

# 海岸工学の発展と鳥取県

石原藤次郎\*・岩垣雄一\*\*・野田英明\*\*\*

## 1. 緒言

著者の一人がかつて「海岸工学の現況」<sup>1)</sup>と題して、これに関するわが国および米国を中心とした従来の研究をとりまとめて紹介したのは、昭和29年のことであった。昭和29年というのは、わが国で初めて海岸工学に関する研究発表会が開かれ、現在の海岸工学講演会論文集にあたる第1回論文集が刊行された年である。

それ以来、すでに21回の海岸工学講演会が開かれたわけであるが、今回鳥取市で開催される講演会においては発表論文が97余編、20年前のそれは16編であって、その増加には隔世の感がある。今日のわが国における海岸工学のこのような目覚ましい発展の原動力は研究者の増加、社会的要請等多くの要因が考えられるが、また多くの研究者の多大の努力によるものでもあろう。しかしながら、研究者の増加とともに研究分野の拡大、細分化が進み、その結果、海岸工学全体としての学問体系あるいは研究体制が何か壁につきあたっているのではないかと思われる。こうした研究の壁を打破するためには新しい学問体系の展開が必要であろう。

今年、第22回海岸工学講演会が鳥取市において開催されることになったが、著者ら(石原・岩垣)が海岸工学の研究に着手したのは、昭和22年鳥取県海岸の漂砂問題についての調査研究を始めたときであって、この機会に、著者らがわが国における海岸工学の誕生期にいかにか新しい研究に取り組み、研究体制の確立に努めてきたかを、当時の調査研究を中心にして述べるとともに、当時の研究成果と鳥取県海岸の現状とを比較して、これらの成果がどのように生かされ発展してきたかを述べて、学問の新しい展開の方向を探ることも意義あることと思われる。

## 2. わが国における海岸工学の発展

戦時における国土の荒廃は、わが国海岸の各所に海岸浸食をもたらした。海岸沿いの狭長な平野が産業・文化

上に占める役割の大きいわが国では、この海岸浸食が国土保全の立場からきわめて重大な問題となり、当時の土木技術者もこの貴重な国土を寸土といえども失うことのないような保全の道を講じねばならないという機運に満ちていた。

一方、終戦により約45%の国土を喪失したわが国は、この狭い国土に1億に近い多数の人口を収容しなければならなくなり、国内資源の高度の開発利用と産業の合理化が強く叫ばれていた。

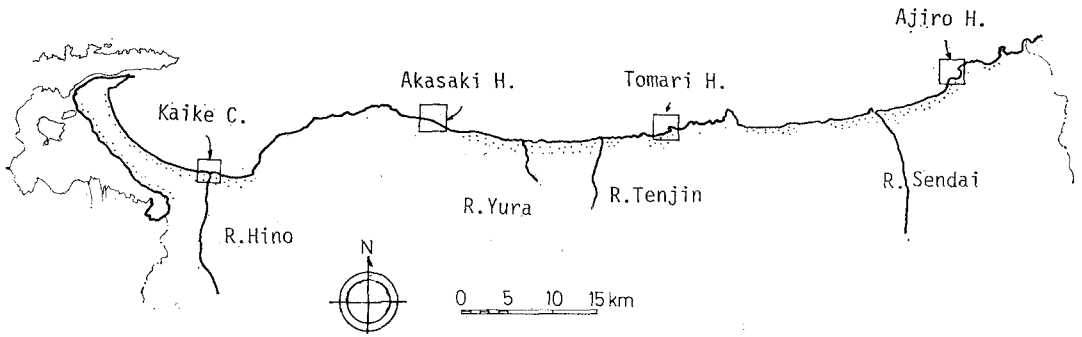
鳥取県沿岸にある豊富な水産資源は、当時の食糧難からその獲得がとくに注目される場所であったが、鳥取県の海岸は全延長の約4割が砂浜であり、港湾の多くはこの砂浜に発達していたため、その砂が日本海の激浪によって著しく移動し、県内にある多くの港は埋没し、またあるところでは海岸の浸食、河口の閉塞等の問題も生じていた。しかしながら、従来はこの問題について十分な調査研究も行われず、その対策もきわめて貧弱なものであった。そこで、昭和22年7月鳥取県に漂砂対策協議会が設置され、漂砂の調査研究を行い、その対策を樹立することになった。その後昭和23年に日本海一帯の共通問題として経済安定本部資源委員会において、新潟、富山両県とともに鳥取県も海岸災害の研究対象に指定され、昭和24年11月鳥取県漂砂対策調査委員会が設けられ、京都大学を中心として、海洋学、気象学、地質学、河海工学などの研究者、技術者が全面的に協力して浸食現象の解明とその対策の確立にあたった。著者らが終戦後海岸工学の研究に着手したのは、この調査がはじめてであり、鳥取県がわが国海岸工学発祥の地の一つであるという所以もここにある。昭和25年頃になると新潟、富山各県の研究成果も公表されるようになり、ようやくわが国にも新しい海岸工学の発展がみられるようになってきた。これらの研究成果の内容はそれぞれの報告書<sup>2)~8)</sup>に詳述されているので省略するが、ここでは鳥取県において当時行われた調査研究の大略<sup>9)</sup>を紹介し、わが国における海岸工学誕生期の様子を明らかにしよう。

