

第一期ビームラインとしての抱負

会員の最大の関心事は、SPring-8に今後どのようなビームラインがどのような順序で建設されるかにあると思います。今号では先行ビームライン4本の中に採択された2本のビームラインのSG代表からこれからの抱負を寄せてもらいました。但し、添付の提案書はあくまでも参考資料であり、内容を一部変更してあることをお断りしておきます。これから建設に向けて「建設計画提案書」の準備をしているSGには大変参考になるのではないかと思います。

(編集幹事より一言)

◇「コンプトン散乱」SGからのコメント

姫路工業大学 理学部

坂井 信彦

西播磨の大型放射光施設がその名称を“SPring-8”とする以前から、利用者懇談会の発足以前から、6～8 GeV放射光リングでは高エネルギーX線領域がひとつの特長となることは明らかであったので、コンプトン散乱実験の専用のビームライン(BL)を建設すべきであることを原研・理研に強く提案していた。その後KEK-ARにおける経験と成果がそのままSPring-8に向けての提案に無理なく効果的に反映出来て、共同チームからの幾多の試問(似たような文章を何度書かされた事か)に耐える事が出来た。当SGが提案したBLの現在の公式名称は「高エネルギー非弾性散乱」BLである。

建設計画提案書ではその要求に答え、共同チームからの資料を参照しながらできるだけ具体的に記述した。利用研究課題の概要ではつぎのように記した「SPring-8放射光の特色のうち、高エネルギーX線、高品位偏光特性に着目する。楕円偏光型マルチポールウィグラーからの円偏光X線を利用し、主に磁気コンプトン散乱を利用する物性研究を遂行する。この研究は、電子スピンを運動量密度の側面から研究するもので、近年わが国で成長しつつある新しい研究分野である・・・」。BLの内容については、高エネルギーX線発生目的には、挿入光源はウィグラー以外に有り得ないと判断していたが、一方ウィグラーからの白色X線のその熱対策が問題視されていた。そこでその解決策として(将来的には高エネルギー型アンジュレーターも可能とのことであるが)基幹チャンネルに吸収板を入れて低エネルギーX線を除去することを具体的に示した。また必要な検討事項も記した。

要するに採択されるBLには、そのSPring-8での研究価値と同時に建設が実現可能か否かが問われるわけである。研究価値に関して言えば、リングの特徴、ことに挿入光源の特徴、言い替えれば北村氏の方針、を尊重してどこにSGとしての研究の新機軸があるかを明記することであろう。利用者側として共同チームの負担をどうしたら軽減できるのか、解決すべき問題点には利用者側の具体的な行動とアイデアの提供を(顔で笑って心で泣いて)惜しんではならないであろう。

