

國家同步輻射研究中心
出國報告書

出國人姓名：林明泉、劉宗凱、羅志宏

出國日期：2022 年 12 月 18 日至 21 日

目的地 (國家、城市)：日本 茨城縣筑波市

參加會議名稱或考察、研究訓練地點：KEK 加速器部門

一、目的

本次出國主要有二個目的，其一是 1.5 千兆赫雙腔體超導高頻共振腔已運抵 KEK，按雙方的合作協定 NSRRC 須派員前往參與及學習超導鈮腔相關的後處理製程與測試。此次行程首先是進行超導鈮腔的開箱、常溫微波基本特性量測組裝與其量測；其二是與 KEK 古屋貴章教授、岡田貴文助理教授顧問群進行超導鈮腔後處理製程討論會，主要是超導鈮腔電化學拋光、高溫真空退火與預調頻相關技術合作細節與時程的討論。

二、行程

12/18

早上於新竹出發，中午從桃園國際機場搭乘中華航空 CI104 班機前往日本成田國際機場，班機於傍晚抵達，但因通關人潮眾多、機場人手不足，通關時間花了約 4 個小時，導致後續銜接交通延後，晚上 10 點 30 分才搭上長途巴士，至筑波市時已無巴士可搭，故只好搭計程車前往 KEK，約晚上 12 點抵達 KEK 後入住招待所。

12/19

早上與岡田貴文助理教授碰面，隨後至輻射安全管理中心申請管制門禁卡及安全訓練。拜訪森田欣之教授與古屋貴章教授，初步討論這階段的工作進行時程。下午由岡田貴文助理教授帶領參觀真空爐與電化學拋光設施。隨後至日光實驗棟進行超導鈮腔拆箱與架設等工作，並完成腔體厚度量測、常溫微波特性量測組裝。

12/20

早上於日光實驗棟進行超導腔的常溫微波特性量測。下午於三號館 5 樓會議室，由林明泉以 TLS、TPS RF 的運轉狀況與高頻小組近年的發展項目為主題進行公開報告，對象為 KEK SRF、LLRF group 的成員。會後再到日光實驗棟進行超導腔的常溫微波特性量測，量測過程中同時也諮詢古屋貴章教授有關超導鈮腔後續測試所需的技術問題。

12/21

早上於三號館 7 樓會議室討論超導鈮腔電化學拋光、高溫真空退火與預調頻相關技術合作細節與時程。中午由 KEK 出發至筑波市再搭乘機場巴士至日本成田國際機場，傍晚由日本成田國際機場搭乘中華航空 CI105 班機返回桃園國際機場，抵台後隨即搭車回到本中心，時間約晚上 11 點。

三、內容摘要：

第一天(12/19)

1. 初次與 SRF group 岡田貴文助理教授見面，新生代的岡田助理教授才在近兩年加入該團隊，但先前已有參與 STF 1.3GHz 超導共腔模組的經驗，是日後我們諮詢專家的接班人選。
2. 真空高溫退火預計使用的真空爐是 STF 1.3GHz 超導鈮腔在使用的，目前的狀態是正常的，已進行 800°C 鈦盒 degassing，真空度可達 $\sim 10E-6Pa$ ，殘留氣體分析儀測量的氣體成分顯示無真空洩漏的問題。
3. 電化學拋光設施在人員出錯事件後，經由 KEK 內部化學委員會數月的審查後，目前已通過審查恢復使用。將使用 1.3GHz 超導鈮腔的電化學拋光站，岡田貴文助理教授也已經設計相關的夾治具，將送往化學委員會審查相關文件。
4. 進行超導鈮腔拆箱與外觀確認，固定夾具拆卸與常溫微波特性量測組裝。
5. 超導鈮腔各部位的厚度量測，主要部位的設計值有 2mm、2.5mm 與 3.0mm，實際量測確認腔體的厚度，目的是確認 EP 能有多厚的材料可以去除，避免鈮腔材料不夠厚(強度不夠)，抽真空時造成鈮腔變形等問題。
6. 目前此超導鈮腔還在研發階段，厚度量測的結果與 KEK 顧問群討論的技術細節不撰寫於此報告中。
7. 諮詢有關 KEKB 500MHz SRF 模組 thermal cycle 前後 CPL 處真空的變化狀態，了解為何真空會有如此的變化。
8. 古屋貴章教授分享氣體殘留分析儀裝在 SRF 模組的用意，我們也說明會更換新的分析儀。

