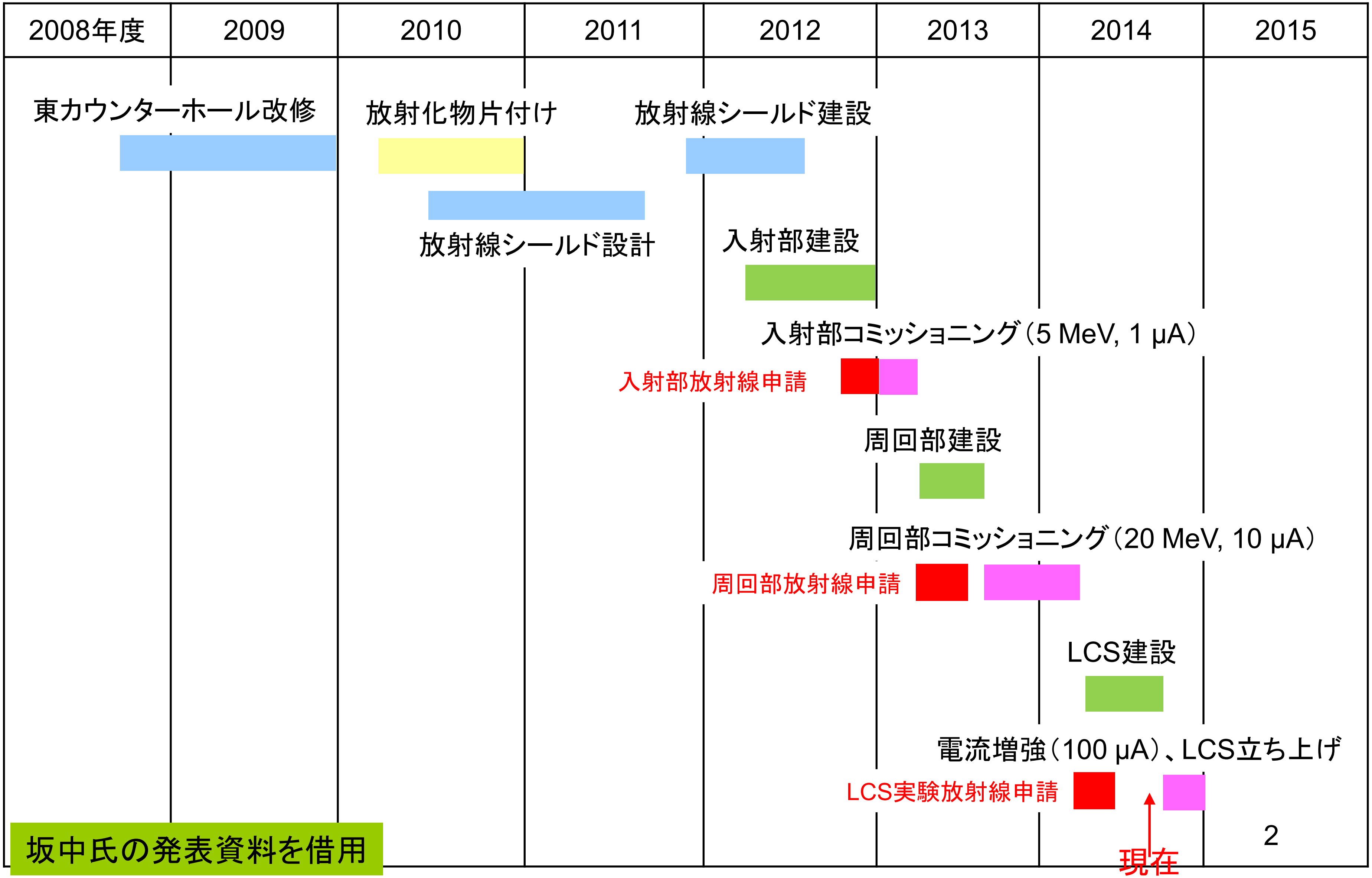
cERL放射線シールドと設備

cERLミニワークショップ
(2015年1月19日）

加速器第7研究系　芳賀開一

コンパクトERLの建設と立ち上げ



坂中氏の発表資料を借用

現在のERL開発棟
（旧東カウンターホール、床面積 100m x 50m）

東カウンターホールの改修・整備

・2009年度　東カウンターホール改修工事
（側室の耐震化、建物の改修冷却水・電力設備の改修）
大量（約1万トン）の遮蔽用コンクリートブロックの移動（素核研）

・2010年度　ホール内放射化物回収作業
（床敷鉄板の撤去、ピット内部の放射化物回収、ピット内湧水）
旧EP2ビームライン＆ビームダンプ撤去（素核研）
建物名称を「ERL開発棟」に変更

改修前

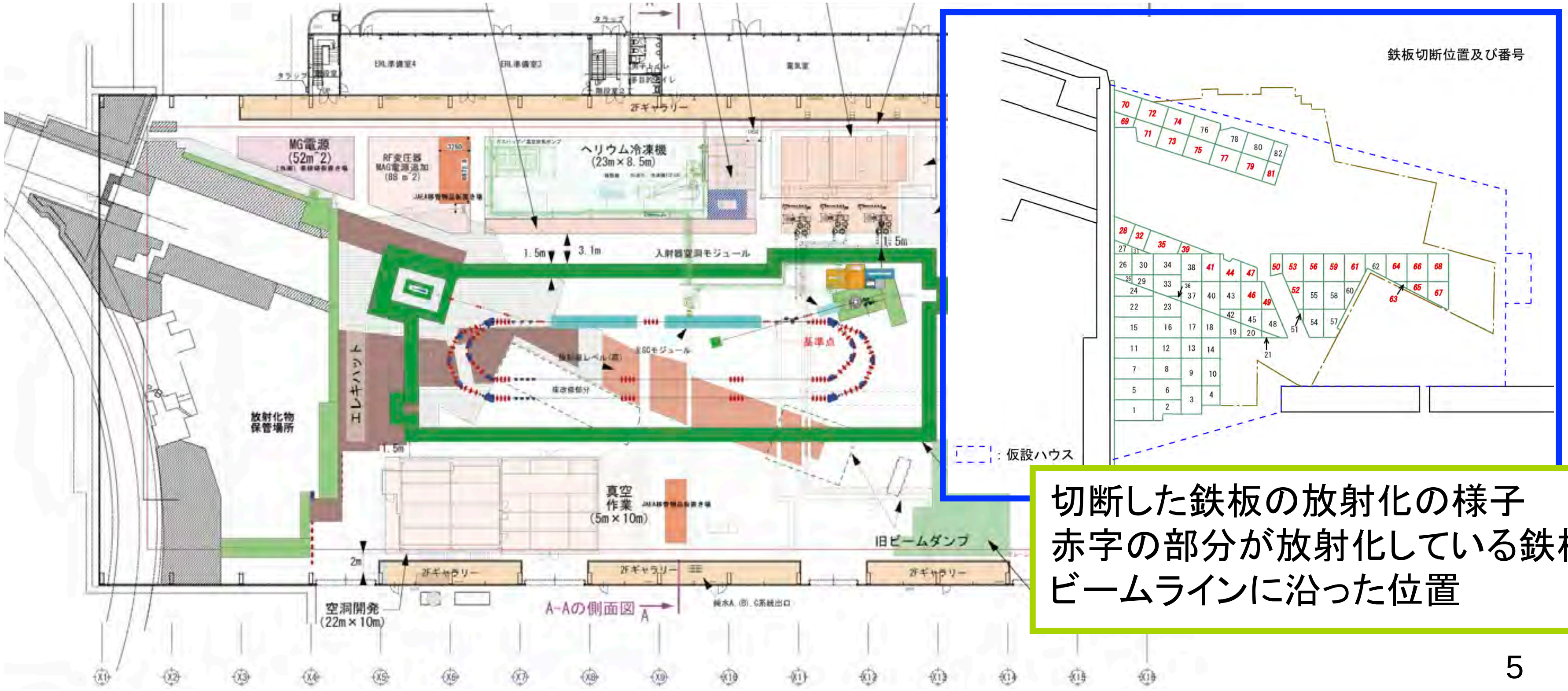
改修・整備後

ホール内放射化物回収作業

(A) 鉄板撤去工事

・東カウンターホール床面の、旧EP2ビームライン部に敷かれていた
鉄板（厚さ9mm、広さ約150m^2、一部放射化）と、その下のモルタル（一部放射化）を撤去した。

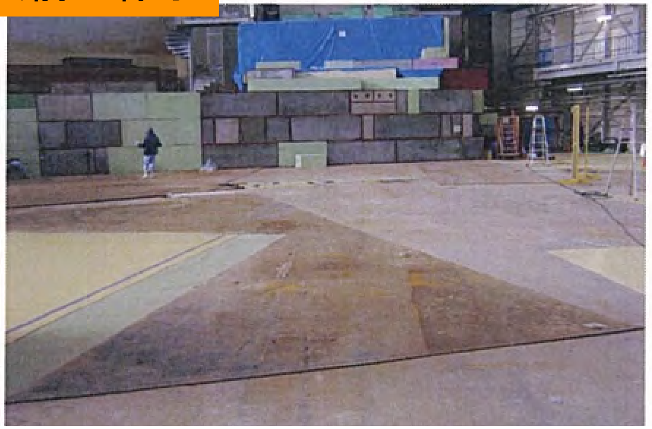
・鉄板を84枚に切断して放射化の有無を測定し、放射化しているものは保管した。
切断には、水素ガス切断法を採用した。（ヒュームの最少化）



