

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告

知「輻」習「輻」－環境輻射科普教案研發與活動推廣

報告類別：成果報告
計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 111-NU-E-227-001-NU
執行期間：111年01月01日至111年12月31日
執行單位：國立臺北護理健康大學嬰幼兒保育系（所）

計畫主持人：潘愷
共同主持人：方文熙

計畫參與人員：大專生-兼任助理：莊宜倫
大專生-兼任助理：洪儷華
大專生-兼任助理：潘韋如
大專生-兼任助理：陳筠晴

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關行政院原子能委員會
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

中華民國 112 年 03 月 17 日

中文摘要：我們身處的自然環境中，本就存在有光、熱、電波等大小不同的能量，「輻射」也是其中一種；惟多數民眾的科學知識普遍不足，對於無色、無味、無形、無影的「輻射」，往往會有莫名的恐懼，再加上某些主觀意識型態的非理性態度，進而對「輻射」相關的議題，往往省略了檢視與查證的科學步驟而以訛傳訛。其中，高中生或非理工科系大學生對於輻射特性的認知往往來自各類社群媒體或網路資訊，訊息雜亂不易辨識真假，也因此對環境中如土壤、食物、飲水中所具有的天然放射性物質，或如醫療、工程領域上所使用的人工輻射源都並非全然清楚。

本計畫目的主要在開發且推廣給非理工科系大學生及青少年（國、高中生）適用的「環境輻射」科普教材。透過化學、物理、環境、生物醫學、教育與教材開發等專家提供意見，共同規劃出兩套科學桌上遊戲及進階學習教材。本計畫同時針對大學生、高中生、國中生及小學生，辦理近20場次，每場2小時的「環境輻射知多少」研習課程（包括桌遊競賽與輻射儀器環境實務檢測），共有620位（女性：353人，56.9%，男性：267人，43.1%）師生共同參與，科普推廣活動辦理總時數累積計有40小時；活動結束後對學習者進行科學桌遊學習成效評量，成效均達4.25分以上（滿級分5分），輻射知識的正確率達95%以上；同時編寫完成「環境輻射知多少」1小時課程簡報教材（大學生版及青少年版）與「環境輻射大學堂」（大學生適用）及「拯救猴子大作戰」（青少年適用）兩套桌上遊戲，可提供給大學生或國、高中學生，在非制式教學管道外，自學環境輻射知能之科普教材。

中文關鍵詞：環境輻射、青少年與大學生、科普知識

英文摘要：Radiation exists in the natural environment of light, heat and electric waves. Most people have insufficient scientific knowledge, and they are often afraid of the colorless, odorless, invisible, and shadowless "radiation". People's irrational and subjective ideological attitudes often omit the scientific steps of examination and verification of "radiation" related issues, and instead, misinformation is spread. High school students and non-technical college students often get their knowledge of radiation properties from various social media or internet websites, which is confusing and difficult to identify. Therefore, these students are not fully aware of the natural radioactive substances in the environment such as soil, food, drinking water, or artificial sources of radiation used in medical and engineering fields. This project aims to compile environmental radiation education materials for teenagers (junior and senior high school students) and non-science and technical college students. Through the advice of experts in chemistry, physics, environment, biomedicine, education and teaching material development, we jointly planned two sets of scientific board games and advanced learning materials.

This project also containing 20 sessions and over 40hours' "How much do you know about environmental radiation" popular science activities, and there are nearly 650 students join the activities. The effectiveness evaluation after the program could get above 4.25 points (full score is 5 points), and the correct rate of radiation knowledge is over 95%.

The project has been compiled the power point textbook of the 1-hour course "Knowing Radiation, Learning Radiation" (College and Youth Edition) and two sets of board games: "Environmental Radiation University Hall" (applicable to college students) and "Saving Monkeys" (applicable to teenagers). Which can be provided to college students or teenagers to learn more about environmental radiation knowledge.

英文關鍵詞： environmental radiation, teenager and college student, popular science knowledge

(一) 前言

1. 背景說明及重要性

行政院於 2010 年頒布環境教育法（環境保護署，2010），係為推動環境教育，促進國民瞭解個人及社會與環境的相互依存關係，增進全民環境認知、環境倫理與責任，進而維護環境生態平衡、尊重生命、促進社會正義，培養環境公民與環境學習社群，以達到永續發展；顯見環境教育實為全民應具備的通識素養，也是國民的共同責任。環境教育所涉獵範疇很廣，大至全球性議題，如能源耗竭、全球暖化，小至個人所處環境的空氣品質、家庭、社區的垃圾廢棄物等；而通常最讓學習者感興趣，願意主動去探索的，往往是與其切身生活經驗最有關聯的議題（陳志欣，2002）。在我們身處的自然環境中，最容易感受到光或熱，就是一種能量，是為輻射；輻射依其能量的高低可以區分為游離輻射與非游離輻射兩大類，本研究所稱「輻射」主要是游離輻射。

輻射並非單純的人造產物，早在人類出現以前，天然背景輻射就已存在，所以我們呼吸、吃東西、踩在地上或搭飛機等都會接觸到輻射，但是科技進步以後，在各行各業等領域也都廣泛應用了各式輻射相關的設備，包括醫療、工業、研究、國家安全以及環境保護各方面，游離輻射也提供了強大的助益。惟近年來，國內由於某些族群意識型態或政治因素的影響，讓某些與民生相關的公共議題，無法客觀的根據專業科學證據做決策，加上社群媒體刻意炒作下，原本應該是專業與科學的議題，往往卻由非科學專業背景的政論家意見，成為了一般民眾的學習教材。多數民眾科學知識普遍不足，對於無色、無味、無形、無影的輻射，通常感到陌生與不安，每當有重大輻射新聞事件發生，如日本福島核災、國內核電廠存廢爭議等，再加上某些主觀意識型態的非理性態度，往往就省略了檢視與查證的科學步驟而以訛傳訛（林群智，2006；施佩蓉，2016）。

但是，審視現行學生的教育歷程，對於和我們生活密不可分的「輻射」主題，並未見到有充分的課程或知識傳遞；故日後不論是面對食品中是否含有放射性物質的認知及是否可能會造成危害，抑或是在醫療過程中需經歷放射線診斷或治療的可能風險，往往會因道聽塗說，以訛傳訛，造成過度恐慌的疑慮。輻射存在於我們的周遭，其應用的領域又如此廣泛，它絕非洪水猛獸，只要能妥切的運用與適當的防護，我們就不會受到過多輻射曝露的危害。為減少無謂的焦慮，有關「環境輻射」科普教育之推廣普及有其必要性。

2. 申請動機

國內各級學校輻射教育不足：國內中、小學課程中並無輻射教育教材與相關課程，平日之防災教育亦只著重地震、颱風、火災、水災，核安應變相關宣導相對缺乏；直自 2011 年因日本福島核電站爆炸產生的核輻射外洩問題，再掀核能安全問題，始讓臺灣重新審視核安教育，並期在中小學課程裡加強輻射核能教育，讓中小學生了解核能面貌與核安資訊。教育部為建構學生正確核能觀念與輻射防護資訊，研訂「核能與輻射教育」教學模組，供學校下載使用（教育部，2011）。另教育部曾鼓勵未設有核能相關科系之大學院校，開設「核能、輻射與生活」之通識課程，另在補助「大專院校安全衛生通識課程及教育訓練要點」中也明定內容應包括：游離輻射、非游離輻射及電腦作業危害與預防等。惟上項不論是對中小學或大專校院之措施，皆為鼓勵性質而未有強制性，事實上，各級學校中原本輻射相關學理背景之師資就不足，所以真正實施的成效並不彰或僅曇花一現而無延續性。

高中生與非理工學習背景大學生環境輻射知能與素養不足：輻射科學的基礎原理來自於原

子的結構，係屬物理、化學學習的範疇；高中學生若選擇第一類組（社會科類組）或後續大學進入文、法、商等學系就讀，基本上根本無法接觸到物理或化學等相關學科的學習；若非自身對輻射科學主題有興趣且願意多方涉獵學習，否則根本不會有機會在正式管道學習。隨著網路的興盛，社交軟體早已經成為青少年們交友溝通的重要工具，而網路社群更是對公眾議題的影響與日俱增。當能源政策、空污、輻災、核食等議題被廣泛討論時，若無正確的科學背景知識，往往只會流於空談或易被誤導。以臺灣對於核能的研究為例，大多集中於專業人士的內部討論且多只出現於臺灣核能研究的專業期刊上，僅有少數的科普文章討論核能的安全（王榮德等，1985；莊閔盛，2004），且鮮少以社會科學觀點出發。近年來大學生常在臺灣社會運動中扮演思考與批判的角色，但若不具備基本環境輻射知能，又無適當、中肯的文章論述或訊息傳遞，恐怕容易會有錯誤的認知或是產生不正確的判斷。

（二） 研究目的

本計畫擬針對高中及大學非理工科系的學生，彙編此族群學生所適用的環境輻射科普教材，同時辦理「環境輻射知多少」研習活動，讓學生藉由輻射偵測儀器與樣品放射性含量分析方法與實務操作，建立對輻射的基本認知。教材編輯擬採用跨領域學門協同及 Dick & Carey 系統教學設計模式，結合前述研習活動，導入原子能與輻射相關議題分析，提升對於環境輻射之知覺與議題的敏感度，進而強化對輻射風險判斷的能力。

本計畫目標有二：

- 一、開發適合高中與非理工科系大學生「環境輻射」科普教材
- 二、辦理可強化環境輻射知能之學習成效的「環境輻射知多少」推廣活動

（三） 文獻探討

1. 環境輻射

在我們生活的環境中有許多輻射存在，有來自於天然且早已存在的自然背景輻射，或稱為天然游離輻射，以及為了提升人類生活，應用在醫療、農業、工業與研究等方面的輻射裝置所產生的輻射，稱為人造游離輻射。聯合國原子輻射效應科學委員會（UNSCEAR）於 2000 年的年報資料指出，我們生活中所接受到的輻射曝露屬於天然游離輻射的比率約佔 88.6%，包括產生於外太空的宇宙射線及產生於生活環境的輻射，例如包含於土壤、空氣、水和食物中，甚至於人體中都有的放射性核種。天然游離輻射的主要類型有 γ 射線，另有 α 粒子、 β 粒子、中子以及 μ 介子等。人造游離輻射的部分約有 11.4%，而人造游離輻射的發現與發展雖只是近一百年間發生的事情，但由於在醫療、工業、研究、國家安全以及環境保護方面，游離輻射提供了強大的助益，因此人造游離輻射的應用非常普遍。應用於醫療方面，例如診斷用的 X 光攝影、電腦斷層掃描儀（CT）以及正子放射攝影（PET），治療用的直線加速器、 γ 刀、電腦斷層治療機以及建造中的質子癌症治療機；應用於食品異物檢出或飲料業的液位計，工業界的輻射照射以及厚度計；科學園區用於檢驗用途的 X 光機、X 光繞射分析儀、離子佈植機及靜電消除器；在機場海關或重要設施用於安全檢查或查緝走私的 X 光安全檢查；環保方面用於污染源的遷移追蹤研究等，可以說現代生活中不時都在利用輻射。尤其近年來由於醫療方面應用的迅速發展（醫療用途產生的劑量佔人造輻射劑量之 83%），現今人民所接受來自醫療的人造游離輻射劑量，已經與天然輻射劑量值相當（張寶樹，2011；張紘綸等，2021）。

有關環境輻射的研究，歷年來多以紫外線對人體傷害評估之研究為多（藍崇翰，2008；

吳介銘，2009；陳玉潔，2010），劉洪超（2006）對地下空間因天然氡氣可能造成的輻射傷害研究是為罕見；近年則因應核災事件的發生，蔡裕明（2020）針對公眾活動可能發生輻射恐怖攻擊的因應策略，郭品君（2020）以日本核災後進口食品可能潛藏風險為研究；除此之外，其餘有關環境輻射的相關研究，大多以醫療體系場域或醫護人員有關的研究最多；如對一般民眾在醫院內進行放射相關診斷時，黃怡璇等人（2014）提出在透視攝影及介入性放射診療的過程與其它放射診療過程相比，其可能的輻射劑量會較高，進而對病人的輻射生物影響較大，同時因操作人員亦同處一室，其輻射防護措施更應注意。劉瓊珠等人（2012）也提出現行懷孕婦女的 X 光放射診斷之輻射防護安全作業流程尚有改善之處，以期能提升懷孕婦女 X 光放射診斷輻射防護的安全性，降低懷孕婦女對輻射照相的憂慮，而提升放射醫療的服務品質。吳政誠（2010）與周霞（2011）等人，在醫院醫師職場危害暴露現況之調查研究中發現，外科系與急診醫師在輻射暴露風險顯著高於內科系醫師，且應針對在醫院內服務的所有醫務人員提供有效的醫療輻射防護措施。蘇秀琴等人（2006）針對病房內 X 光輻射防護安全性的調查，發現病房內護理人員對輻射防護的認知率未達五成，儀器設備缺乏鉛屏風防護，而制度上更缺少對醫護人員輻射防護的在職教育。黃瑞珍等人（2010）針對手術室護理人員對 X 光輻射防護執行正確性之專案研究中指出，手術室護理人員普遍對輻射自我防護認知及態度不足，經查核執行 X 光輻射防護的正確性僅達六成。申斯靜（2010）、趙靜（2014）與蔡雪琴（2016）等人，對在加護病房及手術室內工作人員與輻射暴露劑量相關性之研究亦指出，移動式 X 機對醫護人員所釋出的輻射劑量雖有限，但工作中仍無法避免輻射的釋出，應對護理人員作必要的輻射防護職前教育，以降低醫護人員工作上的焦慮與不安。蘇柏華等人（2011）在探討病房護理人員對醫用游離輻射及防護相關因素的研究結果中顯示，臨床放射性藥物與儀器日益增加，但醫護人員的輻射防護知識仍相對不足，建議醫療管理者及相關單位，更應重視輻射防護相關知識的再教育，並藉由規劃完整的在職教育與宣導，推展至臨床各專業工作部門，提昇輻射防護知識，以保障臨床照護的品質。巫俊明等人（1998）針對醫護人員對於輻射相關概念研究，發現從業人員對於輻射的許多認知與概念，均與科學事實不符，加強醫護人員正確輻射安全與防護概念有立即的必要性。而莊昭華等人（2002）針對某技術學院護理系學生對職業災害認知之探討研究結果發現，護理系學生在進入職場後對於職業災害的預防，大部份還是停留在先前教育的觀念。李敏杰等人（2016）研究發現大學層級的護理系學生，對輻射認知程度較低，也願意進一步參與輻射防護與護理救治的培訓課程。

2. 輻射教育

國內現行輻射相關議題的教材以教育部委辦大專院校辦理核能、輻射與生活通識課程推動計畫之通識教材，內容介紹核能與文明、輻射與生活、核能與輻射應用及安全、輻射防護、與核能發電廠營運對環境之影響（財團法人核能科技協進會，2008）；教育部為建構中小學生正確核能觀念與輻射防護資訊，由資訊與科技教育司研訂「核能與輻射教育」教學模組，其教材內容綱要涵蓋甚麼是輻射、輻射的應用與對人體的影響、輻射防護、環境輻射監控等，教導學生瞭解輻射的種類與發現、輻射應用在農業、醫學、工業、生活用品、研究與發電（教育部，2011）。

