

✧ The study of lahar deposits in and around the Taipei Basin, ✧

✱ northern Taiwan ✱

計畫編號：NSC 89 - 2116 - M - 002 - 027

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

計畫主持人：宋 聖 榮

共同主持人：曹 恕 中

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學地質科學系

中 華 民 國 89 年 10 月 25 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

台北盆地內及鄰近地區的火山泥流堆積物研究

The study of lahar deposits in and around the Taipei Basin, northern Taiwan

計畫編號：NSC 89-2116-M-002-027

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：宋望榮 國立臺灣大學地質學系

共同主持人：曹恕中 經濟部中央地質調查所

一、中文摘要

台北盆地周圍和盆地內鑽井岩芯，出現兩層厚層火山角礫岩，間夾厚薄不一的數層凝灰質砂、泥沈積物。上部為台北盆地第四紀沈積物所覆蓋，而底部則緊接著砂礫岩及第三紀基盤岩。

厚層火山角礫岩產狀為大小不一安山岩塊嵌在細粒基質中，淘選度極差及塊狀不具層理，為古火山泥流(Lahar)所堆積。由鑽井岩層中之厚層凝灰質砂和泥岩，火山泥流堆積可分為上、下兩層。火山岩塊在上部以兩輝安山岩（含少量角閃石）為主，下部除了兩輝安山岩外，亦出現兩輝角閃石安山岩與紫蘇輝石角閃石安山岩。鉀氬年代分析資料顯示，在下段之岩塊年代主要集中在 0.3-0.6Ma，上段則為 0.1-0.4Ma。由岩塊岩性、岩石化學及年代分析，顯示上下兩期火山泥流可能有不同的來源。井下下層的火山角礫岩與北投、關渡及成子寮地區出露之火山角礫岩產狀極為相似，且由岩性、岩石化學和定年資料顯示，兩者可能屬於同時發生之火山泥流堆積物，兩者之間的落差可能和正斷層活動有關，由此推斷，台北盆地斷層活動開始的時間應約在 0.4Ma 之後。

關鍵詞：台北盆地、大屯火山群、安山岩、火山泥流

Abstract

Two thick volcanic breccias and tuffaceous sediments were found in and around the Taipei basin in terms of evidence of the surface outcrops and drilled cores. They were directly overlaid by the Quaternary soft sediments. The Tertiary basement (Wuchihshan Formation) appeared in the bottom.

Thick volcanic breccias featured massive, matrix supported and poorly sorted occurrences indicate that they were deposited by lahar. Two main lahar events can be distinguished by about more than 80m thick tuffaceous sediments interbedding with them. The volcanic blocks of upper lahar are mainly two pyroxene andesites in which decomposed hornblendes are occasionally found in some samples.

Those in the lower one, nevertheless, include two pyroxene andesites, two pyroxene hornblende andesites and hypersthene hornblende andesites. Plot of age data vs. the depth of samples shows two groups of ages with younging upward: 0.3-0.6Ma for lower part and 0.1-0.4Ma for upper part. The petrographic and rock geochemical characteristics with age variations in lahar deposits suggest that these two lahars may have different sources. The characteristics of lower part of lahar found in the core are similar to those exposed in the Peitou, Kuantu and Chengtzuliao areas in terms of mineral assemblage, geochemistry and age dating. Both may be deposited at the same time and be offset by a later normal faulting. This tectonic event, thus may occur not older than 40Ka.

Keywords: Taipei Basin, Tatun Volcano Group, Andesite, Lahar

二、緣由與目的

台北盆地位於台灣北部，外形近似等邊三角形，為斷層作用所形成的盆地(Wang-Lee et al., 1978)。盆地內堆積厚層的晚第四系沉積物，由近年來的鑽井與地球物理的研究中(Wang et al., 1994, 1995; Liew et al., 1997; Wei et al., 1998; 鄧等, 1996; 曹等, 1998)，對於盆地堆積物的岩性和深度、岩性地層、孢粉地層和年代地層，已有了較多的瞭解。

