小特集・新型原子炉

U.D.C. 621.039.526:621.039.521

高速増殖炉大型非均質炉心の研究開発 Study on Large Heterogeneous Fast Breeder Cores

高速増殖炉の最大の特長は、燃料の増殖性であるが、一般に、炉心が大型化する ほど増殖率が下がる傾向にある。そこで、その解決策のひとつとして、炉心内にブ ランケット領域を設けた「非均質炉心」を取り上げ、種々の構造を想定して、それ ぞれの場合の核特性を検討した。対象としては、実証炉ないし商用炉規模の液体金 属冷却、酸化物燃料炉心とし、計算には、高速増殖原型炉「もんじゅ」などの設計 解析に使用されている手法を用いた。解析結果によれば、従来の均質炉心(炉心の 外側にだけブランケットを設ける構造の炉心)に比べて、非均質炉心は増殖性が改 善され、燃焼による反応度低下が少なく、かつ正のボイド反応度が小さく安全性に 優れているなど、多くの特性についてメリットがあるとの結論を得た。

井上孝太郎*	Kôtarô Inoue
川 島 克 之**	Katsuyuki Kawashima
渡 孔 男***	Yoshio Watari
提 潔***	Kiyoshi Tsutsumi

1 緒 言

0

高速増殖炉の経済性を実証するため、高速増殖原型炉「もんじゅ」に続く炉として、いわゆる実証炉の建設が計画され、 研究開発に着手された。実証炉の炉心は、「もんじゅ」の設計 概念をほぼそのまま踏襲し、燃料集合体の数を増して大型化 してゆくことも考えられる。しかし、高速炉の場合、一般に (3) 均質炉心との諸特性の比較

なお,対象とした炉心は電気出力 1,000MW級の大型炉を 想定したものであり,その主な要目を表1に示す。燃料ピン は,動力炉・核燃料開発事業団を中心に開発が進められてい る高速増殖原型炉「もんじゅ」の基本仕様を踏襲した。

炉心が大型化するほど増殖率が低下することが指摘されてい る。そこで、増殖性を向上させるための一つの解決案として、 炉心内にブランケット領域を設け(これを内部ブランケット と呼ぶ。)、核特性としては、実効的に小型の炉心が内部ブラ ンケットを介して緩く結合された状態に保つ、いわゆる「非 均質炉心」を取り上げ検討した。

非均質炉心の概念は、今から15、6年前に、ナトリウムボイ ド係数を小さくし安全性を高めるものとして、主に米国で検 討されたが、ここ2、3年、フランス、米国などで安全性と ともに増殖性の面から改めてクローズアップされてきており、 米国で計画中のClinch River Breeder Reactorには非均質 炉心の採用が検討されているなどの動きがある。

本研究では,特に安全性については深く議論せず,増殖性 を中心に,炉心の特性を向上させるための体系について検討 した。

第2章には、昭和52年度以来、動力炉・核燃料開発事業団の委託研究として取り上げてきた半径方向非均質炉心についての検討結果を、また第3章には、独自のアイディアに基づく軸方向非均質型炉心の検討結果について紹介する。

2 半径方向非均質炉心の検討

2.1 概 要

炉心燃料領域内に, ブランケット燃料を混在させるという 非均質炉心概念の具体化の一方向として, ここでは, 半径方 向ブランケット燃料集合体を炉心燃料集合体領域に配置させ る, いわゆる「半径方向非均質炉心」を取り上げ, 以下の項 目について検討した。

(1) 増殖性の面からの, 炉心領域内ブランケット燃料集合体

2.2 内部ブランケット集合体本数の最適化¹⁾

内部ブランケット集合体が, 炉心内でリング状に配置され た非均質炉心で, 最大線出力密度一定の条件下で, 内部ブラ ンケット集合体本数をパラメータとして増殖性能を検討した。 その結果を図1に示す。増殖比及び増殖利得(サイクル当た りの核分裂性物質の増加量)は, 内部ブランケット燃料集合 体本数の増加とともに増大する。一方, 内部ブランケットで

