

出國報告書
(出國類別：實習)

參加 2019 年國家級核物料料帳管控系統
研習會

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：吳明哲副研究員

派赴國家/地區：美國田納西州

出國期間：108 年 03 月 29 日至 108 年 04 月 20 日

報告日期：108 年 05 月 17 日

摘要

原子能委員會薦任副研究員吳明哲奉派參加 2019 年國家級核物料料帳管控系統 (State System of Accounting for and Control of Nuclear Materials, SSAC) 研習，此研習地點在美國田納西州橡樹嶺國家實驗室 (Oak Ridge National Laboratory, ORNL) 舉行，由國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA) 與美國能源部 (Department of Energy, DOE) 主辦，美國國家核能安全局 (National Nuclear Security Administration, NNSA)、核能管制委員會 (Nuclear Regulatory Commission, NRC)、ORNL 協辦，並計有來自歐洲、非洲、中東和亞洲等 18 會員國 24 位人員並外加 4 名觀察員，共同參與本屆研習。

研習進行方式主要採課堂講習及實務演練方式進行，並依序針對 8 大主題單元進行探討，依序為核不擴散與國際核子保防、核物料料帳控制及提報 IAEA、授權與協助 IAEA 實地驗證活動的規定、補充議定書、核設施設計資訊、其他通報責任：出口/進口、保防概念與實踐、國家級核物料料帳管控系統。研習期間亦安排各位學員參訪 ORNL 相關設施，如石墨反應器、高中子通量同位素反應器、和超級電腦 Titan 與 Summit。此研習可讓學員實際了解核不擴散體制與國際核子保防管制體系，學習如何設計、建置、管理、維護、及強化國家級核物料料帳管理系統，有助於大幅提升自身核子保防相關專業能力。

關鍵字：核子保防、國家級核物料料帳管控系統

目 錄

摘要.....	I
目 錄.....	II
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	IV
壹、前言	5
貳、行程	6
參、訓練紀要	7
肆、心得與建議	33
伍、附錄	34

圖目錄

圖 1、2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習地點：美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)	6
圖 2、2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習全體與會人員合影.	7
圖 3、核不擴散體制的重要組成	9
圖 4、核子保防執行法規架構	11
圖 5、物料平衡區架構範例	14
圖 6、核物料料帳關係圖	15
圖 7、INF CIR C 1 5 3、第 1 0 號規則、設施附屬文件間隸屬關係	16
圖 8、第 1 0 號規則規定的文件報表提報架構	16
圖 9、設施運轉員、國家權責機關、及 IAEA 間有關執行核子保防的關係	25
圖 10、橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器廠址	28
圖 11、高通量同位素反應器(HFIR)設施平面圖	29
圖 12、高通量同位素反應器(HFIR)內部及其實物圖	30
圖 13、超級電腦 Titan	31
圖 14、超級電腦 Summit	32

表 目 錄

表 1、赴美參加 2019 年國家級核物料料帳管控系統研習行程表 6

壹、前言

2019 年國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Materials, SSAC)研習定於 3 月 31 日至 4 月 12 日於美國田納西州橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)舉行，本次研習係由國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)與美國能源部(Department of Energy, DOE)主辦，美國國家核能安全局(National Nuclear Security Administration, NNSA)、核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)、橡樹嶺國家實驗室(ORNL)協辦。

此研習主要採講師課堂講習、學員小組討論，並輔以實務訓練操作、核子設施參訪的方式來進行。參訓學員經此研習可實際了解核不擴散體制(Non-Proliferation Regime)與國際核子保防管制體系，並學習如何設計、建置、管理、維護、及強化國家級核物料料帳管理系統，以落實核子保防，且認識 IAEA 執行核子保防檢查的角色與作為；另透過與各國出席專家交流討論的過程，可汲取各國執行核子保防業務及核物料料帳管理的實務經驗，以增強國內施行核子保防及核物料料帳管理相關業務的能力。

貳、行程

原能會綜合計畫處吳明哲副研究員於 3 月 29 日自桃園國際機場搭乘長榮航空班機，於美國洛杉磯(Los Angeles)國際機場入境，並轉乘美國國內線班機飛至芝加哥(Chicago)機場，接著轉搭另一國內線班機，於美東時間 3 月 30 日飛抵鄰近此次研習所在地之田納西州諾克斯維爾(Knoxville)機場。美東時間 3 月 31 日辦理註冊及報到，並於 4 月 1-12 日於美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)參與 2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習。研習課程於美東時間 4 月 12 日上午結束，4 月 12 日下午隨即搭機返程，並於 4 月 13-19 日請個人休假於返程轉機機場舊金山停留，4 月 19 日自舊金山國際機場搭機，最後於台灣時間 4 月 20 日返抵國門，行程詳如表 1。

表 1、赴美參加 2019 年國家級核物料料帳管控系統研習行程表

日期	行程內容
3/29(五)-3/30(六)	去程
3/31(日)	註冊及報到
4/1(一)-4/12(五)	2019年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習
4/13(六)-4/19(五)	個人休假
4/19(五)-4/20(六)	返程



圖 1、2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習地點：美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)

參、訓練紀要

國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習每隔 2 年舉辦 1 次，今年於美國田納西州橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)舉行。本次研習主要採講師課堂講習、學員小組討論，並輔以實務訓練操作、核子設施參訪的方式來進行，研習議程詳如附錄一。本次研習講師除了來自 IAEA 外，亦有來自橡樹嶺國家實驗室(ORNL)、美國核能管制委員會(NRC)、美國國家核能安全局(NNSA)、以及外部的核子保防顧問等專家，講師及工作人員名單如附錄二。而研習學員除我國所派出的 2 人(原子能委員會綜計處吳明哲及核能研究所綜計組劉信龍)以觀察員(未載明於正式學員名單上)身分參加外，尚有 18 個會員國所派出之受訓人員，計有 24 位人員，包含巴西 2 人、智利 2 人、中國 1 人、喬治亞共和國 1 人、捷克 1 人、埃及 2 人、印尼 1 人、馬來西亞 2 人、摩洛哥 1 人、奈及利亞 2 人、波蘭 1 人、葡萄牙 1 人、羅馬尼亞 1 人、斯洛伐克 1 人、瑞士 1 人、泰國 2 人、突尼西亞 1 人、越南 1 人，學員名單如附錄二。圖 2 為全體與會人員在橡樹嶺國家實驗室(ORNL)之合影。



圖 2、2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習全體與會人員合影

一、2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習：課堂講座

2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習在 4 月 1 日至 4 月 12 日期間分成 8 個主題單元(module)進行，包括單元 1—核不擴散與國際核子保防(Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards)；單元 2—核物料料帳控制及提報 IAEA (Nuclear Material Accounting and Control(NMA&C) and Reporting to the IAEA)；單元 3—授權與協助 IAEA 實地驗證活動的規定(Provision of Access and Support to IAEA in-field verification activities)；單元 4—補充議定書(Additional Protocol, AP)；單元 5—核設施設計資訊(Nuclear Facility Design Information)；單元 6—其他通報責任：出口/進口(Other Reporting Obligations: Export/Import)；單元 7—保防概念與實踐(Safeguards Concepts and Practices)；單元 8—國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Material, SSAC)，各主題單元的課堂講座內容，重點分別摘如下：

1. 核不擴散與國際核子保防 (Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards)

(1)核不擴散體制與 IAEA 核子保防(Nuclear Non-Proliferation Regime and IAEA Safeguards)

核不擴散體制一般係指稱國際間藉由發展法律規範、自發性承諾及政策，以處理核武器擴散的威脅，相關重要組成如圖 3 所示。國際雙邊或多邊協定如(i)核能合作協定(Nuclear cooperation agreements)(ii)核不擴散條約(Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT)(iii)無核武地帶條約(Nuclear-weapon-free zone(NWFZ) treaties)皆有賴於 IAEA 的核子保防活動。IAEA 藉由可檢測任何核物料用途變更或核技術濫用的獨立驗證活動，以查證各簽署國有履行和平使用核物料與技術的義務。基於考量核子保防及核不擴散，IAEA 提出「國際核不擴散條約下核子保防架構及內容協定(The Structure and Content of Agreements between the Agency and States required in connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, INFCIRC/153)」及「補充議定書(Additional Protocols, INFCIRC/540)」等相關協定，以規範 IAEA 與簽署國間的權利與義務。

INFCIRC/153 又稱全面核子保防協定(Comprehensive Safeguards Agreements, CSA)，簽署國據此應建置「國家級核物料料帳及控制系統(SSAC)」，並提供 IAEA 有關核物料與設施的相關資訊，與 IAEA 視察員執行驗證活動的權限；而 IAEA 應針對所有核物料，與簽署國合作執行核子保防活動，且須維持相關信息的機密性，並進行獨立公正的量測作業。INFCIRC/540 補充議定書(AP)是 IAEA 於 1997 年 9 月通過，以作為執行「加強式核子保防」之根據，簽署國據此應提報涉及核燃料循環之研究活動、核設施場址(Site)、建築物詳細敘述、礦場及濃縮廠運作狀況、源物料(Source Material)、豁免核物料數量及地點、涉及核燃料循環特定設備或非核物料之進出口等資訊，並在 IAEA 發現提報資料有不一致或有疑慮需澄清時，讓 IAEA 視察員進入額外的地點進行檢查的「補足性進入(Complementary Access, CA)」。

