

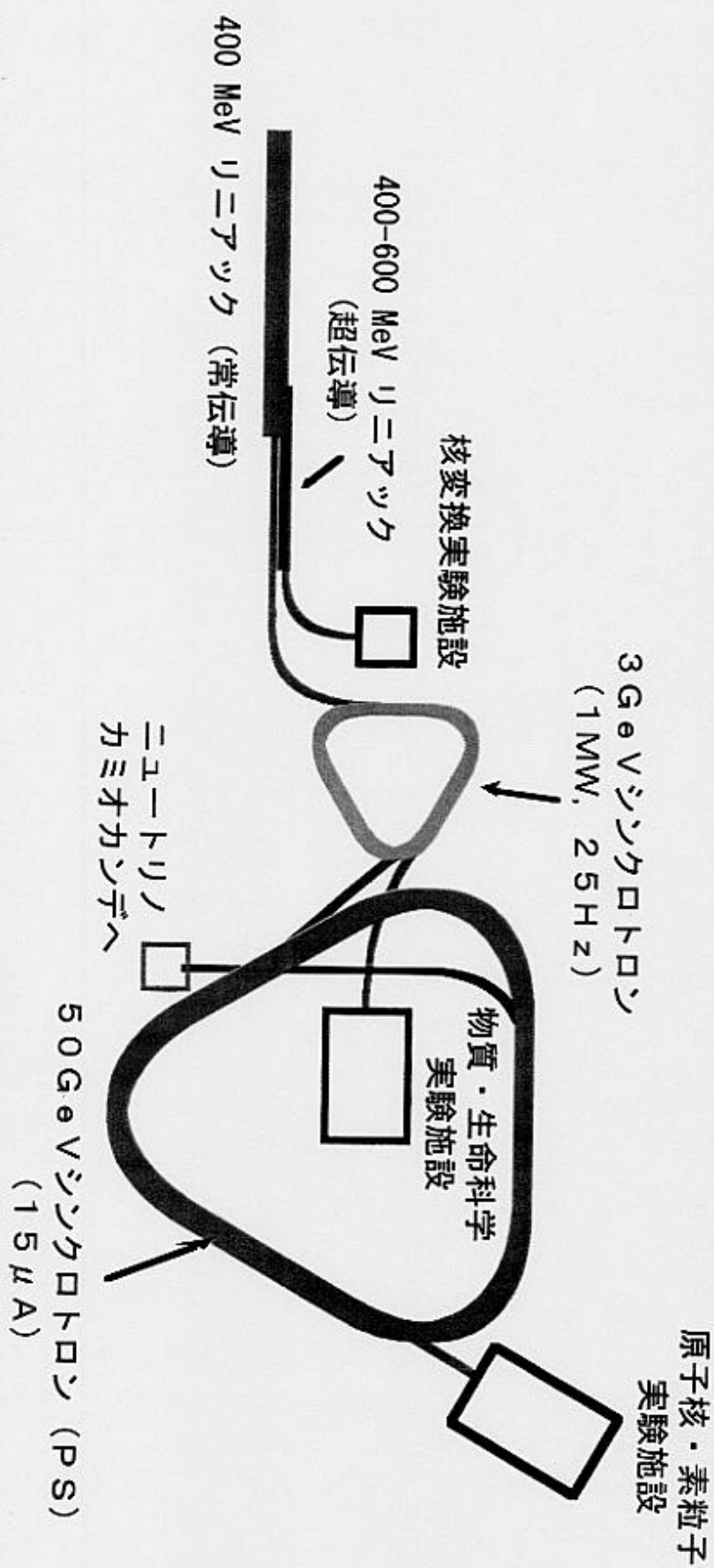
# 大強度陽子加速器プロジェクト

永宮 正治

高エネルギー加速器研究機構  
日本原子力研究所

平成14年4月17日

# 加速器施設構成



50 GeV ではK 中間子ビームとニュートリノビームによる原子核素粒子研究 (0.75 MW 陽子)  
 3 GeV では中性子ビームとミュオンビームによる物質生命科学研究 (1 MW 陽子)  
 600 MeV では中性子ビームによる核変換開発研究 (0.2 MW 陽子)

