

# 熊本県八代農地海岸の点検の現状と 維持管理の課題

SITUATION AND PROBLEMS OF MAINTENANCE OF  
COASTAL BANK ALONG YATSUSHIRO SEA IN KUMAMOTO PREFECTURE

丹治肇<sup>1</sup>・桐博英<sup>2</sup>・中矢哲郎<sup>3</sup>・小林慎太郎<sup>4</sup>

Hajime TANJI, Hirohide KIRI, Testuo NAKAYA and Shintaro KOBAYASHI

<sup>1</sup>正会員 農博 農村工学研究所 河海工水理研究室 (〒305-8609 つくば市観音台2-1-6)

<sup>2</sup>正会員 農村工学研究所 河海工水理研究室 (同上)

<sup>3</sup>正会員 農博 農村工学研究所 河海工水理研究室 (同上)

<sup>4</sup>経博 国際農林水産業研究センター 国際開発領域 (〒305-8686 茨城県つくば市大わし1-1)

Actual maintenance of coastal bank constructed by land reclamation projects was surveyed along Yatsushiro Sea in Kumamoto prefecture. And life time of coastal bank mainly caused by land subsidence was estimated by survival analysis of Kaplan-Meier method. In this area, the roads are constructed along banks. Monitoring is easy if it uses a car. But for other parts, easy access to banks is limited. Actual monitoring strongly depends on reports by fishermen and neighborhoods. Intrusion of saline water occurred at connection between banks and gates because of non-uniform land subsidence. Long term land subsidence data of coastal banks was able to collect at Tamanayokoshima Coast at Ariake Sea in Kumamoto prefecture. Survival analysis applied to all banks and selected three banks of Tamanayokoshima Coast. The 3<sup>rd</sup> Quantile of life time of all banks was 15.6 years. Median is out of the end of period, 22.3years. For sub-coasts, Median of shortest life time was calculated as 14.1 years at Kikuchi2 Coast.

**Key Words :** *Kaplan-Meier method, Survival analysis, Life cycle cost, Land subsidence*

## 1. 研究の目的

海岸保全施設の維持管理の改善による更新時期の分散が重要な課題になっている。関連省庁は平成20年に「ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)」<sup>1)</sup>を出版し、便宜を図ってきた。以下同書を「マニュアル」と記述する。しかし、農地海岸は、管理の専任者がおらず、県職員が兼務しているため、現状では、「マニュアル」通りの点検が可能か不明である。ここでは、実態を調査し、「マニュアル」の利用可能性と点検の課題を明らかにする。

## 2. 研究の方法

### (1) 調査地区

調査地区は、熊本県の八代海の和鹿島海岸、文政海岸、昭和海岸、金剛海岸、有明海の大正開海岸、共和海岸、玉名横島海岸である。図-1に調査海岸の位置を示す。現地調査はできなかったが図面、事業費など資料収集のみを行った地区に、郡築海岸、

日奈久海岸、州口海岸がある。表-1に現地調査地区を示す。開始は干拓事業の開始を、建設は、現堤防の竣工時期を示す。欄の空白は建設年代の特定が難しかった場合である。たとえば、熊本県の干拓<sup>2)</sup>には当初建設時期しか記載されていない。表-2に現在進行中の八代海の農地海岸整備の第6次5か年計画(開始年不明)の堤防と消波工の工事の概要を示す。これから堤防の工事は5年間で0~38%、消波工の工事は5年間で0~28%の進捗率である。つまり、八代海では、堤防と消波工の工事は最大でも、年当たり堤防で、7.5%、消波工で5.6%の割合で更新が行われており、少しずつ置き換わっていくため、スパン毎の建設年代の特定が困難な状況にある。少しずつ改修する主要な原因は後述する堤防沈下である。余裕高を沈下分も見込んで大きくする対策も考えられるが、余裕高を大きくすると沈下速度も大きくなるため、実施されていない。

### (2) 調査方法

八代海では実際の日常管理の実態、問題点のヒアリングを八代振興局で行い、対応する現場調査をした。ヒアリングは、2008年1月21日に行われ、こ



海側

陸側

菊池工区、第二工区(正面堤防区間)

