

会議のトピックス (II)

第10回原子炉ドシメトリー国際シンポジウム
Tenth International Symposium on REACTOR DOSIMETRY
1999年9月12日~17日、大阪

京都大学原子炉実験所
小林 捷平

1. 第10回原子炉ドシメトリー国際シンポジウムの概要

1999年9月12日から17日の間、「第10回原子炉ドシメトリー国際シンポジウム」が、日本原子力学会(AESJ)、米国材料試験学会(ASM)、欧州原子炉ドシメトリーワーキンググループ(EWGRD)共催の下に、大阪の中之島において開催された。このシンポジウムは、1975年にオランダのPettenにおいて第1回が開催されて以来、表1に示したように、2~3年毎にASM側と欧州側が交互にシンポジウムの開催を担当してきた。今回はASM側の番であったが、特別に日本で開かれることになり、アジア地区では初めてのシンポジウム開催となった。その背景には、従来、このシンポジウムへの日本からの参加者は数名程度であったが、第9回は20数名の参加と30件を超える研究発表があり、最近の我が国におけるドシメトリー研究に著しい進展が見られたことが挙げられる。

当シンポジウムで取り上げられた主テーマは、原子炉圧力容器に関するサーベイランス(監視試験)、燃料・材料の照射と損傷問題、中性子及びガンマ線に関する照射特性と標準問題、標準化・データベース、放射線計測技術、放射線場の計算法などの多岐にわたっている。今回はAbstract申込み締切後に、Late News Sessionとして初めて追加申込を受け付け、これに3件のポスター発表が加わった。また、本シンポジウムの特徴でもあるWorkshopsとして9テーマが取り上げられ、3回に分けて3つのSessions毎により専門的な観点から研究討論が行われた。その結果は、Summary Talkとして、シンポジウム最後のClosing Sessionにおい

てそれぞれのWorkshopの座長から報告があった。

さらに、今回初めての試みとしてTutorial(講演会)が企画され、イスラエルのY. Yeivin氏から「サーベイランスドシメトリーデータの最適解析」について、原研・核データセンターの柴田恵一氏から「断面積と評価技術」について講演があり、それぞれに29名と

表1 ドシメトリーシンポジウム開催年度と開催地

回	年	開催地	報告書
1	1975	Petten (オランダ)	EUR 5667
2	1977	Palo Alto (米国)	NUREG CP 0004
3	1979	Ispra (イタリア)	EUR 6813
4	1982	Washington (米国)	NUREG CP 0029
5	1984	Geestacht (ドイツ)	EUR 9869
6	1987	Jackson Hole (米国)	ASTM STP 1001
7	1990	Strasbourg (フランス)	EUR 14356
8	1993	Vail (米国)	ASTM STP 1228
9	1996	Prague (チェコ)	World Scientific Publ.
10	1999	Osaka (日本)	ASTM STP 1398(予定)

12名の参加があった。以上の様に、今回のシンポジウムは非常に盛りたくさんの内容であった。

本シンポジウムの参加者は、我が国より77名、外国からは米国の24名を筆頭に18カ国から67名、総計144名に達した。過去数回のシンポジウムでは、第6回97名、第7回106名、第8回127名、第9回135名の参加があり、今回はこれらを上回る参加者数となった。今回は、アジア地区として初めてのシンポジウム開催となり、近隣諸国からの参加に期待が寄せられたが、結果として韓国から5名の参加と中国から1件の論文寄稿に止まった。発表論文件数は、基調講演3件、口頭発表40件、ポスター発表A, B, Cでは、それぞれ29、25、20件、合計117件の発表があった。我が国からは、合計10件の口頭発表と30件のポスター発表があった。提出された論文は現在査読中で、プロシーディングは来年夏頃に米国ASTMより出版される予定である。

2. 発表の概要

シンポジウムは、委員長のDr. F. H. Ruddyと国内組織委員長を務められた木村逸郎京都大学名誉教授（原子力安全システム研究所）の開会挨拶に始まり、Keynote Sessionに続いてOral Sessionsに移った。シンポジウムのスケジュールを表2に示す。

