

KEK progress Report 2000-3  
July 2000  
R

**Activity Report of  
Radiation Science Center  
in Fiscal 1999**

**KEK**

**Radiation Science Center  
Applied Research Laboratory  
High Energy Accelerator Research Organization**

# 放射線科学センター

## 1999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 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. 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.

An experimental facility for the thermal neutron field was newly installed. The facility has a large graphite block of 1.9m × 2.5m × 1.9m in which one or two neutron sources can be set and will be used for the various collaborative studies with outside users.

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>1</b>	<b>Research Activities</b>	<b>1</b>
1	Accelerator Radiation Safety	2
1.1	Radiation protection of KEK-PF	2
1.2	Measurements of X-rays from the RF systems of the electron-linear accelerator for KEKB	2
2	Airborne Gases at High-Energy Accelerator Facilities	2
2.1	Airborne gaseous N-13 species produced at a high-energy accelerator facility	2
2.2	Noxious gases produced at high-energy accelerator facilities	3
3	Analysis of $^{58}\text{Ni}(n,\alpha)$ Reaction Cross Sections with the Hauser-Feshbach Statistical Theory and Bayesian Parameter Estimation Method	3
4	Calculations of Radiation and Residual Dose Rate Induced by the Beam Loss at Injection of High Intensity 3 GeV Proton Synchrotron using MARS code	3
5	Code Benchmark for Protons of 0.6, 3 and 50 GeV	4
6	Complexation of Crown Ether Chromoionophore with Alkali Metal Cations in Surfactant Micelles	4
7	Depth Profiles of Radionuclides Induced in the Shield Concrete and the Soil Below the Floor Level of 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK	5
7.1	Depth profiles of radionuclides induced in shielding concrete of the 12GeV proton accelerator facility at KEK	5
7.2	Concentration of radionuclides induced in soil below the East Counter Hall in KEK	5
8	Design for the Radiation Safety in the Thermal Neutron Calibration Facility	5
9	Development and Application of the Self-TOF Neutron Detector	6
9.1	Shielding experiment at HIMAC	6
9.2	Measurement of neutron scattering and charged particle production cross section at TIARA and RIKEN	6
10	Development of Beam Loss Monitor for Accelerator Facility	7
11	Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry	7
11.1	Application of a pulsed slow-positron beam to polymers	7
11.2	Development of pulsed slow positron beam using time varying pulsing bias	7
12	Dose Measurements and Calculations in Bone-Tissue and Lung-Tissue Phantoms for Angiography Using synchrotron Radiation	8
13	Estimation of Radioactivities Around the High Energy Accelerator Facility	8
14	Experiments Using Synchrotron Radiation	9

14.1	Benchmark experiment of 20-40keV photon scattering . . . . .	9
14.2	Systematic comparisons of measurement and EGS4 regarding 20-40 keV photons . . . . .	9
14.3	TLD responses backed by copper, silver or gold for 20-40 keV monoenergetic photons . . . . .	9
14.4	60-keV gamma-rays streaming in a two-bend duct . . . . .	10
15	<b>Fundamental Studies of Tritium Separation Using Polyimide Membrane and Its Application for Tritium Monitors in Accelerator Facilities . . . . .</b>	10
16	<b>Gamma-Ray Buildup Factors . . . . .</b>	10
16.1	Activities concerning a re-evaluation of gamma-ray buildup factors in Japan . . . . .	10
16.2	Gamma-ray buildup factors for a point isotropic source in the single layer shield by using BERMUDA code . . . . .	11
16.3	An improved approximation formula of gamma-ray buildup factors for a point isotropic source in two-layer shields . . . . .	11
17	<b>High-energy Photospallation Reaction . . . . .</b>	12
17.1	Modification of photo-nuclear cascade evaporation code PICA95 at energies below 150 MeV . . . . .	12
17.2	Radioactivity produced in thick target by 2.5 GeV electrons . . . . .	12
18	<b>High-energy Photoneutron Spectra from 2 GeV Electrons Incident on Thick Target . . . . .</b>	12
18.1	Measurements of photo-neutron energy spectra from thick targets by irradiation of 2.0 GeV electron beam . . . . .	12
18.2	Experimental setup for measurements of high energy photoneutron spectra from thick targets . . . . .	13
18.3	Photoneutron spectra from thin targets bombarded with 2.0 GeV electrons . . . . .	13
18.4	Measurements of high-energy photo-neutron yield and comparisons with calculated results . . . . .	13
18.5	Systematic of 90 deg. direction photo-neutron yields irradiated by 2 GeV electrons . . . . .	14
19	<b>Improvement of Air Transport Data and Wall Transmission/Reflection Data in the SKYSHINE Code . . . . .</b>	14
19.1	Calculation of line beam response function for gamma-ray skyshine analysis . . . . .	14
19.2	Calculation of gamma-ray wall transmission and reflection data . . . . .	14
19.3	Application of improved air transport data and wall transmission reflection data in the SKYSHINE Code to typical BWR turbine skyshine . . . . .	15
20	<b>Improvement of Low Energy Photon Transport in EGS4 code . . . . .</b>	15
20.1	Improvement of the cross-section and branching-ratio evaluation in EGS4 in the energy interval which has an absorption-edge . . . . .	15
20.2	Energy dependence of $L_I$ , $L_{II}$ and $L_{III}$ subshell photoelectric effect cross section . . . . .	16
20.3	Implementation of electron-impact ionization into the EGS4 code . . . . .	16
20.4	Development of unified version of improvements of EGS4 code . . . . .	16
21	<b>Material Science Using Slow Positron . . . . .</b>	16
21.1	Study on positron annihilation and positronium chemistry . . . . .	16
21.1.1	Polymerization of epoxy resins studied by positron annihilation . . . . .	16

21.1.2	Characterization of the curing behavior of cyanic ester by a positron-annihilation lifetime technique . . . . .	17
21.1.3	Radiation effect on positronium formation in low-temperature polyethylene . . . . .	17
21.2	Positron annihilation in fullerenes and other carbon phases . . . . .	17
22	Measurement of Beam Intensity using Activation Method . . . . .	18
23	Measurement of Prompt Fission Neutron Spectrum of Neptunium-237 for 0.62 MeV Incident Neutrons . . . . .	18
24	Measurements of Scintillation Photons in High Pressure Rare Gases . . . . .	18
25	Monte Carlo Simulation of KV X-ray Uits . . . . .	19
26	(n, $\alpha$ ) Cross Section Measurement Using a Gaseous Sample and a Gridded Ionization Chamber . . . . .	19
27	Neutron Measurements . . . . .	20
27.1	Neutron energy response of a modified Andersson-Braun Rem-Counter and measurements in high-energy stray neutron radiation fields . . . . .	20
27.2	Measurements of time dependent distribution of leakage neutrons from the earth shield of KEK 12-GeV PS . . . . .	20
27.3	Measurements of secondary neutrons produced from thick targets bombarded by high energy heavy ions in HIMAC . . . . .	20
27.4	Measurements of neutron spectra produced from a thick lead target bombarded with 0.5- and 1.5-GeV protons . . . . .	21
28	Neutron Production from Lead Targets for 12-GeV Protons . . . . .	21
29	Neutron Response of a Three Element Phoswich Detector Consisting of Inner BC501A Scintillator and an Outer BGO and CaF <sub>2</sub> (EU) Crystal Wall . . . . .	22
30	Number of Scintillation Photons from Scintillator Crystals and the Factors Affecting Their Resolutions . . . . .	22
30.1	Response of NaI(Tl) scintillation detectors for gamma rays . . . . .	23
31	Particle Size Distribution of Radioactive Aerosols Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation . . . . .	23
32	Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers . . . . .	23
33	Search for the Neutralino Darkmatter with a Low Background Liquid Scintillation Detector . . . . .	24
34	Search for Unknown Neutral Object . . . . .	24
34.1	Search for correlated two-photon emission from e <sup>+</sup> ( <sup>82</sup> Sr) + Th interaction . . . . .	24
34.2	Observation of 180° correlation of e <sup>+</sup> e <sup>-</sup> pair originating from e <sup>+</sup> ( <sup>82</sup> Sr) + Th interactions . . . . .	24
35	Sorption/Desorption Processes of Uranium in Clayey Samples of the Bangombe Natural Reactor Zone, Gabon . . . . .	25
36	Study on Activation Analysis . . . . .	25
36.1	Development of the continuous extraction and detection system for C-11 induced by accelerator . . . . .	26
36.2	Photon activation analysis of environmental and biological samples . . . . .	26
36.3	Depth profile measurement of oxygen in high-pure silicon by charged particle activation analysis . . . . .	26
37	Study on Labeled Compound using Recoil Implantation after Nuclear Reaction . . . . .	26
37.1	Fullerene chemistry . . . . .	27

	37.2	Preparation of C-11 labeled polycyclic aromatic hydrocarbons using electron accelerator and cyclotron . . . . .	27
38		Study of Neutron Deep Penetration at the Spallation Neutron Source Facility, ISIS . . . . .	27
	38.1	Measurements of neutron attenuation through iron and concrete . . . . .	27
	38.2	Deep penetration calculation compared with the shielding experiment at ISIS . . . . .	28
39		The EGS4 Workshop, Class and User Support . . . . .	28
	39.1	The EGS4 workshop and class . . . . .	28
	39.2	User support concerning EGS4 . . . . .	28
40		The Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb . . . . .	29
	40.1	An estimation with the residual $^{63}\text{Ni}$ activity . . . . .	29
	40.2	The cross section of the $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ reaction . . . . .	29
	40.3	A method of low-level $\beta$ -ray counting . . . . .	29
	40.4	An estimation with the $^{39}\text{K}(n,p)^{39}\text{Ar}$ reaction . . . . .	30
<b>2</b>		<b>研究支援活動</b> . . . . .	<b>31</b>
1		体制 . . . . .	32
	1.1	つくば地区放射線管理体制 . . . . .	32
	1.2	田無地区放射線管理体制 . . . . .	32
	1.3	化学安全管理体制 . . . . .	32
2		放射線安全管理関連 . . . . .	33
	2.1	区域管理関連 . . . . .	33
	2.1.1	第1区域 . . . . .	33
	2.1.2	第2区域 . . . . .	33
	2.1.3	第3区域 . . . . .	34
	2.1.4	第4区域 . . . . .	34
	2.1.5	第5区域 . . . . .	34
	2.1.5.1	KEKB 関連 . . . . .	34
	2.1.5.2	PF-AR, BT, アセンブリーホール関係 . . . . .	35
	2.1.6	第6区域 . . . . .	36
	2.1.7	第7区域 . . . . .	37
	2.1.8	その他 . . . . .	37
	2.1.8.1	熱中性子標準棟関連 . . . . .	37
	2.1.9	機構長の指定する放射線発生装置関係 . . . . .	37
	2.2	横断的業務関連 . . . . .	39
	2.2.1	放射線モニタリングシステムの設計開発 . . . . .	39
	2.2.1.1	次世代システムの設計開発 . . . . .	39
	2.2.1.2	放射線モニター (SARM) の設計と試作 . . . . .	39
	2.2.2	KEKB リニアックの RF システムから発生する X 線分布の測定 . . . . .	39
	2.2.3	GEANT . . . . .	40
	2.2.4	環境放射能の測定 . . . . .	40
	2.2.5	加速器解体時に発生する放射性廃棄物量の推定 . . . . .	40
3		田無分室 . . . . .	40
4		化学安全・環境関係 . . . . .	42
	4.1	依頼分析 . . . . .	42
	4.1.1	ニュートリノ振動実験・前置検出器およびスーパーカミオカンデ・水チェレンコフ検出器の純水の水質分析 . . . . .	42

4.1.2	冷却水防錆剤(ブルークールS)の組成分析	42
4.1.3	アトラス検出器・wire chamber のカソード電極に利用されている塗料の分析	42
4.1.4	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析	43
4.1.5	PS 主リング冷却水配管ストレナー析出物の分析	43
4.1.6	ニュートリノ崩壊領域周辺土壌試料の元素組成分析	43
4.1.7	KEKB マグネット冷却水配管内付着物の成分分析	43
4.1.8	KEKB 大電力連続波クライストロン・Waterload 配管内析出物の分析	44
4.2	排水の水質検査に関連する検討	44
4.2.1	食堂からの排水の pH の動態調査	44
4.3	地下水の監視	44
4.4	不用薬品の廃棄処理と薬品管理システムの導入	44
5	放射線科学センター部内レポートについて	46
5.1	放射線関係の部内レポート	46
5.2	化学安全関係の部内レポート	46
<b>3</b>	<b>資料</b>	<b>47</b>
1	受賞	47
2	科学研究費補助金	47
3	センター主催の研究会	48
4	教育活動	48
4.1	総合研究大学院学生	48
4.2	他大学非常勤講師等	49
5	機構外委員会等活動	50
6	放射線科学センター名簿	52
<b>4</b>	<b>Publication Lists</b>	<b>53</b>
1	Publications in Periodical Journals (1999.1-1999.12)	53
2	Publication in Japanese (1999.1-1999.12)	57
3	Presentation at Conference <i>etc.</i> (1999.4-2000.3)	58
3.1	International Conference	58
3.2	Other	60
4	Reports <i>etc.</i> (1999.4-2000.3)	65
4.1	KEK Proceedings	65
4.2	KEK Internal	65
4.3	Others	66
5	Internal Reports of Radiation Science Center (1999.4-2000.3)	67
5.1	RAD-D	67
5.2	RAD-S	68
5.3	RAD-A	73
5.4	CHEM-A	74
5.5	CHEM-W	76



# Chapter 1

## 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 2000.

## 1 Accelerator Radiation Safety

### 1.1 Radiation protection of KEK-PF

S. Ban and H. Nakamura

We show the method of radiation safety administration. Personnel exposure control, Radiation Monitors, Measurements of dose in the experimental hall, Containment of radio-activities were discussed. Injection Linac for PF Ring was upgraded to accelerated 8 GeV electrons for KEKB Factory. Radiation problems are discussed during this construction period.

Published in *Housyakou*, **12**(1999)6-9 (in Japanese).

### 1.2 Measurements of X-rays from the RF systems of the electron-linear accelerator for KEKB

H. Nakamura, S. Ban, K. Takahashi, T. Oogoe, A. Enomoto

The RF systems of an electron linear accelerator are important sources of X-rays. A unit of the RF system consists of a klystron, an RF compressor, three RF dividers and a set of waveguides in KEKB linac. X-ray exposure from a klystron collector is well known. Recently, RF compressors have been used in a high peak-power RF system and X-rays from the compressors became an important problem.

In the KEK 8-GeV electron-linear accelerator for KEKB, the X-rays doses from these components were measured with a TLD (thermoluminescent dosimeter). The spatial distribution of the X-ray intensity around these components (SLED, RF divider) was measured by using an IP (imaging plate).

To be presented at 10th International Congress of the International Radiation Protection Association, Hiroshima, Japan, May 14-19, 2000 (IRPA-10).

Published as KEK Preprint 99-174 (2000).

## 2 Airborne Gases at High-Energy Accelerator Facilities

### 2.1 Airborne gaseous N-13 species produced at a high-energy accelerator facility

Y. Kanda, Y. Oki, A. Endo<sup>1</sup>, M. Numajiri and K. Kondo  
*KEK, <sup>1</sup>JAERI*

The irradiation of atmospheric air with high-energy protons has been performed at the 12 GeV Proton Synchrotron. The specific activities of <sup>13</sup>N, one of the principal airborne radioactivities, have been measured as a function of the irradiation time at a dose rate of about  $6 \times 10^{16}$  eV/g/s, and compared with the calculated values. The predominant chemical species of <sup>13</sup>N produced were found to be <sup>13</sup>N<sub>2</sub> and <sup>13</sup>NO<sub>2</sub>. Their proportions were approximately 55 % and 45 % for <sup>13</sup>NO<sub>2</sub>, being independent of the irradiation time. Smaller quantities of <sup>13</sup>NO and H<sup>13</sup>NO<sub>2</sub> were also observed.

Presented at The 43rd Symposium on Radiochemistry, Tsukuba, 1999.

## 2.2 Noxious gases produced at high-energy accelerator facilities

Y. Kanda, Y. Oki, A. Endo<sup>1</sup>, M. Numajiri and K. Kondo  
*KEK, <sup>1</sup>JAERI*

Measurements of noxious gases produced at the 12 GeV Proton Synchrotron showed that ozone is a main product and that NO<sub>2</sub> predominates among the products of nitrogen compounds, including HNO<sub>2</sub> and HNO<sub>3</sub>. Ozone production is one of the major problems for the operation of high-energy accelerators, owing to its much lower maximum acceptable concentration and its chemical reactivity. The formation of radiolytic products can be commonly characterized by the so-called G-values. The G-value for ozone formation in air was estimated from the experimental data to be 6.4 (molecules/100eV).

## 3 Analysis of <sup>58</sup>Ni(n,α) Reaction Cross Sections with the Hauser-Feshbach Statistical Theory and Bayesian Parameter Estimation Method

T. Kawano, T. Sanami<sup>1</sup>, M. Baba<sup>2</sup> and H. Nakashima  
*Department of Advanced Energy Engineering Science, Kyusyu University,*  
*<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Cyclotron Radioisotope Center, Tohoku University*

Experimental data of <sup>58</sup>Ni(n,α) reaction cross section are analyzed with the Hauser-Feshbach statistical model with the width fluctuation correction by Moldauer. A neutron optical potential which was derived from neutron elastic scattering data is used for an entrance channel in order to fix the total reaction cross sections at reliable values. Global optical potentials are used for the proton and α particle emission channels, and level density parameters of the residual nuclei are determined from the cumulative plot of discrete levels. These parameters are adjusted to the experimental data of <sup>58</sup>Ni(n,α) and (n,p) reaction cross sections, including the angular distribution of the emitted α-particles. The parameters thus obtained yield a good fit to the experimental cross sections of those reactions up to 8 MeV.

Published in *J. of Nucl. Sci. and Tech.* **36**, No 3,(1999)256-264.

## 4 Calculations of Radiation and Residual Dose Rate Induced by the Beam Loss at Injection of High Intensity 3 GeV Proton Synchrotron using MARS code

N. Nakao, Y. Irie, M. Uota, M. Shirakata, N. Mokhov<sup>1</sup>, A. Drozhin<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Fermi Lab.*

On the accelerator design, the estimation of secondary particle distribution and residual activities induced by the beam loss are very important to reduce the radiation damage of the instruments and the external exposures for workers during hands-on-maintenance. For the 3 GeV proton accelerator design, radiation environment induced by beam loss at the 100m path of 3-GeV ring injection part was estimated by Monte Carlo calculations. A Monte Carlo simulation using the hadron cascade code, MARS, were performed using the beam loss distribution results obtained by the multi-turn tracking Monte Carlo code, STRUCT.

Primary proton energies of 200 MeV and its beam loss of 3.6 kW were employed, and the hadron cascade calculations were carried out. The secondary particle distributions during the operation and the residual dose rates induced by the beam loss around the halo collector at the 100m path of synchrotron injection part were estimated. The calculation including 40cm-thick iron shields equipped around the beam pipe only in the collimator regions was also performed, and neutron dose rates outside

the concrete and the residual dose rate along the beam line were estimated. It was found that the activations of the magnets near collimators were induced mainly by the secondary particles produced at the collimators, and that the 40cm-thick iron shield can be also useful for decreasing the activation of these magnets.

Presented at 2000 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, Ehime Univ., Matsuyama, March 28-30, 2000.

## 5 Code Benchmark for Protons of 0.6, 3 and 50 GeV

T. Sanami, S. Ban, N. Nakao, H. Nakashima<sup>1</sup>, T. Masumura<sup>1</sup>, and N. Mokhov<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>JAERI, <sup>2</sup>Fermilab*

The attenuation factor of neutron flux produced by 0.6, 3 and 50 GeV protons was calculated by using three hadron Monte Carlo code, MARS13(98), NMTC/JAERI and Geant3.21. The geometries are iron cylinder and iron tube with small Pt target. The attenuation factors were obtained by fitting to following equation,

$$H = H_0 \exp(-t/\lambda).$$

From this calculation, it was found that

- NMTC results are in good agreement with MARS, but Geant one are systematically lower,
- attenuation factor of iron is around 150 [g/cm<sup>2</sup>],
- iron around a beam duct acts as neutron source.

Presented at the 11th meeting of radiation safety group for KEK/JAERI joint project.

## 6 Complexation of Crown Ether Chromoionophore with Alkali Metal Cations in Surfactant Micelles

K. Bessho, Y. Kanda, S. Nishizawa<sup>1</sup>, T. Hayashita<sup>1</sup> and N. Teramae<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ.*

Crown ether compounds are known as selective complexing reagents for alkali metal cations. Recently, chromophore introduced crown ethers have been synthesized by our co-workers. These compounds complex with alkali metal cations, and UV-absorption spectra of them change accompanied with complexation. However, crown ether - metal interaction are weak in water, so photometric response can be observed only in pure organic solvents or organic solvent-water mixtures.

Surfactant molecules form micelles in aqueous solutions. In aqueous micelles, it can be expected that complexing ability of the above compounds increase drastically because of low dielectric constant and high charge density of micelles. Complexation equilibria of crown ether chromoionophores with alkali metal cations in surfactant micelles has been examined.

## **7 Depth Profiles of Radionuclides Induced in the Shield Concrete and the Soil Below the Floor Level of 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK**

### **7.1 Depth profiles of radionuclides induced in shielding concrete of the 12GeV proton accelerator facility at KEK**

T. Miura, S. Takahara, S. Ishihama<sup>1</sup>, N. Ohotsuka<sup>1</sup>, and T. Kunifuda<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>TNS*

The depth profiles of long-lived radionuclides were measured for the shielding concrete exposed to secondary particles in the 12 GeV proton beam-line tunnel at KEK. Various long-lived radionuclides, <sup>7</sup>Be, <sup>22</sup>Na, <sup>46</sup>Sc, <sup>51</sup>Cr, <sup>54</sup>Mn, <sup>56</sup>Co, <sup>57</sup>Co, <sup>59</sup>Fe, <sup>60</sup>Co, <sup>65</sup>Zn, <sup>134</sup>Cs, <sup>152</sup>Eu and <sup>154</sup>Eu, were observed in concrete samples by  $\gamma$ -ray spectra measurements, and <sup>3</sup>H was also detected by liquid scintillation counting. The major radionuclides induced in the ordinary concrete were <sup>3</sup>H, <sup>7</sup>Be and <sup>22</sup>Na and <sup>3</sup>H, <sup>54</sup>Mn and <sup>60</sup>Co in heavy concrete, respectively. It was confirmed that the maximum concentration of the radionuclides induced by the thermal neutron capture reactions, such as <sup>46</sup>Sc, <sup>51</sup>Cr, <sup>60</sup>Co, <sup>65</sup>Zn, <sup>152</sup>Eu and <sup>154</sup>Eu, etc., was distributed at about 20 cm in depth from the surface of shielding concrete. The fast neutron attenuation lengths for ordinary and heavy concrete were estimated to be 131 g/cm<sup>2</sup> and 150 g/cm<sup>2</sup> from depth profiles of <sup>54</sup>Mn, respectively. These values were in agreement with values determined using activation detectors at KEK.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

### **7.2 Concentration of radionuclides induced in soil below the East Counter Hall in KEK**

T. Miura, K. Bessho, S. Ishihama<sup>1</sup>, and N. Ohotsuka<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>TNS*

The concentration of long-lived radionuclides were measured for the soil and groundwater below the east counter hall of 12 GeV proton accelerator in KEK. <sup>3</sup>H, <sup>22</sup>Na, <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co and <sup>152</sup>Eu were measured in the soil samples. In addition to <sup>3</sup>H, <sup>22</sup>Na and <sup>54</sup>Mn which were leached from the soil were slightly observed in the groundwater.

From the column experiment, the ion velocity of <sup>22</sup>Na was faster than one of <sup>54</sup>Mn in the groundwater, but both were slower than the velocity of groundwater.

Presented at The 43rd Symposium on Radiochemistry, Oct. 13-15, 1999 Tsukuba, Japan.

## **8 Design for the Radiation Safety in the Thermal Neutron Calibration Facility**

T. Sanami, S. Sasaki, and Y. Oki

The facility was constructed in KEK to generate standard thermal neutron field and calibrate neutron detectors. Neutron sources of 185 GBq and two 37 GBq <sup>241</sup>Am-Be and 0.2 GBq <sup>252</sup>Cf were used for that purpose. This report describes in detail the design for the radiation safety in the facility.

