



チベット水チェレンコフ型ミューオン 観測装置による100TeV領域ガンマ線の観測

東京大学宇宙線研究所
川田 和正

For the Tibet AS γ Collaboration



The Tibet AS γ Collaboration



M.Amenomori(1), X.J.Bi(2), D.Chen(3), S.W.Cui(4), Danzengluobu(5), L.K.Ding(2), X.H.Ding(5), C.Fan(6), C.F.Feng(6), Zhaoyang Feng(2), Z.Y.Feng(7), X.Y.Gao(8), Q.X.Geng(8), Q.B.Gou(2), H.W.Guo(5), H.H.He(2), M.He(6), K.Hibino(9), N.Hotta(10), Haibing Hu(5), H.B.Hu(2), J.Huang(2), Q.Huang(7), H.Y.Jia(7), L.Jiang(8, 2), F.Kajino(11), K.Kasahara(12), Y.Katayose(13), C.Kato(14), K.Kawata(3), Labaciren(5), G.M.Le(15), A.F.Li(6), H.C.Li(4, 2), J.Y.Li(6), C.Liu(2), Y.-Q.Lou(16), H.Lu(2), X.R.Meng(5), K.Mizutani(12, 17), J.Mu(8), K.Munakata(14), A.Nagai(18), H.Nanjo(1), M.Nishizawa(19), M.Ohnishi(3), I.Ohta(20), S.Ozawa(12), T.Saito(21), T.Y.Saito(22), M.Sakata(11), T.K.Sako(3), M.Shibata(13), A.Shiomi(23), T.Shirai(9), H.Sugimoto(24), M.Takita(3), Y.H.Tan(2), N.Tateyama(9), S.Torii(12), H.Tsuchiya(25), S.Udo(9), B.Wang(2), H.Wang(2), Y.Wang(2), Y.G.Wang(6), H.R.Wu(2), L.Xue(6), Y.Yamamoto(11), C.T.Yan(26), X.C.Yang(8), S.Yasue(27), Z.H.Ye(28), G.C.Yu(7), A.F.Yuan(5), T.Yuda(9), H.M.Zhang(2), J.L.Zhang(2), N.J.Zhang(6), X.Y.Zhang(6), Y.Zhang(2), Yi Zhang(2), Ying Zhang(7, 2), Zhaxisangzhu(5) and X.X.Zhou(7)

(1)Department of Physics, Hirosaki University, Japan.

(2)Key Laboratory of Particle Astrophysics, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, China.

(3)Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Japan.

(4)Department of Physics, Hebei Normal University, China.

(5)Department of Mathematics and Physics, Tibet University, China.

(6)Department of Physics, Shandong University, China.

(7)Institute of Modern Physics, SouthWest Jiaotong University, China.

(8)Department of Physics, Yunnan University, China.

(9)Faculty of Engineering, Kanagawa University, Japan.

(10)Faculty of Education, Utsunomiya University, Japan.

(11)Department of Physics, Konan University, Japan.

(12)Research Institute for Science and Engineering, Waseda University, Japan.

(13)Faculty of Engineering, Yokohama National University, Japan.

(14)Department of Physics, Shinshu University, Japan.

(15)National Center for Space Weather,

China Meteorological Administration, China.

(16)Physics Department and Tsinghua Center for Astrophysics, Tsinghua University, China.

(17)Saitama University, Japan.

(18)Advanced Media Network Center, Utsunomiya University, Japan.

(19)National Institute of Informatics, Japan.

(20)Sakushin Gakuin University, Japan.

(21)Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, Japan.

(22)Max-Planck-Institut fur Physik, Deutschland.

(23)College of Industrial Technology, Nihon University, Japan.

(24)Shonan Institute of Technology, Japan.

(25)RIKEN, Japan.

(26)Institute of Disaster Prevention Science and Technology, China.

(27)School of General Education, Shinshu University, Japan.

(28)Center of Space Science and Application Research, Chinese Academy of Sciences, China.

羊八井國際宇宙線觀測所



90°522E, 30°102N, 4,300 m a.s.l. (606g/cm²)
中国チベット自治区羊八井(ヤンパーチン)

チベット空気シャワー観測装置 (Tibet AS)

平坦な広い土地
近くに地熱発電所
アクセスが(比較的)容易?



