

JAERI-Tech
2002-064



JP0250408



SPring-8原研軟X線ビームラインBL23SUの
H13年運転・整備記録

2002年8月

安居院 あかね・吉越 章隆・中谷 健・藤井 健太郎・横谷 明德

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 〒319-1195, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 2002

編集兼発行 日本原子力研究所

SPring-8 原研軟 X 線ビームライン BL23SU の H13 年運転・整備記録

日本原子力研究所関西研究所放射光科学研究センター
安居院 あかね・吉越 章隆・中谷 健・藤井 健太郎・横谷 明德

(2002 年 6 月 4 日 受理)

SPring-8・BL23SU は原研専用軟 X 線ビームラインである。本報告では、2001 年に行われた挿入光源、分光器、制御システム等のビームラインに係わる整備・調整に関して、SPring-8 の運転スケジュールに沿ってまとめる。とくに低エネルギー運転実用化へ向けて、最大放射パワーの上昇に対する遮蔽対策、放射線管理への変更申請が進められた。また、ID 駆動に対する COD 補正の精度の向上も進められた。

Highlights of SPring-8 BL23SU in 2001

Akane AGUI, Akitaka YOSHIGOE, Takeshi NAKATANI, Kentaro FUJII and Akinari YOKOYA

Synchrotron Radiation Research Center
Kansai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Mikazuki-cyo, Sayou-gun, Hyogo-ken

(Received June 4 , 2002)

BL23SU in SPring-8 is a soft x-ray beamline dedicated to material science project in JAERI. The insertion device, monochromator and other beamline equipments have been installed or developed. The beamline maintenance has also been continued. We report highlights of these activities for the BL23SU in 2001. Specially, it has proceeded with the countermeasure against the rise in the maximum radiant power, toward the low-energy operation realization. And, improvement in that precision proceeds through the COD correlation to the ID drive as well.

Keywords: Soft X-ray Beamline, BL23SU, SPring-8, APPLE-2 Undulator, COD, Variable Polarization.

目次

1. はじめに	1
2. 各サイクルの記録	9
2.1 第1サイクル(2001A)	9
2.2 第2サイクル(2001A)	13
2.3 第3サイクル(2001A)	17
2.4 第4サイクル(2001A)	19
2.5 第5サイクル(2001A)	19
2.6 第6サイクル(2001A)	21
2.7 夏期停止期間	23
2.8 第7サイクル(2001B)	29
2.9 第8サイクル(2001B)	29
2.10 第9サイクル(2001B)	37
2.11 第10サイクル(2001B)	39
2.12 冬期停止期間	49
2.13 第1サイクル(2002A)	49
3. 結語	55
謝辞	55
参考文献	56

Contents

1. Introduction.....	1
2. Highlights from the Cycles	9
2.1 The 1st Cycle(2001A)	9
2.2 The 2nd Cycle(2001A)	13
2.3 The 3rd Cycle(2001A).....	17
2.4 The 4th Cycle(2001A).....	19
2.5 The 5th Cycle(2001A).....	19
2.6 The 6th Cycle(2001A).....	21
2.7 Summer Shutdown.....	23
2.8 The 7th Cycle(2001B).....	29
2.9 The 8th Cycle(2001B).....	29
2.10 The 9th Cycle(2001B).....	37
2.11 The 10th Cycle(2001B).....	39
2.12 Winter Shutdown.....	49
2.13 The 1st Cycle(2002A)	49
3. Summary.....	55
Acknowledgments.....	55
References.....	56

1. はじめに

大型放射光施設 SPring-8 の BL23SU は、軟 X 線分光や照射実験を目的に建設された原研専用軟 X 線ビームラインである。蓄積リングに設置された挿入光源から得られる高輝度放射光は、フロントエンド及び分光光学系から構成されるビーム輸送系によって、実験ステーションに導かれる。現在では研究環境の整備が進み、表面化学、生物、物性物理などの分野で独自の放射光実験が進められている。ここで、ビームラインとは、挿入光源、分光器、制御システム等を含めた BL23SU における放射光実験に必要な不可欠なものを総称している。

BL23SU は、SPring-8 の蓄積リングの IN23 の 4 m 直線部の上流側 2 m 部分に設置された、可変偏光アンジュレーター (variably-polarizing undulator) APPLE-2 (advanced planar polarized light emitter type-2) を挿入光源 (ID23) としている。Figure 1.1 に ID23 の磁石列の模式図を示す。各々の磁石列は、周期長 12 cm、周期数 16 からなっている。Figure 1.1 にある上下各 2 列、計 4 列の磁石列の互いに対角にある 2 組の磁石列によってビーム軸上で斜め方向の磁場をつくる。

一般にアンジュレータでは、上下の磁石列のギャップ距離を変えることで、基本波のピークエネルギーを変えることができる。APPLE-2 型アンジュレータの場合は、磁石列のギャップ距離の動きだけでなく、位相を変えることによって任意の偏光を得ることができる。対角の磁石の組を対角線上のもう一方の組に対してビーム軸に $\lambda_u/2$ ($-\lambda_u/2$) 動かすと円偏光の向きが反転する。位相を変えると同時に基本波のピークエネルギーも変化する。Figure 1.2 に ID23 の計算スペクトルを実線で示す。点線が基本波のピーク強度とギャップ距離の関係である。(a) は円偏光モード、(b) は水平偏光を示している。そのエネルギー範囲は、円偏光基本波のピークで概ね 0.5 keV から 3 keV である。同じギャップ距離でも偏光モードによって基本波のスペクトルが異なることが分かる。

ID23 のもっとも重要な特徴である連続左右円偏光の高速切り替えは、磁石列の位相駆動を繰り返すことによって得られる。この方法はアンジュレータ内の電子ビームの軌道を変化させ位相変調するため、電子ビームの軌道の変化はアンジュレータ内だけでなく蓄積リング全体に及ぶ。

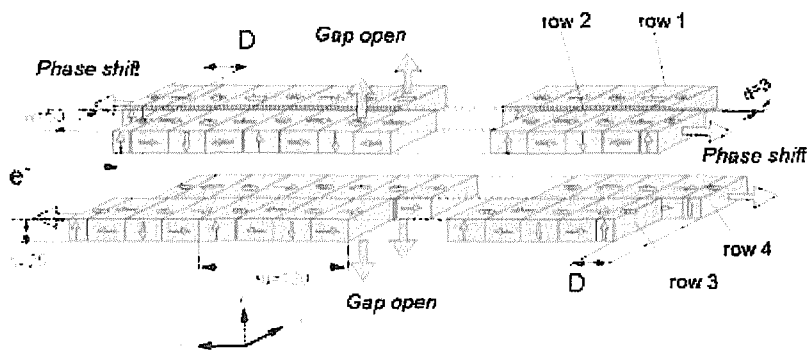


Figure 1.1: The magnetic structure and movement of the double-array undulator, APPLE-2. λ_u and D indicate the magnetic period length and the phase shift distance, respectively. (Yokoya *et. al*: Synchrotron Rad. 5, 10 (1998)).

This is a blank page.

放射光施設では多くのビームラインが同時に稼動しているので、位相変調が引き起こす電子ビーム軌道の変動が他のビームラインで行われている実験に支障を与えることは避けなければならない。実際、アンジュレータの設定の変更が入射時のみに限られている施設も多い。しかしながら SPring-8 ではアンジュレータの上流・下流に補正電磁石(Steering Magnet: STM)を設置し、リング全体の軌道変動を最小限に押さえる工夫がされている。ID23 でも挿入光源の上流と下流に補正電磁石が設置されている。

BL23SU では分光光学機器として、SPring-8 の共用軟X線ビームラインBL25SU とほぼ同型の不等刻線間隔平面回折格子(VLSPG: varied line spacing plane grating)分光器が採用されている。Figure 1.3 にその光学系の概要を示す。光学系は前置鏡、分光器、後置鏡からなる。前

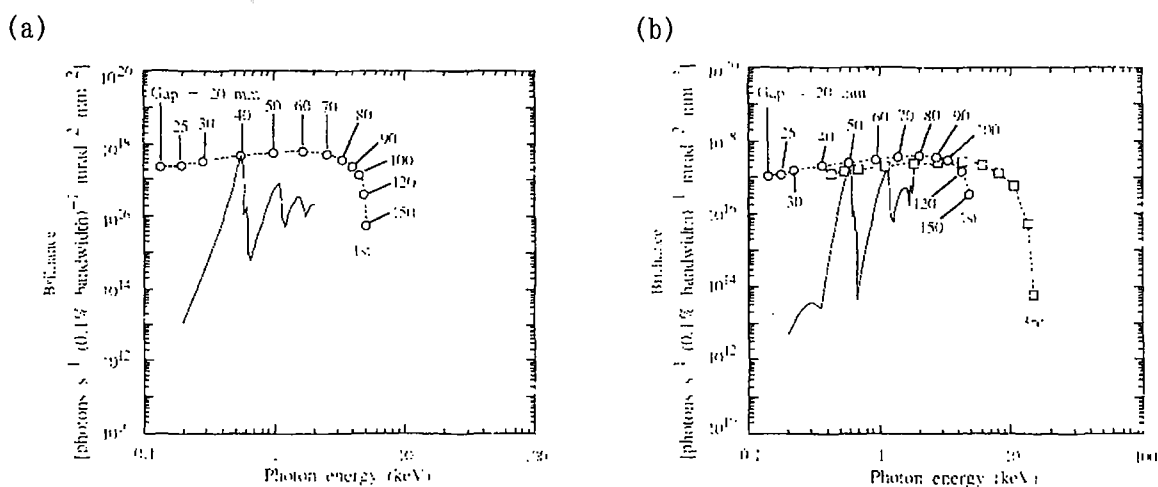


Figure 1.2: The ID spectra (a) circular mode (b) liner mode(Yokoya *et. al*: Synchrotron Rad. 5 (1998) 10).

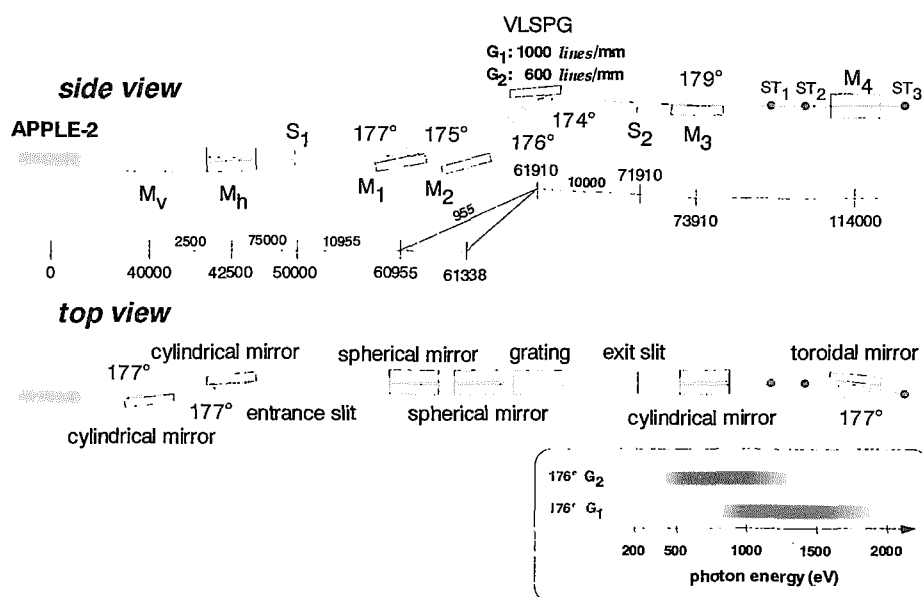


Figure 1.3: Outline of the monochromator system of BL23SU (Saitoh *et. al*: Nucl. Instrum. Methods A474 (2001) 253).

This is a blank page.

