

cERLヘリウム冷凍機の現状と コミッショニング時の冷凍機運転

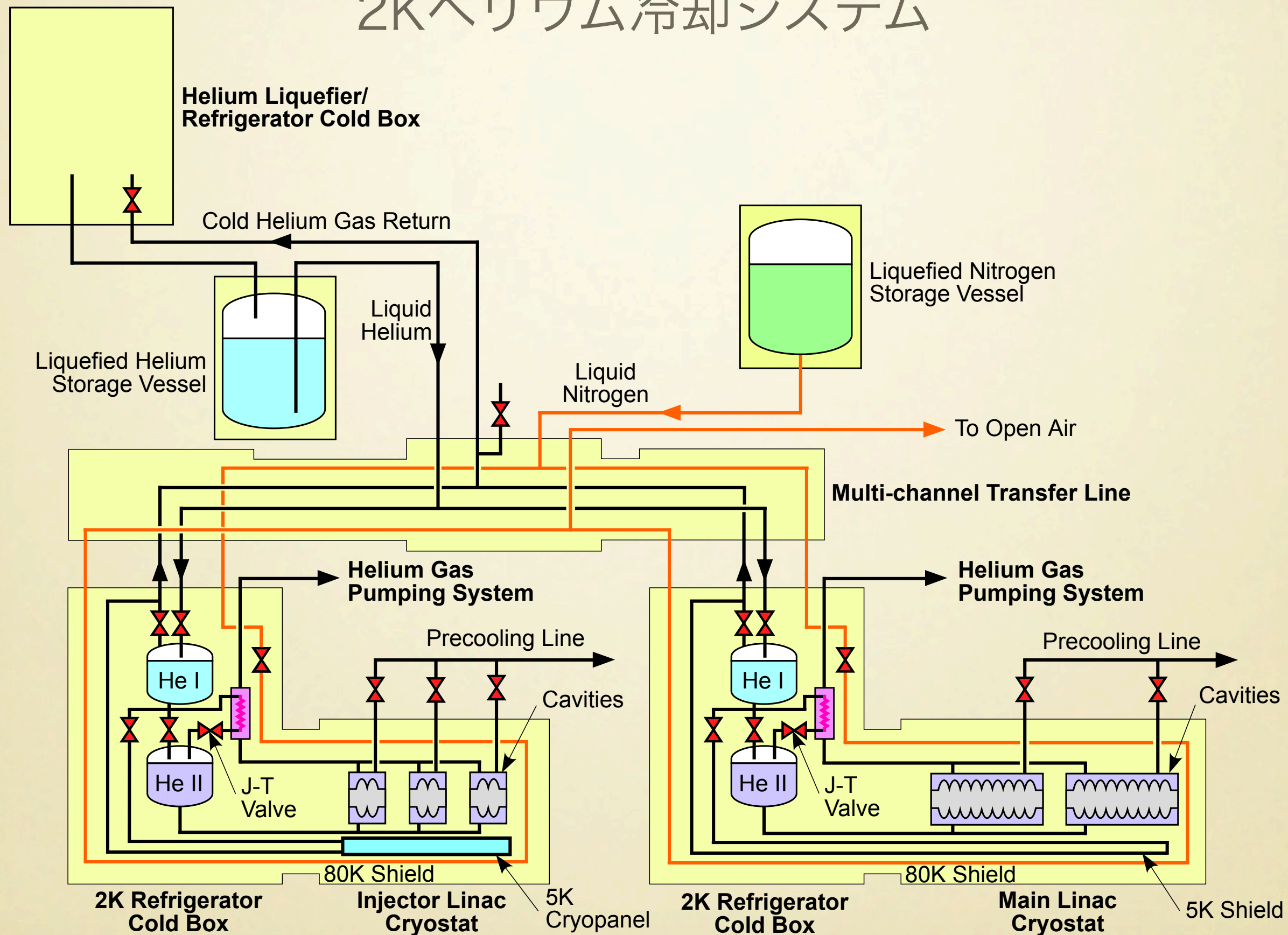
仲井浩孝

冷凍機グループ

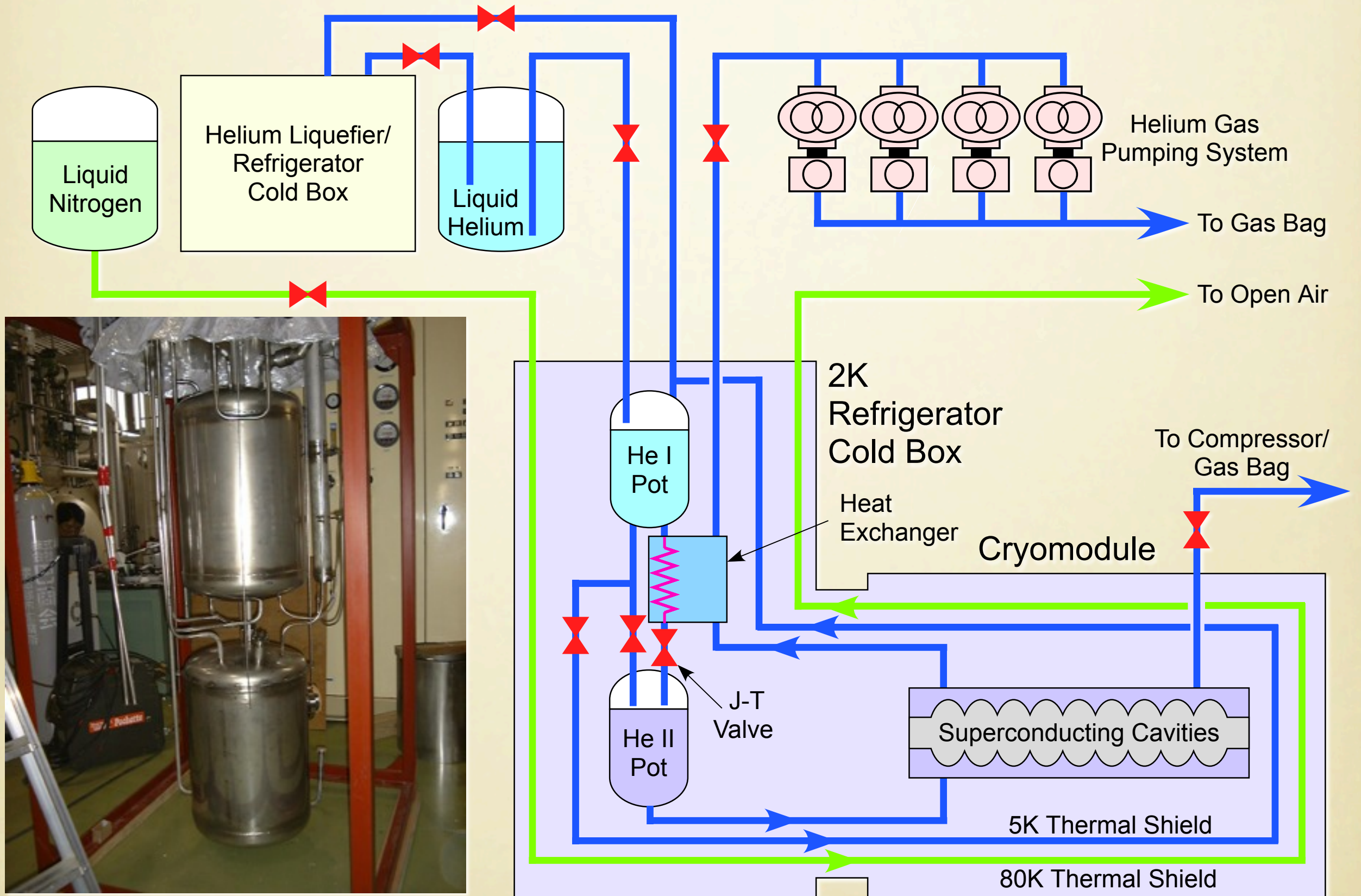
発表内容

- ・ ヘリウム冷却システムの現状と問題点
 - ・ 2Kラインのヘリウムガス回収の問題
 - ・ 4.5Kラインのヘリウムガス回収の問題
- ・ 入射器および主空洞クライオモジュール同時運転
 - ・ これまでの試験結果
 - ・ コミッショニング時の熱負荷予想

