

海岸情報調査による海岸侵食・堆積の抽出

岸 田 弘 之*・清 水 雅 行**

1. はじめに

我が国の海岸は、海岸侵食による砂浜の減少、沿岸開発等に伴う海岸の改変や干潟の減少等が生じてきた。特に海岸侵食が近年全国的に激化していることが田中ら(1993)により明らかにされ、それを効率的、効果的に防止することが求められている。

全国的な海岸の汀線変化に関しては、小池(1974)により1890年から約70年間について、田中ら(1973, 1974)により戦後約20年間について調べられている。また、田中ら(1993)は、1978年を基準としてそれ以前の約70年間、それ以後の15年間について、汀線変化のほか砂礫海岸の面積の変化を都道府県別に調べている。これらは海岸線の変化傾向のみをとらえたものであり、解析手法も異なる。地形図から取得できる情報は汀線の位置や砂礫浜の面積のみではなく、干潟などの自然環境、海岸保全施設などの人工構造物もあり、地形図から海岸情報を取得する方法を標準化すれば、海岸の変貌を定量的かつ客観的に評価することができる。

そこで、地形図を用いて我が国の近年約100年(明治、昭和20年代、平成)の3時期における海岸情報調査を実施し、地理情報システム(GIS)で利用可能な数値地理情報(海岸情報データ)として整備し、全国的な海岸線の変化の把握を行うとともに、海岸線の変化の著しい地域をモデル地区として、明治～昭和20年代、昭和～平成における侵食・堆積状況の比較を行った。

2. 調査方法

2.1 調査方法と時期の設定

調査は図-1の流れに従い地形図を基図として分類を行い、スキャナ取り込みをした地図画像をもとにコンピュータのディスプレイ上での対話編集で数値化、海岸種別等の情報の付与を行った。

調査時期は、地形図が最も古くかつ全国整備された明治期、海岸保全対策が本格的に実施される前の海岸線を記録していると考えられる昭和20年代並びに最近の海

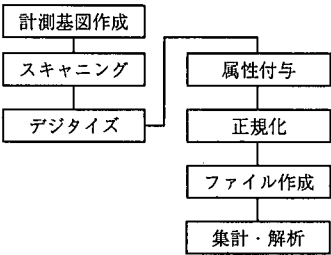


図-1 調査作業の流れ

岸線を記録している平成期とした。なお、北方四島については1996年に人工衛星画像を用いて修正した5万分1地形図を平成期の基図とした。

計測基図の測量年の最頻値の差から明治-昭和20年代間は約50年、昭和20年代-平成間は約38年の変化を抽出することになる。

2.2 海岸区分

海岸区分は表-2に示す地形図から判読可能なものを採用した。

海岸線を線データとして取得するため、地形図において海岸線(地形図では水涯線)のみが示されている海岸を「一般の海岸」、崖記号が海岸線背後にある海岸を「崖付きの海岸」、汀線に護岸(地形図においては擁壁)や堤防(地形図においては土堤)がある海岸をそれぞれ「護岸」「堤防」とし、汀線より陸側にある護岸や堤防は「海岸保全施設」、それ以外の海岸を「その他」と大きく分類した。「一般の海岸」および「崖付きの海岸」については、砂礫地記号(砂・れきで覆われている地域)が汀線の陸

表-1 基図の測量年

時期	基図(地形図)の縮尺	最頻値	標準偏差
明治	5万分の1 (旧版図)	1903年 (明治36年)	10.5年
昭和20年代	5万分の1 (旧版図)	1953年 (昭和28年)	6.1年
平成	2万5千分の1 (刊行図)*	1991年 (平成3年)	4.4年

* 正金口 建設省河川局海岸室海洋開発官
** 建設省国土地理院地理調査部地理第二課

* 北方四島は5万分の1地形図

側にある場合「砂礫浜海岸」、岩石記号（地表に露出・散在する岩石）が汀線にある場合「岩石海岸」、砂礫地記号や岩石記号がない場合「その他の海岸」とさらに分類した。「護岸」および「堤防」については地形図上の陸部の利用形態に基づいて、「海岸保全施設」については海岸保全施設の種類のさらに分類した。

なお、地形図において砂礫地記号あるいは干潟記号（干潮時に水面上に出て満潮時に水面下に没する平坦な砂、泥からなる部分）となっている区域については、砂礫浜や干潟の面積を算定するため、面データとしてそれぞれ「砂礫浜」「干潟」の属性を与えた。ただし、植生記号が記入されている部分は「砂礫浜」に含んでいない。

