

## 제7차 IRPA\*국제학회를 통해 본 방사선 연구동향

황 선 태

한국표준연구소 방사선연구실

### 요 약

1988년 4월 10일부터 17일까지 오스트레일리아의 Sydney에서 개최된 제7차 IRPA 국제학회에서 발표된 방사선방어에 관한 연구논문들을 전반적으로 검토하여 방사선 연구의 동향을 파악하는 한편, 전리방사선 안전분야에서 일어나고 있는 변화와 비전리 방사선 영역에서 증가되고 있는 관심사항등을 소개함으로써 금번 제7차 IRPA 국제학회의 면모를 소개한다. 참가하여 IRPA 7 국제학회의 poster session에서 발표된 연구논문, “황산망간 용액조 방법에 의한 Cf-252 중성자 선원의 방출률측정”이 전제된다.

### 서 론

제6차 IRPA 국제학회가 1984년 5월 7일부터 12일까지 독일연방공화국의 West Berlin 소재 International Congress Centre 에서 개최된 이후 제7차 IRPA 국제학회는 1988년 4월 10일부터 17일까지 오스트레일리아의 Sydney 소재 Hilton International Hotel과 Centrepont Convention Centre 에서 개최되었다. 금번의 국제학회에는 52개국에서 565명의 방사선 전문가들이 공식등록하여 oral presentation 의 session 과 poster session에서 480여편의 논문이 발표되었다. IRPA 7 Congress는 오스트레일리아 방사선 방어학회가 구성한 “Radiation Protection Practice”라는 주제를 갖고서 전반적 program을 운영하였으며 특히 오스트레일리아 정부가 주최한 “Radiation Protection in Nuclear Energy”에 관한 IAEA Conference가 4월 18일부터 22일까지 Hilton International Hotel에서 열

리는 관계로 제7차 IRPA 국제학회는 더욱 성황리에 진행되었다. 금번 국제학회에서는 social program도 꽤 다양하였으며 Centrepont Convention Centre의 Grand Hall에서 거행된 opening ceremony에서는 영어와 불어의 동시통역이 이루어지는 한편, 공식등록자들의 동반자들도 참석한 가운데 진행되었다. 여기서 금번 제7차 IRPA 국제학회를 준비하고 진행했던 임원진을 Table 1에 소개한다.

### IRPA 7 Congress

#### 1. 국제학회 일정 및 내용

제6차 IRPA 국제학회에 관한 보고 (1984년 12월, 전제식)에 의하면 1984년 West Berlin 대회의 주제는 “Radiation Risk Protection”이었는데 반하여 금번 Sydney 대회의 주제는 “Radiation Protection Practice”이었다. 제7차 IRPA 국제학회는 Table 2에 제시된 일정에 따라서 진행되었다. 금번 Sydney 대회에서는 Table 3에 정리된 바와 같이 38개 분과에서 480여편의 연구논문이 발표되는 한편, 23개 방사선 측정기기의 제작회사들이 준비한 과학 및 기술전시회가

\* IRPA : The International Radiation Protection Association (IRPA) is an autonomous non-government international association composed of 27 national radiation protection societies. International congresses of IRPA are held at four yearly intervals and attract eminent radiation protection specialists from all parts of the world.

**Table 1.** IRPA 7 Congress Committees.

|                                                                    |                                               |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| International Congress Organising Committee                        |                                               |
| R. ROSEN,<br>Chairman,<br>IRPA Vice-President for Congress Affairs | A. P. SLE. CARDEW,<br>Treasurer               |
| I. C. E. BUTTON,<br>Scientific Secretary                           | D. J. HIGSON,<br>Publications Co-ordinator    |
| D. A. WOODS,<br>Secretary General                                  | A. W. FLEISCHMANN,<br>Exhibition Co-ordinator |
| International Congress Program Committee                           |                                               |
| H. BRUNNER,<br>Chairman, Switzerland                               | A. HEFNER,<br>Austria                         |
| J. C. E. BUTTON,<br>Scientific Secretary, Australia                | G. J. KOTELES,<br>Hungary                     |
| R. ROSEN,<br>Australia(ex-officio)                                 | R. V. OSBORNE,<br>Canada                      |
| J. AKAISHI,<br>Japan                                               | M. H. REPACHOLI,<br>Australia                 |
| G. BENGTSSON,<br>Sweden                                            | R. H. THOMAS,<br>U. S. A.                     |
| R. J. BERRY,<br>U. K.                                              | G. UZZAN,<br>France                           |
| F. FLAKUS,<br>IAEA                                                 | G. A. M. WEBB,<br>U. K.                       |

