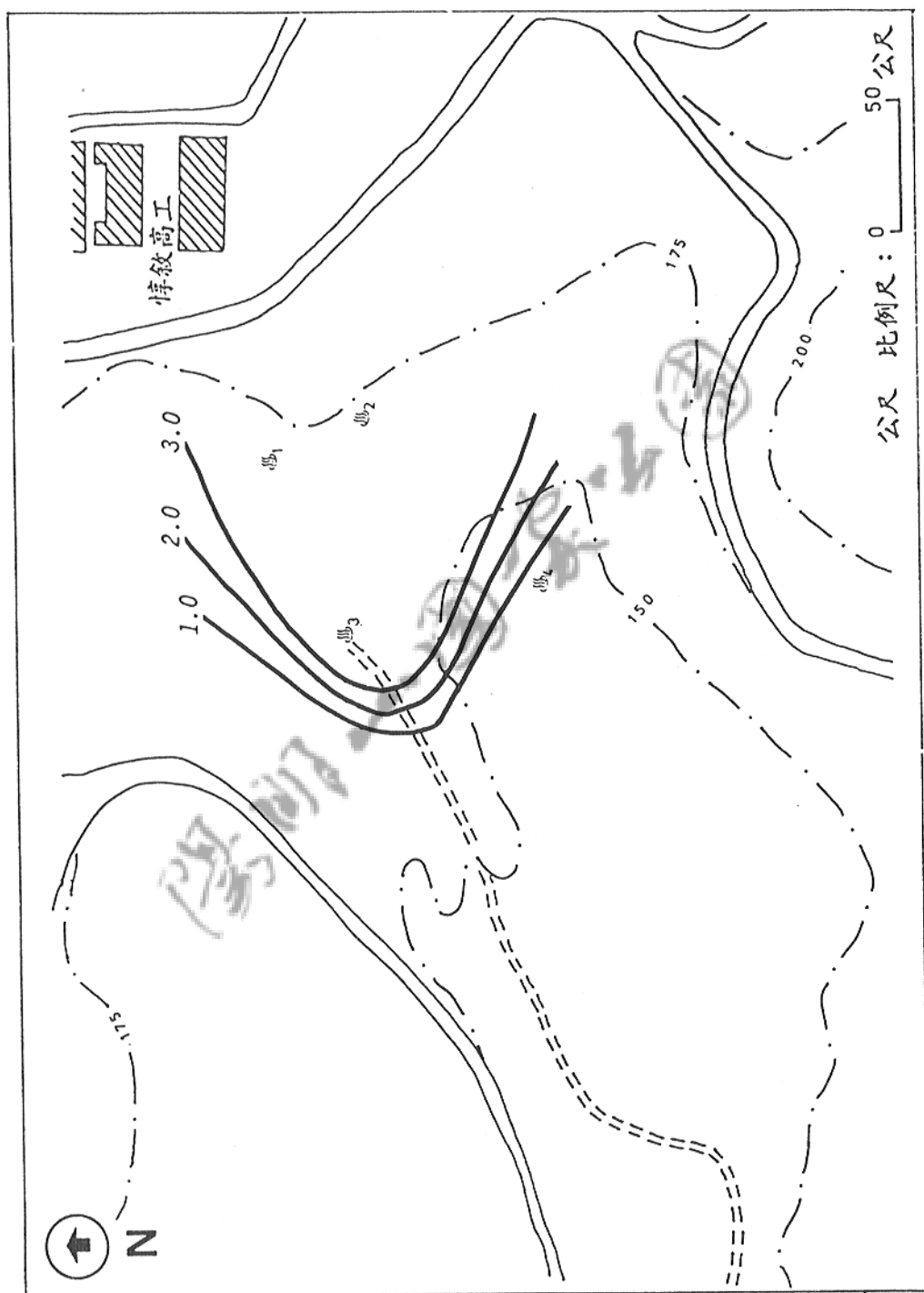


圖 4-5-2(a) 硫磺谷噴氣孔附近地區春季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -
空氣污染物等濃度線: ———

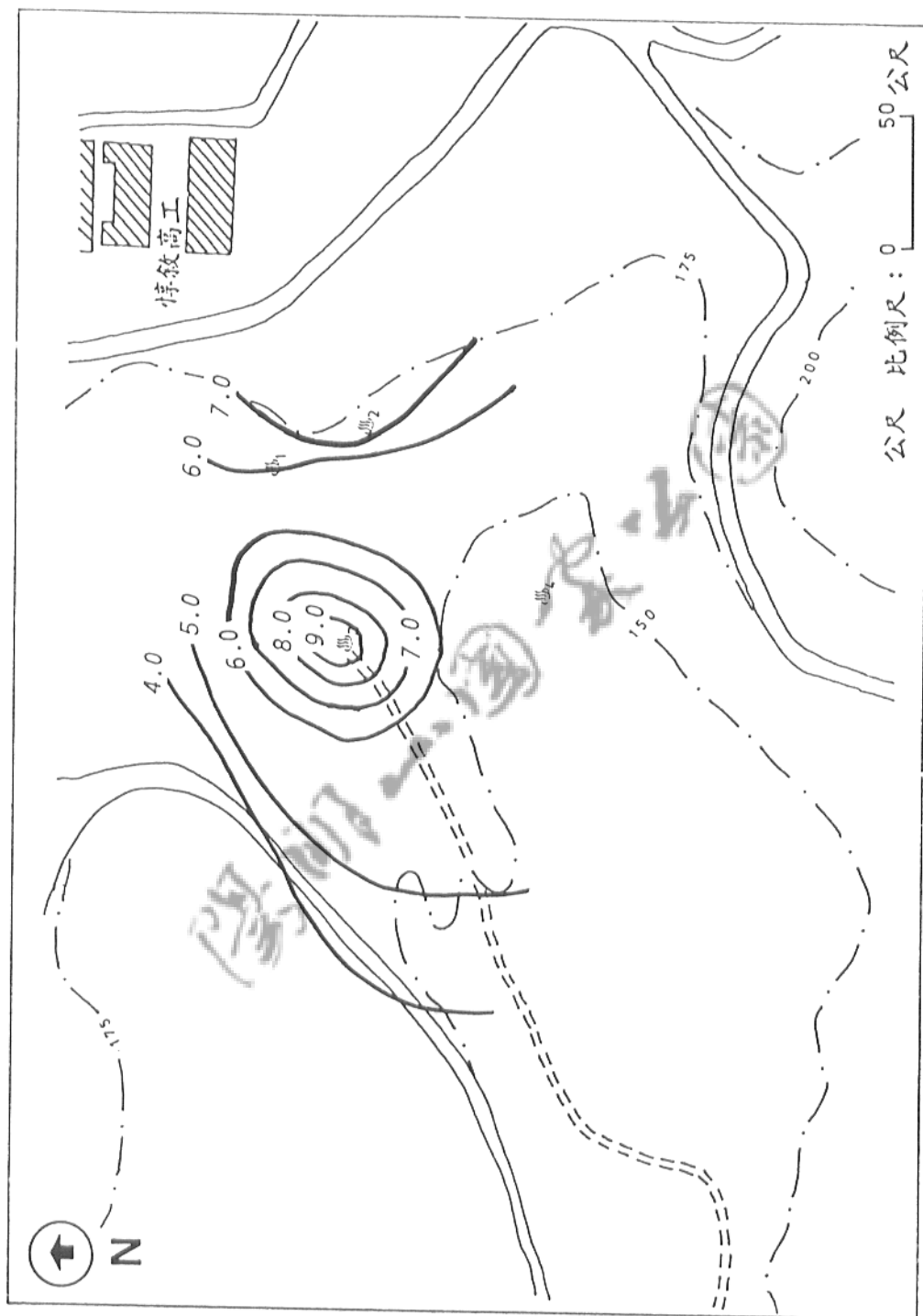


圖 4-5-2(b) 硫磺谷噴氣孔附近地區夏季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-.-
空氣污染物等濃度線: ————

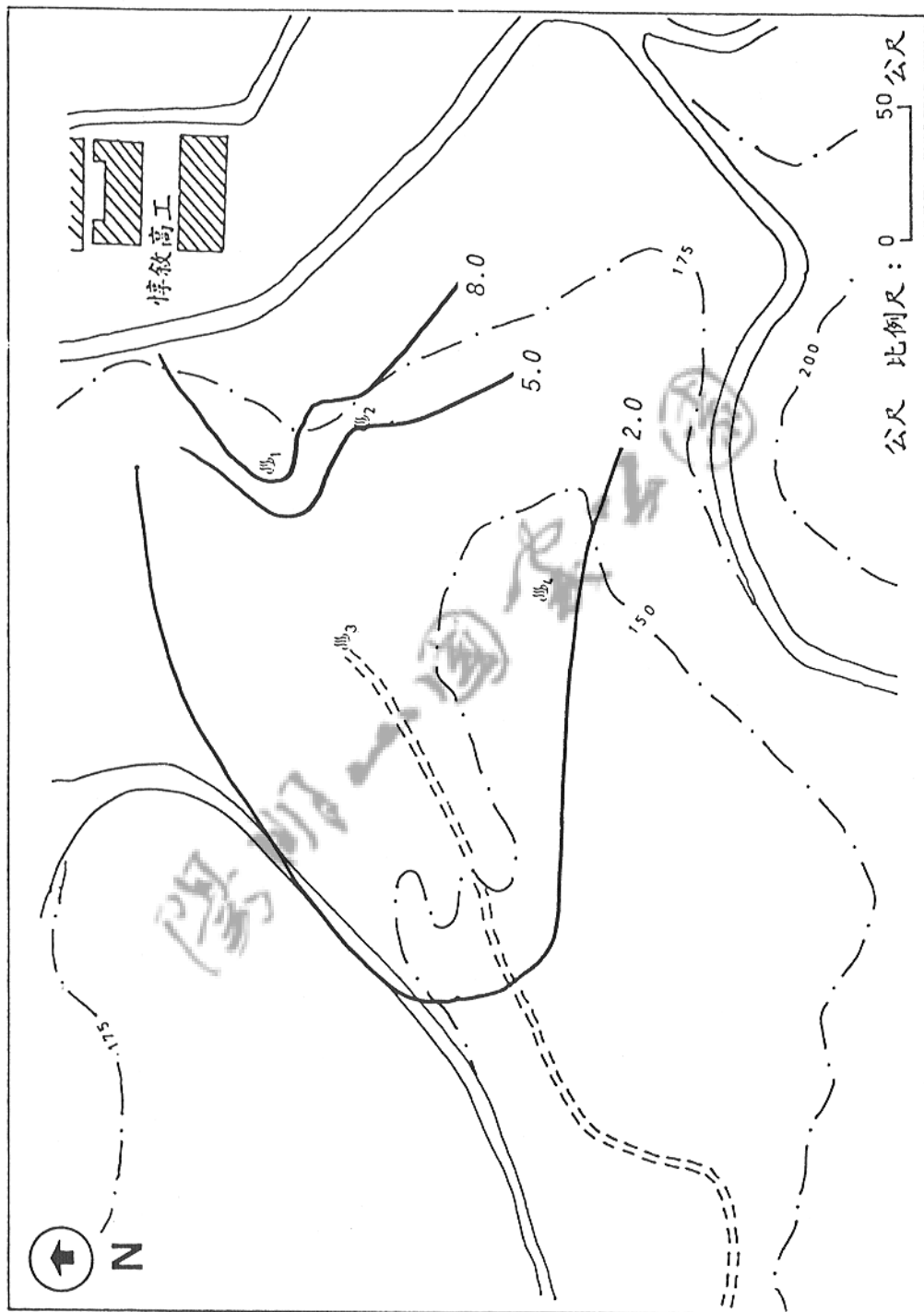
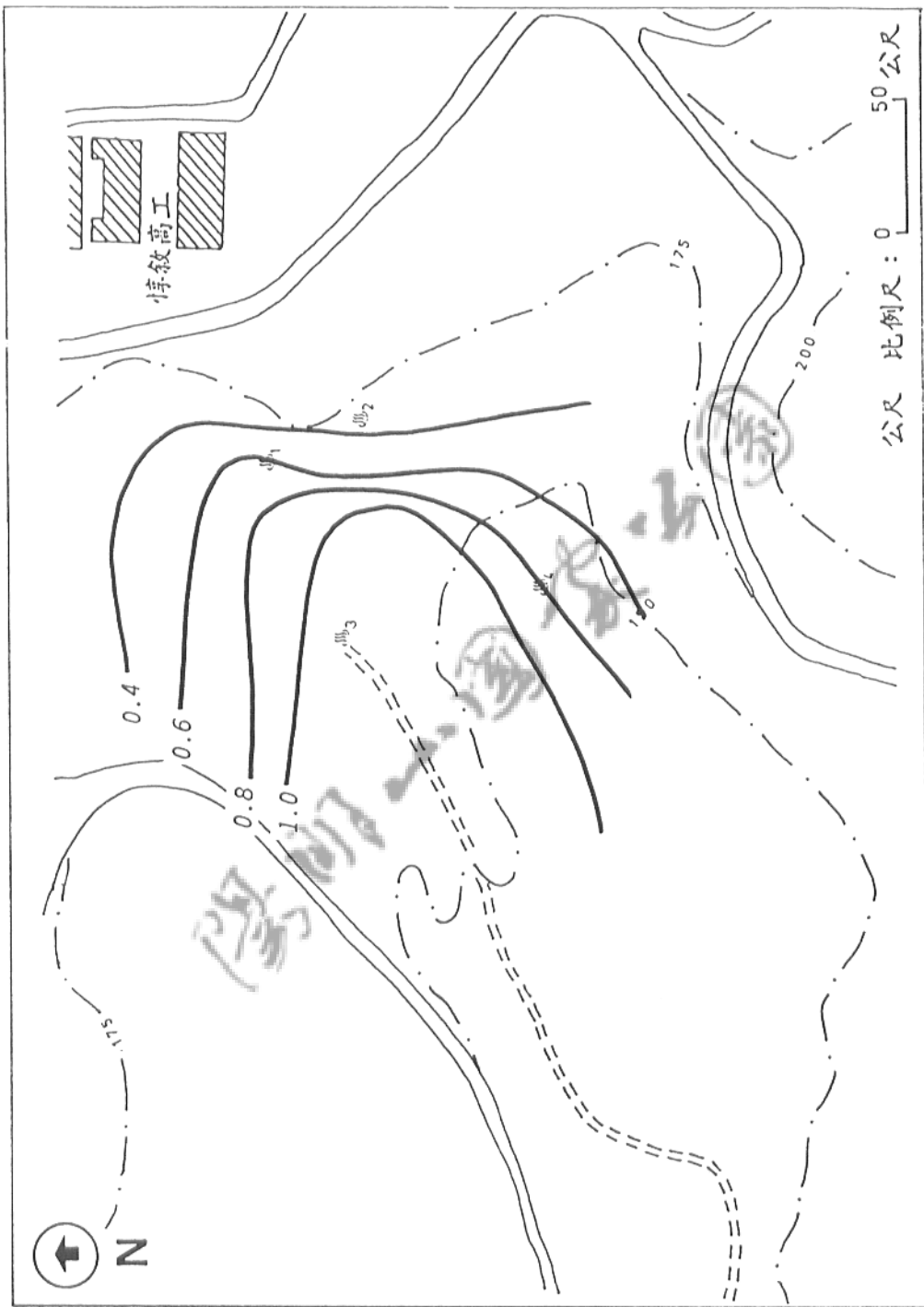