2Kヘリウム冷却システム



超流動ヘリウム冷却



減圧ポンプと回収圧縮機

- ・ 減圧ポンプ
 - ・ 油回転ポンプとメカニカルブースターポンプの組合せ
 - ・ 1組の最大排気速度：10 m³/hr → 10 W @ 2K
 - ・ 現在は8組 → 80 W @ 2K の冷却能力
- ・ 回収圧縮機
 - ・ 最大回収速度：100 m³/hr → 100 W @ 2K

回収圧縮機の移設

- ・ ERL開発棟とATFの回収圧縮機：各 100 m³/hr
- ・ ATFの精製器を移設後：合計 200 m³/hr → 200 W @ 2K
- ・ ヘリウムガス精製の必要があるので、連続運転不可
- ・ 3000 L容器にある液体ヘリウムを使用して（実質 2000 L程度）、連続8時間程度

運転モード

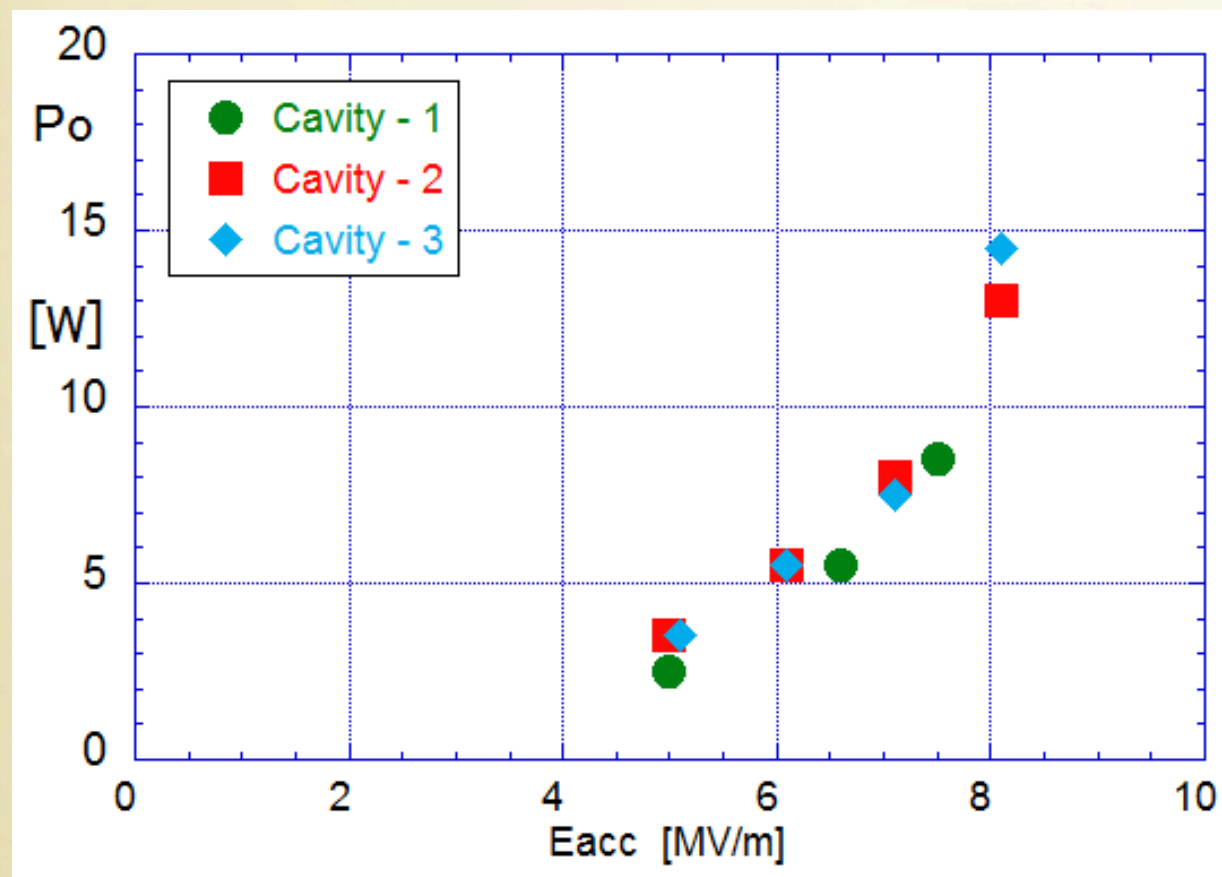
- ・ 液化モード
 - ・ ガスを室温に戻し、精製・液化を行う
- ・ 冷凍モード
 - ・ 冷たいガスを液化冷凍機のサイクルに戻す
- ・ 混合モード
 - ・ 液化モードと冷凍モードの混合
 - ・ 2Kラインは液化モード、4.5Kラインは冷凍モード