# 大強度陽子加速器施設



# 施設の主要性能のまとめ

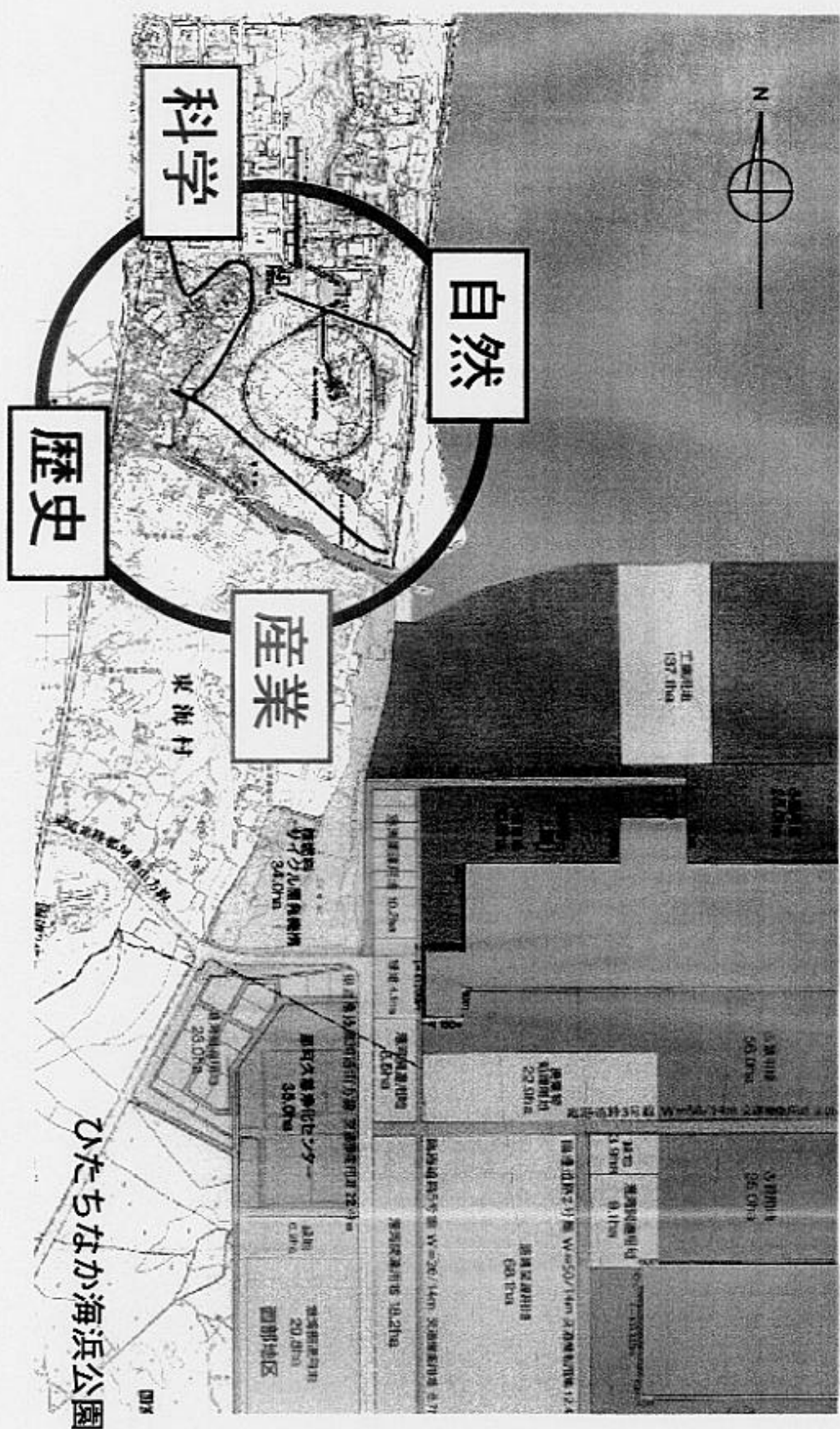
## 加速器施設

- 1) 400 MeV リニアツク (2期600 MeV)  
ビームエネルギー 4億電子ボルト  
全長 450m
- 2) 3 GeV シンクロトロン  
ビームエネルギー 30億電子ボルト  
周長 350m
- 3) 50 GeV シンクロトロン  
ビームエネルギー 500億電子ボルト  
周長 1,570m

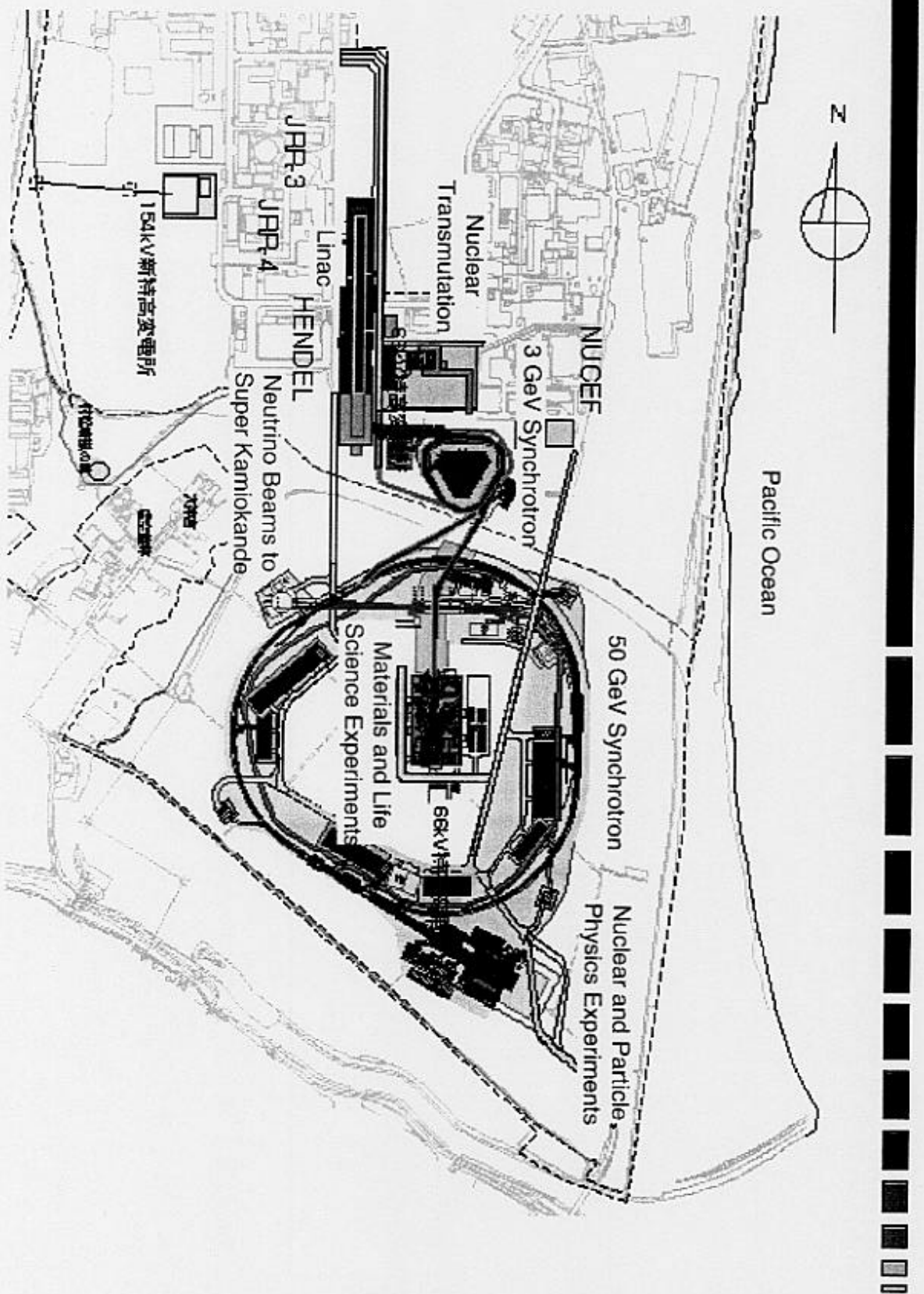
## 研究施設

- 1) 物質・生命科学 研究施設  
中性子、ミュオンを用いて、  
生命機能の解明、創薬、難病  
克服や磁性体、高温超伝導体  
などの研究
- 2) 原子核・素粒子 実験施設  
中間子、ニュートリノを用いて、  
宇宙創生の起源や自然の基本  
原理などの探求
- 3) 核変換 実験施設  
放射性廃棄物の低減化に  
向けた、革新的な原子力技術  
の開発