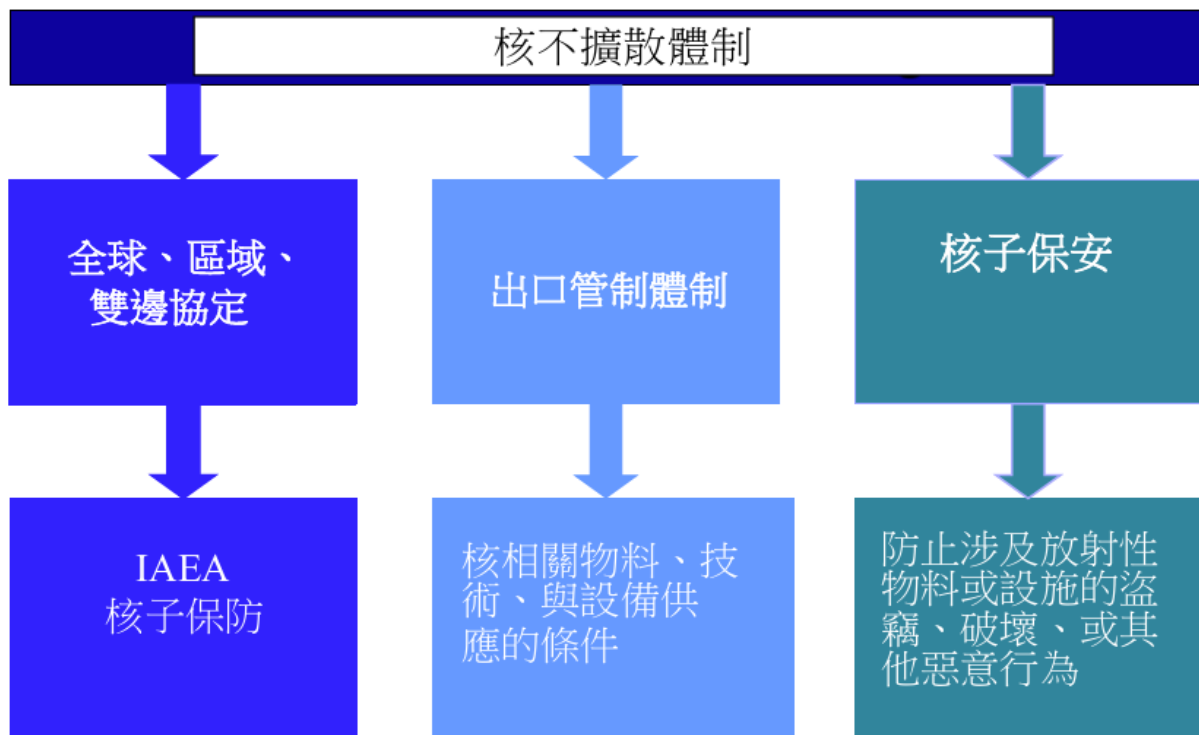


圖 3、核不擴散體制的重要組成

(2)核燃料循環(Nuclear Fuel Cycle)

核子燃料循環係指利用鈾在核動力反應器產生電力之工業程序，起於鈾礦之開採，並結束於用過核燃料之處置。其第一步係自地球開採天然鈾礦，再利用物理及化學程序分離出鈾，其產生物質稱為黃餅(Yellow Cake)，一種鈾氧化物(U_3O_8)之粉末狀態，接著再採用特定程序(稱為 Conversion)將黃餅轉換成適合進行濃縮(Enrichment)之型態，即為六氟化鈾氣體(UF_6)。天然鈾僅含 0.71%的鈾 235(可維持核連鎖反應之物質)，而大部

分核能反應器要求燃料濃度介於 3%至 5%之鈾 235，故需要燃料濃度提高，此一提高濃度之程序稱為濃縮(Enrichment)，係將六氟化鈾氣體置入離心機，將其集中於管壁上，以達到濃縮效果。將濃縮後之六氟化鈾，轉換成二氧化鈾(UO₂)，並形成小型、固體之圓柱體，最後利用金屬管封裝起來，並將所有金屬管集中形成燃料元件(fuel assemblies)，此程序即稱為燃料製造(Fuel Fabrication)。

控制鈾 235 之分裂能加熱水流產生熱流，在高溫及壓力情況下，熱水流轉化成蒸氣推動渦輪發電機而產生電力(Electricity Generation)。核燃料於反應器使用年限約介於 3 至 5 年，隨著使用年限到來，其燃料將被移除並置於水面下儲存，以達成冷卻及輻射屏蔽之效果，接著以乾燥化之方式儲存於有屏蔽之建築物或桶子中。用過核燃料能透過循環使用之方式，產生更多能源，部分國家經由化學方式將可用之物料從不可用之用過核燃料分離出來，此時鈾(Plutonium)及天然鈾經由混合，形成新型態之燃料，可用於現存之反應器或是快中子反應器(Fast Neutron Reactor)中。用過核燃料或是高放射性廢料被封裝於長期持有之容器中，並被安全處置於深層地面下，位於穩定岩層中。

(3) 隸屬於核子保防的核物料(Nuclear Material Subject to Safeguards)

依據 INFCIRC/153 第 112 項規定，核物料(Nuclear Material, NM)係 IAEA「規約(Statute)」(如)第 20 條中所定義的任何源物料(source material)或特殊裂變材料(special fissionable material)。根據 IAEA「規約(Statute)」第 20 條定義，源物料係指鈾(天然)和鈾金屬或合金、化學合成物、濃縮物等；特殊裂變材料係指鈾-239、鈾-235、鈾-233 或鈾-233 與鈾-235 混合物等。在 INFCIRC/153 第 104 項中，另針對各種隸屬於核子保防的核物料定義特殊的重量單位，有效公斤數(One Effective Kilogram)：

- 鈾：
 - 濃縮度 ≥ 0.01 (1%)：公斤重乘以濃縮度平方
 - 濃縮度 < 0.01 (1%)且 ≥ 0.005 (0.5%)：公斤重乘以0.0001
 - 濃縮度 ≤ 0.005 (0.5%)：公斤重乘以0.00005
- 鈾：直接以公斤重計算
- 鈾：公斤重乘以 0.00005

INFCIRC/153 第 34 項之 C 更提到，任何組成和純度適於製作核燃料或進行同位素濃縮(isotopically enriched)的核物料在離開工廠或處理階段時，或是當產自核燃料循環

末階段的核物料進口至簽署國時，皆應遵守 INFCIRC/153 中所規定的其他核子保防程序。

(4) 國家級核子保防架構(State Safeguards Infrastructure)

國家級核子保防架構分成三個層面討論，分別是國內立法及監管架構(Legislative and Regulatory Framework)、負責執行核子保防之專責單位(State Authority Responsible for Safeguards Implementation)以及資訊與品管系統(Information and Quality Management Systems)。

- 國內立法及監管架構(Legislative and Regulatory Framework)

國家級核子保防架構係按 IAEA 之規範所制定，為配合達到相對應之目的，相關國家應先將其所制定之相關協議，轉換成國內法律位階之文件，並使用該法律進行相關核子保防之管控機制。

一但開始制定國內法律位階之文件，可分成 6 個層面探討，由高位階依序排列下來，分別是創始文件(Founding Documents)、法律及法令(Laws, Acts)、法規命令(Decrees, Decisions)、規定及執照(Regulations, Licenses)、指導文件(Guidance Documents)、設施計畫及程序(Facility Plans, Procedures)，如圖 4 所示。

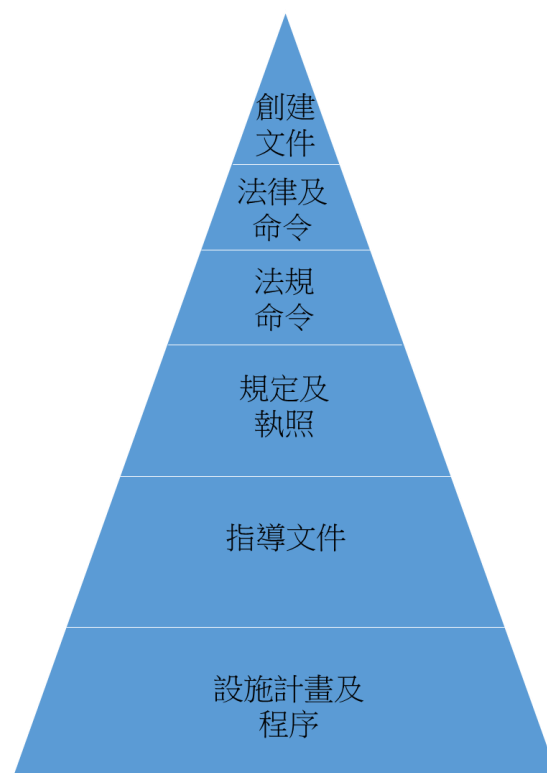


圖 4、核子保防執行法規架構

- 負責執行核子保防之專責單位(State Authority Responsible for Safeguards Implementation, SRA)

在國內立法架構中，已提及設立專責單位，該單位需能配合國際核不擴散之協議，分別建立發照及非發照制度下之法規命令或指導原則，確保與核子保防相關之條件(建造、運作、輸出/輸入等)已置於發照制度下，定期檢查以確保實際情形符合發照之目的，建立並維護國家級核物料料帳及控制系統。

- 資訊與品管系統(Information and Quality Management Systems)

為協助專責監管單位順利推動核子保防業務，資訊與品管系統也是其中重要之一環，其功能需包含以下數點。

- 所有位在國家、設施及設施外地點(Location Outside Facilities, LOF)中之核物料料帳及紀錄系統，包含地圖、場址(Site)資訊、作業狀況、聯絡資訊及作業規劃；
- 輸出/輸入資訊；
- 針對 IAEA 處理活動之檢查規劃及準備；
- 衡量系統及品管分析結果；
- 載入之設備，包含監控攝影機；
- 追蹤行動及持續能力，包含發照過期及重新審查；
- 各種可預知之事件、報告到期日之年度行事曆；
- 國內檢查報告及採取之校正活動；
- 國內檢查員之認證及訓練；
- IAEA 所指派檢查員之通行證相關事宜。

2. 核物料料帳控制及提報 IAEA (Nuclear Material Accounting and Control(NMA&C) and Reporting to the IAEA)

(1)IAEA 核物料料帳概念(Concepts of IAEA Nuclear Material Accounting)

核物料料帳是以核物料的觀點來全面性施行核子保防，與核物料料帳有關的重要名

詞說明如下：

- 物料平衡區(Material Balance Area, MBA):係指在該設施區域內可決定物料的輸出、輸入及執行存量衡算的實體範圍，如圖 5 所示；
- 存量異動(Inventory Change, IC):特定時間點(通常提報規定為 1 個月)，MBA 中或 MBAs 之間各批物料的流動/變化量；
- 物料平衡期(Material Balance Period):在所定義的時期結束時，評估、驗證、及關閉核物料平衡；
- 實物存量(Physical Inventory, PI):固定時間範圍(通常提報規定為 1 年)的某一檢查時間點，MBA 中所有物料量的總合；
- 帳簿存量(Book Inventory):前次實物存量加上或減去之後的存量異動變化量的結果；
- 物料不明去向(Material Unaccounted For 稱之 MUF)：指帳料存量減去實體存量的結果，正常情況 MUF 應為"0"，若 MUF 出現"- "，表示物料增加，若 MUF 出現"+ "，表示物料減少，IAEA 將會評估其發生原因；
- 批(Batch):某一個數量的核物料結合而成的計量單位，為向 IAEA 提報料帳之基本單位；
- 設施外地點(Location Outside Facilities, LOF)：核物料少於 1 有效公斤重的暫時貯存區的；
- 關鍵量測點(Key Measurement Point, KMP)：作為測量核物料流動量或存量的區域，依其關鍵量測點性質可分為流量 KMP (flow KMP)與存量 KMP(inventory KMP)，更可依其關鍵量測點位置再細分不同量測點；