4.5Kラインの問題点

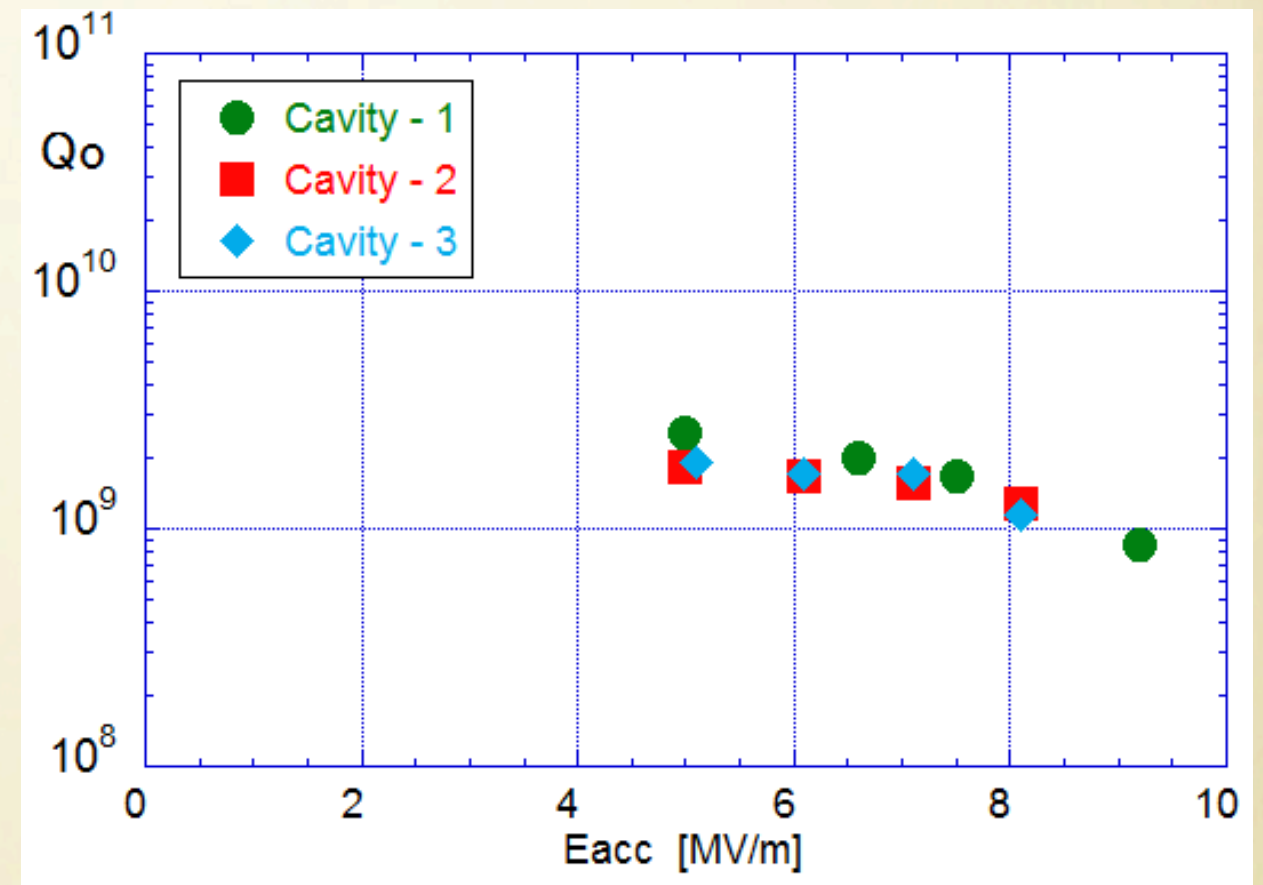
- ・ 4.5Kライン
 - ・ 5K熱放射遮蔽からの蒸発ガス
 - ・ He I pot からの蒸発ガス
- ・ コールドボックス：20K および 80K ラインへの戻りポートのみ（5Kラインへの戻りポートなし）
- ・ 20K ラインの圧力が高くて5Kガスを戻せない → 寒冷を回収できない（冷凍モード不可）
- ・ トランスファーラインの断熱性能維持のため、別ラインは使用不可
- ・ 80K ライン経由で循環圧縮機へ戻すために吸入圧力の低下 → 液化率の低下

