九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

九州大学百年史 第7巻 : 部局史編 IV

九州大学百年史編集委員会

https://doi.org/10.15017/1801803

出版情報：九州大学百年史. 7, 2017-03-31. 九州大学
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

第 46 編

電離気体実験施設

第 1 章　電離気体実験施設設置の目的と経緯および運営方法

第 1 節　目　的

電離気体・レーザーという現代の代表的先端科学技術分野において、従来は応用分野別に、たとえば薄膜作成、宇宙での推進機、制御熱核融合、レーザーによる物質処理、レーザーによる情報処理などと縦割りの研究が進められ、その間の壁を越えての交流はほとんどなかった。施設での研究の最大の特徴は、これらを横に学問的につなぐ視座を与えている点である。すなわち、電離気体科学・レーザー科学を、自然から与えられた物質を一度励起状態、原子・ラジカル・イオン等に励起または分離させ、それが新状態のイオン・原子・分子へ移行する際に、自然界にない機能や性質を備えた物質・エネルギー・光を発生するものであると把握するものである。これにより、電離気体科学・レーザー科学研究の目標は一個一個の励起原子・分子、原子、ラジカル、イオン等を目的に合うよう構築することである、と言うことができる。電離気体実験施設の目的は、上記の視点に立って電離気体およびレーザーの共同研究を、系統的・総合的に実施することにより、電離気体とレーザーの統一した新しい学問体系を構築することである。

第 2 節　設立の経緯

九州大学大学院総合理工学研究科のプラズマ研究グループと工学部電気工学科のレーザー研究グループは、1978（昭和 53）年以来 10 年余りにわたっ

て共同研究を行い、その結果「レーザー応用プラズマ計測」という新分野を開拓してきた。この新分野の研究をより強力に推進するために特別設備「レーザー応用プラズマ計測装置」を要求し、これが認められて同特別設備は 1987 年度～1989（平成元）年度の 3 か年計画で整備された。また、その設備を収容する建物として「レーザー応用プラズマ計測実験棟」が 1988（昭和 63）年 3 月に筑紫地区に竣工した。

ところで、このようにして設置された設備は、理工学はもちろん、医・歯・薬・農学や生命科学等のきわめて広範な分野の研究とも関連しており、学術的研究を推進するには全学共同利用とするのが適当である、との議論が高まった。その実現へ向けての活動の結果、1989 年より予算施設としての施策がなされ、電離気体・レーザーに関する研究を行うための学内共同利用の施設として「九州大学電離気体実験施設」が設置された。

1989 年度には、大学院総合理工学研究科内の施設としてスタートしたが、1990 年 3 月の評議会で学内共同利用の施設として認められ、1990 年度よりその運用が開始された。施設の運営は、九州大学電離気体実験施設規則（資料編Ⅱ－642、pp.1139-1140）に則って行われることとなった。

第 3 節　運営方法

施設の運営は「九州大学電離気体実験施設規則」に則って行われた。すなわち、全学から選出された施設運営委員による運営委員会が最高の意思決定機関となり、そこで決められた「施設運営細則」および「防災安全心得」等の運用規則を適用しながら共同利用・講習会・その他の活動が行われた。

第 2 章　共同利用装置

電離気体実験施設に 1998（平成 10）年度の段階で設置されていた装置の性能を、Ⅰ群（レーザー装置）・Ⅱ群（光分析装置）・Ⅲ群（検出器）・Ⅳ群（工作機械その他）に大別して示す。

