

〒N860-76-06

本資料は 年 月 日付で登録区分、  
変更する。 2001. 6. 20

[技術情報室]

## 核物質管理・保障措置に関する二つの会議

— INMM17年会およびOSALEプログラム会議 —

1976年11月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2001



## 核物質管理・保障措置に関する二つの会議

報告者 坪 谷 隆 夫

### 要 旨

昭和51年6月から7月にかけて米国で開催された二つの会議の出席報告である。いずれも原子力開発の上でソーシャルアクセプタンスを得るために今後ますます重要性を増すとされる核物質管理と保障措置に関する会議である。6月22日～24日の期間で(米国)核物質管理研究会(INMM)第17年会、6月29日～7月1日の期間でSALEプログラム会議が開催された。

INMM17年会では米国の核物質管理に関する政策とフィロソフィー、施設における核物質測定、核物質の防護、保障措置の実効性と評価、プルトニウムの保障措置などが紹介された。SALEプログラム会議は保障措置共同分析プログラムの参加者達の小さな会議で現在までのSALEプログラムの経過と今後の進め方について討議を重ねた。

本報告はこれらの会議の内容を紹介し、出張報告とした。

この報告書は昭和51年6月から7月はじめにかけてアメリカで開催された核物質管理に関する二つの会議の出張報告書である。会議は次の二つであった。

1. 核物質管理研究会 ( INMM, Institute of Nuclear Materials Management ) 第17年会
2. SALE ( Safeguards Analytical Laboratory Evaluation ) プログラム会議

核物質管理研究会第17年会は二セッションに分れて行なわれたため編者のほか当事業団から当時LASL ( Los Alamos Scientific Laboratory ) に留学中で当地から参加した三島毅職員と出席を分担した。したがってそれぞれの責任で該当セッションを報告し、全体を筆者が編集した。

本報告書は第一部核物質管理研究会第17年会、第二部SALE プログラム会議から構成される。

なお、本報告書が核物質管理に携わる諸氏に多少なりとも参考になれば出席の機会を与えて頂いた関係各位に報いるものとする。

## 目 次

## 第一部 核物質管理研究会第17年会

1. 1. まえがき .....	1
1. 2. 年会プログラム .....	2
1. 3. 総会 — 基調講演 .....	6
米国の核物質管理に関する政策とフィロソフィー（坪谷(T), 三島(M)）.....	6
1. 4. 分科会 — 一般講演	
1. 4. 1. 施設における分析測定機器, NDA技術, および核物質測定手法(M).....	9
1. 4. 2. 核物質の防護, 保障措置の実効性の評価, 検出と監視(T) .....	12
1. 4. 3. 施設における核物質の管理: 測定および計量システム(M) .....	14
1. 4. 4. 施設における保障措置, 補償と危険評価(T) .....	20
1. 4. 5. プルトニウムの保障措置: 再処理とリサイクル: 滞留量の測定(T).....	22
1. 5. むすび ( T , M ) .....	28

## 第二部 SALEプログラム会議

2. 1. まえがき .....	29
2. 2. 会合の目的と経過 .....	30
2. 3. むすび .....	32

## 補 遺

1. 2, 3の分析法について ( SALEプログラム会議より ) .....	33
2. SALEプログラム分析試料名と参加施設 .....	37
3. NBLのある街 New Brunswick .....	40

## 第一部 核物質管理研究会第17年会

### 1. 1. まえがき

INMMは1960年以来毎年、計量管理、保障措置、および核物質防護に関する技術開発の成果を報告する年会を開催している。本年の年会では国会議員、政府規制・開発当局（NRC, ERDA）、大学、開発機関、民間、ジャーナリスト、保険業者など、来るべきプルトニウムサイクル時代にターゲットを定めて、原子力が社会に受け入れられる重要な要素に核物質管理をすえ、そのフィロソフィー、理論解析、現状、将来システムの開発など三日間にわたる熱のこもった会議が進められた。

三日間のプログラムは上手に組まれており、一日目は、招待講演者などによる基調講演、二日目午前中と三日目は研究論文の発表、二日目午後にはパネル討論であった。

この年会には300名を越す人々が集まり、改めて米国における原子力人口の大きさ、核物質管理に関する平均的な意識の高さに身のひきしまる思いをした。出席者の名簿で目についたのはNRC, ERDAからの参加者が30名以上を数え、国が明確なSafeguards Systemおよびそれに係るRegulationを作り上げるためにいかに力を入れているかを示すものと受けとれた。

期 間	昭和51年6月22日～24日
場 所	Seattle市 Washington Plaza Hotel
参加人員	約350名（うち90%以上は米国人）
主な参加者	Roberts, R.W.(US. ERDA), Chapman, K.R.(US. NRC), Rasmussen, N.C(MIT), Higinbotham, W.A.(BNL)
主催者側	Sougy, A.R.(YAEC), Cardwell, R.G.(ORNL), Keepin, G.R.(LASL), DeMershman, A.W.(WH-HEDL)
海 外	DeBievre, P.J.(EC, CBNM), Hughes, H.(BNFL), Waligura, A.J.(IAEA).
日 本	清瀬量平(東大), 北野昭彦(東電, NY駐在), 三島・坪谷

1. 2. 年会プログラム

**TUESDAY, JUNE 22**

- 7:15 a.m. SPEAKERS' BREAKFAST, Concorde Room  
7:45 a.m. REGISTRATION, Mezzanine

**MORNING PLENARY SESSION**

Bainbridge Room: (Paper Summaries: pp. 7-13)

**Armand R. Soucy, Chairman, INMM,**  
Session Chairman

- 8:30 a.m. CALL TO ORDER, ANNOUNCEMENTS
- 8:45-10:30 a.m. **Nuclear Materials Management: A Government Perspective.**  
THE HONORABLE MIKE McCORMACK, U.S. House of Representatives
- Planning for the Nuclear Future.**  
RICHARD W. ROBERTS, Assistant Administrator for Nuclear Energy, U.S. ERDA
- NRC Perspectives on Fuel Cycle and Safeguards.**  
KENNETH R. CHAPMAN, Director, Office of Nuclear Material Safety and Safeguards U.S. NRC
- 10:30-11:00 a.m. COFFEE BREAK
- 11:00-12:15 p.m. **Closing the Nuclear Fuel Cycle-- The Impact of Indecision.**  
A. EUGENE SCHUBERT, President, Allied-General Nuclear Services
- The Role of Material Control and Technology Development in ERDA's Safeguards Program.**  
H.E. LYON, Director, Division of Safeguards and Security, U.S. ERDA
- 12:15 p.m. **Informal Press Conference, Thurston Room**
- 12:30 p.m. LUNCH

**AFTERNOON PLENARY SESSION**

Bainbridge Room: (Paper Summaries: pp. 13-15)

**Roy G. Cardwell, Vice Chairman, INMM**  
Session Chairman

- 2:00-3:15 p.m. **Probabilistic Risk Analysis-- Its Possible Use in Safeguards Problems (INSTITUTE PAPER)**  
NORMAN C. RASMUSSEN, Chairman, Department of Nuclear Engineering, MIT
- ERDA Policy on Assistance to the Nuclear Fuel Cycle.**  
FRANK P. BARANOWSKI, Director, Division of Nuclear Fuel Cycle and Production, U.S. ERDA
- 3:15-3:45 p.m. COFFEE BREAK
- 3:45-5:00 p.m. **Nuclear Safeguards and Nuclear Shutdowns.**  
J. DEAN WORTHINGTON, Senior Vice President, Pacific Gas and Electric Co.
- Safety in Numbers.**  
WILLIAM LANOUILLE, Staff Writer, The National Observer
- 5:00 p.m. **Informal Press Conference, Thurston Room**

**WEDNESDAY a.m., JUNE 23**

**SESSION "A"**

8:30 a.m., Bainbridge Room

**In-Plant Instrumentation,  
Nondestructive Assay Techniques  
and Measurements**  
(Paper Summaries: pp.17-21)

**Harold M. Agnew, LASL Director**  
Session Chairman

**Random Drivers for All Sizes**, S. Untermyer II, H. Miller and J. Lung, National Nuclear Corporation.

**Automated Gamma-Ray Scanning System for Waste Drum Assay**, L. V. East, R. Gatti, and S. Wawrowski, Canberra Industries, Inc.

**A Four Channel High Speed Fuel Rod Assay System**, S. H. Shepard, R. N. Olsen, S. Untermyer II, and J. Lung, National Nuclear Corporation.

**An In-Line Automated Plutonium Assay System**, J. F. Lemming, J. H. Birden and R. A. Neff, Monsanto Research Corporation, Mound Laboratory.

**COFFEE BREAK (10:00-10:30)**

**An Analytical Model for a Fast-Response Calorimeter—with Applications**, R. B. Perry, N. S. Beyer, C. W. Cox and C. J. Renken, Argonne National Laboratory.

**Prediction of Calorimeter Equilibrium**, C.L. Fellers and P. W. Seabaugh, Monsanto Research Corporation, Mound Laboratory.

**Gamma-Ray Isotopic Measurements for Assay of Plutonium Fuels**, F. X. Haas and J. F. Lemming, Monsanto Research Corporation, Mound Laboratory.

**An Automated Sample-Processing and Titration System for the Determination of Uranium**, J. E. Harrar, W. G. Boyle, J. D. Breshears, C. L. Pomernecki, A. M. Kray and R. J. Sherry, Lawrence Livermore Laboratory.

**SESSION "B"**

8:30 a.m., Vashon Room

**Physical Security, Safeguards  
Effectiveness, Evaluation,  
Detection and Surveillance**  
(Paper Summaries: pp. 23-27)

**Edward B. Giller, ERDA-AANS**  
Session Chairman

**Advanced Physical Protection Systems for Facilities and Transportation**, O.E. Jones, Sandia Laboratories.

**An Approach to the Evaluation of Safeguards System Effectiveness**, H. Kendrick, E. Loftgren, D.E. Rundquist, and R.R. Fullwood, Science Applications, Inc.

**Safeguard System Effectiveness Modeling**, H.A. Bennett, D.D. Boozer, L.D. Chapman, S.L. Daniel, B.L. Hulme, and G.B. Varnado, Sandia Laboratories.

**Safeguards Assurance Analysis—A Practical Application of the Fault Tree Technique in Safeguard Design**, R.E. Parks and C.R. Condon, Olympic Engineering Corporation.

**COFFEE BREAK (10:00-10:30)**

**Physical Security During Transportation—1976**, J. Edlow and D. Rudolph, Edlow International Company.

**A Portable Gamma-Ray Detection System for Location of Radioactive Sources**, G.M. Worth, C.N. Henry, R.D. Hastings, and S.W. France, Los Alamos Scientific Laboratory.

**Nuclear Security Enclosure**, H. Miller, National Nuclear Corporation.

**Active Versus Passive Screening for Entrance Control**, N.J. McCormick, University of Washington, Seattle.

**WEDNESDAY, JUNE 23  
BAINBRIDGE ROOM**

2:00-3:30 p.m. Panel: "THE 'BACK END' OF THE FUEL CYCLE"

Panel Moderator: **A.E. Schubert**, President, Allied-General Nuclear Services

Panelists: **K.R. Chapman**, Director, Office of Nuclear Material Safety & Safeguards, U.S. NRC; **R.L. Dickeman**, President, Exxon Nuclear; **F.P. Baranowski**, Director, Division of Fuel Cycle & Production, U.S. ERDA; **P.J. DeBievre**, European Commission (EEC), Central Bureau for Nuclear Measurements; and **F.W. Kramer**, Engineering Manager, Nuclear Fuel Division, Westinghouse Electric Corporation.