第二天(12/20)

1. 古屋貴章教授要求微波特性量測前一定要進行超導鈮腔的表面溫度量測，溫度的高低變化對頻率的變化有相當的程度影響，尤其是日本冬天與夏天的溫差。
2. 超導鈮腔的常溫常壓下微波特性量測，包含 Fundamental modes、High Order Mode 與 damper 效果現象量測。主要不同處是在常壓下，頻率會

有 5MHz 的漂移，其它模態與理論計算或是之前於 NSRRC 量測的結果還算吻合。

3. 目前此超導鈮腔還在研發階段，微波特性量測的細部結果與 KEK 顧問群討論的技術細節不撰寫於此報告中。詳細的內容會在組內會議時進行討論。
4. 林明泉的報告內容 TLS、TPS RF 的運轉狀況與高頻小組近年的發展項目，KEK 的專家似乎對於 SSPA 的效率問題與節能問題比較關切，KEK 也面臨運轉電力的經費問題，有些項目也因為此問題而無法長時間的運轉或是測試。
5. TPS 第三套 SRF 模組會不會再上線運轉的問題，我們的回應是應該會從提高高頻功率方面去滿足 IDs 增加後的需求。
6. KEKB 的 CPL 於運轉時功率可達 400kW，於 test stand 上功率可達 800kW。目前限制運轉時功率在 300 kW 以內 (1.2MW 的駐波)，目的是避免如在微波管內發生 arcing 時，反射微波有可能回到陶瓷視窗，造成陶瓷視窗損壞。
7. HOM damper 的設計要:注意避免會發生 arcing 的尖點設計、均勻冷卻的設計、可吸收的功率密度。
8. 為了垂直測試建立 1.5GHz 的 RF source，先了解 S/G、LLRF 等元件是否支援至 1.5GHz，LLRF 系統是否可沿用 500MHz 的系統。
9. 諮詢古屋貴章教授有關垂直測試用天線設計與真空元件的問題，天線的長度設計值必須實際量測，會先在中心內進行 Dummy Cavity 的實際量測練習量測方法，日後在 KEK 預調頻後再進行實際的 Cavity 量測來設計出天線。真空元件要採用必須能夠在液氦溫度下使用的元件。
10. 接下來岡田貴文助理教授會再重新量測確認所有的 modes，拆除 15D port 進行 coupling 的量測，決定最後天線的長度。

第三天(12/21)

超導鈮腔相關的後處理製程細節與預估時程

1. 準備工作 (2022.12~late Jan. 2023)

Inner surface inspection and measure the HOM

Jig making and checking

Cathode check and calculation

Detailed thickness measurement

2. PreEP and EP1 process (late Jan. 2023-early Feb., 4 days)

Water rinsing

preEP 5 um

EP1 100 um

Water ringing (Ultrasonic and HPR)

Drying (pumping or air drying)

3. Annealing (early Feb., 4 days w/o degas)

Cavity inside titanium box

800 degC 3h (ILC recipe)

4. Frequency tuning (middle Feb., 3 days)

預調頻機器拆箱、組裝測試

Pre-tuning

V/T 用天線長度量測設計

5. EP2 (early Mar., 4-5 days)

EP2 (5-10 um)

Water ringing (Ultrasonic and HPR)

Drying (pumping or air drying)

Flange assembly

N2 gas purge at Nikko

四、心得概述與建議

較年長的 KEK 顧問們都相繼退休，經由長時間持續密切與 KEK 建立的交流管道若要持續延續，就要開始與新生代的接班人有所接觸，這次的行程對此非常有意義，能與 KEKB SRF group 老中青三代都能同時有接觸。藉由這樣的交流傳承，我們未來也能夠繼續與 KEKB 的顧問們密切的聯絡，如果日後有機會要再利用這些技術資源，相信對建造超導共振腔或是維修超導共振腔都是非常有助的。