入射器空洞の測定結果 (1)

CW operation in an individual cavity



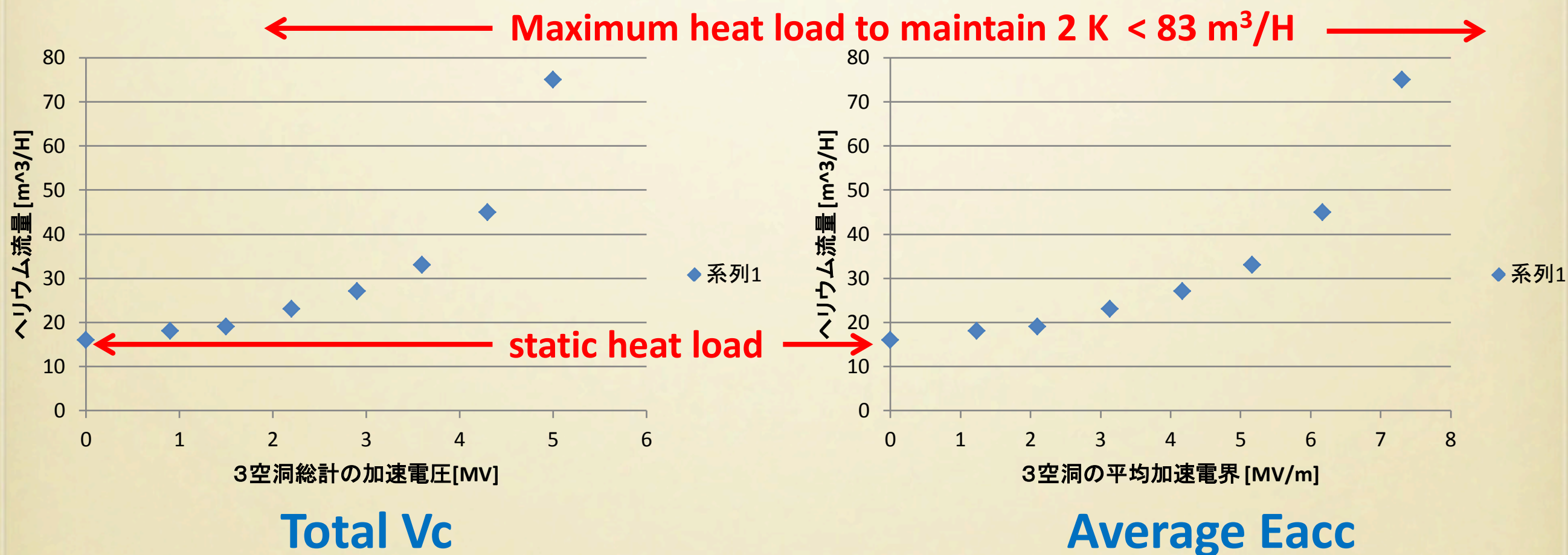
Cavity RF Loss : P_o



Unloaded Q : Q_o

入射器空洞の測定結果 (2)

