

**Report of the 4rd J-PARC MuSAC meeting
KEK laboratory, February 25 and 26th 2006**

Presented to J-PARC director by J.-M. POUTISSOU, Chair

Table of contents

Executive summary

Introduction

Progress Report and Responses to MuSAC #3

Recommendations

Evaluation of Letters of Intent

Conclusions

Appendix A : MuSAC #4 Committee Membership

Appendix B : MuSAC #4 Agenda

Appendix C : Letters of Intent Received

Executive summary :

The Muon Science Advisory Committee (MuSAC) met at KEK on February 25 and 26, 2006 to review the progress in the construction of the J-PARC muon facility and to comment on the 24 Letters of Intent received earlier from potential users. On the technical side, major advances were noted. The extensive shielding is in place and a very comprehensive alignment procedure is being implemented to insure proper installation of the components of the primary proton transport system and of the secondary muon channels as well as anticipating future access and removal of components for servicing. The recommendations of the December 2004 technical panel, which were mainly concerned with the long-term maintenance issues, have been implemented.

The primary beamline elements are all on order, as are the muon production target vessel and its target. However, infrastructure components related to the proton beamline have not been taken into account in the funding and must be covered within already scarce resources. The main concern is the availability of funds for transferring the KEK superconducting decay muon channel and refurbishing it for installation on day one on the southwest port.

Another concern was raised when it was revealed that the requested 100 ns proton pulse width might possibly seriously compromise the full beam power available for neutron users. Any degradation of the proton beam pulse width beyond 100 ns would have serious consequences for all muon users in terms of time resolution and make the muon source less and less attractive compared to the ISIS-RAL source for example. Since this was raised as a flag by the accelerator team, it is important to study the space charge effect causing this degradation and to mitigate it during the commissioning period.

The committee reviewed some of the Letters of Intent received and identified the core projects which would contribute to enhancing the bare initial muon channel. A number of initial programs could use the decay channel from KEK on day one while a number of very innovative ideas were presented to develop unique capabilities at J-PARC in terms of ultra slow muon beams or pencil-beams, which would open very important scientific fields in surface or interface physics, molecular and biophysics, etc. The committee considers that these initiatives should be encouraged so that the J-PARC muon facilities can be positioned to offer the Japanese and the world communities with unique instruments.

The committee also noted the pledges for involvement of new University based groups, in particular in the chemistry community and among important industrial users (The Toyota group).

Enormous progress has been made on the facility development and a dedicated commitment of the KEK construction team is evident. One is entering a delicate phase when, with the shutdown of the μ SR program at KEK, a significant gap in physics capability exists. University users will have to rely on sources abroad to keep an active physics program for their students. On the other hand, installation tasks are very demanding as well and could use more manpower. It is important to identify the real timing for restoration of a physics program in Japan to allow for concrete planning. This is especially important for university groups and industrial groups relying on muon sources. At the moment, the shortage of funds for installation and the uncertainty on the realization of the first muon beam at $t=0$ doesn't allow for clear statements to be made. This is most unfortunate and should be addressed so that a firm commitment can be given to users.

Introduction :

MuSAC met at the KEK laboratory for two days on February 25 and 26, 2006. The MuSAC composition and the agenda of the meeting are given in Appendix A and Appendix B, respectively. Presentations were heard on the progress of the J-PARC accelerators construction and associated facilities related to the muon program. A substantial budget increase committed for 2006 has raised the morale and the expectation of the J-PARC construction team. Steady progress towards establishing a superb muon source is very evident.

A day was set aside for reviewing several of the 24 Letters of Intent that had been received by the 31st of January deadline (see Appendix C for a complete list). However, there was not enough presentation time to hear them all, and the committee could only provide cursory comments on those not presented.

The initial findings of the committee were transmitted to the International Advisory Committee at its meeting on February 27 and 28, 2006 at Tokai. This report gives the findings and recommendations regarding the facility construction in the first section, and it provides the committee's comments on the LoIs received in the second section.

Progress report and response to MuSAC#3 :

The committee heard presentations by the director of the newly formed J-PARC Centre (Dr. S. Nagamiya) on the progress towards final construction of the phase I facilities at J-PARC, as well as presentations by the leader of the Material and Life Science group (Dr. Y. Ikeda), and by the leader of the Muon facility at J-PARC (Dr. Y. Miyake).

The funding level for FY 2006 has been substantially increased to a level of 279 OKU Yen and if maintained in FY 2007 will allow completion of the phase I projects within 6 months of the original schedule. There is great progress on many fronts, and the morale of the troupes is very high. The present forecast for first beam commissioning of the 3 GeV ring is for December 2007. However, there are some severe financial constraints that will affect the ability to complete the muon source and its initial beamline. Even with supplementary funding afforded by KEK to implement an initial set of experiments by moving equipment from the KEK 12 GeV proton-synchrotron (PS) to Tokai, contingency funding for unanticipated infrastructure components and for cost escalation are threatening this delicate balance.

The recommendations of the M-TAC panel, which reviewed the technical facilities in December 2004, have been scrupulously followed and the committee is very appreciative of this response. At this stage, we foresee no showstopper that would require extensive technical development and affect start up.

A great deal of effort is being put on the target area and the proton beam transport to meet the commissioning schedule of the 3 GeV accelerator. That part is in good shape. The committee heard a presentation by Y. Yamazaki on the accelerators and the commissioning plans. During this presentation, it was revealed that the proton beam pulse width would be as large as 140 ns in order to optimize the proton intensity to the neutron target and that reducing this pulse width to sub 100 ns could lead to severe neutron flux reduction in the most pessimistic scenario due to space charge limitations. Although the statements made cannot be backed up by detailed simulation, in the worst case scenario, flux and width would scale proportionally. The committee reacted strongly to this statement and recommended that every effort be made to keep the proton pulse width below 100 ns since the timing resolution scales with the width, and a 140 ns pulse width severely limits the frequency range of any pulsed- μ SR experiment. The accelerator group is aware of this requirement and will study the problem as part of the commissioning of the 3 GeV machine. It was noted that the initial linac energy is not the main contributor to this problem.

A concern was also raised about the reliability of the current RF cavity design, which may limit the proton intensities initially until a cure is developed for the corrosion process sustained at high power levels.

It is clear that the resources for optimizing the muon beam capability from the single graphite target are not there and compromises are being made to achieve a first operational beam at minimal cost. The presentation of Dr. Shimomura and Dr. Doornbos made it clear that larger acceptance quadrupole magnets would significantly improve the surface muon fluxes available from the decay channel. The recycled magnets from the KEK facility are going to be used initially. This is acceptable for T=0, but plans are made for future upgrades to the PS beam elements to recover this missing acceptance at a later stage. As long as the front-end elements close to the production target are not the limiting factor, this can be done without major shutdowns and investments.

In the same vein, it is highly advisable to install as many of the front-end magnets (up to the first bending element) in as many channels as possible before the proton beam turns on, since the environment will be most challenging after proton beam commissioning and long shutdowns will be required.

The committee was very pleased by the major announcement of the formation of the J-PARC Centre which will go a long way towards establishing the identity of the project and providing a strong user support infrastructure.

