

出國報告（類別：實習）

赴日本分析中心(JCAC)

研習「放射性核種快速分析技術」

服務機關：行政院原子能委員會輻射偵測中心

姓名職稱：謝整昌 技正

李明達 技士

潘嘉吟 技士

出國地區：日本

出國期間：106年5月21日至5月27日

報告日期：106年8月24日

摘要

日本 311 核災之後，銻-90 是日本農產品之中最難調查的污染核種，也是福島縣周邊五縣市農產品進口的安全疑慮所在，因此，適用農產品保鮮需求之快速分析方法，是解除此疑慮最迫切的研發需求。日本分析研發重鎮-公益財團法人日本分析中心與輻射偵測中心已持續多年技術交流之約定，已著手研究銻-90 快速分析方法，本次研習內容包含學習銻-90 快速分析方法、見習銻-90 傳統分析方法、觀摩海水銻-137 分析方法以及參觀銻-90 自動分析儀器等，本次透過見習與經驗交流，成果頗為豐碩，可望提升我國重要核種分析技術，確保本中心在輻射偵測領域的品質與能力。

目次

壹、 目的.....	03
貳、 行程.....	04
參、 研習紀要.....	05
肆、 心得與建議.....	26
伍、 附錄.....	27

赴日本分析中心(JCAC)

研習「放射性核種快速分析技術」

壹、目的

本次研習目的係學習事故後環境中難測核種銥-90 的快速分析方法，傳統銥-90 分析方法需時 21~30 天，對大部分受影響地區的農產物而言，無法即時呈現分析結果，因此銥-90 快速分析方法是國內必須建立的分析能力。

日本分析研發重鎮-公益財團法人日本分析中心(以下簡稱日本分析中心或 JCAC)與輻射偵測中心(以下簡稱本中心)已持續多年技術交流，近年來日本分析中心已著手研究銥-90 快速分析方法，對分析方法有足夠的經驗與能力，本次研習藉由實務技術操作訓練及互相討論，有助於本中心建置難測核種銥-90 快速分析方法。

貳、行程

行程概要如下：

日期	地點
2017/5/21 (星期日)	高雄機場→成田機場→千葉市
2017/5/22 (星期一)	於千葉市日本分析中心(JCAC)參加研習
2017/5/23 (星期二)	於千葉市日本分析中心(JCAC)參加研習
2017/5/24 (星期三)	於千葉市日本分析中心(JCAC)參加研習
2017/5/25 (星期四)	於千葉市日本分析中心(JCAC)參加研習
2017/5/26 (星期五)	於千葉市日本分析中心(JCAC)參加研習
2017/5/27 (星期六)	東京→成田機場→高雄機場



圖一、日本分析中心大門口

參、研習紀要

本次研習於千葉市日本分析中心內舉行，主要研習以鋇-90 快速分析示範為主軸，其餘空檔日方人員帶領參觀日本分析中心其他實驗室，並觀摩傳統鋇-90 分析、海水銻-137 等分析方法。本次研習重點摘要如下：

一、放射性核種—鋇-90 快速分析技術

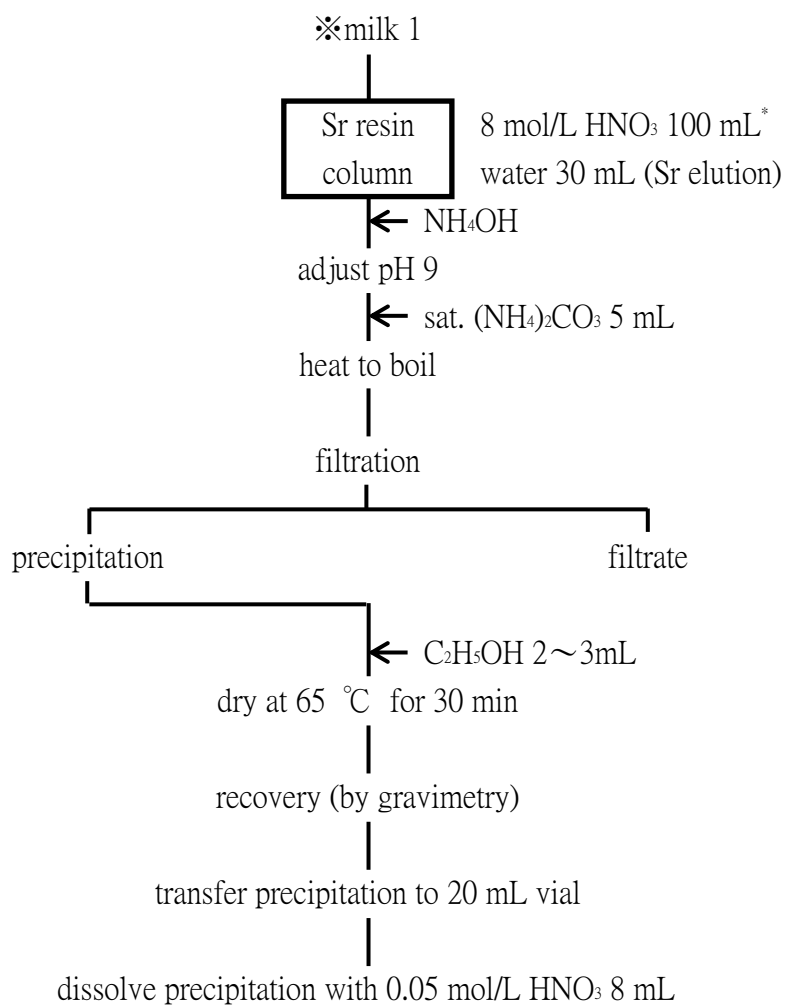
日方依樣品前處理方式不同，分別準備牛奶及水樣樣品進行操作示範，分析方法、流程及照片如下所示。

