

JAERI-M
9057

FCA V-3-B集合体におけるブラン
ケット効果実験

1980年9月

弘田 実弥・飯島 勉・溝尾 宣辰・前川 洋
渡辺 秀明・小川 弘伸・藤崎 伸吾・松野 義明*
洲崎 輝雄・春山 満夫

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

FCA V-3-B集合体におけるブランケット効果実験

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

弘田 実弥・飯島 勉・溝尾 宣辰・前川 洋

渡辺 秀明・小川 弘伸・藤崎 伸吾・松野 義明*

洲崎 輝雄・春山 満夫

(1980年8月5日受理)

高速実験炉「常陽」の模擬実験として、一連のV-3-B集合体によってブランケットが核特性、特に臨界量、核分裂率分布及び B_4C 制御棒価値に与える効果について研究を行った。実験に使用したブランケットは酸素を多く含むブランケット及びナトリウムを含む模擬ブランケットである。天然ウラン金属ブランケット(V-3集合体)の場合との詳細な比較が本報告においてなされている。

* 東京芝浦電気(株)原子力本部

本報告書は日本原子力研究所が動力炉・核燃料開発事業団の委託によって行った研究の成果である。

Experiment of Blanket Effect on FCA Assemblies V-3-B

Jitsuya HIROTA, Tsutomu IJIMA, Nobutatsu MIZOO
Hiroshi MAEKAWA, Hideaki WATANABE, Hironobu OGAWA
Shingo FUJISAKI, Yoshiaki MATSUNO*, Teruo SUZAKI

and

Mitsuo HARUYAMA

Division of Reactor Engineering,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received August 5, 1980)

As a mock-up experiment for the Experimental Fast Reactor "JOYO", a study has been made of the blanket effect on nuclear characteristics, especially critical mass, fission rate distribution and B₄C control rod worth using FCA Assemblies V-3-B. The blankets used in the experiment are an oxygen-rich blanket and a sodium-rich mock-up blanket. Detailed comparison of the experimental results with those obtained in the case of natural uranium metal blanket (Assembly V-3) is given in this report.

Keywords: JOYO Experimental Fast Reactor, Engineering Mock-up Critical Experiment, Blanket Effect, Critical Mass, Fission Distribution, Control Rod Worth, FCA Assembly

* Department of Nuclear Power, Toshiba Electric Co. Ltd.

The work performed under contracts between Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation and JAERI.

目 次

1. まえがき	1
2. V-3-B集合体の概要	1
3. 臨界性に対するブランケット効果	2
4. 核分裂率分布	3
5. B ₄ C模擬制御棒価値	3
6. むすび	3
参考文献	4
付 録	5

Contents

1. Introduction	1
2. Description of FCA Assembly V-3-B	1
3. Effect of Blanket Composition on the Criticality	2
4. Fission Rate Distributions	3
5. B ₄ C Mock-up Control Rod Worth	3
6. Conclusion	3
References	4
Appendix	5

1. ま え が き

FC Aでは高速実験炉「常陽」の模擬実験を昭和45年2月以来第V炉心系によって行なってきたが、これらはすべて天然ウラン金属ブランケットをもった集合体であった。しかし「常陽」では劣化ウラン酸化物、ナトリウムおよび不銹鋼よりなるブランケットが使用されることになっている。したがってブランケット組成の差異が核特性とくに臨界量、中性子束分布および B_4C 制御棒価値に与える効果を知ることが必要である。このため「常陽」の工学的モックアップであるV-3集合体⁽¹⁾において一連のブランケット効果実験を実施した。

これらの実験のために装荷したブランケットは酸素を多く含むブランケットとナトリウムを含む模擬ブランケットに大別できる。使用できる材料の量的な理由から、これらのブランケット装荷は半径方向(高さは炉心と同じ)だけに限られており、軸方向にはV-3集合体と同じく天然ウラン金属ブランケットを使用している。半径方向ブランケットの形状はゾーン状とセクター状があり、V-3-B1集合体からB4集合体まで4つの集合体に区別される。

本報告はこれら4つの集合体によるブランケット効果実験の結果をまとめたものである。臨界性に関してはブランケットにおける密度係数の解析が別に報告⁽²⁾されている。また、現在における高速炉物理の問題点の一つであるブランケットにおける核分裂率分布に関する別報告⁽³⁾を参照されたい。なお、本報告には燃料ラック実験すなわち「常陽」において反射体の周辺部の燃料ラックに貯蔵された燃料集合体の発熱についての情報を得るための実験、および γ 線量率分布の測定の結果を付録として記載してある。

2. V-3-B集合体の概要

まず、V-3集合体の半径方向天然ウラン金属ブランケット(高さは炉心と同じく609.6 mm)を酸素を多く含む劣化度だけが僅かに異なるブランケットⅠおよびⅡ(厚さはいずれも110.4 mm)に置換したV-3-B1集合体を組んだ。この集合体の装荷図、炉心とブランケット引出の装荷図および組成をFig. 1, 2, 3およびTable 1に示す。Fig. 1にて破線はV-3集合体の天然ウラン金属ブランケットの外周である。天然ウラン金属に較べてこれらのブランケット組成はreactiveなため、すでにある6つのナトリウムチャンネルに加えて18-18という中心チャンネルをナトリウムチャンネルとした他は炉心についてはV-3集合体と同じである。

ついで、V-3-B1集合体のブランケットⅠをナトリウムを含んだ模擬ブランケットⅢに変更したB2集合体を組んだ。ブランケットⅢは天然ウラン金属に較べless reactiveなため、ナトリウムチャンネル3本(14-20, 18-18 22-16)を通常の燃料引出しに置換することが必要であった。B2集合体の装荷図およびブランケットⅢ引出しの装荷図をFig. 4および5に示す。ブランケットⅢの組成をTable 2に示す。

1. ま え が き

FCAでは高速実験炉「常陽」の模擬実験を昭和45年2月以来第V炉心系によって行なってきたが、これらはすべて天然ウラン金属ブランケットをもった集合体であった。しかし「常陽」では劣化ウラン酸化物、ナトリウムおよび不銹鋼よりなるブランケットが使用されることになっている。したがってブランケット組成の差異が核特性とくに臨界量、中性子束分布および B_4C 制御棒価値に与える効果を知ることが必要である。このため「常陽」の工学的モックアップであるV-3集合体⁽¹⁾において一連のブランケット効果実験を実施した。

これらの実験のために装荷したブランケットは酸素を多く含むブランケットとナトリウムを含む模擬ブランケットに大別できる。使用できる材料の量的な理由から、これらのブランケット装荷は半径方向（高さは炉心と同じ）だけに限られており、軸方向にはV-3集合体と同じく天然ウラン金属ブランケットを使用している。半径方向ブランケットの形状はゾーン状とセクター状があり、V-3-B1集合体からB4集合体まで4つの集合体に区別される。

本報告はこれら4つの集合体によるブランケット効果実験の結果をまとめたものである。臨界性に関してはブランケットにおける密度係数の解析が別に報告⁽²⁾されている。また、現在における高速炉物理の問題点の一つであるブランケットにおける核分裂率分布に関する別報告⁽³⁾を参照されたい。なお、本報告には燃料ラック実験すなわち「常陽」において反射体の周辺部の燃料ラックに貯蔵された燃料集合体の発熱についての情報を得るための実験、および γ 線量率分布の測定の結果を付録として記載してある。

2. V-3-B集合体の概要

まず、V-3集合体の半径方向天然ウラン金属ブランケット（高さは炉心と同じく609.6mm）を酸素を多く含む劣化度だけが僅かに異なるブランケットIおよびII（厚さはいずれも110.4mm）に置換したV-3-B1集合体を組んだ。この集合体の装荷図、炉心とブランケット引出の装荷図および組成をFig. 1, 2, 3およびTable 1に示す。Fig. 1にて破線はV-3集合体の天然ウラン金属ブランケットの外周である。天然ウラン金属に較べてこれらのブランケット組成はreactiveなため、すでにある6つのナトリウムチャンネルに加えて18-18という中心チャンネルをナトリウムチャンネルとした他は炉心についてはV-3集合体と同じである。

ついで、V-3-B1集合体のブランケットIをナトリウムを含んだ模擬ブランケットIIIに変更したB2集合体を組んだ。ブランケットIIIは天然ウラン金属に較べless reactiveなため、ナトリウムチャンネル3本（14-20, 18-18, 22-16）を通常の燃料引出しに置換することが必要であった。B2集合体の装荷図およびブランケットIII引出しの装荷図をFig. 4および5に示す。ブランケットIIIの組成をTable 2に示す。

さらに、ブランケットⅡおよびⅢをFig.6に示すようにセクター状としたB3集合体を組んだ。ブランケットⅢの炉心中心に張る角度は約 150° である。この場合はB2集合体のゾーン状ブランケットと較べてreactiveであり、ナトリウムチャンネルはV-3集合体と同じく6本である。