THURSDAY a.m., JUNE 24

SESSION "A"

8:30 a.m., Bainbridge Room

**In-Plant Materials Control;  
Measurement and Accountancy  
Systems**

(Paper Summaries: pp. 29-37)

Harvey E. Lyon, ERDA-DSS  
Session Chairman

SESSION "B"

8:30 a.m., Vashon Room

**Safeguarding Nuclear Facilities  
Indemnity and Risk Assessment**  
(Paper Summaries: pp. 39-47)

Raymond L. Dickeman, EXXON Nuclear  
Session Chairman

**ERDA's Integrated Safeguards System Program**, L.M. Brenner and S.C.T. McDowell, DSS, U.S. ERDA.

**Development of In-Plant 'Real-Time' Materials Control—the DYMAC Program**, R.H. Augustson, Los Alamos Scientific Laboratory.

**Design of Integrated Safeguards Systems for Nuclear Facilities**, J.M. de Montmollin, Sandia Laboratories, and R.B. Walton, Los Alamos Scientific Laboratory.

**The Design of Integrated Safeguards Systems for New Fuel Cycle Plants**, L.A. Kull and W.P. Melling, Science Applications, Inc.

**COFFEE BREAK (10:00-10:30)**

**In-Plant Dynamic Materials Control—An International Perspective**, J.E. Lovett, International Atomic Energy Agency, Vienna.

**National Program of Measurements and Standards for Safeguarding Nuclear Materials**, G.A. Hammond, DSS, U.S. ERDA, H.T. Yolken, NBS, and W.B. Brown, U.S. NRC.

**U.S. NRC Special Safeguards Study on Nuclear Material Control and Accounting**, G.D. Smith, U.S. NRC.

**Savannah River Plant's Accountability Inventory Management System (Nuclear Materials Inventory Control)**, R.G. Croom, E.I. du Pont de Nemours and Company, Inc.

**Mini-Computer Based, Controlled Materials Information System**, T. Jessen, O.L. Meadors, N.J. Roberts, and D.L. Seibel, Lawrence Livermore Laboratory.

**A Safeguards System for Pebble Bed Reactors**, H. Buker, Kernforschungsanlage Julich, Germany.

**ORNL Nuclear Materials Accountability, Criticality and Safeguards Control as Supported by an On-Line Computerized System**, W.F. Spencer, R.G. Affel, H.C. Austin, J.P. Nichols, B.H. Stoutt, and J.W. Wachter, Oak Ridge National Laboratory.

**Computer-Assisted Nuclear Fuel Manufacture**, J.P. Maloney, C.M. Schaumann, and E. Stone, E.I. du Pont de Nemours & Co., Inc.

**Safeguarding Enriched Uranium at a Centrifuge Enrichment Plant**, A.M. Fishman, R. Frederickson, and A. White, CENTAR Associates.

**COFFEE BREAK (10:00-10:30)**

**Assessment of Domestic Safeguards for Low-Enriched Uranium**, D.W. Wilson, R.F. Lumb, G.F. Molen, R.E. Tschiegg, and D.W. Zeff, INMM Safeguards Committee.

**EPRI Research Activities**, M.E. Lapidés, Electric Power Research Institute.

**Comparison of Societal Risks**, C.A. Bennett, Battelle Human Affairs Research Centers.

**Relative Safeguards Risks of Advanced Reactor Concepts**, C.B. Franklin and F.A. O'Hara, The Ohio State University.

**Risk Assessment and Nuclear Insurance—An Overview**, J.V. Deitchman, W.T. King, Jr., and R.P. Olding, Johnson & Higgins of California, Inc.

**THURSDAY p.m., JUNE 24**

**SESSION "A"**

1:30 p.m., Bainbridge Room

**Safeguarding Plutonium; Reprocessing and Recycle; Plutonium Holdup Measurements**

(Paper Summaries: pp. 49-55)

**Kenneth R. Chapman, NRC-NMSS**  
Session Chairman

**SESSION "B"**

1:30 p.m., Vashon Room

**Inspection and Verification; Accountability and Statistics**  
(Paper Summaries: pp. 57-61)

**James E. Lovett, IAEA**  
Session Chairman

**Safeguards Measurements of Fissile Material in Reprocessing Plants in Europe**, P. DeBievre, J. Broothaerts, M. Gallet, A. Loopmans, and E. Sattler, EEC, Geel, Belgium.

**Spent Fuel Reprocessing Plant Characteristics Important to an Integrated Safeguards Design**, G. Bray and H. Kendrick, Science Applications, Inc.

**Standard for Design Criteria for Decommissioning of Nuclear Fuel Reprocessing Plants**, H.B. Graham, Oak Ridge National Laboratory.

**Material Balance Accounting and Nondestructive Assay Systems for Plutonium Recycle Facilities**, L. Harris, Jr., T. Gozani, and J.A. Maly, Science Applications, Inc.

**COFFEE BREAK (3:00-3:30)**

**NDA of Spent Fuel for Residual Fissile Content**, T. Gozani, Science Applications, Inc.

**Hidden Inventory and Safety Considerations**, A.R. Anderson, AERE, Harwell, U.K., R.H. James and F. Morgan, AWRE, Aldermaster, U.K.

**Total Room Holdup of Plutonium Measured with a Large Area Neutron Detector**, J.W. Tape, D.A. Close, and R.B. Walton, Los Alamos Scientific Laboratory.

**In Situ Measurement of Residual Plutonium**, C.H. Kindle, Atlantic Richfield Hanford Company.

**Progress and Prospects of the IAEA Development Programme for the Non-Destructive Verification of Safeguarded Nuclear Material**, M. de Carolis, T. Dragnev, and A.J. Waligura, International Atomic Energy Agency, Vienna.

**MUF, BPID and Evolution**, S. Kops, U.S. ERDA, Chicago Operations Office, and S.C. Suda, Brookhaven National Laboratory.

**Accountancy, Physical Control and Security: A Question of Balance**, D.M. Bishop, D.W. Wilson, and J.W. Shaver, General Electric Company.

**The Technical Objectives of Inspection**, R.J. Sorenson, K.B. Stewart, and R.A. Schneider, Battelle Northwest.

**COFFEE BREAK (3:00-3:30)**

**Can the Effects of Systematic Errors on LE-MUF Be Reduced?** J.L. Jaech, Exxon Nuclear Co., Inc.

**Considerations in Nondestructive Assay Verification Measurements and their Statistical Treatment**, L.P. Ting and E.R. Morgan, U.S. Nuclear Regulatory Commission.

**Quantifying Scenarios to Check Statistical Procedures**, T.M. Beetle, International Atomic Energy Agency, Vienna.

**Control of Sampling Errors**, R.J. Brouns and F.P. Roberts, Battelle Northwest.

5:00 p.m. **FINAL ADJOURNMENT**

### 1.3. 総会 — 基調講演

#### 米国の核物質管理に関する政策とフィロソフィー

米国における核燃料サイクルを概観し、その中でプルトニウムサイクルの確立を達成するのに核物質の管理、特に核物質の防護が極めて重要であるとしてERDAおよびNRCのはたすべき役割が幾度も強調された。プルトニウムサイクルの確立とは、社会が容認する施設、即ち安全が十分に確認されねばならず、また、核物質の管理は「cost effective」でなければならないという視点は当然のことにわれわれの業務の原点として忘れてはならないフィロソフィーであろう。

#### **Nuclear Materials Management: A Government Perspective.** THE HONORABLE MIKE McCORMACK, U.S. House of Representatives

Puの利用は石油が安価な電力供給源として考えられなくなった以上、もはや不可欠といえよう。米国における商用FBRは1990年代に実現しようが、LWRでの利用を含めてPuの利用の成否は如何に核物質を「safeguard」し、「control」し、かつ、「manage」するかにかかっている。

核物質の防護(physical security)は輸送の問題の解決とともに施設にあつては各種の機器と結合させた自動計量システム、逐時(real time)自動計量システムの実用化によって国内的にも国際的にも満足する結果が得られよう。

このような重要な課題をはたすためにERDA, NRC, 民間企業などとの情報交換の場であるINMMが政府の決定にはたす役割は大きいといえる。これらの業績は米国および国際的に成長しつつあるプルトニウム経済からの要求に適合する「cost-effective」な保障措置システムとして評価されるであろう。

「the professional role of the INMM in the expanding field of nuclear materials managements, safeguards and control is a key factor in achieving the full promise of fission power as a major source of clean, safe and reliable energy.」

#### **Planning for the Nuclear Future.**

RICHARD W. ROBERTS, Assistant Administrator for Nuclear Energy, U.S. ERDA

ERDAは原子力に最重点をおいている。これは1977会計年度のERDA全予算2,413百万ドル(5500億円)を充ていることからも明らかである。今日の第一優先度は軽水炉<sup>\*</sup>開発であり、長期的な高い優先度にLMFBRをすえている。最も安全な技術の一つであり、

かつ最も経済的（安価，国内調達が可能，環境への影響が少）な原子力の恩恵を最大限に引出すために ERDA は以下の 6 項目を重要と考える。

1. ウラン供給

向う 20 年間に建設される原子炉に供給できるウランを確保すること。これには NUREP ( the National Uranium Resources Evaluation Program ) が評価に当る。

2. ウラン濃縮

現状の濃縮工場の合計容量は 17.2MKSWU である。ウラン濃縮は民間で行われるのが最良であり，それを援助するため NFAA ( Nuclear Fuel Assurance Act ) を要求した。

3. 再処理とリサイクル

現在，商用工場は稼動していない。ERDA は商用工場に技術援助を行う立場にあり，また独自で R & D を推進する予定である。（会場の AGNS の担当者との会話では AGNS 工場は 1978 年に運開する予定という）

4. 廃棄物処理

短期貯蔵と長期貯蔵の技術開発を進める。また，現在は貯蔵場所の地質学的な評価を重点にしている。

5. 軽水炉・LMFBR

軽水炉は信頼性の確保と建設が重点である。LMFBR は技術が十分でないこと，操業経験がないことを考慮し，資本に裏付けされた開発を通じ技術経験を積み上げてその経済性および社会が受容できることを立証することを重点におく。FFTF は 1979 年，CRBR ( Clinch River ) は 1983 年秋に operation に入る予定であるが，これらは安全性，無公害性，および信頼性を実証することになる。

6. 保障措置

ひ業行為（による核物質の盗取）または核物質の盗難を防止することが目的である。NRC は基準を，ERDA は技術を開発する。ERDA は核物質防護，計量管理，および核物質管理 ( Materials Control ) に関し基準を満たすシステムの開発を行う。

**NRC Perspectives on Fuel Cycle and Safeguards.**

**KENNETH R. CHAPMAN, Director, Office of Nuclear Material Safety and Safeguards U.S. NRC**

NRC は保障措置に関する考え方を次の様に集約できると考えている。

- (1) 何を何から防護するか………脅威とはなにか。
- (2) 保障措置システムは何を予防 ( prevent ) し，妨害 ( deter ) し，検知 ( detect ) し，

\* ERDA 1977 年度予算の全容は原子力産業新聞 841 号 ( 昭和 51 年 9 月 2 日 ) 参照のこと。この金額とは異っている。

あきらめさせるか。

- (3) 保障措置について、異なる技術的接近法が存在するか。
- (4) 方法が社会的、経済的、国際的に妥当と評価されるか。

一方、NRC の中で最も重点がおかれているのは高レベル廃棄物についてであり、本年末までに基準を提案する準備を進めている。

GESMO の保障措置編のヒアリングは今秋おそくなるだろう。

GESMO の主な点は(1)再処理は経済的に成立つか、(2)被曝評価に用いる手法、(3)高速増殖炉との関連、(4)保障措置である。

### **Closing the Nuclear Fuel Cycle—The Impact of Indecision.**

#### **A. EUGENE SCHUBERT, President, Allied-General Nuclear Services**

プルトニウムリサイクル、保障措置、および廃棄物管理の問題が解決しない限り「閉じた燃料サイクル」は確立しない。しかし、AGNS は再処理とプルトニウムリサイクルによってもたらされる利益を再評価する必要があると考えている。即ち、使用済燃料の貯蔵、輸送、UF<sub>6</sub>およびPuO<sub>2</sub>への変換と貯蔵、on-site の廃棄物管理・取扱いを前提にし20年間に亘る50原子炉の使用済燃料を再処理する場合と「Throw-away」とを比較すると再処理では毎U当り\$ 260のコスト回収、「Throw-away」は\$ 90の支出、合せて\$ 350(約100<sup>TR</sup>)の利益がある。これは合計\$ 10.2 Billion (約3兆円)の利益を期待できると考えられる。