(一)、生物試樣—牛奶鋇-90 分析

日方提供的操作流程如圖二，操作程序敘述如下，相關研習照片如圖三。

- 1、量取 0.25 公升(L)牛奶試樣於 500 毫升(mL)燒杯中，加入 10 毫克(mg)鋇載體。
- 2、加入 30mL 離子交換樹脂(Dowex 50w-X8)，攪拌 30 分鐘，棄上清液。
- 3、將吸附後之離子交換樹脂(Dowex 50w-X8) 以 50mL 溫水洗滌 2 次。
- 4、用 50 mL 溫水將吸附後之離子交換樹脂(Dowex 50w-X8)洗入管柱內(管柱內先充填 5 mL 新樹脂)，加 100 mL 溫水洗滌。
- 5、用 4 mol/L NaCl 200 mL，以每秒 1 滴的流速通過樹脂管並收集流出液。
- 6、流出液加入 3 g Na_2CO_3 ，加熱沸騰。
- 7、離心，棄上清液。
- 8、沉澱物以 HNO_3 2~3 mL 洗入小燒杯中蒸乾。
- 9、加入 8 mol/L HNO_3 20 mL 做成硝酸鋇溶液。
- 10、將硝酸鋇溶液倒入 Eichrom 樹脂管。
- 11、用 8 mol/L HNO_3 100 mL 進行沖提，待最後一滴沖提液流完後，記錄下此時的時間。
- 12、倒入 30 mL 的水並收集流出液。
- 13、流出液用 NH_4OH 調整 pH 值為 9，加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 5 mL，加熱沸騰，產生碳酸鋇沉澱。
- 14、接著以事先秤重並記錄空重的濾紙過濾，棄上清液，用 2~3 mL $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 清洗碳酸鋇沉澱。
- 15、碳酸鋇沉澱移入平底計測皿，置入 65°C 烘箱中 30 分鐘烘乾，移入乾燥皿中冷卻後，稱重(計算回收率)。
- 16、稱重後之碳酸鋇沉澱移入 20 mL 樣品瓶中，加入 0.05 mol/L HNO_3 8 mL 溶解沉澱物，進行計測。

圖二、接續上頁。



*



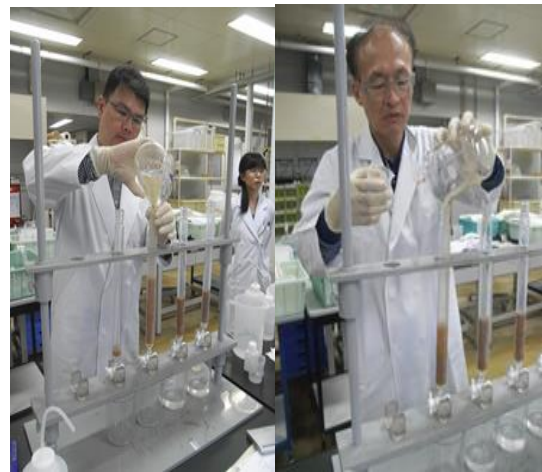
①量取牛奶試樣



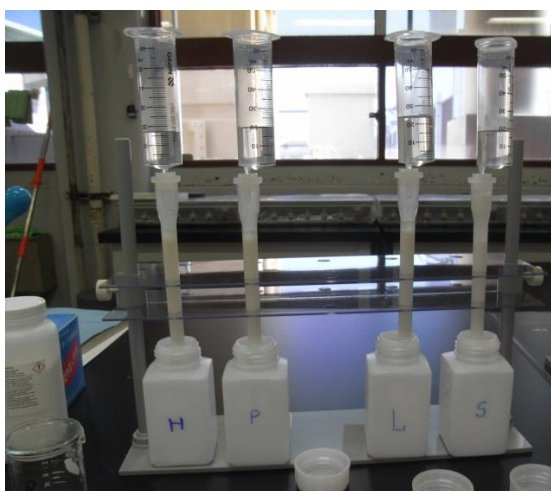
②加入離子交換樹脂(Dowex 50w-X8)