鳥取県漂砂対策調査委員会には、港湾埋没防止、河口閉塞防止、海岸浸食防止および飛砂防止の4つの部会が設けられ、網代港および泊漁港の埋没防止、皆生(弓ガ

\* 名誉会員 工博 京都大学名誉教授

\*\* 正会員 工博 京都大学教授 工学部

\*\*\* 正会員 工博 鳥取大学教授 工学部



図一 鳥取県海岸の概要

浜) 海岸の浸食防止, 赤碓港の波浪遮蔽および由良川の河口閉塞防止等について実地調査ならびに学究的研究が進められ, 昭和25年4月, 2年有余にわたる調査研究を終えた(図一参照)。これらの内容については後に詳しく説明する。

その後, 大阪府泉南海岸においても海岸浸食が問題となり, やはり著者ら(石原・岩垣)が中心となって, 昭和25年4月に大阪府泉南海岸浸食調査会を発足させ, 昭和29年まで鋭意調査研究を進めてきた。これらの研究成果はすでに公表<sup>10)~12)</sup>されているが, その研究はきわめて広範な内容を含み, とくに, 海浜断面形状, 沿岸流や碎波の機構等について新しい知見がえられるとともに, 当時, 米国において実用化された屈折関の作図法<sup>13)~15)</sup>を適用して泉南海岸における碎波高の分布が求められ, 泉南海岸が地形的原因によって浸食をうけざるをえないという, いわゆる宿命的な海岸であることが明らかにされた<sup>16)</sup>。なお, 屈折関の適用に関しては, 泉南海岸に先き立ち, 著者らが鳥取県網代港において, また故速水博士が皆生海岸において海岸浸食や港湾埋没の問題と関連づけて成果をあげてきた。

一方, 米国においては Council on Wave Research が昭和26年に第1回海岸工学会議を開催し, 国際的な会議へと発展していく第一歩をふみだしたが, 同年京都大学には防災研究所が設置され, 鳥取県海岸・大阪府泉南海岸等の海岸災害に関する研究成果が集大成されるとともに<sup>17)</sup>, 昭和25年9月のジェーン台風によって大阪市内が高潮による大被害をこうむったことにかんがみ, 同研究所では大阪市内河川をそ上する高潮の模型実験を開始した。

こうした新しい海岸工学の研究成果が蓄積されるにいたって, わが国でも著者の一人(石原)が各方面に呼びかけた結果海岸工学に関する講演会をもとうとする機運が高まり, 土木学会関西支部を中心に企画が進められ, 昭和29年11月に第1回の研究発表会が神戸市において開催されるはこびとなった。この研究発表会が一つの重要な契機となって土木学会に海岸工学委員会が設立され

た。この海岸工学委員会が米国における第1~3回海岸工学会議の議事録を翻訳して出版し<sup>18)</sup>, わが国における多くの研究者に大きな刺激を与えたことも付記しておかねばならない。

さて, こうして海岸工学に関するわが国の研究体制がようやく確立されるようになってきたが, 京都大学では防災研究所, 理学部および工学部が協同して着々研究を進め, わが国各地の海岸調査を実施するとともに, 模型実験<sup>19)</sup>, 基礎的研究も進められてきた。とくに, 防災研究所では昭和35年における白浜海象観測塔の設置, 昭和43年における大湊波浪観測所の開設等はわが国における海岸工学発展の先駆的役割をはたしてきたことを付記しておこう。