表 | 運転条件と炉心パラメータ パラメータサーベイの過程では、 炉心+径方向ブランケット+内部ブランケットの合計の体積を保存している。

項目	設 計 値
熱出力	2,500 MW
炉心高さ	100 cm
軸方向ブランケット厚	35 cm
燃料集合体数	
(炉心+内部ブランケット+径方向ブランケット)	612(610)(1)
制御棒数	31 (33)(1)
燃料(炉心/ブランケット)	PuO2-UO2/減損UO2
燃料スミア密度(炉心/ブランケット)	84/92% T.D. ⁽²⁾
燃料組成	
(Pu ²³⁹ /Pu ²⁴⁰ /Pu ²⁴¹ /Pu ²⁴²)	58/24/14/4 W/0
(U ²³⁵ /U ²³⁸)	0.3/99.7 W/0
燃料ピン径(炉心/ブランケット)	6.5/12.0mm
燃料集合体当たりのピン数(炉心/ブランケット)	271/91
最大線出力	360 W/cm
平均取出し燃焼度	80,000 MWd/t
冷却材温度(入口/出口)	380/540°C
燃料交換期間	265日(3)
燃料交換バッチ数	3

21

(以下,内部ブランケット集合体と称する。)本数の最適化 (2) 出力分布平担化の面からの,内部ブランケット集合体装 荷パターンの最適化

注:(1)(非均質炉心), (2)T.D.(埋論密度), (3)利用率80%

* 日立製作所エネルギー研究所 工学博士 ** 日立製作所エネルギー研究所 *** 日立製作所日立工場

720 日立評論 VOL. 62 No. 10(1980-10)



図 | 内部ブランケット本数と倍増時間 内部ブランケット集合体 本数を変化させたときの倍増時間,増殖比及び核分裂インベントリーの変化を示す。 (a) 核分裂性プルトニウム装荷量

非均質炉心では、炉心内に配置した内部ブランケット集 合体による中性子吸収のため、炉心燃料集合体の核分裂性 プルトニウム富化度を高める必要があり、核分裂性プルト ニウム装荷量は約10%増大する。

(b) 増殖比及び倍増時間

非均質炉心の増殖比は約7%大きく,倍増時間は約10年 短縮される。

(c) 燃焼反応度

非均質炉心では増殖比が大きく、燃焼に伴う核分裂性物 質の生成量が多いため、燃焼に必要な反応度は約1% Δk/k 小さくなる。

(d) ナトリウムボイド反応度

炉心領域でナトリウム沸騰が生じて、炉心体積の約号が ボイドになった場合に投入される正の反応度は、非均質炉 心では約15%に減少し、安全性向上に寄与する。

(e) 制御棒反応度価值

非均質炉心では、相対的に中性子束の低い位置に制御棒が配置されるため、一般にその反応度価値は小さくなる。 しかし、この減少分は燃焼必要反応度の減少、制御棒内B¹⁰ 濃縮度の増加、制御棒配置の最適化などにより補償するこ とができる。

(2) 熱流力特性

(a) 出力ピーキング

中性子が吸収されるために,炉心の必要富化度は高くなり, 核分裂物質の装荷量が増大する傾向もあり,サーベイの結果 では,倍増時間は内部ブランケット集合体本数が炉心全集合 体数の約量で最小となる。なおこの結果は,極端な配置をと らない限り,増殖特性は燃料対内部ブランケット集合体の体 積比でほぼ一義的に決まるため,他の非均質配置の炉心に対 しても適用が可能である。

2.3 内部ブランケット集合体装荷パターンの最適化

半径方向非均質炉心での内部ブランケット集合体の装荷パターンは、大きくは次の3種類に分類される。

(1) リング (Ring)型非均質炉心

リング状に内部ブランケット集合体を配置した炉心(2) アイランド(Island)型非均質炉心

規則的に内部ブランケット集合体を分散配置した炉心

(3) ビッグアイランド(Big-Island)型非均質炉心

内部ブランケット集合体を幾つかの大きなブロックとして 配置した炉心

ここでは、これら三つの型の非均質炉心について、半径方 向ブランケットまで含めた集合体数一定の条件下で、出力分 布の最適化を行なった。その結果、得られた各非均質炉心の 装荷パターンを、均質炉心(半径方向に富化度の異なった2 領域から成る通常の炉心)とともに、図2(a)~(d)に示す。こ れらの非均質炉心は、いずれも均質炉心と比較して径方向出 力ピーキング係数は約10%小さく、倍増時間は約10年短い結 果が得られた。