第 1 節　Ⅰ群（レーザー装置）

X 線予備電離高出力エキシマレーザー（model XE-1）

発振波長：308 nm（XeCl）、249 nm（KrF）、出力最大：8J / パルス（XeCl）、
パルス幅：80 ns、繰り返し：0.1 Hz

ピコ秒色素レーザー（ラムダフィジック社製 PSL 4000）

出力：20 mJ（エキシマレーザーを増幅器として使用した場合）、
パルス幅：30 ps FWHM、繰り返し：最大 25 Hz

ArF エキシマレーザー（ラムダフィジック社製 EMG 150 MSC）

出力：150 mJ、パルス幅：20ns、繰り返し：80 Hz

エキシマ励起色素レーザー（ラムダフィジック社製 FL 3002E）

発振波長範囲：332～970nm、平均出力パワー：最大 10W、
第二高調波発生：217～348nm

XeCl エキシマレーザー（ラムダフィジック社製 EMG 203 LMSC）

出力：400 mJ（1 Hz 動作時）、繰り返し：200 Hz、
平均出力パワー：70 W（XeCl、200 Hz 動作時）

高速周波数掃引レーザー（model RAFS-5）

発生波長：590 nm～610 Nm、発振時間幅：3 μs ～ 6 μs、
掃引域：100 pm～10 nm、繰り返し：最大 1 Hz、

スペクトル分解能：最大 2 pm、発振出力：100mJ 以上（非同期時）

リング色素レーザー（コヒーレント社製 699-05）

出力（連続発振）：0.5 W 以上、発振スペクトル幅：2 GHz、
スキャン幅：30 GHz

アルゴンイオンレーザー（スペクトラフィジック社製 BeamLock 2080-20S）

出力（連続発振）：マルチライン 20 W 以上、514.5 nm 9W 以上、
488.0 nm 7 W 以上、ビーム広がり：0.45 mrad 以下

ルビーレーザー（アポロレーザー社製 26100）

発振波長：694.3 nm、パルス幅：30 ns FWHM、出力：10 J、
ビーム径：20 mm 程度、ビーム広がり：0.3 mrad、繰り返し：2 ppm

アレキサンドライトレーザー（ライトエイジ社製 101 PAL）

発振波長域：720～800 nm、波長同調：複屈折フィルターによる、
出力：ノーマル発振時：1 J 以上、Q スイッチ動作時： 0.5 J 以上(マルチモード)、0.2 J 以上（TEM00 モード)、パルス幅：100 ns FWHM（Q スイッチ動作時)、繰り返し：20 Hz

ナノ秒 YAG レーザー（カンテル社製）

YAG レーザー（カンテル社製 YG 682）

基本波：1064 nm 出力 1.4 J、第二高調波：532 nm 出力 0.6 J、出力パルス幅：10 ns、繰り返し：10 Hz、ビーム広がり：0.6 mrad 以下

YAG レーザー励起色素レーザー（コンテニュアム社製 ND 60）

発振波長範囲：420 ～ 740 nm、
出力：220 mJ / 10 Hz（ローダミング 6G)、パルス幅：6 ns

ピコ秒 YAG レーザー（コンテニュアム社製）

基本波 : 1.064 nm 出力 0.6 J 以上、第二高調波 : 532 nm 出力 0.3 J、出力パルス幅 : 300 ps、繰り返し : 10 Hz、ビーム広がり : 0.5 mrad 以下

大出力パルス赤外レーザー（ルモニクス社製）

ドライバーレーザー（ルモニクス社製 TEA-101-2 型 CO2 レーザー）

発振波長：9.4, 10.6 μm 帯でスペクトル線選択可能（グレーティングによる）、出力：4 J 以上（単一横モード時で出力パワー 100 kW 以上）、ビーム径：30 mm、ビーム広がり：2.1 mrad、繰り返し：0.5 Hz

出力段レーザー（ルモニクス社製 TEA-601 型 CO2 レーザー）

発振波長：ドライバーレーザーの発振波長を増幅、単体では 10P(20)（10.6 μm）、共振器：不安定共振器、出力：45 J（ピークパワー 300 kW 以上）、ビーム径：90×115 mm 円環状、ビーム広がり：0.12 mrad、繰り返し：0.1 Hz

