

超冷中性子を用いた中性子電気双極子モーメントの探索

超冷中性子(UCN: Ultra-Cold Neutron)とは運動エネルギーが  $300\text{neV}$  以下という低エネルギーの中性子で物質表面において全反射する。この特徴により UCN は容器の中に溜め込むことが出来る。KEK UCN グループは UCN を用いて中性子電気双極子モーメント(nEDM)の探索実験を行っている。UCN は陽子ビームをタングステンターゲットに当てたときに起きる核破砕反応で生じた熱中性子を冷却することで生成する。熱中性子は常温の液体重水モデレータ、 $20\text{K}$  の固体重水モデレータの順に冷却され、最後は超流動ヘリウム(HeII)中のフォノン散乱によって運動エネルギーを失い UCN となる。2013 年に完成させた第 2 世代の UCN 源の模式図を図 1 に示す。

UCN グループはこの UCN 源を用いて高密度 UCN を発生し、それを利用することで nEDM の測定を目指している。nEDM の測定は電磁場中に置かれた容器の中に UCN を閉じ込め、その歳差運動をラムゼー共鳴法によって観測することで行われる。図 1、及び図 2 はその装置の概略図及び写真である。

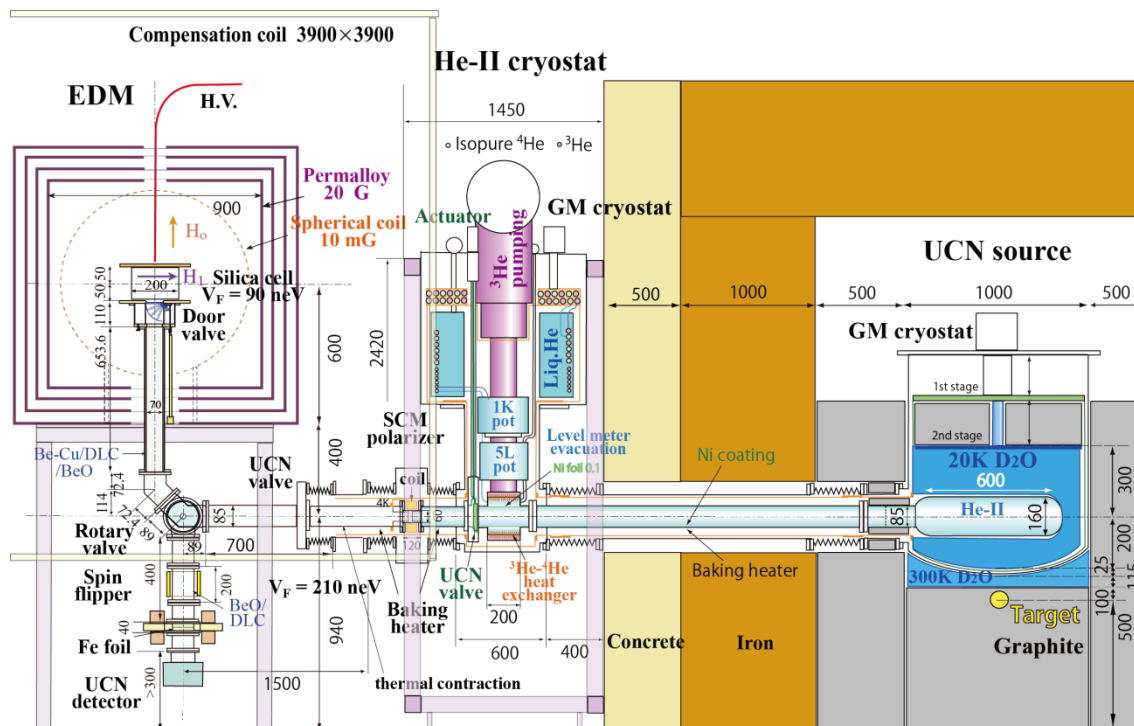


図 1 UCN 源及び nEDM 観測装置の概略図

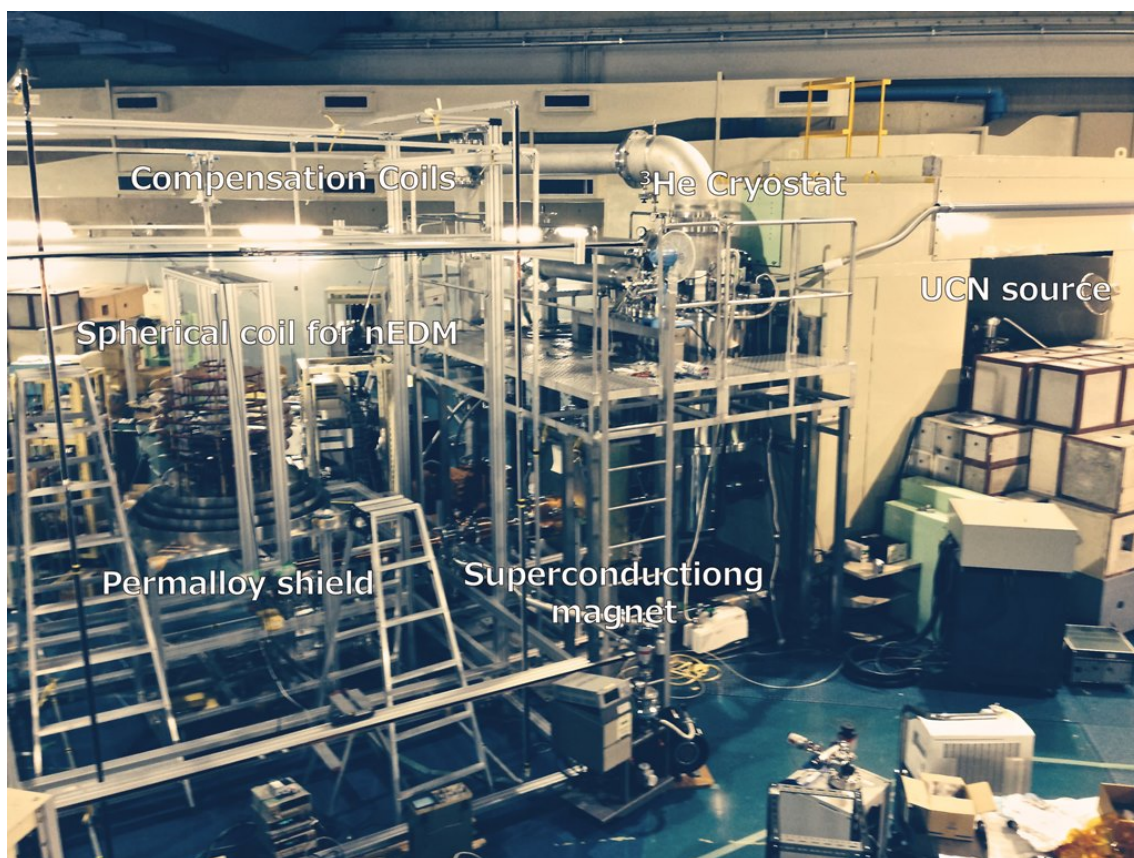


図 2 大阪大学核物理研究センター実験室の様子