③攪拌 30 分鐘



④管柱先充填新樹脂，再將吸附後之離子交換樹脂(Dowex 50w-X8)洗入管柱內



⑤於 Eichrom 樹脂管中進行純化



⑥將稱重後之碳酸鋇沉澱移入樣品瓶中準備計測

圖三、研習同仁現場操作

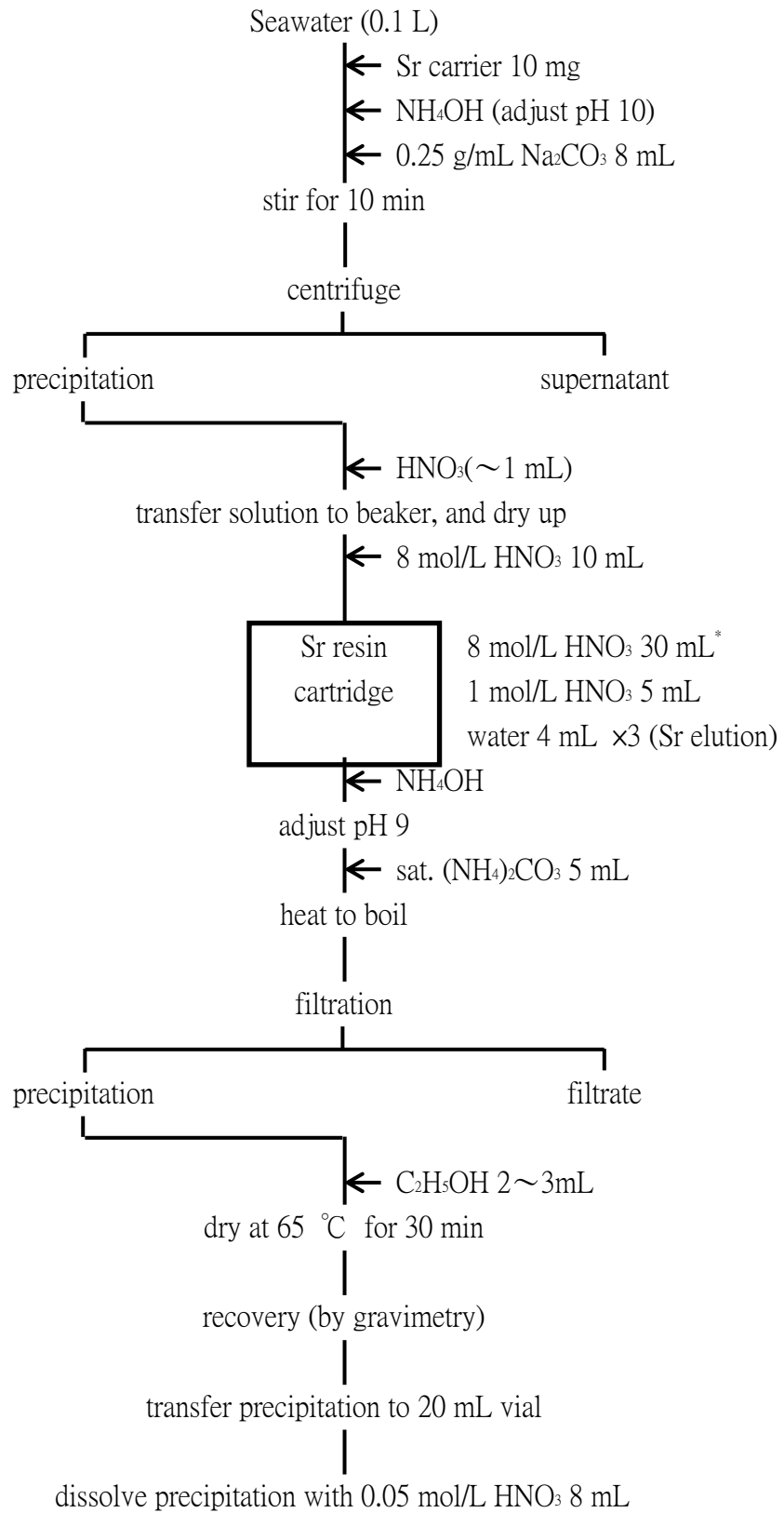
(二)、水樣—海水鋇-90 分析

日方提供的操作流程如圖四，操作程序如下，相關照片如圖五、六。

- 1、量取 0.1 L 海水試樣於 500 mL 燒杯中，加入 10 mg 鋇載體。
- 2、用 NH_4OH 調整 pH 值為 10，加入 0.25 mol/L Na_2CO_3 8mL。
- 3、攪拌 10 分鐘離心，棄上清液。
- 4、沉澱物以 HNO_3 1mL 洗入小燒杯中蒸乾。
- 5、加入 8 mol/L HNO_3 10mL 做成硝酸鋇溶液。
- 6、將硝酸鋇溶液倒入串接之 Eichrom 樹脂管，以真空抽氣方式將流速控制在每分鐘 1~2mL 之間進行流洗。
- 7、用 8 mol/L HNO_3 30mL 進行沖提，待最後一滴沖提液流完後，記錄下此時的時間。
- 8、用 1 mol/L HNO_3 30mL 進行流洗。
- 9、再以 4mL 的水共 3 次，通過樹脂管並收集流出液。
- 10、流出液用 NH_4OH 調整 pH 值為 9，加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 5 mL，加熱沸騰，產生碳酸鋇沉澱。
- 11、接著以事先稱重並記錄空重的濾紙過濾，棄上清液，用 2~3 mL $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 清洗碳酸鋇沉澱。
- 12、碳酸鋇沉澱移入平底計測皿，置 65°C 烘箱中 30 分鐘烘乾，移入乾燥皿中冷卻後，稱重(計算回收率)。
- 13、稱重後之碳酸鋇沉澱移入 20mL 樣品瓶中，加入 0.05 mol/L HNO_3 8 mL 溶解沉澱物，進行計測。

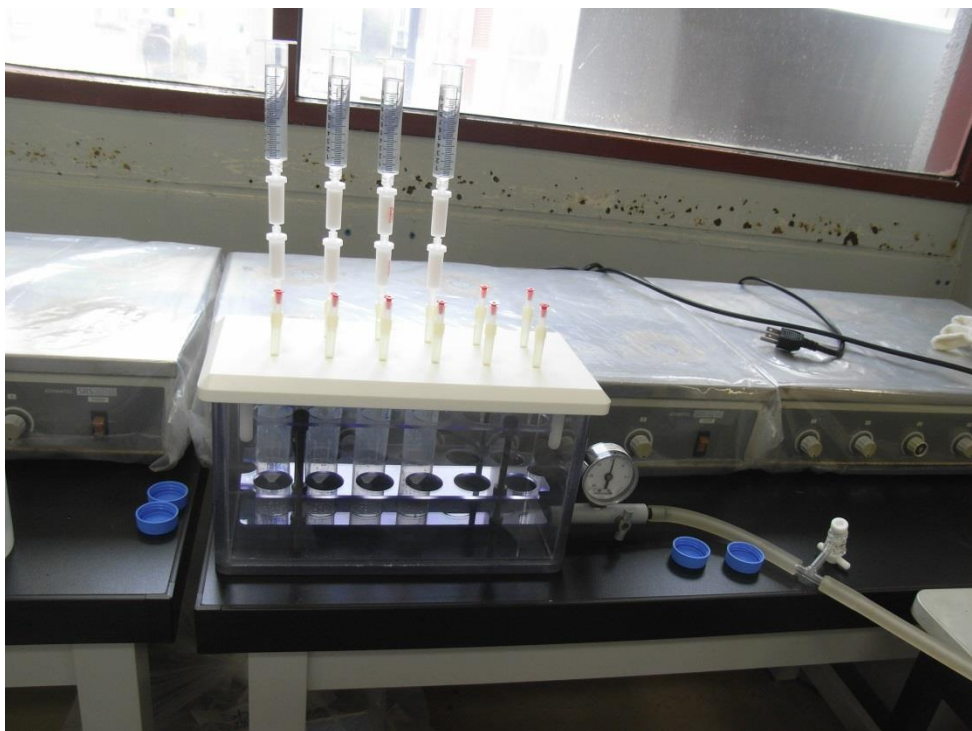
(三)經檢視本中心鋇-90 分析方法再與日方方法相比較，可以表一方式呈現，說明二者的差異及優劣點。

