

出國報告（出國類別：開會）

赴美國田納西州參加 2019 年國家級核 物料料帳管控系統活動出國報告

服務機關： 核能研究所
姓名職稱： 劉信龍 助理研究員
派赴國家/地區：美國田納西州
出國期間： 108 年 3 月 29 日~108 年 4 月 14 日
報告日期： 108 年 5 月 14 日

摘要

本次奉派參加每隔兩年舉辦 1 次之國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Materials, SSAC)活動，該舉辦地點位於美國田納西州之橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)，由國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)與美國能源部(Department of Energy, DOE)共同主辦，並由美國國家核能安全局(National Nuclear Security Administration, NNSA)與 ORNL 共同協辦，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，共同參與本屆活動過程。

本進行方式主要採理論及演練方式進行，並依序針對 8 大主題進行探討，依序為防止核子擴散及國際核子保防(Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards)、核物料料帳管控及提報國際原子能總署(Nuclear Material Accounting and Control(NMA&C) and Reporting to the IAEA)、授權與協助國際原子能總署實地驗證活動的規定(Provision of Access and Support to IAEA In-Field Verification Activities)、補充議定書(Additional Protocol, AP)、核能設施設計資訊(Nuclear Facility Design Information)、其他通報責任：出口/進口(Other Reporting Obligations: Export/Import)、核子保防概念及實務(Safeguards Concepts and Practices)、國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Material, SSAC)。

本次活動重點在於『建立與維護有效的國家級核物料料帳管理與控制系統(SSAC)』的實務與經驗交流，讓學員能具體了解全面核子保防協定(Comprehensive Safeguards Agreements, CSA)及補充議定書(Additional Protocol, AP) 規定內容及其延伸之相關架構及制度，進而能達到符合 SSAC 標準與 IAEA 之國際核子保防需求。

經由本次參與過程吸收他國之經驗，並參照本所之現有情形，得出三點建議可資參考，分別係積極送派人員參與核子保防相關活動、撰寫核子保防實作經驗及相關知識傳承文件以及提供有關核子保防資料電子化可行性評估等三點。如能逐步實現上開建議，相信得以改進本所核子保防之執行現況。

關鍵字: 全面核子保防協定、補充議定書、國家級核物料料帳管控系統

目 次

摘 要.....	i
一、 目 的.....	1
二、 過 程.....	2
三、 心 得.....	44
四、 建 議 事 項.....	45
五、 附 錄.....	48

圖目錄

圖 1 美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL).....	2
圖 2 2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)活動全體參與人員合影.....	3
圖 3 活動進行情形.....	6
圖 4 防止核子擴散體制架構.....	7
圖 5 核燃料循環示意圖.....	8
圖 6 國際協議與國內立法關聯性之示意圖.....	10
圖 7 國內核子保防執行架構.....	10
圖 8 常見之監管單位架構.....	11
圖 9 物料平衡區架構範例.....	13
圖 10 資訊流程.....	13
圖 11 料帳關係圖.....	14
圖 12 INFCIRC/153、第10號規則、設施附屬文件間隸屬關係.....	18
圖 13 第10號規則規定的文件報表提報架構.....	18
圖 14 前後次之實體存貨驗數據關係圖.....	19
圖 15 依據 INFCIRC/153 之第 11 項條件進行終止程序.....	20
圖 16 依據 INFCIRC/153 之第 13 項條件進行終止程序.....	20
圖 17 依據 INFCIRC/153 豁免之情形.....	21
圖 18 非破壞性檢測(NDA).....	21
圖 19 監視及封緘(C&S).....	22
圖 20 環境取樣.....	22
圖 21 INFCIRC/540 協議.....	23
圖 22 補充議定書所需提報之核燃料階段.....	24
圖 23 場所地圖.....	25
圖 24 四種進出口應提報情形.....	33
圖 25 簽署國宣告應提報給國際原子能總署之資料.....	34
圖 26 簽署國場內檢查應提報給國際原子能總署之資料.....	34

圖 27 簽署國處理核物料應提報給國際原子能總署之資料.....	35
圖 28 常見之獲得資料.....	35
圖 29 國際原子能總署透過資訊評估結果之過程.....	36
圖 30 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.....	37
圖 31 權責機關(SRA)與其他部會之合作	38
圖 32 橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器廠址	40
圖 33 超級電腦 Titan	41
圖 34 超級電腦 Summit	42
圖 35 設施平面圖.....	43
圖 36 反應器內部及其實物圖.....	43
圖 37 QCVS 操作示意圖.....	45
圖 38 Protocol Report 3.0 操作示意圖	46
圖 39 DOE AP Declaration Helper 單一活動判定示意圖	46
圖 40 DOE AP Declaration Helper 多重活動判定示意圖	47
圖 41 Sate Declarations Portal 操作示意圖.....	47

表目錄

表 1 出國期程表.....	2
表 2 參與人員名單.....	4
表 3 一般總帳(General Ledger).....	14
表 4 次要總帳(Subsidiary Ledger).....	15
表 5 存貨變動文件(ICD).....	15
表 6 內部物料移轉(Internal Material Transfer, IT).....	16
表 7 存貨項目清單(LII)_1.....	16
表 8 存貨項目清單(LII)_2.....	17
表 9 場所提報範例.....	25
表 10 出口提報範例.....	26
表 11 補充議定書提報之內容及期程.....	28
表 12 CSA 及 AP 之差異.....	28
表 13 設計資訊調查表.....	31
表 14 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動議程.....	48

一、目的

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)活動定於 3 月 31 日至 4 月 12 日假美國橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)舉行，本次活動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，並由美國國家核能安全局(National Nuclear Security Administration, NNSA)及美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)協辦。

此活動主要採現場報告、小組討論方式，並輔以實務訓練操作、核子設施參訪之方式進行。參與人員經此活動可實際了解防止核子擴散體制(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。

二、過 程

(一) 出國行程

本次係於 3 月 29 日啟程，自桃園國際機場搭乘華航航空班機，途經美國洛杉磯(Los Angeles)國際機場，並轉搭當地聯合航空飛至芝加哥(Chicago) 機場，並緊接轉乘該航空另一班機，於當地時間 3 月 30 日飛抵本次活動舉辦地點美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)(如圖 1)附近之田納西州諾克斯維爾(Knoxville)機場，途中並與本會胡明哲副研究員會面。註冊及報到作業係於當地時間 3 月 31 日(日)下午開始，並於 4 月 1 日至 12 日正式參加假美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)所舉辦之 2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)活動。活動程序結束前一天於當地時間 4 月 11 日(四)晚間發出相關參與證明，並於隔日 4 月 12 日(五)上午完成整個活動，下午隨即搭機離美，沿路分別搭乘美國航空及華航航空班機，於台灣時間 4 月 14 日(日)返抵國門，行程詳如表 1。

表 1 出國期程表

日期	地點	工作內容
3 月 29 日(五)~ 3 月 30 日(六)	台北飛往美國田納西州	去程
3 月 31 日(日)	活動場地，美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)	註冊及報到
4 月 1 日(一)~ 4 月 12 日(五)	活動場地，美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)	進行 2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)活動
4 月 12 日(五)~ 4 月 14 日(日)	美國田納西州飛往台北	返程



圖 1 美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)

(二) 課程簡介

「國家級核物料料帳及管控系統(SSAC)」研習與訓練為一國際性活動，其訂於 3 月 31 日至 4 月 12 日舉辦。該會議每隔 2 年舉辦 1 次，本次由國際原子能總署(IAEA)與美國能源部(DOE)共同主辦，並由美國國家核能安全局(NNSA)與美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)共同協辦，舉辦地點仍援例假美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)舉辦，共計有來自歐洲、非洲、中東和亞洲等 18 會員國 24 位人員並外加 4 名觀察員，共同參與本屆活動，相關議程如附錄之表 14，參與人員於首日進行合影留念，如圖 2。



圖 2 2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)活動全體參與人員合影

經查出席狀況，本年參與人數明顯比往年多，包含美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)及洛斯阿拉莫斯國家實驗室(Los Alamos National Laboratory, LANL)係以觀察員身分參與。因我國非正式 IAEA 會員，故亦同以觀察員身分參加。本活動主要是讓學員了解在全面保防協定(Comprehensive Safeguards Agreement, CSA)及補充議定書(Additional Protocol, AP)架構下，所應完成之相關事項，並進一步協助建立國家核物料料帳管控系統(SSAC)，確實掌握簽屬國之核物料實際存放及運用情形，進而使核子保防(Safeguards)事務順利推行。

活動進行方式主要採理論及演練方式進行，並依序針對 8 大主題進行探討。在交流過程中，藉由不同國家分組進行討論，互相交流並藉由擔任不同角色，且搭配橡樹嶺國家實

驗室(ORNL)安排之內部單位參訪行程，例如高通量同位素反應器(High Flux Isotope Reactor, HFIR)，促使參與者深入了解案例分析中所提及之問題核心。此為期二星期左右之課程，主辦單位亦安排部分簽署國報告該國執行核子保防之現況，達到互相交流之效果。

除安排參加上開高通量同位素反應器(HFIR)，亦安排早期發展之石墨反應器(Graphite Reactor)及超級電腦運算中心(Supercomputer Center)參觀之旅。

(三) 研討會成員

除台灣於本次活動過程派出 2 人(原能會綜計處吳明哲及核能研究所綜計組劉信龍)以觀察員(非載明於正式學員名單上)身分參加以及 NRC、LANL 來員外，尚有 18 個會員國所派出之參與人員，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，其詳細名單如下表 2(因觀察員名字不列入官方文件中，故美國觀察員之姓名未知)。

表 2 參與人員名單

序號	國家	學員
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

序號	國家	學員
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
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
25	台灣(Taiwan)	吳明哲 行政院原子能委員會

序號	國家	學員
26	台灣(Taiwan)	劉信龍 行政院原子能委員會核能研究所
27	美國 (America)	Nuclear Regulatory Commission
28	美國 (America)	Los Alamos National Laboratory

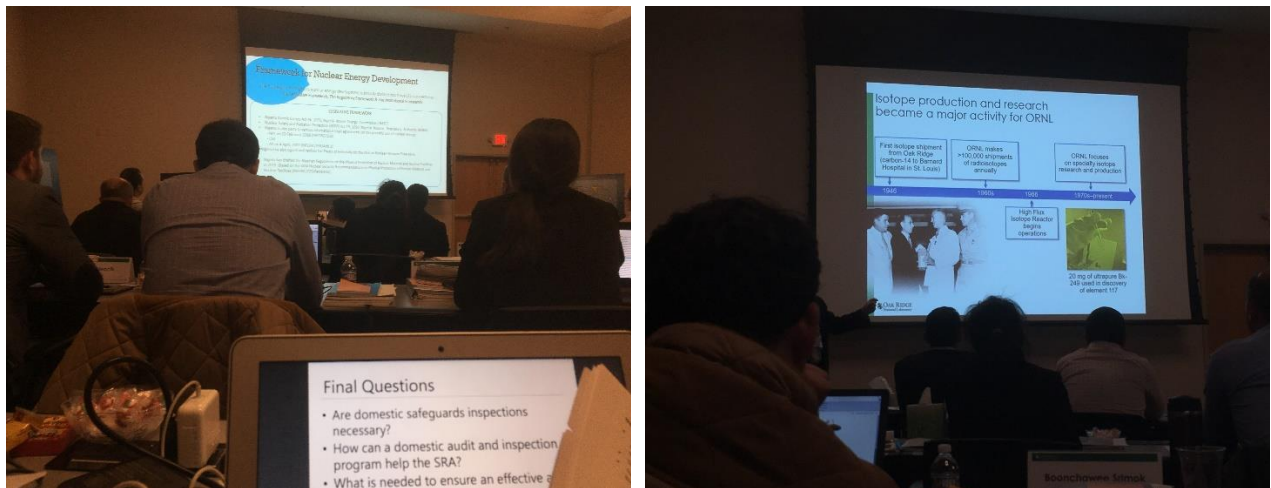


圖 3 活動進行情形

(四) 研討會議程

2019 年國家級核物料料帳管控系統(SSAC)活動在 4 月 1 日至 4 月 12 日期間分成 8 個主題單元(module)依序進行，包括單元 1-防止核子擴散與國際核子保防(Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards)；單元 2-核物料料帳管控及提報國際原子能總署(Nuclear Material Accounting and Control(NMA&C) and Reporting to the IAEA)；單元 3-授權與協助國際原子能總署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-核能設施設計資訊(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-核子保防概念及實務(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))，各主題單元的活動內容，其重點分別摘如下：

1. 單元 1-防止核子擴散與國際核子保防(Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards)
 - (1) 防止核子擴散體制與國際原子能總署核子保防(Nuclear Non-Proliferation Regime and IAEA Safeguards)

防止核子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 4 所示。國際雙邊或多邊協定如(i)核能合作協定(Nuclear cooperation agreements)(ii)防止核武擴散條約(Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT)(iii)非核武地帶條約(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「防止國際核武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管控系統(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 稱為補充議定書，係由 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)」。