切断した鉄板の放射化の様子
赤字の部分が放射化している鉄板
ビームラインに沿った位置

放射化した鉄板とモルタルの撤去作業

撤去前の様子



切断した鉄板

作業したグリーンハウス

ホール内放射化物回収作業

(B) ピット内残留放射化物回収工事

・鉄板撤去工事に引き続いて、旧EP2ビームライン下のピット内に残っている
　残留物（放射化物）の回収作業を行った。

・ピット内に残されていたのは、鉄やSUSの配管、各種ケーブル類、コンクリートブロック、
　鉄ブロック、そして大量の中性子遮蔽用ポリエチレンビーズである。

・これらの回収物の全点について、放射化の有無をチェックした。

・総計で約50トンに上る量。

・束になった数十本のケーブルが発熱して、周囲に詰め込まれていたポリエチビーズが
　融けて　直径60cm　長さ10m　の固まりとなっていた。

ピット内放射化物回収現場写真

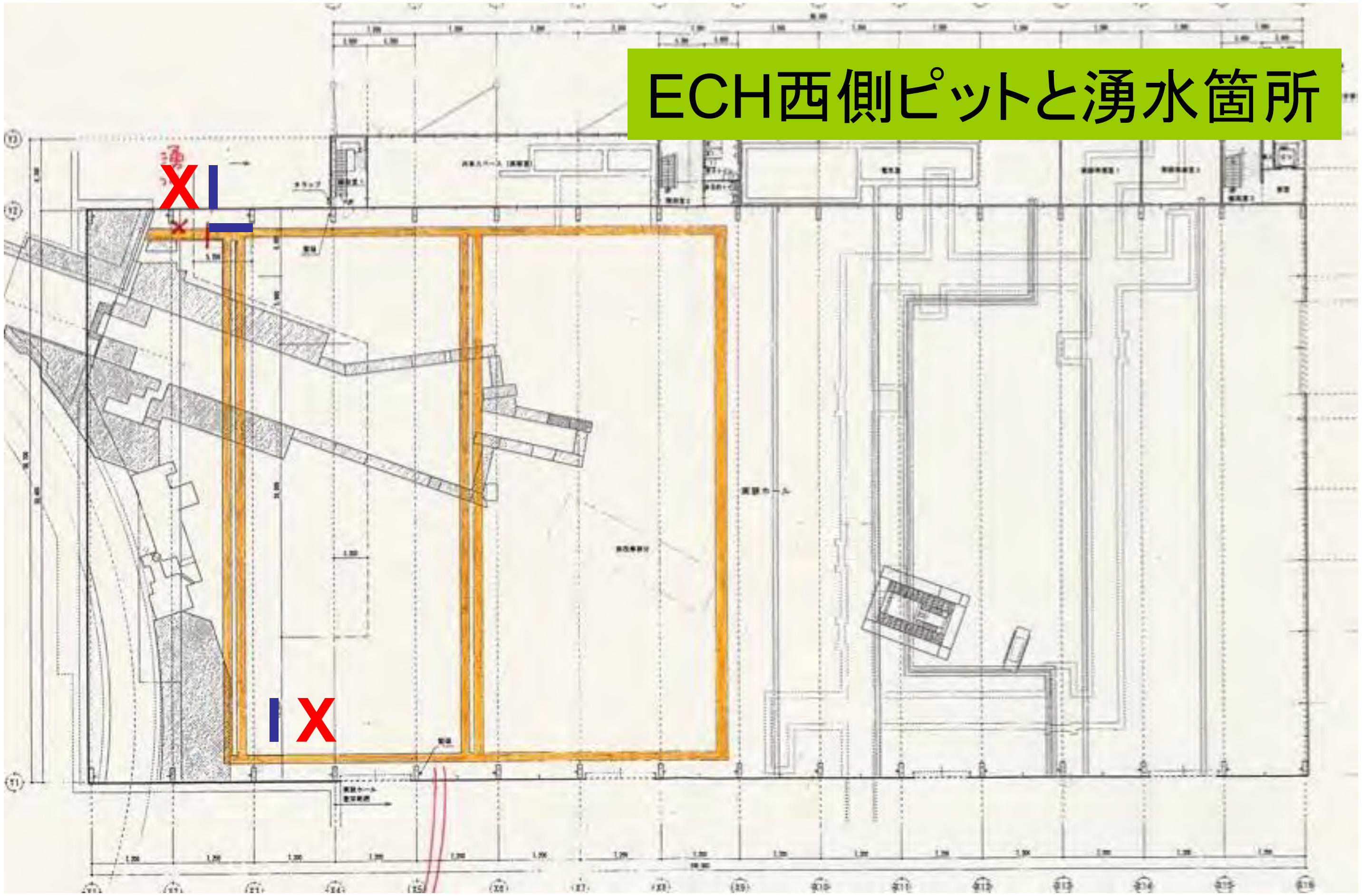
ピット内部の様子

回収物の一部

放射線科学センターによる放射化チェック

ピットからの湧水対策

・周辺の地下水がピット内に湧きだし、深さ数十センチに達していた。
・ピット内のホウ素入りポリエチレンビーズを洗い流しており、
排水中のホウ素濃度が高くなっていた。
・ピット内に「堰」を設け、湧水箇所を分断の上、排水ポンプを設置して排水した。



ピット内清掃作業

ERL開発棟周辺の監視カメラ増設

・安全確認と防犯を目的として、東カウンターホールの周囲及び内部を監視する Web Camera を設置した。これまでは、管理区域境界を監視するカメラ2台のみであったが、7台を追加した。
・これらのカメラの映像は所内からWebを経由してみる事ができる。また録画もおこなっている。

東CHの防犯用カメラは全部で3種類設置されている。

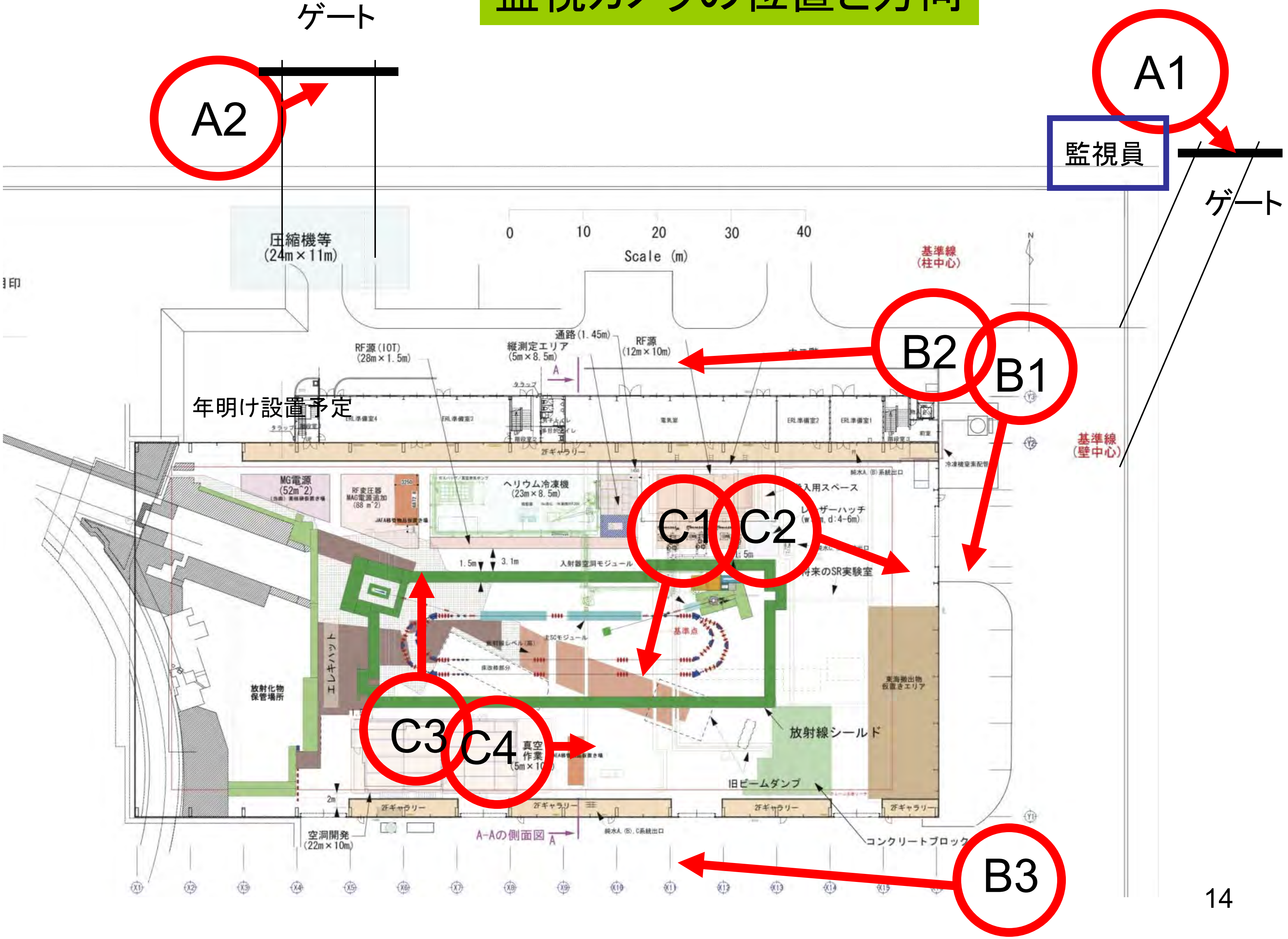
(A)放射線管理区域境界(2台、A1&A2)
　　監視員の居るゲート(A1)と北CH横のゲート(A2)

(B)東CH建物の周囲を監視するカメラ(3台、B1～B3)
　　建物東面(B1)と北面(B2)及び建物南面(B3)を監視

(C)東CH建物内で銅チェンバー等を監視するカメラ
　　(4台、C1&C2&C3&C4)