まず最初のKeynote Sessionでは、日米欧を代表して3人の演者から発表があった。R. Gerard(ベルギー)から「なぜドシメトリーは必要か？」と題して、特に圧力容器の健全性評価にとってドシメトリーの信頼性が重要となることが述べられた。次にP. J. Griffin(米国)は、ASTM規格は原子炉ドシメトリー分野における指針、手引きとなるもので、炉材料の照射損傷評価を例にASTM規格の重要性とその適応法について説明があった。最後に、木村(前記)は、我が国における原子炉ドシメトリーのレビュー紹介において、特に実験面のトピックス及びドシメトリー断面積データの現状と今後のドシメトリー研究への期待が述べられた。

研究発表は大別して以下の7つに分類される。口頭発表の中からそれぞれの概要を紹介する。本文の後ろに口頭発表のプログラムを示す。

(1) Dosimetry for Power Reactor Surveillance

サーベイランス(監視試験)に関連した発表は我が国からもあったが、欧州の研究グループからはこうしたドシメトリーの信頼性に対し高い関心が寄せられた。軽水炉圧力容器(RPV)における中性子照射効果の評価にとってサーベイランスは不可欠であり、炉心内の中性子束、スペクトルの測定に対し計算がどの程度まで実験を再現できるかが大きな関心事であった。特にフルーエンスデータの信頼度は、プラントの健全性評価にとって重要であり、誤差解析は実験精度の向上にとって必要であることが述べられた。

(2) Dosimetry for Test Reactors and Accelerator Sources

原子炉やスパレーション中性子源における実験照射場の設定と特性に関する発表として、まず、LANLのLANSCEにおいて実施された多数組放射化箔を使った中性子スペクトルの導出及びフルーエンスの測定結果、フィンランドのFiR1炉におけるBNCT用中性子場特性について発表があり、また京大炉のKUR実験孔では放射化箔を用いて鉄フィルタービーム場の中性子束及びスペクトル等を実験的に求めた特性結果について発表があっ

表2 シンポジウムのスケジュール表

TECHNICAL SESSION SCHEDULE					
	<i>Mon</i>	<i>Tue</i>	<i>Wed</i>	<i>Thu</i>	<i>Fri</i>
8:00am	[8:00] Registration				
8:30am	[8:30] Opening 20 min	[8:30]	[8:30]	[8:30]	[8:30]
8:50 am	[8:50] Keynote Session 1 hr 30 min 3 papers	Oral Session 2 Test Reactors & Accelerators 2 hours 6 papers	Oral Session 4 Cross Sections & Nuclear Data 1 hr 40 min 5 papers	Oral Session 5 Calculations & Adjustment Methods 2 hours 6 papers	Oral Session 7 Experimental Techniques 2 hrs 20 min 7 papers
10:10am	[10:20] break 20 min		[10:10] break 20 min		
10:30am	[10:30] coffee	[10:30] coffee	[10:30]	[10:30] coffee	
10:40am	[10:40] Oral Session 1 Power Reactor Surveillance 2 hours 6 papers	Poster Session B 2 hr 10 min	Workshop Session II 2 hours	Poster Session C 2 hr 10 min	[10:50] break 20 min
11:10am					[11:10] Workshop Summaries 1 hour
12:30pm			[12:30] Bus Departure		[12:10] Closing Session 30 min
12:40pm	[12:40] Lunch 1 hr 20 min	[12:40] Lunch 1 hr 20 min	(Packed Lunch)	[12:40] Lunch 1 hr 20 min	[12:40] End Symposium
2:00pm	[2:00] Poster Session A 2 hr 10 min	[2:00] Oral Session 3 Benchmarks & Intercomparison 1 hr 40 min 5 papers	Afternoon Social Visit to Nara	[2:00] Oral Session 6 Damage Correlation 1 hr 40 min 5 papers	
3:40pm	[3:50] refreshments	[3:40] break 20 mins		[3:40] break 20 mins	
4:00pm	[4:10] Tutorial Session 2 hr	[4:00] Workshop Session I 2 hours		[4:00] Workshop Session III 2 hours	
6:00pm		[6:00] End session		[6:00] End session	
6:10pm	[6:10] End tutorial				

た。Penn State 大学の PSBR 炉では高速中性子照射場の設計及び特性を放射化データ並びにモンテカルロ計算によって求めた結果について、Saclay の OSIRIS 炉では照射ループを使って燃料体の核分裂分布、核的特性測定を行った結果について、原研からは GeV 陽子を用いた高エネルギー中性子源における中性子場の特性を多数組放射化箔を用いて測定した結果等について発表があった。