**Table 2.** Program at a glance.

| DATE                  | TIME                 | SCIENTIFIC                             | OTHER                               | SOCIAL                                             |
|-----------------------|----------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Sunday<br>10 April    | Morning              | Registration                           | Mounting of Poster<br>Presentations | Hospitality Evening                                |
|                       | Afternoon<br>Evening | Registration                           |                                     |                                                    |
| Monday<br>11 April    | Morning              | Opening Ceremony<br>Sievert Lecture    | Opening of Technical<br>Exhibition  | Australiana Night                                  |
|                       | Afternoon<br>Evening | Concurrent Sessions                    |                                     |                                                    |
| Tuesday<br>12 April   | Morning              | Plenary Lecture<br>Concurrent Sessions |                                     | A Night at the<br>Sydney Opera House<br>(optional) |
|                       | Afternoon<br>Evening | Concurrent Sessions                    |                                     |                                                    |
| Wednesday<br>13 April | Morning              | Plenary Lecture<br>Concurrent Sessions |                                     |                                                    |

| DATE                 | TIME      | SCIENTIFIC                             | OTHER                        | SOCIAL                        |
|----------------------|-----------|----------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Thursday<br>14 April | Afternoon | Concurrent Sessions<br>Free            | General Assembly             | Free                          |
|                      | Evening   |                                        |                              |                               |
|                      | Morning   | Plenary Lecture<br>Concurrent Sessions |                              |                               |
|                      | Afternoon | Concurrent Sessions                    | Associate Societies<br>Forum |                               |
| Friday<br>15 April   | Evening   |                                        |                              | Congress Dinner<br>(optional) |
|                      | Morning   | Concurrent Sessions                    |                              |                               |
| Saturday<br>16 April | Afternoon | Plenary Session                        | Closure                      |                               |
| Sunday<br>17 April   | Morning   |                                        | Technical Visits             |                               |
|                      | Afternoon |                                        |                              |                               |
|                      | Evening   |                                        |                              | ICRP Sixtieth<br>Anniversary  |

**Table 3.** Scientific program sessions by topic.

|                                                  | Session No. |
|--------------------------------------------------|-------------|
| ACCELERATOR SAFETY                               | 5           |
| ASSOCIATE SOCIETIES FORUM                        | 17          |
| BIOLOGY                                          |             |
| Experimental Biology, Carcinogens and Teratogens | 2d          |
| Metabolism and Carcinogens                       | 2a          |
| Radiocativity in Beagles                         | 2c          |
| CERTIFICATION OF HEALTH PHYSICISTS               | 11b         |
| CONTAMINATION FROM WEAPONS TESTS                 | 7b          |
| ENVIRONMENTAL TRANSFERS AND MODELLING            | 7a          |
| ICRP                                             |             |
| Plenary Session                                  | 16a         |
| Panel                                            | 16b         |
| INDUSTRIAL PRESENTATION                          | 15b         |
| INSTRUMENTATION                                  |             |
| Environmental Monitoring                         | 8a          |
| General Instrumentation                          | 8b          |
| Industrial                                       | 8g          |
| Internal Dosimetry Measurements                  | 8e          |
| Internal Dosimetry, Models, Basic Standards      | 8f          |
| Neutron Dosimetry                                | 8c          |
| Personnel Dosimetry                              | 8d          |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| MANAGEMENT OF RADIOACTIVE MATERIALS                     |     |
| Contamination, Handling, Transport, Recycling, Disposal | 9b  |
| MEDICAL RADIATION EXPOSURE                              | 4   |
| NATURAL RADIATION                                       | 6b  |
| Radon Behaviour and other Aspects                       | 6c  |
| Radon in Dwellings                                      | 6a  |
| Radon in Mining                                         |     |
| NON-IONISING RADIATION                                  |     |
| Plenary Session                                         | 13a |
| Bioeffects, Surveys and Safety                          | 13b |
| Electromagnetic Fields                                  | 13d |
| Optical Radiation, VDTs                                 | 13c |
| NUCLEAR FUEL CYCLE                                      |     |
| General                                                 | 12a |
| Occupational Exposure                                   | 12b |
| OPERATIONAL SAFETY                                      | 14  |
| RADIATION ACCIDENTS                                     |     |
| Accident Scenarios, Medical Treatment                   | 10c |
| Chernobyl(i)                                            | 10a |
| Chernobyl(ii)                                           | 10b |
| Emergency Procedures                                    | 10d |
| REGULATORY DEVELOPMENTS                                 | 3   |
| RISK                                                    |     |
| Plenary Session                                         | 1a  |
| Radiation Risks in Perspective                          | 1b  |
| TRAINING, EDUCATION, COMMUNICATION                      | 11  |

있었다.

발표논문은 W. Jacobi가 개최식 후에 발표한 Sievert Lecture, Dr. H. Brunner (Switzerland)가 좌장을 맡은 Plenary Session-Risk에서 3편 및 Dr. C. B. Meinhold (U. S. A.)가 좌장을 맡은 plenary session : ICRP에서 4편의 oral presentations를 비롯하여 146편이 Oral Session과 330편이 poster session에서 각각 발표되었다. 고로서 Table 4에는 plenary sessions에서 발표된 논문과 발표자가 열거되어 있다.

## 2. 국제학회 Program

IRPA 7 국제학회 참가 등록은 1988년 4월 10일 오전 10시부터 시작되어 익일인 4월 11일 오전 9시 개최식을 시작함으로써 IRPA 7 congress program에 진입하게 되었다. Table 5는 금번 Sydney 대회의

Program 요약이다.