Simultaneous operation of three cavities

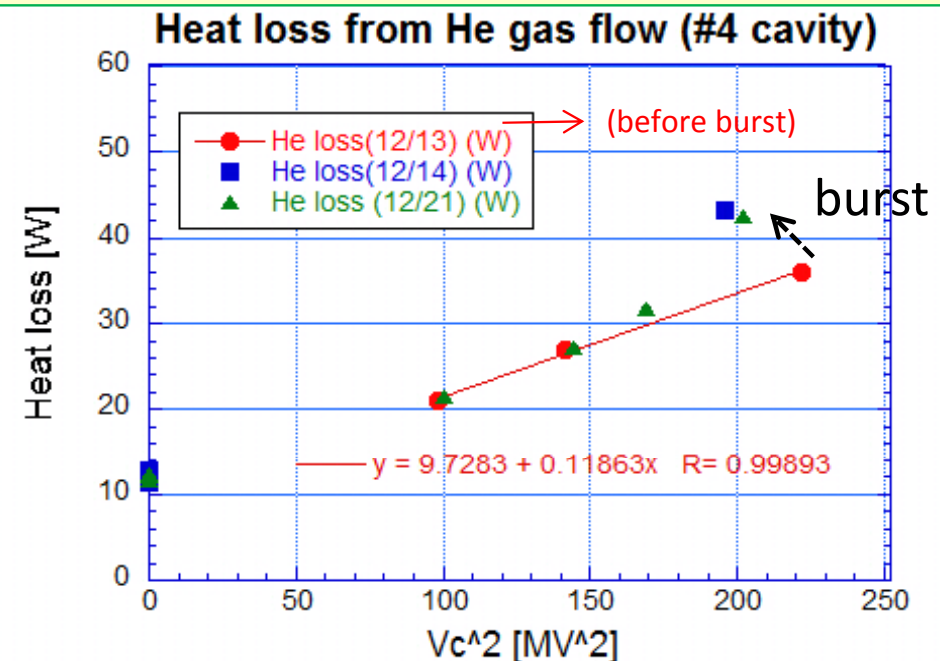
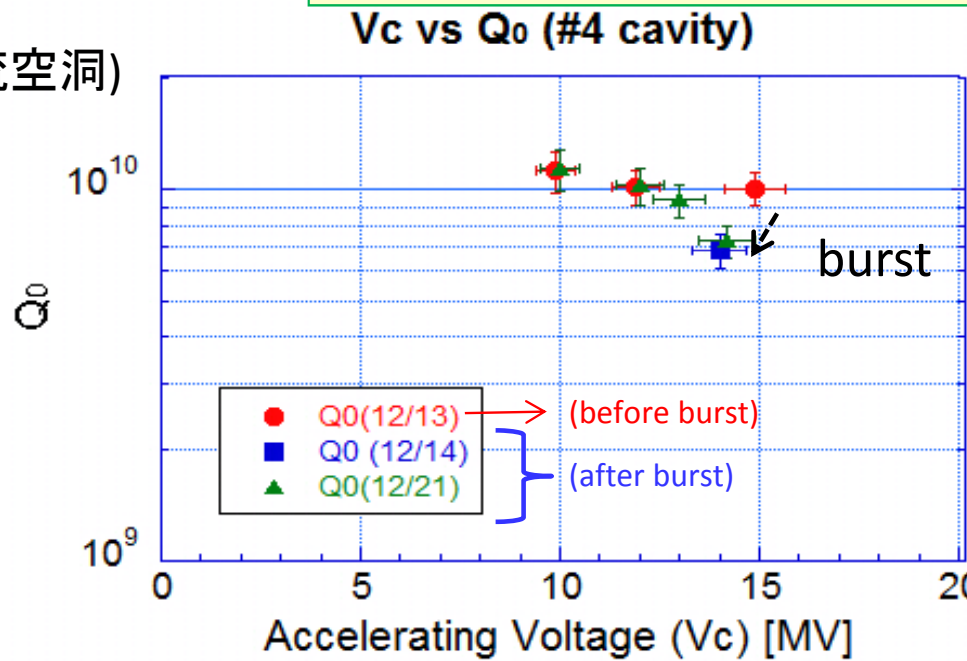


