

# 行政院衛生署科技研究發展計畫成果報告

## 金山核能設施附近居民之健康效應

Health Surveillance on Residents in Chin-Shan Area

計畫編號：DOH 88-TD-1092

執行機構：國立臺灣大學公共衛生學院

計畫主持人：林瑞雄

執行期限：87年7月至88年6月

# 目 錄

封面

目錄

頁碼

(一) 摘要

中文摘要

2

英文摘要

3

(二) 本文

前言

4

材料與方法

10

第二年結果與討論

11

表一 ~ 圖三

12

參考文獻

22

(三) 附錄

24

共 ( 40 ) 頁

## 中文摘要

關鍵字：核能、輻射劑量、長期追蹤、血液形態學資料

本計畫延續原子能委員會前三年委託之北部地區核子設施附近居民長期健康效應調查計畫，而從去年改由衛生署委託因經費縮減甚大，故這兩年共針對金山鄉居民及國中學生做各種血液形態學的調查，並對學童家戶分別在春季、秋季時間測量其家戶中環境輻射劑量暴露之分佈狀況，進一步分析其暴露量多寡是否會影響其血球，血小板等數值之分佈。

本年度繼續上一年度計畫，共完成 456 位金山國中學童及其父母親 441 位之血液形態學調查，以及發放 TLD 貼劑置於學童家戶 2 個月(秋季)共收回 573 戶資料經判讀發現金山地區一般家戶暴露之輻射劑量遠低於對照地區台北縣板橋及台北市中正區家戶之測量值。故此等資料顯示核一核二廠附近地區之居民並無暴露較高之輻射劑量，進一步之分析發現此等低輻射劑量間與白血球、血小板等之血球值無任何相關。過去所發現金山地區成年之血球值與其住家距核電廠之距離有 hormesis 之效應，可能來自此等居民住在離鄉鎮中心邊遠的丘陵地區，平日需要較多的運動量，故有較之佳血液數值。有關每三年一次對研究地區居民健康及死亡疾病形態之長期追蹤，則待第三年計畫時對歷年來核電廠附近居民追蹤人口群之死亡，罹癌狀況由電腦聯鎖來做更詳細的分析。

## Abstract

The safety of nuclear power is always a major concern of government and citizens. The health effect from long-term exposure to low-dose radiation from near-by nuclear power plants is also a political and health issue. In order to study long-term health effects among residents living around nuclear power plants, the current 3-years project intends to continue the previous 3 years study which has established a long-term cohort of residents in Chin-San, Wan-Li, San-Chi, and Shi-Men townships. In the first year of this project, we have collected blood samples from 1008 junior high school students and environmental radiation dosage measurements from 413 households of students in Chin Shan using TLD method. The hematologic data of school children did not show any abnormal findings, and the results of household radiation exposure measurement also showed very low dosage as compared with the households in Taipei City. The second year follow up by 2 month-expose TLD, measurements from 573 school children households confirmed the first year results of a low environmental radiation exposure in Chin-Shan area as compared to the control households in Bang-Chiao area. The hematologic data of WBC and platelets did not show any correlation with the household dosage of radiation exposures. The previous findings of a hormetic effect of high RBC & platelet counts among residents living closer to nuclear power plants in Chin-Shan area may be due to more exercise needed for these residents living in surrounding hillside which caused a better hematologic picture in them. The 3-years periodic mortality and morbidity follow up in the cohort of residents living surrounding nuclear power plants will be conducted in the third year project.

KEY WORD : Nuclear power, radiation dosage, long-term follow-up, hematologic data

# 前 言

## (I). 緣由

1. 依據行政院衛生署徵求重點研究計畫項下選擇執行，並配合行政院原子能委員會輻射健康效益研究需求。
2. 低輻射的健康影響研究雖然很多，但多偏於白血病、Multiple Myeloma 或乳癌等作用的研究，迄未達成致病相關的結論(1-4)。
3. 低輻射的健康影響必須開拓其他指標，本計畫擬特別針對人體周邊血液影響做為健康影響的另一項指標。
4. 台灣核能電廠的存在已有多多年，其健康影響引起民眾關切，但此等長期低劑量暴露之健康影響的本土資料缺乏。
5. 過去在台北縣金山鄉的研究發現，居民居所距核子電廠愈近，其周邊血液血小板、紅血球及白血球有增加的趨勢。此等 Hormetic Effect 有待進一步探討。

雖然對低劑量輻射暴露是否會影響健康，尤其是對核能發電廠周遭居民及廠內工作人員的健康效應，尚無明確結論；但民眾對低劑量輻射暴露仍表示十分關切。因為恐懼之心理造成社會及政治議題(5-9)，這種恐核心理在美國賓州三哩島及烏克蘭車諾堡電廠意外事件之後尤其明顯，對建立核電廠“輻射物質”之運輸及核廢料貯存地均極表關切，國內民眾亦不例外(10-12)。

## (II). 背景及重要性

在台灣，自從民國 66 年第一座核能電廠金山電廠運轉以來，目前已有六座反應機組在運轉。其發電量已佔全國發電總量的 30.4 %。由於核能電廠附近居民隨時都可能暴露在低劑量的游離輻射，且核能電廠運轉亦會產生固態、液態、及氣態的放射性物質，因此有關核能發電是否會造成鄰近社區民眾健康危害，一直是國人關心

的焦點。特別是 1979 年美國三哩島事件及 1986 年蘇俄車諾比爾事件後，世界各國如美國、英國、法國、加拿大等陸續針對核電廠附近居民健康進行流行病學研究並提出報告。然而由於核電廠運轉外洩的游離輻射劑量極微，甚至低於自然背景輻射值，使得暴露劑量推估極為困難，具有高度的不確定性。另一方面，暴露於低輻射劑量之致癌性所得之數據迄今仍有爭論。因此關於核能發電廠附近居民健康狀況是否受到不良影響之爭議，相關與不相關之報告者殆各佔其半(見附表 1~附表 7)。反觀台灣，迄今屬於「本土的」核電廠附近居民健康資料仍付之闕如。如同西方先進國家，核能發電於國內亦是科學技術、經濟、政治、社會、教育、群眾心理等等因素錯綜複雜的問題。國內學者專家及核能政策主管機關，正進行我國未來供電需求評估、特別對核四廠興建之安全性及環境影響評估；而對於現有三座核電廠員工及其附近居民之輻射暴露及健康影響資料彙集，分析亦應列為第一優先，如此不但能建立暴露資料及健康危險性的資料庫，提供日後進行各種研究的基礎，亦能闡明核能發電是否造成電廠員工及附近居民的健康危害，以供我國核能政策研擬之參考及祛除社會大眾之疑慮。

民國 82 年，原委會特別邀集國內衛生主管機關，公衛學者、醫師以及其他學者，對核電廠附近居民健康效應研究之可行性進行評估，經參考國外大型研究及多次專家學者集會討論，主要結論如下：

#### A、流行病學組

##### 1. 核電廠附近居民之健康效應研究：

- (1) 整理迄今衛生署或其他衛生機構在研究地區(金山、萬里、三芝、石門四鄉)，及對照地區(雙溪、貢寮、頭城)等所作過之研究計畫及其結果，以試驗未來追蹤時大量資訊處理上可能遭遇的難題。
- (2) 把研究地區及對照地區人口資料先期建檔成立一個資料中心，處理分析過去及目前的研究資料，並試驗未來追蹤時，處理大量資訊可能遭遇的難題。資料中心將因工作性質不同分為四個部門來執行工作：

##### a. population registration & case verification.

- b. statistics.
  - c. data processing.
  - d. reporting system.
2. 以懷孕婦女及嬰幼兒族群為主，對社區 pregnancy outcomes 做全面性調查：由於此族群是對輻射最敏感之族群，此族群資料一旦建立後，即可長期追蹤，以明瞭輻射對人體健康的影響。
  3. 配合居民流行病學收集之資料及電腦建檔所需，成立常設資訊中心。