なお添付資料の建設計画提案書の内容は、その後の検討で現在と異なる箇所や、非公開としたい部分で削除した箇所があることをお断りしておきます。

第一期開発ビームライン設計・建設計画提案書の概要

| | |
|---|--|
| I 提案ビームライン (ビームラインの名称はその仕様で表現し、設計・建設チームの名称はそのサイエンスを表現するものとする。) | |
| ビームラインの名称 | 円偏光高エネルギー X線 |
| 設計・建設チームの名称 | 磁気コンプトン散乱 |
| 代表者氏名 | 坂井信彦 |
| 所属・役職 | 姫路工業大学理学部・教授 |
| 連絡先 | 電話: 07915-8-0144 FAX: 07915-8-0146 |
| 利用研究課題の概要 | |
| <p>S P r i n g - 8 放射光の特色のうち、高エネルギー X線、高品位偏光特性に着目する。楕円偏光型マルチポールウィグラー (EMPW) からの円偏光 X線を利用し、主に磁気コンプトン散乱を利用する物性研究を遂行する。この研究手法は、電子スピンを運動量密度の側面から研究するもので、近年わが国で成長しつつある新しい研究分野である。この先行ビームラインでは、他に高エネルギー X線を利用する、トポグラフ、極端条件、核励起などの利用研究用ビームラインの R & D が遂行しうる。</p> | |
| II ビームラインの内容 | |
| 1 光源 | |
| (1)光源の型 | 楕円偏光型 MPW: 臨界エネルギー = 48.2 keV |
| (2)利用エネルギー範囲 | ①当初運転時: 60 ~ 300 keV $\sigma_x = 1.00$ mrad ($K_y=14.8$), ②安定運転時: 60 ~ 300 keV $\sigma_y < 1/\gamma \times K_x < 64 \times 3 = 192$ μ rad |
| (3)光源のサイズ・輝度 | $\sigma_x = 83 \mu\text{m}$, $\sigma_y = 74 \mu\text{m}$ (low- β); 2×10^{14} phts/s/mrad ² /0.1%b.w. at 100 keV |
| (4)安定性 | ①当初運転時: $T_{1/2} > 2$ 時間、 $\delta y < 1$ mm、 $\delta \theta_y < 10$ μ rad. ②安定運転時: $T_{1/2} > 10$ 時間、 $\delta y < 0.1$ mm、 $\delta \theta_y < 2$ μ rad. |
| 2 試料位置の光の性質 | |
| (1)エネルギー分解能 | $\Delta E / E = 10^{-3}$ |
| (2)光サイズ | 0.5 x 0.5 mm ² 以下 |
| (3)光の安定性・強度 | $\Delta y < 0.1$ mm (楕円偏光 X線) 10^{13} phts/s/0.1%b.w. at 150 keV |
| 3 ビームライン構成案 (構成要素について記述し、略図を添付すること。) | |
| (1)基幹チャンネル部 (上流) [EMPW] [固定マスク] ¹ [ビーム位置モニター(1)] [可変フィルター] ² [可動マスク] ³ [ビーム位置モニター(2)] [スリット A] ⁴ [BS] [Be窓] ⁵ 1: $\Delta \theta_x \leq 1$ mrad. 2: グラファイト 5 mm 程度。低エネルギー X線の削除 3: フィルターからの熱輻射熱とコンプトン散乱 X線の遮蔽 4: 円偏光成分選別 5: 0.25 mm の二重構造。 | |
| (2)輸送チャンネル部: 重遮蔽室 (上流) [モノクロメーター] ¹ → [γ ストッパー] ² → [スリット B] ³ 1: 二次元湾曲型。散乱ベクトル垂直面内。2: 鉛 50 cm 相当。3: 試料位置の光サイズ調整 | |
| (3)実験ステーション: 遮蔽室 (上流) [I_0 モニター(1)] ¹ → [偏光度モニター] → [スリット C] ² → [I_0 モニター(2)] ³ → [磁気コンプトンスペクトロメーター] 1: エネルギー設定用、スリット A, B 設定用 2: スリット B の補助 3: 実験データ用 | |

