

非游離輻射

Non-ionizing Radiation

李中一

輔仁大學醫學院公共衛生學系 教授

(民國93年3月)

本章主題

- 前言
- 非游離輻射的定義
- 環境中非游離輻射的來源
- 環境中非游離輻射的暴露概況
- 非游離輻射的生物效應
- 非游離輻射的管制標準
- 避免過度暴露於非游離輻射的策略
- 聯合國世界衛生組織（WHO）國際電磁波計畫
- 結語

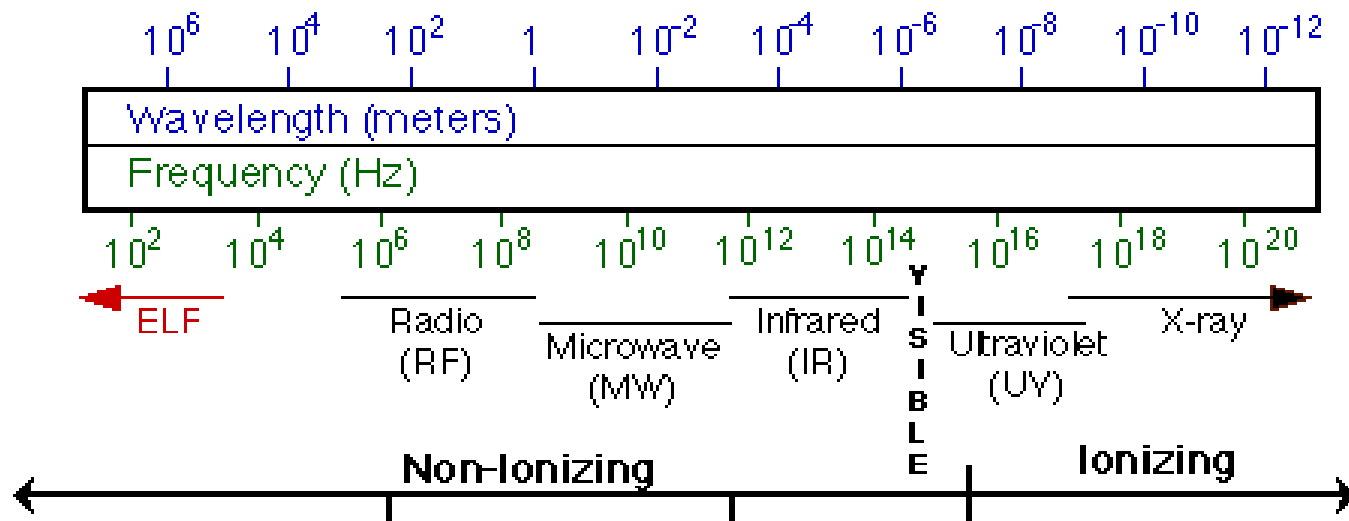
前言

- 輻射（radiation）是傳遞或發射能量的一種方式，依照其能量的大小可以區分為游離輻射（ionizing radiation）與非游離輻射（non-ionizing radiation）。
- 游離輻射本身具有較高的能量，因此若使用或防護不慎則可能會造成人體健康上的不良效應，對於這一點科學研究已經提供了許多明確的證據；但是到目前為止，科學研究仍然無法全然知悉非游離輻射對生物體或人類的健康效應。

非游離輻射的定義

- 非游離輻射多屬能量小於10電子伏特（eV）的電磁波，具備10電子伏特的電磁波其頻率約為 2.4×10^{15} 赫（Hz），其波長則約為0.124微米（ μm ）。由於此等輻射所具有的能量並不足以使原子產生離子或自由基，因此稱之為非游離輻射，包括：
 - 紫外線（主要是波長在200 奈米（nm）以上的部分）
 - 可見光
 - 紅外線
 - 微波與射頻輻射
 - 極低頻電磁場
 - 靜電場

非游離輻射在電磁波譜上的位置



非游離輻射在電磁波譜上的相對位置

(資料來源 <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/powerlines-cancer-FAQ/toc.html#spectrum>)

非游離輻射之波長與頻率範圍

種類	波長	頻率
部份紫外線	200—400 nm	7.5×10^5 — 1.5×10^6 GHz
可見光	400—700 nm	4×10^5 — 7.5×10^5 GHz
紅外線	700 nm—1 mm	300 GHz— 4×10^5 GHz
微波	1 mm—1 m	300 MHz—300 GHz
射頻輻射	1 m—100 km	3 kHz—300 MHz
極低頻電磁場	1,000 —10,000 km	30—300 Hz

nm = 10^{-9} 公尺；mm = 10^{-3} 公尺；km = 10^3 公尺；kHz = 10^3 赫；MHz = 10^6 赫；GHz = 10^9 赫

決定非游離輻射能量的因素

電磁波的能量高低由其頻率所決定：

- $C = \text{quantum speed} = 3 \times 10^8 \text{ m/sec} = \lambda \times f$
- $E = \text{radiant energy of quantum} = h \times f$

$h = 6.625 \times 10^{-27} \text{ erg-sec}$ (Plank's constant)

$\lambda = \text{波長 (公尺)}$

$\nu = \text{頻率 (赫)}$

決定非游離輻射能量的因素

- 電磁輻射中輻射頻率愈高的部份其所產生的能量也就愈大，所以低頻率的紫外線是非游離輻射中能量最高的部份，而射頻輻射與極低頻電磁場則是屬於能量較低的非游離輻射。
- 非游離輻射與人體組織接觸時可以因為被組織吸收而產生熱，因此局部的高溫也可能因此而造成身體特定部位的傷害（如皮膚、眼睛），這也是現今已知生物體暴露於非游離輻射所產生主要的生物及健康效應。

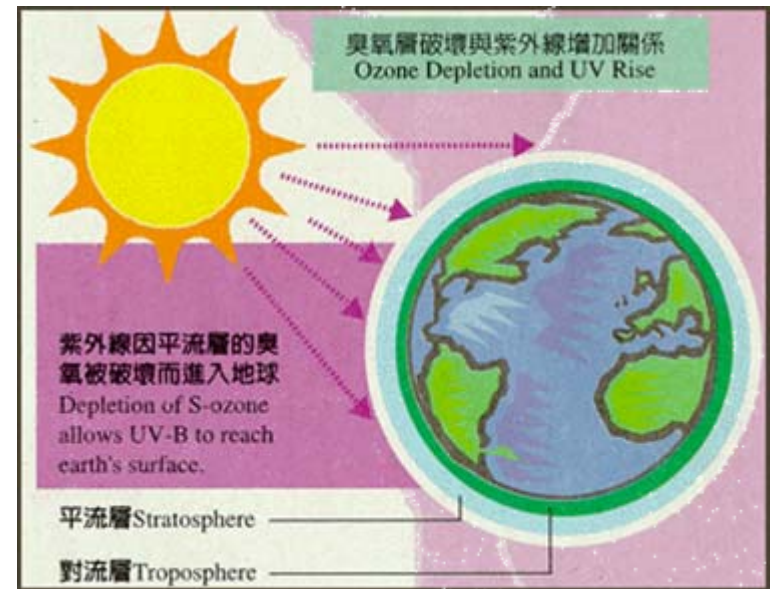
各種游離輻射的環境來源

紫外線的環境來源

- 紫外線在環境中的主要來源為太陽光，但多屬低強度的範圍；工業製程則經常是產生高強度紫外線的來源，例如，白熱型燈具、電焊、以及電弧都是紫外線主要的工業來源。
- 紫外線通常又被區分為三部分：
 - 近紫外線：波長介於320—400 nm
 - 遠紫外線：波長介於200—320 nm
 - 真空近紫外線：波長小於200 nm
- 由於不同波長紫外線所引起的生理效應不同。