Published as KEK Internal 99-19, March 2000 (in Japanese).

## 9 Development and Application of the Self-TOF Neutron Detector

### 9.1 Shielding experiment at HIMAC

M. Sasaki<sup>1</sup>, N. Nakao, T. Nunomiya<sup>1</sup>, M. Nakao<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>,  
T. Shibata, A. Fukumura<sup>2</sup>, Y. Uwamino<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>CYRIC, Tohoku Univ., <sup>2</sup>NIRS, <sup>3</sup>RIKEN*

A new type detector, called 'Self-TOF detector', was developed for high energy neutron spectrometry behind a shield. The detector consists of a radiator, a start counter and a stop counter. The radiator is composed of 20 thin plastic-scintillation detectors and the stop counter is segmented into 9 plastic scintillation detectors. Neutrons impinging on the radiator emit charged particles. The time-of-flight of the charged particles emitted at a forward angle is measured using the start and stop counters. The response functions of the detector for high energy neutrons were also measured at the RIKEN Ring Cyclotron (RRC) facility and at the Heavy-Ion Medical Accelerator in Chiba (HIMAC) of the National Institute of Radiological Sciences (NIRS).

The concrete shielding experiment was performed at HIMAC using the source neutrons produced from 5cm-thick copper target bombarded by 400 MeV/nucleon C-ions. A concrete shield, of which cross section was 100cm × 100cm, was equipped at 50cm down stream from the target, and the neutrons behind the shield of 50~200cm thicknesses were measured by the Self-TOF detector. The neutron energy spectra for various shield thicknesses in an energy range from 100 MeV up to 600 MeV were obtained by the unfolding method using the response function matrix and the FERDOU unfolding code. Monte Carlo calculations using LAHET code system were also performed, and were compared with the measured results.

Presented at 9th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-9), October, 17-22, 1999, Tsukuba (KEK-preprint 99-33(1999), and KEK-preprint99-121(1999)).

### 9.2 Measurement of neutron scattering and charged particle production cross section at TIARA and RIKEN

N. Nakao, M. Sasaki<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, T. Shibata, Su. Tanaka<sup>2</sup>,  
Y. Nakane<sup>2</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, Y. Uwamino<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>CYRIC, Tohoku Univ., <sup>2</sup>JAERI, <sup>3</sup>RIKEN*

A small type of Self-TOF detector was developed to measure neutron scattering and neutron-induced charged particle cross sections. The detector consists of two plastic scintillator of 0.5mm and 20mm thickness for a start and a stop counter, respectively. The experiments were performed using quasi-monoenergetic neutron sources which were produced from a thin <sup>7</sup>Li target bombarded by 68- and 210-MeV protons at TIARA of JAERI and RRC of RIKEN, respectively. The time-of-flight of charged particles produced by source neutrons in a 1mm-thick radiator of graphite, aluminum and copper were measured, the cross sections of C(n,px), C(n,dx), Al(n,px) and Cu(n,px) reaction at 0 degree were obtained.

A neutron scattering cross section was also measured at TIARA facility. The graphite block was placed on the neutron beam line, and neutrons scattered in the graphite block were measured by the Self-TOF detector using 2mm-thick polyethylene and 1mm-thick graphite radiators. After the contribution of charged particles produced from the carbon nuclei in the polyethylene radiator was statistically subtracted by the results using graphite radiator, the time-of-flight distribution of protons by n-p scattering in the polyethylene radiator was obtained. The efficiency of the detector was calculated using a double differential n-p scattering cross section, and the energy spectrum of neutrons

scattered at graphite block was obtained. In this study, it was clarified that the double differential cross section (DDX) of neutron scattering can be measured by this detector.

Supported by *Grant-in-Aid for Scientific Research (C)*(2) of 1999 from the Ministry of Education, Science, Sports and Culture in Japan.

## 10 Development of Beam Loss Monitor for Accelerator Facility

T. Sanami and T. Shibata

The beam loss information is important to accelerator operation and radiation protection. We develop long scintillation detector consisted of the bundle of plastic scintillation fiber (BCF-10) connected with photo multiplier tube at the both end. The total length of the fiber is 5 m. The position resolution was around 20cm derived from  $\gamma$  source test. Now we apply the detector to measurement of beam loss information at the Booster Synchrotron Facility in KEK. In addition, a new type detector which consist of liquid scintillator and quartz capillaries is also under development.

## 11 Development of Slow Positron Beam for Positron and Positronium Chemistry

### 11.1 Application of a pulsed slow-positron beam to polymers

N.Oshima, E.Hamada, T.Suzuki<sup>1</sup>, K.Kondo<sup>1</sup>, I.Kanazawa<sup>2</sup>, and Y.Ito<sup>3</sup>  
*The Graduate University for Advanced Studies, <sup>1</sup>KEK*  
*<sup>2</sup>Tokyo Gakugei University, <sup>3</sup>Tokyo University*

Pulsed slow positrons were produced using a time-varying moderator bias with an interval of 82 ns: 97% of the positrons were compressed within 2 ns width at the target position. Both the positron annihilation lifetime and Doppler broadening of the positron annihilation radiation (DBPR) of polytetrafluoroethylene (PTFE) were measured as a function of the incident energy of slow positrons. It was shown that the lifetime and intensity of the long-lived component of positron annihilation are independent of the positron incident energy above 1.2 keV. However, the width of the Doppler-broadened annihilation  $\gamma$ -ray increased in the energy region below 1.2 keV.

Published in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **239**(1999)329-333.

### 11.2 Development of pulsed slow positron beam using time varying pulsing bias

E.Hamada, N.Oshima, T.Suzuki<sup>1</sup>, H.Kobayashi<sup>1</sup>, K.Kondo<sup>1</sup>, I.Kanazawa<sup>2</sup>, and Y.Ito<sup>3</sup>  
*The Graduate University for Advanced Studies, <sup>1</sup>KEK*  
*<sup>2</sup>Tokyo Gakugei University, <sup>3</sup>Tokyo University*

In order to study the near-surface characterization of polymers using positron annihilation lifetime-spectroscopy (PALS), a pulsed-slow positron beam system is under development. Positrons emitted from <sup>22</sup>Na were injected periodically into a target by adjusting the time of flight positrons between the moderator and the target using a time-varying electric field. By increasing the slope of the pulsing bias, the time resolution of this system, a full width at half maximum of 0.82ns has been achieved.

Published in *Applied Surface Science* **149**(1999)40-43.

## 12 Dose Measurements and Calculations in Bone-Tissue and Lung-Tissue Phantoms for Angiography Using synchrotron Radiation

N. Nariyama, Y. Namito<sup>1</sup>, S. Ban<sup>1</sup> and H. Hirayama<sup>1</sup>  
*Ship Res. Inst., <sup>1</sup>KEK*

Recently, coronary angiography using synchrotron radiation has been intensively investigated. In conventional cardiovascular examination, contrast agent of iodine is directly injected into the arteries. Using synchrotron radiation, large strength several order larger than that of conventional x-ray machines and monoenergetic photons can be available so that intravenous injection becomes possible, which leads to safer and sure inspection. For the application to patients, however dose estimation is important because of large strength. In this study, to estimate the dose given to the patient for angiography using synchrotron radiation, dose distribution in bone-tissue and lung-tissue phantoms irradiated with synchrotron radiation was measured and calculated with a Monte Carlo transport code.

The experiment was carried out at a 2.5 GeV storage ring Photon Factory in High Energy Accelerator Research Organization. Monoenergetic photons of 33.32 keV were obtained with a Si(111) monochromator and the beam size was collimated into  $4.4 \times 4.5 \text{ mm}^2$  quadrangle. The beam strength was monitored with a parallel-plate free-air ionization chamber, and the higher harmonic components and the linear polarization degree were measured with a HP-Ge detector. The phantoms used were  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$  cubes that were tissue substitutes replaced with 1 cm-thick bone or 2 cm-thick lung phantom at the depth of 10 cm. The dosimeters used were tissue equivalent LiF:Mg,Ti,P (GR-200) TLDs of  $3 \times 3 \times 0.4 \text{ mm}$  and LiF:Mg,Ti (Harshaw TLD-100) TLDs of  $3.2 \times 3.2 \times 0.38 \text{ mm}$ . In the bone phantom,  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{:Tb}$  TLDs of  $5 \text{ mm}\phi \times 0.5 \text{ mm}$  were used. After the annealing, the TLDs were set in the phantoms. Responses in the air of each TLD in the 10-40 keV energy region were measured using monoenergetic photons from synchrotron radiation.

The dose distribution was calculated with a Monte Carlo transport code EGS4. The photon transport was simulated down to 1 keV. The results showed agreement between the measurements and the calculations including linear polarization influence. In the bone-tissue phantom, the doses increase in the bone phantom owing to the high effective Z (atomic number), where the photon fluence attenuates drastically.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## 13 Estimation of Radioactivities Around the High Energy Accelerator Facility

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

Principal materials (Al, Fe, Ni, etc) used as accelerator hardware were irradiated at various places inside tunnels of KEK-500MeV and 12GeV proton synchrotrons. Production rates of individual nuclides and their time variations after beam-off were examined extensively.

A filter sampling method was applied at KEK to evaluate an internal exposure by the inhalation of radioactive airbornes. GM and Ge semi-conductor counting methods were used to measure their radioactivities, and some problems in evaluating the radioactivities by both methods were discussed.

The Fe-55 radioactivities measured by LEPS were also estimated for other nuclides (Mn-54, Cr-51) yield.

Presented at The 43rd Symposium on Radiochemistry, Oct. 13-15, 1999 Tsukuba, Japan.



## 14 Experiments Using Synchrotron Radiation

### 14.1 Benchmark experiment of 20-40keV photon scattering

Y. Namito S. Ban and H. Hirayama

At BL14C of Photon factory, scattered photon spectra from C, Cu, Ag and Pb target was measured using High purity Ge detector. In this year, fluctuation of degree of linear polarization (P) of incident photon was carefully monitored by measuring scattering from Be sample. Also photon scattering by Be sample was simulated by EGS4. By comparison of measurement and simulation, We found following factors affected the estimation of P.

- Multiple scattering in Be target.
- Finite solid angle for Monte Carlo scoring.
- Relativistic effect in Compton scattering

By considering these factors, polarization dependence of Compton and Rayleigh scattering were well simulated by EGS4 code.

Presented at Third International Workshop on Electron and Photon Transport Theory Applied to Radiation Dose Calculation, Indianapolis, USA, 9-12 Aug. 1999.

### 14.2 Systematic comparisons of measurement and EGS4 regarding 20-40 keV photons

Y. Namito, S. Ban, H. Hirayama, N. Nariyama\*<sup>1</sup>, H. Nakashima<sup>2</sup>, Y. Nakane<sup>2</sup>, S. Tanaka<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Ship Research Institute, <sup>2</sup>JAERI*

To investigate the validity of the EGS4 code regarding photon transport in the keV region, we performed systematic comparisons of measurements and EGS4. The scattered-energy spectra of monochromized synchrotron-radiation photons toward 90° by samples (C, Cu, Pb) were measured using high-purity Ge detectors. The incident photons were in a linearly polarized beam of 20, 30 and 40 keV. EGS4 calculations were performed in default status and with improvements of low-energy photon transport (linearly polarized photon scattering, Doppler broadening, L-X and K-X). The measurement and calculations were compared in absolute values. Both the intensity and the shape of the peaks were compared. EGS4 calculations with improvements in low-energy photon transport agreed well with the measurements.

Presented at Research Committee on Particle Simul. with Monte Carlo Method, April 23, 1999, Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan and Radiation Physics Seminar at Spring8, Spring8, November 25-26, 1999.

### 14.3 TLD responses backed by copper, silver or gold for 20-40 keV monoenergetic photons

N. Nariyama, Y. Namito<sup>1</sup>, S. Ban<sup>1</sup> and H. Hirayama<sup>1</sup>  
*Ship Res. Inst., <sup>1</sup>KEK*

Dose in TLDs backed by copper, silver or gold foils were measured using 20, 30 and 40 keV monoenergetic photons from synchrotron radiation. The TLDs used were LiF TLDs of 0.38 mm thickness and Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu of 90μm thickness, and for the backing foils various thicknesses were used. The backscattering dose factor, which was defined as the ration of the dose in the TLDs with backing to that in

free air, was found to become larger with decreasing TLD thickness and increasing foil thickness and photon energy. The dose eliminating the electrons from the foils was also measured by inserting a thin Teflon film between the TLDs and the foils. Compared with EGS4 Monte Carlo calculations, it was confirmed that the influence of the electrons become larger with decreasing TLD and foil thickness and increasing photon energy and atomic number of the foils.

Published in *Radiat. Prot. Dosimetry* **84** 285-288 (1999).

#### **14.4 60-keV gamma-rays streaming in a two-bend duct**

S. Ban, H. Hirayama Y. Namito

Low-energy gamma-rays are linearly polarized after scattering. The 2nd scattering is anisotropic in the azimuth distribution. Two types of rectangular ducts were made. Both were right-angle 2-bend ducts, that is, 3-legged ducts with stainless-steel walls. All legs of the flat type duct were placed on a flat plane. The 3rd leg of the cubic type stood vertically. The length of both ducts was the same. In each duct, Am-241, 60-keV gamma-ray source was placed and the photon fluxes were measured at the exit using a NaI(Tl) scintillator. Gamma-rays transport calculations were made using EGS4 Monte Carlo code. Both the measured and calculated results showed that the fluxes for the flat type were 3-4 times larger than those for the cubic type.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

#### **15 Fundamental Studies of Tritium Separation Using Polyimide Membrane and Its Application for Tritium Monitors in Accelerator Facilities**

S. Sasaki, A. Shimada<sup>1</sup>, Y. Morimoto<sup>1</sup>, K. Iguchi<sup>1</sup>,  
K. Okuno<sup>1</sup>, T. Suzuki and K. Kondo  
*KEK, <sup>1</sup>Faculty of Science, Shizuoka University*

In order to construct high-sensitive detector systems for tritium in air from accelerator facilities using polyimide membranes, the performance and characteristics of the membranes in tritium separation have been examined in detail. The experiments related separation and enrichment of tritium were performed for the samples of H<sub>2</sub>+Air, D<sub>2</sub>+Air, He+Air, H<sub>2</sub>+D<sub>2</sub>+Air, CO<sub>2</sub>+Air, H<sub>2</sub>+Ar, D<sub>2</sub>+Ar and CO<sub>2</sub>+Ar. It was found that the enrichment factor for H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> more than 30 could be easily attained against the other gas components by selecting the experimental condition and no clear difference between H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> existed in the enrichment factor.

Presented at the 43rd Symposium on Radiochemistry in Tsukuba, and at the Workshop of Environmental Chemistry in Tsukuba.

#### **16 Gamma-Ray Buildup Factors**

##### **16.1 Activities concerning a re-evaluation of gamma-ray buildup factors in Japan**

H. Hirayama

Research related to gamma-ray buildup factors in Japan are continuing to improve in accuracy and usefulness after the publication of new standard buildup factors as NUREG/CR-5740. Buildup factors for homogeneous materials were studied by three different calculation methods. Several improvements

were made to calculate buildup factors up to 40 mfp for various materials for a wide energy range at each code. Systematic data production of buildup factors for multilayer materials were performed by using the EGS4 Monte Carlo code, and were used to improve the fitting formula.

These research activities related to gamma-ray buildup factors performed in Japan are presented together with discussions concerning re-evaluation of buildup factors.

## 16.2 Gamma-ray buildup factors for a point isotropic source in the single layer shield by using BERMUDA code

Y. Sakamoto, T. Suzuki<sup>1</sup>, O. Sato<sup>2</sup> and H. Hirayama<sup>3</sup>  
*JAERI, <sup>1</sup>Research Organization for Information Science and Technology*  
*<sup>2</sup>Mitsubishi Research Institute, <sup>3</sup>KEK*

In order to modify the standard data of gamma-ray buildup factors for a point isotropic source in the single layer, the applicability of the direct integration method code BERMUDA to buildup factor calculation was surveyed. In this code, group-angle transfer matrix of photons is calculated by numerically integrating Klein-Nishina formula for Compton scattering taking the energy-angle correlation into account. In the low energy region, the four K-shell fluorescence are considered whose isotropic emission intensity can be calculated from the primary photon intensity, the K-shell absorption cross section data and fluorescence yield. In the higher energy region for high-Z materials, the bremsstrahlung is considered whose energy-angle production correlation matrixes were obtained by EGS4 code. The exposure buildup factors of lead for low energy photons calculated by using BERMUDA code without and with fluorescence were good agreement with those by EGS4 and PALLAS codes. Those of lead for high energy photons without bremsstrahlung were also good agreement with those by EGS4 and PALLAS codes, but those with bremsstrahlung were smaller than those by EGS4 code.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## 16.3 An improved approximation formula of gamma-ray buildup factors for a point isotropic source in two-layer shields

Y. Harima<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, N. Kurosawa<sup>3</sup> and H. Hirayama<sup>4</sup>  
*<sup>1</sup>CRC Research Institute Inc., <sup>2</sup>JAERI,*  
*<sup>3</sup>Visible Information Center, <sup>4</sup>KEK*

An approximation formula of buildup factor for two-layer shields proposed previously was improved to fitting to the newly calculated buildup factors for point isotropic source gamma-rays of 0.1, 0.3, 0.6, 1, 3, 6 and 10 MeV penetrating two-layer shields combinations of water, iron and lead materials with the Monte Carlo code EGS4 including the effects of bremsstrahlung and fluorescent radiations. A f-function in the formula was modified to reproduce precisely the reference data up to the total thickness 40 mfp and the value of buildup factor at the interface of two-layer shields. The functions  $\alpha$  and  $\beta$  used in improved f-function  $f(x_1, x_2) = \alpha(x_1) / \{\alpha(x_1) + B_2(x_1) * \beta(x_1, x_2)^{x_2}\}$  were represented by simple formula fitted to reference data in excellent agreement. Consequently, the two-layer shields buildup factor for any arbitrary thickness of the first-layer  $x_1$  and the second-layer  $x_2$ , and for arbitrary source energy can easily be estimated by interpolation of functions  $\alpha$  and  $\beta$  with respect to energy.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## 17 High-energy Photospallation Reaction

### 17.1 Modification of photo-nuclear cascade evaporation code PICA95 at energies below 150 MeV

T. Sato, 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*

In our previous works, it was found that the photonuclear reaction yields evaluated by the combination of PICA95 and EGS4 tended to overestimate the experimental ones. In order to solve the discrepancy, we modified the PICA95 following four points. The calculation method for the cross section of quasi-deuteron disintegration(QDD) was changed without using the normalized parameter. The giant resonance was taken into account by using its cross section fitted by Lorentz curve. The parameterized in-medium nucleon-nucleon scattering cross section was substituted for that in free space. The mass formula and level density parameter used in the calculation process of evaporation was updated. The yields calculated by the modified PICA95 agreed better with experimental values than with the values obtained from the original PICA95 code.

Published in *Nucl. Instr. and Meth.*, **A437** (1999) 471.

### 17.2 Radioactivity produced in thick target by 2.5 GeV electrons

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

Saturation activity of several nuclei in thick Al, Fe, Cu and Pb was estimated using measured radioactivity in 2.5 GeV electron beam dump. Calculation was also done using EGS4 and modified version of PICA95. Measured and calculated saturation activity is listed in unit GBq kW.

Presented at 2000 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, March 28-30, 2000, Matuyama.

## 18 High-energy Photoneutron Spectra from 2 GeV Electrons Incident on Thick Target

### 18.1 Measurements of photo-neutron energy spectra from thick targets by irradiation of 2.0 GeV electron beam

T. Sato, K. Shin, R. Yuasa, and S. Ban<sup>1</sup> and H. S. Lee<sup>2</sup>  
*Kyoto University, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>POSTECH*

Photoneutron spectra produced by 2.04 GeV electron incident on thick Al, Cu, Sn and Pb targets were measured by TOF method. A Pb attenuator was placed at the middle point of the flight path to suppress gamma-flash signals. The thickness of the attenuator was changed from 10 cm to 30 cm for each target, and the effects of the attenuator on the neutron spectra were calculated by a combination of small changed LAHET 2.7 code and ENDF-HE/VI data. Obtained neutron spectra are larger than calculated values predicted by a combination of EGS4, our modified PICA95 and LAHET 2.7 codes.

Presented at 1999 Symposium on Nuclear Data, Nov. 18-19, 1999, JAERI Tokai

## 18.2 Experimental setup for measurements of high energy photoneutron spectra from thick targets

T. Sato, K. Shin, R. Yuasa, and S. Ban<sup>1</sup>, H. S. Lee<sup>2</sup> and G. N. Kim<sup>2</sup>  
*Kyoto University, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>POSTECH*

Photoneutron spectra produced by 2.04 GeV electron incident on thick Al, Cu, Sn and Pb targets were measured by TOF method. The irradiation were performed at the injection linac in PAL. A detector of PILOT-U (2 inch diam. x 2 inch) was located at a fixed angle of 90 degrees to the beam axis and 557.5 cm separation from the target. Since the discrimination level was set 4.2 MeV checked by an Am-Be reference source, the lower limit of measurable neutron energy was approximately 10 MeV. The higher limit was 250 MeV. Neutrons emitted from the target were collimated by passing through a Pb and concrete collimator of 10 and 220 cm thickness, respectively. A Pb attenuator was placed at the end of the concrete collimator to suppress gamma-flash signals. The thickness of the attenuator was changed from 5 to 30 cm for each target. The effects of the attenuator and the collimators on the photoneutron spectra were calculated by MCNP and LAHET, then the spectra at the target surface could be obtained.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## 18.3 Photoneutron spectra from thin targets bombarded with 2.0 GeV electrons

H. S. Lee, S. Ban<sup>1</sup>, T. Sato<sup>2</sup>, K. Shin<sup>2</sup>, J. S. Bak, C. Chung, and H. D. Choi<sup>3</sup>  
*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH*  
*<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Seoul National University*

Photoneutron spectra produced from thin targets bombarded with 2.04 GeV electrons were measured in the range from 9 MeV to 300 MeV by using the time of flight technique. The measurements were carried out for thin C, Al, Cu, Sn, and Pb targets at a fixed angle of 90 to the beam direction. In this data reduction a removal cross-section was newly calculated for compensating the effect of the Pb attenuator which was set to suppress g-flash signal. The double differential yields per incident electron were obtained from the spectra as a function of the mass number of target elements. For neutron energies larger than 20 MeV the yields decreased with higher mass number of the target, which was consistent with other authors' published results.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## 18.4 Measurements of high-energy photo-neutron yield and comparisons with calculated results

T. Sato, R. Yuasa, K. Shin, S. Ban<sup>1</sup> and H. S. Lee<sup>2</sup>  
*Kyoto University, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>PAL*

Photoneutron energy spectra were measured when 2 GeV electrons incident on thick targets. Measurements were done using TOF with longer flight path than previous work. Calculation was also done using EGS4+PICA95+ LAHET2.7.

Presented at 2000 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, March 28-30, 2000, Matuyama.

## 18.5 Systematic of 90 deg. direction photo-neutron yields irradiated by 2 GeV electrons

T. Sato, R. Yuasa, K. Shin, S. Ban<sup>1</sup> and H. S. Lee<sup>2</sup>  
*Kyoto University, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>PAL*

Thick target photoneutron yields for 90 deg. were investigated when 2 GeV electrons incident on 10 radiation lengths thick Cu, Sn, Pb, Bi.

Presented at 2000 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan, March 28-30, 2000, Matuyama.