最後に、ブランケットⅢの厚さを「常陽」の半径方向ブランケットの厚さまで増加させたB4集合体を組んだ。その装荷図をFig.7に示すが、ブランケットⅢが炉心中心に張る角度は約 90° である。使用したブランケットⅣ引出しの装填図Fig.8に示す。その組成はTable 2に与えられている。

3. 臨界性に対するブランケット効果

7本のナトリウムチャンネルをもったV-3-B1集合体の均質臨界量および臨界寸法は補正実験によりTable 3に示すようなものである。これらすべてのナトリウムチャンネルを通常の燃料引出しに置換した均質円筒炉心の実効増倍率は次のごとくである。

$$k_{\text{eff}} = 1.0269 \pm 0.0005$$

B1集合体のブランケットⅠがナトリウムを含んだ模擬ブランケットⅢに置換され、4本のナトリウムチャンネルをもつB2集合体の実効増倍率は次のごとくである。

$$k_{\text{eff}} = 1.00303 \pm 0.00005$$

なお、ナトリウムチャンネルを通常の燃料引出しへ置換した場合の反応度変化はそれぞれ以下のようである。

$$18-18 \quad 0.690 \pm 0.010 \quad \% \Delta k/k$$

$$16-22 \quad 0.374 \pm 0.006 \quad \% \Delta k/k$$

$$16-14 \quad 0.368 \pm 0.006 \quad \% \Delta k/k$$

また、セクター状のブランケットと6つのナトリウムチャンネルをもったB3集合体の実効増倍率は次のようなものである。

$$k_{\text{eff}} = 1.00034 \pm 0.00005$$

以上の3つの集合体がいずれもV-3集合体と同じく6本のナトリウムチャンネルをもつとした場合の実効増倍率をTable 4に示す。V-3集合体の半径方向天然ウランブランケット（高さは炉心と同じ）の置換に伴うそれぞれの反応度変化の総括もこの表に与えられている。Table 5はV-3集合体の天然ウラン金属ブランケットを軸方向も含めてすべて置換したとした場合の反応度変化を1次元拡散計算により求めたものである。V-3あるいはV-3-B集合体において半径方向ブランケットと軸方向ブランケットの臨界性への寄与はほぼ等しいとみてよいとすれば、Table 4とTable 5を比較してJ-Fセットはナトリウムを含む模擬ブランケットへの置換に伴う反応度変化を比較的よく評価していることになる。しかし酸素を含むブランケットへの置換に伴う反応度変化はJ-FセットもABBNセットも過大評価する傾向がある。Table 6にV-3-B1集合体において十字型ランバース実験から算出された半径方向ブランケットについての密度係数⁽²⁾を示す。

さらに、ブランケットⅡおよびⅢをFig.6に示すようにセクター状としたB3集合体を組んだ。ブランケットⅢの炉心中心に張る角度は約 150° である。この場合はB2集合体のゾーン状ブランケットと較べてreactiveであり、ナトリウムチャンネルはV-3集合体と同じく6本である。

最後に、ブランケットⅢの厚さを「常陽」の半径方向ブランケットの厚さまで増加させたB4集合体を組んだ。その装荷図をFig.7に示すが、ブランケットⅢが炉心中心に張る角度は約 90° である。使用したブランケットⅣ引出しの装荷図Fig.8に示す。その組成はTable 2に与えられている。

3. 臨界性に対するブランケット効果

7本のナトリウムチャンネルをもったV-3-B1集合体の均質臨界量および臨界寸法は補正実験によりTable 3に示すようなものである。これらすべてのナトリウムチャンネルを通常の燃料引出しに置換した均質円筒炉心の実効増倍率は次のごとくである。

$$k_{\text{eff}} = 1.0269 \pm 0.0005$$

B1集合体のブランケットⅠがナトリウムを含んだ模擬ブランケットⅢに置換され、4本のナトリウムチャンネルをもつB2集合体の実効増倍率は次のごとくである。

$$k_{\text{eff}} = 1.00303 \pm 0.00005$$

なお、ナトリウムチャンネルを通常の燃料引出しへ置換した場合の反応度変化はそれぞれ以下のようである。

$$18-18 \quad 0.690 \pm 0.010 \quad \% \Delta k/k$$

$$16-22 \quad 0.374 \pm 0.006 \quad \% \Delta k/k$$

$$16-14 \quad 0.368 \pm 0.006, \% \Delta k/k$$

また、セクター状のブランケットと6つのナトリウムチャンネルをもったB3集合体の実効増倍率は次のようなものである。

$$k_{\text{eff}} = 1.00034 \pm 0.00005$$

以上の3つの集合体がいずれもV-3集合体と同じく6本のナトリウムチャンネルをもつとした場合の実効増倍率をTable 4に示す。V-3集合体の半径方向天然ウランブランケット（高さは炉心と同じ）の置換に伴うそれぞれの反応度変化の総括もこの表に与えられている。Table 5はV-3集合体の天然ウラン金属ブランケットを軸方向も含めてすべて置換したとした場合の反応度変化を1次元拡散計算により求めたものである。V-3あるいはV-3-B集合体において半径方向ブランケットと軸方向ブランケットの臨界性への寄与はほぼ等しいとみてよいとすれば、Table 4とTable 5を比較してJ-Fセットはナトリウムを含む模擬ブランケットへの置換に伴う反応度変化を比較的よく評価していることになる。しかし酸素を含むブランケットへの置換に伴う反応度変化はJ-FセットもABBNセットも過大評価する傾向がある。Table 6にV-3-B1集合体において十字型ランパース実験から算出された半径方向ブランケットについての密度係数⁽²⁾を示す。

4. 核分裂率分布

V-3-B1, B3およびB4集合体において20 mm 直径の実験孔中に核分裂計数管を挿入することによって半径方向の核分裂率分布の測定を行なった。測定結果をTable 7, 8, 9に示す。Fig. 9にV-3-B1, B3集合体における ^{235}U 核分裂計数管による測定結果とV-3集合体における結果の比較を示す。これらにおいてB3およびB4集合体における測定はいずれもセクター部の中心線に沿って行なわれたものである。Fig. 9にみられるようにB1およびB3ブランケットのいずれにおいても ^{235}U の核分裂の減衰が天然ウラン金属ブランケットと比較しておそい。とくにB1ブランケットの場合、炉心・ブランケット境界近傍での核分裂の増加が顕著である。Fig. 10に ^{238}U 核分裂率についてのV-3-B4集合体とV-3集合体の測定結果の比較を示す。これら核分裂率について計算値と比較するためには実験孔およびケーブルによる効果を補正することが必要である。また、ブランケット外側の空格子管や側板の影響を考慮する必要がある。

5. B_4C 模擬制御棒価値

V-3-B1集合体において7本ピンクラスター型 B_4C 模擬制御棒の反応度価値の測定を臨界法により行なった。V-3集合体における値⁽¹⁾との比較をTable 10に示す。この表にみられるようにV-3-B1集合体においては18-22のような位置にある B_4C 模擬制御棒の反応度価値はV-3集合体における値と比較して約8%を増加している。18-18という中心位置における B_4C 模擬制御棒価値も3%増加しており、炉心周辺部に起因する変化分は約5%と考えられる。ナトリウムを含む模擬ブランケットをもつ集合体については B_4C 模擬制御棒価値の測定は行なわなかったが、反応度価値は減少すると考えられる。しかしその変化の絶対値はB1集合体の場合と同程度あるいはそれ以下であろう。

6. む す び

V-3-B集合体において「常陽」の模擬実験として一連のブランケット効果実験を行なった。「常陽」のブランケット組成を参考のためにTable 11に示すが、B2集合体以降に使用した模擬ブランケットの組成はその半径方向ブランケットの組成をかなりよく近似している。しかしながら利用できる材料の量的な制約から半径方向(高さは炉心と同じ)だけの置換しか行えず、軸方向ブランケットはV-3集合体と同じく天然ウラン金属ブランケットのままであった。しかも炉心については組成の差が臨界性におよぼす影響を極めてよく外挿できた密度係数法も、拡散係数がかなり異なる今回のようなブランケットについては精度よい適用ができ

4. 核分裂率分布

V-3-B1, B3およびB4集合体において20 mm 直径の実験孔中に核分裂計数管を挿入することによって半径方向の核分裂率分布の測定を行なった。測定結果をTable 7, 8, 9に示す。Fig. 9にV-3-B1, B3集合体における ^{235}U 核分裂計数管による測定結果とV-3集合体における結果の比較を示す。これらにおいてB3およびB4集合体における測定はいずれもセクター部の中心線に沿って行なわれたものである。Fig. 9にみられるようにB1およびB3ブランケットのいずれにおいても ^{235}U の核分裂の減衰が天然ウラン金属ブランケットと比較しておそい。とくにB1ブランケットの場合、炉心・ブランケット境界近傍での核分裂の増加が顕著である。Fig. 10に ^{238}U 核分裂率についてのV-3-B4集合体とV-3集合体の測定結果の比較を示す。これら核分裂率について計算値と比較するためには実験孔およびケーブルによる効果を補正することが必要である。また、ブランケット外側の空格子管や側板の影響を考慮する必要がある。