置集光の一つであるMv は、入り口スリットS1上に、縦方向に放射光をサジタル集光する。出口スリットS2を通ったのちM3ミラーでコリメイトされている。

SPring-8の運転スケジュールは「サイクル」によって分割されており、ビームラインの整備・R&Dを含めた運用はSPring-8の運転サイクルに合わせて行われている。本報告ではビームラインの2001年の運転・整備の状況を、その運転サイクル沿ってまとめる。用語の説明がH12の記録に詳しい場合は省略する。

第2章に各サイクル及び停止期間の主な活動の様子を図及び写真とともに説明する。利用実験については、別に報告があるのでここでは詳細には触れない。Figure 1.4にSPring-8のオペレーションのカレンダーを示しておく。赤がユーザータイム、緑がマシンスタディの日を示している。2002Aの第1サイクルは2001Bに含めて運用されているので、ここでも2001Bに関係のある部分は本報告に含める。

ユーザータイムのうち20%は高輝度光科学研究センター(JASRI: Japan Synchrotron Radiation Research Institute)の共同利用ビームタイムとなっている。研究課題の応募はJASRIのユーザーズオフィスを通して行われ、BL23SUの原研スタッフとの共同研究が行われている。Table 1にJASRI 枠の研究課題の一覧を示す。内容の詳細はJASRIの利用報告書などにある。

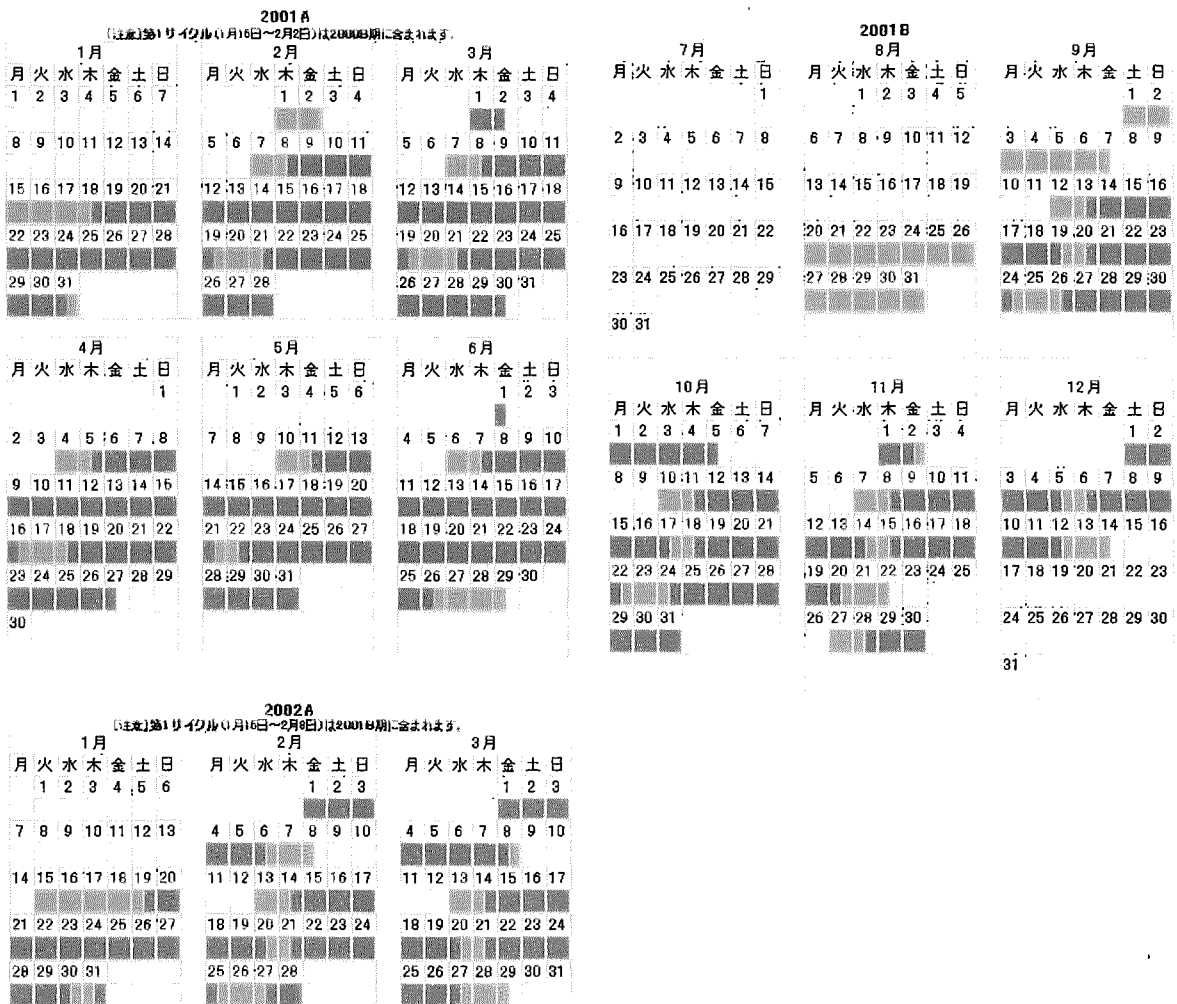


Figure 1.4: The SPring-8 operation schedule in 2001A and 2001B.

This is a blank page.

Table 1: List of JASRI users.

課題番号	課題名
2001B0021-NS-np	$O_2/Cu(100)$ 表面反応系における O_2 分子の並進エネルギー誘起酸化の光電子分光研究
2001B0044-NS-np	Ti酸化のリアルタイムモニタリング光電子分光
2001B0056-NS-np	超音速 O_2 分子線によるエルビウム蒸着膜の酸化過程のin situ光電子分光
2001B0155-NS-np	内殻準位を選択励起したアミノ酸蒸着膜の軟X線化学反応
2001B0559-NS-np	X線吸収MCDによる $SmAl_2$ のAl-2pの電子状態の研究

これまでにID23 位相駆動時に使用する高精度位相駆動補正励磁テーブルの作成を進めている。ID23 に関するマシンスタディはJASRI 加速器運転解析グループ、田中均、高雄勝、大熊春夫氏、BL 制御グループ、松下智裕、竹内政雄氏、光診断チーム、青柳秀樹氏らと共に第3サイクル 3月21日 6:00 ~12:00、第4サイクル 4月17日 8:00 ~18:00、第5サイクル 5月21日 23:00 ~5月22日 5:00、第6サイクル 6月27日 1:00 ~10:00、第7サイクル 9月23日 5:00 ~12:00、第9サイクル 11月20日 20:00 ~24:00、11月21日 21:00 ~24:00、第10サイクル 12月12日 22:00 ~12月13日 5:00に行われた、また、ビームラインスタディは第1サイクル 1月18日 2:00-8:00、第3サイクル 3月8日 1:00-7:00、第5サイクル 5月11日 8:00~9:00、第8サイクル 10月18日 13:30~18:00、第9サイクル 11月14日 14:30~18:00、第10サイクル 12月5日 18:00~12月6日 1:00に行われた。詳細は別途報告する。

This is a blank page.

2. 各サイクルの記録

2.1 第1サイクル

BL23SUの挿入光源用真空チャンバーは、ストレージリングコミッショニング時に設置されたため、加速器側の要請により真空槽を広く(内寸24.5 mm、外寸28.5 mm)する必要があった。この真空チャンバーでの挿入光源の磁石列の最小ギャップは36 mmである。このとき円偏光使用時のファーストハーモニクスのピークでカバーできる最小値は0.5 keV程度であった。2000Bから2001AにかけてのSPring-8冬季停止期間に、0.28 keVまでファーストハーモニックでカバーできるように、真空チャンバーを薄く改造をした。新しい真空チャンバーは内寸15 mm、外寸19 mmとなりギャップを25 mmまで閉めることができる。Figure 2.1.1にギャップを25 mmに閉めた様子を示す。実際の低エネルギーでの運用は放射線安全管理に関する各種手続きが終了した後になる。この手続きはSPring-8の第12次放管変更手続きにのせられ2002年夏前の許可を目処に進められている。

チャンバーを改造したことをうけ、これまでのID23に対して使っていたCOD補正のためのSTM励磁テーブルが、新しい真空チャンバーに適應できるか第一サイクルBL調整期間中に調査を行った。位相0 mm・ギャップ距離300 mm～36 mmまでこれまでの補正で問題がないことが判った。また位相±45 mm・ギャップ距離60 mm～36 mmまででもこれまでの補正で問題はなかったが、ギャップ距離70 mmでは電子軌道に乱れが見られた。この結果は2月6日にSPring-8立ち上げ会議で報告された。その資料をFigure 2.1.2に示す。

25 mm用チャンバー取り付け時に、地震が起こったときに挿入光源の磁石列の動きを20 msec以内に止めるための振動センサーと、異物が磁石列の間にあるとき磁石列の動きを止めるためのレーザーセンサーも設置された。検知機器は放射線による損傷を防ぐために20 mmの鉛製保護箱

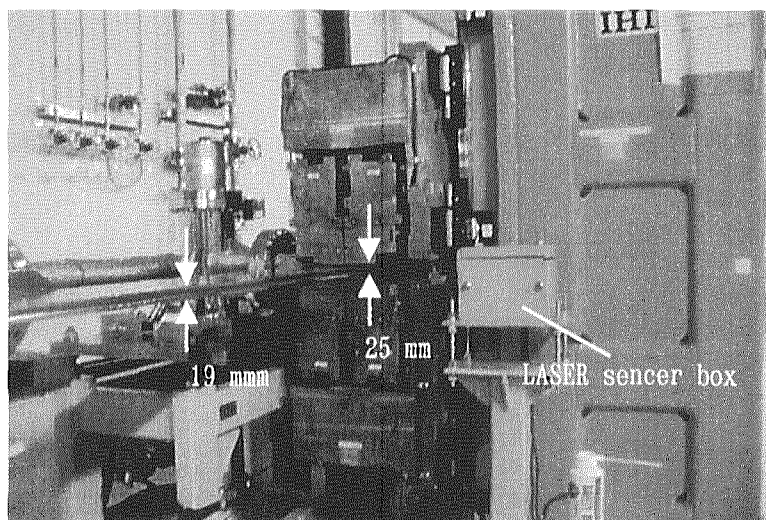


Figure 2.1.1: ID23 with gap distance 25 mm. (2001 Jan. 13)

This is a blank page.

2001 Feb. 6 立ち上げ会議資料 BL23SU 安居院

ID23 新真空チャンバー調整 (第一サイクルBL調整期間, Jan. 18 Thu. 2:00-8:00)

BL23 S Uの挿入光源ID23 アウトバキューム型であり、真空チャンバーの厚みが磁石列のギャップ可動範囲を制限する。ID23の真空チャンバーは、蓄積リングコミッショニング時の要請から、これまで厚みが34mmあり、磁石列のギャップ可動範囲の最小が36mmに制限されていた。このため、円偏光の基本波でカバーされるエネルギーは500 eV-程度であった。今年度にはいり、可動範囲を広げるように真空チャンバーを薄くしエネルギー範囲を300 eV-に広げるように検討を進めてきた。新しい真空チャンバーは内寸15mm、外寸19mmにギャップを25mmまで閉めることができるようにすることとし、IHIが製作、据付を行った。据付は先の冬季シャットダウン期間中(2000年12月22日から2001年1月14日)に行われた。ビームラインでの実際の運用は、光学ハッチの補修および放射線安全管理申請が行われた後となる。

これまでのID23に対して使っていたCOD補正のためのSTM励磁テーブルが、新しい真空チャンバーに適應できるかのチェックを第一サイクルBL調整期間中(2000 Jan. 18 Thu. 2:00-8:00)に行った。

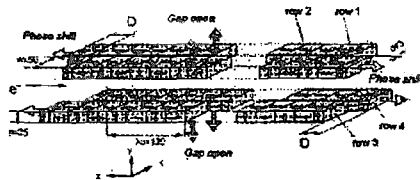


図1 APPLE-2(Sasaki)型の磁石列

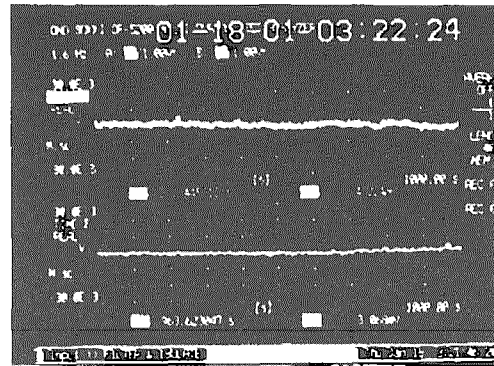


図2 テスト前の CODの様子
縦一マス10マイクロ。

114

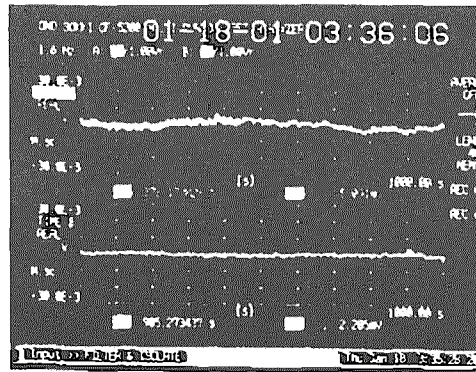


図3 Gap300mm->36mm (Phase 0mm)
最大で水平5マイクロ、垂直3マイクロ。

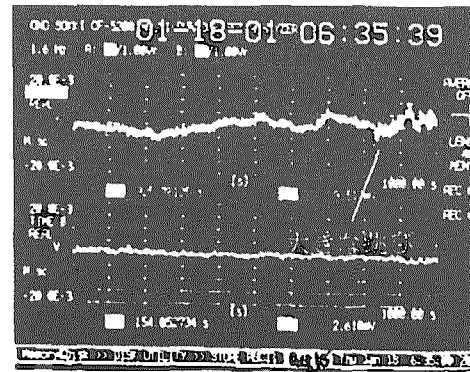


図4 NGの場合(Gap 36mm, Phase+50mm)

結果

Phase 0mm: Gap 300mm から 36mm までこれまでの補正でOK

Phase+45mm: Gap 60mm から 36mm までこれまでの補正でOK。Gap70mmはNG。

Figure 2.1.2: Document for Tachiage-kaigi. (2001 Feb. 6)

This is a blank page.