개회식 직후에 독일연방공화국 방사선 방어 연구소 (Institute for Radiation Protection) 소속의 Dr. W. Jacobi는 1988 Siebert Lecture로서 "Environmental Radioactivity and Man"이라는 제목으로 강연을 하였는데 그 중요한 내용으로서 옥내외에서의 환경방사능의 실제적인 양상과 인간에게 미치는 영향을 설명하는 것이었는데 우선 옥내에서 Rn-222과 그 자핵종들의 흡입으로 인한 폐에 미치는 영향과 관련하여 lung dosimetry에 관한 개선된 modelling의 필요성과 Rn-222가 lung cancer를 유발시키는 위험성을 강조하면서 옥내에서 방사선 피폭선원으로서 Rn-222와 그 자핵종들이 오늘날 인간의 건강문제에 관한 한 세계적인 문제로 대두되었음을 지적하고 있다. 좀더 체계적으로 Sievert Lecture의 소재목을 정리하면 (1) Food

**Table 4.** Plenary oral presentations.

| Title                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Author(s)                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Risk</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. How Safe Can We Be ?</li> <li>2. Optimisation in Medicine : The Potential and the Problems</li> <li>3. International Approach towards Treating Radiation Exposure with Probabilities Less than One</li> </ol>                                                                          | <p>B. Lindell(Sweden)<br/>G. A. M. Webb, J. R. Croft and B. F. Wall(U. K.)<br/>J. U. Ahmed and A. J. Gonzalez (Austria)</p> |
| <p>ICRP</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evolution and Trends of the Concept of Dose Limits</li> <li>2. Recent Biological Developments of Importance in Radiation Protection</li> <li>3. ICRP and the Radon Problem</li> <li>4. ICRP Activities in Medicine-The Development of Comprehensive Guides to Good Practice</li> </ol> | <p>D. Beninson(Argentian)<br/><br/>W. K. Sinclair(U. S. A.)<br/><br/>B. Lindell(Sweden)<br/>R. J. Berry(U. K.)</p>          |

**Table 5.** Program summary.

|                          |                                                                     |                                                                 |                                                |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>MONDAY, 11 APRIL</b>  |                                                                     |                                                                 |                                                |
| 9. 00a. m.               | OPENING OF CONGRESS<br>SIEVERT LECTURE                              |                                                                 |                                                |
| 11. 15a. m.              | OPENING OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL EXHIBITION                      |                                                                 |                                                |
| 1. 45p. m.               | (1b) RISK<br>Radiation Risks in<br>Perspective                      | (8b) INSTRUMENTATION<br>General<br>Instrumentation              | (5) ACCELERATOR<br>SAFETY                      |
| 3. 55p. m.               | (2a) BIOLOGY<br>Metabolism and<br>Carcinogens                       | (6c) NATURAL<br>RADIATION<br>Radon in Dwellings                 | (8c) INSTRUMENTATION<br>Neutron Dosimetry      |
| <b>TUESDAY, 12 APRIL</b> |                                                                     |                                                                 |                                                |
| 8. 30a. m.               | PLENARY : (13a)NON-IONISING RADIATION                               |                                                                 |                                                |
| 10. 20a. m.              | (13c)NON-IONISING<br>RADIATION<br>Optical Radiation, VDTs           | (6a) NATURAL RADIATION<br>Radon in Mining<br>Radon in Dwellings | (8c) INSTRUMENTATION<br>Personnel<br>Dosimetry |
| 1. 15p. m.               | (13b)NON IONISING<br>RADIATION<br>Bioeffects, Surveys<br>and Safety | (8a) INSTRUMENTATION<br>Environmental<br>Monitoring             | (12a)NUCLEARFUEL<br>CYCLE<br>General           |

|                            |                                                                                 |                                                                 |                                                                    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 3. 25p. m.                 | (13d) NON-IONISING RADIATION<br>Electromagnetic Fields                          | (7a) ENVIRONMENTAL TRANSFERS<br>Modelling                       | (4) MEDICAL RADIATION EXPOSURE                                     |
| <b>WEDNESDAY, 13 APRIL</b> |                                                                                 |                                                                 |                                                                    |
| 8. 30a. m.                 | PLENARY : (1a) RISK                                                             |                                                                 |                                                                    |
| 10. 30a. m.                | (10c) RADIATION ACCIDENTS<br>Accident Scenarios<br>Medical Treatment            | (6b) NATURAL RADIATION<br>Radon Behaviour                       | (3) REGULATORY DEVELOPMENTS                                        |
| 1. 40p. m.                 | (10d) RADIATION ACCIDENTS<br>Emergency Procedures                               | (8g) INSTRUMENTATION<br>Industrial                              | (11b) WORKSHOP<br>Certification of Health Physicists               |
| <b>THURSDAY, 14 APRIL</b>  |                                                                                 |                                                                 |                                                                    |
| 8. 30 a.m.                 | PLENARY : (16a) ICRP                                                            |                                                                 |                                                                    |
| 10. 40 a.m.                | (2c) BIOLOGY<br>Radiotoxicity in Beagles                                        | (10a) RADIATION ACCIDENTS<br>Chernobyl (i)                      | (8e) INSTRUMENTATION<br>Internal Dosimetry Measurements            |
| 1. 50 p.m.                 | (2d) BIOLOGY                                                                    | (9a) MANAGEMENT OF RADIOACTIVE MATERIALS<br>Recycling, Disposal | (14) OPERATIONAL SAFETY                                            |
| 4. 20 p.m.                 | ASSOCIATE SOCIETIES FORUM                                                       |                                                                 |                                                                    |
| <b>FRIDAY, 15 APRIL</b>    |                                                                                 |                                                                 |                                                                    |
| 8. 30 a.m.                 | (9b) MANAGEMENT OF RADIOACTIVE MATERIALS<br>Contamination Handling<br>Transport | (7b) CONTAMINATION FROM WEAPONS TESTS                           | (8f) INSTRUMENTATION<br>Internal Dosimetry Models, Basic Standards |
| 10. 30 a.m.                | (12b) NUCLEAR FUEL CYCLE<br>Occupational Exposure                               | (10b) RADIATION ACCIDENTS<br>Chernobyl (ii)                     | (11a) TRAINING EDUCATION COMMUNICATION                             |
| 1. 40 p.m.                 | PLENARY : (16b) ICRP-PANEL                                                      |                                                                 |                                                                    |
| 3. 40 p.m.                 | CLOSURE OF CONGRESS                                                             |                                                                 |                                                                    |