### 3. 鳥取県海岸と海岸工学

#### (1) 自然条件

鳥取県海岸の延長は約130kmであるが, 図一に示すように, 中海に面した一部の海岸を除いて日本海に面している。鳥取県東, 中, 西部を南から北に流れる千代川, 天神川および日野川の河口にはそれぞれ砂丘が発達し, 鳥取砂丘, 北条砂丘およびワガ浜半島と呼ばれている。鳥取県海岸の約4割はこうした砂浜海岸で, その海岸線は単調である。しかしながら, 鳥取県海岸も詳細にみれば, 網代港の東にある浦富海岸や赤碓港の西側にある大山北麓海岸は奇岩, 波食崖等がみられる。とくに, 大山火山の裾野は連続的な海食崖と漂礫浜よりなり, かつては現海岸線より沖3~5kmに汀線があったといわれるが, 激しい海食によって後退したものである<sup>20)</sup>。

図二は鳥取地方における風速5m/sec以上の風の風向頻度を示すものであって, 昭和40~49年における10年間の記録から求めたものである。この図から明らかのように, 海風はNWおよびNEが卓越していることがわかる。図三は各海風方向の月別出現回数を示したものであって, 陸風の代表としてS方向の風も示してある。この図から明らかのようにNWの風は冬季に, NEの風は4月および9~11月に卓越していることがわか

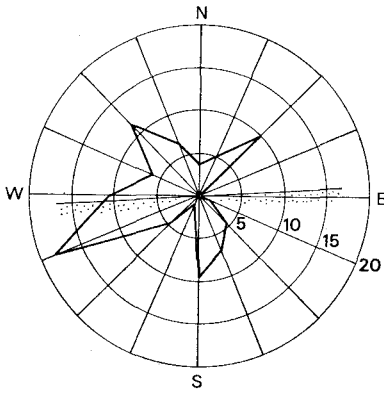


図-2 風速 5m/sec 以上の風の風向頻度図 (数字は%)

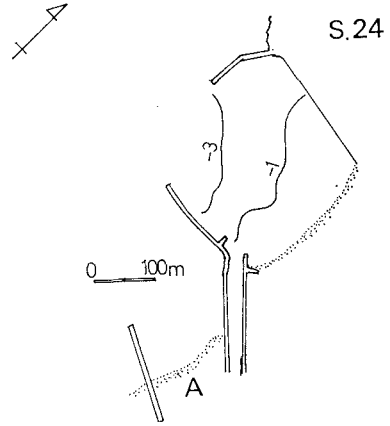


図-5 昭和24年の網代港

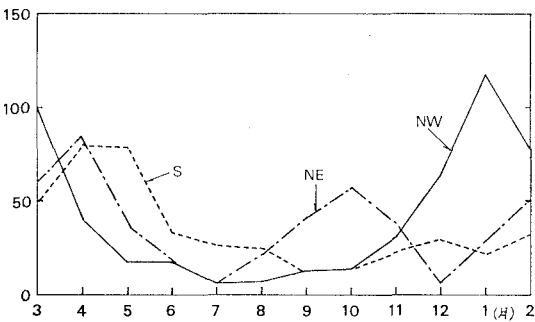


図-3 月別風向頻度図

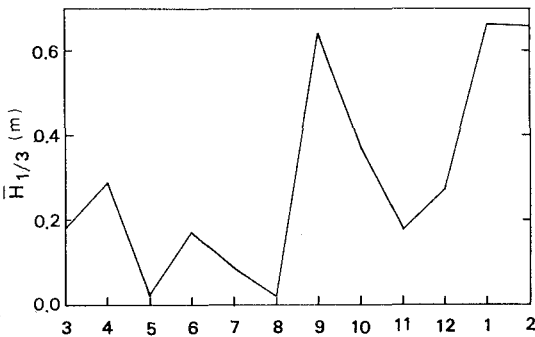


図-4 皆生海岸における月平均有義波高の変化

る。一方、図-4 は昭和40年から45年までの6年間に皆生海岸において観測された波高の月平均有義波高の変化を示したものであって、日本海における冬季風浪がNWの風によるものであること、および4月と9月にみられるかなり大きい波はNE方向から来襲することがわかる。これらの事実は鳥取県海岸の漂砂が、大略、冬季に西から東へ、春から秋季にかけて東から西へと移動していることを示しているといえよう。

