

海岸侵食と海水準変動

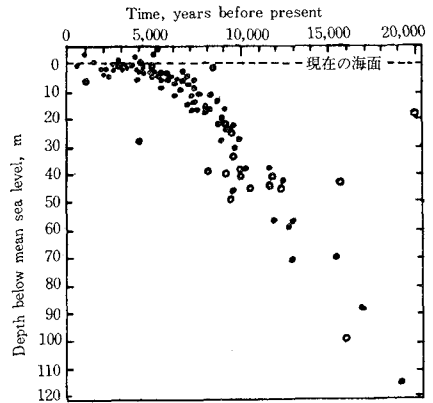
高 隆 二*

1. 海岸侵食の本質

従来各地で海岸侵食が叫ばれながら、その原因に関しては漠然と、(i) 洪積世以前の地形および火山堆積層では一方的侵食、(ii) 沖積層では堆積を上まわる欠潰に帰され、旧藩時代の治山治水、明治以後の大規模な河川改修、植林あるいは大量な砂利採掘等により促進されたものと見られていた。海岸侵食の実態を定量的に演えきして把握することは、現今の海岸工学によっても困難であり、勢い総括的に帰納しようと試みられてきた。海岸地形測量の反復はその現われといえる。海岸侵食を漂砂活動の不均衡と見なし、汀線に沿った海浜堆積物の性状変化から漂砂移動の卓越方向を推定する考え¹⁾の根底には、沖積層を単一視していることは否めない。一方、近年長足の進歩を遂げた第四紀学によって沖積世の細分化が徐々に可能となりつつある。これによれば、沖積層の構成は必ずしも単純ではなく、その大半はすでに固定し化石化されたものと見なされ、近世以降の人為的影響の程度もおぼろ気ながら推量する途が開かれつつあるようである。以下、海岸侵食と関連深い二、三の知見を紹介しよう。

接な関連によって理解されよう。伊勢湾台風時、濃尾平野における高潮および破堤後の海水侵入限界は、それぞれ鎌倉～江戸時代、先史時代末期～歴史時代初期の海岸

図一(a) 第四紀末の海水準変化



- 世界各地の安定地域で、海面付近に棲んでいた生物の遺体から求めたもの。
- 日本の沿岸各地の沖積層中の生物遺体から求められているもの。これは海面付近に棲んだものだけではない。

2. 沖積世における海岸地形の形成

(1) 沖積世の編年

日本における主要な内湾では、波も比較的穏やかなため、大河川に育まれた沖積層は表一、図一に示す共通の特徴を持っている^{2)~7)}。ここで「沖積世」とは、現在より100m程度海面が低かった約18000年前の最終氷期最盛期以後の海面上昇期間を指すが⁸⁾、約10000年前の小低下以後に限定するものも有力である⁹⁾。沖積層の堆積状況は、氷河の消長にもとなう汎世界的な海水準変動との密

図一(b) 東京および北陸地方の第四紀末の編年

時代区分	文化時代	地層	地形	東京	北陸地方	気候	ヨーロッパの編年
沖積世	1,000 2,000 3,000 4,000 5,000 6,000 7,000 8,000 9,000 10,000	歴史 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文	三角州 砂州・潟 窪地 の形成 開れ谷 の形成 谷の下割	海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退	海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退	氷河期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期	氷河期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期
沖積世	10,000 20,000 30,000 40,000 50,000 60,000 70,000 80,000 90,000 100,000	縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文	三角州 砂州・潟 窪地 の形成 開れ谷 の形成 谷の下割	海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退	海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退	氷河期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期	氷河期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期
沖積世	110,000 120,000 130,000 140,000 150,000 160,000 170,000 180,000 190,000 200,000	縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文 縄文	三角州 砂州・潟 窪地 の形成 開れ谷 の形成 谷の下割	海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退	海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退 海進 海退	氷河期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期	氷河期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期 間氷期

* 正会員 KK日本港湾コンサルタント

表-1 沖積層の層序

復興局 ²⁾	井関 ³⁾	池田 ⁴⁾	藤井 ⁵⁾
上部層 { 泥炭層 粘土砂礫互層 粘土質砂層	沖積陸成層 上部砂層	沖積層上部層 0~5000年	最上部陸成層 上部砂層
中部層 粘土層	シルト・粘土層	沖積層中部層 5000~10000年	中部泥層
下部層 砂礫層	下部砂層 沖積層基底礫層	沖積層下部層 10000~20000年	下部砂層 基底礫層

