



JMTRホットラボにおける中性子線しゃへい強化

Neutron Shielding Reinforcement in the JMTR Hot Laboratory

伊藤 正泰 川又 一夫 田山 義伸 金澤 賢治
米川 実 中川 哲也 近江 正男 岩松 重美

Masayasu ITO, Kazuo KAWAMATA, Yoshinobu TAYAMA, Yoshiharu KANAZAWA
Minoru YONEKAWA, Tetsuya NAKAGAWA, Masao OHMI and Shigemi IWAMATSU

大洗研究開発センター
照射試験炉センター
材料試験炉部

Department of JMTR
Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

JMTR ホットラボにおける中性子線しゃへい強化

日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター
照射試験炉センター 材料試験炉部

伊藤 正泰・川又 一夫・田山 義伸・金澤 賢治
米川 実・中川 哲也・近江 正男・岩松 重美⁺

(2011 年 5 月 16 日 受理)

ホットラボ施設は、材料試験炉等で照射された試料の照射後試験を実施する施設である。JMTR (Japan Materials Testing Reactor) ホットラボでは、平成 23 年度の JMTR 再稼働にあわせ、高燃焼度燃料の取扱いを計画している。

本報告書は、JMTR ホットラボにおいて高燃焼度燃料を取扱うホットセルのしゃへい評価及びしゃへい体の製作・据付けについてまとめたものである。

本報告書は、経済産業省原子力安全・保安院からの受託事業「平成 21 年度軽水炉燃材料詳細健全性調査」として（独）日本原子力研究開発機構が実施した成果の一部である。

大洗研究開発センター：〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002

+ : 燃料材料試験炉部

Neutron Shielding Reinforcement in the JMTR Hot Laboratory

Masayasu ITO, Kazuo KAWAMATA, Yoshinobu TAYAMA, Yoshiharu KANAZAWA
Minoru YONEKAWA, Tetsuya NAKAGAWA, Masao OHMI and Shigemi IWAMATSU⁺

Department of JMTR
Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received May 16, 2011)

Hot laboratory are facilities that execute the post irradiation examination of sample irradiated in material testing reactors etc. The handling of high burn-up fuel is scheduled in the JMTR (Japan Materials Testing Reactor) hot laboratory with JMTR re-operate in FY 2011.

This report describes evaluation, production and installation of shielding of hot cells in the JMTR hot laboratory.

Keywords : Hot Laboratory, JMTR, High Burn-up Fuels, Neutron Shielding

Present study was entrusted from Nuclear and Industrial Safety Agency of Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan.

+ : Fuels and Materials Department

目 次

1. はじめに.....	1
2. コンクリートセルしゃへい強化の検討.....	2
3. しゃへい体製作のためのセルしゃへい能力評価.....	2
3.1 線源条件.....	2
3.2 計算の方法.....	2
3.3 しゃへい能力評価位置	3
3.4 しゃへい計算結果	3
4. コンクリートセル等のしゃへい能力（最大取扱量）の評価.....	3
4.1 線源条件.....	3
4.2 計算の方法.....	3
4.3 しゃへい能力評価位置	4
4.4 しゃへい計算結果	4
5. 中性子線しゃへい体の設計・製作.....	5
5.1 しゃへい窓.....	5
5.2 背面しゃへい扉.....	5
5.3 γ ゲート	5
6. しゃへい体の据付け	6
6.1 しゃへい窓.....	6
6.2 背面しゃへい扉.....	6
6.3 γ ゲート	6
7. 施設検査.....	7
7.1 検査対象.....	7
7.2 合格基準及び検査項目	7
7.3 施設検査結果.....	8
まとめ	9
謝 辞	10
参考・引用文献.....	10

Contents

1. Introduction.....	1
2. Investigation of the neutron shielding reinforcement for the concrete cells	2
3. Calculation of the cell shields capacity for neutron shields production.....	2
3.1 Conditions of beam sources.....	2
3.2 Method of the calculation	2
3.3 Calculation position of shields capacity.....	3
3.4 Shielding calculation results	3
4. Calculation of shields capacity (maximum handling capacity) such as concrete cells.....	3
4.1 Conditions of beam sources.....	3
4.2 Method of the calculation	3
4.3 Calculation position of shields capacity.....	4
4.4 Shielding calculation results	4
5. Design and production of neutron shields.....	5
5.1 Shielding window.....	5
5.2 Shielding door	5
5.3 Gamma gate.....	5
6. Installation of shields.....	6
6.1 Shielding window.....	6
6.2 Shielding door	6
6.3 Gamma gate.....	6
7. Facility inspection	7
7.1 Inspection object.....	7
7.2 Acceptable standard and inspection item	7
7.3 Facility inspection results	8
Conclusions.....	9
Acknowledgement.....	10
References.....	10

1. はじめに

ホットラボ施設は、材料試験炉等で照射された燃料・材料試料の照射後試験を行う施設である。JMTR（正式名：Japan Materials Testing Reactor）ホットラボは、1971年から施設運転が開始され、主に、JMTRで実施される照射試験に資するキャップセルへの照射済燃料の組込み及び照射済燃料の照射後試験を実施してきた。当該施設には、燃料試験用のコンクリートセル8基及び顕微鏡鉛セル4基、並びに材料の機械的特性試験用の鉛セル7基及び鉄セル5基が設置されており、JMTRとカナルを介して接続することができる。このため、シュラウド照射装置（OSF-1（大洗シュラウド照射装置1号））を利用した照射試験及び照射後試験を効率よく実施することが可能である。

JMTRは、平成23年度の再稼働にあわせ、シュラウド照射装置を利用した高燃焼度燃料等の照射試験を実施する計画である。

本計画において、JMTRホットラボでは、高燃焼度燃料をキャップセルへ組込む作業及び取出す作業を実施する。そのため、コンクリートセル及び顕微鏡鉛セル等のしゃへい能力を再評価し、高燃焼度燃料を取扱うための追加しゃへい体の製作・据付けを実施した。

2. コンクリートセルしやへい強化の検討

JMTRにおいて、照射試験が計画されている高燃焼度燃料は、従来 JMTR で取扱っている照射済燃料に比べ、中性子線強度が高いため、コンクリートセルの中性子線しやへい強化の必要性について検討を行った。検討に使用する燃焼度は、照射試験で使用する 110GWd/t-U とし、燃料の冷却期間は、実用炉での照射終了時から燃料試験施設へ搬入されるまでの最小日数を考慮し 180 日とした。

これらの燃料を取扱うホットセルは、コンクリート No.1 ~ No.3 セルとし、ホットセルの構造、寸法及び材質等はホットラボの核燃料物質使用許可書の障害対策書を参考にした。中性子束及びガンマ束の線量換算係数は ICRP Pub.74 に基づき、一次元輸送計算コード ANISN で計算した。線源領域の組成を空気とし、体系を球体とした。しやへい計算の結果を Table 2- 1 に示す。

この結果、コンクリート No.1 ~ No.3 セルにおいて、しやへい窓、背面しやへい扉及び γ ゲートの中性子線しやへい強化の必要性が判明した。

3. しやへい体製作のためのセルしやへい能力評価

高燃焼度燃料の線源強度に基づき、コンクリートセルのしやへい能力評価を行った。中性子線しやへい強化の必要があるコンクリート No.1 ~ No.3 セルにおいては燃料試料の取扱い及び貯蔵時におけるしやへい能力を評価した。また、コンクリート No.4 ~ No.8 セル、顕微鏡鉛セル、X 線マイクロアナライザーにおいては燃料試料通過時のしやへい能力を評価した。今回、しやへい強化を実施するセルの配置を Fig.3- 1 に示し、中性子線しやへい体の取付け概略を Fig.3- 2 に示す。

3.1 線源条件

本施設で取扱う高燃焼度燃料は、外径 ϕ 12.3mm、長さ 400mm の燃料棒を、燃焼度 110GWd/t-U で使用し 180 日間冷却した後、JMTR において 0.2GWd/t-U で追加照射し、30 日間冷却することを想定し、ORIGEN-2 計算コードより求めた。本検討で考慮した燃料の組成を Table 3- 1、Table 3- 2 に示す。しやへい計算に用いる線源強度は、燃料輸送・貯蔵本数を考慮し、コンクリート No.1 セル、No.2 セルは各セルで 9 本相当、コンクリート No.3 セルは 2 本相当、コンクリート No.4 ~ No.8 セルは各セルの最大取扱量である 85TBq、顕微鏡鉛 No.1 ~ No.4 セルも各セルの最大取扱量である 3.7TBq 及び遮へい型 X 線マイクロアナライザー装置も最大取扱量である 74GBq とした。線源形状は、燃料ペレット等小試料とし点状等方線源とした。また、燃料の貯蔵は、使用許可書の貯蔵量よりコンクリート No.1 セル貯蔵穴だけとし、貯蔵穴の最大貯蔵量を貯蔵した条件で計算した。本検討で考慮した燃料の線源条件を Table 3- 3、Table 3- 4 に示す。

3.2 計算の方法

しやへい計算は、一次元輸送計算コード ANISN を使用した。ANISN で読込む核データは、DLC23 ライブライアリを使用し、中性子線 22 群、ガンマ線 18 群とし、評価位置での中性子線及びガンマ線の線量当量率を求めた。しやへい計算に使用した中性子線及びガンマ線の線源スペクトル分布と実効線量換算係数を Table 3- 5 に、しやへい計算で使用するしやへい材の組成及び原子個数密度を Table 3- 6 に示す。

3.3 しやへい能力評価位置

(1) コンクリートセル、顕微鏡鉛セル及びX線マイクロアナライザ装置

コンクリートセル、顕微鏡鉛セル及びX線マイクロアナライザ装置のしやへい能力評価位置は、核燃料物質使用許可書に記載されている評価位置とした。コンクリートセル、顕微鏡鉛セル及びX線マイクロアナライザ装置のしやへい能力評価位置を Fig.3-3 ~ Fig.3-8 に示す。

(2) コンクリートセル貯蔵穴

コンクリートセルには貯蔵穴があり、コンクリート No.1 セルは 9 本、コンクリート No.2、4、5、7、8 セルは各 1 本設置されている。しかし、当該燃料の貯蔵については燃料棒 1 本あたりの線源量が、コンクリート No.2 セル以降の貯蔵穴では貯蔵制限量を超えてしまうため、コンクリート No.2 セル以降は貯蔵をしないこととし、貯蔵を行うコンクリート No.1 セルのみを評価するものとした。

貯蔵時におけるしやへい能力評価位置を Fig.3-9 に示す。

3.4 しやへい計算結果

許容線量当量率として、点検等により一時的に立入る場所で $100 \mu \text{Sv/h}$ 、人が常時立入る場所で $25 \mu \text{Sv/h}$ 及び管理区域境界で $0.5 \mu \text{Sv/h}$ としたが、可能な限り作業者の被ばく量が少なくなるように考慮した。計算結果を Table 3-7、Table 3-8 に示す。

しやへい計算結果から、コンクリート No.1、No.2 セルにおける中性子線しやへい体は、背面しやへい扉に 100mm のポリエチレン、 γ ゲートへ 60mm のポリエチレン、しやへい窓についてはセル内側に 28mm、セル外側に 70mm のアクリルを取付けることとした。また、コンクリート No.3 セルは、背面しやへい扉へ 50mm のポリエチレンを、しやへい窓についてはセル内側に 28mm、セル外側に 40mm のアクリルを取付けることとした。

4. コンクリートセル等のしやへい能力（最大取扱量）の評価

本章は核燃料物質使用変更許可申請にともない、セルの最大取扱量の再評価のために行ったものである。これは、ホットラボの核燃料物質使用許可書において、セルしやへい能力の評価は 1MeV のガンマ線を使用して行っているため、新たに、実際の燃料を取扱った場合の、中性子線しやへい強化を考慮したしやへい能力を評価した。

4.1 線源条件

しやへい計算に使用する線源は、実用炉（熱中性子束 $5 \times 10^{13} \text{n} / (\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ ）で 5 年照射し、300 日冷却した後、JMTR（熱中性子束 $2 \times 10^{14} \text{n} / (\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ ）で 26 日照射し、90 日冷却した燃料棒とし、ORIGEN-2 計算コードにより求めた。線源形状は、燃料ペレット等小試料を考慮し点状等方線源とした。照射済酸化ウランの線源条件を Table 4-1 に示す。

4.2 計算の方法

しやへい計算は、コンクリートセル等の最大取扱量及び最大貯蔵量に基づいて、一次元輸送計算コード ANISN により行った。ANISN で読込む核データは、DLC23 ライブラリを使用し、中性子線

22 群、ガンマ線 18 群とし、評価位置での中性子線及びガンマ線の線量当量率を求めた。しゃへい計算に用いた中性子線及びガンマ線の線源スペクトル分布を Table 3- 5 に示す。しゃへい計算で使用するしゃへい材の組成及び原子個数密度を Table 3- 6 に示す。

4.3 しゃへい能力評価位置

(1) コンクリートセル

コンクリートセルはキャプセル解体等の照射後試験を実施するホットセルであり、重コンクリート及び普通コンクリート等で構成されている。コンクリート No.1、No.2 セルのしゃへい厚さは 1100mm であり、コンクリート No.3 ~ No.8 セルのしゃへい厚さは 1000mm である。また、各セルにより最大取扱量が異なる。

コンクリートセルにおける線源取扱い範囲及びしゃへい能力評価位置を Fig.3- 3 ~ Fig.3- 6 に示す。壁、床及びしゃへい窓（評価位置 A、D 及び F）に対するしゃへい能力は線源が密着している状態で評価し、天井、背面しゃへい扉及び γ ゲート（評価位置 B、C 及び E）については線源取扱い範囲の最短距離で評価した。

(2) 顕微鏡鉛セル

顕微鏡鉛セルは金相試料等の小さな試料を取り扱うセルであり、鉛及び鉄等で構成されている。顕微鏡鉛セルのしゃへい能力評価は、線源取扱い範囲におけるしゃへい体との最短位置で行った。顕微鏡鉛セル天井は通常立入らない場所であるため、通常、立入りの出来ない区域として評価した。顕微鏡鉛セルのしゃへい能力評価位置を Fig.3- 7 に示す。

(3) コンクリートセル貯蔵穴

コンクリートセルには照射後試験試料を貯蔵できる貯蔵穴が設置されている。コンクリート No.1 セル内に 9 本、No.2、4、5、7、8 セル内に各 1 本及び各セル間の仕切り扉下に各 1 本設置されており、上部はしゃへい蓋、周囲はコンクリート及び鉄で覆われている。これらの貯蔵穴の最大貯蔵量に対してセル外の地階、セル背面しゃへい扉位置において放射線漏えいを評価した。また、コンクリート No.1 セルは貯蔵穴 1 本の最大貯蔵量と、貯蔵穴 9 本をまとめた状態における線量の評価も行った。コンクリート No.2、4、5、7、8 セルの貯蔵穴は、背面しゃへい扉側が重コンクリート及び普通コンクリートが混在しているが、普通コンクリートで評価した。各セル間の仕切り扉下の貯蔵穴については、しゃへい厚さがコンクリート No.2、4、5、7、8 セル内の貯蔵穴に比べ厚いこと及び貯蔵量が少ないとから計算を省略した。Fig.3- 9 に貯蔵穴の構造及び線源位置及び評価点の位置を示す。