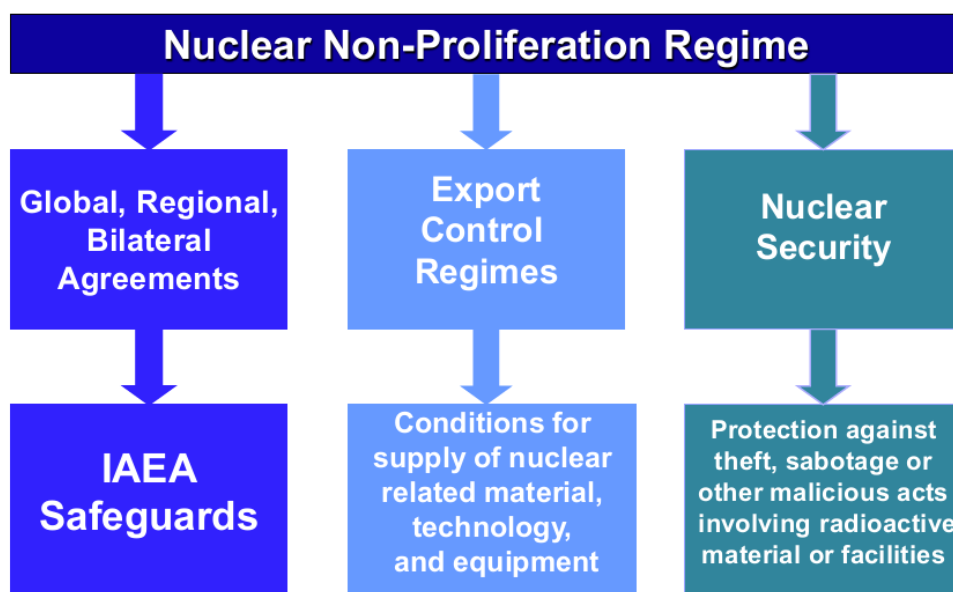


圖 4 防止核子擴散體制架構
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

(2) 核燃料循環簡介(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(稱為研磨)，其產生物質稱為黃餅(Yellow Cake)，一種鈾氧化物(U3O8)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(UF6)。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組合體(fuel assemblies)，此程序即稱為燃料製造(Fuel Fabrication)。控制鈾 235 之分裂產生熱流，以產生高溫及壓力，熱流隨著管線產生電力(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。使用過之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廢料分離出來，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中子反應爐(Fast Neutron Reactor)中。使用過之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，其示意圖如圖 5。

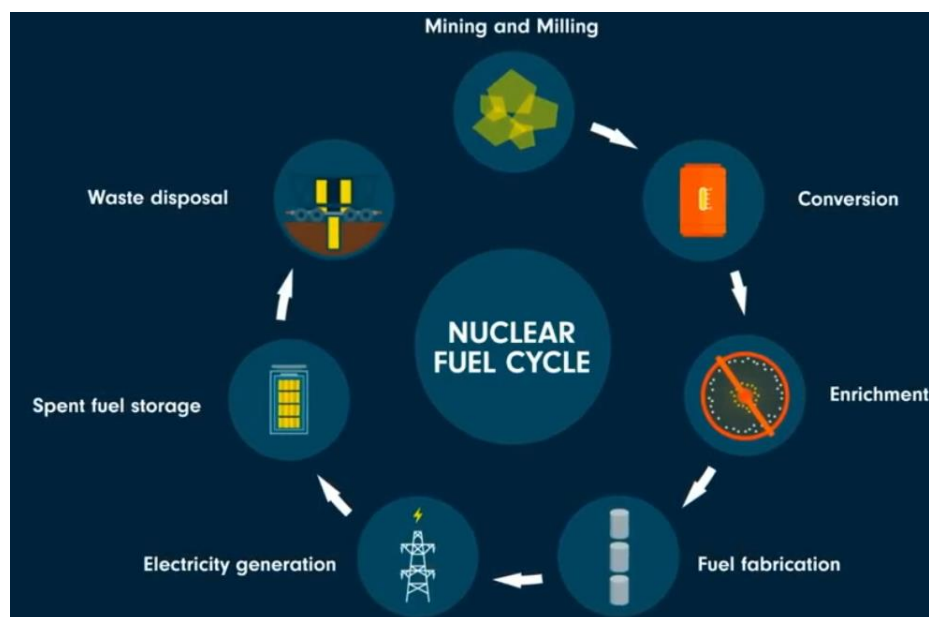


圖 5 核燃料循環示意圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

(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)」第 20 條中所定義的任何源材料(source material)或特殊裂變材料(special fissionable material)。根據 IAEA「規約」第 20 條定義，源材料係指鈾(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(c)項更提到，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 CSA 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(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(Legislative and Regulatory Framework)

國家級核子保防架構係按國際原子能總署之規範所制定，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，如圖 6。



圖 6 國際協議與國內立法關聯性之示意圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

一旦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)、規定及許可(Regulations, Licenses)、指導文件(Guidance Documents)、設施計畫及程序(Facility Plans, Procedures)，如圖 7。

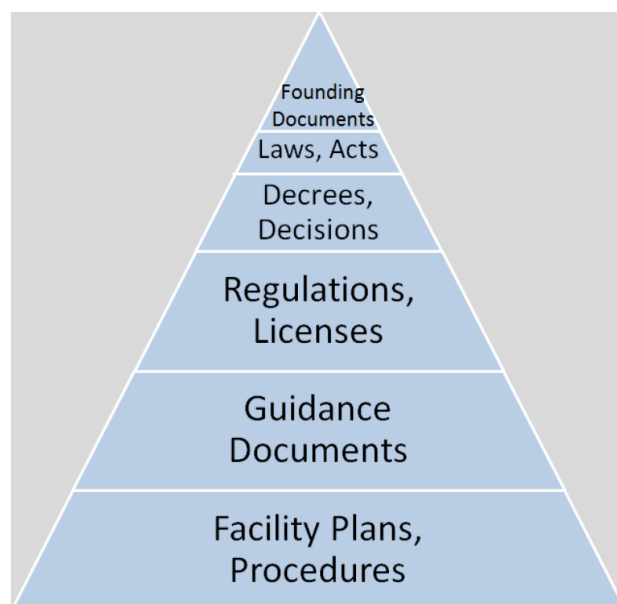


圖 7 國內核子保防執行架構

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

從上述之架構，應從最上面開始建置，首先需建立起國家政府系統基本原則及架構，其次設置監管單位並賦予特定職責及權力，並建立組織及個人之權利及義務，再來則是設定詳細之規定(法規命令)，內含高技術層面之細節，在某些國家往往係由國家所規範，而非監管單位所設定。至於詳細之指導文件，則由監管單位發布相關文件以配合上層所發布之法規命令。而最下層之文件則提供特定區域或特定要求或指導，包含手冊、執行規則或執程序。

- 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非核武擴散之協議、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。其常見之功能如圖 8。

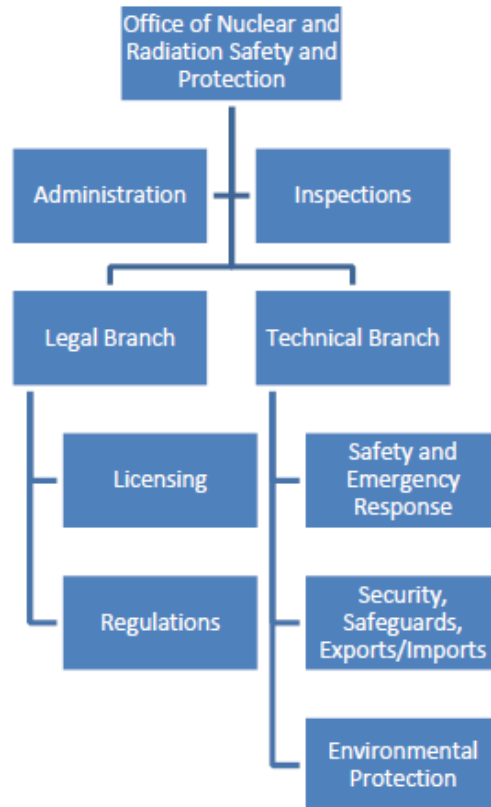


圖 8 常見之監管單位架構
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

- 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。

- 所有位於國家、設施及 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. 單元 2-核物料料帳管控及提報國際原子能總署(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 9 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；

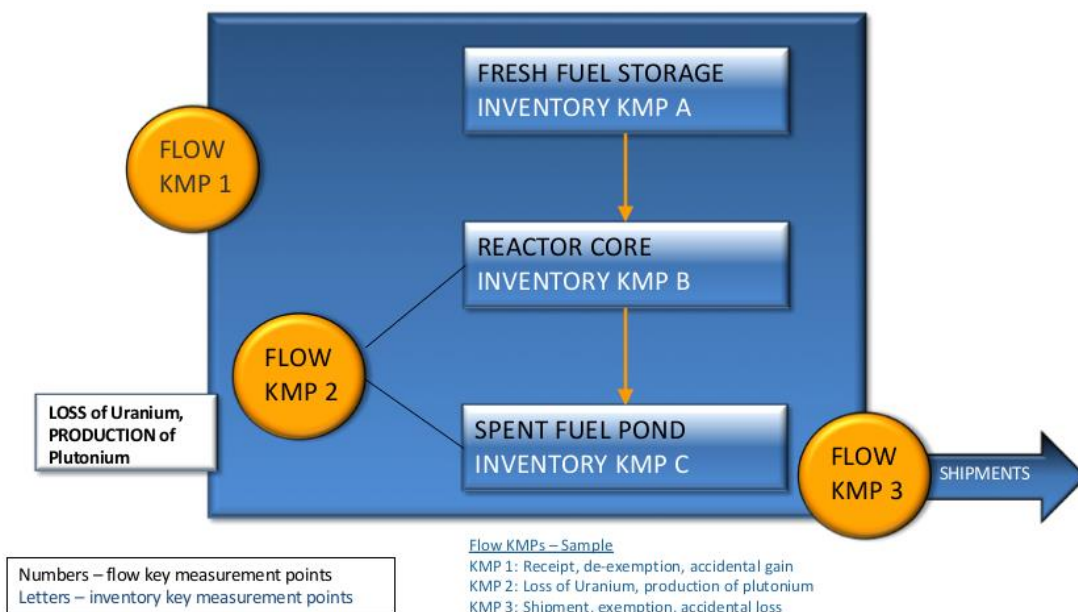


圖 9 物料平衡區架構範例
 (摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

(2) 設施紀錄(Facility Record)

隨時保持紀錄是在 INFCIRC/153 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核物料料帳管控系統(SSAC)之基礎，整合後提報給國際原子能總署，如圖 10。

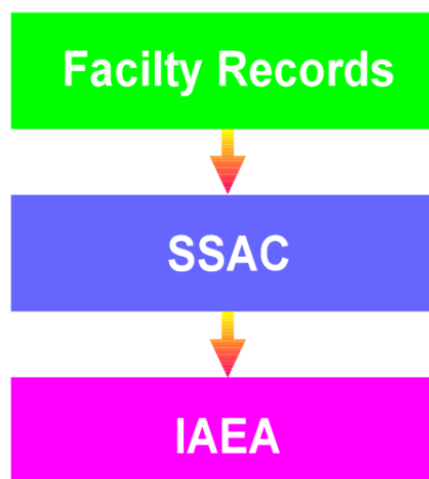


圖 10 資訊流程
 (摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

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 11。主要文件包含一般總帳(General Ledger)、次要總帳(Subsidiary Ledger)、存貨變動文件(Inventory Change Document, ICD)、內部物料移轉(Internal Material Transfer, IT)及存貨項目清單(List of Inventory Items, LII)，如表 3 至表 8。

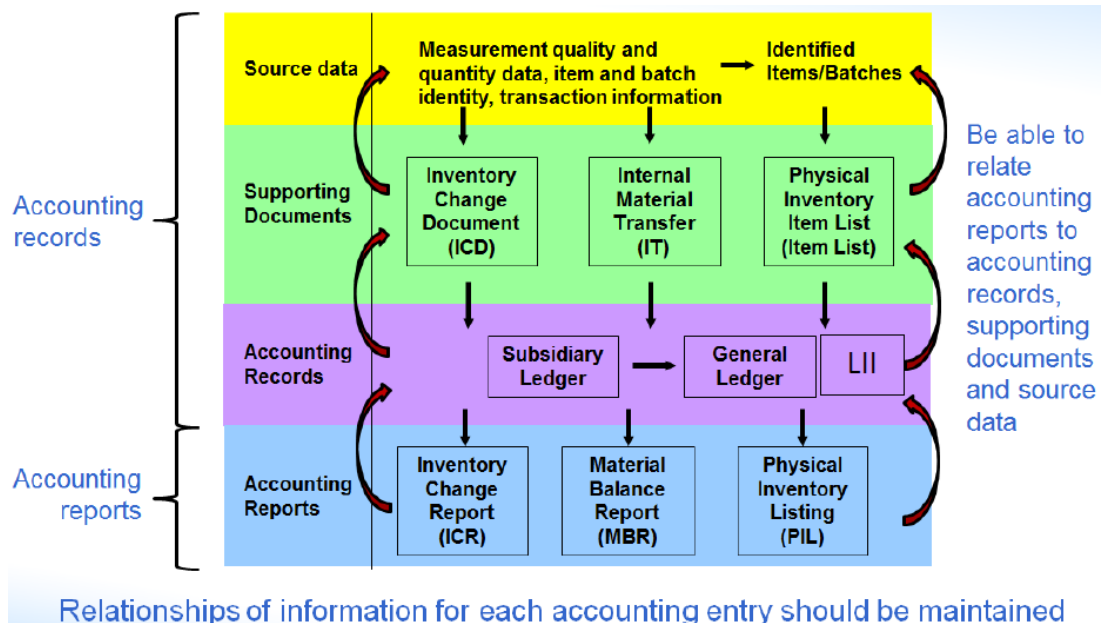


圖 11 料帳關係圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

表 3 一般總帳(General Ledger)

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

GENERAL LEDGER														
Facility: Dry Canyon Power Station										MBA: NN-B				
Material Description: Enriched Uranium										Element Code: E		Isotope Code: G	Unit: g	
Line	Date	ICD/PIL	IC Code	No. of Items	Increases				Decreases				Inventory	
					Receipts		Other		Shipments		Other		U	U-235
					U	U-235	U	U-235	U	U-235	U	U-235	U	U-235
1	140816	PIL											124358164.0	2650947.0
2	150318	MT-401	SF	70					12443535.0	126174.0			119114629.0	2524773.0
3	150401	MT-001	RD	100	17173193.0	520797.0							129037822.0	3045670.0
4	150617	MT-301	SD	34					6056242.0	63396.0			123031580.0	2982174.0
5	150724	MT-402	SF	70					12484496.0	136121.0			110547084.0	2845053.0
6	150820	NLP-101	LN	116							682078.0	375138.0	109895006.0	2470915.0
7	150820	PIL											109865006.0	2470915.0
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														

表 4 次要總帳(Subsidiary Ledger)
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