圖 4-5-2(c) 硫磺谷噴氣孔附近地區秋季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-.-
空氣污染物等濃度線: ————



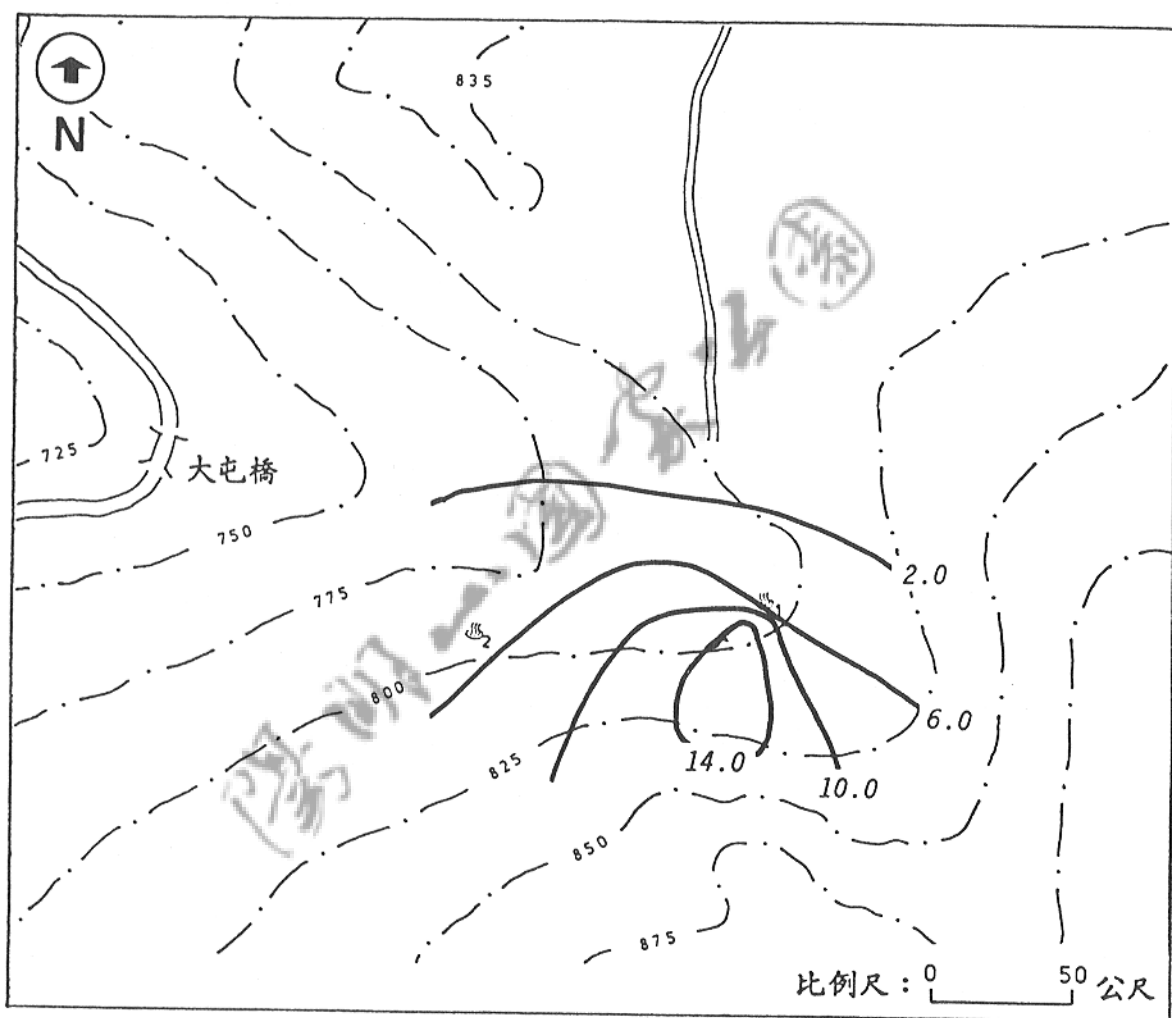


圖 4-5-3(a) 小油坑噴氣孔附近地區春季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

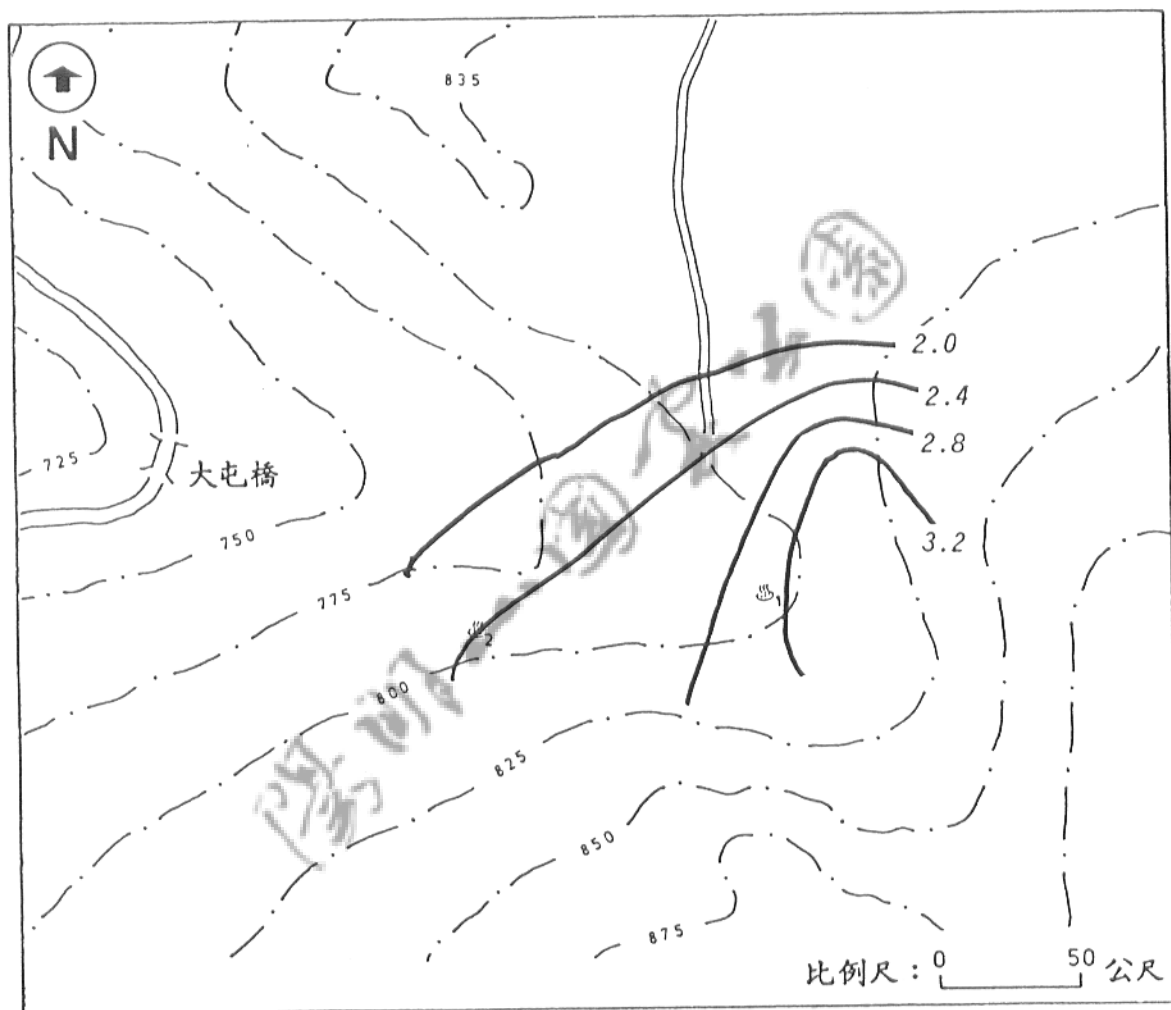


圖 4-5-3(b) 小油坑噴氣孔附近地區夏季之氮等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

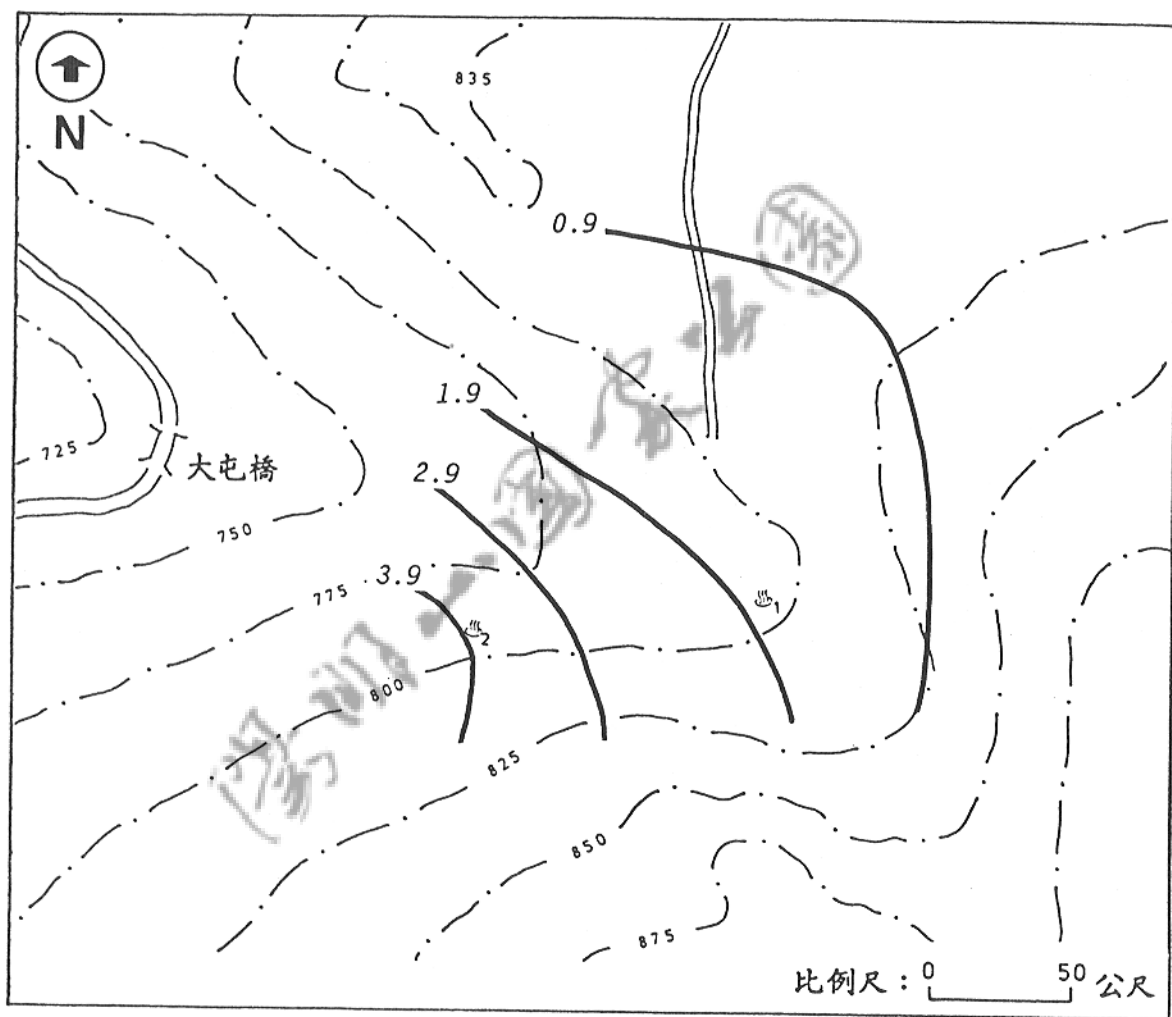


圖 4-5-3(c) 小油坑噴氣孔附近地區秋季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - - - - -

空氣污染物等濃度線: —————

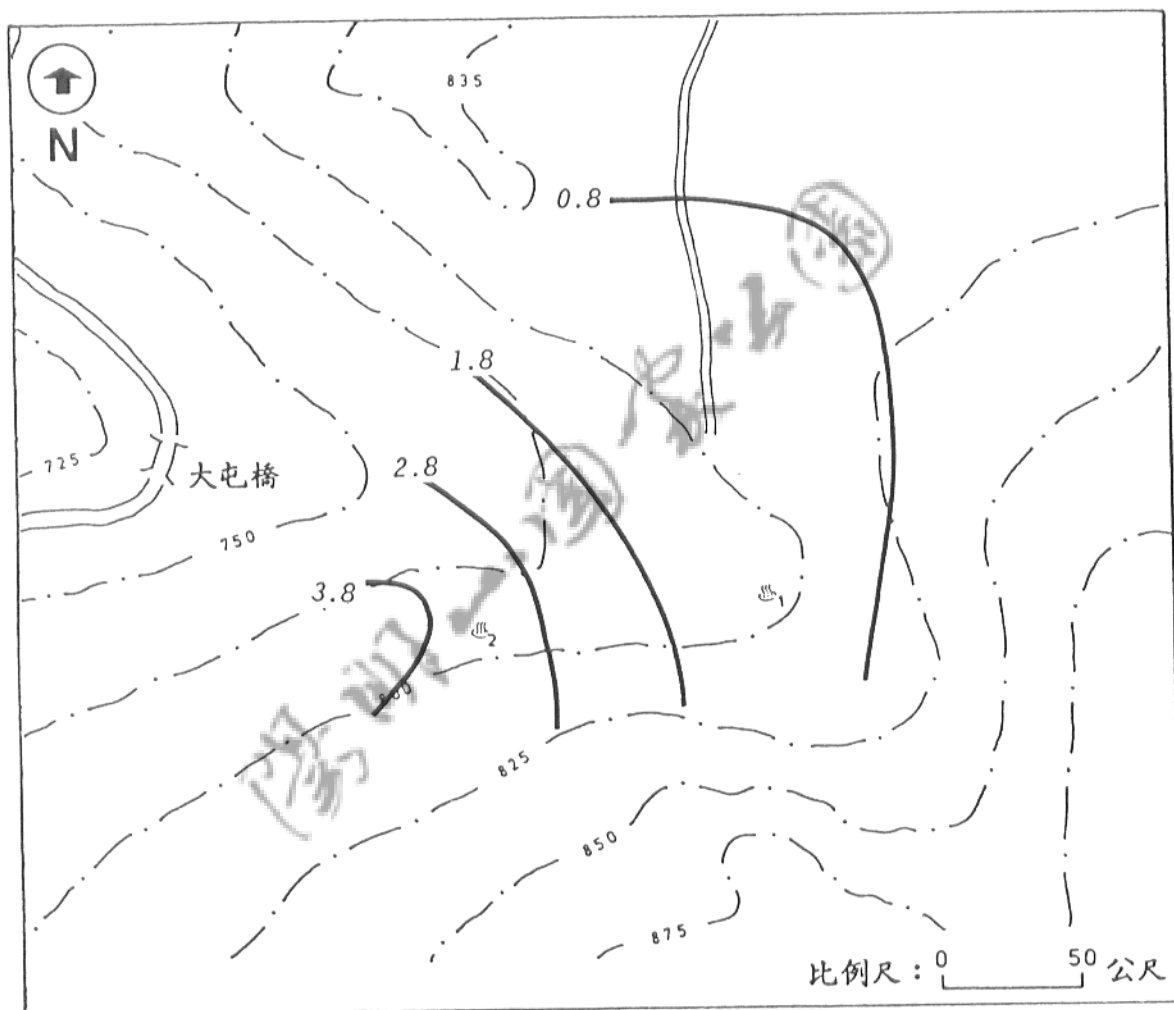


圖 4-5-3(d) 小油坑噴氣孔附近地區冬季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地 形 等 高 線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

