

BL20B2における SPring-8標準分光器の振動抑制

青山光輝¹、福居知樹¹、上杉健太郎²、鈴木芳生²

¹スプリングエイトサービス/SPring-8, ²JASRI/SPring-8

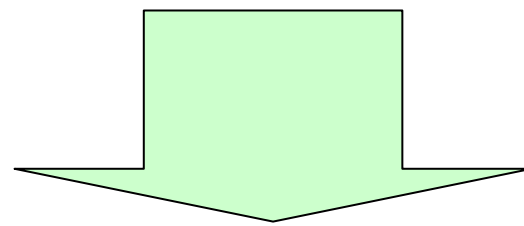
本研究の目的

標準分光器の持つ問題点

SPring8標準分光器には、以下のような問題点がある。

問題点	主原因
振動	・冷却水による配管の振動 ・駆動ステージ構造 ・冷却水循環装置の不安定性
ひずみ	・冷却能力不足 ・結晶の取り付けひずみ

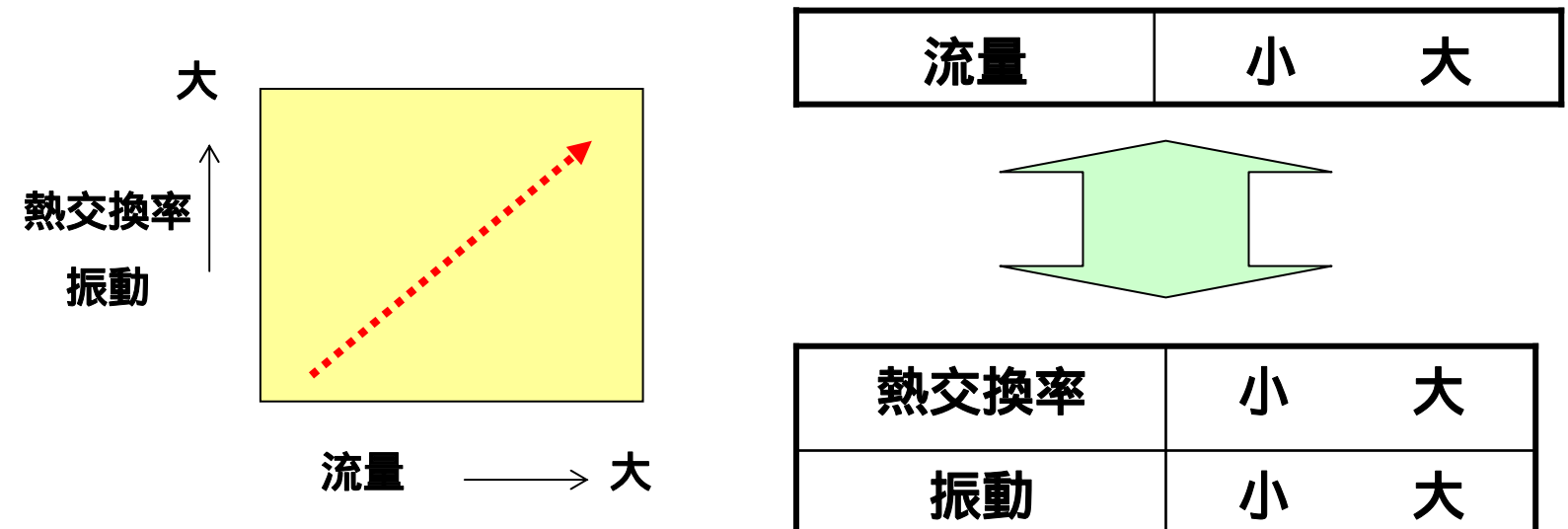
これらの問題点により



- ・実効線量の低下
 - ・ビームの強度変動
 - ・ビームの均一性の悪さ
- を引き起こし、ビームの安定した供給の妨げとなっていた。

本研究では、分光器の持つ問題点の内、**分光器の振動を抑制することを目的とする。**

分光器の冷却水流量と熱交換率、振動とは以下のような関係を持つ。



流量調整により振動抑制は可能だが、分光結晶の横幅いっぱいにはビームを受けるといった高負荷では流量を下げて使用することは危険である。このため冷却に十分な流量を確保しつつ、振動を抑制する対策をBL20B2にて実施した。

ビームラインBL20B2について

今回、分光器の振動対策を実施したSPring-8 BL20B2は、中尺ビームラインであり光源から医学利用実験施設の実験棟まで約200mの長さを有する。医学利用を含めた硬X線領域でのイメージング技術の研究開発を目的としたビームラインである。

輸送チャンネルの構成は、SPring-8標準型2結晶分光器(光源から36.8mに設置)、実験ハッチ1(同44m)、160m真空輸送チャンネル、実験ハッチ2(光源から200m)、実験ハッチ3(同206m)となっており、分光器以外に集光ミラー等の光学素子は使用していない。

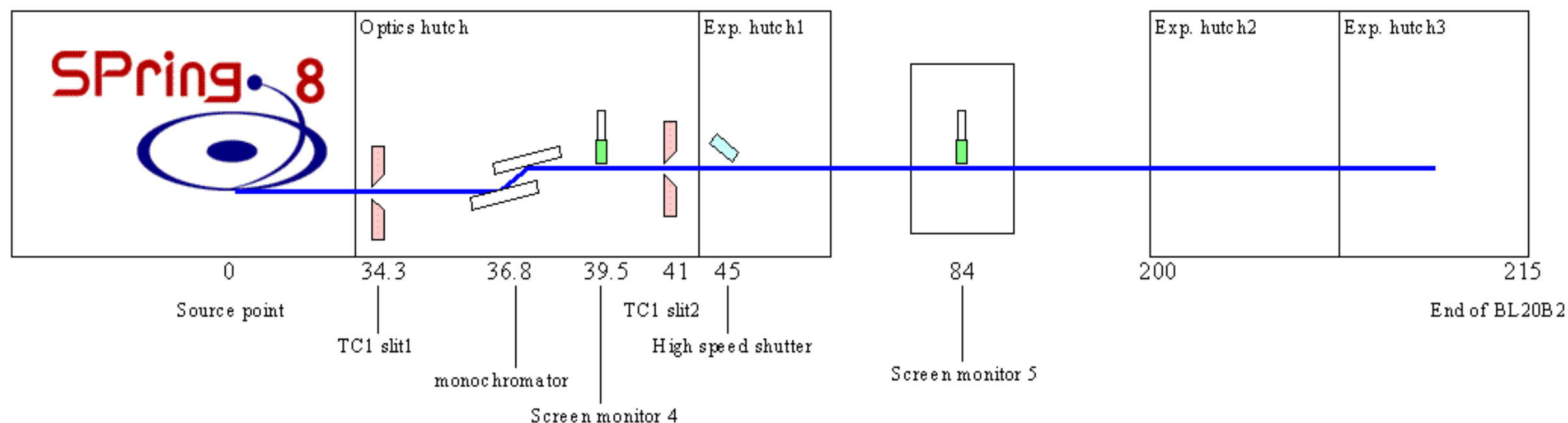


図. ビームラインBL20B2の構成

対策実施内容

- ・対策1・・・分光器内の駆動ステージの簡略化
- ・対策2・・・結晶冷却水配管の改善
- ・対策3・・・分光結晶冷却方式の変更
- ・対策4・・・真空排気装置の振動抑制

分光器振動の測定方法

振動評価は、Si(311)の3rd (30keV) のRockingCurveを測定し、その半値幅を用いた。

ビーム強度は実験ハッチ1 (光源から44m)にてArガスを1気圧で流しているイオンチェンバーにて測定。イオンチェンバー前には1mm厚のAl板を置き、1次光をカットするようにした。

