

科技造福社會之範例

-----「現代科技的應用、風險和福祉」心得報告

109010020 原科院學士班大二 陳芷焄

前言

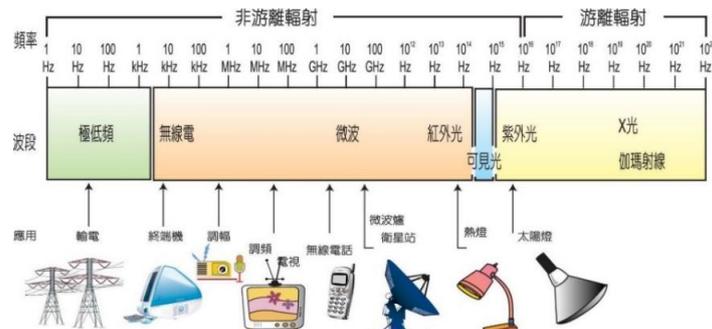
「電磁波、基改、核能與輻射」這三項科技，是當前社會甚受爭議的議題，在修這門通識「現代科技的應用、風險與福祉」以前，我對於核能與輻射是比較清楚了解的，我知道核能對於社會的重要性，也了解當中運作的原理，這與我本身的科系相關，反觀其他兩者「電磁波、基改食品」，我則是抱著懷疑的態度修這門通識，這可能是受成長環境的影響，即便我並不瞭解這兩項科技，我也能提出反對意見，這個現象同時反映在許多民眾身上，這對於「科技」是不公平的，因此我選了這門「現代科技的應用、風險與福祉」，除了給自己重新認識科技的機會，也給科技一個機會。

隨著課程的逐漸進展，我感受到自己看待事物的視野有所轉變。當面對新科技時，我們會因新聞媒體、周遭環境而有偏知，但同時我們也需具備基礎知識與明辨思考能力，因為媒體並沒有教育社會的責任，而是重在娛樂與盈利。本文將介紹「電磁波、基改、核能與輻射」這三項科技對社會的貢獻，以及說明若我們善用這些科技，便能改善社會、增加社會福祉。

電磁波如何影響社會？

電磁波與我們日常息息相關，也是社會中極具爭議的議題，但我們真的了解電磁波嗎？若我們僅是隨隨便便聽信親戚、媒體的言論，就對電磁波妄言置評，豈不是抹滅了電磁波對社會的貢獻？因此我會先介紹什麼是電磁波，再從知識層面、科學層面與風險福祉層面說明電磁波，最後推論電磁波是無害的，所以我們不需要害怕電磁波！

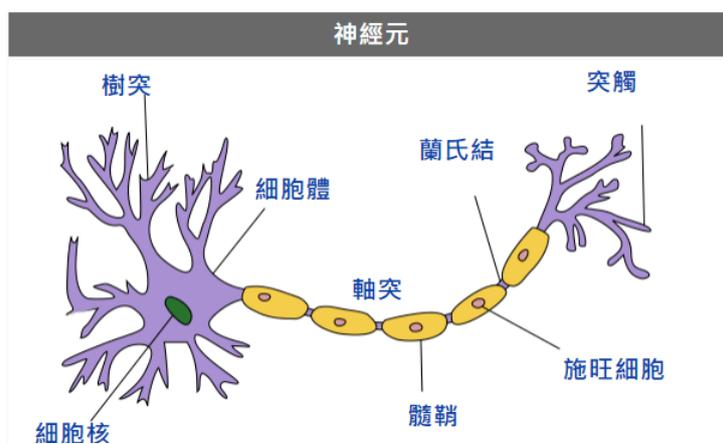
電磁波的能量與頻率關係從能量=普朗克常數 x 頻率 ($E = h\nu$) 可得知，當頻率越高時，能量也就越高，而強度是單位面積下的能量轉化率，因此在相同面積下，能量越高則強度也越高，所以電磁波頻率與強度成正比。圖一是電磁波頻譜與應用範圍。



圖一 人類遭遇的電磁環境，來源：林基興老師

上圖值得注意的是我們生活中日光燈的電磁波頻率就比高壓電與變電所的頻率還要高，那我們擔心像是基地台造成的電磁波，而不擔心直接從我們頭上的燈泡散發出的電磁波，是一件矛盾的行為。