□ 中国チベット (90.522°E , 30.102°N) 標高4300 m

□ シンチレーション検出器数

$0.5 \text{ m}^2 \times 789$

□ 空気シャワー有効面積

$\sim 37,000 \text{ m}^2$

□ 最頻エネルギー

$\sim 3 \text{ TeV}$

□ 角度分解能

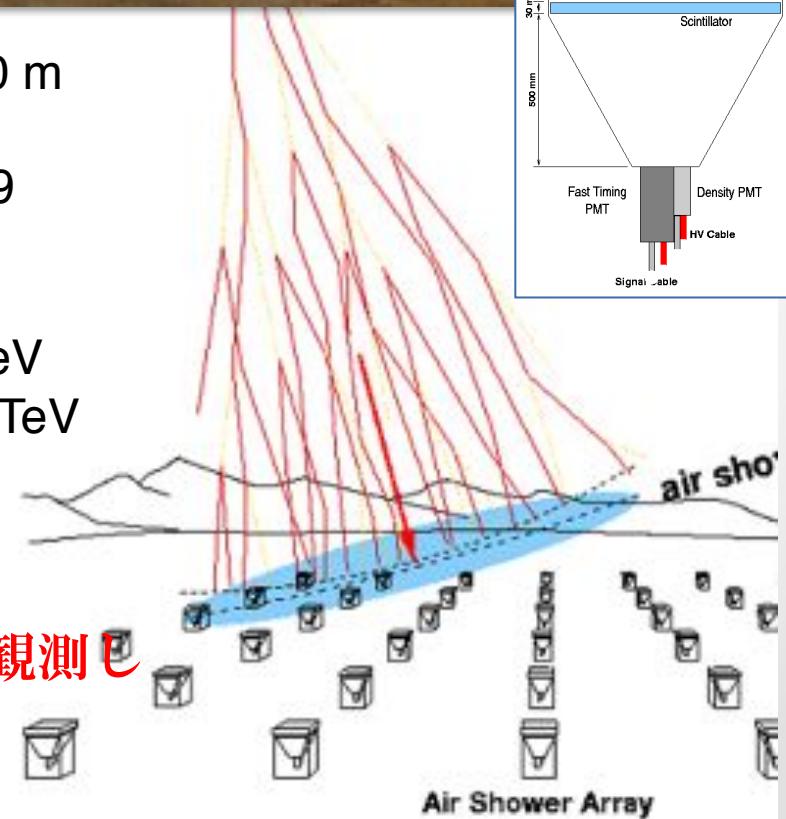
$\sim 0.9^{\circ} @ 3 \text{ TeV}$

□ 視野

$\sim 0.2^{\circ} @ 100 \text{ TeV}$

$\sim 2 \text{ sr}$

→空気シャワー中の二次粒子(主に $e^{+/-}, \gamma$)を観測し
一次宇宙線エネルギー、方向を測定



検出器で見た空気シャワー

二次粒子数分布

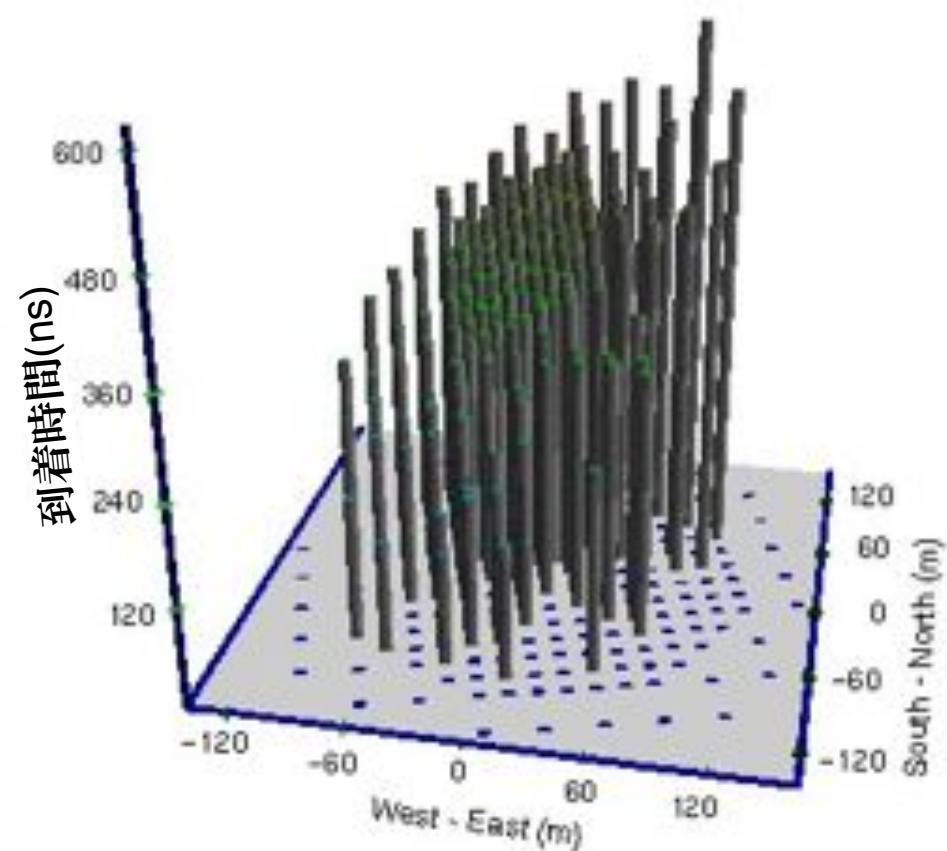
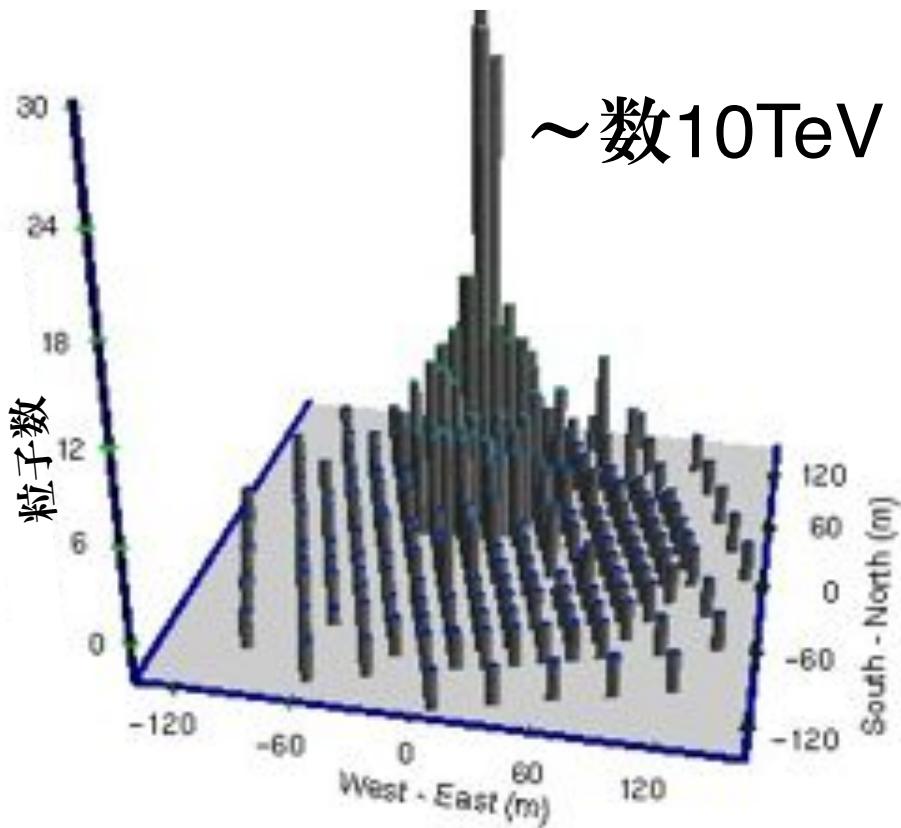