## B、生物指標組

生物指標組主要針對輻射暴露後所造成人體組織細胞之傷害，在敏感性—特異性及時序性上選擇理想的生物指標組為工作目標。

\*目前實驗常用之生物指標方法：

- 1、HPRT 方法。
- 2、GPA 方法。
- 3、CA 染色體變異計數方法。
- 4、FISH 方法。
- 5、MICRONUCLEUS 生物遺傳法。
- 6、一般血液檢查。

由於吾人在金山鄉地區對社區民眾所做初步血液形態學檢查，所得數據顯示與家戶距核電廠距離有反比關係是否可能有 hormetic effects，引起專家學者之注意。故先期以進一步做學童及其家長之血液調查以進一步證實核能電廠附近居民血液形態學表現是否有 hormesis 效應。

## C、暴露評估組：

關於核能電廠附近居民輻射劑量之評估可以下列方式進行：由於台電公司對各核能電廠歷年來之環境劑量偵測，氣象資料已建立完善之記錄，同時亦對核能電廠附近居民做過長期輻射劑量評估。

另外，因核能電廠對環境造成之輻射劑量極低，為瞭解

核能電廠附近地區之輻射背景值間之差異如何，可由原子能委員會委託輻防協會進行相關地區輻射劑量背景值之調查研究，如選擇區域內具代表性之住戶約 600 戶，每戶定期發給熱發光劑量劑 (TLD)，貼於屋內適當地點，於一段時間後取回計讀，並長期記錄統計相關計讀結果。

根據以上專家學者多次集會討論之建議，本計畫先期即針對北部核能電廠附近居民為對象，建立該地區之人口資料檔、蒐集居民各項健康資料及核能電廠歷年之環境輻射劑量偵測值等資料，並選無核能電廠，但生態相似之地區做對照組，亦搜集其人口資料檔，分別與衛生署之死亡資料電腦檔及癌症登記檔進行資料連鎖，尋找新發生之個案(INCIDENT CASE)。逐年統計研究地區之各項資料與對照組之資料，以評估其各種健康效應危險性之差異。另外對金山、萬里兩地區育齡婦女開始建立懷孕結果。今後的計畫除了對核能電廠研究地區居民繼續追蹤外，將同時擴大至對照地區，貢寮、雙溪及頭城等亦列入為調查對象，開始建立此等地區之人口資料、死亡檔及懷孕結果資料，以供比較分析各種健康效應。

#### D. 周邊血液型態變化

輻射對血液型態學影響的研究，過去多限於動物實驗接受中劑量游離輻射的暴露來觀察其變化，如血液中紅血球、血小板、顆粒白血球及淋巴球的含量是否減少。有些研究報告接受低劑量放射治療的病人，其白血球活力會有所改變。但有關核能電廠附近居民及廠內工作人員的造血功能是否受影響之報導，則非常稀少。過去吾人與台大醫院內科李源德教授等合作的研究中，發現在台北縣金山鄉居民中，住得愈接近核能發電廠，其血液中的血紅素、血小板、白血球和紅血球的含量較高，也就是與核能電廠距離具有統計意義的負相關(附表八)。但是此初步研究並沒有估計居民的實際輻射暴露量。故本計畫第一年既針對金山國中學童做進一步血液學檢查，同時並發放 TLD 偵測其居家中輻射線之暴露值。並進而探討血液檢查值是否與居家輻射暴露量有關？同時亦觀察偵測暴露量是否與住家-距核電廠間距離是否亦有關係。

### ( III ) .研究目的：

#### 1. 一般健康效應觀察

- (1) 建立核子設施附近居民之人口資料及健康資料庫，經長期觀測以瞭解低劑量游離輻射長期暴露之健康效應。
- (2) 建立國內自己的輻射健康效應資料。
- (3) 提供國內之相關人員,如公共衛生、原子科學、輻射生物等從業人員訓練之參考資料。
- (4) 探討核電廠附近低劑量游離輻射可能對懷孕及嬰幼兒的健康的影响。
- (5) 分析研究地區各種異常懷孕結果 ( adverse pregnancy outcome ) 的發生率及其危險因子，和可能的防治途徑。
- (6) 調查育齡婦女生育史 ( 包括避孕方式、選擇、懷孕、生產、月經等 ) 之流行病學資料。
- (7) 建立當地居民各種癌症發生及死亡資料。
- (8) 建立電廠附近出生世代及長期暴露量之基本資料檔。
- (9) 對附近居民做實際輻射劑量暴露之測定，並進行居民周邊血液型態學之長期觀察。

#### 2、周邊血液型態學觀察

本計畫主持人等參與台灣大學醫學院內科的金山社區心血管研究計畫，該計畫建立了一個由 3602 位 35 歲以上居民做追蹤觀察的族群。基線調查包括訪視和健康檢查。血液分析除各種血脂之外，也分析周邊血液型態之特徵，包括血紅素量(Hb)、血球容積(HCT)、紅血球數 (RBC)、平均血球容積(MCV)、平均血色素(MCH)、平均小體血色素濃度(MCHC)、白血球(WBC)、和血小板(PLT)等。

因為金山鄉位於台灣電力公司核能發電第一廠和第二廠所包圍之所在，我們決定觀察居民血液之各種血球含量等是否受核電廠低劑量輻射之影響，初步以居民游離輻射暴露量以居所與核電廠距離平方倒數來替代(surrogate)： $1/(D_1^2) + 1/(D_2^2)$ ； $D_1$  為居所與核一廠之距離公里數， $D_2$  為同一居所與核二廠之距離公里數。附表八是過去有關金山居民周邊血液型態各相關因子之多變項對數迴歸分析的結果。由此表可知 Hb, HCT, PLT, WBC, RBC 和暴露量替代值  $1/(D_1^2) + 1/(D_2^2)$  有明顯正相關。例如

暴露量替代值增加一單位，PLT 即增加  $209 \times 10^3 / \mu\text{l}$ 。居民住得愈近，其血液中之 Hb, PLT, WBC 和 RBC 即可能增加。根據更詳細分析，這些相關值在男性更明顯，尤其是抽煙的男性。對女性而言，只有 HCT 和 PLT 有顯著相關。這種關係甚為明顯( $p < 0.001$ )，由單純機會造成的可能性不大，但是距離電廠遠近是否可視為輻射暴露量之多寡則存疑，故微量增加的輻射暴露是否真的有 Hormetic Effect(保護或增益作用)亦存疑，是一個值得進一步探討的題目。

我們目前雖然無法解釋上述血液型態學的變化，但這是一個有趣現象，我們一方面想對這種現象做進一步求證，一方面想了解這種現象是否有健康意義，因此計畫第一年，先做金山國中學童全面性血液形態學之調查，同時經由原能會核能所物理保健組之協助製作熱發光計量劑 TLD 發放給學童在家戶中測量其環境輻射暴露值，以進一步探討輻射暴露與血液形態學間之關連。

第二年我們延續第一年再對金山國中學童發放 TLD 計量劑置於家中，從 87 年 10 月至 11 月兩個月期間，測量其環境輻射暴露值在不同季節的變動性，並與 87 年春天 4-5 月的測量值比較，吾人同時亦對核一廠所在地石門鄉之石門國中學童住家及對照組板橋市江翠國中學童住家亦同時發放 TLD 計量劑，以確定是否金山地區住家環境輻射暴露值並沒有顯著增高，同時並進一步釐清環境輻射暴露量與學童血液形態學間之關係。

