



JAEA-Technology

2006-060



JP0750006

JAEA-Technology

**大強度陽子加速器計画
1-MW核破碎中性子源を構成する大型重量機器の
搬入計画と据付実施記録**

Planning and Implementation on Transportation of Large and Heavy Components of
1-MW Spallation Neutron Source
for Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC)

高田 弘 加藤 崇 神永 雅紀 夏目 弘昭
星野 吉廣

Hiroshi TAKADA, Takashi KATO, Masanori KAMINAGA, Hiroaki NATSUME
and Yoshihiro HOSHINO

量子ビーム応用研究部門
中性子施設開発グループ

Neutron Facility Group
Quantum Beam Science Directorate

February 2007

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは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/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っ
ております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
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
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

*〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

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

大強度陽子加速器計画
1-MW 核破碎中性子源を構成する大型重量機器の搬入計画と据付実施記録

日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門 陽子加速器施設開発ユニット
高田 弘、加藤 崇、神永 雅紀、夏目 弘昭^{*}、星野 吉廣^{*}

(2006年12月 5日受理)

大強度陽子加速器計画(J-PARC)の物質・生命科学実験施設に設置する1 MW 核破碎中性子源ステーションを構成する機器・設備は重量機器で構成し、ミリメートルレベルの高い設置精度、千分の1の水平度を確保することが求められることが特徴である。このような要件を考慮した据付工程を立案するとともに、実際に、重量が50トンを超え、車両積載幅が10m以上で高さが10mに近い大型機器の搬入・据付を実施し、手順の妥当性を見通しを得た。この大型重量機器の搬入に際しては、輸送用道路の構造条件を満足させ、かつ周辺の干渉物を一時的に退避させる処置を講じる必要が生じたため、事前に綿密に搬入方法を検討した。本書は搬入計画立案と据付実施の記録について報告するものである。

**Planning and Implementation on Transportation of Large and Heavy Components of
1-MW Spallation Neutron Source for Japan Proton Accelerator Research Complex
(J-PARC)**

Hiroshi TAKADA, Takashi KATO, Masanori KAMINAGA, Hiroaki NATSUME* and
Yoshihiro HOSHINO*

Proton Accelerator Facility Development Unit
Quantum Beam Science Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 5, 2006)

We have planned an installation sequence of large structural components of the 1-MW spallation neutron source station with a high accuracy of an unit of mm with respect to the designed position and a tangential inclination of 1/1000 to horizontal level in Materials & Life Science Experimental Facility (MLF) under the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC). We have also carried out transportation and installation of some of structural components having a weight of heavier than 50 ton with a width of over 10 m and a height near 10 m and obtained perspectives to fulfill installation of whole components as designed sequence. In order to implement the surface transportation of such components to the construction site, we have carefully made a planning of the transportation, considering the structural strength of the bridge on the way to the site and temporal removal of structural interferences along the road. The planning and implementation of transportation of the structural components are reported with results of their installation.

Keywords : J-PARC, Materials & Life Science Experimental Facility, 1-MW Spallation Neutron Source, Large and Heavy Structural Components, Installation Sequence Design, Transportation, Planning and Implementation

* Cooperative Staff

目 次

1. 諸 言	1
2. 1 MW核破碎中性子源ステーションを構成する大型重量機器の概要	2
2.1 物質・生命科学実験施設建家の概要	2
2.2 1 MW 核破碎中性子源ステーション構造の概要	2
2.3 1 MW 核破碎中性子源ステーション構成機器の据付工程の検討	3
2.4 ライナー・ベッセル及び支持機器	5
2.4.1 ヘリウムベッセル	5
2.4.2 ベースプレート／ボトムライナー	6
2.4.3 アウターライナー	6
2.4.4 陽子ビーム入射部ライナー	6
2.4.5 ターゲット台車挿入部ライナー	7
2.5 ターゲットステーション遮蔽体	7
2.6 中性子ビームシャッターシステム	7
3. 大型重量機器の機器搬入計画	9
3.1 輸送経路の検討	9
3.2 陸上輸送における機器積載方法の検討	9
3.3 輸送道路における障害物と対策	11
3.4 仮設橋の強度評価	15
3.4.1 設計条件	15
3.4.2 荷重条件	16
3.4.3 部材の断面 2 次モーメント及び断面係数	16
3.4.4 主桁の検討	17
4. 大型重量機器の搬入・据付作業記録	21
4.1 大型重量機器の搬入作業記録	21
4.2 大型重量機器の据付作業記録	22
5. まとめ	25
謝 辞	26
参考文献	26

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of large and heavy components of 1-MW spallation neutron source station	2
2.1 Materials and life science facility building	2
2.2 1-MW pulsed spallation neutron source station	2
2.3 Study of components installation sequence	3
2.4 Liners, vessel and support	5
2.4.1 Helium vessel	5
2.4.2 Baseplate and bottom liner	6
2.4.3 Outer-liner	6
2.4.4 Proton beam port liner	6
2.4.5 Target trolley liner	7
2.5 Shield	7
2.6 Neutron beam shutter system	7
3. Planning of Transportation of large and heavy components	9
3.1 Survey of transportation route	9
3.2 Survey of loading manner for surface transportation	9
3.3 Interferences along transportation route and its treatment	11
3.4 Strength evaluation of a bridge on transportation route	15
3.4.1 Design condition of bridge	15
3.4.2 Load condition	16
3.4.3 Moment of inertia of area and modulus of section of main beam	16
3.4.4 Strength evaluation of main beam	17
4. Log of transportation and installation works	21
4.1 Log of transportation works	21
4.2 Log of installation works	22
5. Summary	25
Acknowledgements	26
References	26

1. 諸 言

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」と記す。）と高エネルギー加速器研究機構が共同で進めている大強度陽子加速器プロジェクト（J-PARC）¹⁾では、陽子ビームで駆動する1 MW核破碎中性子源²⁾を物質・生命科学実験施設に設置する。陽子ビームの仕様は、エネルギー3 GeV、電流333 μ A、繰り返し25 Hzであり、中性子は水銀ターゲットでの陽子ビーム入射による核破碎反応によって発生する。1 MWクラスの加速器駆動型中性子源は核破碎反応で発生する高エネルギー中性子を遮蔽するために、直径10 m、高さ10 mの範囲に鉄遮蔽体（一部はコンクリート遮蔽体で構成する）を必要とすることが特徴の一つである。³⁾ 物質・生命科学実験施設に設置する1 MW核破碎中性子源の機器製作は平成14年度（2002年度）後半より着手し、平成18年度末（2006年度末）に据付を完了する計画としている。

一方、米国では本計画と同規模の核破碎中性子源施設を建設するSNS計画⁴⁾が進行中である。SNS計画はエネルギー1 GeV、電流1.4 mA、繰り返し60 Hzの陽子加速器による核破碎中性子源を建設するものであり、平成11年12月（1999年度）に建設着工し、平成15年4月（2003年度）から中性子源機器の据付を開始し、平成18年4月（2006年度）に完了した。SNS計画の場合、核破碎中性子源の構成機器の据付は建家の建築工事と並行に進める条件で3年を要することが想定された。⁵⁾

物質・生命科学実験施設の建築工事は平成16年1月から着手される予定であるが、本施設においても建家の竣工後に機器の据付を開始するよりも一部の機器の据付は建家建築工事と並行して行う方が工期を短くできる長所がある。効率的な工程とするには、機器の据付には建家に設置するクレーンを最大限に利用すること、現地での組み立て作業工程を少なくするよう計画することが肝要である。即ち、クレーンの積載許容重量と同等の重量の機器を搬入・据付すること、予め工場を組み立てた大型の機器の据付を行うことを想定することになる。

中性子源構成機器の仕様を予め調査した結果、いくつかの機器は輸送用道路の幅を超え、道路沿いにある器物と干渉することがわかった。これらの機器については作業工程や製作精度確保の点から現地で組み立て作業を行うよりも、工場で作成を終了させ、干渉する器物を一時的に撤去して搬入する方が有利であると判断した。器物の撤去については、その所有者・管理者との調整が必要となるため、一時保管及び復旧まで十分な配慮を必要とする。このような検討については、実施に向けた課題とともに平成15年度段階の建築工程計画として技術設計書（参考文献2）にまとめた。

その後、機器の製作が進み、現地据付工事を実施する段階に至ったことから、その間の進展を反映し、機器据付工程、機器搬入計画の立案から一部の機器の据付実施までを包括して本書で報告するものである。また、今回搬入する機器はJ-PARCに設置する加速器や実験装置を構成する機器の中でも単品で最大級の寸法と重量を有するものであり、かつ、本作業はJ-PARC全体の機器据付工程で最初に実施するものであることから、今後製作・搬入する他の機器のためにも記録に留める意義があると考えられる。

尚、機器の輸送は平成16年10月に実施したため、本書では当時の機関名、即ち、日本原子力研究所（以下、「原研」と記す。）と核燃料サイクル開発機構（以下、「JNC」と記す。）を用いることとする。

2. 1 MW核破砕中性子源ステーションを構成する大型重量機器の概要

2.1 物質・生命科学実験施設建家の概要

物質・生命科学実験施設建家は長さ 130 m、幅 70 m、高さ 30 m であり、地下 1 階、地上 3 階の構造である。Fig. 1 及び 2 に建家断面図を示す。建家中央部には中性子源ステーションを設置し、この上流側（北側）には陽子ビームを導くための陽子ビームラインを設置する。陽子ビームは中性子源ステーションにおいて水銀ターゲットに入射し、ここで核破砕反応により発生した中性子を実験ホールに導き出して研究に用いる。陽子ビームラインの上部には遮蔽用のブロックを設置し、中性子源ステーションの上部には天井遮蔽を設置する。これらの遮蔽体上面のレベルは地上高さ 10 m に達する。中性子源ステーションの下流側（南側）には水銀ターゲットを搭載した台車を引き出し、保守する放射化機器取扱室等を設ける。また、これらの部屋の地下には放射化機器保管設備等を設置する。

放射化機器取扱室の上部の 3 階の空間（大型機器取扱室）は幅が約 12 m で、途中で床面のレベルが変わるものの陽子ビームトンネルから中性子源ステーションの上部を経て、建家の南北両端まで広がった空間を有する。そして、この空間の東西両側は遮蔽機能を有するコンクリート壁により区画された構造とする。大型機器取扱室と壁を隔てた東西方向の両側のフロアが、中性子ビームを用いた研究を行う実験ホールとなる。（Fig. 2 参照）重量機器の取扱のため、大型機器取扱室には 130 t 及び 65 t の 2 台のクレーン、第 1 及び第 2 実験ホールには各々 50 t、30 t クレーンが設置される。

建家の建設は地下の基礎工事から始まり、コンクリート床の施工、陽子ビームトンネルを内包する大型機器取扱室及び建家外壁の建築、屋根の建築の順で進む。尚、放射化機器取扱室側以降の下流側（南側）には放射化機器保管設備室等の地下構造があるため、中性子源ステーションより上流側（北側）の工期よりも遅れて 1 階の床が打ち上がる計画である。

2.2 1 MW 核破砕中性子源ステーション構造の概要

Fig. 3 に 1 MW 核破砕中性子源の 3 次元鳥瞰図を示す。中性子源はターゲット・減速材・反射体を除くと鉄鋼製の機器（一部にコンクリート製も含む）で構成される。機器は直径約 10 m、高さ約 11.6 m の円筒形領域に設置され、その外部の雰囲気と区画をなす。この区画を形成する機器をアウターライナーと呼ぶ。アウターライナー外周には厚さ 2~2.5 m の重コンクリート遮蔽が施される。

また、底面には機器を支持するベースプレート類が設置され、外部雰囲気との区画を形成する。中性子源の中心には中性子ビームを取出すためのポート（枝管）を 23 箇所に取り付けたヘリウムベッセルを据え、これに水銀ターゲット、減速材、反射体等の機器を装着し、陽子ビームの入射により中性子を発生させる。ここで、研究に用いる熱・冷中性子は減速材の表面 10cm x 10 cm の部分を起点とする。水銀ターゲットでは中性子だけでなく陽子も発生するが、陽子は周囲の構造物の中を輸送される間にエネルギーを損失し、その部位は発熱する。ビーム強度が 1 MW と高いために構造物の冷却が必要となる。発熱分布を評価した結果、水冷が不可欠な機器はヘリウムベッセルの中に収納することし、ベッセルの周囲には乾燥空気を循環させて空冷する機器を配置している。

ヘリウムベッセルの外側、直径 4.6 m、高さ 8.9 m の範囲には鉄遮蔽体が設置される。この径は枝管の先端より 250mm 程度長い。各枝管の延長線上には角型の水平貫通孔を有する板状の中性子ビームシャッターを設置し、これを駆動機構により上部から昇降させる。中性子ビームシャッターの貫通孔位置を枝管と同一高さに合わせた場合に実験ホールへ中性子ビームを通し、高さを違えることにより中性子ビームを遮断する。尚、アウターライナーの外側は重コンクリート遮蔽の中に中性子ビームダクトを設置して中性子ビームの取り出し経路を確保する。

陽子ビームは高真空のビームダクトを通してヘリウムベッセル位置に輸送される。アウターライナーには最終段の円筒形のビームダクトが挿入され、その末端はヘリウムベッセルの陽子ビーム入射部フランジ面から約 490mm の距離に位置する。このビームダクト末端と陽子ビーム入射部フランジの間には、陽子ビーム窓を先端に取り付けた陽子ビーム窓プラグ (全高 3.8 m) がヘリウムベッセル外周の遮蔽体に設けたプラグ挿入用の孔に上部から装填される。陽子ビーム窓の両面はピローシール構造であり、ビームダクト末端及び陽子ビーム入射部フランジと接触させてビームダクト側の高真空とヘリウムベッセル側のヘリウム雰囲気とを各々区画する。尚、陽子ビームダクトの周囲にも鉄遮蔽体が積層される。

陽子ビームが入射する側の反対では、水銀ターゲットが、循環設備を接続し鉄遮蔽を施したターゲット台車に搭載されて、放射化機器取扱室から水平に移動されてヘリウムベッセルに装着される。アウターライナー内のターゲット台車移動空間はターゲット台車挿入部ライナーによって形成され、アウターライナー内と移動空間の間で雰囲気は区画される。ターゲット台車挿入部ライナーの周囲も鉄遮蔽体が積層される。

熱・冷中性子を用いた各種の実験は、減速材を起点とした 10m~100m の位置で行われる。この間、熱・冷中性子を実験に応じた広さでロスなくサンプル位置に輸送するために、中性子ビームラインにはコリメータやガイド管を連続的に精度よく配置 (アライメント) することとなる。中性子源ステーションにおける中性子の経路はヘリウムベッセル (枝管)、中性子ビームシャッター一部及びアウターライナー外の中性子ビームダクトの 3 機器に分割される。これらの機器の中にもコリメータやガイド管が装着される。アライメントにおける位置合わせの調整代を設けるが、上記の 3 機器が精度よく並んでいなければ、熱・冷中性子を損失させてしまうことになり、1 MW のビームで得られるはずの強度が何十分の 1 にも低下してしまう。このため、これらの機器の据付では数ミリメートル内の位置精度、1/1000 レベルの水平度が精度として求められる。

2.3 1 MW 核破砕中性子源ステーション構成機器の据付工程の検討

Fig. 4 に中性子源ステーションを構成する主要な機器の据付概略工程を示す。建家建築工程と組み合わせた具体的な工程を Fig. 5 に示す。Fig. 5 の中で、ベースプレート、アウターライナー、遮蔽体据付と記入されている箇所が機器据付を行う時期である。ただし、本図は建築工事請負者が決定する時点のものであり、文献 2 で検討した時点から更新されているが、具体的な工事実施計画が決まる過程での変更が見込まれる版である。

Fig. 6 に中性子源構成機器の据付手順の絵コンテを示す。図には各機器の据付精度も付記する。ヘリウムベッセルの中心は実験ホールに設置する中性子ビームライン実験装置の起点となると共に上流側の陽子ビームラインの起点にもなるので、これを最初の段階で据付けることとした。手

順としては、基礎杭打後に建家のコンクリートがつくられた状態で、ヘリウムベッセルの荷重を受けるベースプレート、ベッセルサポートシリンダー等を先に据付け、そこにヘリウムベッセルを設置する。

機器の設置に先立って、予め J-PARC 施設の設置のために設けられた基準点から、中性子源ステーション中心予定位置、陽子ビームライン中心線予定位置、ターゲット台車中心線予定位置を測量し、設置目標となる 0-180° 基準線（陽子ビーム・ターゲット台車中心線）とこれに垂直な 90-270° 基準線をつくる。各基準線上にはマーカーを設置し、これに基準線を刻印する。

ヘリウムベッセルの設置時期については、以下の条件を考慮してアウターライナーの設置との前後関係を検討した。即ち、アウターライナーの外面に取り付けられる中性子ビームダクトがヘリウムベッセルを起点とするという条件と、中性子ビームダクト含む外郭の領域には生体遮蔽の機能を果たす重コンクリートを建築工事所掌で打設するという条件である。前者に関しては両機器が据付られていることが前提となるが、その順番に影響は受けない。後者に関してはアウターライナーの据付後に打設に必要な準備作業を行うことができるので、ヘリウムベッセルとの順番は関係ない。ただし、準備作業には、アウターライナーの外周に足場を組んだ後に遮蔽の外郭をなす鉄板を建て、部分的には鉄板とアウターライナー外面との間を支持梁で結ぶ等、かなりの工期を要することが想定された。アウターライナーを設置すれば、その内部の機器据付作業と外の建築作業を並行して進めることができ効率性を上げる長所があり、また、打設の準備作業の途中で中性子ビームダクトの据付に必要な期間を確保できることもわかったため、ヘリウムベッセルを設置する前にアウターライナーの据付を実施することとした。(Fig. 6 の(1)~(9)参照) これらの機器据付工事は大型機器取扱室の壁が建築される前に野外作業として実施する。(Fig. 6 の工程(15)まで) なお、この期間に、アウターライナー内に遮蔽体の一部を据付ける計画とした。

ヘリウムベッセルを起点とするために、据付けたベッセル内の中心線から陽子ビーム・ターゲット台車中心線を外に延長し、マーカーに刻印を入れなおし、以後の据付けに用いる 0-180° 及び 90-270° 基準線として再設定する。さらに、中性子ビームラインの基準線をアウターライナー等に延長する。ここで、ヘリウムベッセルの据付精度は当初の 0-180° 及び 90-270° 基準線に対して各々±3 mm 以内、高さ±0.5mm 以内、水平面に対する傾き 0.5/1000 以内とした。また、この段階で陽子ビームラインの高さが確定する。

アウターライナー内に設置するターゲットステーション遮蔽体、中性子ビームシャッター等は機器の保全性や作業性の観点から、建家の屋根が完成し、クレーンが使用可能となった後に据付けることが適しているため、クレーンの落成検査後に据付工事を行うスケジュールとした。なお、建家竣工後、中性子源への機器の搬入は建家南端の機器搬入口から大型機器取扱室にクレーンで吊り上げ、ここから北方向に約 65 m 移動させる経路になるので、移動作業に時間を要すること、また移動区間で他の工事が行われる場合はクレーンの利用が制限させる恐れがある等の短所がある。Table 1 に示すように、ターゲットステーション遮蔽体や中性子ビームシャッター機器は数量が多いことから、クレーンによる搬入距離を短縮し作業時間を節約できるように、中性子源の上流側に仮設の開口部を設け、ここからクレーンで機器を吊り上げることとした。Fig. 6 に示す工程(16)~(23)がこの期間の作業に相当する。このとき、実験室のクレーンを用いた積み下ろし工数を最小限に留めるため、製品 1 体の重量として 50 t を 1 つの製作基準とした。

また、アウターライナー内の乾燥空気の流路を形成するために、遮蔽体と隣接する機器との間には一部を除いて 40 mm ±10 mm の隙間を設ける。中性子ビームシャッターについては、駆動する空間の確保のためにシャッター間構造体の垂直方向の倒れの精度を 0.5/1000 以内に管理することと、垂直な懸垂状態を確保するために駆動機構部を置く面を 1/1000 以下に管理することが特徴である。

中性子ビームシャッターのシャッター上部遮蔽を搬入した後は、取り扱う重量機器の数量は限られ、むしろ、中性子ビームシャッター懸垂のための駆動装置の組立てや配管・配線工事等の作業が大半を占めるようになる。したがって、これらの作業は (Fig. 6 に示す(24)以降)、上記仮設の開口を閉鎖した後に実施する計画とした。

大型重量機器の据付を建家建築工事と並行に行う場合、搬入ルート、機器の仮置き場所等を含めて互いの作業工程を十分に調整することが必要となる。したがって、建家建築工事と並行して据付を行うライナー・ベッセル機器、ターゲットステーション遮蔽体及び中性子ビームシャッター機器に対しては、その搬入方法を設計作業の一環として検討することとした。これらの機器の主要寸法、重量等を Table 1 にまとめる。次節に機器の概要を記述するが、上記したようにこれらの機器は厳しい精度で据付ける部位があることを前提として据付計画を作成し、実施に臨むことが求められる。

2.4 ライナー・ベッセル及び支持機器

2.4.1 ヘリウムベッセル

Fig. 7 にヘリウムベッセルの概要図を示す。ヘリウムベッセルは SUS316L 製の円筒形容器であり、陽子ビームを導入するための陽子ビーム入射孔と、その反対側には水銀ターゲットを挿入するためのターゲット挿入孔が各々設けられているほか、上部開口部より減速体・反射体を鉄遮蔽体と共に装着する構造を有する。陽子ビーム入射孔前方には陽子ビーム窓を装着するための陽子ビーム窓受台が取り付けられている。また、側面には、実験に用いる中性子ビームを引き出すための中性子ビームポート（枝管）が 23 本取り付けられている。中性子ビームラインを精度よく配置するために、枝管は中心から 2070mm にある先端フランジの中心位置が中性子ビームラインの理論中心線に対して ±2mm 以内とする等、高い製作精度を求めていることが特徴である。

ヘリウムベッセルには発生した中性子の減衰率が低い不活性のヘリウムガスを充填し、同時に陽子ビームが水銀ターゲットに入射する際に空気の放射化による放射性ガス、オゾン、窒素酸化物等の腐食性有毒ガスの発生を防止する。また、内装した機器から万が一の漏洩が起こった場合にはそれらを閉じ込める容器の役目も果たす。ヘリウムベッセルは水冷する鉄遮蔽体を内包しており、重量は約 63 t である。

ヘリウムベッセルはベッセルサポートシリンダに着座させる設計としている。ヘリウムベッセルには水銀ターゲットが装着されたときに、ターゲットフランジを押し付けてシールを取る構造を採用した。シールを確保するために必要な押し付け力は 30 t と設計されており、ヘリウムベッセル及びベッセルサポートシリンダはこの水平荷重が加わった状態でも耐える構造設計を行っている。また、シールを確保するために、その当たり面となるベッセル側のフランジ面（1m 高さ）に水平面、垂直面に対する垂直度を 0.2mm 以下とする等、高い製作精度を要求するとともに

に、ベッセルサポートシリンダとの座面にも平面度 0.2 mm 以下を指定している。加えて、受け側となるベッセルサポートシリンダ上面（外径 2.4 m）の据付精度は水平面に対する傾きを 0.5/1000 以下と計画する。

2.4.2 ベースプレート／ボトムライナー

ベースプレートは鉄鋼（SS）製で直径 5 m、厚さ 80 mm、重量約 13 t の円板であり、コンクリート基礎と上部に設置する機器を所定のエレベーション、アライメントで固着させるとともに、核破碎中性子源ステーションの密閉構造の底面部の一部を構成する。Fig. 8 に概要図を示す。ベースプレートに乗る機器としては、ヘリウムベッセルを支持するサポートシリンダ及びベッセル外周に設置される遮蔽体等である。

ボトムライナーはベースプレートの外周に半径 4.9 m 円環状に配置される鉄鋼（SS）製の板であり、コンクリート基礎と上部機器を所定のエレベーション、アライメントで固着し、ならびにベースプレートの転倒モーメントに対して支持するとともに中性子源ステーションの密閉構造の底面部の一部を構成する。重量は約 9.5 t である。Fig. 9 に概要図を示す。ボトムライナーに乗る機器としてはアウターライナー、ターゲット台車関連機器があるほか、重コンクリートを介してシャッターシステム関連機器及び陽子ビーム関連機器等も該当する。

2.4.3 アウターライナー

アウターライナーはベースプレート、ボトムライナー及び天井遮蔽と共に気密構造を形成し、内部を循環する乾燥空気を閉じこめるためのライニング機器である。材質は SS400 を選定し、自立する構造である。アウターライナーは上下 2 分割し、下部アウターライナーはボトムライナーと、上部アウターライナーは下部アウターライナーと各々ボルト固定し、シール溶接する構造とした。Fig. 10 及び 11 に下部及び上部アウターライナーの概要図を示す。分割の条件としては、機器搬入時の経路上にある橋の耐荷重条件より、下部アウターライナーの重量が 70 t を超えないように寸法を設定した。

即ち、下部アウターライナー： $\phi 9600 \text{ mm} \times 6570 \text{ mmH} \times 30 \text{ mm}^t$ 、

上部アウターライナー： $\phi 9940 \text{ mm} \times 2700 \text{ mmH} \times 30 \text{ mm}^t$

下部アウターライナーには、ターゲット台車挿入口、中性子ビームダクト設置孔（23 箇所）、陽子ビーム入射部ライナー挿入穴：内法 $\square 640 \text{ mm}$ 穴、ドレンパイプ穴、及び乾燥空気給気配管穴の開口部を有する。上部アウターライナーの上面 $\phi 9940 \text{ mm}$ は開口のままとするほか、配管樋孔、ケーブル配線穴を有する。

2.4.4 陽子ビーム入射部ライナー

本機器は陽子ビーム入射部ライナーと真空側陽子ビームパイプから構成される。Fig. 12 に概要図を示す。陽子ビーム入射部ライナーは、内部にある真空側陽子ビームパイプの真空シールサポート用のストッパー機能を有し、内圧バウンダリを構成するために本パイプとの取り合い面でシール機能を有する。さらに本パイプとの熱膨張差を吸収する機能をもつ構造となる。各々の機器

の材質は以下のとおりである。

- ①陽子ビーム入射部ライナー： SS400
- ②真空側陽子ビームパイプ： SUS304
- ③入射部ライナー用換気ダクト：SGP

2.4.5 ターゲット台車挿入部ライナー

ターゲット台車挿入部ライナーは、中性子源ステーション内の乾燥空気雰囲気と放射化機器取扱室の雰囲気を遮断する機能を果たすものである。Fig. 13 に概要図を示す。本ライナーは板厚 20 mm の SUS316L を用いた箱型構造であり、内部は水銀ターゲット台車が移動する空間を形成する。アウターライナーの内側に設置される部分では、下部アウターライナーの開口部位置で幅 1740 mm、高さ 3970 mm の開口寸法を有し、先端はヘリウムベッセルのターゲット挿入孔フランジ外周に接続する箱型空間を形成する。また、アウターライナー外側に設置される部分では、放射化機器取扱室側の開口寸法が幅 2600 mm、高さ 4250 mm に広がった形状となる。

Fig. 14 にターゲット台車挿入部ライナーと水銀ターゲット台車の位置関係の概念図を示す。水銀ターゲットで発生する中性子の放射化機器取扱室へのストリーミングを抑制するため、ターゲット台車との隙間を狭くする必要がある。両機器のバッテリーリミット（最小間隔）は 20 mm とし、これを基準に各機器 10mm の公差を持たせることとした。即ち、隙間は 20 から 40 mm の範囲となる。

なお、水銀ターゲット台車は放射化機器取扱室に別途搬入し、組み立てる計画である。したがって、物質・生命科学実験施設が竣工する時期に水銀ターゲット台車機器を搬入することとなる。Fig. 6 に示す手順では(26)の工程の時点に相当すると想定している。

2.5 ターゲットステーション遮蔽体

Fig. 15 及び 16 に遮蔽体の全体組立図を示す。遮蔽設計の結果によると、当実験施設に設置する水銀ターゲット、液体水素減速材・反射体システムでは、3 GeV、1 MW の陽子ビームを入射させた場合に遮蔽体表面の線量率が基準値を超えないためには、中性子発生中心から半径 4.8 m の範囲は鉄遮蔽体を、その外側には最大で中心から 7.5 m までの範囲は重コンクリートを配置することが必要である。⁹⁾ 本機器はこの鉄遮蔽体と上部に設置する普通コンクリート製の天井遮蔽からなる。なお、半径 1.5 m までの鉄遮蔽体はヘリウムベッセルに内包することとした。ヘリウムベッセルの外周の半径 2.3 m までの範囲には、枝管下部、枝管部、枝管上部、陽子ビーム入射部、及びターゲット台車挿入部の各遮蔽体を配置することとしたが、各々、遮蔽ブロックを垂直に積層する構造である。また、最上部には天井遮蔽体を配置する。遮蔽体の総重量は約 1410 t、このうちアウターライナー内に収納される鉄遮蔽体の分が約 360 t、天井遮蔽体が約 1050 t である。搬入するブロックの計画数は 32 体、天井遮蔽体 11 体である。

2.6 中性子ビームシャッターシステム

中性子ビームシャッターシステムは、核破砕中性子源から放出される中性子を分光器に入射あるいは遮断するために中性子ビームライン上でシャッターブロックを昇降させるためのものであ

る。シャッターブロックは 23 本の各中性子ビームライン毎に、ヘリウムベッセルの枝管部並びに枝管上部遮蔽体の外側に設置される。Fig. 17 にシャッターブロックを駆動機構で懸垂した状態の概念図を示す。

シャッターブロックは、その一部に貫通孔を有する直方体の鉄鋼製機器であり、遮蔽機能を果たす。高さは 3870 mm、長さ 2000 mm であり、幅は中性子が通過する上流側が 200 mm、下流側が 300 mm である。貫通孔は上流側に配置したヘリウムベッセルの中性子ビームダクト枝管部から実験ホールへの中性子ビーム取出し孔の役目を果たす。この貫通孔には、中性子ビーム成形のためのコリメータ、スーパーミラー等のデバイスを装着した角型ダクトを挿入する。シャッターブロックが上下駆動する溝状の空間は、Fig.18 に示すように 2 体のシャッター間構造体で形成する。シャッター間構造体は遮蔽機能を果たすため鉄鋼製であり、楔形の断面を有する高さは 4350 mm である。23 体のシャッターを設置するため合計 25 体製作する。

シャッター間構造体の上部にはシャッター上部遮蔽ブロック (Fig. 17 参照) を設置する。このブロックはシャッターブロックを昇降させるシャッター駆動機構を設置する台座の役目と遮蔽の役割を果たすものである。遮蔽性能の観点から全高 900 mm で、下面から 100 ~ 300 mm をコンクリート層 (200 mm 厚) とし、その他は鉄鋼製である。メンテナンス時、個々のシャッターブロックが独立して交換できることを前提として 23 体製作する。

したがって、駆動機構を除くと搬入する員数は 71 体である。また、これらの総重量は約 1270t である。

3. 大型重量機器の機器搬入計画

3.1 輸送経路の検討

原研への資材輸送経路は下記の3通りが想定される。これらの想定経路を Fig. 19, 20 に示す。

- (a) 陸上輸送により、国道 245 号線から常陸那珂港湾道路及び J-PARC 建設用の工事用道路を經由し、南地区門から入構する。
- (b) 日本原子力発電(株)東海港で水切りし、日本原子力発電(株)構内を経て燃料輸送道路より入構する。
- (c) 常陸那珂港で重量機器を水切りし、常陸那珂港湾道路、J-PARC 建設用の工事用道路を經由し、南地区門から入構する。

一般道路による輸送に関しては、国土交通省の定める車両制限令第3条により、積載物の重量は 25 t 以下であれば制限を受けない。50 t の製品を輸送する場合は、都道府県警察署長に制限外積載許可申請書を提出し、許可を得て、特殊車両を用いて実施できるが、制限外積載許可を受けて車両が通行できる時間帯は大半が午後 10 時から翌日午前 6 時までの 8 時間指定を受けることが多い。この場合、輸送効率が低下し、輸送コストの増加原因となることが大きな短所である。また、特殊車両通行に関しては道路管理者に許可を得ることが必要となり、制限外積載許可申請手続きと別な機関への許可申請となる煩雑さも生じる。

このため、50 t の機器の輸送には、道路輸送よりもむしろ海上輸送により港湾で水切りする(b)または(c)の手段を選定した。

次に、原子力機構への機器搬入の際に利用可能な港湾として常陸那珂港と日本原子力発電(株)東海港を選定し、各々の施設利用基準を比較調査した。その結果を Table 2 にまとめる。この結果、日本原子力発電(株)東海港で水切りを行う場合には、波、風速、視界等について詳細な条件を満足することが必要であり、かつ、使用者による水深調査が必要という特徴があることがわかった。

今回の重量機器据付は建築工事と並行して進めるため、工事に遅れを生じる要因はできるだけ排除しておくことが必要という観点から判断すると、日本原子力発電(株)東海港の使用は気象条件という不確定要因に強く依存するため、常陸那珂港の方が使用しやすいことがわかった。

さらに、港からの輸送路を調査した結果、日本原子力発電(株)構内の道路には固定された障害物が多く、直径 10 m のアウターライナーを運搬することは極めて困難なことがわかった。よって、搬入経路としては(c)案の常陸那珂港重量物岸壁→港湾道路→工事用道路→原研構内のルートを選定した。このルートの距離は約 3 km である。

3.2 陸上輸送における機器積載方法の検討

Fig. 21 に常陸那珂港から原研構内(物質・生命工区)に至る搬入経路の略図を示す。機器発注時(平成 14 年度下半期)における搬入経路の諸条件は以下のとおりである。

- (1) 工事用道路は道路幅 8 m、最大勾配は 6 %、道路中央から路肩方向への勾配は最大 2 %である。
- (2) 工事用道路を原研に向かって進行する方向に対して右側は東京電力(株)常陸那珂火力発電所

敷地、左側は JNC の敷地と境を接するため、フェンスが設置されている。

- (3) 途中の新川には橋が架けられている。この経路中のフェンスの最大高さは忍び返し高さで 2.3 m の箇所である。そのほか、途中には道路に近い位置に電柱が立っている箇所がある。
- (4) 構内における工事中道路は道路幅 8 m、最大勾配は 6 % であり、NUCEF 建家付近で既設の輸送道路と鋭角に合流する。この輸送道路を通過して物質・生命科学実験施設には北側から進入する。
- (5) 既設の輸送道路の道路幅は 8 m である。

これらの条件から、長大で重いアウターライナー（下部）、アウターライナー（上部）を輸送するために以下の対策が必要であることがわかった。

- ・ 路面から機器底面までの高さを 2.3 m 以上確保できるように積載高さを嵩上げし、フェンス等の上部をかわして運搬できること。
- ・ 道路に近い電柱の部分は車両を道路際に寄せることが必要である。
- ・ 構内の工事中道路から旧来の燃料輸送道路との鋭角の交差部を曲がって物質・生命工区へ進入するために、輸送車両の回転半径が小さくできること。もしくは、一旦、NUCEF 建家の T 字型交差部まで移動し、スイッチバックにより物質・生命工区への進入ができること。
- ・ 橋梁部を渡る際には、橋の設計荷重条件を満足すること。

積載機器の嵩上げに対する安定性や走行機能について調べた結果、これらの条件を満足させようとする車輦として 165 屯積ユニットキャリアを選定した。なお、本キャリアでは積載物を搭載した状態で重心をモニターできる機能を有しており、安定性を得やすい特徴も有している。

アウターライナーは直径が約 10 m、高さ 6.6 m の円筒形と重心位置が高いので、ユニットキャリアを 2 台並べて積載すると安定性が増すが、その分車幅も広がるので、電柱を回避する箇所でも道路の片側に寄せた運行が困難となる。このため 1 台で運搬することとした。165 屯積ユニットキャリアへのアウターライナー下部及び上部の積載計画図を Fig. 22 及び 23 に示す。アウターライナー下部の積載高さは 9.2 m となる。一方、アウターライナー上部は幅が 10.7 m、積載高さは約 5.1 m となる。また、Fig. 24 にユニットキャリアの回転軌跡図を示す。輸送経路にカーブする箇所はあるものの、下記の鋭角の交差部を除いて直角に曲がる箇所はないので、道路幅 8 m であれば運搬に支障はないと考えられる。しかしながら、機器が道路幅を超えるため道路沿いに干渉物がある場合は、一時撤去等の措置を講じる必要がある。また、鋭角の交差部については、スイッチバック方式で通行することが必要と考えられる。

次に、ヘリウムベッセルの積載計画及び回転軌跡を検討した。その結果を Fig. 25 及び 26 に各々示す。この場合も同様に、上記の道路条件の下に輸送することができると判断される。なお、ヘリウムベッセルの積載寸法は、幅が約 3.2 m で、車両幅をわずかに超える程度であるが、高さは約 9.1 m である。このため、道路上空を横断するものと干渉しうる。ターゲットステーション遮蔽体や中性子ビームシャッター機器については、寸法が道路幅を超えることがなく高さも低いいため、トレーラー又はトラックを用いる計画とした。比較のために、天井遮蔽体、陽子ビーム入射部遮蔽体を運搬する場合の積載図及び回転軌跡図を Fig. 27 ～ 30 に示す。天井遮蔽体については、長さが 11 m と長いですが、回転軌跡から判断すると通行に大きな支障はないと考えられる。

さらに、3.4 項に記述する仮設橋の強度評価も行った結果、アウターライナーの輸送に対して

道路周辺に干渉する器物が存在する場合には、これを回避するための一時的な措置を講じる必要があるものの、構内への搬入は可能であるとの見通しを得た。

3.3 輸送道路における障害物と対策

前節に示した機器の積載計画に基づき、常陸那珂港から原研構内の物質・生命工区に至る搬入経路の詳細を再度調査し、構外（工事用道路）及び構内の燃料輸送道路において、機器搬入の障害となる器物と搬入時の必要措置の概略についてまとめた。結果を Table 3 に示す。また、これらの器物の位置を搬入ルート略図上に記す。(Fig. 31) さらに、現場の状況を Photo 1 ～23 に示す。

事業所外については、港湾道路と工事用道路において横断する電線、電話線が干渉物となる。(Photo 1, 2, 5, 10) また、工事用道路沿いのフェンス、ゲートで干渉箇所があることが判明した。(Photo 4, 6, 11) このうち JNC のフェンスは技術設計書作成段階で高さ 2.3 m の条件決めをした後、新たに設置されたものである。また、工事用道路の工事事務所の所有物も同様に当初の条件決めをした後に開始された事業に伴う設置物であり、工事工程に応じて状況が変化することであることがわかった。構内については、道路沿いに設置された外灯（水銀灯）と速度標識が障害となる主たる器物である。以下に搬入作業実施前における具体的な措置について示す。

(1) 工程調整

港湾道路→工事用道路→原研構内のルートは物質・生命工区の工事車両だけでなく J-PARC 建設工事全体の工事用車両が使用するので、今回のような工事用道路を専有する大型重量機器の搬入は他の工事工程にも影響を与える。さらに、障害物の一時撤去及び復旧作業のために重機の使用や工事用道路内作業を伴う場合も他の工事車両の運行の制約となり得る。J-PARC では、原研、KEK の関係部署が担当となって加速器施設の建設工事や機器の製作・据付工事等多数の工事が行われるので、計画段階から関係部署と調整を行い、現地工事については、現地工事請負者間による工程調整会議で日程の調整を行うこととした。以下に概要を示す。

1) 設計段階（平成 14 年度～平成 15 年度）

設計段階では、以下の会議体を活用して J-PARC の建設工事及び他施設の機器製作者に計画を周知した。

- ・ 物質・生命工区の建築工事を所管する大強度陽子加速器施設建設室と機器製作を担当する中性子施設開発グループとの建家設計打合せ
- ・ 大強度陽子加速器施設プロジェクトチーム内の J-PARC 全体工程調整会議

2) 実施準備段階（月間（3 ヶ月）工程会議／週間工程会議）

準備段階では、現地工事請負業者による月間工程会議等で計画を説明し、調整を行った。

- ・ 物質・生命工区の建築工事の請負業者（JV）との月間工程会議
- ・ 現地工事請負業者で組織される災害防止協議会（J-PARC 工事全体を所掌）

具体的には、平成 16 年 7 月 27 日の南地区月間工程調整会議で輸送実施予定日を提示し、

本格的な準備に入り、平成 16 年 9 月 8 日の建築 JV との 3 ヶ月工程会議で輸送実施予定日を平成 16 年 10 月 10 日（日）に決定した。

Table 4 に障害物の撤去と復旧の工程表を示す。障害物の撤去・復旧では工事用道路の一時的な通行制限を必要とすることが確定したため、他の工事が無い日曜日の作業を中心とする日程とした。尚、構内の外灯は将来計画との関係で使用されない状態にあることがわかったため、一連の作業の最初に撤去する予定とした。

(2) 事業所外の関係機関との調整

Table 3 に示すように、事業所外の器物に関して複数の所有者との調整が必要になった。一箇所でも調整が不調であれば、機器の製作工程に立ち戻って影響を及ぼすことになる。このため、機器の製作工程が確定されるまでに輸送計画と必要措置について予め関係機関と相談し、相手方の合意を得た上で機器製作請負者の搬入等について作業計画の打合せを行い、結果を現地工事施工要領書に反映させるという要領で準備を進めた。以下に、関係箇所との相談の実績を列挙する。

1) 電柱、高圧線に関する事項

相手方：東京電力(株)水戸支社

- 平成 16 年 2 月 5 日 輸送計画の説明と電線等の措置に関する相談
- 平成 16 年 2 月 10 日 電線等の措置に関する予備検討結果報告の受信
- 平成 16 年 6 月 25 日 依頼文書発送「大強度陽子加速器施設建設における機材搬送に対する協力について」（大強度陽子加速器施設開発センター長）
- 平成 16 年 7 月 22 日 機器製作請負者による回避措置打合せ

2) 工事用道路沿いフェンス忍び返しに関する事項

相手方：核燃料サイクル開発機構 東海事業所

- 平成 16 年 7 月 2 日 輸送計画の説明とフェンス措置に関する相談
(於 JNC 東海事業所運営管理部総務課)
- 平成 16 年 7 月 29 日 依頼文書発送「大強度陽子加速器施設建設における機材搬送に対する協力について」（大強度陽子加速器施設開発センター長）
- 平成 16 年 9 月 15 日 一時撤去作業要領の打合せ（機器製作請負者に同行）

3) 工事用道路内のゲートに関する事項

相手方：茨城県大宮土木事務所

- 平成 16 年 8 月 3 日 輸送計画の説明とゲート措置に関する相談
- 平成 16 年 8 月 10 日 協議依頼文書発送「大強度陽子加速器施設 物質・生命科学実験施設構成機器の搬入に伴う茨城県大宮土木事務所の管理ゲートの一時撤去に係る協議について」（日本原子力研究所東海研究所長）
- 平成 16 年 8 月 17 日 許可文書発行（茨城県大宮土木事務所）