國際規範 2000 毫高斯以內皆為安全，若我們從基本知識層面來看，地球磁場來自內部循環電流，磁場約為 500 毫高斯，而高壓電線磁場約 10~30 毫高斯，遠比地磁小；再者，人體的神經（如圖二）和肌肉活動感應電流約為 1 毫安培 / 平方公尺（ $1\text{mA}/\text{m}^2$ ），當人站在 10~30 毫高斯高壓電線下時，因距離遠之故，受到的磁場約 1 毫高斯時，人體內的感應電流約為 0.001 毫安培 / 平方公尺（ $0.001\text{mA}/\text{m}^2$ ），也就是說外界電場對人體的影響千倍遠小於自身產生¹。這些基本知識明確指出高壓電與變電所對人體危害並不高，我們之所以害怕是由於我們並不瞭解電磁波，我們的大部分資訊都是經由媒體以及民眾口耳相傳導致輸入錯誤觀念。



圖二 典型神經元結構，來源：維基百科

從深具公信力的科學報告來看，世界衛生組織的文件（fact sheet）聲明，在國際規範內，至今並無有害健康的證據，例如第 322 號（電力電磁波）、第 304 號（基地台）。至於有人宣稱在電磁波環境中會有過敏反應，在第 296 號（電磁過敏）已聲明，所謂的過敏現象與電磁波並無關聯性；在 2000 年，電機電子工程師學會曾指出基地台射頻功率遠低於標準量，對於民眾不論孕婦、老人、孩童皆是安全的。至今為止，並沒有證據顯示低頻電磁場對人體健康有害，許多人可能會說「至今為止」並不代表以後就不會發現有害，那是因為在科學上講求一分證據一分話，但也因為證據權重佔比很大，所以較難推翻。

最後比較電磁波的風險與福祉，我們會因為害怕電磁波而不使用手機嗎？我認為民眾是不可能脫離手機生活的，在我們遇到危險時，手機反而成為救命的一根稻草，而且手機發出的功率遠小於電燈泡和陽光，所以手機發出的電磁波並不會造成危害；再者，若我們因為害怕電磁波而把變電所搬到其他地方，這種作為只會讓電磁波更強，因為沒有基地台就無法傳輸訊號，因此訊號要打到更遠的地方，電磁波不減反增。從以上的層面說明不管是手機、基地台或是變電所等的風險相對於福祉來說小太多了，我們不應該因為擔心電磁波的風險而不使用它，況且至今為止並沒有一人是因為電力與通訊頻波而死亡的案例，所以電磁波一點都不可怕。

¹ 林基興，電磁波常識與保健之道，科學發展月刊，2020 年 11 月號。林基興，電磁恐慌，台大出版社，2009。

基改食品如何影響社會？

「基因改造」這詞在民眾眼中帶有負面意涵，舉例來說，2012 年美國北卡大學民調顯示「用字」會影響意願，使用不孕蚊子字眼，民眾支持度為 42%；但使用基改蚊子字眼，民眾支持度降為 24%，但不孕蚊子等同於基改蚊子，可見基改這詞在許多民眾中屬於負面的詞彙。那基改定義為何呢？基改食品是否安全？若我們不了解基改又如何評論基改的風險與福祉？因此，以下會介紹基改定義，以及很多食品沒有貼基改標籤，但仍屬於基改範圍，再者沒有科學證據顯示基改有危害，所以基改一點都不可怕，若我們善用此科技，便能解決許多現有問題！

基改（重組 DNA、基因轉殖、遺傳工程）是接合不同 DNA，將重組 DNA 轉殖寄主細胞，基改技術的優點為明確精準、縮短時程，克服物種間的不相容。基改的時代背景為 1967 年，發現 DNA 連接酶，可以將兩個 DNA 片段接連起來，成為縫合基因分子的分子針線；1968 年，瑞士生物學家阿爾伯等，從大腸桿菌中取出限制性內切酶，能在 DNA 上尋找特定的切點，將 DNA 分子的雙鏈交錯地切斷，所以也稱為分子剪刀，這兩項發現與技術奠定了基改。