各Webカメラの設置位置と監視方向の図は次ページに

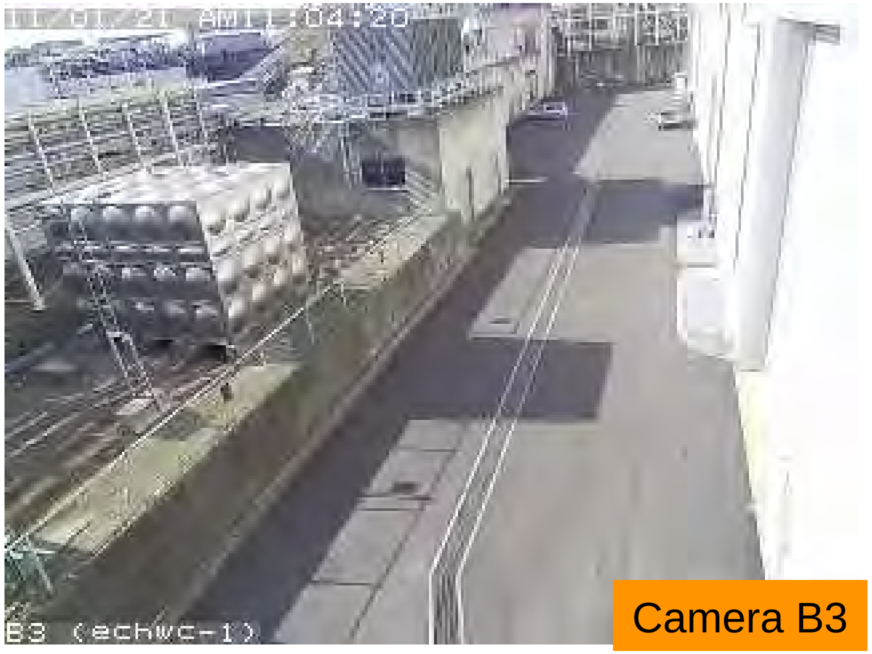
監視カメラの位置と方向



Camera A1

Camera A2

監視用 Web Camera の映像
（放射線管理区域境界）



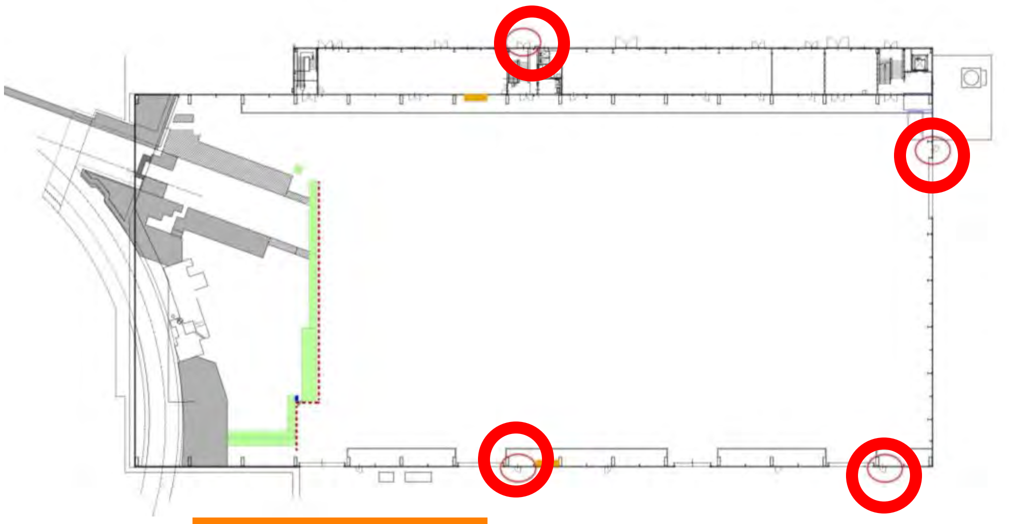
監視用 Web Camera の映像
（ERL開発棟周囲）

監視用 Web Camera の映像
#（ ERL開発棟内部）

出入り扉の電気錠化

・ERL開発棟の出入り扉のうち4カ所を、電気錠に変更した。
・これらの電気錠は、IDカードによる管理となっているので、
入退室者の記録が残る。

・cERL建設中は、放射線管理区域を、これまでの
フェンスから建物自体へと変更する準備でもあった。



電気錠の位置

放射線遮蔽シールドの設計

「放射線遮蔽体の設計」 と 「放射線遮蔽体の製造および設置」 とを分けて行った。

また、放射線遮蔽体の設計も、「基本設計」と「詳細設計」とに分け、
同時に設計中であった、cERL加速器各機器との整合を図った。

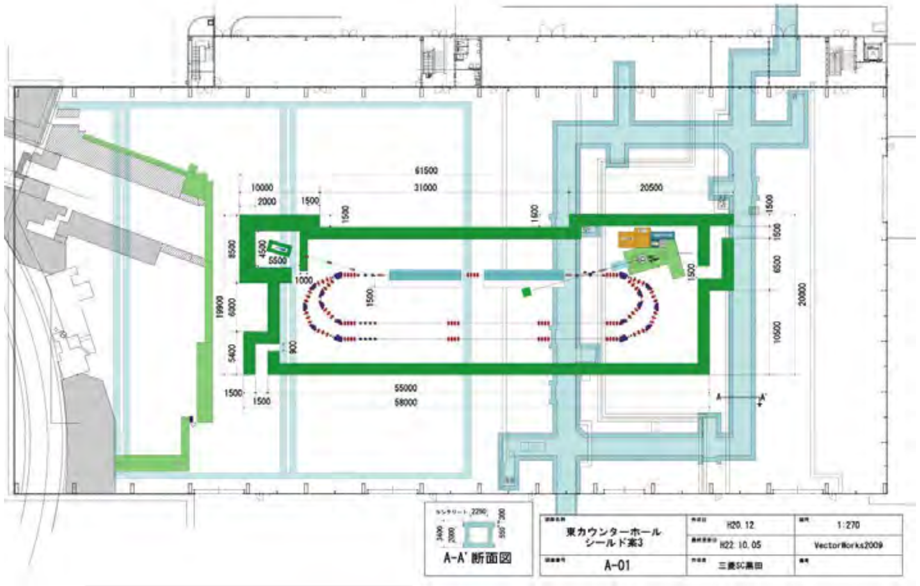
・2010年10月 ～ 2011年1月　基本設計
こちらの基本案に基づいて「構造計算」、「耐震計算」を行う。

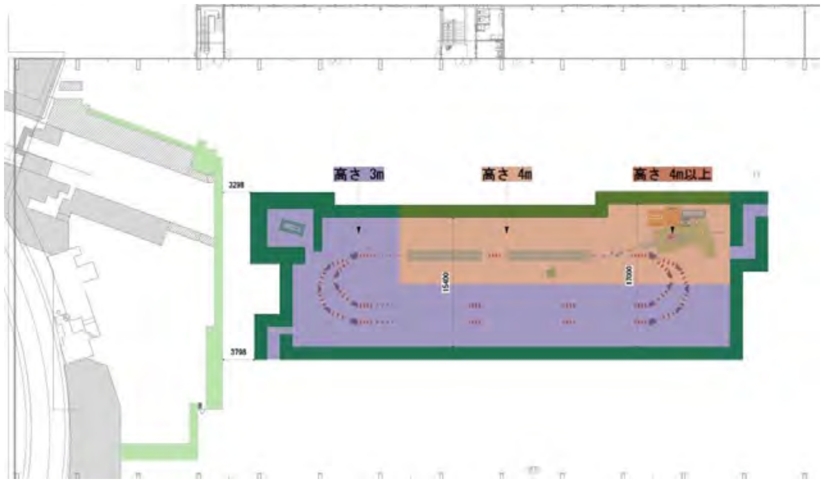
・ 2011年 2月～ 3月　　詳細設計
ブロック割り、各種穴、出入り口　等の設計を行う。
また、製造費用の積算や工程案も詰め、
製造設置のための仕様書段階まで行う。

基本案

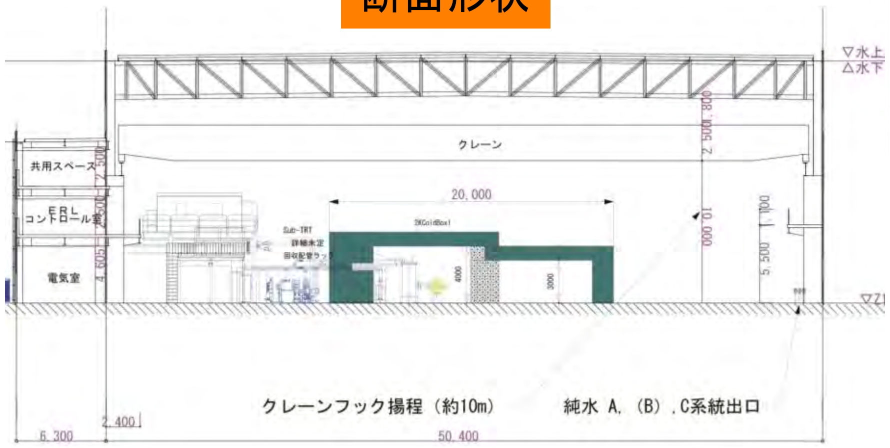
・コンクリートブロック造とする。（開発終了後の遮蔽体撤去の容易）
・壁厚は1.5m、天井厚は1.0mとする。
・天井部分のブロックは、クライオモジュール等の大型機器の搬入等を可能とするため、
開閉可能な構造にする。
・天井高は、入射部および主加速部は4.0mとし、それ以外は3.0mとする。
・天井を支える梁および壁を、構造体中央に設置して、荷重を分散させる。