圖四、海水鋇-90 分析操作流程圖





圖五、真空抽氣裝置



圖六、分析液倒入串接之 Eichrom 樹脂管，進行流洗示意圖。

表 1. JCAC-Eichrom 樹脂快速分析法與本中心現行分析方法之比較

分析過程		分析方法	JCAC-Eichrom 樹脂快速分析法	本中心現行分析方法
樣品量	牛奶		0.25L	1L
	海水		0.1L	13L
前處理	牛奶		無	105°C 乾燥；450°C 灰化 濃硝酸(鹽酸)消化
	海水		無	無
化學分離			通過樹脂以進行除鈣及鋇	以發煙硝酸除鈣 鉻酸鈉除鋇
計測			不需靜置	靜置 14 天
使用儀器			液體閃爍計數儀	氣體比例計數儀
效率曲線			需建立 Sr-89、Sr+Y、Sr-90 及 Y-90 四條效率曲線	建立 Y-90 效率曲線
備註			僅適用於高活度樣品，無 法適用於環境低活度樣品	

(三)、結合純化法與液體閃爍分析儀之快速方法

- 1、稱重後之碳酸鋇沉澱移入 20 mL 樣品瓶中，加入 0.05 mol/L HNO_3 8 mL 溶解沉澱物，如圖七，置入液體閃爍計數儀(QUANTULUS 1220)進行謝倫可夫模式計測，如圖八。
- 2、計測後之 20 mL 計測瓶中，取出加入 12 mL UltimaGold AB 閃爍液，混合均勻，進行液態閃爍模式計測，如圖八。
- 3、JCAC 已預先建立包含 Sr-89、Sr+Y、Sr-90 及 Y-90 之相關計測參數，如表 2~3。
4. 本中心人員與 JCAC 指導專家日比野共同研習牛奶樣品快速分析的計測結果及誤差試算如表 4~5。



圖七、稱重後之碳酸鋇沉澱移入 20 mL 樣品瓶中



圖八、液體閃爍計數儀(QUANTULUS 1220)

表 2、 已建立之 Sr-89 及 Sr+Y 之相關計測參數表

calculation file of rapid Sr					
Sr-89 radioactivity	40.34	Bq/g	Sr+Y radioactivity	10.08	Bq/g
reference date	2017/1/16		reference date	2017/1/16	
weight	2.10	g	weight	2.01	g
measure date C	2017/2/28		measure date C	2017/2/24	
measure date S	2017/2/28		measure date S	2017/2/26	
Sr decay C	0.5544		Sr decay C	0.9974	
Sr decay S	0.5544		Sr decay S	0.9973	
radioactive concentration C	22.36	Bq/g	radioactive concentration	10.05	Bq/g
radioactive concentration S	22.36	Bq/g	radioactive concentration	10.05	Bq/g
recovery	1.000		recovery	1.000	
radioactivity C	46.97	Bq	radioactivity C	20.93	Bq
radioactivity S	46.97	Bq	radioactivity S	20.93	Bq
measure time	587.88	s	measure time	587.91	s
window C	11348	count	window C	7589	count
	19.05892	cps		12.66372	cps
ϵ C Sr89	0.40577		ϵ C Sr90+Y90	0.50495	
			ϵ C Y90	0.56897	
measure time	586.80	s	measure time	586.83	s
window S	27020	count	window S	22984	count
	45.92938	cps		39.04977	cps
ϵ S Sr89	0.97793		ϵ S Sr90+Y90	1.86543	
			ϵ C Y90	0.87322	

表 3、已建立之 Sr-90 及 Y-90 之相關計測參數表

calculation file of rapid Sr					
Sr-90 radioactivity	10.08	Bq/g	Y-90 radioactivity	15.00	Bq/g
reference date	2017/1/16		reference date	2016/7/7	BG
weight	2.02	g	weight	1.39	count
scavenging time	2017/2/25 09:11		scavenging time	2017/3/1 10:45	587.02 s
measure date C	2017/2/25 12:40		measure date C	2017/3/1 18:16	69 count
measure date S	2017/2/25 15:27		measure date S	2017/3/1 20:49	
Sr decay C	0.9973		Sr decay C	0.9845	0.24434 cps
Sr decay S	0.9973		Sr decay S	0.9845	0.11698 cps
radioactive concentration C	10.05	Bq/g	Y decay C	0.9219	
radioactive concentration S	10.05	Bq/g	Y decay S	0.8968	
Y generation C	0.0370		radioactive concentration	13.61	Bq/g
Y generation S	0.0656		radioactive concentration	13.24	Bq/g
recovery	0.902		recovery	0.947	
radioactivity C	18.32	Bq	radioactivity C	17.92	Bq
radioactivity S	18.32	Bq	radioactivity S	17.43	Bq
measure time	587.98	s	measure time	587.00	s
window C	532	count	window C	6894	count
	0.65914	cps		11.49936	cps
ϵ C Sr90	0.035985		ϵ C Y90	0.641806	
measure time	586.93	s	measure time	586.93	s
window S	10737	count	window S	11153	count
	18.17499	cps		18.88605	cps
ϵ S Sr90	0.99221		ϵ S Y90	1.08357	

