

河口導流堤付近の海浜地形変化と底質粒径分布変化

吉 高 益 男*・島 田 米 夫**・高 野 重 利***

1. はじめに

河口に導流堤が建設されれば、漂砂の移動はより阻害され、その付近は堆積・欠潰が著しくなる。しかし、河口は河川流による漂砂阻害の機能と流出土砂による漂砂供給源である性質をもっている。そのため、構造物としての河口導流堤そのものの機能は、防砂堤などの構造物の場合より明確にすることは困難である。それで、その付近の海浜地形変化と底質粒径分布変化をあわせ検討することにより、河口導流堤の影響を考えようとした。

まず、五ヶ瀬河口付近(延岡海岸)と大淀河口付近(宮崎海岸)の海浜地形の変遷を調べ、河口導流堤延長に伴う影響の様子を検討した。また、筆者らは先に、一対一で対応した底質粒径分布変化を検討し、一般海浜の場合の結果を報告したが、その後、より多くの現地資料が得られたので、底質粒径分布変化の平面的分布を求めることができた。それと、海浜地形変化の平面分布との関連性を検討したので報告する。

2. 海浜地形の変遷

(1) 延岡海岸の海浜地形

五ヶ瀬河口導流堤は昭和 39 年に 400~600m 間(基準線より)建設され、昭和44年まで陸と沖方向に延長されてきた。図-1 は等深線(-10m, -5m)の変遷図で、図-2 は昭和41年2月~昭和43年1月間の深浅変化図である。導流堤建設前、河口付近の変化は著しい。導流堤延長に伴い、-5m 水深が前進するのは No. 12, No. 15 であり、No. 5 は複雑な地形変化は残るが -5m 水深はあまり変化しない。導流堤建設初期では -10m 水深は影響をうけないが、導流堤先端が -5m より深くなった建設後期には影響がでてくる。建設完了後は -5m 水深は後退きみであるが、-10m 水深には若干の変動が表われてくる。深浅変化の一例(図-2)によると汀線付近の堆積地帯は No. 8 付近であり、河口導流堤付近は欠潰している。河口前面には大きな堆積が残っている。大瀬川開口予定地は時々開口されることがあり、前面にその様子が残っている。

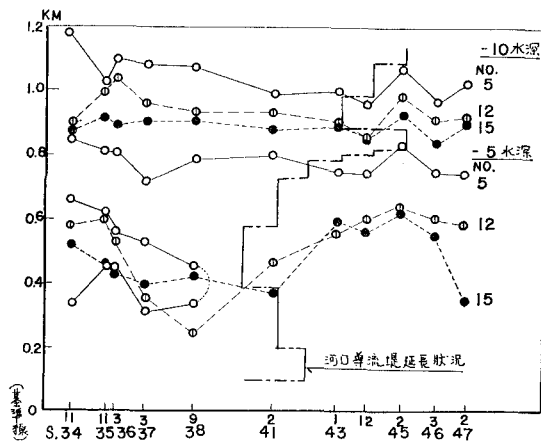


図-1 延岡海岸の等深線変遷

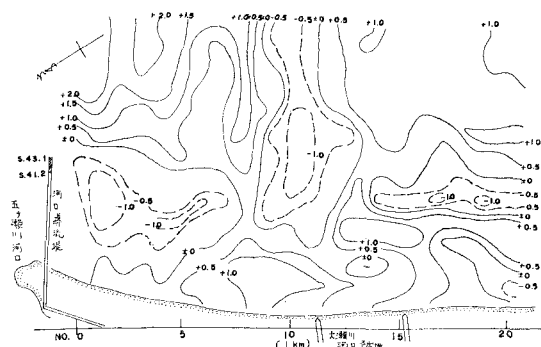


図-2 延岡海岸の深浅変化
(昭和41年2月~昭和43年1月)

五ヶ瀬河口は延岡海岸の砂浜の北端にあり、大きな漂砂源である。そして、漂砂は南下しているとみられるから、導流堤建設により漂砂の通路は沖よりになり、-10m 水深の変動がおこりはじめ、汀線付近では導流堤より離れた場所に一時堆積する。導流堤付近には漂砂はあまりつかないようにみられる。これは一方砂浜で、固定されていた河口で一般的にいえることであろう。

