

在 外 研 究 報 告
レーザー生成プラズマの X 線分光

1995年3月

動力炉・核燃料開発事業団
東 海 事 業 所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

在 外 研 究 報 告

レーザー生成プラズマのX線分光

川 越 浩

要 旨

平成5年12月10日から平成6年12月9日まで、フランスのエコール・ポリテクニク、大型レーザー応用研究所にて在外研究を行った。研究テーマは、「レーザー生成プラズマのX線分光研究」である。本研究は、X線レーザーを開発することを目的とする基礎的な研究であり、在外研究先の研究所に設置されている大型ガラスレーザーを使用して、レーザー媒質としての高温・高密度プラズマの生成過程、及び特性を明らかにするものである。本報告は、在外研究中に実施した研究の内容と結果を中心に、研究先の特色やフランス在住中に感じたことも含めて記すものである。

X線レーザーはスペクトル幅が狭く、また光子のエネルギーが大きいので、光子1個で物質の構成原子・分子を励起、あるいは電離することができる。このような特性を利用して、X線光電子分光を用いた表面物性、蛍光X線分析による微量元素分析、X線回折による構造解析などの、より高度な研究が可能になる。さらに、X線ホログラフィーや接触型X線顕微鏡などへの応用には、生物・医学分野への貢献が期待される。

緒 言

平成5年12月10日から平成6年12月9日まで、フランスのエコール・ポリテクニク (Ecole Polytechnique), 大型レーザー応用研究所 (Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses ; LULI) にて在外研究を行った。研究テーマは「レーザー生成プラズマのX線分光研究」である。本研究は、X線レーザーを開発することを目的とする基礎的な研究であり、在外研究先の研究所に設置されている大型ガラスレーザーを使用して、レーザー媒質としての高温・高密度プラズマの生成過程、及び特性を明らかにするものである。本報告は、在外研究中に実施した研究の内容と結果を中心に、研究先の特色やフランス在住中に感じたことも含めて記すものである。

X線レーザーはスペクトル幅が狭く、また光子のエネルギーが大きいので、光子1個で物質の構成原子・分子を励起、あるいは電離することができる。このような特性を利用して、X線光電子分光を用いた表面物性、蛍光X線分析による微量元素分析、X線回折による構造解析などの、より高度な研究が可能になる。さらに、X線ホログラフィーや接触型X線顕微鏡などへの応用には、生物・医学分野への貢献が期待される。

X線レーザーに関する研究は、国内では大阪大学、理化学研究所、電子技術総合研究所などで、国外では米国のプリンストン・プラズマ物理研究所や英国のラザフォード研究所など世界各国で数多くの研究が行われている。なかでも在外研究先の研究所は、レーザーによる慣性核融合研究を行うために開発した高出力ガラスレーザー装置を有しており、これを使用して高温・高密度のプラズマが生成できるので、この分野の研究においては、世界の中心的存在である。さらに研究所近くのパリ南大学では、シンクロトロン放射光設備“Super-ACO”が利用できるので、これを標準X線光源にしてプラズマの測定装置を校正し、より精度の高い測定ができるという利点もある。

在外研究期間中、最も印象に残ったことは、各研究所、各研究者間の結びつきの強さである。ヨーロッパにおいては、政治・経済の分野でEUの枠内に統合されつつあるが、理工系の分野の方がよほど進んでいるのではないかとさえ思った。すなわち、我々が実験を行う際には、実験内容に応じて国内外の研究者が必ずと言っていい程参加する上に、実験後はその結果がネットワークを通じ、即座に関連する研究者に送信される。また、私のような外国人でも、他の研究機関の装置を使って実験を行うことに関しては、ほとんど制約はなかった。それは、各国とも限られた予算の枠の中で、重複せずに効率的に研究を行うために、研究環境を整えた結果である。こうした点は、我々も大いに参考にすべきだと思った。

在外研究では、国内では実施困難な高度の研究を行うことはもちろんのこと、研究の進め方や共同研究の方法についても、知見を得るところは多かった。在外研究先で習得したことが、帰国後の業務に反映できるように、今後努力したい。

目 次

1. 在外研究先の概要	
1-1 エコール・ポリテクニク(Ecole Polytechnique)の概要	1
1-2 大型レーザー応用研究所(LULI)と所属グループの概要	3
2. 研究内容 <レーザー生成プラズマのX線分光研究>	
2-1 研究の目的・概要	5
2-2 計算コード“FLY”の開発	6
2-3 衝突プラズマのシミュレーション	6
2-4 CCDカメラの特性試験	6
2-5 試験内容	11
2-6 試験結果	12
2-7 まとめ	12
3. フランスでの生活を経験して <フランス人の原子力に対する考え方>	15
4. おわりに	16

1. 在外研究先の概要

1-1 エコール・ポリテクニク(Ecole Polytechnique)の概要

在外研究先のエコール・ポリテクニクは、パリ市内から南西に20km程離れた場所に位置している。近くにはCEAサクレ研究所やパリ南大学(パリ第11大学)などの理工系研究施設が多く、互いの交流はとても活発である。

エコール・ポリテクニクはナポレオンの時代に創設されたエリートの養成校であり、昨年(94年)創立200年を迎えた。創設当時は、物理のアンペール(Ampere)や数学のフーリエ(Fourrier)が本校で教えていたそうである。昨年3月に催された記念式典は、ミッテラン大統領を迎えるなど、大変華やかなものであった。

本校はフランスの教育制度上、グラン・ゼコールに位置する。これは大学とは異なる日本にはない制度なので、私には理解しづらかったが、研究所の人たちの話や学内の様子からその社会的背景も含めてわかったので、ここで簡単に紹介する。

高校を卒業して大学へ進学しようとする者は、年に1回実施されるバカロレアという全国共通試験を受験しなければならない。大学はほとんどすべてが公立なので、各校で実施する入学試験はなく、バカロレアに合格すれば原則的にどこの大学へも入学は可能である。但し、有名校へ進学するためには、バカロレアで良い成績を残さないと入学できないようだ。

ところがグラン・ゼコールへ進学するためには、図1に示すように、有名高校のみに併設される2~3年のグラン・ゼコール入学準備課程を経なければならない。但しこの課程に進むことができるのは、高校の最終学年とバカロレアで良い成績を収め、かつこれからの厳しい学習条件に耐えられる体力を有していると認められた者のみである。この課程を修了した者は、グラン・ゼコール各校で実施する入学試験を受験し、合格したごく少数の者のみが入学を許されることになる。特に有名なグラン・ゼコールは、文科系では高等師範学校、行政では国立行政学校、科学系ではエコール・ポリテクニクであり、超難関校と言われている。因みに、エコール・ポリテクニクの入学試験は、5月に実施される筆記試験と6~7月に実施される2度の口頭試問の後、体力試験が実施される。これは「体力、知力ともに秀れた者が真のエリートである」というナポレオン以来の考え方が続いているため、100m走、1000m走、砲丸投げ、走り高飛び、水泳の5種目が行われる。各種目20点満点で、例えば100mを11秒6以下で走れば20点である。これには女性だからという配慮はない。

1学年の定員は400人であり、修業年限は3年だが、最初の1年は兵役を義務付けられているので、学内にいるのは2年生と3年生だけである。兵役を終えた学生はすべて学内の寮に入居し、予備将校として月に約11~15万円が支給される。

卒業後の彼らには欧州の不況など関係なく、就職先を心配する必要は全くない。そ

これは企業が彼らの実力を認めているだけでなく、彼らが学閥を形成し、横に強いつながりが有るので、今後業績を上げるためには彼らの人脈が絶対必要だと考えているからである。