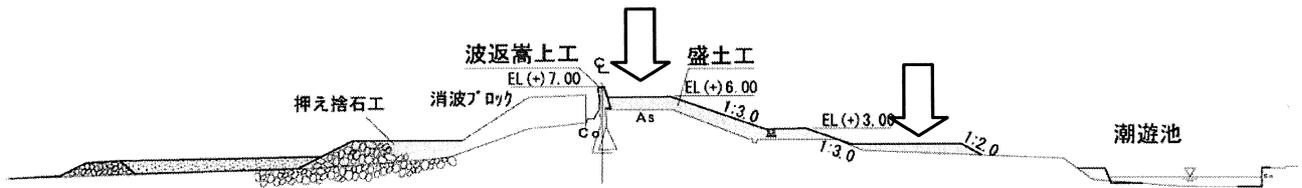


図-2 玉名横島地区の標準断面

### (1) 海岸の特徴

熊本県の有明海及び八代海の農地海岸は、干拓堤防であり、図-2のように堤防の上に管理用道路が、更に陸側には、潮受水路(潮遊池)が設置されている場合が多い。

図-2の地区は、最近の設計なので海側は緩傾斜護岸である。古い施設では、海側が直壁に近い急勾配になっている他は図-2に類似している。図中の矢印は道路で、点検は自動車でゆっくり走行しながら行う。陸側の点検はアクセスに恵まれているが、海側は直壁に近い海岸への降り口が1km以上無いところも多く、海側の点検は容易でない。

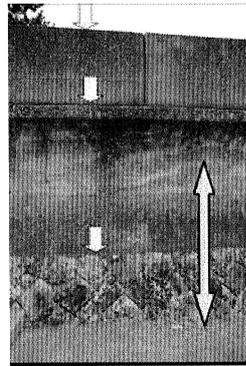


写真-1 大正開海岸

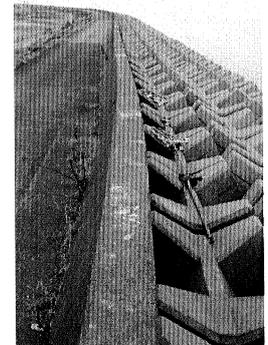


写真-2 金剛海岸

### (2) 定期点検

農地海岸の排水機場等の管理は土地改良区が行うが、堤防は県職員が行う。河川海岸に比べ管理業務主体の県職員がいないため、人員確保がしにくい。月に一回程度、堤防の管理道路沿いに自動車ですぐりと走行して、堤防の天端、堤防の内側の斜面に大きな異変がないかを点検している。

### (3) 非定期点検

震度4以上の地震が発生した場合、定期点検と同じレベルの点検を行う。台風等の災害時には、待機をかけ、必要に応じ、点検を行う。点検内容は定期点検に順次、自動車ですぐりと走行する。

### (4) 重点点検

大きな陥没、亀裂等があった場合、漁業者、住民などから点検と修理の要望がくる。この場合、まず、欠損箇所と程度を確認する。欠損箇所の程度に応じて優先順位をつける。

### (5) 補修の順位

予算は、4月から3月までの年度予算である。熊本県では過去の実績から、大きな被害は台風時期までに発生する確率が高いことがわかっている。このため、欠損の程度が緊急性を要しないと判断される場合には、台風時期が過ぎるまでは、補修の予算を執行せず、台風被害に備えて取っておく。台風時期が過ぎた後で、残予算で優先順位を付け直して、優先度の高いものから補修を行う。

