

出國報告（出國類別：其他）

110年第9屆空中輻射偵測系統
技術交流視訊研討會議報告
(視訊報告)

服務機關：行政院原子能委員會輻射偵測中心

姓名職稱：林品均技士

派赴國家/地區：臺灣，中華民國

出國期間：110年10月6日至7日

報告日期：110年12月30日

摘要

本中心原計畫派員赴美國參加110年第9屆空中輻射偵測系統(Aerial Measuring System, 以下簡稱AMS)技術交流研討會議；該會議由美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)主辦，各國專家就AMS數據分析與實際應用之經驗提出分享，提供與會專家相互交流的機會。惟受Covid-19新型冠狀病毒疫情影響，本次交流研討會議改採視訊會議辦理，未實際出國，會議日期為110年10月6日至7日。

本次會議主要安排瑞士、德國、挪威及美國進行簡報，針對各國空中輻射偵測系統技術發展現況及執行成果討論；本報告針對各國簡報內容進行概述，摘錄可供我國未來執行之作法，有助於精進國內空中輻射偵測作業。

目次

壹、 目的.....	1
貳、 過程.....	2
參、 心得與建議	17
肆、 附錄.....	18

壹、 目的

空中輻射偵測系統可用於核子事故發生後，執行大範圍地表輻射污染之調查，或於輻射災害中進行大範圍輻射源搜索與定位；空中輻射偵測技術可在短時間完成大面積之環境輻射調查，補強陸域輻射偵測的不足，與其相輔相成。國際間實際將空中輻射偵測系統投入核子事故應變作業並擴大應用，主要是在日本福島事故發生後，該技術能針對放射性物質外釋並造成地面輻射污染的情況，快速提供輻射污染分布圖，有助於事故後快速掌握大面積的環境輻射狀況，台灣自 101 年開始發展空中輻射偵測技術，透過台美民用核能合作方式取得空中輻射偵測相關設備及技術支援，並且 108 年開始由核能研究所自主研發無人機空中輻射偵測能力，為能維持空中輻射偵測技術能量，並在歷年核安演習中參與演練。

第 9 屆空中輻射偵測系統技術交流研討會議由美國能源部國家核子保安局 (DOE/NNSA) 主辦，於 110 年 10 月 6 日至 7 日舉辦，本中心自 105 年起承接空中輻射偵測作業，本研討會議與本中心業務相關，為能掌握該技術之發展現況及強化國際交流，爰派員出席上開研討會。

貳、 過程

一、 議程

本研討會議受 Covid-19 新型冠狀病毒疫情影響，研討會議改採視訊方式辦理，日期為 110 年 10 月 6 日至 7 日，視訊畫面如下圖 1，本中心指派林品均技士參加。本研討會議安排由瑞士、德國、挪威及美國等國家以專題的方式，分別報告各國的空中輻射偵測技術及實際應用情形，內容包含各種空中輻射偵測系統軟體演算法、系統組件、軟硬體搭配、數據分析等細節，課程後再由與會國家代表再進行交流討論。

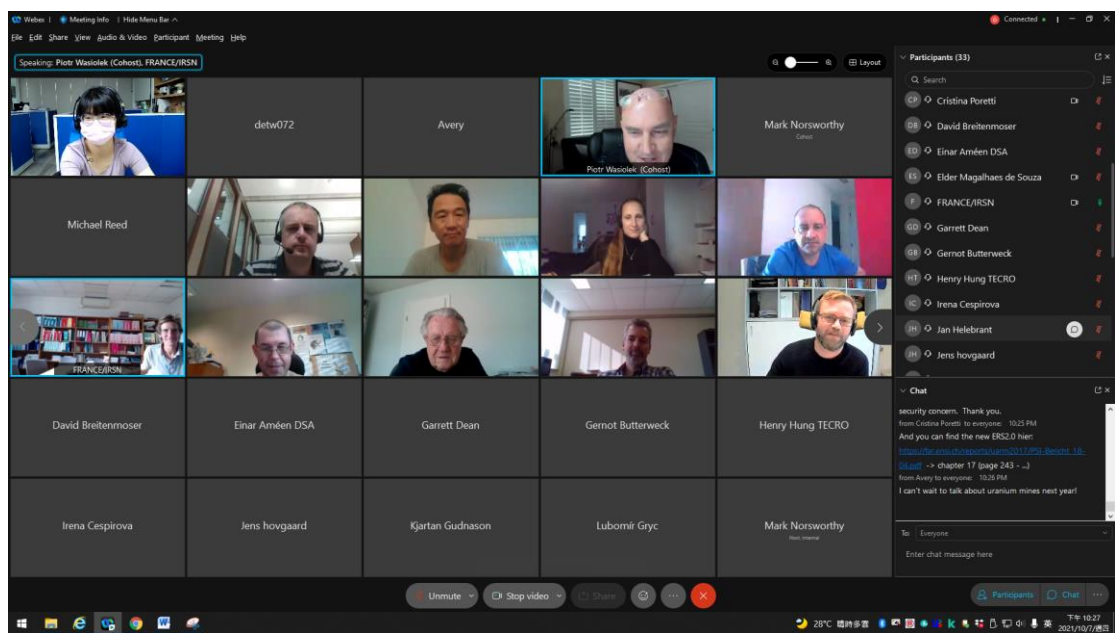


圖 1 視訊會議軟體及會議情形

本次研討會議考量與會單位在不同時區，會議舉行時間訂在 10 月 6 日至 7 日台北時間晚上 8 時至 10 時。交流議題安排如下表一，主辦單位提供之議程如附錄。