(2) 宮崎海岸の海浜地形

大淀河口は昭和 39 年 9 月に人工的に開口され、導流堤建設が始まり、昭和 44 年に基準線より 660m (北導流堤), 615m (南導流堤) まで延長された。図-3 (河口付近), 図-4 (一般海浜) は等深線(-12m, -10m,

* 正会員 宮崎大学助教授 工学部土木工学科

** 正会員 宮崎大学助手 工学部土木工学科

*** 正会員 宮崎大学技官 工学部土木工学科

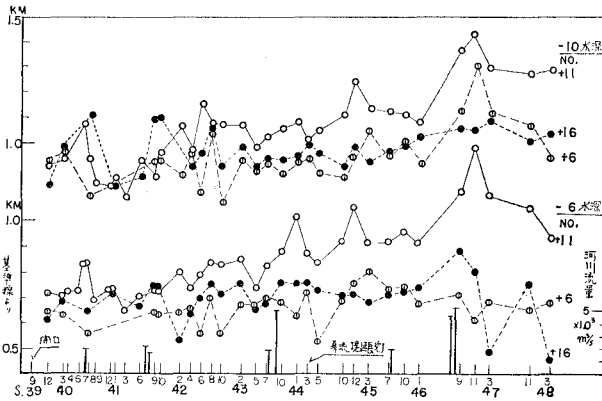


図-3 宮崎海岸の等深線変遷(河口付近)

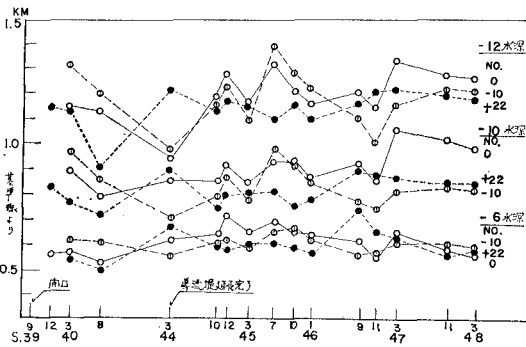


図-4 宮崎海岸の等深線変遷(一般海浜)

-6m)の変遷図である。

導流堤延長に伴い河口前面(No.+11)は浅くなっていく。建設完了後も前進し、大出水によって前進は加速されている。河口付近(No.+6, +16)の-10m水深は建設完了後もやや前進するが、-6m水深は前進していない。導流堤より離れた場所(図-4)では導流堤建設中も完了後も前進している様子はみうけられない。ただ、No.+11の水深が大出水により大きく浅くなり(44.12, 46.11など)また深くなった後に、No.0, No.-10の-10m, -12m水深が一時前進する(45.7, 47.3)。これは-6m水深や、No.+22(河口より南)にはない現象である。河口からの流出土砂は数カ月かかって北側の-10m~-12m水深付近に一時拡がって堆積し、その一部が河口導流堤付近岸側に徐々に集まってくるといえそうである。

両側砂浜の河口を固定した導流堤の影響は、一時的にはその付近の狭い範囲にかぎられているが、長期間にわたっては漸次拡がっていくといえそうだ。

3. 海底底質調査

宮崎海岸では底質調査が昭和44年度から3年間、年3回実施された。調査時は図-8、調査地点は図-10に

示されている。

底質粒径は ϕ 値($= -\log_2 d$; d mm)で整理し、平均粒径、標準偏差は $M_\phi = (\phi_{84} + \phi_{16})/2$, $\sigma_\phi = (\phi_{84} - \phi_{16})/2$ で計算した。また、各調査期間の M_ϕ , σ_ϕ の差をそれぞれ ΔM , $\Delta \sigma$ で示す。 $\Delta M > 0$ は粒径増大, $\Delta M < 0$ は粒径減小となる。 $\Delta M = \pm 1$ は粒径が2倍または1/2となることである。 $\Delta \sigma > 0$ は粒径分布が均一化し、 $\Delta \sigma < 0$ は多粒径化していることになる。

(1) 河口前面の底質

図-5は河口前面(No.+11)の地形と底質平均粒径の一例である。海底地形は河口導流堤先端より200~400mから海浜の沖浜地形に近い曲線となる。底質平均粒径は導流堤付近では