放射線遮蔽シールド
基本案

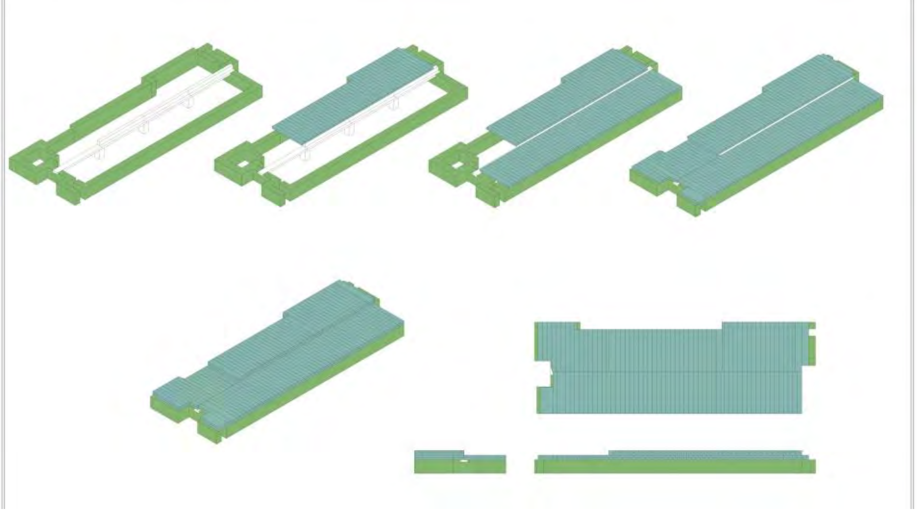


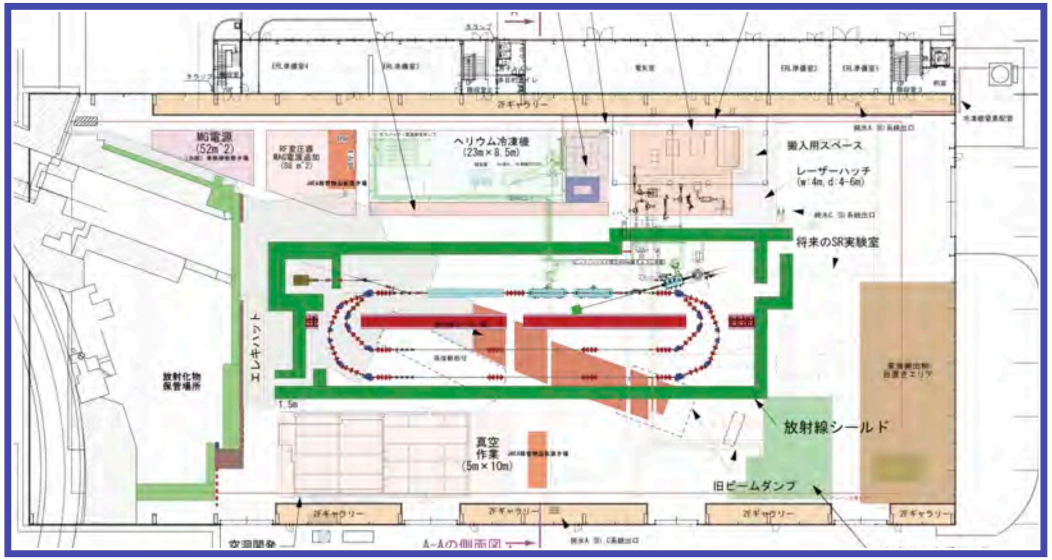


断面形状



天井部構造

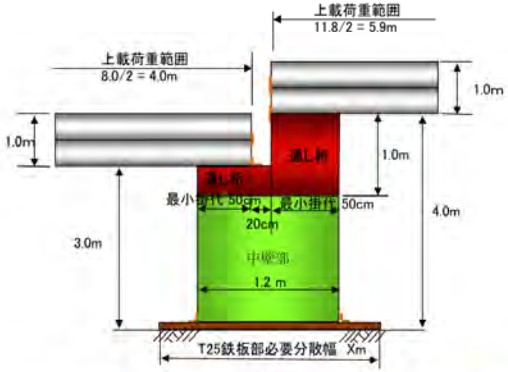




基本案に基づき構造計算を行う

§.3 中壁断面形状の検討

中央脚体部の負担する上載荷重は、両側天井幅9.90mの範囲であり、
単位奥行き長さ最大5m程度のサイクロンリング通過間隔を確保する必要から
通し桁を支持する中壁の延長方向必要長さを算出する。
なお、荷重分散は、厚さt=25mmの鉄板とし、最大幅員を施設を考慮し2mとする(P15参照)。

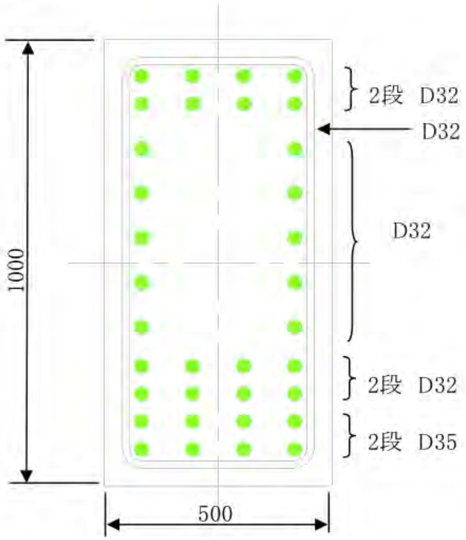


奥行き負担幅と鉄板の必要幅

荷重負担奥行き (m)	シールド天井部ブロック重量(kN)	通し桁部ブロック重量(kN)	上載荷重 (kN)	中壁奥行き幅 (m)	必要床スラブ耐荷力 (kN/m²)	荷重分散鉄板必要幅 X (m)	判定 W≦2.0m
1.0	237.6	63	49.5	1.0	422	1.38	[illegible]
3.5 (=5.0/2+1.0)	831.6	108.0	173.25	1.0	987	3.24	OUT
				1.5	678	2.22	OUT
				2.0	524	1.72	OUT
				2.5	431	1.41	OUT
				3.0	369	1.21	OUT
4.5 (=5.0/2+2.0)	1069.2	126.0	222.75	1.0	1,242	4.07	OUT
				1.5	848	2.78	OUT
				2.0	651	2.13	OUT
				2.5	533	1.75	OUT
				3.0	454	1.49	OUT
5.5 (=5.0/2+4.0)	1306.8	144.0	272.25	1.0	1,496	4.90	OUT
				1.5	1,017	3.34	OUT
				2.0	778	2.55	OUT
				2.5	634	2.08	OUT
				3.0	539	1.77	O.K

13

3)断面検討結果(配筋)



放射線シールド建設の主な経過

2010年9月～12月　・放射線シールド基本設計
(大きさ・高さ・壁厚などの決定、バルク遮蔽計算）
・ERL棟内の放射化物回収作業
・放射線シールド内空調システムの概念設計