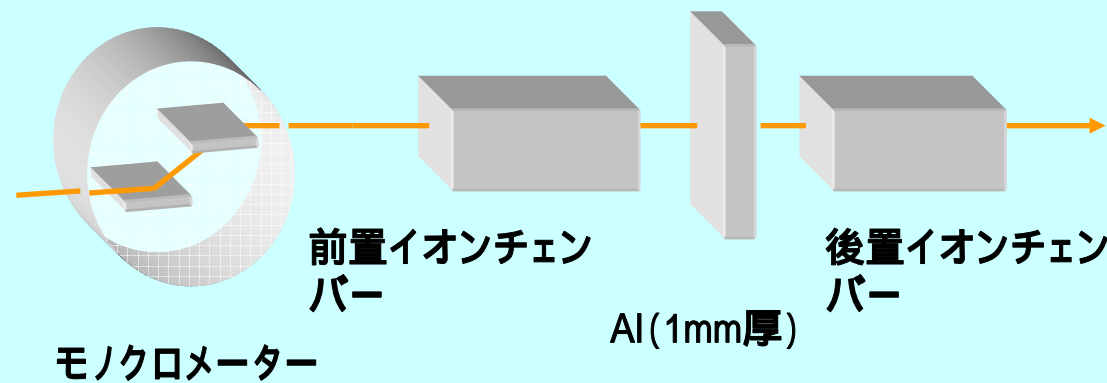


図.測定装置配置概要

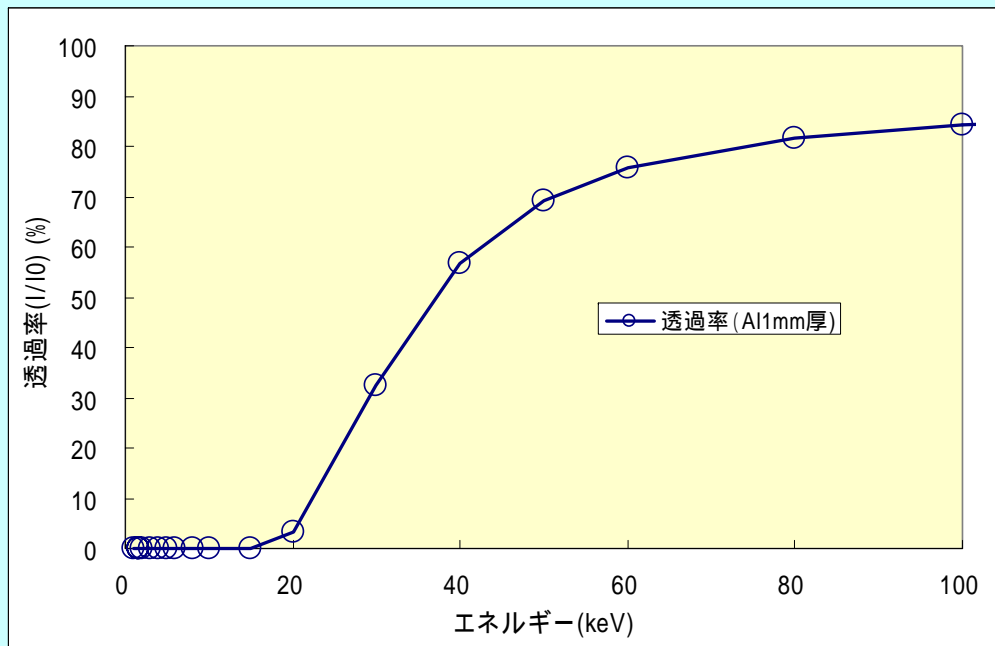
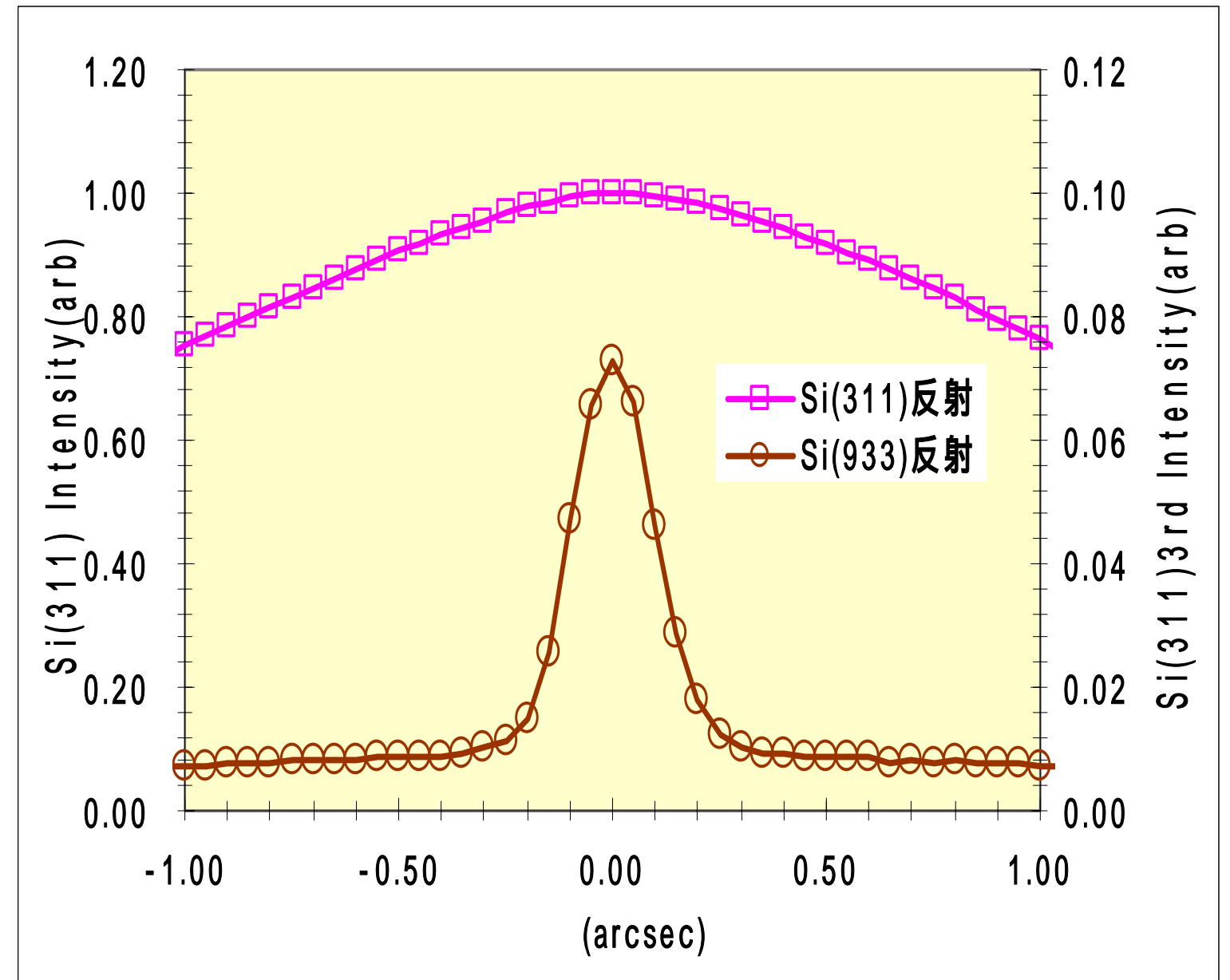


図 .Al(1mm厚)におけるエネルギーと透過率の関係

1st(10keV)の透過率は 4×10^{-10} %以下になる。
(NIST Physical Referenceより)