Chain을 통한 방사능전이-생태학적 Modelling, 생태계 Model의 결과 및 Chernobyl 사건후에 측정과의 비교 (2) Indoor Radon에 기인된 폐암유발-일반적 양상과 문제, 위험예측의 비교 및 위험 Models : 문제와 전망, 그리고 (3) Final Remarks 이다. 최종 소견에서 환경방사능 문제와 관련하여 연구 개발된 기술과 방사선방어의 개념 및 경험은 비방사성 유해 화

학물질에 대한 방어를 위한 어떤 Model을 도출하는데 크게 기여될 것임을 재확인하고 있다. 한편, Plenary Session에서 발표된 연구논문 7편의 내용을 간단히 소개하면 다음과 같다.

(1) How Safe Can We Be ? by B. Lindell, Swedish National Institute of Radiation Protection, Stockholm, Sweden

이 논문에 의하면 인간이 100세 이전에 사망할 가능성은 100%에 가깝다. 그러나 젊은 나이에도 우리는 사망의 위험을 갖고 있어서 1년당 사망확률을 Gompertz-Makeham의 실험적 표현으로서  $G(u) = Ae^{Bu} + C$ 로 나타낸다. 여기서  $G(u)$ 는 나이  $u$ 의 함수이고  $A$ 와  $C$ 는 모집단에 따라서 다른 상수이며 지수항의  $B$ 는 흔히  $0.1/y$ 이다. 가장 낮은  $G(u)$ 값은 약 10세의 나이에서 발견되어 여러나라에서  $0.01 \sim 0.02\%/y$ 로 나타나고 있다. 이것 객관적 "de minimis" risk이다.

(2) *Optimisation in Medicine: The Potential and the Problems* by G. A. M. Webb, J. R. Croft and B. F. Wall, National Radiological Protection Board, Chilton, U. K.

이 논문에 의하면 X-ray 검사의 전체연간 빈도는 1983년도의 경우, 치과 X-ray 검사를 제외하고 환자 1000명당 488건의 통계를 나타내고 있으며 치과 X-ray 검사의 연빈도인 치과 환자 1000명당 156건이 추가된다. 통계자료에 의하면 진단용 의료 X-ray 및 치과 X-ray 검사로 부터 영국 주민이 받는 집단선량 (Collective dose) 은 약 16,000 man Sv로서 이 값은 인위적 방사선원으로부터 기인되는 전체 피폭선량의 약 85%에 접근하는 것이다.

(3) *International Approach towards Treating Radiation Exposure with Probability Less than One* by J. U. Ahmed, International Atomic Energy Agency

이 논문에서는 방사선 피폭에 대한 방사선 방어이론의 응용에 있어서 어떤 통일된 적용방법을 위한 지침을 개발하고자 하는 IAEA의 노력에 관하여 토의한다.

(4) *Evolution and Trends of the Concept of Dose Limits* by D. Beninson, Energia Atomica Argentina

이 논문에 의하면 선량한계의 진정한 의미는 방사생물학의 개선된 지식에 따라서 기적으로 변천해 왔다. 과거의 limits 개념은 방사선의 "non-stochastic" 효과라는 의미를 함축하여서 방사선의 "tolerable" 준위이다. 그러나 현재의 선량한계의 기개념은 방사선의 "stochastic" 효과의 양적표시를 인지함으로써 ICRP Publication 26에서 추천하고 있는 방사선 방어 자세를 계속적으로 변화시키고 있다. 선량한계의 역

할은 방사선방어의 최저준위를 부여하는 것이다. ICRP에 의해서 추천되는 선량한계는 기본적으로 방사선 방어의 최적화 과정을 위한 제한 값이다. 한편, 가까운 장래에 있어서 limits 개념은 1년의 방사선 작업 또는 실습 중에 봉착하게 될 위험을 한정하고자 하는데 목적을 두고 조합된 상한선으로 주어질 것이다. 따라서 선량한 값은 새로운 권고사항들을 개발하는 과정에서 축적되는 방사선학적인 지식에 의존될 것이다.