表 4、與 JCAC 指導專家日比野研習牛奶樣品快速分析的計測結果

calculation of Sr89/90										
	Milk H 日比野		Milk S 謝整昌		Milk P 潘嘉吟		Milk L 李明達		BG	
measure time C	297.82	s	297.82	s	297.82	s	297.81	s	297.82	s
window C	59	count	64	count	72	count	74	count	57	count
measure time S	296.84	s	296.8	s	296.84	s	296.84	s	296.84	s
window S	31	count	35	count	37	count	42	count	29	count
Nc	0.006715	cps	0.023504	cps	0.050366	cps	0.057090	cps	0.191391	cps
Ns	0.006738	cps	0.020217	cps	0.026951	cps	0.043795	cps	0.097696	cps
reference date	2017/5/22 12:00		2017/5/22 12:00		2017/5/22 12:00		2017/5/22 12:00			
scavenging time	2017/5/23 16:50		2017/5/23 16:50		2017/5/23 17:16		2017/5/23 17:16			
measure start C	2017/5/25 12:13		2017/5/25 12:28		2017/5/25 12:20		2017/5/25 12:35			
measure start S	2017/5/25 14:18		2017/5/25 14:34		2017/5/25 14:26		2017/5/25 14:41			
recovery	0.617		0.823		0.626		0.785			
sample	0.25000	L	0.25000	L	0.25000	L	0.25000	L		
f1	0.374719		0.376409		0.372573		0.374268			
f2	0.388661		0.390423		0.386673		0.388330			
f3	0.998811		0.998801		0.998801		0.998801			
f Sr89	0.958454		0.958308		0.958381		0.958244			
f Sr90	0.999796		0.999795		0.999795		0.999795			
ε C Sr89	0.405801		0.405801		0.405801		0.405801			
ε C Y90	0.641806		0.641806		0.641806		0.641806			
ε C Sr90	0.035976		0.035976		0.035976		0.035976			
ε S Sr89	0.977925		0.977925		0.977925		0.977925			
ε S Y90	1.000000		1.000000		1.000000		1.000000			
ε S Sr90	0.992180		0.992180		0.992180		0.992180			
A t1 Sr89	0.024	Bq	0.085		0.193		0.2098			
A t1 Sr90	-0.012	Bq	-0.045		-0.117		-0.1167			
A t Sr89	0.16	Bq/L	0.43	Bq/L	1.29	Bq/L	1.115	Bq/L		
A t Sr90	-0.08	Bq/L	-0.22	Bq/L	-0.75	Bq/L	-0.595	Bq/L		
	0	Bq/L	0	Bq/L	1	Bq/L	1	Bq/L		
	-0.1	Bq/L	-0.2	Bq/L	-0.8	Bq/L	-0.6	Bq/L		
Sr89/90	-2.1		-2.0		-1.7		-1.9			