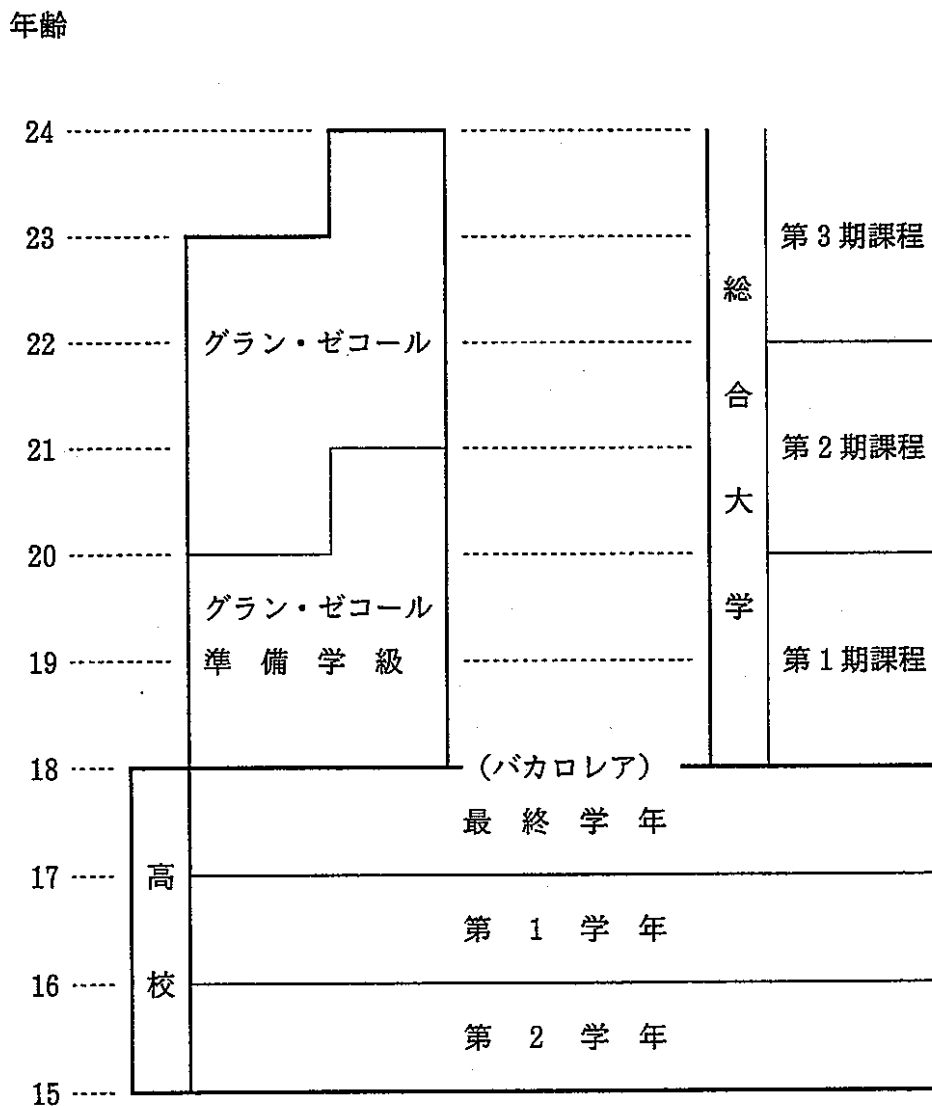


図1 フランスの教育制度

1-2 大型レーザー応用研究所(LULI)と所属グループの概要

在外研究先の大型レーザー応用研究所(LULI)は、エコール・ポリテクニクに付属する研究所の一つであり、慣性核融合の研究を行うために開発した大型ガラスレーザー装置の共同利用施設となっている。従って、実験はいつでもできるというわけではなく、年度当初に各グループに割り当てられた期間のみに利用可能なので、実験を行う際には事前に十分に準備し、効率的に行わなければならない。研究所は15名の研究者、4名の外国人研究者(私を含む)、12名の学生と、19名の技術者及び事務員で構成され、X線レーザーやレーザー生成プラズマ、レーザー加速器などの研究を行っている。

私が所属した“レーザー生成プラズマ研究グループ”のメンバーを図2に示す。グループは理論と実験の2つに分かれ、どちらも他の研究機関との交流は活発である。因みに実験については、図3に示すようにフランス国内外の他の研究所とのつながりが深く、我々が実験を行う際には、彼らも独自に開発した装置や測定器を持ってやって来る。図3に示したものの以外にも、フランス国内はもちろんのこと、英国やスペインなどの多くの研究機関と研究の分担を行っている。また我々も面倒な手続きなしに、パリ南大学のシンクロトロン放射光“Super-ACO”やドイツのMax-Planck研究所のデータ解析装置を使用することができるなど、研究所間の施設の利用に関しては、驚くほど自由であった。また、研究者間の交流も活発で、ヨーロッパ内で関連する研究を行っている研究者は定期的に研究会を開催し、所有する設備と予算に応じて研究内容を分担する研究方法は、学ぶべきものがあつた。彼らは米国への対抗意識が強く、ヨーロッパの小規模な研究機関がより大きな成果を上げるために努力する姿勢を強く感じた。

また、図2にエコール・ポリテクニクとCNRS(フランス科学研究庁)の混成ユニットと書いたが、これもフランス独自のシステムである。すなわち、施設は学校側が提供するが、研究者の給与や研究費はCNRSが負担するという形態である。混成ユニットの他にも、CNRS直轄ユニットと提携ユニットがあるが、このように、CNRSが軍事関係と原子力関係を除く、ほぼ全部の理工系研究施設を網羅していることが、フランス国内の研究所間の関係を強固にしている要因の一つだと思われる。CNRSは日本との関係も重視しており、東京に事務所を開設している他、東京大学とも昨年より共同研究を開始したことは、周知の通りである。