サブミリレーザー（アポロレーザー社製 122）

波長可変範囲：40 μm ～ 1200 μm、出力：100 mW 以上（波長 118 mm において）

CW 炭酸ガスレーザー（アポロレーザー社製 570）

波長：9.2 μm～10.9 μm の範囲で選択可能、出力：50 W 以上（波長 10.6 μm において）、　モード：TEM00

大出力炭酸ガスレーザー装置（ロシア総合物理学研究所製 TC 300）

出力エネルギー：300 J ピークパワー 2 GW（不安定共振器使用）、繰り返し：1 ppm、ビームサイズ：150 mm×150 mm （穴 75 mm×75 mm）

ArF エキシマレーザー装置（ラムダフィジックス社製 LPX 350 ST）

出力：400 mJ、繰り返し：10 Hz、バンド：3 pm

パルス色素レーザー装置

エキシマレーザー（ラムダフィジックス社製 LEXTRA 200）

出力：XeCl 400 mJ、繰り返し：30 Hz、ビーム形状：5-12 mm×23 mm、

色素レーザー（ラムダフィジックス社製 LPD 300 Z CES）

出力：65 mJ / 30 Hz（クマリン 120）、バンド幅：< 0.04 cm-1、ビーム形状：2.5 mm φ

半導体レーザー励起固体レーザー

（スペクトラフィジックス社製 TFR-523QS-10）

パルス出力：250 mJ / 523 nm、繰り返し：1-10 kHz、

半導体レーザー励起固体グリーンレーザー

（スペクトラフィジックス社製モデル Millennia）

出力：> 5 W (532nm/CW)、発振波長：532 nm、空間モード：TEM00、ビーム径：< 2 mm、ビーム拡がり角：< 0.5 mrad（全角）、偏光：> 100：1 ， 垂直出力安定性：± 1 %、ビーム位置安定性：< 5 mrad、ノイズ：< 0.1 % rms

モードロックチタンサファイアレーザー

（スペクトラフィジックス社製 Tsunami モデル 3960）

平均出力（5 W TEM00 Millennia ポンプ）：750mW (790 nm)

ピーク出力（5 W TEM00 Millennia ポンプ）：> 114 kW (790 nm)

パルス幅：< 80 fs (790 nm)

チューニング域（5 W TEM00 Millennia ポンプ）：720-850 nm

繰り返し：82 MHz、ノイズ：< 2 %、安定性：< 5 %、

空間モード：TEM00、ビーム径：< 2 mm、

ビーム拡がり：< 0.6 mrad、偏光：> 500:1 垂直

kHz アンプシステム（スペクトラフィジックス社製 モデル Spitfire, 以下のモデル Merlin で励起）

出力：1.0 mJ (1 kHz), 0.5 mJ (3 kHz), 0.3 mJ (5 kHz), 0.01 mJ (50 kHz)、パルス幅：< 130 fsec または < 2 psec、

エネルギー安定性：< 3 %, < 5 % (50 kHz)、波長範囲：750-900 nm、

ビーム径：7 mm, 5 mm (50 kHz)、ビーム拡がり角：< 1.5×回折限界、

トランスフォームリミット：< 1.5×トランスフォームリミット、

消光比：> 500:1 (50 kHz)、偏光：直線偏光（水平）

Q スイッチ Nd:YLF レーザー（スペクトラフィジックス社製 モデル Merlin）

出力：10.0 mJ (1 kHz), 5.0 mJ (3 kHz), 3.0 mJ (5 kHz), 0.25 mJ (50 kHz)、エネルギー安定性：< 2 % (1 kHz), < 3 % (3 kHz), < 3 % (5 kHz),< 4 % (50 kHz)、パルス幅：350 nsec、出力波長：527 nm、ビーム径：6 mm、ビームプロファイル：マルチモード、偏光：直線偏光（水平）