(3) Benchmarks and Intercomparisons

NIST では RPV のサーベイランスモニターに ^{237}Np 、 ^{238}U より生成される長寿命核分裂生成物 ^{137}Cs の測定を適用することが検討されており、標準照射場を使ったテスト結果について発表があった。この他、RPV におけるフルエンス測定に VENUS を使った Blind Test と輸送計算結果との比較、RPV サーベイランスデータの信頼性向上を目的として、チェコの LR0 炉で WWER の体系を模擬し放射化データによる測定結果と輸送計算との比較について、また、京大炉から 14MeV 中性子源と球状実験体系を使った TOF 実験でシリコン材料中の中性子スペクトルを測定し、輸送計算との比較により核データライブラリーの評価を行った結果について発表があった。

(4) Cross Sections and Nuclear Data

核データに関する発表では、原子炉ドシメトリー用ファイルの作成とその積分評価に関するものの他、今回は数 10MeV から数 100MeV の高エネルギー領域にわたる放射化断面積の測定及び評価に関連する発表が目立った。高エネルギー加速器を用いて放射化断面積を直接測定した結果の他、高エネルギー中性子照射場で得た放射化データに対してアジャスト法を適用し、放射化反応率を再現する断面積セットの作成を試みた発表もあり、これらの成果は今後の高エネルギー中性子測定にとって有用である。

(5) Calculations and Adjustment Methods

炉心周辺中性子束及び γ 線量率分布について 3次元 parallel Sn コード PENTRAN と他の輸送コードによる結果の比較、デコミッションの立場から諸材料と中性子スペクトルを考慮した廃棄物評価計算のほか、RPV 内外にセットされた放射化データを使ったスペクトルアジャスト計算 (LEPRICON Procedure) の発表が目立った。放射化率データを使ってこのようなアジャストを行う場合には、分散、共分散まで考慮した最小自乗法は有用であり、計算/測定の比も大幅に改善されたことが紹介された。

(6) Damage Calculations and Adjustment Methods

最近の評価データから得た損傷関数が散乱断面積の違いによって DPA データの評価に与える影響について発表があり、高エネルギー中性子源への適応を目的とした PKA スペクトル、KERMA ファクター及び DPA 断面積を含むファイルの作成について、またターゲット材に関する DPA 評価用計算モデルと高エネルギーデータの妥当性について発表があった。その他、炉心周辺材料の照射効果評価における γ 線量率の影響、RPV の不純物と制御された温度環境下での電子線、高速中性子による照射効果特性に関する発表が目目された。

(7) Experimental Techniques

新しいドシメトリー検出器として、臨界集合体中の複雑な炉心内中性子束分布等の測定に簡便に使用できる小型のシンチレータ付き光ファイバー検出器の応用、Gd や Hf エミッターを使い熱、熱外中性子束及び γ 線が同時測定できる Self Powered Detector の試作と応

用、中性子と γ 線の同時測定が行える SiC 半導体検出器の試作とこれを使用済燃料の特性測定に適応した例などは興味深い発表であった。また、炉心内中性子束測定に $^{93}\text{Nb}(n,n')$ $^{93\text{m}}\text{Nb}$ 反応を適応し、照射後化学分離精製を行って質量分析器、X線測定法によって $^{93\text{m}}\text{Nb}$ を測定した結果、及び小型の ^6Li 、 ^7Li ガラスシンチレータを3次的に配置し、これを球形のポリエチレン減速材で囲んだ中性子スペクトロメータを試作し、モンテカルロ法による特性計算及び単色中性子による実験結果について発表があった。また、高純度 Ge 検出器による測定において重要となる検出効率特性に、線源誤差のみならずその広がり形状、幾何学的配置などの誤差を考慮した共分散データの有用性、及びサーベイランスプログラムの遂行において必要となる中性子束、スペクトル、反応率測定法の標準化について発表があった。

今回のシンポジウムでは、電子メールが通信・連絡手段として大いに役だった。ASTM と現地側事務局、参加者と事務局間などにおいて意思伝達が迅速に行えたほか、ホームページの開設は多くの人たちに適切な情報を提供できたとして歓迎された。シンポジウムに関する下記の記事は現在も残されている。ご関心があれば是非一度ご覧下さい。