4) ふれあい広場北門のフェンス等に関する事項

相手方：東京電力(株)常陸那珂火力発電所

平成 16 年 8 月 5 日 文書発送「大強度陽子加速器施設建設における機材搬送に対する協力について」(大強度陽子加速器施設開発センター計画グループリーダー)

平成 16 年 8 月 20 日 一時撤去作業要領の打合せ(機器製作請負者に同行)

5) 工事用道路際の構造物に関する事項

相手方：那珂久慈流域下水放流渠シールド工事現地事務所長(鹿島 JV)

平成 16 年 4 月 7 日 輸送計画の説明と工程に関する相談

(3) 所内関係部署との調整

構内の障害物に関しても、事業所外の器物の扱いに関する相談と時期を合わせて所管部課室と相談を行い、一時撤去の合意を得ると共にその際の処置の方法を決定した。関係部課室との主な打合せは以下のとおりである。

平成 16 年 2 月 18 日 構内課と輸送計画に関する相談。

平成 16 年 7 月 6 日 大強度陽子加速器施設建設室と外灯(水銀灯)等の措置に関する相談

平成 16 年 7 月 29 日 構内課、管財課と器物措置に関する相談。

平成 16 年 8 月 5 日 管財課と松の木対策に関する相談(現地検分)

これらの相談を通じて、主な器物の扱い方針を以下のとおり確定した。

- ・ 道路沿いの速度標識は、輸送実施時に一時的取り外し、輸送完了後復旧させる。
- ・ 外灯(水銀灯)は 11 本を一時撤去する。今後の建設部所掌の道路整備計画との関係により復旧するのは 2 本とし、残りは所定の仮置き場に養生する。この際、電球と安定器を取り外し、再使用に備えて大強度陽子加速器施設建設室担当者に渡す。
- ・ 燃料輸送道路と八間道路の交差部に設置されているゲート、警備員小屋については、将来計画で更新されるので、撤去後、撤去品置場に運搬する。

(4) 障害となる器物に対する具体的な措置

障害となった器物の移設、一時撤去・復旧等の作業要領について以下に示す。

1) 電線、電話線の嵩上げ・移設に関する事項

機器製作請負者による専門業者への委託として、電線や電話線の嵩上げ、電柱の移設作業が実施された。この作業は道路や通信機器の利用者への配慮のため、夜間工事として行われた。

2) 工事用道路：JNC フェンス忍び返しの撤去・復旧作業手順 (Fig. 32 参照)

①有刺鉄線を番線カッターで切断する。

②フェンス支柱を地上高 2.2 m の位置でバンドソーにて切断する。

- ③輸送終了後、切断部で支柱を溶接し、サンダー仕上げする。
 - ④溶接部を同色のペンキで塗装する。
 - ⑤有刺鉄線の切断部をステンレス製針金で接続する。
- 3) 工所用道路：大宮土木事務所ゲートの撤去・復旧作業手順 (Fig. 33 参照)
- ①ゲート脇にユニック車(10 t クレーン)を設置する。
 - ②門扉に付いている蝶番のピンを取り外し、門扉を撤去する。
 - ③支柱を地上高 2 m の箇所ですガス切断し、上部を撤去する。
 - ④輸送終了後、切断部で支柱を溶接しサンダー仕上げする。
 - ⑤溶接部をペンキ (グレー系) 塗装する。
 - ⑥ユニック車にて門扉を復旧する。
- 4) 工所用道路：常陸那珂火力発電所ふれあい広場北門のフェンス忍び返しの撤去・復旧作業手順 (Fig. 33 参照)
- ①有刺鉄線を固定しているボルトを緩め、忍び返しの有刺鉄線を取り外す。
 - ②忍び返しのうち道路側から 4 本を地上高 2.2 m の箇所ですバンドソーにて切断する。
 - ③奥側の忍び返しについては L 型チャンネルを取り付けているボルトを取り外し、撤去する。
 - ④輸送終了後、切断した忍び返しを溶接し、サンダー仕上げする。
 - ⑤有刺鉄線を復旧する。
- 5) 構内：外灯撤去・復旧作業手順 (Fig. 34 参照)
- ①25t ラフタークレーン、運搬用トラック、ミニユンボを道路に配置する。
 - ②手掘りにてケーブル挿入部まで掘削し、ケーブルを切断する。
 - ③コンクリート基礎部にワイヤーを巻き、ラフタークレーンの主巻フックに取り付ける。
 - ④外灯ポール上部にナイロンスリングを巻き、補巻フックに取り付ける。
 - ⑤基礎周辺をミニユンボ及び手掘りにて掘削する。
 - ⑥外灯が転倒しないように主巻と補巻を調整しながら吊り上げる。
 - ⑦外灯を道路上まで旋回移動する。
 - ⑧主巻と補巻を調整しながら外灯を道路上で横に倒す。
 - ⑨コンクリート基礎部に玉掛けを行う。
 - ⑩外灯をトラックに積み込む。掘削箇所の埋め戻しを行う。
 - ⑪荷台に固縛完了後、仮置き場所まで運搬し、取り下ろしを行う。
 - ⑫輸送終了後、仮置き場所で、外灯をトラックに積み込み、復旧場所に運搬する。
 - ⑬復旧箇所の掘削を行う。
 - ⑭25 ラフタークレーンにて、外灯を吊り上げる。(③、④の要領)
 - ⑮外灯を掘削箇所に下ろし、復旧する。
- 6) 構内：燃料輸送道路 (八間道路) ゲートの撤去作業手順 (Fig. 35 参照)

- ①ゲート脇に 25 t ラフタークレーンを設置する。
- ②門扉に玉掛けを行い、ワイヤーの弛みがなくなるまでクレーンを巻く。
- ③ゲート支柱を根元からガス切断する。
- ④ゲートをトラックに積み込む。
- ⑤仮置き場所まで輸送し、取り卸しを行う。
- ⑥支柱の穴を土（砂）で埋め戻す。

7) 構内：松の木対策 (Fig.36 参照)

- ①障害となる松の木の側に高所作業車を設置する。作業車前後には交通誘導員を配置する。
- ②松の木の上部にワイヤーロープを巻き、近接する十分に丈夫な木や固定物からチェーンブロック等で引っ張る。
- ③輸送終了後、チェーンブロック、ワイヤーロープ等を取り外す。

3.4 仮設橋の強度評価

重量機器を輸送する際に工所用道路に設置された鋼製仮設橋を渡ることが必要であるため、搬入最大の荷重を有する機器（アウターライナー）を積載して通過する場合の強度評価を行った。

3.4.1 設計条件

仮設橋は幅 10 m、長さ 18 m（支間距離 17.4 m）である。Fig. 37 にモデル図を示す。使用鋼材は、履工板が KDL 200 x 1000 x 2000、主桁が BH-1200 x 350 x 9 x 22 である。

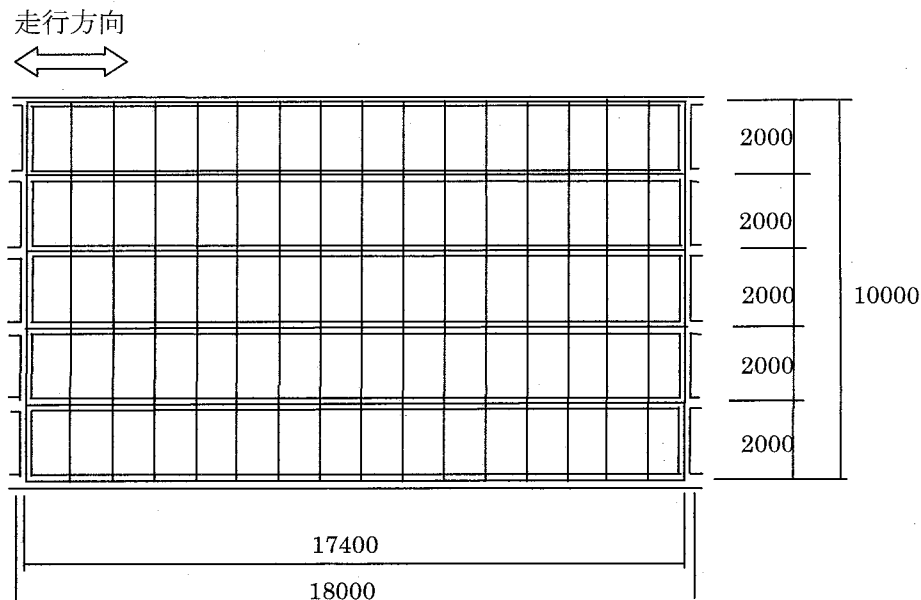


Fig. 37 仮設用モデル図

使用鋼材 SM490 の許容応力度は以下のとおりである。

許容軸方向引張応力度： $\sigma_{ta} = 280 \text{ N/mm}^2$

許容軸方向圧縮応力度

$$\begin{aligned} L/r \leq 16 & \quad \sigma_{ca} = 280 \text{ N/mm}^2 \\ 16 < L/r \leq 79 & \quad \sigma_{ca} = \{185 - 1.2(L/r - 16)\} \times 1.5 \text{ N/mm}^2 \\ L/r > 79 & \quad \sigma_{ca} = [1200000 / \{5000 + (L/r)^2\}] \times 1.5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ここで、 L : 部材の長さ(cm)、 r : 部材総断面の二次半径(cm) である。

許容曲げ応力度

$$\begin{aligned} L/b \leq 4.0 & \quad \sigma_{ba} = 280 \text{ N/mm}^2 \\ 4.0 < L/r \leq 30 & \quad \sigma_{ba} = \{185 - 1.2(L/r - 16)\} \times 1.5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ここで、 L : フランジ固定点間距離(cm)、 b : 圧縮フランジ幅(cm) である。

許容せん断応力度

$$\tau_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

3.4.2 荷重条件

(1) 衝撃係数

衝撃係数は支間距離 l [m] に対して

$$\frac{20}{50 + l}$$

で求められる。⁷⁾ 今、 $l=17.4$ m なので上式の値は 0.297 となる。これより、総和荷重に対し 29.7% を考慮する。即ち、衝撃係数 $k=1.297$ である。

(2) 固定荷重

固定荷重の要因は履行板と主桁である。各々の荷重は以下のとおり。

$$\begin{aligned} \text{履行板} \quad \text{KDL } 200 \times 1000 \times 2000 & : 2.150 \text{ kN/m}^2 \\ \text{主桁} \quad \text{BH-1200} \times 350 \times 9 \times 22 & : 2.600 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

(3) 積載荷重

最大荷重を有するアウターライナーを運搬する場合の荷重は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{車両重量} & : 35,000 \text{ kgf} = 348.28 \text{ kN} \\ \text{積載物重量} & : 75,000 \text{ kgf} = 735.50 \text{ kN} \\ \text{H 鋼材重量} & : 7,000 \text{ kgf} = 68.65 \text{ kN} \\ \text{上記合計} & : W_t = 1147.38 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.4.3 部材の断面 2 次モーメント及び断面係数

強度を評価する対象部材は主桁である。断面を Fig. 38 に示す。

$$\begin{aligned} \text{主桁} \quad \text{BH-1200} \times 350 \times 9 \times 22 & : 2.600 \text{ kN/m} \quad (\text{端部では BH-900} \times 300 \times 9 \times 22) \\ \text{断面積} : A & = 2 \times 2.2 \times 35 + 0.9 \times 115.6 = 154 + 104.04 = 258.04 \text{ cm}^2 \\ \text{断面 2 次モーメント} & : \end{aligned}$$

$$I = (35 \times 120^3 / 12) - 2 \times (17.05 \times 115.6^3 / 12)$$

$$=5040000 \cdot 4389819.2 = 650180 \text{ cm}^4$$

断面係数 : $Z = I / (120/2) = 10836 \text{ cm}^3$

ウェブ有効せん断面積 : $A_w = 104.04 \text{ cm}^2$

端部ウェブ有効せん断面積 : $A_w' = 59.04 \text{ cm}^2$

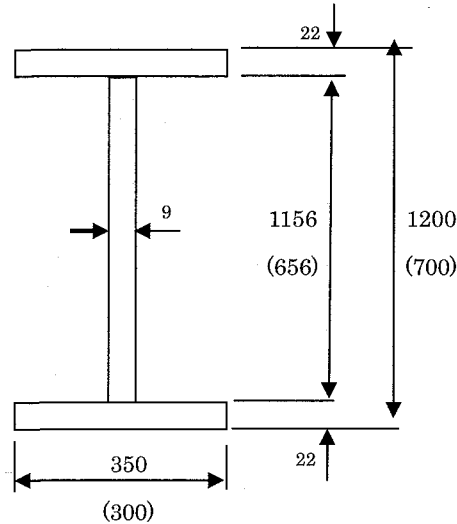


Fig. 38 主桁鋼の断面図

3.4.4 主桁の検討

主桁は桁受けに支持された単純梁として、最大荷重を有する機器を積載して走行する場合の強度を評価する。前項に記した他に計算に用いる主桁のパラメータは以下のとおりである。

縦弾性係数 : $E = 200 \text{ kN/mm}^2$

圧縮フランジ固定間距離 : $L' = 400 \text{ m}$

圧縮フランジ幅 : $b = 35 \text{ cm}$

橋の自重等の固定荷重は等分布荷重として曲げモーメントを計算する。積載荷重による曲げモーメントは最大になると考えられる位置における曲げモーメントを計算し、その両方の値の和から主桁部材の応力計算を行う。

(1) 固定荷重による応力

Fig. 39 に固定荷重モデル図を示す。

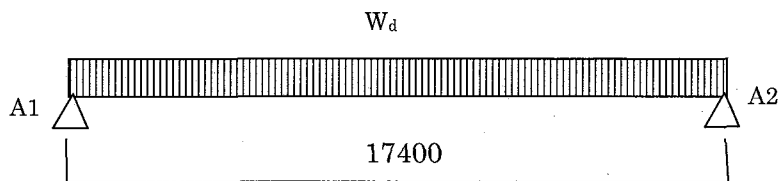


Fig. 39 仮設橋固定荷重モデル図

(a) 固定荷重

$$W_d = W_f @ + W_n$$

$W_f = 2,150 \text{ kN/m}^2$: 履工板自重

@ : 2000 mm = 2.0 m : 主桁 1 本が受け持つ履工板の幅

$W_n = 2,600 \text{ kN/m}$: 主桁自重

より、 $W_d = 6,900 \text{ kN/m}$

(b) 曲げモーメント

$$M_d = \frac{W_d \cdot 17.4^2}{8} = \frac{6900 \times 17.4^2}{8} = 261.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(c) せん断力

$$Q_d = \frac{W_d \cdot L}{2} = \frac{6900 \times 17.4}{2} = 60.03 \text{ kN}$$

(2) 積載荷重による応力

(a) 荷重

Fig. 40 に走行中の車両の車輪と主桁の間隔の関係図を示す。1 本の主桁にかかる最大荷重は 2 列の車輪の片方 (片側 4 本のタイヤの中心位置) が主桁の上にある状態に生じると考えられる。また、車両及び積載物の荷重はすべての車輪に均等に加わるものとする。このとき、片側の車輪 (4 本一組) の荷重は衝撃係数を考慮して、

$$P = \frac{k \cdot W_t}{12} = \frac{1.297 \times 1019.88}{12} = 110.23 \text{ kN}$$

主桁 A に加わる反力 R_A は

$$R_A = P + P \times \frac{2000 - 1840}{2000} = 119.05 \text{ kN}$$

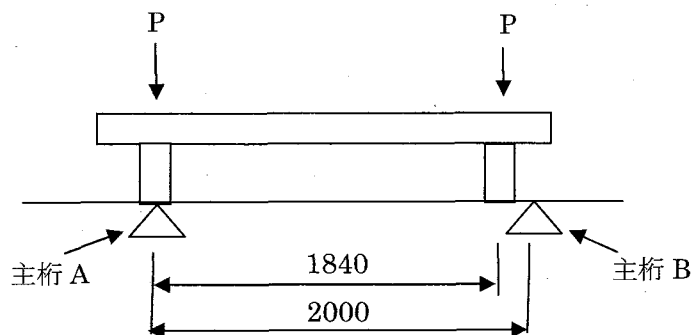


Fig. 40 主桁間隔とキャリア車輪位置の関係

(b) 曲げモーメント

この反力 RA による荷重が Fig. 41 のように主桁の中央部分に位置するとき、最大応力が生じる。

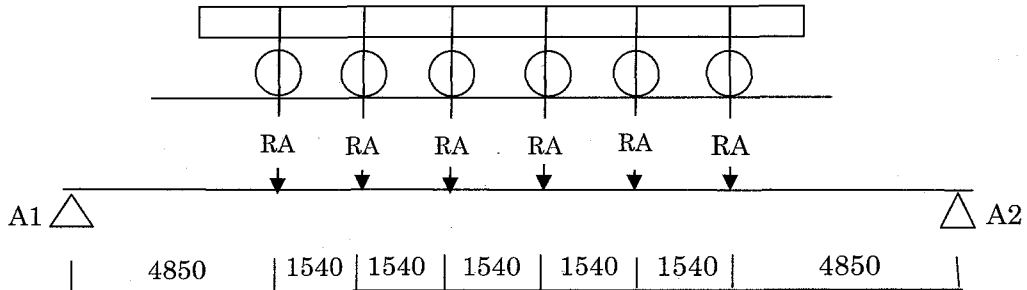


Fig. 41 主桁（支間）上におけるキャリアの位置

中央部における曲げモーメントは、

$$\begin{aligned} M1 &= 3 \times RA \times (4850 + 2 \times 1540) - RA \times 3 \times 1540 \\ &= 3 \times 119.05 \times (4850 + 2 \times 1540) - 119.05 \times 3 \times 1540 \\ &= 2282.19 \end{aligned}$$

(c) せん断力

$$Q1 = 3 \times RA = 3 \times 119.05 = 357.15$$

(3) 応力の計算結果

(1) 及び (2) より、固定荷重成分と積載荷重成分を合計した曲げモーメント及びせん断力は以下のとおりである。

項目	固定荷重	積載荷重	合計
曲げモーメント (kN・m)	261.13	2282.19	2543.32
せん断力 (kN)	60.03	357.15	417.18

(4) 断面の検討

(a) 許容曲げ応力度

$$\begin{aligned} L/b &= 11.43 \quad (4.0 < L/b \leq 80) \\ \sigma_{ba} &= \{185 - 3.8(L/b - 4.0)\} \times 1.5 = 235 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(b) 曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma_b &= M_{max}/Z = (2543.32 \times 10^6) / (10836 \times 10^3) \\ &= 234.71 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

曲げ応力度は許容曲げ応力度 235 N/mm^2 を超えない。

(c) せん断応力度

$$\begin{aligned}\tau &= Q_{max}/Aw' = 417.18 \times 10^3 / 59.04 \times 10^2 \\ &= 70.66 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力度は許容せん断応力 160 N/mm² より小さい値である。

(d) たわみの検討 (衝撃係数を含まない積載荷重のみによる)

$$\begin{aligned}\delta &= 5 MI \cdot P / (i \cdot 48 \cdot E \cdot D) \\ &= 5 \times 2282.19 \times 1000 \times 17400^2 / (1.297 \times 48 \times 200 \times 650180 \times 10^4) \\ &= 40.93 \text{ mm}\end{aligned}$$

鋼構造設計基準によると、はり材のたわみはスパンの 1/300 以下とされている。本件の場合、スパンが 17,400 mm より基準値は 58 mm であり、輸送時のたわみはこの基準値を超えない。

以上により、最大荷重を有する機器を積載して走行する場合、主桁に強度的問題は発生しないと結論できた。なお、今回の輸送作業ではユニットキャリアは重心位置を確認しながら走行するので、搬入時は人の歩行速度と同程度の速度での走行を予定しており、衝撃を生じる要因は小さいと考えられる。

4. 大型重量機器の搬入・据付作業記録

4.1 大型重量機器の搬入作業記録

重量機器の輸送作業は Table 4 に示したように平成 16 年 10 月 10 日（日）に実施する予定とした。しかしながら、輸送船は機器製作請負者の元から平成 16 年 10 月 6 日に出港したものの、台風の接近により輸送船が避難したため、予定日に常陸那珂港で接岸・水切りができなかった。このため、作業は平成 16 年 10 月 17 日（日）に順延し、実施するように工程を変更した。Table 5 に実施の際のスケジュールを示す。尚、障害となる機器の一時撤去のうち、9 月の日曜日作業としていた外灯の撤去作業については予定通り 9 月 19 日（日）と 26 日（日）に実施した。Photo 23, 24 に作業の様子を示す。

障害物撤去工事状況の例として、Photo 25 にフェンスの忍び返し部撤去作業の様子を示す。本作業は平日に実施したため、工事用車両が道路を通行する状況下で作業の安全確保のための監視者を配置し、3.3 項に示した作業要領に従って実施した。撤去部品については、期間中、機器製作請負者で保管した。

Photo 26 には工事用道路におけるゲートの撤去の作業状況を示す。ゲートは道路脇に仮置きし、転倒防止措置を講じた。ゲートの横のフェンスの撤去部品については、同様に、期間中、機器製作請負者で保管した。

那珂久慈流域下水放流渠シールド工事事務所付近の器物に関しては、相手方工事の進捗により、Table 3 ⑥に示したもののうち、タンク配管、排水設備、門扉用支柱が事前に撤去されることが判明したため、フェンスの措置と電柱の移設に対する措置を講じた。

機器製作請負者の工場からの海上輸送は、ライナー類とヘリウムベッセルを各々 499 屯型小型鋼船 2 隻に分けて積載し、実施した。機器は平成 16 年 10 月 12 日に常陸那珂港岸壁で水切りした後、そこに仮置きした。Fig. 42 に 500 t クレーンを用いた水切り計画図を示す。Photo 27～29 に水切り作業の様子を示す。ここで、輸送の効率性の点から、アウターライナーの底面にボトムライナーを取り付けた状態で運搬する計画とした。Photo 30 では水切り後の常陸那珂港岸壁における仮置き状況を示す。

機器の搬入は 10 月 17 日の早朝 6 時から実施することとしたため、前日のうちに運搬車両に機器を搭載し、待機することとした。アウターライナー下部は、500 t クレーンと 200 t クレーンを用いて立て起こしを行い、運搬車両 165 屯積ユニットキャリアに積載した。アウターライナー上部についても同様の要領で車両に積載した。立て起こし作業の状況を Photo 31, 32 に示す。また、ユニットキャリアに積載した状況を Photo 33 に示す。尚、ベースプレートに関しては、障害物の撤去措置を講ずる必要がなかったため、余分な遅れを生じないように工程調整した結果、10 月 13 日に構内に搬入し、現地据付工事に着手した。

常陸那珂港から構内への機器搬入作業に際しては、約 3km の行程における事故防止のため、港湾道路や工事用道路ゲート等に警備員及び交通整理員を配置するとともに、165 屯積ユニットキャリア、トレーラー等の輸送車両に警備員を同行させた。Fig. 43 及び 44 にアウターライナー輸送時の警備員配置計画図を示す。尚、発注者である中性子施設開発グループにおいても同行者を配置し、動静の把握並びに輸送作業の記録撮影等を行った。Photo 34～43 にアウターライナー下部の搬入状況を示す。電線嵩上げ箇所では、高所作業車を使用し、目視により接触が起こら

ないことを確認した。(Photo 34 参照) また、工事用道路進行中は警備員が道路沿いの器物との距離が確保されていることを確認しながら輸送を実施した。(Photo 35～41 参照) このように目視確認を行うとともに走行中の車両の重心位置をモニターしていたため、車両の速度は人が歩く速度と同じであった。Photo 42 には、構内における工事用道路と既存の輸送道路とが鋭角に交差する地点を通過する状況を示す。当初はスイッチバック方式の導入を検討したが、ユニットキャリアの方向転換性能を利用して既存の輸送道路に直接合流することができた。構内では路肩の樹木を擦りながら進行する箇所もあったが、事前に器物の一時撤去措置を講じたことにより、予定どおり搬入作業を実施することができた。

Photo 44～52 に示すように、アウターライナー上部、ヘリウムベッセルについても同様の要領で搬入を完了した。輸送作業は午前 6 時から開始し、14 時 50 分に最後のヘリウムベッセルを搬入した。機器は物質・生命工区内に仮置きし、据付に備えることとした。この仮置きの状況を Photo 53 に示す。

一時撤去した器物については、10 月 18 日～19 日に復旧作業を行い。結果を各々の所有者に報告し、確認を受けた。

4.2 大型重量機器の据付作業記録

本節では屋外作業として実施する機器据付工程うち、重量機器であるベースプレート、ボトムライナー、アウターライナー（下部、上部）、ベッセルサポートシリンダ、ヘリウムベッセル、サポートシリンダ内遮蔽及び枝管下部遮蔽の据付作業期間と据付結果についてまとめる。この工程は Fig.6 の(1)～(11)に相当する。ただし、現地における建築工事との調整の結果、中性子ビームダクトの取り付けは枝管下部遮蔽体の据付よりも後の時期に行うよう変更された。

据付結果には設計公差もカッコ内に示している。符合については、0-180°（南北）基準線に関しては、プラス（+）は機器が東側（90° 側）に位置することを、マイナス（-）は機器が西側（270° 側）に位置することを各々意味する。一方、90-270°（東西）基準線に関しては、プラス（+）は機器が北側（180° 側）に位置することを、マイナス（-）は機器が南側（0° 側）に位置することを各々意味する。また、高さについては、プラス（+）は機器が基準高さよりも高い位置にあることを、マイナス（-）は低い位置にあることを各々表す。

○ベースプレート

据付作業期間：平成 16 年 10 月 13～21 日、使用重機：180t クレーン

・位置：(トランジット測量による)

0-180° 基準線に対して 0° 側：+0.5 mm (±3 mm 以内)、180° 側：+1.5 mm (±3 mm 以内)

90-270° 基準線に対して 90° 側：±0 mm (±3 mm 以内)、270° 側：+0.5 mm (±3 mm 以内)

・高さ：(Yレベル AB-01 による)

半径 2.4 m 位置の基準面 12 箇所 -0.6～0 mm (全箇所 ±3 mm 以内)

・水平度：(水準儀 (チルティングレベル) PL-1 (Sokkia 社製)による)

0-180° の水平度：0.05 mm (1.2 mm 以下)

90-270° の水平度：0.24 mm (1.2 mm 以下)

○ボトムライナー

据付作業期間：平成16年10月22日～同 11月1日、使用重機：180t クレーン

・高さ：(Yレベル AB-01 による)

半径 4.95 m 位置の 0° , 90° , 180° , 270° の基準面 4 箇所 $-10.8 \sim -12$ mm ($-20/+3$ mm 以内)

○アウターライナー下部

据付作業期間：平成16年11月2～17日、使用重機：500t クレーン

・位置 (直尺をあてた測定による)

0- 180° 基準線に対して 0° 側： $+0.8$ mm (± 10 mm 以内)、 180° 側： -1.5 mm (± 10 mm 以内)

90- 270° 基準線に対して 90° 側： ± 0 mm (± 10 mm 以内)、 270° 側： -0.5 mm (± 10 mm 以内)

・高さ (Yレベル AB-01 による)

上面の 0° , 90° , 180° , 270° の基準面 4 箇所 $-8 \sim -10$ mm (± 15 mm 以内)

・水平度

0- 180° の水平度： 1.0 mm (10 mm 以下)

90- 270° の水平度： 2.0 mm (10 mm 以下)

○アウターライナー上部

据付作業期間：平成16年11月18～26日、使用重機：160t クレーン

・位置 (スチール巻尺をあてた測定による)

0- 180° 基準線に対して 0° 側： $+1.4$ mm (± 10 mm 以内)、 180° 側： -1.3 mm (± 10 mm 以内)

90- 270° 基準線に対して 90° 側： $+2.7$ mm (± 10 mm 以内)、 270° 側： -6.9 mm (± 10 mm 以内)

・高さ (Yレベル AB-01 による)

上面の 0° , 90° , 180° , 270° の基準面 4 箇所 $-14 \sim -6$ mm (± 20 mm 以内)

・水平度

0- 180° の水平度： 0.5 mm (10 mm 以下)

90- 270° の水平度： 8.0 mm (10 mm 以下)

○ベッセルサポートシリンダ

据付作業期間：平成16年11月29～30日、使用重機：160t クレーン

・位置 (PL-1 による測定)

0- 180° 基準線に対して 0° 側： $+0.3$ mm (± 1 mm 以内)、 180° 側： $+0.1$ mm (± 1 mm 以内)

90- 270° 基準線に対して 90° 側： ± 0 mm (± 1 mm 以内)、 270° 側： -0.1 mm (± 1 mm 以内)

・高さ (PL-1 による測定)

上面の 0° , 90° , 180° , 270° 基準面 4 箇所 $+0.03 \sim +0.45$ mm (± 0.5 mm 以内)

・水平度

0- 180° の水平度： 0.42 mm (1.2 mm 以下)

90- 270° の水平度： 0.09 mm (1.2 mm 以下)

○ヘリウムベッセル

据付作業期間：平成16年12月7日、使用重機：360t クレーン

高精度トータルステーションTDA 5005 (Leica 社製) を用いた光学測量で設置位置を確認。

ヘリウムベッセル中心位置は、0-180° 基準線に対して +1.5 mm (即ち東側に)、90-270° 基準線に対して+0.9 mm (即ち北側に) あること、ヘリウムベッセルの 0-180° 線は当初の基準線に対して時計回りに 0.01524° 回転している。さらに、陽子ビームが入射する基準高さは設計高さよりも 1.65 mm 低い高さにある。

○サポートシリンダ内遮蔽

据付作業期間：平成16年12月1～2日、使用重機：160t クレーン

・高さ(鋼製巻尺による測定)

上面の 0° から 360° まで 45° 毎の基準面 8 箇所について基準高さ (1225 mm) に対して +3～+9 mm (±25 mm 以内)

・ベッセルサポートシリンダとの隙間 (鋼製直尺による測定)

0° から 360° まで 45° 毎に 8 箇所の隙間を測定し、35～43 mm (30 mm 以上～50 mm 以下)

○枝管下部遮蔽

据付作業期間：平成16年12月17～28日、使用重機：360t クレーン

・高さ(コンベックスによる測定)

最上面の 0° から 360° まで 45° 毎の基準面 8 箇所について基準高さ (2255 mm) に対して -3.5～-1 mm (±4 mm 以内)

・ベッセルサポートシリンダとの隙間 (鋼製直尺とコンベックスによる測定)

0° から 360° まで 45° 毎に 8 箇所の隙間を測定し、37.5～43.5 mm (30 mm 以上～50 mm 以下)

このように、重量機器の据付を設計公差を十分満足させて実施できた。中でもヘリウムベッセルの据付は、物質・生命科学実験施設の陽子ビームターゲット台車中心線を確定させ、後続して設置する上流側の陽子ビームラインから下流の放射化機器取扱室に至る機器のほか、実験ホールに伸びる各中性子ビームライン上に設置する機器の設置基準を与える重要なマイルストーンであった。尚、ヘリウムベッセル設置位置の当初の基準からのずれは問題のない値である。

今回の一連の重量機器を扱う作業によって、アウターライナー内の区画された空間内において、今後継続する遮蔽体及び中性子ビームシャッターシステム等の重量機器を当初の計画した据付工程に沿って行う見通しを得ることができた。

5. まとめ

大強度陽子加速器計画（J-PARC）において、物質・生命科学実験施設に設置する1 MW核破碎中性子源を構成する機器の据付工程を策定するとともに、アウターライナー、ヘリウムベッセル等、大型重量機器の搬入計画を立案した。特に、J-PARCに設置する機器の中でも最大級の直径10 m、高さ6.6 m、重量65 tのアウターライナーを搬入するために陸上輸送と海上輸送方法の比較検討を行い、常陸那珂港に荷卸しし、ここから港湾道路、工所用道路、構内輸送道路を経由して物質・生命工区に搬入する約3 kmの経路を選定した。

次に、機器を搬入する際に輸送経路で干渉する器物を調査し、事業所内外で21の対象物を摘出した。事業所外の障害は、電線、電柱、フェンス忍び返し、ゲート支柱であることがわかった。これらを所有する機関（合計5機関）と約3月前から具体的な実施の相談を行った上で、器物の移設、一時撤去の措置方法を決定した。構内では外灯（11本）、速度標識、ゲート等に対する措置が必要となることが判明したため、関係部課室と対策を相談し、処置方法を決定した。また、搬入経路上にある仮設橋を運行するために、強度評価を行って安全性を確認した。

障害物の一時撤去・復旧工事を含めた搬入作業については、機器設計段階より建家建築工事担当部署をはじめとするJ-PARC関係者に周知を図り、実施段階では工程会議において他の工事との調整を行った。工程調整の結果、障害物対策（復旧作業を含む）に9日、搬入作業に1日とするスケジュールを確定した。また、搬入に際しては輸送経路に警備員及び交通整理員を配置すると共に、車両に同行し通行の安全を確保するように計画した。

このように周到な準備を行った結果、台風による実施日の変更が生じたものの、無事に大型重量機器の搬入を完了した。引き続き、ライナー機器、ヘリウムベッセル及び一部の遮蔽体の据付作業を行い、計画した据付精度を満足させて据付を完了した。

今回の作業により、中性子源ステーション計画の特徴である重量機器の搬入・据付作業に関して多くの知見を得るとともに据付作業の管理要領を習得し、後続する機器の製作・据付に活用することのできる知識基盤を築くことができた。また、据付工程の策定により、物質・生命科学実験施設の完成まで期間のマイルストーンを明らかにしたことは、設計作業の重要な成果の1つと位置づけられる。実際、ヘリウムベッセルの据付により、中性子源ステーションの陽子ビームライナーターゲット台車中心線が定まり、他の機器の据付計画にも反映される。

最後に、大型重量機器の搬入作業についてはプレスにも広報を行い、NHKニュース（首都圏版）をはじめ複数の新聞報道により一般に広く周知された。なお、輸送作業を含めたライナー・ベッセル機器及びターゲットステーション遮蔽体の製作請負者は三井造船株式会社である。

謝 辞

今回の大型重量機器の輸送に関しては、計画立案段階において(株)上組に運搬方法全般に助言を頂きました。ここに謝意を表します。輸送計画の立案から実施までの期間における、原研の構内課、管財課（現・東海研究開発センター管理部総務課及び管財課）、大強度陽子加速器施設建設室の関係者の御協力に深く感謝します。茨城県大宮土木事務所、核燃料サイクル開発機構東海事業所（現・原子力機構東海研究開発研究センター核燃料サイクル工学研究所）、東京電力(株)常陸那珂発電所、那珂久慈流域下水放流渠シールド工事事務所（鹿島 JV）には輸送時に干渉する器物の一時的な撤去に快くご協力頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。これら機関への説明及び搬入作業に係るプレス等への対応にご協力頂きました鈴木國弘大強度陽子加速器施設開発センター計画グループリーダー（現・陽子加速器施設開発ユニット計画調整グループリーダー）に謝意を表します。また、準備段階における一連の作業の要領確認、搬入作業の監理、記録作成に従事頂いた中性子施設開発グループ員に深く感謝します。重量機器の搬入に係る工事要領を作成し、それに従い安全に作業を実施して頂いた三井造船株式会社に対して敬意を表します。

参考文献

- 1) 日本原子力研究所・高エネルギー加速器研究機構共同推進チーム、「大強度陽子加速器計画」、JAERI-Tech 2000-03 (2000).
- 2) 物質・生命科学実験施設建設チーム、「大強度陽子加速器プロジェクト 物質・生命科学実験施設機器技術設計書」、JAERI-Tech 2004-001 (2004).
- 3) 前川藤夫、勅使河原誠、高田弘、古坂道弘、渡辺昇、「大強度陽子加速器計画における核破砕中性子源のバルク遮蔽に関する検討」、JAERI-Tech 2002-035 (2002).
- 4) SNS 計画ホームページ <http://www.sns.gov/>; “Spallation Neutron Source Project Completion Report”, SNS 100000000-BL0005-R00 (Oak Ridge National Laboratory) (2006).
- 5) McManamy, T. : Private communication.
- 6) 田村昌也、前川藤夫、「大強度陽子加速器計画における核破砕中性子源の3次元遮蔽設計」、JAERI-Tech 2003-010 (2003).
- 7) 日本道路協会、「道路橋示方書・同解説 ～1 共通編 2 鋼橋編～ 改訂版」、日本道路協会；丸善(株)、(2002).