Q スイッチ Nd:YAG レーザー

（スペクトラフィジックス社製 モデル GCR-170）

出力エネルギー 10 Hz 動作時：450 mJ (1064 nm), 200mJ (532 nm)、
パルス幅：8-9 ns (1064 nm), 6-7 ns (532 nm)、
ビーム拡がり：< 0.5 mrad、ポインティングスタビリティ：< 100 mrad、
タイミングジッター：< 0.5 ns、ビーム径：< 10 mm

第 2 節　Ⅱ群（光分析装置）

カセグレン式真空紫外集光システム

カセグレン式真空紫外集光器

対物鏡：直径 0.3 m，曲率半径 -1.2 m，アルミニウムコート、
接眼鏡：直径 0.1 m，曲率半径 0.8 m，アルミニウムコート、
観測窓：有効径 60 mm，材質　フッ化マグネシウム

真空排気装置

形式：ターボ分子ポンプ、排気速度：550 l /s

真空紫外分光器

光学系：クロスタイプツェルニターナ型、焦点距離：300 mm、
グレーティング：1200 本 / mm、波長範囲：105 nm～1 μm、

分解能：0.06 nm

可視分光器

焦点距離：500 mm、口径比：F=7 以上、分解能：0.02 nm 以下、

波長範囲：200～1400 nm 程度

多チャンネル受光システム

分光器（ダブルモノクロメータ）

迷光リジェクション：10-12 以上、焦点距離：600 mm、

グレーティング：1800 本/mm（ブレーズ波長～500 nm)、

ディテクターヘッド

波長範囲：200～800 nm、エレメント数と寸法：1000 以上，25 mm ×2.5 mm、最小ゲート幅：5 ns、分解能：4～5 チャンネルで FWHM 以下、内部ゲイン：3000 以上（@ 525 nm）

データ処理用パソコン（PC 9801）　一式

パルスジェネレーター　2 台

ファブリペロー式分光器

エタロン板面精度：λ/ 100 以上、波長範囲：200 nm～700 nm、

有効径：φ 30 mm

第 3 節　Ⅲ群（検出器）

レーザー光及び蛍光検出器

バイプラナ光電管	波長範囲 185～650 nm
真空紫外～紫外光電子増倍管	波長範囲 115～320 nm
紫外～可視光電子増倍管	波長範囲 300～900 nm

テンポラルディスパーサー（浜松フォトニクス製）

分光感度域　200～850 nm

時間分解能　　10 ps

画像処理　　CCD カメラの出力をリアルタイムで処理解析、フレームレート 1 Hz

赤外光検出器（ニューイングランドリサーチセンター社製）

感度波長　　9μm～12μm（ピーク 10.6μm）

周波数応答　　100 MHz 以上

チャンネル数　4

第 4 節　Ⅳ群（工作機械　その他）

真空蒸着装置（島津製 G-400 G 型）

ベルジャ寸：φ400 mm × 高さ 500 mm、資料の回転機構を有する

工作機械

旋盤 7 インチチャック, 主動力 2.2 kW、立フライス盤:作業面寸法　幅 250 mm, 長さ 1 m, 主動力 2.2 kW、ボール盤 : 作業面寸法　280mm ×280 mm, 主軸移動量 125 mm、足踏み切断機 : 加工板厚 1.6 mm, 加工長さ 1250 mm、万能折り曲げ機:折り曲げ寸法 1.6 mm, 幅 1 m、高速精密切断機 : 適用　ガラス, 石英管, 切断能力 φ45 mm、ベンチ丸のこ : 刃直径 255 mm, 作業面寸法 900 mm × 1500 mm、両刀グラインダー : 砥石径 205 mm、のこ盤 : 切断可能径 175 mm