に入れて設置された。Figure 2.1.1の黄色い箱にレーザーセンサーの受光部が収納されている。

2001年1月13-14日に広島大学で行われた放射光学学会では、BL23SUの分光器やID位相駆動MCD測定システムの開発の様子などが発表された。

2.2 第2サイクル

第2サイクル前の停止期間にレーザーセンサーと振動センサー動作試験が行われた。その様子をFigure 2.2.1(a)に示す。実際には、挿入光源の磁石列のギャップ駆動及び位相駆動に対応する電気信号とレーザーセンサーの光感知に対応する電気信号をオシロスコープに入力しその相関を検査した。磁石列のギャップ駆動が行われているときに、レーザーセンサーの受光部に入る光軸を遮ったときの信号の様子をFigure 2.2.1(b)に示す。黄線がレーザー信号、青線が磁石列の動きを示している。光が遮られてから20 msec以内で磁石列の動きが止まることが確認された。これは、磁石列が駆動中に異物が真空チャンバーに落下しても、チャンバーを傷つけずにその動きが止められる早さと見積もられている。振動センサーは真空チャンバーに直接取り付けられ運用される。検査では真空チャンバーに振動を与えることはできないのでセンサーを取り外し、別の台に固定し、この台に衝撃を与え動作試験が行われた。Figure 2.2.1(b)の左の人物の背後の木箱の上の鉛箱の中に振動センサーが入っている。動作試験はレーザーセンサーの試験と同様に、振動検出の電気信号と磁石列の動きに対応する電気信号の相関が測定された。振動が検出されてから20 msec以内に磁石列の動きが止められることが確認された。

これらのセンサーが加速器運転やID23運転のインターロックに組み込まれると、加速器運転中に動作したときには安全を確認してから運転を再開することになる。そのためには収納部に入り安全点検を行うことが必要となる。この段階はセンサーの運用ルールを確立できる段階ではなかったので、まだインターロックとしては使用せずモニター信号を外部から検知できるようにするにとどめられた。

第2サイクルの運転にあたりID23周りに異常がないことが確認された。2001年2月7日に

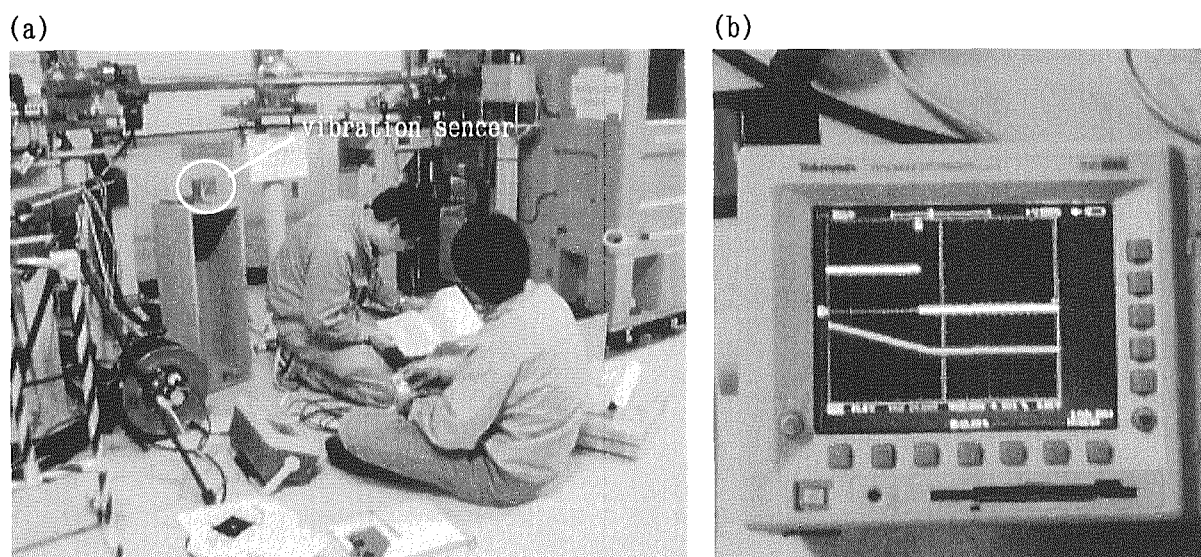


Figure 2.2.1: (a) Test of LASER sencer and (b) viration sencer. (2002 Feb. 5)

This is a blank page.

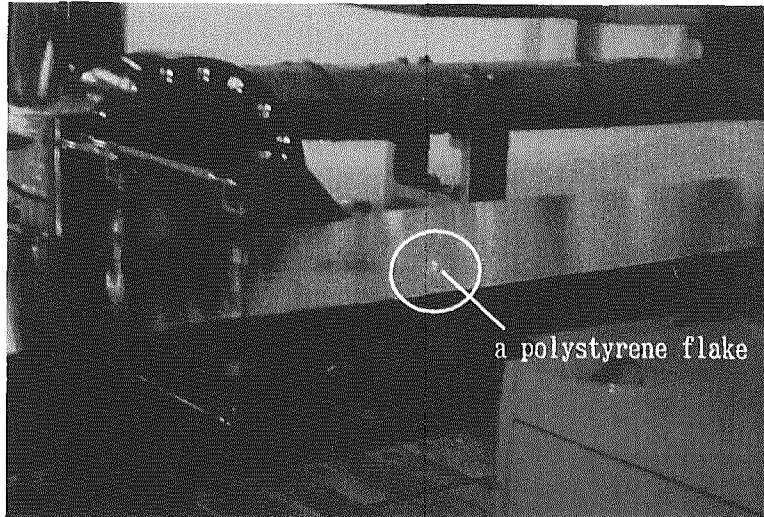


Figure 2.2.2: An alien substance on the vacuum chamber of ID23. (2001. Feb. 7)

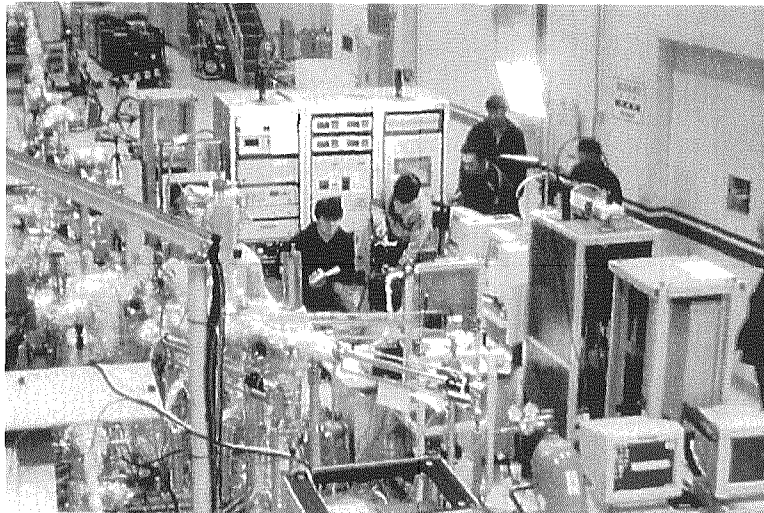


Figure 2.2.3: Making TV program of Science & Technology of Japan at the surface chemistry station. (2001 Feb. 13)

SPring-8のマシスタディ中に ID23 のレーザーセンサーが真空チャンバー上に異物を検知したとみられる信号を発した。加速器の運転を止められたときに、収納部に入り ID23 を点検した。その結果真空チャンバー上の2 mmほどの発泡スチロール片のようなものが確認されたため撤去した。その他の安全点検がされたのちマシン運転が再開された。Figure 2.2.2に異物がレーザーセンサーの光軸上で光っている様子を示す。図中の赤い点がそれである。異物の原因は不明であるが、レーザーセンサーの有効性は確認された。このように異常が検知された際の安全確認は、いったんマシン運転を停止させなければできないため、レーザーセンサーが働いたときの対処手順は慎重に検討されなければならない。

2002年2月13-14日にSPring-8の研究活動を紹介するTV番組の撮影の一部がBL23SUで行われた。これは旧総理府広報課の日本の科学研究及び技術を広く紹介する企画のひとつのScience

This is a blank page.

& Technology of Japan という企画で、北米DirecTVやNHKワールド放送に付随した番組が日本のTV番組制作社と協力して制作され、JASRI広報課を通して撮影された。その撮影風景をFigure 2.2.3に示す。

2002年2月24日20時ごろに光学ハッチ内の前置鏡Mhチャンバーに設置させた真空チャンバーの真空ゲージのフィラメントが切れた。この真空ゲージはビームライン・インターロックの一部であり、正常に値を返せない場合MBS閉となる。2月25日-3月3日にフィラメント交換作業が行われた。

2月7日以降もマシン運転中にレーザーセンサーの信号及び振動信号が数回繰り返し発報した。振動センサーからの信号についてはビームアポートと連動しており、ビームが破棄される際に発生する放射線が異常信号の原因になっていると考えられた。第2サイクル運転終了後3月2日にマシン収納部に入りID23の目視点検を行った。レーザーセンサーに異物などは発見されなかったが、レーザー受光部のスリット入り口部にレーザー信号が適切に入っていないことが確認された。これはレーザーの光軸を構成している鏡がわずかにIDの真空チャンバーに接しており、ビームが破棄されたときなどに発生する熱によるチャンバーの膨張のため鏡が徐々に動き光軸が変化したのが原因と考えられた。Figure 2.2.4にその様子を示す。図右下のスリット部に光が正しく入っていない様子がわかる。

2.3 第3サイクル

前サイクルにMhチャンバーをベークしたため、ミラーが若干動いたのでこれを調整した。分解能及び強度はベーク前程度に復旧された。

ギャップフルオープン位置はビームに対する磁場の影響が地磁気程度と考えられ、位相駆動に制限は設けられていなかった。3月9日にギャップフルオープン(300 mm)の状態では位相が±37.8 mm連続位相駆動された。これにより十分にCODを与えることが確認されたのでギャップ距離が70 mm～300 mmでは位相駆動ができないようにソフトウェアリミットが導入されることになった。

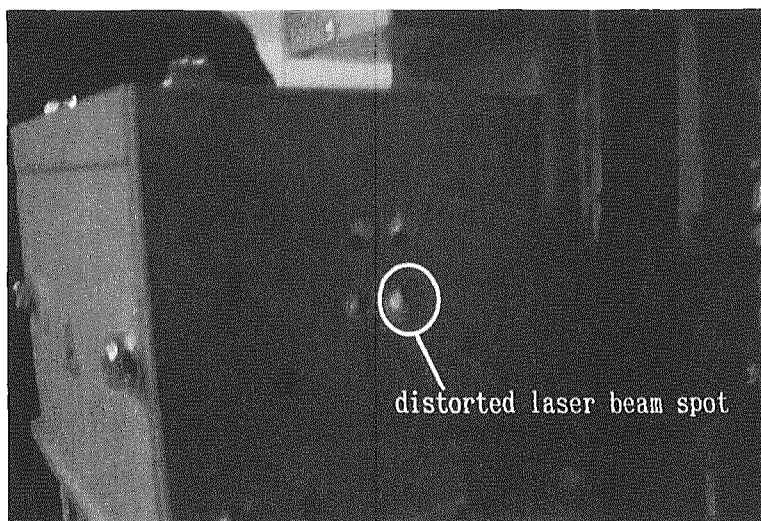


Figure 2.2.4: Entrance slits of the LASER sensor.(2001 March 2)

This is a blank page.