表一 交流議題安排表

日期	交流議題
10月6日 (第一天)	瑞士之空中偵測作業 (Key Note Address-Switzerland)
	德國之空中偵測作業 (BfS Aerial Survey of Chernobyl-Germany)
10月7日 (第二天)	挪威之空中偵測作業 (Use of Aerial Resources in RN Rescue Operations in the Maritime Domain-Norway)
	美國空中輻射偵測的 AVID 及最新數據分析介紹 (International AVID and New concepts in data analysis- USA)

二、 會議紀錄：

本研討會議由美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)主辦，其邀請瑞士、德國、挪威分享執行空中輻射偵測之經驗，以及介紹美國自身空中偵測系統(AMS)之最新發展，共計 4 個議題，以下茲就各議題進行簡要說明。

(一)瑞士之空中偵測作業

瑞士之空中輻射偵測係自 1985 年開始發展，由瑞士地球物理委員會(Swiss Geophysical Commission)及聯邦放射性監測委員會(Federal Commission for radioactivity surveillance)共同執行。



圖 2 瑞士第一代輻射偵測系統

1989~1993 年期間，瑞士運用的是第一代輻射偵測系統(如圖 2)，飛行載具則是向民間公司租用，主要用於執行核設施例行之環境輻射調查，瑞士境內之核設施分布如圖 3。



KKB I / II BEZNAU 360/365 MWe, KKG GÖSGEN 1060 MWe, KKL LEIBSTADT 1275 MWe
KKM MÜHLEBERG BWR (390 MWe; closed down)
PSI O/W Paul Scherrer Institute, ZWILAG Intermediate Waste Storage Facility

圖 3 瑞士境內之核設施分布圖

1994 年後，因空中輻射偵測成為瑞士核子事故應變機制中的一環，改由瑞士軍方提供 Super Puma 直升機(如圖 4)協助管制單位執行空中輻射偵測調查。

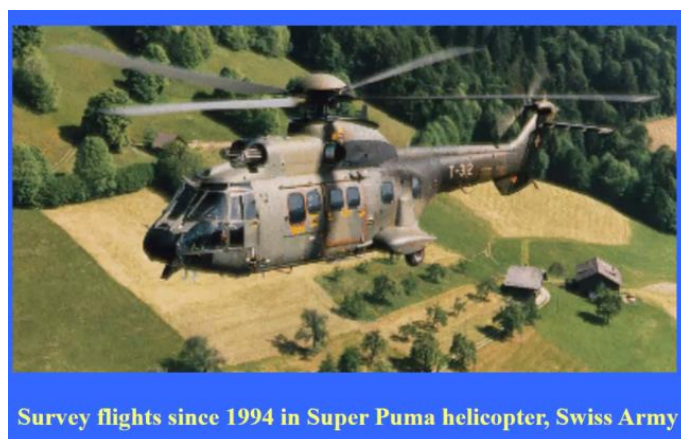


圖 4 瑞士軍方之 Super Puma 直升機

瑞士所用之空中輻射偵測設備，原先由瑞士國內自行組裝，目前之空中輻射偵測設備已改採法國 Mirion 公司商業化之空中輻射偵測設備。

Mirion 公司之空中輻射偵測系統組成如圖 5，包括偵檢器、資料讀取器及數據處理系統，其偵檢器部分是由 4 個碘化鈉(NaI)偵檢器和 1 個蓋格(GM) 偵檢器組合而成，透過資料讀取器傳輸到組裝之電腦系統(如圖 6)進行數據處理；為確保數據傳輸，該空中輻射偵測系統外接 3G 行動通訊系統(UMTS)天線及地對空雷達。

