

# 輻射防護簡訊 104

中華民國99年8月1日

- 出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
- 地 址：新竹市光復路二段295號15樓之1 ■ 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
- 編輯委員：王昭平、尹學禮、何 偉、李四海、施建樑、  
張寶樹、董傳中、趙君行、鄧希平、蘇獻章（依筆劃順序）
- 發行人：鄧希平 ■ 主 編：劉代欽 ■ 編 輯：李孝華
- 印 刷 所：大洋實業社 地址：新竹市建功一路95號  
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

## □輻防消息報導

### ▲99年第2次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」公告 (原能會訊)

行政院原子能委員會委託元培科技大學辦理99年第2次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」，報名日期為99年9月1日至9月8日止，考試日期：民國99年10月23日（星期六）下午1時30分起。台北試區假考試院國家考場（台北市文山區木柵路1段72號），高雄試區假高雄市立三民高級中學（高雄市三民區金鼎路81號）。測驗科目：分為游離輻射防護法規及專業科目，測驗方式為筆試。游離輻射防護法規佔百分之五十、專業科目佔百分之五十，測驗成績總分滿60分為及格。考試及格人員名單預定於99年11月22日，於行政院原子能委員會網站公布。相關事項請詳閱簡章或連結行政院原子能委員會網站查詢。

### ▲鄰近國家發生核子事故時之應變措施

(原能會訊)

台灣周邊國家如大陸、韓國、日本等國之核能電廠萬一發生重大核子事故且有大量輻射線外釋時，我國之應變措施如下：

- 一、本會輻射偵測中心自 78 年起逐年建構全國環境輻射監測網路系統，包括金門、蘭嶼及阿里山等共計 30 站輻射監測站；各輻射監測站均全天候 24 小時運作，自動記錄當地環境直接輻射狀況（每小時更新），記錄結果並立即透過網路傳送至本會輻射偵測中心及核安監管中心，同時透過輻射偵測中心網站 (<http://www.trmc.aec.gov.tw>) 或本會網站 (<http://www.aec.gov.tw/www/gammadetect.php>)，即時提供輻安預警自動監測資訊，供民眾參考。當鄰近地區國家核設施發生核子意外導致輻射外釋事

件時，該系統可提供輻射偵測結果與氣象數據資料，作為防護行動決策之參考，並由輻射偵測中心加強監看，一旦發現某地區即時環境輻射監測系統有異常升高之情形時，即啟動對該地區之環境試樣之分析及評估，若分析結果顯示，法定管制核種(銻-134,137、碘-131、銿-90 等)之劑量值超過「核子事故民眾防護行動食物及飲水管制之行動基準」時，則建議該地區之民眾對飲水和農產品等作管制，以減少攝入放射性核種之潛在可能危害。

二、對於由發生核子事故地區進口之農、漁、牧、畜產品等，短期內均應抽樣檢測，證明無污染後方得核准進口。長期則對由該地區輸入之奶粉採行逐批抽驗，不合格則由本會會同衛生署、經濟部等單位處理，責成進口廠商辦理退運，不得在台販售。

三、有關 5 月 23 日大陸大亞灣核能電廠核燃料棒輕微輻射外洩事件屬於極其輕微，依國際核子事故分級標準尚未達到列入分級之程度；本會輻射偵測中心除將全國環境輻射監測網路系統自動記錄縮短為 5 分鐘更新一次，並進行空氣抽氣取樣，未發現有任何異常現象，因此，民眾無須過度擔心。

#### ▲有關報載國際機場 X 光全身掃描儀器之輻射安全說明

(原能會訊)

根據 99 年 7 月 1 日台灣新生報引述英國「每日郵報」報導，美國哥倫比亞大學研究人員指出，國際機場 x 光全身掃描儀器對人體造成之輻射劑量，可能比過去認為的輻射劑量高出二十倍。美國哥倫比亞大學研究計畫主持人 Dr. David Brenner 指出由於皮膚對輻射較為敏感，機場 x 光全身掃描檢查劑量可能導致皮膚腫瘤，威脅民眾健康。

英國「每日郵報」亦於此篇報導中提及，英國民航局(Civil Aviation Authority)、交通部(Department for Transport)及健康防護局(Health Protection Agency)表示機場 x 光全身掃描儀器經測試結果顯示，每人經掃描 5000 次之輻射劑量相當於 1 張胸部 X 光所造成之劑量，或相當於搭機往返大西洋旅程中兩分鐘所接受之宇宙射線劑量，該儀器之輻射安全已經過英國交通部審查並核准使用。同時 Dr. David Brenner 亦在文中指出，雖然該儀器對一般個人造成之風險非常低(very low)，但認為宜對輻射較敏感之族群進行更深入之研究。

目前國內機場尚未引進 x 光全身掃描儀器，僅使用 X 光行李檢查儀，檢查旅客攜帶之行李，X 光行李檢查儀之輻射安全均符合本會輻射防護安全相關規定，領有本會使用許可，對機場工作人員及民眾無輻射安全顧慮。

#### ▲核能研究所成功自製腦血流造影診斷藥物

(原能會訊)

核能研究所成功自製的腦血流造影劑-「核研雙胱乙酯腦造影劑(INER ECD KIT)」已經在 99 年 2 月獲得行政院衛生署核發藥品許可證，將可應用於評估患有中樞神經系統病變之成人患者局部腦血流灌注狀況，例如中風患者腦血流缺血區域的輔助診斷。該造影劑是目前國內進行腦質斷層灌注造影檢查時的首選藥物，過去仰賴進口，使得藥價長期居高不下，如今國內已有自製能力，預期年底量產上市後，將可降低檢查成本，使該項檢查更加普及化，以協助醫師診斷，並提供病患更優質的檢查與服務。

腦血管疾病一直名列國人十大死亡原因前三名，而迅速診斷腦血管病變將有助醫師掌握搶救的黃金時間，使病患能儘速獲得妥善治療並降低傷害，以缺血性中風患者為例，在中風急性期利用鎝-99m-ECD 造影劑配合單光子電腦斷層攝影(single photon emission tomography)進行腦質斷層灌注造影檢查，約有 90%的病患可立即偵測出腦部血流量的缺損狀況，並且能幫助篩選適合做血栓溶解治療的病患；以鎝-99m-ECD 造影劑進行腦質斷層灌注造影檢查還可應用於癲癇、退化性腦疾病的評估，獲得腦血流的定量資料，以做為腦部疾病預後狀況的預判及選擇追蹤治療方式的指標，因此可說是腦血管病變輔助診斷上的一大利器。

利用鎝-99m-ECD 進行腦質斷層灌注造影檢查，在國外先進國家已經非常普遍，然而依據國內健保資料庫的統計調查顯示，台灣腦質斷層灌注造影檢查所需費用較高，造影頻率因而偏低。核能研究所成功自製「核研雙胱乙酯腦造影劑(INER ECD KIT)」，是國人自製生產的腦血流造影劑，將可回應國內醫院對於國產造影劑的需求，期能降低檢查成本，提高檢查利用率。核能研究所將先提供國內醫院進行推廣試用，預計 99 年底正式量產上市，售價低於進口產品，極具競爭力，初期每年可提供國內中樞神經系統病變患者檢查約 2000 人次之臨床診斷應用，核能研究所並將視市場需求及使用狀況擴大產能。另核能研究所正積極依照國內法規要求提昇其核醫製藥中心軟硬體，以符合國際 PIC/s GMP 藥廠規範，除提供國人更高標準的用藥品質，並規劃外銷自製的產品。

