

## 高速増殖炉もんじゅ発電所

## 1次冷却系室用高温気密ライニングの施工法開発

## Development of Construction Method on Primary Cell-Liners for the Proto-type Fast Breeder Reactor "MONJU"

高速増殖炉もんじゅ発電所の1次冷却系室ライニング設備は、1次冷却系室の内面に設置している耐高温・気密性のセルライニングで、施工面積が約1万2,700 m<sup>2</sup>と広く、また断熱材が取り付けられ、建築工事および冷却系設備との取合が多いなどの特徴がある。このため、建築工事との取合も含めて、部分モックアップの試作などによる検討を重ね、断熱材とライナプレートをあらかじめ一体化してコンクリート打設時の型枠を兼ねるようにした壁先付けライナパネルに代表されるような、合理的な構造および施工法を開発して工事を進めてきた。

佐藤 勲雄\* Isao Satō  
伊藤 正\*\* Masashi Itō  
永井 文夫\*\* Fumio Nagai  
渡部 正敏\*\* Masatoshi Watanabe  
工藤 継吉\*\*\* Tsuguyoshi Kudō

## 1 緒 言

高速増殖炉もんじゅ発電所(以下、「もんじゅ」と略す。)では、万一原子炉冷却材として用いるナトリウムが室内に漏れたとしても、建物コンクリートの健全性が確保できるように、ナトリウムを保有する機器を収納する部屋の内面にライニングを設置し、ナトリウムとコンクリートとの直接接触を防止するようにしている。

日立製作所は、原子炉格納容器内および原子炉補助建物内に設置され、鋼板製のライナプレートと断熱材によって部屋の床・壁・天井全面を内張りする1次冷却系室用のライニング(以下、1次系ライニングと略す。)ほかを担当している。この設備は、溶接構造のライナプレートで耐高温・気密性を持つセルを構成するとともに、建築工事や機器・配管など冷却系設備との取合が多いなどの特徴を持っている<sup>1)</sup>。このため、構造と施工法の両面から種々の検討を重ねて工事を進めてきた。以下、その概要について報告する。

## 2 構造の概要

## 2.1 1次系ライニングの設計仕様および構造

1次系ライニングは、最高530℃の漏えいナトリウムから建物コンクリートを保護するため、断熱材と鋼板製のライナプレートにより建物コンクリート内面を覆うものである。図1に示すように、床および壁では建物コンクリートとライナプレート間にパーライトコンクリート<sup>2)</sup>を断熱材として設置し、ライナプレートはスタッドボルトを介して建物コンクリート

に固定される。天井部は、建物コンクリートに直接接触するライナプレートの表面に、ロックウールを断熱材として設置する。ライナプレートは延性に富み、溶接性に優れた溶接構造用圧延鋼材(SM41B)を使用している。

## 2.2 高温に対する考慮

1次系ライニングは、気密性を要するために配管貫通スリーブや埋込金物とは溶接で取り合う構造としている。一方、ナトリウムが漏れた場合ライナプレートの温度が上昇するため、気密機能を維持しながら熱膨張を吸収することが必要である。このような構造物の設計に当たっては、ライナプレートと取り合う構造物や建物の特徴を十分に加味し、両者間のバランスがとれた構造とすることが必要である。「もんじゅ」1次系ライニングとして採用している固定式ライニングとセミフローティング式ライニングについて、構造概念と特徴を図2に示す。いずれの型式でも、万一のナトリウム漏えい時に、昇温に伴ってライナプレートやライナアンカに発生するひずみ、変形などが吸収できる構造としており、これを解析および実験により確認している。

