

杉本健三先生との半世紀 － 磁気能率からJ-PARCまで －

永宮 正治

1. 原子核の磁気能率
2. Berkeley における重イオン研究
3. Brookhaven における重イオン研究
4. J-PARCの建設と運営

原子核の磁気能率

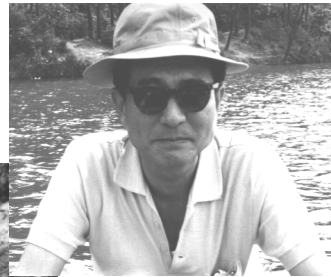


1970年代の若杉山グループ (1)



若槻先生

杉本先生

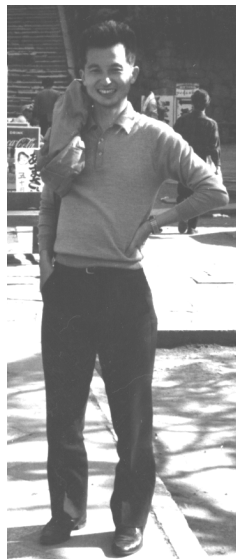


山部先生



1970年代の若杉山グループ (2)

近藤先生



土岐先生





1970年代の若杉山グループ (3)

八木先生



中井先生

高橋先生



1970年代の若杉山グループ (4)



1970年代の若杉山グループ (5)



7

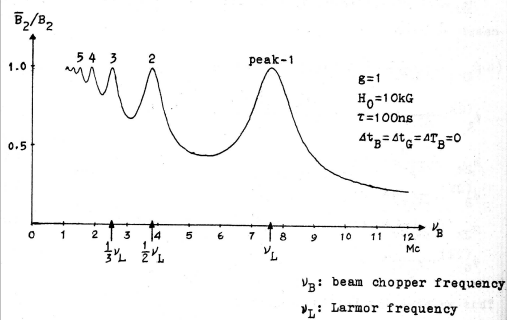
OULNS 69- 3

Stroboscopic Observation of Larmor Precession in Nuclear Excited States

Shoji Nagamiya and Kenzo Sugimoto

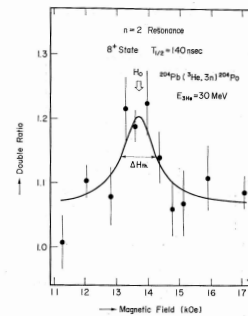
Department of Physics, Faculty of Science,
Osaka University, Toyonaka, Osaka

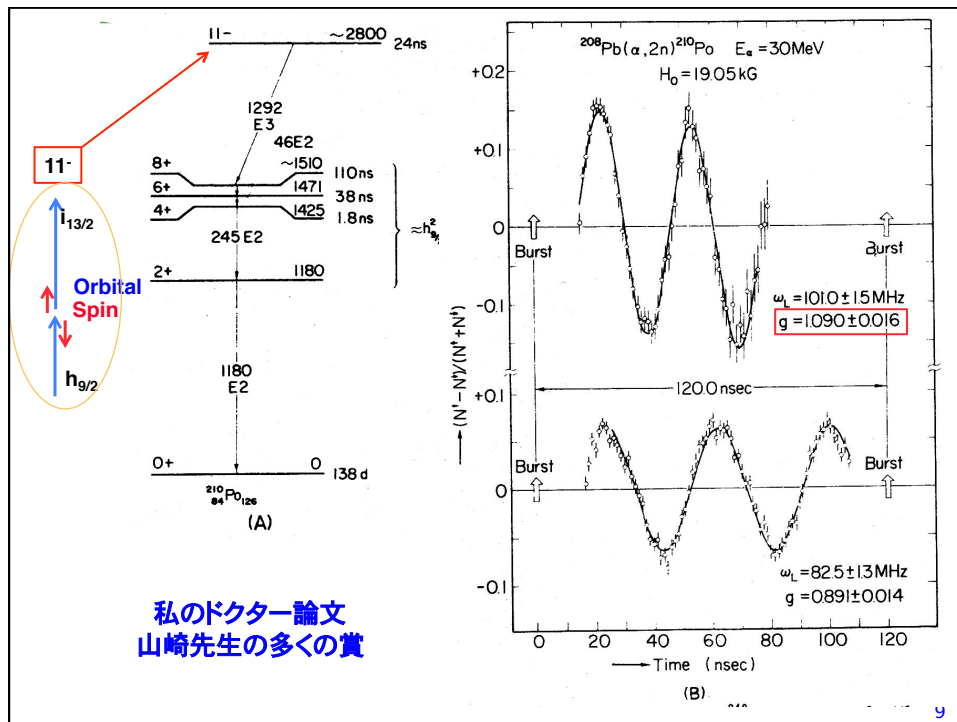
私の最初の英文論文
ストロボ法による磁気能率の測定
パルスビームでラーモア周期と同期



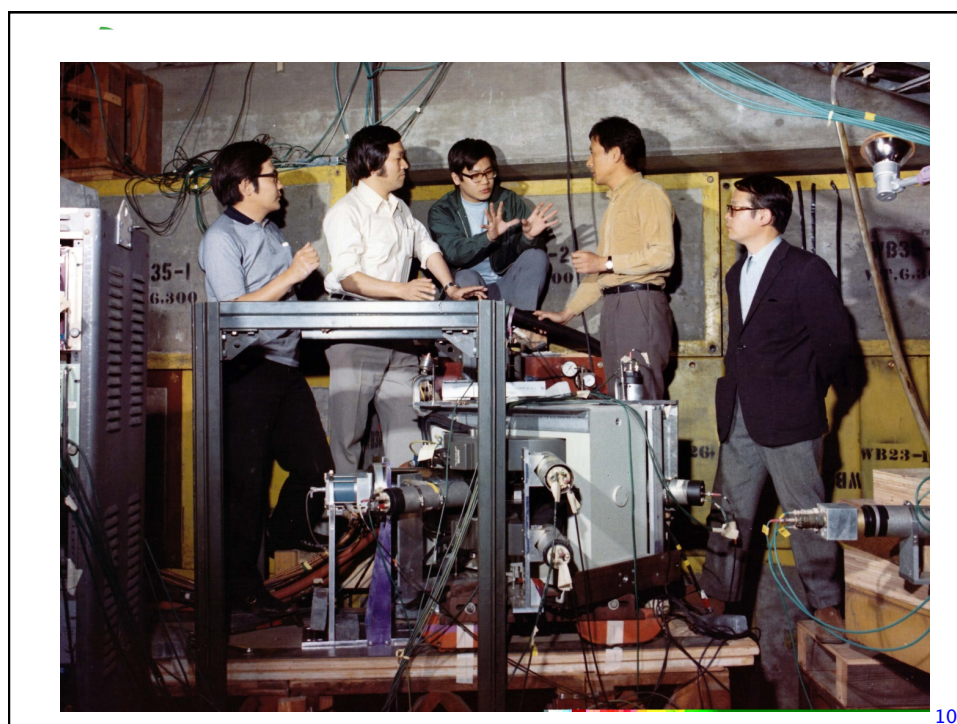
Po MAGNETIC MOMENTS

383





私のドクター論文
山崎先生の多くの賞

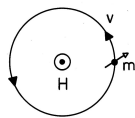




11

g-Factor for Bound Muon

g-2 Experiment

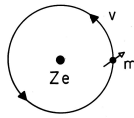


$$\omega_s = \frac{g\mu H}{\hbar} = \frac{g}{2} \frac{eH}{mc}$$

$$\omega_l = \frac{eH}{mc}$$

$$\Delta \equiv \frac{\omega_s - \omega_l}{\omega_0} \approx -\frac{1}{2}\beta^2 \quad (\beta \equiv v/c)$$

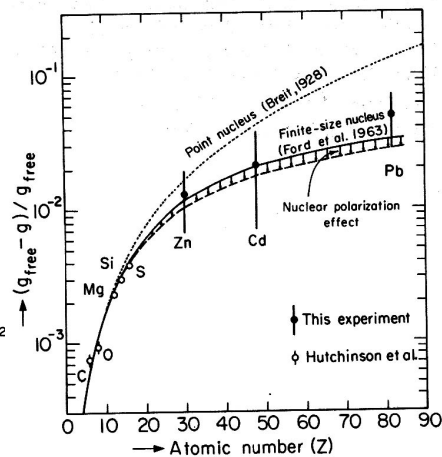
Bound electron



$$\Delta = \begin{cases} -\frac{2j+1}{2j+2} \frac{\langle T \rangle}{mc^2} : j = l + \frac{1}{2} \\ -\frac{2j+1}{2j} \frac{\langle T \rangle}{mc^2} : j = l - \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$j \rightarrow \infty : \Delta = -\frac{\langle T \rangle}{mc^2} = -\frac{1}{2}\beta^2$$

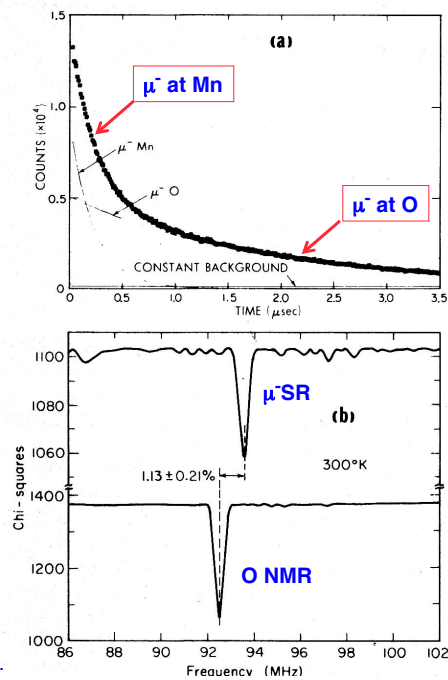
$$1s_{1/2} : \Delta = -\frac{2}{3} \frac{\langle T \rangle}{mc^2} = -\frac{1}{3}\beta^2 - \frac{1}{3}(aZ)^2$$



T. Yamazaki, S. Nagamiya, O. Hashimoto, K. Nagamine, K. Nakai, K. Sugimoto, and K. M. Crowe, Phys. Lett. B53 (1974) 117.

12

μ^- SR for MnO



S. Nagamiya, K. Nagamine,
O. Hashimoto, T. Yamazaki,
Phys. Rev. Lett. 35 (1975) 308.

13



1974年秋の物理学会

高エネルギー重イオンによる核物理学 (杉本・永宮・佐野・藤田・平尾)

333

高エネルギー重イオンによる核物理学†

杉本 健三, 永宮 正治*, 佐野 光男
藤田 純一**, 平尾 泰男***

高エネルギー重イオン(重い核迄数百 MeV/核子)による核物理学研究の将来性に対する展望を与える。この領域の開拓が核物理学の発展に対して占める位置, そこで予想される物理現象, 特に高密度核物質の問題とコヒーレントな π 中間子の発生等について考察する。またこの領域の先兵として研究を進めている Bevalac 計画の現状と, この領域開拓に必須の加速器の計画案とを紹介する。

§ 1. 高エネルギー重イオンによる研究の目指す領域

高エネルギー重イオンによる研究の目指す領域は, 原子核物理学の将来に, 今までとは異質の画期的な発展をもたらす可能性を秘めていると考えられる。即ち, 高エネルギー重イオン (数百 MeV/核子) による核反応では, 核物質を中間子の発生を伴う高い励起状態に

今世紀初期 “ラザフォード散乱”

核の存在

1930 “加速器による人工転換”

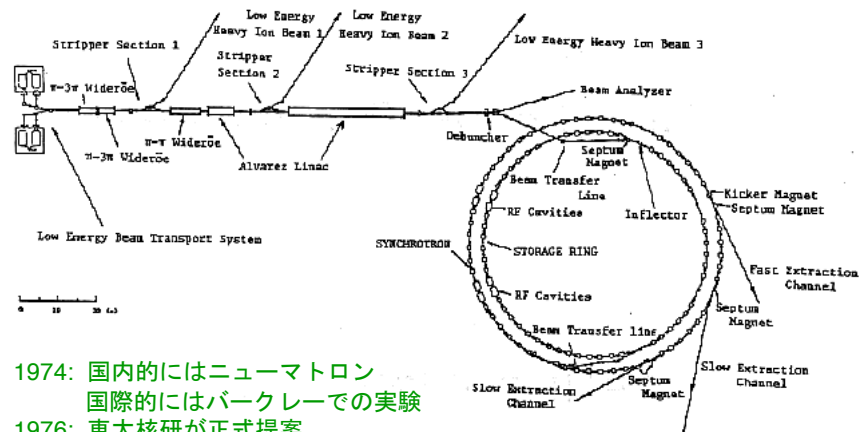
加速器の発明:
(コックロフト, パンデグ
ラフ, サイクロトロン)

構成: p, n
核力-中間子
 $R \approx r_0 A^{1/3}$

1950 $\left\{ \left(\text{安定核} \right) + \left(\text{放射核} \right) \right\} \times \left(\text{準位} \right)$
 $\left(\sim 300 \right) + \left(\sim 500 \right)$

14

ニューマトロン計画 (1976)



1974: 国内的にはニューマトロン
国際的にはバークレーでの実験
1976: 東大核研が正式提案

Bevalac エネルギー領域の重イオン加速器

1982: トリスタン計画の発足

15

Berkeleyにおける 重イオン

16

Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory



L. LABORATORY



Memorable Year, 1974

- **Summer:** LBL Summer Study on High Energy Heavy Ion Collisions
- **Fall :** Symp. at the Japanese Phys. Soc. Meeting on “Nuclear Physics with High Energy Heavy Ions”
- **Fall:** New York Workshop on BeV per Nucleon Collisions of Heavy Ions