宇宙線のエネルギー

粒子到来時間分布



宇宙線の方向



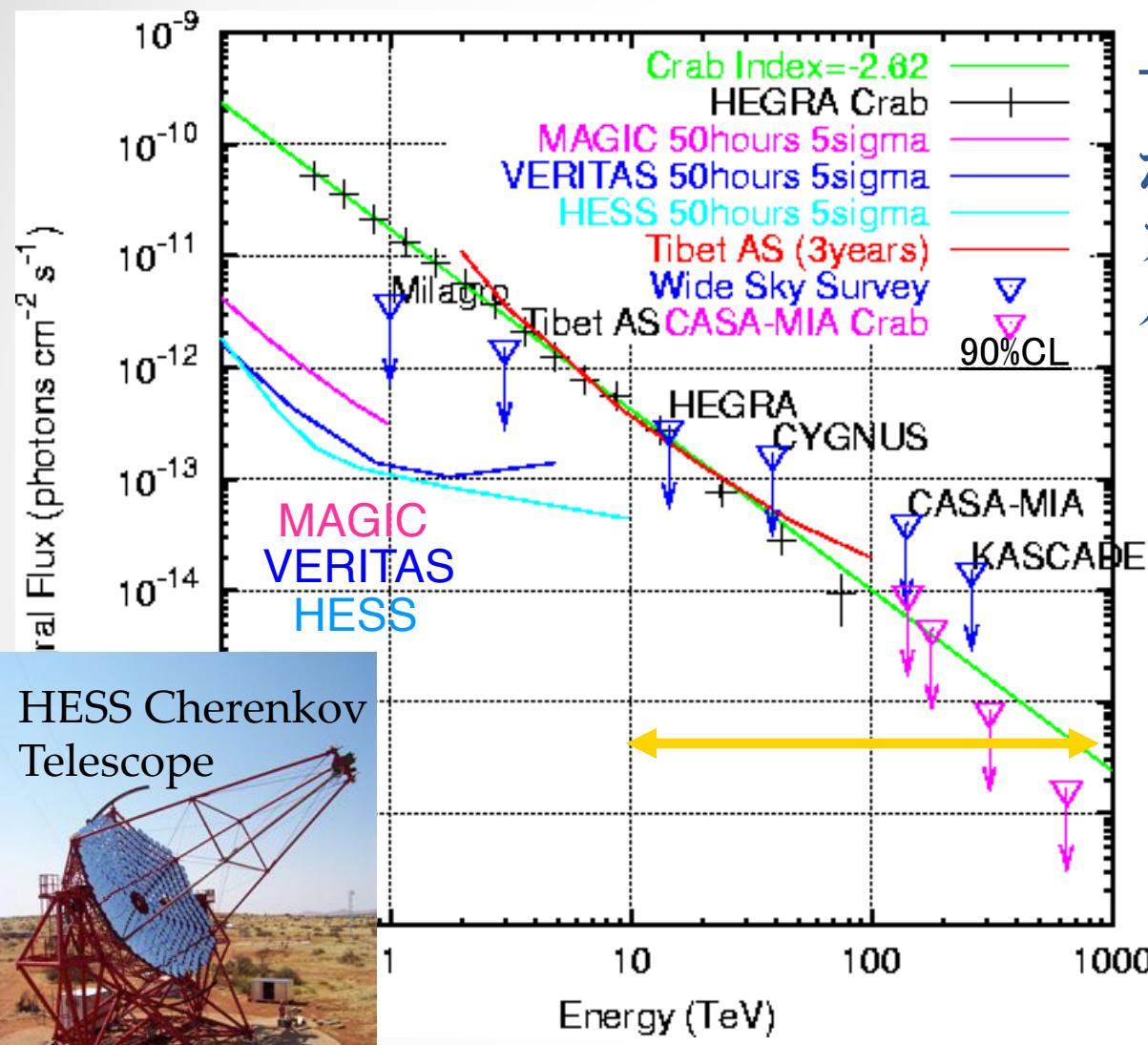
毎秒 ~1700個の空気シャワーを記録

Tibet AS γ 実験

大気チェレンコフ望遠鏡と相補的な
広視野(約2sr)連続観測高エネルギー宇宙線望遠鏡

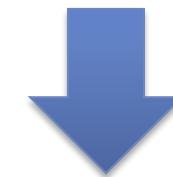
- Knee領域(10^{14} - 10^{17} eV)
宇宙線スペクトル&化学組成の測定
- TeV宇宙線異方性の精密観測
- TeV太陽の影による太陽磁場研究
- TeV宇宙ガンマ線の広視野観測

TeV領域ガンマ線観測の現状



数10TeV以下で120以上の天体を発見

Tibet AS 1年観測
かに星雲 100 TeV 以上
ガンマ線 ~ 50個
バックグラウンド(宇宙線)
~1000個



空気シャワー中
ミューオンの観測
で P/γ 選別

Proton ミューオン多
γ線 ミューオン少

チベット水チェレンコフミューオン観測装置(Tibet MD)

