

KEK progress Report 98-5  
January 1999  
R

**Activity Report of  
Radiation Science Center  
in Fiscal 1997**

**KEK**

**Applied Research Laboratory  
High Energy Accelerator Research Organization**

# 放射線科学センター

## 1997年度活動報告

高エネルギー加速器研究機構  
共通研究施設 放射線科学センター

## PREFACE

The Radiation Science Center started when the High Energy Accelerator Research Organization(KEK) was established by merging National Laboratory for High Energy Physics(KEK), Institute for Nuclear Study(INS), Univ. of Tokyo, and Meson Science Laboratory. Univ. of Tokyo. in April 1997.

The Radiation Science Center is concerned with the management of both radiation and chemical safety in KEK. In addition to the tight routine work, R&D work in this field is conducted. All the member of the center wish to publish our R&D activities and studies related to the routine work for management of radiation and chemical safety. Thus we decided to publish our activity report annually. Since the studies related to the routine work are usually arranged in Japanese, the activity report is divided in three parts. The first part is the R&D activities reported in English and the second part is the studies related to the routine work written in Japanese. The third part is the data related our activities including awards, name of outside committees we are engaged in, workshops and symposia, publications, and funds we got.

We hope that the activity report is useful for all people who are working in the field of the safety of accelerator facilities.

Tokushi Shibata  
Head, Radiation Science Center  
High Energy Accelerator Research Organization

# Contents

<b>Chapter 1</b>	<b>Research Activities</b>	<b>1</b>
1	A Phoswich-Type Detector for Measurement of Neutrons in a Mixed Fields of Neutrons and Charged Particles . . . . .	2
2	Proposal to Estimate the Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb . . . . .	2
2.1	A Low-Energy Beta Particle Detector . . . . .	3
2.2	Activation cross section of the $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ reaction . . . . .	3
3	Application of a Portable Fluorescent X-ray Analyser to the Study on Cultural Properties . . . . .	4
4	Proposal to Search for the Cosmic Dark Matter Using the Liquid Scintillation Detector . . . . .	4
5	Development of Quasi-Monoenergetic Neutron Field and Shielding Experiment at TIARA Cyclotron Facility of JAERI . . . . .	5
5.1	Transmission Through Shields of Quasi-Monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons . . . . .	5
5.2	Experimental Data on Concrete Shield Transmission of Quasi-Monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons via the $^7\text{Li}(p,n)$ Reaction . . . . .	5
5.3	Measurements and Calculations of Neutron Energy Spectra Behind Polyethylene Shields Bombarded by 40- and 65-MeV Quasi-Monoenergetic Neutron Sources . . . . .	6
6	Deep Penetration Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility, ISIS . . . . .	6
7	Development of the Self-TOF Type Neutron Detector . . . . .	7
7.1	Development of Self-TOF Detector for High Energy Neutron Spectrometry . . . . .	7
7.2	Development and Characterization of the Self-TOF Neutron Detector . . . . .	7
8	Measurements of Secondary Particles Produced From Thick Targets Bombarded by High Energy Heavy Ions Using dE-E Counter . . . . .	8
9	Calculation of Radiation Fields Inside Iron Beam Dump Irradiated by 24 GeV/c Proton . . . . .	9
10	Comparison of Line Beam Response Function for Gamma-ray Skyshine Analysis based on Single Scattering Method with the Monte Carlo Calculations . . . . .	9
11	Experiments Using Synchrotron Radiation . . . . .	10
11.1	Response and Glow Curves of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ , $\text{BeO}$ and $\text{CsSO}_4:\text{Tm}$ TLDs to 10-40 keV Monoenergetic Photons from Synchrotron Radiation . . . . .	10

11.2	Measurement of Scattered Photon Spectra Using Synchrotron Radiation . . . . .	10
11.3	Synchrotron X-rays Measurements using Silicon Devices . . . . .	10
12	Inter-comparison of the Medium-Energy Neutron Attenuation in Iron and Concrete . . . . .	11
13	Research on Photonuclear Reactions and Photoneutrons . . . . .	12
13.1	Measurements of High-Energy Photonuclear Reaction Yields in the 2.5 GeV Electron Beam Stop . . . . .	12
13.2	TOF Measurements of Photo-Neutrons from Pb Target by 1.2 GeV Electrons at the ATF . . . . .	12
13.3	TOF Measurements of Photo-Neutrons From Thick Pb Target by 20 GeV Electrons at the FFTB . . . . .	13
14	Pointisotropic Build-up Factors of Medium Energy Neutrons for Concrete, Iron and a Double Layer of Iron Followed by Concrete . . . . .	14
15	Improvements of Low Energy Photon Transport in EGS4 Code . . . . .	14
15.1	Implementation of Electron Impact Ionization into the EGS4 Code . . . . .	14
15.2	Improvement of Low Energy Photon Transport in EGS4 Code . . . . .	15
15.3	Detail Simulations of Low Energy Photon Transports with EGS4 . . . . .	15
16	The EGS4 Class and User Support . . . . .	16
16.1	Lecture Notes - Overview of the EGS4 Code System . . . . .	16
16.2	-Lecture Note- How to use PEGS4 . . . . .	16
16.3	-Lecture Note- Installation of EGS4 . . . . .	17
16.4	-Lecture Note- How to use Mortran3 (revised) . . . . .	17
16.5	-Lecture Note- How to Write the User Code of EGS4 . . . . .	18
16.6	-Lecture Note- How to Code Geometry of EGS4 . . . . .	18
16.7	User Support Concerning EGS4 . . . . .	18
17	Neutron Attenuation in Concrete Shielding at 12GeV Proton Accelerator Facility . . . . .	18
18	Study on Soil Activation Using Secondary Particles Produced by 12 GeV Protons and the Simulation with Hadron Cascade Computer Code . . . . .	19
18.1	Shielding Design of Decay Volume and Target Station for Neutrino Oscillation Experiment Using MARS . . . . .	19
18.2	Comparison Between Soil Benchmark Experiment and MARS Calculation . . . . .	20
19	Development of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers . . . . .	20
19.1	Application of RIS to Search for Double Beta Decay of $^{136}\text{Xe}$ . . . . .	20
19.2	RIS-TOFMS System to Search for Double Beta Decay of $^{136}\text{Xe}$ . . . . .	21
19.3	Absolute Detection Efficiency of a MCP for He Ions . . . . .	21
20	Studies on the Efficiency of Ionization and Scintillation by Radiation in the Materials and the Factors Which Affect the Energy Resolutions . . . . .	21
21	Developments of the New Generation of Radiation Detectors . . . . .	22
22	Study on Positron Annihilation and Positronium Chemistry . . . . .	22
22.1	Relaxation Behavior of Polymers at Low Temperature Studied by Positron Annihilation . . . . .	22
22.2	Positron Annihilation Studies of Icosahedral AlCuRu and Al-CuFe Alloys . . . . .	23

22.3	Application of Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy to Network Polymers . . . . .	23
23	Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry . . . . .	24
23.1	Performance Report of a Newly Developed Slow Positron Pulsing Apparatus . . . . .	24
23.2	Design of a High-Efficiency Short-Pulsed Positron Beam System . . . . .	24
24	Report of Grant-in-Aid for Scientific Research C of the Japanese Ministry of Education, Science, Sports and Culture . . . . .	24
24.1	Evaluation of Free Volume During Polymerization Using Positron Annihilation . . . . .	24
25	Behavior of Pionic Hydrogen Atoms in Gas and Liquid Phases . . . . .	25
26	Mössbauer Spectroscopy of Cs-133 Following the Decay of Xe-133 Atoms . . . . .	25
27	Property of Radioactive Aerosols in Accelerator Facilities . . . . .	25
27.1	Study on Radioactive Aerosols Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation . . . . .	25
27.2	Study on radioactive aerosols generated in machining or welding operations of metals activated in accelerator tunnels . . . . .	26
27.3	Study on Aerosols of Progeny of Radon Emitted from Concrete Wall of Accelerator Tunnel . . . . .	26
28	Study on Activation Analysis . . . . .	26
28.1	Photon and Proton Activation Analysis of Iron and Steel Standards Using the Internal Standard Method Coupled with the Standard Addition Method . . . . .	26
28.2	Determination of Fluorine in Standard Rocks by Photon Activation Analysis . . . . .	27
28.3	Photon Activation Analysis of I, Tl and U in Environmental Materials . . . . .	27
28.4	Neutron and Photon Activation Analysis of Geochemical and Plant Samples - Effects of Interfering Nuclear Reactions . . . . .	28
28.5	Highly Sensitive and Rapid Analysis of Trace Impurities in High-Pure Materials by Charged Particle Activation . . . . .	28
29	Study on Labeled Compound Using Recoil Implantation Method . . . . .	29
29.1	Detection and Separation of Radioactive Fullerene Families by Radiochemical Techniques . . . . .	29
29.2	Direct Preparation of Radioactive Carbon Labeled Fullerenes Using Nuclear Reaction . . . . .	29
30	Production and Purification of Organic Reagents Labeled with Radioisotopes Produced by an Accelerator . . . . .	30
31	Preparation of C-11 Labeled Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Electron Accelerator and Cyclotron . . . . .	30
32	Development of Measurement Technique for Hydroxyl Radical . . . . .	31
33	Characterization of Surfactant Assembly Formed at the Silica-Water Interface and Application of the Surfactant Assembly for Separation and Concentration of Chemical Species . . . . .	31
<b>Chapter2 研究支援活動</b>		<b>32</b>
1	体制 . . . . .	33

1.1	つくば地区放射線管理体制	33
1.2	田無地区放射線管理体制	33
1.3	化学安全管理体制	33
2	放射線安全管理関連	34
2.1	区域管理関連	34
2.1.1	第2区域	34
2.1.2	第3区域	34
2.1.3	第4区域	35
2.1.4	第5区域関連	35
2.1.4.1	アセンブリーホール関係	35
2.1.4.2	KEKB 関連	36
2.1.4.3	機構長の認める放射線発生装置関係	39
2.2	横断的業務関連	39
2.2.1	個人被ばく線量計の校正	39
2.2.2	放射線モニター関係	40
2.2.3	陽子加速器主リング盛土中の環境放射能の測定	41
2.2.4	KEKBで使用するセミリジドケ-ブルの放射線損傷の研究	41
2.2.5	SARM用GMのパルス線源に対する使用限界	41
2.2.6	MCNP-4Bのインストール	42
2.2.7	環境放射能の測定	42
2.2.8	中性子実験施設の減速材用純水循環装置配管の腐食	42
2.2.9	科技庁告示別表に濃度限度が記載されていない短半減期核種の排水中濃度限度の算出	42
3	化学安全・環境関係	44
3.1	依頼分析	44
3.1.1	ヘリウム圧縮機オイルセパレーターの油分離性能の評価	44
3.1.2	高純度イオン結晶中の微量不純物イオンの定量	44
3.1.3	基板上に蒸着した無機成分の定量	44
3.1.4	土壌試料中の元素組成の非破壊同時分析法の検討	44
3.2	地下水動態調査	44
3.3	排水の水質検査法の検討	45
3.3.1	排水中の鉱物油、動植物油脂類の分析法の検討	45
4	放射線科学センター部内レポートについて	46
<b>Chapter3 資料</b>		<b>47</b>
1	受賞	47
2	科学研究費補助金	47
3	教育活動	47
4	機構外委員会等活動	48
<b>Chapter4 Publication Lists</b>		<b>50</b>
1	Publications in Periodical Journals (1997.1-1997.12)	50
2	Publication in Japanese	53
3	Presentation at Conference <i>etc.</i>	54
3.1	International Conference	54
3.2	Other	56
4	Reports <i>etc.</i>	58
4.1	KEK Proceedings	58

4.2	KEK Internal	59
4.3	Others	60
5	Internal Reports of Radiation Science Center	61
5.1	RAD-D	61
5.2	RAD-S	63
5.3	RAD-A	74



# **Chapter1**

## **Research Activities**

The feature of the research activity in the Radiation Science Center is a wide coverage of the research fields. The research fields of staff members are nuclear engineering, nuclear chemistry, health physics, chemistry, and accelerator shielding. Here we briefly described the present status of each research activity carried out in fiscal year 1997.

# 1 A Phoswich-Type Detector for Measurement of Neutrons in a Mixed Fields of Neutrons and Charged Particles

T. Shibata, N. Nakao, K. Ohmura<sup>1</sup> and Y. Kuwano<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*JSUP*

A phoswich-type detector consisting of an inner plastic wall and liquid scintillator of mineral oil base was developed. The detector was developed to measure neutrons in the space environment where the main radiation is charged particles. The workers in the space station are exposed to radiation produced by cosmic-rays. The cosmic-ray interaction with the space station produces charged particles, neutrons, and gamma-rays. The measurement of neutrons inside the station is therefore important where the radiation field consists of neutrons, charged particles and gamma-rays.

The detector is a cylindrical shape of 7.5 cm diameter and 7.5 cm long. The inner liquid scintillator BC519(Bicron) capable of neutron-gamma discrimination is surrounded by a BC444(Bicron) plastic detector wall of 5 mm thick. The detector is viewed by a 2" PMT H1949(Hamamatsu) through a light guide. Impinging charged particles on the detector produce scintillation light in both BC519 and BC444, whereas neutrons produce scintillation light only in the BC519. The decay-times of the scintillation light for BC519 and BC444 are 4 ns and 264 ns, respectively. Therefore we can discriminate neutrons from charged particles by measuring pulse-height using proper time-gates. The neutron-gamma discrimination is also available by measuring the pulse-height using different time-gates.

The neutron-gamma discrimination measured at Bicron Co. just after the detector fabrication showed clear separation of neutrons and gamma-rays, when we measured it after about two months, however, the performance of neutron-gamma discrimination was deteriorated dramatically.

The neutron measurement was carried out using the mixed beam of neutrons and protons produced by bombarding of 135 MeV proton on a Li target at the Riken Ring Cyclotron. The discrimination of neutrons and protons was satisfactory. We learned, however, after about one year the detector performance finally deteriorated due to an unexplained reaction between mineral-oil base liquid-scintillator and plastic-scintillator.

## 2 Proposal to Estimate the Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb

Y. Ito and T. Shibata, M. Imamura<sup>1</sup>, S. Shibata<sup>2</sup>, N. Nogawa<sup>3</sup>, Y. Uwamino<sup>4</sup> and K. Shizuma<sup>5</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*National Museum of Japanese History*

<sup>2</sup>*Research Reactor Institute Kyoto University*

<sup>3</sup>*University of Tokyo*

<sup>4</sup>*RIKEN*

<sup>5</sup>*Hiroshima University*

The Hiroshima and Nagasaki atomic bombs resulted in the worst reported exposure of radiation to the human body. The data of survivors have provided the basis for the risk estimation for radiation, and thus is widely used for the estimation of radiation safety.

However, the recent studies for the thermal neutron fluence for the Hiroshima atomic bomb [1] have shown a systematic discrepancy from a estimation of the radiation dosimetry for the Hiroshima and Nagasaki atomic bomb(DS86) [2].

We have proposed a new method to estimate the fast neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb[3]. Because there existed only one measurement of the fast neutron fluence within weeks after the Hiroshima atomic bomb[4]. The high energy neutron emitted from the bomb is able to penetrate the atmosphere to great distance from hypocenter and which contribute a large fraction of the total neutron kerma.

The fluence of fast neutron can be estimated directly from the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  activation reaction. Since a half life of  $^{63}\text{Ni}$  is 100year, 70% of  $^{63}\text{Ni}$  produced by the atomic bomb presently exists in a copper sample. However  $^{63}\text{Ni}$  is pure beta-particle emitter with a 67keV maximum energy, the detector with sufficiently large sensitivity for the low-energy beta particle and with the low background property is required to detect the  $^{63}\text{Ni}$  created a little in the copper sample by the atomic bomb.

## 2.1 A Low-Energy Beta Particle Detector

A liquid scintillation detector is widely used for low-energy beta-particle detection. A main advantage of liquid scintillation counting, compared to other activity measurement, is in the very high detection efficiency. In addition, a method based on liquid scintillation coincidence counting are available to remove the background caused by the dark current of photo-multiplier tubes. For that reason, the liquid scintillation detector was used for our measurement.

However, the detection efficiency of liquid scintillator is generally not unity, and its evaluation is the main problem of the measurement. In addition to the liquid scintillation counting, therefore, we developed a CaF(Eu) scintillator based beta-particle detection system for our study. Our method have reached at the required level for determination of the fast neutron fluence out to distances of about 1000 meters from the hypocenter.

## 2.2 Activation cross section of the $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ reaction

Activation cross section of the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction is crucial to estimate the fast neutron fluence of Hiroshima atomic bomb from the amount of the  $^{63}\text{Ni}$  production. However, except for a few points of the measurement by Tsabaris et al.[5] there is no other experiment reported for this reaction at the neutron energy below the 5MeV.

We found the interesting deviation on the  $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$  reaction from the evaluated cross section using the  $^{252}\text{Cf}$  fission neutron source[6]. In order to decipher the deviation of the cross section, further experiments have been performed using the neutrons produced by the D(d,n) reaction using a 4.5MeV Dynamitron accelerator.

## References

1. Shizuma, K. et al, *Health Phys.* **75**(1998)278-284.
2. Roesch, W. C. ed., "US-Japan joint reassessment of atomic bomb radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki, Final report", Hiroshima, Radiation Effects Research Foundation (1987).
3. Shibata, T. et al, *J. of Phys. Soc. of Japan* **63**(1994)3546.
4. Yamasaki, F., Sugimoto, A., "In Collection of investigative reports on atomic bomb disaster", Tokyo, Japanese Science Promotion Society, 1, 18, (1953).

5. Tsabaris, C. et al, *Proc. Int. Conf. on Nucl. Data for Sci. Tech.* (1994)282-285.
6. Imamura, M. et al, *INS Annual Report* 114(1995).

### **3 Application of a Portable Fluorescent X-ray Analyser to the Study on Cultural Properties**

Y. Ito, M. Imamura<sup>1</sup> and N. Kanma<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*National Museum of Japanese History*

<sup>2</sup>*National Museum of Japanese History and Tokyo National Museum*

The effectiveness of fluorescent X-ray analysis as a tool for archaeometric analysis is well recognized. In the field of archaeometry, fluorescent X-ray analysis has provided the information on the material that is valid to guess a historical background of cultural properties and that will assist the conservator in preserving cultural properties. We studied the portable fluorescent X-ray analysis method using the Si-PIN photodiode. This method is a very convenient and will be suitable for the investigation of cultural properties in the outdoors.

Presented at The 35th Annual Meeting on Radioisotopes in the Physical Science and Industries.

### **4 Proposal to Search for the Cosmic Dark Matter Using the Liquid Scintillation Detector**

Y. Ito

*KEK*

Neutralino is predicted by the supersymmetric theories as a mixture of gauginos and higgsinos which is also considered to be the candidates of the cosmic dark matter. The direct detection of neutralino-nucleus scattering is the proof of the existence of neutralino dark matter. However, the predicted interaction rate is only on the order of 1 event/kg/day or less and the nuclear recoil energy deposited by this interaction is on the order of  $10^0$ - $10^1$  keV

The neutralino-nucleus cross section has both spin-independent and spin-dependent components, their relative strength being dependent on the parameters of the supersymmetric theories. However, the strength of spin-dependent interaction is not precisely known, except for the hydrogen, there is a large uncertainty due to the nuclear shell model used to the calculation.

The liquid scintillation detector is interested in as the dark matter detector. Because the liquid scintillator is capable of distinguishing the recoiling nucleus from the large background of electron recoil. Besides, hydrogen contained in the organic solvents of the liquid scintillator is sensitive to the spin-dependently interacting neutralinos. There is no uncertainty due to the nuclear shell model on the estimation of SUSY parameter from the data of neutralino-nucleus scattering.

Currently, the fluorescence emission of liquid scintillator for the hydrogen recoil has been studied for NE213.

## 5 Development of Quasi-Monoenergetic Neutron Field and Shielding Experiment at TIARA Cyclotron Facility of JAERI

### 5.1 Transmission Through Shields of Quasi-Monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons

N. Nakao, H. Nakashima<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>1</sup>, Y. Nakane<sup>1</sup>, Sh. Tanaka<sup>1</sup>,  
M. Nakao<sup>2</sup>, T. Nakamura<sup>2</sup>, Su. Tanaka<sup>3</sup>, K. Shin<sup>4</sup> and M. Baba<sup>5</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *JAERI-Tokai*

<sup>2</sup> *CYRIC, Tohoku Univ.*

<sup>3</sup> *JAERI-Takasaki*

<sup>4</sup> *Engineering Department, Kyoto Univ.*

<sup>5</sup> *Engineering Department, Tohoku Univ.*

The energy spectra of neutrons which penetrated shields of concrete (25 - 200 cm thick), iron (10 - 130 cm thick) and polyethylene (30 - 180 cm thick) are measured using quasi-monoenergetic neutron sources produced at thin <sup>7</sup>Li targets bombarded by 43- and 68-MeV protons at the 90-MeV AVF cyclotron of the TIARA facility of JAERI.

A BC501A organic liquid scintillator and a multi-moderator spectrometer with a <sup>3</sup>He counter (Bonner ball) are used for spectrometry of the neutrons through shields, and their neutron spectra are obtained using the unfolding method in an energy range from thermal to peak energy. The measurements are performed on the neutron beam axis and at off-center positions, and attenuation profiles of peak neutron fluxes and dose-equivalent along the beam axis are obtained.

The MORSE Monte Carlo calculations are performed with the DLC119/HILO86 multi-group cross section library for comparison with the measured data, and the comparisons revealed that the calculated spectra are in good agreement with the measured data.

Presented at 30th Midyear Topical Meeting, Health Physics of Radiation-Generating Machines, Jan. 5-8, 1997, San Jose, California.

### 5.2 Experimental Data on Concrete Shield Transmission of Quasi-Monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons via the <sup>7</sup>Li(p,n) Reaction

N. Nakao, H. Nakashima<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>1</sup>, Y. Nakane<sup>1</sup>, Sh. Tanaka<sup>1</sup>,  
Su. Tanaka<sup>2</sup>, T. Nakamura<sup>3</sup>, K. Shin<sup>4</sup> and M. Baba<sup>5</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *JAERI-Tokai*

<sup>2</sup> *JAERI-Takasaki*

<sup>3</sup> *CYRIC, Tohoku Univ.*

<sup>4</sup> *Engineering Department, Kyoto Univ.*

<sup>5</sup> *Engineering Department, Tohoku Univ.*

The experimental data of neutron transmission through concrete shield of thickness up to 200 cm are compiled. The measurements have been conducted by using the quasi-monoenergetic neutron sources of 43- and 68-MeV p-<sup>7</sup>Li reactions at the TIARA facility of JAERI. The transmitted neutron energy spectra in the energy region between 10<sup>-4</sup> eV and the peak neutron energy and reaction rates are given for the five different type detectors; BC501A scintillation

counter, Bonner ball counter,  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  fission counters,  $^7\text{LiF}$  and  $\text{natLiF}$  TLDs, and solid state nuclear track detectors.

The neutron dose equivalent behind the shield is also given on the basis of experimental data using a neutron rem counter. All the data in this report are provided numerically for readers' convenience in benchmark calculations.

Published in *JAERI-Data/Code* **97-020** (1997).

### 5.3 Measurements and Calculations of Neutron Energy Spectra Behind Polyethylene Shields Bombarded by 40- and 65-MeV Quasi-Monoenergetic Neutron Sources

N. Nakao, M. Nakao<sup>1</sup>, H. Nakashima<sup>2</sup>, Su. Tanaka<sup>3</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>,  
Y. Nakane<sup>2</sup>, Sh. Tanaka<sup>2</sup> and T. Nakamura<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *CYRIC, Tohoku Univ.*

<sup>2</sup> *JAERI-Tokai*

<sup>3</sup> *JAERI-Takasaki*

Measurements of neutron energy spectra behind 30.5-, 61.0-, 122.0-, 183.0-cm-thick polyethylene shields bombarded by 40- and 65-MeV quasi-monoenergetic neutrons are performed at the 90-MeV AVF cyclotron of the TIARA at JAERI. A BC501A organic liquid scintillator and multi-moderator spectrometer with a  $^3\text{He}$  counter (Bonner ball) are used for spectrometry of transmitted neutrons and their energy spectra are obtained with the unfolding technique. The MORSE Monte Carlo calculations are performed with the DLC119/HILO86 multi-group cross section library for comparison with the measured data. The calculation generally gives a little overestimated fluxes, and a few % longer attenuation lengths of peak flux and dose equivalent.

Published in *J. Nucl. Sci. Technol.*, **34(4)** (1997)348-359.

## 6 Deep Penetration Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility, ISIS

N. Nakao, T. Shibata, Y. Uwamino<sup>1</sup>, T. Ohkubo, S. Satoh,  
Y. Sakamoto<sup>2</sup>, David R. Perry<sup>3</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*RIKEN*

<sup>2</sup>*JAERI*

<sup>3</sup>*RAL*

Deep penetration experiments have been carried out at spallation neutron source facility, ISIS of the Rutherford Appleton Laboratory(RAL).

Spallation neutrons are produced at a tantalum target bombarded by 800 MeV 200  $\mu\text{A}$  proton beam. The target are shielded with approximately 3-m iron and 1-m ordinary concrete in upward direction. The experiment was performed at the top of the bulk shielding just above the target to measure the deep penetration neutrons using bismuth and graphite activation detectors and radionuclide production rates were obtained for the neutron reactions of  $^{209}\text{Bi}(n,xn)^{210-x}$  ( $x=6,7,8,9,10$ ) and  $^{12}\text{C}(n,2n)^{11}$ , of which thresholds are distributed in an energy range of about 20 to 100 MeV.

