

1. 本研究の目的

原子核によるミューオン捕獲事象

$$\mu^- + A(N, Z) \rightarrow B^*(N + 1, Z - 1) + \nu_\mu [1]$$
$$B^* \rightarrow C + x \cdot n + y \cdot p + \gamma \quad (x, y = 0, 1, 2, \dots)$$

原子核ミューオン捕獲は不安定な放射性同位体を生成し、スーパカミオカンデ(SK)では太陽ニュートリノ観測のバックグラウンド事象となる。

→ SKでミューオン核反応の研究が可能

ミューオン捕獲で生成される同位体

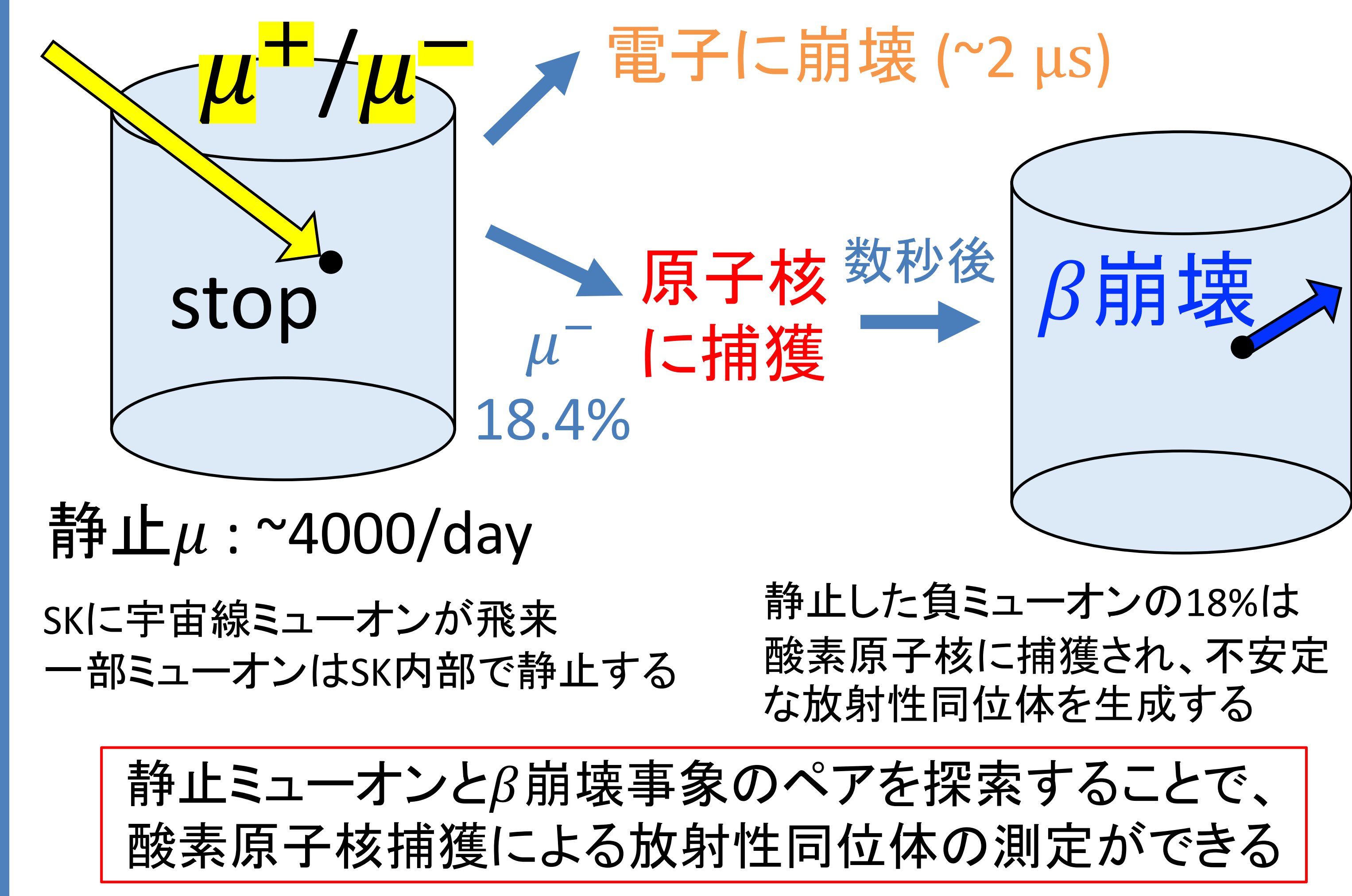
Isotope	Reaction	Q-value [MeV]	Half-life [s]
¹⁶ N	¹⁶ O(μ ⁻ , ν) ¹⁶ N	10.42	7.13
¹⁵ C	¹⁶ O(μ ⁻ , νp) ¹⁵ C	9.77	2.45
¹³ B	¹⁶ O(μ ⁻ , νn2p) ¹³ B	13.44	0.0172
¹² B	¹⁶ O(μ ⁻ , να) ¹² B	13.37	0.0202

