講演

アメリカにおける臨界安全管理の基準化

Standardization of Criticality Control in USA

By C.L. BROWN*

(1972年5月23日 国立教育会館にて講演)

座長 東大・清瀬量平氏

アメリカでは、1918年に初めて技術基準委員会 (American Engineering Standards Committee) が設置されて以来、1928年にはこれが拡大改組されてアメリカ基準協会 (American Standards Association) となり、各種の工業規格や技術基準の制定を行ってきた。その後1966年には主として財政面の改善を図るための改組により USA Standards Institute

が設立され、さらに1969年に American National Standards Institute (ANSI) と改称されて今日に至っており、各専門分野の学協会などから提出される基準案を検討し、関連する各方面の合意を得た上で American National Standard として制定する活動を行なっている。

この基準協会には現在 Table 1 に示すような13の

Table 1 ANSI Nuclear Technical Advisory Board Committees

N11: Basic Materials and Materials Testing for Nuclear Applications (Amer. Soc. for Testing & Materials)
N12: Nuclear Terminology, Units, Symbols Identification, and Signals (At. Ind. Forum)
N13: Radiation Protection (At. Ind. Forum)
N14: Transportation of Fissile and Radioactive Materials (Amer. Insurance Assoc.)
N15: Methods of Nuclear Materials Control (Inst. of Nucl. Mater. Management)
N16: Nuclear Criticality Safety (Amer. Nucl. Soc.)
N18: Nuclear Design Criteria (Amer. Nucl. Soc.)
N41: Controls, Instrumentation and Electrical Systems for Nuclear Power Generating Stations (Inst. of Elect. and Electronics Eng.)
N42: Nuclear Instruments (Inst. of Elect. and Electronics Eng.)
N43: Equipment for Non-Medical Radiation Applications (Nat. Bur. of Standards)
N44: Equipment and Materials for Medical Radiation Research (Bur. of Radiol. Health)
N45: Reactor Plants and Their Maintenance (Amer. Soc. of Mech. Eng.)
N101: Atomic Industry Facility Design, Location, Construction, and Operation Criteria (Amer. Inst. of Chem. Eng.)

Note: () indicates the secretariat organization

原子力関係専門委員会 (Nuclear Technical Advisory Board Committees) があるが、その中のN16委員会が臨界安全管理に関するもので、アメリカ原子力学会(ANS)がその幹事学会 (secretariat) となっている。この分野では Table 2 に示すとおり、現在

までに4件の基準が制定出版されているが、それらの概要は次のようなものである。

* Battelle Pacific Northwest Laboratory, Richland, Wash., USA.

Table 2 Approved and Proposed Standards on Nuclear Criticality Safety (N16 and ANS-8)

Approved Standards	
ANSI N16.1-1969	Nuclear Criticality Safety in Operations with Fissionable Materials Outside Reactors (1969.8.1)
ANSI N16.2-1969	Criticality Accident Alarm System (1969.6.12)
ANSI N16.3-1969	Safety in Conducting Subcritical Neutron-Multiplication Measurement <i>In Situ</i> (1969.6.12)
ANSI N16.4-1971	Use of Borosilicate-Glass Raschig Rings as a Neutron Absorber in Solutions of Fissile Material (1971.10.20)
Proposed Standards	
ANS-8.7	Storage of Fissile Materials
ANS-8.8	Criticality Safety Limits for Special Applications
ANS-8.9	Nuclearly Safe Pipe Intersections for Solution of Fissile Material
ANS-8.10	Criteria for Nuclear Criticality Safety Controls in Operations where Shielding Protects Personnel
ANS-8.11	Validation of Calculational Methods for Nuclear Criticality Safety
ANS-8.12	Guide for Nuclear Criticality Safety in Processing Mixtures of Uranium and Plutonium Oxides
ANS-8.13	Guide for the Storage of Uranium of Low Enrichment in ²³⁵ U

1 原子炉外における核分裂性物質取扱いの臨界安全 (ANSI N16.1-1969: American National Standard, Nuclear Criticality Safety in Operations with Fissionable Materials outside Reactors)

この基準は核分裂性物質を原子炉外で取り扱う操作に適用されるもので、臨界安全確保のための責任の明確化、安全解析、作業規定、物質管理、作業の監督、緊急時の処置などの管理組織上の事項と、臨界安全上の制限因子、2重偶発性の原則および形状寸法制限の適用、中性子吸収材の使用、未臨界極限值*の決定などの技術的事項について一般的原則が定められ、さらに水溶液、スラリーおよび金属の単一ユニットについて、質量、円筒直径、平板厚さ、濃度などに関する未臨界極限値が与えられている。また、ウラン濃縮度の制限と他の因子の制限を併用する場合として、濃縮度5%以下の金属および酸化ウランと水との格子系に対する未臨界極限値が、質量、円筒直径、平板厚さ、体積および²³⁵Uの面積密度について濃縮度の関数としてグラフで与えられている。