## 19 Improvement of Air Transport Data and Wall Transmission/Reflection Data in the SKYSHINE Code

### 19.1 Calculation of line beam response function for gamma-ray skyshine analysis

M. Nemoto, Y. Harima<sup>1</sup>, H. Hirayama<sup>2</sup>, Y. Sakamoto<sup>3</sup>, K. Hayashi<sup>4</sup>,  
Y. Hayashida<sup>5</sup>, S. Ishikawa<sup>1</sup>, O. Sato<sup>6</sup> and R. Tayama<sup>4</sup>  
*Visible Information Center, <sup>1</sup>CRC Research Institute Inc.,  
<sup>2</sup>KEK, <sup>3</sup>JAERI, <sup>4</sup>Hitachi Engineering Company,  
<sup>5</sup>Toshiba Corporation, <sup>6</sup>Mitsubishi Research Institute*

The line-beam response functions (LBRFs) of a key component of a computationally simple gamma-ray skyshine analysis are generated using an electron-photon cascade Monte Carlo code EGS4. The LBRFs  $R(E_0, \Phi, x)$  are given with the air-kerma (Gy per photon), 7 photon source energies ranging from 0.5 to 10 MeV, for source-detector distances between 10 and 2,000 meters, and at 19 emission angles from 0 ~ 170 degrees, as measured from the source-detector axis. Especially, the values of  $R(E_0, =0.0 \text{ and } 0.1, x)$  are extremely larger than the ones of LBRFs produced by the point kernel model or the COHORT code. The LBRF is accurately approximated by a four-parameter formula. Values of four parameters for the approximate LBRF are described by monotonic and smooth curves with respect to the energy  $E_0$  and the emitted angle  $\Phi$ .

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

### 19.2 Calculation of gamma-ray wall transmission and reflection data

Y. Hayashida, S. Ishikawa<sup>1</sup>, K. Hayashi<sup>2</sup>, H. Hirayama<sup>3</sup>, Y. Sakamoto<sup>4</sup>,  
Y. Harima<sup>1</sup>, M. Nemoto<sup>5</sup>, O. Sato<sup>6</sup>, and R. Tayama<sup>2</sup>  
*Toshiba Corporation, <sup>1</sup>CRC Research Institute Inc.,  
<sup>2</sup>Hitachi Engineering Company, <sup>3</sup>KEK, <sup>4</sup>JAERI, <sup>5</sup>Visible Information Center,  
<sup>7</sup>Mitsubishi Research Institute*

Transmission and reflection data of concrete and steel for 6.2 MeV gamma-ray in the SKYSHINE code have been generated using up-to-date data and method with a view to improving an accuracy of results. The transmission and reflection data depend on energy and angle. The invariant embedding method, which has merits of producing no negative angular flux and of taking small computer time, is suitable and adopted to the present purpose. Transmission data were calculated for concrete of 12~160 cm thick and steel of 4~39 cm thick based on the PHOTX library. Reflection data were calculated for semi-infinite slabs of concrete and steel. Consequently, smooth and consistent differential data over whole angle and energy were obtained compared with the original data calculated

by discrete ordinates Sn code and Monte Carlo code. In order to use these data in the SKYSHINE code, further verification is needed using various calculation method or experimental data.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

### **19.3 Application of improved air transport data and wall transmission reflection data in the SKYSHINE Code to typical BWR turbine skyshine**

R. Tayama, H. Hirayama<sup>1</sup>, Y. Sakamoto<sup>2</sup>, Y. Harima<sup>3</sup>, Y. Hayashida<sup>4</sup>,  
M. Nemoto<sup>5</sup>, S. Ishikawa<sup>3</sup>, O. Sato<sup>6</sup>, and K. Hayashi  
*Hitachi Engineering Company, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>JAERI, <sup>3</sup>CRC Research Institute Inc.,  
<sup>4</sup>Toshiba Corporation, <sup>5</sup>Visible Information Center,  
<sup>6</sup>Mitsubishi Research Institute*

Three basic sets of data *i.e.* air transport data and transmission/reflection data included in the SKYSHINE program have been improved using up-to-date and methods, and applied to skyshine dose calculations for a typical BWR turbine building. The direct and skyshine dose rates with the original SKYSHINE code have good agreements with MCNP Monte Carlo calculations except for the distances below 0.1 km. The results with the improved SKYSHINE code also have agreements with the MCNP code within 10 - 20 %. The discrepancy of 10 - 20 % can be due to the improved concrete transmission data at small incident and exit angles. We still improve the three sets of data and investigate with different calculational models to get much more accurate results.

Presented at Ninth International Conference on Radiation Shielding, Oct. 17-22, 1999 Tsukuba, Japan.

## **20 Improvement of Low Energy Photon Transport in EGS4 code**

### **20.1 Improvement of the cross-section and branching-ratio evaluation in EGS4 in the energy interval which has an absorption-edge**

Y. Namito and H. Hirayama

EGS4 treats the cross section and branching ratio in fitting to a linear function in small energy intervals. This technique is called a "piece-wise line-fit" (=PWLF). PWLF breaks down in the vicinity of the photon absorption edge and produces a large error. The intensities of  $K_{\beta}$  and several L-x rays are underestimated due to this PWLF error. To avoid this breakdown, we improved the PWLF. In the energy interval which has an absorption edge, the interpolation is sustained and extrapolation from either a higher or lower energy bin is employed to evaluate the photon cross section and the branching ratio. This method is called the "local extrapolation method" (LEM). By using LEM, a reasonable evaluation of the intensity of the characteristic x-ray is achieved.

Presented at 8th EGS4 user's meeting in Japan, KEK Tsukuba, August 1-3, 1999 and Third International Workshop on Electron and Photon Transport Theory Applied to Radiation Dose Calculation, Indianapolis, USA, 9-12 Aug. 1999.

## 20.2 Energy dependence of $L_I$ , $L_{II}$ and $L_{III}$ subshell photoelectric effect cross section

H.Hirayama and Y.Namito

To simulate generation L-X rays, it is necessary to consider energy dependence of  $L_I$ ,  $L_{II}$  and  $L_{III}$  subshell photoelectric effect cross section. In the case this energy dependence is ignored, the agreement of EGS4 and measurement becomes worse apparently. Thus this energy dependence was taken into account into EGS4 code.

Presented at Third International Workshop on Electron and Photon Transport Theory Applied to Radiation Dose Calculation, Indianapolis, USA, 9-12 Aug. 1999.

## 20.3 Implementation of electron-impact ionization into the EGS4 code

Y. Namito and H. Hirayama

A modification to the general-purpose Monte-Carlo electron-photon transport code EGS4 [Nelson, Hirayama and Rogers, SLAC-265] 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.

Published in *Nucl. Instrum. and Meth. A*, **423**, 238-246(1999).

## 20.4 Development of unified version of improvements of EGS4 code

H.Hirayama and Y.Namito

Efforts was continued to develop the unified version of improvements of EGS4 code. Whenever the program was changed substantially, simulation calculation was performed to check the validity. This activity is an important step to develop EGS5 code.

## 21 Material Science Using Slow Positron

### 21.1 Study on positron annihilation and positronium chemistry

#### 21.1.1 Polymerization of epoxy resins studied by positron annihilation

T.Suzuki, T.Hayashi<sup>1</sup>, and Y.Ito<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Sumitomo Chemical Ltd., <sup>2</sup>Tokyo University*

The polymerization process of epoxy resins (bisphenol-A dicyanate) has been studied using positron-annihilation lifetime spectroscopy (PALS). The polymerization from monomer to polymer through polymerization reaction was followed by PALS. Resins kept at curing temperatures (120 and 200°C) change the form from powder to solid through liquid. The size of intermolecular spaces of the solid samples increased with the progress of the polymerization.

Published in *ACTA PHYSICA POLONICA A* **95**(1999)671-676.



### 21.1.2 Characterization of the curing behavior of cyanic ester by a positron-annihilation lifetime technique

T.Hayashi, H.Nakamura, and T.Suzuki<sup>1</sup>  
*Sumitomo Chemical Ltd., <sup>1</sup> KEK*

The curing process of dicyanate resin system was investigated by a positron-annihilation life time technique (PA). Based on the observation of PA, it has been shown that the size of free volumes of cured resins became larger as curing reaction proceeded. This result was supported by the change of physical properties related to the size of free volumes such as the decreasing of specific gravity, the lowering of dielectric constant and the increasing of water pick up rate with increasing the degree of cure. Therefore, it was found that the curing reaction of dicyanate resin proceeded through reaction of cyanate groups to form the larger size of free volumes.

Published in *Polymer* **40**(1999)1053-1056.

### 21.1.3 Radiation effect on positronium formation in low-temperature polyethylene

T. Suzuki, Y. Ito, K. Kondo, E. Hamada<sup>1</sup>, and Y. Ito<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>The Graduate University for Advanced Studies*  
*<sup>2</sup> Tokyo University*

The irradiation effect of  $\gamma$ -rays on polyethylene (PE) has been studied by positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS). In the case of non-irradiated PE samples, at a low temperature below the glass-transition temperature, the intensity of the long-lived component of positronium,  $I_3$ , increased due to an increase in the concentration of trapped electrons. However, the increase in  $I_3$  obtained in a few MGy  $\gamma$ -irradiated samples became very small due to the effect of induced radicals. It has been observed that the trapped electrons were affected by the intensity of the positron sources used for a PALS experiment.

Presented in 6th International Workshop on Positron and Positronium Chemistry (PPC6) Tsukuba, Japan, June 7-11, 1999.

## 21.2 Positron annihilation in fullerenes and other carbon phases

Y. Ito and S. Suzuki

A positron-annihilation study was applied to the fullerenes, nanotube and graphite phases. The positron-annihilation characteristics depend on the positron and electron density distribution in the material and the amount of overlap between the positron and electron wave functions. Although positron in graphite have two lifetime component, in  $C_{60}$ ,  $C_{70}$  fullerenes and nanotube, which shows the single-component time-annihilation spectra. The observed lifetimes were  $389 \pm 2$  psec for the  $C_{60}$  fullerene,  $384 \pm 2$  psec for the  $C_{70}$  fullerene and  $387 \pm 1$  psec for the nanotube, respectively. In addition to the lifetime spectra, we measured the Doppler-broadened line-shape of the 511keV annihilation  $\gamma$ -ray which reflects the density distribution in the momentum space of electron sampled by positron. We observed a remarkable difference on the annihilation  $\gamma$ -ray distribution between the  $C_{60}$ ,  $C_{70}$  fullerenes and the graphite, nanotube phases.

Published in *Phys. Rev. B* **60**(1999)15636.

## 22 Measurement of Beam Intensity using Activation Method

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

A secondary emission chamber(SEC) is one of useful detectors for the beam intensity in several GeV. In the slow extracted beam lines of 12GeV proton synchrotron at KEK(KEK-PS). In order to monitor primary beam intensity, SECs are installed at several positions such as just downstream of the extraction from the accelerator and just upstream of the production target stations. We have investigated the response of KEK secondary emission chamber for protons at 4,5 and 12GeV, for deuterons at 1-6GeV/u, and for alpha particles at 2-6 Gev/u. Total number of incident particle(proton, deuteron etc.) were measured by the foil activation method using the production cross sections of nuclides from C, Al and Cu target.

Published in *J. Nucl. and Radiochemical Sciences* Vol.1 Suppl. 3(1999)24.

## 23 Measurement of Prompt Fission Neutron Spectrum of Neptunium-237 for 0.62 MeV Incident Neutrons

Than Win, M. Baba<sup>1</sup>, M. Ibaraki, T. Miura, T. Sanami<sup>2</sup>, T. Iwasaki and N. Hirakawa  
*Quantum Science and Energy engineering, Tohoku University,*  
<sup>1</sup>*Cyclotron Radioisotope Center, Tohoku University,* <sup>2</sup>*KEK*

The prompt fission neutron spectrum of <sup>237</sup>Np induced by 0.62 MeV neutrons has been measured by using a Time-of-Flight (TOF) method with a heavily shielded NE213 scintillator. The 4.5 MV Dynamitron accelerator of Tohoku University was used to produce pulsed neutrons. The sample used NpO<sub>2</sub> powder enclosed in a stainless steel container.

The fission spectrum data were obtained in the energy range from 0.8 to 12 MeV. Best fit parameters to the experimental data have been derived for the Maxwellian and the Watt type distribution functions.

The Maxwellian temperature  $T_m$  of the present work was  $1.28 \pm 0.04$  MeV. It is smaller than the Maxwellian temperature of 1.38 MeV given by JENDL-3.2, but is consistent with that derived by the Howerton-Doyas formula on the relation between the average energy or Maxwellian temperature and the average number of prompt fission neutrons ( $\bar{\nu}_f$ ). The measured spectrum is well described in terms of the Watt distribution,  $\chi_w = C_w \sinh(\sqrt{1.95E}) \exp(-1.01E)$ .

Published in *J. of Nucl. Sci. and Technol.* Vol.36, No 6,(1999)486-492.

## 24 Measurements of Scintillation Photons in High Pressure Rare Gases

K. Saitoh, H. Tawara<sup>1</sup>, and S. Sasaki<sup>1</sup>  
*The Graduate University of Advanced Studies,* <sup>1</sup>*KEK*

Rare gases are known as excellent scintillation materials. Among them, xenon in the liquid phase has a high scintillation yield compatible to that of NaI(Tl) crystal as shown by our group in 1992. The amount of scintillation in gaseous rare gases has been believed to be one third to that in the liquid phase, because of little photons generating through recombination process. In high pressure gases, the recombination becomes one of the dominant processes after the incident of radiation, and a large increment in the light outputs can be expected. Thus, the scintillation yields are important factors to obtain the physical information on the energy pathway of radiation in the matter and to describe the quality of detector materials. The scintillation yields, however, have been scarcely measured in

rare gases, especially in the gas phases. We have planned to measure absolute scintillation yields in high-pressure rare gases, and constructed an experimental apparatus. The measurements are being performed using the apparatus.

## 25 Monte Carlo Simulation of KV X-ray Units

F. Verhaegen, A. E. Nahum<sup>1</sup>, S. Van de Putte and Y. Namito<sup>2</sup>  
*Gent U., <sup>1</sup>Inst. of Cancer Res., <sup>2</sup>KEK*

To obtain accurate information for absorbed dose calculations in water for kilovoltage x-rays, the photon spectrum, planar fluence and the angular distribution of the photons at the collimator exit of the x-ray unit have to be known. The only way to obtain this information is by Monte Carlo (MC) simulation. Compared with the situation for high-energy photons and electrons, where in recent years numerous papers have been devoted to MC modeling of complete clinical accelerator units, there is a lack of similar work for kV x-ray units. A reliable MC model for a kV x-ray unit would allow the output information to be used in a treatment planning system for regular and irregular treatment fields. Furthermore, with MC simulation, perturbation factors of dose-measuring devices, such as those specified in codes of practice, can be calculated.

In this work, the MC code EGS4/BEAM was used to build realistic models of the two complete x-ray units. The tungsten target, exit window, collimator, additional filtration and applicator were taken into account. For some aspects of the work, a comparison was made with the simulations from another MC code, MCNP4B. The characteristic radiation from electron impact ionization and from the photoelectric effect of reabsorbed bremsstrahlung photons was studied. Calculated and measured photon fluence spectra in air and half-value layers for a Philips MCN410 tube were compared for several anode voltages and additional filtrations. Results from the two codes agreed well, and the agreement with the measured spectra was found to be good for energies above 50 keV but rather less good below that energy. For a Siemens Stabilipan 2 Th300 x-ray tube, HVLs and dose distributions in water were compared with measurements for several clinical x-ray qualities. For most of the combinations of radiation qualities and applicators, good agreement was obtained, although there were also some cases where the agreement was not so good. Electron contamination and photon build-up at the water surface were studied using MC simulation. The influence of depth on the photon spectral distribution was investigated.

Both EGS4/BEAM and MCNP4B, in the default versions, handle inadequately the production of characteristic x-rays. This was found to have only a minor influence on the calculated dosimetric quantities. Simulations with MCNP4B required the use of several variance reduction techniques in order to obtain results within reasonable calculation times.

Published in *Phys. Med. and Biol.* **44**, 1767-1789 (1999).

## 26 (n, $\alpha$ ) Cross Section Measurement Using a Gaseous Sample and a Gridded Ionization Chamber

T. Sanami, M. Baba<sup>1</sup>, K. Saito<sup>2</sup> and N. Hirakawa<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Cyclotron Radioisotope Center, Tohoku University,*  
*<sup>2</sup>Quantum Science and Energy engineering, Tohoku University*

We developed a method of (n, $\alpha$ ) cross section measurement using a gaseous sample in a gridded ionization chamber (GIC). This method enables us to measure the cross section of gaseous samples, such as C, O and N, with very large solid angle close to  $4\pi$  without distortion due to energy loss in the

sample. The detection efficiency, which is difficult to estimate for gaseous samples, was estimated by using GIC signals and tight neutron collimation. This method was verified through the  $^{12}\text{C}(n,\alpha_0)^9\text{Be}$  cross section measurement for 14.1 MeV neutrons.

Published in *Nucl. Instr. and Methods* **A440**(2000)403-408.

## **27 Neutron Measurements**

### **27.1 Neutron energy response of a modified Andersson-Braun Rem-Counter and measurements in high-energy stray neutron radiation fields**

J. Li, Y. Tang, S. Ban<sup>1</sup>, M. Numajiri<sup>1</sup>, H. Tawara<sup>1</sup>, T. Suzuki<sup>1</sup>,  
H. Nakamura<sup>1</sup>, K. Takahashi<sup>1</sup>, K. Hozumi<sup>1</sup>, and Y. Sakamoto<sup>2</sup>  
*Institute of High Energy Physics, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>JAERI*

The neutron energy response of the modified and conventional A-B rem-counters in the semi-monoenergetic neutron field with energy of 40.2 MeV and 64.7MeV has been investigated. The measurements of stray neutron radiation fields at different types of high-energy accelerators in KEK using these rem-counters were performed. The contribution of high-energy neutrons in the fields was estimated and the underestimate of the neutron dose equivalent measured by a conventional A-B rem-counter in the high-energy stray neutron radiation fields was verified.

Published as KEK Internal 99-2 (1999).

### **27.2 Measurements of time dependent distribution of leakage neutrons from the earth shield of KEK 12-GeV PS**

S. Ban, M. Numajiri, T. Suzuki, K. Takahashi, H. Sato, S. Yamanaka

On the earth shield of the KEK 12-GeV Proton Synchrotron, dose equivalent of leakage neutrons was measured using Andersson-Braun (A-B) rem-counters. Neutrons are produced when proton beams are lost at injection, acceleration and extraction. To know these contributions separately, time-dependent distribution of neutron dose was measured. The extraction loss was most important for leakage neutron doses. At extraction, beam was lost in wide area downstream of the extraction system. During the acceleration, the beam was lost at narrow area. Neutron dose distribution was compared with beam loss position using beam-loss monitors placed in the tunnel.

Presented at 12th Symp. on Accelerator Science and Technology, October 27-29, Wako (1999).

### **27.3 Measurements of secondary neutrons produced from thick targets bombarded by high energy heavy ions in HIMAC**

T. Kurosawa<sup>1</sup>, N. Nakao, T. Nakamura<sup>1</sup>, Y. Uwamino<sup>2</sup>, T. Shibata,  
N. Nakanishi<sup>2</sup>, A. Fukumura<sup>3</sup> and K. Murakami<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>CYRIC, Tohoku Univ., <sup>2</sup>RIKEN, <sup>3</sup>NIRS*

The angular and energy distributions of secondary neutrons produced by 100-800 MeV/nucleon He, C, Ne, Ar, Fe, Xe and Si ions stopping in thick C, Al, Cu and Pb targets were measured using the Heavy-Ion Medical Accelerator in Chiba(HIMAC) of the National Institute of Radiological Sciences(NIRS). The secondary neutrons were measured by an NE213 organic liquid scintillator(127mm-diameter by 127mm-long) using time of flight(TOF) method. Since the secondary charged particles

were detected by both the NE213 scintillator and an NE102A plastic scintillator (150mm × 150mm × 5mm-thick) placed in front of the NE213 scintillator, the coincidence events between two detectors corresponding to charged particles were eliminated in the data analysis. The  $\gamma$ -rays detected by the NE213 scintillator were also eliminated in the data analysis using the pulse shape information. The neutron energy spectra above about 4 MeV up to several GeV were obtained at the angles of 0, 7.5, 15, 30, 60 and 90 degree.

The neutron spectra in the forward direction have broad peaks of  $\sim 60$  to  $70$  % of the incident particle energy per nucleon due to the break-up process, and they spread up to almost twice the projectile energy per nucleon. The phenomenological hybrid analysis, based on the moving source model and the Gaussian fitting of the break-up process, could well represent the measured thick target neutron spectra. The experimental results are also compared with the calculations using the heavy-ion code, and the calculated results agree with the measured results within a factor of 2 margin of accuracy. This systematic study on neutron production from thick targets by high-energy heavy ions is the first experimental work performed by NIRS and will be useful for designing the shielding for the high-energy heavy-ion accelerator facility.

Published in *Nucl. Sci. Eng.*, **132** (1999) pp30-57., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **36(1)** (1999) pp41-53., and *Nucl. Instr. and Meth.*, **A430** (1999) pp400-422.

#### **27.4 Measurements of neutron spectra produced from a thick lead target bombarded with 0.5- and 1.5-GeV protons**

S. Meigo, H. Takada, S. Chiba, T. Nakamoto<sup>1</sup>, K. Ishibashi<sup>2</sup>,  
N. Matsufuji<sup>2</sup>, K. Maehata<sup>2</sup>, N. Shigyo<sup>2</sup>, Y. Watanabe<sup>2</sup> and M. Numajiri<sup>1</sup>  
*JAERI, <sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Kyushu Univ.*

Neutron spectra produced from a thick lead target bombarded with 0.5 and 1.5 GeV protons have been measured in order to provide experimental data for benchmarking the medium-energy particle transport calculations. The accurate neutron spectra were obtained in the energy region between 1.6 and 150 MeV. The measured data have been compared with the calculated results of an NMTC/JAERI-MCNP-4A code system. The calculation reproduces the experiment fairly well for the lower energy less than 10 MeV. It, however, gives about 50% lower neutron flux in the energy region between 20 and 80 MeV. By using the in-medium nucleon-nucleon scattering cross sections, this disagreement has been reduced.

Published in *Nucl. Instrum. and Methods A* **431**(1999)521-530.

#### **28 Neutron Production from Lead Targets for 12-GeV Protons**

M. Arai, Y. Kiyonagi<sup>1</sup>, N. Watanabe<sup>2</sup>, R. Takagi<sup>1</sup>, H. Shibasaki<sup>3</sup>, M. Numajiri,  
S. Ito, T. Otomo, M. Furusaka, Y. Inamura, Y. Ogawa<sup>1</sup>, Y. Suda<sup>1</sup> and S. Satoh  
*KEK, <sup>1</sup>Hokkaido Univ., <sup>2</sup>JAERI, <sup>3</sup>Kobe Univ.*

We carried out an experiment on neutron yields from typical cylindrical lead targets for 12-GeV protons by means of the Mn-bath moderation method. Our experimental results are, roughly speaking, consistent with those by Russian groups done for lower energy protons by different methods. The number of neutrons absorbed in the Mn-bath was determined to be 195 neutrons/proton, and the total neutron yield, including leakage neutrons, which were evaluated by calculations, was estimated to be 201 neutrons/proton for a 20cm(diameter)x60cm(length) lead target. The total neutron yield

as a function of the proton energy  $E_p$ , fitted to our data and the results of others, is expressed by the formula  $2.0 + 29.2E_p^{0.78}$ , where  $E_p$  is expressed in GeV.

Published in *J. Neutron Research* **8**(1999)71-83.

## **29 Neutron Response of a Three Element Phoswich Detector Consisting of Inner BC501A Scintillator and an Outer BGO and CaF<sub>2</sub>(EU) Crystal Wall**

T. Sanami, T. Shibata, M. Ibaraki<sup>1</sup>, T. Miura<sup>1</sup>, and M. Baba<sup>1</sup>  
*KEK, Tohoku Univ.*

We developed a new three element phoswich detector consisting of inner BC501 organic liquid scintillator and outer BGO and CaF<sub>2</sub>(EU) crystal scintillator which are optically coupled with one photo multiplier tube. The decay time of output pulse by one of the scintillators differ from the others, *i.e.*, decay time of BC501A, BGO and CaF<sub>2</sub> are few, 300 and 940 ns, respectively. From this difference, the detector can determine a type and direction of incident particle. The detector response for neutrons was measured for 14 MeV mono-energetic pulsed neutron produced by 4.5 MV Dynamitron accelerator in Tohoku University. By using pulsed neutron, we can confirm consistency between the results of n- $\gamma$  discrimination and time of flight. It was found that the n- $\gamma$  discrimination characteristic of the BC501A scintillator is not degraded by assembling with the BGO and CaF<sub>2</sub> crystals. The detector will be applied to neutron measurements under the charged particles.