線に相当し⁹⁾、海水準変化を瞬時に逆行して、往時の海岸線をほぼ再現したものであった。

(2) 海岸地形の分類

海岸の沖積層は、模式的には、(1) 扇状地、(2) 自然堤防、(3) 後背湿地、(4) 三角州、(5) 土砂供給の多い河川沿岸、(6) 溺れ谷、(7) 海岸砂州、(8) 潟湖跡等に分類される⁹⁾。現実の海岸は、これらの中間型や平面的ばかりでなく時代的にも複合型として現われることが図-1 (b) によっても理解される。このうち海岸侵食と関連深いものとして、(1) および (7) の形成過程を概観しよう。

図-2 (a) 黒部川扇状地および断面位置図

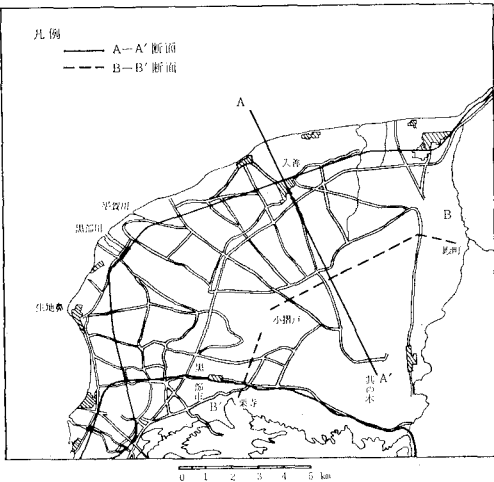


図-2 (b) 黒部川扇状地質縦横断面図

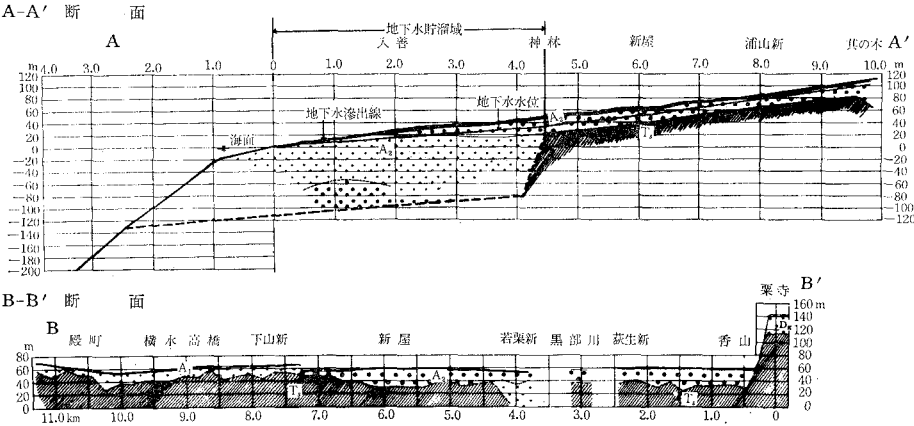


表-2 本邦各地の貯水池年堆砂率

地域別	貯水池数	平均年堆砂率(%)
1. 中部地方平均	65	2.81
2. 関東 "	18	2.05
3. 近畿 "	17	1.99
4. 中国 "	25	1.91
5. 四国 "	19	1.62
6. 九州 "	31	1.47
7. 東北 "	66	1.45
8. 北海道 "	14	0.69
全国平均	255	1.89
欧米平均	102	0.80

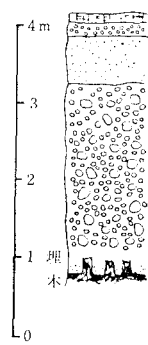
$$\left(\text{平均年堆砂率} = \frac{\text{平均年堆砂量}}{\text{最初の貯水量}} \times 100\% \right)$$