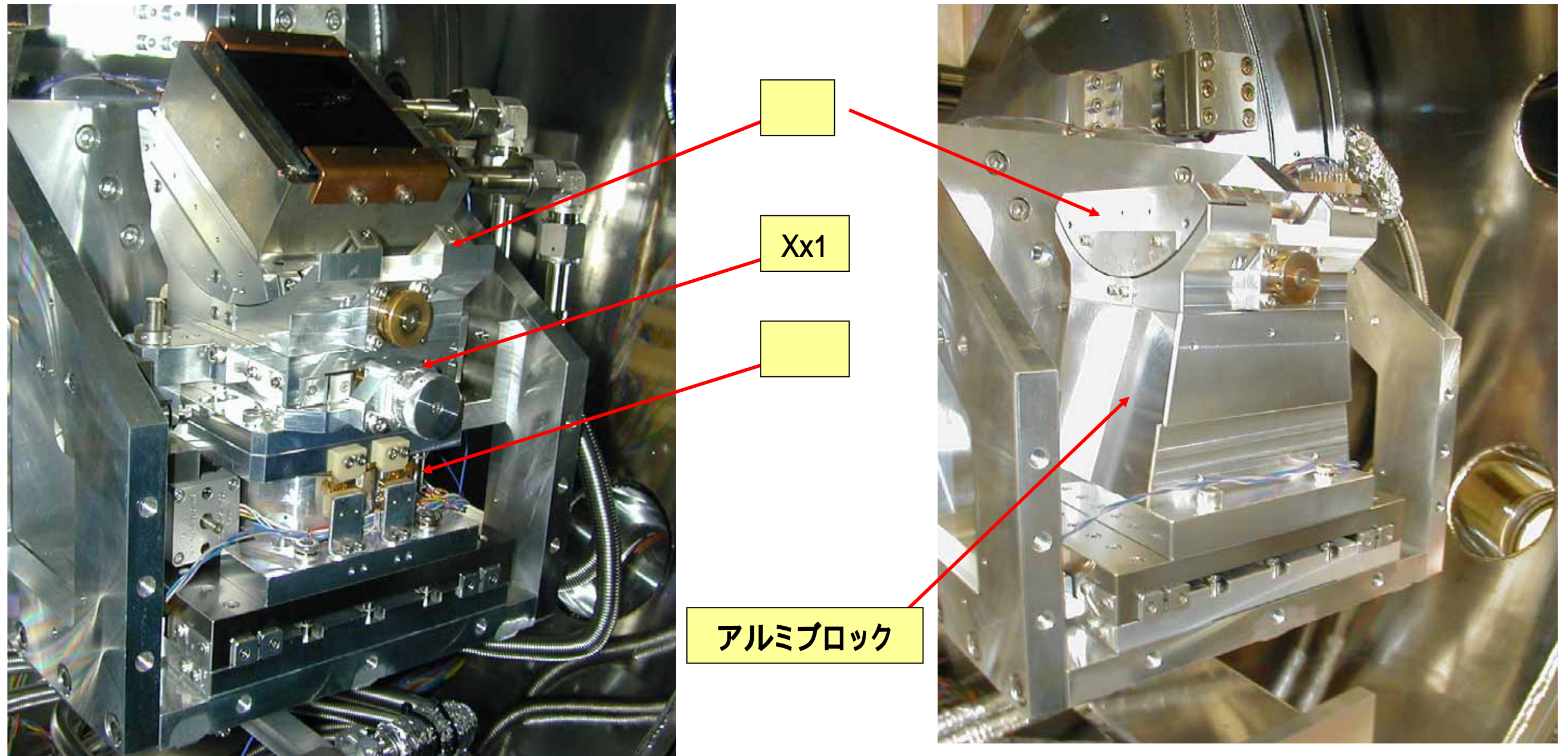


図_Si(311)1st、3rdのRockingCurveの測定例

測定条件: エネルギー: 1st 10keV, 3次光Bragg角22.3deg, ビームサイズ $2 \times 2\text{mm}^2$

対策1: 分光器内の駆動ステージの簡略化

標準型分光器は、定位置出射の微調整を可能にするため、多くの駆動軸を有しているが、それらの一部は構造上の問題から振動源となっていた。そこで、第1、第2結晶の2軸をアルミニウムブロックに置き換えた。



変更前

変更後

図. 変更前後の第1結晶駆動ステージ

面内回転軸、並進 X_x をAlブロックに置換

対策2：冷却水配管の改造(1)

分光器内配管の改善

冷却水による共振防止のため、スムーズに冷却水が循環するようにした。

- ・配管接続部の屈曲部を減らした。
- ・フレキシブルチューブの取り回しを変更した。
- ・配管内にウレタンホースを挿入し、2重配管とした。
- ・ウレタンホース挿入が困難な個所は、ブレードホースを用いた。



下から

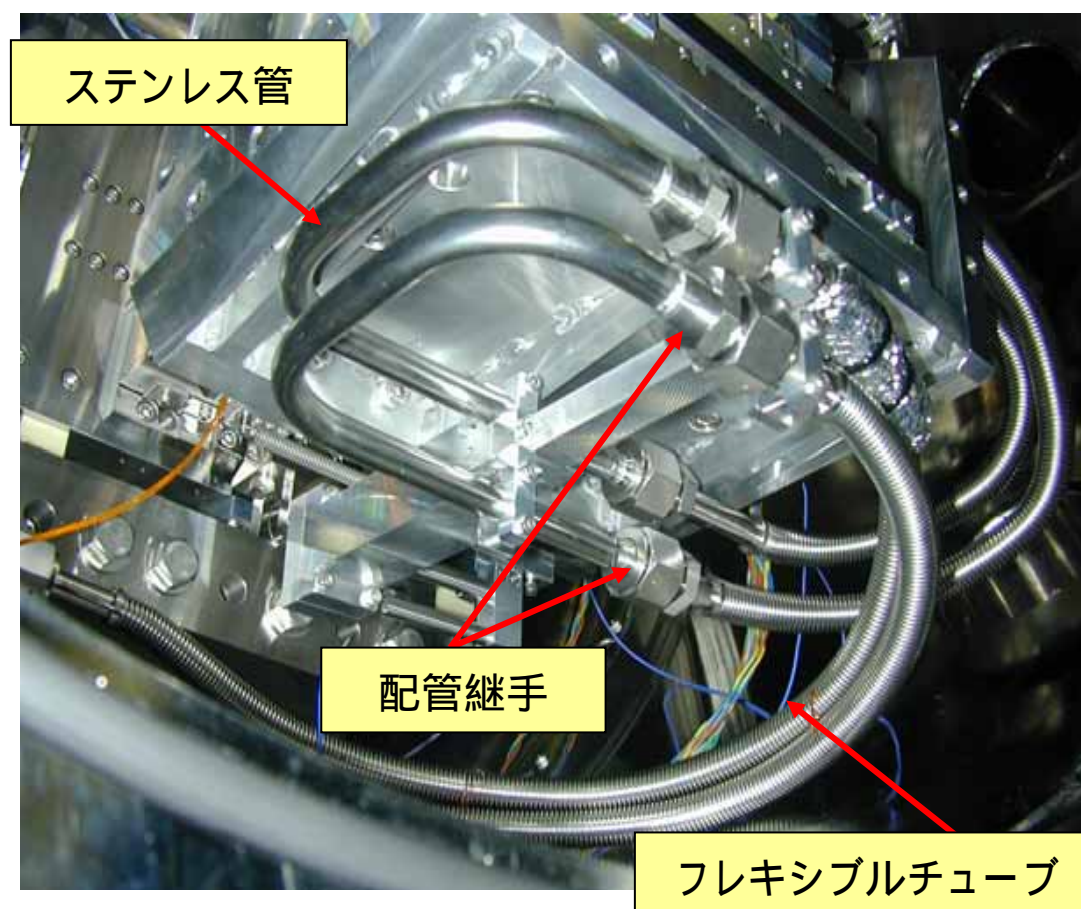
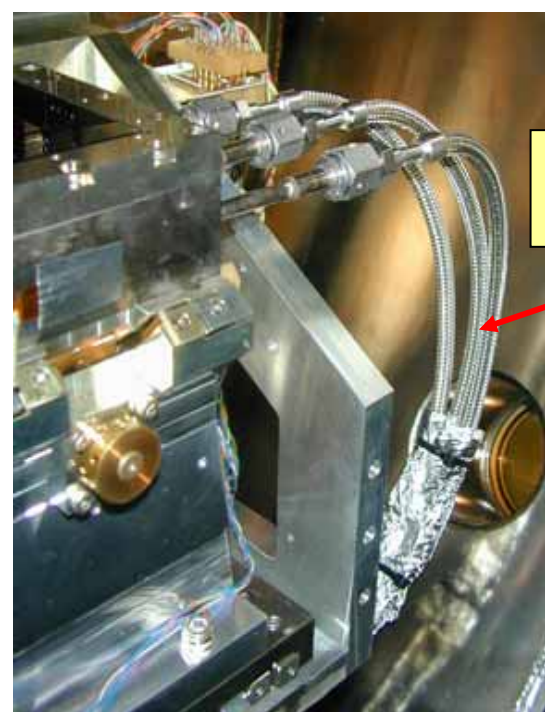