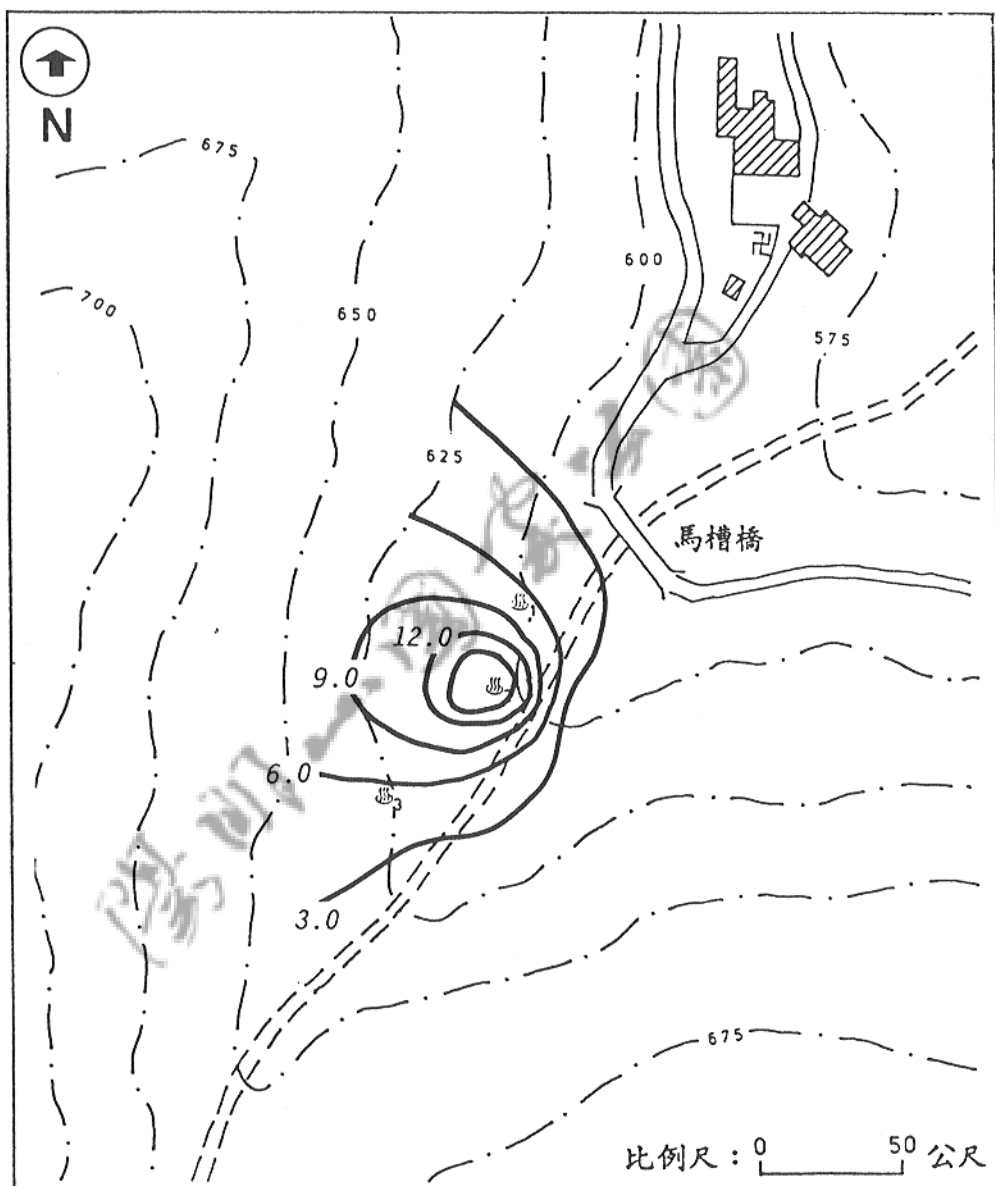


圖 4-5-4(a) 馬槽噴氣孔附近地區春季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

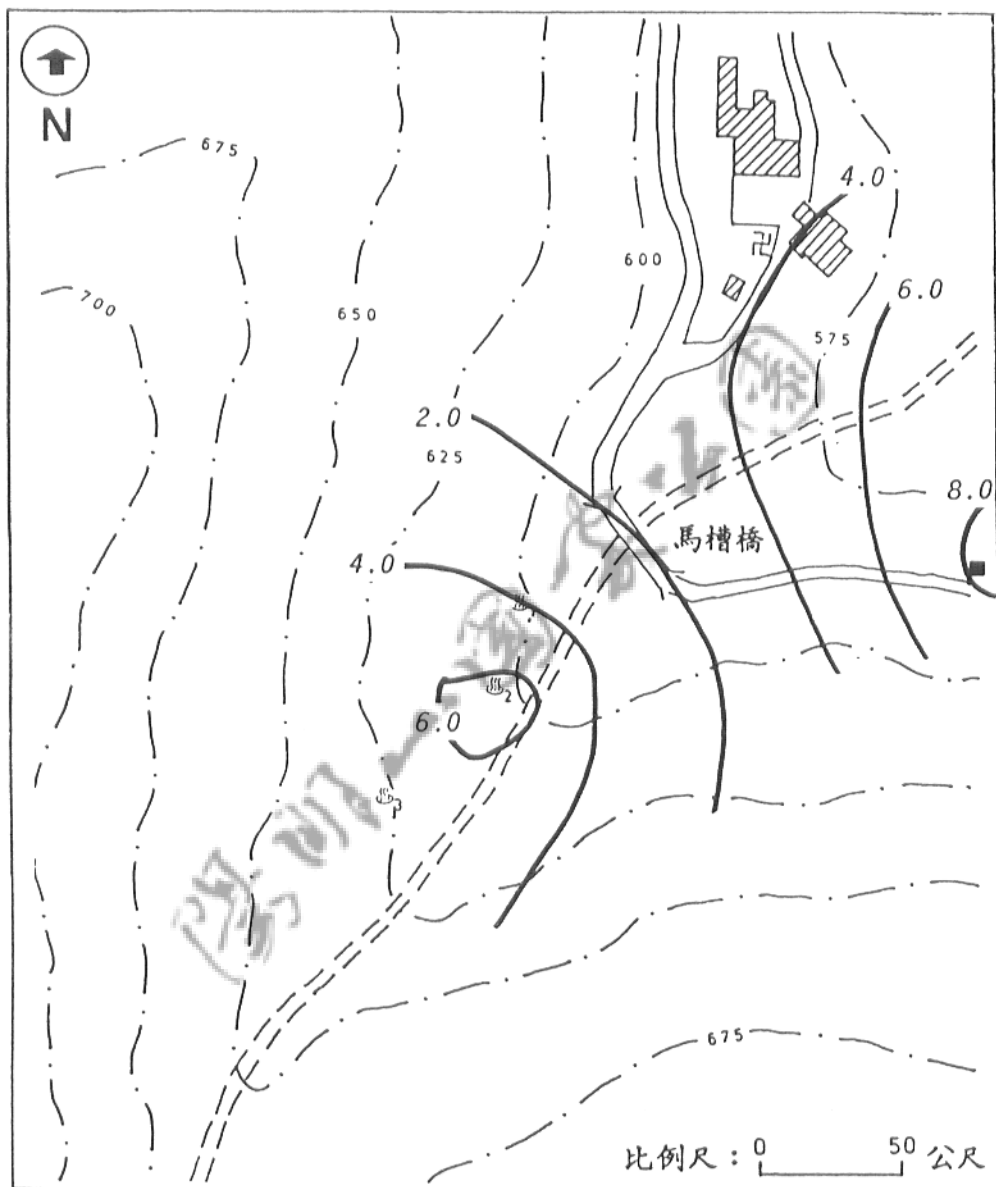


圖 4-5-4(b) 馬槽噴氣孔附近地區夏季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

小排放源 ■

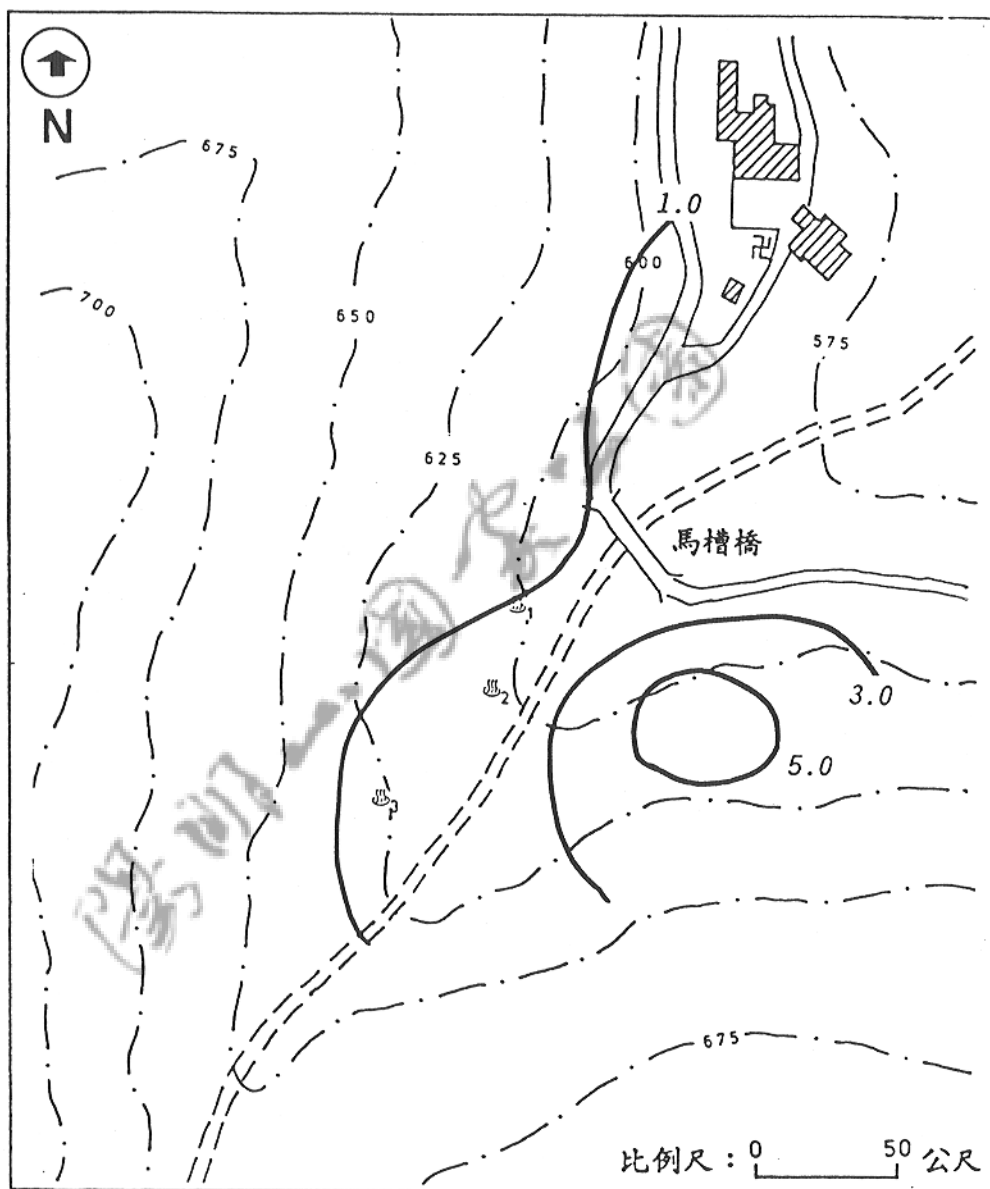


圖 4-5-4(c) 馬槽噴氣孔附近地區秋季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