國內現行輻射相關議題的書籍主要有王天戈（1997）撰寫的《原子·核能·輻射》、翁寶山（1999）的《臺灣的輻射源與應用》、葉有財（2005）的《認識輻射》、林基興（2012）《為何害怕核能與輻射》、譚麗玲（2014）《福島事件的真相—了解核能發電的 120 個問與答》等。原子能委員會亦針對一般民眾為目標讀者，出版一系列的環境輻射書籍，如下所列：

| 書名 | 出版日期 | 主要目錄 |
|-----------|-----------------|---|
| 輻射與環境 | 86 年 12 月 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 生活環境中的輻射 2. 環境輻射安全防護與管制 3. 環境輻射偵測與監測 4. 放射性廢料與環境 5. 輻射應用技術與環境保護 |
| 輻射與健康 | 93 年 7 月第 6 版 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 輻射與生活 2. 輻能的基本原理 |
| 輻射彈民眾防護手冊 | 95 年 12 月第 2 版 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 何謂輻射彈 2. 輻射彈造成的衝擊 3. 輻射彈對環境的影響 4. 民眾應如何防護 |
| 原子科學家列傳 | 96 年 10 月第 3 版 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 之一：師生檔 湯姆生與拉塞福 ～ 15. 之十五：泰勒與拉凡斯 |
| 漫談生活中的輻射 | 98 年 3 月第 5 版 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 輻射的分類 2. 含放射性物質的消費性產品 3. 手機與基地台的輻射 4. 家電與變電所的電力磁場 5. 紫外線 6. 天然輻射 7. 人造輻射 8. 正確的輻射風險 |
| 身在輻中要知輻 | 100 年 7 月第 1 版 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 輻射是什麼 2. 輻射的來源及特性 3. 輻射的應用 4. 輻射的防護 5. 認識核能 6. 核能的應用 7. 核能發電的安全性 |
| 原子能 ABC | 102 年 12 月第 2 版 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Atom 原子 2. Body 身體 3. Curie 居禮夫人 4. Dose 劑量 5. Energy 能量 6. Food 食物 7. Ground 地面 8. Height 高度 9. Isotope 同位素 |

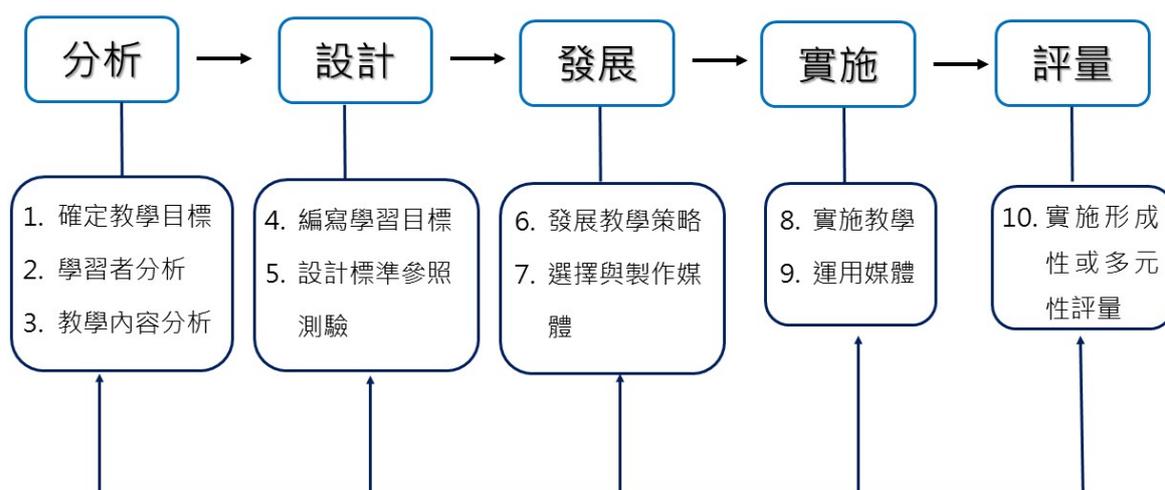
| | | |
|------------|-----------------|--|
| | | 10. Jacket 防護衣 |
| | | 11. Knowledge 知識 |
| 輻射您有所不知 | 103 年 7 月第 2 版 | 1. 輻射是什麼 2. 天然背景輻射 3. 人造輻射應用 |
| 醫療院所輻射安心手冊 | 106 年 6 月第 3 版 | 1. 輻射防護與安全管理 2. 輻射工作人員 3. 準媽媽別忘了向雇主通報 4. 使用鉛衣或類似防護裝備注意事項 5. 懷孕期間輻射工作注意事項 6. 女性受檢者接受放射線檢查注意事項 7. 身體沾染核醫藥物或放射性物質的處置 |
| 原子能 XYZ | 106 年 12 月第 1 版 | 1. Lead 鉛 2. Medicine 藥物 3. Nature 天然 4. Operate 運轉員 5. Photo 光子 6. Quality 品質 7. Radiation 輻射 8. Sievert 西氈 9. Tracer 示蹤劑 10. Uranium 鈾 11. Vegetable 植物 12. Waste 廢棄物 13. X ray X 光 14. Year 年 15. Zone 區域 |

但是，現階段教育體系並未將輻射教育納入正式課程中，因此教師對此領域都較為陌生，國內針對教師在輻射教育方面的相關研究有國小教師環境輻射教材開發（林錦華，2013）或教師對核能或核電認知態度（曹書豪，2005；莊淵源，2011；鄭文蕙，2012）；吳建忠（2001）針對 16 至 19 歲的學生，於環境輻射性的認識調查研究分析中發現，其對環境輻射性的基本觀念知識普遍不足，故建議在大學通識課程中，應融入輻射科學相關概念，以建立學生應有的放射性觀念。楊國良（2011）針對高中職學生對核能認知與態度關係之研究發現，若是核能知識的來源不同，學生對核能的認知與態度上都有顯著的差異。陳芳（2012）對大專護生輻射認知程度的調查也發現，護生缺乏正式的輻射教育學習管道，也缺少輻射相關知識與輻射傷害處置救護訓練。趙惟珍（2011）在台北地區民眾對輻射風險知覺的研究中也發現，民眾對每天接觸到的天然背景輻射劑量在心理上會感到恐懼。

3. 系統教學設計模式

在教學上，開發符合實際授課需要的教材，需要一套系統性的教學模式，而系統化教學中以 Dick & Carey 的教學模式最具代表性，不僅提供完整明確的教學設計過程，更可隨時依不同階段結果提出修正，所以適用性也很廣泛（李明芬，1999）。目前，有多種系統化教學模式被使用、修改與研發中，但歸納出各類模式如：「分析（analysis）」、「設計（design）」、「發展（development）」、「實施（implementation）」、「評量（evaluation）」五個階段。Dick & Carey 有系統的逐步研發實務可用的教學策略與教材，歷經 20 年反覆運用於教學現場深獲實用好評。同時引導老師在未來的教學活動中，設計各種有效的教學（林進材，2018）。

依照 Dick & Carey (1996) 提出之系統化教學設計模式，實施步驟可分為分析、設計、發展、實施與評鑑等五個階段（圖一）；分析的目的在於確認教材開發背景條件、學習者特質、教材要達成的目標、開發時有甚麼可運用的資源或限制等，包括要確定教學目標，學習者及教學內容的分析；進入設計階段則需依據教學對象為誰？希望藉由教學學習者能得到甚麼能力？考量在甚麼樣的條件下可以達成及應達成如何的程度等幾個要素來編寫學習目標並設計標準參照測驗；接著需考量發展教學策略，選擇與製作教學媒體；進入實施階段則是具體運用媒體來實施教學，而在實施教學時應考量教學內容的難易程度、順序、單元的多寡，同時在教學現場需檢視學習者的實際反應，修正設計不足之處，讓學習者了解整體架構與概念之間的關係，以達成學習目標。最終的評鑑則包括在課程進行中進行「形成性評鑑」來進行教案修訂及課程結束後進行「總結性評鑑」來檢核教學成效。Dick & Carey 線性化的設計模式，每個執行的步驟緊密相扣，教師可根據形成性評量對所執行的教學步驟進行檢討。



圖一、 Dick & Carey 系統化教學設計模式實施步驟

若進行教材開發時，自需求分析、規劃設計、教材發展、教學實施乃至成效評估，均參照此系統化教學設計模式進行，可在最短的時間內開發獲得教學現場所需要，符合授課需求之教材，例如：林宛瑩（2005）運用繪本帶領國小學童認識自己的多元智能、吳怡貞（2006）設計具有實驗性質的「國小網路素養課程」，王黃正（2007）開發國小「生活中的電與磁」數位教材、黃界錫（2009）發展「國小高音直笛初級教材」、趙慧玲等（2016）以此發展「醫療照護實作教學課程」、楊裕賢（2017）以此模式做為十二年國民基本教育課程綱要語文領域（國語文）閱讀學習表現轉化的依據、王珮瑜（2020）則運用在大學通識課程的磨課師設計上；運用此方式能提供教師明確、循序漸進的操作流程，在教學中也可以隨時進行修正，以達成最佳的教學效果。

綜上，身為地球公民的一份子，有義務強化對自身所處環境的認識，以期達到永續發展的目標；讓人覺得既熟悉又陌生的「環境輻射」議題，談起來似乎朗朗上口，但卻又未必正確；科技的進步已讓我們更清楚輻射的運作原理及正確的應用，而可能潛在的風險也都有明確的防護機制；生活中輻射應用所涉範圍甚廣，只有有對輻射知識有正確的認知，才可避免不必要的恐慌、疑慮與傷害；故環境輻射知識的普及是有其必要性的。

參考文獻

1. 王黃正(2007)。**創造性問題解決法融入國小自然領域之研究-以「生活中的電與磁」教學網站為例**(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北。
2. 王佩瑜(2020)。**磨課師影片式課程之設計、製作與實施：以通識「數位內容輕鬆做」為例**。**大學教學實務與研究學刊**，4(1)，77-112。
3. 王榮德、詹長權(1985)。**核能電廠真的百分之百安全嗎？**。**健康世界**。114，3-7。
4. 申斯靜、田惠蘭、王昱豐(2010)。**加護病房內工作人員與輻射暴露劑量相關性之研究**。**中華職業醫學雜誌**。17(4)，295-300。
5. 巫俊明、王愛義、張榮華(1998)。**在職醫護人員「輻射安全與防護」推廣課程及相關認知與迷思概念研究**。**元培學報**。2，153-176。
6. 李明芬(1999)。**新書評介：開展中的辯論-教學設計的國際觀**。**課程與教學**，2(4)，139-144。
7. 李敏杰、徐爾善、朱慧、廖力(2016)。**本科護生核輻射認知與培訓需求調查**。**護理研究**。30(3)，1135-1137。
8. 吳介銘(2009)。**發展熱危害與日光紫外線暴露之健康危害生理指標**(未出版之碩士論文)。中國醫藥大學，台中。
9. 吳怡貞(2006)。**國小學童網路素養課程之系統化教學設計研究**(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北。
10. 吳建忠(2001)。**環境放射性的認識之調查分析**。**化學**。59(2)，189-198。
11. 吳政誠、林瑜雯、陳禹、唐進勝、陳富莉(2012)。**醫院醫師職場危害暴露現況之調查研究**。**中華職業醫學雜誌**。19(3)，125-134。
12. 林光賢(2012)。**深耕核能教育之我見**。**核能資訊中心核能簡訊雙月刊**。135，20-23。
13. 林進材(2018)。**教學理論與方法**(再版)。臺北：五南。
14. 林群智(2006)。**由核電爭議談核科學主軸之通識教育**。**通識教育與跨域研究**。1(1)，19-26。
15. 林錦華(2013)。**國小教師環境輻射教材發展之研究**(未出版之碩士論文)。臺北市立大學，台北。
16. 周霞、張嵐、吳傑(2011)。**醫務人員醫療輻射防護研究進展**。**中華現代護理雜誌**，17(26)，3101-3104。
17. 施佩蓉(2016)。**日本三一一地震後臺灣反核輿論的解析：問卷調查研究**。**國際與公共事務**。3，51-111。
18. 徐照麗(2000)。**教學媒體：系統化的教學設計、製作與運用**。臺北市：五南。
19. 郭品君(2020)。**福島核災事故發生9年後的食品風險感知：以臺灣食品安全相關研究所為例**(未出版之碩士論文)。臺灣大學，台北。
20. 財團法人核能科技協進會(2008)。**核能、輻射與生活通識教材**。教育部95年度委辦大專