Recommendations :

- Must keep focused on proton beam delivery systems to both muon and neutron targets.
- Must have an initial muon decay channel ready at turn on.
- Must work with the accelerator group to minimize proton pulse width

Evaluation of Letters of Intent :

As of January 31st 2006, 24 Letters of Intent had been received by the J-PARC director's office. They are listed in appendix C.

A tabulation of all the LoIs and their requirements was provided to the committee by the KEK-IMS directorate, but the committee only heard oral presentations on a selected set of LoIs due to time limitation. However, the committee decided to comment on each LoI and offer initial reactions to help the process move along.

The LoIs were distributed in several categories: Beamline development letters, Apparatus driven letters, Program driven letters. Also, some were proposing to contribute as Core projects to J-PARC (according to the definition adopted at the last IAC meeting of March 2005) and for which external (to J-PARC) funding had already been requested.

Several areas of science are covered by the LoIs from "pure" μ SR experiments aimed at studying magnetism in novel materials, long-range correlations, muon catalyzed fusion, to industrial applications and chemistry.

The committee decided to focus its evaluation partially on scientific merits but also on the impact the LoIs would have on the J-PARC muon facilities in general and on the muon channels and muon experimental area capabilities in particular.

Before going into the specific comments, the general consensus was that a number of proposals would be accommodated by a general purpose decay channel as proposed in phase I as long as it could provide reasonable surface muon capability as well. More exciting opportunities are proposed around a dedicated high flux surface muon channel with pulse switching electrostatic kickers, which could service four ports, and from a high acceptance surface channel, which could feed an ultra slow muon facility for which a high demand is predicted. This high acceptance channel could also serve as an injector for new innovative pencil-beams proposals in the future.

New innovative instruments are proposed to match the unprecedented pulsed muon fluxes expected at J-PARC when full beam power will be achieved. Finally, new areas of science will be explored by attracting the chemistry community and industrial potential users.

The committee recommends that all efforts be made to have one decay channel in place and operational as soon as the 3 GeV beam is available. The committee strongly supports proposals for core external funding to augment this capability even before any phase II funding is available at J-PARC. The committee also strongly advises the J-PARC management to invest in and facilitate innovative beam and detector development by supporting the groups that are seeking external funding for it; this will place J-PARC at the forefront of the field of muon science.

The committee is proposing that this initial evaluation by MuSAC be communicated to the spokesperson after review by the J-PARC management, that a process to move to a more comprehensive description at a proposal level be initiated for some of the most advanced LoIs while encouraging further exploration for others at the more formative stage. For those users that could run in phase I, the committee is recommending that the full proposal evaluation towards physics approval and beam time assignment by a dedicated Program Advisory Committee be targeted for within a year of the initial beam operation for users. The process of submission of LoI and development of proposals should be continued at regular intervals.

One of the LoIs is a proposal for industrial use from a Toyota group, one of the world's largest automobile companies. This research is to develop good thermo-electric materials, good batteries and good fuel cells through μ SR measurements. These play essential roles on "Ecology on Wheels", and widely contribute to bettering human life. Recently, Monbushou (MEXT)' recommended support for the industrial use of large facilities, such as J-PARC, which can provide quantum beams of neutron, muon, photon, and so on. One reason is their usefulness in developing new novel materials; the other one is the accountability to "tax payers" who provide money for their construction as well as operation. This proposal is a good and typical example of industrial use. Since the construction cost of μ SR instruments and beamlines is very expensive, J-PARC or KEK should provide a realistic plan to fund a new channel based on a partnership which could include some companies and KEK.

Specific evaluations :

LoI #1. Fleming, D.G.

“Studies of Muonium Reactivity with Pulsed Laser Systems”

This is a proposal to try and bring in other areas of science to the MUSE facility at J-PARC. Pulsed lasers coupled with muonium reactivity studies could provide a unique niche on the world scene for the chemical reaction dynamics community in Japan. A strong theoretical support will be required. A possible follow up on this letter would be to initiate a workshop to describe this opportunity to possible interested parties. In terms of MUSE facility requirements, the ultra slow muon source and a strong laser infrastructure would make this possible.

LoI #2. Higemoto, W., and Heffner, R.H.

“Microscopic Study of 4*f*- and 5*f*-electron systems by means of muon spin rotation, relaxation and resonance methods”

This is a Letter of Intent submitted by the JAEA-ASRC group. The scientific objective is to study materials based upon the rare earth and actinide series which, due to the special electronic configuration of the 4*f* or 5*f* electrons, present a rich spectrum of novel and exotic properties. Several examples were presented, and work is underway at several muon sources. This program is very promising and can lead to original results in the first phase of exploitation of MUSE.

To bring this research to the J-PARC MUSE facility, they propose to join forces with the KEK-MSL group and add to the decay muon channel by providing a second branch and a spectrometer.

This is a good example of established groups joining forces to provide an initial beam capability at J-PARC using new funding from JAEA in one case and transferring existing equipment from KEK-MSL in the other. Moreover, the JAEA-ASRC group bring an integrated physics capability by collaborating with their theory, NMR and neutron internal components. Collaborations with University groups are also welcome.

This proposal will bring together resources to start the scientific program of MUSE in the initial phase. Although not all necessary funding is in place yet, a strong commitment of the group is demonstrated.

The committee recommends supporting this proposal to establish the first Muon source at J-PARC as soon as the first beams from the 3 GeV synchrotron become available and encourage J-PARC management to facilitate this kind of cooperation.

LoI #3. Ishida, K.

“Precision Measurement of Key Processes in Muon Catalyzed Fusion”

LoI #5. Kawamura, N.

“ μ CF ~resonant formation study”

K. Ishida and N. Kawamura presented LoIs for experiments in Muon Catalyzed Fusion (μ CF) with the goal to study a number of important problems.

In pure deuterium, the problem of Ortho-Para states shall be investigated using laser stimulation to excite vibrational states of the deuterium molecule. In deuterium-tritium mixtures, muonic X-rays shall be measured with a bent crystal spectrometer to resolve existing discrepancies of muon transfer from excited levels.

With an additional beam line, the sticking mu-alpha atoms emerging from d-mu-t fusion shall be isolated to understand the reactivation (stripping) process leading to enhanced cycle rates.

All these experiments require intense pulsed negative muon beams and are, therefore, only suited for phase II operation of J-PARC with high intensity muon beams.

The experimental team consists of strong groups from RIKEN, KEK and UC Riverside.

For the tritium part, a new facility needs to be installed with all safety precautions for tritium handling. The financing of these experiments will be organized by the group using special funds. For the tritium installations, support from J-PARC will be needed.

The study of muonic cascade and of stripping processes have interests beyond μ CF as well. The analysis of the expected data requires, in its complexity, the close collaboration with theory experts.

LoI #10. Matsuzaki, T.

“Advanced muon catalyzed fusion research at J-PARC Muon Facility”

LoI #7. Koike, Y.

“ μ SR study of the mechanism of superconductivity in high- T_c cuprates”

LoI #4. Kadono, R.

“High precision local field mapping by μ SR spectrometer of the 3rd generation”

We group these two letters together because they complement each other and because the two groups have already a history of strong collaborations. The physics of high- T_c superconductors is the main driving force of the program. The group is internationally recognized for their strong contribution to the field. The program needs a good surface muon beam and conven-

tional μ SR techniques. They are currently making very good use of foreign facilities, and the transition to MUSE will require getting a competitive flux of muons and a new spectrometer matched to the high intensity of pulsed muon that will be available at J-PARC. A strong R and D program will be needed to develop the high magnetic field spectrometer which is envisaged. The participation of KEK detector experts is required. Many technical issues are still being evaluated and MuSAC would like to have a progress report on the simulation and high field read-out system considered.