第 3 章　学内共同利用施設としての活動

第 1 節　設立から 10 年間の研究成果

電離気体実験施設設立からの 10 年間に行ってきた共同研究の成果の題目と概要を A～E の 5 つに分類して示す。

（1）A. 機能性薄膜作成とプロセシングプラズマ

A1. 電子サイクロトロン共鳴（ECR）放電プラズマにおける粒子挙動の研究
A2. 高周波誘導プラズマ（ICP）における粒子挙動の研究
A3. 磁気中性線放電（NDL）プラズマにおける粒子挙動の研究
A4. レーザー誘起蛍光法を用いた放電プラズマ中の電界計測
A5. 四波混合法（DFWM）の放電プラズマ中電界測定への適用
A6. 二光子励起レーザー蛍光法によるシランプラズマ中の水素原子計測
A7. レーザーアブレーションプルーム中の粒子挙動の研究
A8. レーザーアブレーション法によるカーボン薄膜の作成

（研究成果概要）

A1 は半導体プロセスに用いられる ECR 放電プラズマ中の各種粒子の挙動を、レーザー計測法を用いて解明してきたものである。レーザートムソン散乱法のプロセシングプラズマへの初めての適用も、この研究においてなされた。同法により、曖昧さなく電子の密度と速度分布関数が測定できるようになった。また、併せてレーザー励起蛍光法を用いてのイオンの速度分布関数測定やレーリー散乱法を用いての中性粒子挙動の測定を行い、磁力線構造と

生成されるプラズマの特性の関係などを明らかにした。A2 も同様に半導体プロセス用のプラズマの研究である。この放電プラズマでは特に、電子速度分布関数についての詳しい測定を行い、電子間の衝突時間に比べて加熱時間が短い時に電子速度分布関数はマックスウェル分布から外れることを示した。A3 の磁気中性線放電は、低気圧のガス中に磁気強度ゼロのループ（NL）を作り、そこに高周波磁界を印可してプラズマを発生させるという新しい方式のプロセシングプラズマであり、レーザー計測を駆使した本研究のより NL 周りでの電子の曲折運動が同プラズマの生成に本質的な役割を果たしていることを明らかにした。A4 は、低気圧放電プラズマ内の電界をシュタルク効果を利用したレーザー誘起蛍光法により計測する方法の開発と、それを用いての放電構造の研究である。ヘリウムガス中での陰極シース部での電界分布を明らかにすると共に、アルゴンガス中の放電へも同法を適用可能とした。A5 は同じく電界分布測定法の開発であるが、特にレーザー励起蛍光法の代わりに四波混合法を用いて信号光をコヒーレントにしたものである。この方法は、背景光強度が強い場合に有効である。実験により原理検証を行い、電磁測定に有用であることを示した。A6 は、アモルファスシリコン膜の堆積過程で重要な役割を果たす水素原子の挙動を計測することを目的とした研究である。水素原子のライマン系列をレーザーで 2 光子的に励起し、蛍光信号の測定から水素原子密度を求める方法を開発した。特に光子のエネルギーが高いと、シランガスプラズマ中で発生した分子やラジカルを光解離して新たな水素原子を発生させ、正しい水素原子密度が測定できない問題があった。本研究では、ライマンアルファ遷移をまず 2 光子で励起し、それに続けてバルマーアルファ遷移も励起し、バルマーアルファのレーザー蛍光を測定するという方法を用いることで、シランプラズマ中の水素原子密度を初めて測定することに成功した。A7 では、高温超伝導体薄膜やシリコン微粒子分散薄膜に用いられるレーザーアブレーション過程に関する研究である。プローブレーザービームをシート状にして、レーザー誘起蛍光や微粒子からの散乱光

を 2 次元的に計測可能とし、それぞれの薄膜堆積過程で重要な粒子挙動の挙動を明かとした。A8 はレーザーアブレーション法により低基板温度でダイアモンド薄膜を作製する技術開発の研究である。レーザー波長と基板温度をパラメータとして、アモルファス膜とダイヤモンドライクな膜が生成される領域を明らかとし、レーザー波長と基板温度によりそれらの構造変化が生じる機構を議論した。