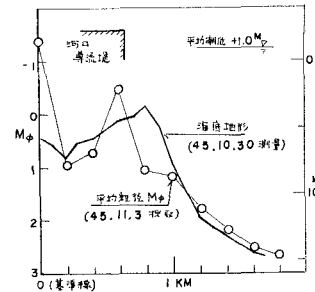


図-5 河口前面の地形と底質粒径

一定の傾向はみられないが、沖浜地形の形状になって減小していく。よって、平均粒径 M_ϕ と水深 h (平均潮位からとる)および海浜勾配 i との関係をプロットすると図-6, 7となる。

これらの関係はばらつきが大きい、一定の傾向はみられる。また、図-6では調査時前に出水があったときの平均粒径(白丸印)は出水がなかったときの平均粒径

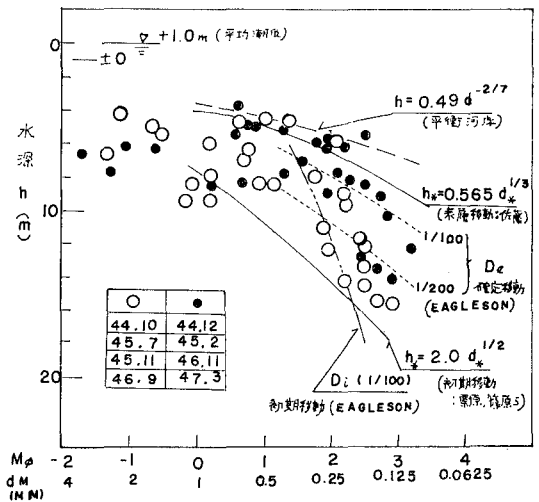


図-6 平均粒径と水深(河口前面)

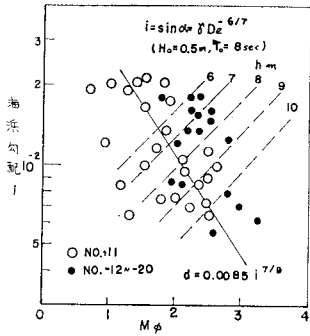


図-7 平均粒径と海浜勾配

(黒丸印)より同じ水深で大きくなっていることがみられる。図-7 では河口前面 (No.+11, 白丸印) はやや傾いている傾向がみえるが、導流堤より離れた断面 (No.-12~No.-20, 黒丸印) は無関係であるようにみえる。

移動限界水深 h_i は平均粒径を d_m とすると、簡単に次式で示される。

$$h_* = A d_*^n \quad h_* = H_0 / L_0 (\sinh k h_i)^{-1} (H_0 / H)^{-1} \\ d_* = d_m / L_0 \dots \dots \dots (1)$$

また, Eagleson, Glenne, Dracup は海底勾配 $i = \sin \alpha$ も考えて確定移動, 初期移動の粒径 D_e, D_i を求める次式を示している²⁾。

$$(\beta D_e)^{9/7} = (65.4 / s) (H_0 / L_0)^2 f_1(h / L_0) \\ \beta = (\pi / \nu T)^{1/2} \dots \dots (2)$$

$$\beta D_i = [72.6 / s (i + 1.3)] (H_0 / L_0) f_2(h / L_0) \dots \dots (3)$$

宮崎海岸で普通時に最もよく出現する $H_0 = 0.5m$, $T = 8 \text{ sec}$ の波を用い, 底質水中比重 $s = 1.63$ とした結果が図-6, 7 に示されている。式(1)では初期移動として栗原・篠原・椿・吉高³⁾の $A = 2.0$, $n = 1/2$, 表層移動として佐藤・田中⁴⁾の $A = 0.565$, $n = 1/3$ を用いた。

Manning・Strickler の流速式を用いると河川の静的平衡河床は次式で示される。

$$h = (Q^2 / 58.7 \Psi s g B^2)^{3/7} d^{-2/7} \dots \dots \dots (4)$$

式(4)を動水勾配 I_e で書きなおし, 河床勾配 $i \doteq I_e$ とみなすと, 河床勾配式は次のようになる。

$$i = p d^{9/7} \dots \dots \dots (5)$$

式(4)に $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ (大淀川最大入退潮量), $B = 150 \text{ m}$ (導流堤幅), 限界無次元掃流力 $\Psi = 0.06$ を代入して図-6 に平衡河床として示した。

