

出國報告書
(出國類別：其他)

參加2021年國家級核物料料帳管控系統
研習會（視訊會議）

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：劉德芳 技佐

派赴國家/地區：台灣 中華名國

出國期間：110年 06月 14日至 110年 06月 25日

報告日期：111年 01月 11日

摘要

奉派參加(線上視訊課程) 2021年由國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)與美國能源部(Department of Energy, DOE)主辦，美國橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)協辦之國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Materials, SSAC)研習會，本次課程因受國際新冠肺炎疫情影響改以線上視訊課程方式進行。參加學員來自IAEA會員國：阿拉伯聯合大公國、塔吉克、白俄羅斯、土耳其、日本、烏茲別克、巴西共計17位及我國2位以觀察員身份參加本次研習訓練課程。

研習課程有50% 的時間(配合美東時區於台灣每日晚間19:50至晚上23:20)以 ZOOM 軟體線上視訊進行，50% 的時間需於當天視訊課程開始前完成自學作業。線上視訊課程進行方式以講解及分組演練方式進行，課程主題分為：防止核武器擴散之國際核子保防法律基礎、全面核子保防協定(CSA)、補充議定書(AP)、國際原子能總署(IAEA)之核子保防架構及核子保防檢查活動介紹、核燃料循環(NFC)、核子保防物料之料帳控制(NMAC)、設施設計提報資料(Design Information Questionnaire, DIQ)、設計資料之現場查證(Design Information Verification, DIV)、建立國家級核物料料帳控管系統(SSAC)、美國實施核子保防之簡介、並以線上虛擬實境視訊方式參訪美國橡樹嶺國家實驗室的石墨反應器(Graphite Reactor)、超級電腦中心、高中子通量同位素反應器。此線上研習課程可以讓學員瞭解防止核武器擴散之歷史與現況、IAEA實施核子保防之架構體系、建立與管理國家級核物料料帳管理系統,加強世界各國執行及配合IAEA實施核子保防管制之專業能力。

關鍵字：全面核子保防協定、補充議定書、國家級核子保防物料料帳管控系統

目 錄

摘要.....	I
目 錄.....	II
圖 目 錄.....	III
壹、目的	4
貳、過程.....	5
參、心得與建議	20
肆、附錄.....	21

圖目錄

圖 1、學員視訊方式.....	5
圖 2、講師授課視訊方式.....	6
圖 3、每日指定自學課程資料作業.....	6
圖 4、AP需提報事項.....	8
圖 5、AP提報條款目次.....	9
圖 6、環境測試取樣.....	10
圖 7、金屬封緘.....	12
圖 8、電子封緘.....	13
圖 9、攝影機遠端監視系統.....	13
圖 10、MBA、KMP範例.....	15

壹、目的

2021年國家級核物料料帳管控系統(State System of Accounting for and Control of Nuclear Materials, SSAC)研習會，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，美國橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)協辦，本次課程因受國際新冠肺炎疫情影響改以線上視訊課程方式進行，於2021年6月14-18日、21-25日配合美東時區於台灣每日晚間19:50至晚上23:20以 ZOOM 軟體線上視訊進行，另50% 的時間需於當天視訊課程開始前完成自學作業。

此研習課程之目的在防止國際核子武器擴散制度下，促進原子能和平利用，為參與課程者提供對於防止核子武器擴散制度的基本了解，以及有關國家級核物料料帳管控系統 (SSAC)的實用知識和技能。課程包括講師講解、分組演練，以及對核設施的線上虛擬實境參訪，以補充課堂培訓中的理論知識。參加本研習課程能夠增加我國執行及配合 IAEA 實施核子保防管制之專業能力。

貳、過程

原能會綜合計畫處劉德芳技佐於6月14-18日、21-25日，共計10日，每日約3小時，配合美東時區於台灣每日晚間19:50至晚上23:20以 ZOOM 軟體線上視訊參加2021 (SSAC)國家級核物料料帳管控系統研習會。並於每日視訊課程開始前完成指定課程資料自學作業。

依慣例國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習會每隔 2 年舉辦 1 次，今年因國際新冠肺炎疫情影響改以線上視訊課程方式進行，參加學員來自IAEA會員國：阿拉伯聯合大公國2人、塔吉克1人、白俄羅斯1人、土耳其4人、日本4人、烏茲別克3人、巴西2人共計17位及我國2位以觀察員身份參加本次研習訓練課程，學員名單如附錄，人員視訊方式如圖1。