Benchmark calculations were carried out to compare with thus obtained experimental results. These calculations, which were performed by the intranuclear-cascade-extrapolation-evaporation

Monte Carlo code : HETC-KFA2 and the one-dimensional discrete-ordinates transport code : ANISN, gave underestimations of about 1/10~1/20.

Another experiment was carried out with an additional shielding of ordinary concrete of 10-80 cm thicknesses and iron 5-40 cm thicknesses located upon the top center of shielding to study the attenuation of high energy neutrons after deep penetration. The neutron attenuation lengths in the shields which were estimated by these results were longer than those used in the practical shielding design until now.

Presented at JHF Symposium on Neutronics and Radiation Shielding for Spallation Neutron Source, 10-11 March, 1998, at KEK, Tsukuba.

## 7 Development of the Self-TOF Type Neutron Detector

### 7.1 Development of Self-TOF Detector for High Energy Neutron Spectrometry

M. Nakao<sup>1</sup>, N. Nakao, T. Shibata, M. Sasaki<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *CYRIC, Tohoku Univ.*

We developed a new type of neutron spectrometer which can determine the neutron spectra of energy above 100 MeV by measuring the flight time of recoil protons. This detector consists of an assembly of radiator, start and stop detectors. As the first experiment for this detector performance, we measure the spectrum of neutrons from the <sup>7</sup>Li target bombarded by 65 MeV <sup>3</sup>He-ions and 210 MeV protons.

Presented at International Conference of Radiation Dosimetry and Safety, March 31-April 2, 1997, Taipei.

### 7.2 Development and Characterization of the Self-TOF Neutron Detector

N. Nakao, M. Nakao<sup>1</sup>, M. Sasaki<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, T. Shibata, Y. Uwamino<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup> *CYRIC, Tohoku Univ.*

<sup>2</sup> *RIKEN*

We have developed a new type neutron spectrometer system (called Self-TOF detector) which can measure energy spectra of such leaked protons in order to measure the neutrons of energy range 100 MeV ~ 1 GeV. This Self-TOF detector consists of an assembly of a 150-mm x 150-mm x 5-mm-thick scintillator as a veto counter (VET), 20 sets of 100-mm x 100-mm x 6-mm-thick radiator-scintillator (RAD), a 100-mm x 100-mm x 5-mm-thick scintillator as a start timing generator (STA), and 9 sets of 200-mm x 200-mm x 20-mm-thick scintillators as a stop timing generator (STO). All of the scintillators are NE102A plastic scintillators. The STO was set at 120 cm after the center of the STA. Thus, many of segments of RAD and of STO give a high detection efficiency. Particles emitted from RAD at angles of up to ~16 degree can be measured, and the efficiency at 100 MeV neutrons is expected to be ~1% according to the HETC-3STEP Monte Carlo code<sup>4)</sup> calculation. Protons induced at a forward direction by incident neutrons in RAD pass through the rest of RAD and STA, and are detected by one of the STO segments.

The proton energy ( $E_p$ ) is estimated using the proton flight time (TOF-p) between STA and STO. Two photomultiplier tubes (PMT) are attached to STA to obtain a good time resolution; the mean time of two PMT outputs generates the start timing signal, which are independent of

the scintillation position in STA. The initial energies of induced protons in RAD are obtained by adding the energy losses ( $\Delta E$ ) in RAD and STA to the  $E_p$  obtained by the TOF method. The radiator which generates protons can be easily found by observing all outputs of the RAD segments, and energy losses of the protons in RAD can be estimated.

In order to examine the detector performance and to estimate the accuracy of detector response calculation by the HETC-3STEP Monte Carlo code,<sup>4)</sup> a neutron irradiation experiment was performed using the quasi-monoenergetic neutrons produced by a 10-mm-thick  ${}^7\text{Li}$  target bombarded by 135 MeV/nucleon  $\text{H}_2^+$ -ions at the E4 neutron beam course of the RIKEN ring cyclotron facility. In this experiment, the response function of the detector system for a monoenergetic neutron was measured, and the experimental detector response was obtained for 132 MeV monoenergetic neutrons, and it is concluded that the energy of neutrons higher than 100 MeV can be measured with this detector system.

Published in *RIKEN Accel. Prog. Rep.* 1997, **31** (Mar.1998) p159.

## 8 Measurements of Secondary Particles Produced From Thick Targets Bombarded by High Energy Heavy Ions Using dE-E Counter

T. Kurosawa, T. Nakamura, N. Nakao<sup>1</sup>, T. Shibata<sup>1</sup>, Y. Uwamino<sup>2</sup>,  
N. Nakanishi<sup>2</sup>, A. Fukumura<sup>3</sup>, K. Murakami<sup>3</sup>

*CYRIC, Tohoku Univ.*

*KEK*

<sup>2</sup> *RIKEN*

<sup>3</sup> *NIRS*

Measurements were performed for angular and energy distributions of secondary neutrons and charged particles produced from thick carbon, aluminum, copper and lead targets bombarded by 100 and 180 MeV/u helium, 100, 180, 400 MeV/u carbon and 100, 180, 400MeV/u neon ions at the HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba) of NIRS (the National Institute of Radiological Sciences). The NE213 liquid scintillator (12.7cm diam. by 12.7cm thick), was used for neutron detector (E counter), and the NE102A plastic scintillator (15 cm by 15cm square and 0.5cm thick) for dE counter was placed in front of the E counter to discriminate charged particles from noncharged particles, neutrons and photons. Three sets of E and DE counters were used for simultaneous angular distribution measurements at three different angles. The detectors were located 2 m at large angles to 5 m at small angles away from the target to provide better energy resolutions in the forward directions where there are larger yields of high energy neutrons. A thin NE102A plastic scintillator (30mm diam. by 0.5mm thick) was placed just behind the end window of the primary beam exit to measure the accelerated heavy ions. Its output pulses were used as start signals of the TOF measurement to estimate neutron energy and were also used to count the absolute number of projectiles incident on the target.

The neutron spectra in the forward direction have a broad peak at about 60 to 70 of the incident particle energy per nucleon due to break-up process and spread up to almost the twice of the projectile energy per nucleon. The neutron spectra are similar for the same incident energy of 100MeV/u of He and C ions. The phenomenological hybrid analysis based on moving source model and the Gaussian fitting of break-up process could well represent the measured thick target neutron spectra. This systematic study on neutron production from thick targets by heavy ions is the first experimental work and will be useful for shielding design of high energy heavy ion accelerator facilities.



Presented at the 12th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, Jan. 21-23, 1998, KEK-Proceedings 98-4, 107-114, 1998

## **9 Calculation of Radiation Fields Inside Iron Beam Dump Irradiated by 24 GeV/c Proton**

N. Nakao  
*KEK*

Benchmark calculations using a combination of the HETC-3STEP code and MORSE-CG-KFA code compiled in the HERMES code system were performed for the number of produced radioactive nuclei in indium, sulfur, and aluminum activation detectors inserted into the 100-cm-thick iron beam dump assembly irradiated by 24 GeV/c proton beam.

This calculated results were compared with the experimental data obtained at CERN PS by Fassò et al., and the accuracy of this code system in this energy region was estimated. This benchmark calculations showed that this code system gives overestimation of neutron fluxes by a factor up to 5. Especially, the secondary particle fluxes emitted in backward direction are from 10 to 30 times higher than the data.

Presented at Third Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments(SARE3), KEK, Tsukuba, Japan, May 7-9, 1997.

## **10 Comparison of Line Beam Response Function for Gamma-ray Skyshine Analysis based on Single Scattering Method with the Monte Carlo Calculations**

Y. Harima, H. Hirayama<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, N. Kurosawa<sup>3</sup> and M. Nemoto<sup>3</sup>  
*CRC Research Institute, Inc.*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*JAERI*

<sup>3</sup>*Visible Information Center, Inc.*

A simple calculation method for estimating gamma-ray skyshine dose rates has been developed on the basis of the line beam response function (LBRF). The new data of LBRFs were generated by the single scattering with point kernel technique (single-scattering method). These resulting LBRFs were compared with the EGS4 and MCNP Monte Carlo calculations. The values of the new LBRFs for the large emitted angle become smaller than the LBRFs obtained with the Monte Carlo calculations with an increase of the distance from the source. This discrepancy increases with an increase of the photon energy.

Published in *J. Nucl. Sci. Technol.*, **32**(1997)856-859.

## 11 Experiments Using Synchrotron Radiation

### 11.1 Response and Glow Curves of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ , $\text{BeO}$ and $\text{CsSO}_4\text{:Tm}$ TLDs to 10-40 keV Monoenergetic Photons from Synchrotron Radiation

N. Nariyama, S. Tanaka<sup>1</sup>, Y. Nakane<sup>1</sup>, Y. Asano<sup>1</sup>, H. Hirayama<sup>2</sup>, S. Ban<sup>2</sup> and Y. Namito<sup>2</sup>

*Ship Research Institute*

<sup>1</sup>*JAERI*

<sup>2</sup>*KEK*

Energy and dose response of  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ ,  $\text{BeO}$  and  $\text{CsSO}_4\text{:Tm}$  TLDs were obtained from the glow curves measured for 10-40 keV monoenergetic photons from synchrotron radiation. The energy response of  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$  were 8% to 20% smaller than the ratios of the mass energy absorption coefficients of the TLD to those of air. The dose response was linear up to 650 Gy for  $^{60}\text{Co}$  gamma rays and 300 Gy for 10 keV X rays, which was followed by saturation. On the other hand, the energy responses of  $\text{BeO}$  and  $\text{CsSO}_4\text{:Tm}$  became larger than calculated by 70% and 8% to 24%, respectively. For  $\text{BeO}$ , the glow curves were independent of photon energy, while for  $\text{CsSO}_4\text{:Tm}$  the ratio of the high temperature peaks was slightly larger for the low energy X rays than  $^{60}\text{Co}$  gamma rays. Furthermore, in the supralinear region the ratio increased with dose for  $\text{CsSO}_4\text{:Tm}$ , showing that the growth rate and the dose responses were larger for  $^{60}\text{Co}$  gamma rays compared with those for the low energy X rays.

Published in *Radio. Ptor. Dosi.*, **74**(1997)155-161.

### 11.2 Measurement of Scattered Photon Spectra Using Synchrotron Radiation

Y. Namito, S. Ban, H. Hirayama and N. Nariyama<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Ship Research Institute*

At BL14C of photon factory, we made a preliminary measurement of scattered photon energy spectra. The source are 10-40 keV monochronized photons, scattering angle is  $90^\circ$ , target is CsI, BGO and pure water, and the detector is Ge for low energy photons. The purpose is to obtain a benchmark data of low energy photon transport. In the measurement using CsI and BGO, fluorescent X-rays from compound material are the main interest, as they are to be compared with EGS4 code. The scattering experiment of pure water will provide useful information for medical physics field.

### 11.3 Synchrotron X-rays Measurements using Silicon Devices

S. Ban, H. Hirayama, Y. Namito and N. Nariyama<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Ship Research Institute*

Three kinds of silicon devices were tested at BL-14C of Photon Factory (Proposal Number: 97G241). Large area photo-diodes (Hamamatsu S3590-04), photo-diodes for E counter of charged particle (Hamamatsu S5377) and Silicon Surface Barrier Detectors (ORTEC TB-017-100-300) were used. Their wafer thickness was about  $300\mu\text{m}$ .

There are some published papers measured the detection efficiency of these silicon devices used in DC mode. Some authors show the efficiency is determined by the total thickness of the wafer. Some others show it depend on the thickness of the depletion layer.

The efficiency was measured for X-rays between 10 and 40 keV. Net photo-current, subtracting the leakage current, did not change when the bias voltage was increased. They are shown in the following table.

Energy deposition in total thickness of the silicon wafer was calculated using EGS4. Photo-current was also calculated when 3.68 eV is required to produce one hole-electron pair in silicon. Measured photo-current of all detectors were proportional to the energy deposition in the total thickness of the silicon wafer, not to the thickness of the depletion layer.

The leakage current of photo-diodes was small. But above 25 keV, the efficiency increases due to backscattered photons. It is possible to use the surface barrier but leakage current is large. The E counter is most recommended.

Table Measured and Calculated Photo-current of Silicon Devices.

Energy keV	Photo-diode(1) fC/photon	E counter(2) fC/photon	Surface Barrier(3) fC/photon	0.3mm(4) fC/photon	0.333mm(5) fC/photon
10	0.382±0.003	0.387±0.002	0.394±0.008	0.391	0.401
15	0.313±0.005	0.325±0.002	0.347±0.005	0.323	0.342
20	0.208±0.001	0.215±0.001	0.233±0.001	0.215	0.235
30	0.124±0.006	0.100±0.001	0.109±0.001	0.101	0.112
40	0.069±0.001	0.056±0.001	0.062±0.001	0.057	0.063

1. Large area photo-diodes (Hamamatsu S3590-04), the wafer thickness is 0.3mm.
2. Photo-diodes for E counter of charged particle (Hamamatsu S5377) , the wafer thickness is 0.3mm.
3. Silicon Surface Barrier Detectors (ORTEC TB-017-100-300) , the wafer thickness is 0.333mm.
4. Calculated Photo-current for 0.3mm thick Silicon Devices
5. Calculated Photo-current for 0.333mm thick Silicon Devices

## 12 Inter-comparison of the Medium-Energy Neutron Attenuation in Iron and Concrete

H. Hirayama

*KEK*

Attenuation Length Sub-Working Group in Japan

The neutron attenuation inside various materials has not been well understood until now, especially in the medium-energy region below 1 GeV. It is desired to obtain common agreements concerning the behavior of neutrons inside various materials. This is necessary in order to agree on a definition of the attenuation length, which is very important for the shielding calculations of high energy accelerators. As one attempt, it was proposed by Japanese attendants of SATIF2 to compare the variation in the neutron spectra and dose equivalents inside various shielding

materials produced by medium-energy neutrons between the various computer codes and data; this was cited as an action suitable for SATIF. The problems to be calculated were prepared by the Attenuation Length Sub-Working Group in Japan, and sent to all participants concerning this action. The results from 3 groups were sent to the organizer at the end of March. This paper presents comparisons between 3 groups, as well as the future themes which result from this inter-comparison.

Presented at SATIF3, Sendai, Japan, May 12-13, 1997.

## **13 Research on Photonuclear Reactions and Photoneutrons**

### **13.1 Measurements of High-Energy Photonuclear Reaction Yields in the 2.5 GeV Electron Beam Stop**

T. Sato and K. Shin, S. Ban<sup>1</sup>, Y. Namito<sup>1</sup>, H. Nakamura<sup>1</sup> and H. Hirayama<sup>1</sup>  
*Kyoto University*  
<sup>1</sup>*KEK*

Measurements were made for radioactive nuclide yields formed in Al, Fe, Cu and Nb foils by the irradiation of bremsstrahlung generated by  $\sim 2.5$  GeV electrons. The foils were inserted in a Cu beam stop and irradiated by electrons. For a comparison, calculations of the yields were carried out. The photon energy spectrum obtained by the EGS4 code was multiplied by the photonuclear cross sections evaluated by the PICA code at photon energies below 350 MeV, and by Rudstam's formula at higher energies above 350 MeV. It was found that the calculated values tended to overestimate the measured ones, especially for nuclides whose mass was moderately far from that of target nuclide.

Published in *Nucl. Instr. Meth.*, **A401**(1997)476-490.

### **13.2 TOF Measurements of Photo-Neutrons from Pb Target by 1.2 GeV Electrons at the ATF**

S. Ban, H. Hirayama, Y. Namito, H. Nakamura, K. Shin<sup>1</sup>, T. Sato<sup>1</sup>, N. Odano<sup>2</sup> and S. Rokni<sup>3</sup>  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Kyoto Univ.*  
<sup>2</sup>*JAERI*  
<sup>3</sup>*SLAC*

Photo-neutron energy spectra were rarely measured when high energy electrons hit the thick target. For the TOF measurements of photo-neutrons from the target to 90 degrees direction, 16-cm diameter hole was drilled in the overhead shield of the ATF Linac in KEK. A tower, 2.5 m high, was placed to put the detector at 5.6 m distant from the target in the linac.

Several detectors were tested at the ATF. First, the 5"x5" NE-213 liquid scintillator was tested because it is well calibrated neutron detectors around 100 MeV. But the dead time of the detector was too long because a signal must be detected after 20-200 ns from strong gamma-flashes. Next, 5"-diam. 1"-long NE102A scintillator was tested to reduce the pulse height for photons. The dead time due to gamma-flashes was reduced. But the background was large and

the detector collimator was necessary to reduce it. It was not easy because the diameter of the detector was large.

Finally 2"x2" PILOT-U scintillator was tested. It is placed in 40-cm-long Pb collimators. The detector in Pb collimator was calibrated using Li(p,n) neutrons at  $E_p=35\text{MeV}$  in CYRIC, 70, 90 and 135 MeV at RIKEN.

In March and also in July, 2-cm-thick Pb target was placed in the target chamber at the ATF Linac and 1.2 GeV electrons hit the target. The 2" PILOT-U scintillator with Pb collimator was placed and neutrons up to 150 MeV were measured.

Presented at the 7th EGS4 Users Meeting in 1998.

### 13.3 TOF Measurements of Photo-Neutrons From Thick Pb Target by 20 GeV Electrons at the FFTB

S. Rokni, C. Field, A. Fasso, K. R. Kase, W. R. Nelson, J. Liu, V. Vylet,  
W. Bugg<sup>1</sup>, K. Shmakov<sup>1</sup>, S. Ban<sup>2</sup>, K. Shin<sup>3</sup> and N. Odano<sup>4</sup>

*SLAC*

<sup>2</sup>*Univ. of Tennessee*

<sup>3</sup>*KEK*

<sup>4</sup>*Kyoto Univ.*

<sup>5</sup>*JAERI*

Neutron energy spectra generated in the interaction of 20 GeV electron beam with a 2-cm thick lead target was measured using the secondary electron beam at the Final Focus Test Beam (FFTB) Facility at the Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) in November 1997 (Proposal number: T423). Beam intensity was measured on a pulse-to-pulse basis, using a Cerenkov counter (2" by 2", thick-Plexiglas), and a Silicon pad detector. These detectors had been calibrated in a separate experimental run in August, 1997 against a Silicon-Lead sampling calorimeter (GCal).

This detector was also used as a very thick target in the experiment. Neutron counters used were a 2" diameter, 2" thick PILOT-U plastic scintillator, and a 5" diameter, 5" thick NE-213 liquid scintillator, that were placed at 38.1 degrees and the TOF distance of 4.5 meters, and 25.9 degrees and TOF distance of 6.4 meters, respectively. Plastic scintillators were placed in front of the neutron counters to veto the charged particles. The detectors were placed inside thick lead collimator shielding. The 5" detector connected to a 2GHz Multi-Channel Scaler; the 5" and 2" counters data were also connected to a CAMAC based DAQ that used a multi-hit TDC to record the TOF spectra.

To reduce the effect of the large "gamma flash", extra lead shield was added in such a way to shadow the view from the target to the detectors. Since the experiment was conducted inside the FFTB beam line tunnel, there were a large contribution of scattered neutrons and gamma rays from the walls, other beam line components. Extra lead (24" thick shadow shields) was placed between the target and detectors to block neutrons generated in the interaction of beam with the target to measure the background.

Due to its higher efficiency and larger volume, more data were collected in the 5" detector. The secondary beam structure consisted of two pulses 60 nano-seconds apart that was repeated at a frequency of 120 Hz. Neutrons arriving at the detectors could be generated in the interaction of both sub-pulses with the target. Therefore, the low energy neutrons arriving later in time with respect to the first sub-pulse could arrive at a same time as a higher energy neutron generated

in the interaction of the second sub-pulse beam with the target. This contribution of the lower energy neutrons (TOF>60 nano-seconds) to the second sub-pulse was estimated to be less than 10%.

Due to very large gamma-flash in the 5" detectors, some of the high energy neutrons (>150 MeV) could not be measured. (The very preliminary results of the data analysis on the 2" target and GCAL measured by the 5" and the 2" neutron detectors, are shown on RAD-D-98/17)

While the data analysis for the T-423 is not complete yet, the background FLUKA simulations were performed to study the background. A simplified geometry was simulated that considered the FFTB tunnel walls, lead collimator for the 5" detector, and some of the beam line components in the FFTB beam line. Results showed that that the estimated background has approximately the same shape as the signal and the is such that the ratio of total signal (background+signal) to background is 2:1. It was also determined that the neutron background is largely coming from the walls, and from a magnet located down-beam of the target.

## **14 Pointisotropic Build-up Factors of Medium Energy Neutrons for Concrete, Iron and a Double Layer of Iron Followed by Concrete**

K. Shin, H. Kotegawa<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>1</sup>, Y. Nakane<sup>1</sup>, S. Tanaka<sup>1</sup>, S. Tanaka<sup>1</sup>,  
Y. Uwamino<sup>2</sup>, S. Ban<sup>3</sup> and H. Hirayama<sup>3</sup>

*Kyoto University*

<sup>1</sup>*JAERI*

<sup>2</sup>*RIKEN*

<sup>3</sup>*KEK*

The neutron build-up factor is newly defined for describing the dose equivalent profiles of medium energy neutrons ( $E \leq 400$  MeV) in shields of concrete, iron and a double-layered shield of iron + concrete. The definition of the build-up factor is made in a straightforward way which is analogous to that of gamma rays. The obtained neutron build-up factors are parameterised by empirical expressions. Systematics of parameters in the expressions and removal cross sections which are used instead of the linear attenuation coefficients in gamma ray cases, are examined regarding the neutron energy.

Published in *Radiat. Prot. Dosi.*, **71**(1997)269-278.

## **15 Improvements of Low Energy Photon Transport in EGS4 Code**

### **15.1 Implementation of Electron Impact Ionization into the EGS4 Code**

Y. Namito and H. Hirayama

*KEK*

A modification to the general-purpose Monte-Carlo electron-photon transport code EGS4 [1] was made in order to include K-shell electron-impact ionization (EII). Five cross sections of K-shell EII have been implemented. The ratio of the K-shell EII cross section to the Møller scattering cross section is prepared by the PEGS4 program, and is then used in the EGS4 code.

Simulations of the K-X ray emissions from Al, Ti, Cu, Sn, Ag and Au targets for an electron beam with an incident energy of 0.01 to 3 MeV were performed by using the improved EGS4 code; the calculated K-X ray yields agreed well with the measurements.

Presented at World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, I76-PS1.01, Nice, France (14-19 Sep. 1997) etc.

#### References

1. Nelson, W. R., Hirayama, H. and Rogers, D. W. W., "The EGS4 Code System", *SLAC-265*, Stanford Linear Accelerator Center (1985).

### 15.2 Improvement of Low Energy Photon Transport in EGS4 Code

Y. Namito, S. Ban and H. Hirayama  
*KEK*

An invited talk was given in the first international workshop of EGS4. This talk summarized the improvement of low energy photon transport made in KEK in this 7 years.

The outline is as follows. The treatment of low-energy ( $\leq 1$  MeV) photon transport in the EGS4 code [Nelson, Hirayama and Rogers, SLAC-265] has been improved. This also includes an improvement of the treatment of the electrons generated from low-energy photons and photons generated from low-energy electrons. The phenomena treated are: i) linearly polarized photon scattering, ii) Doppler broadening of Compton-scattered photons, iii) L-X ray and L-photoelectron production and iv) electron impact ionization. We made measurements to verify the improved EGS4 code using monochromatized synchrotron radiation.

All of these improvements are already available for public use. These improvements will be integrated to EGS5 (next version of EGS4) and the procedure is in progress.

Presented at 1st International workshop on EGS4, Tukuba, JAPAN, 24-29 Aug. 1997.

### 15.3 Detail Simulations of Low Energy Photon Transports with EGS4

H. Hirayama, Y. Namito and S. Ban  
*KEK*

In electron-photon transport calculations, treatments of photons are relatively easy because they are uncharged particles. Nevertheless, at low-energy below a hundred keV, photon transports also become complex reflecting the motion of electrons inside materials. In this energy region, the default EGS4 code cannot give a correct result.

These several years, we continuously improved photon transport in EGS4 by checking the results comparing with our experimental ones in absolute bases. The phenomena that we included in EGS4 system are

1. Compton and Rayleigh scattering of linearly polarized photon
2. Binding effects at Compton scattering both in total cross section and angular distribution

3. Doppler broadening at Compton scattering
4. Production of L X-ray and L-shell photoelectron for element

In addition to the above, photoelectric and pair production cross section data changed from the original ones by Storm & Israel to PHOTX data base which based on the newest evaluation at NIST.

Now EGS4 can simulate low-energy photon down to a several keV correctly. In this paper, these improvements will be presented step by step by comparing with the experimental results.

Presented at Elocutios on Monte Carlo in Monte Carlo (E=MC<sup>2</sup>), Principauté de Monaco, September 20, 1997.

## **16 The EGS4 Class and User Support**

Before the First International Workshop of EGS4, the EGS4 class was held. For this class following 5 manuals were written. These reports describe the equivalent contents in both Japanese and English.

### **16.1 Lecture Notes - Overview of the EGS4 Code System**

H. Hirayama  
*KEK*

These notes outline the EGS4 Code System for beginners. The main features of the EGS4 Code System are presented together with brief descriptions of the meanings of the main variables and methods used to score various information.