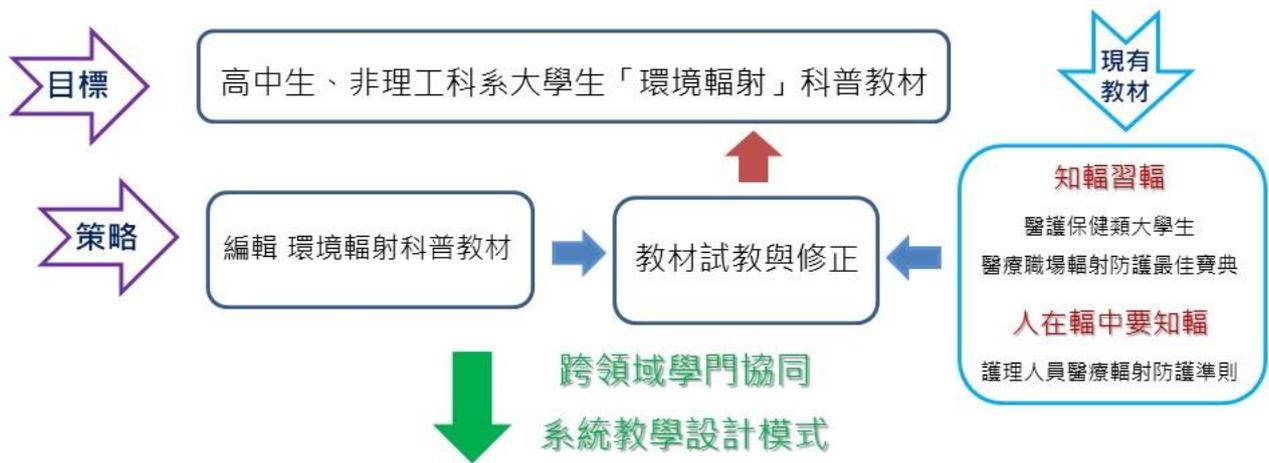
- 校院核能、輻射與生活通識課程推動工作計畫（案號：0950186706）。臺北市：教育部。
21. 曹書豪（2005）。台北縣國民小學教師對核能認知與態度之研究（未出版之碩士論文）。台北市立師範學院，臺北。
 22. 教育部資訊與科技教育司（2011）。「輻射與核能教育」教學模組。取自：
https://depart.moe.edu.tw/ed2700/News_Content.aspx?n=F84C9B045D336AF4&sms=BFD0035AFA4CEA76&s=0A88FB674DE26A69。
 23. 莊閔盛（2004）。淺談核能教育。生活科技教育月刊。37（4），73-77。
 24. 張寶樹（2011）。醫用游離輻射防護。臺北市：合記圖書。
 25. 張紘綸、何容君、張武修（2012）。游離輻射、健康效應與防護測量。環境職業醫學會訊，10111，2-7。
 26. 莊昭華、鄭靜瑜（2002）。某技術學院護理學生對職業災害認知之探討。志為護理-慈濟護理雜誌。1（2），47-55。
 27. 陳玉潔（2010）。日光紫外線及濕熱環境之皮膚暴露危害與防曬乳液效能評估（未出版之碩士論文）。中國醫藥大學，台中。
 28. 陳志欣（2002）。環境議題教學對國小學童環境認知，態度及行為之影響（未出版之碩士論文）。國立屏東師範學院，屏東。
 29. 陳芳、揚石麟（2012）。大專護生對輻射認知水平的調查研究。國際護理學雜誌，31（3），547-548。
 30. 黃怡璇、廖彥朋、關婉君、蔡惠予、劉鶴齡（2014）。透視攝影及介入性放射診療之輻射安全。台灣醫學，18（3），345-354。
 31. 黃瑞珍、吳讚美、陳姬杏、陳淑華（2010）。提昇手術室護理人員對 X 光輻射防護執行正確性之專案。護理雜誌。57（2），79-86。
 32. 楊國良（2011）。高中職學生核能認知與核能態度關係之研究（未出版之碩士論文）。國立彰化師範大學，彰化。
 33. 楊裕賢（2017）。十二年國教課程綱要國語文「閱讀」學習表現轉化與課程規劃示例。語教新視野。6, 29-51.
 34. 趙惟珍（2012）。台北地區民眾對輻射風險知覺之研究（未出版之碩士論文）。銘傳大學，臺北。
 35. 趙慧玲，黃薇瑄，李怡旻，徐千滄，劉錦蓉，簡宛晴，連恒輝（2016）。運用系統教學設計模式建構壓瘡照護實作教學課程。台灣擬真醫學教育期刊。3（1），11-22.
 36. 蔡裕明（2020）。在大型活動當中輻射事件整備與應變作業之研究—以 2016 年巴西里約奧運安全防護工作為例。危機管理學刊。17（2），59-71。
 37. 鄭文蕙（2012）。福島核電事故周年教師對核能認知與態度之調查研究-辛北市國民小學教師為例（未出版之碩士論文）。國立新竹教育大學，新竹。
 38. 劉洪超（2006）。地下洞室環境天然放射性對人的影響評價。西部探礦工程。18（1），130-132。
 39. 藍崇翰（2008）。紫外線輻射暴露評估探討。中華醫事科技大學教師研究獎助計畫成果報告（計畫編號：HWAI-97-）。
 40. 蘇秀琴、蔡芸芳、于乃玲、翁芝爾（2006）。提升病室 X 光輻射防護安全性。長庚護理。17（3），332-240。

41. 蘇柏華、莊芝林、何昭霆、林政勳 (2011)。病房護理人員對醫用游離輻射及防護之相關因素探討。 *中華職業醫學雜誌*。18 (4), 279-292。
1. Alexander, S. (1984). *Why Nuclear Education? A Sourcebook for Educators and Parents*. (ERIC No. ED 256 683)
2. Bartal, G., Vano, E., Paulo, G., & Miller, D. L. (2014). Management of patient and staff radiation dose in interventional radiology: Current concepts. *Cardiovascular and Interventional Radiology*, 37 (2), 289-298.
3. Bradley, L. A. (2012). Radiation safety for radiologic technologists. *American Society of Radiologic Technologists*, 83 (5), 447-461.
4. Brusin, J. H. (2007). Radiation protection. *Radiologic Technology*, 78 (5), 378-395.
5. Chaffins, J. A. (2008). Radiation protection and procedures in the OR. *Radiologic Technology*, 79 (5), 415-428.
6. Clayton, R. & Trotter, T. (2013). The impact of undergraduate education in radiation oncology. *Journal of Cancer Education*, 28 (1), 192-196.
7. Colangelo, J. E., Johnston, J., Killion, J. B., & Wright, D. L. (2009). Radiation biology and protection. *Radiologic Technology*, 80 (5), 421-441.
8. Dick, W & Carey, L. (1996). *The Systematic Design of Instruction*. 4th ed., N.Y. Haper Collins.
9. Dick, W., Carey, L. & Carey, J. O. (2005). *The systematic design of instruction* (6thed), Boston, MA; Allyn and Bacon
10. Eatmon, S. (2012). Error Prevention in Radiation Therapy. *Radiation Therapist*, 21 (1), 59-77.
11. Furlow, B. (2011). Radiation Protection in Pediatric Imaging. *Radiologic Technology*, 82 (5), 421-443.
12. Hart, S. (2006). Ionising radiation: Promoting safety for patients, visitors and staff. *Nursing Standard*, 20 (47), 47-57.
13. Jindal, T. (2013). The risk of radiation exposure to assisting staff in urological procedures: a literature review. *Urologic Nursing*, 33 (3), 136-139,147.
14. Johnson, M. M. (2015). Directed Reading. Radiation Protection Education in Fluoroscopy. *Radiologic Technology*, 86 (5), 511-528.
15. Teschke, K., Chow, Y., Chung, J., Ratner, P., Spinelli, J., Le, N., & Ward, H. (2007). Estimating nurses' exposures to ionizing radiation: the elusive gold standard. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5 (2), 75-84.
16. Thompson, N., Murphy, M., Robinson, J., & Buckley, T. (2016). Improving nurse initiated X-ray practice through action research. *Journal of Medical Radiation Sciences*, 63 (4), 203-208.
17. Peet, D. J., Morton, R., Hussein, M., Alsafi, K., & Spyrou, N. (2012). Radiation protection in fixed PET/CT facilities-design and operation. *The British Journal of Radiology*, 85 (1013), 643-646.

18. Pai, R. R., & Ongole, R. (2015). Nurses' knowledge and education about oral care of cancer patients undergoing chemotherapy and radiation therapy. *Indian Journal of Palliative Care*, 21 (2), 225-230.
19. Rhoda, J. E. (2008). Radiation exposure and computed tomography in the emergency department. *Advanced Emergency Nursing Journal*, 30 (3), 271-282.
20. Sienkiewicz, Z. (2013). International workshop on non-ionizing radiation protection in medicine. *Medical Physics*, 40 (11), 117001.

(四) 研究方法

為使高中生與非理工科系大學生，能具有環境輻射的正確概念，本計畫擬透過半結構式晤談，收集專家學者與教師意見，並以研究者 105、107 年度所執行「大學醫護保健類科學生輻射防護知識增能計畫：MOST 105-NU-E-227-001-NU」、「護理類科大學生醫療輻射防護學習教材研發與活動：MOST 107-NU-E-227-001-NU」兩計畫所完成之教材（知輻習輻；ISBN:978-986-05-0187-2、人在輻中要知輻 ISBN:978-986-05-7690-0）為基礎，以新編高中生與大學生環境輻射的科普教材，包括學習環境，教學資源、教學活動方式等，其中教學活動又分為課室教學及實務演練兩部分，讓參與者瞭解環境輻射知識與輻射檢測、防護等概念；教材編輯將採跨領域學門協同教學，並循 Dick & Carey 系統化教學設計模式，透過放射化學、環境、輻射、核醫、社會、人文等各領域專家學者訪談，來分析現有教材內容，並了解高中與非理工科系大學生的相關先備知識，再進行教材開發；教材內容將導入原子能與輻射分析相關議題，探討所涉科學論證、社會需求、公民權利等風險判斷，並利用實做體驗引領學生基本輻射認知；之後再進行教學與量性的研究方式，來探討本教材教學之成效，以評鑑本教材之內容，研究架構圖如下頁圖二。



➤ 分析與調查「對高中生、非理工科系大學生在環境輻射教學之意見調查」(專家訪談)

➤ 教學目標與課程架構 專家諮詢會議，授課教師群討論

➤ 課程大綱與教材內容 專家審查

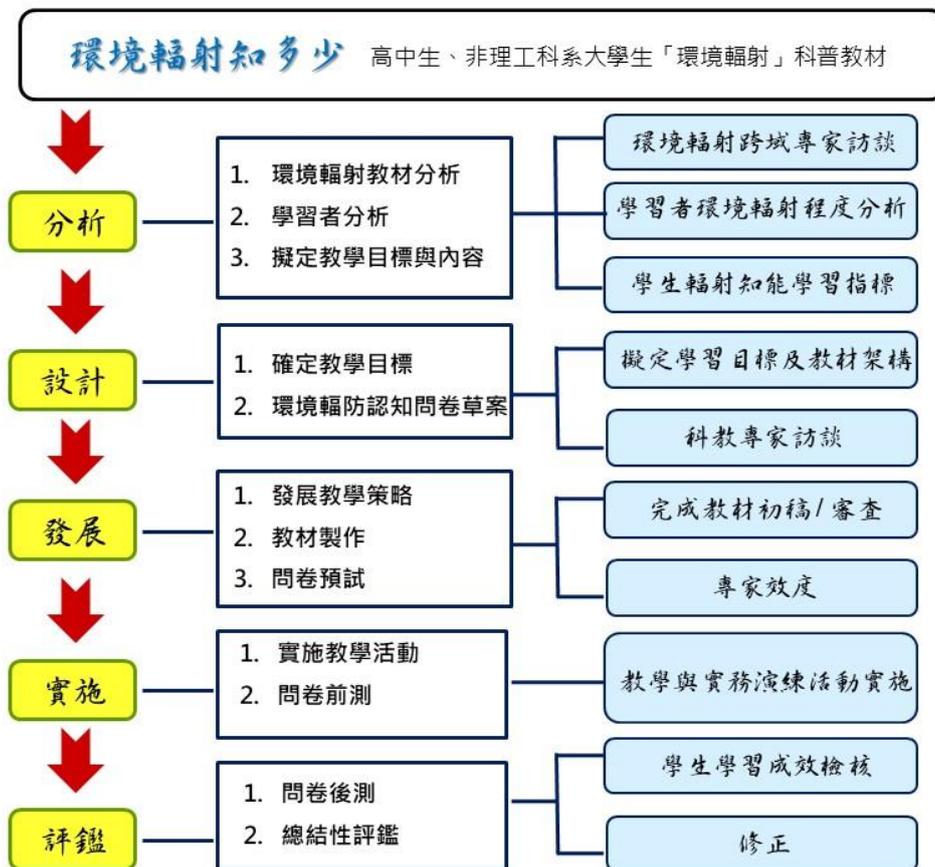
➤ 實施教學活動 課室教學 + 環境輻射檢測操作「環境輻射認知概念調查表」(前測)

➤ 學習成效評量「環境輻射學習成效調查表」(後測)、「環境輻射檢測實務體驗滿意度調查表」

圖二、研究架構圖

- (1) 研究架構：本教材開發(教材名稱：環境輻射知多少)擬將採 Dick & Carey 系統化教學設計模式，編寫 2~4 小時的課室教材。在分析 (Analysis) 階段將利用文獻資料蒐集及透過半結構式晤談方式與高中、大學環境、輻射、社會等專業領域教師及醫療、環工、工業檢驗等部門專家進行訪談，來分析現有環境輻射相關教材內容，並瞭解高中生與非理工科系大學生對環境輻射的認知概念。設計 (Design) 階段則依前述訪談結果，並考量學習者之學習環境及現有的教學資源下，來訂定本教材之教學目標、確定課程架構及教材內容等。並參考原子能委員會早期所編「輻射與環境」、「漫談生活中的輻射」及「身在輻中要知輻」等手冊內容架構，編輯高中生與非理工科系大學生適用的環境輻射教材。進入發展 (Development) 階段將結合授課教師群共同討論，撰寫整體課程大綱、教材內容並進行教學策略及教學活動的安排，同時邀請課程設計、環境科學、輻射科學及社會科學領域之專家，針對撰寫內容及活動的安排進行審查與建議，以利隨時修正方向。實施 (Implement) 階段則進行實際授課教學活動，授課前擬先以「環境輻射認知概念調查」問卷進行前測，以了解學生對環境輻射了解程度；教學活動又分為課室教學及實務體驗兩部分，其中實務體驗部份，擬利用各式輻射偵測儀器與樣品放射性含量分析方法，安排至各種不同戶外場

域所做實地輻射檢測、觀察環境輻射現況。實施課程教學活動前將先進行前測，以瞭解學習者程度。在評鑑 (Evaluation) 階段則是分析學習者對教學活動的反應，並進行學習成效評量 (環境輻射認知概念調查+環境輻射學習成效調查表；後測)，包括實務體驗活動之成效 (環境輻射檢測實務體驗滿意度調查表)。進行教材教學成效的探討，再修正教材內容；教材開發架構圖如圖三。



圖三、教材開發架構圖

- (2) 研究對象：高中生與非理工科系大學生。在實施階段將利用自編「環境輻射」教材，分別針對國內各高中與大學非理工科系學生進行實驗處理；自變項為：學制、性別與年級-以教學對象之不同分為高中或大學、男生或女生、就讀年級；依變項則為環境輻射學習成效，控制變項則均為非理工專業背景高中生與大學生，課程教材一致及教學者一致。
- (3) 研究工具：在質性研究部分為晤談與資料收集，分析階段擬用專家訪談大綱，設計「對高中生、非理工科系大學生在環境輻射教學之意見調查」，並探討教學內容，以設計與彙編「高中生、非理工科系大學生環境輻射教材」進行教學活動實施；而量的研究則為學習者之測驗，依據教材內容及課程實務演練活動安排編製相關問卷，在教學前進行「環境輻射認知概念調查」之前測，教學活動實施後再做「環境輻射認知概念調查」+「環境輻射學習成效調查表」的後測，藉以評量學生學習成效；而此問卷均採專家效度，對題意不清與不佳之題目，再行修正或刪除後始成正式問卷。另有「環境輻射檢測實務體驗滿意度調查表」，作為學生對所安排實務演練部份的成效評值。本計畫相關實驗實施架構圖如下頁圖四。