安価に大面積が可能

地下 2.5m (土石+コンクリート)

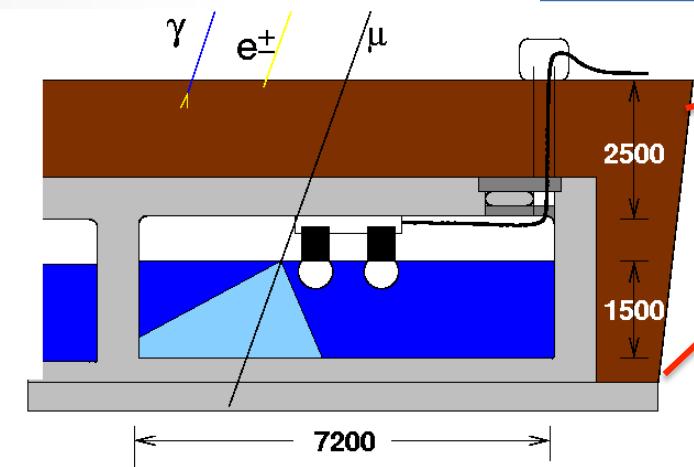
物質厚 $\sim 515\text{g/cm}^2 \sim 19X_0$)

7.2m × 7.2m × 水深1.5m 水槽 192台

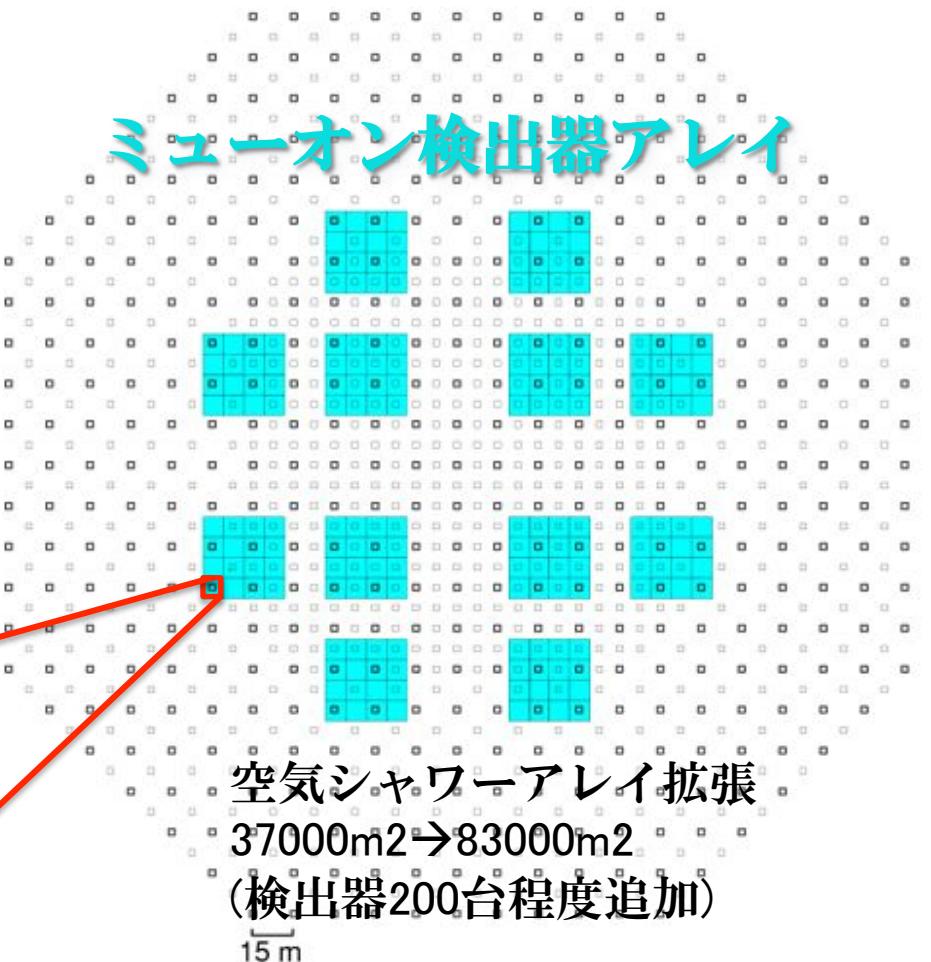
20インチ ϕ PMT x2本

白色反射材

合計 $\sim 10,000\text{m}^2$