2.3 データ取得

海岸情報データはGISを用いた他のデータとの統合的利用を前提として、標準地域メッシュ・2次メッシュ単位のArcView・SHAPEファイル形式で作成し、海岸線、砂礫浜・干潟の区分には表-2に示すコードを付与している。

田中ら（1993）は新・旧の地形図の標定をこの段階で実施し、デジタイザ・テーブルにより数値化を行っている。しかし、今回の調査ではコンピュータに取り込んだ地図画像から数値化する方法を採用したことから、新・旧の標定が必要な場合はGISの機能を用いて行うこととした。

データの精度は小池（1974）によれば、測量精度、製図上の誤差等の地形図そのものが持つ誤差は数m以下のオーダーであるとし、誤差要因として最も大きいのは地形図の紙の伸縮であるとしている。今回の作業においては、計測基図をコンピュータに取り込んだ後、図郭四隅の座標値を元に正規化を行い、伸縮に伴う誤差を地形図全体に配分する方法をとった。また、計測時の許容誤差を図上1mm未満と設定していることから、2.5万分1地形図を基図とした場合±25m、5万分1を基図とした場合±50m程度である。

3. 結果と考察

3.1 海岸線延長及び砂礫浜・干潟面積の変化

表-3は、1903～1953年、1953～1991年について、一般の海岸、崖付きの海岸、護岸（陸部を含む）、堤防（陸部を含む）の海岸線延長の年平均変化量を都道府県別に示したものである。全国の砂礫浜海岸の延長は、1903～1953年、1953～1991年ともほぼ同じ速度で減少したものとした。中でも1903～1953年は北海道、兵庫県、愛媛県、愛知県、1953～1991年は青森県、山口県、新潟県、北海道で砂礫浜延長の減少が著しかった。一方、全国の護岸（陸部を含む）の延長は、1903～1953年に37.2km/年で増加したが、1953～1991年は126.8km/年の増

表-2 海岸区分

大分類	小分類	コード
一般の海岸	砂礫浜海岸	10
	岩石海岸	20
	その他の海岸	70
崖付きの海岸	岩石海岸	31
	砂礫浜海岸	32
	その他の海岸	33
護岸	道路	41
	鉄道	42
	埋立地	43
	空港	44
	港湾	45
	その他	46
堤防	干拓地	51
	埋立地	52
	その他	53
海岸保全施設	堤防（陸部）	81
	護岸（陸部）	82
	突堤	83
	離岸堤	84
その他	防波堤	85
	河口部	60
砂礫浜・干潟	砂礫浜	90
	干潟	99

加とその傾向がより顕著になった。都道府県別に見ると、1953～1991年は北海道、長崎県、愛媛県などで護岸（陸部を含む）の延長の増加が著しかった。なお、1953～1991年における崖付き海岸の全国延長が著しい増加傾向という結果が出たが、現地踏査できなかった崖付き海岸について、1950年代後半に導入された写真測量により図化の精度が向上したことが大きく影響していると考えられる。

表-4は、1903～1953年、1953～1991年について、砂礫浜や干潟の変化面積の年平均変化量を都道府県別に示したものである。砂礫浜については、都道府県別に变化面積を海岸延長で除した砂浜幅の年平均変化量も示した。砂礫浜の面積変化には侵食・堆積によるもののほか、植生の侵入、土地の改変等によるものも含まれている。全国の砂礫浜の面積は、1903～1953年に $218.5 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{年}$ 、1953～1991年に $488.7 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{年}$ で減少し、砂礫浜の侵食傾向が激化していることがわかる。中でも、青森県、石川県、新潟県、静岡県などでは、1903～1953年に比べて1953～1991年の方が侵食面積が著しく増加している。砂浜幅の年平均変化量も、全国平均で1903～1953年に $0.5 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{年}/\text{m}$ 、1953～1991年に $1.1 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{年}/\text{m}$ の減少と、1953～1991年の方が減少傾向が顕著になっている。1953～1991年において砂浜幅の年平均変化量の減少が顕著なのは、千葉県、秋田県、静岡県、石川県、鳥取県などである。一方、全国の干潟面積は、1903～1953年、1953～1991年とも約 $470 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{年}$ 減少

