FNALブースターニュートリノビームラインにおける SciBar検出器を用いたGeV領域ニュートリノ反応の詳細研究

平出克樹、栗本佳典、黒澤陽一、田中秀和
横山将志、中家剛、西川公一郎 (京大理)

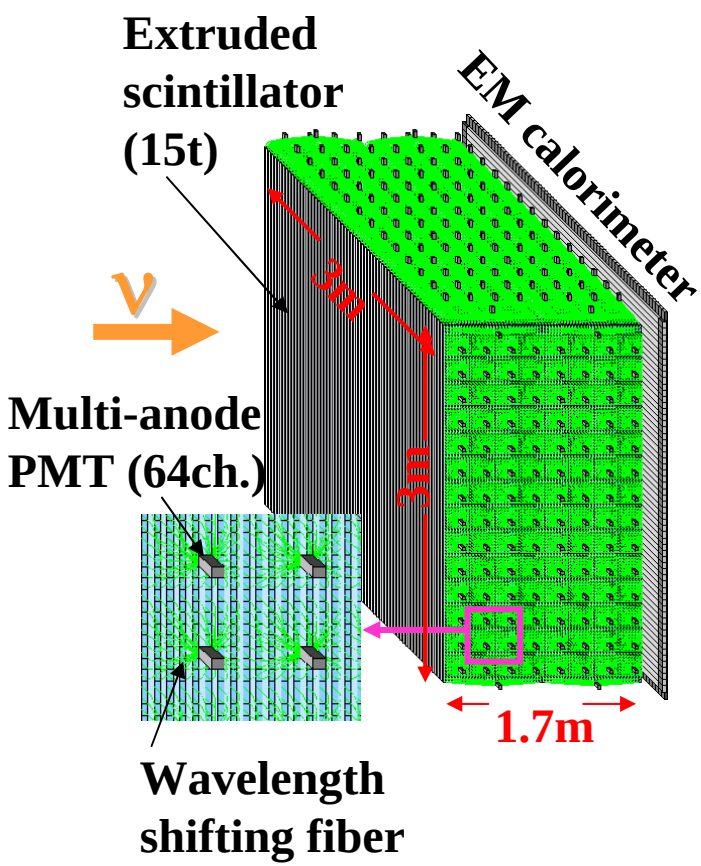
JPS Autumn Meeting
September 14th, 2005
Osaka City University

Contents

1. Introduction
2. Physics cases
3. Background measurement
4. Summary & Schedule

1. Introduction

- SciBar (**Sci**ntillator **Bar**) **検出器**
  - **全感知型シンチレータ飛跡検出器**
  - K2K**実験の前置検出器として導入**
  - K2K**ニュートリノスペクトルの測定、**GeV**領域ニュートリノ反応の研究**