(3) 海岸地形の形成

a) 扇状地海岸

みごとな同心円弧を地形図上に描く等高線によって知られる扇状地では、古来はらん絶え間なく、洪水時の送流土砂により埋積され、近世まで開発が遅れた。海岸線は海食と土砂供給との平衡により決定されるため、上中流のダム建設¹⁰⁾、河川改修、砂利採取等の影響を最も敏感に反映するものと見られている (表-2)。ところで扇状地の内部構造は、等高線によって推察されるほど単純なものではない。図-2 に例示する黒部川扇状地は、各時代の海水準変動に反応しつつ形成され、粗大な礫の堆積にもかかわらず、初期には三角州性さえ帯びていたのである。国道 20 号線の北 200 m の紫草砂利採取場では、放射性炭素の測定により 610±100 年 B.P. を示す埋木が常願寺川により土砂に埋積されて、地表下約 3 m の深さから発見されている¹¹⁾ (図-3)。埋積速度を語るこの種の資料の集積は、海岸への土砂供給と関連深い扇状地形成に関する知識を飛躍的に増加させる。図-1 によれば、歴史時代以

図-3 紫草埋没樹の地質柱状図



後の海面はほぼ一定と見られるので、扇状地扇端の海岸線に対する海水準変動の影響は、河川からの供給土砂によって打ち消されるように見える。ところが、隣接する扇状地あるいは山地との間に、三角州ないしは砂州に抱かれた潟湖を残す扇状地扇側はもとより、扇端においても海面変化の跡を見ることができる。北陸地方の扇状地では、砂におおわれて海岸沿いに広く発達する泥炭および泥炭質黒色土壌があり、それに付随した埋没林は通俗的に良く知られている(図-4)。泥炭の分布は富山県では朝日町大屋(海拔1~2 m)、魚津埋没林(同-2~0 m)、新湊市放生津潟周辺(同-1.46~-0.65 m)と現海底(同-5~-1 m); 石川県では栗崎(同-1~0 m)、金石(同-1±)、打木(同0~1 m)、徳光(同2~3 m)内灘砂丘の泥炭質黒色土壌(同5~25 m)、根上(同-2±~-1 m)、橋立海岸の新砂丘(同1~6 m)、福井県北潟湖の海岸砂丘(同5.5~22 m)などであり、水平的には現汀線から500 m以内に限られる¹²⁾。泥炭層の層準とその上下位の地層から発見された考古学的資料、¹⁴C年代等から泥炭層形成時代は、つぎの2種に大別される。すなわち、

I. 富山県放生津潟周辺の泥炭層にその例を見るように、縄文中期頃〜弥生後期または古墳時代初期の間の海水準の低下期に湿地性の所に年々歳々堆積したもの(海拔-5~+2 m)、II. 手取川扇状地の徳光、相川新で見られるように、およそ弥生時代後期〜古墳時代初期までの短期間に低地に生育した草木類が水準海上昇にともない発となった飛砂に埋積されて泥炭化したもの

(の海拔+2~25 m)である(表-3)。とくに後者の形成過程は図-5によって察知できよう。上記海岸の多くはまた欠潰の著しい所でもある^{13)~15)}。その原因は、観念的に土砂供給の減少と片付けられているが¹⁴⁾、実は標式的な離水海岸の発達にほかならない(図-6)。現在侵食を受けつつある海岸地形の骨格は、海水準変動にともなって形造られたものであり、現在の河川はほとんど関与しない先天的な欠潰性を有することこそ重要である。

b) 海岸砂州

海岸平野や砂州上には、しばしば汀線とほぼ平行な数列に並ぶ砂礫から成る浜堤列が見られる。まれには汀線

と斜交し、分岐あるいは消滅する浜堤列も世界各地の海岸に共通した規則性が伺える¹⁷⁾。浜堤列は最大3列に大別(図-7)され、内陸側の浜堤を切る海側のものが最も新しく、その形成時代は表-4によって知られる。沖