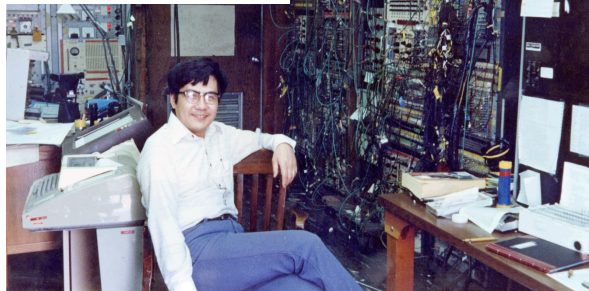
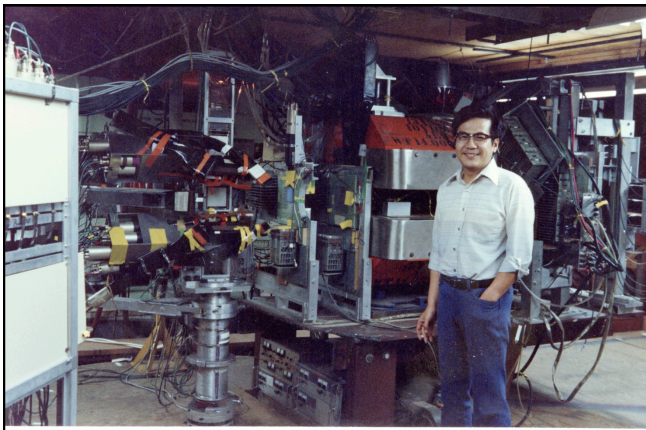
Major Achievement by the Bevalac

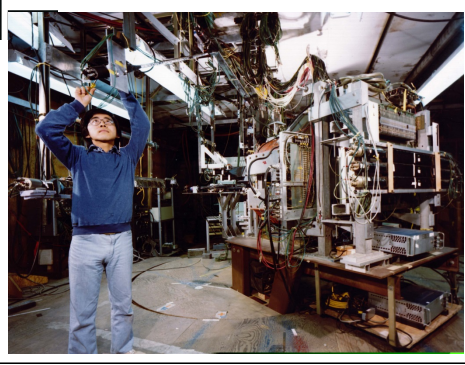
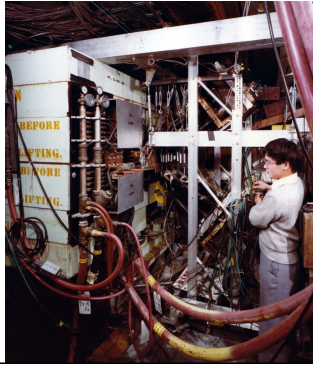
- **Collision geometry:**
 - participant-spectator separation
- **Reaction mechanism for participants:**
 - Evidence of multiple collisions \Rightarrow temperature
 - Composite formation (coalescence of nucleons)
 - Pion production (systematics including multiplicity, excitation, energy and angular distributions)
 - Subthreshold meson production
 - Pion interferometry
 - Strange particle production
 - Coulomb final-state interactions
 - Forward and backward particle production

Major Achievement by the Bevalac

(continued)

- Reaction mechanism for spectators:
 - Fermi motion of the nucleus is a dominant source for momentum distributions
- New modes and new concepts:
 - Collective flow
 - side splash, explosion flow, squeezing mode
 - Entropy
 - Multi baryonic excited state
- Application:
 - New isotopes + radioactive beams





Participant-Spectator Separation

$$\langle Z_{\text{part}}^{\text{proj}} \rangle \approx Z_P \cdot \frac{\pi r_0^2 A_T^{2/3}}{\sigma_G} = \frac{Z_P A_T^{2/3}}{(A_P^{1/3} + A_T^{1/3})^2} \quad (3.2)$$

Similarly, we have

$$\langle Z_{\text{part}}^{\text{targ}} \rangle \approx \frac{Z_T A_P^{2/3}}{(A_P^{1/3} + A_T^{1/3})^2} \quad (3.3)$$

The total number of protons assigned to the participant, $Z_{\text{eff}}^{\text{(part)}}$, is thus given by

$$Z_{\text{eff}}^{\text{(part)}} = \langle Z_{\text{part}}^{\text{proj}} \rangle + \langle Z_{\text{part}}^{\text{targ}} \rangle \approx \frac{Z_P A_T^{2/3} + Z_T A_P^{2/3}}{(A_P^{1/3} + A_T^{1/3})^2} \quad (3.4)$$

Similarly, the total numbers of protons assigned to the projectile spectator and target spectator are, respectively, given by

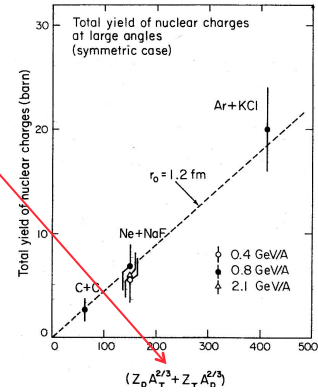
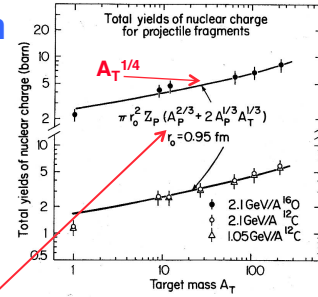
$$Z_{\text{eff}}^{\text{(proj spec)}} = Z_P - \langle Z_{\text{part}}^{\text{proj}} \rangle \approx \frac{Z_P (A_P^{2/3} + 2 A_P^{1/3} A_T^{1/3})}{(A_P^{1/3} + A_T^{1/3})^2} \quad (3.5)$$

and

$$Z_{\text{eff}}^{\text{(targ spec)}} \approx \frac{Z_T (A_T^{2/3} + 2 A_P^{1/3} A_T^{1/3})}{(A_P^{1/3} + A_T^{1/3})^2} \quad (3.6)$$

$$\text{Total Yield} = \pi r_0^2 (A_P^{1/3} + A_T^{1/3})^2 Z_{\text{eff}}$$

S. Nagamiya and D. J. Morrissey,
LBL-10461 (1980).



25

VOLUME 45, NUMBER 8

PHYSICAL REVIEW

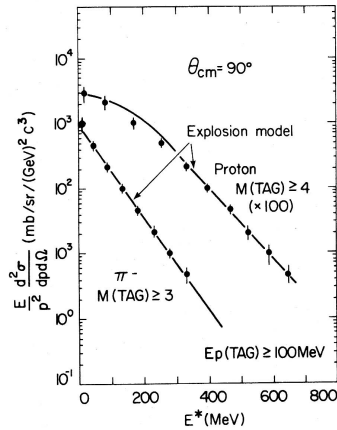
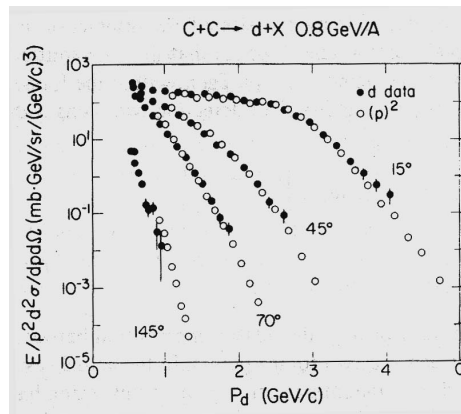


FIG. 4. Proton and pion energy spectra for high-multiplicity events of 800-MeV/nucleon Ar + KCl. Coincidence efficiency of the tag counters was not corrected for in the data, and therefore the absolute values have no solid meaning. Absolute scales of the curves calculated by the explosion model (Ref. 12) were adjusted to fit the data.

Protons and Pions
 $T_{\text{eff}}(p) > T_{\text{eff}}(\pi)$

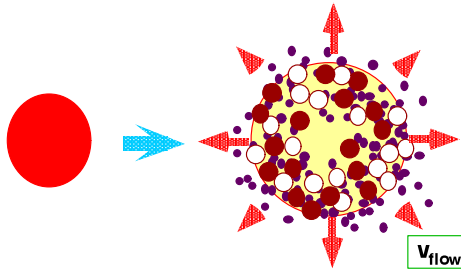


Deuteron Spectra
Deuteron : (Proton)²
Triton : (Proton)³

26

Explosive Flow

Compression and Explosion



Explosion flow

Non-relativistic case

$$(E_0 = mc^2, E_{kin} = mv^2/2)$$

• Chaotic (thermal): $E \frac{d^3\sigma}{dp^3} \approx E_0 \frac{d^3\sigma}{dp^3} \propto \exp\{-E_{kin}/T_0\}$

For a given kinetic energy: $v_M < v_m$ for $M > m$

• Radial flow (constant v_{flow}) superposed:

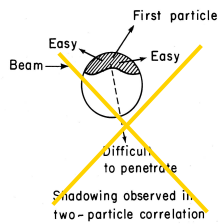
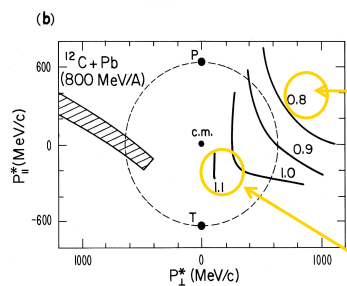
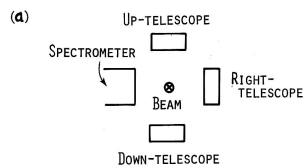
$$v \rightarrow v + v_{flow} \Rightarrow E_{kin} \rightarrow E_{kin} + \sqrt{2E_{kin}m} \cdot v_{flow} + mv_{flow}^2/2$$

$$\Rightarrow \Delta E_{kin}(M) > \Delta E_{kin}(m) \text{ due to flow !}$$

$$\Rightarrow T_{eff} = T_0 + mv_{flow}^2/2$$

P. J. Siemens and J. O. Rasmussen,
Phys. Rev. Lett. 42, 880 (1979).

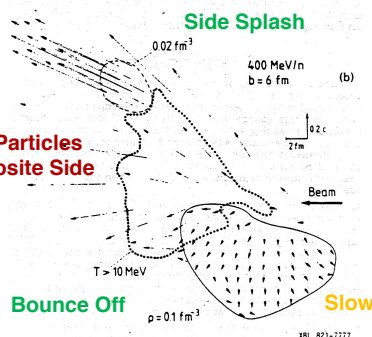
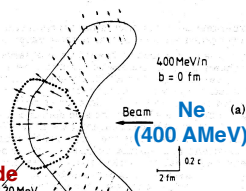
27



Hydrodynamical Flow

Less Fast Particles
on the Opposite Side
= More Fast Particles
on the Same Side

More Slow Particles
on the Opposite Side



Jecker, et. al, Phys. Rev. Lett. 44, 725 (1980)
Jecker, et. al, Phys. Rev. Lett. 47, 1807 (1981)

28

In 1982, I returned back home to Univ. of Tokyo

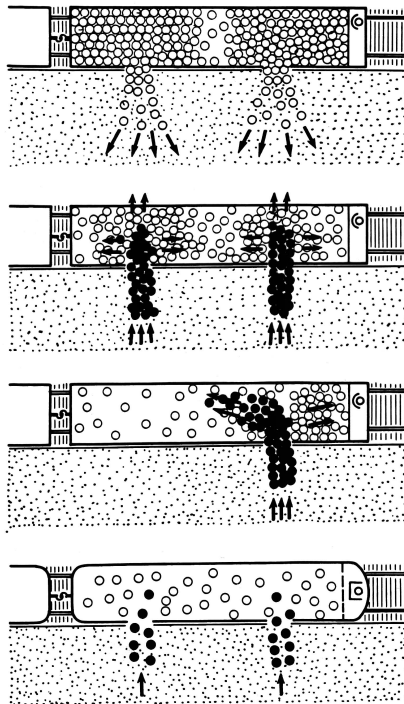
Side Splash

$\lambda \ll d$

Bounce Off

$\lambda \ll d$

$\lambda \sim d$



Volcano
(T.D. Lee)

Side splash

Bounce off

Reality ?