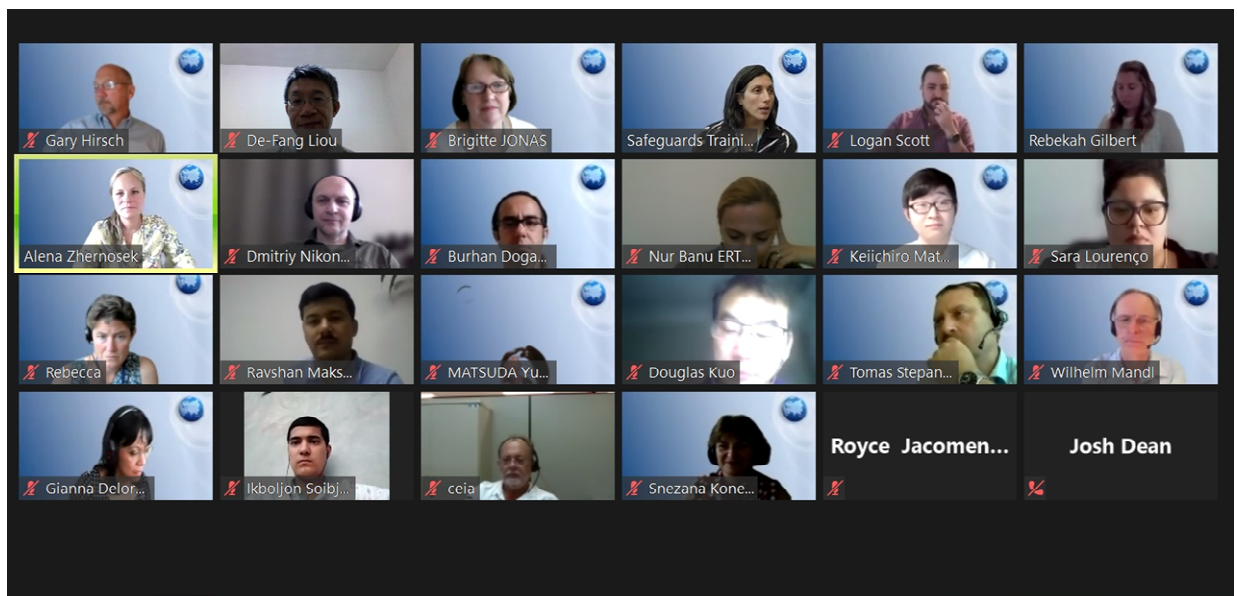


圖1：學員視訊方式

課程講師來自國際原子能總署 (IAEA)、美國國家核能安全局(NNSA)、美國核能管制委員會(NRC)、美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)等核子保防專家，講師授課視訊方式