(2) 網代港

網代港は鳥取砂丘の東北端(鳥取市より約10km)に位置する県内有数の漁港である。図-5 は昭和24年に

における網代港の防波堤および港内の等深線を示すものであるが、当時年々港内の水深が浅くなり埋没が進んでいた。著者らはその原因を究明し、防止に寄与するため調査研究を進めたわけであるが、その当時、埋没の原因として考えられたのは、(1) 飛砂によるもの、(2) 港内に流入する蒲生川の流砂によるもの、(3) 漂砂によるもの、などであった。

まず最初、飛砂による港内埋没について当時の研究内容の概略を紹介しよう<sup>21)~24)</sup>。結論から先にいえば、網代港の当時の年間埋没量は10000~20000m<sup>3</sup>程度であり、飛砂によるそれと飛砂地からの海水越流による埋没量は全埋没量の1/3~1/6であることが推定された。飛砂の供給源は図-5中に示すA地域であり、この港の飛砂による港内埋没に関係する風向はSE~S~W~NWであって、11月から3月までの強い風はほとんどこの風向に含まれ、この港は飛砂に対して最も条件の悪いことが明らかにされた。

当時、飛砂に関する研究はそれほど進んでいなかったもので、現地における飛砂量の観測、観測結果の整理、風速との関係等、Bagnold<sup>25)</sup>やChepil<sup>26)</sup>の研究あるいは千種・秋葉<sup>27)</sup>、河田<sup>28)</sup>等の研究を参照しながら工夫すべき点が多々あった。しかし、こうした研究は従来、土木工学の分野ではそれほど行われていなかったこともあって、大いに注目をひいた。現在、鳥取砂丘海岸では、網代港における飛砂観測の方法が改良され、建設省において鳥取砂丘で観測が続けられ、図-6に示す結果がえられている。

次に、河川による流砂および漂砂であるが、河川からの流砂による埋没はそれほど大きな影響を及ぼさないことが明らかにされた。しかし港内における波の屈折図を描くと、波は蒲生川河口に集中し、河川からの流れとあいまって、港内には複雑な流れが生じ、南防波堤端付近から侵入した漂砂が北防波堤港内側に堆積することが明らかとなり、南防波堤の延長、蒲生川の分離等、網代港