## 材料與方法

1. 住戶輻射量之偵測：本年度計畫繼續以原能會核能研究所物理保健組協助製造之熱發光計量劑 TLD 發放給金山國中學童 600 位，由 87 年 10 月至 11 月共置放兩個月後收回，再送到核能所判讀其家中環境輻射暴露值，同時亦抽樣石門鄉石門國中 100 位學童及板橋市江翠國中 200 位學童家中分別置放 TLD 兩個月。以比較各地區學童家中環境暴露值之差異。兩個月後分別收回 TLD 劑，共有金山國中 573 位，石門國中 81 位及江翠國中 154 位繳回 TLD 劑以供判讀。
2. 週邊血液形態學分析：對於繳回 TLD 之金山國中學童，徵求其父母親及學童之同意分別再抽血做白血球及血小板之測量，同時亦徵求其父母親是否同意亦做抽血檢查，總共獲得 456 學童之血液值及 441 位父母親之血液形態學之數值，與其家戶輻射量數值來做相關分析。
3. 家戶訪視及環境測定：對於金山學童家 TLD 判讀值較高者，則由研究助理親自前往拜訪家戶做環境觀察，並探求其較高輻射暴露量之可能原因。

## 第二年 結果與討論

表一及圖一、圖二及圖三分別表示金山國中學童、石門國中學童及板橋江翠國中學童住家環境輻射暴露值之分佈圖。由表一可以看到金山地區住家之輻射暴露劑量平均值只有 12.12 毫侖琴，較之板橋地區之 15.01 及石門鄉之 13.91 等更低，故由我們春天及秋天兩次測定金山國中學童住家之環境輻射暴露值皆低於對照地區台北市及板橋市地區住家之輻射暴露值，同樣的核一廠所在地之石門鄉住家之輻射值亦較台北地區為低，此等結果應該可以解釋核一、核二廠地區附近居民並沒有暴露於較高之輻射暴露量。

表二及表三分別為金山國中學童血中白血球數目與血小板數目之分佈，此者與吾人歷年來在金山、萬里及雙溪等鄉鎮國小學童之血液型態學並無任何顯著差異，吾人對學童之白血球數，及血小板數與其家戶中所測得之環境輻射劑量值做進一步相關之分析，並沒有發現此等血液數值分佈與如此低之輻射劑量間有任何相關。(見表四及表五)

表六及表七為吾人家戶訪視中獲得學童家長同意抽血所做的血液形態學的分佈狀況，其各種血球數及血紅素值都在正常分佈範圍內。在家戶訪視中，吾人發現家戶 TLD 測量值較高者大部分都因為 TLD 貼紙置放地點與家中電視機或電腦等位置較近有關，而與家中距核一、核二廠距離並無相關。我們在家訪過程中發現過去研究所發現金山地區成人居民紅血球、血小板數目與其住家距核一、核二廠距離之 hormesis 效應，可能是來自此等地區位於金山鄉周邊之丘陵地帶(亦即較靠近核一、核二廠)其居民平日前往鄉鎮中心求學工作需要較大的運動量，此等運動量可能是造成他們血液中有較高之血紅素及血球值，而非與暴露於低劑量輻射值有關。

吾人在今年度對過去數年所搜集金山萬里等地區居民長期追蹤資料與現有戶政資料再做一次 up-today 的電腦聯繫，此等資料有待在第三年再與衛生署之死亡資料檔及癌症登記資料檔做詳細 linkage 之分析，才能確定有其死亡型態及罹癌機率有無異樣。

表 三 地區學生家戶輻射能量監測值分佈

暴露劑量(30天) (毫侖琴)	研究組				對照組	
	金山國中		石門國中		江翠國中	
	N	%	N	%	N	%
<11	178	31.06	2	2.47	2	1.30
11~11.9	114	19.90	7	8.64	8	5.19
12~12.9	118	20.59	14	17.28	10	6.49
13~13.9	82	14.31	19	23.46	21	13.64
14~14.9	40	6.98	19	23.46	32	20.78
15~15.9	23	4.01	16	19.75	34	22.08
≥16	18	3.14	4	4.94	47	30.52
總計	573	100.00	81	100.00	154	100.00
Mean	12.12		13.91		15.01	
SD	2.05		1.43		2.19	
Minimum	7.86		10.09		1.52	
Maximum	30.31		17.10		24.87	

表二 金山國中學生血中白血球數目之分佈

金山國中							
白血球數 (cumm)	<4800	4800~5499	5500~6399	6400~7599	7600~8599	≥ 8600	
N	45	66	117	119	67	42	456
%	9.87	14.47	25.66	26.10	14.69	9.21	100.00

表三· 金山國中學生血中血小板數目之分佈

金山國中							
血小板數 (105/cc)	<2.1	2.1~2.39	2.4~2.79	2.8~3.19	3.2~3.49	≥3.5	
N	39	65	120	109	64	59	456
%	8.55	14.25	26.32	23.90	14.04	12.94	100.00

表四 學生血中白血球數與家戶輻射能量監測值之相關分佈

金山國中											
暴露劑量(30天 (毫侖琴))	血中白血球數										合計
	<4000		4000~5499		5500~6999		7000~8499		≥8500		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
<11	2	1.24	36	22.36	69	42.86	38	23.60	16	9.94	161
11~11.9	1	1.12	20	22.47	37	41.57	26	29.21	5	5.62	89
12~12.9	1	1.06	25	26.60	33	35.11	23	24.47	12	12.77	94
13~13.9	0	0.00	13	23.64	18	32.73	17	30.91	7	12.73	55
14~14.9	1	3.85	8	30.77	10	38.46	7	26.92	0	0.00	26
15~15.9	1	5.88	1	5.88	10	58.82	5	29.41	0	0.00	17
≥16	1	7.14	1	7.14	5	35.71	4	28.57	3	21.43	14
總計	7		104		182		120		43		456

$X^2=26.03$   $p=0.352$   
 $n=24$

表五 學生血中血小板數與家戶輻射能量監測值之相關分佈

金山國中									
暴露劑量(30天 (毫侖琴))	血中紅血小板數 $\times 10^4$								合計
	<22		22~26.9		27~32.9		$\geq 33$		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
<11	25	15.53	50	31.06	56	34.78	30	18.63	161
11~11.9	6	6.74	26	29.21	39	43.82	18	20.22	89
12~12.9	10	10.64	25	26.60	40	42.55	19	20.21	94
13~13.9	9	16.36	18	32.73	19	34.55	9	16.36	55
14~14.9	1	3.85	8	30.77	9	34.62	8	30.77	26
15~15.9	0	0.00	7	41.18	6	35.29	4	23.53	17
$\geq 16$	1	7.14	4	28.57	5	35.71	4	28.57	14
總計	52		138		174		92		456