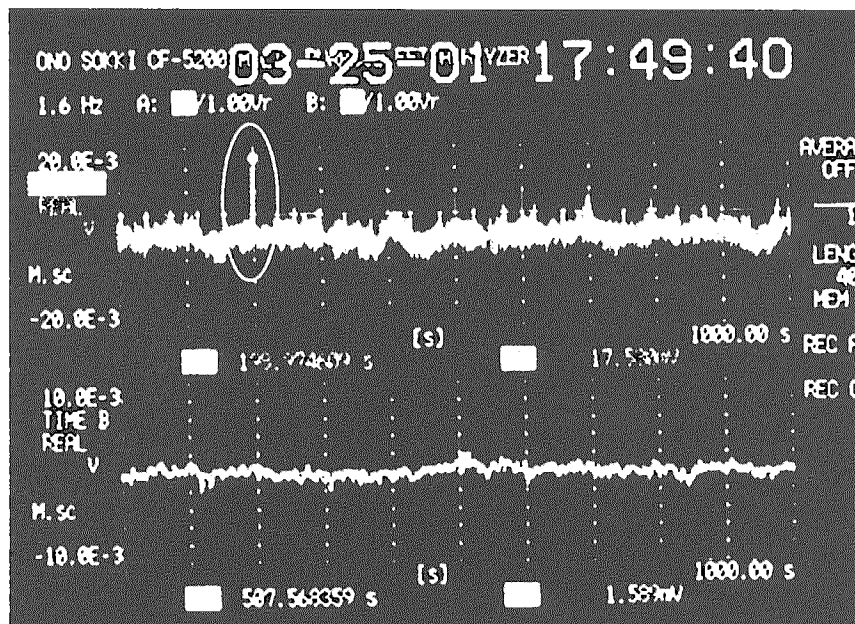


Figure 2.3.1: COD. (2001 March 25)

3月24日15時半ごろ鳥取県西部を中心に芸予地震(M6.4)が発生し、倉敷で震度4、神戸で震度3を記録した。SPring-8の電子ビームはアボートされた。ID23は点検の結果、安全が確認された。ビームラインも機器の転倒もなく問題は確認されなかった。SPring-8のマシンの運転も全系の安全が確認されたのち再開された。

3月25日ID23の連続位相駆動の際に大きな髭状のCODが時々観測された。Figure 2.3.1にその様子を示す。楕円で囲まれた髭様のものがそれである。ID23の補正励磁はソフトウェアで制御されている。このソフトウェアが動作しているVMEシステムの上では、これとは別に挿入光源の状態を常時モニターしてデータベースに書き込むソフトウェアが動作している。調査の結果これらのプログラム中でタイミングによっては、デバイスの競合により発生することが解った。この競合を避けるようにコントロールできるように双方のソフトウェアを改修した結果、このような大きな軌道変動は発生しなくなった。

2.4 第4サイクル

分光器の評価に使われている、ガス光吸収測定装置からの信号に大きなノイズがのるようになった。一部のBNC-MHV変換ケーブルを交換することによって解決した。

2.5 第5サイクル

5月12日に分光器の出射スリットを動かしているマイクロゲージがかんで動かなくなった。これは外部から衝撃を与えることによって解決された。この後、スリットの動作が以前通りになっていることが確認された。また分光器の分解能も問題がなかった。出射スリットは通常マイクロゲージの目盛りで最小1.8 mmで運用されているが、スリットの開閉は注意して行うよう再確認された。

This is a blank page.

2.6 第6サイクル

通常、 I_0 モニターに使われている M3 ミラーのドレインカレントのスペクトルを検討したところ、ギャップ 39 mm から 46 mm 円偏光の I_0 スペクトルに小さな振動構造のようなものや跳びが確認された。これは回折格子の前のミラーのコーティングの下地などの影響と考えられる。現状では利用実験に大きな支障はないので今後は経過を観察することにした。

M3 のドレインカレントをモニターしていると分光器及び ID を固定したままでも、リングカレントの時間変化以外の振動などが見られることが以前から指摘されていた。ギャップ距離 38 mm 程度の円偏光の条件で、M3 ドレインカレント、その後においた Au メッシュのドレインカレント、さらに固体光吸収測定チャンバーにおいたサンプルキャリアのドレインカレントを 6 月 9 日の約半日に渡り計測した。その結果を Figures 2.6.1(a-c) に示す。(a) M3 のドレインカレント (b) Au メッ

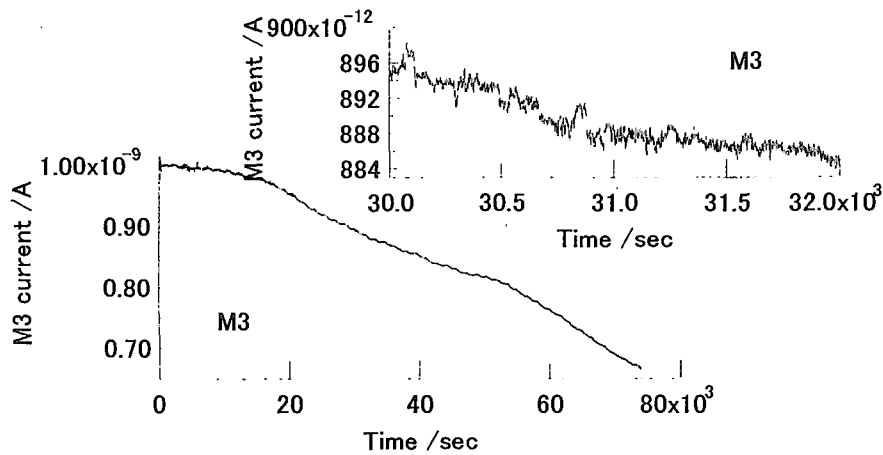


Figure 2.6.1(a): Time dependent of photon beam intensity measured by M3 mirror. (2001 June 9)

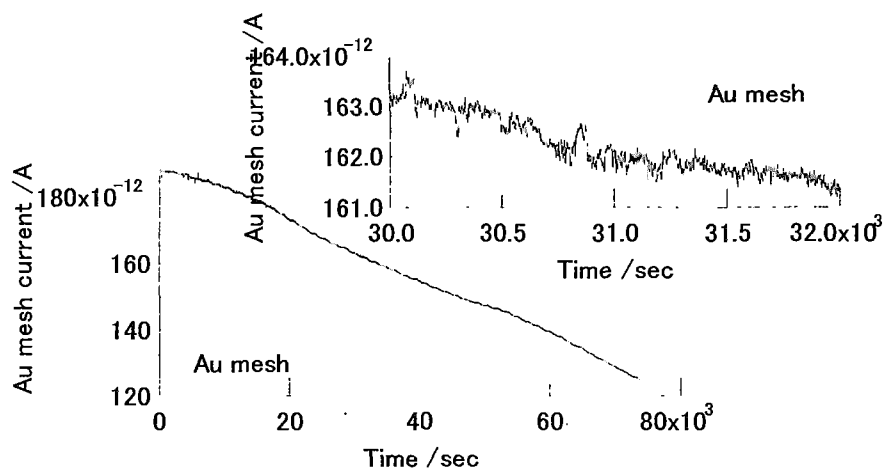


Figure 2.6.1(b): Time dependent of photon beam intensity measured by Au mesh at GV11 section. (2001 June 9)

This is a blank page.

シュのドレインカレント(c)固体光吸収測定チャンバーにおいたサンプルキャリアのドレインカレントである。リングカレントが単調に落ちていくのに追従した強度の低下のほかに、どのモニターカレントも長期的な変動があるのが判る。また、それぞれの拡大図をみると10～15分程度の振動があることがわかる。(a)、(b)、(c)すべてに現れている振動はM3ミラーより上流に原因があると考えられている。前置鏡や回折格子などの冷却機構など、さまざまな原因が考えられているがまだ要素の特定にはいたっていない。

2.7 夏期停止期間

夏季停止期間中にはさまざまな機器の定期点検が行われた。7月11日に、光学ハッチのケー

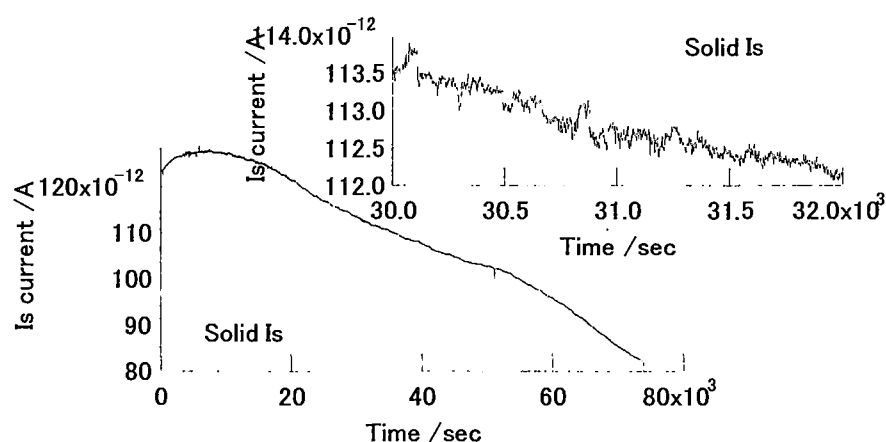


Figure 2.6.1(c): Time dependent of photo beam intensity measured by the solid chamber. (2001 June 9)



Figure 2.7.1: The periodical inspection of the limit switches of the optical hatch. (2001 July 11)

This is a blank page.

ブルダクト、扉のリミットスイッチのリミット試験、圧空漏洩試験、冷却水リミット検査が行われた。各リミットスイッチおよび冷却水の状態は良好であった。圧空は実験ホール主系統でバルブ閉の後30分以内に圧力が50%以上低下する漏洩があることがわかった。真空系のリミット値の定期検査は9月に行われ、結果は良好であった。また、光学ハッチの光漏洩検査の結果も良好であった。

ID23は可動部が多いので、構成する各機器の経年による変化や不全を監視し早期に発見できるように検及び保守を実施している。ID23の定期保守点検はこれまで冬季停止期間中に行われていたが、前回の冬季停止期間中に真空チャンバー改造があったため通常の定期保守点検は行われなかった。このため2001年は夏季停止期間中に行うこととなった。また、夏季停止期間の方が時間的余裕があり他の作業も盛り込みやすくなったので、制御系PLCロジック改造が同時作業されることとなった。定期点検の保守点検項目および同時作業に関する打ち合わせは、5月ごろから数回に渡り石川島播磨重工業と行われていた。保守点検等は7月23～28日にわたって行われた。Figure 2.7.2にその様子を示す。主な項目は以下のとおりである。

BL23SU 挿入光源 ID23 の点検保守の主な項目

(1) 全体目視点検

挿入光源本体、真空系、補正電磁石系、制御系の弊社納入品の目視点検。

(2) 挿入光源駆動架台部点検・整備

- ・ 駆動部(リニアガイド、ボールネジ及ギア部)潤滑油補充
- ・ リニアスケール摺動部清掃
- ・ 全リミットスイッチ動作確認及動作値・復帰値記録 (リニアスケール値を記録)
- ・ ギャップ値計測
- ・ 位相値計測
- ・ 磁石列表面点検 (4磁石列表面)
- ・ ギャップ駆動用モータ及モータドライバ点検



Figure 2.7.2: The periodical inspection of ID23. (2001 July)

This is a blank page.

- ・位相駆動用モータ及モータドライバ点検
- (3) アライメント確認
 - ・挿入光源駆動架台レベル確認
 - ・真空チャンバーレベル変位確認
- (4) 磁極張出検出センサ - 動作確認
- (5) 補正電磁石用電源 (8台、ロングコイル用電源2台を除く)
 - ・電源盤内清掃
 - ・端子部増締
 - ・絶縁抵抗確認 (電磁石部を含む)
 - ・実電流値 /ADC/DAC 値および出力電圧確認
 - ・リップル測定
 - ・安定度測定
 - ・保護連動動作確認

また、挿入光源制御盤において、サーボモータの電磁ブレーキを自動的にかけるように P L C ロジックを改造した。改造後のロジックがサーボモーターコントローラーからの位置決め信号の立ち上がりごとに P L C のタイマーリセットを行い、リセットから 1 分経過した時に、位置決め信号が立っていたら自動的に電磁ブレーキを掛けるようになった。

BL23SU 挿入光源点検保守及び制御系 P L C ロジック改造の項目及びその結果の詳細は完

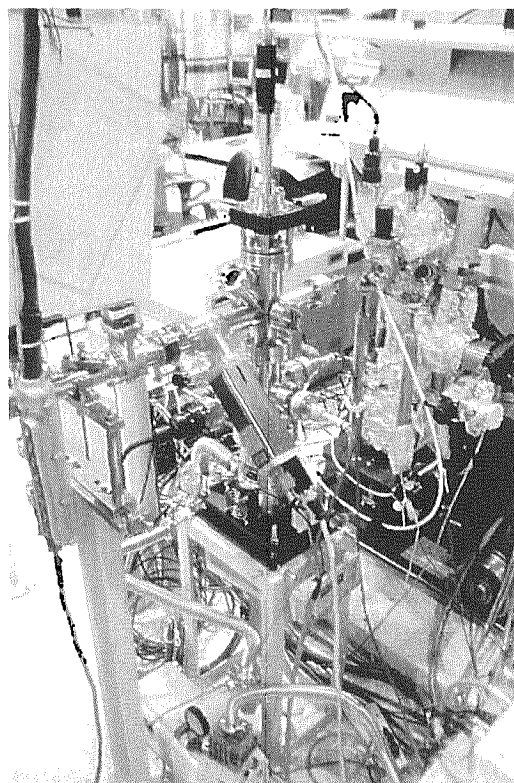


Figure 2.7.3: Differential pumping unit. (2001 Aug. 3)

This is a blank page.