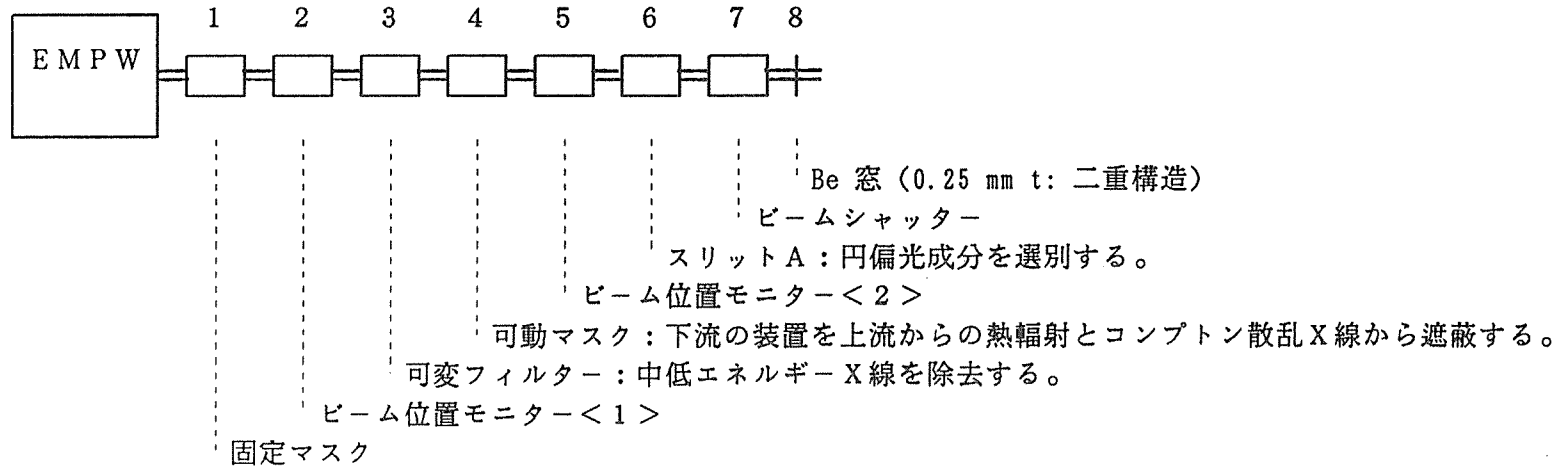
| | | | |
|--|-------|-------|---|
| Ⅲ 利用研究の概要 | | | |
| 1 利用研究の現状 | | | |
| 1988年以来KEK-AR(NE1)にて高エネルギーX線に関するR&Dを実施している。具体的には、高エネルギーX線の円偏光度の測定、高エネルギーX線用モノクロメーターの設置、高エネルギー散乱X線の遮蔽方法、高エネルギーX線用検出器(位置敏感型を含む)などである。これらのR&Dを磁気コンプトン散乱実験に活用している。 | | | |
| 2 利用研究の今後の見通し | | | |
| 磁気コンプトン散乱実験が主流である。高分解能コンプトンプロファイル測定の手法も通常的に磁気散乱に取り入れられるであろう。ESRF、APSが先行するが、8GeVでのMPWの特性エネルギーはAPSに比較しても1.3倍であり、Spring-8の高エネルギーX線領域の優位は変わらない。1997年頃には、極端条件下の極限材料の研究が志向されるであろう。 | | | |
| 3 利用研究者数の見通し | | | |
| コンプトン散乱実験の利用者数はデータの品質の向上(統計精度、運動量分解能)と共に、増加する(国内20グループ、国外20カ国位か)。この実験が電子の運動量密度の測定法として、他に得難い特徴を持っているからである。コンプトン散乱以外では、核励起、医学診断などの利用研究者が予想される。 | | | |
| Ⅳ ビームライン設計・建設計画 | | | |
| 1 スケジュール及び役割分担 | | | |
| (1)建設スケジュール(別紙添付) | | | |
| (2)建設の参加者と役割分担(実際に手を動かす実行部隊のメンバーを共同チームベースで記載。) *印 分担未内諾者。 | | | |
| | 担当者氏名 | 所 属 | 分担項目(ビームライン構成要素) |
| ①光源 | | | EMPW設計建設 光源の相談役 |
| ②基幹チャンネル | 桜井吉晴 | 共同チーム | 規格化、設計建設 光ビーム位置モニター設計建設 建設協力 |
| ③輸送チャンネル | 山岡人志 | 共同チーム | モノクロメーター設計建設 |
| ④実験ステーション | 坂井信彦 | 姫工大 | 利用研究計画の総轄、実験ハッチの設計 コンプトンスペクトロメーター設計建設 コンプトンスペクトロメーター設計建設 検出器 |