2011年1月～3月　・放射線シールド詳細設計
（ブロック割り・耐震シミュレーション・貫通孔）
・ERL棟内ホール床の線量測定と床塗装作業

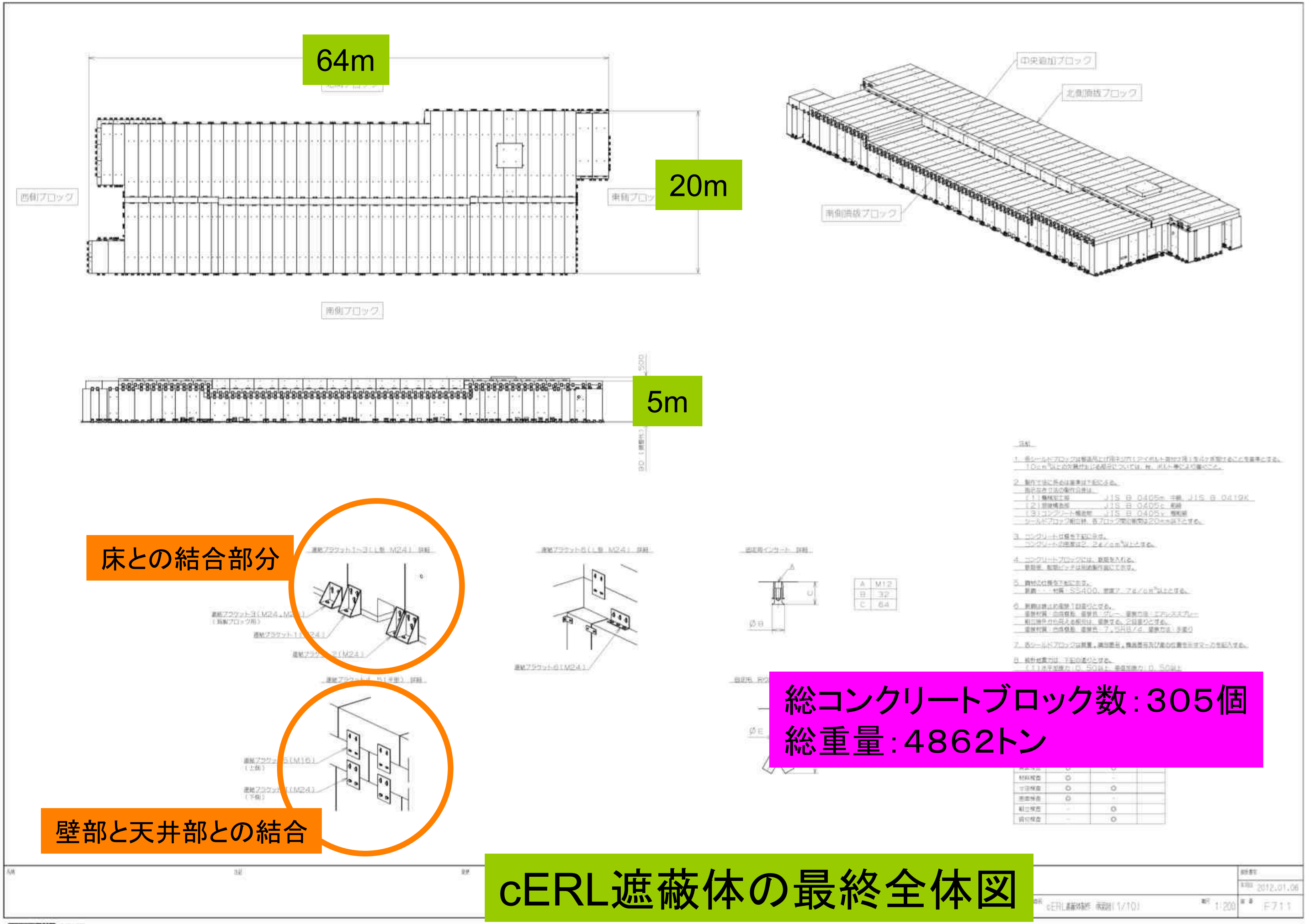
2011年 3月11日　・東日本大震災発生

2011年4月～6月　・震災を受けて耐震シュミレーションの見直し作業
加振力の設定を、0.25G→0.5G
・ERL棟内立入り禁止措置

2011年 9月　・ERL棟内測量作業

放射線シールド建設の主な経過（つづき）

2011年11月	・開札（施工業者決定）
2011年12月	・ブロック製造用詳細図面設計 ・工程の調整 ・コンクリートブロック製造開始
2012年　2月	・ERL開発棟でのコンクリートブロック設置開始 1）入射部付近の壁部分を先行設置 2）外壁部・中壁部の設置 3）天井部（頂板）の設置
2012年　9月	・完成予定
2012年10月	・空調設備工事等開始

