JNC TJ9450 2000-002

分冊

JASPER実験データ集（Ⅶ）

― ギャップストリーミング実験 ―

（核燃料サイクル開発機構　契約業務報告書）

2000年 3 月

川崎重工業株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載をする場合は、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)　2000

JNC TJ9450 2000-002
２０００年　３月

ＪＡＳＰＥＲ実験データ集（VII）
－ギャップストリーミング実験－
（核燃料サイクル開発機構　契約業務報告書）

竹村　守雄*

要　　旨

本報告書は、1986年に開始されたJASPER（Japanese-American Shielding Program for Experimental Research）計画の中で企画された計8個の一連の実験の中の６番目の実験として、1992年３月初めから約２ケ月間かけて．米国オークリッジ国立研究所（ORNL）にて実施されたギャップストリーミング実験の測定値、実験体系の寸法・組成データ、実験状況、測定システム等の情報を一冊にまとめたものである。作成にあたっては、ORNLから発行されたギャップストリーミング実験結果報告書の内容を基本とし、それに現地派遣員より報告された情報を補足した。

ギャップストリーミング実験は、高速炉原子炉容器上部の中性子束がインクロージャシステムに存在する空隙部を通じての中性子ストリーミングに起因していることから、空隙部の幅、オフセット間隔と中性子ストリーミングの大きさの相関を実験的に把握すると共に、このストリーミング評価に適用される解析手法の精度の検証と向上のためのデータベースを提供するため企画された。ORNL遮蔽実験施設TSF（Tower Shielding Facility）の実験炉 TSR-II(Tower Shielding Reactor-II)のコリメータ後方に鉄ライナー付きコンクリート供試体が設置された。コリメータと供試体との間にスペクトルモディファイアを設ける体系と設けない体系とが構成され、軟らかいエネルギースペクトル（実機を模擬）と硬いスペクトルの中性子が供試体に入射された。コンクリート供試体には中央に貫通部があり、コンクリート製シリンダー、円筒状スリーブを挿入組合わせることにより、円環状ギャップの幅とオフセット位置を変えられる構造となっており、供試体の後方において各種検出器を用いた中性子測定が行われた。。広いエネルギー範囲にわたる中性子が、ビーム軸に直交する方向での分布及びビーム軸上において、ほぼ全体系において測定された。硬い入射スペクトルのものについてはさらに、高速中性子のビーム軸上でのエネルギースペクトルの測定及びビーム軸に直交する方向の分布の測定が行われた。

なお、JASPER計画は日米両国の液体金属冷却炉（LMR）の現行設計内容の進展に資することを目的として、米国エネルギー省（USDOE）と動力炉・核燃料開発事業団（現核燃料サイクル開発機構）との協力関係の一環として行われた日米共同遮蔽実験である。

本報告書は、川崎重工業株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。
機構担当部課室：システム技術開発部　炉心技術開発Gr.
＊ 川崎重工業株式会社　パワープラント事業部　開発部

JNC TJ9450 2000-002
March, 2000

JASPER Experimental Data Book (VII)
- Gap Streaming Experiment -

Morio Takemura*

Abstract

This report is intended to make it easier to apply the measured data obtained from the Gap Streaming Experiment, which was conducted at the Oak Ridge National Laboratory (ORNL) during about two months beginning at the start of March, 1992 as the sixth one of a series of eight experiments planned for the Japanese-American Shielding Program for Experimental Research (JASPER) which was started in 1986. For this reason. the information presented includes specifications and measurement data for all configurations, compositions of all materials, characteristics of the measurement system. and daily-basis records of measurements.

The Gap Streaming Experiment was planned to obtain the data of neutron streaming characteristics in the inclosure system above the core of an advanced fast reactor for verification and improvement of the analysis method to be applied to the shielding design. A iron-lined solid or slit concrete assembly was placed, with or without a spectrum modifier forming soft incident neutron spectrum, behind the TSR-II reactor of Tower Shielding Facility. Inserting central cylinders and cylindrical sleeves gave various gap width and offset in the slit concrete assembly. Neutron flux was measured behind the configurations with various types of detectors. The integral neutron flux in wide energy region was measured on radial traverse and on the axis behind the concrete assembly in almost all configurations. Neutron spectrum and fine radial distribution in high energy region was measured further in case of hard incident neutron spectrum,

Information presented in this report is based mainly on a report issued by ORNL (ORNL/TM-12140. "Measurements for the JASPER Program Gap Streaming Experiment"). Additional information reported by the assignee is utilized also.

Work performed by Kawasaki Heavy Industries, Ltd. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Corporation.
JNC Liaison : Core Physics Gr., System Engineering Technology Division, O-arai Engineering Center
* Research & Development Dept., Power Plant Division, Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

目　　次

頁

要旨 …… i

abstract …… ii

目次 …… iii

表リスト …… iv

図リスト …… vi

1.　まえがき …… 1

2.　実験の概要と工程 …… 2

2.1　実験の概要 …… 2

2.2　実験工程 …… 2

3.　実験体系と供試体データ …… 5

3.1　実験体系 …… 5

3.2　供試体データ …… 6

4.　検出器データ …… 32

5.　測定データ …… 36

6.　測定精度 …… 80

参考文献 …… 82

付録A　ギャップストリーミング実験体系と測定項目 …… 84

付録B　JASPER実験記録 …… 88

付録C　JASPER実験日誌 …… 92

付録D　ギャップストリーミング実験で使用された検出器 …… 108

表　リ　ス　ト

表2.2.1　ギャップストリーミング実験の実験体系とその実施期間‥‥ 4

表3.2.1　炭素鋼スラブの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 10

表3.2.2　アルミニウムスラブの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 10

表3.2.3　ボラルスラブの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 11

表3.2.4　ナトリウムスラブの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 11

表3.2.5　実験体系周囲の61cm×61cm×30.5cmのコンクリート
ブロックの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 12

表3.2.6　鉄ライナー付きコンクリートの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 13

表3.2.7　ステンレス鋼スラブの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 14

表3.2.8　鉛スラブの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 14

表3.2.9　リチウムパラフィンれんがの組成 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 15

表3.2.10　ギャップストリーミング実験解析で用いた組成 ‥‥‥‥‥‥ 16

表4.1　ホニャックボタン応答関数 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 35

表5.1　ギャップストリーミング実験測定項目 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 39

表5.2　高エネルギー中性子スペクトル測定値
（体系ⅡＡ、鉛スラブ後方25cm） ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 40

表5.3　中性子スペクトル測定値（体系ⅡＡ、鉛スラブ後方25cm）‥ 41

表5.4　高エネルギー中性子スペクトル測定値
（体系ⅡＣ、鉛スラブ後方25cm） ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 42

表5.5　中性子スペクトル測定値（体系ⅡＣ、鉛スラブ後方25cm）‥ 43

表5.6　NE-213検出器位置（中性子スペクトル測定位置）での
ボナーボール検出器測定結果 ‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 44

表5.7　ボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、中心軸上、体系後方150cm） ‥‥‥‥ 45

表5.8　ボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－Ｇ、中心軸上、体系後方150cm）　・・・・・・・・・・・・　46

表5.9　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・　47

表5.10　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・　49

表5.11　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・　51

表5.12　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・・・・・　53

表5.13　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・・・・・　56

表5.14　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・・・・・　59

表5.15　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方2cm）　・・・・・・・・・・・　61

表5.16　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）　・・・・・・・・・・　63

図　リ　ス　ト

頁

図3.1.1　実験体系構成図（体系ＩＡ）　…… 17

図3.1.2　鉄ライナー付きコンクリート供試体　…… 18

図3.1.3　アニュラーギャップ構成法模式図　…… 19

図3.1.4　アニュラーギャップ付きコンクリート供試体一例　…… 20

図3.1.5　アニュラーギャップ構成用
中央シリンダーおよびスリーブ構造寸法　…… 21

図3.1.6　ボナーボールによる水平方向分布測定状況　…… 22

図3.1.7　実験体系構成図（体系ⅡＡ）　…… 23

図3.1.8　実験体系構成図（体系ⅡＢ）　…… 24

図3.1.9　実験体系構成図（体系ⅡＣ）　…… 25

図3.1.10　実験体系構成図（体系ⅡＤ）　…… 26

図3.1.11　実験体系構成図（体系ⅡＥ）　…… 27

図3.1.12　実験体系構成図（体系ＩＡ・ⅢＡ）　…… 28

図3.1.13　実験体系構成図（体系ⅢＢ－Ｇ）　…… 29

図3.1.14　実験体系構成図（体系ⅢＨ・ⅢＨＨ）　…… 30

図3.2.1　ナトリウムスラブ供試体　…… 31

図5.1　高エネルギー中性子スペクトル測定値
（体系ⅡＡ、鉛スラブ後方25cm）　…… 65

図5.2　中性子スペクトル測定値（体系ⅡＡ、鉛スラブ後方25cm）‥ 66

図5.3　高エネルギー中性子スペクトル測定値
（体系ⅡＣ、鉛スラブ後方25cm）　…… 67

図5.4　中性子スペクトル測定値（体系ⅡＣ、鉛スラブ後方25cm）‥ 68

図5.5　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥ 69

図5.6　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥　70

図5.7　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥　71

図5.8　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－Ｄ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥‥　72

図5.9　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－Ｄ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥‥　73

図5.10　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－Ｄ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥‥　74

図5.11　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＥ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥　75

図5.12　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＥ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥　76

図5.13　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＥ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥　77

図5.14　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方2cm）‥‥‥‥‥‥　78

図5.15　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）‥‥‥‥‥　79

1. まえがき

ギャップストリーミング実験は，大型高速炉開発のための遮蔽ベンチマーク実験であるJASPER計画の中で企画され，1986年から1987年にかけての半径方向遮蔽体透過実験[1]及びガスプレナム・ストリーミング実験[2]、1990年の軸方向遮蔽実験[3]、1991年の炉内貯蔵燃料遮蔽評価実験[4]、1991年から1992年にかけての２次ナトリウム放射化実験[5]に引き続き、1992年３月から２ケ月をかけて，米国オークリッジ国立研究所（ORNL）の遮蔽実験施設 TSF（Tower Shielding Facility）にて実施された。

本報告書は、実験内容の正確な理解及び測定データの有効利用に資するために、ギャップストリーミング実験に関する種々の情報を一冊にまとめたものである。作成にあたっては、ORNLから発行された実験結果報告書[6]に記載された測定値、測定システム、実験体系の寸法・組成データ等の内容を基本とし、その上に現地派遣員より報告された実験状況等の情報を追加した。

2. 実験の概要と工程

2.1 実験の概要

ギャップストリーミング実験は、高速炉の原子炉容器上部の中性子束、従って線量率がインクロージャシステムに存在する空隙部を通じての中性子ストリーミングに起因していることから、空隙部の幅、オフセット間隔と中性子ストリーミングの大きさの相関を調べるために企画された。得られた実験結果は、高速炉原子炉容器設計での中性子ストリーミング評価に適用される解析法の精度の検証と向上のために、データベースを提供するものである。

実験体系は、TSR-Ⅱ(Tower Shielding Reactor -Ⅱ)のコリメータから水平方向にとり出された中性子が、高速炉炉心上方向のナトリウムプール層を模擬したスペクトルモディファイアを経て、あるいはそのまま直接、実験供試体に入射するよう配置された。この供試体として鉄製ライナーを持つ２種類のコンクリート供試体が新たに製作準備された。ひとつは供試体中央にダクト状貫通部を有し、コンクリート製のシリンダーと円筒状のスリーブを挿入することにより、アニュラーギャップの幅と位置を変えられる構造のものであり、他のひとつは貫通部のない一様なコンクリート供試体である。また一部の供試体では、炉容器ルーフデッキ上のカバープレートの効果を模擬するため、ギャップ後方にステンレス鋼板が配置された。各種中性子測定が体系の後方で行われ、ボナーボール測定は全体系において、また高速中性子のスペクトル測定とホニャックボタンによる測定は選定された体系において実施された。

各実験体系の構成及び測定項目を記載した実験計画を付録Ａに示す。

2.2 実験工程

本実験は２次ナトリウム放射化実験に引き続き、同年３月５日から５月１日まで測定が行われた。最初にスペクトルモディファイア(SM-2)を用いない体系Ⅱを実施し、続いて体系Ⅰ(SM-2)およびこれをスペクトルモディファイアとする体系Ⅲを実施した。各体系の測定実施期間を表2.2.1 に示す。

本実験の開始が若干遅れ、炉内貯蔵燃料遮蔽評価実験を初めとする残りのJASPER実験を予定通り進めるために、必要があれば３体系（体系Ⅱ-B、Ⅱ-E、Ⅲ-E）を削減することも検討されたが、①体系Ⅲから体系Ⅱにもどるには供試体周囲の遮蔽体構成すべてを交換す

る必要がある、②体系Ⅲのスペクトルモディファイアは次の炉内貯蔵燃料遮蔽評価実験で使用する、③体系Ⅲは前に設置されるスペクトルモディファイアによる高速中性子束減衰のため有意な計数率が得られない可能性がある、等の理由から、体系Ⅱの全５体系は当初計画案通り実施した後、体系Ⅲに移ることになった。

体系Ⅱは、一通り測定が完了し体系Ⅲに移行する前に、問題点の見られたホニャックボタン検出器による水平方向トラバースの測定が、体系Ⅱ-Cにおいて再度実施された（この結果を最終的に採用）。

体系Ⅲは、Ⅲ-AからⅢ-Gまでの全体系においてホニャックボタン検出器による測定が当初計画され、TSF での原子炉運転条件上－最大炉出力１MWおよび最大積算炉出力１日２MW時－厳しいことが懸念されていた。実施してみると現実的には有意な計数率が得られないことが明らかとなり、体系Ⅲでのホニャックボタン検出器での測定は全て断念された。

体系Ⅲ-Gまで測定が順調に進捗した時点で、若干の時間的な余裕が生まれたことから、ギャップ部を鉄スリーブで塞いだ体系Ⅲ-H、体系Ⅲ-HH および体系Ⅱ-Fが企画され実施に移された。但しⅡ-Fへの体系移行中に、スペクトルモディファイアの一部として利用されていたナトリウムスラブの放射化が厳しく、然るべき冷却期間を置く必要性が明らかとなったため、本体系の測定は取り止められギャップストリーミング実験は終了することになった。

本実験期間中の日毎の測定項目を付録B のJASPER実験記録に，また測定状況を付録C のJASPER実験日誌にそれぞれ示す。

表2.2.1　ギャップストリーミング実験の実験体系とその実施期間

実験体系	実施期間	備考
Ⅱ-A	1992年3月5日 ～ 3月12日	3/2～4 ： 原子炉停止＆点検 100cm厚コンクリート供試体搬入 体系Ⅱ—Aの構成作業 3/6 ： 体系後方に鉛板2枚設置 （NE-213）測定
Ⅱ-C	1992年3月13日 ～ 3月23日	3/13 ： 体系後方に鉛板設置 3/18 ： 原子炉点検
Ⅱ-B	1992年3月24日 ～ 3月27日	3/25 ： 原子炉点検
Ⅱ-D	1992年3月27日 ～ 3月31日	
Ⅱ-E	1992年3月31日 ～ 4月3日	4/1 ： 原子炉点検
Ⅱ-C	1992年4月3日	
Ⅰ-A	1992年4月8日 ～ 4月9日	4/6～7 ： 原子炉停止＆点検 スペクトルモディファイア （体系Ⅰ-A）の構成
Ⅲ-A	1992年4月10日 ～ 14日	4/10 ： ホニャックボタン測定 計数率低いため断念 4/13 ： 原子炉点検
Ⅲ-D	1992年4月14日 ～ 16日	4/15 ： ホニャックボタン測定 計数率低いため断念
Ⅲ-E	1992年4月16日 ～ 20日	
Ⅲ-C	1992年4月20日 ～ 22日	4/21 ： ホニャックボタン測定 計数率低いため断念（以降の実験でも断念を決定）
Ⅲ-B	1992年4月22日 ～ 27日	4/23～24： 原子炉停止＆点検
Ⅲ-F	1992年4月27日 ～ 29日	
Ⅲ-G	1992年4月29日 ～ 30日	
Ⅲ-H	1992年5月1日	
Ⅲ-HH	1992年5月1日	この後、Naスラブ放射化が大きいことがわかり、体系Ⅱ-Fの測定は割愛し、当実験を終了。

3. 実験体系と供試体データ

3.1 実験体系

実験体系は、供試体の前のスペクトルモディファイアの有無により、２つのグループに大別される。モディファイアのない体系Ⅱシリーズでは、TSR-Ⅱ炉から漏洩しコリメートされた中性子ビームが比較的硬いスペクトルのまま直接供試体に入射する。これに対し体系Ⅰ（モディファイアのみ）および体系Ⅲシリーズでは、図3.1.1 に示す鉄、アルミニウム、ボラールおよびナトリウムの各スラブの多重層からなるモディファイア(SM-2)により、比較的ソフトなスペクトルに変換された中性子が、その後方の供試体に入射する。コリメータ付近の形状およびコリメータ入射角度線束は、JASPER実験データ集 (I)に示されている。

供試体は、その中心軸が中性子ビーム軸に一致するように配置され、図3.1.2 に示す1/2 インチ厚の鉄ライナーで覆われたボイドの無いコンクリート遮蔽体単独で構成されるもの（体系Ⅱ-AおよびⅢ-A）と、図3.1.3 、図3.1.4 の図に示すように鉄ライナーで覆われた貫通孔を有するコンクリート遮蔽体と図3.1.5 のコンクリート製プラグおよび各種スリーブの組み合わせたもの（体系Ⅱ-B～-Eおよび体系Ⅲ-B～-HH)とに別れる。

供試体の上下左右はコンクリートブロックあるいはスラブで囲まれ（コンクリートの厚さは全方向で1.5m以上）ている。これにより周辺に漏洩する中性子を反射させると共に、検出器位置のバックグランドの低減をはかっている。なお本実験では、半径方向遮蔽体透過実験を初め他の実験において同様な目的で設置されたリチウムパラフィンブロックは利用されなかった。図3.1.6 には代表的な実験体系の写真として、体系Ⅲ-Gのものを示した。

体系Ⅱシリーズおよび体系Ⅲシリーズの各実験体系の構成を、体系Ⅰとともに下記の図に示す。これらの図に記されている供試体厚さは、中性子ビーム軸上の従って供試体中央部の実測寸法である。ナトリウムスラブおよびコンクリート遮蔽体の場合には、被覆あるいはライナーの厚さを含んだ寸法となっている。また炉心中心から各スラブあるいは供試体までの距離は、中性子ビーム軸上で測定されたものである。体系図には、時計文字盤の時刻方向を利用して、アニュラス断面の各方向について測定された間隙幅を記載した。これらの間隙幅の値の平均を、スリット幅の代表値としている。

体系番号	体系図
体系Ⅰ (SM-2)	図3.1.1
体系Ⅱ-A	図3.1.7
体系Ⅱ-B	図3.1.8
体系Ⅱ-C	図3.1.9
体系Ⅱ-D	図3.1.10
体系Ⅱ-E	図3.1.11
体系Ⅲ-A	図3.1.12
体系Ⅲ-B～-G	図3.1.13
体系Ⅲ-H,-HH	図3.1.14

3.2 供試体データ

3.2.1 スペクトルモディファイア

予備解析から、10cm厚さの鉄、10cm厚さのアルミニウム、2.5cm のボラル、及び30.48cm 厚さのナトリウム６層の多重層により、TSR-Ⅱの漏洩中性子を大型高速炉の上部遮蔽体へ入射する代表的なスペクトルに変換できることが確認されたため、スペクトルモディファイアは、図3.1.1 に示すように，その厚さがそれぞれ5.16cm及び5.11cmの鉄スラブ２枚、その合計厚さが9.12cmとなる３枚のアルミニウムスラブ(type 6061) 、厚さが2.54cmのボラルスラブ、ならびにナトリウムノミナル厚さが30.48cm のナトリウムスラブ６枚を組み合わせて構成された。ナトリウムスラブを除く各矩形スラブの一辺は152.4cm 長である。

外形幅一辺155cm のナトリウムスラブは図3.2.1 に示すように、厚さ0.635cm のアルミ容器に封入されている。これらのスラブはTSF での初期の実験において利用されたものであり、長い間の保管状態により中央部が膨らんだ状態となっている。この膨らみの程度は、図に記載された中央部の厚さと端部の厚さ31.75cm(ナトリウム30.48cm ＋アルミ1.27cm) の差から求められる。

鉄、アルミニウム、ボラル、およびナトリウムの組成を、各々表3.2.1 から表3.2.4 に示した。またスペクトルモディファイアをはじめ供試体を取り囲む61cm×61cm角のコンクリートブロックの組成を表3.2.5 に示した。

3.2.2 スリット無しコンクリート供試体

図3.1.2 のスリットの無いコンクリート供試体は、スリット付きコンクリート供試体での中性子ストリーミングに対して、基準データを提供するために測定が行われた。コンクリートを取り囲む鉄ライナーは平均1.24cmの厚さとなっている。当供試体を実験体系に設置する時には、スリット付きコンクリート供試体に含まれている鉄板層を模擬するため、2.51cm厚さの鉄スラブを炉心側に追加した。

本コンクリート供試体および次のスリット付きコンクリート供試体のコンクリートおよび鉄ライナーの組成は同じである。コンクリートの組成は表3.2.6 に示したが、鉄ライナーの組成は表3.2.1 と同じである。コンクリート中の水分は、TSF で行われたCf中性子源を利用した捕獲γ線測定による水分同定実験の結果から、 8.0±0.5w/%と判明している[7] 。

なお炉心側に追加する鉄スラブの組成は、ORNLの実験結果報告書で触れられていないが、表3.2.1 と同じと推定される。

日本側で実験解析が開始された時に、コンクリート供試体のコンクリート組成データ分析値が入手されておらず、パラメータ解析にもとづき、密度2.218g/cc 、水分7.8%が妥当と判断しこれを利用した。その後報告された上記表3.2.6 の分析値を日本側で検討すると、分析値の水分は 2～3%と低過ぎることがわかり、ORNLへ確認した。この結果、表3.2.6 は分析過程で水分を蒸発させた残りの組成であることが判明するとともに、TSF での水分同定実験の結果が紹介された。このため国内解析において、最終的に水分が8%になるよう、表3.2.6 をもとにコンクリート組成を見直した。

3.2.3 スリット付きコンクリート供試体

本コンクリート供試体は、本体と中央部に図3.1.5 に示した鉄でライナーされたコンクリート製シリンダーおよびこれを囲む鉄スリーブあるいは鉄でライナーされたコンクリート製スリーブから構成されている。各種サイズのスリーブを交換することにより、ギャップの間隙幅および位置を変えることができる。本体の1/4 に当たる上部は、アニュラースリーブの挿入あるいは取り出しに他の方法がない場合に、分離できるようになっている。コンクリート製シリンダーは、本体の片面を構成する2.34cm厚さの鉄板

に据えつけられており、シリンダーの据えつけ部分は強度を保持するため鉄板は4.88cm厚さとなっている。

コンクリート製シリンダーの外表面および挿入するスリーブの表面は機械加工され、挿入時に表面間に中性子ストリーミング経路が生じないように間隙を抑えている。コンクリート製シリンダーおよびコンクリート製スリーブの表面の鉄ライナーの厚さは、後で外面を機械加工しているため測られていないが、1.27cm以下である。これらの寸法の詳細は、図3.1.5 に示されている。なおJASPER派遣員メモ(No.150)によると、製作図面上、製作公差は部位によって0.015cm から0.076cm(大体は0.025cm)の間で指定されており、また密着箇所には据え付け性を考慮して30mil(約0.8mm)程度の間隙を設けることになっている。

3.2.4 ステンレス鋼スラブ

体系Ⅲ-Dおよび-Eにおける上部遮蔽体（カバープレート）を模擬するためのステンレス鋼スラブは、厚さは5.28cmおよび5.27cmであり、矩形スラブの一辺は152.4cm 長である。材質は304 ステンレス鋼であり、その組成を表3.2.7 に示す。

3.2.5 鉛スラブ

体系Ⅱ-Aおよび-Cにおける中性子スペクトル測定時に、NE-213 検出器及び反跳陽子検出器の計数に及ぼすγ線成分の影響を低減するため、検出器と実験体系の間に3.81cm厚さの鉛板を２層設置した。この鉛スラブの組成データを表3.2.8 に示す。

3.2.6 バックグランド遮蔽

ギャップストリーミング実験におけるバックグランド測定は体系後方150cm の中心軸上でのボナーボール測定時に実施され、供試体と検出器の間にリシウムパラフィンれんがからなる40.6cm厚、一片91.4cm長の矩形のシャドウシールドが設置された。このシャドウシールドにより、実験供試体から直接到達するもの以外の中性子を測定することができる。ボナーボールは大きさが異なるのに対し、シャドウシールドの大きさは決まっていることから、このバックグランド測定には幾らかの誤差が含まれており、測定結果の利用においてはこれを考慮すべきである。リシウムパラフィンれんがの組成を表3.2.9 に示す。

なお体系Ⅲ-HH では供試体最後端にボロン入りポリエチレンのスラブが設置されており、これは体系Ⅲ-Hでの測定に対してバックグランド測定を行ったものである。当スラブの形状組成については、ORNLの実験結果報告書で触れられていない。（解析上は重要ではないと考えられる）

以上の供試体データから、各物質の原子数密度を計算し、日本側でのJASPER実験解析に利用したものを、表3.2.10にまとめた。

表3.2.1　炭素鋼スラブの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 1. Analysis of iron slabs (ρ = 7.86 g/cc) used in spectrum modifier

Element	wt %
Fe	98.4
C	.25
Cr	.15
Cu	.03
Mn	1.0
Mo	.02
Ni	.05
Si	.25

表3.2.2　アルミニウムスラブの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 2. Analysis of aluminum slabs (ρ = 2.70 g/cc) used in spectrum modifier

Element	wt %	ppm
Al	97.5	
Cr	.22	
Cu	.23	
Fe	.47	
Mg	.86	
Mn	.01	
Si	.63	
Ti	.042	
Zn	.07	
Li		3
Ni		50
Sn		<10
V		150

表3.2.3　ボラルスラブの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 3. Composition of boral slabs used in spectrum modifier

Component	Density (g/cc)	Elemental Composition (wt %)	With Al Cladding (wt %)
	(B_4C - 40-43 vol % in B_4C-Al mixture)		
B_4C	2.3		
Al	2.70	65	~75
B		27.5	~19.6
C		7.5	~5.4

表3.2.4　ナトリウムスラブの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 4. Composition of sodium slabs (ρ = 0.945 g/cc)

Element	wt %
Na	99.7
Ca, Zn	0.3

表3.2.5　実験体系周囲の61cm×61cm×30.5cmのコンクリートブロックの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 5. Analysis of 61-cm x 61-cm x 30.5-cm (ρ = 2.40 g/cc) concrete blocks used to surround configuration

Component	wt%	Component	wt%
CO_3	41.9	Al_2O_3	2.2
Ca	27.4	Fe_2O_3	.60
SiO_2	18.1	SO_3	.32
H_2O	4.0	P_2O_5	.035
Mg	3.66	K	.30
O_2	1.4		

表3.2.6　鉄ライナー付きコンクリートの組成(ORNL/TM-12140より引用)

Table 6. Composition of concrete in the iron-lined vessels (ρ = 2.26 g/cc)

Element	Wt%
C	8.90
Ca	30.08
Fe	1.00
Si	3.27
Mg	1.04
S	0.28
P	0.03
Na	0.04
Ti	0.07
Cr	0.03
K	0.50
Al	1.21
H	0.32
O	56.5

表3.2.7　ステンレス鋼スラブの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 7. Analysis of type 304 stainless steel slabs
(ρ = 7.92 g/cc)

Element	2.54-cm-thick (wt %)	5.08-cm-thick (wt %)
Fe	71.2	68.1 - 69.3
Cr	18.3	18.7 - 19.1
Ni	8.8	9.6 - 9.8
Mn	1.3	1.04 - 1.65
Si	0.35	0.33 - 0.65
C	0.039	0.024 - 0.085
O_2	0.015	0.013 - 0.021
P	0.028	0.028
S	0.022	0.022
Mo	0.30	0.30
Cu	0.26	0.26
Co	0.10	0.10

表3.2.8　鉛スラブの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 8. Analysis of lead slabs (ρ = 11.35 g/cc)

Element	wt%	PPM
Pb	99.9	
Al		<3
Ag		30
B		<1
Ca		1
Cr		10
Cu		800
Fe		1
Li		20
Mg		<3
Mn		5
Na		1
Ni		30
P		5
Si		<3
Sn		30

表3.2.9　リチウムパラフィンれんがの組成　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 9. Composition of lithiated paraffin bricks
(ρ = 1.15 g/cc)

Component	wt %
C_nH_{2n+2}	60
Li_2CO_3	40

表3.2.10 ギャップストリーミング実験解析で用いた組成

物　質	アルミ	ボラール	炭素鋼	ナトリウムスラブ	鉛	ステンレス	TSFコンクリート	ブロックコンクリート	供試体コンクリート	水
水　素							8.880E-03	6.400E-03	1.200E-02	6.692E-02
リチウム6										
リチウム7										
ベリリウム										
ホウ素10		5.130E-03								
ホウ素11		2.077E-02								
炭　素		6.450E-03	9.852E-04			1.949E-04	7.970E-03	1.010E-02	9.246E-03	
窒　素										
酸　素							4.200E-02	4.480E-02	4.810E-02	3.346E-02
ナトリウム				2.475E-02			2.730E-05		2.190E-05	
マグネシウム							1.440E-03	2.180E-03	5.320E-04	
アルミニウム	5.906E-02	3.650E-02					4.140E-04	6.240E-04	5.599E-04	
シリコン			4.213E-04			7.490E-04	3.840E-03	4.350E-03	1.454E-03	
リ　ン									1.186E-05	
イオウ									1.104E-04	
カリウム							2.340E-03	1.110E-04	1.601E-04	
カルシウム							1.000E-02	9.890E-03	9.363E-03	
クロム						1.707E-02			7.067E-06	
マンガン			8.616E-04			1.149E-03				
鉄	5.832E-04	7.700E-04	8.340E-02			5.909E-02	2.640E-04	1.090E-04	2.242E-04	
ニッケル						7.600E-03				
鉛					3.296E-02					

単位：個/barn/cm

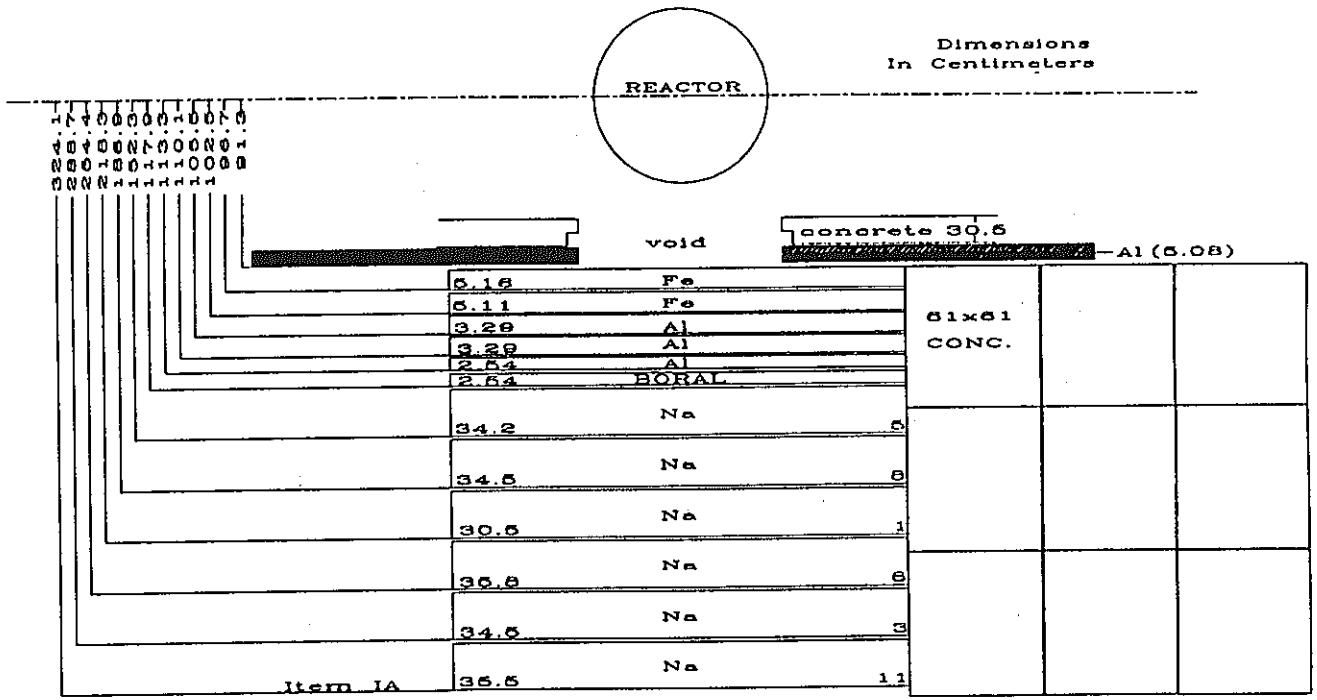


図3.1.1　実験体系構成図（体系ＩＡ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 2. Schematic of the SM-2 (Item IA).