#### 【新聞小辭典】

1. 雙胱乙酯是 Ethyl Cysteinate Dimer(簡稱 ECD)之結構名稱，其結構中的氮原子與硫原子可以輕易地與放射性同位素鎝-99m 螯合，經由靜脈注入人體後能進入腦中，由於其進入腦細胞的量與局部腦血流量成正比，因此經由斷層顯像，可以得到分層顯示腦中各個部位局部血流量的影像，並可對局部血流量進行定量測定。
2. 血栓溶解治療是指當病患由於腦血管堵塞引起急性缺血性中風時，採用注射血栓溶劑溶解血栓的治療方式。
3. PIC/s GMP 規範是由國際醫藥品稽查協約組織(Pharmaceutical Inspection Convention and Pharmaceutical Inspection Co-operation Scheme，簡稱 PIC/s)所制定的藥品優良製造規範，PIC/s 會員遍佈全球，目前已增加至 30 個國家以上，包括：歐洲 26 國、南非、馬來西亞、新加坡、澳大利亞、加拿大等。目

前除了台灣已加入推動行列之外，日本及東協國家也考量引進這套標準，由此可見，PIC/S 已成為全球醫藥法規要求的重要趨勢。依據衛生署現行公告，民國 104 年 1 月 1 日起，國內所有藥廠均需採行符合 PIC/S GMP 的標準。

### ▲讓民眾安心的-核安管制紅綠燈制度

(原能會訊)

行政院原能會為使核安管制資訊透明化並有效運用人力，特別建構了核安管制紅綠燈制度，以淺顯易懂的燈號(紅、黃、白、綠燈)呈現國內運轉中核能電廠之狀態，更新於網站上供民眾查閱。原能會指出，該制度施行迄今，除曾於初期發現二項指標屬輕微安全顧慮之白燈外，其餘指標近幾年來均為無安全顧慮之綠燈，顯見國內核能電廠之運轉安全績效良好，對我國減碳績效貢獻良多。

原能會表示，核安管制紅綠燈制度最重要之任務就是要達成「核安輻安民眾心安」之理念。該制度係依我國特性並參考美國核能管制機構(核管會)之反應器監管方案而成，透過制度的運作及改善機制，客觀評估各電廠之安全績效，確保內容能涵蓋電廠各安全層面相關之作業，原能會對內亦可精進各類視察模式並簡化作業流程。該制度內容包括績效指標與視察指標二大部份共 13 項指標，每季均定期更新以紅、黃、白、綠燈公佈於該會網站，其中綠燈表示無安全顧慮，白燈表示輕微安全顧慮，黃燈表示中度安全顧慮，紅燈表示顯著安全顧慮。

原能會指出，核安管制紅綠燈制度採用視察規劃-執行-結果判定-上網公布等四個步驟進行。在執行層次上，為確保視察之一致與效率，原能會重新整理及建置共 55 份視察導則，使得視察作業更加落實。原能會並持續對視察作業之品質、效率及人力運用進行檢討，依據結果調整視察內容及人力。當某指標項目呈現白色燈號時，將加強視察、管制之頻度及強度，以確保各核能機組運轉之安全。

原能會指出，透過核安管制紅綠燈制度，客觀評估各電廠之安全績效，各項指標每季定期更新公佈於網站，除燈號指示外，該會亦同時公佈相關之視察報告，以提供民眾完整之資訊，向民眾傳達政府為核能安全把關之積極作為，民眾可以心安。

### ▲對中國時報「全黑 28 小時核四測試大當機」報導之說明

(原能會訊)

今(99 年 7 月 14 日)甫出刊的中國時報以標題「全黑 28 小時-核四測試大當機」專文報導核四廠(即龍門電廠)1 號機，發生測試作業展開以來，影響安全系統正常運作最嚴重的「電廠全黑」事件事件，本會特說明如下：

本次事件發生於 99 年 7 月 9 日 14 時 21 分，當時龍門電廠 1 號機正進行運轉前的各項測試(或稱試運轉測試)中，正常供給廠內用電的外電應有 345 kV(千伏)及 161 kV 兩個來源，但因 161 kV 系統正在執行電驛數位化更新工程及維護作業，而無法供電，故只剩下 345 kV 系統供電，故當本系統出現變壓器高油溫的假信號後而停止供電後，造成喪失廠外交流電源(Loss of Offsite Power, LOOP)的狀況，並進而影響廠內安全及非安全相關中壓匯流排失電，並使得運轉及測試中之設備喪失電源而停止運轉。

惟一般所謂「全黑事件」(Station Blackout, SBO)，係指發生喪失廠外交流電源事件後，同時廠內緊急交流電源又失效的狀況，設計上龍門電廠 1 號機共有 3 台可提供緊急電力之柴油發電機，但因均尚在裝機施工及施工後測試階段，正準備進行下一個階段的功能驗證，因而無法及時提供緊急電力，故本次事件本身並不能與較嚴謹定義下的「全黑事件」相提並論。倘若 3 台緊急柴油發電機均測試完畢並上線運作後發生了廠外交流電源，前述 3 台緊急柴油發電機及備用之第 7 台緊急柴油發電機又全數無法發揮功能，才能稱為喪失所有交流電源之「全黑事件」，此種情況發生機率非常的低。

針對中國時報的報導龍門電廠發生全黑事件長達 28 小時，其實龍門電廠原本於當晚(7 月 9 日) 22 時 55 分即準備恢復供電，但因主變壓器加壓瞬間於變壓器接頭處之電纜護罩發現有弧光，運轉員為保護設備及保守性決策立即手動將開關場斷路器打開停止變壓器加壓，隔天(7 月 10 日)台電公司專家與廠商代表赴現場察看及討論，確認弧光是湧入電流(inrush current)於電纜護罩產生之感應電流造成，並無安全顧慮，電廠因此延遲至該日晚上 20 時 52 分才再投入開關場斷路器，並重新加壓主變壓器。

另中國時報的報導已指出龍門電廠反應爐內尚未填裝燃料，亦無任何核子反應作用的可能，故與運轉中核能電廠發生類似事件相比，並無核能安全顧慮，本會視察員於事件發生後亦赴龍門電廠相關廠房查證。確認並無重要設備受到影響，惟運轉前測試階段的目的即在於詳細驗證系統功能並找到所有可能的弱點，故本次事件仍可提供龍門電廠後續測試階段因應的參考，例如備用移動式的緊急柴油發電機提供額外緊急電源。另外由於本次事件已證實為 161 kV 系統維修時，工作人員不慎碰觸到 345 kV 系統信號線而造成主變壓器絕緣油高油溫的假信號，電廠同時亦發現主變壓器許多保護邏輯均為單一訊號動作容易因單一假訊號而動作(例如此次之絕緣油高油溫訊號)，龍門電廠因此除已加強管理隔離維修中設備的措施，並為避免日後單一組件造成機組暫態，已著手處理準備修改主變壓器相關保護邏輯。原能會後續仍將派遣視察員赴龍門電廠查證本事件發生之原因，並將要求台電公司提報事件檢討報告，預計收到台電公司提報之報告後 1 個月內，原能會將完成調查報告並上網公布。

## ▲對壹週刊「核四主控制室重大火災」報導之說明

(原能會訊)

