第四紀後期における日本列島周辺の海水準変動

大 嶋 和 雄*

The late-Quaternary sea-level change of the Japanese Islands

Kazuo OHSHIMA*

I. はじめに

「約2万年前の最終氷期に海水準は何処まで低下したか、その頃にはマンモス象やナウマン象が、アジア大陸から日本列島に歩いて渡ってきた陸橋があったか、否か」という問題は、日本列島の形成時期や動植物分布など、その自然環境形成過程を解明する上での根本的な課題である。特に、日本人のルーツを探る背景としての陸橋問題は、日本人なら誰にとっても興味深いテーマであろう。また、東京や大阪などの開発工事で問題となる軟弱地盤層の基底深度分布と海水準変動との関係は、関東大震災以降の地盤調査によって明らかにされてきた。さらに、地球温暖化による海面上昇速度や、その規模の事前予測評価はモデル計算によって行われているが、そのモデルや計算結果の検証に最終氷期以降の気候および海水準変動資料が不可欠である。すなわち、最終氷期以降の海水準変動資料から、わが国の産業活動を支える施設の大半が立地する沿岸環境への影響を、事前予測評価することが緊急課題となっている。

日本列島とアジア大陸とを分断する海峡形成史の研究は、生物地理学の分野で始められた。Blakiston (1883) は、北海道にはヒグマ、オオカミ、ヤマドリ、シマフクロウ等の樺太やアジア大陸北方系の動物群が生息しているのに対して、本州・四国・九州にはツキノワグマ、ニホンオオカミ、

キジ、ライチョウ等の固有種が生息していて、日本の動物分布は、津軽海峡を境にして二分されることに注目した。この事実から、北海道や樺太が共に大陸と陸地接続していた古い時代にも津軽海峡は存在し、北方大陸系の動物は、津軽海峡（ブラキストン線）で南下を阻まれていたと推定した。そして大陸からの分断は、北海道よりも本州（四国、九州を含む）の方が早かったと結論した。その後、爬虫類や両生類の分布を重視した八田線（宗谷海峡）等多くの生物分布境界線が、島々の形成史や気候区に基づいて提唱され、それら境界線の重要度についての論争が行われてきた。徳田 (1941) は、日本列島動物相の形成過程を東アジア産ネズミ類の系統分類学的研究から考察し、それまでの生物地理学的境界線論を総括すると共に、日本列島の形成史についても言及した。徳田 (1941) の推定した海峡形成年代については訂正しなければならないが、相対的な海峡形成順序は海底地質調査研究結果から求めた海峡形成史と良く一致している (大嶋, 1980)。

我が国での海底地質および地形資料から、海峡形成史についての考察を行ったのは湊 (1966) が最初である。湊 (1966) は津軽海峡（青函トンネル工事海域）の海底に氷期の河川地形を読み取るという解析手法によって、(1) 最終氷期の最低位海水準は-140mまで低下した、(2) 日本列島とアジア大陸とは2万年前には陸地接続していたと主張した。湊説は、日本第四紀学会の多くの会員に支持され、「日本第四紀研究」（日本第四紀学会、1976）にも採択された。しかし、学会の30周年記

* 工業技術院地質調査所

* Geological Survey of Japan

図1 北海道石狩湾の埋没谷 矢印が谷筋
(大嶋ほか, 1985)

念出版物では、最終氷期の最低位海水準は -100m に訂正され、朝鮮および津軽海峡は陸地化しない、それまでとは全く異なる古地理図が発表された。一方、大嶋（1976, 1980, 1982, 1990）は、大陸棚の調査結果をもとに、(1) 最終氷期の最低位海水準は $-80 \pm 5\text{m}$ まで低下したが、(2) 朝鮮、対馬、大隅および津軽海峡は最終氷期には陸地化しなかったことを、一貫して主張している。本論文では、日本周辺大陸棚の調査結果をもとに、最終氷期以降の海水準変動と海峡形成史について考察する。