Table 1 中性子ターゲットストラクチャー構成主要機器の寸法、重量及び運搬方法

種別	機器名称	全長 (外径)	全幅 (内径)	全高	数量	質量 (kg/基)	水切場所		水切 重機	運搬 車両	据付 重機	海上 輸送
							那珂	原電				
ライナー・ベッセル及び支持機器	ベースプレート	φ5000		80	1	13,000	○	○	500t	20tTL	160t	台船
	ボトムライナー	φ9900	φ4900	20	1	9,500	○	×	"	165tUC	200t	"
	アウターライナー下部本体	φ10340		6600	1	62,000	○	×	"	"	500t	"
	アウターライナー上部本体	φ10740		2650	1	30,000	○	×	"	"	300t	"
	ハリウムベッセル	φ2200		2375	1	19,400	○	○	360t	20tTL	200t	内航船①
	サポートシリンドラ	4140		6395	1	63,000	○	○	"	165tUC	500t	"
	ハリウムベッセル上蓋	φ2640		70	1	3,100	○	○	"	10tTR	50t	"
	ターゲット台車挿入部 ライナー				3	Max 5,000	-	-	-	"	50t仮設 クレーン	陸送
	配管樋				1		-	-	-	"	本設クレーン	"
	乾燥空気配管				2		-	-	-	"	本設クレーン	"
	サポートシリンドラ内遮蔽	φ1800		1300	1	24,000	○	○	300t	30tTL	300t	内航船②
	枝管下部遮蔽	φ4540/2	φ2300/2	1215	1	55,000	○	○	"	50tTL	360t	"
	"	φ4540/2	φ2300/2	1215	1	55,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ4540/2	φ2300/2	1100	1	50,000	○	○	"	"	"	"
"	φ4540/2	φ2300/2	1100	1	50,000	○	○	"	"	"	"	

Table 1 中性子ターゲットステーション構成主要機器の寸法、重量及び運搬方法 (つづき)

種別	機器名称	全長 (外径)	全幅 (内径)	全高	数量	質量 (kg/基)	水切場所		水切 重機	運搬 車両	据付 重機	海上 輸送
							那珂	原電				
	枝管部遮蔽	φ4540/2	φ3100/2	758	1	20,000	○	○	"	20tTL	300t	"
	"	φ4540/2	φ3100/2	758	1	20,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ4540/2	φ3100/2	1153	1	23,000	○	○	"	30tTL	"	"
	"	φ4540/2	φ3100/2	1153	1	23,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ3180/2	φ2960/4	12	4	8	○	○	"	10tTL	"	"
	枝管上部遮蔽	φ4540/2	φ2200/2	1145	1	50,000	○	○	300t	110tTL	仮設クレーン	内航船③
	"	φ4540/2	φ2200/2	1145	1	50,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ4540/2	φ2200/2	400	1	20,000	○	○	"	20tTL	"	"
	"	φ4540/2	φ2200/2	400	1	20,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ4600/2	φ2500/2	1260	1	43,000	○	○	"	50tTL	"	"
	"	φ4600/2	φ2500/2	1260	1	43,000	○	○	"	"	"	"
	上部リング遮蔽	φ4000	φ3080	1440	1	45,000	○	○	"	"	"	"
	ベッセル上部遮蔽	φ4000		620	1	47,000	○	○	500t	"	本設クレーン	内航船⑧
	"	φ4000		450	1	44,000	○	○	"	"	"	"
	陽子ビーム入射部遮蔽	φ9440/6	φ4640/6	785	1	50,000	○	○	300t	50tTL	仮設クレーン	内航船④
	"	φ9440/6	φ4640/6	785	1	50,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	900	1	50,000	○	○	"	110tTL	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	700	1	45,000	○	○	"	100tTL	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	700	1	45,000	○	○	"	50tTL	"	"

ターゲットステーション遮蔽体

Table 1 中性子ターゲットステーション構成主要機器の寸法、重量及び運搬方法(つづき)

種別	機器名称	全長 (外径)	全幅 (内径)	全高	数量	質量 (kg/基)	水切場所		水切 重機	運搬 車両	据付 重機	海上 輸送
							那珂	原電				
	"	φ9440/6	φ4640/6	250	1	14,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	650	1	40,000	○	○	"	10tTR	"	"
	"	φ3180/2	φ2960/4	12	4	8	○	○	"	10tTL	"	"
	ターゲット台車挿入部遮蔽	2400	1000	2935	1	57,000	○	○	300t	10tTR	仮設クレーン	内航船⑦
	"	2400	1000	2935	1	47,000	○	○	"	50tTL	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	335	1	25,000	○	○	"	110tTL	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	650	1	43,000	○	○	"	50tTL	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	650	1	43,000	○	○	"	"	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	250	1	4,600	○	○	"	"	"	"
	"	φ9440/6	φ4640/6	650	1	43,000	○	○	"	"	"	"
	天井遮蔽	8550	2080	1100	4	70,000	○	○	500t	110tTL × 4	本設クレーン	内航船⑧
	"	10983	1430	1100	4	70,000	○	○	"	"	"	"
	"	11000	1280	1100	3	70,000	○	○	"	110tTL × 3	"	"
	"	11600	1180	1100	4	70,000	○	○	"	110tTL × 4	"	"
	天井遮蔽枠板	11980	11700	225	1	8,400	-	-	"	10tTR	本設クレーン	陸送
	"	12580	12300	225	1	7,800	-	-	"	"	"	"

ターゲットステーション遮蔽体

Table 1 中性子ターゲットステーション構成主要機器の寸法、重量及び運搬方法 (つづき)

種別	機器名称	全長 (外径)	全幅 (内径)	全高	数量	質量 (kg/基)	水切場所		水切 重機	運搬 車両	据付 重機	海上 輸送
							那珂	原電				
ターゲットステーション遮蔽体	天井遮蔽気密シート	12580	12300	1	1	200	-	-	-	10tTR	仮設クレーン	陸送
	配管樋遮蔽	3243	1250	200	1	6,300	-	-	-	10tTR	"	"
	"	3243	1250	200	1	6,300	-	-	-	10tTR	"	"
	"	3343	2400	250	1	14,000	-	-	-	10tTR	"	"
	陽子ビーム窓ポート上部遮蔽	2300	2200	1240	1	12,000	-	-	-	10tTR	"	"
	"	2300	600	300	1	3,000	-	-	-	10tTR	"	"
	"	2300	1700	300	1	9,000	-	-	-	10tTR	"	"
	中性子ビームダクトプラグ	φ294		2440	23	1,000	-	-	-	10tTR × 3	"	"
	中性子ビームダクトプラグ 挿入架台	2000	2000	2000	1	1,000	-	-	-	10tTR	"	"
	中性子ビームシャッターシステム	シャッター間構造体支持台座 1	φ4670	φ3000	扇角	2		-	-	300t	15tTR	仮設クレーン
シャッター間構造体支持台座 2		φ4670	φ3000	扇角	2		-	-	"	15tTR	"	"
陽子ビーム入射部遮蔽台座		φ4770	φ2320	扇角 54°	1		-	-		10tTR	"	"
ターゲット台車挿入部遮蔽台座		φ4770	φ2320	扇角 57.5°	1		-	-		10tTR	"	"

Table 1 中性子ターゲットステーション構成主要機器の寸法、重量及び運搬方法(つづき)

種別	機器名称	全長 (外径)	全幅 (内径)	全高	数量	質量 (kg/基)	水切場所		水切 重機	運搬 車両	据付 重機	海上 輸送
							那珂	原電				
中性子ビームシャッターシステム	シャッター間構造体 1	2400	730	4370	1	26,600	○	○	"	30tTL	"	内航船⑤
	シャッター間構造体 2	2400	729	4370	1	26,600	○	○	"	30tTL	"	"
	シャッター間構造体 3	2400	729	4370	1	26,600	○	○	"	30tTL	"	"
	シャッター間構造体 4	2400	729	4370	1	26,600	○	○	"	30tTL	"	"
	シャッター間構造体 5	2400	729	4370	1	26,600	○	○	"	30tTL	"	"
	シャッター間構造体 6	2400	701	4370	1	27,400	○	○	"	30tTL	"	"
	シャッター間構造体 7	2400	545	4370	1	15,300	○	○	"	20tTL	"	"
	シャッター間構造体 8	2400	543	4370	1	15,200	○	○	"	20tTL	"	"
	シャッター間構造体 9	2400	773	4370	1	24,800	○	○	"	30tTL	"	"
	シャッター間構造体 10	2400	608	4370	1	19,200	○	○	"	20tTL	"	"
	シャッター間構造体 11	2400	842	4370	1	33,600	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 12	2400	1032	4370	1	45,000	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 13	2400	1032	4370	1	45,000	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 14	2400	1032	4370	1	45,000	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 15	2400	1032	4370	1	45,000	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 16	2400	638	4370	1	19,100	○	○	300t	20tTL	"	内航船⑥
	シャッター間構造体 17	2400	544	4370	1	15,100	○	○	"	20tTL	"	"
	シャッター間構造体 18	2400	546	4370	1	13,300	○	○	"	20tTL	"	"
	シャッター間構造体 19	2400	1120	4370	1	56,000	○	○	"	110tTL	"	"

Table 1 中性子ターゲットシステム構成主要機器の寸法、重量及び運搬方法 (つづき)

種別	機器名称	全長 (外径)	全幅 (内径)	全高	数量	質量 (kg/基)	水切場所		水切 重機	運搬 車両	据付 重機	海上 輸送
							那珂	原電				
中性子ビームシャッターシステム	シャッター間構造体 20	2400	988	4370	1	42,600	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 21	2400	984	4370	1	42,600	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 22	2400	773	4370	1	30,900	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 23	2400	887	4370	1	38,200	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 24	2400	1045	4370	1	49,300	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッター間構造体 25	2400	1023	4370	1	45,900	○	○	"	50tTL	"	"
	シャッターブロック A	2000	300	3820	10	15,500	○	○	"	20tTL x 10	"	"
	シャッターブロック B	2000	300	3820	12	15,500	○	○	"	20tTL x 12	"	"
	シャッターブロック C	2000	300	3820	1	15,500	○	○	"	20tTL	"	"
	シャッター上部遮蔽ブロック				23	max, 11,760	-	-	-	10tTR x 16, 15tTR x 7	"	陸送
	シャッター駆動機構				23		-	-	-	10tTR x 4	"	"

Table.2 常陸那珂港と日本原子力発電(株)東海港の使用方法

項目	常陸那珂港	原電東海港
使用申請先	茨城県常陸那珂港湾事務所	日本原子力発電(株)東海発電所
入港条件	特になし。 船長判断で入港可能状況であれば可。	水切り当日早朝の入港会議にて可否判断。以下の条件を満足することが判定基準となる。 <ul style="list-style-type: none"> ・有義波 1.5m 以下、風速 10m 以下、視界 1,500m 以上 ・入港時にはパイロット、タグボートが必要 ・事前に港入口の水深調査を行い、浅い場合は浚渫工事を行う。(水深データ非公開) 出港時にも適用。
水切作業条件	風速 10 m 以下、船体動揺上下±50 cm、前後 1 m 程度であるが、最終判断は発注者、荷役会社、船長の三者による合議。	本船入港時に荷役可否会議を行い判断。以下の条件を満足のこと。 <ul style="list-style-type: none"> ・有義波 1.5 m 以下、風速 10 m 以下 ・船体動揺 前後 50 cm 以下、左右 30 cm 以下、上下 30 cm 以下。
揚重機	なし。水切業者が手配。	125t/ 30t ジブクレーン
仮置きスペース	10,000 m ² 以上	5,000 m ² 以上。ただし上記水切り作業条件を満足していないと港への立入不可。
輸送経路	港湾道路通行のために法的許認可を得ること(港湾事務所、警察)	法的許認可は不要であるが、原電構内のゲートあり。7 m幅。且大品を輸送するには道路幅が狭い(6.7 m)

Table 3 原研・構外の輸送道路周辺の器物との干渉状況と対応措置

番号	場所	対象物	高さ	対処方法	関係部署	備考	現場写真
①	常陸那珂港内守衛 所前	守衛所用電線	5165		NTT-Me	道路横断部	Photo 1
②	常陸那珂港出口	高圧線 (横断)	約 7,000		東京電力水戸支社	道路横断部	Photo 2
		電話線 (横断)	約 5,640	4m 嵩上げ	NTT-Me	道路横断部	
③	工事用道路仮設門	門扉	2500	片側を一時撤去	原研・管財課		Photo 3
④	東京電力鉄塔付近	JNC 所有フェンス (約 40m)	2,610	忍び返し部を一時撤去し、 高さを 2,200 mm にする。	核燃料サイクル機 構・総務課	平成 15 年度設置物	Photo 4
⑤	平和・西野 JV 入口 付近	電話線 (横断)	6,000	4m 嵩上げ	NTT-Me	公園支 直 1 / 左 63 / 50 公園支 直 2 / 左 63 / 50	Photo 5
		工事フェンス①	3,750	一時撤去	鹿島 JV		Photo 6
⑥	鹿島・不動 JV	タンク配管	3,000	一時撤去	鹿島 JV		Photo 7
		排水設備		一時撤去	鹿島 JV		Photo 8
		門扉用支柱	2,600	短いパイプと取替	鹿島 JV	単管パイプ	Photo 9
⑦	鹿島・不動 JV 入口 過ぎ	高圧線 (横断)	約 9,000		東京電力水戸支社	長砂 3 330	Photo 10
⑧	鹿島・不動 JV	工事フェンス②					
		電柱		新規に背の高い電柱を事務 所脇に建て、線に移す。			公園支 直 1 / 左 63 / 50
⑨	大宮土木事務所管 理ゲート付近	ゲート支柱		片側の支柱を一時撤去	大宮土木事務所		Photo 11
⑩	東京電力常陸那珂 火力発電所「ふれ あい広場」北門	フェンス		忍び返し部を一時撤去	東京電力常陸那珂 火力発電所		Photo 11
		監視カメラ		一時撤去			

Table 3 原研・構外の輸送道路周辺の器物との干渉状況と対応措置(つづき)

番号	場所	対象物	高さ	対処方法	関係部署	現場写真
⑪	南地区門付近	交通標識		一時撤去	構内課	Photo 12
⑫	南地区門守衛所手前	水銀灯 (No. 50)	約 8,000	一時撤去	大強度陽子加速器施設 建設室(以下、「建設 室」)、管財課	Photo 13
⑬	南地区門守衛所前	水銀灯 (No. 49)	約 8,000	一時撤去	建設室、管財課	Photo 14
⑭	南地区門守衛所過ぎ 右折ポイント	速度標識 水銀灯 (No. 47)	約 8,000	上部を一時撤去 撤去後、雨養生を施し指定場所に仮置	構内課 建設室、管財課	Photo 15
⑮	工事用道路各所	速度標識		一時撤去、計 6 本	構内課	Photo 16
⑯	NUCEF 棟前合流部	水銀灯 (No. 29)	約 8,000	撤去後、雨養生を施し、指定場所に仮 置き	建設室、管財課	Photo 17
⑰	燃料輸送道路	水銀灯 (No. 30, 31)		同 上	同 上	Photo 18
⑱	八間道路ゲート (北側) 付近	ゲート門柱・門扉		撤去後、撤去物置き場に移動	管財課	Photo 20
		水銀灯 (No. 32)	約 8,000	撤去後、雨養生を施し指定場所に仮置	建設室、管財課	
		守衛小屋		屋根部を撤去	構内課	Photo 19
		黄色回転灯		撤去。	構内課	Photo 20
⑲	八間道路ゲート (南側) 付近	タンク		外側に 2 m 移設	KEK 施設部	Photo 21
		ゲート門柱・門扉		撤去後、撤去物置き場に移動	管財課	
		水銀灯 (No. 33)	約 8,000	撤去後、雨養生を施し指定場所に仮置	建設室、管財課	
⑳	ゲート過ぎ	水銀灯 (No. 34-37)	約 8,000	同 上	建設室、管財課	Photo 22
21	建設 JV 仮設事務所前	仮設電話線		一旦道路に下ろし、養生	NTT-Me、構内課	

(注 1) 仮置きする水銀灯については、ランプ玉と安定器を取り外し、建設室担当者に提出する。

(注 2) 道路沿いの松ノ木は必要に応じて養生する。

Table 4 輸送道路周辺の障害物撤去・復旧作業工程表

項目	平成16年9月							平成16年10月						
	18日(土)	19日(日)	26日(日)	7日(木)	9日(土)	10日(日)	11日(月)	12日(火)	13日(水)	17日(日)				
外灯基礎周り	■													
外灯撤去・埋戻し・運搬・仮置(No.29~37)	■													
外灯撤去・埋戻し・運搬・仮置(No.47~49)			■											
構内ゲート撤去・運搬			■											
大宮土木事務所ゲート撤去・仮置			■											
構内 松の木対策				■										
JNCフェンス忍び返し撤去				■										
東京電力忍び返し撤去					■									
工事用道路入口ゲート門撤去						■								
工事用道路入口ゲート門復旧							■							
東京電力忍び返し復旧								■						
JNCフェンス忍び返し復旧									■					
フェンスペンキ塗装										■				
構内 松の木復旧											■			
外灯運搬												■		
外灯復旧													■	
大宮土木事務所ゲート復旧														■
構内 水タンク移設			■											
45t ラフタークレーン		1台	1台											1台
25t ラフタークレーン		1台	1台			1台								1台
10tトラック		1台	1台			1台								1台
高所作業車		1台	1台			1台					1台			1台
2t ダンプ車		1台	1台			1台								1台
ミニコンボ		1台	1台			1台								1台

Table 5 大型重量機器の搬入に関するスケジュール

月 日	場所	内容	参考写真
10月7日(木)	工専用道路	JNC フェンス一部撤去	Photo 25
	構内輸送道路	松の木対策	
10月12日(火)	常陸那珂港	ライナー機器(ベースプレート、ボトムライナー、アウターライナー等)、ヘリウムベッセルの水切り。	Photo 27-30
10月13日(水)	常陸那珂港～物質・生命科学実験施設建設現場	ベースプレートの輸送及び設置	
10月16日(土)	工専用道路	大宮土木事務所ゲート一部撤去、東電フェンス忍び返し、モニターの撤去	Photo 26
	構内輸送道路	速度標識撤去、	
10月17日(日)	工専用道路	常陸那珂港湾道路側ゲート撤去	
同	常陸那珂港～物質・生命科学実験施設建設現場	アウターライナー(下部、上部)、ベッセルサポートシリンダー、ヘリウムベッセルの輸送、仮置き	Photo 31-53
10月18日(月)	工専用道路	大宮土木事務所ゲート一部撤去、東電フェンス忍び返し、モニターの復旧	
	構内輸送道路	松の木、速度標識の復旧	
10月19日(火)	工専用道路	JNC フェンス復旧	

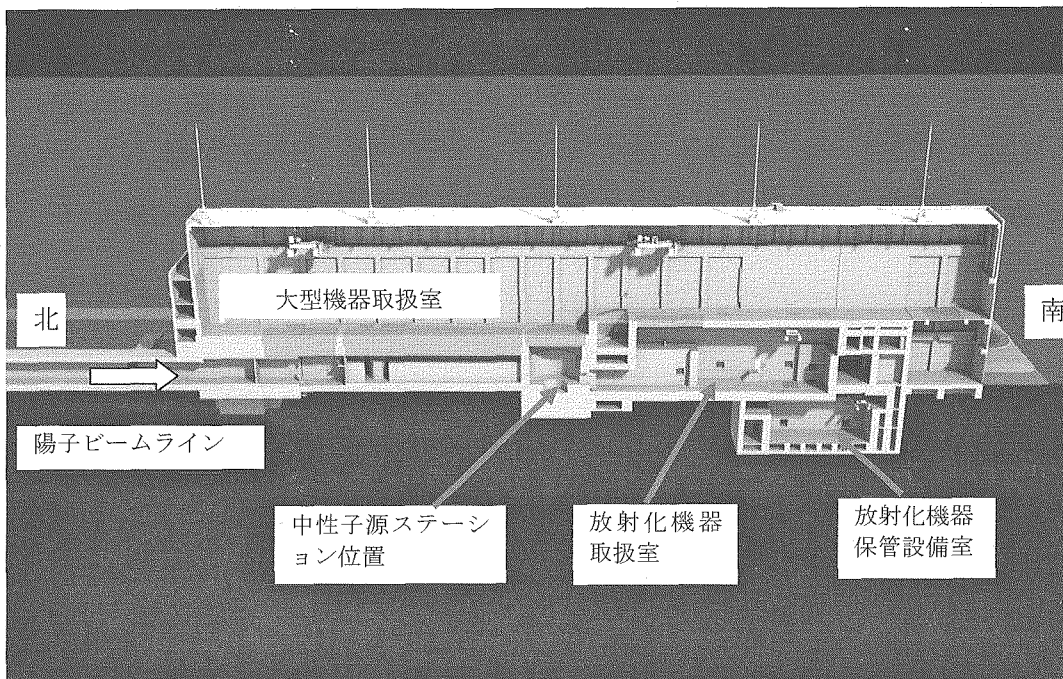


Fig. 1 物質・生命科学実験施設の南北方向断面.

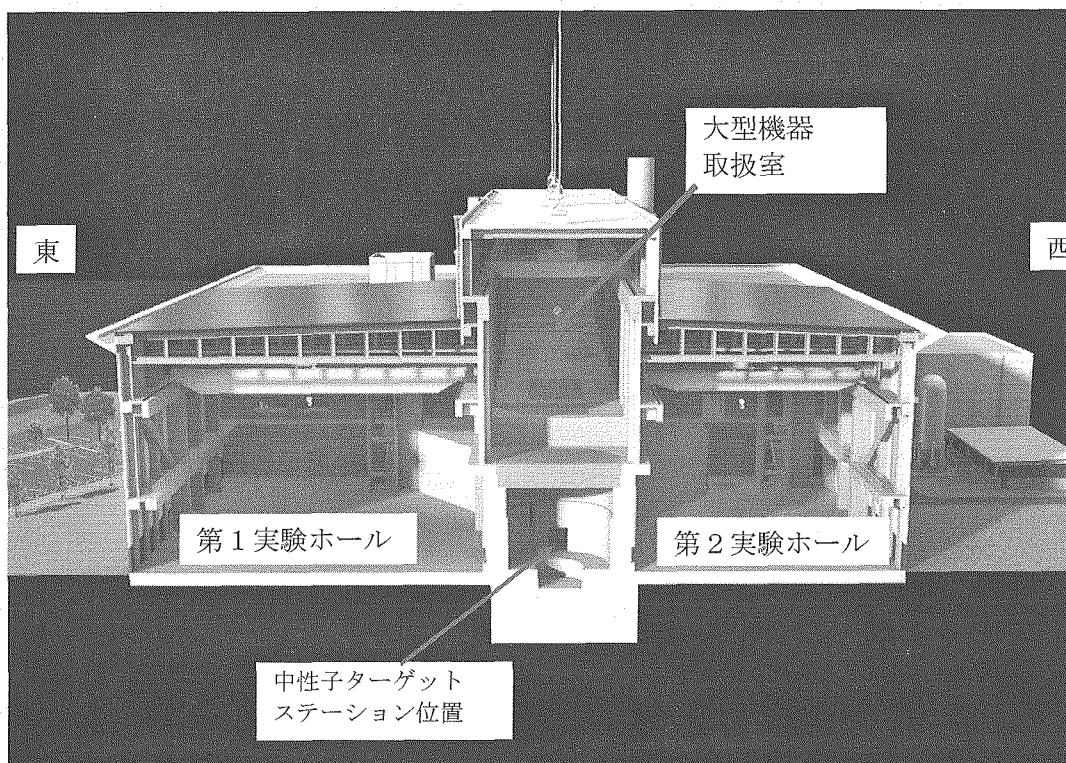


Fig. 2 物質・生命科学実験施設の東西方向断面

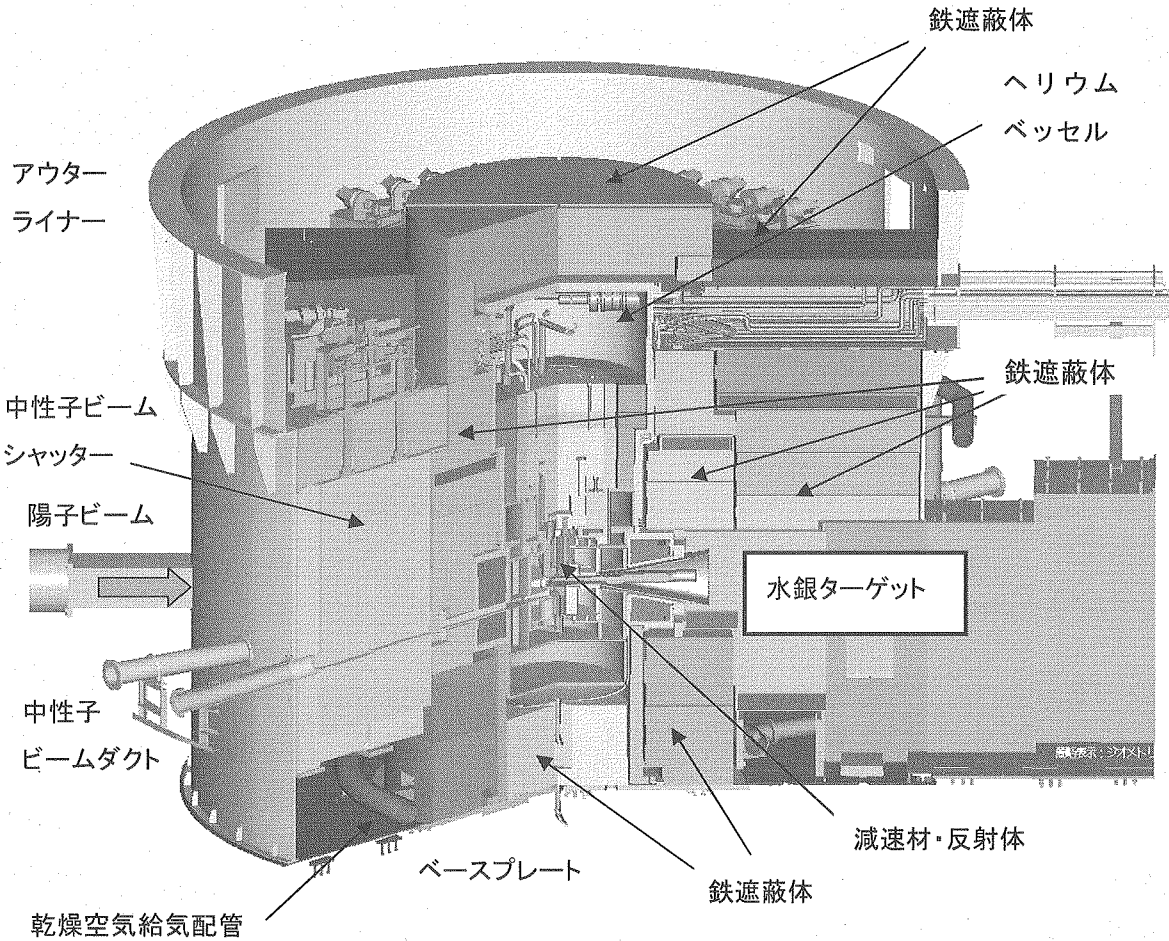


Fig. 3 1MW 核破砕中性子源の3次元鳥瞰図

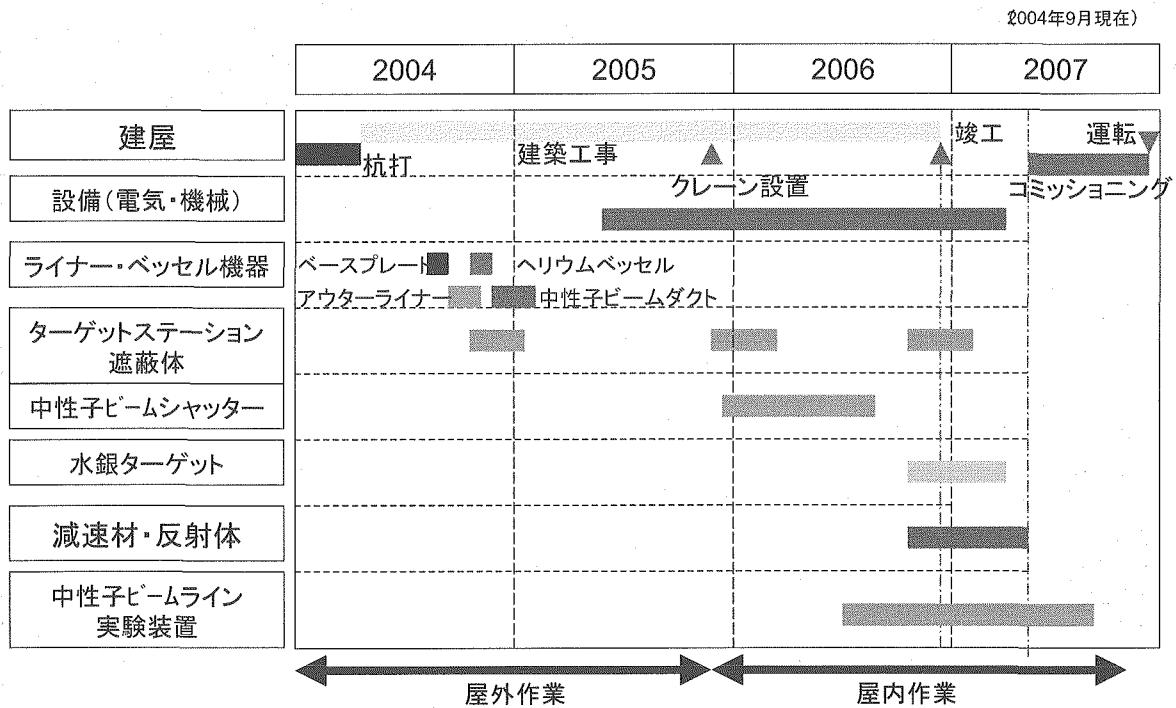


Fig. 4 1MW 核破砕中性子源ステーションの主要構成機器の据付概略工程

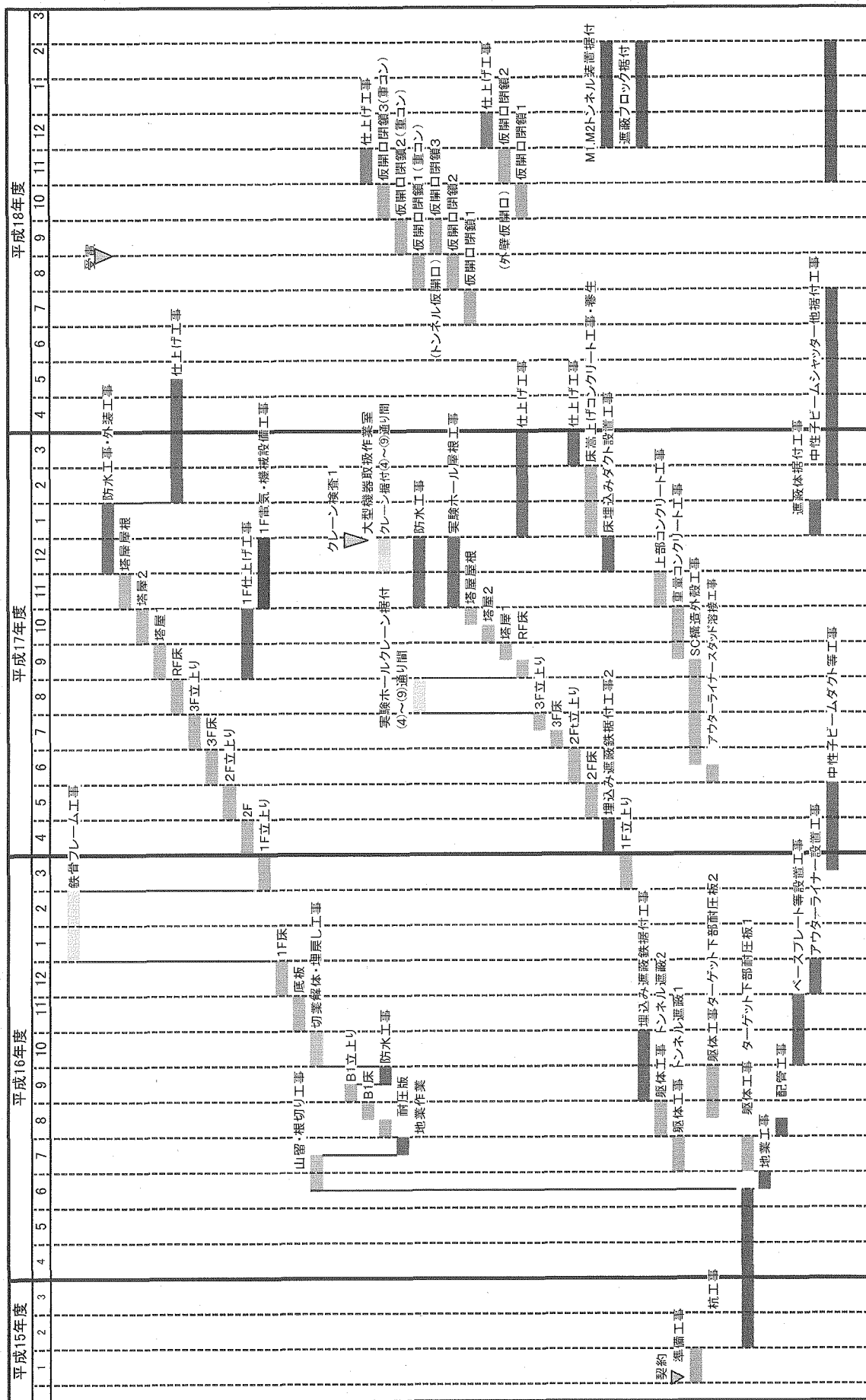
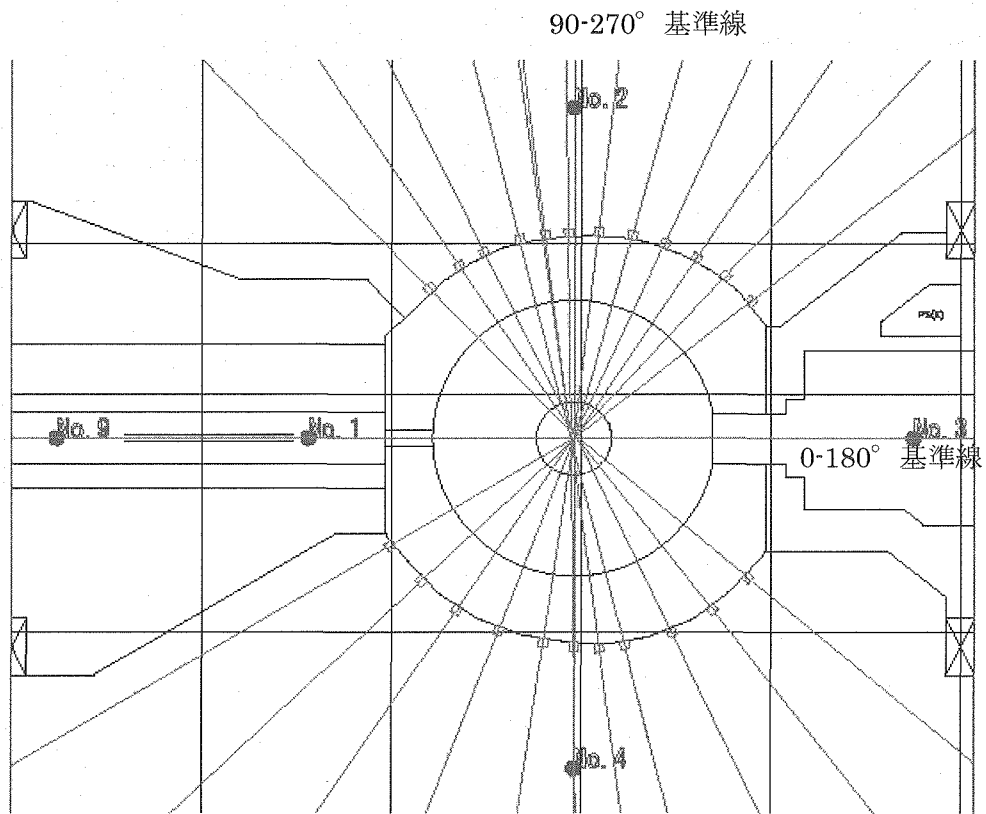
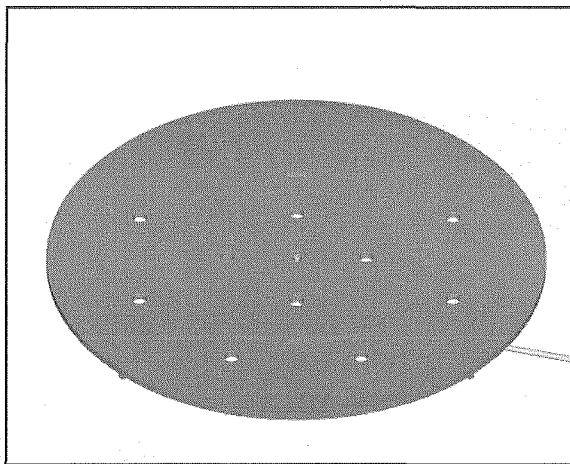


Fig. 5 ターゲットスタセーション構成機器の据付を考慮した物質・生命科学実験施設建設家建設工工程案

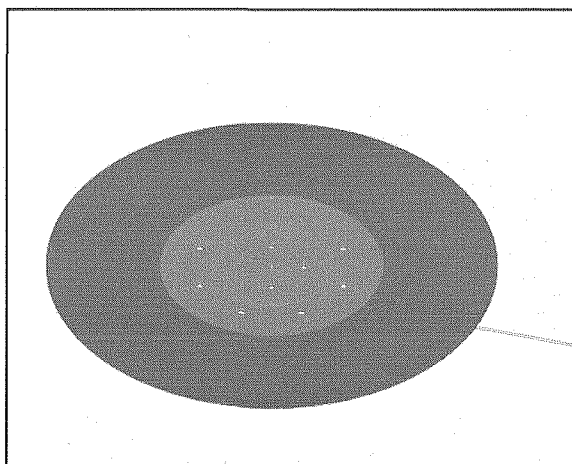


(1) 据付基準マーカ(No.1 ~No.4)の設置

本図には 23 本の中性子ビームライン中心線も示されているが、ヘリウムベッセルが据付られた段階でその据付位置を基準として測定し、確定する。



(2) ベースプレート据付



(3) ボトムライナー据付

精度：

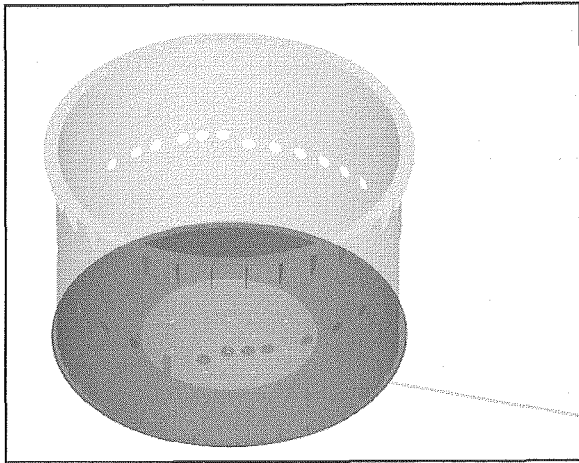
0-180° , 90-270° 基準線：±3 mm 以内

据付精度： 高さ：(1FL-1485)+3/-20 mm

高さ：(1FL-1495)±3 mm 以内

水平度：直径 2400mm で 1.2mm 以下

Fig. 6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図



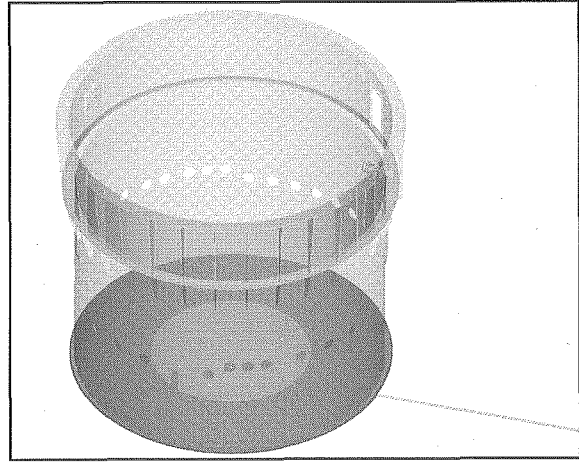
(4) アウターライナー（下部）据付

精度：

0-180° , 90-270° 基準線から±10 mm 以内

上面高さ : (1FL+5115) ±15 mm 以内

水平度 : 直径 10140mm で 10mm 以下

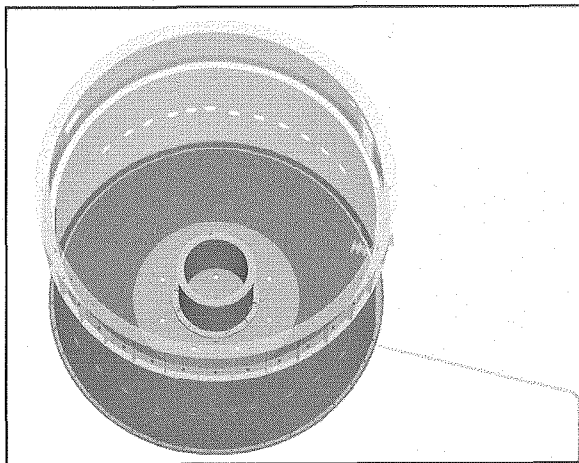


(5) アウターライナー（上部）据付

精度：

上面高さ : (1FL+7515) ±20 mm 以内

水平度 : 直径 10340mm 位置で 10mm 以下



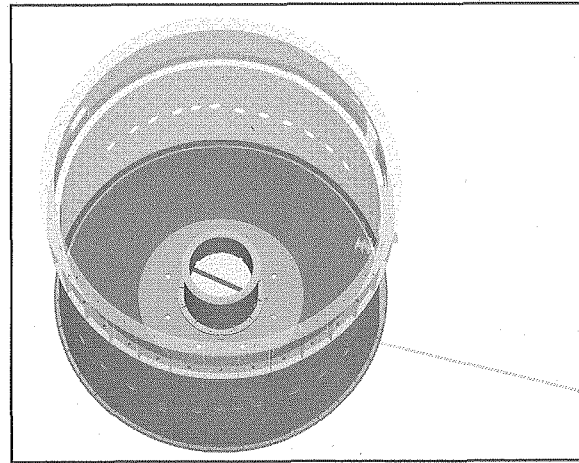
(6) ベッセルサポートシリンダー据付

精度：

0-180° , 90-270° 基準線から±1 mm 以内

上面高さ : (1FL+910) ±0.5 mm 以内

水平度 : 直径 2400mm で 1.2mm 以下



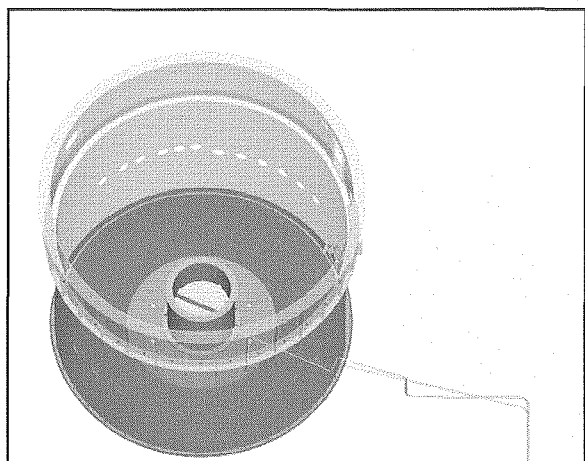
(7) サポートシリンダー内遮蔽据付

精度：

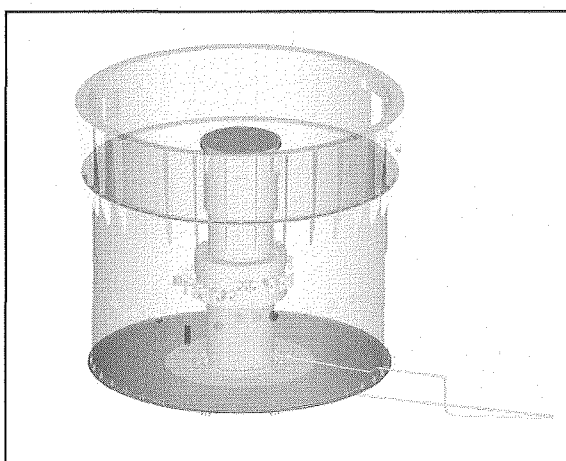
積層高さ : 1225 ± 25 mm 以内

サポートシリンダとの隙間 : 40 ± 10 mm 以内

Fig. 6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図 (つづき)

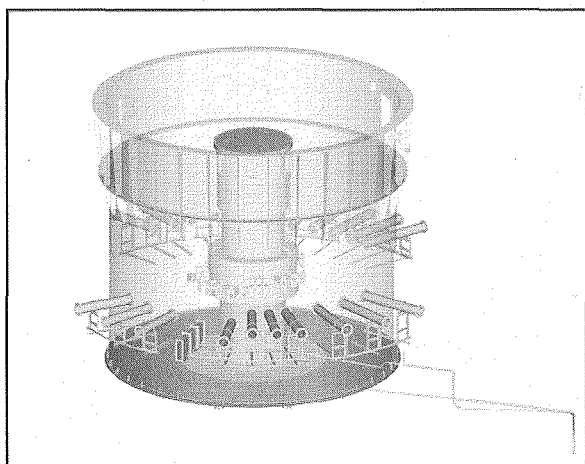


(8) ベッセルドレン配管設置



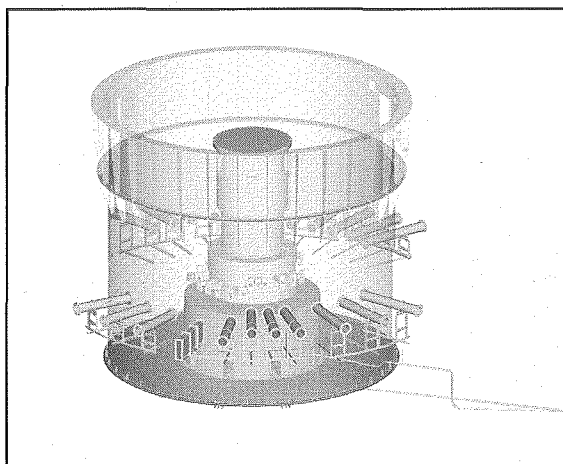
(9) ヘリウムベッセル据付

ヘリウムベッセルの陽子ビーム・ターゲット台車中心線を外に引き出し、以後の0-180°基準線（据付基準）とする。No.1～No.9 マーカーにも再度刻印する。



(10) 中性子ビームダクト据付

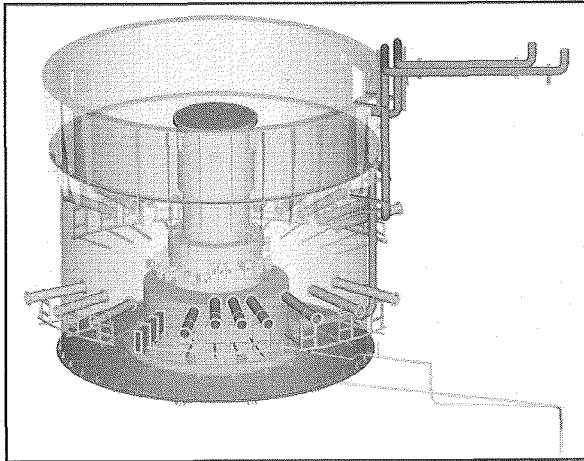
中性子ビームダクト始点から先端までの距離精度： ± 10 mm 以内
水平、高さ方向の精度：各 ± 3 mm 以内



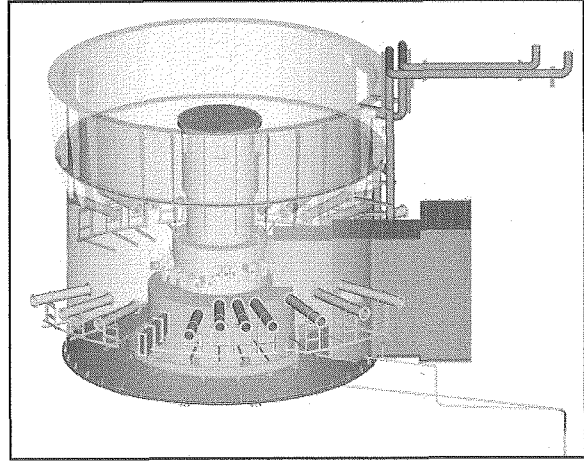
(11) 枝管下部遮蔽体据付

積層高さ： 2255 ± 4 mm 以内
ポートシリンダとの隙間： 40 ± 10 mm 以内

Fig. 6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図（つづき）

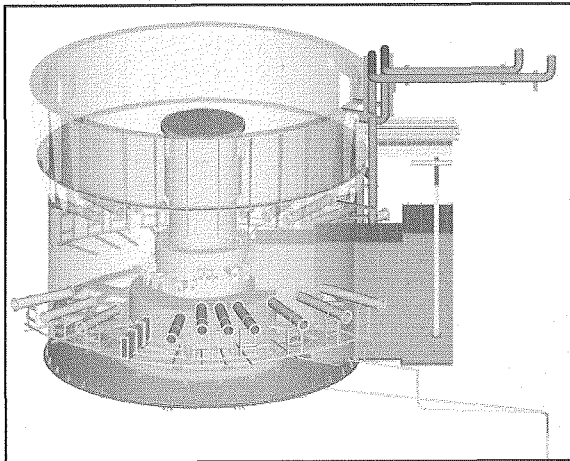


(12) 乾燥空気循環配管据付
(アウターライナー内と壁埋込み部)