$X^2=14.728$   $p=0.681$   
 $n=18$

表六

金山國中學童父親血液型態分佈

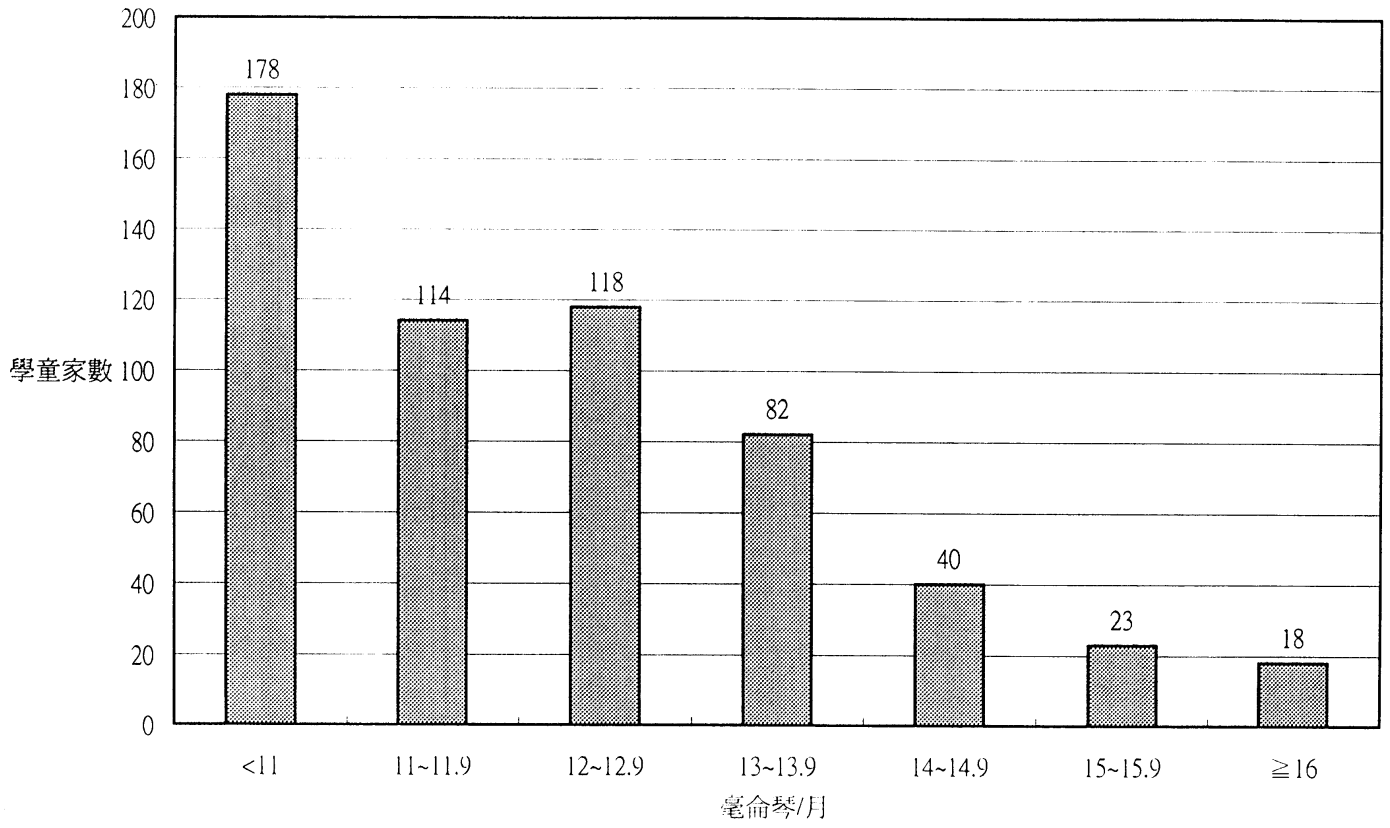
Variable	N	Mean	Std Dev
WBC ( $\times 10^4$ )	219	6.69	1.66
RBC ( $\times 10^6$ )	219	4.92	0.47
HGB (8 m/dl)	219	14.73	1.16
HCT	219	43.62	3.22
MCV	219	89.10	7.23
MCH (%)	219	30.14	3.02
MCHC (%)	219	33.78	1.32
PLT ( $\times 10^3$ )	218	229.17	53.78

表七

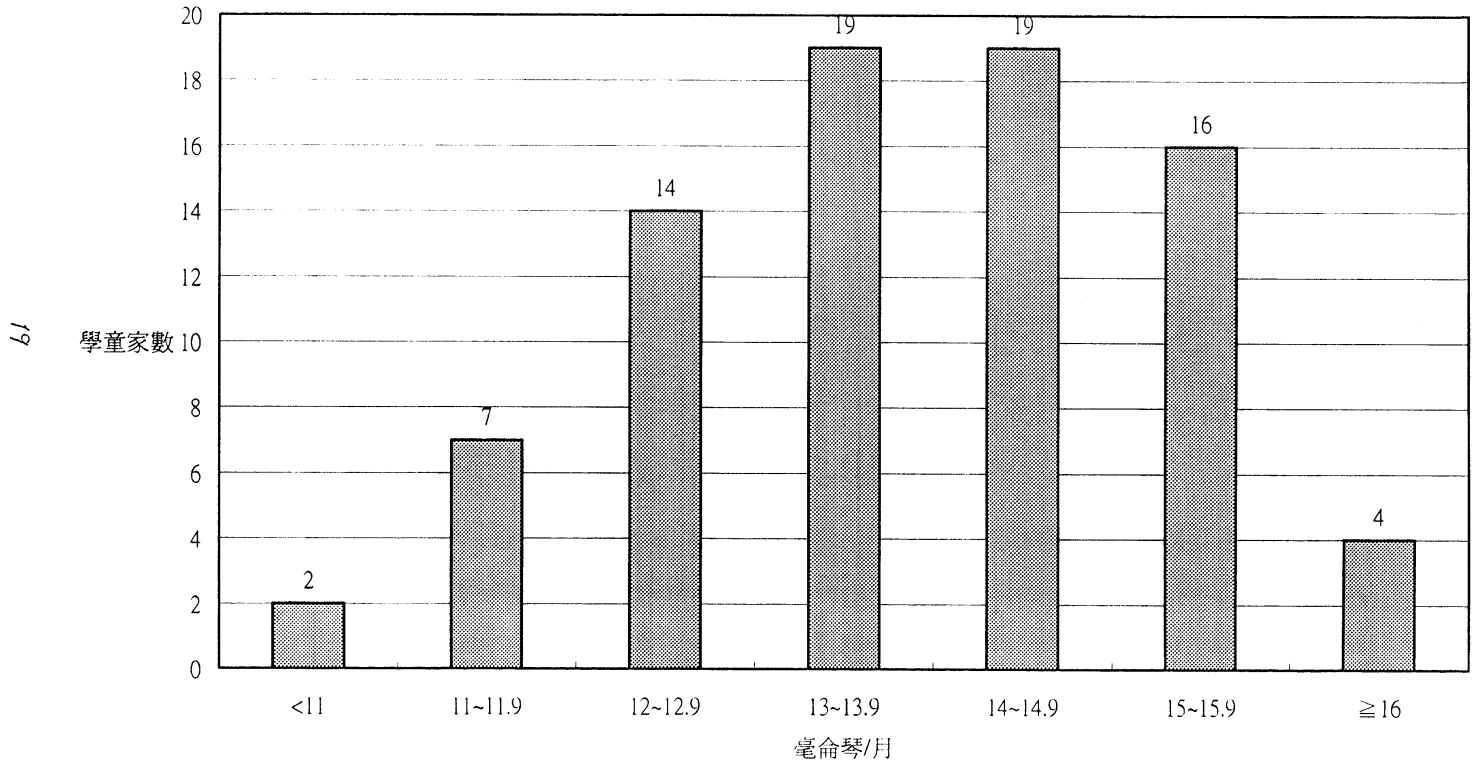
金山國中學童母親血液型態分佈

Variable	N	Mean	Std Dev
WBC ( $\times 10^4$ )	222	5.88	1.45
RBC ( $\times 10^6$ )	222	4.32	0.40
HGB (9 m/dl)	222	12.51	1.30
HCT	222	37.66	3.24
MCV	222	87.57	7.33
MCH (%)	222	29.11	3.23
MCHC (%)	222	33.17	1.50
PLT ( $\times 10^3$ )	222	246.76	57.65

