

地形図の比較による全国の海岸線変化

田中茂信*・小荒井 衛**・深沢 満***

1. はじめに

我が国は太平洋の北西に浮かぶ弧状列島で、周囲の海は世界的にも非常に波の厳しい海域であり、その作用により古くから海岸侵食に悩まされてきた地域があり、昭和30～40年頃からは全国的に侵食が激しくなってきたと言われている。海岸侵食の原因は複雑であり、なかなか特定することはできないが、沿岸における大規模な構造物の建設、河川や海蝕崖などからの土砂供給の減少、地盤沈下、波浪などの影響が考えられている。海岸侵食のデータは、侵食の激しい海岸で個々に蓄積されているが、全国的な傾向及び侵食量を同じ精度で把握できる状況になっていない。時間を隔てた2時点間の海岸線の変化を知る方法としては地形図の比較、空中写真の比較、深淺測量等の方法が考えられるが、日本全国を同じ精度で調査するには地形図による方法が最も簡便な方法である。わが国の砂浜海岸については、小池(1974)、Koike(1977)が地形図を用いて1890年から約70年間について、また、田中ら(1973, 1974)は、航空写真を用いて戦後約20年間の主だった海岸の汀線変化幅とその延長を調べている。本調査は、これらの調査から十数年が経過したことや、近年、海岸侵食による被害が全国的に多くなってきており全国的な海岸侵食実態の把握が求められていたことから、平成4年時点で最新の地形図と昭和53年時点の最新のものを比較し、53年以降の侵食状況を測定したものであり、あわせて、昭和53年以前の侵食状況との比較から侵食の進行状況を調べたものである。

2. 調査方法

本調査は、まず昭和53年当時最新の国土地理院発行の5万分の1地形図(旧版地形図)と平成4年当時最新の国土地理院発行の5万分の1地形図(最新版地形図)との比較を、北方領土を除く日本全国(地形図607枚分)について行っている。次に、建設省が昭和53年に、明治から大正にかけて刊行された初版地形図(最旧版地形図)

と旧版地形図とを、砂浜海岸の多い所を中心に比較しているが、全国を網羅しているわけではないので、必要な箇所について追加して地形図386枚分について比較を行い、ほぼ全国を対象とした資料とするとともにあわせて明治～昭和53年の間の変化(以下「明治～昭和」と略す)と、昭和53年～平成4年の間の変化(以下「昭和～平成」と略す)との比較を行った。

図-1は明治～昭和の調査対象範囲を小池および小池がコンパイルした田中らの調査対象範囲とあわせて示したものであり、これらの調査に比べて広い範囲が調査対象とされていることが分かる。なお、昭和～平成は全国を対象としているため示していない。