LoI #6. Koda, A.

“ μ SR experiment under high pressure”

These experiments will require a new high pressure vessel and a beam kicker to remove the second pulse in the beam.

LoI #8. Kubo, M.K.

“Chemical Analysis with Negative Muon”

This is a potentially interesting proposal which is compatible with the initial operation and with minimal support. It is a potential service type program with industrial impact.

LoI #9. Matsuda, Y.

“Study of magnetism of thin films and multilayered systems using low-energy muon beams generated by laser resonant ionization method”

This is a very important field of material research which would be opened by the availability of high fluxes of ultra slow muons as proposed in LoI #11. Clearly this can only happen in phase II, but the committee regards this proposal as being key to justifying phase II muon channels funding. The group is encouraged to continue the development of the full proposal and to initiate pilot studies at existing facilities including PSI and ISAC β -NMR sources

LoI #11. Miyake, Y., and Shimomura, K.

“Super Omega Beam Channel collecting muons with a large solid angle for the Ultra Slow Muon and intense negative muon source”

This channel is novel and extraordinary in every respect, collecting low energy muons (surface μ^+ and cloud μ^- as well) within a very large solid angle (400 msr). It starts with two conventional solenoids at the proton target and continues with a curved superconducting solenoid. The beam extraction is accomplished with a “Dai Omega” type axial focusing channel and an electrical separator. The project is very promising and would open competitive μ SR surface research of materials. Also many other frontier applications are possible.

The channel is expected to deliver 5×10^8 surface μ^+ (10^7 cloud μ^-) per sec. Using ionization by an intense laser (expected efficiency 2×10^{-5}), an ultra slow muon beam (0-30 keV) with $10^4 \mu^+/s$ and 10 ns time width can be directed onto the experimental target. This beamline is foreseen for the phase II of J-PARC operation. There is hope that the channel can be funded in fiscal year 2007.

LoI #12. Nagamine, K. (1)

“Advanced Life-Science-Related Molecular-Imaging Research with Intense Pencil-Muon Beam”

LoI #13. Nagamine, K. (2)

“Advanced Materials Science Research with Intense Muon Pencil-Beam”

LoI #14. Nagamine, K. (3)

“Advanced Studies on Materials Surfaces by Scattering and μ SR of sub-ns Ultra Slow Positive Muons”

These three LoIs involve the development of two types of new positive muon beams: a 10 MeV beam with narrow energy and phase space spread and a slow muon beam which is sharply pulsed in time. Both of these beams are in the conceptual design stage but seem promising for full development. These facilities are planned for phase II and would be installed on the east side of the muon experimental areas.

The 10 MeV beam would be produced by starting with an intense ($10^7 \mu^+/s$) surface muon beam which is degraded, collimated using a polymer foil with capillaries 100 nm diameter and 10 μ m in length, and then reaccelerated from 20 keV to 500 keV with a radio-frequency quadrupole (RFQ) cavity which injects into a linear accelerator to achieve 10 MeV energy. The applications envisioned for such a beam include studies of the magnetic and biological behavior of hemoglobin in vivo (brain function) and high pressure studies of materials (up to 15 GPa in diamond anvil cells).

The second proposal is to develop a 10 keV beam with 100 ps time resolution using a large acceptance surface muon channel (like Dai Omega), followed by laser ionization to achieve high time resolution (similar to the proposal by Miyake-san) and then acceleration and bunch-

ing to achieve sub-nanosecond time resolution. This beam is envisioned to be used for studies of hydrogen dynamics using muon scattering, as well as μ SR experiments in nano-materials.

These developments have attracted collaborative efforts both here in Japan and in the US, at UC Riverside and at Los Alamos. Funding proposals have been submitted to both Japanese and US funding agencies.

Muon Radiography - K. Nagamine

A third muon beam was also described by Prof. Nagamine, namely, a high-energy muon beam (up to 1 GeV) for muon radiography studies. This would allow possible industrial applications of muon radiography at J-PARC. Indeed, the PI has already demonstrated the feasibility of muon radiography and has obtained industrial funding to pursue this research. The implementation of such high-energy beams would require significant modification to the muon building on the east side of the experimental area, and is thus a long-term project.

The committee finds that all of these concepts are highly innovative with strong prospects for facilitating new science, and, therefore, encourages the investigators to continue to move toward full-scale demonstration of the feasibility of producing such beams, with the goal of implementing them at J-PARC. The committee strongly endorses this development program.

LoI #15. Nishida, N.

“Studies of Superconductivity and magnetism at surface and interface by using Ultra slow Muons”

This proposal requires the development of ultra slow muon beams which can only occur in phase II. As for LoI #11, this will be a very preeminent research component of MUSE once low energy muons become available. It also will require a clean room environment to prepare samples in-situ.

LoI #16. Ohira, S.

“ μ SR study on organic conductors under pressure”

Organic materials are a very interesting class of new materials but present considerable experimental challenges for μ SR experimentation due to their small sample size. The material needs to be fully characterized by other bulk methods before committing to expensive muon beam time. Most likely, dedicated pressure vessels and high luminosity pencil muon beams will be required. The former is envisaged by the RIKEN collaboration, but pencil muon beams at J-PARC will require full beam intensity, most likely in phase II.

LoI #17. Shimomura, K. (1)

“Construction of the superconducting muon channel”

This proposal is key to getting a phase I muon program underway. Although recycling the beamline elements from KEK will limit the ultimate flux of muon that could be obtained, it is a minimal requirement for day one operation. However, this plan is threatened by a shortfall in budget even after accounting for the supplementary funding produced by KEK for transferring equipment from the KEK PS .

It is vital to have such a channel operational when beam is first delivered to the muon production target.

LoI #18. Shimomura, K. (2)

“Construction of the surface muon channel”

Dr. Shimomura presented the plan for a multi-port surface muon facility which could accommodate up to four experiments simultaneously by using appropriate kickers. The committee anticipates that the majority of the users would want such surface muon fluxes and strongly endorses the concept. A good physics case should be documented to support the request for phase II funding which should include funds for building this complex.

LoI #19. Shimomura, K. (3)

“ μ SR studies under laser illumination”

This is clearly a phase II project requiring a dedicated laser facility and high intensity negative muons beams.

LoI #20. Shinohara, A.

“Study of Chemical Properties of Muonic Atoms”

This will require a strong theoretical support to relate the observations in an unconventional atom configuration (muonic atom) to the case of a stable atom. It is not clear to the committee that pulsed muon beams present a significant advantage over DC beams. More detailed technical details would be needed to evaluate the potential of such a program.

LoI #21. Strasser, P.

“Radioactive Muonic Atoms Study at J-PARC.”

This Letter of Intent is proposing to develop the capability of measuring muonic X-rays from exotic muonic atoms using long-lived species implanted in a deuterium moderating layer.

Muonic X-rays energies and width provide a precision tool for determining the nuclear charge distribution in an absolute way. In that sense, it complements other atomic techniques like col-linear laser spectroscopy which can determine relative shifts from different isotopes.

