

マントル地球ニュートリノ直接観測に向けた 海洋底反ニュートリノ検出器の研究開発



TOHOKU UNIVERSITY

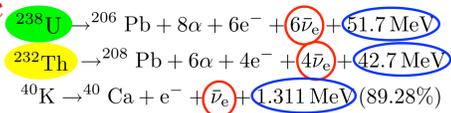
東北大学ニュートリノ科学研究センター 酒井 汰一

1.地球ニュートリノとは

地球内部の放射性物質の崩壊によって生じる反電子ニュートリノ

フラックス: $4.1 \times 10^6 / \text{cm}^2 / \text{sec}$

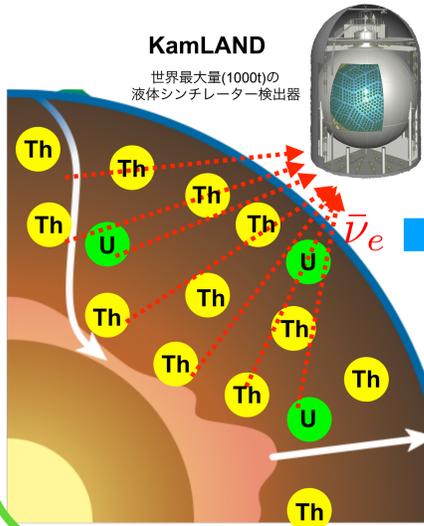
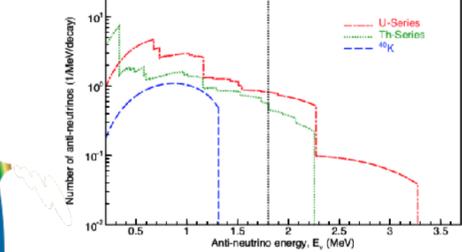
観測数: 1 イベント/月



地球ニュートリノ観測でわかること

- 地球内部の放射性物質起源の熱量
- 地球内放射性物質の量、分布

地球内放射性物質量を直接観測する唯一の手段



2.なぜマントルを観測するか

地震波解析による構造モデル

地球内部の物理構造を解析
マントル対流を示唆する構造
化学的情報はない

BSEモデル

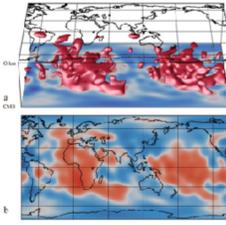
炭素質コンドライト隕石を元に推定した
コアを除く個体地球の平均組成
直接のテストが存在しない

熱収支

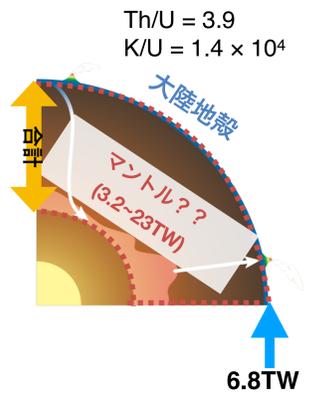
地球燃料の残存量がわかっていない
熱収支の決定が地球ダイナミクスの理解に不可欠



炭素質コンドライト



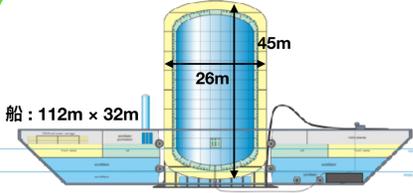
LLSVP(巨大低速度領域)



6.8TW

3.OBD(Ocean Bottom Detector)とは

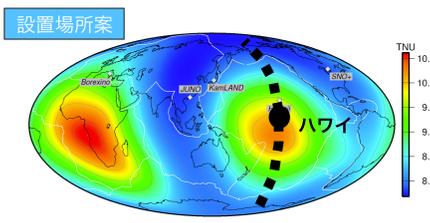
2005年 ハワイで発案"Hanohano"



- 検出器サイズ: 10-50 kt (最終目標)
- 設置場所: 1-5 kmの深海, ハワイ沖が有力候補
- 設置期間: 1年以上/1箇所, 数点で観測する計画
- 電力: 数十kWの安定供給
- データ: 数百GB/day

電力は海底ケーブルで供給?

