

文部科学省科学技術試験研究委託事業

「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」

平成21年度成果報告書

大学共同利用機関法人自然科学研究機構

様式第20

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、大学共同利用機関法人自然科学研究機構が実施した平成21年度「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」の成果を取りまとめたものです。

1. 委託業務の目的

レーザーとリング型加速器を用いてテラヘルツ領域及び真空紫外・軟X線領域の極短パルス光、大強度コヒーレント光を生成する技術を確立し、これら従来のシンクロトロン光にない特質をもった光の利用技術を開拓することを目的とする。

このため、大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所及び国立大学法人名古屋大学、国立大学法人京都大学と共同で業務を行う。大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所では、光源装置及び光利用装置に関わる研究開発を実施する。

2. 平成21年度（報告年度）の実施内容

2. 1 実施計画

① 加速器装置の調整・性能評価

レーザーと電子ビームを用いて極短パルス光・コヒーレント光を発生する先進光源装置を分子科学研究所のリング型光源 UVSOR-II 上に構築するために製作した加速器装置の調整と性能評価を進める。

② レーザー装置の製作・調整

先進光源装置の中核となるレーザー装置の製作と調整を進める。コヒーレント光発生効率を高めるために必要となる高エネルギーレーザーパルスを発生できる装置の構築をさらに進める。

③ アンジュレータ装置の設計・製作

先進光源装置の中核となるアンジュレータ装置の設計を行い、また、製作を進める。電子にエネルギー変調を与えるためのモジュレータの製作を進め、様々な偏光のコヒーレント光・極短パルス光を発生するためのラディエータ、さらにその間に設置されるバンチャーの設計を進める。

④ ビームライン装置の設計・製作

先進光源の発生する極短パルスシンクロトロン光、コヒーレントシンクロトロン光を取り出すためのビームライン装置の設計検討を進める。

⑤ プロジェクトの総合的推進

プロジェクト全体の連携を密としつつ円滑に運営していくため、技術検討会の開催などを通じて参画機関の連携・調整にあたる。

特に、プロジェクト全体の進捗状況を確認しつつ計画の合理化を検討し、必要に応じて調査を行い、プロジェクトの推進に資する。

プロジェクトで得た成果については、積極的に公表し、今後の展開に資する。

2. 2 実施内容（成果）

①□ 加速器装置の調整・性能評価

レーザーと電子ビームを用いて極短パルス光・コヒーレント光を発生する先進光源装置を分子科学研究所のリング型光源 UVSOR-II 上に構築するために製作した加速器装置の据え付け調整を進めた。まず、リング側の高周波加速空洞などの移設を行い、次にセプタム電磁石など入射用パルス電磁石の移設を行った。これにより先進光源装置建設のための約 4m の直線部を創出した。次に入射路用偏向磁石の設置のための補助架台の検討、製作と据え付けを行い、平成 20 年度に製作した 15 度偏向電磁石 3 台を設置した。