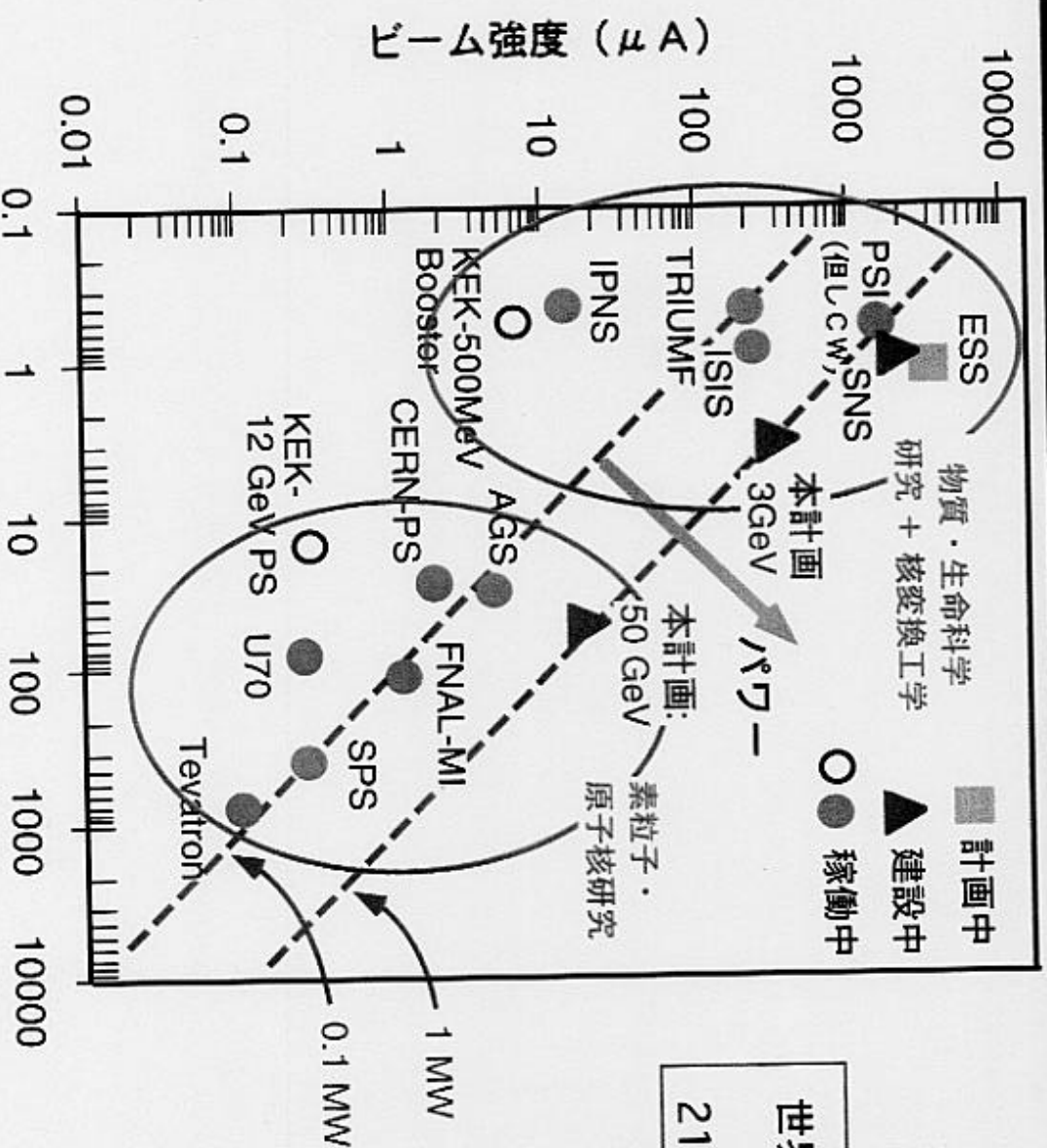
## 周边环境



# Plan View of the Facility



# 世界の大強度陽子加速器

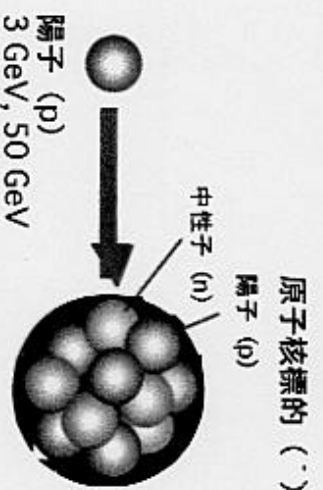


世界の最先端はほぼ 0.1 MW  
21世紀は MW の時代

エネルギー (GeV)