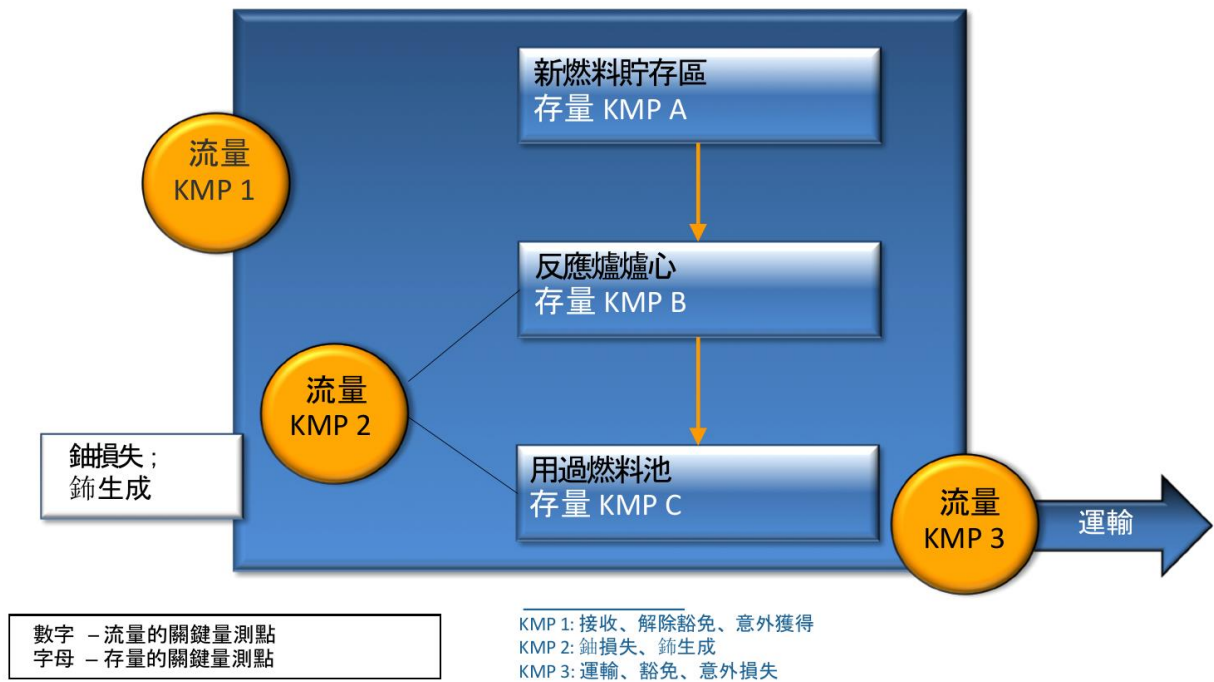


圖 5、物料平衡區架構範例

(2)設施紀錄(Facility Records)

隨時保持紀錄是在 INFCIRC/153 全面核子保防協定(CSA)架構下之協議，其記錄是屬於即時性，設施(Facility)內之紀錄系統細節是載明於設施附件中(Facility Attachment)，設施紀錄(Facility Record)係保存於設施中並是國家級料帳系統(SSAC)之基礎，整合後提報給 IAEA。

設施紀錄(Facility Record)再進一步細分，又可分為料帳紀錄(Accounting records)及料帳報告(accounting reports)，其記錄維護方式係以物料平衡區(MBA)為基礎，其彼此之間關係如圖 6 所示，主要文件包含總分類帳(General Ledger)、明細分類帳(Subsidiary Ledger)、存量異動文件(Inventory Change Document, ICD)、內部物料轉移(Internal Material Transfer, IT)及存量物件清冊(List of Inventory Items, LII)。

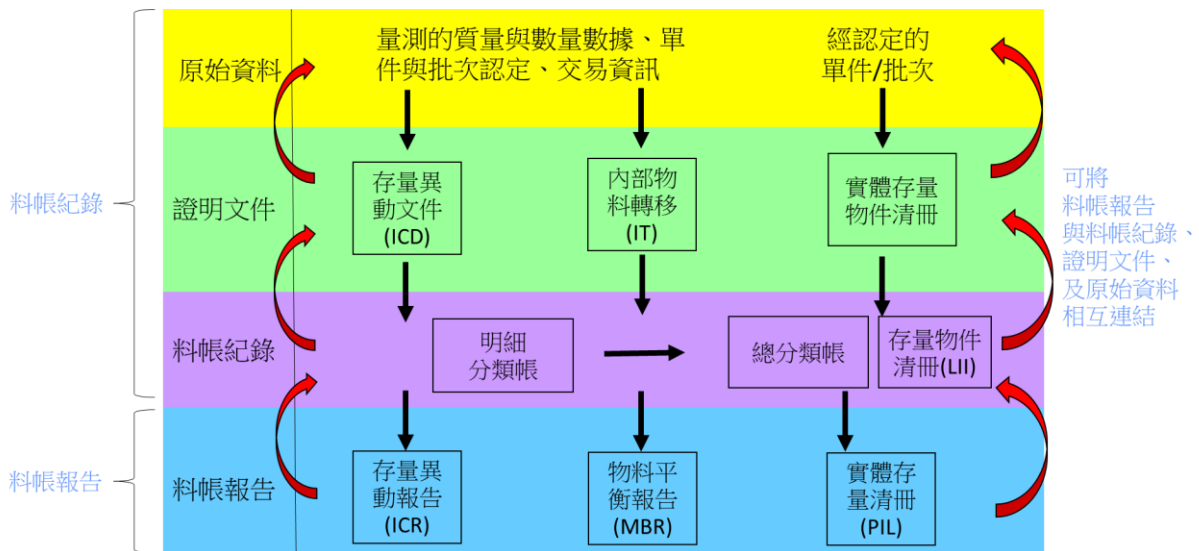


圖 6、核物料料帳關係圖

(3)第 10 號規則介紹(Introduction to Code 10)

簽署國依據 INFCIRC/153 有義務建立核物料料帳，並在國家執行面上依據個別簽訂之輔助辦法(Subsidiary Arrangements)執行，其中第 10 號規則(Code 10)明定料帳報表之內容及格式，在設施層級則有設施附屬文件(Facility Attachment)，以詳細定義核物料料帳地區(Area)、種類(Type)、及形式(Form)，上述三份文件間的隸屬關係如圖 7 所示。料帳報表格式依據第 10 號規則，可分成固定格式(Fixed format)及標記式格式(Labeled format)兩種，簽署國只能選用其中一種格式向 IAEA 陳報。固定格式的表格欄位表格欄位及行數固定，當核物料數量少時容易填寫及閱讀，但當數量多時則較為複雜且不易了解；標示記表格長度沒有限定，僅能以電子檔陳報，無須紙本報表，可大幅減少文書作業。

每個物料平衡區(MBA)皆需向國家權責機關提報相關的文件報表，包含實物存量清冊(Physical Inventory Listing)、存量異動報告(Inventory Change Report)、物料平衡報告(Material Balance Report, MBR)、原文註釋(Concise Note)，以利該權責機關向 IAEA 提報，如圖 8 所示。



圖 7、INFIRC153、第10號規則、設施附屬文件間隸屬關係

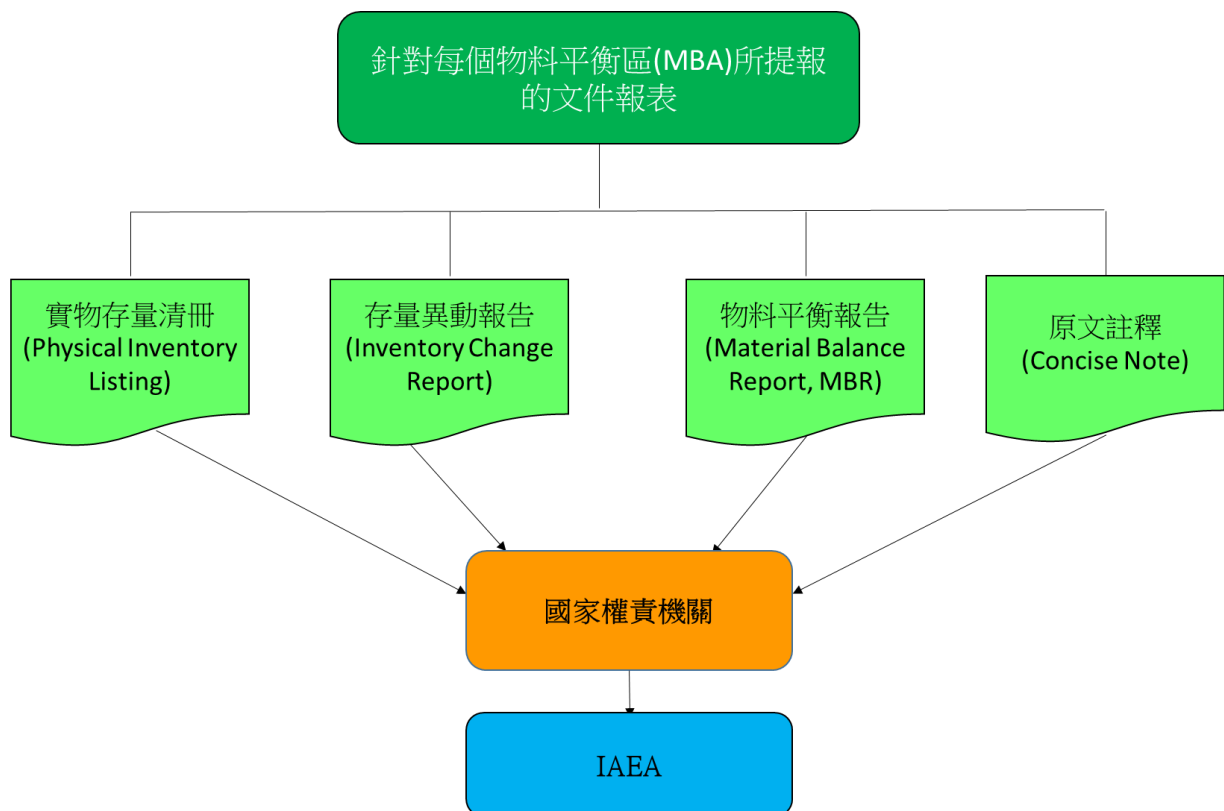


圖 8、第10號規則規定的文件報表提報架構

(4)實體存量盤點(Physical Inventory Taking, PIT)