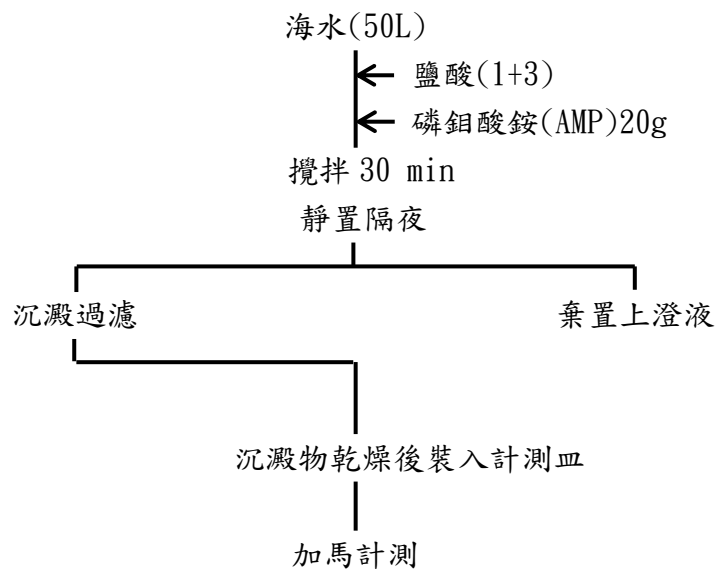
表 5、與 JCAC 指導專家日比野研習牛奶樣品快速分析的誤差試算

error of Sr89/90	Milk H 日比野	Milk S 謝整昌	Milk P 潘嘉吟	Milk L 李明達	BG
measure time C	297.82 s	297.82 s	297.82 s	297.81 s	297.8 s
window C	59 count	64 count	72 count	74 count	57 count
measure time S	296.84 s	296.83 s	296.84 s	296.84 s	296.84 s
window S	31 count	35 count	37 count	42 count	29 count
Nc	0.3616390 cps	0.0369351 cps	0.0291566 cps	0.0384317 cps	0.0253503 cps
Ns	0.2609480 cps	0.0269510 cps	0.0209884 cps	0.0283862 cps	0.0181416 cps
reference date	2017/5/22 12:00	2017/5/22 12:00	2017/5/22 12:00	2017/5/22 12:00	
scavenging time	2017/5/23 16:50	2017/5/23 16:50	2017/5/23 17:16	2017/5/23 17:16	
measure start C	2017/5/25 12:13	2017/5/25 12:28	2017/5/25 12:20	2017/5/25 12:35	
measure start S	2017/5/25 14:18	2017/5/25 14:34	2017/5/25 14:26	2017/5/25 14:41	
recovery	0.617	0.823	0.626	0.785	
sample	0.25000 L	0.25000 L	0.25000 L	0.25000 L	
f1	0.374719	0.376409	0.372573	0.374268	
f2	0.388661	0.390423	0.386673	0.388330	
f3	0.998811	0.998801	0.998801	0.998801	
f Sr89	0.958422	0.958276	0.958349	0.958212	
f Sr90	0.999796	0.999795	0.999795	0.999795	
ε C Sr89	0.405801	0.405801	0.405801	0.405801	
ε C Sr90	0.641806	0.641806	0.641806	0.641806	
ε C Y90	0.035976	0.035976	0.035976	0.035976	
ε S Sr89	0.977925	0.977925	0.977925	0.977925	
ε S Sr90	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	
ε S Y90	0.992180	0.992180	0.992180	0.992180	
A t2 Sr89	0.09	0.09	0.07	0.09	
A t2 Sr90	0.07	0.07	0.06	0.07	
A t0 Sr89	0.603 Bq/L	0.462 Bq/L	0.479 Bq/L	0.504 Bq/L	
A t0 Sr90	0.4442 Bq/L	0.3400 Bq/L	0.3534 Bq/L	0.3718 Bq/L	
	0.60	0.46	0.48	0.50	
	0.444	0.340	0.35	0.372	
Sr89/90	1.4	1.4	1.4	1.4	

二、海水銫-137 化學分析技術交流

本中心現正執行「台灣海域輻射監測調查計畫」，因海水樣品量大且分析耗時，希望在分析上縮短分析時間，於是利用本次研習期間向日方提起見習海水銫分析之需求，日方同意我們現場參觀也詳細介紹相關儀器設備及實驗方式，以下介紹日方之分析方法：

JCAC 海水銫-137 分析流程

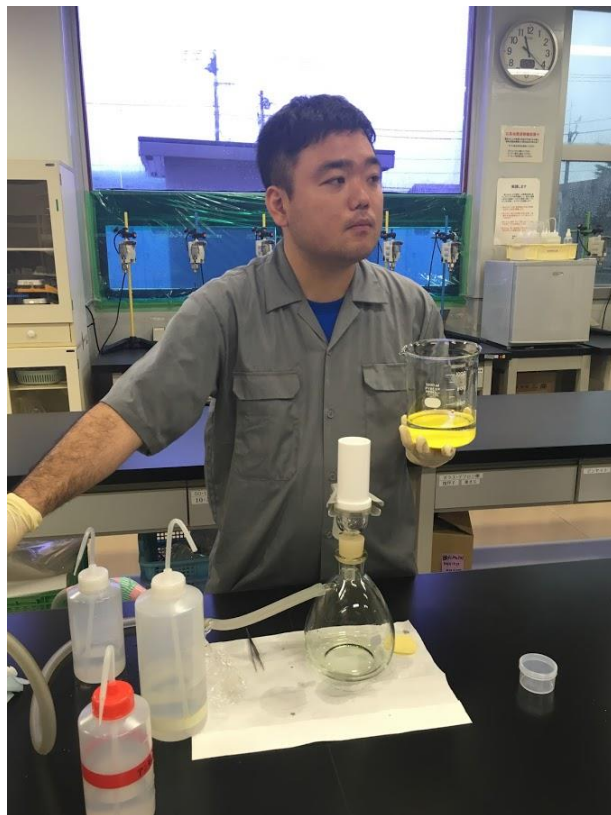


日本 JCAC 的方法及原理與本中心完全一樣，但日方採用特製大型之攪拌器桶可以一次處理 50~60 公升的水樣（如圖九），並採用抽氣過濾的方式（如圖十），日方在水樣處理上可以在 2 日內完成送測。本中心則將 60 公升海水樣品分為 6 個 10 公升的攪拌桶，進行攪拌後採用自然沉澱，再將 6 個沉澱混合再靜置，直至沉澱物裝入計測皿後加熱乾燥，再行送加馬計測，需要約 4 個工作天才能完成。

JCAC 與本中心不同點有 2 處，在於攪拌容器與磷鉬酸銨(AMP)沉澱的方法，大型攪拌桶在台灣目前找不到可以承做的廠商，目前積極尋找有能力的廠商，另外透過 JCAC 介紹製作商，也詢問是否願意承做。在 AMP 沉澱的方法，我們測試抽氣過濾結果，因藥品顆粒粒徑太細，抽氣過濾容易阻塞效果不佳，目前亦請廠商協助尋找 JCAC 使用的品牌或粒徑較大的磷鉬酸銨(AMP)藥品。



圖九、日方大型海水攪拌桶



圖十、日方(金野裕太先生)示範磷鉬酸銨 (AMP) 抽氣過濾

三、鋇-90 管柱分析技術交流

JCAC 執行例行性環境樣品鋇-90 化學分析之方法與本中心比較如下述，在一般樣品的前處理包含灰化、消化、碳酸鹽沉澱及草酸鹽沉澱雙方都是使用相同的方法，後續去除二價金屬如鈣、鋇的方法就不一樣，如下表所示：

表 4. 雙方鋇-90 分析方法比較表

分析步驟	本中心	JCAC
前處理	高溫灰化、酸液萃取	
碳酸沉澱	碳酸鈉沉澱法	
草酸沉澱	草酸沉澱法	
除鈣	發煙硝酸法	離子交換樹脂法
去鋇	鉻酸鈉沉澱法	
鋇鈉分離	氫氧化鐵沉澱法	