成図書にまとめられている。点検では、下部位相駆動の原点復帰が正常に行なえないことが発見された。部品の取り寄せなどを待って後に解決された。

生物実験ステーションでの実験は真空が 10^{-5} Pa 程度になることもあるが、その上流の表面化学反応実験ステーションでは実験の性質から 10^{-8} Pa 台の真空を保持していることが望ましい。このためこの二つのセクションの間にターボ分子ポンプをタンデムに配した差動排気システム(アイリン真空)が設置された。このシステムは 10^{-3} Pa 程度の差圧は十分に保持する効果が確認された。据え付けた様子を Figure 2.7.3 に示す。

8月9日の午後播磨地方は激しい雷雨に見舞われ、SPring-8内でも落雷などによる停電や電圧降下が相次いで起こった。BL23SUのある建屋付近でも乗用車が全損する事故があった。ほぼ同時刻に ID23 制御系の VME に信号異常が発生した。これは落雷時に電気系統になんらかのノイズが発生 VME ボードに問題が引き起こされたと考えられた。信号異常そのものは VME を初期化することによって解決した。

9月5日に原研本部財務部の開催による民間出資懇談会が経団連会館・国際会議場(東京)で催された。原研の最近の研究から SPring-8 の物性研究と応用の様子として、BL23SU での最近の研究が紹介された。

2.8 第7サイクル

ID23のギャップ駆動に連動したCODが9月16日にいくつかのビームラインで観測された。大きいところで蓄積電子に垂直方向にギャップ駆動時 $15 \mu\text{m}$ 、位相駆動時 $30 \mu\text{m}$ ほど見られた。これは ID の補正テーブルの記述の一部に間違いがあるものが入力されていたのが原因であった。これを受けて9月21日に補正テーブルを動作確認されたものに入れ替えた。これについては10月10日に立ち上げ会議で報告された。その資料を Figures 2.8.1(a,b)に示す。

2.9 第8サイクル

10月に入り隣接のBL22XUの光学ハッチ及び実験ハッチの建設が本格的に始まった。床のハ

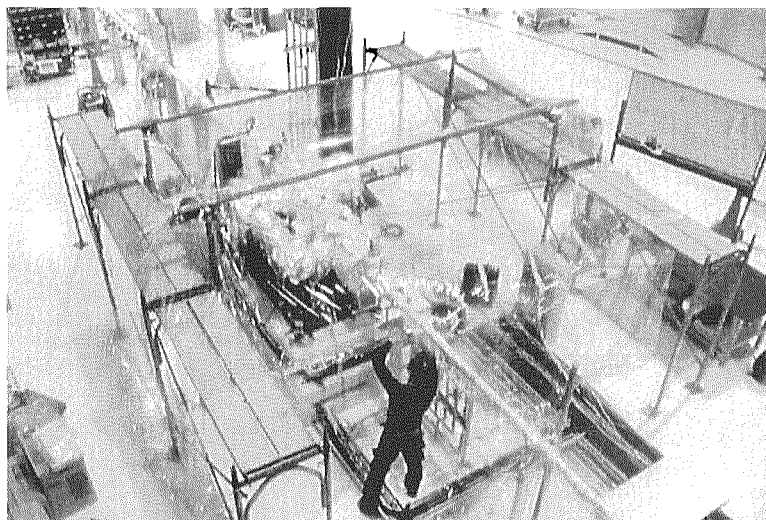


Figure 2.9.1: Putting a cover on the grating chamber. (2001 Oct. 22)

This is a blank page.

立ち上げ会議資料 (2001. Oct. 10th)

安居院、吉越、中谷

ID23 のギャップ駆動が誘起する軌道変位について

我々は、ID23 ギャップ及び位相駆動が誘起する電子ビーム軌道変位を最小にすべく調整を行っている。これまでの調整で周期的連続位相駆動の際にも蓄積リングの運転及び各ビームラインでの実験に支障はない範囲に軌道補正を行えるようになってきている。(注: ID23 の補正テーブルの記述に一部誤りがあり、ビームラインによっては9月16日に垂直方向にギャップ駆動時 15 μm 、位相駆動時 30 μm ほど軌道が乱れてしまいました。ご迷惑をかけたことをお詫び申し上げます。図1参照)

軌道変位を観察するにはいくつか方法があるが、昨年の夏に加速器に導入された rfBPM(通称熊谷モニター)は時間応答が速く軌道変位をより詳細に観察できるようになっている。ID23 のギャップ駆動に対する補正励磁テーブルは昨年11月にこのモニターを使用して水平方向の成分の補正精度を上げた(マシンスタディ報告書 00-036 参照)。また、垂直方向に関しては COD データ利用の補正励磁決定アルゴリズムで決定した補正励磁テーブルを使用している(マシンスタディ報告書 99-029 参照)。

今回、FE の XBPM を用いて ID23 のギャップ駆動の誘起する軌道変位を挿入光源ビームラインについて観察したので報告する。結果を表1にまとめた。ただし、各 ID のギャップは XBPM の換算係数を決定したギャップと異なっているものが多いので、変動の時間相関や符号は意味があるが、変動量に関しては、あくまでも参考値である。これまでは、冷却水温度の揺れなど時間応答の遅いものに対応する軌道変位に埋もれて見えていなかった、ID23 起因の軌道変位が読み取れるようになっていたことが分かった。これはほとんどの場合ギャップを動かし始めるときに鋭状に現れる。しばらく残るものでも、前述の時間応答の遅い変動と一緒に自動軌道補正によって補正される。このようなただ、ギャップ駆動方向に依存するような軌道変位がおこる理由はよくわかっておらず、現在検討中である。

ID23 の補正テーブルはここしばらくは変更しておらず従来どおり運用しています。軌道変位が精度よく観測できるようになったことと、各ビームラインでの実験とはあまり関係がないと思いますが、改めて皆様の実験との相関を検討して、支障があるようでしたら我々にご連絡下さい。ID23 の補正テーブルの精度をさらに上げるための準備を進めておりますので参考にさせていただきたいと考えています。

Figure 2.8.1(a): Document for Tachiage-kaigi.(2001 Oct.10).

This is a blank page.

図 2.8.1(b)
 9/16 21:00~9/17 1:00の間の
 bl_id23_gap/position
 bl_id23_phase/position
 bl_id24_rfbpn_1_y/position

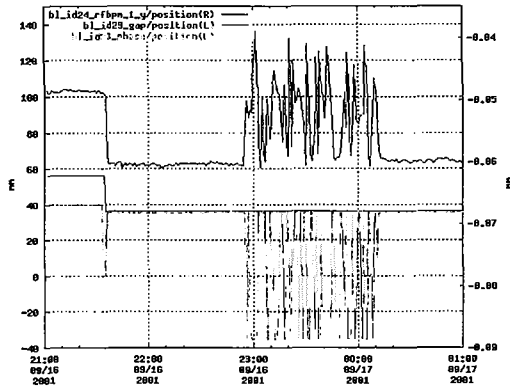


表 1. ID23phase=0mm

	ID23 の Gap の動き	36mm→45mm	45mm→36mm	36mm→45mm	45mm→36mm
	9/21 14:05 の ID の状態	Horizontal	Horizontal	Vertical	Vertical
BL08IN	40,-0.5(25.5,-0.6717)	—	—	—	—
BL09IN	14.4(9.6)	14	-10	0	-9
BL10IN	13.03(9.6)	8	3	-4	4
BL11IN	11.4(9.6)	—	—	2	-2
BL13IN	11(9.6)	-6	5	-5	5
BL15IN	60.5,90(20,180)	-7	6	-8	8
BL16IN	15.18(12.9)	—	—	2.5	-2.5
BL19IN	22.7(18)	—	—	—	—
BL20IN	7.75(9.6)	4	-4	4	-4
BL24IN	11.3(9.6)	-5	5	-8	8
BL25IN	47.7,22.7(30,30)	-10	8	5	-5
BL27IN	75.8(37)	—	—	-3	3
BL29IN	10(9.6)	7	-8	-7	7
BL35IN	11.81(9.0)	—	—	-8	8
BL39IN	12.3(9.6)	—	—	3	-2
BL40IN	16.8(8.3)	-4	3	-7	7
BL41IN	19.2(9.6)	8	-5	7	-7
BL44IN	13(9.6)	6	-5	8	-5
BL45IN	15.8,15.8(15.8,15.95)	8	-5	-5	6
BL46IN	13(8)	—	—	—	—
BL47IN	13.33(9.6)	—	—	3	-3

(換算係数を付したギャップ)

単位は μm

Figure 2.8.1(b): Document for Tachiage-kaigi. (2001 Oct.10)

This is a blank page.

ツリ工事などで発生する粉塵のBL23SUへの影響を予防するために、BL制御関係の19インチラック、入射スリット、回折格子チャンバー、輸送系パイプなどに不燃性ビニールシート製の防塵カバーが設置された。Figure 2.9.1にその様子を示す。

10月10日にSPring-8シンポジウムが催された。BL23SU関係では冬期停止期間に行われたID真空チャンバーの入れ替えについて報告された。Figure 2.9.2にその様子を示す。

10月11日にBL27SU及びBL24XUのrf-BPMにID23のギャップ駆動に連動した信号が見られた。これはIDのスタディのあとのID23のSTM補正テーブルの入れ替えの手違いから起こったものであったので、ただちに適切なものに直した。

これまでにID23位相駆動時に使用する高精度位相駆動補正励磁テーブルの作成を進めている。このなかで始めのステップとして、高精度の駆動方向に依らない変動成分を補正するための励磁テーブルを作成する必要がある。そのために、動的な要素と静的な要素を分けて段階的にテ-

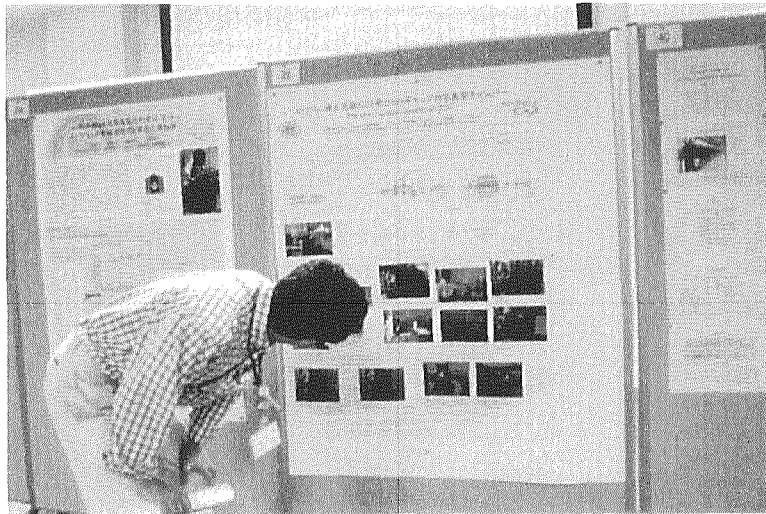


Figure 2.9.2: SPring-8 symposium. (2001 Oct. 10)

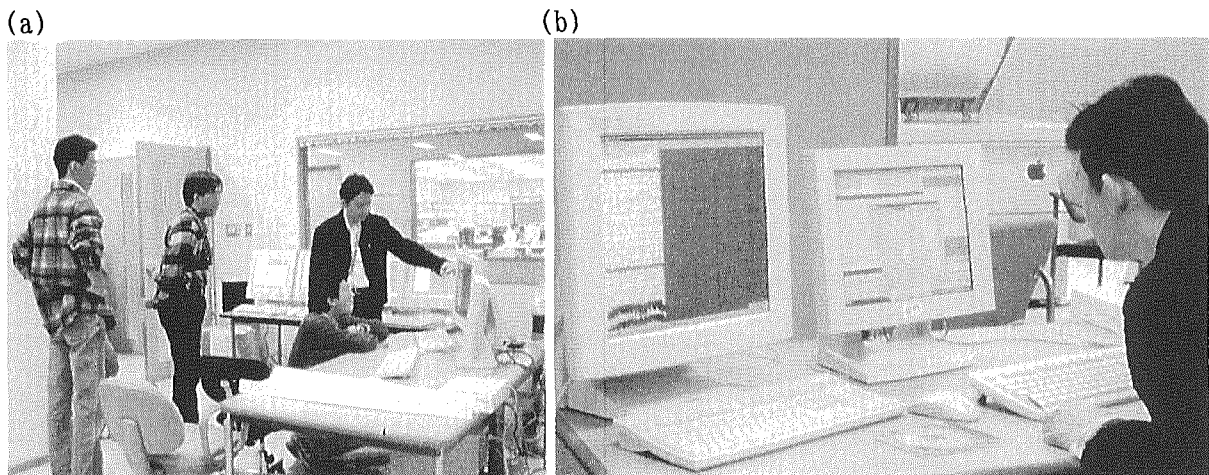


Figure 2.9.3: Cluster machine for the wavelet transformation. (2001 Oct 23)

This is a blank page.