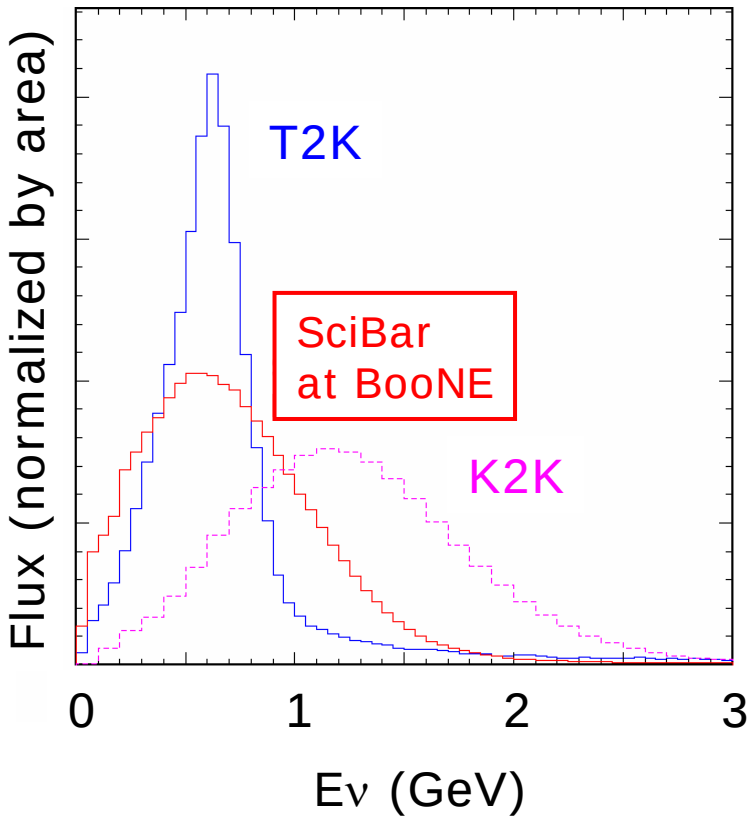


本研究は、SciBar検出器をFNALブースターニュートリノビームラインへ移設し、GeV領域ニュートリノ反応の詳細研究を行う。

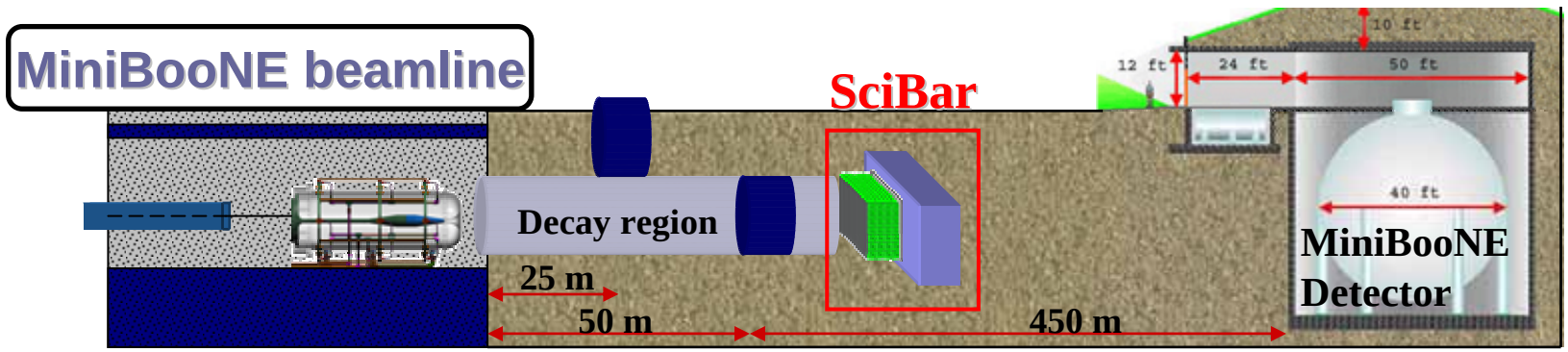
1. Introduction ~Motivation~

- 次期長基線ニュートリノ振動実験に向けて、1GeV付近のニュートリノ反応をよく理解しておく必要がある。
  - FNALブースタービームラインのニュートリノスペクトルはT2Kのピークエネルギーに良くあっている。
  - SciBar検出器のパフォーマンスはK2K実験において理解されてきた。
- 近い将来、anti-νの物理ができる可能性がある。
- MiniBooNEの前置検出器として用いることができる。