## **30 Number of Scintillation Photons from Scintillator Crystals and the Factors Affecting Their Resolutions**

S. Sasaki, H. Tawara, K. Saitoh<sup>1</sup>, M. Miyajima<sup>2</sup> and E. Shibamura<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>The Graduate University of Advanced Studies*  
*<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Fukui University,*  
*<sup>3</sup>College of Health Science, Saitama Prefectural University*

We have been studying the absolute scintillation efficiency for gamma rays in several kinds of scintillator crystals. In such studies, the scintillation efficiency is defined to be  $N_p / E$ , where  $N_p$  is the number of scintillation photons produced in the crystal for gamma rays with an energy of  $E$ . The value of  $N_p$  is given by the relation  $N_{pe} = N_p \times F_c \times Q_e$ , where  $N_{pe}$  is the number of photo-electrons from the PMT photo-cathode,  $F_c$  the fraction of photons collected at the photo-cathode, and  $Q_e$  the quantum efficiency of the photo-cathode.  $N_{pe}$  can be measured precisely by operating the PMT as a photo-diode and using the preamplifier the outputs of which were calibrated in terms of absolute charge numbers.  $F_c$  is determined by simulating photon production in the crystal using EGS4 code and the following photon transport inside the crystal.

In the case of NaI(Tl) crystals, the  $W_s$ -value, defined as average energy to produced a scintillation photon, is determined to be  $11.5 \pm 0.3$  eV for the gamma-rays from <sup>137</sup>Cs (662 keV). In addition, we have almost clarified out primary parameters affecting the energy resolution by using the simulation method mentioned above.

Presented partly at the 47th Conference of the Japan Society of Applied Physics in Tokyo.

### 30.1 Response of NaI(Tl) scintillation detectors for gamma rays

H. Tawara, S. Sasaki, K. Saito<sup>1</sup>, E. Shibamura<sup>2</sup> and M. Miyajima<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>The Graduate University for Advanced Studies*  
*<sup>2</sup>Saitama Prefectural University, <sup>3</sup>Fukui University*

An EGS4 Monte-Carlo calculation for gamma-ray transport in a NaI(Tl) scintillator was performed in order to output the initial spatial distribution of the scintillation yields. The relative scintillation yields for secondary electrons were estimated by taking into account the experimental electron-response curve of the NaI(Tl) scintillator. The energy-response curve and the intrinsic energy resolution corresponding to the full-energy deposition of gamma rays are described and discussed. Using the output from the EGS4 usercode, we will next simulate the scintillation-photon transport in a NaI(Tl) scintillator in order to evaluate the collection efficiency of scintillation photons to the photomultiplier photocathode. The absolute scintillation yield will be determined by comparing the calculated results with experiments.

Presented at the 8th EGS4 User's Meeting in Japan, KEK, Tsukuba, Japan August 1-3, 1999.

### 31 Particle Size Distribution of Radioactive Aerosols Formed in Accelerator Tunnel Air During Machine Operation

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

Particle-size distribution was studied for radioactive and non-radioactive aerosols formed during operation of a high-energy proton accelerator. The size distributions of the radioactive aerosols were determined for <sup>11</sup>C, <sup>13</sup>N, <sup>7</sup>Be and <sup>24</sup>Na. The experiment was carried out under well controlled condition using a chamber installed on a beam line. Conditioned air was introduced to the chamber, and the activated air returning from the chamber was analyzed using a diffusion battery system. The formation mechanism of the radioactive aerosols was discussed.

Presented at The 43rd Symposium on Radiochemistry, Oct. 13-15, 1999 Tsukuba, Japan.

### 32 Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by Lasers

S. Sasaki and H. Tawara

We have been developing methods of Resonance Ionization Spectroscopy (RIS) by lasers in order to realize quantitative measurements of ultra-trace amounts of isotopes contaminated in gases, liquids and solids. Two major works are currently performed in this study. One is the development of a time-of-flight mass spectrometer equipped with lasers for RIS (RIS-TOFMS) and micro-channel plates, the detection efficiency of which were measured absolutely. Recently, a small YAG laser and an assembly of mirrors and lenses were introduced into this system for precise ablation experiments of solid samples. The other is the development of calibration methods of trace amount of isotopes using a pulsed ion-gun system. We plan to extensively apply this method to the fields in radiation physics, nuclear physics, radiation chemistry, radiation detection and so on.

### 33 Search for the Neutralino Darkmatter with a Low Background Liquid Scintillation Detector

Y. Ito

It is well known that the neutralino is the important candidate for the cosmic darkmatter. The direct detection of the neutralino-nucleus scattering is the proof of the existence of the neutralino darkmatter. The neutralino interacts spin-dependently and spin-independently with matter, their relative strength is dependent on the parameters of the supersymmetric theories. Detectors with material with nonzero nuclear spin is required for the detection of the spin-dependently interacting components. Comparing the nuclear spin and Lande factor for various nuclei, one finds  $^{19}\text{F}$  to be the best material to detect the spin-dependently interaction. Therefore, a liquid scintillator composed by the hexafluorobenzene ( $\text{C}_6\text{F}_6$ ) would be most appropriate for this purpose. The performance of the liquid scintillator; the background of the detector, the performance of the pulse shape discrimination to reject the electron recoil background and quenching of the scintillation for the nuclear recoil, for example, are currently under studied.

### 34 Search for Unknown Neutral Object

#### 34.1 Search for correlated two-photon emission from $e^+$ ( $^{82}\text{Sr}$ ) + Th interaction

M. Sakai, T. Miura, M. Imamura<sup>1</sup>, T. Komatsubara<sup>2</sup>, J. Lu<sup>2</sup>, J. Mukai<sup>2</sup>, T. Shizuma<sup>2</sup>, K. Furuno<sup>2</sup>, T. Hayakawa<sup>3</sup>, K. Furutaka<sup>3</sup>, M. Kidera<sup>3</sup>, M. Ohshima<sup>3</sup> and S. Shimizu<sup>4</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>NMJJ, <sup>2</sup>Univ. of Tsukuba, <sup>3</sup>JAERI, <sup>4</sup>Osaka Univ.*

A previously observed electron line at INS at  $330.3\pm 0.4$  keV in  $e^+$  + Th interactions has been implied by these authors to originate from the decay of unknown neutral  $X^0$ . QED predicts a two-photon decay mode of  $X^0$  leading to a correlated two-photon coincidence peak at  $841.3\pm 0.4$  keV. To search for such a peak  $\gamma\gamma$ -coincidence experiments were performed. From an observed peak-line structure in the spectrum at  $841.7\pm 0.3$  keV and an associated cross section of  $10.6\pm 3.1(\text{stat})\pm 6.9(\text{syst})\mu\text{b}$  an upper limit for the cross section of  $15.2\pm 1.5(\text{syst})\mu\text{b}$  for the production and  $2\gamma$  decay of the  $X^0$  was deduced with a statistical confidence level of 95 %.

Published in *Phys. Lett.* **B458**(1999)460.

#### 34.2 Observation of $180^\circ$ correlation of $e^+e^-$ pair originating from $e^+$ ( $^{82}\text{Sr}$ ) + Th interactions

M. Sakai, H. Kawakami, K. Omata, I. Sugai, I. Katayama, T. Miura, S. Shimizu<sup>1</sup> and K. Horie<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Osaka Univ.*

A previously observed electron line at INS at 330.3 keV and an associated cross section of 149 mb in  $e^+$  + Th interactions has been implied by authors to originate from the decay of a new neutral particle. QED predicts a two-photon decay mode of the particle leading to a correlated two-photon coincidence peak at 841.3 keV.  $\gamma\gamma$ -coincidence experiments have revealed a peak-like structure at 841.7 keV and an associated cross section of  $15.2\mu\text{b}$  (upper limit). These energies and cross sections satisfy the relations of  $E_\gamma = E_e + mc^2$  and  $\sigma(2\gamma)/\sigma(e^+e^-)$  expected from a particle production scenario. Positron and electron coincidence experiments were performed with pulses from positron and electron scintillation counters set on the trajectory of the air-core  $\beta$ -ray spectrometer at KEK Tanashi. We observed a peak at the predicted channel in coincidence spectra. It clearly shows a  $180^\circ$  correlated,



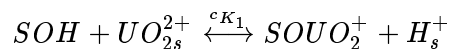
equal-energy  $e^+e^-$  pair emitting from the irradiated target. The production cross section is compatible with the reported value.

### 35 Sorption/Desorption Processes of Uranium in Clayey Samples of the Bangombe Natural Reactor Zone, Gabon

M. Del Nero, S. Salah<sup>1</sup>, A. Clement<sup>1</sup>, F. Gauthier-Lafaye<sup>1</sup> and T. Miura<sup>2</sup>  
*IRS(CNRS, France), <sup>1</sup>CGS(CNRS, France), <sup>2</sup>KEK*

Experimental studies have been undertaken in order to provide new insights into the relative efficiency of the different mineral phases and sorption processes for control U retention in the weathered zones surrounding the natural nuclear reactor at Bangombe (Oklo, Gabon). Clayey and Fe-oxihydroxides rich samples from the oxidizing weathered zones located above the reactor were examined. An experimental study of uranium adsorption/desorption processes in these samples was carried out using a uranium isotope exchange technique in order to estimate the proportion of uranium adsorbed on mineral surfaces. A sequential extraction technique was used to identify the major U-containing minerals in the samples. In the U-rich iron crust rocks closed to the reactor, the fraction of total uranium adsorbed at mineral surfaces is small. Extraction experiments reveal that a large part of uranium is associated to Fe-oxihydroxides, to minor P-rich phases, and presumably to Mn-oxihydroxides. A possible mechanism for U retention is an incorporation into the structure of iron oxihydroxides and/or of ferric phosphates occurring as surface precipitates on Fe-oxihydroxides. Traces of autunite-like mineral are also present in the zone. For the clayey samples in the weathering profile, it may be inferred that several processes and minerals contribute significantly to U retention: adsorption processes occurring mainly at clay surfaces, association with traces of Mn-containing carbonates and iron oxihydroxides. A significant proportion of total U is adsorbed at mineral surfaces and is thereby easily accessible to weathering solution.

In a second part of this work, <sup>235</sup>U sorption data obtained on a Fe- and Mn- poor illitic Bangombe sample were modeled using a surface complexation modeling approach. As a first approximation, it was assumed in modeling that uranyl binding occurs at aluminol edge sites of the illite component. The binding constant required for modeling was firstly determined for the non-electrostatic model (NEM) from experimental work on the U(VI)/hydrargilite( $\alpha$ -Al(OH)<sub>3</sub>) system. The fractional uptake of U(VI) on hydrargilite was measured as a function of pH, for different ionic strength values (0.1 and 0.01 M) under CO<sub>2</sub>-free conditions, and in solutions with a total concentration of carbonate of 10<sup>-3</sup> M. The following surface complexation reaction:



with a  $^cK_1$  value equal to  $-0.8 \pm 0.3$  for NEM (ionic strength: 0.01 M) provided a reasonable description of the pH-dependent sorption of U(VI) on both a well-characterized hydrargilite and on a clayey sample of Bangombe.

Published in *Radiochim. Acta* **87**(1999)135-149.

### 36 Study on Activation Analysis

Activation analysis of environmental materials and industrial concerns has been performed at the 300-MeV electron linear accelerator of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University, the electron linear accelerator of Research Reactor Laboratory, Kyoto University and SF cyclotron at Tanashi Branch, KEK. Recent study is focused on the improvement of accuracy, precision and rapidness.

### 36.1 Development of the continuous extraction and detection system for C-11 induced by accelerator

K. Masumoto, Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Ito, E. Iino<sup>2</sup>, K. Shikano<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>Shinetsu Handotai, <sup>2</sup>NTT*

A rapid separation and detection system of radioactive carbon, which consists of an infrared furnace, a continuous extraction system of CO<sub>2</sub> and a coincidence counting system for 511 keV annihilation gamma-ray, has been developed. In the first step, irradiated samples mixed with an accelerator reagent are burned in an infrared furnace. Then, generated CO<sub>2</sub> gas is continuously extracted in a extraction coil, in which monoaminoethanol solution is running by pumping at the flow rate of 0.15 ml/min. After extraction, monoaminoethanol solution is led between a couple of BGO-detector and <sup>11</sup>C activity in solution is monitored with the multichannel scaler. Trace impurities of carbon in iron and steel samples were analyzed by using the <sup>12</sup>O( $\gamma$ ,n)<sup>11</sup>C reaction at the 300-MeV Linac of Tohoku Univ. This method was also applied to the nitrogen analysis in silicon by using the <sup>14</sup>N(p, $\alpha$ )<sup>11</sup>C reaction.

Presented at the 3rd Tokyo Symposium on Analytical chemistry (Makuhari) and the 43rd Symposium on Radiochemistry (Tsukuba).

### 36.2 Photon activation analysis of environmental and biological samples

K. Masumoto, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Hirose<sup>2</sup>, H. Haba<sup>2</sup>, K. Sakamoto<sup>2</sup>, R. Amano<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>Kanazawa Univ.*

KURRI-Linac has been applied to PAA of environmental and biological samples. In this work, 20 to 30 MeV irradiation have been performed to compare the sensitivity of each element. Each part of organs of rat was successfully analyzed separately, in order to study metabolism of elements.

Published in *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)495-500 and **239**(1999)165-175.

### 36.3 Depth profile measurement of oxygen in high-pure silicon by charged particle activation analysis

K. Masumoto, Y. Ito, T. Ohtsuki<sup>1</sup>, H. Sakurai<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>Mitsubishi Materials Co.*

Trace impurities of oxygen in silicon crystal has been analysed by using the <sup>16</sup>O(<sup>3</sup>He,p)<sup>18</sup>F reaction at the SF cyclotron of Tanashi branch, KEK. After irradiation of <sup>3</sup>He (20 MeV, 1  $\mu$ A), silicon surface was etched sequentially and <sup>18</sup>F was separated as the LaF<sub>3</sub> precipitation. The microgram per gram of oxygen was easily determined with good reproducibility and enough sensitivity. It was confirmed that hydrogen reduction was effective to reduce oxygen of surface layer.

Presented at the 3rd Tokyo Symposium on Analytical chemistry (Makuhari).

## 37 Study on Labeled Compound using Recoil Implantation after Nuclear Reaction

The recoil method is useful to produce C-11 labelled organic compounds. This works was performed at the 300-MeV electron linear accelerator of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University and SF cyclotron at Tanashi Branch, KEK.

## 37.1 Fullerene chemistry

T. Ohtsuki and K. Masumoto<sup>1</sup>  
*Tohoku Univ., <sup>1</sup>KEK*

In the field of fullerene science, higher fullerene, hetero-fullerene and metallo-fullerene are the topics. We produced the dimer, trimer and tetramer of C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub> by bremsstrahlung and charged-particle irradiation and HPLC separation. TOF-mass spectrum of dimer fraction proved that the dimer was surely formed. By using the <sup>11</sup>C(d,n)<sup>13</sup>N reaction, <sup>13</sup>N labelled hetero fullerene was produced.

Published in *Chem. Phys. Lett.* **300**(1999)661-666, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)365-369, **239**(1999)201-206 and *Biological Trace Element Res.* **71-72** (1999)489-498.

## 37.2 Preparation of C-11 labeled polycyclic aromatic hydrocarbons using electron accelerator and cyclotron

K. Masumoto, T.Ohtsuki<sup>1</sup>, Y. Ito and K. Shikano<sup>2</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>Tohoku Univ., <sup>2</sup>NTT*

The phenomenon that carbon-11 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.

Published in *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **241**(1999)495-500.  
Presented at the 5th Tokyo Symposium on Analytical chemistry (Makuhari) and the 43rd Symposium on Radiochemistry (Tsukuba).

## 38 Study of Neutron Deep Penetration at the Spallation Neutron Source Facility, ISIS

### 38.1 Measurements of neutron attenuation through iron and concrete

T. Nunomiya<sup>1</sup>, N. Nakao, E. Kim<sup>1</sup>, T. Kurosawa<sup>1</sup>, S. Taniguchi<sup>1</sup>, M. Sasaki<sup>1</sup>, H. Iwase<sup>1</sup>,  
T. Nakamura<sup>1</sup>, Y. Uwamino<sup>2</sup>, T. Shibata, S. Ito<sup>2</sup>, D. R. Perry<sup>3</sup> and P. Wright<sup>3</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>CYRIC, Tohoku Univ., <sup>2</sup>RIKEN, <sup>3</sup>RAL*

A deep penetration experiment through a thick bulk shield was performed at an intense spallation neutron source facility, ISIS, of the Rutherford Appleton Laboratory(RAL). ISIS is an 800MeV-200μA proton accelerator facility. Neutrons are produced from a tantalum target, and are shielded with approximately 3-m thick iron and 1-m thick ordinary concrete.

On the top of the shield, we measured the neutron flux attenuation through concrete and iron shields which were additionally placed up to 120 cm and 60 cm thicknesses, respectively, using activation detectors of carbon, aluminum and bismuth, and indium-loaded multi-moderator spectrometer. The dose equivalent attenuation was also measured with the neutron and photon survey meters.

Spectra of gamma-ray from the irradiated activation detectors were measured with pure Ge-detectors, and the activities of the produced radioactive nuclei were estimated. Reaction rates were,

therefore, obtained for the  $^{209}\text{Bi}(n,xn)$  [ $x = 4 \sim 10$ ] and  $^{12}\text{C}(n,2n)$  reactions, of which thresholds are distributed in an energy range of about 20 to 100 MeV. The attenuation lengths of concrete and iron for high energy neutrons above 20MeV were estimated from attenuation profiles of the  $^{12}\text{C}(n,2n)$  reaction. The energy spectra of neutrons behind the various thicknesses of additional shield were also obtained by the unfolding method using the results of multi-moderator spectrometer and the reaction rates of  $^{12}\text{C}(n,2n)$ ,  $^{27}\text{Al}(n,\alpha)$  and  $^{209}\text{Bi}(n,xn)$ .

Presented at 9th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-9), October, 17-22, 1999, Tsukuba

## 38.2 Deep penetration calculation compared with the shielding experiment at ISIS

N. Nakao and Y. Uwamino<sup>1</sup>  
*KEK, <sup>1</sup>RIKEN*

Deep penetration calculations were performed using the intra-nuclear-cascade-evaporation Monte Carlo code, HETC-KFA2, and a one-dimensional Sn code, ANISN, combined with a DLC119/HILO86 multi-group cross section library to compare a shielding experiment at ISIS. In this experiment the reaction rates of  $^{12}\text{C}(n,2n)$  in graphite activation detectors have been measured outside the bulk shield, that is 284-cm thick iron and 94-cm-thick concrete, and also outside 119-cm diameter additional shields of 20~120cm thick concrete and 10~60cm thick iron which were newly added to the bulk shield.

The secondary neutron spectrum at 90 degree from the tantalum target bombarded by 800 MeV protons was calculated with the HETC-KFA2 code and was used for the source neutrons for a deep penetration calculation. For the Monte Carlo calculation, the geometry of the bulk shield was divided into approximately 100-cm-thick slabs, and step-by-step calculations were carried out for deep penetration in good statistics.  $^{12}\text{C}(n,2n)$  reaction rates of the activation detectors behind the bulk shield were calculated, and the comparisons with the measured data showed that the calculation results were underestimated by about 1 order.

On the other hand, reaction rates behind additional shields were calculated and attenuation profiles of high energy neutron through concrete and iron shields were compared with the measurement. The calculation gave more than 10% shorter attenuation lengths for concrete and iron shields than the measured results.

Presented at 9th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-9), October, 17-22, 1999, Tsukuba

## 39 The EGS4 Workshop, Class and User Support

H. Hirayama and Y. Namito

### 39.1 The EGS4 workshop and class

As the parts of Eighth EGS4 Users' Meeting in Japan, the EGS4 class was held. About 50 participants learned about EGS4 and how to install EGS4 etc.

KEK Internal 99-4 and 99-5 were written as the lecture notes for EGS4 class.

### 39.2 User support concerning EGS4

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, 93 persons from 18 countries contacted us concerning EGS4 in this fiscal year. Among these persons, questions from 14 persons are related to low energy photon transport expansion of EGS4 code performed at KEK. Instructions were made using e-mail. The main purpose of them were detector simulation and medical applications.

## 40 The Fast Neutron Fluence of the Hiroshima Atomic Bomb

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

*KEK, <sup>1</sup>Research Reactor Institute Kyoto University,*

*<sup>2</sup>University of Tokyo, <sup>3</sup>National Museum of Japanese History,*

*<sup>4</sup>Institute of Physical and Chemical Research, <sup>5</sup>Hiroshima University*

### 40.1 An estimation with the residual <sup>63</sup>Ni activity

Reassessment of the neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb is an essential step to estimate a risk of radiation for human. Since the recent studies for the thermal neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb reported a systematic discrepancy from the DS86 dose estimate, the extensive study to the fast-neutron fluence is particularly required. There has been only one measurement of the fast-neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb, but which was done by a primitive electroscope detector, the uncertainties of which was too great to permit an accurate estimation.

We have been trying to estimate the fast neutron fluence with the residual radioactivity of <sup>63</sup>Ni in copper. <sup>63</sup>Ni is produced in copper by the <sup>63</sup>Cu(n,p)<sup>63</sup>Ni reaction. Energy of the threshold of this reaction is approximately 1MeV. Since a half life of <sup>63</sup>Ni is 100 year, 70% of <sup>63</sup>Ni produced by the atomic bomb presently exists in a copper sample at 50 years after the explosion.

We develop a method of separation of nickel from the copper and a low-level counting system to detect the <sup>63</sup>Ni activity. Our method reached at the required level for determination of the fast neutron fluence out to distances of at least 500 meters, and perhaps as far as 1000 meters from the hypocenter.

### 40.2 The cross section of the <sup>63</sup>Cu(n,p)<sup>63</sup>Ni reaction

To estimate the fast-neutron fluence from the residual <sup>63</sup>Ni activity, the cross section of the <sup>63</sup>Cu(n,p)<sup>63</sup>Ni reaction have been studied. Except for one measurement over the neutron energy range of 7.2 to 14.6 MeV, there have been no measurement for this reaction at the neutron energy corresponding with the Hiroshima atomic bomb.

In our experiment, the copper targets were irradiated by neutrons in an energy range of 1.5 to 6.5 MeV, respectively, which produced with the d(d,n) reaction at the Fast Neutron Laboratory of Tohoku University. After irradiation, the nickel was separated from the copper target through the same procedure for the copper sample of the Hiroshima atomic bomb. The obtained cross section will be applied to estimate the neutron energy spectrum of the Hiroshima atomic bomb.

### 40.3 A method of low-level $\beta$ -ray counting

The <sup>63</sup>Ni decays via pure  $\beta$ -ray emission (i.e. without any  $\gamma$ -ray emitting component), and the energy of  $\beta$ -ray is very low, 67keV for the maximum. We developed and use the two kinds of low-background  $\beta$ -ray detectors; one was a liquid scintillation counter and the other was a CaF<sub>2</sub>(Eu) scintillation detector. Both detectors have reached the levels required for examining of <sup>63</sup>Ni produced by the Hiroshima atomic bomb. We are also planning to reduce the background of the detector.

#### 40.4 An estimation with the $^{39}\text{K}(\text{n,p})^{39}\text{Ar}$ reaction

In addition to the  $^{63}\text{Ni}$  method, there is another candidate reaction to estimate the fast-neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb.  $^{39}\text{K}(\text{n,p})^{39}\text{Ar}$  reaction has an approximately same energy threshold as the  $^{63}\text{Cu}(\text{n,p})^{63}\text{Ni}$  reaction and  $^{39}\text{Ar}$  has a sufficiently long half-life to exist for a period of 50 years after the explosion. We are trying to separate  $^{39}\text{Ar}$  from the sample. Many ceramic materials, such as bricks or tiles, for example, are available as the sample of this method, since they contain potassium as impurity. In addition to the estimation of the fast neutron fluence of the Hiroshima atomic bomb, since the ceramic sample is a very popular material, this method could be useful for a reassessment of other nuclear-explosion test sites.