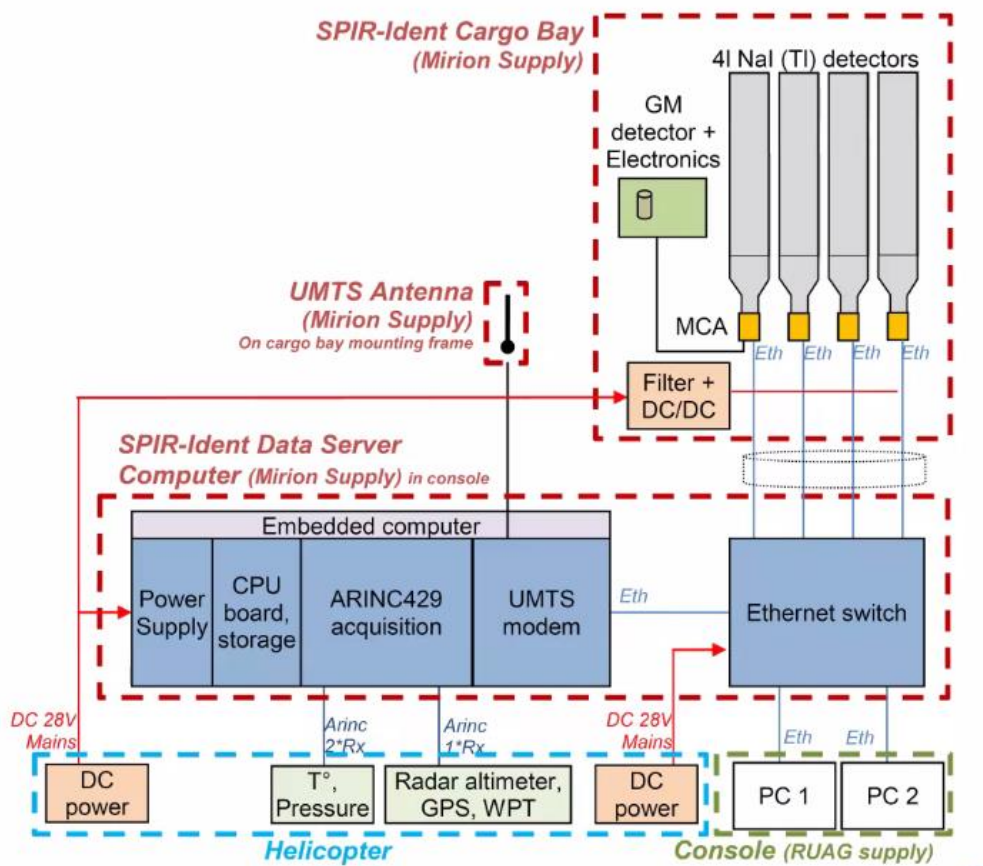


圖 5 Mirion 空中偵測設備之架構



Figure 2: Operator console of the RLL system. 1. Displays of the client computers. 2. Common display (mirrored in the cockpit). 3. Control panel with switches for power, lighting and communication and USB ports for file exchange.

Today

RLL from Mirion Technologies, France

圖 6 瑞士之空中輻射偵測設備

該設備已普遍用於核電廠鄰近地區之背景環境輻射調查，圖 7 即為針對 Gösgen-Däniken(KKG)核電廠臨近地區執行空中輻射偵測調查結果。

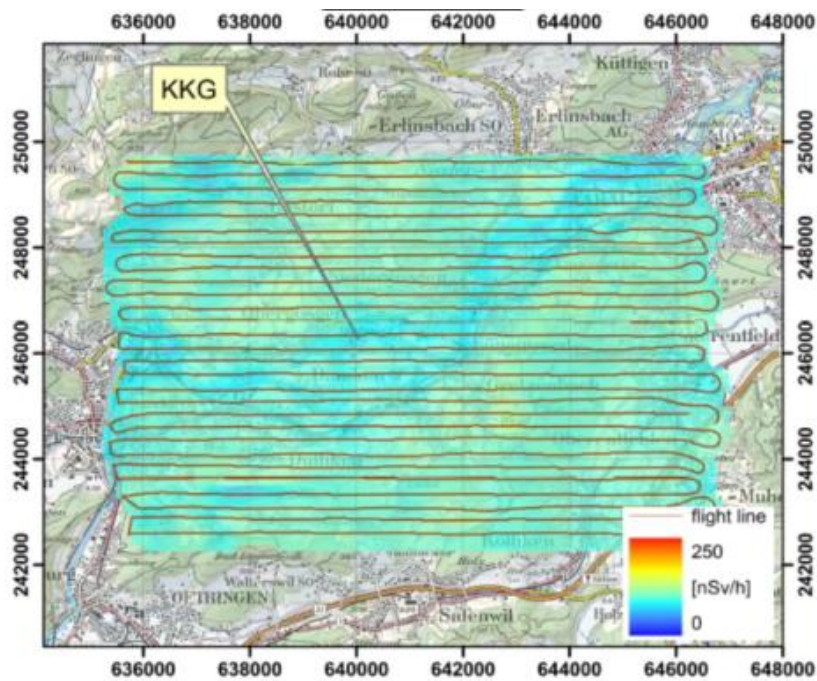


Figure 13: Dose rate in the vicinity of KKG.
PK100 ©2019 swisstopo (JD100042).