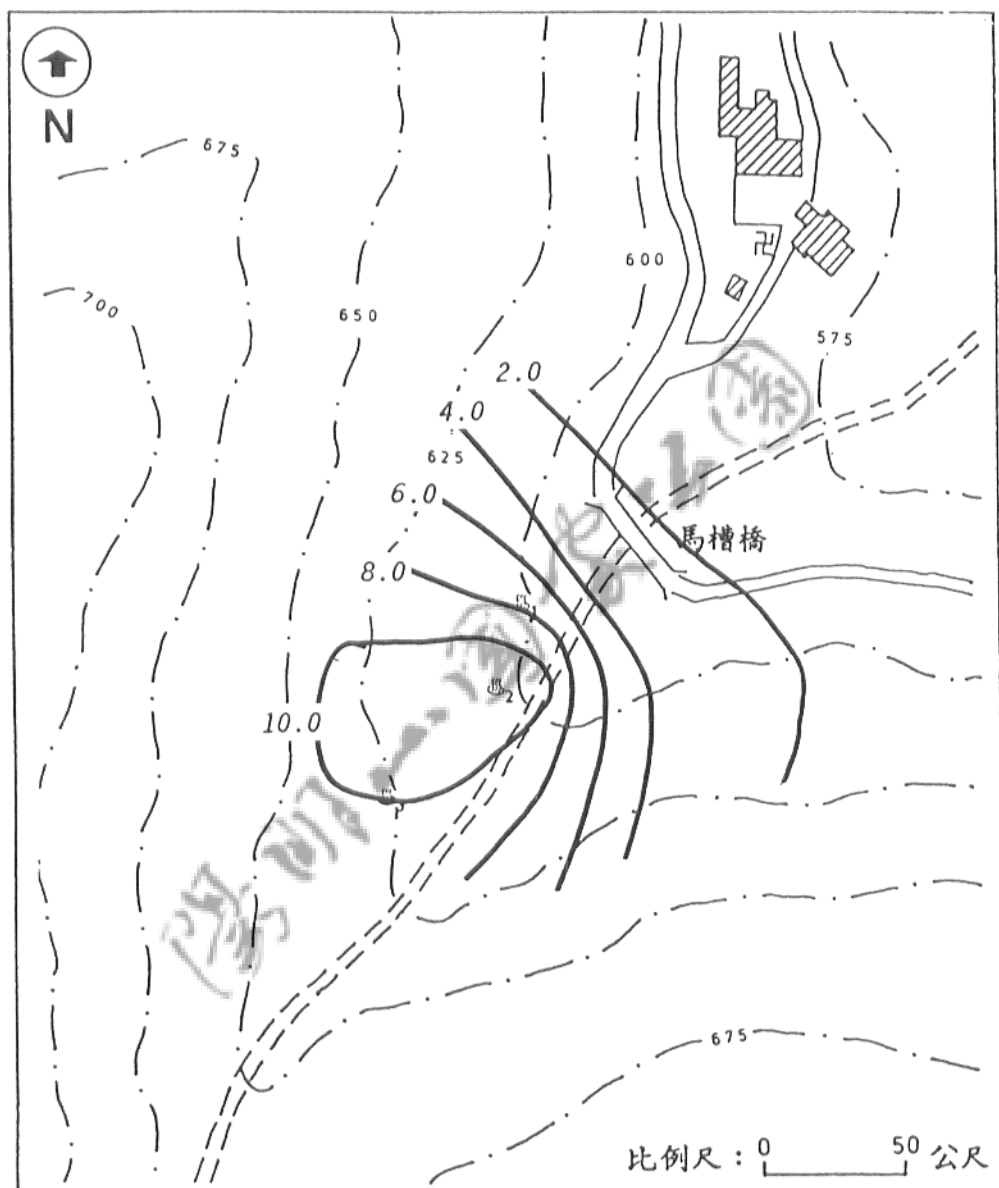


圖 4-5-4(d) 馬槽噴氣孔附近地區冬季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

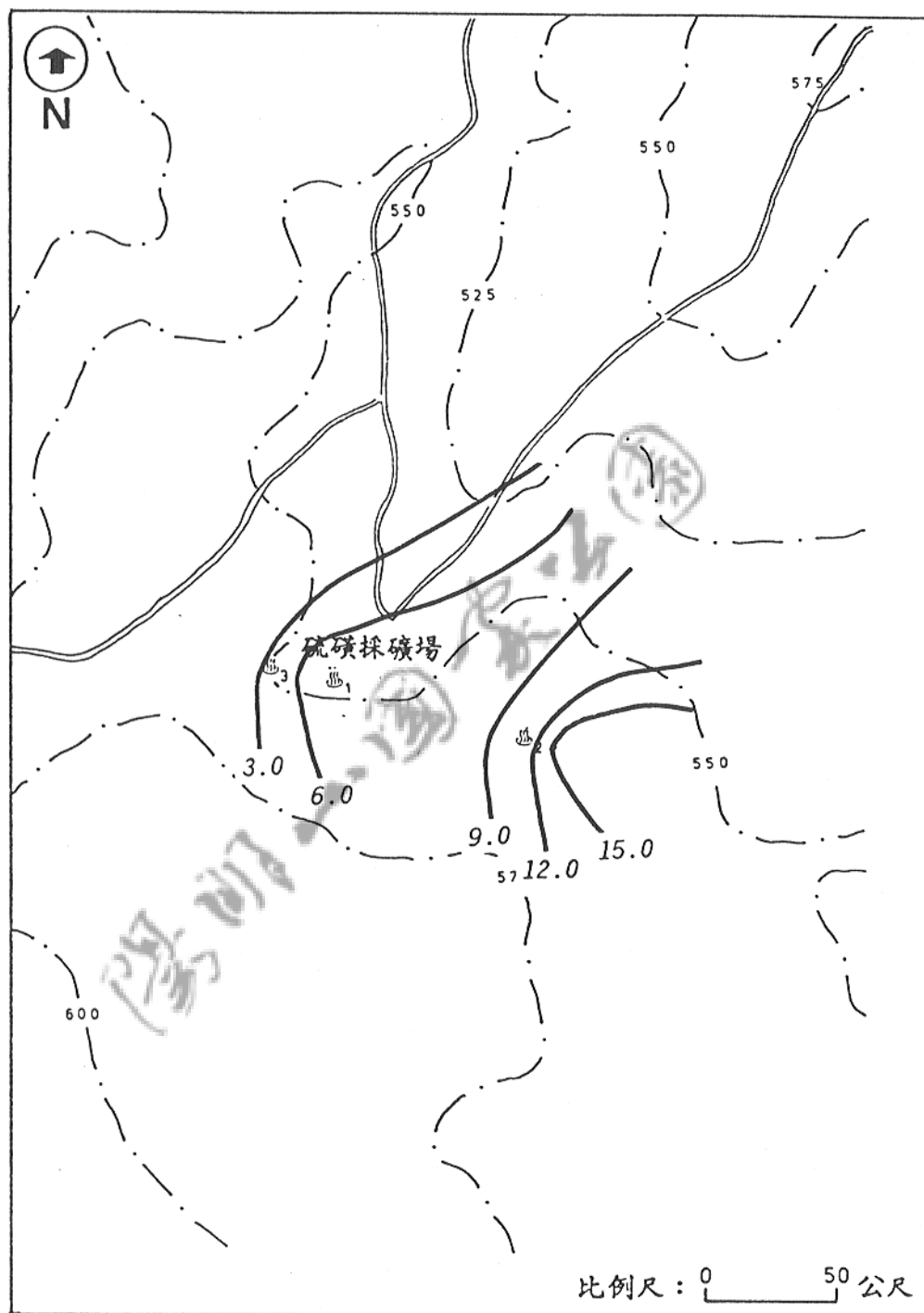


圖 4-5-5(a) 大油坑噴氣孔附近地區春季之氦等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

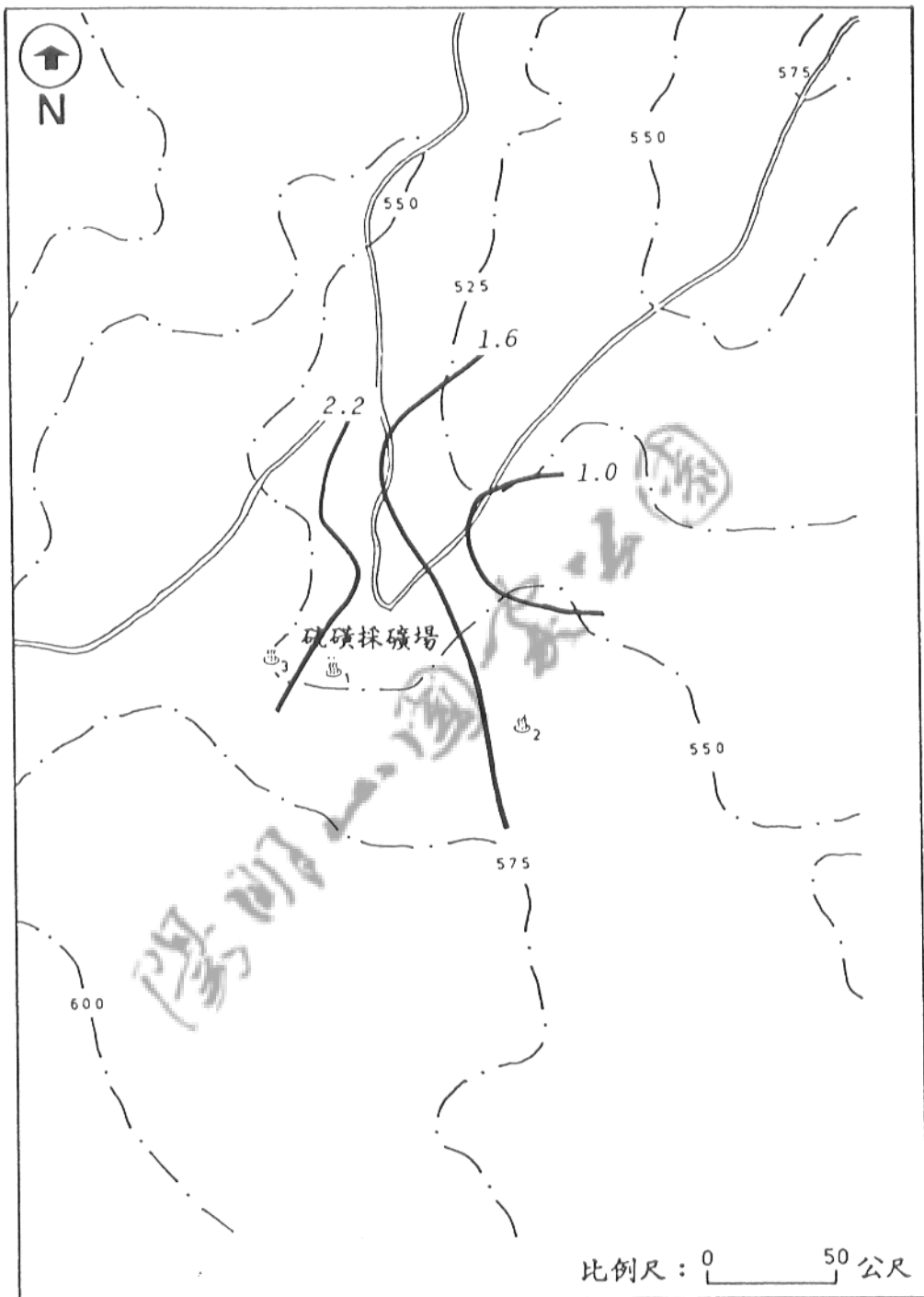