II. 海水準変動量評価の地学的背景

海峡によって、日本海と外海とが連結していた地質学的証拠は、日本海沿岸に分布する海成更新統（160万年前以降の海底堆積物）に求められる。暖流系貝化石を多産する能登半島の平床層（8万年前以前）は、日本海へ暖流の流入していた絶対的な証拠である。したがって、現在の日本海が形成された時期、言い換えると、対馬および津軽海峡が開いたのは、ナウマン象渡来後（15～30万年前）から海岸段丘形成以前（10万年前）と判定できる。そこで問題となるのは、最終氷期の最低位海水準期に対馬および津軽海峡が、再度陸地化

したか、否かという事である。最終氷期を代表するマンモス動物群（ヒグマ、エゾシマリス、エゾナキウサギ）は、シベリアから樺太經由北海道まで侵入してきたが、津軽海峡を渡った形跡はない。すなわち、日本列島とアジア大陸とが陸続きであった時代の決定とは、大陸棚を浸食する海峡の形成時期を求める事である。

大陸棚の海底地形解析から海水準変動を求める場合、調査海域の構造運動による地形変動量が、海水準変動量に比較して無視できる程度（1桁小さいオーダー）でなければならない。なぜなら、本研究の結論である1万8000年前の最低位海水準 $-80 \pm 5\text{m}$ から1万年前の $-45 \pm 5\text{m}$ を経て、7000年前に現海水準に達した過程での地形変動量が数10m以上もあったならば、各停滞低海水準を地形的特徴から判定する事が難しくなるからである。

日本列島周辺の大陸棚平均水深は140mで、大陸棚の広く発達する海岸には、標高10～30mの海岸段丘が分布している。したがって、その地形面高度を同じくする海岸段丘と、同一水深の大陸棚外縁との間に発達する海底地形は、構造運動によって形成されたと考えるよりも、氷河性海水準変動によるものと考えられる。そこで、日本列島の大陸棚および大陸棚を浸食する海峡を選定して、氷河性海水準変動の調査研究を実施してきた。

III. 石狩湾の溺れ谷が示す低海水準

大陸棚外縁の海底から10万年前以前に絶滅した象化石が採取されているので、10万年前以前にも大陸棚外縁の平坦地形が、すでに存在していた事は明らかである。また、石狩湾の音波探査によって、石狩川に接続する溺れ谷の河口が水深93m付近に確認された（図1、図2、表1）。 -93m の河床底深度から推定される低海水準は -93m 以深ではなく、現在の石狩川河口水深（ -15m ）を根拠にすると -78m （ $-93 + 15\text{m} = -78\text{m}$ ）で、大嶋（1976, 1990）の主張する最低位海水準説 $-80 \pm 5\text{m}$ を満足している。この最大海面低下期は、溺れ谷を埋積する泥炭層の年代測定値から3万5000年前以前と求められている。すなわち、大陸棚外縁の形成は、海水準が $-120 \pm 10\text{m}$ に低下し

表 1 石狩湾採泥試料 ^{14}C 年代測定値

コード No.	年代測定値 y. B. P.	位置 東経 北緯	水 深 海底下	試 料	備 考
JGS-161	34,500+1,500 -1,200	141°01.96' 43°27.55'	84m 14~21 cm	泥 炭	大嶋ほか (1985) の st. 92 重力式柱状採泥
JGS-162	34,800+1,500 -1,200	141°01.96' 43°27.55'	84m 34~40 cm	泥 炭	大嶋ほか (1985) の st. 92 重力式柱状採泥
JGS-163	37,400+2,300 -1,800	141°01.96' 43°27.55'	84m 65~70 cm	泥 炭	大嶋ほか (1985) の st. 92 重力式柱状採泥
JGS-170	31,110+ 830 - 760	140°59.72' 43°27.57'	91m 60~70 cm	泥 炭	大嶋ほか (1985) の st. 78 重力式柱状採泥