Published as KEK Internal 97-10

### **16.2 -Lecture Note- How to use PEGS4**

Y. Namito  
*KEK*

PEGS4 is a program used to create material data to be used in EGS4. The user must create an input file to run PEGS4. The input file is categorized as “element”, “compound” or “mixture”. In this manual, the way to create an input file for these 3 categories is described.

This manual is specific for several examples, and detailed descriptions are given concerning points about which users tend to make errors. On the other hand, a general manual for PEGS4 is available as A3.3 of SLAC-265 “PEGS4 Options and Input Specifications”.

It is recommended to read both this manual and A3.3 of SLAC-265.

Publisheed as KEK Internal 97-6 (1997).



### 16.3 -Lecture Note- Installation of EGS4

Y. Namito, H. Nakamura and H. Hirayama  
*KEK*

`egs4unix_kek` is distributed by KEK. This package is made of selected files from NRCC's `egs4unix_2.0` and expansions developed at KEK plus simplified C shell scripts.

`egs4pc_kek` and `egs4macintosh_kek` are also distributed by KEK. These packages are also made of selected files from NRCC's `egs4unix_2.0` plus Batch files for PC or shell script for Macintosh.

In this report, the way to install EGS4 to a UNIX workstation (SUN, HP, DEC-ULTRIX and Hitachi), PC(DOS/V and 98: Japanese previous standard) and Macintosh using `egs4unix_kek`, `egs4pc_kek` and `egs4macintosh_kek` is described.

The EGS4 system consists of MORTRAN, EGS4, PEGS4 and the user's code. The goal of installing EGS4 is to run a user's code named `ucsamp14.mor` and to obtain the same output as that shown in SLAC-265. The goal of installing PEGS4 is to obtain an output from `examin.mor` which is equivalent to that shown in this report. In the case of a PC, a Lahey LF90 or Microsoft Fortran/Power station is supposed to be used as a compiler.

In the case of a Macintosh, an LS-Fortran and an MPW shell are supposed to be used as a compiler and shell language. This report may be useful even if the users use a different compiler other than those described in this report, since several suggestions concerning that case are described.

Published as KEK Internal 97-7 (1997).

### 16.4 -Lecture Note- How to use Mortran3 (revised)

H. Hirayama  
*KEK*

Mortran3 is a precompiler of FORTRAN developed by A. James Cook and L. J. Shustek. KEK Internal 92-8 was published as a brief introduction to Mortran3 to allow EGS4 users to use it, including how to use various functions used in EGS4. Errors and their corrections related to the use of Mortran3 were also described.

This report is a revised version of KEK Internal 92-8. Mortran3 has not changed at all. It is required to add several things in order to understand or use Mortran3 effectively. Various flags to use options added into the EGS4 system in the form of Macros are also explained in this report.

Published as KEK Internal 97-5.

## 16.5 -Lecture Note- How to Write the User Code of EGS4

H. Hirayama  
*KEK*

This report presents the way to write the User Code of EGS4. The statements at each step are explained together with their functions based on the sample user code, ucna13p.mor, which calculates the response function etc. of a NaI detector.

Published as KEK Internal 97-8.

## 16.6 -Lecture Note- How to Code Geometry of EGS4

H. Hirayama  
*KEK*

This report presents the way to write SUBROUTINE HOWFAR, which is an essential subroutine in the EGS4 code system to provide information to EGS4 about the nature of the geometry. Macros related to the geometry are explained together with samples of SUBROUTINE HOWFAR

Published as KEK Internal 97-9.

## 16.7 User Support Concerning EGS4

H. Hirayama and Y. Namito  
*KEK*

As one of the center of EGS4 distribution, we continue supports concerning EGS4 including outside Japan. They are distributed in wide range from primitive questions of beginners to complicated ones from EGS4 experts.

For examples, 20 persons from 8 countries contacted us for low energy photon transport expansion of EGS4 code in this fiscal year. Instruction were made using e-mail. The main purpose of them were detector simulation and medical applications.

## 17 Neutron Attenuation in Concrete Shielding at 12GeV Proton Accelerator Facility

M. Numajiri, Y. Ito, S. Ban, T. Miura, T. Shibata, Y. Oki, T. Suzuki,  
H. Hirayama, K. Masumoto, N. Nakao, K. Kondo, M. Takasaki, K.H. Tanaka,  
M. Ieiri, H. Noumi, Y. Sakamoto<sup>1</sup> and M.K inno<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*JAERI*

<sup>2</sup>*Fujita Co.*

The shielding has been used, in most cases as concrete shielding, to absorb the very penetrating radiations produced at high energy proton accelerators. It is very important in accelerator shielding designs to estimate the attenuation length ( $\lambda$ ) surrounding the accelerator facility.

A shielding experiment were performed at EP2-C beam line shielded with 4m concrete (1m pyrites concrete, 1m ordinary concrete, 2m magnetite concrete) .

Neutron and gamma-ray were produced at Cu target(25mm  $\phi$  x 54mm length) irradiated by 12GeV proton. The number of total incident protons were  $2.48 \times 10^{16}$  with target,  $2.06 \times 10^{16}$  without target.

Neutron and gamma-ray yield in concrete shielding were measured using activation detectors (Al, Cu, Bi, Au), CR-39, TLD, PIN diode and film badge.

Radionuclides induced in activation detectors were identified by gamma-ray spectra and saturated radioactivities were calculated from the photo peak intensities using pure Ge detectors.

Obtained nuclides were Na-22, Na-24 in Al, Sc-46, V-48, Mn-52, Mn-54, Fe-59, Co-56, Co-57, Co-58, Co-60 in Cu, Bi-202, Bi-203, Bi-204, Bi-205, Bi-206 in Bi and Au-198 in Au. Measured neutron yield were compared with Moyer method calculation.

Neutron dose was measured using CR-39 dosimeters. They are commercially available from Nagase-Landauer Co. Two dosimeters were placed at each depth in the shields between 0.5 and 4 m. Because the dose was too high in thinner shields, dose was measured only in the thicker position between 3 and 4 m.

When it is used in KEK standard radiation fields through 2-4 m thickness of concrete, the dose by CR-39, calibrated using  $^{252}\text{Cf}$ , was multiplied by the factor of 2.10.

To measure gamma-ray dose, both TLDs and film badges (Nagase-Landauer Co.) were used. The TLD, Harshaw TLD-700 type, is made of  $^7\text{LiF}$  and the size is 1x1x6 mm. The dosimeters were calibrated using  $^{60}\text{Co}$  source in JAERI. Measured gamma-ray dose was about two times larger than those by film badges, which are using AgBr.

Doses in the downstream hole were about 5 times less than those with the target. In the hole at 90 degrees, they were about half. Outside of the shield at 4 m depth, however, gamma-ray background were larger than those from the target.

## **18 Study on Soil Activation Using Secondary Particles Produced by 12 GeV Protons and the Simulation with Hadron Cascade Computer Code**

### **18.1 Shielding Design of Decay Volume and Target Station for Neutrino Oscillation Experiment Using MARS**

T. Suzuki, T. Miura, Y. Oki, M. Numajiri, K. Kondo, S. Ban S, Y. Kanda,  
H. Hirayama, K. H. Tanaka, M. Minakawa, Y. Yamanoi Y, M. Ieiri, Y. Kato,  
H. Ishii, Y. Suzuki, M. Takasaki, H. Noumi, and N. Mokhov<sup>1</sup>

*KEK*  
<sup>1</sup>*FNAL*

High Energy Accelerator Research Organization in Japan (KEK) is constructing facilities for a neutrino oscillation experiment, of which the main facilities comprise a target station for pion production and its decay volume, utilizing the current 12 GeV-proton synchrotron.

Since these facilities are constructed underground through several strata, soil and ground water activation must be considered for the shielding design with maximum achievable reduction of the induced activity. Using hadron fluence calculated with the MARS Monte-Carlo code, radioactivities induced in the soil shieldings were found to determine the thickness of concrete and

iron shields.

Presented at Third Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE3), KEK, Tsukuba, Japan May 7-9,1997 (KEK Preprint 97-16, May 1997)

## 18.2 Comparison Between Soil Benchmark Experiment and MARS Calculation

T. Suzuki, T. Miura, Y. Oki, M. Numajiri, K. Kondo, S. Ban, Y. Kanda,  
H. Hirayama, Y. Namito, T. Shibata, K. H. Tanaka, M. Minakawa, Y. Yamanoi,  
M. Ieiri, Y. Kato, H. Ishii, Y. Suzuki, M. Takasaki, H. Noumi, K. Nishikawa and N. Mokhov<sup>1</sup>  
*KEK<sup>1</sup> FNAL*

A soil shielding benchmark experiment was conducted using secondary particles produced by 12GeV protons. Hadron fluence was determined by measuring induced activities of Na-22 in the aluminum flux monitors. The experiment was simulated by the MARS Monte-Carlo code. It has been concluded that the calculated values of fluences and induced activities were consistent with the experimental values.

Presented at Third Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE3), KEK, Tsukuba, Japan May 7-9,1997 (KEK Preprint 97-15, May 1997).

## 19 Development of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers

Development of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by lasers for the quantitative measurements of ultra-trace amounts of isotopes and its applications to the radiation physics, the nuclear physics, the radiation chemistry, and the radiation detection.

### 19.1 Application of RIS to Search for Double Beta Decay of <sup>136</sup>Xe

M. Miyajima, S. Sasaki<sup>1</sup>, H.Tawara<sup>2</sup> and E. Shibamura<sup>2</sup>  
*Fukui Univ*  
<sup>1</sup>*KEK*  
<sup>2</sup>*Saitama College of Health*

In order to search for the double beta decay of <sup>136</sup>Xe, its decay daughters of <sup>136</sup>Ba are being collected with positive ion collectors in xenon and liquid. A time-of-flight mass spectrometer in which Ba atoms are selectively ionized by RIS is being developed to quantitatively measure the number of Ba atoms. A new method is proposed to study the neutrinoless double beta decay of <sup>136</sup>Xe.

Published in *Resonance Ionization Spectroscopy 1996* ed. N.Winograd and J.E. Parks (AIP PRESS, 1997), 253-258.

## 19.2 RIS-TOFMS System to Search for Double Beta Decay of $^{136}\text{Xe}$

S. Sasaki, H. Tawara, E. Shibamura<sup>1</sup> and M. Miyajima<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Saitama College of Health*

<sup>2</sup>*Fukui Univ.*

In order to search for nuclear double beta decay of  $^{136}\text{Xe}$  through quantitative measurements of numbers of its daughter nuclei, a RIS-TOFMS system was developed. Methods to absolutely measure efficiency of the system are described.

Published in *Resonance Ionization Spectroscopy 1996*, ed. N. Winograd and J.E. Parks (AIP PRESS, 1997), 427-430”

## 19.3 Absolute Detection Efficiency of a MCP for He Ions

H. Tawara, S. Sasaki, M. Miyajima<sup>1</sup> and E. Shibamura<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Fukui Univ.*

<sup>2</sup>*Saitama College of Health*

This paper describes a part of results on detection efficiency of MCPs (micro-channel plate) for several species of ions which have been measured for developing an absolute time-of-flight mass spectrometer.

Presented at 11th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, 5-7, February, 1997.

## 20 Studies on the Efficiency of Ionization and Scintillation by Radiation in the Materials and the Factors Which Affect the Energy Resolutions

S. Sasaki, H. Tawara and E. Shibamura<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>2</sup>*Saitama College of Health*

In order to determine the absolute scintillation efficiency (Ws-value) in various scintillators and to clarify primary parameters affecting the energy resolution, we have restarted series of experiments, in which the scintillation photons are measured for NaI(Tl) crystals with different sizes by changing the irradiation points on the side surface of the crystal using collimated gamma-rays. We are also developing a Monte-Carlo simulation code for photon transport inside a scintillator in order to evaluate the collection efficiency of photons at the window of the light detection device such as a photo-multiplier.

## 21 Developments of the New Generation of Radiation Detectors

S. Sasaki and H. Tawara

*KEK*

We have been constructing a self-triggerable liquid xenon ionization drift chamber with an effective volume of 1 liter. The apparatus is a single gridded ionization chamber of which the collector electrode is segmented into 43 pads to localize ionization events in a plane and the vertical position from the plane is determined from a drift time of electrons from a trigger due to scintillation. Thus, the 3-dimensional imaging of events can be traced in this chamber and be utilized to achieve good energy resolution and also suppress background events by coincidence and anti-coincidence method between them.

The basic performance of the chamber was examined in regard to the time measurement, the charge measurement and the ability of event localization. The energy resolution in the charge measurements was measured to be typically 5 % in fwhm for 1.33 MeV gamma-ray in liquid xenon. It was also found for the drift time measurement in gaseous xenon to be possible within the time resolution of 70 nsec. The characteristics of event localization have been tested in gaseous xenon with alpha particles source of  $^{241}\text{Am}$  deposited electrochemically on the cathode electrode by operating the apparatus as an assembly of independent small ionization chambers.

Presented at the 58th Autumn Meeting of the Japan Society of Applied Physics.

One of the major events in this year is that we could invite Dr. Fairbank Jr, a professor of Colorado State University (USA), as a JSPS visiting researcher. He is an authority on "single atom detection with lasers" and has many academic achievements on its application on the nuclear physics. His two seminars entitled "Single Atom Detection And Its Application" and "Ablation by Lasers for Surface Analysis" were held in KEK and were very well attended.

## 22 Study on Positron Annihilation and Positronium Chemistry

### 22.1 Relaxation Behavior of Polymers at Low Temperature Studied by Positron Annihilation

T. Suzuki, N. Oshima, E. Hamada, T. Ogawa<sup>1</sup>, M. Murakami<sup>1</sup> and Y. Ito<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Dow Corning Asia Ltd.*

<sup>2</sup>*University of Tokyo*

A positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) has been applied to poly(silylene-methylene) to study the low temperature behavior depending on the cooling speed. When the sample was gradually cooled within 1h below 70K, the long lifetime (T3) of ortho-positronium decreased to the equivalent value with the temperature. However, when it was cooled instantaneously by immersing into liquid nitrogen, the change of T3 was not unique. It was found that the change depended on the molecular weight and after immersing samples the large lifetime of T4 around 6ns appeared, suggesting that several inter-molecular spaces were combined to make

one large space as a result of stress and radiation effect.

Published in *Materials Science Forum*, vol.255-257(1997)351-353.

## 22.2 Positron Annihilation Studies of Icosahedral AlCuRu and AlCuFe Alloys

E. Hamada, N. Oshima, T. Suzuki, K. Sato<sup>1</sup>, I. Kanazawa<sup>1</sup>, M. Nakata<sup>1</sup> and S. Takeuchi<sup>2</sup>

KEK

<sup>1</sup>*Tokyo Gakugei University*

<sup>2</sup>*Science University of Tokyo*

We have measured positron annihilation lifetimes for the stable face-centered icosahedral phase in Al-Cu-Ru and Al-Cu-Fe alloys. The existence of a high density of intrinsic structural vacancies in both samples has been observed. This result is consistent with the previous expectation of the relationship between the presence of vacant centers in clusters and the stability of quasi-crystals.

Published in *Materials Science Forum*, vol.255-257(1997)451-453.

## 22.3 Application of Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy to Network Polymers

T. Suzuki

KEK

Positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) has been applied successfully in solid state physics to detect defects and impurities. Recently, PALS has been applied to polymers. In polymers, positronium (Ps), which is a hydrogen like atom, is formed and then trapped in intermolecular free spaces. Ps decays in these spaces and the size can be measured by the long lifetime ( $T_3$ ) of ortho-Ps. Thus Ps is considered to be a nanometer probe of the inter-molecular spaces.

In this article, free volumes of several epoxy resins have been studied using PALS. The shift of the size of free volumes was observed when a THPM epoxy resin absorbed water. Polymerization of bisphenol A dicyanate was examined using PALS and the increase in the specific volume was observed with the increase in the degree of polymerization. Although PALS is considered to be a useful method to detect nm size spaces, this will be more important methodology by the comparison of other analytical methods, which is now under investigation.

Published in *Journal of Network Polymer*, 18, No.3(1997)121-132 (in Japanese).

## **23 Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry**

### **23.1 Performance Report of a Newly Developed Slow Positron Pulsing Apparatus**

N. Oshima, E. Hamada, T. Suzuki, I. Kanazawa<sup>1</sup> and Y. Ito<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tokyo Gakugei University*

<sup>2</sup>*University of Tokyo*

A pulsing system for slow positrons is under development for variable energy positron lifetime spectroscopy (VEPLS). In the new system using Na-22 radioisotopes and by the time dependent moderator bias, slow positrons have been compressed more than 50% in a pulse with about 1.2ns FWHM at 25MHz. In this paper, the preliminary results of VEPLS for three samples, aluminum, polyethylene and teflon are presented.

Published in *Materials Science Forum*, vol.255-257(1997)629-631.

### **23.2 Design of a High-Efficiency Short-Pulsed Positron Beam System**

N. Oshima, T. Suzuki, I. Kanazawa<sup>1</sup> and Y. Ito<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tokyo Gakugei University*

<sup>2</sup>*University of Tokyo*

A conceptual design of a new pulsing system for slow positron beams is described. Although the principle resembles the conventional pulsing system using rf power, the present method applies ideal wave form to the moderator for adjusting the time-of-flight of positrons using a fast arbitrary wave form generator. Requisites for the new design are the monochromaticity (less than about 1 eV) of the initial dc positrons and the ultra-fast precise wave form to be applied to accelerate the positrons. It is shown that these requisites are within the present status of art of positron technology and the electronics. A preliminary result on the monochromaticity of the positron beam is also presented.

Published in *Applied Surface Science* 116(1997)82-86.

## **24 Report of Grant-in-Aid for Scientific Research C of the Japanese Ministry of Education, Science, Sports and Culture**

### **24.1 Evaluation of Free Volume During Polymerization Using Positron Annihilation**

T. Suzuki, K. Kondo, T. Miura, Y. Oki, M. Numajiri

*KEK*

Positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) has been applied to polymerization reaction of bisphenol A dicyanate (BADCN). The increase in the specific volume was observed with the increase in the degree of polymerization. This is consistent with the measurements using



thermo-mechanical analyses. BADCN is in a powder at room temperature. During polymerization PALS measures the change of state from a powder to a solid through a liquid. PALS is a simple method to follow the polymerization through different states. From this report, the validity of PALS has been demonstrated for many types of polymers.

## 25 Behavior of Pionic Hydrogen Atoms in Gas and Liquid Phases

A. Shinohara, T. Muroyama, T. Miura<sup>1</sup>, T. Saito<sup>2</sup>, A. Yokoyama<sup>2</sup> and M. Furukawa<sup>3</sup>

*Nagoya Univ.*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*Osaka Univ.*

<sup>3</sup>*Yokkaichi Univ.*

Exotic atoms are interesting objects as a new probe in material science and a new chemical species in future chemistry.

The pion capture process in the liquid and gas phases have been studied, focusing on the behavior of pionic hydrogen atoms. The obtained results were explained by the displacement of the valence electrons based on a modified LMM model.

Published in *Hyp. Int.*, **106**(1997)301.

## 26 Mössbauer Spectroscopy of Cs-133 Following the Decay of Xe-133 Atoms

H. Muramatsu, H. Ishii, E. Tanaka, H. Ito, M. Misawa, T. Miura<sup>1</sup>,  
S. Muto<sup>1</sup>, M. Koizumi<sup>2</sup>, A. Osa<sup>2</sup>, T. Sekine<sup>2</sup> and M. Yanaga<sup>3</sup>

*Shinshu Univ.*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*JAERI*

<sup>3</sup>*Shizuoka Univ.*

Mössbauer effect measurements have been performed with Xe-133-implanted sources prepared by means of an isotope separator. The behavior of the isomer shift of the 81keV transition in Cs-133 was studied for Cs-133 atoms in various metals.

## 27 Property of Radioactive Aerosols in Accelerator Facilities

Property of radioactive aerosols in accelerator facilities were intensively studied by our group.

### 27.1 Study on Radioactive Aerosols Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation

Y. Oki, Y. Kanda, K. Kondo, A. Endo<sup>1</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*JAERI*

Aerosol-size distributions were studied for radioactive aerosols formed through nuclear reactions in air of the accelerator tunnel during machine operation.

### **27.2 Study on radioactive aerosols generated in machining or welding operations of metals activated in accelerator tunnels**

Y. Oki, M. Numajiri, Y. Kanda, T. Suzuki, T. Miura and K. Kondo  
*KEK*

The relation between enrichment of  $^{54}\text{Mn}$  in welding fumes and their particle size was investigated in plasma-cutting of activated stainless steel in a high energy proton accelerator.  $^{54}\text{Mn}$  was found to be highly enriched in the fumes. The enrichment factor of  $^{54}\text{Mn}$  exceeded five in every particle size and reached 26 at 0.5  $\mu\text{m}$ . This result influences estimation of internal radiation doses for welding workers in accelerator facilities.

Presented at the 30th Midyear Topical Meeting of Health Phys. Soc., 5-8 January 1997, San Jose, California.

### **27.3 Study on Aerosols of Progeny of Radon Emitted from Concrete Wall of Accelerator Tunnel**

Y. Oki, K. Kondo, Y. Kanda and T. Miura  
*KEK*

Aerosol-size distributions of  $^{218}\text{Po}$  were determined for the accelerator tunnel air sampled during machine operation and for the basement air of a concrete building, where the number and the size distribution of non-radioactive aerosols are greatly different from each other. The  $^{218}\text{Po}$  distributions depended very much on the size distributions of ambient non-radioactive aerosols, and could be well explained by an attachment model of  $^{218}\text{Po}$  to ambient non-radioactive aerosols.

Presented at Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry '97, 1997.

## **28 Study on Activation Analysis**

In the field of activation analysis, the improvement of accuracy and precision has been one of the most important theme. Another recent study is focused on the improvement of rapidness and sensitivity of trace analysis of selected elements. Activation analysis is mainly performed using accelerators, such as 300-MeV electron linear accelerator and AVF cyclotron of Tohoku University, electron linear accelerator of Research Reactor Institute, Kyoto University and SF cyclotron at Tanashi Branch, KEK.

### **28.1 Photon and Proton Activation Analysis of Iron and Steel Standards Using the Internal Standard Method Coupled with the Standard Addition Method**

K. Masumoto, M. Hara<sup>1</sup>, D. Hasegawa<sup>1</sup>, E. Iino<sup>1</sup>, M. Yagi<sup>1</sup>  
*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

In order to reduce the sources of systematic error and to attain high accuracy in activation analysis, the internal standard method coupled with the standard addition method has been proposed. In this work, this method was applied to photon activation analysis and proton activation analysis of minor elements and trace impurities in various types of iron and steel samples issued by the Iron and Steel Institute of Japan (ISIJ). Samples and standard addition samples were once dissolved to mix homogeneously, an internal standard and elements to be determined and solidified as a silica-gel to make a similar matrix composition and geometry. Cerium and yttrium were used as an internal standard in photon and proton activation, respectively. In photon activation, 20 MeV electron beam was used for bremsstrahlung irradiation to reduce matrix activity and nuclear interference reactions, and the results were compared with those of 30 MeV irradiation. In proton activation, iron was removed by the MIBK extraction method after dissolving samples to reduce the radioactivity of  $^{56}\text{Co}$  from iron via  $^{56}\text{Fe}(p,n)^{56}\text{Co}$  reaction. The results of proton and photon activation analysis were in good agreement with the standard values of ISIJ.

Published in *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **217**(1997)247-253.

## 28.2 Determination of Fluorine in Standard Rocks by Photon Activation Analysis

H. Sakurai, M. Fukuda, Y. Hayashibe, Y. Sayama, K. Masumoto<sup>1</sup>, T. Ohtsuki<sup>2</sup>

*Mitsubishi Materials Co.*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*Tohoku Univ.*

The highly sensitive determination of fluorine in standard rocks by photon activation using the  $^{19}\text{F}(\gamma,n)^{18}\text{F}$  reaction combined with pyrohydrolysis for the separation of F-18 has been reported. The irradiation energy was operated at 20 MeV in order to avoid the interference from Na. Because Na is one of the major element in rocks and  $^{18}\text{F}$  is also produced from Na via  $^{23}\text{Na}(\gamma, n)^{18}\text{F}$  reaction above its threshold energy, 20.9 MeV. After irradiation, fluorine was extracted by pyrohydrolysis and separated as  $\text{LaF}_3$  precipitate. The recovery of fluorine in standard rocks was about 80% with a good reproducibility and high radiochemical purity. This method was applied to the analysis of 10 GSJ rock reference samples and 2 USGS standard rocks issued by the Geological Survey of Japan and the United States Geological Survey respectively. The detection limit of this method was 0.02  $\mu\text{g/g}$ , and the results obtained by this method were in a good agreement with the confidence values.

Published in *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **217**(1997)267-271.

## 28.3 Photon Activation Analysis of I, Tl and U in Environmental Materials

K. Masumoto, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Miyamoto<sup>2</sup>, J.H. Zaidi<sup>2</sup>,

A. Kajikawa<sup>2</sup>, H. Haba<sup>2</sup>, K. Sakamoto<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

<sup>2</sup>*Kanazawa Univ.*

Iodine, thallium and uranium were determined by photon activation analysis. To gain an opportunity of PAA in Japan, the KURRI-Linac was examined the capability of PAA and used

for PAA of environmental samples. These analytical data were compared with that obtained at the 300 MeV electron linear accelerator of Tohoku University (Tohoku-Linac). Usually the 30 MeV irradiation is adopted for PAA. As the giant resonance energy of photonuclear reaction of heavy elements is below 20 MeV, the bremsstrahlung energy up to 20 MeV is enough to induce the  $(\gamma, n)$  reaction of these elements. The 20 MeV irradiation affords other merits, that is, matrix activity induced by major elements and interference caused by secondary nuclear reaction are reduced simultaneously. In this work, the results of 20 MeV irradiation were compared with that of 30 MeV irradiation. Several kinds of environmental, biological and geochemical reference materials on the different irradiation conditions. Both of the analytical results of iodine were in good agreement with each other but not in accord with literature values in the case of environmental samples. The results of thallium and uranium agreed well with their reference value. The detectable concentration levels of iodine, thallium and uranium were almost 0.3  $\mu\text{g/g}$ .