盆地內沉積物主要由礫石、砂、泥和火山碎屑物所組成(鄧等, 1996, 1998; 彭, 1998)。經濟部中央地質調查所之台北盆地鑽探計畫中，在台北盆地內鑽得多口深井，但只在關渡一號井、蘆洲一號井、五股一號井和士林井等井，有發現厚薄不一的火山碎屑岩 (Chen et al., 1995; 鄧等, 1996, 1998; 彭, 1998; 曹等, 1998)。

台北盆地西北角的成子寮、關渡宮和獅子頭，在地表上都出露有厚層的火山泥流堆積物 (Song et al., 1995)。其中，在成子寮出露的火山泥流堆積物直接覆蓋在含有豐富安山岩塊的林口礫

流堆積物直接覆蓋在含有豐富安山岩塊的林口礫石層之上。由火山岩岩象學和地球化學特徵顯示，礫石層中的安山岩塊是來自於觀音火山，而火山泥流堆積物中的安山岩塊是來自於大屯火山群(Song et al., 1995)。

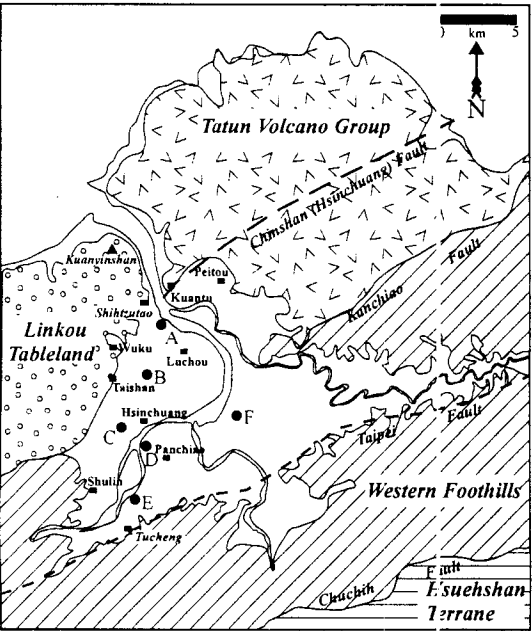
台北盆地形成的時間一直眾說紛紜，陳正宏等人利用五股一號井下的凝灰質沉積物的氬-氬定年，顯示火山灰噴發的年代為 0.39 ± 0.06 Ma，其推測台北盆地最下層的新莊層堆積的年代為 40 萬年，故台北盆地形成的年代應早於此一年代(Chen et al., 1995)。但魏谷等人利用熱螢光法測定五股一號井下，凝灰質沉積物下、深度約 352 公尺處沉積物的年代為 0.22 ± 0.066 Ma (Wei et al., 1998)，顯示新莊層堆積的年代比 40 萬年還要年輕，故台北盆地形成的時間可能年輕於 40 萬年。

描述已發表 (Song and Lo, 1995)。

台北盆地鑽井中發現有火山泥流的岩芯有關渡一號井、蘆洲一號井、五股一號井、士林井，以及最近才鑽獲得的關渡二號和三號井。關渡一號井下火山角礫岩之物質主要是大小不一之安山岩塊嵌在細粒基質中；岩心中岩塊最大粒徑可達一公尺，具有典型岩屑流(debris flow)之特徵，即淘選度極差、基質支撐(matrix supported)及無層理；岩心愈往下部膠結程度愈好，由於此岩屑流以火山物質為主，因此又可稱為火山泥流堆積物(Lahar)。此火山泥流可分為主要兩段，分別為 236.1 至 323.2 公尺與 4.03.75 至 487.85 公尺，各段又偶夾 1 至 5 米之砂泥沉積物。上段泥流岩於 304 至 309 公尺夾有一層多孔質、暗黑色，單一岩性之角礫岩。兩段火山泥流堆積物中間夾有凝灰質混濁砂岩、泥岩及安山岩礫石。

蘆洲一號井的火山碎屑岩層出露在井下 268~298 公尺間，厚約 30 公尺。以青灰色或紅棕色的安山岩礫為主，呈角礫狀，最大礫徑大於 50 公分以上，一般礫徑再 5~10 公分之間，淘選度差，為基質支撐的組織。