(5) *Recent Biological Developments of Importance in Radiation Protection* by W. K. Sinclair, NCRP, U. S. A.

이 논문에서는 ICRP Publication 26(1977)의 권고 사항 중에서 현재 ICRP Committee I에서 내용의 수정을 고려하고 있는 여러가지 논제중에서 몇가지 대표적인 사항들을 선택하여 토론되고 있는데 방사선에 의한 암 유발, 정신적 지체성 유발 및 피부영향 그리고 방사선 선질상수 등이 여기에 포함된다.

(6) *ICRP and the Radon Problem* by B. Lindell, Swedish National Institute of Radiation Protection, Stockholm

이 논문에 의하면 지난 수십년에 걸쳐서 우리나라 광산은 물론이고 다른 광산들에서도 직업상 Radon (Rn-222) 문제에 대한 관심이 증가되어 오고 있다. 특히, 일반광산에서의 Radon 문제는 1970년대에 대두되었다. 일반공중의 입장에서, 연료비를 줄이기 위한 환기량 축소와 지하실 공간의 활용이 가능한 새로운 형의 건물구조가 옥내에서의 Radon 농도를 증가시키고 있어서, 그 피폭량이 증가되고 있다. 몹시 추운 나라의 경우 옥내 Radon 농도가 10,000 Bq/m<sup>3</sup> 이르고 있으며 1982년 UNSCEAR 보고서 에는 자연 기저 방사선에 의한 연간 유효선량 당량 값을 1 mSv/y로부터 2 mSv/y로 늘려서 보고하고 있다.

(7) *ICRP Activities in Medicine-The Development of Comprehensive Guides to Good Practice* by R. J. Berry, ICRP, U. K.

이 논문에서는 진단용 X-ray 검사가 인위적인 전리방사선에 대한 피폭에 주된 요인임을 지적하면서 방사선 작업자이든 일반공중이든 누구에게나 방사선

에 대한 ALARA 개념이 적용되어야 함을 강조하고 있다.

그런데 각 분과 별로 구두발표된 연구논문들을 검토하여 보면 전리방사선에 관련된 분야가 가속기안 전성, 자연방사선, 핵연료주기, 방사선사고 및 방사성 폐기물관리 등에 걸쳐서 매우 광범위하게 다뤄지고 있음은 물론 비전리 방사선으로서 UV, LASER, VDTs 등 우리나라에서 발표빈도가 적은 분야는 괄목할 만하다. 비전리 방사선 분야에서 몇가지 연구논문을 소개하면 다음과 같다.

- (1) Limitation of Exposure to UV in Comparison to Ionizing Radiation ; Policies and Regulations
- (2) Hazard Control Measures for Lasers
- (3) Risks of Chronic Exposure of the Eye by Optical Radiation
- (4) Solar Radiation and Ultraviolet Radiation Exposure Standard
- (5) Alleged Radiation Risks from Visual Display Terminals
- (6) Activities at the Swedish National Institute of Radiation Protection (NIRP) for the Control of Hazards from Non-Ionizing Radiation
- (7) Radiofrequency Radiation Safe Working Practices in the Royal Australian Airforce

## 결 론

금번 오스트레일리아 Sydney 소재 Hilton International Hotel과 Centerpoint Convention Centre에서 진행된 제7차 IRPA 국제학회에 참가하여 터득한 바가

많아 몇가지 사항을 맺는 말로서 정리해 본다.

(1) IRPA 7 program 요약에서 보는 바와 같이 국제적인 차원에서 볼때 방사선연구의 분야가 대단히 광범위하여 국내에서의 연구분야와 비교해 볼때 우리의 연구분야를 확대해야 할 필요성을 강조하지 않을 수 없다.

(2) 구미 각국에서는 이미 방사선 관계량의 단위를 SI 단위로서 표기하고 있는바 국내에서의 방사선연구에 관한 한 우리도 빠른 시일내에 방사선의 양을 표기함에 있어서 SI 단위를 도입하여야 되겠다.

(3) 인간의 건강문제와 관련하여 옥내외에서의 자연방사선원으로서 Radon에 관한 연구와 환경방사능이 생태계에 주고 있는 방사선 영향을 상태학적 차원에서 modelling 하는 연구는 우리의 관심을 불러일으키는 연구대상이라 하겠다.

(4) 방사선연구에 있어서 국내에서는 주로 전리방사선과 방사능 측정에 관한 연구가 집중적으로 수행되고 있으나 국외에서는 비전리방사선에 관한 연구도 상당히 깊이 있게 수행하고 있음을 파악하였다.

(5) 방사선 사고에 관한 연구분야에서 Chernobyl 사건에 대한 여러가지의 연구보고는 대단히 괄목할 만한 것으로서 우리의 주의를 끌고 있다.