SKでは酸素原子核に捕獲され、β崩壊する核種(¹⁶N, ¹⁵C, ¹²B, ¹³B)が検出される。

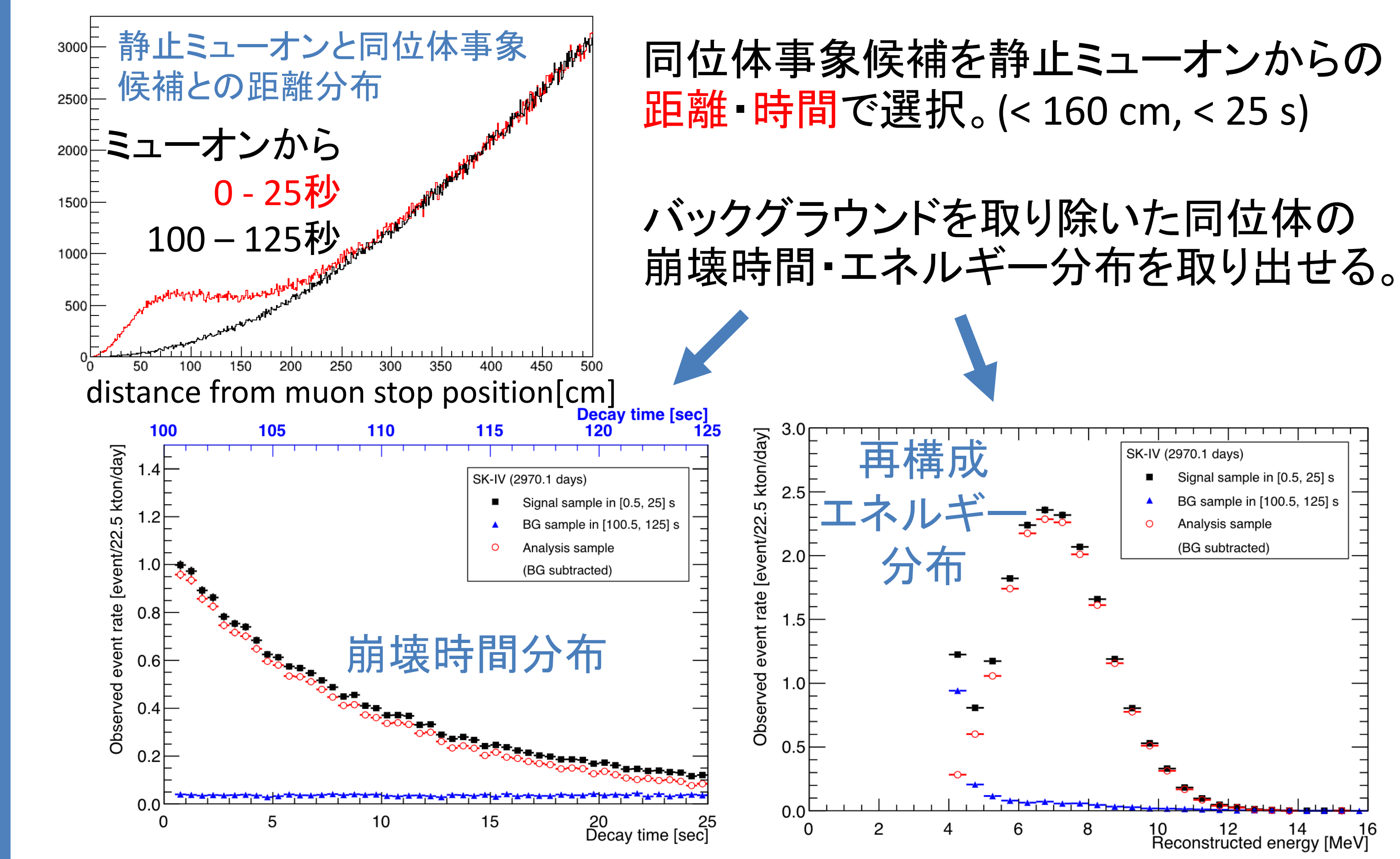
本研究は、¹⁶N, ¹⁵C および¹²Bの生成率および分岐比の世界最高精度の測定を実施した。