ASTM 事務局：<http://www.sandia.gov/events/isrd99/>

日本側事務局：<http://www.ri.kyoto-u.ac.jp/ISR99/isrd-je.html>

次回、第11回の当シンポジウムは、EWGRD の世話の下に 2002 年 8 月にベルギーの Brussels にて開催されることになった。次回も我が国から出来るだけ多数の方々が参加されることを期待したい。また、韓国や中国、そして可能ならインドなどからも積極的な参加が望まれる。それによって、アジア地区が米国、欧州と肩を並べてシンポジウム開催の主たる順番に加わるかどうかが決まることになっている。

今回のシンポジウムは、通商産業省、科学技術庁に後援団体として加わって戴いたほか、国内の多くの団体、米国、欧州の団体からも協賛を得て開催することができた。また ASTM シンポジウム／プログラム委員会、国内の組織委員会、企画運営部会、日本原子力産業会議関西原子力懇談会、及び現地事務局を支援して戴いた多くの方々の協力により、このシンポジウムを無事開催することができました。ここに改めて関係方面の皆様にご心より御礼申し上げます。

なお、本原稿の一部は、日本原子力学会誌、Vol.42、No.1 (2000)の「国際会議の窓」に掲載した。

TECHNICAL SESSIONS

Sunday, September 12

5:30-9:00pm REGISTRATION and WELCOME DRINK
Nakanoshima Plaza (room COSMO)

Monday, September 13

8:00am REGISTRATION
RIHGA ROYAL NCB

8:30am **OPENING SESSION** RIHGA ROYAL NCB (room MATSU)
Chaired by F. Ruddy, Symposium Chairman, and
I. Kimura, Local Organizing Committee Chairman

8:50am **KEYNOTE SESSION** (room MATSU)
Chaired by P. Dhondt, EWGRD Program Chairman, and
J. Williams, ASTM Program Chairman

8:50am paper K.01 What Do We Need Dosimetry For?
R. Gerard and S. M. Zartsky

9:20am paper K.02 ASTM Standards for Reactor Dosimetry and Pressure Vessels Surveillance
P. J. Griffin

9:50am paper K.03 Developments in Reactor Dosimetry in Japan
I. Kimura

10:20am BREAK

ORAL SESSION 1 DOSIMETRY FOR POWER REACTOR SURVEILLANCE (room MATSU)
Chaired by E. P. Lippincott and B. Osmera

10:40am paper 1.01 French PWR Pressure Vessel Surveillance Program Dosimetry: An Experience Concerning More Than One Hundred Capsules
D. Beretz, C. Brillaud, C. Destouches and S. Saiffet

11:00am paper 1.02 Reactor Pressure Vessel Neutron Dosimetry Assessments for UK PWR Plant
D. A. Thornton, T. A. Lewis, J. R. Mossop and S. A. Haddock

11:20am paper 1.03 Lessons Learned on Reactor Vessel Dosimetry Issues
L. Lois and J. Carew

11:40am paper 1.04 Assessment of Neutron Fluence Uncertainty and its Impact on Safety Issues
E. P. Lippincott

12:00pm paper 1.05 Review of Problems and Requirements in VVER Reactor Type Pressure Vessel Dosimetry
S. Zartsky, B. Osmera, P. Platonov, and V. Valenta

12:20pm paper 1.06 Overview of the Surveillance Dosimetry Activities in Ukraine
V. N. Bukanov, V. L. Dymokliun, V. I. Gavriljuk, A. V. Gritzenko, O. V. Nedyelin and E. G. Vasyleva

12:40pm LUNCH

Tuesday, September 14

ORAL SESSION 2 DOSIMETRY FOR TEST REACTORS AND ACCELERATOR SOURCES (room Matsui)
Chaired by: H. Ali Abderrahim and K. Kobayashi

8:30am paper 2.01 Spectral Unfolding of Mixed Proton/Neutron Fluences in the LANSCE Irradiation Environment
M. R. James, S. A. Maloy, W. F. Sommer, P. Ferguson, M. M. Fowler, G. E. Mueller and K. Corzine