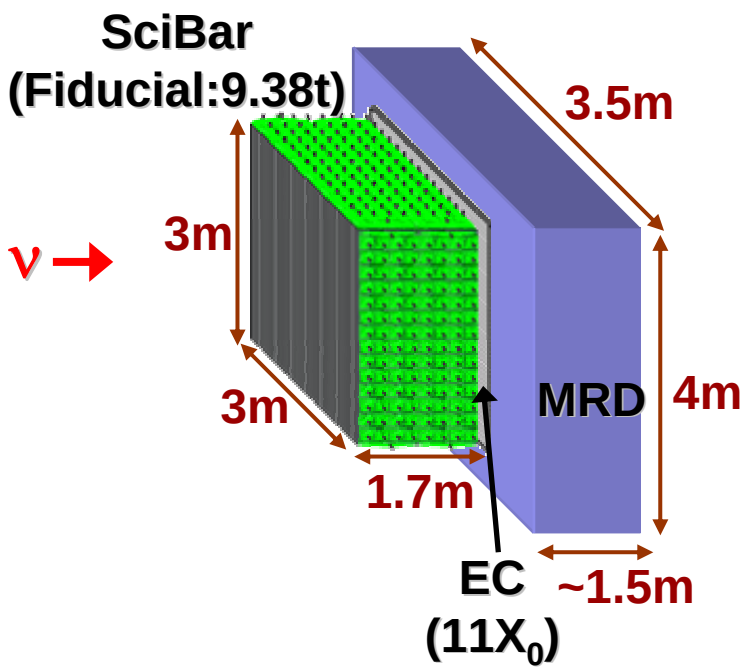
Comparison of ν_μ flux spectra at K2K, T2K and BooNE



1. Introduction ~Experimental setup~



- ターゲットから距離100m, on-axisにインストールする。
- SciBar, EC (読出エレキ含)をKEKから持っていく。
- MRD(鉄+シンチ)はFNALで調達する。



2. Physics cases

- 1**年間のラン** ($2x10^{20}$ protons on target) **を仮定**

- Neutrino run ($0.5x10^{20}$ POT)
  - #(ν_μ)~78,000 interactions/9.38tons #(ν_e)~700 int./9.38t
  - CC-1π^+ ($\nu N \rightarrow \mu^- N \pi^+$) **反応断面積の測定**
  - NC-1π^0 ($\nu N \rightarrow \nu N \pi^0$) **反応断面積の測定**
  - **ビーム中の**ν_e**混入率の測定** (for MiniBooNE)

- Anti-neutrino run ($1.5x10^{20}$ POT)
  - #(anti-ν_μ)~40,000 int./9.38t #(ν_μ)~22,000 int./9.38t
  - CC-coherent π ($\nu A \rightarrow \mu A \pi$) **反応断面積の測定**
  - **ビーム中の**ν_μ**混入率の測定** (for MiniBooNE)

2-1. CC-1π^+反応断面積の測定

- CC-1π^+反応: $\nu+N \rightarrow \mu^-+N+\pi^+$
  - T2K実験においてν_μ消失測定の際の主なバックグラウンド事象。
  - Non-QE/QE比の不定性を5%以下に抑える必要がある。

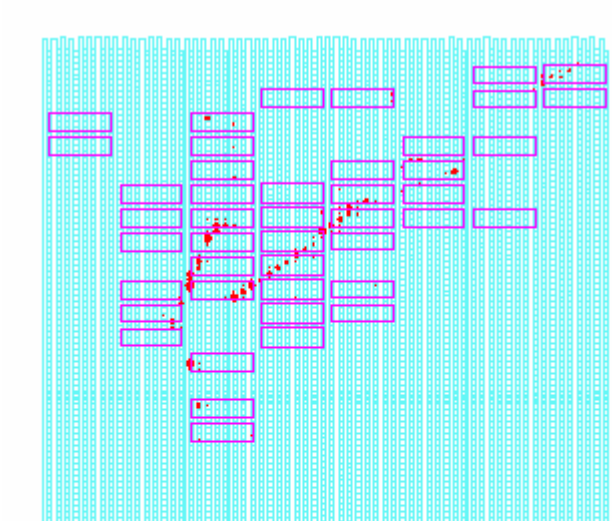
2 trackイベントで
ミューオン+MIP-like

Selection criteria	#(CC-1π^+) [events]	Purity	Efficiency
Generated in FV	13,892	-------	100%
CC inclusive sample (SciBar+EC+MRD)	8,977	24.1%	64.6%
# of tracks =2	2,705	32.6%	19.5%
2nd track = MIP-like	1,355	46.8%	9.8%