### **The Role of Material Control and Technology Development in ERDA's Safeguards Program.**

#### **H.E. LYON, Director, Division of Safeguards and Security, U.S. ERDA**

ERDA/DSS は政府所有の核物質と施設の保障措置と核物質管理、および民有施設をも含めた保障措置技術と核物質管理技術の開発を受持ち、NRC は民有施設の保障措置と核物質管理を分担している。国際保障措置はERDA の責任になっている。

ERDA は多くの研究機関と契約して、そのシステムを鋭意開発中である。核物質管理システムに関する基本イメージは(1)正規以外の核物質移動をいち早く検出すること、(2)守られるべき物質の形態や場所・量と守る機能のレベルとの関係をはつきりさせること、(3)このシステムが常に正常に動いていることを確認し、核物質の拡散が起きていないという信用できる報告をすることの三点である。このシステムはin-line NDA システムであり、工程管理、品質管理、安全管理と同様、保障措置上必要とされる単位工程毎に核物質の計量と管理を即時自動的・正確に確認するとの目的を達するために、コンピュータシステムと結びつきつつある。また、この延長線上に核物質防護とどう結合させるかの努力がなされており、その中で核物質防護と核物質管理システムの各サブシステムに不法行為の芽を事前に摘

みとるような心理的影響を与えるものや、不法行為を具体的に妨害するような設備も含まれようとしている。

**Probabilistic Risk Analysis—Its Possible Use in Safeguards Problems (INSTITUTE PAPER)**  
**NORMAN C. RASMUSSEN, Chairman, Department of Nuclear Engineering, MIT**

Reactor Safety Study (WASH-1400) では原子炉から事故により飛散する放射性物質の確率的評価と量的評価を求めため Failure Analysis と連結した Decision Tree Analysis を用いて飛散の頻度 (events/year) 対量 (Curies/releases) を BWR と PWR で評価した。求められた飛散の頻度と量は放射性物質の拡散の速さと人間・集団への影響を求めるコードにインプットした。このコードは気候、人口密度、集団の形、および結果に影響をおよぼす他の効果が計量されるようになっている。

この結果は原子炉にのみ限られており核燃料サイクルの他の部分、例えば再処理、輸送については現在経験が浅いため行えない。

(この講演は INMM が総会毎に一編ずつ用意する Institute Paper であった。内外に大きな反響を呼んだ Rasmussen 氏の報告書に示された結果を折りまぜながら方法を概括した。氏は講演の中で現在の保障措置システムの不十分さが直ちに公衆の安全をそこねるとはいえないが、システム解析の手法が必ずや実効性のある保障措置システムを設計することに有効であると述べた)。

**Nuclear Safeguards and Nuclear Shutdowns.**

**J. DEAN WORTHINGTON, Senior Vice President, Pacific Gas and Electric Co.**

カルフォルニア州の原子力発電所閉鎖の住民立法が不成立に終わった理由は盲目的な恐怖と意味のない動機に対する住民教育と知識啓蒙によるものといえよう。しかし、これは他の32州で出されている立法要求で同様の結果が得られることを予期するものではない。

(INMM17年会はこの住民立法 (initiate) の直後の当局者—Pacific Gas & Electric Co.—に発言の機会を与えた。結果は予想されてはいたものの約  $1/3$  が立法に賛成したことから他州の当局者に対して警告を発する内容となった。)

**1.4. 分科会 — 一般講演**

**1.4.1. 施設における分析測定機器, NDA技術, および核物質測定方法**

2日目午前中のセッションAでは次の8件の報告があった。これをカテゴリーにすると次の様である。

- Active Neutrōn / Random Driver for All sizes (NNC)  
                   \< Fuel Rod Scanner (NNC)
  
- Passive Gamma / Segmented Gamma Scan (Canberra)  
                   \< Gamma Ray Isōtōpic Measurements (Mōund Lab)
  
- Calorimeter / Fast Respōnse Calōrimeter (ANL)  
                   \< Predictiōn of Calorimeter Equilibrium (Mōund Lab)
  
- Cōmbinatiōn of abōve twō —  
                   In Line Autōmated Pu Assay (Mōund Lab)
  
- Chemical Assay —  
                   Autōmated Sampling & Titratiōn fōr U (LLL)

**Random Drivers for All Sizes, S. Untermyer II, H. Miller and J. Lung, National Nuclear Corporation.**

LASL で開発された機器をメーカーで改良，市販化しているものの報告である。従来の Random Driver は中程度の大きさのドラム缶を対象にしていたが，ここでは，より大きな 55 gal (200 l) ドラム缶用と，ずっと小さなカン用との二種の機器を開発した。後者に対しては感度の向上がはかられ 10 mg Pu でも測定可能とのことである。

**Automated Gamma-Ray Scanning System for Waste Drum Assay, L. V. East, R. Gatti, and S. Wawrowski, Canberra Industries, Inc.**

これは前報と同じく LASL の開発機器を市販化したものであり Segmented Gamma Scanner についての報告である。試料カンが 55 gal からずっと小さな 5 gal (20 l) までいろいろなサイズのを測れるように試料駆動部に工夫がなされた。これは試料のカンと透過線源さえセットすれば，あとはミニコンでデータ解析から結果の印刷まですべて自動運転する。U-235 を含む 55 gal の廃棄物は 10 分間の測定で精度は 20% である。

(三島が LASL で本機プロトタイプを用いて 1 gal の Pu ash を測定した経験では精度(1σ)は 2~3% であった。この精度のズレは試料の大きさの差に基づくものかも知れないが，少し控え目のようである)

**A Four Channel High Speed Fuel Rod Assay System, S. H. Shepard, R. N. Olsen, S. Untermyer II, and J. Lung, National Nuclear Corporation.**

Active Neutron 法で主に高速炉燃料棒を対象にその燃料棒中の ① off-spec pellets, ② gap, ③ total fissile, ④ total fissile length の4項目を同時に測定する。中性子線源には Cf-252 を用い、検出器には4本のプラスチックシンチレータを用いる。装置の概観は線源や検出器を包込んだ大きな円筒形のポリエチレンの塊の中心に燃料棒の通る穴をあけ、この両側に燃料棒の自動供給、排出機構をつけたものである。FFTF 燃料を測定した結果、③については 0.5% (1 $\sigma$ ) の精度を得た。処理能力は 3.5 m/分。

(この装置は LASL で開発され、プロトタイプも LASL で製作された。①の off-spec pellets については LASL でも聞いたことがなかったので興味があったが、具体的な定義…カケやワレをも含めて…は無かった。ただ測定データを示すグラフでカーブが異常に下がった所があり、発表者はそれを指して、off-spec と述べており、Pu の混合率の悪いものか、1つだけ悪いロットのものが入り込んだものを指している様である)

**An In-Line Automated Plutonium Assay System, J. F. Lemming, J. H. Birden and R. A. Neff, Monsanto Research Corporation, Mound Laboratory.**

このシステムはカロリメータと高分解能ガンマ線検出器をグローブボックスの中に入れデータ処理用のコンピュータとつないで Pu の定量の NDA ターミナルを考える。グローブボックスはおよそ 1 m<sup>3</sup> の標準ボックスを3台連結し1台にカロリメータ、他の1台にガンマ線検出器を置き、残る1台はバッファ用(試料の一時保管とカロリメータ用試料の予備平衡用)である。1 m<sup>3</sup> のグローブボックスには3台のカロリメータを取付けることが出来る。将来は6台取付けることを検討している。

**Gamma-Ray Isotopic Measurements for Assay of Plutonium Fuels, F. X. Haas and J. F. Lemming, Monsanto Research Corporation, Mound Laboratory.**

試料から放射される  $\gamma$  線を高分解能検出器で測定することにより Pu の同位体比を決定する。本報では Reactor Grade の固体 Pu (Am-241 を含む金属や酸化物) の Pu-238, Pu-240, Pu-241, Am-241 を Pu-239 に対する比として測定したものである。一般に試料が固体で Am を含む場合、その自己遮へいと Am からの強い  $\gamma$  線の影響で低エネルギーの情報がかきわめて悪くなる。従って全体の精度も Am-free の溶液試料に比べて相当低下する。こ



ここでは検出器を700 KeV以下の高エネルギー用に70 ccのGe(Li)検出器、350 KeV以下を1 ccの検出器(分解能122 KeVで600 eV)を用いて低エネルギー側の分解能を向上させている。結果は各同位体につき3σの精度でPu-238(±5~8%), Pu-241(±4%)であった。

本報で対象とした試料は6~100 gのPuを含むash(Pu-240:9~20%),約8 gのPu金属(Pu-240:6%),ZPRピン,および種々の廃棄物(Pu-240:6%)である。

この結果得られた同位体比は比熱を計算するのに用いるが、カロリメトリーでPu量を求める際に発生する誤差の要因としてこの同位体比のデータが影響する。

#### 1.4.2. 核物質の防護, 保障措置の実効性の評価, 検出と監視

2日目午前中のセッションBは次の8件から構成された。セッションBは全出席者の80%近くが集中し,そこからもセッションAに集められた計測機器単体・システム開発のハード面に対し,本セッション前半の核物質防護に関するソフト開発に注目が集中していることがうかがわれた。

プルトニウム利用時代に予想される厳しい規制をのりこえるためここでの多くの報告を受持つシンクタンクに向ける民間施設の視線はこれから造り上げる核物質の防護システムが当然,経済的であり,かつ,実効性のあるものでなければならぬだけに真剣であった。

報告された8件は以下の様に分類される。

##### 核物質防護システム

の方向 — Advanced Physical Protection Systems (Sandia Lab)

##### 実効性ある核物質防

##### 護システムの評価

An Approach to the Evaluation (Science Applications)

／  
— Modeling (Sandia Lab)

＼  
Assurance Analysis (Olympic Eng.)

##### 輸送時の核物質防護

— During Transportation--1976 (Eldow Int. Co.)

##### 検出・監視機器

／ Portable Gamma Ray System (LASL)

＼ Nuclear Security Enclosure (NNC)

人口の管理 — Active versus Passive (Univ of Washington)

**Advanced Physical Protection Systems for Facilities and Transportation, O.E. Jones, Sandia Laboratories.**

新らしい保障措置は改良された核物質防護システムと逐時的 (Real Time) な核物質管理システムを結合したシステムを概念としている。このシステムは Sandia Lab と LASL において ERDA のプログラムとして開発されつゝある。いろいろな核物質防護システムの cost-effectiveness についてモンテカルロ法を用いて検討する。

これらは輸送についての保障措置も対象としており、最近の結果では例えばプルトニウムリサイクルを広範に実現した場合でも輸送に関する保障措置費用は発電コストを 0.1% おし上げる程度であることを示している。

**An Approach to the Evaluation of Safeguards System Effectiveness, H. Kendrick, E. Loftgren, D.E. Rundquist, and R.R. Fullwood, Science Applications, Inc.**

核物質の防護についての Diversion Path と確率的解析を試みた。Science Application は施設の安全システムの定量的事前評価の方法の開発を行った。この方法は Event Tree / Fault Tree 手法を用いるもので、核物質の盗取行為を規定することに用いる。

**Safeguard System Effectiveness Modeling, H.A. Bennett, D.D. Boozer, L.D. Chapman, S.L. Daniel, B.L. Hulme, and G.B. Varnado, Sandia Laboratories.**