SUBSIDIARY LEDGER

Facility: **Dry Canyon Power Station** MBA: **NN-B** KMP: **C**
 Material Description: **Enriched Uranium** Element Code: **E** Isotope Code: **G** Unit: **g**

Accounting sub-area (spent fuel pond)

Line	Date	ICD/PIL	MDC	Increases				Decreases				Inventory			
				Receipts		Other		Shipments		Other		U	U-235		
				U	U-235	U	U-235	U	U-235	U	U-235	U	U-235		
1	140616	PIL	BV1G											52682925.0	542716.0
2	150319	MT-401	BV3G					12443535.0	125174.0					40239390.0	416542.0
3	150517	MT-301	BV3G					6055242.0	63395.0					34183148.0	353145.0
4	150724	MT-402	BV3G					12484496.0	136121.0					21509652.0	217025.0
5	150820	IT-101	BV1G	21260388.0	507407.0									4295040.0	814432.0
6	150820	NLP-101	BV1G								682076.0	375135.0		42276962.0	439204.0
7	150620	PIL	BV1G											42276962.0	439294.0
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															

Book inventory

表 5 存貨變動文件(ICD)
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

INVENTORY CHANGE DOCUMENT
MATERIAL TRANSFER

Shipper: **Dry Canyon Power Station** MBA: **NN-B** KMP: **3** Receiver: **Venus Reprocessing Plant** Country Code: **VV**
 Material Description: **Irradiated Fuel Assemblies** MDC: **BV3G**

Receiver

Shipper

Line	Batch Identity	No. of Items	Inventory Change Code	Element Code	Isotope Code	Uranium		Plutonium	
						Element Weight (g)	Isotope Weight (g)	Element Code	Element Weight (g)
1	BC101	1	SF	E	G	177997	1863	P	1428
2	BC102	1	SF	E	G	177793	1769	P	1472
3	BC104	1	SF	E	G	178244	1853	P	1375
4	BC110	1	SF	E	G	177751	1780	P	1453
5	BC114	1	SF	E	G	177548	1650	P	1696
6	BC115	1	SF	E	G	178785	1634	P	1460
7	BC119	1	SF	E	G	177359	1762	P	1455
8	BC119	1	SF	E	G	178031	1500	P	1428
9	BC119	1	SF	E	G	177840	1824	P	1440
10	BC123	1	SF	E	G	177600	1814	P	1453
11	BC125	1	SF	E	G	178028	1791	P	1459
12	BC127	1	SF	E	G	177842	1789	P	1473
13	BC128	1	SF	E	G	177969	1670	P	1460
14	BC131	1	SF	E	G	177837	1600	P	1440
15	BC132	1	SF	E	G	177590	1712	P	1478
16	BC133	1	SF	E	G	177887	1898	P	1420
17	BC136	1	SF	E	G	177425	1844	P	1478
18	BC137	1	SF	E	G	177438	1610	P	1400
19	BC141	1	SF	E	G	177174	1708	P	1460
20	BC143	1	SF	E	G	177719	1683	P	1425
21	BC145	1	SF	E	G	177647	1819	P	1480
22	BC148	1	SF	E	G	177669	1757	P	1455
23	BC149	1	SF	E	G	177842	1704	P	1459
24	BC150	1	SF	E	G	177850	1695	P	1428
25	BC151	1	SF	E	G	177100	1661	P	1470
Subtotals:						23	444238	4261	3822

Doc. No: **NI-461** Page No: **10** Shipper/Receiver Difference: _____ Date Measured: _____
 Shipping Date: **150318** Shipper Signature: **Mr. Shipper** Receiver Signature: _____

Document reference number

表 6 內部物料移轉(Internal Material Transfer, IT)
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

INTERNAL MATERIAL TRANSFER

From: **KMP-B** To: **KMP-C** Removal of Irradiated Fuel from Reactor
Material Description: **Irradiated Uranium Fuel Assemblies**

Line	Batch Identity	No. of Items	Element Code	Isotope Code	Element Weight (g)	Isotope Weight (g)
1	IBF113	1	E	G	184219	5125
2	IBF118	1	E	G	184096	5125
3	IBF124	1	E	G	184012	5121
4	IBF126	1	E	G	183998	5121
5	IBF135	1	E	G	184621	5121
6	IBF137	1	E	G	184173	5121
7	IBF143	1	E	G	184109	5121
8	IBF148	1	E	G	184633	5143
9	IBG250	1	E	G	184473	5140
10	IBG254	1	E	G	184417	5133
11	IBG255	1	E	G	184422	5132
12	IBG256	1	E	G	184387	5130
13	IBG257	1	E	G	184410	5131
14	IBG258	1	E	G	184480	5133
15	IBG259	1	E	G	184543	5140
16	IBG260	1	E	G	184544	5154
17	IBG261	1	E	G	184475	5136
18	IBG262	1	E	G	184433	5137
19	IBG263	1	E	G	184480	5128
20	IBG264	1	E	G	184488	5134
21	IBG265	1	E	G	184003	5115
22	IBG266	1	E	G	184427	5139
23	IBG267	1	E	G	184176	5124
24	IBG268	1	E	G	184197	5124
25	IBG269	1	E	G	184480	5141
Subtotals		25			460862	128269

Doc No.: **IT-101** Page No.: **1/6**
Date: **150820** Signatures: From **Mr. Bravo** To: **Mr. Charlie**

Movement from the core to spent fuel pond

Document reference number

表 7 存貨項目清單(LII)_1
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

LIST OF INVENTORY ITEMS (EXAMPLE)
Bulk Facility

Inventory Date: 1996-05-07
MBA: NNA2

KMP: B
Material description: GQJB

Item ID	Batch ID	Gross Weight (g)	Tare Weight (g)	Net Weight (g)	Percent Element	Uranium Weight (g)	Percent Enrichment	Material Category	Isotope Weight (g)	Location	Remarks
X01	1112583	25971	1503	24468	87.20	21336	2.9	E	619	1 S 10	
X02	1112583	25973	1504	24469	87.20	21337	2.9	E	619	1 S 10	
X03	1112583	25960	1500	24460	87.20	21337	2.9	E	619	1 S 10	
X04	1112583	25970	1502	24468	87.20	21336	2.9	E	619	1 S 10	
X05	1112583	25974	1505	24469	87.20	21337	2.9	E	619	1 S 10	
X06	1112583	25972	1504	24468	87.20	21336	2.9	E	619	1 S 10	
X07	1112583	25973	1503	24470	87.20	21338	2.9	E	619	1 S 10	
X08	1112583	25971	1501	24470	87.20	21338	2.9	E	619	1 S 10	
X09	1112583	25973	1503	24470	87.20	21338	2.9	E	619	1 S 10	
X10	1112583	25973	1504	24469	87.20	21337	2.9	E	619	1 S 10	
					Total U:	213370		U235:	6188		

Ten items

One batch, as listed in PIL

Element / isotope weights in PIL

表 8 存貨項目清單(LII)_2
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

Dry Canyon Power Station - List of Inventory Items											
Material balance area		NN-B									
Physical inventory taking		2015/08/20									
Location		Identification		Material	Uranium	Uranium			Nuclear	Irradiated Fuel	
KMP	Position	Item	Batch	Description	Element	Fissile	Plutonium	Nuclear Loss	Production	Burnup	Cooling
A	AB-17		IBL900	BV 1F	171991	5234					
A	AB-15		IBL968	BV 1F	171680	5215					
A	AC-11		IBL984	BV 1F	172193	5226					
A	AC-12		IBL985	BV 1F	172076	5217					
B	09-05		IBK770	BV 4F	172587	5253					
B	10-05		IBK781	BV 4F	172532	5250					
B	11-05		IBK782	BV 4F	172438	5251					
B	12-05		IBK783	BV 4F	172385	5251					
C	BA-09		IBF113	BV1G	178846	2080	1310	5374	1310	26541	0
C	AF-14		IBF118	BV1G	178264	1904	1386	5832	1386	26499	0

Each entry is a batch to be reported in the physical inventory listing

(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 12 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, PIL)、存量異動報告(Inventory Change Report, ICR)、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 13 所示。

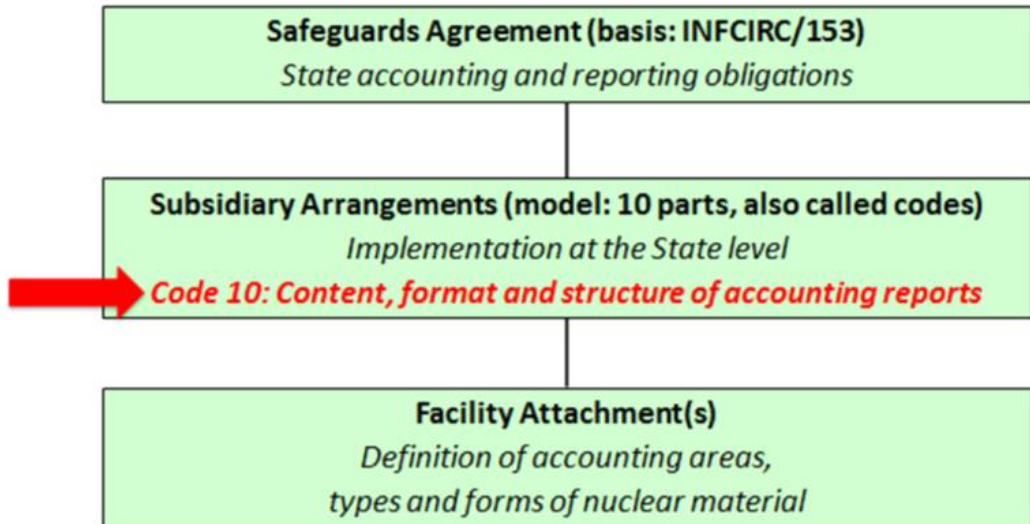


圖 12 INFCIRC/153、第10號規則、設施附屬文件間隸屬關係
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

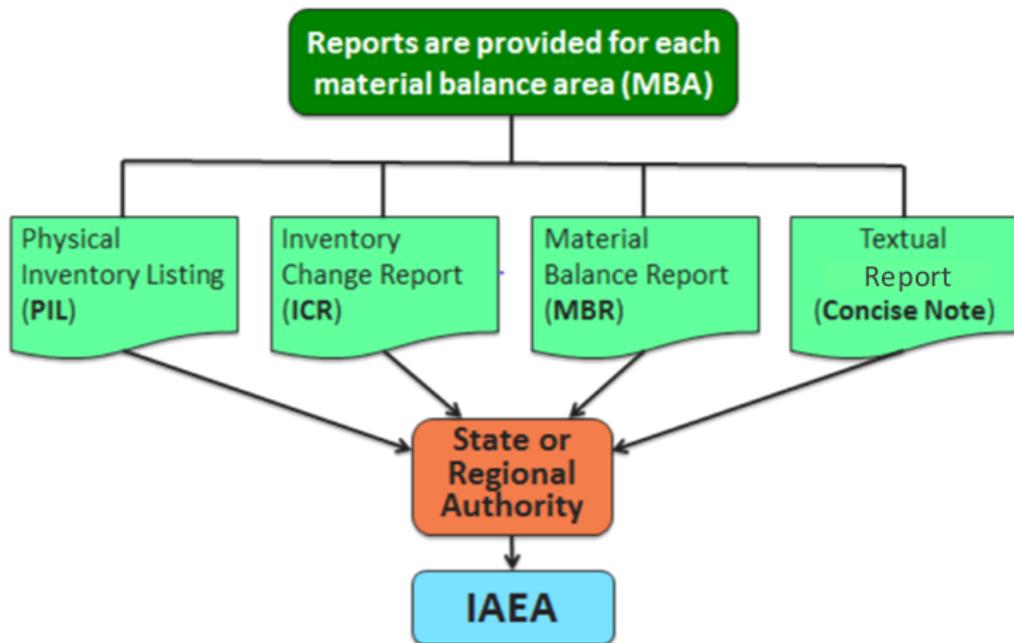


圖 13 第 10 號規則規定的文件報表提報架構
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

(4) 實體存貨驗證(Physical Inventory Taking, PIT)

實體存貨驗證之有數個目的，在於確認某特定 MBA 有多少物料、核物料管

控是否有效符合國際及國內之規範、用以比較帳面及實際存化之差異、驗證料帳系統之可靠度以及確認無物料遺失，其前後次之實體存貨驗證數據應符合圖 14。

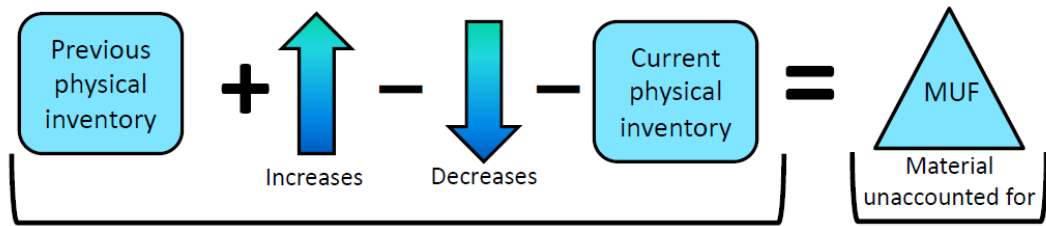


圖 14 前後次之實體存貨驗數據關係圖
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

(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) 核子保防之終結(Termination)、豁免(Exemption)或再應用(Re-application)

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

- 終結(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結之程序(如圖 15)，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，得進行終結程序(圖 16)。以上之程序均係按 CSA 架構下推動，惟

按 AP 規定，凡循 INFCIRC/153 第 11 項完成終結之中高階廢料(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 項規定，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 項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 項規定，某特定核物料低於一定數量者，亦可提起豁免，如圖 17。惟按補充議定書規定，凡循 INFCIRC/153 第 36 項及 37 項豁免者，仍需納入核子保防架構，進行提報。
- 再應用(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，均應提起再應用之程序，豁免之物料如需出口者，需提起再應用程序。