表-3 全国の海岸線の変化

	1903～1953						1953～1991					
	一般の海岸			崖付き の海岸 (km/年)	護岸 (陸部含む) (km/年)	堤防 (陸部含む) (km/年)	一般の海岸			崖付き の海岸 (km/年)	護岸 (陸部含む) (km/年)	堤防 (陸部含む) (km/年)
	砂礫浜 海岸 (km/年)	岩石 海岸 (km/年)	その他 の海岸 (km/年)				砂礫浜 海岸 (km/年)	岩石 海岸 (km/年)	その他 の海岸 (km/年)			
北海道*	-4.3	-0.8	5.7	-3.1	2.9	0.0	-1.4	-0.1	-5.0	-0.6	13.2	0.1
青森県	-1.0	-0.1	0.4	0.1	0.7	-0.0	-3.7	-0.4	0.5	-0.0	5.4	0.0
岩手県	-0.5	-0.1	0.1	0.3	0.3	-0.0	-0.8	1.8	-0.0	0.6	1.9	0.0
宮城県	-0.3	0.0	0.1	0.1	0.3	-0.1	-0.5	-0.4	-0.9	0.1	3.2	0.0
秋田県	-0.1	-0.1	-0.0	0.0	0.2	0.0	-0.9	-0.3	-0.1	0.5	1.6	0.0
山形県	-0.1	-0.1	0.1	-0.0	0.2	0.0	-0.2	-0.0	-0.1	0.2	0.9	0.0
福島県	-0.1	0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.0	-0.4	1.1	0.0
茨城県	-0.1	0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.2	0.1	0.0	1.5	0.0
千葉県	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.6	0.0	-0.7	0.3	-0.3	-0.4	5.9	-1.2
東京都	0.1	-0.4	0.0	-0.1	0.8	-0.1	0.6	1.6	0.1	-0.6	2.3	-0.3
神奈川県	-0.4	-0.4	-0.0	-0.1	1.7	-0.3	0.2	0.2	-0.5	-0.5	2.6	0.0
新潟県	-0.6	0.0	0.1	-0.1	0.6	0.0	-1.5	-0.7	0.1	0.7	3.5	0.0
富山県	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.2	-0.0	-0.6	-0.0	-0.1	0.1	1.4	-0.0
石川県	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	0.4	0.1	-0.9	0.3	-2.0	-0.3	4.3	-0.3
福井県	-0.5	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.8	-0.3	-0.4	-0.0	2.8	0.0
静岡県	-0.7	0.1	-0.1	-0.0	0.7	0.0	-0.6	-0.8	-0.4	1.1	2.7	0.0
愛知県	-1.3	0.0	0.2	0.0	1.3	0.2	-0.4	-0.4	-0.5	-0.8	6.2	-1.7
三重県	-0.5	-0.1	-1.8	1.8	1.0	-0.3	-0.2	-0.5	-0.6	-0.4	3.6	-0.2
京都府	-0.0	-0.1	-0.3	-0.1	0.4	0.0	-0.6	-0.5	-1.0	1.2	1.6	-0.0
大阪府	-0.2	-0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	-0.6	0.0	-0.2	-0.1	4.9	-0.2
兵庫県	-1.5	-0.2	0.1	0.5	1.3	-0.1	-0.7	-0.2	-0.5	-0.3	6.9	-0.4
和歌山県	-0.4	-0.3	0.1	-0.1	0.5	-0.1	-0.4	-1.0	-0.1	0.9	3.0	-0.1
鳥取県	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.5	0.2	-0.1	0.2	0.9	0.0
島根県	-0.2	0.3	-0.7	0.1	0.4	0.1	0.1	-1.8	-0.5	2.8	2.2	-0.1
岡山県	-0.2	-0.1	-0.6	-0.0	1.1	-0.7	-0.6	-0.3	-0.9	-0.9	3.2	-0.7
広島県	-0.8	-0.0	0.0	-0.3	2.3	-0.8	0.2	-2.1	-3.2	-1.0	7.9	-0.9
山口県	-0.6	-0.2	0.1	-0.2	2.0	-0.3	-1.6	-3.1	-2.4	2.8	7.5	-0.7
徳島県	0.1	-0.1	-0.3	-0.0	0.3	0.1	-0.2	-1.0	-0.3	0.6	1.7	-0.2
香川県	-0.5	0.0	0.1	-0.0	0.5	-0.2	-0.9	-0.5	-2.1	0.6	5.6	-0.7
愛媛県	-1.4	-1.3	-0.9	0.7	3.3	0.0	-0.7	-4.9	-4.3	3.5	10.0	-0.8
高知県	-0.4	-0.2	-0.3	-0.0	0.8	-0.1	0.5	-2.5	-0.9	2.8	2.5	-0.1
福岡県	-0.5	-0.6	-0.0	-0.2	2.0	-0.1	-0.1	-0.5	-0.8	0.3	3.0	0.6
佐賀県	0.0	0.9	-1.2	-0.5	1.4	-0.5	-0.3	-0.7	-0.1	0.1	0.3	0.7
長崎県	-0.3	-1.8	-4.1	0.4	5.2	-0.7	0.7	-7.3	-6.0	6.3	12.9	0.0
熊本県	-0.2	-0.1	-0.5	0.0	0.6	-0.0	-0.5	0.4	-7.8	0.7	9.0	0.1
大分県	-0.6	-0.7	-1.0	0.7	1.5	0.0	-0.6	-1.1	-2.1	1.0	1.2	0.0
宮崎県	-0.1	0.1	-0.5	0.1	0.4	0.0	-0.3	-0.6	-0.3	1.0	1.2	0.0
鹿児島県	-0.2	-0.1	-0.1	3.4	0.4	0.0	-0.8	-1.1	-1.4	2.9	8.6	0.3
沖縄県	-0.1	-0.7	1.7	-0.2	0.3	0.1	2.4	-3.0	-3.5	3.3	5.8	0.1
全国	-18.5	-7.4	-3.4	2.8	37.2	-3.8	-18.7	-31.5	-48.7	27.9	126.8	-4.3
全国平均	-0.5	-0.2	-0.1	0.1	1.0	-0.1	-0.5	-0.8	-1.2	0.7	3.3	-0.1