A pilot program at the RIKEN-RAL facility has demonstrated the feasibility of this method for long-lived isotopes and further optimization of the method is envisaged.

To be competitive, it requires a very intense negative muon beam, which could be developed at J-PARC using the Super Omega project. Ultimately the combination of very intense muon beams and intense exotic beams will be required to reach the most interesting exotic nuclear properties, for example, the very neutron rich nuclei involved in baryo-genesis.

As described by the proponent, this is a dream facility for the J-PARC, which would match the capability of the most intense source of muon. However, the nuclear physic community is making very good progress in the development of the competing atomic methods and the case should be made for unique opportunities in this competitive field

The committee supports a long-term targeted R & D effort along those line.

The simultaneous extraction of both positive and negative high intensity beams from the Super Omega channel is very interesting.

LoI #22. Sugiyama, J.

“ μ SR experiments on materials potentially applicable for automobiles”

This group is proposing three μ SR applications related to automobile in terms of 1) Thermo-electrics, 2) Proton conducting materials, and 3) Lithium base battery materials. As the development of high performance power system is of high interests and recognized as one of top priority. The comments are given as follows in terms of four criteria:.

1) Scientific merit: From the scientific merit as well as industrial application promotion point of view, the final goal shown in the LoI meets the J-PARC objectives.

2) Feasibility/requirements: The experimental approach seems realistic. The experiments, some of which have already been done, demonstrate technical feasibility. However, development of peripheral equipment dedicated to the specific experiments is still required. Instrumentation concept at this stage is adequate.

3) Team effort: This is an ambitious program and it is not clear that they have enough manpower at present to use 14 weeks of beam time per year. Also, the initial beam operation will be restricted in time and proton intensities for the first few years. This nevertheless indicates a very strong commitment towards using J-PARC. The request that MuSAC play an active role in fostering collaborations is well taken but should be directed at the users' office of J-PARC Centre. The J-PARC Centre should support any effort by users to bring new resources to the MUSE facility and experimental program.

4) Funding: It is desirable that a time schedule with a funding scheme be shown even though it is would be very preliminary at this stage. The MuSAC would like to hear an overall strategy for how the proposed plan will be realized. In terms of beam channel specification the experiments can run with both surface and decay muon beams

Experimental equipment required: Pulse slicer, Spin rotator (Polarizer), Helmholtz magnet, 10 atm hydrogen pressurized cell, lithium cell for charge/discharge

LoI #23. Tanaka, H.

“Study of a high-temperature electrical conduction mechanism in the lower mantle phase with muon spin probes”

This is an interesting new proposal which requires more details to test its feasibility. A presentation outlining the methodology envisaged and the linkages between experimental μ SR data and interpretation of the mantle properties would be required.

LoI #24. Watanabe, I.

“1 GHz RF and Ultrasonic Wave Applied μ SR Studies in High Fields”

This is an interesting proposal which would require a presentation of more details at a subsequent meeting.

Conclusions :

Enormous progress has been made on the facility development, and a dedicated commitment of the KEK construction team is evident. A delicate phase is approaching: when with the shutdown of the μ SR program at KEK a significant gap in physics capability exists. University users will have to rely on sources abroad to keep an active physics program for their students. On the other hand, installation tasks are very demanding as well and could use more manpower. It is important to identify the real timing for restoration of a physics program in Japan to allow concrete planning. This is especially important for university groups and industrial groups relying on muon sources. At the moment, the shortage of funds for installation, and the uncertainty on the realization of the first muon beam at $t=0$ doesn't allow for clear statements to be made. This is most unfortunate and should be addressed so that a firm commitment can be given to users.

The committee was impressed by the initial response to the call for Letters of Intent. An initial evaluation was made, and several letters were identified for further expansion into full-fledged proposals. This exercise served well its purpose of identifying an eager Muon user community and its demands on the facilities being constructed.

Appendix A :

MuSAC #4 Committee membership

J. Akimitsu (Aoyama-Gakuin Uni.)
Y. Hatano (JAEA- ASRC)
R. Heffner (JAEA-ASRC)
S. Ikeda (KEK-IMSS)
Y. Ikeda (JAEA- MLF)
M. Iwasaki (Riken)
Y. Miyake (KEK) MUSAC Secretary
N. Nishida (Tokyo Ins. Tech and Users group chair)
K.Nishiyama (KEK MSL)
J.-M. Poutissou (TRIUMF) MuSAC Chairman
C. Petitjean (PSI)
L. Ponomarev (Kurchatov Institut)
Y. Yamazaki (J-PARC Vice Director)

Appendix B :

MUSAC #4 Agenda

February 25th

0) Closed session

1) Experimental program at J-PARC: Presentation of LoIs:

13:00	μ SR (JAEA).....	R.H. Heffner / W. Higemoto
13:30	μ CF.....	K. Ishida / N. Kawamura
14:00	Advanced muon beam and application.....	K. Nagamine
14:40	Ultra slow muon beam and application	Y. Matsuda / Y. Miyake
15:40	Industrial applications	J. Sugiyama
16:00	μ SR spectrometer.....	R. Kadono
16:20	μ SR study of High- T_c superconductors	Y. Koike
16:40	Radioactive muonic atoms study	P. Strasser

February 26th

2) Status of J-PARC construction:

10:00	Status of J-PARC construction	S. Nagamiya
10:20	Status of 3 GeV synchrotron construction	Y. Yamazaki
10:35	Status of MLF construction	Y Ikeda

3) Status of Muon Science Experimental Facility construction:

11:00	Overview	Y. Miyake
11:20	Primary beamline	N. Kawamura
11:35	Muon beamlines phase I	J. Doornbos / K. Shimomura

4) Report about LoI

		K. Nishiyama
--	--	--------------

5) Closed session

Appendix C :

List of Letters of Intent Received

Name	Title
Fleming, D.G.	Studies of Muonium Reactivity with Pulsed Laser Systems
Higemoto, W. Heffner, R.H.	Microscopic Study of 4f- and 5f-electron systems by means of muon spin rotation, relaxation and resonance methods
Ishida, K	Precision Measurement of Key Processes in Muon Catalyzed Fusion
Kadono, R.	High precision local field mapping by μ SR spectrometer of the 3rd generation
Kawamura, N.	μ CF ~resonant formation study
Koda, A.	μ SR experiment under high pressure
Koike, Y.	μ SR study of the mechanism of superconductivity in high- T_c cuprates
Kubo, M.K.	Chemical Analysis with Negative Muon
Matsuda, Y.	Study of magnetism of thin films and multilayered system using low-energy muon beam generated by laser resonant ionization method
Matsuzaki, T	Advanced muon catalyzed fusion research at J-PARC Muon Facility
Miyake, Y Shimomura, K	Super Omega Beam Channel collecting muons with a large solid angle for the Ultra Slow Muon and intense negative muon source
Nagamine, K. (1)	Advanced Life-Science-Related Molecular-Imaging Research with Intense Pencil-Muon Beam
Nagamine, K. (2)	Advanced Materials Science Research with Intense Muon Pencil-Beam
Nagamine, K. (3)	Advanced Studies on Materials Surfaces by Scattering and μ SR of sub-ns Ultra Slow Positive Muons
Nishida, N	Studies of Superconductivity and magnetism at surface and interface by using Ultra-slow Muons
Ohira, S.	μ SR study on organic conductors under pressure
Shimomura, K. (1)	Construction of the superconducting muon channel
Shimomura, K. (2)	Construction of the surface muon channel
Shimomura, K. (3)	μ SR studies under laser illumination
Shinohara, A.	Study of Chemical Properties of Muonic Atoms
Strasser, P	Radioactive Muonic Atoms Study at J-PARC
Sugiyama, J.	μ SR experiments on materials potentially applicable for automobiles in situ measurement
Tanaka, H.	Study of a high-temperature electrical conduction mechanism in the lower mantle phase with muon spin probes
Watanabe, I.	1 GHz RF and Ultrasonic Wave Applied μ SR Studies in High Fields

