

堤防法線の変更による新たな 海浜創出の試み

AN APPROACH OF CREATING NEW BEACH BY CHANGING THE LEVEE
NORMAL LINE LANDWARD

永澤 豪¹・石河雅典²・小西陽右²・熊谷健蔵³

Tsuyoshi NAGASAWA, Masanori ISHIKAWA, Yousuke KONISHI, Kenzou KUMAGAI

¹正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ株式会社港湾部 (〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5)

²パシフィックコンサルタンツ株式会社港湾部 (〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5)

³正会員 博(工) パシフィックコンサルタンツ株式会社中部支社
(〒451-0046 名古屋市西区牛島町2番5号)

It is very rare to move the levee normal line, so-called the defense line, landward from the viewpoint of the standard land conservation. However, it is thought that the countermeasure of moving the defense line landward can become a realistic option in the future of Japan where the loss of beach through rising sea levels due to global warming, and the progress of the depopulation of the coastal area by declining birthrate and a growing proportion of elderly people is expected at the same time. This study tried to show one new direction of the coast protection works in the future by providing an example that the new beach had created by changing the levee normal line landward.

Key Words : *Levee normal line, defense line, coast protection works, countermeasure, creation of new beach*

1. はじめに

(1) 研究の目的

伊勢湾沿岸は、昭和28年(1953年)の台風13号、昭和34年(1959年)の伊勢湾台風による高潮により、甚大な被害を受け、災害復旧事業としてコンクリート三面張りの高潮堤防が築造された。これにより、その後の度重なる高潮から内陸を守ることが出来たが、内陸の低平地と海浜を物理的に分けることとなった。また、高潮堤防の多くは、自然の砂浜上に築造したため、結果として自然海浜地が狭くなった地域も多く見受けられた。

本事業は、伊勢湾内の老朽化した海岸堤防の改修に伴い、砂浜幅が非常に狭い区間について、堤防法線を内陸側に引くことにより、新たな海浜の創出を図ったものである。従来、国土保全の観点から堤防法線、いわゆる防護ラインを陸側に引くことは非常に稀である。しかし、将来、地球温暖化に伴う海面上昇による海浜の消失、同時に少子高齢化による海岸背後地の過疎化の進行が予想される日本においては、防護ラインを引くという適応策は、今後現実的な選択肢になり得ると考えられる。

本論文は、堤防法線を引いて新たな海浜の創出を

図った事例により、今後の海岸保全事業の一つの方向性を示すことを試みたものである。

(2) 伊勢湾西南海岸事業と北藤原工区の概況

図-1 に検討対象地区位置図を示す。伊勢湾西南海岸は、櫛田川河口から宮川河口までの約 11.1km の砂浜海岸である。当海岸では、昭和 28 年(1953 年)の台風 13 号による甚大な被害を契機に、既往の高潮潮位でなく、波浪計算により天端高等を検討したコンクリート三面張り堤防の整備が行われた。その後、既に 50 年以上が経過しており、空洞発生や堤脚侵食が進み、早期に対応する必要があるため、平成 4 年より国土交通省(旧建設省)が直轄事業として堤防改修事業を行っている。

本研究の対象である北藤原工区(図-2)は、伊勢湾西南海岸の中央北側に位置する延長 822m のほぼ直線状の砂浜海岸で、背後地は松林となっている。静穏な環境と豊かな前浜を合わせ持つことから、アカウミガメの産卵実績が多く、伊勢湾西南海岸の中でも特に自然環境豊かな海岸である。この海岸の地形特性は、砂浜の幅により工区中央付近を境に東側(①工区)と西側(②工区)に大別できる。①工区は、砂浜幅が広く、堤防前面には植生が繁茂してお