（2）B. 光科学

B1.　大口径 X 線予備電離 XeCl エキシマレーザー
B2.　非線形周波数変換による高出力極端紫外線光源の開発
B3.　可変波長固体レーザーの開発
B4.　導波型色素レーザーによる超短パルス発生
B5.　多色・超短パルス光発生とその応用
B6.　エキシマレーザー内の放電過程に関する研究
B7.　電界計算の放電励起レーザー電極形状開発への応用
B8.　新レーザーホストとしての希土類イオン含有タンタルガレートガラス
B9.　ピコ秒 YAG レーザーを用いた芳香族分子での SHG 発生と多光子イオン化
B10. ポリアリーレンビニレン薄膜の三次非線形光学効果
B11. 光誘起プロトン移動と正負イオン再結合によるエキシマーの生成
B12. 大ドットプラズマディスプレイパネルの開発
B13. 照明用高輝度放電プラズマのレーザー計測による研究

（研究成果概要）

B1 は大口径の XeCl エキシマレーザーで大出力を得ようとするもので、約 3J/pulse の出力が最大値として得られた。B2 は、共鳴四波混合により波長

可変コヒーレント光源を極端紫外線で得ようとするもので、水素ガスジェットを非線形媒質、ArF エキシマレーザーと色素レーザーを基本波光源として波長 66nm までの波長可変 XUV 光発生が得られた。B3 は Ti サファイアレーザーをベースとして、広い波長域で可変波長光源を開発する研究である。高調波発生と誘導ラマン散乱を組み合わせることで、202～3180nm の波長範囲を連続的にカバーすることに成功している。B4 は可変波長レーザーを 1 枚のチップに収めた集積型可変波長レーザーの開発研究である。導波型色素レーザーにより、43ps のシングルパルス取り出しに成功している。さらに、1ps までのパルス圧縮を検討している。B5 は四波ラマン混合により、多色光を発生させ、超短パルス光を得ようとするものである。これまでに、1fs の超短パルス発生に十分な周波数領域で、40 本以上の回転ラマン光を発生させている。B6 ではエキシマレーザーの特性改善のため、同レーザー内の放電過程をレーザートムソン散乱法による計測と計算機シミュレーションにより調べた。さらに、ArF エキシマレーザーでは、Xe ガスを微量添加することで予備電離と主放電の均一性が改善され、レーザー出力を大幅に増加できることを示した。B7 では一様電界形成のために最適な電極形状を、電界の数値計算により明らかにした。B8 はレーザー用ガラスに関する研究である。通信で用いられる 1.3μm 帯の利用のために、水をほとんど含まないガラスの調整に成功した。B9 では、短パルスのレーザーを芳香族分子に照射することによる SHG 光の発生から同分子の配向を調べ、また多光子イオン化により高感度分析する方法を開発した。B10 は、三次非線形光学材料として注目されているポリアリーレンビニレン薄膜についての研究であり、高配向で欠陥の少ない薄膜が作製された。B11 では、レーザー色素に関連して重要な有機分子内のプロトン移動をレーザーを用いて調べた。また、希ガス正イオンとハロゲン負イオンを中和再結成させる放電フロー装置を開発し、イオン大結合反応によるエキシマの生成機構について検討した。B12 では、プラズマディスプレイパネルの各素子を大ドット化し、空港や道路標識として用いる

ための大画面 PDP を開発しようとするものである。種々の電極形状、サイズに対して、放電特性と発光特性を明らかにした。B13 では、照明用の高輝度ランプ内の放電プラズマについて、レーザー計測法を開発してその状態を研究した。電子密度測定法として、レーザー干渉法を開発すると共に、各種原子・イオンの温度・密度分布をレーザー誘起蛍光法や分光法により明らかにしてきた。

（3）C. 核融合

C1. ストリークカメラを用いた LIDAR トムソン散乱システムに関する研究
C2. 高温プラズマにおける密度揺動計測と閉じ込めへの影響
C3. 高温プラズマにおける水素原子挙動の研究
C4. 二光子励起レーザー蛍光法による水素原子密度計測法の開発