Presented at APSORC '97 ( 6-9 Oct. 1997, Kumamoto)

#### **28.4 Neutron and Photon Activation Analysis of Geochemical and Plant Samples - Effects of Interfering Nuclear Reactions**

Y. Miyamoto, A. Kajikawa, H. Haba, K. Masumoto<sup>1</sup>, T. Nakanishi, K. Sakamoto  
*Kanazawa Univ.*  
<sup>1</sup>*KEK*

In neutron activation analysis (NAA), fast neutron-induced reactions in Na, Mg, Al, Cl, Mn and Fe determinations, uranium fission in La, Ce, Nd and Ba determinations and  $(n, \gamma)$  reactions of different target elements in Ce and Lu determinations are typical interference problems. In photon activation analysis (PAA), secondary neutron causes severe interference reaction. These interferences were quantitatively assessed by irradiating samples together with high-pure reagents at two kinds of reactor sites of different neutron spectra and an electron LINAC. The correction of these interferences were successfully applied to activation analysis of some geological reference rock samples and plant samples.

Presented at APSORC '97 ( 6-9 Oct. 1997, Kumamoto)

#### **28.5 Highly Sensitive and Rapid Analysis of Trace Impurities in High-Pure Materials by Charged Particle Activation**

K. Masumoto, Y. Itoh, S. Shibata<sup>1</sup>, T. Ohtsuki<sup>2</sup>, H. Sakurai<sup>3</sup>  
*KEK*  
<sup>1</sup>*Kyoto Univ.*  
<sup>2</sup>*Tohoku Univ.*  
<sup>3</sup>*Mitsubishi Materials Co.*

Trace impurities of oxygen in silicon crystal has been analysed by using the  $^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)^{18}\text{F}$  reaction at the SF cyclotron of Tanashi branch, KEK. After irradiation of  $^3\text{He}$  (20 MeV, 1  $\mu\text{A}$ ),  $^{18}\text{F}$  was chemically separated as the  $\text{LaF}_3$  precipitation and measured with a pair of BGO-scintillation detector coupled with a coincidence circuit. The microgram per gram of oxygen

was easily determined with good reproducibility and enough sensitivity. It was found that the analytical data of NIST samples were in good agreement with the certified values.

## 29 Study on Labeled Compound Using Recoil Implantation Method

The recoil labeling technique has been known as the simple and rapid synthetic method of labeled compounds. To study the labelling process systematically and to apply to the direct labeling of complex organic compounds, fullerenes, organic analytical reagents and polycyclic aromatic hydrocarbons are selected as the target compounds. The recoil labeling were performed using photonuclear reactions and charged particle reactions. Labeled compounds were purified rapidly with sublimation and HPLC separation. We found several typical radioactive fullerenes, such as  $^{11}\text{C}$  substituted fullerene and radioactive fullerene polymers,  $^{13}\text{N}$  substituted heterofullerenes,  $^7\text{Be}$  doped metallofullerene, all of which radioactive compounds are topics of the fullerene science.

### 29.1 Detection and Separation of Radioactive Fullerene Families by Radiochemical Techniques

T. Ohtsuki, K. Masumoto<sup>1</sup>, K. Sueki<sup>2</sup>, K. Kikuchi<sup>2</sup>, K. Ohno, Y. Maruyama, Y. Kawazoe  
*Tohoku Univ.*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*Tokyo Metropolitan Univ.*

Radioactive fullerenes labeled with  $^{11}\text{C}$  and its derivatives; such as the fullerene dimers and trimers, were produced by photonuclear and charged particle reactions and isolated on a liquid phase by radiochromatography. The  $^{11}\text{C}$  nuclide exists in fullerene cages to extend of about 60-70% of the total amount of  $^{11}\text{C}$  produced when the  $\text{C}_{60}$  sample was irradiated. Also, radioactive endohedral  $^7\text{BeC}_{60}$ ,  $^7\text{BeC}_{70}$  can be detected using radiochemical techniques in the final solvent. Such a  $^7\text{Be}$  atom can be penetrate into the fullerene cage to produce  $^7\text{BeC}_{60}$ ,  $^7\text{BeC}_{70}$  by a recoil process of the nuclear reactions. An *ab initio* molecular dynamics simulation was carried out to demonstrate that a direct insertion process is really possible. Both the experimental and the theoretical results were consistent with each other. This successful production of radioactive fullerenes demonstrates the structural stability and/or flexibility of fullerene cages.

Published in AIP press, CP416, 261-269(1997).

### 29.2 Direct Preparation of Radioactive Carbon Labeled Fullerenes Using Nuclear Reaction

K. Masumoto, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, K. Sueki<sup>2</sup>, K. Kikuchi<sup>2</sup>, T. Mitsugashira  
*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

<sup>2</sup>*Tokyo Metropolitan Univ.*

Whether the direct substitution of radioactive carbon after proton and neutron irradiation can be really observed or not was checked. The  $^{11}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$  labeled fullerenes were produced by

charged-particle and neutron irradiation, respectively. It was found that radioactive carbon atom induced by nuclear reaction can be easily substituted with a carbon atom of fullerene. HPLC method is effective for identification and purification of various labeled fullerene families. The radiochemically interesting aspect is not only the production of  $^{11}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$  labeled fullerenes but also the formation of radioactive higher fullerenes which were simultaneously produced with high yield and in the carrier-free state.

Presented at APSORC '97 ( 6-9 Oct. 1997, Kumamoto)

### **30 Production and Purification of Organic Reagents Labeled with Radioisotopes Produced by an Accelerator**

K. Shikano, K. Masumoto<sup>1</sup>, T. Ohtsuki<sup>2</sup>, and M. Katoh

*NTT*

<sup>1</sup>*KEK*

<sup>2</sup>*Tohoku Univ.*

The production of typical nine organic analytical reagents labeled with  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$  and  $^{18}\text{F}$  by irradiation with charged particles and bremsstrahlung and the purification with HPLC and sublimation has been tried. As a result, it was found that six organic reagents,  $\alpha$ -naphthol,  $\beta$ -naphthol, quinoline,  $\alpha$ -nitroso- $\beta$ -naphthol, 8-hydroxyquinoline, and 1,10-phenanthroline·H<sub>2</sub>O could be labeled with  $^{11}\text{C}$  by bombarding a mixture of each reagent and boron with protons. More than 10% of the  $^{11}\text{C}$  with which these reagents were labeled was recovered. We also found that not only HPLC but also sublimation is useful for purifying 8-hydroxyquinoline labeled with  $^{11}\text{C}$ . The distribution ratio between water and chloroform for  $^{11}\text{C}$ -labeled 8-hydroxyquinoline was  $10^{2.01}$  and smaller than reported values.

Presented at SORC-41 ( 6-9 Oct. 1997, Kumamoto)

### **31 Preparation of C-11 Labeled Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Electron Accelerator and Cyclotron**

K. Masumoto, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Ito, K. Shikano<sup>2</sup>

*KEK*

<sup>1</sup>*Tohoku Univ.*

<sup>2</sup>*NTT*

The phenomenon that  $^{11}\text{C}$  produced with an electron accelerator and a cyclotron substitutes for a carbon atom of organic compounds has been investigated to produce labeled organic compounds. In this work, bicyclic, tricyclic aromatic hydrocarbons and pyrene were irradiated with bremsstrahlung and proton and irradiation products were separated rapidly with sublimation and HPLC. Chromatographic columns were ODS type and eluates were water/methanol for bicyclic compounds and water/acetonitrile for tri-cyclic compounds and pyrene, respectively. After HPLC separation, chemical species and labeled compounds were monitored with UV and BGO-detector. The radiochromatograms obtained by bremsstrahlung and proton irradiation

showed almost similar pattern each other. Recoil method is useful for labeling of complex organic compounds.

### **32 Development of Measurement Technique for Hydroxyl Radical**

Y. Kanda and K. Bessho

*KEK*

During the operation of high energy accelerator, the noxious gases such as O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>, and HNO<sub>3</sub> are produced in the air of beam line tunnel. The hydroxyl radicals, OH, produced by the radiolysis of air, are considered to play an important role in the production of HNO<sub>2</sub> and HNO<sub>3</sub>.

A new technique for the continuous measurement of OH in air is being developed. The technique is based on the aerosol formation reaction in which OH participates to oxidize SO<sub>2</sub> to H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> followed by the conversion to aerosol particles. The particles are measured with a particle counter.

### **33 Characterization of Surfactant Assembly Formed at the Silica-Water Interface and Application of the Surfactant Assembly for Separation and Concentration of Chemical Species**

K. Bessho and Y. Kanda

*KEK*

The molecular state at solid-liquid and liquid-liquid interfaces is quite different from that in the bulk solutions. We are interested in characterizing molecular environment at variety of interfaces and designing new type of functional interfaces for separation and concentration of chemical species.

Amphiphilic surfactant molecules which are made from hydrophobic and hydrophilic groups form self-assemblies at the silica-water interface. Microstructure and properties of these assemblies were investigated by variety of thermodynamic and spectroscopic techniques. It was found that these assemblies have high affinity for hydrophobic and amphiphilic compounds dissolved in aqueous solutions. The surfactant assemblies were applied for separation and concentration of trace metals as hydrophobic chelates.

## Chapter2

### 研究支援活動

放射線科学センターは、つくば地区及び田無地区の放射線安全及び化学安全を含めた環境問題に責任を持つ組織である。対象となる施設の規模が大きいこと、個々の課題が未解決の課題を含んでいることから、その責任を果たすために行っている業務内容は研究的側面を持っている。管理業務に関連した課題が研究テーマに発展していく事もあるが、それ以外の事も純粋研究テーマに至らないまでも関連分野においては有益な課題が多い。

また、センター外の機構の研究者から、放射線関連や化学関連の専門家として個々の課題について相談を受け取り組んできた事もある。

以下では、上記のような「研究支援活動」に関連して放射線科学センターにおいて今年度行った活動を紹介する。



# 1 体制

## 1.1 つくば地区放射線管理体制

放射線取扱主任者	柴田徳思
放射線管理室長	平山英夫
区 域 管 理 体 制	
管理区域	管理区域責任者等
陽子加速器施設総括責任者	鈴木健訓
第1区域(陽子シンクロトロン施設)	沼尻正晴、穂積憲一 <sup>*,**</sup>
第2区域(PS実験施設)	三浦太一、高原伸一 <sup>**</sup>
第3区域(中性子中間子研究施設)	佐々木慎一、飯島和彦 <sup>**</sup>
電子加速器施設総括責任者	平山英夫
第4区域(放射光アイソトープ実験施設) (上記を除く放射光研究施設)	沖雄一、飯島和彦 <sup>**</sup> 伴秀一、中村一 <sup>**</sup>
第5区域(KEKB,AR、アセンブリーホール)	俵裕子、波戸芳仁、中村一 <sup>**</sup>
第6区域(機械棟、機械室関係施設)	沖雄一、穂積憲一 <sup>*,**</sup>
第7区域(放射性試料測定棟他)	沖雄一、高原伸一 <sup>**</sup> 、飯島和彦 <sup>**</sup>
業 務 分 担	
個人管理関連	伴秀一、沼尻正晴、沖雄一、俵裕子、中村一 豊島規子
放射線モニター	佐々木慎一、穂積憲一、飯島和彦
放射性物質等	平山英夫、沖雄一、三浦太一、波戸芳仁 高原伸一
サーベイメータ等	飯島和彦、穂積憲一、中村一

\* 管理区域副責任者、\*\* 放射線業務担当者

## 1.2 田無地区放射線管理体制

放射線取扱総括主任者	榎本和義
放射線取扱総括副主任者	中尾徳晶
非密封RI担当	榎本和義、伊藤 寛、佐藤信吾
発生装置担当	中尾徳晶、大久保徹

## 1.3 化学安全管理体制

化学安全管理業務の総括	神田征夫
水質検査	別所光太郎
化学薬品(危険物・毒劇物の管理)	平 雅文
実験廃液処理	平 雅文
RI廃水処理	神田征夫

## 2 放射線安全管理関連

### 2.1 区域管理関連

#### 2.1.1 第2区域

##### 1. 放射線取扱施設使用変更承認申請資料の作成

ニュートリノビームライン施設では、1998年度末から運転が予定されているが、それに関連し、今年度は以下の申請を行った。

- 東カウンターホールに係るEP2-Bラインを縮小し、P1ビームラインを変更、二次ビームラインT3及びK0を廃止し、これに伴うインターロックの一部変更のための放射線取扱施設使用変更承認申請資料の作成。(KEK Internal 97-11)
- ニュートリノビームライン室に放射化した電磁石等を設置するため、北カウンターホールに係る管理区域を拡張し、これに伴うインターロックの一部変更のための放射線取扱施設使用変更承認申請資料の作成。(KEK Internal 97-12)

KEK Internal 97-11 Yamada, S. et al, “Desain for the Radiation Protection of the Modified EP2 Beam Line in the KEK-PS East Counter Hall (in Japanese).

KEK Internal 97-12 Yamada, S. et al, “Desain for the Radiation Protection of the Radiation Controlled Area around the KEK-PS North Counter Hall (in Japanese).

##### 2. 陽子加速器シールドコンクリート中の放射能濃度の測定

本研究機構の将来計画である大型ハドロン計画では、EP2ビームライン室の遮蔽体コンクリートを一旦撤去し、東カウンターホールを改造し新しい実験室を作る予定である。遮蔽体コンクリートはかなり放射化されているが、放射化の程度はビーム損失の違い等条件によりかなり複雑である。放射化の度合いを測定し、遮蔽体コンクリート中の放射能濃度分布を予測するために、条件の違う数カ所のEP2ビームライン室遮蔽体コンクリートをコア抜きし、コンクリート中の放射濃度を測定し、深度分布より見かけの中性子に対する減衰係数を求め、計算値と比較し、原子力学会で報告した。またコンクリート中に核破碎反応で生成した $^3\text{H}$ を定量するため、 $^3\text{H}$ の迅速簡易定量法について検討した。

日本原子力学会「1997秋の大会」 三浦太一、高原伸一、石浜茂夫、大塚憲一、  
国府田保、“高エネルギー陽子加速器シールド  
コンクリート中の放射能濃度”

#### 2.1.2 第3区域

中性子中間子研究施設に関連して、以下の変更申請を行った。

1. 中間子第1実験棟における表面ミュオンビームチャンネルの廃止に関する放射線施設の軽微変更
2. 核燃料物質使用変更申請
3. 同申請の一部補正

(1)は題目の通りであるが、(2)及び(3)は、機構改変に伴う施設の名称変更、既承認の核燃料物質使用施設である中性子中間子研究施設・中間子科学研究施設における使用核燃料物質の種類(劣化ウラン、天然ウラン及び天然トリウム)の追加、及びそれらの年間使用量の変更を主たる内容としたものである。

### 2.1.3 第4区域

電子リニアックのKEKB用改造のため、以下の3回の変更申請を行なった。

1. 97年6月に電子リニアックを運転再開し、単独での性能確認を行う。
2. 97年9月に電子リニアックから放射光研究施設への入射を再開し、リニアックの運転を再開する。低速陽電子発生用のテストリニアックを新たに設置する。
3. 98年3月に2つの電子リニアックを結合し、両方のリニアックの出力制限を撤廃した。

1の変更後、放射線レベルの測定(RAD-S-97/24)、2の変更後のインターロック確認(RAD-S-97/33)、放射光リングの高輝度化後放射線レベルの測定(RAD-S-98/13、98/26)を行った。

放射光研究施設BL-15B2での光子強度を、フォトダイオード(浜松S3590-06)で、測定した。6.4 ~ 18.9 keVでの光子数を測定した。(RAD-S-97/48)

RAD-S-97/33 柴田徳思、飯島和彦、伴秀一、“放射光リニアックのインターロックテスト”

RAD-S-97/48 伴秀一、“PF BL-15B2の光子強度の測定”

### 2.1.4 第5区域関連

#### 2.1.4.1 アセンブリーホール関係

以下の放射線取扱施設使用承認申請資料の作成を行った。

- 「陽子線形加速器実験装置の放射線安全対策」  
変更点は、イオン源、RFQおよびDTLの個別運転モードの新設およびRFQビームストップパにAlに加えてWを使用することである。Alはスパッタに弱かったためスリットとして使用できなかった。そこでクーロン障壁との関連で中性子発生量が少なくスパッタリングに強いWをスリットの材料として使用することにした。本件の遮蔽設計について、日本原子力学会で発表した。
- 「トリスタン入射蓄積リング並びに入射路の使用法変更に伴う放射線安全対策」  
主な変更点は、AR蓄積時にBTに立ち入り可能とする事とBTにダンプを設置して陽電子を入射させ、同時にARに立ち入り可能とすることである。このために、ARとBTの間に遮蔽を新設し、BTダンプ付近の地上部に土盛りと鉄板による遮蔽を新設した。また、インターロックが変更された。これらの変更はKEKBとARの独立運転のための変更の一部分である。本件に関連した検討事項はRAD-D 97-5にまとめられている。

KEK Internal 97-3 波戸芳仁他、“陽子線形加速器実験装置の放射線安全対策”  
日本原子力学会「1997秋の大会」

波戸芳仁、平山英夫、上野彰、  
“5.6 MeV陽子線形加速器実験装置の遮蔽設計”

KEK Internal 97-21 波戸芳仁他、“トリスタン入射蓄積リング並びに入射路の  
使用方法変更に伴う放射線安全対策”

RAD-D-97/5 波戸芳仁、“BTライン土盛りの厚さ対空間線量率”

## 2.1.4.2 KEKB 関連

### 1. 「KEKB ファクトリー新設と入射路使用方法変更に伴う放射線安全対策」

科学技術庁から、KEKB ファクトリー新設のための変更申請は顧問会にかけることとしそのための資料を申請書の形で提出することが求められたので、「KEKB の放射線安全対策の基本的考え方、第1回放射線安全審議会資料(平成9年7月1日)」を盛り込んだ申請書案を作成した。主な変更申請内容は、電子リングと陽電子リングをKEKB リングトンネル室に設置し、電子・陽電子衝突実験の測定器として、BELLE 測定器を筑波実験棟に設置すること、これに伴いBTに設置されている陽電子ビームダンプを撤去し、KEKB リングに電子及び陽電子ビームを直接入射することである。。

第1回放射線安全審議会資料 依裕子 “KEKB の放射線安全対策の基本的考え方”  
(1997年7月1日)

### 2. KEKB ファクトリー放射線安全対策のために行った活動

本年度に行った主な項目は以下の通りである。これらの結果はKEKB ファクトリー関連の申請書に反映された。

#### (a) コリメータのエッジを抜けて出る粒子のエネルギー、角度分布の計算

KEKB の入射路におけるビームロスの詳細に検討するために、第3スイッチヤードに設置される予定のコリメータのエッジを抜けてビームパイプ中に出ていく粒子のエネルギー、角度分布が必要になったので EGS4 を使用して計算した (RAD-D-97/9)。得られた結果を基に加速器研究施設の船越氏がビームロスの場所と量の推定を行った。

RAD-D-97/9 平山英夫、“コリメータのエッジを抜けて出る粒子のエネルギー、角度分布”

#### (b) KEKB リング入射中の入射路 (BT) 部分の遮蔽計算

KEKB ファクトリー推進委員会ビームロス検討小委員会で評価された入射路 (BT) ビーム損失の評価に基づき、BT 地上部、AR リング南東部、AR リング南西部、共同溝出入口、KEKB コントロール棟搬入口、AR 南実験準備棟搬入口、ケーブル引出室における空間線量率の評価を行った。

#### (c) KEKB リングの遮蔽計算等

ビームロス検討小委員会で評価された KEKB リングのビーム損失の評価に基づき、リング様に起こる損失 (線状線源) と、局所的な損失 (マスク、入射点、ダンプ等) 及び放射光に対する遮蔽計算を行った。評価した場所は、電磁石搬入口 (3C、6C、9C、12C)、電源室 D9、補助機械室 (6SM3、9SM5、9SM6、12SM7、12SM8)、非常脱出口 (D3、D6、D12、3SM1、3SM2、6SM4)、高周波加速器室 (D1、D2、D4、D5、D7、D8、D10、D11)、富士実験棟、日光実験棟、筑波実験棟、大穂実験棟、BT トンネル室と KEKB リングトンネル室の境界、トンネル室曲線部地上部、KEKB ファクトリー敷地境界である。また、異常時のビーム損失に対する線量評価、BELLE 検出器ロールアウト時の遮蔽計算及び線量評価、加速器調整運転時の措置の検討も行われた。以下に主な項目について述べる。

##### ● HER 及び LER ダンプの遮蔽計算

KEKB リングビームアポート系が変更となり、ビームをリングから取り出してダンプすることになったので HER 及び LER ダンプの遮蔽設計と線量の評価を行った。ビームダンプによる敷地境界への影響、KEKB-BT 境界での空間線量 (一般管理区域)、富士実験棟実験室フロアへの影響 (周辺監視区域)、空气中誘導放射線の生成量、熱中性子の生成量等を検討した結果、ダンプによる中性子及びガンマ線の発生量を富士直線部のビーム損失による寄与と同程度とすることを目標に遮蔽設計が行われることとなった。これは HER 及び LER の定格蓄積電流を1日に5回

アポートした場合、ダンプからの中性子、線線量の漏洩がとも 150 分の 1 になることを意味する。ダンプの遮蔽設計のために 8 GeV 電子が鉄に打ち込まれたとき発生する電磁カスケードシャワーの計算が EGS4 コードによって行われた。その結果、ダンプの中をビームラインの真空ダクトが貫通する構造でも、真空ダクト中への荷電粒子の漏洩は無視できる、100 MeV 以上の光子の発達は直径 1 cm 程度のさやの中に収まりその外へはでてこない、ビーム進行方向への発達は 20 cm 程度(シャワーマックス約 9 cm)である、ことがわかった。従って、ビーム入射点から 20 cm 以上前方、横方向には 0.5 cm 以上の鉄は遮蔽体とみなして遮蔽設計が行われた。

- KEKB リング中性子ダクトストリーミング及びスカイシャインの評価  
他の加速器施設の寄与を考慮し、KEKB ファクトリーについては敷地境界線量当量年 10  $\mu$  Sv を遮蔽の設計基準とする事が求められた。リング自体は地下(トンネル室天井から地表面まで約 6.5m)にあるため、直接リング内でのビームロスが地表面の空間線量率を上げることはない。問題となるのは、トンネル室の開口部から漏洩する放射線である。主要な線源である富士、日光、筑波、大穂実験棟の各直線部については、すでに昨年度遮蔽計算が終了し、開口部分(約 26m)のビームラインを囲う門型コンクリートシールド及び架橋の設置工事が進められていた。KEKB リング曲線部は機構の東、西、北の敷地に近接していることから、本年度課題となったのが、曲線部から地上への開口部(空調ダクト、ケーブルダクト、脱出口)からの中性子及び高エネルギー光子のダクトストリーミングとその敷地境界に対するスカイシャインの寄与である。

これを評価するために 2 次線の寄与を含む中性子線量の計算を連続エネルギーモンテカルロ計算コード(MCNP)で行った。曲線部に開口部を持つ建物は補助機械室タイプと脱出口タイプに分けられる。それぞれについて実際の構造にできるだけ忠実な入力データが日立エンジニアリングによって作成され、まず現状での線量評価が行われた。中性子線源としては内側のリング位置に沿う、U-235 のエネルギースペクトルを持った 20m の線状線源を仮定した。次に各タイプの漏洩中性子の寄与を現状の 10 分の 1 にすることを目標に具体的な施設工事のための遮蔽設計が MCNP を使用して行われた。

HE-OG-5438 日立エンジニアリング、“KEK 施設におけるダクトストリーミング及びスカイシャインの計算”

RAD-D-97/8 俵裕子、“敷地境界線量に影響する KEKB リングダクトストリーミングについて”

- KEKB リングトンネル室内の空気中誘導放射能の評価  
KEKB ファクトリーでは、曲線部 8カ所の補助機械室及び 4 実験棟の機械室に空調設備があり、それぞれ排気口を持つがスタックは設置されていない。検討の結果、トンネル内の温度をコントロールするため極力排気を行わないが、申請上は排気に関する制限を設けず施設の最大排気量を前提に排気中放射能濃度の評価を行うこととなった。

KEKB リングには、ビーム損失を局在化する目的で、ビームラインの他の部分より加速器の力学的口径の狭い水平マスク及び垂直マスク(両者ともタンゲステン 70%と銅 30%の合金)を設置する予定であり、ビームロス検討小委員会では、定常運転時、また、調整運転時や加速器機器の故障時等にも損失粒子の多くはこれらマスクで失われると評価され、マスクの設置位置は、敷地境界への影響を考慮して決定された。また、マスク以外では、入射点、衝突点下流曲線部入口(電子ビーム損失点)、衝突点下流局所補正用 B 磁石(陽電子ビーム損失点)が局所的損失場所と評価された。従って、申請では法及び機構の濃度限度を満足するように、これらの局所的損失場所に補助遮蔽を設けて生成量を減らすことが求められた。本年度は空