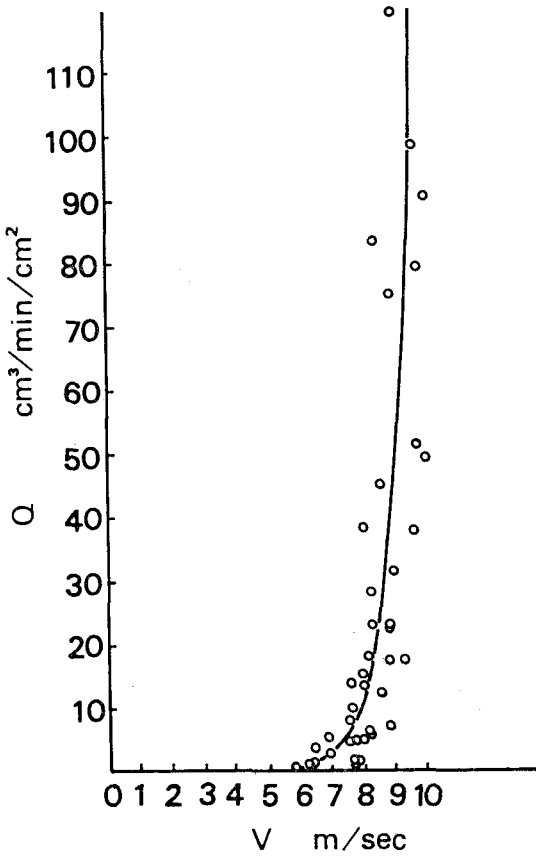


図-6 飛砂量と風速の関係

の埋没防止のための対策について多くの示唆を与えた。

その後の水産業の発展は網代港の拡大を余儀無くさせたが、上述した研究の成果は網代港の改良・拡大にあたって技術的な側面から大いに寄与することとなった。

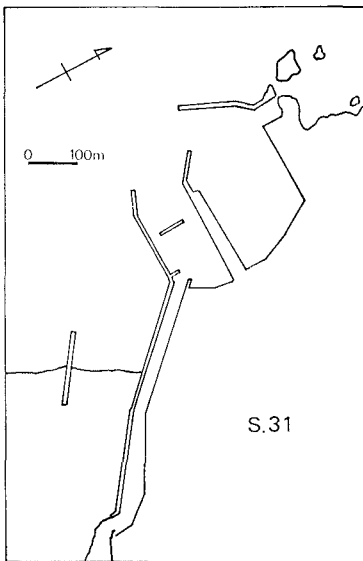


図-7(a) 昭和31年の網代港

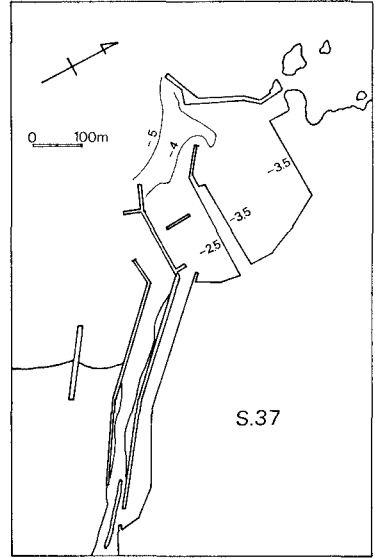


図-7(b) 昭和37年の網代港

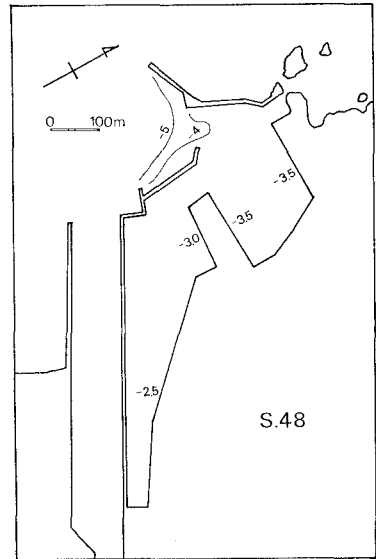
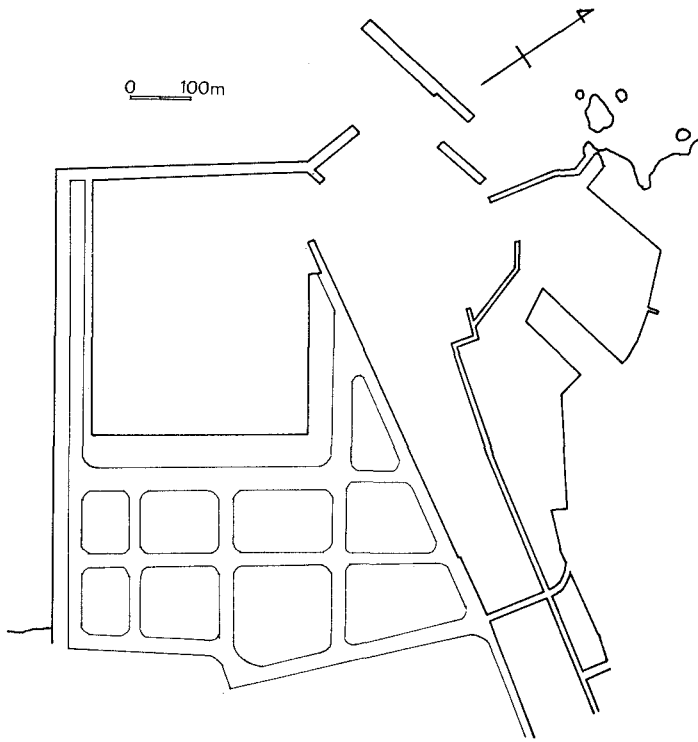


図-7(c) 昭和48年の網代港

図-7(a) は昭和31年における網代港の平面図を示したものであって、港奥に荷揚場としてまた港内の中央には物揚場を設けて港内の流れを規制するとともに、南防波堤も延長され、港内の静穏度、港内水深の維持の面から昭和24年当時に比べて大いに改良されていることがわかる。図-7(b) は昭和37年における同様の図であって、蒲生川の分離がほぼ完了し、飛砂地の面積が縮小され港内埋没に及ぼす影響が除去されたことがわかるであろう。図-7(c) は昭和48年の網代港を示すものであって、中央ふ頭の整備、蒲生川の分離完了にともなう港内泊地の拡大、港口方向の変更等、着々と港が整備され、