圖 4-5-5(b) 大油坑噴氣孔附近地區夏季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地 形 等 高 線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

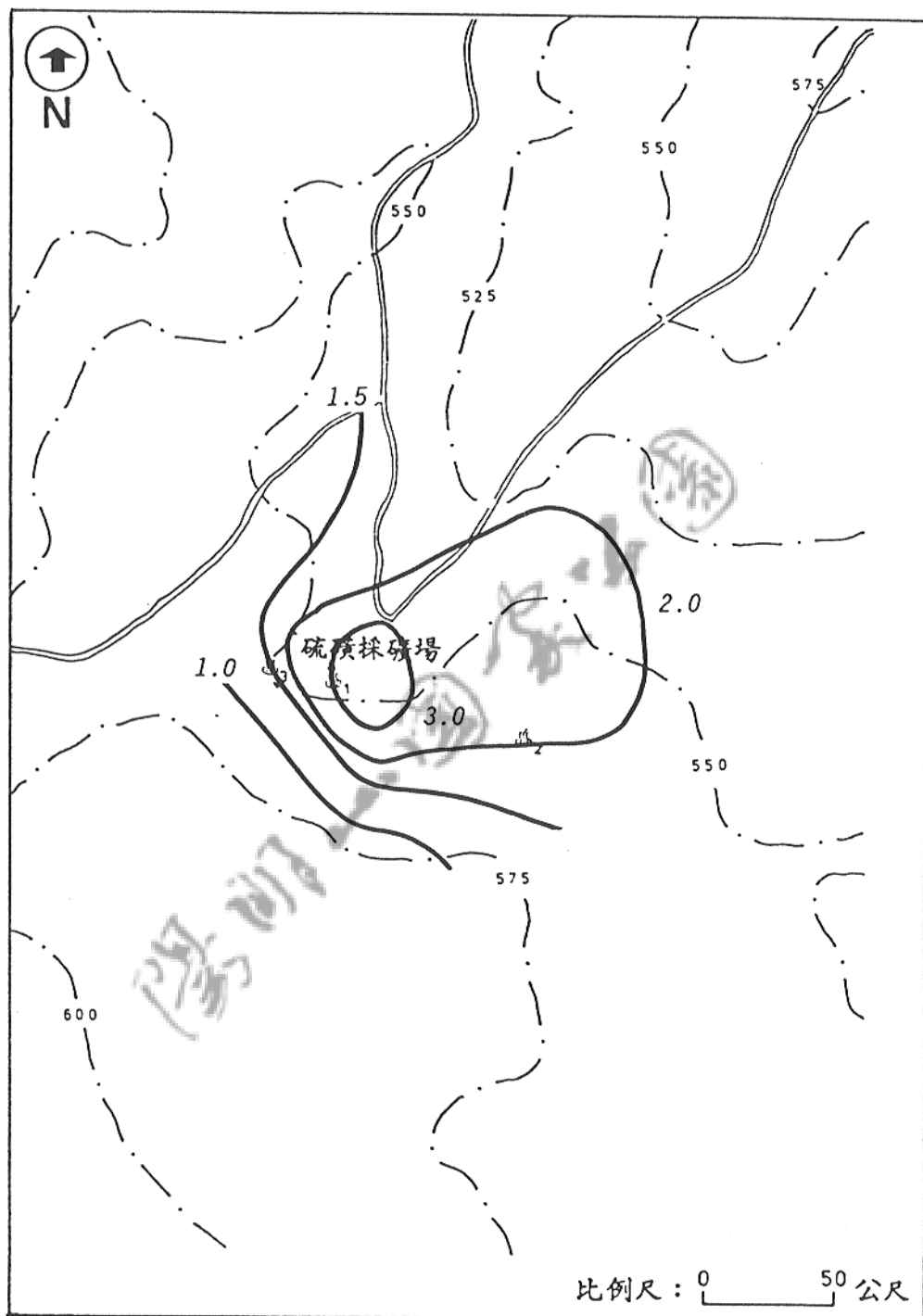


圖 4-5-5(c) 大油坑噴氣孔附近地區秋季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

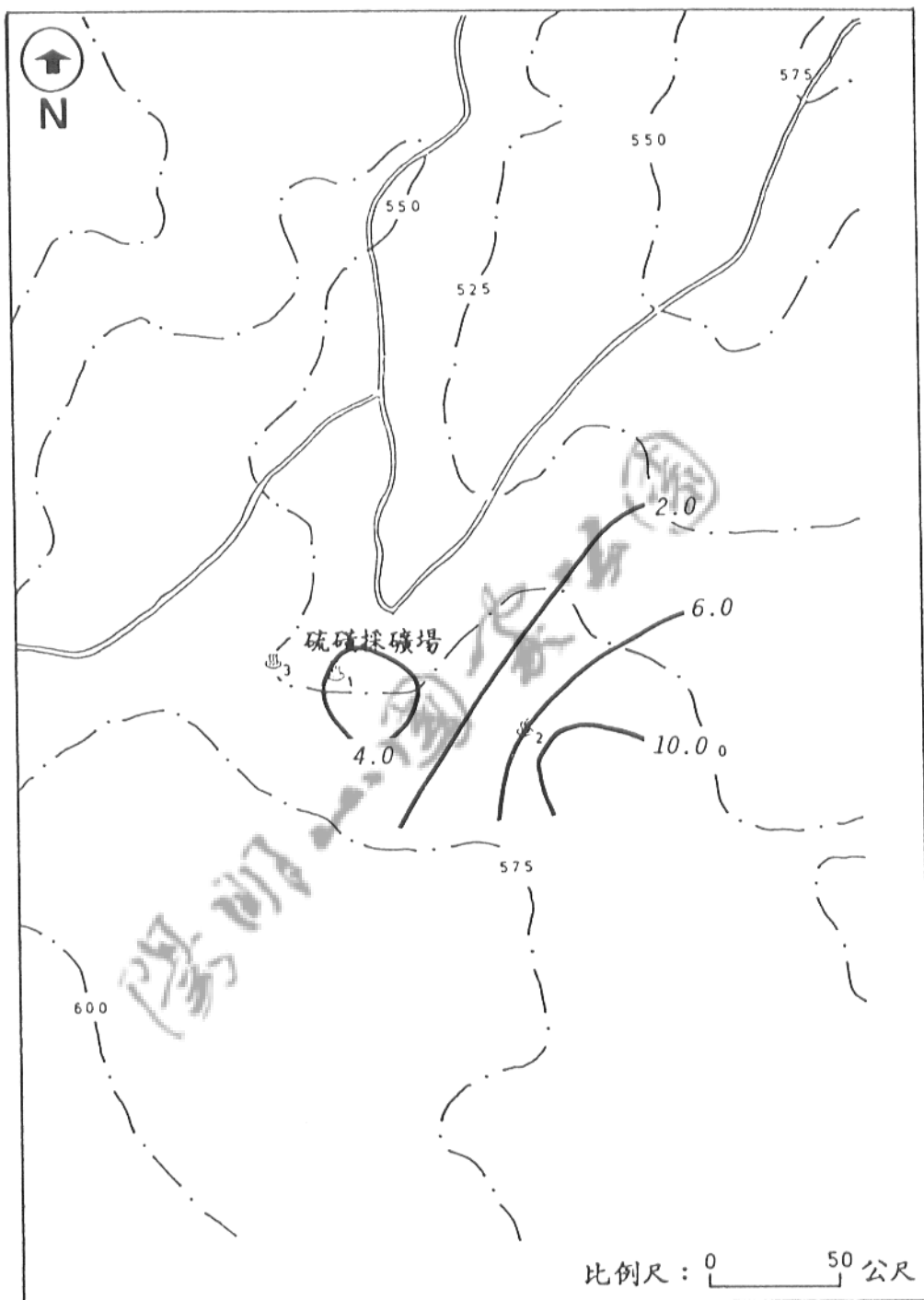


圖 4-5-5(d) 大油坑噴氣孔附近地區冬季之氮等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: —————