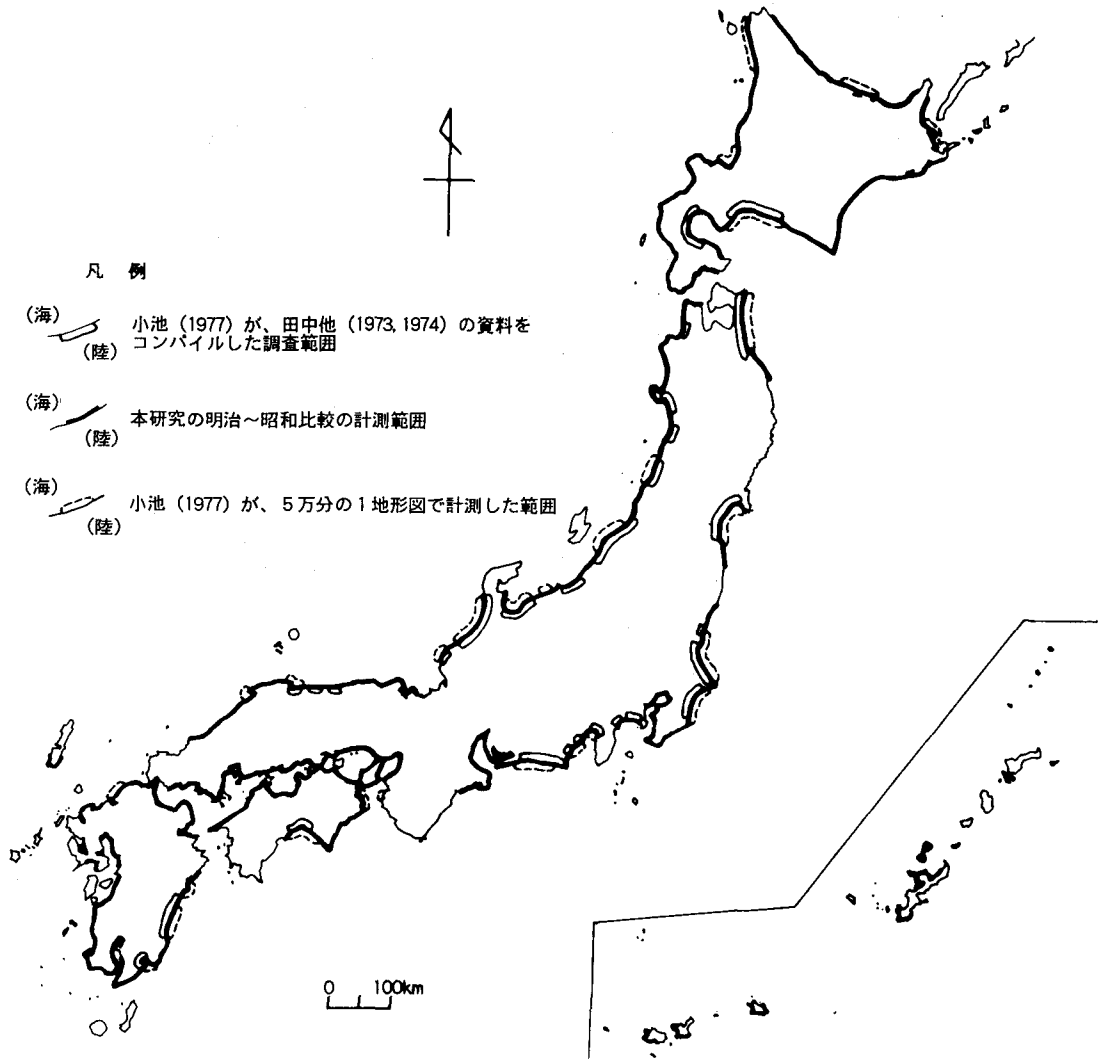
次に計測に使用した地形図の図歴をしてみる。最旧版の刊行年は、1887年(明治20年)～1934年(昭和9年)に分布し、平均刊行年は1905年(明治37年)である。一方、旧版の刊行年は1957年(昭和32年)～1978年(昭和53年)に分布し、平均は1973年(昭和48年)である。最新版の刊行年は1976年(昭和51年)～1992年(平成4年)に分布し、平均は1986年(昭和61年)である。

図-2は、最旧版・旧版の刊行間隔を示したものであるが、平均刊行間隔は67.5年で、最多間隔が74年であることから、この2時期の比較を昭和53年当時における過去約70年間の海岸線変化としてとらえることとした。

図-3は、旧版・最新版の刊行間隔を示したもので、平均刊行間隔は約14.6年で最多間隔が18年であることから、この2時期の比較を最近約15年間の変化としてとらえることとした。

測定方法は次のとおりである。まず、新旧地形図を標定し、海岸線の変化部分をトレースし、計測原図を作成する。標定に際しては、三角点や動かない地物等を多く選択して、古い地形図の伸縮による測定誤差を少なくするよう正確を期している。海岸線の変化部分は、大きくは侵食、堆積、埋立等、浚渫等、河口部の5つに分類されるが、河口部では河川からの排出土砂による季節的・一時的変化が大きいことからこれを計測対象から除いた。また、浚渫等によるものについても除外した。次にデジタイザー(グラフテック社製マイタプレット-II: KD 4030 A 型)を用いて、計測原図の変化面積、海岸線