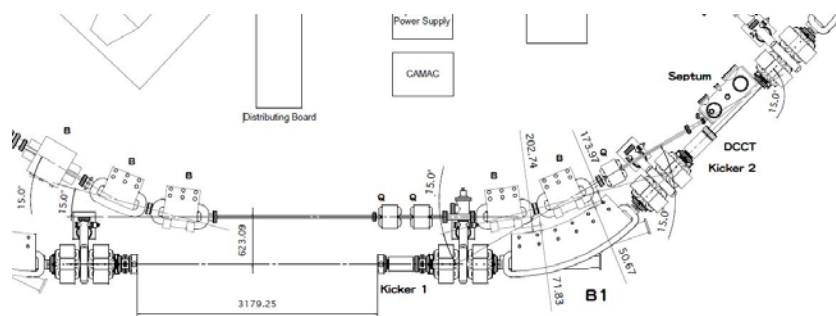


図 1. UVSOR 電子蓄積リング改造案（上側が入射路終端部、下側がリングの一部）。

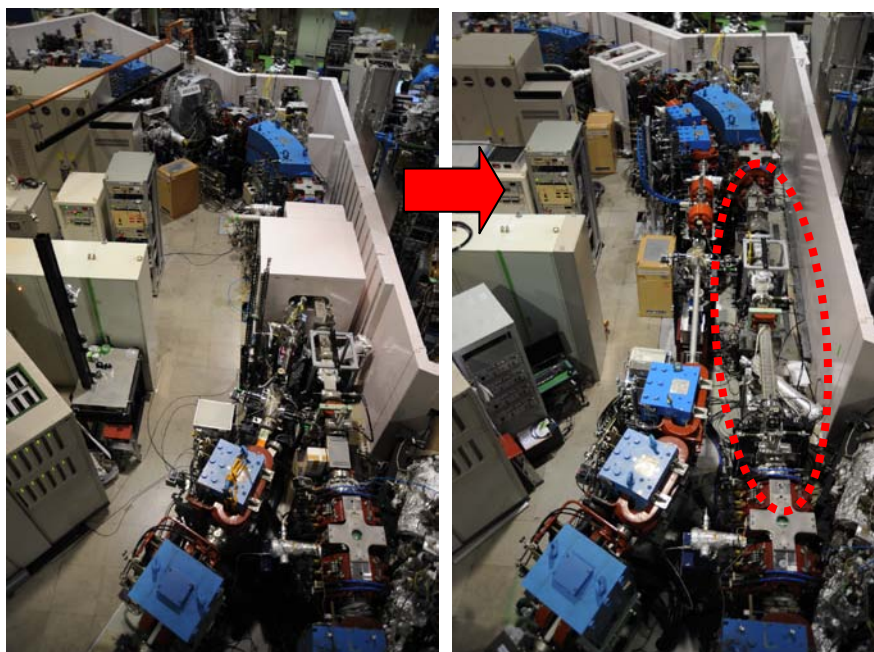


図 2. リング改造前（左）と改造後（右）の入射点及び入射路周端部（写真）。赤丸で囲んだ領域が光源開発用セクションとなる。

② レーザー装置の製作・調整

先進光源装置の中核となるレーザー装置の製作と調整を進めた。コヒーレント光発生効率を高めるために必要となる高エネルギーレーザーパルスを発生できる装置の構築を行った。平成 20 年度に製作した高エネルギーレーザーパルス発生装置の立ち上げ調整を進め、その性能確認のため、レーザー光を蓄積リングへ導入し、高強度のコヒーレントテラヘルツ光を発生することに成功した。結果について解析を進めている。一方、10mJ の高エネルギーレーザーパルスを 1kHz の高い繰り返しで発生できるマルチパスアンプ方式のレーザー増幅器の製作を行った。