如圖2。每日視訊課程開始前完成指定課程資料自學作業如圖3。



圖2：講師授課視訊方式

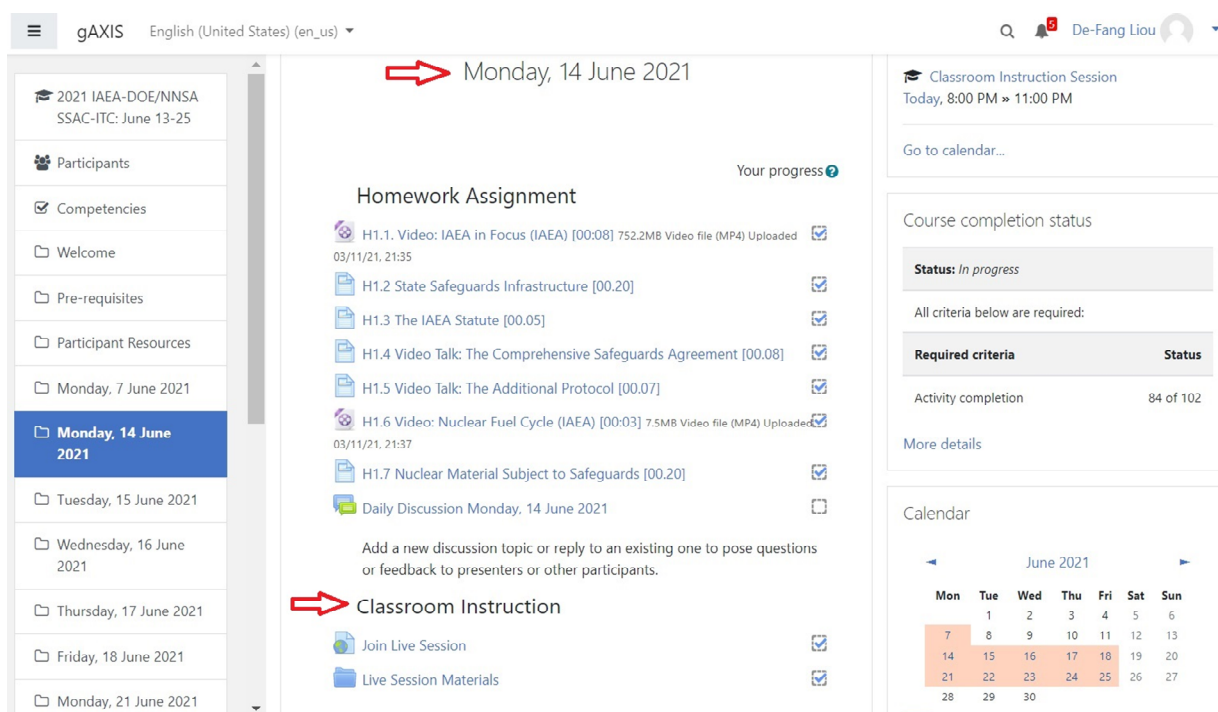


圖3：每日指定自學課程資料作業

課程主題內容摘要：

一、防止核武器繁衍條約(Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT) 的主要內容

1. 非核武國家保證不製造核武器，不直接或間接地接受其他國家的核武器轉讓，不尋求或接受製造核武器的援助，也不向別國提供這種援助。
2. 停止核軍備競賽，推動核武裁軍。
3. 把和平使用之核設施置於國際原子能總署(IAEA)的核子保防規範之下，並在和平使用核能方面提供技術合作。

二、與三種類型國家簽訂具有法律約束力的協議(CSA)

1. 與非核武器國家(Non- Nuclear Weapon States, NWSs)的「全面核子保防協定」(Comprehensive Safeguards Agreements, CSA)：
這些國家必須是「防止核武蕃衍條約」(Non- Proliferation Treaty, NPT)與區域性非核武區(Nuclear- Weapon- Free Zone, NWFZ)條約的締約方。
另外針對只有很少或沒有核物料且核設施中沒有核物料的國家，附加「少量核物料議定書(SQP)」可降低IAEA對該國的核子保防檢查行動與頻率。
2. 與擁有核武器國家(NWS)簽署「自願性質之保防協定」(Voluntary offer safeguards agreements, VOAs)，這些國家必須是「防止核武蕃衍條約」的締約方。
3. 對於不是「防止核武蕃衍條約」締約方的國家，實施「特定項目的保防協定」(Item-specific Safeguards Agreements)。

三、補充議定書(Additional Protocol, AP)

為了彌補全面核子保防協定(CSA)規定之不足，於1997年9月制定各會員國實施核子保防協定之補充議定書範本 INFCIRC/540 (AP)。

與IAEA簽署全面保防協定的會員國，依協議必須採取充分的加強措施，並體認 IAEA 需要強化保防監督的效力與效率，讓核子保防維持最低限度的活動頻率與效率之間取得平衡，更進一步提升防止核武器擴散的意願。

AP主要增加之核子保防作為有：

1. 每年提報AP規定之更新資料
2. 實施補足性進入檢查(Complementary Access, CA)
3. 對設施進行環境擦拭取樣分析(Environmental Sampling, ES)
4. 實施無預警視察(Unannounced Inspection, UI)