図. 改善前の配管の様子



図. ウレタンホースを挿入した配管



2重配管フレキシブルチューブ

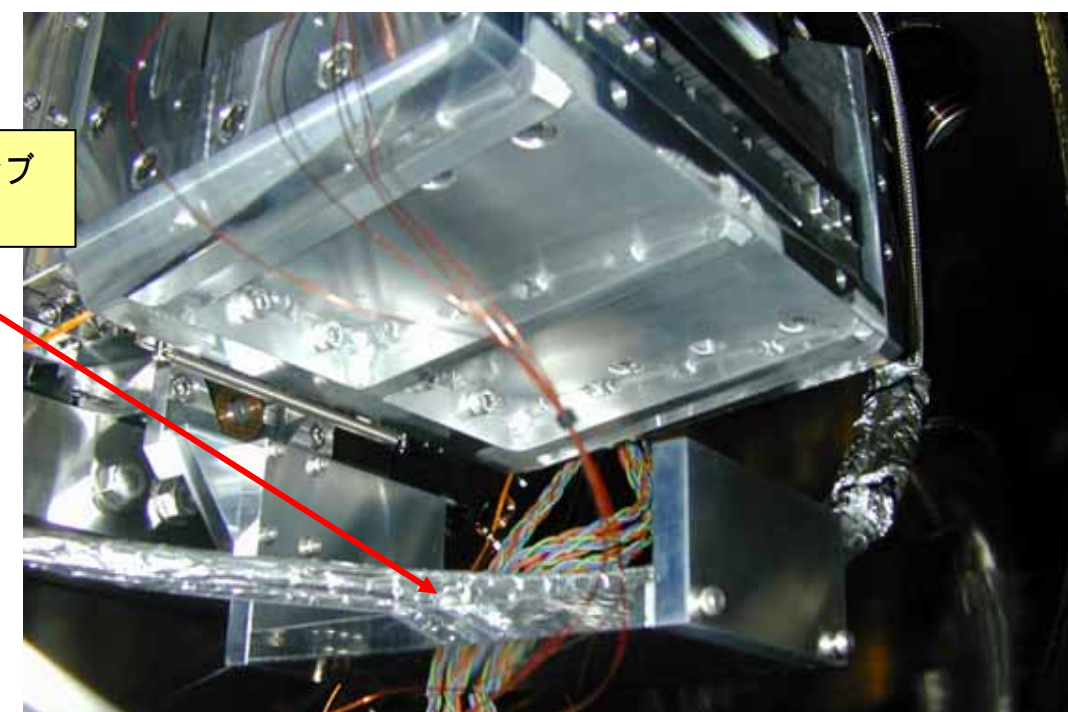


図. 改善前後の配管の様子

対策2：冷却水配管の改造(2)

循環装置の改造

冷却水循環装置のポンプによる脈動を抑制するために、循環装置～冷却ホルダー間にダンパーを設け、このダンパーに冷却水圧力より高い圧力で加圧し、脈動を抑制するようにした。この機構を冷却水の往、還ともに設置した。