(4) 遮へい型 X 線マイクロアナライザー装置

遮へい型 X 線マイクロアナライザー装置の概略を Fig.3- 8 に示す。評価位置は、線源を収納するタンクステン材質の試料室表面で行った。

4.4 しゃへい計算結果

セルしゃへい能力の再評価計算結果を Table 4- 2 に示す。計算結果より、最大取扱量でのセル等しゃへい能力は十分満足していることを確認した。

5. 中性子線しゃへい体の設計・製作

中性子線しゃへい体の製作においては、ホットラボの建家設計図面に基づいて設計したが、詳細な部分についての情報がないため、しゃへい体取付け箇所のセル内及びセル外の現地寸法調査を実施し、しゃへい体製作図面へ反映させた。また、現地寸法調査によりしゃへい体据付け時において、取付けの妨げとなる配管、配線等の移設について検討した。

5.1 しゃへい窓

しゃへい窓は、鉛ガラス8枚で構成されている。しゃへい窓用の中性子線しゃへい体は、透明度を確保するため、アクリルを使用した。また、放射線によるアクリルの劣化に伴うアクリルの交換作業を考慮し、しゃへい体はセル内とセル外へ取付け、セル内用アクリルについては、可能な限り薄く設計・製作した。コンクリートNo.1、No.2セルでセル内厚さ28mm以上、セル外厚さ70mm以上とし、コンクリートNo.3セルはセル内厚さ28mm以上、セル外厚さ40mm以上とした。しゃへい体の取付けはアクリルのまわりをSUS304材の枠で覆い、それをしゃへい窓枠（鉄枠）へボルトで固定することとした。また、アクリルの保護として3mm厚のポリカーボネートを取付けられる構造とした。

しゃへい窓用のしゃへい体取付け図をFig.5-1～Fig.5-3に示す。

しゃへい体製作時には、セル内、セル外用アクリルは両方ともしゃへい計算に使用した厚さ以上を確保しなければならない。しかし、セル内用アクリルについては、28mm以上のしゃへい厚さであること及び原材料が厚さ30mmで製作されることから、指定厚さ28mmの場合、加工を必要としコスト増加が見込まれたためしゃへい厚さを30mmとして製作した。また、セル外用アクリルについては、70mm以上のしゃへい厚さであること及び原材料製作時の誤差が±8mm程度あるためしゃへい厚さ80mmとして製作した。

5.2 背面しゃへい扉

背面しゃへい扉は鋼製で出来ているため、背面しゃへい扉表面（セル内側）へボルト止めにてポリエチレンを取付ける設計とした。背面しゃへい扉用のポリエチレンは、コンクリートNo.1、No.2セルで厚さ100mm以上、コンクリートNo.3セルで厚さ50mm以上とした。しゃへい体製作時には、しゃへい計算に使用した厚さ以上を確保し、背面しゃへい扉表面（セル内側）へ取付けるものとした。なお、取付けは鋼製しゃへい扉にボルトで固定することとした。ポリエチレンの変形等を考慮し、ポリエチレンはSUS304材で表面を覆った。また、固定ボルト及び背面しゃへい扉等の隙間からの中性子線漏れを考慮し、セル内側へ補助しゃへい体を取付けることとした。

背面しゃへい扉用の中性子線しゃへい体の取付け図をFig.5-4～Fig.5-6に示す。

5.3 γゲート

γゲートはコンクリートNo.1、No.2セルに天井型及び横型のゲートが設置されている。しゃへい評価はしゃへい厚さの薄い部分であるγゲート上で行ったが、試料移送時の被ばくがより小さくなるよう設計した。中性子線しゃへい用のポリエチレンは、しゃへい計算で使用した厚さ以上を確保し、γゲート全体を覆うものとした。ポリエチレン表面は変形や傷等を防ぐため、SUS304材で覆い、しゃへい材の取付けはγゲート本体へのボルトによる固定を基本とした。しかし、一部のしゃ

へい体についてはケミカルアンカーを用いてセル天井のコンクリート部へ固定するものとした。また、試料移送時における γ ゲートの使用を考慮し、ゲート前面しゃへい体は取外しが可能な構造とした。

γ ゲート用の中性子線しゃへい体の取付け図を Fig.5- 7 ~ Fig.5- 9 に示す。

6. しゃへい体の据付け

しゃへい体据付け前に、製作工場でしゃへい体を SUS304 材へ組込む前の状態における工場検査を実施し、それぞれのしゃへい体が設計通りの寸法であることを確認した。検査後、SUS304 材へ組込み完成体とした。

コンクリート No.2 セルには、キャップセル解体等に使用する切断機が配置されている。この切断機は高レベルの放射能汚染があるため、しゃへい体の据付け作業は、同時に 3 つのセルを開けて作業することは出来ない。コンクリート No.1 セルもしくは No.2 セルの汚染機器をどちらか一方のセルへ移動後、もう一方のセルを汚染除去し、しゃへい体を据付ける作業工程を計画した。また、しゃへい体据付け前に、据付け作業の妨げになる配管、配線等を移設した。

しゃへい体据付け作業は、作業者への被ばくを考慮し、低線量のホットセルから開始し、作業の習熟度を上げていく手法をとった。

6.1 しゃへい窓

しゃへい窓用しゃへい体の据付けは、作業員の習熟度を上げるため、放射能汚染及び被ばくの少ないコンクリートセル操作室側（セル外側）しゃへい窓（7 基）から実施した。

しゃへい体の据付けは、しゃへい窓枠にドリルで穴を開け、タップでねじ切りを行い、しゃへい体をボルトで固定した。セル外しゃへい窓の据付け状況を Fig.6- 1 に示す。

セル内しゃへい体はセル内しゃへい窓枠（鉄製）へ直接固定する構造となっており、セル内しゃへい体をサービスエリアへ搬入後、アイソレーションルーム内へクレーンにて吊り降ろし、セル内ホイストを使用してセル内へ搬入した。その後、セル内でしゃへい体を一度分解して、しゃへい体固定枠を先に取付け、その後、全体を固定した。このセル内しゃへい体取付け作業においても、最初にセル内の放射能汚染及びセル内線量当量率の低いコンクリート No.3 セルから実施した。セル内しゃへい窓の据付け状況を Fig.6- 2 に示す。

6.2 背面しゃへい扉

背面しゃへい扉の据付け作業は、主にアイソレーションルームにて実施した。しゃへい体取付けの位置決めを行い、ドリル加工、ねじ切りを行い、しゃへい体を取付け、しゃへい扉の開閉確認を行って作業は終了した。その後、セル内へ補助しゃへい体を取付けた。背面しゃへい扉の据付け状況を Fig.6- 3 に示す。

6.3 γ ゲート

5.3 項に既述したが、 γ ゲートはコンクリート No.1 セルと No.2 セルに設置されており、天井型 γ ゲートが各 1 基、横型 γ ゲートが各 1 基設置されている。本しゃへい体の据付けは、天井型 γ ゲートから据付けを実施した。天井型 γ ゲートは、コンクリート No.1、No.2 セルとも同じ形状である。

しゃへい体枠の位置決め、仮組立てを行い、据付け後、ゲート前面しゃへい体を取付けて、作業は終了した。γゲートの据付け状況を Fig.6- 4、Fig.6- 5 に示す。

コンクリート No.1 セルは JMTR からのカナルに接続されている。コンクリート No.1 セルの横型 γゲートはカナル上にあるため、作業場所の確保及びカナル落下防止として、作業足場を設置してから作業を行った。

コンクリート No.2 セル横型 γゲートはアイソレーションルーム内に設置されている。しゃへい体枠の位置決め、仮組立てを行い、据付け後、ゲート前面しゃへい体を取付けて、作業は終了した。

7. 施設検査

平成 21 年 11 月 12 日付け 21 原機（大施）031 をもって、日本原子力研究開発機構から、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、法という。）第 55 条の 2 第 1 項の規定に基づき申請された施設検査申請に対し、平成 21 年 11 月 30 日をもって策定した施設検査計画書に基づき、当該施設検査の施設検査要領書を定め、施設検査を実施した。

7.1 検査対象

コンクリート No.1 ～ No.3 セル中性子線しゃへい体	
(1) しゃへい窓用しゃへい体	7 基
(2) 背面しゃへい扉用しゃへい体	3 基
(3) 天井型 γゲート用しゃへい体	2 基
(4) 横型 γゲート用しゃへい体	2 基

7.2 合格基準及び検査項目

当該施設検査は、法第 55 条の 2 第 2 項の規定に基づき、使用施設等の工事が核燃料物質の使用に関する規則第 2 条の 5 に定める工事の技術上の基準に適合しているとき合格となる。なお、当該施設検査は、文部科学省検査官立会いのもと実施した工場検査（材料検査、外観検査、寸法検査及びしゃへい構造検査）及び検査官立会いのもと実施した現地検査（外観検査及び寸法検査）の結果をもって合否の判断を受けた。

(1) 材料検査

検査対象に使用された材料に対して公的機関等が発行した材料検査成績証明書に記載された化学成分及び機械的性質の値と、当該材料に対応した日本工業規格 (JIS) に示された値を照合する。

判定：合格

(2) 外観検査

中性子線しゃへい体の製作後、または、据付けた状態を、説明書類に記載された図面等と照合する。

判定：合格

(3) 寸法検査

①コンクリート No.1 ～ No.3 セル中性子線しゃへい体

検査対象部位の寸法と添付資料に記載された当該部位の寸法を照合する。

判定：合格

②しやへい体固定用ボルト

JIS 規格品のスパナ等を当てて呼び径と添付資料に記載されたボルトの呼び径を照合する。

判定：合格

(4) しやへい構造検査

検査対象に対する公的機関等による密度測定を実施し、測定結果が以下の値を満足していることを確認する。

①しやへい体（ポリエチレン）の密度 : 0.94g/cm³以上であること。

②しやへい体（アクリル）の密度 : 1.16g/cm³以上であること。

判定：合格

7.3 施設検査結果

当該施設検査について、7.2 項に定める検査項目全ての合格判定をもって文部科学省より合格証を受領した。

まとめ

JMTR ホットラボ施設において高燃焼度燃料を取扱うにあたり、コンクリートセルの中性子線しやへい強化を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) コンクリートセルしやへい強化の検討結果より、想定する高燃焼度燃料を取扱う場合、コンクリート No.1 ~ No.3 セルにおいて、しやへい窓、背面しやへい扉及び γ ゲートに対し、中性子線しやへい強化が必要であることが分かった。
- (2) セルしやへい能力評価の結果より、コンクリート No.1、No.2 セルのしやへい窓にはアクリル厚 98mm 以上、背面しやへい扉にはポリエチレン厚 100mm 以上、 γ ゲートにはポリエチレン厚 60mm 以上が必要であり、コンクリート No.3 セルのしやへい窓にはアクリル厚 68mm 以上、背面しやへい扉にはポリエチレン厚 50mm 以上が必要であることが分かった。
- (3) 中性子線しやへい体の設計・製作にあたり、しやへい窓には透明度を確保するためアクリルを使用し、背面しやへい扉及び γ ゲートにはポリエチレンを使用した。なお、しやへい窓用しやへい体については、アクリル交換作業を考慮し、しやへい体をセル内とセル外に分け、セル内アクリルを可能な限り薄くした。また、背面しやへい扉及び γ ゲート用しやへい体については、しやへい体保護のため SUS304 材で表面を覆った。

以上の中性子線しやへい強化を実施し、文部科学省の施設検査に合格した。

今後は、しやへい強化を実施したセルを使用し、高燃焼度燃料をキャップセルへ組込む作業等を実施する計画である。

謝　　辞

高燃焼度燃料についての情報やしやへい計算及び結果の検証等についてアドバイスをしていただいた東海研究開発センター 原子力科学研究所 安全研究センター 軽水炉長期化対応研究ユニット 笹島 栄夫氏、細山田 龍二氏、高佐 明氏には、深く感謝の意を表します。

参考・引用文献

- 1) 平成 18 年度軽水炉燃料詳細健全性調査報告書
- 2) 社団法人 日本アイソトープ協会、ICRP Publication 74 外部放射線に対する放射線防護に用いるための換算係数
- 3) 財団法人 原子力安全技術センター 放射線障害防止法出版物委員会、放射線施設のしやへい計算実務マニュアル、2007 年 3 月

Table 2-1 JMTRホットラボのしゃへい計算結果

評価位置	線源強度		評価点	場所名称	線源から の距離(cm)	しゃへい体			実効線量率(μSv/h)		
	強度(Bq)	中性子線源(n/s)				材質	密度(g/cm³)	厚さ(cm)	中性子 二次ガマ線	ガマ線	合計
No. 1, 2 # ガルト	3.30×10¹⁶ 8.06×10⁹	2.65×10¹⁶ 8.06×10⁹	A	壁	0	重コングリート	3.8	110	0.3	0.4	2.3
			B	天井	50	重コングリート	3.8	100	0.3	0.2	5.8
			C	背面しゃへい扉	56	炭素鋼	7.86	54	3467.7	24.8	3494.9
			D	床	0	普通コングリート	2.2	193	2.0×10⁻²	0.1	0.5
			E	γガート	150	鉛	11.34	27	19239.7	2.4	19264.7
			F	しゃへい窓	0	金ガラス	4.34	96.5	5154.2	38.6	5193.5
No. 3 # ガルト	3.70×10¹⁶ 9.07×10⁸	2.97×10¹⁶ 9.07×10⁸	A	壁	0	重コングリート	3.8	100	0.1	0.1	1.5
			B	天井	50	重コングリート+普通コングリート	3.8、2.2	75±25	0.1	0.1	3.5
			C	背面しゃへい扉	51	炭素鋼	7.86	49	520.4	2.8	524.8
			D	床	0	普通コングリート	2.2	193	0.0	0.0	0.1
			E	しゃへい窓	0	金ガラス	4.34	86	1066.1	6.7	1073.5
			A	地階床面より2m上	0	普通コングリート	2.2	150	8.7×10⁻⁴	2.2×10⁻³	3. 9×10⁻²
貯藏六 C-1 # ガルト	3.70×10¹⁶ 9.07×10⁷	2.97×10¹⁶ 9.07×10⁷	B	当該セル背面壁表面	0	普通コングリート+重コングリート	2.2、3.8	143±32	1.9×10⁻⁴	7.6×10⁻⁴	3. 4×10⁻³
			A	地階床面より2m上	0	銅鉄+普通コングリート	7.8、2.2	15±90	0.1	0.1	14.5
貯藏六 C-2 # ガルト	3.70×10¹⁶ 9.07×10⁸	2.97×10¹⁶ 9.07×10⁸	B	当該セル背面壁表面	0	銅鉄+普通コングリート+重コングリート	7.8、2.2、3.8	7.5±80±60	9.3×10⁻⁵	1.7×10⁻³	1. 7×10⁻³