2 臨界事故警報系 (ANSI N16.2-1969: American National Standard, Criticality Accident Alarm System)

核分裂性物質の取扱い、貯蔵あるいは処理が行われるすべての作業区域について臨界警報系の設置を検討する必要があるとし、異常放射線の検出、それにもとづく警報および検出警報系の信頼性についての原則が定められ、また検討すべき区域の指定、放射線検出レベル、検出器の感度および配置、試験検査法などに関する事項が規定されている。また、緊急時の処置および事故後の解析評価のための措置についても述べられており、付録としてγ線量率計を検出器に用いた臨界警報系の検討例が示されている。

3 未臨界系中性子増倍率の現場測定実験 (ANSI N16.3-1969: American National Standard, Safety in Conducting Subcritical Neutron-Multiplication Measurements *In Situ*)

核分裂性物質を工業規模で取り扱う際に、実際の配置について臨界安全上の目安を迅速に与えるために行う中性子増倍率の現場測定実験について、実験の安全管理、装置の安全確認および操作上の遵守事項が示されている。

* 原語は subcritical limit; 他の関係する諸変数がすべて臨界に対して最適な値をとったとしても、核分裂性物質を含む系が未臨界に保たれるようなある指定された変数の極限値と定義されている。

4 核分裂性物質を含む溶液における中性子吸収材としてのホウケイ酸ガラス製ラシヒリングの使用(ANSI N16.4-1971: American National Standard, Use of Borosilicate-glass Raschig Rings as a Neutron Absorber in Solutions of Fissile Material)

核分裂性物質を含む溶液の臨界安全管理における主要な手段としてホウケイ酸ガラス製のラシヒリングを中性子吸収材に使用する場合について、使用上の条件、ラシヒリングの製造仕様、溶液容器の設計仕様、保守検査の条件などが示されており、また、標準仕様のラシヒリングを24、28および32%の体積率で充填した場合に対する ^{235}U および Pu ($^{239}\text{Pu} \geq 50\%$; $^{241}\text{Pu} \leq 15\%$)の最大許容濃度が与えられている。また付録として、ガラスに含まれる B_2O_3 の定量法、ラシヒリングの機械的強度試験用回転ドラムの設計例およびラシヒリングを充填した溶液容器の検査報告書式の例がつけられている。

上記4件の基準のほかにも、Table 2に示されている7つの項目について基準原案の作成または検討の作業がANS-8小委員会(Fissile Materials outside Reactors)内のそれぞれのワーキング・グループによ

って進められている。すなわち、ANS-8.7では、核分裂性物質の貯蔵に関する指針として、種々の濃縮度のUあるいは種々の同位体組成のPuの金属または酸化物を、立方配列で貯蔵する場合に対して、減速度の範囲(例えば $\text{H/U} \leq 20$)に応じて、貯蔵されるユニットの個数と配列間隔の関数としてユニットの最大許容質量を表で示している。ANS-8.8は濃縮度が5%以下のUの場合に、臨界管理上の前提としての減速度の制限に関する基準を定めようとするものであり、またANS-8.9は最適濃度(減速度)の溶液が入った交差するパイプの臨界安全条件をUの濃縮度やPu同位体組成の広い範囲にわたって与えようとするものである。さらにANS-8.10は再処理などの場合のように操作員が厚い遮蔽壁によって防護されている場合の臨界安全設計に関する原則を示すことを、またANS-8.11は臨界安全評価のための核計算法の標準化を目的としたものである。ANS-8.12では、軽水炉あるいは高速炉用のPu燃料の取扱いに関して、Pu含有率が1~30%の範囲にわたるPuと天然U混合燃料の臨界安全パラメータを指定しようとしており、ANS-8.13では濃縮度5%以下のUの場合に、未臨界ユニット間の相互干渉の評価法について指針を与えようとしている。

アメリカ基準協会(ANSI)の原子力関係専門委員会としては上記の臨界管理に関するN16委員会のほか

Table 3 Approved and Proposed Standards on Methods of Nuclear Materials Control (N15)

Approved Standards	
ANSI N15.1-1970	Classification of Unirradiated Uranium Scrap (1970.1.5)
ANSI N15.2-1971	Record and Reporting Units for Nuclear Materials Control (1971.11.1)
ANSI N15.3-1972	Physical Inventories for Nuclear Materials (1972.2.17)
ANSI N15.4-1971	A Guide to Practice, Nuclear Material Control Systems for Conversion Facilities (1971.10.20)
ANSI N15.5-1972	Statistical Terminology and Notation (1972.5.24)
ANSI N15.6-1972	Analytical Standards for Accountability of Uranium Tetrafluoride (1972.4.20)
ANSI N15.7-1972	Analytical Standards for Accountability of Uranium Hexafluoride (1972.4.20)
Proposed Standards	
ANSI N15.8	Nuclear Materials Control Systems for Nuclear Power Reactors, A Guide to Practice
ANSI N15.9	A Guide to Practice, Nuclear Materials Control Systems for Fuel Fabrication Plants
ANSI N15.10	Classification of Unirradiated Plutonium Scrap
ANSI N15.11	Auditing Nuclear Material Statements