紫外線的環境來源

- 人類於日常生活中所能接觸到的紫外線大多屬於近紫外線，這是因為波長295 nm以下的紫外線（屬於遠紫外線的範圍）多被大氣所吸收而無法到達地面。
- 由於大氣層日漸遭受人類活動的破壞，地球上某些地區上空的大氣層甚至日漸喪失過濾遠紫外線的功能，此現象也導致地球上某些地區的遠紫外線強度增加，這也導致人類過度暴露於紫外線的機率。（右圖取自環保署網站資料）



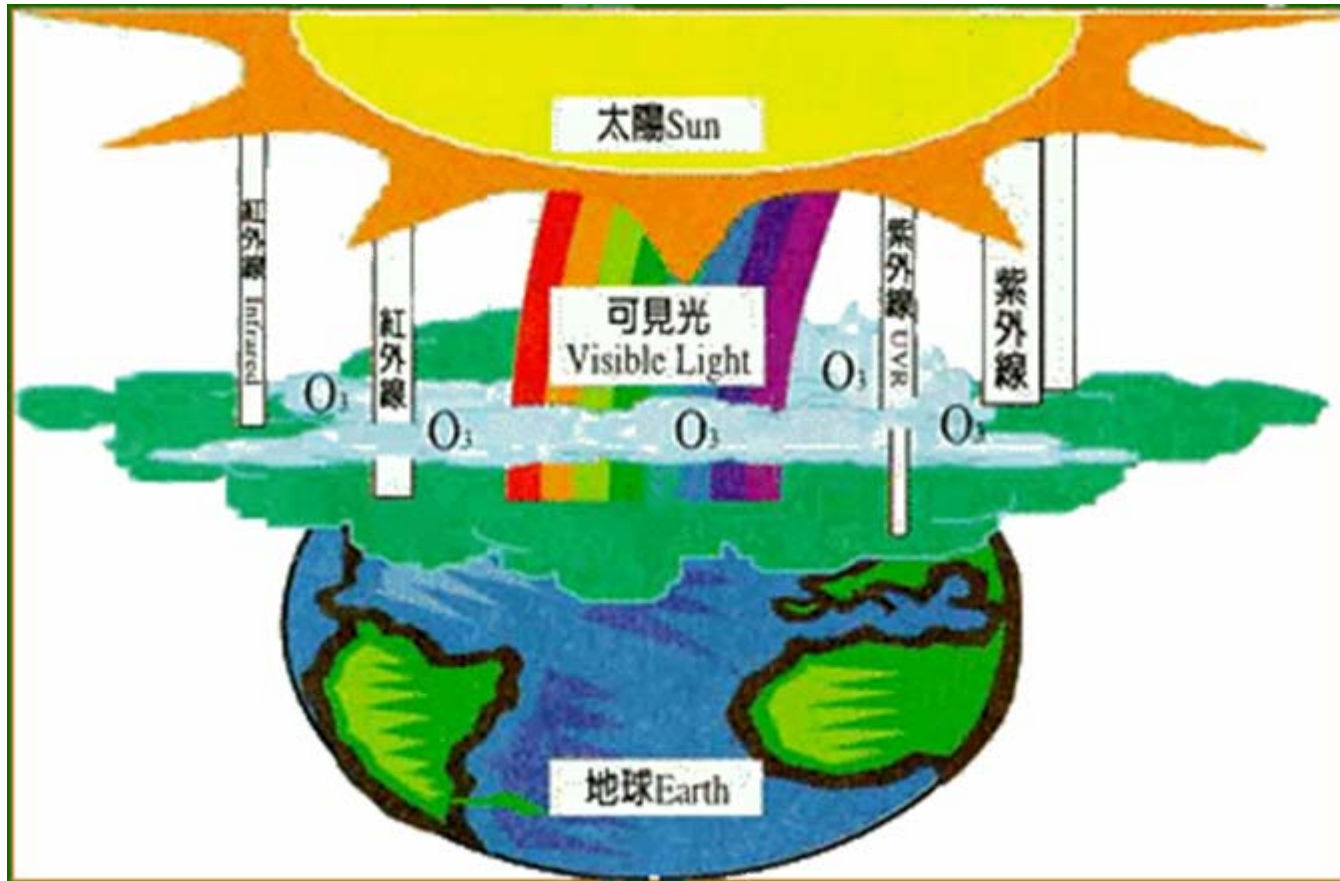
可見光的環境來源

- 可見光也多來自太陽光，涵蓋波長介於400—700 nm的電磁波。
- 在正常的狀況下，可見光本身並不具危害性，但不適當的照明強度或對比則對眼球會造成傷害。
- 某些產品是利用激勵可見光輻射放射而再加以放大光而產生，稱之為雷射產品。
- 雷射產品多使用於精密加工作業，如飛機/汽車製造，精密儀器加工，材料表面硬化/處理等行業。

紅外線的環境來源

- 一般環境中的紅外線也來自太陽光，職場環境中的紅外線則以從事紅外線進行烘乾作業以及乾燥處理作業的人員暴露於過量紅外線的機曾最高。
- 工業界也應用紅外線進行加熱金屬零件以便於在裝配作業中達到收縮密合的目的。此外，紡織品、紙張、皮革、肉製品、蔬菜等之脫水作業也常藉助紅外線。
- 以氧化鋁、氧化鋯、二氧化鈦、三氧化釷等礦物質製成的精密陶瓷，通電給予動能後所激發出來的遠紅外線能量最強。

環境中的紫外線、可見光、與紅外線多來自太陽光



- 資料來源行政院環境保護署
環境監測及資訊處 (<http://www.epa.gov.tw>)

微波與射頻輻射的環境來源

- 微波與射頻輻射（頻率介於3kHz-300GHz）在我們日常生活環境中隨處可遇，大多是人為產生。
- 美國聯邦通訊委員會特別將頻率為13.56，27.12，40.68，915，2,450，5,800及22,125 MHz的七個頻率指定提供工業、科學研究、與醫學方面的用途，因此這些頻率的廣播通訊波即被稱為工業－科學－醫療（Industrial-Scientific-Medical，ISM）頻率電磁波。

微波與射頻主要的環境來源及其相對應之頻率範圍

來源	頻率
個人通訊（行動電話）	800—900 MHz，1,800—2,200 MHz
衛星通訊	800—24,000 MHz
廣播	0.3—3 MHz（AM），30—300 MHz（FM），300—3,300 MHz（TV）
警用雷達	10.5，24，35 MHz
電腦終端機	0.003—0.03 MHz
鹵素燈泡	0.003—0.03 MHz，2,450 MHz
微波爐	915及2,450 MHz
電子防盜設備	300—3,000 MHz
自動門感應器	1,000—10,000 MHz
手持條碼感應器	900—950 MHz
復健用透熱設備，手術用電刀	3—30 MHz