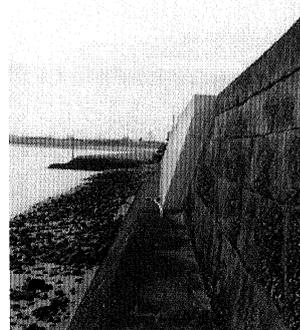


写真-3 共和海岸



写真-4 文政海岸

### (6) 「マニュアル」との比較

現行法は「マニュアル」と比べ、全数調査ではなく、とくに悪い点に集中している。管理者の眼だけでなく漁業者と住民の眼を使っている点が異なる。

## 4. 劣化の実態

### (1) 堤防

写真-1は大正開海岸堤防で、片矢印は堤防の天端である。両矢印は約1.5mの長さである。ここでは、過去に2回、沈下対策で堤防の増盛りが行われている。写真-2は堤防が海岸線に沿って平面方向に波打っている。写真のように消波工を設置すると堤防の沈下が促進される場合も多い。このように沈下は最大の課題である。第2は、大きな亀裂で、主な原因は不等沈下といわれている。消波工を設置すると周辺より堤防が沈下する事例も多い。

(2) 消波工

消波工は平成以降に初めて設置されている。歴史が浅いため、流出事例はなく、耐用年数の検討は今後の課題である。

(3) コンクリートの劣化

コンクリートの表面が劣化し、亀裂が入っている地区もある。写真-3はコンクリートの表面の状況の最も悪い地区で、後方では、堤防表面にコンクリート被覆が付け加えられている。玉名横島地区の旧排水樋門は、錆が発生して、鉄筋が膨張し、コンクリートがはがれて、鉄筋が剥きだしになっていた。県の担当者は、ステンレス鉄筋の使用を希望しているが、現時点で使用実績はない。

(4) 継目

写真-4は排水樋門と堤防の継目を陸側から見た。不等沈下により隙間が生じている。隙間部には、覆いが付設されている。写真下部の色の濃い部分は、流入した塩水と砂が乾燥したものである。「マニュアル」は点検項目を施設別に設定しているため、施設間は、点検方法の指示がない。

(5) 吸出

コンクリートの亀裂は、吸出の危険のため重要な調査項目であるが、八代海岸では、陸側は頭頂部を除けば堤体の下に埋まっていること、海側は、消波工が障害となったり、1km以上も海側に降りる階段がないところもあり、アクセスは困難である。また、写真-1のような空積堤防もあり、吸出リスクの調査法の確立が求められる。

(6) まとめ

堤防沈下は、地質に依存する。熊本県の海岸では有明粘土層が多く、沈下量は大きい。場所により差がある。沈下が大きい場合には、他の要因は支配的ではなくなるので、点検が極端な亀裂などの重点箇所集中している。

5. 生存時間解析の結果

(1) 観測地点の概要

図-3に玉名横島海岸の概要を示す。西から東に向かって順に、末広工区、菊池工区1、菊池工区2、横島漁港、第二工区1、第二工区2、大豊工区である。

(2) 沈下の判定

生存時間解析では、死亡に相当する endpoint を設定する。熊本県の海岸整備計画は、有明海沿岸海岸保全基本計画<sup>4)</sup>、有明海沿岸海岸保全基本計画(案)<sup>5)</sup>、八代海沿岸海岸保全計画(案)<sup>6)</sup>、天草西沿岸海岸保全基本計画(案)<sup>7)</sup>で定められている。このうち有明海沿岸海岸基本計画<sup>4)</sup>によれば、玉名横島

海岸の計画天端標高は7.0~5.5mである。これから、堤防の高さが5.5mを下回った場合には堤防の機能が損なわれたとみなし、endpoint 扱にする。

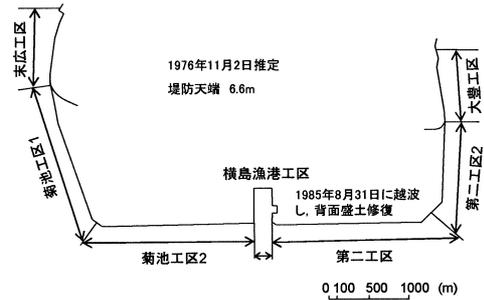


図-3 玉名横島地区の堤防

表-3 玉名横島地区の沈下データの概要

工区名	データ数	発生数	発生比率(%)
末広工区	11	1	9
菊池工区1	20	0	0
菊池工区2	20	20	100
横島漁港	13	8	62
第二工区1	23	5	22
第二工区2	13	10	77
大豊工区	12	2	17
合計	112	46	41