高中生、非理工科系大學生
環境輻射教材

+

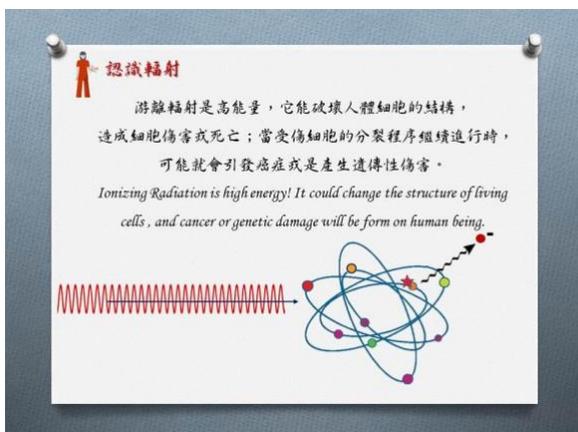
環境輻射檢測實務體驗



| 前測 | 自變項 | 控制變項 | 後測 | 依變項 |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---|--|
| 所有學生在上課及實務演練前，以自編「環境輻射認知概念調查表」進行前測 | 1. 高中 / 大學 2. 性別 3. 年級 | 1. 非理工專業 2. 環境輻射教材 3. 教學者 | 教學活動結束後填寫「環境輻射學習成效調查表」及「環境輻射檢測實務體驗滿意度調查表」 | 1. 蒐集資料，進行結果分析。 2. 探討高中生、非理工科系大學生對環境輻射的學習成效，並據以修正調整所規畫之教材 |

圖四、實驗實施階段架構圖

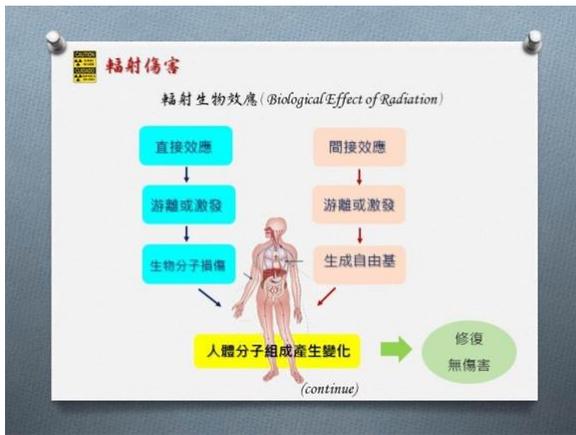
- (4) 高中生、非理工科系大學生環境輻射教材：擬針對高中生及非理工科系大學生編寫教材；將以放射化學為基礎，透過人文與社會跨域教學規劃，導入原子能與輻射分析相關議題，探討所涉科學論證、社會需求、公民權利等風險判斷，利用實做體驗引領學生對基本輻射認知，以強化對輻射風險的判斷能力。課程架構大綱包括：「認識輻射」、「輻射的應用」、「輻射生物效應」、「輻射風險」、「輻射檢測實務應用」等。其初步內容規劃如下：



認識輻射



輻射應用



輻射生物效應



輻射風險

- (5) 環境輻射檢測實務體驗活動：安排各式樣品或至一般環境場域，藉由實地偵測放射線強度之體驗活動，讓學生了解環境輻射的數值。
- (6) 資料處理：將各類問卷資料經整理編號後，輸入電腦並用 SPSS 套裝軟體進行統計分析，對問卷各變項進行次數分配分析，包括平均值、百分比、獨立樣本 t 檢定、單因子變異數分析、Pearson 積差相關等。

(五) 結果與討論 (含結論與建議、執行計畫過程遇到之困難或阻礙)

本計畫經由前述研究方法過程，先針對大學非理工科系學生與高中生實施「環境輻射評量問卷」之調查，以瞭解目標對象對環境輻射的態度與知識能力；總共發出 1050 份問卷，有效問卷 879 份，以性別區分：女性有 561 份 (64%)、男性為 318 份 (36%)；若以級別區分：則是國中生有 190 份 (22%)、高中生 347 份 (39%) 及大學生 342 份 (39%)；在環境輻射態度上的統計結果整理如表一、環境輻射態度統計表 (5 分量表，5 代表非常同意)

表一、環境輻射態度統計表

| 環境輻射態度 | 國中 | 高中 | 大學 | 全 | 男 | 女 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1. 我在意生活環境中的輻射。 | 3.7 | 3.4 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 3.7 |
| 2. 我擔心手機基地台的電磁波。 | 3.2 | 2.9 | 3.3 | 3.1 | 2.8 | 3.3 |
| 3. 我害怕在醫院照 X 光會有副作用。 | 3.2 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 3.0 |
| 4. 我擔心微波加熱後的食品會影響健康。 | 3.1 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 2.8 | 3.1 |
| 5. 我憂慮核災地區輸入的農產品含有輻射。 | 3.9 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.8 | 4.0 |
| 6. 我煩惱使用智慧型手機時產生的電磁波。 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.9 | 2.6 | 3.0 |
| 7. 我擔心長期住在輻射屋內會導致基因突變。 | 4.0 | 3.9 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.1 |
| 8. 我對住在核能發電廠附近地區會感到焦慮。 | 3.8 | 3.9 | 4.1 | 4.0 | 3.7 | 4.1 |
| 9. 我對搭飛機時會接受到的輻射線感到不安。 | 2.7 | 2.4 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.6 |
| 10. 我對輻射劑量為「零檢出」的產品仍會感到緊張。 | 2.9 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.7 |

在環境輻射態度的統計資料分析可以看出，全體學生對核災區輸入的食品安全性、居住在可能有輻射風險的房屋及是否居住在核電廠周遭等與切身生活相關議題的關注程度都較高，

而且女性的關注程度又都稍高於男性。另經由因素分析的主成分分析法的最優斜交轉軸法，得到二個因子，第一個為「生活接觸因子」，第二個為「怕受傷害因子」。

第一個生活接觸因子，共有六個題項，分別為「2.我擔心手機基地台的電磁波、3.我害怕在醫院照 X 光會有副作用、4.我擔心微波加熱後的食物會影響健康、6.我煩惱使用智慧型手機時產生的電磁波、9.我對搭飛機時會接受到的輻射線感到不安、10.我對輻射劑量為「零檢出」的產品仍會感到緊張」。第二個怕受傷害因子，共有四個題項，分別為「1.我在意生活環境中的輻射、7.我憂慮核災地區輸入的農產品含有輻射。9.我擔心長期住在輻射屋內會導致基因突變、8.我對住在核能發電廠附近地區會感到焦慮。」；不同性別在輻射態度量表的差異，發現在「生活接觸因子」上，女性的態度 ($M=18.1, SD=5.0$) 比起男性的態度 ($M=16.4, SD=5.4$) 來的更高， $F(1, 1041) = 19.3, p < .001$ 。在「怕受傷害因子」，也呈現相同的模式，女性的態度 ($M=15.6$) 比起男性的態度 ($M=14.5, SD=3.4$) 來的更高， $F(1, 1041) = 17.1, p < .001$ 。

不同年齡在輻射態度量表的差異，在「生活接觸因子」，大學生 ($M=18.4, SD=3.0$)，高中生 ($M=16.4, SD=4.9$)，國中生 ($M=17.9, SD=4.7$) 三者有顯著的差異， $F(2, 1041) = 8.4, p < .001$ 。事後考驗可以看到，在「生活接觸因子」部分，大學生的擔心程度是大於高中生，而國中生的擔心程度，也是大於高中生的，大學生和國中生的擔心程度是沒有差異的。在「怕受傷害因子」上，大學生 ($M=15.8, SD=3.2$)，高中生 ($M=14.9, SD=3.0$)，國中生 ($M=17.9, SD=3.3$) 三者有顯著的差異， $F(2, 1041) = 4.1, p < .05$ 。事後考驗可以看到，在「怕受傷害因子」部分，大學生的擔心程度是大於高中生，而大學生的擔心程度，也是大於國中生的，高中生與國中生沒有差異。見下表二、性別與年齡在輻射態度 F 考驗表；

表二、性別與年齡在輻射態度 F 考驗表

| 性別 | 女 | | 男 | | F 值 | | 事後考驗 | |
|-----|-------|-----|-------|-----|---------|-----|--------------------|--|
| | n=671 | | n=376 | | | | | |
| | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | | | | |
| 因素一 | 18.1 | 5.0 | 16.4 | 5.4 | 19.3*** | | 女>男 | |
| 因素二 | 15.6 | 3.0 | 14.5 | 3.4 | 17.1*** | | 女>男 | |
| 年齡 | 大學 | | 高中 | | 國中 | | | |
| | n=408 | | n=409 | | n=230 | | | |
| | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | | |
| 因素一 | 18.4 | 5.7 | 16.4 | 4.9 | 17.9 | 4.7 | 8.4*** 大學>高中·國中>高中 | |
| 因素二 | 15.8 | 3.2 | 14.9 | 3.0 | 14.9 | 3.3 | 4.1* 大學>高中·大學>國中 | |

另環境輻射知識正確率的統計資料整理如下表三：

表三、環境輻射知識正確率統計表

| 環境輻射知識 | 國中 | 高中 | 大學 | 全 | 男 | 女 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1. 環境中具有各種能量不同的輻射，微波的能量比紫外線能量高 | 51% | 65% | 49% | 56% | 56% | 56% |
| 2. 距離輻射來源越遠的位置，所接受到的輻射劑量就越低 | 61% | 65% | 77% | 69% | 68% | 69% |
| 3. 輻射線就像光或聲音，是一種波動的形式 | 82% | 80% | 84% | 82% | 82% | 82% |
| 4. 躲在鉛版的後面，可以阻擋大部分的游離輻射線 | 48% | 63% | 77% | 65% | 67% | 64% |

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5. 市面常用的悠遊卡等感應磁卡，是一種游離輻射的應用 | 43% | 40% | 34% | 39% | 46% | 34% |
| 6. 市面販售低鈉鹽產品，偵測到的輻射劑量值會比普通海鹽高 | 38% | 37% | 51% | 43% | 42% | 42% |
| 7. 蒜頭經輻射照射後可抑制發芽，殺蟲滅菌，但輻射會殘留在內 | 26% | 30% | 26% | 28% | 31% | 26% |
| 8. 輻射線就像 Covid-19 病毒，它會傳染，也會增生、變種 | 72% | 77% | 65% | 72% | 74% | 70% |
| 9. 醫學美容療程上使用的脈衝光，是一種游離輻射的應用 | 21% | 14% | 12% | 15% | 19% | 13% |
| 10. 放射性物質的強度，都會隨著時間的增長而逐漸遞減而變弱 | 69% | 72% | 83% | 76% | 80% | 73% |
| 11. 檢驗樣品的輻射劑量，結果上註明「未檢出」或「零檢出」，意義上是一樣的 | 69% | 77% | 71% | 73% | 71% | 74% |
| 12. 放射性物質在衰變過程中，將減少的質量轉變成輻射能量釋放出來，這是「質能守恆」的原理 | 62% | 75% | 87% | 77% | 74% | 79% |
| 13. 輻射是無色、無味、無形、無影，所以須靠儀器才能偵測得到 | 92% | 86% | 93% | 90% | 87% | 92% |
| 14. 在高山山頂所偵測到的輻射劑量值會比地上的輻射劑量值高 | 35% | 45% | 61% | 50% | 51% | 48% |
| 15. 到醫院接受 X 光照射檢查後，身體裡就會存留有輻射線 | 47% | 48% | 39% | 44% | 45% | 44% |
| 16. 醫院用來檢查身體的核磁共振影像攝影術 (MRI)，是一種游離輻射的應用 | 18% | 13% | 11% | 13% | 17% | 11% |
| 17. 人體一旦接受到輻射曝露，不論劑量多寡，都有誘發癌症發生和導致不良遺傳的機會，這是「機率效應」 | 77% | 74% | 87% | 80% | 75% | 82% |
| 18. 人體短時間內接到超過一定程度以上的輻射劑量，身體上會出現如噁心、嘔吐、脫髮等程度不同的症狀，稱之為「確定效應」 | 74% | 72% | 88% | 79% | 75% | 81% |

其中正確率未達 50% 以上的題目包括有對悠遊卡、脈衝光、核磁共振原理及對游離輻射特性的誤解；從全體答題正確率高於 50% 以上來看，全體學生對輻射基本知識似乎都有一定的認識，但對周遭生活或新聞媒體所關注議題的題項來看，卻都出現偏低正確率的答題結果；就此結果推論：學生對輻射知識原理的理解可能未盡全面，所以常在媒體被討論的熱門議題，往往被外界大量卻不一定完全正確的資訊所影響。

在輻射知識上，受試者需要回答輻射知識的是非題，答對一題得一分，受試者最高分可以得到 18 分，最低分為 0 分。

從性別上差異來看，研究結果顯示女性在輻射知識的得分 ($M=10.3, SD=2.0$) 比起男性在輻射知識上的得分 ($M=10.5, SD=2.2$) 來的更低，表示女性與男性在輻射知識上是有顯著差異 ($F(1, 1037) = 7.06, p < .01$)。

不同年齡上來看，研究結果發現大學的得分 ($M=10.9, SD=1.8$)，高中的得分 ($M=10.3, SD=2.1$)，國中的得分 ($M=9.7, SD=2.1$) 三者有顯著的差異 ($F(2, 1037) = 25.2, p < .001$)。三者在 Scheffe 事後的考驗中呈現大學的輻射知識是贏過高中的輻射知識，而高中的輻射知識則又贏過國中的輻射知識 ($p < .05$)。見下表四、性別與年齡在輻射知識 F 考驗表；

表四、性別與年齡在輻射知識 F 考驗表

| 性別 | 女 | 男 | F | 事後考驗 |
|----|-------|-------|---|------|
| | n=670 | n=373 | | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|---------|----------|
| | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | | | | |
| | 10.3 | 2 | 10.5 | 2.2 | | | 7.06** | 男>女 |
| 年齡 | 大學 | | 高中 | | 國中 | | | |
| | n=408 | | n=407 | | n=228 | | | |
| | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | 平均值 | 標準差 | | |
| | 10.9 | 1.8 | 10.3 | 2.1 | 9.7 | 2.1 | 25.2*** | 大學>高中>國中 |

整體而言，在輻射知識上，男性得分是大過女性，在性別上是有差異性存在。大學生的輻射知識程度是贏過高中生的輻射知識，而高中生的輻射知識則又贏過國中生的輻射知識。也就是隨著年齡的增加，輻射知識亦會增加。

在輻射態度上，本研究的量表發現受試者對於輻射的擔心有兩個因素，一個是日常生活中會接觸到的輻射，本研究稱之為「生活接觸因子」，例如擔心智慧型手機時產生的電磁波，手機基地台的電磁波，醫院照 X 光的副作用，或是微波加熱後的食物，還是搭飛機時接觸到的輻射線。另外一個則為「怕受傷害因子」，例如擔心生活環境中的輻射，核災區的農產品，輻射屋，及核能發電廠。整體上來看，不同性別在輻射態度上是有所差異，女性對於輻射的態度比起男性更為強烈。而年齡上對於輻射態度也有所差距的，在大學生、高中生與國中生三個年齡層中，不論在「生活接觸因子」和「怕受傷害因子」都是大學生有比較強烈的態度。

基於以上「環境輻射評量問卷」調查的統計結果，本計畫針對大學生及青少年，分別編寫有「環境輻射知多少」簡報教材（適用於教師於課堂授課或個人自學用），內容包括「認識輻射」、「輻射種類」、「劑量與檢測」、「輻射防護」及「生活實例」等五個部分，部分內容圖例如下（簡報檔案全文如雲端連結：https://drive.google.com/drive/folders/1_2vcIYpv-OwGwSE4IOnkDdd4S9-lkuUw?usp=share_link）