平均粒径と水深との関係(図-6)は平衡河床式と栗原らの初期移動式との間にある。ある粒径は平衡河床に相当する水深より浅い所にはない。また, 初期移動する水深より深くには移動しない。佐藤らの表層移動水深は大淀河口では平衡河床水深に近く, 流れと波がバランスしている状況であった。Eagleson らの確定移動式(2)は,

これらの中間にあり, ある粒径はそれに適応した海底勾配にて落着くとみえる。その勾配は $1/100 \sim 1/200$ である。初期移動式(3)は水深 10 m より深くでよく適合していた ($i = 1/100$)。

平均粒径と海底勾配との関係(図-7)は河口前面では式(5)の表現で示されるが, 波の影響もあり明確でない。一般断面では水深の影響が強い。これらより, 出水後の河口前面の水深と底質粒径の変化は検討できる。

(2) 汀線の底質

図-8 は汀線位置(基準線より)と底質の変遷である。No.+10 (河口導流堤)では変化は著しく, また周期的でもない。No.0 になると11月に平均粒径は大きくなり, また汀線も後退している周期がみられる。No.-16 は同じような傾向は残っているが

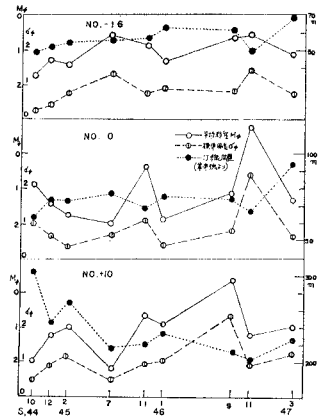


図-8 汀線位置と底質(平均粒径・標準偏差)の変遷

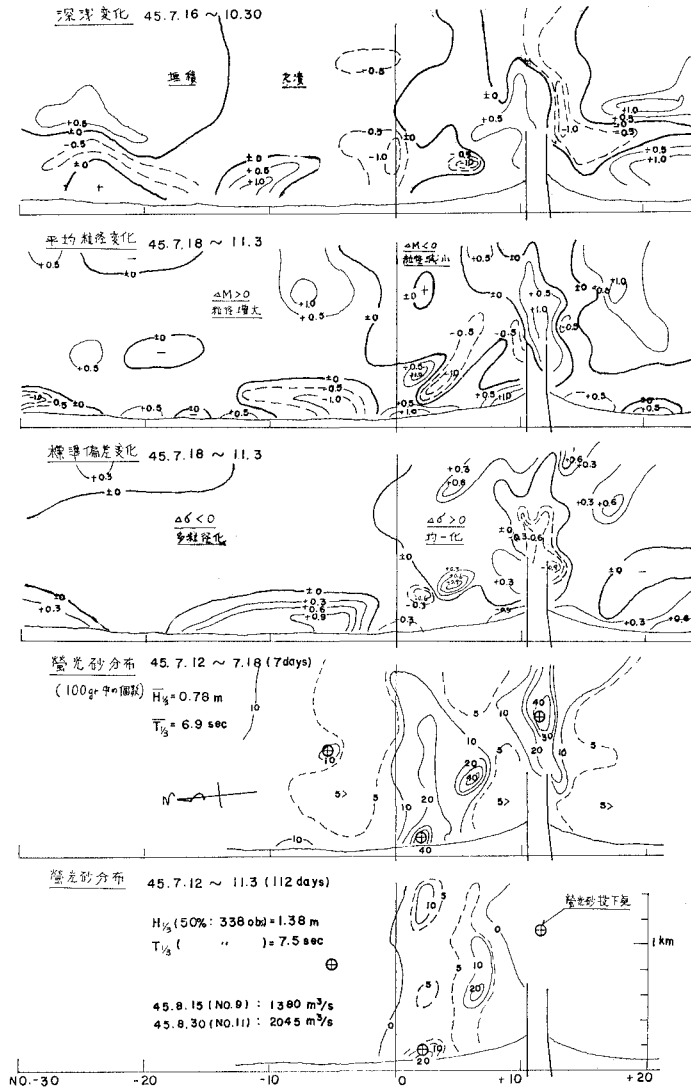
変化の割合は小さくなっている。汀線では平均粒径と標準偏差とは同じように増減している。汀線では粒径の増大と減小の場所が交互に存在し, 次の期間ではそれが交替していく。すなわち, 部分的な漂砂移動が行われ, カスプも生ずる。それらの変動がまだあまり変っていないのは, 河口導流堤の汀線への影響範囲がまだ狭いためであろう。