(松本英二博士による)

た15万年前以前であって、その後、何回かの海水準変動による地形解析を受けてきた。

VI. 対馬海峡形成時の低海水準

大陸棚を浸食する対馬および津軽海峡など、その鞍部最大水深が120m以深に達する海峡の沿岸には、リス〜ウルム間氷期に形成された海岸段丘が発達している。そして、日本海が外海と連結したのは海岸段丘形成以前である事が、段丘を構成する海成更新統の分布から確認されている。また、津軽海峡は、大陸棚外縁形成時の低海水準-120m $\pm$ 10mから-110 $\pm$ 10mまで上昇する過程で開口し、その後の最低位海水準-80 $\pm$ 5 mでは陸地化しなかったことが論証されている(大嶋, 1980)。大嶋ほか(1982)は、対馬〜五島海域の堆積物分布を報告する中で、対馬海峡の形成は、海水準が-100m付近にあった頃と考えた。

海図 No. 1003は、対馬海峡を朝鮮と対馬の間を西水道(朝鮮海峡)、対馬と壱岐との間を東水道(対馬海峡)、壱岐と九州との間を壱岐水道と命名している。本論で取り扱う対馬海峡は、壱岐と対馬との間の幅49kmの東水道(図3)である。対馬海峡は対馬、七里ヶ曾根、壱岐沿岸を取り巻く水深80m以浅の斜面と、90m以深の平坦面とに二分される。水深80~90mを境界として、堆(A, B, C, I, G), サンドウェーブ(M, W), 凹凸地形(K, L)等の海底地形要素の発達状況が全く異なっている。対馬海峡主部の深い水路は、幅約7 km で北東-南西方向に延びているが、その両端

図 2 石狩湾埋没谷から採取した柱状試料採取点は図1。JGS 年代測定コード(松本英二博士による) (大嶋ほか, 1985)

は砂州状堆積物によって覆われている。水深100m以深に発達する砂州は、-80m低海水準にて形成されたと推定されている(佐藤・茂木, 1982)。海峡の狭い水路中に発達する海釜の規模は、表層堆積物基底地形図(図4)から読み取れる。海釜は、海峡狭部付近の潮流浸食によって形成されるので、海釜形成時の低海水準は、各海釜付近の等深線幅が最も狭くなる海底地形から判定される。-120m以深の海峡幅は、海釜地形の発達していない南側(a-a)で狭く、-115m等深線に達して海釜発達域(b-b)が狭くなる。そして、海釜地形が拡大するのは、-110m等深線断面(c-c)においてである。したがって、海釜が形成された、言い換えると対馬海峡が形成された当時の海水準は、-110m~-115mにあったと判定できる。また、対馬海峡形成後の海水準変動は、海峡地形断面の

図 3 対馬海峡の海底地形 (大嶋, 1990)

図 4 対馬海峡の表層堆積物基底地形 横線域は水深 140m 以深の海釜。(大嶋, 1990)

図 5 対馬海峡表層堆積物基底地形の水深と海峡最
短幅との関係

S : 七里ヶ曾根水道 T : 対馬水道 + : 海底
地形 ● : 表層堆積物基底地形 (大嶋, 1990)

変化から検討できる。海水準が50m低下すると、対馬海峡は七里ヶ曾根によって二つの海峡に分けられる (図5, 表2)。

海底地形は、その勾配変化から10分以下の bc 面 (-45~-50m), 30分以下の fgh 面 (-85~-100m), ijk 面 (-110~-120m) および約1度の ef 面 (-80~-85m), hi 面 (-100~-110m) に区分できる。

現海水準での露岩波食面は、水深0~-10mの範囲に形成され、その最大幅は600mを超えないので、その勾配は約1度である。勾配が1度に近い ef 面および hi 面を波食面と仮定すると、ef 面形成時の停滞海水準は-75~-80mに、hi 面形成時のそれは-100m付近にあったと推定される。