五股一號井的火山碎屑岩層出露在井下 322.3~324.4 公尺間，厚約 2 公尺。以深灰色的安山岩礫為主，呈次圓狀，最大礫徑約 7 公分左右，一般礫徑大都小於 2 公分，淘選度差，為基質支撐的組織。基質主要以石英顆粒為主，含少量的火山玻璃和鐵鎂礦物。井下岩芯柱狀圖對比如圖二。



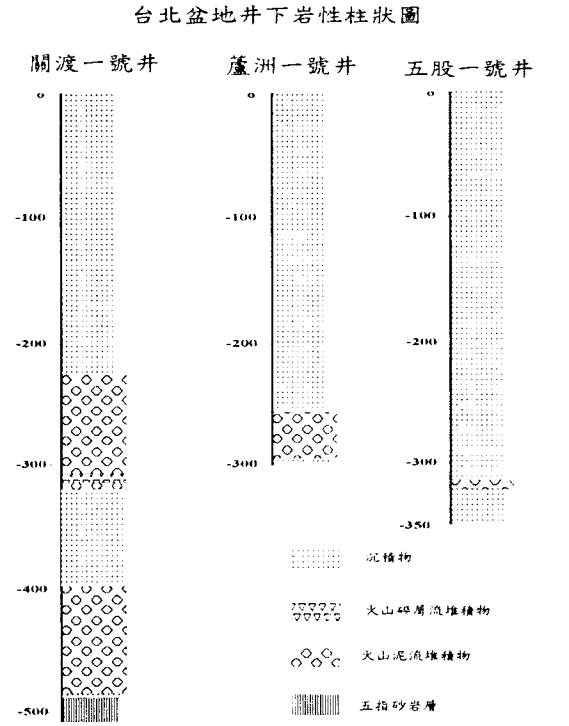
圖一：台北盆地簡要地質圖和鑽井岩芯位置圖。

本計畫的主要目的是：(1)野外和岩心的記錄，研究火山泥流堆積物的產狀、分佈、及其沉積特徵，以探討火山泥流堆積物的搬運、堆積方式及可能的火山災害；(2)室內研究火山泥流堆積物岩塊的岩象學、地球化學特性及火山岩年代，以作為對比地表及井下火山泥流堆積物的依據；(3)綜合野外及室內工作的結果，以探討火山泥流堆積物的來源、大屯火山群的噴發特徵和演化、及台北盆地形成的時間和早期沉積的特性。

三、結果

1、火山泥流野外和鑽下產狀

地表的火山泥流堆積物主要分佈於關渡、獅子頭和成子寮等地區。詳細野外露頭產狀和岩象學的



圖二：台北盆地關渡一號井、蘆洲一號井和五股一號井岩性柱狀圖。

關渡一號井的安山岩岩塊之岩象特徵指出上段泥流岩主要以兩輝安山岩為主，但是各岩塊風化程度不一，偶而出現少許具有反應圈之角閃石顆粒，顯示角閃石與母岩漿未達平衡。304 至 305 米之黑色多孔質岩塊則包括兩輝安山岩與含橄欖石普通輝石安山岩。下段泥流岩則以角閃石兩輝安山岩、兩輝安山岩與角閃石—紫蘇輝石安山岩為主，雖然下段泥流岩部份標本角閃石仍呈現不平衡現象，但是數量上要比上段之標本顯著許多。上、下兩段泥流岩之最大差別即在於在下段標本中角閃石礦物也佔了斑晶中多數之地位，因此火山泥流岩中安山岩岩塊岩性之差異可推論上下兩段火山泥流堆積物有至少兩個不同之來源區。火山泥流岩之細粒基質除了安山岩岩屑外，石英顆粒、斜長石和鐵鎂礦物顆粒也很普遍。蘆洲一號井和五股一號井的岩性相似，主要以含有兩輝安山岩為主，偶含有少量的角閃石安山岩。

3、岩石化學

採自關渡一號井、蘆洲一號井和五股一號井等岩芯二十個新鮮標本做主要元素和微量元素分析，分析結果如附錄一。分析結果顯示鑽井岩芯中的火山岩礫，主要是來自於大屯火山群的火山噴發產物。

