

## ■会議報告

# 加速器をベースとした赤外顕微鏡と分光の国際ワークショップ (WIRMS2005) 報告

木村真一 (自然科学研究機構分子科学研究所極短紫外光研究施設)

2005年6月26日から30日までの5日間、ドイツ・ドレスデン郊外の観光地である“ザクセンスイス”の町 Rathen で加速器をベースとした赤外顕微鏡と分光の国際ワークショップ (International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources) が開催された。このワークショップは2年に1度ずつ開催され、今回は3回目である。これまで2回のワークショップは、第1回がフランスの地中海沿岸の Porquerolles 島、第2回がアメリカ合衆国カルフォルニアの Lake Tahoe で開催されており、リゾート地で開催するのが慣わしになっている。このワークショップの中心の課題は、「赤外」、「加速器」をキーワードとして、赤外放射光・赤外 FEL・テラヘルツコヒーレント放射光の、発生 (光源開発)・加工 (ビームライン建設)・利用である。今回は、ドイツの3つの赤外ビームラインを有する施設 (ELBE, ANKA, BESSY) による共同開催という形をとった。参加者数は115名で日本人は3名であった (写真1)。なお、このワークショップのアブストラクトは、ホームページ (<http://www.wirms2005.de/>) で見ることができる。

ワークショップ初日 (6月26日) の Welcome party に引き続き、2日目 (6月27日) の冒頭に3つの施設からの3人のチェアによる挨拶があり、その後セッションがスタートした。まずは、赤外 FEL の最近の研究例として、FELIX を使った3つの研究である原子分子分光、四波混合、赤外 FEL 励起によるテラヘルツ光発生がそれぞれ G. von Helden 氏, J.-P. R. Wells 氏, H.-W. Hubers 氏によって議論された。ドイツでの赤外 FEL 利用研究が進んでいることが実感された。

次に顕微赤外分光とイメージングについての議論が展開された。赤外イメージングは、赤外放射光利用の中心であり、本ワークショップの主題でもある。岩石中の液体の解析 (N. Guilhaumou 氏, 使用施設: Super-ACO), 高圧・高磁場・低温の多重極限下での電子状態 (S. Kimura, SPring-8), 細胞核の赤外分光 (M. Diem 氏, NSLS), 雲母の O-H 伸縮振動領域の空間イメージング (M. Piccini 氏, DA (NE)), バクテリアの酸素分圧の実時間イメージング (H. Y. Holman 氏, ALS), 藻類の栄養状態のイメージング (C. Hirschmugl 氏, SRS), 単一細胞の抗悪性医薬品の効果 (B. Wood 氏, BESSY-II), 藻類細胞の生体内イメージング (P. Heraud 氏, BESSY-II), FEL



写真 WIRMS2005参加者の集合写真 (BESSY の Schade 博士のご好意による)

を用いたテラヘルツ反射イメージング (G. P. Gallerano 氏, ENEA FEL), 金属ナノワイヤーの赤外イメージング (G. Fahsold 氏, ANKA) の報告があった。どの研究も赤外放射光の高輝度性を使うことではじめて実現可能になった研究であり、赤外放射光の有用性を強調していた。

また、赤外放射光の周辺の状況として、O. Chubar 氏により新たに彼が開発した Wave front 解析法と通常用いられている光線追跡法との比較が報告され、第3世代・第4世代の回折限界に迫る放射光では、回折効果を取り入れた Wave front 解析法が適していることを強調した。その後、D. Simanovski 氏によるコヒーレントアンチストークスラマン散乱による生体物質のイメージング、G. Zachmann 氏による Bruker 社の赤外イメージング装置の紹介があった。

夕食後、ポスターセッションが行われ、主に新規赤外ビームラインの立ち上げ状況と構想などが紹介された。報告された赤外ビームラインまたは赤外 FEL は以下のとおりである。Metrology Light Source (ドイツ), SLS (スイス), Max-Lab (スウェーデン), DELTA (ドイツ), ENEA THz FEL (イタリア), ELBE (ドイツ), UV-SOR-II (日本), CLS (カナダ), ESRF (フランス), SOLEIL (フランス), ALS (アメリカ), ANKA (ドイツ), KAERI (韓国), NSLS (アメリカ), BESSY (ドイツ), FELIX (ドイツ), DESY (ドイツ)。全部で47件のポスター発表があり、終了時間の夜10時を越えても会場は熱気あふれる議論が続いていた。

3日目(6月28日)は、赤外放射光を使った新しい分光法が中心課題であった。まずは、赤外放射光の直線偏光特性と高輝度性を使った ellipsometry について、高温超電導体 (C. Bernhard 氏, ANKA), 低次元物質 (M. Schubert 氏, ANKA) の結果が報告された。赤外・テラヘルツ領域のエリプソメトリーは光学定数、特にキャリアの性質が反映する光学伝導度をクラマースクローニヒ変換なしで直接観測できる手法として極めて有効である。赤外放射光を使って、今後ますます発展することが期待される。また、テラヘルツ・サブテラヘルツ領域の高強度性を使った高温超電導体の超伝導ギャップの観測 (P. Calvani 氏, BESSY-II), ペロブスカイトマンガン酸化物の遠赤外スペクトルの圧力効果 (A. Sacchetti 氏, DAΦNE), フーリエ変換 ESR による磁気励起の観測 (S. de Brion 氏, NSLS) が報告された。