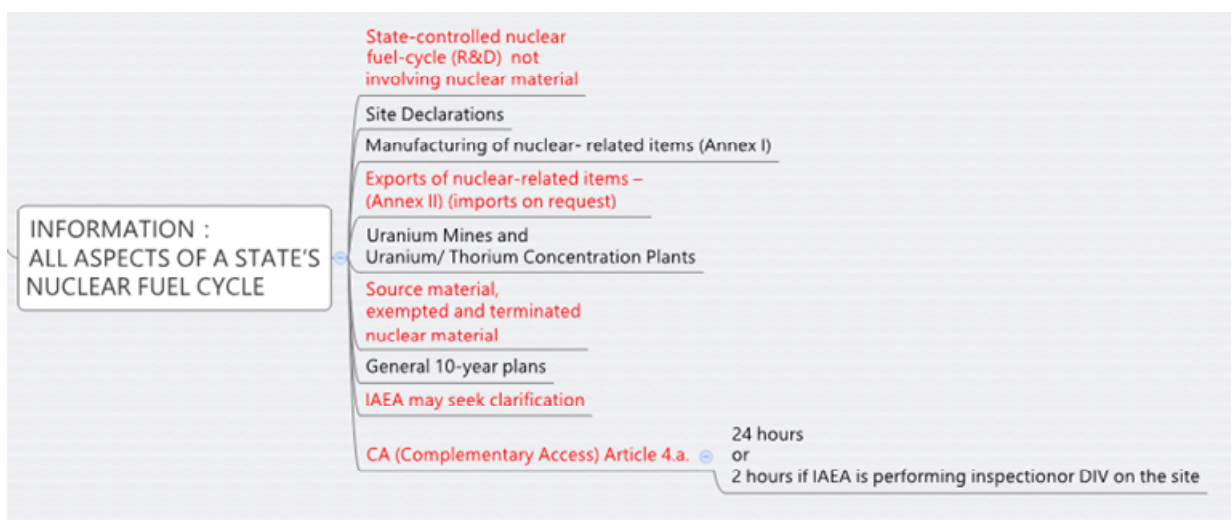


圖4：AP需提報事項（資料來源：SSAC 講義）

AP規定提報之時限彙整如下：

1. 條款 2.b(i): 簽署AP後180天內，提報初始資料
2. 條款 2.a(iii)：每年5月15日前，提報更新資料

3. 條款 2.a(ix)(a)：每季開始之60天內，提報擬出口資料

Articles and Timeline

Initial:	Annual update:	Quarterly:
2.a(i)	2.a(i)	2.a(ix)(a)
2.a(iii)	2.a(iii)	
2.a(iv)	2.a(iv)	
2.a(v)	2.a(v)	
2.a(vi)(a)	2.a(vi)(a)	
2.a(vii)	2.a(vii)	
2.a(x)	2.a(x)	
2.b(i)	2.b(i)	
	2.a(vi)(b),(c)	
	2.a(viii)	

➡ Declarations **MUST** be submitted to IAEA **even if there is no activity** relating to any of the Article(s)




圖5：AP提報條款目次（資料來源：SSAC 講義）

AP內與提報資料相關之條文彙整如下：

1. 條款 2.a.(i)：由政府出資、特定認可或管制的地點。不涉及核物料的核燃料循環之研究與發展的地點之一般性敘述與資訊。
2. 條款 2.a.(iii)：設施內每一棟建築物之一般性敘述，該敘述內容須包括用途的說明（如建物面積、樓層及用途等），並應附1份場址平面圖。
3. 條款 2.a.(iv)：與AP附錄I所定活動相關之地點運作規模之敘述。（包括：重水或氘、反應器控制棒、熱室、鈾電漿產生系統、核能級石墨等之製造）
4. 條款 2.a.(vii)：依INFCIRC/153第37節所豁免保防的核物料之數量、用途及地點的資訊。每一地點依 INFCIRC/153 第36節豁免保防，但尚未成為最終使用於非核用途狀態的核物料之數量及用途，且數量超過第37節所定者。
5. 條款 2.a.(viii)：依 INFCIRC/153 第11節規定保防且含有鈾、高濃化鈾或鈾-235的中放射性或高射性廢料的地點或進一步處理的資訊。
6. 條款 2.b.(i)：非由政府出資、經特定認可或管制的地點。不涉及核物料的核燃料循環之研究與發展活動的地點之一般性敘述與資訊，其活動係與濃

化、核燃料之再處理或含有銻、高濃化鈾或鈾-233之中放射性或高放射性廢料之處理特定相關。

而有關補足性進入檢查(Complementary Access, CA)之定義為：當總署認為當事國依補充議定書提報之資訊不吻合或有進一步釐清疑惑之必要時，可以在當事國境內，以補足性進入之方式進行特定場址或地點之視察或環境取樣。

IAEA inspector taking environmental sample



圖6：環境測試取樣（資料來源：SSAC 講義）

四、國際原子能總署 (IAEA) 之核子保防架構及核子保防檢查活動介紹

國際原子能總署為1957年7月29日由18個創始會員成立之聯合國附屬組織，旨在促進會員國政府間核能科技之和平應用與交流合作。總署總部設於奧地利維也納，紐約聯合國總部有聯絡辦公室、加拿大多倫多、日本東京及瑞士日內瓦亦設有辦公室。總署實驗室位於奧地利Seibersdorf、海洋環境實驗室設於摩納哥。

