

The development status of KEK-cERL in MHI

Hiroshi Hara, Haruki Hitomi, Fumiaki Inoue, Katsuya Sennyu, Kohei Kanaoka, Takeshi Yanagisawa
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, Mihara, 729-0393, Japan

Abstract

当社 MHI では、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) にて建設される cERL 設備において、入射部・主加速部の超伝導加速空洞、及びクライオモジュールの開発に取り組んでおり、その状況について報告する。

KEK-cERL 設備における MHI の取り組み状況

1. はじめに

近年、次世代の放射光光源 ERL (Energy Recovery Linac) の実現の為、KEK では小型の ERL “コンパクト ERL” の開発が進められている (図 1)。当社では、その基幹技術として必要とされる電子を高い電場で加速する高周波加速装置として、超伝導加速空洞とそれを搭載するクライオモジュールの製造に取り組んでいる[1]。入射部モジュールについては、超伝導加速空洞の高圧ガス設備試験、冷媒配管の高圧ガス委託検査に合格し、KEK 構内においてこれらをクライオスタートに組み込み、ビームラインへの据付まで完了している。主加速部モジュールについては、超伝導加速空洞の特定設備検査、冷媒配管の高圧ガス委託検査に合格しており、これらを収納するクライオスタートの製造まで完了している。以下に詳細を報告する。

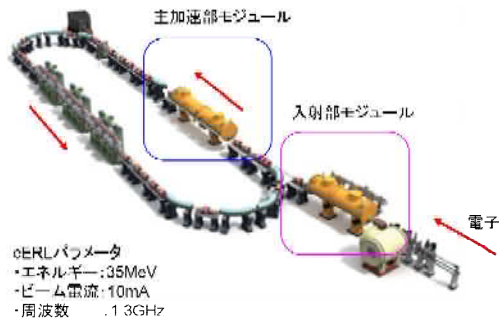


図 1 : コンパクト ERL 概略

2. 入射部モジュール

2.1 クライオモジュールの構成

全体を覆う容器はステンレス製で、その内側に 80K に冷却されるアルミシールドが取り付けられ、放射熱を遮蔽する。80K シールドの内側には 5K の He を溜めることが可能なヘリウムパネルが収納されており 2 枚のパネル間を繋ぐ配管からインプットコブラヘサーマルアンカーをとっている。チタン製のジャケットを溶接された空洞 3 台はそれらの中心に配置されている (図 2 参照) [2]。尚、磁気シールドはジャケット内部にセルを覆うように設置されて

いる。液体ヘリウム、液体窒素を供給・回収する配管は、ステンレス製で、高圧ガス委託検査に合格したものを使用している。

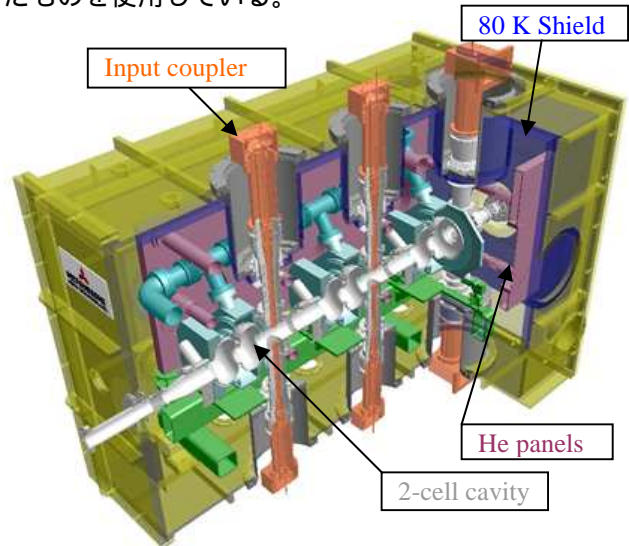


図 2 : 入射部モジュール全体構成

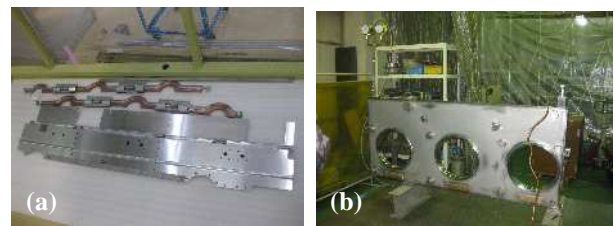


図 3 : 構成部品例。(a) 熱シールド・配管, (b) ヘリウムパネル。配管及びパネルは高圧ガス保安法対象機器である。

2.2 超伝導空洞

ニオブ製 2 連型超伝導加速空洞の外側には、チタン製のジャケットが取り付け、ジャケットと空洞の間に液体ヘリウムを溜めることで空洞を超伝導状態に保持する構造である。ジャケットは周波数調整用スライドジャッキチューナーが組みこめる様、コンパクトにしている。空洞の設計仕様は以下の通りであり、一般高圧ガス保安法に該当し、必要な検査に合格している。本空洞 3 台は KEK 内での単体の性能が確認されている[3]。