5. B_4C 模擬制御棒価値

V-3-B1集合体において7本ピンクラスター型 B_4C 模擬制御棒の反応度価値の測定を臨界法により行なった。V-3集合体における値⁽¹⁾との比較をTable 10に示す。この表にみられるようにV-3-B1集合体においては18-22のような位置にある B_4C 模擬制御棒の反応度価値はV-3集合体における値に比較して約8%を増加している。18-18という中心位置における B_4C 模擬制御棒価値も3%増加しており、炉心周辺部に起因する変化分は約5%と考えられる。ナトリウムを含む模擬ブランケットをもつ集合体については B_4C 模擬制御棒価値の測定は行なわなかったが、反応度価値は減少すると考えられる。しかしその変化の絶対値はB1集合体の場合と同程度あるいはそれ以下であろう。

6. む す び

V-3-B集合体において「常陽」の模擬実験として一連のブランケット効果実験を行なった。「常陽」のブランケット組成を参考のためにTable 11に示すが、B2集合体以降に使用した模擬ブランケットの組成はその半径方向ブランケットの組成をかなりよく近似している。しかしながら利用できる材料の量的な制約から半径方向(高さは炉心と同じ)だけの置換しか行えず、軸方向ブランケットはV-3集合体と同じく天然ウラン金属ブランケットのままであった。しかも炉心については組成の差が臨界性におよぼす影響を極めてよく外挿できた密度係数法も、拡散係数がかなり異なる今回のようなブランケットについては精度よい適用ができ

4. 核分裂率分布

V-3-B1, B3およびB4集合体において20 mm 直径の実験孔中に核分裂計数管を挿入することによって半径方向の核分裂率分布の測定を行なった。測定結果をTable 7, 8, 9に示す。Fig. 9にV-3-B1, B3集合体における ^{235}U 核分裂計数管による測定結果とV-3集合体における結果の比較を示す。これらにおいてB3およびB4集合体における測定はいずれもセクター部の中心線に沿って行なわれたものである。Fig. 9にみられるようにB1およびB3ブランケットのいずれにおいても ^{235}U の核分裂の減衰が天然ウラン金属ブランケットと比較しておそい。とくにB1ブランケットの場合、炉心・ブランケット境界近傍での核分裂の増加が顕著である。Fig. 10に ^{238}U 核分裂率についてのV-3-B4集合体とV-3集合体の測定結果の比較を示す。これら核分裂率について計算値と比較するためには実験孔およびケーブルによる効果を補正することが必要である。また、ブランケット外側の空格子管や側板の影響を考慮する必要がある。

5. B_4C 模擬制御棒価値

V-3-B1集合体において7本ピンクラスター型 B_4C 模擬制御棒の反応度価値の測定を臨界法により行なった。V-3集合体における値⁽¹⁾との比較をTable 10に示す。この表にみられるようにV-3-B1集合体においては18-22のような位置にある B_4C 模擬制御棒の反応度価値はV-3集合体における値に比較して約8%を増加している。18-18という中心位置における B_4C 模擬制御棒価値も3%増加しており、炉心周辺部に起因する変化分は約5%と考えられる。ナトリウムを含む模擬ブランケットをもつ集合体については B_4C 模擬制御棒価値の測定は行なわなかったが、反応度価値は減少すると考えられる。しかしその変化の絶対値はB1集合体の場合と同程度あるいはそれ以下であろう。

6. む す び

V-3-B集合体において「常陽」の模擬実験として一連のブランケット効果実験を行なった。「常陽」のブランケット組成を参考のためにTable 11に示すが、B2集合体以降に使用した模擬ブランケットの組成はその半径方向ブランケットの組成をかなりよく近似している。しかしながら利用できる材料の量的な制約から半径方向(高さは炉心と同じ)だけの置換しか行えず、軸方向ブランケットはV-3集合体と同じく天然ウラン金属ブランケットのままであった。しかも炉心については組成の差が臨界性におよぼす影響を極めてよく外挿できた密度係数法も、拡散係数がかなり異なる今回のようなブランケットについては精度よい適用ができ

ないということが明らかになった。⁽¹⁾

しかしそれにもかかわらずV-3-B1~B4 集合体まで4つの集合体によって得られた実験データはV-3 集合体の実験データあるいは解析データと比較することにより、臨界性、中性子束分布あるいはB₄C 制御棒値の変化を正しく評価できるかどうかの判定に極めて有用である。その理由はもしある炉心・ブランケットの系においてブランケットの寄与を過大あるいは過小評価しているとすれば、ブランケットを置換した場合の評価に大きな誤りが生じるであろうからである。

参 考 文 献

- (1) 溝尾宣辰, 他: “FCA V-3 集合体におけるB₄C 模擬制御棒実験と解析”,
JAERI-M 9055 (1980)
- (2) 飯島 勉, 他: “FCA V 炉心系における密度係数” (私信)
- (3) 溝尾宣辰, 他: “FCA V-3, V-3-BおよびV-2-R集合体の核分裂率分布”
JAERI-M 9056 (1980)

ないということが明らかになった。⁽¹⁾

しかしそれにもかかわらずV-3-B1~B4 集合体まで4つの集合体によって得られた実験データはV-3 集合体の実験データあるいは解析データと比較することにより、臨界性、中性子束分布あるいはB₄C 制御棒値の変化を正しく評価できるかどうかの判定に極めて有用である。その理由はもしある炉心・ブランケットの系においてブランケットの寄与を過大あるいは過小評価しているとすれば、ブランケットを置換した場合の評価に大きな誤りが生じるであろうからである。

参 考 文 献

- (1) 溝尾宣辰, 他: “FCA V-3 集合体におけるB₄C 模擬制御棒実験と解析”,
JAERI-M 9055 (1980)
- (2) 飯島 勉, 他: “FCA V 炉心系における密度係数” (私信)
- (3) 溝尾宣辰, 他: “FCA V-3, V-3-BおよびV-2-R集合体の核分裂率分布”
JAERI-M 9056 (1980)

付 録

A 燃料ラック実験

「常陽」においては反射体の周辺部に設けられた燃料ラックに燃料集合体が貯蔵される。その燃料集合体の発熱に関する情報を得るためにV-3-B5集合体において実験を行なった。B5集合体の装荷図、ブラケットと反射体およびナトリウム領域の組成をFig. 11, Table 12に示す。

核分裂計数管による半径方向のスキヤニングの結果をTable 13に示す。炉心中心から828mm離れた18-33という位置においても ^{235}U あるいは ^{239}Pu 核分裂計数管の計数率は約1/6にしか減衰していない。この18-33に通常の燃料引出しを挿入した際の ^{235}U および ^{239}Pu 核分裂計数管の計数率の変化はTable 14に示すようなものである。さらに、 B_4C 板の遮蔽効果をみるために、18-33に挿入した燃料引出しの側面部および17-33と19-33引出しの散下部と最上部に2-2-1/4型不銹鋼被覆天然 B_4C ペレット板(ペレット平均重量: 28.91g)を使用したところ、計数の変化はTable 15に示すようなものであった。

B γ 線量率分布

「常陽」のブラケットあるいは反射体中における γ 線発熱の評価に資するため γ 線量の測定を行なった。

まず、V-3-B1集合体において20mm直径の実験孔中に以下のような線量計をはりつけたアルミのストリップを挿入して照射を行なった。結果をTable 16に示す。

蛍光ガラス線量計	Cd フィルター (0.5 mm 厚さ)
	Sn フィルター (0.5 mm 厚さ)

熱ルミネッセンス線量計	TLD-600 (Li^6F)
	TLD-700 (Li^7F)

照射時の炉出力は2.5Wおよび25Wで照射時間は1時間である。

TLD-700によるV-3-B4集合体およびガラス線量計によるB5-F集合体における γ 線量の測定結果をTable 17および18に示す。照射は25W1時間および36W1時間である。

Table 1 Composition of Assembly V-3-B1

Material	Atomic number density ($10^{22}/\text{cm}^3$)				
	Core	Na-channel	Axial blanket	Blanket I	Blanket II
Pu-239	0.10458	- -	- -	-	-
Pu-240	0.00933	-	-	-	-
Pu-241	0.00107	-	-	-	-
U-235	0.1470	-	0.0289	0.002021	0.001870
U-238	0.5836	-	2.9890	0.9207	0.9228
O	1.3101	-	-	3.2167	3.2215
Na	0.8134	1.6592	-	-	-
Al	0.8830	-	-	1.1905	1.1905
Cr	0.3273	0.4065	0.1827	0.5280	0.5280
Fe	1.1950	1.4936	0.6652	1.9184	1.9184
Ni	0.1535	0.1752	0.0796	0.2258	0.2258