行動電話基地台與電腦終端機產生的非游離輻射均屬於射頻輻射



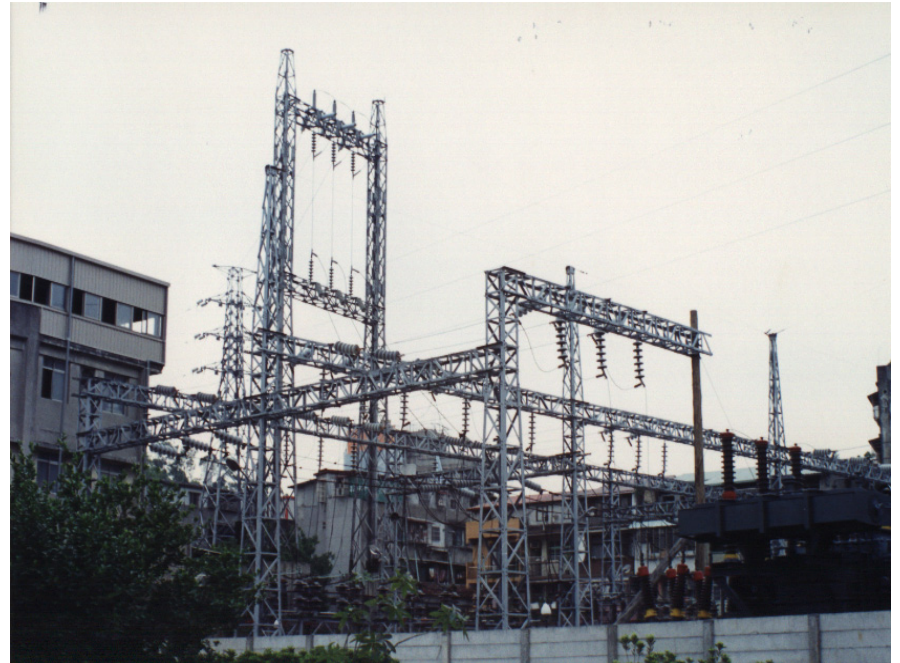
極低頻（頻率介於30—300Hz）電磁波的環境來源

- 極低頻電磁場在環境中的主要來源為現代電力系統（主要為50/60 Hz）。
- 室內環境極低頻電磁波的主要來源是屋內所使用的家電設備以及建築物本身內部的配電系統（如牆壁內的配電線）。
- 戶外極低頻電磁場的來源則是住家附近的電力設施，如變電所、高壓輸電線、配電線等。
- 電焊工人、變電所工作者、影片放映技師、影印工作者、裁縫師等職業因為工作所接觸或使用的機器設備必須使用大量電流，因此也屬於極低頻電磁場的高暴露族群。

家電或辦公室設備為室內極低 頻電磁場的主要來源



變電所與輸配電線為室外極低頻電磁場的主要來源



電焊工人、電力工作者是極低 頻電磁場的職場暴露者



環境中各種非游離輻射暴露概況

紫外線與紅外線的暴露概況

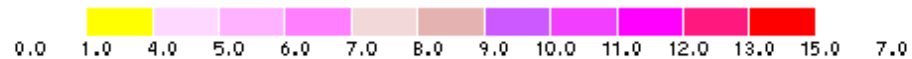
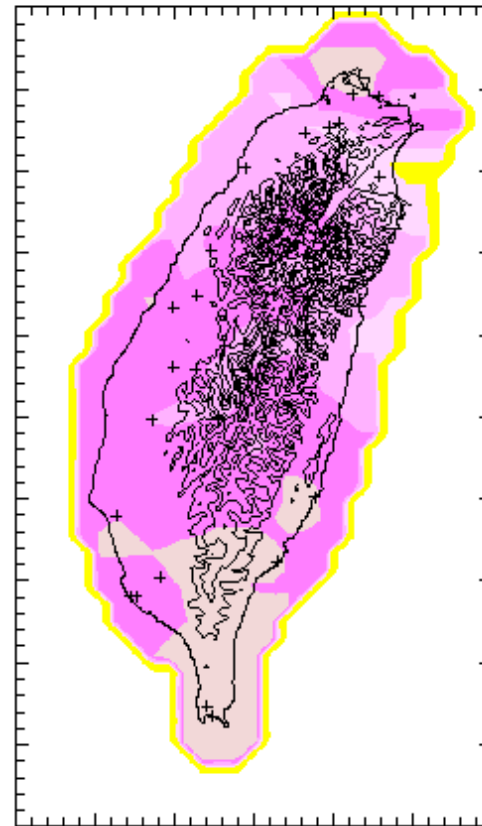
- 世界氣象組織在1994年制定一套紫外線指數標準，只要紫外線指數超過7，就是紫外線過量，只需要20分鐘就可以曬傷。
- 台灣在夏天（5－9月），紫外線指數超過7的日數，北部有四成，中部約六成，南部約八成，所以平時應注意紫外線指數預報，做好防曬措施。

我國行政院環保署所公佈之紫外線指數預測圖

UVI 2004/02/25 forecast

紫外線指數與對應之級量數

微量	低量	中量	過量	危險
				
0-2	3-4	5-6	7-9	10-15



個人通訊射頻輻射的暴露強度

- 個人通訊射頻輻射的部分多屬人為產生，其頻率介於860－900 MHz以及1800－2200 MHz。
- 對於功率1600 W ERP架設於距離地面40至83公尺高的行動電話基地附近環境而言，最大的射頻輻射功率密度出現在距地面20－80公尺的塔架附近，數值約為0.002毫瓦特/平方公分（mW/cm²）。

個人通訊射頻輻射的暴露強度

- 日常環境中最常發生之射頻輻射功率密度介於0.0001至0.005 mW/cm²之間，而我們所使用的行動電話所產生之功率密度則常介於0.01－0.03 mW/cm²之間；此強度均遠低於射頻輻射能產生熱效應的最低強度（即10 mW/cm²）。

1999年一個加拿大的研究針對五所學校測量其校園射頻輻射強度

學校編號	基地台位置	最大射頻強度 (mW/cm ²)
1	PCS基地台在對街	0.00016
2	在屋頂有類比基地台	0.0026
3	在對街有類比基地台	0.00022
4和5	附近沒有無線天線	小於0.00001
	加拿大的國家標準	小於0.57

(資料來源：參考文獻〔11〕)

英國國家輻射防護局（NRPB）公佈之家電設備極低頻磁場值

家電種類	極低頻磁場分佈範圍 (單位mG)	
	3公分	100公分
電視	25-500	0.1-1.5
微波爐	750-2,000	2.5-6.0
吹風機	60-20,000	0.1-3.0
電冰箱	5-17	<0.1
電鬍刀	150-15,000	0.1-3.0
洗衣機	8-500	0.1-1.5
吸塵器	2,000-8,000	1.3-20
檯燈	400-4,000	0.2-2.5

台灣電力公司針對家電設備進行極低頻磁場測量之數據

家電種類	測量數量	測量位置極低頻磁場分佈範圍 (min-max mG)			最大極低頻磁場位置
		3公分	30公分	100公分	
電視	15	85-225	15-25	1.3-4.7	線圈處
除濕機	16	300-6,000	19-89	1.8-5.5	馬達處
電冰箱	5	4.9-100	1-16	0.1-2.2	壓縮機處
電熱器	7	100-2,000	4.7-54	0.5-3.4	後方
微波爐	14	95-2,500	8-165	1.2-37.2	微波發射處
吹風機	16	50-1,700	0.7-11.1	0.2-2	馬達處
電磁爐	6	95-3,000	7.4-82	0.7-11.6	後方 (較不一致)
電子鍋	9	8-90	0.7-2.7	0.2-1.9	電源線入口處
電鍋	12	12-80	0.5-3.6	0.1-3.5	電源線入口處
電熱水瓶	12	12-70	0.6-6.1	0.2-2	底部周圍
冷氣機	26	8-300	1-22	0.2-13	控制版面附近
吸塵器	15	160-4,000	7.2-143	0.5-17.2	馬達處
洗衣機	9	9-1,200	3.6-88	0.4-11	側下方進水時較大
電風扇	6	140-600	1.5-9.4	0.3-1.6	馬達處
個人電腦	13	40-60	2.3-4	0.4-1.8	後上方或側面偏向線圈處

張氏研究針對家電設備測量數據

家電種類	測量位置極低頻磁場分佈範圍 (單位mG)	
	最近位置	距離100公分處
電視	5.2-107	0.2-1.4
電風扇	1.7-383	0.2-5.3
微波爐	84.3-481	2.3-5.9
電冰箱	1.1-1.6	0.04-0.6
冷氣機	1.7-198	0.1-0.9
吹風機	32-309	0.2-1
音響	1.1-83.8	0.1-1.4
電燈	3.4-191	0.1-4.7
電熱水瓶	2.1-40.2	0.1-0.6
吸塵器	58.6-204	0.8-1
開飲機	6.8-40	0.3-0.6
電鍋	11.7-30	0.1-0.5
洗衣機	9.6-40	0.1-0.4
熱水器	9.8-180	0.6-1
個人電腦	6.2-15	0.1-0.2
烤箱	33.6-122	0.1-1.0
影印機	12.2-27	0.4-0.6