気の放射化の主要因である制動輻射光子と空気中の原子核との光核反応で生成するC-11、N-13、O-15について評価を行い、ビームラインに対する遮蔽設計を行った。一次ビーム(電子・陽電子)の損失は最終的に真空チェンバー(銅6mm厚)、マスクあるいはビームダンプに衝突する事によって起こり、制動輻射光子はこれらの衝突によって引き起こされる電磁カスケードシャワーで発生するので、EGS4コードにより空気中に漏洩する光子のエネルギー分布を計算し、光核反応断面積を考慮して生成量を評価した。

また、遮蔽設計は局部的損失場所で光核反応に寄与する10MeV以上の光子の漏洩を1000分1程度まで押さえ、曲線部一様損失による寄与に比べて無視できることを目標に行われた。計算にはビームロス委員会で評価された損失電子の真空ダクトへの衝突角度を考慮した。これにより、損失粒子が遮蔽体を斜めに横切る効果を詳細に検討することができ合理的に鉛遮蔽の厚さ及び範囲を軽減できた。最終的に本発生装置室内の空気中誘導放射能の発生に關与するのは、補助遮蔽の無い部分でのビーム損失、すなわち、リング全周及び直線部または曲線部で一様に起こると仮定されたビーム損失であり、これに対して各空調単位の誘導放射能濃度をSwansonの方法で評価した。

Swansonの与える単位出力当たりのビーム損失に対する飽和放射能  $A_s$  の値は、制動輻射光子が発生装置室内の空気中を飛ぶ距離  $L$  を単位として与えられている。EGS4コードを用いてトンネル室内空気中に放出される10.5 MeV以上の制動輻射光子の  $L$  のエネルギー分布を計算しN-13生成断面積を用いて飽和放射能を算出し、 $A_s$  と比較することにより0.6 mという結果を得た。他の核種については  $L=0.6\text{m}$  として飽和放射能濃度を算出した。また、排気口から敷地境界までの拡散は、Pasquillの英国気象法式に基づいて評価した。

(d) 試験運転時の空間管理及び被曝管理

ビームによる真空焼き出しの期間のビーム損失をビームロス検討小委員会で検討した結果、試運転開始直後を除き単位時間あたりのビーム損失は最大でも定常運転時の10倍程度であると評価された。ビーム寿命の要因としてはBEAM-GAS衝突過程が支配的である。定常運転との損失比は真空焼き出し期間を3ヶ月以下とし、3ヶ月平均で直線部で約2.2倍、曲線部で約13倍となる。これを基に、ビームロスモニターによるビームロスの監視、エリアモニターや排気モニターによる空間線量率並びに排気中誘導放射能濃度の監視とKEKB安全システムとのインターロック、入射や蓄積電流の制限、排気の制限等、試験運転時の措置を検討した。

(e) 冷却水中誘導放射能の評価

KEKBリングで使用される冷却水総量は240トンに及び、地上部機械室、屋外冷却棟、実験棟やトンネル室内を循環する。本年度は電子・陽電子のエネルギーの1%が冷却水中で失われるとしてSwansonの方法でH-3、Be-7、C-11、N-13、O-15の冷却水中誘導放射能濃度の評価を行い、冷却水が保有される場所を全て管理区域にする必要があるか、また、冷却水の排水を行う場合の措置等について検討した。申請書には排水時には放射能濃度が基準値以下であることを確認するが、それ以外に特別な放射線安全対策をとる必要は無い旨を盛り込むこととなった。

RAD-D-97/3 俵裕子、“KEKB冷却水中放射能濃度の評価”

(f) QCS冷却用液体窒素中放射能濃度の計算

筑波実験室BELLE検出器の中に挿入されるQCS2台に流れる液体窒素中放射能濃度を評価した。EGS4コードで、最もビームラインに近い部分で起こる電磁カスケードシャワーを模擬し、光核反応N-14( $\gamma, n$ )N-13に寄与する10MeV以上の光子の液体窒素中での飛距離  $L$  のエネルギー分布と、光核反応断面積からN-13の濃度を求めた。粒子損失率は、リング全周に一様に損失する場合の値を用いた。年間の総排出量は年間運

転時間 6000 時間を仮定して  $2E6$  Bq となる。計算結果によれば排気口での放射能濃度は機構の N-13 に対する管理基準、排気口  $3.6 \times 10^{-4}$  Bq/cc、敷地境界 (法の 20 分の 1)  $3 \times 10^{-5}$  Bq/cc のいずれの値も超えない。

RAD-D-97/4 俵裕子、“QCS 冷却用液体窒素中放射能濃度の計算”

(g) BT 第 1 アーク部地上部の遮蔽計算

周辺監視区域とするはずであった BT 第 1 アーク部の地上部分を一般区域とするかわりに遮蔽を増強することになり、KEKB リング入射時に HER と LER それぞれ 1% の点状ビームロスを仮定し新設入射路と既設部分の会合部の遮蔽設計を行った。

RAD-D-97/5 波戸芳仁、“BT ライン土盛りの厚さ対空間線量率”

RAD-D-97/6 俵裕子、“BT 上部の線量 (土盛り変更)”

(h) トンネル室内の放射線損傷及び加速器コンポーネントの発熱に関連する計算

ビーム入射時のダンプの発熱及び損傷評価のために、ダンプ材料 (C、Cu、W) に吸収されるエネルギーの入射軸周り半径方向の分布を 8 GeV 及び 3.5 GeV 電子に対して EGS4 コードを用いて計算した。また、日光直線部での年間積分線量 (6000 時間) を評価し、ビームラインから 1m の場所で中性子約 10 Sv、ガンマ線約 200 Sv という値を得た。

RAD-D-97/7 俵裕子、“B リングダンプの EDEP 計算”

(i) KEBB の放射光の鉛による減衰

KEKB の放射光の鉛による減衰を EGS4 を用いて計算した。この結果を用いて KEBB の放射光遮蔽が設置された。計算結果は RAD-D-98/14 にまとめられている。

### 2.1.4.3 機構長の認める放射線発生装置関係

機構長の認める放射線発生装置の空間管理、被曝管理の具体的な方策について検討を行い、必要な放射線サーベイや区画、遮蔽に関する業務を行った。

RAD-S-97/51 俵裕子、“KEKB 用常伝導 RF 加速空洞試験装置 (ARES) 運転中の放射線量サーベイ”

RAD-S-97/52 俵裕子、“超伝導クラブ空洞性能測定装置運転中の放射線量サーベイ”

RAD-S-97/58 中村一、俵裕子、TNS、“D7 電源室クライストロンの空間線量率測定”

RAD-S-98/59 俵裕子、TNS、“日光クラブ空洞サーベイ結果”

RAD-S-98/12 俵裕子、TNS、“クライストロン (D10-D) のサーベイ結果”

RAD-S-98/22 俵裕子、“大電力連続波クライストロン (D7-E) の放射線サーベイ結果及び措置について”

RAD-A-97/10 俵裕子、“高電圧機器試験に伴う X 線発生について”

RAD-A-97/20 俵裕子、“超伝導クラブ空洞性能測定装置の今後の措置について”

RAD-A-97/21 俵裕子、“KEKB 用常伝導 RF 加速空洞試験装置 (ARES) 運転中の今後の措置について”

## 2.2 横断的業務関連

### 2.2.1 個人被ばく線量計の校正

KEK で中性子の個人被ばく線量計として用いている CR39 を、CERN の高エネルギー - 標準場で校正した。(RAD-S-97/27) 通常は CR39 は Cf 中性子に対して校正されており、より高エネルギー - の場で使用するときには、検出感度が低下する。このため、CR39 の 1トラック当たり、より大きい線量の校正値を用いる。KEK EP2 の漏えい中性子場での校正値は、Cf の場合の 2.1 倍であるため、通常の校正値を 2.1 倍している。

CERN での校正値は Cf の場合の 2.7 倍になり、KEK での値より 27% 大きくなった。CERN の標準場が、遮へいが薄く入射粒子エネルギー - も高いため、中性子のエネルギー - が高いことを考えれば、この差は妥当であろう。

高エネルギー - 加速器での中性子個人被ばくは、殆ど高エネルギー - 中性子で起きるが、電子加速器での巨大共鳴中性子など低エネルギー - で起こる場合も、完全には否定できない。CR39 を用いて校正値を大きくしておけば、通常、良い値を与え、まれに2倍、過大評価する。

これに対してNTAフィルムを用いていると、逆に高エネルギー - 中性子に対して感度が上がる。しかし、低エネルギー - での被ばくを完全には否定できないため、校正値を小さくすることはできない。このため通常は5倍程度の過大評価になり、まれにしか、正しい値を与えない。

RAD-S-97/27 伴秀一、沼尻正晴、“CERNの高エネルギー標準場で校正されたCR-39”

## 2.2.2 放射線モニター関係

### 1. NORM2におけるデータ保存方式の一部変更

本機構の敷地全体にわたって設置した200台以上の放射線モニター SARMで測定されたデータは、一旦関連する加速器施設単位に設置したローカル放射線監視装置であるSTATIONに集められ、STATIONから機構内に独自に構築したネットワークを経由して中央監視装置CENTERに送られる。放射線連続監視システムNORM2と呼ばれるこのシステムで扱うデータ量は1ヶ月に約1GB程度であり、これらのデータは一時的にハードディスクに保管され、最終的に光磁気ディスクに保存する方式をとっている。

導入後約8年を経過した本システムには、いくつかの点で見直しの必要が生じてきた。データの保存方法も例外ではなく、本システムの5インチ光磁気ディスクドライブによるハードウェア、VAX形式バイナリフォーマットのデータ保存形式は、現行の標準的な規格として使用されている光磁気ディスクシステムのものとは大きく異なり、(1)将来のデータ互換性の問題、(2)保守の継続性の問題、(3)汎用アプリケーションソフトでのデータの利用に関する問題が、指摘されていた。また、ネットワークの規格も、このシステム自体の独立性を高める目的でDECNet形式を採用したが、当然他のネットワークと相互乗り入れが難しいものとなり、パソコン等の他のコンピュータを接続してデータの保存先とすることは困難な状態であった。

そこで今回NORM2システムの見直しを行い、最も汎用なプロトコルであるTCPIPを現システムに追加導入し、新たなパソコン等とのネットワークを付加的に構築した上でパソコン側に大容量記憶装置を設定し、データを分散保存する方式を設計した。データはVAX側でIEEE754規格のバイナリー変換後パソコン側へFTP転送され保存される。保存内容は現行光磁気ディスクと同じものとした。さらにパソコン側で汎用アプリケーションソフトでのデータ処理を可能とするために、バイナリーファイル形式をCSVファイル形式に変換するソフトウェアを作成した。

KEK Internal 97-14 佐々木慎一、穂積憲一、飯島和彦、宮島光弘、“連続放射線集中監視装置におけるデータ収集システム (Data Acquisition System in NORM2)”

### 2. インターロック統括制御回路

最近のインターロック設定数の増加やインターロックシステムの複雑化多様化に対応する目的で、新たにインターロック統括制御回路の設計開発を行い、いくつかのSTATIONに導入した。この装置は、SARMからのデータを一定時間(現在は1時間に設定)にわたって積算し、この時間内の積算値があらかじめ設定した値に達したとき、加速器制御卓に加速器停止信号を送信する機能(インターロック機能)を有し、SARMからの入力チャンネルとして12、加速器へのインターロック信号出力として12の接点信号出力を持つ。入力チャンネルはそれぞれに中性子線並びにガンマ線の独立計数のためにA,B 2つの入力を用意し、これらの計数値は線量変換後合算されて、通常時は正時ごとに積算-クリアが繰り返される。接点信



号出力は入力チャンネルに対して自由組み合わせることができ、多様な加速器制御側条件に合致させることができる。このほかにデータの出力として、パラレル1回線並びにRS232Cに準拠したシリアル出力が3回線用意され、前者は本装置で測定したデータをSTATIONにそのデータ収集装置であるCAMAC経由を介して送信し、最終的にCENTERで表示記録する目的で設定したもので、後者のシリアル出力は加速器制御卓への情報提供用である。

本装置はSTATIONのデータ収集系とは全く独立に動作する。従って、従来からのインターロックシステムと組み合わせることによって、全く独立な2つのインターロックシステムを構築することが可能となった。

KEK Internal 97-4 佐々木慎一、穂積憲一、飯島和彦、宮島光弘、“連続放射線集中監視装置におけるインターロックシステム (Interlock System in NORM2)”

### 2.2.3 陽子加速器主リング盛土中の環境放射能の測定

ニュートリノビームラインやJHFの遮蔽体として用いられる土壌中の放射化評価のため陽子加速器主リング盛土中の土壌を採取し、ビームライントネル周辺の放射能分布を測定した。

土壌中のMn-54, Na-22核種の分布から放射能に対する実効的減弱距離は90~120g/cm<sup>2</sup>であり、高エネルギー中性子の減弱距離とほぼ同じ値であった。研究結果については、第41回放射化学討論会(熊本)で口頭発表を行った。

第41回放射化学討論会 沼尻正晴、鈴木健訓、沖 雄一、三浦太一、近藤健次郎、“陽子加速器主リング盛土中の環境放射能の測定”

### 2.2.4 KEKBで使用するセミリジドケ - ブルの放射線損傷の研究

沖雄一、沼尻正晴、鈴木健訓、(KEKB:手島昌己)

KEKBではビ - ム位置検出器(Beam Position Monitor)をリング全周に配置している。TRISTANではポリエチレンを用いたセミリジドケ - ブルを使用していたが、運転終了時には多くのケ - ブルが機能を果たさなくなっていた。分解してみると、ポリエチレン中に被覆の銅が溶けて浸透しており、これが絶縁抵抗の大きな劣化の原因となっていた。

KEKBではTRISTANより大きな線量が予想され、10年の運転で10MGyという予測があり、この数倍の線量に耐えるケ - ブルの開発が要求された。原研施設利用共同研究の一環として、Co-60ガンマ線照射を依頼し、30MGyまでの照射を行い、セミリジドケ - ブルの健全性と取り扱い上の問題について検討した。

研究報告は98年12月に原研施設共同利用報告書として出版される予定である。

### 2.2.5 SARM用GMのパルス線源に対する使用限界

パルス線源からの線量測定におけるポアソン分布を考慮したデッドタイム補正式(RAD-D-95/1)をもちいて、高エネ研放射線監視システム用放射線検出器(SARM)として用いられているGMのデッドタイム補正係数を繰り返し周波数と線量率の読み値の関数として求めた。これにより加速器の繰り返し周波数によってこの型のGMを使えう場合の数え落としを定量的に考えることが可能となった。例えば、ATFは放射線量を押さえるために0.78 Hzで運転する事が多く、その場合

には決してこのGMの読み値が0.2  $\mu\text{Sv/h}$ を越える事がないので、これをインターロック用検出器として用いることは無意味である。このためATF周りの検出器はすべて電離箱に変更された。検討結果は、RAD-D 98/1 にまとめた。

RAD-D-95/2 波戸芳仁、“パルス線源へのサーベイメータ使用限界”  
RAD-D-98/1 波戸芳仁、“SARM用GMのパルス線源に対する使用限界”

## 2.2.6 MCNP-4Bのインストール

KEKBの中性子スカイシャイン計算をモンテカルロ法で行うため、MCNP4BをKEKB計算機システムにインストールした。最初、共通計算機(ccce)へのインストールを試みた。しかし、インストールプログラムがccceのOSである日立-OSに対応していなかったためccceへのインストールは断念した。

## 2.2.7 環境放射能の測定

陽子加速器運転に伴い、ビームライン内空気中や冷却水中に生成した放射性核種は、法及び本機構の管理基準以下の濃度であることを確認し放出され、安全に管理されている。放射線科学センターでは、周辺地域を含めた環境保全の観点から、加速器施設から放出された放射性核種、特にトリチウムが周辺環境に影響をおよぼしていないことを確認するため、1983年以降定期的に本機構敷地内地下水及び周辺河川水中の放射性核種濃度を測定している。本年度も測定を行い周辺環境に影響をおよぼしていないことを確認するとともに、1983年度から1994年度までの測定結果をまとめ、KEK Internal 97-18として出版した。

KEK Internal 97-18 Miura, T., Takahara, T. and Hozumi, K., “Survey of the Radioactivities of Tritium and  $\gamma$ -ray Emitters in the Environmental Water around KEK (in Japanese)”

## 2.2.8 中性子実験施設の減速材用純水循環装置配管の腐食

中性子実験施設では、減速材として純水を使用しているが、純水と高速中性子の核破碎反応で生成する $^7\text{Be}$ が配管に付着し、加速器停止時の配管周辺の線量率上昇に寄与している。放射線科学センターでは、中性子グループと協力し、減速材用純水循環装置配管、イオン交換樹脂及び純水中の $^7\text{Be}$ 及び $^3\text{H}$ の放射能濃度の測定を行い、 $^7\text{Be}$ の生成量、配管への付着割合等について検討した。

RAD-D-97/10 三浦太一、飯島和彦、佐々木慎一、石浜茂夫、国府田保、  
“プースター中性子減速材用純水中の放射能濃度”

## 2.2.9 科技庁告示別表に濃度限度が記載されていない短半減期核種の排水中濃度限度の算出

KEKBの冷却水中に放射化により生成する短半減期の放射性核種C-11、N-13、O-15は生成量が無視できず、科技庁告示別表第1に排水中の濃度限度の値が記載されていない核種である。非現

実的な過大評価を避けるため、新たに ICRP Pub.66 の考え方に基づいてこれらの核種の排水中濃度限度の値を算出した。算出した結果は、1998 年度に KEK Report 98-3 として出版した。

KEK Report 98-3 Oki, Y., Tawara, H. and Iwai, S., "Estimation of Concentration Limits of Short-Lived Radionuclides in Drain Water in High Energy Accelerator Facilities (in Japanese).

### 3 化学安全・環境関係

#### 3.1 依頼分析

機構内の職員、および共同利用者から寄せられる種々の化学分析、化学処理法の検討を行っている。本年度は約30件、100種類の試料の分析を行った。分析、処理の方法等について新たに検討を行った代表的な分析例を以下に示す。

##### 3.1.1 ヘリウム圧縮機オイルセパレーターの油分離性能の評価

ヘリウム圧縮機のオイルセパレーターの性能を評価する目的で、ヘリウム気体中に混入する微量のオイル成分の同定、定量を行った。ガラスビーズを詰めた配管を液体窒素温度に冷却したコールドトラップに試料ヘリウム気体を通過させてオイルを捕集し、四塩化炭素によりガラスビーズから溶離した後に、溶液中のオイル量をフーリエ変換赤外吸収法により定量する方法について検討を行った。ガラスビーズや配管の洗浄法、オイル捕集時の気体流速、四塩化炭素溶媒によるオイルの溶離の方法、赤外吸収スペクトルの補正法等について検討を行った結果、0.01 mg 以下のオイルの同定、定量が可能になった。

##### 3.1.2 高純度イオン結晶中の微量不純物イオンの定量

KBr, KI, NaI などのイオン結晶中に含まれる微量の  $\text{Cl}^-$  イオンの量を明らかにするため、結晶を純水に溶解し、陰イオンクロマトグラフ法により  $\text{Cl}^-$  および  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  を定量する方法を検討した。(Cl / Br) または (Cl / I) の重量比が  $1 \times 10^{-4}$  以下の高純度結晶中の  $\text{Cl}^-$  イオンの含有量の決定に成功した。

##### 3.1.3 基板上に蒸着した無機成分の定量

グラファイト、シリコンなどの基板上に蒸着した Fe, Ni, Cu, Au,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{CuCl}$  などの金属単体、または無機化合物の単位基板面積当たりの平均蒸着量を評価するため、蒸着成分を硝酸や王水などにより溶解した後に ICP 発光分析法、イオンクロマトグラフ法などにより定量する方法を検討した。その結果、 $1 \text{ cm}^2$  の基板試料を用いた場合、 $0.5 \text{ mg/cm}^2$  以下(数原子層)の蒸着量が決定できることが明らかになった。基板上的蒸着成分が定量的に溶離されることは蛍光 X 線分析法により確認した。

##### 3.1.4 土壌試料中の元素組成の非破壊同時分析法の検討

土壌試料中に含まれる Si, Al, Fe などの元素含有量を蛍光 X 線分析法により非破壊同時分析するための諸検討を行った。土壌試料を細かく粉砕した後に蛍光 X 線スペクトルを測定し、元素の特性 X 線の強度の比から元素存在量の比を決定することを試みた。土壌試料をアルカリ溶解した後に ICP 発光分析法などにより定量する方法により得られた結果と比較を行い、分析結果の妥当性、再現性、標準試料の作成法等についてさらに検討を行っている。

#### 3.2 地下水動態調査

加速ビームの安定性に関連して、地下水の動きが KEKB や PS 主リングなどの大型建造物の安定性に及ぼす影響を明らかにする目的で、敷地内に井戸を掘削し、地下水位および水質の測定を開始し、土壌水分計、圧力センサー、土壌比抵抗センサーを設置した。なお、この調査は工業技術院地質調査所との共同研究である。

### 3.3 排水の水質検査法の検討

#### 3.3.1 排水中の鉱物油、動植物油脂類の分析法の検討

排水中に含まれる鉱物油、動植物油脂類の定量は、生活排水の水質管理の観点から重要である。本部門では、水試料中に含まれる全油分を有機溶媒相へ抽出した後に、鉱油類と動植物油脂類をフロリジルカラムを用いて分離し、その後に赤外吸収法により油分を分析するという三段階の操作から成る方法により分析を行っている。これまで、すべての工程で四塩化炭素を有機溶媒として用いてきたが、オゾン層を破壊する化学物質として知られる四塩化炭素の使用量を最小限とするため、抽出、カラム分離の溶媒として n-ヘキサンを用いる方法の有効性について検討した。各種分離操作、条件等を検討した結果、抽出、カラム分離の溶媒として n-ヘキサンを用いた場合にも、全工程で四塩化炭素を用いた場合と同様な分析結果が得られることが明らかになった。検討結果をふまえ、抽出、およびカラム分離の段階の溶媒としては n-ヘキサンを用い、カラム分離の後に溶媒を四塩化炭素に置換し、赤外吸収法により油分量を定量する方法に変更した。

## 4 放射線科学センター部内レポートについて

放射線科学センターでは、放射線安全に関連する各種測定結果、放射線に関連する計算や検討結果、及び放射線管理に関連して出された通達や連絡を「放射線科学センター部内レポート」としている。部内レポートは、内容によって3つに分類し、それぞれ年度毎に通し番号をつけている。

- RAD-A-  
管理区域の設定、管理区域責任者の交代、手続き等放射線安全管理に関連して、主任者や管理区域責任者あるいは放射線管理室から出された通達
- RAD-D-  
新しい施設の放射線安全に関連して検討した結果、センター外からの依頼によって行った計算等の評価、その他放射線に関連して行った検討に関連する事項
- RAD-S-  
日常的な場の測定を含めた各施設において行った放射線測定に関連する事項

放射線部内レポートは、これまで「放射線管理報告」の中で一部引用された事はあったが、まとまって紹介してこなかった。資料として残すために、今年度は最初から1997年度までのレポートを Publication lists に掲載してある。

なお、田無分室において行った同種の事については、INS-reportとしてまとめられている。

# Chapter3

## 資料

### 1 受賞

中尾 徳晶

- 1997年度(平成9年度)日本原子力学会賞 論文賞  
「高エネルギー準単色中性子場の開発と中性子遮蔽ベンチマーク実験」

### 2 科学研究費補助金

- 基盤研究 B(2) 低バックグラウンド低エネルギー $\beta$ 線検出器の開発と原爆速中性子線の評価  
研究代表者:柴田徳思
- 基盤研究 B 展開 高分子表層の自由体積評価装置の開発  
(短パルス化低速陽電子ピ - ム装置の開発)  
研究代表者:鈴木健訓  
研究分担者:沼尻正晴、沖雄一、三浦太一、近藤健次郎
- 基盤研究 C 自己TOF型中性子検出器の開発と中性子弾性散乱断面積の評価  
研究代表者 中尾徳晶  
研究分担者 柴田徳思(KEK)、中村尚司(東北大学CYRIC)
- 基盤研究 C 一般 陽電子消滅法による高分子自由体積と緩和現象との相関に関する研究  
研究代表者:鈴木健訓  
研究分担者:沼尻正晴、沖雄一、三浦太一、近藤健次郎
- 基盤研究 C(2) 「軽元素の超高感度分析のための光量子・荷電粒子放射化 -  
オンライン分離・検出法の開発」  
研究代表者:榎本和義

### 3 教育活動

柴田徳思

- 非常勤講師
  1. 東京都立大学理学部
  2. 立教大学理学部
  3. 広島大学工学部
  4. 東北大学工学研究科

平山英夫

- 非常勤講師
  1. 東北大学工学研究科
  2. 九州大学工学研究科

伴 秀一

- 日本原子力学会・放射線工学部会夏期セミナー - 「高エネルギー - 電子加速器施設における放射線防護」

榎本和義

- A technical cooperation expert of the IAEA for the mission of “Nuclear Analytical Techniques in Mineral Resources Development - Photon Activation Analysis”, 13 Aug. - 5 Sep 1997, Mongol University