總部辦公室計有：總署長室、技術合作署、核能署、核能安全署、管理署、核子科學與應用署、核子保防署。

會員大會 General Conference: 每年9月召開一次會員大會，主要聽取理事會議前一年工作報告，批准政策與工作方針並審閱批准年度預算、計畫、會員國入會申請案及處理各式對總署、理事會議或會員國的提案。

理事會議 Board of Governors：由會員國代表組成，每年改選1次，每年召開5次會議，主要制訂政策、審視工作方針、報告、預算、總計畫、頒行各類核能安全標準、核准保防協議書及會員國入會申請案。理事會議需向會員大會提報建言，並依會員大會同意案任命署長。

有關總署視察員指定的規定如下：

1. 當建議指定一個國家的原子能總署視察員時，應以書面形式通知該國有關視察員的姓名，國籍和等級，並應轉交其相關資格的書面證明。國家應在收到此類提案後通知是否接受該檢查員的指定。如果通過後，檢查員可被指定為原子能總署對該國檢查員之一。
2. 各國應盡快給予已接受的原子能總署視察員適當簽證。

IAEA對各國之核子保防檢查及驗證行動包含下列形式：

1. PIV(Physical Inventory Verification)檢查:

查證核子保防物料狀況、數量以及設施運作狀況，以確認沒有核子保防物料被用作核子武器，或存有未申報之核物料。

2. DIV(Design Information Verification) 設計資訊驗證:

驗證各國提供之核子設施設計資訊(DIQ)，以確保設施是否符合原申報之用途，以進一步確認核子保防措施仍然有效。

3. CA(Complementary Access)補足性進入檢查：

當國際原子能總署認為當事國依補充議定書提報之資訊有進一步釐清疑惑之必要時，可以在當事國境內，以補足性進入之方式進行特定場址或地點之視察或環境取樣。

4. UI(Unannounced Inspection)無預警視察：

為了補足一般檢查之不足，國際原子能總署亦會對各國之核子設施進行無預警視察。

5. C&S(Containment & Surveillance)圍阻及監視：

為了補足國際原子能總署檢查員實地檢查之不足，當檢查員不在設施現場時，會以緘封及架設攝影機之方式，進行圍阻及監視。

CAP、Metal seal 金屬封緘

Type-E Metal Seal and Void Seal



圖7：金屬封緘（資料來源：IAEA 網站）

EOSS seal 電子封緘 (Electronic Optical Seal)