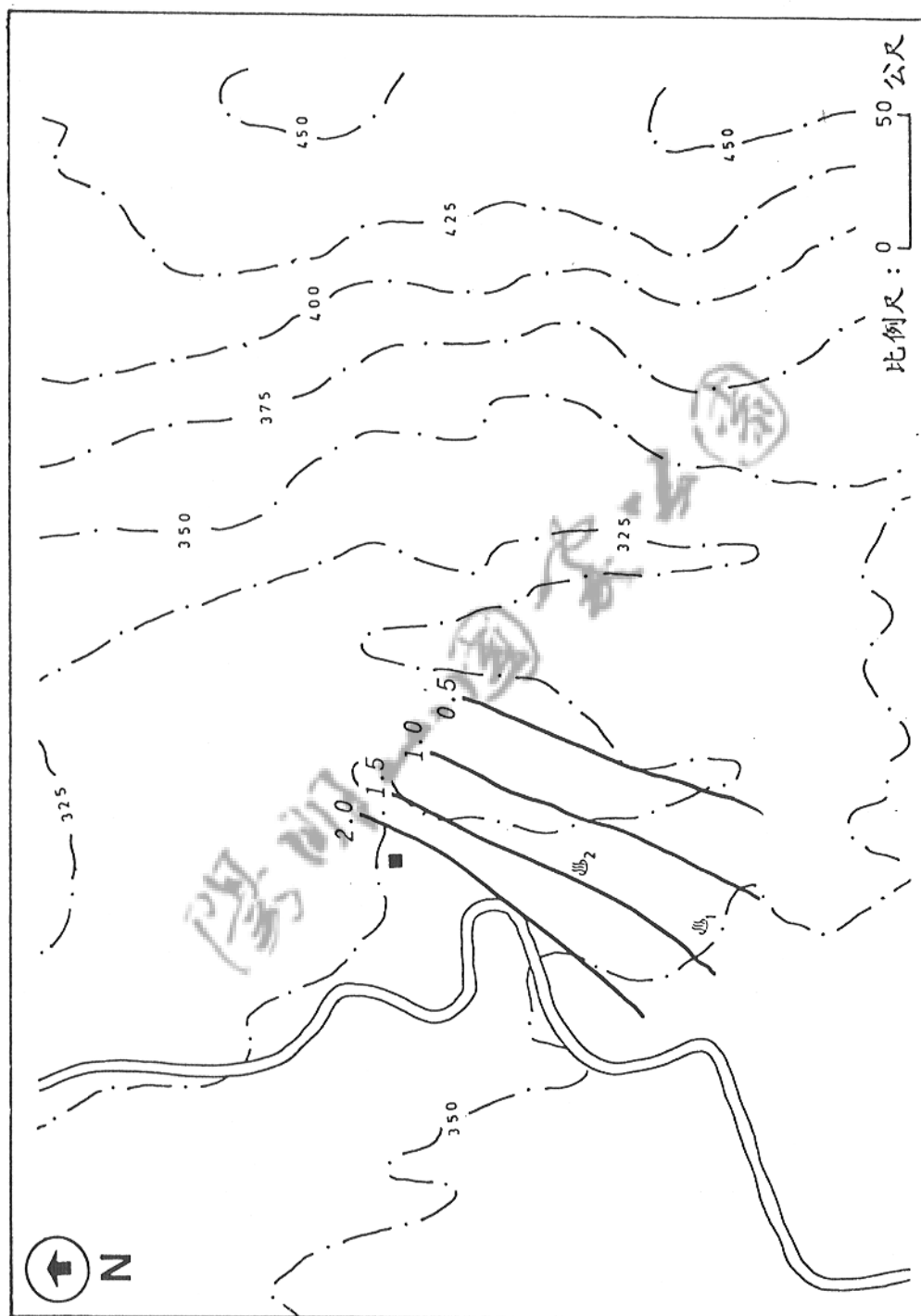


圖 4-5-6(a) 石礮子坪噴氣孔附近地區春季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - · - · -

空氣污染物等濃度線: ———

小排放源 ■

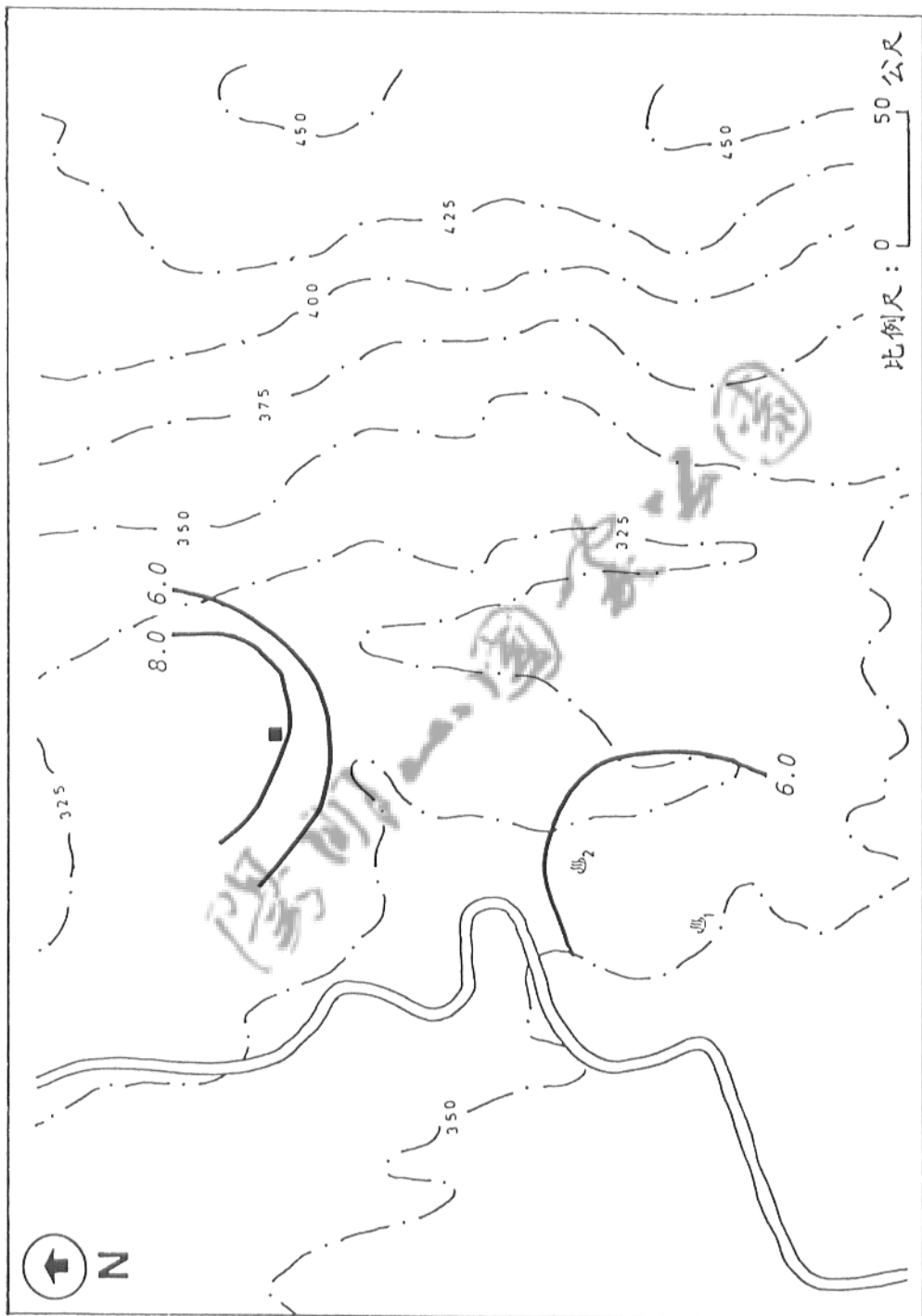


圖 4-5-6(b) 石碇子坪噴氣孔附近地區夏季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: - - - - -

空氣污染物等濃度線: ————

小排放源 ■

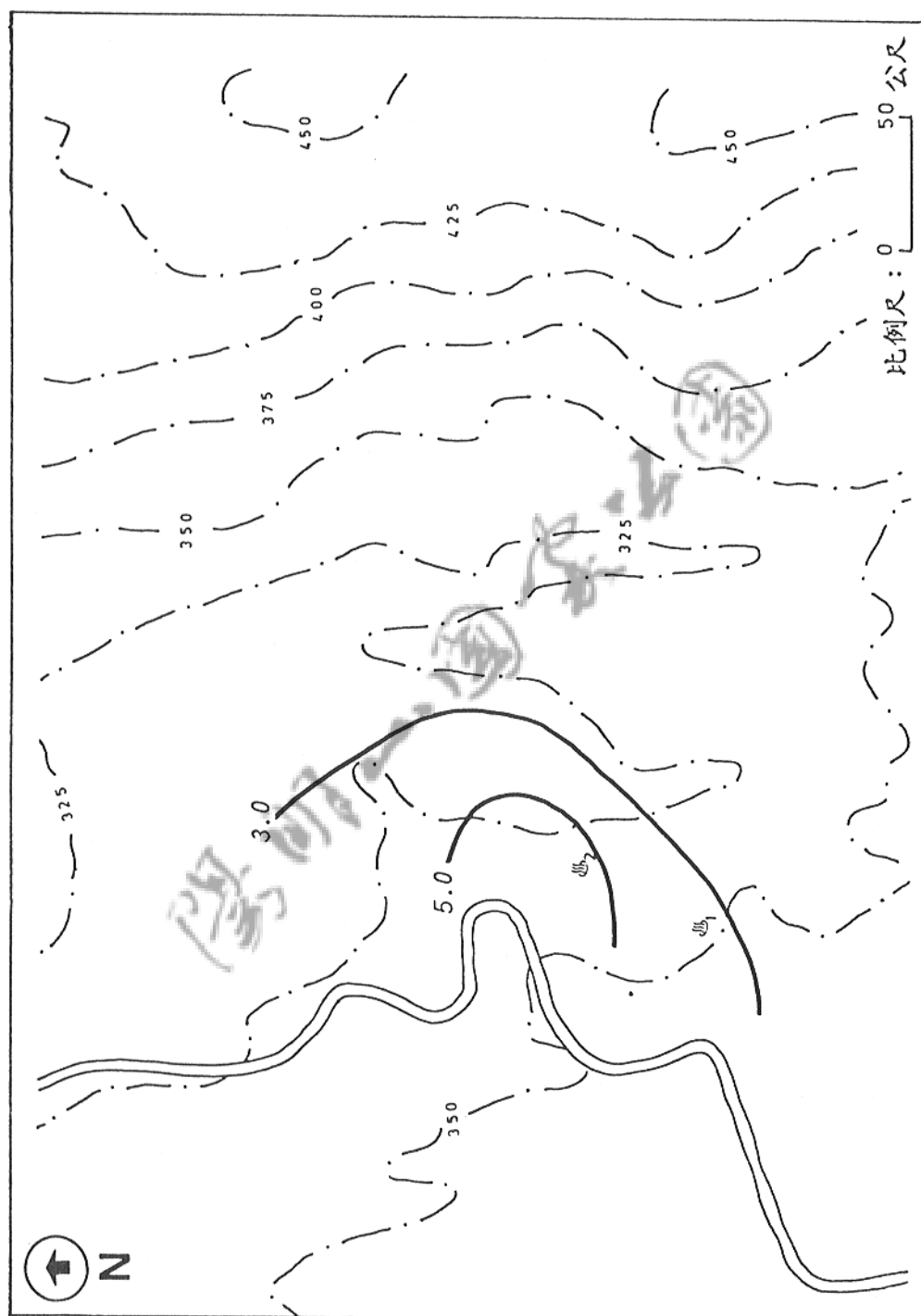


圖 4-5-6(c) 石碇子坪噴氣孔附近地區秋季之氣等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等 線: — · — · —
 空氣污染物等濃度線: — — —