今(6/9)日甫出刊的壹週刊以標題「台電恐爆三哩島危機～核四主控制室重大火災」專文報導核四廠一號機主控制室 3 月 31 日發生重大火災且被燒到全黑事件，因其內容有誤導大眾視聽之虞，特加以澄清。

目前台電核四廠一號機已近施工尾聲，正在進行各系統的試運轉工作，其目的是要確認安裝完成的系統都能符合設計要求與功能。3 月 31 日核四廠一號機發生非安全系統之不斷電系統 (CVCF) 故障受損事件，造成主控制室部分盤面失電致無燈號顯示，並不是該週刊報導「發生火災，主控制室被燒到全黑」云云，也與核能界對核電廠喪失廠內、外交流電源的所謂全黑事件迥然不同。目前這些受損組件已陸續更新。

針對本案，原能會(以下稱本會)除要求本會駐廠視察員隨時回報最新狀況外，並於 4 月 7 日召開管制會議及以現場視察及發出公函等方式要求台電公司確實調查肇因並儘速提出報告以防範類似事件之發生。台電於該事件發生後即成立專案小組著手調查，並將損壞之電容器送回瑞士 Gutor 原廠家，下游負載燒毀之儀電設備亦送回美國英維思公司檢測，初步推定為不斷電設備之電容器因為線路高諧波及周遭環境高溫引發一連串連鎖反應，造成下游儀電設備故障，本事件之真正肇因仍待正式的調查報告出爐後確定。另 5 月底一號機安全系統之不斷電系統之突波抑制器發生與本案類似之燒毀事件，本會將一併處理，不排除其間之相關性。

行政院吳院長上週三(6/2)於本會會慶時再次重申核四廠一號機必定會在確保核能安全的前提下，才可商業運轉。本會將續秉持此一立場對核四廠興建過程發生的任何意外事件，均加以妥善處理，讓社會大眾安心。

# □會議訓練報導

## ▲99-100 年度各項訓練班開課時間

(輻協訊)

班別	組別	期別及日期	地點	
放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員研習班	(A 組) 36 小時 許可類 設備	A5-- 12 月 15 日~ 22 日	(高雄) 輻射偵測中心	
		A6-- 12 月 20 日~ 24 日	(新竹) 帝國經貿大樓	
	(B 組) 18 小時 登記備 查類 設備		B13-- 8 月 4 日~ 6 日	(新竹) 帝國經貿大樓
			B14-- 9 月 1 日~ 3 日	(台中) 文化大學推廣部
			B15-- 9 月 15 日~ 17 日	(台北) 建國大樓
			B16-- 9 月 28 日~ 30 日	(高雄) 輻射偵測中心
			B17-- 10 月 6 日~ 8 日	(新竹) 帝國經貿大樓
			B18-- 11 月 3 日~ 5 日	(台北) 建國大樓
			B19-- 11 月 24 日~ 26 日	(高雄) 輻射偵測中心
			B20-- 12 月 1 日~ 3 日	(新竹) 帝國經貿大樓
			B21-- 12 月 8 日~ 10 日	(台中) 文化大學推廣部
			100 年 B1-- 1 月 12 日~ 14 日	(台北) 建國大樓
			100 年 B2-- 1 月 25 日~ 27 日	(高雄) 輻射偵測中心
			100 年 B3-- 2 月 23 日~ 25 日	(新竹) 帝國經貿大樓
			100 年 B4-- 3 月 9 日~ 11 日	(台中) 文化大學推廣部
			100 年 B5-- 3 月 16 日~ 18 日	(台北) 建國大樓
	100 年 B6-- 3 月 23 日~ 25 日	(高雄) 輻射偵測中心		
輻射防護繼續教育訓練班		09 月 24 日--- 3 小時	台北	
		10 月 05 日--- 3 小時	新竹	
		11 月 11 日--- 3 小時	台中	
		11 月 30 日--- 3 小時	高雄	
		09 月 07 日--- 6 小時	台中	
		09 月 14 日--- 6 小時	新竹	
		11 月 18 日--- 6 小時	高雄	
射防護專業人員訓練班	輻防師(18 小時) 輻防員(108 小時)	員 17 期 第一階段— 6 月 21 日~ 25 日 第二階段— 6 月 28 日~ 7 月 2 日 第三階段— 7 月 12 日~ 16 日 第四階段— 7 月 19 日~ 22 日	(新竹) 帝國經貿大樓	

	<b>進階 12</b> 8 月 18 日~ 20 日(進階 12-1) 8 月 25 日~ 27 日(進階 12-2)  <b>員 18 期</b> 第一階段— 12 月 6 日~ 10 日 第二階段— 12 月 13 日~ 17 日 第三階段— 12 月 27 日~ 31 日 第四階段— 100 年 1 月 4 日~ 7 日 <b>進階 13</b> 100 年 1 月 19 日~ 21 日(進階 13-1) 100 年 1 月 26 日~ 28 日(進階 13-2)	
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班	鋼--11 月 29 日~ 30 日	(新竹) 帝國經貿大樓
	鋼--12 月 23 日~ 24 日	高雄

## □ 專題報導

### ▲ 談低能量與低劑量的輻射效應(二)

#### 一 低能的非游離輻射一

(許俊男)

#### 肆、低能的非游離輻射

非游離輻射之所以如此稱呼，是因為此種輻射的能量低，無法讓物質的原子游離。其一般的介紹，已在上期之(壹)前言詳加說明，不在此重述。就此直接切入我們在日常生活當中大家所日漸關心的主題。

#### 一、電磁波在工程與科學上的看法

##### 1、不安與關心--正確資訊者何？

電磁場對健康是否有影響的報導是舊話題，也是新話題。

##### (1) 一般多為錯誤資訊

試檢驗「由神經電流(在體內的因)產生的是  $10^{-12}$  T 以下的微弱磁場(在體內的果)。在一般生活中，如果由家電製品產生  $\mu$ T 級電磁波(在體內的果)的話，神經系統不可能不受影響」這句話。從邏輯上而言似乎言之有理，意指體內也有比神經系統電流大  $10^6$  的電流，所以神經系統會受到影響。但事實上電流並不在體內，而是來自體外的家電製品。也就是引號內第 2 句話是倒果為因的說法。

從機械角度思考，人體受制於電流訊號，在神經等藉電流訊號而傳遞資訊。但並非人體內有電源使其產生電流，而是因離子密度的變化造成電的流



動，進而由此神經電流而產生微弱磁場。我們也可以利用特殊的測定儀器從腦觀察到腦磁圖。

人如果曝露在體外的磁場源，則會由體外的磁場產生誘導電流。我國磁場曝露的建議值（請見表 2.1 及其附註），是參考由 ICNIRP 依低頻時體外磁場誘導電流的大小而推算出不要超過的電流大小，以不擾亂原來體內電流的大小為立足點而建議的。例如在 50-60 Hz 低頻時規定的最大磁場為 0.1 mT，即 100 $\mu$ T。大於此值，則認為可能會影響人體的機能。

(2) 認為「有問題」的研究多會被報導

從文獻調查觀之，有如下多元的報導：「電磁波多少會造成一些影響的正面報導」，「並沒有問題，或者看不出問題的正面報導」，「先前的研究，如果由別人再行研究，則無法再現」，「在自然界原有的沒問題，人工產生的則在沒有確認 100 % 的安全之前應視為危險」，「由人工產生的有危險」，「看不見的有危險」，「有問題」，「沒問題」。我們可由認為有問題的論文彙整成「電磁波危險」的結論，也可由認為沒有問題的論文也彙整成「電磁波安全」的結論。