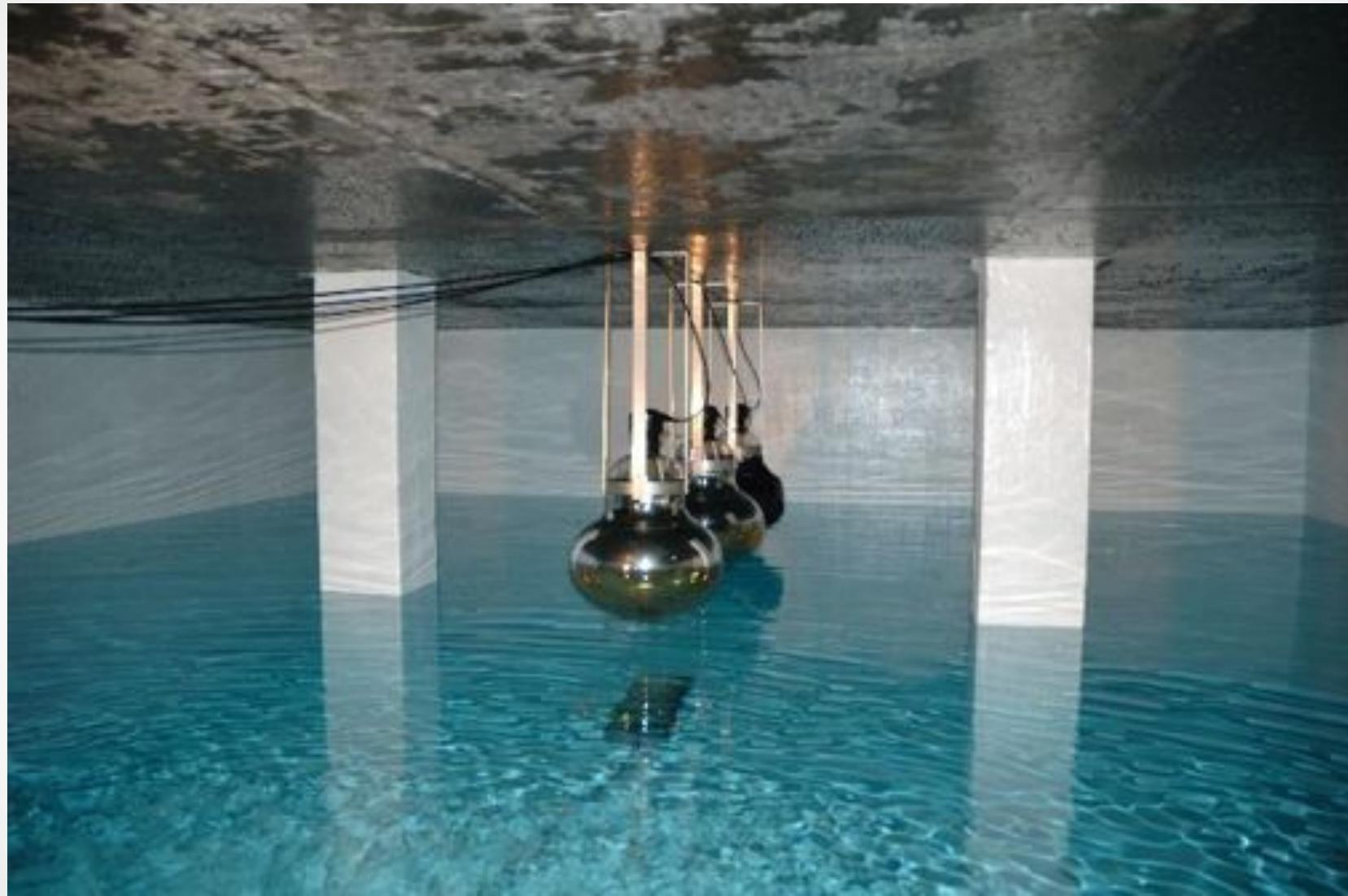


ミューオン検出器アレイ



→空気シャワー中のミューオン数を測定し、ガンマ線／核子選別

プロトタイプ検出器 注水途中（近くの井戸水から）



ミューオン数 VS シャワーサイズ (シミュレーション)

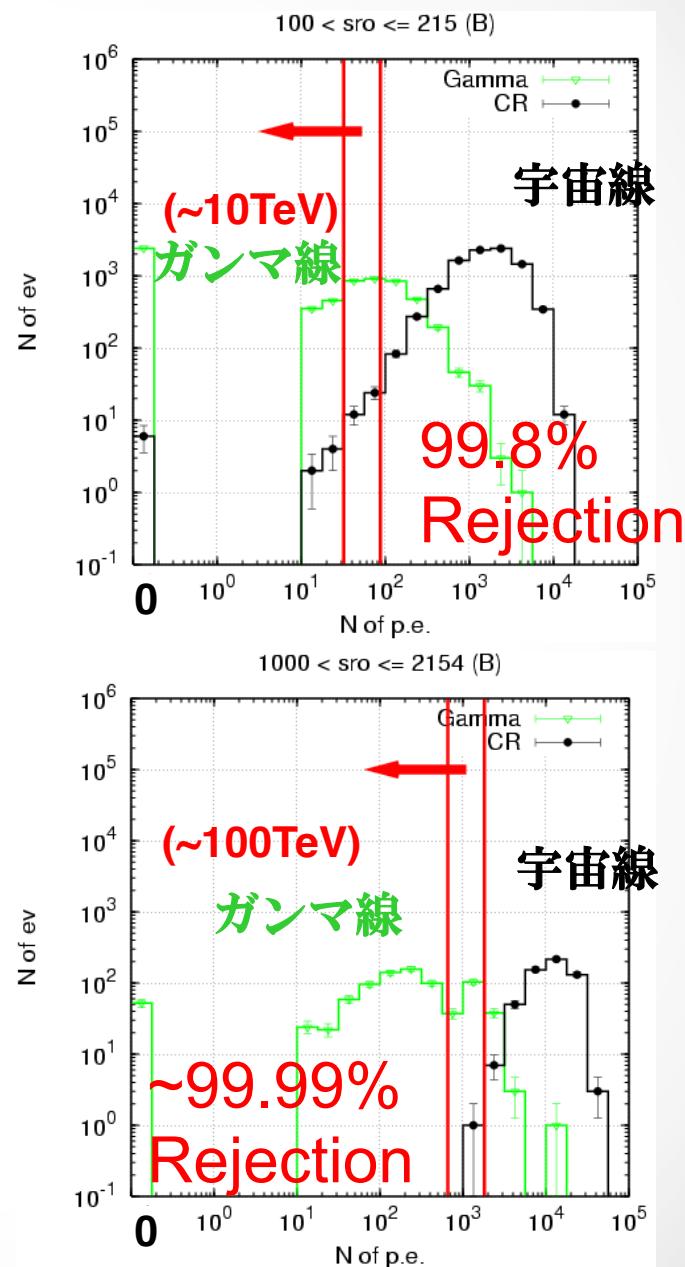
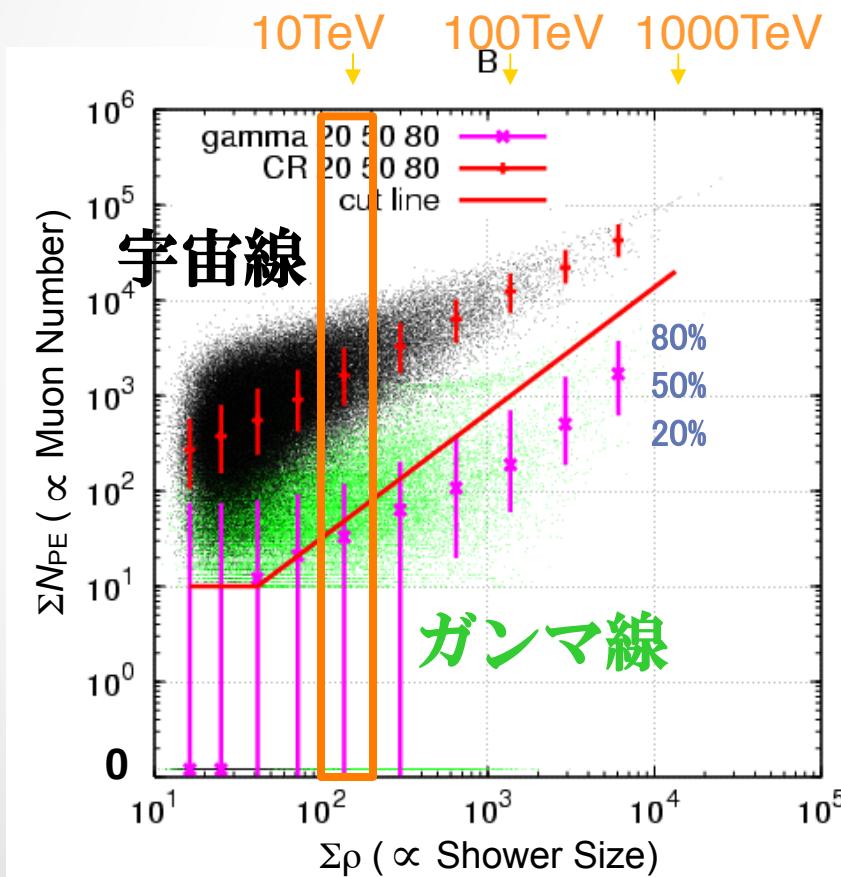
$\Sigma \rho$: シンチレータ検出器で観測した粒子密度の和