## Chapter 2

# 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、それ以外の事も純粹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、高橋一智 <sup>**</sup>
第5区域(KEKB、AR、アセンブリーホール)	俵裕子、波戸芳仁、佐波俊哉 <sup>*</sup> 、中村一 <sup>**</sup>
第6区域(大強度陽子加速器施設)	中尾徳晶
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>
機構長の指定する発生装置	俵裕子、中尾徳晶、佐波俊哉
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、 高橋一智、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 中尾 徳晶、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
放射線取扱副主任者	伊藤 寛
非密封RI担当	江田和由
発生装置担当	豊田晃弘
国際規制物資担当	江田和由

## 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1区域

陽子加速器施設ではニュートリノ振動実験のためにビーム増強時の速い取り出しでの運転が始まった。それに伴い、速い取り出し時の盛土上の漏えい中性子の測定を行なった (RAD-S-99/25)。

一方、陽子加速器トンネル内では中性子などの二次粒子による放射化の増加が、作業時の外部被曝管理上で重要となってきている。主リング取り出し部の最もビーム損失の大きいセプタム電磁石の残留放射能について運転状況による変化を調べた (RAD-S-99/1、RAD-S-99/27)。また、今後の既存施設の改造や新しい加速器施設を設計する際の参考となるようなデータとして、ビーム損失量から冷却水中の放射能の濃度を推定する試みを行なった (RAD-D-99/1)。

RAD-S-99/1	沼尻正晴、穂積憲一、“陽子加速器主リングの取り出し後の残留放射能について”
RAD-S-99/25	沼尻正晴、伴秀一、Li Jianping, Tang Yueli、“12GeVPS 盛土上での漏えい中性子測定 (4) EP1ライン上での速いビーム取り出し時の損失”
RAD-S-99/27	穂積憲一、沼尻正晴、渡部伸一、“セプタムD電磁石交換作業のためのEP1取り出し部の放射線サーベイ結果”
RAD-D-99/1	沼尻正晴、“冷却水の放射化とビーム損失 (1)P11系”

#### 2.1.2 第2区域

放射線取扱施設使用変更承認申請資料作成

1. 東カウンターホールにおけるEP2-Bビームライン及び2次ビームラインであるK3ビームラインの廃止とK0ビームラインの建設

主な変更点は、EP2-Cラインに付随する2次ビームラインであるK3ビームラインを廃止し、新たにK0ビームラインを建設するものである。なお合わせて従来より運転を停止していたEP2-Bラインを廃止し、これに伴い、EP2ビームライン室での最大出力及びインターロックに関して変更を行った。

KEK Internal 99-14	三浦太一、平山英夫、鈴木健訓、高原伸一、中村健蔵、佐藤任弘、高崎稔、田中万博、家入正治、野海博之、鈴木善尋、加藤洋二、山野井豊、皆川道文、草野恵理奈、“東カウンターホールにおけるEP2-K0ビームラインの改造計画とその放射線安全対策”
--------------------	---

2. 北カウンターホールに係る放射線管理区域の内ニュートリノビームライン室第2機械棟周辺部分の拡張

ニュートリノビームライン室では、ビームライン運転中にトンネル内に生成した放射性ガスは、運転中は放出せず、機械棟に設置された空調機で常時強制循環している。ところが第2機械棟では、建家の壁が管理区域境界になっており、空調機と管理区域境界が近いため、ビームライン運転中に生成する短半減期核種から放出される $\gamma$ 線により第2機械棟周辺の空間線量率が上昇し、本機構の管理区域設置基準を超えたため、管理区域を拡張した。

RAD-S-99/16	三浦、“ニュートリノビームライン第2機械棟周辺サーベイ”
RAD-S-99/48	三浦、“ニュートリノビームライン第2機械棟周辺サーベイ”

### 3. ニュートリノビームライン崩壊領域周辺土壌及び地下水中放射能濃度の監視

ニュートリノビームラインは、年2回以上崩壊領域周辺に設置した井戸等において土壌及び地下水中放射能濃度を測定し、許可条件を満足していることを確認し科学技術庁に報告することが求められている。運転開始半年後の7月に、運転後第1回目の測定を、また3月末に第2回目の測定を行った。第1回目の測定では、地下水からは、加速器起源の放射能は検出されなかった。土壌からは、微量ではあるが加速器起源の放射能が検出された。運転期間が短いため誤差が大きい、概ね申請時に評価した放射能濃度と一致していた。測定結果については、科学技術庁、茨城県庁等関係機関に報告した。第2回目の試料は現在測定中である。

RAD-D-99/15 三浦、柴田、鈴木、“ニュートリノビームライン崩壊領域周辺土壌及び地下水中の放射能濃度測定結果報告書”

### 4. ニュートリノビームライン崩壊領域中のトリチウム濃度測定

ニュートリノビームライン崩壊領域は、実験の関係上Heガスが充填されている。しかしながらHeと高速粒子(陽子、中性子、 $\pi$ 中間子等)とから $^3\text{H}$ が生成する生成断面積は、データがなく判っていないため、Heガスの交換の目安がたてられない。そこで夏期シャットダウン中に崩壊領域内の $^3\text{H}$ 濃度を測定した。また同時に空気との置換がないかを調べるため、ガスクロマトグラムにより崩壊領域内ガスの化学分析を行った。測定結果より、Heガスの入れ替えは1年に1回で十分であり、また崩壊領域内Heガス中の空気濃度は、10ppm以下と考えられた。

RAD-S-99/124 高橋、三浦、“ニュートリノビームライン崩壊領域Heガス中のトリチウム濃度測定”

RAD-S-99/125 高橋、三浦、“ニュートリノビームライン崩壊領域Heガス中の $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 濃度測定”

## 2.1.3 第3区域

以下の変更承認申請資料の作成を行った。

### 1. 核燃料物質仕様変更承認申請

これは中性子科学研究施設における劣化ウランターゲットの使用廃止とこれに伴う16条の2施設の廃止を内容とする。

## 2.1.4 第4区域

1. テストリニアックの新設に関する安全確認、検査等を行った。
2. 低速陽電子実験室の新設に関する安全確認、検査等を行った。

## 2.1.5 第5区域

### 2.1.5.1 KEKB関連

#### 1. KEKBファクトリー試験運転時検査

KEKBファクトリーは、昨年度1999年12月1日に試験運転を開始し、今年度は、7月21、22、23日の原子力安全技術センターによる試験運転時施設検査が行われた。8月30日付で施設検査合格証が交付され、KEKBファクトリーは放射線取扱施設として、本格的なビーム運転を開始した。試験運転時施設検査に先立って実測に基づく評価が以下の項目について行われ、自主検査結果及び資料として原子力安全技術センターに提出された。

- KEKB 加速器トンネル室内空气中放射能濃度
- KEKB ファクトリー冷却配管等表面線量率
- KEKB ファクトリーの常時人が立ち入る管理区域の光子・中性子の空間線量率( 評価点 32カ所)
- KEKB ファクトリーの管理区域境界の光子・中性子の空間線量率( 評価点 32カ所)
- KEKB ファクトリー事業所境界及び居住区域の光子・中性子の空間線量率( 評価点 6カ所)

## 2. KEKB ファクトリー放射線安全対策のために行った活動

### (a) Bell 検出器周辺の中性子線量率の測定

今年度の運転では、筑波実験室での空間線量率の上昇を押さえるため、放射線遮蔽の増強が行われた。ビームロス地点を特定するためのビームライン残留放射能測定その他、KEKB リング入射時における筑波実験室 B4 フロア及びトンネル内をレムカウンターを用いて測定し、入射率と線量率上昇の関係が集中的に調べられた。この測定は Bell 検出器シールド設置前と設置後に行っている。

- RAD-S-99/24 中村、佐波、“KEKB 筑波実験室 B4 管理区域サーベイ”  
 RAD-S-99/26 俵、佐波、中村、“運転停止直後の筑波実験室ビームラインの表面空間線量率測定”  
 RAD-S-99/28 俵、中村、佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定”  
 RAD-S-99/29 佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定”  
 RAD-S-99/31 佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定(3)”  
 RAD-S-99/34 俵、佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定(4)”

### 2.1.5.2 PF-AR, BT, アセンブリーホール関係

#### 1. 放射線取扱施設使用承認申請資料の作成

「電子陽電子入射路の使用方法変更に伴う放射線安全対策」

主な変更点は、KEKB および AR にビームを蓄積した状態で、次の入射に向けて BT の調整運転を行うため、BT に入射調整用ダンプを置く事と、安全インターロックに「メンテナンスモード」を導入する事であった。

- KEK Internal 99-10 波戸他、“電子陽電子入射路の使用方法変更に伴う放射線安全対策”

#### 2. AR 北棟関連

AR 北棟直線部に 70 cm 厚のコンクリート遮蔽が設置されたのでこの遮蔽性能確認のため一連の測定を行った。

- (a) コンクリート遮蔽開口部の空間線量率は最大  $3 \mu\text{Sv/h}$  であった。(RAD-S-99/13)  
 (b) AR 北棟近傍のエリアモニタ (YEL510, YEL511) への AR 北棟からの寄与は測定限界以下となった。(RAD-S-99/14)  
 (c) ストッパーを入れた状態で連続入射を行い、コンクリート遮蔽開口部での線量率を測定した。空間線量率は最大  $0.7 \mu\text{Sv/h}$  であり、管理区域基準を下回った。(RAD-S-99/17)

- RAD-S-99/13 波戸、“AR 北棟新コンクリートシールド開口部の線量率”  
 RAD-S-99/14 波戸、“AR 北棟コンクリートシールドの遮蔽性能：十分”  
 RAD-S-99/17 波戸、“ストッパーを入れたままの AR 入射時の AR 北棟の放射線レベル”

### 3. ATFのロスモニタレベルの設定

ATFで計画されているマルチバンチ運転では、これまでのシングルバンチ運転にくらべてビームロスのパターンが変化し、量も増える恐れがある。このためマルチバンチ運転の開始前にロスモニタをインターロックに組み込むことが、加速器と放射線で約束されている。

ロスモニタレベル設定のため、0.78, 1.5, 3.1, 6.2 Hzと繰り返しを変えてATFの運転が行われた。このときのロスモニタ出力、エリアモニタレベル、遮蔽表面での線量率を測定し、ロスモニタ出力を検討した。

RAD-S 99/22 波戸、“ATFロスモニタレベル設定”

RAD-S 99/91 波戸、“ATFロスモニタレベルの設定(2)”

### 4. ATFからのスカイシャイン

ロスモニタレベル設定のため遮蔽表面での空間線量率を詳しく調べるため、6.25 HzでのATFの運転が行われた。このときのアッセンブリーホール(AH)、ニュートリノ( $\nu$ )、AR、東カウンターホール、放射線試料測定棟の管理区域境界および敷地境界に置かれた合計19台のエリアモニタのレベルを見た。

- 測定点とリング中心との距離は、45 mから480 mである。
- ビームロスの実測値とJenkinsの式、Thomasの式を組み合わせて計算を行った。C/Mは2/3から1の範囲にあり、測定と計算はよく一致した。この計算方法は、KEKでの放射線発生装置使用申請書の計算方法と同じである。本計算方法の妥当性が確認できた。
- ESでの測定値とATFからのスカイシャインは距離による減衰傾向が似ていた。
- 同じ時間に、ロスモニタのレベル設定のためATFリニアックおよびリング遮蔽表面の139点で線量測定を行った。このデータから、リング上部およびリング内周の遮蔽表面からの中性子がスカイシャインの2/3の寄与をすると推定できた。

RAD-D 99/14 波戸、“ATF 6.2Hz運転時のニュートリノ区域レベル”

RAD-D 99/16 波戸、“ATFからのスカイシャイン”

## 2.1.6 第6区域

### 1. 大強度陽子リニアック棟建設時における確認等

安全技術センターによる施設検査時に必要な壁、床、天井等の遮蔽厚の内、完成後に確認できない箇所を建設段階で確認し写真撮影をした。遮蔽計算に必要なコンクリート壁の密度を調べるために、サンプルの測定を依頼した。

### 2. 放射線取扱施設変更承認申請資料の作成

リニアック運転に伴う放射線安全評価を行なった。まず、60MeV陽子加速時におけるビームダンプおよびビーム損失による中性子線源評価を行ない、中性子 $\gamma$ 線の遮蔽透過、ダクト・迷路漏洩、スカイシャイン、冷却水・室内空気・土・地下水等の放射化の評価を行なった。それらの結果から安全の確保できるビーム強度の制限値を設定した。また、放射線安全に係わる設備等の設置に係わる取り決めを行い、管理区域および出入管理、標識等、放射線・排水・排気モニター等、ビームインターロックによる安全確保等の設定を行なった。2000年3月9日に、放射線安全審議会において申請資料(第7回放射線安全審議会資料4)の審査が行なわれ、コメントされた箇所の修正を行なった。この資料に基づき来年度の始めに科技庁に使用変更承認申請を行う。

## 2.1.7 第7区域

- 放射化物使用施設の管理区域縮小における線量評価

本機構の放射化物保管エリアで約9,000m<sup>2</sup>の面積を持つ、「放射化物使用施設」の管理区域を縮小することとなり、縮小後の管理区域境界における線量を評価した。

KEK Internal 99-16 沖、俵、平山、竹内、吉岡、「放射化物使用施設、放射性廃棄物保管棟の管理区域の変更に係わる放射線安全対策」

- 放射化物使用棟の線量評価  
800m<sup>2</sup>の床面積をもつ、放射化物を保管するための専用の建物である「放射化物使用棟」が新たに建設されることとなり、周辺の放射線照射棟、放射性廃棄物保管棟なども含めて管理区域境界における線量を評価した。

KEK Internal 99-17 沖、佐々木、平山、「放射化物使用棟新設に関わる放射線安全対策」

## 2.1.8 その他

2.1.8.1 熱中性子標準棟関連 放射線医学研究所との共同研究により黒鉛パイルを収納する熱中性子標準棟の建設を行った。熱中性子標準棟では比較的強い中性子源を複数使用することから、これを十分遮蔽できる保管庫を設計、製作した。

RAD-D-99/12 佐波、「黒鉛パイル施設における線源庫の遮蔽能力の評価」

KEK internal 99-19 佐波、佐々木、沖、「熱中性子標準棟新設に係わる放射線安全対策」

## 2.1.9 機構長の指定する放射線発生装置関係

機構長の指定する放射線発生装置について空間管理や被曝管理、放射線サーベイ等の業務を行った。

- AR東第2実験棟における超伝導空洞使用に係わる取り決めおよび検査  
AR東第2実験棟において「機構長の指定する放射線の発生を伴う機器」として既に許可されていた「L-バンド超伝導空洞性能測定装置」以外の超伝導空洞が無許可で運転されており、その装置からの発生放射線が1999年6月18日に放射線エリアモニター(YEL509)で検出された。また、当該施設の使用に関する放射線安全上の規定違反が行なわれていたため、当施設の全ての装置の運転を禁止した。その後、許可を受けていた(超伝導空洞)の使用に際して、当該施設における放射線安全対策を検討し、放射線モニターの設定変更、出入管理の監視強化、運転スケジュール・作業名簿の報告義務等の改善策を講じた。主任者立合いによる施設検査および運転時のサーベイを行ない、放射線安全上問題無い事を確認し、1999年8月23日付けで運転開始の許可をした。
- 「JHF50GeVリング遅い取り出し用静電セプタムモデル」の新規登録  
低温真空実験棟の小実験室2(一般区域)における上記装置の新規設置および使用開始に先立ち、装置周囲の放射線サーベイおよび管理区域の設定を行なった。1999年12月27日付けで、「機構長の指定する放射線の発生を伴う機器」として許可し、当該装置周囲を「本機構で定めた放射線の発生を伴う機器(法定外)に係る管理区域」として設定した。
- 大電力連続波クライストロンD2-DT,D2-ETの新規登録
- 運転条件が一時変更になったKEKB用超電導加速空洞縦性能試験装置D10のサーベイによる安全確認

- 大電力連続波クライストロン (D7-E) は機構長の指定する放射線発生装置として廃止され、KEKB 運転に供されることとなった。
- KEKB 用常伝導 RF 空洞試験装置 (ARES) について、サーベイを行い、運転時に必要な措置を指示した。

RAD-A-99/5 佐波、“KEKB 用常伝導 RF 空洞試験装置 (ARES) 運転の措置について”

## 2.2 横断的業務関連

### 2.2.1 放射線モニタリングシステムの設計開発

2.2.1.1 次世代システムの設計開発 現在のモニタリングシステム(NORM2)は2世代目に当たり、1991年に稼働を始めて10年を迎え、一部構成機器には保守に困難を伴う物が現れ始めた。この間のコンピュータ関連機器や通信技術の進歩には著しいものがあり、今回本モニタリングシステムのコンピュータを中心に機器の変更更新を行うこととした。変更は、ハードウェア構成ばかりでなくソフトウェアの基本設計までのシステムの全面的な見直し及び再構築へと及んだ。

今回の変更では、

1. ローカル監視装置における表示機能を独立させ、同装置の作業負担を軽減させるとともに、表示装置と中央監視装置との間で直接のファイル転送を実現し、表示の高速化・多機能化を図るとともに、
2. 中央監視装置を機能ごとに分割し互いに交替が可能なように多重化・冗長化を図りより一層の安定動作を目指した。
3. また、ハードウェア・ソフトウェアを含めシステム全体でより一層の規格統一を実現することで、保守性と接続性を高めた。
4. 一般的なコンピュータ規格やプロトコル等の採用する事で、将来の拡張性を保証する一方で、従来通りネットワークの独立を保持するためにセキュリティには充分配慮した。
5. さらには、GPS装置を導入し、モニタリング点の位置情報を取得し、測定データと位置情報とともに管理することし、位置のグラフィカル表示、線量マッピング、各測定点間の相関把握等に利用できるように設計した。

現在、システムは2系統のローカル監視装置と中央監視装置で試用運転中である。最終調整後、加速器長期シャットダウンの期間を利用して、システム全体の入れ替えを行う予定でいる。新システムの性能評価に関しては、全システム導入後の動作状況を把握した上で行う予定である。

2.2.1.2 放射線モニター(SARM)の設計と試作 大別して2種の現行放射線モニターは、1980年並びに1985年に初期設計がなされ、その後電離箱検出器や波高分析回路の採用、線量率表示回路の導入等いくつかの大きな改良が加えられ現在に至っている。問題として、回路系の一部には設計の古さや、部品の欠品等が認められることとともに、これまでの回路系の複雑な手直しのために、また新しい回路素子や検出素子との出現で、接続性に、規格統一、拡張性といったSARMの基本設計思想を維持することが困難になりつつあることが挙げられる。

これに対処するため、今年度新型モニターの設計開発を行った。これは2年ほど前から準備を行っていたもので、基本的には設計段階から増幅回路や電源回路において徹底した合理化や共通化を押し進め全体の小型化を図る一方で、内蔵回路のモジュール化により規格統一や保守性を高めることに重点が置かれた。モジュールを接続するデータバスラインにはPCIバス規格を採用し、各ラインには設計段階から機能を割り当てた。特にCPUやADC(アナログ-デジタル変換器)の導入には、有用である。また、通信機能に関しても、従来からの100mA電流信号をサポートする一方で、各モニターのカスケード接続や相互接続を可能とするための機能を追加した。新型モニターは順次導入設置される予定である。

### 2.2.2 KEKBリニアックのRFシステムから発生するX線分布の測定

KEKBリニアックにある56個の高周波パルス圧縮器(SLED)からのX線を、1年間にわたってTLDで測定した。X線の空間分布をイメージングプレート、電離箱で測定し、KEKBリニアックグループと共同でX線対策を検討した。

RF空洞、加速管などは、表面状態の変化によりX線の発生量が変わることが知られている。これに対して、各々のパルス圧縮器からのX線強度は、1年を通じて一定であった。強度の高いものは1年中高く、X線を発生しないものは常に安定である。パルス圧縮器には、2個の円筒空洞があるが、多くの場合、片側だけからX線が発生する。そのためX線の発生は個々の空洞に起因するもので、電源、放電などの一時的な状態変化で発生するものではない。

- RAD-S-99/74 伴、中村、高橋、中島、“KEKBリニアックのSLEDの管理区域境界での影響”
- KEK Preprint 99-174(2000) H. Nakamura, S. Ban, K.Takahashi, T.Oogoe, A.Enomoto, “Measurements of X-rays from the RF systems of the Electron-Linear Accelerator for KEKB”

### 2.2.3 GEANT

高エネルギー粒子のシミュレーションコード GEANT を遮蔽計算に用いるにあたり、従来この分野で用いられてきた HETC との比較を行い、値の違いを調べた。

- RAD-D-99/13 佐波、“高エネルギー二次粒子生成に関する Geant と HETC の比較”

### 2.2.4 環境放射能の測定

本年度も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、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た。管理区域内の地下水からは、環境レベルよりやや高い濃度の<sup>3</sup>Hが検出されたが、本機構敷地内の一般区域の地下水及び機構周辺河川水中の<sup>3</sup>Hは、環境水のレベルであり、周辺環境に影響をおよぼしていないことを確認した。

- 「環境放射能」研究会 三浦太一、“高エネルギー陽子加速器施設における環境放射能問題とその対策”

### 2.2.5 加速器解体時に発生する放射性廃棄物量の推定

現在、原子力安全委員会及び科学技術庁を中心に、放射性廃棄物の処分方法や、クリアランスレベルの検討が行われている。高エネ研加速器解体時に発生する放射性廃棄物量、放射能濃度等を評価し、関係委員会等の資料として提出した。

- RAD-D-99/03 三浦、“高エネ研で発生するコンクリート及び電磁石関係の廃棄物の放射能濃度”
- RAD-D-99/04 三浦、“加速器解体廃棄物”
- RAD-D-99/05 三浦、“高エネルギー加速器研究機構陽子及び電子加速器解体に伴う放射性廃棄物量”

## 3 田無分室

加速器施設の廃止にともなう測定法の確立のために以下のような検討を行ってきた。

1. 電子シンクロトロン、サイクロトロン施設内の遮蔽ブロック、建屋のコンクリートの放射化量評価
2. ポータブル Ge 半導体検出器を用いた核種分析による加速器の放射化履歴の評価



3. サーベイメータによる放射化量評価のための検量線の作成
4. 放射化箔・イメージングプレートによる中性子空間分布の測定
5. イメージングプレートによる加速器放射化物の線量分布直接測定
6. イメージングプレートによる加速器表面汚染状況の評価

田無分室の廃止にあたっての「撤去作業の基本方針」「工事に関わる放射線測定について」を作成、配付した。また、放射化物の取扱を定めるための「放射性物質の取扱に関する内規」の改正、「放射化物測定マニュアル」の制定を行った。

## 4 化学安全・環境関係

### 4.1 依頼分析

本年度は35件の分析依頼を受け付けた。以下に、分析内容の一部を示す。

#### 4.1.1 ニュートリノ振動実験・前置検出器およびスーパーカミオカンデ・水チェレンコフ検出器の純水の水質分析

水チェレンコフ検出器においては、タンク内の純水の水質は検出器の性能に関連する重要な因子であり、フィルターやイオン交換樹脂などの水浄化装置を経由してタンク内の純水を循環させることにより、高純度な水質を保っている。ニュートリノ振動実験・前置検出器の純水浄化装置の運転条件や性能を評価する目的で、1999年4月から5月に、水循環経路やタンク内などの各部分から採取した純水の水質分析を行った。また、スーパーカミオカンデの水浄化装置の同様な部分から採取した純水についても分析を行い、水質の比較を行った。

CHEM-A-99/1 宇宙線研 ニュートリノ振動実験・前置検出器・水チェレンコフ検出器の純水の水質分析

CHEM-A-99/5 宇宙線研 ニュートリノ振動実験・前置検出器、宇宙線研スーパーカミオカンデ・水チェレンコフ検出器の純水の水質分析

#### 4.1.2 冷却水防錆剤(ブルークールS)の組成分析

KEKB 常電導加速空洞の冷却水には防錆剤としてブルークールSが数%混合されて使用されている。冷却水排水は大穂、および富士実験棟 ED 水槽に貯蔵された後、産業廃棄物業者に引き取りが予定されている。今後、KEKB 加速器が長期間運転したときに冷却水中に生成される放射性核種の濃度を評価する目的で、ブルークールS中に含まれる元素組成の分析を行った。測定項目は、Na, Mg, Al, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, 塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ), 臭化物イオン ( $\text{Br}^-$ ), 硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ), 硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), リン酸イオン ( $\text{PO}_4^{3-} + \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ )、および有機物含有量の尺度である化学的酸素消費量 (COD) である。分析の結果、ブルークールSには、陽イオンとしては K, Na、陰イオンとしてはリン酸イオンと硝酸イオンが多量に含まれることが明らかになった。また、高濃度の有機物も含まれていることが分かった。