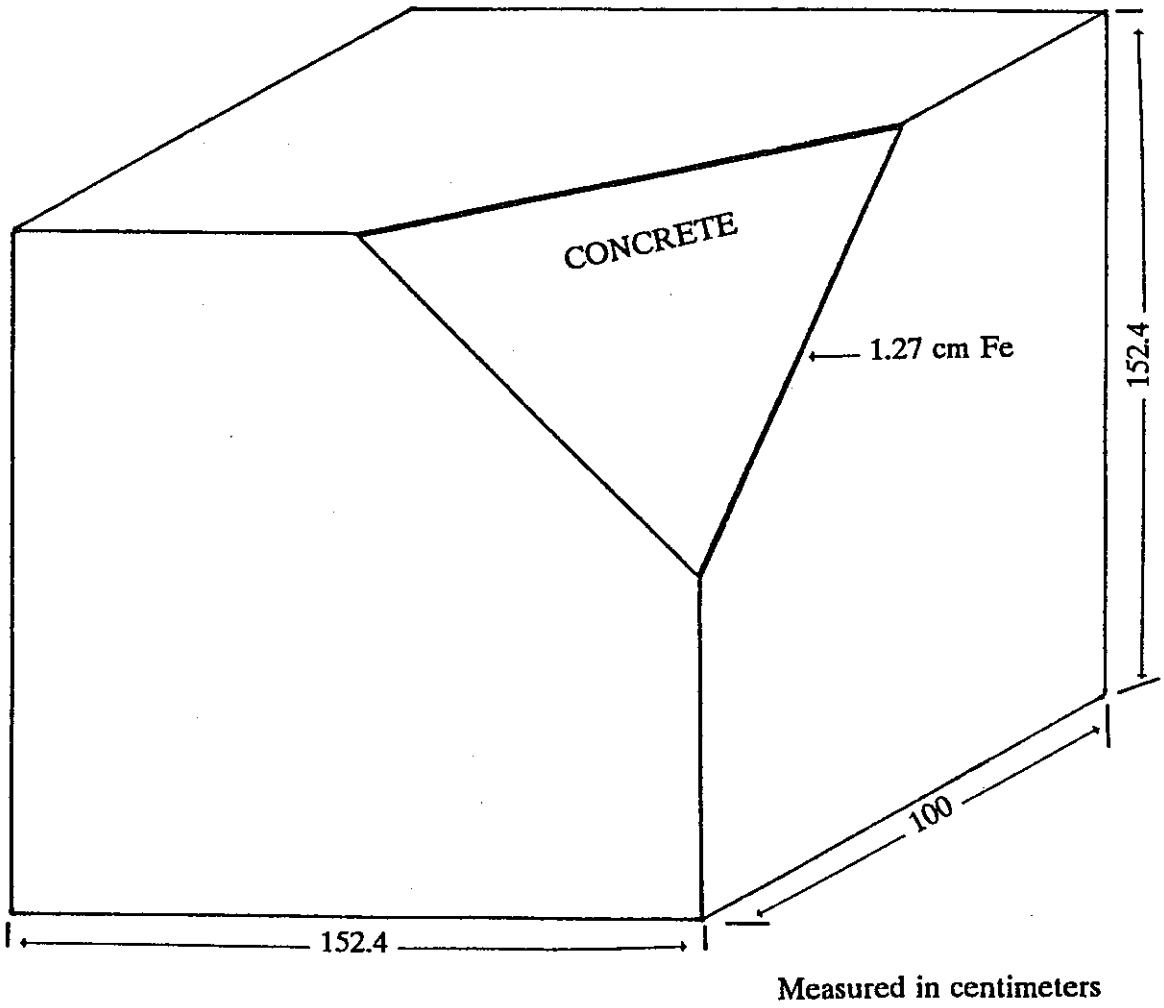


図3.1.2　鉄ライナー付きコンクリート供試体　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 3. Schematic of the iron-lined, concrete-filled vessel.

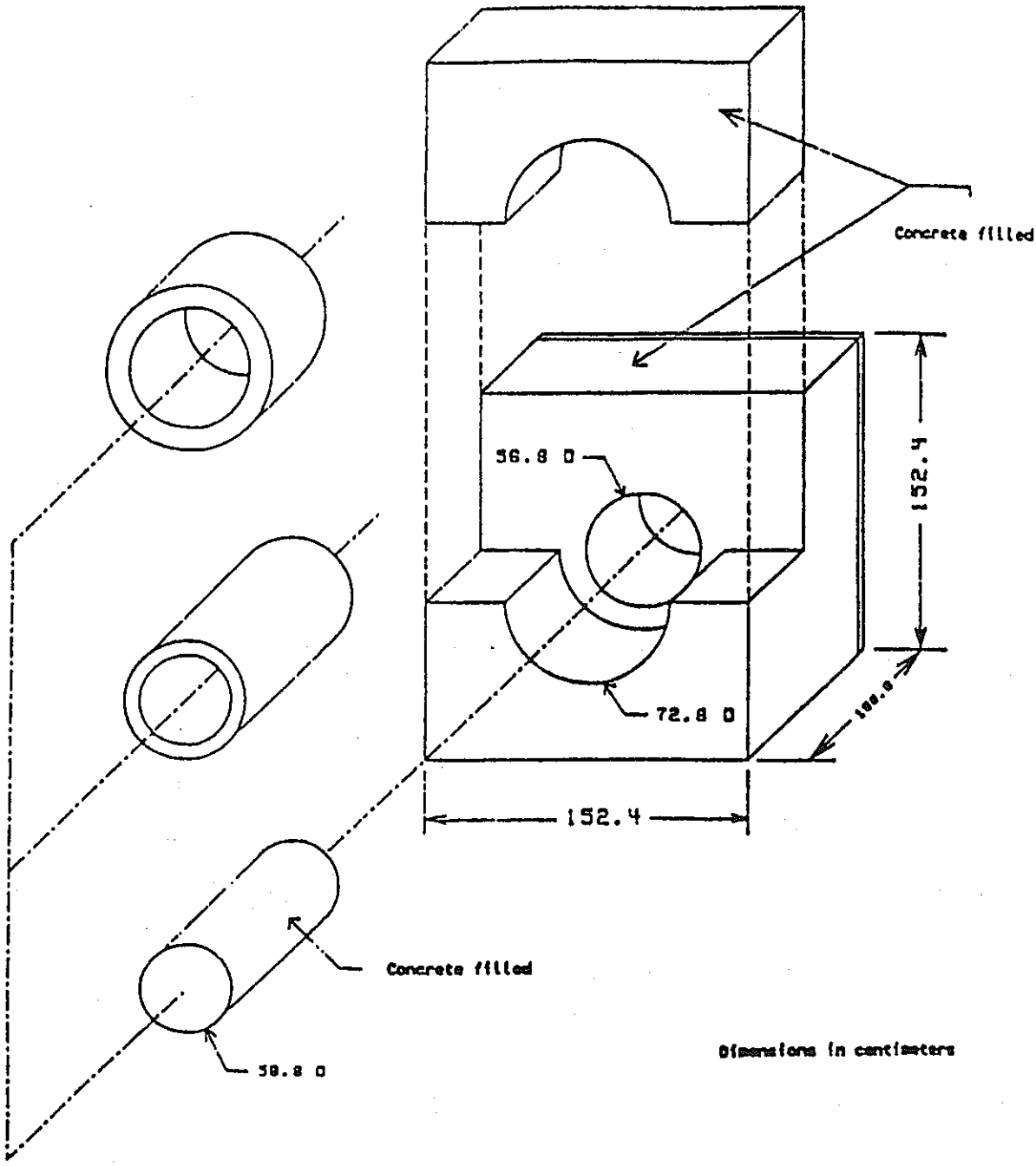


図3.1.3　アニュラーギャップ構成法模式図

Figure 1. Schematic of basic Gap Streaming Assembly.

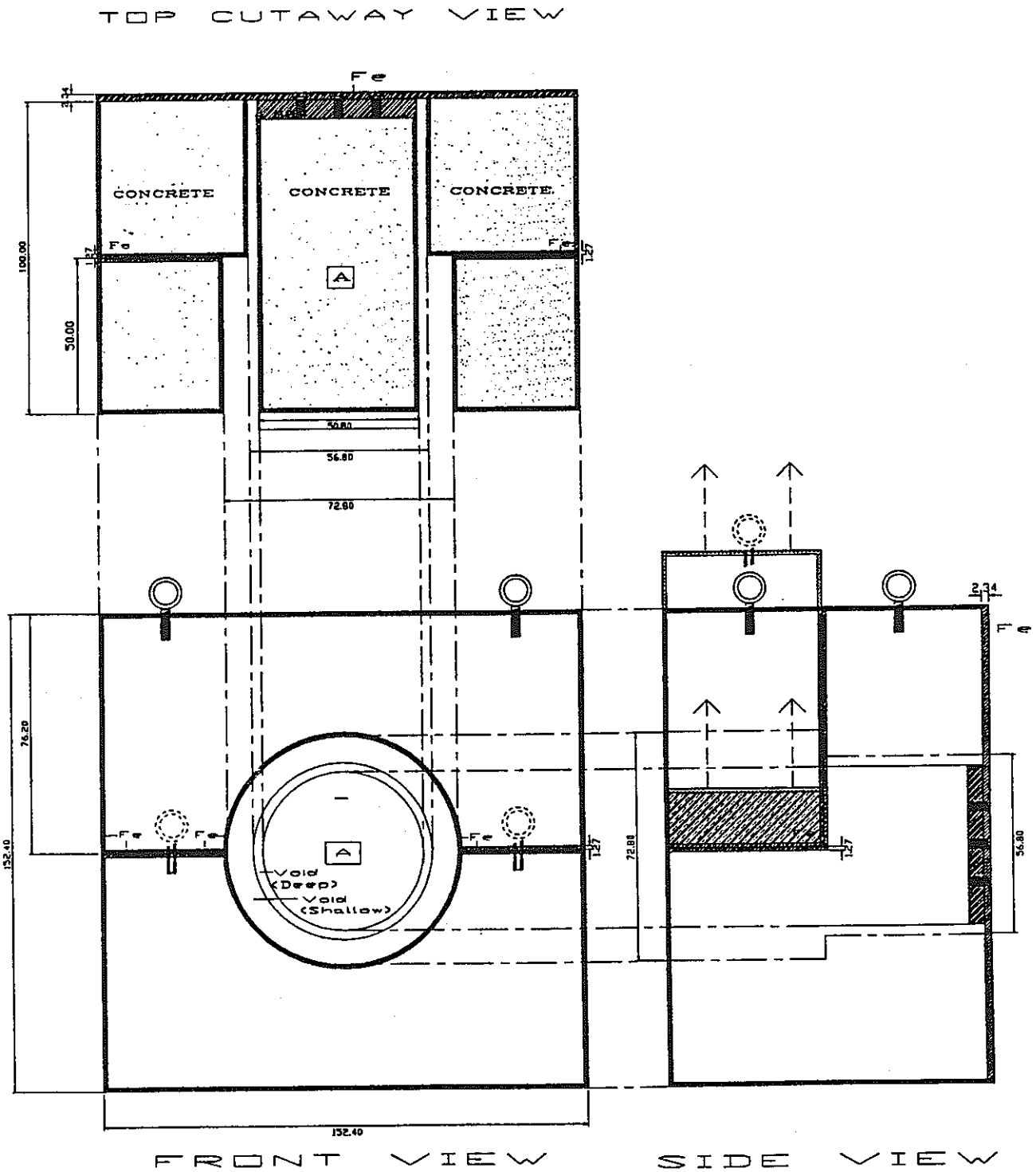


Figure 5. Schematic of the concrete vessel containing annular slits.

図3.1.4　アニュラーギャップ付きコンクリート供試体一例
(ORNL/TM-12140より引用)

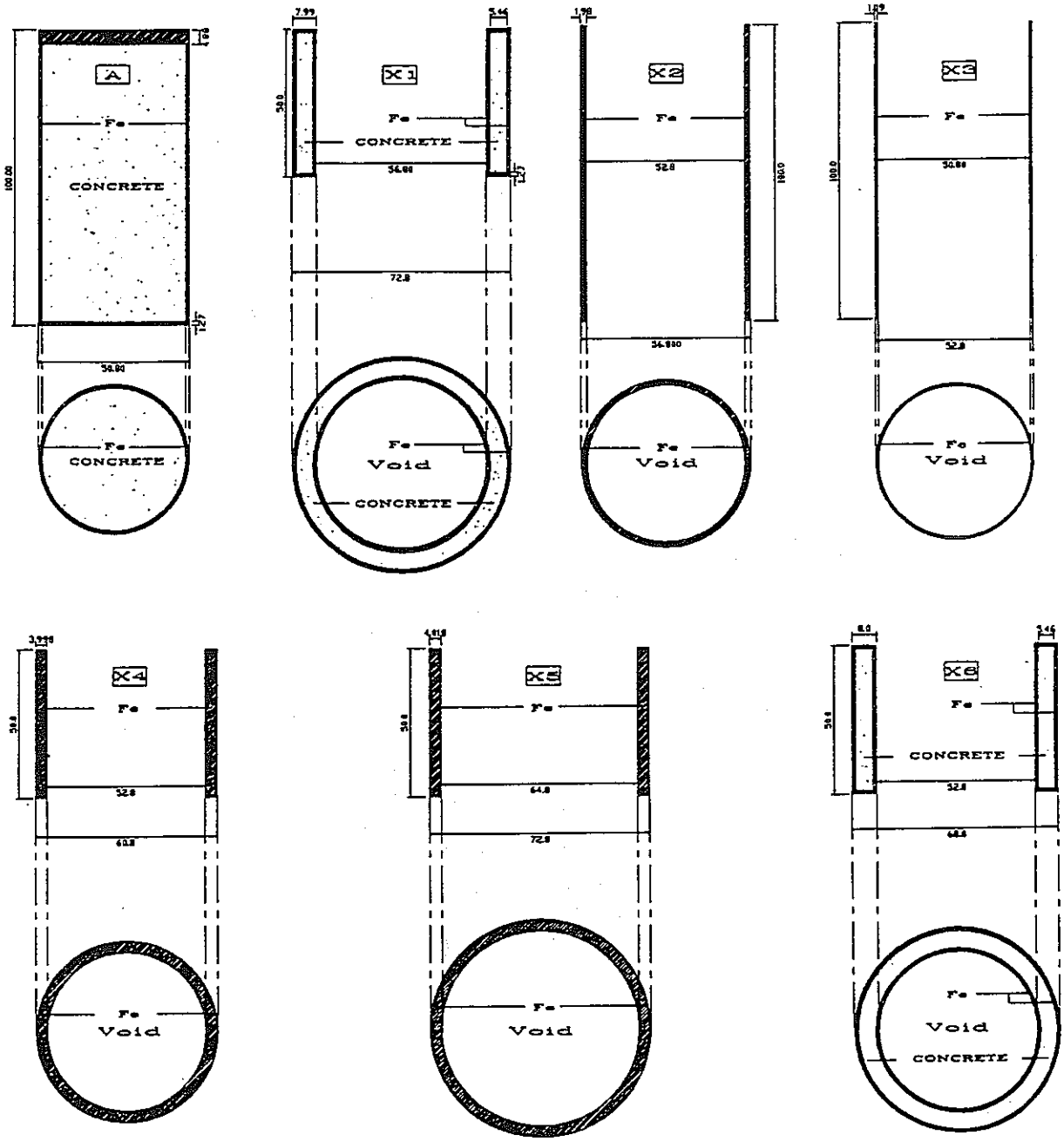


図3.1.5　アニュラーギャップ構成用
中央シリンダーおよびスリーブ構造寸法　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 6. Schematic of the central cylinder and sleeves for the vessel with the gap.

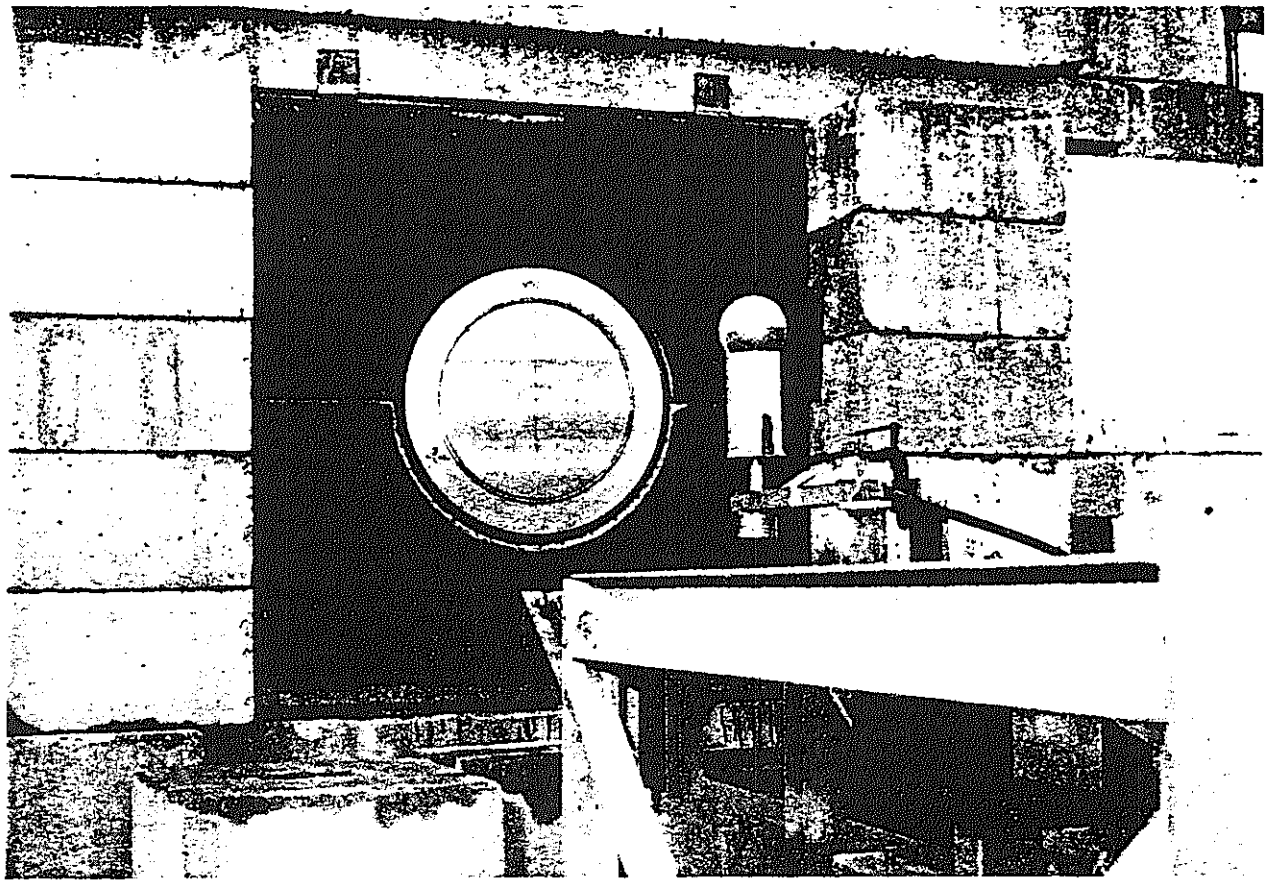


Figure 7. Photograph displaying the mockup for Item IIIG and the Bonner ball traversing mechanism.

図3.1.6　ボナーボールによる水平方向分布測定状況　(ORNL/TM-12140より引用)

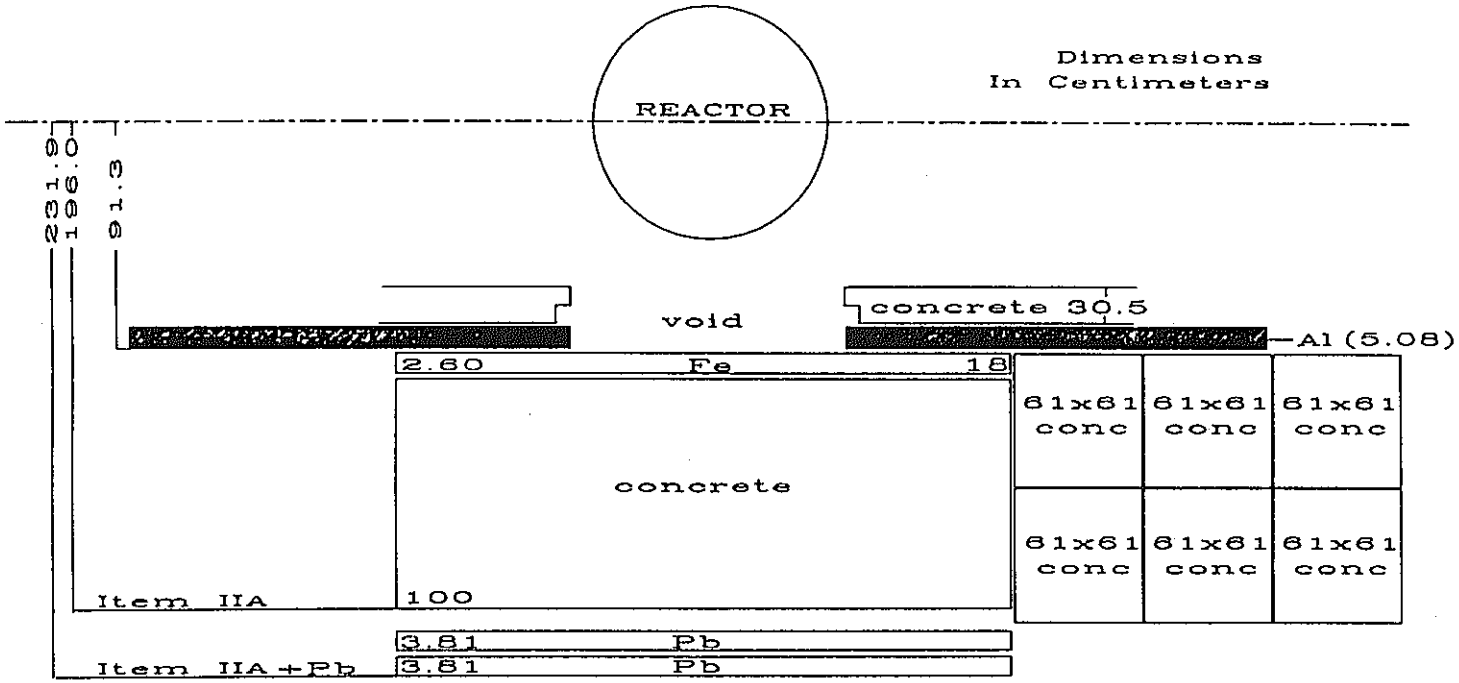


図3.1.7　実験体系構成図（体系ＩＩＡ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 4. Schematic of the iron slab and solid concrete vessel (Item IIA).

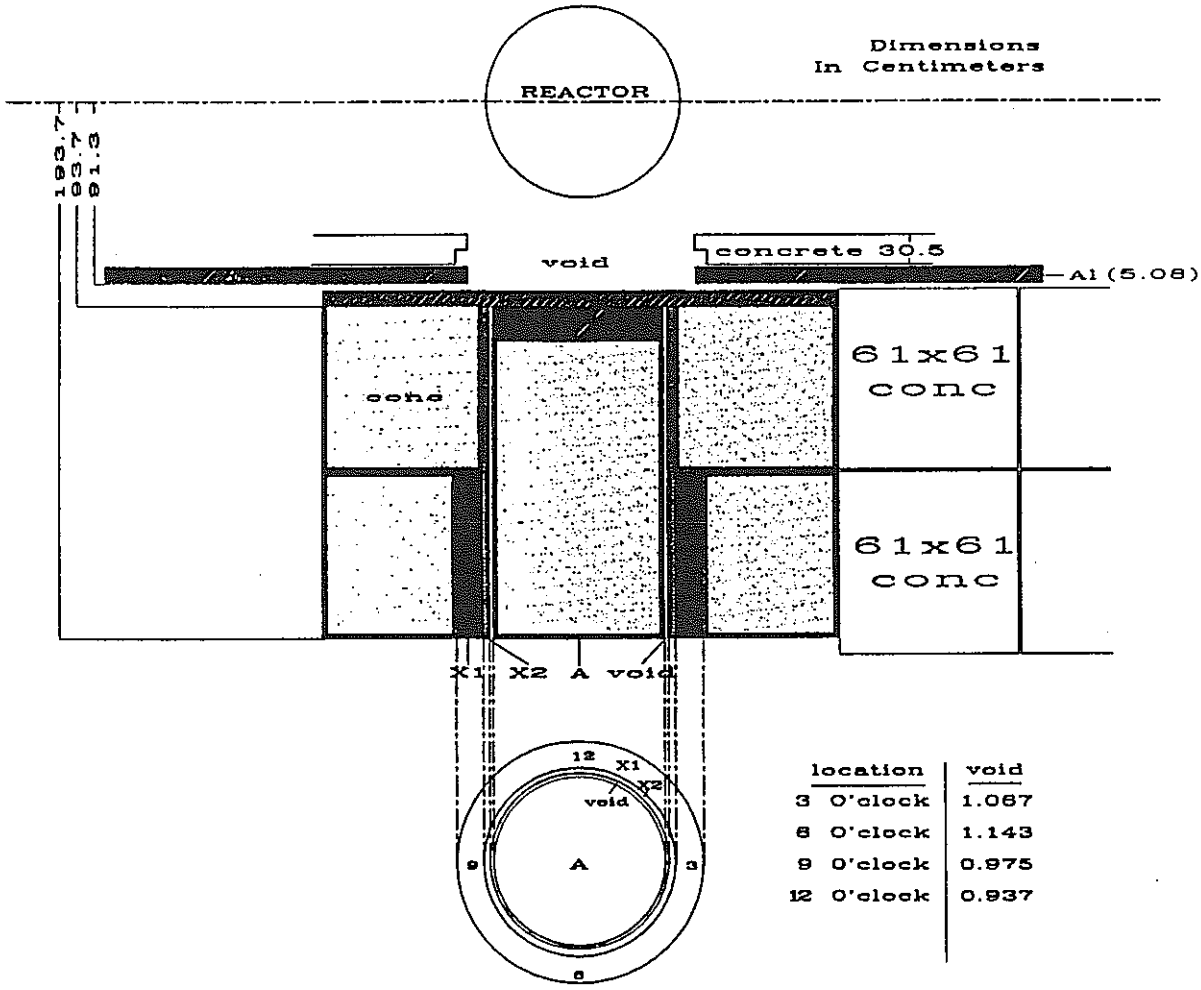


図3.1.8　実験体系構成図（体系ⅡB）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 15. Schematic of the concrete vessel with an annular void plus sleeves X1 and X2 (Item IIB).

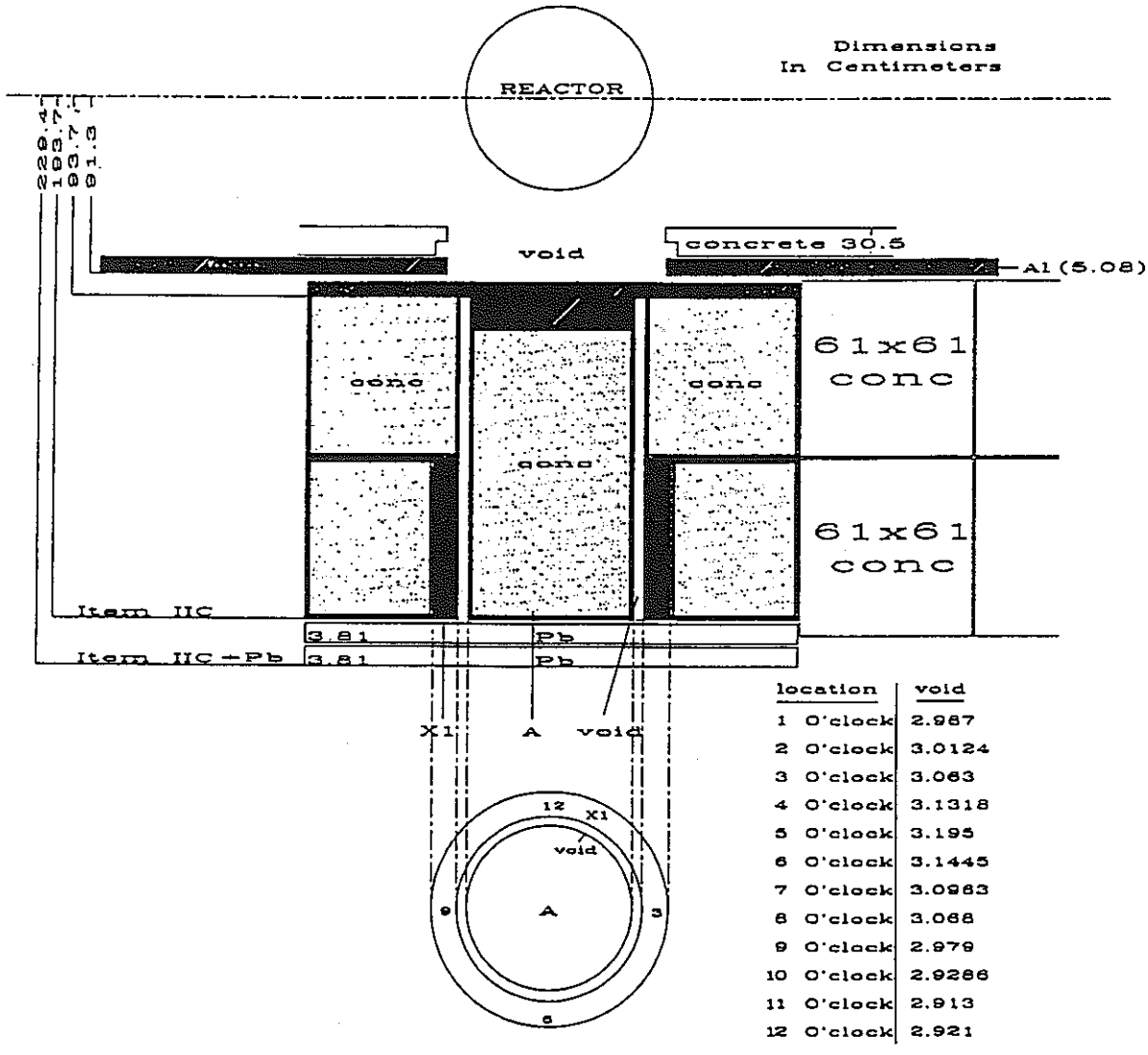


図3.1.9　実験体系構成図（体系ＩＩＣ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 16. Schematic of the concrete vessel with an annular void plus sleeve X1 (Item IIC).

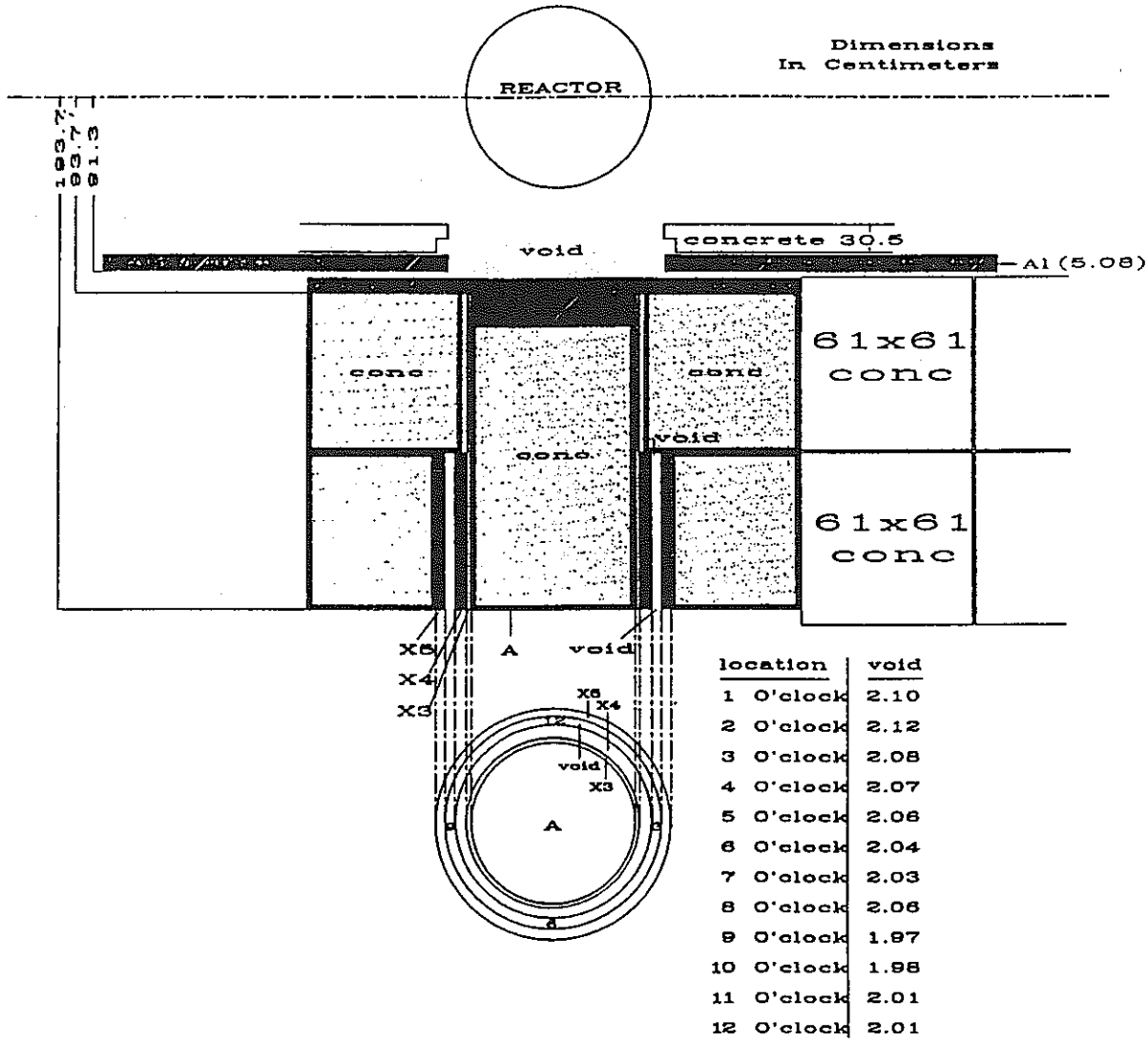


図3.1.10　実験体系構成図（体系ＩＩＤ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 19. Schematic of the concrete vessel with an annular void plus sleeves X3, X4, and X5 (Item IID).