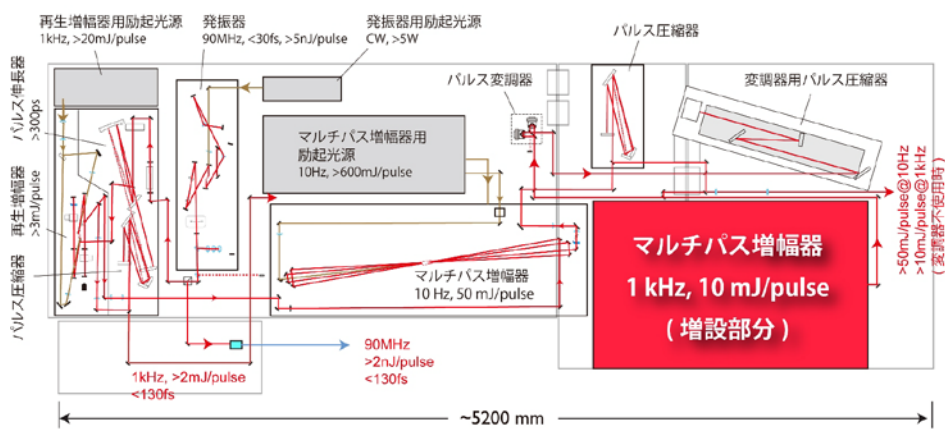


図 3. レーザー装置構成図

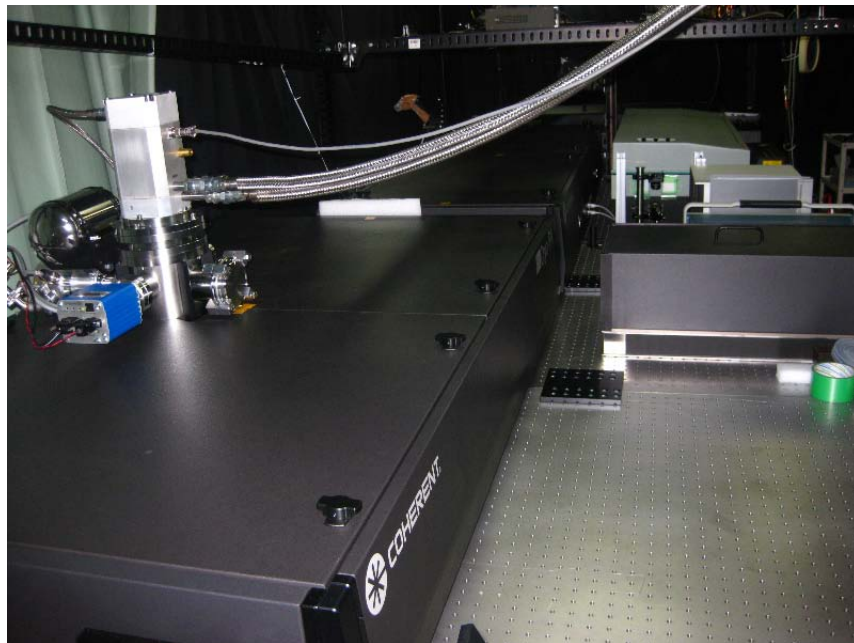


図 3. 立ち上げ調整中のレーザー増幅器

③ アンジュレータ装置の設計・製作

先進光源装置の中核となるアンジュレータ装置の設計を行い、また、製作を進めた。電子にエネルギー変調を与えるためのモジュレータとして、昨年度の設計検討結果に基づき、周期長 84mm の APPLE-II 型アンジュレータの製作を進めた（図 4）。さらに様々な偏光のコヒーレント光・極短パルス光を発生するためのラディエータ、さらにその間に設置されるバンチャーの設計を進めた。バンチャーは磁場強度を容易に変更できる電磁石型を採用することに決定した。ラディエータには、可変偏光型アンジュレータとして実績のある APPLE-II 型を採用することとした。その周期長は、コヒーレントテラヘルツ光発生、真空紫外域でのコヒーレント高調波発生に柔軟に対応できるようモジュレータと同じ 84mm とすることに決定した。