JCAC 使用離子交換樹脂法去除鈣、鋇，本中心現行使用發煙硝酸(100%硝酸)腐蝕性太強，對作業人員及工作環境具有一定的威脅性，且鉻酸鈉屬於法定毒性化學物質，除作業人員的安全因素外，該藥品採購、使用、廢棄都需依照法規執行並定期申報、接受定期查核等作業，如能停用，藥品管制人員可以節省一些行政作業。

依日方人員表示目前使用的管柱樹脂已使用 3 年，如圖十一、十二，足見可反覆長期使用。整理樹脂再生的清洗流程如下：

表 5. 日方管柱操作參數

流速	試藥	流量	預估時間
5 mL/min	樣品	200 mL	40 分
	洗淨液 2M 醋酸銨+甲醇(1+1)	900 mL	180 分 (100 分+80 分)
	溶離液(2M 醋酸銨)	600 mL	120 分
自然落下 9 mL/min	再生	水	100 mL 12 分
		鹽酸(1+1)	1500 mL 170 分
		水	630 mL 70 分



圖十一、日方(平出功先生)示範管柱操作



圖十二、離子交換樹脂管柱

四、鋇-90 自動分析儀

日本經歷福島核電廠事故，體認到食品快速分析的重要性，由 JCAC 研究開發這套鋇-90 自動分析儀，依照標準分析方法設計從樣品灰分、硝酸溶解、化學方式進行核種分離以及核種測定等複雜流程，皆能全自動操作、在密閉結構下安全、迅速分析樣品中的鋇-90 的含量，如圖十三~十五。

日方表示，一般樣品由人工進行分析需要約 7 天才能完成，該套系統能在 1 日即可完成，縮短了約 1/7 的時間。在鋇載體回收效率方面，回收率約在 77~98%之間，與人工操作的回收率並無明顯差異。

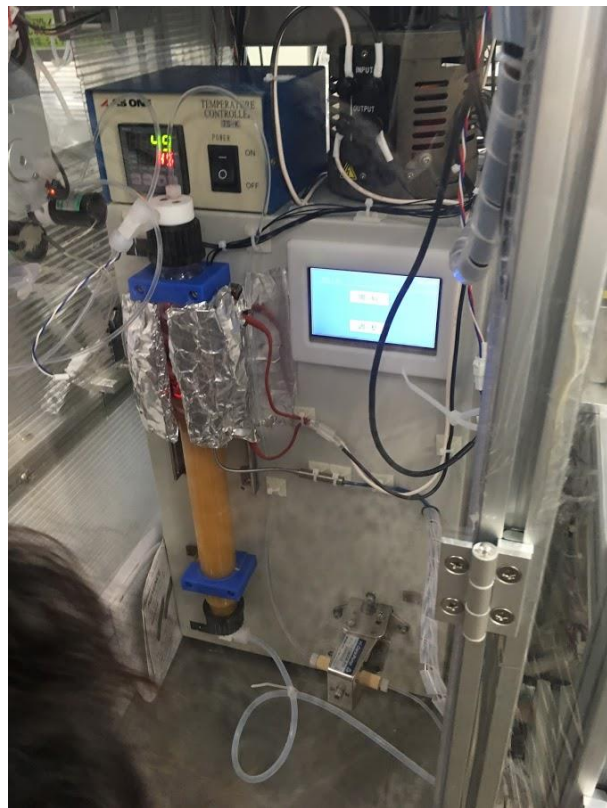
目前雖在研發階段，在分析的部分已達成目的，未來朝向小型化及低價格化方向發展。



圖十三、樣品分解程序部分



圖十四、化學沉澱分離程序部分



圖十五、離子交換樹脂分離程序部分



圖十六、二次化學沉澱分離程序部分



圖十七、自動分析儀全照(翻拍自現場海報)

五、研習後討論會議

經歷 5 日的研習，日方每天都有安排簡短的休息及討論時間，並對每天的內容進行複習跟講解，也很熱心的回應我方的提問。研習期間適逢 JCAC 的年度財產查核及績效考核，故日方人員十分的忙碌，但日方於第 5 日的下午依然替我方舉辦一場總結會議，由 JCAC 理事兼分析部部長磯貝 啟介先生主持，日方讚賞我方人員學習認真、放射性分析知識充足，我方由謝整昌技正代表發言，表示感謝日方無私的教導與雙方友誼長存的喜悅。

研習期間我方向 JCAC 表示想了解 JCAC 在日本福島核災後，有哪些重要的政策性或技術上的發展，磯貝部長於會議中回復，內容簡述如下，

1. 震災後設立自動輻射監測站，並加強福島地區的監測。
2. 擴大東京灣放射性調查。
3. 進行全國性的環境輻射背景調查。
4. 放射性惰性氣體調查，目前在青森分部執行 Kr-85 及 Xe-133 的調查，目前技術已經成熟，日方歡迎我方前往觀摩。
5. 因應事故後，建立核種快速分析方法，例如鋨-90 快速分析。
6. 在政策上，持續提升實驗室精度及品管的要求。



圖十八、研習後討論會議參予人員合照(前座中位為磯貝 啟介理事)

肆、心得與建議

心得

本次研習主題在鋇-90 快速分析方法上，得到完整的技術與方法，成果豐碩並透過實地操作與日方人員互動相當熱絡，雙方在技術上的交流也是熱烈討論，整體上我方在技術及觀念的建立有相當的突破，亦釐清分析技術上相關的問題。

在 JCAC 的見習期間，感受到日方為了這次我方的見習準備的相當用心，在方法及實驗流程都有一定節奏與排程，相關的器材也一應俱全、井然有序，教導人員除了技術相當細膩之外，有關放射性化學的知識相當豐富，對我方的問題都能很快給我們答覆。