宇宙線起源のバックグラウンド軽減のため、
1-5kmの深海に設置

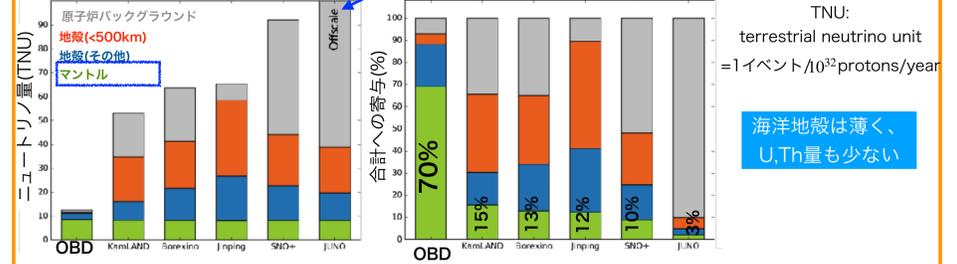


マントル地球ニュートリノフラックス
Šrámek et al (2013) EPS, 10.1016/j.epsl.2012.11.001

船で海上へ運搬、設置場所で海底に沈める

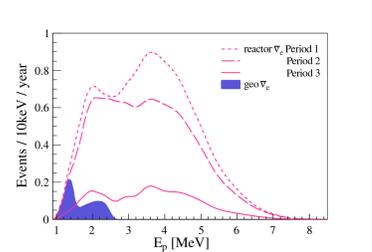
4.なぜ海で観測するのか

1.マントルの寄与の直接観測が可能

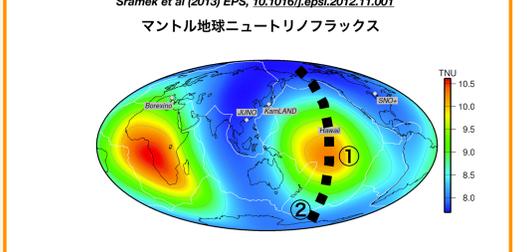


TNU: terrestrial neutrino unit
=1イベント/10³²protons/year
海洋地殻は薄く、
U,Th量も少ない

2.原子炉から離れて観測可能



3.複数点で観測可能



5.現状

2019年、
JAMSTEC&東北大共同研究スタート
研究船、「ちきゅう」上でワークショップ開催



プロジェクト全体像

デモンストレーション用検出器(1~10t)に向けた研究
開発

開発要素

- PMTの耐水圧シールド
- 液体シンチレーターの低温高圧環境での高性能化
- 海底での電力供給、データ取得システム
- 電子回路の低電力化

1~10t

~1.5kt

10~50kt

必要技術の
デモンストレーション

マントル事象の初の直接観測

成熟したサイエンス

将来検出器のための海底環境観測
・深海の中性子&ミュオンフラックス観測
・密度、温度
・海中の放射性物質

予測観測数: 8.5カウント/年
(マントル由来: 5.7カウント/年)
~3年の観測時間で誤差25%

参照パラメータ

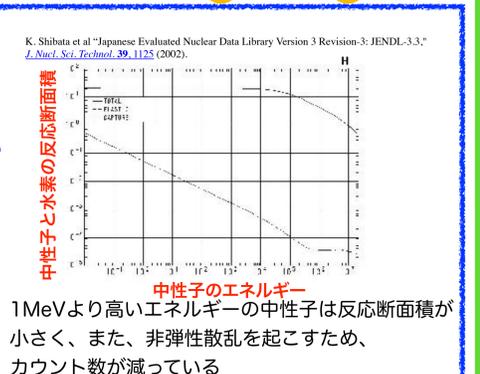
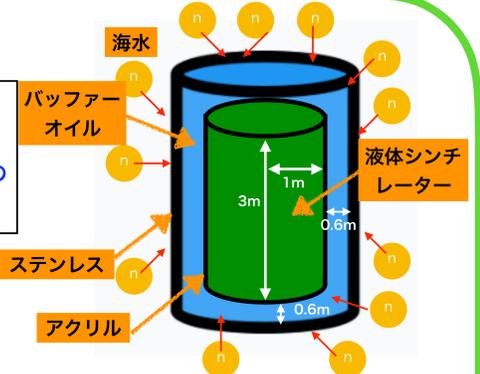
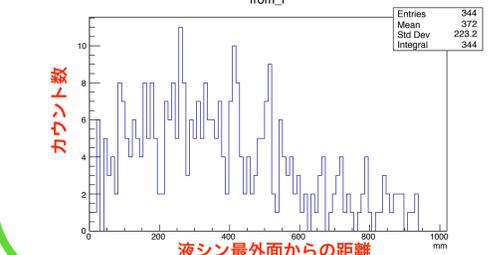
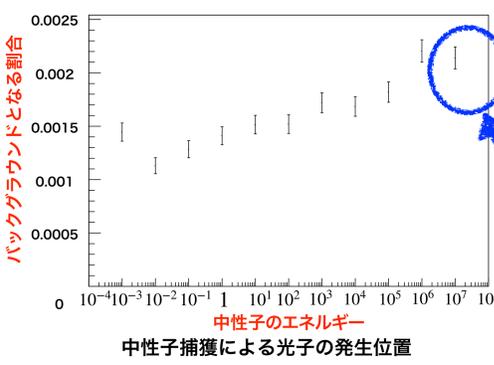
- 費用: ~\$100 M
- 電力: ~80 kW
- データサイズ: ~350 GB/day (現在のKamLANDを参照)
- 光電子増倍管 6 kW
- 電子回路 25 kW
- コンピュータ 10 kW
- マイコン 10 kW
- 取水装置 30 kW

6.デモンストレーション検出器のシミュレーション

中性子バックグラウンドの見積もり

半径1.6m、高さ4.2mの検出器に1meV~10MeVの
中性子を20万個ずつ打ち込み、
反ニュートリノ観測の中性子バックグラウンドレートの
エネルギー依存性を調べた

中性子バックグラウンド割合のエネルギー依存



1MeVより高いエネルギーの中性子は反応断面積が
小さく、また、非弾性散乱を起こすため、
カウント数が減っている

今後の予定
PMT,バッファ層などを入れて、より現実に
近い検出器にしてシミュレーションする。
PMT、液シン容器のU,Th量の上限を決める。

7.技術的課題

- 電力の供給方法
- データの輸送方法
- PMTの耐圧シールドの開発
- 低温高圧下で十分発光する液体シンチレーターの開発