# プロジェクトの3本柱

大強度陽子ビームによる  
多様な粒子ビームの生成



eV以下の領域のミュオン

**ミュオン科学**  
物質の磁性、表面界面物性、  
ミュオン触媒反応等、等

π中間子  
π → μ + ν  
ニュートリノ (ν) GeV領域の粒子

ミュオン (μ)  
π中間子の崩壊によって発生するミュオンを  
効率よく集めて世界最強のバリス状ミュオン  
ビームをつくる。

K中間子

**原子核・素粒子物理学**  
ハイパー核、核物質中のQCD、  
ニュートリノ振動、K中間子崩壊、等

反陽子

50 GeV陽子ビームを原子核にあてて発生する  
中間子、反陽子、ニュートリノなどのいろいろ  
な粒子ビームを利用する。

加速器駆動消滅処理 MeV領域の中性子

中性子 (n)  
3 GeV-3.33 μAの大強度陽子ビームによって  
発生する世界最強のバリス中性子源。

**中性子科学**  
高温超伝導超伝導材料、生命現象、  
高分子・炭素・超分子、新薬材

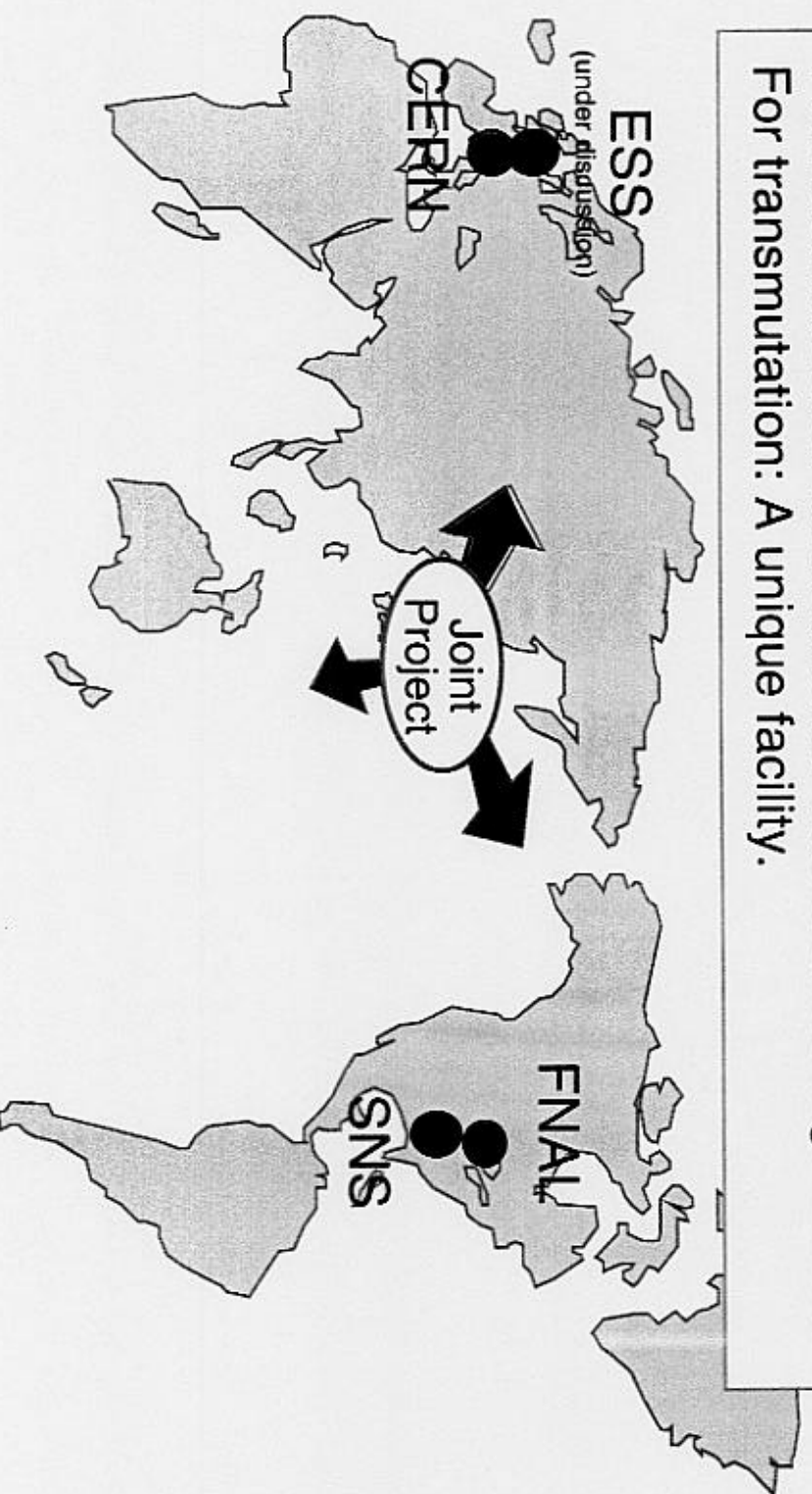
meV-eV領域の中性子

- ・ 3 GeV による物質生命科学
- ・ 50 GeV による原子核素粒子科学
- ・ 0.6 GeV による核変換開発研究

# World Centers



For Kaons: World's center.  
For neutrinos and for neutrons: One of three big centers.  
For transmutation: A unique facility.



- Future neutrino sciences
- Future neutron sciences

## 建設着手までの動き

- 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：両省庁の共同作業
  - 文部省と科学技術庁の両省庁が共同提案を大蔵省に説明に。
- 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4月：本計画建設着手



大強度陽子加速器施設計画(仮称)評価専門部会

委員名簿

秋元 勇巳 三菱マテリアル(株)社長

井口 洋夫 宇宙開発事業団宇宙環境利用研究システム長

(財)国際高等研究所副所長

小川 智子 国立遺伝学研究所副所長

上坪 宏道 (財)高輝度光科学研究センター副理事長

倉内 憲孝 住友電気工業(株)取締役会長

佐和 隆光 京都大学経済研究所教授

清水 正巳 日経サイエンス編集長

◎ 末松 安晴 高知工科大学長

鈴木 謙爾 住友金属工業(株)顧問、東北大学名誉教授

谷畑 勇夫 理化学研究所主任研究員

藤井 保彦 東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設長

益川 敏英 京都大学基礎物理学研究所長

(◎は部会長)

物質の性質に関する研究の進展が期待できる。なお、加速器駆動パルス中性子源は我が国で生まれた独自の技術であり、本計画によりその技術を発展的に継承するという点でも意義深い。

また、放射性廃棄物中の長寿命核種の加速器駆動核変換技術の研究では、超伝導加速器技術、中性子発生ターゲット技術、及び未臨界炉特性に関する基礎研究により核変換技術の成立性を評価し、次の段階への開発目標を設定できる。

このほか、短寿命核を用いた天体核物理の研究などの重要課題についても、世界最高強度のビーム生成により飛躍的な研究展開が期待できる。

## (2) 国が取り組むべき分野

本計画は、その規模の大きさ、対象とする研究分野の多様さ、見込まれる研究者層の広がり等、科学技術・学術的意義や波及効果の面からみて国として取り組むべき重要なものである。

本計画は、欧州ESS計画及び米国SNS計画と並ぶ世界3大中性子源計画の一つであり、広範な研究分野による新技術・新産業の創出と応用を生み出す基盤研究施設として、各国とも科学技術の国際競争として計画に取り組んでいるものであり、我が国としても積極的に推進する必要がある。また、生命科学の推進について、国民的課題である医療・健康に貢献し、安全・安心な生活ができる国の実現という目標に合致し、国が取り組むべき分野であると言える。

加速器を用いる原子核・素粒子物理学の研究は、小規模なものを除き、先進諸国において、国立大学・研究所、あるいは国際機関がこれを担当している。先進諸国の一翼を担う我が国としては、世界的にも極めて高いこの分野の研究水準を維持・向上させるとともに、人類への知的貢献、新しい世界観の創出等が期待されることから、この分野の研究を積極的に推進する必要がある。

さらに、高レベル放射性廃棄物中の長寿命核種を短寿命核種に変換する加速器駆動核変換システムは、原子力の重要課題の解決策の一つとして考えられる次世代技術であり、その基礎的技術開発は、我が国のみならず、国際貢献に資する分野である。

## (3) 緊急性はあるか

本計画においては、ハドロンの質量の起源の究明、ニュートリノ振動の検証等原子核・素粒子物理学の分野における最も重要な研究課題を掲げている。現在、この分野では、ニュートリノビームや中間子ビームを利用した研究を高度に展開し、最先端の研究成果を挙げるために、この計画の早期実現を待ち望んでいる国内外の研究者が多数存在している。また、ニュートリノに関しては、世界に対する我が国のニュートリノ研究の優位性を維持することにも配慮する必要がある。

また、中性子計画に関しては、世界3大中性子源計画の内、米国SNS計画は既に1998年に建設が認められて予算化され、2006年には完成する予定である。我が国においても、本施設の建設に早急に着手することにより、中性子利用研究における世界のフロントランナーとしての地位を保持するとともに、先端的な研究成

果を生み出していくことが必要である。

#### (4) ユーザーは十分あるか

本計画においては、本計画の50GeV陽子加速器が、21世紀における世界で随一の大強度ハドロン加速器となることを考慮すると、国内の研究者数約300人に加えて、海外から参集する研究者数はさらに膨らみ、1,000人規模となることが示されている。特に、アジア・オセアニア地区からの若手研究者が増加することが示されている。また、中性子実験施設の利用についても、現在、原研のJRR-3や高エネ機構のKENSを利用しているユーザーは年間延べ1,000人以上おり、それらの年間増加傾向から本計画完成時の6年後には年間延べ2,000～3,000人規模の利用者があると予想されている。

また、大型放射光施設 (Spring-8) の例に見られるように、世界的規模の施設が実現すると、それを利用した研究を求めて、利用者は飛躍的に増大することも期待され、産業界からの中性子やミュオン施設の利用も、今後増大すると考えられる。

本計画は、国際的にも高い期待が寄せられており、世界各国の優れた研究者との共同研究の推進や若手研究者の育成を通じて国際競争力のある社会の実現に貢献するものである。また、アジア・オセアニア地域における研究の拠点として、当該地域の研究の進展にこれまでに以上大きな役割を果たすことが期待される。

#### (5) 類似計画との関係 (競争関係、補完関係等の分析)

本計画の50GeV陽子加速器と類似するものは、米国ブルックヘブン研究所のAGS加速器、欧州のCERNのPS加速器などがあるが、両者とも既に建設後20年以上経過している。本計画で世界最高強度の陽子を用いた本加速器が完成すれば、最先端のニュートリノ実験も含めた実験が可能となる。これにより、この分野の世界的な研究センターとして大きな役割を担うことが期待される。