効果的な保障措置システムの事前評価を Fault Tree 手法, Graph Theoretic Model を用いて行った。

Fault Tree 解析は施設側の対応が失敗した場合、侵入者が目的を達成すると考えられるクリティカルパスまたは一連の行為を規定するのに用いる。Graph Theoretic Model は Fault Tree 手法を補って侵入者の侵入・移動に要する時間または検知の可能性など個々の事象によりクリティカルパスを決定する。次いで、Forcible Entry Safeguard Effectiveness Model (FESSEM) で侵入と保障措置システムの関合いを詳細に推定する。FESSEM は外部からの侵入に対処する考え方であるが、現在 Insider Safeguard Effectiveness Model (ISEM) として内部からの脅威に対するモデルを検討中である。ただ、これらにおいて心理的に不法行為をあきらめさせる効果の評価は未解決である。

**Safeguards Assurance Analysis—A Practical Application of the Fault Tree Technique in Safeguards Design, R.E. Parks and C.R. Condon, Olympic Engineering Corporation.**

Safeguards Assurance Analysis は再処理工場の保障措置システムの設計と評価を援助する効果的な手法である。この手法は施設の建設前、途上、建設後にわたり利用できる。解析手法は Fault Tree/Event Tree 法である。この手法の有用性は変数を少なくすることが出来、また解を論理式で表現できるところにある。ここでは計量管理と核物質防護との間の相関性をも解析し両者にとって最もコストエフェクティブな防護レベルを求めた。この解析手法は ERDA/NRC の要求に適合するモデルを提供する。

**A Portable Gamma-Ray Detection System for Location of Radioactive Sources, G.M. Worth, C.N. Henry, R.D. Hastings, and S.W. France, Los Alamos Scientific Laboratory.**

LASL は携帯用または車積載用の放射線検知装置を開発している。Road Block Monitor (RBM1100A) はガンマ線検出器である。行先不明のまたは盗難に遭った核物質が公衆の健康や安全に重大な危機をおよぼす危険性の増大に対処するため核物質の所在をすぐに検知する装置の開発が要請されていることが開発の動機である。

検出器には直径 12.7 cm , 厚さ 2.54 cm の NaI (TI) を用いている。出力はメータ表示またはアナログチャート上に記録できる。また、遠隔操作が可能である。

**Nuclear Security Enclosure, H. Miller, National Nuclear Corporation.**

この装置は空港の金属検知器を改良したもので、Handy Type, 5~10 秒の測定で SNM を検知できる。

**Active Versus Passive Screening for Entrance Control, N.J. McCormick, University of Washington, Seattle.**

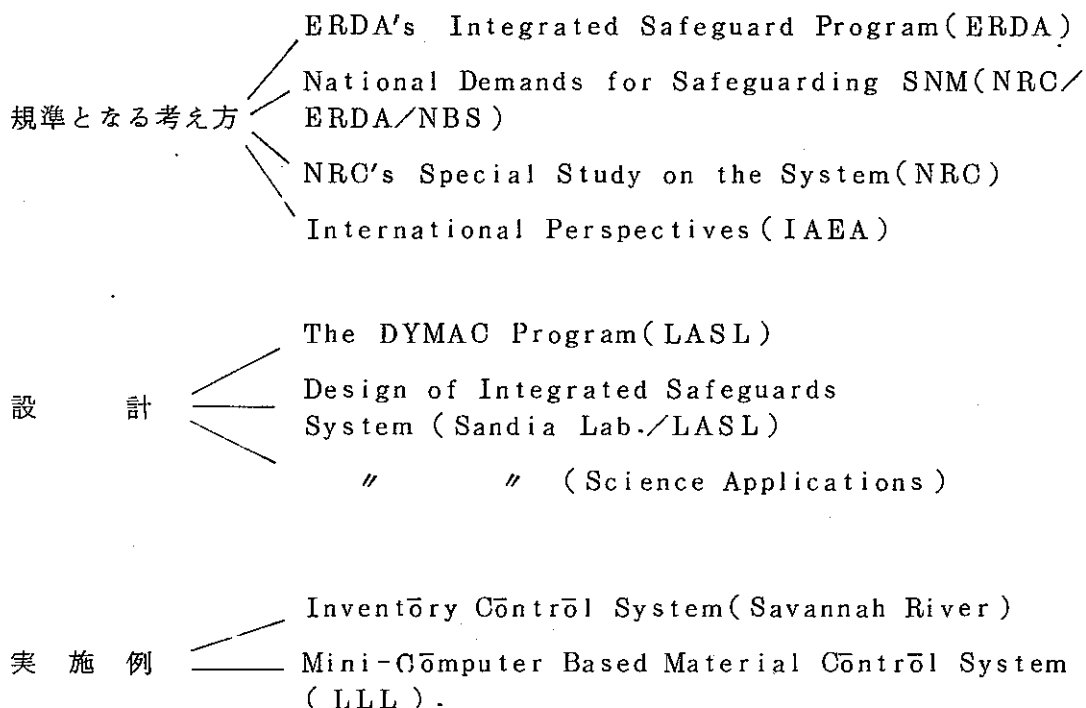
出入管理手法として Active 法 (例: Portal Monitor) , Passive 法 (例: Personally Typing) が知られており、これらの単独使用、両用がある。本報はこれらのシステムの効用についての定量化を試みるが、当然、両用する場合の効果は大きい。

**1. 4. 3. 施設における核物質の管理：測定および計量システム**

3 日目午前中のセッション A は施設における核物質の管理に関してその概念や実施例につ

いて9件が報告された。前日のシステム単体の報告の際は空席が目立った当会場もトータルシステムを取扱った本日は満席となった。

報告は次の様に分類できよう。



**Development of In-Plant 'Real-Time' Materials Control—the DYMAC Program, R.H. Augustson, Los Alamos Scientific Laboratory.**

DYMACの基本思想はERDAの核物質不法拡散防止の基本思想に完全に一致するもので、そのために短時間で拡散検出に十分な精度を持つNDA機器を工程の要所に配置しこれらを計算機によるデータ処理システムと結びつけ、real time control と言い得るシステムにしていること。さらに、施設の工程管理、品質管理、安全管理等の諸システムともデータを共有するかたちで単に不法拡散検出の面からの核物質管理にとどまらず、全体としてcost-effectiveであるトータルシステムに発展さすべくhardware, software に要求される事項を検討することを目的としている。これを総称してDYMAC Programと呼ぶ。現在、実際の施設で検討するためLASLに建設中のプルトニウム施設—TA-55—を用いての開発—DYMAC/TA-55—を進めつゝある。

**Design of Integrated Safeguards Systems for Nuclear Facilities, J.M. de Montmollin, Sandia Laboratories, and R.B. Walton, Los Alamos Scientific Laboratory.**

完璧な保障措置システムのためには DYMAC のように real time な核物質管理システムと核物質防護システムが一つにならねばならない。そこでそれぞれを開発している LASL と Sandia Lab. が共同でこのトータルシステムを開発することになった。計算機制御による全体システムに合致させるために主として核物質防護側にあるインターフェースの問題解決が重要である。

核物質防護は作業者が核物質と接触するあらゆる工程部分の核物質防護のための障壁や出入管理だけでは十分ではない。保障措置対策を施した核物質計量や核物質管理は施設の操業・管理の全域に亘って行なわれるべきであり、それは優れた保障措置であると同時に効率、安全性、および品質管理の面でも優れた施設となりうる。

統合された保障措置システムは通常 physical security, 個人管理, real time 測定・計量, 工程管理から成立つ。貯蔵施設から、または工程内の核物質移動については、“保障措置操業単位工程” (Safeguards materials operations element) は従来の工程管理と原理的には同一となる。個人管理には不許可移動の防止、公然たる攻撃に対する防護、安全規準の実施まで含まれる。real time 測定・計量サブシステムは核物質の所在を教え、同定し、測定し検証したうえ、以下の情報にまとめる。貯蔵および工程中の核物質の状況報告、単位工程・item control area・MBA の物質収支、現時点および長期にわたる盗取および欠量発生の明示、さらに操業管理データの収集である。

**In-Plant Dynamic Materials Control—An International Perspective, J.E. Lovett, International Atomic Energy Agency, Vienna.**

不法行為による核物質の特に長期にわたる拡散を防ぐには NDA を in/on-line に配置し、さらに計算機でデータを整理する real-time 核物質管理が最適である。かような技術開発は米国内での DYMAC プログラムが一例である。しかし、国際保障措置の観点からは施設の担当者によってのみ求められたデータを検証なしで受入れることは出来ない。したがって施設での動的核物質管理は保障措置に関しては簡単明瞭に設計されているか検証手段を組み入れている場合のみ価値がある。さらに望むらくは、自己検証手法 (self-verification) を備えていることである。使用されるたびに目盛り合せを要する測定装置は国際保障措置での価値は低い。しかしその装置の目盛り合せを査察官の立合った時のまま封印 (sealing) することが出来ればかなり認められよう。即ち、測定手法は当然、国際的に通用する事が必定である。

**National Program of Measurements and Standards for Safeguarding Nuclear Materials, G.A. Hammond, DSS, U.S. ERDA, H.T. Yolken, NBS, and W.B. Brown, U.S. NRC.**

核物質管理および計量に適合する保障措置サブシステムは次の要求を満たすものでなければならぬ。

- ① 核物質の正規以外の移動・持出しを早急に検出する。即ち Physical Protection の弱い部分を補う。
- ② 守られるべき核物質の特性、場所、量を常に明らかにする。
- ③ 常にこの保障措置システムが正常にゆきウソの報告をしていないことを確認する。

これらのサブシステムの性能はすぐれた NDA 技術（技術者をも含めて）が必要であり現在、ERDA, NBS, NRC が開発を受持っている。ERDA の計画は ERDA の施設において NDA 機器とそれを real time で計算処理できることを実証するものである。ERDA-NBL は多種にわたる作業標準を用意し、含有量分析および同位体分析手法の改良を進めるとともに外国の政府機関、民間会社に対し共同分析を行っている。

NBS はプルトニウムおよびウランについて含有量分析、および同位体分析用および放射能測定用一次標準を作製している。さらに目盛り合せについても保障措置に関連した重量・体積・電圧・電流などのサービスを行っている。またカロリメトリーについては ERDA 施設と協力して検討してきた。

NRC は基準づくりを進めてきた。NRC は査察業務を NBL の分析サービスと移動測定車（測定機器を積載した大型自動車）の利用により国の測定システムに結びつけている。

ERDA, NBS, NRC は各施設の協力のもとに国内測定・標準物質計画（National Measurement and Standards Program）を提案した。この計画の最終目標とするところは各工場で核物質の適時の測定が保障措置が目的とする正確さを妥当な経費で実行されることとしている。この計画は次の三部で構成されている。

- ① 標準試料、データの統計処理等
- ② 施設への標準試料やデータの送り方
- ③ 各施設の測定が十分な正確さを維持するための援助の方法

ところで ERDA は核物質を取扱っている施設の種類が異ればその具体的システムは異なるという認識に立ち以下のように各施設に開発を分担させている。

Research Reactor	:	Sandia Lab.
Fuel Scrap & Recovery Facility	:	LASL
Pu Fuel (oxide & nitrate)	:	Hanford
LWR の Recycle Fuel Process	:	BNL

FBRの Recycle Fuel Process : Hanford  
 濃縮工場 : ORNL (?)

**U.S. NRC Special Safeguards Study on Nuclear  
 Material Control and Accounting, G.D. Smith, U.S.  
 NRC.**

NRCはGESMOが発行された時点でGESMOに述べられている将来の核物質取扱施設のイメージ(① real timeなデータ処理・解析と連続的工程制御……Real-Time Material Control, ② PIT を簡単に実施できるような工程および装置の設計)を一早く混合酸化物燃料施設を想定してRETIMAC の概念に発展させ、現在この概念の具体化を進めるため次の四カテゴリーについて民間および国の施設にそのシステム化を依頼している。

- ① Real Time Material Control : LLL, SAI, Colorado State Univ.
- ② Improved Material Accounting : BNWL
- ③ Plutonium Isotopic Control : Mound Lab.
- ④ Improved Material Control and Accounting (MCA) for the HEU Fuel Cycle : Idaho Nat. Eng. Lab.