Fiber Optic & Electronic Optical Seal



圖8：電子封緘（資料來源：IAEA 網站）

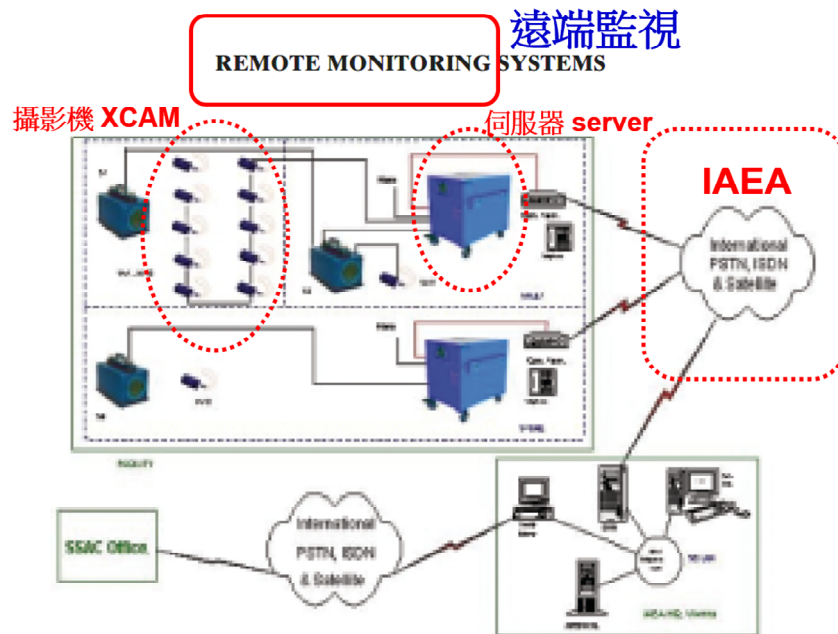


圖9：攝影機遠端監視系統（資料來源：IAEA 網站）

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

國家級核物料料帳管控系統(SSAC)由各種形式的料帳資料所構成，料帳依各別設施做空間上及時間上之劃分，以計算及檢查核物料的進出是否平衡，相關專業名詞定義如下：

1. 物料平衡區(Material Balance Area, MBA):
為在該設施內劃定一個空間區域，以決定物料的輸出、輸入及執行存量衡算的實體範圍。
2. 存量異動(Inventory Change, IC)：
在規定的時間區間，於物料平衡區 MBA中或 各個 MBA之間的物料流動方向及變動量。
3. 物料平衡期間(Material Balance Period):
定義一段時間，用以估算期間內之核物料平衡。
4. 核物料存量(Physical Inventory, PI):
在固定時間範圍內，物料平衡區 MBA中所有核物料的總合。
5. 批號(Batch):
為核物料計算單位，亦為向IAEA提報料帳資料的數量單位。
6. 去向不明之物料 (Material Unaccounted For, MUF)
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"負值"，表示物料增加，若MUF 出現"正值"，表示物料減少。
7. 設施外地點(Location Outside Facilities, LOF)：
作為核物料少於1有效公斤的貯存區。

8. 關鍵量測點(Key Measurement Point, KMP)：

位於物料平衡區(Material Balance Area, MBA)內，用來判斷與計算核物料流動量或存量變動，分為流量KMP(以數字編號)與存量KMP(以英文字母編號)。