圖 7 2019 年瑞士針對 KKG 核電廠執行空中偵測劑量率分布渲染圖

瑞士與法國、德國在 2007 年進行三國之空中輻射偵測跨國合作，利用三個國家國土相連部分進行數據比對，透過跨國之技術交流確保量測結果之一致性。

圖 8 左上角的橘色軌跡為法國輻射偵測結果、右上角的藍色軌跡為德國輻射偵測結果，下方的紅色軌跡則為瑞士輻射偵測結果。

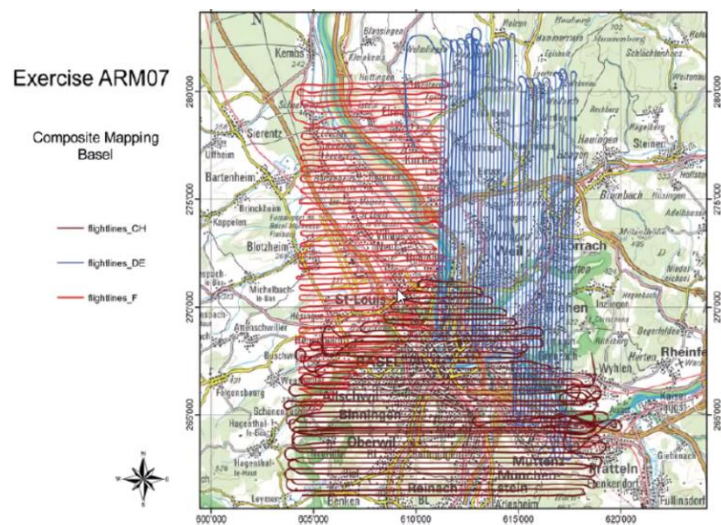


Figure 2. Measurement flight lines of the three AGS teams (Reproduced by permission of swisstopo (BA14019)).

Composite mapping near Basel in 2007: French + German + Swiss flight lines
Area of F – D – CH border triangle



圖 8 瑞德法跨國境合作空中偵測之軌跡

瑞士進一步合併三國執行之空中輻射偵測結果，回推成地表劑量率，並進行空間數值渲染，所得劑量率分布結果，如圖 9。

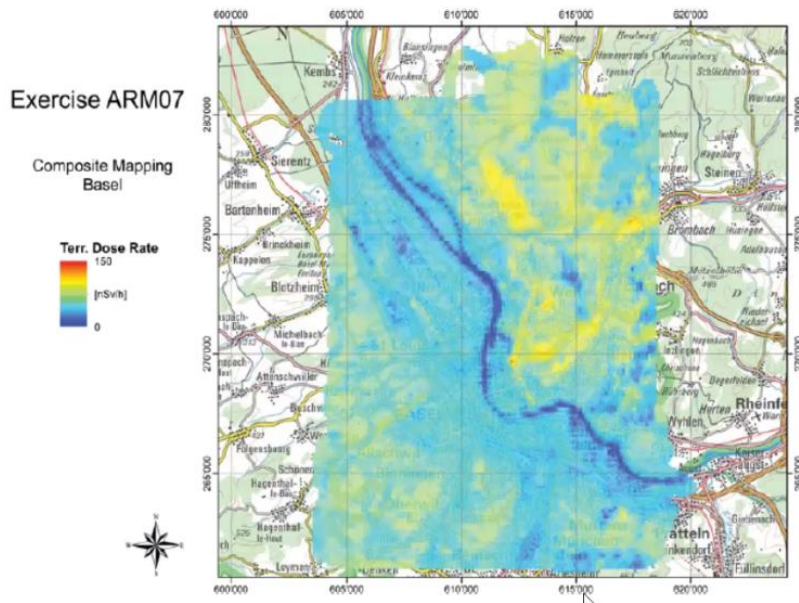


Figure 3. Map of the terrestrial contribution to the ambient dose equivalent rate (Reproduced by permission of swisstopo (BA14019)).

Composite mapping near Basel in 2007: Dose rate (nSv/h) from the three ERS data sets

圖 9 瑞德法跨國境合作空中偵測之劑量率分布圖

(二)德國之空中偵測作業

德國之空中輻射偵測團隊(Team Aero-Gamma spectrometry)係由聯邦輻射防護辦公室(Federal Office for Radiation Protection)及聯邦航空警察隊(Federal Police Flight Service)組成。德國空中輻射偵測團隊(Team Aero-Gammaspctrometry)人員共有 24 人，該團隊有自己的空中巴士(Airbus) Eurocopter EC135 直升機可執行飛行任務，每次執行任務會有 1 名機師(Pilot)搭配 1 名飛行技師(Flight Technician)及 1~2 名偵檢人員(Operator)。空中偵測時之飛行速度約在每小時 120 公里，高度約 90 公尺，每次執行時間約 1.5 小時。德國空中輻射偵測之偵檢設備、機上人員配置，如圖 10。



圖 10 德國偵檢設備、機上人員配置圖

本次主題是德國空中輻射偵測團隊在 2020 年針對車諾比事故之隔離區 (Chernobyl Exclusion Zone) 進行量測。車諾比事故之隔離區 (Chernobyl Exclusion Zone) 為車諾比電廠方圓 30 公里之範圍，係事故後進行人員疏散之區域 (位置如圖 11)，以避免人員進入並減少放射污染的擴散，因該區域環境輻射劑量率較高，較能繪製出輻射劑量率分布差異，故選用該區做為空中輻射偵測技術測試之場域。