三浦太一

- 日本アイソトープ協会放射線取扱主任者部会関東支部主催  
放射線業務従事者のための教育訓練講習会講師  
題目：放射線とアイソトープの安全取扱の実際 II

沖 雄一

- 非常勤講師
  1. 茨城県立医療大学放射線技術科学科

#### 4 機構外委員会等活動

柴田徳思

- 日本学術会議第 17 期会員
- 日本学術会議 第 17 期核科学総合研究連絡委員会委員
- 同原子力基礎研究専門委員会委員
- 原子力安全委員会専門委員
- 科学技術庁 原子力安全技術顧問
- 京都大学原子炉実験所運営委員会委員
- 東京大学工学部附属原子力工学研究施設運営委員会委員
- 日本原子力研究所基礎研究推進委員会専門委員
- 日本原子力研究所原研・大学プロジェクト共同研究検討委員会委員

平山英夫



- 日本原子力学会「原子力施設等での遮蔽安全性評価手法及びデータの調査」特別研究専門委員会 座長
- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員
- 日本原子力研究所炉物理委員会高エネルギー粒子工学専門部会 委員
- 日本原子力研究所第9回放射線遮蔽国際会議組織委員会 委員
- 同企画委員会、プログラム委員会 委員

鈴木健訓

- 財団法人・放射線利用振興協会 放射線利用試験研究デ - タベ - ス検討委員会
- 同 放射線技術専門部会委員

伴 秀一

- 日本原子力学会企画委員
- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員

榎本和義

- 放射線利用振興協会  
放射化分析支援システム検討会委員

佐々木慎一

- 応用物理学会・分科会世話人
- 電気学会・量子計測高度利用技術調査専門委員会委員
- 応用物理学会・企画運営委員
- 応用物理学会・講演奨励賞選考委員沼尻正晴

沼尻正晴

- シグマ研究委員会（日本原子力研究所東海研究所）
- 同 高エネルギー核データ評価WG委員
- 同 JENDL 高エネルギー核データファイル積分テストに関するタスクフォース委員

波戸芳仁

- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員

中尾徳晶

- 日本原子力学会 「遮蔽設計法高度化」研究専門委員会 委員
- 日本原子力研究所炉物理委員会高エネルギー粒子工学専門部会 委員

# Chapter4

## Publication Lists

### 1 Publications in Periodical Journals (1997.1-1997.12)

1. Kobayashi, Y., Zheng, W., Hirata, K. and Suzuki, T. “Electric field effect on positronium formation in gamma-irradiated polypropylene and polyethylene” *Radiation Physics and Chemistry* **50**(1997)589-593.
2. Kobayashi, Y., Zheng, W., Hirata, K. and Suzuki, T. “Positronium Formation in Polypropylene and Polyethylene -Effects of Gamma-irradiation and Electric field-” *Materials Science Forum* **255-257**(1997)67-71.
3. Hamada, E., Oshima, N., Suzuki, T., Sato, K., Kanazawa, I., Nakata, M. and Takeuchi, S., “Positron annihilation studies of icosahedral AlCuRu and AlCuFe alloys” *Materials Science Forum*, **255-257**(1997)451-453.
4. Harima, Y., Hirayama, H., Sakamoto, Y., Kurosawa, N., and Nenoto, M. “Comparison of Line Beam Response Function for Gamma-ray Skyshine Analysis based on Single Scattering Method with the Monte Carlo Calculations”, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **32**(1997)856-859.
5. Hashimoto, O., Ajimura, S., Aoki, K., Bhang, H., Endo, T., Fujii, Y., Hotchi, H., Hungerford, E., Kim, H. J., Kim, Y. D., Kishimoto, T., Koshino, K., Kubota, K., Maeda, K., Nagae, T., Noumi, H., Ohta, Y., Omata, K., Outa, H., Park, H., Saito, Y., Saito, T., Sato, Y., Sekimoto, M., Shibata, T, Takahashi, T., Tamagawa, T., Tamura, H., Tang, L., Tanita, H., and Youn, M., “Structure of Light Hypernuclei and the N Interaction”, *Nucl. Phys.* **A629**(1998)405-411.
6. Ishibashi, K., Takada, H., Nakamoto, T., Shigyo, N., Maehata, K., Matsufuji, N., Meigo, S., Chiba, S., Numajiri, M., Watanabe, Y., and Nakamura, T., “Measurement of Neutron-Production Double-Differential Cross Sections for Nuclear Spallation Reaction Induced by 0.8, 1.5 and 3.0 GeV Protons”, *J. Nucl. Sci. Technol.* **34**(1997)529-537.
7. Ito, Y., Minowa, M., Ootani, W., Nishigaki, K., Kishimoto, Y., and Watanabe, T., “Development of the bolometer for the  $\beta^+\beta^+$  decay experiment”, *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Research* **A386**(1997)439-442.
8. Minowa, M., Ootani, W., Ito, Y., Kishimoto, Y., Watanabe, T., Inoue, Y., and Ootuka, Y., “Status of Tokyo Dark Matter Search Experiment”, *Dark Matter in Astro- and Particle Physics (DARK'96)*, Editors: H. V. Klapdor-Kleigrothaus and Y. Ramachers, Heidelberg, (1997, World Scientific) pp. 532-535.

9. Masumoto, K., Hara, H., Hasegawa, D., Iino, E., Yagi, W., "Photon and proton activation analysis of iron and steel standards using the internal standard method coupled with the standard addition method", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **217**(1997)247-253.
10. Minowa, M., Ootani, W., Watanabe, T., Ito, Y., Kishimoto, Y., Inoue, Y., and Ootuka, Y., "Tokyo Cryogenic Dark Matter Search Experiment with Fluorine", *Dark Matter in the Universe and its Direct Detection*, Editor: M. Minowa, Tokyo, (1997, Universal Academy Press).
11. Miyajima, M., Sasaki, S., Tawara, H. and Shibamura, E., "Application of RIS to Search for Double Beta Decay of  $^{136}\text{Xe}$ ", *RESONANCE IONIZATION SPECTROSCOPY 1996*, ed. N. Winograd and J.E. Parks (AIP PRESS, 1997), 253-258.
12. Nakamoto, T., Ishibashi, K., Matsufuji, M., Shigyo, N., Maehata, K., Arima, H., Meigo, S., Takada, H., Chiba, S., and Numajiri, M., "Experimental Neutron-Production Double-Differential Cross Section for the Nuclear Reaction by 1.5-GeV  $\pi^+$  Mesons Incident on Iron", *J. Nucl. Sci. Technol.* **34**(1997)860-862.
13. Nakao, N., Nakao, M., Nakashima, H., Tanaka, Su., Sakamoto, Y., Nakane, N., Tanaka, Sh. and Nakamura, T., "Measurements and Calculations of Neutron Energy Spectra Behind Polyethylene Shields Bombarded by 40- and 65-MeV Quasi-Monoenergetic Neutron Sources", *J. Nucl. Sci. Technol.*, **34**(4)(1997)348-359.
14. Nariyama, N., Tanaka, S., Nakane, Y., Asano, Y., Hirayama, H., Ban, S., Nakashima., H., and Namito, Y., "Response and Glow Curves of  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$ ,  $\text{BeO}$  and  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  TLDs to 10-40 keV Monoenergetic Photons from Synchrotron Radiation", *Radio. Prot. Dosi.*, **74**(1997)155-161.
15. Ohtsuki, T., Masumoto, K., Sueki, K., Kikuchi, K., Ohno, K., Maruyama, Y., Kawazoe, Y., "Properties of radioactive fullerene families", *Res. Rep. Lab. Nucl. Sci.* **30**(1997)69.
16. Oshima N., Hamada E., Suzuki T., Kanazawa I. and Ito Y., "Performance report of a newly developed slow positron pulsing apparatus" *Materials Science Forum*, **255-257**(1997)629-631.
17. Oshima N., Suzuki T, Kanazawa I., and Ito, Y., "Design of a high-efficiency short-pulsed positron beam system" *Applied Surface Science* **116**(1997)82-86.
18. Sakurai, H., Fukuda, M., Hayashibe, Y., Sayama, Y., Masumoto, K., Ohtsuki, T., "Determination of fluorine in standard rocks by photon activation analysis", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **217**(1997)267-271.
19. Sasaki, S., Tawara, H., Shibamura, E. and Miyajima, M., "RIS-TOFMS System to Search for Double Beta Decay of  $^{136}\text{Xe}$ ", *Resonance Ionization Spectroscopy 1996*, ed. N. Winograd and J.E. Parks (AIP PRESS, 1997), 427-430.
20. Sato, T., Shin, K., Ban, S., Namito, Y., Nakamura, H. and Hirayama, H., "Measurements of High-Energy Photonuclear Reaction Yields in the 2.5-GeV Electron Beam Stop", *Nucl. Instr. Meth.*, **A401**(1997)476-490.
21. Shin, K., Kotegawa, H., Sakamoto, Y., Nakane, Y., Nakashima, H., Tanaka, S., Uwamino, Y., Ban, S., Hirayama, H., and Tanaka, S. "Point Isotropic Buildup Factors of Medium

- Energy Neutrons for Concrete and a Double Layer of Iron Followed by Concrete”, *Radiat. Prot. Dosi.*, **71**(1997)269-278.
22. Shinohara, A., Muroyama, T., Miura, T., Saito, T., Yokoyama, A. and Furukawa, M., “Behavior of Pionic Hydrogen Atoms in Liquid Organic Compounds”, *Hyp. Int.*, **106** (1997)301.
  23. Shizuma, K., Iwatani, K., Hasai, H., Oka, T., Hoshi, M., Shibata, S., Imamura, M., and T.Shibata, T., “Identification of  $^{63}\text{Ni}$  and  $^{60}\text{Co}$  Produced in a Steel Sample by Thermal Neutrons from Hiroshima Atomic Bomb”, *Nucl. Instr. Meth.* **A348**(1997)375-379.
  24. Suzuki T., Oshima N., Hamada E., Ogawa T., Murakami M. and Ito Y., “Relaxation Behavior of Polymers at Low Temperature Studied by Positron Annihilation” *Materials Science Forum*, **255-257**(1997)351-353.
  25. Uwamino, Y., Soewarsono, T. S., Sugita, H., Uno, Y., Nakamura, T., Shibata, T., Imamura, M., and Shibata, S., “High-energy p-Li neutron field for activation experiment”, *Nucl. Instr. Meth.* **A389**(1997)463-473.

## 2 Publication in Japanese

1. Endo, A., Oki, Y., Miura, T., Kanda, Y. and Kondo, K., "Radiation Protection in High-intensity and High-energy Accelerator Facilities: Mainly on activation and protection of internal exposure due to induced radionuclides (in Japanese)", *J. At. Energy Soc. Japan*, **39**(1997)210.
2. 藤田成隆、信山克義、鈴木健訓, "陽電子消滅法による高分子材料中の自由体積の評価 電気学会論文誌 A(T.IEE Japan) 117-A(1997)351-354.
3. 榎本和義, "核的手法による RI 標識フラレンの生成", *Radioisotopes* **46**(1997)411.
4. 佐々木慎一, "放射線・プラズマエレクトロニクス", 応用物理、**Vol 66**, No.1 (1997) 45-46.
5. 佐々木慎一, "放射線・プラズマエレクトロニクス", 応用物理、**Vol 66**, No.6 (1997) 600-601.
6. Shibata, T., "Research Programs Using Accelerator Facilities Report on Scientific and Engineering Subjects to be Studied with Future Accelerator Facilities(in Japanese)", *J. of Atomic Energy Soc. Japan* **39**(1997)287-294.
7. Shibata, T., "Radiation Protection of the Operation of Accelerator Facilities - on Accelerators with Energy Below ~ 100MeV-(in Japanese)" *Journal of Health Physics* **32**(1997)403-407.
8. 柴田徳思, "原子力研究を進めるに当って" 日本原子力学会誌 **39**(1997)11月号巻頭言 p.1.
9. 柴田徳思, "第 16 期日本学術会議 原子力基礎研「原子力基礎研究専門委員会活動のまとめ」", 日本原子力学会誌 **39**(1997)12月号後付.
10. 柴田徳思, "高エネルギー加速器研究機構の発足", *Isotope News* 1997年9月号 28-29.
11. 鈴木健訓, "陽電子消滅法のネットワ - クポリマ - への応用", ネットワ - クポリマ - **18 No.3**(1997)121-132.

### 3 Presentation at Conference *etc.*

#### 3.1 International Conference

1. Nakao, N, Nakashima, H., Sakamoto, Y., Nakane, Y., Sh. Tanaka, Sh., Nakao, M., Nakamura, T., Tanaka, Su., Shin, S. and Baba, M., “Transmission through shields of quasi-monoenergetic neutrons generated by 43- and 68-MeV Protons”, Proc. 30th Midyear Topical Meeting, Health Physics of Radiation-Generating Machines, pp271-278, Jan. 5-8, 1997, San Jose, California.
2. Oki, Y., Numajiri, M., Kanda, Y., Suzuki, T., Miura, T. and Kondo, K., “Enrichment of Radionuclides in Welding Fumes During Thermal Cutting of Activated Metals in High-Energy Accelerators”, Proc. of 30th Midyear Topical Meeting of Health Phys. Soc., pp.391-396, 5-8 January 1997, San Jose, California.
3. Hirayama, H. and Shin, K., “Application of the EGS4 Monte Carlo Code to a Study of Multilayer Point Isotropic Gamma-Ray Exposure Buildup Factors up to 40 mfp”, Presented at 1997 International Conference on Radiation Dosimetry and Safety, Taipei, Taiwan, Mar.31-Apr.2, 1997(KEK Preprint 96-175).
4. Nakao, N., “Calculation of Radiation Fields Inside Iron Beam Dump Irradiated by 24 GeV/c Proton”, Third Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE3), KEK, Tsukuba, Japan, May 7-9, 1997. Published in KEK Proceedings 97-5(1997), and KEK Preprint 97-61 (1997).
5. Suzuki, T., Miura, T., Oki, Y., Numajiri, M., Kondo, K., Ban, S., Kanda, Y., Hirayama, H., Tanaka, K.H., Minakawa, M., Yamanoi, Y., Ieiri, M., Kato, Y., Ishii, H., Suzuki, Y., Takasaki, M., Noumi, H., Mokhov, N., “Shielding design of decay volume and target station for neutrino oscillation experiment using MARS” Third Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE3) KEK, Tsukuba, Japan May 7-9,199, KEK Proc. 97-5, pp.201-208,(1997).
6. Suzuki, T., Miura, T., Oki, Y., Numajiri, M., Kondo, K., Ban, S., Kanda, Y., Hirayama, H., Namito, Y., Shibata, T., Tanaka, K.H., Minakawa, M., Yamanoi, Y., Ieiri, M., Kato, Y., Ishii, H., Suzuki, Y., Takasaki, M., Noumi, H., Nishikawa, K. Mokhov, N., “Comparison between soil benchmark experiment and MARS calculation” *ibid*, KEK Proc. 97-5, pp.277-283 (1997).
7. Hirayama, H., “Inter-comparison of the Medium-Energy Neutron Attenuation in Iron and Concrete”, Proceedings of the Third Specialists Meeting on Shielding Aspects of Accelerators, Targets and Irradiation Facilities, Sendai, Japan, May 12-13, 1997,185-195 (KEK Preprint 97-29).
8. Namito, Y. and Hirayama, H., “Improvement of EGS4 code on the inner-shell ionization and relaxation”, Presented at the 2nd International Workshop on Electron and Photon Transport Theory Applied to Radiation Dose Calculation, Seattle, USA, 1-5 June 1997,
9. Ohtsuki, T., Masumoto, K., Sueki, K., Kikuchi, K., Ohno, K., Maruyama, Y., Kawazoe, Y., “Detection and separation of radioactive fullerene families by radiochemical techniques”, Similarities and Differences between Atomic Nuclei and Clusters, Tsukuba, Jul. 1-5, 1997, AIP press, CP416,261-269(1997).

10. Nelson, W. R., Bielajew, A. F., Rogers, D. W. O, Hirayama, H. and Namito, Y., "EGS4 in '97 - A Decade Plus of Enhancements", Presented at 1st International workshop on EGS4, KEK Proceedings 97-16, 1-31, Tukuba, JAPAN, 24-29 Aug. 1997, (SLAC PUB 6625,5 Aug 1997, Rev., KEK Preprint 97-237).
11. Namito, Y., Hirayama, H. and Ban, B., "Improvement of EGS4 code on low energy photon transport", Presented at 1st International workshop on EGS4, KEK Proceedings 97-16, 32-50, Tukuba, JAPAN, 24-29 Aug. 1997, (KEK Preprint 97-237).
12. Namito, Y., Hirayama, H. and Ban, S., "Implementation of an L-shell Photoelectron and an L X-ray for Elements into the EGS4 code", World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, I76-PS1.02, Nice, France, 14-19 Sep. 1997.
13. Namito, Y. and Hirayama, H., "Implementation of the electron impact ionization into the EGS4 code", *ibid*, I76-PS1.01, Nice, France, 14-19 Sep. 1997.
14. Nariyama, N., Tanaka, S., Nakane, Y., Hirayama, H., Ban, S., Nakashima, H., Namito, Y., Hyodo, K., Takeda, T., "Dose measurements with TLDs in phantoms for coronary angiography using synchrotron radiation", World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, I77-OS2.01, Nice, France, 14-19 Sep. 1997.
15. Hirayama, H., Namito, Y. and Ban, S. "Detail Simulation of Low Energy Photon Transport with EGS4", Presented at Elocytions on Monte Carlo in Monte Carlo (E=MC<sup>2</sup>), Principauté de Monaco, September 20(1997).
16. Shinyama K., Fujita S., Suzuki T., and Baba M., "Electrical properties of electron beam irradiated polyetheretherketone" Proceedings of 1997 Japan-Korea Joint Symposium on electrical discharge and high voltage engineering" Kyushu University, Fukuoka, Japan, October 13-14, 1997,pp213-216
17. Arai, M., Kiyanagi, Y., Watanabe, N., Shibazaki, H., Ito, S., Otomo, T., Numajiri, M., Ogawa, Y., Suda, Y., Takagi, R., Furusaka, M., Inamura, Y., and Satoh, S., "Study on Neutron Yield for 12 GeV protons", *ibid*, KEK Proc. 97-5, pp.293-299,(1997).
18. Ito, Y., "Present status of the low-background low-energy  $\beta$ -ray detector development to estimate the fast neutron fluence for the Hiroshima atomic bomb", Fourth Workshop for the Evaluation of Atomic Bomb Radiation Doses in Hiroshima and Nagasaki, Hiroshima, Oct. 20-21 Oct. 1997.
19. Shinohara, A., Muroyama, T., Miura, T., Yokoyama, A., Takamiya, T., Kaneko, T., Saito, T., Sanada, J., Araki, H., Kojima, S., Muramatsu, H., Baba, H. and Furukawa, M., "Behavior of Pionic Hydrogen Atoms in Gas and Liquid Phases", Asia-Pasific Symposium on radiochemistry 1997, Kumamoto, Japan (1997).
20. Muroyama, T., Shinohara, A., Saito, T., Yokoyama, A., Takamiya, T., Morimoto, S., Nakanishi, K., Baba, H., Miura, T., Hamajima, Y., Kaneko, T., Muramatsu, H., Kojima, S. and Furukawa, M., "Negative Pion Transfer Process in Hydrogen-Containing Gas Mixtures", Asia-Pasific Symposium on radiochemistry 1997, Kumamoto, Japan (1997).
21. Muramatsu, H., Ishii, H., Tanaka, E., Ito, H., Misawa, M., Miura, T., Muto, S., Koizumi, M., Osa, A., Sekine, T. and Yanaga, M., "Mossbauer Spectroscopy of Cs-133 Following the Decay of Xe-133 Atoms Implanted in Metals", Asia-Pasific Symposium on radiochemistry 1997, Kumamoto, Japan (1997).

22. Itoh, S., Miura, T., Furusaka, M., Sasaki, S. and Iijima, K., "Experimental Evaluation of Be-7 and H-3 Production in KENS Target-Moderator System", The International Workshop on JHF Science, Tsukuba, Japan (1998).
23. Oki, Y., Kondo, K., Kanda, Y. and Miura, M., "Aerosol Size Distribution of Radon Daughters in the Accelerator Tunnel Air", Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry '97, p135, 1997.
24. Masumoto, K., Ohtsuki, T., Miyamoto, Y., Zaidi, J. H., Kajikawa, A., Haba, H., Sakamoto, K., "Photon activation analysis of I, Tl and U in environmental materials", *ibid*, p77.
25. Miyamoto, Y., Kajikawa, A., Haba, H., Masumoto, K., Nakanishi, T., Sakamoto, K., "Neutron and photon activation analysis of geochemical and plant samples - Effects of interfering nuclear reactions -", *ibid*, p.102.
26. Masumoto, K., Ohtsuki, T., Sueki, K., Kikuchi, K., Mitsugashira, T., "Direct preparation of radioactive carbon labeled fullerenes using nuclear reaction", *ibid*, p. 216.
27. Bessho, K., Kanda, Y., Harada, Y., Uchida, T. and Teramae, N., "Intramolecular excimer formation dynamics of 1,3-bis(1-pyrenyl)propane incorporated into the surfactant assembly formed at the silica-water interface", 8th Int. Conf. on Unconventional Photoactive Systems, Nara, Japan, 1997.

### 3.2 Other

1. 第34回理工学における同位元素研究発表会、(1997,6/30-7/2)
  - 大島永康、濱田栄作、鈴木健訓、金沢育三、伊藤泰男、“低速陽電子の短パルス化(II)”
  - 濱田栄作、大島永康、鈴木健訓、金沢育三、伊藤泰男、“低速陽電子を用いた陽電子寿命測定”
2. 物理学会、1997年10月 秋田大学
  - 佐々木慎一、俵裕子、柴村英道、宮島光弘、“3次元イメージ自己同期型キセノンドリフト電離箱 III”(3-Dimensional Event Imaging Self-triggerred Xenon Ionization Drift Chamber III).
3. 日本原子力学会1997年秋の大会、1997年10月14日-17日、沖縄コンベンションセンター・沖縄ハイツ、沖縄県(1997 Fall Meeting of the Atomic Energy Society of Japan).
  - 中尾徳晶、柴田徳思、大久保徹、佐藤信吾、上菘義朋、坂本幸夫、Perry, D. R., “800MeV陽子加速器施設ISISにおける遮蔽実験”(Shielding experiment at 800MeV proton accelerator facility, ISIS).
  - 大久保徹、柴田徳思、上菘義朋、安野信剛、“TLBを用いた中性子線量当量計モニタの開発(2)”(Development of a neutron dose equivalent monitor with TLB(2)).
  - 佐藤達彦、田中憲一、秦和夫、伴秀一、波戸芳仁、中村一、沖雄一、平山英夫、“高エネルギー電子照射によるビームダンプ中の生成核種の集率”(Measurement of high-energy photonuclear yields in an electron beam stop).
  - 三浦太一、高原伸一、石浜茂夫、大塚憲一、国府田保、“高エネルギー陽子加速器シールドコンクリート中の放射能濃度”(Concentration of Radio-Nuclide in Shield Concrete for High Energy Proton Accelerator).



