

令和元年 10月 15日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201880232

氏名 西山 弘

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先: 都市名 エアランゲン (国名 ドイツ連邦共和国)
2. 研究課題名 (和文) : 無鉛圧電材料のフェロイクスと高負荷電気機械物性に関する先進研究
3. 派遣期間: 平成30年 9月 16日 ~ 令和元年 9月 15日 (365日間)
4. 受入機関名・部局名: エアランゲン大学
5. 派遣先で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

圧電セラミックスはセンサ・アクチュエータ用途で広く用いられており、今後は過酷な温度、電界強度、負荷荷重、等の要求性能が一層厳しくなることが予想される。無鉛化に向けた研究は盛んに行われてきたが、各種候補材料の特性比較は一段落し、今後は実駆動環境を想定した圧電性能評価およびその現象論を調べるのが重要になる。しかしながら、現状では無負荷状態における性能評価例が多く、未だその現象論については不明な点が多い。そのため、「圧電現象が電気-機械物性のカップリングである」という基礎に立ち返り、無負荷状態では考慮しなかったドメインクランピングや結晶相変化といった影響を取り扱う必要がある。この測定を実現するためには、派遣先機関が所有する自作の測定系が必須であり、装置の習熟やカスタマイズ・測定データについて受入先機関の指導教官と議論を重ねた。本派遣ではニオブ系積層無鉛圧電材料を対象に、高温・高電界・高負荷荷重といった複合的な負荷環境における圧電性能を世界で初めて調べた。

(1) 高負荷応力下における非線形機械応答について:

薄層を数十層重ねた積層圧電材料に対し、ディーゼルエンジンのガソリン噴霧部でかかる3倍強となる圧縮応力を印加すると、ひずみが応力に対して非線形に応答する履歴曲線を描き、除荷後も永久ひずみを残す「強弾性」を示した。これは応力印加に伴い材料内部の周期的な結晶構造(ドメイン)がダイナミックに変化していることを示している。これを解析し、機械物性の非可逆変化が始まる点を算出した。

(2) 圧縮応力下における電界誘起ひずみ測定:

圧縮応力下における電界誘起ひずみ量を調べたところ、(1)で調べた非線形応答の開始点でひずみ量が最大を示すことがわかった。このことから、斜方晶系のニオブ系積層無鉛圧電材料ではドメイン構造のクランピングが電界誘起ひずみ量を支配しているという仮説を立てるに至った。

6. 研究成果発表等の見直し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

研究成果発表等の見直し：

(1) でみられた非線形履歴曲線，およびその温度依存性については，派遣期間中の 2019 年 7 月にスイス連邦工科大学ローザンヌ校で開催された国際学会：2019 ISAF-ICE-EMF-IWPM-PFM Joint Conference - $f^2c\pi^2$ にて口頭発表を行った。これは当該研究分野において世界最大規模の国際学会であり，質疑応答やその後の Coffee Break の場で数多くのアドバイスを受けることができた。また，(2) でみられた圧縮応力下における電界誘起ひずみ測定の結果については，2019 年 11 月に筑波で開催される国際学会：19th US-Japan Seminar on dielectric and piezoelectric ceramics ポスター発表を予定している。こちらの学会は特に圧電材料にフォーカスした専門学会であり，今回の測定を通じて得られた「ニオブ系積層無鉛圧電材料においても，圧縮応力下における電界誘起ひずみ量はドメインクランピングが主要因である」という仮説に対して議論を行いたいと考えている。

今後の研究計画の方向性：

本派遣で当初予定していた測定については全て完了しており，現在は上記の学会発表に向け，得られたデータについて考察を深めている。帰国前に派遣先機関の指導教員とミーティングを行い，現在までに得られた測定データの論文投稿について相談したところ，(1)，(2) の測定データのほかに，「(3) 圧縮応力印加中の高エネルギー X 線回折パターンも加えるべきである」というアドバイスを頂いた。これは，「圧縮応力下における電界誘起ひずみ量はドメインクランピングが主要因であり，その時の結晶相変化は副次的な要因である」という主張をする為である。このようにしてハイレベルな研究報告としてまとめるため，派遣先機関の研究者とは逐次連絡を取り，データのやり取りを続ける。以上の解析結果を総合し，学術論文としてまとめる予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本プログラムに申請するに至った動機：

私は学部 4 年から博士前期・後期課程にかけて，同じ研究室に所属してきた。長らく同じ組織に所属することで高度に専門性が深まる反面，否応なしに視野が狭まってゆくことに危機感を覚えていた。そのような考えから，博士前期課程 1 年次に所属大学の国際化推進事業に応募し，ドイツにおける研究留学の機会を得た。このときは 2 か月強と短期間であったが，受入先機関の指導教官と実験結果について綿密にコミュニケーションをとるなかで，今までは思いもよらなかった画期的な実験方法の提案，測定データに対する疑問・仮説が次々に湧き出てきた。その光景が私の中で強く印象に残っており，「もっと腰を据えて研究活動に従事したい」と考えたため，博士後期課程への進学を決め，本プログラムにて一年間の長期研究留学を志すに至った。

1 年間の長期研究留学を経て学んだこと：

前回の滞在では単に "Guest" として迎え入れられていたのに対し，今回の派遣では，"Ph.D candidate" として扱っていただいたことで，非常に学びが多い一年になった。サイエンスをキーワードにして議論を持ち掛けることは，基本的で効果的なコミュニケーションの一つであり，国際学会のような場はこのようにして「やり過ごせる」場合が多い。しかし，毎日顔を合わせるとなるとそうはゆかず，その国で受け入れられる自己表現やユーモアを学ぶ必要が出てきた。特に盲点であったのは，第二・第三言語では，母語でおこなうようなレトリック表現が出来ないが故に，自身が思い描く「自己」を正確に表現することが想像以上に難しい点である。このような，「言語と人格が密接に関わっていること」を身を以て体感した。そのため，研究内容を議論するための英語に留まらず，多読・多聴の習慣を継続することが必須であると思い直している。まだ駆け出しではあるが，海外の研究者と対峙する際は特に，国際的なマインドセットをもつ人格を以て接するよう心掛けたい。このような "ダブルパーソナリティ" を一つの身体に内在させて初めて，「広い視野を持つ」と言える人材なのだということを学んだ。