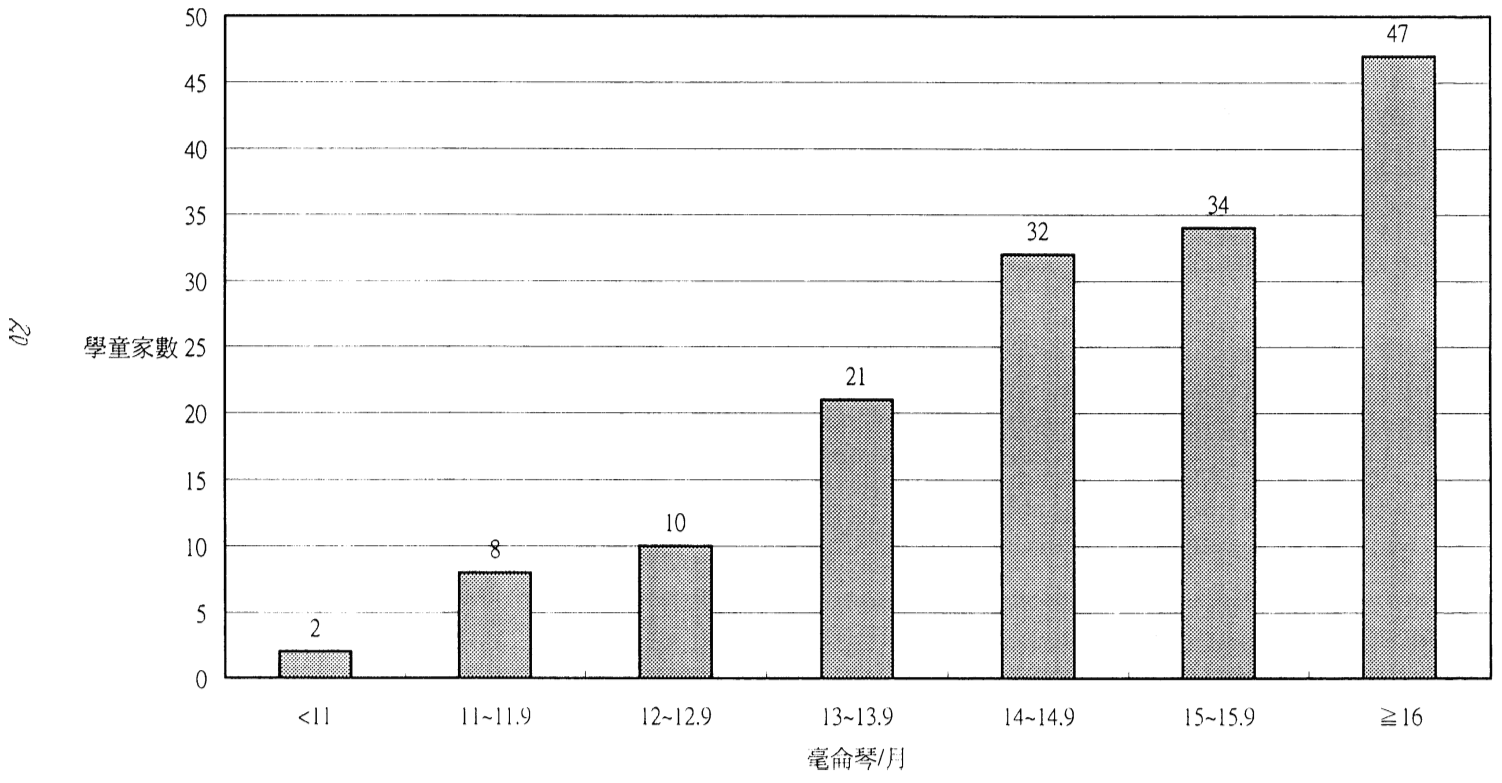
圖一 金山國中學童居家輻射劑量分佈



圖二 石門國中學童居家輻射劑量分佈



圖三 江翠國中學童居家輻射劑量分佈



## 參考文獻

1. Carman R-D; Miller-A, Radiology, Vol.3, No.5, P.408-419 (1987)
2. Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment . Second report, London: Her Majesty's Stationary Office (1989).
3. Cook-Mozaffari-PJ; Darby-SC; Doll-R, "Cancer near potential sites of nuclear installations," Lancet 2: 1145-1147 (1989b).
4. Cook-Mozaffari-PJ; Darby-SC; Doll-R; Forman-D; Hermon-C; Pick-MC; Vincent-T, "Geographical variation in mortality from leukemia and other cancers in England and Wales in relation to proximity to nuclear installations 1969-1978," BR. J. Cancer 59: 476-485 (1989a).
5. Darby-S; Doll-R, "Fallout radiation doses near Dounreay and childhood leukemia," Br. Med. J. 294: 603-607 (1987).
6. Doll-R, "The epidemiology of childhood leukaemia," J. R. Stat. Soc. A. 152 ( Part 3 ) :31-351 (1989).
7. Forman-D; Cook-Mozaffari-P; Darby- S; Davey-G; Stratton-I; Doll-R; Pike-M, " Cancer near nuclear installations," Nature 329:499-505 (1987).
8. Gardner-MJ, "Review of reported increases of childhood cancer rates in the vicinity of nuclear installations in the UK," J. R. Stat. Soc. A 152 ( Part 3 ) :307-325 (1989).
9. Goldsmith-JR, "Childhood leukemia mortality before 1970 among populations near two U.S. nuclear installations," Lancet 2:1443-1444;1989b.(1989)
10. Hatch-MC.; Beyea-J; Nieves-JW; Susser-M, "Cancer near the Three Mile Island nuclear plant," Am. J. Epidemiol. 132:397-417 (1990).
11. Hatch-MC; Wallensten-S; Beyea-J; Nieves-JW; Sussr-M, " Cancer rates after the Three Mile Island nuclear accident and proximity of residence to the plant," Am. J. Publ. Health 81:719-724 (1991).
12. Hatch-MC; Beyea-J; Nieves-JW; Susser-M, "Canver near the Three Mile Island nuclear plant radiation emissions ," Am. J. Epidemiology; 1990. Sept. 132 ( 7 ) ,P.397-412(1990).
13. Herman Cember, "Introductin to Health Physics," Ch.7, P.177-199 , 2nd ed (1983). Jurgen

- Kiefer,"Biological Radiation Effects," Springer-Verlag (1990).
14. Kinlen-LJ, " The relevance of population mixing to the etiology of childhood leukemia. In: Medical responses to effects of ionizing radiation," London: Elsevier (1989).
  15. Klema-E;Shihab-Eldin-A; Wilson-R," Some claims of unusually large effects of radiation," Cambridge, MA: Energy and Environmental Policy Center and Department of Physics, Harvard University (1989).
  16. National Academy of Sciences;National Research Council, "Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation. The Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V)," Washington,DC; National Academy Press (1990).
  17. National Council on Radiation Protection and Measurements , "Exposure of the population in the United States and Canada from natural background radiation" Bethesda. MD; NCRP; NCRP Report No.94;1987b.(1987)
  18. Preston-DL; Kato-H; Kopecky-KJ; Fujita-S, " Studies of the mortality estimates in the atomic bomb survivors," Radiat. Res. 114: 437-466 (1987).
  19. Savitz-DA;Chen-J,"Parental occupation and childhood cancer: Review of epidemiologic studies," Environ. Health Perspect. 88:325-337 (1990).
  20. Shleien-B; Ruttenber-AJ; Sage-M, "Epidemiologic studies of cancer in populations near nuclear facilities," Health-Phys. 61(6): 699-713 (1991).
  21. Stather-JW;Clarke-RH.;Duncan-KP,"The risk of child- hood leukemia near nuclear establishments," Chilton, Didcot. Oxon: National Radiological Protection Board; NRPB-R215;January (1988).
  22. Stevens-W; Thomas-DC;Lyons-JL;Till-JE;Kerber-RA; Simon-SL;Lloyd-RD;Elghany-NA;Prest on-Martin-S," Leukemia in Utah and radioactive fallout from the Nevada Test Site," JAMA 264:585-591 (1990).
  23. Taylor-D; Wilkie-D,"Drawing the line with leukaemia," New Scientist; 21 July 1988:53-65.(1988)
  24. Viel-JF; Richardson-SI-T," Childhood leukemia around the La Hague nuclear waste reprocessing plant," Br. Med. J. 300:580-581:(1990).
  25. Wheldon-T-KE,"The assessment of risk of radiation-induced childhood leukemia in the vicinity of nuclear installations," J. R. Stat. Soc. A152 ( part 3 ) : 327-339 (1989).