Example MBA at Item Facility

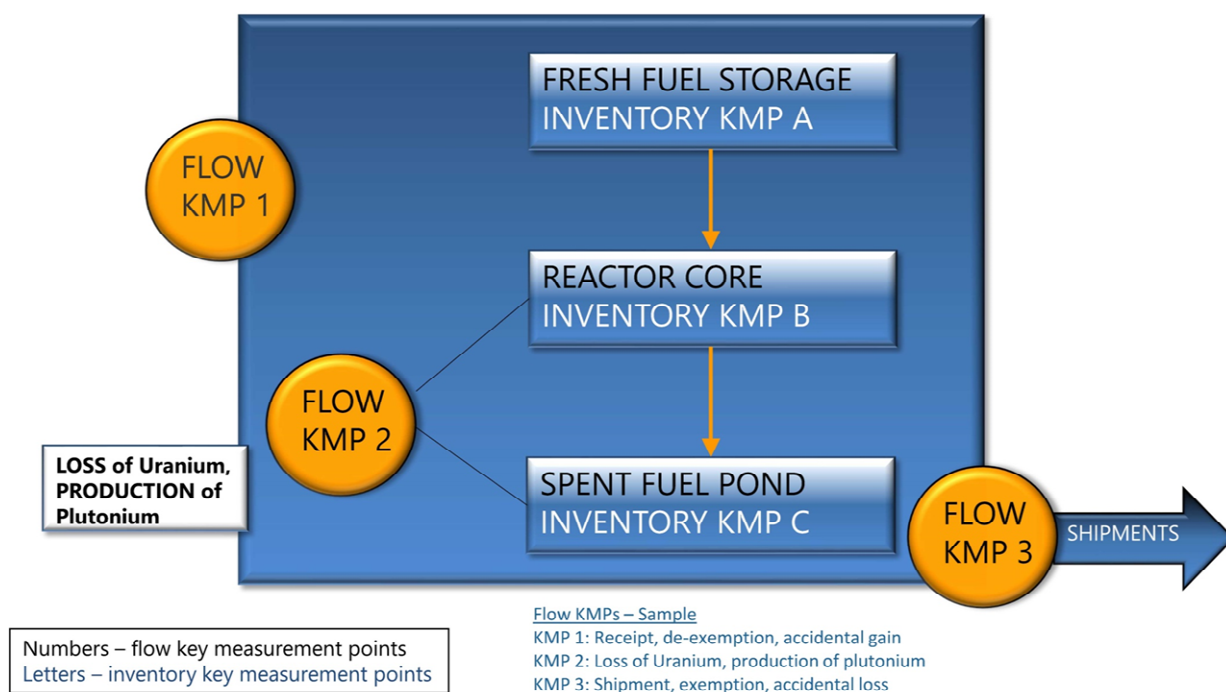


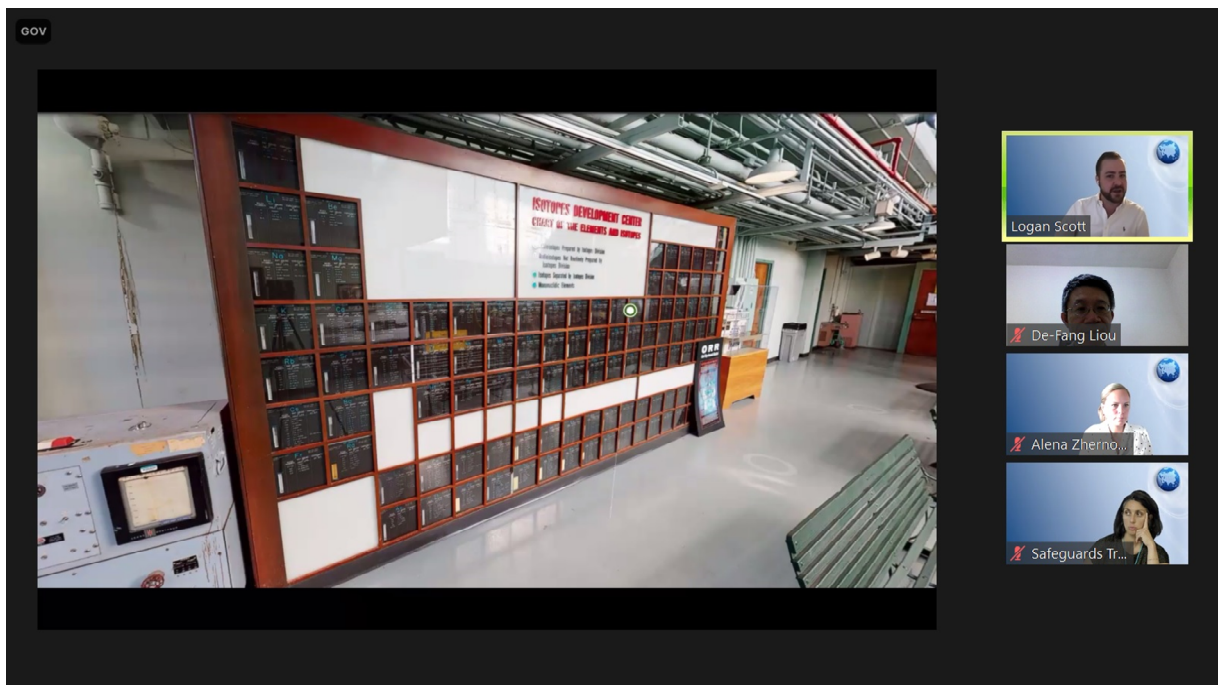
圖10：MBA、KMP範例（資料來源：SSAC 教材）

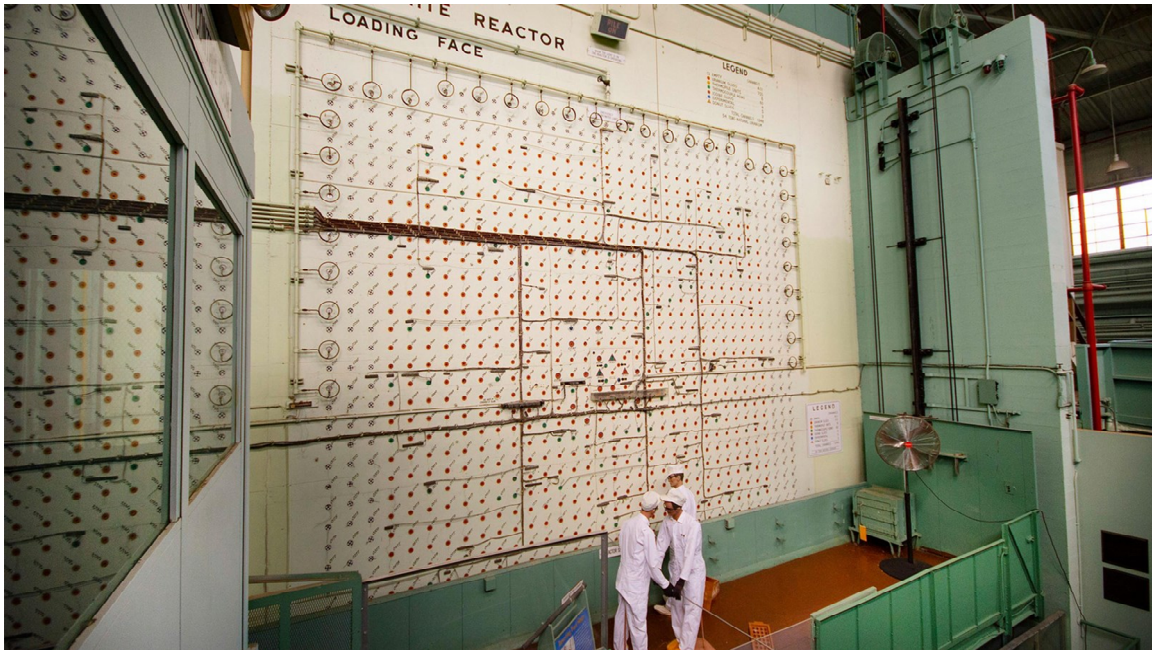
六、設施參訪（線上虛擬參訪）

（一）橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器--（線上虛擬參訪）

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器起源於二次世界大戰期間，美國為研發原子彈之「曼哈頓計畫」，橡樹嶺國家實驗室(ORNL)的石墨反應器為該計畫其中一部份。