- 燃焼度：110GWd/t、冷却日数：180 日で計算した強度と中性子束とガンマ線束スペクトル分布を使用した。

- 線源寸法：燃料被覆管外径 14.5mm、スタッフ長 1000mm、本数 1 本

線源強度(Bq)	2.64E+14
中性子線源強度(n/s)	6.48E+07
ガンマ線源強度(p/s)	2.12E+14

Table 3- 1 高燃焼度 UO₂燃料の燃料組成・高燃焼度 UO₂ U 濃縮度 5%

項目	条件値
スタック長(mm)	400.0
ペレット外径(mm)	10.4
ペレット半径(mm)	5.2
ペレット個数(個)	50
ペレット長(mm)	8.0
被覆管内径(mm)	10.58
被覆管外径(mm)	12.30
被覆管肉厚(mm)	0.86
実密度(g/cm ³)	10.96
理論密度(%TD)	95.0
Pu 富化度(%)	0.0
Pu 同位体組成比(w/0)	
Pu-238	0.0
Pu-239	0.0
Pu-240	0.0
Pu-241	0.0
Pu-242	0.0
Am-241	0.0
U 濃縮度(w/0)	5.0
出力(W/cm)	205.2
核種原子質量	
U-235	235.0
U-238	238.0
Pu-238	238.0
Pu-239	239.0
Pu-240	240.0
Pu-241	241.0
Pu-242	242.0
Am-241	241.0
O	16.0

項目	条件値
燃料体積(cm ³)	33.9795
燃料重量(g)	353.7942
PuO ₂ 重量(g)	0.0000
UO ₂ 重量(g)	353.7942
PuO ₂ 分子量(g)	0.0000
Pu	0.0000
O ₂	0.0000
UO ₂ 分子量(g)	269.8500
U	237.8500
O ₂	32.00
燃料重量	
Pu-238	0.0000
Pu-239	0.0000
Pu-240	0.0000
Pu-241	0.0000
Pu-242	0.0000
Am-241	0.0000
O	0.0000
PuO ₂ -Total	0.0000
U-235	15.5920
U-238	296.2477
O	41.9545
UO ₂ -Total	353.7942

燃料寸法

高燃焼度 BWR8x8

項目	条件値
出力(W/cm)	205
出力(W/cm ³)	241.52564
出力(MW/Fuel)	0.008207
出力(MW/MT)	26.31773
被覆管組成	Zry-2
密度(g/cm ³)	6.55
組成比(w/0)	
Cr	0.10
Fe	0.14
Ni	0.06
Sn	1.50
Zr	98.20
被覆管重量(g)	80.9796
Cr	0.0810
Fe	0.1134
Ni	0.0486
Sn	1.2147
Zr	79.5220
Clad-Total	80.9796
U-235	15.5920
U-238	296.2477
Pu-238	0.0000
Pu-239	0.0000
Pu-240	0.0000
Pu-241	0.0000
Pu-242	0.0000
Am-241	0.0000
Metal-Total	311.8397
O	41.9545
Fuel-Total	353.7942

Table 3- 2 MOX 燃料の燃料組成

・ MOX Pu 富化度 12. 8%, U 濃縮度 0. 2%

項目	条件値
スタック長(mm)	400. 0
ペレット外径(mm)	10. 4
ペレット半径(mm)	5. 2
ペレット個数(個)	50
ペレット長(mm)	8. 0
被覆管内径(mm)	10. 58
被覆管外径(mm)	12. 30
被覆管肉厚(mm)	0. 86
実密度(g/cm ³)	10. 96
理論密度(%TD)	95. 0
Pu 富化度(%)	12. 8
Pu 同位体組成比(w/0)	
Pu-238	2. 1
Pu-239	54. 5
Pu-240	25. 0
Pu-241	9. 4
Pu-242	6. 4
Am-241	2. 6
U 濃縮度(w/0)	0. 2
出力(W/cm)	291. 7
核種原子質量	
U-235	235. 0
U-238	238. 0
Pu-238	238. 0
Pu-239	239. 0
Pu-240	240. 0
Pu-241	241. 0
Pu-242	242. 0
Am-241	241. 0
0	16. 0

項目	条件値
燃料体積(cm ³)	33. 9795
燃料重量(g)	353. 7942
PuO ₂ 重量(g)	45. 2857
UO ₂ 重量(g)	308. 5085
PuO ₂ 分子量(g)	271. 6610
Pu	239. 6610
O ₂	32. 00
UO ₂ 分子量(g)	269. 9940
U	237. 9940
O ₂	32. 00
燃料重量	
Pu-238	0. 8390
Pu-239	21. 7735
Pu-240	9. 9878
Pu-241	3. 7554
Pu-242	2. 5569
Am-241	1. 0387
0	5. 3344
PuO ₂ -Total	45. 2857
U-235	0. 5439
U-238	271. 3999
0	36. 5648
UO ₂ -Total	308. 5085

燃料寸法

高燃焼度 BWR8x8

$$\text{Fiss (\%)} / (\text{PuO}_2 + \text{UO}_2)$$

7. 37

$$\text{Fiss (\%)} / (\text{Pu} + \text{U})$$

8. 36

項目	条件値
出力(W/cm)	291. 7
出力(W/cm ³)	343. 35230
出力(MW/Fuel)	0. 011667
出力(MW/MT)	37. 40658
被覆管組成	Zry-2
密度(g/cm ³)	6. 55
組成比(w/0)	
Cr	0. 10
Fe	0. 14
Ni	0. 06
Sn	1. 50
Zr	98. 20
被覆管重量(g)	80. 9796
Cr	0. 0810
Fe	0. 1134
Ni	0. 0486
Sn	1. 2147
Zr	79. 5220
Clad-Total	80. 9796
U-235	0. 5439
U-238	271. 3999
Pu-238	0. 8390
Pu-239	21. 7735
Pu-240	9. 9878
Pu-241	3. 7554
Pu-242	2. 5569
Am-241	1. 0387
Metal-Total	311. 8950
0	41. 8992
Fuel-Total	353. 7942

- 燃焼度 : 110GWd/t、冷却日数 : 180日、JMTRで0.2GWd/t追加照射後、冷却日数 : 30日
- スタック長 : 400mm
- UI濃縮度 : 5.0%

Table 3- 3 高燃焼度照射済UO₂燃料の線源条件
311.8 Metal-g

(α, n) による中性子発生数						
	No	中性子エネルギー上限値 (MeV)	中性子線源 (n/s)	No	ガンマエネルギー上限値 (MeV)	ガンマ線源 (p/s)
Burnup (GWd/t)	0.20	180.0		U235	0.000E+00	
Coolant (Days)		353.79		U238	0.000E+00	
Fuel Weight (g)		3.280E+14		PU238	8.847E+03	
Ave. Flux (n/cm ² /s)				PU239	1.036E+02	
熱出力 (W)	1	1.492E+01	4.331E-04	PU240	3.217E+02	
I.D.	2	1.220E+01	1.797E-03	AM241	1.881E+02	
Cladding	3	1.000E+01	5.512E-03	CM242	2.609E+04	
Actinide	4	8.180E+00	1.315E-02	CM243	0.000E+00	
FP	5	6.360E+00	4.420E-02	CM244	3.604E+04	
Total	6	4.960E+00	5.080E-02	その他	1.063E+02	
中性子源	7	4.060E+00	1.084E-01	合計	7.170E+04	
I.D.	8	3.010E+00	8.750E-02			
	9	2.460E+00	4.597E-02			
(α, n)	10	2.250E+00	9.262E-02			
Spontaneous Fission	11	1.830E+00	2.088E-01			
Total	12	1.110E+00	1.914E-01			
ガンマ線源	13	5.500E-01	1.331E-01			
I.D.	14	1.100E-01	1.622E-02			
Cladding	15	3.350E-03	8.318E-05			
Actinide	16	5.820E-04	6.033E-06			
FP	17	1.010E-04	3.990E-07			
Total	18	2.900E-05	5.614E-08			
放射能強度	19	1.010E-05	1.365E-08	Lower Energy : 1.0E-2		
I.D.	20	3.060E-06	1.920E-09	CM246	1.796E+05	
Act. Prod.	21	1.120E-06	4.276E-10	CM248	1.088E+04	
ACT	22	4.140E-07	1.216E-10	CF250	1.492E+04	
FP				CF252	3.579E+06	
Total				CF254	2.502E+04	
				その他	2.857E+03	
				合計	8.279E+06	

- 燃焼度 : 110GWd/t、冷却日数 : 180日、JMTRで0.2GWd/t追加照射後、冷却日数 : 30日
- スリップ長 : 400mm
- Pu富化度 : 12.8%、U濃縮度 : 0.2%
- Metal-g

Table 3- 4 高燃焼度照射済MOX燃料の線源条件

		(α, n) による中性子発生数					
		No	中性子エネルギー上限値(MeV)	中性子銀源(n/s)	No	ガンマ線エネルギー上限値(MeV)	ガンマ線線源(p/s)
Burnup (GWd/t)	0.20						
Coolant (Days)	180.0						
Fuel Weight (g)	353.79						
Ave. Flux (n/cm ² /s)	2.220E+14						
熱出力(W)							
I. D.	Power (W)						
Cladding	0.02	3	1.000E+01	4.607E-03	3	6.500E+00	5.568E-09
Actinide	10.44	4	8.180E+00	1.146E-02	4	5.000E+00	6.360E-09
FP	7.90	5	6.360E+00	4.017E-02	5	4.000E+00	8.189E-06
Total	18.36	6	4.960E+00	4.811E-02	6	3.000E+00	5.944E-04
中性子源							
I. D.	Neutron (n/s)						
(α, n)	3.579E+05	7	3.010E+00	8.751E-02	8	2.000E+00	1.148E-02
Spontaneous Fission	1.776E+07	8	2.460E+00	4.614E-02	9	1.660E+00	1.332E-02
Total	1.812E+07	10	2.250E+00	9.326E-02	10	1.330E+00	1.678E-02
ガンマ線源							
I. D.	Gamma (p/s)						
Cladding	1.601E+11	11	1.830E+00	2.114E-01	11	1.000E+00	9.624E-02
Actinide	1.846E+12	12	1.110E+00	1.953E-01	12	8.000E-01	1.420E-01
FP	6.531E+13	13	5.500E-01	1.370E-01	13	6.000E-01	1.649E-01
Total	6.732E+13	14	1.100E-01	1.676E-02	14	4.000E-01	1.785E-02
放射能強度							
I. D.	TBq						
Act. Prod.	0.17	15	3.350E-03	8.604E-05	15	3.000E-01	1.827E-02
ACT	18.96	16	5.820E-04	6.241E-06	16	2.000E-01	5.753E-02
FP	61.62	17	1.010E-04	4.127E-07	17	1.000E-01	7.479E-02
Total	80.76	18	2.900E-05	5.807E-08	18	5.000E-02	3.825E-01
Lower Energy: 1.0E-2							
CM248	0.000E+00						
CF250	0.000E+00						
CF252	3.355E+05						
CF254	0.000E+00						
その他	2.029E+04						
合計	1.776E+07						

Table 3- 6 しゃへい計算に用いる組成

No	核種	普通鋼	重コシカート	鋼(SS41)	鉛	銅 銘	カネグアスチ合金	空気	ホリヂレソ	アクリル	遮へい板 (C-Nゲイブ')	遮へい板 (F62-R47°)	遮へい板 (F62-R47°)	遮へい板 (ZK-247°)	遮へい板 (保護タブ')
1	H	1.3609E-02	9.4100E-03					7.1991E-09	8.0315E-02	5.5264E-02					
2	He-3														
3	Be														
4	B-10														
5	C	1.1335E-04		1.4581E-03		1.4470E-03		7.5847E-07	4.0390E-02	3.4538E-02					
6	N							3.9099E-05							
7	0	4.5100E-02	4.6451E-02					1.06338E-05		1.3815E-02	4.2125E-02	3.8250E-02	3.6887E-02	4.0565E-02	3.9005E-02
8	Na										2.6234E-03	2.4485E-03		2.5263E-03	2.4291E-03
9	Mg	1.2163E-04	5.8881E-04												
10	Al	1.7097E-03	2.1081E-03								1.7049E-02	1.4974E-02	1.0502E-02	1.6417E-02	1.5786E-02
11	Si	1.6322E-02	2.9549E-03	4.3819E-04		4.3485E-04					5.1785E-03	5.5237E-03		4.9367E-03	4.7949E-03
12	K		6.5523E-05												
13	Ca	1.4761E-03	4.0235E-03												
14	Ti														
15	Cr					1.0014E-04		9.9373E-05							
16	Mn				6.0311E-04		5.9851E-04								
17	Fe	3.3890E-04	2.1688E-02	8.3315E-02		8.2679E-02									
18	Ni				5.6452E-05		5.6021E-05		1.3082E-02						
19	Cu				1.1918E-04		1.1827E-04		4.0278E-03						
20	Zr														
21	Mo														
22	Sn														
23	Ta														
24	W							5.0119E-02				4.0891E-03	1.3516E-02		
25	Pb					3.2957E-02									
26	U-235														
27	U-238														
28	Pu-239														
29	Pu-240														
30	P				2.1395E-05										
31	S			7.6327E-05	2.3618E-05										
32	Zn										1.9977E-04		1.9237E-04	1.8497E-04	
33	As											1.1323E-04			
34	Ba										1.1347E-03		1.0927E-03	1.0506E-03	
35	Ce		2.20	3.80	7.86	11.34	7.8	17.00	0.0012	0.94	1.16	2.70	3.60	6.20	2.50
	密度(g/cc)														