- 波戸芳仁、平山英夫、上野彰、“5.6MeV陽子線形加速器実験装置の遮蔽設計” (Shielding design for 5.6 MeV test stand of the proton linac).
  - 播磨良子、平山英夫、坂本幸夫、根本誠、黒沢直弘、“ $\gamma$ 線スカイシャイン線量評価に用いるラインビームレスポンス関数の近似” (Approximation of the Line Beam Response Function for Gamma-Ray Skyshine Dose Analyses).
  - 坂本幸夫、鈴木友雄、平山英夫、根本誠、黒沢直弘、播磨良子、“BERMUDAコードによるガンマ線スカイシャイン線量評価” (Gamma-Ray Skyshine Dose Calculation with BERMUDA Code).
  - 平山英夫、“大強度陽子加速器の放射線安全” (Radiation Safety at High Intensity Proton Accelerators).
4. 第40回放射線化学討論会、日本原子力研究所・東海研(1997,10/14-16)
- 鈴木健訓、濱田栄作、大島永康、金沢育三、伊藤泰男、“陽電子消滅法による高分子材料の低温における挙動”
  - 小林慶規、鄭万輝、平田浩一、鈴木健訓、“高分子中のポジトロニウム形成と陽電子の移動度”
  - 濱田栄作、大島永康、鈴木健訓、金沢育三、伊藤泰男、“陽電子消滅法による低温におけるポリスチレンの特性の研究”
5. 第47回ネットワークポリマー講演討論会、学士会館(1997,10/30-31)
- 鈴木健訓、特別講演“陽電子消滅法の高分子材料への応用”
6. 東北大学金属材料研究所・共同利用研究会「陽電子による材料ナノ構造解析」本多記念会館、1997年11/13-14
- 鈴木健訓、「陽電子消滅法による高分子の自由体積の研究」
7. 原爆線量研究会 1997年11月14-16日、岡山大学
- 伊藤寛、“ $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ 反応を利用した速中性子線量測定の準備状況”.
8. 第6回東京大学・原子力研究総合センターシンポジウム、東京大学・山上会館、1997年12月4日
- 鈴木健訓、「ポジトロニウムで見た高分子材料の緩和過程」
9. 京都大学原子炉研究所専門研究会「水素同位体の環境動態」、熊取(1997,12)、
- 三浦太一、“高エネルギー加速器周辺土壤中に生成する放射性同位元素の挙動”
10. 研究会「第11回放射線検出器とその応用」(高エネルギー加速器研究機構)(1997/2/5-7)  
(11th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses)
- Tawara, T., Sasaki, S., Miyajima, M. and Shibamura, E., “Absolute Detection Efficiency of a MCP for He Ions”, KEK Proceedings 97-8 (1997)210-222.
  - Oshima, N., Suzuki, T., Kanazawa, and Y.Ito, Y. “Development of a Pulsing System for Slow Positron Beam” KEK Proceedings 97-8,114-120(1997).
11. JHF Symposium on Neutronics and Radiation Shielding for Spallation Neutron Source, 10-11 March, 1998, at KEK

- Nakao, N., Shibata, T., Uwamino, Y., Ohkubo, T., Sato, S., Sakamoto, Y., Perry, D. R., “Deep Penetration Experiment at 800 MeV Proton Accelerator Facility, ISIS”
12. 応用物理学会、1998年3月 東京工科大学
    - 佐々木慎一、飯島和彦、穂積憲一、“ウランターゲット被覆の健全性調査のための微量 $^{135}\text{Xe}$ の測定” (Measurement of trace amounts of  $^{135}\text{Xe}$  in the coolants for verification of uranium-target claddings).
  13. 日本原子力学会 1988年春の年会、1998年3月26日-28日、近畿大学、東大阪市 (1998 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan).
    - 平山英夫、Dworak, D., Tesch, K., Dinter, H., Mokov, N., 長尾忠司、坂本幸夫、“鉄及びコンクリート中での中性子減衰の相互比較” (Inter-comparison of the Neutron Attenuation in Iron and Concrete).
    - 佐藤達彦、秦和夫、伴秀一、波戸芳仁、中村一、平山英夫、“PICA95の改良と、電子ビームダンプ中の残留核収率の再評価” (The Modification of PICA95, and Re-estimation of High-Energy Photonuclear Reaction Yields in an Electron Beam Stop).
  14. 第41回放射化学討論会 (1997, 熊本) JC03(SORC-41)
    - 沼尻正晴、鈴木健訓、沖 雄一、三浦太一、近藤健次郎、“主リング盛り土中の環境放射能の測定”
    - 鹿野弘二、榎本和義、大槻 勤、“加速器利用によるRI標識有機試薬の合成と分離精製”
  15. Post ISMC Meeting in Saga : From macrocyclic Chemistry to Supramolecular Chemistry, Saga, Japan, 1997.
    - Bessho, K., Kanda, Y., Harada, Y., Uchida, T. and Teramae, N. “Aggregation behavior of nonionic surfactant in silica mesopore”
  16. 1997 Symposium on Nuclear Data
    - Nishimura, M., Nakamoto, T., Shigyo, N., Iga, K., Maruyama, S., Maehata, K., Ishibashi, K., Meigo, M., Takada, H., Hirayama, H., Ban, S., Numajiri, M., and Shibata, T., “Quasi-Elastic Cross Sections for the 1GeV Proton Incident on  $^4\text{He}$  and  $^{12}\text{C}$ ”, JAERI-Conf 97-005, pp.252-257 (1997).

## 4 Reports *etc.*

### 4.1 KEK Proceedings

1. Hirayama, H. edited, “Proceedings of the Third Workshop on Simulating Accelerator Radiation Environments (SARE3)”, May 7-9, 1997, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 97-5*(1997).
2. Sasaki, S., Takahashi, H., Nakazawa, M. and Miyajima, M. edited, “Radiation Detectors and Their Uses”, Proceedingd of the 11th Workshop on Radaition Detectors and Their Uses, 5-7 February, 1997, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 97-8*(1997).
3. Hirayama, H., Namito, Y. and Ban, S. edited, “Proceedings of the First International Workshop on EGS4”, August 26-29, 1997, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 97-16*(1997).

## 4.2 KEK Internal

1. 波戸芳仁、平山英夫、上野彰, “陽子線型加速器実験装置の放射線安全対策”, *KEK Internal 97-3* (1997).
2. 佐々木慎一、穂積憲一、飯島和彦、宮島光弘, “連続放射線集中監視装置におけるインターロックシステム (Interlock System in NORM2)”, *KEK Internal 97-4*(1997).
3. Hirayama, H., “How to use Mortran3 (revised)”, *KEK Internal 97-5* (1997).
4. Namito, Y., “How to use PEGS4”, *KEK Internal 97-6*(1997).
5. Namito, Y., Nakamura, H. and Hirayama, H., “-Lecture Note- Installation of EGS4”, *KEK Internal 97-7*(1997).
6. Hirayama, H., “-Lecture Note- How to Write the User Code of EGS4”, *KEK Internal 97-8*(1997).
7. Hirayama, H., “-Lecture Note- How to Code Geometry of EGS4”, *KEK Internal 97-9*(1997).
8. Hirayama, H., “Overview of the EGS4 Code System”, *KEK Internal 97-10* (1997).
9. Yamada, S., Nakamura, K., Sato, T., Takasaki, M., Tanaka, K. H., Ieiri, M., H. Noumi, H., Suzuki, Y., Ishii, H., Kato, Y., Yamanoi, Y., Minakawa, M., Kondo, K., Hirayama, H., Suzuki, T., Miura, Y. and Takahara, S., “Desain for the Radiation Protection of the Modified EP2 Beam Line in the KEK-PS East Counter Hall (in Japanese)”, *KEK Internal 97-11*(1997).
10. Yamada, S., Nakamura, K., Sato, T., Takasaki, M., Tanaka, K. H., Ieiri, M., H. Noumi, H., Suzuki, Y., Ishii, H., Kato, Y., Yamanoi, Y., Minakawa, M., Kondo, K., Hirayama, H., Suzuki, T., Miura, Y. and Takahara, S., “ Desain for the Radiation Protection of the Radiation Controlled Area around the KEK-PS North Counter Hall (in Japanese)”, *KEK Internal 97-12*(1997).
11. 佐々木慎一、穂積憲一、飯島和彦、宮島光弘, “連続放射線集中監視装置におけるデータ収集システム (Data Acquisition System in NORM2)”, *KEK Internal 97-14*(1997).
12. Irie., Y., Kawakubo, M., Kobayashi, M., Kondo, K., Saito, Y., Shibata, T., Suzuki, T., Takasaki, E., Takasaki, M., Takeda, S., Tanaka, K. H., Nihei, S., Numajiri, M., Hirayama, H., Furusaka, M. and Miyake, Y, “Guidelines in Safety Design of Accelerator Components and Facilities at High Radiation Fields (in Japanese)”, *KEK Internal 87-17*(1997).
13. Miura, T., Takahara, S. and Hozumi, H., “Survey of the Radioactivities of Tritium and  $\gamma$ -ray Emitters in the Environmental Water around KEK (in Japanese)”, *KEK Internal 97-18*(1997).
14. Taira, M., Bessho, K. and Kanda, Y., “Chemical Safety Report -1997-” ( in Japanese ), *KEK Internal 97-19*(1997).
15. 波戸芳仁、俵裕子、平山英夫、竹内康紀、船越義裕、吉岡正和 “トリスタン入射蓄積リング並びに入射路の使用方法変更に伴う放射線安全対策”, *KEK Internal 97-21*(1997).

16. Ban, S., Hirayama, H., Hozumi, K., Iijima, K., Miura, T., Miyajima, M., Nakamura, H., Namito, Y., Numajiri, M., Oki, Y., Sasaki, S., Suzuki, S., Takahara, S., Tawara, H., N. Toyoshima, N. and Kondo, K., "放射線管理報告-1996年度- (in Japanese)", *KEK Internal 97-22*(1998).

### 4.3 Others

1. Nakao, N., Nakashima, H., Sakamoto, Y., Nakane, Y., Tanaka, Sh., Tanaka, Su., Nakamura, T., Shin, S. and Baba, M., "Experimental data on Concrete Shield Transmission of Quasi-monoenergetic Neutrons Generated by 43- and 68-MeV Protons via the  ${}^7\text{Li}(p,n)$  Reaction", *JAERI-Data/Code 97-020*(1997).
2. Masumoto, K., Sakamoto, K., Miyamoto, M., Haba, H., Ando, A., Ohtsuki, T., "Photon activation analysis of environmental samples by KURRI-LINAC (III)", *KURRI Prog. Rep.* 1997, p.132.
3. Nakao, N., Nakao, M., Sasaki, M., Nakamura, T., Shibata, T. and Uwamino, Y., "Development and Characterization of the Self-TOF Neutron Detector", *RIKEN Accel. Prog. Rep.* 1997, **31** (Mar.1998) p159.

## 5 Internal Reports of Radiation Science Center

### 5.1 RAD-D

- RAD-D-94/1 波戸芳仁、“BL-18BとBL-14Cでの白色放射光スペクトルの測定”  
RAD-D-94/2 波戸芳仁、“KEKB空気放射化の評価”  
RAD-D-94/3 波戸芳仁、“KEKB実験室コンクリート遮蔽”  
RAD-D-94/4 波戸芳仁、“KEKB排気拡散の評価”  
RAD-D-94/5 波戸芳仁、“TR-ARダクト内放射光散乱強度EGS4計算”  
RAD-D-94/6 波戸芳仁、“KEKB-HER散乱放射光計算”
- RAD-D-95/1 波戸芳仁、“ポアソン分布を考慮したデッドタイム補正”  
RAD-D-95/2 波戸芳仁、“パルス線源へのサーベイメータ使用限界”  
RAD-D-94/3 波戸芳仁、“KEKB-BPMへの放射光線量”  
RAD-D-95/4 波戸芳仁、“KEKBダクト外側への放射光線量”  
RAD-D-95/5 俵裕子、“KEKB/BTライン線量評価”  
RAD-D-95/6 俵裕子、“KEKB/BTラインQマグネット上部線量評価”  
RAD-D-95/7 沖雄一、“HTO飽和水蒸気中で作業した場合の内部被曝線量”  
RAD-D-95/8 俵裕子、“KEKB/BTライン上部線量評価2”
- RAD-D-96/1 波戸芳仁、“一定速度で移動する物体中の放射能濃度の最大値”  
RAD-D-96/2 Y. Namito, “Maximum of  $g(\epsilon)$ :Eq.(2.11.7) of SLAC-265”  
RAD-D-96/3 伴秀一、“放射光入射器棟のKEKB用改造時の遮蔽対策”  
RAD-D-96/4 俵裕子、“LER試運転時の空間線量”  
RAD-D-96/5 俵裕子、“KEKB富士・筑波B4放射線管理室での線量評価”  
RAD-D-96/6 俵裕子、“JLCトンネル内線量評価-1”  
RAD-D-96/7 波戸芳仁、“KEKBビームダンプ近傍の汚染管理区域化の検討”  
RAD-D-96/8 波戸芳仁、“ATF-MD上側の鉄遮蔽厚さ”  
RAD-D-96/9 俵裕子、“KEKB主リングの敷地境界の空間線量”  
RAD-D-96/10 波戸芳仁、平山英夫、“ARと入射路の間の遮蔽”  
RAD-D-96/11 波戸芳仁、“KEK-Bビームストッパー発熱計算”  
RAD-D-96/12 波戸芳仁、“クーロン障壁以下での(p,n)反応による中性子発生”  
RAD-D-96/13 波戸芳仁、“陽子加速器実験装置の遮蔽(ストッパー:C or W)”  
RAD-D-96/14 波戸芳仁、“KEK-B/BTの線量評価-0.1%ポイントロス”  
RAD-D-96/15 波戸芳仁、“ARとBT間の遮蔽(2)”  
RAD-D-96/16 鈴木健訓、“ターゲットステーションGPS観測口に必要の遮蔽の厚さ”  
RAD-D-96/17 俵裕子、“Bトンネル内での空間線量率の計算”  
RAD-D-96-18 Y. Namito and H. Hirayama, “Step-size dependence of Moller+brems event”  
RAD-D-96/19 平山英夫、柴田徳思、“大型ハドロン施設に係る放射線安全対策について”  
RAD-D-96/20 平山英夫、“12GeV PSリング内でのビームロス”  
RAD-D-96/21 平山英夫、“12GeV PSリング内でのビームロスト線量評価”

- RAD-D-96/22 平山英夫、“200MeV陽子の遮蔽”
- RAD-D-96/23 平山英夫、“12GeV PS リング内でのビームロスと JHP リングでのビームロスの比較”
- RAD-D-96/24 平山英夫、“50GeV ビームダンプでの Muon 評価”
- RAD-D-96/25 平山英夫、“土の放射化(鈴木、沼尻両氏の作業まとめ)”
- RAD-D-96/26 平山英夫、“50GeV ビームダンプでの Muon 評価(II)”
- RAD-D-96/27 平山英夫、“JHP での冷却水中トリチウム対策案(改訂版) RI 協会に無機液体廃液として集荷を依頼する(案)”
- RAD-D-96/28 平山英夫、“JHP での冷却水トリチウム対策(案) II”
- 
- RAD-D-97/1 伴秀一、“電磁シャワー付与が最大となる厚さの簡易計算”
- RAD-D-97/2 波戸芳仁、“Muon back ground estimation for 1997-type JLC”
- RAD-D-97/3 俵裕子、“KEKB 冷却水中放射能濃度の評価”
- RAD-D-97/4 俵裕子、“QCS 冷却用液体窒素中放射能濃度の計算”
- RAD-D-97/5 波戸芳仁、“BT ライン土盛りの厚さ対空間線量率”
- RAD-D-97/6 俵裕子、“BT 上部の線量(土盛変更)”
- RAD-D-97/7 俵裕子、“B リングダンプの EDEP 計算”
- RAD-D-97/8 俵裕子、“敷地境界線量に影響する KEKB リングダクトストリーミングについて”
- RAD-D-97/9 平山英夫、“コリメータのエッジを抜けて出る粒子のエネルギー、角度分布”
- RAD-D-97/10 三浦太一、飯島和彦、佐々木慎一、石浜茂夫、国府田保、“ブースター中性子減速材用純水中の放射能濃度”

## 5.2 RAD-S

- RAD-S-91/1 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/2 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/3 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/4 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/5 三浦重行、飯島和彦、“91年度前期(Aグループ)サーベイメータ等  
点検校正報告書”  
RAD-S-91/6 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/7 伴秀一、“2.5GeV電子で照射されたカロリメータ中の残留放射能”  
RAD-S-91/8 平山英夫、“2.5GeV電子による陽電子生成効率の計算”  
RAD-S-91/9 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/10 伴秀一、“フェルミ研へ郵送されたカロリメータ”  
RAD-S-91/11 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/12 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/13 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/14 三浦重行、飯島和彦、“91年度前期(Bグループ)サーベイメータ等  
点検校正報告書”  
RAD-S-91/15 伴秀一、“陽電子利にアックでのLong Pulseによるプラズマ加速時の  
出力制限”  
RAD-S-91/16 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-91/17 伴秀一、“オーストラリア ARLグループの持ち込んだTC-99試料”
- RAD-S-92/1 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/2 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/3 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/4 鈴木健訓、“P4ビームラインサーベイ”  
RAD-S-92/5 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/6 平山英夫、“金属中での電子のエネルギー損失について”  
RAD-S-92/7 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/8 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/9 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92/10 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h)  
[BSF Line (Top View)]”  
RAD-S-92/11 沼尻正晴、沖 雄一、鈴木健訓、近藤健次郎、三浦重行、  
“高エネルギー加速器施設における内部被曝線量評価上の諸問題  
-放射性エアロゾルの放射能濃度評価について-”  
RAD-S-92/12 伴秀一、“地下の共同溝からの放射光管理区域への接近”  
RAD-S-92/13 伴秀一、“PFのView Port各種”  
RAD-S-92/14 穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”  
RAD-S-92-15 伴秀一、“放射光にあるインターロックのないX線装置の現状”

RAD-S-92/16	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-92/17	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-92/18	伴秀一、“放射光のストレートなラインに必要な ストッパーの厚さの私案(4)—通常の方岐ラインのBBS—”
RAD-S-92/19	伴秀一、“放射光のストレートなラインに必要な ストッパーの厚さの私案(3)—挿入光源ラインのBBS—”
RAD-S-92/20	伴秀一、飯島和彦、“PFリング3GeVビームラインサーベイ”
RAD-S-92/21	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-92/22	沖雄一、“放射化した消化器を噴射したときの内部被曝”
RAD-S-93/1	PF二次ビームライン責任者
RAD-S-93/2	“PF入射器ゲートモニター汚染アラーム”
RAD-S-93/3	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/4	伴秀一、“BL-28B立上時のサーベイ”
RAD-S-93/5	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/6	伴秀一、“PF結晶切削室にあるX線発生装置の放射線サーベイ”
RAD-S-93/7	伴秀一、“オーストラリアからのAm-241について”
RAD-S-93/8	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/9	伴秀一、“放射光ビームラインの共通部・全体の放射線発生装置管理責任者”
RAD-S-93/10	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/11	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/12	伴秀一、“新型ニュートラック・バッジの照射(1)”
RAD-S-93/13	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/14	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mR/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/15	伴秀一、飯島和彦、“放射光リニアック・低速陽電子ビームライン”の出力制限インターロックの確認”
RAD-S-93/16	穂積憲一、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/17	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/18	伴秀一、穂積憲一、“放射光リニアックのゲートモニターの現状の報告”
RAD-S-93/19	伴秀一、中村一、“3GeV運転 光源棟実験ホールビームラインサーベイ”
RAD-S-93/20	伴秀一、“PFリングのロータリーポンプのオイル中のトリチウム濃度”
RAD-S-93/21	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/22	伴秀一、“11月13日の大雨による放射光リニアックへの雨水の流入”
RAD-S-93/23	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/24	研究用の少量ウランの輸出入に関するメモ2”
RAD-S-93/25	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-93/26	“トリスタン主リング・ビームラインの残留放射能について”
RAD-S-94/1	伴秀一、“94年1月のサンヨーのカードリーダー等の点検結果”
RAD-S-94/2	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”



RAD-S-94/3	伴秀一、“既設ゲートモニター制御部を更新する際の仕様”
RAD-S-94/4	伴秀一、“PF リング実験室東側の壁の放射線サーベイ”
RAD-S-94/5	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-94/6	“MR 放射光利用のための放射線管理室内の線量調査”
RAD-S-94/7	伴秀一、“PF クライストロン 4-6 の高出力運転時の放射線レベル”
RAD-S-94/8	“AR 南実験室クライストロン周辺サーベイ”
RAD-S-94/9	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-94/10	波戸芳仁、“AR 電子入射時中性子発生に関する調査”
RAD-S-94/11	伴秀一、“PF リニアック低速陽電子ビームラインでの3分間 大強度運転時の放射線測定”
RAD-S-94/12	近藤健次郎、“高工研での中性子個人線量計の応答に関する討論会 議事録”
RAD-S-94/13	伴秀一、“PF リニアック低速陽電子ビームラインでの大強度運転時 の放射線(2) 3月29日の場合”
RAD-S-94/14	波戸芳仁、“AR 電子入射時中性子発生に関する調査(第2回)”
RAD-S-94/15	波戸芳仁、“AR 電子入射時中性子発生に関する調査(第3回)”
RAD-S-94/16	“高工研でのNTAフィルムを用いた原子核乳剤型中性子個人線量計の 応答に関する検討”
RAD-S-94/17	伴秀一、中村一、“ビーム電流蓄積時のビームラインサーベイ”
RAD-S-94/18	波戸芳仁、“1994年4月13日のAR電子入射時中性子線量測定”
RAD-S-94/19	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-94/20	伴秀一、中村一、“X・γ線サーベイメータのFe-55に 対する感度”
RAD-S-94/21	伴秀一、中村一、“PF リニアックのクライストロンの遮蔽強化対策”
RAD-S-94/22	伴秀一、三浦太一、高原伸一、中村一、“千代田のNTAフィルムバッジ とCR-39の高工研EP1地下出入通路での照射”
RAD-S-94/24	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-94/25	伴秀一、中村一、“高エネルギー電子で照射された銅・アルミの 残留放射能による空間線量率の測定”
RAD-S-94/26	伴秀一、“PF リング偏向電磁石内の真空チェンバーの放射能測定(1)”
RAD-S-94/27	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-94/28	伴秀一、“PF リングの高輝度化に伴う放射線・変更申請の予定”
RAD-S-94/29	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
RAD-S-94/30	波戸芳仁、“NaIサーベイメータによるMR Magnet 放射能測定”
RAD-S-94/31	波戸芳仁、“KEKBでのオゾン、NOX 評価”
RAD-S-94/32	伴秀一、“高エネルギー電子による前方の制動X線の線量の簡易計算 プログラム”
RAD-S-94/33	伴秀一、中村一“PF リング偏向電磁石内の真空チェンバーの 放射能測定(2)”
RAD-S-94/34	波戸芳仁、“NaIサーベイメータによるMR Magnet 放射能測定(2)”
RAD-S-94/35	飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line (Top View)]”

- RAD-S-94/36 伴秀一、“94年8月のサンヨーのカードリーダー等の点検結果”  
 RAD-S-94/37 伴秀一、穂積憲一、“94年7~9月の停電・落雷による出入管理の  
 トラブルと対策”  
 RAD-S-94/39 中村一、“トリスラング加速空洞付近のコンクリートの  
 残留放射能について”  
 RAD-S-94/40 中村一、“AR南実験棟の鉄板の残留放射能について”  
 RAD-S-94/41 伴秀一、三浦太一、高原伸一、中村一、“千代田のNTAフィルムバッジ  
 とCR-39の高工研EP2(東カウンターホール)天井での照射”  
 RAD-S-94/42 伴秀一、中村一“PFリング偏向電磁石内の真空チェンバーの  
 放射能測定(3)”  
 RAD-S-94/43 波戸芳仁、“火災報知器搬出に伴う測定”  
 RAD-S-94/44 伴秀一、中村一“PFリング偏向電磁石内の真空チェンバーの  
 放射能測定(4)”  
 RAD-S-94/45 伴秀一、“出入管理用のサンヨーワークステーションのモデムによる  
 所外からの通信”  
 RAD-S-94/46 “9月17日落雷停電対策”  
 RAD-S-94/47 小林克己(PF)、“BL-20Bでの放射線安全対策”  
 RAD-S-94/48 飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”  
 RAD-S-94/49 伴秀一、“AR-NE1の60keV光子強度の測定”  
 RAD-S-94/50 波戸芳仁、“ダクト線量分布”  
 RAD-S-94/51 中村一、“大穂搬出物物品サーベイについて”  
 RAD-S-94/52 鈴木健訓、“EP2ビームライン K3-Q3 電源ケーブルの発火・損傷事故と  
 対応について”  
 RAD-S-94/53 三浦太一、“EP2-K3 ライン電源ケーブル燃焼事故に関する記録”  
 RAD-S-94/54 飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”  
 RAD-S-94/55 波戸芳仁、“AR入射時中性子線量測定 (AR南棟屋上)”  
 RAD-S-94/56 中村一、“MR放射光利用のためのつくば実験室 B4 直線部の空間線量調査”  
 RAD-S-94/57 俵裕子、“トリスラン AR内放射線レベル測定”  
 RAD-S-94/58 飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface(mSv/h) [BSF Line]”
- RAD-S-95/1 波戸芳仁、“AR100mA貯蔵時ガンマ線線量測定”  
 RAD-S-95/2 波戸芳仁、“AR南実験棟中性子分布FB測定”  
 RAD-S-95/3 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-95/4 伴秀一、中村一、“Sバンド大電力クライストロン、および  
 高電界試験装置の設置検査”  
 RAD-S-95/5 伴秀一、中村一、“Sバンドクライストロン周辺のサーベイ”  
 RAD-S-95/6 伴秀一、“放射光リニアックでの高電界試験装置の周辺での  
 線量の増加と対策”  
 RAD-S-95/7 伴秀一、中村一、“Sバンドクライストロン周辺のサーベイ”

- RAD-S-95/8 伴秀一、中村一 “放射光リニアックでの高電界試験装置の周辺での光子のエネルギースペクトルの推定”
- RAD-S-95/9 伴秀一、中村一、 “放射光リニアックの4極電磁石の残留放射能の測定”
- RAD-S-95/10 伴秀一、 “放射光リニアックでの高電界試験装置の周辺及び建物の外での空間線量率”
- RAD-S-95/11 伴秀一、 “陽電子リニアックのビームダンプ室のコンクリート中の残留放射能”
- RAD-S-95/12 中村一 “放射光リニアックでの高電界試験装置の周辺及び建物の外での空間線量率”
- RAD-S-95/13 飯島和彦、 “Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/14 波戸芳仁、 “陽子線型加速器試験装置 (RFQ) 放射線測定”
- RAD-S-95/15 波戸芳仁、 “RFQ用クライストロン放射線測定”
- RAD-S-95/16 中村一、俵裕子、 “MR衝突部 (トパーズ) 測定器の残留放射能の測定”
- RAD-S-95-17 中村一 “放射光リニアックでの高電界試験装置の周辺及び建物の外での空間線量率”
- RAD-S-95/18 伴秀一、中村一 “放射光リニアックでの高電界試験装置の漏洩光子のエネルギースペクトル”
- RAD-S-95/19 中村一、 “ATF 周辺の空間線量率の測定”
- RAD-S-95/20 中村一、 “アロカ $\gamma$ サーベイメータ TCS-161 の線量校正”
- RAD-S-95/21 波戸芳仁、 “NaIシンチサーベイ、GMサーベイ、YEL509G の比較”
- RAD-S-95/22 波戸芳仁、 “RFQ クライストロン放射線測定 (2)”
- RAD-S-95/23 波戸芳仁、 “ARでの軌道調整による電子入射時中性子発生の低減”
- RAD-S-95/24 飯島和彦、 “Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/25 伴秀一、中村一、 “Sバンド大電力クライストロンの性能変更後の設置検査”
- RAD-S-95/26 沖雄一、 “放射化物加工時の内部被曝線量早見表”
- RAD-S-95/27 鈴木健訓、 “EP2ビームライン K0-D2 電磁石コイルの損傷と対応について”
- RAD-S-95/28 伴秀一、穂積憲一、 “PF 光源棟放射線連続監視システムからのインターロック発生について”
- RAD-S-95/29
- RAD-S-95/30 中村一、 “AR 南実験棟屋上の空間線量率の測定”
- RAD-S-95/31 中村一、 “AR 準備棟屋上の空間線量率の測定”
- RAD-S-95/32 伴秀一、 “PF 入射器ゲートモニターの「危機異常」発生について”
- RAD-S-95/33 俵裕子、 “トリスタン衝突リング電磁石の残留放射能”
- RAD-S-95/34 伴秀一、中村一、 “BL-28B のミラーからの散乱光子のエネルギースペクトル”
- RAD-S-95/35 神田征夫、沼尻正晴、鈴木健訓、 “PS 関係 RI 排水受入量の改善について”