依核設施設計資料(Design Information, DI)中物料平衡區的規劃，各個物料平衡區(MBA)應定期統計各類核物料存量之量測結果、變化異動與修訂更正紀錄，稱之實體存量盤點(Physical Inventory Taking, PIT)，實體存量盤點(PIT)後依照向 IAEA 提送核物料料帳之報表格式規定所填報，其呈現的結果即為實體存量清單(Physical Inventory Listing, PIL)，需每年定期向 IAEA 提報。

(5)國家報告修正(Modifications of State Reports)

針對先前提交給 IAEA 的報告，簽署國可進行以下三種類型的修改：

- 更正 (Corrections)；
- 刪除(Deletions)；
- 增加(Additions)；

所有的報告條目(entry)都可在之後提交的報告(固定格式(Fixed format))中，透過校正線(correction lines)來進行修正，然而表頭(header)資訊則無法在之後提交的報告(固定格式(Fixed format))中，透過校正線來進行修正。另外，僅有同一類型報告間可進行上述三種類型的修改，如原存量異動報告(ICR)更正/刪除/新增於另一存量異動報告(ICR)中，原實物存量清冊(PIL)更正/刪除/新增於另一實物存量清冊(PIL)中。在針對先前提交給 IAEA 的報告進行修改時，需標註欲修改的報告編號/條目標號。

(6) 核子保防之終止、豁免、或再申請 (Termination/Exemption/Re-application of Safeguards)

核子保防管制之物料符合特定條件時，得進入終止、豁免或再應用之狀態，以下就終止、豁免及再申請之條件，詳列如下。

- 終止(Termination):當核子保防管制之核物料已經稀釋、消耗殆盡或是不可回復時，得由國家提請進行終止之程序，亦或是國家希望將管制中之核物料用在非核子活動例如合金或陶瓷等，符合核物料無法恢復之條件時，得進行終止程序。以上之程序均係按 INFCIRC/153 架構下推動，惟按補充議定書規定，凡循 INFCIRC/153 第 11 款完成終止之中高階廢料(內含鈾、HEU 或鈾 233)仍需納入核子保防架構，進行提報。

- 豁免(Exemption):依據 INFCIRC/153 第 36 節規定，凡特定之核分裂物料以克方式計算或數量少於儀器無法偵測之情形下者、依據 INFCIRC/153 第 13 節將核物料運用至非核子用途上，但仍可回覆者或鈾及其同位素鈾 238 超過 80%者，均可提報豁免;依據 INFCIRC/153 第 37 規定，某特定核物料低於一定數量者，亦可提起豁免。惟按補充議定書規定，凡循 INFCIRC/153 第 36 節及 37 節豁免者，仍需納入核子保防架構，進行提報。
- 再申請(Re-application):豁免之核物料如與核子保防管制下之物料一起處理或儲存時，均應提起再申請之程序，豁免之物料如需出口者，需提起再應用程序。

3. 授權與協助 IAEA 實地驗證活動的規定(Provision of Access and Support to IAEA in-field verification activities)

(1)IAEA 驗證活動(IAEA Verification Activities)

- 設計資訊驗證:設計資訊是用來設定適當之衡量指標，以用來偵測核物料之挪用情形或設施之誤用情形。基於 INFCIRC/153 之規範，IAEA 驗證各國提供之設計資訊，以確保設施是否符合核子保防之規定、建立核子保防方法論以及確保仍然有效。
- 檢查:基於 INFCIRC/153 之規範，驗證核物料存貨狀況以及設施運作狀況，以確認無挪用核物料及無誤用設施進而產生未聲明之核物料。典型之檢查包含非破壞性檢測(Non-Destructive Assay measurement)、圍阻監視及緘封(Containment & Surveillance, C&S)、環境取樣(Environmental Sampling, ES)等。
- 補足性進入檢查:基於 INFCIRC/540 補充議定書(AP)之聲明內容，進行物料、位置及活動之確認。以確認未聲明之核子活動或物料、解決問題或不一致之情形、確認除役狀態。

(2)核物料破壞性分析(Destructive Analysis of Nuclear Material)

核物料破壞性分析可用來決定樣品中核物料含量及化學元素的同位素組成，通常會涉及破壞樣品的物理形式。破壞性分析步驟如下：

- 隨機選擇一件或多件物品
- 量測物品整體(重量或體積)

- 取代表性樣品
- 運往核子保防分析實驗室前的樣品調製(conditioning)
- 於核子保防分析實驗室進行樣品處理
 - 二次取樣、溶解
 - 稀釋、添加(spiking)
 - 化學分離、等分(aliquoting)
- 量測核物料(U 與 Pu)濃度
- 同位素分析(U 濃縮與 Pu 同位素)
- 將分析結果與運轉人員聲明進行比較

破壞性分析的樣品要考量相關安全議題(如放射性、污染、健康危害)，且須具代表性(如足夠的樣品量且隨機性)、均質性、及穩定性。破壞性分析有助於落實 IAEA 核子保防。對於設施運轉員而言，破壞性分析可確定物料平衡區(MBA)中核物料的準確數量；對於國家權責機關而言，破壞性分析可驗證核設施料帳系統係受到良好管控；對於 IAEA 而言，破壞性分析可獨立驗證相關聲明文件並評估物料平衡。

4. 補充議定書(Additional Protocol, AP)

(1) 補充議定書:概念、原則及報告協議(Additional Protocol: Concepts, Principles and Reporting Obligations)

INFCIRC/540 補充議定書(AP)出現係為了彌補按 INFCIRC/153 協議所提報之資訊不足，始產生出來之特別協議，提報內容包含在核燃料循環中自鈾礦至核廢料所有部分、核燃料循環相關之研究與發展活動以及敏感性核子相關設備及物料之製造及出口。其目的係增加發現國家內未聲明核物料及活動之能力，同時也提供 IAEA 不存在未聲明物料及活動之保證。其中第 2 條規定應聲明之資訊，而第 3 條則規定提報之時機。

補充議定書第 2 條規定主要包含 a、b、c 三類，而 a 類又分成 10 大項，b 類則又分成 2 項及 c 類 1 項。以下就針對 a 類相關項目分別敘述其內容：

- 2.a.(i): 凡研究與發展活動之方向係針對核燃料循環中之轉換(Conversion)、濃縮

(Enrichment)、燃料製造(Fuel Fabrication)、動力反應器(Power Reactors)、研究用反應器及其關鍵設施(Research Reactors & Critical Installations)、再處理(Reprocessing)及高放射性廢棄物(High Level Waste)處理，其活動不涉及核物料(Nuclear Material)並由政府出資、授權批准、管控或執行者，皆屬此一項目提報之內容，惟理論或基本科學研究者，排除於此項提報內容外。

- 2.a.(ii): 提報使用核物料之設施(Facility)及設施外地點(Locations outside facilities, LOF)之相關作業活動，其活動通常會使用到核物料。
- 2.a.(iii): 具體提報每個場址(Site)每棟建築物之一般性描述，包含使用目的及內容，以及大小(樓層面積及樓層數)。這個描述需包含場所之地圖。每個設施外地點，都應該被視為一個場所，包含核能相關之設施外地點及非核能相關之設施外地點。核能相關之設施外地點應至少包含 1 棟單一建築物。在設施外地點之核物料豁免無須聲明場所。本規定係為了確保無未聲明之物料及活動存在於現有之場所及設施外地點。
- 2.a.(iv): 聲明每個地點與特定製造活動有關之作業狀描述，惟用以製造熱室(Hot Cell)相關部件者，無須提報。利用這項提報內容，作為是否有設施未聲名與核活動有關資訊之指標。
- 2.a.(v): 提報鈾礦、鈾濃縮廠及鈾濃縮廠之位置、作業狀況及估計之每年生產量。本項目不考慮實際作業狀況(例如關廠)。
- 2.a.(vi): 針對天然鈾、乏鈾及鈾以金屬、合金、化學複合物及濃縮物形式存在之來源物料(Source Material)，如未能達到進行濃縮(Enrichment)或製造(Fabrication)之程度者，需提報至 IAEA，具體有可細分成持有、出口及進口等三種情形加以討論。
- 2.a.(vii): 依據 INFCIRC/153 第 37 節豁免之核物料，應提報其數量、用途及核物料之位置;依據 INFCIRC/153 第 36(b)節豁免之各位置核物料，其數量超過第 37 節規定者，應提報其估計數量。
- 2.a.(viii): 依據 INFCIRC/153 第 11 節所終止之中高階核物料(包含鈾、高濃縮鈾或鈾 233)，需提供地點或進一步處理之規劃內容。
- 2.a.(ix): 針對使用於核能用途之特定設備及特定之非核能物料出口時需進行提報，其可分成以下幾類：

- 反應器及相關設備；
- 使用於反應器之非核物料；
- 輻射燃料元素之重製廠及其特別設計或準備用於其上之設備；
- 燃料元素製造廠；
- 旋轉組件(Rotating Component)；
- 生產重水、氘及其化合物暨其特別設計或準備用於其上之設備；

- 2.a.(x):國家批准之 10 年內核燃料循環之一般發展規劃，包含核燃料循環之 R&D 階段。

而 b 類項目分成以下兩項探討：

- 2.b.(i):國家應盡合理努力提報非由政府出資、授權批准、管控或執行，研究方向係特別針對核燃料循環中之濃縮(Enrichment)、再處理(Reprocessing)核燃料或處理中高階廢料(包含鈾、高濃縮鈾或鈾 233)之研究發展活動，其活動不涉及核物料(Nuclear Material)者。
- 2.b.(ii):如被 IAEA 要求，國家應盡合理努力提報被認定之人員活動、人員或實體之相關資訊。