• P, S, Zn, As, Ba, Ceは断面積(アーチ)-[ない]ので考慮していません。

・燃焼度：48Gwd/t、冷却日数：365日、JMTRで26日追加照射後、冷却日数：90日
 ・スリック長 400mm
 ・U濃縮度 4.5%

Table 4-1 照射済UO₂燃料の線源条件

308. 9 Metal-g

		(α, n) による中性子発生数				
		No	中性子エネルギー上限値(MeV)	中性子線源(n/s)	核種	中性子数(n/s)
Burnup (Gwd/t)	2				U235	0. 000E+00
Cooling (Days)	90. 0				U238	0. 000E+00
Fuel Weight (g)	350. 4005				PU238	2. 251E+03
Ave. Flux (n/cm ² /s)	3. 300E+14	1	1. 492E+01	3. 022E-04	PU239	8. 412E+01
熱出力(W)		2	1. 220E+01	1. 350E-03	PU240	1. 391E+02
I. D.	Power (W)	3	1. 000E+01	4. 388E-03		
Cladding	0. 02	4	8. 180E+00	1. 097E-02	AM241	1. 468E+02
Actinide	0. 63	5	6. 360E+00	3. 870E-02	CM242	1. 629E+04
FP	4. 96	6	4. 960E+00	4. 799E-02	CM243	1. 808E+01
Total	5. 61	7	4. 060E+00	1. 098E-01	CM244	2. 853E+03
中性子源		8	3. 010E+00	9. 063E-02	その他	1. 790E+01
I. D.	Neutron (n/s)	9	2. 460E+00	4. 727E-02	合計	2. 180E+04
(α, n)	2. 180E+04	10	2. 250E+00	9. 465E-02		
Spontaneous Fission	4. 271E+05	11	1. 830E+00	2. 109E-01		
Total	4. 489E+05	12	1. 110E+00	1. 922E-01		
ガソマ線源		13	5. 500E-01	1. 343E-01	U235	0. 000E+00
I. D.	Gamma (p/s)	14	1. 100E-01	1. 635E-02	PU238	0. 000E+00
Cladding	2. 057E+11	15	3. 350E-03	8. 394E-05	PU240	7. 332E+02
Actinide	1. 130E+11	16	5. 820E-04	6. 089E-06	PU242	0. 000E+00
FP	4. 131E+13	17	1. 010E-04	4. 027E-07	CM242	7. 905E+04
Total	4. 163E+13	18	2. 900E-05	5. 666E-08	CM244	3. 435E+05
放射能強度		19	1. 010E-05	1. 378E-08	CM246	2. 464E+03
I. D.	TBq	20	3. 060E-06	1. 937E-09	CM248	0. 000E+00
Act. Prod.	0. 22	21	1. 120E-06	4. 317E-10	CF250	0. 000E+00
ACT	2. 80	22	4. 140E-07	1. 228E-10	CF252	6. 421E+02
FP		45. 10			CF254	0. 000E+00
Total		48. 12			その他	7. 107E+02
					合計	4. 271E+05

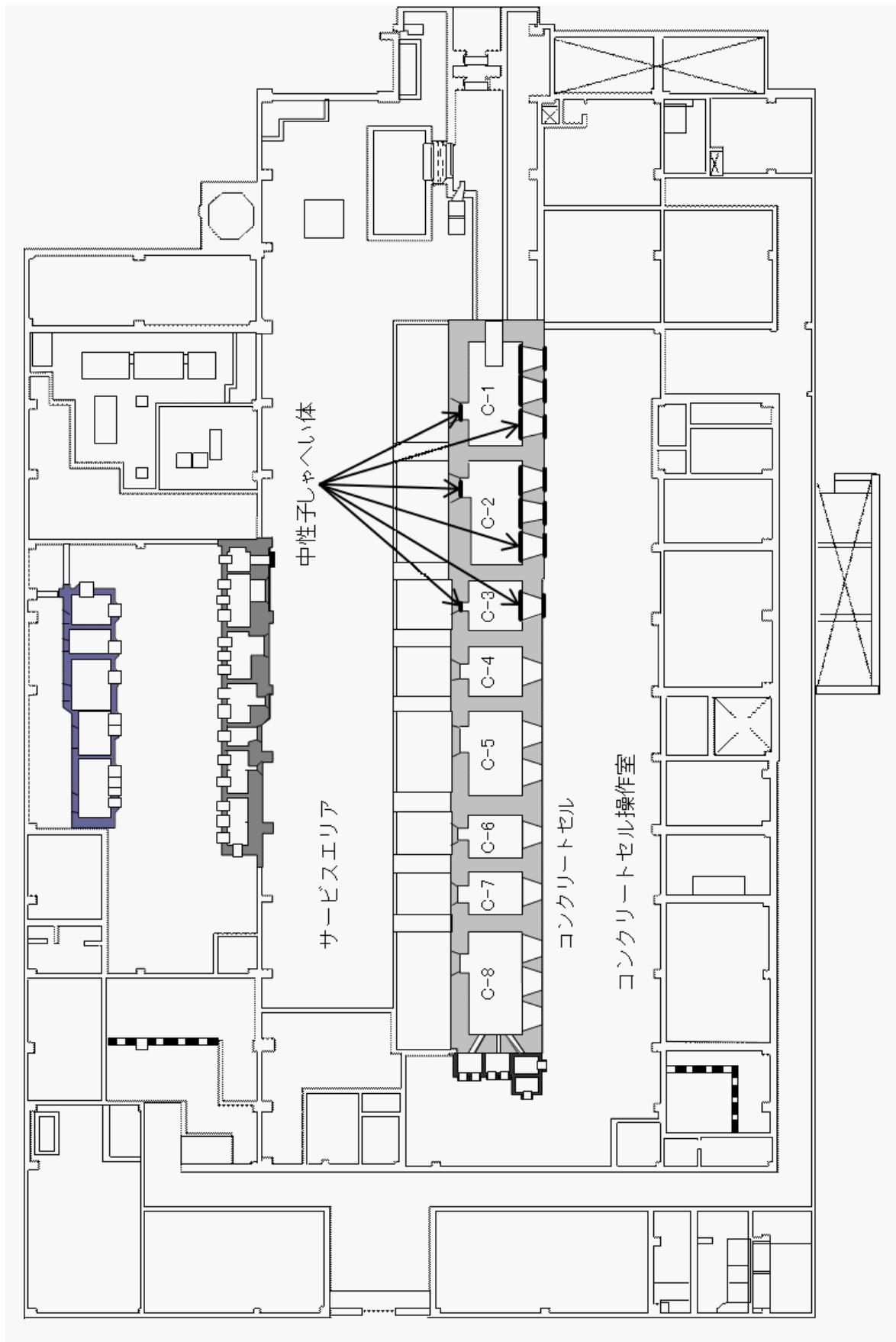
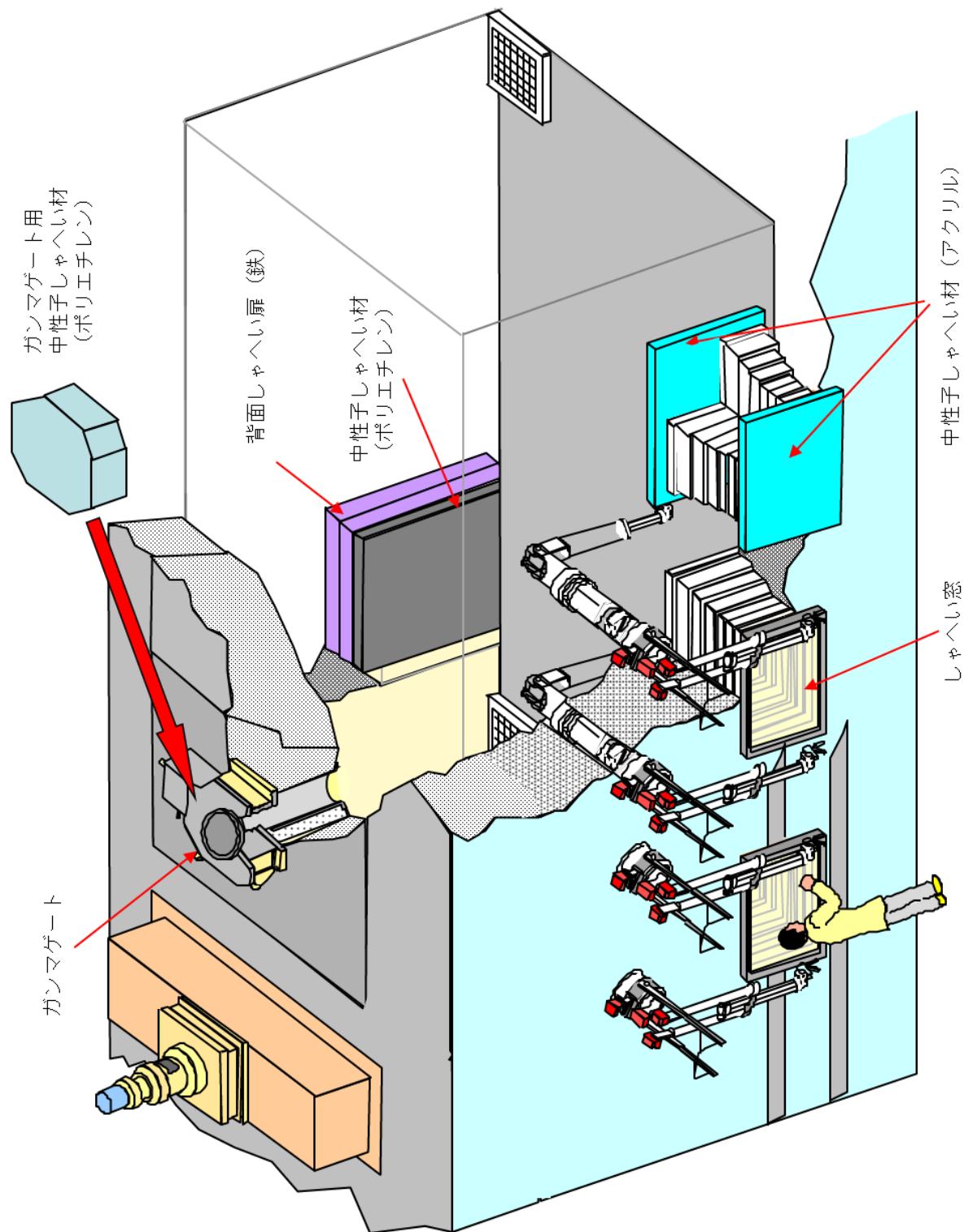