CHEM-A-99/8 放射線 大穂 ED 水槽水, および防錆剤(ブルークールS)中に含まれる金属イオン濃度の測定

#### 4.1.3 アトラス検出器・wire chamber のカソード電極に利用されている塗料の分析

アトラス検出器の wire chamber にはカソード電極に有機塗料が用いられている。実際の wire chamber の作成においては導電性の黒色塗料と無色の非導電性塗料を適当な比率で混合して使用されているが、混合比率等を検討するために二種類の塗料の成分組成を知りたいとの依頼があり、それぞれの塗料について高分子成分(バインディング成分、樹脂成分)と溶媒成分の同定を試みた。

黒色塗料のバインディング成分の分析においては、そのまま溶媒を蒸発除去しても多量のカーボンの妨害により赤外吸収スペクトルが測定できないため、遠心分離(約22000Gで1時間)によりカーボンの大部分を沈降させ分離した。その後上澄み液を取り出し溶媒を蒸発除去させることにより、光透過性のよい有機薄膜が得られた。この薄膜試料を赤外吸収法、蛍光X線分析法により分析した結果、黒色塗料のバインディング成分は有機ケイ素化合物のポリジメチルシロキサジオールであると推定された。また、溶媒成分は2-プロパノールであることが赤外吸収法により示された。

一方、非導電性の無色の塗料については、そのまま溶媒を蒸発除去させることにより透明な樹脂が得られた。同様に赤外吸収スペクトルを測定した結果、樹脂成分はポリメタクリル酸 n-ブチルエステル、溶媒は酢酸 n-ブチルであることが分かった。

CHEM-A-99/9 素核研 アトラス検出器・wire chamber のカソード電極部・塗料の成分分析

#### 4.1.4 KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析

1999年6月から10月にかけて、KEKB加速器で利用されているイオンポンプの高圧コネクタ・セラミックス絶縁部において焼損または着色している部分は何力所か発見された。これらの焼損、着色の原因を明らかにするため、セラミックスの着色部分の元素組成を蛍光X線分析法により調べた。その結果、これらの着色部には、Fe, Ni, Cu, Agなどが多量に付着していることが明らかになった。

CHEM-A-99/7	加速器	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/13	加速器	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/18	加速器	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析

#### 4.1.5 PS 主リング冷却水配管ストレーナー析出物の分析

PS主リングの冷却水配管系において、流量不足を示すインターロックが動作する事象が多発したため、配管ストレーナーに析出している物質の化学組成を知りたいとの依頼を1999年11月に受けた。蛍光X線分析法による元素組成分析の結果、Al以上の重元素は微量のFe, Cu, Cr, Ni以外検出されず、主成分は軽元素であることが分かった。次に、赤外吸収スペクトルを測定した結果、有機化合物の存在を示す強いC-H伸縮吸収帯が観測され、有機化合物が主成分であることが分かった。スペクトルを詳細に検討した結果、同配管系の一部で使用されているゴムホースの材質であるエチレン-プロピレンゴムと対応するスペクトルが得られ、ストレーナー析出物は主にゴムホースの破片であることが明らかになった。

CHEM-A-99/20 加速器 PS 冷却水配管ストレーナーの分析

#### 4.1.6 ニュートリノ崩壊領域周辺土壌試料の元素組成分析

ニュートリノ崩壊領域周辺土壌の放射化を評価する目的で、ニュートリノ崩壊領域周辺6地点で採取した土壌試料の元素組成分析を行った。土壌試料をフッ化水素酸、硝酸と共にテフロン製の容器内に密封し、150℃で数日間加熱することにより試料の分解を行った。分解後の酸溶液を適当に希釈した後にICP発光分析法、グラファイト炉原子吸光法、陽イオンクロマトグラフ法により、Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Znの含有量を決定した。同様な分析操作を元素含有量が決定されている標準土壌についても行った結果、保証値とほぼ一致する値が得られ、分析結果の信頼性が確認された。

CHEM-A-99/22 放射線 ニュートリノ崩壊領域周辺土壌試料の元素組成分析

#### 4.1.7 KEKB マグネット冷却水配管内付着物の成分分析

KEKBマグネット冷却水の配管に使用されているゴムホースの一部に黒色の固形物が付着しているのが発見され、組成分析の依頼を受けた。蛍光X線分析による元素分析の結果、試料中に含まれる重元素はCuのみであることが示された。さらに、結晶性物質の同定が可能なX線回折法による分析を試みた結果、Cuは酸化銅(II)として存在していることが分かった。冷却水中には比較的高濃度のCuが検出さ

れたことから、マグネットのコイルとして使用している Cu の一部が冷却水中に溶解し、酸化物、水酸化物の形でゴムホース表面に付着したものと推定された。

CHEM-A-99/24 加速器 KEKB マグネット冷却水配管内付着物の組成分析  
CHEM-A-99/28 加速器 KEKB マグネット冷却水の水質分析

#### 4.1.8 KEKB 大電力連続波クライストロン・Waterload 配管内析出物の分析

KEKB 大電力連続波クライストロン・Waterload のアルミニウム製配管内に多量の析出物が発見され、組成分析の依頼を受けた。蛍光 X 線分析による元素組成分析の結果、多量の Al と S が検出された。Al は配管材料、S は同配管で利用されている水道水中に含まれる硫酸イオンに由来するものと考えられ、Al 配管の一部が腐食し、その一部が硫酸アルミニウム、または硫化アルミニウムなどを生成しているものと推定された。

CHEM-A-99/25 加速器 KEKB Waterload 配管内析出物の分析

## 4.2 排水の水質検査に関連する検討

### 4.2.1 食堂からの排水の pH の動態調査

食堂からの排水の監視点(食堂汚水マス)において、公共下水道接点における排出基準値である pH9 を越える高い pH の排水が放出されていることが従来から問題となっていた。この特徴は床の洗浄に使用されているアルカリ性洗剤に由来するものと推定されていたが、その排出の様子を詳しく調べる目的で、pH の連続測定を行った。1999年10月28日、10月29日、12月21日の三回の測定を行った結果、いずれの測定日においても昼食後に床洗浄が開始される1時15分頃を境に急激に pH が上昇し、10以上に達することが分かった。その後、時間の経過と共に徐々に希釈され、基準値である pH9 以下まで回復した。

CHEM-W-99/2 食堂からの排水の pH の動態調査

## 4.3 地下水の監視

以前より機構敷地内の井戸について環境汚染監視、および動態観測の観点から観測を行ってきたが、1998年7月に観測地点、観測項目の見直しを行い、観測項目を減らし、観測地点を増やした。

環境汚染監視の目的では、本機構敷地境界付近の井戸のうち、第一帯水層と呼ばれる地表面にもっとも近い帯水層に対応する6ヶ所の井戸について、有機塩素化合物(10種類)、シマジン、溶解性クロム、カドミウム、鉛の5項目について、それぞれ4ヶ月に一度の頻度で分析を行った。これまでの分析では、すべての観測地点において検出限界以下であった。

地下水の動態を観測する目的では、11箇所23本の井戸について毎月1回、pH、導電率、陽イオン、陰イオン、溶存ケイ酸の分析を行った。また、水位については、全ての井戸について毎週1回の頻度で、3箇所の井戸について1時間毎の連続測定を行った。データもだいが蓄積されてきており、加速器施設の建設等に役立つことと思われる。

## 4.4 不用薬品の廃棄処理と薬品管理システムの導入

化学実験棟化学薬品庫、洗浄処理棟薬品貯蔵庫は、消防法の危険物屋内貯蔵所として認められており、機構内ユーザーからの薬品を預かり保管している。この中には、長期間使用されていないもの、今後使用見込みのないものもたくさんある。また、化学実験棟薬品保管室にも、古い薬品が多数保管されているため、これら3箇所の薬品保管庫内の不用薬品について専門の業者に依頼して廃棄することにした。今後保管する薬品については、消防法危険物、毒・劇物に限らず、すべての薬品について、バーコード

による管理を行うことにした。毒・劇物に該当する薬品については、使用簿を作成し、使用記録をつけなければならないが、バーコードによる薬品管理システムを導入することにより、簡単に在庫管理、使用記録管理を行うことができる。

廃棄する薬品のリストアップは完了し、処理業者への委託作業を進めているところである。バーコードによる薬品管理システムについては、既存のデータベースを利用し、電子天秤、バーコードリーダーを連動させたシステムを構築した。今後、具体的なバーコードの発行、各薬品への貼付作業を行う予定である。

## 5 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、以下のような放射線関係及び化学安全関係「放射線科学センター部内レポート」を出している。

### 5.1 放射線関係の部内レポート

放射線関係の部内レポートは、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

### 5.2 化学安全関係の部内レポート

化学安全関係の部内レポートは、内容によって2つに分類し、それぞれ年度毎に通し番号をつけている。

- CHEM-A  
機構職員、共同利用者などから寄せられる依頼分析の記録
- CHEM-W  
水質検査業務、実験廃液処理業務、RI 廃水処理業務に関連して行った検討事項の記録

# Chapter 3

## 資料

### 1 受賞

平山 英夫、波戸 芳仁

- 1999年度(平成11年度)日本原子力学会賞 論文賞  
「電磁カスケードモンテカルロ計算コードEGS4の改良と遮蔽研究への応用」

### 2 科学研究費補助金

- 基盤研究B(2) 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ビーム装置の開発)  
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(2) 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(2) 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) 陽電子消滅に影響を与える光効果に関する研究  
研究代表者：近藤健次郎  
研究分担者：鈴木健訓、沼尻正晴、沖雄一、三浦太一
- 奨励研究(A) 低バックグラウンド液体シンチレーション検出器を用いた宇宙暗黒物質の探索  
伊藤 寛

### 3 センター主催の研究会

1. 第8回EGS4研究会  
日時：1999年8月1日～8月3日  
参加者：90名  
プロシーディング：KEK Proceedings 99-15, October 1999.
  
2. 「放射線検出器とその応用」(第14回)  
共催：東京大学工学部原子力工学研究施設 弥生研究会  
        応用物理学会放射線分科会  
日時：2000年2月1日～3日  
参加者：109名  
プロシーディング：準備中
  
3. 「田無における放射線と化学研究」  
日時：2000年1月14日  
参加者：60名
  
4. 「陽子加速器施設の放射線安全に関する研究会」  
日時：2000年2月7日  
参加者：30名
  
5. 研究会「放射化分析の新展開」  
日時：2000年3月21-22日  
参加者：70名
  
6. 「環境放射能」研究会  
共催：日本放射化学会 放射体・環境放射能研究懇談会  
日時：2000年3月30日～31日  
参加者：105名  
プロシーディング：準備中

### 4 教育活動

#### 4.1 総合研究大学院学生

- 濱田 栄作 (D3)
- 斉藤 究 (D1)



## 4.2 他大学非常勤講師等

### 【柴田徳思】

1. 東京都立大学理学部
2. 立教大学理学部

### 【平山 英夫】

1. 東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻
2. 名古屋大学工学研究科原子核工学専攻

### 【俵 裕子】

1. 宇宙開発事業団、宇宙環境利用研究センター、招聘研究員

### 【沖 雄一】

1. 茨城県立医療大学放射線技術科学科

### 【波戸芳仁】

1. 東京都立保健科学大学放射線学科

## 5 機構外委員会等活動

### 【柴田徳思】

- 日本学術会議第17期会員
  - － 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】

- 科学技術庁 原子力安全技術顧問
- 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
- 日本原子力研究所保健物理研究委員会 委員
- 同 「実効線量に基づく遮へい計算定数の作成方法に関する調査」専門部会 部長
- 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
- 日本原子力研究所 科学と技術のための核データ国際会議 プログラム部会 委員
- 日本保健物理学会 企画委員
- 日本保健物理学会 管理区域設定技術指針検討委員会 座長

### 【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
- 同委員会 放射線技術専門部会委員

【伴 秀一】

- 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 委員

【榎本和義】

- 放射線利用振興協会  
放射線利用試験研究データベース検討委員会・放射線技術専門部会委員
- 日本分析化学会 関東支部 幹事

【佐々木慎一】

- 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 講演奨励賞選考委員

【三浦太一】

- 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会  
クリアランスレベル検討ワーキンググループ委員(部外協力者)
- 日本放射化学会 ネットワーク委員会委員
- 第43回放射化学討論会 実行委員会委員

【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
- 日本原子力学会モンテカルロ法による粒子シミュレーション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

## 6 放射線科学センター名簿

筑波地区	田無分室
* 柴田 徳思	榊本 和義
平山 英夫	伊藤 寛
鈴木 健訓	豊田 晃弘
神田 征夫	江田 和由
伴 秀一	石原 豊之
佐々木 慎一	倉持 訓子
沼尻 正晴	長井 理恵
三浦 太一	
俵 裕子	
沖 雄一	
波戸 芳仁	
別所 光太郎	
中尾 徳晶	
佐波 俊哉	
穂積 憲一	
平 雅文	
高原 伸一	
飯島 和彦	
中村 一	
高橋 一智	
海老原 寛	
豊島 規子	

\*放射線科学センター長

# Chapter 4

## Publication Lists

### 1 Publications in Periodical Journals (1999.1-1999.12)

1. Arai, M., Kiyanagi, Y., Watanabe, N., Takagi, R., Shibasaki, H., Numajiri, M., Ito, S., Otomo, T., Furusaka, M., Inamura, Y., Ogawa, Y., Suda Y., and Satoh, S., "Neutron Production from Lead Targets for 12-GeV Protons", *J. Neutron Research* **8**(1999)71-83.
2. Baba, M., Nauchi, Y., Iwasaki, T., Kiyosumi, T., Yoshioka, M., Matsuyama, S., Hirakawa, N., Nakamura, T., Tanaka, Su., Meigo, S., Nakashima, H., Tanaka, Sh. and Nakao, N., "Characterization of a 40-90 MeV  ${}^7\text{Li}(p,n)$  neutron source at TIARA using a proton recoil telescope and a TOF method", *Nucl. Instr. and Meth. A*, **428**(1999)454-465.
3. Del Nero, M., Salah, S., Miura, T., Clement, A. and Gauthier-Lafaye, F., "Sorptions/Desorption Processes of Uranium in Clayey Samples of the Bangombe Natural Reactor Zone, Gabon", *Radiochim. Acta* **87**(1999)135-149.
4. Hamada E., Oshima N., Suzuki T., Kobayashi H., Kondo K., Kanazawa I. and Ito Y., "Development of a Pulsed Slow-Positron Beam Using Time-Varying Pulsing-Bias", *Applied Surface Science*, **149**(1999)40-43.
5. Hayashi T., Nakamura H. and Suzuki T., "Characterization of curing behavior of cyanic ester by a positron-annihilation lifetime technique", *Polymer*, **40**(1999)1053-1056.
6. Imamura, M., Shibata, T., Shibata, S., Ohkubo, T. and Satoh, S., " ${}^{252}\text{Cf}$  Spectrum-Averaged Cross Section for the  ${}^{63}\text{Cu}(n,p){}^{63}\text{Ni}$  Reaction", *Czech. J. Phys.* **49/S1**(1999)839-841.
7. Itoh, S., Miura, T., Furusaka, M., Yasui, S., Ogawa, Y., Kiyanagi, Y., Sasaki, S. and Iijima, K., "Activation of water in the cooling system at the pulsed spallation neutron source, KENS", *J. Phys. Chem. Solids* **60**(1999)1557-1559.
8. Ito, Y., Shibata, T., Imamura, M., Shibata, S., Nogawa, N., Uwamino, Y., and Shimizu, K., "A Method to Detect the Low-Level  ${}^{63}\text{Ni}$  Activity for the Study of the Fast Neutron Fluence of Hiroshima Atomic Bomb", *Health Physics* **76**(1999)635-638.
9. Ito, Y., Hirade, T., Hamada, E., Suzuki, T., Ito, Y., "The Effect of Visible Light Irradiation on Positronium Formation in Polyethylene at Low Temperature", *Acta Physica Polonica A* **95**(1999)433-437.
10. Ito, Y. and Suzuki, T., "Positron annihilation in  $\text{C}_{60}$  and  $\text{C}_{70}$  fullerenes and other carbon phases", *Phys. Rev. B* **60**(1999)15636-15638.

11. Iwasaki, T., Saito, K., Baba, M., Sanami, T., Nauchi, Y., and Hirakawa, N., "Measurement of fast neutron-induced fission cross section ratio of Neptunium-237 relative to Uranium-235 between 6 and 120 keV", *J. Nucl. Sci. Technol.*, **36(2)**(1999)1.
12. Kawano, T., Sanami, T., Baba, M., and Nakashima, H., "Analysis of  $^{58}\text{Ni}(n,\alpha)$  reaction cross sections with the Hauser-Feshbach statistical theory and bayesian parameter estimation method", *J. Nucl. Sci. and Technol.*, **Vol.36(3)**(1999)256-264.
13. Kim, E., Nakamura, T., Uwamino, Y., Nakashima, N., Imamura, M., Nakao, N., Shibata, S. and Tanaka, Su., "Measurements of Activation Cross Sections on Spallation Reactions for  $^{59}\text{Co}$  and  $^{\text{nat}}\text{Cu}$  at Incident Neutron Energy of 40 to 120 MeV", *J. Nucl. Sci. Technol.*, **36(1)**(1999)29-40.
14. Kurosawa, T., Nakao, N., Nakamura, T., Uwamino, Y., Shibata, T., Fukumura, A. and Murakami, K., "Measurements of Secondary Neutrons Produced from Thick Targets Bombarded by High Energy Neon Ion", *J. Nucl. Sci. Technol.*, **36(1)**(1999)41-53.
15. Kurosawa, T., Nakao, N., Nakamura, T., Uwamino, Y., Shibata, T., Nakanishi, N., Fukumura, A. and Murakami, K., "Measurements of Secondary Neutrons Produced from Thick Targets Bombarded by High Energy Helium and Carbon Ions", *Nucl. Sci. Eng.*, **132**(1999)30-57.
16. Kurosawa, T., Nakamura, T., Nakao, N., Shibata, T., Uwamino, Y. and Fukumura, A., "Spectral measurements of neutrons, protons, deuterons and tritons produced by 100 MeV/nucleon He Bombardment", *Nucl. Instr. and Meth.*, **A430**(1999)400-422.
17. Masumoto, K., Ohtshuki, T., Sueki, K., Kikuchi, K., Mitsugashira, T., "Direct synthesis of radioactive carbon labeled fullerenes using nuclear reactions", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239** (1999)201-206.
18. Masumoto, K., Ohtsuki, T., Miyamoto, Y., Zaidi, J.H., Kajikawa, A., Haba, H., Sakamoto, K., "Photon activation analysis of iodine, thallium and uranium", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)495-500.
19. Meigo, S., Takada, H., Chiba, S., Nakamoto, T., Ishibashi, K., Matsufuji, N., Maehata, K., Shigyo, K., Watanabe, Y., Numajiri, M., "Measurements of neutron spectra produced from a thick lead target bombarded with 0.5- and 1.5GeV protons", *Nucl. Instrum. and Methods A* **431**(1999)521-530.
20. Miyamoto, Y., Haba, H., Kajikawa, A., Masumoto, K., Nakanishi, T., Sakamoto, K., "Interferences in neutron and photon activation analysis", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)165-175.
21. Muroyama, T., Shinohara, A., Saito, T., Yokoyama, A., Takamiya, K., Morimoto, S., Nakanishi, K., Baba, H., Miura, T., Hamajima, Y., Kaneko, T., Muramatsu, H., Kojima, S. and Furukawa, M., "Negative pion transfer process in a hydrogen-containing gas mixture", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999) 159-163.
22. Muramatsu, H., Ishii, H., Tanaka, E., Misawa, M., Ito, H., Miura, T., Muto, S., Koizumi, M., Osa, A., Sekine, T. and Yanaga, M., "Mössbauer spectroscopy of Cs-133 following the decay of Xe-133 atoms implanted in metals", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)251-255.
23. Nakao, N., Uwamino, Y., Nakamura, T., Shibata, T., Nakanishi, N., Takada, T., Kim, E. and Kurosawa, K., "Development of a quasi-monoenergetic neutron field using  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  reaction in the 70-210 MeV energy range at RIKEN", *Nucl. Instr. and Meth. A*, **420**(1999)218-231.

24. Namito, Y. and Hirayama, H., "Implementation of the electron impact ionization into the EGS4 code", *Nucl. Instrum. and Meth. A* **423**(1999)238-246.
25. Nariyama, N., Namito, Y., Ban, S. and Hirayama, H., "TLD responses backed by copper, silver and gold for 20-40 keV monoenergetic photons", *Radiat. Prot. Dosimetry* **84**(1999)285-288.
26. Ohtshuki, T., Masumoto, K., Tanaka, T., Komatsu, K., "Observation of radioactive heterofullerenes using radiochemical techniques", *Chem. Phys. Lett.* **300**(1999)661-666.
27. Ohtshuki, T., Masumoto, K., Sueki, K., Shikano, K., Shigematsu, T., "Formation of dimer, trimer and tetramer of C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub> by  $\gamma$ -ray, charged-particle irradiation, and their HPLC separation", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)365-369.
28. Ohtsuki, T., Masumoto, K., Shikano, K., Sueki, K., Tanaka, T., Komatsu, K., "Direct preparation of radioactive fullerenes as a tracer for application", *Biological Trace Element Res.* **71-72**(1999)489-498.
29. Oki, Y., Kondo, K., Kanda, Y. and Miura, T., "Aerosol-size distribution of radon daughter Po-218 in the accelerator tunnel air", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)501-505.
30. Ootani, W., Minowa, M., Miuchi, K., Watanabe, T., Ito, Y., Inoue, Y., Ootuka, Y., "Tokyo Dark Matter Search Experiment with Lithium Fluoride Bolometer", *Nucl. Instr. and Meth. A* **436**(1999)233-237.
31. Ootani, W., Minowa, M., Miuchi, K., Inoue, Y., Watanabe, T., Yoshida, M., Ito, Y., Ootuka, Y., "First Results from Dark Matter Search Experiment in the Nokogiriyama Underground Cell", *Phys. Lett. B* **461**(1999)371-375.
32. Ootani, W., Minowa, M., Miuchi, K., Watanabe, T., Ito, Y., Inoue Y., and Ootuka, Y., "Search for Particle Dark Matter with LiF Bolometer", *THE IDENTIFICATION OF DARK MATTER* edited by Neil J. Spooner and Vitaly Kudryavtsev World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 371-376(1999).
33. Oshima N., Hamada E., Suzuki T., Kanazawa I. and Ito Y., "Application of Pulsed Slow-Positron Beam to Polymer" *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **239**(1999)329-333.
34. Sakai, M., Imamura, M., Komatsubara, T., Lu, J., Mukai, J., Shizuma, T., Furuno, K., Hayakawa, T., Furutaka, K., Kidera, M., Ohshima, M., Miura, T. and Shimizu, S., "Search for correlated two-photon emission from  $e^+$ (Sr-82) + Th interactions", *Phys. Lett. B* **458**(1999)460-465.
35. Sanami, T., Baba, M., Saito, K., and Hirakawa, N., "(n, $\alpha$ ) cross section measurement using a gaseous sample and a gridded ionization chamber", *Nucl. Instr. and Meth.* **A440**(2000)403-408.
36. Sato, T., Shin, K., Ban, S., Namito, Y., Nakamura, H., and Hirayama, H., "Modification of photo-nuclear cascade evaporation code PICA95 at energies below 150 MeV", *Nucl. Instr. Meth.* **A437**(1999)471-480.
37. Shikano, K., Masumoto, K., Ohtsuki, T., and Katoh, M., "Production and purification of organic reagents labeled with radioisotopes produced by an accelerator", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **241**(1999)495-500.

38. Shinohara, A., Muroyama, T., Miura, T., Yokoyama, A., Takamiya, K., Kaneko, T., Saito, T., Sanada, J., Araki, H., Kojima, S., Hamajima, Y., Muramatsu, H., Baba, H. and Furukawa, M., "Behavior of pionic hydrogen atoms in gas and liquid phases", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **239**(1999)169-173.
39. Suzuki T., Hayashi T., and Ito Y., "Polymerization of Epoxy Resins Studied by Positron Annihilation", *ACTA PHYSICA POLONICA A*, **95**(1999)671-676.
40. Verhaegen, F., Nahum, A. E., Van de Putte, S., Namito, Y., "Monte Carlo simulation of KV X-ray units", *Phys. Med. Biol.* **44**(1999)1767-1789.
41. Watanabe, T., Sekiya, H., Takahisa, K., Tanikawa, K., Ito, Y., "Development of low background CdZnTe detectors for double beta decays of  $^{64}\text{Zn}$ ", *Nucl. Instr. and Meth. A* **436**(1999)155-159.
42. Win, T., Baba, M., Ibaraki, M., Miura, T., Sanami, T., Iwasaki, T. and Hirakawa, H., "Measurement of prompt fission neutron spectrum of Neptunium-237 for 0.62 MeV incident neutrons", *J. Nucl. Sci. Technol.*, **Vol.36(6)**(1999)486-492.