第4回 J-PARC ミュオン科学実験検討委員会報告書
高エネルギー加速器研究機構
ミュオン科学研究施設
2005年2月25～26日

J.M. Poutissou 委員長より J-PARC 長へ提出

2006年5月7日

目次

要約

緒言

進展状況の報告と MuSAC III 助言への対応

助言

LoI (実験提案書) の評価

結論

要約：

MuSAC 委員会が 2 月 25 日、26 日に KEK で開催され、J-PARC ミュオン施設の建設の評価、並びに潜在的なユーザーから提出された 24 件の LoI に対するコメントがなされた。技術的な観点で大いなる進展が見受けられた。主に長期的なメンテナンスにかかわる問題点についての 2004 年 12 月の技術諮問委員会からの勧告が実現に移されている。広範囲にわたる遮蔽体が設置された。また、将来の据え付けや取り外しの諸作業にも備えて、1 次陽子輸送系並びに 2 次ミュオンチャンネルの適切な設置を可能にする為の非常に吟味されたアラインメントの方法が導入されている。

1 次ビームラインの主要な構成要素であるミュオン生成標的チェンバーならびにミュオン標的が発注された。しかし、陽子ビームラインの基盤整備の予算が十分に担保されておらず、厳しい予算からなんとか工面せねばならない。一番の課題は、KEK の超伝導崩壊ミュオンチャンネルを移設改造し、南西の実験ポートにデイワン（実験開始）時に設置する為の予算が充当できるかどうかである。

もう一つの課題は、ミュオンからの要求である 100 ナノ秒の陽子ビームのパルス幅を満足させるには、中性子のユーザーに供給されるビーム強度が最大でなくなるという妥協を強いる可能性があるという問題提起である。100 ナノ秒を超えるような陽子ビームのパルス幅の劣化は、時間分解能の観点で、すべてのミュオンユーザーに深刻な結果をもたらし、例えば、ISIS-RAL のミュオン源と比べて、J-PARC のミュオン源が全く見劣りしたものになってしまう。このことは加速器チームによって掲げられたこともあるので、このような劣化をもたらす空間電荷効果を研究し、コミッショニングの間に、少しでも軽減させる事が重要である。

委員会は、受け取った LoI のいくつかを審査した。最初のビームチャンネルの進展に寄与すると思われるコアプロジェクトを選定した。数多くのプログラムはデイワン時に KEK から移設する崩壊ミュオンチャンネルを用いる事ができる。一方で、J-PARC においてのみ可能となる超低速ミュオンビームやペンシルビームなどの革新的なアイデアも提案された。これによって表面・界面物理並びに分子・生命物理などの非常に重要な研究分野が開拓されることになる。委員会は、これらの提案が奨励され、J-PARC ミュオン施設が日本ならびに世界的なコミュニティにユニークな装置を提供する場を与えることができるであろうと考える。

また、委員会は、大学に基盤を置く新しいグループとりわけ化学コミュニティからのグループや重要な産業界のユーザーなどからの参加表明を認めた。

施設の開発は非常に進展しており、KEK の建設チームの献身は明白である。KEK での μ SR 実験共同利用のシャットダウンによって物理実験を行うことが困難になってきたという状況になりつつある。大学のユーザーは学生の為にも活発な実験プログラムを維持する為に外国のミュオン源を頼らざるをえない。一方、設置に関わる諸作業は、ますます忙しくなり、更なるマンパワーが必要となるであろう。日本でミュオン物理実験を再開できるのが何時になるかを明確に規定する事が具体的な計画を立てるために重要である。この事は、特にミュオン源を頼りにしている大学グループ並びに、産業界のグループにとって重要である。設置の為の予算が不足し、デイワンにおけるミュオンビームの実現が危ぶまれている現在、明確な発言ができない。これは非常に不幸なことであり、明確にユーザーに公約できるためにもこの問題は解決されなければならない。

緒言：

2006年2月25～26日の2日間に高エネルギー加速器研究機構においてミュオン実験施設検討委員会（MuSAC）が開催された。MuSAC構成並びに議題は付記A、付記Bに記す。

J-PARC加速器建設と、ミュオンに関連した施設の建設進展状況の説明が行われた。J-PARC全体計画予算は2006年には前年と比べ増加が約束され、建設チームの意気込みと期待が高まっている。見事なミュオン源の創設に向けて確実に進んでいる。

1月31日締切りで受領された24通のLoIのいくつかを評価する為に1日間は空けてあったが、全部の発表を聞くだけの時間がなかったため、委員会としては発表されなかった分については簡略なコメントを述べるに留まる。

委員会の所見は東海で開催されたIACで披露された。この報告書の第1章は施設建設に関する感想と助言をのべ、次章で受け取ったLoIに関する所見を述べる。

進展状況の報告と、MuSAC-3助言への対応：

新たに設立された組織であるJ-PARCセンターのセンター長永宮氏、および物質生命科学実験施設のリーダーである池田氏、ミュオン実験施設のリーダーである三宅氏からJ-PARC第一期施設の完成に向けての進展状況の説明があった。

2006年度のJ-PARC全体計画予算は目に見えるほど増加し279億円の規模となっており2007年度も維持できれば当初の予定から半年以内に第一期計画が完成する。多くの面で進展が見られ建設チームの意気込みは非常に高い。今のところ3 GeVリングの試験ビームの予定は2007年の12月である。しかしながらミュオン源及び一次ビームライン完成を不可能にする恐れのある厳しい資金的な制限がある。PSでの装置を移設し初期の実験準備に充当するためKEKから与えられる追加的な資金があるにしても、予定以外の基幹設備の為に臨時費や、物価上昇の為に臨時費用がこの微妙な均衡を破る恐れがある。

技術的な施設の評価を行ったM-TACの助言通り周到に改善がなされた。MuSAC委員会はこの対応を多めに評価する。今のところ技術的開発を要するようなまた実行を困難にするような点は見受けられない。

標的周辺及び陽子ビーム輸送に関して3 GeV加速器のビーム試験予定に間に合うよう多大の努力がなされている。この点ではうまく行っている。

委員会では山崎氏から加速器とビーム試験についての発表を聞いた。この際「最も悲観的な状況では空間電荷効果の為に中性子標的でのビーム強度を最大にする為には陽子ビームパルス幅が140 nsにもなり、100 ns以下のパルス幅にすると中性子のフラックスが減ってしまう可能性がある」ということが明らかになった。