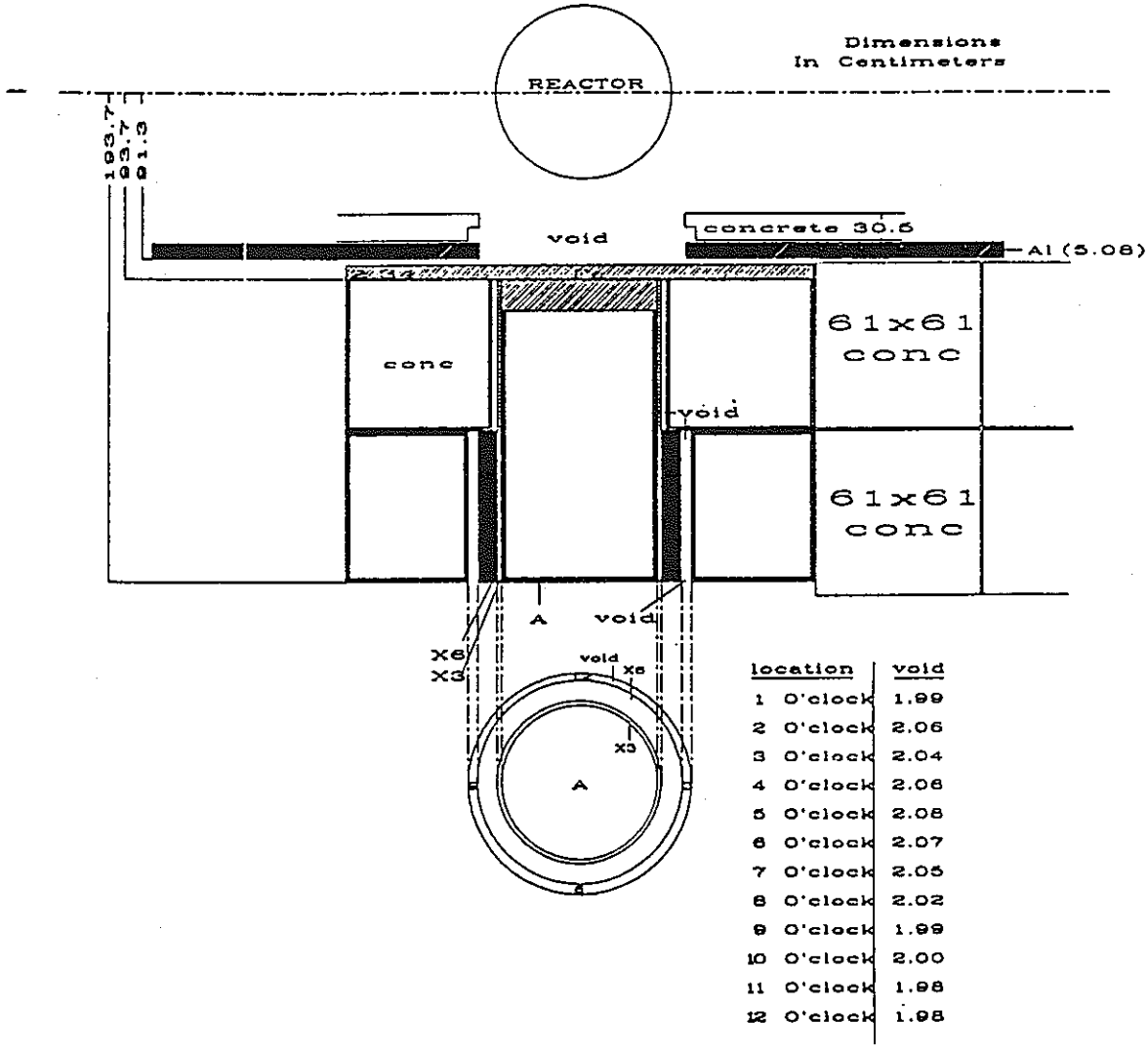


図3.1.11　実験体系構成図（体系ＩＩＥ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 20. Schematic of the concrete vessel with an annular void plus sleeves X3 and X6 (Item IIE).

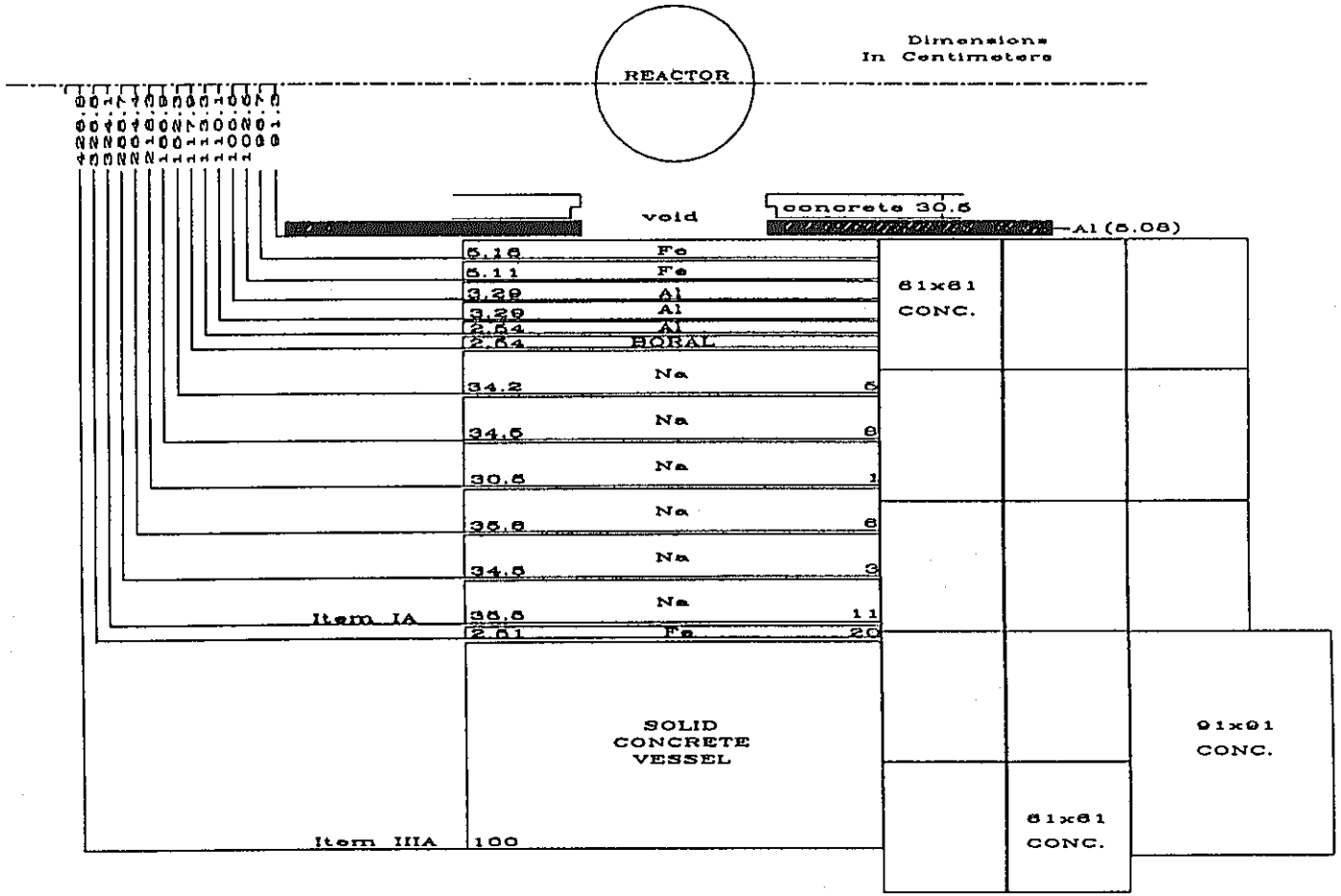


図3.1.12　実験体系構成図（体系ＩＡ・ⅢＡ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 21. Schematic of the SM-2 (Item IA) plus the iron slab and solid concrete vessel (Item IIIA).

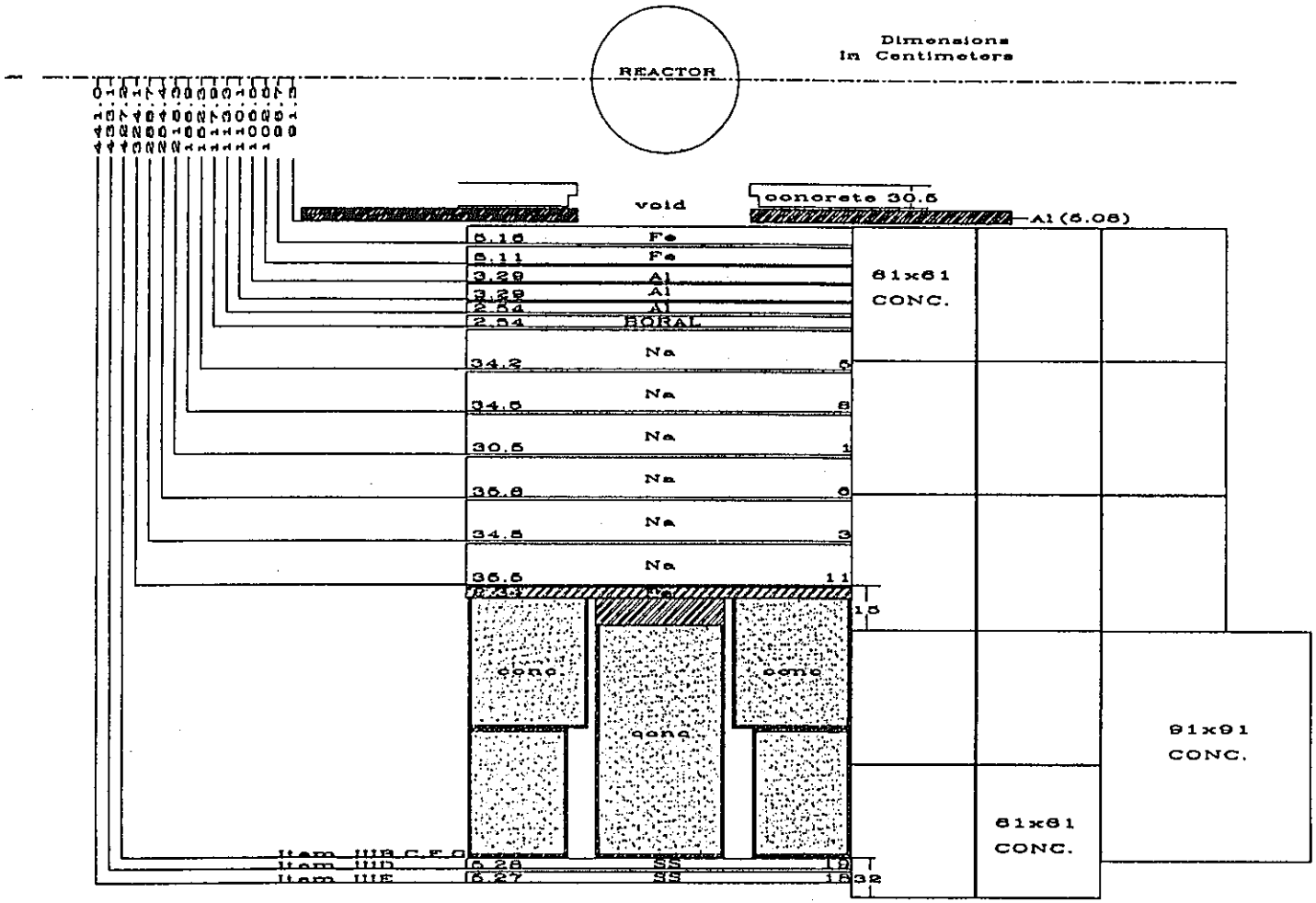


図3.1.13　実験体系構成図（体系ⅢＢ－Ｇ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 25. Schematic of the SM-2 plus the concrete vessel with an annular void (Items IIIB-G).

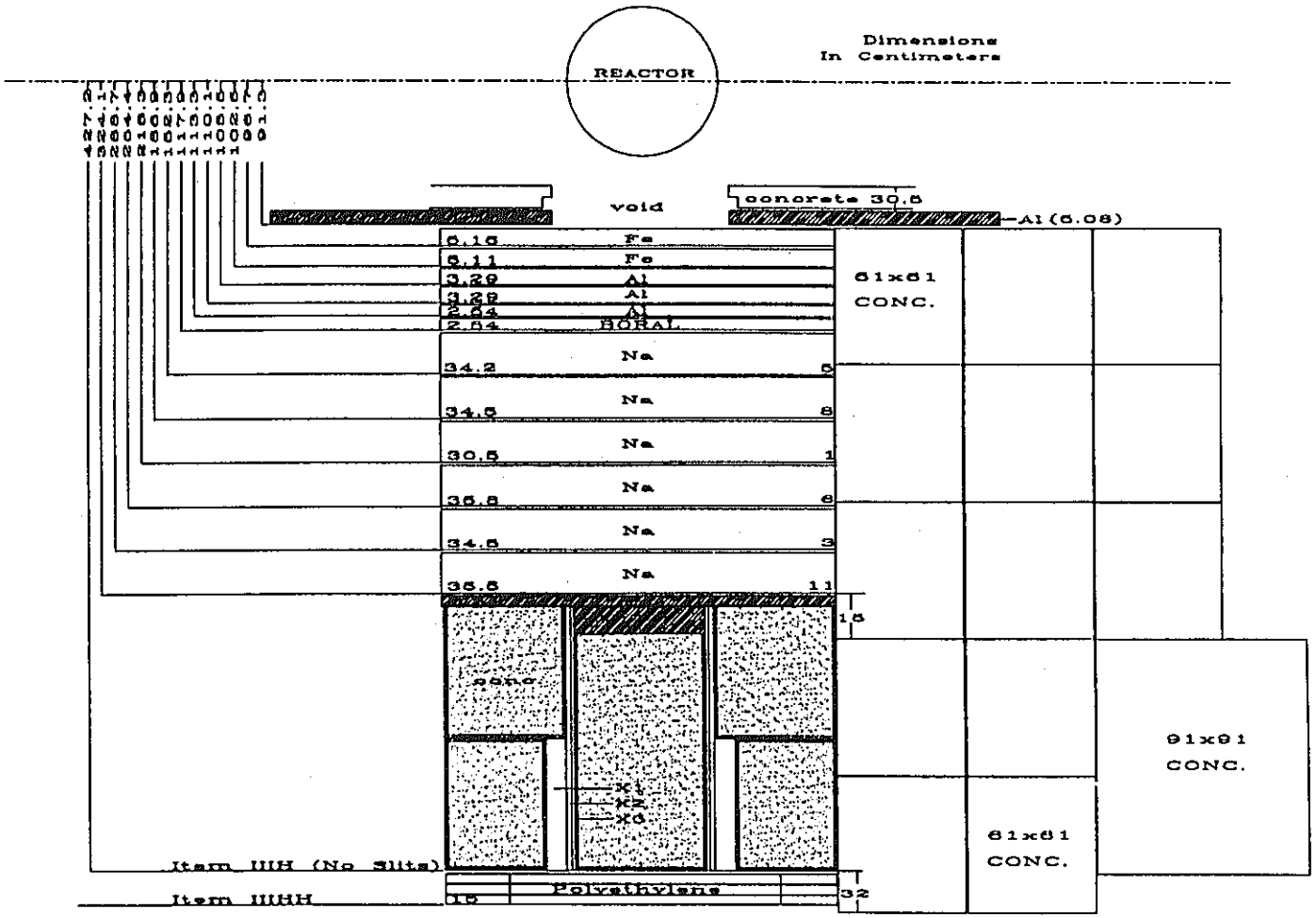


図3.1.14　実験体系構成図（体系ⅢＨ・ⅢＨＨ）　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 29. Schematic of the mockup in Item IIIH plus 15 cm of polyethylene.

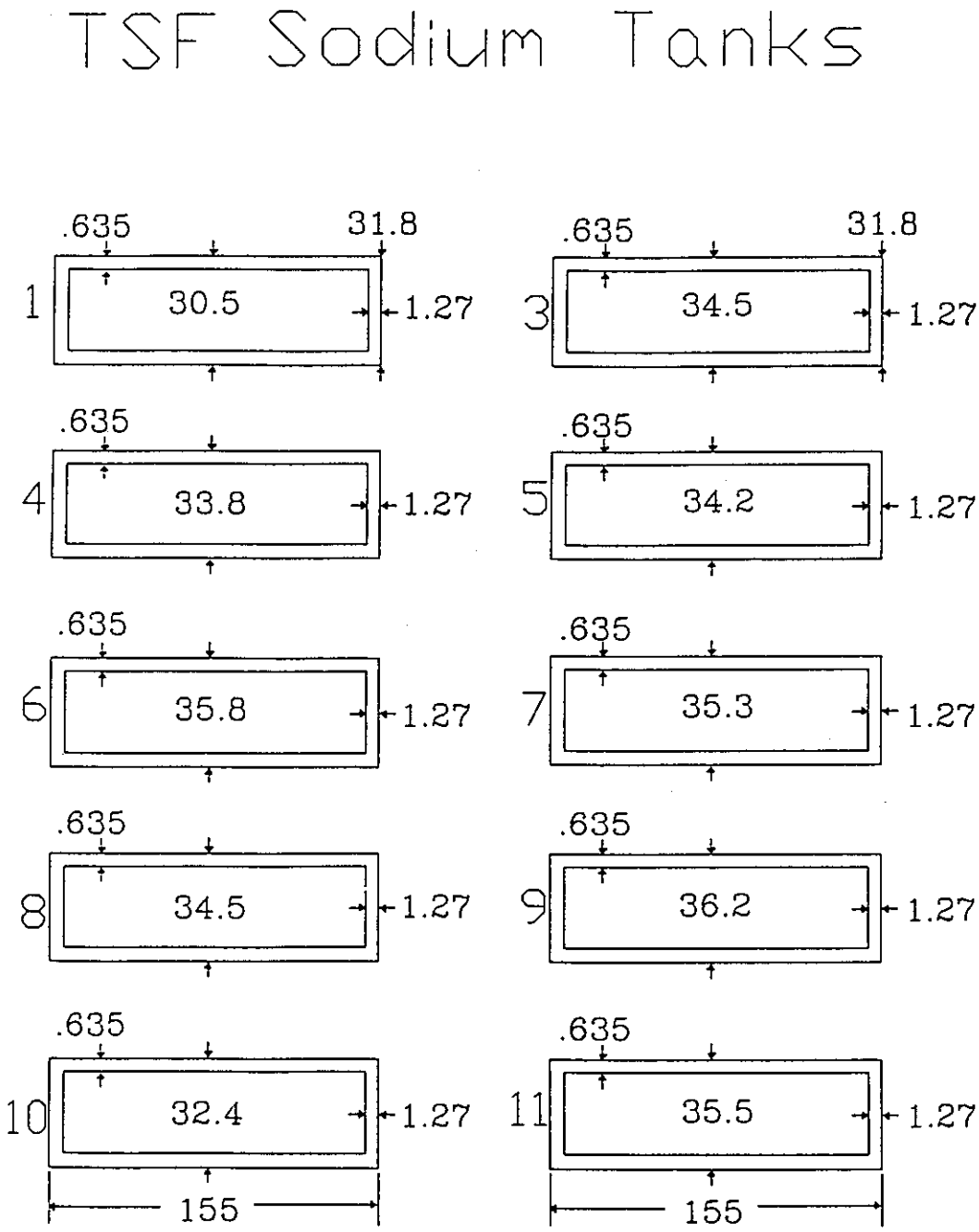


図3.2.1　ナトリウムスラブ供試体　(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 1. Schematic of the aluminum containers filled with sodium.

4. 検出器データ

本実験で使用した検出器は大要以下のとおりである。

中性子スペクトル測定では約50keV から約15MeV に及ぶ広いエネルギー領域の中性子を測定対象とするために、NE-213検出器及び反跳陽子検出器を使用した。実験体系後方へ漏洩する中性子ストリーミング成分の分布を詳細に測定するために、形状の小さいホニャックボタン検出器を使用した。また、実験体系を透過してくる中性子をある程度エネルギー別に分離して測定するために、ボナーボール検出系を使用した。それぞれの検出器及び測定系について以下に示す。また、NE-213検出器、反跳陽子検出器、ホニャックボタン検出器およびボナーボール検出器に関するより詳細な説明を付録D に示す。

① NE-213検出器を用いた中性子スペクトル測定系

NE-213液体シンチレータによるスペクトル測定系は，およそ800keVから15MeV のエネルギー範囲の中性子スペクトルを測定するものである。本測定系は，中性子によって発生するパルスとγ線によって発生するパルスとを分離するためにパルス形状識別法を使用している。その結果得られる中性子によるパルス電圧波高分布データは、FERDコード[8] によってアンフォールドされ、中性子エネルギースペクトルが求められる。

② 反跳陽子検出器を用いた中性子スペクトル測定系

１気圧、３気圧，又は10気圧の水素ガスを充填した３種類の反跳陽子検出器（球形）を用いることにより、およそ 50keVから１MeV の範囲のエネルギーの中性子を検出できる。本検出器は Benjamin 検出器とも呼ばれる。また、ORNLの実験結果報告書では" Hydrogen counter" と記されている。

本検出器によるパルス電圧波高分布データはSPEC-4コード[9] によりアンフォールドされ、中性子エネルギースペクトルが求められる。SPEC-4コードでは、高エネルギー側の中性子の効果を補正するために，NE-213検出器の信号をアンフォールドして得られた中性子スペクトルが用いられている。

③　ホニャックボタン検出器

ホニャックボタン検出器は、硫化亜鉛を混ぜた直径0.635cm 、厚さ0.159cm のボタン形状のルサイトが光電子増倍管上に装填されたものである。この校正方法は、最初にシンチレータを２R/hrのγ線で照射し、パルス計数しきい電圧が0.06ボルトの時にあらかじめ定められた計数率が得られるようにアンプのゲインを調整する。この手順により日毎の測定系のゲインが一定に保たれる。次にシンチレータをその強度が既知のCf-252中性子源で照射し、中性子線量と計数率の比を得る。但し、この実験については、２R/hr以上の強いγ線場で測定を行う時にγ線が計数に寄与することを防ぐために、高い計数しきい電圧値(3.5ボルト）を設けてこの中性子線量と計数率の比を求める必要があった。従って、この検出器の応答は本来の意味の放射線量とは、もはや一致しないものであるが、測定結果の単位は放射線量によって表記し続けることとした。この3.5ボルトの計数しきい電圧の条件では、検出器が応答する中性子エネルギーの下限値は未知であるが、このことは実験体系に存在する小さな隙間（注；中性子が透過しやすい場所、の意味）での中性子ストリーミング効果を検出するためには、支障はないものと考えられる。解析に用いた応答関数を表4.1 に示す。この表には、当初米国側にて示されていた関数（エネルギー下限値は270keV）と、日本側での実験解析で見直し最終的に設定適用した21群エネルギー構造の関数（エネルギー下限値は740keV）とを示した。関数の下限エネルギーについては、遮蔽計算との比較に基づき経験的に設定されており、米国側でのガスプレナム・ストリーミング実験解析[10]では270keVから820keVへの見直しが報告されている。

④　ボナーボール検出系

TSF で使用されたボナーボール検出系は、一連の異なる直径を持つポリエチレン球から構成されており、それぞれはその球毎に定まる中性子エネルギー応答関数によって重み付けられた中性子束積分値を測定するものである。球の内部に置かれる検出装置は直径が5.1cm の球形比例計数管であり、0.5 気圧の BF_3ガス（B-10濃縮度96%）がその中に充填されている。広範囲のエネルギーの中性子を測定するために、検出器は裸の状態、カドミウムで包んだ状態、又はカドミウムで包まれた種々の厚さのポリエチレン球殻の中に収納された状態で使用され、それぞれの検出器の名称はそのポリエチレン球の直径で呼ばれる。本実験では，その直径が 3”（インチ）、5”、及び 8”の３種類

のボナーボールが使用された。ボナーボールによる測定値は、中性子スペクトルの計算値をMaerker 他[11]及びBurgart 他[12]によって決定されたボナーボール応答関数によってフォールディングすることにより解析的に予測される。

それぞれの検出器による測定結果は、炉心水平面上に位置するように設置されている２個の核分裂計数管により求められる原子炉出力（単位；ワット(W)）に対する比として表記された。上記核分裂計数管の原子炉出力に対する応答特性は、過去数回実施された熱的平衡状態での原子炉発熱量測定結果によって確認されている。

表4. 1　ホニャックボタン応答関数

Response Unit : ergs・cm²/g・neutron

ＯＲＮＬデータ			国内ギャップストリーミング実験解析適用		
Gr.	Upper Energy(ev)	Response	Gr.	Upper Energy(ev)	Response
1	1.49183E+07	6.20000E-07	1	1.4918E+07	5.4255E-07
2	1.22140E+07	5.80065E-07			
3	1.00000E+07	5.42000E-07			
4	8.18730E+06	5.03007E-07			
5	6.70320E+06	4.68005E-07			
6	5.48811E+06	4.36003E-07	2	5.4881E+06	4.2040E-07
7	4.49329E+06	4.19996E-07			
8	3.67879E+06	3.89995E-07	3	3.3287E+06	3.4281E-07
9	3.01194E+06	3.49997E-07			
10	2.46597E+06	3.12000E-07			
11	2.34570E+06	3.12000E-07			
12	2.23130E+06	3.11998E-07			
13	2.01897E+06	2.96999E-07	4	2.0190E+06	2.7443E-07
14	1.65299E+06	2.67000E-07			
15	1.35335E+06	2.44030E-07	5	1.2246E+06	2.1800E-07
16	1.10803E+06	2.21954E-07			
17	9.07180E+05	2.01000E-07			
18	7.42735E+05	1.77006E-07	6	7.4274E+05	0.0000E+00
19	6.08101E+05	1.58000E-07			
20	5.23397E+05	1.58000E-07			
21	4.97870E+05	1.39212E-07	7	4.5049E+05	0.0000E+00
22	3.87742E+05	1.24004E-07			
23	3.01974E+05	1.18000E-07			
24	2.98491E+05	1.18000E-07			
25	2.97211E+05	1.18000E-07			
26	2.94518E+05	1.18000E-07			
27	2.73237E+05	7.93368E-11			
28	2.23708E+05	0.00000E+00			

5. 測 定 デ ー タ

表5.1 に各実験体系での測定項目の一覧表を示す。以下、測定項目毎にその内容と測定結果を示す。

中性子スペクトル測定（表5.1 の " Spectra & BB " に対応）

表5.1 の体系Ⅱ-AおよびⅡ-Cにおいて、放射線ビーム中心軸上での中性子スペクトル測定が実施された。検出器は、第４章で記したNE-213検出器と３種類の水素充填圧の反跳陽子検出器が用いられた。いずれの測定もγ線が計数に及ぼす影響を低減するため、約3.81cm（1.5 インチ）厚さの鉛スラブ２枚が実験体系と検出器の間に設置された（第３章の実験体系構成図を参照のこと）。検出器は鉛スラブ後方25cm位置に設置された。これは，検出器を出来るだけ実験体系に近付けることによって鉛スラブより外側から漏洩してくる放射線の影響を低減するためである。測定結果は、NE－213 検出器と反跳陽子検出器による中性子スペクトル評価結果のそれぞれが、アンフォールディング誤差を含んだ形式で、表と図により与えられている。測定が行われた体系と図表番号の対応関係を以下に示す。

体系Ⅱ-A　　表5.2 及び表5.3 ならびに図5.1 及び図5.2

体系Ⅱ-C　　表5.4 及び表5.5 ならびに図5.3 及び図5.4

また、中性子スペクトル測定時には、同一測定条件で3 "、5 " 及び 8" の3 種類のボナーボールによる測定も実施された。測定結果は下記の表に示す。

スペクトル測定位置ボナーボール応答　　表5.6

ビーム中心軸上でのボナーボール測定（表5.1 の" Bonner Ball Centerline" に対応）

すべての実験体系において、放射線ビーム中心軸上でのボナーボール測定が、体系後方150cm 位置で実施された。測定には、 3"、5"、及び 8" の３種類のボナーボールが使用された。当位置では、フォアグラウンド測定に加えてバックグラウンド測定も行われた。これは、実験体系以外の領域から漏洩してボナーボール計数率に寄与する中性子成分を評価するために実施されたものである。バックグラウンド測定は、検出器位置から実験体系の最後部スラブが見えなくなるよう、ほぼ中間位置にリチウムパラフィンれんが（91.4cm四方、40.6cm厚さ）を設置した状態で実施された。測定は体系Ⅲ-Hおよ

び-HH を除く全体系で実施された。測定結果は下記の表にまとめられている。

体系ⅠおよびⅡ　　表5.7

体系Ⅲ　　表5.8

ボナーボールによる水平方向トラバース測定（表5.1 の"Bonner Ball Traverse"に対応）

本測定は．放射線ビーム中心軸に垂直な方向での中性子束分布を測定するために、実験体系後方30cm位置で水平方向にボナーボールを移動させて測定を行ったものである。使用されたボナーボールは 3"、5" 及び 8" の３種類であり、測定は全体系について実施された。当位置では、検出器と実験体系の間に何も置かない状態での測定（フォアグラウンド測定）のみが行われている。

それぞれのボナーボールによる測定結果を、下記の図表に示す。図表中で放射線ビーム中心軸からの距離に記されているＳ及びＮは、それぞれSouth 及びNorth の略語であり、実験体系を正面から見て前者は左側を、後者は右側を意味するものである。

体系ⅠおよびⅡ

３" ボナーボール　　表5.9　及び　図5.5

５" ボナーボール　　表5.10　及び　図5.6

８" ボナーボール　　表5.11　及び　図5.7

体系Ⅲ

３" ボナーボール　　表5.12　及び　図5.8 (A～D)、図5.11(E～HH)

５" ボナーボール　　表5.13　及び　図5.9 (A～D)、図5.12(E～HH)

８" ボナーボール　　表5.14　及び　図5.10(A～D)、図5.13(E～HH)

体系Ⅲ-Eの水平方向トラバース測定において、北側端で計数率に急激なピークが見られており、北側のコンクリート供試体とコンクリートブロック間に小さなボイドあるいはギャップが存在することを示唆している。

ホニャックボタンによる水平方向トラバース測定（表5.1 の"Hornyak Button"に対応）

本測定は、放射線ビーム中心軸に垂直な方向での中性子束分布を測定するために、実験体系後方 2cmおよび30cm位置で水平方向にホニャックボタンを移動させて測定を行ったものである。ホニャックボタンは検出器が小型である（直径0.635cm 、厚さ0.159cm）ために、ギャップからストリーミングしてくる中性子の位置依存性が比較的忠実にに再

現できる。測定は体系Ⅱの全体系で行われた。この結果を下記の表に示す。なお体系Ⅲでも当初測定が予定されいたが、体系Ⅲ-Aでの数cpm（500kW出力時）を初めとして計数率が低過ぎるため、断念された。

体系Ⅱ　　表5.15及び表5.16　ならびに　図5.14及び図5.15

表5.1　ギャップストリーミング実験測定項目

Configuration*	Measurements **			
	Spectra & BB	Bonner Ball		Hornyak Button
		Centerline	Traverse	
I. Neutron Spectrum Modifier				
A. SM-2 (10cm Fe + 9cm A1 + 2.5cm boral + 180cm Na)		×	×	
II. Bare Beam + Mockups				
A. 100cm concrete slab	×	×	×	×
B. 1cm straight annular slit		×	×	×
C. 3cm straight annular slit	×	×	×	×
D. 2cm slit, 4cm offset		×	×	×
E. 2cm slit, 8cm offset		×	×	×
III. SM-2 + Mockups				
A. 100cm concrete		×	×	
B. 1cm straight annular slit		×	×	
C. 3cm straight annular slit		×	×	
D. III.C + 5cm SS		×	×	
E. III.C + 10cm SS		×	×	
F. 2cm slit, 4cm offset		×	×	
G. 2cm slit, 8cm offset		×	×	
H. all slits filled			×	
HH. III.H + 15cm borated polyethylene			×	

* Nominal Dimensions

** Spectra & BB : Ne-213/Benjamin spectrometer measurements on beam centerline as close as feasible and 3-, 5-, and 10-in Bonner balls at same location.

BB Centerline : 3-, 5-, and 8-in. Bonner ball measurements on centerline at 150cm.

BB Traverse : 3-, 5-, and 8-in. Bonner ball traverses at 30cm behind the shield mockups.

Hornyak Button : Hornyak button (0.25-in-diameter) traverse as close as feasible behind shield mockup and at 30cm.