29



30

カリフォルニア時代の2人の学生



スティーブ君
(現ラトガース大教授)



三明君
(現筑波大教授)

31

カリフォルニア時代の3人の先生



セグレ教授



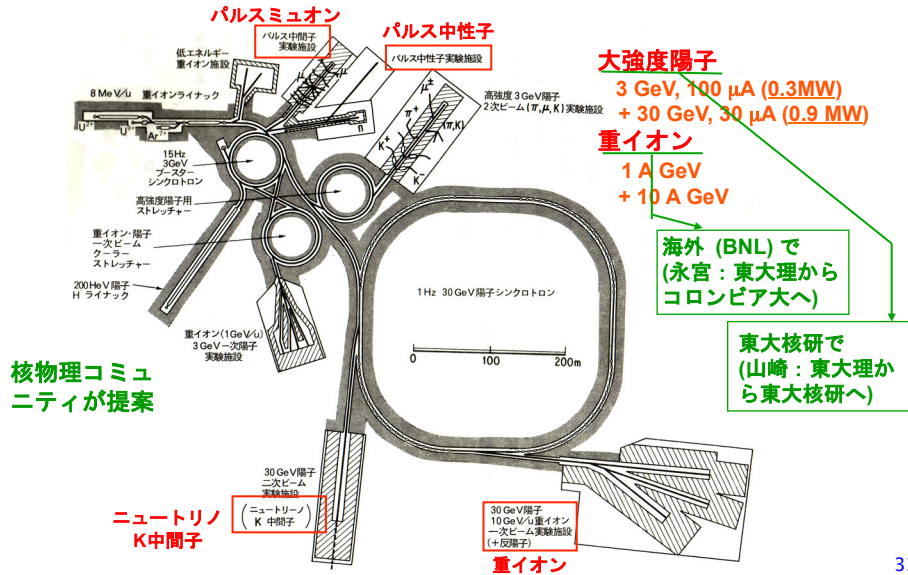
チェンバレン教授



スタイナー教授

32

大ハドロン計画 (1985)



大ハドロン検討会 (多分1985年)

第1回大ハドロン計画検討会プログラム
(2月13-15日)

	13日(月)	14日(火)	15日(水)
10:00	座長 永宮 正昭 (金の通達室) 座員 志田 嘉次郎 (核研有元による 重イオン計画提案) 永宮 正昭 (重イオン計画) 大 塚 一 (重イオン計画)	座長 坂口 昭雄 (無休日物理) 座員 今井 龍一 (少数多体系の物理) 賀 田 孝 (低エネルギー核物理の 発展と核子核子相互作用)	座長 田中正義 (現代の核物理) 座員 江口 敏 (重イオン物理の発展) 宇川 孝 (重イオン物理の発展) 原 研二 (重イオン物理)
11:00	座長 佐藤 健次 (上野公園に付設) 座員 永宮 正昭 (重イオン計画) 南 園 史 朗 (重イオン計画) 中 井 龍一 (重イオン計画)	座長 鹿取 謙二 (低エネルギー重イオン ビームに付いて) 座員 土 岐 博 (中重イオン核物理の発展) 大 塚 一 (重イオン計画)	座長 佐藤 勝彦 (重イオン物理) 座員 佐 田 嘉次郎 (重イオン計画) 宇川 孝 (重イオン物理の発展) 原 研二 (重イオン物理)
12:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)
1:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)
2:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)
3:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)
4:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)
5:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)
6:00	座長 山崎 敏夫 (Kビームを用いた 物理とその計画) 座員 池上 崇 (Kビーム) 江 井 宏 基 (重イオンの中間子核子 相互作用の計画)	座長 瑞川 哲之 (重イオン核物理の発展) 座員 久保 幸四郎 (重イオン核物理の発展) 北 条 展 弘 (重イオン核物理の発展)	座長 宮 村 修 (重イオン核物理) 座員 藤田 久夫 (重イオン核物理の発展) 村 岡 光 男 (重イオン核物理の発展) 山 口 嘉次 (重イオン核物理)

- ※ 各講演には 15分のディスカッションタイムが含まれています。
(例: 45分の1コマは 約30分の講演と約15分の議論です)
- ※ 2月13日夜6時 簡単な10-15分程度の打ち合わせ
- ※ 参加ご希望の方は、当日、受付にて 300円を希望料として下さい。

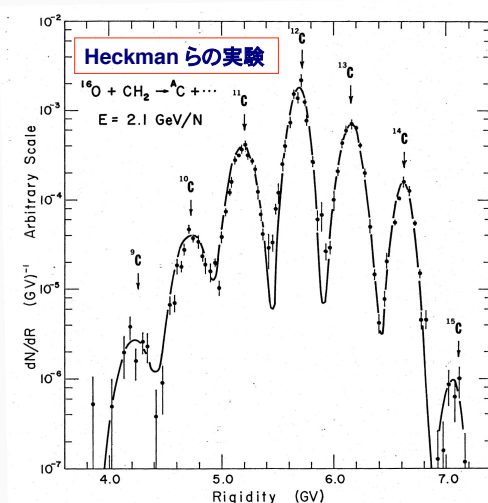


杉本先生が退官された頃。1983年。

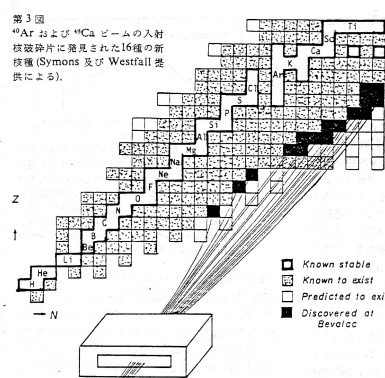
35



フラグメンテーション物理のアプローチ



杉本先生の提案・・・ ^8He をビームとして用いたい。
杉本先生を Visiting Staff としてもらった。



Symons �の実験: ^{48}Ca 用いて多くの
アイソトープを一晩で発見

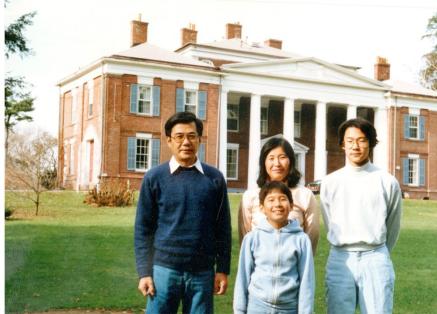
谷畑、杉本、小林らの実験: ^{11}Li を
ビームとして用い、反応断面積を
測定・・・ハローの発見 (1985)

36

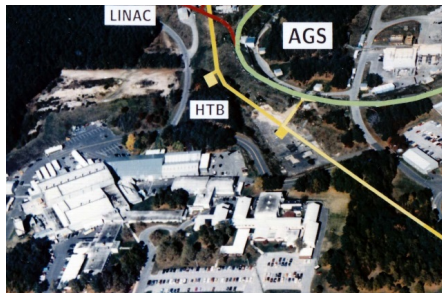
Brookhavenにおける 重イオン研究

37

コロンビア大学ネビス研究所



COLUMBIA UNIVERSITY
IN THE CITY OF NEW YORK



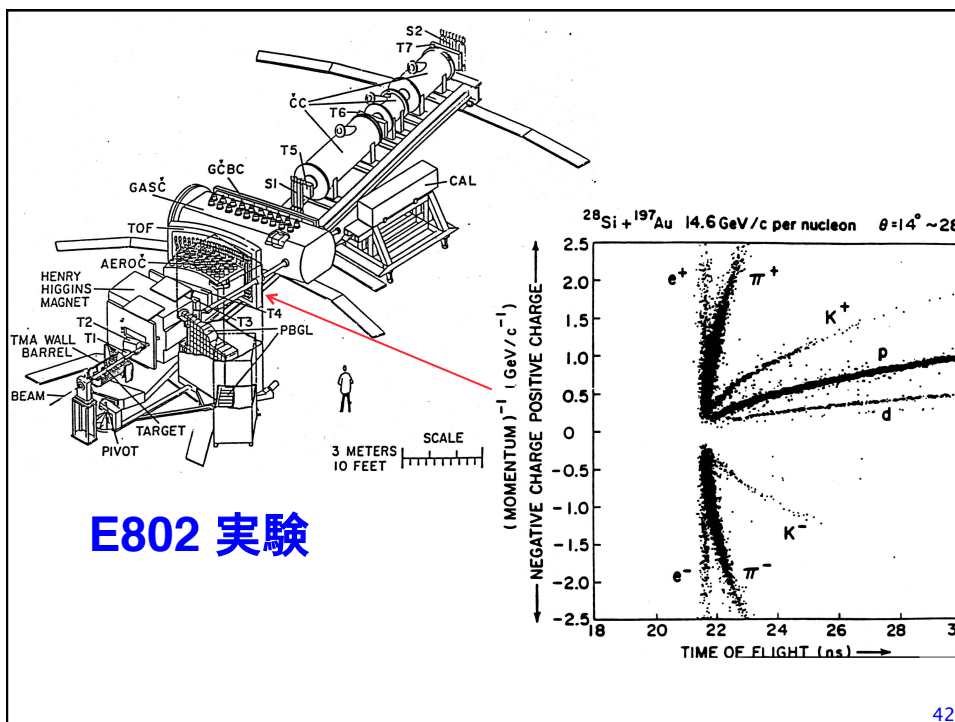
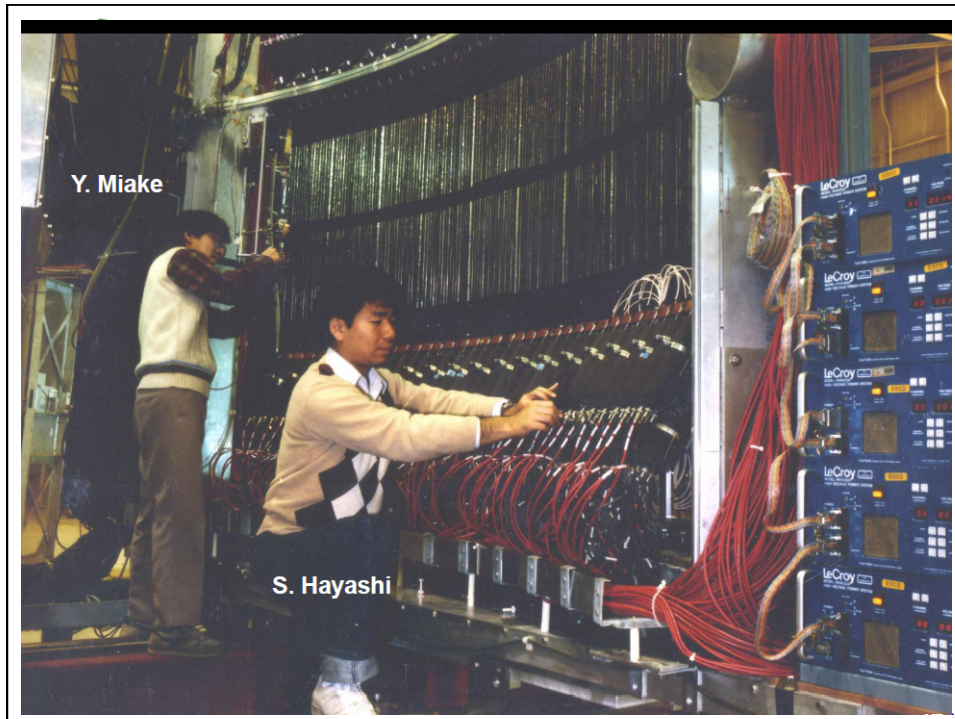
Major Achievement at the AGS

- Stopping Power:
 - AGS energy is ideal to stop colliding nuclei, to create the highest matter density.
- Strangeness:
 - K/ π ratio in AA is higher than that observed in pp.
 - KK interferometry: $r(KK) < r(\pi\pi)$.
 - Measurement of ϕ , Δ , anti- Δ , etc.
- Flow:
 - Many types of flow patterns observed.
 - Nucleon and meson show a different flow pattern.
- Search for new matter:
 - Strangelet, H particle, anti-nuclei, etc.

Major Achievement at the AGS

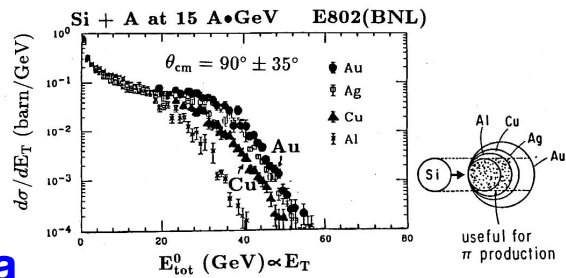
(continued)

- Excitation function:
 - Smooth transition from 2 to 10 A GeV for many quantities, such as K/p ratio.
 - Flow strength reaches its maximum at a few A GeV.
- Missing at the AGS:
 - Lepton-pair measurements, photon measurements, 4π measurements. + **Rare Events**
- Towards RHIC:
 - The AGS heavy-ion program has been a driving force towards the RHIC in both physics and manpower.