約5%の統計精度で
ニュートリノエネルギー
ごとの反応断面積の
測定を目指す

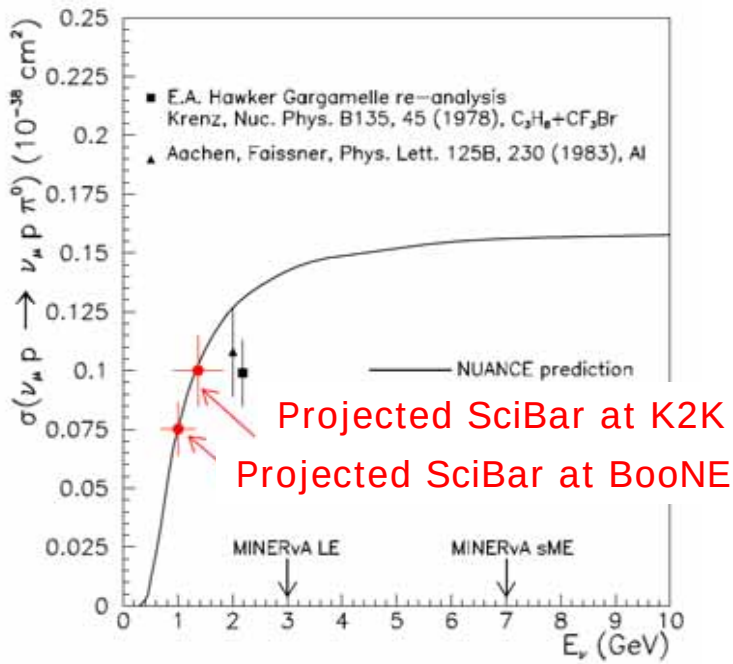
2-2. NC-1π^0反応断面積の測定

- NC-1π^0反応: ν+N → ν+N+π^0
  - T2K実験においてν_e出現の探索の際の主なバックグラウンド事象。
  - バックグラウンド除去の際の系統誤差を10%以下に抑える必要がある。



SciBarにおけるπ^0の検出効率
(2本の電磁シャワーとして)

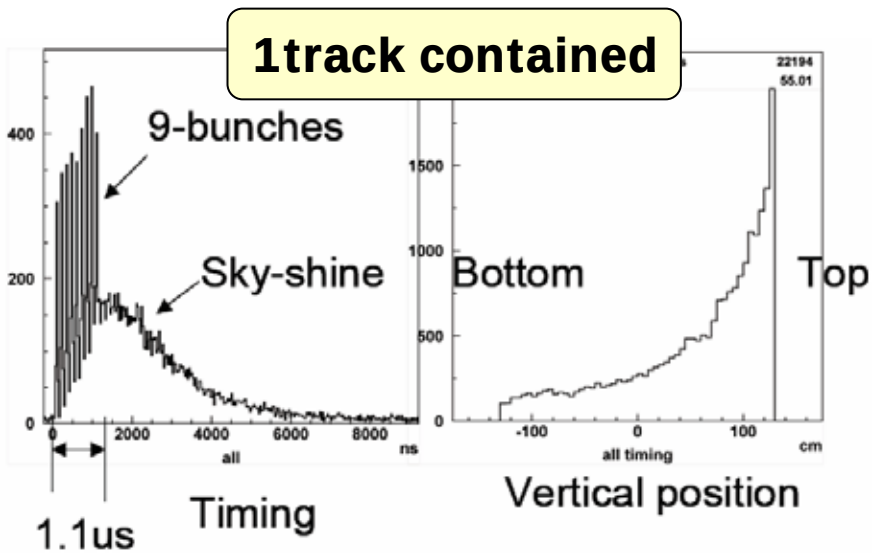
→ 約800イベントが期待される。



10%以下の精度で反断面積の測定が可能。

3. Background measurement

- Motivation
  - K2K前置検出器でビームに同期したバックグラウンドが存在していた。(上方から*p*-like、γ-likeな短い飛跡)



Containedイベントを解析するときに問題になってくる

  - SciBar移設予定地ではどうか? シールドは必要か?