附表一

Epidemiologic studies of populations near the  
Sellafield nuclear facility  
(Sellafield 核子設施附近族群流行病學研究)  
Type: reprocessing/reactor(循環反應器)  
Start-up: 1950

文獻 Reference	研究類型 Study type	癌症 Cancers	年代 Years	劑量 Dose
Craft and Birch(1983)	族群發生率	全部惡性	1968-82	Geopolitical
Black(1983)	族群發生率 和死亡率 ( R )	多發性	1959-82	Geopolitical
Cardner and Winter (1984)	族群死亡率	多發性的	1959-78	Geopolitical
Grquhart et al.(1984)	族群發生率 和死亡率	多發性的	1963-82	Geopolitical
Gardner et al.(1987a)	世代死亡率	多發性的	1950-83	Geopolitical
Gardner et al.(1987b)	世代死亡率	多發性的	1955-86	Geopolitical
Gardner et al.(1990a.b)	病例對照	白血病 淋巴瘤	1950-85	Dose + surrogate

( R )=review article:all others are original analyses.

(文獻回顧：其他均是原始分析)

## 附表二

Epidemiologic studies of populations near the  
 Altermaston and Burghfield nuclear facilities  
 (Altermaston 和 Burghfield 核子設施附近族群流行病學研究)  
 Type: weapons production(武器產品)  
 Start-up: 1952(Aldermaston): 1962(Burghfield)

文獻 Reference	研究類型 Study type	癌症 Cancers	年代 Years	劑量 Dose
Barton et al.(1985)	族群發生率	小兒白血病	1972-84	Geopolitical
Grquhart et al.(1986)	族群發生率	白血病 淋巴瘤	1971-81	Geopolitical
Roman et al.(1987)	族群發亡率	小兒白血病	1972-85	Geopolitical /distance
COMARE(1989)	族群發生率 和死亡率(R)	多發性的	1961-85	Geopolitical /distance

(R)=文獻回顧：其他均是原始分析。

## 附表三

Epidemiologic studies of populations near the  
 Dounreay nuclear facility  
 (Dounreay 核子設施附近族群流行病學研究)  
 Type: reprocessing/fast reactor(快速反應器)  
 Start-up: 1958

文獻 Reference	研究類型 Study type	癌症 Cancers	年代 Years	劑量 Dose
Heasman et al.(1986)	族群發生率	白血病 淋巴瘤	1968-84	Geopolitical /distance
Darby and Doll.(1987)	族群發生率 和死亡率(R)	白血病	1968-84	Geopolitical distance
COMARE(1988)	族群發亡率 (R)	白血病	1968-84	Geopolitical /distance
Urquhart et al.(1991)	病例對照	白血病 淋巴瘤	1970-86	Geopolitical

(R)=文獻回顧：其他均是原始分析。

## 附表四

Epidemiologic studies of combined populations near  
nuclear facility in the United Kingdom  
(英國地區核子設施附近各種族群之流行病學研究)  
Type: multiple  
Start-up: 1939-1971

地區/文獻 <i>Region/Reference</i>	Number of <i>Facilities</i>	研究類型 <i>Study type</i>	癌症 <i>Cancers</i>	年代 <i>Year</i>	劑量 <i>Dose</i>
England and Wales (英格蘭、威爾斯)					
Baron (1984)	14	族群死亡率	多發性的	NS	Geopolitical / distance
Beral (1987)	14	族群發生率 和死亡率	白血病和 全癌症	1959-80	Geopolitical / distance
Ewing et al (1989)	1	族群發生率	白血病 淋巴瘤	1959-86	Geopolitical /
Cook-Mozaffari et al (1987)	15	族群發生率 和死亡率	多發性的	1959-80	Geopolitical / distance
Forman et al (1987)	15	死亡率	多發性的	1969-78	Geopolitical / distance
Cook-Mozaffari et al (1989 a)	15	族群相對 危險性	多發性的	1969-78	Geopolitical / distance
Cook-Mozaffari et al	8	族群死亡率	多發性的	1969-78	Geopolitical / distance
Scotland (蘇格蘭)					
Gillis and Hole (1984)	NS	族群死亡率	小兒白血病	1969-83	Geopolitical
Heasman et al (1984)	3	族群發生率	小兒白血病	1968-81	Geopolitical / distance
Hole and Gillis (1986)	4	族群發生率	小兒白血病	1968-85	Geopolitical

NS = not stated.

附表五

Epidemiologic studies of populations near nuclear weapons plants in the United States.

(美國地區核子武器製造廠附近族群流行病學研究)

Type: weapons production(武器產品)

Start-up: see table

Facility [ start date ] Reference	研究類型 Study type	癌症 Cancers	年代 Years	劑量 Dose
Oak Ridge(1943)				
Moshman and Holland (1949)	族群發生率	多發性癌症	1949	Geopolitical
Patrick(1977)	族群發生率	全癌症	1929-71	Geopolitical
Goldsmith(1989a.b)	族群死亡率	小兒白血病	1950-79	Geopolitical
Hanford(1944)				
Padeley(1965)	粗劑量反應	全癌症	1959-64	Geopolitical
Bailar and Young (1966)	族群死亡率	白血病 全癌症	1934-63	Geopolitical
Goldsmith(1989b)	族群死亡率	小兒白血病	1950-79	Geopolitical
Rocky Flats(1951)				
Johnson(1981)	族群發生率	多發性癌症	1969-71	Soil plutonium exposure
Crump et al.(1987)	族群發生率	多發性癌症	1969-81	Soil plutonium

Area-based data are not age-adjusted

(地區性資料並無調整年齡)

## 附表六

Epidemiologic studies of populations exposed to fallout  
 from the Nevada Test Site(1951-1962).United States  
 (美國 Nevada 測試場(1951-1962)輻射塵暴露的族群流行病學研究)  
 Type: weapons test site(武器測試場)  
 Start-up: 1951

文獻 Reference	研究類型 Study type	癌症 Cancers	年代 Years	劑量 Dose
Lyon et al.(1979,1980)	族群死亡率	小兒白血病 和其他小兒 癌症	1944-75	Fallout Maps geopolitical
Johnson(1984)	世代發生率	多發性癌症	1958-80	Geopolitical
Land et al.(1984)	族群死亡率	多發性小兒 癌症	1950-78	Fallout Maps geopolitical
Machado et al.(1987)	族群死亡率	多發性癌症	1955-80	Fallout Maps geopolitical
Stevens et al.(1990)	病例對照	白血病	1952-1981	Individual dose

附表七

Epidemiologic studies of populations near nuclear power plants in the United States.

(美國地區核電場附近族群之流行病學研究)

Type:nuclear power plants(核電場)

Start-up : (see table)

文獻 Reference(start date)	研究類型 Study type	癌症 Cancers	年代 Years	劑量 Dose
Lambert and Cornell(1980) Big Rock Point Michigan(1963)	族群死亡率 周產期 結果	白血病 淋巴瘤 惡性腫瘤	1950-71	Geopolitical /distance
Enstrom(1983). San Geopolitical Oonfre. California(1968)	族群死亡率	白血病 肺癌 其它癌症 惡性腫瘤	1960-78	
Clapp et al.(1987)Pilgrim Massachusetts(1972)	族群發生率	白血病	1982-84	Geopolitical
Poole et al.(1988)Pilgrim Massachusetts(1972)	族群發生率	白血病	1985-86	Geopolitical
Hatch et al.(1990). Three Mile Island.,PA (1978)	以暴露模式 的族群與病 例對照分析 法	白血病 淋巴瘤 全癌症 惡性腫瘤	19775-85	Geopolitical

## 附表八

parameter estimates and standard errors (in parentheses) of multiple regression analyses : age, sex (male=1, female=0), daily number of cigarette smoking, daily number of drink, and radiation exposure ( $1/D_{1i}^2 + 1/D_{2i}^2$ ) related to blood cells counts and other blood characteristics aged 35 and above in Chin-Shan community, Taiwan.