図—8 網代港の将来計画

現在では港内埋没の心配はなくなり、港口において水深5m、大型漁船の物揚場の水深が3~3.5m、小型漁船物揚場の水深が2.5mに維持されていることがわかる。

最後に、網代港の将来計画について若干ふれておこう。網代港の魚獲高は年々増加の傾向をたどり、こうした増加は当然、付加価値の高い水産加工品の生産を要請されるようになってきた。しかし網代港は背後に山がせまり、水産加工のためのスペースがとれない。そのため、従来は埋没の一原因となった飛砂地を埋立て土地造成を行うとともに、旧港の南に大きな港を建設しようという計画がたてられ(図—8)、こうした計画に対して種々の調査が現在行われているという現状である。

### (3) 皆生海岸の浸食

最近発行された「皆生温泉の50年史」<sup>29)</sup>には明治・大正時代の皆生海岸について、かなり詳しく調べられている。明治・大正時代の記録であるため、かならずしも正確であるとはいいがたいが、皆生海岸の浸食の歴史を知るうえには貴重な資料であるので、ここでその概略を紹介する。

明治初年頃、浜辺から約200m沖に熱い温泉が湧出しているのが漁師によって発見された。その頃の皆生海岸は砂浜が年々2~4mずつ増していたといわれている。その原因は日野川流域の砂鉄採取による土砂流出であると考えられる。その後、砂浜は増えつづけ、約30年近くかかって海中の温泉湧出点が波打際に達したことが記

録されている。渡辺<sup>30)</sup>もその著書において、「過去50年間に於ては下浜(弓浜の北方を下と云ひ米子に近き方を上といふ)、に於ては、年平均1間乃至1間1尺の発達を致して居ります。……中略……弓浜北部に於ては年平均約1間乃至1間1尺位を示して居りますが上浜に於ては、此発達速度は非常なるもので、未だ実測致して居りませぬが少なくとも1ケ年に3間以上の発達を示すようであります。」と大正3年に記している。

ところが、漂砂の供給源である砂鉄の採取は大正10年に中止されるにいった。一方、その頃温泉の開発がようやく活発になりはじめ、その当時出された温泉の掘削申請書によると、砂浜の延長180m、幅40mの広い範囲において温泉井が掘削されている。その結果、大正11年に1号泉源が開発された。ところが、この1号泉の位置は現在の海岸護岸より約55m沖の海中になっていることが記録されている。大正12年、温泉開発以来始めて暴風雨波浪によって海岸が

浸食され、とくに11月3日の大波浪は1号泉建物の一部を破壊し、場所によっては20m程度汀線の後退したことが記録されている。これが記録にあらわれた皆生海岸浸食の最初である。

その後、温泉の需要が増すにしたがって、泉源の増開発が必要となり、大正13年には1号泉より岸側40mのところ3号泉が掘削された。この泉源は昭和20年まで存在したが、現在では海中に没している。

以上から明らかなように、皆生海岸の浸食は、大正の末期から始まっていたが、本格的になったのは昭和7~8年頃からである。昭和10年には浸食防止対策として連方塊堤2基が海岸線に平行に構築されたが、数年後には波浪によって飛散してしまっている。また、昭和9年9月には海岸浸食によって1号泉が海没してしまった。そのため、昭和13年にはさらに岸側に4号泉が掘削され、これは現在も波打際に残っている。昭和14年から同20年までの期間には、海岸近くにあったいくつかの旅館が流失したことがしるされている。こうした状況のもとで、昭和22年にはすでに述べたように鳥取県漂砂対策調査委員会が発足し、皆生海岸浸食の原因を究明するとともに、その対策として、7年計画で防砂突堤を70~80m間隔で14基、汀線より沖合へ30~50m突出して築造することになった(図—9)。その第1基目が同年9月に完成したが初期の突堤は沈下が著しく砂防効果はそれほどでもなかった。その後大型コンクリートプロ