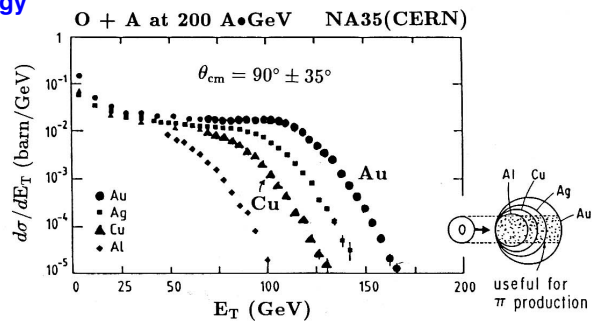


E_T Spectra

The nucleus is black
at the AGS Energy



→ Heavy nucleus seems "black" at 15 A GeV

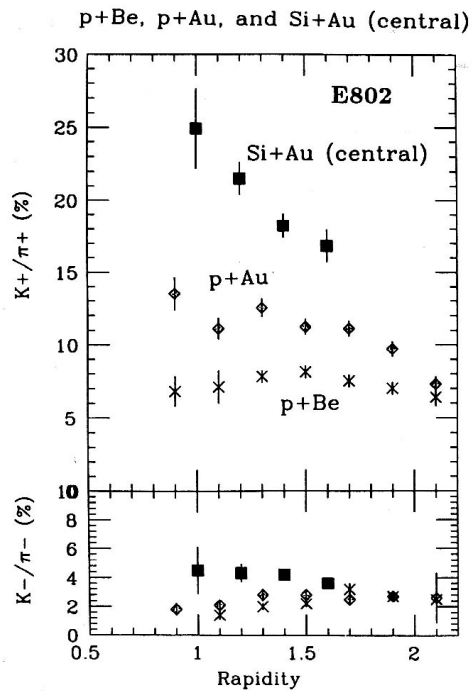


→ Heavy nucleus seems "grey" at 200 A GeV

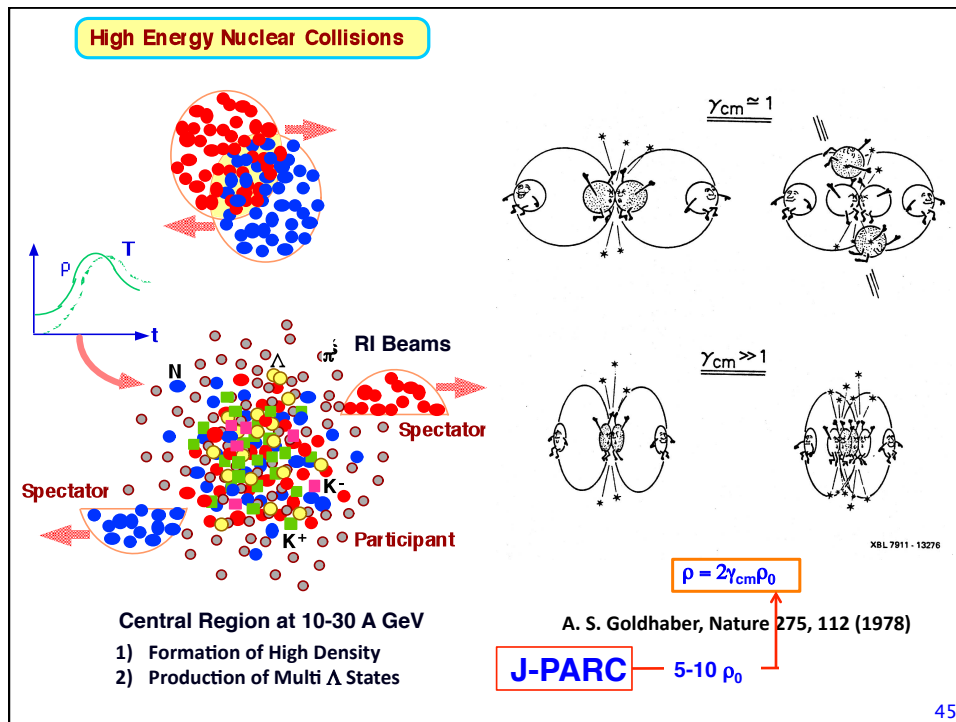
43

K/π Ratio

K^+/π^+ is very large over 20%
 K^-/π^- is small like 4%



44



45

1990: Workshop over July 4th holiday at BNL

Converged (?) to 7 working groups on various detector proposals

Courtesy of W. A. Zajc

RHIC Bulletin
Brookhaven National Laboratory
Volume 1, Number 3
July 1990

Workshop on Experiments and Detectors for RHIC: Issues and Ideas Amid July 4 Fireworks

The fourth workshop on experiments and detectors for RHIC was held at Brookhaven during the first week of July. Beginning on Monday and winding up at noon on Saturday. A gathering of nearly 200 soon-to-be users of the RHIC facility assembled for an intensive week of discussions and working groups focussed on the preparation of letters of intent for experiments at RHIC. As announced in the April edition of the RHIC Bulletin, these Letters are due September 28, 1990, and are the first step in a sequence of events which will lead to the first round of experiments for the collider.

At the core of this summer's workshop was the activity of seven working groups, each developing its concept for a RHIC detector. In concert with this activity, the workshop participants also addressed a number of issues related to the implementation of an experimental program at RHIC. Among these issues, the major topics of discussion were related to the detailed configuration of the collision regions at RHIC, including the existing experimental halls and machine questions such as possible luminosity upgrades, and the plans for detector R&D.

The meeting took place amid local celebrations of the Independence Day holiday, and fireworks lit the skies in surrounding communities as the workshop participants toiled into the night. Although the week of

(Continued on page 2)

Bob Ledoux

Wit Busza

Satoshi Ozaki

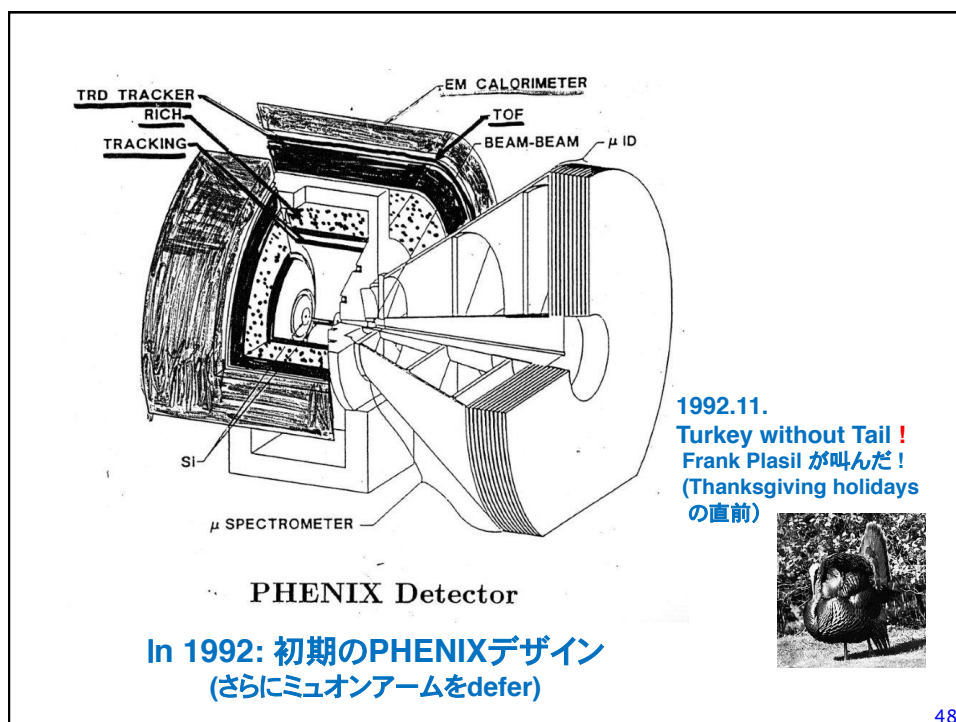
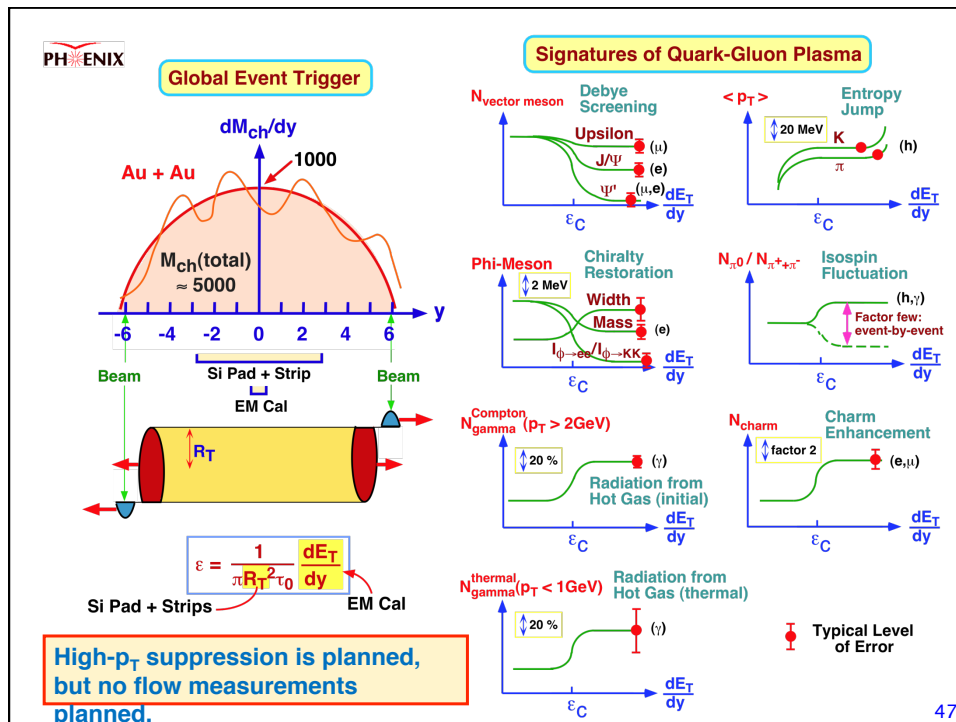
Shoji Nagamiya

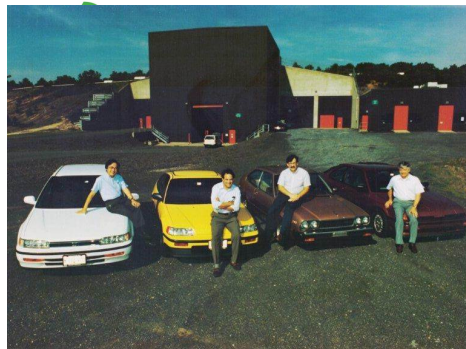
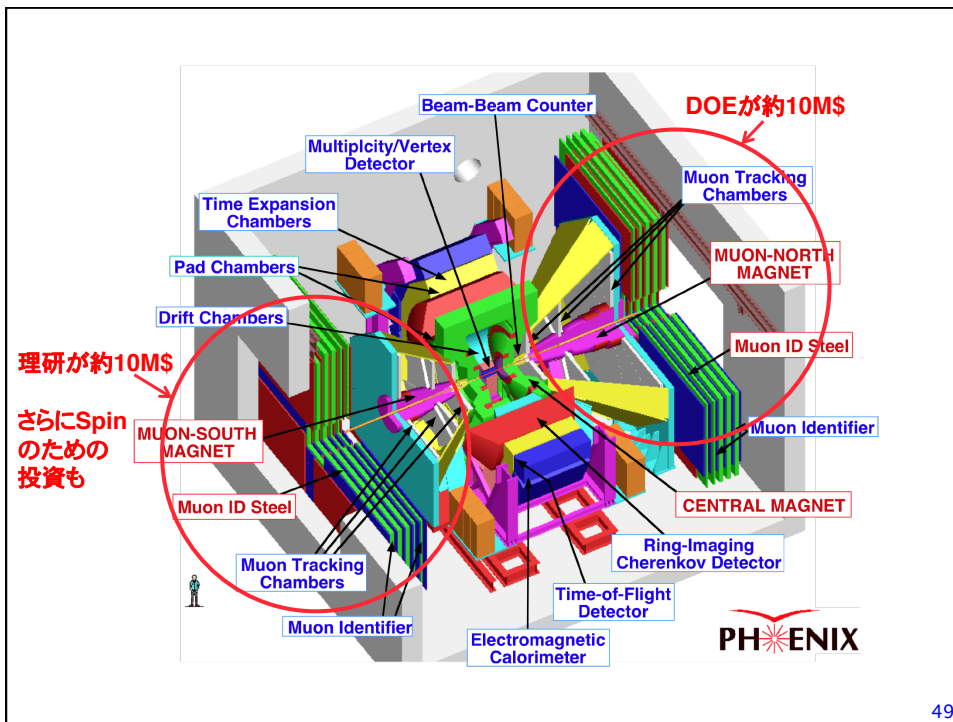
John Harris

Photos by Roger Stuenkel

Making their points at the RHIC workshop: clockwise from top... Bob Ledoux, MIT; Wit Busza, MIT; Satoshi Ozaki, RHIC Project Head; Shoji Nagamiya, Columbia University; John Harris, Lawrence Berkeley Laboratory.

6



[illegible]



Early Days at BNL
(Nick Samios in the middle)



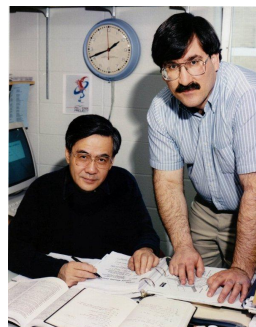
With Japanese team



Sam Aronson



Bill Zajc



Glenn and myself with
inverse clock (my BNL office)

51

コロンビア大学に招いて下さった二人の先生



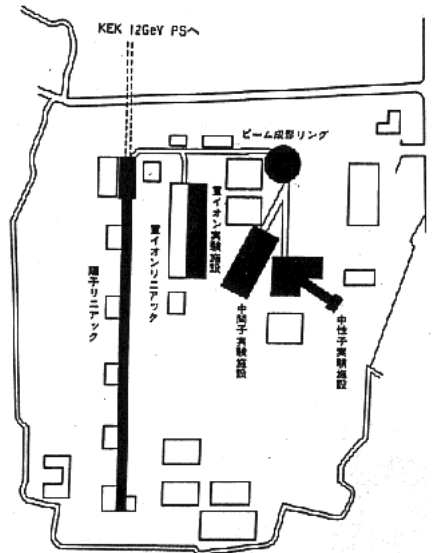
リー教授と奥さん



ウー名誉教授

52

大型ハドロン計画 #1 (1987) JHP



東大核研による提案
KEK の敷地を仮定

大強度陽子ビーム
1 GeV ($>200 \mu\text{A}$)

53

Progress Since November, 1994

November, 1994: Nuclear Physics Committee in Japan (chair: M. Ishihara) formed a subcommittee to create a master plan for nuclear physics in Japan in the 21st Century.

Background: 1) JHP proposal of 1 GeV Linac to do physics with spallation isotope beams, muon physics and spallation neutron physics since 1986.
2) INS movement to Tsukuba area decided.

December, 1994: KEK-PS Review (Open discussions for the future among high-energy and nuclear physicists).