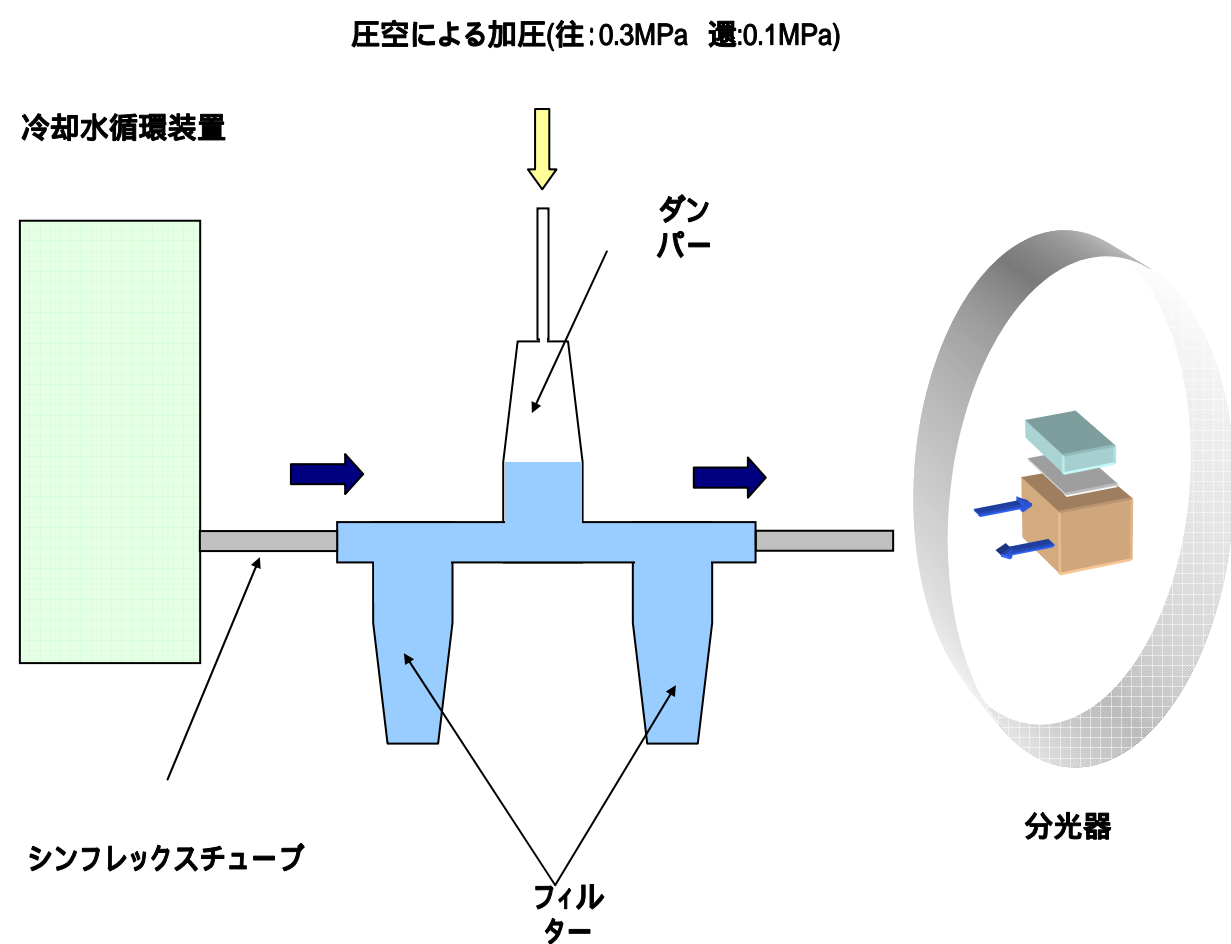


図. 脈動吸収ダンパー概略

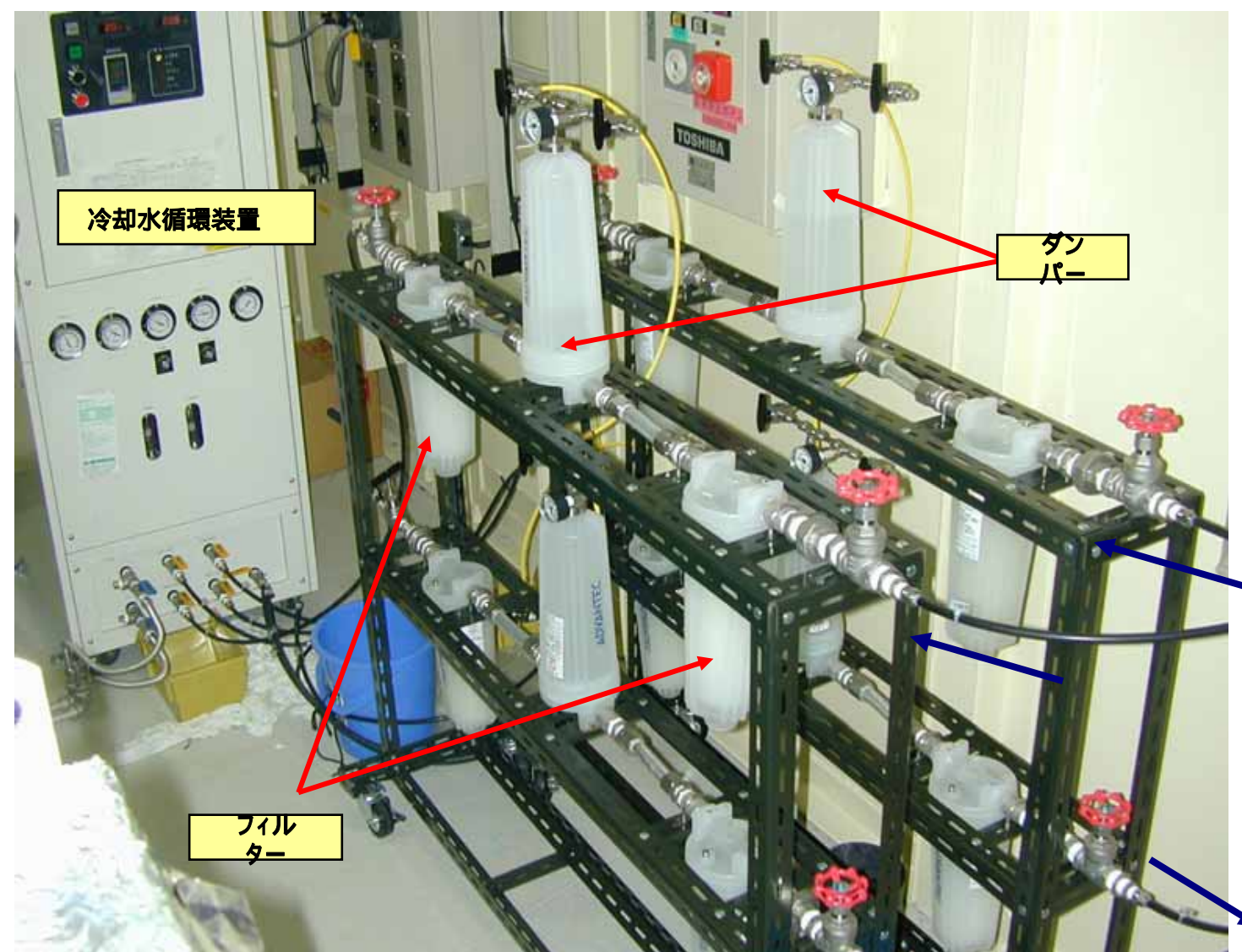
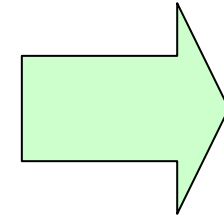


図. 脈動吸収ダンパー概観

対策3：分光結晶冷却方式の変更

直接冷却



間接冷却

長所	<ul style="list-style-type: none">・冷却水が結晶内を通る方式のため高熱負荷でも使用可能
短所	<ul style="list-style-type: none">・水路とX線が当たる面との距離が狭く、冷却水の水圧、流量の影響を受けやすい。・直接結晶に加工を施すため加工ひずみがある。・Oリングシールのため、取り付け時に歪を生じやすい。

長所	<ul style="list-style-type: none">・銅ブロックに冷却水を流し、In-Ga等を介して結晶を置いているので、冷却水の影響を受けにくい。
短所	<ul style="list-style-type: none">・直接冷却方式と比較すると冷却能力は劣る

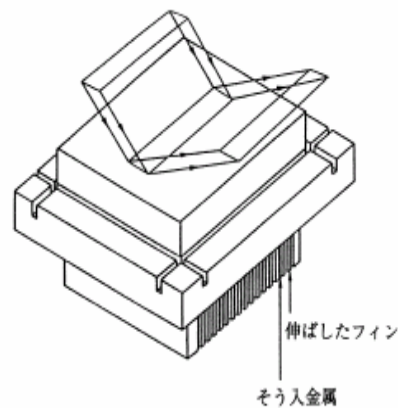
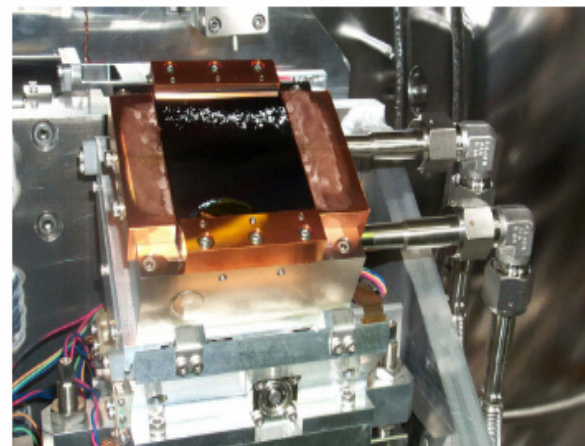