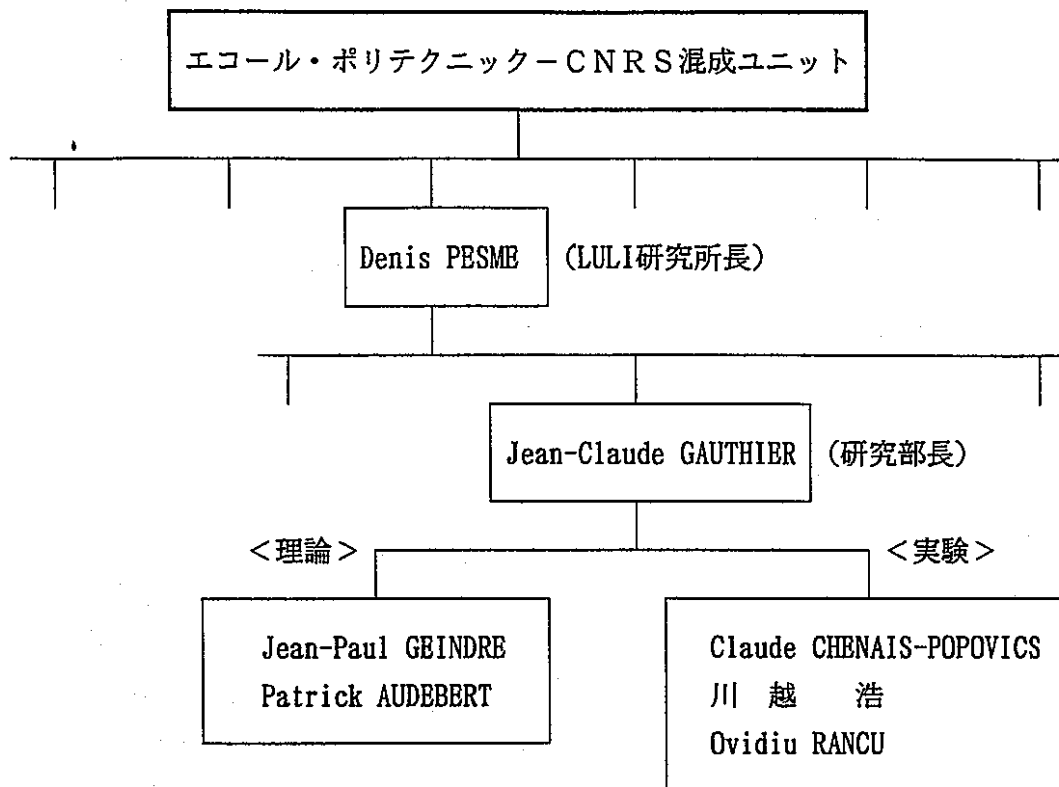


図2 “レーザー生成プラズマ研究グループ”の組織図

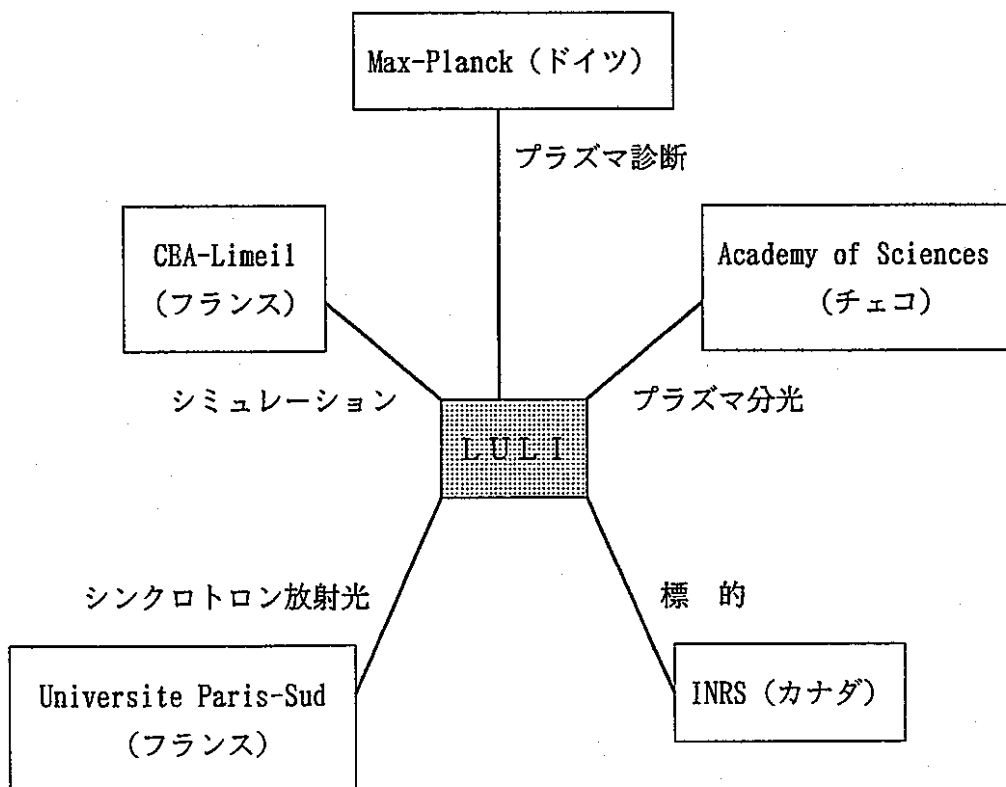


図3 他研究機関との共同研究

2. 研究内容

< レーザー生成プラズマの X 線分光研究 >

2-1 研究の目的・概要

本研究は X 線レーザーを開発することを目的とした基礎研究である。X 線領域のレーザーを発振させるためには、レーザー媒質として電子温度、イオン温度、及び密度が均一の高密度プラズマを広い空間領域で、しかも長時間に渡り安定して生成しなければならない。そのようなプラズマは、高エネルギー密度のレーザー光を 2 枚の標的金属上にそれぞれ照射することにより発生する流体プラズマが、標的の中心付近で衝突する（図 4 参照）ことにより得られる。従来の研究は、同一原子プラズマ同士の衝突に関するものが中心であり、異種のプラズマ同士が衝突することにより生成する二原子衝突プラズマの動的特性を明らかにすることは、X 線レーザーや慣性核融合を開発するための重要な要素であるにもかかわらず、それが報告された例はほとんどなかった。そこで本研究は、二原子で構成される衝突プラズマの挙動を、単一原子プラズマと比較しながら、X 線分光と画像解析により明らかにすることを目的とする。

平成 6 年 2 月と 4 月に予備試験を実施し、試験装置の構成、測定手法の確立、測定装置の健全性の確認などを行った。予備試験で良好な結果が得られたので、その結果を踏まえ、9 月 26 日～10 月 7 日にアルミニウムとマグネシウムの衝突プラズマの測定試験を実施し、衝突プラズマの形状と物性を初めて明らかにした。また、プラズマの形状を測定する際に使用した CCD カメラの較正を 11 月に実施し、測定データの解析をより高精度に行った。

本報告では、スペクトルをシミュレートするために開発した“FLY”と呼ばれる計算コードによる計算結果、プラズマの測定を行うために使用する CCD カメラの特性試験結果、及び試験の解析結果の一部を記し、生成したプラズマの形状と物性を報告する。

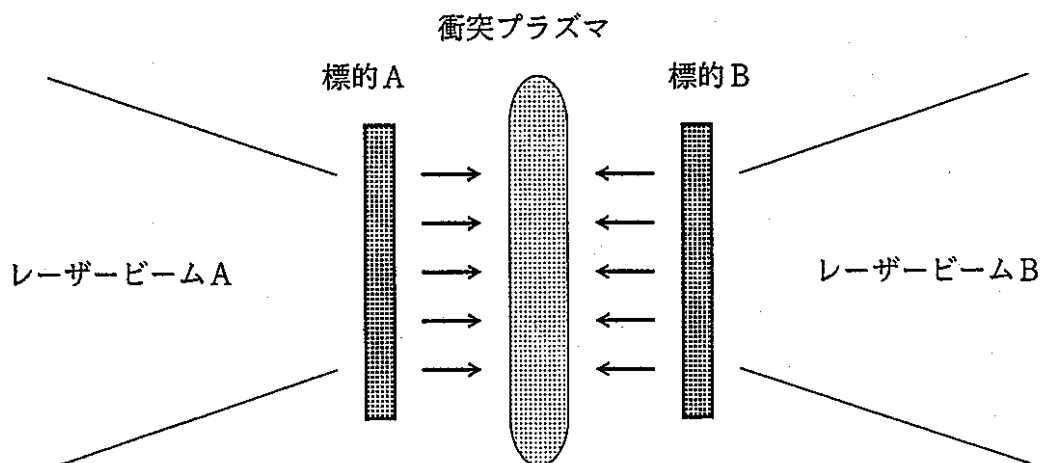


図 4 衝突プラズマの生成

2-2 計算コード“FLY”の開発

プラズマから発するX線のスペクトルを計算するための計算コードとして、従来は“RATION”が使用されてきたが、“RATION”では時間的変化がわからない上にドップラー効果が含まれていないため、イオン温度の変化によるライン幅の拡がりや考慮されていないという問題がある。そこで従来の計算コード“RATION”を改良し、スペクトルの時間的変化とイオン温度を考慮した、“FLY”を開発した。