8:50am paper 2.02 Neutron Beam Characterisation at the Finnish BNCT Facility - Measurements and Calculations
T. Serén, I. Aueterinen, P. Kotiluoto and T. Seppälä

9:10am paper 2.03 Establishment of Fe-Filtered Beam Facility and Measurement of the Filtered Neutrons
K. Kobayashi, T. Yoshimoto, Y. Fujita, M. Utsuro and H. Utsumi

9:30am paper 2.04 Design and Characterization of a Facility for Fast Neutron Irradiation of Semiconductors at Penn State
B. Petrovic and A. Haghghat

9:50am paper 2.05 Comprehensive Nuclear Fuel Dosimetry Program in OSIRIS Reactor
A. Alberman, C. Monin, L. Marchand and A. Marcault

10:10am paper 2.06 Dosimetry of a GeV Proton-Driven Spallation Neutron Field by the Activation Method
Y. Kasugai, H. Takada and Y. Ikeda

10:30am Coffee will be served in the Poster Session

ORAL SESSION 3 BENCHMARKS AND INTERCOMPARISONS (room MATSU)
Chaired by F. Ruddy and S. Zartsky

2:00pm paper 3.01 Results from the NIST Round Robin Test of Fissionable Dosimeters in a Reactor Leakage Spectrum
J. M. Adams

2:20pm paper 3.02 New NEA Benchmarks Reveal Decisive Improvements in Calculating Fast Neutron Fluence for Prediction of Neutron Embrittlement in the Reactor Pressure Vessel
G. Hehn and R. P. Rulko

2:40pm paper 3.03 Database for WWER-1000 Reactor Pressure Vessel, IAEA Regional Project RER 4/017
B. Osmera, S. Zartsky, K. Iljeva, Ju. Kovbasenko, V. Lyssakov and A. Urtani

3:00pm paper 3.04 Balakovo-3 Ex-vessel Exercise: Intercomparison of Results
G. Borodkin, O. Kovalevich, H. U. Barz, B. Böhmer, I. Stephan, W. Voorbraak, J. Högel, A. Borodin, V. Vikhrov, V. Lichadcev, N. Markina, E. Grigoriev and V. Troshin

3:20pm paper 3.05 Measurement and Analysis of Pulsed Sphere Experiment of Fusion Related Material with Incident 14 MeV Neutrons
C. Ichihara

3:40 - 4:00pm BREAK

Wednesday, September 15

ORAL SESSION 4 CROSS SECTIONS AND NUCLEAR DATA (room MATSU)

Chaired by P. Griffin and E. Zsolnay

- 8:30am paper 4.01 Integral Assessment of the Revised JENDL Dosimetry File
K. Kobayashi, T. Iguchi, S. Iwasaki, T. Aoyama, S. Shumakawa, Y. Ikeda, N. Odano, K. Sakurai, K. Shibata and M. Nakazawa
- 8:50am paper 4.02 High Energy Neutron Activation Cross Sections
T. Nakamura, E. Kim, Y. Uwamino, N. Nakao and S. Tanaka
- 9:10am paper 4.03 SPALDOS. A New Neutron Metrology Cross Section Library for Use at Spallation Neutron Sources
E. J. Szondi, E. M. Zsolnay and F. Hegedus
- 9:30am paper 4.04 Integral Testing of Spallation Cross Sections for Neutron Dosimetry at 113 and 256 MeV
L. R. Greenwood
- 9:50am paper 4.05 Production of a Self-Consistent Dosimetry Cross Section Set Up to 30 MeV
F. Maekawa, U. Von Moelendorff, P. Wilson, M. Wada and Y. Ikeda
- 10:10 - 10:30am BREAK

Thursday, September 16

ORAL SESSION 5 CALCULATIONS AND ADJUSTMENT METHODS (room MATSU)