*2: 北方四島を含む

している。都道府県別に見ると、1903～1953年は岡山県や熊本県などで、1953～1991年は千葉県や沖縄県などで干潟面積の減少が大きい。

3.2 モデル海岸における侵食・堆積状況

侵食・堆積の状況の把握を、図-2～4に示すa) 鹿島灘沿岸（大洗港から波崎漁港間）、b) 九十九里沿岸（飯岡漁港から太東漁港間）、c) 新潟沿岸（三面川左岸から直江津港間）、d) 鳥取沿岸の皆生海岸（境港から淀江漁港間）をモデル地区として行った。

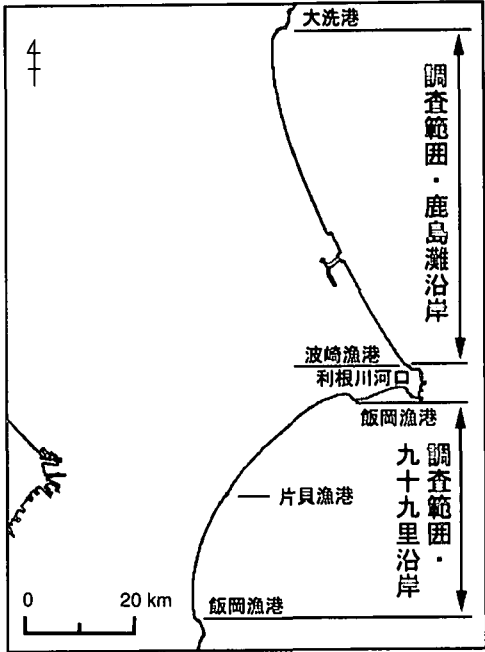
比較は1903～1953年と、国土数値情報・沿岸域情報ファイルを昭和期（1980年）のデータとして用いて平成期データと比較した1980年～1991年間で実施した。

計測精度に基づき2.5万分1地形図同士での侵食・堆積面積の抽出は±625m²以上、5万分1地形図同士の場合は±2,500m²以上の変化区域を侵食・堆積区域として抽出するとともに、港湾施設の構築されている地域は集計対象から除外した。平均変化幅は（堆積面積－侵食面積）/期間・延長距離で求めた。正のとき堆積、負のとき侵食、0のとき均衡であることを示す。

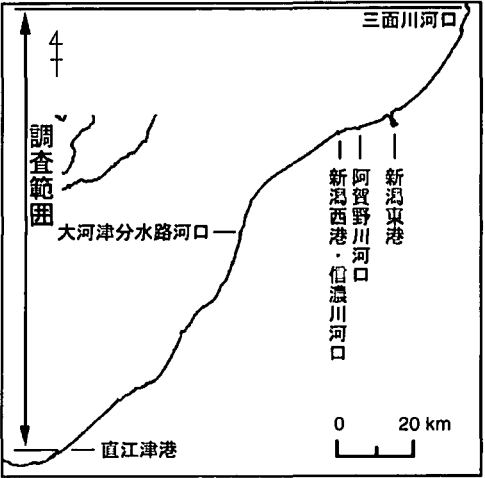
鹿島灘沿岸では1903～1953年は平均的には汀線は変化していなかったが、1980～1991年は平均で1m²/年/m汀線が前進している。また、九十九里沿岸では1903～1953年、1980～1991年とも、沿岸全体では汀線は若干前進している。宇多（1997）が示すように、鹿島灘