C 類項目主要係應 IAEA 之要求，由國家就提報之項目進行釋明及澄清。

補充議定書之第 3 條定義聲名時機，可分成 3 種情形，分別是初始聲明(Initial Declarations)、年度聲明更新(Annual updates)以及每季之出口聲明(Quarterly declarations on exports)。

- 初始聲明(Initial Declarations):補充議定書生效日起之 180 日內完成提報作業。
- 年度聲明更新(Annual updates):每年 5 月 15 日前提報上一年之相關資料。
- 每季之出口聲明(Quarterly declarations on exports):當季出口之設備或非核物料應在每季結束後之 60 天內完成提報，每季截止日期如下。
 - 第 1 季(1 月 1 日至 3 月 31 日):5 月 30 日。
 - 第 2 季(4 月 1 日至 6 月 30 日):8 月 29 日。

-第3季(7月1日至9月30日):11月29日。

-第4季(10月1日至12月31日):隔年3月1日。

5. 核設施設計資訊(Nuclear Facility Design Information)

(1) 核設施設計資訊問卷(DIQ)、核設施設計資訊審查(DIE)、核設施設計資訊驗證(DIV)(Design Information Questionnaire (DIQ), Examination (DIE) and Verification (DIV))

核設施設計資訊係用來鑑定設施及核物料之特徵、決定物料平衡區域(Material Balance Areas, MBA)及關鍵量測點(Key Measurement Points, KMP)、建立核子保防方法論、準備輔助辦法(Subsidiary Arrangements)。核設施設計資訊依據時間先後順序，可分成設計核設施設計資訊問卷(Design Information Questionnaire, DIQ)、核設施設計資訊審查(Design Information Examination, DIE)及核設施設計資訊驗證(Design Information Verification, DIV)等三類。以下將就各類分別介紹。

- 核設施設計資訊問卷(Design Information Questionnaire, DIQ):以問卷方式將設計資訊提報至 IAEA，分成設施及設施外地點兩類提報，現存設施需在 CSA 生效後 60 天內提報。
- 核設施設計資訊審查(Design Information Examination, DIE):用以確保國家提供設計資訊(包含相關描述及技術性資訊)之正確性、完整性及一致性，鑑定自最後一次設計資訊驗證發生後之設計資訊修正，以及確保核子保防之合適性。
- 核設施設計資訊驗證(Design Information Verification, DIV):設計資訊利用驗證之方式，確保適當之核子保防指標被用於偵測核物料挪用之情形或是潛在設施之誤用。

6. 其他通報責任：出口 / 進口 (Other Reporting Obligations: Export/Import)；

(1) 核子貿易(Nuclear Trade)

有關核物料進出口通報要求，INFCIRC/153 全面核子保防協定(CSA)第 34 項明定任何物料其所含鈾或鈾組成或純度未達適合製作燃料或進行濃縮在進出口時，除非是專用

於非核子用途，皆須向 IAEA 通報其數量、組成、及目的；亦即須有進出口通報的標的核物料係用於核子用途者。簽署國進出口任何重量超過 1 有效公斤（3 個月內累積總和）之核物料，原則上須在 2 週前向 IAEA 提出預先通知(Advance Notifications)。

而在 INFCIRC/540 補充議定書(AP)第 2 a.(ix)條中則明定，該規定的附錄二(Annex II)中所列的設備與非核物料在出口時，需向 IAEA 通報其特性(identity)、數量、接收國的使用地點及接收日期、預計出口日期等；亦即須有進出口通報的標的核物料包含非核子用途者。Annex II 內容包括反應器及其設備(包含反應器組件、控制棒、燃料更換機器、主冷卻水泵等)、氘、重水、核能級石墨、燃料製造廠、專用設計或準備用於燃料再處理廠/鈾濃縮廠/鈾轉化廠(Especially Designed or Prepared, EDP)之設備。

(2) 核物料進出口報告(Export Import Reporting)

一般輸出輸入之情形可分為四種情形，分別是進階通知(Advance Notification)、通知(Notification)及 2 類補充議定書聲明(AP Declaration)，以下將分別討論：

- 進階通知(Advance Notification):凡符合 INFCIRC/153 第 34 節(c)定義之物料，在連續 3 個月內出口或進口 1 有效公斤數(effective kg)者，均應提報至 IAEA。出口國須至少於出口前 2 星期提報；而進口者則需不晚於接手核物料前提報資料。
- 通知(Notification): 凡不符合 INFCIRC/153 第 34 節(c)定義，並內含鈾或鈾之物料，以核子用途方式出口至非核武國家或是自其他國家進口者，均應提報至 IAEA。
- 補充議定書聲明(AP Declaration)1:凡源物料(Source Material)不符 34(c)且以非核子用途方式進出口其數量超過 10 噸鈾或 20 噸鈾者均應提報。
- 補充議定書聲明(AP Declaration)2:凡輸出特定設備或特定非核物料者，均應提報。

7. 保防概念與實踐(Safeguards Concepts and Practices)

(1) 國家評估與推論核子保防(State Evaluation and the Drawing of Safeguards Conclusions)

為了達成核子保防之運作，簽署國需要提供相關資訊給 IAEA，並評估資訊係符合核子保防協議。透過不同活動之資訊提供，使 IAEA 得以全面認知簽署國核子及其相關活動全貌，達成彼此良好合作，常見之資訊有定期提交之資訊、因場內活動所須提交之資訊

以及其他資訊，包含透過 IAEA 資料庫、開放來源以及第三方團體取得，在獲得充分之資訊後，IAEA 就能分析結果，獲得結論。

8. 國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Material, SSAC)

(1) 國家級核物料料帳管控系統在執行 IAEA 核子保防中扮演的角色(Role of an SSAC in Implementing IAEA Safeguards)

INFCIRC/153 全面核子保防協定(CSA)第 7 項提到，簽署國應依循協定來建置和維護可針對隸屬於核子保防的所有核物料進行料帳管控的系統，IAEA 執行核子保防的方式應能核查簽署國的料帳管控系統所得的結果，以查明核物料未曾自和平用途轉用於核武或其他核爆裝置。INFCIRC/153 全面核子保防協定(CSA)第 32 項另提到，簽署國的核物料料帳管控系統應以物料平衡區(MBA)為基礎，並應依循輔助辦法(Subsidiary Arrangements)的規定採取適當的措施，以建立下列手段：

- 核物料量測的系統
- 評估量測不準度的系統
- 審查運送方/接收方差異的程序
- 進行實體存量的程序
- 評估未測出存量及未測出損耗的系統
- 國內核設施運轉員進行紀錄保存與通報的系統
- 可確保妥善執行料帳程序的規定
- 通報 IAEA 的程序

要落實核子保防，需核設施運轉員、國家權責機關(State (or regional) authority responsible for safeguards Implementation, SRA)、及 IAEA 間相互合作方可達成，三者間的關係如圖 9 所示。其中國家權責機關的首要任務即為建置和維護國家級核物料料帳管控系統(SSAC)，以及建立與執行管制框架。國家權責機關人員對於執行國家核子保防須具有足夠的知識與能力，而且國家權責機關對於核子安全、保安、輻射防護、進出口管制等需負有責任。

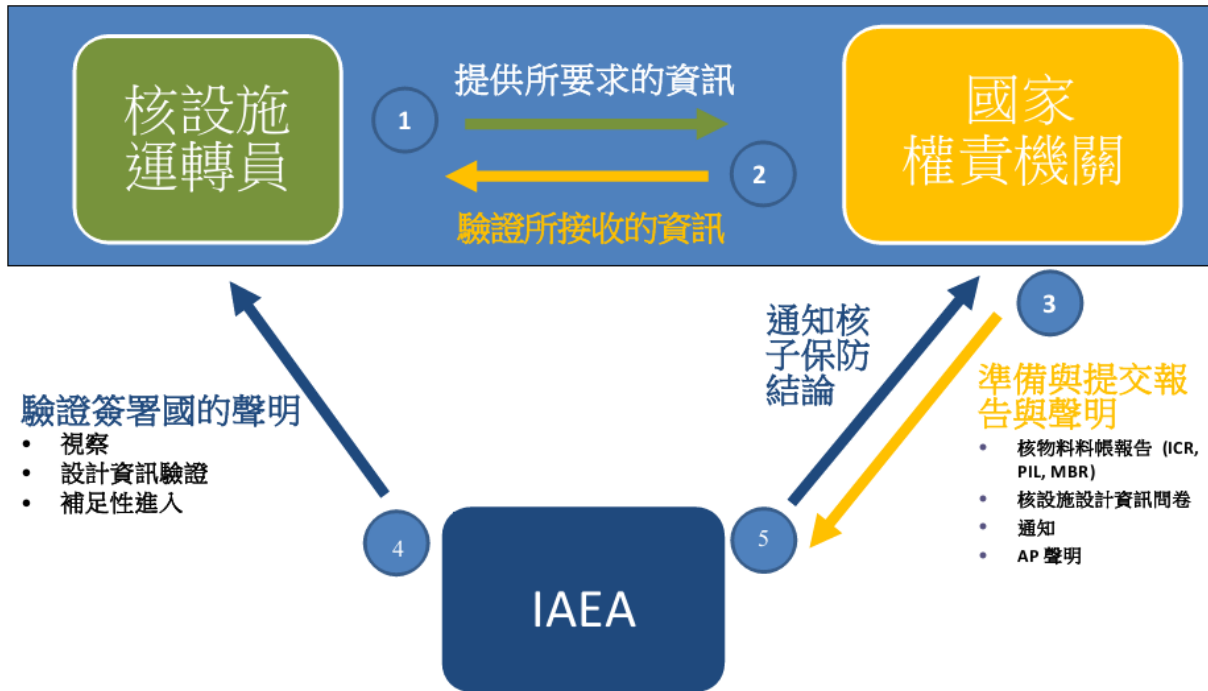


圖 9、設施運轉員、國家權責機關、及 IAEA 間有關執行核子保防的關係

(2) 國家級核物料料帳管控系統需查明及收集之核子保防資訊(Locating and Collecting of Safeguards Information by the SSAC)