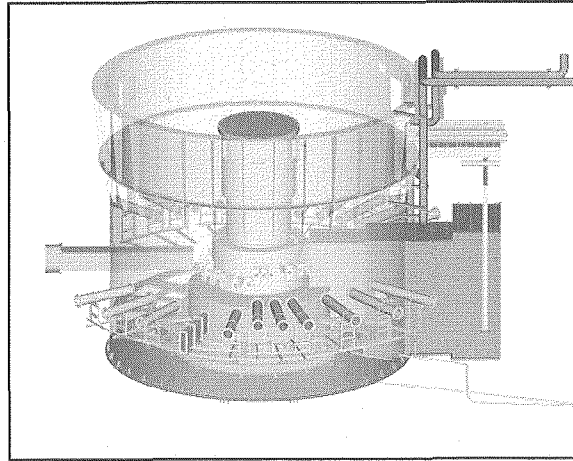


(13) ターゲット台車挿入部ライナー据付
(アウターライナー内と外)

ライナー底面の基準座高さ：
(1FL-1315)+0/-6 mm

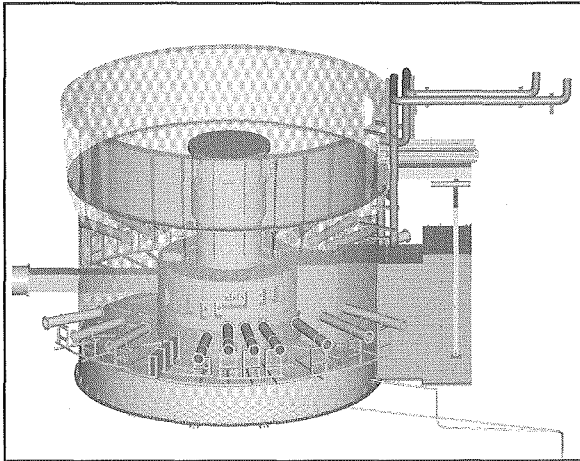


(14) シャッター間構造体台座据付
台座上面の水平度：1/1000 以内

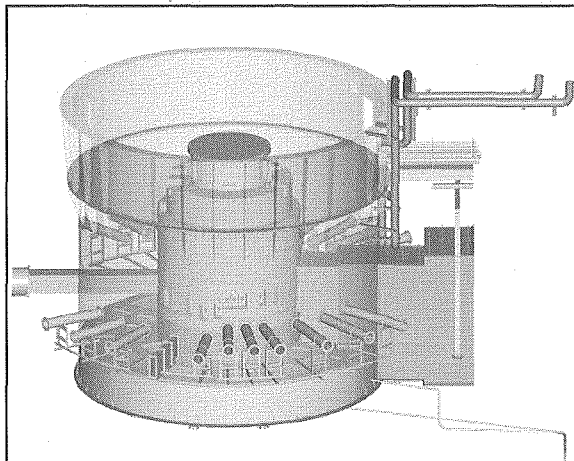


(15) 陽子ビーム入射部ライナー据付

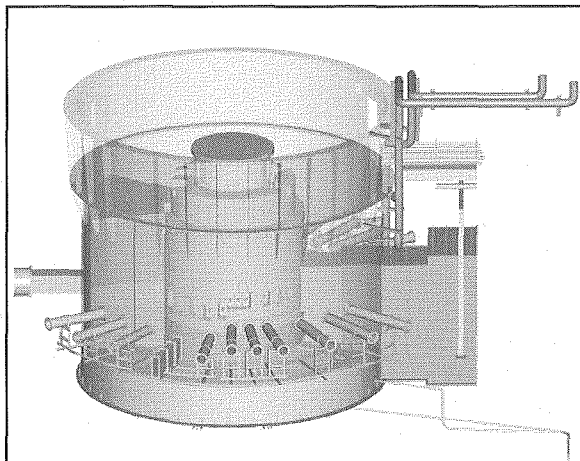
Fig. 6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図 (つづき)



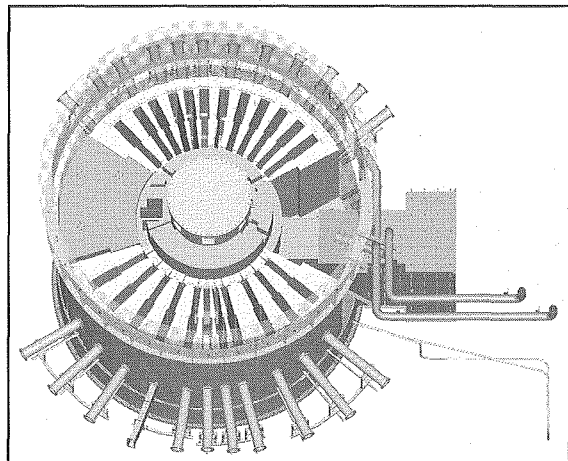
(16) 台座下部重コン打設と枝管部遮蔽据付
 枝管部遮蔽：
 最外周半径 2300 ±3mm 以内
 ヘリウムベッセルとの隙間：40±10 mm 以内
 枝管下部との隙間：25~40±10 mm 以内
 枝管側面、上面との隙間：25±5 mm 以内



(17) 枝管上部遮蔽据付
 基準面高さ：(1FL+4115)±6 mm 以内
 最外周半径 2300 ±3 mm 以内
 リング遮蔽、ベッセル上部遮蔽を乗せて
 上記基準面の変位が 1 mm 以内。

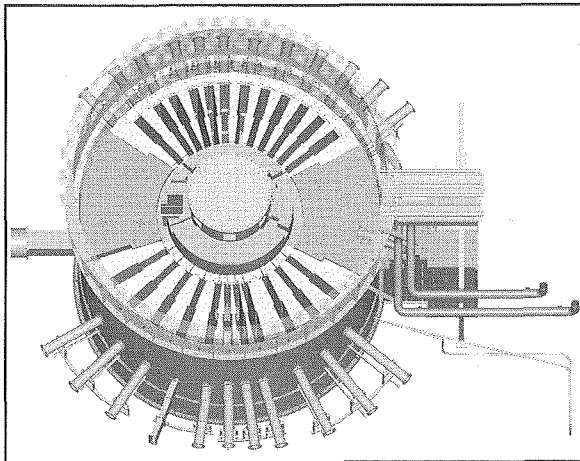


(18) 陽子ビーム入射部遮蔽据付
 基準面高さ：(1FL+5115)±5 mm 以内
 途中の積層位置高さに対する公差：±4 mm
 枝管下部遮蔽との隙間：40±10 mm 以内
 アウターライナーとの隙間：40±10 mm 以内
 0-180° 基準線との精度：±10mm 以内

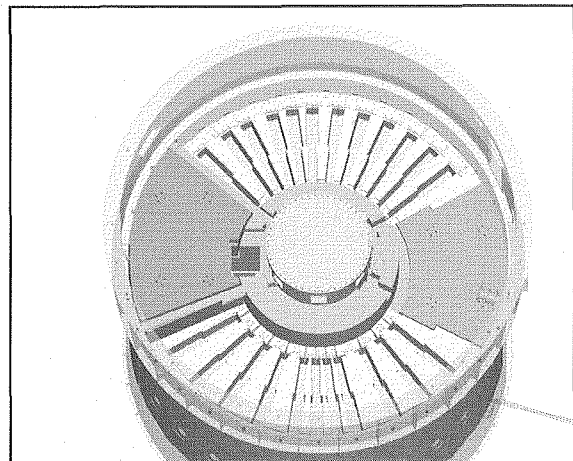


(19) シャッター間構造体据付
 中性子ビームライン中心軸に対する位置：
 ±3 mm
 垂直方向の倒れ：0.5/4000 以内

Fig.6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図 (つづき)

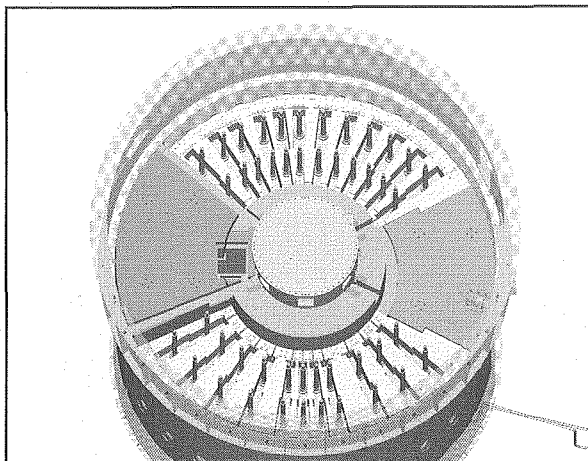


(20) ターゲット台車挿入部遮蔽据付

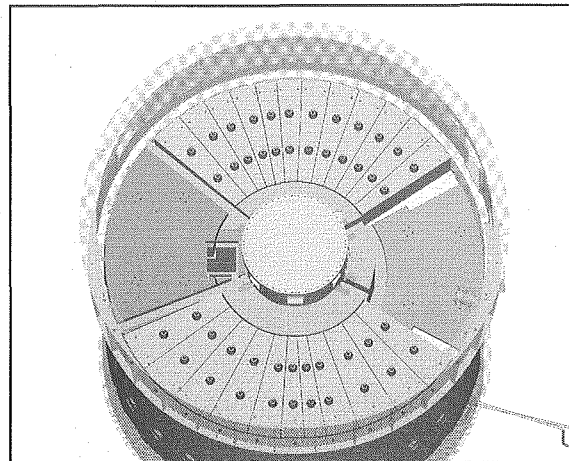


(21) ヘリウムベッセル支持梁と
陽子ビーム入射部構造（最上部）据付

基準面高さ：(1FL+5115)±5 mm 以内
 途中の積層位置高さに対する公差：±4 mm
 枝管下部遮蔽との隙間：40±10 mm 以内
 アウターライナーとの隙間：40±10 mm 以内
 シャッター間構造体との隙間：10±5 mm 以内
 0-180° 基準線との精度：±10mm 以内

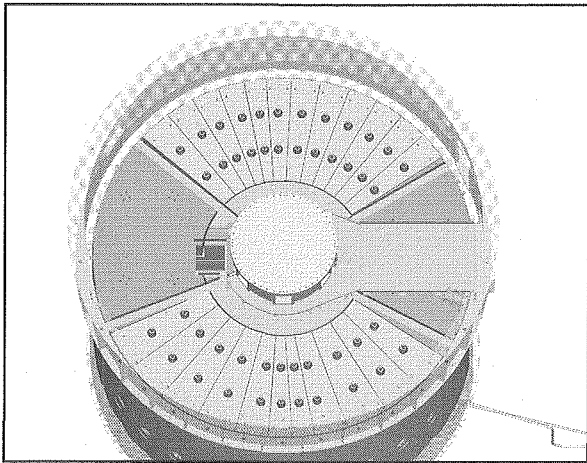


(22) シャッターブロックの据付（着座）

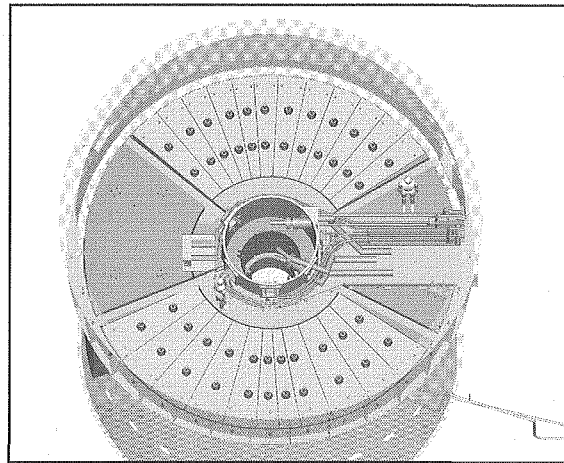


(23) シャッター上部遮蔽体据付
遮蔽体上面の水平度：1/1000 以下

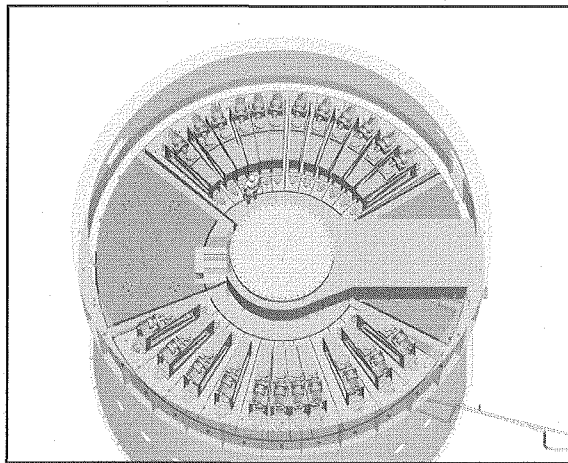
Fig.6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図（つづき）



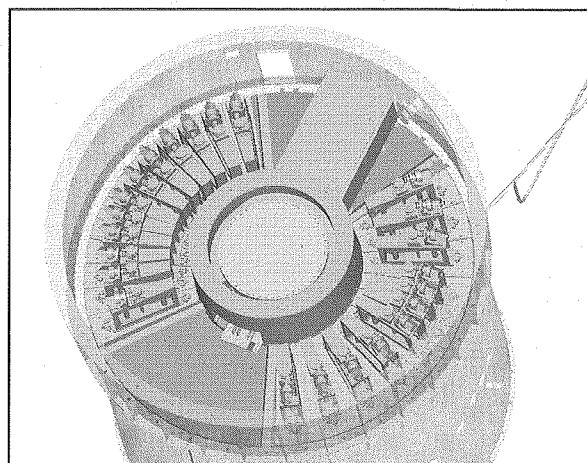
(24) 配管樋の据付



(25) ベッセル内への減速材・反射体装着、接続配管の据付

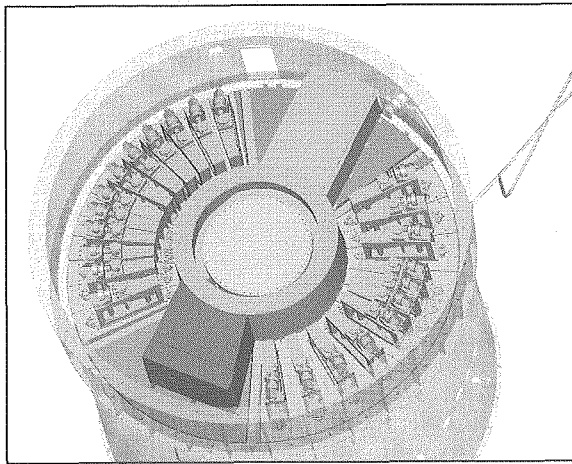


(26) 配管樋蓋の設置、シャッター駆動装置によるシャッター懸垂

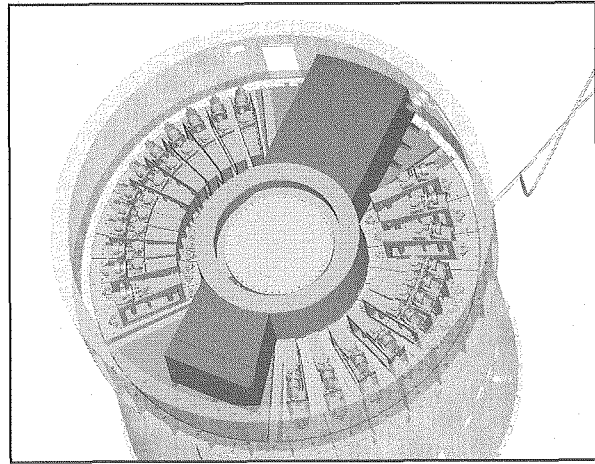


(27) 陽子ビーム窓（プラグ）の装着、上部リング遮蔽の据付

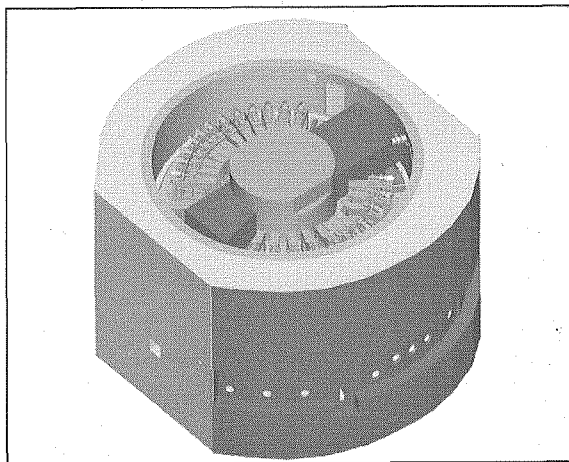
Fig. 6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図（つづき）



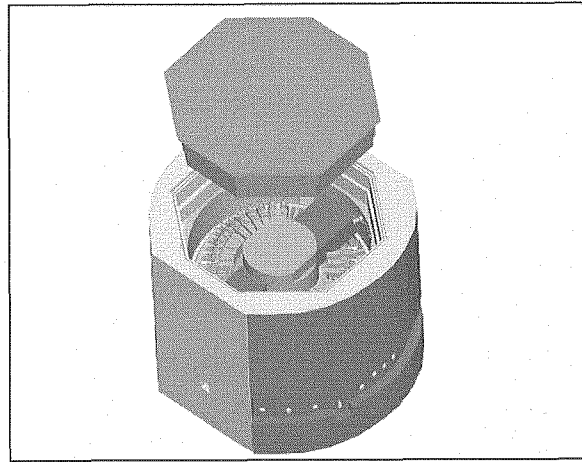
(28) 陽子ビーム窓ポート上部遮蔽の据付
上部リング遮蔽上面の位置決めピン位置と
ポート上部遮蔽のキャスク設置面の高さ
±2 mm 以内



(29) 配管樋遮蔽の据付



(30) ベッセル上部遮蔽の据付
(アウターライナー外周の重コン遮蔽も図示)



(31) 天井遮蔽の据付

Fig.6 ターゲットステーション構成機器据付手順計画図 (つづき)

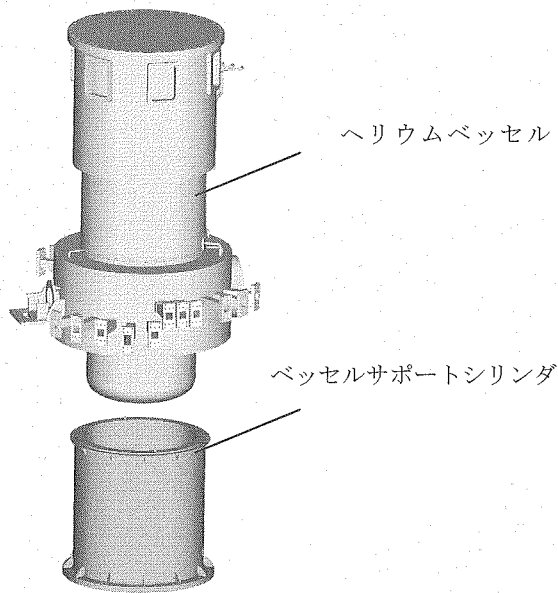
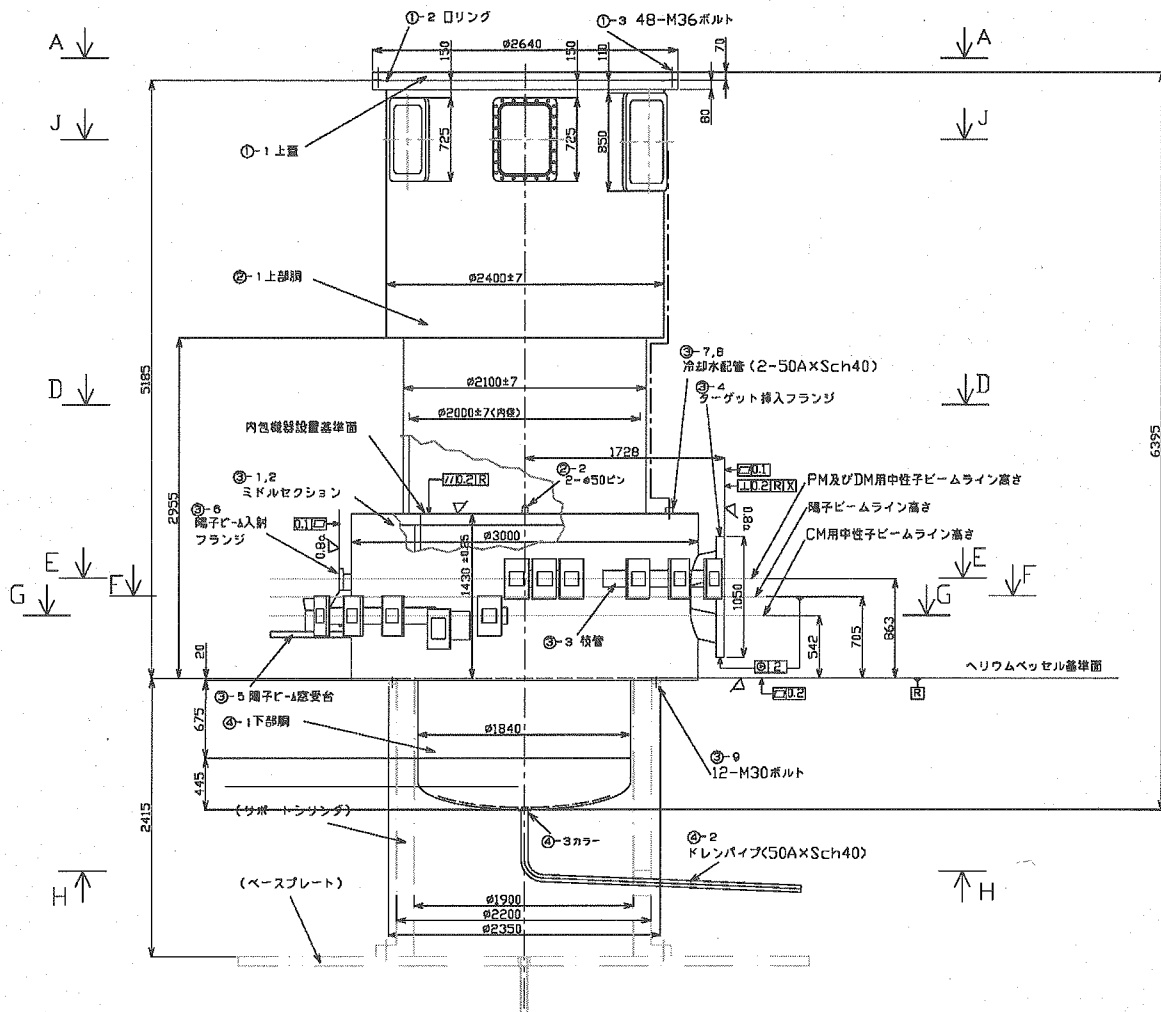
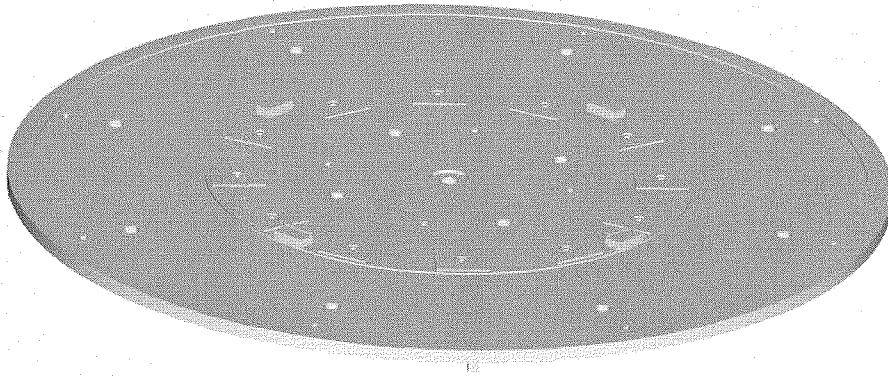
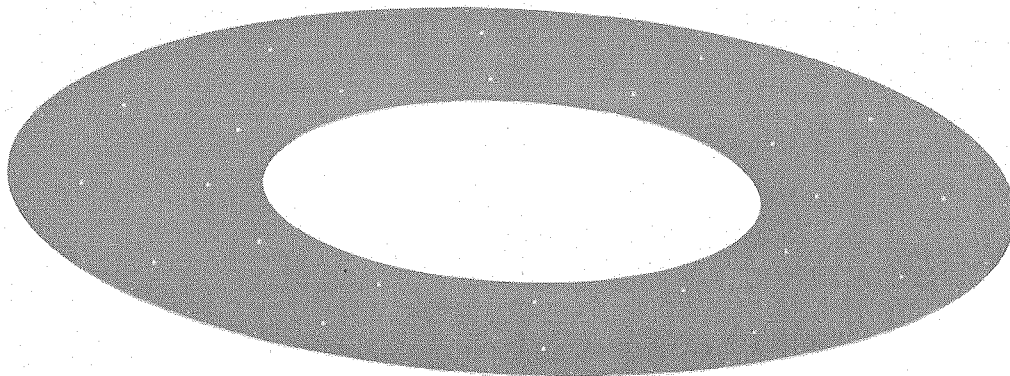


Fig.7 ヘリウムベッセル概要図



直径 5m, 厚さ 80mm

Fig. 8 ベースプレート概要図



内径 4.9m, 外径 9.9m

Fig. 9 ボトムライナー概要図

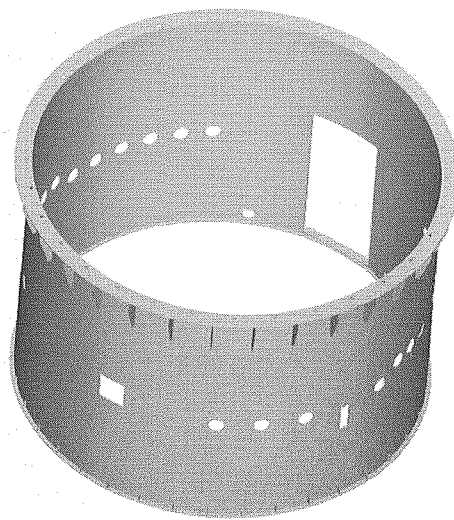
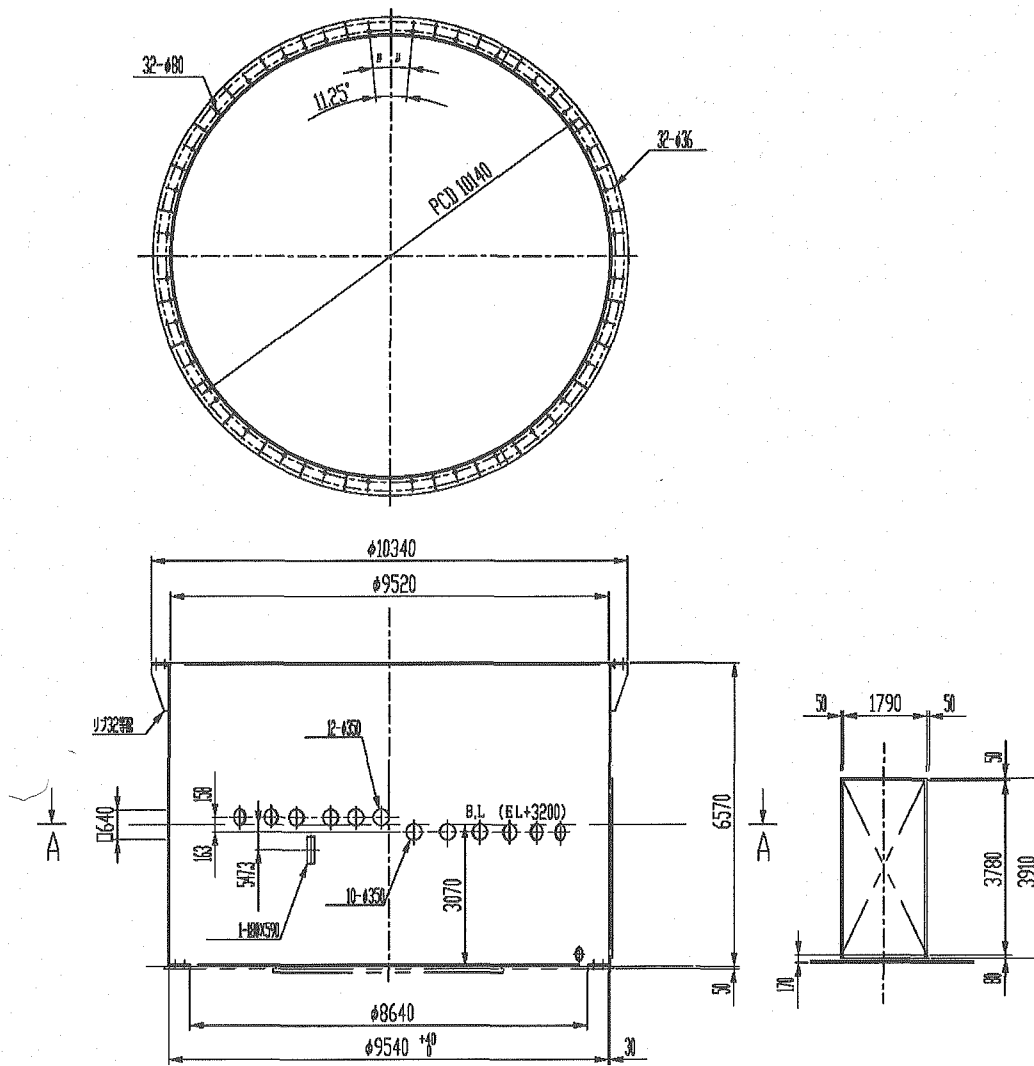