（研究成果概要）

C1 はヨーロッパ原子力連合 JET 共同研究機構との共同研究として推進したもので、LIDAR トムソン散乱システムの検出器にストリークカメラを適用することを検討した。C2 では、核融合研究のために発生される高温プラズマ内の密度揺動計測法としてレーザーイメージング法やレーザー位相差法を開発し、京大のヘリオトロン E 装置や核融合科学研究所 CHS 装置で密度揺動の測定を実行し、プラズマ閉じ込め性能との関係を議論した。C3 では、水素原子のパルマーアルファ遷移に同調したレーザー誘起蛍光法を用いて京大のヘリオトロン E 装置および核融合科学研究所の CHS 装置でプラズマ内の水素原子密度分布を測定し、プラズマの粒子閉じ込め性能を評価した。C4 では、基底準位の水素原子を直接測定可能な二光子励起レーザー蛍光法を高温プラズマ中の水素原子密度測定法として開発する研究を行うと共に、同法の核融合装置のダイバータ部への適用について提案した。

（4）D. レーザー応用技術

D1. レーザー誘雷の研究
D2. レーザーによる気中放電の基礎過程
D3. 大出力レーザーによる放電誘導距離の長尺化

（研究成果概要）

D1～D3 まですべてレーザー誘雷に関する研究である。4 年目からレーザーによる気中放電の基礎過程とレーザーによる放電誘導の長距離化の 2 本立てで研究を進めた。基礎過程としては、比較的出力の小さい炭酸ガスレーザーを集光して 1 個の火球を発生させて、その中の電子密度・温度、中性粒子密度・温度などを調べた。また、火球の上下に電極を配置して電圧を印加し、主として火球内の中性粒子密度の減少が放電誘導効果をもたらしていることを示した。レーザーによる放電誘導の長距離化に関しては、レーザー出力 460J の炭酸ガスレーザーを用い、ビームを分割するなどの工夫をこらして、最大で 16m の放電誘導に成功した。また、紫外域でのエキシマレーザーの放電ガイド特性や放電誘導に及ぼす直流コロナの影響についても検討した。

（5）E.レーザー計測

E1.　地球温暖化分子計測用差分吸収ライダーの開発
E2.　レーザー塩害観測装置の開発
E3.　RAFS レーザーによる燃焼温度の瞬時計測
E4.　LAAF 分光分析によるナノメートル固体表面分析
E5.　レーリー散乱による中真空域の圧力測定
E6.　レーザーラマン散乱法を用いた放電プラズマ中の分子密度測定
E7.　レーザー光電離分光法によるプラズマ内のヘリウム原子密度測定

E8.　レーザーによる誘電体中空間電荷の測定

E9.　核励起レーザーガス媒質内のコロナ放電発光特性の測定

E10. 磁気光学効果による高磁界計測系の開発

E11. 高感度・顕微・超高速分光法の開発

E12. 量子線計測用分散型高速データの収集・解析システムの開発

（研究成果概要）

E1 は、地球の温室効果に関わる分子を測定するための差分吸収ライダーの開発である。まず、大気中の水分の検出法を開発し、その後二酸化炭素、一酸化炭素､メタンなどの温暖化分子に対象を広げた｡E は高圧送電線の碍子(がいし)に付着した塩分を遠隔より測定する装置の開発である。小型の YAG レーザーからのビームを碍子に照射し､ナトリウムをそれが無くなるまで蒸発させ、そこからの NaD 線の強度から塩分量を測定するものである。E3 は、電離気体実験施設で独自に開発した高速周波数掃引レーザーにより、瞬時に燃焼温度を測定する手法の開発である。火炎中の OH ラジカルの回転スペクトルを瞬時測定することにより燃焼温度の測定が可能であることを示した｡E4 は、レーザーアブレーション原子蛍光（LAAF）分光法を高感度の原子検知法として開発したものである。固体試料の分析に応用して、サブ nm のアブレーションレートでの安定な分析が可能であることを示した。E5 は、中性粒子からのレーザー光のレーリー散乱を中真空域の圧力の絶対値測定に用いようとするものである。真空標準としての可能性を示すと共に、実用真空計としても用い得ることを実証した。E6 では、レーリーラマン散乱法を用いることにより混合ガスの分圧を 1mTorr まで測定できることを示し、実際にメタンガスプラズマ内でのメタン分子の解離による減少と、アセチレン等の反応生成物の測定が可能であることを実証した。E7 はプラズマ内のヘリウム原子密度測定法の提案であり、励起ヘリウム原子をレーザー光で電離し、発光の減少の測定値と衝突放射モデルによる解析からヘリウム原子密度の絶対値