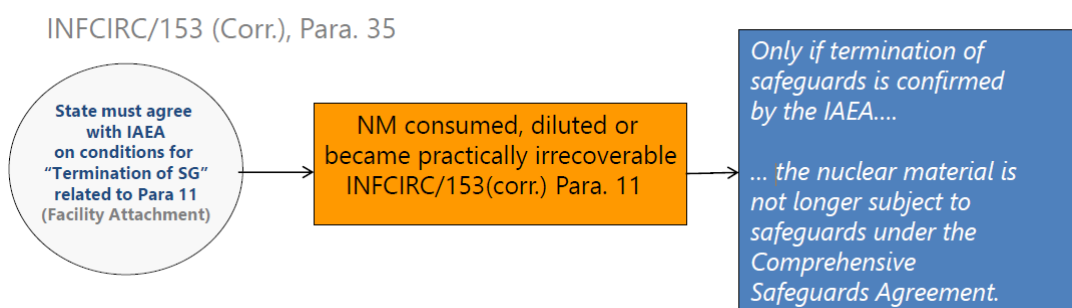


圖 15 依據 INFCIRC/153 之第 11 項條件進行終止程序
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

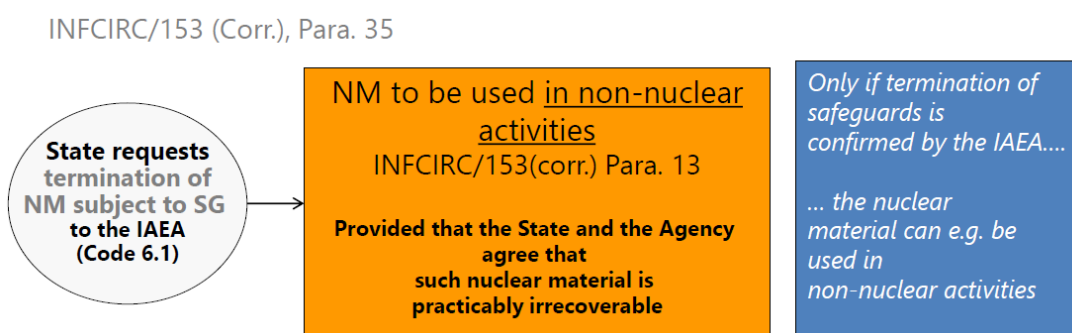


圖 16 依據 INFCIRC/153 之第 13 項條件進行終止程序
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

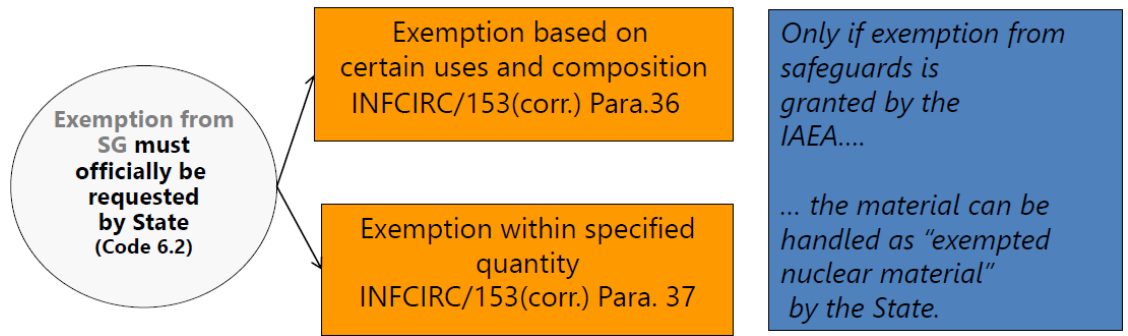


圖 17 依據 INFCIRC/153 豁免之情形

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

3. 單元 3-授權與協助國際原子能總署實地驗證活動的規定(Provision of Access and Support to IAEA in-field verification activities)

(1) 國際原子能總署驗證活動(IAEA Verification Activities)

相關驗證活動分成三類，分別是設計資訊驗證(Design Information Verification, DIV)、檢查(Inspection)及補足性進入檢查(Complementary Access, CA)。

- 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 CA 之規範，國際原子能總署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 CA 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宣告之核物料。典型之檢查包含非破壞性檢測(Non-Destructive Assay measurement, NDA)、圍阻監視及封緘(Containment & Surveillance, C&S)、環境取樣(Environmental Sampling, ES)等，如圖 18 至圖 20。

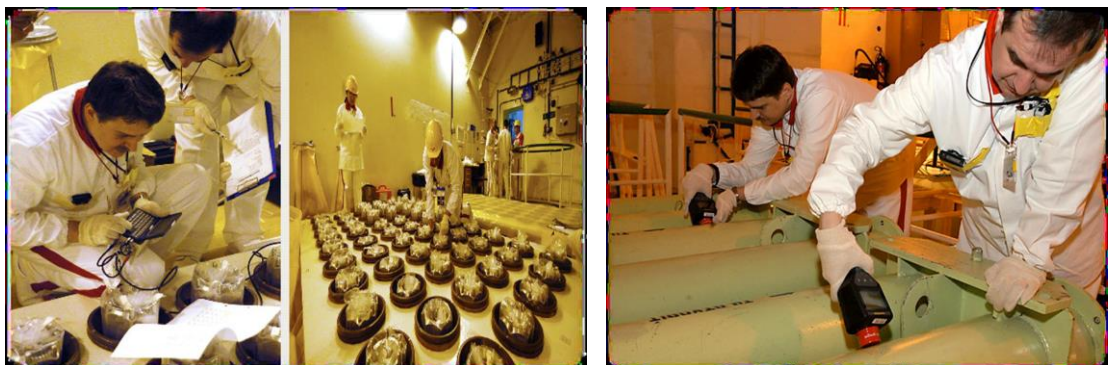


圖 18 非破壞性檢測(NDA)

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)



圖 19 監視及封緘(C&S)

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)



圖 20 環境取樣

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

- 補足性進入檢查:基於 AP 之宣告內容，進行物料、位置及活動之確認。以確認未宣告之核子活動或物料、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. 單元 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)

補充議定書出現係為了彌補按 CSA 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宣告核物料及活動之能力，同時也提供國際原子能總署不存在未宣告物料及活動之保證。該內容定義於 INFCIRC/540 協議中，如圖 21。其中第 2 項規定應宣告之資訊，而第 3 項則規定提報之時機。

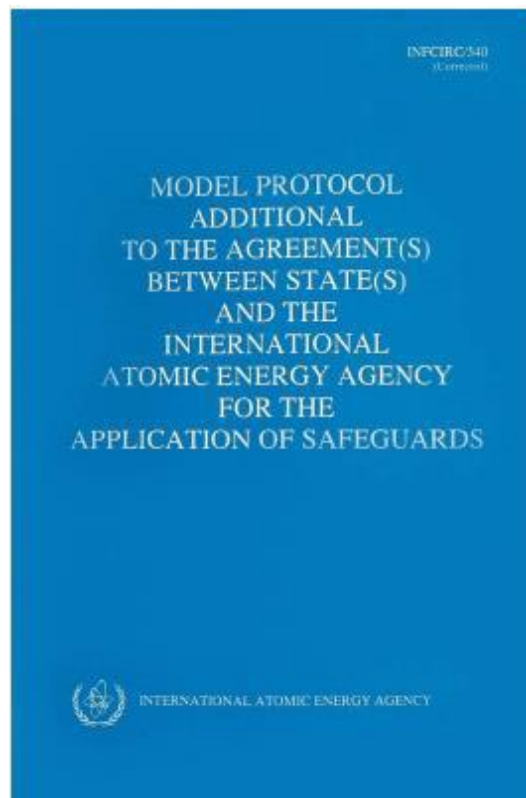


圖 21 INFCIRC/540 協議

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

補充議定書第 2 項規定主要包含 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)、電力反應器(Power Reactors)、研究用反應器及其關鍵設施(Research Reactors & Critical Installations)、重新處理(Reprocessing)及高階廢料(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，相關核燃料提報階段如圖 22。

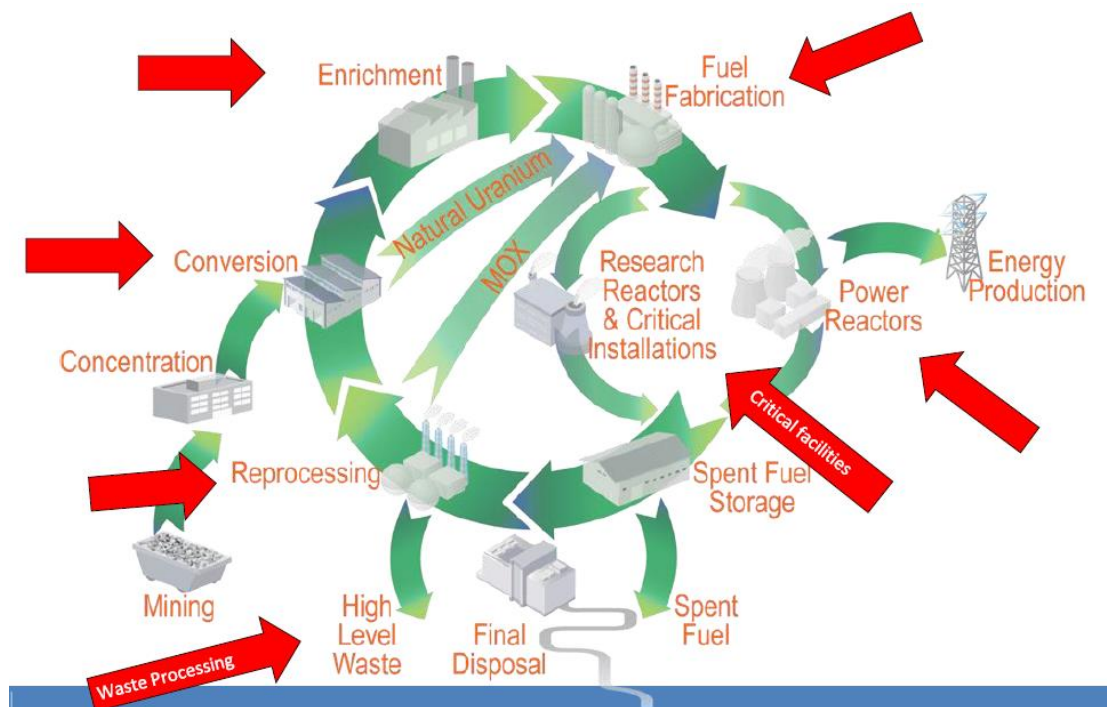


圖 22 補充議定書所需提報之核燃料階段

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

- 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，其活動習慣上係應用到核物料。
- 2.a.(iii): 具體提報每個場所(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需告場所。本規定係為了確保無未宣告之物料及活動存在於現有之場所及設施外地點。相關之表格範例及地圖如表 9 及圖 23。

表 9 場所提報範例

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

Example Declaration – Artificial Data

Name of State (or Party):	State		
Safeguards Agreement INFCIRC:	234	Protocol Article:	2.a.(iii)
Site Identification:	Municipal Hospital (MH)		
Declaration number:	1	Declaration Date:	2014-05-10
Declaration period:	As of 2014-03-20		
Comment:	See attached map for locations of buildings in MH		

Entry	Ref.	Facility/LOF Code	Building	General Description, Including Use and Contents	Comments
1		SMH-	MH-01	Main Hospital, five floors, 1200 m ² each. Contains uranyl acetate contrast stain in the electron microscopy laboratory on the fourth floor.	
2			MH-02	Cancer Treatment Center, one floor, 1800 m ² . Contains telemetry machine with depleted uranium, three collimators with depleted uranium, and one after-loading device with depleted uranium.	

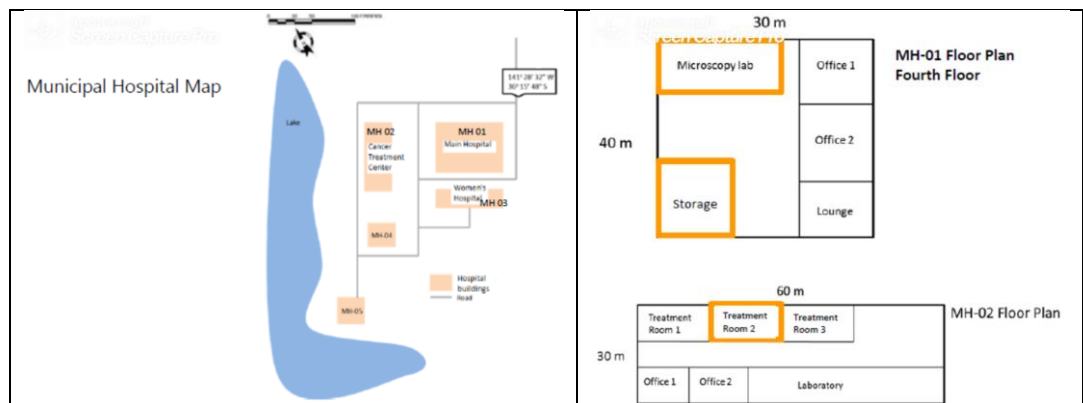


圖 23 場所地圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

- 2.a.(iv): 宣告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，作為是否有設施未宣告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，需提報至國際原子能總署，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 項豁免之核物料，應提報其數量、用途及核物料之位置;依據 INFCIRC/153 第 36(b)項豁免之各位置核物料，其數量超過第 37 項規定者，應提報其估計數量。
- 2.a.(viii):依據 INFCIRC/153 第 11 項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 7 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。

出口國家需特別提出相關清單，而進口國家如被要求提供資訊認證，亦須提報，如表 10。

表 10 出口提報範例
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

Example
Format of declaration for Article 2.a.(ix)(a) and (b) (confirmation of imports per IAEA request)

Name of State (or Party): Ruritania

Safeguards Agreement INFCIRC: 000 Protocol Article: 2.a.(ix)

Declaration number: 12 Declaration Date: 2002-02-28

Declaration period: 2001-10-01 through 2001-12-31

Comment: Part (b) — Imports: confirmation of import as per IAEA request SG-2001-29