表 2.1 一般民眾非游離輻射之曝露建議值

2007/9/25

頻 段	電場強度 (V/m)	磁場強度 (A/m)	磁通量密度 ( $\mu$ T)	功率密度 $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )
<1 Hz	-	$3.2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-
1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	10,000	$4,000 / f$	$5,000 / f$	-
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	$0.37 / f$	$0.92 / f$	-
1-10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.37 / f$	$0.92 / f$	-
10-400 MHz	28	0.037	0.092	2
400-2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f / 200$
2-300 GHz	61	0.16	0.2	10

1. 頻段：係指特定之頻率範圍。
2. 電場強度：在空間某點上電場的電場強度向量大小之均方根值，以  $V/m$  表示。
3. 磁場強度：在空間某點上磁場的磁場強度向量大小之均方根值，以  $A/m$  表示。
4. 磁通量密度：在空間某點上磁場的磁通量密度向量大小之均方根值，以  $\mu T$  表示。  $1 A/m = 1.2\mu T$ 。
5. 功率密度：在空間某點上等效平面電磁波輻射功率密度之均方根值，以  $W/m^2$  表示。  $S_{eq}$ ：等價平面波密度。
6.  $f$ ：頻率。以表中相對應頻段之頻率單位表示。

## 2、需具備正確判斷的知識

### (1) 是否直流就安全交流就危險

或許有人主張說：「因直流的電磁場是不會變動的電磁場，所以不存在健康效應的問題，但是交流電磁場有正負方向的變動，所以存在影響效應的問題」。事實上以此單純的理論，並無法嚴謹說明電磁場的健康效應。

### (2) 是否頻率變高危害度就增加

認為頻率高的電磁場是危險的想法其實是錯誤的。電磁場的曝露建議值，依頻率的不同而有很大的差異。

### (3) 低頻波與微波影響程度的不同

曝露建議值隨著頻率的不同而有大幅的差異，所以在低頻磁場建議值，並不適用於手機。

### (4) 對儀器與對人體效應的區別

電磁場對通信電子儀器與對人體的影響需加以區別。因電磁場對心律調整器有影響之虞，所以推薦其與手機話器的距離在 22 cm 以上。顧慮的是二者訊號的干擾問題，而非對健康的效應。又為了防止汽車自動椅子受電磁場干擾而造成誤動，這是儀器間互相干擾所造成的問題。日本通產省也為此設定了標準。

## 二、工程與科學上的基礎知識

### 1、電磁波、電磁場是什麼

電磁波或稱電磁場，是電波與磁波或電場與磁場的合稱。兩者分開討論較清楚，但兩者又關係密切，互為因果。電波或電場是由電壓所造成的，而磁波或磁場則是由電流所引起的。

#### (1) 電場

如圖 2.1 所示，電場是指靜電等具有牽引塵埃之作用力的場所，或者看不見的電力作用「場所」。即如果有電力的話，即使沒有電流也會有作用的場所。電場強度可單獨測定，具有固定的單位，可以「 $V/m$ 」表示。其值越大表

示存在的電場越強。電場強度與電場電荷所帶的電量成正比，並且與距離的平方成反比，離電場越遠則電場強度越弱。

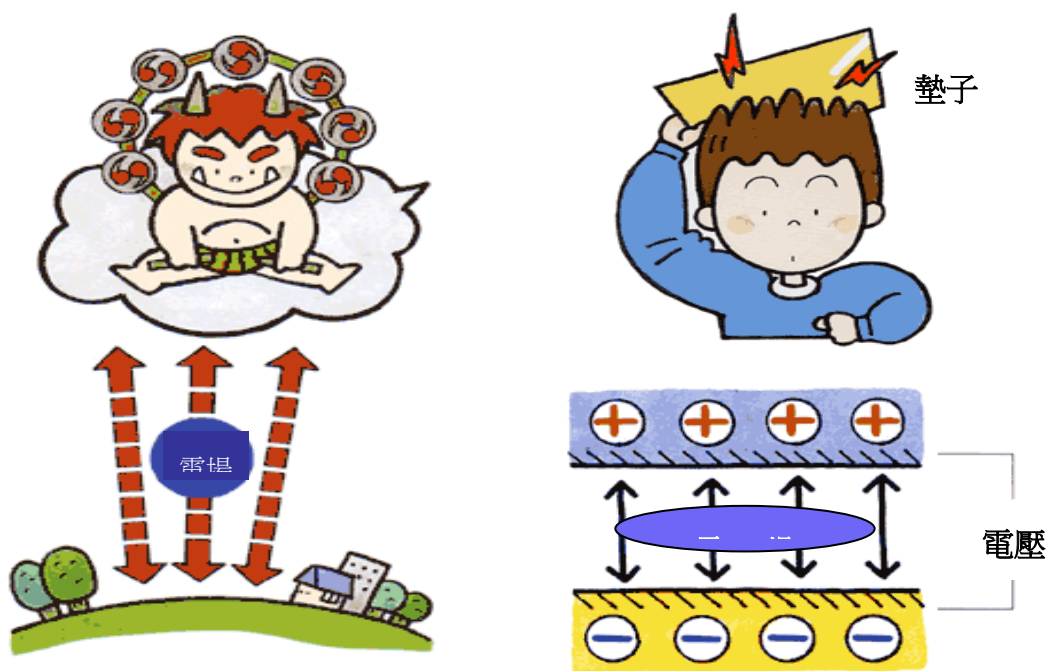


圖 2.1 電場

## (2) 磁場

指磁石等具有牽引鐵釘作用力的場所，或者眼睛看不到之磁力的作用場所。如圖 2.2 所示。磁場雖存於磁石近旁，但如果有了電流流過的話，其附近也會產生磁場。即使微小電流也會產生磁場。為了醫療的目的，可藉此進行腦磁圖或心磁圖分析。與電場一樣的，磁場強度可以單獨測定，也有固定的單位，可用「A/m」表示。其值越大表示存在的磁場越強。