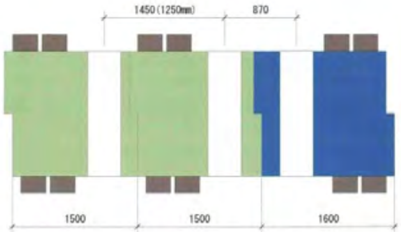


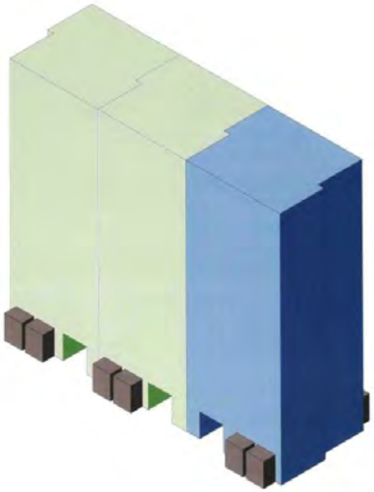
cERL遮蔽体の最終全体図

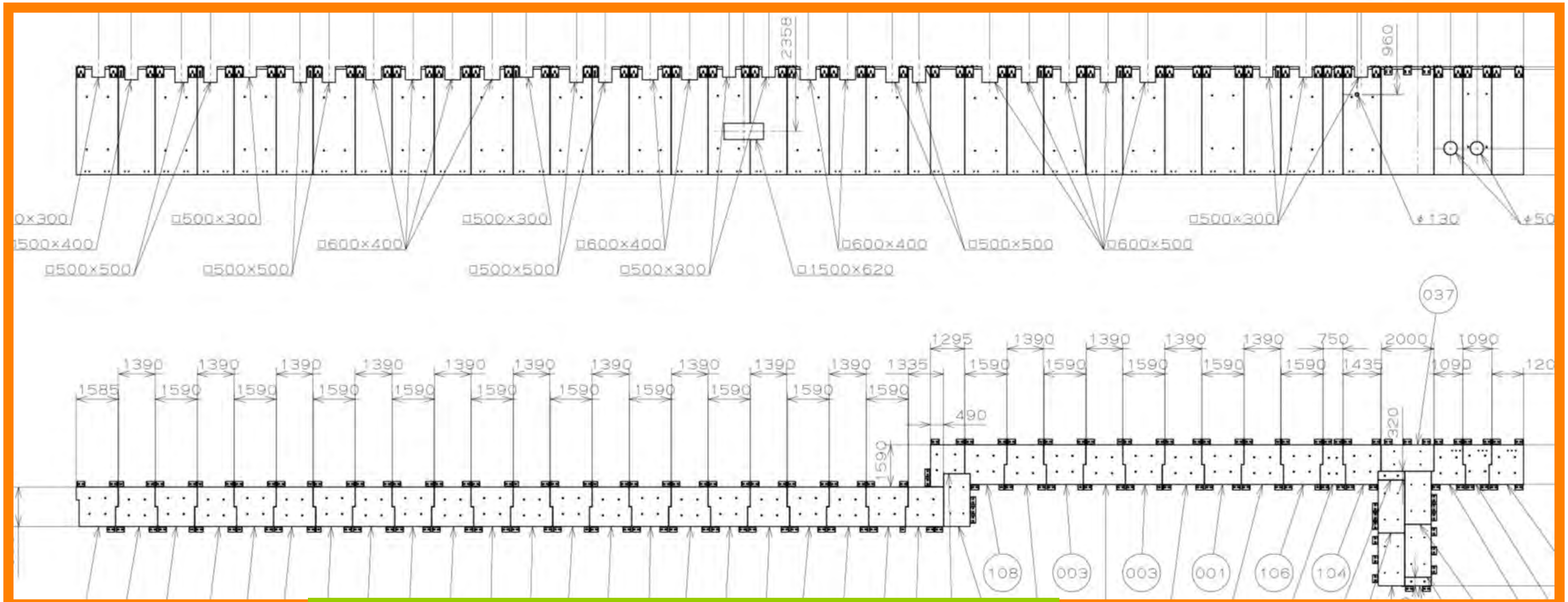
外壁部の構造

- 壁は1枚構造（厚さ1.5m）で、
  ブロック境界をクランク構造とする

- 床とブロックとの接合金具を
  1.5m当たり2か所取り付ける



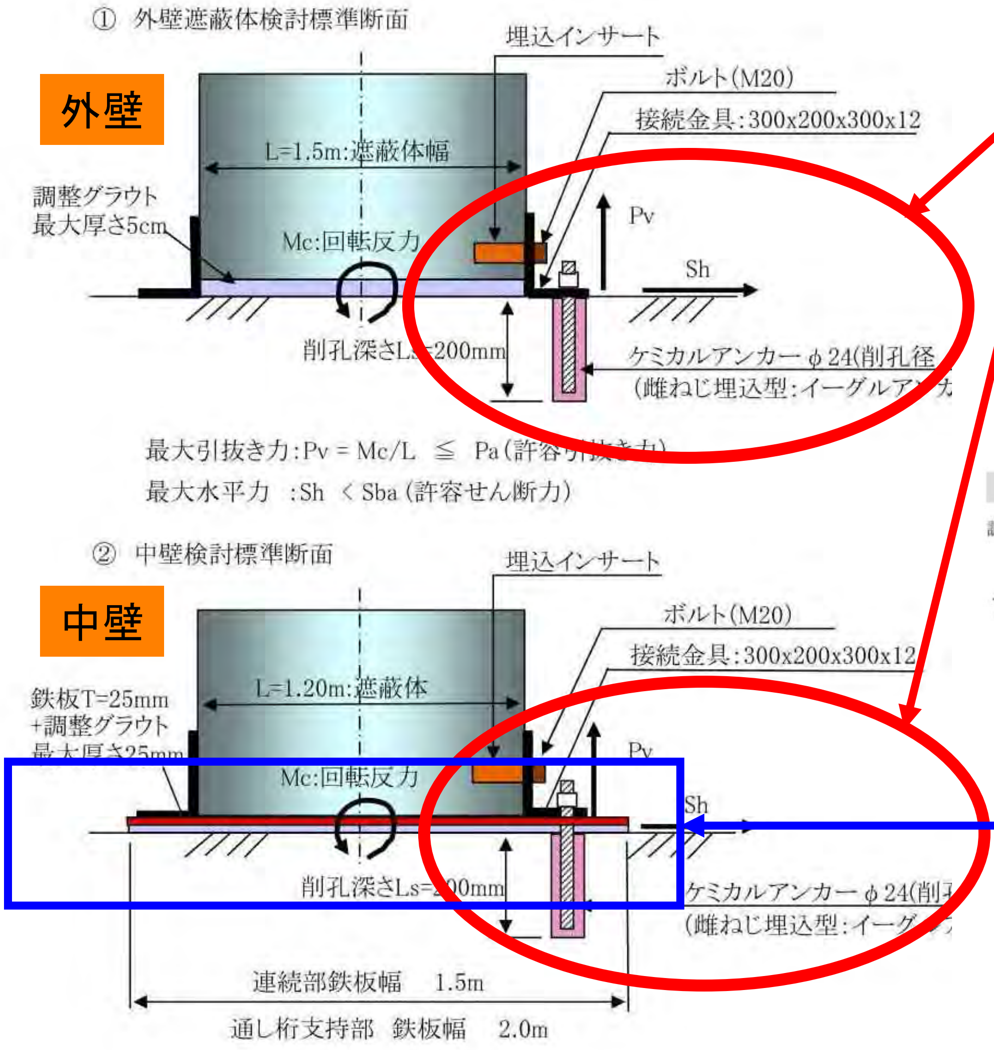




実際の北側外壁のブロック構成

遮蔽体壁と床との接合方法（耐震増強後）

コンクリートブロックを床面に固定する
接続金具　と　ケミカルアンカー　とを
より高強度のものに替えた。



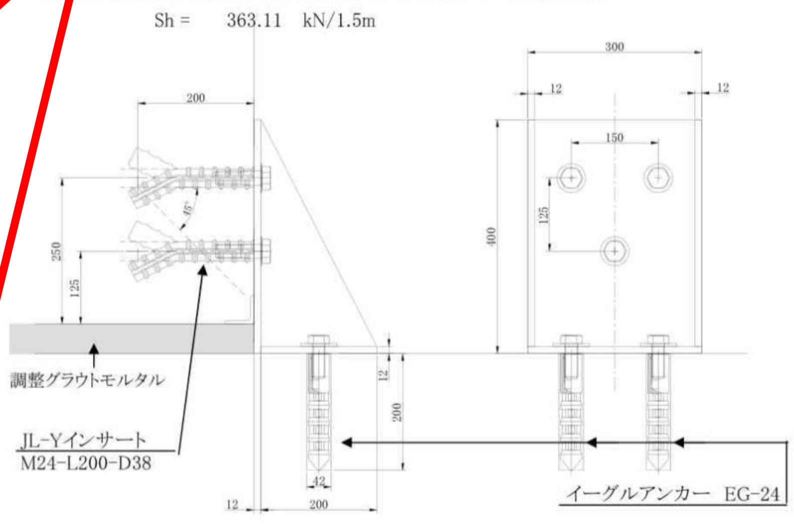


図8-1 外側遮蔽体と床スラブの接合金

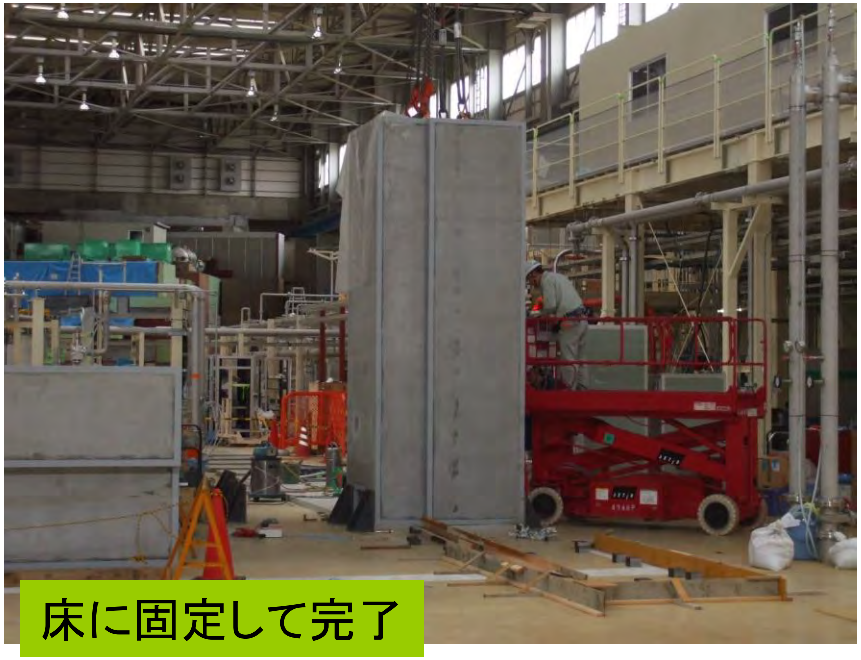
中壁の下に敷かれた
鉄板の幅を拡大して、
耐荷重の更なる分散を図った

遮蔽体コンクリートブロックの設置方法

立て起こし

水平調整

所定位置に設置

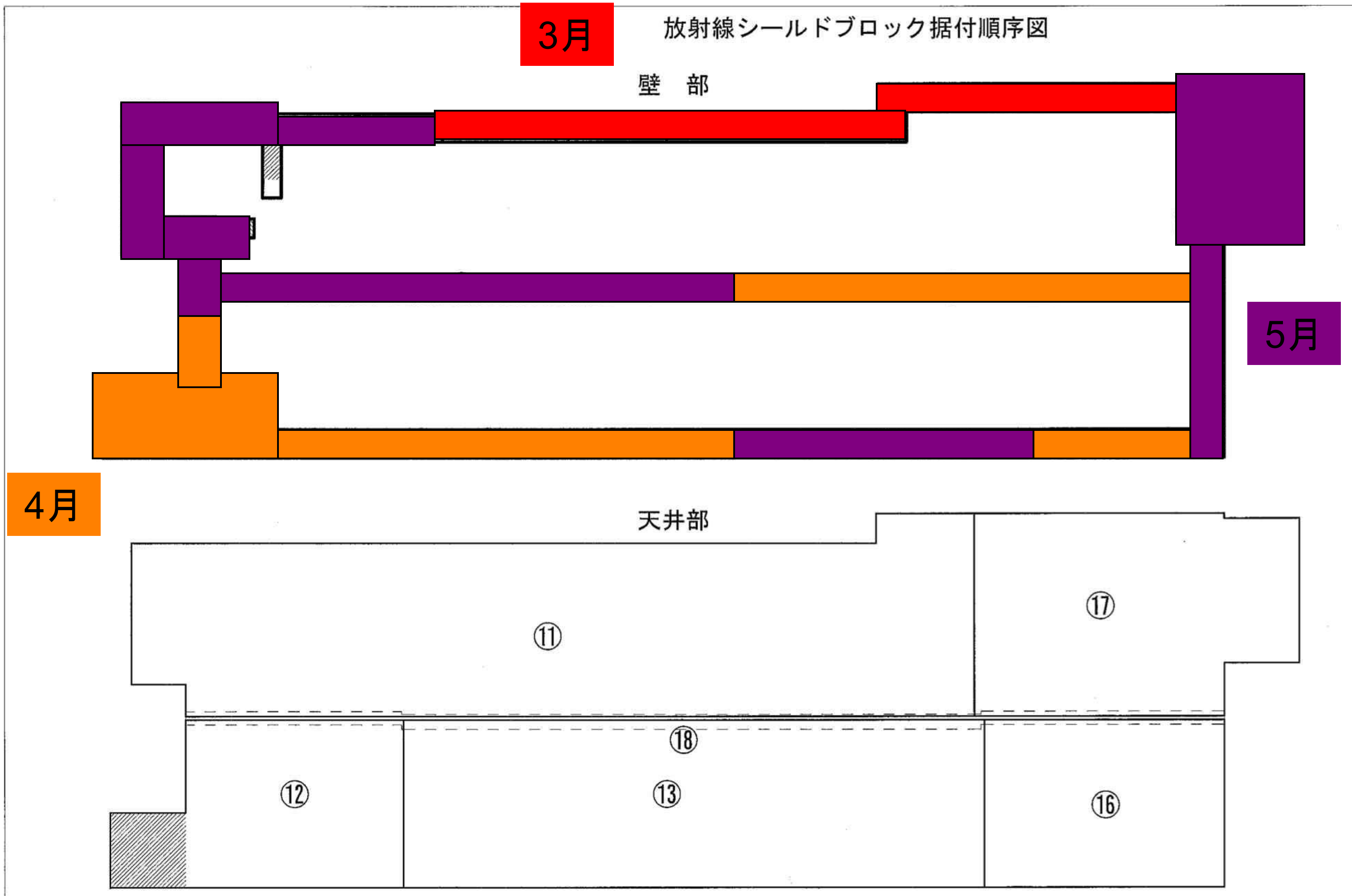

床に固定して完了

遮蔽体設置工事の様子

遮蔽体工事の様子（2012年6月）

遮蔽体据付順序

放射線シールドブロック据付順序図



凡　例

① 北側ブロック－1
② 北側ブロック－2
③ 南側ブロック－1
④ 南側ブロック－2
⑤ 西側ブロック－1
⑥ 中央ブロック－1
⑦ 北側ブロック－3 （GH）
⑧ 西側ブロック－2 （GH）
⑨ 中央ブロック－2 （GH）
⑩ 南側ブロック－3 （GH）
⑪ 北側頂版ブロック－1
⑫ 南側頂版ブロック－1
⑬ 南側頂版ブロック－2
⑭ 東側ブロック－1
⑮ 東側ブロック－2
⑯ 南側頂版ブロック－3
⑰ 北側頂版ブロック－2
⑱ 中央追加ブロック－1

（GH）・・・グリーンハウス

既製ブロック使用箇所

ピットを埋めてブロック設置

必要な所には、埋めたピットに貫通孔を準備
（冷却水や排水管用）

遮蔽体の貫通孔を遮蔽材で埋めてみる

放射化している床面への加工作業
（グリーンハウスを設け、
タイベックスーツ着用
移動時には床面のスミア検査実施）

cERL遮蔽体　完成写真

A系統(加速器室内)

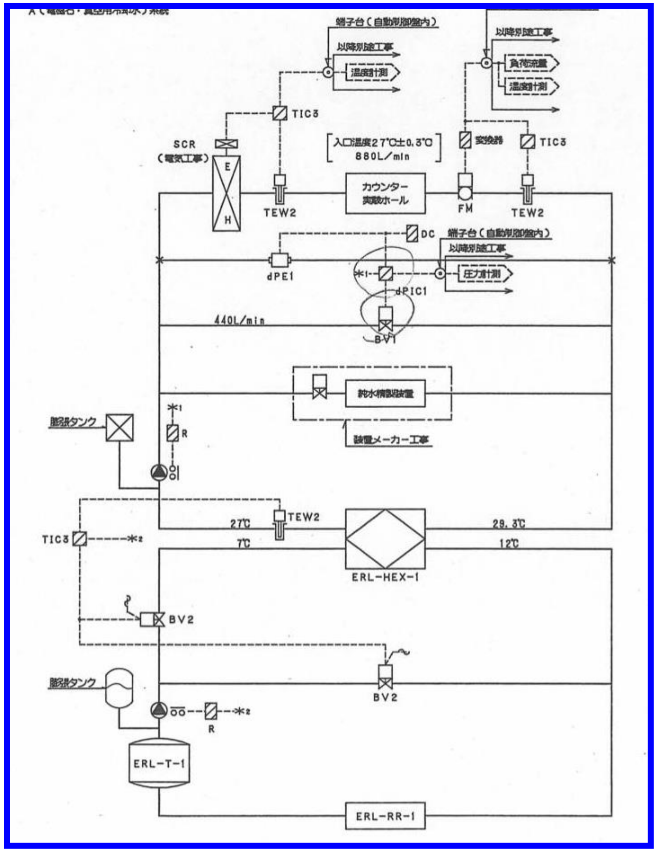
用途：電磁石・真空系
流量：880 L/min
熱負荷：140kW
温度：27±0.3℃