요약하여, 대한방사선방어학회 회원의 일원으로서 금번 Sydney대회에 참석은 대단히 보람된 일이었다고 생각하는 바이며 1992년 캐나다의 몬트리얼에서 개최될 예정인 제8차 IRPA 국제학회에는 우리 학회의 회원이 더 많이 참가할 수 있기를 바라면서 끝으로 Instrument : neutron dosimetry분과의 poster session에서 발표된 연구논문 “황산망간 용액조 방법에 의한 Cf-252 중성자 선원의 방출률측정”을 전제한다.



## Emission Rate Measurement of a Cf-252 Neutron Source by Manganous Sulfate Bath Method

Sun-Tae Hwang

*Korea Standards Research Institute*

*P. O. Box 3, Taedok Science Town, Taejon, Korea*

Kun Jai Lee

*Korea Advanced Institute of Science and Technology*

*P. O. Box 150, Cheongryang, Seoul, Korea*

### 1. INTRODUCTION

The manganous sulfate ( $\text{MnSO}_4$ ) bath method has been in use over two decades for the most accurate measurement of neutron emission rate. The  $\text{MnSO}_4$  bath system has been developed accordingly and the bath system has been operated for the standardization of neutron measurements at the Korea Standards Research Institute (KSRI) since 1986. There are three types of the radioactive neutron sources:  $(\gamma, n)$ ,  $(\alpha, n)$  and spontaneous fission. In this research work, a spontaneous fission source, Cf-252, as the reference neutron source calibrated by using a standard neutron source, Am-Be, is introduced to determine the characteristics of the bath system in terms of the bath system efficiency ( $\epsilon$ ), the saturated manganese activity ( $A_s$ ), the inverse manganese neutron capture fraction ( $f^1$ ) and eventually the bath system correction factor ( $C_F$ ).

### 2. PRINCIPLE OF THE METHOD

Figure 1 shows the events which take place in the  $\text{MnSO}_4$  bath tank made of s. s. 316L during a Cf-252 neutron source calibration. The neutron source is mounted at the center of a spherical bath containing

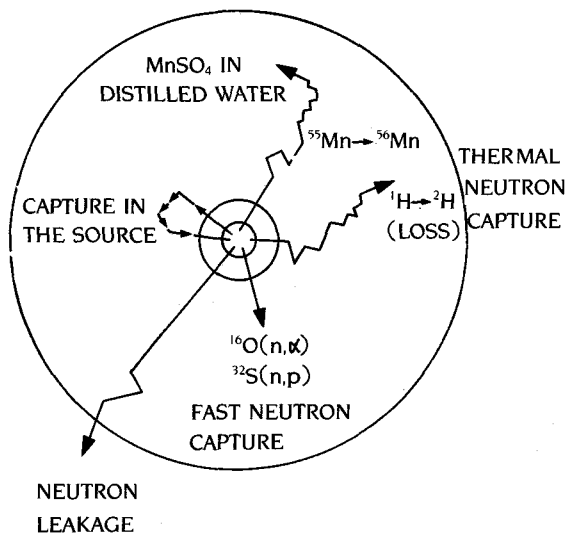


Fig. 1. Schematic Diagram of Principle of  $\text{MnSO}_4$  Bath Method

an aqueous solution of manganous sulfate. The solution is continuously stirred by the impellers and at the same time pumped into a closed circulation system through a detection system. Neutrons from the Cf-252 source are thermalized in the  $\text{MnSO}_4$  solution and captured by the various nuclei. The  $^{56}\text{Mn}$  resulting from the capture of neutron by  $^{55}\text{Mn}$  is measured by the counting system in the  $\text{MnSO}_4$  bath system.