February, 1995: First preliminary recommendation by the subcommittee on JHP

- 1) JHP#1 should be 3 GeV high-intensity synchrotron.
 - 2) JHP#2 should be planned in the vicinity of 50 GeV.
 - a) Use JHP#1 as an injector.
 - b) Intensity must exceed that of AGS.
 - c) Acceleration of protons, heavy-ions and polarized protons must be considered.
 - d) Utilize the existing facilities of 12-GeV PS as much as possible.
 - e) Spallation isotope beams, PS mini collider, Anti-proton accumulator ring, etc., should be regarded as "large experimental facilities". Priorities must be judged by physics merits.
 - f) All facilities should be in the north campus of KEK (or, at least, the guarantee to have beams from South campus to North campus).
 - g) The entire facility must be open to international user community (need of internationalization).
- ... All these were reported to both INS and KEK Directors.

March, 1995: JHP#1 was changed to 2.5 GeV synchrotron!

April, 1995: Discussions on physics with 50 GeV PS.

June, 1995:

- 1) Both KEK and INS Directors decided to adopt 50 GeV PS as a prime project, if the community supports.
Cost of JHP#1 in the South campus of KEK
- Cost of 50 GeV PS in the North campus of KEK
- 2) Extensive discussions at INS by the community.
- 3) Report of Subcommittee to the Nuclear Physics Committee.
This committee decided that "50 GeV PS" must be the central project in nuclear physics in the future.
Note: RIKEN RI beam factory could go in parallel.

July, 1995:

- 1) Subcommittee has been expanded into "50 GeV PS Working Group".
- 2) Proposal presented to High-Energy Physics Committee.
- 3) First meeting at Monbu-sho to discuss extensively this 50 GeV PS Project.

August, 1995: Town meetings and subgroup meetings.

September, 1995: Presentation and discussions at High-Energy Physics Committee.

This committee decided to support this 50 GeV PS project (as a nuclear physics project).

November, 1995:

- 1) Town meetings and subgroup meetings.
- 2) Discussion with Government on the organization of a new Joint Institution between INS and KEK.

December 1995: International Workshop on Physics with 50 GeV PS (December 14, 15, 16).

Early 1996: Official submission of the Proposal to the Government for the construction to start in 1997 !!!

1995.12.14. 核研研究会
での私の発表より
J-PARCのスタート

54

J-PARCの建設と運営

55



1999年、SF閉鎖。

56



2005年4月、
核研除幕式。



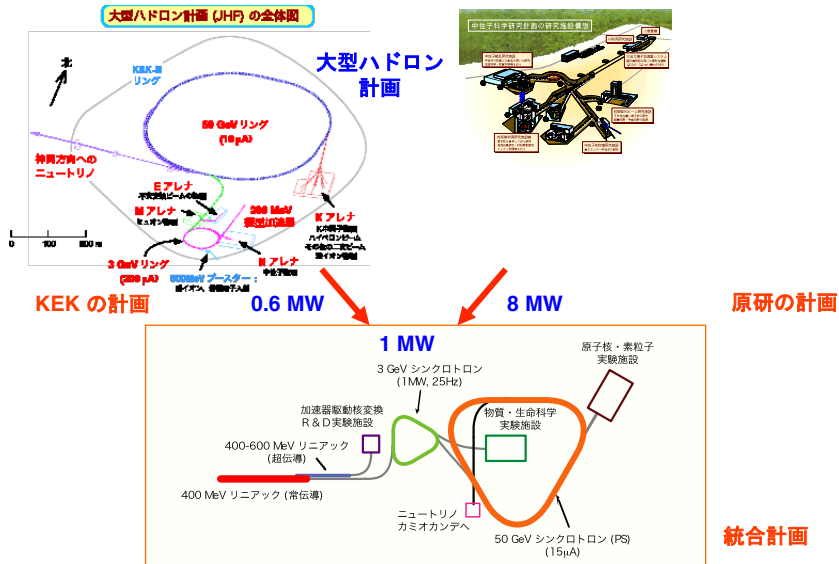
七人の侍

KEK施設部見学

1998年秋

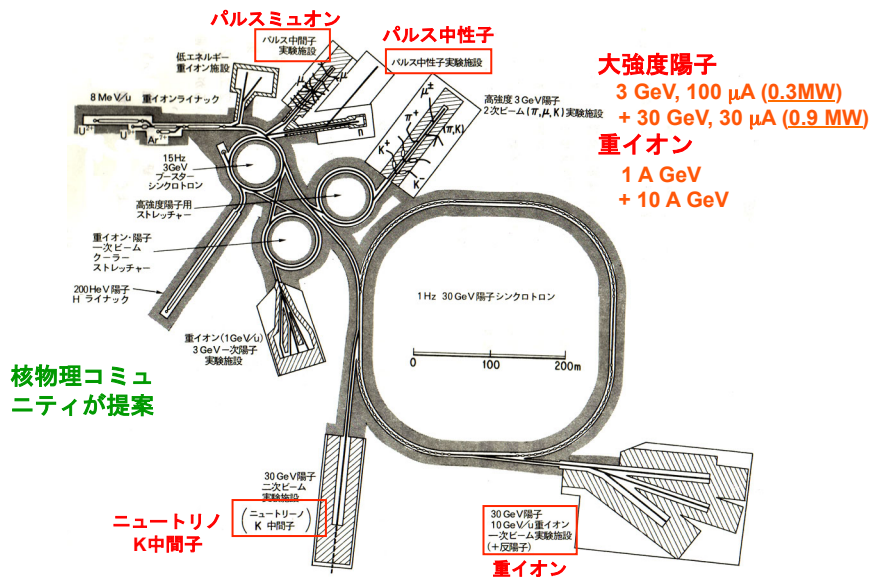


統合計画 (1998)



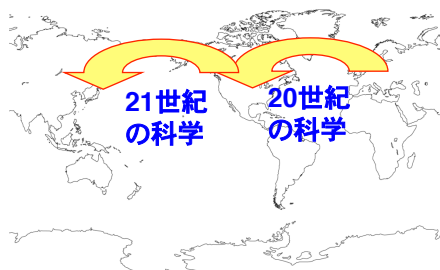
59

大ハドロン計画 (1985)



60

J-PARCが描く夢（私の夢）



■ 国際的分業と国際分担

- 21世紀には世界の科学は分業体制に（3極構造）。
- 世界の科学者は、日本がいくつかの分野で世界のリーダーシップと責任を取ることを期待している。
- アジア・オセアニア圏における先端科学センターの構築。

■ 研究環境の充実

刺激のある素晴らしい研究環境を作りだすことが、21世紀日本の最大の課題。

- Cavendish Lab., Niels Bohr Inst., Princeton Advanced Inst., 等々
- 研究環境とはお金ではない（お金も重要だが）。同じ方向に興味を持つ世界のトップレベルの科学者を一ヶ所に集める。

2000年春のJ-PARC事前評価部会における私の発表の最終ページより

61



2002 IAC for J-PARC (1st IAC)



63

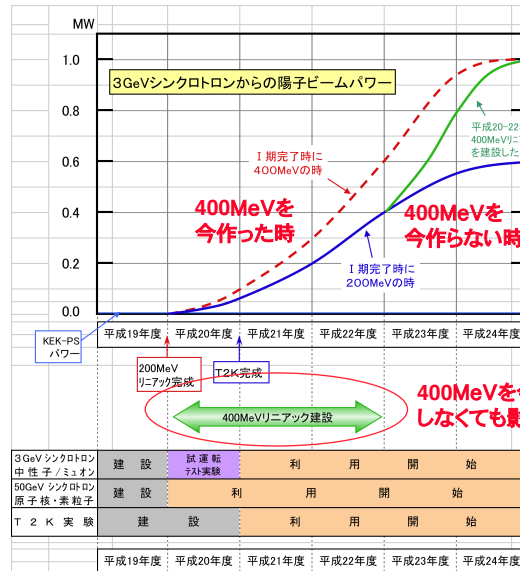




コミッシュニングに対する考えかた

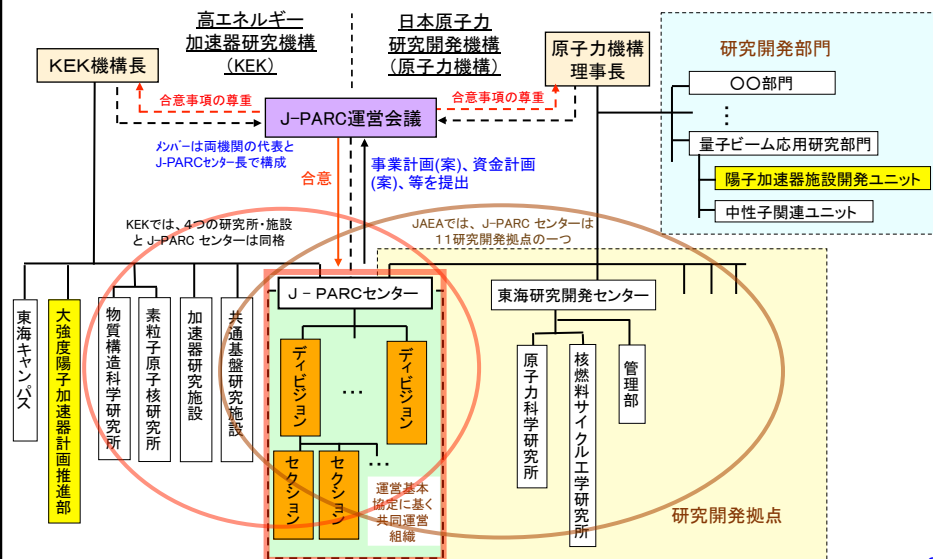
2003年
(平成15年)
ニュートリノ
レビュー当時

(ただし、コスト
増に関しては批判。
2004年初頭から
井上委員会を作り、
小平委員長に報告)



67

両機関によるJ-PARCセンターの設置 (2005年度)



68

2005年初頭から、一体的か
分散的かに対する議論が再燃。
機構長は一体的を主張。

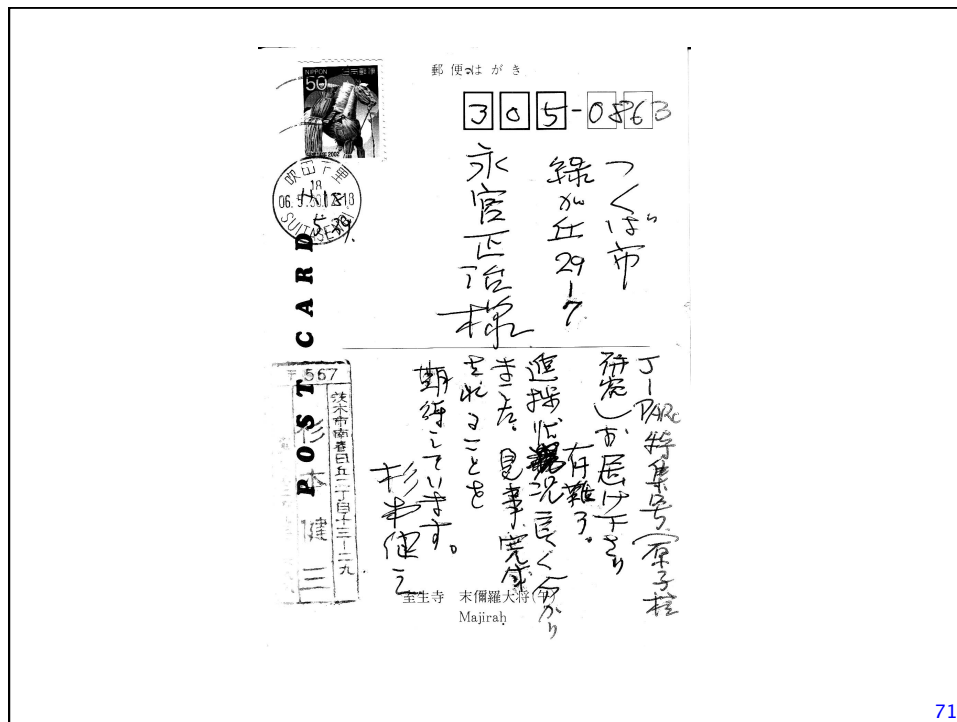
Ceremony in August, 2005 for the initiation of the J-PARC Center