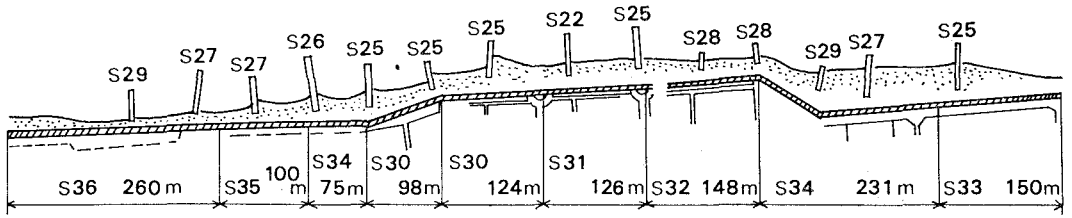


図-9 皆生海岸の構造物築造の経過

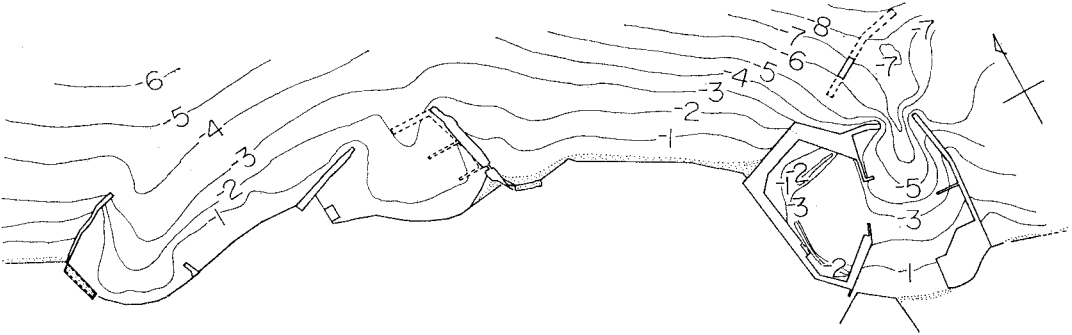


図-10 赤崎港の現況

ックの突堤を築造することにより、突堤の東側に砂浜が20m程度増加するところもみられ、一応浸食が防止された。ところが昭和30年8月の風浪によって、ふたたび浸食を受けたため、さらに護岸が併用されるようになった。この頃の皆生海岸については、佐藤・岸・富永<sup>31)</sup>が詳しく論じているし、その後、染矢<sup>32)</sup>の調査結果も報告されている。

昭和40年代になると、護岸前面がかなり洗掘されるようになり<sup>33)</sup>、建設省では離岸堤を設置することによって、積極的に砂浜を造成しようということになり、昭和46年より年々1基ずつ離岸堤が築造されてきた。その詳細については、著者の一人および安藤ら<sup>34), 35)</sup>がすでに報告しているので省略する。

#### (4) その他の海岸

昭和22年鳥取県漂砂対策調査委員会では泊港、赤崎港についても調査が行われた。泊港の埋没については、泊湾に発達するセイシュが砂堆を発生させることが埋没の原因として指摘された。現在の泊港では埋没の問題もすでに解決され、鳥取県中央部の漁港として大いに繁栄している。図-10は現在の赤崎港を示すものであるが、終戦頃の港は図中の西側にある港だけであった。しかし漁業の発達、漁船の大型化とともに、旧港はその機能を十分に果たせず、旧港の東側に新しい港が建設され、現在ではこの新港が赤崎港の中心となっている。

#### 4. 結 語

以上、鳥取県海岸における海岸工学の歴史をふまえながら、わが国における海岸工学誕生期の研究体制、海岸

工学の発展にはたした役割を述べてきた。とくに網代港の発達の歴史をみると、技術的側面において海岸工学のはたした役割がいかに大きかったかを示すことができた。今日の研究体制が細分化・専門化するなかで、いま一度、学問体系の総合化について考えるべき時代にさしかかっているように思われる。こうした時期にこの小論が新しい学問の展開に役立てば著者らの幸いとするところである。最後に、この論文を書くにあたり、鳥取県土木部河港課ならびに農林部水産課から資料を提供していただくとともに各課の諸氏に御援助をいただいた。紙面をかりて深謝の意を表する次第である。

#### 参 考 文 献

- 1) 石原藤次郎：海岸工学の現況，第1回海岸工学研究発表会論文集，昭29.11，pp. 1~7.
- 2) 新潟港技術調査委員会：新潟港の埋没並びに海岸欠漬について，新潟港技術調査報告第1報，昭23.12.
- 3) 新潟港技術調査委員会：新潟海岸の欠漬について，新潟港技術調査報告第2報，昭24.5.
- 4) 新潟港技術調査委員会：新潟港技術調査報告第3報，昭26.12.
- 5) 新潟港技術調査委員会：新潟港の埋没並びに海岸の欠漬について，新潟港技術調査報告第4報，昭27.7.
- 6) 新潟県：新潟港の改良について（埋没対策），新潟港技術調査委員会報告，昭29.8.
- 7) 富山県海岸対策協議会：富山湾海岸浸蝕調査報告書，昭27.2.
- 8) 富山県土木部河港課：富山湾海岸浸蝕調査報告書，昭和27年度第1報，昭28.2.
- 9) 鳥取県漂砂対策調査委員会：漂砂対策調査報告書，昭25.4.