また、ミューオン原子核捕獲によるβ崩壊は検出器内で一様・等方的に起こるため、分岐比の理解により、将来実験の新たなエネルギー校正手段としての活用が期待される ex.) ハイパーカミオカンデ

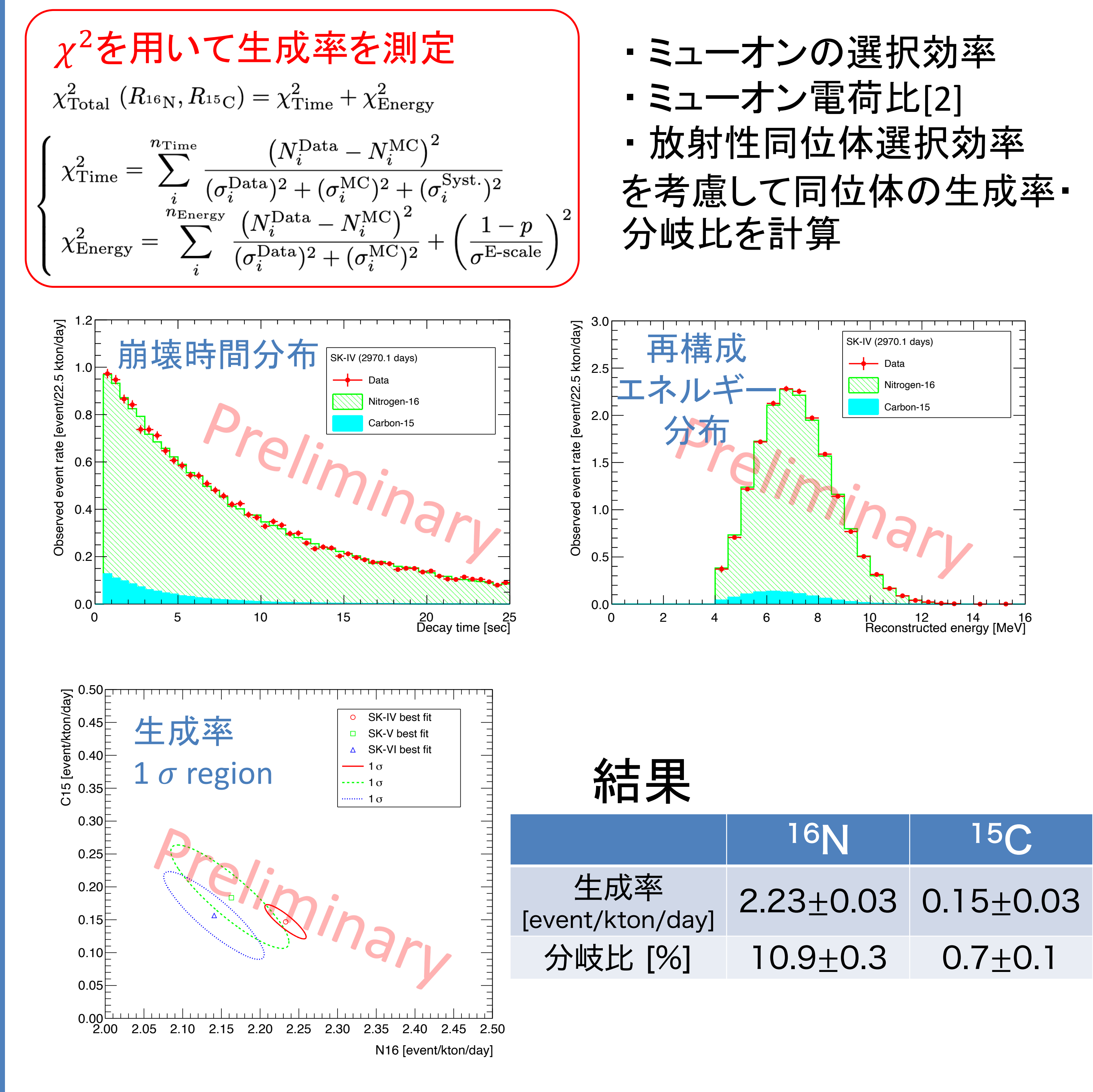
2. SKにおけるミューオン捕獲事象の検出



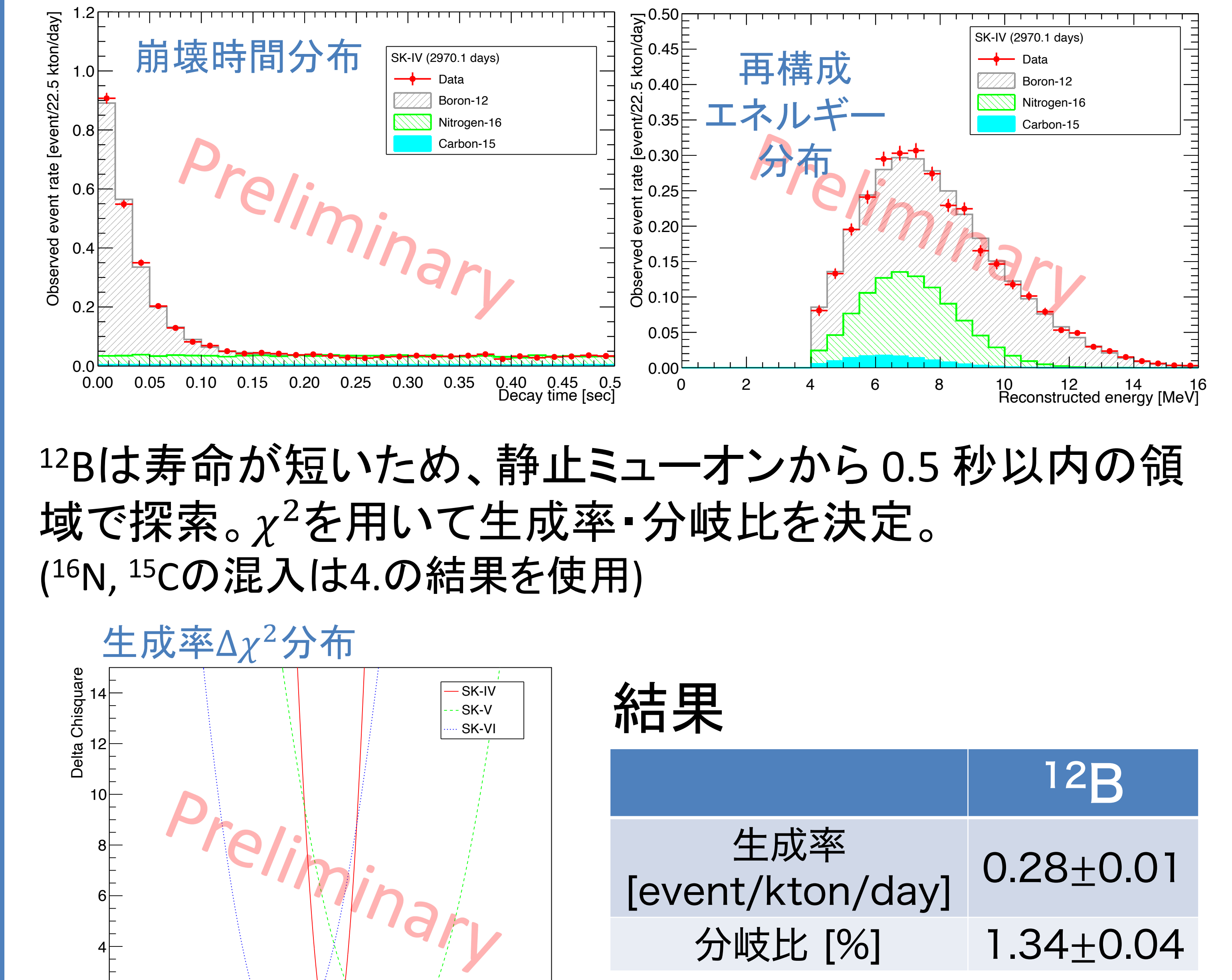
3. 放射性同位体事象の選択



4. ¹⁶N, ¹⁵Cの生成率・分岐比測定



5. ¹²Bの生成率・分岐比測定



6. まとめ

水チェレンコフ検出器のSKでは酸素とミューオンの核反応の研究が可能。

ミューオンと酸素の核反応で生成される同位体 ¹⁶N, ¹⁵Cそして¹²Bの分岐比を測定した。¹⁶Nを世界最高精度で測定し、¹⁵C, ¹²Bは初めて分岐比の測定をした。

Branching ratio [%]

Other measurement:[1][3] PHITS:[4][5], Geant4:[6]

Reference

[1] D. Measday, Phys. Rep. 354, 243-409 (2001).
[2] H. Kitagawa et al., Phys. Rev. D 110, 082008 (2024).
[3] B. Heisinger et al., Earth Planet. Sci. Lett. 200, 357 (2002).
[4] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 50, 913 (2013).
[5] S. Abe and T. Sato, J. Nucl. Sci. Technol. 54, 101 (2017).
[6] J. Allison et al., Nucl. Instrum. Meth. A 835, 186 (2016).