大強度陽子加速器施設の運営に関する基本協力協定署名式

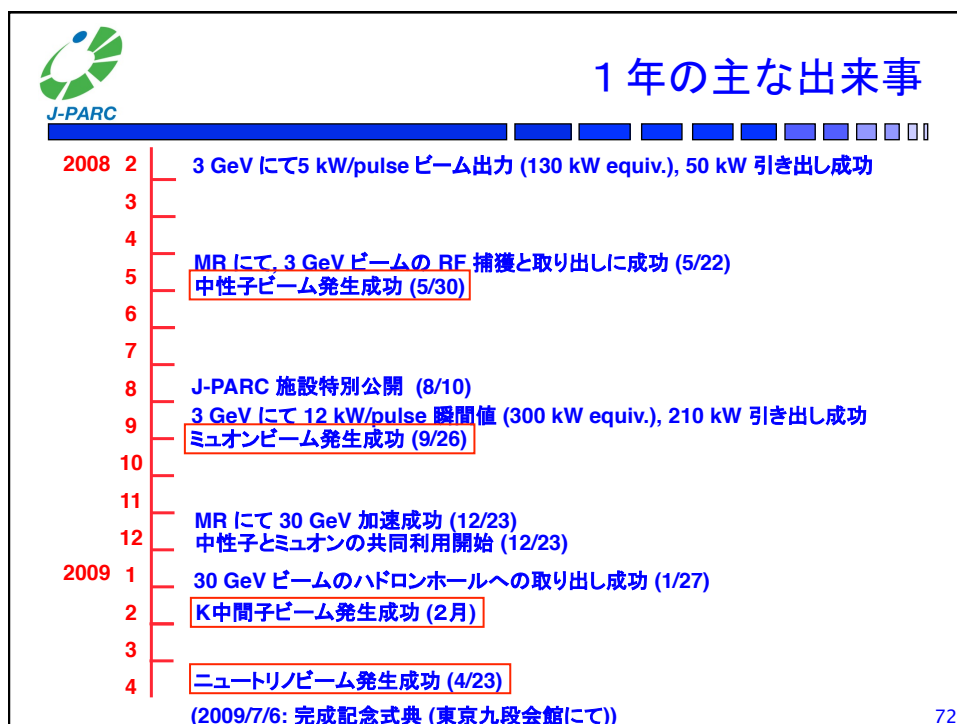


2006年3月 J-PARCセンター発足を記念して





71



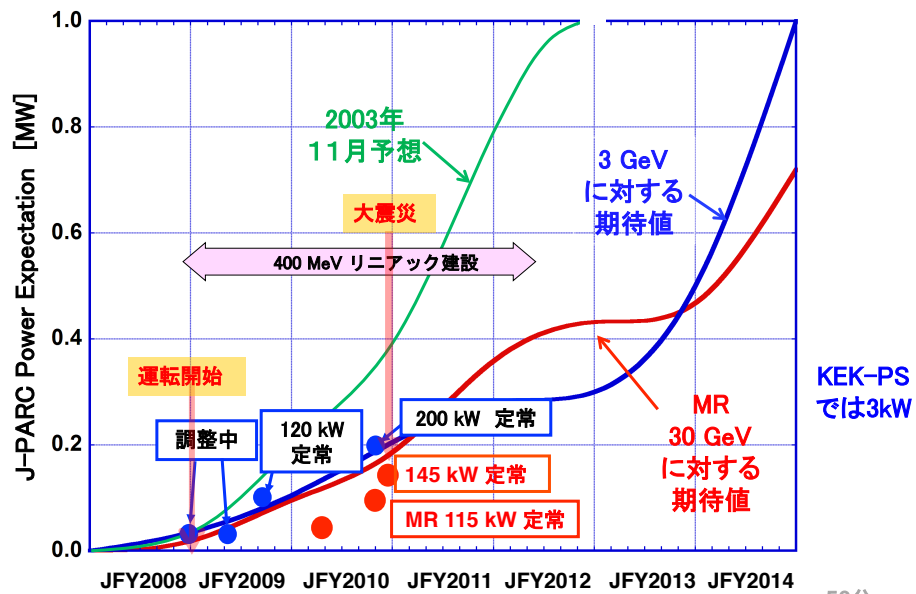
72

- ハドロンの完成（2月）とそれに引き続くニュートリノの完成（4月）
 - KEK首脳部はこのシナリオに反対
 - 荒木財務部長はじめ、主計課長や係長の協力。
- いよいよ完成後は推進部を解散
 - 推進部は7年間続いた。（計画は8年間）
 - そのうち5名は純増（春山さんらの協力）
 - 5名はセンターに残してほしいと言ったが否決された。



参加者（全部で約900人）

加速器出力の推移

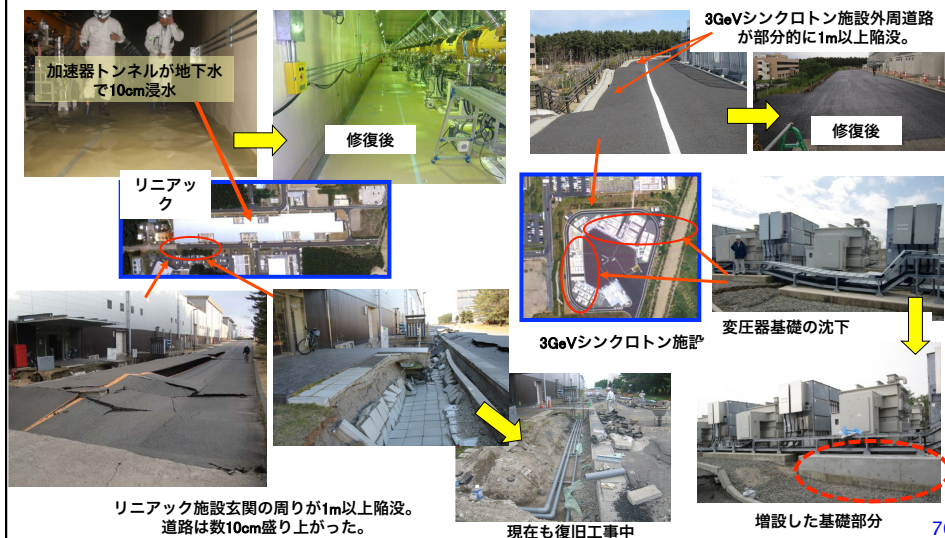


50分 75

東日本大震災によるJ-PARCの復旧状況

➤ J-PARCでは、人的被害、津波被害はなかったが、建家周辺で最大2mの陥没、配管等の破断、設備の破損・傾斜、加速器トンネル内での漏水・装置の破損やズレが生じた。

加速器施設の主な震災被害と復旧状況



76

2011年12月9日

予定日の3日前

午後2時 RFQ で3MeV にまで加速し、全ビームが
Linac後段まで来ていることを確認。



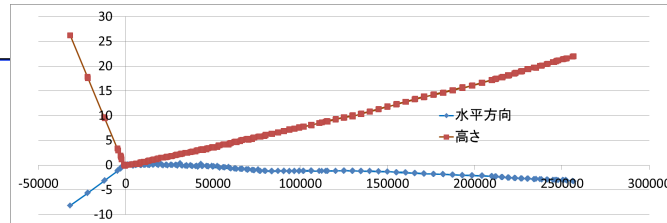
午前9時半 ビームスイッチオン

2006年11月(5年前)、Linac
での最初のビームオンの折。



77

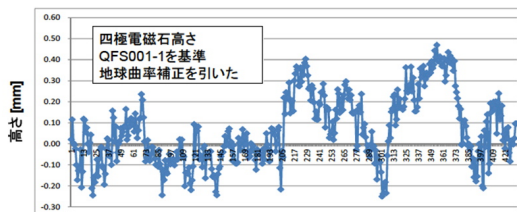
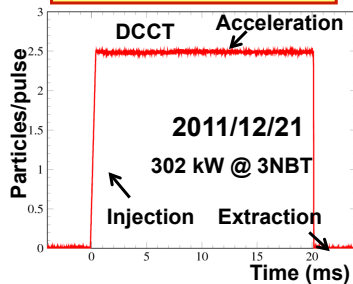
加速器の復旧・試験状況 (2011年12月)



リニアックアライメント後の測量結果

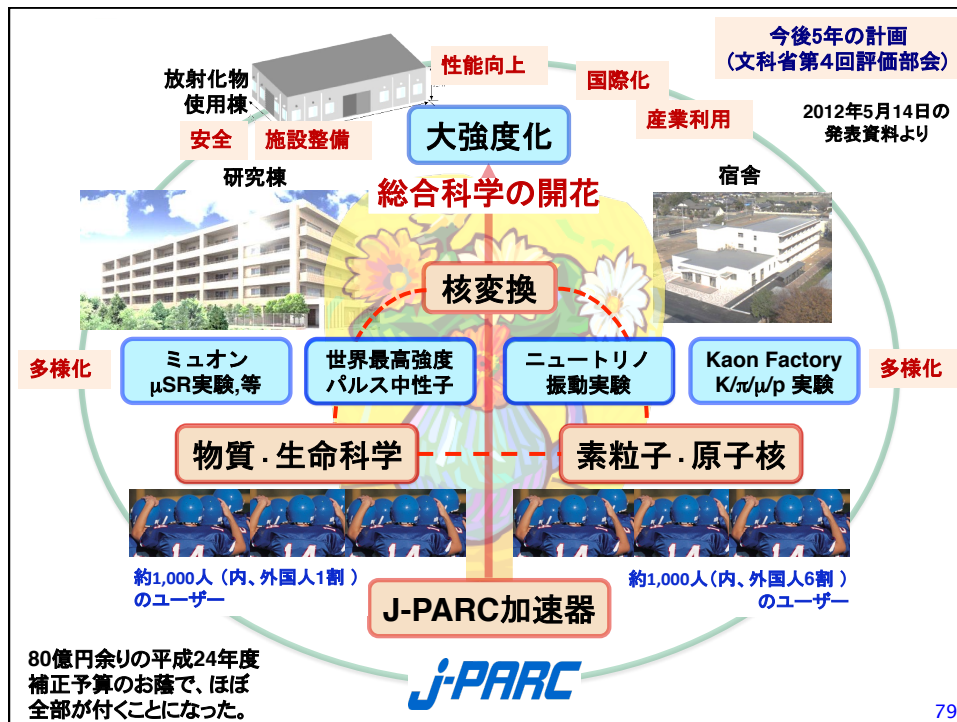
全てのアライメント修正を実施する時間がなくV字になっているが、ほぼ目標どおりに設置されている。
修正作業は夏の長期停止期間中に実施することを検討中。

12月17日に3 GeVへ
ビーム打ち込み



50 GeVシンクロトロン of 電磁石位置変位
震災直後、水平方向に2cmのずれがあったが、400
台の電磁石をアライメント (位置合わせ) し直す
ことで、1mm以下の精度で据付できている。

78

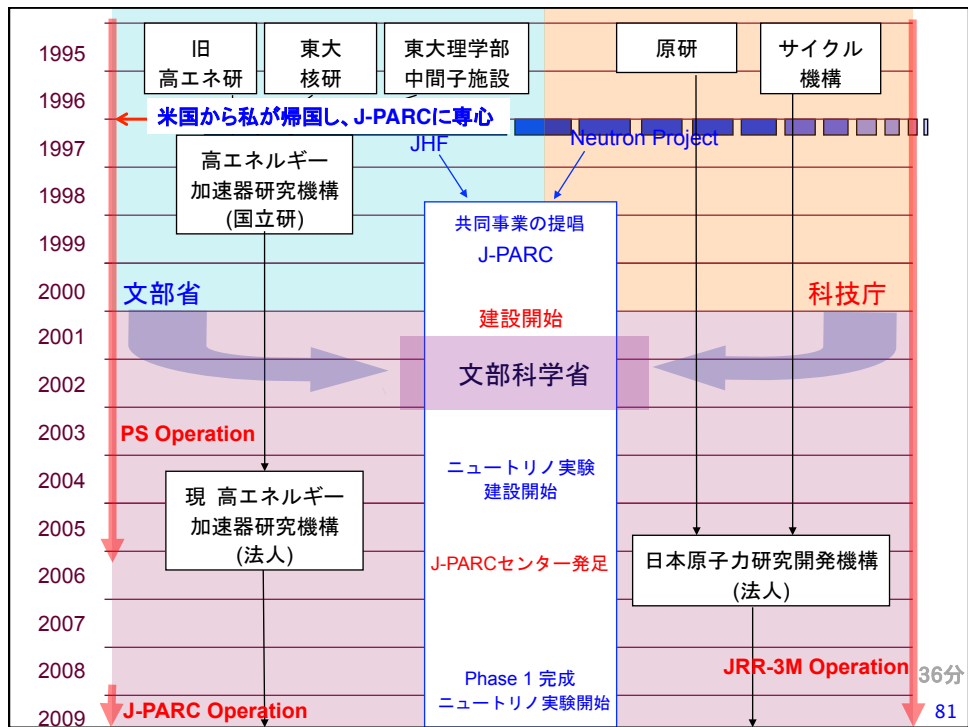


79

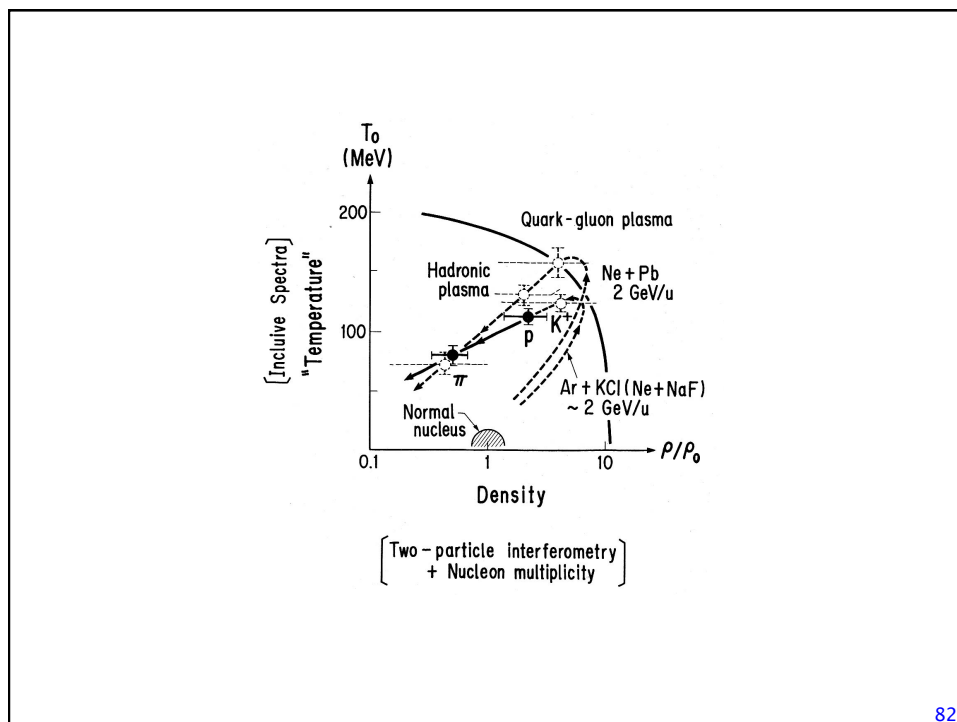


ご静聴 ありがとう
ございました

80



81



82

実験参加者* (Experimentalists)