露岩浸食面のうち勾配が30分以下で、幅が5km以上も広く発達する海底地形は、現在の波食作用で形成される例をみない。現在の水理条件で形成されている近縁な露岩浸食地形としては、明石海

表 2 対馬海峡表層堆積物基底地形断面計測値

計測点	水深 m	海峡 km	勾 配	形成機構	形成時の 海水準m
a	0	49.7			
b	45	47.8	2°43′		
c	50	43.6	8′	潮流浸食	-45~-50
d	55	41.9	40′		
e	80	38.4	1°38′	波浪浸食	-80~-85
f	85	37.2	57′		
g	90	34.9	30′	潮流浸食	
h	100	26.8	17′		
i	110	23.4	40′	波浪浸食	-100
j	115	20.3	22′	潮流浸食	
k	120	15.9	16′		

峽などの海底潮流浸食面があげられる (小野寺・大嶋, 1983)。fgh 面と潮流浸食面と仮定すると、fgh 面形成時の海水準は、fgh 面下縁水深85mよりも上位の-80~-85mが求める停滞低海水準となる。同様に、ijk 面形成時の海水準は-100~-110mに求められる。

ef 面を fgh 面形成時の波食面であるとする、両地形面を形成した停滞海水準は-75~-85mにあったと推定される。同様に、波食面 hi と潮流浸食面 ijk を形成した停滞海水準は-100~-110mに求められる。また、bc 面が形成された海水準は-45m付近にあったことが、七里ヶ曾根(堆)の堆頂水深 (-45~-55m) から推定される。以上の表層堆積物基底地形の特徴から、次のような対馬海峡形成史が読み取れる。

対馬海峡およびその海釜は、海水準が-100m付近に停滞していた頃に形成された。その時期は、海岸段丘形成 (約10万年前の間氷期) 以前である。海岸段丘の分布から推定される海水準上昇の軌跡は、海水準上昇過程で形成された波食面の平均勾配によって近似される。線分 ah の勾配約1度は、現海水準での波食面勾配に等しいので、線分 ah は海水準上昇過程での波食地形に同定できる。海峡形成後の海水準低下過程では、海水準上昇過程での側方浸食 (海峡幅拡大) に変わって、海底浸食 (垂直方向) が進むので、その海峡地形断面

図 6 海峡の水深と最短幅との関係

1. 朝鮮海峡, 2. 対馬海峡, 3. 隠岐海峡,
 4. 宗谷海峡, 5. 大隅海峡, 6. 津軽海峡,
 7. 焼尻水道, 8. 甕海峡, 9. 種子島海峡
- (大嶋, 1990)

の勾配は大きくなる。すなわち、線分 ah を浸食する勾配の急な線分が、海水準低下過程での浸食作用を記録している。該当する線分 af, ab において、線分 ab (勾配 2 度 43 分) は線分 af (勾配 1 度 33 分) を切込んでいる関係から、線分 af 形成後に線分 ab が形成されたと判定される。したがって、海峡形成後の最低位海水準は、ef 面を形成した -80 ± 5 m に求められる。

V. 海峡地形断面と海水準変動について

氷期・間氷期の気候変動に伴う海水準変動は、世界的に共通な現象である。したがって、海水準変動に対応して形成された海峡地形には、その海峡が最後に形成されて以降の海水準変動記録が、その地形断面に共通の地形的特徴として残されている筈である。そこで、主な海峡の各水深に対応する最も狭い海峡幅について検討した。その理由は、各停滞低海水準における潮流・海流の浸食営力変化を最も強く受けるのは、海水の通過する海

峡最小断面積にあると考えられるからである。

海峡断面積 = 海峡の幅 × 深度 / 2 で近似される。

深度は、海水準 (水深) による定数であるから、海峡断面積は海峡幅の関数となり、海峡断面積の変化は海峡幅変化で示される。この仮説が成立するなら、海峡幅と水深との関係に、共通した海水準変動の記録が残されている筈である。海峡露岩地形図から各水深に対応する最も狭い海峡幅を讀取って、海峡幅—水深ダイアグラムを作成した (図 6)。