具備基改的知識有多重要呢？專家（包括世界衛生組織、美國國家科學院等）均稱基改食品安全。根據 2015 年美國皮優研究中心指出，88% 的所有領域科學家（基改與非基改）說基改安全；但只有 37% 的一般民眾說基改安全，這項數據顯示專業的重要性，若我們沒有基改的知識素養，極其容易誤以為基改對人體有害。基因改造實際上就是改變基因使外觀或是特性不一樣，然而現今的社會氛圍是只有利用分子生物學的操作才算是基因改造，但是自然的基因突變、不同品種雜交、化學誘變劑或是輻射照射都會產生基因改變，換言之我們所有食物來源都是基改食品。況且分子生物學改變的基因數最少，而且是精準地將某基因植入，至於雜交和輻射照射與化學誘變改變的基因數就多到難以計算，而且還無法控制。因此，我同樣認為不需要有基改食品的標籤，因為市售的產品全都屬於基改範圍，貼上基改標籤的產品，只會讓民眾誤以為基改有害且不安全，沒有其他用處，實際上民眾認為的「非基改食品」全都是基改食品的範疇。

有些反對者害怕的是不同物種之間的基因轉殖，但是證據顯示人類蛋白質約有九成也見於果蠅和蠕蟲的蛋白質，生物體之間的生化相似性可反映於「拯救實驗」，實驗說明當某一物種的蛋白質失效時，可拿其他物種的相對蛋白質來替代，舉例來說，人與牛的胰島素非常相似，所以糖尿病患者可以拿牛的胰島素當作替代品，我認為這種解釋可以讓反對者獲得更多的安心。現今很多作物因基改而有良好的品質，像是各種作物獲取固氮能力有別，玉米就比米和小麥厲害，傳統育種者無法改變米和小麥的能力，但基因工程學家已將關鍵基因從玉米轉殖到稻米上，使稻米具有較佳的光合作用效率；花生本身沒有抵抗玉米螟蟲的能力，但在轉殖蘇力菌後便能不被玉米螟蟲摧殘，而健康的生長（如圖三）。



圖三 作物受到基改保護：花生被玉米螟蟲摧殘（左圖）、花生受到基改保護（右圖），來源：維基百科

每年數百萬的品種歷經基因改造（非經分子技術的基因工程），從來沒有政府監督或限制，育種者一年栽培出五萬種玉米、黃豆、小麥、馬鈴薯等作物，大多數的基因透過人為地穿透自然障礙雜交。再者，超過兩千種作物由化學或輻射產生突變而成，其中的一半在 1985 年後釋出，包括小麥、稻米、葡萄柚、萵苣等，這些作物並沒有貼基改標籤，但是這些作物會比黃金米（如圖四）改變更少的基因或是更自然嗎？答案顯而易見是不會。況且黃金米基改是科技救助窮人的典範，在貧困的國家通常只可食用得起主食，因此缺乏許多營養素，像是維生素 A，透過基因轉殖方式，使米胚乳含有維生素 A 的前驅物（胡蘿蔔素），食用後人體將其轉化成維生素 A，便解決了貧窮國家營養缺乏的問題，因此若我們了解此科技的話，我們就能善用科技解決問題，這也是科技問世的意義。



圖四 黃金米（基改增加胡蘿蔔素），來源：維基百科

從基改的風險與福祉層面來看，若我們因為害怕基改而不使用的話，世界上會有成千上萬的人死於飢荒，況且價錢也反應在食品價格，非基改食品價格遠比基改食品貴許多。那基改食物安全嗎？世界衛生組織與法國等各國國家科學院已聲明，核准上市的基改食品，至今並無有害健康的證據，而且二十多年來，基改食物已經被全世界千百萬個人食用，也沒有負面效應的報導，所以基改的福祉遠大於風險，我們並不需要害怕基改食品，反而應該善用此科技解決所面臨的問題！

核能與輻射如何影響社會？

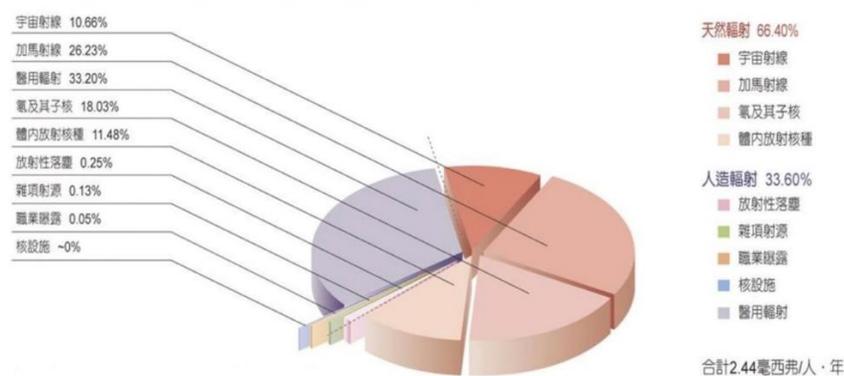
核能與輻射是近年來被討論很久的議題，以我的例子為例，因為家中有人反核，因此一直灌輸其他家人核能的缺點或是可能存在的風險，這種傳達錯誤的資訊容易造成他人對此科技早有定見，即便我們不了解這項科技，卻可自認有理提出反對意見。其實，我們已經用核能許久，因為生命的源頭及是核能，陽光來自太陽內核反應，因此