3-1. Experimental setup

- **ビームに同期したバックグラウンドの測定**
  - **SciBar移設予定地(地表)に2枚のシンチレータを重ねて設置し、それぞれのシンチレータでADC、TDCを測定**

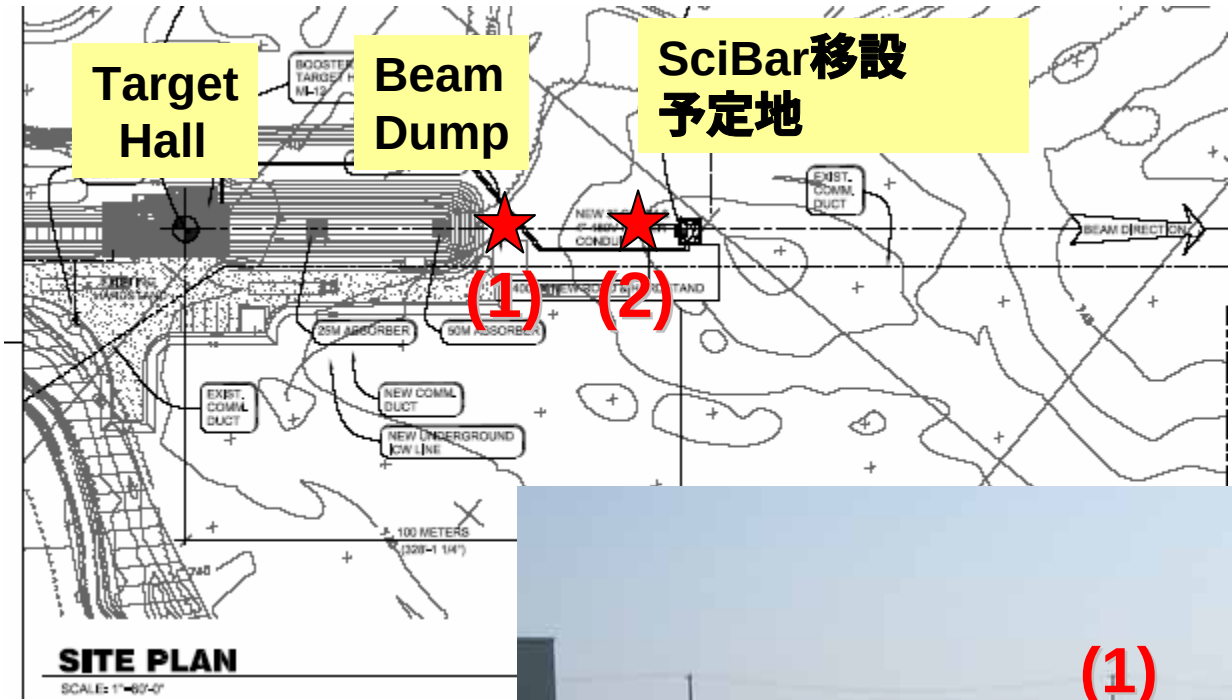
    Scinti. 1: 16x15x1.0 cm^3 (~240g)

    Scinti. 2: 27x27x0.5 cm^3 (~360g)