4. 昭和45年7月~11月の変化

昭和45年7月の調査は底質調査とともに, 螢光砂追跡調査も実施しているので, 昭和45年11月調査と比較してみると, 各種の変化は図-9 のようになる。

河口前面に投下された螢光砂は短期間では流れの方向に拡がっている。そしてやや北よりに移動している。その後, 8月に9号と11号台風で $1380, 2045 \text{ m}^3/\text{s}$ (上流柏田流量)の出水があり, 調査終期では螢光砂は見つけられなかった。河口前面は北よりの堆積状態であり, 地形と底質粒径は図-5 であった。それは, 図-6 で Eagleson の D_i に近かった。河川流出土砂の粒径は比較的大きいので, 河口前方は北にむけて粒径が増大しており, 流れの傾向と一致する。そして, 標準偏差変化では河口前方は多粒径化している。

宮崎海岸では $400 \sim 500 \text{ m}$ の付近に -6 m 以上の深さの trough が続き, 河口導流堤付近で沖方向に向いて



図—9 昭和45年7月～昭和45年11月間の諸量の変化

いる。ここに流れがあることは確かで、5~10 cm/s で南流している。碎波帯に投下された螢光砂は trough にそって南下し、途中 bar 先端に多く残っている。そして汀線にも打上げられ、また、No.-10 付近の汀線にも移動している。調査終期でも、この汀線には多く残り、bar 先端にも残っていた。螢光砂が多少残っている範囲は、堆積地帯であるが、粒径は減小し、かつ均一化している。この堆積は下層浮遊砂の沈降によったようで、この螢光砂は他区域には移動していない。

-10m 水深 (No.-5) に投下された螢光砂は短期間で広い範囲に散っているが、調査終期ではこの範囲では見出されない。この範囲は欠損地帯であるが、粒径は増大し、多粒様化している。しかし、これらの変化はあまり大きくない。移動はげしいが、表層が移動したとみ

られる。これらから、調査期中の出水が海浜地形に及ぼした影響は狭かったといえる。

5. 深淺変化と底質変化の pattern

海浜地形、平均粒径、標準偏差のそれぞれの変化の組合せで、前歴を考えなければ 8 の pattern がある。また、底質変化はその程度に差があるから、その程度を 3 段階に分けると 18 の pattern にわけられる。

平均粒径変化 ΔM 、標準偏差変化 $\Delta \sigma$ はその絶対値を 0.6 より大、0.6~0.3、0.3 より小に分けた。 $|\Delta M| = 0.6, 0.3$ は平均粒径が約 50%, 20% 増減したことに相当する。また、それぞれ 0.3 より小さいことは底質の変化はほとんどなかったことになる。

各期間の各点の変化を、これらの pattern によって図

示したものが 図-10 である。特に、0.6 より大なる地点を選んで検討してみると次のようなことがいえる。

河口付近の粒径増大・多粒径化で堆積している地点は河川流出土砂が堆積したらしい (A, C)。汀線付近の粒径増大・多粒径化している地点は欠潰地帯に主として存在する。これは小粒径が移動したとみられる (C)。粒径増大・均一化している地点は沖浜に多い。これは前期に小さな粒径であった場合が多い (D)。

粒径減小・均一化の地点は多く、汀線付近の場合は大体堆積し、漂砂が集中した傾向がある (E)。粒径減小、多粒径化は河口導流堤南側に多く、欠潰した後に、比較的粒径の小さい浮遊砂が沈澱したためで、出水後におこっている。

河口付近と汀線・外浜は当然変化が大きい地点が多

い。粒径増大・多粒径化と粒径減小・均一化は相互に変換することがあるが、汀線では、この変換が時期ごとと共に場所的にもおこることが多く、部分的な汀線漂砂の移動を示すものと考えられる。

沖浜の変化は比較的小さいか、あまり変化しない場合が多い。しかし、No.-6, -8, -24 の海浜縦断面では各期間とも変化が目立つ。ここに離岸流 (地方語でみごと) がある可能性がある。特に No.-24 の 1.4 km 地点は離岸流頭の発達が想像される。