にもこの問題に関連があるものとして、核分裂性および放射性物質の輸送に関するN14委員会と核物質管理に関するN15委員会がある。N14委員会により現在までに制定された基準は、UF₆の輸送容器に関するもの(ANSI N14.1-1971: American National Standard, Packaging of Uranium Hexafluoride for Transport)が1件のみであるが、N15委員会からはTable 3に示すように、すでに7件のものが制定され、ほかに4件のものが提案されている。

前述のように、ANSIにおける基準制定の作業は各分野ごとの幹事学協会の専門家グループが中心となって進められているが、参考のために現在のアメリカ原子力学会基準委員会(ANS Standards Committee)の構成をTable 4に紹介しておく。

Table 4 ANS Standards Committee

Section 1 Subcommittees (N15, N16)	
ANS-1:	Performance of Critical Experiments
ANS-3:	Reactor Operations†
ANS-8:	Fissionable Materials outside Reactors† (N14)
ANS-14:	Operation of Pulse Nuclear Reactors
ANS-15:	Operation of Research Reactors†
Section 2 Subcommittees (N18)	
ANS-2:	Site Evaluation
ANS-4:	Reactor Dynamics and Control
ANS-5:	Energy and Fission-Product Release
ANS-13:	Fuel Assemblies Criteria†
ANS-18:	Environmental Impact Evaluation
ANS-30:	Power Plant Systems and Components (N41)

Section 3 Subcommittees (N13, N43, N44)

- ANS-6: Shielding†
- ANS-9: Nuclear Terminology and Units (N12)
- ANS-10: Mathematics and Computation†
- ANS-11: Radioactive Materials Handling Facility and Specialized Equipment† (N101)
- ANS-12: Materials† (N11)
- ANS-16: Isotopes and Radiation† (N42)

Section 4 Subcommittees (N45)

- ANS-20: Power Reactors Systems Engineering
- ANS-21: PWR Design Criteria
- ANS-22: BWR Design Criteria
- ANS-23: GCR Design Criteria
- ANS-24: LMFBR Design Criteria

Note: () indicates the ANSI Nuclear Technical Advisory Board Committee for which the Section or Subcommittee Chairman is the ANS Representative.

† indicates the Subcommittee sponsored by the corresponding ANS Division or Technical Group.

いずれにせよ技術基準の制定は、いたずらに形式を整えることが本旨ではなく、むしろ実際の業務にたずさわる各グループからの要請に応じて進められるべきであり、また基準制定の段階では関係するすべてのグループの合意を得ておくことが大切なことである。

付記: ANSI および ANS のアドレスは、American National Standards Institute, Inc., 1430 Broadway, New York, N.Y. 10018, U.S.A. および American Nuclear Society, 244 E. Ogden Avenue, Hinsdale, Ill. 60521, U.S.A. です。必要の場合はそれぞれへお問合わせ下さい。

(1972年10月31日 東大・工 清瀬量平抄訳)

○原子力産業より放出される放射性核種の○ 環境における挙動シンポジウム

IAEA・OECD・WHO 共同で標記シンポジウムが開催され、論文提出と会議参加者を募集している。

○1973年5月14~18日(於フランス・Aix-en-Provence)

○討議議題

- (1) Sources and nature of releases of radionuclides in the nuclear industry
- (2) Projected production and releases of radionuclides of regional and global character, their behaviour in the environment and their impact, (e.g. ³H, ⁸⁵Kr, ¹²⁹I, etc.)
- (3) Environmental transfer mechanisms and concentrating processes
- (4) Application of mathematical models to the cycling of

radionuclides and for estimating the resultant radiation dose to man.

- (5) Environmental capacity for safely receiving radionuclides.
- (6) It is proposed that at the conclusion of the Symposium a panel be organized to discuss the procedures, techniques and information needed to determine the capacity of the environment to receive safely radioactive materials on a local, regional and/or global basis. The need for regional and international co-operation for collection and assessment of data on releases of radionuclides to those sectors of the environment where they may go beyond national boundaries will also be discussed.

○本論文(英文4部)

48年3月12日

○提出先(〒100)東京都千代田区鷹ヶ関2-2-1(Tel. 03-581-5271)

科学技術庁原子力局国際協力課