表-4 玉名横島地区の解析結果

工区名	第3四分位	中央値	95%下限	95%上限
末広工区	-	-	-	-
菊池工区1	-	-	-	-
菊池工区2	2379	2515	2427	2726
横島漁港	6635	7067	5798	-
第二工区1	-	-	-	-
第二工区2	6391	6767	5993	-
大豊工区	-	-	-	-
合計	5496	-	7822	-

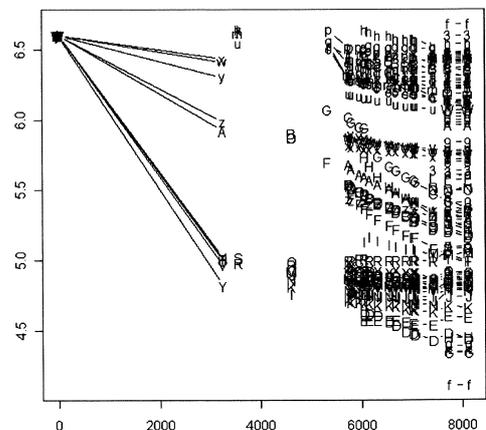


図-4 全標高データ

(3) 基準点

有明海の干拓地は、沈下の影響を受け、安定した

基準点の選定は困難である。測量の業務報告書<sup>8)</sup>によれば、基礎工事がなされているゲート、ポンプ場等が構造物の一部を基準点としている。1988年10月3日(3,258日)から熊本県が玉名横島地区の沈下量を計測し、2000年の国営事業が発足後は国が引き継いでいる。このとき観測点も変更され、県の観測点は国の観測点に変換された。解析にはこのデータを使った。なお、変換時に、県の基準点は-27.5cmに補正された。これから、±10~20cm程度の誤差が含まれる可能性があり、沈下の解析は10cmオーダーの精度で考える必要がある。

工事誌<sup>9)</sup>によれば、1976年11月2日(第1日)に完工式が行われたが、3,258日以前に測量された標高データはなく、標高推定が課題である。工事誌<sup>9)</sup>によると、旧国営事業の堤防の必要高は6.5mで、これに余裕高が加えられ設計高は6.6mとなっている。工事誌<sup>9)</sup>にある標準断面は第二工区が6.73m、この期間の末広、大豊工区は6.5mである。また、大豊、末広を除く、横島の計画堤防標高は6.6~5.70mである。以上から、第1日の堤防高を6.6mと仮定する。第1日から3,258日の間に、1985年8月31日に台風13号により越波したため、第二工区堤防背面盛土が崩落し、修理と消波工の設置が行われている。

図-4に第1日から調査終了時までの、全112点の標高データを示す。右上の点が第1日の6.6mである。マークは観測点毎に分かれているが、点数が多いので凡例は省略した。図-4の上の標高6.5m以上のデータは、第1日の推定標高が間違っているためか、不自然である。しかし、endpointの推定では、次の③の時にだけ、第1日のデータが利用されるので不自然さは影響しない。Endpointは①調査終了時の2002年2月6日(8,136日)の標高が5.5m以上は8,136日で打ち切り、② $H_{3258} \geq 5.5 > H_{8136}$ の時、内挿で $H_j = 5.5$ を求め(コードj,1)とする。③ $H_j \geq 5.5 > H_{3258}$ の時、収集データにない3,258日以前の標高を推定し、 $H_j = 5.5$ を求め(コードj,1)とする。

#### (4) Endpointの推定

2回の観測の値が、判定条件の5.5mを挟む場合に、endpointを推定する。一般に堤防の沈下予測式に双曲線法が用いられるが、今回は、データ数が少なく、精度もあまり高くない。非線形性の強い関数を使うと誤差により、非現実的な関数系が求まる可能性が高い。ここでは、次数の低い推定方法として次を使った。

- a. データ数が4個以下の場合、直線近似で内挿する。
- b. データ数が5個以上の場合、2次曲線で内挿する。

なお、沈下の計測は最近ほど観測点を増やしている。このため、4~5点の場合でも最近のデータ数が多く古いものは少ない。b.で2次曲線の形が線形に比べ大きくずれても、曲線は最近のデータを良く代表しているため、そのままにした。