堆積・欠潰が数 m にもなると、以上のような説明では無理かもしれないが、各地点の漂砂の意味を知るには役立つものと考えられる。

調査期間中、海象調査も実施されたが、強風時などは観測されなかったので、主要因の波の諸元を述べずに説

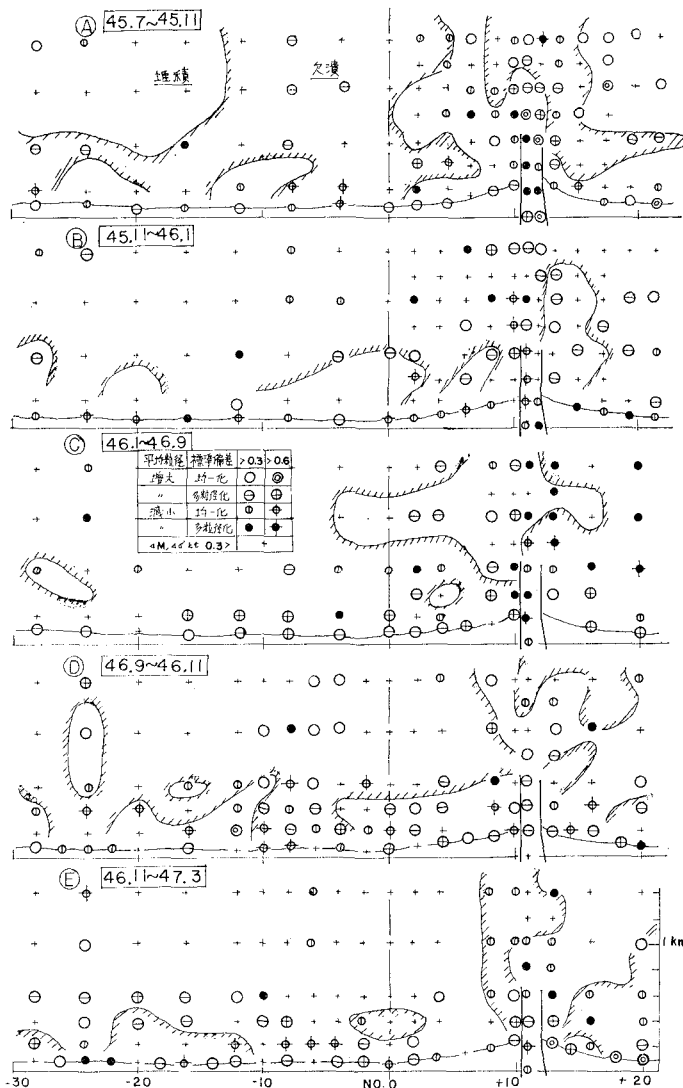


図-10 深浅変化と底質変化の pattern 図

明したが、常時の波は各期間とも大きな差はない。しかし、 A (45.7~45.11) で $H_{1/3}$ (50% 波高)=1.38 m が得られており (図-9)、波の諸元によって再検討したいと考えている。

6. む す び

海底地形の変遷により、1) 河川流出土砂の移動通路が推定される。2) 河口前面の地形と底質との関係は数値的に示すことが可能である。3) 汀線の底質の変遷には周期性があるが、導流堤はそれを乱す範囲がある。などの結果をえた。この結果より海浜地形変化と底質粒径分布変化の組合せからえられる pattern によって各地点の漂砂の意味を検討したが、主観的な結果が多いので、今後は海象なども検討して客観性をもたせたい。

最後に、資料を提供された宮崎港湾事務所、建設省延岡工事事務所、ならびに資料解析に協力された国土開発コンサルタントの諸氏に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 吉高益男：海浜における底質粒径分布の変化について，第19回海岸工学講演会論文集，1972。
- 2) Eagleson, P. S., B. Glenne and J. A. Dracup: Equilibrium characteristics of sand beaches, Proc. A.S.C.E., Vol. 89, No. HY1, 1963.
- 3) 栗原道徳・篠原謹爾・椿東一郎・吉高益男：波による海浜の砂移動，第3回海岸工学講演会講演集，1956。
- 4) 佐藤昭二・田中則男：水平床における波による砂移動について，第9回海岸工学講演会講演集，1962。