李氏研究針對家電設備量測數據

電器設備	測量數量	磁場強度 (mG)	量測位置
電視	80	0.3-21.8 0.4-43.1	前方50公分 前方100公分
微波爐	20	2.6-106.4 2.0-5.7	前方50公分 前方100公分
電磁爐	20	3.4-37.0 1.9-25.0 3.3-5.7	前方30公分 後方30公分 前方60公分
吹風機	30	4.0-494.0	前方10公分
映像管顯示器	26	0.5-1.5 0.5-1.4	前方30公分 前方60公分
液晶顯示器	25	0.5-4.6 0.4-4.6	前方30公分 前方60公分
桌上型電腦主機	35	0.4-4.9 0.5-5.0	前方30公分 前方60公分
筆記型電腦	26	0.5-0.7 0.5-0.8	前方30公分 前方60公分

戶外輸配電線與其它電力設備 所產生的電磁場暴露

- 根據台灣電力公司於1989年所作的調查發現台灣地區總共有42所學校校區上空有高壓（69/161/345 kV）輸電線跨越，其中23所為國中小學或幼稚園。
- 在這些校園中所量測到的磁場強度最大值介於2.5 – 170 mG之間。

林氏研究中6所小學校園環境監測的極低頻磁場強度

學校編號	平均磁場強度 (SD) mG	中位數 mG
校園遭高壓輸電線跨越或距輸電線最近距離在100公尺內		
A-1	5.17 (7.77)	2.65
A-2	3.90 (3.50)	2.39
A-3	4.21 (3.76)	3.19
對照組校園		
B-1	0.67 (0.56)	0.60
B-2	0.57 (0.52)	0.40
B-3	1.08 (1.48)	0.60

SD: Standard Deviation(標準差)

林氏研究中24位所小學教師24小時極 低頻磁場強度連續測量值

教師編號	平均磁場強度 (SD) mG	中位數 mG
任教於校園遭高壓輸電線跨越或距輸電線最近距離在100公尺內之教師		
A-1	3.97 (7.37)	3.11
A-2	3.75 (2.72)	2.30
A-3	12.58 (15.48)	5.01
A-4	1.76 (10.00)	1.51
A-5	4.00 (1.92)	3.63
A-6	1.55 (3.78)	0.48
A-7	3.89 (3.35)	2.41
A-8	3.55 (3.73)	1.54
A-9	1.83 (0.57)	2.00
A-10	6.79 (5.01)	4.36
A-11	1.74 (3.47)	0.94
A-12	3.51 (2.14)	2.86

林氏研究中24位所小學教師24小時極 低頻磁場強度連續測量值（續）

教師編號	平均磁場強度（SD）mG	中位數 mG
對照組校園		
B-1	0.35 (0.24)	0.29
B-2	0.40 (0.57)	0.29
B-3	0.60 (1.04)	0.38
B-4	0.42 (0.69)	0.29
B-5	1.17 (0.60)	1.04
B-6	1.92 (2.06)	0.84
B-7	0.81 (1.50)	0.56
B-8	0.81 (0.22)	0.87
B-9	0.47 (0.47)	0.42
B-10	0.76 (0.89)	0.52
B-11	4.53 (1.72)	4.80
B-12	1.27 (1.67)	0.70

SD: Standard Deviation (標準差)

1996年美國加州公立小學校園極低頻 磁場量測資料

- 1996年美國加州政府委託執行針對境內公立小學校園環境（共計有5403個測量點，其中3193個測量點為教室）所進行的極低頻磁場量測發現：
- 79.9%的校園屋外環境磁場強度高於1 mG，高於2 mG者有6.9%，高於4 mG者則僅有1.5%。
- 至於教室內的測量點，高於1、2、3、或4 mG者各有83.1%、5.7%、2.1%、與1.2%。

台北市運轉變電所緊鄰民宅之磁場最大值

變電所所名	最大值 (mG)	變電所所名	最大值 (mG)
萬華	66.8	興雅	8.6
中山	45.8	北投	8.6
龍峒	34	水源	8.4
城中	32.7	建成	7.8
建國	29	士林	7.8
古亭	23.4	農安	6.3
內湖	21.8	中崙	6.2
中正	20.8	敦化	4.4
石牌	19.6	蘭雅	4.2
關渡	17.9	民生	4.1
青年	16.4	康寧	4.1
木柵	16.3	三張	3.6
松山	15.2	榮星	3.6
虎林	14.4	大同	3.5
四平	13.9	大安	3.5
成都	12.6	中研	3.3
臥龍	12.6	東興	2.5
社子	12.6	陽明	2.2
常德	10.2	博嘉	2.1
台北	9.8	華陰	1.3

345/161/69 KV高壓輸電線實測極低頻 磁場強度分佈範圍

輸電線種類 (KV)	345	161	69
負載範圍 (安培)	734 – 1018	205 – 937	284 – 487
輸電線離地高度 (公尺)	10 – 30	15 – 17	10 – 13
輸電線下兩側之範圍 (公尺)	極低頻磁場分佈範圍 (單位mG)		
0-<10	15-114	8-57	10-46
10-<20	8-60	6-29	5-25
20-<30	5-28	3-12	2-12
30-<40	3-15	3-6	2-7
40-<50	2-9	2-3	1-4
50-<60	1-6	1-2	0.7-3
60-<70	1-5	1-1.6	0.5-2
70-<80	0.9-2	0.9-1.2	0.4-1.5
80-<90	0.8-1.6	0.8-1.1	0.3-1.2
90-<100	0.8-1.6	0.6-0.9	0.3-0.7

非游離輻射的生物效應

紫外線的生物效應

- 就穿透皮膚的程度而言，波長在320—400 nm的近紫外線部份對皮膚的穿透力最大，可達皮膚的真皮層，使皮膚曬黑，損傷彈性纖維，長期會造成皮膚老化，亦可能誘發皮膚癌，此段波長的紫外線也同時會造成角膜炎、白內障、以及眼球水晶體之眩光等生理危害。
- 波長在280—315 nm的紫外線雖然只到達皮膚的表皮，但會讓皮膚紅腫、脫皮、曬黑，是曬傷的罪魁禍首，它也會導致角膜炎、結膜炎、白內障、皮膚紅斑、皮膚癌等疾病。

可見光的生物效應

- 能夠產生炫光使眼睛產生不適感是可見光最常見的影響，當光線充足時，甚至可能造成眼球的傷害，但可見光較少會傷害到皮膚。

紅外線的生物效應

- 當人體接受到紅外線時，皮膚會產生熱的感覺。波長在5000 nm以上的紅外線可以完全由皮膚的表層所吸收，而介於750—1500 nm的紅外線則會造成皮膚的燒傷以及眼球的傷害。
- 與紫外線類似，紅外線對人體健康的影響多屬於熱的生理危害。

微波與射頻輻射的健康效應

- 熱效應：是指微波與射頻輻射對人體所造成皮膚紅腫、白內障、以及男性不孕等熱生理反應。
- 非熱效應：是指此等非游離輻射對人體所造成癌症與生殖危害等非熱生理反應而言。

微波與射頻輻射的健康效應 (續)

- 若微波與射頻輻射強度大於 10 mW/cm^2 則可能引起熱效應的傷害。
- 頻率在3000 MHz以上的微波輻射多為皮膚所吸收，而頻率在3000 MHz以下的微波輻射則可被皮膚下層的組織所吸收。例如，頻率為2450 MHz的微波（即我們日常使用微波爐所產生之微波頻率）能穿透肌肉達1.67公分；對於脂肪組織之穿透深度更達8.1公分。