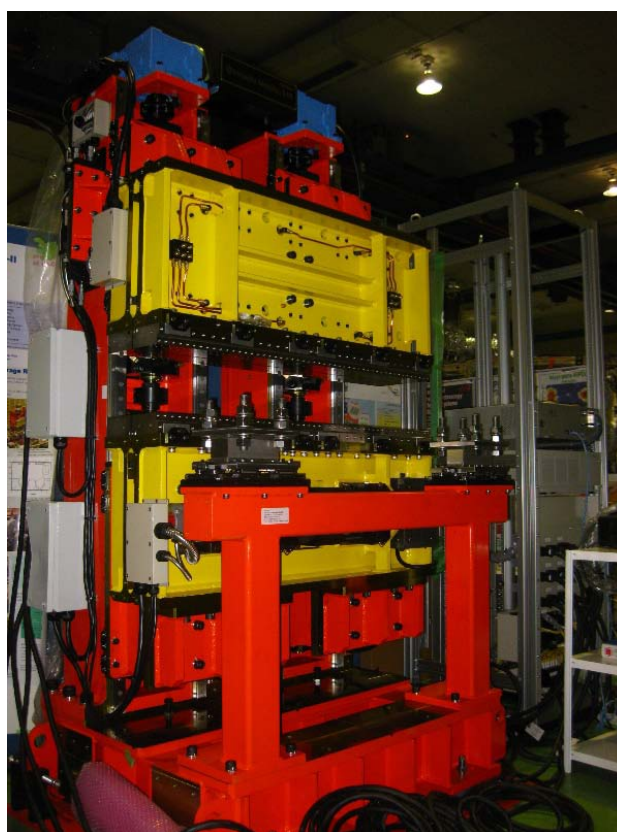


図 4. APPLE-II 型アンジュレータ駆動架台

④ ビームライン装置の設計・製作

先進光源の発生する極短パルスシンクロトロン光、コヒーレントシンクロトロン光を取り出すためのビームライン装置の設計検討を進めた。今年度は特にテラヘルツ光取り出し用ビームラインの設計を進めた。集光鏡には SPring-8, UVSOR-II で実績のあるマジックミラーを用いることとし、UVSOR の赤外ビームラインで実績のある偏

向磁石ダクト内部にミラーを納める方式を採用することとした。このための偏向ダクトとミラーチャンバーを直接接続した特殊形状真空ダクトの設計を行い、その機械的強度を計算器シミュレーションにより確認した。また、テラヘルツ光利用技術に関して京都大学と協力し、テラヘルツ近接場分光に関する基礎技術開発を進めた。