中性子散乱研究について、本計画の1MW中性子源では、平均中性子強度では原研のJRR-3の数倍であるが、パルスピーク強度では数百倍の中性子ビームが得られる。本計画と原子炉との比較では、時間的に連続ビームを供給する原子炉は、ラジオグラフィのような積分型の測定や中性子入射エネルギー固定の高分解能中性子散乱測定に適している。一方、本計画の時間的にパルス状の中性子ビームを供給する核破砕中性子源は、一度に入射エネルギーと散乱運動量の広範囲の空間をカバーできる利点がある。また、高いパルスピーク強度は生命物質中の分子の運動と機能や、バッテリー中のイオン運動と性能の解明等のダイナミクス研究を可能にする。従って、本計画では、加速器中性子源の利点を活かしたこれらの研究のフロンティアを切り拓いていくという点で最先端の成果が創出されることが期待される。

ミュオン科学については、現在、理化学研究所が英国ラザフォード・ブツワルトン研究所 (RAL) の陽子加速器を用い、大規模な研究を行っているところである。このため、本計画のミュオン実験部分と理研の計画を整理することが必要

また、このような新技術・新産業の創出により、21世紀において我が国が中めるべきである。

産業界においても、中性子の利用の可能性について注目していることから、産業界との連携を強化し、新たな利用法の開発などにも重点を置き、中性子利用を進めるべきである。

では考えられなかった新たな利用法の展開が本施設の実現によって可能になる。や、中性子を用いたドラッグデザインによる新薬剤の開発など、これまでの手法産業の創出につながることを期待される。例えば、中性子を用いた新材料の開発本計画によって、加速器から発生する様々なビームの活用により、新技術・新

#### (1) 社会的効果 (社会的ニーズ) はあるか

### 4. 経済的・社会的評価等について

(7) 建設着手の準備はできているか  
これまでの国際レビューにおいては、原研と高エネ機構の加速器技術のレベルの高さは高く評価され、建設着手の準備は整っていると評価されている。しかしながら、建設のための人材確保については、今後両機関において十分考慮する必要がある。要があり、大学関係者や国内の他の研究機関、あるいはアジア諸国を含む国外の研究家との協力を含めて検討されるべきであろう。

(6) 設計は妥当か  
本計画の国際レビューが平成11年4月に行われ、21世紀科学技術の最先端プロジェクトとして妥当な設計であり、早急に着工すべきであるとの評価を受けている。  
本評価部会においても、全体設計の妥当性について一定の評価をすることとする。

期等について再検討すべきである。  
従ってこれらの点を整理した上で、重複投資が起こらないように、施設建設の時期等について再検討すべきである。  
これらの点については、本評価部会における審議の過程において、RALにおける理研ミューオン施設の拡充を中止すること、また短寿命核実験施設については、実験計画を他の加速器施設に分散(移す)し、施設建設を第II期計画へ繰り延べる提案をしたことは、適切なものであると判断する。  
さらに、ニュートリノ実験については、現在も高エネ機構独自の計画が進められているところであり、最先端の成果を挙げていると聞いている。今後、国際競争や国際協調などの観点から、本計画におけるニュートリノ実験施設の建設計画については、再検討することが望まれる。

である。  
また、短寿命核実験については、理化学研究所で建設が進んでいるR1ビームフラクトリ計画がある。R1の発生技術には相違があるものの、国際競争力のある点が明確になっておらず、具体的な研究項目については類似する点も多い。  
従ってこれらの点を整理した上で、重複投資が起こらないように、施設建設の時

# 第1期と第2期



原研 K E K

第1期

第2期

3 GeV シンクロトロン  
(1MW, 25Hz)

原子核・素粒子  
実験施設

物質・生命科学  
実験施設

加速器駆動核変換  
R & D 実験施設

400-600 MeV リニアック  
(超伝導)

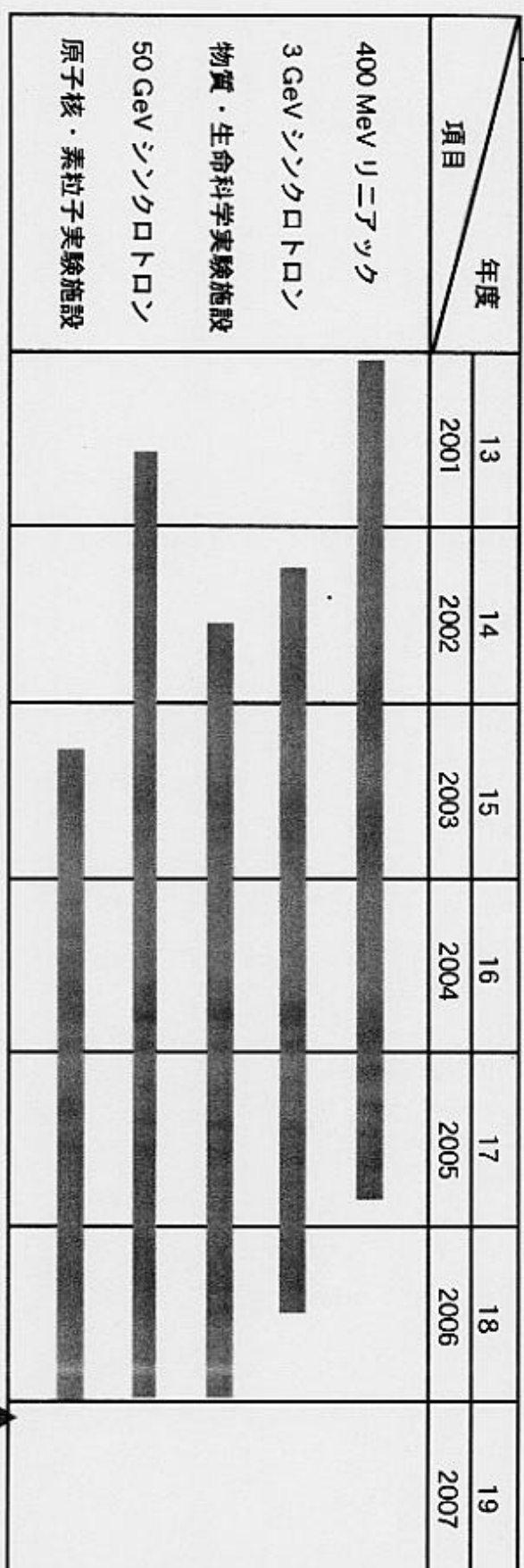
400 MeV リニアック (常伝導)