## 2.3 施工性に対する考慮

「もんじゅ」1次系ライニングの施工手順と工法の計画、立案に際しては、以下の事項を重点的に考慮し、あらかじめ構造に反映した。

## (1) 建設工程

1次系ライニング工事は、原子炉建物工事および冷却系設

\* 動力炉・核燃料開発事業団 高速増殖炉もんじゅ建設所 \*\* 日立製作所 日立工場 \*\*\* 日立プラント建設株式会社

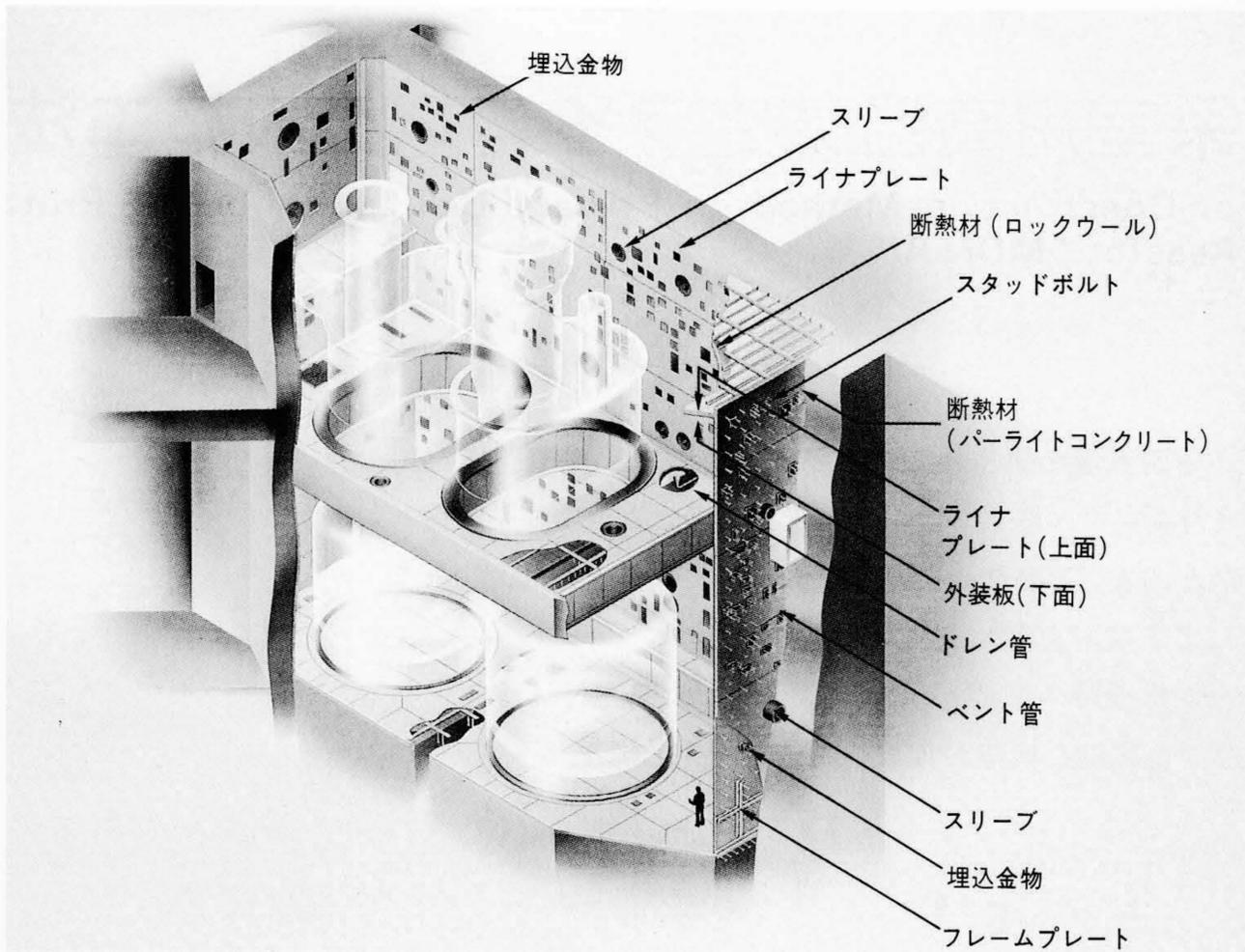


図1 1次系ライニング 1次系ナトリウムを保有する機器を収納する部屋の内面には、床・壁・天井の全面に炭素鋼製のライニングが設置される。

備(機械・電気)据付け工事とともに、原子炉格納容器内の建設工事の主要部を構成し、かつ工事物量が多い。このため、1次系ライニング工事は工程短縮の観点から施工手順や工法を選択し、構造に反映した。

(2) 作業性

1次系ライニングは、これと取り合う建物工事および冷却

系設備の据付け工事との接点がきわめて多く、かつ複雑であるため、これを簡素化して作業を合理的に進める構造とする。また、1次系ライニング自体がライナプレート、ライナアンカおよび断熱材の複合体であるため、施工性を考慮した構造を選定して据付け作業の合理化を図る。

ライナ型式	構造概要	ナトリウム漏えい時の熱膨張吸収
固定式ライニング		
セミフローティング式ライニング		

図2 ライニングの基本構造およびナトリウム漏えい時の挙動 固定式ライニングは原子炉格納容器内に、セミフローティング式ライニングは主として原子炉補助建物に適用されている。

表1 ライニング施工法区分 ライニングの施工法の選定に当たっては、建設工程の短縮化、作業の合理化および作業安全・製品信頼性の確保を主要な着眼点とした。

部 位	施工法	施 工 法 選 定 理 由
床	後 張 り	● 床コンクリート打設後、床ライニングを張る。
壁	先 付 け	● 断熱材付きの大型ライナプレート(壁先付けライナパネル)を先行設定し、壁コンクリート打設の型枠とすることにより工程を短縮。 ● 壁型枠間作業(セパレータ取付など)が可能な部位の片面だけに適用(壁厚1.5 m以上)。
	後 張 り	● 壁型枠間作業(セパレータ取付など)が不可能な部位、および片面が先付けとなる部位の壁ライニングに適用。
天 井	先 付 け	● 大型のプレハブライナプレートを先行設定し、天井コンクリート打設時の型枠とすることによって工程を短縮。