休憩をはさんで、近接場顕微分光とイメージングが議論された。まずは、近接場分光の一般的な話として散乱型の赤外近接場分光 (T. Taubner 氏), 赤外 FEL (CLIO) を使った例 (A. Dazzi 氏), backward-wave oscillator を使った例 (B. Gompf 氏), BESSY-II を使ったテラヘルツ近接場分光 (G. Staats 氏) などが紹介された。赤外放射光は近接場分光とのマッチングはよいと考えられるため、今後発展していく分野であると考えられる。

昼食後はコヒーレント放射光 (CSR) の光源開発に関するセッションであった。まず、現在この分野の先頭を走っている Jefferson Lab. の G. Williams が、J-Lab. ERL での CSR の現状について講演した。彼らの CSR の強度は  $10 \text{ W/cm}^{-1}$  達成しており、通常の放射光やパルスレーザーを使ったテラヘルツ光源に比べて6桁以上高く、今後顕微分光、近接場顕微鏡等の応用への利用を考えている等の説明があった。MIT の F. Wang は MIT-Bates の SHR で CSR を観測した結果を示した。また、BESSY の K. Holdack はフェムト秒赤外パルスの観測結果を示し、ALS の M. C. Martin はレーザーสライスによる CSR の観測に成功したことを報告した。このように大強度 CSR の発生は将来性を感じさせるが、利用研究に重要な光源の安定性に関してはまだ開発の余地があるという実感を持った。この分野は up-to-date であり、国内でも UVSOR-II と New-SUBARU で CSR を観測したという報告が2005年1月の放射光学会年会・合同シンポの企画講演で報告されている。我々利用側としては、このような強い光が安定に利用できる日が来ることを望んでいる。

夕方から、蒸気船を使ってエルベ川をチェコ国境に向かってエクスカッションがあった。チェコとの国境ぎりぎりまで折り返し、ケーニッヒスタイン城でパンケットが行われた。ドイツザクセン州の伝統料理と衛兵に身をまもった漫才が行われ、大いに盛り上がった。

4日目(6月29日)は、赤外放射光の利用研究が主に議論された。まず NSLS の L. Carr 氏によりライナックからの CSR を使った超伝導ギャップの観測が報告され、その後、四元半導体の遠赤外フォノンスペクトル (E. Sheregii 氏, DA (NE)), 金属の表面プラズモン吸収 (G. Zhizhin 氏, KAERI), 生化学反応のモニタリング (N. Kaun 氏, BESSY-II), 低次元有機化合物の圧力誘起構造相転移 (S. Frank 氏, ANKA), 有機膜 (PET) の圧力効果 (A. Banerii 氏, super-ACO), 細胞と脂質の赤外顕微分光 (P. Lasch 氏, BESSY-II), ゼオライト MOR 単結晶の遠赤外分光 (Y. Ikemoto 氏, SPring-8), 真核生物細胞の垂細胞の振動分光 (J. Kneipp 氏, NSLS) に関する報告が続いた。

午後は、新規の要素技術開発と施設の報告であった。H. Yamada 氏はフォトンストレージング「みらくる」からの遠赤外線レーザー発振に関する報告、Y.-L. Mathis 氏は、ANKA のエッジ放射の現状とコヒーレントなエッジ放射の観測を報告した。M. Yobin 氏は、どの赤外ビームラインでも問題視されている電子ビームのノイズの影響を Daresbery Lab. を例にして示し、その対策について言及した。P. Roy 氏は SOLEIL に計画中の2つの赤外ビームラインについてその設計と予想される性能を示した。J. M. Ortega 氏は赤外 FEL である CLIO の遠赤外への拡張計画について述べた。

夕方から、ドレスデン郊外の Forschungszentrum Rossendorf 内の電子線 Linac 施設 ELBE へ会場からバスで約1時間かけて行き見学した。ELBE では、原子核研究や放射線研究に加えて赤外 FEL を使った物性研究も行われている。最近、ELBE の隣に強磁場施設が建設され、赤外 FEL をその施設に導き強磁場と組み合わせた研究をスタートさせるとのことであった。

最終日(6月30日)は、片道2時間かけてバスでベルリンまで移動して BESSY-II の見学があり、その後、現地解散となった。

このワークショップは、赤外を中心に、X線や真空紫外ではすでに細分化されてしまった加速器からビームライン開発、利用研究までの多岐にわたっており、あたかも放射光黎明期を思わせる内容になっている。このことは、赤外放射光が現在黎明期であることを意味しているかもしれない。実際に CSR は加速器分野ではビームダイナミクスの1つの現象として興味もたれているし、利用側は、赤外放射光を取り出す苦勞を知らない人も多いかもしれない。そういった意味で、赤外をキーワードとして光の発生から利用まですべて網羅した本ワークショップは、この分野に身をおく著者には貴重な体験であった。なお、次回は2007年9月に日本で開催される予定である。