ニュートリノ  
カミオカンデへ

50 GeV シンクロトロン (PS)  
(15μA)

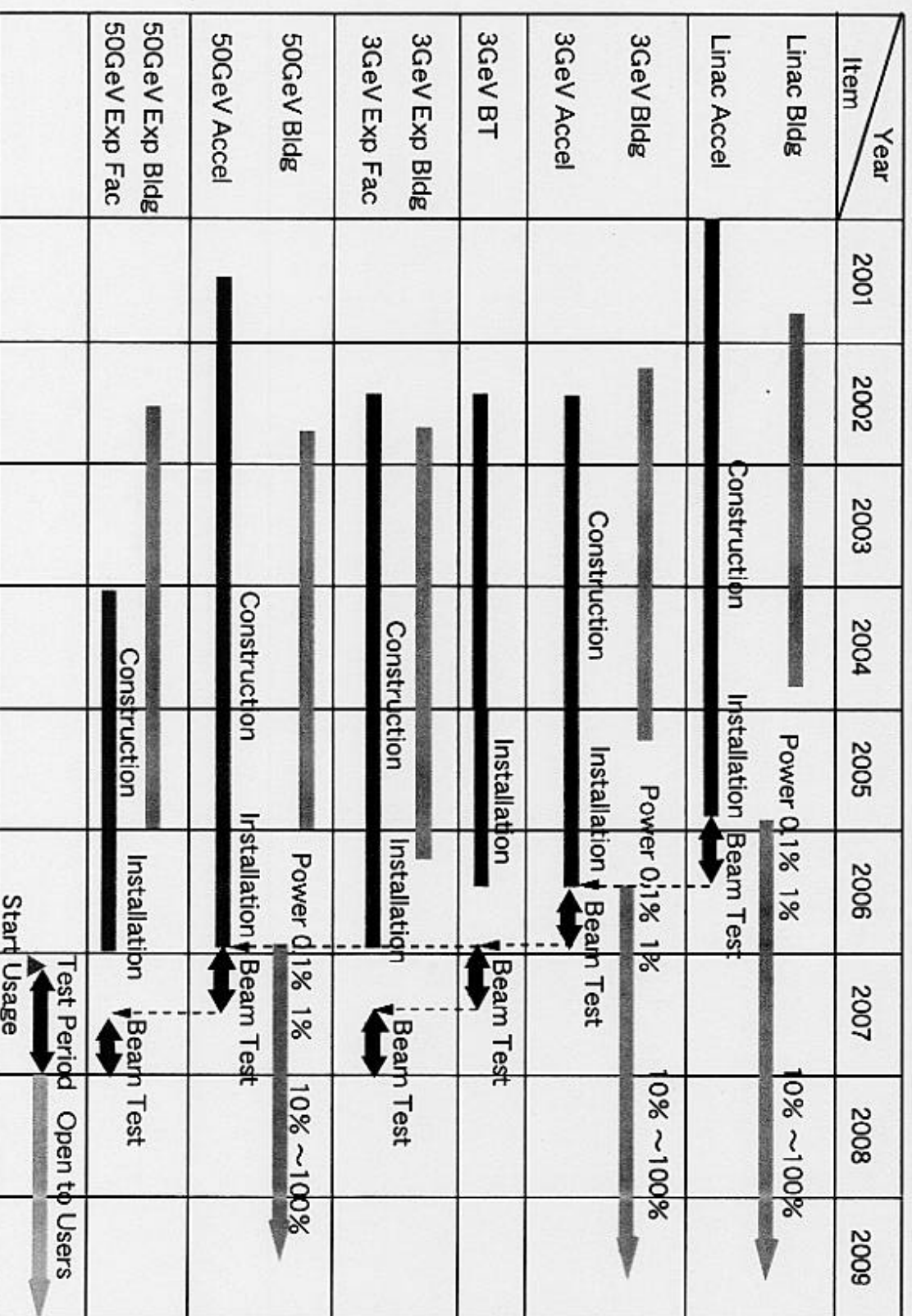


# 建設スケジュール



ニュートリノ実験施設、核変換実験施設、等は予算化された時点で着工

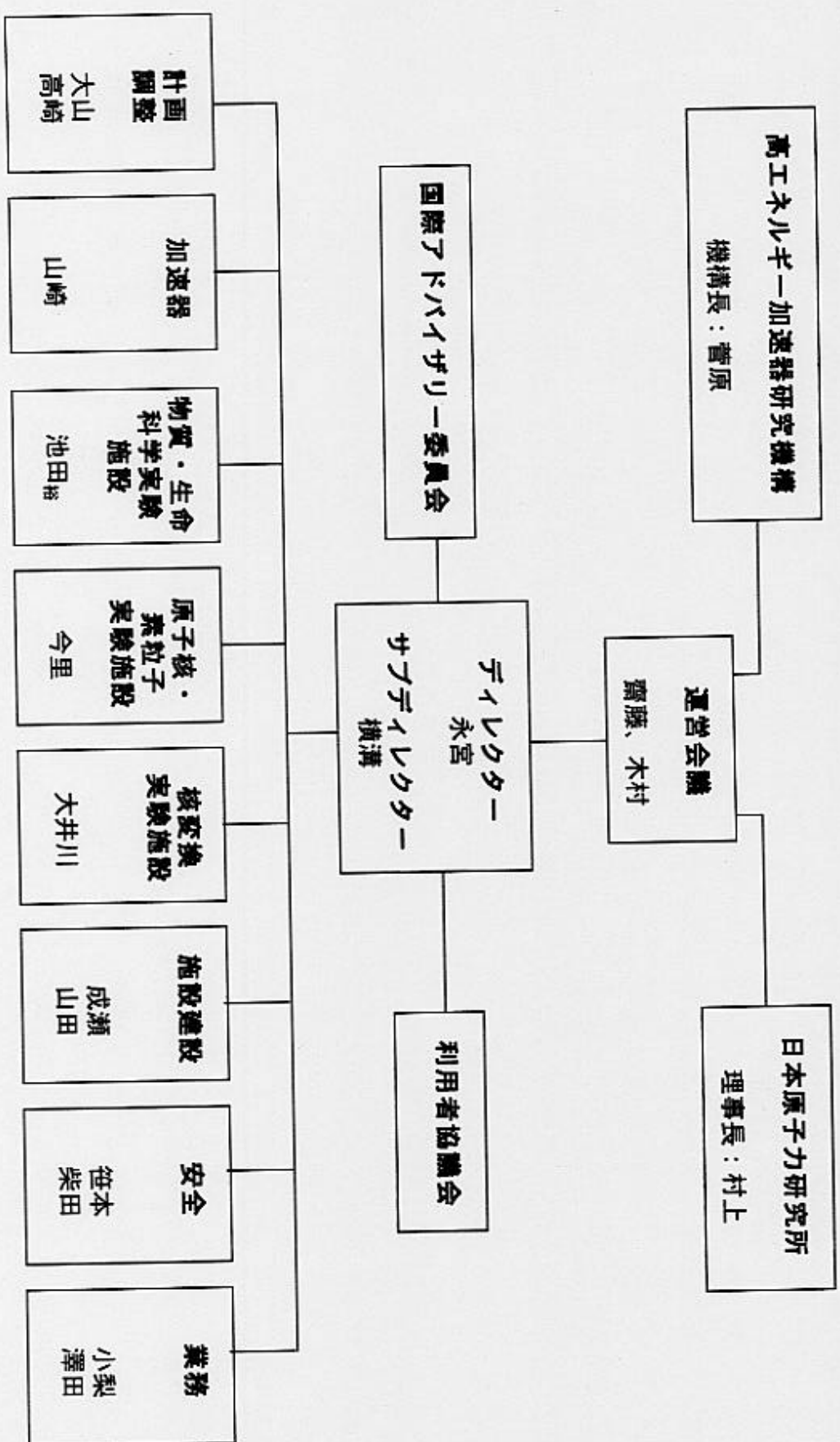
# Construction and Commissioning



## 建設着手後の動き

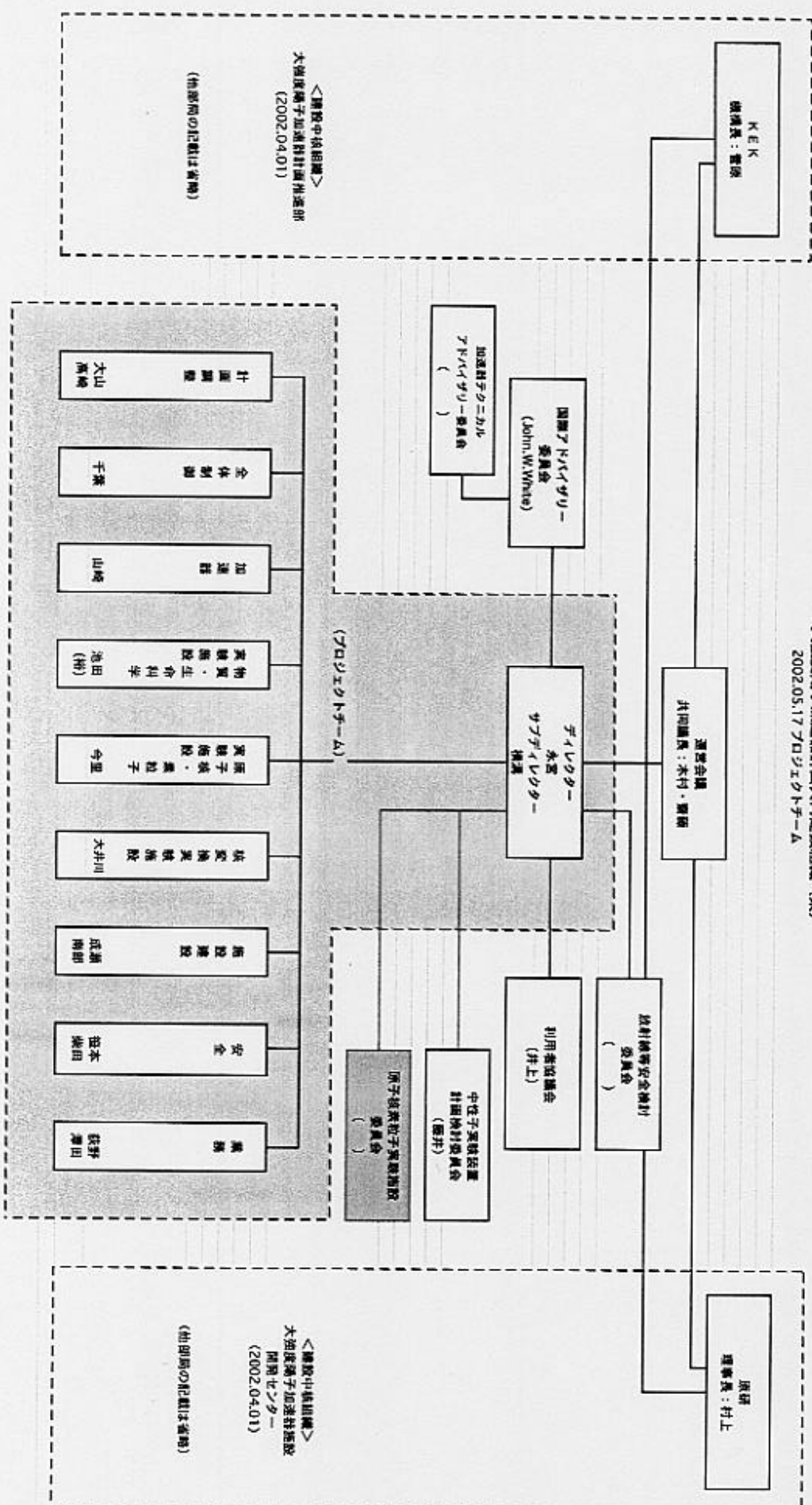
- 2001年4月：建設に関する両機関協定書調印
  - － プロジェクトチームの正式発足
- 2001年7月：東海村村議会が本計画を正式認可
  - － その後、村と近隣住民との協議会が発足
- 2002年2月：第1回利用者協議会
  - － 井上信（委員長）ら利用者コミュニティーの代表者で内外25名の委員。
  - － 施設完成後の利用体制に関するタスクフォースの報告と議論
- 2002年2－3月：茨城県の2つの審議会
  - － 原子力審議会が第1期分を認可。森林審議会が当初施行分を認可。
- 2002年3月：第1回国際アトバイザリー委員会
  - － J. W. White（委員長）、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4月：KEK大強度陽子加速器計画推進部が発足  
(原研中性粒子科学研究センターも大強度陽子加速器施設開発センターに)

# 建設体制 (2001年4月現在)



# 現在の建設組織

大強度陽子加速器計画共同建設組織（案）  
2002.05.17プロジェクトチーム



# Two Important Committees

---

## International Advisory Committee

- The first meeting: March 5-6, 2002.
- Committee members:  