図-4 (a) Distribution of the peat deposits in Hokuriku region,

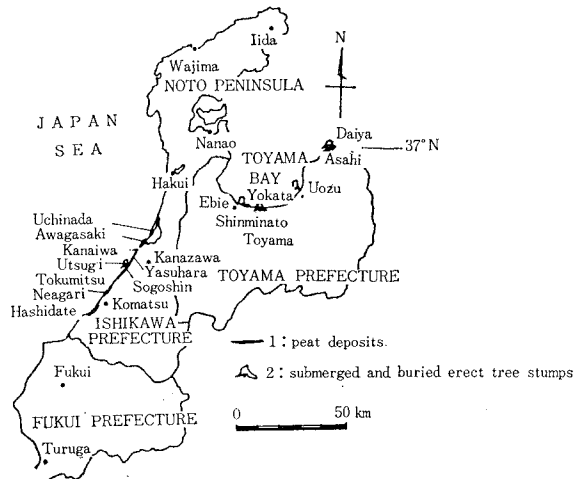
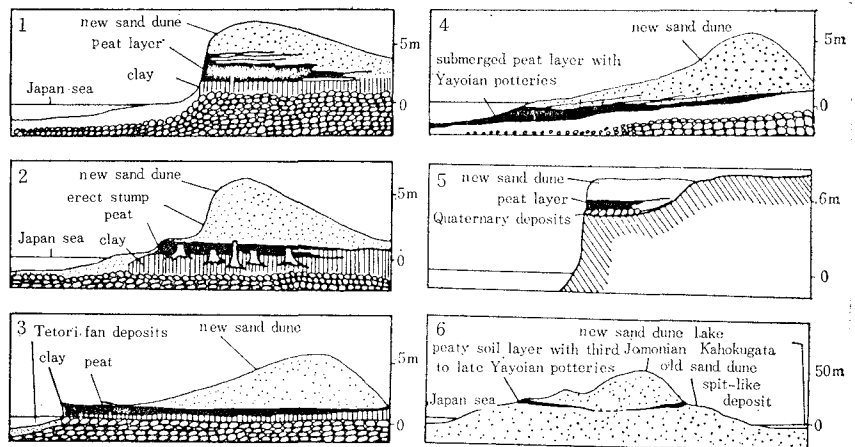


図-4 (b) Various types of occurrence of peat deposits in Hokuriku region



1: Tokumitsu, 2: Utsugi, 3: Yasuhara, 4: Yoshihara-kamaya and Ebio, 5: Hashidate, 6: Uchinada.

積世の急速な海進によって4000~6000年前に現海面上5~10 mに達した海面(Daly 汀線)が、現海面に低下する過程でくり返したシーソー運動によって断続的に形成されたものとされている¹⁷⁾。海側の浜堤は最も内陸のものとともに良く発達し、砂丘を載せている。海面安定期間の長さに関連することであろうが、その形成はわずかに500年程度前にすぎず、飛砂の活発なことにも注目すべきであろう。

さて、砂州の内部構造は、その形態にも増して単純ではない。古くから複式トンボロとされていた八郎潟周辺およびなめらかな弧状の砂嘴としての弓浜半島の地下地

表-3 北陸の沖積世からの試料の ¹⁴C 測定による絶対年代
(備考の推定年代は地質学的・考古学的資料から、測定前に藤が推定した時代) (学習院大学 木越研究室の測定による)

試料番号	測定試料採取地	材 料	測定番号	絶対年代B.P.	備 考	資料採集者
1	富山県魚津市魚津埋没林保存館	木 片	GaK-246	1960±70年	杉の根の先端、杉の幹の直径から判断して約1300~1500年ぐらいの木、縄文中期~弥生末	深井 三郎
2	石川県羽咋市次場町、第Ⅱトレンチ	木 片	GaK-389	1500±100	Castanea sp. の幹、弥生中期の土器をともなう	藤 則雄
3	石川県羽咋市次場町、第Ⅳトレンチ	木 片	GaK-390	1000±90	Castanea sp. の幹、弥生中期末から弥生後期頃の土器をともなう	藤 則雄
4	富山県奥羽町小竹、小竹貝塚	貝	GaK-536	4800±200	シジミ貝 縄文前期の土器をともなう	木越・藤井・高瀬
5	富山市四方町沖約 100 m の海底	木 片	GaK-539	2730±90	四方埋没林の材、縄文中期から弥生中期頃と推定していた	高瀬 保
6	富山県朝日町大屋海岸	木 片	GaK-540	1560±110	大屋埋没林の材、縄文中期から弥生末頃と推定していた	藤井 昭二
7	富山市神通川河口	木 片	GaK-541	1950±90	埋没樹林	藤井 昭二
8	富山県下村八溝、田の下	泥炭質 黒色土壌	GaK-560	3780±100	地表から 93 cm 下、周辺の泥炭質黒色土壌は縄文中期から弥生頃と推定していた	藤 則雄 高瀬 保
9	富山県小杉町大関山、中山南遺跡 2	木炭片	GaK-561	1600±90	地表から 80~100 cm 下の古墳時代前期 (A.D. 200~500年) の土器の上に木炭が分布する	南 陽一
10	富山県新湊市浜開海岸	泥 炭	GaK-562	1400±90	現汀線より 5 m 沖、水深 50~100 cm の海底に分布する	藤 則雄
11	富山県魚津市魚津埋没林	泥 炭	GaK-563	1750±90	魚津埋没林の上部泥炭層 (水深 200~240 cm)	藤井 昭二