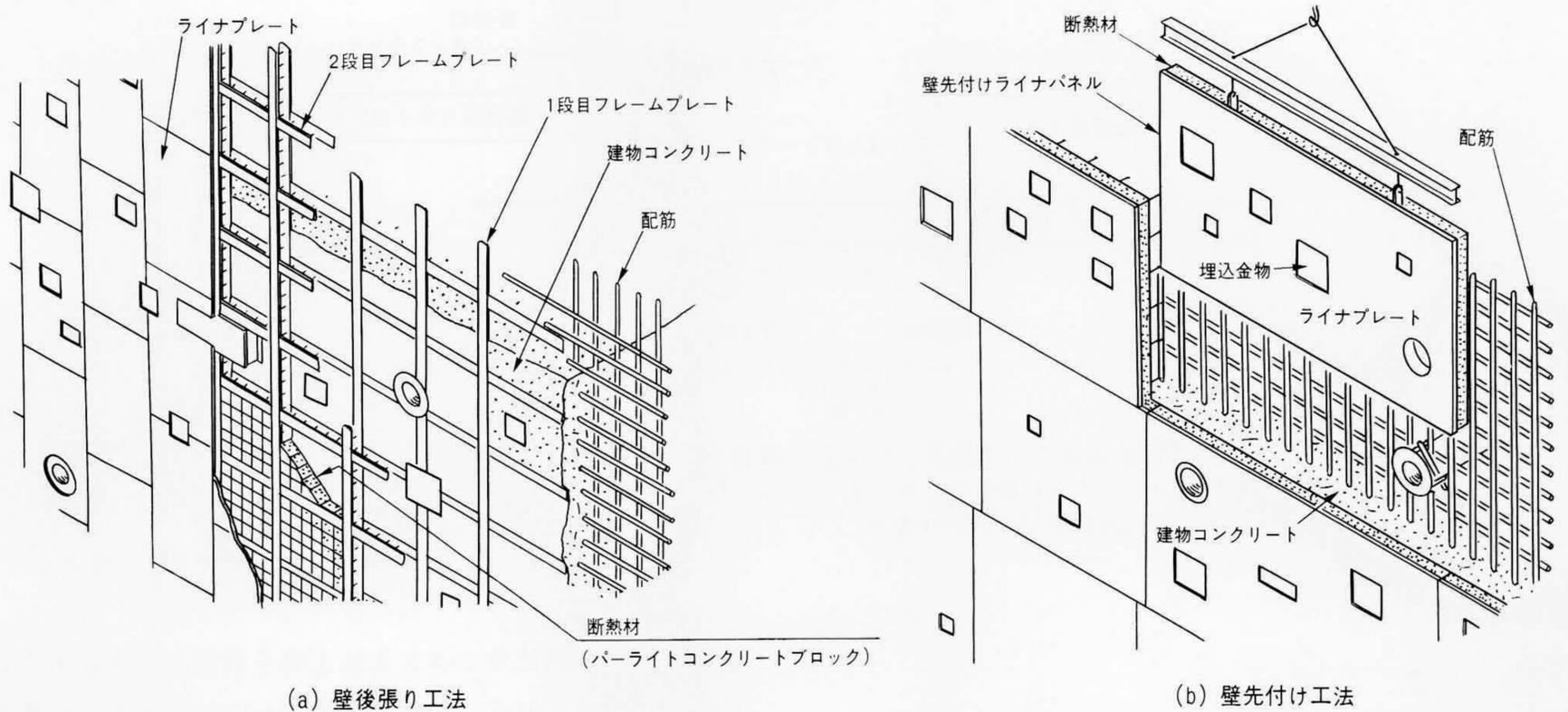


図3 壁ライニングの施工法比較 壁先付け工法(b)では、建物コンクリート打設前にライニングの施工主要プロセスが完了する。

(3) 作業安全性・製品信頼性

1次系ライニングの施工は、建物工事および冷却系設備据付け工事とふくそうするため、作業者の安全確保ならびに建物および冷却系設備を含む製品の信頼性が十分確保できる施工法とする。

以上に述べた(1)~(3)の基本方針のもとで、1次系ライニングの施工法を検討する場合、特に建物工事とライニング工事の作業取合が重要な課題となる。すなわち、ライニングを建物工事の後で据え付ける後張り工法とするか、あるいはライニングを先行設定して、建物コンクリート打設の型枠代わりとする先付け工法とするかの選択が、施工性に対する考慮として重要である。これら両工法の選定は、建物施工側と事前に十分な調整を行って決定している(表1)。特徴的な点は、壁の一部および天井ライニングに型枠兼用の先付け工法を採用したことである。壁ライニングの後張り工法と先付け工法の比較を図3に示す。後張り工法では、ライナアンカおよび