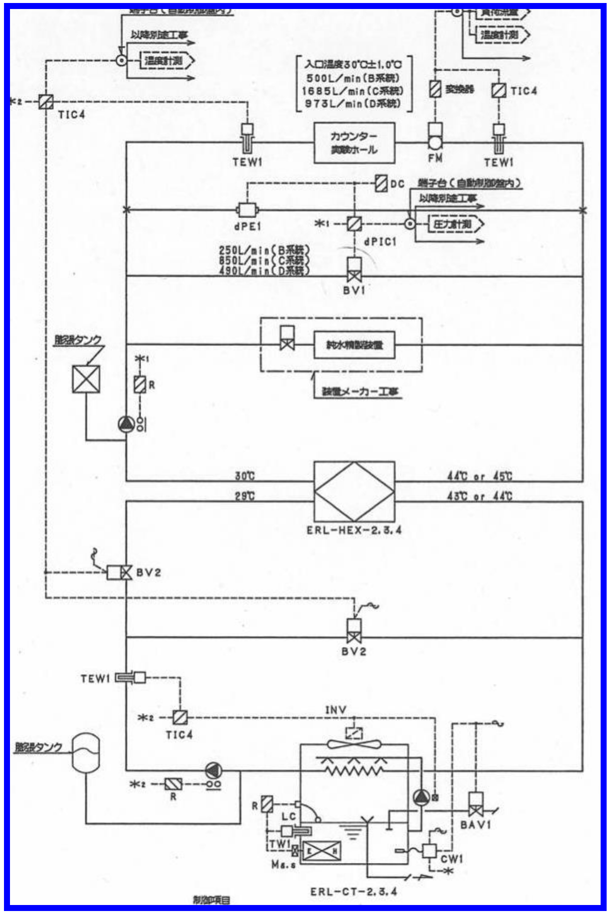
cERL冷却水設備
当初A,B,C,D
4系統を計画
65MeV-100mA

実際はその約半分
A & C 系統のみ整備

C系統(加速器室外)

用途：高周波装置
流量：1685 L/min
熱負荷：1800kW
温度：30±1℃





加速器室内空調設備

・35MeV運転が開始できる必要充分なシステムであり、かつ
将来拡張が可能なシステムとした。

ERL開発棟排水システム設計

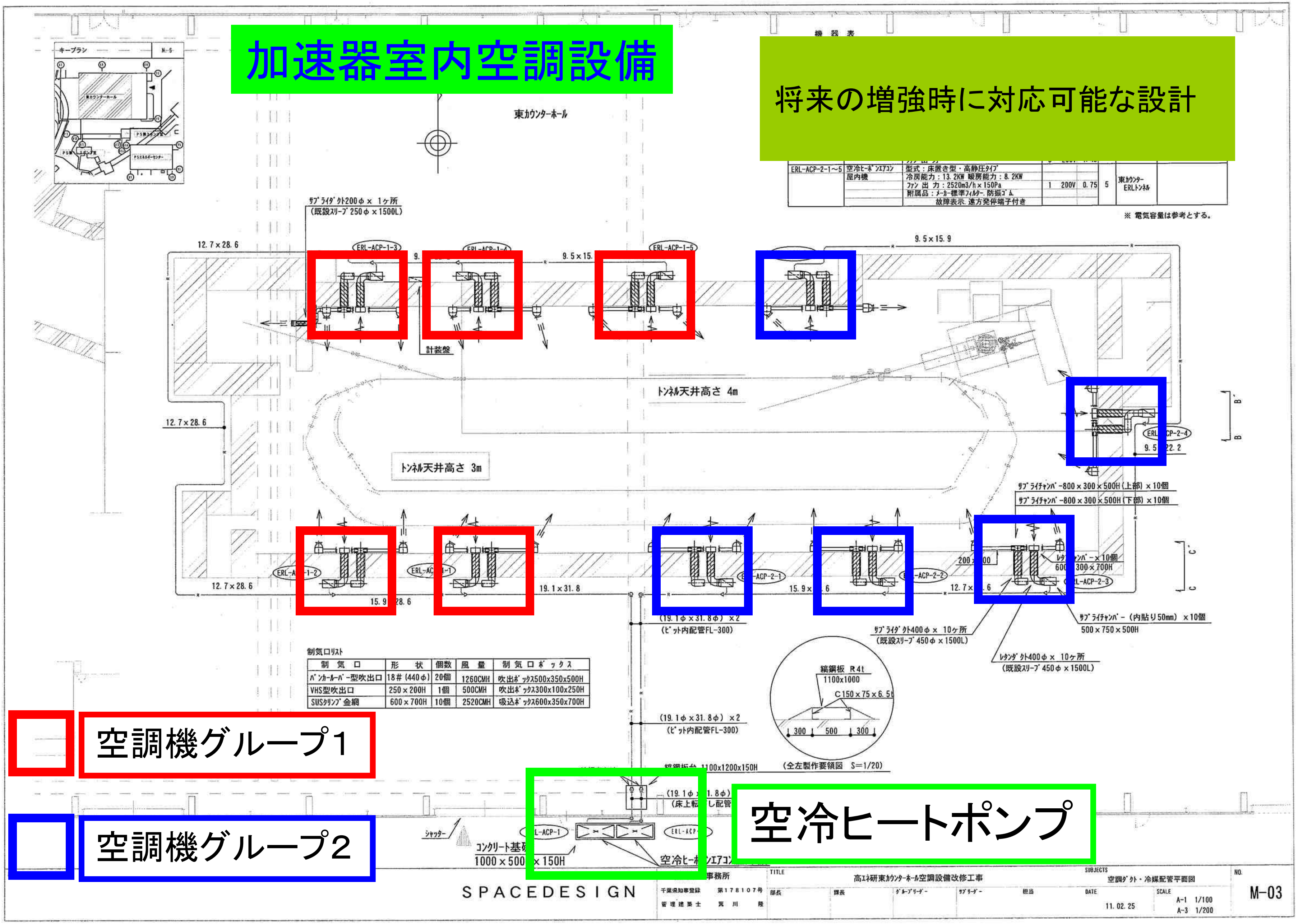
・ERL開発棟は元々、PS加速器と同じ排水システムであった。
・cERL運転に向けて、PS系とは別の独自のシステムを構築した。
・ECH機械室横の既設タンク(ステンレス製)を有効活用している。