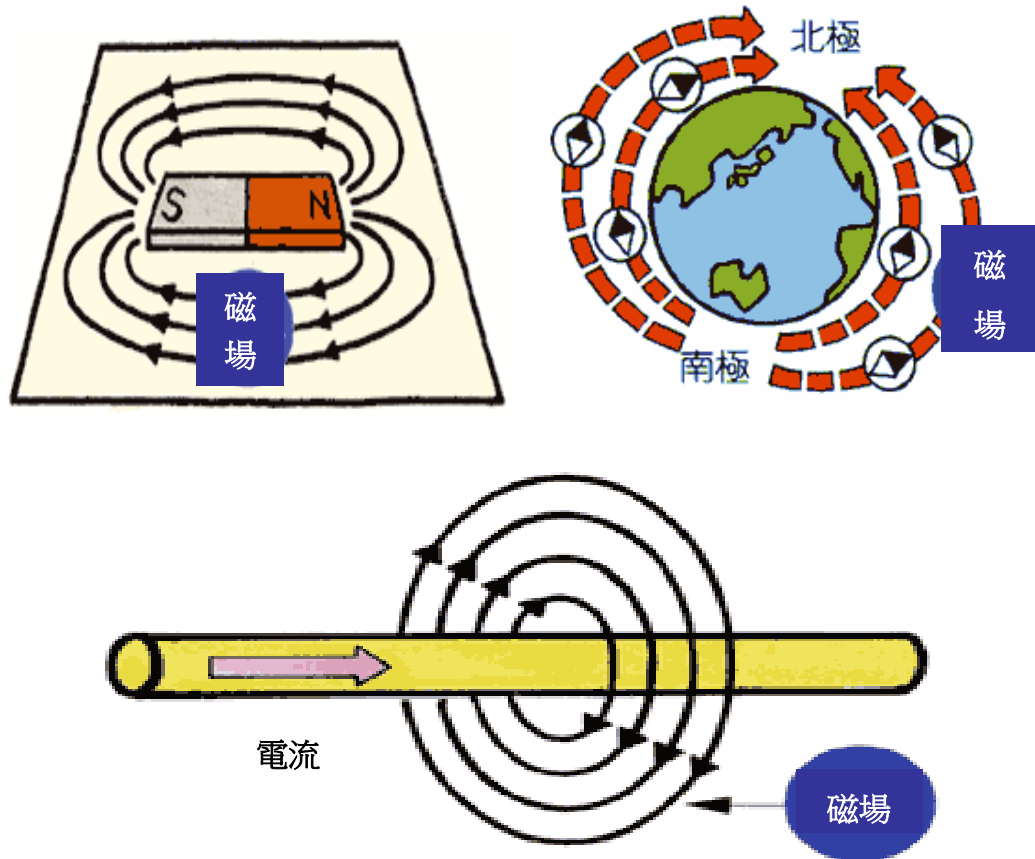


圖 2.2 磁場

磁場強度也可以用磁通量密度表示，其單位為 T (tesla)。二者可如下換算：

$$\text{磁通量密度 (T)} = 4\pi \times 10^{-7} \times \text{磁場強度 (A/m)}$$

因此  $1 \text{ A/m} = 1.2\mu\text{T}$ 。高斯 (gauss, G) 是沿用已久的磁通量密度單位，惟 ISO 系使用的是 T。 $1 \text{ T} = 10,000 \text{ G}$ 。

### (3) 廣義的電磁場定義

廣義的電磁場範圍很廣，包括所有的游離與非游離電磁波。依其波長與頻率的不同，電磁場的物性有所差異，其對生物的效應也不同。包括會與生物分子起直接或間接作用的游離輻射，和不會把分子的電子敲出 (knock out) 所以不致直接影響到生物分子的非游離輻射。

【下期待續】

歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 或電傳(03)5722521 或 email 輻防協會編輯組李孝華小姐收 TEL：(03)5722224 轉 314。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。  
如蒙賜稿，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字以內為佳。

#### (4) 狹義的電磁場定義

指電場與磁場具有緊密關係，由電場誘導磁場，磁場又誘導新的電場而以重複形狀傳遞的波，或其作用的場所。因電磁場不能同時測定，所以只測電場或磁場一種，或者二者分別都測。

因 50 或 60 Hz 的低頻電磁場，必須電場與磁場作單獨存在的考慮，所以除了作為通信的微波 (10 kHz~30 GHz 的頻帶區域) 之外，多稱電磁場。

#### (5) 頻率、波長

電磁場以重複波傳播。1 秒間重複的波數稱為頻率。1 秒鐘重複振動 1 次稱為 1 Hz。電磁波不論其能量的高或低，均以光速 (30 萬 km/秒) 傳播，故波長 = 光速 / 頻率。手機所用的高頻電磁場，例如 900 MHz，其波長為 33 cm。如以石頭丟入池中所引起的波為例，則波與波的間隔為 33 cm，只是手機以眼睛無法見到的方式在空中傳播。商用交流電的頻率為 60 Hz，換算成波長為 5,000 km。如表 2.2 和表 2.3 所示者是。

表 2.2 頻率與波長的換算

頻率	波長
60 Hz	5,000 km
20 kHz	15 km
300 MHz	1 m
900 MHz	33 cm
1,500 MHz	20 cm
2,450 MHz	12.2 cm

表 2.3 電磁場的分類

頻率	300Hz	3kHz	30kHz	300kHz	3MHz	30MHz	300MHz	3GHz	30GHz	300GHz	3000GHz
簡稱	ELF	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF		
名稱	極長波	超長波	長波	中波	短波	超短波	極超短波 (微波)	毫米波	次毫米波		
用途舉例	極長波	超長波	電航空法	收音機廣播	短波收音機廣播	TV-FM 廣播	TV 廣播	衛星通信			

#### (6) 遠場與近場

- 遠場

離電磁場波源一定距離以上的地方，如 2 波長、3 波長、或 1/6 波長以上者稱之。在遠場的電磁場，只要測電場或磁場中的一種，便可依照理論單純地換算成另外一種。較高頻的電磁場，由於測定上的方便性，以考慮電場者居多。

在換算上，於此空間阻抗  $Z = 120\pi = 377\Omega$ 。設電場強度為  $E$  (V/m)，磁場強

度為  $H$  (A/m)，則  $Z = 120\pi = E / H$ 。如考慮電場強度  $E$  為電壓  $V$ ，磁場強度  $H$  為  $I$ ，空間阻抗  $Z$  為  $R$ ，則變成與 Ohm 法則同形 (即  $R = V/I$ )。例如測得某場所的電場強度  $E$  為 377 V/m，則其磁場強度可計算為  $377 \text{ (V/m)} / 377(\Omega) = 1 \text{ A/m}$ 。遠場的電磁場強度均與波源的距離成反比。如取 10 倍距離，則其強度變成 1/10。

試思考電力密度。將電場與電壓對比，磁場與電流對比，則電壓與電流相乘為電力。在空間的電磁場，也可用存於該空間「電磁場電力的大小」表示。在視同遠場的電磁場，其

$$\begin{aligned} \text{電力密度 (W/m}^2\text{)} &= [\text{電場強度 (V/m)}]^2 / 377 \\ &= [\text{磁場強度 (A/m)}]^2 \times 377 \end{aligned}$$

電力密度單位：W/m<sup>2</sup> 或 mW/cm<sup>2</sup>。1 W/m<sup>2</sup> = 0.1 mW/cm<sup>2</sup>。

- 近場

在比上述為近的場所，視電場與磁場處於互相獨立的關係，稱為近場。在近場必須電場與磁場都測。在近場的空間阻抗並非一定，隨著天線的種類與距離而有大變化。如取 1 波長範圍為近場，則在手機所用 900 MHz 的電磁場，距天線 33 cm 以內為近場。所以除了維修人員之外，均可當作遠場。但如考慮到手機的話機時，因手機內的天線貼近頭部，必須當近場考慮。如果是 60 MHz 的低頻，1 波長有 5000 km 以上。如距 1 波長以上的距離，則電場和磁場被認為都已充分衰減。但此處理方式不符現實。因此在多數場合，均作近場考慮，即電場與磁場必須視為兩者互相獨立的場域。

- 低頻電磁場

因 50 MHz 的低頻，其波長達 6000 km 以上，這時電場與磁場間互相緊密關連的所謂電磁「波」的感覺就沒了，所以這時以使用「電磁場」一詞較適當。在多數場合，磁場之成問題者在於低頻電磁場。近來，低頻電磁場的健康效應大受關心，在媒體上也多使用「低頻磁場」一詞。其實 磁場≠電磁場。磁場只是電磁場的一部分而已。