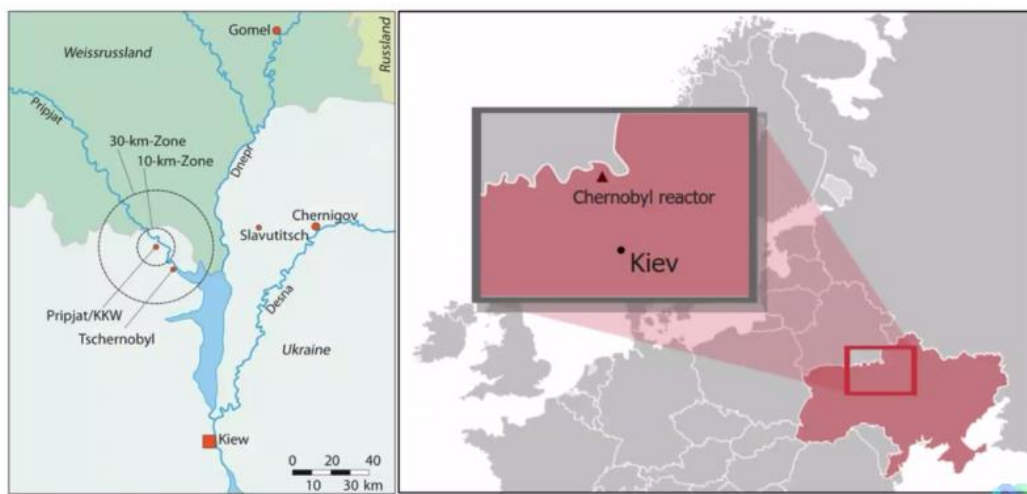


圖 11 車諾比事故之隔離區 (Chernobyl Exclusion Zone) 位置圖

本次偵測的困難點主要是飛行範圍在橫跨烏克蘭(Ukraine)及白俄羅斯(Belarus)兩國，故需經跨國協調才得以順利執行。另因飛行範圍較大，故需多次飛行將整體區域確實完成，故分成 16 個區塊執行，飛行進度規劃如圖 12。