\propto シャワーサイズ

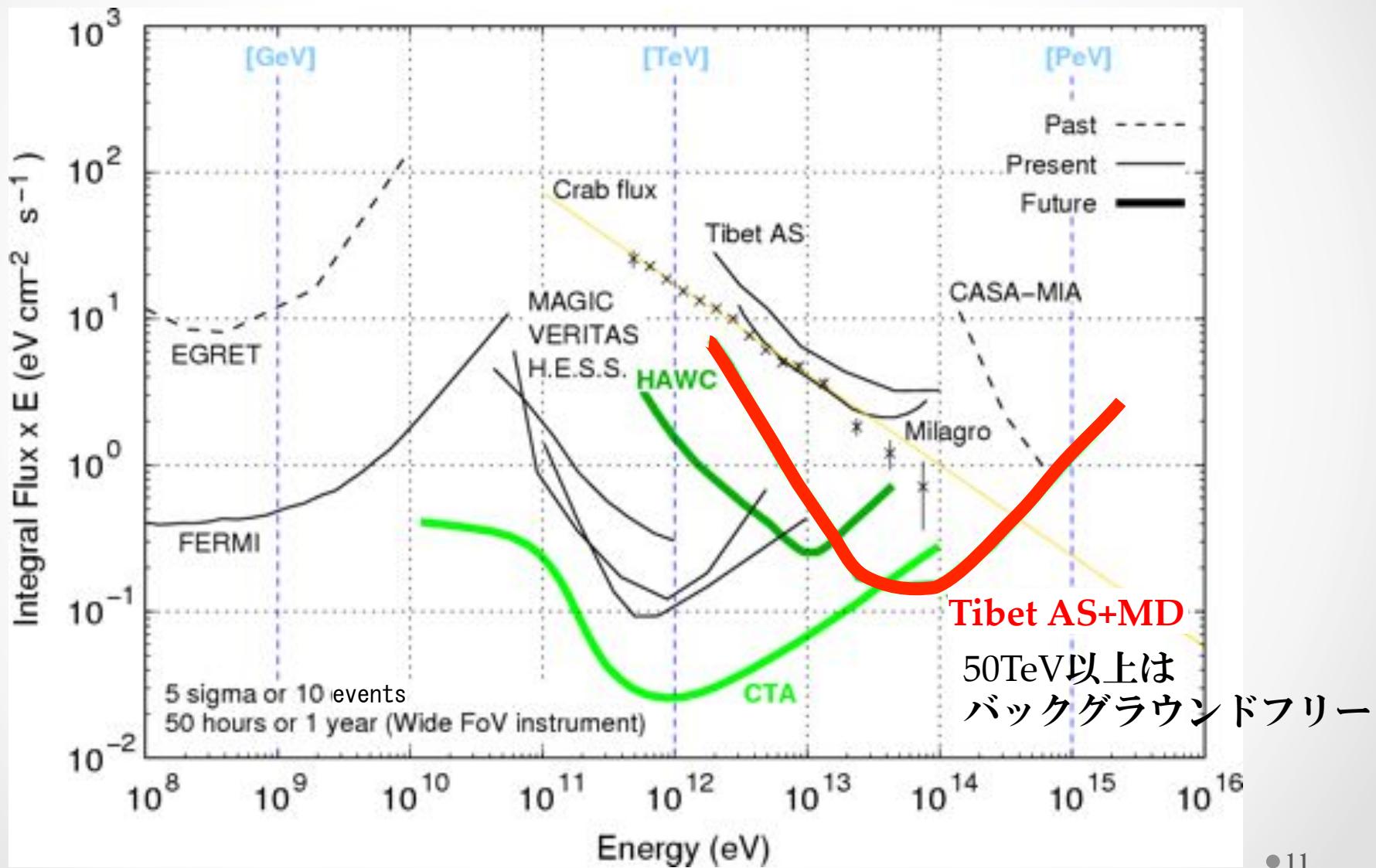
ΣN_{PE} : ミューオン検出器で観測した光電子数の和

\propto ミューオン数

(MD 検出器の閾値 $N_{PE} > 10$ 光電子)