- 低 頻 範 圍

於定義 50 Hz 等低頻時，可用所謂的極超低頻 (ELF) 和超低頻 (VLF) 用語。視所用電磁場的頻率而考慮近場或者遠場、電場或者磁場。

- 微波

微波為在 300 MHz~300 GHz 的電磁場，而手機用的是 800~900 MHz、1,900 MHz，電子鍋和無線 LAN (local area network) 所用的是 2,450 MHz (2.45 GHz)，範圍廣大。300 MHz 以下的電視、收音機廣播、各種無線通信的所謂超短波、短波、中波則屬高頻的電磁場範圍。

(7) 使用電磁場的範圍極廣

如以波長如頻率考慮，則電磁場的範圍從直流 (頻率 = 0)、從 50 Hz 到加馬射線等為止，其範圍在 20 位數以上。如以強度考量，電場從 10<sup>6</sup> V 到收音機其受信敏感度為 1μV 的小值。差了 10<sup>12</sup> 次方。就磁場來說，從磁振造影 (MRI) 所用

的 2 T 到腦所發生之 nT 以下的範圍為止，則至少相差了 12 次方。姑且不談磁場的範圍，也無法單純用「電磁場的影響」來加以描述。

因所用頻率範圍極廣，電磁場的世界不可忽視，也不能單純以「電磁場的效應」一詞帶過。多數電磁場的曝露標準均假設為「全身均勻的電磁場曝露情形」。不均勻時，則需先測其空間分布，再計算其平均值。

### 三、有關電磁場的健康效應

#### 1、電磁場的生物反應和屏蔽

從人體在物理上的特性來看，對於電磁場的反應，電場和磁場有很大的差異。以下係針對生物的反應來加以解說。

##### (1) 生物對電場的反應

頻率雖異，但電場並不會太深入人體的內部。會集中在皮膚等外部的界面。對位於身體內部的器官或腦中的松果體等影響很小。為調查電磁場的健康效應，雖有常用的實驗方法，但是取出細胞直接加電場於細胞時所顯示的影響程度，並不能以同樣的理由照樣地適用於人體的全身曝露。

在有電場存在的場所，如有了人體，則會因人體而擾亂電場的分布。人體外電場的強度和分布，與人體內電場的強度和分布有很大的不同。

在高頻時，電場集中於皮膚等的界面。如果在該處電場被吸收掉，則電磁場的能變得不易到達身體的深部。

測電場的大小時，電場測定器的感應器部分如其附近有人在，或者測定人員手持感應器的話，則該場所的電場分布會因測定人員的存在而受到擾亂，需注意到這時無法正確作電場強度的測定。

##### (2) 生物對磁場的反應

空氣、木材、人體、或者普通金屬，對於磁場的反應都相同。磁場對於這些物質都同樣會穿過去。在有磁場的場所，即使有人存在，磁場的分布也不會受到影響。因此人體的內部有可能接受與外部相同的影響。

測定磁場的大小時，因磁場測定器的感應器部分即使附近有人在，或者測定人員手持感應器，該場所的磁場分布也不會因測定人員的存在而被擾亂，所以使得磁場測定變得容易。

##### (3) 電磁場的屏蔽

因為磁場會通過人體，也都會穿過水泥等，所以一般的結構物或者材料無法屏蔽磁場，但並不表示磁場有危險。媒體所傳說的因不能屏蔽所以危險的說法並非正確的表達方式。低頻磁波的屏蔽物質只限於所謂鐵鎳合金(permalloy)、牟合金( $\mu$ -metal)等的特殊材料才有效。相對於此，電場就比較容易屏蔽。它雖與頻率有關，但可以鋁箔、銅等金屬屏蔽。鍍銀的化學纖維等也可以屏蔽電場。

#### 2、電磁場健康效應

##### (1) 長波長紫外線、可見光、紅外線

相應於紫外線的波長，均訂有曝露和環境標準。如曝露於某強度以上會有危險而要注意的便是此波長的紫外線 (UVA, UVB)。

如考慮可見光，當然太強的光因對眼睛不良，所以也訂有過強光線的曝露和環境標準。因影印機的光源等，使用者有可能見到，也需要確認光源明亮度是否已基於曝露標準而設計。

因瓦斯焊熔接或電弧焊接時會發生強光而有造成不良效應之虞，從衛生層面來說，有義務使用護目鏡或防護面罩。其次試考慮紅外線。會微微帶來體溫的不可見光線即為紅外線。所有的物體，會放出比例於該物體溫度的紅外線。因為也會因應人體的體溫而放出紅外線，所以藉偵檢從人體放出來的紅外線，可實際應用於各種防止犯罪的系統上。

對於過強的紅外線，雖也訂有過強光線的曝露和環境標準，但微弱的紅外線可以認為安全。

## (2) 電波 (毫米波、微波等) 的範圍

這些波長的電磁場，雖沒有直接傷害細胞的能力，但已知如曝露在電波裡，會因在體內吸收電波而產生熱。現在一般的看法是「在這些電波領域的電磁場其健康效應是熱作用」。可據以訂定曝露標準。其標準以可上升體溫 1 度電磁場強度作為最大的曝露量。若考慮僅運動一下也會使體溫上升的事實，如果不是某種程度以上的電磁場，並沒有使體溫上升的能力。會使體溫上升到什麼程度，隨頻率而異。在我們日常的生活空間，幾乎沒有超此曝露標準的電磁場。可認為相當於在維護電視等發射塔作業時的曝露，及直接誤曝於雷達電波時的狀況。

## (3) 手機的電波

來自手機話器其發射電力小，沒有使體溫上升的能力，但是

a、因頭是圓形的，有可能在某處造成熱集中的困擾。

b、因接近波源，在理論計算上的推算困難，有必要充分檢討。

並不能因「有必要充分檢討」，就指自手機的話器發射出來的電波就有危險。一般雖認為沒有安全上的問題，但目前為證明沒有問題仍在繼續進行各種研究。

## (4) 發熱作用的有效利用

藉微波等高頻電流穿過時的溫熱作用以治癌的溫熱療法 (diathermie, 利用超短波、微波、超音波、電流等的熱療法)，被認為電磁場具有療效。但是在治療時，也必須另外顧及到在旁協助的護士等也有可能受到的電磁場曝露。

## (5) 熱以外的作用

對於熱以外的作用，目前也仍在進行各種各樣的研究。進行的是曝露於不會造成溫度上升的低強度電波時，是否對神經系沒有作用、對 DNA 是否不致造成傷害、會不會致癌等的研究。雖尚未得到結論，但有問題的與未見有問題的正反論文都有。是否有再現性是研究電磁場對健康是否有效應時所將面對的課題。



對於電磁場之具有熱作用和刺激·電感作用，是目前已確定的見解。但除此之外是否有其他非熱的作用，迄今仍無定論。

### 3、低頻電磁場的研究

#### (1) 在低頻電磁場難有熱作用

為了發生低頻電磁場的熱作用，我們必須加上非常強的電磁場。通常並沒有這樣強的電磁場，所以熱作用不必考慮。代之以考慮的是刺激·電感作用。如果是低頻的話，人體可以感覺到，且從過去的經驗可測出最大電感電流的量。而在高頻的電磁場(電波)，因人體感受不到，所以在此不考慮談高頻的刺激·電感作用。這種隨頻率的改變其作用也不同，也是使得難以瞭解電磁場對健康效應的原因之一。