計算結果の一例として、電子温度が600eV、電子密度が 10^{21} cm^{-3} のアルミニウムプラズマのHe β ラインのスペクトルを、“RATION”で計算した結果を図5に、イオン温度を20keVとして“FLY”で計算した結果を図6に示す。図6では、イオン温度が考慮されているためにドップラー幅が拡がり、図5で0.7eVだった半値幅が4.1eVになったことがわかる。

本コードと実験結果の比較により、実験で生成したプラズマの電子温度、電子密度、イオン温度とその時間的変化が明らかになった。

2-3 衝突プラズマのシミュレーション

“FLY”を使用して、アルミニウム衝突プラズマから発するHe β ラインとH β ラインの強度を計算した。計算の一例として、標的間隔が450 μm の位置にある2枚のアルミニウム標的に、レーザーを照射した際に発生するプラズマが、標的の中心付近で最も大きな衝突状態に至った時（レーザー照射後880ps）の、He β ライン計算結果を図7(a)に、H β ラインの計算結果を図7(b)に示す。図7から、衝突プラズマの中心で水素様アルミニウムイオンが数多く生成し、その周囲にヘリウム様アルミニウムイオンが生成することがわかった。

また、衝突プラズマの電子密度と電子温度がどのように変化するかを計算した結果を図8に示す。計算条件は図7と同じである。

2-4 CCDカメラの特性試験

衝突プラズマの測定において、ピンホールカメラ像、及びモノクロマティックカメラ像の時間的変化を記録するために、高速度CCDカメラを使用した。測定の精度を上げるためには、入射光の波長の違いや入射角度、画素の個体差などを補正するための校正を行う必要がある。そこでパリ南大学のシンクロトロン放射光を使用し、CCDカメラの特性を測定した。結果の一例として、画素の個体差を測定した結果を図9に示す。CCD(1)及びCCD(3)に示す関係がCCDカメラの周辺部の位置における特性であり、CCD(2)に示す関係が中心部の特性である。すなわち、中心部は照射強度の増加に対してほぼ直線的な感度を持つのにに対し、周辺部では2次曲線的な傾きを持つため、解析に当たってはこれを考慮しなければならないことがわかった。

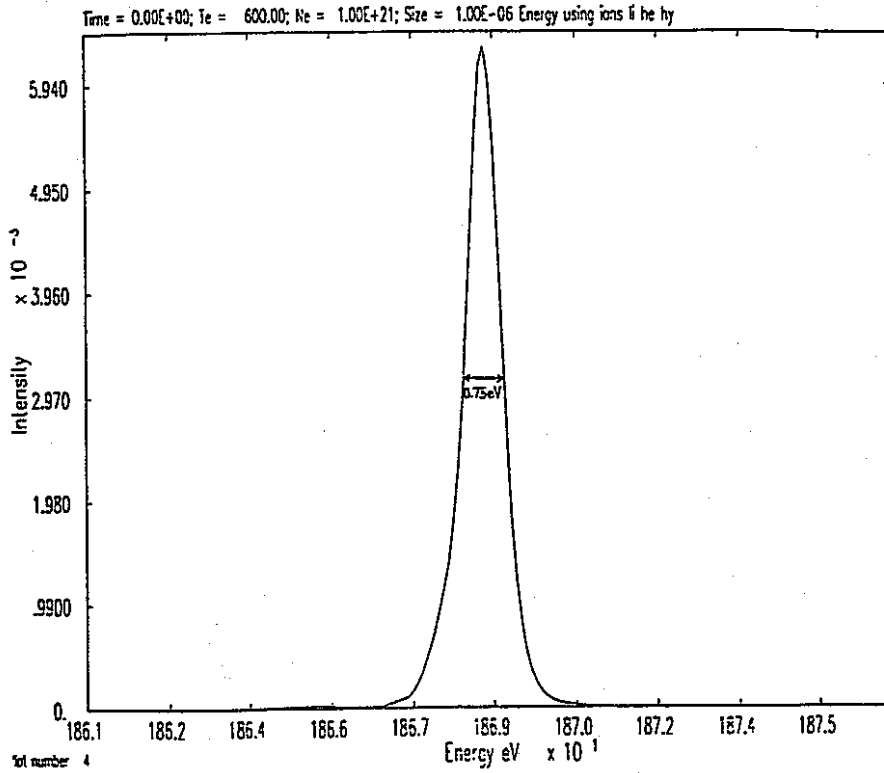


図5 “RATION” で計算したアルミニウム・プラズマのHe β ライン

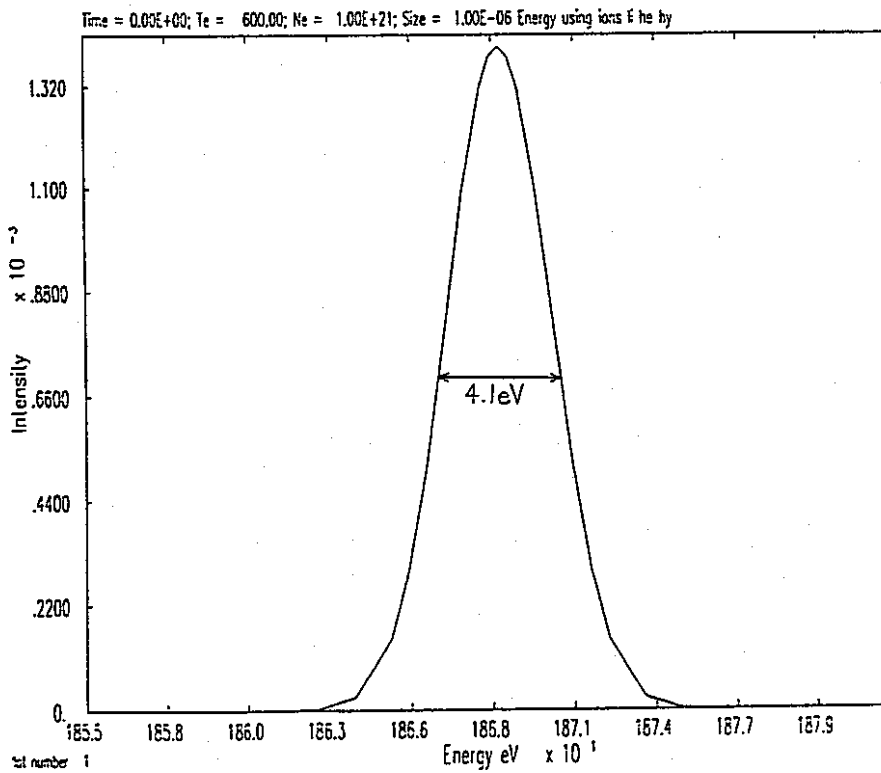
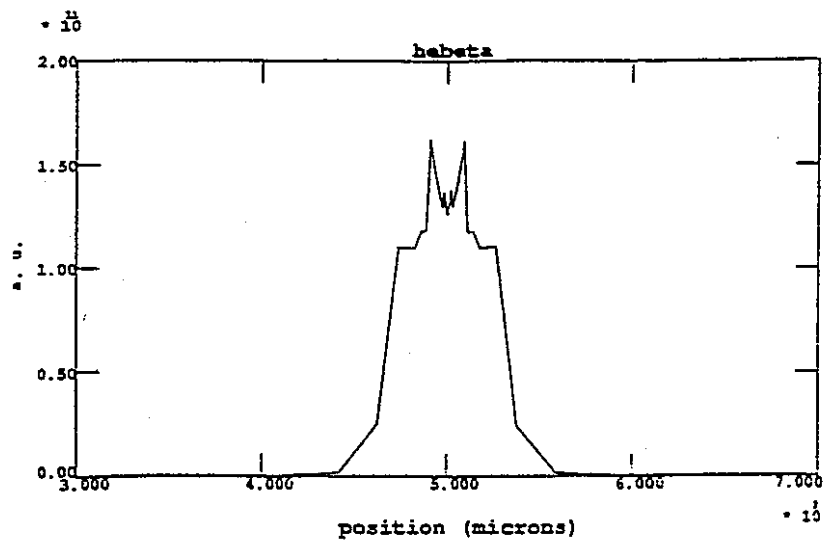
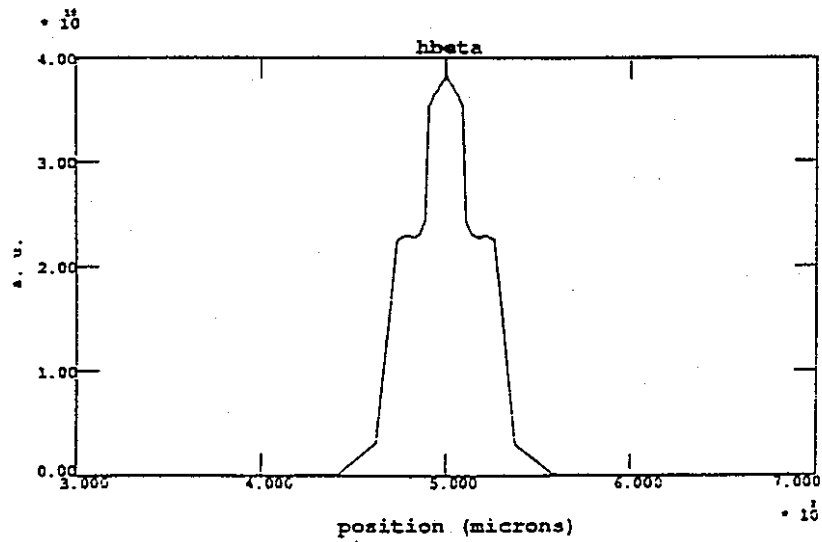