微波與射頻輻射的健康效應 (續)

- 有關非熱效應的部分，研究發現：人類暴露於低強度的微波與射頻輻射，也會出現淋巴瘤或流產、先天畸形等健康效應。
- 而早期一些針對微波與射頻輻射暴露所進行的職業流行病學研究也發現：某些微波與射頻輻射職業族群（包括電台員工、無線電操作與維修人員、業餘無線電玩家、軍用雷達操作人員、以及電信員工等）發生白血病與腦瘤的危險性較高。

個人通訊射頻輻射之非熱效應研究

- 環境中由行動電話或基地台所產生之射頻輻射，其強度均遠低於射頻輻射能產生熱效應的最低強度（即 10 mW/cm^2 ）。
- 通常只有在距天線5公尺之內的一般民眾或職業族群，其射頻輻射暴露方會超過美國國家標準局所建議之最高暴露建議值（約 1.2 mW/cm^2 ），但仍低於 10 mW/cm^2 ，因此日常使用行動電話或居住於基地台附近，並不會有立即的熱生理危害現象出現。

個人通訊射頻輻射之非熱效應研究 (續)

- 但此強度的射頻輻射則有可能會干擾心律調節器或其他植入式醫療設備儀器。
- 到目前為止，流行病學研究並未發現行動電話使用者之全死因死亡率與一般民有所差異。雖然最近的零星流行病學研究指出暴露於行動電話電磁波會增加罹患腦瘤的危險性；但這些結果目前尚缺乏一致性的發現，也缺乏合理的致病機轉解釋。

終端機射頻輻射非熱效應之研究

- 由於終端機使用陰極射線映像管會產生許多頻率不等的非游離輻射，其中最主要的部份即是頻率介於20 – 30KHz之電磁場，稱爲非常低頻率電磁場（very low frequency（VLF）electromagnetic fields（EMF））。

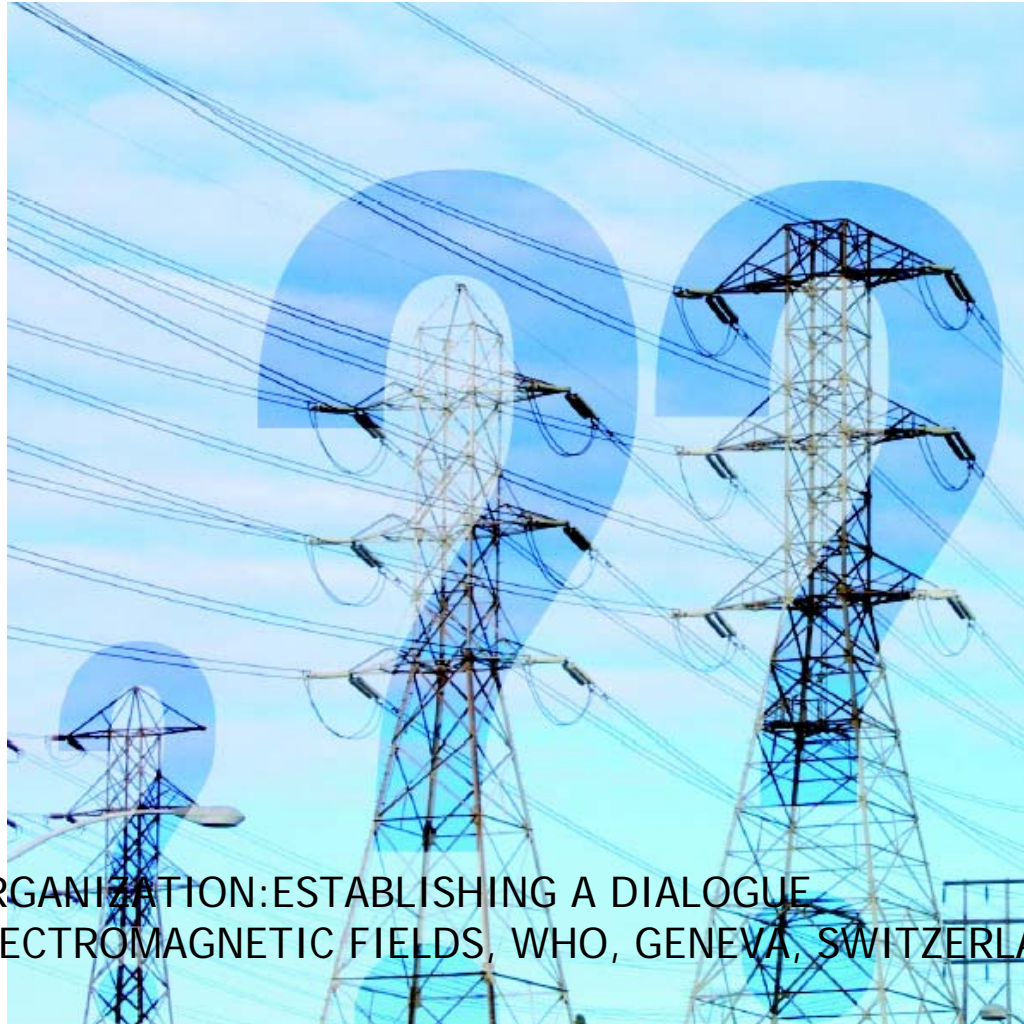
終端機射頻輻射非熱效應之研究 (續)

- 自1980年以來的流行病學研究結果則傾向支持：職業操作終端機與異常的生殖與胎（嬰）兒生長間並無明顯的相關性；這些流行病學研究所探討的異常生殖與胎（嬰）兒生長指標包括：不孕、死產、早產、嬰兒死亡、自發性流產、低出生體重、以及胎兒在子宮內生長遲緩等現象。

極低頻電磁場非熱效應之研究

- 極低頻電磁場是由現代電力系統與設備所產生。
- 1979年Wertheimer 和 Leeper 發表第一篇關於高壓電線極低頻電磁場與小兒癌症之死亡有關之流行病學研究。
- 此後，居家及職業場所暴露於極低頻電磁場與人體健康效應之研究，即引起廣泛的關切與討論，而對於極低頻電磁場所可能產生的生物效應在過去二十多年間亦為一熱門的科學辯論話題。

高壓電線產生的極低頻電磁場是否會產生健康危害一直困擾著許多人



圖片資料來源：

WORLD HEALTH ORGANIZATION: ESTABLISHING A DIALOGUE
ON RISKS FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS, WHO, GENEVA, SWITZERLAND
2002