この意見はシミュレーションによる裏付けがないけれども、最悪の場合にはフラックスとビーム幅は比例関係になるかもしれない。委員会としてはこの発言に対し強く憂慮し、陽子ビームのパルス幅を100ナノ秒以下にする為あらゆる努力がなされるべきである。何故なら時間分解能はパルス幅で決まり、パルス μ SR実験の分離できる周波数や緩和時間の幅を狭めてしまう。加速器グループはこの要求を知り、3 GeV 加速器のビーム試験の一部としてこの問題に取り組む意向である。またLINACのエネルギーが問題の原因ではないと指摘された。

心配なこととして指摘されたのが現在のRFキャビティの設計の信頼性である。大電力で生ずる腐食に耐える解決策が得られなければ、陽子ビーム強度は上がらない。

一個のミュオン標的から最適のミュオンビームを得る為の資金がたりないのは明らかであり、最小のコストで実用的な最初のビームを達成する為の妥協が必要となる。下村氏とドロンボス氏の発表から明らかになったように大きなアクセプタンスの電磁石によって崩壊チャンネルで得られる表面ミュオンの強度は著しく増加する。当初はKEK施設で用いられた電磁石を再利用する予定である。最初は仕方がないが将来的にアクセプタンスを回復できるようにビームライン構成要素を改善のため交換する計画がある。標的に面した電磁石が十全なものでありさえすれば、他のビームライン構成要素の交換は大きなビーム停止や大きな投資なしに可能である。

同様にして（同じ文脈で）、できるだけ多くのビームチャンネルにできるだけ多くの先頭の電磁石（最初の偏極電磁石まで含めて）をビームが出るまでに設置することを勧める。そうしておかないと陽子ビームが出た後は放射線の為に困難が生じ、設置の為に長いビーム停止が必要となる。

委員会は計画の主体性を確立し、強力な利用者支援の基盤を整える方向へ進むJ-PARCセンターが設立されたとの発表を歓迎する。

助言：

- ・ ミュオン源と中性子源に陽子ビームを供給するシステムに焦点を合わせた建設を継続しなければならない。
- ・ 陽子ビームが出るときには最初のミュオン崩壊チャンネルの準備を完了しておかなければならない。
- ・ 陽子ビームパルス幅を最短にするべく加速器グループと努力しなければならない。

LoI（実験提案書）の評価：

1月31日までにJ-PARC推進室に24通の提案書が提出された。付記Cに全リストがのせてある。

提案書とその必要な条件の全リストの表がKEK-MSL執行部より配られたが、時間に限りがあるため選択された実験提案の口頭発表しか聞けなかった。委員会では個々の実験提案を評価しさらに一歩進める為に簡略に意見を表明することとした。

実験提案はいくつかの種類に分類できる。ビームライン建設提案、装置に基づいた提案、実験プログラムに基づいた提案がある。

またいくつかの提案は2005年3月に開催された前回のIACでの定義に従ったJ-PARCのコアプロジェクトとして寄与することを提案しており、既に外部資金(J-PARC以外の)を申請している。

実験提案に含まれた科学分野としては新奇物質の磁性研究を目指す純粋な μ SR実験や長距離秩序、ミュオン触媒核融合、工業応用、化学等が挙げられる。

委員会としては科学的特質をも評価の対象とするが、J-PARCミュオン施設に及ぼす影響をより重視し、殊に提案がミュオンチャンネルと実験エリアに及ぼす影響に重きをおいて評価した。

個々のコメントに入る前に一般的に合意された点は、汎用崩壊ミュオンチャンネルにおいて十分な表面ミュオンが得られる限りにおいて多くの提案実験を汎用チャンネルで実行できることである。もっとすばらしい実験の為にチャンネルとして、高輝度の表面専用チャンネルでパルス動作する静電キッカーを用い4実験ポートにビームを供給できるチャンネル、大立体角の表面チャンネルでそこから得られる超低速ミュオン装置は非常に多くの需要が見込まれるチャンネルなどがある。

大立体角の表面ミュオンチャンネルは将来の斬新なペンシルビーム提案の入射装置としても用いられる可能性がある。

J-PARCで予定されたビーム強度達成の暁に得られる未曾有のパルスミュオン輝度に適う斬新な装置が提案された。最後に、化学や工業利用の潜在的利用者を引きつけることによって新しい科学分野に広がっていく。

委員会は3 GeVビームが出るときには一本の崩壊チャンネルが完成していて、すぐに使える状態になっている為のあらゆる努力をするように助言する。

如何なるJ-PARC 2期計画が認められるよりも前にこの可能性を増す為に、委員会はコア外部資金提案を強力に支持する。委員会はJ-PARC執行部に斬新なビームや検出器開発の為に外部資金を探しているグループを支援することによってビームや検出器開発が可能となるよう、強く

勧める。こうして J-PARC はミュオン科学の最先端に立てるのだ。

この MuSAC の評価案が J-PARC の執行部のレビューを経た後、提案者に渡されるよう提案する。最も進んだ提言に関してはもっと包括的な記述をした具体的提案にまで持っていき、他の提言についてはもっと形式が整った段階になって再提出するように勧める。第一期に実験の出来る利用者に関しては、物理実験課題採択と専門の課題採択委員会によるビームタイム分配を共同利用開始の前 1 年以内に予定することが委員会の助言である。

実験提言提出と提案の進展は定期的に継続されなければならない。

LoI の一つは世界最大の自動車会社であるトヨタグループからの産業利用の提案である。これは μ SR 実験によって熱電材料、蓄電池、燃料電池を開発する研究である。これらの研究はエコ自動車に重要な役割を果たし、より良い人間生活に広く貢献する。最近文科省は中性子ミュオン光子などの量子ビームを発生させる J-PARC のような巨大施設の産業利用を推進している。この提案は産業利用の良い典型的な例である。 μ SR 装置やビームライン建設は多額の費用を必要とするので、J-PARC または KEK はいくつかの企業と KEK を含む協力関係に基づく新しい実現可能な方策を考え出すべきである。

Specific evaluations

LoI-1 D.G. Fleming

「パルスレーザーシステムによるミュオニウム反応性の研究。」

この提案は J-PARC の MUSE に新たな科学分野を導入しようとする試みである。

パルスレーザーを用いたミュオニウム反応性の研究は日本の化学反応論学派に新たな独特な研究対象（地平）を与える。理論的な協力が必要である。この提言に続いて、この機会を潜在的な興味を持つ人々に示す。ワークショップを開催することが望まれる。MUSE 施設への要求としては、超低速ミュオン源と強力なレーザー基盤設備が必要である。

LoI-2 髙本亘、R.H.Heffner

「 μ SR 法による $4f$ – および $5f$ – 電子系の微視的研究」

原子力研究機構先端研グループより提出された実験提言である。

研究対象は希土類やアクチナイド系列を含む物質の研究であり、 $4f$ 電子や $5f$ 電子を含む特別な電子状態故に多岐に亘る新奇な異常性を持っている。複数の例についての発表がなされた。複数のミュオン施設を用いて実験が行われている。このプログラムによって MUSE の開発期の最初に独自の成果を期待できる。J-PARC MUSE 施設において研究を始める為に KEK-MSL と力を合わせて、崩壊ミュオンチャンネルに第 2 の枝分かれしたチャンネルと実験装置を付加しようとしている。これはしっかりしたグループが力を合わせて原子力機構の予算を用い、一方で KEK-MSL の現存する設備を移設して J-PARC の最初のミュオンビームを出そうとする良い例である。さらにこの先端