図6 “FLY” で計算したアルミニウム・プラズマのHe β ライン

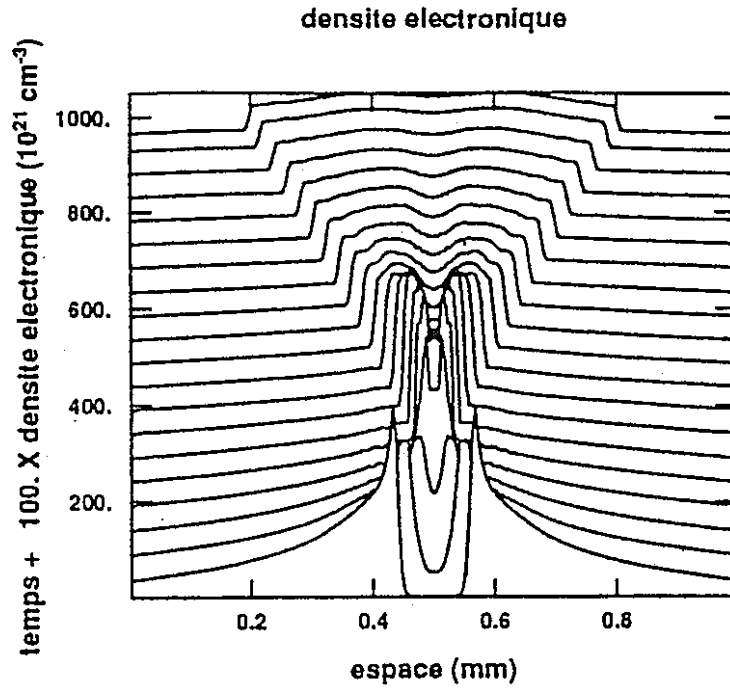


(a) He β ラインの強度分布

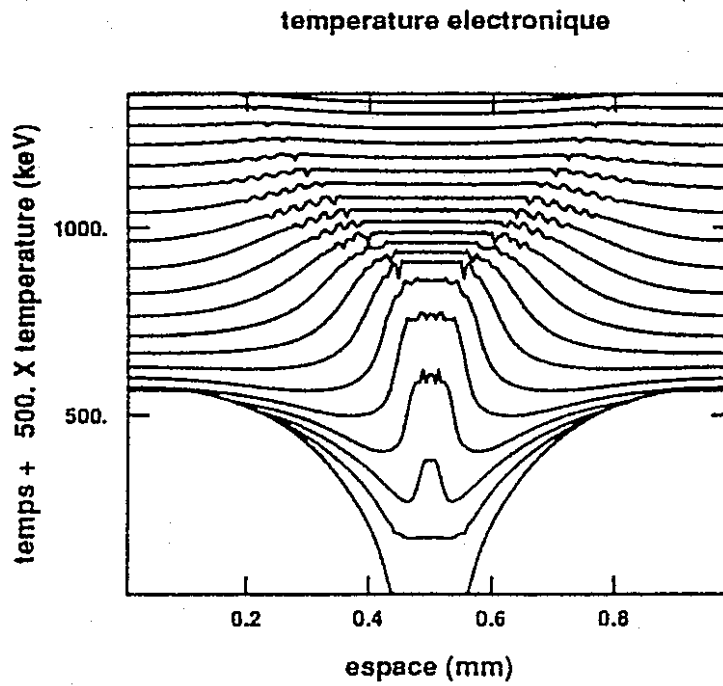


(b) H β ラインの強度分布

図7 アルミニウム衝突プラズマのX線スペクトル (計算)



