

第2世代超冷中性子 (UCN) 源の35L超流動ヘリウム (He-II) の温度を0.6Kまで冷却することに成功した。He-II容器内でスパレーション中性子をUCNに変換し、超伝導マグネットの磁場を用いて、He-II容器外に偏極UCNを取出すことに成功した。

宇宙におけるバリオン非対称はCP非保存と関連している。標準理論はバリオン非対称を説明できず、新物理を必要としている。中性子電気双極子能率 (nEDM) はCP非保存に起因し、様々な理論の検証に用いられてきた。新物理を検証するには、nED測定精度向上が必要となる。nEDM測定のstate of the artはグルノーブルの実験であり、測定精度は統計誤差で決まっている。つまり、測定容器内の超冷中性子 (UCN) の数で決まっている。ILL (仏)、SNS (米)、PSI (スイス)、TUM (独)、Los Alamos (米)、そしてPNPI (露) は、UCN密度を上げるため、次世代超冷中性子 (UCN) 源の建設を行っている。そして、nEDM測定の系統誤差を小さくするため、新しい磁力計の開発を進めている。

我々の目的は、世界的にユニークなUCN源と磁力計を用いて、nEDM測定精度を $10^{-27}$  ecm 以下にすることである。図1にnEDM測定装置を示す。右下の黄色の円はスパレーシ