4、鉀氬定年

十五個標本鉀氬定年分析結果列於表一(曹恕中, 1994)。鉀氬年代值除 KT36 標本為 1.09Ma 之外，其餘可依上、下段分為兩群；下段泥流岩岩塊之年代為 0.3-0.6Ma，上段則為 0.1-0.4Ma，有向上變年輕之趨勢，此現象顯示（一）上下兩段泥流岩有兩個不同之來源區，（二）下段泥流岩堆積年代在約 40 萬年之後，上段則在 20 萬年之後。KT36 標本在顯微鏡下可見含有方解石細脈，可能是這些後期細脈帶來多餘氬氣(excess ⁴⁰Ar)，而使年代異常。

四、討論

1、火山泥流形成機制

火山泥流堆積發生之因素有三項：(1)陡坡：如火山邊緣、陡河道，(2)大量火山物質供應；如火山爆發或原火山碎屑岩再堆積，(3)大量水參與；如暴雨、颱風、火山口湖或融雪。由於岩心中岩塊的風化程度不一，基質中又含有石英顆粒，因此推測此火山泥流係原火山碎屑岩再次堆積；由於井位位於大屯火山之西南緣，因此可能有一古河道自大屯山區發育沿伸至關渡一帶，而在暴雨或颱風期間攜帶大量不同大小之安山岩塊堆積於關渡一帶。在北投貴子坑溪出露由顆粒支撐 (clastic supported) 之火山角礫岩直接覆蓋在五指山層上，而火山泥流岩

Table 2: The Potassium-Argon ages of andesitic gravels

Sample No.	K ₂ O (%)	⁴⁰ Ar*±1σ (ccSTP/g)	Age±1σ (Ma)	R (%)
KT06	1.86	(1.23±0.24)×10 ⁻⁸	0.20±0.04	86.5
KT08	1.69	(0.51±0.14)×10 ⁻⁸	0.10±0.03	94.2
KT20	2.39	(2.52±0.24)×10 ⁻⁸	0.32±0.03	75.4
KT22	2.00	(0.90±0.23)×10 ⁻⁸	0.14±0.04	94.7
KT36	2.06	(7.23±1.70)×10 ⁻⁸	1.09±0.26	95.9
		(8.43±1.57)×10 ⁻⁸	1.29±0.24	94.9
	Mean:	(7.83±1.64)×10 ⁻⁸	1.19±0.25	95.4
KT41	2.24	(1.52±0.14)×10 ⁻⁸	0.21±0.02	84.3
KT60	1.60	(2.07±0.20)×10 ⁻⁸	0.40±0.04	83.6
		(1.85±0.20)×10 ⁻⁸	0.36±0.03	80.6
	Mean:	(1.96±0.20)×10 ⁻⁸	0.38±0.04	82.1
KT65	1.16	(1.79±0.45)×10 ⁻⁸	0.48±0.12	96.1
KT65A	1.79	(2.63±0.16)×10 ⁻⁸	0.46±0.03	73.1
KT73	1.78	(2.09±0.51)×10 ⁻⁸	0.36±0.09	97.0
LC03	1.98	(1.57±0.17)×10 ⁻⁸	0.25±0.03	88.8
		(1.48±0.14)×10 ⁻⁸	0.23±0.02	90.5
	Mean:	(1.53±0.16)×10 ⁻⁸	0.24±0.03	89.7
LC05	2.35	(1.25±0.90)×10 ⁻⁸	0.17±0.12	98.7
KD6	1.72	(2.96±0.24)×10 ⁻⁸	0.53±0.04	88.7
Pc-7	1.73	(1.02±1.51)×10 ⁻⁸	0.18±0.27	99.3
Ts9801	2.61	(4.60±0.19)×10 ⁻⁸	0.55±0.02	77.4

是以基質支撐為特徵，也可推測火山泥流岩很可能是原火山碎屑岩再次堆積。

2、年代意義

安山岩塊之年代值代表安山岩形成之年代，因此火山泥流堆積年代理應在這些年代之後。將各標本年代值與深度作圖，更可清楚看出上、下兩段泥流堆積物來自不同之來源區，而發生之年代有兩種可能：(一)若火山泥流堆積與火山活動時間有關，則上、下段之堆積各在 0.4 和 0.2Ma 之火山活動之後，即兩期火山活動各自產生了兩段泥流岩之礫石來源。(二)若火山泥流堆積與火山活動無關，則上、下兩段堆積均發生於 0.2Ma 之後，而河道發育因時間而變，使不同來源區之物質堆積於同一地點。