海峡の水深: Y, 各水深に対応する海峡最短幅: X との関係は,

$$Y = aX - b$$

a: 海峡の幅増大係数

b: 海峡最狭部の最大水深

海峡幅—水深ダイアグラムに求められる傾斜変換帯は、水深 90~120m, 75~90m, 40~50m にある。したがって、海峡地形に残された停滞低海水準は、 -105 ± 15 m, -80 ± 5 m, -45 ± 5 m に求められる。

-105 ± 15 m を境にして海峡幅の増大する側方浸食は、朝鮮、対馬、大隅、津軽の四つの海峡に共通する。水量が増大して河川氾濫が起こる時には川幅が拡大するように、海水準上昇によって海峡が形成された当初は、海峡幅が拡大させられる。すなわち、a の小さな値は、海峡形成当初の沿岸側方浸食を示している。このような特徴は、海水準が -45 ± 5 m に上昇してから海峡となった宗谷及び種子島海峡にも共通して見られる。それに対して、a の大きな値は沿岸側方浸食よりも、海底垂直浸食の卓越する傾向を示している。河川の水位が水路幅内で低下する場合、川幅が一気に狭くなるのではなく、氾濫原に対する下方浸食として進む。すなわち、 -80 ± 5 m への勾配の大きな線分は海水準低下に伴う下方浸食の特徴を示すが、朝鮮、対馬、大隅、津軽の四つの海峡に共通して認められる。以上の事から、海峡形成後の海水準低下は -80 ± 5 m 迄であって、この海水準低下量では、最大水深が 110m 以深の対馬や津軽海峡の陸化することはなかった。また、各停滞低海水準が、研究対象とした海峡地形に共通して確認でき

表 3 日本列島周辺海峡の形成史

地質時代	絶対年代	海水準	形成された海峡	分断された島
完新世	5,000	+ 3± 1m	関門海峡	本州と九州
	7,000	0	備讃瀬戸	本州と四国
	8,500	-30± 5	五島灘	九州と五島
更新世	最終氷期	12,000	種子島海峡 鳴門海峡 宗谷海峡 済州海峡	種子島と屋久島 四国と淡路島 北海道と樺太 朝鮮半島と済州島
		16,000	隠岐海峡	本州と隠岐
		18,000		
		20,000		
	間氷期	60,000		
		100,000	対馬海峡 大隅海峡 津軽海峡 朝鮮海峡	九州と対馬 九州と種子島 本州と北海道 大陸と本州陸塊
更新世 中期	氷期	150,000		
		-130±10	奥尻海峡 佐渡海峡 宮古水道	北海道と奥尻島 本州と佐渡 沖縄と宮古島

る事から、海峡地形と海水準変動についての作業仮説は成立する。

VI. 大陸棚堆積物の堆積年代と海峡形成史

大陸棚沖合の海底には、現在の水理条件では運搬されない粗粒堆積物が、水深 40m, 60m, 80 m, 100m 付近に帯状に分布し、その堆積物中から潮間帯棲貝化石や泥炭が採取されている。また、砂粒には海緑石や鉄酸化物の被膜で覆われた石英や貝片が多産し、低海水準時の海浜堆積物と推定される。採取した貝化石や泥炭の年代測定によって、それらの堆積物は残存堆積物（低海水準時代の堆積物）であることが確認された。そして、当時の海水準は貝化石採取深度よりも上位に、陸成泥炭と同じか、それよりも下位にあったと推定して、海水準変動曲線（図 7）を作成した。最終氷期の最低位海水準は、 $-80 \pm 10\text{m}$ に求められる。