表一4 全国の砂礫浜・干潟面積の変化

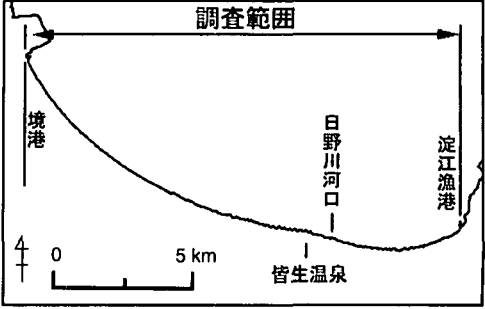
	砂礫浜の 変化面積		砂礫浜の 平均変化幅		干潟の 変化面積	
	1903～ 1953	1953～ 1991	1903～ 1953	1953～ 1991	1903～ 1953	1953～ 1991
	(10 ⁴ m ² /年)	(10 ⁴ m ² /年)	(10 ⁴ m ² /年/m)	(10 ⁴ m ² /年/m)	(10 ⁴ m ² /年)	(10 ⁴ m ² /年)
北海道	-61.0	-65.0	-0.32	-0.38	-7.8	1.8
青森県	-10.2	-56.4	-0.26	-1.62	-3.7	2.5
岩手県	-1.1	-4.9	-0.04	-0.26	0.0	0.2
宮城県	-3.3	-12.9	-0.11	-0.46	-2.4	1.4
秋田県	-1.9	-18.9	-0.59	-4.82	0.0	0.0
山形県	-0.8	-12.9	-0.03	-0.58	0.0	0.0
福島県	-1.1	-8.1	-0.09	-0.75	0.0	0.0
茨城県	-2.2	-21.5	-0.14	-1.33	0.0	0.0
千葉県	-12.8	-24.4	-2.67	-5.38	-55.7	-129.7
東京都	1.9	5.3	0.05	0.13	-13.9	-16.3
神奈川県	-5.5	-3.4	-0.55	-0.33	-19.9	18.8
新潟県	-6.2	-33.7	-0.42	-2.34	0.0	0.0
富山県	-0.7	-8.6	-0.04	-0.64	0.0	0.0
石川県	-6.4	-40.6	-0.50	-3.55	0.0	0.0
福井県	-6.6	-7.9	-0.79	-1.02	0.0	0.2
静岡県	-15.7	-43.0	-1.29	-4.51	0.0	4.3
愛知県	-8.4	-16.4	-0.73	-1.46	-18.0	-2.0
三重県	-4.5	-9.1	-0.25	-0.80	-9.4	-8.7
京都府	-1.1	-6.8	-0.09	-0.93	0.0	0.0
大阪府	-1.8	-3.3	-0.12	-0.26	-3.2	-0.0
兵庫県	-5.2	-3.1	-0.50	-0.33	-9.2	-4.9
和歌山県	-2.8	-4.1	-0.15	-0.24	-1.8	-3.1
鳥取県	-12.0	-21.8	-1.60	-3.17	0.0	0.2
島根県	-4.5	-3.3	-0.16	-0.13	0.0	0.0
岡山県	-2.1	-0.6	-0.39	-0.14	-84.6	-37.5
広島県	-2.9	-1.2	-0.19	-0.10	-21.3	-0.5
山口県	-3.5	-6.7	-0.78	-2.04	-20.4	-6.8
徳島県	0.4	-2.7	0.03	-0.20	-1.3	0.6
香川県	-3.0	-5.2	-0.39	-0.82	-7.5	-5.9
愛媛県	-6.0	-5.9	-0.32	-0.36	-9.5	-18.8
高知県	-4.0	0.3	-1.74	0.12	-0.2	-1.8
福岡県	-7.6	-3.4	-1.17	-0.53	-41.4	-49.2
佐賀県	-1.4	-0.9	-0.11	-0.09	-48.0	-10.7
長崎県	-2.4	8.9	-0.05	0.18	-10.8	10.2
熊本県	-3.3	0.5	-0.20	0.03	-70.3	-32.6
大分県	-1.6	-5.8	-0.19	-0.66	3.6	-9.1
宮崎県	-1.8	-12.4	-0.10	-0.73	-3.7	-11.6
鹿児島県	-2.8	-17.1	-0.36	-2.96	-6.3	-28.3
沖縄県	-2.4	-11.7	-0.20	-1.21	-9.3	-95.7
全国	-218.5	-488.7	-0.28	-0.70	-476.0	-473.2
全国平均	-5.6	-12.5	-0.5	-1.1	-12.3	-12.1