Fig. 10 アウターライナー（下部）概要図

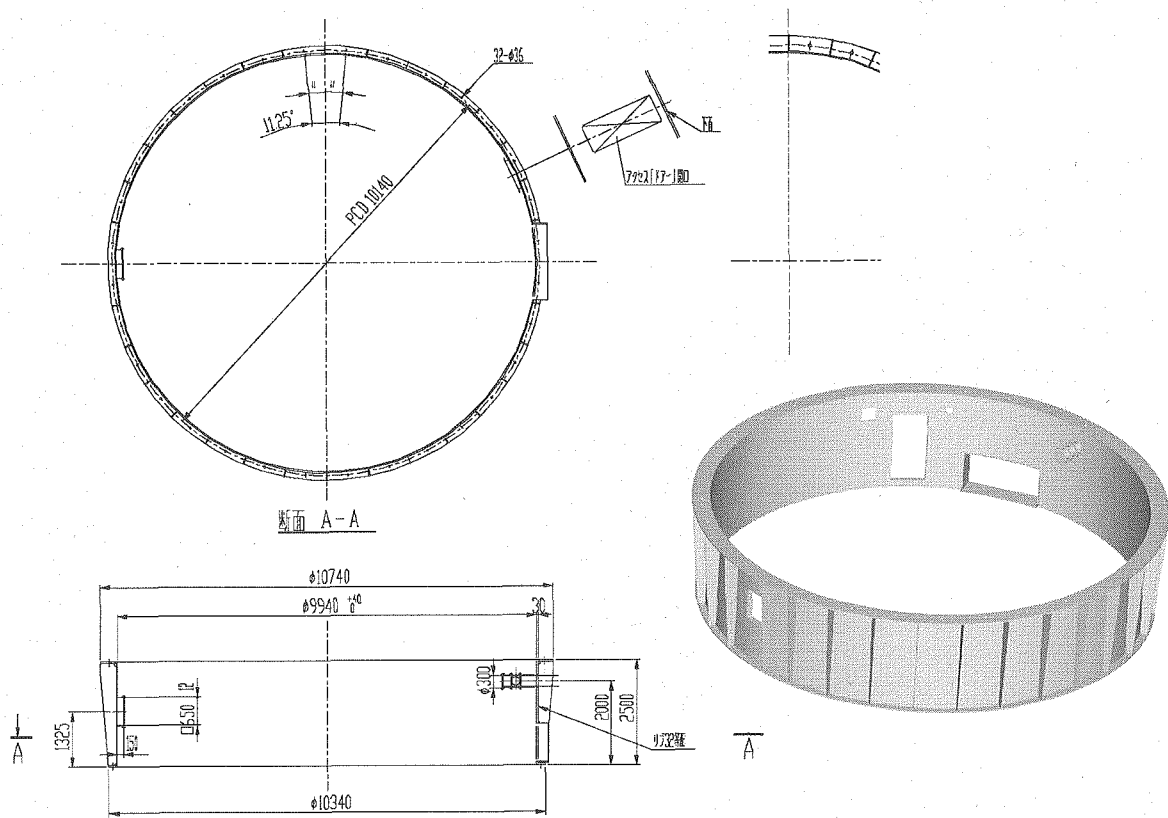


Fig. 11 アウターライナー（上部）概要図

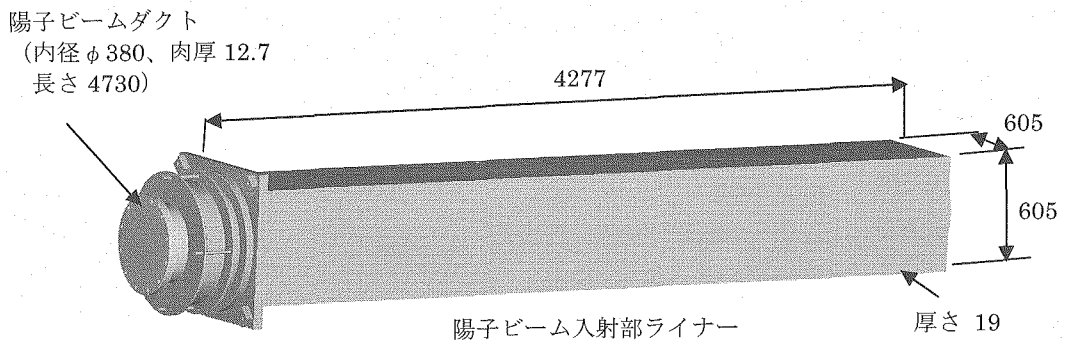


Fig. 12 陽子ビーム入射部ライナー概要図

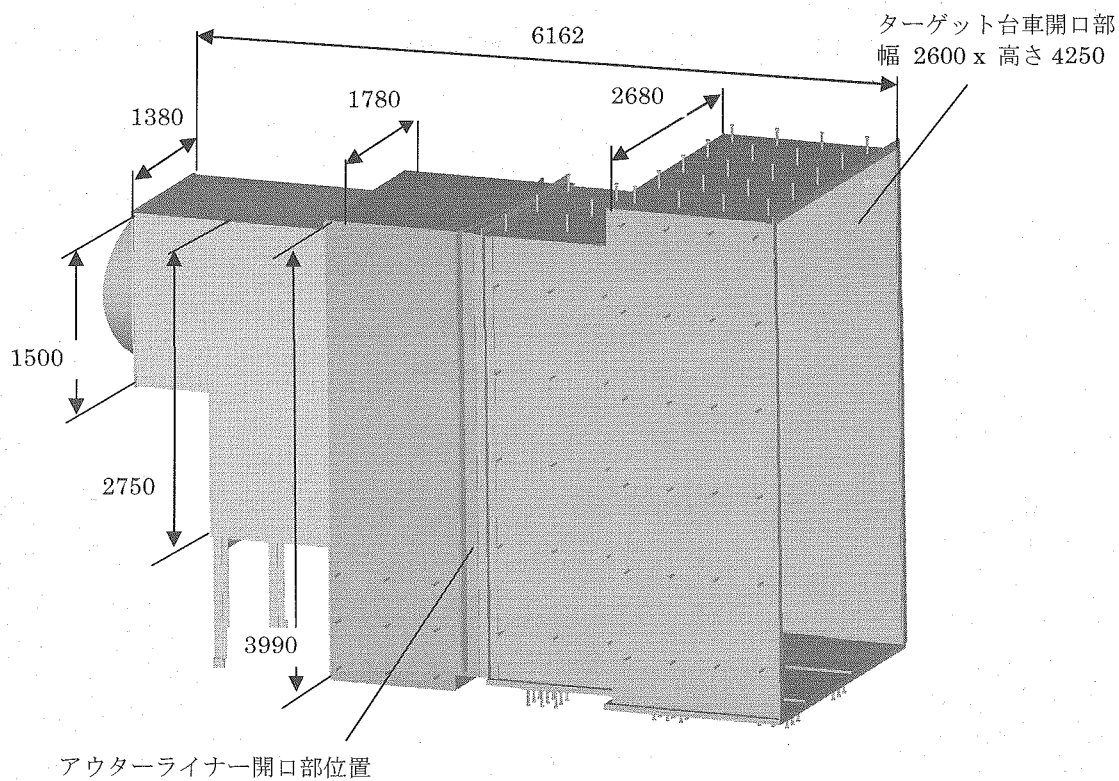


Fig. 13 ターゲット台車挿入部ライナー概要図

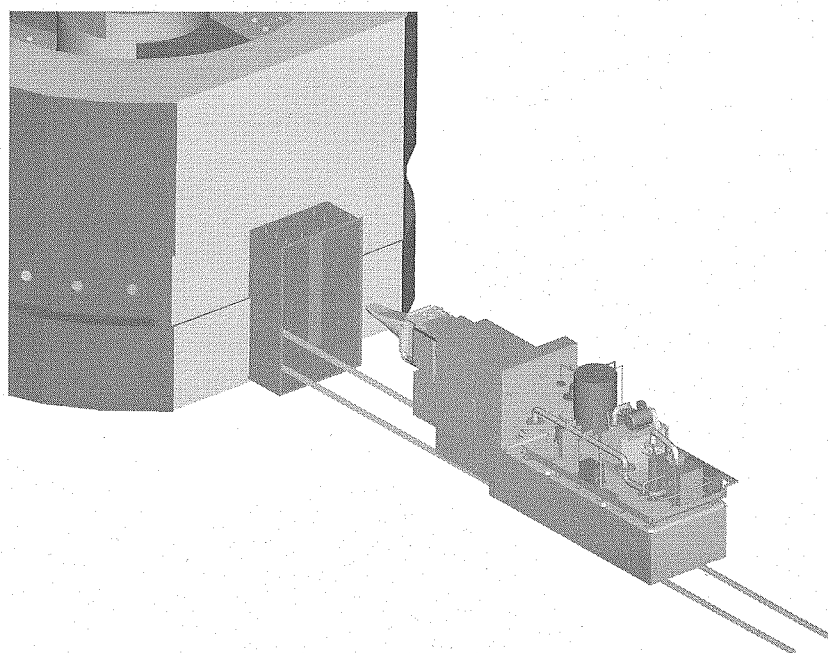


Fig. 14 ターゲット台車挿入部ライナーと水銀ターゲット台車の位置関係概念図

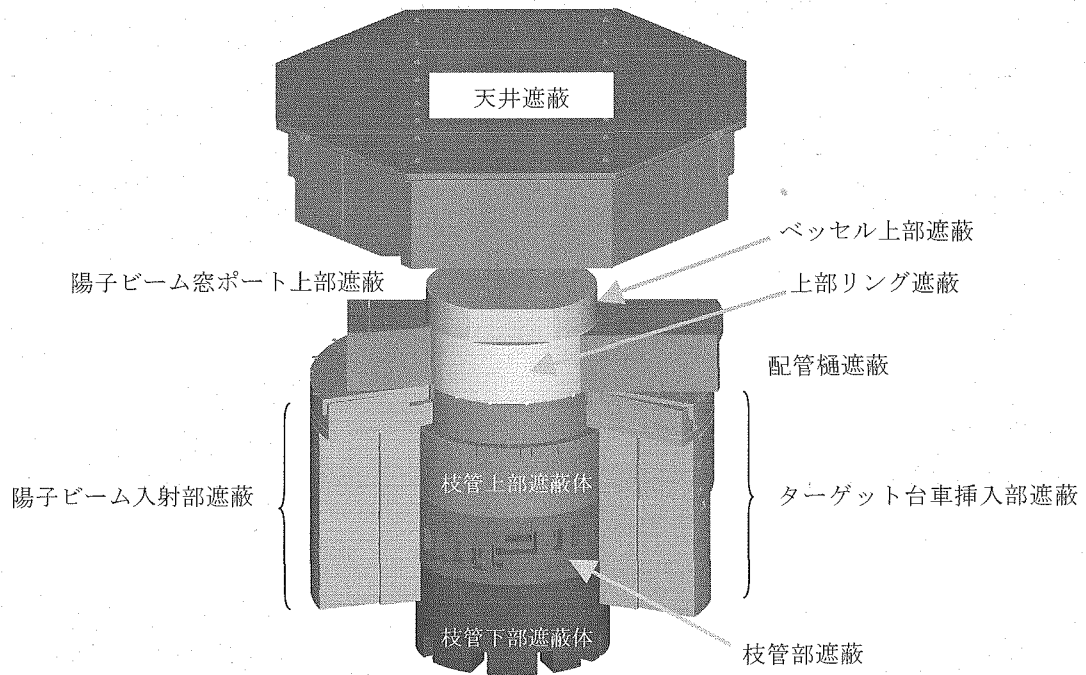


Fig. 15 ターゲットステーション遮蔽体組立概念図（外観）

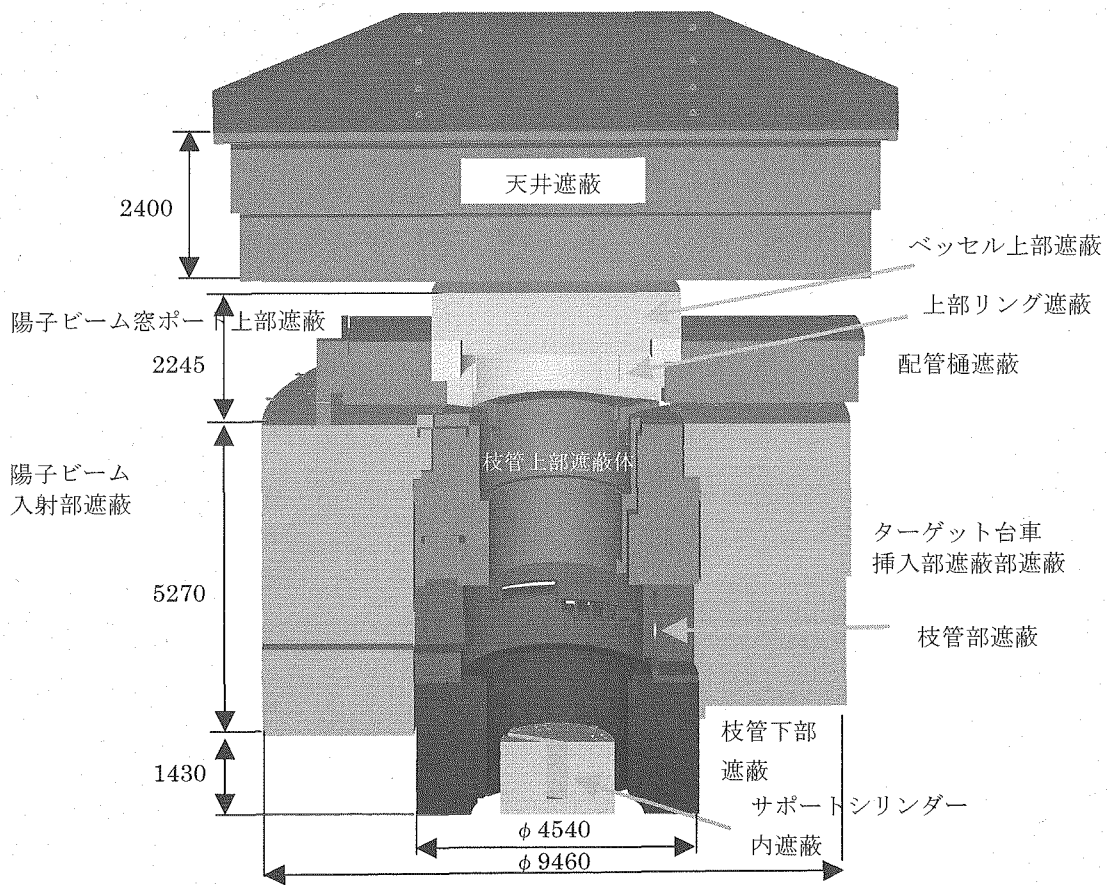


Fig. 16 ターゲットステーション遮蔽体組立概念図（断面）

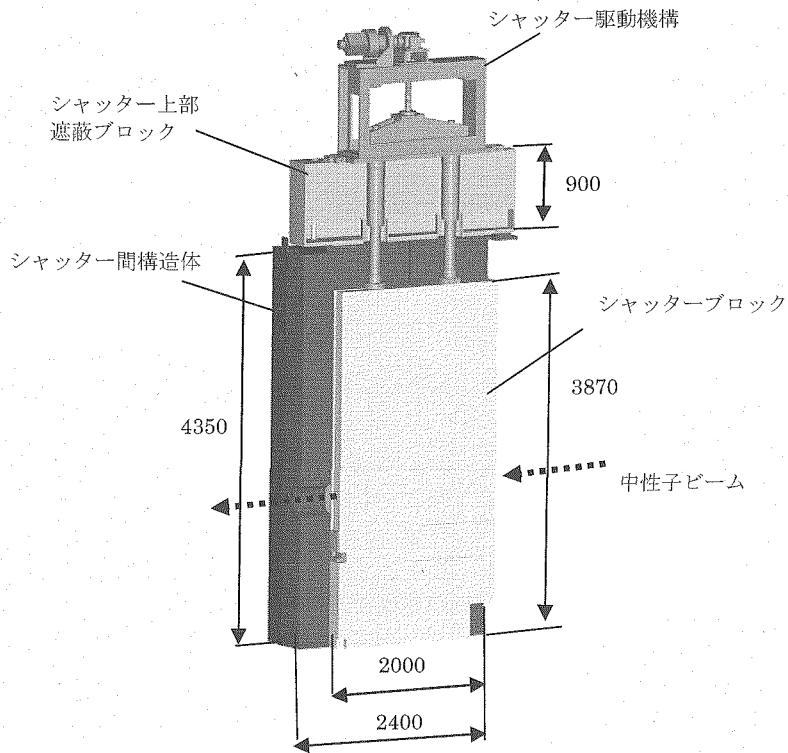


Fig. 17 シャッターブロック懸垂状態概念図

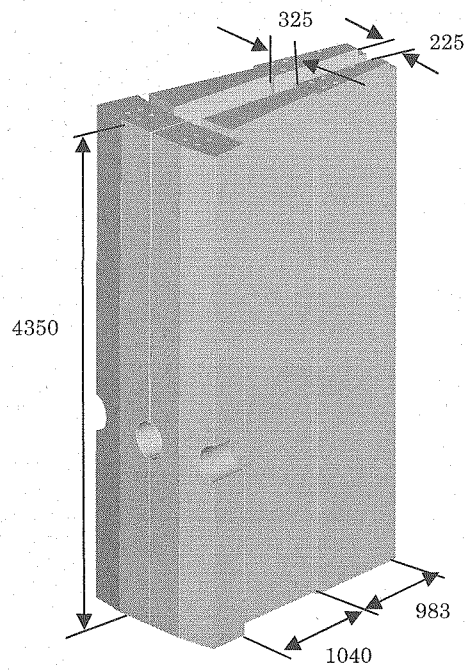


Fig. 18 シャッター間構造体概念図



Fig. 19 大型重量機器の想定輸送経路（その1：(a)案、(c)案）



Fig. 20 大型重量機器の想定輸送経路（その2：(b)案）

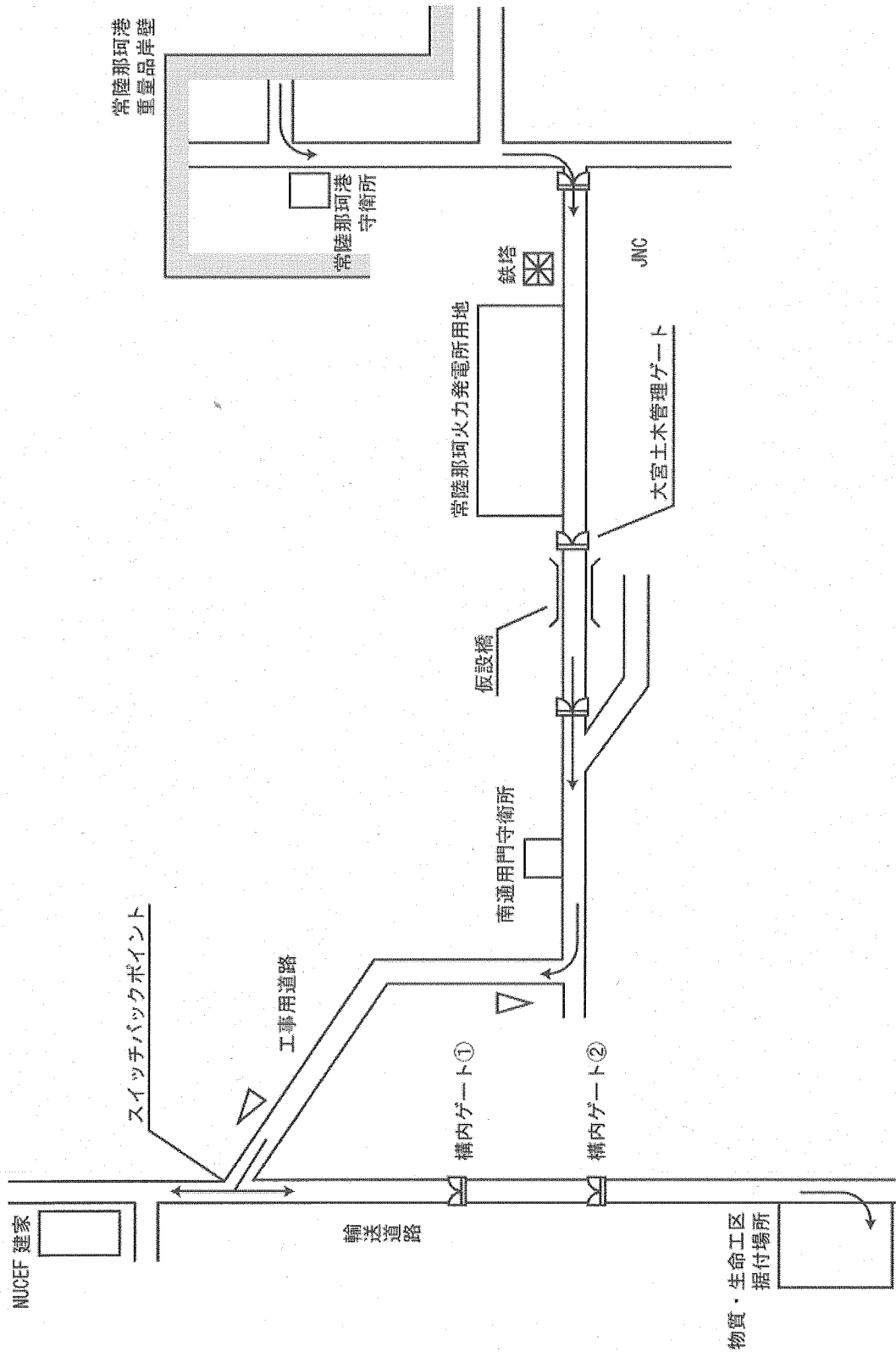


Fig. 21 常陸那珂港から原研構内への機器輸送経路概略図

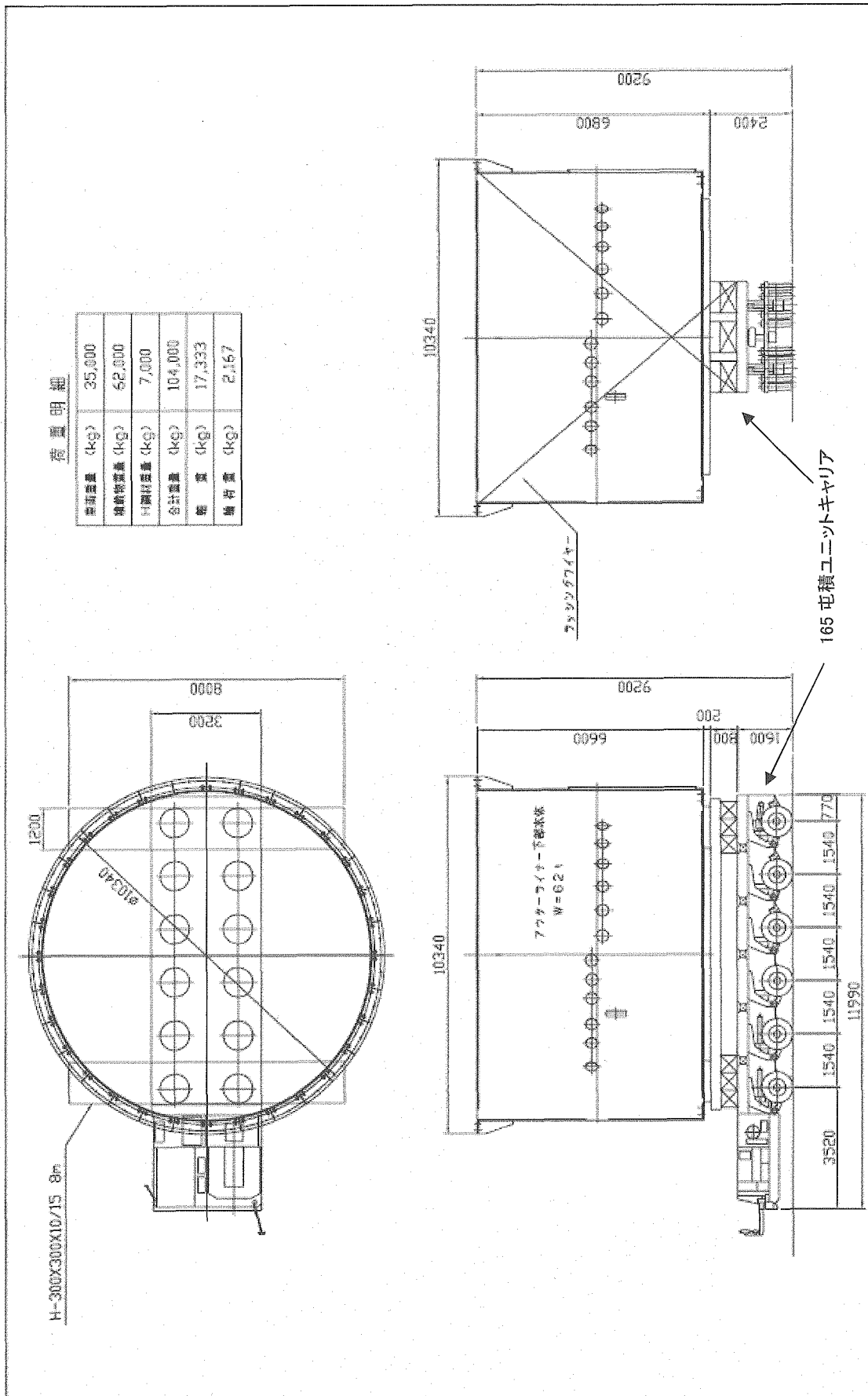


Fig. 22 アウターライナー (下部) 車両積載図

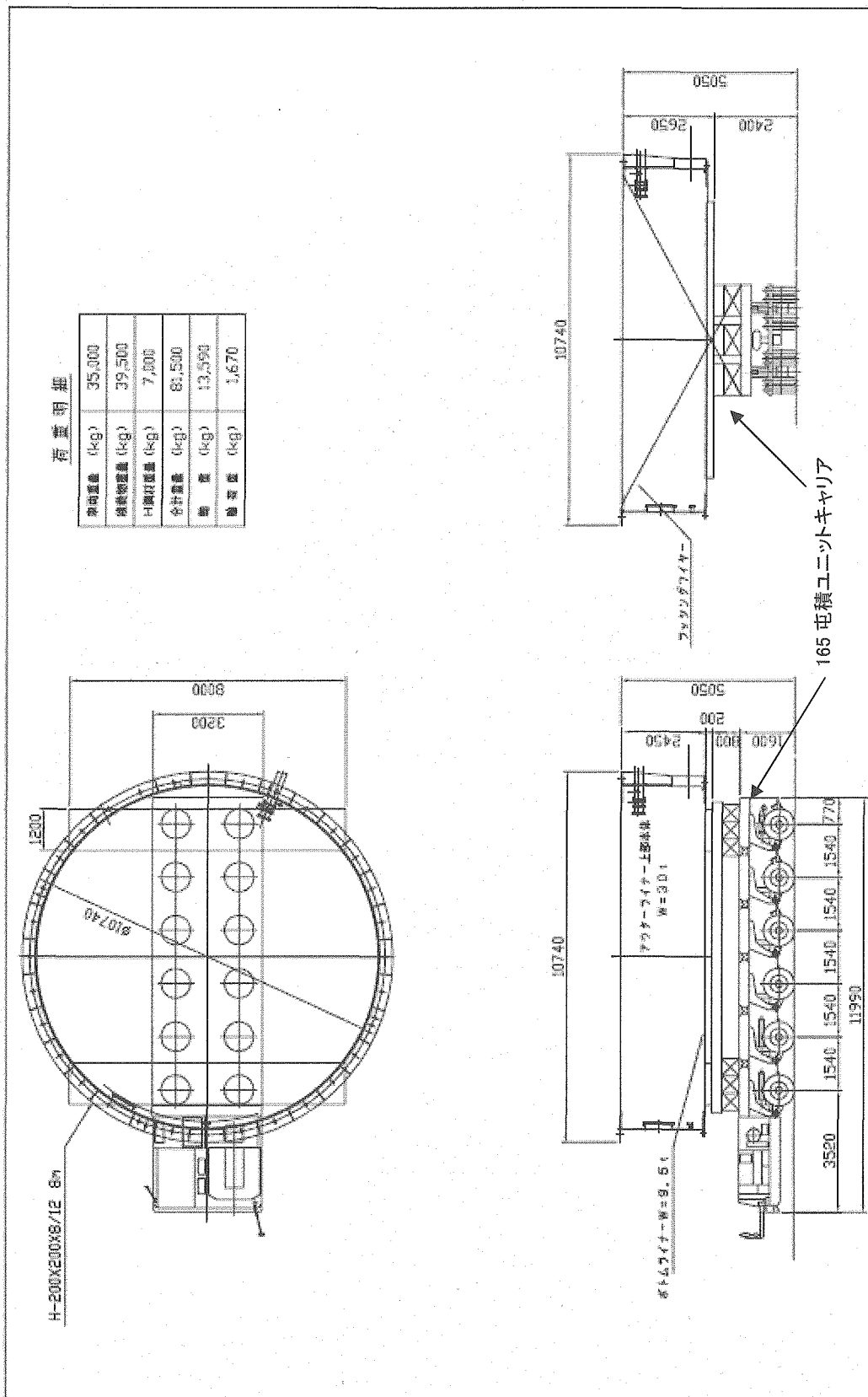


Fig. 23 アウトライナー (上部) 車両積載図

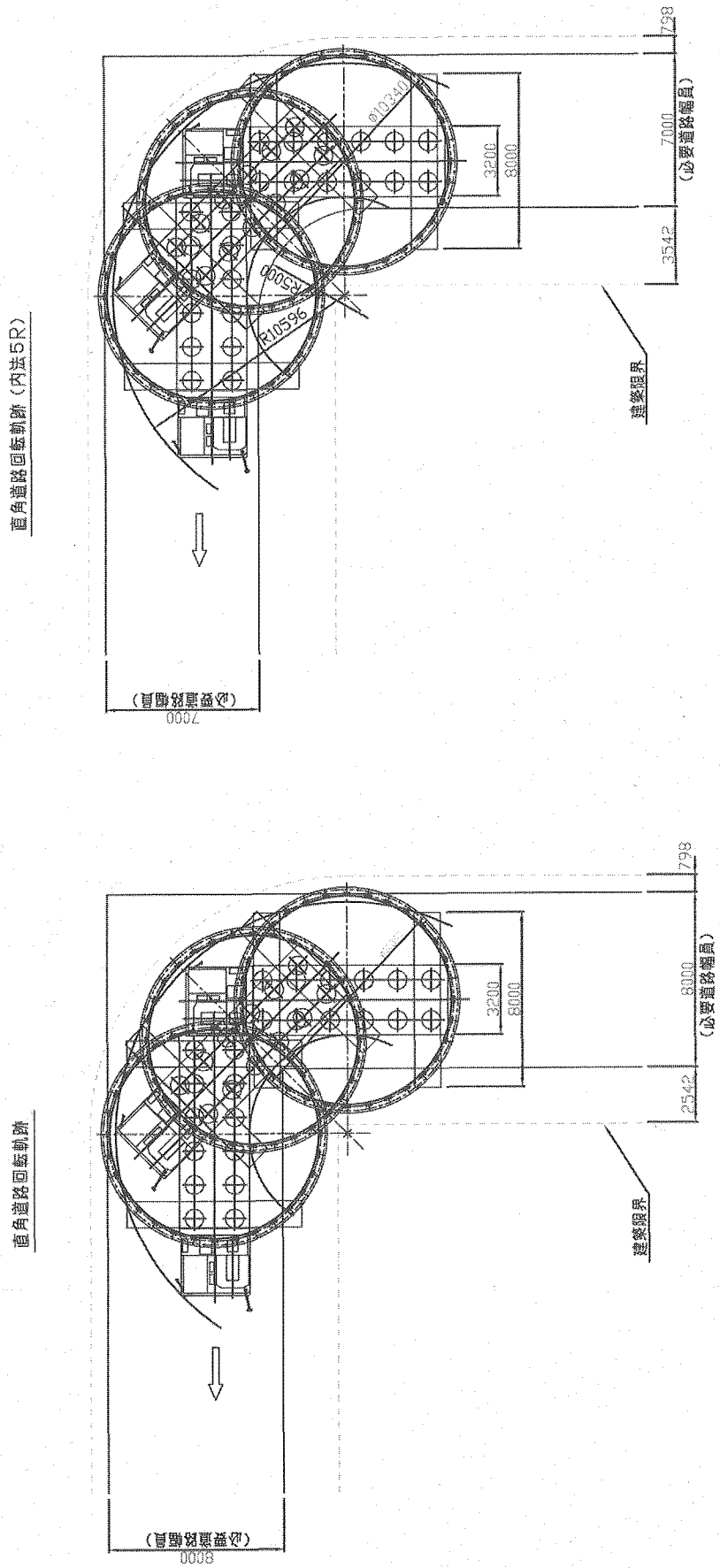


Fig. 24 アウターライナー積載車両回転軌跡図

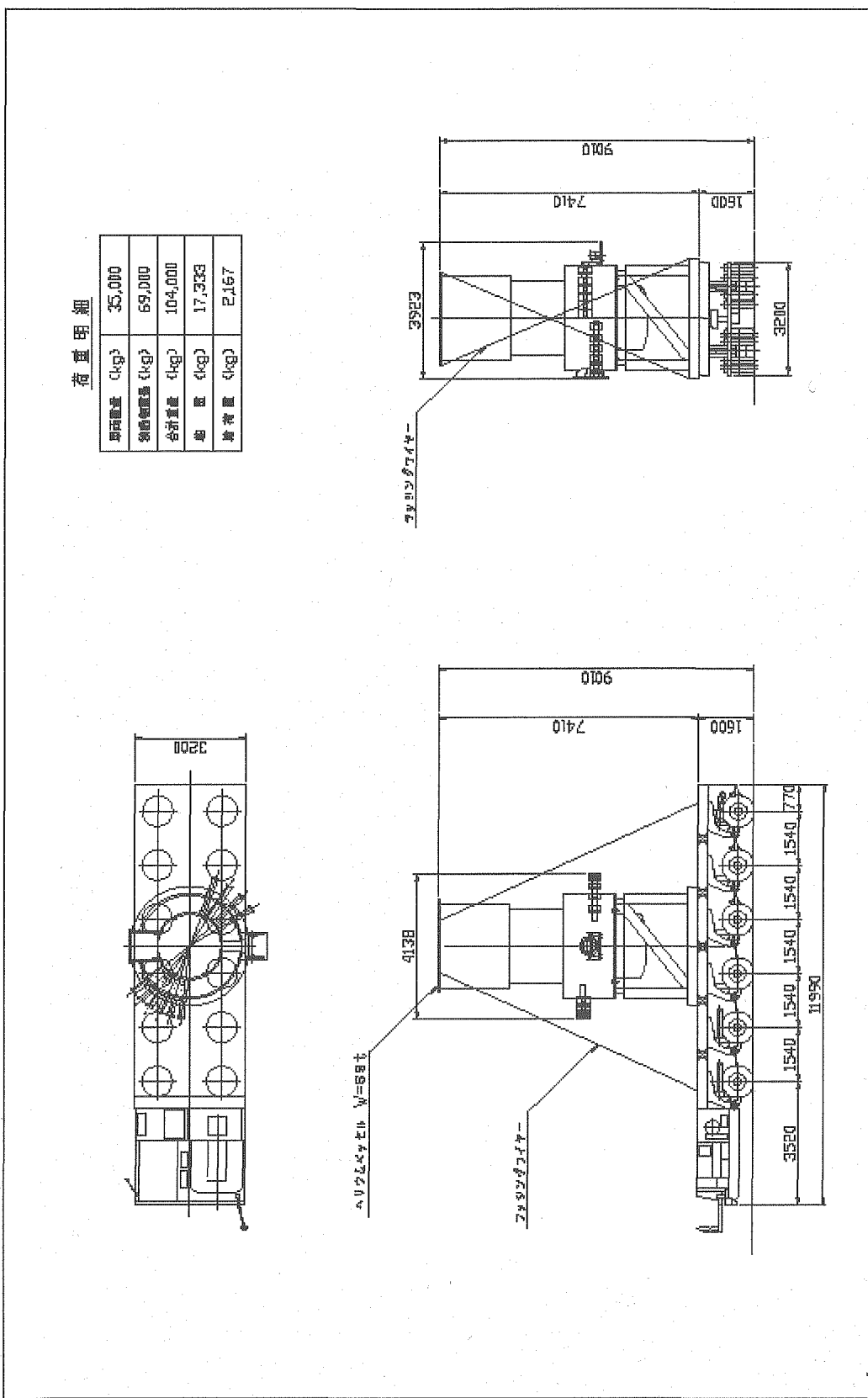