Blood Component	Intercept	Age	Sex	Smoking	Drinking	$1/D_{1i}^2 + 1/D_{2i}^2$
Hb, g/dl	13.9 (0.14)	-0.02*** (0.002)	1.48*** (0.07)	0.23** (0.07)	0.28** (0.07)	2.86*** (0.82)
HCT, %	42.6 (0.48)	-0.05*** (0.007)	4.10*** (0.23)	0.55* (0.24)	0.43 (0.23)	11.3*** (2.72)
MCV, fl	87.8 (0.72)	0.07*** (0.01)	0.001 (0.34)	1.53 (0.35)	1.34*** (0.34)	1.74 (4.07)
MCH, pg	29.1 (0.46)	0.012 (0.007)	0.27 (0.22)	0.65** (0.23)	0.76*** (0.22)	-3.29 (2.63)
MCHC, g/dl	33.1 (0.44)	-0.011 (0.006)	0.29 (0.21)	0.13 (0.21)	0.34 (0.21)	-3.91 (2.48)
PLT, $10^3/\text{ul}$	290.1 (7.76)	-0.62*** (0.12)	-11.1** (3.65)	-6.03 (3.81)	0.59 (3.70)	208.7*** (44.1)
WBC, $10^3/\text{ul}$	5.86 (0.16)	-0.004 (0.002)	0.26*** (0.07)	0.46*** (0.08)	-0.18 (0.08)	4.66*** (0.90)
RBC, $10^6/\text{ul}$	4.86 (0.06)	-0.009*** (0.001)	0.44*** (0.03)	-0.03 (0.03)	-0.02 (0.03)	1.16*** (0.32)

$D_1$  and  $D_2$  distances between a study participant's home and nuclear power plants 1 and 2, respectively; Hb., hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; PLT, platelet; WBC, white blood cell; RBC, red blood bell.

\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$

附表九、1995年金山、萬里、三芝、石門四鄉國小一、二年級  
學童血液檢查值分佈狀況

	男性 (n=534)				女性 (n=482)			
	平均數	標準差	最大值	最小值	平均數	標準差	最大值	最小值
WBC	6.9	1.68	12.4	3.1	6.8	2.17	32.0	3.0
RBC	4.4	0.41	6.2	3.1	4.3	0.42	6.3	2.6
HGB	12.2	1.03	16.2	9.1	12.1	1.15	17.7	7.4
HCT	37.1	2.86	47.6	27.3	36.8	2.97	47.6	22.3
MCV	84.1	5.66	100.0	59.4	85.1	5.96	98.6	54.7
MCH	27.9	2.70	39.2	16.7	28.1	2.78	38.0	16.6
MCHC	33.1	1.85	39.2	24.5	33.1	2.60	71.7	26.0

附表十、1996年雙溪、貢寮兩鄉國小一、二年級學童血液檢查值  
分佈狀況

	男性 (n=103)				女性 (n=86)			
	平均數	標準差	最大值	最小值	平均數	標準差	最大值	最小值
WBC	7.8	2.07	19.6	4.3	7.7	1.77	13.2	4.4
RBC	4.6	0.39	6.2	3.9	4.5	0.31	5.8	3.9
HGB	12.7	0.80	14.7	10.4	12.8	0.74	14.3	11.1
HCT	36.5	2.03	41.4	31.6	36.9	2.02	41.3	31.5
MCV	79.6	5.82	88.0	58.0	83.1	4.18	90.0	63.0
MCH	27.8	2.39	31.0	19.0	28.7	1.68	33.0	21.0
MCHC	35.4	5.00	84.7	31.9	34.7	0.72	36.5	33.0

# 第一年研究結果

表一 ~ 表六

圖一及圖二

表一、1997年金山國中學生體位資料調查

項目	一年級		二年級		三年級	
	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD
男性						
N	134		203		151	
Blood pressure (mmHg)						
Systolic	102.0	11.05	109.4	12.25	109.8	11.77
Diastolic	63.5	7.85	65.7	8.32	68.8	7.66
Body weight (kg)	46.1	11.83	52.6	10.31	56.9	10.43
Body height (cm)	157.3	9.405	164.6	6.59	168.0	7.14
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	18.4	3.15	19.3	3.11	20.1	2.90
女性						
N	165		181		174	
Blood pressure (mmHg)						
Systolic	100.8	9.98	105.0	11.35	103.8	11.76
Diastolic	64.3	7.30	64.7	8.46	66.7	8.71
Body weight (kg)	46.5	8.66	48.6	7.86	51.0	8.74
Body height (cm)	156.1	5.65	157.8	5.70	158.5	5.61
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	19.0	3.10	19.5	2.95	20.3	3.19

表二、1997年金山國中學生血球檢查值調查（一）

項目	年級	一年級		二年級		三年級	
		Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD
男性							
N		134		203		151	
WBC (103/ $\mu$ l)		6.2	1.33	6.4	1.40	6.3	1.61
NEUT (103/ $\mu$ l)		3.3	1.04	3.4	1.10	3.4	1.36
LYMPH (103/ $\mu$ l)		2.1	0.45	2.2	0.52	2.1	0.52
MONO (103/ $\mu$ l)		0.4	0.12	0.4	0.18	0.4	0.20
RBC (106/ $\mu$ l)		4.8	0.37	5.0	0.43	4.9	0.39
女性							
N		165		181		174	
WBC (103/ $\mu$ l)		6.7	1.53	6.8	1.72	6.7	1.75
NEUT (103/ $\mu$ l)		3.8	1.38	3.9	1.48	4.0	1.51
LYMPH (103/ $\mu$ l)		2.2	0.49	2.1	0.48	2.1	0.51
MONO (103/ $\mu$ l)		0.4	0.13	0.4	0.22	0.4	0.19
RBC (106/ $\mu$ l)		4.6	0.36	4.7	0.46	4.5	0.40

WBC: white blood cell; RBC: red blood cell; HGB: hemoglobin; HCT: hematocrit;  
 NEUT: Neutrophile; LYMPH: Lymphocyte; MONO: Monocyte;

表三、1997年金山國中學生血液檢查值調查 (二)

項目	年級	一年級		二年級		三年級	
		Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD
男性							
N		134		203		151	
HGB (g/dl)		13.5	0.96	13.9	0.93	13.4	1.23
HCT (%)		39.9	2.25	41.4	2.56	41.4	3.32
MCV (fl)		82.7	5.61	83.3	5.65	85.1	6.00
MCH (pg)		27.9	2.47	28.0	2.53	27.4	2.84
MCHC (g/dl)		33.7	1.12	33.6	1.37	32.2	1.96
PLT( $10^3/\mu l$ )		282.7	57.45	285.0	73.15	252.1	66.98
女性							
N		165		181		174	
HGB (g/dl)		13.1	0.82	13.1	1.07	12.3	1.05
HCT (%)		39.1	1.95	39.2	2.41	38.3	2.40
MCV (fl)		84.7	5.61	84.4	6.42	86.1	6.08
MCH (pg)		28.4	2.35	28.2	2.80	27.6	2.66
MCHC (g/dl)		33.4	1.04	33.4	1.24	32.1	1.56
PLT( $10^3/\mu l$ )		298.9	91.17	281.0	63.57	265.5	63.17