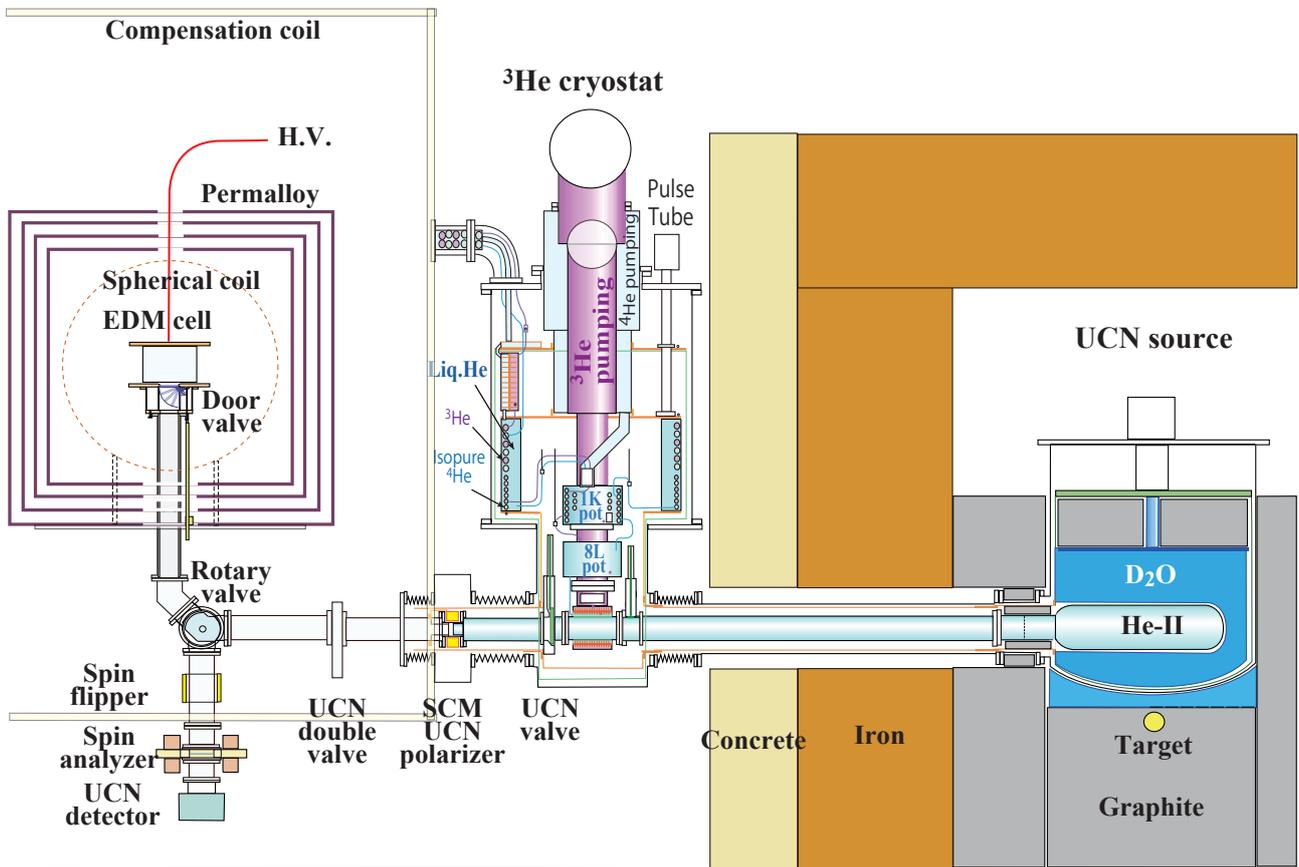


図1 第2世代UCN源による中性子電気双極子能率 (EDM) の測定

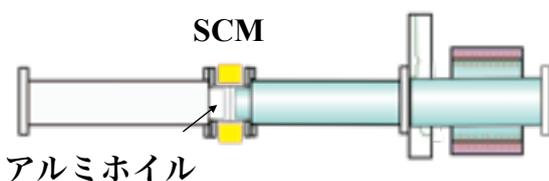


図2 超伝導マグネット部

ン標的で、陽子ビーム照射で発生したMeV領域の中性子は、300Kと10Kの重水中でmeV領域の冷中性子まで減速され、超流動ヘリウム (He-II) のフォノン励起で超冷中性子 (UCN) 領域まで減速される。フォノン励起で発生したUCNは、He-II容器とそこに設置されたUCNバルブで閉ざされた空間に閉じ込められ、陽子ビー

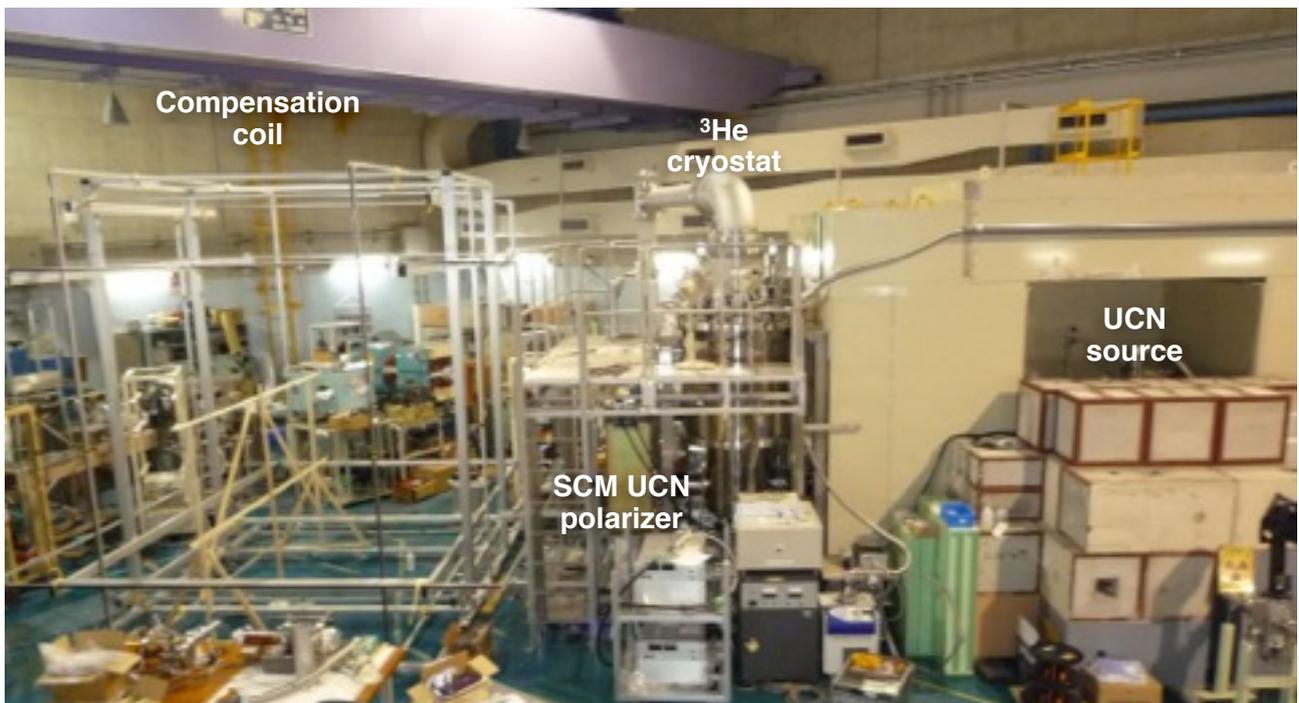


図3 nEDM測定装置の現状

μ照射とともにUCN数が増大していく。～100s後にUCNバルブが開けられ、UCNは超伝導マグネット (SCM) に導かれる。SCMの磁場中での磁気ポテンシャルはHe-II容器のアルミ窓の核ポテンシャルを超えるので、UCNは容器の外に出ることができる。この時、UCNスピンの偏極する。その後、偏極UCNは回転バルブでEDM容器に導かれ、電場と磁場の基で才差運動を行う。才差運動の位相