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)石墨反應器於1943年11月4日開始臨界核反應，之後運轉約20年(1943-1963年)。期間曾用於生產鈾元素、科學研究用放射性同位素、核電研究、研究放射線之保健物理、核燃料再處理、癌症治療等。於除役後成為博物館供遊客參訪歷史遺跡。





資料來源：ORNL網站

(二) 橡樹嶺國家實驗室(ORNL)高通量同位素反應器(HFIR)- (線上虛擬參訪)

美國橡樹嶺國家實驗室(ORNL)之高通量反應器自 1961 年開始建造，於 1965 年完成建造，最高設計功率為 100MW。HFIR是美國研究用中子來源高通量反應器，可生產 研究用 Cf-252及其他同位素，用途為研究癌症治療、環境汙染偵測。其運轉產生之中子亦可用於物理、化學、材料、生物學之研究。HFIR 亦設計有伽馬照射設施，提供高劑量之伽馬射線以供科學研究使用。



資料來源：ORNL網站

(三) 橡樹嶺國家實驗室(ORNL)超級電腦 - - (線上虛擬參訪)

橡樹嶺國家實驗室(ORNL)的超級電腦 Titan、Summit 主要用於科學研究計算。Titan 為傳統超級電腦，Summit為新一代超級電腦，適合用於人工智慧、機器學習與深度學習的計算。提供計算能力之研究領域包含能源、氣候變遷、材料科學、宇宙學、醫藥學等。



資料來源：ORNL網站

參、心得與建議

- 一、本次國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習會，因受國際新冠肺炎疫情影響改以線上視訊課程方式進行，主辦及協辦單位精心設計許多線上互動式教材及線上影片，使學員的學習更加生動活潑，將線上視訊課程與實體課程的落差減至最小，於國內受疫情影響之際，可茲為本會借鏡學習。
- 二、國家級核物料料帳管控系統(SSAC)研習會為核子保防專業知識課程，除涉及核子保防管制單位，亦與核子設施經營者提報資料有關，未來除本會人員參加外，亦建議核子設施經營者派員參加，以提升核子保防相關提報資料之品質。

肆、附錄

學員名單

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

Hosted by Oak Ridge National Laboratory

June 14 – June 25, 2021

List of Participants

No.	Country	Name and Affiliation	Email
1.	Belarus	Ms Liliya Artsiomava Belorussian Nuclear Power Plant Grodno	
2.	Japan	Mr Keiichiro Matsumoto Nuclear Material Control Center	
3.	Japan	Ms Yuki Matsuda Nuclear Regulation Authority	
4.	Tajikistan	Ms Zarina Sayfieva Technical Support Organisation to Nuclear and Radiation Safety Agency (National Atomic Energy Authority)	
5.	Tajikistan	Mr Firuz Shafiev Nuclear and Radiation Safety Agency (National Atomic Energy Authority)	
6.	Turkey	Ms Melike Gurgur Nuclear Regulatory Authority (NDK)	
7.	Turkey	Ms Gizem Sen Nuclear Regulatory Authority (NDK)	
8.	Turkey	Ms Nur Banu Ertas Turkish Energy, Nuclear and Mineral Agency	
9.	Turkey	Mr Burhan Dogan Turkish Energy, Nuclear and Mineral Agency	
10.	UAE	Mr Ahmed Alzaabi Federal Authority of Nuclear Regulations	
11.	UAE	Mr Abdullah Alhashmi Federal Authority of Nuclear Regulations	
12.	Uzbekistan	Mr Dilshod Mukhamedov The State Committee on Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan	
13.	Uzbekistan	Mr Azizbek Boltabaev The State Committee on Industrial Safety of the Republic of Uzbekistan	
14.	Uzbekistan	Mr Ikboljon Soibjonov Farg'ona Azot Joint Stock Company	
15.	Uzbekistan	Mr Ravshan Maksumov JSK "ALmalyk MMC"	

參訓證書