在建立國家級核物料料帳管控系統過程中，需確認基於全面保防協定(CSA)與補充議定書(AP)下所需提報之資料，了解可獲得資訊之來源及工具，建置收集資訊所需之基本架構(包含法律、法規及程序)並確保符合前揭協定及國內法律、法規及程序，評估所收集之資訊正確性。不同國際協定所需收集之資訊如下：

- 全面保防協定(CSA)
 - 核子物料料帳報告
 - 國際間之核子物料移動
 - 設施設計資訊及設施外地點(LOF)核物料資訊
- 小數量協定(Small Quantities Protocol, SQP)
 - 全部核物料之初始報告
 - 設施外地點資訊

-國際間之核物料移動以及依據 INFCIRC/153 協定 34(c)項規定之核物料進出口資訊

- 補充議定書(AP)

- 場所聲明

- 補充議定書規範下之特定進出口項目

- 不含核物料之核燃料循環相關研究及發展活動

- 鈾礦及鈾、鈦濃縮廠

- 原物料之持有

- 補充議定書規範下之特定製造活動

(3)核子保防資訊管理介紹(Introduction to Information Management for Safeguards)

國家權責機關(SRA)需要有效的機制，以利收集、貯存、處理、通報核子保防資訊。爰此，資訊管理系統對於促進 SRA 履行相關職責是至關重要的。然而，資訊系統(Information System)與資訊管理(Information Management)兩者常被混淆，前者係一套完整電腦化組件(computerized components)，包含數據庫、使用者介面、處理軟體、硬體、和網路，且旨在滿足特定的商業需求；後者為管理技術、組織流程、及資訊系統等的應用，以利創造、獲取、維護、使用、與發佈資訊。有效的資訊管理對於核子保防的重要性包含：

- 提升通報 IAEA 資訊的正確性與完整性
- 協助有效性及一致性地符合通報截止日期
- 確保資訊的連續性
- 履行相關權責
- 俾利解決特定的資訊請求
- 降低對個別知識與經驗的依賴

綜上所述，國家層級的資訊管理對於有效地落實核子保防是至關重要的。

(4)國內視察簡介(Introduction to Domestic Inspections)

執行國內視察原因主要係為了防止核子、化學或生物武器擴散及其運送，且為了國際協議，其目的為了驗證及確保符合法律、法規及執照條件，提供獲得作業狀況之觀察途徑，為了國際檢查預先做準備，並高度保證所提報給 IAEA 之核子保防報告之正確性及完整性。

執行檢查所需要之資源有合法之執行基礎、人力資源(包含檢查員、技術知識及檢查技術)、技術資源(包含運送、設備及溝通)及財務資源。

檢查活動常與其他國內管制制度偕同運作，如核物料管控、核能安全、實體保護、輸出/輸入管制系統，以達到良好之效應。

二、2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習：設施參訪

(一)石墨反應器

在第二次世界大戰期間，美國擔心德國納粹會將 1939 年發現的核裂變用於發展核彈，於是在 1942 年成立「曼哈頓計畫」。該計畫擬創造兩枚核子武器，一個係以鈾為燃料，另一個係以濃縮鈾為燃料。位於華盛頓州的漢福德區（Hanford Site）被選為生產鈾的場址，在大型反應器在漢福德區建造前，需有鈾的實驗性生產規模，於是橡樹嶺國家實驗室(ORNL)的石墨反應器便應運而生。

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器僅花 9 個月就興建完成，並在 1943 年 11 月 4 日開始自發性核連鎖反應。在其運轉 20 年間(1943-1963 年)，創造了許多世界先例。此為首部產生微量鈾元素以用於發展核彈、產生放射性同位素以供科學研究、自核能產生電力、研究物質性質、研究放射線對健康危害、證明核燃料再處理可行性、產生碳-14 以用於癌症治療、發現新元素等的反應器。在二戰後幾年間，石墨反應器為世界上醫藥、農業、工業及其他產業之放射性同位素的最重要來源。目前已規劃為歷史遺跡，供遊客參訪。

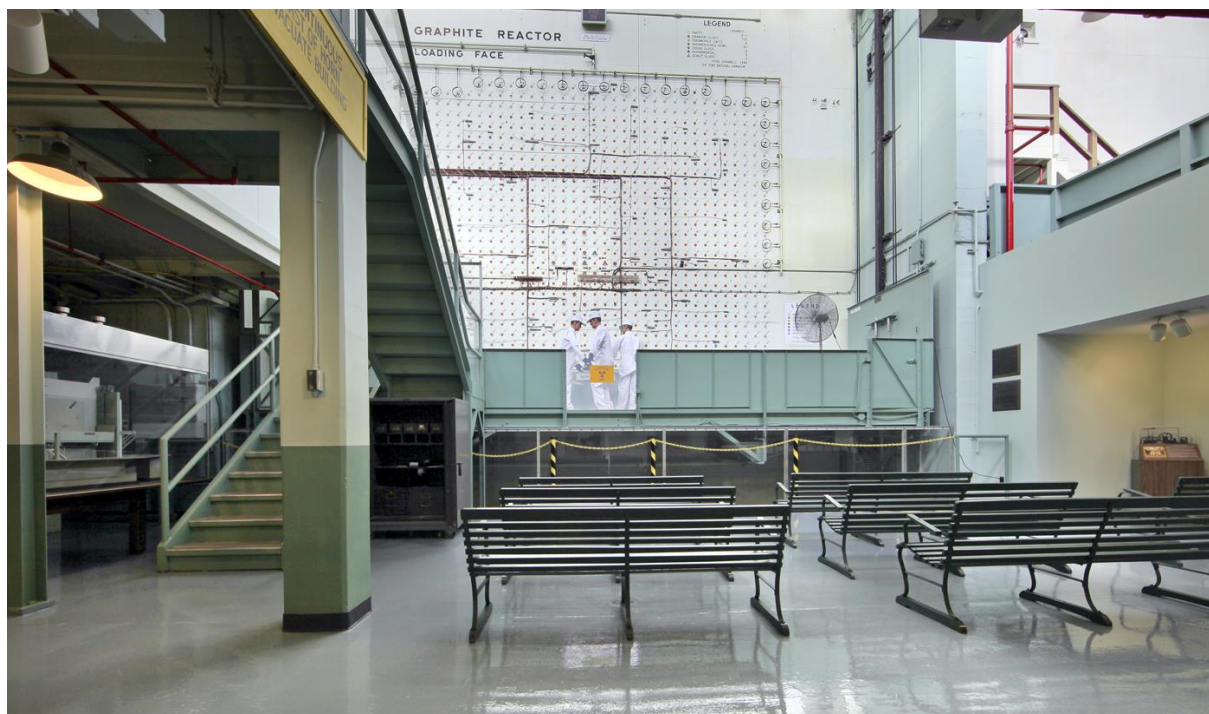


圖 10、橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器廠址

(二) 高通量同位素反應器(High Flux Isotope Reactor, HFIR)

美國原子能委員會(Atomic Energy Commission, AEC)在 1958 年假華盛頓特區舉行會議，建議高通量反應器應該假美國橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Lab, ORNL)進行設計、建造及運作等活動，並應該自 1961 年開始進行建造、完成於 1965 年並進行測試，採取 20、50、75、90 及 100MW 之方式運作，於 1966 年達到最高設計功率 100MW。到 1973 年底，完成第 100 次燃料循環，每次運作 23 日。

該高通量同位素反應器(High Flux Isotope Reactor, HFIR)是美國最大之研究中子來源高通量反應器，現以 85MW 方式運作，用以生產 Cf-252(californium-252)及其他運用於研究上之超鈾元素。其為西方世界 Cf-252 唯一之供應來源，可用作癌症治療、環境及行李上之汙染物偵測。所生產之中子用於物理、化學、材料科學、工程及生物學上，被世界上五百位以上研究人員作中子散射研究，亦被用作醫藥、工業、同位素生產上、材料損傷以及放射性分析以追蹤環境中之元素軌跡之相關研究上。

此外，其內部設置之伽馬照射設施，利用用過核燃料池，提供高劑量之伽馬射線以供研究材料輻射效果。近期研究則利用中子特性解開材料之神秘面紗，其所獲得之知識可以用以改善太陽能電池、硬碟、藥物、生物燃料之效能，相關設施平面圖及內部示意如下。

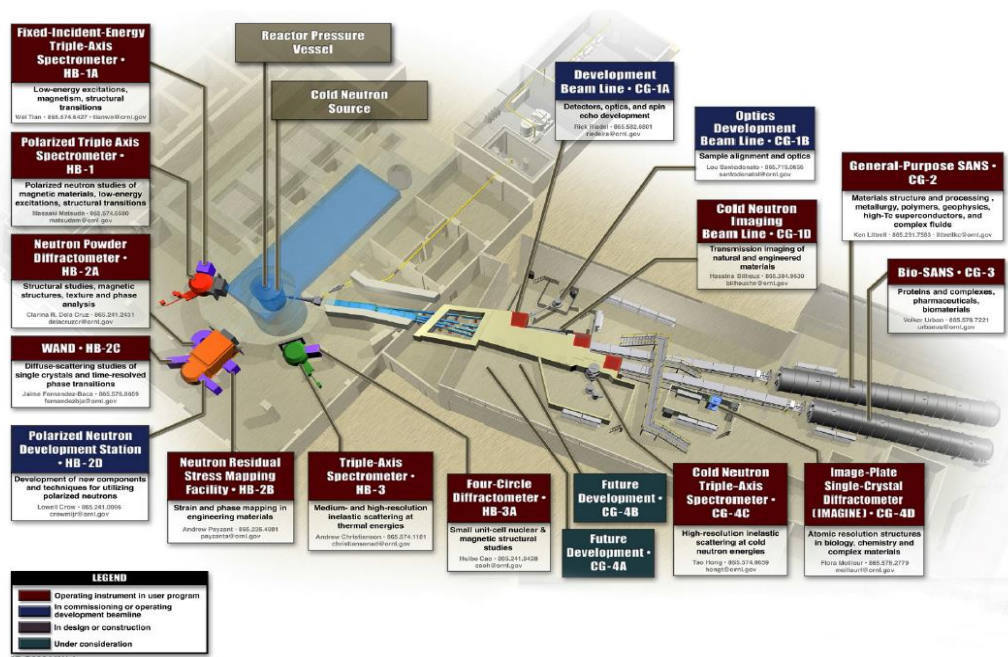


圖 11、高通量同位素反應器(HFIR)設施平面圖



圖 12、高通量同位素反應器(HFIR)內部及其實物圖

(三)超級電腦 Titan 與 Summit

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)的超級電腦 Titan 係由克雷公司所承建，過去曾為獲 TOP500 認證為全球最快的超級電腦，系統規格與功能條列如下：