表5.2　高エネルギー中性子スペクトル測定値（体系ⅡA、鉛スラブ後方25cm）
(ORNL/TM-12140より引用)

Table 14. Spectrum of high-energy neutrons (>0.8 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIA): Run 7925A

Neutron Energy (MeV)	Flux (neutrons $cm^{-2}MeV^{-1}kW^{-1}s^{-1}$) Lower Limit	Upper Limit	Neutron Energy (MeV)	Flux (neutrons $cm^{-2}MeV^{-1}kW^{-1}s^{-1}$) Lower Limit	Upper Limit
8.11E -01	1.26E +02	1.30E +02	5.94E +00	8.80E +00	9.07E +00
9.07E -01	1.27E +02	1.28E +02	6.25E +00	7.79E +00	8.11E +00
1.01E +00	1.12E +02	1.13E +02	6.55E +00	6.71E +00	6.97E +00
1.11E +00	1.05E +02	1.07E +02	6.84E +00	5.64E +00	5.82E +00
1.20E +00	1.06E +02	1.07E +02	7.24E +00	4.20E +00	4.34E +00
1.31E +00	1.07E +02	1.09E +02	7.74E +00	2.75E +00	2.93E +00
1.41E +00	1.06E +02	1.08E +02	8.24E +00	1.91E +00	2.10E +00
1.51E +00	1.03E +02	1.04E +02	8.76E +00	1.42E +00	1.50E +00
1.61E +00	9.67E +01	9.77E +01	9.26E +00	1.08E +00	1.16E +00
1.71E +00	9.09E +01	9.19E +01	9.74E +00	8.31E -01	8.91E -01
1.81E +00	8.69E +01	8.79E +01	1.03E +01	5.83E -01	6.38E -01
1.93E +00	8.68E +01	8.77E +01	1.08E +01	4.04E -01	4.52E -01
2.10E +00	9.34E +01	9.43E +01	1.12E +01	3.05E -01	3.42E -01
2.30E +00	9.61E +01	9.69E +01	1.18E +01	2.34E -01	2.64E -01
2.50E +00	7.99E +01	8.05E +01	1.24E +01	1.61E -01	1.90E -01
2.70E +00	5.44E +01	5.50E +01	1.32E +01	7.66E -02	9.64E -02
2.90E +00	3.50E +01	3.55E +01	1.40E +01	1.92E -04	1.92E -02
3.10E +00	2.26E +01	2.32E +01	1.48E +01	-7.01E -03	9.35E -03
3.30E +00	1.57E +01	1.62E +01	1.56E +01	4.01E -02	5.51E -02
3.50E +00	1.20E +01	1.25E +01	1.65E +01	4.38E -02	5.73E -02
3.71E +00	1.03E +01	1.07E +01	1.75E +01	4.75E -03	1.38E -02
3.91E +00	9.85E +00	1.02E +01	1.85E +01	-4.24E -03	3.13E -03
4.15E +00	1.02E +01	1.06E +01	1.95E +01	-1.50E -03	5.57E -03
4.45E +00	1.11E +01	1.14E +01	2.05E +01	-6.41E -03	4.09E -03
4.75E +00	1.11E +01	1.14E +01	2.16E +01	-8.10E -03	2.99E -03
5.04E +00	1.05E +01	1.08E +01	2.26E +01	-4.68E -03	3.00E -03
5.34E +00	9.93E +00	1.02E +01	2.35E +01	-2.96E -03	3.53E -03
5.64E +00	9.46E +00	9.76E +00			

E1 (MeV)	E2 (MeV)	Integral neutrons $cm^{-2}kW^{-1}s^{-1}$	Error neutrons $cm^{-2}kW^{-1}s^{-1}$
0.811	1.000	2.37E +01	1.93E -01
1.000	1.200	2.15E +01	1.35E -01
1.200	1.600	4.22E +01	2.30E -01
1.600	2.000	3.59E +01	1.93E -01
2.000	3.000	7.20E +01	3.39E -01
3.000	4.000	1.44E +01	2.43E -01
4.000	6.000	2.08E +01	3.08E -01
6.000	8.000	1.06E +01	2.08E -01
8.000	10.000	2.73E +00	1.00E -01
10.000	12.000	8.11E -01	4.24E -02
12.000	16.000	2.56E -01	3.93E -02
16.000	20.000	5.86E -02	1.86E -02
3.000	10.000	4.84E +01	8.63E -01
1.500	15.000	1.67E +02	1.52E +00
3.000	12.000	4.92E +01	9.05E -01

表5.3　　中性子スペクトル測定値（体系ⅡA、鉛スラブ後方25cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 15. Neutron spectrum (50 keV to 1.4 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIA) Runs 1594.A, 1594.B, 1595.SUM

N	Energy Boundary (MeV)		Flux (neutrons $cm^{-2}MeV^{-1}kW^{-1}s^{-1}$)	Error (%)
		RUN 1595.SUM		
1	0.0445	0.0529	1.24E +03	2.51
2	0.0529	0.0629	5.85E +02	4.91
3	0.0629	0.0730	4.44E +02	7.44
4	0.0730	0.0864	4.53E +02	6.01
5	0.0864	0.1015	3.96E +02	6.90
6	0.1015	0.1200	3.56E +02	6.97
7	0.1200	0.1401	3.15E +02	8.23
8	0.1401	0.1653	3.16E +02	7.11
9	0.1653	0.1955	2.68E +02	7.63
		RUN 1594.B		
1	0.1414	0.1655	2.77E +02	3.69
2	0.1655	0.1955	2.63E +02	3.63
3	0.1955	0.2316	2.41E +02	3.83
4	0.2316	0.2737	2.28E +02	4.01
5	0.2737	0.3219	2.37E +02	3.91
6	0.3219	0.3760	1.85E +02	5.09
7	0.3760	0.4482	1.54E +02	5.02
		RUN 1594.A		
1	0.3265	0.3818	1.76E +02	2.90
2	0.3818	0.4482	1.40E +02	3.52
3	0.4482	0.5257	1.71E +02	2.86
4	0.5257	0.6142	1.91E +02	2.53
5	0.6142	0.7249	1.69E +02	2.53
6	0.7249	0.8577	1.52E +02	2.59
7	0.8577	1.0126	9.90E +01	3.84
8	1.0126	1.1897	9.49E +01	3.93
9	1.1897	1.4000	1.05E +02	3.25

表5.4　高エネルギー中性子スペクトル測定値（体系ＩＩＣ、鉛スラブ後方25cm）
(ORNL/TM-12140より引用)

Table 19. Spectrum of high-energy neutrons (>0.8 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIC) Run 7926.A

Neutron Energy (MeV)	Flux (neutrons $cm^{-2}MeV^{-1}kW^{-1}s^{-1}$) Lower Limit	Upper Limit	Neutron Energy (MeV)	Flux (neutrons $cm^{-2}MeV^{-1}kW^{-1}s^{-1}$) Lower Limit	Upper Limit
8.11E -01	7.53E +03	7.67E +03	5.94E +00	1.64E +02	1.70E +02
9.07E -01	7.95E +03	8.04E +03	6.25E +00	1.24E +02	1.31E +02
1.01E +00	7.30E +03	7.35E +03	6.55E +00	9.96E +01	1.06E +02
1.11E +00	6.64E +03	6.70E +03	6.84E +00	8.59E +01	9.00E +01
1.20E +00	6.15E +03	6.20E +03	7.24E +00	6.89E +01	7.20E +01
1.31E +00	5.69E +03	5.74E +03	7.74E +00	4.81E +01	5.20E +01
1.41E +00	5.30E +03	5.34E +03	8.24E +00	3.50E +01	3.89E +01
1.51E +00	4.97E +03	5.00E +03	8.76E +00	2.71E +01	2.90E +01
1.61E +00	4.65E +03	4.69E +03	9.26E +00	2.03E +01	2.20E +01
1.71E +00	4.36E +03	4.40E +03	9.74E +00	1.48E +01	1.61E +01
1.81E +00	4.10E +03	4.14E +03	1.03E +01	1.04E +01	1.16E +01
1.93E +00	3.83E +03	3.86E +03	1.08E +01	7.28E +00	8.36E +00
2.10E +00	3.44E +03	3.47E +03	1.12E +01	5.31E +00	6.14E +00
2.30E +00	3.02E +03	3.05E +03	1.18E +01	3.78E +00	4.45E +00
2.50E +00	2.61E +03	2.64E +03	1.24E +01	2.40E +00	3.03E +00
2.70E +00	2.16E +03	2.18E +03	1.32E +01	1.51E +00	1.93E +00
2.90E +00	1.77E +03	1.79E +03	1.40E +01	3.28E -01	7.48E -01
3.10E +00	1.42E +03	1.44E +03	1.48E +01	-2.78E -01	5.53E -02
3.30E +00	1.15E +03	1.17E +03	1.56E +01	4.42E -01	7.31E -01
3.50E +00	9.38E +02	9.57E +02	1.65E +01	6.85E -01	9.69E -01
3.71E +00	7.76E +02	7.89E +02	1.75E +01	8.39E -02	2.61E -01
3.91E +00	6.59E +02	6.71E +02	1.85E +01	-6.56E -02	7.62E -02
4.15E +00	5.60E +02	5.71E +02	1.95E +01	-2.58E -02	1.10E -01
4.45E +00	4.65E +02	4.74E +02	2.05E +01	-1.43E -01	5.86E -02
4.75E +00	3.82E +02	3.90E +02	2.16E +01	-1.73E -01	3.84E -02
5.04E +00	3.12E +02	3.19E +02	2.26E +01	-8.93E -02	5.63E -02
5.34E +00	2.54E +02	2.60E +02	2.35E +01	-4.95E -02	7.46E -02
5.64E +00	2.08E +02	2.14E +02			

E1 (MeV)	E2 (MeV)	Integral neutrons $cm^{-2}kW^{-1}s^{-1}$	Error neutrons $cm^{-2}kW^{-1}s^{-1}$
0.811	1.000	1.48E +03	8.43E +00
1.000	1.200	1.35E +03	5.14E +00
1.200	1.600	2.16E +03	8.18E +00
1.600	2.000	1.67E +03	6.61E +00
2.000	3.000	2.61E +03	1.21E +01
3.000	4.000	9.99E +02	7.94E +00
4.000	6.000	6.97E +02	7.68E +00
6.000	8.000	1.71E +02	4.70E +00
8.000	10.000	5.10E +01	2.19E +00
10.000	12.000	1.45E +01	9.52E -01
12.000	16.000	4.39E +00	8.28E -01
16.000	20.000	9.81E -01	3.70E -01
3.000	10.000	1.92E +03	2.26E +01
1.500	15.000	6.70E +03	4.48E +01
3.000	12.000	1.93E +03	2.35E +01

表5.5　　中性子スペクトル測定値（体系ⅡC、鉛スラブ後方25cm）

Table 20. Neutron spectrum (50 keV to 1.4 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIC) Runs 1597.B, 1597.A, 1596.A

N	Energy Boundary (MeV)		Flux (neutrons $cm^{-2}MeV^{-1}kW^{-1}s^{-1}$)	Error (%)
		RUN 1597.B		
1	0.0391	0.0455	3.26E +04	3.78
2	0.0455	0.0535	2.73E +04	4.11
3	0.0535	0.0630	2.57E +04	4.14
4	0.0630	0.0742	2.89E +04	3.58
5	0.0742	0.0870	2.55E +04	4.01
6	0.0870	0.1029	1.99E +04	4.57
7	0.1029	0.1205	2.30E +04	4.11
8	0.1205	0.1412	2.45E +04	3.61
9	0.1412	0.1668	2.05E +04	3.82
10	0.1668	0.1971	1.83E +04	3.95
		RUN 1597.A		
1	0.1425	0.1668	1.87E +04	1.89
2	0.1668	0.1971	1.66E +04	1.97
3	0.1971	0.2335	1.46E +04	2.17
4	0.2335	0.2759	1.65E +04	1.90
5	0.2759	0.3245	1.67E +04	1.89
6	0.3245	0.3790	1.30E +04	2.45
7	0.3790	0.4457	9.68E +03	3.02
8	0.4457	0.5246	1.03E +04	2.71
9	0.5246	0.6216	1.20E +04	2.03
		RUN 1596.A		
1	0.4486	0.5243	1.04E +04	1.98
2	0.5243	0.6216	1.18E +04	1.50
3	0.6216	0.7297	1.07E +04	1.67
4	0.7297	0.8595	8.83E +03	1.84
5	0.8595	1.0108	6.70E +03	2.28
6	1.0108	1.1838	5.76E +03	2.54
7	1.1838	1.4000	5.29E +03	2.30

表5.6　NE-213 検出器位置（中性子スペクトル測定位置）での
ボナーボール検出器測定結果　(ORNL/TM-12140より引用)

Table 16. Bonner ball measurements on centerline at NE 213 location (Items IIA, C)

		Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)		
Configuration[a]	Detector Location	3-inch Diam Ball[c]	5-inch Diam Ball[c]	10-inch Diam Ball[c]
IIA	25 cm behind lead[b]	1.53 (-1)[d]	5.64 (-1)	3.96 (-1)
IIC	25 cm behind lead	9.38 (0)	3.47 (1)	2.23 (1)

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Lead slab between configuration and detector (see schematics).
[c]Foreground only. Count rate without shadow shield between detector and configuration.
[d]Read: 1.53×10^{-1}.

表5.7　ボナーボール検出器測定値（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、中心軸上、体系後方150cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 10. Bonner ball measurements on centerline at 150 cm behind mockups (Items IA, IIA-E)

	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	3-inch-Diam Ball		5-inch-Diam Ball		8-inch-Diam Ball	
Configuration[a]	Foreground[b]	Background[c]	Foreground	Background	Foreground	Background
IA	1.05 (1)[d]	1.05 (0)	1.63 (1)	1.27 (0)	5.95 (0)	3.59 (-1)
IIA	7.46 (-2)	1.13 (-2)	2.42 (-1)	2.72 (-2)	2.47 (-1)	1.92 (-2)
IIB	1.98 (-1)	2.38 (-2)	7.14 (-1)	5.39 (-2)	5.87 (-1)	3.53 (-2)
IIC	1.72 (0)	1.61 (-1)	5.93 (0)	3.51 (-1)	5.25 (0)	2.23 (-1)
IID	4.26 (-1)	5.18 (-2)	1.61 (0)	1.13 (-1)	1.23 (0)	6.13 (-2)
IIE	1.98 (-1)	2.47 (-2)	5.97 (-1)	5.27 (-2)	4.90 (-1)	3.52 (-2)

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Neutron flux without shadow shield between detector and configuration.
[c]Neutron flux with shadow shield between detector and configuration.
[d]Read 1.05×10^{1}.

表5.8　ボナーボール検出器測定値　(体系ⅢA－G、中心軸上、体系後方150cm)
(ORNL/TM-12140より引用)

Table 21. Bonner ball measurements on centerline at 150 cm behind the mockup (Items IIIA-G)

	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	3-inch-Diam Ball		5-inch-Diam Ball		8-inch-Diam Ball	
Configuration[a]	Foreground[b]	Background[c]	Foreground	Background	Foreground	Background
IIIA	4.99 (-4)[d]	4.45 (-4)	9.11 (-4)	8.42 (-4)	4.12 (-4)	3.82 (-4)
IIIB	5.16 (-4)	4.30 (-4)	9.15 (-4)	7.82 (-4)	4.18 (-4)	3.62 (-4)
IIIC	1.18 (-3)	4.40 (-4)	1.92 (-3)	8.47 (-4)	7.54 (-4)	3.60 (-4)
IIID	1.02 (-3)	4.46 (-4)	1.73 (-3)	8.11 (-4)	7.29 (-4)	3.81 (-4)
IIIE	6.65 (-4)	4.46 (-4)	1.22 (-3)	8.29 (-4)	5.44 (-4)	3.78 (-4)
IIIF	5.17 (-4)	4.69 (-4)	9.64 (-4)	8.70 (-4)	4.33 (-4)	3.87 (-4)
IIIG	5.01 (-4)	4.58 (-4)	9.14 (-4)	8.45 (-4)	4.15 (-4)	3.82 (-4)

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Count rate without shadow shield between detector and configuration.
[c]Count rate with shadow shield between detector and configuration.
[d]Read 4.99×10^{-4}.

表5.9　　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 11. 3-inch Bonner ball traverses through the horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IA, IIA-E)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	Item IA[a]	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
90S		8.39 (-2)[b]				
85		1.08 (-1)				
80	2.14 (1)	1.77 (-1)				
77				1.91 (0)		
76			4.00 (-1)			
75		3.44 (-1)				
70	2.78 (1)	1.92 (-1)			8.45 (-1)	4.37 (-1)
65		2.12 (-1)		2.66 (0)		
60	3.30 (1)	2.29 (-1)	4.57 (-1)		1.16 (0)	5.79 (-1)
55				3.61 (0)		
50	3.74 (1)		5.86 (-1)		1.62 (0)	7.71 (-1)
45		2.76 (-1)		5.27 (0)	2.00 (0)	9.57 (-1)
42.5						1.14 (0)
40	4.03 (1)		7.85 (-1)	6.54 (0)	2.48 (0)	1.48 (0)
38					2.78 (0)	1.79 (0)
36					3.20 (0)	1.87 (0)
35			9.24 (-1)	1.14 (1)		
34					3.56 (0)	1.61 (0)
33				2.25 (1)		
32.5			1.09 (0)			
32					3.53 (0)	1.26 (0)
31				4.87 (1)		
30	4.26 (1)	3.22 (-1)	2.02 (0)		3.15 (0)	1.11 (0)
29			3.93 (0)	7.51 (1)		
28			5.47 (0)	7.83 (1)	2.73 (0)	1.15 (0)
27			6.24 (0)	7.42 (1)		
26			6.48 (0)	6.31 (1)	2.51 (0)	1.17 (0)
25			6.39 (0)	4.73 (1)		
24			5.48 (0)	3.22 (1)		1.13 (0)
23			3.65 (0)	1.97 (1)	2.37 (0)	
22			1.71 (0)			1.08 (0)
21			1.13 (0)	9.64 (0)		
20	4.52 (1)		1.09 (0)		2.30 (0)	1.03 (0)
19				8.86 (0)		
17.5						1.03 (0)
17				8.86 (0)		
15		3.53 (-1)	1.05 (0)		2.26 (0)	1.02 (0)
12				8.45 (0)		
10	4.62 (1)		1.07 (0)		2.24 (0)	1.02 (0)
6				8.38 (0)		
5			1.08 (0)		2.24 (0)	1.03 (0)
0	4.70 (1)	3.65 (-1)	1.05 (0)	8.28 (0)	2.23 (0)	1.02 (0)

Table 11. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	Item IA	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
5			1.06 (0)		2.24 (0)	1.03 (0)
6				8.32 (0)		
10	4.66 (1)		1.11 (0)		2.25 (0)	1.02 (0)
12				8.56 (0)		
15		3.48 (-1)	1.09 (0)		2.29 (0)	1.04 (0)
17				8.60 (0)		
19				8.92 (0)		
20	4.51 (1)		1.12 (0)		2.35 (0)	1.05 (0)
21			1.16 (0)	1.03 (1)		
22			1.41 (0)			1.08 (0)
23			3.07 (0)	2.47 (1)	2.44 (0)	
24			5.62 (0)	3.98 (1)		1.14 (0)
25			7.30 (0)	5.71 (1)		
26			7.89 (0)	7.45 (1)	2.57 (0)	1.17 (0)
27			7.87 (0)	8.30 (1)		
28			7.32 (0)	8.50 (1)	2.86 (0)	1.16 (0)
29			5.86 (0)	7.76 (1)		
30	4.32 (1)	3.21 (-1)	3.31 (0)		3.41 (0)	1.15 (0)
31			1.72 (0)	4.71 (1)		
32					3.81 (0)	1.28 (0)
33			1.14 (0)	2.06 (1)	3.82 (0)	
34					3.72 (0)	1.65 (0)
35			9.77 (-1)	1.07 (1)		
36					3.28 (0)	1.97 (0)
38					2.83 (0)	1.97 (0)
40	4.05 (1)		8.00 (-1)	6.44 (0)	2.50 (0)	1.60 (0)
42.5						1.20 (0)
45		2.75 (-1)		5.22 (0)	1.96 (0)	9.95 (-1)
50	3.71 (1)		5.95 (-1)	4.26 (0)	1.58 (0)	7.82 (-1)
55				3.57 (0)		
60	3.27 (1)	2.19 (-1)	4.50 (-1)		1.13 (0)	5.81 (-1)
65	3.08 (1)	2.01 (-1)		2.52 (0)		
70		1.80 (-1)			8.21 (-1)	4.40 (-1)
75		1.74 (-1)		1.98 (0)		
76			4.62 (-1)			
80		1.44 (-1)				
85		1.06 (-1)				
90N		8.31 (-2)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 8.39×10^{-2}.

表5.10　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 12. 5-inch Bonner ball traverses through the horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IA, IIA-E)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	Item IA[a]	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
90S		2.66 (-1)[b]				
80	3.31 (1)					
76			1.03 (0)			
75		8.50 (-1)		5.55 (0)		
70	4.27 (1)				2.78 (0)	1.25 (0)
65				7.72 (0)		
60	5.12 (1)	7.45 (-1)	1.42 (0)		3.96 (0)	1.64 (0)
55			1.64 (0)	1.10 (1)		
50	5.77 (1)				6.09 (0)	2.26 (0)
45		8.89 (-1)	2.17 (0)	1.65 (1)		2.92 (0)
42.5						3.53 (0)
40	6.33 (1)		2.69 (0)	2.20 (1)	1.07 (1)	4.23 (0)
38						4.70 (0)
37.5					1.21 (1)	
36						4.75 (0)
35			3.73 (0)	5.55 (1)	1.31 (1)	
34						4.56 (0)
33				1.10 (2)		
32.5			6.20 (0)		1.31 (1)	
32						4.19 (0)
31				1.76 (2)		
30	6.72 (1)	1.07 (0)	1.47 (1)		1.20 (1)	3.92 (0)
29				2.21 (2)		
28			1.86 (1)	2.30 (2)		3.78 (0)
27.5					1.08 (1)	
27				2.26 (2)		
26			1.99 (1)	2.14 (2)		3.72 (0)
25				1.93 (2)	9.76 (0)	
24			1.85 (1)			3.65 (0)
23				1.27 (2)		
22			1.35 (1)			3.45 (0)
21				6.41 (1)		
20	7.10 (1)		6.00 (0)		8.55 (0)	3.21 (0)
19				3.22 (1)		
18			3.62 (0)			
17.5						3.01 (0)
17				2.85 (1)		
16			3.52 (0)			
15		1.14 (0)				2.90 (0)
12				2.72 (1)		
10	7.28 (1)		3.53 (0)		7.75 (0)	2.92 (0)
6				2.65 (1)		
5			3.44 (0)			2.91 (0)

Table 12. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	Item IA	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
0	7.37 (1)	1.19 (0)	3.44 (0)	2.63 (1)	7.65 (0)	2.89 (0)
5			3.40 (0)	2.63 (1)		2.88 (0)
10	7.26 (1)		3.49 (0)	2.68 (1)	7.87 (0)	2.94 (0)
14			3.53 (0)			
15		1.15 (0)		2.75 (1)		2.93 (0)
16			3.60 (0)			
17.5						3.01 (0)
18			3.69 (0)			
20	7.10 (1)		5.83 (0)	4.51 (1)	8.77 (0)	3.21 (0)
22			1.52 (1)			3.45 (0)
23				1.37 (2)		
24			2.22 (1)	1.79 (2)		3.75 (0)
25				2.13 (2)	1.02 (1)	
26			2.45 (1)	2.34 (2)		3.86 (0)
27				2.45 (2)		
27.5					1.15 (1)	
28			2.31 (1)	2.49 (2)		3.84 (0)
29				2.42 (2)		
30	6.76 (1)	1.05 (0)	1.80 (1)	2.24 (2)	1.30 (1)	4.00 (0)
31				1.98 (2)		
32						4.41 (0)
32.5			7.40 (0)		1.38 (1)	
33				1.23 (2)		
34						4.74 (0)
35			3.89 (0)	6.09 (1)	1.36 (1)	
36						4.96 (0)
37.5					1.24 (1)	
38				2.74 (1)		4.89 (0)
40	6.34 (1)		2.73 (0)		1.07 (1)	4.47 (0)
42.5						3.66 (0)
45		8.90 (-1)		1.64 (1)		2.93 (0)
50	5.67 (1)		1.91 (0)		5.91 (0)	2.30 (0)
60	4.95 (1)	7.06 (-1)	1.40 (0)	8.91 (0)	3.87 (0)	1.64 (0)
65	3.08 (1)					
67.5		6.16 (-1)				
70					2.69 (0)	1.24 (0)
75		5.45 (-1)		5.62 (0)		
76			1.12 (0)			
82.5		3.90 (-1)				
90N		2.59 (-1)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 2.66×10^{-1}.

表5.11　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 13. 8-inch Bonner ball traverses through horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IA, IIA-E)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	Item IA[a]	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
90S		2.61 (-1)[b]				
80	1.18 (1)					
75		6.78 (-1)				
71.8				4.69 (0)		
70	1.53 (1)		8.83 (-1)		1.97 (0)	1.02 (0)
65				5.91 (0)		
60	1.81 (1)	7.19 (-1)	1.14 (0)		2.83 (0)	1.31 (0)
55				8.72 (0)		
50	2.06 (1)		1.52 (0)		4.65 (0)	1.83 (0)
45		9.09 (-1)		1.40 (1)	6.18 (0)	2.47 (0)
42.5						2.88 (0)
40	2.25 (1)		2.32 (0)	2.32 (1)	8.13 (0)	3.22 (0)
38						3.40 (0)
37.5					8.88 (0)	
36						3.48 (0)
35			5.82 (0)	8.86 (1)	9.30 (0)	
34						3.48 (0)
33				1.23 (2)		
32.5			9.72 (0)		9.25 (0)	
32						3.46 (0)
31				1.55 (2)		
30	2.45 (1)	1.04 (0)	1.31 (1)		8.83 (0)	3.27 (0)
29			1.40 (1)	1.72 (2)		
28			1.47 (1)			3.10 (0)
27.5					8.12 (0)	
27			1.50 (1)	1.76 (2)		
26			1.54 (1)			2.93 (0)
25			1.52 (1)	1.66 (2)	7.35 (0)	
24			1.48 (1)			2.78 (0)
23				1.42 (2)		
22			1.30 (1)			2.68 (0)
21				1.06 (2)		
20	2.53 (1)		1.01 (1)		6.21 (0)	2.55 (0)
19				6.62 (1)		
18			6.47 (0)			
17.5						2.42 (0)
15		1.19 (0)	2.94 (0)	2.45 (1)	5.62 (0)	2.28 (0)
10	2.65 (1)		2.72 (0)	2.18 (1)	5.42 (0)	2.24 (0)
5			2.71 (0)	2.11 (1)	5.29 (0)	2.24 (0)

Table 13. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)					
	Item IA	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
0	2.63 (1)	1.22 (0)	2.73 (0)	2.10 (1)	5.31 (0)	2.22 (0)
5			2.77 (0)	2.11 (1)	5.34 (0)	2.23 (0)
10	2.59 (1)		2.77 (0)	2.19 (1)	5.50 (0)	2.26 (0)
15		1.19 (0)	3.23 (0)	2.58 (1)	5.87 (0)	2.33 (0)
17.5						2.46 (0)
19				7.90 (1)		
20	2.52 (1)		1.34 (1)		6.55 (0)	2.62 (0)
21				1.25 (2)		
22						2.78 (0)
22.5					7.16 (0)	
23				1.64 (2)		
24						2.87 (0)
25			1.92 (1)	1.88 (2)	8.01 (0)	
26						2.99 (0)
27				1.94 (2)		
27.5					8.81 (0)	
28						3.22 (0)
29				1.87 (2)		
30	2.40 (1)	1.05 (0)	1.53 (1)		9.46 (0)	3.40 (0)
31				1.67 (2)		
32						3.56 (0)
32.5					9.81 (0)	
33				1.32 (2)		
34						3.62 (0)
35			6.02 (0)	9.14 (1)	9.54 (0)	
36						3.52 (0)
37.5					8.85 (0)	
38						3.41 (0)
40	2.25 (1)		2.30 (0)	2.25 (1)	7.98 (0)	3.23 (0)
42.5						2.84 (0)
45		9.07 (-1)		1.35 (1)	5.80 (0)	2.40 (0)
50	2.01 (1)		1.50 (0)		4.26 (0)	1.79 (0)
55				8.48 (0)		
60	1.78 (1)	7.12 (-1)	1.10 (0)		2.71 (0)	1.29 (0)
65	1.65 (1)			5.64 (0)		
70					1.91 (0)	1.01 (0)
72.2				4.41 (0)		
75N		5.11 (-1)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 2.61×10^{-1}.

表5.12　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 22. 3-inch Bonner ball traverses through the horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IIIA-HH)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA[a]	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
75S					6.08 (-4)[b]				
70		3.76 (-4)							
66.4				1.37 (-3)					
65	3.70 (-4)		1.08 (-3)			3.77 (-4)	3.35 (-4)	3.26 (-4)	2.49 (-4)
60	3.74 (-4)	3.96 (-4)	1.23 (-3)	1.68 (-3)	7.92 (-4)	3.75 (-4)	3.37 (-4)	3.26 (-4)	2.43 (-4)
55									
50		4.13 (-4)	1.67 (-3)	2.41 (-3)		4.05 (-4)	3.46 (-4)	3.36 (-4)	2.46 (-4)
45	3.78 (-4)		2.06 (-3)		1.17 (-3)	4.24 (-4)	3.48 (-4)		
40		4.57 (-4)	2.52 (-3)	3.33 (-3)	1.37 (-3)	4.61 (-4)	3.87 (-4)	3.33 (-4)	2.52 (-4)
37.5		4.75 (-4)	2.94 (-3)		1.43 (-3)	5.01 (-4)	4.12 (-4)		
36							4.05 (-4)		
35		4.93 (-4)	6.53 (-3)	3.93 (-3)	1.49 (-3)	5.69 (-4)		3.35 (-4)	
34			1.16 (-2)	4.06 (-3)					
33			2.25 (-2)	4.33 (-3)					
32.5		5.21 (-4)			1.62 (-3)	6.02 (-4)	3.67 (-4)		
32			3.70 (-2)	4.60 (-3)					
31			5.44 (-2)	4.89 (-3)					
30	3.90 (-4)	8.34 (-4)	6.91 (-2)	5.08 (-3)	1.74 (-3)	5.47 (-4)	3.59 (-4)	3.44 (-4)	2.48 (-4)
29		2.46 (-3)	7.66 (-2)	5.41 (-3)					
28		4.99 (-3)	7.59 (-2)	5.49 (-3)		4.83 (-4)			
27.5					1.78 (-3)		3.62 (-4)		
27		6.33 (-3)	6.53 (-2)	5.46 (-3)					
26		7.03 (-3)	4.91 (-2)	5.29 (-3)		4.49 (-4)			
25		7.11 (-3)	3.19 (-2)	5.10 (-3)	1.84 (-3)		3.63 (-4)	3.47 (-4)	

Table 22. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
24		6.32 (-3)	1.69 (-2)	4.96 (-3)		4.41 (-4)			
23		4.63 (-3)	7.71 (-3)	4.92 (-3)					
22.5					1.86 (-3)				
22		1.99 (-3)	4.19 (-3)	4.81 (-3)		4.31 (-4)			
21		6.49 (-4)		4.86 (-3)					
20		5.97 (-4)	3.58 (-3)	4.84 (-3)	1.89 (-3)	4.29 (-4)	3.53 (-4)	3.36 (-4)	2.46 (-4)
15	3.95 (-4)	5.45 (-4)	3.29 (-3)	4.96 (-3)	1.95 (-3)	4.27 (-4)			
10		5.40 (-4)	3.06 (-3)	4.93 (-3)	1.98 (-3)	4.27 (-4)	3.59 (-4)	3.38 (-4)	2.53 (-4)
5				4.95 (-3)	1.98 (-3)				
0	3.97 (-4)	5.31 (-4)	2.94 (-3)	4.94 (-3)	1.99 (-3)	4.20 (-4)	3.55 (-4)	3.35 (-4)	2.49 (-4)
5				5.01 (-3)	1.97 (-3)				
10		5.28 (-4)	2.99 (-3)	5.05 (-3)	1.97 (-3)	4.23 (-4)	3.56 (-4)	3.43 (-4)	2.50 (-4)
15	3.99 (-4)	5.31 (-4)	3.10 (-3)	5.01 (-3)	1.95 (-3)	4.39 (-4)			
20		5.44 (-4)	3.62 (-3)	4.87 (-3)	1.89 (-3)	4.35 (-4)	3.60 (-4)	3.40 (-4)	2.49 (-4)
21		5.47 (-4)	6.44 (-3)	4.93 (-3)					
22		6.04 (-4)	1.49 (-2)	4.86 (-3)		4.32 (-4)			
22.5					1.86 (-3)				
23		1.63 (-3)	2.87 (-2)	5.01 (-3)					
24		4.38 (-3)	4.74 (-2)	5.20 (-3)		4.43 (-4)			
25		6.36 (-3)	6.45 (-2)	5.30 (-3)	1.88 (-3)		3.73 (-4)	3.47 (-4)	

Table 22. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
26		7.35 (-3)	7.65 (-2)	5.41 (-3)		4.61 (-4)			
27		7.55 (-3)	8.11 (-2)	5.47 (-3)					
27.5					1.87 (-3)		3.78 (-4)		
28		7.00 (-3)	7.41 (-2)	5.43 (-3)		4.85 (-4)			
29		5.60 (-3)	6.18 (-2)	5.18 (-3)					
30	3.96 (-4)	3.15 (-3)	4.50 (-2)	4.90 (-3)	1.78 (-3)	5.75 (-4)	3.71 (-4)	3.52 (-4)	2.52 (-4)
31		1.04 (-3)	2.79 (-2)	4.62 (-3)					
32			1.52 (-2)	4.30 (-3)					
32.5		5.36 (-4)			1.69 (-3)	6.50 (-4)	3.83 (-4)		
33			7.70 (-3)	4.15 (-3)					
34			4.49 (-3)	3.98 (-3)			3.95 (-4)		
35		4.94 (-4)	3.24 (-3)	3.81 (-3)	1.59 (-3)	6.29 (-4)		3.49 (-4)	
36							4.28 (-4)		
37.5		4.90 (-4)	2.49 (-3)		1.48 (-3)	5.36 (-4)	4.22 (-4)		
40		4.65 (-4)	2.18 (-3)	3.25 (-3)	1.42 (-3)	4.83 (-4)	4.00 (-4)	3.46 (-4)	2.49 (-4)
45	3.87 (-4)				1.24 (-3)	4.42 (-4)	3.68 (-4)		
50		4.42 (-4)	1.48 (-3)	2.33 (-3)		4.23 (-4)	3.64 (-4)	3.50 (-4)	2.53 (-4)
60	3.88 (-4)	4.39 (-4)	1.09 (-3)	1.71 (-3)	8.64 (-4)	4.13 (-4)	3.67 (-4)	3.61 (-4)	2.55 (-4)
65	3.96 (-4)	4.36 (-4)				4.38 (-4)	3.78 (-4)	3.71 (-4)	2.63 (-4)
70				1.36 (-3)					
75N					2.19 (-3)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 6.08×10^{-4}.