主加速器空洞の測定結果

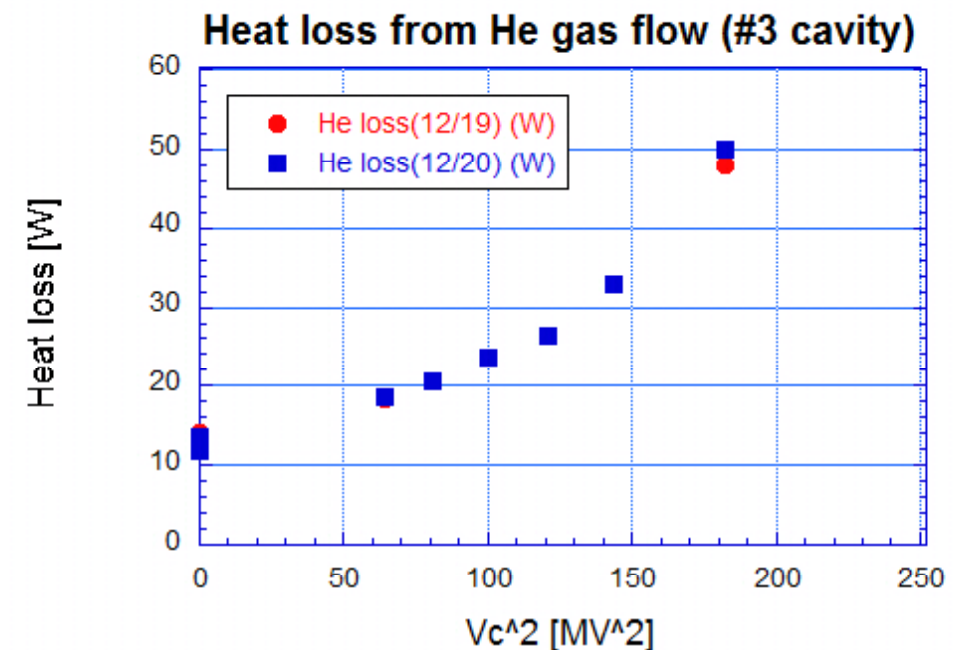
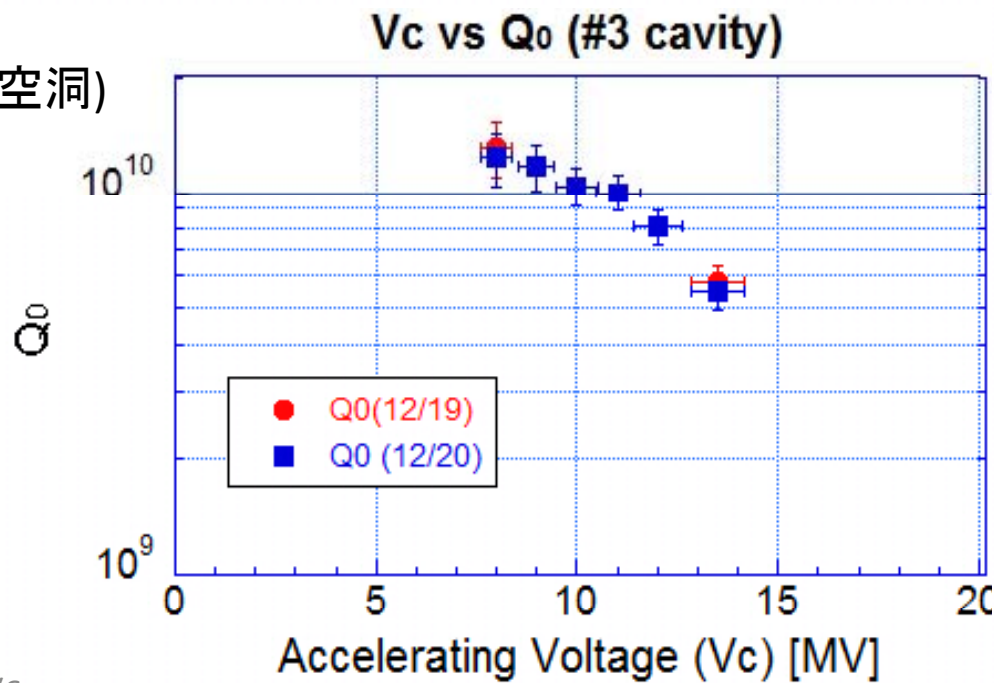
冷凍機負荷 & (Vc vs Q0)