#### (5) 沈下データの概要

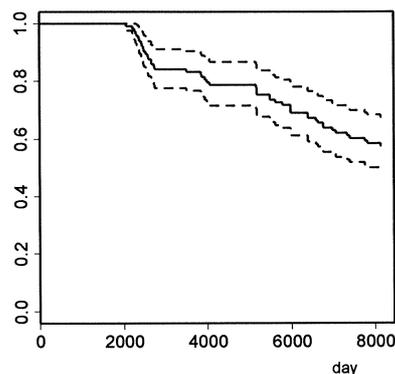


図-5 合計(全体)の生存時間解析

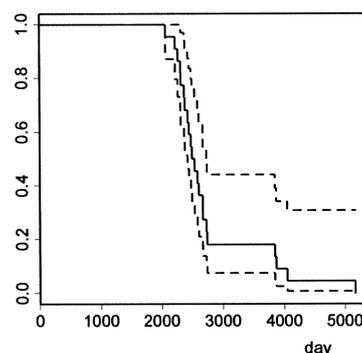


図-6 菊池工区2の生存時間解析

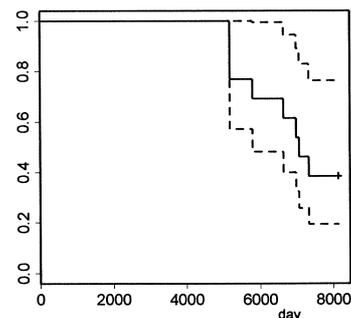


図-7 横島漁港の生存時間解析

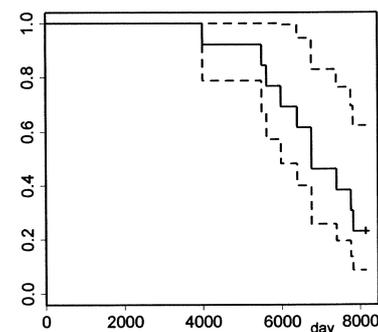


図-8 第二工区2の生存時間解析

表-3に沈下データの概要を示す。各工事区間の

位置を図-3 に示す。表-3 の発生数とはイベントの発生数のことで、堤防標高が 5.5m 以下になった場合を意味する。沈下の割合は、工事区間で大きく異なり、測定点のうち、5.5m 以下になった割合(表-3 の発生率)の大きい順に見ると、50%を超えるのは菊池工区 2, 第二工区 2, 横島漁港になる。カプラン・メイヤー法はノンパラメトリックな方法で、第 1 の結果はカプラン・メイヤー曲線のグラフになる。第 2 に良く用いられる統計量に、生存時間のメディアン(中央値)と 95%の信頼区間がある。表-3 の発生確率が 50%を切る場合には、メディアンは推定できなくなる。そこで、第 3 四分位値も計算する。

#### (6) 合計の生存時間解析

表-4 の合計欄に全データの解析結果を示す。中央値は求まらないが、第 3 四分位値は、5649 日(15.6 年)であったので、1/4 の堤防は、5694 日で機能低下する計算結果である。図-5 にカプラン・メイヤー曲線を示す。点線は 95%の信頼区間である。カプラン・メイヤー曲線の右端は、8,131 日(22.3 年)で、生存確率は 0.575 である。カプラン・メイヤー曲線はノンパラメトリックな手法なので、外挿はできないが、これらの値は、堤防の耐用年数として引用される 50 年や 70 年より小さく、玉名横島地区では、沈下が堤防の寿命を左右している。