表5.13　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 23. 5-inch Bonner ball traverses through the horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IIIA-HH)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA[a]	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
75S					1.06 (-3)[b]				
70		5.60 (-4)		1.97 (-3)					
65	6.12 (-4)					6.64 (-4)	5.59 (-4)	5.64 (-4)	4.18 (-4)
60	6.30 (-4)	6.17 (-4)	1.79 (-3)	2.61 (-3)	1.42 (-3)	6.70 (-4)	5.68 (-4)	5.69 (-4)	4.22 (-4)
50		6.27 (-4)	2.47 (-3)	3.71 (-3)		7.31 (-4)	5.85 (-4)	5.87 (-4)	4.19 (-4)
45	6.50 (-4)				2.06 (-3)	8.15 (-4)	6.01 (-4)		
42.5		6.81 (-4)					6.23 (-4)		
40		7.22 (-4)	3.75 (-3)	5.25 (-3)	2.39 (-3)	9.49 (-4)	6.63 (-4)	5.84 (-4)	4.23 (-4)
38							6.61 (-4)		
37.5		7.29 (-4)	4.79 (-3)		2.53 (-3)	1.04 (-3)			
36							6.58 (-4)		
35		7.49 (-4)	1.28 (-2)	6.61 (-3)	2.73 (-3)	1.13 (-3)		6.22 (-4)	
34				7.00 (-3)			6.62 (-4)		
33				7.38 (-3)					
32.5		1.32 (-3)			3.04 (-3)	1.11 (-3)			
32			4.24 (-2)	8.03 (-3)			6.66 (-4)		
31		3.29 (-3)		8.47 (-3)					
30	6.49 (-4)	4.50 (-3)	7.30 (-2)	8.65 (-3)	3.29 (-3)	1.07 (-3)	6.49 (-4)	5.99 (-4)	4.31 (-4)
29		5.47 (-3)		8.99 (-3)					
28		6.27 (-3)		9.17 (-3)		9.97 (-4)	6.54 (-4)		
27.5			8.52 (-2)		3.41 (-3)				
27		6.75 (-3)		9.26 (-3)					
26		6.90 (-3)		9.17 (-3)		9.39 (-4)	6.47 (-4)		

Table 23. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
25		6.89 (-3)	7.21 (-2)	8.93 (-3)	3.49 (-3)			6.04 (-4)	
24		6.53 (-3)		8.62 (-3)		8.73 (-4)	6.46 (-4)		
23		5.80 (-3)		8.21 (-3)					
22.5			3.84 (-2)		3.38 (-3)				
22		4.73 (-3)		8.00 (-3)		8.32 (-4)	6.40 (-4)		
21				7.90 (-3)					
20		1.85 (-3)	1.01 (-2)	7.65 (-3)	3.31 (-3)	8.34 (-4)	6.23 (-4)	5.94 (-4)	4.32 (-4)
17.5		7.99 (-4)	5.19 (-3)			7.91 (-4)			
15	6.68 (-4)	8.27 (-4)	4.98 (-3)	7.75 (-3)	3.35 (-3)	7.89 (-4)	6.10 (-4)		
10		8.24 (-4)	4.55 (-3)	7.75 (-3)	3.45 (-3)	7.83 (-4)	6.07 (-4)	6.12 (-4)	4.32 (-4)
5		7.72 (-4)		7.75 (-3)	3.41 (-3)				
0	6.56 (-4)	8.01 (-4)	4.30 (-3)	7.74 (-3)	3.45 (-3)	7.89 (-4)	5.96 (-4)	5.84 (-4)	4.29 (-4)
5		7.86 (-4)		7.81 (-3)	3.42 (-3)				
10		8.08 (-4)	4.45 (-3)	7.84 (-3)	3.42 (-3)	7.97 (-4)	6.09 (-4)	5.92 (-4)	4.30 (-4)
15	6.66 (-4)	8.07 (-4)	4.61 (-3)	7.79 (-3)	3.39 (-3)	7.96 (-4)	6.06 (-4)		
17.5		8.18 (-4)				8.00 (-4)			
20		1.19 (-3)	8.63 (-3)	7.89 (-3)	3.31 (-3)	8.10 (-4)	6.16 (-4)	5.95 (-4)	4.31 (-4)
21				8.07 (-3)					
22		4.26 (-3)		8.26 (-3)		8.27 (-4)	6.42 (-4)		
22.5			3.53 (-2)		3.39 (-3)				
23		5.53 (-3)		8.50 (-3)					
24		6.59 (-3)		8.96 (-3)		8.65 (-4)	6.59 (-4)		
25		7.21 (-3)	7.28 (-2)	9.13 (-3)	3.45 (-3)			6.22 (-4)	

Table 23. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
26		7.47 (-3)		9.33 (-3)		9.23 (-4)	6.66 (-4)		
27		7.37 (-3)		9.31 (-3)					
27.5			8.91 (-2)		3.52 (-3)				
28		6.97 (-3)		9.30 (-3)		9.99 (-4)	6.61 (-4)		
29		6.30 (-3)		9.01 (-3)					
30	6.67 (-4)	5.35 (-3)	7.83 (-2)	8.79 (-3)	3.46 (-3)	1.09 (-3)	6.56 (-4)	6.28 (-4)	4.31 (-4)
31				8.34 (-3)					
32				7.90 (-3)			6.65 (-4)		
32.5		2.04 (-3)	4.79 (-2)		3.19 (-3)	1.18 (-3)			
33				7.36 (-3)					
34				6.83 (-3)			6.74 (-4)		
35		7.84 (-4)	1.57 (-2)	6.47 (-3)	2.87 (-3)	1.17 (-3)		6.08 (-4)	
36							6.76 (-4)		
37.5		7.32 (-4)	5.02 (-3)		2.63 (-3)	1.09 (-3)			
38							6.75 (-4)		
40		6.98 (-4)	3.60 (-3)	5.15 (-3)	2.42 (-3)	1.02 (-3)	6.63 (-4)	6.06 (-4)	4.35 (-4)
42.5		6.75 (-4)					6.39 (-4)		
45	6.63 (-4)			4.40 (-3)	2.18 (-3)	8.59 (-4)	6.30 (-4)		
50		6.47 (-4)	2.33 (-3)	3.72 (-3)		7.91 (-4)	6.08 (-4)	6.00 (-4)	4.30 (-4)
60	6.55 (-4)	6.31 (-4)	1.73 (-3)	2.71 (-3)	1.52 (-3)	7.40 (-4)	6.09 (-4)	6.13 (-4)	4.34 (-4)
65	6.44 (-4)					7.22 (-4)	6.13 (-4)	6.03 (-4)	4.38 (-4)
70				2.22 (-3)					
75N					3.20 (-3)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 1.06×10^{-3}.

表5.14　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 24. 8-inch Bonner ball traverses through the horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IIIA-HH)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA[a]	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
70S					5.06 (-4)[b]				
66				8.71 (-4)					
65	2.49 (-4)	2.58 (-4)				2.69 (-4)	2.29 (-4)	2.29 (-4)	1.79 (-4)
60	2.59 (-4)	2.67 (-4)	6.69 (-4)	1.05 (-3)		2.88 (-4)	2.32 (-4)	2.29 (-4)	1.77 (-4)
55					7.19 (-4)				
50		2.89 (-4)	9.00 (-4)	1.47 (-3)		3.33 (-4)	2.55 (-4)	2.38 (-4)	1.80 (-4)
45	2.68 (-4)		1.11 (-3)	1.76 (-3)	9.09 (-4)		2.58 (-4)		
40		3.19 (-4)	1.82 (-3)	2.11 (-3)	1.08 (-3)	4.48 (-4)	2.68 (-4)	2.43 (-4)	1.81 (-4)
37.5		3.46 (-4)	4.68 (-3)			4.76 (-4)			
35		7.14 (-4)	1.03 (-2)	2.93 (-3)	1.30 (-3)	5.02 (-4)	2.83 (-4)	2.53 (-4)	
32.5		1.23 (-3)	1.55 (-2)	3.28 (-3)	1.43 (-3)	4.86 (-4)			
30	2.69 (-4)	1.61 (-3)	1.92 (-2)	3.55 (-3)	1.50 (-3)	4.78 (-4)	2.85 (-4)	2.57 (-4)	1.85 (-4)
28		1.87 (-3)				4.64 (-4)			
27.5			2.08 (-2)	3.77 (-3)	1.58 (-3)				
26		1.97 (-3)				4.36 (-4)			
25			2.01 (-2)	3.78 (-3)	1.59 (-3)		2.85 (-4)	2.60 (-4)	
24		1.95 (-3)				4.05 (-4)			
22.5			1.69 (-2)	3.65 (-3)	1.58 (-3)				
22		1.78 (-3)				3.88 (-4)			
20		1.51 (-3)	1.13 (-2)	3.41 (-3)	1.53 (-3)	3.62 (-4)	2.70 (-4)	2.48 (-4)	1.79 (-4)
17.5		9.58 (-4)	5.00 (-3)						
15	2.77 (-4)	3.73 (-4)	1.88 (-3)	3.09 (-3)	1.45 (-3)	3.45 (-4)	2.57 (-4)		
12.5		3.49 (-4)							
10		3.55 (-4)	1.64 (-3)	3.05 (-3)	1.48 (-3)	3.33 (-4)	2.57 (-4)	2.46 (-4)	1.83 (-4)
5				3.07 (-3)	1.49 (-3)				
0	2.72 (-4)	3.52 (-4)	1.54 (-3)	3.08 (-3)	1.47 (-3)	3.32 (-4)	2.58 (-4)	2.45 (-4)	1.83 (-4)

Table 24. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Bonner ball count rates ($s^{-1}W^{-1}$)								
	Item IIIA	Item IIIB	Item IIIC	Item IIID	Item IIIE	Item IIIF	Item IIIG	Item IIIH	Item IIIHH
5				3.01 (-3)	1.48 (-3)				
10		3.41 (-4)	1.56 (-3)	3.06 (-3)	1.48 (-3)	3.53 (-4)	2.58 (-4)	2.44 (-4)	1.84 (-4)
12.5		3.52 (-4)							
15	2.80 (-4)	3.61 (-4)	1.75 (-3)	3.08 (-3)	1.48 (-3)	3.49 (-4)	2.63 (-4)		
17.5		8.74 (-4)	4.29 (-3)						
20		1.53 (-3)	1.08 (-2)	3.43 (-3)	1.54 (-3)	3.78 (-4)	2.74 (-4)	2.54 (-4)	1.85 (-4)
22		1.89 (-3)				3.85 (-4)			
22.5			1.70 (-2)	3.67 (-3)	1.56 (-3)				
24		2.09 (-3)				4.13 (-4)			
25			2.06 (-2)	3.80 (-3)	1.59 (-3)		2.83 (-4)	2.57 (-4)	
26		2.08 (-3)				4.38 (-4)			
27.5			2.15 (-2)	3.75 (-3)	1.59 (-3)				
28		1.99 (-3)				4.69 (-4)			
30	2.74 (-4)	1.70 (-3)	2.00 (-2)	3.58 (-3)	1.52 (-3)	4.91 (-4)	2.88 (-4)	2.60 (-4)	1.80 (-4)
32.5		1.33 (-3)	1.64 (-2)	3.21 (-3)	1.44 (-3)	5.11 (-4)			
35		7.96 (-4)	1.11 (-2)	2.86 (-3)	1.32 (-3)	5.18 (-4)	2.87 (-4)	2.53 (-4)	
37.5		3.57 (-4)	5.41 (-3)			4.93 (-4)			
40		3.19 (-4)	1.97 (-3)	2.10 (-3)	1.09 (-3)	4.63 (-4)	2.76 (-4)	2.46 (-4)	1.82 (-4)
45	2.79 (-4)		1.02 (-3)	1.77 (-3)	9.40 (-4)	3.93 (-4)	2.66 (-4)		
50		2.93 (-4)	8.60 (-4)	1.48 (-3)		3.37 (-4)	2.55 (-4)	2.42 (-4)	1.80 (-4)
55					7.33 (-4)				
60	2.64 (-4)	2.86 (-4)	6.47 (-4)	1.09 (-3)		2.97 (-4)	2.52 (-4)	2.47 (-4)	1.86 (-4)
65		2.87 (-4)		9.53 (-4)		3.03 (-4)	2.52 (-4)	2.52 (-4)	1.83 (-4)
70N					8.62 (-4)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of experiments.
[b]Read: 5.06×10^{-4}.

表5.15　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方 2cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 17. Hornyak button traverse through the horizontal midplane at 2 cm behind a series of configurations (Items IIA-E)

Distance from Centerline (cm)	Neutron Dose Rate (ergs $g^{-1}h^{-1}W^{-1}$)				
	Item IIA[a]	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
72.5S	3.43 (-4)[b]				
70		3.00 (-4)		2.98 (-4)	3.25 (-4)
60	4.55 (-4)	3.68 (-4)	8.95 (-4)	3.82 (-4)	4.37 (-4)
50		4.18 (-4)	1.63 (-3)	4.97 (-4)	6.26 (-4)
45	6.39 (-4)	5.02 (-4)		5.97 (-4)	7.56 (-4)
42.5					8.50 (-4)
40		5.78 (-4)	3.65 (-3)	8.69 (-4)	1.03 (-3)
39					1.17 (-3)
38				1.10 (-3)	1.43 (-3)
37					2.76 (-3)
36.5					3.64 (-3)
36				1.27 (-3)	3.84 (-3)
35		7.23 (-4)	7.13 (-3)	1.49 (-3)	3.40 (-3)
34.5					2.44 (-3)
34				1.78 (-3)	1.47 (-3)
33			9.90 (-3)	3.10 (-3)	1.22 (-3)
32.5				4.71 (-3)	
32				4.66 (-3)	1.16 (-3)
31.5				4.28 (-3)	
31				3.79 (-3)	
30.5				2.65 (-3)	
30	8.15 (-4)	1.31 (-3)	2.34 (-2)	1.63 (-3)	1.17 (-3)
29.5			3.44 (-2)	1.43 (-3)	
29			7.49 (-2)	1.27 (-3)	
28.5			2.82 (-1)	1.20 (-3)	
28		2.21 (-3)	3.99 (-1)	1.15 (-3)	1.10 (-3)
27.5			3.88 (-1)	1.08 (-3)	
27		5.76 (-3)	3.67 (-1)	1.07 (-3)	
26.8		1.57 (-2)			
26.5		6.68 (-2)	3.43 (-1)	1.13 (-3)	
26.3		8.65 (-2)			
26.1		8.19 (-2)			
26			3.07 (-1)	1.02 (-3)	9.67 (-4)
25.9		7.78 (-2)			
25.7		6.72 (-2)			
25.5		4.04 (-2)	2.26 (-1)		
25.2		6.45 (-3)			
25		3.56 (-3)	4.08 (-2)		
24		1.98 (-3)	1.77 (-2)		9.12 (-4)
23			1.27 (-2)	8.71 (-4)	
22		1.37 (-3)	1.14 (-2)		
20		1.18 (-3)	9.09 (-3)	8.01 (-4)	8.64 (-4)
15	9.57 (-4)	9.57 (-4)	5.30 (-3)	7.80 (-4)	8.65 (-4)
10			4.37 (-3)	7.45 (-4)	8.56 (-4)
5		7.36 (-4)	3.59 (-3)	7.65 (-4)	9.09 (-4)

Table 17. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Neutron Dose Rate (ergs $g^{-1}h^{-1}W^{-1}$)				
	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
0	1.04 (-3)	8.05 (-4)		8.07 (-4)	8.90 (-4)
5		8.10 (-4)	3.68 (-3)	7.77 (-4)	8.84 (-4)
10		8.16 (-4)	4.44 (-3)	7.85 (-4)	8.91 (-4)
15	1.00 (-3)		5.91 (-3)	8.15 (-4)	9.20 (-4)
20		1.39 (-3)	9.28 (-3)	8.58 (-4)	9.00 (-4)
22		1.58 (-3)	1.16 (-2)		
23			1.34 (-2)	9.34 (-4)	
24		2.25 (-3)	1.70 (-2)		9.55 (-4)
25		4.03 (-3)	3.42 (-2)		
25.5		4.41 (-2)	1.68 (-1)		
25.7		7.78 (-2)			
25.9		8.97 (-2)			
26			3.31 (-1)	1.08 (-3)	1.04 (-3)
26.1		9.72 (-2)			
26.3		1.02 (-1)			
26.5		9.12 (-2)	3.71 (-1)	1.26 (-3)	
26.7		5.86 (-2)			
27		1.13 (-2)	4.05 (-1)	1.11 (-3)	
27.5			4.28 (-1)	1.19 (-3)	
28		2.85 (-3)	4.43 (-1)	1.23 (-3)	1.18 (-3)
28.5			4.33 (-1)	1.28 (-3)	
29			1.45 (-1)	1.36 (-3)	
29.5			5.67 (-2)		
30	8.85 (-4)	1.54 (-3)	3.35 (-2)	1.78 (-3)	1.21 (-3)
31				4.19 (-3)	
32				5.05 (-3)	1.21 (-3)
33			1.10 (-2)	3.63 (-3)	1.22 (-3)
34				1.93 (-3)	1.51 (-3)
34.5					2.61 (-3)
35		8.70 (-4)	7.97 (-3)	1.52 (-3)	3.29 (-3)
35.5					3.62 (-3)
36				1.28 (-3)	3.84 (-3)
36.5					3.76 (-3)
37					2.60 (-3)
38				1.05 (-3)	1.47 (-3)
39					1.19 (-3)
40			3.97 (-3)	8.62 (-4)	1.08 (-3)
42.5					9.15 (-4)
45	6.75 (-4)	5.41 (-4)		6.31 (-4)	8.15 (-4)
50			1.61 (-3)	5.33 (-4)	6.50 (-4)
60	4.77 (-4)		8.69 (-4)	3.71 (-4)	4.50 (-4)
70			5.51 (-4)		3.19 (-4)
71.5N	3.55 (-4)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 3.43×10^{-4}.

表5.16　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡA－E、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Table 18. Hornyak button traverse through the horizontal midplane at 30 cm behind a series of configurations (Items IIA-E)

Distance from Centerline (cm)	Neutron Dose Rate (ergs $g^{-1}h^{-1}W^{-1}$)				
	Item IIA[a]	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
90S	1.10 (-4)[b]				
75	2.37 (-4)				
70					3.06 (-4)
60	3.28 (-4)	3.44 (-4)	1.62 (-3)	3.65 (-4)	4.07 (-4)
50		4.41 (-4)		4.90 (-4)	5.24 (-4)
45	4.33 (-4)		3.25 (-3)	6.27 (-4)	6.22 (-4)
42.5					7.51 (-4)
40		5.15 (-4)		8.14 (-4)	9.67 (-4)
39					1.13 (-3)
38				9.97 (-4)	1.38 (-3)
37				1.13 (-3)	1.60 (-3)
36.5					1.62 (-3)
36				1.28 (-3)	1.59 (-3)
35.5					1.51 (-3)
35		6.65 (-4)	7.61 (-3)	1.47 (-3)	1.40 (-3)
34.5					1.05 (-3)
34				1.65 (-3)	1.22 (-3)
33.5				1.83 (-3)	
33				1.89 (-3)	8.25 (-4)
32.5				1.90 (-3)	
32			2.33 (-2)	1.82 (-3)	7.66 (-4)
31.5				1.75 (-3)	
31			4.27 (-2)	1.62 (-3)	7.63 (-4)
30.5			6.29 (-2)	1.47 (-3)	
30	5.02 (-4)	1.04 (-3)	8.52 (-2)	1.19 (-3)	7.68 (-4)
29.5			1.20 (-1)		
29			1.74 (-1)		7.74 (-4)
28.7			2.13 (-1)		
28.5			2.19 (-1)		
28.2			2.26 (-1)		
28		6.44 (-3)		8.40 (-4)	7.60 (-4)
27.9			2.25 (-1)		
27.5		1.60 (-2)	2.18 (-1)		
27.3		2.44 (-2)			
27		3.99 (-2)	2.03 (-1)		7.26 (-4)
26.8		4.95 (-2)			
26.5		5.18 (-2)	1.93 (-1)	8.40 (-4)	
26.3		4.94 (-2)			
26		3.97 (-2)	1.73 (-1)		6.95 (-4)
25.5		1.14 (-2)	1.49 (-1)		
25		1.64 (-3)	8.84 (-2)	7.56 (-4)	7.23 (-4)
24.5		1.12 (-3)			
24		1.03 (-3)	1.62 (-2)		
22.5					6.74 (-4)
22		8.13 (-4)			
20		7.44 (-4)	7.60 (-3)	7.01 (-4)	6.43 (-4)
15	5.88 (-4)	8.17 (-4)		6.71 (-4)	6.48 (-4)
10		7.61 (-4)	5.82 (-3)	6.69 (-4)	6.62 (-4)
5		7.49 (-4)		6.67 (-4)	6.68 (-4)
0	6.12 (-4)	7.65 (-4)	5.23 (-3)	6.70 (-4)	6.63 (-4)

Table 18. (continued)

Distance from Centerline (cm)	Neutron Dose Rate (ergs $g^{-1}h^{-1}W^{-1}$)				
	Item IIA	Item IIB	Item IIC	Item IID	Item IIE
5				6.68 (-4)	6.40 (-4)
10		7.31 (-4)	5.93 (-3)	6.58 (-4)	6.67 (-4)
15	5.89 (-4)			6.64 (-4)	6.49 (-4)
20		8.60 (-4)	7.95 (-3)	7.02 (-4)	6.81 (-4)
22		9.15 (-4)			
22.5					6.75 (-4)
24		1.35 (-3)	1.39 (-2)		
24.5		2.60 (-3)			
25		3.15 (-3)	6.21 (-2)	7.75 (-4)	7.35 (-4)
25.2		4.37 (-2)			
25.4		5.22 (-2)			
25.5			1.36 (-1)		
25.6		5.77 (-2)			
25.8		6.23 (-2)			
26		6.44 (-2)	1.78 (-1)	8.10 (-4)	7.34 (-4)
26.2		6.24 (-2)			
26.4		5.03 (-2)			
26.5			2.05 (-1)		
26.6		3.72 (-2)			
26.8		2.67 (-2)			
27		1.84 (-2)	2.21 (-1)	8.47 (-4)	7.62 (-4)
27.5		8.06 (-3)	2.36 (-1)	8.53 (-4)	
28		3.39 (-3)	2.48 (-1)	8.72 (-4)	7.65 (-4)
28.2			2.50 (-1)		
28.5			2.54 (-1)	9.25 (-4)	
28.7			2.53 (-1)		
29			2.38 (-1)	9.90 (-4)	7.99 (-4)
29.3			2.09 (-1)		
29.5			1.78 (-1)		
30	5.40 (-4)	1.08 (-3)	1.20 (-1)	1.33 (-3)	7.91 (-4)
31			6.28 (-2)	1.70 (-3)	7.86 (-4)
31.5				1.83 (-3)	
32			3.16 (-2)	1.93 (-3)	7.72 (-4)
32.5				2.04 (-3)	
33				1.99 (-3)	8.74 (-4)
33.5				1.92 (-3)	
34				1.85 (-3)	1.20 (-3)
34.5				1.66 (-3)	1.31 (-3)
35		7.47 (-4)	8.63 (-3)	1.60 (-3)	1.48 (-3)
35.5					1.56 (-3)
36				1.39 (-3)	1.60 (-3)
36.5					1.70 (-3)
37				1.16 (-3)	1.60 (-3)
38				1.06 (-3)	1.33 (-3)
39				9.32 (-4)	1.11 (-3)
40		5.53 (-4)		8.54 (-4)	9.55 (-4)
42.5					7.55 (-4)
45	4.43 (-4)		3.61 (-3)	6.31 (-4)	6.28 (-4)
50		4.27 (-4)		4.96 (-4)	5.27 (-4)
60	3.50 (-4)	3.09 (-4)	1.79 (-3)	3.65 (-4)	4.03 (-4)
70					3.01 (-4)
75	2.51 (-4)				
82N	1.77 (-4)				

[a]See experimental program plan in Appendix A for description of configurations.
[b]Read: 1.10×10^{-4}.

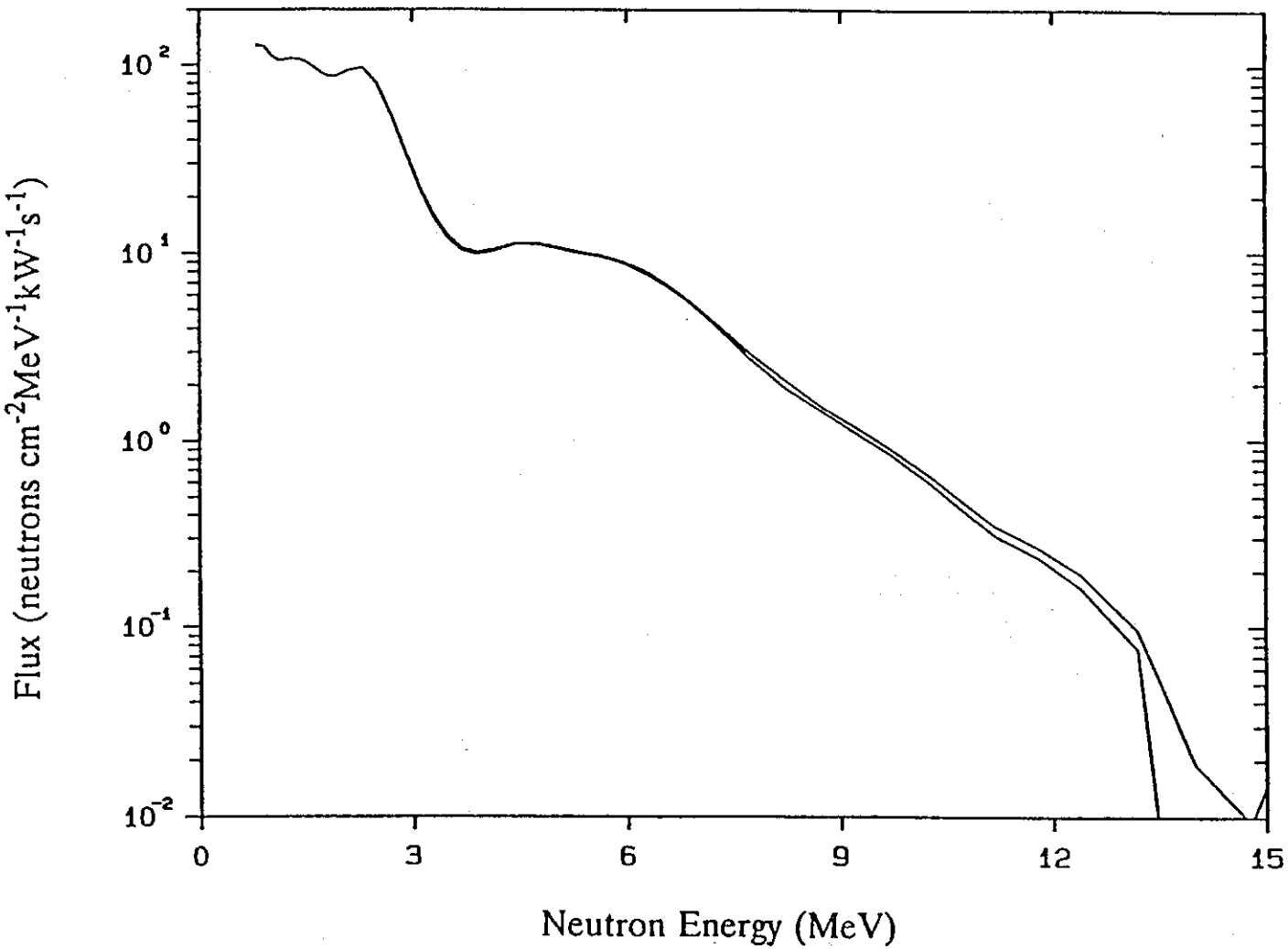


図5.1　高エネルギー中性子スペクトル測定値（体系ⅡA、鉛スラブ後方25cm）
(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 11. Spectrum of high-energy neutrons (>0.8 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIA) Run 7925A.

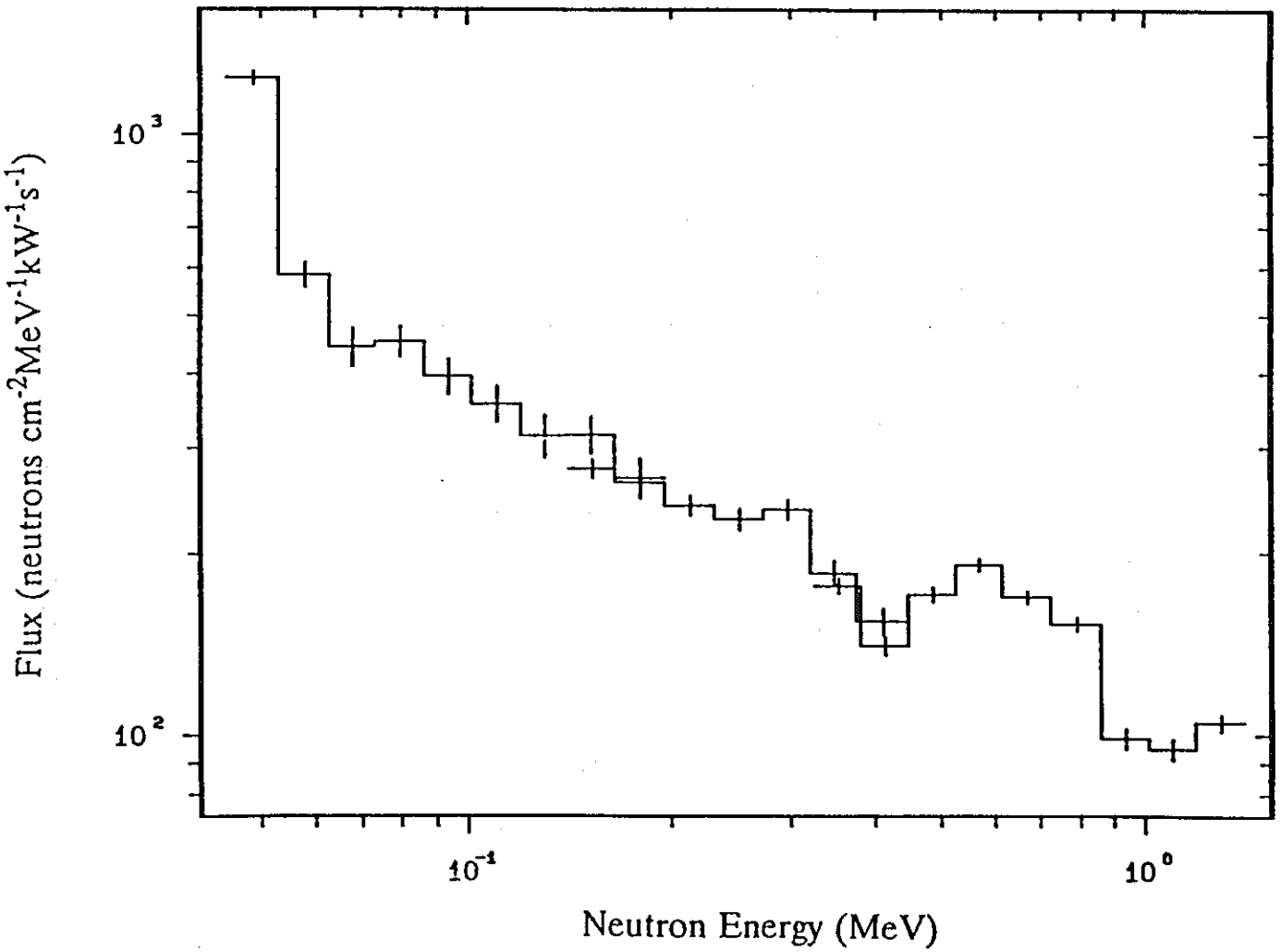


図5.2 中性子スペクトル測定値（体系ⅡA、鉛スラブ後方25cm）（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 12. Neutron spectrum (50 keV to 1.4 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIA) Runs 1594A, 1594B, 1595SUM.

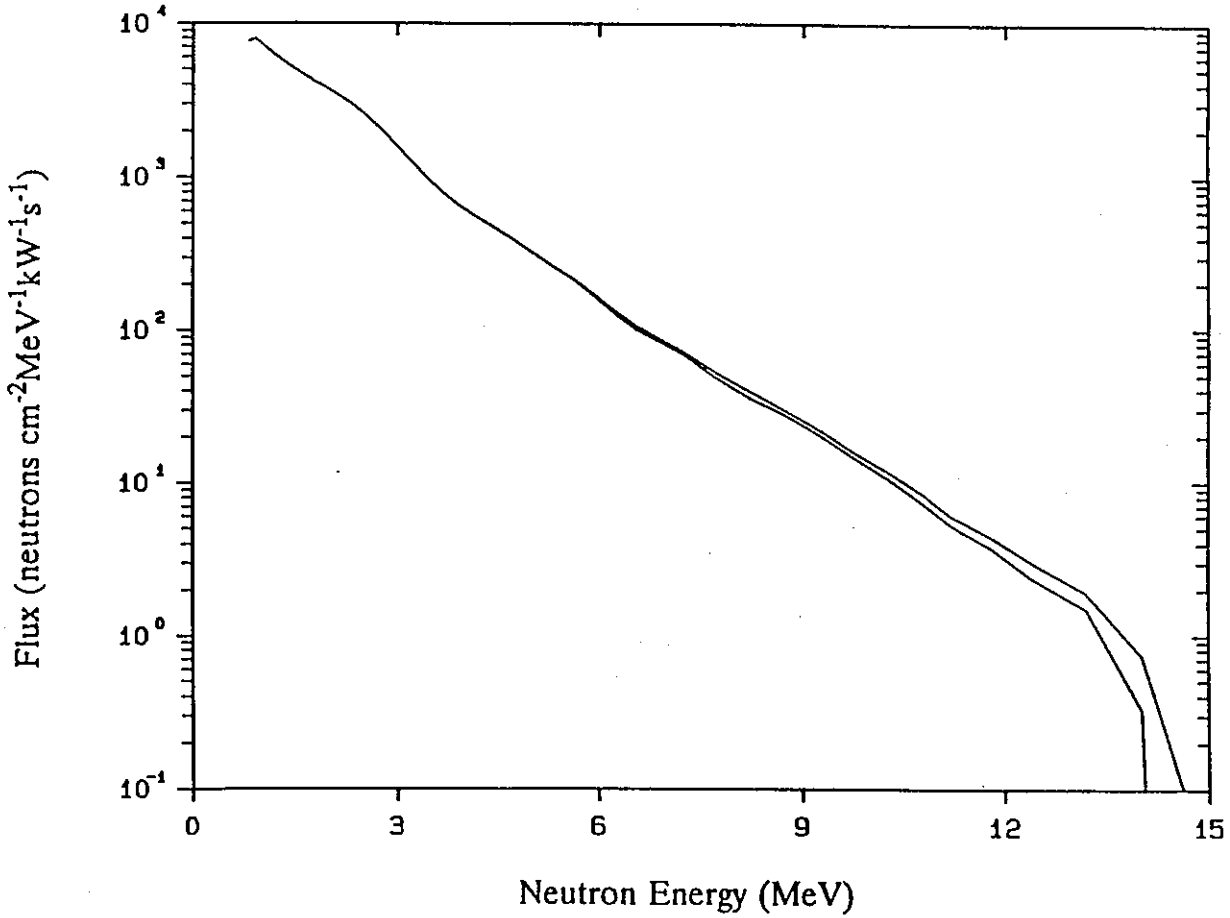


図5.3　高エネルギー中性子スペクトル測定値　（体系ＩＩＣ、鉛スラブ後方25cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 17. Spectrum of high-energy neutrons (>0.8 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIC) Run 7926A.