從基層實驗操作者的角色來看，JCAC 的房舍雖然有些許老舊，但是房舍空間安排上也是相當順暢，前處理、化學分析、計測室都有足夠的空間及動線，在實驗設備上不論在性能上、安全性上以及操作性上都是能讓實驗非常順暢進行，尤其在自動化設備的開發，例如加馬樣品自動送測儀、鋇-90 自動分析儀等，都可供本中心未來的參考。

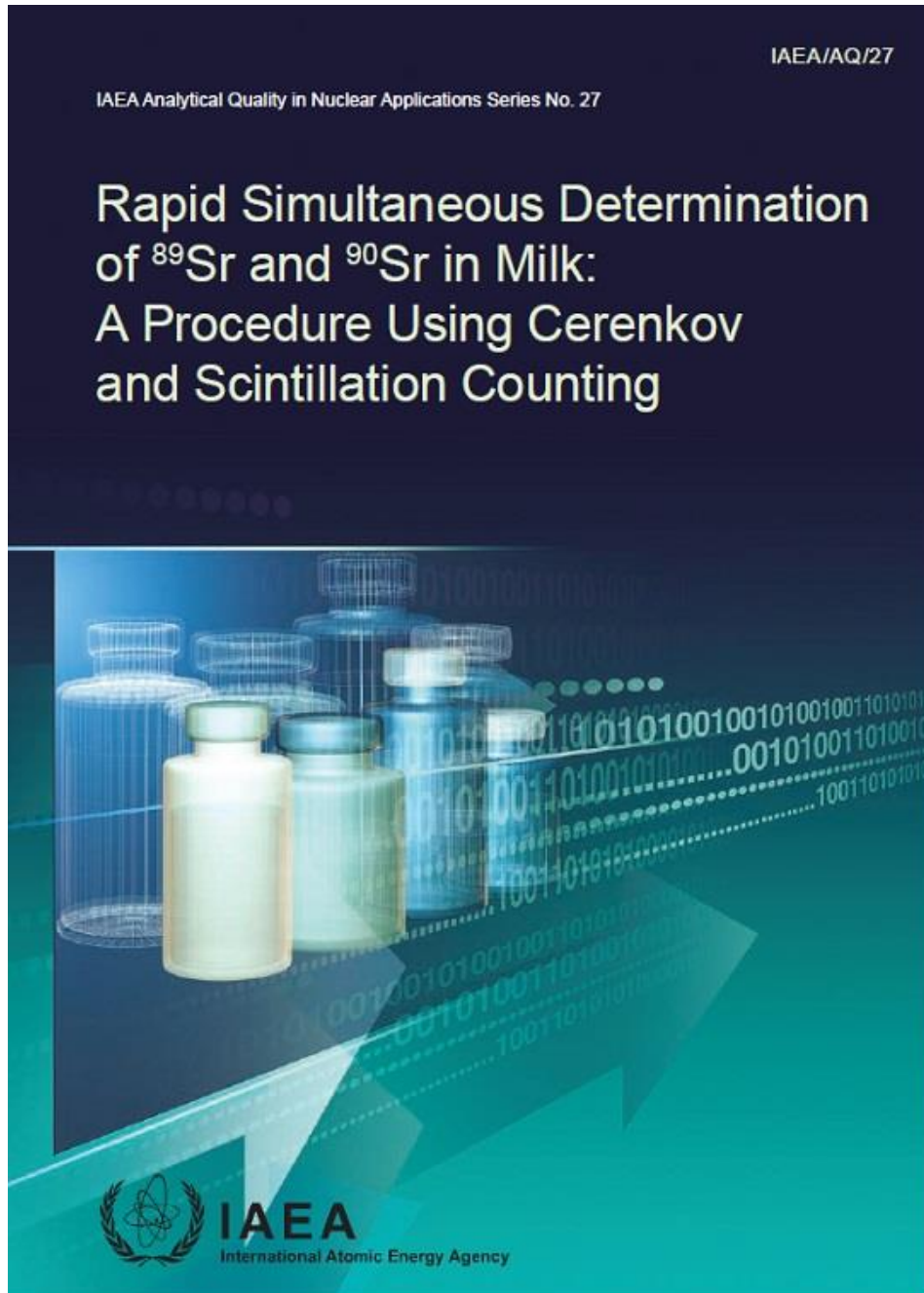
日方人員對我們表現極為友善，也以老朋友般的情誼相待，雙方亦師亦友，相互討論相互成長，此次的見習對我方來講除了專業知識的取得，更難得的是讓雙方 30 多年的友誼更加穩固。

建議

- 一、用 JCAC-Eichrom 樹脂快速分析鋇-90 時所需使用之樣品量少，分析過程也較快速，適用於緊急事故時活度高之樣品，但較不適用於活度低之環境樣品。本中心目前進行化學分離時以發煙硝酸除鈣及鉻酸鈉除鋇，惟發煙硝酸為強酸，鉻酸鈉又屬環保署列管之毒性化學物質，建議可結合樹脂法之技術以減少強酸及毒性化學物質之使用。
- 二、日方自主開發自地動化設備，例如加馬樣品自動送測儀、鋇-90 自動分析儀等，都是我們未來實驗室更新設備時之參考。
- 三、海水銫-137 的分析方法參考日本 JCAC 方法，可以有效縮短時間，部分相關桶槽、設備及藥品，在台灣無法製作或採購，需日方協助方能完成整備，目前已在接洽日方並積極尋找台灣可以製作的廠商。

伍、 附錄

參考資料：IAEA 放射性分析品質應用系列第 27 號，2013.10 出刊。



圖十九、 IAEA 放射性分析品質應用系列第 27 號封面