此外將蘆洲一號井下火山泥流安山岩塊之年代值 0.24Ma 及 0.17Ma 一起併入討論，則可將該井下 30 公尺之火山泥流岩與關渡一號井之上段對比，而在蘆洲井下也許也存在另一段火山泥流岩。由於蘆洲井位位於關渡井之西南側，因此火山泥流岩可能可向西南延伸而且變薄，甚至尖滅。

台北盆地第四紀沉積物直接覆蓋在火山泥流

岩之上，也可推測台北盆地是在約 20 萬年之後開始堆積。

3、構造運動之暗示

關渡井東北側為新莊斷層與金山斷層一線。在大屯火山西南側關渡至淡水河西岸成子寮、獅子頭一帶都有火山泥流岩之分布，其岩性以兩輝角閃石安山岩和兩輝安山岩為主(Song and Lo, 1995)，兩個地表岩塊之鉀氬年代亦分別為 $0.18 \pm 0.27\text{Ma}$ 和 $0.53 \pm 0.04\text{Ma}$ ；這些地區地表露頭直接蓋在河川礫石沉積物之上，因此其產狀、岩性年代都與關渡井岩心之下段火山泥流岩類似，因此兩者可能可以對比。

地表露頭和岩心之火山泥流岩間的落差顯然與正斷層活動有關。由於地表與岩心之火山泥流岩均由東北向西南延伸，因此推測斷層活動可能發生於至少在下段火山泥流岩堆積之後，即約 0.4Ma 之後，由於地表目前尚未發現能與岩心上段泥流岩比之露頭並不能表示不存在，因此斷層活動也有可能發生在上段火山泥流岩堆積之後，即約 20 萬年之後。

五、參考文獻

鄧屬予、袁彼得、陳培源、彭志雄、賴典章、林朝宗、費立沅、劉桓吉(1996)台北盆地地下地質一新資料新看法。「台灣之第四紀」第六次研討會暨「台北盆地地下地質與工程環境綜合調查研究」成果發表會論文集，第 7-10 頁。

鄧屬予、游能悌、彭志雄、袁彼得 (1998)台北盆地的層序地層初探。「台灣之第四紀」第七次研討會，第 126-130 頁。

彭志雄(1998)台北盆地晚第四紀沉積環境：國立台灣大學地質研究所碩士論文，共 77 頁。

曹恕中、宋聖榮、李寄嶠、王詠綸、許銘義、林明昌、蘇泰維(1998)台北盆地關渡一號井火山泥流堆積物研究。「台灣之第四紀」第七次研討會，第 147-151 頁。

Chen, C.H., Lee, C.Y. and Lin, S.B. (1995) The eruption age of volcanic ashes in the Wuku well, Taipei Basin: constraints on mineral chemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. J. Geol. Soc. China, 38(4), 371-381.

Liew, P.M., Huang, C.Y., and Tseng, M.H. (1997) Preliminary study on the late Quaternary climatic environment of the Taipei Basin and its possible relation to basin sediments. J. Geol. Soc. China, 40(1), 17-30.

Song, S.R. and Lo, H.T. (1995) the source and origin of the Volcaniclastics in LinKou Formation of Northern Taiwan. Jour. Geol. Soc., 38(3), 287-314.

Wang, C.Y., Hsiao, W.C., and Sun, C.T. (1994) Reflection seismic stratigraphy in the Taipei Basin (I)- northern Taipei Basin: J. Geol. Soc. China, 37(1), 69-95.

Wang, C.Y., Hsiao, W.C., and Sun, C.T. (1995) Reflection seismic stratigraphy in the Taipei Basin (II)- western and southern Taipei Basin: J. Geol. Soc. China, 38(2), 141-172.

Wang-Lee, C.M., Cheng, Y.M. and Wang Y. (1978) Geological and sedimentary study. Taiwan Mineral Industry, 30(4), 78-108.

Wang, W.H. and Chen, C.H. (1990) The volcanology and fission track age dating of pyroclastic deposits in Tatan Volcano Group, northern Taiwan. Acta Geol. Taiwanica, 28, 1-30.