表-4 浜 堤 の 形 成 年 代

海岸名 浜堤の位置	能登半島 平床、氷見海岸	新潟海岸 鳥取県、弓ヶ浜海岸	山口海岸	New Zealand Firth of Thames 砂州海岸	U.S.A. Louisiana 海岸
内 陸	縄文中期 ~弥生後期 5000年 B.P.	縄文以後の遺跡	縄文早期	3000~4000 年 B.P., 高度は現海面上 1~2m	6500~2500 年 B.P.
中 間		弥生以降の遺跡	縄文後期前半	2000~1500 年 B.P., " 1m	4400~1200 年 B.P.
海 側		歴史時代の遺跡	古墳時代後半	500 年 B.P.	520 年 B.P.

図-5 Development of the black soil and peat deposits in the Uchinada and Kanazawa districts.

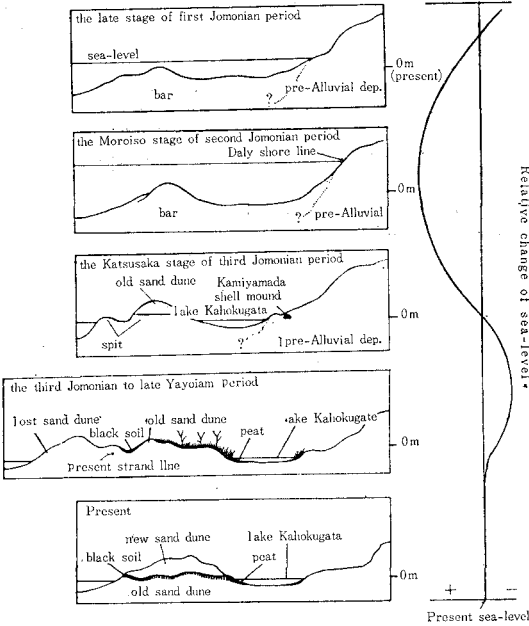


図-6 沿 岸 州 の 発 達

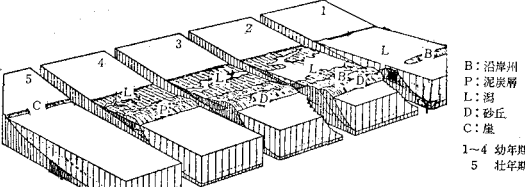
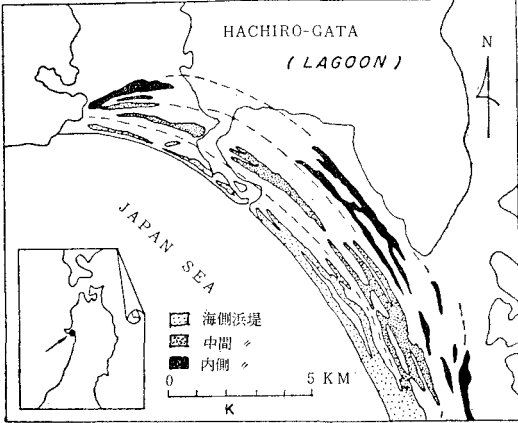
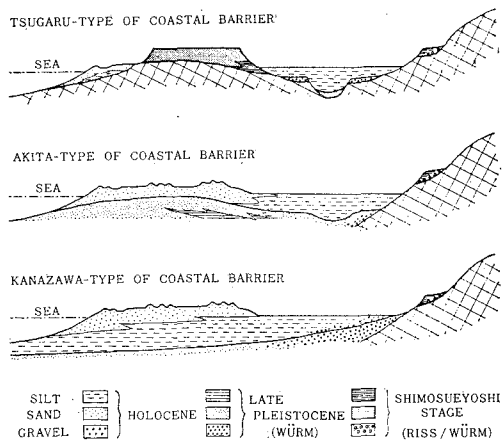