  - **On-time, off-timeのイベントレートを比較**
  - **異なる2地点でのイベントレートを比較**

  - **測定期間**: 2005**年**7**月**14~15**日**

3-2. Measurement point

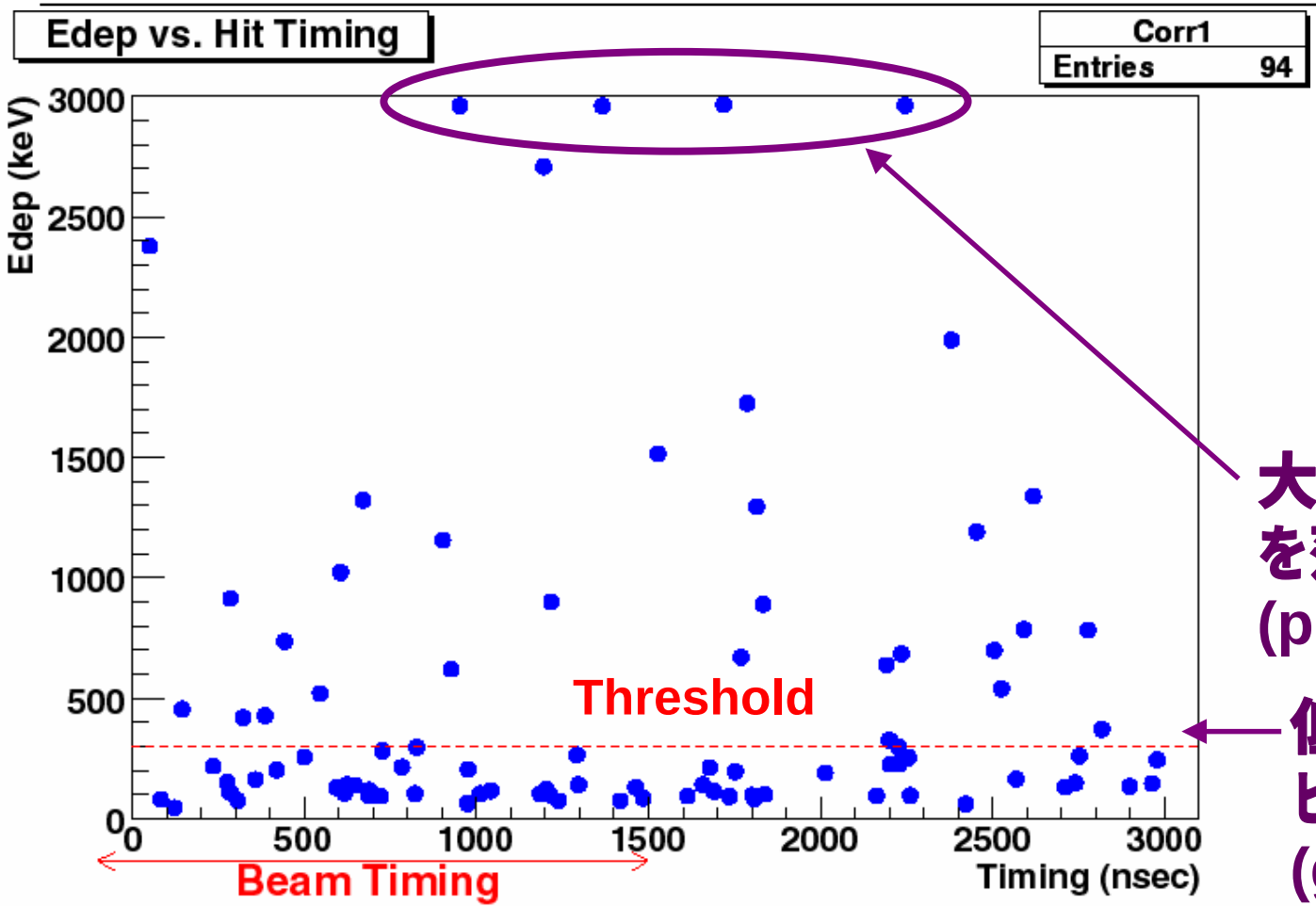


Location (1): Dump直後

Location (2): z~90m

シンチレータを地表に設置した。

3-3. Result ~Energy deposit vs. hit timing~



- Dump直後
- On-timing (3μsec gate)
- 25,889 spills

大きなエネルを落とすヒット (proton-like?)

低エネルギーのヒットが多数存 (gamma-like?)

3-3. Result ~Observed # of events~

	(1) Dump直後		(2) z~90m	
	On-time	Off-time	On-time	Off-time
# of spills	25,889	10,072	33,441	10,233
Single hit Scinti. 1	16	0	14	0
Single hit Scinti. 2	37	0	20	1
coincidence	5	0	4	0

On-time: ビームタイミングの1.5μsec gate
Off-time: ビームから~8msec後の1.5μsec

ビームに同期したバックグラウンドが観測された!