## 2 Publication in Japanese (1999.1-1999.12)

1. 伴 秀一、中村 一、“K E K - P Fの放射線安全管理について”、放射光、12(1999)6-9.
2. 伊藤 寛、今村 峯雄、神庭 信幸、“携帯型簡易蛍光 X 線分析装置の製作及び文化財調査への応用”、*RADIOISOTOPES* 48(1999)113-116.
3. 榎本和義、大槻勤、笠木治郎太、泉雄一、大和一郎、“中性子散乱実験用遮蔽体の放射化量評価と解体”、保健物理、34(1999)151-160.
4. 柴田徳思、“使用を廃止した加速器の放射化の問題”、*RADIOISOTOPES* 48(1999)208-215.
5. 富吉勝美、千田道雄、中沢正治、佐々木康人、関本博、柴田徳思、“臨床検査に使用される PET 用薬剤への長半減期核種の混入に関する測定”、*RADIOISOTOPES* 48(1999)87-99.
6. 柴村英道、佐々木慎一、俵 裕子、斉藤 究、宮島光弘、“ヨウ化ナトリウムシンチレータの発光特性”、*UTNL-R* R389(2000)12.

### 3 Presentation at Conference *etc.*(1999.4-2000.3)

#### 3.1 International Conference

1. 3rd SLAC-KEK International Linear Collider Study Group (ISG) Meeting, 25-28 Jan. 1999, SLAC, USA.
  - Namito, Y., “Muon Background Calculations”.
2. 6th International Workshop on Positron and Positronium Chemistry (PPC6), June 7-11, 1999, Tsukuba, Japan.
  - Suzuki T., Kondo K., Ito Y., Hamada E., and Ito Y., “Radiation effect on positronium formation in low temperature polyethylenes”.
  - Ito Y. and Suzuki T., “An application of the coincidence Doppler spectroscopy for substances of chemical interest”.
  - Hamada E., Ohshima N., Suzuki T., Kobayashi H., Kondo K., Kanazawa I., and Ito Y., “Application of pulsed slow positron beam to polymer”.
  - Kansy J., Suzuki T., Ogawa T., and Murakami M., “Study of poly(methyl-phenyl-silylene-methylene) by elastic thermalization lifetime analysis”.
3. First International Workshop on Neutrino Beam Instrumentation Dedicated for Long Baseline Experiment, 26-29 July, 1999, Tsukuba, Japan
  - Miura, T., “Report from the construction work at KEK on Radiation Shielding – Assessment of Radionuclides in Soil and Groundwater in KEK”.
4. Third International Workshop on Electron and Photon Transport Theory Applied to Radiation Dose Calculation, August 8-12, 1999 Indianapolis, USA.
  - Namito, Y. and Hirayama, H., “Benchmark Experiment of 20-40 keV photon Scattering”.
  - Namito, Y. and Hirayama, H., “Improvements of L-X ray Sampling in EGS4 Code”.
  - Hirayama, H., Namito, Y. and Ban, S., “Comparison of EGS4 and Experiment on 20-40 keV Photon Scattering”.
5. Ninth International Conference on Radiation Shielding, October 17-22, 1999, Tsukuba, Japan.
  - (a) Accelerator Shielding
    - Kurosawa, T., Nakao, N., Nakamura, T., Uwamino, Y., Shibata, T. and Fukumura, A., “Measurements of Thick Target Neutron Yields from 100 to 800 MeV/nucleon Heavy Ions”.
    - Nunomiya, T., Nakao, N., Kim, E., Kurosawa, T., Taniguchi, S., Sasaki, M., Iwase, H., Nakamura, T., Uwamino, Y., Shibata, T., Ito, S., Perry, D. R., Wright, P. and Sakamoto, Y., “Measurements of Neutron Attenuation through Iron and Concrete”.
    - Nakao, N. and Uwamino, Y., “Deep Penetration Calculation Comparing with Shielding Experiment at ISIS”.
  - (b) Buildup Factors
    - Hirayama, H., “Activities Concerning a Re-Evaluation of Gamma-Ray Buildup Factors in Japan”.

- Sakamoto, Y., Suzuki, T., Sato, O. and Hirayama, H., “Gamma-Ray Buildup Factors for a Point Isotropic Source in the Single Layer Shield by Using BERMUDA Code”.
  - Harima, Y., Sakamoto, Y., Kurosawa, N. and Hirayama, H., “An Improved Approximation Formula of Gamma-Ray Buildup Factors for A Point Isotropic Source in Two-Layer Shield”.
- (c) Induced Activities
- Miura, T., Takahara, S., Ishihama, S., Ohotsuka, N. and Kunifuda, T., “Depth Profiles of Radionuclides Induced in Shielding Concrete of the 12 GeV Proton Accelerator Facility at KEK”.
- (d) Low-Energy Photon Transport
- Namito, Y., Ban, S., Hirayama, H., Nariyama, N., Nakashima, H., Nakane, Y., Tanaka, S., “Systematic comparisons of measurement and EGS4 regarding 20-40 keV photons”.
  - Nariyama, N., Namito, Y., Ban, S. and Hirayama, H., “Dose Measurements and calculations in Bone-Tissue and Lung-Tissue Phantoms for Angiography Using synchrotron Radiation”.
- (e) Photoneutron
- Lee, H. S., Ban, S., Sato, T., Shin, K. Bak, J. S., Chung, C., and Choi, H. D., “Photoneutron Spectra from Thin Targets Bombarded with 2.0 GeV Electrons”.
  - Sato, T., Shin, K., Yuasa, R., Ban, S., Lee, H. S., Kim, G. N., “Experimental Setup for Measurements of high Energy Photoneutron Spectra from Thick Targets”.
- (f) Radiation Detection & Measurement
- Sasaki, M., Nunomiya, T., Nakao, M., Nakamura, T., Nakao, N. and Shibata, T., “Development of Self-TOF Neutron Detector and Its Application to Shielding Experiment at HIMAC”.
- (g) Skyshine
- Nemoto, M., Harima, Y., Hirayama, H., Sakamoto, Y., Hayashi, K., Hayashida, Y., Ishikawa, S., Sato, O. and Tayama, R., “Improved of Air Transport Data and Wall Transmission/Reflection Data in the SKYSHINE Code (1) Calculation of Line Beam Response Function for Gamma-Ray Skyshine Analysis”.
  - Hayashida, Y., Ishikawa, S., Hayashi, K., Hirayama, H., Sakamoto, Y., Harima, Y., Nemoto, M., Sato, O., and Tayama, R., “Improved of Air Transport Data and Wall Transmission/Reflection Data in the SKYSHINE Code (2) Calculation of Gamma-Ray Wall Transmission and Reflection Data”.
  - Tayama, R., Hirayama, H., Sakamoto, Y., Harima, Y., Hayashida, Y., Nemoto, M., Ishikawa, S., Sato, O., and Hayashi, K., “Application of Improved Air Transport Data and Wall Transmission/Reflection Data in the Skyshine Code to Typical BWR Turbine Skyshine”.
- (h) Streaming
- Ban, S., Hirayama, H. and Namito, Y., “60keV Gamma-rays Streaming in a Two-Bend Duct”.
  - Nakashima, H., Masumura, T., Tanaka, S., Sakamoto, Y., Takada, H., Tanaka, S., Nakane, Y., Meigo, S., Nakamura, T., Kurosawa, T., Hirayama, H., Nakao, N., Uwamino, Y., Imamura M., and Shin, K., “Analyses of Neutron and Gamma Ray Measurements in a Target Room of Several Tens Proton Facility”.

- Nakashima, H., Masumura, T., Tanaka, S., Sakamoto, Y., Tanaka, S., Nakane, Y., Meigo, S., Nakamura, T., Kurosawa, T., Hirayama, H., Nakao, N., Uwamino, Y., Imamura M., and Shin, K., “Experimental Analyses on Radiation Streaming through a Labyrinth in a Proton Accelerator Facility of Several Tens MeV”.
6. The 1st Hallim International Symposium on Frontier Science and Technology Development, 18-19 November, 1999, Seoul, Korea.
    - Shibata, T., “Application of High-Power Accelerator for Nuclear Energy”.
  7. International Conference on Polymer Characterization (POLYCHAR-8), January 11-14, 2000, University of North Texas, Denton, USA.
    - Suzuki T., Hayashi T., and Ito Y., “Polymerization and free volumes of Epoxy and Cyanate resins studied by positron annihilation”.
  8. International Symposium on Prospect for Application of Radiation Towards the 21st Century, Waseda University, March 13-17, 2000, Tokyo, Japan.
    - Suzuki T., Kondo K., Hamada E., Chen Z.Q., and Ito Y., “Temperature and radiation effect on positronium formation”.

### 3.2 Other

1. 日本原子力学会「モンテカルロ法による粒子シミュレーション」研究専門委員会 (1999年4月23日)
  - 波戸芳仁、“放射光散乱実験とモンテカルロ計算の系統的比較”
2. 日本学術振興会製鋼第19委員会 製鋼計測化学研究会 11年5月25日、学士会館(東京)
  - 榎本和義、“光量子および荷電粒子放射化分析”
3. 第36回理工学における同位元素研究発表会 1999年7月5日-7月7日
  - 平山英夫、“日本保健物理学会における対応(管理区域、監視区域の設定に関するパネル討論)”
  - 伊藤寛, 鈴木健訓, 浜田栄作、“陽電子照射により高分子中に蓄積される電子及び光によるその散逸について”
  - 小西正芳, 木野康志, 関根 勉, 工藤博司, 伊藤泰男, 鈴木健訓、“金属フタロシアニン錯体中での陽電子寿命”
  - 佐藤靖祥, 木野康志, 関根 勉, 工藤博司, 伊藤泰男, 鈴木健訓、“液体シンチレ - タ中でのポジトロニウムの消滅過程”
  - 濱田栄作, 大島永康, 鈴木健訓, 小林仁, 近藤健次郎, 金沢育三, 伊藤泰男、“放射性同位元素を用いたパルス化低速陽電子ビ - ムの開発”
  - 江田和由, 豊田晃弘, 石原豊之, 榎本和義、“加速器施設における放射化量評価の試み (I)”
  - 江田和由, 豊田晃弘, 石原豊之, 榎本和義、“加速器施設における放射化量評価の試み (II)”
4. 第8回 EGS4 研究会 1999年8月1日-8月3日, KEK
  - Fukushi, M., Namito, Y., Saitoh, H., and Fukuda, K., “The Information Education using EGS4 Monte Carlo code of Tokyo Metropolitan University of Health Science”, pp7-11.

- Namito, Y. and H. Hirayama, "Improvement of cross-section and branching-ratio evaluation in EGS4 in the energy interval which has absorption-edge"
  - Tawara, H., Sasaki, S., Saito, K., Shibamura, E., and Miyajima, M., "Response of NaI(Tl) Scintillation Detector for Gamma-Rays", pp44-52.
5. 第17回フラーレン総合シンポジウム 1999年8月9日-10日 岐阜
- 伊藤寛, "Doppler Broadening of Positron annihilation gamma-Ray in Fullerenes and Other Carbon Phases"
6. OHO'99 高エネルギー加速器セミナー 1999年8月31日-9月3日, KEK
- 平山英夫, "加速器施設における放射線シミュレーション"
  - 波戸芳仁, "EGS4による電磁カスケード計算"
  - 中尾徳晶, "MARSコードによるハドロンカスケード計算"
7. 第3回分析化学東京シンポジウム 11年9月1日-3日、幕張国際会議場(千葉)
- 榎本和義、大槻 勤、鹿野弘二、伊藤 寛, "反跳法による放射性有機試薬の調製"
  - 榎本和義、大槻 勤、櫻井宏行、伊藤 寛, "加速器による高純度材料中の軽元素の放射化分析"
8. 第60回応用物理学学会学術講演会、1999年9月1日-4日、甲南大学
- 俵 裕子、佐々木慎一、斎藤 究、柴村英道、宮島光弘, "NaI(Tl)シンチレー内での光子輸送に関する実験的考察(II)"
9. 日本原子力学会 1999年秋の大会、1999年9月10日-12日、新潟工科大学、柏崎市 (1999 Fall Meeting of the Atomic Energy Society of Japan).
- 播磨良子、黒澤直弘、坂本幸夫、平山英夫, "点等方二重層 線ビルドアップ係数の計算" (An Approximation Formula for Point Source Gamma-Ray Buildup Factors in Double Layer Shields (II)).
  - 佐藤達彦、湯浅龍太、秦和夫、伴秀一、H. Lee, G. Kim, "2GeV電子照射により生成される光中性子の測定及び解析方法の改良" (Measurements and Improved Analysis of Photo-Neutron Spectrum Produced by Irradiation of 2GeV Electron Beams to Thick Targets).
  - 高田真志、谷口真吾、中尾徳晶、内堀幸夫、保田浩志、上菘義朋、藤高和信、中村尚司, "荷電粒子混合場における中性子測定器の開発(2)" (Development of a phoswich counter able to detect neutrons under charged particle mixed field (2)).
10. 日本物理学会, 秋の分科会 1999年9月23日-26日 島根大学
- 竹田敦、井上慶純、伊藤寛、蓑輪眞、身内賢太郎、森山茂栄、大谷航、大塚洋一、関谷洋之、渡辺隆行, "暗黒物質探索実験に用いるボロメータの高感度化"
11. 日本物理学会, 秋の分科会 1999年9月24日-27日 岩手大学
- 伊藤寛, "C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub>及びナノチューブ中での陽電子消滅"
12. 12th Symp. on Accelerator Science and Technology, October 27-29, 1999, Wako

- Ban, S., Numajiri, M., Suzuki, T., Takahashi, K., Sato, H., Yamanaka, S., “Measurements of time dependent distribution of leakage neutrons from the earth shield of KEK 12-GeV PS”.

13. 第43回放射化学討論会、1999/10/13-15、つくば

- 鈴木健訓、近藤健次郎、Goworek Tomasz、濱田栄作、伊藤泰男、“極低温におけるポジトロニウム生成の増加について ”
- 木野康志、関根 勉、佐藤靖祥、工藤博司、伊藤泰男、鈴木健訓、“液体シンチレ - タ中でのポジトロニウム消滅過程”
- 島田亜佐子、森本泰臣、井口一成、奥野健二、佐々木慎一、鈴木健訓、近藤健次郎、“加速器トンネル内空气中に生成するトリチウムの測定 (2) - 中空糸高分子膜を用いたトリチウムの濃縮について ”
- Goworek T., Suzuki T., Kondo K., Hamada E. and Ito Y., “Positronium trapped in free volume holes- study of the formation in extreme cases ”
- 伊藤泰男、鈴木健訓、“陽電子消滅ドップラ - 幅相関測定法の有機金属錯体への適用 ”
- 伊藤寛、大槻勤、榎本和義、鹿野弘二、“反跳を利用した  $^{11}\text{C}$  および  $^{13}\text{N}$  標識多環芳香族化合物の製造”
- 榎本和義、大槻 勤、伊藤 寛、鹿野弘二、“ $^{11}\text{C}$  の迅速分離、検出法の開発と放射化分析への応用”
- 榎本和義、豊田晃弘、江田和由、“加速器室内における中性子空間分布のイメージ化”
- 三浦太一、別所光太郎、石浜茂夫、大塚憲一、“高エネ研東カウンターホール床下土壤中に生成する放射性同位元素濃度”
- 篠原厚、三浦太一、横山明彦、高宮幸一、金子哲也、荒木宏一、真田潤、浜島靖典、斎藤直、馬場宏、古川路明、“ $\text{H}_2 + \text{D}_2$  混合気体系における H から D へのパイ中間子転移過程”
- 吉川広輔、下村晴彦、石井寛子、田中栄司、村松久和、渡辺智、長明彦、小泉光生、関根俊明、三浦太一、“金属マトリックス中における Cs-133 のメスバウア異性体シフト ”
- 沼尻正晴、沖 雄一、三浦太一、鈴木健訓、近藤健次郎、“高エネルギー陽子加速器施設における内部被曝線量評価のための放射能測定法の開発”
- 沼尻正晴、三浦太一、沖 雄一、鈴木健訓、近藤健次郎、“放射化法による入射粒子数モニターの校正”
- 島田亜佐子、森本泰臣、奥野健二、佐々木慎一、鈴木健訓、近藤健次郎、“加速器トンネル内空气中に生成するトリチウムの測定 (2) - 中空糸高分子膜を用いたトリウム 濃縮について - ”  
沖雄一、遠藤章、神田征夫、近藤健次郎、“高エネルギー陽子加速器のトンネル内で生成する放射性エアロゾル (II)”  
遠藤章、神田征夫、沖雄一、近藤健次郎、“高エネルギー陽子加速器のトンネル内で生成する  $^{13}\text{N}$  ガスの化学形”

14. 第49回ネットワークポリマー講演討論会、1999/10/21-22、東京工業大学

- 大下毅、陶晴昭、鈴木健訓、“陽電子消滅法によるエポキシ樹脂硬化物の自由体積 (II) ”

15. 第12回加速器科学研究発表会、1999年10月27日 - 29日、和光市

- 伴 秀一、沼尻正晴、鈴木健訓、高橋一智、佐藤 皓、山中信司、“KEK 12 GeV PS 盛土での漏えい中性子の時間分布の測定”

16. 京都大学原子炉実験所専門研究会「陽電子ビームの形成と物質科学への応用」, 1999/10/28-29, 京大原子炉
- 濱田栄作、大島永康、鈴木健訓、小林仁、近藤健次郎、金沢育三、伊藤泰男、“RIベームの短パルス化低速陽電子ビームの開発”
17. 第3回機能構造と分析化学シンポジウム 1999年10月29-30日、東北大学
- 別所光太郎、“シリカ多孔体と界面活性分子集合体”
18. 1999 Symposium on Nuclear Data, Nov. 18-19, 1999, JAERI Tokai
- Sato, T., Shin, K., Yuasa, R., Ban, S., Lee, H. S., “Measurements of Photo-Neutron Energy Spectra from Thick Targets by Irradiation of 2.0 GeV Electron Beam”
  - 明午伸一郎、高田弘、執行信寛、伊賀公紀、岩元洋介、木附洋彦、石橋健二、前畑京介、有馬秀彦、中本建志、沼尻正晴、“1.1, 2.3 GeV/c陽子及び中間子入射による厚いタンゲステンターゲットの生成中性子のスペクトル測定”
  - 岩元洋介、伊賀公紀、木附洋彦、天造秀樹、石本俊輔、執行信寛、前畑京介、石橋健二、中本建志、沼尻正晴、明午伸一郎、高田弘、“高エネルギー $\pi$ 入射による中性子生成二重微分断面積の測定”
19. 京都大学原子炉研究所専門研究会「天然バリアKd」, 熊取 (1999年11月24日-25日)
- 三浦太一、“高エネルギー加速器周辺土壌及び地下水中の放射能濃度評価”
20. 第1回 Spring8放射線セミナー 1999年11月25日-11月26日、Spring8
- 伴秀一、“KEK PFでの放射光ビームの線量測定”
  - 波戸芳仁、“KEK PFでのX線測定とEGS4の改良”
21. 京都大学原子炉実験所専門研究会「放射線と原子核をプローブとした物性研究の新展開」, 1999/12/20 - 22, 京大原子炉
- 鈴木健訓、近藤健次郎、濱田栄作、伊藤泰男、“高分子材料を用いた陽電子消滅実験における陽電子線源の放射線効果”、KURRI-KR-49 (平成11年度) pp.89-92.
  - 斉藤直、高橋琢、奥田修一、伊藤泰男、“線照射したポリエチレン、ポリスチレン中の陽電子寿命の測定”、KURRI-KR-49 (平成11年度) pp.73-76.
  - 伊藤泰男、鈴木健訓、“陽電子消滅二次元ドップラ - 幅測定法の化学プローブとしての可能性”、KURRI-KR-49 (平成11年度) pp.68-72.
22. 田無における放射線と放射化学研究 2000年1月14日 高エネルギー加速器研究機構田無分室
- 伊藤寛、“放射線検出器の学際的応用”
  - 三浦太一、“加速器環境—高エネルギー陽子加速器床下土壌及び地下水の放射化”
23. 「放射線検出器とその応用」(13回)、2000年2月1-3日、KEK
- 佐々木道也、布宮智也、中尾誠、中村尚司、中尾徳晶、柴田徳思、福村明史、“自己TOF検出器の開発と遮蔽実験への応用”
  - 柴村英道、佐々木慎一、俵裕子、斎藤究、宮島光弘、“ヨウ化ナトリウムシンチレータの発光特性II”

24. 日本物理学会 春の分科会 2000年3月22日-25日 関西大学
- 伊藤寛、“低バックグラウンド低エネルギーベータ線検出”
25. 日本原子力学会 2000年春の年会、2000年3月28日-30日、愛媛大学、松山市 (2000 Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan).
- 伴秀一、中村一、佐藤達彦、秦和夫、“2.5GeV電子による厚いターゲット中の生成放射能” (Radioactivity Produced in Thick Target by 2.54GeV Electrons).
  - 平山英夫、“JCO事故に関する放射線工学部会の取り組み” (Actions at Technical Division of Radiation Science and Technol. concerning Critical Accident at JCO).
  - 中尾徳晶、入江吉郎、魚田雅彦、白方政司、N. Mokov, A. Drozhin、“MARSコードを用いた大強度3GeV陽子シンクロトロンの入射ビームロスによる放射線分布と残留放射能の評価” (Estimation of Radiation and Residual Activity Induced by Beam Loss at Injection of High Intensity 3 GeV Proton Synchrotron using MARS code).
  - 布宮智也、E. Kim、黒澤忠弘、谷口真吾、佐々木道也、岩瀬広、中村尚司、中尾徳晶、柴田徳思、上菘義朋、伊藤祥子、D.R.Perry, P.Wright、“800MeV陽子加速器を用いた遮蔽計算制度評価のための中性子深層透過実験” (Deep Penetration Experiment Through Concrete and Iron for Shielding Benchmark with 800MeV Proton Accelerator).
  - 佐々木道也、布宮智也、中村尚司、中尾徳晶、柴田徳思、福村明史、“HIMACにおける高エネルギー中性子の遮蔽実験” (High Energy Neutron Shielding Experiment at HIMAC).
  - 佐藤寿樹、黒沢忠弘、岩瀬広、中村尚司、中尾徳晶、上菘義朋、“高エネルギー重イオンによる中性子生成微分断面積の測定” (Measurement of Neutron Production Cross Section by High Energy Heavy Ions).
  - 佐藤達彦、湯浅龍太、秦和夫、伴秀一、Heeseock Lee、“高エネルギー光中性子の集率の測定及び計算結果との比較検討” (Measurements of High-Energy Photo-Neutron Yield and Comparisons with Calculated Results).
  - 佐藤達彦、湯浅龍太、秦和夫、伴秀一、Heeseock Lee、“2GeV電子照射による厚いターゲットからの90度方向の光中性子集率の系統性” (Systematic of 90deg, Direction Photo-Neutron Yields Irradiated by 2GeV Electrons).
  - 米内俊祐、中村尚司、佐々木慎一、佐波俊哉、柴田徳思、“黒鉛パイル標準熱中性子場の開発” (Development of Reference Thermal Neutron Field Using a Graphite Pile).
26. 第47回応用物理学関係連合講演会、2000年3月28日-31日、青山学院大学
- 俵 裕子、佐々木慎一、斎藤 究、柴村英道、宮島光弘、“NaI(Tl)シンチレー内での光子輸送に関する実験的考察(III)”
  - 佐々木慎一、“環境に関連した放射線計測技術”(シンポジウム：加速器環境におけるモニタリング)
27. 研究会「環境放射能」(1回) 2000年3月30-31日 KEK
- 神田征夫、沖雄一、遠藤章、沼尻正晴、近藤健次郎、“高エネルギー加速器トンネル内に生成する有害ガス及び放射性ガス”
  - 三浦太一、“高エネルギー陽子加速器施設における環境放射能問題とその対策”
  - 島田亜佐子、森本泰臣、奥野健二、佐々木慎一、鈴木健訓、近藤健次郎、“中空系分離膜を用いたトリチウムの濃縮について”



28. 日本物理学会 春の分科会 2000年3月30日-4月2日 近畿大学
- 身内賢太郎、伊藤寛、井上慶純、大谷航、大塚洋一、関谷洋之、竹田敦、蓑輪眞、森山茂栄、渡辺隆行、“神岡地下実験室に於ける暗黒物質探索実験 I”
29. 日本医学物理学会
- 田宮正、田伏勝義、下郷智弘、小山修司、吉岡撰、小幡康範、成田憲彦、津坂昌利、宇留賀朋哉、伴秀一、波戸芳仁、池上徹、“蛍光ガラス線量計による線量当量と光子エネルギーの関係の検討”

## 4 Reports etc. (1999.4-2000.3)

### 4.1 KEK Proceedings

1. Sasaki, S., Shibata, T., Takahashi, H. and Nakazawa, M. edited, “Radiation Detectors and Their Uses”, Proceedings of the 13th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses”, 8-10 February, 1999, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 99-8*(1999).
  - Shibamura, E., Sasaki, S., Tawara, H., and Miyajima, M., “Number of Scintillation Photons in NaI(Tl) Crystals” pp.175-182.
2. Hirayama, H., Namito, Y. and Ban, S. edited, “Proceedings of the Eighth EGS4 Users’ Meeting in Japan”, August 1- 3, 1999, KEK, Tsukuba, Japan, *KEK Proceedings 99-15*(1999).
  - Namito, Y. and Hirayama, H., “Improvement of the Cross-Section and Branching-Ratio Evaluation in EGS4 in the Energy Interval which has an Absorption-Edge” pp1-6.
  - Fukushi, M., Namito, Y., Saitoh, H., and Fukuda, K., “The Information Education using EGS4 Monte Carlo code of Tokyo Metropolitan University of Health Science”, pp7-11.
  - Tawara, H., sasaki, S., Saito, K., Shibamura, E., and Miyajima, M., “Response of NaI(Tl) Scintillation Detector for Gamma-Rays”, PP44-52.