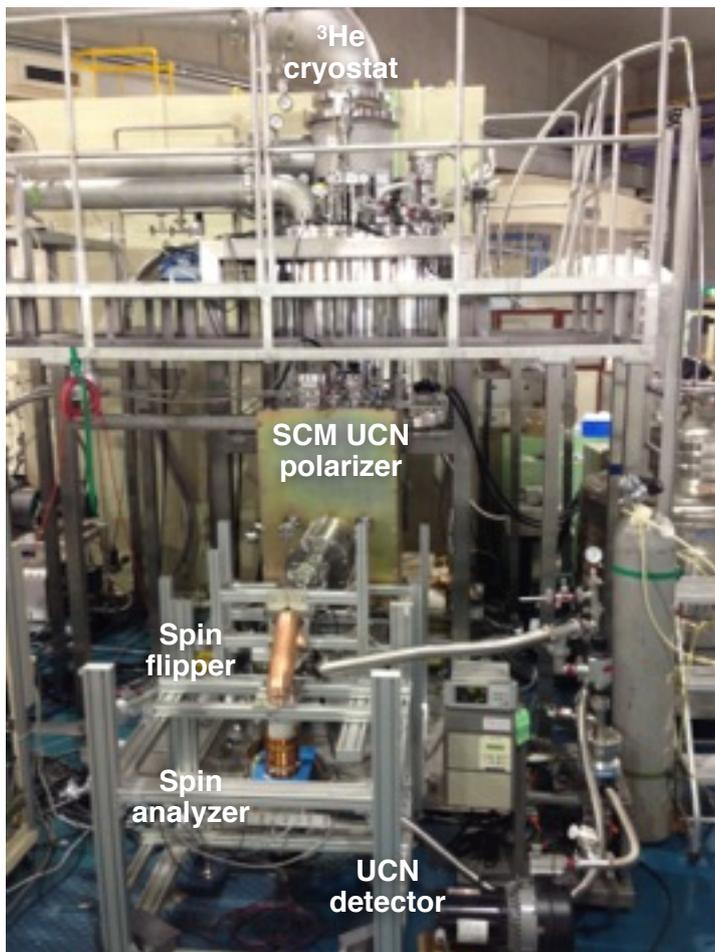


図4 偏極UCN測定装置

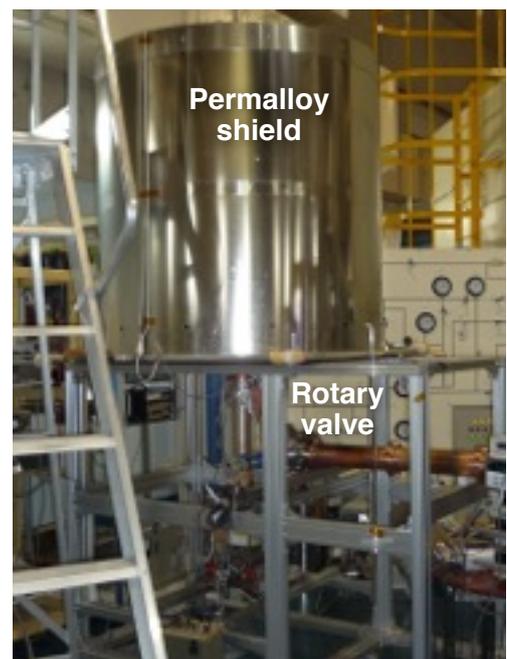


図5 nEDM測定用磁気遮蔽

はラムゼー共鳴で、静磁場に対する射影角に変換された後、回転バルブで導かれ、UCNスピンの射影成分がスピン解析器とUCN検出器で検出される。そして、電場依存項からEDMが求められる。

2013年11月、図3に示すように第2世代UCN源が完成し、UCN生成用の35LのHe-IIの温度を目標の0.8K以下、つまり0.6Kにすることに成功した。図3のUCN偏極装置の下流に、図4に示すようにUCNスピンスリッパ、偏極解析器、そしてUCN検出器を直に接続し、陽子ビーム照射で生成された偏極UCNを計数した。150sの陽子ビーム照射で、偏極UCN数は $1.5 \times 10^5$ となった。UCNスピンの減偏極を抑えるため、UCNガイドには、できるかぎり、完全非磁性ベリリウム銅を用い、ステンレス製ガイド部には偏極保持用磁場を加えた。UCN偏極をスピンスリッパと偏極解析器で測定したところ、70%以上の値が得られた。図1に示すUCNバルブの開閉時間の関数としてUCNを計数し、UCN寿命を求めたところ、20~40sであった。生成されるUCN数は寿命に比例する。設計上の寿命は150sであるので、UCN容器とガイドを改良する必要がある。しかしながら、得られた偏極UCN数はEDM測定を開始する上で十分な値である。

EDM測定では磁場の安定化と一様化が重要である。図3に示す地磁気等外部磁場を相殺するコイルと図5に示す磁気遮蔽を完成させた。磁気遮蔽材はパーマロイであるが、アニールの後、時間が立つと極わずかではあるが、磁性が生じる。磁気遮蔽にコイルを巻き消磁し、遮蔽内の磁場勾配を10nT/mにすることに成功した。この値はGrenobleのEDM測定での値と同じである。相殺コイルの中では、外場の影響は、1/10以下となる。この4月に図5の装置を図3の地磁気相殺コイルの中に設置し、さらに磁場勾配を下げる予定である。そして、この5月にnEDM測定容器を挿入し、EDM測定を開始する予定である。