Part (a) — Exports

Entry	Ref	Annex II Paragraph	Identity of Specific Item(s)	Quantity (no. or wt.)	Location of Intended Use	Export Date	Comments
1		2.2	Nuclear grade graphite, less than 4 ppm boron equivalent, 1.63 g/cm ³ density, produced by United Carbon, Inc, 44 South Place, R-2287 Centerville, Ruritania	21 tonnes	Western Reactor Products, 401 East Columbia Street, EX-220, Carbondale, Exportania	2001-11-20	

Part (b) — Imports

Entry	Ref	Annex II Paragraph	Identity of Specific Item(s)	Quantity (no. or wt.)	Location of Intended Use	Import Date	Comments
2	4-1	1.4	PWR control rods. Manufactured by Global Fuels Ltd, 25 London Street, Gorgon, Industrialia. Rod numbers RBA-CR-1 to RBA-CR-24	24 rods	RBA PWR (on site RBA)	2001-11-01	

- 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。
 - 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)、重新處理(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):如被國家原子能總署要求，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 類項目主要係應國際原子能總署之要求，由國家就提報之項目進行釋明及澄清。

補充議定書之第 3 項定義宣告時機，可分成 3 種情形，分別是初始宣告(Initial Declarations)、年度宣告更新(Annual updates)以及每季之出口宣告(Quarterly declarations on exports)。

- 初始宣告(Initial Declarations):補充議定書生效日起之 180 日內完成提報作業。
- 年度宣告更新(Annual updates):每年 5 月 15 日前提報上一年之相關資料。
- 每季之出口宣告(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。

結合補充議定書第 2 條及第 3 條，得到各提報項目之內容及期程，如表 11。

表 11 補充議定書提報之內容及期程
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

OVERVIEW – ARTICLES 2 AND 3 OF THE ADDITIONAL PROTOCOL

Article 3 of INFCIRC/540			Timeliness							
			Within 180 days of entry into force of AP	By 15 May of each year covering previous year	By 15 May of each year covering previous year	180 days before further processing, and by 15 May of each year	60 days before the end of each quarter	Country and IAEA shall agree on timing and frequency	Within 60 days of IAEA's request	
3.a.	3.b.	3.c.	3.e.	3.d.	3.f.	3.g.				
Article 2 of INFCIRC/540	Sub-Article	Required information	Declarations							Comments
			Initial	Annual	Quarterly	Info identified by IAEA	Only on request of IAEA	Only on request of IAEA		
2. a.(i)		NFC R&D Activities not involving NM – authorized or controlled by government	x	x						theoretical or basic scientific R&D not included
2.a.(ii)		Operational Activities at Facilities and LOFs where NM is customarily used					x			on the basis of expected gains in effectiveness and efficiency
2.a.(iii)		Buildings on sites	x	x						use, contents, approx. size, map required
2.a.(iv)		Scale of operations of each location – Annex I Activities	x	x						
2.a.(v)		Mines and Concentration Plants	x	x						location, operational status, estimated prod. capacity
2.a.(vi)	(a)	Source Material –	x	x						quantities, chemical comp., use or intended use
	(b)	Exports of Source Material			x					
	(c)	Imports of Source Material			x					
2.a.(vii)	(a)	Exempted NM – Quantity	x	x						complements par.37/INFCIRC153
	(b)	Exempted NM – Use								complements par.36(b)/INFCIRC153
2.a.(viii)		Intermediate and High-Level Waste					x			
2.a.(ix)	(a)	Exports – Specified Equipment and NN-Material specified in Annex II					x			
	(b)	Imports – Specified Equipment and NN-Material specified in Annex II						x		
2.a.(x)		NFC plans – 10 year period	x	x						
2.b.(i)		NFC R&D Activities not involving NM – NOT authorized or controlled by government	x	x						State shall make every reasonable effort to provide information
2.b.(ii)		Activities identified by the IAEA							x	State shall make every reasonable effort to provide information
2.c.		Amplifications and Clarifications							x	

created by J. Idinger

(2) 全面核子保防協定(CSA)與補充議定書(AP)間的關係(Relationship between CSA and AP)

INFCIRC/153 之簽定係為使國際原子能總署能夠獲得 2 種資訊，分別是符合核子保防協議之核物料以及相關之設施特徵 (設計資訊)，然前揭資訊不足以提供完整之資訊，乃藉由 INFCIRC/540 補充額外資訊。其兩者之差異，如表 12。

表 12 CSA 及 AP 之差異

項次	INFCIRC/153 不足之處	INFCIRC/540 補充之處
1	無須提報鈾礦及其相關處理活動，缺乏進入核燃料循環之	依據 INFCIRC/540 2.a.(v)項規定，應宣告鈾礦及其濃縮廠暨鈾濃縮廠之地

	物料數量及品質資訊。	點及估計年生產量。
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. 任何包含鈾或鈾之物料，不符合 34(C)項者，如以核能用途輸出非核武國家時，需提報數量、組成物及目的地。 2. 從任何國家以核用途輸入上開物料者，以需提報。 3. 上開資訊缺乏不符合 34(C)項者持有、以非核能用途輸出/輸入之資訊。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 凡持有不符合 34(C)項者，應提報數量、組成物。 2. 凡以非核能用途輸出，但不符合 34(C)項者，應提報數量、組成物及目的地。 3. 凡以非核能用途輸入，但不符合 34(C)項者，應提報數量、組成物及目的地。
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. 符合特定條件之核物料，可以終止或豁免。 2. 上開作法缺乏豁免物料之資訊，尤其是去用於未宣告之活動時。 3. 上開作法亦缺乏終止物料之資訊，尤其是可用以分離並用於未宣告活動之高階含可分裂物料者。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依據 INFCRIC/540 2.a.(vii)項規定，針對特定豁免物料，應提報數量、用途及位置之資訊。 2. 依據 INFCRIC/540 2.a.(viii)項規定，針對特定豁免物料，應提報含鈾、HEU 及鈾 233 之中、高階核廢料之地點及處理情形資訊。
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供設計資訊，包含存在之設施，以及新設施。 2. 提供設施外之核物料資訊，包含核物料用途、使用者名稱及地點、存在或提出之核物料管控程序(包含組職職責)。 3. INFCRIC/153 僅提供設施之定義，並無設施外地點之定義。無要求提供與設施及設施外地點共存之設置(用於基本服務)，包含熱室、治療設施、儲存及廢料處置。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設施外地點係指任何使用核物料數量為 1 有效公斤數或是更少之設置或地點，而非設施。 2. 場址係指使用核物料之設施或是設施外地點之區域，包含與設施或設施外地點共用之設置(用於基本服務)，包含熱室、治療設施、儲存及廢料處置。 3. 依據 INFCRIC/540 2.a.(iii)項規定，簽署國應提供每個場址上之每棟建築物之一般性描述資訊，包含場址之地圖。
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. INFCRIC/153 無法反映簽署國實際及未來之核子能力，包含不含核物料之核子研究及發展之資訊、沒有未來計畫之資訊、沒有敏感核子設備之 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依據 INFCRIC/540 2.a.(i)及 2.b.(i)項規定，簽署國應提供不包含核物料之有關核燃料循環研究發展活動之一般性描述及地點資訊。 2. 依據 INFCRIC/540 2.a.(x)項規定，簽署國應提供接下來十年間核燃

	製造資訊(鈾生產、濃縮、再處理)。	料循環發展之一般規劃(包含已規劃之核燃料循環研究發展活動)。 3. 依據 INFCRIC/540 2.a.(iv)項規定，對於每個製造特定項目活動之地點，提供作業活動規模之一般性描述。
6	1. INFCRIC/153 無法獲得特定核設施設備及設計用來核能使用及使用在核能工業上之非核物料相關輸出/輸入資訊。 2. 無法確定上開設備僅用於和平用途上。	1. 依據 INFCRIC/540 2.a.(ix)(a)項規定，針對特定設備及核物料出口時，應提供接受國類別、數量及延伸使用之地點，及應提供出口日期或期望日期。 2. 依據 INFCRIC/540 2.a.(ix)(b)項規定，一旦國際原子能總署要求，進口國應提供相關資訊。

5. 單元 5-核能設施設計資訊(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))

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(MBA)及關鍵量測點(KMP)、建立核子保防方法論、準備 Subsidiary Arrangements(Facility Attachment)。設計資訊依據時間先後順序，可分成設計資訊調查表(Design Information Questionnaire, DIQ)、設計資訊解釋(Design Information Examination, DIE)及設計資訊驗證(Design Information Verification, DIV)等三類。以下將就各類分別介紹。

設計資訊調查表(Design Information Questionnaire, DIQ):以問卷方式將設計資訊提報至國際原子能總署，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，部分相關表格如表 13。

表 13 設計資訊調查表
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管轄系統活動書面內容)

ALL FACILITIES			
GENERAL INFORMATION			
1. NAME OF THE FACILITY (no. usual abbreviation)			
2. LOCATION AND POSTAL ADDRESS			
3. OWNER (legally responsible)			
4. OPERATOR (legally responsible)			
5. DESCRIPTION (main features only)			
6. PURPOSE			
7. STATUS (planned; under construction; in operation)			
8. CONSTRUCTION SCHEDULE DATES (if not in operation)	Start of Construction	Commissioning	Operation
9. NORMAL OPERATING MODE (days only, two shift, three shift, number of days/annum, etc)			
10. FACILITY LAYOUT (structural containment, fences, access, nuclear material storage areas, laboratories, waste disposal areas, routes followed by nuclear material, experimental and test areas, etc)			
11. SITE LAYOUT (site plan showing in sufficient detail, location, premises and perimeter of facility, other buildings, roads, railways, rivers, etc)			
12. NAMES AND/OR TITLE AND ADDRESS OF RESPONSIBLE OFFICERS (for nuclear material accountability and control and contact with the Agency, if possible attach organization charts showing position of officers)			

GENERAL REACTOR DATA	
13. FACILITY DESCRIPTION	
14. RATED THERMAL OUTPUT, ELECTRICITY OUTPUT (for power reactors)	
15. NUMBER OF UNITS (REACTORS) AND THEIR LAYOUT IN THE NUCLEAR POWER PLANT	
16. REACTOR TYPE	
17. TYPE OF REFUELING (on or off load)	
18. CORE ENRICHMENT RANGE AND PU CONCENTRATION (at equilibrium for on-load reactors, initial and final for off-load reactors)	
19. MODERATOR	
20. COOLANT	
21. BLANKET, REFLECTOR	

NUCLEAR MATERIAL DESCRIPTION	
25. REACTOR ASSEMBLIES ¹ (indicate for each type) - types of assemblies; - number of fuel assemblies, control and shim assemblies, experimental assemblies in the core, in blanket zones; - number and types of fuel rods/elements - - average enrichment and/or Pu content per assembly; - general structure; - geometric form; - dimensions; - cladding material	
27. DESCRIPTION OF FRESH FUEL ELEMENTS - physical and chemical form of fuel; - nuclear material and fissionable material and its quantity (with design tolerances); - enrichment and/or Pu content; - geometric form; - dimensions; - number of fuel pellets per element; - composition of alloy; - cladding material (thickness, composition of material, bonding)	

NUCLEAR MATERIAL DESCRIPTION	
32. OTHER NUCLEAR MATERIAL IN THE FACILITY (each separately identified)	
NUCLEAR MATERIAL FLOW	
33. SCHEMATIC FLOW SHEET FOR NUCLEAR MATERIAL (identifying measurement points, accountability areas, inventory locations, etc)	

¹ Assembly is the combination of elements or handling units such as cluster or bundle
² Elements is the smallest contained fuel unit

- 設計資訊解釋(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。
- 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. 單元 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)項中則明定，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、燃料再處理廠/鈾濃縮廠/鈾轉化廠及專用設計或製備(Especially Designed or Prepared, EDP)之設備。

(2) 輸出輸入報告(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 類補充議定書宣告(AP Declaration)，以下將分別討論，如圖 24。

- 進階通知(Advance Notification):凡符合 IFCIRC/153 第 34(c)項定義之物料，在連續 3 個月內出口或進口 1 有效公斤數(effective kg)者，均應提報至國際原子能總署。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 IFCIRC/153 第 34(c)項定義，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，均應提報至國際原子能總署。
- 議定書宣告(AP Declaration)1:凡原物料(Source Material)不符 34(c)項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。
- 議定書宣告(AP Declaration)2:凡輸出特定設備或特定非核物料者，均應提報。

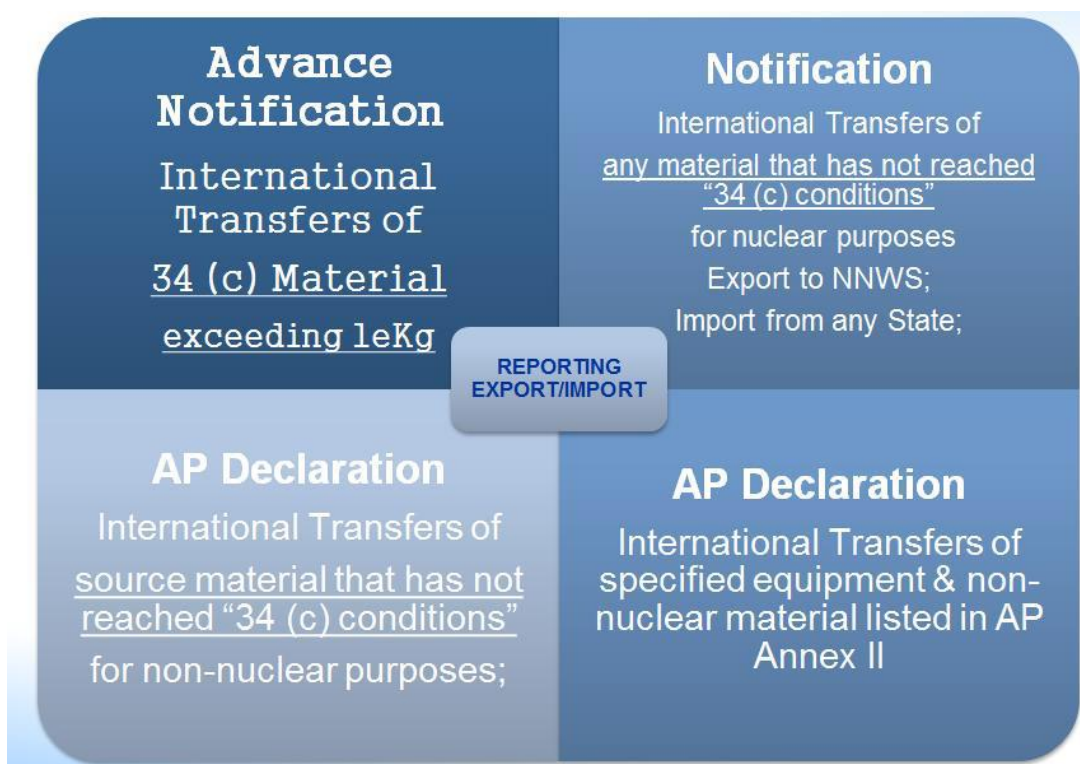


圖 24 四種進出口應提報情形
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

7. 單元 7-核子保防概念及實務(Safeguards Concepts and Practices)