- RAD-S-95/36 鈴木健訓、“所内環境水測定”
- RAD-S-95/37 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/38 波戸芳仁、“ATF 運転直後残留放射能測定”
- RAD-S-95/39 俵裕子、“トリスタン衝突リングアーク部電磁石のBG+3 $\sigma$   
(測定結果と考察)”
- RAD-S-95/40 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-95/41 “一般区域でのチェックソース使用時及び保管場所サーベイ”
- RAD-S-95/42 俵裕子、平山英夫、“MR-PF X線シャッターの評価”
- RAD-S-95/43 伴秀一、中村一、“PF リニアックの4極磁石ヨークの残留放射能”
- RAD-S-95/44 俵裕子、“トリスタン衝突リングアーク部電磁石(残留放射能測定結果  
と管理方法)”
- RAD-S-95/45 俵裕子、“KEKB/BT 上部の線量評価”
- RAD-S-95/46 波戸芳仁、“第2回AR集中サーベイ”
- RAD-S-95/47 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/48 伴秀一、“PFのBL-28でのUse試料恣意雨後の実験装置の表面汚染検査”
- RAD-S-95/49 俵裕子、“KEKB/BTアーク部地上部での線量評価”
- RAD-S-95/50 伴秀一、“95年度総研大夏期実習の参加者中の放射線業務従事者の割合”
- RAD-S-95/51 俵裕子、“アーク部6極電磁石残留放射能濃度の上限値の推定”
- RAD-S-95/52 波戸芳仁、“ARサーベイ、B41に鉛設置”
- RAD-S-95/53 フィルムバッジによるK3コンテナ内の線量測定”
- RAD-S-95/54 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/55 中村一、“ARリング表面での残留放射能の測定”
- RAD-S-95/56 中村一、“放射光ライナック残留放射能による真空チェンバー表面での  
空間線量率”
- RAD-S-95/57 中村一、“残留放射能による表面での空間線量率分布”
- RAD-S-95/58 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-95/59 伴秀一、中村一、“PF陽電子リニアックの改造時の放射化レベルの判定”
- RAD-S-95/60 中村一、伴秀一、“放射光陽電子ライナック搬出物品のサーベイ(1)”
- RAD-S-95/61 中村一、波戸芳仁、“AR南直線部搬出物品について”
- RAD-S-95/62 中村一、伴秀一、“放射光陽電子ライナック搬出物品のサーベイ(2)”
- RAD-S-95/63 伴秀一、“放射光リニアックの放射線モニターのKEKBでの再配置案”
- RAD-S-95/64 佐々木慎一、“BSFウランターゲット・カバーガス中のガンマ線  
核種分析の結果について”
- RAD-S-95/65 佐々木慎一、“BSFウランターゲット・カバーガス中のガンマ線  
核種分析の結果について -II-”
- RAD-S-95/66 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/67 中村一、伴秀一、“放射光陽電子ライナック搬出物品のサーベイ(3)”
- RAD-S-95/68 穂積憲一、
- RAD-S-95/69 中村一、俵裕子、“MR,AR冷却水中放射性核種測定”
- RAD-S-95/70 波戸芳仁、“RFQクライストロン放射線測定(3)”
- RAD-S-95/71 俵裕子、“トリスタン日光直線部・超伝導加速空洞の放射化”
- RAD-S-95/72 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”

- RAD-S-95/73 伴秀一、“放射光リニアックの盛り土の一部を除いて運転する時期について”
- RAD-S-95/74 伴秀一、“中国高能研 Rem Counter の高工研と東北大 CYRIC の Cf での校正”
- RAD-S-95/75 中村一、伴秀一、“放射光実験施設・陽電子発生装置の管理区域縮小のための汚染検査”
- RAD-S-95/76 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/77 伴秀一、“8月のサンヨーのカードリーダー等の点検結果”
- RAD-S-95/78 伴秀一、“回転対陰極型 X線発生装置の性能変更後の設置検査”
- RAD-S-95/79 中村一、“一般公開のための ATF 残留放射能測定”
- RAD-S-95/80 波戸芳仁、“アッセンブリホール 高周波加速器空洞”
- RAD-S-95/81 伴秀一、中村一、“放射光光源棟実験フロアの電子入射時の空間線量”
- RAD-S-95/82 中村一、俵裕子、“MR 放射光実験室空間線量率サーベイ”
- RAD-S-95/83 中村一、俵裕子、“MR 放射光実験室空間線量率サーベイ”
- RAD-S-95/84 中村一、“クライストロンギャラリー空間線量率サーベイ”
- RAD-S-95/85 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/86 中村一、“ビームトランスポートラインの残留放射能”
- RAD-S-95/87 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-95/88 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/89 伴秀一、中村一、“ライナックのターゲット照射中のクライストロンギャラリーでの放射線測定および照射後のターゲット付近の残留放射能の時間変化測定”
- RAD-S-95/90 俵裕子、“KEKB MR 搬入口での線量測定”
- RAD-S-95/91 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/92 沖雄一、“チェックングソースの密封破壊による汚染とその後の措置”
- RAD-S-95/93 波戸芳仁、“第3回 AR 集中サーベイ”
- RAD-S-95/94 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-95/95 俵裕子、中村一、“日光直線部ビームライン周辺サーベイ”
- RAD-S-95/96 俵裕子、波戸芳仁、中村一、“トリスタン D10 電源室超伝導加速空洞(横型)放射線サーベイ”
- RAD-S-95/97 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-95/98 波戸芳仁、“AR6.5GeV 運転時ガンマ線量率測定”
- RAD-S-95/99 波戸芳仁、“第4回 AR 集中サーベイ”
- RAD-S-95/100 波戸芳仁、“ATF 1.27GeV 運転開始時放射線レベル”
- RAD-S-95/101 波戸芳仁、“アッセンブリホール RFQ 用 No.2 クライストロン放射線測定”
- RAD-S-95/102 中村一、“AR 南実験棟屋上の空間線量率の測定”
- RAD-S-95/103 俵裕子、“KEKB/BT ライン上部線量評価”
- RAD-S-95/104 伴秀一、“放射光リニアックの新建物の J 型部の鉛追加”
- RAD-S-95/105 俵裕子、“トリスタン MR 電磁石残留放射能の減衰について”
- RAD-S-95/106 中村一、“トリスタン搬出物”
- RAD-S-95/107 俵裕子、中村一、“トリスタン搬出物”
- RAD-S-95/108 波戸芳仁、“ATF 1.2GeV 運転のサーベイ”

- RAD-S-95/109 中村一、“AR 南実験棟屋上のスペクトル測定”  
 RAD-S-95/110 飯島和彦、“Exposure Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-95/111 中村一、“大穂直線部の表面線量測定”  
 RAD-S-95/112 中村一、“放射光ライナック残留放射能による真空チェンバー表面での空間線量率”
- RAD-S-96/1 中村一、“AR リング表面での残留放射能測定”  
 RAD-S-96/2 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”  
 RAD-S-96/3 波戸芳仁、“第5回 AR 集中サーベイ”  
 RAD-S-96/4 中村一、“ライナック Q マグネットのバックグラウンド測定”  
 RAD-S-96/5 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/6 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/7 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/8 伴秀一、“放射光入射器棟の低速陽電子用ターゲット室の周りの土・地下水の放射化”
- RAD-S-96/9 伴秀一、“PF 入射器の「放射化物」の日本大学理工学部への譲渡”  
 RAD-S-96/10 中村一、“放射光ライナック運転時の旧陽電子路の外側での空間線量率測定”
- RAD-S-96/11 中村一、“AR 運転時の MR トンネル内での空間線量率測定”  
 RAD-S-96/12 中村一、“放射光リングへの入射時の BT ライン壁側での空間線量率”  
 RAD-S-96/13 中村一、“放射光リングへ入射時の実験室フロアの空間線量率測定”  
 RAD-S-96/14 中村一、“ライナック放射化物の日本大学への搬出のための測定”  
 RAD-S-96/15 中村一、“放射光リング電子蓄積時 (2.5 GeV) のビームラインの空間線量率測定”
- RAD-S-96/16 中村一、“AR6 GeV 蓄積時の MR トンネル内の空間線量率測定”  
 RAD-S-96/17 三浦太一、“放射性発生装置使用施設の排気口における 1995 年度 3ヶ月間平均空気中放射性同位元素濃度”
- RAD-S-96/18 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/19 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/20 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”  
 RAD-S-96/21 波戸芳仁、“AR6.5 GeV 入射路近傍の KEKB 入射に対する遮蔽”  
 RAD-S-96/22 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/23 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”  
 RAD-S-96/24 中村一、“リングの真空リーク復帰直後の光源棟実験フロアのサーベイ”
- RAD-S-96/25 中村一、“リング真空リーク復帰 2 日後の BL13 周辺 (その他) のサーベイ”
- RAD-S-96/26 中村一、“クライストロンギャラリー空間線量率サーベイ”  
 RAD-S-96/27 伴秀一、“封入型 X 線発生装置 (PW-1730) への大型パトライトの取り付け”  
 RAD-S-96/28 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”  
 RAD-S-96/29 伴秀一、“J 部単独運転時の遮蔽”

- RAD-S-96/30 俵裕子、“トリスタン4極電磁石の残留放射能について”
- RAD-S-96/31 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-96/32 中村一、“AR南、北実験棟上部の空間線量率について”
- RAD-S-96/33 中村一、“AR南実験棟内入射時サーベイ”
- RAD-S-96/34 中村一、“ATF(リニアック、BT)表面での残留放射能の測定”
- RAD-S-96/35 中村一、“ARリング表面での残留放射能の測定”
- RAD-S-96/36 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-96/37 中村一、“放射光ライナック残留放射能による真空チェンバー表面での空間線量率”
- RAD-S-96/38 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/39 中村一、伴秀一、“PFリング挿入光源の永久電磁石の放射能測定”
- RAD-S-96/40 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/41 伴秀一、中村一、“放射光側BTラインストッパーの放射化について”
- RAD-S-96/42 俵裕子、中村一、“トリスタン変更電磁石の測定結果”
- RAD-S-96/43 佐々木慎一、“BSFウランターゲット・カバーガス中のガンマ線核種分析の結果に関するメモ”
- RAD-S-96/44 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/45 中村一、“電子入射時の光源棟実験フロアの空間線量率”
- RAD-S-96/46 中村一、“放射光光源棟電流蓄積時のビームラインサーベイ”
- RAD-S-96/47 中村一、“富士実験室B4放射線耐力テスト室内の空間線量率”
- RAD-S-96/48 伴秀一、“陽電子リニアック室のコンクリートの放射能”
- RAD-S-96/49 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/50 中村一、“アッセンブリホールのプロトンリニアックのボルトの放射化について”
- RAD-S-96/51 伴秀一、中村一、“テストリニアック廃止に伴う汚染検査について”
- RAD-S-96/52 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-96/53 中村一、“AR入射路トンネルのコンクリートの残留放射能測定”
- RAD-S-96/54 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/55 中村一、“運転停止直後のARリング表面の空間線量率”
- RAD-S-96/56 中村一、“運転停止直後のARビームトランスポートライン表面の空間線量率”
- RAD-S-96/57 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/58 中村一、“ARビームトランスポートライン残留放射能測定”
- RAD-S-96/59 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-96/60 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-97/1 中村一、“MR,AR入射路の管理区域解除(一部)に伴う表面密度スミア測定”
- RAD-S-97/2 中村一、“放射光ライナック残留放射能による真空チェンバー表面での空間線量率”

- RAD-S-97/3 伴秀一、“BL-13B2に設置される物性研のX線装置の設置検査”
- RAD-S-97/4 波戸芳仁、“ATF-DR 運転開始時放射線レベル”
- RAD-S-97/5 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/6 俵裕子、“トリスタンウィグラー電磁石の残留放射能について”
- RAD-S-97/7 中村一、“AR南機械室のシールドコンクリートの放射能測定”
- RAD-S-97/8 伴秀一、“イオンポンプ中のNi-63によるPF光源棟の汚染”
- RAD-S-97/9 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/10 伴秀一、“Ni-63nの除染後のPF光源棟の汚染検査”
- RAD-S-97/11 伴秀一、“イオンポンプ中のNi-63除染作業での工具・靴の汚染”
- RAD-S-97/12 伴秀一、“PF光源棟で使用していたイオンポンプ中のセルの汚染検査”
- RAD-S-97/13 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/14 三浦太一、“X線発生装置放射線線量率測定”
- RAD-S-97/15 俵裕子、“X線作業JBW”
- RAD-S-97/16 中村一、“クライストロンギャラリー空間線量率サーベイ”
- RAD-S-97/17 飯島和彦、“NMLビームダンプ室停止時サーベイ”
- RAD-S-97/18 平山英夫、中村一、“新電子銃室周辺の空間線量率測定”
- RAD-S-97/19 三浦太一、沖雄一、“RI排水移送管破損に伴うサーベイと排水中放射能濃度測定”
- RAD-S-97/20 波戸芳仁、“ATF放射線測定点の設定”
- RAD-S-97/21 波戸芳仁、“ATF集中サーベイ”
- RAD-S-97/22 飯島和彦、“NMLビームダンプ室停止時サーベイ”
- RAD-S-97/23 波戸芳仁、“RFQ放射線”
- RAD-S-97/24 伴秀一、“放射光リニアックの改造後の試運転時の管理区域の中性子線量率”
- RAD-S-97/25 中村一、“ATFリニアック、リングの残留放射能測定”
- RAD-S-97/26 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/27 伴秀一、沼尻正晴、“CERNの高エネルギー標準場で校正されたCR-39”
- RAD-S-97/28 中村一、“ATFリニアック、リングの残留放射能測定”
- RAD-S-97/29 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/30 中村一、“2.5GeV Light Source Specifications”
- RAD-S-97/31 中村一、“TLバッジによるクラブキャビティの線量測定”
- RAD-S-97/32 俵裕子、中村一、“クラブキャビティ周辺の空間線量率”
- RAD-S-97/33 柴田徳思、飯島和彦、伴秀一、“放射光リニアックのインターロックテスト”
- RAD-S-97/34 中村一、“ARビームトランスポートライン電磁石の放射能測定”
- RAD-S-97/35 中村一、“クライストロンギャラリー空間線量率測定”
- RAD-S-97/36 中村一、“クライストロンギャラリー積算空間線量”
- RAD-S-97/37 中村一、“J部クライストロンギャラリー空間線量率”



- RAD-S-97/38 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/39 波戸芳仁、中村一、“リニアック入射時のARビームトランスポートの空間線量率”
- RAD-S-97/40 中村一、“クラブキャビティ周辺の空間線量率”
- RAD-S-97/41 中村一、“光源棟実験室周辺の積算空間線量”
- RAD-S-97/42 中村一、“入射時の光源棟実験フロアの空間線量率測定”
- RAD-S-97/43 中村一、“クラブキャビティTLバッジ測定結果”
- RAD-S-97/44 中村一、“リング運転開始後の光源棟周辺の放射線モニターの測定値”
- RAD-S-97/45 三浦太一、高原伸一、“EP”ビームライン室運転中のP1ケイブ及びEP2ビームライン室下流部の空間線量率”
- RAD-S-97/46 中村一、“クライストロンギャラリー積算空間線量”
- RAD-S-97/47 中村一、“Jリニアック運転時の空間線量率測定”
- RAD-S-97/48 伴秀一、“PF BL-15B2の光子強度の測定”
- RAD-S-97/49 中村一、“Jリニアック運転開始後の放射線モニターの値について”
- RAD-S-97/50 中村一、“光源棟実験フロアの積算空間線量”
- RAD-S-97/51 俵裕子、“KEKB用常伝導RF空洞試験装置(ARES)運転中の放射線サーベイ”
- RAD-S-97/50 中村一、“光源棟南端部屋上の空間線量率測定”
- RAD-S-97/51 中村一、“ATF周辺空間線量率測定”
- RAD-S-97/52 俵裕子、“超伝導クラブ空洞性能測定装置運転中の放射線サーベイ”
- RAD-S-97/53 中村一、“光源棟南端部屋上の空間線量率測定”
- RAD-S-97/54 中村一、“ATF周辺空間線量率測定”
- RAD-S-97/55 中村一、“クラブキャビティTLバッジ設置位置”
- RAD-S-97/56 飯島和彦、“Dose Rate at Duct Surface in BSF Line”
- RAD-S-97/57 中村一、“ATF運転終了直後の残留放射能測定”
- RAD-S-97/58 中村一、俵裕子、“D7電源室クライストロンの空間線量率測定”

### 5.3 RAD-A

- RAD-A-91/1 平山英夫、“共同利用実験者の「放射線業務従事者年度更新」と「教育・IDカード登録更新」について”
- RAD-A-91/2 平山英夫、“リミット中のトリスタン MR 見学について”
- RAD-A-91/3 平山英夫、“平成2年度放射線管理室業務報告”
- RAD-A-91/4 “個人用IDカードを貸与されている皆さんへ新しいIDカードの取扱いについて”
- RAD-A-91/5 平山英夫、“IDカードシステム更新作業報告”
- RAD-A-91/6 平山英夫、“年未年始 管理区域出入管理業務の一部変更について”
- 
- RAD-A-92/1 平山英夫、“平成3年度放射線管理室業務報告”
- RAD-A-92/2 平山英夫、“(無線局)無線従事者の選解任の手続き”
- RAD-A-92/3 平山英夫、“長期シャットダウン中の放射線作業についてのごお願い”
- RAD-A-92/4 平山英夫、“所長宛 「放射線業務従事者として来所した人」の一覧”
- RAD-A-92/5 伴秀一、“ビームライン 21での放射線安全について(依頼)”
- RAD-A-92/6 伴秀一、“放射光ストレートなラインでの必要な $\gamma$ ストッパーの厚さの私案(1)”
- RAD-A-92/7 PF光源 桂、“BL21放射線シールドの復旧について”
- RAD-A-92/8 伴秀一、“放射光ストレートなラインでの必要な $\gamma$ ストッパーの厚さの私案(2)—通常に分岐ライン—”
- RAD-A-92/9 伴秀一、“PF用安全講習ビデオ(仮編集)について”
- RAD-A-92/10 平山英夫、“年未年始 管理区域出入管理業務の一部変更について”
- 
- RAD-A-93/1 平山英夫、“「共同利用に関する放射線関連事務手続きについて」の質問について”
- RAD-A-93/2 平山英夫、“放射線管理室受付の窓口業務時間の変更について”
- RAD-A-93/4 近藤健次郎、平山英夫、“放射線管理区域責任者、業務担当者の変更について”
- RAD-A-93/5 “施設部との放射線施設「自主点検」実施計画案”
- RAD-A-93/6 伴秀一、穂積憲一、“既設ゲートモニターの制御部の更新について”
- RAD-A-93/7 平山英夫、“年未年始 管理区域出入管理業務の一部変更について”
- RAD-A-93/8 “放射光アイソトープ実験施設(BL27)の放射線管理の分担について”
- 
- RAD-A-94/1 伴秀一、“放射線作業を安全に行うために(総研大 夏期実習用教育訓練テキスト)”
- RAD-A-94/2 沖雄一、“機会棟関係の作業に関する注意”
- RAD-A-94/3 伴秀一、“AR放射光実験室とARリングへ連続して入域する場合について”

RAD-A-94/4	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域責任者の変更について”
RAD-A-94/5	伴秀一、“Shipment of depleted uranium (K.Zschiegner)”
RAD-A-94/6	沖雄一、“放射光アイソトープ実験施設 (BL27) における内部被曝について”
RAD-A-94/7	俵裕子、“KEKB 冷却水及びイオン交換樹脂中放射能濃度の評価”
RAD-A-94/8	俵裕子、“KEKB 冷却水及びイオン交換樹脂中放射能濃度の評価 (2)”
RAD-A-94/9	沖雄一、“94/10/26 に起きたブースタービームダンプ室の水漏れについて”
RAD-A-94/10	平山英夫、“年未年始 管理区域出入管理業務の一部変更について”
RAD-A-95/1	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域責任者の変更について”
RAD-A-95/2	俵裕子、“日光実験室地下 4 階管理区域の区画について”
RAD-A-95/3	“トリスタントネルからの物品の持ち出しについて”
RAD-A-95/4	近藤健次郎、“新規に放射線作業を予定している者の認定登録の手続きについて”
RAD-A-95/5	伴秀一、“KEKB 用の陽電子発生ターゲットの放射線対策”
RAD-A-95/6	“放射性試料測定棟、放射線照射棟、RI 実験準備棟などの管理区域における火災発生時の対応”
RAD-A-95/7	伴秀一、“PF の加速管を移管する際の放射線安全に関する手続き”
RAD-A-95/8	“共同利用実験者等登録兼外来者放射線作業従事願いの所長決裁について”
RAD-A-95/9	近藤健次郎、“Dear Dr. Christopher M, Meyer (Texas A&M University)”
RAD-A-95/10	伴秀一、“PF 測定器松下様”
RAD-A-95/11	伴秀一、“原研タンデムで B イオン照射をした Au 試料を持ち込む件”
RAD-A-95/12	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域責任者の変更について”
RAD-A-95/13	伴秀一、“原研タンデムで照射をした Au 試料の BL27 への持ち込み”
RAD-A-95/14	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域の変更 (拡張) 等について”
RAD-A-95/15	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域の変更 (拡張) 等について”
RAD-A-96/1	俵裕子、“トリスタン主リングベンディング電磁石の取扱いについて”
RAD-A-96/2	俵裕子、“トリスタン MR リング内機器撤去作業における内部被曝測定”
RAD-A-96/3	近藤健次郎、“新規に放射線作業を予定している者の認定登録の手続きについて”
RAD-A-96/4	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域責任者の変更について”
RAD-A-96/5	平山英夫、近藤健次郎、“管理区域解除 (トリスタン MR 関連) について”
RAD-A-96/6	平山英夫、近藤健次郎、“管理区域の設定について”
RAD-A-96/7	平山英夫、近藤健次郎、“放射線管理区域責任者の変更について”
RAD-A-96/8	平山英夫、近藤健次郎、“管理区域の設定について”

- RAD-A-96/9 平山英夫、近藤健次郎、“管理区域の変更について”
- RAD-A-96/10 平山英夫、近藤健次郎、“管理区域の変更について”
- RAD-A-96/11 “加速器施設から搬出されるコンクリート解体材の扱いについて”
- RAD-A-96/12 “加速器施設から搬出されるコンクリート解体材の扱いについての  
お願い”
- RAD-A-96/13 平山英夫、“年未年始 管理区域出入管理業務の一部変更について”
- 
- RAD-A-97/1 近藤健次郎、“管理区域の変更について”
- RAD-A-97/2 近藤健次郎、“ATFダンピングリングの使用について”
- RAD-A-97/3 近藤健次郎、“放射光入射器棟・管理区域の拡張について”
- RAD-A-97/4 近藤健次郎、“放射線発生装置管理責任者の役割について”
- RAD-A-97/5 平山英夫、“第3区域(中性子・中間子研究施設[旧ブースター  
利用施設])監視員窓口変更のお知らせ”
- RAD-A-97/6 “中性子・中間子研究施設における出入手続きについて”
- RAD-A-97/7 “カウンターホールで共同利用実験を行う高エネルギー加速器研究機構  
田無分室職員の放射線業務従事者登録について”
- RAD-A-97/8 “つくば地区及び田無地区における放射線作業について”
- RAD-A-97/9 “田無地区放射線取扱者の放射線業務従事者登録について”
- RAD-A-97/10 俵裕子、“高電圧機器試験に伴うX線の発生について”
- RAD-A-97/11 俵裕子、“放射線サーベイメータの調査について”
- RAD-A-97/12 柴田徳思、“機構長の指定する放射線を発生する機器の使用について”
- RAD-A-97/13 柴田徳思、“機構長の指定する放射線を発生する機器の使用について”
- RAD-A-97/14 柴田徳思、“放射線管理区域(本機構の定める)の設定について”
- RAD-A-97/15 柴田徳思、“機構長の指定する放射線を発生する機器の使用について”
- RAD-A-97/16 波戸芳仁、“放射線発生装置使用記録の面からのログブック記載事項”
- RAD-A-97/17 伴秀一、“Jリニアックのインターロックテスト”
- RAD-A-97/18 柴田徳思、“放射線管理区域の変更について”
- RAD-A-97/19 平山英夫、“年未年始 管理区域出入管理業務の一部変更について”
- RAD-A-97/20 俵裕子、“超伝導クラブ空洞性能試験装置の今後の措置について”
- RAD-A-97/21 俵裕子、“KEKB用常伝導RF空洞性能試験装置(ARES)運転中の今後の  
措置について”