Fig.3-1 しゃへい強化を実施するセルの配置



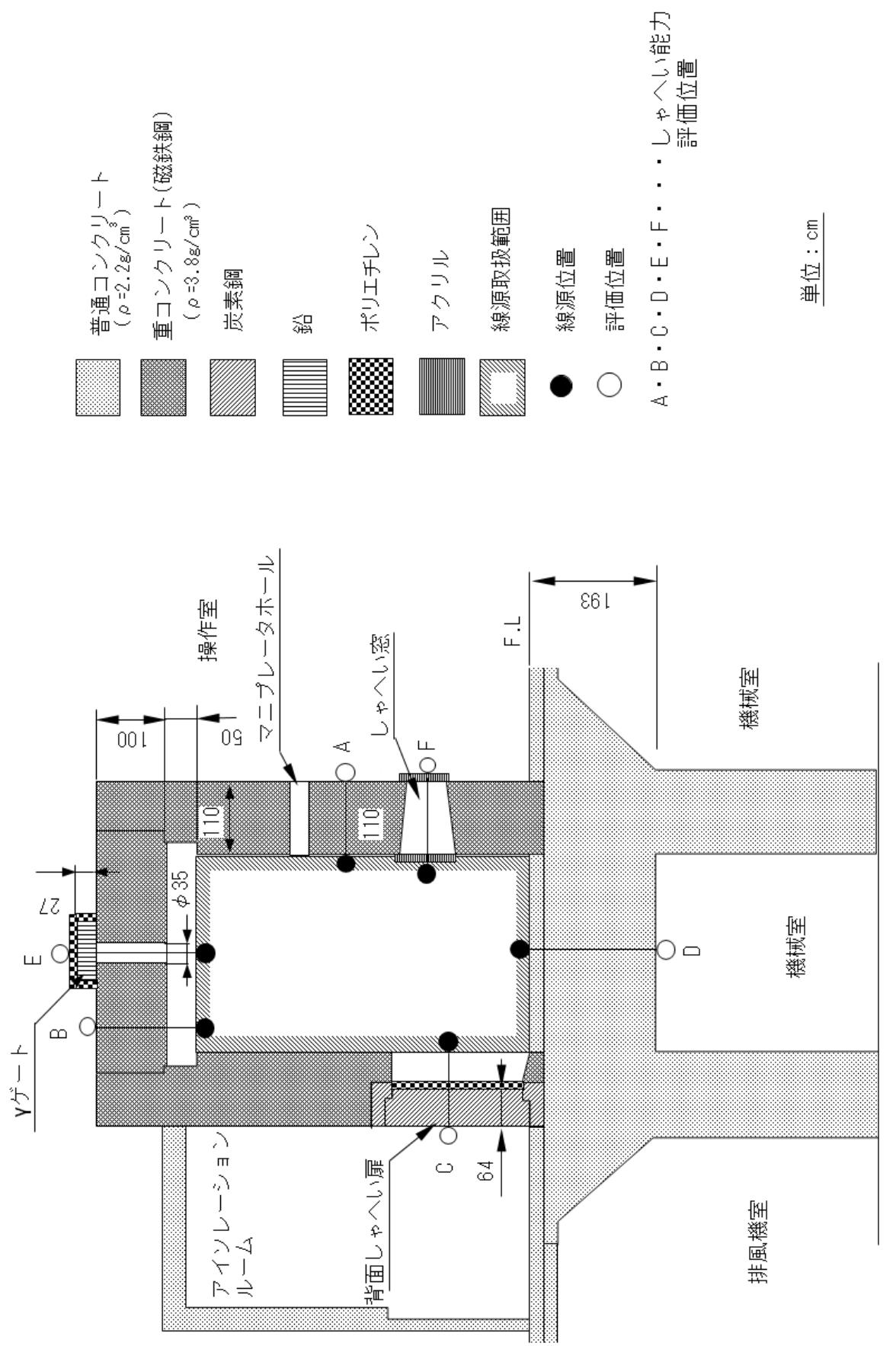


Fig.3-3 コンクリートNo.1、No.2セルしやへい能力評価位置

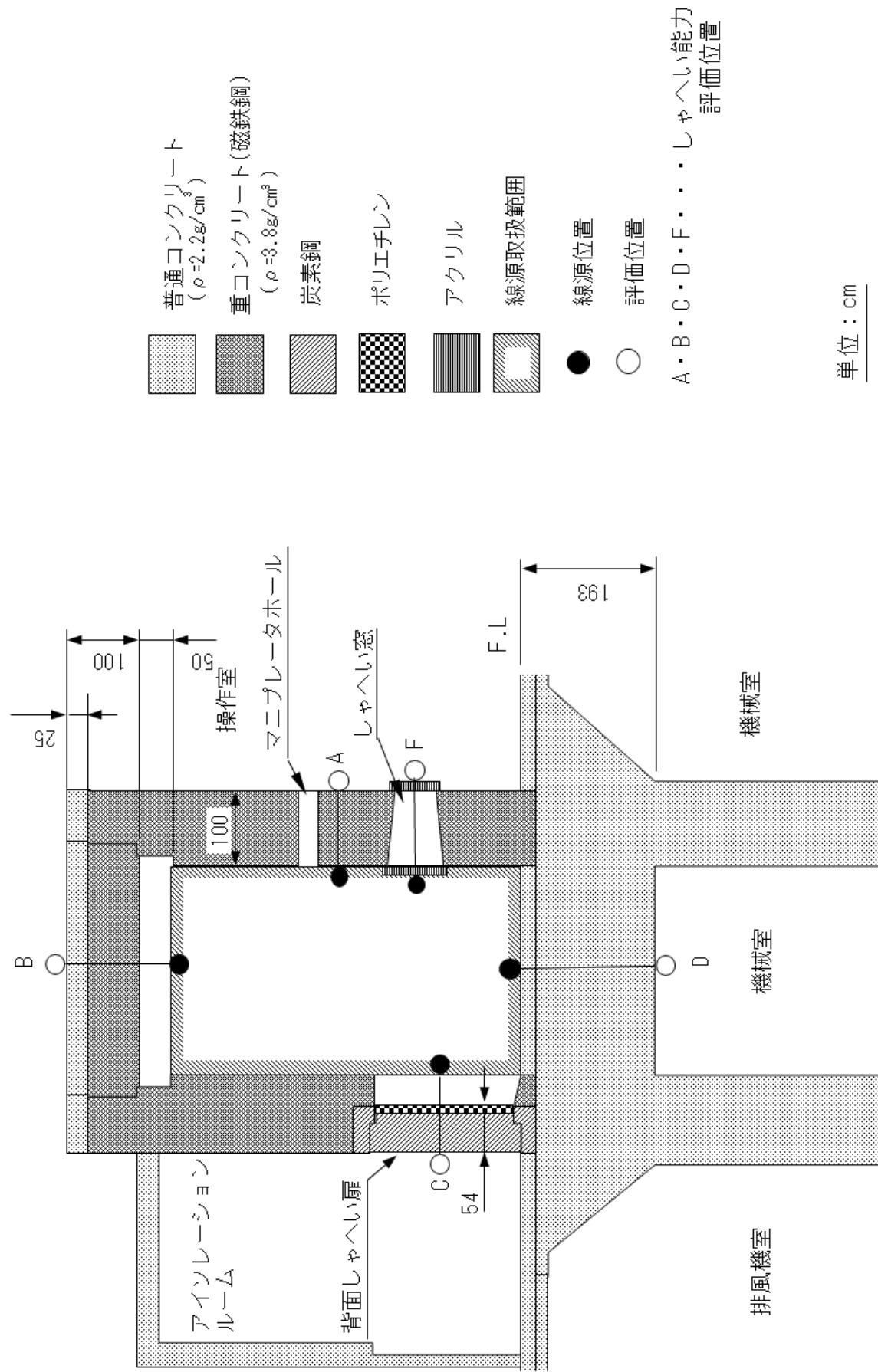


Fig.3-4 コンクリートNo.3セルしゃへい能力評価位置

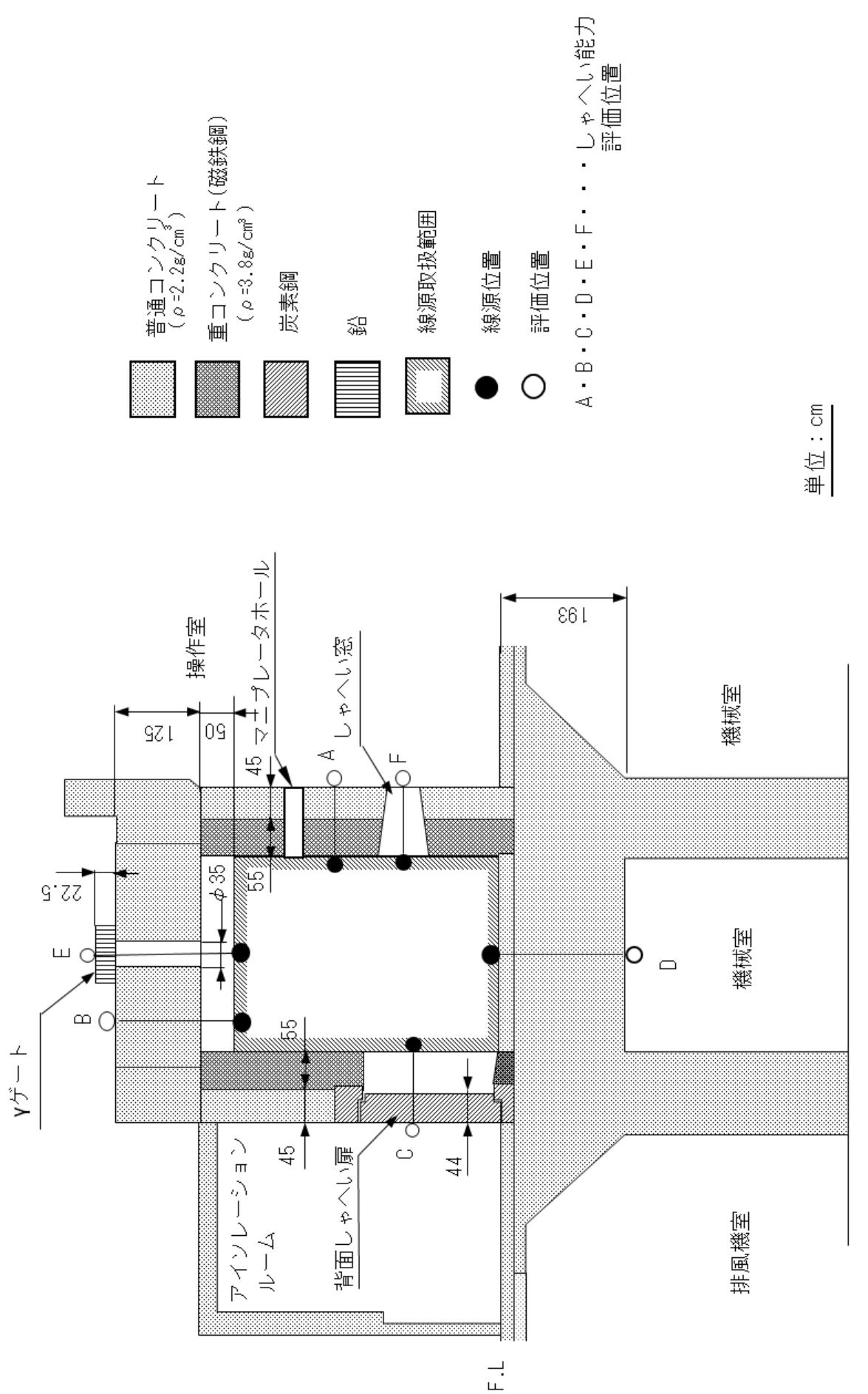


Fig.3-5 コンクリートNo.4、No.5セルしゃへい能力評価位置