配管サポート用埋込金物の埋設部だけを据え付けた段階で建物コンクリートを打設し、断熱材(パーライトコンクリート)、ライナアンカおよび配管サポート用埋込金物の非埋設部(断熱材の厚さに相当する部分)ならびにライナプレートはその後で施工する。これに対し先付け工法では、ライナプレートに、ライナアンカ用のスタッド、断熱材および配管サポート用埋込金物をあらかじめ取り付け付けた一体パネルを製作し、建物コンクリート打設前に据え付けるものである。前者は建物軀(く)体ができ上がってから非埋設部のライニング工事を行うため、搬入ルートなどによってライナプレートの大きさが制限される(最大1.5 m×3 m)が、後者ではライナパネルの搬入が建物の天井コンクリート施工前であるため、ライナパネルの大型化(最大4 m×7 m)が可能である。

先付け工法、後張り工法を含め、原子炉格納容器内固定式ライニングの仕上がり構造断面を図4に示す。

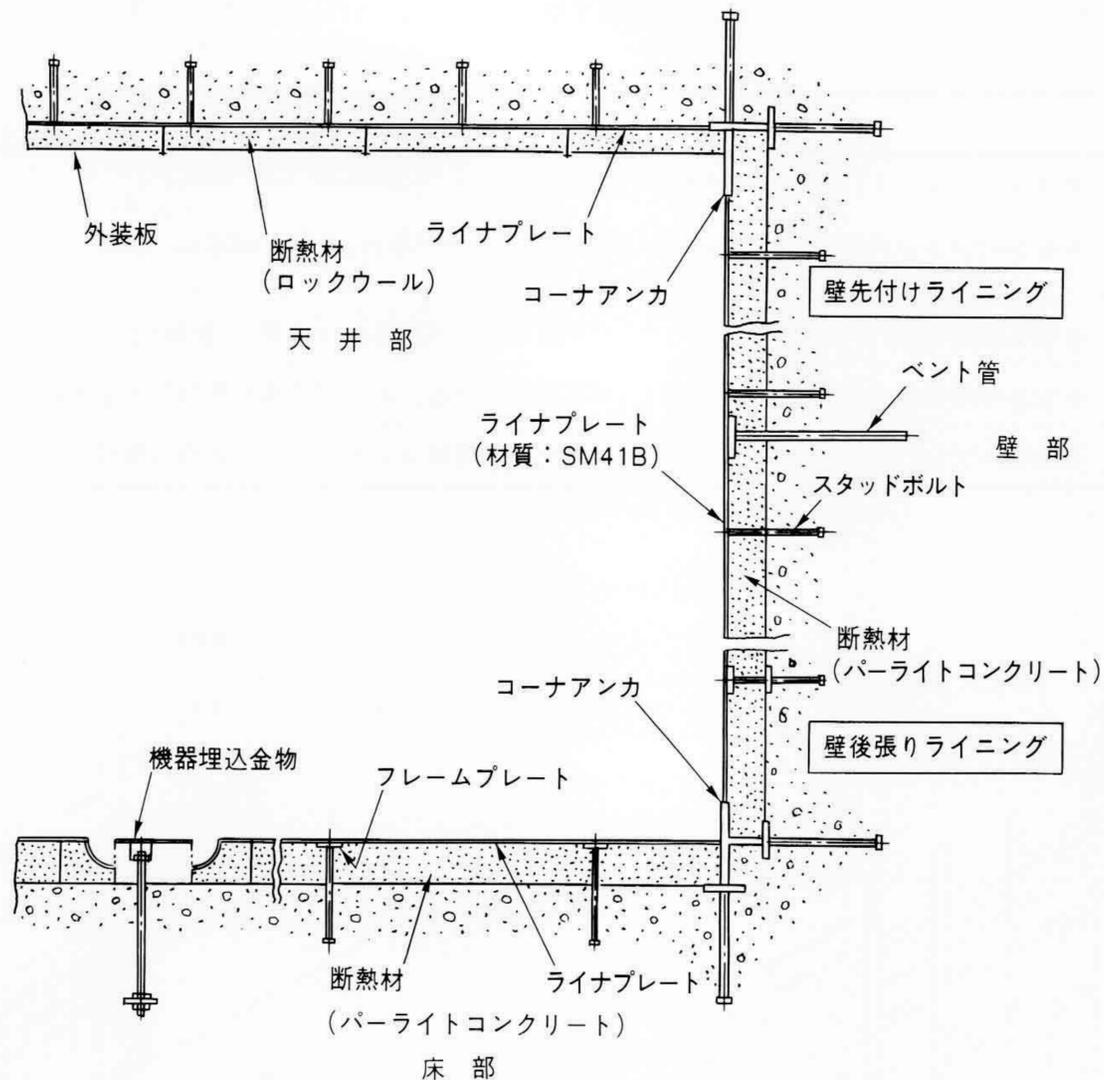


図4 格納容器内1次系ライニングの構造 原子炉格納容器内には、主として固定式ライニングを設置している。ライナプレートは、溶接性に優れた厚さ約6mmの溶接構造用圧延鋼材(SM41B)である。