Fig. 25 ヘリウムベームセル車両積載図

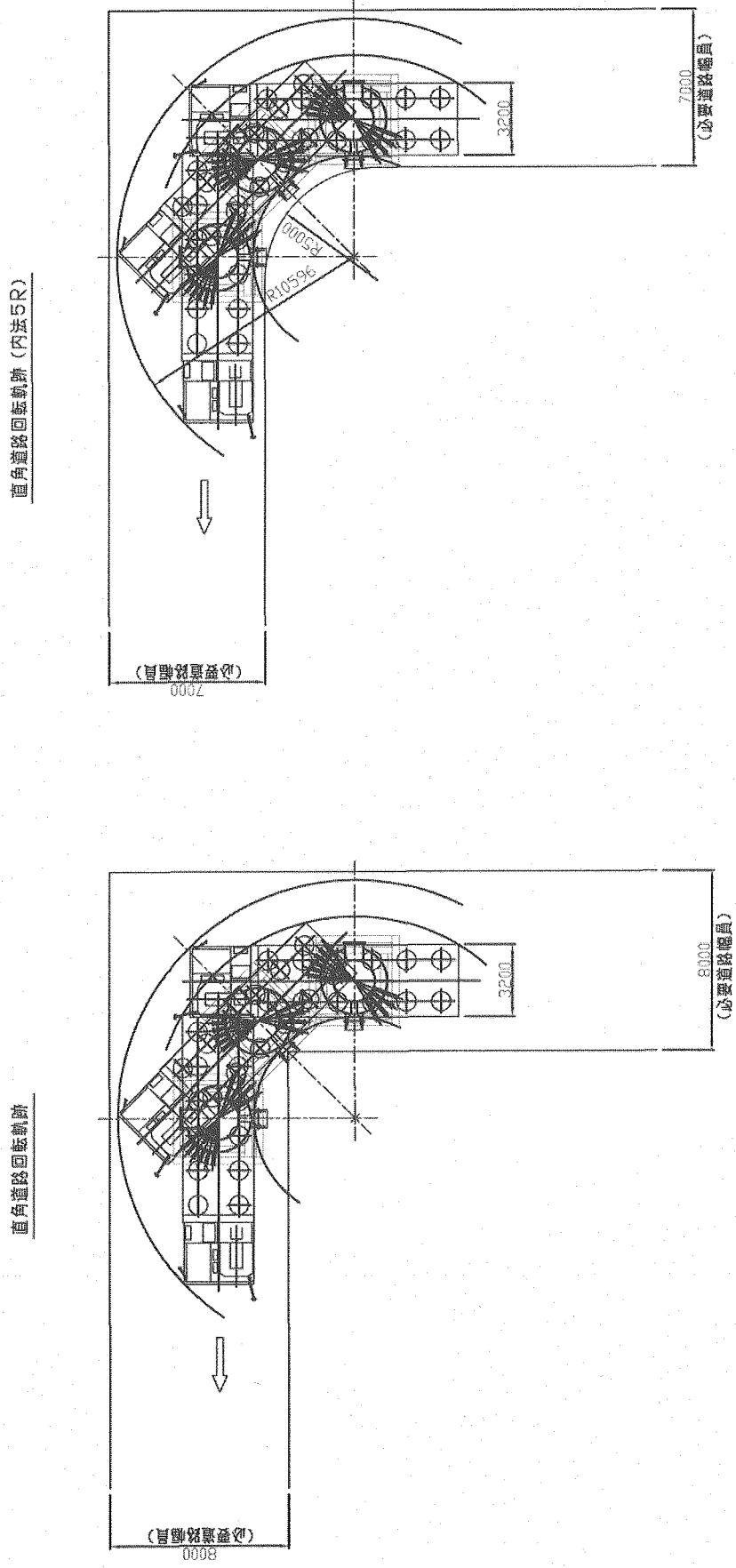


Fig. 26 ヘリウムベッセセル積載車両回転軌跡図

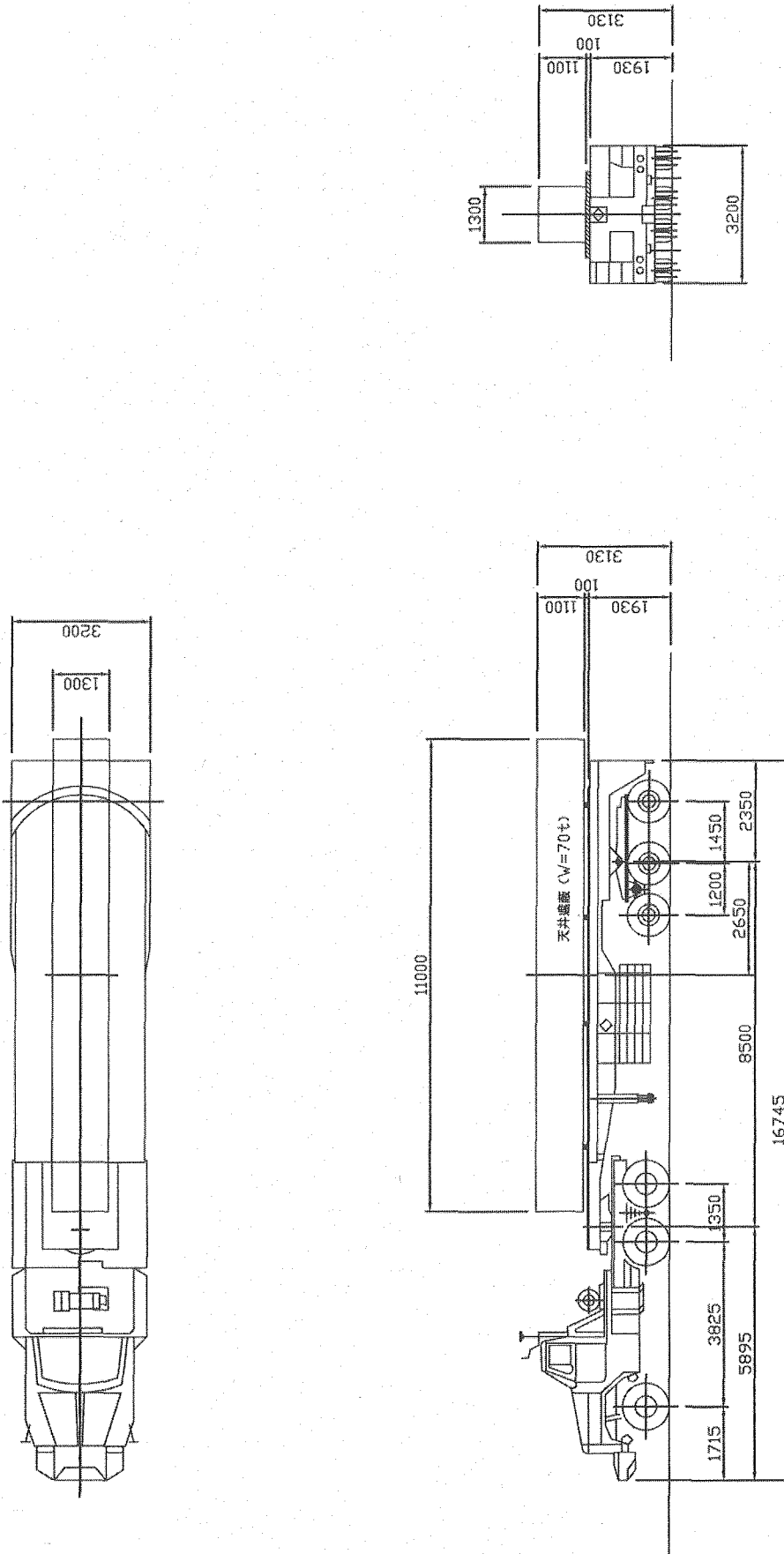


Fig. 27 天井遮蔽車両積載図

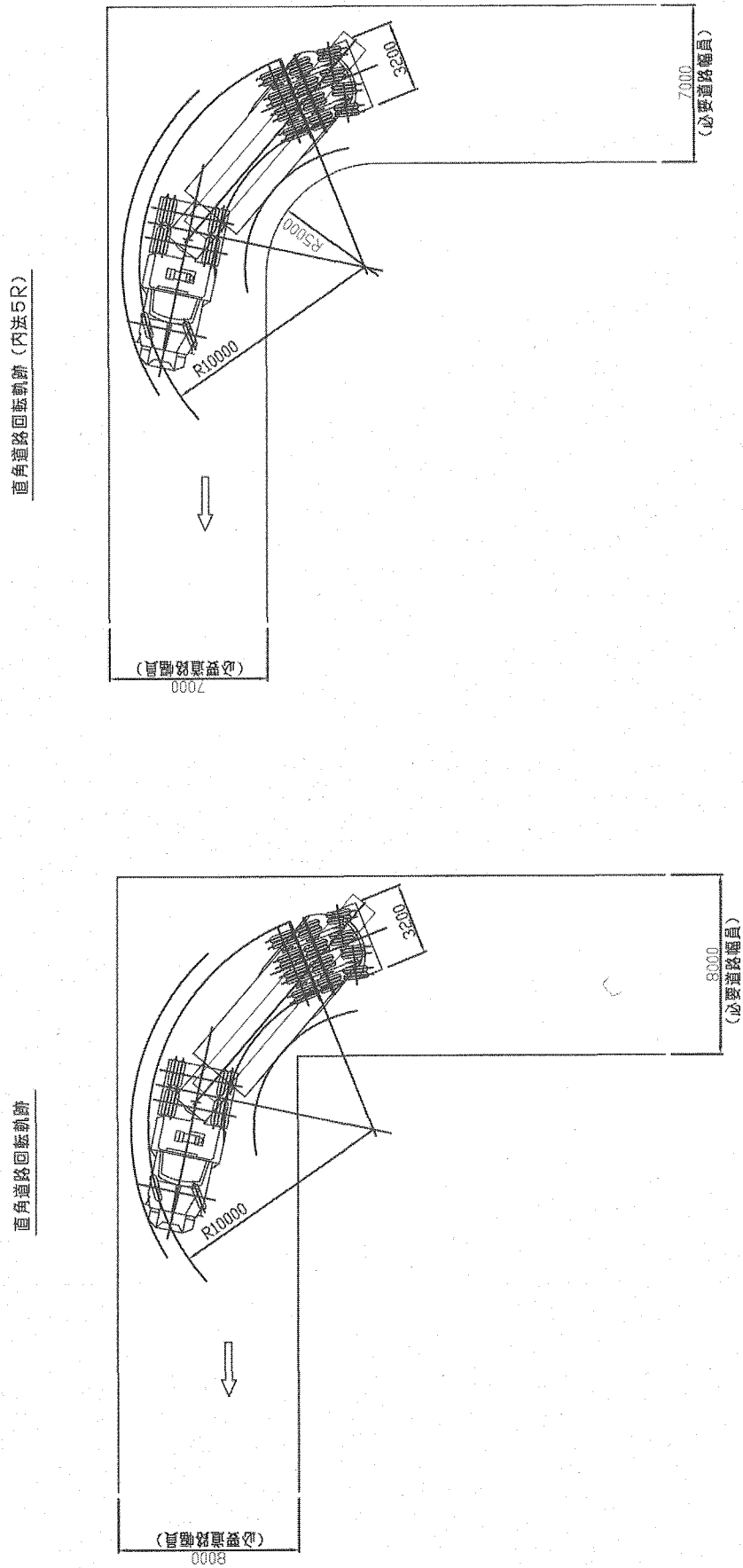


Fig. 28 天井遮蔽積載車両回転軌跡図

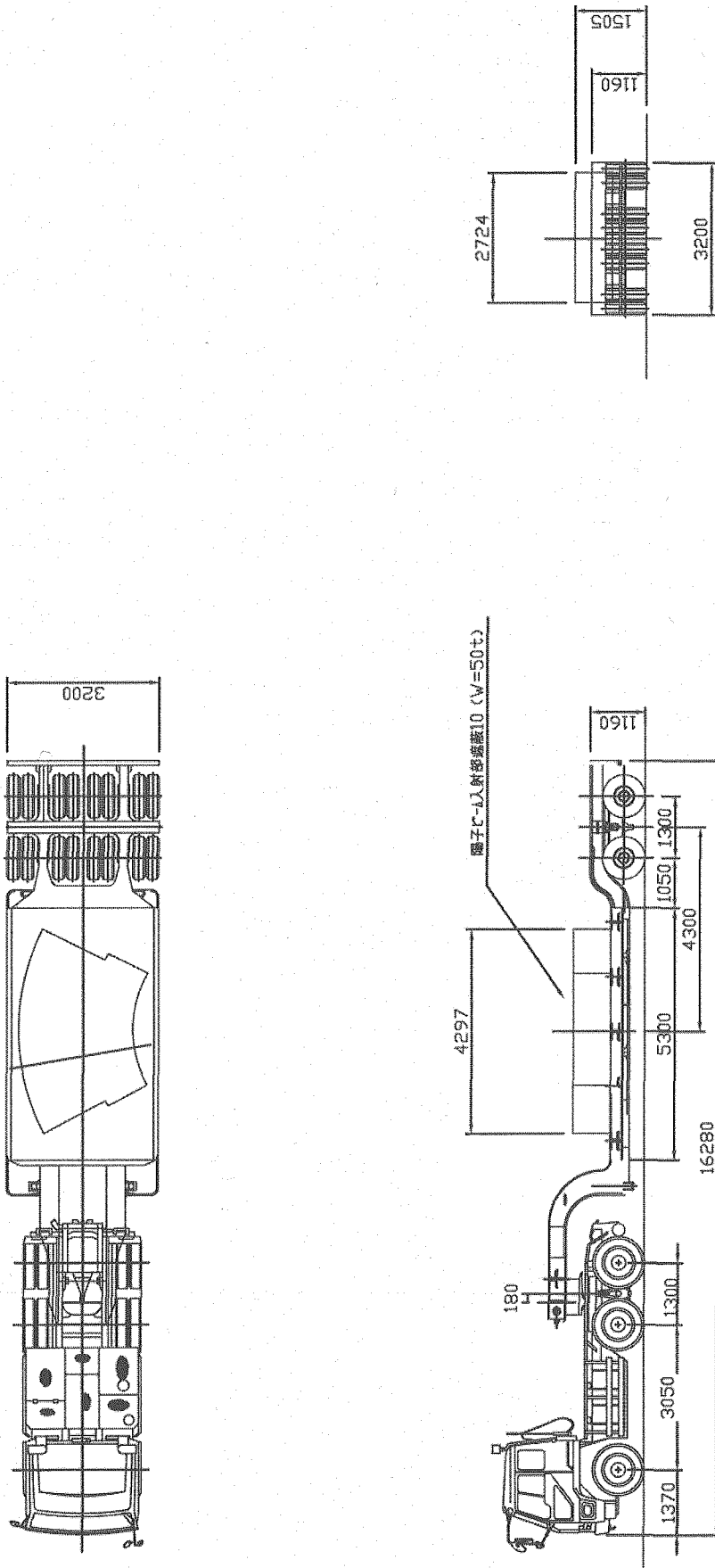


Fig. 29 陽子ビーム入射部遮蔽 No. 10 車面積載図

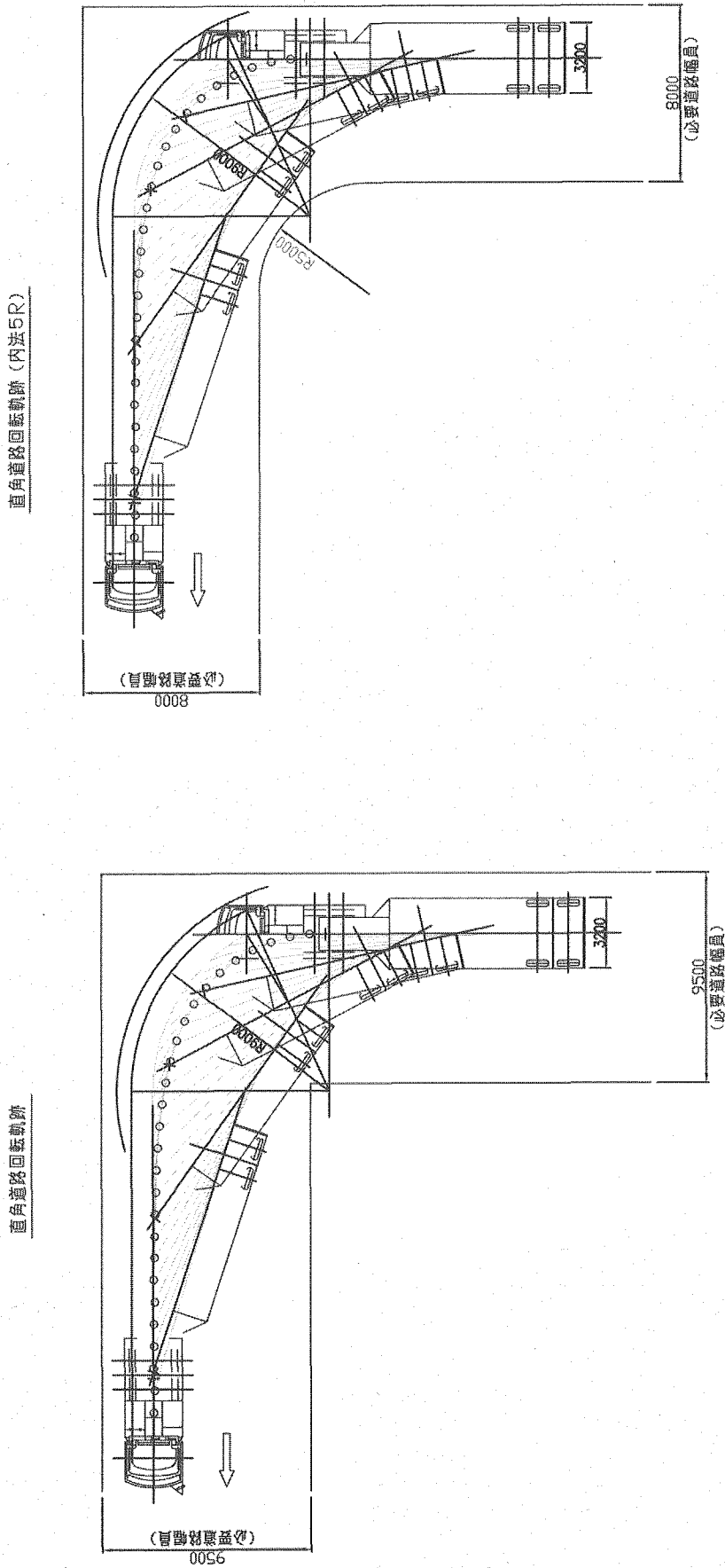


Fig. 30 低床トレーラ回転軌跡図

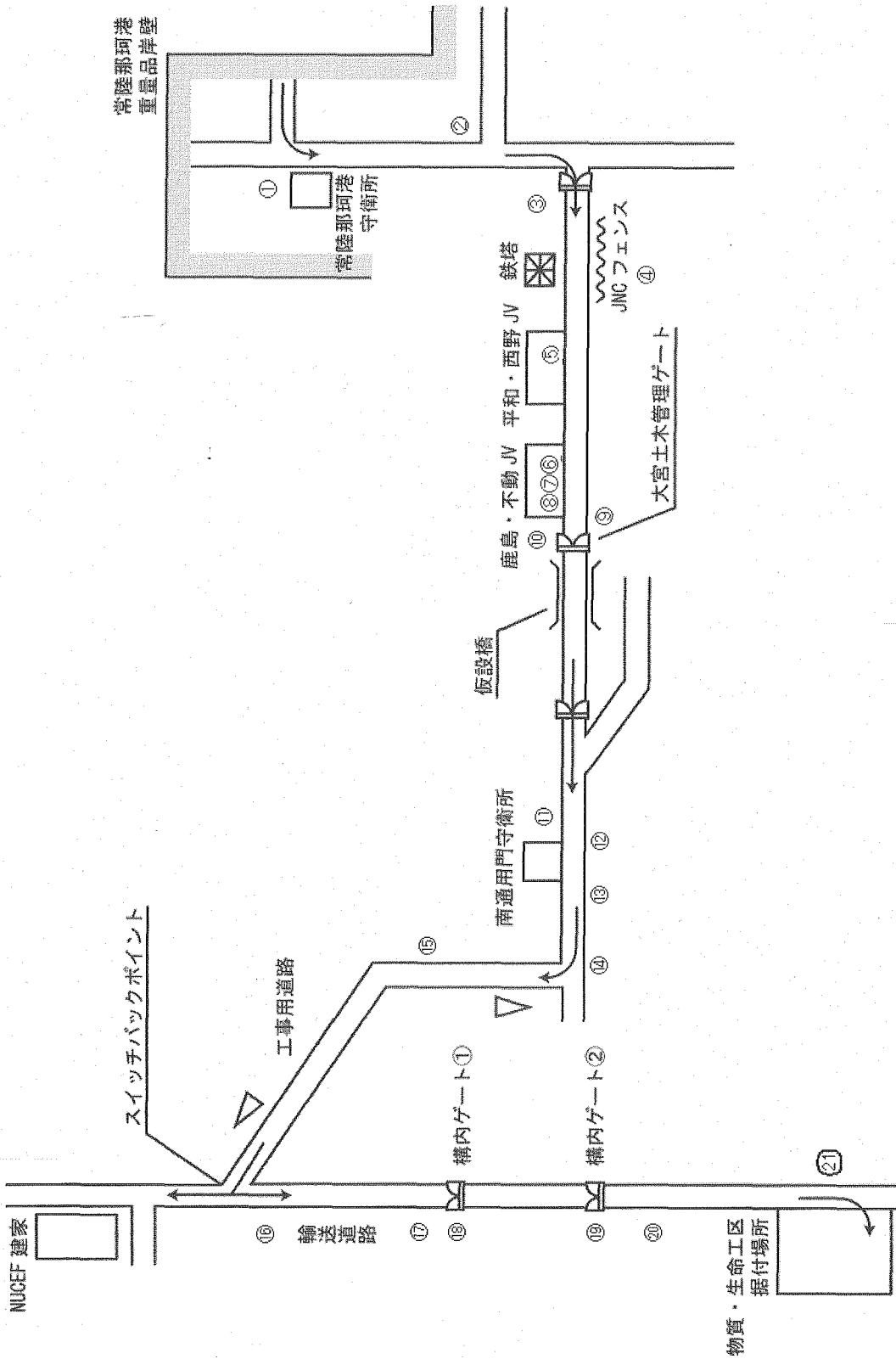


Fig. 31 機器搬入経路における障害器物位置略図

21箇所の内容については、Table 3, Photo 1～22 も参照のこと。

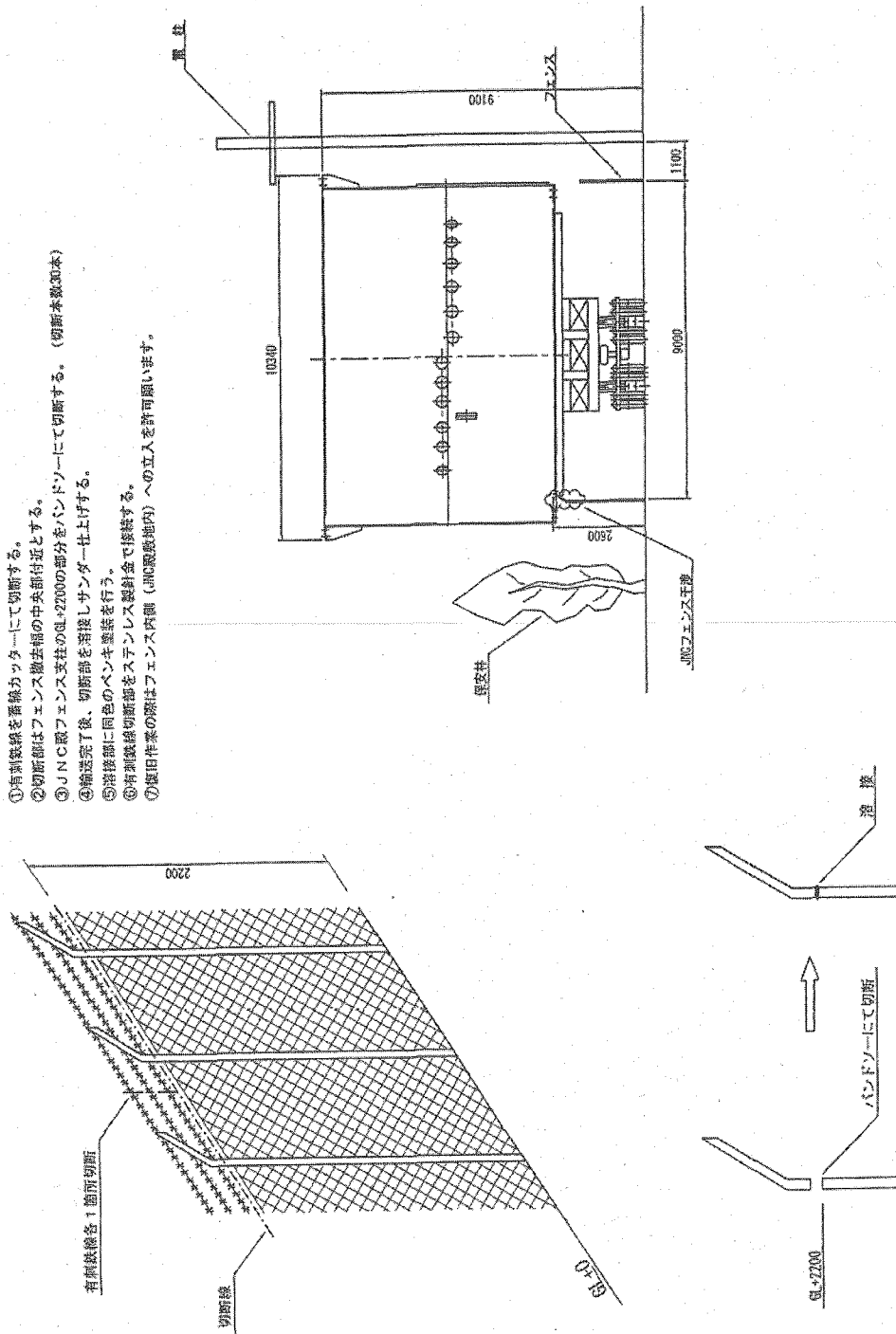


Fig. 32 フェンス及び一時撤去・復旧作業要領図

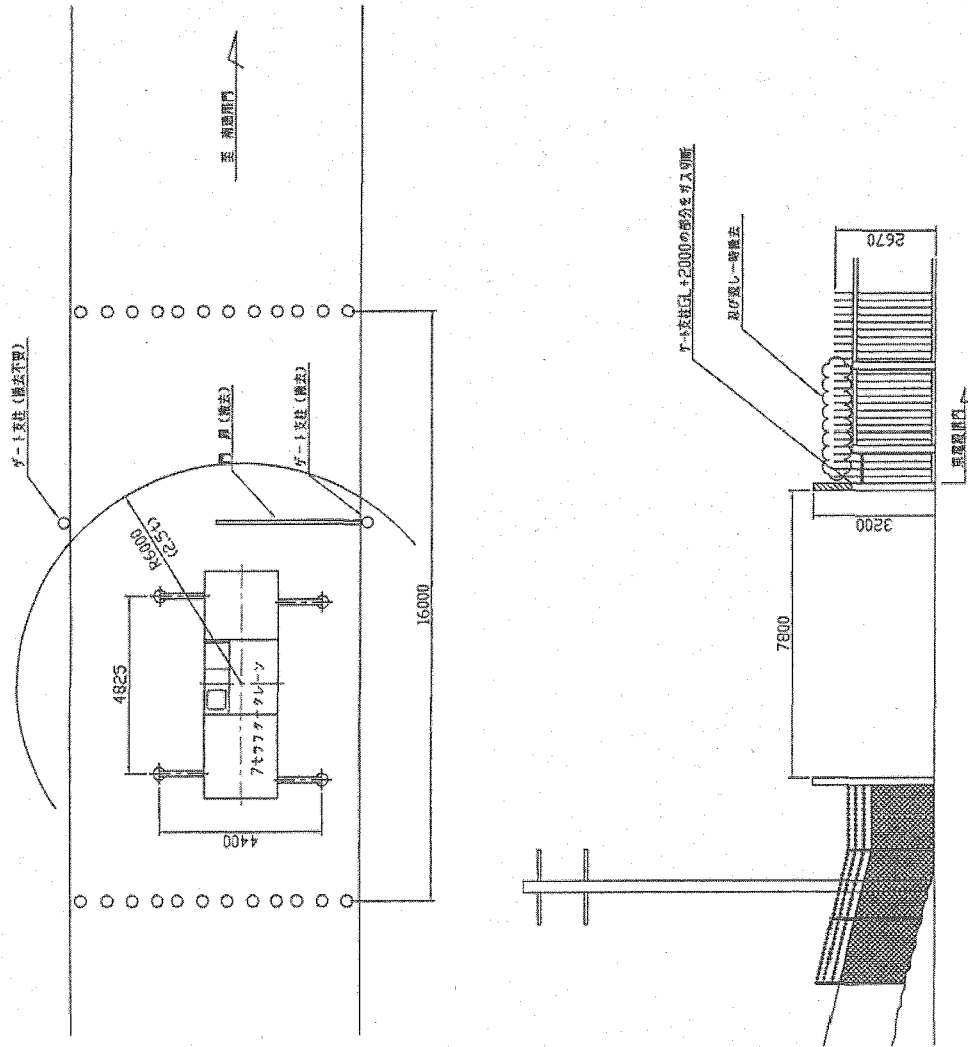


Fig. 33 ゲート (大宮土木事務所)、フェンス及び返し (常陸那珂火力発電所) の一時撤去・復旧作業要領図

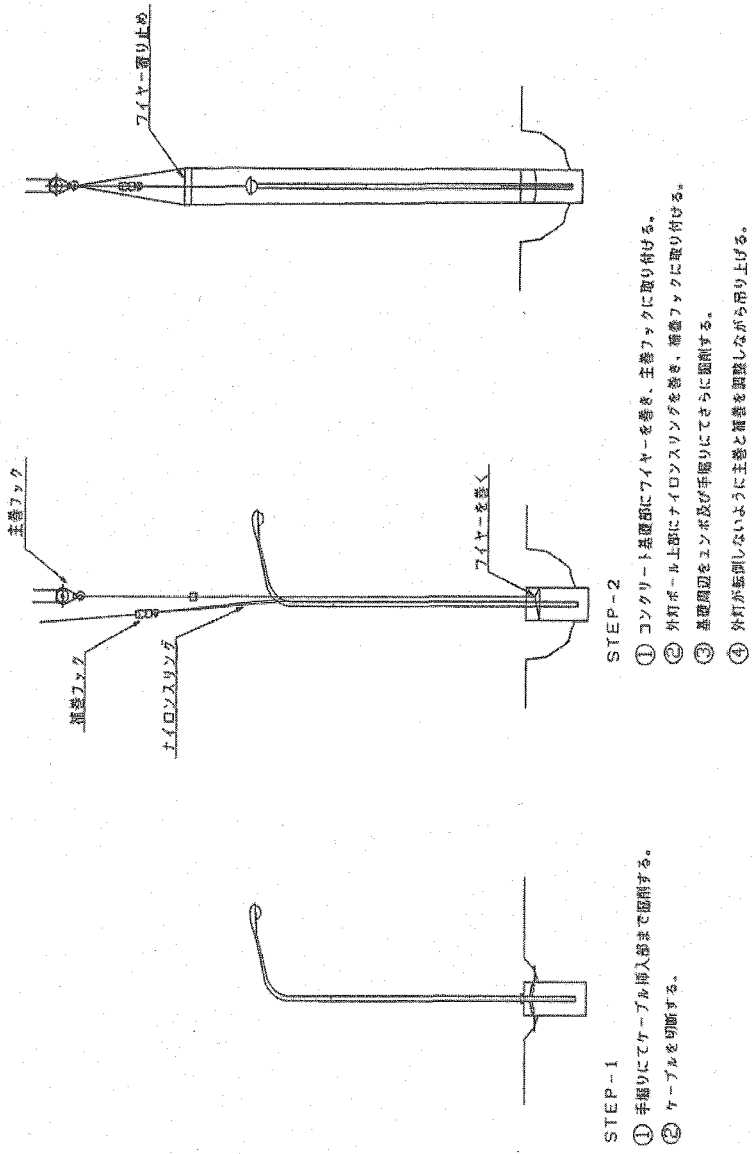


Fig. 34 構内外灯 (水銀灯) の撤去作業要領図

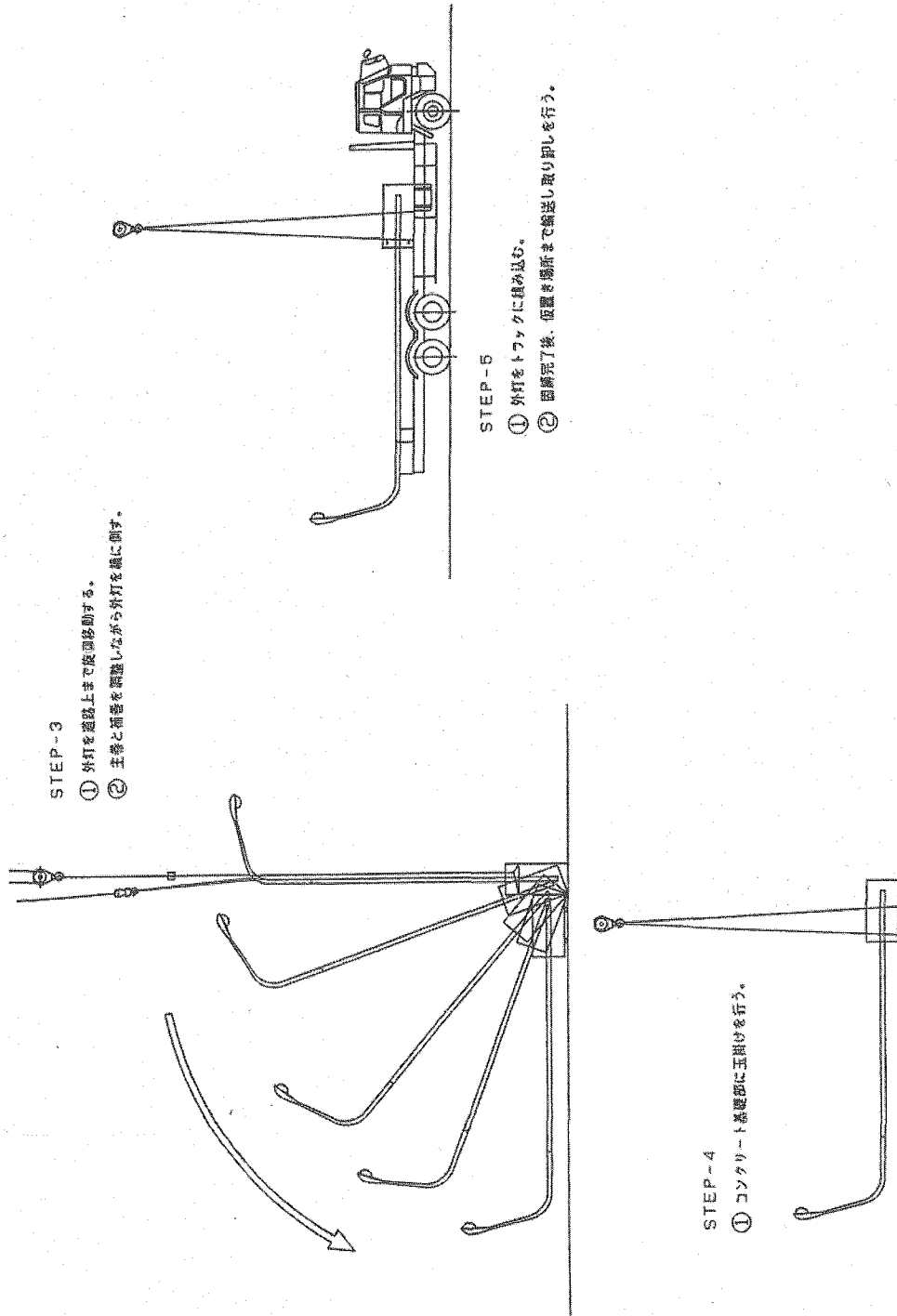
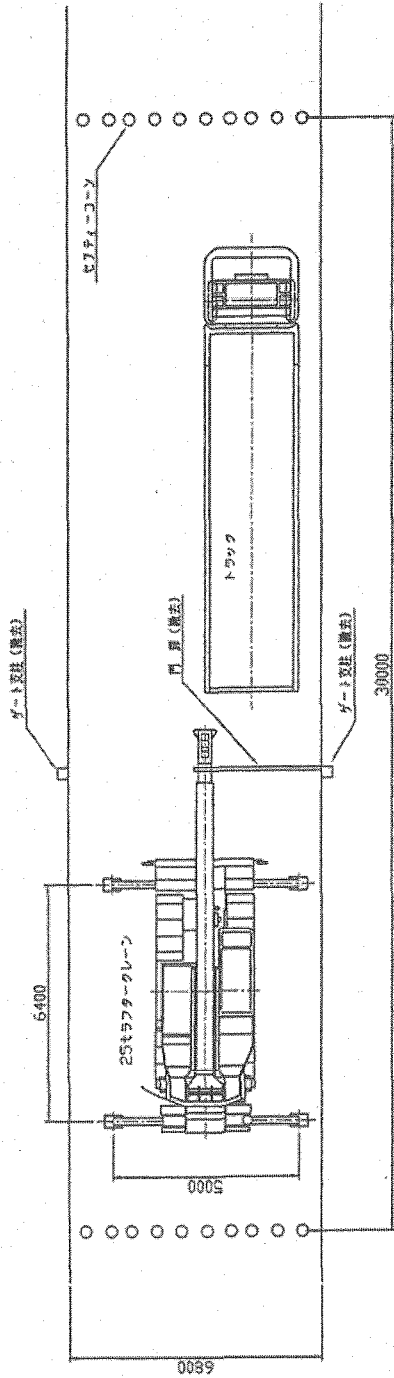


Fig. 34 構内外灯（水銀灯）の撤去作業要領図（つづき）



作業手順

- ① クレーンに25tクレーンを設置する。
- ② 門扉に玉掛けを行い、ワイヤーの強みが無くなるまでクレーンを巻く。
- ③ ゲート支柱を根元からガス切断する。
- ④ ゲートとトラックに積み込む。
- ⑤ 仮置場まで輸送し取り卸しを行う。
- ⑥ 支柱の穴を土（砂）で埋め戻す。