Chaired by B. Bohmer and M. Nakazawa

- 8:30am paper 5.01 Modeling of BWR for Neutron and Gamma Fields Using PENTRAN
A. Haghighat, V. Kucukboyaci, G. Sjoeden and B. Petrovic
- 8:50am paper 5.02 Activity Determination with High Precision for Components to be Disposed of
E. Polke
- 9:10am paper 5.03 PV-Surveillance Dosimetry and Adjustment: Review of Several Significant "Oral Laws"
R. L. Perel, J. J. Wagschal and Y. Yeivin
- 9:30am paper 5.04 Development of an Associated Data Base for a Unfolding Procedure for RPV VVER Reactor Fluence Estimation
S. Belousov, K. Ilieva, S. Antonov and I. Popova
- 9:50am paper 5.05 Physically Constrained Adjustment of Calculated Neutron Spectra for Dosimetry and Vessel Locations
J. G. Williams and P. J. Griffin
- 10:10am paper 5.06 Analysis of the In- and Ex-Vessel Dosimetry of SLB-1 Using the LEPRICON system
H. Ait Abderrahim, O. Picavet and P. Barbault
- 10:30am End of Oral Session
Coffee will be served in the Poster Session

ORAL SESSION 6 DAMAGE CORRELATIONS AND DAMAGE DOSIMETRY (room MATSU)

Chaired by A. Alberman and T. Yoshie

- 2:00pm paper 6.01 Comparative Analysis of DPA Processed from Current Evaluated Nuclear Data Libraries
J. Chang, C-S. Gil, Y. Cho and J-D. Kim
- 2:20pm paper 6.02 JENDL PKA/KERMA File for IFMIF Project
T. Fukahori, S. Chiba, K. Shibata, Y. Ikeda, T. Aruga, Y. Watanabe, T. Murata, N. Yamano and M. Kawai
- 2:40pm paper 6.03 A Study of Displacement Cross Section in Medium Energy Region
K. Iga, H. Takada and Y. Ikeda
- 3:00pm paper 6.04 Role of Radiation in BWR Core Shroud Cracking
J. Kwon and A. T. Motta
- 3:20pm paper 6.05 Correlating Radiation Exposure with Embrittlement: Comparative Studies of Electron- and Neutron-Irradiated Pressure Vessel Alloys
D. E. Alexander, L. E. Rehn, G. R. Odette, G. E. Lucas, D. Klingensmith and D. Gragg
- 3:40 - 4:00pm BREAK

Friday, September 17

ORAL SESSION 7 EXPERIMENTAL TECHNIQUES (room MATSU)

Chaired by F. Hegedus and D. Vehar

- 8:30am paper 7.01 Measurement of Eigenvalue Separation in Coupled-Core System Using Optical Fiber with Scintillator
H. Unesaki, S. Shiroya, K. Hashimoto, T. Horiguchi, T. Takeda, T. Yamamoto, T. Kitada, O. Aizawa and J. Yamamoto
- 8:50am paper 7.02 Selective and Prompt Self Powered Neutron Detectors for Characterization of Mixed Radiation Fields in Reactors
C. Blandin and S. Breaud
- 9:10am paper 7.03 Neutron and Gamma Ray Dosimetry in Spent-Fuel Radiation Environments Using Silicon Carbide Semiconductor Radiation Detectors
A. R. Dulloo, F. H. Ruddy, J. G. Seidel, T. Flinchbaugh, C. Davison and T. Daubenspeck
- 9:30am paper 7.04 Retrospective Fast Neutron Dosimetry of Nuclear Power Plants by Means of Scraping Samples Using the $^{93}\text{Nb}(n,n')^{93\text{m}}\text{Nb}$ Reaction
J. van Aarle and F. Hegedus
- 9:50am paper 7.05 A Novel Neutron Spectrometer with Response of Wide Energy Range
A. Uritani, S. Yamaguchi, Y. Makihara, J. Kawarabayashi, T. Iguchi, C. Mori, H. Toyokawa, N. Takeda, K. Kudo, S. Sato and S. Iwai
- 10:10am paper 7.06 Characterization and Representation of the HPGe Detector Efficiency
M. H. Sparks, T. M. Flanders, P. J. Griffin and D. W. Vehar
- 10:30am paper 7.07 Accreditation and Certification in Radioactivity Measurement: Experience of the CEA/Reactor Dosimetry Laboratory
J. C. Royer and D. Berez
- 10:50 - 11:10am BREAK
- 11:10am WORKSHOP SUMMARIES SESSION (room MATSU)
Chaired by M. H. Sparks and W. P. Voorbraak
- 12:10pm CLOSING SESSION (room MATSU)
Chaired by P. Dhondt, M. Nakazawa and F. Ruddy