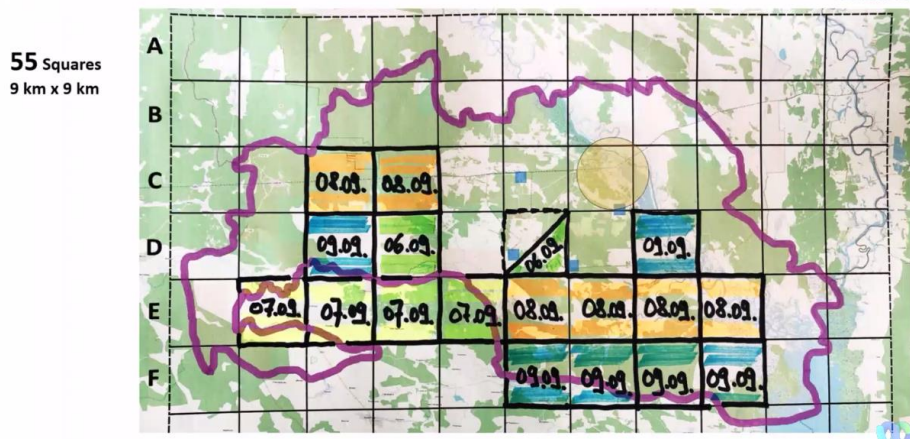


圖 12 隔離區飛行進度圖

經過多次飛行偵測後，再將數據整理匯入分析，所得之 Cs-137 分布渲染結果如圖 13，其數據呈現單位以計數率(cps)為主。

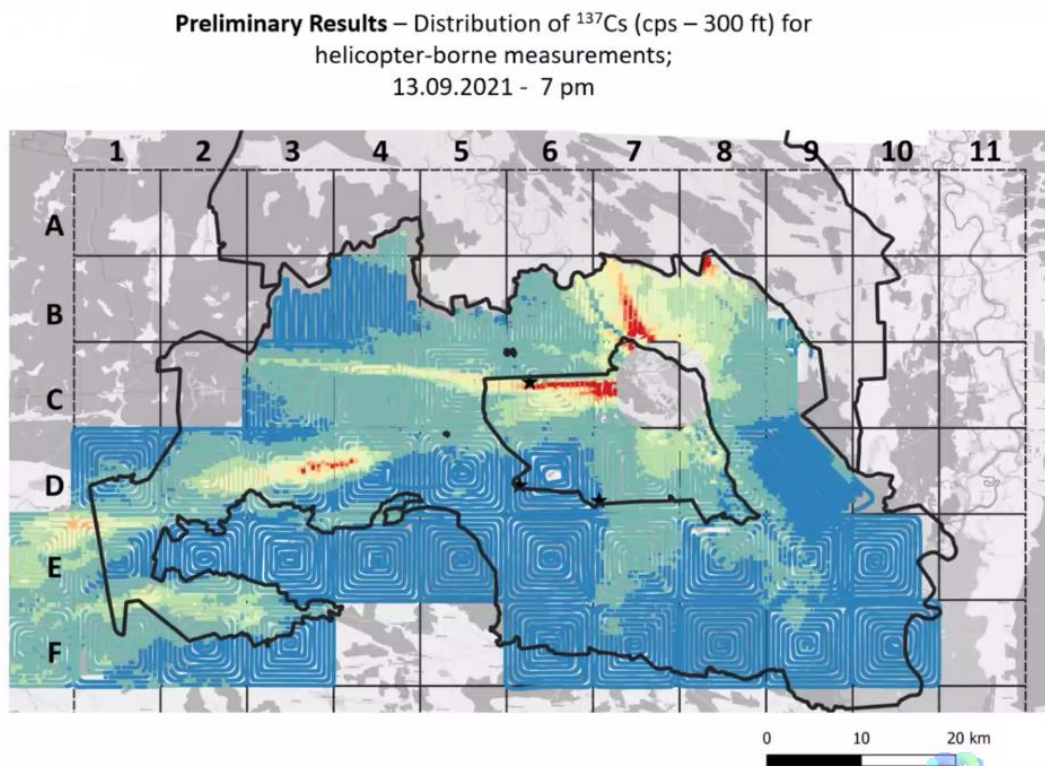


圖 13 Cs-137 分布渲染圖

為確認量測數據，該團隊也同時進行地表之現場量測(In Situ measurement)作業(如圖 14)及土壤取樣(如圖 15)，以了解當地土壤中放射性物質之活度濃度、成分，並與空中輻射偵測結果做比對。



圖 14 地表現場量測(In Situ measurement)圖



圖 15 土壤取樣圖

上述成果已在今年4月27~29日烏克蘭所舉行的核電廠除役及環境復原國際會議(International Conference on Nuclear Decommissioning and Environmental Recovery)發表。

(三) 挪威之空中偵測作業

挪威之空中偵測任務起源於北極海域之救援分工，該海域之事故應變由北極海緊鄰之鄰近國家負責，國家包括：挪威、美國、加拿大、俄羅斯、冰島、丹麥、芬蘭、瑞典等 8 個國家，負責區域如圖 16。

Arctic Search and Rescue Regions

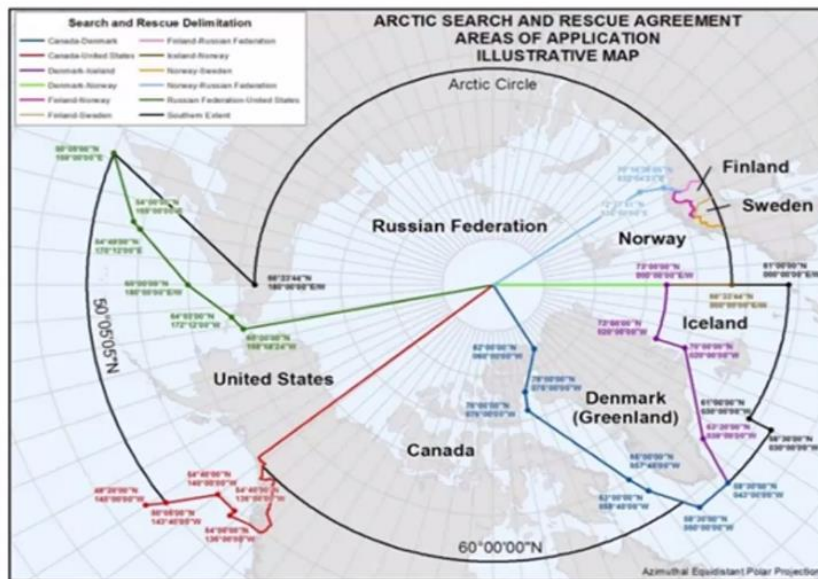


圖 16 各國北極海域之援救工作分配

挪威因參與北極海域部分區域之救援工作，因此需針對北極海域可能遭受放射性物質外釋意外進行演練，主要是因北極海域常有放射性物質海上運輸(sea transport of radioactive material)、核動力船(nuclear powered ship) 等核子相關運輸需求，確有可能造成海上之核外釋事故(如圖 17)。