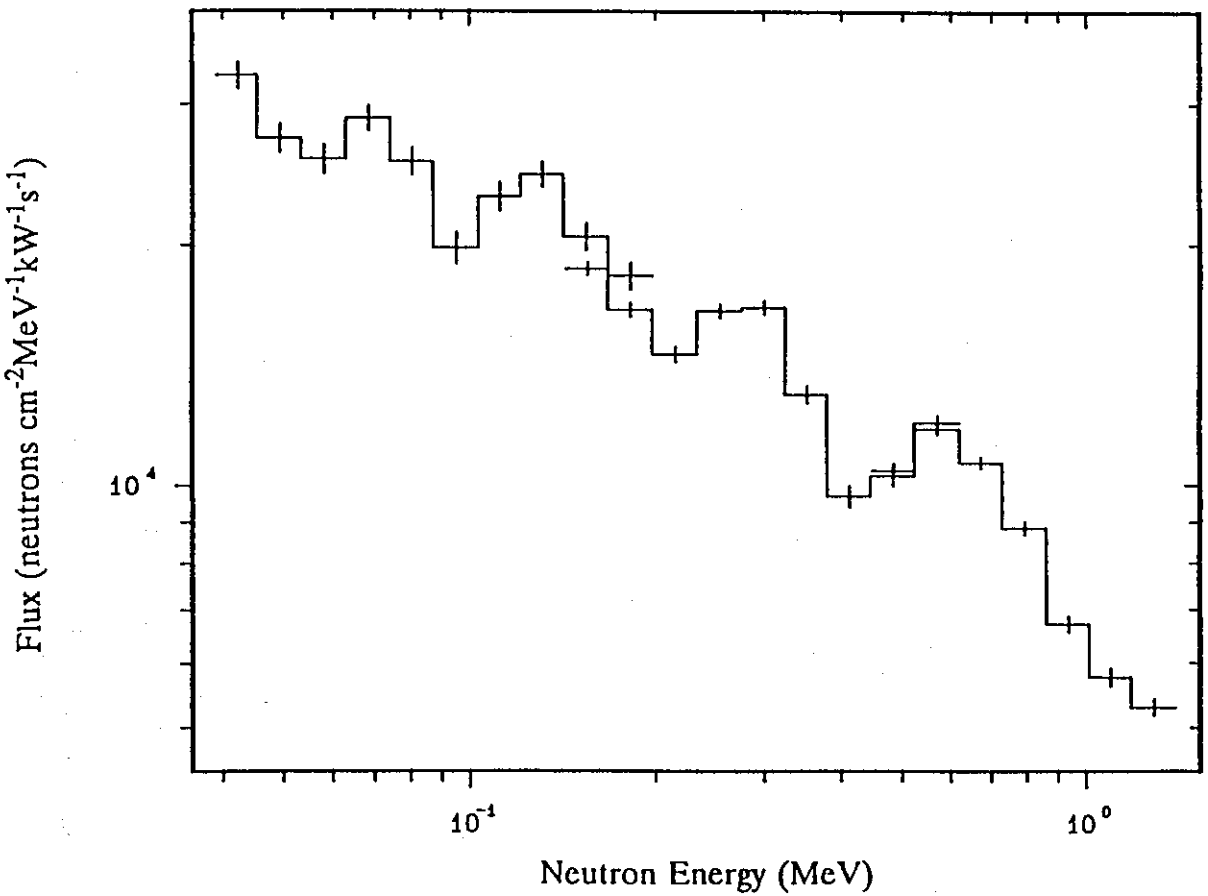


図5.4　　中性子スペクトル測定値（体系ＩＩＣ、鉛スラブ後方25cm）
(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 18. Neutron spectrum (50 keV to 1.4 MeV) on centerline at 25 cm behind the lead slabs (Item IIC) Runs 1596A, 1597A, 1597B.

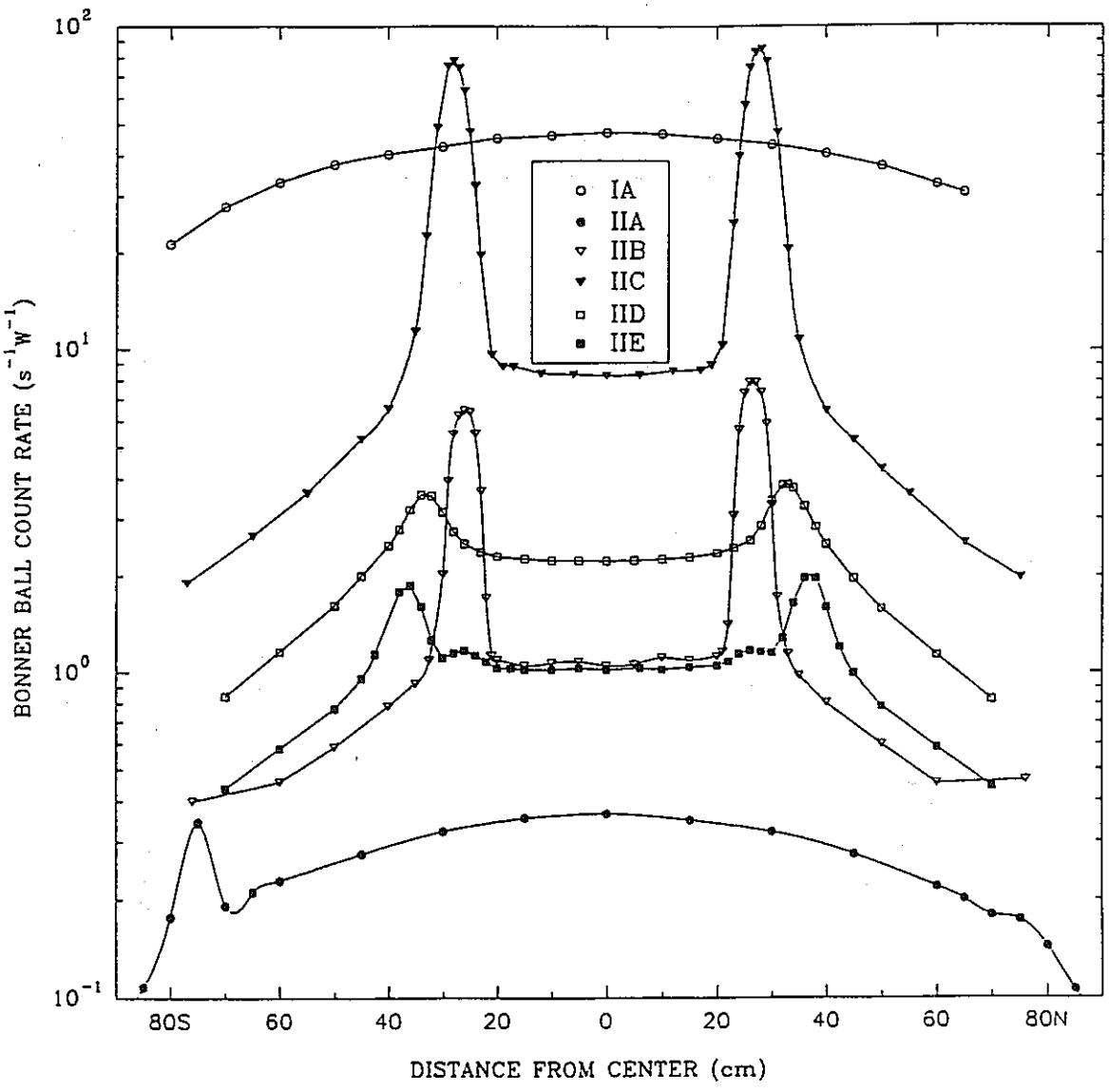


図5.5　　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）
(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 8. Radial traverses with the 3-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 (Item IA) and the concrete vessels (Items IIA-E).

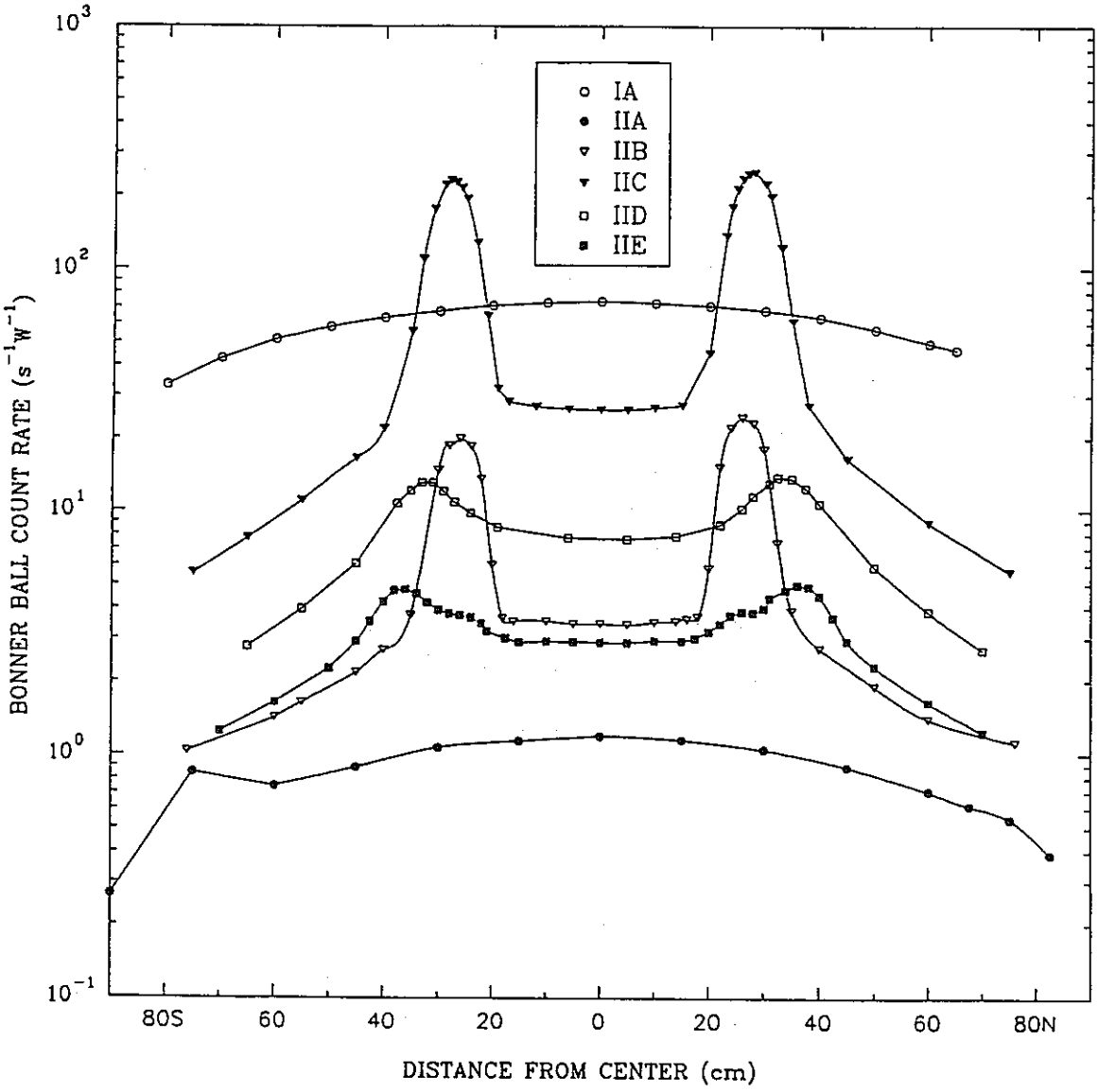


図5.6　　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 9. Radial traverses with the 5-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 (Item IA) and the concrete vessels (Items IIA-E).

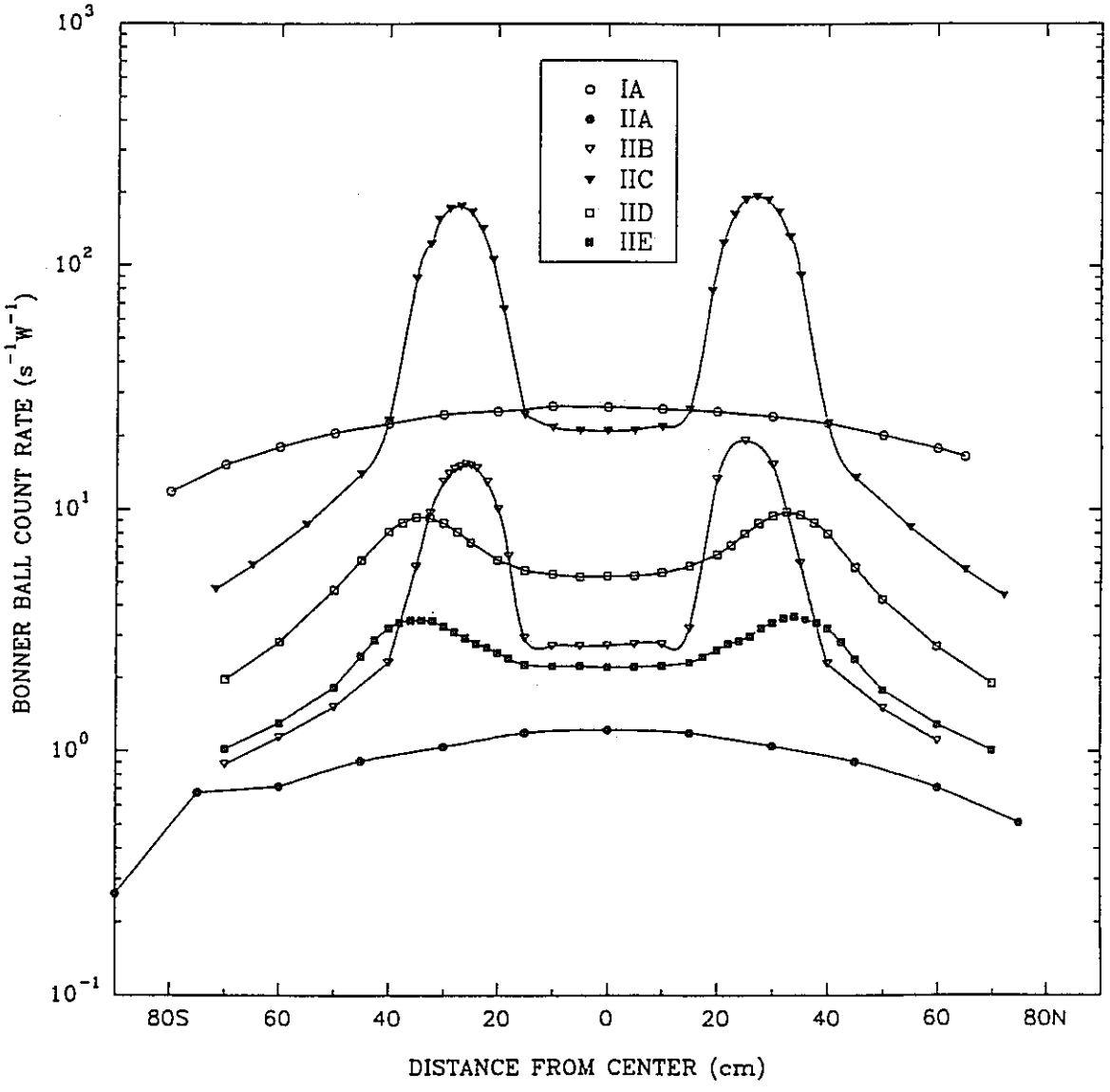


図5.7　　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ＩＡ・ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 10. Radial traverses with the 8-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 (Item IA) and the concrete vessels (Items IIA-E).

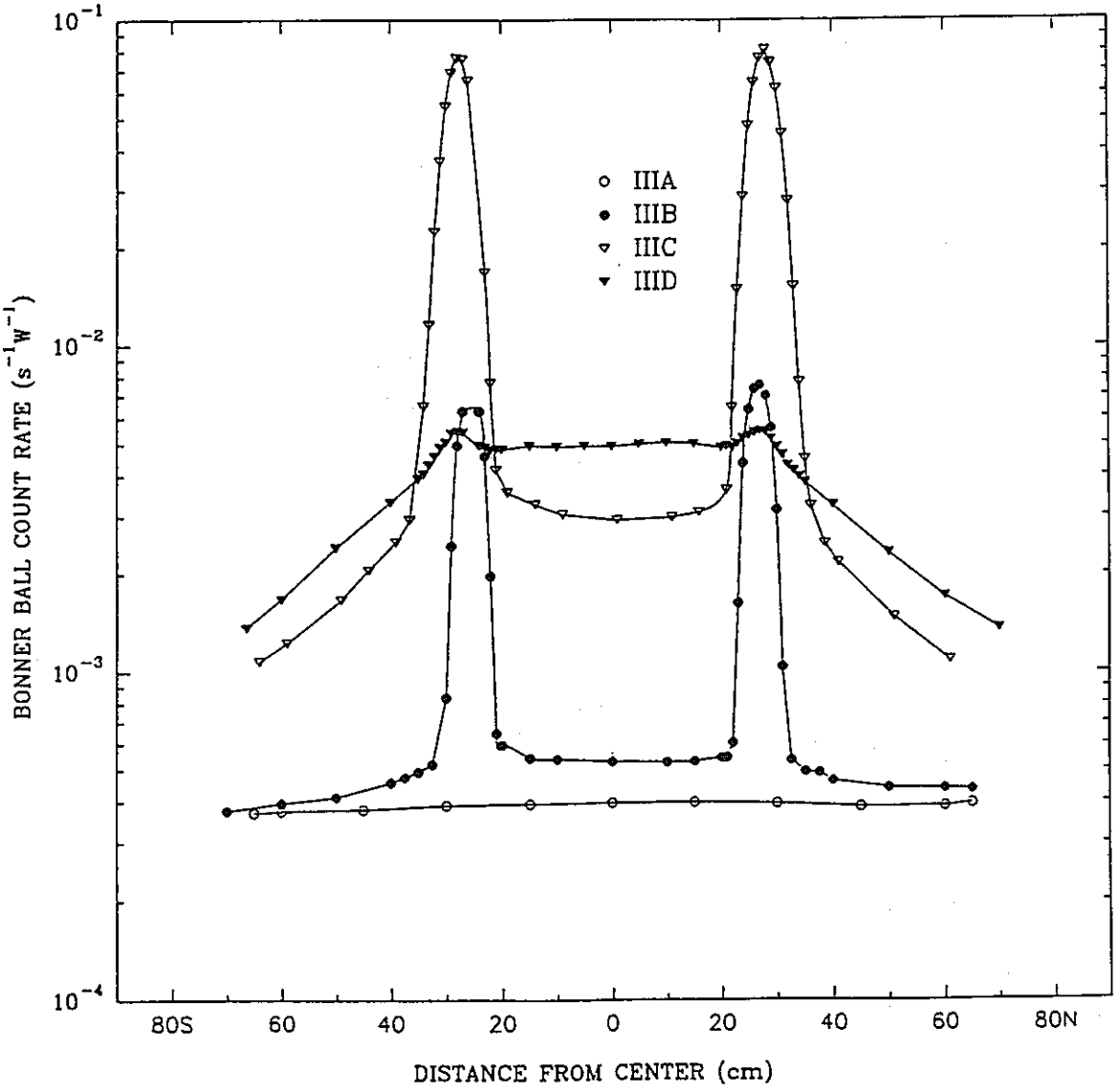


図5.8　　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－Ｄ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 22. Radial traverses with the 3-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 plus the concrete vessels (Items IIIA-D).

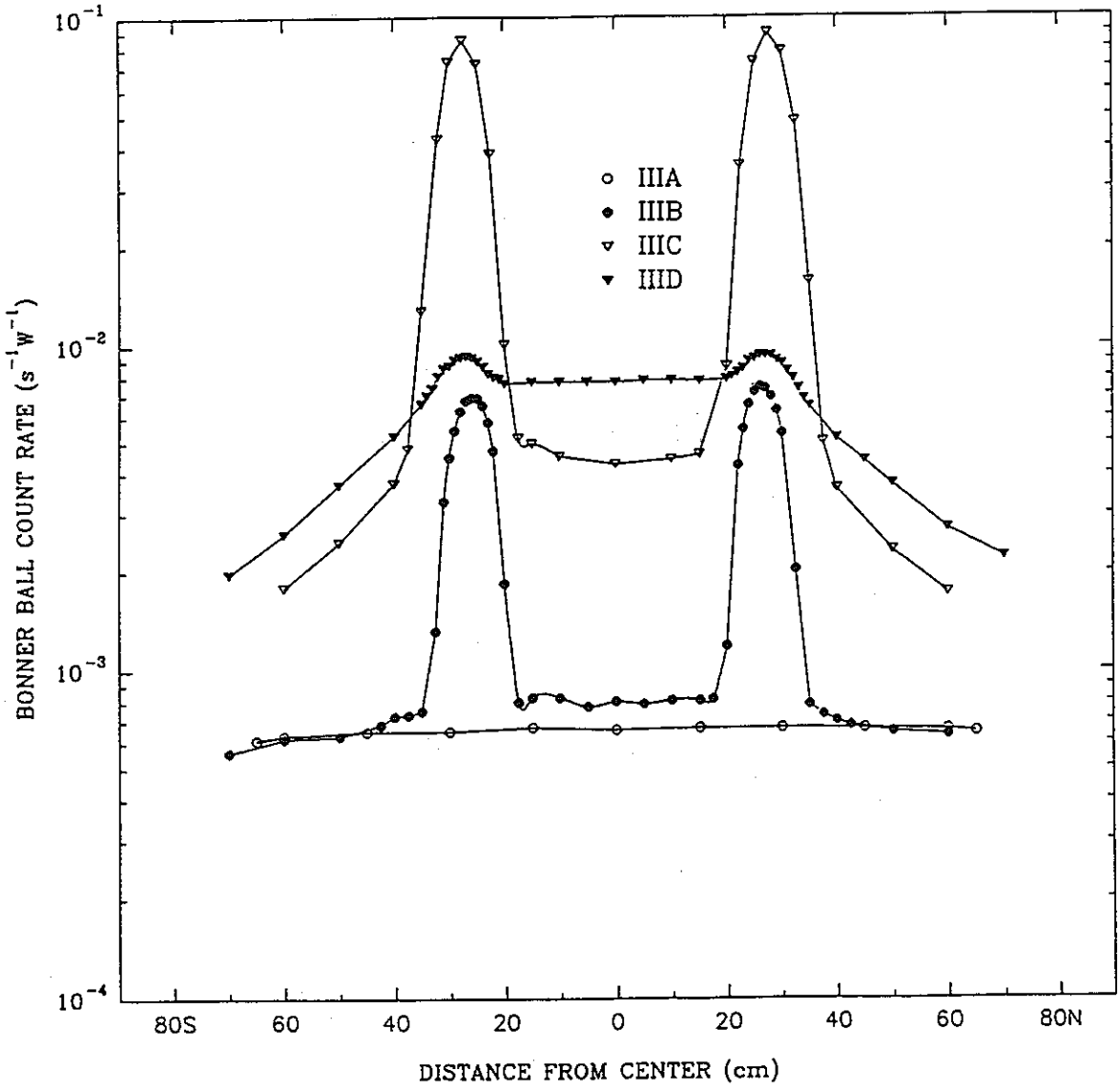


図5.9　　5インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢA－D、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 23. Radial traverses with the 5-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 plus the concrete vessels (Items IIIA-D).

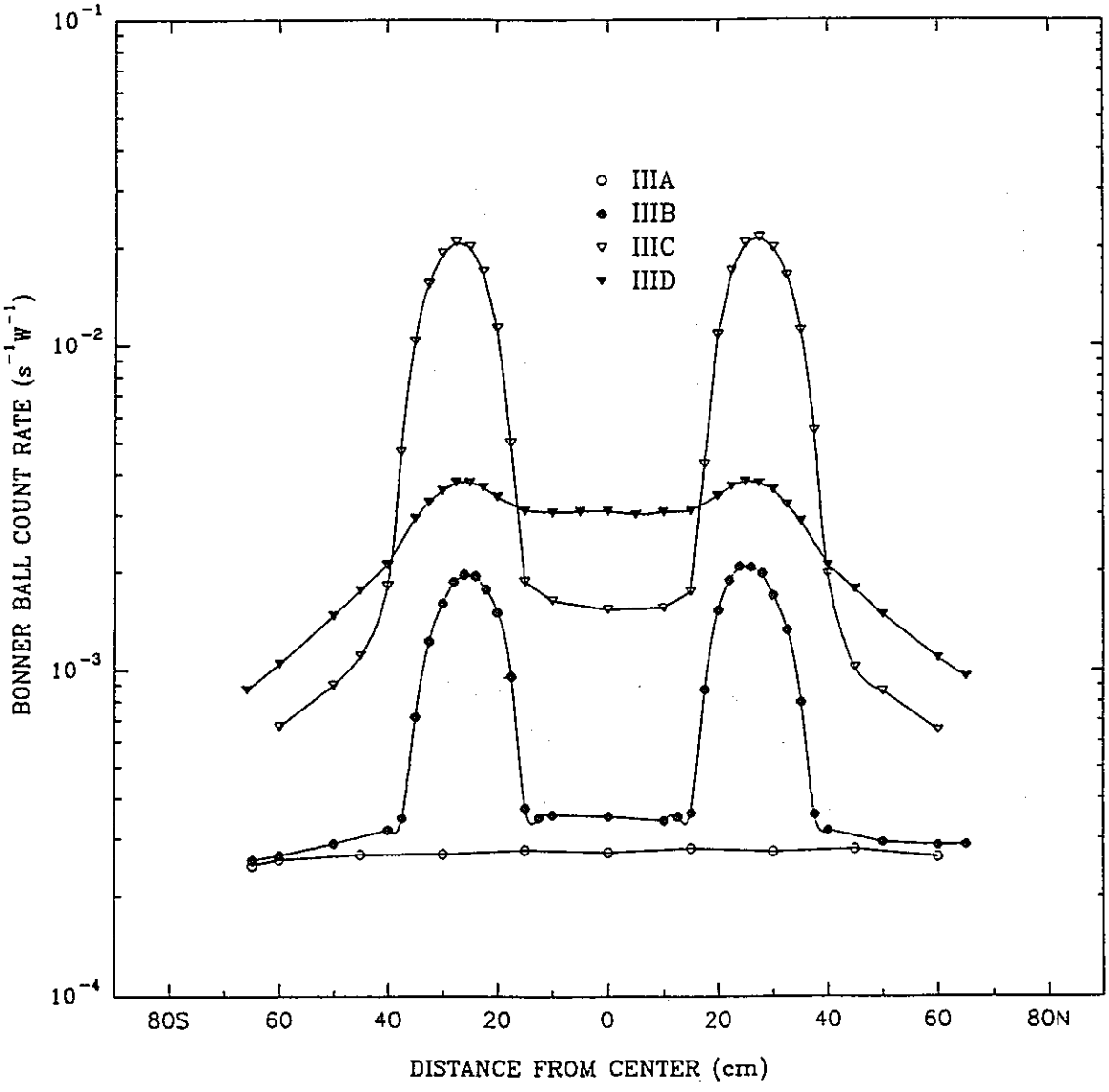


図5.10　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＡ－Ｄ、水平方向分布、体系後方30cm）
(ORNL/TM-12140より引用)

Figure 24. Radial traverses with the 8-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 plus the concrete vessels (Items IIIA-D).

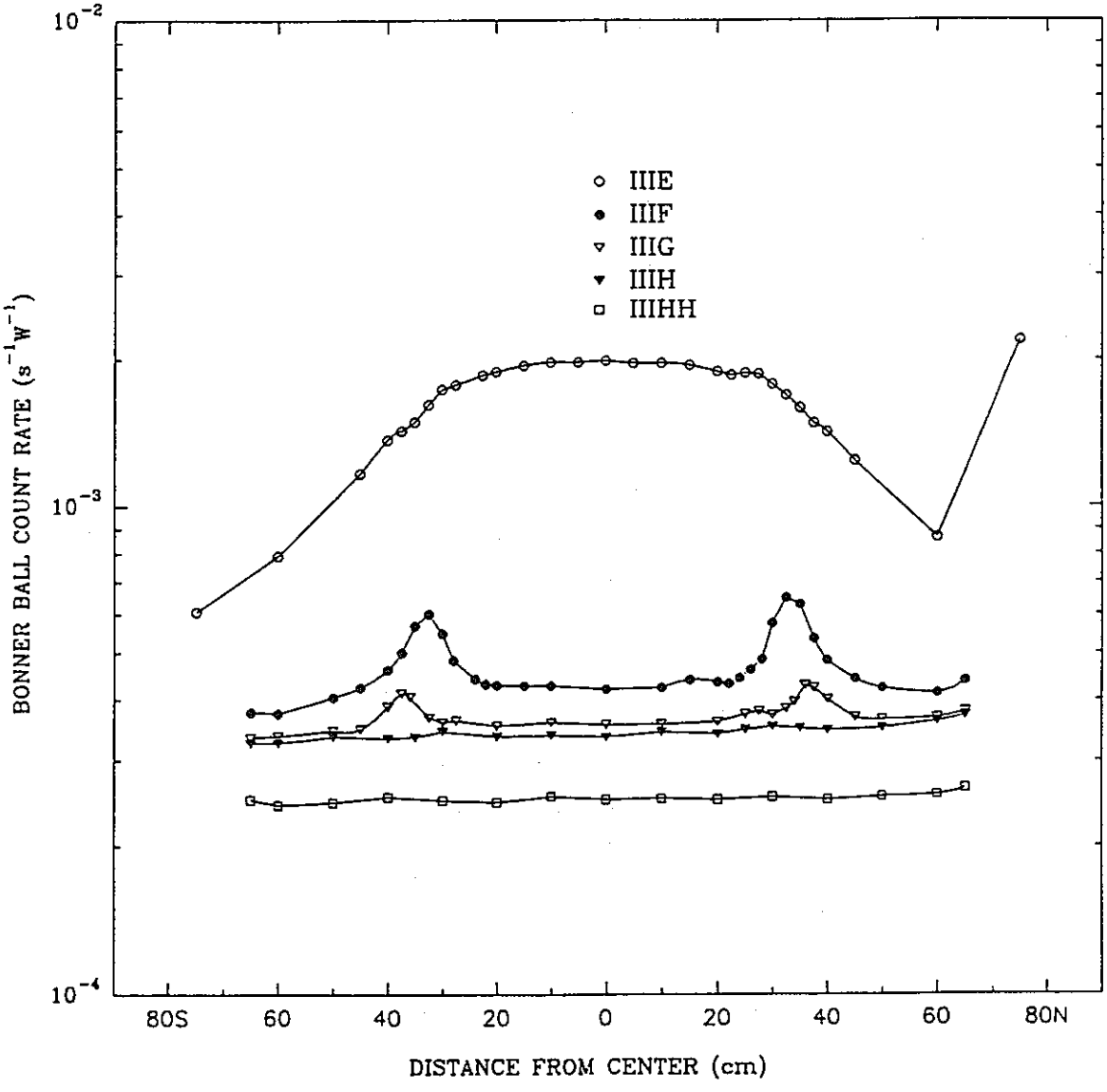


図5.11　３インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＥ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 26. Radial traverses with the 3-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 and the concrete vessel (Items IIIE-HH).

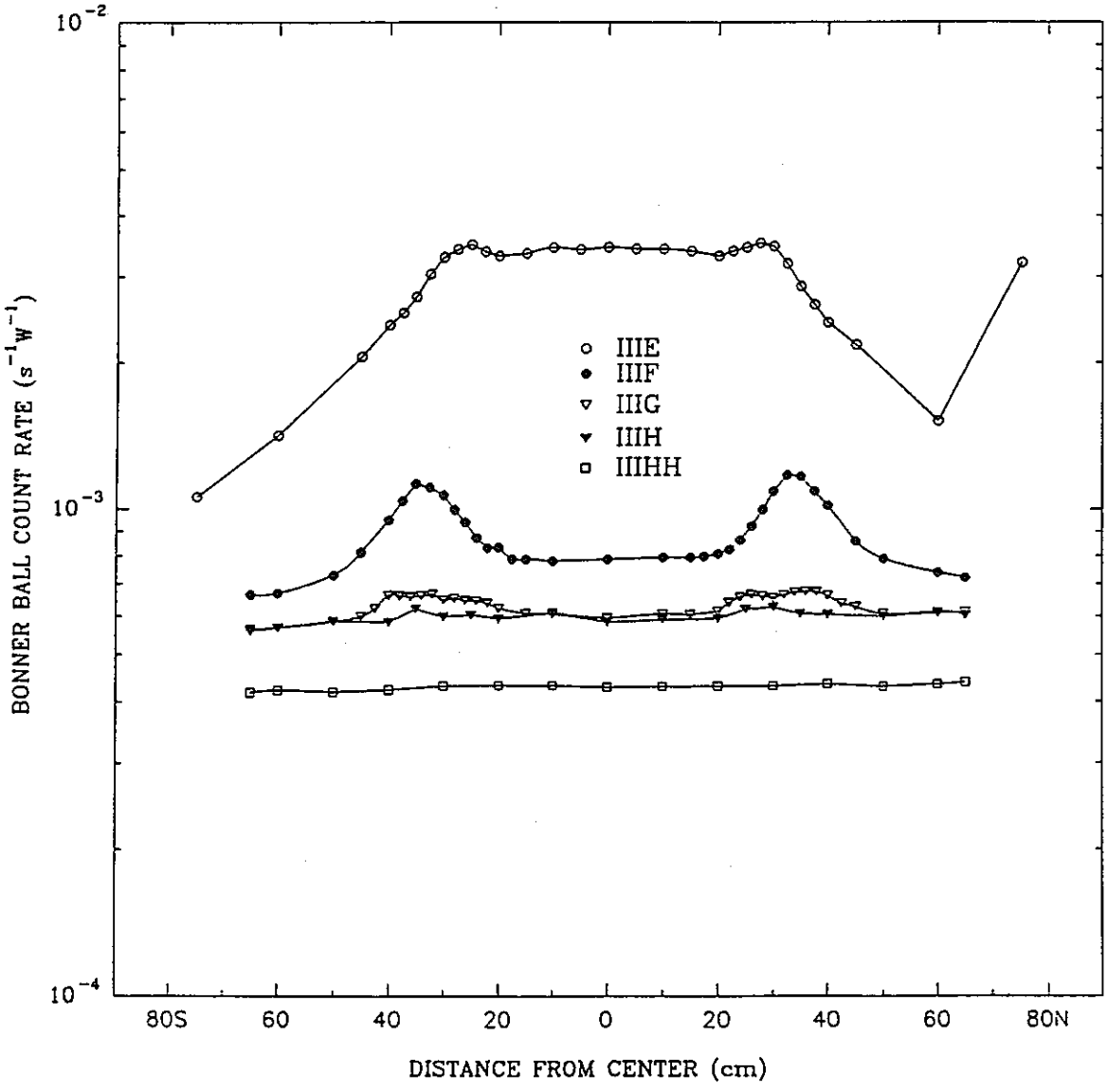


図5.12　　５インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＥ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 27. Radial traverses with the 5-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 and the concrete vessel (Items IIIE-HH).