図一2 九十九里沿岸、鹿島灘沿岸の調査範囲



図一3 新潟沿岸の調査範囲



図一4 鳥取・皆生海岸の調査範囲

表一5 各沿岸の平均変化幅

時期	地区	延長 (m)	侵食 (m ²)	堆積 (m ²)	平均変化幅 (m ² /年/m)
1903 ～ 1953	a)	56,258	826,357	569,094	-0.09
	b)	55,019	399,066	912,889	0.09
	c)	148,440	2,265,210	2,138,431	-0.02
	d)	18,230	698,898	0	-0.77
1980 ～ 1991	a)	56,673	57,443	684,679	1.01
	b)	56,604	190,415	315,094	0.20
	c)	151,431	1,116,612	581,221	-0.32
	d)	19,129	61,912	133,379	0.34

沿岸と九十九里沿岸では港湾の周辺で汀線の顕著な前進および後退が戦後生じているが、それらが防波堤の建設に伴う波の遮蔽域の形成や沿岸漂砂の遮断に起因する土砂の偏在によるものであることを今回の調査結果は改めて示している。

新潟沿岸では1903～1953年は平均的には汀線は変化していなかったが、1980～1991年は汀線が若干後退している。1903～1953年の地形変化に大きな影響を及ぼすものとしては、大河津分水路の建設がある。斎藤（1992）によれば、大河津分水路河口周辺の海岸では、1911～1948年に砂礫浜の面積が $170 \times 10^4 \text{ m}^2$ 増加している。一方、建設省北陸地方建設局（1988）によれば、信濃川河口付近の海岸では1889～1947年に最大350 mの汀線後退があった。このように、信濃川から供給される土砂の供給先が移動したにもかかわらず、新潟沿岸全体を平均化すると汀線の変化はほとんどなかったことになる。

近年の新潟沿岸の地形変化については、泉宮・砂子（1994）により三面川河口～新潟東港間の侵食が、宇多（1997）により直江津港周辺の海底地形の変化が明らかにされている。これらのことから、1980～1991年の新潟沿岸について侵食傾向になっているものと考えられる。

皆生海岸では、1903～1953年は平均的には汀線は後退していた。1980～1991年は弓ヶ浜の西側地区では汀線が後退傾向のままであるが、皆生温泉地区では若干前進している。1971年に海岸保全対策として着手された日野川河口周辺を中心とした離岸堤の整備が近年の汀線の安定に寄与しているものと考えられる。

4. おわりに

海岸情報データを用いた海岸線変化の抽出により、全

国の砂礫浜海岸の減少傾向が進んでいることがわかった。またモデル的に実施した侵食・堆積の抽出により、海岸線の変化の傾向を把握することができた。

今回使用したデータは地形図から取得した海岸線位置データ並びに属性データのみであり、その他の海底地形、海岸管理・海岸利用に関するデータは含まれていない。複合的な要因に基づく解析にはこれらの属性の整備が必要であり、今後の課題である。

最後に、海岸情報調査を実施するに当たり、茨城大学広域水圏環境科学研究センターの三村信男教授並びに横木裕宗助教授にご助言をいただいた、ここに記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 泉宮尊司・砂子 浩（1994）：新潟北東部海岸の広域的海岸侵食の総合的原因調査，海岸工学論文集，第41巻，pp. 531-535.
- 宇多高明（1997）：日本の海岸侵食，山海堂，442 p.
- 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所（1988）：新潟海岸の侵食と保全，29 p.
- 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.
- 斉藤正勝（1992）：大河津分水による治水対策（II），水利科学，No. 207，pp. 67-100.
- 田中茂信・小荒井衛・深沢 満（1993）：地形図の比較による全国の海岸線変化，海岸工学論文集，第40巻，pp. 416-420.
- 田中則男・小笹博昭・小笠原昭（1973）：海浜変形調査資料（第1報）—航空写真による汀線変化の解析（東日本編）—，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）—航空写真による汀線変化の解析—，港湾技研資料，No. 192，106 p.