* Japanese Alphabetical Order

康 安 駄 損	LBL	(Direct translation)
Len Anderson		Penny wise, dollar foolish.
成 治 門 田	INS	Guy standing at the corner of the field (as a spectator).
Seiji Kadota		
切 四八一六	LBL	Clear hits 4, 8, and 16.
Gil Shapiro		
覇 武 殊 多 舌	LBL	Samurai ruler who often says "No!!"
Herb Steiner		
捨 武 殊 寝 多	LBL	Hippie samurai always sleeping in bed.
Steve Schneider		
勇 夫 谷 畑	INS	Busy guy running over the field.
Isao Tanihata		
応 援 遅 延 馬 達	LBL	Hoo-ray! Hoo-ray! [shouting to the slowest horse in the race]
Owen Chamberlain		
正 治 永 富	LBL	Honest guy.
Shoji Nagamiya		
香 祥 白	Peking	Rare white (from China).
Xi-Xiang Bai		
香 樹 浜 垣	INS	Stupidly big tree standing on the seashore.
Hideki Hamaguchi		
悪 太 古 苦 茶	Heidelberg	Gangster kid and trouble maker.
Walter Brückner		
慶 郎 三 明	Ozaka	Three light bulbs are enough for his house. [efficient guy but saver]
Yasuo Mikioka		
得 苦 有 人 迷 途	Berlin	Willing to take over difficulty, but fall into a dilemma.
Richard Mueller		
稀 苦 勞 人 稀 留 米	Sackey	Rare hard-worker, temporarily in the U.S.
Marie-Claude Malet Lemaire		
損 有 論 強 人	Sackey	Too much discussion does not help you.
Rosalyn Lombard		
治 橋 本	INS	(Hidden) supporter from under-the-bridge.
Osamu Maehara		

83



QM'91 at Oak Ridge

RHIC in 1997-98

LHC in 2000

Heavy-Ion Accelerators + Experiments

QM'91

BNL

- First beam 5 years ago (15 A GeV)
- E802 (particle spectra + correlations + calorimetry)
 - ↳ E859 (HBT KK correlation + K spectra) → E866
 - E810 (V-particle by TPC at MPS)
 - E814 (forward spectra + 4π calorimetry)
 - E858 (anti matter search)
- Au beams in 1992
- RHIC (100 AGeV U collider) in 1997-8!


CERN

- First beam 5 years ago (200 A GeV)
- NA34 (large angle spectra + 4π calorimetry)
 - ↳ NA343 (μ⁺μ⁻ pairs)
 - ↳ NA44 (HBT KK correlation)
 - ↳ NA45 (e⁺e⁻ pairs)
- NA35 (streamer chamber + calorimetry)
- NA36 (TPC)
- NA38 (μ⁺μ⁻ (+μ⁺μ⁺, μ⁻μ⁻) pairs + calorimetry)
- WA80 (photon detectors + calorimetry + plastic ball) → WA93
- WA85 (V-particle by S2 spectrometer)
- Pb beams in 1994
- LHC (3.2 ATeV Pb collider) before 2000!?

84



85



Major Events for the Collaboration

OASIS
Dimuon
TALES
/SPARH

1991

Sept.: Creation of RE2.

1992

Mar.: PHENIX Organization + Institutions established.

June: pCDR (260 pages) published.

Aug.: First TAC Review on PHENIX.
1-wk PHENIX Workshop at BNL.

Sept.: PHENIX Newsletter started.

Oct.: Collaboration meeting at Santa Fe.

Nov.: Muon-arm instrumentation deferred from the Baseline.

1993

Feb.: CDR (473 pages) published.
TAC ... partial funding started.
PAC ... approval of PHENIX muon encouraged.

Apr.: Day-1 shifted from '97 to '99.

June: Muon arm review by TAC.
Collaboration meeting at Lund.

Aug.: PHENIX Workshop at BNL.

Oct.: Collaboration meeting at San Ramon.

Nov.: CDR Updates published.
TAC Review on Cost and Schedule

Dec.: RIKEN proposal on Spin was finalized.


1994

Mar.: TAC Review on Cost and Schedule ... Final
approval for PHENIX detector construction !

RE2: Sam Aronson (spokesperson)
**PHEONIX: Photon, Hadron, Electron
muOn Nucl. Ion eXperiment ???**

**Shoji Nagamiya: Appointed as
PHENIX spokesperson.**

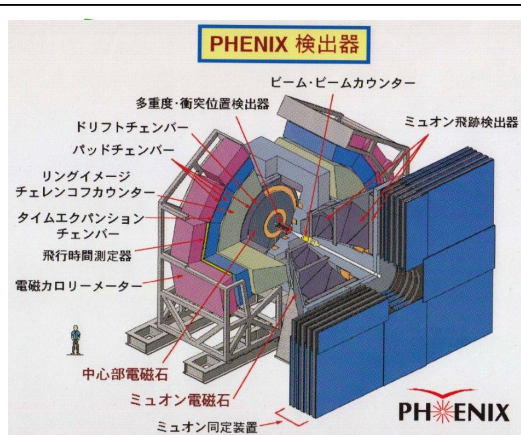
The most difficult time for me!
I tried to explain to the collaboration
to install muon arm(s) soon by
finding additional money.
Turkey without Tail!



Frank Plasil yelled!
It was just before
the Thanksgiving
holidays

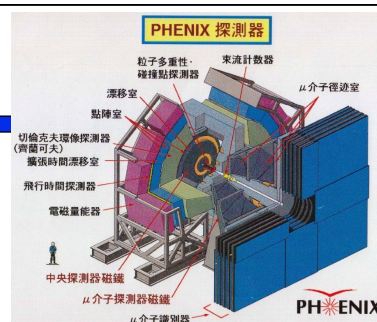
**From 1993: Effort to fund muon
arms started. Approach to RIKEN
+ Approach to AEE from DOE.**

86

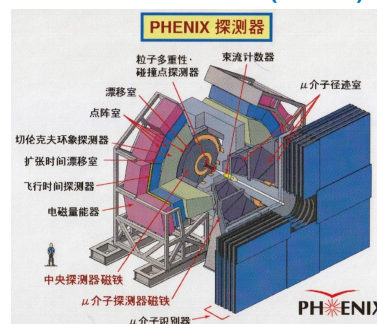


Detector in Japanese,
in particular, for RIKEN

Serious effort in obtaining
outside funds initiated.

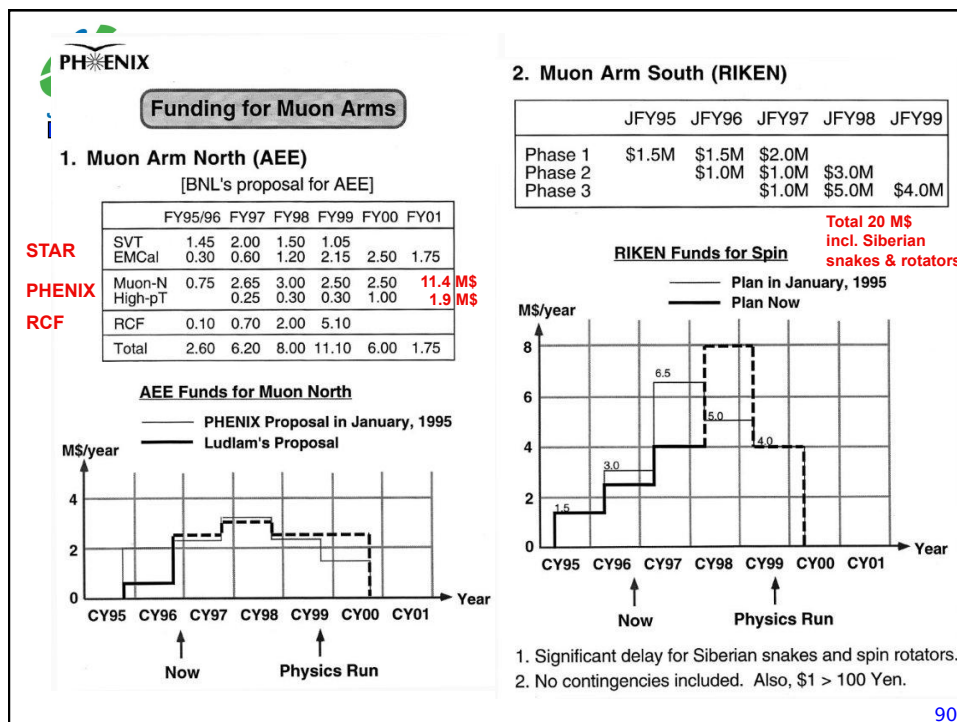
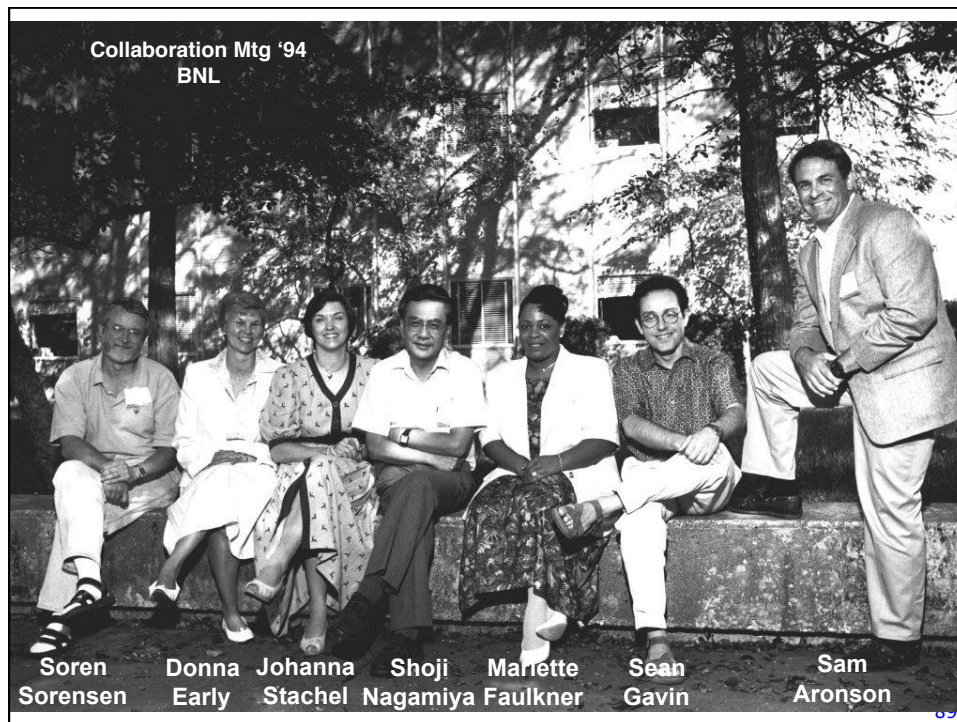


Detector in Chinese (Taiwan)



Detector in Chinese (Beijing) 87

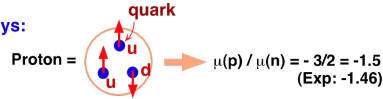




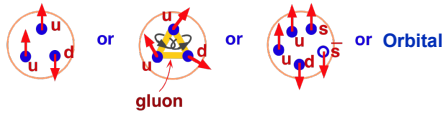
Polarization of the Nucleon

Spin Physics at RHIC

Old Days:



Recent Questions:



• Always compare



- and measure asymmetry (to study the angular anisotropy).
- Polarization can be longitudinal or transverse.
- Single spin asymmetry (e.g., $p^\uparrow + p$ or $p^\uparrow + A$) can also be studied.

Typical Examples

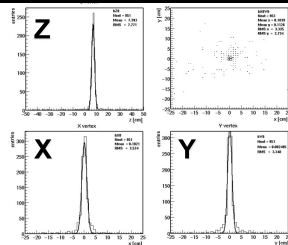
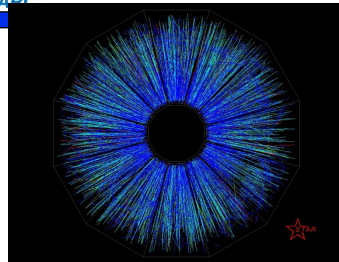
- gluon + gluon \rightarrow jet + jet
- gluon + quark \rightarrow high-energy γ
- quark + anti-quark $\rightarrow \mu^+ \mu^-$ (Drell-Yan) \leftarrow
 $\rightarrow W^\pm \rightarrow e^\pm$ (or μ^\pm) + ν \leftarrow
 $\rightarrow Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ \leftarrow ?

Spin physics came in.