**The Design of Integrated Safeguards Systems for New  
 Fuel Cycle Plants, L.A. Kull and W.P. Melling, Sci-  
 ence Applications, Inc.**

統合された保障措置システムの設計条件は次の三項目の情報が必要である。

- (1) プラントの特性
- (2) 利用可能な防護手法とその特徴
- (3) 基本となる設計指針 and/or システム性能基準

実際にはこれらの基本概念が共通でも適用する施設が異なれば異なった形のシステムになる。

**Savannah River Plant's Accountability Inventory Management System (Nuclear Materials Inventory Control), R.G. Croom, E.I. du Pont de Nemours and Company, Inc.**

**Mini-Computer Based, Controlled Materials Information System, T.Jessen, O.L. Meadors, N.J. Roberts, and D.L. Seibel, Lawrence Livermore Laboratory.**

核物質管理の実施例を紹介する。

(これらはいずれもコンピュータベースではあるが丁度、Pu燃と同様のやり方と言ってよくコンピュータに入れる核物質の性状、重量等をNDAによって確認することは行っていない。前者は取扱う核物質の種類が多くそれ故大型コンピュータを使用している点、後者はそれに対し大型のミニコン/80Mbite DiscとMTで大型につなげるよう設計されている点以外に目新しい事は無い)



1.4.4 施設における保障措置，賠償と危険評価

3日目午前Bセッションは施設における保障措置の二，三例の紹介とINMMから低濃縮ウラン工場の保障措置に関する見解表明，さらに原子力施設の有する危険性の評価等9件の報告があった。

Safeguarding Facility (実施)	ORNL-Materials Accountability, Criticality, Safeguards Control (ORNL).
(設計)	Computer-Assisted Fuel Manufacture (du Pont-SRP).
(提言)	Pebble Bed (Jurich).
賠償	Nuclear Insurance (Johnson & Higgins of Calif. Inc).
危険評価	A Centrifuge Enrichment Plant (CENTAR).
その他	Low-Enriched Uranium (INMM).
	Nuclear Insurance (Johnson & Higgins of Calif. Inc).
	Comparison of Social Risks (Battle-Human Affairs).
	Safeguards Risks of Advanced Reactor Concepts (Ohio State Univ).
	EPRI Activities (EPRI).

**A Safeguards System for Pebble Bed Reactors, H. Buker, Kernforschungsanlage Julich, Germany.**

Jurichではいわゆる Pebble Bed 型の HTGR (300MW) を現在建設中であり，当然保障措置の検討を進めている。燃料要素は直径 6 cm のグラファイトの球でその中は被覆粒子がつまっている。各球は 0.96g U-235 と 10.2g Th を有し，炉心には 675,000 個の球 (pebble) がある。この炉は運転中たえず炉心下部から球を排出し，一部は新燃料とともに上部からリサイクルされるから，これに見合った保障措置システム—査察量を最小に，管理は Containment & Surveillance の考え方を出来るだけ取入れる—の開発が要求される。

例えば球の出入はいずれも計数管理が実施されまた入口の状況は自動カメラを用いて監視する。

照射燃料の fissile 量は計算で求め，NDA はスペースの関係で用いない。また，個々の球を軽水炉燃料のように再確認可能なシールで区別することは不可能である。

自動カメラ, 自動デジタル計数, および排出燃料の平均燃焼率計算により炉内の核物質の流れを管理することができよう。

**ORNL Nuclear Materials Accountability, Criticality and Safeguards Control as Supported by an On-Line Computerized System, W.F. Spencer, R.G. Affel, H.C. Austin, J.P. Nichols, B.H. Stoutt, and J.W. Wachter, Oak Ridge National Laboratory.**

この計算機による計量手法には臨界管理上の重要度および保障措置上の重要度の各々の順位に従って作表可能なプログラムが含まれている。

このデータはMCAにおける重要度, 核物質の量, 形状を表示するのではなく, 単に監視に関して重要な順序のみが作表される。

**Safeguarding Enriched Uranium at a Centrifuge Enrichment Plant, A.M. Fishman, R. Frederickson, and A. White, CENTAR Associates.**

現在, 計画中の遠心分離工場は3000KSWUで3.4%EUを生産する。Feedは137000 Kg/wk, Productは22000Kg/wk, Tailは114000Kg/wkである。シリンダー数はFeed14本/wk, Product10本/wk, Tailは12本/wkである。この施設で計算されるLEMUFは180Kgである。

ところでウラン濃縮施設は原子炉を除いた燃料サイクルの中でfissile濃度の変更される唯一の場所であるから正当と認められない操業によって設計値より高い濃縮度をもつウランが生産されないことを確認可能な設計管理手法や計量管理が要求される。すなわち, 設計・管理手法として四種類の不正運転モードを検知する。①段数の増加または段毎の分離機の減少, ②プロダクトをフィード段にリサイクルする。③並列であるべきカスケード群 (train) が直列に配列される。④trainの操作において吸引速度や供給速度の減速。

計量管理においては各群のFeed/Product比や濃縮度がreal timeで求められる手法が必要となる。

**Assessment of Domestic Safeguards for Low-Enriched Uranium, D.W. Wilson, R.F. Lumb, G.F. Molen, R.E. Tschiegg, and D.W. Zeff, INMM Safeguards Committee.**

INMMのSafeguards Committeeは国内保障措置に関して低濃縮ウランの規制を緩和し天然ウラン並みの規制をするべきであるとの見解である。

**Relative Safeguards Risks of Advanced Reactor Concepts, C.B. Franklin and F.A. O'Hara, The Ohio State University.**

保障措置に関して不正による核物質の拡散の危険性は燃料サイクルのどの部分にも存在する。各施設において核物質の存在する場所・形態毎に拡散の危険性を定量的に評価し次式にまとめた。その危険性をDiversion Factor(Fd)と呼ぶ。

$$F_d = [(D \cdot L_d + W \cdot L_f) \times (S + T \cdot G) L_t] / N$$

L<sub>d</sub> : the load of radioactive dispersant such as U-233 or Pu

L<sub>f</sub> : the fissile load.

L<sub>t</sub> : the total load (L<sub>d</sub> + L<sub>f</sub>)

D : the dispersion factor (同位体組成, 化学形状, 物理形状)

W : the weapons potential factor (fissile組成, 化学形状, 物理形状)

S : the storage factor (貯蔵方法, 期間)

T : the transportation factor (輸送方法, 輸送時間).

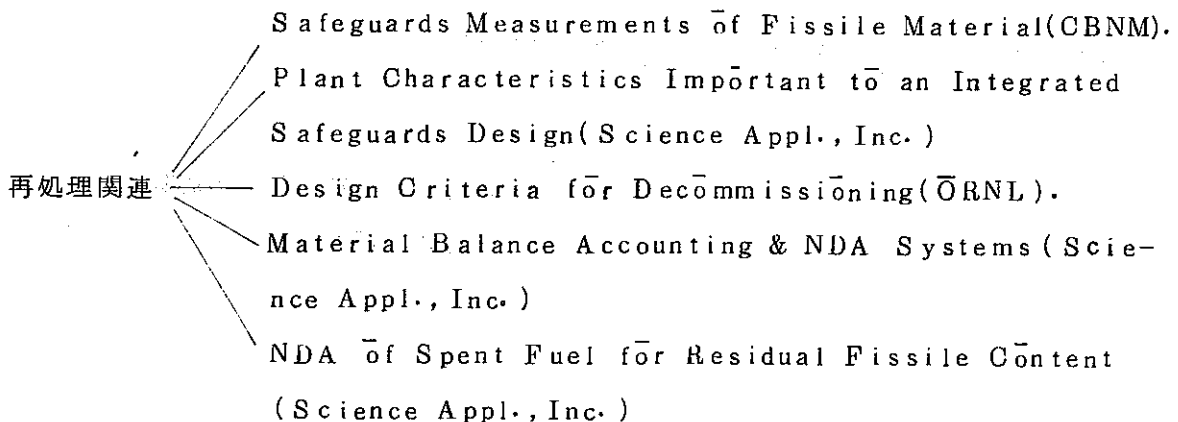
S, Tは貯蔵, 輸送各々に関する従事者数, 防護方法などの要因をも含む。

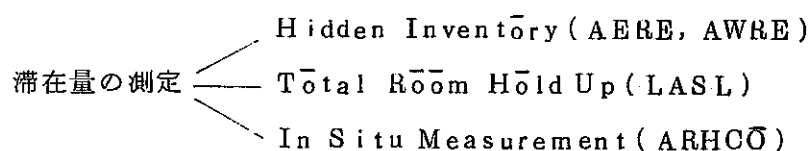
G : a weighting factor (輸送が貯蔵に比して脅迫を受けやすいとの要素を考慮した係数)

N : a normalizing factor (基準となる場所・形態を1に修正する係数)

**1.4.5 プルトニウムの保障措置：再処理とリサイクル, 滞留量の測定**

第3日目午後Aセッションは表題のようにプルトニウムに係る保障措置, 特に再処理施設(と転換施設)の保障措置およびプルトニウム施設のhold-up量測定に課題がしぼられた。しかし再処理施設については事前評価の段階の議論が進められていた。報文9件は以下のようにまとめられる。





**Safeguards Measurements of Fissile Material in Reprocessing Plants in Europe, P. DeBievre, J. Broothaerts, M. Gallet, A. Loopmans, and E. Sattler, EEC, Geel, Belgium.**

'Accurate Procedure to Assay the Fissile Materials Concentration of Input and Output Solutions of Reprocessing Plants' (IAEA-SM-201/108) で紹介した分析法による5年間の結果の報告。この手法は再処理工場の査察で査察官がその場で核分裂性物質の組成または濃度を検証する手法についてのもので、実際の分析は保障措置分析所に持帰って実施する。この方法は同位体希釈質量分析法(IDMS)として知られている。

一試料に対して異なる量のスパイク液を添加することにより測定の誤りと誤った結論を導き出すことを防止できる。現在得られる正確さは同位体および濃度についてウラン、プルトニウムとも0.3%である。

(CBNMはEC-EECの保障措置分析所であり現在実施している査察側の手法の一つを紹介した。IAEAの主宰する国際共同分析はこのCBNMの協力によるところが大きく、すでにIDA-72, PAFEX-I, IIなどを成功させ、現在、来年度以降IDA-77, AS-76計画と名付けられた共同分析計画を通じて世界の保障措置分析・測定レベルが掌握されつつある。これらのデータは各施設の計量精度の評価に反映されるものと考えられる。)

**Spent Fuel Reprocessing Plant Characteristics Important to an Integrated Safeguards Design, G. Bray and H. Kendrick, Science Applications, Inc.**

GESMÖの起案書によれば「現在の保障措置測定技術はプルトニウム回収工場にとって保障措置の目的を達成するのに十分とはいえない」と指摘している。

核物質管理および計量管理の点から real-time 技術がすう勢となっているが再処理工場の特性から幾多の問題がある。工場の特性は次の通りに要約される。

- (1) 主工程区域は多量のプルトニウム滞在量を有し、生産に影響することなしに頻繁な在庫掌握は出来ない。
- (2) 主工程内のプルトニウムは大きな流速を持つ。
- (3) 各工程の製品流中のプルトニウムが溶液および固体の両方の形態をとる。
- (4) 各工程の製品流中のプルトニウムは広い濃度範囲を有する。

- (5) 工場の一部は高レベルである。
- (6) 分離工程廃液は高レベルである。
- (7) 大部分の核物質取扱操作は遠隔操作または自動操作である。

したがって保障措置の目的には他の測定手法が採用されるべきであろう。

**Standard for Design Criteria for Decommissioning of Nuclear Fuel Reprocessing Plants, H.B. Graham, Oak Ridge National Laboratory.**

NRC は再処理工場の許可の条件として工場の操業をやめる時に如何に解体するかの見解を含めることを要求している。解体に関し施設は次の条件を満たさねばならない。

- (1) 施設・機器の除染
- (2) 放射性物質の除去
- (3) 用途に制限を要しないまでにサイトを復元する。
- (4) 上記(3)を満たすのに技術的および/あるいは経済的に無理な場合には規定する期間、公衆の健康と安全を護るための監視下に施設をおくこと。

かような施設の設計によって要求される費用の算定はまだ行なわれていない。

**Material Balance Accounting and Nondestructive Assay Systems for Plutonium Recycle Facilities, L. Harris, Jr., T. Cozani, and J.A. Maly, Science Applications, Inc.**

Puリサイクル時代には年間処理量7~20TPu, 取扱量1~15TPuの規模のLWR燃料施設が必要となろう。

一つのモデル施設を念頭におき再処理および燃料(MOX)加工について物質収支がどうなるかを検討した。

(物質収支)

規模1500T/yの処理量を持つ再処理工場からのプルトニウムを取扱う(50T・Pu/y)と考える。

*Material Balance Uncertainty (KgPu, 2σ)*

	<i>Separation</i>	<i>Blend &amp; Storage</i> ( <i>PuNO<sub>3</sub></i> )	<i>PuN<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → PuO<sub>2</sub></i>	<i>Anal. lab</i>
	( <i>c</i> ) <sup>*</sup>	( <i>d</i> ) <sup>*</sup>	( <i>e, f</i> ) <sup>*</sup>	( <i>e, g</i> ) <sup>*</sup>
1 day	21.9	6.8	26.8	0.3
1 yr	40.8	27.8	30.6	2.8

note : c Pu hold up after cleanout : 5 Kg Pu  
 d " " : 12 Kg Pu  
 e NDA  
 f " " : 1.5 Kg Pu  
 g 0.9 Kg Pu in process inventory  
 2.0 Kg Pu hold up during all inventory periods.