E. Arthur (LANL), Jiaer Chen (NSFC China), Y. Cho (SNS), B. Frois (IN2P3), Y. Fujii (ISSP, U.Tokyo), S. Holmes (FNAL), T. Kirk (BNL), S. Kondo (U.Tokyo), C. Petitjean (PSI), J.-M. Poutissou (TRIUMF), A. Taylor (RAL), Y. Totsuka (ICRP, U. Tokyo), J. W. White (Australian Nat. U.)

## Users Committee

- The first meeting: February 8, 2002.
- Committee members:  
KEK ... S. Ikeda, S. Nagamiya, K. Nakamura, M. Takasaki  
JAERI ... N. Niimura, Y. Oyama, S. Tanaka, Y. Yamazaki, H. Yasuoka, H. Yokomizo  
Users Communities ... Y. Endoh (Tohoku U., neutrons), S. Tanokura (U. Tokyo, neutrons),  
N. Nishida (Tokyo Inst. Tech., muons), K. Imai (Kyoto U., nuclear physics),  
N. Sasao (Kyoto U., high-energy physics), S. Shiroya (Kyoto U., ADS)  
Others ... M. Inoue (Kyoto U.), M. Date  
Industries ... K. Suzuki (Sumitomo Metal), M. Hayashi (Hitachi), R. Kuroki (Kirin Beer)  
Foreign ... H. C. Bhang (Seoul Nat. U.), R. Robinson (ANST, Australia)