ブルが作成されている。このための軌道変動データと ID23 のギャップと位相とを、同じ時間軸上で取得する方法がとられた。データのフィルタリングとして Wavelet 変換が採用された。フィルタリング計算のためには rf-BPM から取得した水平と垂直 (計 6 つ) のデータを Wavelet 変換アルゴリズムを用いてフィルタリングを行う。10 月 23 日にこのため計算用に PC を 6 台組み合わせたクラスターマシンが構成された。クラスターマシンのセッティングの様子を Figure 2.9.3(a,b) に示す。

2.10 第 9 サイクル

11 月 6 日に ID23 の位相駆動に使用しているサーボモータから発生するノイズを低減するための改造を行なうとともに、下部位相駆動の原点復帰を正常に行なえるよう制御盤の補修が行

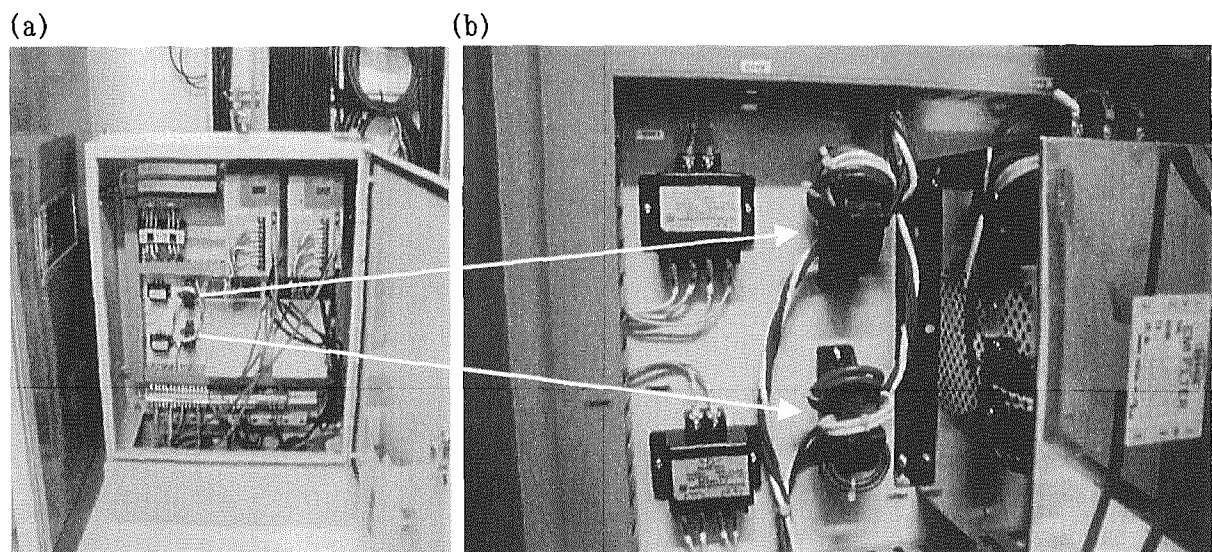


Figure 2.10.1: Zero-phase reactor for servo motor cables (a) amplifier box and (b) reactols. (2001 Nov. 6)

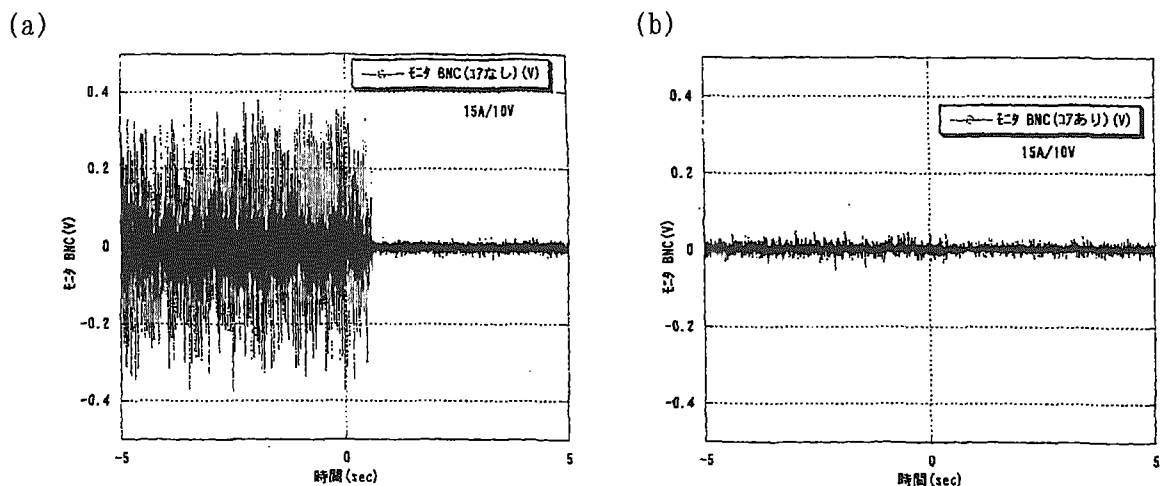


Figure 2.10.2: (a) Monitor signal without the coa and (b) Monitor signal with the coa. (2001 Nov. 6)

This is a blank page.

われた。サーボモーターから発生するノイズを低減するための位相駆動用サーボモーターのドライブアンプボックス(Figure 2.10.1(a))改造では、上部位相駆動用及び下部位相駆動用ドライブアンプからサーボモータへの各々のケーブルラインに零相リアクトルが挿入された。Figure 2.10.1(b)の赤、白、青のケーブルが3回巻いているのがそれである。作業終了後動作確認試験は、ビームがない状態かつ位相駆動用モータ電源がONの状態、ノイズ対策前及びノイズ対策後の補正電磁石電源装置の電流モニタ信号をオシロスコープで測定し効果を確認した。その結果をFigure 2.10.2に示す。(a)リアクトルなしの時はノイズが観測されているが、(b)リアクトルを取り付けた後はノイズが軽減されたことが分かる。

また、夏季停止期間の保守点検で発見された挿入光源制御盤内の基板修理下部位相駆動の原点復帰機能の異常について、動作が正常に行なえるよう制御盤内の基板の修理を行った。作業後下部位相駆動の原点復帰を上位制御から実施し、正しく原点復帰ができることが確認された。しかしながら、ビーム変動に対するゼロ相リアクトルの効果は、補正励磁電磁石に見られた程度のもではなかった。ドライブアンプのON/OFFに同期した軌道変動は、別の要因を考える必要がある。

夏季停止期間に見つかった圧空の漏洩を抑えるため、サイクル終了後問題のあった圧空配管の補修が行われた。

2.11 第10サイクル

分光器の出射スリットを出た放射光がM3でコリメイトされた後のスポットサイズの測定が行われた。Table 2.11.1とFigures 2.11.1(a-m)に測定された条件と結果を示す。

Table 2.11.1: Measured points of spot size. The gap and phase are indicated by mm dimension. MRG2 means a mechanical ruling grating 600 *lines*/mm. HRG1 means a holographic grating 1000 *lines*/mm. M1 and M2 are mirrors in front of a grating. Spot images are in Figures 2.11.1 (a-m).

gap (mm)	36	36	37.8	37.8	45	45
phase (mm)	-21.55	21.55	-35.79	35.79	-37.404	37.404
MRG2 (M1)		(a)	(b)	(c)		(d)
MRG2 (M1)					(e)	(f)
MRG2 (M1)						(g)
MRG2 (M2)	(h)	(i)		(j)		(k)
HRG1 (M1)						(l)
HRG1 (M1)						(n)
HRG1 (M1)						(m)

This is a blank page.

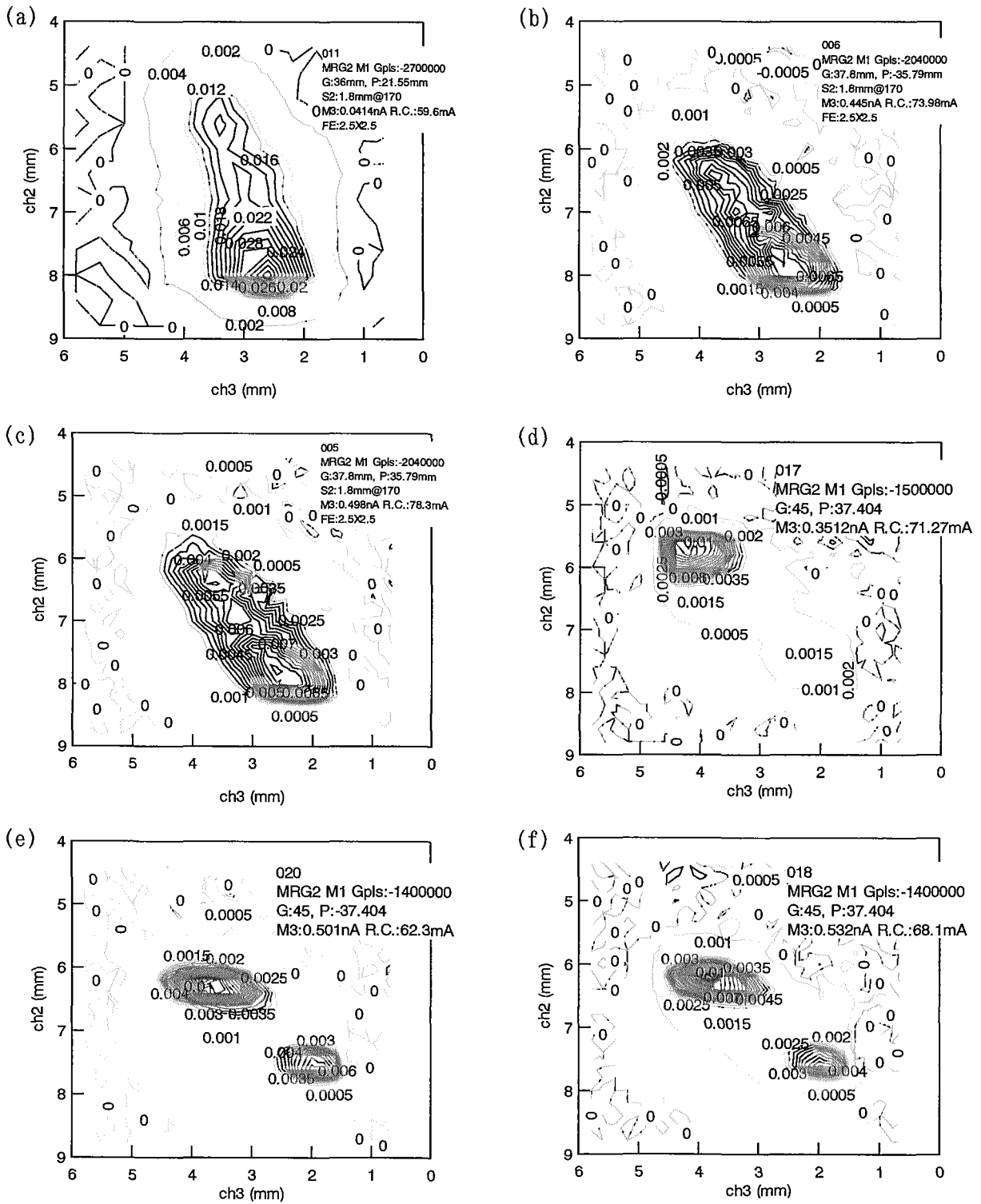


Figure 2.11.1: Spot images (a) at gap 36 mm, phase 21.55 mm with MRG2 (-2700000 *pls*) and M1, (b) at gap 37.8 mm, phase -35.79 mm with MRG2 (-2040000 *pls*) and M1, (c) at gap 37.8 mm, phase 35.79 mm with MRG2 (-2040000 *pls*) and M1, (d) at gap 45.37 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-1500000 *pls*) and M1, (e) at gap 45 mm, phase -37.404 mm with MRG2 (-1400000 *pls*) and M1, (f) Spot size at gap 45 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-1400000 *pls*) and M1. The ch2 is vertical and the ch3 is horizontal.

This is a blank page.