2013年に第2世代の新UCN源が完成し、UCN生成を成功させた。2014年5月には新UCN源で2回目のUCN生成試験を行った。試験では発生するUCN密度にふらつきが生じた。得られたデータを詳細に解析し、これは超流動ヘリウム中にある $^3\text{He}$ の不純物が引き起こしていると結論付けた。安定したUCN生成を行うには $^3\text{He}/^4\text{He}$ 存在比が $10^{-11}$ 以下の超高純度ヘリウムを用いる必要があることが分かった。

UCN源はカナダのTRIUMF研究所に移設される。TRIUMF研究所ではこれまでUCN源が設置されていた大阪大学核物理研究センターに比べ50倍の強度の陽子ビームが利用可能である。さらに専用のビームラインが建設されるため、サイクロトロン稼動中は常時ビームを利用可能である。陽子ビームラインの建設は順調に進み、2015年4月までにビームキッカーを除くコンポーネントが設置された。2016年1月から4月までのシャットダウン時にビームキッカーは設置され、陽子ビームラインは完成する予定である。図3はTRIUMF研究所に建設されるUCNビームラインの模式図である。計画では2016年秋にUCN生成のコミッショニングを行う予定である。

このTRIUMF研究所で行われるnEDM探索実験についての Conceptual Design Report

(CDR)が2015年1月に完成した。CDRでは到達する実験感度や実験に必要な要素のR&Dが詳細に議論された。このCDRの内容について2015年2月22日に第2回 External Advisory Committeeによるレビューが開かれ、KEKに日本、カナダの共同実験者が集った。今後の研究計画を発表し、国際的専門家のレビューを受けた。研究グループによる発表は一般に公開された。



図 3 TRIUMFでの実験室レイアウト