Wei, K., Chen, Y.G. and Liu, T.K. (1998) Sedimentary history of the Taipei Basin with constraints from thermoluminescence dates. J. Geol. Soc. China, 41(1), 109-125.

附錄

Table 4. The chemical analysis of the lahar in and around the Taipei Basin

Sample No.	KT-1	KT-2	KT-6	KT-8	KT-20	KT-22	KT-36	KT-41	KT-60	KT-65	KT-65A	KT-73	Ku-2	Ku-6	Lu-1	Lu-2	Lu-3	Lu-5	Shih-1	Shih-2
wt%																				
SiO ₂	53.77	53.53	53.35	56.39	54.51	53.75	53.72	57.46	54.68	53.34	57.63	55.38	55.14	55.98	53.91	55.29	53.59	54.98	54.45	54.62
Al ₂ O ₃	17.03	16.57	20.05	18.12	18.91	19.65	15.87	17.73	17.81	19.20	17.98	18.09	17.95	18.35	19.27	18.65	19.70	18.60	19.45	18.47
TiO ₂	0.69	0.69	0.74	0.65	0.86	0.78	0.69	0.57	0.77	0.66	0.53	0.72	0.91	0.67	0.76	0.73	0.77	0.87	0.80	0.88
Fe ₂ O ₃	7.80	8.58	6.97	7.74	6.80	7.27	7.78	7.41	9.09	9.24	7.59	8.55	8.14	8.01	8.18	8.01	7.64	7.56	8.16	8.05
MnO	0.16	0.16	0.11	0.16	0.11	0.12	0.15	0.15	0.14	0.17	0.16	0.17	0.13	0.16	0.14	0.16	0.12	0.12	0.14	0.13
MgO	3.66	3.81	4.05	4.82	4.18	4.32	4.91	3.47	4.41	4.00	3.40	4.06	4.17	3.74	3.98	3.96	4.11	3.90	4.08	4.27
CaO	9.94	10.14	9.75	8.46	8.80	9.66	10.35	6.93	8.51	8.43	7.41	7.94	7.05	7.88	9.03	8.60	9.39	8.18	8.68	8.31
Na ₂ O	2.10	1.99	2.48	2.64	2.53	2.45	1.98	2.69	2.40	2.40	2.56	2.64	2.55	2.81	2.79	2.75	2.72	2.79	2.67	2.70
K ₂ O	2.15	2.01	1.86	1.69	2.39	2.00	2.06	2.24	1.60	1.16	1.79	1.78	2.66	1.83	1.71	1.73	2.03	2.47	1.76	2.36
P ₂ O ₅	0.45	0.46	0.32	0.30	0.35	0.35	0.43	0.34	0.24	0.23	0.21	0.31	0.36	0.30	0.27	0.28	0.33	0.36	0.26	0.37
L.O.I.																				
Total	97.75	97.94	99.68	100.97	99.44	100.35	97.94	98.99	99.65	98.83	99.26	99.64	99.06	99.73	100.04	100.16	100.40	99.83	100.45	100.16
MgO/ FeO	0.51	0.49	0.64	0.68	0.68	0.65	0.69	0.51	0.53	0.48	0.49	0.52	0.56	0.51	0.53	0.54	0.59	0.57	0.55	0.58
Na ₂ O+K ₂ O	4.25	4.00	4.34	4.33	4.92	4.45	4.04	4.93	4.00	3.56	4.35	4.42	5.21	4.64	4.50	4.48	4.75	5.26	4.43	5.06
K ₂ O/Na ₂ O	1.02	1.01	0.75	0.64	0.94	0.82	1.04	0.83	0.67	0.48	0.70	0.67	1.04	0.65	0.61	0.63	0.75	0.86	0.66	0.87