* 正会員 工修 建設省土木研究所海岸研究室長
 ** 建設省国土地理院地理調査技術開発室
 *** 国際航業(株)海洋エンジニアリング事業部



図一1 調査対象区域の比較

延長及び最大変化幅を計測し、あわせてその属性一変特性（侵食、堆積、埋立等の区分）、行政区（都道府県、市町村）、沿岸区分一を入力した。

使用機の分解能は0.1mmであるが、測定結果には、測定原図の線号の太さによる誤差（0.2～0.3mm）や、計測原図を作成する際の新旧地形図標定誤差、計測の際の読定誤差などが含まれており、最終的な計測誤差としては表一1が目安となると考えられる。

したがって、今回の調査は、岸沖方向に約20m以上の変化のあった箇所を計測していることとなる。また、絶対量としての面積の精度はha単位程度と考えられる。

なお、地形図に表示されている海岸線は高潮線であるので、計測結果は標高0mの変化を捉えているものではないことに注意する必要がある。

表一1 計測誤差

項 目	誤 差
面 積	計測自体 0.5 mm ²
	最小単位変化量 1 mm ²
延 長	±0.25 mm
最大幅	±0.35 mm

3. 結果と考察

（1）海岸線の変化面積

表一2の左側は海岸線の変化した面積について、明治～昭和、昭和～平成のそれぞれの期間の都道府県別侵食面積、堆積面積及び侵食と堆積の差で表される消失面積を示したものである。なお、沖縄県についての計測結果

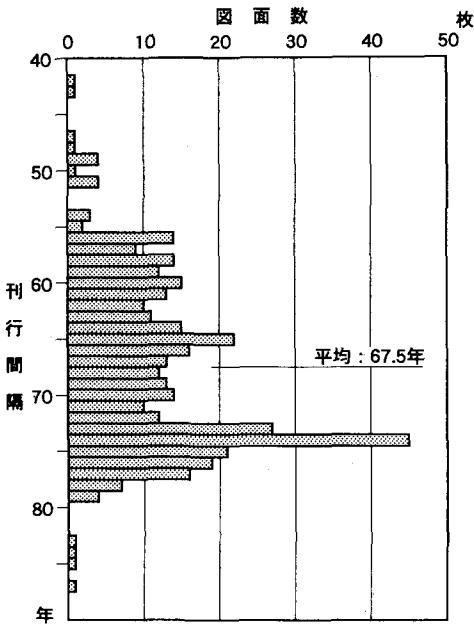


図-2 最旧版-旧版地形図の刊行間隔

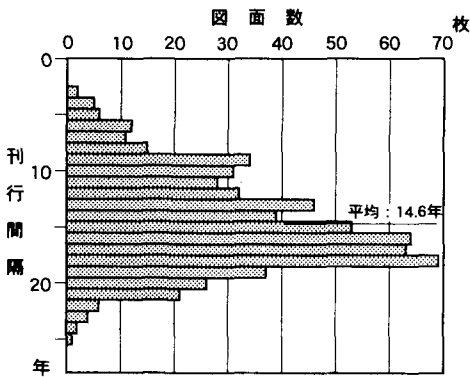


図-3 旧版-最新版地形図の刊行間隔

を掲載しているが、実態と大きく乖離している地域があったので全国集計および考察の対象から除外している。明治～昭和の70年間では、全国の侵食面積が12,539 ha に対して、堆積面積が7,480 ha であり、その差5,059 ha が失われている。昭和～平成の15年間では、全国の侵食面積4,605 ha に対して、堆積面積が2,210 ha であり、その差2,395 ha が失われている。両期間とも侵食が堆積を上回っており、侵食傾向が続いている。また、消失面積を年当たりで割り戻すと明治～昭和72 ha/年、昭和～平成が160 ha/年となっており、国土の消失が速さを増し

て進んでいることがわかる。

都道府県別にみると、明治～昭和、昭和～平成ともに北海道の侵食面積が最も多く、全国の約5分の2を占めている。堆積も北海道が最も多くなっているが、侵食ほどに大きくないため、消失面積は大きく、全国合計の2分の1を上回っている。