ERL開発棟排気システム設計

・超伝導加速空洞でのヘリウム使用、および液体窒素の使用もあり、
約30分で加速器室内の換気を行える、排気システムが設けられている。

加速器室内空調設備

将来の増強時に対応可能な設計

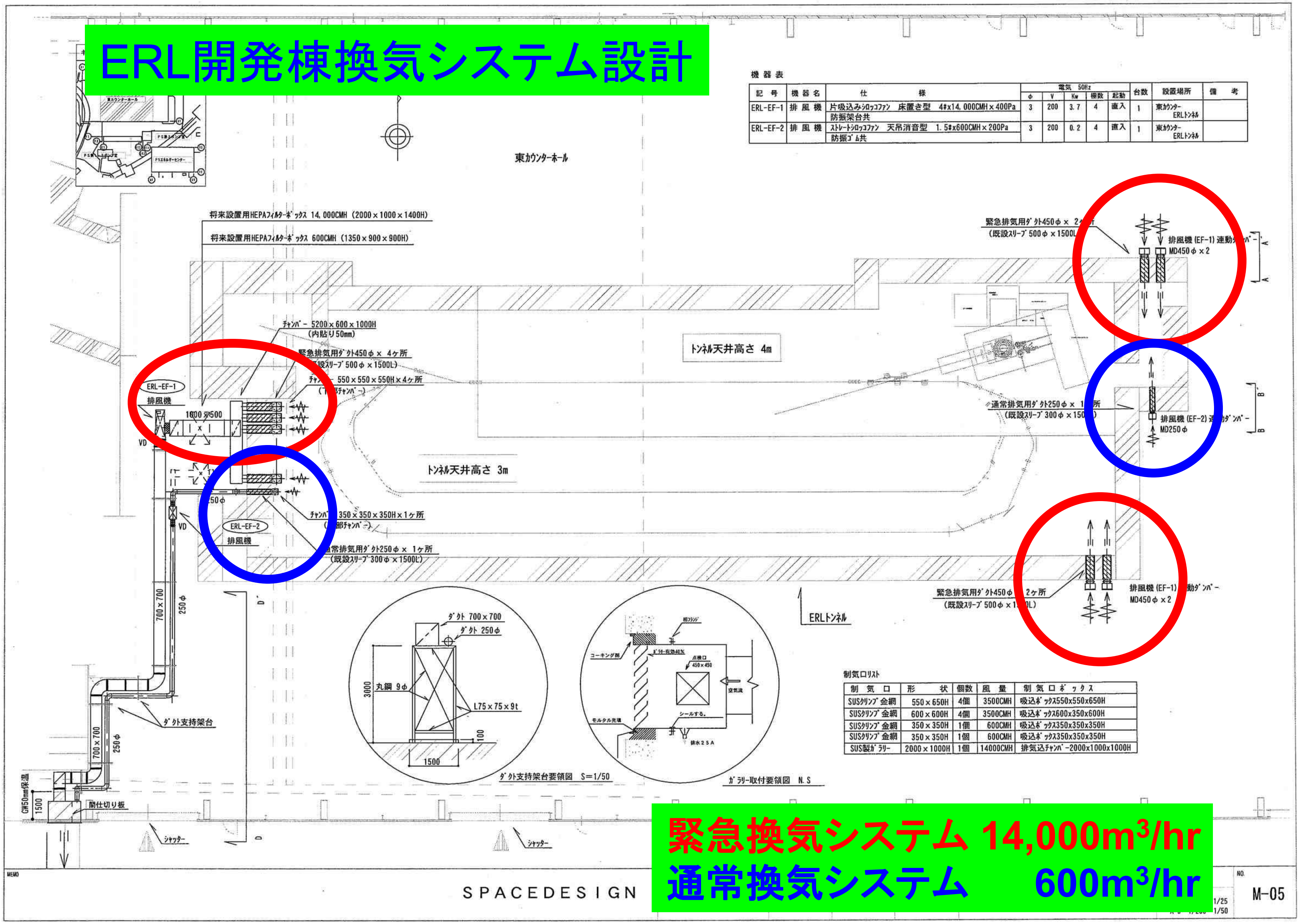


空調機グループ1

空調機グループ2

空冷ヒートポンプ

ERL開発棟換気システム設計



機器表

記号	機器名	仕様	電気 50Hz φ	V	Kw	極数	起動	台数	設置場所	備考
ERL-EF-1	排風機	片吸込みシロッコファン 床置き型 4#x14,000CMH×400Pa 防振架台共	3	200	3.7	4	直入	1	東カウンター ERLトンネル	
ERL-EF-2	排風機	ストレートシロッコファン 天吊消音型 1.5#x600CMH×200Pa 防振ゴム共	3	200	0.2	4	直入	1	東カウンター ERLトンネル	

制気口リスト

制気口	形状	個数	風量	制気口ボックス
SUSクリンプ金網	550×650H	4個	3500CMH	吸込ボックス550x550x650H
SUSクリンプ金網	600×600H	4個	3500CMH	吸込ボックス600x350x600H
SUSクリンプ金網	350×350H	1個	600CMH	吸込ボックス350x350x350H
SUSクリンプ金網	350×350H	1個	600CMH	吸込ボックス350x350x350H
SUS製ガラリー	2000×1000H	1個	14000CMH	排気込チャンバー2000x1000x1000H

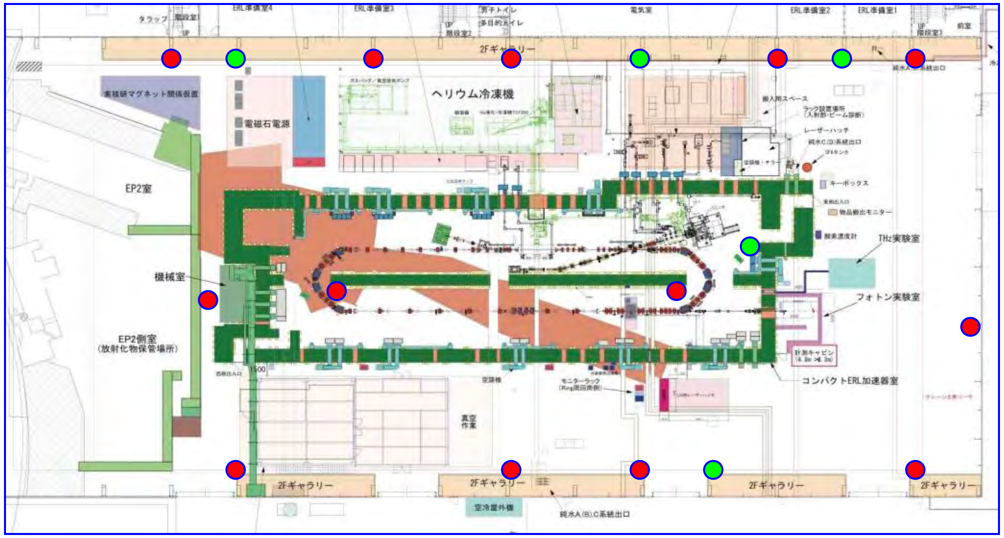
緊急換気システム 14,000m³/hr

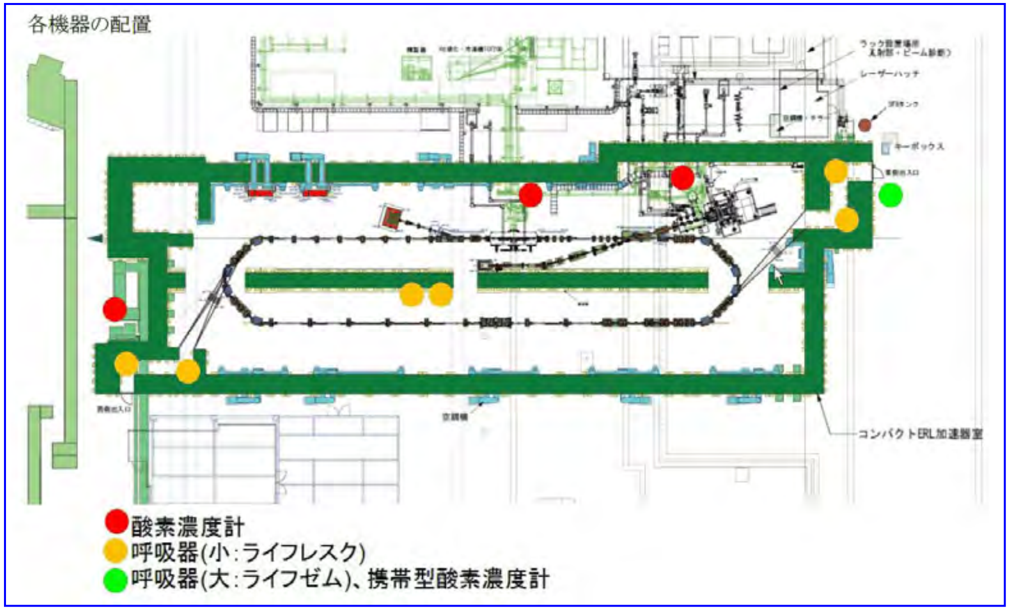
通常換気システム　600m³/hr

その他の設備類

- 火災報知機
- 酸素濃度モニター
- 消火器
- 放送設備
- 物品搬出モニター
- 放射線サーベイメータ
- クレーン用品
- 作業用安全機器

ABC消火器（粉末）（13台）　　CO2消火器（5台）





cERL運転のための放射線申請

入射部

KEK Internal 2013-1
April 2013
A/R

ERL 開発棟における
コンパクト ERL 入射部の新設に伴う
放射線安全対策

Design for the Radiation Protection of the
compact ERL Injector in the ERL Test Facility

松村宏，穂積憲一，芳賀開一，坂中章悟

H. Matsumura, K. Hozumi, K. Haga and S. Sakanaka

High Energy Accelerator Research Organization

周回部

KEK Internal 2013-6
September 2013
A/R

ERL 開発棟における
コンパクト ERL 周回部の増設に伴う
放射線安全対策

Design for the Radiation Protection of the Compact ERL
for Recirculating Loop Addition in the ERL Test Facility

松村宏，岸本祐二，穂積憲一，芳賀開一，中村　典雄，坂中章悟

H. Matsumura, Y. Kishimoto, K. Hozumi, K. Haga N. Nakamura and S. Sakanaka

High Energy Accelerator Research Organization

LCS部

KEK Internal 2014-5
October 2014
A/R

ERL 開発棟における
コンパクト ERL の出力増強及び
使用の目的の追加に伴う
放射線安全対策

Design for the Radiation Protection of the Compact ERL
for Increase of Beam Power and Addition of a Purpose of Use
in the ERL Test Facility

松村宏，岸本祐二，三浦太一，穂積憲一，
芳賀開一,坂中章悟，濁川和幸，長橋進也，中村典雄

H. Matsumura, Y. Kishimoto, T. Miura, K. Hozumi,
K. Haga, S. Sakanaka, K. Nigorikawa, S. Nagahashi and N. Nakamura

High Energy Accelerator Research Organization

入射部

2011年12月　JLabでの調査
2012年4月～ 8月　遮蔽計算
2012年9月～11月　申請書作成
2012年11月　放射線安全審議会

2012年12月　申請
2013年 3月　申請承認
2013年 4月　機構内検査合格
2013年 5月　施設検査合格

周回部

2013年1月～3月　ビーム損失検討
2013年 4月　遮蔽計算
2013年 5月　申請書作成
2013年 5月　放射線安全審議会

2013年 6月　申請
2013年 9月　申請承認
2013年11月　機構内検査合格
2014年 3月　施設検査合格

LCS部

2014年 4月　遮蔽計算
2014年 5月　申請書作成
2014年 6月　放射線安全審議会

2014年 7月　申請
2014年 9月　申請承認
2015年 1月　機構内検査予定
2015年 2月　施設検査予定

まとめ

cERLの放射線シールドと各種設備のこれまでの整備状況を報告した。

（１）遮蔽体の設置に先立って、ERL開発棟の改修工事及び冷却水・電力設備の更新が行われた。その後、ホール内の放射化物の回収を行った。

（２）放射線遮蔽体の製作では、設計作業と製作・設置作業を分割し、加速器の設計変更に対応した。

（３）放射線遮蔽体の設計途中で、東日本大震災が発生し、地震による加震力の仮定を見直した。

（４）遮蔽体の完成後、空調設備、排気・排水設備、照明・配電盤設備などを整備した。

（５）cERLの運転計画に沿って、ビーム損失の推定を行うと共に、遮蔽計算等をおこなって、放射線申請を実施してきた。