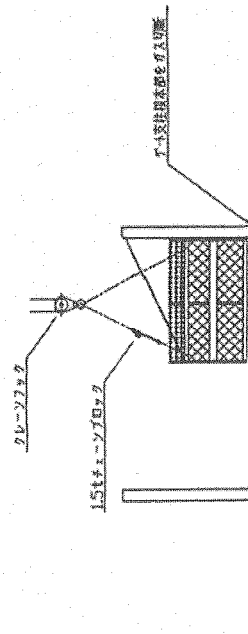


Fig. 35 構内輸送道路内ゲートの撤去作業要領図

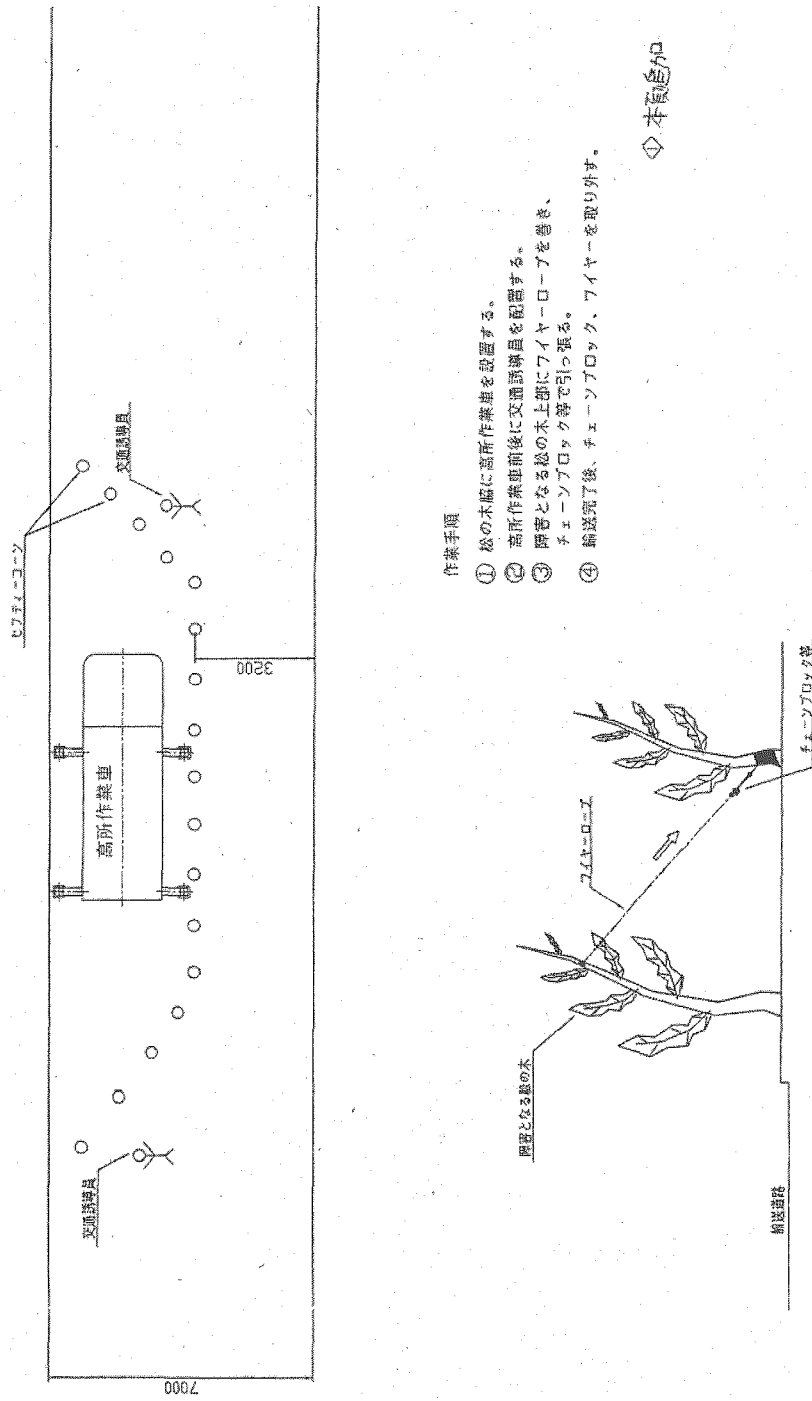


Fig. 36 構内輸送道路沿い松の木対策作業要領図

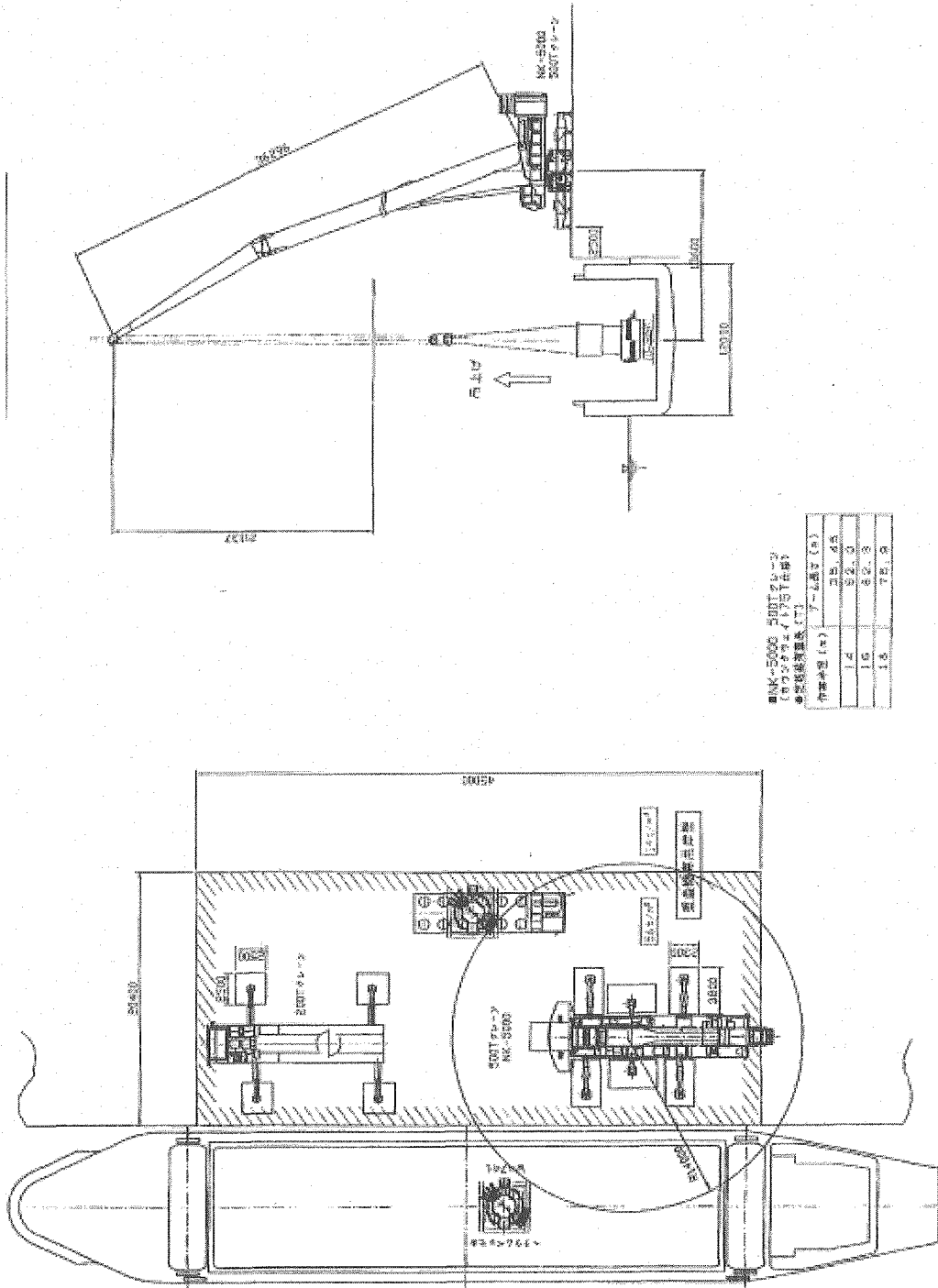


Fig. 42 ヘリウムベッセル水切り計画図

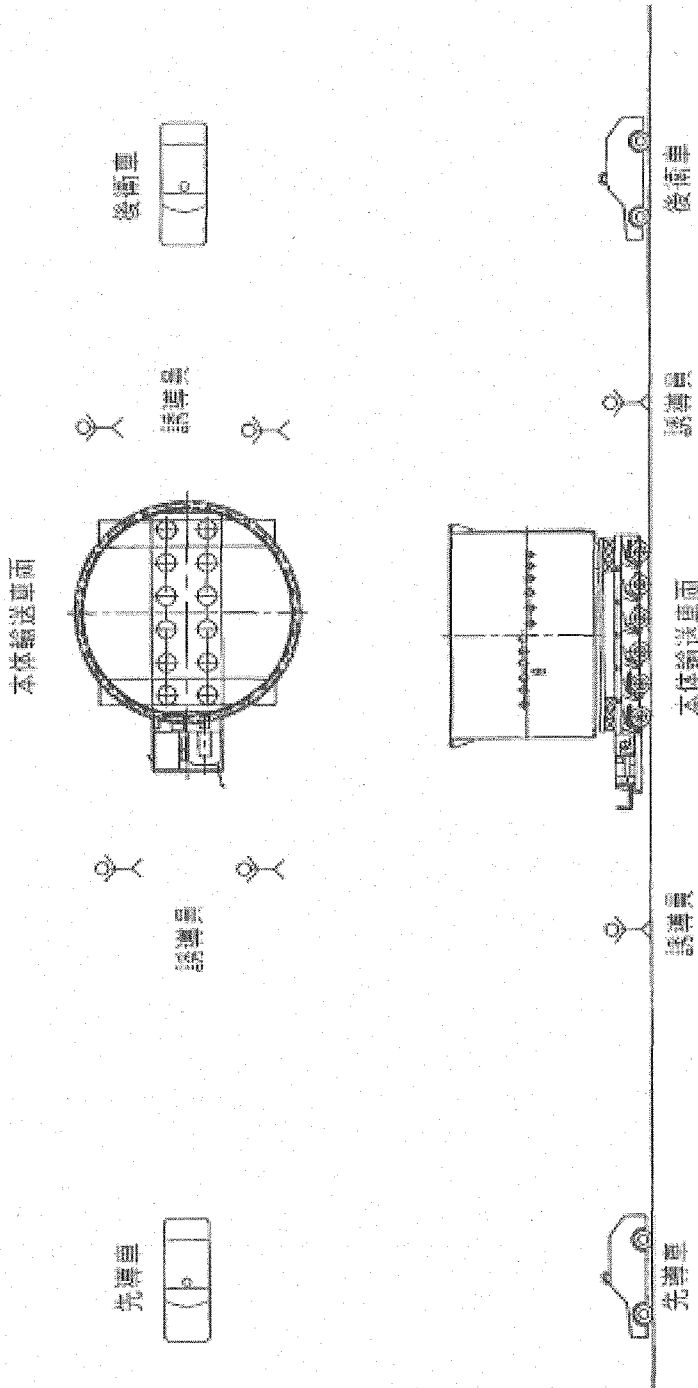


Fig.43 アウターライナー（下部）輸送車両警備計画図

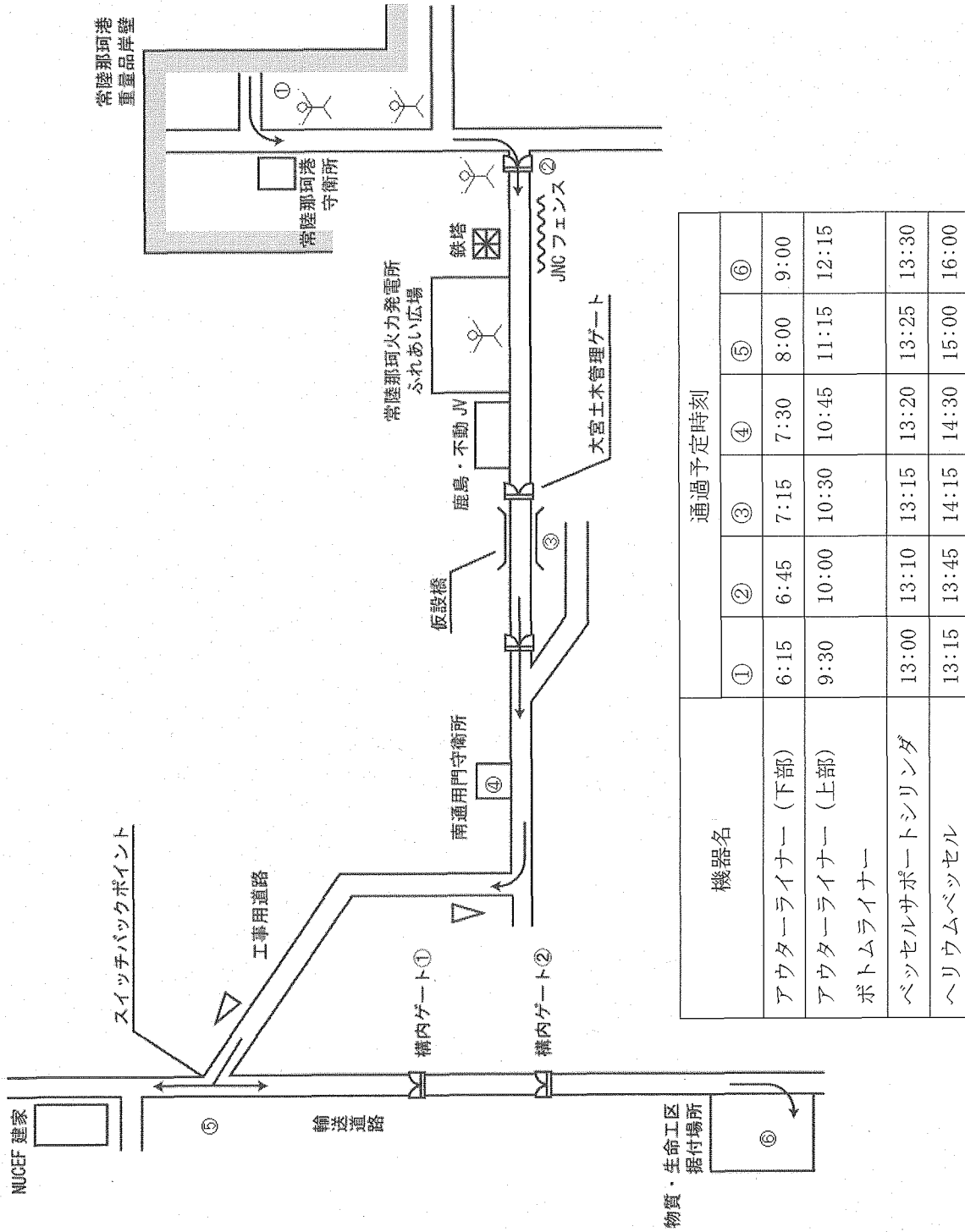


Fig. 44 搬入経路上の警備員配置計画

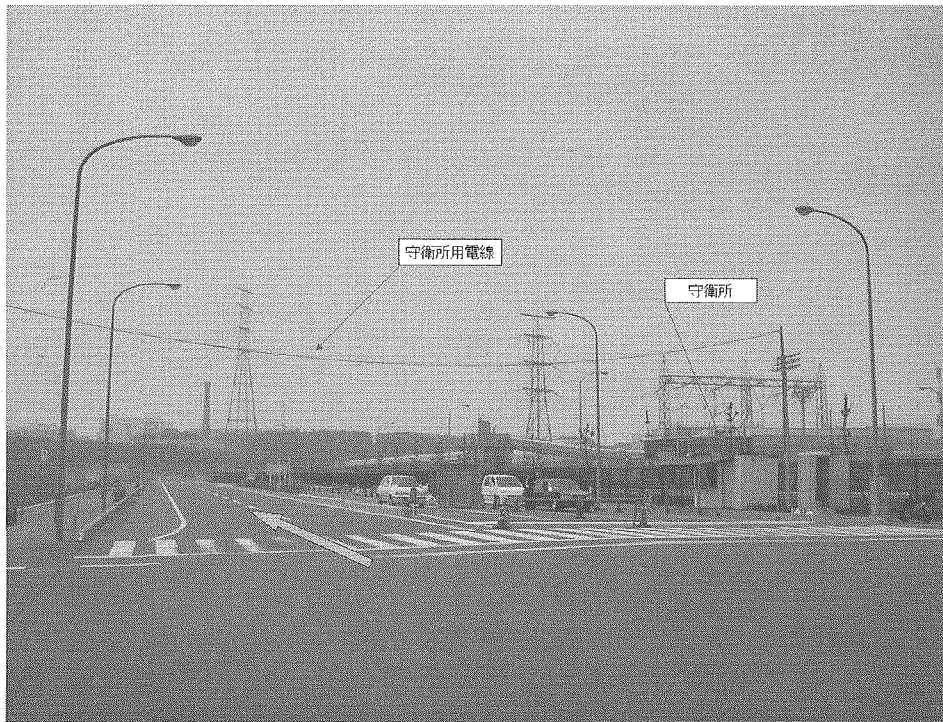


Photo 1 常陸那珂港守衛所前

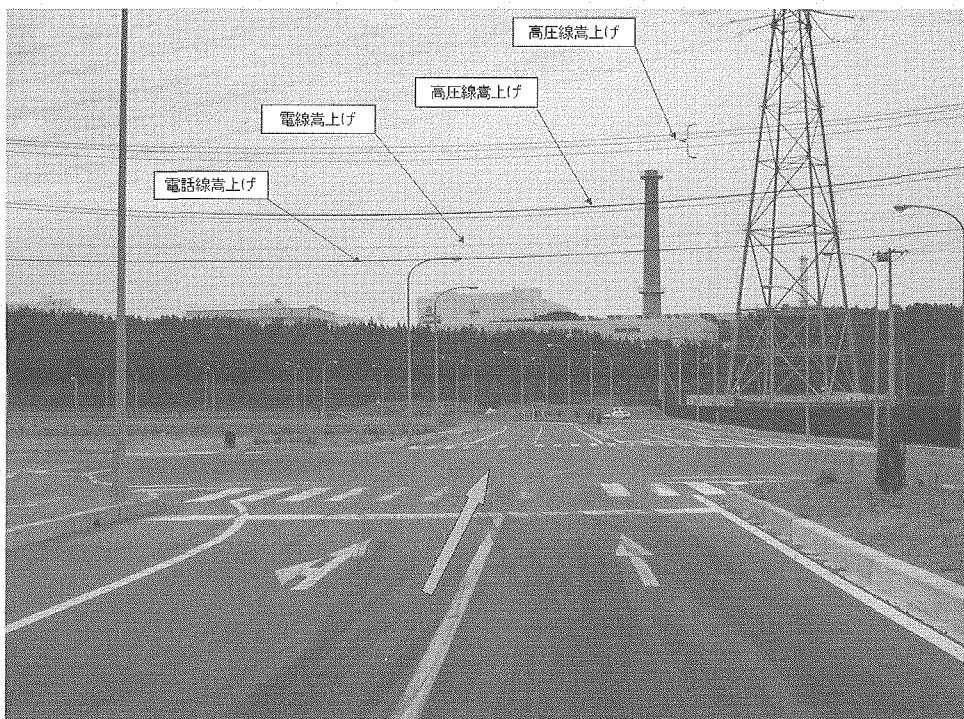


Photo 2 常陸那珂港出口付近



Photo 3. 工事用道路入口ゲート



Photo 4 工事用道路 送電線鉄塔付近
JNC フェンス上部の一時撤去のみで輸送実施

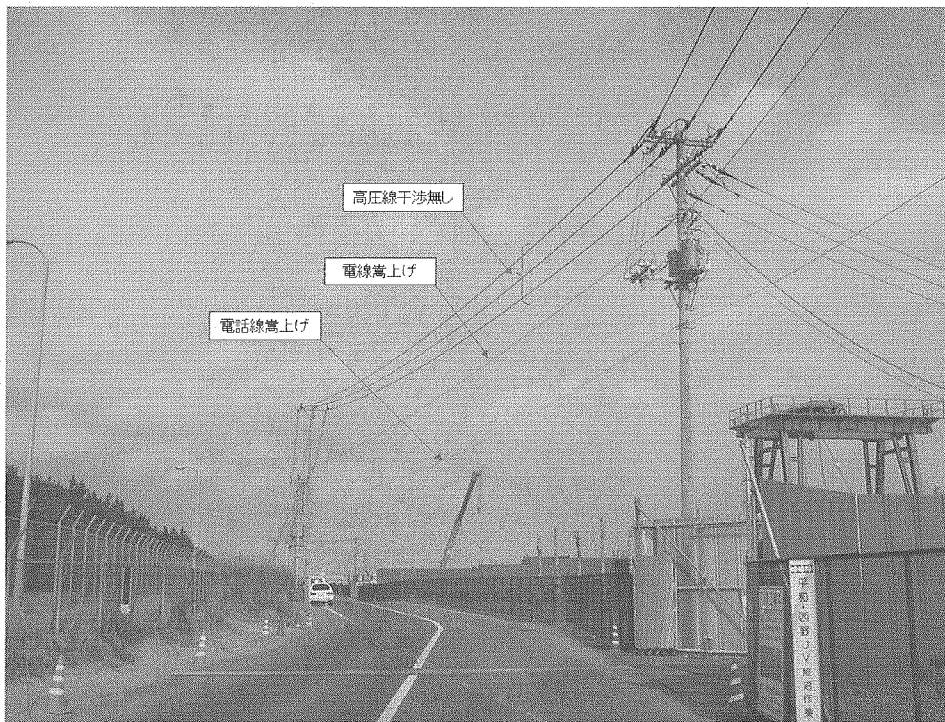


Photo 5 工事用道路 平和・西野 J V 入口付近

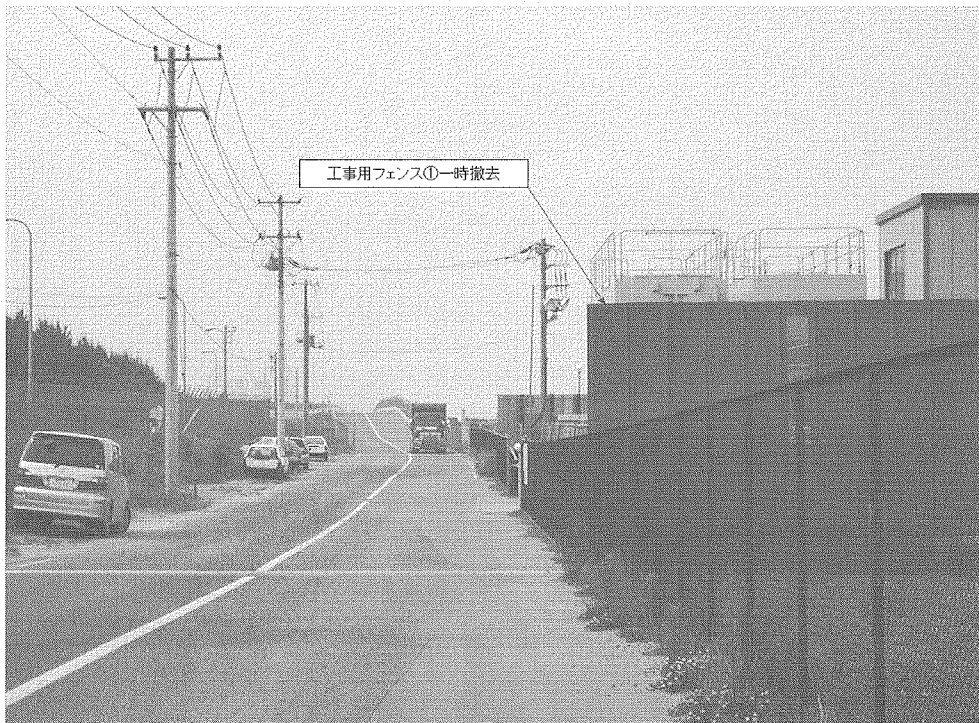


Photo 6 工事用道路 鹿島・不動 J V
輸送実施日（平成 16 年 10 月 17 日）時点で撤去済みのため処置実施せず。

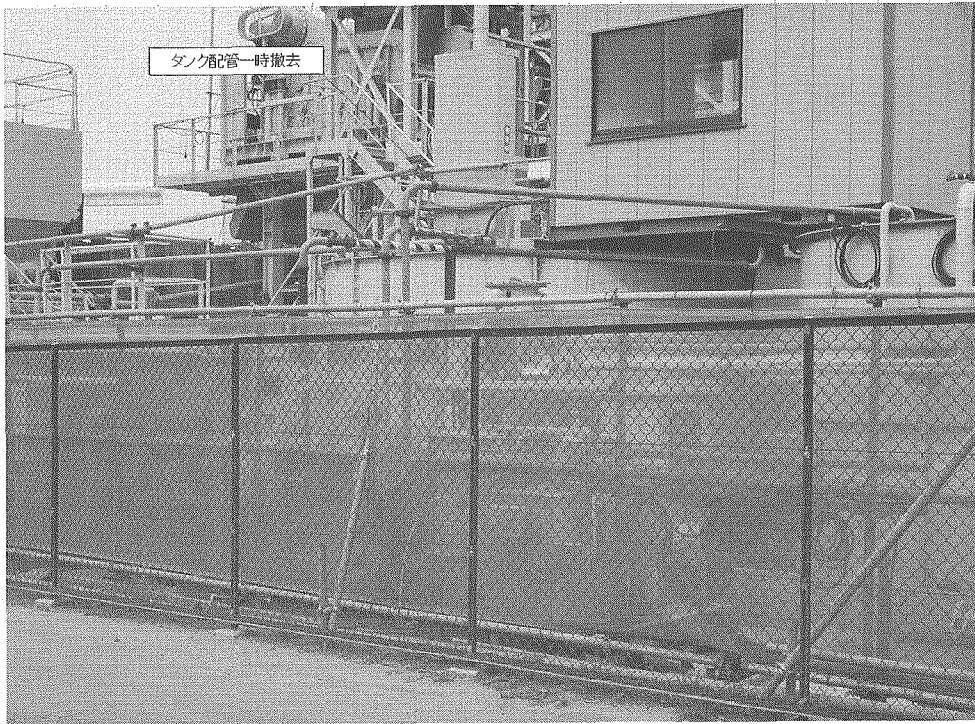


Photo 7 鹿島・不動 J V

輸送実施日（平成 16 年 10 月 17 日）時点で撤去済みのため処置実施せず。

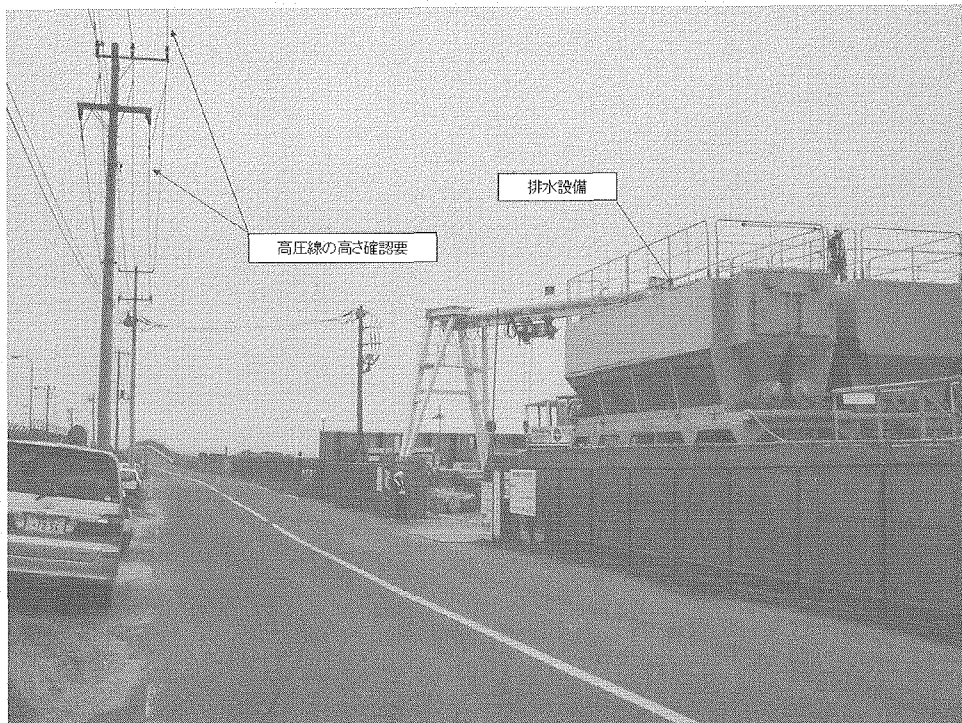


Photo 8 鹿島・不動 J V

輸送実施日（平成 16 年 10 月 17 日）時点で撤去済みのため処置実施せず。



Photo 9 鹿島・不動 J V 事務所入口
輸送実施日（平成 16 年 10 月 17 日）時点で撤去済みのため処置実施せず。

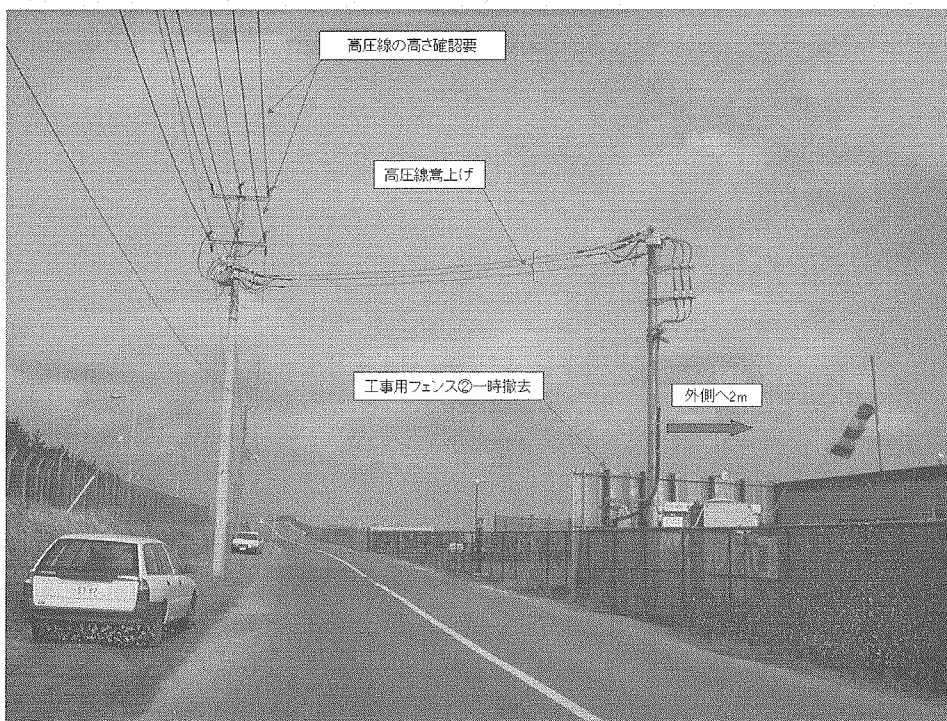


Photo 10 工事用道路 鹿島・不動 J V 事務所入口過ぎ

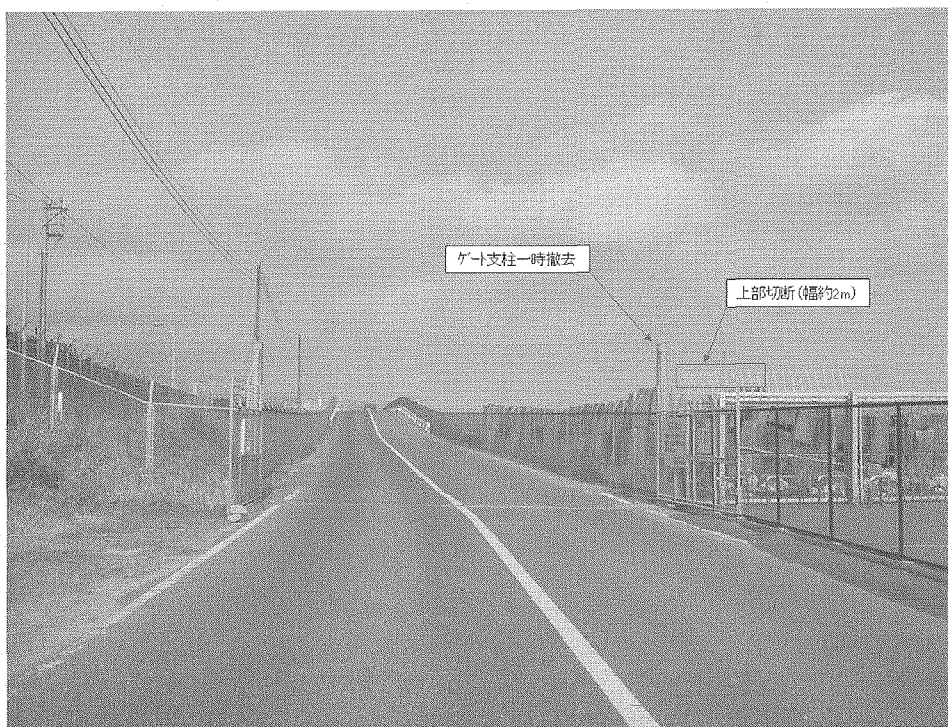


Photo 11 工事用道路 大宮土木事務所管理ゲート

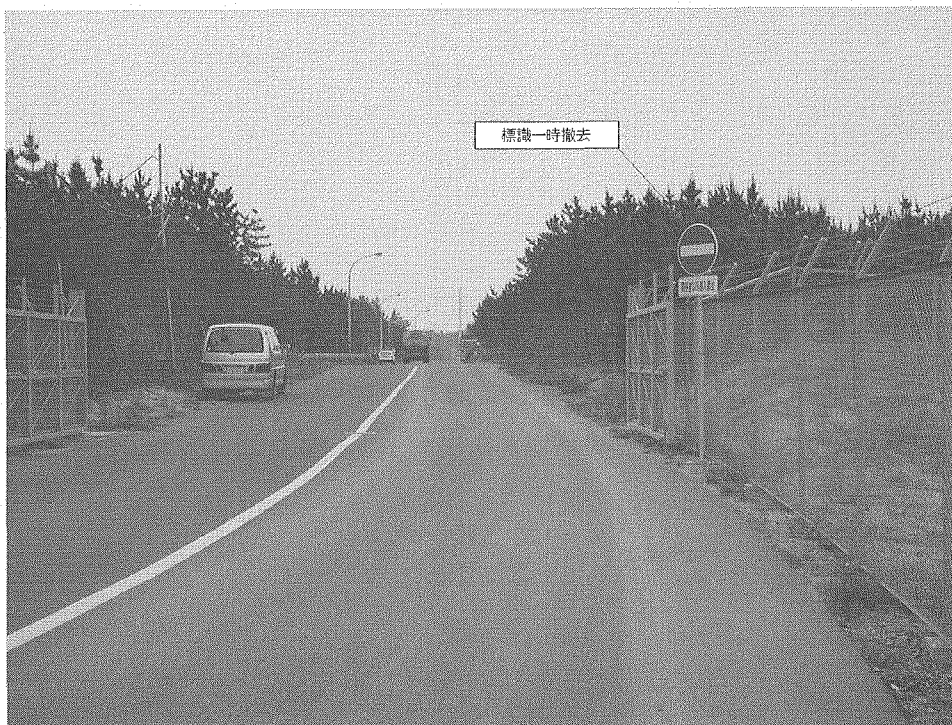


Photo 12 南地区門手前のゲート

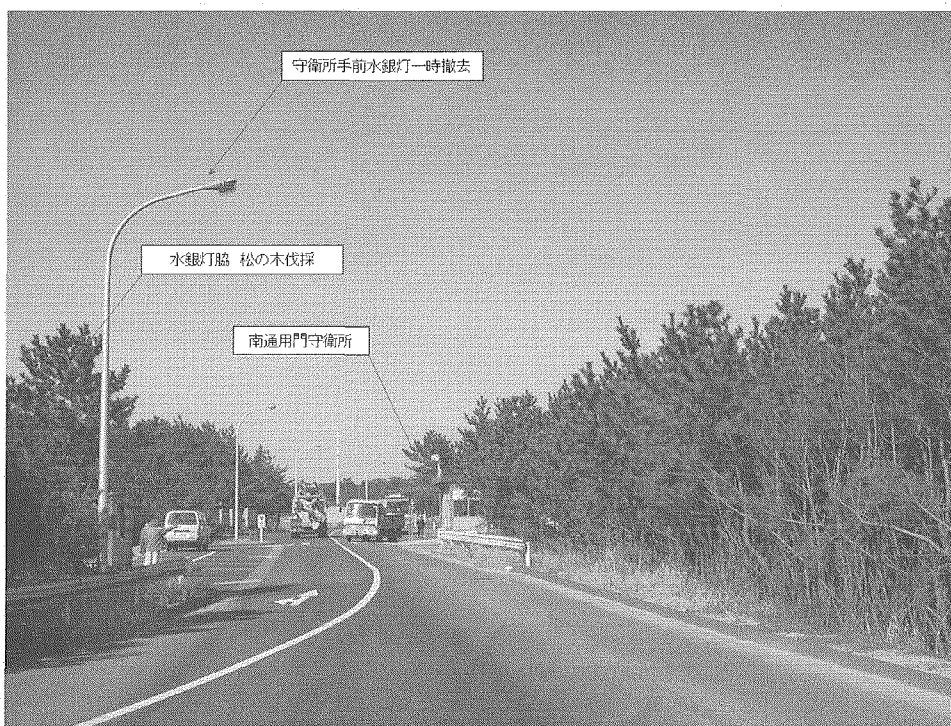


Photo 13 南地区門守衛詰所手前

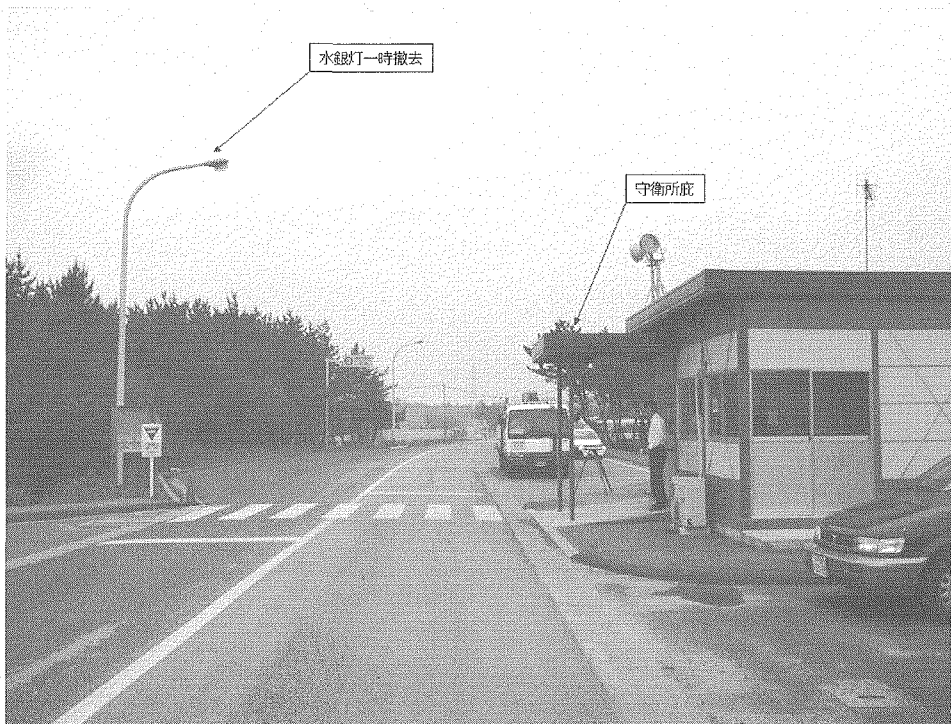


Photo 14. 南地区門守衛所前

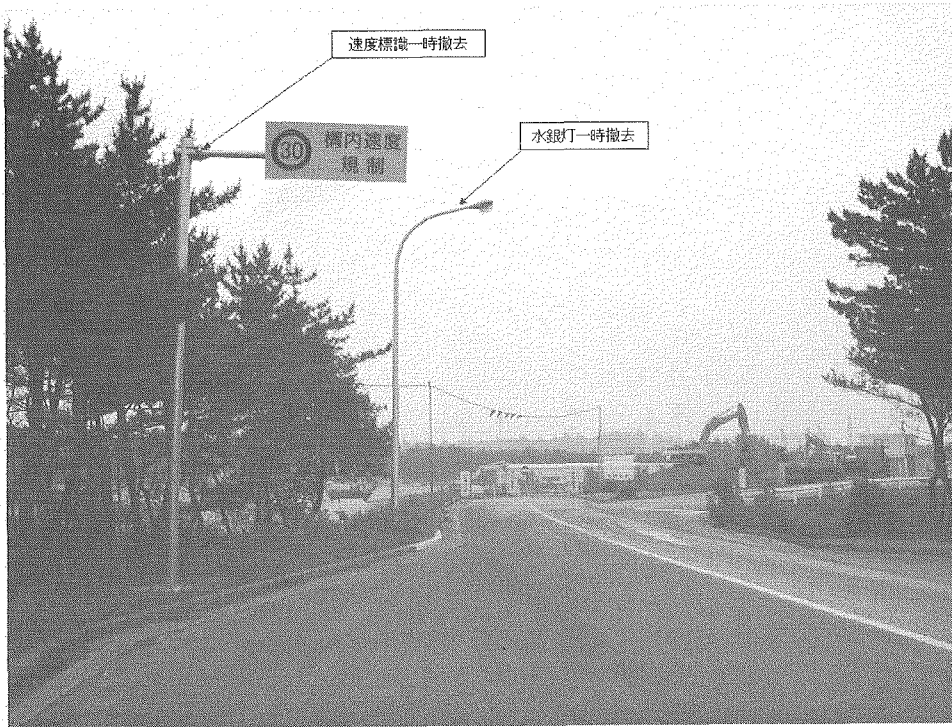


Photo 15 南地区門守衛詰所過ぎ右折ポイント



Photo 16 構内道路速度標識

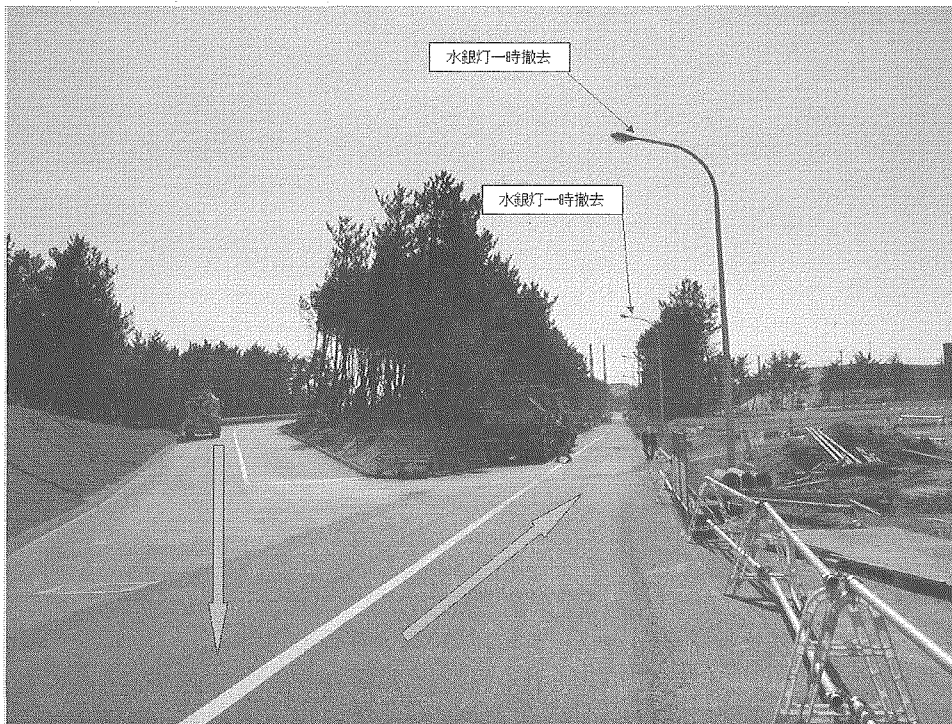


Photo 17 構内工事用道路と輸送道路の合流部

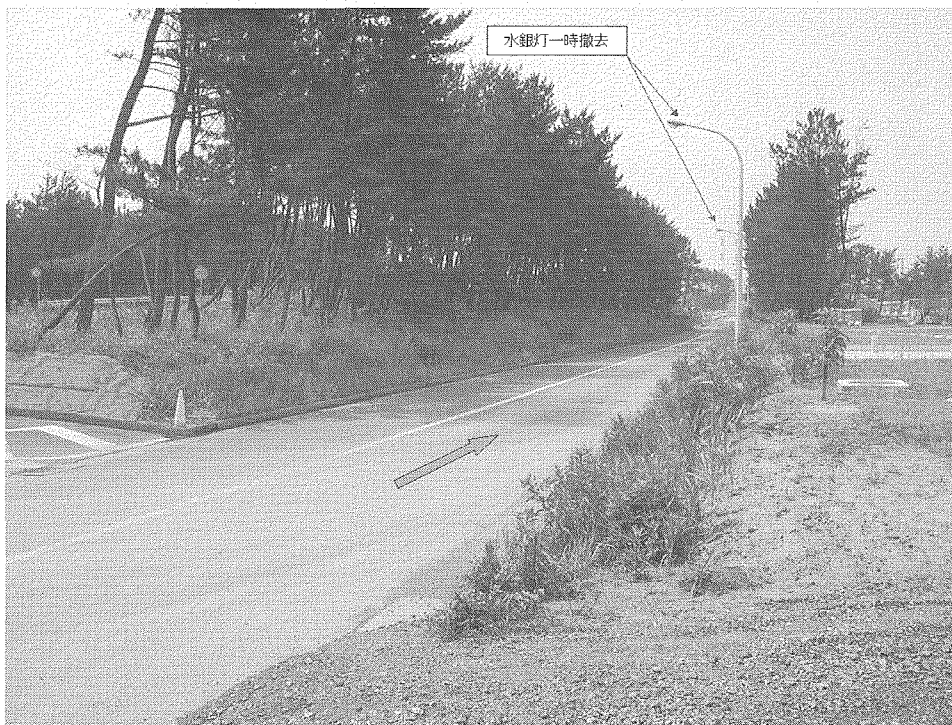


Photo 18 構内輸送道路

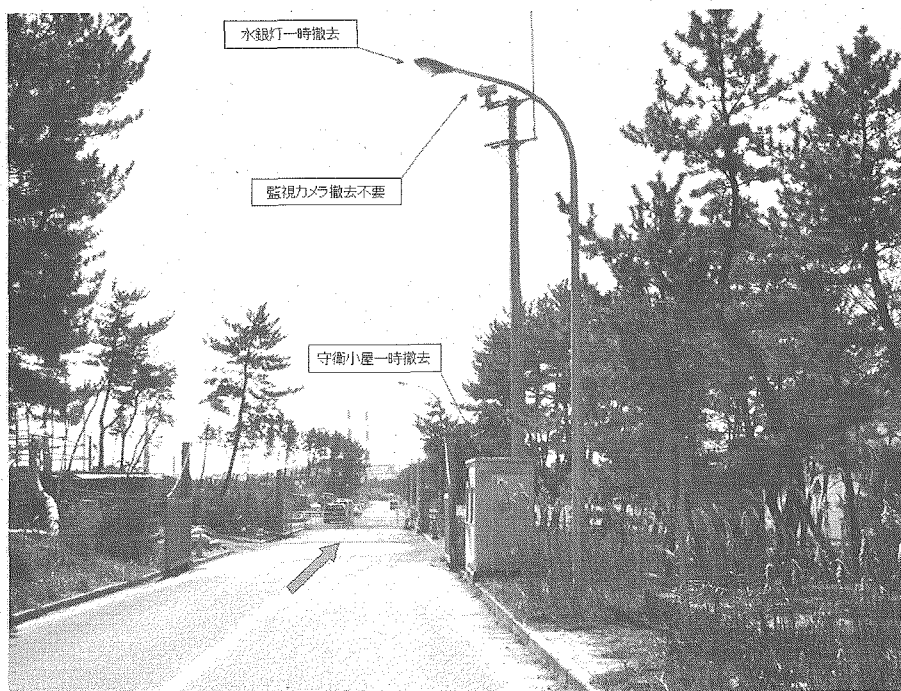


Photo 19 構内八間道路横断部北側のゲート付近

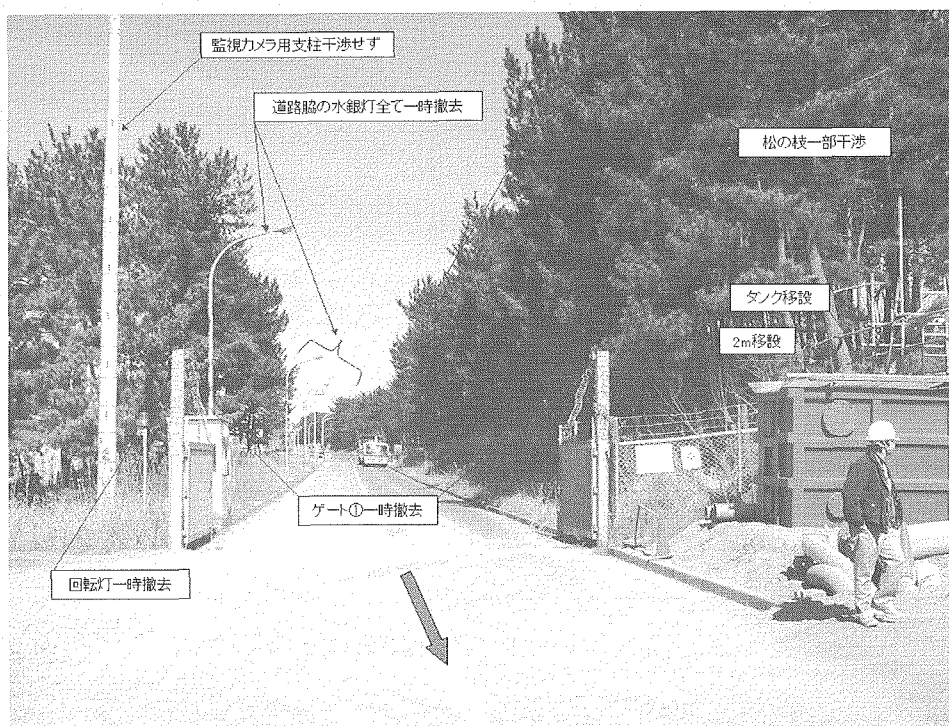


Photo 20 構内八間道路横断部北側のゲート付近（反対側より）

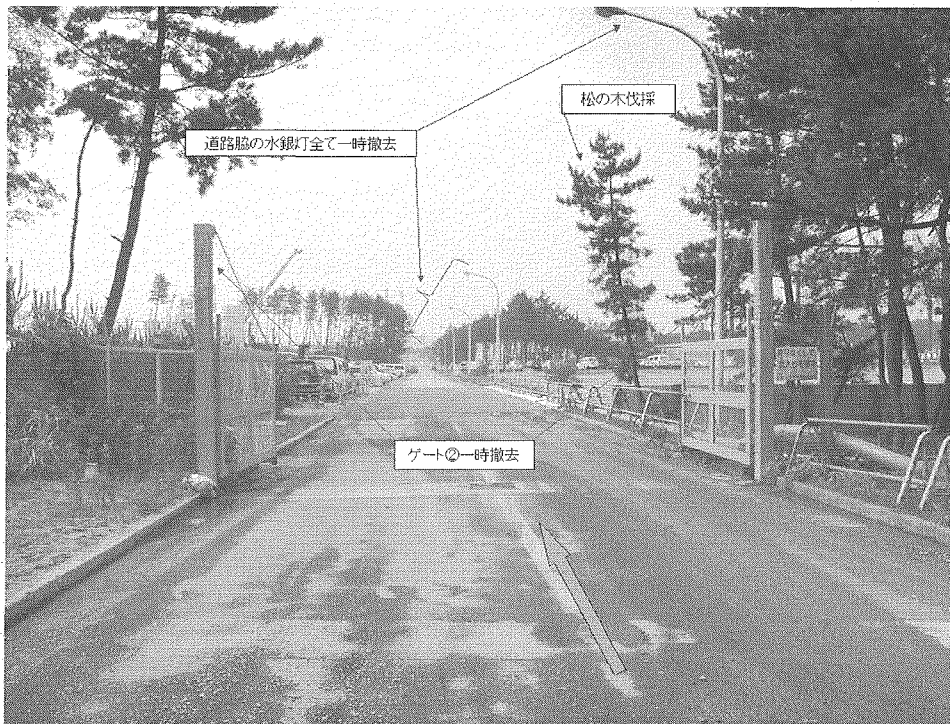


Photo 21 構内八間道路横断部南側のゲート付近

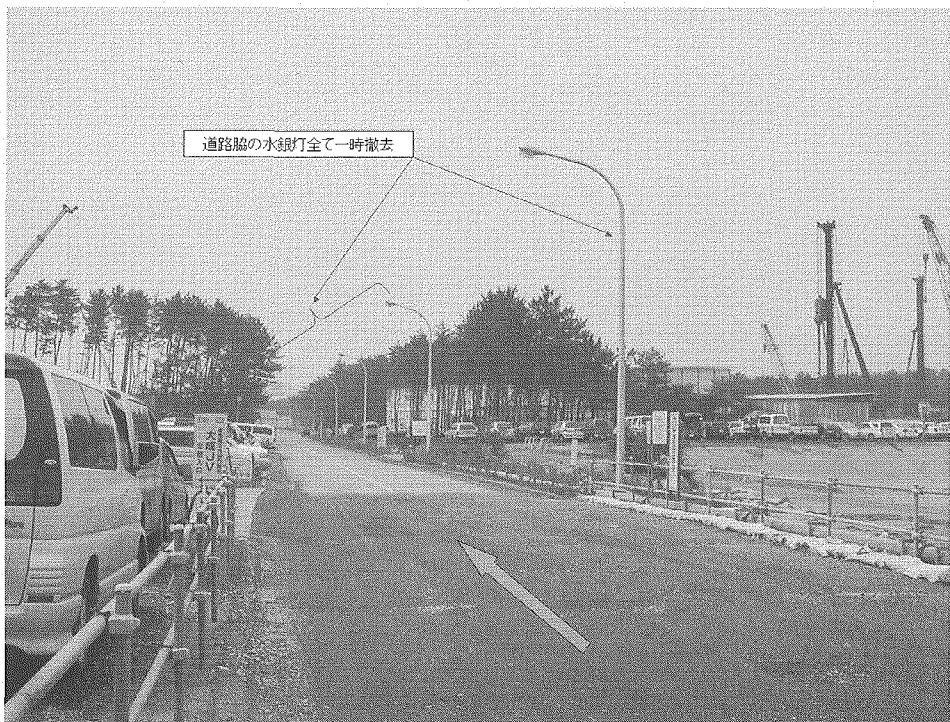


Photo 22. 輸送道路 物質・生命工区までの区間

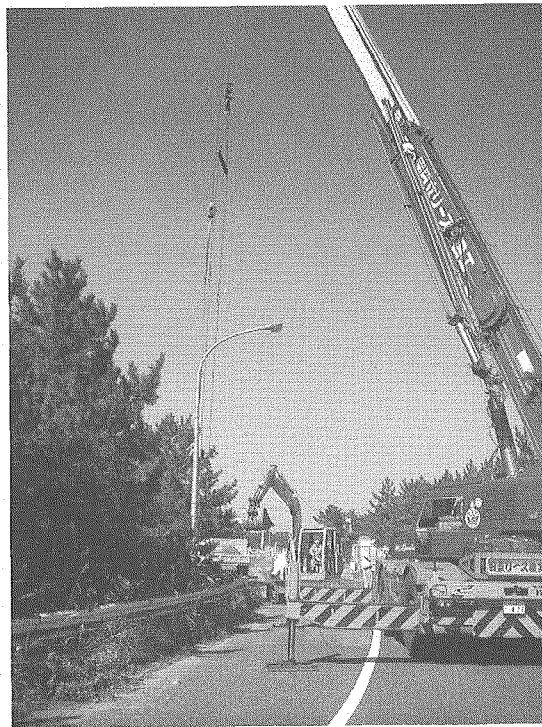


Photo 23 外灯の一時撤去作業

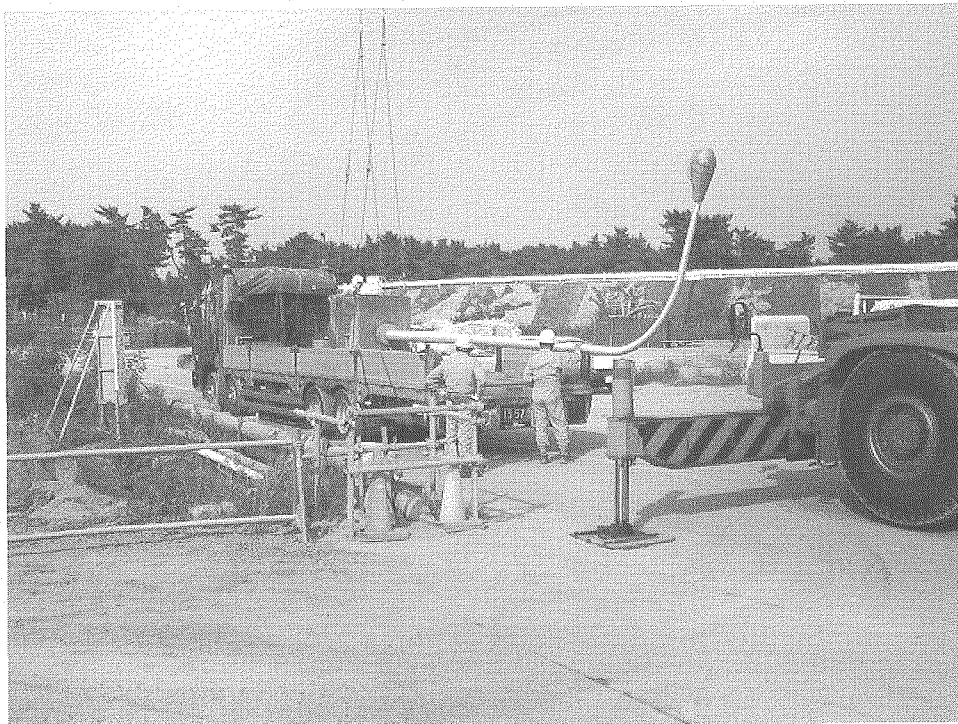


Photo 24 外灯の運搬準備作業

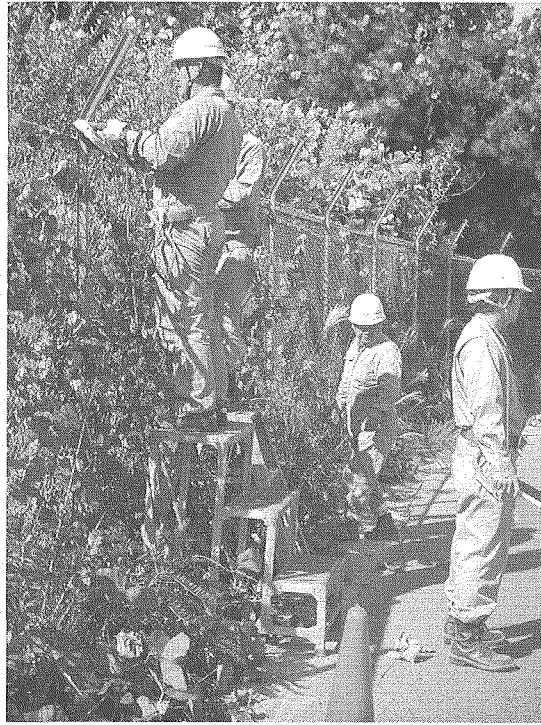


Photo 25 フェンス忍び返し部の一時撤去作業



Photo 26 ゲートの一時撤去作業



Photo 27 アウターライナーの水切り(その1)



Photo 28 アウターライナーの水切り(その2)

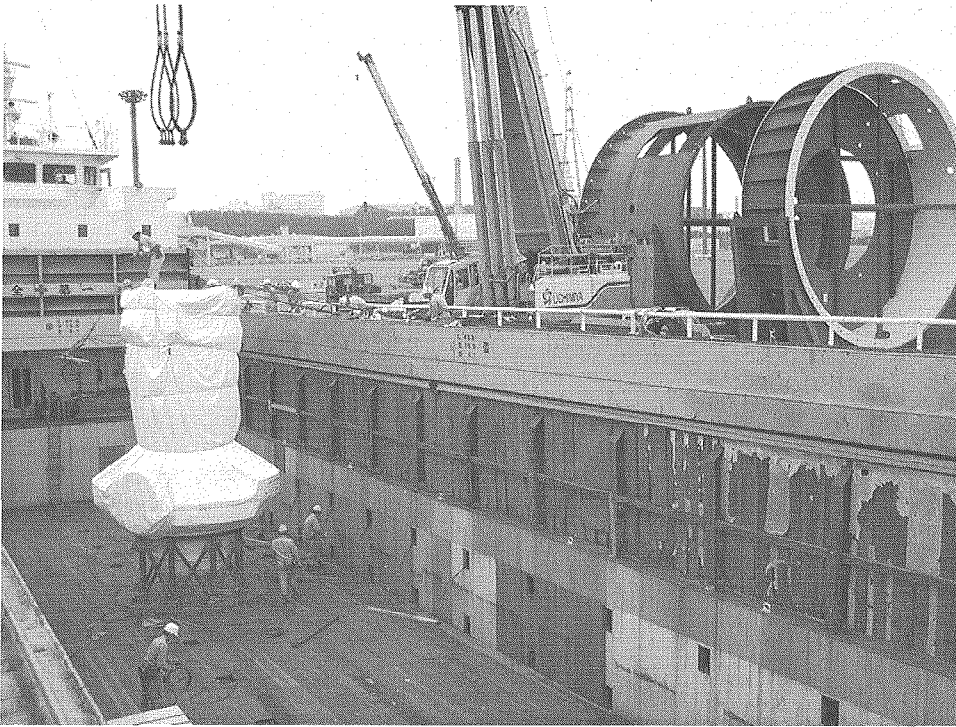


Photo 29 ヘリウムベッセルの水切り(その2)

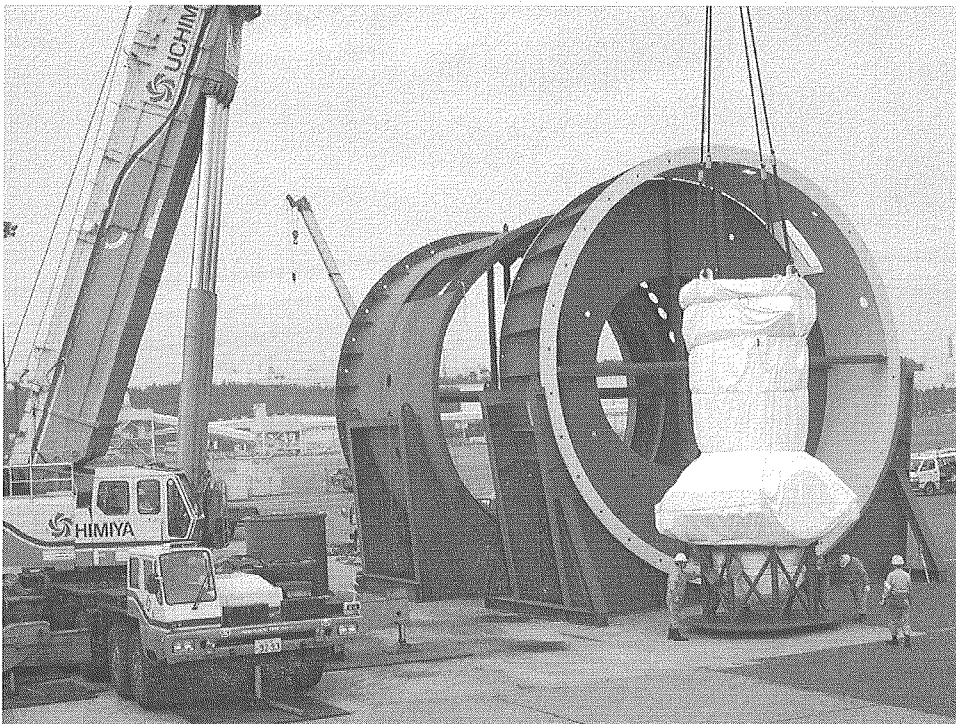


Photo 30 ヘリウムベッセル, アウターライナーの常陸那珂港岸壁での仮置き

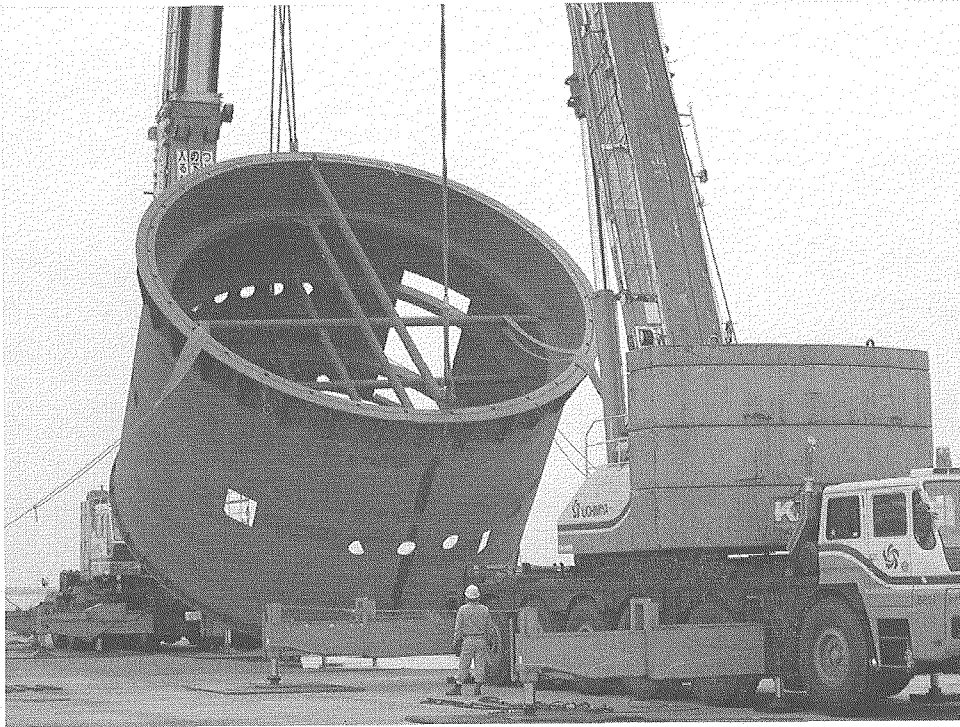


Photo 31 運搬車両に積載のためのアウターライナー下部立て起こし



Photo 32 運搬車両に積載のためのアウターライナー上部立て起こし



Photo 33 165t ユニットキャリアに積載したアウターライナー
(写真右側：下部、写真左側：上部)