研グループは先端研内の理論、NMR、中性子のグループと協力して総合した物理を展開することが可能である。予定されている大学グループとの共同も歓迎すべきである。

この提案によって資源を集めて、初期の MUSE の研究計画が始められる。必要な全予算がついた訳ではないが、このグループの参加する強い意欲が示された。委員会は 3 GeV シンクロトロンからのビームが使い始まる時に即座に J-PARC のミュオン源が完成させるこの計画を支持し、J-PARC 執行部がこの種の協力を促進するよう助言する。

LoI-3 石田勝彦

「ミュオン触媒核融合の鍵となる過程の精密研究」

LoI-5 河村成肇

「ミュオン触媒核融合における共鳴分子生成の研究」

石田氏と河村氏の発表は多くの重要な問題点を研究する為のミュオン触媒核融合実験の提言であった。

重水素中のオルソパラ効果を研究する為に重水素分子の振動準位を励起するレーザーを用いる。重水素、3 重水素混合標的でミュオン X 線をベント結晶分光器により測定し励起状態からのミュオン移行反応が理論と矛盾していることを解決する。

d- μ -t 核融合で出来た μ - α 原子を分離するビームラインを作り、サイクル率を高める再活性化 (μ -はぎ取り) 過程を理解する。

これらの提言のどれをとっても強度の大きい負ミュオンビームを必要としており大強度のミュオンビームが得られる第 2 期の実験として適している。

この実験チームは理研、KEK、カリフォルニア大リバーサイドからなる強力なグループからなっている。

3 重水素に関してはトリチウム取り扱いの安全装置を備えた新しい設備が必要である。この実験の為の費用は特別資金を得たグループによって準備されるだろう。またトリチウムを導入するには J-PARC からの支持が必要となる。

ミュオンのカスケードとはぎ取り過程の研究はミュオン触媒核融合以外の分野でも興味を持たれる。ただ複雑な過程なのでデータの解釈の為には理論家の協力が不可欠である。

LoI-7 小池洋二

「高温超伝導銅酸化物の起源の μ SR 研究」

LoI-4 門野良典

「第 3 世代の μ SR 分光器による高精度局所磁場分布の測定」

この二つの提言は互いに補完する物であり、またこの 2 グループは強い協力関係を続けている。高温超伝導の物理が主な研究の動機 (推進力) である。またこのグループは国際的にもこの分野での成果で高く評価されている。良質の表面ミュオンビームと従来型の μ SR 技術が必要である。今のところ海外のミュオン施設をうまく用いており、MUSE へ移行するにはミュオン強度が競争

できる程度になりまた J-PARC での強度の高いパルスミュオンに適合した $\mu\Sigma P$ 分光器が出来なければならない。描かれている高磁場の分光器を開発するには開発研究が必要である。多くの技術的問題点が評価中であり、シミュレーションと予定されている高磁場での検出器読み取り装置の進展報告をしてもらいたい。

LoI-6 幸田章宏

「高圧下の μSR 研究」

新しい高圧セルと 2 番目のパルスを除くキッカーが必要である。

LoI-8 久保健哉

「負ミュオンによる化学分析」

これはビーム当初から可能で、最低の支援でも可能な興味深い提言である。

工業応用の可能性のあるサービス型の計画である。

LoI-9 松田恭幸

「レーザー共鳴イオン化法による超低速ミュオンを用いた薄膜や多層膜の磁性研究」

強度の高い超低速ビームが拓く非常に重要な物質研究の分野である。これは第 2 期になって初めて可能となるが、むしろ委員会はこの提言こそが第 2 期計画への投資を正当化できる鍵となる提言だと見なす。このグループには完全な提案を作るよう努力するように勧める。また PSI や ISAC β -NMR 施設を含めた現存する施設での萌芽研究を始めるよう勧める。

LoI-11 三宅康博、下村浩一郎

「超低速ミュオンビームおよび負ミュオンビームのための大立体角ビームチャンネル＝スーパーオメガ」

このチャンネルは新しくあらゆる点で型破りである。大立体角 (400 msr) に飛んでくる低エネルギーのミュオン、しかも $m\mu^+$ である表面ミュオンとともにクラウド負ミュオンをすべて集める。ミュオン標的に面しておかれた 2 個の常伝導ソレノイドから始まり、湾曲した超伝導ソレノイドが続く。ビームの引き出し部分は「大オメガ型」の軸収束型のチャンネルと電氣的セパレーターで出来ている。この計画の成果が期待され、他の方法に負けない μSR 表面物性研究が可能となる。また多くの前衛的な応用分野が可能となる。

このチャンネルでは毎秒 5×10^8 個の表面ミュオン 10^7 個のクラウド μ^- が得られる。強力なパルスレーザーによるイオン化 (効率の予想値は 2×10^{-3}) を用いてパルス幅 10 ns 以下の超低速ビーム (0-30 KeV) が毎秒 10^4 個試料表面にあたる。このビームラインは 2 期計画で建設される予定である。2007 年に外部資金も申請している。

LoI-12 永嶺謙忠

「強力なペンシルビームによる生命科学に関連した分子の先端的イメージ技術研究」

LoI-13 永嶺謙忠

「強力なペンシルビームによる先端的物質科学研究」

LoI-14 永嶺謙忠

「ナノ秒以下の短パルスを持つ超低速ミュオン散乱による物質表面研究」

この3提言は2種類の新しいミュオンビームチャンネルの開発を含んでいる。すなわち10 MeVのエネルギー幅と位相空間の小さいビームと短パルスの超低速ビームの2つである。どちらのビームラインも概念設計の段階であるが開発が成功する可能性がある。これらの装置は第2期に予定され、設置されるとしたらミュオン実験施設の東側実験室におかれる。

10 MeVのビームは強力な表面ミュオンビーム（毎秒 10^7 個）を減衰させ直径100 nm 長さ10 mmの細孔のある高分子箔を通してコリメートし四極高周波空洞（RFQ）によって20 KeVから500 KeVまで加速し、線形加速器に入射して10 MeVまでエネルギーを上げる。このようなビームの応用として考えられるものに、生体内でのヘモグロビンの磁気的および生物学的振る舞い（脳の機能）の研究や（ダイヤモンドアンビルセルを用いた15 GPaまでの高圧実験等がある。

第2の提言は10 KeV、100 psの時間分解を持ったビームの開発である。大オメガのような大立体角で表面ミュオンを集め、レーザーイオン化によって短パルス化（三宅氏の提言と同様であるが）し、ナノ秒以下のビームを得る為に加速とバンチングをする。このビームによってミュオン散乱による水素の動的振る舞いの研究やナノ物質の μ SR研究に用いられることが考えられている。これらの開発には日本のグループと米国、UCRとロスアラモスが協力研究に参加している。資金援助申請は日本の資金援助機関と米国の機関と両方に申請している。

永嶺氏による第3のミュオンビームはミュオンラジオグラフィーの為にエネルギーの高い（1 GeVまで）ビームである。このビームはJ-PARCにおける工業的ラジオグラフィーを可能にする。実際にPI??はミュオンラジオグラフィーの有用性を示しこの研究を遂行するために工業界から資金援助を獲得した。このような高エネルギーのビームを設置するには実験室の東側の構造の改造を必要とするので長期の将来計画である。