(2) 砂礫海岸の延長を考慮した比較

都道府県毎に海岸線延長が異なるとともに砂礫海岸の延長も異なるため、砂礫海岸の延長を考慮した比較を行ってみた。表-2の右側は、国土地理院の昭和50年の調査に基づく砂礫海岸の延長と左側に示した変化面積をこれで除したものの(平均変化幅)を示しているが、昭和～平成の15年間において、全国で堆積と侵食を均して平均的に海岸線が2.5 m 後退するのに相当する海岸が消失している。すなわち、6年間で全国の砂礫海岸が平均的に1 m ずつ失われていることになる。また、明治～昭和において平均10 m 以上の堆積をみたのは、宮城県、千葉県、静岡県、鳥取県、宮崎県であるが、昭和～平成では静岡県を除いて侵食に転じている。静岡県も平均23.8 m の堆積が1 m にまで減少しており、将来は、侵食が堆積を上回る傾向にあると考えられる。昭和～平成において平均消失幅の大きい都道府県は、千葉県、秋田県、鳥取県、北海道、福井県となっている。

(3) 海岸線の変化延長

表-3は、昭和～平成において、侵食、堆積の発生した延長とそれらの砂礫海岸延長に占める割合を示したものである。全国合計は、侵食延長1,320 km に対して堆積延長は640 km であり、その比は0.48であって面積の場合と同程度である。参考までに、侵食区域及び堆積区域の平均幅を調べてみるとそれぞれ34.9 m 及び34.5 m である。また、全国で、砂礫海岸の13.9%が侵食を受け、6.7%で堆積がみられる。すなわち、この15年間で2割の海岸で20 m 以上の侵食または堆積が起きたことになる。都道府県別に見ると、北海道、秋田県、山形県、茨城県、千葉県、福井県、鳥取県において、侵食された海岸延長が20%を超えている。また、侵食と堆積を合わせると、山形県、千葉県、鳥取県において、砂礫海岸の半分以上で20 m 以上の海岸線変化が起こっている。

(4) 侵食の速度

小池によれば、1890年～1965年において汀線が前進した海岸線の延長/後退した海岸線の延長の比は1.24で、そのうち戦後20年のそれは1.05である。今回の調査では、前者にほぼ相当する明治～昭和の70年間の堆積/侵食が0.57、昭和～平成の15年間で0.48となっており、侵食が進んだ傾向は合っているが、数値は大きく異なっている。この原因については、小池が幅500 m 延長5 km 以上の砂浜海岸について50 m 以上の海岸線変化を計測