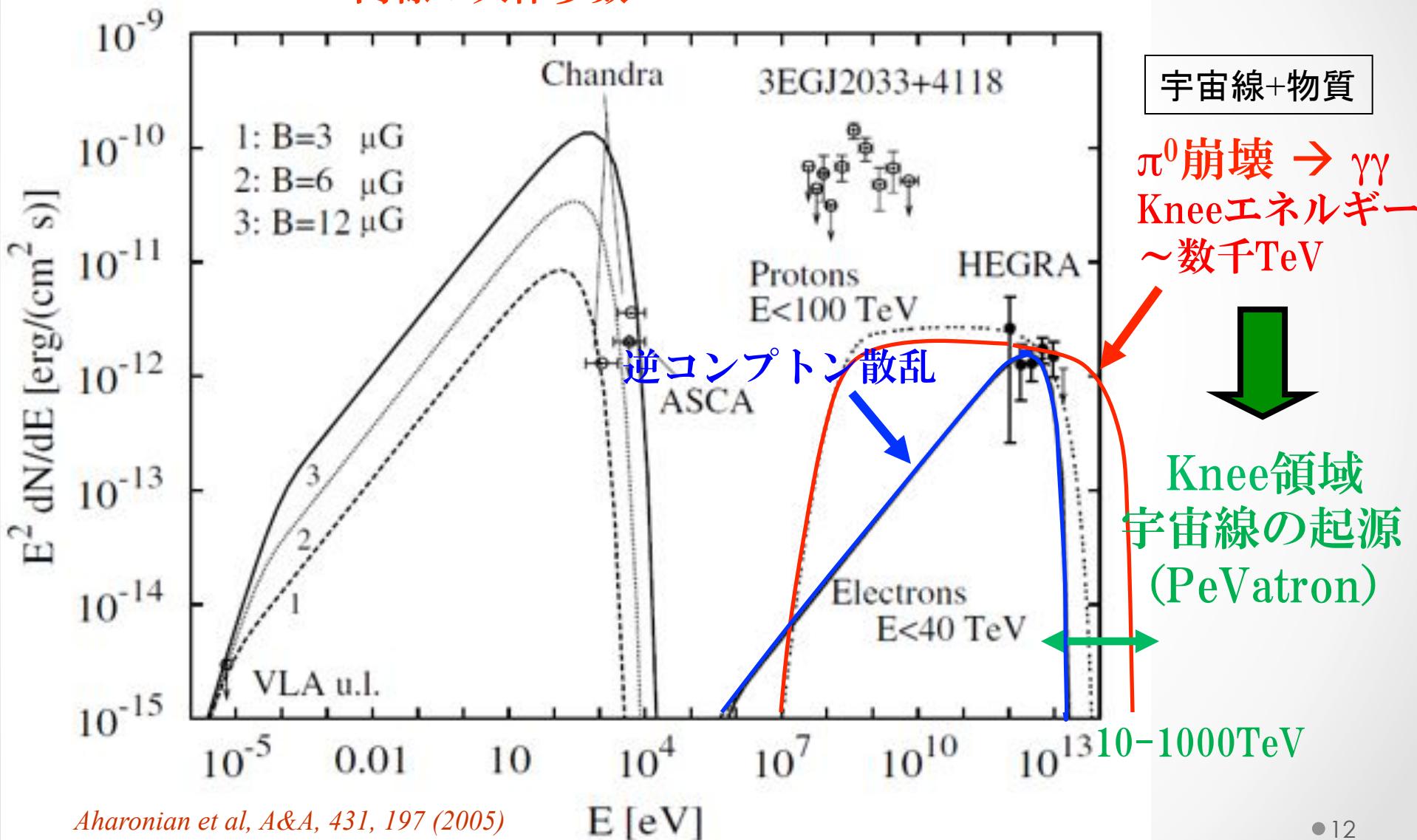
GeV-PeV領域ガンマ線感度



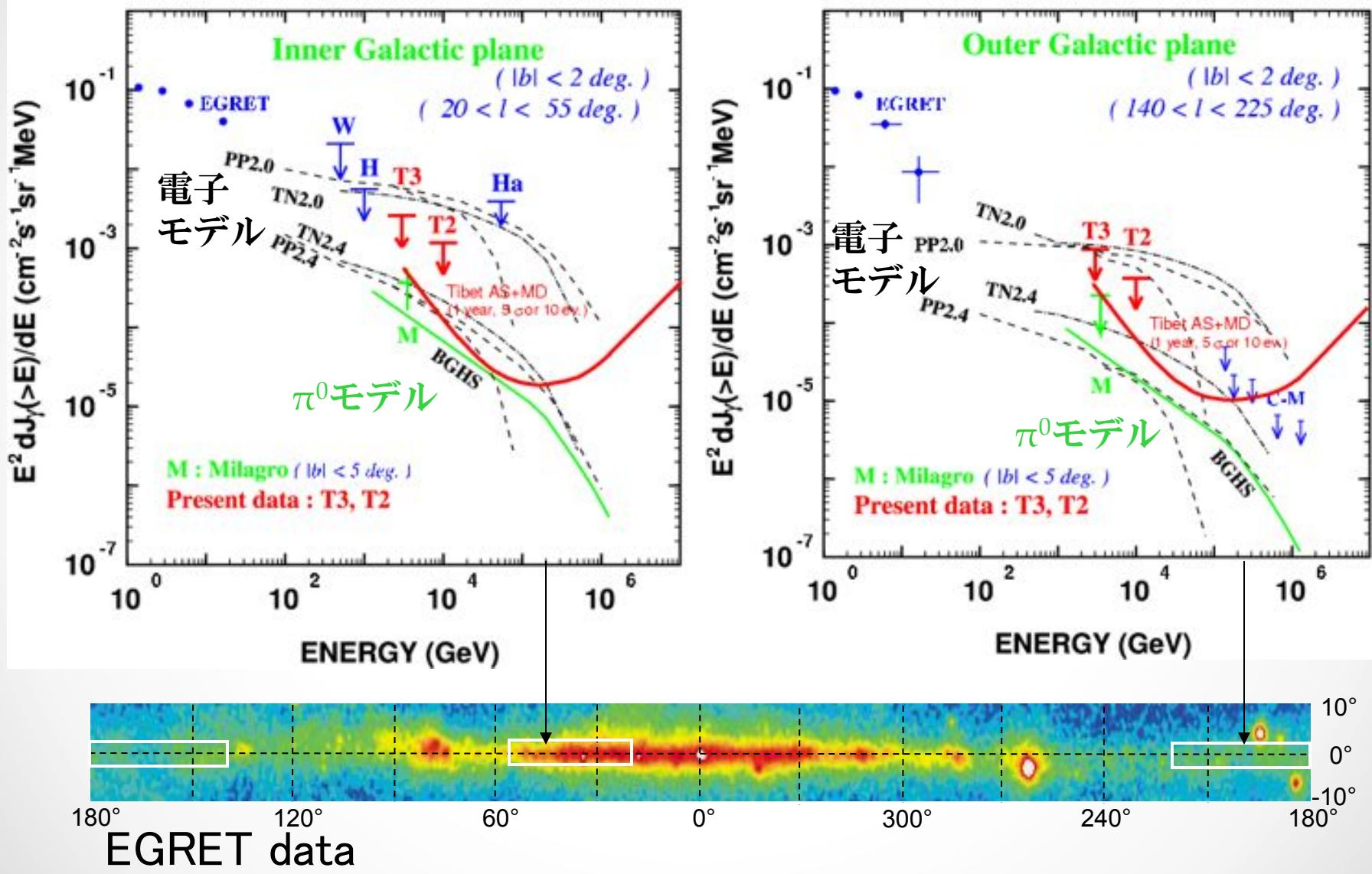
10TeV以上のガンマ線広視野観測の動機

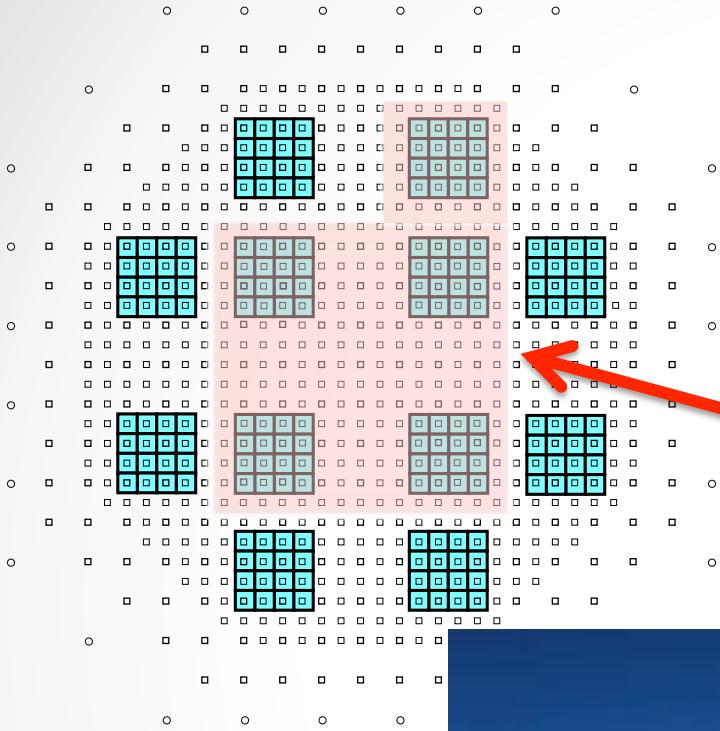
TeV J2032+4130 (~5% Crabs)
同様の天体多数

1. TeV領域でハードなスペクトラム
2. X線や電波で暗い



銀河面からのDiffuseガンマ線





現在の状況

建設終了

5 プール～4200m²





支持金具の取り付け



天井への取り付け



PMT取り付け完了(1)



PMT取り付け完了(2)

まとめ

- Tibet AS+MD 計画 フル拡張:10,000m²
 - 10-1000TeVのガンマ線天文学の開拓
 - 宇宙線の起源 “Pevatron” 観測
 - 天の川からの拡散ガンマ線観測
 - その他未同定天体の探索
- 現在の状況 4200m²建設終了
- 今後の予定
 - 残りのPMTインストール、注水
 - 近々(半年以内を目処に)観測開始

派遣先：中国チベット

- 2010年5月13日～7月16日（65日間）
- 2011年5月30日～7月 5日（37日間）

ご支援ありがとうございました