図. 直接冷却方式

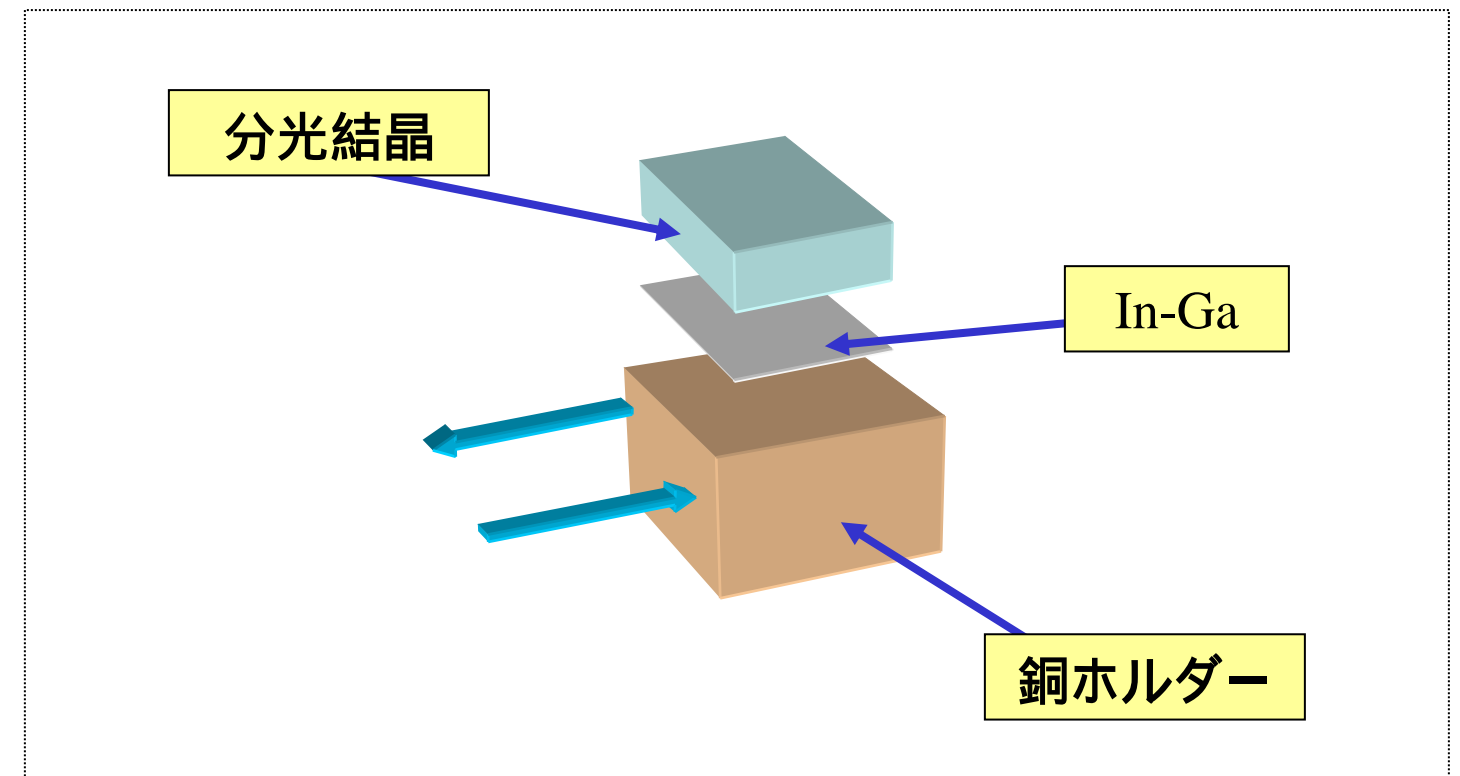


図. 間接冷却方式

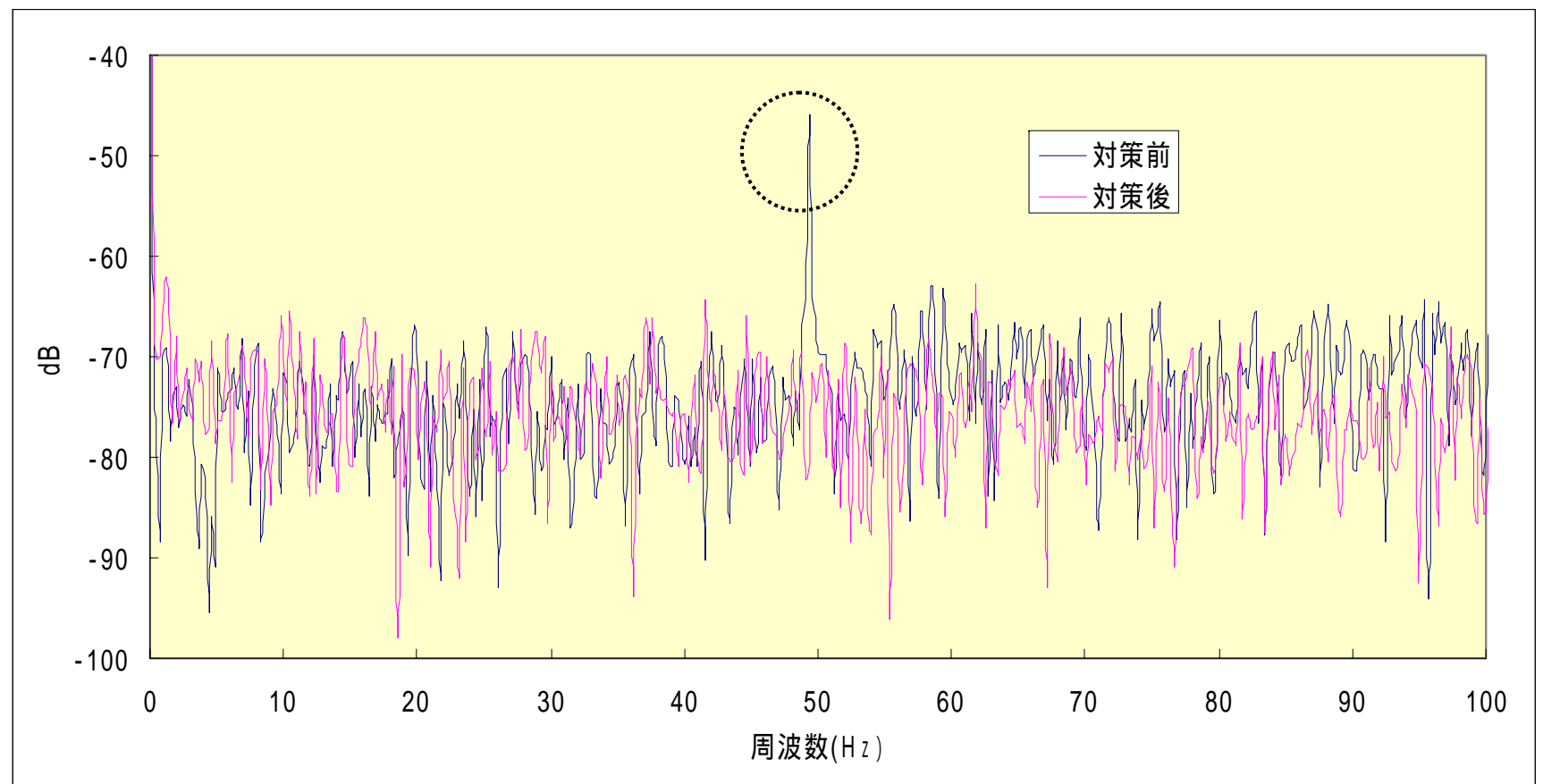
対策4：真空排気装置の振動抑制

分光器の真空排気用ターボ分子ポンプの空冷ファンの振動を抑制するために、設置場所を変更した。



図．対策後のターボ分子ポンプ

ポンプ冷却ファン振動が伝達しないようにポンプ本体から切り離した。



図．対策前後の振動スペクトル

測定条件：Si(311)、50keV、Bragg角4.3°。ビーム強度が半分程度になる位置にて測定。

強度は、Arガスを1気圧で流したイオンチェンバーにて測定。

対策により約50Hzのモードが抑制されている。

対策前後の分光器内の様子

対策前後の分光器内の様子を示す。

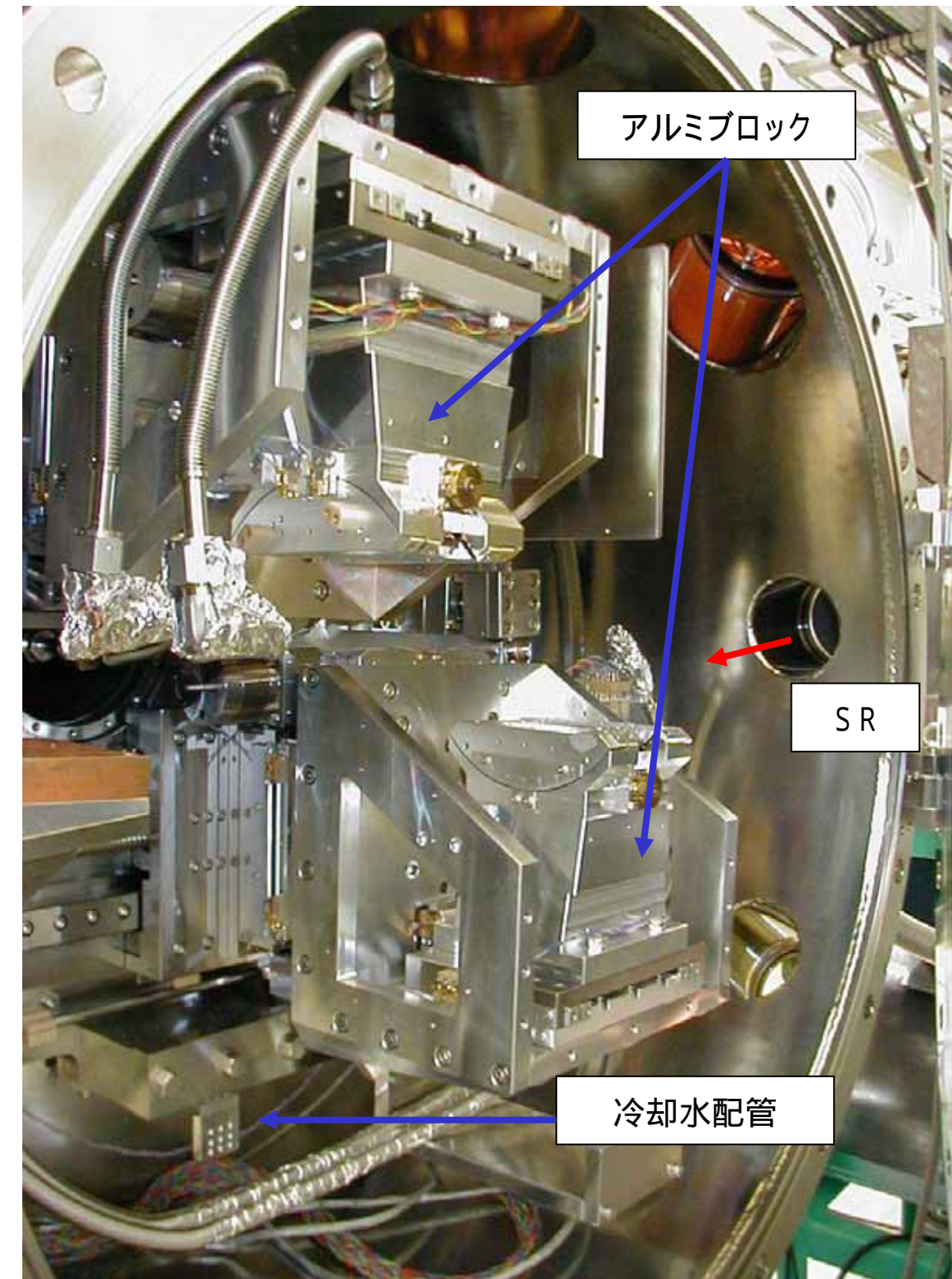
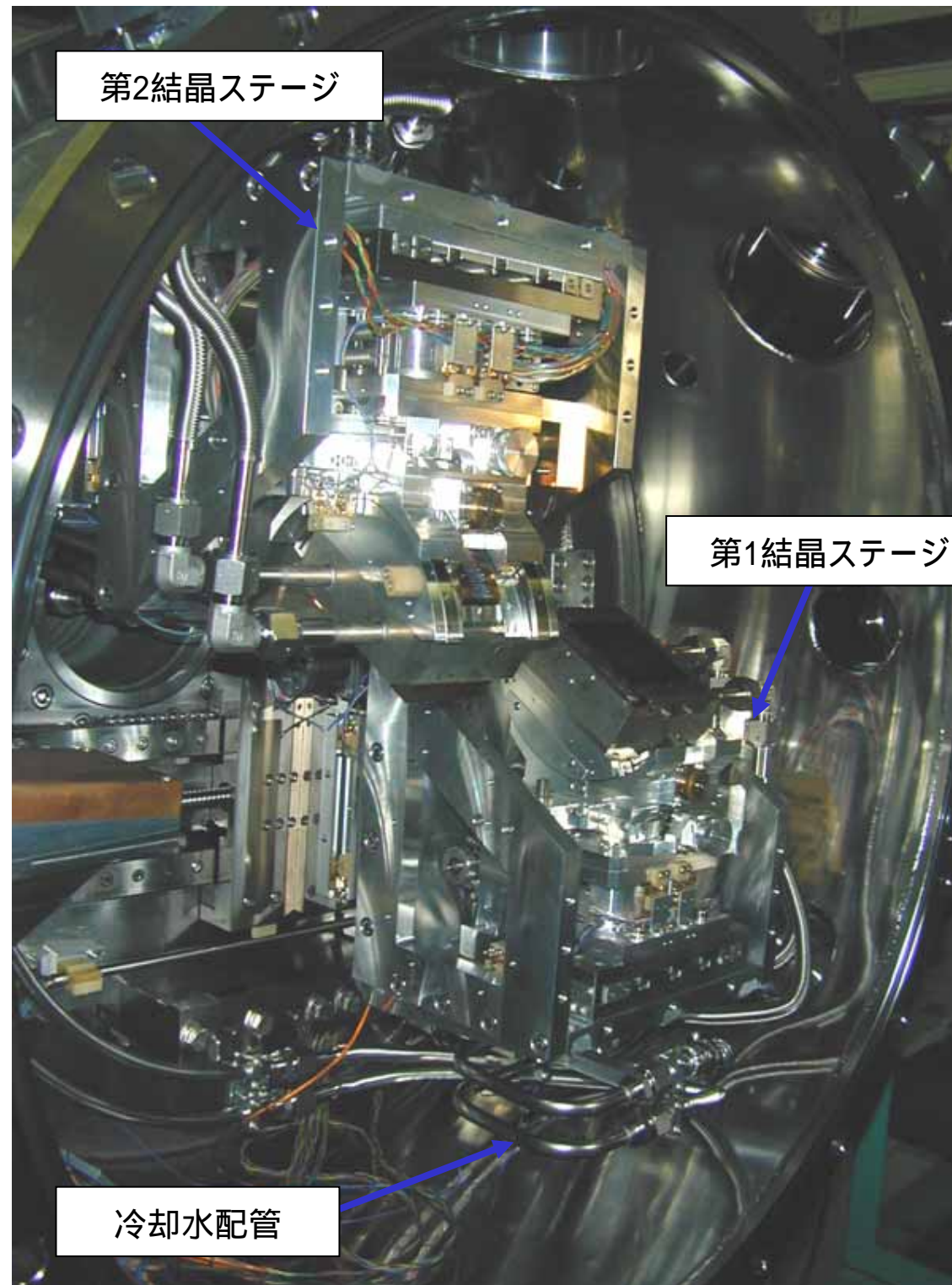