Table 2 Blanket composition

Material	Atomic number density ($10^{22}/\text{cm}^3$)	
	Blanket III	Blanket IV
U-235	0.002021	0.007068
U-238	0.9207	0.9752
O	1.8548	2.7238
Na	0.7656	-
Al	-	2.0984
Cr	0.3134	0.5280
Fe	1.1504	1.9184
Ni	0.1420	0.2258

Table 3 Homogeneous critical mass and dimension of Assembly V-3-B1

Critical mass		Critical dimension		
Pu-fissile (Kg)	U-235 (Kg)	H (cm)	R (cm)	V (ℓ)
97.2 ± 0.3	133.1 ± 0.4	60.96	35.78 ± 0.05	245.2

Table 4 Blanket effect on criticality of V-3 assemblies (6 Na channel)

Assy. No.	Blanket	k_{eff}	Reactivity change ($\% \Delta k/k$)
V-3	NU	1.0029	-
V-3-B1	I & II, zone	1.0098	0.69 ± 0.01
V-3-B2	III & II, zone	0.9953	-0.76 ± 0.02
V-3-B3	III & II, sector	1.0003	-0.26 ± 0.01

Table 5 Calculated result of reactivity change ($\% \Delta k/k$) associated with blanket replacement

Assy. No.	J-F-0	ABEN
V-3	-	-
V-3-B1 (whole blanket)	2.08	2.57
V-3-B2 (whole blanket)	-1.44	-1.14

Table 6 Radial blanket density coefficient in Assembly V-3-B1

Material	Density coeff. ($\Delta k/k/10^{24}$ atoms/cm ³)
Pu-239	53.1 ± 1.0
U-235	48.6 ± 1.0
U-238	0.43 ± 0.05
C	0.93 ± 0.05
O	0.99 ± 0.05
Na	1.34 ± 0.05
Al	0.98 ± 0.05
SUS	0.51 ± 0.05

Table 7 Radial traverse* of fission counter and BF₃ counter
in Assembly V-3-B1

Position	Y (mm)	U-235 mfc	U-238 mfc	Pu-239 mfc	BF ₃ mc
18-18**	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000
18-19	55.2	0.983	1.080	1.000	0.955
18-20	110.4	0.919	1.062	0.947	0.884
18-21	165.6	0.857	0.961	0.883	0.847
18-22**	220.8	0.789	0.768	0.782	0.795
18-23	276.0	0.701	0.705	0.690	0.699
18-23.5	303.6	-	0.634	0.628	0.659
18-24	331.2	0.592	0.535	0.574	0.639
18-24.5	358.8	0.566	0.419	0.526	0.633
18-25	386.4	0.529	0.272	0.482	0.636
18-26	441.6	0.429	0.126	0.370	0.553
18-27	496.8	0.307	0.060	0.267	0.423
18-27.5	524.4	0.252	0.045	0.222	0.357
18-28	552.0	0.193	-	0.175	0.290
18-28.5	579.6	0.146	0.020	0.133	0.229
18-29	607.2	-	-	0.113	0.208
18-30	662.4	-	-	-	0.165

* Statistical accuracy $\pm 2\%$

Effects due to experimental hole and cable are not corrected.

** Na-channel

Table 8 Radial traverse* of fission counter
in Assembly V-3-B3

Position	y (mm)	U-235 mfc	U-238 mfc
18-12	-331.2	0.586	0.433
18-13	-276.0	0.676	0.594
18-14	-220.8	0.787	0.648
18-15	-165.6	0.861	0.819
18-16	-110.4	0.922	0.922
18-17	-55.2	0.987	0.977
18-18	0.0	1.000	1.000
18-19	55.2	0.970	0.981
18-20	110.4	0.926	0.910
18-21	165.6	0.837	0.800
18-21.5	193.2	-	0.714
18-22**	220.8	0.742	0.631
18-22.5	248.4	0.702	0.592
18-23	276.0	0.635	0.557
18-23.5	303.6	0.569	0.495
18-24	331.2	0.511	0.412
18-24.5	358.8	0.462	0.308
18-25	386.4	0.423	0.201
18-26	441.6	0.332	0.101
18-27	496.8	0.238	0.053
18-27.5	524.4	0.195	0.039
18-28	552.0	0.154	0.028

* Statistical accuracy $\pm 2\%$.
Effects due to experimental hole and cable are not corrected.

** Na-channel

Table 9 Radial traverse* of fission counter
in Assembly V-3-B4

Position	Y (mm)	U-235 mfc	U-238 mfc
18-12	-331.2	0.582	0.424
18-13	-276.0	0.669	0.579
18-14**	-220.8	0.783	0.639
18-15	-165.6	0.851	0.802
18-16	-110.4	0.913	0.915
18-17	-55.2	0.961	0.978
18-18	0.0	1.000	1.000
18-19	55.2	0.979	0.977
18-20	110.4	0.917	0.915
18-21	165.6	0.839	0.808
18-21.5	193.2	0.792	0.721
18-22**	220.8	0.750	0.633
18-22.5	248.4	0.705	0.602
18-23	276.0	0.638	0.572
18-23.5	303.6	0.587	0.508
18-24	331.2	0.531	0.420
18-24.5	358.8	0.491	0.321
18-25	386.4	0.456	0.211
18-26	441.6	0.381	0.107
18-27	496.8	0.289	0.057
18-28	552.0	0.222	0.031
18-29***	607.2	0.172	0.018
18-30	662.4	0.115	0.011
18-30.5	690.0	0.088	0.008
18-31	717.6	0.068	0.006
18-31.5	745.2	0.055	-
18-32	772.8	0.050	0.003
18-34	883.2	0.044	-

* Statistical accuracy $\pm 2\%$

Effects due to experimental hole and cable are not corrected.

** Na-channel

*** Experimental hole plug-channel

Table 10 Blanket effect on B₄C control rod worth

Position	Worth (% Δk/k)		Ratio
	V-3-B1	V-3	
18-22	1.40 ± 0.06	1.30 ± 0.01	1.08
14-16	1.18 ± 0.05	1.09 ± 0.01	1.09
18-14, 18-22	2.87 ± 0.12	2.67 ± 0.08*	1.08
18-18	2.59 ± 0.10	2.51 ± 0.04	1.03

* Sub-critical method

Table 11 Blanket composition of "JOYO"

Material	Atomic number density (10 ²² /cm ³)	
	Radial blanket	Axial blanket
U-235	0.002229	0.001683
U-238	1.101	0.8312
O	2.206	1.666
Na	0.7343	0.9088
Cr	0.2846	0.3274
Fe	1.037	1.193
Ni	0.2076	0.2389
Mo	0.02268	0.02610

Table 12 Composition of Assembly V-3-B5

Material	Atomic number density (10 ²² /cm ³)			
	Blanket V	Radial reflector	Axial reflector	Sodium region
U-235	0.00838	-	-	-
U-238	4.0069	-	-	-
Na	-	-	-	1.5312
Cr	0.1827	1.5915	1.6319	0.4441
Fe	0.6652	5.6420	5.7849	1.6355
Ni	0.0796	0.6959	0.7135	0.2044

Table 13 Radial traverse* of fission counter
in Assembly V-3-B5

Position	(mm)	U-235 mfc	U-238 mfc	Pu-239 mfc
18-18	0.0	1.000	1.000	1.000
18-19	55.2	0.978	-	-
18-20	110.4	0.926	0.931	0.915
18-21	165.6	0.850	-	-
18-22**	220.8	0.777	0.647	0.749
18-23	276.0	0.665	-	-
18-24	331.2	0.559	0.431	0.530
18-24.5	358.8	0.517	0.327	-
18-25	386.4	0.486	0.215	-
18-26	441.6	0.414	0.109	0.362
18-27	496.8	0.352	0.059	-
18-27.5	524.4	0.329	-	-
18-28	552.0	0.315	0.034	0.290
18-28.5	579.6	0.312	0.026	-
18-29	607.2	0.311	0.020	0.290
18-30	662.4	0.275	0.010	0.279
18-31	717.6	0.228	0.0062	0.237
18-32	772.8	0.199	0.0046	0.212
18-33	828.0	0.167	0.0034	0.182
18-34	883.2	0.136	0.0026	0.147
18-34.5	910.8	0.123	-	-
18-35	938.4	0.091	-	0.100

* Statistical accuracy $\pm 3\%$

Effects due to experimental hole and cable are not corrected.