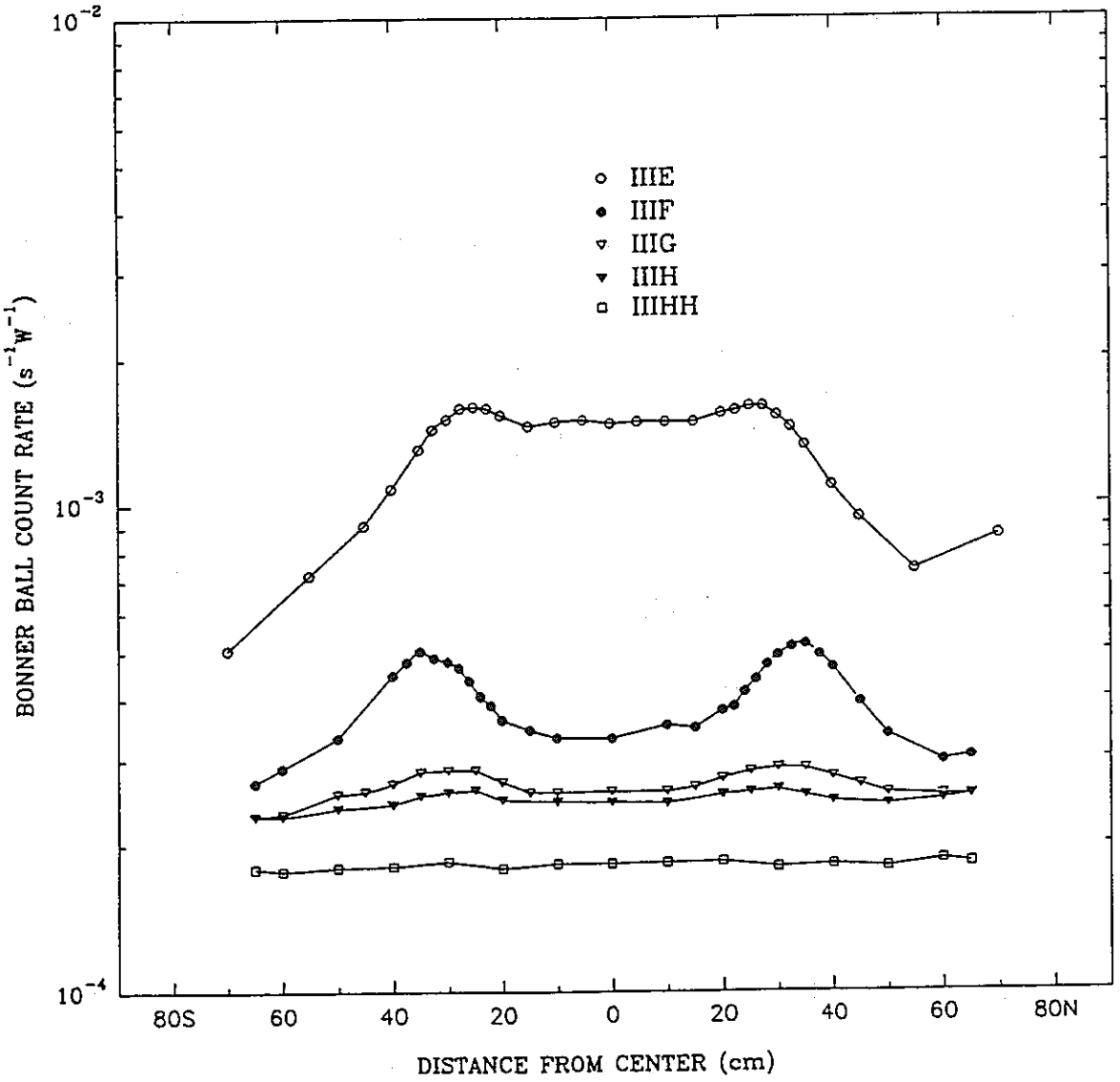


図5.13　８インチボナーボール検出器測定値
（体系ⅢＥ－ＨＨ、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 28. Radial traverses with the 8-inch Bonner ball at 30 cm behind the SM-2 and the concrete vessel (Items IIIE-HH).

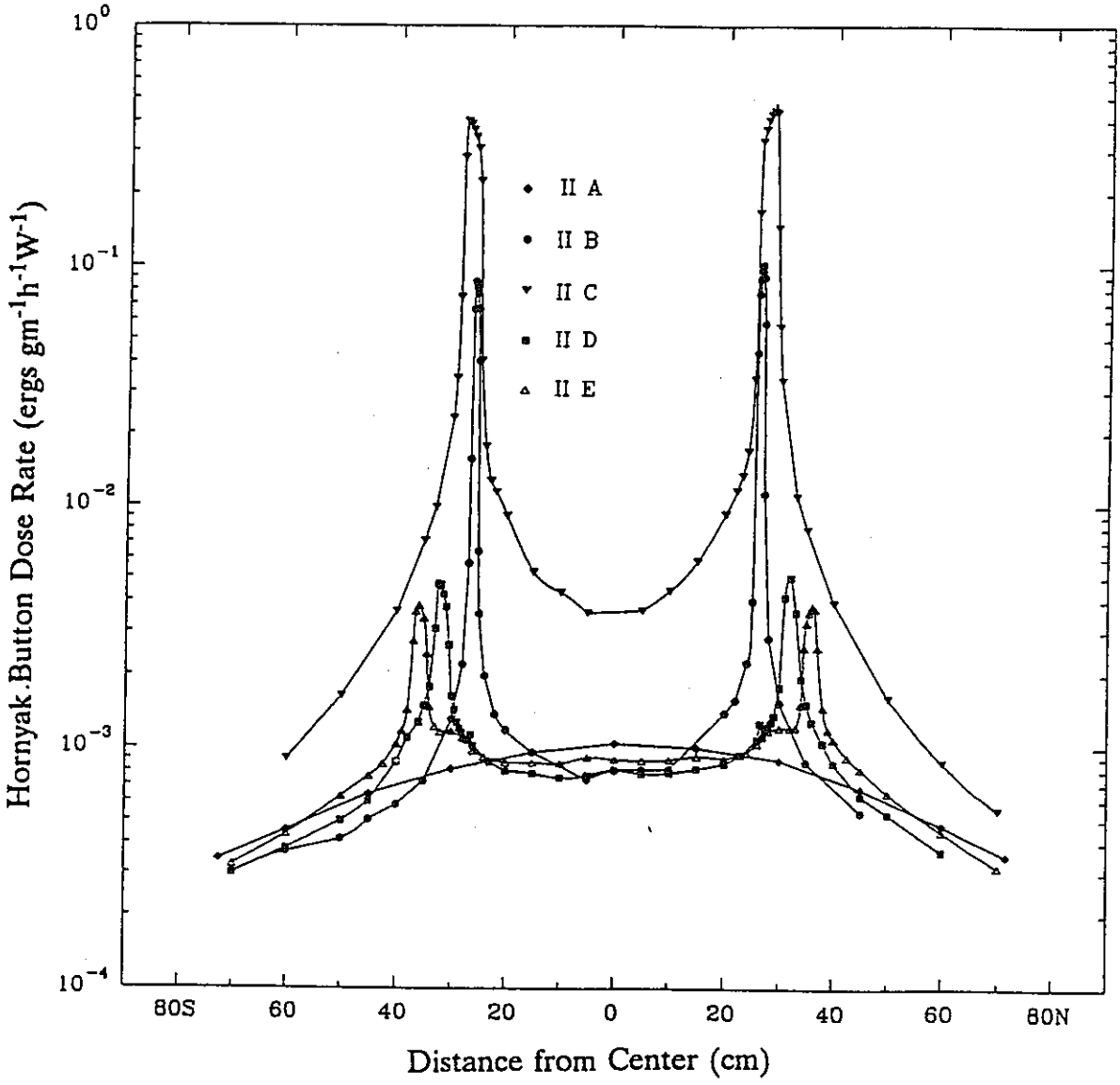


図5.14　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ＩＩＡ－Ｅ、水平方向分布、体系後方 2cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 13. Radial traverses with the Hornyak button at 2 cm behind the concrete vessels (Items IIA-E).

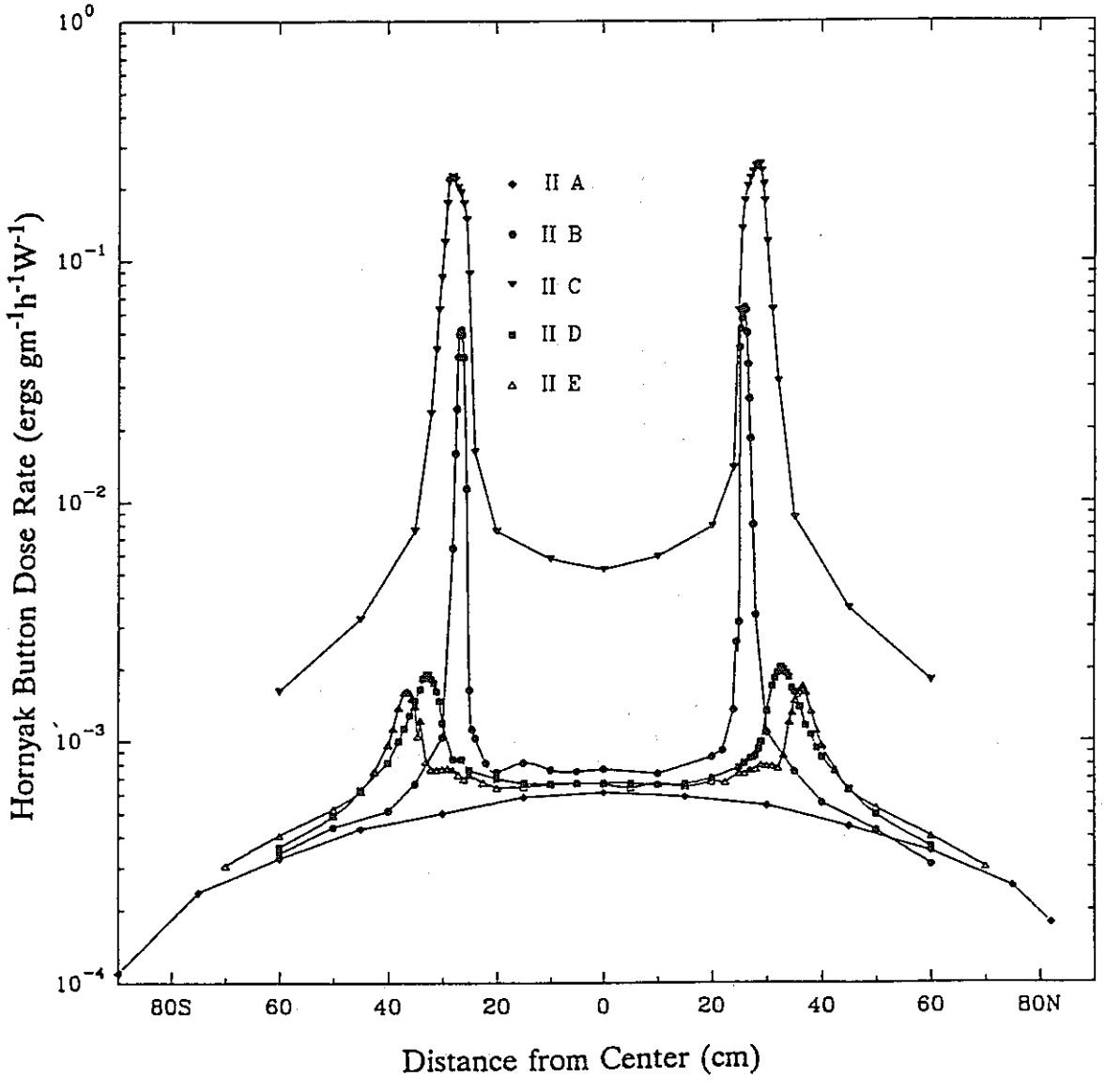


図5.15　ホニャックボタン検出器測定値
（体系ⅡA－E、水平方向分布、体系後方30cm）
（ORNL/TM-12140より引用）

Figure 14. Radial traverses with the Hornyak button at 30 cm behind the concrete vessels (Items IIA-E).

6. 測　定　精　度

本実験で使用された検出器及び信号処理系に関する測定精度について、ORNLから発行された実験結果報告書に記述された内容を本章に示す。

測定結果に付随する誤差は，以下のような多数の不確定要素によるものである。

(1)　実験体系内に必然的に存在する各スラブ間の隙間の大きさ

(2)　検出器の設置位置

(3)　検出器の計数率の統計処理及び校正値

(4)　原子炉出力測定値

(5)　実験体系がさらされる気象条件の影響

これらのうち、(5) 気象の影響については、理解が困難であり、簡単な評価は不可能である。気象がもたらす不確定要素は、各スラブの間隙やスラブを取り囲むリチウムパラフィンブロックの間に存在する湿分量である。本実験期間中、スラブに到達する湿分量を限定するために、実験体系はビニールシート及び防水布で覆われた。したがって、本実験においては気象が測定値に与える影響は無視出来ると考えられる。

各測定時のTSR-Ⅱの炉出力は、原子炉遮蔽体中の炉心中心面上に設置された２個のフィッションチェンバの測定値によって決定された。これらのフィッションチェンバの原子炉出力に対する応答は、本実験に先立って金箔の照射データによって検査されており、同検出器応答値と金箔放射化量の比は従来得られていた値に比べて約５％以内で一致することが確認された。フィッションチェンバは、毎日Cf252 中性子源を用いて校正され、その校正値の変動量は実験期間を通じて約６％（平均値に対して±約３％）以内であった。また、水平方向トラバース測定中（約60～90分間）に２個のフィッションチェンバにより得られた原子炉出力の変動量は最大で約３％であった。一方、実験が行われた数ケ月間では、特定の出力運転時の原子炉出力測定値の変動量は±５％以内であった（注：原子炉オペレータが運転用モニタの指示をもとに、例えば１kWに設置した場合のデータを数ケ月分集め、上記実験用フィッションチェンバによる原子炉出力測定値の変動量を評価したもの。TSF 自体の炉出力設定誤差をも含んだ保守的な評価である）。従って、原子炉出力の測定誤差は±5 ％と仮定した。

計数率の統計誤差はそれぞれの検出器に特有な形式で示される。NE－213 検出器の測定結果については、計数時の統計誤差とアンフォールド誤差がFERDコードを用いたパルス電

圧波高分布のアンフォールド時に考慮されており、計算された（各エネルギー群毎の）中性子束は68%信頼度を示す上限値及び下限値という形で示されている。類似の誤差がSPEC－4 コードを用いてアンフォールドされた水素検出器による測定結果を示した表中に記載されている。NE－213 検出器、水素検出器いずれによる中性子スペクトルについても、原子炉出力測定誤差は、アンフォールド用プログラムの中で考慮されていないので、解析結果に示されている誤差評価）には反映されていない。これについては、上記のように最大±5 %であると思われる。

ホニャックボタンによる測定結果の誤差は、激しく変動する外気温の中で検出器の温度を一定に維持する能力に大きく依存する。水平方向トラバース測定の前後で行ったCf-252中性子源による校正値の変化量は平均約４％（±約２％）であった。この変動量は、原子炉出力や検出器の位置設定等に関する誤差を組み合わせても、他の検出器について総合的な誤差として引用されている値である約５％を上回るものではない。

ボナーボール検出器はCf－252 中性子源を用いて毎日校正され、その校正値は何年間もの間得られてきた値の平均値に対して±約３％以内で一致していた。トラバース機構によりボナーボールを移動させる時に、検出器位置が中心軸に対していずれかの側に数mm程度ずれることがあり得る。この検出器位置の変動は、試験体系後方30cmにおいて体系中心軸に対して垂直方向に測定する場合（注；水平方向トラバース測定時）には、計数率にして±約２％の変動に対応する。原子炉ビーム中心軸上での体系後方30cmより遠い場所での測定では、測定場所から横方向へ数mmずれた場合の測定誤差は測定値の統計誤差の範囲内であると思われる。

トラバース機構を用いた一連の測定結果のそれぞれについて可能性のある誤差を算出することよりも、一般的に、一つの実験の測定結果に対して一種類の値を誤差として引用する方法を（著者たちは）好ましいと判断した。したがって、上記のすべての誤差に対する上限値を考慮することにより、ボナーボール測定値に対する誤差は±10%以下であると考えられる。

参　考　文　献

1. F.J.Muckenthaler et al.," Measurements for the JASPER Program Radial Shield Attenuation Experiment" , ORNL/TM-10371 (May,1987).

2. F.J.Muckenthaler et al.," Measurements for the JASPER Program Fission Gas Plenum Experiment " , ORNL/TM-10422 (June,1987).

3. F.J.Muckenthaler et al.," Measurements for the JASPER Program Axial Shield Experiment" , ORNL/TM-11839 (August,1991).

4. F.J.Muckenthaler et al.," Measurements for the JASPER Program In-Vessel Fuel Storage Experiment " , ORNL/TM-11989 (January,1992) .

5. F.J.Muckenthaler et al.," Measurements for the JASPER Program Intermediate Heat Exchanger Experiment " , ORNL/TM-12064 (July,1992).

6. F.J.Muckenthaler et al.," Measurements for the JASPER Program Gap Streaming Experiment" , ORNL/TM-12140 (February,1993).

7. 庄野　彰、池上　哲雄
   「JASPER実験解析 (Ⅷ) 」 、PNC TN9410 94-099、1994年 3月

8. B.W.Rust, D.T.Ingersoll, and W.R.Burrus , " A User's Manual for the FERDO and FERD Unfolding Codes" , ORNL/TM-8720 (September 1983) .

9. J.O.Johnson and D.T.Ingersoll , " User's Guide for the Revised SPEC-4 Neutron Spectrum Unfolding Code " , ORNL/TM-7384 (August 1980).

10. C.O.Slater , " Analysis of the JASPER Fission Gas Plenum Exeriment " , ORNL/TM-10681 (May 1990)

11. R.B.Maerker et al.," Calibration of the Bonner Ball Neutron Detectors Used at the Tower Shielding Facility" , ORNL/TM-3465 (June 1971).

12. C.E.Burgart and M.B.Emmett , " Monte Carlo Calculations of the Response Functions of Bonner BaII Neutron Detectors " , ORNL/TM-3739 (April 1972) .

付 録 A

ギャップストリーミング実験体系と測定項目

（ＯＲＮＬ／ＴＭ－１２１４０ の ＡＰＰＥＮＤＩＸ Ａ より引用）

APPENDIX A

EXPERIMENTAL PROGRAM PLAN FOR THE JASPER GAP STREAMING EXPERIMENT

I. Neutron Spectrum Modifier
   A. SM-2 (10 cm Fe + 9 cm Al + 2.5 cm Boral + 180 cm Na)
      1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurement on centerline at 150 cm beyond spectrum modifier (foreground and background)
      2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind the shield mockup

II. Bare Beam + Slit Mockups
   A. Bare beam + 100 cm concrete slab
      1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurement on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)
      2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
      3. NE 213 and hydrogen counter spectrum measurements on centerline as close as feasible behind shield mockup (include background if possible)
      4. 3-, 5-, and 10-in Bonner ball measurements on centerline at NE 213 location (background also where necessary)
      5. Hornyak button (1/4-in-diam) horizontal traverse as close as feasible behind shield mockup and at 30 cm
   B. Bare beam + 1 cm straight slit mockup
      1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
      2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)
      3. Hornyak button traverse as close as feasible behind shield mockup and at 30 cm
   C. Bare beam + 3 cm straight slit mockup
      1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurement on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)
      2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
      3. NE 213 and hydrogen counter spectrum measurements on centerline as close as feasible behind shield mockup (include background if possible)
      4. 3-, 5-, and 10-in Bonner ball measurements on centerline at NE 213 location (background also where necessary)
      5. Hornyak button (1/4-in-diam) horizontal traverse as close as feasible behind shield mockup and at 30 cm

D. Bare beam + 2 cm slit, 4 cm offset
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)
   3. Hornyak button traverse as close as feasible behind shield mockup and at 30 cm

E. Bare beam + 2 cm slit, 8 cm offset
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)
   3. Hornyak button traverse as close as feasible behind shield mockup and at 30 cm

III. Neutron Spectrum Modifier + Slit Mockups

A. SM-2 (10 cm Fe + 9 cm Al + 2.5 cm boral + 180 cm Na) + 100 cm solid concrete
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

B. SM-2 + mockup with 1 cm straight slit
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

C. SM-2 + mockup with 3 cm straight slit
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

D. SM-2 + mockup with 3 cm straight slit + 5 cm SS
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

E. SM-2 + mockup with 3 cm straight slit + 10 cm SS
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

F. SM-2 + mockup with 2 cm slit, 4 cm offset
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

G. SM-2 + mockup with 2 cm slit, 8 cm offset
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup
   2. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball measurements on centerline at 150 cm beyond mockup (foreground and background)

H. SM-2 + mockup with all slits filled
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup

HH. SM-2 + mockup with all slits filled + 15 cm borated polyethylene
   1. 3-, 5-, and 8-in Bonner ball horizontal traverses at 30 cm behind shield mockup

付 録 B

JASPER実験記録（1992年3月~5月）

－ ギャップストリーミング実験 －

ＪＡＳＰＥＲ実験記録

（１９９２年　３月分）

1992. 4. 1. 作成
（ギャップ・ストリーミング実験）

月　日	曜	測　定　項　目	備　考
3月　2日	月	原子炉停止	100cm 厚さのコンクリート供試体が搬入され，体系Ⅱ－Ａの構成作業が実施された。
3日	火	原子炉点検	
4日	水	原子炉停止	
5日	木	Ⅱ－Ａ(5"BB(F.G.)) at 30 & 150cm	ギャップ・ストリーミング実験開始
6日	金	Ⅱ－Ａ(NE-213) at 25cm	体系後方に鉛板２枚設置
9日	月	Ⅱ－Ａ (3,10気圧Benjamin, 3",5"BB) at NE-213位置	
１０日	火	Ⅱ－Ａ(1気圧Benjamin,10"BB) at NE-213位置 (3",5",8"BB(F.G.)) at 150cm, (5"BB(B.G.)) at 150cm	
１１日	水	Ⅱ－Ａ(3",5",8"BB(B.G.)) at 150cm,(H.B. のR.T.) at 2 & 30cm (8"BB のR.T.) at 30cm	
１２日	木	Ⅱ－Ａ(3",5"BBのR.T.) at 30cm	
１３日	金	Ⅱ－Ｃ(NE-213,10気圧Benjamin,3",5",10"BB) at 25cm	体系後方に鉛板２枚設置
１６日	月	Ⅱ－Ｃ(1,3気圧Benjamin) at NE-213 位置,(H.B.のR.T.) at 2cm	
１７日	火	Ⅱ－Ｃ (H.B.のR.T.) at 2 & 30cm	
１８日	水	原子炉点検	
１９日	木	Ⅱ－Ｃ(5"BB のR.T.) at 30cm	
２０日	金	Ⅱ－Ｃ (H.B.のR.T.) at 2 & 30cm	17日の測定値に問題があり，再測定
２３日	月	Ⅱ－Ｃ(3",8"BBのR.T.) at 30cm, (3",5",8"BB(F.G. & B.G.)) at 150cm	
２４日	火	Ⅱ－Ｂ (H.B.のR.T.) at 2 & 30cm	
２５日	水	原子炉点検	
２６日	木	Ⅱ－Ｂ(3",5",8"BB のR.T.) at 30cm, (3",8"BB(F.G.)) at 150cm	
２７日	金	Ⅱ－Ｂ(5"BB(F.G.) & 3",5",8"BB(B.G.)) at 150cm Ⅱ－Ｄ(5"BB のR.T.) at 30cm	
３０日	月	Ⅱ－Ｄ(H.B. のR.T.) at 2 & 30cm	
３１日	火	Ⅱ－Ｄ(3",8"BBのR.T.) at 30cm, (3",5",8"BB(F.G. & B.G.)) at 150cm Ⅱ－Ｅ(3",8"BB(F.G.)) at 150cm	

（記号）　ＳＭ；Spectrum Modifier,　F.G.;Foreground,　B.G.;Background, R.T.;Radial Traverse
BB ; Bonner balls, H.B.;Hornyak Button

ＪＡＳＰＥＲ実験記録

（１９９２年　４月分）

1992. 5. 4. 作成
（ギャップ・ストリーミング実験）

月　日	曜	測　定　項　目	備　考
4月　1日	水	原子炉点検	
2日	木	Ⅱ－Ｅ(H.B. のR.T.) at 2 & 30cm (3",5"BBのR.T.) at 30cm	
3日	金	Ⅱ－Ｅ(8"BB のR.T.) at 30cm, (5"BB(F.G.) & 3",5",8"BB(B.G.)) at 150cm Ⅱ－Ｃ(H.B. のR.T.) at 2cm	
6日	月	原子炉停止	スペクトル・モディファイア （体系Ⅰ－Ａ） の構成作業を実施
7日	火	原子炉点検	
8日	水	Ⅰ－Ａ(3",5",8"BB のR.T.) at 30cm, (3",5",8"BB(F.G.) & 5"BB(B.G.)) at 150cm	
9日	木	Ⅰ－Ａ(3",8"BB(B.G.)) at 150cm	体系Ⅲ－Ａの構成作業を実施
10日	金	Ⅲ－Ａ(H.B. のR.T.) at 2cm (注１), (3",5",8"BB のR.T.) at 30cm (3",5",8"BB(F.G.) & 3",5"BB(B.G.)) at 150cm	
13日	月	Ⅲ－Ａ(8"BB(B.G.)) at 150cm, 原子炉点検	種々の遮蔽条件で5"BBの測定を実施
14日	火	Ⅲ－Ａ(5"BB(F.G.)) at 150cm ……B.G.成分の挙動チェックのため Ⅲ－Ｄ(5"BB のR.T.) at 30cm	
15日	水	Ⅲ－Ｄ(H.B. のR.T.) at 2cm (注１),(3",8"BBのR.T.) at 30cm (8"BB(F.G.) & 3",5",8"BB(B.G.)) at 150cm	
16日	木	Ⅲ－Ｄ(3", 8"BB(F.G.)) at 150cm Ⅲ－Ｅ(3",5",8"BB(F.G. & B.G.)) at 150cm, (8"BB のR.T.) at 30cm	
20日	月	Ⅲ－Ｅ(3",5"BBのR.T.) at 30cm Ⅲ－Ｃ(3",5"BBのR.T.) at 30cm	
21日	火	Ⅲ－Ｃ(H.B. のR.T.) at 2cm (注１), (8"BBのR.T.) at 30cm (3",5",8"BB(F.G.) & 3",8"BB(B.G.)) at 150cm	
22日	水	Ⅲ－Ｃ(5"BB(B.G.)) at 150cm Ⅲ－Ｂ(3",5",8"BB(F.G. & B.G.)) at 150cm, (5"BB のR.T.) at 30cm	
23日	木	原子炉停止	JASPER計画に関する情報交換会議及びＴＳＦの視察を行ったため。 （日本から５名の技術者が出席）
24日	金	原子炉点検	
27日	月	Ⅲ－Ｂ(3",8"BBのR.T.) at 30cm, Ⅲ－Ｆ(8"BB のR.T.) at 30cm	
28日	火	Ⅲ－Ｆ(3",5"BBのR.T.) at 30cm, (3",10"BB(F.G.)) at 150cm	
29日	水	Ⅲ－Ｆ(5"BB(F.G.) & 3",5",8"BB(B.G.)) at 150cm Ⅲ－Ｇ(3",5",8"BB(F.G.) & 8"BB(B.G.)) at 150cm	
30日	木	Ⅲ－Ｇ(3",5"BB(B.G.)) at 150cm, (3",5",8"BB のR.T.) at 30cm	

（記号）　ＳＭ；Spectrum Modifier,　F.G.;Foreground,　B.G.;Background, R.T.;Radial Traverse
BB ; Bonner balls, H.B.;Hornyak Button

（コメント）
・（注１）有意な計数率が得られなかったため測定を断念。
・　17日は，"Good Friday" と称する復活祭に伴う休日。

ＪＡＳＰＥＲ実験記録

（１９９２年　５月分）

1992. 5.22. 作成
（ギャップ・ストリーミング実験及びＮＩＳ実験）

月　日	曜	測　定　項　目	備　考
5月　1日	金	Ⅲ－Ｈ(3",5",8"BB のR.T.) at 30cm Ⅲ－ＨＨ(3",5",8"BB のR.T.) at 30cm	体系Ⅲ－ＨＨはⅢ－Ｈの後方に15cm厚さのポリエチレンを設置した状態
4日	月	体系Ⅱ－Ｆへの移行作業を開始	
5日	火	Na放射化量が大きく，移行作業を中断	
6日	水	原子炉停止	今後行うべき実験に必要な日数を検討した結果，体系Ⅱ－Ｆの測定を割愛し，ギャップ・ストリーミング実験を終了することに決定。
7日	木	原子炉停止	
8日	金	原子炉点検	
11日	月	中性子検出器（ＮＩＳ）実験のスペクトル・モディファイアの構成作業	
12日	火	同　上	
13日	水	Ⅰ－Ａ(bare,Cd.c,3",5",8",10"BB(F.G. & B.G)) at 30 & 150cm	ＮＩＳ実験を開始
14日	木	Ⅰ－Ｂ(NE-213) at 40cm	
15日	金	Ⅰ－Ｂ(bare,Cd.c,3",5",8",10"BB(FG)) at 30 & 150cm, (8",10"BB(BG)) at 150cm	
18日	月	Ⅰ－Ｂ(bare,Cd.c,3",5"BB(B.G.)) at 150cm (5"BB, FC(bare & Cd.c)) のR.T. at 30cm	
19日	火	Ⅰ－Ｂ(Benjamin (1,3,10 気圧)	
20日	水	体系Ⅱ－Ａの構成作業	軸方向遮蔽実験供試体設置
21日	木	Ⅱ－Ａ(NE-213) at 鉛板後方25cm	体系後方に鉛板１枚設置
22日	金	原子炉点検	
26日	火		
27日	水		
28日	木		
29日	金		

（記号）　ＳＭ；Spectrum Modifier,　F.G.;Foreground,　B.G.;Background, R.T.;Radial Traverse
BB ; Bonner balls, FC ; Fission Chamber, Cd.c ; Cadmium covered

（コメント）

・　25日は，"Memorial Day"（戦没将兵記念日）のため，休日。

付 録 C

JASPER実験日誌(1992年3月~5月)

－ ギャップストリーミング実験 －

3月2日(月)～ 5日(木)

2月末に行った原子炉 bare beamのチェック測定を終了し、ギャップ・ストリーミング実験体系の構成作業を行った。1.5 m×1.5 mの実験体系の上下左右いずれも最低1.5 mのコンクリートで取り囲んだ。最初の実験体系は、コリメータ直後に100cm厚さのコンクリート供試体を設置した体系Ⅱ－Aである。

測定順序は、体系Ⅱ－A～E、体系Ⅰ、体系Ⅲ－A～Gの順とされているが、工程が切迫してきた場合には重要度の低い体系の測定を削減する必要があろう。

3日(火)にはTSFの週例点検が行われた。5日(木)には体系Ⅱ－Aの構成が完了し、5″BBによるチェック測定が行われた。

3月6日(金)　　体系Ⅱ－A（bare beam＋100cmコンクリート）

o NE-213検出器による中性子スペクトル測定

予測されたとおり、Γ線成分の計数への寄与が大きく、鉛スラブを体系後方に1枚ずつ追加してチェック測定をその都度実施。
結局、鉛スラブ（1½インチ厚さ）を2枚設置した状態で、スペクトル測定を実施することに決定された。
測定位置は鉛板後方25 cm。

3月9日(月)　　体系Ⅱ－A ＋ 鉛板2枚

o Benjamin検出器による中性子スペクトル測定（鉛板後方25cm）

① 水素充填圧　10気圧　　約 40 kW×5,000秒
②　　〃　　3気圧　　約100kW×5,000秒

o NE-213位置にてボナーボール測定

① 5″　　約1.5 kW × 3分
② 3″　　同 上

3月10日(火)　　体系Ⅱ－A ＋ 鉛板2枚

o 中性子スペクトル測定（鉛板後方25cm）

① 1気圧 Benjamin検出器　約100kW×2,000秒、約50kW×3,000秒

o 同位置にてボナーボール測定

① 10″　　約1.5 kW × 3分

☆ 測定項目“ Spectra & BB ”を終了したので、鉛板2枚を撤去。

(3月10日分の続き)

o ビーム中心軸上、体系後方150cmにてボナーボール測定

① 8″ (F.G.)
② 3″ (F.G.) } 約1.5kW×3分
③ 5″ (F.G.)
④ 5″ (B.G.) 約10 kW×3分

3月11日(水) 体系Ⅱ－A

o ビーム中心軸、体系後方150cm位置にてボナーボール測定 (B.G.)