### 4.2 KEK Internal

1. Li, J., Tang, Y., Ban, S., Numajiri, M., Tawara, H., Suzuki, T., Nakamura, H., Takahashi, K., Hozumi, K. and Sakamoto, Y., “Neutron Energy Response of a Modified Andersson-Braun Rem-Counter and Measurements in High-energy Stray Neutron Radiation Fields”, *KEK Internal 99-2*(1999).
2. Y. Namito, H. Nakamura and H. Hirayama, “Lecture Note Installation of EGS4 (Revised in 1999)”, *KEK Internal 99-4*(1999).
3. H. Hirayama and Y. Namito, “Lecture Notes of EGS4 Course at KEK”, *KEK Internal 99-5*(1999).
4. 波戸芳仁、俵裕子、伴秀一、平山英夫、竹内康紀、工藤喜久雄、“電子陽電子入射器の使用方法変更に伴う放射線安全対策”, *KEK Internal 99-10*(1999).
5. 平雅文、別所光太郎、神田征夫、“化学安全管理報告 -1998年度-”, *KEK Internal 99-11*(1999).

6. 三浦太一、平山英夫、鈴木健訓、高原伸一、中村健蔵、佐藤任弘、高崎稔、田中万博、家入正治、海野博之、鈴木善尋、加藤洋二、山野井豊、皆川道文、草野枝理奈、“東カウンターホールにおけるEP2-K0ビームラインの改造計画とその放射線安全対策”, *KEK Internal 99-14*(1999).
7. Ban, S., Eda, K., Hirayama, H., Hozumi, K., Iijima, K., Itoh, Y., Kuramochi, N., Masumoto, K., Miura, T., Nakao, N., Nakamura, H., Namito, Y., Numajiri, M., Oki, Y., Sasaki, S., Sato, S., Suzuki, T., Takahara, S., Takahashi, K., Tawara, H., Toyoda, A., Toyoshima, N. and Shibata, T., ”放射線管理報告-1998年度- (in Japanese)”, *KEK Internal 99-15*(1999).
8. 沖雄一、俵裕子、平山英夫、竹内康紀、吉岡正和、“放射化物使用施設、放射性廃棄物保管棟の管理区域の変更に係る放射線安全対策”, *KEK Internal 99-16*(1999).
9. 沖雄一、佐々木慎一、平山英夫、“放射化物使用棟新設に関わる放射線安全対策”, *KEK Internal 99-17*(1999).
10. 佐波俊哉、佐々木慎一、沖雄一、“熱中性子標準棟新設に関わる放射線安全対策”, *KEK Internal 99-19*(2000).

#### 4.3 Others

1. 三浦太一、“高エネルギー加速器周辺土壌及び地下水中の放射能濃度評価”, 「天然バリアKd」専門研究会報告書、*KURRI-KR-44*(1999).

## 5 Internal Reports of Radiation Science Center (1999.4-2000.3)

### 5.1 RAD-D

- RAD-D 99/1 沼尻、“冷却水の放射化とビーム損失(1) P11系”
- RAD-D 99/2 平山、“Moyer モデルと Tesh の式”
- RAD-D 99/3 三浦、“高エネ研で発生するコンクリート及び電磁石関係の  
廃棄物の放射能濃度”
- RAD-D 99/4 三浦、“加速器解体廃棄物”
- RAD-D 99/5 三浦、“高エネルギー加速器研究機構陽子及び電子加速器解体に”  
伴う放射性廃棄物”
- RAD-D 99/6 平山、波戸、“ATF 施設の放射線管理について
- RAD-D 99/7 波戸、“L-バンド単セル超伝導加速空洞横測定試験時の放射線量”
- RAD-D 99/8 三浦、“冷却水漏洩に伴う内部被ばく評価”
- RAD-D 99/9 伴、“PF14Cでの10keV光子の2回屈曲ダクト。ストリーミング測定”
- RAD-D 99/10 平山、“Moyer モデルの検討”
- RAD-D 99/11 平山、“点状線源に対するスカイシャイン線量簡易計算式の相互比較”
- RAD-D 99/12 佐波、“黒鉛パイル施設における線源庫の遮蔽能力の評価”
- RAD-D 99/13 佐波、“高エネルギー二次粒子生成に関する Geant と HETC の比較”
- RAD-D 99/14 波戸、“ATF 6.2Hz 運転時のニュートリノ区域レベル”
- RAD-D 99/15 三浦、柴田、鈴木、“ニュートリノビームライン崩壊領域周辺土壌”  
及び地下水中の放射能濃度測定結果報告書”
- RAD-D 99/16 波戸、“ATF からのスカイシャイン”

## 5.2 RAD-S

- RAD-S 99/1 沼尻、穂積、“陽子加速器主リングの速い取り出し後の残留放射能について”  
RAD-S 99/2 伴、“電子入射器のJアーク部での最大のビーム損失”  
RAD-S 99/3 三浦、高原、“ニュートリノビームラインターゲット冷却水測定”  
RAD-S 99/4 中村、“富士実験室ビーナスの中心部の残留放射能の測定”  
RAD-S 99/5 中村、“IR衝突点周辺の空間線量率の測定”  
RAD-S 99/6 俵、中村、“筑波実験室トンネル内の空間線量率の測定結果”  
RAD-S 99/7 中村、“KEKBトンネル内の表面空間線量率の測定”  
RAD-S 99/8 伴、高橋、“PFリング入射時空間線量率サーベイ”  
RAD-S 99/9 伴、高橋、“PFリング蓄積時空間線量率サーベイ”  
RAD-S 99/10 中村、“AR-PFビームライン (NE-5B) 表面の空間線量率測定”  
RAD-S 99/11 飯島、佐波、“Dose Rate at Duct Surface in P4 Line”  
RAD-S 99/12 飯島、佐波、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
RAD-S 99/13 波戸、“AR北棟新コンクリートシールド開口部の線量率”  
RAD-S 99/14 波戸、“AR北棟コンクリートシールドの遮蔽性能：十分”  
RAD-S 99/15 三浦、穂積、“ニュートリノビームライン表面線量率測定”  
RAD-S 99/16 三浦、“ニュートリノ 第2機械棟周辺サーベイ”  
RAD-S 99/17 波戸、“ストッパーを入れたままでのAR入射時のAR北棟の放射線レベル”  
RAD-S 99/18 中村、“AR南、北実験室屋上の空間線量率”  
RAD-S 99/19 中村、“KEKBの99年4月のフィルムバッジ測定結果”  
RAD-S 99/20 中村、“AR南北実験室内の空間線量率測定”  
RAD-S 99/21 高橋、“リニアッククライストロン周辺の空間線量率”  
RAD-S 99/22 波戸、“ATFロスモニタレベル設定”  
RAD-S 99/23 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
RAD-S 99/24 中村、佐波、“KEKB 筑波実験室 B4 管理区域サーベイ”  
RAD-S 99/25 沼尻、伴、“12GeVPS 盛土上での漏洩中性子測定 (4)  
EP1ライン上での速いビーム取り出し時の損失”  
RAD-S 99/26 俵、佐波、中村、“運転停止直後の筑波実験室ビームラインの  
表面空間線量率測定”  
RAD-S 99/27 穂積、沼尻、“セプタムD電磁石交換作業のためのEP1取り出し部の  
放射線サーベイ結果”  
RAD-S 99/28 俵、中村、佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定”  
RAD-S 99/29 佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定”  
RAD-S 99/30 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
RAD-S 99/31 佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定 (3)”  
RAD-S 99/32 中村、“AR南実験室屋上の空間線量率測定”  
RAD-S 99/33 中村、“KEKB-BT 地上部のTLDによる積算空間線量率の測定 (6月分)”  
RAD-S 99/34 佐波、“筑波実験室 Bell 検出器周辺の中性子線量の測定 (4)”  
RAD-S 99/35 中村、“KEKBの99年6月のフィルムバッジ測定結果”  
RAD-S 99/36 中村、“AR運転終了後の表面空間線量率測定”  
RAD-S 99/37 伴、“電子陽電子入射器の第3SYへの通路での火災報知器の発報”  
RAD-S 99/38 中村、“AR運転終了後の表面空間線量率測定”  
RAD-S 99/39 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
RAD-S 99/40 中村、“ATF周辺のフィルムバッジによる積算空間線量の測定”  
RAD-S 99/41 中村、“KEKB-BT 地上部のTLDによる積算空間線量率の測定 (7月分)”  
RAD-S 99/42 中村、“KEKB-BTの運転直後の表面線量率測定”

RAD-S 99/43 三浦、“EP1ビームライン表面線量率測定”  
 RAD-S 99/44 高原、“ニュートリノビームライン空間線量率測定結果”  
 RAD-S 99/45 三浦、“ターゲットステーションの空間線量率測定”  
 RAD-S 99/46 三浦、“ターゲットステーションの空間線量当量測定”  
 RAD-S 99/47 高原、“ニュートリノライン空間線量率測定結果”  
 RAD-S 99/48 三浦、“ニュートリノライン 第2機械棟周辺サーベイ”  
 RAD-S 99/49 鈴木、“ターゲットステーション空間線量率測定”  
 RAD-S 99/50 三浦、“ターゲットステーションの空間線量率測定”  
 RAD-S 99/51 三浦、“ニュートリノ 第2機械棟周辺サーベイ”  
 RAD-S 99/52 三浦、“ターゲットステーション空間線量率測定”  
 RAD-S 99/53 三浦、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”  
 RAD-S 99/54 高橋、“東カウンターホール空間線量率測定”  
 RAD-S 99/55 高橋、“北カウンターホール空間線量率測定結果”  
 RAD-S 99/56 三浦、“ターゲットステーション空間線量率測定”  
 RAD-S 99/57 三浦、“EP1-Bビームライン表面線量率測定結果”  
 RAD-S 99/58 三浦、“EP2ビームライン表面線量率測定結果”  
 RAD-S 99/59 三浦、穂積、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果 No.1”  
 RAD-S 99/60 三浦、穂積、“スマア法による表面汚染密度測定結果”  
 RAD-S 99/61 中村、“KEKB 運転終了直後の表面線量率測定”  
 RAD-S 99/62 柴田、飯島、高橋、伴、“KEKBの制御室からリニアック運転のための  
インターロック確認”  
 RAD-S 99/63 伴、中尾、高橋、“リニアックビームラインサーベイ”  
 RAD-S 99/64 高橋、“BL4スクレーパーを変化した場合の渡り廊下の空間線量率変化”  
 RAD-S 99/65 高橋、“放射光リング残量放射能サーベイ”  
 RAD-S 99/66 高橋、“リニアックビームラインサーベイ”  
 RAD-S 99/67 高橋、“Linacトンネルビームラインサーベイ”  
 RAD-S 99/68 高橋、“Linac 第三スイッチヤード ~PF リング  
サーベイ及びスマア結果”  
 RAD-S 99/69 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
 RAD-S 99/70 中村、“AR 南実験室直線部の TLD バッジによる測定”  
 RAD-S 99/71 中村、“AR 南北実験室内の空間線量率測定”  
 RAD-S 99/72 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
 RAD-S 99/73 中村、“AR 南北実験室屋上の空間線量率測定”  
 RAD-S 99/74 伴、中村、高橋、“KEKB リニアックの SLED の管理区域境界での影響”  
 RAD-S 99/75 波戸、中村、“AR のクライストロンの空間線量率測定”  
 RAD-S 99/76 中村、“AR リング運転終了直後の表面線量率測定”  
 RAD-S 99/77 三浦、“ニュートリノビームライン 出入通路空気中放射性同位元素濃度”  
 RAD-S 99/78 三浦、“ニュートリノビームライン 出入通路空気中放射性同位元素濃度 (2)”  
 RAD-S 99/79 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量率の測定 (11 月分)”  
 RAD-S 99/80 中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量率の測定 (12 月分)”  
 RAD-S 99/81 伴、高橋、“11.1GBq の Am-241 線源の光子数測定”  
 RAD-S 99/82 中村、“KEKB-BT の運転直後の表面空間線量率測定”  
 RAD-S 99/83 飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”  
 RAD-S 99/84 高橋、“電子陽電子入射器運転後ビームラインサーベイ”  
 RAD-S 99/85 高橋、“環境用 TLD バッジの測定結果”  
 RAD-S 99/86 高橋、“環境用 TLD バッジの測定結果”

RAD-S 99/87	伴、高橋、“光源棟入射時サーベイ”
RAD-S 99/88	高橋、“光源棟蓄積時サーベイ”
RAD-S 99/89	飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 99/90	中村、“ATF 周辺の放射線測定”
RAD-S 99/91	波戸、“ATF ロスモニタレベルの設定 (2)”
RAD-S 99/92	三浦、“スミア法による表面密度測定結果”
RAD-S 99/93	三浦、高橋、“ニュートリノビームライン表面線量率測定”
RAD-S 99/94	高橋、“ニュートリノ第1機械棟周辺サーベイ”
RAD-S 99/95	高橋、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 99/95	高橋、“東カウンターホール空間線量率測定結果 (IT-Mode)”
RAD-S 99/96	穂積、“北カウンターホール機械室 空間線量測定”
RAD-S 99/97	穂積、“ニュートリノライン空間線量率測定結果”
RAD-S 99/98	三浦、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 99/100	穂積、“北カウンターホール機械室 空間線量測定”
RAD-S 99/101	高橋、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 99/102	三浦、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 99/103	穂積、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 99/104	穂積、“東カウンターホール空間線量率測定結果 (IT-Mode)”
RAD-S 99/105	三浦、“EP2シールド開口時サーベイ”
RAD-S 99/106	三浦、“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 99/107	三浦、“スミア法による表面密度測定結果”
RAD-S 99/108	穂積、高橋、“北カウンターホール空間線量率測定結果”
RAD-S 99/109	三浦、“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S 99/110	三浦、“EP1ビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 99/111	三浦、“EP1-Bビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S 99/112	三浦、“EP2ビームライン室下流部(一部)汚染管区域解除に伴う表面密度測定”
RAD-S 99/113	三浦、“東カウンター EP2(K3)シールド用砂 核種測定結果”
RAD-S 99/114	三浦、“ニュートリノラインターゲット冷却水測定”
RAD-S 99/115	三浦、“ニュートリノラインターゲット冷却水測定”
RAD-S 99/116	中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算線量の測定”
RAD-S 99/117	中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量率の測定 (1 月分)”
RAD-S 99/118	飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 99/119	中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量率の測定 (2 月分)”
RAD-S 99/120	中村、佐波、“KEKB-BT の運転停止直後の表面線量率測定”
RAD-S 99/121	中村、“AR 運転終了直後の表面線量率測定”
RAD-S 99/122	中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算線量の測定”
RAD-S 99/123	中村、“KEKB リングの運転終了直後の表面空間線量率測定”
RAD-S 99/124	三浦、高橋、“ニュートリノビームラインディケイボリウム He ガス中のトリチウム濃度測定”
RAD-S 99/125	三浦、“ニュートリノビームラインディケイボリウム He ガス中の N <sub>2</sub> 、O <sub>2</sub> 濃度測定”
RAD-S 99/126	中村、“ATF 西壁での TLD バッジによる積算線量の測定”
RAD-S 99/127	三浦、“EP2 電磁石 表面汚染核種同定”
RAD-S 99/128	飯島、“Dose Rate at Duct Surface in NML Line”
RAD-S 99/129	中村、“KEKB-BT 地上部の TLD による積算空間線量の測定 (3 月分)”

RAD-S 99/130 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/131 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/132 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/133 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/134 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/135 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/136 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/137 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/138 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/139 飯島、“中間子第1実験室線量率測定”  
 RAD-S 99/140 飯島、“中性子研究施設入射時YEL301周辺測定結果”  
 RAD-S 99/141 飯島、“NML中間子第2実験室空間線量率測定”  
 RAD-S 99/142 飯島、“NML利用施設機械室(2階)サーベイ結果”  
 RAD-S 99/143 飯島、“中性子実験室2次ビームライン(LAM-D)周辺測定結果”  
 RAD-S 99/144 飯島、“中性子2次ビームライン(FOXライン)周辺TLバッチ測定結果”  
 RAD-S 99/145 飯島、“NML中性子実験室FOXラインシールド $\gamma$ 核種測定”  
 RAD-S 99/146 飯島、“医学利用施設管理区域解除のための放射線測定”  
 RAD-S 99/147 飯島、佐々木、“マグネット冷却水配管補修作業に伴う放射線管理”  
 RAD-S 99/148 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/149 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/150 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/151 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/152 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/153 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/154 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/155 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/156 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/157 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/158 飯島、“中性子・冷中性子実験室放射線測定結果”  
 RAD-S 99/159 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/160 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/161 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/162 飯島、“放射光アイソトープ実験室排水測定結果”  
 RAD-S 99/163 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/164 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/165 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/166 飯島、“BL-27ビームライン定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/167 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/168 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/169 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/170 飯島、“放射光アイソトープ実験室排水測定結果”  
 RAD-S 99/171 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/172 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/173 飯島、“放射光アイソトープ実験室定期放射線測定結果”  
 RAD-S 99/174 飯島、“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”

RAD-S 99/175	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/176	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/177	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/178	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/179	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/180	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/181	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/182	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/183	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/184	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S 99/185	飯島、	“放射性試料測定棟、RI棟、放射化物加工棟定期放射線測定結果”
RAD-S-99/186	三浦、	“スミア法による表面汚染密度の測定結果 (EP1, ニュートリノビームライン)”
RAD-S-99/187	三浦、	“ニュートリノビームライン表面線量率測定結果”
RAD-S-99/188	三浦、	“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S-99/189	三浦、	“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S-99/190	三浦、	“ターゲットステーション空間線量率測定”
RAD-S-99/191	高橋、	“光源棟環境測定用 TLD バッジ測定結果”



### 5.3 RAD-A

- RAD-A 99/1 柴田、伴、高橋、“テストリニアックの新設に係わる機構内検査(2)”
- RAD-A 99/2 俵、波戸、佐波、“第5区域の管理区域等の放射線作業の手続きについて”
- RAD-A 99/3 中尾、“チェックソースの保管庫周りの空間線量率に関して”
- RAD-A 99/4 中尾、“チェックソースに関するTNSへの指示”
- RAD-A 99/5 佐波、“KEKB用常伝導RF空洞試験装置(ARES)運転の措置について”
- RAD-A 99/6 平山、“年未年始 管理区域出入り管理業務の一部変更について”

## 5.4 CHEM-A

	依頼者所属	
CHEM-A-99/1	宇宙線研	ニュートリノ振動実験・前置検出器・水チェレンコフ検出器の純水の水質分析
CHEM-A-99/2	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン T18C(D8-D), T22A・窓冷却水中に含まれる金属元素の定量, モリブデンの溶存状態の検討
CHEM-A-99/3	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン T18C(D8-D)・窓冷却水配管内の析出物の元素組成分析
CHEM-A-99/4	共同利用	グラファイト基板上のニッケルの蒸着量の決定
CHEM-A-99/5	宇宙線研	ニュートリノ振動実験・前置検出器、宇宙線研スーパーカミオカンデ・水チェレンコフ検出器の純水の水質分析
CHEM-A-99/6	加速器	未知絶縁油と PCB の異同試験
CHEM-A-99/7	加速器	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/8	放射線	大穂 ED 水槽水, および防錆剤(ブルークールS) 中に含まれる金属イオン濃度の測定
CHEM-A-99/9	素核研	アトラス検出器・wire chamber のカソード電極部・塗料の成分分析
CHEM-A-99/10	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン 1MW ダミーロード粉体サンプルの元素組成, 化学種分析
CHEM-A-99/11	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン冷却水中析出物の元素組成, 化学種分析
CHEM-A-99/12	加速器	KEKB 加速管内面の着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/13	加速器	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/14	加速器	KEKB 加速器部品内面付着物の元素組成分析
CHEM-A-99/15	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン使用絶縁油の変性度の評価
CHEM-A-99/16	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン冷却水中の不溶成分の分析
CHEM-A-99/17	総研大	タングステン基板着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/18	加速器	KEKB 加速器イオンポンプ・セラミックス絶縁部の着色部の元素組成分析
CHEM-A-99/19	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン使用絶縁油の変性度の評価
CHEM-A-99/20	加速器	PS 冷却水配管ストレナーの分析
CHEM-A-99/21	放射線	未知絶縁油と PCB の異同試験
CHEM-A-99/22	放射線	ニュートリノ崩壊領域周辺土壌試料の元素組成分析
CHEM-A-99/23	共同利用	銅基板上的鉄の蒸着量の決定
CHEM-A-99/24	加速器	KEKB マグネット冷却水配管内付着物の組成分析
CHEM-A-99/25	加速器	KEKB Waterload 配管内析出物の分析
CHEM-A-99/26	加速器 成分分析	KEKB マグネット冷却水のフロースイッチ部分閉塞物の成分分析
CHEM-A-99/27	加速器	Nb 超伝導空洞の電解研磨時に Al 陰極付近(テフロン性カバー)に付着した汚れの成分分析
CHEM-A-99/28	加速器	KEKB マグネット冷却水の水質分析

	依頼者所属	
CHEM-A-99/29	共同利用	シリコン基板上の鉄、銅の蒸着量の決定
CHEM-A-99/30	加速器	KEKB クライストロン D2-DT, D2-ET ・ダミーロード水の 水質分析、ダミーロードテフロンパイプ内壁析出物の分析
CHEM-A-99/31	総研大	ポリエチレン基板上の鉄の蒸着量の決定
CHEM-A-99/32	放射線	未知絶縁油とPCBの異同試験
CHEM-A-99/33	加速器	KEKB 大電力連続波クライストロン使用絶縁油の変性度の評価
CHEM-A-99/34	総研大	黒アルマイト処理したアルミ板表面の反射率の測定
CHEM-A-99/35	設備課	AR コントロール棟水道水の水質分析

## 5.5 CHEM-W

- CHEM-W-99/1 実験廃液処理施設の活性炭吸着能の評価法に関する検討
- CHEM-W-99/2 食堂からの排水の pH の動態調査
- CHEM-W-99/3 排水中のシマジン濃度の測定のための固相抽出法とクリーンアップ