地球上的能源都是直接或間接來自核能。以 2021 年 12 月 18 日舉行的核四公投為例，有效同意票未達到門檻，且不同意票都超過同意票，所以失敗告終。在投不同意票的人裡，有多少民眾是因為不了解核能而投下不同意票呢？又有多少民眾是因為媒體、公眾人物的言論投下不同意票呢？民眾對於核能具備多少知識？因此以下將核能分成核廢料、核災事件以及輻射來看，說明我們不需要害怕核能，且核能的福祉遠大於風險。

核廢料分為低階核廢料與高階核廢料，低階核廢料有像是核電廠衣物工具、廢液殘渣、停役後汙染設施，這部分廢料會經燃燒再用水泥固化；高階核廢料則是有 96% 可以重新利用發電，剩下的 4% 則可用反應器改變核種，所以核廢料的輻射量極少或是可以說是沒有輻射量。反觀其他工業廢料，據英國統計，放射性核廢料的產生量（約 1%）遠低於其他工業設施產生的有毒廢棄物（約 99%），所以我們更應該關心的是非核廢的流向，像是廢棄物經焚化產生的戴奧辛，或是汽機車的廢氣排放量。

民眾擔心台灣會重演日本核災悲劇—日本福島事故，在卡內基國際和平基金會於 101 年 3 月 6 日舉辦「一年來：評估福島的影響」(One Year On: Assessing Fukushima's Impact) 會議，會議之首要議題為「福島事故是否可以避免？」，結論說明福島核災顯然不只是因為海嘯造成，而是人為災難，也就代表這場災難是可預見和可避免的，但卻沒有做好準備，所以釀成悲劇。福島事故關鍵原因：現場主管不敢灌海水冷卻反應爐。因為灌了冷水反應爐會壞掉，而報廢無法使用，因此無層層授權。該報告作者同樣對於台灣核能電廠的事故因應設施有很高的評價，像是台電在建置事故因應設施時比其他核能業者更加審慎；在防止海嘯的能力方面，也以台灣核電廠為最佳典範²，況且台灣因地質跟日本不同，所以不會產生 9、10 公尺的海嘯，所以民眾根本不需擔心重演福島事故。

民眾擔心核電廠會釋出輻射，但地球本身就存在輻射，像放射性同位素碳 - 14，再者人類經由呼吸、飲水、攝食等，最主要吸收的放射性核種為鉀 - 40，此核種容易累積在生物肌肉和體液系統內；香菸也會導致涉入放射性核種鈾 - 210，若每天抽 1.5 包的香菸，吸入的年有效劑量約為 10 毫西弗，這也說明我們生活的環境都潛在輻射（圖五），那為什麼我們只在意核能釋出的輻射呢？



圖五 台灣地區國民輻射劑量評估結果分布圖，來源：台電公司 核能電廠輻射偵測簡介

核能發電的優點有許多，像是在核電廠興建完成後，採購鈾原料的成本只占發電成本 4%，所以發電成本不易受到國際能源價格波動的影響；核能發電不會排放二氧化

² 台電核能月刊，網址:<https://reurl.cc/dXXLZ8>，最後瀏覽日期：2022 年 1 月 15 號。

碳，是減少碳排放的發電模式。核電廠商轉後除了可以降低二氧化碳排放量、減少空汙，同時維持供電的穩定，幾無排碳，並平穩電價。例如，核二廠（圖六）運轉至今四十年（兩機組起用年為1981、1983）。亦即，一機組已滿四十年而停止，另一機組明年滿四十年也將停止，若不是核二廠兩部機組這些年來持續發電，台灣可能早已陷入缺電危機；核四廠（圖七）因2021核四商轉公投失敗後，仍持續封存，但其實民眾經歷513停電都曉得台灣目前缺電，那為何還在公投投下不同意票呢？