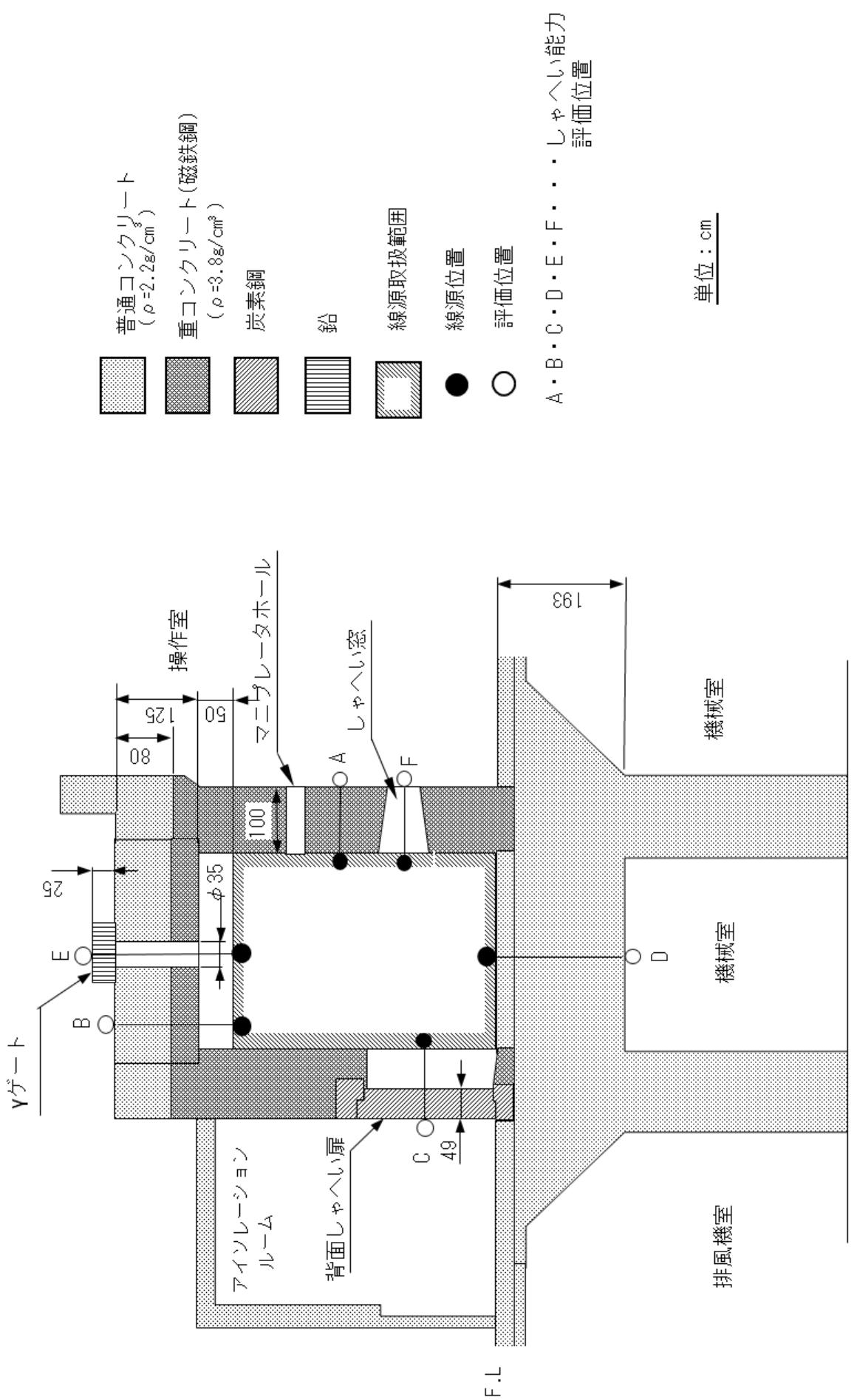


Fig.3-6 コンクリートNo.6～No.8セルしゃへい能力評価位置

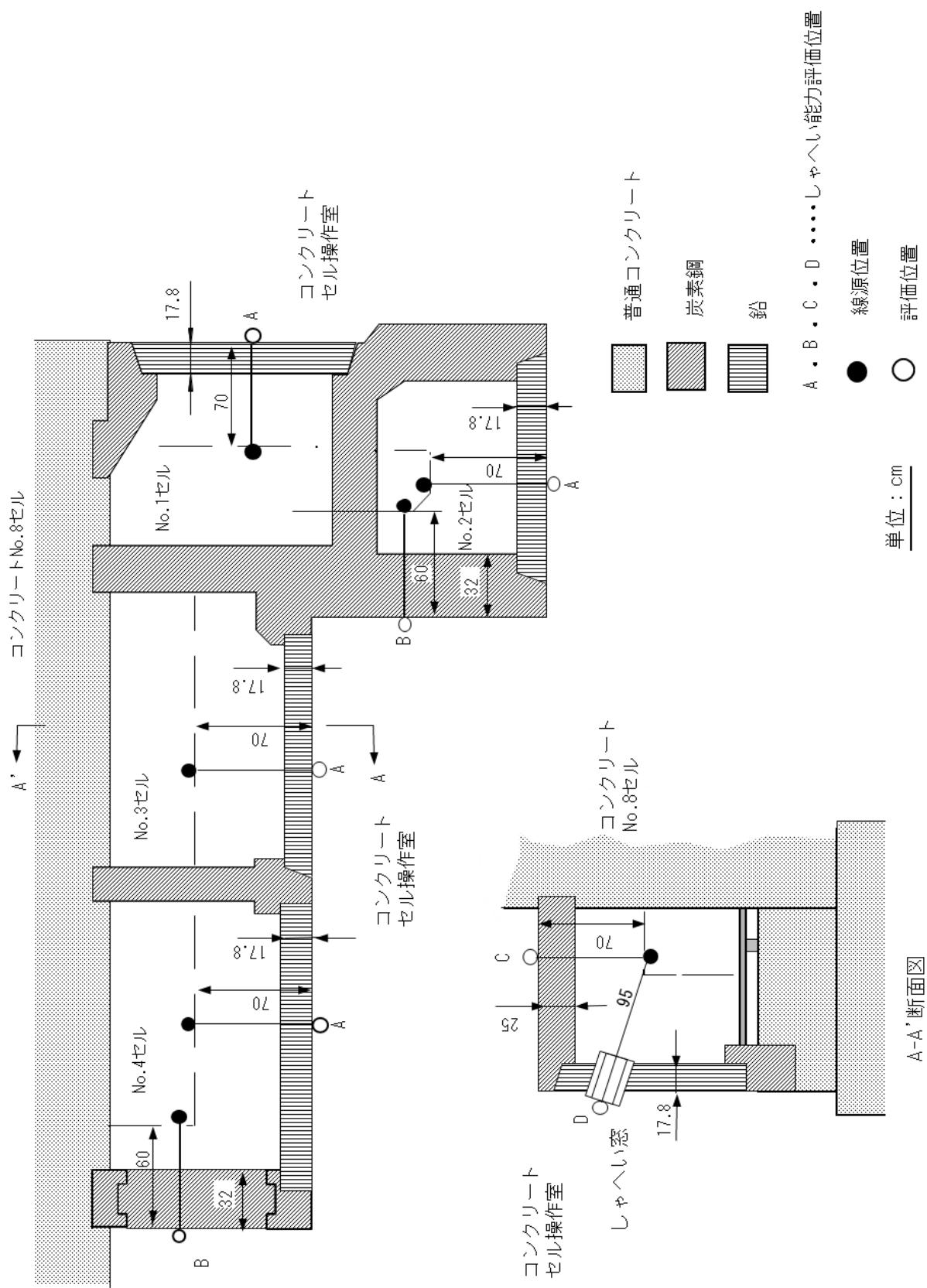


Fig.3-7 頭微鏡鉛セルセルしやへい能力評価位置

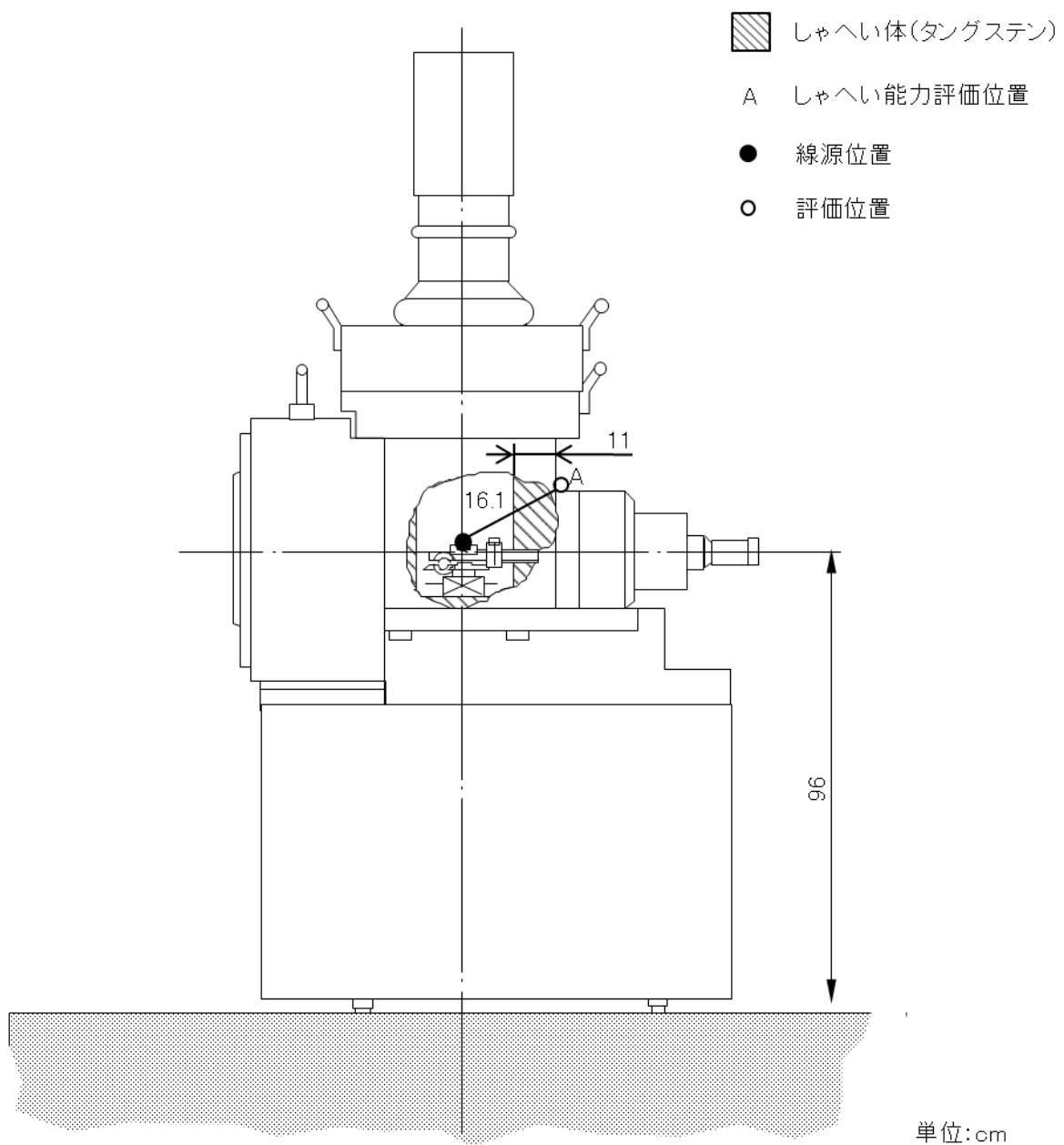


Fig.3- 8 遮へい型 X 線マイクロアナライザー装置のしゃへい能力評価位置

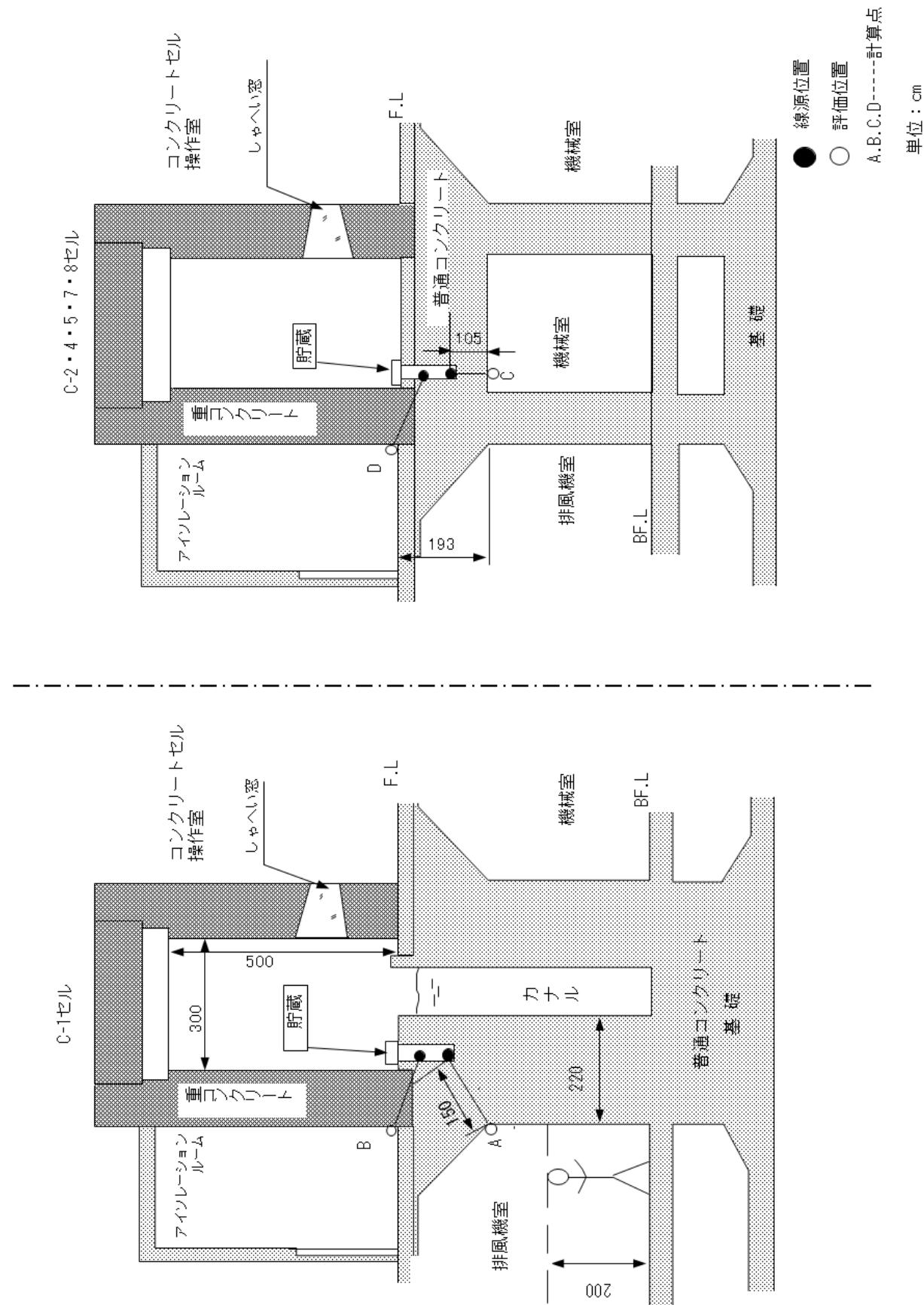