- 10) 大阪湾泉南海岸浸食調査会： 泉南海岸浸蝕調査報告書，第1報，昭26.4.
- 11) 大阪湾泉南海岸浸食調査会： 同上報告書，第2報，昭27.10.
- 12) 大阪湾泉南海岸浸食調査会： 同上報告書，第3報，昭29.1.
- 13) Johnson, J. W., M. P. O'Brien and J. D. Isaacs: Graphical construction of wave refraction diagrams, Hydrographic Office, U.S. Navy, Publ. No. 605, 1947.
- 14) Saville, T. and K. Kaplan: A new method for the graphical calculation of wave refraction diagrams, Bulletin of the B.E.B., Vol. 6, 1952.
- 15) Dunham, J.W.: Refraction diagrams, Proc. of 1st Conf. on Coastal Engg., 1950, pp. 39-49.
- 16) 岩垣雄一： 海岸侵食論，1966年度水工学に関する夏期研修会講義集，B.，土木学会水理委員会，昭41.8，pp. 17-1~18.
- 17) Hayami, S., T. Ishihara and Y. Iwagaki: Some studies on beach erosion, Bulletin of D.P.R.I., Kyoto Univ., No. 5, 1953, pp. 1-29.
- 18) 土木学会海岸工学委員会訳： 海岸工学，I，II，丸善，昭30.
- 19) Hayami, S., T. Ishihara and Y. Iwagaki: Some contribution to hydraulic model experiments in coastal engineering, Proc. of 10th Conf. on Coastal Engg. Vol. II, 1966, pp. 1291-1312.
- 20) 鳥取県： 鳥取県の自然調査報告，昭48.3，pp. 14-15.
- 21) 石原藤次郎・岩垣雄一： 鳥取県網代港埋没防止に関する研究，第1報，港内埋没に対する飛砂の影響（I），同上，第2報，港内埋没に対する飛砂の影響，防災研究所研究報告第2号，昭24.11，pp. 76-81.
- 22) 石原藤次郎・岩垣雄一： 鳥取県網代港埋没防止に関する研究，第3報，港内波浪について，第4報，港内の漂砂について，防災研究所研究報告，第3号，昭25.10，pp. 57-68.
- 23) 岩垣雄一： 海岸地における飛砂について，防災研究所研究報告，第3号，昭25.10，pp. 31-35.
- 24) 岩垣雄一： 網代港埋没に関する飛砂の影響について，土木学会誌，35巻6号，昭25.6，pp. 19-25.
- 25) Bagnold, R.A.: The movement of desert sand, Proc. R.S.A., Vol. 157, 1936.
- 26) Chepil, W.S.: Dynamics of wind erosion, Soil Science, Vol. 60, 1945.
- 27) 千種虎正・秋葉満嘉次： 砂浜開墾地の砂粒子と風速との関係，農業土木研究，1巻1号，昭4.
- 28) 河田三治： 防風林に就て，土木学会誌，33巻2号，昭23.
- 29) 皆生温泉観光株式会社編： 50年のあゆみ，同朋舎，昭49.6.
- 30) 渡辺亨二： 弓浜成因論，鳥取県立米子高等女学校校友会，大正3.5.
- 31) 佐藤清一・岸力・富永正照： 皆生海岸の漂砂，第4回海岸工学講演会講演集，昭32.11，pp. 73-82.
- 32) 染矢 聰： 皆生海岸の侵食について，第10回海岸工学講演会講演集，昭38.11，pp. 168-172.
- 33) 馬場和秋・河村信武・成石治郎： 皆生海岸の侵食について，第15回海岸工学講演会講演集，昭43.12，pp. 158-162.
- 34) 安藤 丘・佐久間良知・田村末次・藤原達雄・野田英明： 皆生海岸の侵食とその対策，第19回海岸工学講演会論文集，昭47.11，pp. 23-27.
- 35) 野田英明： 皆生海岸における海浜過程について，第21回海岸工学講演会論文集，昭49.11，pp. 121-125.