圖六 核二廠，來源：維基百科



圖七 核四廠 來源：維基百科

若我們不接受核能，那我們就只能生活在隨時缺電的情況，同時承擔較高的電費，並擁抱空汙、加劇全球氣候變遷。所以核能與輻射一點都不可怕，可怕的是廢核後的生活環境！

電磁波、基改食品、核能與輻射是否自然？

反對者否定此三科技主因之一為「不自然」，那麼「自然」的定義又為何？當涉及人類的事務（特別是科學領域），自然與非自然之間的界線就會變得模糊。例如光是一種電磁波，遠比電力、通訊電磁波強上幾萬倍，那我們能說光不自然嗎？至於基改食品，即便沒有分子生物技術的出現，生物的基因本就會改變，源頭是DNA複製時難免出差錯，那為何基改食品就不自然？轉殖基因使作物有自救能力，能更好對抗外在環境，為何就不自然了？難道飽受病毒摧殘的作物才屬於自然？至於核能，自然界早就存在許多天然核反應爐，像是位於非洲加蓬奧克洛（Oklo）的第15座反應堆（圖八），二十億年前在非洲鈾礦區自然形成核反應爐，且持續多年都沒對環境產生傷害，那這對於反對者來說是「自然」的嗎？至於輻射，地球上到處均具輻射，包括我們自己都具輻射，難道我們不是「自然」的嗎？所以，面對這三項科技時，我不能用自然或不自然來決定我們使用科技的標準，因為自然或不自然的定義極其模糊，當大自然對人類不友善，為何人類不能自力救濟呢？基改作物有自救能力是合理的吧？



圖八 奧克洛（Oklo）黃色岩石是鈾氧化物殘餘，
來源：Robert D. Loss (Curtin U.)

反對的後果反映到物價嗎？

「電磁波、基改食品、核能與輻射」與民生習習相關，此三項科技的出現降低了民眾的消費，像是在大賣場採購時，便會發現基改作物由於抵抗外在環境能力較強，收成量也較多，因此基改作物比非基改作物便宜許多。但是，在反對者一再提安全疑慮，使得基改研究的費用節節升高，對於小公司來說根本不堪負荷，只剩「口袋夠深」的大公司才撐得下去。在用電與通訊方面，也因反對者抗議，使得電力與電信帳單貴些，難道這是我們想要的生活嗎？我認為人類創造科技是為了讓民眾生存更佳便利，同時享有更好的生活機能，並不是創造出會傷害人類的科技，因此當面對我們不熟悉的科技時，應當充分了解此科技並嘗試接納，而非輕信謠言，打從心底就否認此科技。

結論

「電磁波、基改食品、核能與輻射」這三項科技其實並不可怕，我們之所以害怕、恐懼，是因為我們沒有足夠的認知。閱讀完本文後，希望大家對此三科技有不同的認知，以及換個角度看待科技，我們對於科技的恐懼是源自於我們的想像與錯誤認知，因此我們更該進一步瞭解並比較風險與福祉，再做評論。居里夫人曾說：「要理解生活中的事物，而非害怕。理解更多，則害怕就更少。」這便是我們需要學習、精進的地方。再者，人生到處都是風險，我們不該把注意力只放在某單一事件，也因資源有限的緣故，社會需先找出公眾健康的主要風險，避免浪費資源在小風險上，怎樣的投資最具成本效益、產生對大多數人的最大效益呢？是我們值得深思的問題。

參考資料

1. 黃予璿，〈「現代科技的應用、風險和福祉」之通識心得報告〉，網址：<https://reurl.cc/e66L2b>，最後瀏覽日期：2022年1月15號。
2. 台電核能月刊，網址：<https://reurl.cc/dXXLZ8>，最後瀏覽日期：2022年1月15號。
3. 〈李敏：台灣不能放棄核能〉，網址：<https://reurl.cc/Qjjevp>，最後瀏覽日期：2022年1月15號。
4. 林基興，電磁波常識與保健之道，科學發展月刊，2020年11月號。林基興，電磁恐慌，台大出版社，2009。
5. 每日一天文圖（成大物理分站），網址：<http://sprite.phys.ncku.edu.tw/astrolab/mirrors/apod/ap100912.html>，最後瀏覽日期：2022年1月17號。
6. 林基興，〈基因改造科技：黃金米的誕生與近況〉，網址：<https://reurl.cc/yQrWzl>，最後瀏覽日期：2022年1月19號。