3-3. Result ~Event rate at beam-timing~

	SciBar移設予定地		K2K前置検出器ホール	
POT/spill	$(4.0\sim4.5)\times10^{12}$		$\sim5\times10^{12}$	
Location	Dump直後,地表	Z=~90m,地表	SciBar上層	ホール地表
Single hit (Scinti. 1/2)	1) 38±10(stat) 2) 59±10(stat)	1) 26±7(stat) 2) 25±6(stat)	2.3	18
coincidence	8.0±3.6(stat)	4.9±2.5(stat)		

[# of events/spill/15tons]

K2K-SciBar上層でのレートと比較すると1桁多いが、前置検出器ホール地表と比較すると、同程度のイベントレートであった。

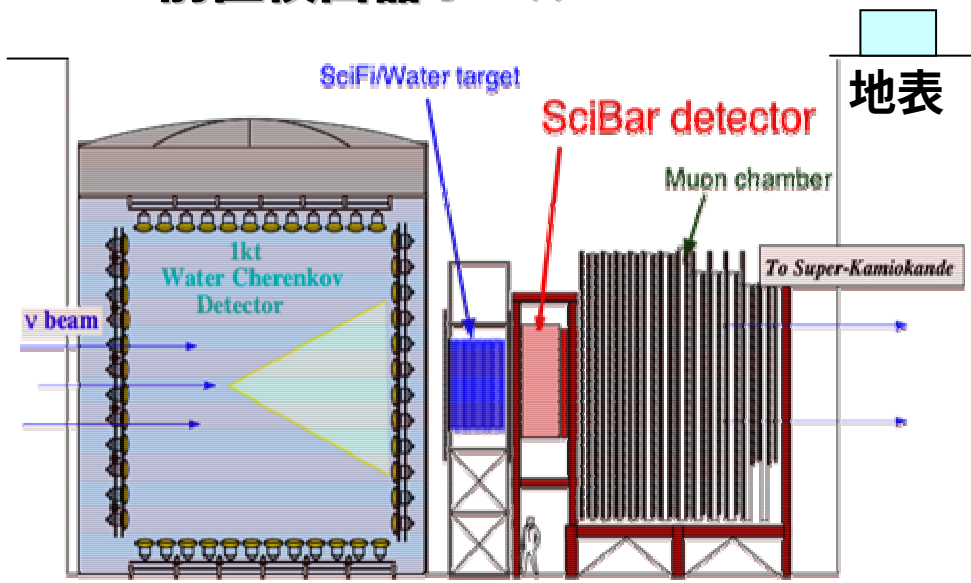
3-4. Discussion & summary of background measurement

K2Kにおいて、地表とSciBar上層でのイベントレートの違い
→アクセプタンスの違いと考えられる。

- 本研究でも検出器は地下約7m。
- 地表でのレートは、K2KとSciBar移設予定地で同程度。

➔ K2Kと同程度のバックグラウンドが予想される。

K2K前置検出器ホール



シールドは必要

CC-1π^+モードの測定にはcontained sampleを使いたい。
(1GeV付近のイベント数が20~30%増加する)
➔ SciBar上部にシールドが欲しい(コンクリートなら約20cm厚)

4. Summary & Schedule

- Summary
  - 本研究は、SciBar検出器をFNALブースターニュートリノビームラインに移設し、1GeV付近のν反応/anti-ν反応断面積の測定を行う。
  - T2KやMiniBooNEにとって非常に有益な実験である。
  - ビームに同期したバックグラウンドは、K2Kと同程度の量が予想される。→ 検出器上部にシールドを置いて遮蔽したい。

- Schedule
  - Oct. 11th: Fermilab director review
  - Dec. : Fermilab PAC

    ➔ 解体 → 輸送 → 建設
  - 2006 XX: データ収集開始