(1) 國家評估與核子保防推論(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國際原子能總署，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，使國際原子能總署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(如圖 25)、因場內活動所須提交之資訊(如圖 26)以及其他資訊(如圖 27 及圖 28)，包含透過國際原子能總署資料庫、開放來源以及第三方團體取得，如。當獲得充分之資訊後，國際原子能總署就能分析結果，獲得結論(如圖 29)。

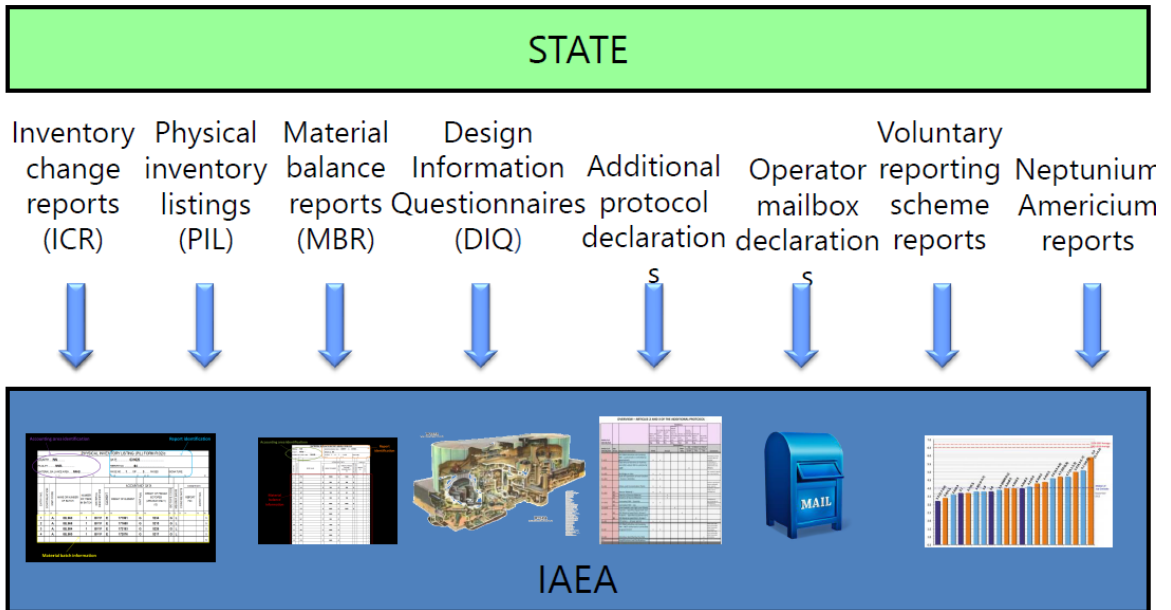


圖 25 簽署國宣告應提報給國際原子能總署之資料
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

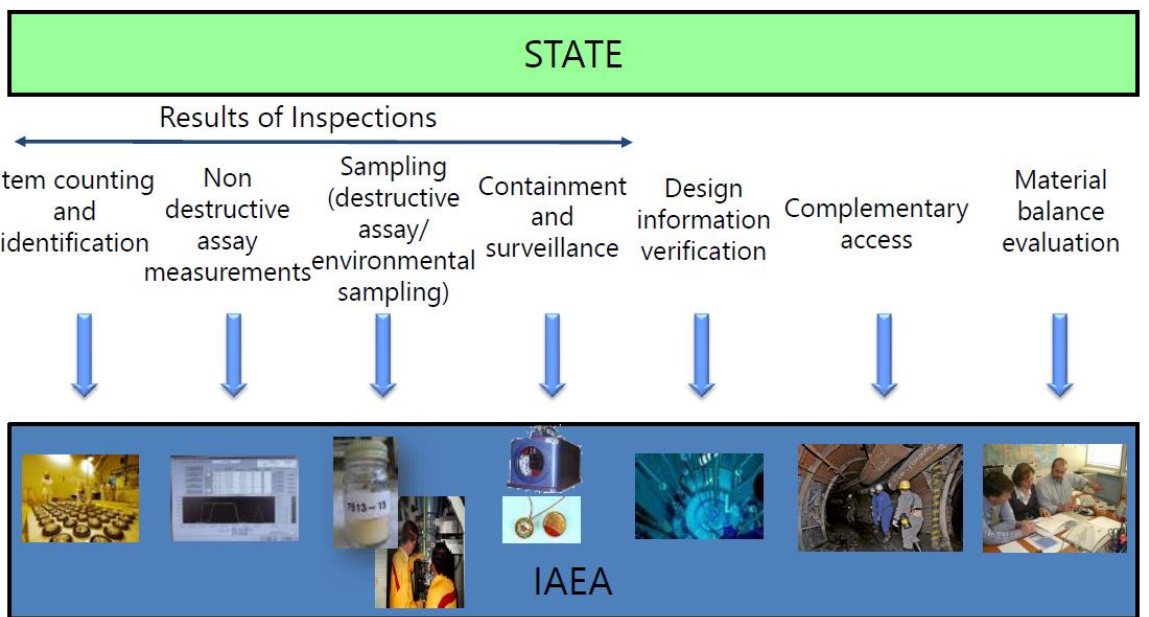


圖 26 簽署國場內檢查應提報給國際原子能總署之資料
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

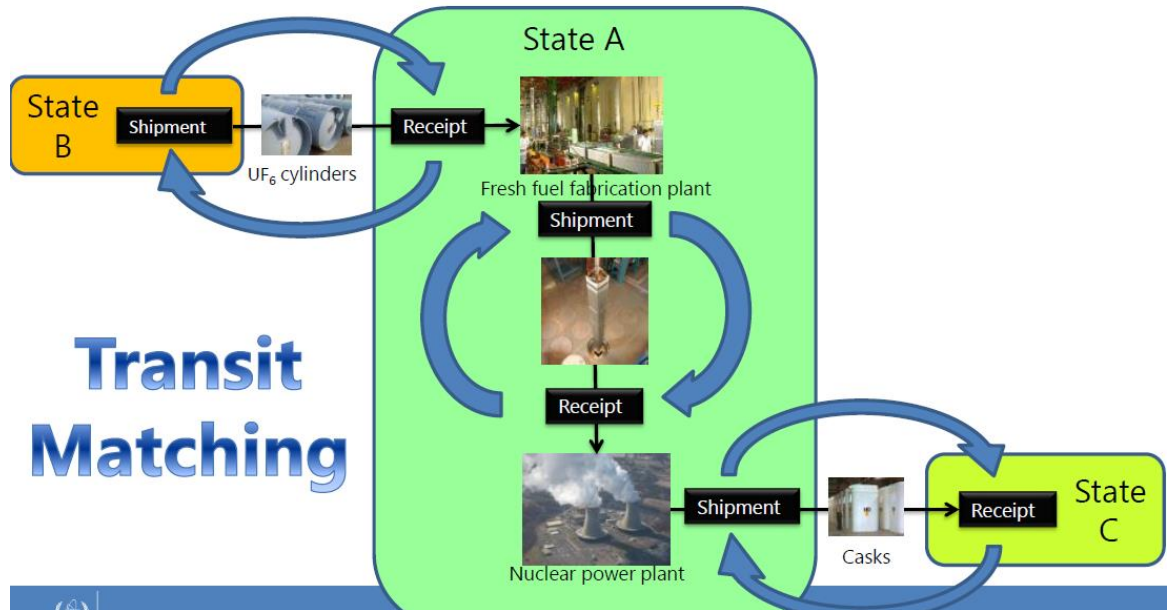


圖 27 簽署國處理核物料應提報給國際原子能總署之資料
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)



圖 28 常見之獲得資料
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

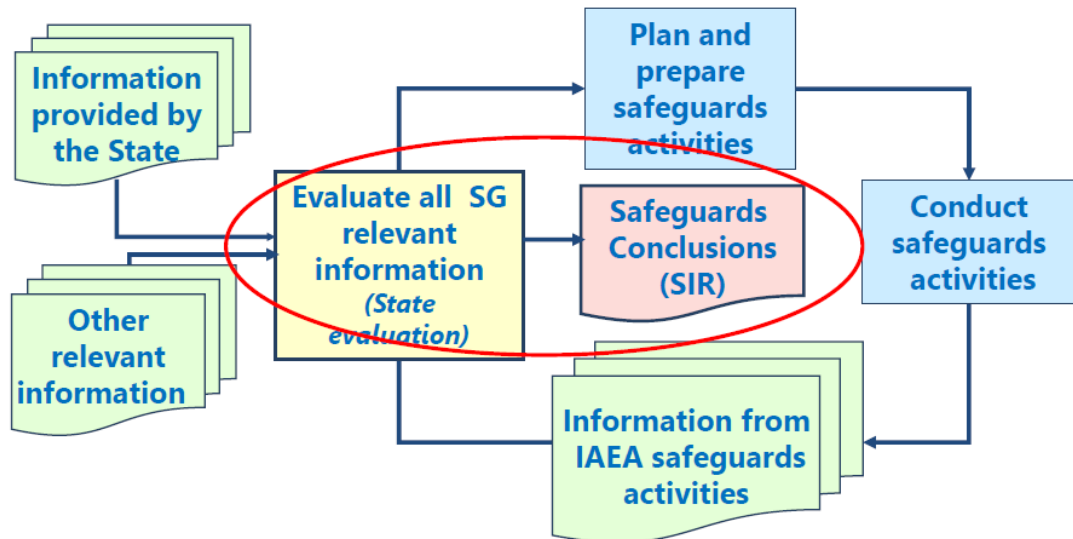


圖 29 國際原子能總署透過資訊評估結果之過程
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

8. 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)

(1) 國家級核物料料帳管控系統於執行國際原子能總署核子保防中所擔任之角色 (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 30 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。

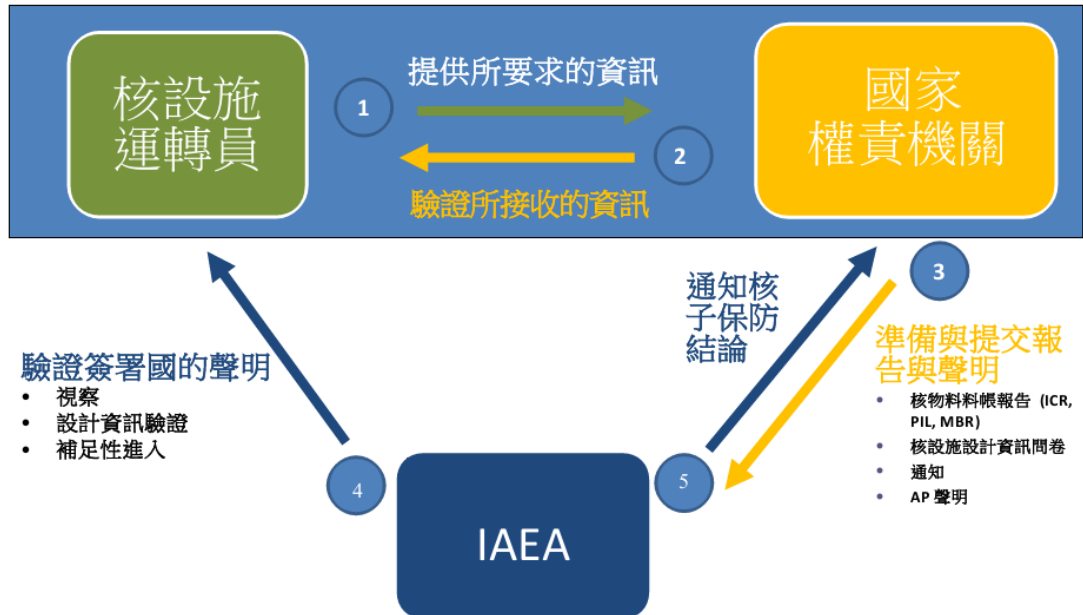


圖 30 設施運轉員、國家權責機關、及 IAEA 間有關執行核子保防的關係
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

(2) 國家級核物料料帳管控系統過程中所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與補充議定書下所需提報之資料，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核物料資訊
- 小物料協定(Revised SQP)
 - 全部核物料之初始報告
 - 設施外地點資訊

- 國際間之核子物料移動以及依據 INFCIRC/153 協定之 34(c)項規定之核物料輸出/輸入資料
- 補充議定書(AP)
 - 場所宣告
 - 補充議定書規範下之特定輸出/輸入項目
 - 不含核物料之核燃料循環相關研究及發展活動
 - 鈾礦及鈾、鈇濃縮廠
 - 原物料之持有
 - 補充議定書規範下之特定製造活動
- 其他資訊