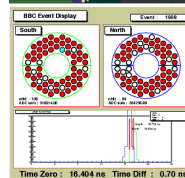
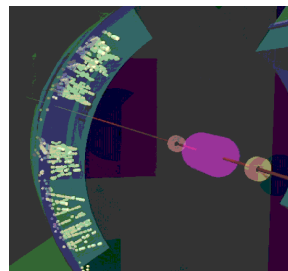
91

First Au-Au Collisions at RHIC (June 2000)

The first event at PHENIX



The first event at STAR



Run # 4378
Event 1989
June 15th, 2000
06:26h

92

New 50 GeV PS at INS/KEK in Japan

as an International Facility in Nuclear Physics

1. General Scope

- a) Energy: 50 GeV (for protons), Current: 10 μ A.
- b) Physics with 50 GeV Synchrotron
Nuclear physics with high-intensity kaons and pions. Kaon rare decay experiments. High-density matter physics with 20-25 AGeV heavy-ion beams. Neutrino oscillation experiment. Hadron spectroscopy. Atomic physics with \bar{p} beams.
- c) Physics with 3 GeV Booster (200 μ A)
Muon physics. Nuclear physics with low-energy radioactive beams by accelerating target fragments. Condensed matter physics with 0.6 MW spallation neutron source.

2. Project Plan

- a) This project is endorsed by the Japanese nuclear physics community as its central project.
- b) Construction: Expected to start in 1997-8. The goal of the first beams is in 2002-3.
- c) INS, U. Tokyo, will move to Tsukuba area at around the time when the project starts.

3. International Facility

- a) Starting Assumption: Basic facility will be covered by Japan, while the usage of the facility is truly "International".
- b) Project Brochure in English: To be created soon.
- c) International Advisory Board, International PAC, etc.
- d) Plan to have extensive international discussions on all issues, including international experimental teams, beam-line requirement, administration, etc.

1995.12.14. 核研研究会
での私の発表より
J-PARCのスタート

93



J-PARC 計画はなぜ生まれたか？

- 国内的には80年代に構想が始まった。
- 中性子分野や原子核物理学分野の国際的な見地
 - 約10年前に 2分野で OECD Mega Science Forum
 - 中性子科学は、物質科学や生命科学においてこれから発展する科学：
 - 世界的に多くのユーザー層 → 米・欧・日で一つずつ。
 - 原子核物理学では世界戦略を：
 - Kaon Factory (K中間子ビーム) は世界的に見て日本に設置。
- 加速器からのニュートリノビーム
 - スーパーカミオカンデにおけるめざましい発見
 - スーパーカミオカンデでは宇宙からのニュートリノ → 加速器からの純粋なニュートリノビームの必要性 → まずは KEK-PS からのニュートリノビーム → さらにその100倍程度の強度を持つニュートリノビーム。
- 加速器駆動核変換への基礎研究
 - 原子炉からの長寿命核廃棄物の処理と未来のエネルギー
 - 中性子による長寿命原子核の短寿命化。短寿命化の過程におけるエネルギー生産。

→ 多目的加速器施設としての J-PARC の概念の確立

11分 94



計画認可前の主な動き

- 1998年秋: 高エネ機構と原研間による統合計画の議論
 - 大型ハドロン計画と中性子科学研究計画の統合の可能性の議論
- 1999年3月: 高エネ機構と原研間の覚書
 - 統合計画の内容、ユーザー層も入れた協議会、推進チームの結成、等
- 1999年4月: 国際レビューの実施
 - Y. Cho (委員長), 上坪宏道 (副委員長), ら内外12名の委員
 - 本計画を強く支持、学術と技術の統合は科学のルネッサンス
- 1999年5月: 関連主要委員会での議論
 - 学術審議会: 加速器科学における省庁間連携の重要性を指摘
 - 原子力委員会: 統合計画のヒアリング
- 1999年8月: 両省庁が共同提案を決意。大蔵省に説明に
- 1999年12月 - 2000年8月: 第三者評価
 - 原子力委員会と学術審議会の下に設置。末松安晴委員長ら11名の委員。
 - 本計画は実現すべき計画。ただし、優先順位を付して実施する。
- 2001年 (平成13年) 4月: 本計画建設着手
 - 総額1,890億円のうち、第1期分1,335億円の建設着手が予算化。

・ 山田さんとの話
・ 椎名素夫議員
・ 年末: 津軽海峡



建設着手直後の動き

- 2001年4月: 建設に関する両機関協定書調印
 - プロジェクトチームの正式発足
- 2001年7月: 東海村村議会が本計画を正式認可
 - その後、村と近隣住民との協議会が発足
- 2002年2月: 利用者協議会発足
 - 井上信 (委員長) ら利用者コミュニティの代表者で内外25名の委員。
 - 施設完成後の利用体制に関するタスクフォースの報告と議論
- 2002年2-3月: 茨城県の2つの審議会
 - 原子力審議会が第1期分を認可。森林審議会が当初施行分を認可。
- 2002年3月: 国際アドバイザー委員会発足
 - J. W. White (委員長), 戸塚洋二 (副委員長), ら内外15名の委員
 - 建設状況、優先度、建設組織、国際化、等々を精力的に議論
- 2002年3月: サイエンスフロンティア21 (茨城県) 最終報告
 - 県北地区の国際都市化、産業との連携、人材の育成と大学との連携
- 2002年6月: Linac と 3 GeV 工事安全祈願祭
- 2002年10月: 着工式+愛称決定
- 2003年1月: 50 GeV 工事安全祈願祭



この頃の苦労 (グレーで書いたところ)

自分の思ったことは、たとえ他の人が反対しようと、最低限は貫く。

しかし、自分には、身分もなかった。(ずっとなかったが、その頃は本当になかった。ヒラの教授であった。)

上の人は変わる。しかし私は変わらない。(原研は理事長が6-7人(松浦、村上、齊藤、岡崎、殿塚、岡崎、鈴木)、KEKは3人(菅原、戸塚、鈴木))

一方、発足当時は、外部の多くの方のサポートもいただいた(上坪さん、有馬先生、西川先生、石原さん、福山さん、等々)

97



Linac と 3 GeV 工事安全祈願祭

2002年6月6日



98

塩田遺跡



濃い塩水をためておくための
大型鹹水（かんすい）槽



鹹水を釜に入れ塩焚する
釜屋跡



東海村小中学生の
体験学習

15世紀頃の塩田

世 世界
一世一代

||

世

10年を三回繰り返すと
ようやく一人前に
人の世にお役にたてる

私の略歴

東京大学助手

ローレンスバークレー研究所・研究員

東京大学助教授

コロンビア大学・教授

ブルックヘブン国立研究所

10年半

東京大学教授

J-PARC代表

15年半

1996年末に帰国し、その後J-PARCに専心した。それまでは
研究と学生指導に専心したが、J-PARCではプロジェクトに専心。

101



102

1985年頃の核物理委員会

第61回 核物理委員会議事録(案)

日 時 昭和60年9月28日(土) 10:30～18:00
場 所 東大原子核研究所 第1会議室
出席者 池上, 井上, 江尻, 上坪, 小林, 近藤, 鳥塚, 中井, 永宮,
長谷川, 平尾, 山崎, 李
欠席者 大沼, 玉垣, 八木
オブザーバー 片山(一), 片山(武), 坂口, 鷺見, 細野, 野村(以上大ハド
ロンW.G.), 小川, 坂井, 西村, 村岡, 山口(以上核研),
菅原(東北大), 真鍋(筑大大学院)

八木委員長欠席のため幹事(井上, 永宮)の司会で議事を行った。

103

1985年頃の核物理委員会(つづき)

1. 次期計画について6月以降の動き

i) 文部省との交渉経過について

- 前回委員会(6月5日)でまとめた「計画の進め方」について文部省に説明したが、61年度発足について十分な理解を得るに至らなかった。そこで委員長・幹事が各委員に電話連絡したうえで6月27日委員長名で61年度核物理研究センターの予算措置を中心とした要望書を出した。(原子核談話会通信131号3頁参照)

議論の結果、来年度の方針を決めるために、各計画について改めて各推進グループで検討し、次回持ち寄ることにした。核物理研究センターの計画については、大ハドロン計画との関係を含め、日本の核物理学において分担するところを明確にし、その役割にふさわしい内容および規模について検討してほしいという要望が出された。東北大電子ライナック計画についても同様な検討がなされることになった。また大ハドロン計画については今回の議論をふまえて更に検討することにした。

104

1985年頃のハドロンの考え方

核物理委員会の見解

■ 重イオン

- Bevalac 共同実験: 不安定核ビームによる実験に集中しよう。
⇒ のちに、理研における RI ビームファクトリーに発展
- AGS 共同実験: 中心衝突による核物質研究の実験に集中しよう。
⇒ のちに、RHIC における日米実験に発展
- RIKEN: リングサイクロトロンによる低エネルギー実験。

■ 陽子と軽イオン

- KEK: 高エネルギー原子核物理を 12 GeV PS で。
- RCNP: AVF を 400 MeV に Upgrade。精密核物理。
- INS: 大型ハドロン計画により陽子ビームの大強度化。

105

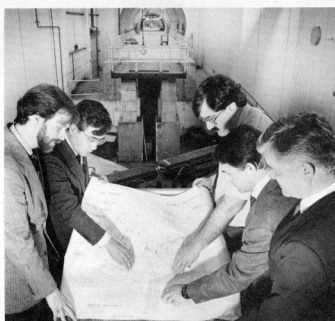
The PHENIX Has Risen: Second Major RHIC Ex

Following a successful two-day review of the cost and schedule proposed for the Pioneering High Energy Nuclear Interaction Experiment, the detector known for short as PHENIX was approved on March 10 as the second major experiment for BNL's Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC).

In the search for quark-gluon plasma at RHIC, PHENIX will be competing with STAR, which is short for the Solenoidal Tracker at RHIC and which was approved in January 1993. Despite nearly a year's lead time for STAR, both detectors are expected to be ready to "do RHIC physics on the day the machine turns on in 1999," says Thomas Ludlam, RHIC Associate Head for Detectors & Experiments.

"By the nature of the physics we will be investigating, our detector is very complex, but we now understand how to build it within budget and on time," comments Shoji Nagamiya, PHENIX Spokesman and a professor of physics at Columbia University.

In giving its approval to PHENIX, "The Technical Advisory Committee [TAC] was quite satisfied that all the budget, scheduling and management questions that were raised last November have been answered," contin-



Within the second PHENIX meeting, from Management, Co Project Sam Aro and Leo port to the up of 12 which is or two. I twice a meeting

Photos in issue by Stoutent

ule estimate to Ludlam's TAC last November. At that time, however, the committee gave the experimenters five more months to reduce the cost of their detector by \$4.5 million.

"Instead of turning off any of the major subsystems, we tightened everything, especially the electronics and data-acquisition system," comments

physics that RHIC can deliver day one until the machine reaches design intensity. To go beyond is expected, we will have to find additional funds to install the components."

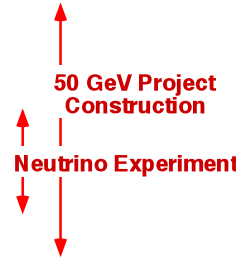
While some \$36.7 million available from RHIC's construction funds to build PHENIX, the ac-

106

Proposed Time Profile

(By the Working Group)

- 1995 Entire Project Proposal
- 1996 Submission of the Proposal to the Government
- 1997 Construction Start
INS Movement to Tsukuba area
- 1998
- 1999 Neutrino Oscillation Experiment at 12 GeV PS
- 2000
- 2001 3 GeV Ring Installation into the 12 GeV Tunnel
- 2002 50 GeV Ring completion, First Beam



1995.12.14. 核研研究会
での私の発表より
J-PARCのスタート

極端にOptimistic
Scenario

107



KEK/JAERI (and JAERI/KEK) MoU

大型ハドロン計画と中性子科学研究計画の
推進に関する覚書

JHF

大強度陽子加速器を用いた科学技術の総合的展開を図るために、高エネルギー加速器研究機構（以下「機構」という。）と日本原子力研究所（以下「原研」という。）は、機構の大型ハドロン計画と原研の中性子科学研究計画（以下「中性子科学計画」という。）とを共同で推進することとし、本覚書は、機構と原研（以下「両機関」という。）が相互信頼に立って計画の策定及び施設の建設に係る連携・協力を進めるためのものである。

なお、施設建設後の運営に関しては、別途協議するものとする。

1. 両機関は、大型ハドロン計画と中性子科学研究計画の推進に関する統合計画を策定する。

2. 両機関は、機構・原研の代表、ユーザーコミュニティの代表及び学識経験者で構成される協議委員会を設置し、統合計画の協議委員会の意見を聴きつつ進める。

3. 統合計画の推進は、機構の大型ハドロン計画と原研の中性子科学計画を推進する「共同推進チーム」によって行う。

平成11年3月18日

中性子科学研究計画と大型ハドロン計画の
推進に関する覚書

Neutron Facility

大強度陽子加速器を用いた科学技術の総合的展開を図るために、日本原子力研究所（以下「原研」という。）と高エネルギー加速器研究機構（以下「機構」という。）は、機構の大型ハドロン計画を共同で推進することとし、本覚書は、機構と原研（以下「両機関」という。）が相互信頼に立って計画の策定及び施設の建設に係る連携・協力を進めるための基本的な考え方を定めるものである。

なお、施設建設後の運営に関しては、別途協議するものとする。

1. 両機関は、大型ハドロン計画の加速器及び実験施設を原研の施設に統合して推進する。

2. 両機関は、機構・原研の代表、ユーザーコミュニティの代表及び学識経験者で構成される協議委員会を設置し、統合計画の協議委員会の意見を聴きつつ進める。

3. 統合計画の推進は、機構の大型ハドロン計画と原研の中性子科学計画を推進する「共同推進チーム」によって行う。

覚書調印式

JAERI

松浦理事長（当時）

KEK

菅原機構長（当時）

茨城県つくば市大穂1-1
高エネルギー加速器研究機構長

菅原 寛彦

東京都千代田区内幸町2-2-2
日本原子力研究所理事長

松浦 祥次郎