被懷疑與極低頻電磁場有關之疾病

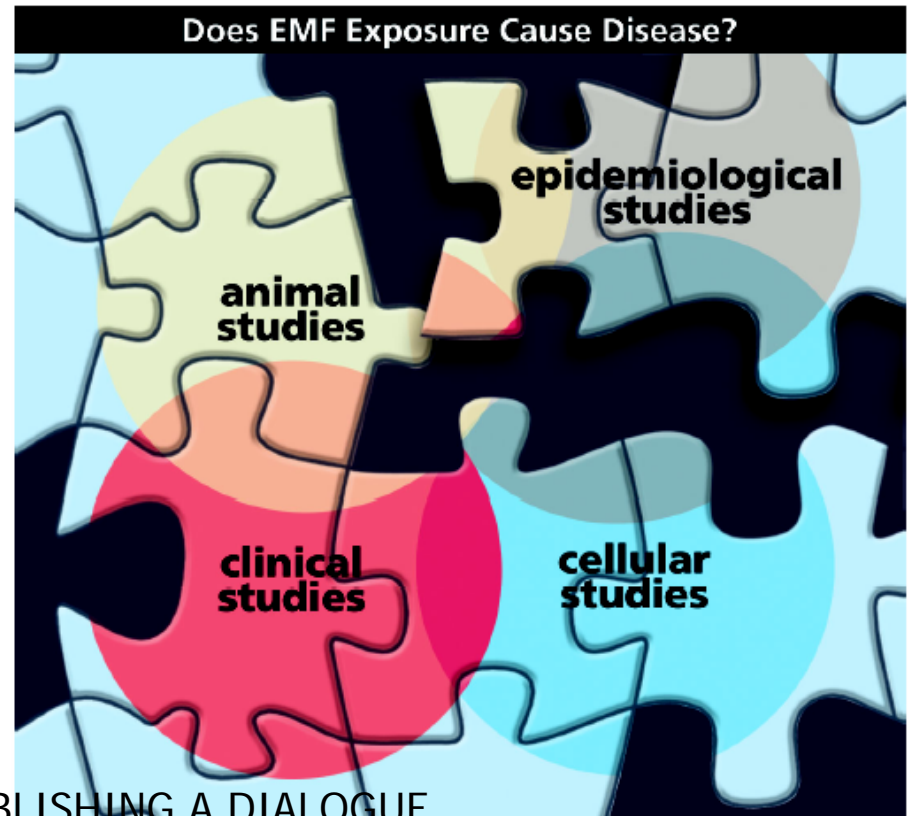
- 極低頻電場易受建築物或樹木屏蔽；而磁場則幾乎不受屏蔽，因此流行病學多針對磁場之生物效應進行探討。
- 許多研究指出居家或職場極低頻磁場暴露與癌症的有關（包括白血病/腦瘤/乳癌）。
- 也有部分研究探討異常生殖或神經行為改變（包括睡眠障礙/沮喪/自殺/神經退化性疾病等）。

有關極低頻磁場生物效應之流行病學證據

- 經過20多年累積的流行病學證據大致顯現出：長時間暴露（職業或居家）於極低頻磁場可能與白血病（特別是15歲以下的小兒白血病）的發生有關；而與流產、先天畸形等異常懷孕結果，以及與異常神經行為改變（例如，失眠、頭疼、甚至是自殺等）的相關性較低或不明顯。

流行病學研究數據僅能提供有關極低頻磁場生物效應之部分證據

- 目前動物或細胞的研究結果並無法完全支持流行病學有關極低頻磁場研究的發現，而這也是目前尚無法確定極低頻磁場人體生物效應的原因。



圖片資料來源：

WORLD HEALTH ORGANIZATION: ESTABLISHING A DIALOGUE

ON RISKS FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS, WHO, GENEVA, SWITZERLAND

2002

頻率300 GHz以下非游離輻射 的管制建議值

台灣對於頻率300 GHz以下非游離輻射的管制現況

- 1994年12月環保署所公布實施之「環境影響評估法」中對於輸電線路架設應實施環境影響評估規定為：「輸電線路工程，其345kV輸電線路鋪設100公里以上者」。
- 環保署在2001年1月也依據國際非游離輻射防護協會之建議規範訂定了我國非游離輻射的管制建議值。依此建議值，目前我國對於環境中極低頻磁場暴露的建議值為833mG；而行動電話基地台GSM 900與GSM 1800電磁波的安全值規範上限分別為每平方公分0.45與0.90毫瓦。

我國環保署有關非游離輻射的建議暴露值 (與ICNIRP-1988安全標準同)

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density Seq (W m ⁻²)
Up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10,000	$4,000 \times 10^4/f^2$	$5,000/f$	—
0.025-0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8-3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3-150 kHz	87	5	6.25	—
0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000 MHz	$1.375^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	0.1	0.16	0.20	10

833 mG

0.45 mW/cm²
0.90 mW/cm²

f: frequency

目前所訂定之標準屬於安全建議值旨在防範熱效應或感應電流的危害

- 目前國際間所訂定之電磁波暴露規範屬於安全準則，此準則之訂定乃考量電磁波可能引起足以傷害人體健康之電流強度，此電流強度可能會造成休克與爆炸燃燒等安全問題。
- 目前並未有以衛生為考量所訂定的暴露標準，主要原因是因為目前的科學證據尚無法支持建立衛生標準之合理性與正當性。

國際間對於射頻輻射的管制現況

- 目前國際間有關非游離輻射的管制標準大致相同，在射頻輻射部分以1992年美國ANSI/IEEE所訂之最大容許暴露標準為例，一般民眾對於行動電話基地台天線所產生射頻輻射之最大容許暴露值為 $0.57 - 1.2 \text{ mW/cm}^2$ ；若是針對職場暴露，上述標準則提高4倍。
- 但必須注意的是，此規範是根據30分鐘之最高功率密度而訂定，如果民眾是屬於連續暴露，此標準必須再降低為原標準之 $1/5$ 以更保守地規範民眾之射頻輻射暴露。

一般民眾極低頻磁場與電場的暴露建議值

- NRPB-UK（英國國家輻射防護局）：
 - 50 Hz: 1,600 μT （16 G）與 12 kV/m
 - 60 Hz: 1,330 μT （13.3 G）與 10 kV/m
- ICNIRP（國際非游離輻射防護協會）：
 - 50 Hz: 100 μT （1 G）與 5 kV/m
 - 60 Hz: 84 μT （0.84 G）與 4.2 kV/m

職場極低頻磁場與電場的暴露建議值

- NRPB-UK（英國國家輻射防護局）：
 - 50 Hz: 1,600 μT （16 G）與 12 kV/m
 - 60 Hz: 1,330 μT （13.3 G）與 10 kV/m
- ACGIH（美國工業衛生技師協會）：
 - 60 Hz: 1,000 μT （10 G）
- ICNIRP（國際非游離輻射防護協會）：
 - 50 Hz: 500 μT （5 G）與 10 kV/m
 - 60 Hz: 420 μT （4.2 G）與 8.3 kV/m

避免過度暴露於非游離輻射的策略： 工程改善策略

- 電磁遮蔽的作用原理是採用低電阻的導電材料，因為導體材料對電磁波具有反射與導引作用，根據金屬材料的電磁波遮蔽理論，金屬材料的電磁屏蔽效果為電磁波的反射損耗、電磁波的吸收損耗與電磁波在遮蔽材料中的損耗三者之總和。
- 整體而言，銅、鎳具有優異的導電性，其電磁波干擾遮蔽效果極佳。

避免過度暴露於非游離輻射的策略： 非工程改善策略

- **時間與距離**是避免過度暴露於非游離輻射的非工程改善策略。
- 以高壓輸電線所產生的極低頻磁場為例，在345kV高壓輸電線下方所測得的極低頻磁場強度可以達到50－250毫高斯（mG）；但在此輸電線兩側一百公尺以外的地區所量測到的極低頻磁場強度則只有1－3毫高斯，與一般環境中的背景強度2毫高斯類似。