### 3 施工

#### 3.1 施工手順

前記2.2節で述べた施工計画の基本方針に基づいて定めた1次系ライニング施工手順の基本パターンを、建物工事手順と合わせて図5に示す。壁ライニングのうち先付け工法を採用している部分および天井ライニングについては、建物コンクリート打設の型枠を兼用しているため、ライニング施工の基本的作業は建物工事と同時に完了する。

#### 3.2 モックアップによる施工性事前確認

実機工事に先立ち実施したモックアップ試作の状況を図6に示す。本試作は、壁先付けライニング、壁後張りライニングおよび床ライニングを含む実規模の部分モデルによるものであり、鉄筋および建物コンクリートの施工も合わせて実施することによって、1次系ライニングの施工性を事前に確認した。その内容は、大型の複合構造物である先付けライナパネルに関する製作性確認、搬入・取扱い・据付け方法の確立および建物コンクリートの打設に対する強度の確認と、床ライニング、壁後張りライニングを含む各部の合理的施工法の確立などである。

#### 3.3 現地ライニング加工

1次系ライニングについては、図7に示すように「もんじ

ゆ」建設所構内にライニング加工場を設置し、主に大型の部品製作を行っている。これは下記(1)~(3)の理由から、製作の主体を現地に置くことに利点があるためである。

- (1) 大型の壁先付けライナパネル、天井ライナパネルの運搬が建設所構内だけとなり、品質の確保および輸送が容易であること。
- (2) 工場製作に比べ、据付け工事工程に追従した部品製作工程の立案が容易であること。
- (3) 他設備との取合が多い1次系ライニングは、現場調整作業が多くなるが、これに迅速に対応することが可能であること。

#### 3.4 品質管理

ライナプレート溶接部は高い信頼性を要求されるため、材料から溶接施工法、溶接士の管理までを厳重に行い、さらに溶接後の非破壊検査(溶接欠陥および漏えいのないことを確認)を行うとともに、セルとしての気密性の確認を行うことにしている。また、断熱材であるパーライトコンクリートについても、抜き取りによる熱伝導率測定のほか、熱伝導率の目安となる練り上がり比重<sup>2)</sup>の測定を行うことによって、断熱性能の確認を行い、施工している。