表-2 海岸線の変化面積と平均変化幅

	海岸線の変化面積						砂礫海岸の延長で平均した変化幅						
	明治～昭和			昭和～平成			砂礫海 岸延長 (km)	明治～昭和			昭和～平成		
	侵食 (ha)	堆積 (ha)	消失 (ha)	侵食 (ha)	堆積 (ha)	消失 (ha)		侵食 (m)	堆積 (m)	消失 (m)	侵食 (m)	堆積 (m)	消失 (m)
全国計	12,539	7,480	5,059	4,605	2,210	2,395	9,499.1	13.2	7.9	5.3	4.8	2.3	2.5
北海道	4,534	1,869	2,665	1,921	631	1,290	1,993.1	22.7	9.4	13.4	9.6	3.2	6.5
青森県	676	60	616	182	94	88	366.7	18.4	1.6	16.8	5.0	2.6	2.4
秋田県	447	123	324	153	43	110	146.7	30.5	8.4	22.1	10.4	2.9	7.5
山形県	84	53	31	65	43	22	49.3	17.0	10.7	6.3	13.2	8.7	4.5
岩手県	21	13	8	8	9	-1	100.6	2.1	1.3	0.8	0.8	0.9	-0.1
宮城県	68	292	-224	79	52	27	167.6	4.1	17.4	-13.4	4.7	3.1	1.6
新潟県	847	444	403	221	121	100	290.1	29.2	15.3	13.9	7.6	4.2	3.4
福島県	259	68	191	65	73	-8	114.7	22.6	5.9	16.6	5.7	6.4	-0.7
茨城県	300	306	-6	114	176	-62	123.3	24.3	24.8	-0.5	9.2	14.3	-5.0
千葉県	315	658	-343	249	127	122	138.9	22.7	47.4	-24.7	17.9	9.1	8.8
東京都	0	0	0	36	79	-43	113.8	0.0	0.0	0.0	3.2	6.9	-3.8
神奈川県	62	127	-65	37	26	11	89.9	6.9	14.1	-7.2	4.1	2.9	1.2
静岡県	327	867	-540	21	43	-22	227.0	14.4	38.2	-23.8	0.9	1.9	-1.0
富山県	305	36	269	26	16	10	65.7	46.4	5.5	40.9	4.0	2.4	1.5
石川県	384	31	353	38	26	12	188.8	20.3	1.6	18.7	2.0	1.4	0.6
福井県	56	28	28	100	19	81	135.3	4.1	2.1	2.1	7.4	1.4	6.0
愛知県	298	198	100	40	25	15	111.7	26.7	17.7	9.0	3.6	2.2	1.3
三重県	196	200	-4	51	26	25	426.4	4.6	4.7	-0.1	1.2	0.6	0.6
和歌山県	38	20	18	16	20	-4	135.0	2.8	1.5	1.3	1.2	1.5	-0.3
京都府	49	9	40	10	12	-2	81.8	6.0	1.1	4.9	1.2	1.5	-0.2
大阪府	20	17	3	1	17	-16	21.5	9.3	7.9	1.4	0.5	7.9	-7.4
兵庫県	635	148	487	36	89	-53	202.6	31.4	7.3	24.0	1.8	4.4	-2.6
鳥取県	137	346	-209	106	42	64	93.1	14.7	37.2	-22.5	11.4	4.5	6.9
島根県	51	118	-67	89	19	70	269.5	1.9	4.4	-2.5	3.3	0.7	2.6
岡山県	165	105	60	31	5	26	157.5	10.5	6.7	3.8	2.0	0.3	1.7
広島県	40	30	10	79	3	76	187.3	2.1	1.6	0.5	4.2	0.2	4.1
山口県	191	37	154	55	10	45	414.5	4.6	0.9	3.7	1.3	0.2	1.1
愛媛県	296	97	199	53	24	29	303.3	9.8	3.2	6.6	1.7	0.8	1.0
香川県	61	102	-41	21	20	1	196.4	3.1	5.2	-2.1	1.1	1.0	0.1
徳島県	233	157	76	28	11	17	115.3	20.2	13.6	6.6	2.4	1.0	1.5
高知県	114	123	-9	78	75	3	180.0	6.3	6.8	-0.5	4.3	4.2	0.2
福岡県	189	64	125	3	10	-7	189.7	10.0	3.4	6.6	0.2	0.5	-0.4
佐賀県	39	1	38	3	1	2	54.6	7.1	0.2	7.0	0.5	0.2	0.4
長崎県	85	3	82	134	22	112	787.1	1.1	0.0	1.0	1.7	0.3	1.4
熊本県	17	1	16	7	3	4	141.8	1.2	0.1	1.1	0.5	0.2	0.3
大分県	356	97	259	90	8	82	190.8	18.7	5.1	13.6	4.7	0.4	4.3
宮崎県	170	366	-196	95	46	49	173.0	9.8	21.2	-11.3	5.5	2.7	2.8
鹿児島県	474	266	208	264	144	120	754.8	6.3	3.5	2.8	3.5	1.9	1.6
沖縄県	341	332	9	1,117	597	520	732.9	4.7	4.5	0.1	15.2	8.1	7.1