避免過度暴露於非游離輻射的策略：

非工程改善策略（續）

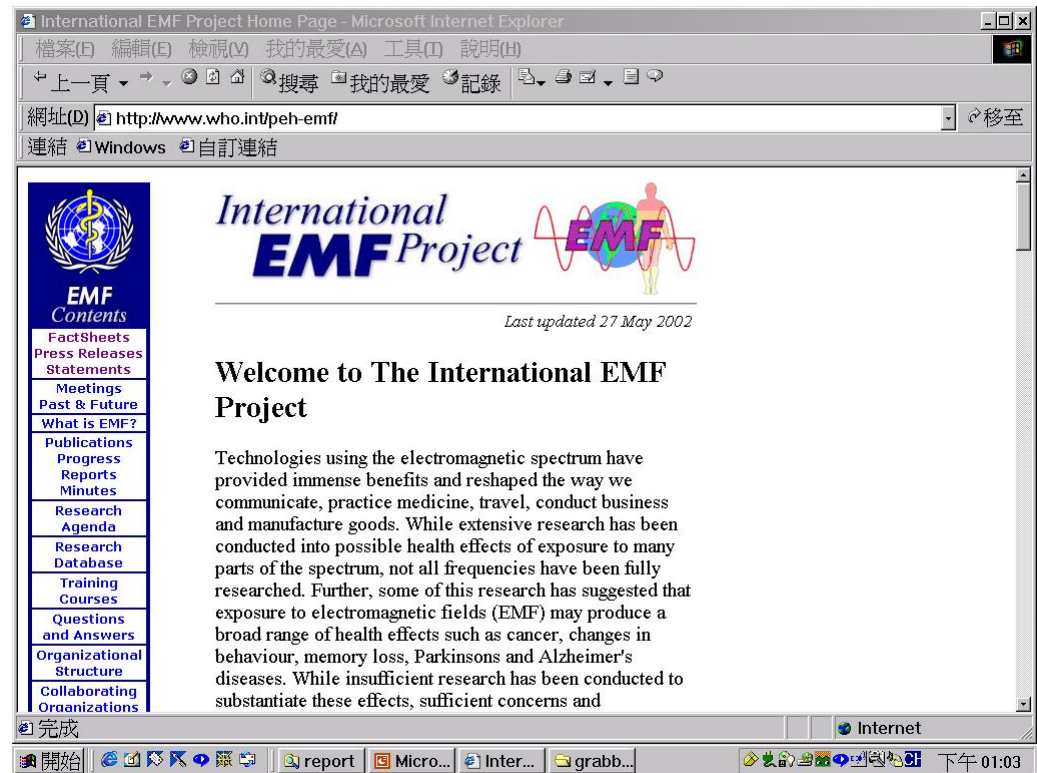
- 在距吹風機10公分處可以量測到高達100毫高斯之極低頻磁場，但此數值在距吹風機50公分處則降至1毫高斯。
- 對於無法使用距離防護原則的情況下（例如，吹風機的使用必須是近距離），則可應用時間原則，也就是不要長時間使用電器設備。使用行動電話為避免過量之射頻輻射也可使用時間防護的原則。

力行謹慎避免可以讓自身的非必要暴露減至最低

- 對於生物效應尚未被明確證實的一些非游離輻射而言，我們並不需要日日惶恐，而應以一種謹慎避免（precautionary principle）的態度去面對它。
- 所謂謹慎避免即是要在個人能力許可以及使用現有技術的前提下讓自身的非必要暴露減至最低。
- 美國國家環境衛生研究所建議：目前的科學證據尚不足以支持必須全面降低環境中極低頻電磁場的作法，但仍然建議電力工程單位應持續進行降低電力設施產生極低頻磁場的努力。

聯合國世界衛生組織 (WHO) 國際電磁波計畫

- WHO 於 1996 年設立了「國際電磁波計畫」，預計以 10 年時間，研究探討頻率在 0 – 300 GHz 電磁波的健康效應。



WHO 國際電磁波計畫網站首頁
<http://www.who.int/peh-emf/>

國際電磁波計畫將電磁波區分 為四部份

- 靜電場（0 Hz）：應用於大眾交通磁輻電車、醫療用核磁共振儀器、以及工業上利用直流電進行切割或其它製程的工具等。
- 極低頻電磁場（0—300 Hz）：應用於大眾交通用電車、以及現代電力設備與系統。
- 中段頻率電磁場（300 Hz — 10 MHz）：應用於防盜與保全設備、電腦終端機、以及工業用加熱設備（例如切割用之透熱裝置）。
- 射頻輻射（10 MHz—300 GHz）：多應用於行動電話與基地台、雷達、以及醫療用之透熱儀器。

國際電磁波計畫提供各國包括台灣有關 頻率300 GHz以下電磁波之暴露規範

Untitled Document - Microsoft Internet Explorer

檔案(E) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(O) 說明(H)

← 上一頁 → 搜尋 我的最愛 記錄

網址(D) http://www.who.int/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap.htm

連結 Windows 自訂連結



International EMF Project

EMF WORLD WIDE STANDARDS



EMF Contents

- FactSheets
- Press Releases
- Statements
- Meetings
- Past & Future
- What is EMF?
- Publications
- Progress
- Reports
- Minutes
- Research
- Agenda
- Research Database
- Training
- Courses
- Questions and Answers
- Organizational Structure
- Collaborating Organizations

Internet

開始 | grabber | Untitled Docu... | 上午 11:52

EMF table Portugal - Microsoft Internet Explorer


檔案(E) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(O) 說明(H)

← 上一頁 → 搜尋 我的最愛 記錄

連結 Windows 自訂連結

網址(D) http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/Taiwan_files/table_tw.htm

General details

	Electromagnetic Fields (EMF) Protection
Country #1 (see notes below)	Taiwan
EMF protection #2	Yes
Instrument type #3	Decree
Instrument coverage #4	National
Title of Instrument #5	
a.	Limits for environmental exposure to non-ionizing radiation
b.	
c.	
Issued by whom? #6	Taiwan EPA
Issued when? #7	January 12, 2001
Is there a revision pending? #8	No
Are the limits based on ICNIRP? #9	difference
Compliance #10	voluntary
If mandatory - how is compliance	

Internet

開始 | g... | fi... | 本... | i... | 文... | W... | E... | 上午 09:25

國際電磁波計畫也提供多種語言的事實文件與資料可供下載


International EMF Project: Press Releases and Fact Sheets - Microsoft Internet Explorer

檔案(E) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H)

← 上一頁 → 搜尋 我的最愛 記錄

網址(D) http://www.who.int/peh-emf/publications/facts_pressfact_english.htm 移至


連結 Windows 自訂連結



EMF
Contents

- FactSheets
- Press Releases
- Statements
- Meetings
- Past & Future
- What is EMF?
- Publications
 - Progress
 - Reports
 - Minutes
- Research Agenda
- Research Database
- Training Courses
- Questions and Answers
- Organizational Structure
- Collaborating Organizations

International EMF Project



Last updated 14 March 2002

български	Deutsche	English	Español
Français	עברית	Italiano	ジャパニーズ
Nederlands	Русский	Svensk	Chinese
Arabic			

Fact Sheets and Backgrounders

- ▶ [Electromagnetic Fields and Public Health: The International EMF Project \(Fact Sheet 181\)](#)
- ▶ [Electromagnetic Fields and Public Health: Physical Properties and Effects on Biological Systems \(Fact Sheet 182\)](#)
- ▶ [Electromagnetic Fields and Public Health: Health Effects of Radiofrequency Fields \(Fact Sheet 183\)](#)
- ▶ [Electromagnetic Fields and Public Health: Public Perception of EMF Risks \(Fact Sheet 184\)](#)
- ▶ [Electromagnetic Fields and Public Health: Mobile Telephones and their Base Stations \(Fact Sheet 193, revised June 2000\)](#)
- ▶ [Video Display Units \(VDUs\) and Human Health \(Fact Sheet 201\)](#)

Internet

http://www.who.int/inf-fs/en/fact201.html

開始 rep... Mic... Inte... gra... Inte... 下午 01:06

國際癌症研究總署（International Agency for Research on Cancer, IARC） 2001年的報告

- WHO所屬IARC於2001年組成一個21人的專家會議，回顧並評估過去流行病學、動物實驗的研究證據，並在其研究報告中指出：對於15歲以下兒童白血病（childhood leukemia）而言，4 mG以上的ELF暴露是一個可能的致癌物質（possible carcinogen to human（在IARC人類致癌物質的分類中屬於Group 2B））；但這仍未是WHO最後的定論，各國也還在觀望後續WHO對此問題的態度與建議。

IARC 2001年報告的部分原文

- Overall, evidence for carcinogenicity of ELF magnetic fields in experimental animals was judged inadequate.
- Although many hypotheses have been put forward to explain possible carcinogenic effects of ELF electric or magnetic fields, no scientific explanation for carcinogenicity of these fields has been established.