また、測定手法の差による uncertainty (Pu Kg, 2σ) を 200MT の MOX 加工施設で検討した。

	<i>Chem. Anal (weight &amp; Anal)</i>	<i>NDA (calorimeter &amp; PGS)</i>	<i>Future NDA (future calorime ter &amp; PGS)</i>
1 month	3.0	2.5	2.3
1 year	15.9	12.8	12.0

(NDA システム)

モデル再処理工場に提案する NDA 技術は高度な保障措置システムが最高の性能を発揮できるように考慮されるべきである。

分析施設： 受入れ試料はパッシブ法で連続計量，払出し試料は核分裂同時検出器(FMD)で計量。

転換施設： 製品はカロリメトリーと高分解能ガンマ線スペクトロメトリー。

再処理工場の測定の基本はパッシブ(n, γ)測定となるが，廃棄物についてはアクティブ測定も必要となる。

(最後の表は NDA の Chem. Anal. に対する優位性を示している。PGS は高分解能 γ線スペクトロメトリー……分析課で検討中。これはほんの一例にすぎないが NDA を在来の化学分析(CA)にかえて導入するにはこのように正確さの評価のほか，測定速度，man power, および設備費，経費の Assessment, さらに必要性を検討するべきである。)

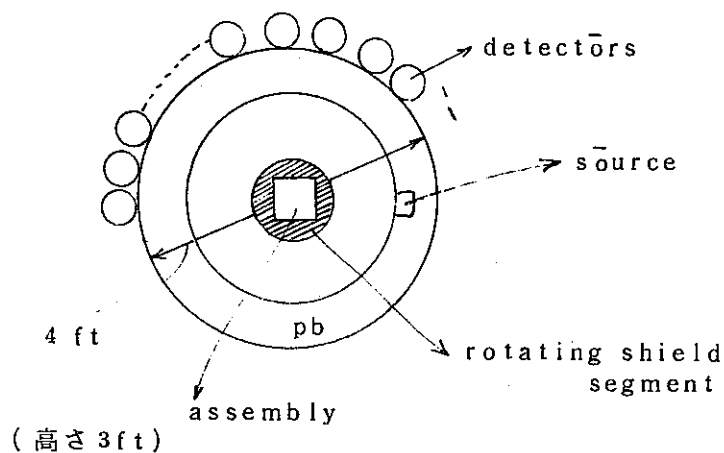
**NDA of Spent Fuel for Residual Fissile Content, T. Gozani, Science Applications, Inc.**

再処理工場における使用済燃料アセンブリ中の fissile の NDA は貯蔵プールと現在処理中の全 fissile 滞在量に関するデータを提供する。

fissile 量のデータは臨界防止，高価な中性子毒の使用量の減少，その他いろいろな情

報を提供する。現在までに直接測定可能なNDA手法はない。考えられる手法は高ガンマ線量率、高中性子環境にあっても fissile に高い感度を有し、かつU-238などには影響されにくいことが条件である。

検討の結果、この手法は実現可能である。アクティブ法を用い速発中性子と遅発中性子を独立に計測して各々連立方程式を用いて fissile 量を求めることが出来る。LWR 燃料では測定に2時間、精度は5%以下と見積もられる。



**Hidden Inventory and Safety Considerations, A.R. Anderson, AERE, Harwell, U.K., R.H. James and F. Morgan, AWRE, Aldermaster, U.K.**

欠量 (measurement uncertainties) が知られた場所では臨界管理は「真の欠量」が確認されるまではその物質が存在するとして行なわれる。かような 'hidden inventory' はプルトニウム加工施設では通常ボックス表面への粉末の吸着などが主因と考えられている。したがって 'hidden inventory' を最も小さく出来るような施設設計を行なうにはボックス内で 'hidden inventory' がどのような状態で発生しているかを知る必要がある。

ここではボックスを種々の方法で清浄し、その操作で残留したプルトニウム量を求めた。

**清浄方法**

1. 表面のこすりとり、ふきとり
2. 機器を解体し「1」の操作
3. 機器をバッグアウトし「1」の操作
4. 除染剤の使用

各手法でとり残されたプルトニウムは下表の例の通り。

手 法	残留プルトニウム ( % throughput )		
	粉 末 工 程		
	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
1	0.14	0.93	( 2.08 )*
2	0.08	0.47	( 1.04 )
3	0.03		
4			

\*  $mg/cm^2$

これら各ボックスで得られた値はボックス上部からNDAで測定したもの(残留量)でありボックスのどの部分に特に残留しているかは測定していない。

**Total Room Holdup of Plutonium Measured with a Large Area Neutron Detector, J.W. Tape, D.A. Close, and R.B. Walton, Los Alamos Scientific Laboratory.**

LASLでは大面積中性子検出器1台で室内のプルトニウム量を測定できる可能性を見出した。これは室中央部の中性子束はおよそ室内の全 fissile 量に比例し、これは核物質が一律に分布している限りその位置にあまり影響されない。

この検出器は直径 2.54 cm, 有効長 50.8 cm の He-3 管 5 本を奥行 10.2 cm, 高さ 64.7 cm, 巾 3.56 cm のポリエチレン中にはめ込んだものである。エレクトロニクス系は SAM の改装型である。検出器表面に入射する中性子に対する絶対検出効率 は 14 %。

実測の結果、より時間を要する hold up 測定法と比較的良好一致をみている。(この手法は臨界管理を除く核物質管理…限定された区域の核物質の出入を real-time で検出する、また、作業者の手を経ることなく実際の滞在量を管理する…に使用可能である。この手法は廃棄物保管施設の在庫測定に利用できるように思える。現在開発段階のこの手法は注目に値する。なお、本報に出ている SAM は Eberline 社の Stabilized Assay Meter, この装置の一種は現在 IAEA の査察などに用いられている。)

**In Situ Measurement of Residual Plutonium, C.H. Kindle, Atlantic Richfield Hanford Company.**

不用となったプルトニウム系機器類をなるべくそのままの状態 で NDA 測定する技術を開発した。測定器は携帯用のガンマ線検出器と中性子計測器である。



本手法を用いると機器内の核物質の所在を知ることができ清浄時間を短縮することが可能であり、不注意による核物質の廃棄の可能性を回避することができる。

測定値と回収値との間には数gからkgレベルのプルトニウムに対し20%以内で一致した。

## 1.5 む す び

この会合は二つの点を我々に語りかけている。

1. 保障措置は核物質管理、特に計量管理と核物質防護を一つの統一されたシステムとして完成させる方向で進展しており、この方向はIAEAでも評価している。そしてその対象はSSNM( Strategic Special Nuclear Materials ), 特に、1980年代に大量に使用されはじめようとしているプルトニウムに重点をおき、それまでに十分な完成度に到達する必要があると考えられることである。かようなシステムはわが国にとってどのような意義づけと必要性をもって施設に設置するのか、慎重に検討すべきであろう。
2. 核物質管理のこの会合に350名もの出席を得たこと。これは米国と豊かさ… この分野にこれだけのpowerを投入できる人的豊かさと経済的豊かさ…ばかりでなく、ERDAおよびNRCを中心とする政策によるところが大きいといえよう。そしてこれは計量管理および保障措置についてIAEAを誘導し、かつ、この分野でも関係各国の政策あるいは民間に対しての当該技術の「供与」という戦略が展開されつつあるといえる。私達、この分野の担当者は一刻も早く核燃料サイクルの各点に共通するところの多い「計量管理と保障措置」についてのフィロソフィーをまとめ、これを裏づける計測技術の開発および導入を統一的に進めてゆかねばなるまい。

## 第二部 SALE プログラム会議

### 2.1 ま え が き

SALE (Safeguards Analytical Laboratory Evaluation) プログラムは当初 1965年から1972年までは、AECの指導の下に Phillips Petroleum Co., Idaho Nuclear Corp. (INC), および Aerojet Nuclear Co. (ANC) により進められた UMPIRE プログラムの発展したもので、1972年に19施設が参加し以来、現在では世界的規模に拡大された ERDA の主宰する核物質共同分析計画である。その効果はいろいろいわれているが、以下の三点が主であると考えられる。

①各分析所の系統誤差の発生を防止し、その結果、払出し-受入れ施設間の分析値の差異が小さくなり両者の紛争防止に寄与する。②ERDA 側にとっては SALE により分析終了の試料を作業標準として蓄積できる。③参加施設側は核物質分析の分析法・精度などの実際的な最も信頼性のある最新の情報を入手することができる。

分析方法は原則として2ヶ月に一度ずつ、その月分に指定された試料(最大27試料)を分析し報告する。すなわち、長期に互り継続的に分析データが収集されるから、分析結果に与える様々な変動要因がデータに表現されることになる。しかも、分析は施設が品質管理目的で通常行なりベースで実施するのでいわゆる「よそゆき」の極上のデータではないことが特徴である。

以上のプログラムに参加している各施設の実務担当者による会合が持たれた。

期 間 昭和51年6月29日～7月1日  
 場 所 USERDA New Brunswick Laboratory (New Jersey 州)  
 参加人員 約70名  
 参加者 Waterbury, G. R. (LASL), Barnes, I. L. (NBS), Harrar, J. E. (US) (LLL), Rodenburg, W. W. (Mound Lab.), ほか ERDA, NRC の保障措置担当者, UCC, AGNS, NFS, GE などの民間施設担当者 計約60名  
 主催者側 Bingham, G. D. (Director, NBL), Scarborough, J. M. (Asst. Director, NBL), Pietri, G. E. (Asst. Director, NBL)  
 海 外 Szabo, E. (IAEA, Seibersdorf), DeBievre, P. J. (EC, CBNM), van Raaphorst, J. G. (Reactor Centrum Nederland). 筆者の計4名

ところで、SALE プログラムでは Shipper/Receiver (S/R) 形の試料を対象としており、各施設の分析、測定技術をみても各試料に対して圧倒的に化学分析 (Chemical Analysis,

CA)が用いられている。しかしながら、非破壊測定(NDA)技術のめざましい進歩によりS/R形の核物質の計量に、廃棄物やスクラップ形の核物質の計量にもNDAを実用する段階に到達している。そこで分析・測定手法毎の精度・正確さの評価と技術の改良、標準試料の作製といったSALE形共同分析をNDAを対象として行なうべきあるとの認識が高まっている。