附錄：The trace element compositions of the lahar in and around the Taipei Basin

	KT-1	KT-2	KT-6	KT-8	KT-20	KT-22	KT-36	KT-41	KT-60	KT-65
Li	4.11	2.65	8.12	5.77	8.75	7.81	3.72	8.33	25.69	25.75
Be	1.43	1.29	1.56	0.87	1.98	1.65	1.40	1.08	0.81	0.94
P	2081.07	1916.59	1397.15	1338.65	1806.74	1581.23	1977.67	1486.81	999.55	991.73
Sc	33.54	31.33	32.19	32.15	42.09	39.40	39.35	18.96	26.91	27.50
Ti	3057.76	2709.49	4653.15	2773.17	6055.46	5068.88	3229.41	2419.68	2781.41	2803.12
V	246.30	223.49	243.89	215.64	435.96	273.90	257.26	173.90	259.42	262.78
Cr	107.35	104.98	7.94	8.40	18.36	13.58	158.45	6.65	9.51	9.71
Mn	1274.80	1164.03	935.01	1238.74	994.30	972.03	1209.17	1188.91	1292.85	1307.11
Co	25.49	26.25	22.10	22.05	22.83	22.47	28.28	17.73	21.75	22.05
Ni	18.34	18.89	9.15	7.35	8.67	7.77	24.27	4.00	5.92	6.16
Cu	71.21	66.70	182.19	82.12	105.44	96.78	71.66	67.46	35.34	36.01
Zn	84.28	78.50	61.55	69.04	65.05	52.58	80.50	72.14	72.85	74.05
Ga	16.77	14.93	17.90	17.08	19.68	17.48	15.95	17.16	18.34	18.35
Ge	1.68	1.52	1.59	1.78	1.88	1.65	1.74	1.72	1.79	1.78
Rb	78.24	71.74	78.43	57.62	113.20	87.37	74.42	80.02	38.07	38.11
Sr	488.38	444.97	646.35	531.42	689.64	654.64	462.21	555.20	489.68	486.16
Y	20.27	18.62	18.56	18.84	21.95	18.73	20.53	17.01	17.21	17.10
Zr	101.22	84.53	67.15	77.85	111.42	63.32	91.17	86.95	53.29	53.84
Nb	4.42	4.54	4.24	3.74	7.42	5.11	4.90	5.07	3.09	3.10
Cs	2.99	2.83	3.56	1.50	4.38	3.42	2.58	5.28	2.17	2.17
Ba	425.40	375.20	750.28	527.59	1052.68	807.14	404.51	641.16	389.63	393.80
La	14.46	13.12	20.85	17.64	27.69	22.54	14.06	20.23	11.98	12.01
Ce	29.25	26.98	42.19	35.12	54.47	44.85	28.73	38.99	26.43	26.76
Pr	3.43	3.16	4.89	3.99	6.14	5.14	3.39	4.35	3.02	3.04
Nd	14.54	13.38	20.64	16.87	25.69	21.58	14.44	17.60	12.98	12.98
Sm	3.60	3.24	4.63	3.79	5.61	4.89	3.57	3.69	3.10	3.17
Eu	0.94	0.83	1.23	1.02	1.37	1.22	0.93	0.95	0.86	0.87
Gd	3.09	2.84	3.74	3.17	4.33	3.76	3.16	2.81	2.62	2.63
Tb	0.47	0.43	0.49	0.45	0.58	0.51	0.49	0.40	0.40	0.40
Dy	3.31	3.04	3.20	3.05	3.84	3.31	3.38	2.70	2.83	2.81
Ho	0.69	0.63	0.65	0.64	0.76	0.65	0.70	0.56	0.58	0.59
Er	1.90	1.73	1.71	1.75	2.01	1.72	1.91	1.58	1.61	1.62
Tm	0.31	0.28	0.26	0.28	0.31	0.26	0.31	0.26	0.26	0.26
Yb	2.01	1.85	1.45	1.60	2.01	1.65	2.01	1.75	1.49	1.50
Lu	0.31	0.29	0.26	0.29	0.31	0.25	0.31	0.28	0.27	0.28
Hf	2.48	2.00	1.87	1.95	2.75	1.76	2.14	2.04	1.53	1.53
Ta	0.25	0.30	0.22	0.19	0.45	0.32	0.32	0.31	0.17	0.17
Pb	8.11	7.34	14.70	12.78	23.80	19.26	7.74	16.96	5.33	5.42
Th	4.93	4.60	7.98	6.42	14.99	9.72	4.92	8.52	4.53	1.62
U	1.32	1.19	2.43	1.74	4.42	2.82	1.25	2.29	1.11	0.25