另設計有兩套科學桌上遊戲，分別是「環境輻射大學堂」（大學生適用）及「拯救猴子大作戰」（青少年適用），可提供給大學通識領域課程或國、高中理化、健康教育科目教師，作為課程上介紹環境輻射主題學理外的輔助教材，另外也可作為大學生或國、高中學生，在非制式教學管道外，自學環境輻射知能之科普教材（桌遊規則簡介之簡報如雲端連結：https://drive.google.com/drive/folders/1RhsgLjF8NJcqQmp4z8vYADHeYzPJ0uhA?usp=share_link）；「環境輻射大學堂」科學桌遊的桌板如圖五、「拯救猴子大作戰」卡牌圖案如圖六；另桌遊之全文說明詳如報告後之附件一、二。



圖六、「拯救猴子大作戰」卡牌圖

針對大學生所設計「環境輻射大學堂」科學桌遊的實施成效評量，說明如下：本活動共回收 132 份有效資料，填答者的男女比例分別為 29.5%及 70.5%；系列為理工科系的作答者佔 17.4%，非理工科系則佔 82.6%（如下表五、大學生填答者基本資料）。

表五、大學生填答者基本資料

| | 人數 | 百分比 |
|----|-------|-----|
| 性別 | 男 | 39 |
| | 女 | 93 |
| | 總和 | 132 |
| 科系 | 理工科系 | 23 |
| | 非理工科系 | 109 |
| | 總和 | 132 |

本次環境輻射大學堂的成效調查，填答選項分別為非常同意、同意、普通、不同意、非常不同意。從性別來看，女性整體的平均分數高於男性，平均分數為 4.49 分及 4.12 分，女性在 14 題中皆達到 4.00 分以上，唯獨第 2、3、8 題的平均分數低於男性。從科系來看，非理工科系的學生的平均分數為 4.43 分，理工科系的學生的平均分數為 4.15 分，整體平均分數為 4.38 分。就讀理科的學生在第 1、2、3、4、5 及 8 題的平均分數高於非理工科系的學生，而第 6、9、10、11、12、13、14 題則是非理工科系學生的平均分數高於就讀理工科系的學生，唯獨第 7 題不論學生就讀的科系皆為 4.48 分。理工科系的學生相較於非理工科系的學生認為在遊戲中環境輻射內容有邏輯且連貫，在遊戲中能思考解決問題的方法，這個桌遊企圖讓我們學習環境輻射名詞。而就讀非理工科系的學生比起理工科系的學生，認為桌遊企圖讓我們學習環境輻射名詞，自身想擁有一套桌遊，會想邀請朋友及他人一同再次遊玩此遊戲。（如下表六、環境輻射大學堂桌遊評量表，5 分量表，5 代表非常同意）

表六、環境輻射大學堂桌遊評量表

| | 非 理 工 科 系 | 理 工 科 系 | 全 體 | 男 | 女 |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|--------|------|------|
| 1. 這個桌遊企圖養成我們對環境輻射的興趣。 | 4.44 | 4.70 | 4.48 | 4.41 | 4.52 |
| 2. 這個桌遊企圖讓我們學習環境輻射名詞。 | 4.63 | 4.87 | 4.67 | 4.77 | 4.63 |
| 3. 這個桌遊企圖讓我們獲得環境輻射新知。 | 4.65 | 4.91 | 4.70 | 4.79 | 4.66 |
| 4. 在遊戲中，有呈現環境輻射知識的因果關係。 | 4.57 | 4.87 | 4.62 | 4.56 | 4.65 |
| 5. 在遊戲中，環境輻射內容有邏輯且連貫。 | 4.51 | 4.78 | 4.56 | 4.51 | 4.58 |
| 6. 在遊戲中，能思考解決問題的方法。 | 4.26 | 3.83 | 4.18 | 3.85 | 4.32 |
| 7. 在遊戲中，能體會環境輻射的重要性。 | 4.48 | 4.48 | 4.48 | 4.33 | 4.54 |
| 8. 這個遊戲的目標，與環境輻射內容很有關聯。 | 4.55 | 4.78 | 4.59 | 4.64 | 4.57 |
| 9. 這個遊戲的情境，與科學內容很有關聯。 | 4.61 | 4.52 | 4.59 | 4.51 | 4.62 |
| 10. 這個遊戲的操作，與環境輻射內容很有關聯 | 4.47 | 4.22 | 4.42 | 4.18 | 4.53 |
| 11. 這個桌遊讓人想更進一步了解相關的環境輻射知識。 | 4.41 | 3.96 | 4.33 | 4.08 | 4.44 |
| 12. 我會想再玩這個遊戲。 | 4.30 | 3.00 | 4.08 | 3.23 | 4.43 |
| 13. 我想擁有一套這個遊戲。 | 3.89 | 2.61 | 3.67 | 2.87 | 4.00 |
| 14. 我下次要跟別人一起玩這個遊戲。 | 4.20 | 2.57 | 3.92 | 3.00 | 4.30 |
| 平均 | 4.43 | 4.15 | 4.38 | 4.12 | 4.49 |

本次環境輻射大學堂桌遊活動的評量中，環境輻射知識共有三題。三題都有相當高的答對率。第一題的題目為「環境中具有各種能量不同的輻射，其中，游離輻射（例如： γ 射線、X光）的能量比非游離輻射（例如：微波、脈衝光）的能量高。」本題答對率為90.2%，非理工科系的學生（90.8%）答對率高於理工科系的學生（87.0%）；男性（92.3%）的答對率高於女性（89.2%）。第二題的題目為「高劑量的游離輻射會損害我們身體的細胞或器官，甚至導致死亡。但在用途、劑量使用正確，以及採取必要防護措施情況下，游離輻射在能源、工業、研究、醫療診斷和治療上仍有很大的助益。」本題答對率為97.7%，理工科系的學生（100%）答對率高於非理工科系的學生（97.2%）；男性（100%）的答對率高於女性（96.8%）。第三題的題目為「保護自己免於受到游離輻射傷害的基本要件，包括：減少與輻射源接觸的時間（Time）、遠離輻射源（Distance）以及適當的防護措施（Shielding）。」本題答對率為97.7%，非理工科系的學生（98.2%）答對率高於理工科系的學生（95.7%）；女性（100%）的答對率高於男性（92.3%）。整體的答對率為95.2%，非理工科系的學生（95.4%）答對率高於理工科系（94.2%），女性（95.3%）的答對率高於男性（94.9%）。顯示環境輻射大學堂桌遊活動可以帶給遊玩者正確的環境輻射知識。（如下表七、大學生環境輻射知識正確率百分比）

表七、大學生環境輻射知識正確率百分比

| | 非理工科系 | 理工科系 | 全體 | 男 | 女 |
|--|-------|------|------|------|------|
| 1. 環境中具有各種能量不同的輻射，其中，游離輻射（例如： γ 射線、X光）的能量比非游離輻射（例如：微波、脈衝光）的能量高。 | 90.8 | 87.0 | 90.2 | 92.3 | 89.2 |
| 2. 高劑量的游離輻射會損害我們身體的細胞或器官，甚至導致死亡。但在用途、劑量使用正確，以及採取必要防護措施情況下，游離輻射在能源、工業、研究、醫療診斷和治療上仍有很大的助益。 | 97.2 | 100 | 97.7 | 100 | 96.8 |
| 3. 保護自己免於受到游離輻射傷害的基本要件，包括：減少與輻射源接觸的時間（Time）、遠離輻射源（Distance）以及適當的防護措施（Shielding）。 | 98.2 | 95.7 | 97.7 | 92.3 | 100 |
| 平均 | 95.4 | 94.2 | 95.2 | 94.9 | 95.3 |

以下為參與評量的學生在玩過「環境輻射大學堂」桌遊後的建議與回饋；分為三部分：遊戲玩法設計、題目設計、遊戲規則。

在「遊戲玩法設計」上，參與者建議可以在金錢、房產、回合數上做調整，並適當的調整機率，以增加遊戲整體的刺激性及公平性。從視覺的角度審視本桌遊，建議可將遊戲的版面設計增添更多路線，促使遊玩者彼此之間激盪更多的火花，並調整房產與旗子的顏色，使其一致，以利玩家辨識。遊玩者對「遊戲玩法設計」的部分建議如下：

「我覺得錢可以多一點，扣費少一點。」

「遊玩回合數跟土地可以多一點」

「房子的格子可以多一點。」

「房地產可再增加，讓玩家擁有的房產更多，經過時更有刺激感。」

「感覺這遊戲玩法對第一位有極大的優勢，如果全部玩家在一開始把全都買一個的話就有點難玩了。」

「大富翁外觀可以不局限於傳統的正方形，可以增加其他支線、交叉口，配合機會命運讓整體遊戲體驗更加刺激。」

「房子的旗子顏色有配對會更好（黑色旗子沒有黑色的房子，綠色旗子只有藍色的房子）」

本桌遊在「題目設計」上，參與認為在遊戲中口述輻射知識雖能增加相關概念，但卻會延緩遊戲的進行速度，導致緊湊性與刺激感不足，建議可將題目縮短，或是將重點處進行標示，以利遊戲進行與閱讀，並且增加題目解答，使桌遊的知識性更上一層。遊玩者對「題目設計」給予的建議（部分）如下：

「朗讀模式在高中或大學生較不適切，也偏枯燥乏味。」

「遊戲包含口述知識讓遊戲降低緊湊性。」

- 「念的逐字稿可以標示重點。」
- 「是否能將科普設計入遊戲而非口述？」
- 「途中念輻射常識是可增加知識，但很尷尬。」
- 「希望會有解析告訴我們答案（為什麼）」

本桌遊在「遊戲規則」上，參與者認為對於初次接觸的玩家來說，遊戲難度偏高、規則複雜，上手需花費時間熟悉，建議將遊戲規則制定的更加詳細，以避免遊玩時產生疑慮。遊玩者對「遊戲規則」給予的建議（部分）如下：

- 「對於剛開始玩的人來說，規則有點複雜，因為卡牌有點多。」
- 「再蓋房子後會不確定下一次在走到的時候，需不需要念卡片。」
- 「他方買了房地產，路過時除了付過路費，是否還需要使用物資防護？（會有物資過剩的問題）。」
- 「棋子剛好站在起點上有獎勵金 300 玩嗎。」

參與者認為本桌遊之視覺設計（牌卡及地圖）具有設計感，將知識與遊戲融合的教學，也獲得學生喜愛，這樣的學習模式使學生不再枯燥乏味，而是充滿趣味與探索，並增加同儕間的互動與話題。參與者對給予的回饋（部分）如下：

- 「牌跟地圖的設計很好看。」
- 「結合遊戲跟知識很棒。」
- 「內容很完整，也有真的讓我們瞭解日常生活中疑惑的點！」
- 「藉由遊戲方式，可以學習一些輻射相關知識，比讀書來得有趣！」
- 「知識內容很多，突然學很多感覺頭腦漲漲的，但是有玩過程中很開心，內容也很豐富。」
- 「好玩~好有趣，也可以與朋友間更有話題聊。」
- 「非常好玩，還可以學到新知識，具有教學意義的好玩遊戲。」

整體而言，「環境輻射大學堂」桌遊深受同學喜愛與支持，知識與遊戲的結合，不僅提升同學對於環境輻射的知識，也促進學生對於知識的主動渴求，雖然科學桌遊的遊玩制定中能有改善之處，但整體回饋皆肯定遊戲所帶來的知識性與趣味性。本桌遊展現之教育性具顯著成效，未來可以依照遊玩者之建議，修正遊戲玩法設計、題目設計、遊戲規則之缺失。再增添輻射知識、修正玩法，提供學生在學習的路上，擁有更多元的學習方式並樂於其中。

針對青少年（高中與國中學生）所設計「拯救猴子大作戰」科學桌遊的實施成效評量，說明如下：本調查共回收 338 份有效資料，填答者的男女比例分別為 45.3%及 54.7%；級別為國中填答者佔 60.4%，高中填答者則佔 39.6%。（如下表八、青少年填答者基本資料）

表八、青少年填答者基本資料

| | | 人數 | 百分比 |
|----|----|-----|-------|
| 性別 | 男 | 153 | 45.3 |
| | 女 | 185 | 54.7 |
| | 總和 | 338 | 100.0 |
| 級別 | 國中 | 204 | 60.4 |

| | | |
|----|-----|-------|
| 高中 | 134 | 39.6 |
| 總和 | 338 | 100.0 |

本次拯救猴子大作戰桌遊活動的成效調查，填答選項分別為非常同意、同意、普通、不同意、非常不同意。從性別來看，女性整體的平均分數高於男性，平均分數為 4.34 分及 4.15 分，女性在 14 題中平均分數皆高於男性。從級別來看，國中生的平均分數為 4.13 分，高中生的平均分數為 4.44 分，高中生在 14 題中平均分數皆高於國中生，整體平均分數為 4.25 分。國中生認為遊戲中，環境輻射內容有邏輯且連貫，能體會環境輻射的重要性，且會想再次遊玩拯救猴子大作戰桌遊。高中生認為拯救猴子大作戰桌遊的遊玩目標與環境輻射具高度相關，遊戲中完整呈現環境輻射知識與其因果關係，並從中培養思考解決問題的能力。(如下表九、拯救猴子大作戰桌遊評量表，5 分量表，5 代表非常同意)

表九、拯救猴子大作戰桌遊評量表

| | 國中 | 高中 | 青少年 | 男 | 女 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| 1. 這個桌遊企圖養成我們對環境輻射的興趣。 | 4.02 | 4.31 | 4.14 | 4.05 | 4.21 |
| 2. 這個桌遊企圖讓我們學習環境輻射名詞。 | 4.13 | 4.48 | 4.27 | 4.10 | 4.40 |
| 3. 這個桌遊企圖讓我們獲得環境輻射新知。 | 4.18 | 4.49 | 4.30 | 4.16 | 4.43 |
| 4. 在遊戲中，有呈現環境輻射知識的因果關係。 | 4.15 | 4.50 | 4.29 | 4.16 | 4.39 |
| 5. 在遊戲中，環境輻射內容有邏輯且連貫。 | 4.22 | 4.48 | 4.32 | 4.22 | 4.41 |
| 6. 在遊戲中，能思考解決問題的方法。 | 4.20 | 4.54 | 4.33 | 4.21 | 4.44 |
| 7. 在遊戲中，能體會環境輻射的重要性。 | 4.20 | 4.49 | 4.32 | 4.27 | 4.36 |
| 8. 這個遊戲的目標，與環境輻射內容很有關聯。 | 4.17 | 4.54 | 4.31 | 4.18 | 4.43 |
| 9. 這個遊戲的情境，與科學內容很有關聯。 | 3.99 | 4.40 | 4.15 | 4.05 | 4.24 |
| 10. 這個遊戲的操作，與環境輻射內容很有關聯。 | 4.10 | 4.49 | 4.25 | 4.16 | 4.34 |
| 11. 這個桌遊讓人想更進一步了解相關的环境輻射知識。 | 4.01 | 4.37 | 4.16 | 4.07 | 4.23 |
| 12. 我會想再玩這個遊戲。 | 4.27 | 4.49 | 4.36 | 4.27 | 4.43 |
| 13. 我想擁有一套這個遊戲。 | 4.06 | 4.17 | 4.10 | 4.04 | 4.16 |
| 14. 我下次要跟別人一起玩這個遊戲。 | 4.11 | 4.38 | 4.22 | 4.14 | 4.28 |
| 平均 | 4.13 | 4.44 | 4.25 | 4.15 | 4.34 |