- 架構(Architecture)：Cray XK7
- 處理器(Processor)：16-Core AMD
- 機櫃：200 個
- 運算節點：18,688 個
- 處理器核心：299,008 個
- 記憶體/每個運算節點：32 GB
- 互連路由器：Gemini

- 理論峰值效能：每秒 27×10^{15} 次浮點運算（27petaFLOPS）

超級電腦 Titan 的研發經費主要來自於美國能源部(DOE)及美國國家海洋和大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration)，因此有許多來自美聯邦政府的科學研究，包含能源、氣候變化、高效率引擎、新型材料等研究專案。



圖 13、超級電腦 Titan

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)的超級電腦 Summit 係由 IBM 公司所承建，於 2018 年 6 月 25 日正式獲 TOP500 認證為全球最快的超級電腦，其系統規格與功能條列如下：

- 處理器(Processor)：IBM POWER9™
- 架構：27,648 塊 NVIDIA Tesla V100 GPGPU 運算加速卡
- 運算節點：4,608 個
- 最大消耗功率：13 百萬瓦
- 記憶體/每個運算節點：512GB DDR4 + 96GB HBM2
- 理論峰值效能：每秒 20 億億次浮點運算（200 PFLOPS）

相較於超級電腦 Titan，Summit 更擅於人工智慧、機器學習與深度學習方面的運算。研究人員將利用 Summit 進行宇宙學(cosmology)、醫藥學(medicine)、及氣候學(climatology)等領域的研究。

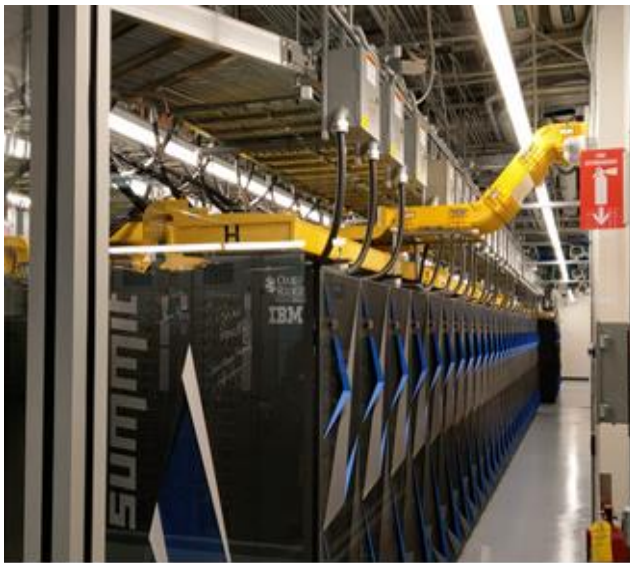


圖 14、超級電腦 Summit

肆、心得與建議

- 一、國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習係將核子保防理論與實務結合的系統性訓練，係未來從事核子保防相關業務人員所需的必要訓練，為提升我國施行核子保防及核物料料帳管理相關業務的能力，本會應定期爭取派員參訓，以利培養我國核子保防人才。
- 二、本會在國家級核物料料帳管控系統(SSAC)中屬國家權責機關(SRA)，核設施業者需向本會提交核子保防相關資料，而本會則須向 IAEA 提報核子保防相關報告與聲明，由此可知核子保防業務係需三方相互合作方可達成，因此建議未來本會派員參加國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習時，可持續與我國核設施業者代表一同參訓，以利共同瞭解國內執行核子保防時，各自所應扮演的角色，俾利未來本會推動核子保防業務順遂。
- 三、參與本次研習前，筆者有預先研讀核子保防相關資料並預擬相關問題，並於研習過程中和各國從事核子保防相關業務人員討論，分享彼此國內核子保防相關業務經驗，建議未來我國參訓人員可於參訓前預做資料準備，以利屆時與國際專家討論交流，汲取寶貴的國際經驗，發揮更大的訓練成效。

伍、附錄

附錄一、2019年國家級核物料料帳管控系統研習議程

International Training Course on State Systems of Accounting for and Control of Nuclear Material

31 March - 12 April 2019
Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.

Sunday, 31 March 2019			
Schedule		Lecture/Activity	Facilitator
16:00 - 16:30		Course Registration and Badging	ORNL IAEA
16:30 - 19:00		Reception hosted by U.S. Opening comments and welcoming	U. S./ORNL others
Monday, 1 April 2019			
08:30 - 09:00		Welcome to ORNL Importance of an Effective SSAC	U.S. IAEA
09:00 - 09:05		ORNL Site Safety Briefing	A. Zhernosek (ORNL)
09:05 - 10:10		Course Opening and Overview Introduction of Participants, Ice Breaker, Official	A. Braunegger- Guelich (IAEA)
10:10 -		<i>Break</i>	
	Module	Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards	
10:25 -	1.1	<i>IAEA in Focus (Video)</i>	IAEA
10:35 -	1.2	The Nuclear Non-proliferation Regime and IAEA Safeguards	J. Cooley (US)
11:20 -	1.3	<i>Nuclear Fuel Cycle (Video)</i>	IAEA
11:30 - 12:15	1.4	Nuclear Material Subject to Safeguards	A. Braunegger- Guelich
12:15 -		<i>Lunch</i>	
13:15 - 13:45	1.5	State Safeguards Infrastructure	G. Maksimovas (IAEA)
13:45 - 15:10	<i>WS-A</i>	<i>Workshop - A: CSA and AP - Part I</i>	A. Braunegger- Guelich/I AEA team
15:10 -		<i>Coffee Break</i>	
15:25 - 16:15	<i>WS-A</i>	<i>Continuation: CSA and AP - Part I</i>	A. Braunegger- Guelich/I AEA team
16:15 - 17:00	<i>WS-A</i>	<i>Group Presentations and Discussion</i>	A. Braunegger- Guelich/I AEA team

Tuesday, 2 April 2019

08:00 -		Review Quiz	IAEA
08:10 - 08:25	<i>MSE - 1</i>	<i>Member State Experience Presentation by Participants (MSE) - National</i>	G. Vu Duc
08:25 - 09:30	<i>WS-A</i>	<i>CSA and AP - Part II (Neptune)</i>	A. Braunegger-Guelich/I
09:30 - 10:00	<i>WS-A</i>	<i>Group Presentations and Discussion</i>	A. Braunegger-Guelich/I
<i>10:00 -</i>		<i>Coffee Break</i>	
	Module 2	Nuclear Material Accounting and Control (NMA&C) and Reporting to	
10:15 - 11:15	2.1	Concepts of IAEA Nuclear Material Accounting	G. Hirsch (ORNL)
11:15 - 12:00	<i>WS-B</i>	<i>Nuclear Material Accounting Structure at Facilities and LOFs</i>	IAEA team & US team
<i>12:00 -</i>		<i>Lunch</i>	
13:00 - 14:15	<i>WS-B</i>	<i>Continuation: Nuclear Material Accounting Structure at Facilities and</i>	IAEA team & US team
14:15 - 15:00	<i>WS-B</i>	<i>Group Presentations and Discussion</i>	IAEA team & US team
<i>15:00 -</i>		<i>Coffee Break</i>	
15:15 - 15:50	2.2	Facility Records	S. Richet (IAEA)
15:50 -	2.2a	Case Study: Facility Accounting Records	S. Richet

Wednesday, 3 April 2019

08:00 -		Review Quiz	IAEA
08:10 -	2.3	Introduction to Code 10	G. Hirsch
09:00 - 10:30	<i>WS-C</i>	<i>Inventory Change Reports</i>	IAEA team & US team
<i>10:30 -</i>		<i>Coffee Break</i>	
10:45 - 11:30	<i>WS-C</i>	<i>Inventory Change Reports</i>	IAEA team & US team
11:30 - 12:00	2.4	Physical Inventory Taking (PIT)	M. Whitaker (ORNL)
<i>12:00 -</i>		<i>Lunch</i>	
13:00 - 14:30	<i>WS-D</i>	<i>Physical Inventory Listing</i>	IAEA team & US team
14:30 - 15:10	<i>WS-E</i>	<i>Material Balance Report</i>	IAEA team & US team
<i>15:10 -</i>		<i>Coffee Break</i>	

15:25 - 15:50	2.5	Modifications of State Reports (Corrections, Deletions, Additions),	S. Richet
15:50 - 16:10	<i>MSE-2</i>	<i>Nuclear Material Accounting and Control at a Facility and LOF - Chile</i>	N. Araya Bustos
16:10 - 16:40	2.6	Termination/Exemption/Re-application of Safeguards	A.Braunegger-
16:40 -	2.7	Quality Control Verification Software (QCVS) including	S. Richet
Thursday, 4 April 2019			
	Module 3	Provision of Access and Support to IAEA in-field	
08:00 - 08:45	3.1	IAEA Verification Activities	M. Derrough (IAEA)
08:45 -	3.2	Overview of In-field verification exercises	L. Scott
09:00 - 12:00	3.3	<i>In-Field Verification Exercises (NDA, PIT, C/S, ES, Mock CA) Part 1</i>	c
<i>12:00 -</i>		<i>Lunch</i>	
13:00 - 16:30	3.4	<i>In-Field Verification Exercises (NDA, PIT, C/S, ES, Mock CA) Part 2</i>	IAEA team & US team
16:30 -	3.5	Safeguards Lab Exercises Wrap-up	L. Scott
Friday, 5 April 2019			
08:00 -	3.6	Discussion: Supporting IAEA In-field verification	M. Derrough
08:20 - 09:00	3.7	Destructive Analysis of Nuclear Material	G. Maksimovas
	Module 4	Additional Protocol (AP)	
09:00 - 09:45	4.1	Additional Protocol: Concepts, Principles and Reporting Obligations	A.Braunegger-
09:45 -	<i>WS-F</i>	<i>Additional Protocol Declarations</i>	IAEA team
<i>10:30 -</i>		<i>Coffee Break</i>	
10:45 -	<i>WS-F</i>	<i>Additional Protocol Declarations</i>	IAEA team
<i>12:15 -</i>		<i>Lunch</i>	
13:15 - 14:00	<i>WS-G</i>	<i>Nuclear Fuel Cycle Related Research and Development</i>	G. Maksimovas
14:00 - 14:30	4.2	Relationship between CSA and AP	A.Braunegger-
14:30 -	<i>MSE-3</i>	<i>Implementing the Additional Protocol - Morocco</i>	H. Boadia
14:45 - 15:00	4.3	ORNL preparations for Annual AP Declarations	J. White-Horton
<i>15:00 -</i>		<i>Coffee Break</i>	
15:15 -	4.4	Protocol Reporter Software	S. Richet
15:45 - 16:15	4.5	<i>Demonstration of Declaration Helper Software</i>	D. Kovacic (ORNL)
16:15 -	4.6	Safeguards Declaration Portal	S. Richet