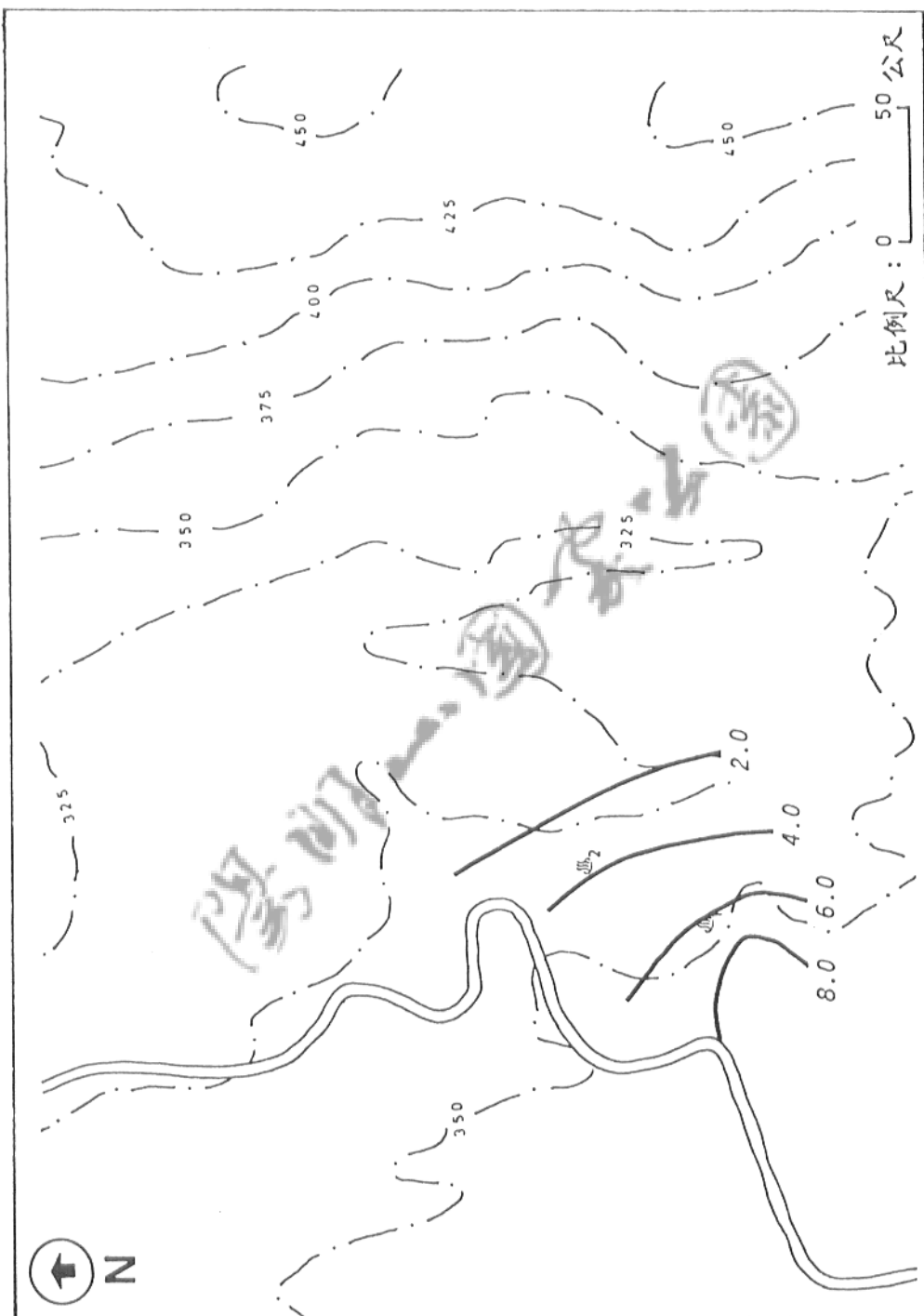


圖 4-5-6(d) 石碇子坪噴氣孔附近地區冬季之氮等濃度圖 (濃度單位: ppm)

註: 地形等高線: -.-.-

空氣污染物等濃度線: ———

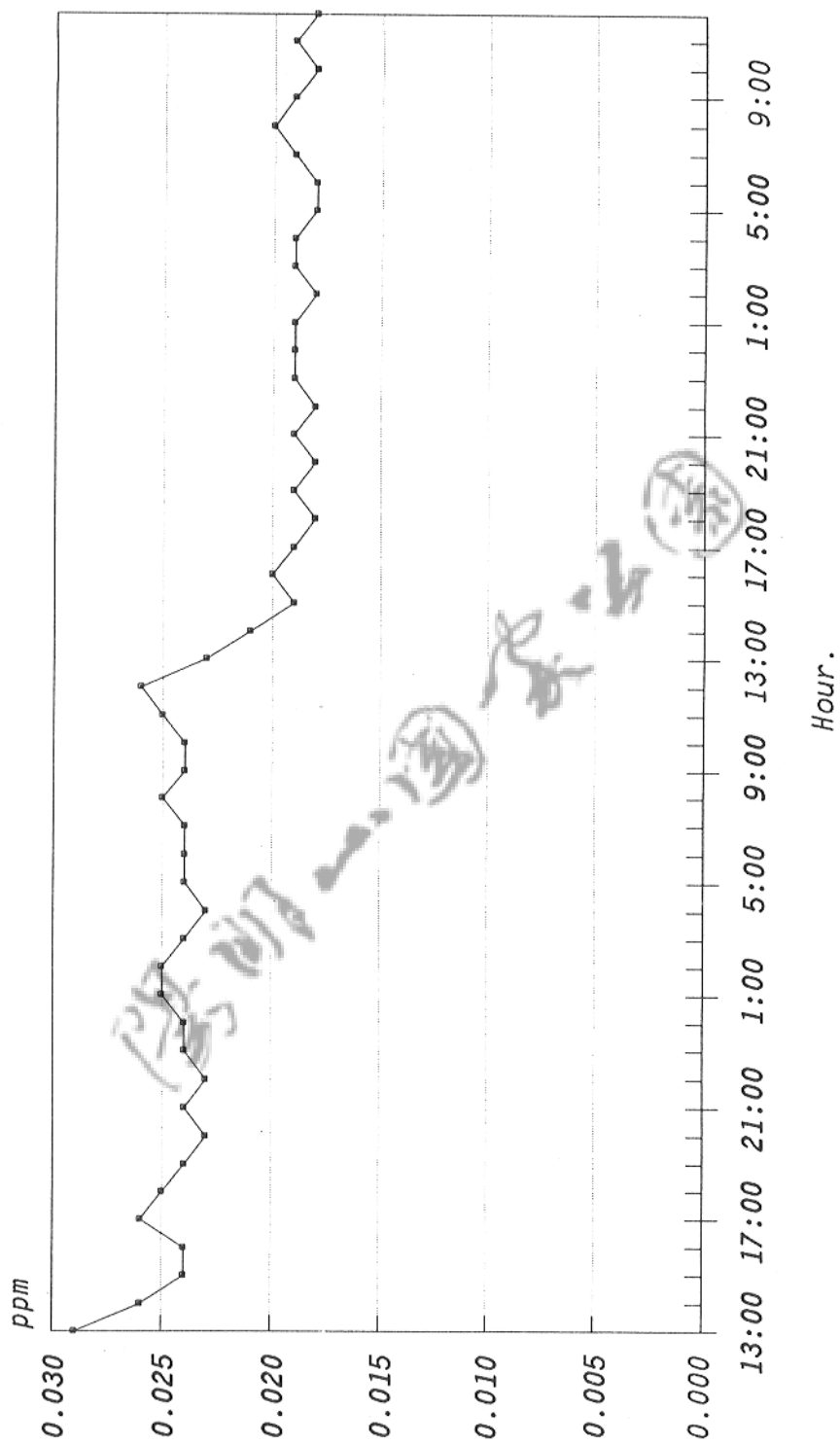


圖4-6-1 陽山國家公園管理處硫化氫之48小時連續偵測

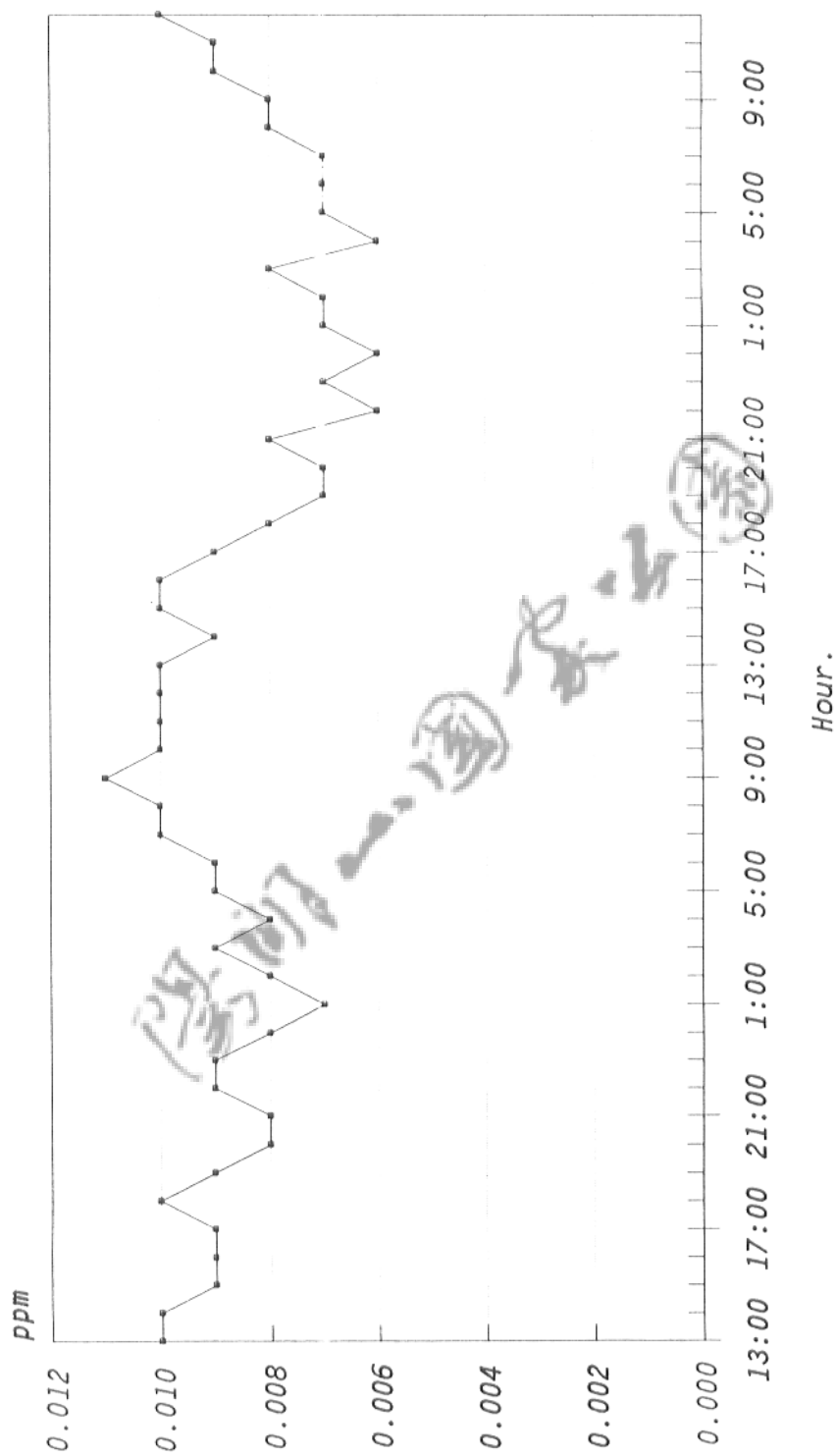


圖4-6-2 陽山國家公園管理處二氧化硫之48小時連續偵測

附錄一 大礮嘴噴氣孔附近地區測定值

	H_2S				SO_2			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.093	0.042	0.052	0.027	0.027	0.017	0.034	0.044
2	0.225	0.035	0.050	0.045	0.074	0.016	0.030	0.037
3	0.795	0.033	0.044	0.054	0.030	0.020	0.025	0.047
4	1.938	0.094	0.122	0.230	0.491	0.021	0.025	0.224
5	0.183	0.040	0.169	0.165	0.077	0.016	0.027	0.206
6	0.454	0.322	3.110	2.458	0.153	0.018	0.058	2.468
7	5.545	0.285	0.159	0.097	1.535	0.019	0.026	0.099
8	0.733		2.050	0.218	0.229		0.195	0.238
9	0.357	0.055		0.040	0.058	0.026		0.032
10	0.190	0.158	0.268	0.029	0.068	0.016	0.380	0.025
11	0.891	0.067	0.135	0.119	0.299	0.017	0.024	0.136
12	0.284	0.040	0.071	0.054	0.115	0.029	0.029	0.045
14	0.196	0.053	0.124	0.048	0.068	0.012	0.035	0.041
15	0.047	0.636	0.097	0.048	0.037	0.019	0.033	0.044
16	0.076	0.039	0.044	0.044	0.032	0.025	0.024	0.031
17	0.089	0.034	0.045	0.033	0.034	0.025	0.025	0.028
18	0.096	0.044	0.046	0.034	0.044	0.022	0.031	0.030
19	0.053	0.038		0.028	0.055	0.020		0.026