一般的看法是當生物從體外曝露於磁場時，在體內所產生的誘導電流，「以不致擾亂原在體內電流程度作為管制時便認為磁場不影響健康」。

基於以上的認知，從上述的刺激作用和誘導電流觀點，而定出最大低頻的電磁場值來做為低頻電磁場的曝露限值。在 ICNIRP 對於一般民眾的指引，對於 50 Hz 的磁場曝露限值定為 100 $\mu$ T。除此之外仍無定論，認為需要再繼續研究。

#### (2) 著眼低頻的磁場效應

在高頻時，如能重點考慮到電場的話，便可掌握到其電磁場。誠然，在特殊情形下高頻的磁場雖有可能造成問題，但一談及對健康效應，還是以低頻為主。

在媒體界的說明，多將磁場誤認為等同於電磁場。

在磁場內人體會因應磁場的強度而產生誘導電流。人體受制於電，也有電流的存在。如果外加會產生比原本存於人體電流更大電流的磁場，其對於生物機能的影響則是易知的事。

至於弱磁場又如何是目前研究的主題。並不是要研究是否危險，而是為了要確認有沒有問題而進行研究。

#### (3) 過去的研究

在日本，如島田所注意到電場的研究報告，訂定了從輸配電線所洩漏出來電場的安全標準。如圖 2.3 所示的，在其研究，是藉由 500 kV 的輸配電線針對靜電誘導而取得對人和兔子的刺激反射、心電圖、血壓等作用，以調查其對生物的效應。結果是在 3 kV/m 以下程度的電場對人有如下的作用：

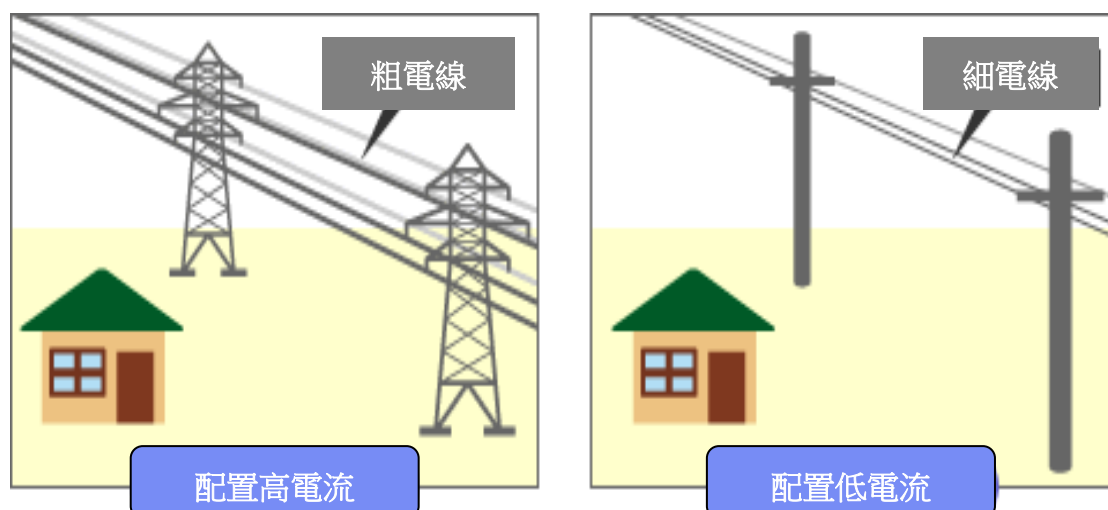


圖 2.3 交流電的輸配電

- a、曝露於磁場後的心跳數，開始雖有 10~15 (次/分) 程度的變化，但在 10 秒內又恢復，曝露前後並無顯著不同。
- b、血壓在開始曝露之後即最高上升 6~7 mmHg，但在 1 分鐘內又回復到曝露開始前的值。
- c、皮膚幾乎無電阻反射上的變化。
- d、雖然身體無反射性的筋之運動，但自律神經系統一度有過反應。

由此可知，如有 3 kV/m 以下程度的電場，則經由靜電誘導而刺激到人，其所及的效應無論是精神上的還是身體上的，都在日常生理上的變動範圍內，且只不過是一時的反應而已。

日本依此結果而定出在高壓輸配電線下的電場強度，於一般人站在地上的 1 m 高度時最大為 3 kV/m 的立法管制標準。這使日本成為在高壓輸配電線的電場研究和管制上的世界先驅。

#### (4) 存於地面的天然低頻電磁場

落雷的能量是地球大地與游離層間的空間，在共振時形成所謂舒曼共振 (Schumann resonance) 頻率 (如 7.8, 14.1, 20.3, 26.4, 32.5 Hz) 的低頻電磁場。雖然微弱，但可由測定儀器偵檢出其確實存在於地上。其強度為 電場 1 mV，磁場 10 $\mu$ A/m 的程度。因雷通常是在地上的某處發生，此低頻電磁場經常地存在地球上的任何地方。

距離地面約一百英哩的天空有一層環狀游離層，與地球表面形成一個空間，大氣內各種震動頻波及電波在此空間中傳播。此低頻波可穿透任何物質，包括人體，稱為舒曼波，其間頻波的共振情況叫舒曼共振 (Schumann Resonance)。舒曼共振所產生的低頻電磁場，人類無從逃避。表 2.4 所顯示的是存於自然界的電磁場。

表 2.4 身體周遭電磁場的大小

對象	磁場的大小 (mG)	對象	電場的大小 (kV/m)
地磁	約 300	靜電	5~20
家庭電化品 頭髮風乾機 (3cm)	25~530	發生雷雲時	3~20
電熱地毯 (2.5cm)	110~190	晴天時	約 0.1
柯掃機 (30cm)	20~200	輸配電線下方	0.1~3
電熱毛毯 (2.5cm)	40~60	ICNIRP 指引 <sup>*</sup>	833 (60 Hz, 公眾) 1,000 (50 Hz, 公眾)
電視 (30cm)	1~20		
輸配電線下方	1~200		

( ) 內表示離測定物的距離

※ ICNIRP (國際非游離輻射防護委員會)是以 WHO 的環境衛生標準作為科學上的依據，考量安全因數等之後所示的曝露指引值。

#### 4、直流電磁場的研究

##### (1) 直流磁場的效應

因在所謂 MRI 的醫療檢查裝置所使用的是強直流磁場，所以有助於醫療。但是有關圍繞在醫療診斷的副作用或不良影響的健康效應，迄無定論。目前日本的曝露標準限值是 2 T。

因地磁本來就具有 50 $\mu$ T 程度的強度，居住在地上的人類，打從出生就注定要繼續曝露 50 $\mu$ T 程度的直流磁場。

##### (2) 直流電場的效應

再說直流電場，它什麼都不是，只是所謂的靜電而已。有關靜電對健康的效應，到目前還找不到適當的例子。

在乾燥場所，靜電會累積於身體。當人接觸到門的金屬手把等的時候，累積於身體的靜電便會流動，也會感受到電擊。這種靜電的累積，有達數 kV 的情形。有關靜電也同樣存於我們身體的周圍，人無法完全避開。關於靜電，雖有使火花飛揚而釀成火災的問題，但並沒有聽到有關健康效應的其他討論。

#### 5、電磁場(波)過敏症

有過所謂電磁場(波)過敏症的病例報告。既有蕎麥的中毒死亡報告，這種報告實不足為奇。在學術研究論文上見到否定電磁場過敏症的結論不少。因無再現性，結論多被認為是心理層面的因素。就此症來說，怎樣頻率的電磁場會引起過敏，除了要加以確定之外，也要針對個案加以因應。