#### (7) 個別工区の生存時間解析

表-4 に沈下データの概要を示す。‘-’は 8,136 日で打ち切りを意味する。菊池工区 1 はイベントが発生せず、解析できない。発生比率が 50%を超える沈下の大きな工区のカプラン・メイヤー曲線を図-6, 7, 8 に示す。図-6 は全ての観測点で endpoint が発生した菊池工区 2 の解析結果で、5,164 日(14.1 年)で寿命が終了している。表-4 から中央値は、2,397 日(6.6 年)である。図-7 の横島漁港の場合、右端の点は 7,335 日(20.1 年)で生存確率は、0.385 である。表-4 から、中央値は 7,067 日(19.3 年)、第 3 四分位値は 6,391 日(17.5 年)である。中央値と第 3 四分位値の差が小さいのは、沈下を開始するまでに時間が経過しているためである。図-7 に第二工区 2 の解析結果を示す。カプラン・メイヤー曲線の右端の点は、7,822 日で、生存確率は 0.231 である。表-4 から中央値は 6,767 日(18.5 年)、第 3 四分位値は 6,391 日(17.5 年)である。工事誌<sup>9)</sup>によれば、横島干拓の第二工区東(現第二工区 2)堤防は、昭和 43 年度に 4.8m で完成し、6 年後の昭和 49 年には平均 3.67(3.46~3.88)m に沈下し、8 年後の昭和 51 年は、3.3(3.04~3.65)m に沈下している。金山ら<sup>10)</sup>は玉名横島地区で圧密の検討をしているが、その結果は、4,000 日で 1m 沈下している。図-5~8 の結果は、それより沈下が若干小さく、オーダーは妥当である。

#### (8) まとめ

カプラン・メイヤー曲線による生存時間解析を行った。既に述べたように 1988 年以前のデータ的前提により、推定結果は過少になる可能性がある。その点を差し引いても、最大観測期間の 8,131 日以内に endpoint を迎える堤防も多く、玉名横島地区では、沈下が堤防の寿命の大きな要因であること、しかし、工区レベルで沈下の影響が大きくなることを確認された。また、長期にわたる精度の高い沈下観測データは入手しがたく、生存時間解析の適用においては、前提をおかざるを得なかった。今後の改善の余地は大きい。沈下の大きな堤防では生存時間解析は寿命の推定に有効である。

## 6. 結論

- 1) 「マニュアル」の想定している点検と現状の点検には大きなギャップがある。「マニュアル」は記載量が大きすぎ、予算措置をするか内容を絞り込む必要がある。
- 2) 八代海岸の堤防は第 1 に地盤沈下で寿命が決まる。計測を強化し、耐用年数を推定する必要がある。
- 3) 沈下を許容する施設としない施設の継目を重点的に点検する必要がある。
- 4) 現在の点検は漁業者や周辺住民からの申告を活用している。維持管理コストを下げるためには、住民参加による重点箇所の絞り込みも有効と思われる。
- 5) 生存時間解析は、寿命推定のために、地盤沈下の大きな海岸堤防地区に適用すると有効である。ただし、長期的で精度のよい堤防の標高データは入手しがたいため、適用には改善の余地が大きい。

謝辞：データ収集に熊本県、玉名横島海岸保全事業所の協力を得た。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局防災課, 農林水産省水産庁防災漁村課, 国土交通省河川局海岸室, 国土交通省港湾局海岸・防災課: ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)~堤防・護岸・胸壁の点検・診断~, p. 105, 2008
- 2) 熊本県農政部: 熊本県の干拓, p. 49, 出版年不明
- 3) 丹後俊郎: 統計モデル入門, p. 246, 朝倉書店, 2000.
- 4) 熊本県, 福岡県, 佐賀県, 長崎県: 有明海沿岸海岸保全基本計画, p. 39, 2005
- 5) 熊本県: 有明海沿岸海岸保全基本計画(案), p. 26, 2005.
- 6) 熊本県: 八代海沿岸海岸保全計画(案), p. 27, 2005.
- 7) 熊本県: 天草西沿岸海岸保全基本計画(案), p. 28, 2005.
- 8) 玉名海岸保全事業所: 平成 13 年度玉名横島海岸保全事業堤防定期観測業務報告書, p. 141, 2002.
- 9) 玉名海岸保全事業所: 玉名海岸保全工事誌, p. 103, 1980
- 10) 金山素平, 山下裕貴, 東孝寛, 大坪政美: 実測値に基づいた圧密沈下予測手法の検討, 農業農村学会論文集, 259, pp. 61-69, 2009.