を得ようとするものである。核融合装置のダイバータ部での測定に有効である。E8 では、高電圧送電ケーブルの絶縁破壊に関与する層状絶縁体界面での空間電荷の分布を測定するため、レーザー誘起圧力パルス法を開発した。それによる測定結果をもとに、種々の絶縁材料界面での電荷の蓄積をモデル化した。E9 は核励起レーザーの補助的なポンピングにコロナ放電を利用しようとするもので、コロナ放電特性を分光測定により調べた。E10 では発電機などの磁界を利用した電気機器で発生する磁束スポットなどの測定法として、非接触のレーザー計測法を開発した。結晶材料による磁気光学効果によるレーザー計測の偏光の変化から磁界強度を計るもので、この目的に適した材料の合成方法も併せて開発した。E11 は、光が物質内を通過するとき熱レンズ効果により屈折率が変化することを利用して、試料の超高感度・超微量分析を行おうとするもので、フェムト秒レーザーを光源とした分光計測法の開発を行った。E12 は、量子線（放射線・光量子ビームの総称）の高度計測技術確立のために高速データ収集・解析システムの開発を行った。

第 2 節　11 年目以降の活動

電離気体実験施設の特徴は、様々な最新のレーザー設備を備えて、それを学内の共同利用に供することにあった。しかしながら、一般にレーザー装置の寿命は十数年であり、施設設立後の 11 年目以降は、当初設置されたレーザー設備は次々寿命を迎え、もはや共同利用のサービス継続は困難となった。そのため、11 年目以降の共同利用は、施設の建物を利用したものとなり、また、利用者も主に大学院総合理工学研究院の所属研究者に限られるようになった。そのような背景から、2013（平成 25）年度をもって当施設は廃止されることになった。

11 年目から廃止されるまでの間は、前述のように、主に総合理工学研究院

内の教員が当施設の建物を利用し、各教員の所持するレーザー装置やプラズマ設備を持ち込んで、レーザーと電離気体（プラズマ）の研究を進めてきた。10 年目までは、核融合研究が半分くらいを占めていたが、11 年目以降は、産業応用プラズマの研究が主となり、産学連携による共同研究の場として活動した。電離気体実験施設の 10 年間の活動の蓄積として、産業応用プラズマの計測には、特に実績を挙げてきた。YAG レーザーは、各種レーザーの中でもメンテナンスが比較的楽で、寿命も長い。そのため、YAG レーザーを光源として、プラズマの最も基本的なパラメータである電子密度と電子温度の測定が可能なトムソン散乱計測システムが、産業応用プラズマ計測用に発展させられ、今日では、世界でもトップ性能を誇る計測システムを完成させている。特に、次世代のリソグラフィーのための極端紫外線源となるプラズマの電子密度・電子温度、およびイオン価数の分布を計測できるのは、現時点でこのトムソン散乱計測システムが世界で唯一である。また、電離気体実験施設の建物は、現在、総合理工学研究院の I（アイ）棟として運営されているが、電離気体実験施設の時代から 1 階にある工作機械は、総合理工学研究院の共通の工作室の設備として、研究教育に活用されている。