(a) 電子密度



(b) 電子温度

図8 アルミニウム衝突プラズマの時間的状態変化

Espacement initial: $450 \mu\text{m}$

Temps: de 1011 a 1948 ps toutes les 50 ps

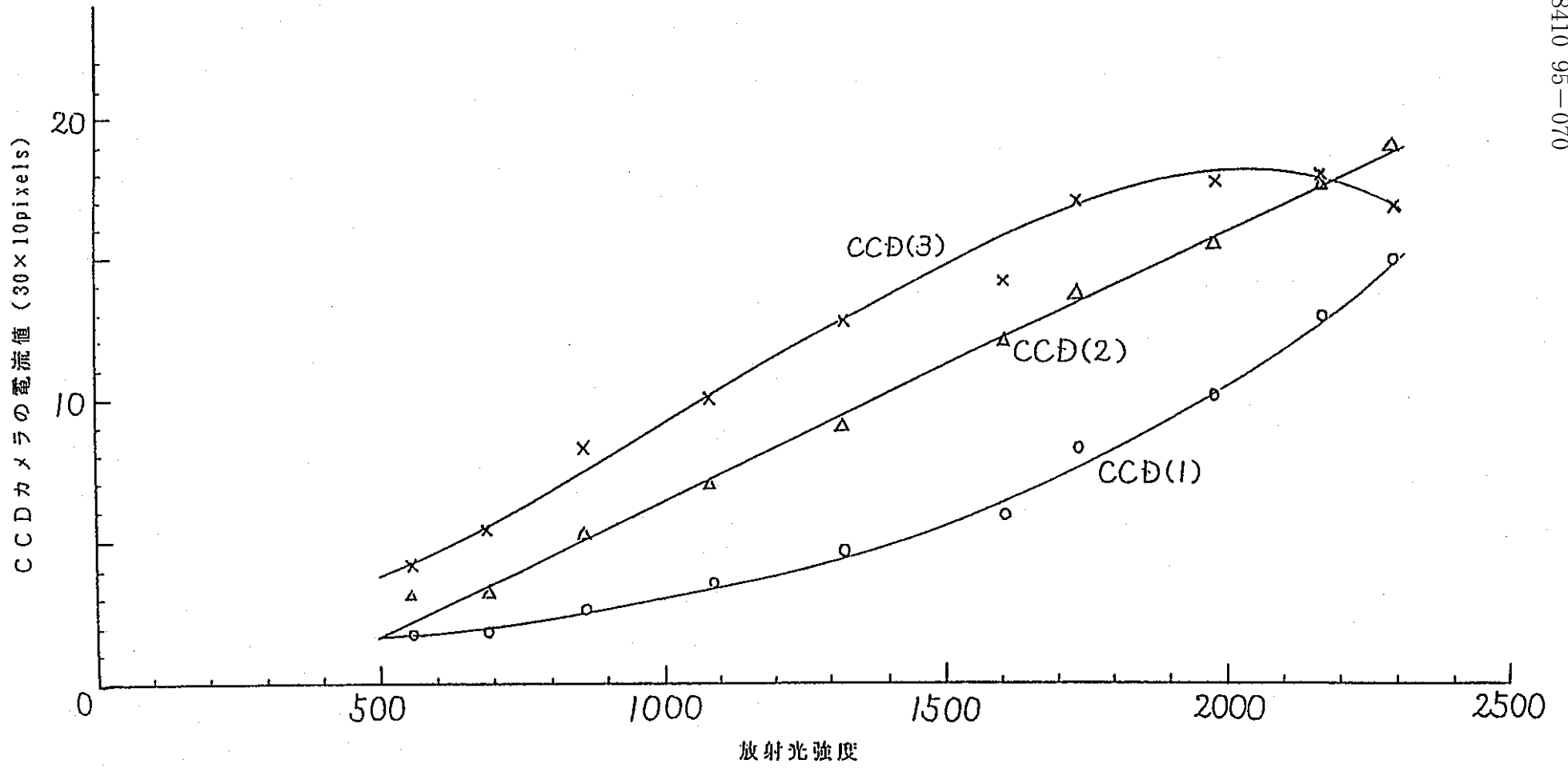


図9 CCDカメラの較正試験結果

2-5 試験内容

アルミニウム (Al) のプラズマ同士, あるいはアルミニウムとマグネシウム (Mg) のプラズマ同士が衝突することにより生成する, 衝突プラズマのプラズマ形状, 及びスペクトルを測定した。

AlとMgのプラズマを選んだのは, 次の2点を回避できるという利点があるからである。

- (a) 原子番号が小さな原子は, イオン速度が速すぎるために, 現状技術ではプラズマが発生する過程を追いきれない。
 - (b) 原子番号が大きな原子は, 測定されるスペクトルのシュタルク幅の変化量が少ないために, プラズマの電子温度をそこから推定することが困難である。
- また, Al (質量数13) とMg (質量数12) は質量数が近いので, 生成する衝突プラズマが, 両者の中心付近で均一に, かつ理想的に生成することが期待できる。さらに, どちらの元素も単一原子プラズマに関する研究が進んでおり, 実験を解析する際に, 二原子衝突プラズマと単一原子衝突プラズマの違いを比較することが容易であると利点がある。

試験の条件, 測定項目などを以下に示す。

- (1) 照射レーザー光の波長は $0.53\mu\text{m}$, 横モードはシングル, パルス幅は600ps, エネルギーは40~50 J, ビームの直径は約8 cm, 集光後の照射部のビーム径は $250\mu\text{m}$ とする。従って照射部のエネルギー密度は $5 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14} \text{W/cm}^2$ である。
- (2) 標的の金属は, 厚さ $0.8\mu\text{m}$ あるいは $1.0\mu\text{m}$ のアルミニウムと $1.2\mu\text{m}$ のマグネシウムフォイルを使用する。
- (3) 2枚の標的の間隔は, 最小で $200\mu\text{m}$, 最大で $900\mu\text{m}$ とする。
- (4) 測定項目は以下の通りである。
 - ①高速度CCDカメラ (分解能120ps) とピンホールカメラの組み合わせによるプラズマ形状の時間的変化の測定
 - ②高速度CCDカメラ (分解能120ps) とモノクロマティックカメラの組み合わせによるプラズマ形状の時間的変化の測定
 - ③プラズマ中の水素様, 及びヘリウム様アルミニウムイオン (Al^{12+} , Al^{11+}) が衝突時に発するX線スペクトル (He β ライン) の測定
 - ④プラズマ中の水素様, 及びヘリウム様マグネシウムイオン (Mg^{11+} , Mg^{10+}) が衝突時に発するX線スペクトル (He β ライン) の測定

He β ライン ($1s3p-1s^2$) はイオン温度の違いに最も敏感に変化するラインであるため, このライン幅を測定すればプラズマのイオン温度を知ることができる。また, He β ラインと他のLy α , β ラインなどのピーク値の相対比較により, プラズマの電子温度を知ることが可能である。すなわち本測定により, 生成する衝突プラズマの形状, イオン温度, 電子温度, 電子密度などが明らかになり, X線レーザーの媒質として適するかどうかの判断を行うことができる。

2-6 試験結果

今回の試験により、AlとMgによる異種衝突プラズマの特性が初めて明らかになった。試験結果の一例として、図10(a)にAlとAl、(b)にAlとMgの衝突プラズマのモノクロマティック像を示す。標的間隔は $450\mu\text{m}$ 、レーザーのエネルギー密度は $5 \times 10^{13}\text{W}/\text{cm}^2$ である。これはAlプラズマのみが測定されるように調整されたモノクロマティック像なので、図10(b)ではMgプラズマの像は見られないが、Al同士の衝突プラズマに比べてプラズマが横方向に大きく広がっている様子がわかる。また、AlプラズマはMg側に内部貫通することなく、標的の中心付近で停滞していることもわかる。

衝突プラズマのX線スペクトルを測定した結果と、“FLY”と呼ばれる計算コードで計算した結果を図11に示す。測定されたスペクトルと計算コードによる計算結果が一致する時の計算コードの計算条件が、生成したプラズマの物性値である。その結果、電子温度は 360eV 、電子密度は 10^{21}cm^{-3} 、イオン温度は 10keV であることがわかった。

さらに結果の一例として、AlとAlの衝突プラズマから発するスペクトルの中で、He β ラインのみに注目し、その空間的な変化を測定した結果を図12に示す。図中に矢印で示した位置がAlフォイルがあった位置で、両者の間隔は $600\mu\text{m}$ である。両フォイルの中心付近で衝突プラズマが生成し、イオン温度の上昇によるドップラー幅の拡大により、He β のライン幅が広がっている様子がわかる。すなわち、衝突の中心部で最も高温の領域が生じることがわかった。