2.4 均質炉心との諸特性比較

22

均質炉心との比較を行なう代表的な半径方向非均質炉心と

非均質炉心では、内部ブランケット集合体が出力平坦化 の役割を果たすことにより、径方向出力ピーキングは約8 %小さくなる。したがって、最大線出力密度一定の条件下 では平均線出力密度を大きくすることができ、炉心燃料集 合体数の削減が可能となる。更に、平均取出し燃焼度一定の 条件下では集合体最大取出し燃焼度は低下し、燃料要素設 計上余裕が生ずる。この余裕を、例えば燃料要素の被覆管 肉厚の減少(燃料体積割合の増加)などに使うことにより、 更に増殖性能を向上させることができよう。

(b) 一次冷却材全流量

非均質炉心では、内部ブランケット集合体の燃焼に伴う 出力変動が大きいことに起因して、固定流量配分と同一入 口温度条件を前提とすると、必要冷却材全流量は約7%増 大する。

表2 均質と非均質炉心の特性比較 核特性,熱流力特性を比較した。

項	炉 心	均質炉心	非均質炉心
	核分裂性プルトニウム装荷量 (t)	2.8	3.1
	增殖比 ⁽¹⁾	1.19	1.27
核	倍增時間 ⁽²⁾ (年) (Compound Inventory Doubling Time)	34.5	25.0
特	燃焼反応度(% Δk/kk')	- 3.2	- 2.2
	ナトリウムボイド反応度 ⁽³⁾ (%Δk/kk')	1.7	0.2
性	制御棒反応度価値(主系統棒)		
	上段:B ¹⁰ 濃縮度(a/0)	50	90
	下段:反応度(% Δk/kk')	10.88	7.76
熱流力	径方向出力ピーキング係数 ⁽⁴⁾	1.24	1.14
カ特性	一次冷却材全流量(t/s)	13.04	13.93

して、 炉心設計条件の変更などに伴う集合体数の増減に対処 しやすいという観点から、内部ブランケット集合体配置の規 則性に富むアイランド型非均質炉心を選定した。「もんじゅ」 外挿型の均質炉心との比較結果を表2にまとめて示す。 (1) 核特性



(a) 均質炉心

記号	名 称	本数	記号	名 称	本数
0	内側炉心	198	\odot	制御棒(主系統棒)	25
\bigcirc	外側炉心	174		> 制御棒(後備炉停止棒)	
\bigcirc	径方向ブランケット	240			

(b) リング型非均質炉心

記号	名 称	本数	記号	名 称	本数
0	炉心	282	0	径方向ブランケット	240
•	内部ブランケット	91	۲	制御棒	30





(c) アイランド型非均質炉心

記号	名 称	本数	記号	名 称	本数
0	炉心	303		径方向ブランケット	204
	内部ブランケット	103	\odot	制御棒	33

図2 均質炉心及び各種半径方向非均質炉心の構成図

出力分布平坦化の面から,最適化した炉心構成要素の配置を示す。

(3) 炉心変形特性

高速増殖炉では、炉内中性子束分布及び温度分布により、 熱湾曲, スウェリング湾曲を生じ, 各集合体は正規の配列状 3.1 概 要 態から幾分か変位し、 炉心変形を生ずる。 炉心変形は反応度 前章では径方向非均質炉心について検討したが、ここでは 炉心の軸方向の中央付近に, 半径方向に広がった薄い円盤状 変化,温度分布変化,制御棒駆動性及び燃料交換の操作性に 大きな影響を与える。この炉心変形挙動を3次元コードBE のブランケットを設けた,いわゆる「軸方向非均質炉心」の検 ACON²⁾で解析検討した。その結果の一例として、燃焼末期 討結果について述べる。ここで述べる軸方向非均質炉心では, 炉心熱料要素の軸方向の中心近辺にブランケットペレットを の集合体頂部の径方向変位状態の比較を図3に示す。均質炉 心では変形量は大きく,しかも炉心外側方向に一様に変位し 装荷するという、比較的簡単な構成とする。このような炉心 ている。他方,半径方向非均質炉心では,その内部に点在す がいわゆるパフェー(Parfait) 炉心³⁾や,更には日立製作所が る内部ブランケット集合体の影響により, 炉心部での変形量 ハンバーガー(Hamburger)炉心と呼んでいる炉心概念であり4, これにより、 増殖性の向上、 ナトリウムボイド反応度の減少 は極めて小さく、変位方向も分散しており、接触圧も小さく なり、炉心変形の面でも有利と考えられる。 及び燃焼反応度の減少とともに,出力分布の平坦化及び「径

動方向非均質炉心の検討



(d) ビッグアイランド型非均質炉心

記号	名 称	本数	記号	名 称	本数
\bigcirc	炉心	306		径方向ブランケット	186
•	内部ブランケット	121	۲	制御棒	30

23

722 日立評論 VOL. 62 No. 10(1980-10)



表3 運転条件及び炉心パラメータ パラメータサーベイの過程では, 炉心+内部ブランケットの体積を保存している。

項目	設	言十	值
熱出力	2	2,500 MV	V
炉 心 径 / 高 さ	3	31/120 c	m
ブランケット厚(径方向/軸方向)	36/ 35cm		
炉心体積		10,3001	
燃料集合体数(炉心/径方向ブランケット)	3	818/198	
制御棒数		31	
体積比(燃料/冷却材/構造材)			
内側炉心, 軸方向ブランケット	36.3	/43.2/20	0.5%
外側炉心, 軸方向ブランケット	44.1	/33.1/22	2.8%
径方向ブランケット	50.8/32.6/16.6%		
燃料(炉心/ブランケット)	PuO2-UO2/減損UO2		
燃料スミア密度(炉心/ブランケット)	85/90% T.D.		
燃料組成			
(Pu ²³⁹ /Pu ²⁴⁰ /Pu ²⁴¹ /Pu ²⁴²)	58/2	24/14/4V	V/0
(U ²³⁵ /U ²³⁸)	0.2	2/99.8	
燃料ピン径(炉心/径方向ブランケット)	8	8.2/12.1	mm
燃料ピンピッチ(炉心/径方向ブランケット)	9	.4/13.7	mm
燃料集合体当たりのピン数		21/127	
(炉心/径方向ブランケット)	2	.71/127	
燃料交換期間		丨年	
利用率		80%	
燃料炉内滞在期間		3年	

図3 炉心変形特性の非均質炉心と均質炉心の比較 燃焼末期の 各集合体頂部の径方向変位状態を示す。

方向非均質炉心」で問題になっている集合体出力の燃焼による変動の抑制を図る。

対象とした炉は,熱出力 2,500MW級の酸化物燃料を用い た液体金属冷却高速炉であるが,当初から高増殖性を目指し たため,第2章に示したものと比べ,ピン径,炉心高さなど が異なっている。主要な設計要目を表3に示す。 「均質炉心」の構成は,一般に富化度の異なる幾つかの炉心 領域(通例,内側と外側の2領域)と,これを取り囲む径方向 と軸方向の外部ブランケットから成っている。この均質炉心 を基準炉心として,「軸方向非均質炉心」と炉心特性の比較検 討を行なった。その際,軸方向非均質炉心の内部ブランケッ トには,軸方向ブランケットで使用しているペレットを用い

24

るものとする。また、燃料集合体及び燃料要素の形状も均質 炉心と同じとする。

炉心燃料の富化度は、内部ブランケットの形状を定めれば、 炉の臨界性から一義的に定まる。また、2富化度領域均質炉 心の場合は、内側炉心と外側炉心の富化度比は、燃焼初期で 各々の領域の最大出力密度が一致するように定めた。

3.2 パフェー炉心

パフェー炉心は、炉心の中央部に円盤状のブランケットを 設けたもので、炉心構成は図4(a),(b)に示すようになってい る。炉心燃料富化度は一般には、内側炉心と外側炉心の2種 類であるが、ブランケット厚を適当な厚さにすることにより、 同図(b)に示すように単一富化度とすることもできる。これは、 内部ブランケットでの中性子の吸収のため、炉心中央部で中 性子束が低いので、単一富化度炉心でも出力分布が平坦化さ れるからである。

表4に、均質炉心及びパフェー炉心の特性(平衡サイクル) 比較を示す。均質炉心と比べると、パフェー炉心は、燃焼に よる集合体出力の変動が大きいが、その他の特性では均質炉 心と同程度か、それより優れている。更に、単一富化度のパ フェー炉心の特性は、2領域富化度パフェー炉心にほぼ匹敵 している。したがって、以下の検討では単一富化度の炉心に 注目した。この場合、炉心構成及び燃料製造工程が簡単化さ れるという利点が出てくる。

燃焼による集合体出力の変動が大きい理由は、次に述べる ように考えられる。燃焼が進むほど、内部ブランケットに核 分裂性物質であるプルトニウムが蓄積され、内部ブランケッ ト近傍の炉心及び内部ブランケットの出力密度を大きく増加 させる。したがって、内部ブランケットが置かれている内側 炉心領域では、集合体出口は燃焼により増加する。一方、外 側炉心領域では、燃焼によりプルトニウムが消費されるので、 集合体出力は減少する。このような燃焼による集合体出力の 大きな変動が、パフェー炉心の難点となっている。

西日	114 J.L.		ゆ ケ ケ ケ ケ パ フ ェ ー 炉 心		ハンバーガー炉心	
項日		均良炉心	2 領域富化度	単一富化度	30/10 (1)	28/6 (1)
燃料インベントリー (2)	t	3.90	3.95	3.98	4.0	4.0
富化度(3)	w/o	11.0/11.8(4)	12.6/12.7 (4)	13.1	14.1	13.7
増 殖 率		1.28	1.29	1.30	١.30	1.29
グロス出力ピーキング係数(5)		1.59	١.59	1.42	١.65	Ι.55
炉心出力分担率(5)	%	96.9	95.7	95.9	95.8	95.9
燃焼反応度	% Δ k/ k/年	— I.74	— I . 02	— I.I9	-1.21	-1.21
倍 増 時 間(6)	年	27.3	24.4	24.2	23.7	25.0
倍 増 時 間(7)	年	27.3	24.0	21.6	24.2	24.0
出力変動幅	%	0.92	5.7	6.4	2.1	3.2
ボイド反応度 ⁽⁸⁾	% 1 k/ kk'	2.45			Ι.86	1.84

表4 均質炉心と軸方向非均質炉心 均質炉心とパフェー炉心,ハンバーガー炉心の核特性を比較した。

注:(1) 内部ブランケット厚(内側/外側炉心)(cm)

(2) $Pu^{239} + Pu^{241}$

(3) (Pu²³⁹+Pu²⁴¹)/(Pu+U)

(4) 内側/外側炉心

(5) 内部ブランケットを含む。燃焼初期

(6) CIDT (Compound Inventory Doubling Time), 炉外ファクタ: 1.6, 再処理損失: 0.03

(7) 最大出力密度が均質炉心の最大出力密度に等しくなるよう炉出力を調整。

(8) 内側炉心及び内側領域ブランケットがボイド。燃焼初期

内部ブランケット

3.3 ハンバーガー炉心

パフェー炉心での燃焼による集合体出力の変動を減少させ るために、パフェー炉心では内側炉心領域だけに存在した内 部ブランケットを、図5に示すように、径方向へ拡張して径



図 4 パフェー炉心 (a)に 2 領域富化度のパフェー炉心の構成を, (b)に 単一富化度のパフェー炉心の構成を示す。



方向ブランケットに達するようにする。したがって,外側炉 心領域での燃焼による集合体出力の落ち込みが,この領域で のプルトニウムの蓄積により減少する。また,内側炉心領域 でのブランケットを外側炉心領域のブランケットよりも厚く



25

724 日立評論 VOL. 62 No. 10(1980-10)



ば、ブランケット厚の差は20cm以上とする必要がある。この 場合、集合体出力の変動幅は2~3%となり、均質炉心より も若干大きいが、パフェー炉心よりはるかに小さくなる。こ れは、外側炉心領域のブランケットではプルトニウムが蓄積 され、この領域の集合体出力の低下を抑えていること、及び 内側炉心領域の厚いブランケットでは、プルトニウムの蓄積 が中性子束のひずみのために制限されることによる。

燃焼反応度は、プルトニウムが反応度価値の高い炉心中央 に蓄積するため、均質炉心よりも大幅に小さくなる。

増殖性は、内部ブランケットでのU²³⁸の高中性子エネルギー(0.5MeV以上)での核分裂、及び低エネルギーでの中性子吸収によって均質炉心よりも良く、燃料倍増時間は均質炉心より短い。

代表的なハンバーガー炉心の特性を表4に示す。内部ブラ ンケットの厚さ(内側・外側)は30cm・10cm及び28cm・6 cmで ある。均質炉心と比較すると,(1)単一富化度でよい,(2)燃 料倍増時間が10%短縮する,(3)燃焼反応度が30%減少する, (4)ナトリウムボイド反応度(内側炉心ボイドの場合)が25% 減少する,(5)燃焼による集合体出力の変動幅は同程度である。

比較の対象とした均質炉心自体,第2章の「もんじゅ」型の燃料を外挿したものと異なり,高性能を目指したものとなっているため,同章で述べた半径方向非均質炉心の結果とは比較できないが,ハンバーガー炉心が均質炉心に比べて全体

図7 倍増時間と燃焼反応度に対するブランケット厚の効果 倍増時間と燃焼反応度を、ブランケット厚の差をパラメータとして表わした (ハンバーガー炉心)。

することにより, 出力分布を平坦化することも可能である。 このような炉心をハンバーガー炉心と呼ぶことにする。ハン バーガー炉心では、出力分布の平坦化、増殖性の向上、燃焼 反応度の減少及び燃焼による集合体出力の変動の抑制に対し て、内部ブランケットの厚さは重要なパラメータである。図 6,7は、グロス出力ピーキング係数、集合体出力の変動、 燃料倍增時間及び燃焼反応度を,内側領域と外側領域の内部 ブランケット厚の差をパラメータとして表わしたものである。 パラメータサーベイの範囲では、出力ピーキング係数と燃 焼による集合体出力の変動幅は、内部ブランケット厚に対し て逆の傾向を示す。ここで、出力ピーキング係数は、内部ブ ランケットの出力を含んだ値である。内側領域と外側領域の ブランケット厚の差が大きいほど出力ピーキング係数は小さ くなるが、集合体出力の変動は大きくなる。また、ブランケ ット厚の差が同じならば, ブランケットが厚いほど集合体出 力の変動は小さくなるが、出力ピーキング係数は大きくなる。 原子炉の出力及び寸法を一定とした場合、出力密度の低いブ ランケットが炉心内を占める割合が大き過ぎると、炉心の出 力密度が極めて高くなるので、内部ブランケットの厚さには 限度がある。

的に優れた核特性を示すということは言えよう。

4 結 言

以上に述べたように, 非均質炉心は従来の半径方向に富化 度を変えて出力分布を平坦化した,いわゆる「均質炉心」に比 べ、倍増時間が10~30%短縮されるのをはじめ、燃焼反応度 が減少するなど、ナトリウムボイド反応度が小さくなるとい う安全上のメリットのほかにも多くの長所がある。他方、非 均質炉心は世界的にみても運転実績がなく,これを実用化す るためには、技術的にも問題があることも事実である。まず、 半径方向非均質と軸方向非均質の比較評価も含め設計の最適 化を進め,具体化すべき設計点及び運転条件を明確にすると ともに、核特性、熱特性、燃料挙動、安全性、経済性などに ついて,理論的,実験的に十分確認する必要がある。また, 半径方向非均質炉心の場合には、制御棒操作による出力分布 のひずみ、燃焼による出力分布の変動にどう対処するかとい った検討と、対処に要する技術の研究開発が必要である。関 係者が一致協力し,高いポテンシャルをもつ「非均質炉心」 の実用化のため努力してゆきたいと考える次第である。

最後に、本研究開発を実施するに当たり、御指導・御協力 をいただいた動力炉・核燃料開発事業団はじめ、社内外の各 位に対し深く感謝する。

参考文献

- 1) T. Tsutsumi, et al.: Study of Large Heterogeneous Reactors, Int. Sym. on Fast Reactors, France (1979)
- 2) K. Miki: A Three-Dimensional Structural Analysis Code

グロス出力ピーキング係数を均質炉心と同程度にとるなら

 $\mathbf{26}$

for Bowing History of Breeder Reactor Cores; BEACON, Proc. 5th Int. Conf. on Structural Mechanics in Reactor Technology, Vol. D, D5/9 (1979)
3) G. A. Ducat, et al.: Evaluation of the Parfait Blanket Concept for Fast Breeder Reactors, MITNE-157 (1974)
4) K. Inoue, et al.: A Fast Breeder Core with Internal Blanket, ANS Tras. Vol. 33, 862 (1979)