① 5″ 約 8 kW×3分
② 3″ 約15kW×3分
③ 8″ 同 上

o 水平方向トラバース測定

① ﾎﾆｬｯｸﾎﾞﾀﾝ(H.B.) at 30cm 約200kW×5分／各位置
② H. B. at 2cm 同 上 } 15cm毎
③ 8″BB at 30cm 約2 kW ×1分／各位置

①では最も外側で測定値が最小となり、およそ200カウント／分であった。
②の測定値は①に比べ約2倍もしくはやや小さい傾向を示した。
体系Ⅲではギャップ供試体の前方にスペクトル・モディファイアを置くため、計数率が2～3桁減少することが予想され、有意な計数率が得られぬおそれがある。今後、ギャップのある体系での計数率をモニターする必要がある。
体系Ⅱ－BとⅡ－Eは、工程切迫時の削減対象項目となっているが、上記の事情より体系Ⅱの5体系はすべて測定を行うことが望ましいと思われる。

(注：体系Ⅲを終了した後に、あらためて上記2体系の測定を行うためには、実験体系周囲の遮蔽構成をすべて移動する必要があること、ならびに体系Ⅲで設置されるスペクトル・モディファイアを次のNIS実験でそのまま使用出来なくなることにより、1～2週間の遅れを招来する。)

3月12日(木) 体系Ⅱ－A 雪

o 体系後方30cm位置での水平方向トラバース測定 (15cm毎)

① 5″BB 約2 kW×2分／各位置
② 3″BB 同 上

(3月12日分の続き)

南側75cm付近に小さなピーク有り。コンクリート供試体とコンクリートブロックの境界付近の分布をチェックするため5cm毎に測定。南側のみ包絡線から予想される値の2倍程度の値を示した場所があった。実験体系を正面から見た限りでは、上記境界部のギャップ(2〜3mm以下)は、南側より北側がどちらかと言えば大きく、原因は特定出来ず。

☆ これにて体系Ⅱ－Aの測定を全て終了。上部遮蔽体を撤去。今後の体系に使用する供試体が全てTSFに搬入された。6つのパーツを倉庫に運び込み、図面との対応関係を確認。

3月13日(金)　体系Ⅱ－C (bare beam + 3 cm straight gap)

☆ 早朝より体系Ⅱ－Cの構成作業を行い、9時半に終了。昨日の分と合わせると、体系Ⅱ－AからⅡ－Cへの変更に1日弱を要したことになる。

o 中性子スペクトル測定(鉛板(1.5インチ厚さ)2枚を設置し、その後方25cm)

① NE-213　約30 kW×約 80日分
② Benjamin(10気圧)　約1.5 kW×約4,000秒

o NE-213位置でのボナーボール測定(3″、5″、10″BB)

3月16日(月)　体系Ⅱ－C + 鉛板2枚

o 中性子スペクトル測定(鉛板後方25cm)

① Benjamin(H_2充填圧3気圧)　約4 kW × 5,000秒
② 〃 (〃 1気圧)　約8 kW × 4,000秒

☆ 鉛板2枚を撤去。

o 水平方向トラバース測定

① ホニャックボタン　体系表面(検出部から体系表面までの距離は2cm)
約80 kW × 2分／各位置
包絡線に対して1桁以上大きい値がギャップ部で検出された。(南北両側とも)
全部の領域の測定を行えずに時間切れとなり炉停止。

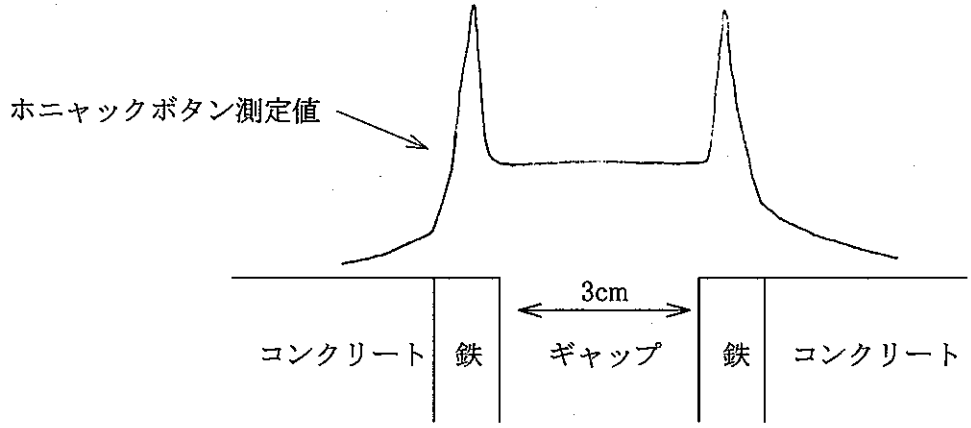
☆ 今後の実験スケジュール、状況が変化した場合の対応方針、各実験の重要度比較、軸方向遮蔽実験供試体を用いた再測定等について2月下旬から協議してきた内容及び今後必要な検討事項を派遣員メモにまとめた。実験終了時期が近づき、限られた時間内で出来るだけ有用なデータを取得するための基本的な考え方を整理しておく必要がある。あるいは、10月以降の実験続行を要求するのであれば、ORNLでは決定できないので、DOEに対する交渉が必要になると思われる。

3月17日(火)　　体系Ⅱ－C

○ 水平方向トラバース測定

① ホニャックボタン　at　2cm　　約80 kW × 2分／各位置
② 〃　at 30cm　　約200kW × (10秒～1分)／各位置

①では昨日時間切れとなった北側のギャップ及びその近傍を詳細に測定。(1～2 mm 毎)ギャップの両側にある鉄ライナ部で鋭いピーク（ギャップ部の値よりさらに3～5倍程度大きな値）が観測された。南側のギャップでも確認。
②では、炉出力を増大させ、短時間で多数のポイントを測定し、上記ピークの詳細な分布を求めた。得られた分布の概念図を下記に示す。



②では、炉出力約200kWで約2.5時間運転した。運転終了後の検出器を撤去する際に、測定された実験体系周囲の放射線量率（単位；mR／hr）は、ギャップ部直後が700、体系中心直後で20、原子炉扉近傍（体系上部へ登るための階段のすぐ横にある）の最大値は1700という値であった。本日はこれが最後の測定項目なので問題なかったが、この高い放射線量率は今後の測定の進行を阻害する一因となり得る。

3月18日(水)　　原子炉点検日であり、実験は行われなかった。

☆ ホニャックボタンの測定値に見られた奇妙な分布（昨日分参照のこと）について実験メンバーの間で協議。測定中に得られた計数しきい電圧を変えた状態での測定値のプロットから3.5Vのしきい電圧の下ではγ線の計数への寄与は中性子のそれに比べて十分小さいことが確認された。検討の結果、ギャップ部から漏洩してくるであろう著しく強いγ線によって、検出器（ボタン）の直後に組み込まれている光電子増倍管部の出力が飽和しているのではないかという推論が得られた。明日以降、ボナーボールのトラバース測定結果を得た後に、ホニャックボタンによる測定を繰り返すことに決定した。

3月19日(木)　　体系Ⅱ－C

o 水平方向トラバース測定

① 5″BB　　約15W×2分／各位置

ギャップ部で最大値を示すピークが南北両側で観測され、ホニャックボタンの測定値に見られたような鉄ライナ部での鋭いピークは見られなかった。ただし、本検出器の直径は5インチ（12.5cm）であり、中性子束分布の分解能はホニャックボタン（直径約0.6cm）に比べて劣る。

☆ この後、8″BBで同様の測定の準備を行ったが、研究所全域にわたって暴風雷雨警報“ severe storm warning ”が発令され、炉運転が不可能となった。警報解除を待って待機したが、午後3時前に落雷による停電が発生し、本日は復旧不可能となった。

3月20日(金)　　体系Ⅱ－C

☆ 昨日の停電発生により、電気系のチェックが必要とされ、炉起動は11時頃となった。

o 水平方向トラバース測定

① ホニャックボタン(体系表面より2cm位置)

約2kW～20kWでγ線の影響が出始める炉出力をチェック。最終的には約8kWでピーク部のデータを測定。

1つのギャップに対応して1つのピークというボナーボール測定値と同様の傾向が確認された。体系中心位置とギャップ部の測定値の差は2桁オーダー。

17日(火)測定時の炉出力(約100～200kW)は高すぎて回路系が飽和していたことが確認された。

② ホニャックボタン(体系表面より30cm位置)

①と同様の傾向が再確認された。

3月23日(月)　　体系Ⅱ－C

o 水平方向トラバース測定

① 3″BB　　約15W×2分／各位置(ピーク部は1cm毎、その他は10cm毎)

② 8″BB　　同　上

o ビーム中心軸上のボナーボール測定

F.G.測定	① 8″	② 5″(約15W×3分)	③ 3″(約40W×3分)
B.G.測定	① 3″	② 5″	③ 8″(約400W×3分)

☆ これにて体系Ⅱ－Cの測定をすべて終了。

3月24日(火)　　体系Ⅱ－B (bare beam＋ 1cm annular gap)

☆ 体系Ⅱ－CからⅡ－Bへの変更作業を実施。

o ホニャックボタンによる水平方向トラバース測定

① 体系後方 2cm　　約 15kW×2 or 3分／各位置
② 〃　30cm　　約 40kW×2 or 3分／　〃

ギャップ近傍でのピークの形を詳細に測定するために、測定ポイント数が多くなり、上記2回のトラバースで丸一日を要した。
ホニャックボタンの測定値が順調に得られていることから、最近実験メンバーの中で話し合われてきた「基準体系としてギャップをすべて鉄で塞いだ状態の測定を行う」ための検討を開始。――― 体系Ⅲ－Eを工程切迫時に削減可能な項目として明示。

3月25日(木)

TSFの週例点検日とされ、実験は行われなかった。

3月26日(木)　　体系Ⅱ－B

o ボナーボールによる水平方向トラバース測定 (体系後方 30cm)

① 5″BB　　約 80W×2分／各位置
② 3″BB　　約 150W×2分／　〃
③ 8″BB　　約 80W×2分／　〃

o ビーム中心軸上のボナーボール測定 (体系後方 150cm)

① 8″BB　　約 40W×5分
② 3″BB　　約 80W×8分

3月27日(金)　　体系Ⅱ－B

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定 (体系後方 150cm)

① 5″BB (F.G.)　　約 1.5kW×2分
② 5″BB (B.G.)　　約　〃　×3分
③ 3″BB (B.G.)　　約 4 kW ×2分
④ 8″BB (B.G.)　　〃

☆ これにて体系Ⅱ－Bの測定を終了した。
1cm ギャップ部を鉄製スリーブで埋めることを試みたが、体系内に完全に挿入出来なかったのでひとまず見送ることとし、体系Ⅱ－Dへの移行作業に切り換えられた。
体系Ⅱ－Dは、2cm 幅のギャップだが、供試体の前半分と後半分 (それぞれ 50cm ずつ) に 4cm のオフセットを設けたものである。

(3月27日分の続き)

体系Ⅱ－D (bare beam ＋ 2cm slit、4cm offset)

o 水平方向トラバース測定 (体系後方30cm)

① 5″BB　　約150W×1分／各位置

後半分のギャップ部後方に1つだけピークが見られた。

3月30日(月)　　体系Ⅱ－D

o 水平方向トラバース測定

① ホニャックボタン(体系後方 2 cm)
② 　同　上　　(体系後方30cm)

ピーク部の計数率が、体系Ⅱ－BやⅡ－Cの直線状ギャップのそれに比べて相当小さいので、炉出力は約400kWが必要であった。体系ⅢでSMを前方に置いた場合の計数率が懸念されるところである。

3月31日(火)　　体系Ⅱ－D

o 水平方向トラバース測定 (体系後方30cm)

① 3″BB　　約400W×1分／各位置
② 8″BB　　約150W×1分／　〃

o ビーム中心軸上でのBB測定 (体系後方150cm)

① 8″BB (F.G.)　約 80W×3分
② 5″BB (F.G.)　約150W×3分
③ 3″BB (F.G.)　　同 上
④ 3″BB (B.G.)　約400W×5分
⑤ 5″BB (B.G.)　約400W×4分
⑥ 8″BB (B.G.)　約400W×5分

☆ これにて体系Ⅱ－Dの測定をすべて終了し、体系Ⅱ－Eへの移行作業を実施。
体系Ⅱ－Eは、2cm幅の直線状ギャップの前半部と後半部に8cmのオフセットを設けたものである。また、原子炉ビームの直後にギャップ供試体を置く体系はⅡ－Eが最後である。引き続き、体系Ⅰ (スペクトル・モディファイア(SM))、体系Ⅲ (SM後方にギャップ供試体を置いた体系) の順に測定が行われる予定。

(3月31日分の続き)

体系Ⅱ－E（原子炉 bare beam ＋ 2cm slit、 8cm offset）

○ ビーム中心軸上でのBB測定（体系後方150cm）

① 3″BB（F.G.）　約80W×3分
② 8″BB（F.G.）　約400W×3分

4月1日(水)

原子炉点検日であり、実験は行われなかった

4月2日(木)　体系Ⅱ－E　午前中は雪が舞う寒い日であった。

○ 水平方向トラバース測定

① ホニャックボタン　at 2cm　約400kW×1分 or 2分／各位置
② 同　上　at 30cm　同　上

体系Ⅲでは、ギャップ供試体前方におかれるSMのために計数率が2桁以上減少することが予想されるので、体系Ⅱの測定結果を参考にして、測定点数を減らす必要があるだろう。TSFの運転制限値は、1日積算炉出力を2MW・hrと定めているため。

③ 5″BB　at 30cm　約150W×1分／各位置
④ 3″BB　at 30cm　約400W×1分／　〃

4月3日(金)　体系Ⅱ－E　快晴。気温は低いが久々の青空。

○ 水平方向トラバース測定

① 8″BB at 30cm　約150W×1分／各位置

○ ビーム中心軸上でのBB測定（体系後方150cm）

① 5″（F.G.）　約160W×3分
② 5″（B.G.）　約1.5kW×3分
③ 3″（B.G.）　約 4 kW×3分
④ 8″（B.G.）　約 4 kW×3分

☆ これにて体系Ⅱ－Eの測定を終了し、体系Ⅱ－Cに移行。

○ ホニャックボタンによる水平方向トラバース（体系後方2cm）測定を再実施。
これは20日の測定値に見られたピークの位置が、ギャップの位置に対して5mm程度ずれていたために、確認のため再測定を行ったもの。測定結果を検討した結果、本日の測定結果を採用することになった。

4月6日（月）、7日（火）、8日（水）

体系Ⅱ（原子炉コリメータ直後にギャップ供試体を設置する体系）の測定をすべて終了したので、体系Ⅰの構成作業を開始した。

① 上部遮蔽体撤去
② ギャップ供試体撤去
③ 下部支持部を延長
④ スペクトル・モディファイアの設置
（鉄・アルミニウム・ボラル・ナトリウムの各スラブを順次設置）
⑤ 側部遮蔽体を追加
⑥ 上部遮蔽体を設置

スペクトル・モディファイアの大きさ（各スラブをすべてつなぎ合わせた状態）は、1.5 m×1.5 m×約 2.1 m厚さである。その上下左右を大小さまざまのコンクリートブロックを置いて取り囲んでいく。総計 150～200 個のブロック（60cm×60cm×30cm が標準）をクレーンで取扱った。それ以外に、ところどころに生じるすき間を埋めるために、小さなサイズのコンクリートを数百個運搬し、適所に配置した。本実験ではスペクトル・モディファイアの周りはすべてコンクリートとされ、Li-Parブロックは用いられなかった。これは、体系Ⅲ－Ｃを用いて行われたチェック計算結果より、ビーム中心軸上のボナーボール計数率に及ぼす Li-Par の影響は 5%以下であると判断されたためである。

最終的に完成したスペクトル・モディファイアの周囲は、上下左右いずれの方向も 1～1.5 mのコンクリートで囲まれた状態となった。8 日（水）11 時頃完成。

体系Ⅰ－Ａ（スペクトル・モディファイア）

o 水平方向トラバース測定（体系後方 30cm）

① 5″BB　　約 40W × 1 分／各位置
② 3″BB　　〃
③ 8″BB　　〃

同じ構成である IVFS 実験の体系 ＩＣに比べて 2～3 割計数率増大。
体系周囲に Li-Par を置かなかった影響か？

o ビーム中心軸上でのＢＢ測定（体系後方 150cm）

① 8″（F.G.）　約 40W × 2 分
② 8″（体系上部のコンクリート部のみLi-Parで隠して測定）―― ①とほぼ同じ値
③ 3″（F.G.）　約 15W × 2 分
④ 5″（F.G.）　〃
⑤ 5″（B.G.）　約 80W × 2 分
} IVFS実験データより 5 割程度増加

4月9日(木)　　体系Ⅰ－A

o ビーム中心軸上でのBB測定（体系後方150cm）

① 3″（B.G.）約80W×3分
② 8″（B.G.）約80W×5分

☆ これにて体系Ⅰ－Aの測定を終了し、体系Ⅲ－Aへの移行作業を開始。
これも下部支持部を延長することが必要だったため、それに伴なう上下部及び側部の遮蔽体をすべて追加する作業を行った。（コンクリートブロック約100個）
スペクトル・モディファイア直後に、鉄スラブ1枚を置き、その後方に100cm厚さのコンクリート（重量約6t、表面は0.5インチ厚さの鉄板ライナが張られている）を設置した。

4月10日(金)　　体系Ⅲ－A

o 水平方向トラバース測定

① ホニャックボタン(体系後方2cm)
約500kW出力においても計数率はゼロであった。炉を停止して中性子源を用いて検出器のチェックを行い正常であることを確認した後、本測定を断念することが決定された。

② 5″BB（at 30cm）約80kW×2分／各位置
③ 3″BB（at 30cm）約400kW×2分／〃
④ 8″BB（at 30cm）　同　上
} いずれも非常に平坦な分布

o ビーム中心軸上のボナーボール測定（体系後方150cm）

① 8″BB(F.G.)　約400kW×2分
② 3″BB(F.G.)　同　上
} 30cm位置の測定値に比べて約50%増。B.G.成分が大きいことが示唆される。

③ 5″BB(F.G.)　約160kW×2分
④ 5″BB(B.G.)　同　上
⑤ 3″BB(B.G.)　同　上
} B.G.値はF.G.値の90%以上である。

4月13日(月)　　体系Ⅲ－A

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定

① 8″BB(B.G.)　at 150cm
BG値のFG値に対する割合が極めて高いため、下部サポート付近へコンクリートブロックを追加したり、検出器の側部または後方にボロン入りポリエチレン板を置いたりして数回のBG測定を5″BBで行ったが、BG測定値は大きく変動しなかった。IVFS実験で行ったような要塞型の追加遮蔽を設けるかどうか議論した結果、工程上の懸念から実施しないことに決定。

4月14日(火)　　体系Ⅲ－A

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定

① 5″BB(B.G.)　　at 150cm
検出器の側部(北側)に8インチ(20cm)厚さのボロン入りポリエチレン板を置いて測定。BG値に25%の減少が見られた。これで体系Ⅲ－Aの測定を終了することに決定。

☆ 体系Ⅲ－Dへの移行作業を開始。約4時間かけて終了。(3cm直線状ギャップ、5cm SS)

o 体系後方30cm位置での水平方向トラバース測定

① 5″BB　　約150kW×1分／各位置

4月15日(水)　　体系Ⅲ－D

o 体系後方2cmでのホニャックボタン検出器による水平方向トラバース測定

約500kW出力でⓐギャップ直後(ビーム中心軸から27cm北側)とⓑビーム中心軸上で測定を行ったが、ⓐで20カウント／5分、ⓑ0カウント／5分という値であったので本測定を断念した。

o 体系後方30cm位置での水平方向トラバース測定

① 3″BB　　約150kW×1分／各位置
② 同上　　同　上
検出器側部(南側)にボロン入りポリエチレン板を置いて①と同様の測定を実施。測定値にほとんど変化は見られず、ギャップ供試体周囲から漏洩する中性子の計数への寄与は本体系の場合十分小さいと判断。
③ 8″BB　　約150kW×1分／各位置

o 体系後方150cm位置でのボナーボール測定(ビーム中心軸上)

① 3″BB　(B.G.)
② 5″BB　(B.G.)
③ 8″BB　(B.G.)
④ 8″BB　(F.G.)

4月16日(木)　　体系Ⅲ－D

○ ビーム中心軸上でのボナーボール測定（体系後方150cm）

① 3″BB　(F.G.)
② 5″BB　(F.G.)

☆ 体系Ⅲ－Eへの移行作業実施。（5cmステンレス鋼スラブを体系Ⅲ－D後方に追設）

○ 体系Ⅲ－Eにて、ビーム中心軸上でのボナーボール測定（体系後方150cm位置）

① 3″BB　(F.G.)
② 5″BB　(F.G.)
③ 8″BB　(F.G.)
④ 8″BB　(B.G.)
⑤ 5″BB　(B.G.)
⑥ 3″BB　(B.G.)

○ 体系後方での水平方向トラバース測定（体系後方30cm位置）

① 8″BB

4月17日(金)

“ Good Friday ” と称する休日。19日(日)が Easter（復活祭）なので、それに伴なう休日として定められているもの。

4月20日(月)　　体系Ⅲ－E

○ 水平方向トラバース測定（体系後方30cm位置）

① 8″BB　　約160kW×2分
ビーム中心軸上で検出器後方にボロン入りポリエチレン板を置いて測定。
16日に測定された通常の測定方法による値と大差なし。
② 5″BB　　約160kW×1分／各位置
③ 3″BB　　同　上

☆ これにて体系Ⅲ－Eの測定を終了。ステンレス鋼スラブ2枚を撤去し体系Ⅲ－Cに移行。

○ 体系Ⅲ－Cにて水平方向トラバース測定（体系後方30cm）

① 3″BB　　約15kW×1分／各位置
② 5″BB　　同　上

4月21日(火)　　体系Ⅲ－C

o 水平方向トラバース測定

① 8″BB　　約40kW×1～3分／各位置　(体系後方30cm)

② ホニャックボタン(H.B.)　(体系後方2cm)

約400kW出力で、ギャップ部直後にH.B.をセットして計測したが、低計数率のため測定を中止。ビーム中心軸から26.5cm及び27.5cm位置で計測したが、いずれも10～20cpm程度であった。ギャップ部から離れた位置(ビーム中心軸から20cm位置)ではさらに計数率が小さくなること、及び炉停止後、中性子源を近づけて測定系が健全であることを確認した後、体系ⅢでのH.B.測定をすべて断念することを決定した。その協議の中で、ギャップ部を鉄スリーブで塞いだ状態での測定をⅢ－H、体系Ⅱ－Fとして加え、工程が許せば測定することとした。

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定(体系後方150cm)

① 8″BB (F.G.)　約80kW×3分

② 5″BB (F.G.)　約80kW×2分

③ 3″BB (F.G.)　同上

④ 3″BB (B.G.)　約150kW×2分

⑤ 8″BB (B.G.)　同上

4月22日(水)　　体系Ⅲ－C

o ビーム中心軸上でのボナーボールの測定(体系後方150cm)

① 5″BB (B.G.)

☆ 体系Ⅲ－Bへの移行作業

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定(体系後方150cm)

BB種類；3″、5″、8″　F.G. & B.G.測定

o 水平方向トラバース測定(体系後方30cm)

① 5″BB

4月23日(木)、24日(金)

日本から5名の技術者がORNLを訪れ、実験計画及び試験後解析結果に関する情報交換・協議を行った。測定班全員が本会議に出席したため、測定作業は行われなかった。

4月27日(月)　　体系Ⅲ－B　(以下5月1日(金)までは、Pace氏作成の記録を使用)

o 水平方向トラバース測定（体系後方30cm位置）

使用ボナーボール；3″、8″

☆ 体系Ⅲ－Fへの移行作業

o 水平方向トラバース測定（体系後方30cm位置）

使用ボナーボール；8″

4月28日(火)　　体系Ⅲ－F

o 水平方向トラバース測定（体系後方30cm位置）

使用ボナーボール；3″、5″

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定（体系後方150cm位置）

F. G. 測定　……　3″、8″BB

4月29日(水)　　体系Ⅲ－F

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定（体系後方150cm位置）

F. G. 測定　……　5″BB

B. G. 測定　……　3″、5″、8″BB

5″BBでチェック測定を1ケース実施

☆ 体系Ⅲ－Gへ移行

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定（体系後方150cm位置）

F. G. 測定　……　3″、5″、8″BB

B. G. 測定　……　8″BB

4月30日(木)　　体系Ⅲ－G

o ビーム中心軸上でのボナーボール測定（体系後方150cm）

B. G. 測定　……　3″、5″BB

o 水平方向トラバース測定（体系後方30cm）

3″、5″、8″BB

☆ ギャップ部をすべて鉄製スリーブで塞ぎ、体系Ⅲ－Hを構成。

5月1日（金）　体系Ⅲ－H

o 水平方向トラバース測定（体系後方30cm）

3″、5″、8″

☆ 体系Ⅲ－Hの表面に、15cm厚さのポリエチレンスラブを追加した状態（体系Ⅲ－HH）で、3″、5″、8″ボナーボールによる水平方向トラバース測定を実施。体系Ⅲ－Hの場合と検出器の絶対位置が等しくなるようにトラバーサを設置。

5月4日（月）　体系Ⅲ－HH

☆ 今まで得られた測定結果をもとに協議。

o ギャップを埋めた本体系では150cm位置のデータはバックグラウンド成分が多いと予測されるため、測定を省略し、体系Ⅱ－F（スペクトル・モディファイアが無い状態）への移行作業を開始することを決定

5月5日（火）

☆ 体系Ⅲ－HHから体系Ⅱ－Fへの変更作業を継続していたが、スペクトル・モディファイアの一部として使用していたナトリウムスラブ（30cm厚さ×6基）上部のコンクリートのすぐ上方で100～200mR／hの放射線量率が検出されたため、作業を中止した。ナトリウムスラブを撤去するためには、作業員が接近して複雑な作業を行う必要があるためである。

5月6日（水）

ナトリウムスラブの放射化量減衰待ちのため、待機状態。

5月7日（木）

☆ 9月末までの実験に必要な日数を担当者間で協議した結果、非常に厳しい工程であることが確認された。体系Ⅱ－Fは当初予定されていなかったものでもあり、測定を行った後にナトリウムスラブを撤去する工程を想定すると1～2週間の遅延に結びつくためその実施を断念することに決定した。
従って、ギャップ・ストリーミング実験の測定は5月1日をもってすべて終了したことになる。今後は、中性子検出器（NIS）実験のスペクトル・モディファイアの設置作業が行われる予定である。

―― 以　上 ――

付 録 D

ギャップストリーミング実験で使用された検出器

1. ボナーボール検出器 (Bonner Ball)

ボナーボール検出器（以下、「ＢＢ」という。）は、中性子線量を測定するものであるが、以下に示すように、検出器の形状によって、異なるエネルギー領域の中性子線量をある程度分離して測定することが可能であり、かつ測定に要する時間が短いことから、ＴＳＦにおける遮蔽実験で広く使用されている。

ＢＢは、直径5.1cm の球形状の比例計数管をポリエチレンの球殻で包み、さらに最外周を厚さ0.03インチのCdで被覆した構造である。比例計数管には、^{10}Ｂ濃縮度96％のBF_3ガスが約0.5 気圧で封入されている。ＪＡＳＰＥＲ実験では、ポリエチレンの球殻部の厚さを変えることによって、検出器の外径を 3インチ～12インチの範囲で変えたものが使用されるが、その他にBF_3 計数管を裸で使用する場合（bare detector)及びBF_3 計数管に厚さ0.03インチのCdのみを被覆したものを使用する場合（Cd－covered detector）がある。

ＢＢに入射した中性子は、ポリエチレン部で減速されて計数管部に到達し、^{10}B の(n, α）反応により検出される。また、最外周のCdはＢＢに到達する熱中性子の計数への寄与を防ぐ役割を果たす。したがって、ＢＢは、ポリエチレンの球殻の厚さによって、検出できる中性子のエネルギー特性が定まる。即ち、ポリエチレンの厚さを厚くするにしたがって、中性子がよく減速されるため、高エネルギー側の中性子に対する計数効率が低エネルギー側の中性子に対する計数効率に対して相対的に増大するが、その一方で、一度減速材に入った中性子が計数管に到達するまでの過程で、検出器から漏洩したり、外表面のCdや減速材に吸収される効果が増大するため、全体的な計数効率は減少する傾向を持つ。それぞれの径のＢＢについての入射中性子エネルギーに対する応答値として、ＡＮＩＳＮコードによる計算値を^{252}Cf 中性子源によって校正したものが用意されており、レスポンス関数（ＢＢ Response Function）と呼ばれている。ＢＢの測定値は、計算で得られた中性子エネルギースペクトルにレスポンス関数を重ね合わせた(folding)値と比較される。米国の解析者が使用しているレスポンス関数は、ＪＡＳＰＥＲ実験データ集（Ｉ）(P71-P74) に示されているので、本資料では省略する。

2. ＮＥ－２１３ 検出器

NE－213 検出器は、800keVから15MeV の範囲の中性子エネルギースペクトルを得るために使用される。原理的にはγ線のスペクトル計測にも適用できるが、ＴＳＦでは良いデータは得られていない。*1

NE－213 検出器は液体有機シンチレータであり、中性子の入射により発生する反跳陽子によるシンチレーション反応を検出する方法である。構造は、内径4.72cm、全長4.71cmのシリンダーの中にNE－213 液体有機シンチレータを入れたものである。測定時には、中性子が主として円柱の曲面上から入射するように設置される。このシンチレータの成分は、キシレン、活性体、有機化合物POPOP(波長シフタとして）、ナフタレン（発光特性を改善するために添加）から作られている。NE－213 の密度は約870kg/m^{3}で、その組成は$CH_{1.21}$である。

NE－213 シンチレータは、反跳陽子及びγ線によって発生する電子のそれぞれに対して発光するが、両者のパルス波形の相違を利用して、中性子及びγ線に対するエネルギースペクトルを分離して測定することが出来る。この分離方法としてＴＳＦで使用されているのは、パルスを一度積分処理した後、2 次微分回路を通し、得られた波形（bipolar pulse ）のゼロスクロス点の差によって両者を分離するものである。これは、γ線の作る電子の方が、中性子が作る反跳陽子に比べて、減衰時間の短いシンチレーション光を発するという性質を利用している。

このようにして得られた中性子に原因するシンチレーション光の波高分布情報は、計算コードＦＥＲＤを用いてエネルギースペクトルに変換される。(unfolding)

*1　ORNL－5805より

3. 反跳陽子計数管（Hydrogen Counter）

反跳陽子計数管（Hydrogen Counter）は、50keV ～1MeVの範囲の中性子エネルギースペクトルの測定に使用される検出器であり、Benjamin計数管とも呼ばれている。測定原理は、中性子と水素原子核との衝突によって発生する反跳陽子が引き起こす電離現象を検出するものである。

検出器は、ステンレス製の球の中心に１本のタングステン製ワイヤが張られた構造であり、ステンレス球が陰極、タングステン製ワイヤが陽極のはたらきをする。球の中には水素ガスが充填されており、ＪＡＳＰＥＲ実験では、水素ガスの内圧をそれぞれ１気圧、３気圧及び10気圧としたものを使用している。球の中心、即ちタングステン製ワイヤの中点には、小さな校正用α線源が設置されている。

検出器に入射した中性子は、水素の原子核と衝突して反跳陽子をガス中に生じさせる。反跳陽子は電離を起こし、その結果生じる電子は、正に荷電したタングステン製ワイヤに集められる。集められた電荷量から反跳陽子のエネルギーを決定することが出来る。一方、ある決まったエネルギーEnの中性子は水素原子核との衝突によって、ゼロからEnまでの様々なエネルギーを持つ反跳陽子を発生させる。したがって、この検出器の信号から、中性子線源のエネルギースペクトルを得るためには、詳細な解析が必要である。ＯＲＮＬでは、測定されたパルス電圧の波高分布データから中性子エネルギースペクトルを求める(unfolding) ために、SPEC－4 コードが使用されている。このunfolding を行う際に、高エネルギー側の入力データとしてNE－213 検出器の測定データから求められた中性子エネルギースペクトルが用いられる。

4. ホニャックボタン検出器 (Hornyak Buttons)

ホニャックボタン検出器 (Hornyak Buttons)は、高速中性子の線量計として使用されるものであり、形状が小さい (直径 0.6～1.2cm)ので、ＪＡＳＰＥＲ実験では高速中性子の空間線量分布を測定するために用いられる。

測定原理は、中性子と陽子との衝突によって発生する反跳陽子によるシンチレーション反応を検出する方式である。構造は、ルサイト(lucite)というアクリル樹脂中に ZnS(Ag)結晶を均一に混ぜたものを、ボタン状に形成加工したものである。アクリル樹脂中に存在するＨ原子核と入射した高速中性子との衝突によって発生する反跳陽子を、ZnS(Ag) のシンチレーション反応によって検出する。ZnS(Ag) が用いられる理由は、γ線の干渉を少なくした中性子測定が可能なためである。ホニャックボタン検出器の中性子とγ線に対する感度をそれぞれ図１、図２に示す。両図の比較により、かなり強いγ線が存在しても、計数するパルス波高のしきい値を調節する事によって、中性子のみを有効に弁別して測定できることがわかる。検出できる中性子のエネルギー下限値は、γ線バックグラウンドの強さや光電子増倍管の雑音の程度によって異なるが、 0.2～0.3 MeV 程度である。

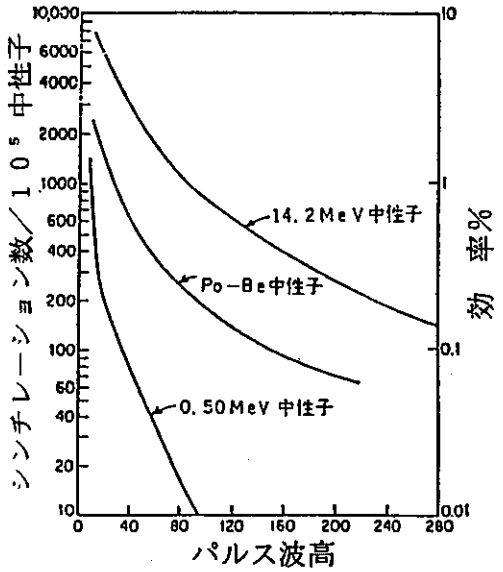


図１ “Hornyak ボタン”に種々の中性子源の中性子をあてたときの、ディスクリミネーターの値に対するパルス波高積分分布と効率、検出器は10ｇのルーサイト中に 1.5ｇのZnS(Ag)を含んだもの〔W. F. Hornyak, Rev. Sci. Instr., 23: 264 (1952)〕

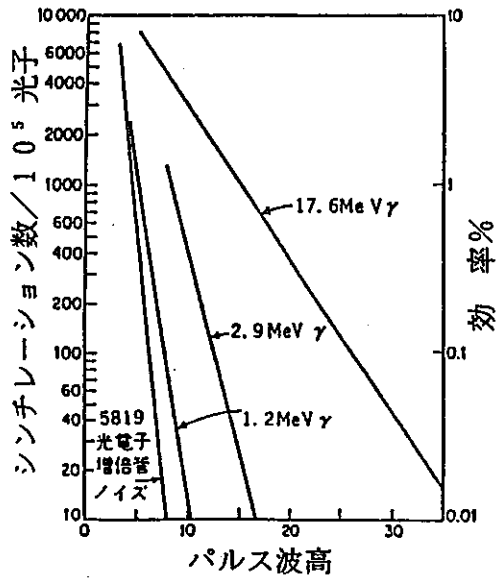


図２ “Hornyak ボタン”に種々のγ線をあてたときの、ディスクリミネーターの値に対するパルス波高積分分布と効率、条件は図10・17のものと同じである〔W. H. Hornyak, Rev. Sci. Instr., 23:264 (1952)〕