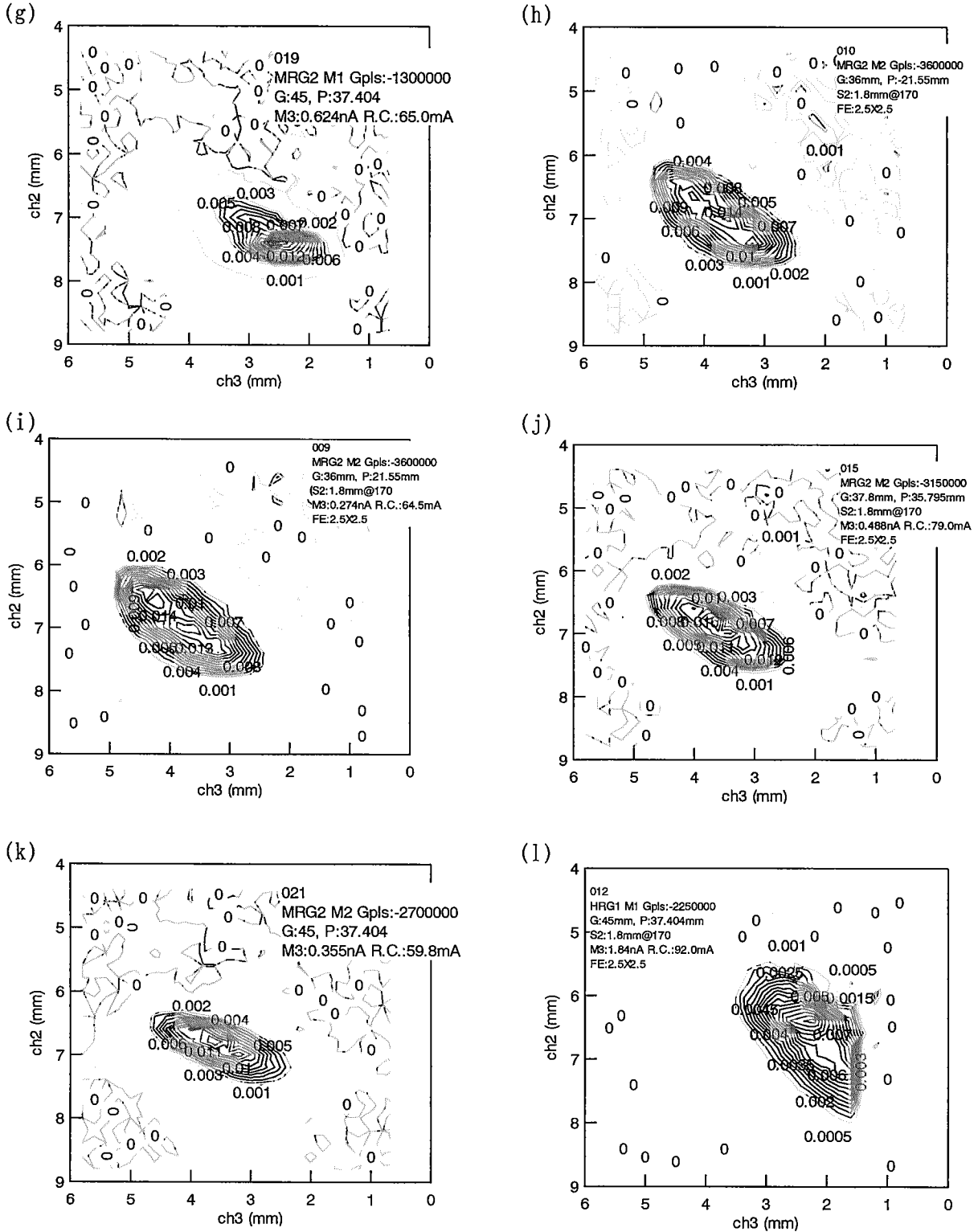


Figure 2.11.1: Spot images (g) at gap 45 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-1300000 *pls*) and M1, (h) at gap 36 mm, phase -21.55 mm with MRG2 (-3600000 *pls*) and M2, (i) at gap 36 mm, phase 21.55 mm with MRG2 (-3600000 *pls*) and M2, (j) at gap 37.8 mm, phase 35.79 mm with MRG2 (-3150000 *pls*) and M2, (k) at gap 45 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-2700000 *pls*) and M2, (l) at gap 45 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-2700000 *pls*) and M2. The ch2 is vertical and the ch3 is horizontal.

This is a blank page.

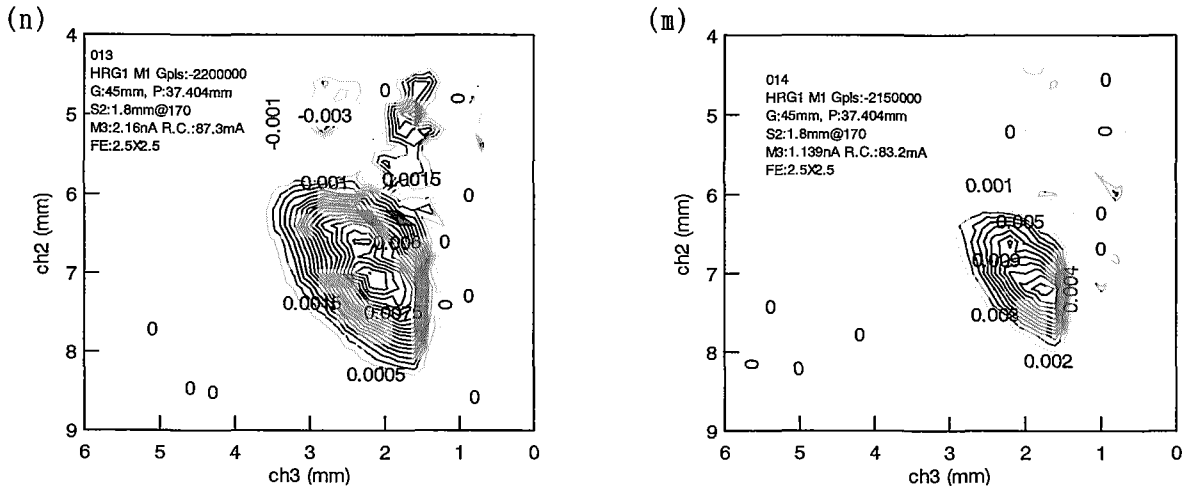


Figure 2.11.1: Spot images (n) at gap 45 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-2200000 *pls*) and M2,(n) at gap 45 mm, phase 37.404 mm with MRG2 (-2150000 *pls*) and M2.The ch2 is vertical and the ch3 is horizontal.

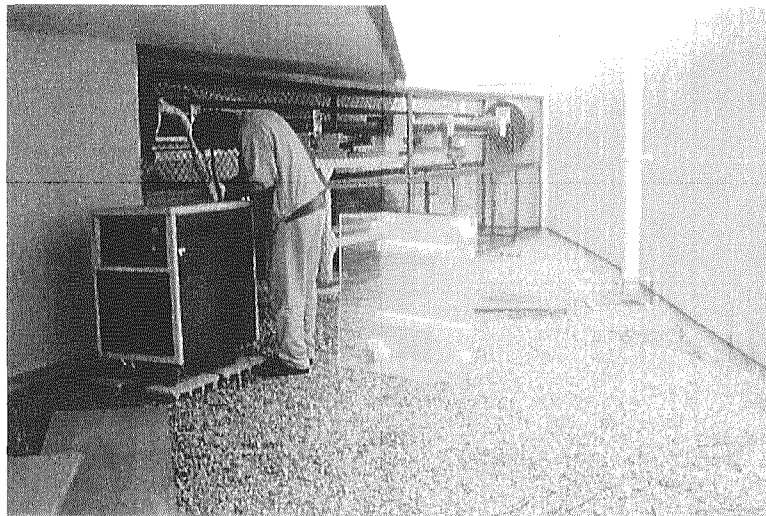


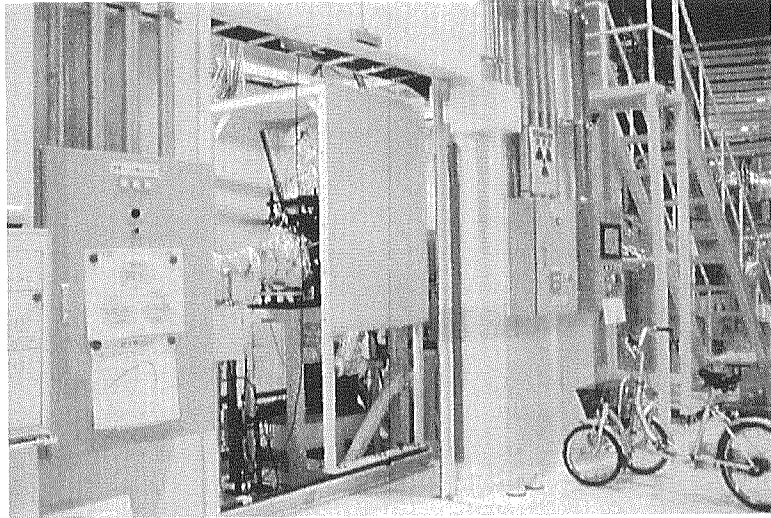
Figure 2.11.2: Moving the chiller. (2001 Dec. 10)

ビームライン関連の機器の冷却のために施設からの冷却水が循環しているが、大量に冷却水が必要とするものには別にビームライン・チラーを設置している。これまでこのチラーは蓄積実験ホールの外に置かれていた。隣接のBL22XUのビームラインの蓄積リング棟とRI棟をつなぐ輸送チャンネルが建設されるとこのチラーへの通路の障害となり、メンテナンスなどのアクセスが困難になる。このため点検保守を簡便にするため12月10日にこれを実験ホール内に移動した。この様子をFigure 2.11.2に示す。

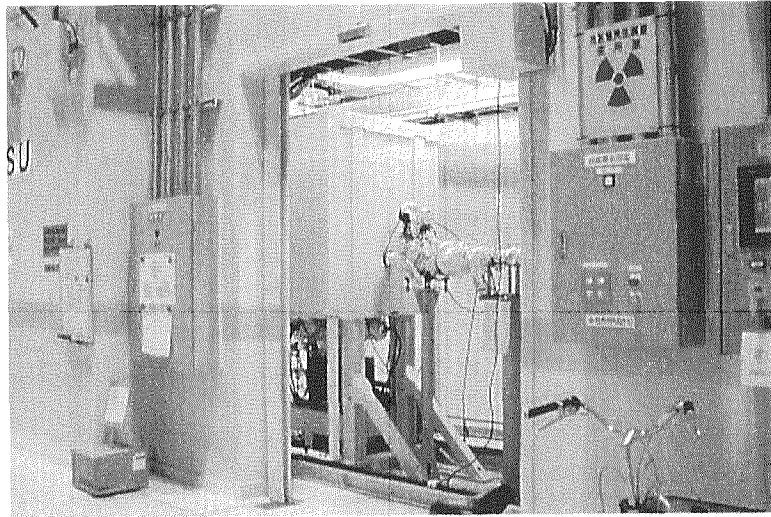
また、これまでBL23SUの蓄積リング棟とRI棟をつなぐ輸送チャンネル周辺はFigure 2.11.2中にあるように放射線管理区域となっていたが、第12次放管変更申請で指定の解除が申請されている。

This is a blank page.

(a)



(b)



(c)

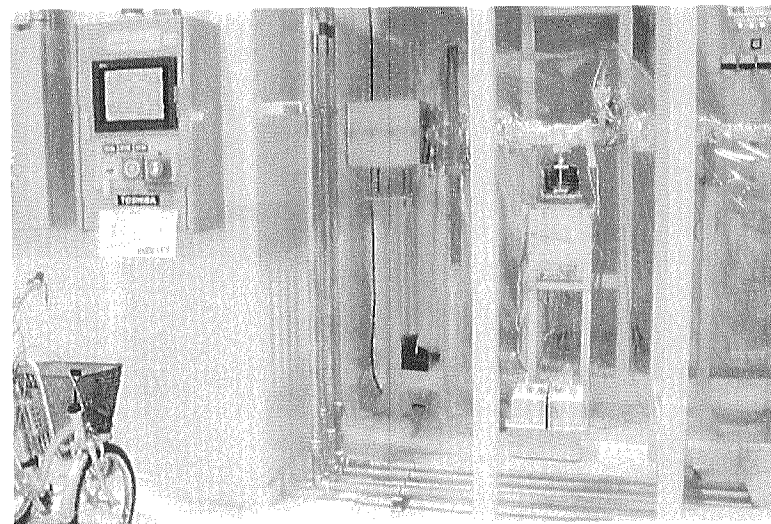


Figure 2.12.1: Radiation shield of (a) Mv chamber, (b) Mh chamber and (c) the transport channel. (2001. Jan. 10)

This is a blank page.

2.12 冬期停止期間

2000年から2001年にかけての冬季停止期間中には挿入光源用真空チャンバーが低エネルギー用のものにかえられた。フロントエンドから取り出された放射光は光学ハッチ内の前置鏡で反射される。このとき前置鏡が散乱体となり放射線が発生する。これを人体に害がないように遮蔽するのが光学ハッチである。実際に挿入光源のギャップ距離を25 mmに閉じると放射パワーが増加し、散乱体から発生する放射線が増加する。この冬季停止期間中にBL23SUの低エネルギー運転に対応して、光学ハッチ内に設置されたミラーからの放射線散乱を防ぐために、局所遮蔽として補助遮蔽体が設置された(施工業者:旭工業)。遮蔽評価計算は原研・利用系開発グループ・浅野芳裕氏に行っていた。Figure 2.12.1に設置された様子を示す。主な仕様は下記の通りである。

BL23SU 光学ハッチ内局所遮蔽の製作及び設置の主な仕様

- ・光学素子ホルダー局所遮蔽体はBL23SUの光学ハッチ内に設置された2つのミラーチャンバー(Mv、Mh)を囲む形とする。
- ・遮蔽体は鉛(電気鉛99.99%)とし、側面(天井を含む)15 mm、後面37 mm以上の厚さをもつものとする。
- ・放射光ビームが散乱体に当たる場所から、光学ハッチの後面及び側面パネルを見込まない大きさを確保する。
- ・Mv、Mhそれぞれに対する遮蔽体は独立の構造をもつものとする。それぞれのチャンバーで作業の必要などときには遮蔽体は容易に移動可能な構造とする。メインの構造体はレールなどに取り付け、容易かつ安全にスライドし作業空間をつくりだせるようにする。