# Budget Status

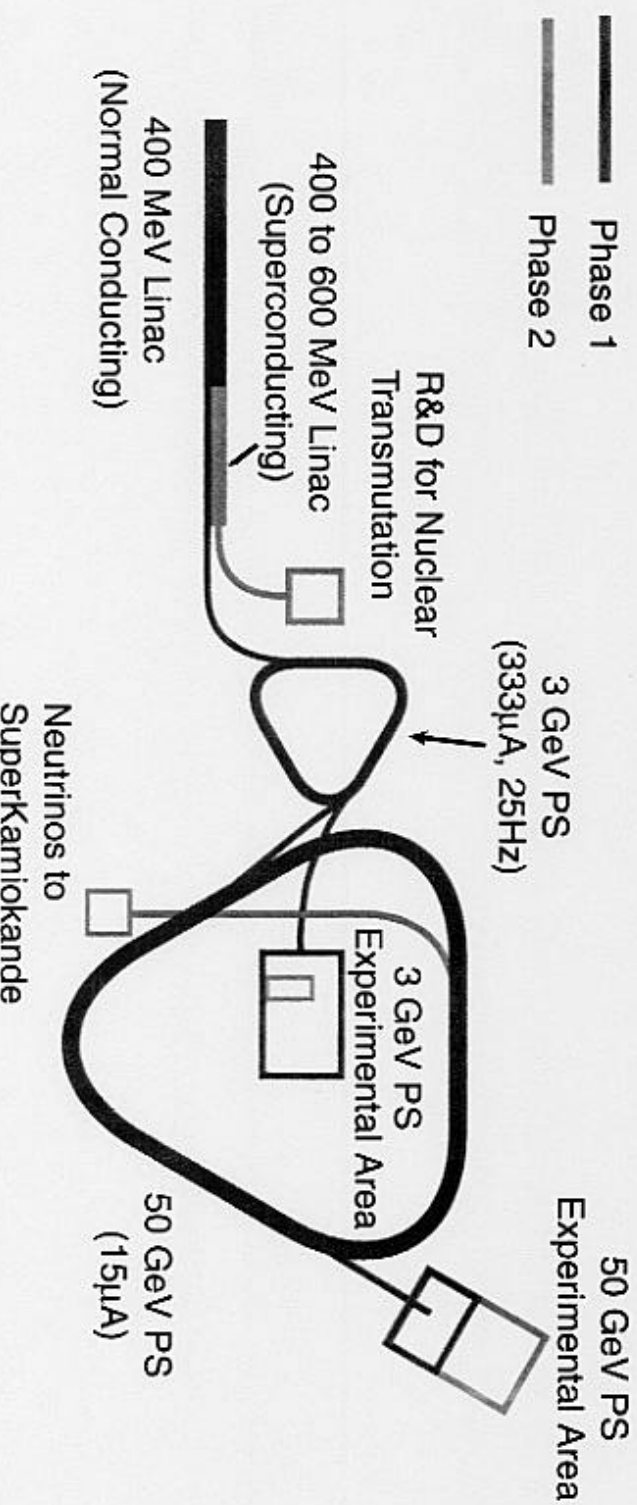
- Phase 1 = 1,335 Oku Yen
- JFY01 Budget +JFY00 Supplemental Budget
- JFY02 Budget +JFY01 Supplemental Budget

KEK: 7.85 Oku Yen with purchase commitment of 129.40 Oku Yen

JAEI: 65.80 Oku Yen with purchase commitment of 120.24 Oku Yen

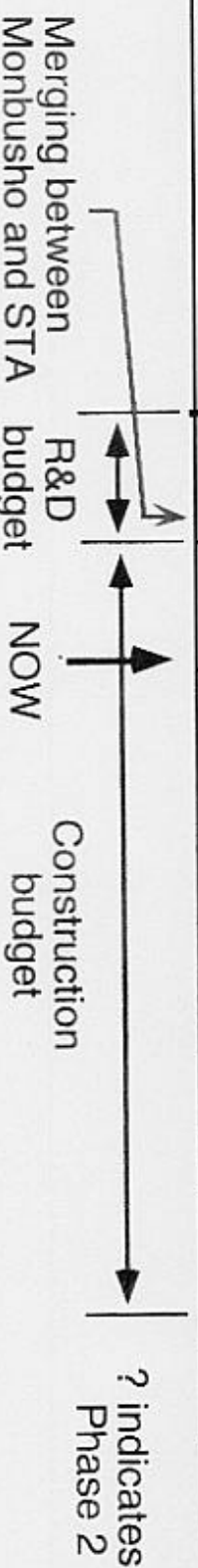
KEK: 128.07 Oku Yen + Project Office (Head, 1 Prof., 2 Vis. Prof)

JAEI: 76.03 Oku Yen with purchase commitment of 326.84 Oku Yen



## Strategy for Phase 2

|                                 | FY00 | FY01 | FY02 | FY03 | FY04 | FY05 | FY06 | FY07 | FY08 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Linac                           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Superconducting Linac           |      |      |      |      | ?    |      |      |      |      |
| 3 GeV Synchrotron               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 50 GeV Synchrotron              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Neutron Scattering Facility     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Muon Facility                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Transmutation R&D               |      |      |      |      | ?    |      |      |      |      |
| Nuclear/Particle Phys. Facility |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Neutrino Facility               |      |      |      | ?    |      |      |      |      |      |



- Neutrino
  - Need to have another review?
- Transmutation
  - Effect of JAERI-JNC Merge, Technological readiness, etc.

## Multipurpose Facility

- The facility is optimized for neutron scattering and “R&D” for transmutation
  - Neutron scattering: pulsed beams
    - Our facility ... 25 Hz at 1 MW (SNS ... 60 Hz at 2 MW)
  - Transmutation: CW beams with a few 10 MW
    - Our facility ... only for R&D (but R&D is needed now)
- Important elements for the “joint” project
  - KEK is strong for particle and nuclear physics
  - Both institutions are strong for neutron physics
  - JAERI is strong for transmutation

→ Multipurpose facility
- Japan can support up to one high-intensity proton accelerator but not two

# Issues (1)

## ■ Schedule and Budget

- So far, the funding level is reasonable. Funding per year must grow, though.
- Increase in cost.
- Schedule is reasonable at this moment.

## ■ Phase 1

- Accelerators: Shortage of manpower. Possible cost increase.
- Neutrons: Which experimental equipments must be constructed first? ... Establishment of Committee for Neutron Experimental Equipments.
- 50 GeV Slow: 40 GeV operation is planned. Which experiments must fly first? ... A committee similar to Neutron Equipments will be constructed soon. Plan to call LOI soon.
- 50 GeV Fast: Minimum arrangement for neutrinos (+ others?)

## ■ Phase 2

- Need to establish priorities based on 1) scientific significance and 2) readiness, and 3) budget size.
- Will decide soon if we send the first Phase 2 budget proposal to the Government.

## Issues (2)

### ■ Manpower

- See the next page.

### ■ Organization

- Unified Team ... Successful at least at the worker's level.
- Organization at the stage of facility usage.
  - A task force was formed. The first report was sent to the Users Committee in February, 2002.
  - The report emphasized 1) user facility, 2) one unified organization, etc. with one leadership.

### ■ Others

- Unification between JAERI and JNC, Organization of KEK.
- Beam time cost.
- Access by foreign visitors.
- Mechanisms of how to invite non-Japanese groups.
  - Europe/North America/Australia, Asian countries.
- Lodging and other user facilities.
- Relations to neighbor inhabitants.
- . . . .