** Na-channel

Table 14 Change of fission rate (V-3-B5-F/V-3-B5)

Position	U-235 mfc	Pu-239 mfc
18-30	0.96	0.95
18-31	0.91	0.91
18-32	0.81	0.80
18-33	0.56	0.49
18-34	0.72	0.71
18-35	0.80	0.79

Accuracy $\pm 4\%$

Table 15 Change of fission rate (V-3-B5-BF/V-3-B5-F)

Position	U-235 mfc	Pu-239 mfc
18-33	0.40	0.41
18-33 1/4	0.48	0.43
18-33 1/2	0.55	0.53
18-34	0.63	0.62
18-34 1/2	0.67	0.64
18-35	0.71	0.71

Accuracy $\pm 4\%$

Table 16 γ -dose (R) in Assembly V-3-B1

Power	Position	Glass dosimeter	TLD-700
2.5W	18-18	43.5	44.8
	18-19	50.3	50.4
	18-20	48.8	47.9
	18-21	44.6	41.9
	18-22	33.9	37.3
	18-23	34.1	35.4
	18-24	27.0	27.5
	18-25	11.9	9.07
	18-26	6.39	5.78
	18-27	3.98	3.20
	18-28	2.37	1.81
25 W	18-18	401	422
	18-19	457	563
	18-20	447	502
	18-21	402	439
	18-22	311	320
	18-23	311	350
	18-24	246	249
	18-25	102	119
	18-26	54.4	49.6
	18-27	32.8	27.6
	18-28	18.7	12.5

Table 17 γ -dose (R) in Assembly V-3-B4

Position	TLD-700(1)	TLD-700(2)
18-18	478	593
18-19	578	605
18-20	517	526
18-21	368	507
18-22	342	325
18-23	346	329
18-24	251	254
18-25	113	112
18-26	41.5	50.3
18-27	31.2	31.8
18-28	20.9	21.1
18-29	12.2	12.7
18-30	10.1	9.43

Table 18 γ -dose (R) in Assembly V-3-B5

Position	Class dosimeter
18-16	1330
18-17	1270
18-18	1340
18-19	1320
18-20	1280
18-21	1130
18-22	870
18-23	862
18-24	683
18-25	287
18-26	168
18-27	119
18-28	91.8
18-29	70.4
18-30	58.0
18-31	48.3
18-32	41.9
18-33	35.4
18-34	29.4
18-35	20.8

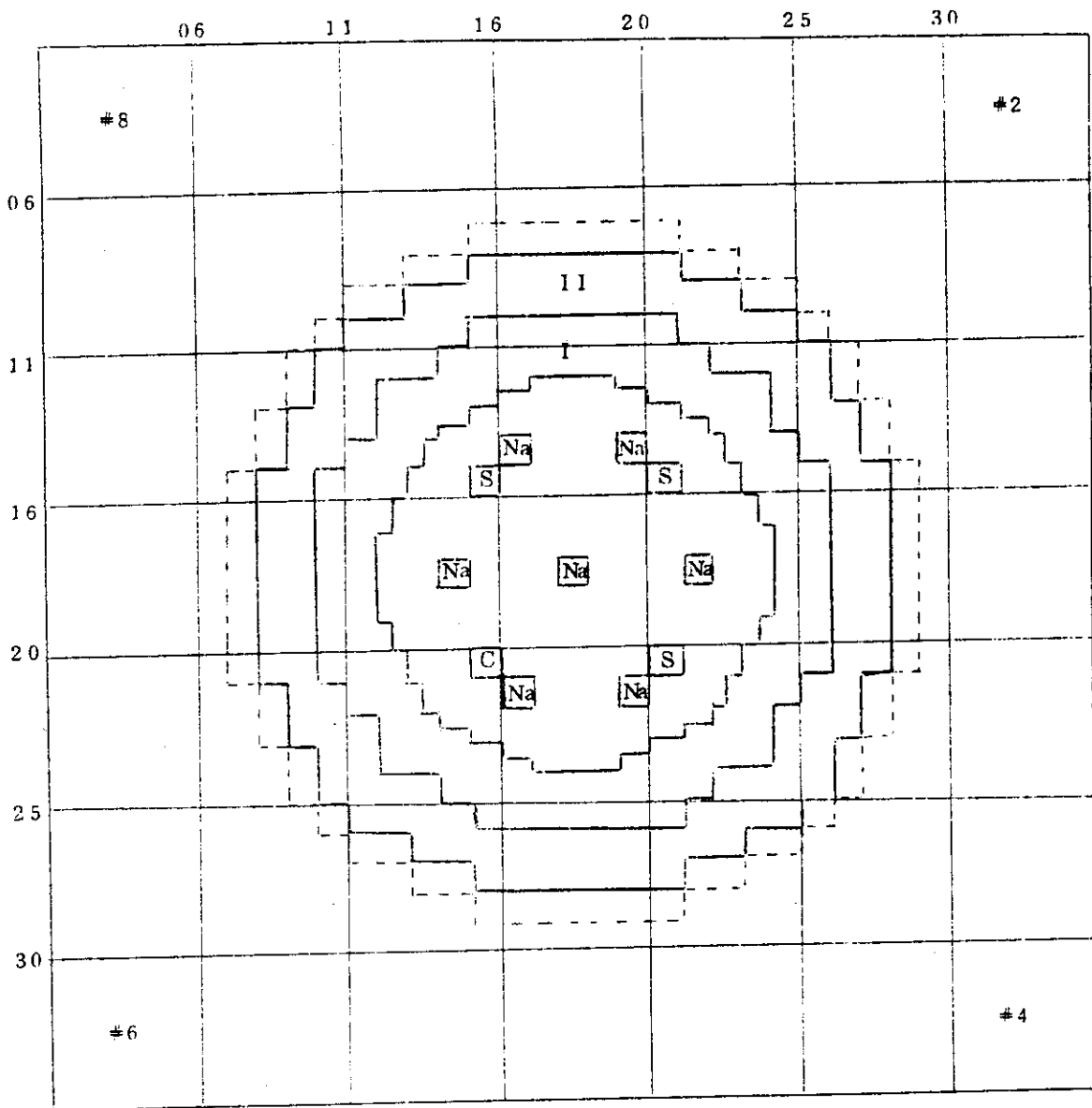


Fig. 1 Loading pattern of Assembly V-3-B1 (fixed half)