表-3 海岸線の変化延長

	海岸線変化延長			対砂礫延長比		
	侵食 (km)	堆積 (km)	合計 (km)	侵食 (%)	堆積 (%)	合計 (%)
全国計	1,320.4	640.0	1,960.4	13.9	6.7	20.6
北海道	521.7	198.8	720.5	26.2	10.0	36.2
青森県	64.5	26.6	91.1	17.6	7.3	24.8
秋田県	38.9	12.5	51.4	26.5	8.5	35.0
山形県	16.0	14.2	30.2	32.4	28.8	61.2
岩手県	3.1	2.9	6.0	3.1	2.9	6.0
宮城県	27.2	16.3	43.5	16.2	9.7	26.0
新潟県	56.2	37.0	93.2	19.4	12.8	32.1
福島県	19.3	18.0	37.3	16.8	15.7	32.5
茨城県	25.7	26.1	51.8	20.8	21.2	42.0
千葉県	53.5	32.8	86.3	38.5	23.6	62.1
東京都	7.9	14.3	22.2	6.9	12.6	19.5
神奈川県	14.8	10.8	25.6	16.5	12.0	28.5
静岡県	7.7	9.2	16.9	3.4	4.1	7.4
富山県	8.7	5.6	14.3	13.2	8.5	21.8
石川県	15.2	8.0	23.2	8.1	4.2	12.3
福井県	31.1	7.3	38.4	23.0	5.4	28.4
愛知県	11.3	8.2	19.5	10.1	7.3	17.5
三重県	14.8	9.7	24.5	3.5	2.3	5.7
和歌山県	4.6	4.9	9.5	3.4	3.6	7.0
京都府	4.9	4.3	9.2	6.0	5.3	11.2
大阪府	0.2	5.9	6.1	0.9	27.4	28.3
兵庫県	13.0	25.4	38.4	6.4	12.5	19.0
鳥取県	34.6	13.1	47.7	37.2	14.1	51.2
島根県	26.8	5.4	32.2	9.9	2.0	11.9
岡山県	13.6	2.9	16.5	8.6	1.8	10.5
広島県	25.4	1.0	26.4	13.6	0.5	14.1
山口県	14.9	4.1	19.0	3.6	1.0	4.6
愛媛県	21.3	10.3	31.6	7.0	3.4	10.4
香川県	9.1	6.3	15.4	4.6	3.2	7.8
徳島県	9.8	4.2	14.0	8.5	3.6	12.1
高知県	26.3	20.4	46.7	14.6	11.3	25.9
福岡県	1.2	3.4	4.6	0.6	1.8	2.4
佐賀県	0.9	0.3	1.2	1.6	0.5	2.2
長崎県	43.4	8.9	52.3	5.5	1.1	6.6
熊本県	2.6	0.7	3.3	1.8	0.5	2.3
大分県	32.9	3.7	36.6	17.2	1.9	19.2
宮崎県	26.0	11.3	37.3	15.0	6.5	21.6
鹿児島県	71.3	45.2	116.5	9.4	6.0	15.4
沖縄県	250.8	131.7	382.5	34.2	18.0	52.2

しており、本調査と異なっていることが主な原因と考えられる。小池の Region II (尻屋崎～東京湾) での堆積/侵食は $84 \text{ km}/36 \text{ km}=2.33$ であるが、本研究の明治～昭和比較での下北・八戸、仙台湾、鹿嶋灘、九十九里沿岸の合計は $116 \text{ km}/122 \text{ km}=0.95$ であり大きな差がある。しかし、このうち尻屋崎以西を除いて平均変化幅 50 m 以上の市町村を対象に集計すると $96 \text{ km}/50 \text{ km}=1.92$ となり、小池の値に近づく。このことから、小池が調べたような長大な海岸は全国平均に比べて相対的に堆積と侵食のバランスが幾分堆積側になっているといえる。

4. おわりに

地形図を比較して得られる情報からわが国の海岸の変化について調べた結果、顕著な地形変化が起きていることがわかった。特に侵食は堆積をはるかに上回りさらに激化の一途をたどっている。

海岸事業は4省庁で担当しており、中には海岸線の海と陸側で所管省庁が異なる場合もあるが、今回用いた方法によればこれによる資料の重複や欠落等の複雑さもなく一律に全国の海岸線の変化を把握することができる。微小な変化を捉えることができないという問題もあるが、10～15年間の全国的な変化を捉えるには有効な手段であることがわかった。

参 考 文 献

- 小池一之 (1974): 砂浜海岸線の変化について (予報), 地理学評論, 47-11, pp. 719-725.
- 田中則男・小笹博昭・小笠原昭 (1973): 海浜変形調査資料 (第1報) 一航空写真による汀線変化の解析 (東日本編) 一, 港湾技研資料, No. 163, 95 p.
- 田中則男・小笹博昭 (1974): 海浜変形調査資料 (第2報) 一航空写真による汀線変化の解析一, 港湾技研資料, No. 192, 106 p.
- Koike, K. (1977): The Recent Change of Sandy Shorelines in Japan, Komazawa Geography, No. 13, pp. 1-16.