相關資訊獲得可透過權責機關(SRA)建置於核子保防下之發證制度以及其他部會相關發證制度，如圖 31。

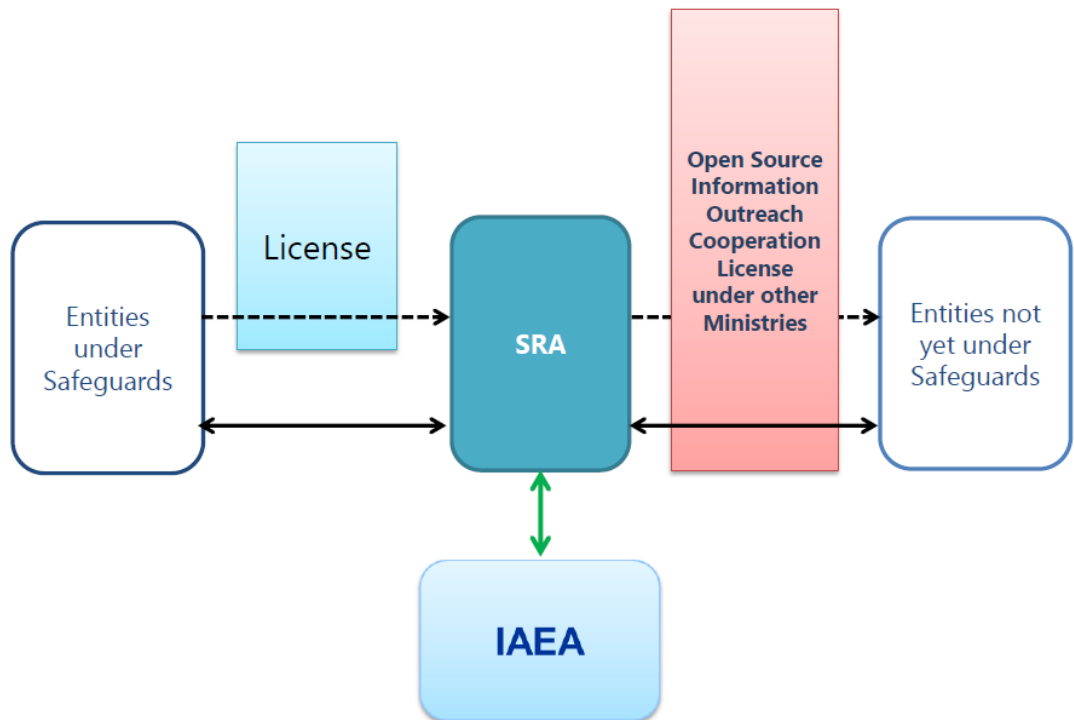


圖 31 權責機關(SRA)與其他部會之合作
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

此外，現有建置之制度不一定可以完整獲得所有相關資訊，爰需經常做查明之作業，透過證照資料庫、輸出/輸入資料、國際原子能總署資料庫以及其他開源資料來源，方可使資料完整性大幅提升。

(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) 國內檢查簡介(Introduction to Domestic Inspections)

執行國內檢查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國際原子能總署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。

(五) 設施參訪(Facility tour)

1. 石墨反應器(Graphite Reactor)

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，如圖 32。

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 32 橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器廠址
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

2. 超級電腦 Titan 與 Summit(Supercomputer Center)

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)的超級電腦 Titan 係由克雷公司所承建(如圖 35)，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 33 超級電腦 Titan

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

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(如圖 34)，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 34 超級電腦 Summit

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

3. 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)是美國最大之研究用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，利用使用後燃料池，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圖如圖 35 及圖 36。

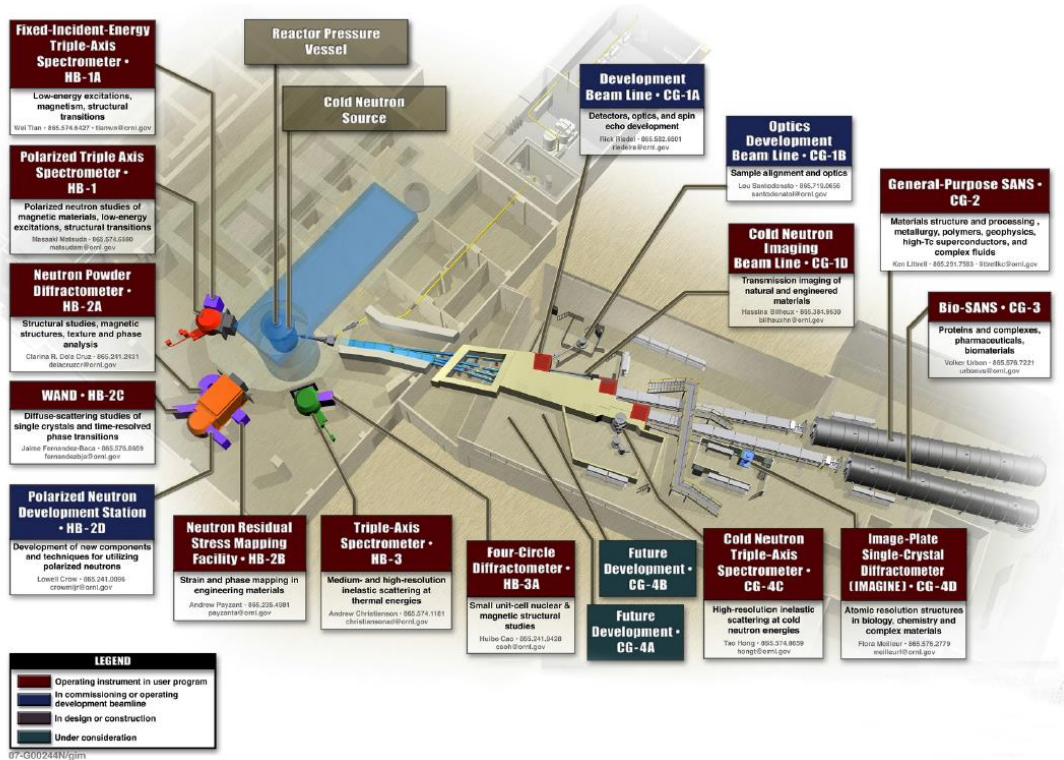


圖 35 設施平面圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)



圖 36 反應器內部及其實物圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

三、心得

- (一) 本次參加國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Materials, SSAC)活動，最大收穫在於了解會員國提報國際原子能總署核子保防資料之依據，係來自全面保防協定(CSA)，其編號為 INFCIRC/153 及補充議定書(AP)，其編號為 INFCIRC/540。經查證本國曾於 1972 年 4 月 4 日簽署效力等同 INFCIRC/153 之 INFCIRC/158，加上曾於 1999 年簽署 INFCIRC/540，故本國目前對國際原子能總署提報之程序完全等同於會員國適用程序。
- (二) 在國家級核物料料帳管控系統中，需有官方專責單位(SRA)擔任管控角色，故其配置人力資源多寡，會影響到執行之效力。此外，一個完善之資訊管理系統對於核子保防業務推動效率是極具效益，綜觀國外國家實驗室及國際原子能總署皆積極配置人力並發展相關軟體及系統，以簡化核子保防業務複雜度之作法，部分國家業已逐步納入資訊管理系統，以提昇執行效率，相關執行現況，足可資本國借鏡。
- (三) 經觀察他國現況，發現各國核子保防制度發展已趨成熟，且多應用於現存之研究用反應器。反觀台灣發展現況，除尚留有核電廠設施外，其餘研究用反應器均已不復存在，顯現出台灣對於核子技術之學術、醫療及工業發展現況，將可能隨著時間逐步落後他國研究發展現況。

四、建議事項

- (一) **積極送派人員參與核子保防相關活動**: 考量本國業與國際原子能總署、美國簽署相關核子保防協定，須依其規定辦理資料提報、配合巡查、建立相關管制制度。為使核子保防之架構順利運作，如何保有相關保防知識之管理人材即成為重要關鍵，其中參加有系統之培訓過程係成為一個快速上手之重點。本次參加之國家級核物料料帳管控系統即屬相關知識之培訓課程，以系統性介紹核子保防、全面保防協定、補充議定書等相關議題，如能賡續將人員送往受訓，相信對提升國家核子保防意識，乃至建置相關制度，均有一定之影響，爰建議積極派送人員參與相關活動，無論是由國外單位舉辦，亦或邀請國際原子能總署派員蒞台進行相關活動交流，均得提昇人員有關核子保防之素質。
- (二) **撰寫核子保防實作經驗及相關知識傳承文件**: 本所目前接觸核子保防相關業務之人數逐年減少，相關實作經驗已出現傳承上青黃不接之現象。綜觀目前接觸之相關核子保防文件資料，尚未出現以整體系統觀點出發所撰寫之文件、操作手冊或是檢核文件。為使本所同仁能有初步易上手之相關文件得參考，爰建議未來著手整理現有文件，俟完整檢視後，將其結合核子保防知識，以整體觀點整併成一套有順序之使用文件或參考資料。
- (三) **提供有關核子保防資料電子化可行性評估**: 經歷本次活動介紹，得知國際原子能總署目前已發展 Quality Control Verification Software(QCVS)，本套軟體之功用係透過使用者介面之轉換，得以將文字檔或是 excel 檔案經由相關功能，做 ICR、PIL 及 MBR 相關 code10 編碼之檢視及校正，輸出國際原子能總署所需之文字格式，以符合需要，如圖 37。

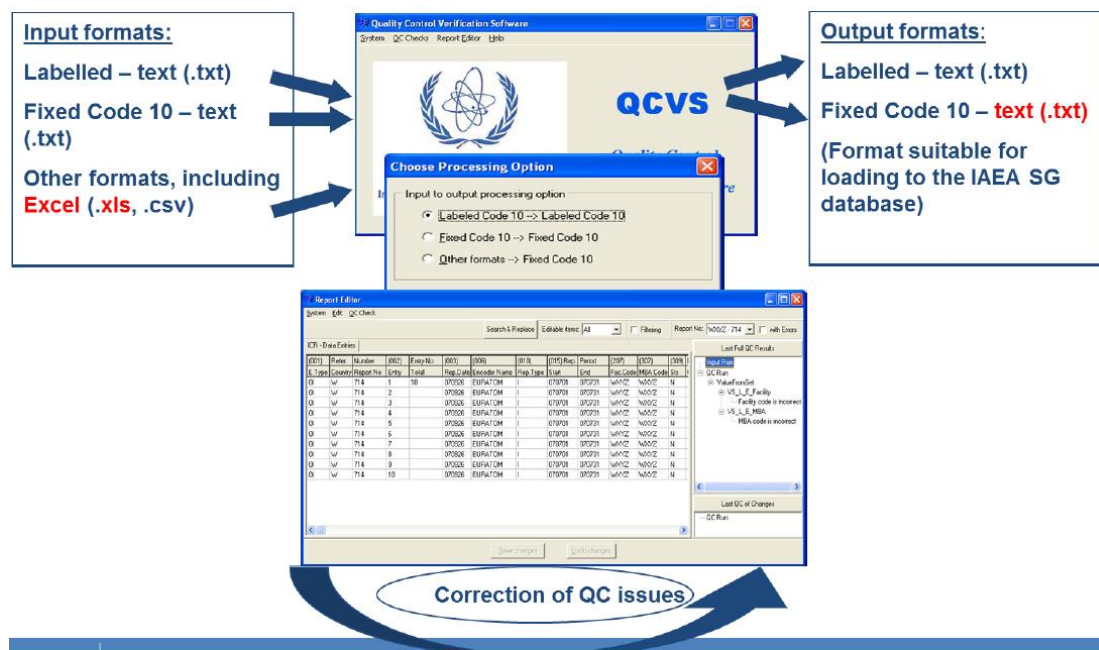


圖 37 QCVS 操作示意圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

除了 QCVS 外，國際原子能總署亦於 2016 年發展 Protocol Report 3.0，協助各簽署國監管單位得以透過相關功能，收集所管理單位之相關應提報 AP 資料，經整併後提交至國際原子能總署，如圖 38。

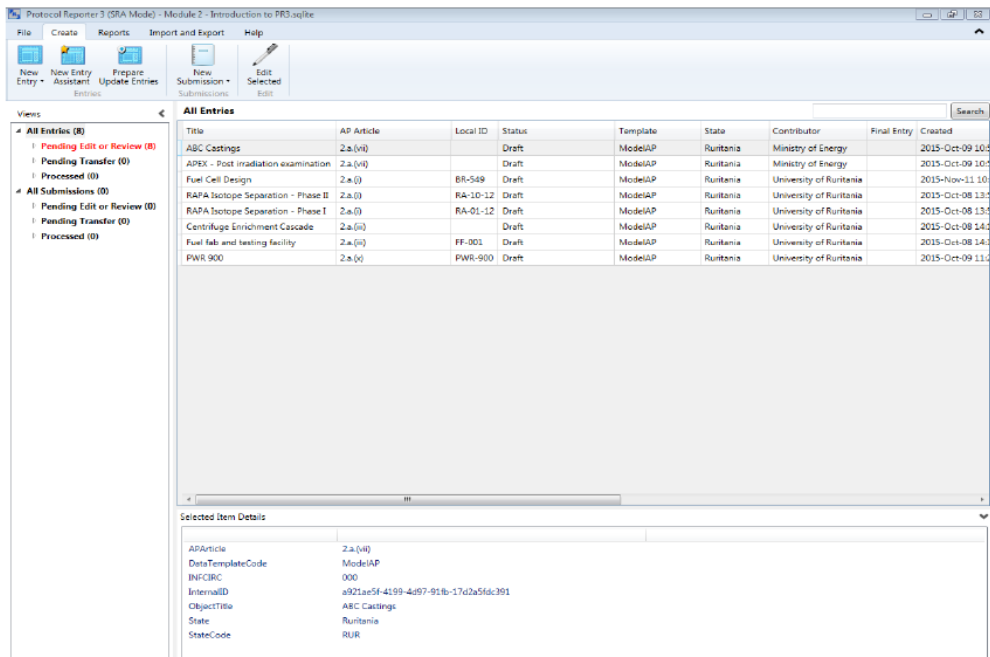


圖 38 Protocol Report 3.0 操作示意圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

其次，DOE AP Declaration Helper 則由美國國家能源部所發展之軟體，分成網頁界面操作方式或是單機使用兩種分類，其功能係內建相關之判定原則，以協助各簽署國得以判定哪些活動，需經由補充議定書方式提報給國際原子能總署，如圖 39 及圖 40。