図 7 第四紀後期の海水準変動

横軸：年代（単位：千年）

縦軸：深度（単位：m） 大嶋（1980）

現在の日本列島を分断する海峡の形成時期は、海峡の海底地形と堆積物年代の証拠から大きく二分される（表 3）。前者は、水深 200m 以深の大陸斜面で境される深い海峡（トカラ海峡や佐渡海峡）で、その形成は氷河性海水準変動だけでは説明できず、構造運動を考えなければ説明できないもの

である。後者は、大陸棚を浸食する浅い海峡で、大陸棚形成後の氷河性海水準変動によって形成されたものである。

北海道を除く日本列島の島々が大陸から分断されたのは、最終間氷期（10万年前）以前である。そして、北海道が樺太から分離したのは1万2000年前以降である。

VII. 日本列島の環境を支配してきた海水準変動

日本列島の生い立ちとその自然環境は、氷河性海水準変動によって支配されてきた。

1. 生物地理的境界線と進化について

これまで、2万年前の最終氷期には、日本列島とアジア大陸とは陸地接続し、その頃、大陸から渡って来た哺乳類動物が、現在の日本列島の哺乳動物相を形成してきたと考えられてきた。しかし、本研究によって、本州とアジア大陸とが分断されたのは10万年前以前であることが明らかとなった。この事実は、古くに島となった本州の哺乳動物には、北海道やアジア大陸と共通する種が少ない。それに対して、1万2000年前まで、大陸と陸続きであった北海道のヒグマやシマリスは、大陸の動物と同種である。すなわち、ブラキストン線（津軽海峡）は、地史的意義を有する重要な生物境界線として認められる。また、自然界における哺乳動物の新種形成には、10万年単位での地理的隔離が必要なことが追認された。

2. 原日本人の起源について

旧石器人は海峡を渡れなかったので、日本列島には、2万年前以前の旧石器遺跡は存在しないと考えられてきた。しかし、明石原人や3万年以前の旧石器遺跡が発見されてから、この考えは怪しくなってきた。また、国立遺伝学研究所では、日本人のミトコンドリア DNA の分子生物学的研究から、現在の日本人には10万年前以前に分断したと考えられる古い遺伝学的形質を持つ集団と、モンゴロイド型の DNA を持つ集団の二群が混在することを明かにされている。すなわち、日本列島がアジア大陸と陸地接続していた10万年前以前に、ニホンザルやツキノワグマの祖先と共に渡

って来た古い遺伝学的形質を持つ人間集団の存在が確認された事である。もう一方のモンゴロイド形質を持つ集団は、海峡形成後に舟で日本列島に渡って来た人々である。この経過は、日本列島が10万年前以前に、海峡によって大陸から分断されたとする推論を補強する。

3. 日本海の形成と水産資源について

日本海に海水が侵入したのは、15万年前以降である。日本海が比較的若い海である証拠は、日本海には特有の魚や、チョウチンアンコウのような発光器官を持った真の深海魚が分布しない事があげられる。日本海魚類の種数及び個体数が、太平洋やオホーツク海に比べて貧弱な事は、水産関係者に良く知られた事実である。すなわち、日本海は誕生の歴史が若いため、海洋の生態的空間には、まだ利用されていない空間（生態的地位）が残されているのである。日本海の開発には、この海洋空間の有効利用（成熟化）を図るという観点も必要である。

4. 地盤の活構造変動量の評価基準として

海水準変動によって形成された海岸平野の活構造変動量の評価には、海水準変動資料が不可欠である。例えば、沿岸再開発計画の進められている東京湾は、活構造運動が海水準変動を超える危険地域であると考えられてきた。しかし、東京湾入口の浦賀水道海底に発達する氷河時代の河跡地形を、地形学的に検討した結果、観音崎と富津岬とを結んだ線よりも内湾側の東京湾地盤変動量は、石狩湾や仙台湾と同程度であって、特別に活構造変動量の大きな地域ではない事が明かとなった。