#### 6、存在生活空間的電磁場與危險度

對於電磁場的健康效應，在流行病學上所顯示危險度的增加指的是腦腫瘍及白血病。雖限定於此 2 種疾病，但在最近也針對其與乳癌、或者阿茲海莫症候群的關係進行研究。

乳癌、腦腫瘍及白血病都是癌症。如要在流行病學上調查電磁場的健康效應，何以針對這 3 種癌症有其原因。因胃癌、肺癌主要源於消化系的飲食生

活、呼吸系的吸煙等，即使有了電磁場的效應也看不出來。而乳癌、腦腫瘍及白血病則有可能顯現電磁場效應的數據。

在生活空間範圍內試實測其電磁場。在低頻磁場，乘日本新幹線時約曝露  $20\mu\text{T}$  (電磁場曝露標準為  $80 - 100\mu\text{T}$ )。如果此低頻磁場真的與腦腫瘍等發病有關係的話，則多數利用新幹線的日本商人必大半死於腦腫瘍。但現實上未見有日本商人受到不良影響。

依在微波領域的實測，從東京鐵塔發射出來的 TV 電波等電磁場較強。東京鐵塔也是觀光景點，訪客也多。雖符合電磁場曝露標準 ( $61 \text{ V/m}$ )，但在其附近建築大樓的 3、4 層測值為  $3 - 4 \text{ V/m}$ 。但腦腫瘍事實上並也未見增加。

#### 7、預防原則為何

所謂預防原則，是因為在科學上的研究仍有大的不確定性而尚未得出結論的現階段。作為對策所需要的是在懷疑可能有重大風險度時，今不待科學上的結論而提出執行的政策。有重大的風險或者健康危害性為其判定條件。

在 WHO 也就低頻電磁場的健康效應，作為預防原則而仍在檢討之中。召集利害相關人員就與對策有關的費用或方便性等進行評估，以在實施政策上，從「僅認知有風險的存在，不作任何公式上的對策」到「進行限值的制定」為止的大幅範圍中作適當的選擇。圖 2.4 所示的為各種家電磁場強度與 ICNIRP 的建議限值。表 2.5 則是 WHO 與 ICNIRP 的電磁場建議值和指引值的比較。

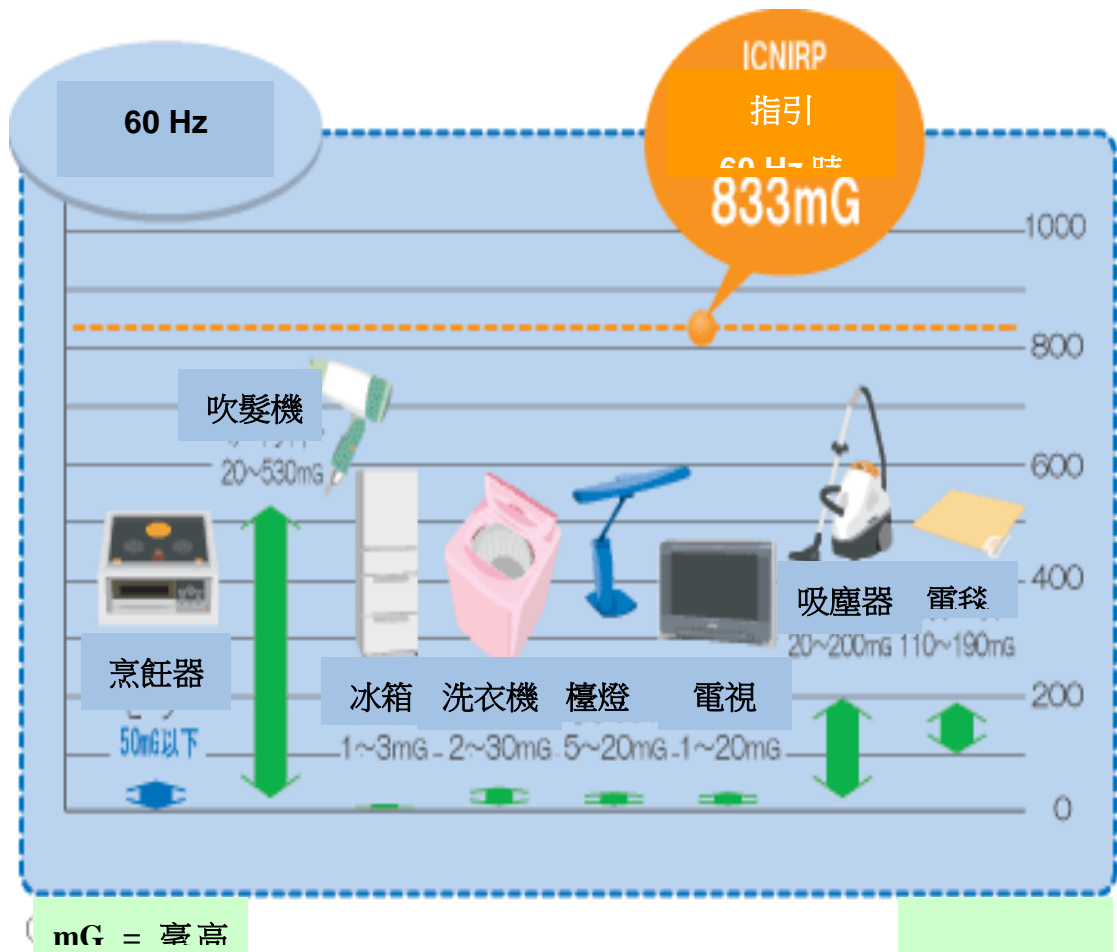


圖 2.4 各種家電磁場強度與ICNIRP建議限值

一般的預防原則，對於在現在的科學所提倡對電磁場的曝露限值，不論是預防或者是設定更加嚴格的限值，終究仍是實施預防原則政策的一部分。

最近網路有傳言電腦的電磁輻射超過瑞典的標準而引起大的恐慌，今補充如下。MPRII 標準是由 SWEDAC (瑞典技術委員會) 制訂的電磁場規範。其制訂係受到 SCPE (瑞典專業雇用聯盟，類似台灣的工會) 的影響而訂的，並沒有經過客觀的科學數據驗證過。其所制訂的標準也未被 INICRP (國際非游離輻射防護委員會) 和 WHO (國際衛生組織) 所承認。但如果有產品想銷到瑞典去，就要符合瑞典的規定才可以輸入。然而不符合他們的規定並不表示有危險。

主要參考文獻

1. 三浦正悦，《電磁界の健康影響—工学的・科学的アプローチの必要性》，東京電機大學出版局 (2004)。

表 2.5 WHO 與 ICNIRP 的電磁場建議值和指引

區分	機關	名稱	出版年	數值	說明
電場	WHO (世界衛生組織)	環境衛生標準 35	1984	10 (kV/m)	不需限制進入
	ICNIRP (國際非游離輻射防護委員會)	電磁場 指引	1998	8.3 (kV/m)	以工作人員為對象所定的標準
				4.2 (kV/m)	以一般人為對象所定的標準
磁場	WHO	環境衛生標準 69	1987	50,000 (mG)	未顯示有害的生物學上的效應
				5,000 (mG)	也未被認為任何生物學上的效應
				4,166 (mG)	以工作人員為對象所定的標準
	ICNIRP	電磁場 指引	1998	833 (mG)	以一般人為對象所定的標準

歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 或電傳(03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。

2.本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字內為佳。

3.歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224 轉 314。