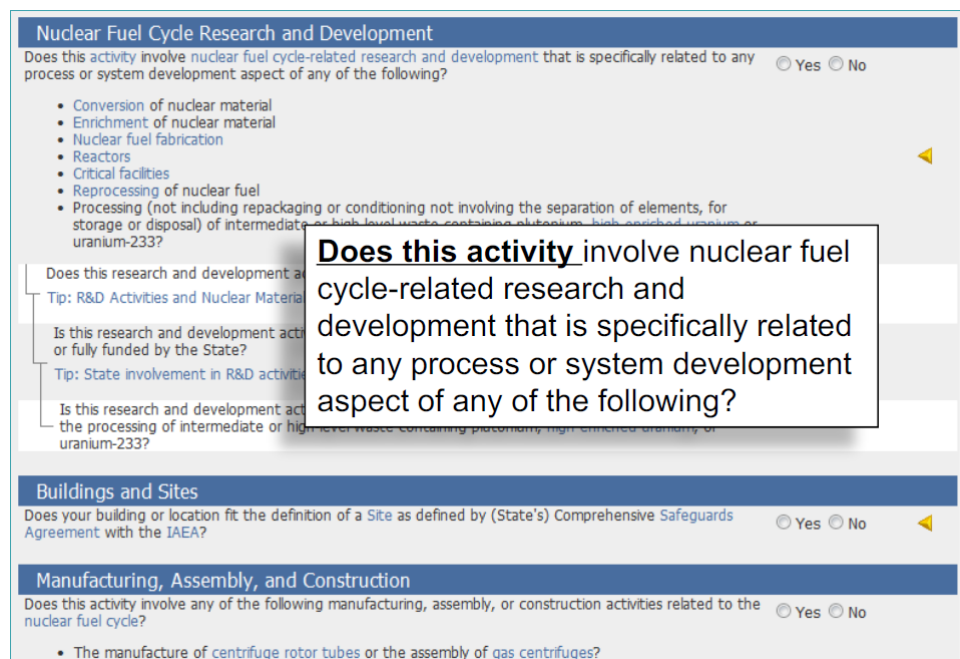


圖 39 DOE AP Declaration Helper 單一活動判定示意圖

(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

圖 40 DOE AP Declaration Helper 多重活動判定示意圖
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

最後國際原子能總署亦發展網路使用者介面(Sate Declarations Portal)，使簽署國得以採線上提報相關核物料料帳(例如 ICR、PIL 及 MBR)及 AP 等資料，得以簡化提報所需時間，無需採用書面方式提供資料。

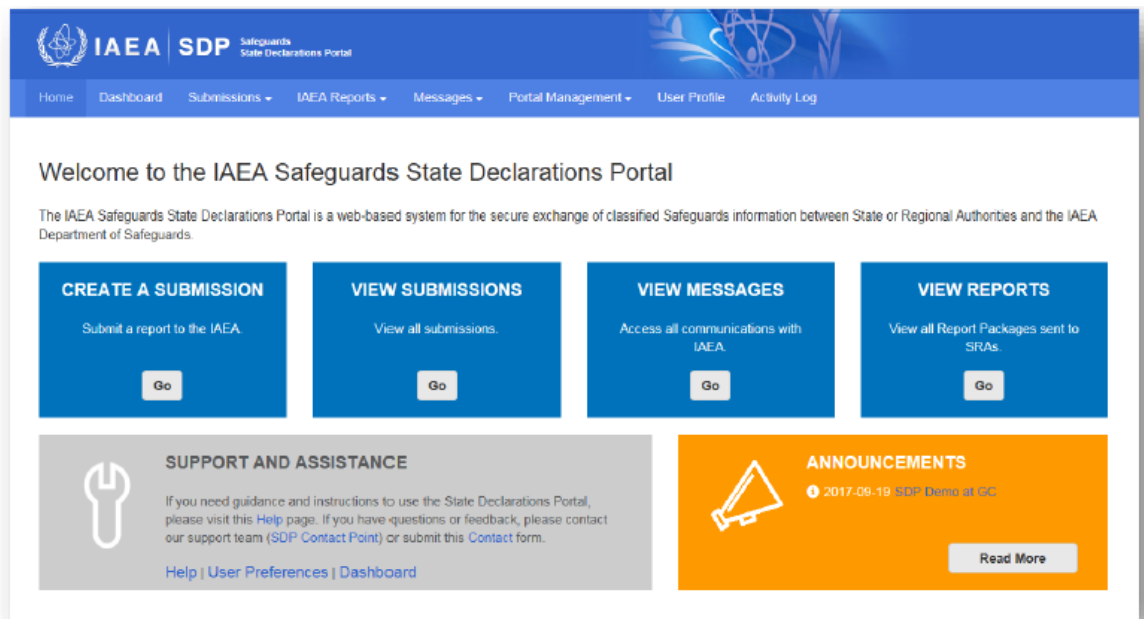


圖 41 Sate Declarations Portal 操作示意圖
(摘錄自 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動書面內容)

綜上觀來，本所尚未擁有如上開所示得簡化提報資料之相關電子系統，爰建議提供有關電子化發展方向或是採用相關軟體之可行性評估，得促使本所或監管單位得以發展或採行成熟軟體，簡化作業流程。

五、附 錄

(一) 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動議程

表 14 2019 年國家級核物料料帳管控系統活動議程

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 IAEA
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 Photograph	A. Braunegger- Guelich (IAEA)
10:10 – 10:25		<i>Break</i>	
	Module 1	Nuclear Non-Proliferation and International Safeguards	
10:25 – 10:35	1.1	<i>IAEA in Focus (Video)</i>	IAEA
10:35 – 11:20	1.2	The Nuclear Non-proliferation Regime and IAEA Safeguards	J. Cooley (US)
11:20 – 11:30	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 – 13:15		<i>Lunch</i>	
13:15 – 13:45	1.5	State Safeguards Infrastructure	G. Maksimovas (IAEA)
13:45 – 15:10	WS-A	<i>Workshop – A: CSA and AP – Part I</i>	A.Braunegger- Guelich/IAEA team
15:10 – 15:25		<i>Coffee Break</i>	
15:25 – 16:15	WS-A	<i>Continuation: CSA and AP – Part I</i>	A.Braunegger- Guelich/IAEA team
16:15 – 17:00	WS-A	<i>Group Presentations and Discussion</i>	A.Braunegger- Guelich/IAEA team
Tuesday, 2 April 2019			
08:00 – 08:10		Review Quiz	IAEA
08:10 – 08:25	MSE - 1	<i>Member State Experience Presentation by Participants (MSE) – National Legislative and Regulatory Framework for Safeguards – Viet Nam</i>	G. Vu Duc
08:25 – 09:30	WS-A	<i>CSA and AP – Part II (Neptune)</i>	A.Braunegger- Guelich/IAEA team
09:30 – 10:00	WS-A	<i>Group Presentations and Discussion</i>	A.Braunegger- Guelich/IAEA team

10:00 – 10:15		<i>Coffee Break</i>	
	Module 2	Nuclear Material Accounting and Control (NMA&C) and Reporting to the IAEA	
10:15 – 11:15	2.1	Concepts of IAEA Nuclear Material Accounting	G. Hirsch (ORNL)
11:15 – 12:00	WS-B	<i>Nuclear Material Accounting Structure at Facilities and LOFs</i>	IAEA team & US team
12:00 – 13:00		<i>Lunch</i>	
13:00 – 14:15	WS-B	<i>Continuation: Nuclear Material Accounting Structure at Facilities and LOFs</i>	IAEA team & US team
14:15 – 15:00	WS-B	<i>Group Presentations and Discussion</i>	IAEA team & US team
15:00 – 15:15		<i>Coffee Break</i>	
15:15 – 15:50	2.2	Facility Records	S. Richet (IAEA)
15:50 – 16:30	2.2a	Case Study: Facility Accounting Records	S. Richet
Wednesday, 3 April 2019			
08:00 – 08:10		Review Quiz	IAEA
08:10 – 09:00	2.3	Introduction to Code 10	G. Hirsch
09:00 – 10:30	WS-C	<i>Inventory Change Reports</i>	IAEA team & US team
10:30 – 10:45		<i>Coffee Break</i>	
10:45 – 11:30	WS-C	<i>Inventory Change Reports</i>	IAEA team & US team
11:30 – 12:00	2.4	Physical Inventory Taking (PIT)	M. Whitaker (ORNL)
12:00 – 13:00		<i>Lunch</i>	
13:00 – 14:30	WS-D	<i>Physical Inventory Listing</i>	IAEA team & US team
14:30 – 15:10	WS-E	<i>Material Balance Report</i>	IAEA team & US team
15:10 – 15:25		<i>Coffee Break</i>	
15:25 – 15:50	2.5	Modifications of State Reports (Corrections, Deletions, Additions), including case study	S. Richet
15:50 – 16:10	MSE-2	<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-Guelich
16:40 – 17:00	2.7	Quality Control Verification Software (QCVS) including demonstration	S. Richet
Thursday, 4 April 2019			
	Module 3	Provision of Access and Support to IAEA in-field verification activities	
08:00 – 08:45	3.1	IAEA Verification Activities	M. Derrough (IAEA)
08:45 – 09:00	3.2	Overview of In-field verification exercises	L. Scott (ORNL)
09:00 – 12:00 (with break)	3.3	<i>In-Field Verification Exercises (NDA, PIT, C/S, ES, Mock CA) Part 1</i>	c
12:00 – 13:00		<i>Lunch</i>	

13:00 – 16:30 (with Break)	3.4	<i>In-Field Verification Exercises (NDA, PIT, C/S, ES, Mock CA) Part 2</i>	IAEA team & US team
16:30 – 17:00	3.5	Safeguards Lab Exercises Wrap-up	L. Scott
Friday, 5 April 2019			
08:00 – 08:20	3.6	Discussion: Supporting IAEA In-field verification activities	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- Guelich
09:45 – 10:30	<i>WS-F</i>	<i>Additional Protocol Declarations</i>	IAEA team
10:30 – 10:45		<i>Coffee Break</i>	
10:45 – 12:15	<i>WS-F</i>	<i>Additional Protocol Declarations</i>	IAEA team
12:15 – 13:15		<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- Guelich
14:30 – 14:45	<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 (ORNL)
15:00 – 15:15		<i>Coffee Break</i>	
15:15 – 15:45	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 – 16:45	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 Verification (DIV)	M. Derrough
08:40 – 09:30	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 (ORNL)
10:45 – 11:00		Travel to the Facility	ALL
11:00 – 12:30	5.5	Technical Visit to the Facility	ALL
12:30 – 13:30		<i>Lunch</i>	
13:30 – 15:00	<i>WS-H</i>	<i>DIQ for the Reference Facility</i>	IAEA team/HFIR team
15:00 – 15:15		<i>Coffee Break</i>	
15:15 – 16:15	<i>WS-H</i>	<i>Continuation: DIQ for the Reference Facility</i>	IAEA team/HFIR team
16:15 – 17:00	<i>WS-H</i>	<i>Group Presentations and Discussion</i>	IAEA team/HFIR team
Tuesday, 9 April 2019			
08:00 – 08:10		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-Guelich
09:30 – 10:00	6.3	International Transfers - Scenarios	A. Braunegger-Guelich
10:00 – 10:15		<i>Coffee Break</i>	
	Module 7	Safeguards Concepts and Practices	
10:15 – 11:00	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 – 12:45		<i>Lunch</i>	
	Module 8	State System of Accounting for and Control of Nuclear Material (SSAC)	
12:45 – 13:30	8.1	Role of an SSAC in Implementing IAEA Safeguards	A. Braunegger-Guelich
13:30 – 14:15	8.2	Locating and collecting of safeguards information by the SSAC	G. Maksimovas
14:15 – 15:00	8.3	Introduction to Information Management for Safeguards	D. Kovacic
15:00 – 15:15		<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 – 08:10		Review Quiz	IAEA
08:10 – 08:40	8.4	Regulatory oversight of Nuclear Material and Activities through Licensing	D. Hanks (US NRC)
08:40 – 09:30	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 – 10:00	<i>MSE-5</i>	<i>Safeguards Implementation in Nigeria</i>	N. Badamasi
10:00 – 10:30		<i>Coffee Break</i>	
10:30 – 12:00	<i>WS - J</i>	<i>Domestic Inspection</i>	IAEA Team / D. Hanks
12:00 – 13:00		<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 – 15:30		<i>Coffee Break</i>	
15:30 – 16:15	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 – 08:10		Review Quiz	IAEA
08:10 – 09:00	<i>WS-K</i>	Introduction to the WS on Establishment and Maintenance of an SSAC	A. Braunegger-Guelich
09:00 – 10:00	<i>WS-K</i>	Establishment and Maintenance of an SSAC	IAEA team & ORNL team

<i>10:00 – 10:15</i>		<i>Coffee Break</i>	
10:15 – 12:00	WS-K	Continuation: Establishment and Maintenance of an SSAC	IAEA team & ORNL team
<i>12:00 – 13:00</i>		<i>Lunch</i>	
13:00 – 14:00	WS-K	Continuation: Establishment and Maintenance of an SSAC	IAEA team & ORNL team
14:00 – 15:00	WS-K	Group Presentations on the Exercise on Implementation of an SSAC	ALL
<i>15:00 – 15:15</i>		<i>Coffee Break</i>	
		Assisting States to establish or strengthen their SSAC	
15:15 – 15:30		INSEP Outreach and Training	K. Durbin (INSEP)
15:30 – 16:00		IAEA Assistance for SSACs	G. Maksimovas
18:30 – 21:30		<i>Banquet - Awarding of Certificates</i>	
Friday, 12 April 2019			
08:00 – 08:30		<i>Quiz (Paper)</i>	ALL
08:30 – 09:00		<i>Quiz (Clicker Session)</i>	ALL
09:00 – 10:00		<i>Feedback on Training Exercises Evaluation on-line – CLP4NET</i>	F. Maluta /M. Whitaker
<i>10:00 – 10:15</i>		<i>Coffee Break</i>	
10:15 – 10:45		<i>Closing Ceremony</i>	ORNL/IAEA