Monday, 8 April 2019

	Module 5	Nuclear Facility Design Information	
08:00 – 08:40	5.1	Design Information Questionnaire (DIQ), Examination (DIE) and	M. Derrough
08:40 –	5.2	Introduction to DIQ Workshop	F. Maluta
09:30 – 10:30	5.3	Introduction to the Reference Facility (including Q&A)	G. Flanagan (ORNL)
10:30 – 10:45	5.4	Safety Rules	D. Blanchard
10:45 –		Travel to the Facility	ALL
11:00 –	5.5	Technical Visit to the Facility	ALL
12:30 –		<i>Lunch</i>	
13:30 – 15:00	<i>WS-H</i>	<i>DIQ for the Reference Facility</i>	IAEA team/HFIR
15:00 –		<i>Coffee Break</i>	
15:15 – 16:15	<i>WS-H</i>	<i>Continuation: DIQ for the Reference Facility</i>	IAEA team/HFIR
16:15 – 17:00	<i>WS-H</i>	<i>Group Presentations and Discussion</i>	IAEA team/HFIR

Tuesday, 9 April 2019

08:00 –		Review Quiz	IAEA
	Module 6	Other Reporting Obligations: Export/Import	
08:10 – 08:55	6.1	Nuclear Trade	G. Maksimovas
08:55 – 09:30	6.2	Export Import Reporting	A. Braunegger-
09:30 – 10:00	6.3	International Transfers - Scenarios	A. Braunegger-
10:00 –		<i>Coffee Break</i>	
	Module 7	Safeguards Concepts and Practices	
10:15 –	7.1	Safeguards Concepts and Practices	F. Maluta
11:00 – 11:45	7.2	State Evaluation and the Drawing of Safeguards Conclusions	G. Maksimovas
11:45 –		<i>Lunch</i>	
	Module 8	State System of Accounting for and Control of Nuclear Material	
12:45 – 13:30	8.1	Role of an SSAC in Implementing IAEA Safeguards	A. Braunegger-
13:30 – 14:15	8.2	Locating and collecting of safeguards information by the SSAC	G. Maksimovas
14:15 –	8.3	Introduction to Information Management for Safeguards	D. Kovacic
15:00 –		<i>Coffee Break</i>	
15:15 – 16:30	<i>WS-I</i>	<i>Developing SSAC Information Flow Diagram</i>	IAEA team/ D. Kovacic
16:30 – 17:00	<i>WS-I</i>	<i>Presentation of Work in Groups</i>	ALL

Wednesday, 10 April 2019

08:00 -		Review Quiz	IAEA
08:10 - 08:40	8.4	Regulatory oversight of Nuclear Material and Activities through	D. Hanks (US NRC)
08:40 -	8.5	Introduction to Domestic Inspections	F. Maluta
09:30 - 09:45	<i>MSE-4</i>	<i>Safeguards Implementation in Thailand</i>	B. Srimok/N. Pavenayotin
09:45 -	<i>MSE-5</i>	<i>Safeguards Implementation in Nigeria</i>	N. Badamasi
10:00 -		<i>Coffee Break</i>	
10:30 - 12:00	<i>WS - J</i>	<i>Domestic Inspection</i>	IAEA Team / D. Hanks
12:00 -		<i>Lunch</i>	
13:00 - 14:15	<i>WS - J</i>	<i>Continuation: Domestic Inspection</i>	IAEA Team / D. Hanks
14:15 - 15:15	<i>WS - J</i>	<i>Group Presentations and Discussion</i>	IAEA Team / D. Hanks
15:15 -		<i>Coffee Break</i>	
15:30 -	8.6	Implementation of Safeguards in the U.S.	D. Hanks
16:15 - 16:45		History of ORNL	M. Farrar (ORNL)

Thursday, 11 April 2019

08:00 -		Review Quiz	IAEA
08:10 - 09:00	<i>WS-K</i>	<i>Introduction to the WS on Establishment and Maintenance of an SSAC</i>	A. Braunegger-
09:00 - 10:00	<i>WS-K</i>	<i>Establishment and Maintenance of an SSAC</i>	IAEA team & ORNL team
10:00 -		<i>Coffee Break</i>	
10:15 - 12:00	<i>WS-K</i>	<i>Continuation: Establishment and Maintenance of an SSAC</i>	IAEA team & ORNL team
12:00 -		<i>Lunch</i>	
13:00 - 14:00	<i>WS-K</i>	<i>Continuation: Establishment and Maintenance of an SSAC</i>	IAEA team & ORNL team
14:00 -	<i>WS-K</i>	<i>Group Presentations on the Exercise on Implementation of an</i>	ALL
15:00 -		<i>Coffee Break</i>	
		Assisting States to establish or strengthen their SSAC	
15:15 - 15:30		INSEP Outreach and Training	K. Durbi
15:30 -		IAEA Assistance for SSACs	G. Maksimovas
18:30 -		<i>Banquet - Awarding of Certificates</i>	

Friday, 12 April 2019

08:00 -		<i>Quiz (Paper)</i>	ALL
08:30 -		<i>Quiz (Clicker Session)</i>	ALL
09:00 - 10:00		<i>Feedback on Training Exercises</i> <i>Evaluation on-line - CLP4NET</i>	F. Maluta /M. Whitaker
10:00 -		<i>Coffee Break</i>	
10:15 -		<i>Closing Ceremony</i>	ORNL/ IAEA

附錄二、2019 年國家級核物料料帳管控系統研習與會人員名單

講師及工作人員名單

序號	單位	姓名
1	Oak Ridge National Laboratory	David Blanchard
2	International Atomic Energy Agency	Andrea Braunegger-Guelich
3	Nuclear Safeguards Consultant	Jill Cooley
4	International Atomic Energy Agency	Malik Derrough
5	National Nuclear Security Administration	Karyn Durbin
6	Oak Ridge National Laboratory	Sonda Ellis
7	Oak Ridge National Laboratory	George Flanagan
8	Nuclear Regulatory Commission	David Hanks
9	Oak Ridge National Laboratory	Gary Hirsch
10	Oak Ridge National Laboratory	Don Kovacic
11	International Atomic Energy Agency	Gytis Maksimovas
12	International Atomic Energy Agency	Francesco Maluta
13	National Nuclear Security Administration	Danielle Miller Watts
14	Nuclear Safeguards Consultant	John Oakberg
15	International Atomic Energy Agency	Megan Porter
16	International Atomic Energy Agency	Sebastien Richet
17	Oak Ridge National Laboratory	Logan Scott
18	Oak Ridge National Laboratory	Diana Tucker
19	Oak Ridge National Laboratory	Ramkumar Venkataraman
20	International Atomic Energy Agency	Elena Voloshina
21	Oak Ridge National Laboratory	Michael Whitaker
22	Oak Ridge National Laboratory	Jessica White-Horton
23	Oak Ridge National Laboratory	Judah Wilkins
24	Oak Ridge National Laboratory	Alena Zhernosek

學員名單

序號	國家	姓名/單位
1	巴西(Brazil)	Mr Daniel Scal Eletrobras Eletronuclear
2	巴西(Brazil)	Mr Joao Claudio Batista Fiel Ministry of Defence
3	智利(Chile)	Mr Norman Guillermo Araya Bustons Chilean Nuclear Energy Commission
4	智利(Chile)	Ms Marcela Alejandra Ortiz Rodriguez Chilean Nuclear Energy Commission
5	中國(China)	Mr Peng Yang China Institute of Atomic Energy
6	喬治亞共和國 (Georgia)	Mr Kakhaber Keshelava LEPL Agency of Nuclear and Radiation Safety
7	捷克(Czech Republic)	Ms Lubomira Pyskata Rathouska State Office of Nuclear Safety
8	埃及(US/Egypt)	Ms Noha Farahat Egyptian Atomic Energy Authority
9	埃及(Egypt)	Ms Wael Mohamed Ibrahim Ali Egyptian Nuclear and Radiological
10	印尼(Indonesia)	Mr Bambang Tri Purnomo Nuclear Energy Regulatory Agency
11	馬來西亞(Malaysia)	MS Mohd Fazli Bin Zakaria Malaysian Nuclear Agency
12	馬來西亞(Malaysia)	Ms Edleen Amani Abd Halim Atomic Energy Licensing Board
13	摩洛哥(Morocco)	Mr Hicham Boadia Moroccan Agency for Nuclear and Radiological Safety and Security
14	奈及利亞(Nigeria)	Mr Valentine Ikemefuna Okoye Nigerian Nuclear Regulatory Authority

序號	國家	姓名/單位
15	奈及利亞(Nigeria)	Mr Nasir Muhammad Badamasi Nigeria Atomic Energy Commission
16	波蘭(Poland)	Mr Karl Dulny
17	葡萄牙(Portugal)	Mr Rui Pedro Ferreira Pinto Empresa de Desenvolvimento Mineiro,SA
18	羅馬尼亞(Romania)	Mr Cornel Teodorescu Nuclear Agency and Radioactive Waste
19	斯洛伐克(Slovakia)	Mr Matej Rolencik Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic
20	瑞士(Switzerland)	Mr Jens Tenschert Swiss Federal Office of Energy(SFOE)
21	泰國(Thailand)	Ms Niravun Pavenayotin Office of Atoms for Peace
22	泰國(Thailand)	Ms Boonchawee Srimok Office of Atoms for Peace
23	突尼西亞(Tunisia)	Mr Nafaa Regguigui National Center of Nuclear Sciences and Technologies
24	越南(Viet Nam)	Mr Duc Giang Vu Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety