

汚濁水域の底棲生物

(I) 福 山 入 江

北 森 良之介・小 林 真 一

The Benthic Community in Polluted Coastal Water

(I) Fukuyama Inlet

Ryonosuke KITAMORI • Shin-ichi KOBAYASHI

Aiming to study the variation of benthic community under polluted condition in coastal water, we carried out several surveys in Fukuyama Inlet. The distribution of benthic community in Fukuyama Inlet, where the water is polluted highly, especially in the inner region, was investigated several times during from March 1954 to January 1955.

The establishment of communities seems to be well correlated with the bottom conditions, especially with the textures of soil and its ignition loss. *Notomastus sp.*, *Polydora sp.*, and *Stenothyra edogawaensis* (*Yokoyama*) were of dominant in the region where the bottom mud is polluted.

従来都市、工場廃水による汚濁に関しては、水質の化学的研究、並に生物学的研究など多くの報告があるが、海洋においては海水の緩衝作用、海潮流、波浪などのために極めて複雑な様相を呈するのが常である。

Blegvad は汚水により、底棲生物が受ける被害の大きい範囲は、潮流の方向に各200m位の範囲に止り、底質の異常区域も意外に狭いことを述べている。また宮地は、水質やプランクトンに対する汚水の影響は、底質や底棲生物に及ぼす影響に比してその範囲は広いが、それは一時的であり、また塩素量の相違により表層にのみ多いのに反して、底質や底棲生物に及ぼす影響は持続的、且つ進行的で範囲を拡大する傾向があると述べている。

福山入江の汚濁については既に、新田などが水質、底質に関して報告しているが、筆者などは沿岸性魚類の餌料として重要な位置を占める底棲生物を主として調査を行ない、これが底質と共に汚濁と密接な関係にあり、また汚濁水域に優占種として出現する数種の底棲生物が存在することを知ったので報告する。

入江は笠岡湾に開口し延長約3Km、巾50~200mで、奥部はやや広く福山港となっている。最奥部の下水口より福山市の市街排水と共に、染色、パルプ、ゴム工場などの廃水が流入し、また数カ所に灌漑用水路が開口する。従ってこれらの地形より見ても、海水の流動は少く或る程度の自然的汚濁も考えられ、都市、工場廃水によってそれが更に加重された状態にあると考えられる。

稿を進めるに当り種々御懇切な御教示を賜った花岡所長、また調査に御援助を受けた笠岡支所長井上技官、村上技官、仁科重己氏の各位に厚く感謝する。

調 査 方 法

1954年3月より1955年1月に亘り、入江内20地点で6回の調査を行ない、水深、透明度、及びエクマン型採泥器による各地点2回の底泥の灼熱減量の測定と、底棲生物の採集は毎回行なった。調査月日とその他の調査項目は次の通りである。

第一回 1954年 3月3日 表層、底層の塩素量。底泥の粒子組成。

第二回 5月8、9日 満、干潮時1m毎各層の塩素量。p. H.

第三回 7月8日毎回の調査事項のみ。

5 Nov. 1954 日本水産学会中国四国支部大会発表
内海区水産研究所業績第65号

第四回 9月3日 表層, 底層の塩素量。粒子組成。

第五回 10月28日 表層, 底層塩素量。

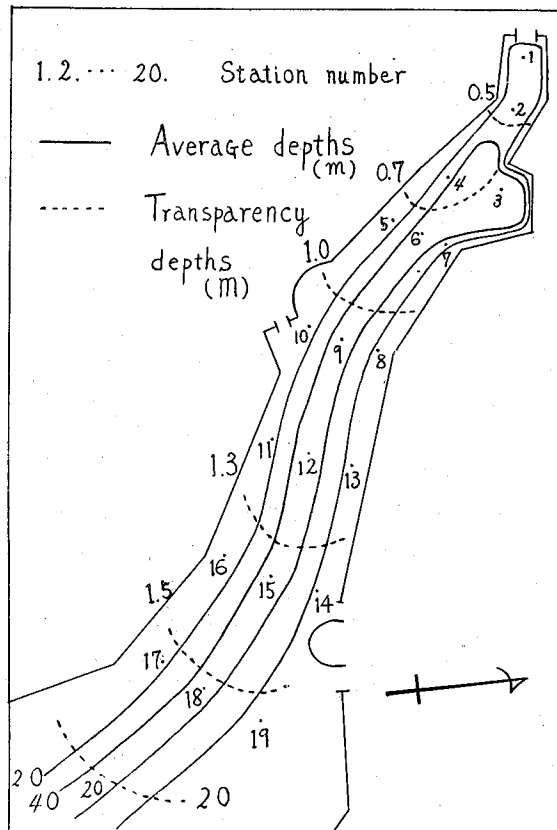
第六回 1955年 1月18日 表層, 底層塩素量。

なお粒子組成の測定には, Mesh 150, 32, の篩を用いて篩別し, 且つ Mesh 32 以下の粒子中に含まれる肉眼的の腐植物を撰別して腐植物量を求めた。また底棲生物は3厘目の篩を用い, 採泥した資料を篩別して得た材料につき調査した。

I 水深。透明度

調査は主に満潮時に行なったがその時の平均水深は第一図の如くて, 入江の中央部水路と福山港は4m以深, その他は2m以浅で干潮時には干出する部分もある。透明度は7月に最低で, St. 20においても1.5m,

Fig. 1 Horizontal distribution of depth and transparency.



他の全地点は1m以下であった。10月には最高を示し St. 12~20で2.0m~2.2mであった。各調査時の平均値について見ると St. 1, 2は0.5m以下, St. 3~7, 0.5~1.0m, St. 8~19, 1.0~1.6m, St. 20, 2.1mで瀬戸内海沿岸水域においても1.0m以下の値を示すのは極めて特殊な場合のみであることを考えれば非常に低い値であり, また水色はフォーレ水色計, 11号以上で淡黒~淡褐色を呈する。前述の如く本入江は地形的に潮汐, 波浪などの物理的要因が少いと考えられるので以上のことから排水の影響を強く受けられていると考えられる。

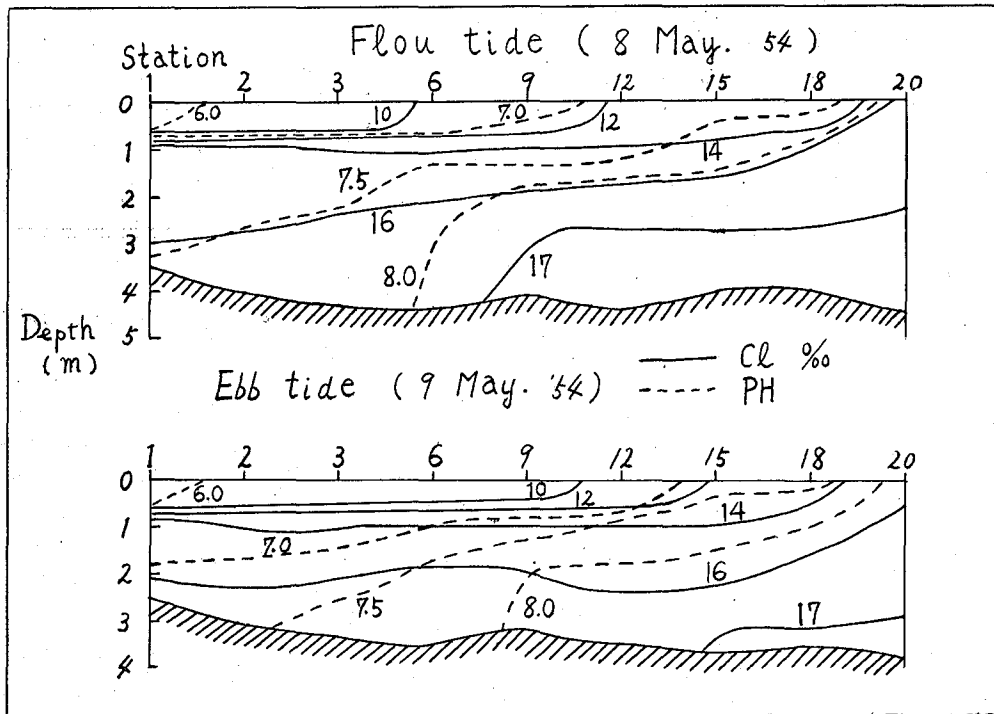
II 塩素量。p. H

入江を横断する各地点で塩素量の分布を見ると, 灌漑用水門が開く地点の表層で塩素量がやや低下するのみで両岸と, 中央部に明らかな相違は見られず, 廃水は入江全体を平均に流下して特別な流路を形成していない。表層水は St. 1 : 4.73~10.29%, St. 6 : 8.19~12.92, St. 18 : 11.99~15.71, St. 20 : 15.05~16.95, また底層水は St. 1 : 14.90~16.61, St. 6 : 15.63~16.96, St. 18 : 16.03~17.44, St. 20 : 16.09~17.46の範囲で変動が見られ, それは奥部程著しく, また表層は底層に比して大であった。

村上は笠岡湾で塩素量が春に高く, 夏~秋に低下することを述べているが, 入江の底層水もこの季節的変動と同様な傾向を示し, また筆者が併行して実施した笠岡湾調査に見られる湾内水の塩素量と近似的の値を示した, これらより入江内底層水は, 潮汐の干満に従って湾内水が出入していることが考えられる。これに反して, 表層水塩素量は春に低く, 秋に高い値でその変動は排水の影響を強く受けられていることを示すものである。

第二回調査で実施した, 干満潮時の観測値より, 中央部水路の塩素量, p. Hの縦断分布を見ると第二図の如くて, 塩素量について見ると, 廃水の影響は表層においては St. 20 附近まで及び新田などの報告とほぼ同様な結果を示したが, 底層では満潮時には St. 9, 干潮時には St. 15 附近までは笠岡湾水塊の影響が強

Fig. 2 Distribution of Chlorinity and PH in a vertical section between St. 1~20



いことがうかがわれる。p. Hもほぼ同様な傾向が見られるが、廃水の影響を受ける範囲は塩素量に比して狭く、St. 20附近は常に笠岡湾水塊と変らぬ値を示した、底層においては満潮時にはSt. 6、干潮時にはSt. 9附近まで正常な値を示した。なおp. Hの成層は塩素量のそれに比してやや弱いことが認められた。

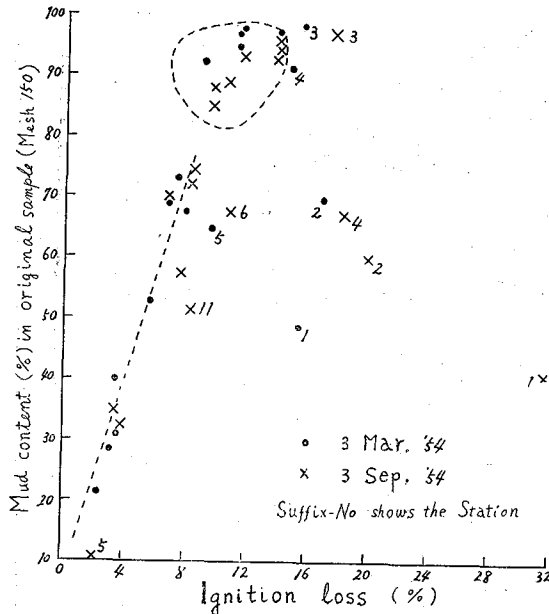
III 底 質

採泥時の外観は St. 1, 2, 3, 4各地点では常に黒色、硫化水素臭を有する還元状態にある。St. 6, 9, 12, 15, の中央部各地点では時に表面の薄い層のみ灰色を呈するが、下層は黒色で悪臭を有し酸素が充分でないことを示す。上記以外の各地点では灰色を呈し臭気も有しない、これは酸素の補給が充分であるのと、排水口よりの距離が大であるため酸素を消費する有機、無機沈澱物が減少するためと考えられ、これらの地点では冬~春の候には褐色層の発達が見られた。

粒子組成は沿岸部の特性として、その分布が複雑であり調査地点の僅かの変動によっても差違が生じるため、3月と9月の調査結果が同一地点で必ずしも同じ値を示さないが、ほぼ港湾部と中央部水路及びSt. 16, 17附近は Mesh 150以下の微細泥が80%以上を占める泥地であり、他は20~75%を占める砂泥地である。

灼熱減量を各調査時の平均値について見ると、St. 1~4では15.80~27.59%で、他地点が5.15~13.84%であるのに比して著しく高いが、我々が松永湾、その他の内湾で灼熱減量と粒子組成との関係について述べた如く、灼熱減量を論ずるにはその粒子組成を検討する必要がある。3月と9月に行なった粒子組成と灼熱減量の関係を見ると第三図の如くである。すなわち3月には St. 1, 2, 3, 4地点は減量が15%以上で絶対値としても高く、また組成との関係より見ても他地点に比して異常が見られる。St. 5は絶対値としては高くはないがその組成との関係より考察すれば高い値であることが知られる。9月には St. 1~4は3月と同様な傾向にあるが減量は更に増加し、St. 5, 6, 11地点は組成との関係より検討して高い減量を示している。9月には3月に比して異常の程度と範囲が大きくなっていることが知られる、内湾沿岸地域では一般に夏季灼熱減量が増加するがこれの原因については今後明らかにして行きたい。前記各地点を除いた地

Fig. 3 The relation between ignition loss and composition of bottom mud



33.3~100.0%を占める。

個体数についてみると、St. 2, 3, 4 : 0.33~8.50, St. 5~13, 16, 18 : 27.33~81.80, その他の地点では137.0~213.3で種類数に見られたと同様沖合程生棲密度は大となっている。この中多毛類の占める編組比率を見ると、St. 5, 6, 7, が4.4~44.3%であるのを除けば(後述)、St. 2~11間では100.0~50.7%で第一位を占めるが、St. 12~20間では7.5~33.4%に減少し、代って貝類が56.2~89.0%を占めて第一位となる。重量分布も前二者と同様な傾向を示し、St. 2, 3, 4, は最も少く0.16~0.53g, St. 6~13 : 3.4~20.4g, St. 14~20 : 7.27~55.5gであった。

これらを前述の環境状態と対比して見ると、底質に顕著な異常が認められた St. 1~4の各地点では生物相は最も貧困であり、量的にも少くしかもその大部分が多毛類によって占められ廃水による影響を最も強く受けている地域である。Eliassen は河川において排水の結果おこる河川群集の組成の変化について報告し、Patrick は汚濁の程度を示すものとしてそこに生棲する生物の種類数を規準とすることが可能なことを述べている。本入江の如く沿岸地域においては河川におけると同様に底棲生物群集の組成、種類数の推定が汚濁の程度を知る一つの要因であることを示すであろう。干、満潮時に廃水の影響が底層にまで及ぶことが少く、底質にも異常の認められなかった、St. 15~20地域は生物相は最も豊富であり量的にも多く、しかもその編組比率は貝類が第一位を占めて強内湾性の特徴を最も良く現わすと共に、内湾の底棲生物量としても極めて豊富でありいわゆる過栄養地域を形成している。これら両地域の中間地帯は廃水の影響は底層にまで及んでいるが、底質は St. 5, 6, 11地点の一部を除いては顕著な異常は認められず、底棲生物の種類数、生息密度は両者の中間的値を示したが編組比率では依然として多毛類が第一位を占め、両者の遷移地帯と考えられる。

採集された生物の中では多毛類が最も多く45種、次いで貝類16種、甲殻類12種、その他11種で、これらの中出現頻度が高く分布範囲を推定して環境との関連を考察出来る如き種類についてその分布状況を見ると第一表の如くである。これによって知られることは、St. 1~6範囲内の底質の異常地域に生棲する生物としては、多毛類—*Notomastus* sp., *Polydora* sp., *Polydora kempii* Southern var, であり、前二者は正常な底質地域には全く採集されず、後者は正常地域では分布密度が急減することより汚濁地域に優占的に出現

点ではその減量と組成との関係について見ると内海沿岸地域と同様な傾向を示し明らかな異常は認められなかった。腐植物量は St. 1~4の奥部に最も多く、9月には1~3%次いで St. 5, 6, 11及び灌溉用水門の開口する St. 18, 19, で0.5~1.0%であったが、3月には全体的に減少し最奥部でも、0.1~0.3%を示したにすぎず他地点で殆ど差がみられなかった。灼熱減量より見た異常区域には腐植物の堆積も多く、これが一つの原因とも考えられ、また9月に灼熱減量が増加する一つの要因として腐植物量の増加が考えられる。

IV 底棲生物

一回に採集された種類数の平均値は St. 1は周年を通じて生物は採集されず0であった。St. 2, 3, 4 : 0.16~0.50, St. 5, 6, 7, 8, 10, 11 : 1.16~9.00, St. 9, 12~20 : 9.66~15.75で沖合に向って生物相は豊富となる、その中最も優位を占めるのは多毛類で全地点で

Table 1 Distribution of the dominant species

Species	Station																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Notomastus sp.		4	4	8	13	26	54	13			1									
Polydora sp.					13	24	10	1	2	1										
Polydora kempii Southern var					65	72	8	73	21	12	16	16	4	11	5	8	7	1	7	2
Praxillella affinis (Sars)					1	1	8	1	6	10	10	5	3	1	4		1	6		9
Pectinaria cistenides sp.						4		22	23	21	21	43	26	3	3	2		1	2	
Spio sp.							6	2	2	3	5	4	1							
Capitella sp.							23	21	33	33	15	18	21	23	14	8	25	10	4	23
Armandia lanceolata Willey							1	2	1	1	1	5	1	1	3	3	2	2	1	
Nephtys sp.							1	1	1	1	1	2	5	1	1	3	2	4	1	1
Nereis sp.							1	5	5			3		1	1	2	3	5		3
Eunice sp.							10	10	22	13	10	10	9	12	11	9	17	11		5
Chone sp.							5	1	5	4	4	1	1	1	3	3	4	15	2	32
Lumbriconereis impatiens Claparede									4		11	23	11	9	32	11	27	42	25	39
Glycera goesi Malmgren									3		3	1	2	2	3	3	4	1	5	
Stenothyra edogawaensis (Yokoyama)		5	6	284	99	211	5	1		4	1	33	2		6					
Macoma tokyoensis Makiyama					5	43	14	42	59	8	17	63	35	78	32	92	42	35	92	23
Brachidontes senhousia (Benson)					20						77		161	617		283	18	173	669	
Theora lubrica Gould					4		22	6	2	28	3	3				13	8	21	5	
Mya arenaria japonica Jay					1	3	6	1	1	1	56	10	35	28	94	42	81	124		
Nassarius linescens					7	1	1			1	1	5	1	3						
Venerupis semidecussata							1	3	2	6	26	7	102	16	28	100	8	29		

する種類と考えられ、同種は三原湾、大阪湾などの異常地域でも採集された。*Praxillella affinis* (Sars), *Pectinaria cistenides* sp., の二種も St. 5, 6, で僅か採集された。*Pectinaria cistenides* sp., *Spio* sp., は St. 6~13の遷移地域に分布密度が最も高く、内湾沿岸地域に最も普通に分布する、*Lumbriconereis impatiens* Claparede, *Glycera goesi* Malmgren, *Chone* sp., *Nephtys* sp., *Eunice* sp., などは St. 7以後より分布が見られ沖合の地点程その分布密度が高くなり、今後資料を集積することに依ってこれらの種類の分布密度より汚濁の程度を推定が可能となることを示唆して居ると思われる。

貝類としてはエドガワミツホマツボ (*Stenothyra edogawaensis* (Yokoyama)) のみが、St. 3, 4に生息し多毛類を除いてはこの地域に生棲する唯一の種であり、その分布密度は St. 5, 6, 7, に最も高くこれらの地点で前述の如く多毛類の編組比率が減少する原因となり、以後沖合の地点に向って分布密度は急減し汚濁地域に優占的に出現する種と考えられ、前記多毛類と同様二、三の汚濁地域においても採集された。宮地により強内湾性の指標種とされている、ゴイサギガイ (*Macoma tokyoensis* Makiyama) は St. 5より、ホトトギス (*Brachidontes senhousia* (Benson)), シツクガイ (*Theora lubrica* Gould) は St. 6より分布し始め分布密度に顕著な差は示さなかった。アサリ (*Venerupis semidecussata*), オオノガイ (*Mya arenaria japonica* Jay) は St. 6~12の中間地域にも僅かに分布するが St. 12以後の地域で高い分布密度を示した。

甲殻類は個々の種類に関してはその採集頻度が低く分布範囲を推定することは困難であったが St. 1~7地点では全く採集されず、St. 8以後の地点でも中央部水路には少く両側の地点に多かった。その他の生物も St. 5地点までは全く採集されず以後の地点ではほぼ平均した分布密度を示し特別な分布は見られなかった。

考 察

底質に顕著な異常が認められたのは St. 1~4 地域であり、夏季には特に著しくその範囲も、St. 5, 6, 11 地点にまで広がる傾向が見られた、この地域は表層水は勿論、底層も廃水の影響を受けることが強い地域であり、底棲生物相は最も貧困で量的にも少く、優占種として、多毛類—*Notomastus sp.*, *Polydora sp.*, 貝類—*Stenothyra edogawaensis* (Yokoyama), の出現が見られた。St. 15~20 地域は表層水は廃水の影響を受けるが底層では廃水の影響を受けることが少く、底質には殆ど異常は認められず、底棲生物相は最も豊富で棲息密度も高く、強内湾性の性状を良く示すと共にいわゆる過栄養地帯となっている。この両者の中間地域は廃水の影響は底層にまで及ぶが、底質は夏季一部分に異常が見られるのみであり、底棲生物の種類数、生息密度及編組比率についてみると両者の遷移地帯と考えることが出来る。なお表層水では入江外にまで排水の影響は及んでいる。

正確な資料は得られなかったが当地の漁業協同組合で聴取した漁業実態の概要と対比してみると大要は次の通りである。1945 年終戦前後には工場が多く焼失して、入江を含めて新涯附近（入江の開口する笠岡湾の一支湾）の年間漁獲高は、10,000 貫~12,000 貫であったが 1951 年、6,564 貫、1952 年、4,544 貫、53 年、3,925 貫、54 年、4,186 貫と急激に減少した。これは工場の復興が最大の原因であると言われ、特に表層性魚類コノシロ、セイゴ、イナ、ボラなどであり、ウナギ、アナゴ、エビなどの底層性の物には著しい減少は見られず、現在でも St. 12 附近でも漁獲が行なわれている。アサリ、オオノガイなど貝類は調査時採集された個体もまた入江口附近に棲息する個体も、その生長状況は他地区のものとの間に差違は見られなかったが、表層水の影響を受ける浅所に棲息する物は苦味を有して商品価値は乏しいとのことである。以上のことより推論されることは底質の異常区域は可成り狭く、この地域には特定の生物が優占的に棲息し、底質には異常がなく、底層水に廃水の影響が見られる遷移地域を経て、表層水にのみ廃水の影響が見られる過栄養地帯となって正常な内湾となる。表層性魚類は廃水の影響を被ること最大で過栄養地帯ではすでに著しい減少を示すが、底層性の魚類、エビ類は過栄養地帯までは漁業対象となる程度に生息可能であり、また貝類は過栄養地帯に棲息して成長にはあまり差違は生じないが表層水の影響を受ける所では味が悪変する。

参 考 文 献

- 宮地伝三郎：沿岸水の汚染と底棲群衆 水産研究誌, Vol. 32, 9, (1938).
宮地：大阪湾の底棲群衆の定量的研究 海と空, Vol. 18, 5, (1938).
宮地・波部・今泉・天野・山根：浦戸湾の内湾標式について 日本海洋学会誌, Vol. 4, 1, (1944).
村上 彰男：笠岡湾海洋調査報告 内海区水研報告, 6, (1954).
新田・杉本・荒川・藤谷：入江の奥にある都市の廃水 内海区水研報告, 6, (1954).
Blegvad, H. : Investigations of the bottom fauna at outfalls of drains in the Sound. Rep. Danish Biol. Stat., 37, (1932).
S. Okuda : Spioniform polychaetes from Japan. Jour. Facul. Scie. Hokkaido Imp. Uni. Seri. VI. Zool. Vol V, No.3, (1937).
S. Okuda : Annelida Polychaeta in Onagawa Bay and its Vicinity, 1 Polychaeta Sedentaria, Scie. Rep. Tohoku Imp. Uni. 4th Seri. Biol. Vol. XII, 1, (1937).
Patrick, Ruth. : A proposed biological measure of stream conditions based on a survey of the Conestoga Basin, Lancaster County, Pennsylvania. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila., (1949).
Eliassen, Rolf : Stream pollution. Sci. Amer., (1952).
北森良之介：松永湾底棲生物の夏季相, 日本水産学会中四国支部大会発表 (1953).
北森・小林：三原湾の底棲生物, 日本水産学会大会発表 (1956).