図-7 秋田県八郎潟南西砂州上の浜堤群



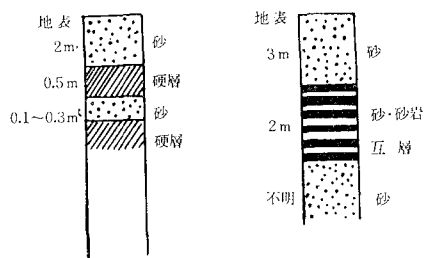
図—9 海岸砂州の断面模式図



後期の細分が肝要である。秋田県安田海岸では小規模ながら海退期に相当する薄い火山灰層をはさむ土師・須恵器(奈良～平安時代)含有層が、現在よりやや暖海性の貝殻を含む浜砂～砂丘砂におおわれており、歴史時代に形成された地形として注目される(図-8(a))。

砂丘表層下 30~40 cm に多く見られる厚さ 1 m を越す堅固な dune rock (粒の揃った砂丘砂から成る石灰質砂岩)や、その切れ目の海岸に広がる beach rock (くぎやガラスびん等の人工物を含む海浜堆積物を固化した数枚の薄層で、海側に若干傾斜して砂とはミクロケスタ状の互層をなす)は南西諸島を模式地とし、その北限に近い五島の縄文式土器、鹿児島湾東岸の縄文・弥生式土

図—10 奄美大島本島北部の地質柱状断面図



器(推定 2000 年 B.P.)は beach rock に固結されているが、奄美大島以南では現在も形成進行中である^{19), 20)}(図-10)。地下水中に含有する多量の Ca^{++} 、高温、海水による pH の増加等起因して、炭酸石灰が析出し、周囲の堆積物を固結したもので、海面の若干の移動にともなう地下水面の変化が beach rock の各薄層を形成したといわれている²¹⁾。

いずれにしても、海岸砂州は砂丘をとまうため、気候との関連から海岸侵食を論じるべきであるが、汀線付近の地形が海水準変動(それと表裏の関係にある気候変動をも含めて)を微妙に反映していることは事実である。

3. 若干の問題点

(1) 地盤運動

地殻の変動の激しいわが国において、沖積層の堆積環境を海面変化のみに帰するのは不当である。ところが、 ^{14}C 年代測定資料に基づく第四紀末の汀線垂直変化は、世界の安定海岸地域と驚くほど一致している¹⁷⁾(図-11)。千葉県館山市沼、上総湊、奄美群島喜界島の資料は世界の安定地域に比してかなり高位置にあり、他方十三湖、八郎潟および東京 7 号地の資料が極端に深いことは、富山平野の沖積層基底礫層の異常な深さと合わせて地殻変動を検討すべきである。それにもかかわらず上記の沈降地域において沖積世最高海面を示す旧汀線が現海面上 6 m 前後にあることは、地盤運動に勝る海面変化を表わすこととして特筆すべきである。

(2) 気候変動

樹木年輪、氷綿粘土、花粉分析や深海泥分析によれば、沖積世の気候は一定でないことが知られ、気候変動論としてさかんに論じられているところである^{22) 23)}。気候変化と海水準変動との密接な関連を期待すれば、海岸地形に何らかの跡を残すものと推測される。日本海岸の冬期気温と気圧傾度とが高い相関を示すように²⁴⁾、海岸線の安定性は、各時代の海面と海象によって決定される。年変動に隠されて不明瞭な気候変動の跡を探り出すには、正確な年代測定が必要である。

(3) 年代測定

沖積世の年代測定に常用されている炭素の放射性同位元素 ^{14}C の示す年代は、年輪等、年代既知の資料との比較から 100~700 年 B.P. (Before Present の略で、半