5. 地球温暖化に伴う海水準変動の評価

炭酸ガス濃度の増大による地球温暖化に伴う海水準上昇は、海岸平野に人口の集中する国にとっての重大問題である。この海水準変動量の大きさ、上昇速度及び影響域を正確に予測することが、その対策上不可欠である。そのためには、海水準の自然変化（氷河性海水準変動）と人為的变化（地盤沈下や土木工事）の識別手法を開発し、過去の海水準変動記録から、影響量を事前に予測評価しなければならない。温暖化に伴う海水準上昇量は、最大でも縄文海進最盛期（6000～5000年前）の海

水準2~4mを超えないものと予測できる。その根拠は、縄文海進時に生息した貝類の生息環境の因子解析から、日本列島沿岸部の冬期の気温上昇2~3°C、沿岸水温上昇5~6°Cに求められる。炭酸ガス濃度増大による予想気温上昇は、縄文海進時のそれよりも小さい。したがって、縄文海進時の沿岸環境条件を正確に復元し、その将来予測を行う事は、地球温暖化の対策方針策定に当って不可欠である。

VIII. まとめ

日本列島を分断する海峡の深度と、各深度に対応する海峡最短幅との関係から、海峡形成後の比較的長い海水準停滞は-110±10m、-80±5m、-60±5m及び-45±5mにあった。

最終氷期の最低位海水準は、日本列島沿岸の海岸平野や大陸棚から採取した試料の年代測定値から、現海水準下約80mにあったとしても矛盾しない。

更新世の大部分において、日本列島と朝鮮半島とは陸地接続し、日本列島の島々も、互いに接続していた。海水準が約-100mに達した最終間氷期初期(約10万年前以前)に、日本海は、朝鮮及び津軽海峡を経て外海と接続した。最終氷期の最低位海水準-80mの低下では、本州と大陸との間に再び陸橋の形成される事はなかった。

小論を発表するに当たり、御指導頂いた首藤次男先生、浦田英夫先生、井上英二先生、藤江力先生に心から御礼

申し上げる。また、海洋調査を共にし、御討論下さった小野寺公兎、松本英二、横田節哉、池田国昭、黒田敬、秋元不二雄、井内美郎の諸氏に心から感謝の意を表する。本研究成果は、1972年以来従事してきた環境庁国立機関公害防止等試験研究結果の一部である。

文 献

- Blakiston, T. (1883): Zoological indications of ancient connection of the Japan islands with the continent. *Trans. Asia Soc. Jap.*, **2**, 126-140.
- 湊 正雄 (1966): 日本列島の最後の陸橋. 地球科学, **85・86**, 2-11.
- 日本第四紀学会(1976): 日本の第四紀研究. 東京大学出版会, 428p.
- 大嶋和雄 (1976): 洪積世末以降の海水準変動. 北海道考古学, **12**, 9-22.
- 大嶋和雄 (1980): 海峡地形に記された海水準変動の記録, 第四紀研究, **19**, 23-37.
- 大嶋和雄 (1982): 最終氷期の最低位海水準について, 第四紀研究, **21**, 211-222.
- 大嶋和雄 (1990): 第四紀後期の海峡形成史, 第四紀研究, **29**, 193-208.
- 大嶋和雄・井上英二・小野寺公兎・湯浅真人・黒田 敬 (1982): 対馬一五島周辺海域の堆積物. 地調月報, **33**, 321-350.
- 大嶋和雄・横田節哉・井内美郎・鈴木泰輔・松本英二・池田国昭・村瀬 正・羽坂俊一 (1985): 開口性沿岸海域開発に伴う底質汚染予測技術に関する研究, 昭和59年度国立機関公害防止等試験研究成果報告. 環境庁, **64**, 32P.
- 小野寺公兎・大嶋和雄 (1983): 瀬戸内海東部海域の地形発達史, 地調月報, **34**, 217-239.
- 佐藤任弘・茂木昭夫 (1982): 海底地形からみた日本海の海水準変化. 第四紀研究, **21**, 203-210.
- 徳田御稔 (1941): 日本生物地理. 古今書院, 201P.