

4. 研究成果の概要（スペースが足りない場合は、別紙を添付してください。）

平成 12 年度に採択された私立大学等研究設備整備費など補助金によって、世界的に定評のある物性データ集 Landolt-Börnstein (Springer-Verlag) のうち、つぎの 7 巻を研究設備（特定図書）として購入した。

- Ferroelectrics and Related Substances Vol.III/16a, 16b, 28a, 28b. 4 巻
- Low Frequency Properties of Dielectric Crystals Vol.III/29a, 29b. 2 巻
- High Frequency Properties of Dielectric Crystals Vol.III/30. 1 巻

これらは、強誘電体、誘電体、液晶、高分子の諸物性（誘電性、焦電性、圧電性、弾性、熱的性質、光学的性質、磁氣的性質、結晶構造、電子物性など）について発表されている膨大なデータから、信頼性の高いものを精選して掲載している。生きた情報がとぼしい本学において、時間的にも経済的にも大いに助けられた。2000-2004 年の 5 年間、これらを日常的に利用しながらつぎの研究成果をあげた。

(1) 強誘電性相転移の秩序形成における反電場の役割の解明（論文[3], [5]）

結晶が強誘電相へ相転移するとき、自発分極が作る反電場がよく効いていると、フラクタルなドメイン構造が形成される。これは強誘電相の対称性が正方晶系より低ければどんな物質でも起こり、ドメイン構造は 5 分割コントロール集合によって表される。私たちが発見したこの秩序形成の起源を掘り下げるために、低温で相転移し、反電場が安定に保持される 2 水素リン酸カリウム (KDP) と 2 水素リン酸セシウム (CDP) の強誘電性相転移を走査電顕観察した。その結果、ドメイン壁エネルギー密度が小さい KDP では、結晶の厚み方向にドメイン構造が分岐して 5 分割コントロール集合から外れることが分かった[3]。一方、CDP では 5 分割コントロール集合の見事な自己相似性が観察された[5]。また、CDP のドメイン壁の方位と分極ゆらぎを考察して、「フラクタルドメインは、秩序形成の初期に反電場の下で異方的な分極ゆらぎから誕生し、静電エネルギー（活性化因子）とドメイン壁エネルギー密度（抑制因子）が繰り返し競合しながら成長する」自己組織化モデルを提唱した。

(2) チタン酸ストロンチウムの構造相転移の秩序形成過程の解明（論文[1], [4], [6], [7]）

代表的なペロブスカイト型誘電体チタン酸ストロンチウム (STO) の物性研究は新しい展開を見せ始めた。例えば、高温超伝導体薄膜の下地結晶として合成された伝導性チタン酸ストロンチウム (La-STO, Nb-STO) は、それら自体が超伝導性を示す。また、酸素を安定同位体 O(18)に置換したチタン酸ストロンチウム (STO18) はゾーン境界相転移に加えて強誘電性相転移を示す。私たちは、La-STO, Nb-STO, STO18 の構造相転移を調べる方法を開発するために、高輝度放射光施設 SPring-8 の白色 X 線トポグラフィービームラインの立ち上げに参加し[1]、そこで、低温白色 X 線トポグラフィーシステムを完成させた[4]。その性能を確かめるため、STO のゾーン境界モード相転移を 4 K-300 K の温度領域で観察し[4]、ドメインの配向コントラストから、秩序変数の 2 乗に比例する自発歪を $\pm 10^{-6}$ 以下の誤差で測定することに成功した[6,7]。

(3) シリカガラスの低温緩和とボゾンピークダイナミクスの起源の解明（論文[2]）

シリカガラスはアモルファスに特有な 2 つのダイナミクスを示す。ひとつは熱活性緩和（緩和周波数は数 10 K で 10 Hz-10 kHz）、もうひとつはボゾンピーク（共鳴周波数は温度変化せず 1 THz）であり、それぞれ個別的に調べられてきた。私たちは、1999 年に誘電分散を低温で精密測定して緩和の誘電関数を得ていた。論文[2]では、その誘電関数から遠赤外吸収スペクトルの周波数依存性を数値計算して求め、スペクトルの温度変化を 4 K-1000 K の広い温度領域にわたって調べた。その結果、低温緩和は 450 K 以上で過減衰共鳴モードに変わり、ガラス転移温度に近い 1000 K 以上でボゾンピークに吸収されることが分かった。これは、固体から液体への変化にともなって、SiO₂ ネットワークの大域的な運動が徐々に SiO₂ の局所的な運動へ変化することを示す。

本研究設備等に関する論文及び特許等（予定の場合は*をつける）

- [1] “Construction of topography stations at SPring-8 and first observations”
Y. Chikaura, S. Iida, S. Kawado, K. Mizuno, S. Kimura, J. Matsui, M. Umeno,
T. Ozaki, T. Shimura, Y. Suzuki, K. Izumi, K. Kawasaki, K. Kajiwara, T. Ishikawa,
J. Phys. D: Appl. Phys. **34** (2001) A158-A162.
- [2] “Far-infrared absorption due to thermally activated relaxation in vitreous silica”
T. Ozaki, H. Iriura, S. Matsumoto, T. Kosugi,
Physica B **316-317** (2002) 545-548.
- [3] “Ferroelectric domain branching in KDP”
T. Ozaki, N. Miyoshi, S. Aoyagi,
Ferroelectrics **269** (2002) 183-188.
- [4] “Low temperature Laue topography of strontium titanate in SPring-8”
T. Ozaki, I. Fujimoto, K. Mizuno, S. Iida, K. Kajiwara, T. Taira, J. Yoshimura,
T. Shimura, Y. Chikaura,
Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **199** (2003) 81-84
- [5] “Formation of order of cesium dihydrogen phosphate in a depolarization field”
T. Ozaki,
Ferroelectrics **290** (2003) 3-13.
- [6] “White beam X-ray topographic measurement of spontaneous strain in strontium titanate”
T. Ozaki, K. Kusunose, H. Sakaue, H. Okamoto, K. Kajiwara, Y. Suzuki, Y. Chikaura,
Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **238** (2005) 255-258.
- [7] “White microbeam X-ray spectro-scattering topography on the domain structure of strontium titanate”
K. Kajiwara, T. Ozaki, H. Sakaue, Y. Taketomi, Y. Chikaura,
Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **238** (2005) 248-250.