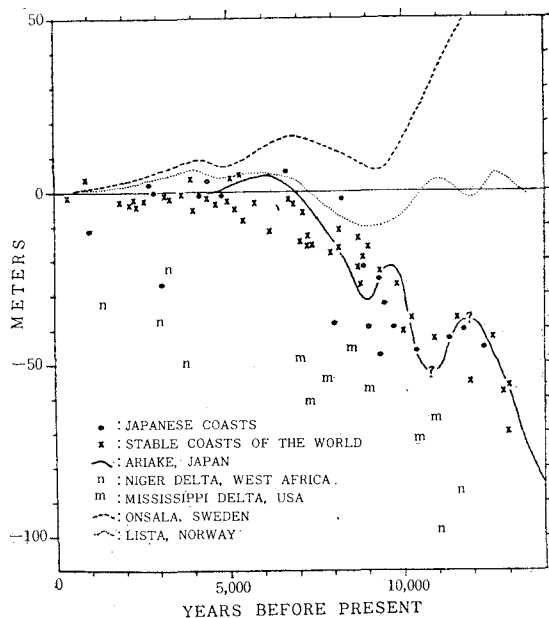
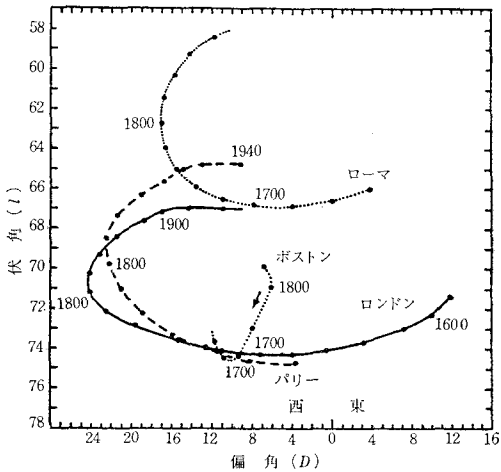
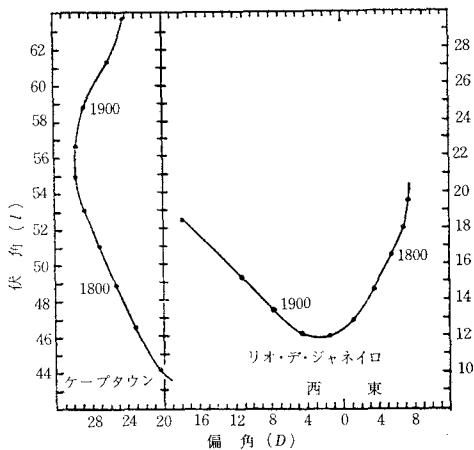
図—11 旧汀線堆積物の ^{14}C 年代と埋没深度ないし標高との関係

図-12 (a) ロンドン、パリ、ローマおよびボストン
における偏角および伏角の永年変化



時間の尺度は 20 年間隔で黒点によって示してある。ここに示す
曲線の 1900 年以前の部分は、Bauer (1899) が経験式を決定す
るために、偏角と伏角の観測記録を用いて得たものである。偏角
のみが測定されていた時代に Bauer が補外して得た値は除いた。
1900 年以降のデータは Vestine *et al.* (1947) からとった。

図-12 (b) ケープタウンおよびリオ・デ・ジャネイロ
における偏角と伏角の永年変化



(Bauer (1899) および Vestine *et al.* (1947) による)。

減期 5567 年を用いて算出した 1950 年からの逆算年数)
では実年代より最大 170 年若く、700~2200 年 B.P. で
は逆に 50~100 年古く、2200~6000 年 B.P. では、再
び新しくなり 100 年につき 32 年の割合で増加することが
知られている²⁵⁾。¹⁴C 年代の信頼度は気候変動との関連
から好個の議題となっているが^{22), 26)}, Suess 効果²⁶⁾ (化
石燃料燃焼による ¹⁴C の希釈) や原子爆実験の影響を受
け、最近の資料は利用できない。これに反し、最近 2000
年間を対象としてはるかに精度の高い磁気による年代決
定法がある (図-12)。これは、焼かれた土に凍結されて
いる地球磁場の永年変化を利用するものであるが、年代
既知資料による校正、狭い範囲 (1000 マイル程度) の