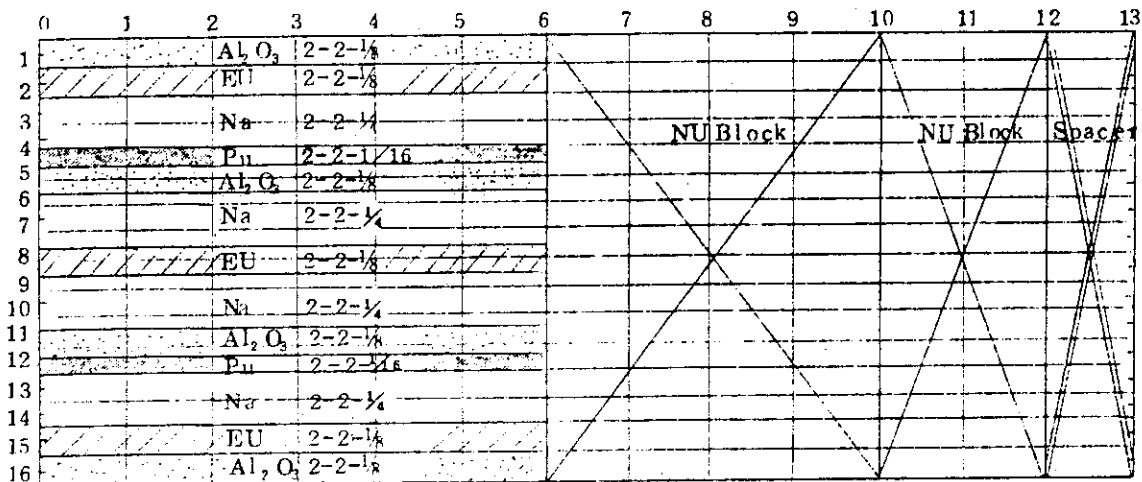


Fig. 2 Drawer loading of core and axial blanket

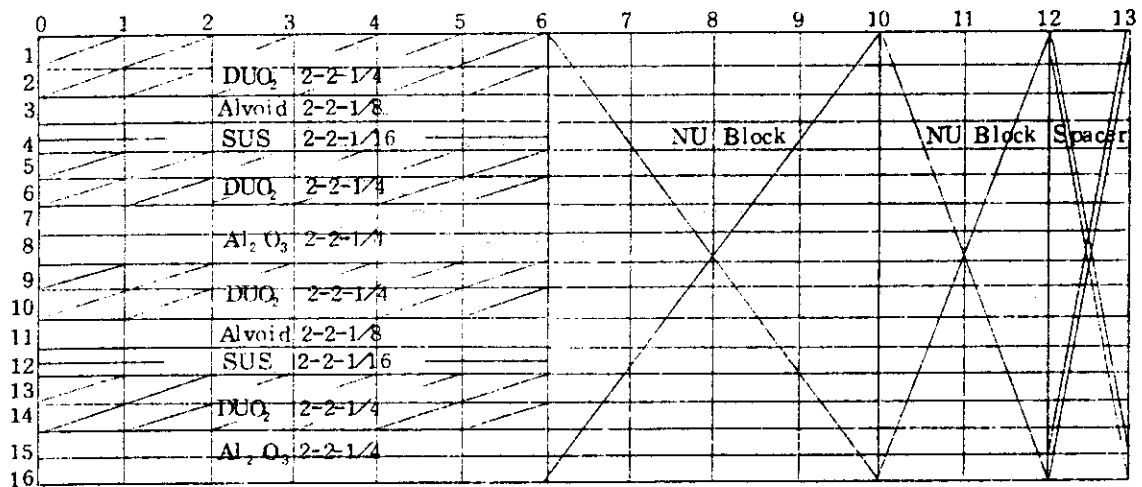


Fig. 3 Drawer loading of Blanket I & II

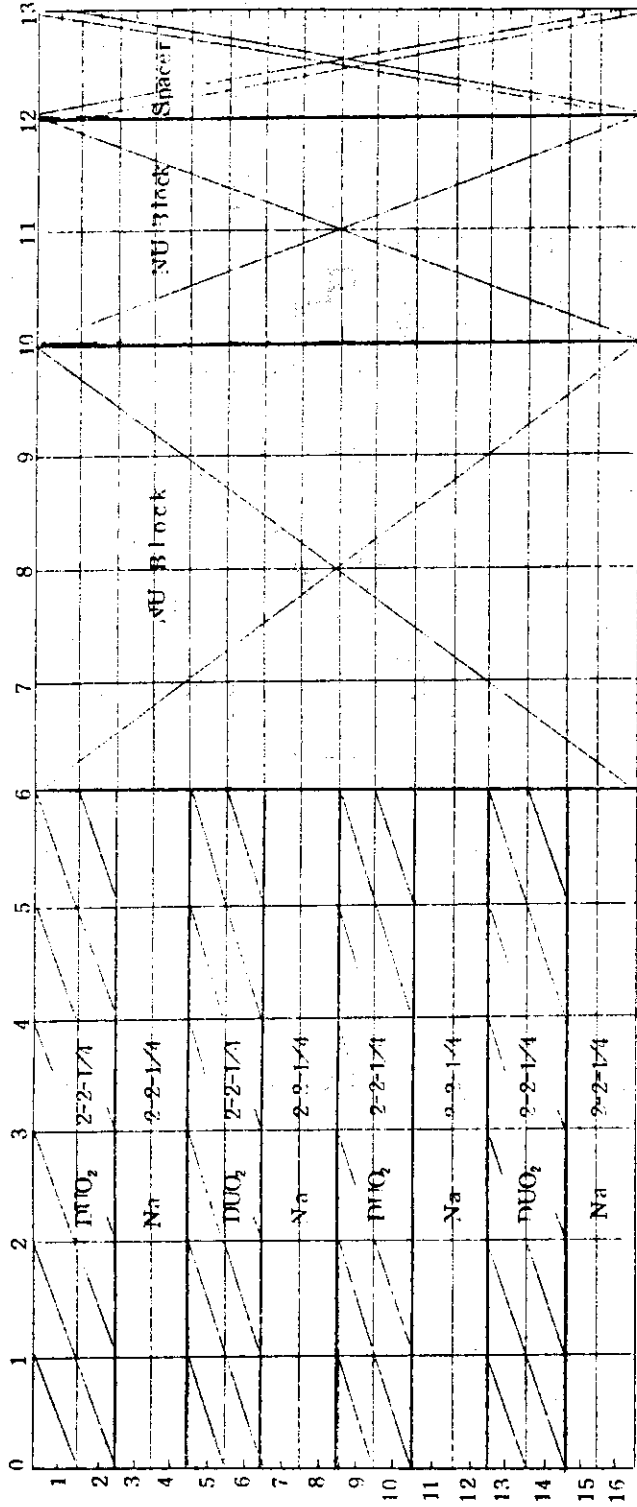


Fig. 5 Drawer loading of Blanket III

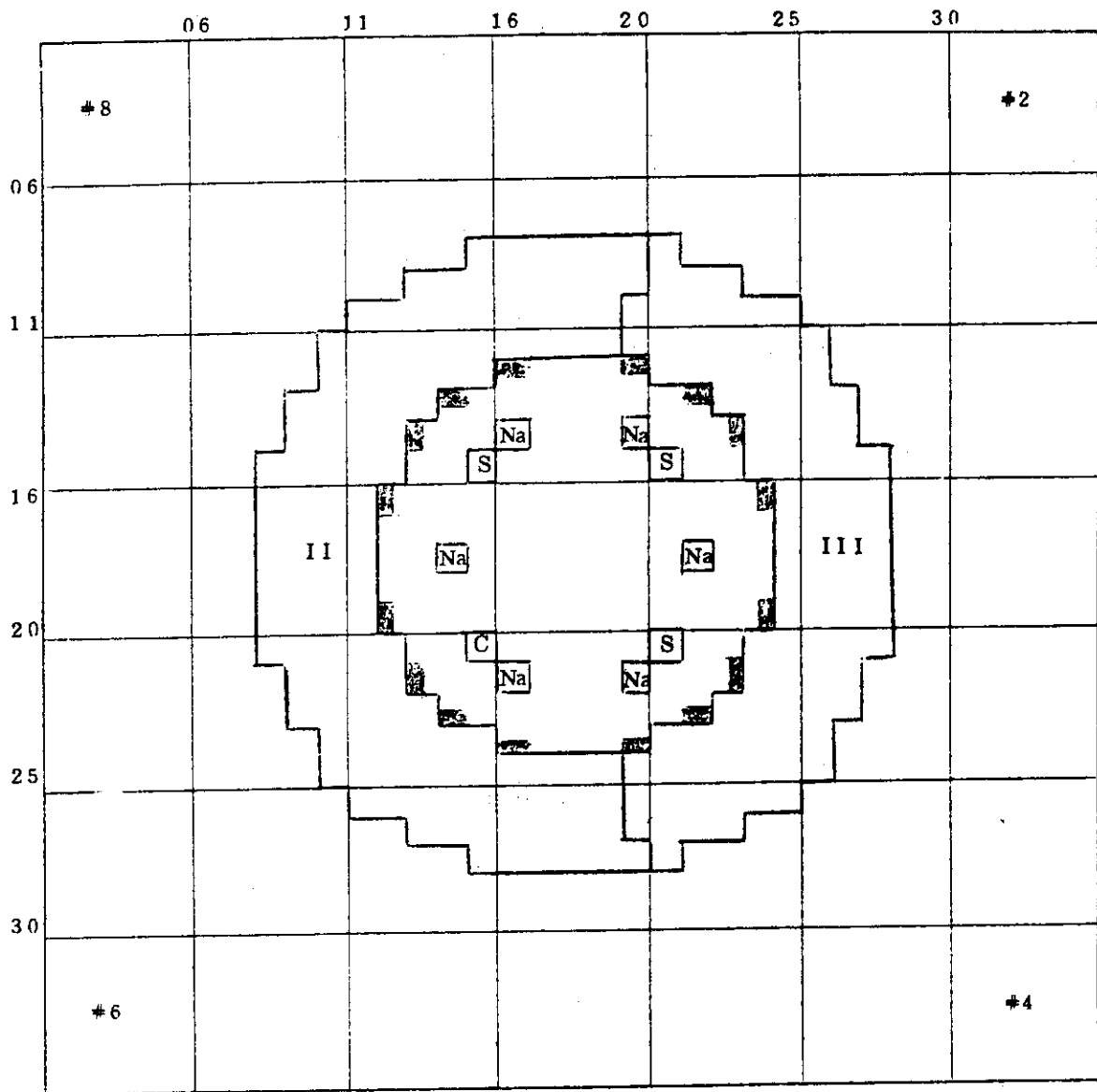


Fig. 6 Loading pattern of Assembly V-3-R3 (fixed half)