#### 3.5 据付け治具の考案

壁先付けライナパネルを対象に、以下のような据付け治具

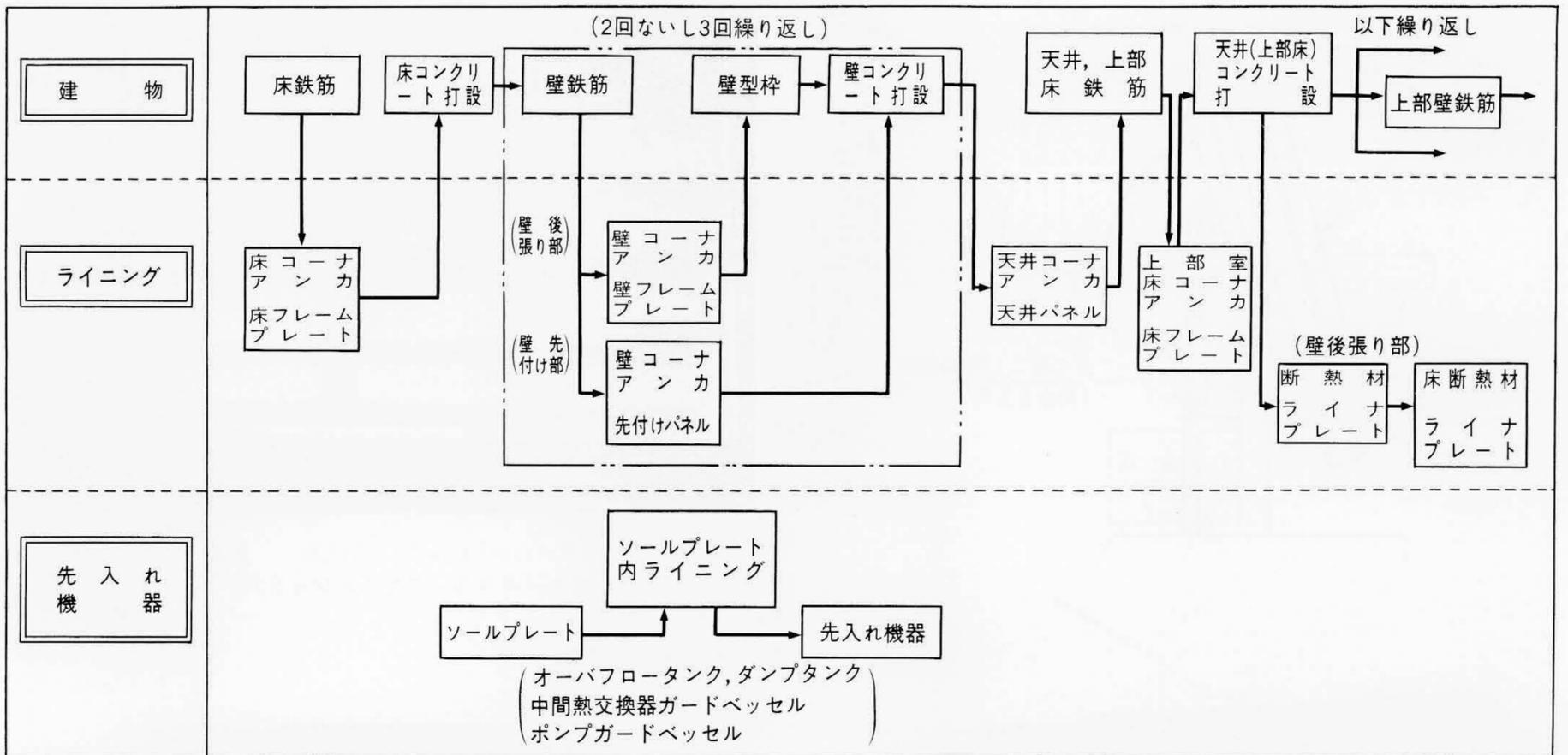


図5 建物・ライニング・機器の基本施工手順 ライニングの施工手順は、事前に建物施工側と十分な調整を行って設定した。

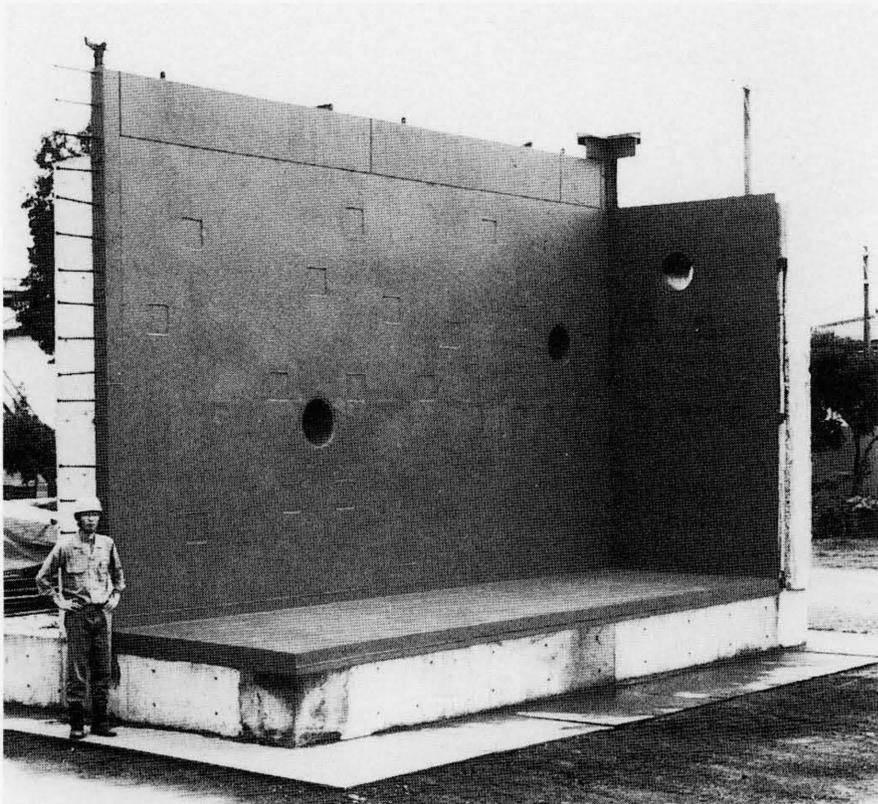


図6 1次系ライニングモックアップ試作品全景 部分モックアップの試作により、事前に施工性の確認を十分に行った。



図7 現地ライニング加工場の全景 現地ライニング加工場は、「もんじゅ」建設所構内に設置され、昭和61年9月から稼動している。

を考案して、施工性の画期的向上を図ることができた。

(1) 運搬・立て起こし治具

先付けライナパネルの運搬および立て起こし治具を図8に示す。台車上の架台は、油圧ジャッキによって回転できる構造になっている。製作・保管に用いるフレーム構造の定盤に固定した先付けライナパネルを架台に搭載して、現地ライニング加工場から原子炉格納容器の機器搬入口まで運搬し、天井クレーン下で約80度まで架台を立て起こしたのち、先付け