附錄二 大磺嘴噴氣孔附近地區測定值

	HCN				NH ₃			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.238			0.071	3.811			0.255
2	0.160	1.950	0.017	0.316	1.440	3.811	2.781	0.185
3	0.254	0.854	0.048	0.470	0.514	1.254	2.604	0.131
4	0.488	0.553	0.062	0.270	0.200	1.628	2.135	0.024
5	0.208		0.096	0.305	0.293		1.067	0.139
6	0.117		0.922	0.566	0.301		1.813	0.355
7	0.156	1.049	0.164	0.260	0.771	1.144	1.042	0.246
8	0.232		0.096	0.154	1.504		1.060	0.129
9	0.162	0.448		0.243	0.991	2.659		
10	0.105	12.001	0.201		0.441	9.959	0.623	
11	0.046		0.248	0.147	0.308		1.862	0.239
12	0.122	0.597	0.105	0.178	0.308	2.640	1.862	0.116
14	0.079	1.851	0.536	0.349	1.064	1.853	0.792	0.154
15	0.183	0.404	0.074	0.083	0.440	1.381	2.699	0.154
16	0.062	0.402	0.070	0.107	0.864	5.839	4.531	0.246
17	0.041	0.395	0.169	0.099	0.077	1.665	1.003	3.570
18	0.068	0.401	1.111	0.150	0.355	2.360	2.837	0.293
19	0.102	0.395		0.101	0.054	1.281		

附錄三 硫磺谷噴氣孔附近地區測定值

	H_2S				SO_2			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.107	0.049	0.056	0.043	0.040	0.015	0.021	0.021
2	1.777	3.250	3.500	3.323	2.513	0.015	0.025	1.608
3	2.637	1.370	0.040	0.150	0.791	0.016	0.019	0.970
4	1.105		0.519	1.301	0.293		0.021	0.595
5	3.122	0.484	1.505	1.233	1.193	0.013	0.021	0.523
6	3.602	0.533	0.241	1.104	1.766	0.014	0.024	0.574
7	1.456	1.123	0.782	0.851	2.423	0.013	0.022	0.408
8	0.106	0.053	0.512	3.230	0.071	0.013	0.026	1.325
9	3.130	0.093	1.391	0.901	1.171	0.014	0.022	0.525
10	3.100	0.068	0.967	0.783	1.275	0.015	0.022	0.446
11	0.560	0.560	0.381	0.504	0.179	0.013	0.021	0.276
12	0.254	0.135	0.301	0.585	0.111	0.014	0.025	0.297
13		0.054	0.180	1.019		0.015	0.028	0.660
14	1.092	1.714	0.171	0.222	0.327	0.013	0.025	0.980
15	1.178	0.092	0.183	0.772	2.277	0.014	0.023	0.357
16	3.912	0.982	0.161	0.549	1.064	0.017	0.022	0.332
17	1.583	2.587	0.090	0.190	0.481	0.014	0.021	0.090
18	0.188	3.037	1.840	1.571	0.092	0.016	0.026	0.823

附錄四 硫磺谷噴氣孔附近地區測定值

	HCN				NH ₃			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.062	6.033	0.572	0.826	3.123	1.491	2.851	0.046
2	0.303		0.338	2.853	0.200		0.860	0.370
3	0.560		0.615		0.848			0.740
4	0.693		0.375	0.606	0.185		1.040	0.818
5	0.088	2.047	1.776	0.658	1.257	6.161	0.910	
6	0.123	1.835	0.691	0.208	0.139	10.061	0.683	
7	0.390	5.836	0.065		0.185	6.714	0.971	0.618
8	0.359		7.303	1.663	0.520		1.835	1.334
9	0.108	2.437	0.733	1.369	0.573	6.523	0.154	0.024
10	0.105	12.001	0.201		0.441	9.959	0.623	
11	0.454	5.208	2.598	0.936	0.247	1.214		1.713
12	1.003	5.802	0.302	7.162	0.216	8.745	0.661	0.070
13	0.569	7.131				6.123	0.989	0.934
14	1.937	3.402		1.305	0.208	5.354	0.768	1.118
15	0.437	1.404			0.347	6.839	1.884	0.734
16	1.697	1.587			0.224	2.214	0.642	
17	0.941	1.546	1.150		0.170	8.803	0.879	0.686
18	0.729				0.910		2.744	0.640

附錄五 小油坑噴氣孔附近地區測定值

	H_2S				SO_2			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.060	0.021	0.020	0.018	0.046	0.013	0.017	0.008
4	0.105	0.023	0.049	0.017	0.055	0.013	0.019	0.015
5	0.048	0.020	0.128	0.035	0.039	0.012	0.019	0.016
6	0.046	0.031	0.042	0.202	0.048	0.014	0.016	0.009
7	0.687		0.763	0.035	0.220		0.022	0.027
8	0.090	0.031	0.214	0.435	0.248	0.013	0.018	0.180
10	0.685		0.520	1.535	0.235		0.020	0.023
11	1.083	0.220	0.903	1.531	0.180	0.017	0.019	0.423
12	0.315	0.554	1.788	0.760	0.089	0.018	0.024	0.177
14	3.146	0.461	2.798		1.435	0.021	0.017	1.511
16	0.535		0.420		2.124		0.024	1.540
17			0.762			0.012	0.016	0.797
18			1.245				0.033	2.135

附錄六 小油坑噴氣孔附近地區測定值

	HCN				NH ₃			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.697	0.511	2.642	0.053	0.311	1.123	0.507	0.609
4	0.511			0.077	0.511		0.511	0.640
5	0.682	0.734	1.974	0.269	0.432	2.323	1.103	0.871
6	0.401	0.213	2.648	0.049	0.597	0.778	0.574	
7	0.339		0.434	0.058	0.808		0.553	0.401
8	0.613	0.409	1.757	0.329	0.701	2.155	1.231	0.864
10	0.109		1.881	0.073	0.993			0.486
11	1.234	1.613	0.605	1.715	0.919	2.023	1.337	0.764
12	3.017	4.627	1.424	0.179	1.342	3.646	0.437	0.431
14	1.903	2.476	1.100		2.117	1.259	1.798	0.571
16	1.126		0.572		1.565		0.889	0.771
17	1.997		0.130		2.973		1.397	0.355
18	2.132		2.497		3.191		4.371	3.986

附錄七 馬槽噴氣孔附近地區測定值

	H_2S				SO_2			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.131	0.063	0.022	0.105	0.123	0.014	0.011	0.020
3	3.715	1.993	0.703	2.778	0.158	0.036	0.014	2.779
4	0.423	0.060	0.029	0.086	1.798	0.014	0.012	0.050
5	1.827	0.043	0.124	0.159		0.024	0.011	0.102
7		0.056	0.033	0.389	0.091	0.015	0.013	0.320
8	0.116	0.067	0.019	0.036	0.068	0.014	0.011	0.031
9	0.155	0.071	0.024	0.030	0.641	0.015	0.013	0.028
10	1.952	0.044	0.027	0.030		0.016	0.013	0.018
11			0.054	3.343	0.185		0.012	1.901
12	0.381	0.109	0.019	0.037	0.088	0.020	0.012	0.028
14		0.130	0.934	1.583	0.169	0.014	0.013	1.503
15	0.346		0.026	0.052		0.019	0.012	0.038

附錄八 馬槽噴氣孔附近地區測定值

	HCN				NH ₃			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.711	2.511	0.040	0.290	1.357	4.881	1.023	1.018
3	1.731	2.009	0.201	2.622	1.195	1.064		
4	0.097	1.234	0.031	0.223	0.701	4.363	1.861	1.073
5	0.412	0.501	0.217	1.183	1.157	2.970		1.319
7	0.254	0.301	0.154	0.215	0.493	3.620	1.155	1.241
8	0.113	0.255	0.072	0.088	1.427	1.833	1.364	0.864
9	0.911	1.506	0.082	0.046	0.701	3.164		4.226
10	1.263	3.249	0.204	0.061		8.174	1.409	5.884
11			0.123	3.829	1.797		2.491	8.483
12	0.779	1.836	0.125	0.088	1.272	2.193	7.427	1.203
14	1.565	2.028	0.142	0.015	2.331	5.076	1.403	9.138
15	1.147	1.543	0.049	0.722	1.319	1.088	3.803	0.548

附錄九 大油坑噴氣孔附近地區測定值

	H_2S				SO_2			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.052	0.021	0.020	0.029	0.023	0.026	0.012	0.013
3	1.987	0.024		0.022	1.026	0.023	0.013	0.017
4	0.393	0.023	0.049	0.016	0.281	0.022	0.025	0.015
5	0.263	0.020	0.128	0.024	0.197		0.029	0.018
6	0.637	0.031	0.042	0.053	0.419	0.019	0.020	0.045
8	0.971	0.031	0.214	0.053	0.667	0.019	0.060	0.048
9	0.338	0.034		0.026	0.161	0.015	0.028	0.018
10	1.161		0.520	0.045	0.645	0.122	0.042	0.036
11		0.220	0.903	0.023		0.021	0.018	0.011
13	3.113	0.019		0.061	1.007	0.060	3.134	0.065
14	2.601	0.461	2.114	0.365	0.382	0.269	2.432	0.335
15	1.594			0.373	1.612	0.133	2.756	0.334
16	0.656		0.420	1.369	0.516		2.271	1.463

附錄十 大油坑噴氣孔附近地區測定值

	HCN				NH ₃			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1		0.533	0.006	0.425	2.252	1.123	1.953	0.786
3	0.296		0.437	0.466			1.857	0.355
4	0.161		0.240	6.353	1.959		1.747	1.535
5	0.178	0.729	1.300		0.403	2.322	1.000	
6	0.309	0.200		0.780	2.483	0.781		0.216
8	0.319	0.441	0.219	0.504	5.054	2.164	2.784	0.601
9	0.291	0.532	0.003	0.470	3.523	1.990	3.391	0.224
10	0.377		0.381	0.947	4.057		2.623	0.193
11	0.172	1.613			1.697	2.028		0.131
13	0.055		1.805	0.681	4.783		1.492	0.694
14	2.338	2.527	2.010	0.785	4.176	1.265	1.380	0.116
15	1.205		1.300	2.293	1.756		2.067	1.203
16	0.525		0.020	3.650	1.424		1.044	0.516

附錄十一 石碇子坪噴氣孔附近地區測定值

	H_2S				SO_2			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.084		0.081	0.289	0.019		0.012	0.336
2	0.118	0.098	0.076	1.185	0.027	0.014	0.014	0.850
3	0.028	0.032	0.052	0.027	0.009	0.011	0.013	0.021
4	0.263	0.231	0.310	0.875	0.184	0.024	0.011	1.001
5	1.398	0.198	0.449	0.490	0.376	0.022	0.012	0.575
6	0.106	0.185	0.046	0.141	0.023	0.012	0.011	0.150
7	0.119	0.177	0.056	0.008	0.023	0.021	0.014	0.021
8	0.149	0.075	0.057	0.088	0.045	0.043	0.011	0.060
9	0.084	0.099	0.130	0.045	0.021	0.018	0.019	0.022
10	2.211	0.124	0.061	0.550	1.335	0.024	0.011	0.505
11	0.057	0.070	0.102	0.270	0.013	0.020	0.013	0.318
12	0.292	0.177	0.831	0.238	0.050	0.022	0.015	0.248
13	3.298	0.308	0.277	3.035	1.429	0.020	0.015	0.083
14	0.064	0.109	0.115	0.040	0.018	0.019	0.012	0.035
15	0.175	1.436	0.271	1.474	0.046	0.056	0.012	0.019

附錄十二 石磧子坪噴氣孔附近地區測定值

	HCN				NH ₃			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	0.144	9.811	0.173	1.240	4.812	15.400	1.943	2.066
2	0.244	0.400		1.455	4.288	1.283		
3	0.243	0.453		0.768	1.249	1.623		0.263
4	0.269	1.409	0.161	1.542	1.141	1.384	3.055	0.355
5	0.441	0.501		1.444	1.635	3.515	4.541	0.146
6	0.070	0.453	0.129	0.595		4.367	1.927	0.648
7	0.076		0.112	1.305			6.229	0.093
8	0.067	0.509	0.135	0.733		4.362	1.668	0.455
9	0.099			2.190				0.263
10	0.091	0.554	0.110	0.762	1.117	8.290	4.215	1.304
11	0.704	0.408	0.104	1.496		2.374	1.965	0.964
12	0.321	1.327			0.206	6.383	0.238	0.486
13	0.289			1.854	1.337		3.035	0.903
14	0.013	1.009	0.171	0.618	2.159	4.573	0.040	1.026
15	0.155		0.620	4.742	2.100		1.474	0.486

地熱噴氣孔附近地區之安全告示標幟

各位遊客

本處區域由於天然噴氣含有硫化氫(H_2S)，二氧化硫(SO_2)，氰酸氣(HCN)及氨氣(NH_3)等物質，故於噴氣孔附近地區可能有局部高濃度現象。為維護您的健康與安全，請勿在此附近區域久留。若您感覺強烈刺激味道，或身體有不適之感，請您儘速離開。謝謝合作！

陽明山國家公園 管理處

統一編號

02214793867

陽明山國家公園