| | | |
|--|----------|----------------|
| 2 建設の技術的可能性・問題点 | | |
| (1)光源 | | |
| | | |
| (2)基幹チャンネル | | |
| <p>MPWを光源とする大出力高エネルギーX線用の基幹チャンネルであり、技術的には、シャッター、マスク、フィルター、Be窓の冷却に特別の配慮が要求される。フィルターで中低エネルギーX線をおとすことが可能なので、熱問題は技術的には解決され得る。フィルターなどから下流に向かって放射されるコンプトン散乱X線の遮蔽がこのビームライン特有の問題点であろう。光ビーム位置モニタの設計を早急に開始する必要がある。</p> | | |
| (3)輸送チャンネル（光学系など） | | |
| <p>高エネルギーX線用のモノクロメーターはSiの(331)か(422)あるいは(511)面による二次元湾曲型でよい。問題点はこれの冷却方法であるが、高エネルギーX線専用であるので、入射パワーは5kW以下と考えられ、それがモノクロメーター上15～18cm x 7cmの面積に照射されるので、おおきな支障はないと判断している。KEK-AR(NE1)で予備実験を計画している。光学系は重遮蔽室に設置する。放射線管理上、γストッパーや遮蔽壁の構造には十分な検討が必要である。</p> | | |
| (4)実験ステーション | | |
| <p>単色化したX線が使われるので、放射線管理上のあたらしい問題点はない。高エネルギーX線のラインはモノクロメーター通過後は上方へ走るが、実験ホールの高さ空間もあり、散乱実験用ステーションを設計する上で、難しい問題点はないと判断している。測定ステーションの詳細構造をよく検討する必要がある。高エネルギーX線用のエネルギー分散型光子検出器（一次元位置敏感型）の開発が大切で、今後も開発努力をする必要がある。コンプトン散乱した電子スピンの検出器の開発も21世紀に向けて必要である。</p> | | |
| 3 光源・ビームラインの規格化、標準化に資する機器 | | |
| ① MPW（固定位置等） | ⑤ フィルター | ⑧ 真空配管規格 |
| ② マスク | ⑥ Be窓 | ⑨ インターロック |
| ③ ビーム位置モニター | ⑦ 共用冷却水圧 | ⑩ アース |
| 4 建設予算 | | |
| (1)全体予算 | | |
| ①光源： | 百万円， | ②基幹チャンネル： 百万円， |
| | | ③輸送チャンネル： 百万円 |
| ④実験ステーション： | 百万円， | ⑤合計： 百万円 |
| (2)平成5年度に必要な概算金額： 百万円 | | |

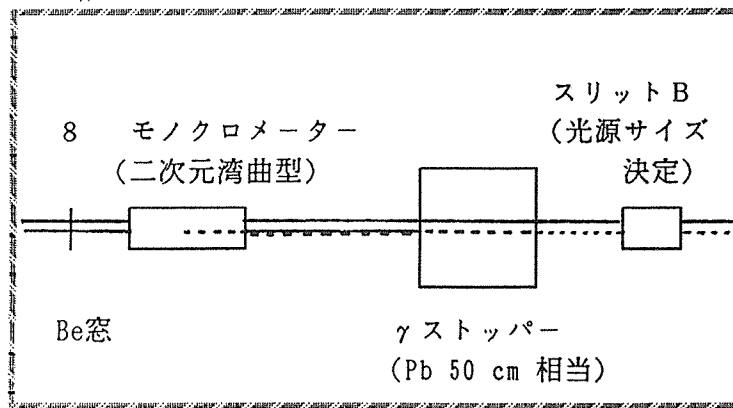
*下記の項目について必要があれば参考資料を添付すること。

- 1 タンデム型及びブランディング型ビームラインの複数計画設置の可能性。
- 2 E S F R, A P Sのビームライン建設計画との対応。

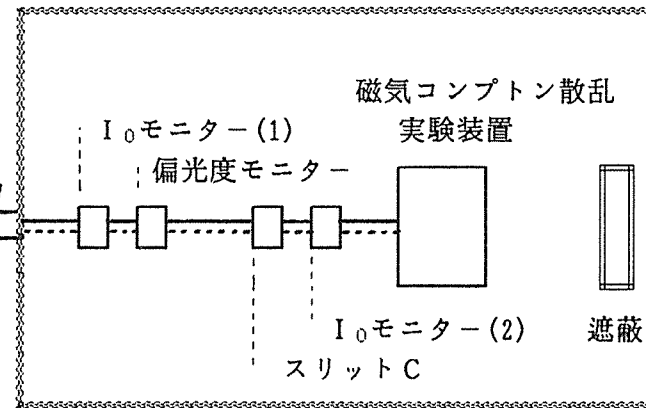
基幹チャンネル部



輸送チャンネル部



実験ステーション



| | 1992(H4) | 1993(H5) | 1994(H6) | 1995(H7) | 1996(H8) | 1997(H9) |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 概念設計 | | ■ | | | | |
| 挿入光源 設計 製作、調整 設置 | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 基幹チャンネル 設計 製作 設置、調整 | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 分光器 R&D 設計 製作、調整 設置、調整 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| スハ°クロメータ 設計 製作、調整 設置 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 検出器 R&D 製作、調整 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| コンピュータ 解析ソフト開発 発注 | | ■ | ■ | ■ | | |
| 第1ハッチ、輸送 チャンネル 設計、発注 設置 | | | ■ | ■ | ■ | |
| 実験ステーション 設計、発注 設置 | | | ■ | ■ | ■ | |
| インターロックシステム 設計 設置、調整 | | ■ | | | ■ | ■ |