## 2.2 会合の目的と経過

今回の会合の目的は次の二点に集約されよう。

### 1) 事務局の変更に伴い、現時点までの総括と今後の計画内容の説明と討議。

これは従来、Idaho FallsのAerojet Nuclear Company(ANC)とAllied Chemical Corporations(ACC)のジョイントベンチャーで輸送とデータ評価が実施されてきたのであるが、今般NBLがArgonneにプルトニウム施設を建設したのを機会にERDA-NBLがこれらの業務を引継ぐことになったものである。

### 2) NDAの共同分析計画の検討。

これはSALEプログラムと姉妹関係の計画と位置づける。各施設が保障措置測定技術および計量技術としてNDAを使用する場合に系統誤差の減少と信頼するにたる標準試料(フィジカルスタンダード)の確保は不可欠であり、その手段として共同分析はどのように展開すべきかを討議する。

会合はまず、D. Hamond氏(ERDA/DSS)によるSALEプログラムの経過・目的の概観、本会合の目的の紹介に続いて、E. May氏(NRC)がNRC側からみたSALEプログラムは①奉仕的、②普遍的、③長期的でありながら、④強制的でないことが必要で、それによってこのプログラムへの参加施設は自発的に設計の改良が可能となると述べた。

次に他の保障措置計画との関連としてNBS、EC、IAEAから各1件ずつ話題が提供された。まず、H. T. Yolken氏(NBS)がNBSの核物質測定関係の業務を述べたが、今後、国際的に公認された標準物質が必要なことを強調した。会場ではNBS標準の検認性(Traceability)について質疑がかわされた。P. J. DeBievre氏はECを代表して試料の輸送問題、施設自身のプログラムと査察側のプログラムの両立の必要性、核物質測定値の絶対値の決定の困難さを指摘した。さらに、EC-IAEAは現在、ASETおよびIDA計画\*を準備していることを明らかにした。E. Szabo氏はIAEAの立場から、現在進めている分析所のネットワークの設立、Safeguards Analytical

脚注) \* ASET: Alpha Spectrometry Evaluation Test.

IDA: Isotope Dilution Analysis.

Laboratory (SAL), および PAFEX-I, II 計画を簡単に紹介した。SAL は本年 (1976 年) 12 月にはプルトニウムの使用が開始されるということである。PAFEX 計画は IAEA の他の分析プログラム AQCS と異なり, 輸送・梱包状況をも調査の対象にしている。

次に SALE プログラムの現在と今後について特に試料調製, データ評価を中心とした話題にうつった。まず, 現在について, プルトニウム試料は G. R. Waterbury 氏 (LASL), ウラン試料は R. Hand 氏 (ACC) と D. M. Lund 氏 (ACC 現在 NBL), そしてデータ評価について D. J. Carroll 氏 (ANC) が報告した。Waterbury と Hand はその中で標準試料を 5 段階に分類し, そのうち作業標準 (WCTM, Working Calibration & Test Materials) - 工程物質に化学的に類似した標準 - の条件を満たすプルトニウム標準が現在すでに用意されていることを明らかにした。これは SALE プログラムの成果の一つといえよう。Carroll は定期的に施設側に送付される報告書によって施設側で系統誤差を修正することに役立っていることを示した。SALE プログラムの今後については NBL 側から発言があった。技術的には従来の方法で十分であるが, 頻度・輸送方法はこれから煮つめるとのことであった。討議として現在米国内だけでも 8 種類の共同分析プログラムが進行しているようで, これをうけて各プログラムは統合は出来ないか, SALE プログラムの中でも全試料の同位体分析は不要ではないかといった内容があった。前者に対しては現時点ではそれぞれの機関が必要に応じて進めている各プログラムを統合することはむつかしいのではないかとのことであった。

次に分析法に関する紹介の時間を持った。ウラン分析では NBL, LASL, および Lawrence Livermore Laboratory (LLL) から NBL-Davies Gray 法の経験, プルトニウム分析については AgO/Fe(II) 一定電位クロメトリーその他を LASL, NBL から紹介があった。LLL, NBL から紹介された自動分析法は RETIMAC との関連で開発されているようであるが, 迅速性 (約 40 測定/日), 正確性ともに 保障措置及計量分析法として注目すべき技術と考えられる。筆者にも動燃で現在採用しているウラン・プルトニウム分析法を紹介する機会を与えられたことは幸せであった。

さて, 最終日には NDA に関する SALE プログラム形共同分析をこれから如何に展開するかという NBL 側の提案をうけて SALE 会議参加者のうち約 40 名で会議を持った。

その結果, 様々の NDA 手法のうち, かなりの施設がすでに Passive Gamma Spectrometry を使用していること, スクラップ測定に共通の問題を持っていることが明確になった。そこで NBL は手はじめに各施設の NDA 技術の利用状況を質問形式で調査し, 希望施設による NDA でのウランの共同分析 (多分スクラップを対象として) を試験的に行なうという意見の一致をみた。この共同分析はいずれ NDA 用標準試料 (フィジカ

ルスタンダード)の作製にまで発展すると考えられる。

### 2.3. む す び

以上、今回のSALEプログラム会議について記したが、会合の冒頭SALEプログラムの参加施設はすでに54事業所70分析施設に達していることが紹介された。筆者の得ている限りではERDA関連施設15, 米国内民間施設21, 国外18施設がその内訳である。しかも長期にわたり継続的に進行しているなど世界最大の共同分析計画に発展している。今回の会合において施設側で定常的に取扱っている形態の標準試料が多く用意されてきたこと、核物質受払い間の差の減少、さらには分析法の改良など施設側に対して幾多のメリットが与えられていることが示された。これが、多くの施設の自発的な参加となって表われている様に見える。

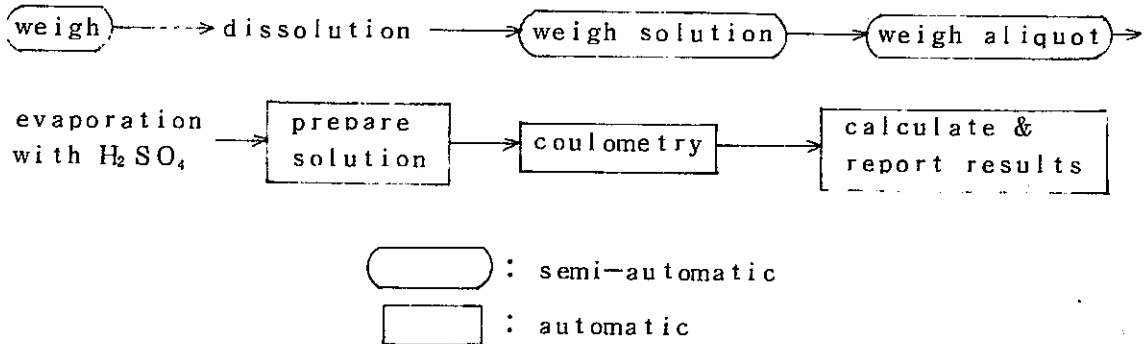
さらにNDA手法が各施設に使用されるに伴いNDAの共同分析がSALEプログラム同様の成果をあげるものと期待される。

補 遺

1. 2, 3の分析法について (SALEプログラム会議より)

(1) NBL-Davies - Gray 法によるウランの自動分析 by J. E. Harrar (LLL)

手法はNBL-Davies - Gray 法。定電流クーロメトリーを採用している。



秤量は電子天秤を用いた半自動、重要な部分は自動分析である。

結果を手動で行なった在来の方法と比較しても系統誤差は心配ないものと考えられる。

	Manual(%)	Automatic(%)	discrepancy
$U_3O_8$	85.67	85.64	-0.03
$UO_2$	88.68	88.70	+0.02
$UF_6$	67.63	67.60	-0.03
$U-Al$	17.09	17.12	+0.03
Stainless Steel	0.521	0.524	+0.003
$U-Zr-Er$	8.75	8.85	+0.10

試料は 30~100mg

なお、この装置の価格 (ERDAの開発によるものなので市販品ではないが) は \$90,000 とのことであった。講演者 (J. E. H) はすでに本装置を使用する場合の経済計算をやっているが、筆者としては manual で分析する場合分析機器は 1000 千円程度であることから man-power で解決出来ない場合とか、大量の件数 (本機で 2000 件/年以上、ただし、平行的に数件の同時処理をせず) 処理が必要である施設で利用価値があるものと考えている。(補遺 3. 参照)

(2) 自動吸光スペクトロメトリー by J. E. Rein (LASL)

Tetrapropylammonium plutonyl ( or uranyl ) trinitrate [ Propyl<sub>4</sub>N ]<sup>+</sup>

$[\text{PuO}_2(\text{NO}_3)_2]^-$  の MIBK 抽出錯体が特徴ある吸収スペクトルを有することを利用して抽出・測定・データ解析を自動で行なう方法 (LA-6091, 1976) は分析感度が他のウランまたはプルトニウムの分析法に比して著るしく高いため査察側の機器として用いる場合に試料採取量が少量でよいこと、計量管理を目的とする場合はほとんど人手を介さずデータが得られることなど利点がある。精度を問題とする場合は在来法にかなわない。

1 試料当たり 5 分で分析できる。精度は U について下記の通り。

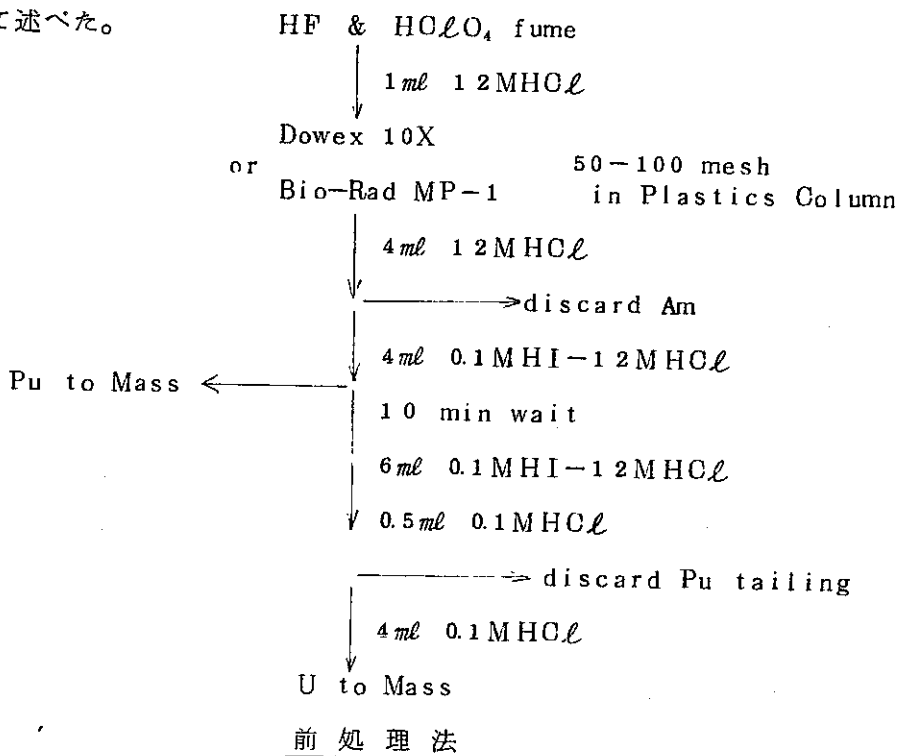
12日間の結果	0.9 %	1 mgU
	0.4 %	2 mgU
	0.3 %	3~12 mgU
1日間の結果	2.7 %	1 mgU
	0.6 %	6 mgU
	0.7 %	12 mgU

測定に際しては 0.5 ml の容積中に 1 mg 以上の U が必要であるが、より少量の U にこの分析法を適用できることが検討課題であると講演者は話していた。この装置も ERDA の開発機器で市販されてはいない。LASL で開発後 NBL で使用されている。

(3) LASL における U, Pu 同位体測定

by G. R. Waterbury (LASL)

LASL で実施している MOX (混合酸化物) の溶解・前処理を紹介したのち質量分析について述べた。



本前処理法による各成分の分離は次のようである。

対象同位体	試料中の存在率	除染係数	精製試料中の存在率
U-238/Pu-238	6000	10 <sup>5</sup>	0.06
Am-241/Pu-241	0.16	300	0.0005
Pu/U	0.33	>300	0.001