IARC 2001年報告的部分原文（續）

- However, pooled analyses of data from a number of well-conducted studies show a fairly consistent statistical association between childhood leukaemia and power-frequency residential magnetic field strengths above 0.4 μ T, with an approximately two-fold increase in risk. This is unlikely to be due to chance, but may be affected by selection bias.

IARC依科學證據的強弱將人類致癌物質可以區分為四類

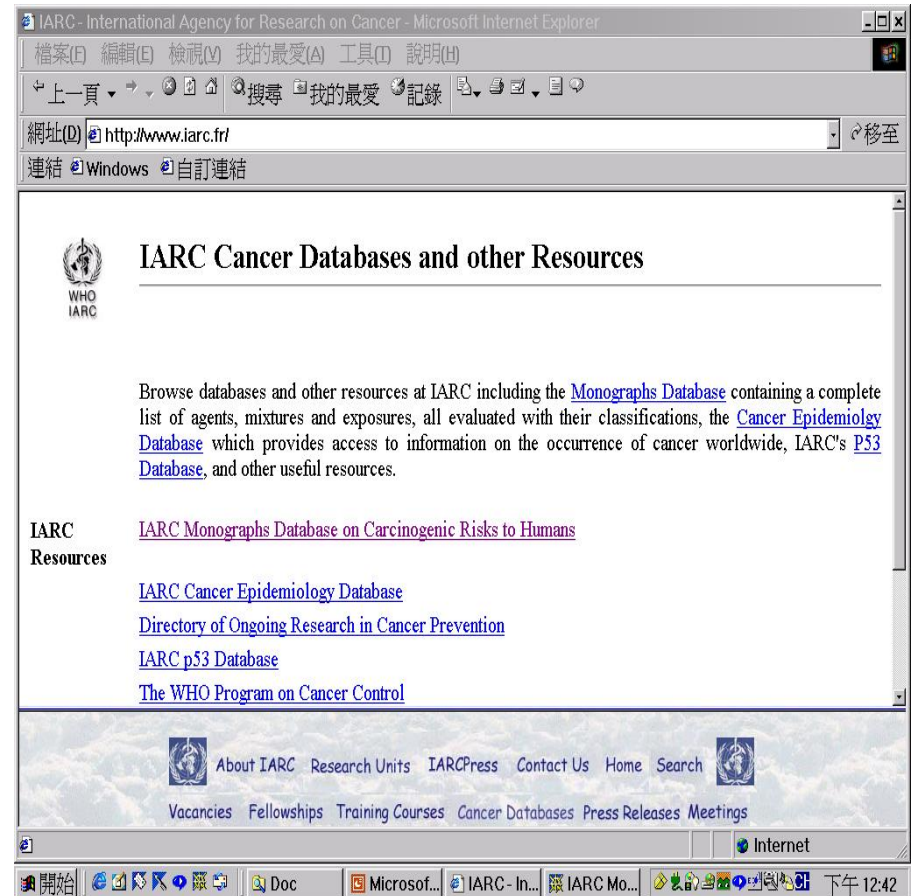
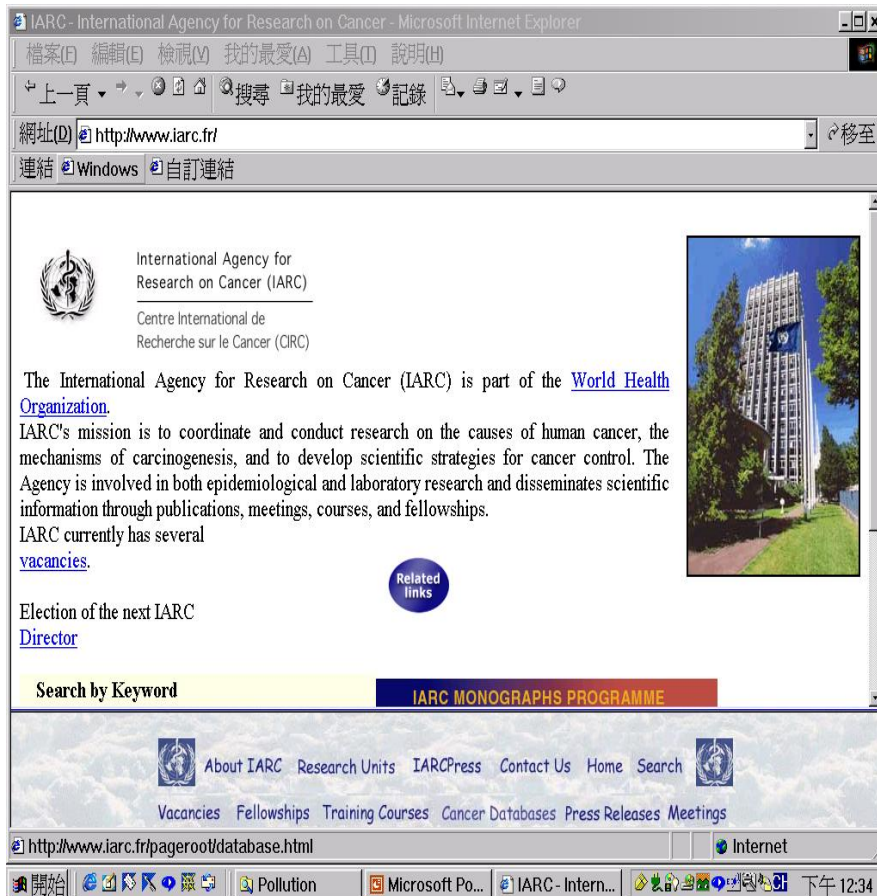
- Group 1：確定為人類致癌物質（ Carcinogenic to humans ），如： Aflatoxins, Asbestos, Benzene（ 88 ）
- Group 2A：或許為人類致癌物質（ Probably carcinogenic to humans ），如： Formaldehyde, Ultraviolet radiation（ 64 ）
- Group 2B：可能為人類致癌物質（ Possibly carcinogenic to humans ），如： Chloroform, Coffee（ 236 ）
- Group 3：無法歸類是否為致癌之物質（ Unclassifiable as to carcinogenicity to humans ）（ 496 ）

（括弧內的數字是IARC截至2002年底歸屬於該類物質的數目）

IARC致癌物質分類的依據

- 屬於第一類（Group 1）致癌物質者多半是有充分的流行病學研究數據支持該物質確實會在人體造成癌症的發生。
- 屬於第2A類（Group 2A）的致癌物質則是有充分的證據顯示該物質會在實驗動物身上致癌。
- 屬於第2B類（Group 2B）的致癌物質則是有一致性的證據顯示該物質會在人類身上致癌，但同時也不能排除可能有其他因子的干擾或是因為研究設計發生偏差等其它解釋因素。

IARC的網站可以獲取最新有關人類致癌物質的資料



<http://www.iarc.fr/>

結語

- 環境中的紫外線、可見光、紅外線、以及強度大的微波與射頻輻射所產生之熱效應，對眼球、皮膚、或生殖腺等對熱較為敏感的器官是廣為科學界所認知的熱效應。
- 強度較低之微波與射頻輻射，以及極低頻電磁場等非游離輻射部份並不會產生熱效應；但是否會產生「非熱效應」則有待科學界進一步的探討。

結語（續）

- 在防護方面，吾人可以採取減少暴露時間、建構屏蔽物、以及增加與發生源距離等方式避免過度的暴露。
- 在科學研究尚未提供明確證據的一些潛在危害時，則應以謹慎避免與事前防範的態度去面對。