◇軟X線円偏光アンジュレータービームラインについて

広島大学 理学部

谷口 雅樹

「固体電子物性サブグループ」で検討を重ねてきました「軟X線固体分光:Soft X-Ray Spectroscopy of Solids」が認められ、当該分野の発展に新たな道が開けてきつたと実感しております。提案書を取りまとめるにあたってまずサブグループで、

- ・一般に、軟X線利用には中型・小型放射光源が適しているが、一方においてSPring-8でしか出来ないあるいはSPring-8を利用する事にはかり知れないメリットがある研究課題が複数ある。優先順位をどのようにするか。
- ・研究課題はこれまでのアクティビティーに基づいたものであり、しかも、実験実施時期をにらんで充分先進性・独創性に富んでいる必要がある。
- ・ビームライン建設については、ある程度のR&Dは必要なものの、基本的には相当手堅く実現可能であるであるようなものが望ましい。

というような事が話しあわれたように思います。

検討をかさねた結果、「高輝度の軟X線円偏光をもちいて、広いエネルギー範囲にわたって高いエネルギー分解能で、固体の電子状態および原子配置の総合的研究を行う」事を目的として、「軟X線円偏光アンジュレーターからの円偏光を用いて、磁性体について内殻光吸収や光電子放出の磁気円偏光2色性(MCD)、スピン偏極光電子放出あるいは強磁場下でのMCDの研究を行うとともに、光電子回折の円2色性や光電子ホログラフィーによって表面の原子配列についてオングストロームオーダーの詳しい知見を得る」事を研究内容として盛り込んだ計画趣意書を作成するに至りました。詳しい事はそのうち何らかの形で公表されるものと思います。

ヒアリングをうけた時の雰囲気はという事ですが、それまでに議論してきた事をまとめて説明しご質問に対してお答えするというもので、きわめて和やかで自然なものでした。しいてあげるとすると私の心の中に、将来SPring-8の目玉のひとつになりますよといったような手前勝手な気持ちはあったように思います。採択の結果につきましては、様々な要素を考慮して先行ビームライン10本の内の1本には採択されるであろうとは確信致しておりましたが、SPring-8の性格を考えると硬X線ビームラインをまず4本決めてからであろうとも考えておりましたので、少し時期が早まったなというのが素直な印象です。また、今回採択されたのは、学問的観点(オリジナリティー、発展性、SPring-8の必要性、技術的可能性等々)と北村英男先生(高エ研放射光)を中心に導入の検討が進められつつある新型の円偏光アンジュレーター利用のインパクトに対する期待が合わさった結果であろうと認識しております。

今後ビームラインの建設に様々な機関に所属しておられる方々が参加して行かれる事になると思います。それぞれの機関における本務とのバランスをとりながらうまく進めてゆく必要があります、そのためにも関係者間の意思の疎通が重要になってくると思っております。

参考資料

共同利用ビームライン計画趣意書(抜粋)

1. 軟X線円偏光アンジュレータービームライン

2. 研究概要

(1) 目的

高輝度の軟X線円偏光を用いて、広いエネルギー範囲にわたって高いエネルギー分解能で、固体の電子状態および原子配置の総合的研究を行う。

(2) 内容

軟X線円偏光アンジュレーターからの円偏光を用いて、磁性体について内殻光吸収や光電子放出の磁気円偏光2色性(MCD)、スピン偏極光電子放出あるいは強磁場下でのMCDの研究を行うとともに、光電子回折の円2色性や光電子ホログラフィーによって表面の原子配列についてオングストロームオーダーの詳しい知見を得る。高偏極度の円偏光軟X線が広いエネルギー範囲にわたって必要であるのでSPring-8の利用は他の光源と比べて格段に有利である。