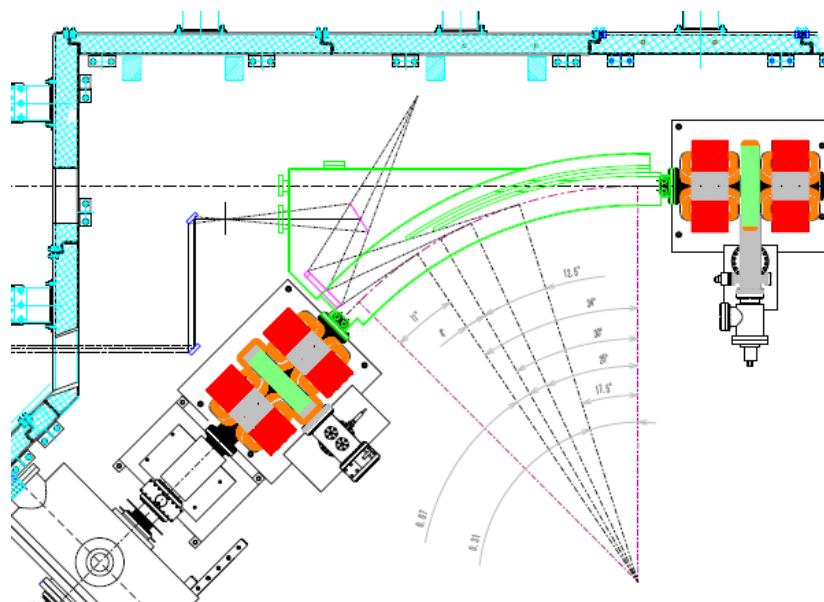


図 5. テラヘルツビームライン集光系検討図

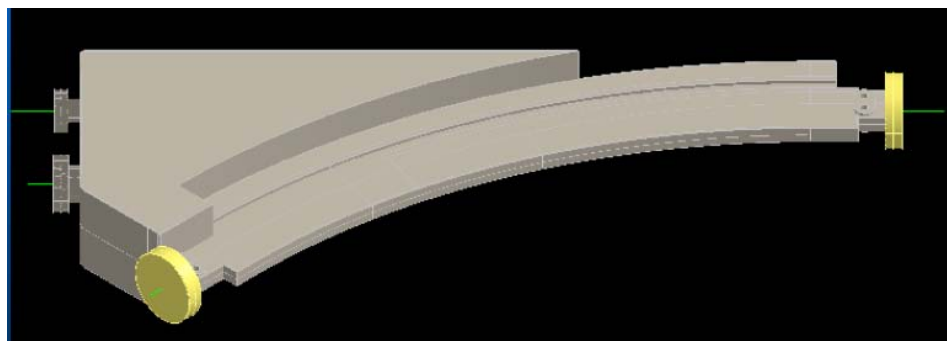


図 6. テラヘルツ集光ミラー設置のための特殊形状偏向ダクト検討図

⑤ プロジェクトの総合的推進

各機関の研究者は、電子メールで日常的にプロジェクトに関する情報交換・意見交換を行ったほか、特に分子科学研究所と名古屋大学の研究者は毎週火曜日午後定期的に機器製作及び研究開発に関する打合せを行った。また、月1～2回程度の頻度で分子科学研究所 UVSOR 施設の光源開発用ビームタイムを利用し、コヒーレント光発生に関する共同実験を行った。

2010年2月には、京都大学原子炉実験所にプログラムディレクタ、プログラムオフィサ、各機関の研究参加者が参集し、各機関での研究計画の進捗状況、来年度の計

画についての討論を行った。また、2010年3月には、量子ビーム基盤技術開発シンポジウムに参加し、本研究に関して、その概要と進捗状況に関して報告を行った。

研究成果については、2009年8月の日本加速器学会を始めとする国内の学会・研究会において関連する研究発表（口頭発表1件、ポスター発表5件）を行い、また、2009年9月の放射光技術国際会議を始めとする国際会議において招待講演1件を含む研究発表（口頭発表2件、ポスター発表2件）を行った。また、関連する論文1篇を学術雑誌にて発表した。これ以外に更に4篇が投稿済である。

2. 3 成果の外部への発表

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
UVSOR-II におけるコヒーレント光発生の現状と展望（ポスター）	阿達正浩、加藤政博、他 9 名	第 22 回日本放射光学会年会	2009 年 1 月 11 日	国内
UVSOR-II におけるレーザーシーディングを用いたコヒーレント光源の設計（ポスター）	谷川貴紀、阿達正浩、保坂将人、山本尚人、加藤政博	第 22 回日本放射光学会年会	2009 年 1 月 11 日	国内
UVSOR-II における光源開発研究	加藤政博	第 15 回 FEL と High-Power Radiation 研究会	2009 年 3 月 6 日	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Optimization of a seeded Free Electron Laser with Helical Undulators	M. Labat, M. Hosaka, M. Shimada, M. Katoh, M. E. Couprie	Physical Review Letters 101, 164803	2008 年 10 月	国外

Observation of Synchrotron Sidebands in a Storage-Ring-Based Seeded Free Electron Laser	M. Labat, M. Hosaka, M. Shimada, N. Yamamoto, M. Katoh, M. E. Couprie	Physical Review Letters 102, 134501	2009 年 1 月	国外
---	---	--	------------	----

2. 4 活動（運営委員会等の活動等）

第二回技術検討会（2010年2月12日：京都大学原子炉実験所）

2. 5 実施体制

別表1 参照

別表1 平成21年度に於ける実施体制

研究項目	担当機関等	研究担当者
1. 加速器装置の設計製作	自然科学研究機構分子科学研究所	◎○加藤 政博 山崎 潤一郎 林 憲志
2. レーザー装置の設計製作	自然科学研究機構分子科学研究所	○阿達 正浩 ◎加藤 政博 谷川 貴紀
3. アンジュレータ装置の設計製作	自然科学研究機構分子科学研究所	◎○加藤 政博 谷川 貴紀 山崎 潤一郎
4. ビームライン装置の設計製作	自然科学研究機構分子科学研究所	○木村 真一 繁政 英治 彦坂 泰正 堀米 利夫 蓮本 正美 中村 永研 酒井 雅弘 近藤 直範
5. プロジェクトの総合的推進（中核機関のみ）	自然科学研究機構分子科学研究所	◎○加藤 政博

注1. ◎:課題代表者、○:サブテーマ代表者

注2. 本業務に携わっている方は、全て記入。