本次拯救猴子大作戰桌遊活動的評量中，環境輻射知識共有三題。三題都有相當高的答對率。第一題的題目為「環境中具有各種能量不同的輻射，其中，游離輻射（例如： γ 射線、X光）的能量比非游離輻射（例如：微波、脈衝光）的能量高。」本題答對率為 92.3%，高中生（95.5%）答對率高於國中生（90.2%）；男性（93.5%）答對率高於女性（91.4%）。第二題的題目為「高劑量的游離輻射會損害我們身體的細胞或器官，甚至導致死亡。但在用途、劑量使用正確，以及採取必要防護措施情況下，游離輻射在能源、工業、研究、醫療診斷和治療上仍有很大的助益。」本題答對率為 97.3%，國中生（97.5%）答對率高於高中生（97.0%）；男性（98.0%）高於女性（96.8%）。第三題的題目為「保護自己免於受到游離輻射傷害的基本

要件，包括：減少與輻射源接觸的時間（Time）、遠離輻射源（Distance）以及適當的防護措施（Shielding）。」本題答對率為 97.9%，高中生（98.5%）高於國中生（97.5%）；女性（98.4%）高於男性（97.4%）。整體的答對率為 95.83%，高中生（97.0%）答對率高於國中生（95.07%）；男性（96.3%）答對率高於女性（95.53%）。顯示拯救猴子大作戰桌遊活動可以帶給遊玩者正確的環境輻射知識，如下表十、青少年環境輻射知識正確率百分比。

表十、青少年環境輻射知識正確率百分比

| | 國中 | 高中 | 青少年 | 男 | 女 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 環境中具有各種能量不同的輻射，其中，游離輻射（例如： γ 射線、X光）的能量比非游離輻射（例如：微波、脈衝光）的能量高。 | 90.2 | 95.5 | 92.3 | 93.5 | 91.4 |
| 2. 高劑量的游離輻射會損害我們身體的細胞或器官，甚至導致死亡。但在用途、劑量使用正確，以及採取必要防護措施情況下，游離輻射在能源、工業、研究、醫療診斷和治療上仍有很大的助益。 | 97.5 | 97.0 | 97.3 | 98.0 | 96.8 |
| 3. 保護自己免於受到游離輻射傷害的基本要件，包括：減少與輻射源接觸的時間（Time）、遠離輻射源（Distance）以及適當的防護措施（Shielding）。 | 97.5 | 98.5 | 97.9 | 97.4 | 98.4 |
| 平均 | 95.07 | 97.00 | 95.83 | 96.30 | 95.53 |

以下為參與評量的學生在玩過「拯救猴子大作戰」桌遊後的建議與回饋；分為三部分：卡牌數量增減、卡牌玩法設計、卡牌趣味性與知識性。

本桌遊在「卡牌數量增減」上，參與者建議可增加更多攻擊類型的卡牌和新的功能卡，提升遊戲性及豐富遊戲玩法；而保護類型及治療類型的卡牌則建議減少，以增加遊戲難度，此外，調整卡牌比例與增加牌組張數，也能提升難度及遊玩人數。學生針對「卡牌數量增減」的部分建議如下：

「希望能夠新增更多攻擊、保護卡，增加遊戲性。」

「增加牌的數量，可以讓更多人同時玩。」

「可以增加製作髒彈的原料，鉛板卡牌數變少，增加難度，或更多攻擊卡，因為有幾場我是一次用了三張清潔卡，贏的太快了。」

「希望攻擊卡可以多一點，治療卡少一點，另增一個牌庫中只有一張特別的卡，例如：照 X 光，讓別人其中一隻有輻射的猴子要連用兩張洗淨卡。」

「手牌太少，卡牌種類可更豐富。」

「感覺可以加一些卡片，例如：防毒面罩...之類的。」

「可以再增加卡牌玩法更豐富。」

「卡牌的比例可以再調整。」

「帳篷與管理員這類的牌太多了。」

「帳篷有點太多，希望少點，攻擊手段可以再多些，鉛版沒啥用。」

本桌遊在「卡牌玩法設計」上，參與者建議規則說明上可再更詳細說明內容，使遊玩者更了解遊戲規則；遊玩者認為卡牌組合較單一，相較攻擊類型卡牌，治療類型卡牌只有一種，建議卡牌組合可多樣化，促使遊玩者彼此之間激盪更多的火花，避免遊戲進入循環。也建議每張保護類型卡牌應有對應的攻擊卡牌。學生針對「卡牌玩法設計」的部分建議如下：

「保護卡升級要有固定的疊加方法，管理員要在鋼板升級後才能放。」

「若是單獨有帳篷，可以擋落塵，但若是只有鉛板則無法阻擋任何危險，需搭配帳篷才可阻擋磷彈。我覺得可以設計鉛板能單獨阻擋的污染卡，不然有經驗的玩家會知道一定要先放帳篷再放鉛板。」

「說明上要加上防護可以被攻擊卡打掉。」

「或許可以參考遊戲王「覆蓋卡片」的方式，讓遊戲更加刺激。」

「有點沒完沒了...攻擊方式很多種，但治療只有一種，又不能同時保護猴子，這猴子穩死。」

「感覺能做的事情偏單一，在很多情況下能做的事情就只能出某張牌，組合變化比較少。」

本桌遊在「卡牌趣味性與知識性」上，參與者認為玩法雖淺顯易懂、容易上手，但缺乏趣味性，導致刺激感不足，也認為遊戲帶給遊玩者的知識性偏低，說明卡牌背後的輻射知識容易被忽略，建議可以增加遊戲難度以及知識內容。學生針對「卡牌趣味性與知識性」的部分建議如下：

「遊戲玩法簡單，但沒有特別的記憶點，可以再發明更加有趣的玩法。」

「遊戲的複雜度較低，是否更適合國小中高年級？國、高中生可能增加複雜度會增添多一些的趣味性。」

「會翻開卡牌背後的知識的機率偏低大家會專注在遊戲翻牌上而忽略他的知識價值。」

「遊戲卡牌可與知識設計相關性更高。」

「吸引力低。」

「知識偏低。」

參與者認為本桌遊卡牌之視覺設計具有精美感，將環境輻射知識結合遊戲的教學具有意義，在遊戲過程中，一方面培養思考能力，一方面學習環境輻射新知，在玩樂中學習一舉兩得，獲得許多學生的喜愛，值得推廣。學生給予的部分回饋如下：

「猴子超可愛超喜歡。」

「圖片設計很精美。」

「我覺得可以把輻射知識與桌遊做結合很厲害！」

「覺得可以同時學習又可以玩樂，好開心。」

「我覺得這項桌遊讓我覺得很有意義，學習到很多知識，在沒有介紹這個前我都不知道原來微波爐是不太會對我們造成傷害。」

「透過今日的輻射介紹和玩桌遊，使我更加認識輻射分類（游離、非游離...）桌遊設計好有趣！且能在遊戲同時，思考輻射的傷害方式、治療方式以及如何防範。」

「能跟朋友玩桌遊很快樂，希望能在市面上有販售這個桌遊。」

「這個遊戲讓我懂得思考，主持遊戲的時候也很刺激。」

整體而言，「拯救猴子大作戰」桌遊結合環境輻射知識，讓學生們在遊玩的同時也能吸收新知識，促進學生學習的動力。整體回饋顯示，桌遊受到學生的喜愛及認同，且教育性顯著成效，多數學生在遊玩本桌遊後，對於輻射知識有更深入的了解，在遊玩制定中仍有改善之處，未來可以依照遊玩者的建議，修改卡牌數量、卡牌玩法設計、提高桌遊的趣味性與知識性，使本桌遊更加完善，幫助遊玩者載輻射知識學習的道路上，提供不一樣的視野並提升學習效果。

本計畫的桌遊推廣活動，同時針對大學生、高中生、國中生及小學生，辦理近 20 場次，每場 2 小時的「環境輻射知多少」研習課程（包括桌遊競賽與輻射儀器環境實務檢測），共有 620 位（女性：353 人，56.9%，男性：267 人，43.1%）師生共同參與，科普推廣活動辦理總時數累積計有 40 小時。參與推廣活動相關人次與辦理地點整理如下表：

| 桌遊 | 小學 | 國中 | 高中 | 大學 |
|---------|-------|-------------------|------------------|------------------|
| 環境輻射大學堂 | | | | 132 女 93、男 39 |
| 拯救猴子大作戰 | > 150 | 204 女 99、男 105 | 134 女 86、男 48 | |

| 桌遊 | 小學 | 國中 | 高中 | 大學 |
|---------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------|
| 環境輻射大學堂 | | | | 國立臺北護理健康大學 長庚大學 康寧大學 |
| 拯救猴子大作戰 | 桃園城市科學園遊會 科學教育暨資優教育 嘉年華 | 天主教道明高級中學 國中部 高雄市立左營國民中學 | 臺南高級商業職業學校 臺北育達高級中等學校 新北市立新莊高級中學 臺北市立復興高級中學 | |

推廣活動紀錄照片（部分）整理如下：





高中



高中



高中



高中



高中



高中



國中



國中



國中



國中



國中



國中



小學



小學



小學



綜上，本計畫所設計產出的兩套桌遊教案，其施作成效與後續調整改進方向如下：

【拯救猴子大作戰】

1. 針對青少年學生族群，在課堂上先由教師介紹環境輻射基本知識，再讓學生分組操作桌遊教案；課程結束後對其學習成果與科學桌遊實施成效的評量，在量性或質性統計上都呈現正向結果。
2. 本桌遊教案遊戲規則簡單、知識概念易懂且趣味性高，學生能從遊戲過程中理解到簡單的輻射防護原則，適合作為輻射防護的入門教材。
3. 桌遊設計在功能卡牌說明中，同時輔以輻射防護知識的傳達；惟學生多專注於遊戲的競賽，自主學習的動機較弱。建議搭配課前環境輻射知識介紹及課後綜整競賽心得，對環境輻射的學習效果將更佳。

【環境輻射大學堂】

1. 本教案以非理工科系大學生為對象，同學利用課餘時間自行組隊競賽；學習成果與科學桌遊實施成效，在量性或質性統計上都呈現正向結果。
2. 本桌遊設計旨在環境輻射科普知識的傳達，從遊戲過程中來瞭解與自身安全有關的知識或釐清相關的迷思，大學生普遍覺得學習效果優於課堂講授；但因娛樂性不高，重複再玩的意願相對較低。
3. 本桌遊設計之關卡，若能以題庫方式設計（但需配合數位模式操作），則可隨機產生各種不同組合的遊戲內容，相信可強化回流再玩的吸引力。

【附件一】拯救猴子大作戰 全文說明

【附件二】環境輻射大學堂 全文說明

附件一

拯救猴子大作戰 SAVING MONKEYS

- 適合年齡：13+
- 遊戲人數：2~4
- 遊戲時間：15 分/場
- 類型：紙牌、教育、策略、心機

拯救猴子大作戰！

適合多人共玩的策略遊戲，增進有關於輻射防護的知識，培養推理、邏輯思考能力，提升專注力及觀察力。

內容物

- 1 張 大說明書
- 8 張 7 張說明卡（正面為卡牌功能說明，背面為輻射知識補充）+ 1 張開始卡
- 12 張 雙面猴子卡（一面為受到輻射污染的猴子，一面為健康的猴子）
- 25 張 除污治療卡
- 9 張 帳篷卡
- 6 張 強化鉛板卡
- 6 張 管理員卡
- 4 張 輻射落塵卡
- 4 張 髒彈卡
- 8 張 污染食物卡

遊戲玩法

故事背景

猴子們原本都待在動物園裡快樂的生活著，但惡魔黨為達一統天下的目的，在生活環境中釋放出輻射落塵來引起動物界的混亂。動物園的管理員們得知這個訊息後，準備要把輻射事故現場「熱區」受污染的猴子們，想辦法搶救並帶到較為安全的「冷區」內。只是在路途中，猴子們仍持續有受到進一步輻射危害的風險，大家要幫忙預防與搶救，讓自己的猴子最終都能安全與健康！遊戲開始時，先展示出健康猴子；因為惡魔黨開始在環境中散佈輻射落塵，把全部的猴子都轉換成受輻射污染的猴子，此時玩家要開始來搶救猴子.....

遊戲目標與勝利

第一位將所有輻射污染的猴子，全部都變成健康猴子的玩家，即為獲勝玩家！

卡牌功能介紹（背面為【輻射知識】補充）

| 名稱 | 圖卡 | 功能 |
|-----|---|------------------------|
| 猴子卡 |  | 一面為健康的猴子，一面為受到輻射污染的猴子。 |

| | | |
|--------------|---|---|
| <p>除污治療卡</p> |  | <p>可除去猴子身上的輻射落塵或治療吃下輻射污染食物的猴子。</p> <p>【輻射知識】 當偵測到體表有受到輕度輻射污染時，可透過擦拭、淋浴、換衣等方式達到除污效果。如果是不慎吃下輻射污染的食物，則需盡快送醫治療。</p> |
| <p>帳篷卡</p> |  | <p>躲進帳篷內，猴子就不會受到輻射落塵的傷害。帳篷卡不可以用於輻射猴子。</p> <p>【輻射知識】 輻射防護三原則：時間、距離、屏蔽。帳篷和混凝土屋可以屏蔽輻射落塵。</p> |
| <p>強化鉛板卡</p> |  | <p>待在帳篷內的健康猴子，加上強化鉛板，就可以抵擋髒彈的攻擊。強化鉛板卡不可以用於輻射猴子，也不可以用於沒有帳篷的猴子。</p> <p>【輻射知識】 強化鉛板可以比紙類、塑膠、鋁片及鐵片更有效地阻擋伽馬 (γ) 輻射，保護人類免於輻射的危害。</p> |
| <p>管理員卡</p> |  | <p>可以保護健康猴子不要誤吃輻射污染食物。管理員卡不可以用於輻射猴子。</p> <p>【輻射知識】 清洗、擦抹、大力拭擦或去皮 / 摘去外葉，可減少食物表面上可能殘留的放射性污染。將受輻射污染的食物存放較長的時間，雖然可以降低危險性，但仍建議不要食用較好，而將食物煮熟一般是無法減低食物中的輻射污染程度。</p> |

| | | |
|--------------|---|--|
| <p>輻射落塵卡</p> |  | <p>因惡魔黨故意釋放放射性物質，所有玩家(包含自己)，沒有待在帳篷內的猴子，都會受到輻射污染。</p> <p>【輻射知識】</p> <p>輻射落塵可能來自於核子事故、境外核災、放射性物質意外、輻射炸彈事件。</p> |
| <p>髒彈卡</p> |  | <p>健康猴子在帳篷卡與強化鉛板卡的雙重防護之下，才可阻擋髒彈的攻擊。若缺任一卡牌，則會變成輻射猴子，卡牌也會失效。</p> <p>【輻射知識】髒彈是一種放射性散佈裝置，利用放射性物質鈾與常規炸藥相結合的放射性類武器。髒彈的輻射影響範圍，可能只分布在距離爆炸地點幾個街區或幾公里遠之處。</p> |
| <p>污染食物卡</p> |  | <p>可指定其他玩家中，任何一隻沒有管理員保護的猴子吃下被輻射污染的食物，讓該隻猴子受到輻射污染；若原本已有的帳篷卡與強化鉛板卡都將一併失效。</p> <p>【輻射知識】</p> <p>人類可能透過飲食直接或間接受到輻射污染。人類攝取到受輻射污染的食物後，放射性物質便會累積在體內組織。如果動物曾經食用受輻射污染的飼料，當這些動物在變成人類食物(家畜、家禽、海產)後，人們也可能受到間接污染而攝入輻射物質。</p> |