適用性等に難点があり、日本では普及していない²⁷⁾。海
洋研究上重要な トリチウム (半減期 12.5 年) や、³²Si
(同 710 年)、土器に対する熱ルミネッセンス法等、自然
の記録する年代を解読する技術は今後ますます発展する
であろう。

(4) 海岸砂州の形成

海岸砂州は、沿岸州 (碎波帯に位置する bar に相当)
が緩慢な海面変化途上でも保存され、海面上に現われる
ものと簡単に説明されているが¹⁷⁾、浜堤あるいは砂嘴か
ら発達したものも多いことが期待され、海岸工学的にも
検討を要する問題である。

4. あとがき

日本各地で進行しつつあるといわれる海岸侵食も、沖
積層から成る海岸においては、従来単に土砂供給量の減
少と片付けられていたきらいがある。人工的な影響は当
然無視し得ないとしても、供給土砂が海岸形成に果たす
役割は必ずしも直接的とはいえない。第四紀に関する最
近の知識によれば、沖積世を通じた海水準変動にとま
ない、各時期の地形が形成されたことも動かしがたい事
実である。海岸線に接する地形が、すでに化石化された
ものであれば侵食もまた当然といわねばならない。

参考文献

- 1) 高 隆二：海岸計測・最近の地理学成果，土木学会誌，
第 51 巻 6 号，1966。
- 2) 復興局建築部：東京及横浜地質調査報告，1929。
- 3) 井関弘太郎：沖積層に関するこれまでの知見，第四紀研
究，第 5 巻 3~4 号，1966。
- 4) 池田俊雄：東海道における沖積層の研究，東北大地質学
古生物学教室研究邦文報告，60，1964。
- 5) 藤井昭二：射水平野に予想される震害について，富山県
放生津湯周辺の地学的研究，Ⅲ集，1966。
- 6) 貝塚爽平：東京の自然史，紀伊国屋新書，1964。
- 7) 三位秀夫：日本海沿岸における海岸砂丘の問題点，日本
海地域の地学的諸問題，日本地質学会，日本岩石鉱物鉱
床学会，日本鉱山地質学会，日本鉱物学会連合学術大会，
1966。
- 8) 中川久夫：「沖積層」について，第四紀研究，第 5 巻 3~
4 号，1966。
- 9) 全国海岸協会：海岸，4 号，1963。
- 10) 川村幸司：貯水池堆砂量の推定法，土木技術資料，
Vol. 9, No. 7, 1967。
- 11) 富山県：表層地質調査「魚津」，1965。
- 12) 藤 則雄：沖積世泥炭層と埋没林との層位学的研究，地
質学雑誌，第 72 巻 1 号，1966。
- 13) 建設省北陸地方建設局 (日本港湾コンサルタント編)：加
越沿岸松任・美川海岸調査報告書，1967。
- 14) 金崎 肇：金沢市西方海岸の汀線の後退，辻村太郎先生
古稀記念地理学論文集，1961。
- 15) 建設省北陸地方建設局 (日本港湾コンサルタント編)：富
山湾沿岸下新川海岸調査報告書，1967。
- 16) 富山県：富山湾海岸侵食調査報告書，1952。
- 17) 三位秀夫：沖積世における海岸砂州の発達過程，第四紀
研究，第 5 巻 3~4 号，1966。
- 18) 大西・近藤：砂丘の生い立ち，大明堂，1960。
- 19) 米谷静二：ビーチロック，地理学評論，第 36 巻 3 号，
1963。

- 20) 米谷静二：ビーチロックとその類似地形，地理学評論，第 39 卷 4 号，1966.
 - 21) 米谷静二：奄美大島本島北部におけるビーチロックの予察的研究，地理学評論，第 36 卷 9 号，1963.
 - 22) 荒川秀俊：気候変動論，地人書館，1955.
 - 23) 土屋 巖：気候の年輪，気候研究グループ編，1962.
 - 24) 気象協会：気候の変動，恒星社，1962.
 - 25) 渡辺直経：縄文および弥生時代の C-14 年代，第四紀研究，第 5 卷 3~4 号，1966.
 - 26) 木越邦彦：年代測定法，紀伊国屋書店，1965.
 - 27) Aitken, M.J. : Physics and Archaeology, Interscience Pub. Inc, New York, 1961.
-