Fig.3-9 コンクリートセル貯蔵穴しやへい能力評価

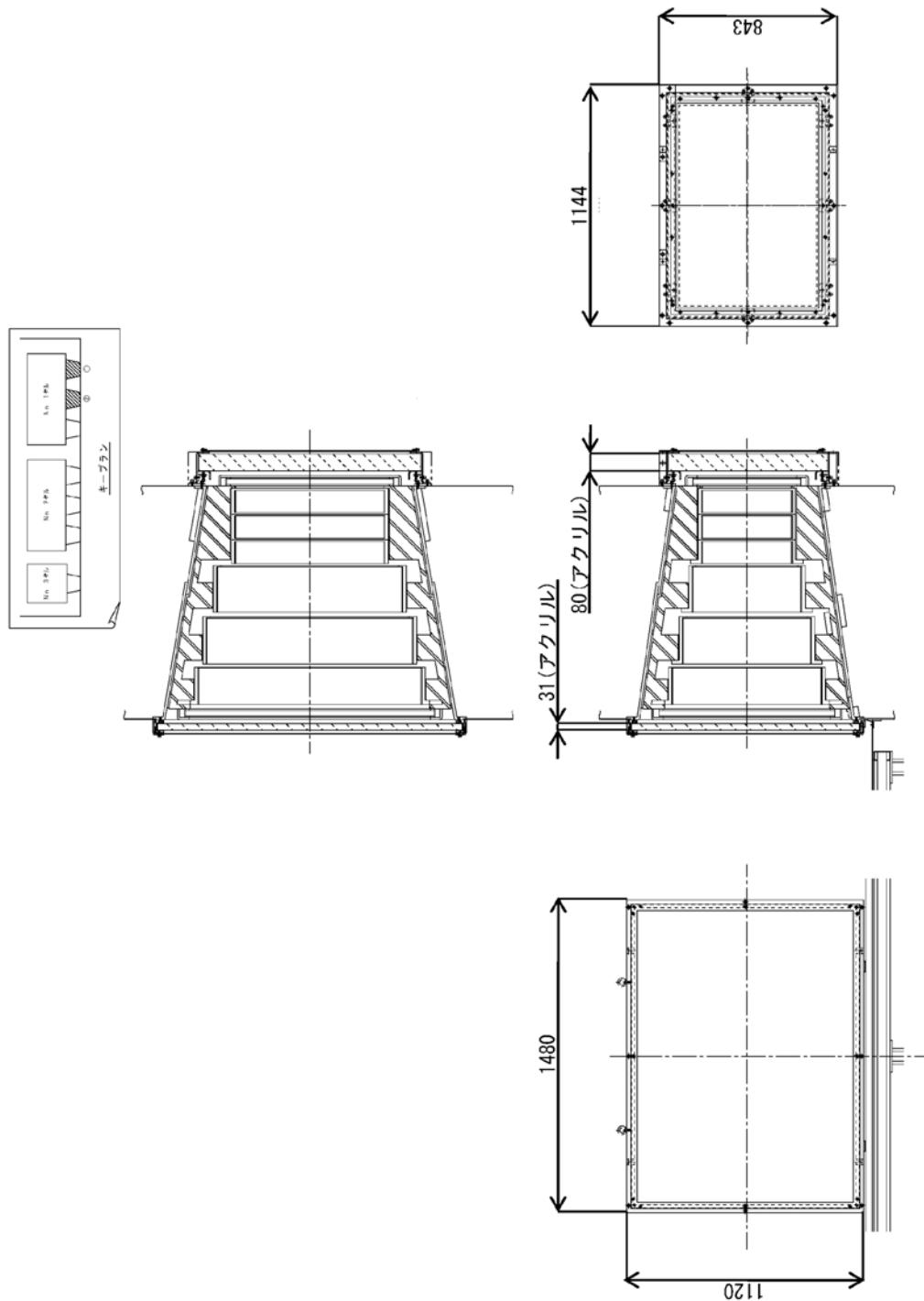


Fig.5-1 コンクリートセルNo.1セルしゃへい専用中性子線しゃへい体取付け図

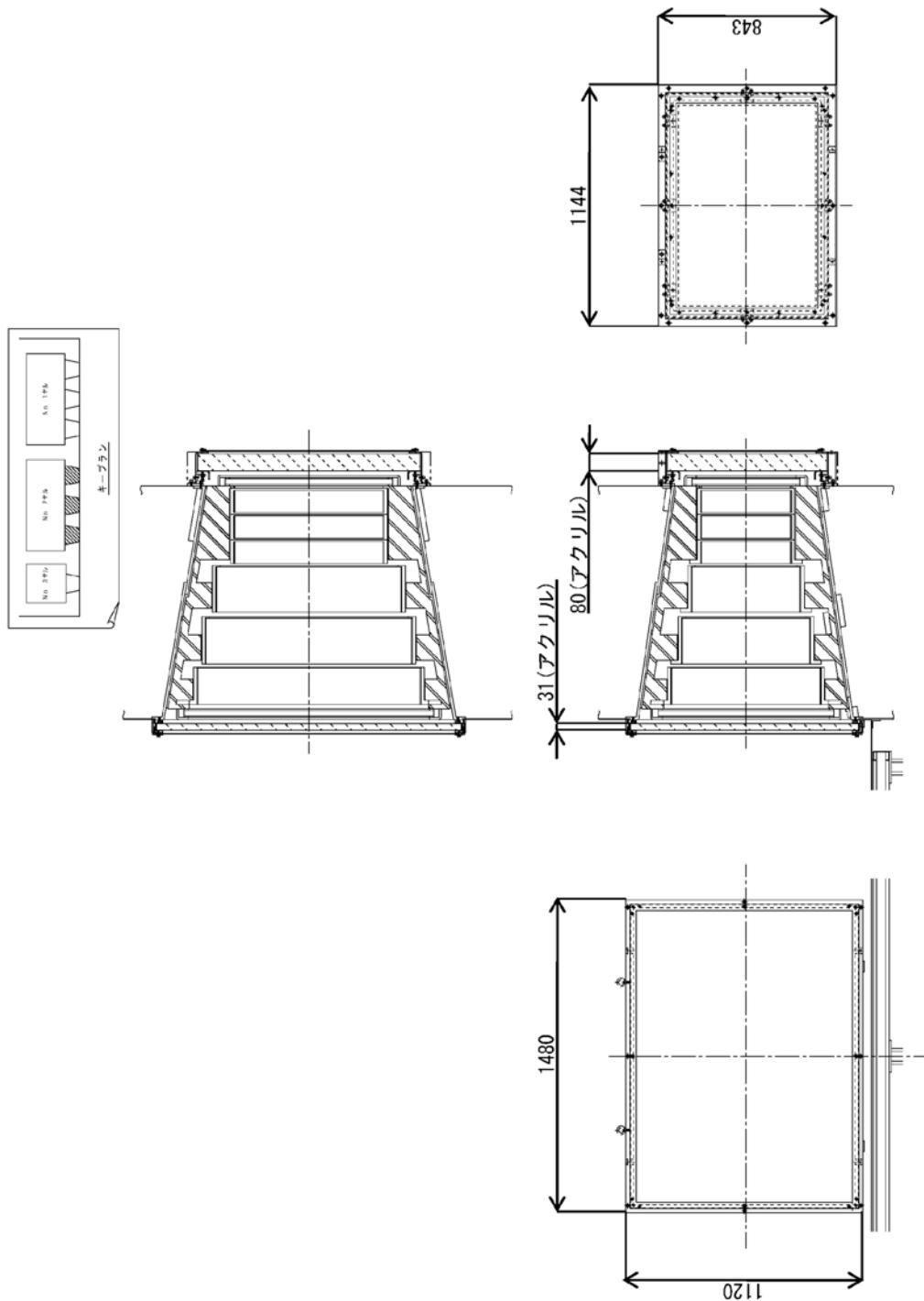


Fig.5-2 コンクリートセルNo.2セルしゃへい専用中性子線しゃへい体取付け図

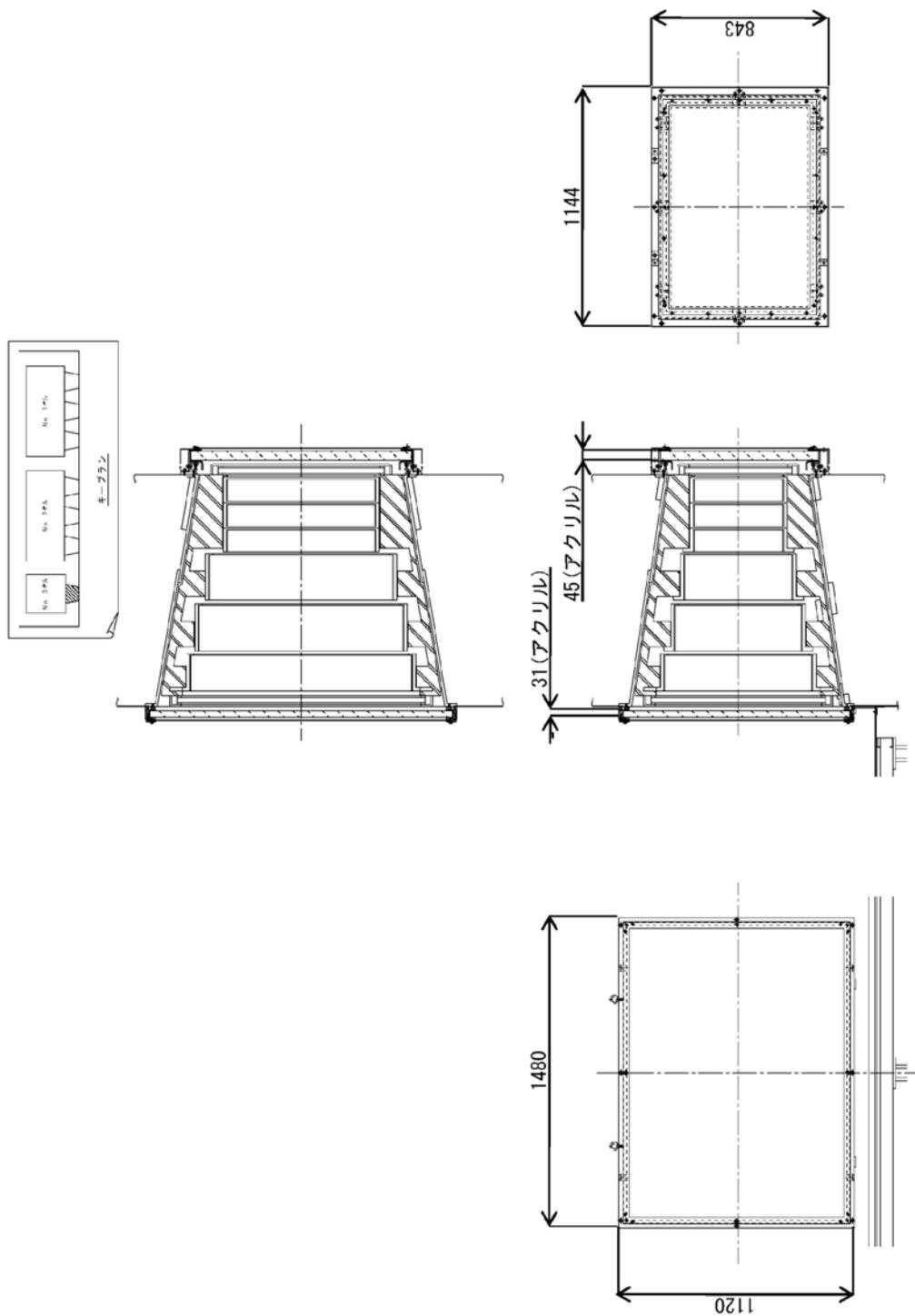
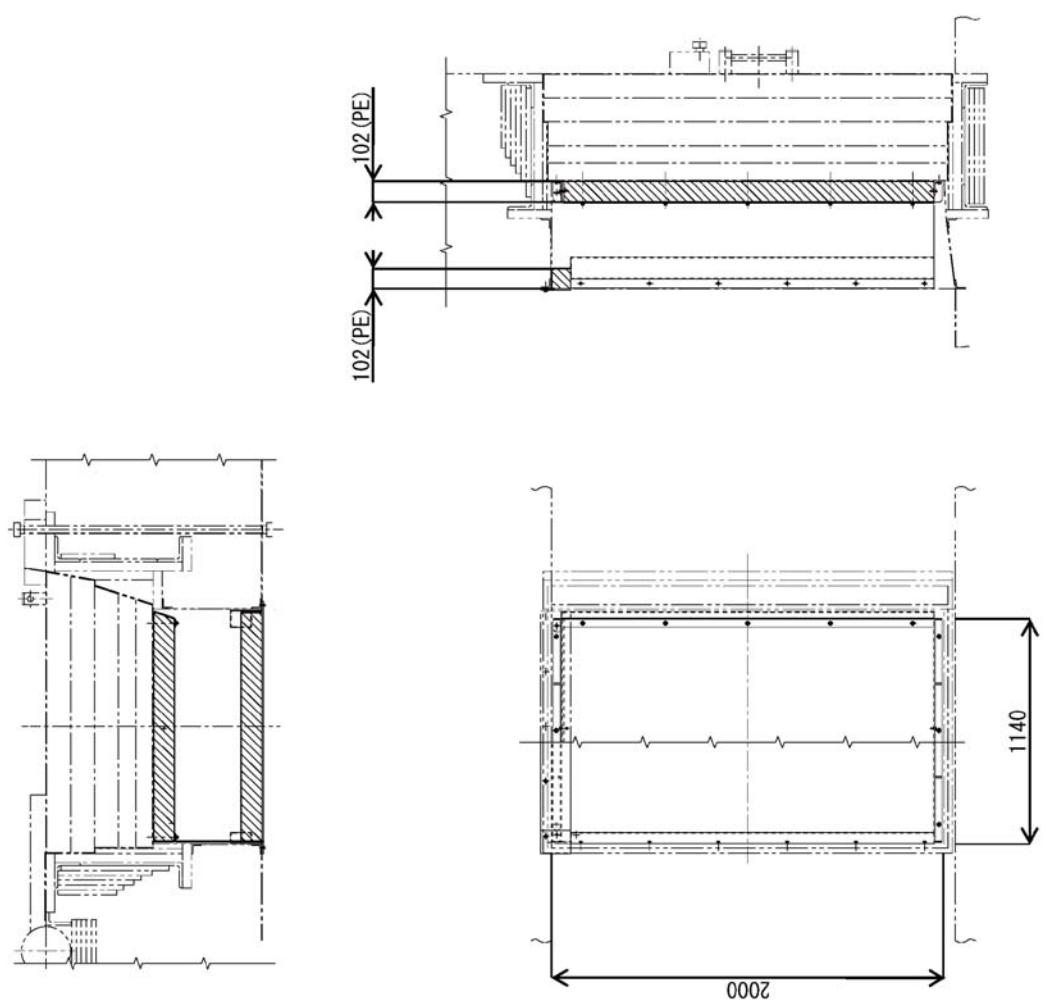