委員会はこれらの提言すべてが新しい物であり、新しい科学分野を拓く可能性が大であると考え、さらに開発を進めて、このようなビームが可能であることを示し、実機規模の実証実験まで至り、J-PARCに設置することを目標にするよう勧める。この開発研究に強く賛成する。

LoI-15 西田信彦

「超低速ミュオンビームを用いた表面界面の超伝導や磁性の研究」

超低速ミュオンビームの開発を必要とし、可能となるのは第2期である。超低速ミュオンビームが可能となった暁にはMUSEの際立って優れた研究分野となる。

試料を現場で (in situ) 準備する為のクリーンルーム環境を必要とする。

LoI-16 大平聖子

「圧力下における有機電導体の μ SR 研究」

有機物質は新物質の中でも非常に興味の持たれる物質群であるが μ SR 実験ではその試料が小さいために非常に困難である。高価なミュオンビームタイムを得る前に他のバルク測定法で完全に特性分析されている必要がある。多分特性の圧力セルと高輝度のペンシルビームが必要であろう。圧力セルは理研の協力で予定されている。しかし J-PARC のペンシルミュオンビームは最大ビーム強度を必要とするので第 2 期になって可能となるであろう。

LoI-17 下村浩一郎

「超伝導崩壊ミュオンチャンネルの建設」

この提言は第一期でミュオン計画を走らせる為の鍵である。KEK からのビームライン要素を再利用することは得られるミュオン強度に制限を付けることになるが、ビームが出るときに実験できる為の最低限の要求である。KEK によって準備された PS 移行経費を入れても全体予算の不足の為この計画すら困難となるかもしれない。最初のビームがミュオン標的に出たときこのようなチャンネルが出来ていることが極めて重要である。

LoI-18 下村浩一郎

「表面ミュオンチャンネルの建設」

下村氏は多くのポートを含む表面ミュオンチャンネルの計画を示した。そこでは適切なキッカーを用いて 4 個までの実験が同時に可能となる。委員会は大多数の利用者はこのような表面ミュオン強度を望んでいると思い、この概念を支持する。この多数の表面ミュオンチャンネル建設を含む第 2 期予算要求を裏打ちする物理の事例が書かれなければならない。

LoI-19 下村浩一郎

「レーザー照射下の μ SR 実験」

これは明らかに第 2 期の計画であり、専用のレーザー設備と強い負ミュオンビームを必要とする。

LoI-20 篠原厚

「ミュオン原子の化学的性質の研究」

この実験について、特別な原子状態 (ミュオン原子) における現象を安定状態にある原子と結びつけるには強力な理論の助けが必要である。委員会にとってパルスビームが DC ビームに比べて有利かどうか明確でない。この計画の可能性を評価するにもっと詳細な技術的記述が必要である。

LoI-21 P. Strasser

「J-PARC における不安定核のミュオン原子の研究」

この提言は重水素減速層の中に長寿命核を打ち込んでミュオン X 線を測定する方法の開発である。

ミュオン X 線のエネルギーと幅によって原子核の電荷分布を絶対的に決定することが出来る。この絶対測定という意味において、レーザー分光のような同位体間の相対的シフトの測定と補完的である。

理研 RAL における先導的計画によって超寿命核への応用の可能性と更なる改善が見込まれる。他の手段と競争するには、非常に強力な負ミュオン源例えば J-PARC のスーパーオメガ計画で予定されているビームが必要である。さらには強力な負ミュオンビームと強い不安定核ビームによって初めて、最も興味深い原子核、例えばバリオン発生時の中性子過剰核などの性質が得られる。提案者のいうとおり大強度のミュオンの得られる J-PARC での夢の計画である。しかしながら原子核物理のコミュニティでは原子分光法の開発が非常に進んでおり、この競争の激しい分野で独自の特徴を出さなければならない。

委員会はこの意味で、長期的視野に立った R/D 努力を支持する。

スーパーオメガチャンネルからの正ミュオンと負ミュオンの取り出しは非常に面白い。

LoI-22 杉山純

「自動車産業に有用な物質についての μ SR 研究—実用条件での研究」

自動車産業に関連した 3 種類の μ SR の応用を提案している。熱電能、プロトン電動物質、リチウム電池である。高能率の電力システムの開発は興味深く最優先の課題である。4 つの基準に従ったコメントを述べる。

- 1) 学術的価値 産業利用を推進する意味からもまた学術的意味からも提言された最終目標は J-PARC の目的に適っている。
- 2) 実現可能性と必要とされたこと。実験手段は現実的である。既に行われたいくつかの実験は技術的に可能であることを示している。しかしながら特殊な実験に付随した特別な装置は開発されなければならない。今のところ装置の概念像はこれで良い。
- 3) チームの努力 非常に壮大な計画であり、年間 14 週間もビームタイムを実行する十分な人員を持っているか不明である。最初の数年間のビーム運転は時間も陽子ビームの強さも限られている。J-PARC を利用しようとする強い意向を示している。MuSAC が積極的な役割を果たして協力組織を育成してほしいという欲求はよくわかったが、それは J-PARC センターのユーザーオフィスの役目である。J-PARC センターは MUSE 施設と実験計画に新たな資金などを提供しようとする利用者の如何なる努力に対しても支援するべきである。
- 4) 資金 今では非常に暫定的な物であっても、資金計画を含めた年次計画が示されることが望ましい。委員会はいかにしてこの計画が実現できるのか全体の戦略を聞きたいと思っている。ビームチャンネルに関して言えばこの実験は表面ミュオンチャンネルでの崩壊ミュオンチャンネルでも可能である。

必要な設備は、パルススライサー、スピンローテーター、ヘルムホルツ電磁石、10 気圧水素容器、充放電用のリチウム電池である。

LoI-23 田中宏幸

「ミュオンスピンをプローブとした下部マントル層の高温電気伝導の研究」

これは新しい興味深い提言であるが、その実現可能性を調べるにはもっと詳細が必要である。考えられている方法論と実験で得られる μ SR データと明らかになるマントルの性質との関連を示して欲しい。

LoI-24 渡辺功雄

「高磁場下の 1 GHz 高周波および超音波を用いた μ SR」

この提案は面白いのもっと詳細を次回の会議のときに発表して欲しい。

結論：

施設建設は随分進んでいるし KEK の建設チームの努力は明白である。KEK の μ SR 施設の停止によって微妙な時期にさしかかっており、物理が不可能となる狭間が存在する。大学の利用者は海外の施設に頼って学生の為に物理を継続しなければならない。一方建設は大変な仕事であり、非常に人手を必要とする。日本で再び実験が出来るのが何時であるかを明確にすることが具体的計画を立てるにあたって必要である。このことはミュオン源に頼っている大学グループや産業グループにとって特に大切である。現時点では、建設予算の不足と最初の陽子ビームの出るときにミュオンビームが実現しているかが不確かであるため明確なことが言えない状況にある。非常に残念なことであり、利用者にちゃんとした約束が出来るようになさなければならない。

委員会は LoI 募集への反響を嬉しく思う。初期評価がおこなわれ、いくつかの提言は完全なプロポーザルへ昇格するべきものと位置づけられた。この作業によってミュオン利用者コミュニティを明らかにし建設される施設への要求を明確にするという目的が達せられた。