図-1 伊勢湾西南海岸全体図

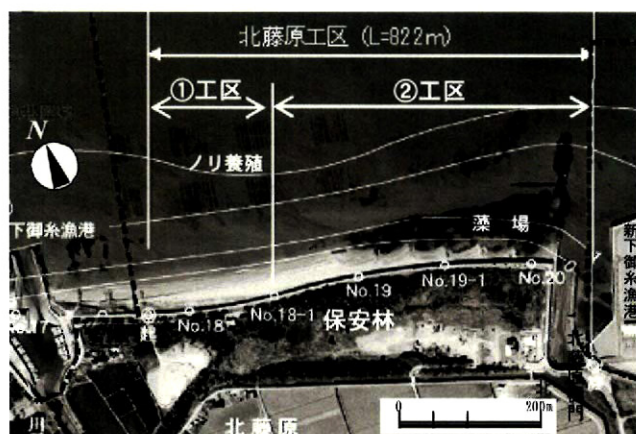


図-2 北藤原工区（法線変更前，平成 14 年（2002 年）国土交通省三重河川国道事務所撮影）

り、また前浜が自然の消波機能を果たしていることから、海岸堤防は比較的健全な状態である。一方、②工区は、砂浜幅が狭く、暴浪時は堤防に直接波浪が作用し、返し波により砂が流出するために基礎工が露出している。また、表法被覆工は、クラックや目地割れが多く見られる状況にあった。

2. 法線変更前の現況海岸の評価

堤防改修にあたり、現況海岸の状況について評価を行った。その結果、汀線と堤防の位置関係で決定される砂浜幅が海岸保全にかかる評価を大きく左右しており、砂浜幅の改善を図ることで海岸保全の多くの問題が解決することがわかった。

(1) 海岸線の変遷

空中写真から北藤原工区の海岸線の変遷を図-3に示す。図-3には、堤防法線の位置を点線で示した。築堤前である1947年（昭和22年）の堤防法線と汀線の関係を見ると、ほぼ汀線に平行に30m～50m陸側に

堤防法線が引かれている。しかし、工区中央部から東側は西側と比較して、砂浜幅が30mを切る区間が多く、汀線と堤防法線が近いことがわかる。築堤後1961年（昭和36年）の空中写真を見ると、工区東側の汀線はほぼ堤防法線位置まで後退しており、侵食対策として短突堤が施工されている。その後の海岸線（1992年（図-3）、2002年（図-2））を見ると、近年に至るまで汀線位置はほとんど変化がない。工区東側における汀線後退の原因は定かではないが、築堤前の1953年（昭和28年）の台風13号、築堤後の1959年（昭和34年）の伊勢湾台風による高潮、築堤後の堤防の返し波による堤脚侵食が考えられる。

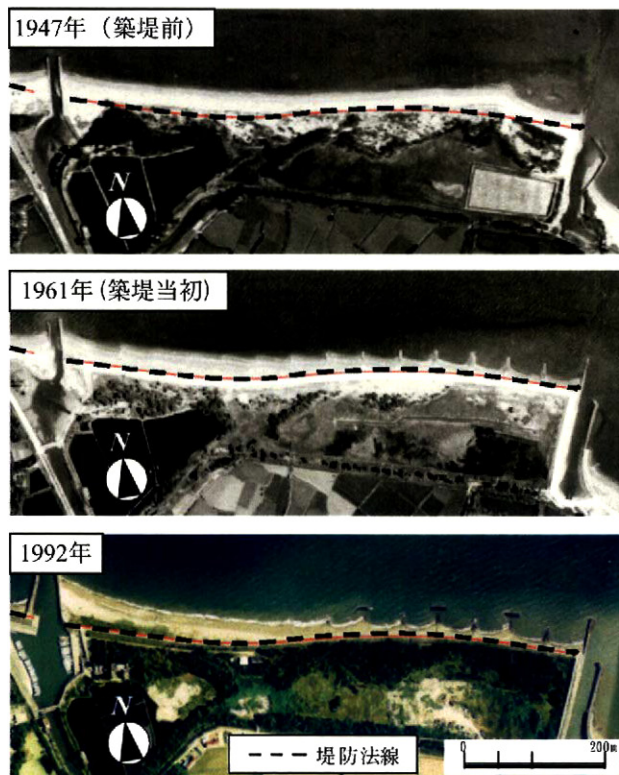


図-3 海岸線の変遷
（法線変更前，国土地理院撮影，点線：堤防法線）

1947年（昭和22年）～2002年（平成16年）までの空中写真による汀線変化解析結果を図-4に示す。図-4から、No. 19～20区間は、若干の侵食傾向にあり、2002年（平成16年）ではほぼ浜幅がない状態（浜幅10m以下）まで侵食されている。ただし、汀線変動量としては10m程度で留まっており、継続して侵食が進行する傾向ではなく、汀線位置はほぼ安定している。一部に汀線の前進が見られるのは短突堤と離岸堤の影響と考えられる。No. 18～19間は離岸堤により一部汀線の前進が見られ変動している。下御糸漁港～No. 18間は年により堆積傾向と侵食傾向が見られるが、これは伊勢湾西南海岸の季節的な波浪特性により漂砂の卓越方向が西向き・東向きで変化しているためと考えられる。