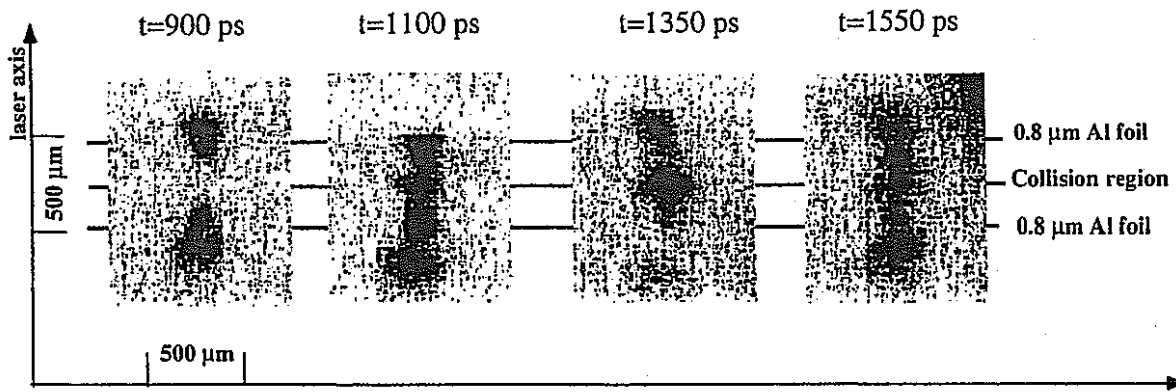
2-7 まとめ

AlとAl、及びAlとMgによる衝突プラズマの特性を初めて測定した。測定結果を、新たに開発した計算コード“FLY”で解析したところ、生成したプラズマの物性値は、電子温度が 360eV 、電子密度が 10^{21}cm^{-3} 、イオン温度が 10keV であることがわかった。

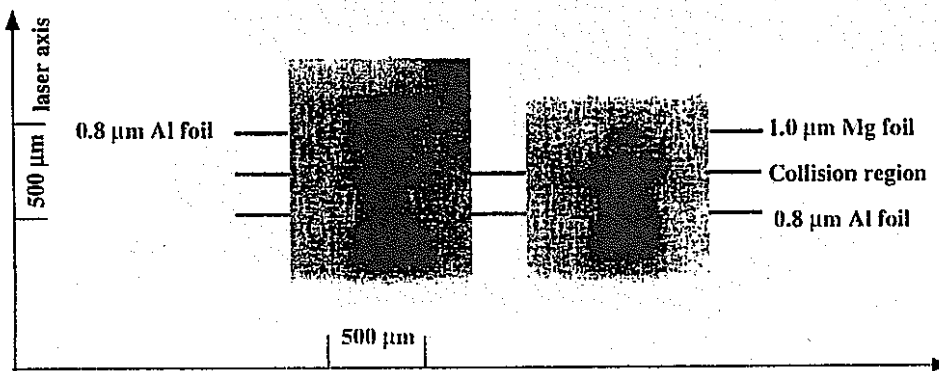
また、AlのHe β ラインのみに注目し、その空間的な変化を測定した結果から、衝突の中心部で最も高温の領域が生じていることがわかった。今後、“FLY”を使用して、温度分布がどのようになっているのかを解析する必要がある。

さらに、プラズマの形状を測定するために使用したCCDカメラの較正を、シンクロトロン放射光を用いて行い、測定の精度を向上することができた。

今後は、AlとMg以外の衝突プラズマを測定することの他に、レーザーを短パルス化するなどの方策により、より高エネルギー密度のレーザー光から生成するプラズマの物理を研究する必要がある。LULI研究所では、現在短パルスレーザーの開発を進めており、1997年にはこれを使用した試験ができるようになる予定である。