上流空洞はバースト後がHeat lossがふえているのがわかる。加速電圧の増加に伴うRadiationの増加からheat lossの増加はfield emissionによるlossであると思われる。低い加速勾配では $>1e10$ のQ0があるのがわかる。磁気シールドの効果あり。HOM damperの割れもなさそうだ。Q-diseaseによる劣化も見られない。

#4 (上流空洞)



#3 (下流空洞)



2013/2/6

Hiroshi Sakai (ERL検討会)

2K Static loss : 冷却直後 12:00 13W --- 実験終了前24:00 & 週最後11W

19

超伝導加速空洞の測定結果

	Injector	Main
Q_0	2.0×10^9	1.0×10^{10}
Static Loss at 2 K [W]	16	13

* 2Kで吸収できるdynamic lossは合計で50W程度

超伝導加速空洞の加速電圧

- ・ 電子銃での加速電圧： 0.4 MV
- ・ 入射器と主加速器の加速電圧比： 1:6 または 1:7
 - ・ 入射器加速空洞の加速電圧： 1 [MV]
 - ・ 主加速器加速空洞の加速電圧： M [MV]
 - ・ $M = (1 + 0.4) \times 6$ (1:6の場合)

2Kでの熱負荷の予想

V(cav-inj) [V]	V(injector) [V]	V(main) [V]	V(cav-main) [V]	P(injector) [W]	P(main) [W]	P(total) [W]
1.0E+06	1.4E+06	8.40E+06	4.20E+06	1.571	3.933	5.504
1.5E+06	1.9E+06	1.14E+07	5.70E+06	2.893	7.244	10.137
2.0E+06	2.4E+06	1.44E+07	7.20E+06	4.615	11.559	16.174
2.5E+06	2.9E+06	1.74E+07	8.70E+06	6.739	16.876	23.615
3.0E+06	3.4E+06	2.04E+07	1.02E+07	9.263	23.197	32.460
3.5E+06	3.9E+06	2.34E+07	1.17E+07	12.188	30.522	42.709
3.6E+06	4.0E+06	2.40E+07	1.20E+07	12.821	32.107	44.928
3.7E+06	4.1E+06	2.46E+07	1.23E+07	13.470	33.732	47.202
3.8E+06	4.2E+06	2.52E+07	1.26E+07	14.135	35.398	49.533
3.9E+06	4.3E+06	2.58E+07	1.29E+07	14.816	37.104	51.919
4.0E+06	4.4E+06	2.64E+07	1.32E+07	15.513	38.849	54.362
4.5E+06	4.9E+06	2.94E+07	1.47E+07	19.239	48.181	67.419
5.0E+06	5.4E+06	3.24E+07	1.62E+07	23.365	58.515	81.880

V(cav-inj): Total acceleration voltage of injector cavities

V(injector): Total acceleration voltage of injector (cavities + RF gun)

V(main): Calculated total voltage of main linac cavities

V(cav-main): Calculated acceleration voltage of one main linac cavity

P(injector): Total dynamic loss of injector cavities

P(main): Total dynamic loss of main linac cavities

P(total): Total dynamic loss of cERL cavities to cryogenic system @ 2K

まとめ

- ・ 現在の2 K冷凍能力は80 W程度
- ・ ATFの回収圧縮機を移設すると200 W @ 2 Kの冷凍能力（ただし、連続運転は不可）
- ・ ヘリウム液化機の液化率が低下
- ・ Static lossはクライオモジュール当たり13 ~ 16 W
- ・ 入射器 3.8 MV, 主加速器 12.6 MV x 2が限界