Fig.5-3 コンクリートセルNo.3セルしゃへい専用中性子線しゃへい体取付け図

Fig.5-4 コンクリートセルNo.1セル背面しゃへい扉用中性子線しゃへい体取付け図



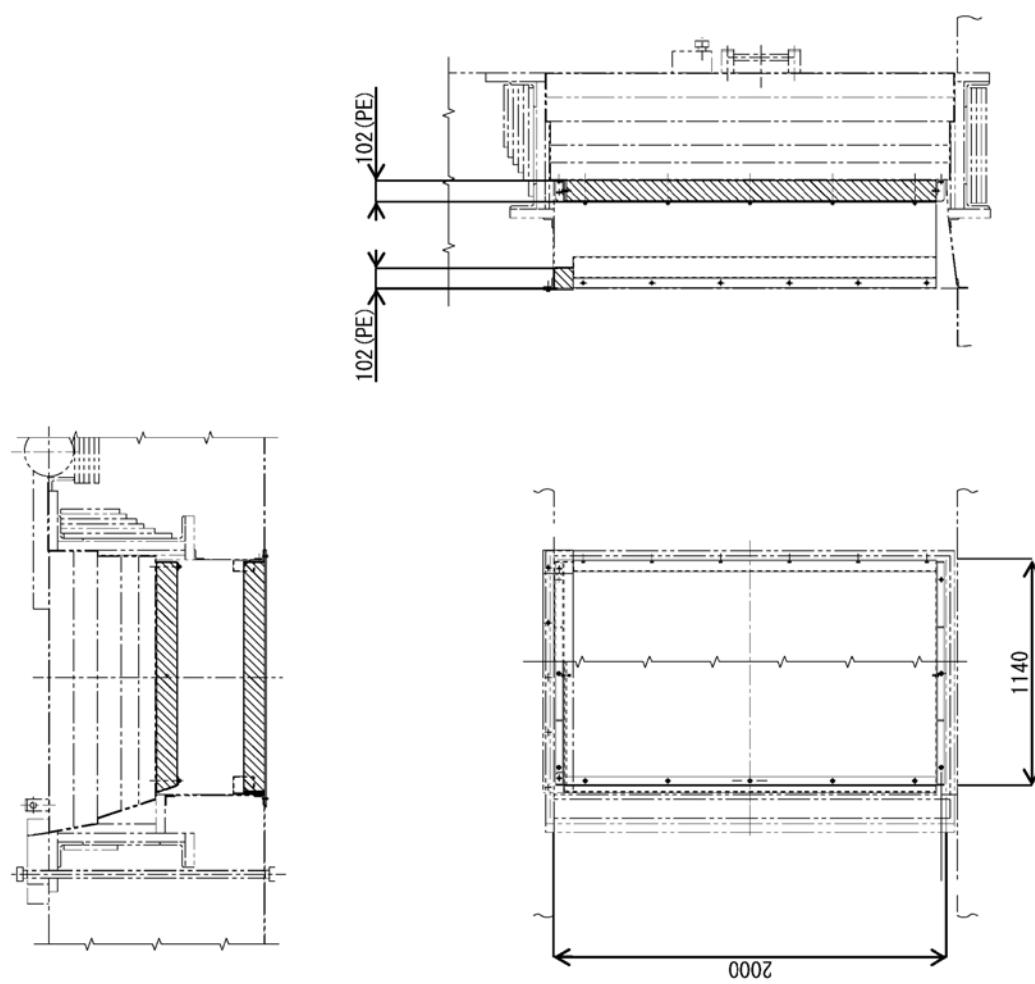


Fig.5-5 コンクリートセルNo.2セル背面しゃへい扉用中性子線しゃへい体取付け図

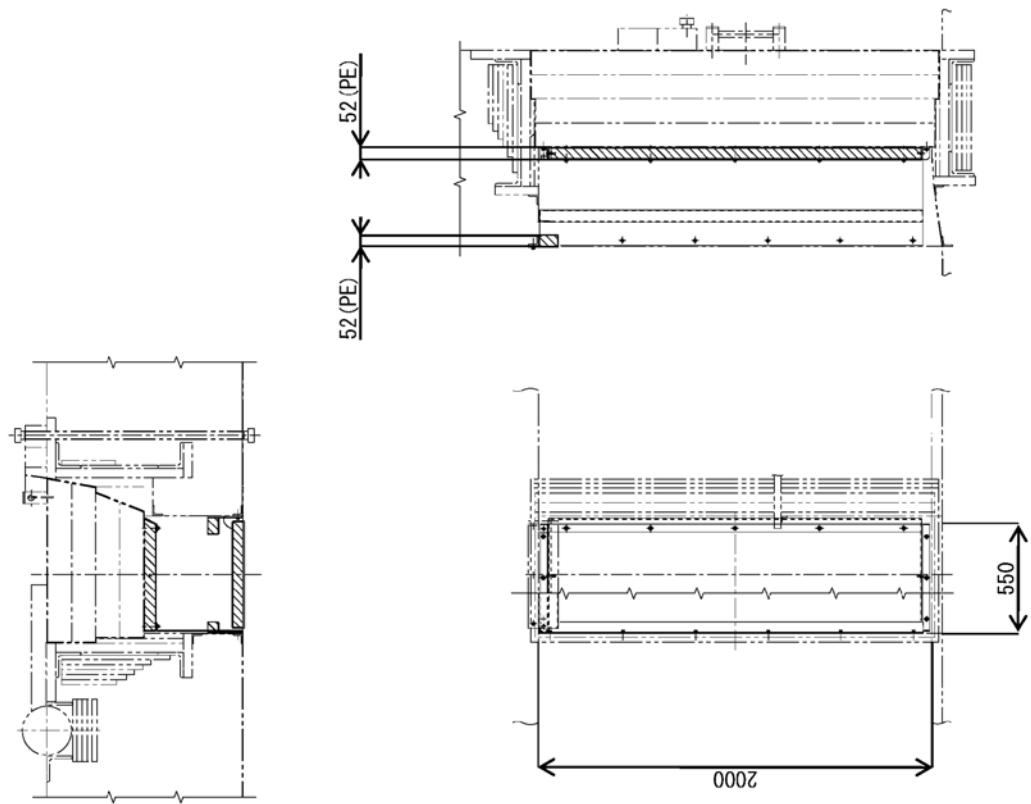


Fig.5-6 コンクリートセルNo.3セル背面しゃへい扉用中性子線しゃへい体取付け図

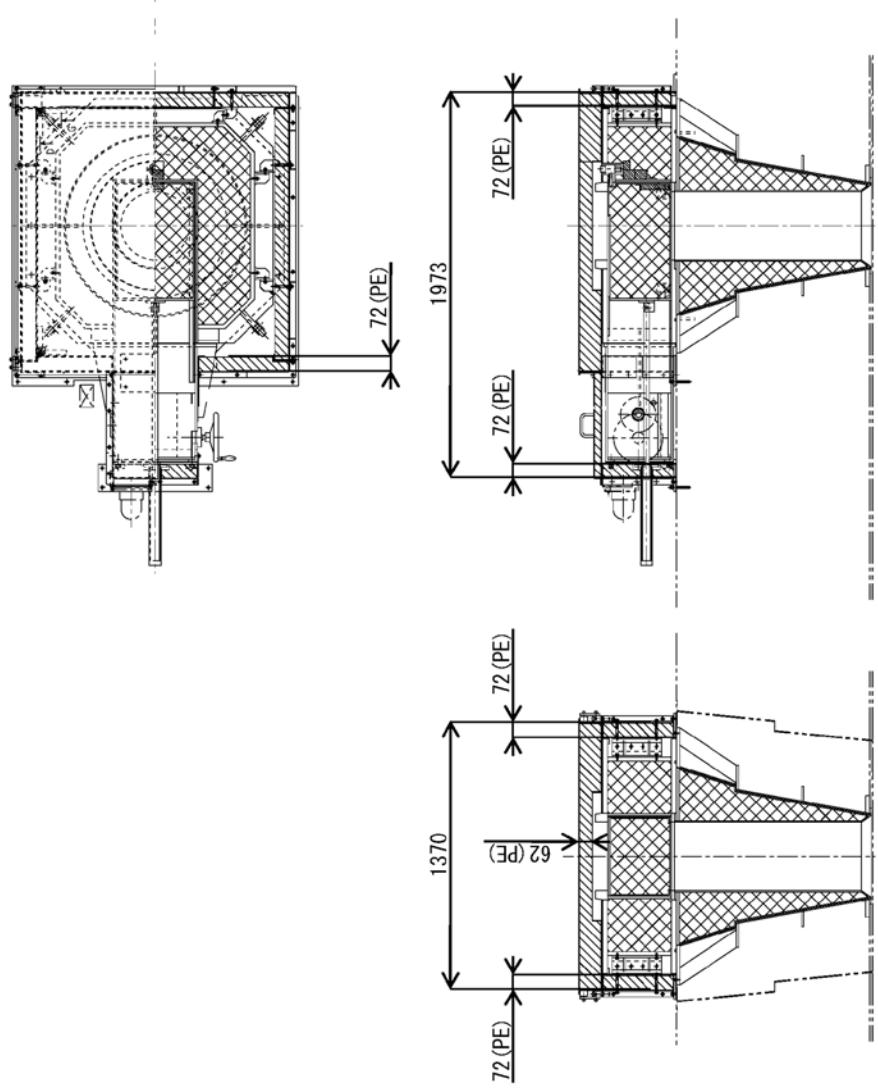


Fig.5-7 コンクリートセルNo.1、No.2セル天井ゲート用中性子線しゃへい体取付け図

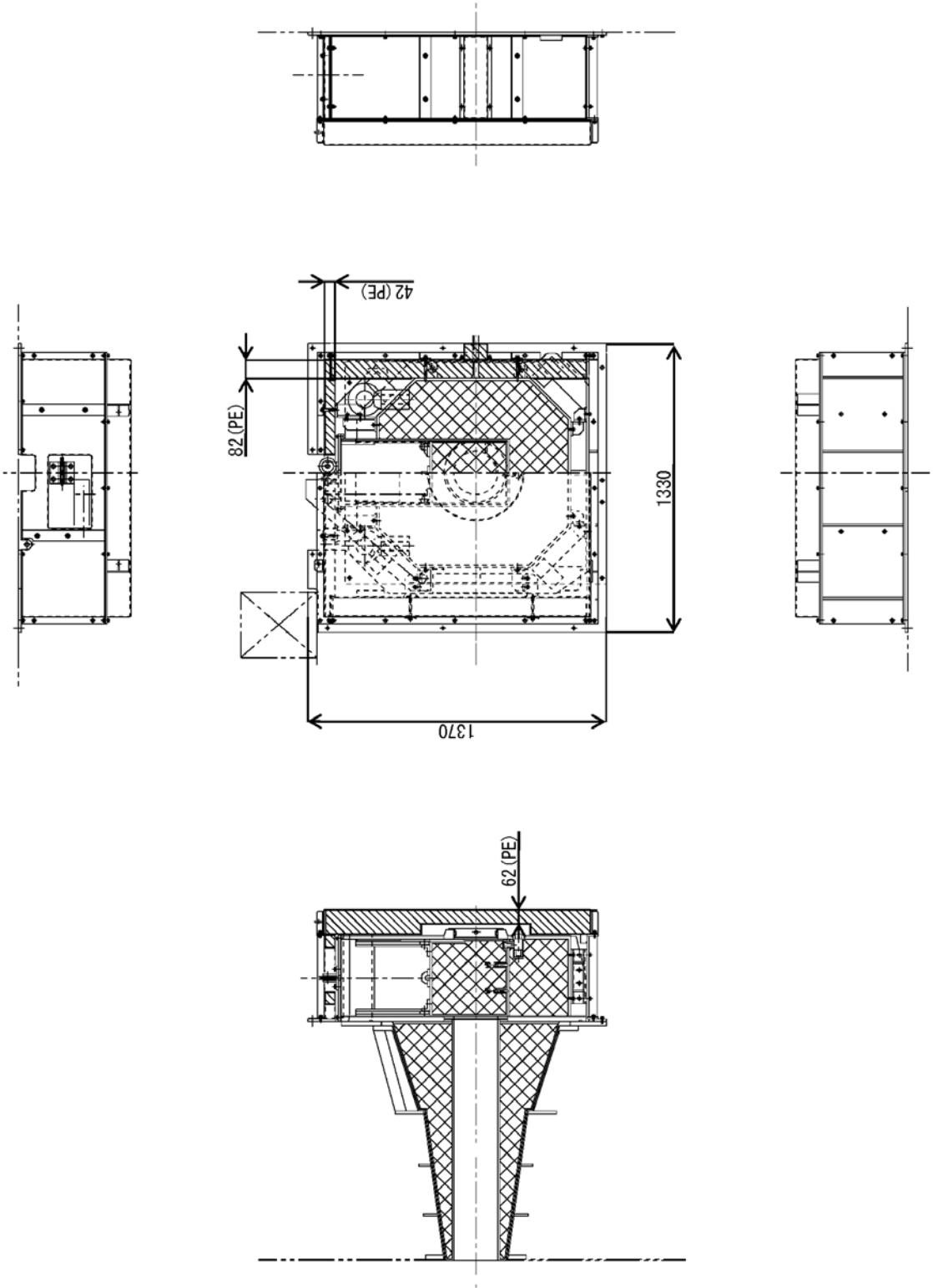


Fig.5-8 コンクリートセルNo.1セル横型γゲート用中性子線しゃへい体取付け図

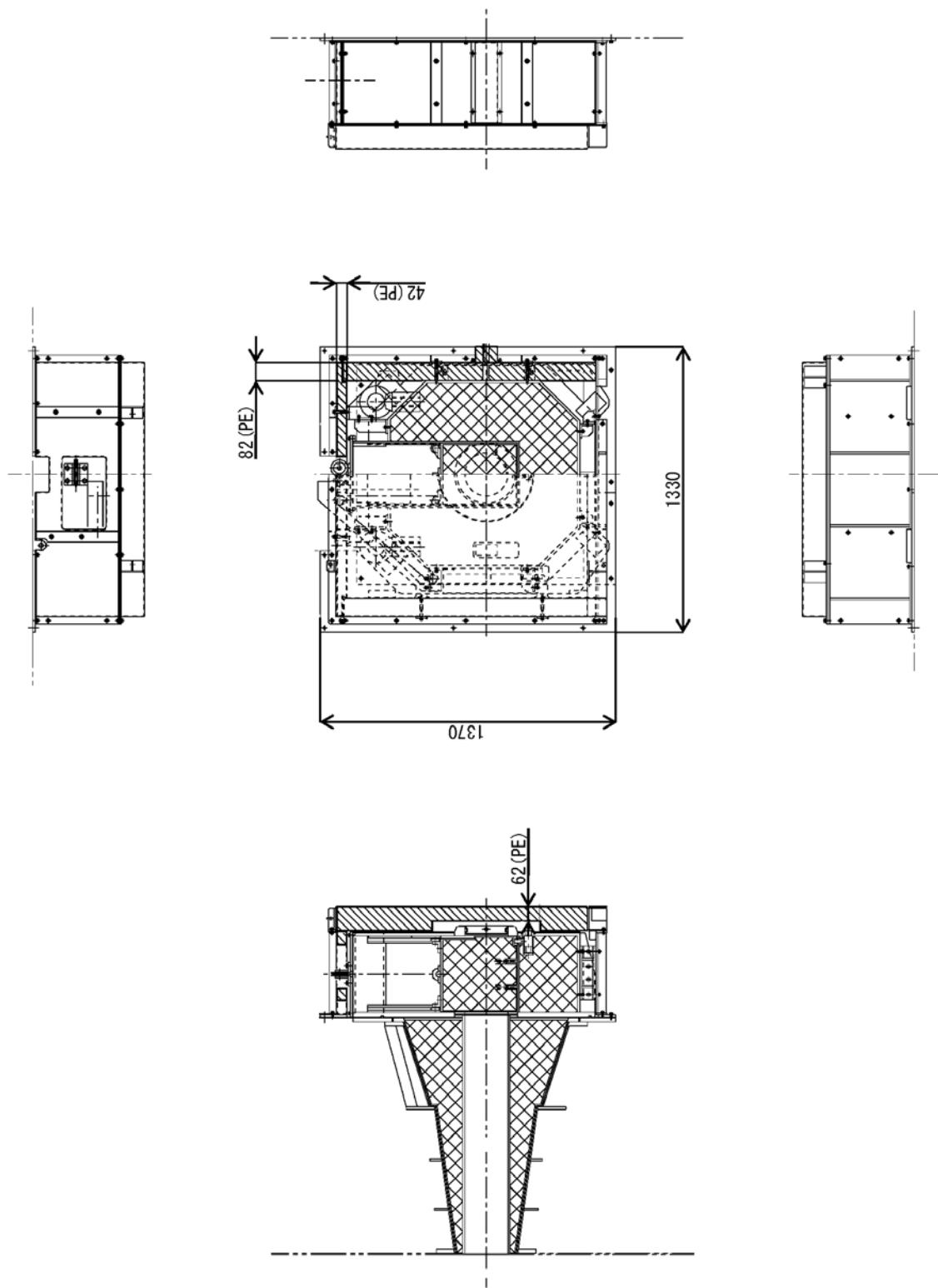


Fig.5-9 コンクリートセルNo.2セル横型γゲート用中性子線しゃへい体取付け図



(1) タップ位置の書き



(2) 電気ドリルによる下穴加工



(3) ベース板の取付け



(4) しゃへい体の取付け



(5) ポリカーボネートの取付け



(6) しゃへい体カバーの取付け

Fig.6- 1 コンクリートセル操作室側しゃへい窓用しゃへい体据付け状況



(1) ポリカーボネートの取付け



(2) ベース板の取付け



(3) 天井ハッチからのしゃへい体の搬入



(4) ホイストによるしゃへい体の取付け



(5) しゃへい体の取付け

Fig.6-2 コンクリートセルセル側しゃへい窓用しゃへい体据付け状況



(1) 背面しやへい体取付け穴書き



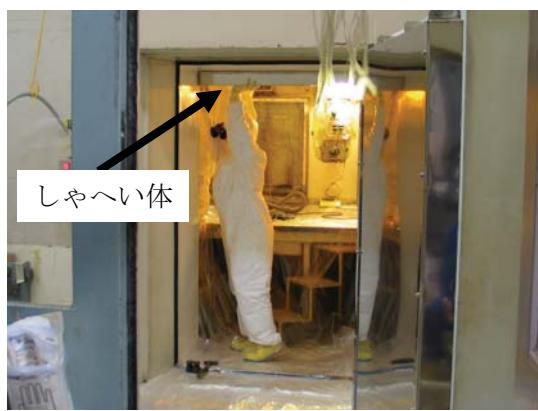
(2) 背面しやへい扉へのポンチ打ち



(3) 電気ドリルによる下穴加工



(4) 背面しやへい体の取付け

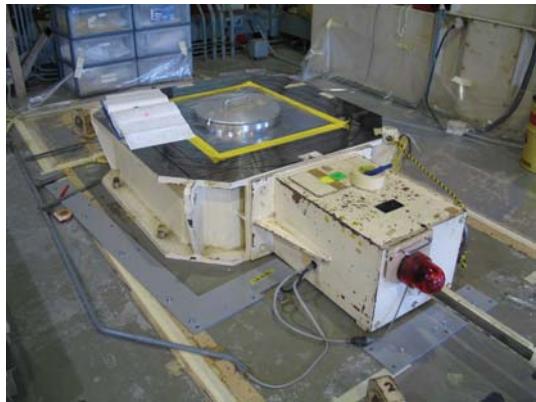


(5) 上部補助しやへい体の取付け



(6) 側面部補助しやへい体の取付け

Fig.6- 3 背面しやへい扉用しやへい体及び補助しやへい体据付け状況



(1) ベース板取付け穴書き



(2) 駆動部しやへい体の取付け



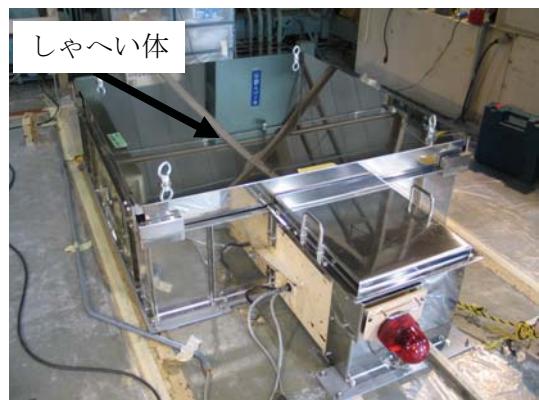
(3) γ ゲート本体への下穴加工



(4) 側面しやへい体の仮止めとレベル調整

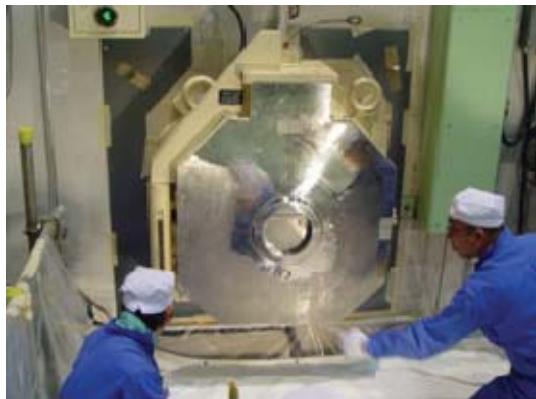


(5) 側面しやへい体の取付け



(6) 天井部しやへい体の取付け

Fig.6- 4 天井型 γ ゲート用しやへい体据付け状況



(1) ベース板取付け穴書き



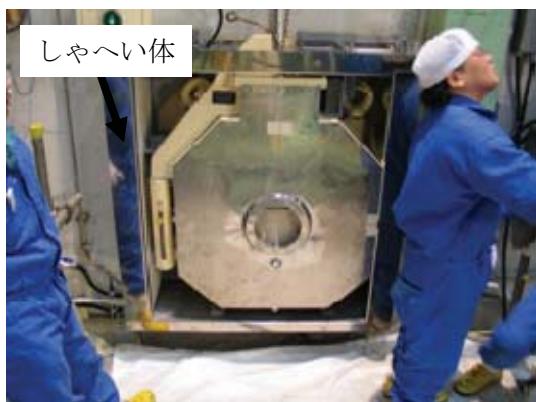
(2) ベース板取付け用下穴加工



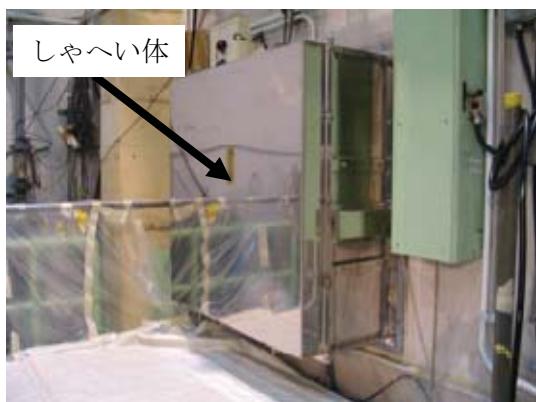
(3) ベース板と下面部フレームの取付け



(4) 側面部しやへい体の仮止めとレベル調整



(5) 上面・側面しやへい体の取付け



(6) 正面部しやへい体の取付け

Fig.6-5 横型γゲート用しやへい体据付け状況