HGB: Hemoglobin; HCT: Hematocrit; MCV: mean corpuscular volume;

MCH: mean corpuscular hemoglobin;

MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration; PLT: platelet

表四、居家輻射劑量與其距核一廠、核二廠距離間的頻率分佈

輻射量測定值 (毫侖琴)	$A=(1/R_1^2)+(1/R_2^2)$					N
	<0.05	0.05-0.075	0.075-0.1	0.1-0.125	$\geq 0.125$	
dose < 10	2	3	12	2	1	20
$10 \leq \text{dose} < 11$	4	1	12	5	5	27
$11 \leq \text{dose} < 12$	4	1	7	2	2	16
$12 \leq \text{dose} < 13$			6	2		8
$13 \leq \text{dose}$		1	3		1	5
合 計	10	6	40	11	9	76

ps:  $R_1^2$ 、 $R_2^2$ 分別代表學童家戶所在地與核一廠、核二廠間的距離（公里）

簡單迴歸模式： $\text{Dose}=10.81-0.49(A)$ ， $r^2=0.0001$

表五、學生住家地點距核一廠、核二廠間的距離與其血液檢查值間的關係

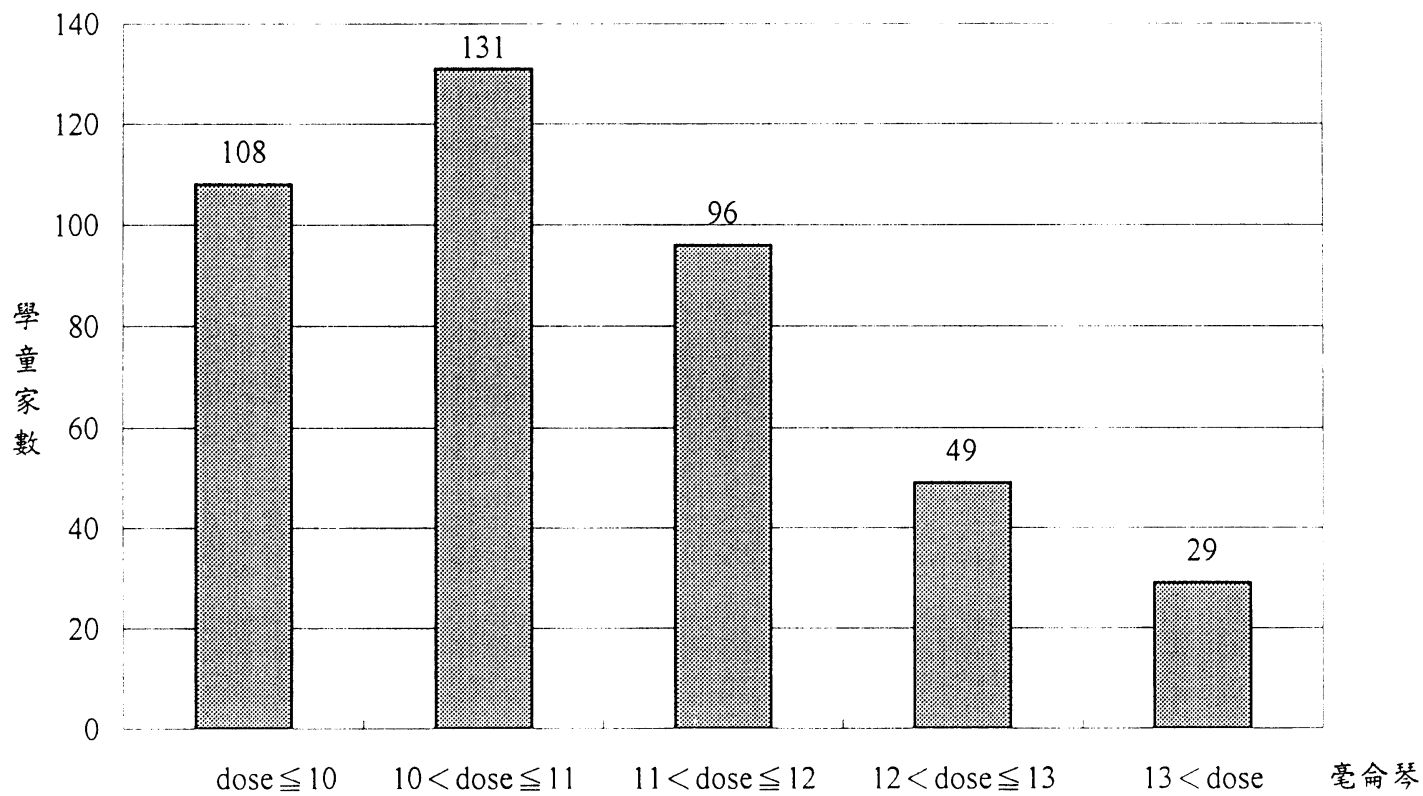
	A=(1/R <sub>1</sub> <sup>2</sup> )+(1/R <sub>2</sub> <sup>2</sup> )						ANOVA P value
	<0.075		0.075-0.1		≥0.1		
	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD	
男性 (N=64)							
N	18		32		14		
WBC	6.4	1.5	6.2	1.2	6.2	1.3	0.820
RBC	4.8	0.4	4.9	0.4	5.0	0.6	0.518
HGB	13.6	0.9	14.0	1.0	13.9	0.7	0.379
HCT	40.3	2.3	41.0	3.2	41.5	2.3	0.450
PLT	289.1	73.5	286.1	130.4	275.2	52.9	0.930
女性 (N=63)							
N	16		33		14		
WBC	6.3	1.3	6.6	15.0	6.8	2.4	0.650
RBC	4.3	0.4	4.6	0.3	4.9	0.6	0.002
HGB	12.5	1.3	13.0	1.1	12.6	1.0	0.288
HCT	37.7	2.0	38.9	2.0	38.2	1.9	0.132
PLT	292.8	102.6	310.4	112.0	279.5	61.4	0.610

ps: R<sub>1</sub><sup>2</sup>、R<sub>2</sub><sup>2</sup>分別代表學童家戶所在地與核一廠、核二廠間的距離 (公里)

表六、學生住家之輻射劑量與其血液檢查值之關係

	輻射量測定值 (毫侖琴)								ANOVA P value
	dose $\leq$ 10		10 < dose $\leq$ 11		11 < dose $\leq$ 12		13 < dose		
	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD	
男性 (N=183)									
N	46		60		43		34		
WBC	6.3	1.2	6.3	1.5	6.2	1.5	6.6	1.5	0.65
RBC	5.0	0.4	4.9	0.5	4.9	0.4	5.0	0.5	0.67
HGB	13.6	1.1	13.7	1.0	13.8	1.0	13.9	0.9	0.47
HCT	40.7	2.4	40.7	2.5	40.9	2.3	41.1	3.2	0.91
PLT	269.8	44.3	289.1	103.3	269.4	55.0	281.2	64.0	0.47
女性 (N=230)									
N	62		71		53		44		
WBC	6.9	1.5	6.5	1.6	7.0	1.9	6.7	1.8	0.27
RBC	4.7	0.4	4.7	0.5	4.7	0.4	4.6	0.4	0.66
HGB	13.1	0.9	13.0	1.0	13.0	1.0	13.0	1.3	0.87
HCT	39.3	2.1	39.0	2.2	39.0	2.3	38.9	3.2	0.87
PLT	300.9	83.3	285.2	98.1	293.6	65.6	278.2	59.4	0.49

圖一、1998年金山國中學童居家輻射劑量分佈圖



圖二、1998年台北地區國中學童居家輻射劑量分佈圖