パネルだけつり上げることにより、先付けパネルに不要な荷重が負荷されないようにしている。先付けパネルのつり込み状況を図9に示す。

(2) つり支柱

原子炉格納容器内の天井クレーンによって、先付けライナパネルを所定の据付け位置まで運搬後、つり支柱につり替え、チェンブロックによって位置の微調整を行った。これにより、天井クレーンの占有時間を短縮するとともに、本つり支柱を建物コンクリート打設時のライナパネル転倒防止用支柱として兼用している。

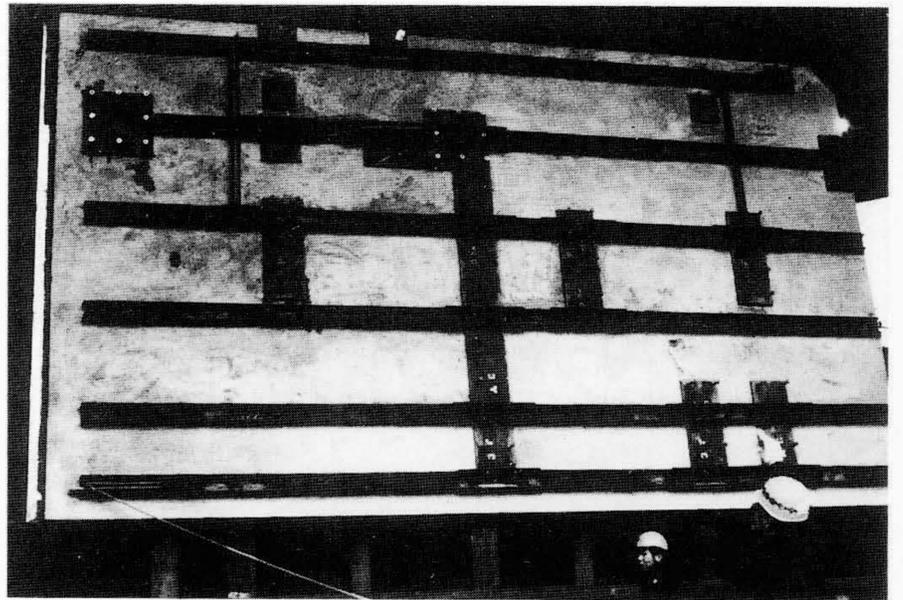
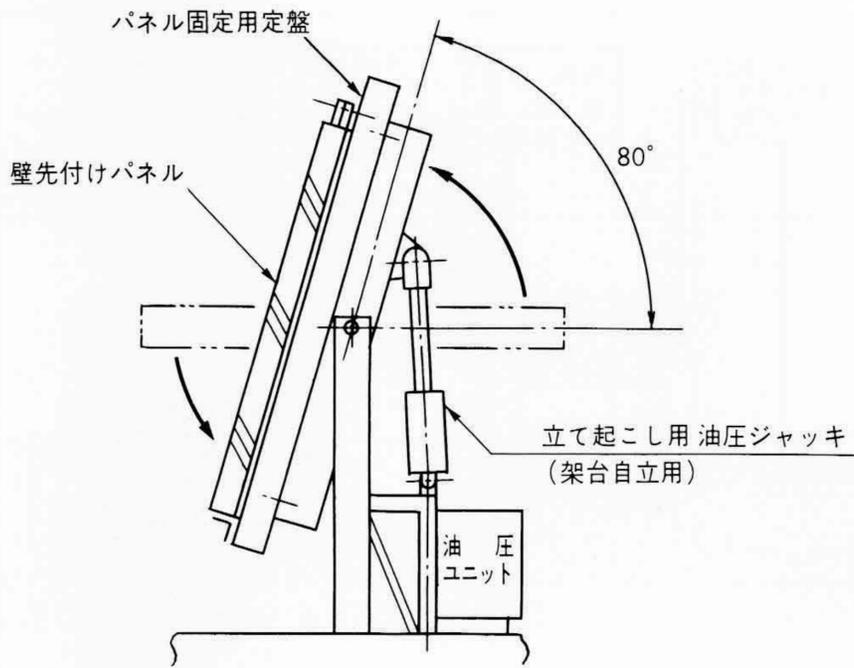