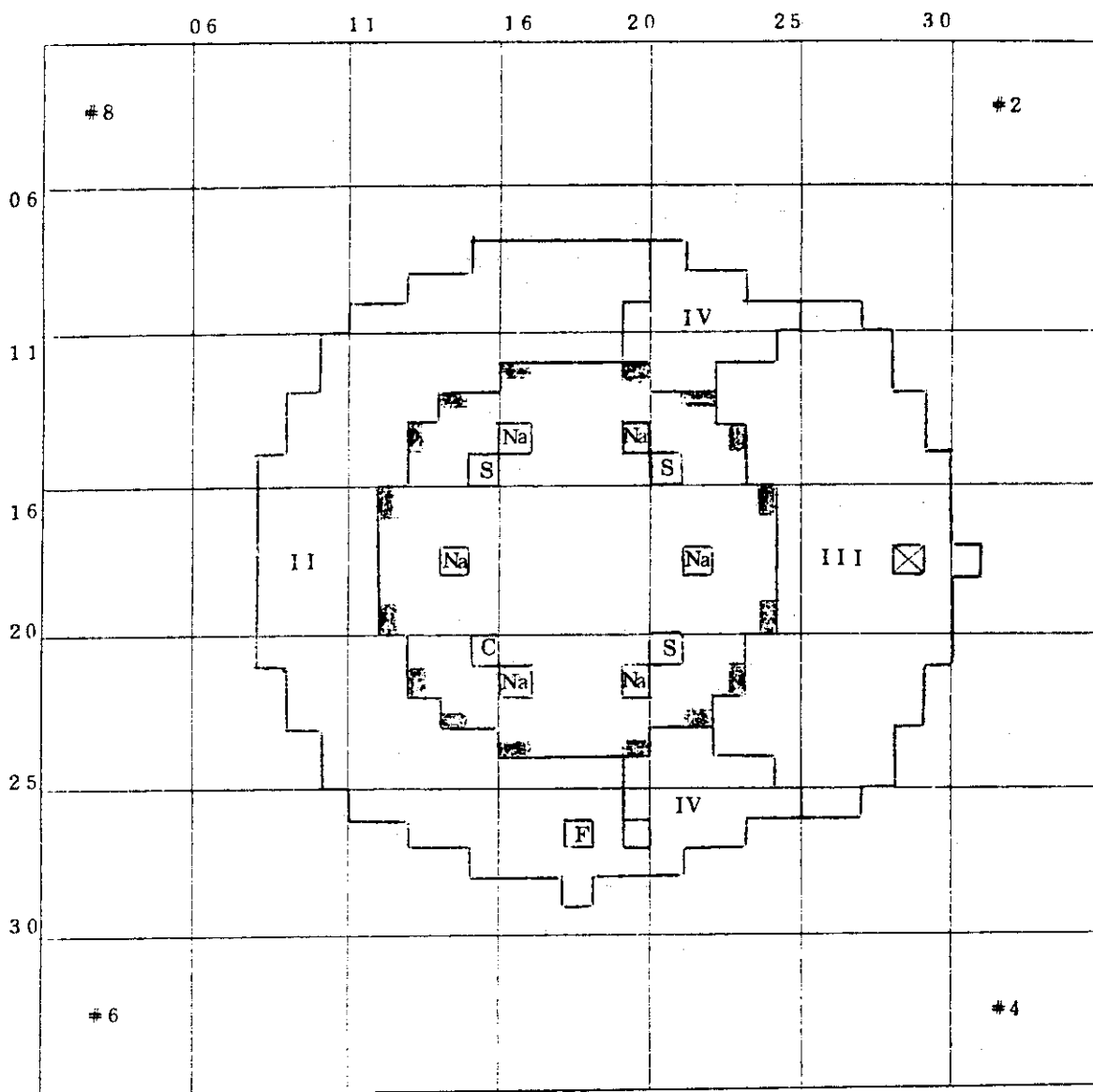


Fig. 7 Loading pattern of Assembly V-3-B4 (fixed half)