(a) アルミニウムとアルミニウムの衝突プラズマ



(b) アルミニウムとマグネシウムの衝突プラズマ

図10 衝突プラズマのモノクロマティック像

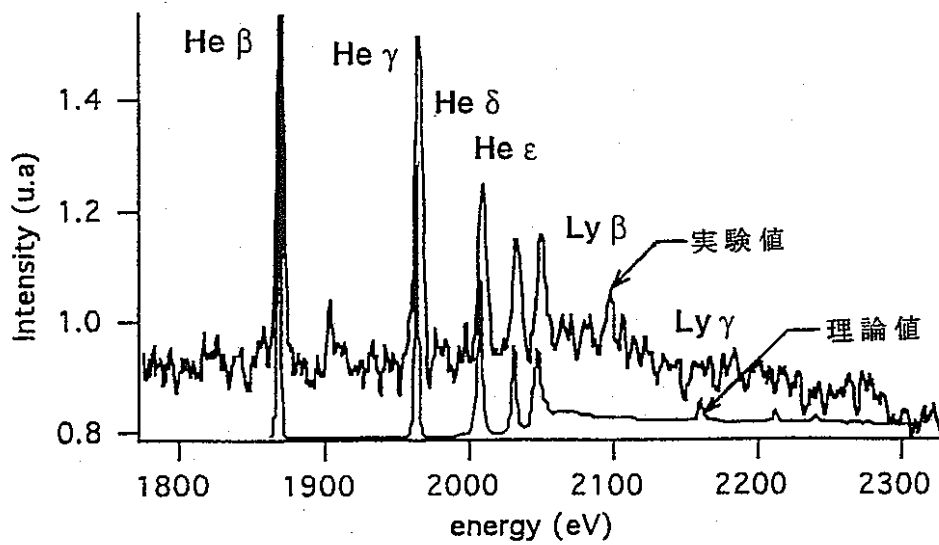


図11 衝突プラズマのX線スペクトル

《理論値の計算条件は、電子温度：360eV、電子密度： 10^{21} cm^{-3} 、イオン温度：10keV》

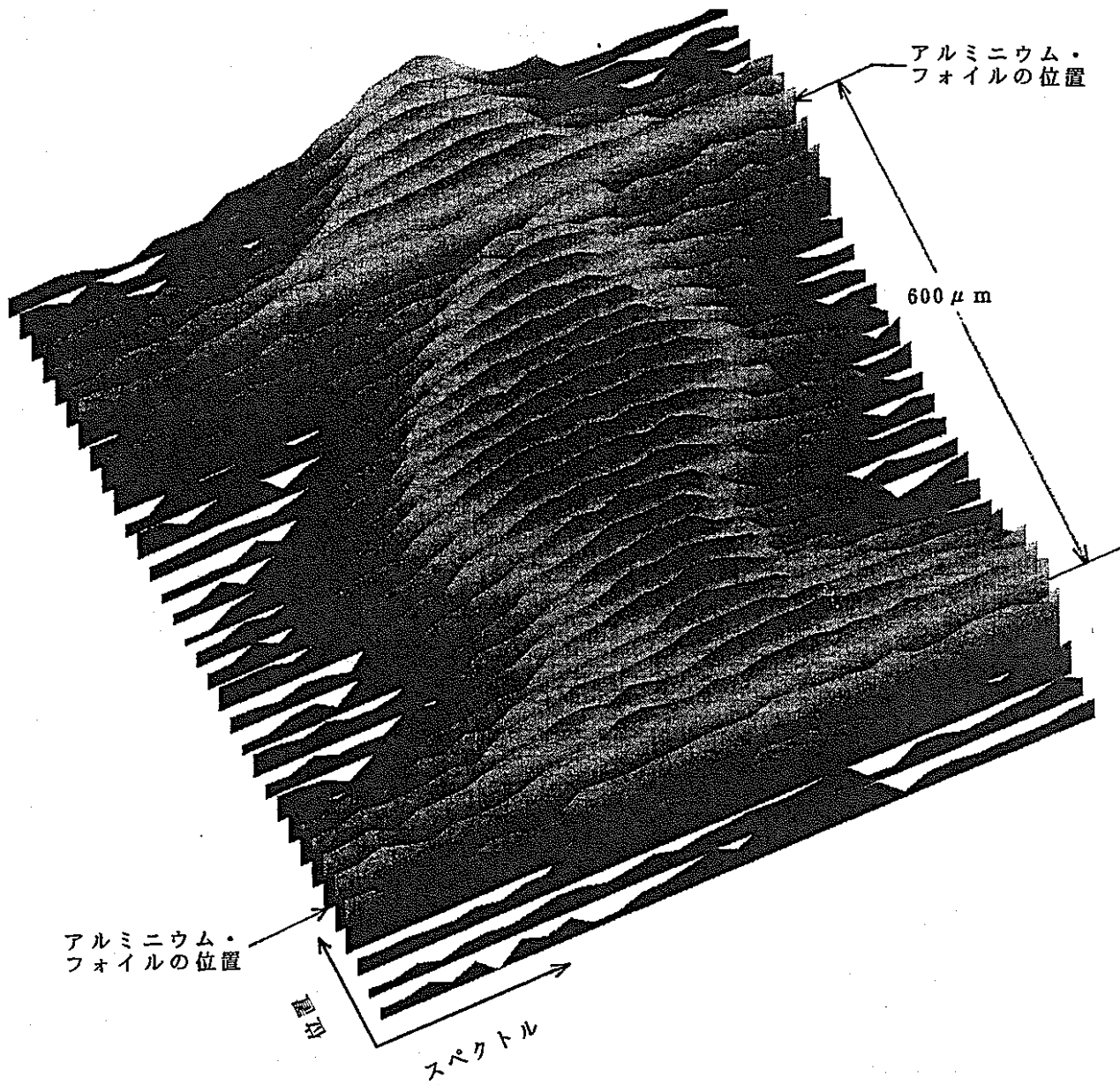


図12 アルミニウムプラズマのHe β ラインの空間分布

3. フランスでの生活を経験して ＜フランス人の原子力に対する考え方＞

フランスに1年間滞在したが、その間に原子力について、日本のように新聞やテレビなどのマスコミで話題になったことはほとんどなかった。原子力先進国として知られるフランスではあるが、話を聞いてみても一般の人の関心はあまりないようである。ここでは、フランスで生活したまとめとして、滞在した1年の間に見聞きしたフランス人の原子力に対する考え方を中心に記述する。

フランス中部からマルセイユへ向けて流れるローヌ川や古城で有名なロワール川沿いを車で走っていると、必ず原子力発電所を1つか2つ見かけることになる。フランス国内における総発電量の約75%が原子力で賄われているわけだから、こうした光景は珍しいわけではないが、のんびりとした景色の中の少し小さめの工場風の発電所からは、およそ人々に危険を感じさせるようなものは感じ取れない。それが一般の人の無関心を誘っているような感じさえ受ける。

原子力は一般的に関心は薄いのだが、私のフランス滞在中に一度だけ、テレビの特集番組でパネル・ディスカッションを行ったことがあった。番組のテーマは放射性廃棄物についてであり、討論に先立ってローヌ川の土壌から検出された放射性物質に関する映像などが放送されたが、折しもその日は原子力潜水艦『エメロード』号の爆発事故により、10名が死亡した日だったので、話題は自ずとそちらへ逸れてしまいがちだった。この討論の中で興味深かったのは、パネラーの誰もが民生用原子力と軍事用原子力を明確に分けて発言しており、まるで別物のように考えていたことである。すなわち、原子力の批判者と自認する人の多くは軍事用批判者であり、民生用に関して意見を言う人はほとんどいなかった。日本ではこのように明確に区分された討論をあまり経験しなかったので、ある意味では新鮮であったし、焦点が絞られていて聞いていても分かりやすかった。

また、エスパス・ジャポンというパリの小さな展示会場で、「六ヶ所/リムザン」という写真展が開催され、その一環としてリムザンの核廃棄物処理場を撮影したフランス人カメラマンが報告会を行うというので、聞きに行ってきた。リムザンはリモージュ磁器で知られるリモージュ市の近くにあり、COGEMA社がウランの採掘と精錬を行っている地域である。この報告会はパリで発行されている日本語情報誌『オブニー』が大きく宣伝したにもかかわらず、聞きに来ていた日本人は2～3人ほど、あとはカメラマンの仲間のフランス人がほとんどで、延べ30名程度の参加だった。私はいわゆる反対派の集会のようなものを想定し、どのような発言がされるのかを興味を持って聞いたのだが、話の中身は会社側の管理の落ち度を指摘して、このままでは人の住む住環境にまで汚染が迫る恐れがあるということを警告するものであった。それは原子力だからという意図ではなく、むしろ公害病を心配する言い方に近いと思う。同じ反対派でも日本の反対派とはかなり異質のような気がしたが、会場にはしっかりと日本の反対派が主催する署名簿が置かれていたので、何かしらの接触は持っているのだろう。六ヶ所村の写真は日本人カメラマンによる撮影であり、最近の工場の様子が見ら

れるのかと思いき期待したのだが、そういうものは何一つなく、魚を捕る漁師や、村の祭りの写真など、村の暮らしに関するものばかりだったので、がっかりした。因みに報告会でも六ヶ所村の話は皆無であった。

世論調査(93年12月)では、原子力発電所を信頼している人は45%、設置は危険だと思ふ人は47%であり、意見はほぼ二分されるが、新しい原子力発電所は建設せず、現在あるものを稼働し続けるべきだと思ふ人が71%にも達していることは興味深い。すなわち、専門家の説明はよくわからない(66%)けれども電気がなければ生活できない。でも供給発電量には余裕があり、輸出を行っているくらいだから、これ以上増やす必要はないという考え方が背景にあるのだと思ふ。

蛇足ながら、研究所のスタッフにも尋ねてみた。その中で唯一はっきりと否定したのは、ルーマニアから来ている学生であった。彼の国ではチェルノブイリ事故の際に大きな被害を受けているので、とても懐疑的である。しかしフランス人は概して無関心で、「広島原爆で死んだ人の数よりも毎年交通事故で死んでいる人の数の方がずっと多い。そちらの方が問題だ。」と言う人もいた。

新聞も、一般市民が読むような大衆紙は事実だけを述べるが多く、『もんじゅ』臨界の際には多くの新聞は事実を掲載するのみで、他には特に何の論評もなかった。しかし日本の新聞は、ごく一部の知識層しか読まないル・モンド紙の隅に書かれたわずかの言葉を引用して、いかにもヨーロッパの人々すべてが懸念しているかのような記事を書いており、大いに疑問を持った。フランスでは原子力発電はすでに暮らしの中に溶け込んでおり、話題になることさえ稀な存在になっているようである。

4. おわりに

在外研究先で研究した『レーザー生成プラズマのX線分光』は、これまで10年以上の時間を費やし、これからも21世紀に向けて続く研究です。1年の滞在ではあまりにも短かすぎましたが、その中で新たな成果を上げることができたことについては、満足しています。また、研究のみならず、研究の進め方や共同研究の方法についても、帰国後の業務に役立つことを数多く習得することができました。

このような有意義な在外研究を行うことができたのも、この機会を与えて頂いた方々、ご尽力頂いた方々のお蔭だと思います。また、忙しい中を時間を割いて私にアドバイスし、議論して頂いたJean-Claude GAUTHIER博士、Claude CHENAIS-POPOVIC博士と、実験に協力してもらったPatrick RENAUDIN氏、Ovidiu RANCU氏、そしてフランス在住中に生活面でいろいろと無理をお願いしたPNCパリ事務所の方々には、大変お世話になりました。この場をお借りして、心より感謝致します。

以上