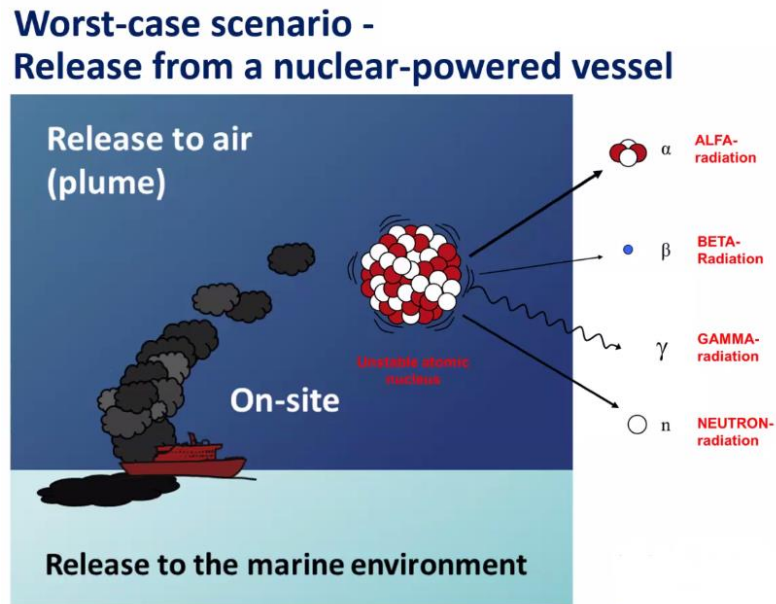


圖 17 核動力船外釋放射性物質

本議題主要是挪威介紹運用無人機空中偵測技術之執行現況，該技術已於 2021 年 10 月 21 日舉行之北極輻射演習(Arctic Radiation Exercise)中展示，主要就是針對北極地區核動力船發生核子裝置故障事故導致放射性物質外釋時之情境，演練跨境合作的整備應變及應對事故中無人機偵測之應變機制及功能驗證。

該無人機偵測所用之偵測設備包含蓋格管(量測劑量率)、2 吋碘化鈉偵檢器及中子計數器，如圖 18。該項技術除了海上偵測，也同時能支援陸域的空
中偵測，挪威預計於 2022 年 5 月 2~6 日辦理核電廠核子事故之實兵演習，該演習中也將會有無人機偵檢作業之執行，如圖 19。



圖 18 無人機搭載之設備

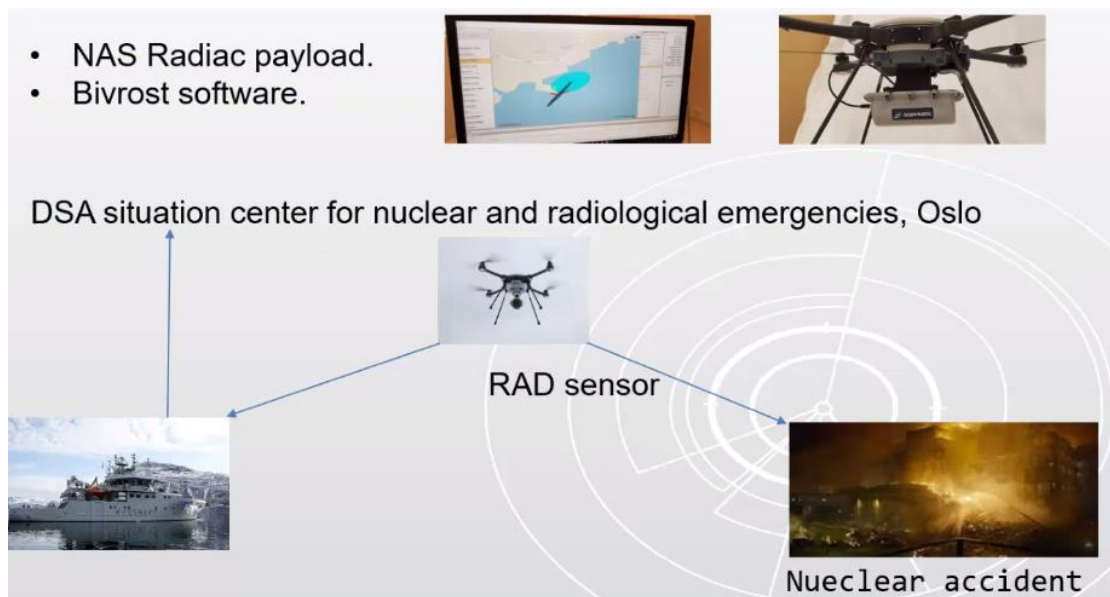


圖 19 挪威無人機協助演習執行

(四)美國空中輻射偵測的 AVID 及最新數據分析介紹

AVID 程式(Advanced Visualization and Integration of Data)是美國空中輻射偵測之數據分析軟體，係由美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)委託西北太平洋國家

實驗室(Pacific Northwest National Laboratory，以下簡稱 PNNL)所開發，為強化空中輻射偵測後續數據分析，新版之 AVID 程式採用 NSCRAD (The nuisance-rejection spectral comparison ratio anomaly detection algorithm)演算法，較之前的版本有更好的數據辨別及量化(discrimination and quantification)能力，還可針對特定核種分布進行運算。NSCRAD 演算法不僅可用於空中輻射偵測，還可以用於地面(ground)或可攜式(portable)偵測數據整理，另外數據處理速度上也有提升。