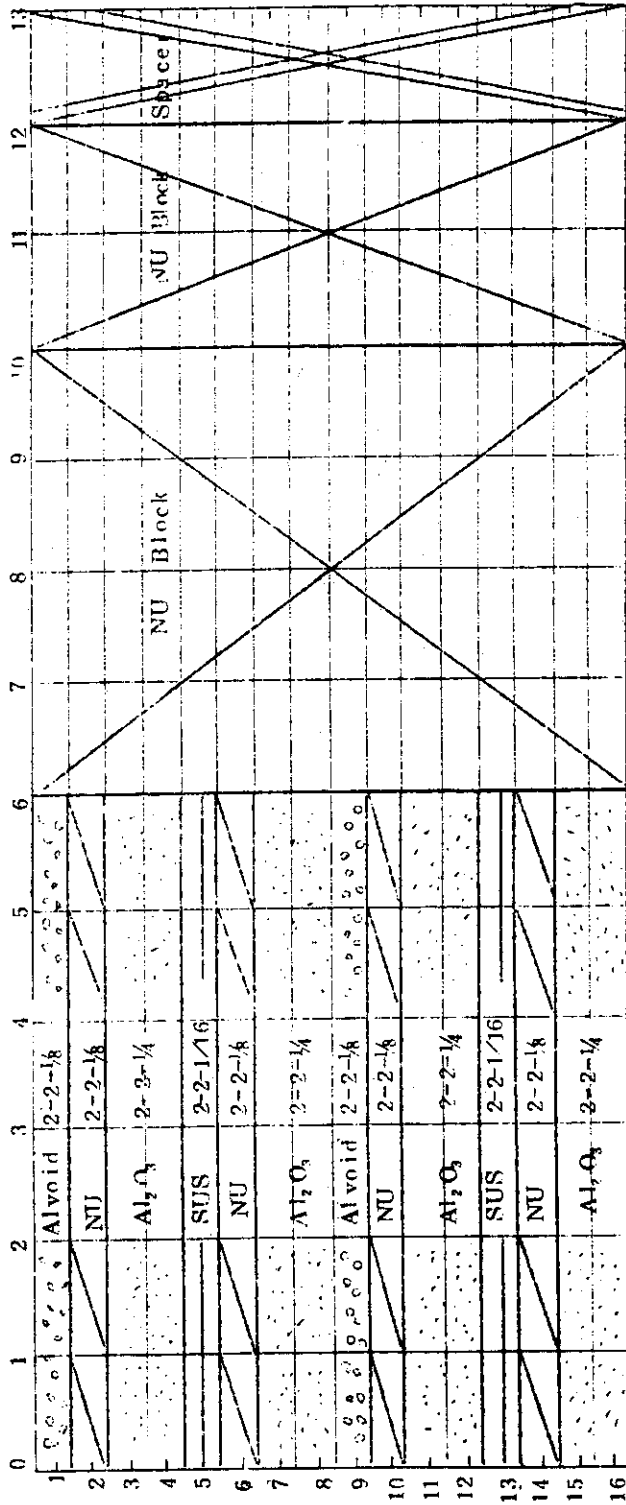


Fig. 8 Drawer Loading of Blanket IV

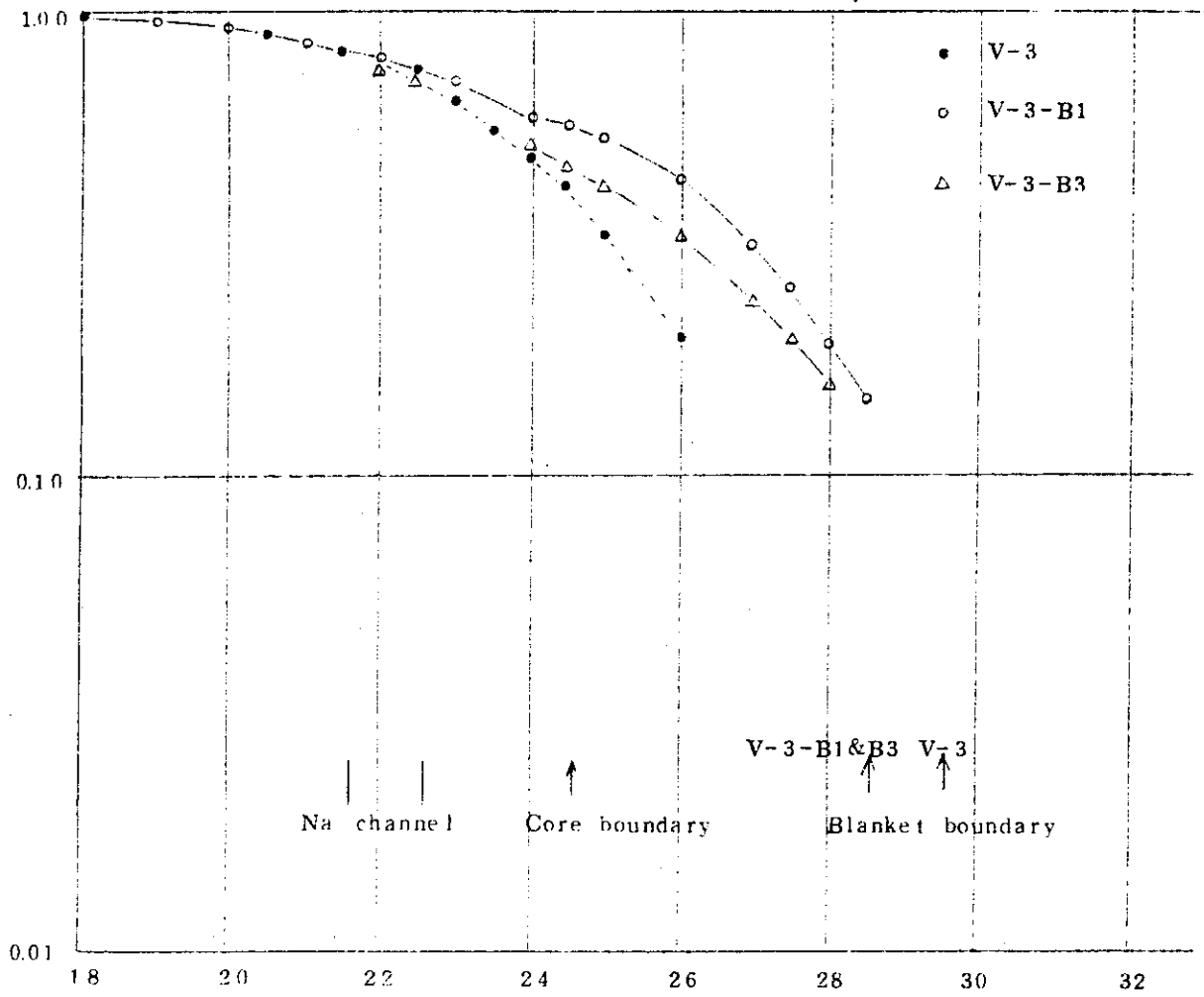


Fig. 9 U-235 fission rate distribution in radial direction

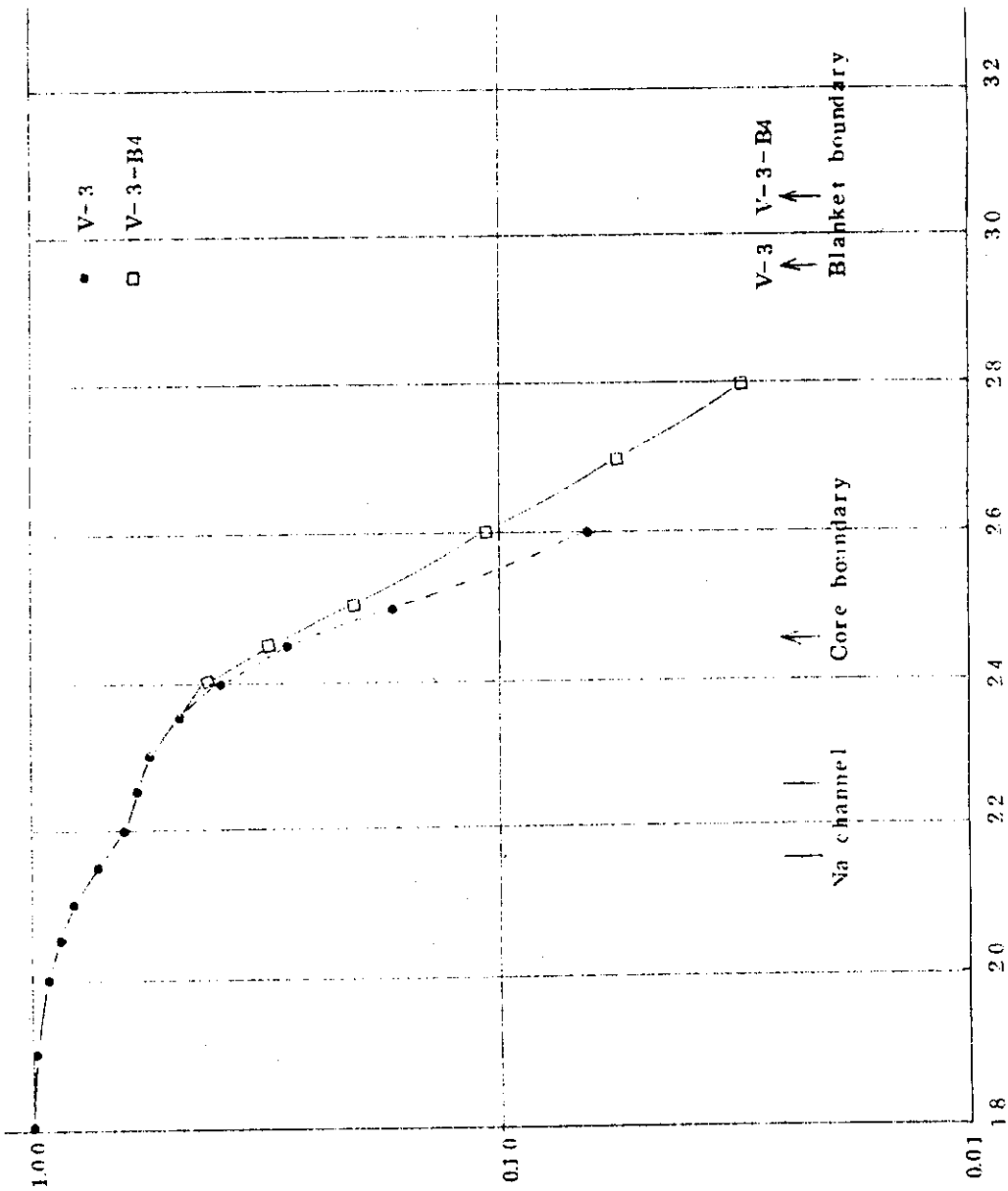


Fig.10 U-238 fission rate distribution in radial direction

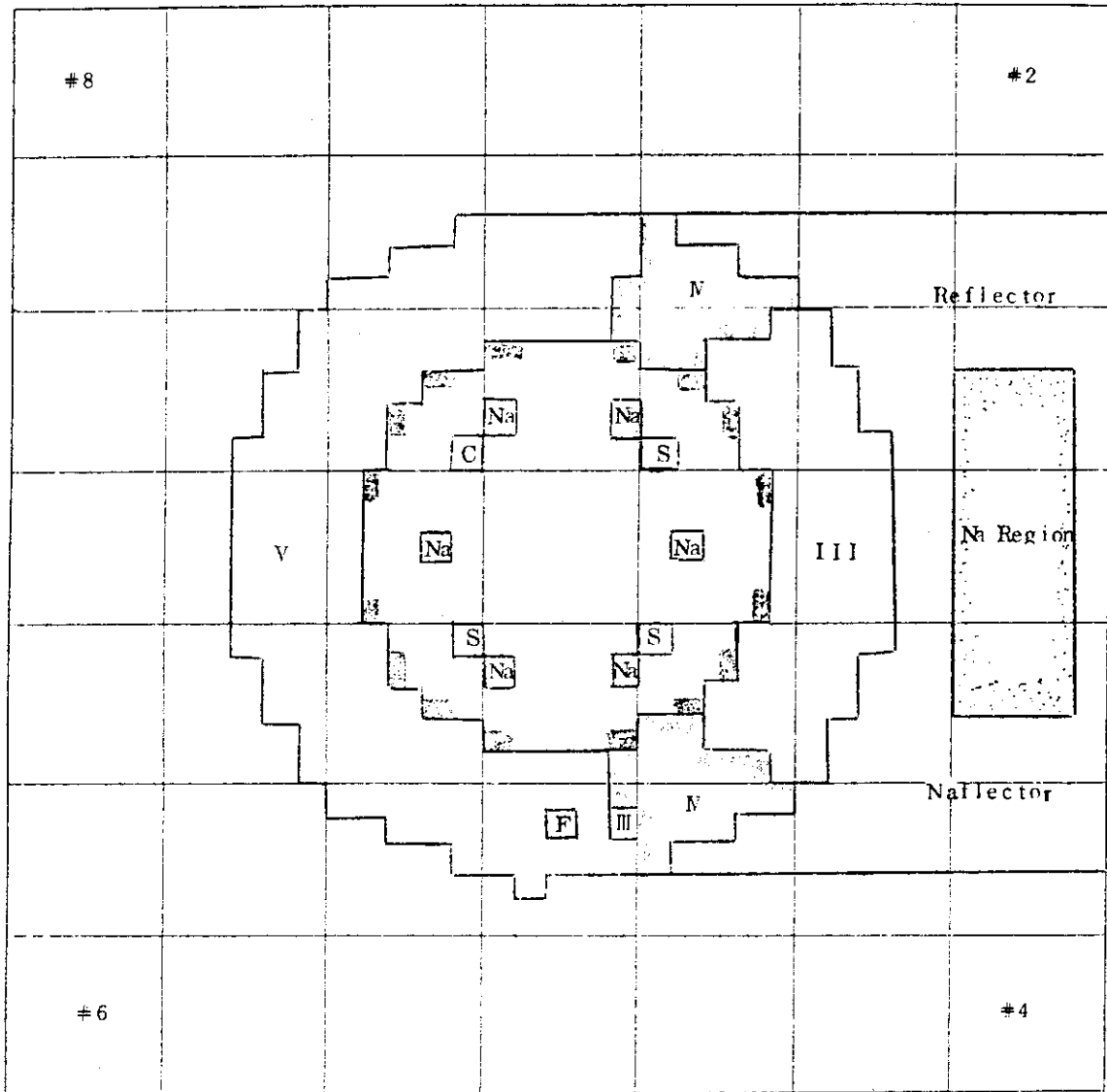


Fig. 11 Loading pattern of Assembly V-3-B5 (fixed half)