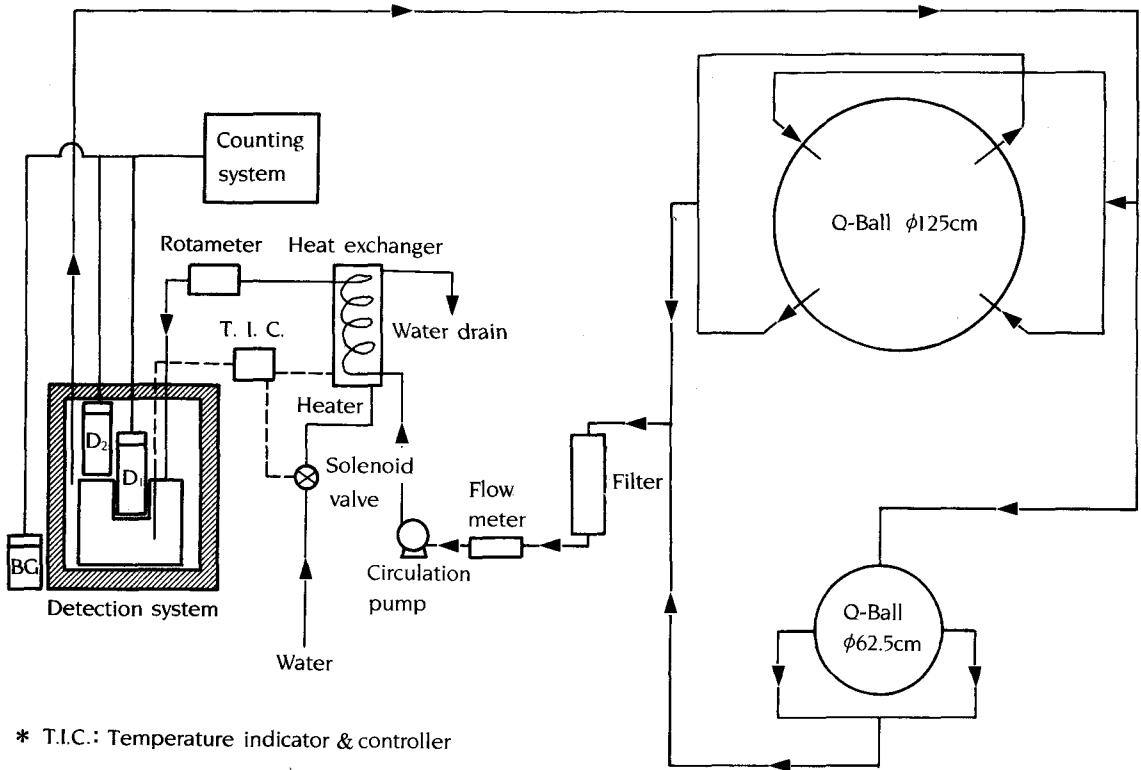


Fig. 2. Schematic Diagram of MnSO<sub>4</sub> Bath Circulation System.

The neutron emission rate of a Cf-252 source,  $Q$ , is given by

$$Q = (A_s/\epsilon) \cdot (f^+) \cdot C_F$$

Where  $f$  is fraction of neutrons captured by <sup>55</sup>Mn.

In the existence of impurities in the solution, the inverse <sup>55</sup>Mn neutron capture fraction becomes[1]

$$f^+ = 1 + (N_{im}/N_{Mn}) \cdot (\sigma_{im}/\sigma_{Mn}) \cdot [(1 + \bar{r}s)_{im}/(1 + G\bar{r}s)_{Mn}] + [1 + (N_{im}/N_{Mn})] \cdot (\sigma_s/\sigma_{Mn}) \cdot [(1 + \bar{r}s)_s/(1 + G\bar{r}s)_{Mn}] + (N_{H}/N_{Mn}) \cdot (\sigma_H/\sigma_{Mn}) \cdot [1/(1 + G\bar{r}s)_{Mn}]$$

Where  $N_{Mn}$ ,  $N_H$ , and  $N_{im}$  are the respective concentrations of manganese, hydrogen and impurities in the solution. The factor  $1 + G\bar{r}s$  allows for the resonance capture in manganese. In the notation of Westcott et al. (2),  $s$  is the resonance activation integral,  $\bar{r}$  is the epithermal flux parameter averaged over the

MnSO<sub>4</sub> bath and  $G$  is the resonance self-shielding factor for the solution. Rearranging eq. (1) after substituting eq. (2) into eq. (1), a straight line is fitted to the data by the least squares method (3).

### 3. EXPERIMENTAL PROCEDURE

#### 3.1 Measurement of Bath System Efficiency.

A quantity of radioactive <sup>56</sup>Mn of high purity is divided into portions by weight, some of which are used to activate the bath and others are absolutely measured by the  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  coincidence counting technique to determine the specific activity. To obtain the efficiency, the mean counting rate of <sup>56</sup>Mn  $\gamma$ -rays measured by the MnSO<sub>4</sub> bath counting system and

corrected for decay back to a suitable reference time is divided by the  $^{56}\text{Mn}$  activity measured absolutely and corrected to the same reference time. Since this quantity is concentration dependent,  $\epsilon$  is determined at least once for each concentration of the  $\text{MnSO}_4$  solution.

### 3.2. Calculation of Saturated Manganese Activity, $A_s$

The  $^{56}\text{Mn}$  activity produced during neutron irradiations in the  $\text{MnSO}_4$  bath tank is counted by the two  $1.5''\phi \times 1.5''$  NaI(Tl) scintillation detectors equipped in a 12.5-liter detector bath of s.s. Marinelli beaker-type. A third detector monitors the room background. The saturated activities are calculated using the computer program taken from the Gilliam model [4] in the growth and decay phases of  $^{56}\text{Mn}$  activity. The parameters used in the calculation are the total number of counts ( $C_i$ ) observed during the counting period which began at a time after insertion of the neutron source into the bath, the duration of the neutron irradiation, the decay constants of  $^{56}\text{Mn}$  and Cf-252, and the mixing constants.

### 3.3. Calculation of Inverse $^{55}\text{Mn}$ Neutron Capture Fraction, $f^{-1}$

To obtain the inverse  $^{55}\text{Mn}$  capture fraction from eq. (2), the necessary data are taken from Mughabghab et al. [5] and Hwang et al. [6]. The  $N_H/N_{Mn}$  ratio is determined by the gravimetric method by drying and weighing samples of the  $\text{MnSO}_4$  solution.

## 4. EXPERIMENTAL RESULTS

The neutron emission rate of the reference source, Cf-252, calibrated by the comparative method to the standard source, Am-Be, is determined to be  $2.804 \times 10^7$  n/s at the reference time, 12:00 on Ja-

nuary 1, 1987 [7]. The bath system efficiency and the inverse  $^{55}\text{Mn}$  neutron capture fraction, the saturated manganese activity are given in Table 1 and Table 2, respectively.