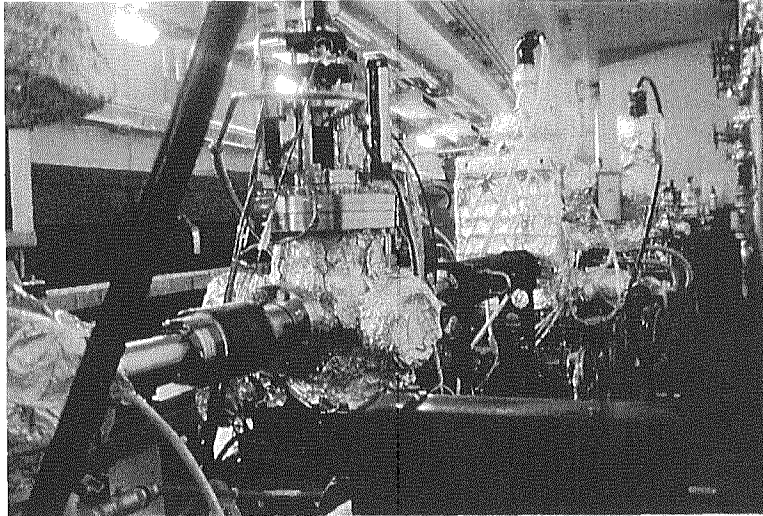
ビームライン建設時にフロントエンド部に設置されたビームポジションモニター(XBPM: x-ray beam position monitor)は水平及び垂直に張られたワイヤー型のものであった。Figure 2.12.2(a)にフロントエンド部のこの旧型のワイヤー型XBPMが設置されていた様子を示す。ID23からの放射光は偏光モードによってその形状が変化する。この形状変化も観測できるように四象限ブレード型XBPMを設置した(施工業者:アネルバ)。本ビームポジションモニターは、JASRI光診断チーム青柳秀雄氏によって考案された、ブレード構造検出素子を四枚配した型のものである。これは独立に駆動する四枚のブレードからの光電効果による信号配分比を検出するシステムになっている。Figure 2.12.2(b)にフロントエンド部に設置された新型の四象限ブレード型XBPMの様子を示す。コネクター、ケーブルなど制御機器はSPRING-8標準に準じるようにされた。実機試験・運用はJASRI光診断チームによってこれから進められる。

2.13 第1サイクル(2002A)

冬季停止期間中に光学ハッチ内外の局所遮蔽増強が行われ遮蔽条件が変化したので安全確認のため、利用実験開始前の2002年1月18日にギャップ距離36 mm・位相0 mmの条件で放射線漏洩サーベイがJASRI安全管理室によって行われた。結果は良好であった。

This is a blank page.

(a)



(b)

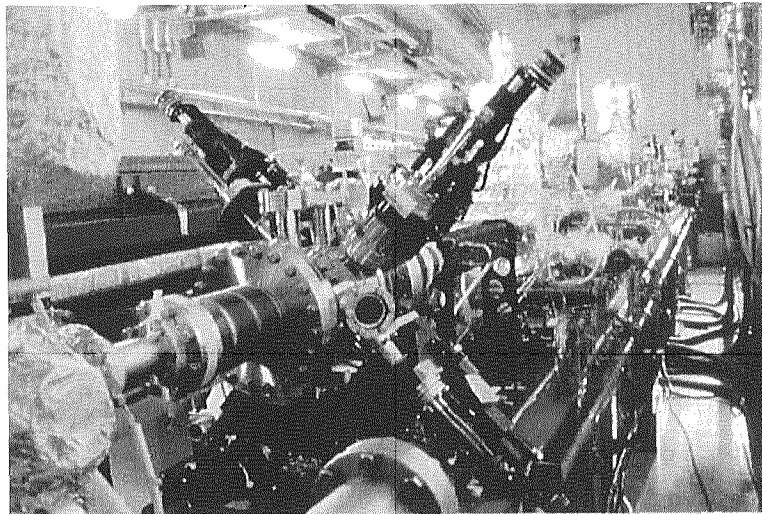


Figure 2. 12. 2: (a) Wire type XBPM (2001 May 1) and (b) four blades type XBPM (2001 Dec. 18) at the front end of ID23.

1月18日にフロントエンドスリットの動きがビームラインワークステーションからコントロールできなくなった。JASRIフロントエンドチーム調査していただいた結果、フロントエンドスリットのパルスモーターをコントロールしているパルスモーターコントローラーPM16C(ツジ電子製)の動作不良であることが判明した。2002A 第1サイクル中はフロントエンドスリットを動かさないこととし、サイクル終了後に動作不良のパルスモーターコントローラーは不良のないものに交換された。

光学ハッチ内のMhチャンバーに取り付けられた真空ゲージコントローラー(アネルバ製)はかねてから動作の不安定性が指摘されていたが、1月24日に同型機の交換された。

隣接のBL22XUの建設にあたり外部と直結した搬入用大扉が作られた。1月25日にBL23SUでの光強度が突然数分の内に半減する現象が観測された。原因調査の結果BL22XUの搬入用大扉の開閉と相関があることが分かった。再確認のため光強度(M3カレント)を計測しながらこの大扉の開

This is a blank page.

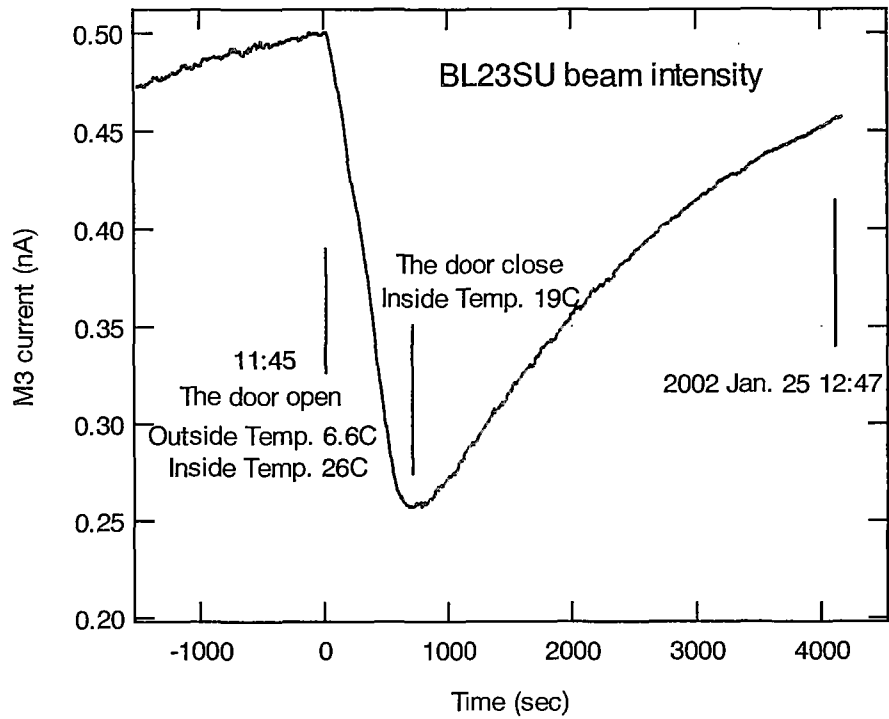


Figure 2.13.1: M3 current when the door opened. (2002 Jan. 25)

閉を行った。その結果をFigure 2.13.1に示す。大扉を開くとただちに強度の現象が始まり扉を閉めたのちも回復に時間がかかっていることがわかる。

This is a blank page.

3. 結語

2001年(SPring-8の2000A及び2000B)に行われた、挿入光源及び分光光学系の調整・整備などについてまとめた。

2001年は、冬期期間中に行われた、IDチャンバー交換に伴う最大放射パワーの上昇に対する遮蔽対策、放射線管理への変更申請が進められ実運用への準備が進んだ。また、挿入光源の駆動に対するCOD補正のための補正励磁テーブルも精度の向上が進んだ。また、ビームポジションモニターの改造も行われた。

2001年はこれまでにあまり見られなかった、機器の故障が何件か問題となった。BL23SUも建設から年月がたち、初期に取り付けられたさまざまな機器も問題がでてきているようである。2002年はこのようなトラブルによる被害が最小限となるように事前に準備をしておきたい。

隣接のBL22XUの建設も行われ機器の保安対策や、工事に伴うダストやノイズへの対策がなされた。

2002年はビームの位置のモニター、エネルギー較正、分解能のチェックなどの整備を進めて行きたい。

謝辞

放射光実験を推進する上では、実験ステーションの整備ばかりでなく、分光器、真空装置、挿入光源、蓄積リングなどの整備・連携がとても重要です。また、それらは制御システム、ユーティリティ、インターロックなどにより有機的に繋がっています。従って、放射光実験は、それらに関わる多くの方々のご協力、ご尽力によって可能であるといえます。

SPring-8中の加速器、挿入光源、制御、フロントエンド、光診断、安全管理室など本当に多くのスタッフの方々にご助力いただきました。ここに改めて感謝致します。

ビームライン周辺の工作、真空作業などでは東山将弘氏をはじめとする周辺技術チームの迅速丁寧な対応に感謝いたします。また、SPring-8利用系の計画調整とBL23SUの運用を結んで下さった、木村洋昭氏、村瀬智子氏に感謝します。おもに分光器に関して有用なご助言をいただきました齋藤祐児氏に感謝します。また、SPring-8スタッフや、日々BL23SUを支えてくださった多くの方々に深く感謝いたします。

最後になりましたが、BL23SUにご理解いただき、立ち上げや整備を推進して下さった下村理放射光科学研究センター長に感謝いたします。

参考文献

<挿入光源>

S. Sasaki, K. Kakuno, T. Takada, T. Shimada, K. Yanagida, and Y. Miyahara: Nucl. Instrum. Methods A331, 763 (1993).; S. Sasaki, K. Miyata, and T. Takada: Jpn. J. Appl. Phys. 31, L1794 (1992).

<制御系>

Construction of JAERI Soft X-ray Beamline for Actinide Materials, T. Nakatani, Y. Saitoh, Y. Teraoka, T. Okane, and A. Yokoya: J. Synchrotron Rad. 5, 536 (1998).

原研軟X線ビームライン(BL23SU)用挿入光源の制御系の開発、平松洋一、島田太平、宮原義一: JAERI-Tech 99-082.

<分光器>

First results from the Actinide Science beamline BL23SU at SPring-8, Y. Saitoh, Y. Teraoka, A. Agui, A. Yoshigoe, A. Yokoya: Nucl. Instrum. Methods A474 (2001) 253.

Silicon and oxygen K-edges x-ray absorption spectra of chemical treated silicon substrates, A. Yoshigoe, A. Agui, Y. Saitoh, T. Nakatani, T. Matsushita, and A. Yokoya: J. Synchrotron Rad. 8, 502 (2001).

<ビームライン>

Soft X-ray Beamline Specialized for Radioactive Materials Equipped with Variably-polarizing Undulator, A. Yokoya, T. Sekiguchi, Y. Saitoh, T. Okane, T. Nakatani, T. Shimada, H. Kobayashi, M. Takao, Y. Teraoka, Y. Yahashi, S. Sasaki, Y. Miyahara, and T. A. Sasaki: J. Synchrotron Rad. 5, 10 (1998).

SPring-8原研軟X線ビームラインBL23SUのH12年運転・整備記録、安居院あかね、吉越章隆、中谷健、斎藤祐児、寺岡有殿、横谷明德: JAERI-Tech 2001-043.

First Operation of Circular Dichroism Measurements with Periodic Photon-Helicity Switching by a Variably-polarizing Undulator at BL23SU at SPring-8, A. Agui, A. Yoshigoe, A. Yokoya, Y. Saitoh, Y. Hiramatsu, T. Shimada, T. Nakatani, T. Matsushita, Y. Miyahara, H. Tanaka, M. Takeuchi, T. Bizen, S. Sasaki, M. Takao, H. Aoyagi, T. P. Kudo, K. Satoh, S. Wu, H. Ohkuma: Rev. Sci. Inst. 72, 3191 (2001).

APPLE-2型アンジュレータの高速位相変調を用いた高分解能円二色性実験、安居院あかね、吉越章隆、中谷健、松下智裕、斎藤祐児、水牧仁一郎、横谷明德、田中均、宮原義一、島田太平、竹内政雄、高雄勝、佐々木茂樹、青柳秀樹、工藤統吾、佐藤一道、呉樹奎、大熊春夫：放射光、vol.14 17 (2001).

This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
光照	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10⁻¹⁹ J
 1 u = 1.66054 × 10⁻²⁷ kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バ	bar
ガ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラ	rad
レ	rem

1 Å = 0.1 nm = 10⁻¹⁰ m
 1 b = 100 fm² = 10⁻²⁸ m²
 1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa
 1 Gal = 1 cm/s² = 10⁻² m/s²
 1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq
 1 R = 2.58 × 10⁻⁴ C/kg
 1 rad = 1 cGy = 10⁻² Gy
 1 rem = 1 cSv = 10⁻² Sv

表5 SI接頭語

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

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1 eV および 1 uの値は CODATA の1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N (=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s (= N·s/m²) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))

動粘度 1 m²/s = 10⁶ St (ストークス) (cm²/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg (Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1

1 cal = 4.18605 J (計量法)
 = 4.184 J (熱化学)
 = 4.1855 J (15 °C)
 = 4.1868 J (国際蒸気表)
 仕事率 1 PS (仏馬力)
 = 75 kgf·m/s
 = 735.499 W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

SPRING8 原研軟X線ビームラインBL23SUのH13年運転・整備記録

R100

※紙配合率100%
白色度70%以上紙を使用しています。