(3) 国内外の他の放射光施設における研究の現状

MCDについては各国で精力的な研究が進んでいる。しかし円偏光を用いた内殻スピン偏極光電子分光については外国の数例を除くと装置の整備が遅れている。ESRFでは円偏光アンジュレーターがすでに組み込まれており来年より本格実験に入るといわれている。

(4) 本ビームラインを利用する国内外の研究者・グループの予測

内殻吸収のMCDについては約10-20グループがすぐに利用に参入すると思われる。スピン偏極光電子放出や円偏光光電子放出・回折等については現在関心をしめしているのは計10グループ以下である。稼動状態にはいれば外国からも韓国、ドイツ、インド、アメリカからそれぞれ1ないし2グループの利用が予想される。

3. 希望する光源の性質

(1) 円偏光アンジュレーター、左右円偏光利用

(2) 500~3000eV(できれば100eVから)

(3) 電子ビーム位置 $\pm 10 \mu\text{m/day}$ 以下

電子ビーム方向 $\pm 1 \mu\text{rad/day}$ 以下

4. 光学系の概要(概念図添付)

直線部に円偏光アンジュレーターを挿入する。アンジュレーター自身で交互に左右に極性反転できる事が最も望ましいが、それが難しい場合は左、右の2個のアンジュレーターを少し軸をずらして配置する。光学系で左右の円偏光を交互に取り出す。光は1.5keV以上は2結晶分光器に導入する。2keV以下は反射鏡でdeflectしたあと回折格子分光器に導く。回折格子分光器の出射光は再度deflectして試料室に導く。

5. 試料位置での光の性質

- | | |
|----------------|---------------------------|
| (1) エネルギー範囲 | 500~3000eV (できれば100eV~) |
| (2) エネルギー分解能 | 10^{-4} |
| (3) 光ビームサイズ | 0.5mmφ以下 |
| (4) 光の発散角 | 2.5mrad以下が望ましい |
| (5) 光子数/秒 | $10^{13} \sim 10^{14}$ /秒 |
| (6) 光ビーム位置の安定性 | 10μm以下 |
| (7) その他 | 特になし |

6. 実験ステーションの概要(概念図添付)

2つの分析室をタンデムに配置する。第1分析室は高分解能光電子分光を行う。半球型エネルギー分析器の出射側にはスピン分析器を設置する。第2分析室には2次元表示型の電子エネルギー分析器を設置し角度分解光電子分光、光電子の角度分解MCD、光電子回折や光電子ホログラフィーを行う。第2分析室は高磁場での内殻吸収MCDを行う場合には別チェンバーと交換。

7. ビームライン設置形態

第2分析室は交換可能であるので回折格子分光器ビームについては他の目的のステーションと併設の可能性がある。第1分析室については高輝度エネルギー分析器の利用需要は大きくまた仕事関数の変化等微妙な調整が必要となるのでビームラインから切り放し移動するのは最小限に抑えたい。

8. 自ら建設できる範囲と共同チームへの期待の範囲

光源アンジュレーターについては全面的に共同チームの設計に待ちたい。軟X線光学系のレートレースについては今後複数本の軟X線ビームラインが計画されると思われるので、できれば共同チームでプログラムの整理開発をお願いしたい。具体的な計算や光学系の設計についてはSGで行う。分光器はSX700の購入とDragon分光器の制作との両面を検討したい。3keV以下の円偏光結晶分光器については経験が少なく共同チームの指導のもとで設計を進めたい。実験装置についてはすでにSGとしてR&Dを終えておりSGの独力で設計に入れる状況である。

9. 建設グループ

10. 設計・建設上の重点検討項目

- (1) 円偏光用軟X線結晶分光器の開発
- (2) 光学的に左右円偏光をチョップする機構の開発

11. 建設スケジュール

12. その他

- (1) 反応性ガスを使用することもある。

HCl, H₂S, NO, CO等100cc程度の小型ボンベでミニコンフラットフランジと可変リーク弁を通して試料表面に微量吸着させる。

- (2) RIは本ビームラインでは使用しない。