図.対策実施前後の分光器内の様子

結果 1

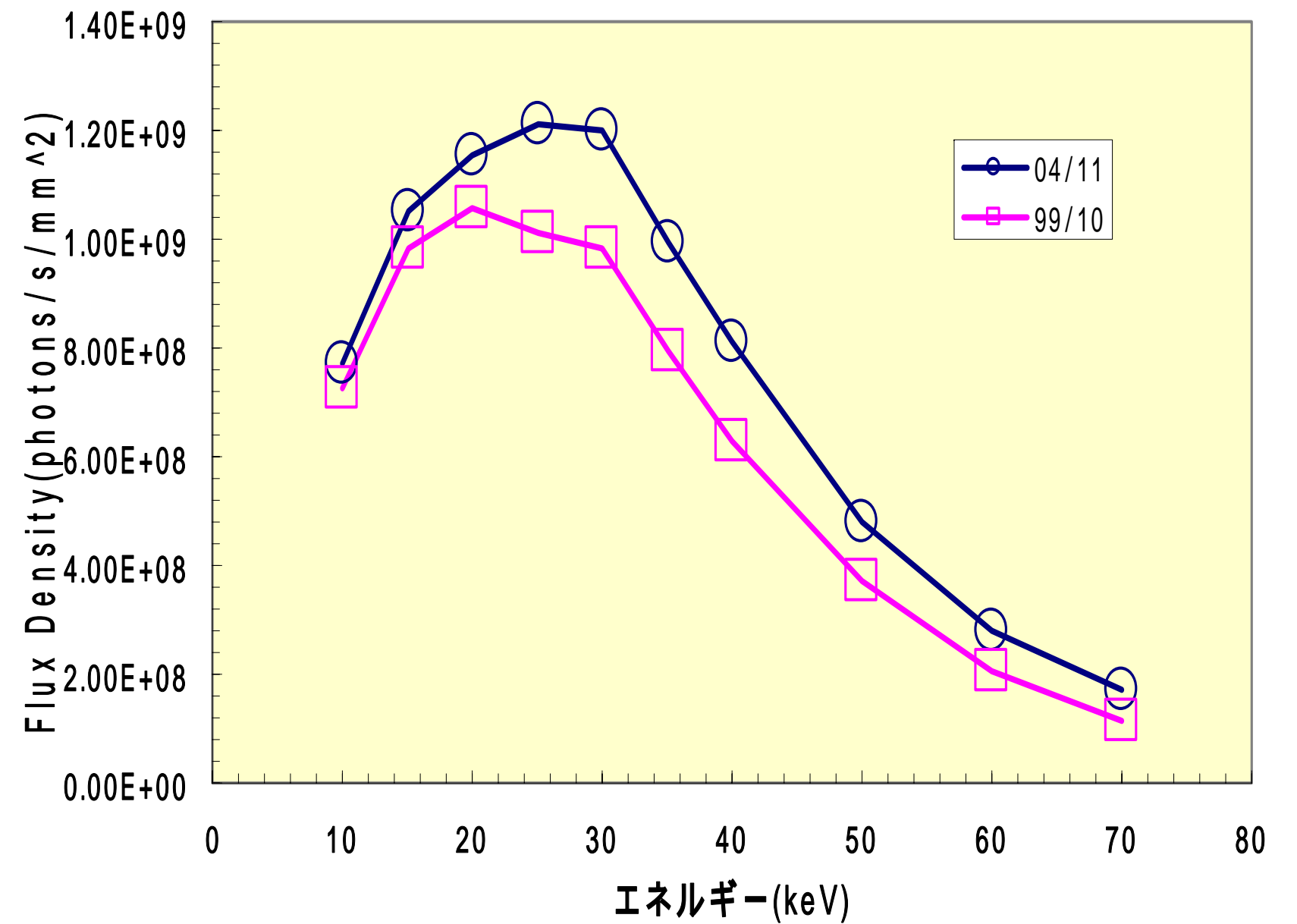
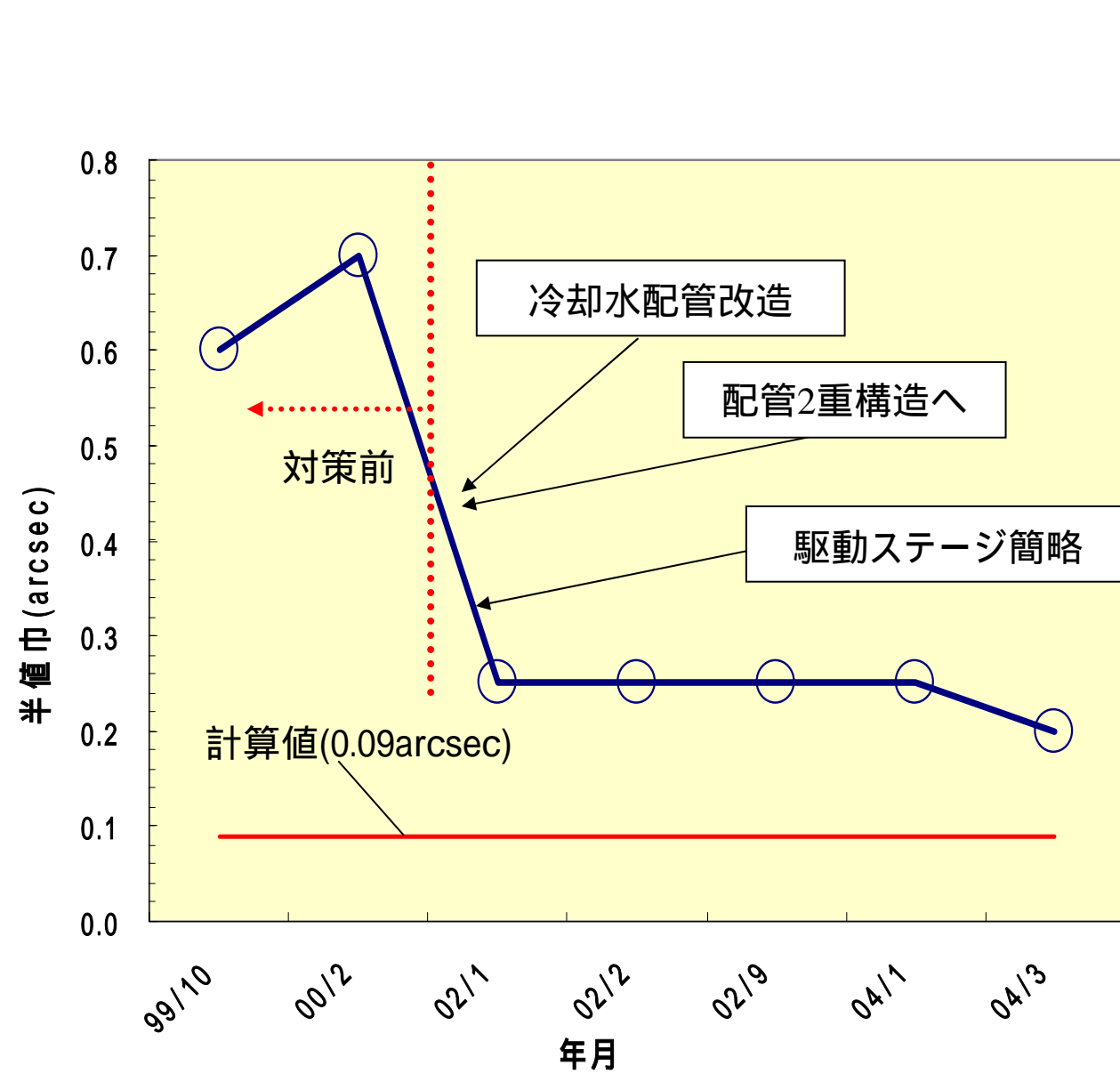