表 1：空洞の高圧ガス設計条件

設計温度	-271.4 ~ +30
設計圧力	0.031+0.1013 MPa
容積	0.006 m ³
PV 値	0.0008 (< 0.004) 一般則



図 4：高圧ガス保安協会立会い検査の様子。

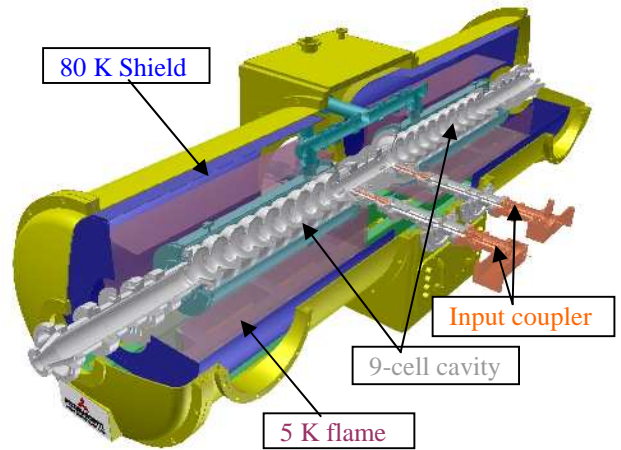


図 7：主加速部モジュール全体構成

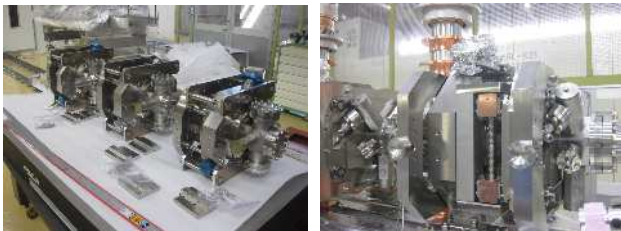


図 5：超伝導空洞(左図),周波数チューナ (右図)

3.2 超伝導空洞

ニオブ製 9 連型超伝導加速空洞の外側には、チタン製のジャケットが取り付け、ジャケットと空洞の間に液体ヘリウムを溜めることで空洞を超伝導状態に保持する構造である。空洞の設計仕様は以下の通りであり、高圧ガス保安法特定設備に該当し、必要な検査に合格している。本空洞 2 台は KEK 内での単体での性能が確認されている[5]。

表 2：空洞の高圧ガス設計条件

設計温度	-271.4 ~ +30
設計圧力	0.031+0.1013 MPa
容積	0.046 m ³
PV 値	0.0061 (> 0.004) 特定則

2.3 入射器モジュールの据付

H24.4 月にクリーンルーム内での空洞連結およびカプラ取付け作業が行われ、モジュールのビームラインへの設置を完了した。現在冷凍機との接続中であり、県庁の完成検査合格後の 9 月から運転開始となる。

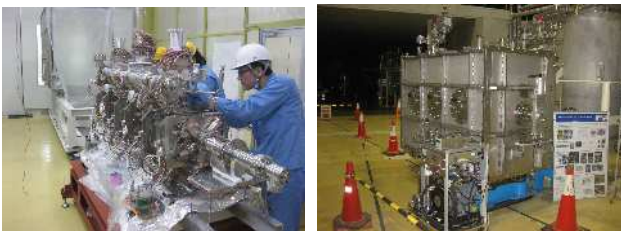


図 6：入射部モジュールの現地組立ての様子。KEK 構内 ERL 開発棟 (旧東カウンターホール)

3. 主加速部モジュール

3.1 クライオモジュールの構成

全体を覆う容器はステンレス製で、その内側に 80K に冷却されるアルミシールドが取り付けられ、放射熱を遮蔽する。容器内には、バックボーンと呼ばれる主構造体が収納されている。ジャケットに溶接された空洞は、5K に冷却されたフレームに固定された後、断熱・磁気遮蔽シールドで覆われ、バックボーン上に設置される (図 7 参照) [4]。液体ヘリウム、液体窒素を供給・回収する配管は、ステンレス製で、高圧ガス委託検査に合格したものを使用している。



図 8：空洞ジャケット化の様子 (9 セル超伝導空洞のジャケット化前 空洞ジャケット化後)



図 9：空洞ジャケット化後の高圧ガス保安協会立会い検査の様子

3.3 主加速部モジュールの据付

各構成部品の製作は完成し、高圧ガス保安法対象品の保安協会立会い検査も受検済みである。5月から6月にかけて工場内での仮組立て確認を行い、KEKに納品を完了している。現在、ビームラインへの据付に向けて組立て作業を開始しており、9月末に据付を完了、10月中に冷凍機と接続のうえ10月末には県庁の完成検査を受検予定である。



図 10：主加速部モジュールの工場組立確認の様子

4. まとめ

当社は KEK における cERL 建設において以下のとおり取組みを行った。

- 入射部モジュール用 2 連型超伝導空洞を開発し、高圧ガス保安法一般高圧ガス保安規則に対応した実機 3 台の製作した
- 主加速部モジュール用 9 連型超伝導空洞を開発し、高圧ガス保安法特定設備検査規則に対応した実機 2 台の製作した
- 入射部モジュール及び主加速部モジュールを製作した
- 入射部モジュールの組立てを終え、ビームラインへの据付完了が完了した
- 主加速部モジュールの組立てを開始し、9 月末の完成を予定している。

参考文献

- [1] H. Hitomi, et al., “Fabrication of Superconducting RF Cavity at MHI”, ERL2011, Tsukuba, Japan, (2011), WG3002
- [2] S. Noguchi, et al., “Injector Cryomodule for cERL at KEK”, ERL2011, Tsukuba, Japan, (2011), WG3
- [3] K. Watanabe, et al. “Progress of cERL injector cavities at KEK”, ERL2011, Tsukuba, Japan, (2011), WG3005
- [4] K. Umemori, et al. “Development of main linac cavity for cERL project”, ERL2011, Tsukuba, Japan, (2011), WG3
- [5] T. Furuya, et al., “Cryomodule of KEK-ML cavity”, ERL2011, Tsukuba, Japan, (2011), WG3