図9 壁先付けライナパネルのつり込み 長さ約7m、幅約3mの大型壁先付けライナパネルは、つりてんびんを用いて立て起こし架台からつり込まれる。

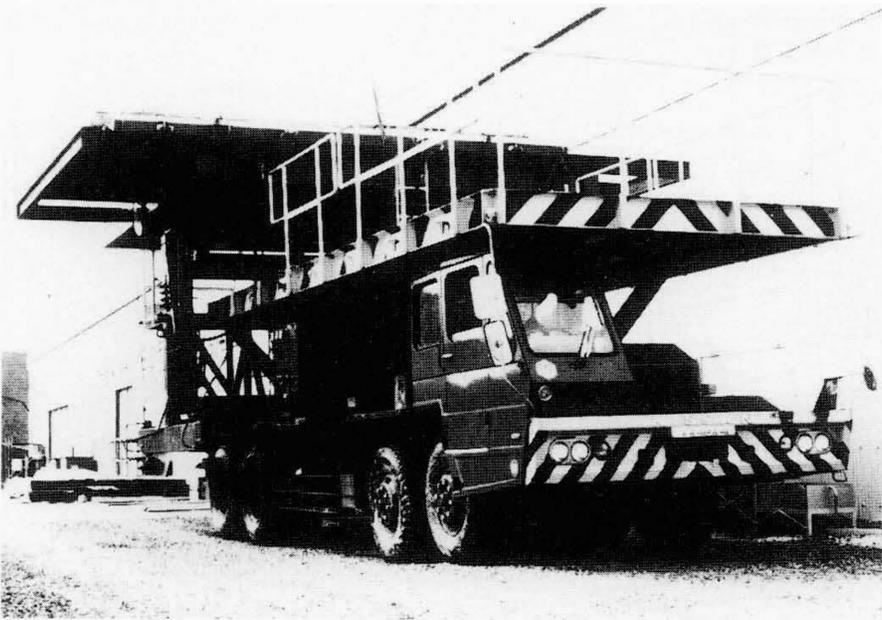


図8 壁先付けライナパネル運搬 加工場から原子炉格納容器への運搬および立て起こしは、専用治具を搭載したトレーラによって行っている。

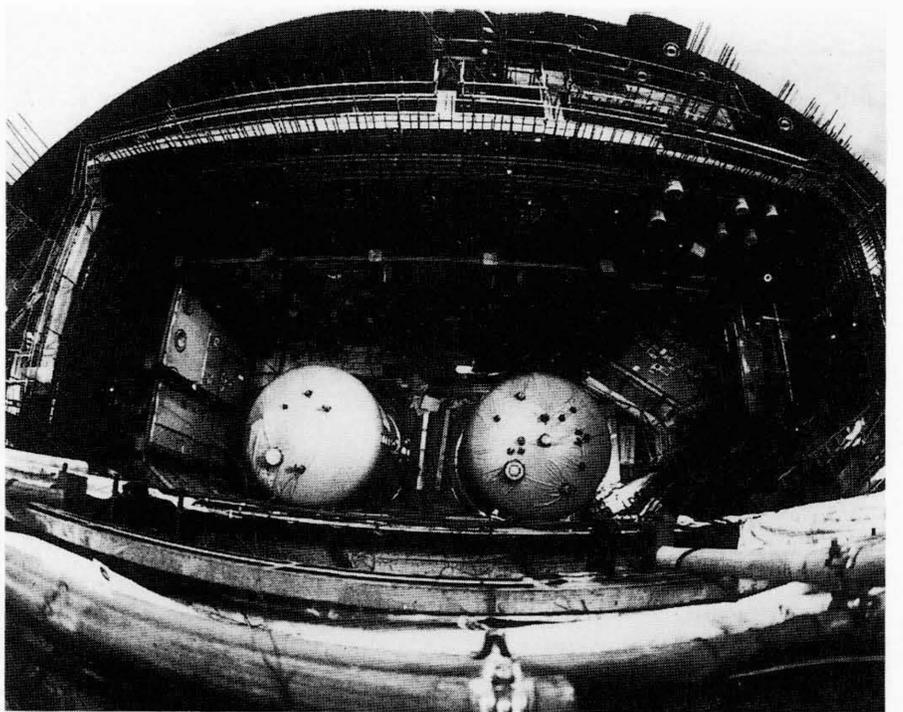


図10 壁先付けライナパネル設定状況 1次系オーバフロータンク室の側壁に、先付けライナパネルを設定した状況を示す。

### 3.6 壁先付けライナパネルの施工結果

1次系オーバフロータンク室に、壁先付けライナパネルを設定した状況を図10に示す。ライナパネルの据付けは精度よく行われ、建物コンクリート打設に伴う面外方向への変形も、接触式変位計による連続監視の結果1mm以下と微小であった。

## 4 結 言

「もんじゅ」1次系ライニングとして、壁先付け工法に代表される新方式を開発し、これを実機に適用している例を紹介した。本ライニングの据付け工事は、品質、作業性、建設工程の面で順調に進行中であり、工事進捗(ちやく)率は平成元

年8月現在で約9,600 m<sup>2</sup>(75%)である。今後、引き続き工事の安全と品質の確保を図りながら、工事の完成を目指す。

### 参考文献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団：期待の高速増殖原型炉「もんじゅ」は今……，エネルギーレビュー，2～29(昭62-12)
- 2) 姫野，外：高速増殖炉用コンクリート構造体の熱伝導試験，動燃技報，64，54(昭62-2)