因我國空中輻射偵測系統同樣是採用美國的偵測設備與 AVID 程式，為能掌握更多資訊，進一步詢問美國空中偵測的 AVID 最新數據分析技術細節及相關書面資料，講師告知因仍屬國家機密，目前只能口頭簡述有關 AVID 之優化方向，無法提供相關資料。

參、心得與建議

本次空中輻射偵測系統技術交流研討會議，受 Covid-19 疫情改以遠端視訊連線方式進行，本會議雖只有美國、瑞士、德國、挪威介紹該國空中偵測作業，但其執行經驗仍有助於我國瞭解空中輻射偵測發展趨勢及未來展望。

針對此次會議提出以下二點建議。

- 一、從各國分享該國空中輻射偵測發展經驗，亦需該國內各單位合作執行，故須與相關單位定期保持聯繫，維持合作關係，才能讓空中輻射偵測技術傳承與永續維持。
- 二、美國介紹之 AVID 程式已針對演算法及數據處理進行優化，本議題並未提供簡報及其他相關資料，僅由技術人員口述，較無法明確了解程式設計、演算法、誤差評估分析等細節，且美方講師告知該軟體部份內容屬國家機密，惟仍建議未來若有實體技術交流活動時，再洽商美方取得進一步可公開之資訊。



Technical Exchange Information:

- If you are interested in participation please contact:
Kirk Czap, NNSA Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation (NA-81)
jared.czap@nnsa.doe.gov
- If you have technical or logistic question please contact:
Piotr Wasiolek (AMS Scientist)
wasiolpt@nv.doe.gov



U.S. Department of Energy, National Nuclear Security Administration
Office of Counterterrorism and Counterproliferation
Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation (NA-81)

9th AMS International Technical Exchange on **Hot Topics** in Aerial Measurements October 6-7, 2021, Virtual on WebEx



TECHNICAL EXCHANGE OVERVIEW

Aerial measurements science and technology is constantly evolving due to:

- improvements in aircraft avionics,
- availability of digital elevation models,
- new radiation detection systems,
- availability of UAVs,
- new data analysis algorithms.

Such changes produce operational and scientific challenges, that can be referred as "HOT TOPICS"

During the Exchange we would welcome presentations to discuss topics related to:

- New developments in aircraft avionics,
- Technologies that improves aerial measurements,
- Novel data analysis algorithms for complex (non-flat) geometry,
- Novel calibration methodology.
- Unmanned aerial systems hardware and software
- Any subject that can be consider "HOT TOPIC"

The open discussion of different approaches undertaken by participating organizations is expected.

Aerial Measuring System (AMS) is the U.S. Department of Energy national emergency response asset carrying aerial measurements in case of radiological event and the host of the 2021 Technical Exchange. The initiative originated in 2012 from European Nordic countries, and expanded to include majority of the organizations operating aerial emergency response assets in Europe, North and South America, and Asia. AMS was asked to be the host, what has become an annual event. The main goal of the Exchange is to provide forum for open, honest scientific discussion of a single, specific problem each team is facing, and based on individual unique experiences to find possible solutions with overall goal to do the aerial mission better.



U.S. Department of Energy, National Nuclear Security Administration
Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation



**9th AMS International Virtual Technical Exchange on
“Hot” Topics in Aerial Measurements
October 6-7, 2021**

**2021 RSI User Group Virtual Meeting
October 8, 2021**

AGENDA

Time and Location

All times in Pacific Daylight Time (PDT) and Greenwich Mean Time GMT=UTC

Due to ongoing COVID19 pandemic, the Exchange will be virtual via Webex application hosted by AMS.

6 October (Wednesday)

05:00 – 05:10 (PDT) (12:00 – 12:10 GMT)

Welcome, Introductions. Kirk Czap, NNSA NA-81 (US)

05:10 – 06:00 PDT (12:10 – 13:00 GMT)

Key Note Address - Professor Ladislaus Rybach, Professor emeritus, Swiss Federal Institute of Technology (ETH/SIA); Cristina Poretti, National Emergency Operations Center (NAZ); and Gernot Butterweck, Paul Scherrer Institute (PSI) - Switzerland

06:00 – 07:00 PDT (13:00 – 14:00 GMT)

BfS Aerial Survey of Chernobyl - Christopher Strobl, Bundesamt für Strahlenschutz BfS (Federal Office for Radiation Protection) - Germany

7 October (Thursday)

05:00 – 06:00 PDT (12:00 – 13:00 GMT)

Use of Aerial Resources in RN Rescue Operations in the Maritime Domain – Øyvind Aas-Hansen, Norwegian Radiation Protection Authority (DSA), and Norwegian Coast Guard - Norway

06:00– 07:00 PDT (13:00 – 14:00 GMT)

US Hot Topics:

- International AVID – Mike Reed, Remote Sensing Laboratory, USA
- New concepts in data analysis – Mark Norsworthy, Remote Sensing Laboratory, USA