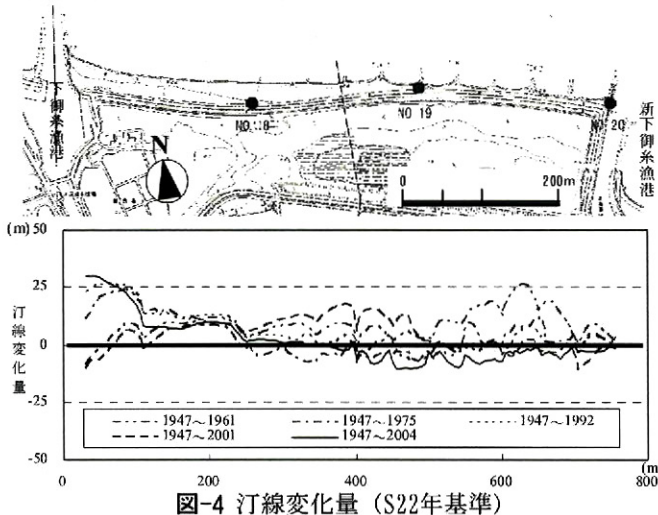


図-4 汀線変化量（S22年基準）

伊勢湾西南海岸における既往調査結果から、判明している北藤原工区の漂砂動向を図-5に示す。伊勢湾西南海岸では、E～ENEの波が卓越している。この波は海底地形により屈折し北藤原工区沿岸部ではほぼ汀線に垂直な波向となるが、やや汀線に対して東に傾いて到達するため、長期的には東から西への漂砂が卓越する。しかし、冬期にはN方向の波も発達することから、沿岸漂砂の動向は季節により変動する。通常の来襲波浪は波高50cm以下が80%以上を占め、非常に小さいことから、沿岸漂砂の絶対量は少なく、両端を漁港（下御糸漁港、新下御糸漁港）で囲まれていることから、この区域内で収支しているものと考えられる。

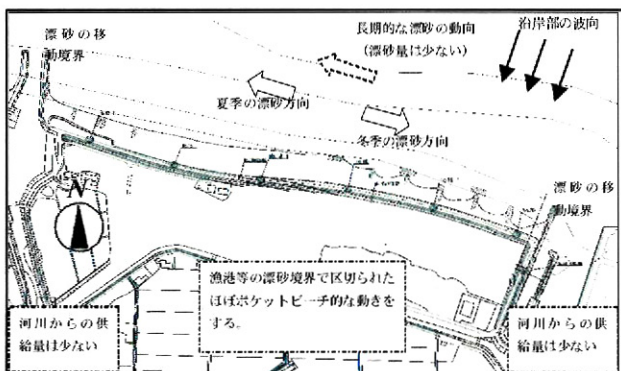


図-5 北藤原工区漂砂機構概要

(2) 砂浜幅と打上高

高潮に対する防護性能を評価するため、計画波浪に対する打上高および越波流量の評価を行った。砂浜幅と打上高の関係を図-6に示す。その結果、砂浜幅が狭い箇所ほど打上高が大きくなる結果となり、養浜工で高潮対策を行う場合、必要浜幅は40mとなった。なお、高潮対策として、離岸堤や人工リーフが考えられたが、海苔網等の海面利用から、沖合施設は検討対象から除外した。

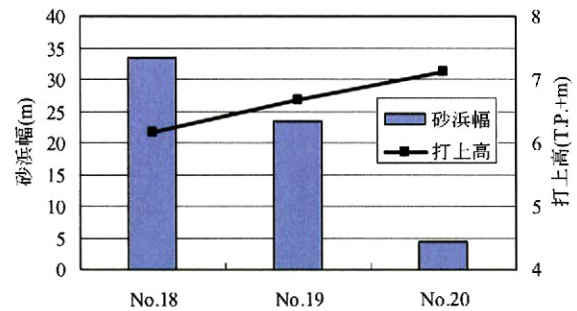


図-6 砂浜幅（平成13年）と打上高の関係

(3) 砂浜幅と老朽度

伊勢湾西南海岸は築堤から50年以上が経過し、老朽化が進んでおり、直轄化後、堤防の老朽度判定とその対策に取り組んでいる（藤田ら、2002）。既往老朽度判定結果から、砂浜幅のある①工区の堤防はクラック等も少なく比較的健全であるのに対して、浜幅が狭い②工区は、基礎工の変状が大きく、老朽度が高い状態となった。従って、砂浜幅が老朽度に対しても大きく影響していることが考えられた。