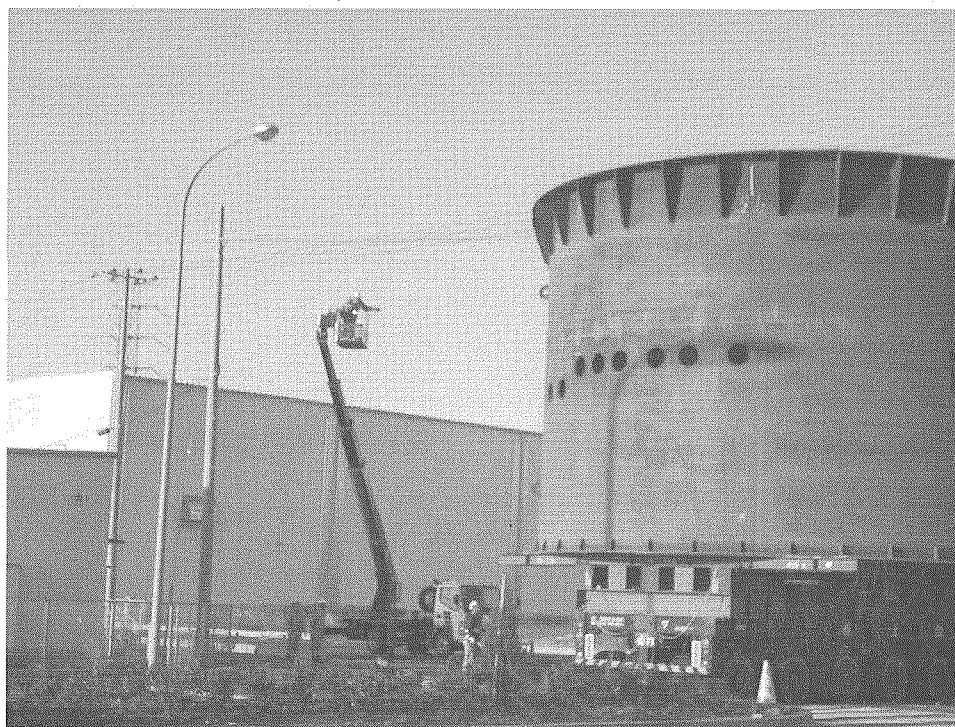


Photo 34 アウターライナー下部輸送 常陸那珂港出口付近の電線嵩上げ部

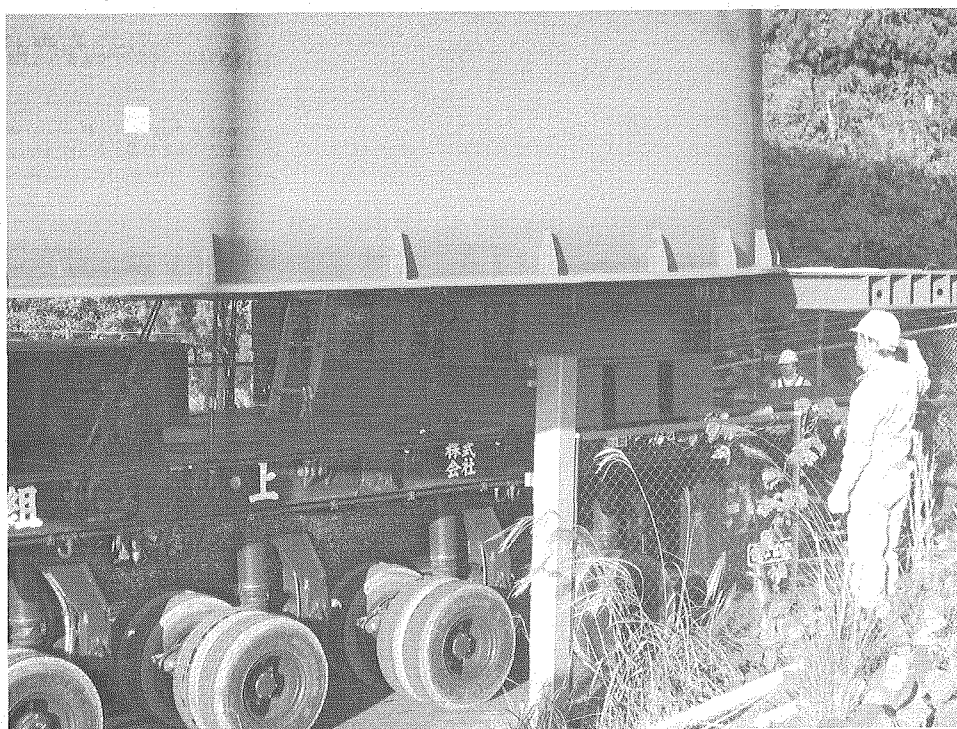


Photo 35 アウターライナー下部輸送 工事用道路入口ゲート部



Photo 36 アウターライナー下部輸送 工事用道路 フェンス忍び返し撤去部

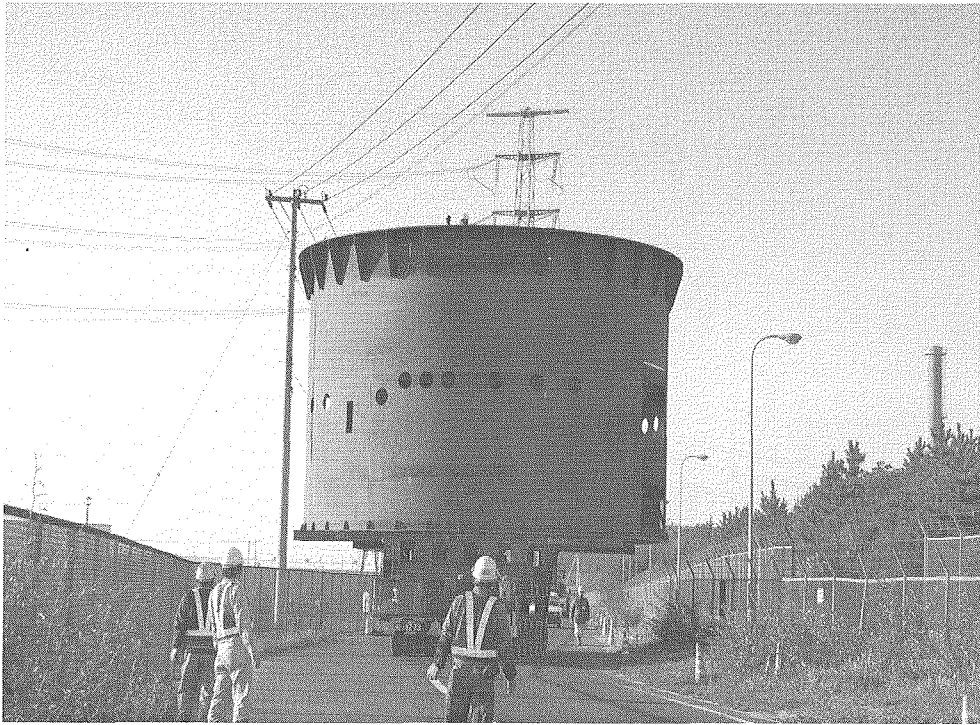


Photo 37 アウターライナー下部輸送 工事用道路

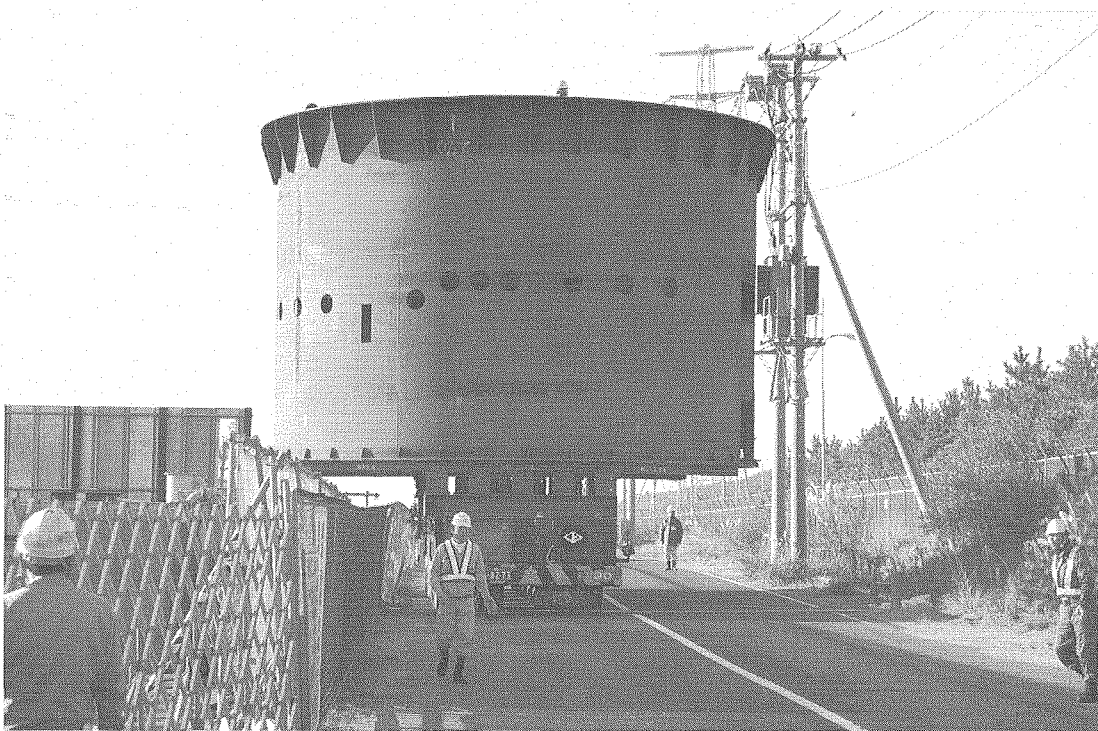


Photo 38 アウターライナー下部輸送 工事用道路 鹿島・不動 JV 事務所付近（その1）

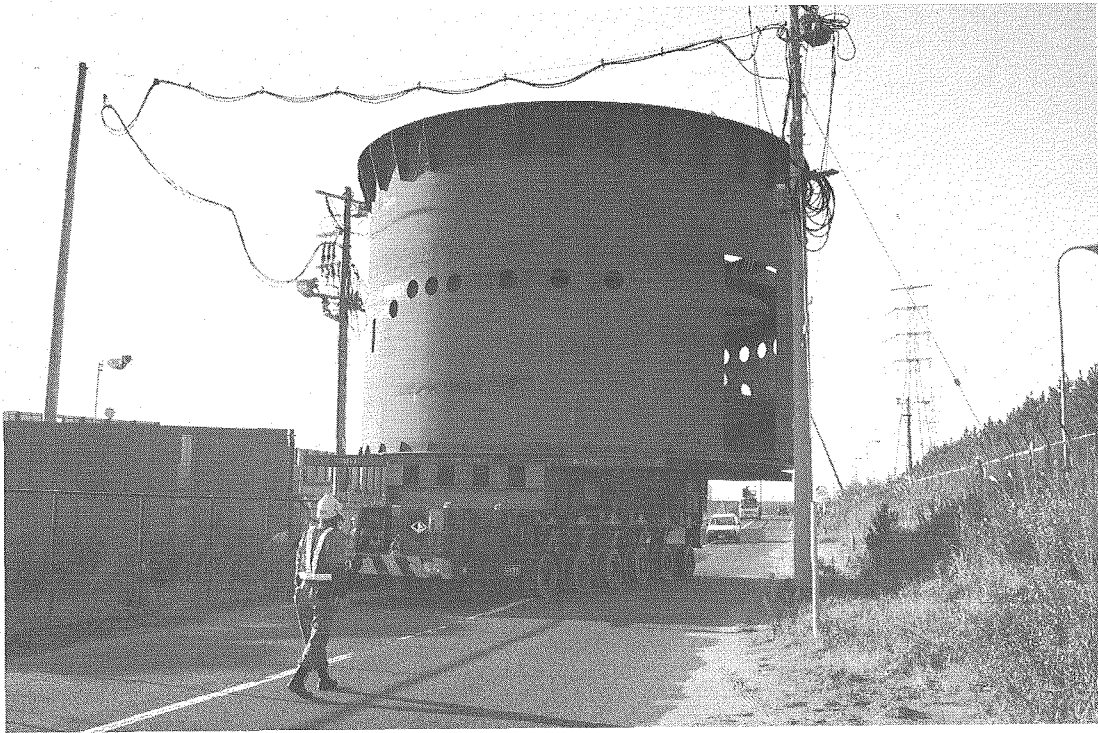


Photo 39 アウターライナー下部輸送 工事用道路 鹿島・不動 JV 事務所付近 (その2)

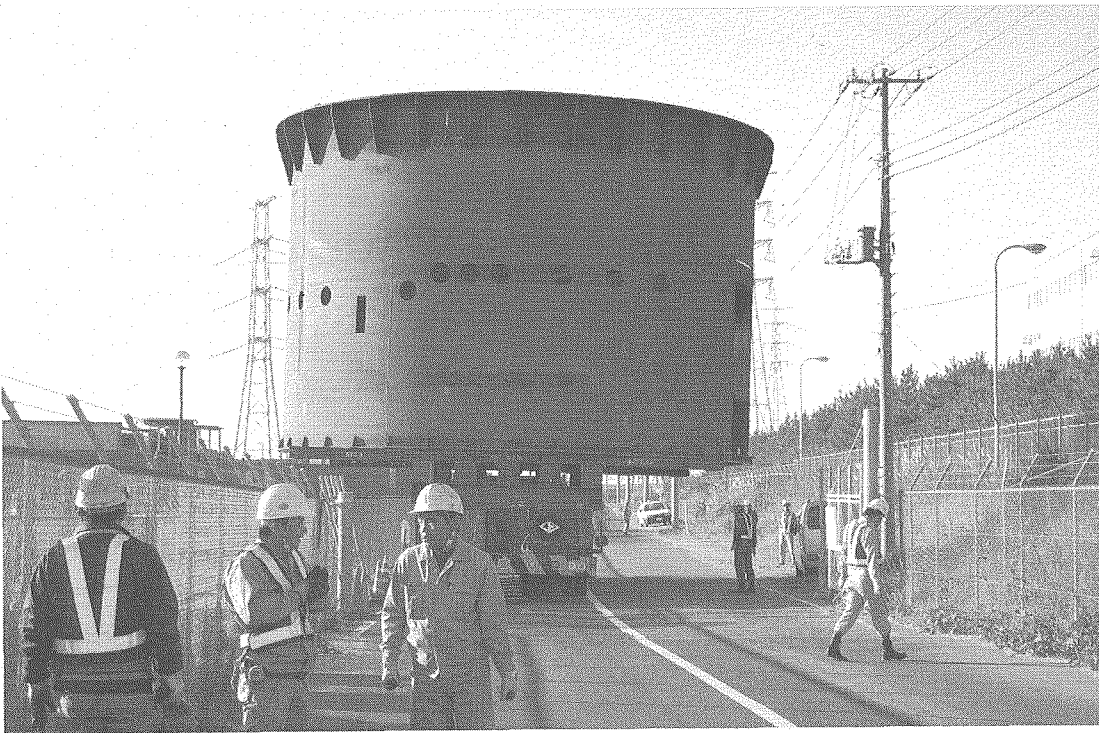


Photo 40 アウターライナー下部輸送 工事用道路大宮土木事務所管理ゲート付近

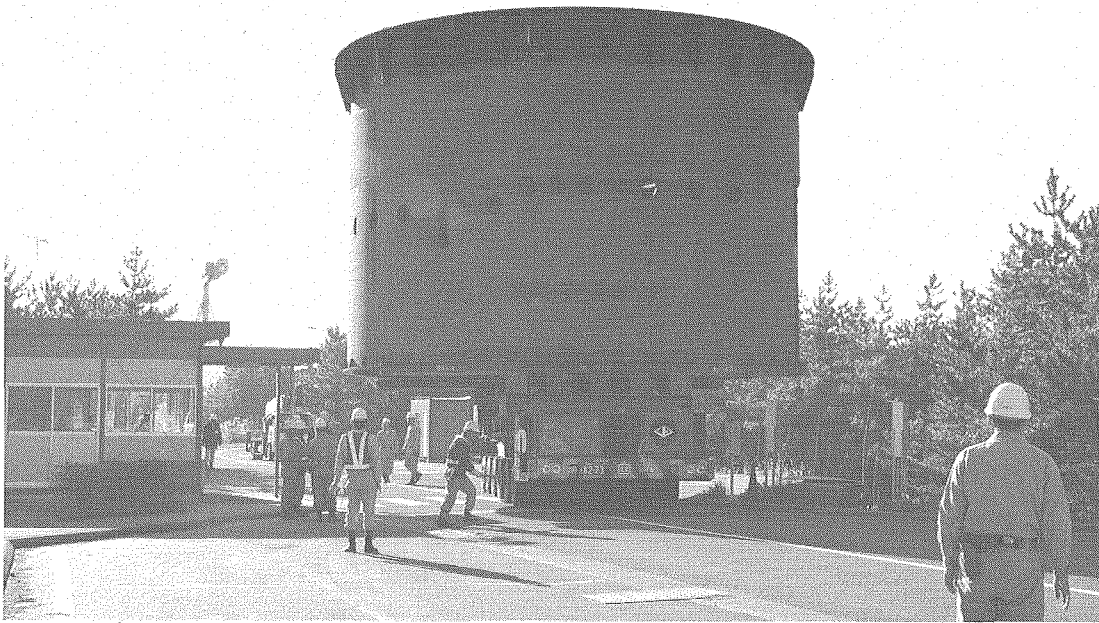


Photo 41 アウターライナー下部輸送 南地区門守衛詰所



Photo 42 アウターライナー下部輸送 構内輸送道路合流部での方向転換

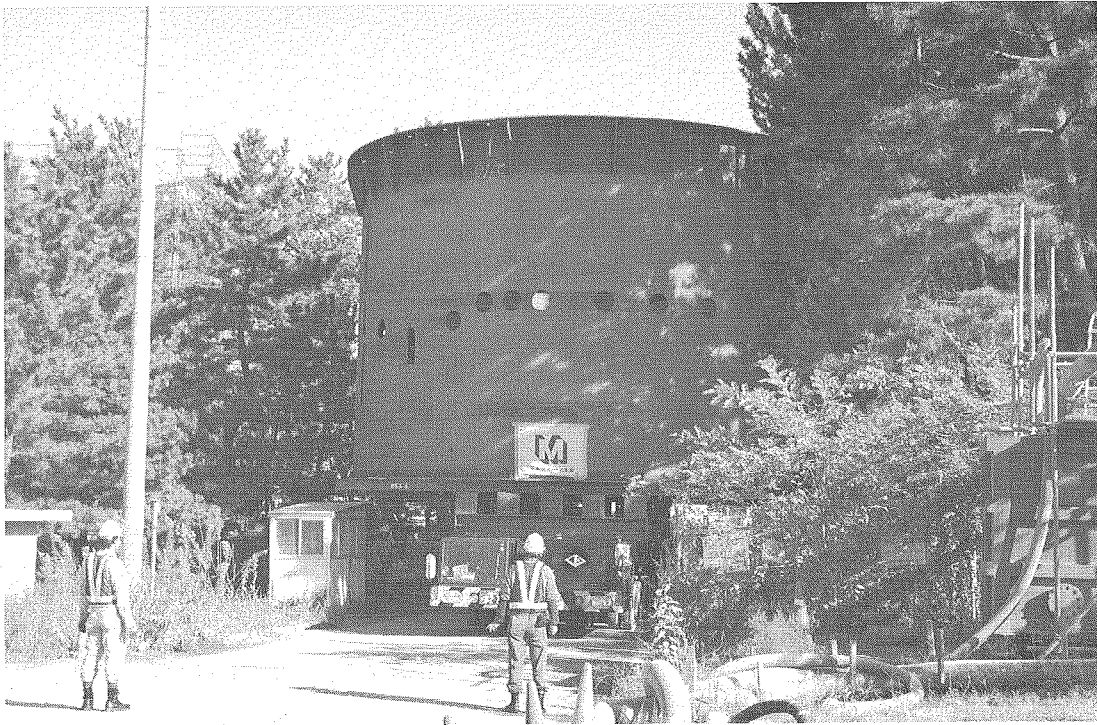


Photo 43 アウターライナー下部輸送 構内輸送道路ゲート撤去部

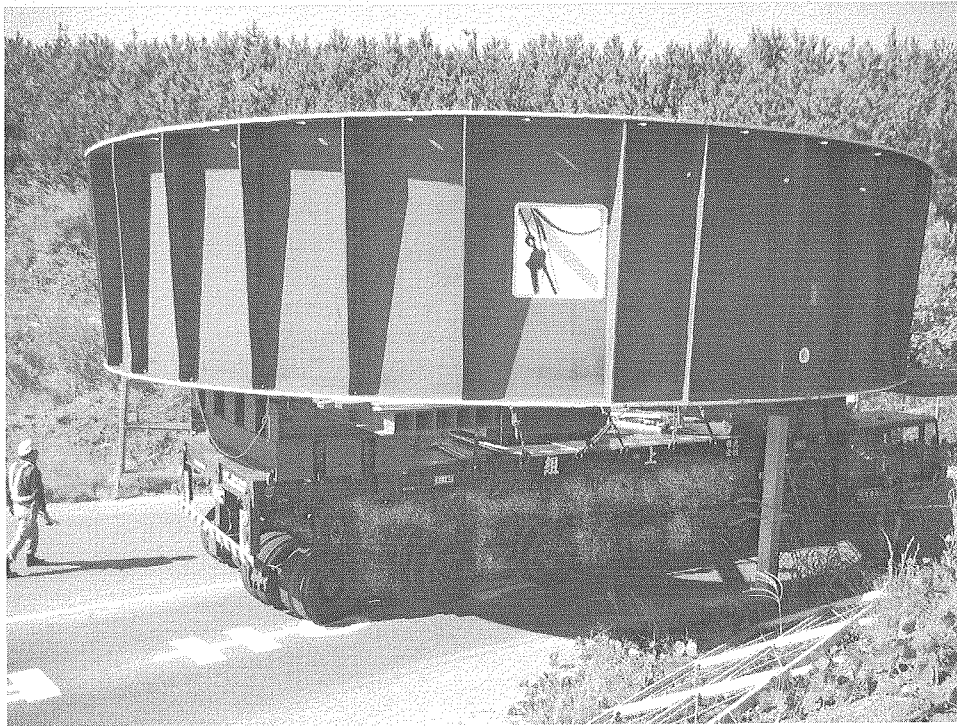


Photo 44 アウターライナー上部輸送 工事用道路入口ゲート部

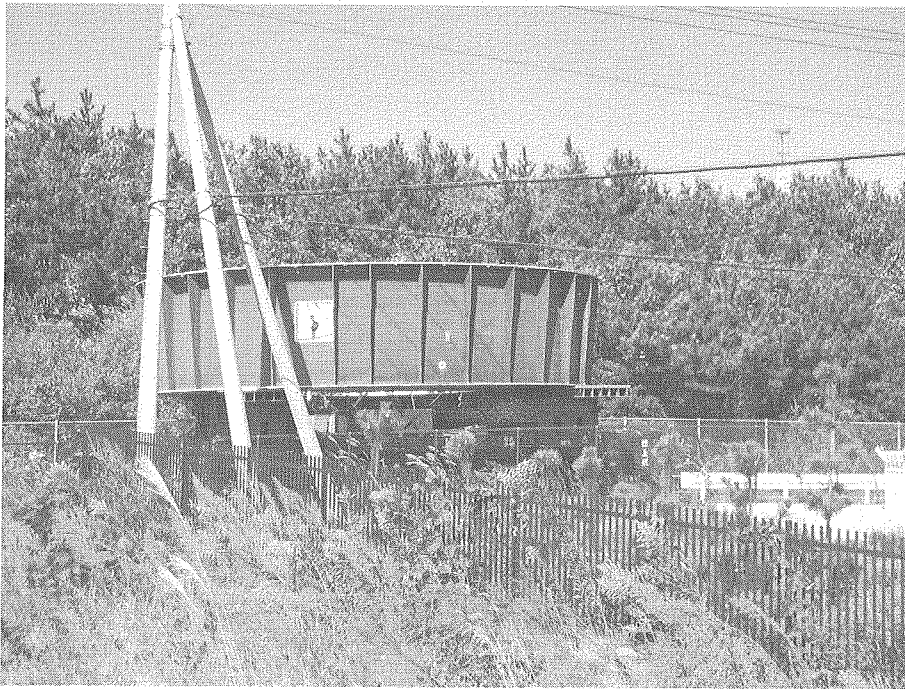


Photo 45 アウターライナー上部輸送 フェンス忍び返し撤去部

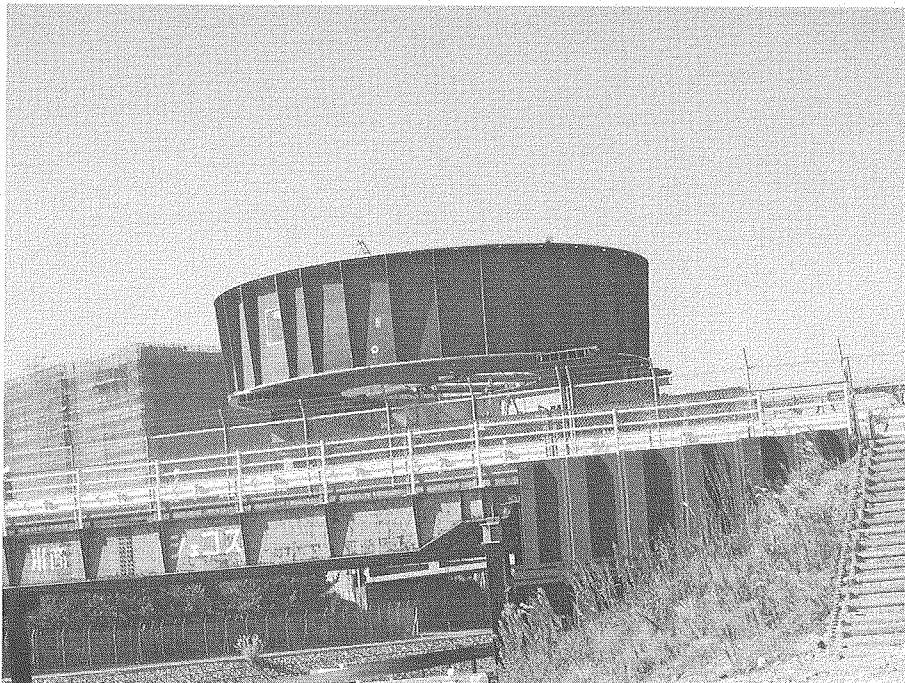


Photo 46 アウターライナー上部輸送 仮設橋

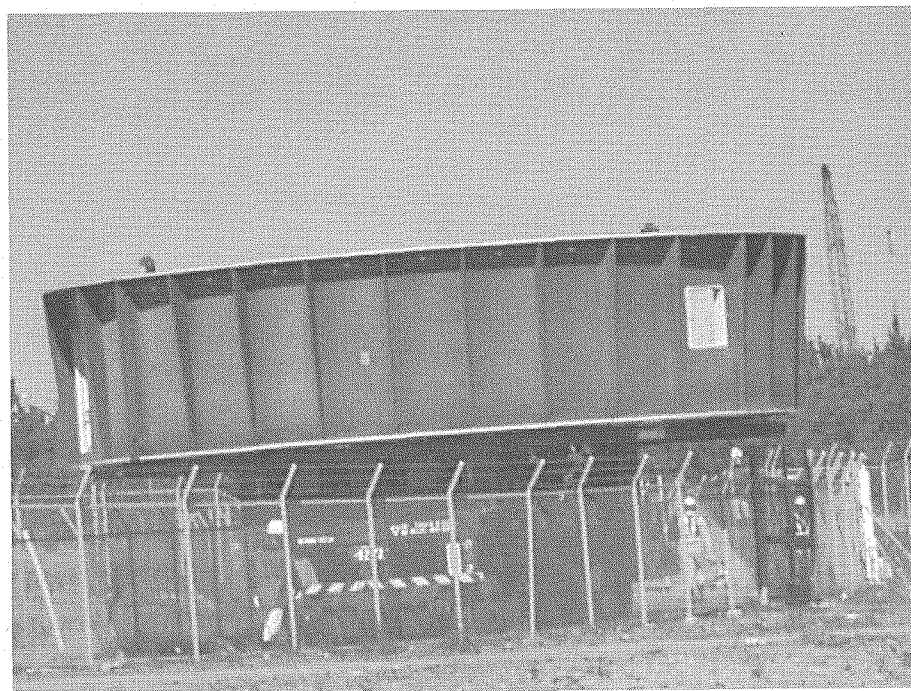


Photo 47 アウターライナー上部輸送 南地区門手間の工事用道路

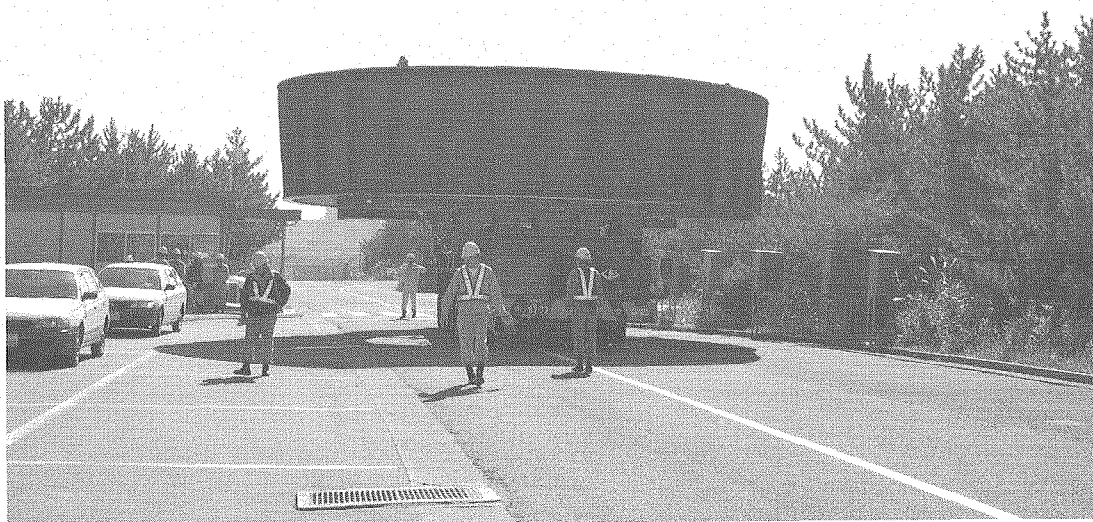


Photo 48 アウターライナー上部輸送 南地区門詰所

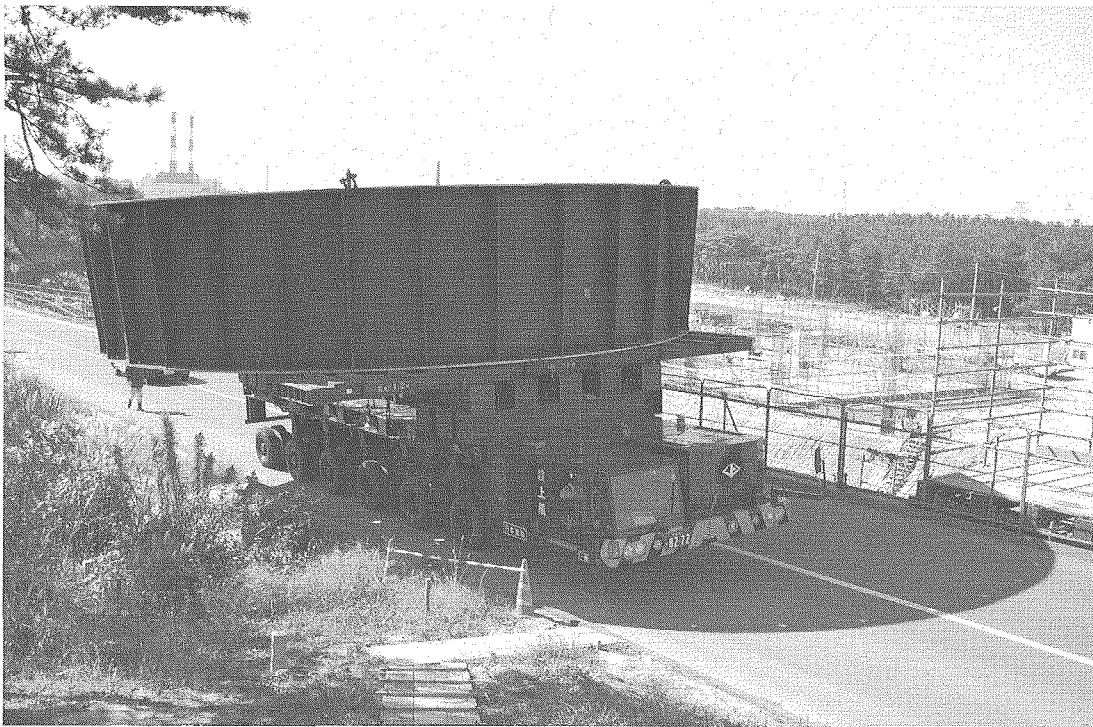


Photo 49 アウターライナー上部輸送 構内工事用道路



Photo 50 ヘリウムベッセル輸送 工事用道路進入部

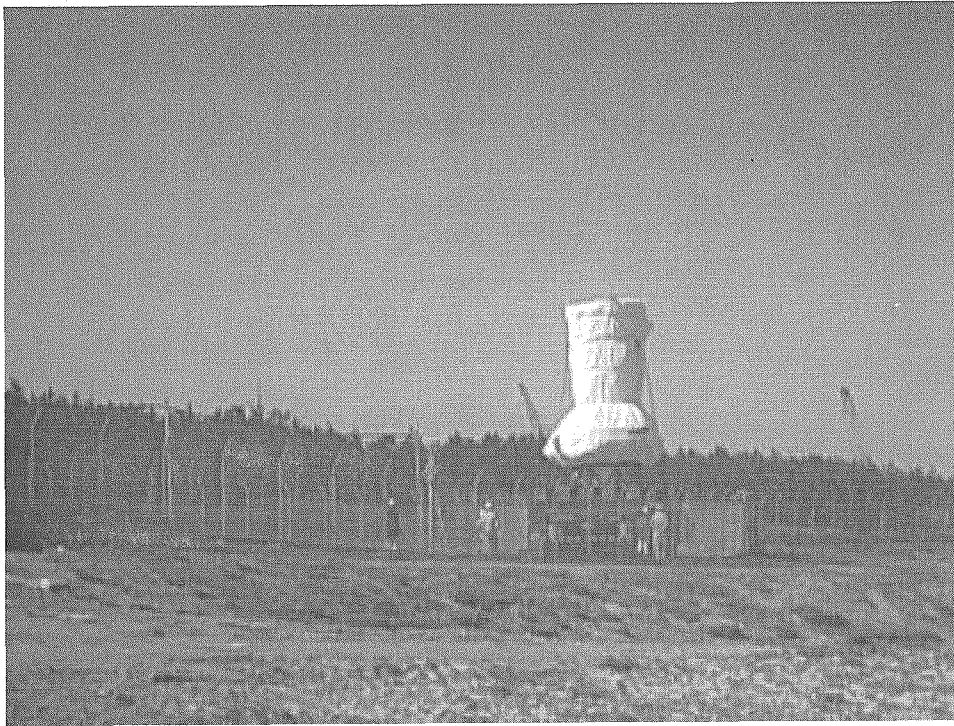


Photo 51 ヘリウムベッセル輸送 工事用道路



Photo 52 ヘリウムベッセル輸送 構内輸送道路合流部

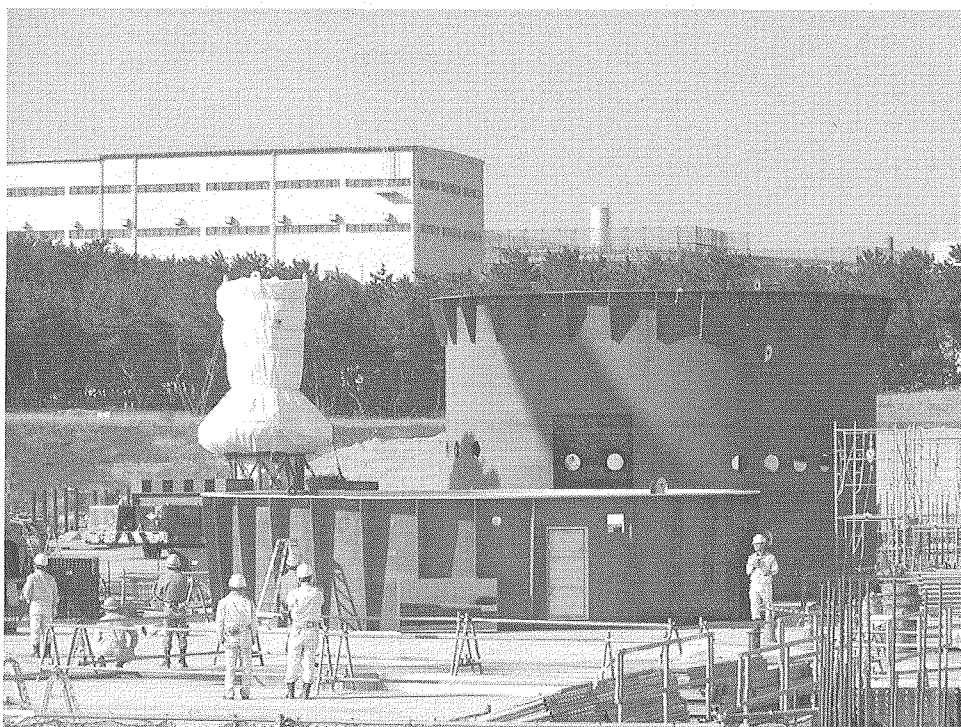


Photo 53 アウターライナーとヘリウムベッセルの物質・生命工区への仮置き

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光の強度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度 (質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
質量体積 (比体積)	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
(物質の)濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率	(数の) 1	1

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	yocto	y

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
	名称	記号		
平面角	ラジアン ^(a)	rad		m ² ・m ⁻¹ =1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)		m ² ・m ⁻² =1 ^(b)
周波数	ヘルツ	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ ・kg ⁻¹ ・s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻²
工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s ¹ ・A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³ ・A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³ ・A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ³ ・A ²
磁束密度	ウェーバ	Wb	V・s	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻² ・A ⁻¹
磁束	テスラ	T	Wb/m ²	kg ⁻¹ ・s ⁻² ・A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻² ・A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C		K
光の長さ	ルーメン	lm	cd・sr ^(e)	m ² ・m ⁻² ・cd=cd
照射 (放射線核種の)放射能	グレイ	Gy	lm/m ²	m ² ・m ⁻⁴ ・cd=m ⁻² ・cd
吸収線量, 質量エネルギー当量	グレイ	Gy		s ⁻¹
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量, 組織線量当量	シーベルト	Sv	J/kg	m ² ・s ⁻²

- (a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときいくつかの用例は表4に示されている。
- (b) 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“1”は明示されない。
- (c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
- (d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を併せて用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		SI 基本単位による表し方
	名称	記号	
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa・s	m ⁻¹ ・kg ⁻¹ ・s ¹
表面張力	ニュートンメートル	N・m	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg ⁻¹ ・s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m ² ・m ⁻¹ ・s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	m ² ・m ⁻¹ ・s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg ⁻¹ ・s ⁻³
質量熱容量 (比熱容量), 質量エントロピー	ジュール毎キログラム	J/(kg・K)	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量エネルギー (比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³ ・K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ ・kg ⁻¹ ・s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³ ・A ⁻¹
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ ・s ¹ ・A
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² ・s ¹ ・A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻² ・A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻² ・mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m ² ・kg ⁻¹ ・s ⁻² ・K ⁻¹ ・mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ ・s ¹ ・A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² ・s ⁻³
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ² ・m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³ =m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² ・sr)	m ² ・m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁻³ =kg ⁻¹ ・s ⁻³

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
リットル	l, L	1l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg
ネーパ	Np	1Np=1
ベル	B	1B=(1/2)ln10(Np)

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.60217733(49)×10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1u=1.6605402(10)×10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1ua=1.49597870691(30)×10 ¹¹ m

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	海里	1海里=1852m
ノット	ノット	1ノット=1海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	1a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バール	bar	1bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
バロン	b	1b=100fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn・s/cm ² =0.1Pa・s
ストークス	St	1 St=1cm ² /s=10 ⁻⁴ m ² /s
ガウス	G	1 G=10 ⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe=(1000/4π)A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx=10 ⁸ Wb
スチルブ	sb	1 sb=1cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホト	ph	1 ph=10 ¹⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X unit	1 X unit=1.002×10 ⁻⁴ nm
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W・m ⁻² ・Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット	Torr	1 metric carat=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
標準大気圧	atm	1 Torr=(101325/760) Pa
カロリ	cal	1 atm=101325 Pa
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m