以上の精製試料は質量分析に十分適合するものといえる。なお、Pu中のPu-238は0.05%、Pu-241は1.5%の時の結果である。

使用している質量分析計はAVCO(90°, 38cm, 9.2KV)でReの三重フィラメントを用い、計算機付である。フィラメント塗付量はPu:0.2~0.5μg(2M HNO<sub>3</sub>), U:0.5~1μg(2M HNO<sub>3</sub>)である。バイアス補正はまずNBS-SRM-U500を6フィラメント測定して求め、以降は週に一度U500を1フィラメント測定し95%の信頼限界内であればそのまま分析を続け、もしも限界を越した時はただちに他のU500で測定し限界内を確認する。

これが限界外の時は新たにU500を6フィラメント測定して新バイアスを求める。また、Puについては週に一度の分をNBS-SRM-946を1フィラメント測定し限界内であることを確かめ、これが限界を越えるときはU500の測定を試みる。測定精度は次の通りである。

同位体比	精度(RSD)
0.0001	10
0.0003	3
0.001	1.5
0.003	0.7
5	
0.3	0.17

#### (4) NDAの traceability について

by W.W. Rodenburg (Mound Lab)

traceability(検認性)——「その値が正確であることを確認することの出来る能力」他にも説明の仕方はあるが——についてカロリメトリーを検討した。カロリメトリーはプルトニウム量の測定を目的としたNDAのうち最も有望であるがはたしてtraceableかどうかデータの信頼性にとって重要である。これについては

カロリメータそのものは熱測定でありこれは標準熱源が使えるので traceable である。



また、カロリメトリーには同位体存在率のデータが不可欠であるがこれについてもNBS--標準を用い、かつ decay constant には physical table を用いれるので traceable で総合的に traceable と評価できる。

なお、カロリメータについては同位体標準として、Am-241 の分離日、Pu-238は±0.1% RSD, Am-241 0.5% RSDのものが必要であり、Pu量標準として同位体標準と同じ同位体組成であることが必要で、量的に現在のカロリメータには10mWの発熱が最低限度いる。

現在Mound Lab で所有しているカロリメータは8 cm × 0.5 in φ の試料が20分で測定できるという。

また、高燃焼率のリサイクルPuではPu-238の decay const の不確実性が正確さに影響することを考慮すべきである。

## 2. SALEプログラム分析試料と参加施設

## (1) 分析試料

<u>No.</u>	<u>Material</u>
1	Uranyl Nitrate Conc.
2	Uranyl Nitrate U-235
3	Uranium Dioxide Conc.
4	Uranium Dioxide U-235
5	Plutonium Nitrate Conc.
6	Plutonium Nitrate Pu-239
7	Plutonium Nitrate Pu-241
8	(Pu,U) Nitrate U-Conc.
9	(Pu,U) Nitrate U-235
10	(Pu,U) Nitrate Pu-Conc.
11	(Pu,U) Nitrate Pu-239
12	(Pu,U) Nitrate Pu-241
13	UO <sub>2</sub> Pellet U-Conc.
14	UO <sub>2</sub> Pellet U-235
15	(Pu,U) Dioxide U-Conc.
16	(Pu,U) Dioxide U-235
17	(Pu,U) Dioxide Pu-Conc.
18	(Pu,U) Dioxide Pu-239
19	(Pu,U) Dioxide Pu-241
20	Plutonium Dioxide Conc.
21	Plutonium Dioxide Pu-239
22	Plutonium Dioxide Pu-241
23	(Pu,U)O <sub>2</sub> Pellet U-Conc.
24	(Pu,U)O <sub>2</sub> Pellet U-235
25	(Pu,U)O <sub>2</sub> Pellet Pu-Conc.
26	(Pu,U)O <sub>2</sub> Pellet Pu-239
27	(Pu,U)O <sub>2</sub> Pellet Pu-241

ただし、報告データには同位体測定についてはウラン全同位体、プルトニウム全同位体のデータが要求される。

## (2) 参加施設と参加項目

SALE PROGRAM PARTICIPANTS AND EXTENT OF THEIR PARTICIPATION

<u>Laboratory</u> ERDA and ERDA Contractors	<u>Materials</u>						3,5,8 <sup>[a]</sup>
	<u>U-NO<sub>3</sub></u>	<u>UO<sub>2</sub></u>	<u>Pu-NO<sub>3</sub></u>	<u>PuO<sub>2</sub></u>	<u>Pu-U-NO<sub>3</sub></u>	<u>(Pu,U)O<sub>2</sub></u>	
1. ACC-ICPP	X	X					X
2. ANL-Idaho	X	X			X		
3. ARHCO		X	X	X			X
4. Battelle-PNL							X
5. Rockwell Int.-Rocky Flats		X		X			X
6. DuPont-SRP	X	X	X		X		X
7. GAT	X	X					X
8. HEDL		X		X		X	X
9. LASL <sup>[b]</sup>	X	X					X
10. Monsanto-Mound Lab	X	X	X	X			X
11. NBS <sup>[c]</sup>							X
12. National Lead of Ohio	X	X					X
13. NBL	X	X					X
14. UC-Y12	X	X					X
15. UC-HNL X-10							X
<u>Domestic Licensee Laboratories</u>							
1. AGNS	X		X				
2. Atomics International	X	X					
3. Avco Electronics	X	X					X
4. B&W-Lynchburg		X					X
5. B&W-Apollo (NUMEC)	X	X					X
6. B&W-Leechburg (NUMEC)			X	X	X	X	
7. Combustion Eng.-Windsor		X					
8. Combustion Eng.-Hematite		X					X
9. Exxon Nuclear		X					
10. GE-Vallecitos		X	X	X		X	X
11. GE-Wilmington	X	X					
12. General Atomic-Fuels QC		X					
13. General Atomic-Anal. Ser.		X					
14. Kerr McGee	X	X	X	X	X	X	X
15. Ledoux & Company	X	X					X
16. NFS-Erwin	X	X	X	X	X	X	
17. Teledyne Isotopes	X	X					X
18. UN-Woodriver	X	X					
19. Westinghouse-Cheswick		X	X	X		X	
20. Westinghouse-Columbia	X	X					
21. Westinghouse-Madison		X					X
<u>Laboratories Outside the U.S.<sup>[d]</sup></u>							
1. AERE		X	X		X	X	X
2. ALKEM	X	X	X	X			
3. AWRE	X		X		X		X
4. BCMN							X
5. BNFL	X	X					
6. CEA-GC	X	X	X	X	X	X	X

Laboratory	Materials						3,5,8 <sup>[a]</sup>
	U-NO <sub>3</sub>	UO <sub>2</sub>	Pu-NO <sub>3</sub>	PuO <sub>2</sub>	Pu-U-NO <sub>3</sub>	(Pu,U)O <sub>2</sub>	
<u>Laboratories Outside the U.S.</u> <sup>[d]</sup>							
7. CEA-S	X						X
8. CEN-BN	X	X	X	X	X	X	
9. FN (GE)		X					
10. IAEA	X	X					X
11. JNF (GE)		X					
12. KFA-AC	X						X
13. KFA-CT	X		X		X		
14. KFZK	X	X	X	X	X		X
15. KRT (GE)		X				X	
16. PNC	X	X	X	X	X	X	
17. RCN	X	X	X	X	X	X	X
18. U. of H.	X	X				X	

[a] A 1:1:1 blend of <sup>233</sup>U, <sup>235</sup>U, and <sup>238</sup>U was distributed on a one time basis to study some of the parameters of mass spectrometry.

[b] LASL assists in the overall program by preparing the Pu-NO<sub>3</sub>, PuO<sub>2</sub>, and (Pu,U)O<sub>2</sub> samples.

[c] NBS is not an ERDA or ERDA contractor laboratory but is assisting in the characterization of some materials.

[d] Laboratories outside the U.S.

AERE - Atomic Energy Research Establishment - Harwell, England.

ALKEM - Alpha-Chemie und -Metallurgie GmbH, West Germany.

AWRE - Atomic Weapons Research Establishment - Aldermaston, England.

BCMN - Bureau Central de Mesures Nucleaires - Geel, Belgium.

BNFL - British Nuclear Fuels Ltd. - Lancashire, England.

CEA-GC - Commissariat A L'Energie Atomique - Grenoble and Cadarache, France.

CEA-S - Commissariat A L'Energie Atomique - Saclay, France.

CEN-BN - Central De Nucleaires - Belgonucleaire - Mol, Belgium.

FN (GE) - Fabbricazioni Nucleairi S.p.A. Chemet Lab - Alessandria, Italy - GE affiliate.

IAEA - International Atomic Energy Agency - Seibersdorf Laboratory - Vienna, Austria.

JNF (GE) - Japan Nuclear Fuel Co., Ltd. - Yokosuka City, Japan - GE affiliate.

KFA-AC - Kernforschungsanlage Analytische Chemie - Julich, West Germany.

KFA-CT - Kernforschungsanlage Chemische Technologie - Julich, West Germany.

KFZK - Kernforschungszentrum Karlsruhe - Institut fur Radiochemie, West Germany.

KRT (GE) - Kernreaktorteile GmbH, Grosswelzheim, West Germany, GE affiliate.

PNC - Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation - Tokai Works, Tokyo, Japan.

RCN - Reactor Centrum Nederland - Petten (Nh), The Netherlands.

U. of H. - University of Helsinki, Finland.

## (3) NBLのある街 New Brunswick

ERDAの施設、しかもNBLといえば分析関係者にはつとに有名である。それは数々の分析法を生んでいるばかりでなく、ERDAの分析の中心施設であるからである。

このNBLのある町 New Brunswick では会議の期間中、SALEプログラム会議に参加している不特定多数の諸氏の車がホテルからNBLの往復約10分の足となった。

先週末に西北の都 Seattle を発ち、New York に入ったのち雑踏をさけてそこから US Highway-1 をハイウェイバスで約50分南西に下ったところがハドソン河の対岸 New Jersey 州 New Brunswick である。ここはボーイスカウト連盟本部があるあたり、街全体が公園のような緑の美しい街である。この週のはじめの月曜日は一度 New York-west side にバスでもどり east side の La Guardia 空港からペンシルバニア州 Pittsburgh を経て Philipsburg というところまでゆき分析機器を製造しているメーカーを訪問した。最後の飛行機は12人乗り Beachcraft であり Philipsburg 空港は森の中にポッカー開いた運動場のような小さな空港であった。その日は New Brunswick までトンボ帰り、全行程14時間を要した。

NBLは約2000m<sup>2</sup>ぐらいの小さな施設であった。そこに80名ほどでERDAのウランについての分析をこなしている。本文で述べたように Argonne にプルトニウム施設を造ったのでこれからはプルトニウム分析の分野にも活躍が期待される。

外壁の周囲はフェンスが張りめぐらされ玄関扉を開けるとさらに扉がありその扉は守衛兼電話交換手がロックをはずすと開けられる。内側から無断で開けるとブザーがなる仕組みになっている。NBLの職員は胸に写真入りIDをつけている。ウラン施設であるので分析室区域の進入路にはバリアーなどもなく管理区域は中性子を用いたNDAの部分だけであった。

人材は豊富で Argonne site と合わせて Director のもとに Assistant Director 2名、Chief 12名(内 Assistant Director の兼務2名)という豪華さである。

施設の中にはLLLで開発したウラン自動分析機が一室を占め参加者の注目をあびた。

会議も終って一タ、Director の C. D. Bingham 邸でパーティーが開かれた。邸は芝生の前庭、プールガーデン、半地下にバー、中二階にピアノと Hammond オルガンのおかれた素適な雰囲気を持っていた。

帰国は New York からの直行便 B747-SP でわずか10時間余り、12時に発ち、その日の2時すぎに羽田に着いたから太陽の動きの2時間の間には太平洋を横断したことになる。