- ✓ 無敵猴子：當一隻健康猴子有「帳篷卡」、「強化鉛板卡」與「管理員卡」時，就不必擔心再受到任何輻射傷害。

遊戲準備

| 玩家人數 | 雙面猴子卡 |
|------|-------|
| 2 人 | 5 張 |
| 3 人 | 4 張 |
| 4 人 | 3 張 |

按照玩家人數放好雙面猴子卡在自己面前，並將受到輻射傷害的猴子那一面朝上。每位玩家抽 3 張牌，剩下的牌堆放置中央方便拿取，到此完成遊戲準備。

遊戲開始

先將 7 張說明卡與 1 張開始卡，以亂數平均分給玩家，若玩家為 3 人，多出的卡則由玩家自行分配。由玩家輪流將說明卡上的玩法與背面的輻射知識大聲讀出，介紹給其他玩家。然後將說明卡正面朝上，讓所有玩家在遊戲進行時，對照玩法。而拿到「開始卡」的玩家，則為第一位出牌者，並依照順時鐘方向為順序，每回合玩家只有三個動作可以執行，分為出牌、棄牌、換牌。

- 出牌**：從 3 張手牌中選擇 1 張打出並執行該卡牌之功能，執行完後從牌堆抽一張。卡片分為兩種類型：一次性、保留性。
 - 一次性卡片 (執行完需棄牌) : 「除污治療卡」、「髒彈卡」、「污染食物卡」、「輻射落塵卡」。
 - 保留性卡片 (保留置放於猴子前方) : 「帳篷卡」、「強化鉛板卡」、「管理員卡」。
- 棄牌**：若不想出牌可選擇一張放入棄牌堆 (棄牌需蓋牌放入或公開讓其他玩家看到，可由玩家於遊戲前約定即可)，接著從牌堆中抽出一張牌；至此，棄牌玩家本回合不得再有

動作，需等待下一回合始能出牌。

3. **換牌**：若手裡的三張牌都無法打出，展示給其他玩家看，確認無法出牌後，將手牌放入

棄牌堆，並抽取三張牌，則結束回合。

➤ 當牌堆用盡但遊戲仍未分出勝負時，將棄牌堆洗勻後再當作新牌堆使用。

進階學習

如果你(妳)想進一步了解更多的環境輻射相關知識，請至雲端資料庫免費下載：『環境輻射

知多少？青少年環境輻射科普推廣教案』來參考閱讀；雲端資料庫 QR Code 如下：



科技部 原子能科技學術合作研究計畫

MOST 111-NU-E-227-001-NU

環境輻射大學堂

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|------------------------|---|-----------|----------|-----------|---|-------------|
| 起點 | 核燃料 ^{235}U | 命運 | 木乃伊 ^{14}C | 輻射 污染  | 微波 食品 | 機會 | 美容 脈衝光 | 手機 基地台 | 補給站 |
| 核電廠  | <p>科技部 原子能科技學術合作研究計畫 MOST 111-NU-E-227-001-NU</p> | | | | | | | 紅外線 | |
| 輻射 污染  | | | | | | | | 輻射 污染  | |
| 抽菸 | | | | | | | | 紫外線 | |
| 搭飛機 出國旅遊 | | | | | | | | 命運 | |
| 確定 效應 | | | | | | | | 牙科X光  | |
| 機會 | | | | | | | | 正子攝影  | |
| 機率 效應 | | | | | | | | 放射治療  | |
| 高山 | | | | | | | | 電腦斷層  | |
| 補給站 | 氫氣 | 低鈉鹽 | 命運 | 輻射 污染  | 核災區 食品 | 輻射 落塵 | 機會 | 核磁 共振 | 輻射學堂 抽獎區 |

環境輻射大學堂

- 適合年齡：18+
- 遊戲人數：3~5人
- 遊戲時間：約50~60分/場
- 類型：紙牌、教育、規畫

遊戲規則

1. 每名玩家有3500元基金，每完成一圈回到起點可再獲得300元基金；當有一名玩家破產或是其中一名玩家完成三圈後，本次遊戲即結束，並以基金最多之玩家獲勝；基金結算時，擁有房地產者，以房產權狀卡上所記載價值計算，未使用之補給站物資則依原價計算。
2. 玩家抵達各關卡方格位置（不含機會和命運）時，若主動向全體玩家讀出該關卡牌的全文或重點內容，將可獲得額外獎勵金50元。
3. 遊戲開始前以及第一位玩家走完第一圈回到起點時，開放全體玩家向輻安管理處的補給站購買個人所需要之任何補給品。
4. 本遊戲卡牌共有四類，說明如下：
 - 4-1 關卡牌：各類環境輻射知識；若該關卡有影響人體健康之疑慮，則會對玩家的行動有所限制。
 - 4-2 功能卡（即補給站之物資）：補給站所販售的輻射防護商品，僅能使用一次，並於使用後歸還給輻安管理處。玩家可於開放購買期間事先採購，以備不時之需；若於遊戲過程抵達各關卡時，會要需花費更高價格始能購得相同物品。
 - 4-3 機會、命運卡：機會牌為輻射防護物資的取得，命運牌為遭遇輻射相關事件，兩者都含有隨堂測驗考題；可由自己或指定其他玩家作答，答案可經掃描進階學習QR Code

取得，答對（錯）者可向輻安管理處領取（支付）100元基金。

- 4-4 房產權狀卡：進入輻射污染區或具有任何人為輻射場所，經相關防護處理後，可再購置混凝土屋取得該處之所有權與管轄權，卡牌上載明購置房屋所需之費用、其他玩家進入後的罰款明細及基金結算時的價格。

5. 輻射標誌與劑量單位

| | |
|---|--|
|  | <p>游離輻射是一種高能量，它可以從原子或分子中分離出電子，在與包括生物體在內的物質發生作用時，會引起原子層面的變化。這種變化通常涉及離子（帶電的原子或分子）的產生，故稱為游離輻射。在高劑量的情況下，游離輻射會損害我們身體的細胞或器官，甚至導致死亡。不論是工廠、醫院、研究室、儀器室、作業場所、倉庫等人造輻射運作的場所，其外圍及大門、入口或會產生輻射的儀器設備表面，都必須張貼這個<u>黃底加上紫紅色三個葉片的輻射示警標誌</u>，提醒所有的人要注意輻射及自身的安全。</p> |
|  | <p>國際原子能總署（IAEA）與國際標準組織（ISO）聯合宣佈啟用一個包含輻射波、骷髏頭、奔跑的人的新增輻射輔助標誌。此符號是為了將國際原子能總署歸類的1、2和3類輻射源定義為能致死或者造成重傷的危險的射源而用的，這些射源包括食品輻射照射、治療癌症的放射線治療設備和工業放射線照相機。此符號的目的是在提醒正在接近一個高大能量的游離輻射源，危險性較一般游離輻射更高，更要隨時保持警覺。</p> |
|  | <p>游離輻射是一種可以使原子產生游離電磁波或粒子的高能量；環境中天然存在的輻射，包括來自太空的宇宙射線、來自地表所含的天然放射性核種（鉀-40、鈾-238、釷-232及它們一系列的子核種）、食物中的鉀-40及空氣中的氡-222和它的子核種等等。這些都是原本就存在環境中，且是無法避免的，生活在地球的每一個人都會接受到天然輻射。</p> |
|  | <p>非游離輻射的能量較游離輻射低，其能量都不足以從原子或分子中分離出電子，無論是在物質還是生物體中；然而，其能量可以使這些分子振動，進而產生熱量。科學證據顯示，非游離輻射不會對人構成健康風險。但經常接觸一些</p> |

| | |
|------|---|
| | 非游離輻射源的工作者，仍需要採取一些措施來保護自己，例如紅外線、紫外線（非游離輻射）產生的熱傷害。 |
| 輻射強度 | 輻射強度：放射性原子每秒鐘蛻變的數目用來表示其活性；單位：貝克（Bq） |
| 吸收劑量 | 吸收劑量：人體組織物質所吸收到輻射劑量；單位：戈雷（Gy） |
| 等效劑量 | 等效劑量：不同游離輻射在相同的吸收劑量下會對生物組織造成不同的影響，通常為人體組織或器官之吸收劑量與射質因數之乘積；單位：西弗（Sv） |

6. 進階學習：如果你（妳）想進一步了解更多的環境輻射相關知識，請掃描下列QR code至雲端資料庫免費下載：『環境輻射知多少？大學生環境輻射科普推廣教案』來參考閱讀。



環境輻射知多少？科普推廣教案

機會

1. 恭喜你獲得鉛衣一件；遇到有高強度輻射源時，記得穿上它！
2. 恭喜獲得一盒碘片；碘片服用最恰當時機為放射性碘外釋之前至外釋後6小時內，超過6小時之後，保護功能將遞減
3. 恭喜你完成一堂環境輻射知識的課程，可獲得300元獎金！
4. 你擁有一顆核彈，你可以選擇攻擊其中一處已有人管轄的輻射污染處（A、B、C、D）；或是上繳給輻安管理處換取1,000元獎金
5. 恭喜你獲得一張補給站的物資兌換卷，可以任意挑選一樣你想要的防護資源
6. 恭喜你獲得一張任意門，你可以前往任何一處你沒有去過的地方；若是經過起點，圈數並不

會增加，亦無法獲得300元基金

7. 隨堂測驗：市面販售的低鈉鹽產品，偵測到的輻射劑量值會比普通海鹽產品高。
8. 隨堂測驗：環境中具有各種能量不同的輻射，其中，微波的能量比紫外線的能量高。
9. 隨堂測驗：醫學美容療程上使用的脈衝光，是一種游離輻射的應用。
10. 隨堂測驗：市面常用的悠遊卡、一卡通等感應磁卡，是一種游離輻射的應用。

命運

1. 因有輻射落塵發生，需有防護衣始能外出；若你沒有防護衣，則需花費250元購買防護衣才能繼續遊戲，否則將暫停兩回合
2. 接獲有核子事故發生的通知；若你沒有碘片，則需花費250元購買碘片服用才能繼續遊戲，否則將暫停兩回合
3. 派去前線野戰醫院支援移動X光機的照射工作；若你沒有鉛衣，則需要花費350元購買鉛衣來保護自己才能繼續遊戲，否則將暫停一回合
4. 因個人疾病入院治療，需要多休息，暫停一回合
5. 遭遇核災，需要到鄰近無污染區避難，請繳交200元交通費並返回起點
6. 鄰國發生核爆事件，要躲入地下碉堡避難，花費300元購買民生用品
7. 前方道路發生輻射意外事件，你必需倒退六步，遠離輻災現場，確保自身安全
8. 隨堂測驗：輻射線就像新冠肺炎病毒，它會傳染，也會增生、變種。
9. 隨堂測驗：蒜頭經輻射照射後可抑制發芽，殺蟲滅菌，但輻射線也會殘留在蒜頭內。
10. 隨堂測驗：到醫院接受X光照射檢查後，身體裡就會存留有輻射線。

補給站功能卡

人無遠慮，必有近憂；玩家可以在輻射危害發生之前，先以較低的費用來預購防護或防災用品，未雨綢繆，以備不時之需。

- 碘片一盒150元，可使用於「輻射污染B」、「輻射污染D」
- 輻射防護保險單一張200元，可使用於「核燃料²³⁵U」、「機率效應」
- 鉛衣一件250元，可使用於「輻射污染A」、「輻射污染B」、「牙科X光」
- 防護衣一件150元，可使用於「輻射落塵」
- 輻射偵測器一台250元，可使用於「輻射污染C」
- 劑量佩章一台200元，可使用於「放射治療」輻射工作人員的劑量監測

房產權狀卡

當玩家進入輻射污染區或具有任何輻射運作場所，經相關防護處理後，可再購置混凝土屋取得該處之所有權與管轄權，若其他玩家誤闖之罰款則直接繳給房屋所有權人。此外，一旦輻射污染處（A、B、C、D）遭受核彈攻擊，你將喪失此地管轄權。

輻射污染 A、B、C、D區*4

購屋費用：第一棟：350元、第二棟：300元、第三棟：250元

誤闖罰款：一棟：400元、二棟：700元、三棟：1000元

基金結算：一棟：400元、二棟：700元、三棟：1000元

牙科診所*1

購屋費用：第一棟：400元、第二棟：350元、第三棟：250元

誤闖罰款：一棟：450元、二棟：800元、三棟：1100元

基金結算：一棟：450元、二棟：800元、三棟：1100元

醫院*3（正子攝影、放射治療、電腦斷層）

購屋費用：第一棟：600元、第二棟：550元、第三棟：500元

誤闖罰款：一棟：650元、二棟：1200元、三棟：1750元

基金結算：一棟：650元、二棟：1200元、三棟：1750元

核電廠*1

購屋費用：第一棟：900元、第二棟：850元、第三棟：800元

誤闖罰款：一棟：950元、二棟：1800元、三棟：2650元

基金結算：一棟：950元、二棟：1800元、三棟：2650元

輻射學堂抽獎區

恭喜你獲得一次抽獎的機會，擲出骰子後，即可依照該點數換取對應的獎金或補給品。（1點：1,000元、2點：200元、3點：100元、4點：500元、5點：鉛衣一件、6點：輻射偵測器或劑量佩章一台）

關卡牌

1. 核燃料²³⁵U：核電廠內有鈾原料，這樣不就等於一顆原子彈了嗎？

鈾-235可以進行核反應，藉由中子撞擊鈾-235產生連鎖核分裂，釋放巨大的能量，因此常被運用在核能發電或是核子武器。運用在核電廠發電所需的鈾-235濃度僅需要3.5%，要成為核子武器的核原料則需達到85%以上，因此核電廠要發生核爆的機率是微乎其微的。身為工作人員的你，需花費300元購買一張『輻射防護保險單』，同時可獲得輻射偵測器一台，若你已提前購買輻射防護保險單則可直接使用。

2. 木乃伊¹⁴C：你知道這具木乃伊是多久年前的嗎？

碳-14是碳元素中具有放射性的同位素，而這些碳-14會與大氣中的氧氣結合形成具有放射性的二氧化碳（¹⁴CO₂），透過植物的光合作用進入生物圈，再被動物攝入體內；因此所有的生物終其一生都不斷地與大自然交換著碳-14直至死亡為止，死亡後碳-14的放射性含量會透過持續的衰變逐步減少，所以透過測量木乃伊體內碳-14的含量，就可以推估木乃伊的死亡時間。

3. 輻射污染 A：由於不肖廠商，未妥善貯存核廢料，造成此地嚴重輻射污染；若你已有『鉛衣』，則可安全暫留此處，否則需先花300元購買鉛衣；之後，你可以依據房產權狀卡上的價格購買房屋，並取得此地的管轄權，爾後其他玩家停留於此處，都需繳交防護費用給你（繳費標準見

房產權狀卡)。

4. 微波食品：你還在擔心靠近微波爐會對身體造成危害嗎？

當你把食物放入微波爐中，微波會使食物中的水分子震動，產生摩擦進而讓食物加熱，微波是屬於「非游離輻射」，能量不高；請你對大家說出『微波不會對人體造成危害，請放心！』即可獲得200元獎金。

5. 美容脈衝光：媽媽說她想要去做脈衝光，讓皮膚可以變好一點...