KT-65A	KT-73	Ku-2	Ku-6	Lu-1	Lu-2	Lu-3	Lu-5	Shih-1	Shih-2
10.51	9.49	11.77	10.75	8.09	13.41	15.82	11.4	10.09	12.47
0.85	1.12	2.03	1.34	1.32	1.65	2.4	2.51	1.47	2.17
918.37	1344.80	1652	1327.79	1219.73	1348.34	1553.06	1672	1214.64	1684.69
21.74	27.55	31.09	23.83	25.48	35.9	39.38	32.36	26.04	33.84
2314.03	3037.02	5578.92	4725.77	5140.33	4900.53	4995.24	5495.31	4989.39	5469.85
203.63	285.90	313.05	273.96	279.93	251.81	295.88	312.91	276.19	284.88
7.51	6.32	6.01	24.21	4.11	6.73	6.33	8.63	3.74	68.3
1186.33	1294.08	1031.07	1186.95	1145.03	1230.43	998.2	951.57	1090.41	1001.21
18.06	21.36	40.93	20.47	23.34	21.71	22.14	22.11	23.95	28.74
4.08	5.43	6.89	14.88	5.81	4.66	7.6	7.76	6.21	38.52
33.03	82.21	85.44	82.31	81.18	71.66	103.44	91.3	76.09	91.69
62.42	71.64	67.49	73.38	69.69	71.05	65.61	65.37	71.17	63.49
16.68	17.58	18.29	18.12	18.32	18.76	19.79	18.99	18.34	18.56
1.70	1.81	1.58	1.59	1.56	1.57	1.5	1.53	1.48	1.53
65.88	79.88	118.01	90.69	74.19	79.58	93.3	117.5	77.62	105.04
461.17	501.10	558.12	527.69	544.63	534.55	668.73	661.43	554.92	652.25
15.22	18.86	20.28	17.56	17.46	17.87	17.45	18.75	17.75	18.45
68.19	77.99	117.29	73.55	73.44	86.36	74.51	112.77	86.58	67.91
3.48	4.69	8.14	6.12	5.64	6.41	5.94	7.77	6.52	7.05
3.66	4.87	12.77	8.83	4.67	6.85	6.67	12.52	7.16	7.8
432.64	511.68	1058.67	513.76	558.87	565.35	887.84	1079.64	601.34	1021.86
13.16	16.71	29.62	17.6	18.96	20.94	23.62	28.48	19.65	27.35
26.04	32.70	57.8	34.15	39.26	43.68	47.95	57.02	40.95	54.96
2.92	3.76	6.94	4.07	4.73	5.32	5.84	6.74	4.87	6.49
12.24	15.90	26.96	16.33	19.37	21.55	23.4	26.6	19.94	25.5
2.74	3.53	5.1	3.25	3.93	4.26	4.7	5.07	4	4.87
0.76	0.96	1.28	0.96	1.11	1.18	1.35	1.2	1.08	1.19
2.31	2.90	4.22	2.97	3.41	3.39	3.69	4.01	3.46	4.02
0.34	0.44	0.67	0.49	0.56	0.58	0.61	0.64	0.55	0.63
2.40	2.98	3.58	2.88	3.07	3.24	3.39	3.49	3.09	3.36
0.51	0.64	0.73	0.62	0.63	0.68	0.68	0.7	0.64	0.67
1.43	1.77	2.06	1.8	1.81	1.9	1.91	1.98	1.84	1.89
0.23	0.29	0.32	0.29	0.28	0.3	0.29	0.31	0.29	0.28
1.39	1.66	1.89	1.81	1.7	1.84	1.72	1.82	1.74	1.67
0.26	0.30	0.28	0.28	0.26	0.28	0.26	0.28	0.27	0.24
1.73	1.98	3.2	2.06	2.17	2.57	2.35	3.24	2.43	2.25
0.20	0.24	0.48	0.35	0.37	0.39	0.37	0.48	0.38	0.41
7.03	9.16	25.25	11.68	11.37	13.07	22.55	28.38	16.01	21.01
5.14	5.98	13.54	5.87	6.93	7.64	9.1	13.67	8.07	10.11
1.67	2.23	3.82	2.16	1.97	2.14	2.63	4.05	2.33	2.6