**Table 1.** Bath Efficiency, and Inverse Neutron Capture Fraction,  $f^{-1}$ .

| $N_H/N_{Mn}$ | $\epsilon$ ( $10^{-6}$ cps/dps) | $f^{-1}$ |
|--------------|---------------------------------|----------|
| 58.1940      | 1.39124                         | 2.516576 |
| 71.5885      | 1.45298                         | 2.863080 |
| 90.1026      | 1.41049                         | 3.264893 |
| 111.0581     | 1.42946                         | 3.862142 |
| 135.5322     | 1.44882                         | 4.547975 |
| 151.8478     | 1.49337                         | 4.879742 |

**Table 2.** Saturated  $^{56}\text{Mn}$  Activity,  $A_s$ .

| $N_H/N_{Mn}$ | $A_s$ (cps) in Growth Phase | $A_s$ (cps) in Decay Phase |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|
| 58.1940      | 183.3155                    | —                          |
| 71.5885      | 123.7365                    | 121.9785                   |
| 90.1026      | 109.9660                    | 108.3483                   |
| 111.0581     | 94.4561                     | 93.7351                    |
| 135.5322     | 81.4288                     | 79.9259                    |
| 151.8478     | 74.8195                     | 74.2268                    |

According to the data, the following empirical formulae as a function of  $N_H/N_{Mn}$  ratio are derived by the least squares fitting method:

$$\text{From Table 1, } Y_\epsilon = 6.3218 \times 10^{-7} X^3 - 1.8918 \times 10^{-4} X^2 + 1.8447 \times 10^{-2} X + 0.8441$$

$$\text{and } Y_{f^{-1}} = 2.5706 \times 10^{-3} X + 1.0066$$

From Table 2,  $Y_G = -0.6703X + 172.8656$  (Growth phase of  $^{56}\text{Mn}$ )

and  $Y_D = -0.6026X + 163.1447$  (Decay phase of  $^{56}\text{Mn}$ )

Substituting these results into eq. (1), the bath system correction factor,  $C_F$ , is obtained at the reference time.

### 5. CONCLUSION

From the graphic analysis of data obtained by the manganous sulfate bath method, the bath system correction factors to the neutron emission rate can be determined as a function of the  $N_{Hf}/N_{Mn}$  ratio. Figure 3 shows the straight lines fitted to the data in order

$MnSO_4$  solution. In comparison of the line in  $^{56}Mn$  growth phase with the line in  $^{56}Mn$  decay phase, the difference of the correction factors between them turns out to be a range of 0.77% to 1.88% to the factor for growth phase.

### REFERENCES

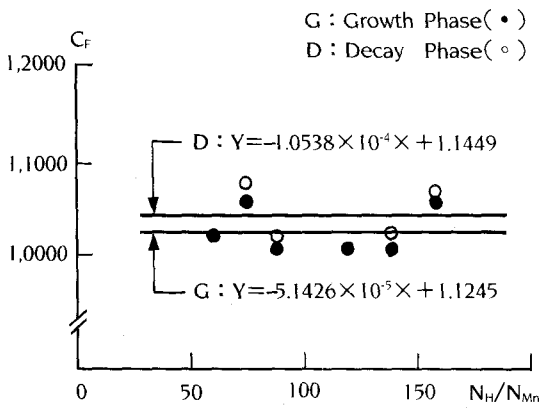


Fig. 3. Bath System Correction Factor.

to determine the unknown correction factor of a Cf-252 neutron source for a given  $N_{Hf}/N_{Mn}$  ratio in a

- 1) E. J. Axton and A. G. Bardell : Metrologia 18, 97 (1982).
- 2) C. H. Westcott, W. H. Walker, T. K. Alexander : Proc. 2nd International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, United Nations (1979).
- 3) E. J. Axton, P. Cross, J. C. Robertson : J. Nucl. Energy Parts A/B 19, 409 (1965).
- 4) J. R. Smith, S. D. Reeder, R. J. Gehrke : EPRI NP-3436 (1984).
- 5) S. F. Mughabghab, R. R. Kinsey, C. L. Dunford : Neutron Cross Sections, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York (1981).
- 6) S. T. Hwang, K. J. Lee, K. O. Choi : J. Korean Assoc. Radiat. Prot. 12(1), 48(1987).
- 7) S. T. Hwang and K. J. Lee : Japanese Ionizing Radiation 13(3), 138(1987).

## **The Trends of Radiation Research Grasped at IRPA 7 Congress**

**Sun-Tae Hwang**

*Radiation Laboratory*

*Korea Standards Research Institute*

### **ABSTRACT**

Overall reviews of papers presented at the seventh IRPA International Congress (April 10-17, 1988) held in Sydney, Australia have been done in order to grasp the trends of radiation research. In this report, the changing and increasing matters in the field of ionizing radiation safety as well as non-ionizing radiation application are introduced to the KARP. In addition, a research paper, "Emission Rate Measurement of a Cf-252 Neutron Source by Manganous Sulfate Bath Method", presented at the IRPA 7 Poster Session is followed.