美容脈衝光常用於醫學美容的皮膚療程上，它是介於可見光與紅外線之間的綜合光波，波長範圍為550~1200奈米 (nm)，屬於「非游離輻射」，因此，對人體不會產生危害。是不是又學到一個新知識啦！可以獲得200元課程補助費。

6. 手機基地台：對現代人來說形影不離的手機...

生活環境中會對人體造成傷害的是屬於能量較高的游離輻射，『手機基地台主要是運用於無線電波的傳送，無線電波屬於「非游離輻射」，因此對人體不會產生危害』；請將雙引號內的句子朗誦出讓大家聽到，即可獲得300元獎金。

7. 紅外線：原來紅外線可以使用在...

『紅外線廣泛運用於我們的生活中，在醫療上可以幫助血液循環、在工業上可用於物品加熱或遙控等，屬於非游離輻射，並不會對人體產生危害』，請將雙引號內的句子朗誦出讓大家聽到，即可獲得200元獎金。

8. 輻射污染 B：穿越時空成為居里夫人，此時的你正在實驗室做放射性物質的研究，長時間曝露

於輻射的風險中；若你有帶上了『碘片』和『鉛衣』，這間實驗室就直接由你接管；若未帶上述的防護裝備，則需繳交500元購買碘片與鉛衣保護自己。最後經過一番努力，你終於證明了「釷-210 (Polonium) 」及「鐳-226 (Radium) 」兩個元素的存在；釷-210可以作為太空衛星的能源，鐳-223則可以用來治療前列腺癌的骨轉移；你可依據房產權狀卡上的價格購買房

屋，爾後其他玩家停留此地，你可以向他收取防護費用（繳費標準見房產權狀卡）。

9. 紫外線：夏季來臨太陽好大呀！

氣象預報說今天的紫外線指數為7+，已經達到高量級程度了！快點穿上你的抗UV外套及戴上太陽眼鏡再出門，雖然紫外線是「非游離輻射」，但待在太陽下30分鐘，還是會對皮膚造成傷害。請躲在樹蔭下避開紫外線傷害，暫停遊戲一回合。

10. 牙科X光：為了植牙手術，醫師安排先照全口X光，可是我一個月前才照過一次...

對人體會產生危害的輻射劑量值為一次接受超過1000毫西弗（mSv）的劑量，做一次全口X光的輻射劑量值約為0.01毫西弗（mSv），因此做全口X光檢查所接受到的輻射劑量值並不會對人體產生危害。基於保險起見，你需要花350元購買鉛衣來保護自己，若你已提前購買『鉛衣』則可直接使用；之後，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一棟混凝土屋並取得這間牙科診所的管轄權，爾後其他玩家進入，你可以向他收取防護費用（繳費標準見房產權狀卡）。

11. 正子攝影：因為體檢發現肺部有腫瘤，醫生安排做正子攝影來確認是良性或惡性...

安排一次正子攝影（Positron Emission Tomography，PET）檢查的輻射劑量值約為7毫西弗（mSv），其檢查過程是把放射性藥劑「氟-18標記去氧葡萄糖（¹⁸F-FDG）」經由靜脈注射到受檢者身上，再利用掃描儀器顯示出影像，評估受檢者體內器官組織的代謝情形。因為癌細胞的新陳代謝比較旺盛，對氟-18標記去氧葡萄糖的攝取量比正常細胞大，故可作為癌症早期高階篩檢。但做完正子攝影需要大量喝水，才能盡快代謝掉體內的放射性藥劑，趕快去喝水及上廁所，暫停遊戲一回合。另外，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一棟混凝土屋並取得這間醫院的管轄權，爾後其他玩家進入，你可以向他收取防護費用（繳費標準見房產權狀卡）。

12. 放射治療：身為放射科醫療人員，每年吸收的輻射劑量會超標嗎？

放射線包含直線加速器所產生的高能量X光及電子束，對所有細胞皆有殺傷力，在醫療上運用較高能量的放射線來破壞癌細胞，抑制癌細胞的生長與分裂，達到治療的效果，這就是放射治療

的原理。身為放射科醫療人員的你，一定要配戴劑量徽章，監測自己接受到的輻射劑量；若沒有的人，請花費300元購買一台來保護自己。之後，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一棟混凝土屋並取得這間醫院的管轄權，爾後其他玩家進入，你可以向他收取防護費用（繳費標準見房產權狀卡）。

13. 電腦斷層：出了場不小的車禍，緊急被送至急診室，並做了頭部電腦斷層...

頭部電腦斷層掃描（Computed Tomography，CT）一次大約會釋放出2毫西弗（mSv）的輻射劑量，是劑量較高的放射診斷；若單次照射劑量超過1000~2000毫西弗（mSv）才會造成急性反應（噁心、嘔吐），所以在正常情況下，一次電腦斷層的掃描並不會對人體產生嚴重的影響；因傷勢不輕，需安排住院治療，暫停遊戲一回合。另外，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一棟混凝土屋並取得這間醫院的管轄權，爾後其他玩家進入，你可以向他收取防護費用（繳費標準見房產權狀卡）。

14. 核磁共振：這個名詞裡有『核』是不是很可怕呀？

核磁共振影像攝影術（Magnetic Resonance Imaging，MRI）是將人體置於高磁場環境下，與輻射完全無關哦，是不是又學到一個知識啦！為了避免大家從字面上引起的誤解，目前醫院多以「磁振造影」來標示；跟其他玩家分享這個訊息即可獲得400元。

15. 輻射落塵：因北方某共產國家進行核武試爆，具放射性的輻射塵，隨著東北季風飄到該區。環境中若有放射性落塵存在，會沾染到我們的外衣而被帶回家中，恐怕會影響家中長輩及小孩的健康，為避免把輻射落塵帶回家中，你需要花費200元購買防護衣，若你已提前購買『防護衣』則可直接使用。

16. 核災區食品：核災地區進口的農產品會含有輻射嗎？

臺灣針對食品中放射性落塵或放射能污染容許量標準，其中碘-131在乳品及嬰兒食品的標準為55貝克（Bq）/公斤（kg），其他食品為100貝克/公斤；銫-134與銫-137總和在一般食品是1

00貝克/公斤；乳品及嬰兒食品為50貝克/公斤，飲料及包裝水為10貝克/公斤；凡是輸入臺灣的食品都應符合我國容許量標準始得輸入，政府也有檢驗和抽驗機制，所以，請放心。為等待並確認進口食品的安全，暫停遊戲一回合。

17. 輻射污染C：屋內樑柱所用的鋼筋懷疑是輻射鋼筋，為確保自身健康，需繳交450元費用來購買輻射偵測器及整修房屋，若你已提前購買『輻射偵測器』則只需繳交150元房屋整修費。之後，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一棟混凝土屋並取得此地的管轄權，爾後其他玩家進入此處，你可以向他收取防護費用（繳費標準見房產權狀卡）。

18. 低鈉鹽：營養師建議高血壓的媽媽可以採取低鈉鹽飲食...

低鈉鹽是利用鉀來取代鈉，以降低鈉的含量，有助於高血壓患者維持體內電解質平衡及控制血壓，而天然的鉀本身含有少量放射性鉀-40，因此低鈉鹽隨著放射性鉀-40含量的增加，輻射劑量亦隨之提高。但是，原能會評估即使全年都食用含鉀量最高的市售低鈉鹽，所攝入的輻射劑量約為0.2毫西弗（mSv），大約與搭飛機往返台北與紐約一趟所接受到的宇宙輻射劑量相當，所以不需過於擔心！

19. 氡氣：甚麼？氡氣是最主要的天然輻射來源！

天然輻射的來源包括：宇宙射線、地表輻射、食物攝入及氡氣吸入，其中，氡氣所占的比例最高。氡氣主要是鐳和鈾自然衰變後的產物；它是一種無色、無味、無嗅的放射性氣體，可經由土壤、岩石的縫隙散發至地表，聚集在洞穴或水源中，也會透過建築物與地基的縫隙、由牆壁空隙、下水道等而進入屋內；所以，通常在岩洞、礦區或屋內地下室、地窖等處，氡氣的濃度都會較高。

20. 高山：本週連假，一家人規劃到阿里山上看日出...

宇宙射線是天然背景輻射的主要成分之一，會受到大氣層的阻擋而減弱，所以愈接近地面，宇宙射線就愈小。當你爬上阿里山，高度越高，所以接受到輻射劑量也增加了，但並不至於對身

體產生危害。

21. 機率效應：聽說接觸到輻射就一定會得癌症？

辛苦了！身為輻射工作人員的你，因為長期曝露在輻射環境中，誘發癌症發生和導致不良遺傳的機會相對增高，所以你必須買一份300元的輻射防護保險，同時可獲得輻射偵測器（或熱發光劑量計）一台，若你已提前購買『輻射防護保險單』則可直接使用。

22. 確定效應：在輻射控制劑量範圍內應該沒事吧？

確定效應是指當接受過量輻射照射後，只要超過最低限劑量值，就會造成軀體損傷的影響；若輻射劑量愈高，損傷程度就會愈嚴重，如皮膚紅斑脫皮、水晶體混濁等。凡停留於此地者，都必須花費350元的治療費。

23. 搭飛機出國：好久沒有渡假了，去一趟美國好好放鬆吧！

宇宙射線是天然背景輻射的主要成分之一，會受到大氣層的阻擋而減弱，所以愈接近地面，宇宙射線就愈少。反之飛行高度愈高，所接受的宇宙射線會比較多。從台北搭飛機往返美國東岸一趟，接受到的天然輻射劑量為0.092~0.14毫西弗（mSv），請花100元購買旅遊意外平安險。

24. 抽菸：身邊的朋友老是愛抽煙，都不知道香菸有多可怕...

香菸的原料菸草含有天然放射性元素鈾，每當你每吸一口菸時，輻射物質也會一起被吸進身體裡。若是每天抽一包香菸，一年下來會累積吸收約0.45毫西弗（mSv）的輻射量；雖然鈾在大自然中是微量存在，人體也會新陳代謝，將這些物質排出體外。但如果長期吸菸，致癌物質與放射物都會累積在體內，恐怕有損身體健康；請捐出250元作為戒菸宣導活動費。

25. 輻射污染D：因為發生核災事故，放射性碘恐將會被釋放至此區域；若能盡快服用碘片，讓人體優先吸收這種穩定的碘，就能避免放射性碘在體內聚積而達到保護身體的效果。若你已備有『碘片』則可以暫留此處，否則需花費250元購買碘片。之後，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一棟混凝土屋並取得此地的管轄權，爾後其他玩家進入此處，你可以向他收取防護費用

(繳費標準見房產權狀卡) 。

26. 核電廠：什麼？我家旁邊要蓋核電廠？

核能電廠為防止放射性物質外釋，設計了多重的保護屏蔽；考量到居住地距離核電廠越近，輻射風險越高，政府會要求電廠要對附近的環境及民眾健康風險進行監測，法規也有規定核電廠的環境輻射劑量每年必需小於0.5毫西弗 (mSv) 。里長安排里民參觀核能電廠，認識核能電廠的安全，但因核電廠廠區範圍大，參觀時間長，暫停遊戲一回合。另外，你可依據房產權狀卡上的價格來建造一間核電廠並取得此地的管轄權，爾後其他玩家進入此處，你可以向他收取防護費用 (繳費標準見房產權狀卡) 。

111年度專題研究計畫成果彙整表

| | | | | | |
|--|-------|--|----|---|--|
| 計畫主持人：潘愷 | | 計畫編號：111-NU-E-227-001-NU | | | |
| 計畫名稱：知「輻」習「輻」－環境輻射科普教案研發與活動推廣 | | | | | |
| 成果項目 | | 量化 | 單位 | 質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等) | |
| 國內 | 學術性論文 | 期刊論文 | 0 | 篇 | |
| | | 研討會論文 | 0 | | |
| | | 專書 | 0 | 本 | |
| | | 專書論文 | 0 | 章 | |
| | | 技術報告 | 0 | 篇 | |
| | | 其他 | 0 | 篇 | |
| 國外 | 學術性論文 | 期刊論文 | 0 | 篇 | |
| | | 研討會論文 | 0 | | |
| | | 專書 | 0 | 本 | |
| | | 專書論文 | 0 | 章 | |
| | | 技術報告 | 0 | 篇 | |
| | | 其他 | 0 | 篇 | |
| 參與計畫人力 | 本國籍 | 大專生 | 4 | 人次 | 護理系四年級與休閒產業與健康促進系二年級共四位大學生，全程參與科學桌遊之設計與製作、前測與後測評量問卷的統計，跨領域的學習，有助於學生未來擔任對環境輻射推廣教育的種子人員。 |
| | | 碩士生 | 0 | | |
| | | 博士生 | 0 | | |
| | | 博士級研究人員 | 0 | | |
| | | 專任人員 | 0 | | |
| | 非本國籍 | 大專生 | 0 | | |
| | | 碩士生 | 0 | | |
| | | 博士生 | 0 | | |
| | | 博士級研究人員 | 0 | | |
| | | 專任人員 | 0 | | |
| 其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。) | | <p>一、『環境輻射大學堂』與『拯救猴子大作戰』兩套科學桌遊教材，再搭配進階學習教材，內容涵蓋日常生活中應有的環境輻射概念，可做為大學層級的通識教育課程與高中、國中的科技、健康教育等課程的輔助教材。</p> <p>二、針對大學生、高中生、國中生及小學生，辦理超過20場次，每場2小時的「環境輻射知多少」科普推廣活動(包括桌遊競賽與輻射儀器環境實務檢測)，共有620位(女性：353人，56.9%，男性：267人，43.1%)師生共同</p> | | | |

| |
|-------------------------|
| 參與，科普推廣活動辦理總時數累積計有40小時。 |
|-------------------------|