図.Si(311)3rdのRockingCurve半値幅の推移

測定条件: Si(311)@10keV、Bragg角22.3deg、ビームサイズサイズ2 × 2mm²

図.対策前後のSi(311)のFluxDensity

測定条件: ビームサイズ2 × 2mm²

結果2

振動データより半値幅は0.08arcsecと見積もることができる。

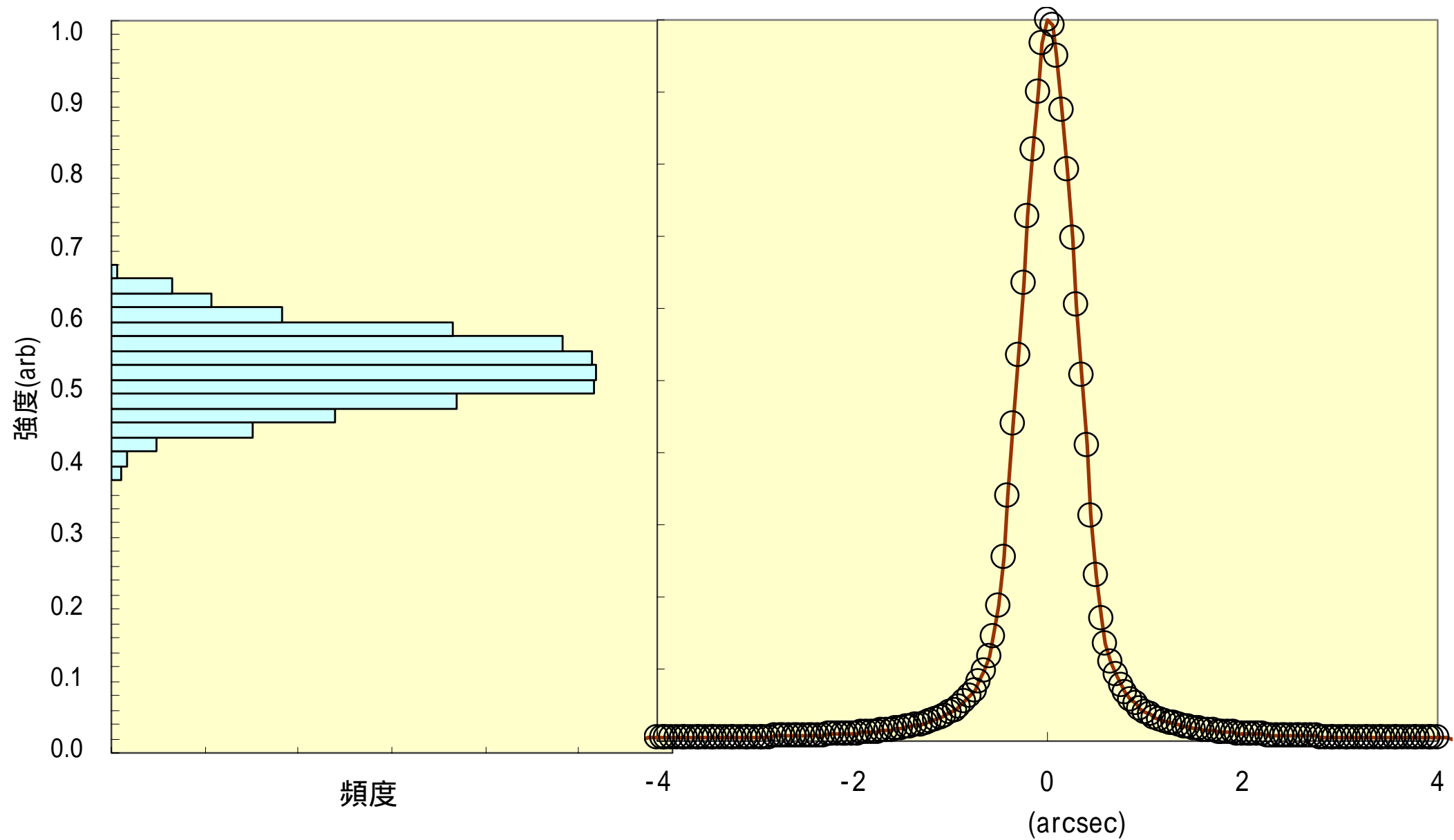


図.Si(311),50keV (Bragg角:4.3 °)でのRockingCurve (右)と分光結晶の振動による強度のヒストグラム(左)
ビーム強度がほぼ半値になる位置で固定して測定。
ビームサイズ:1×1mm²

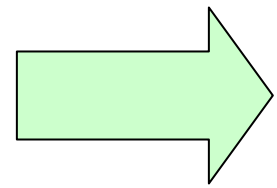
まとめ

今回、S P r i n g 8 標準分光器の冷却水に起因する振動を抑制するため各種対策を行い、その結果以下の効果を得た。

- ・ 分光結晶振動は対策前の半分以下
- ・ 実効的なFluxDensityは10%向上

今後の方針

- ・循環冷却水の熱交換率の向上
- ・冷却用銅ブロックの冷却効率の向上



冷却水量を下げることであれば振動をさらに抑制することができる。