(4) その他の評価

a) 耐震評価

液状化判定およびレベル1地震動に対する安定性照査（円弧滑り）を行った。その結果工区東側の②工区No. 19-1～終点までが要耐震対策区間となった。

b) 環境・利用特性

②工区（No. 19～No. 20間）の堤防前面は、砂浜に石が散らばる伊勢湾西南海岸の中でも特殊な環境となっており、天然の潮干狩り場として、春期には、多くの人が潮干狩りに訪れる。また、海域は、No. 19～No. 20間にガラモ、アオサ、アマモの藻場も確認されているほか、工区全域にクロノリと採貝（アサリ）の漁業権が設定されている。

堤防背後は、繁茂状況にむらがあるものの、松林となっており、保安林に指定されている（図-2）。

c) 地域意見等

伊勢湾西南海岸では、海岸事業にかかる合意を図るため、平成14年より「明日の伊勢湾西南海岸を考える懇談会」（以下、懇談会と呼ぶ）を設置し、地域住民との対話を続けている（著者ら、2004）。この懇談会においては、現状の海浜環境を維持してほしいという意見が得られており、この意見に十分配慮した対策工を立案する必要がある。

2. 対策工の選定

現況海岸の評価結果から、砂浜幅が海岸保全性能を規定しており、その発端は築堤当初の堤防法線の設置位置に起因していると考えられた。そこで、堤防法線の変更も視野に入れて対策工の選定を行うこととした。

(1) 砂浜幅の広い区間（①工区）

現況海岸の評価から、①工区は十分な砂浜幅があり、耐震対策、高潮・侵食対策上比較的安全で、かつ海岸堤防も健全であることが明らかになった。そのため、既設堤防を活かした補修を行うこととした。

(2) 砂浜幅が狭い区間（②工区）

②工区は、砂浜幅が狭く、堤体の老朽化も進んでいることから、抜本的な改修が必要となった。空中写真等による汀線変化の解析から②工区は、①工区と比較して堤防法線が海側に設置されており、堤防

築造当初より浜幅が狭く、その後さらに浜幅が狭くなったことが明らかとなった（図-3、図-4）。そこで、A「既設堤防を補修して、養浜で高潮対策を行う案」、B「既設堤防背後に新設堤防を築造し、新たな前浜を作ることで高潮対策を行う案」で比較検討を行った。表-2に対策工比較表を示す。これから、現況の環境・利用が保全可能で経済的にも優れるB案を選定し、既設堤防背後に新設堤防を築造し、新たな前浜を創出することとなった。

なお、表-2の概算工事費には、背後地の用地買収費用は含んでいない（「3. 事業実施上の課題」参照）。また、B案は新堤築造にあたり、背後地の保安林を伐採する必要があるため、環境面でマイナス要素も考えられた。しかし、引堤部背後地は低地となっており、同じ松林でも松枯れが多く発生していること、A案の既設堤防を補修した場合でも耐震対策のため、背後松林の伐採が必要となることから、環境面はA案・B案で同等と評価し、B案を選定した。

表-2 対策工比較表

項目	A案（既設堤防を補修して、養浜で高潮対策を行う案）	B案（既設堤防背後に新設堤防を築造し、新たな前浜を作ることで高潮対策を行う案）
平面図		
断面図		
対策概要	堤防法線は現況とし、高潮対策として養浜工を行う案。養浜工の安定を図るため突堤を設置する。また、耐震対策として地盤改良を行う。老朽化対策としては、法面補修を実施する。	堤防法線は、高潮対策上必要な分だけ陸側へ移動させ、引き堤とした案。耐震対策として地盤改良を行う。
概算工事費	比率（1.0） ※A案を1とした場合の比率	比率（0.7） ※A案を1とした場合の比率
評価	防 護：○ 環 境：△（前面の藻場が失われる。背後保安林の伐採範囲はB案より少ない。） 利 用：×（天然の潮干狩り場が失われる。） 経済性：×（B案より高価である。）	防 護：○ 環 境：○（前面の藻場の保全が可能である。背後保安林は引堤後の再生が可能である。） 利 用：○（天然の潮干狩り場が保全できる。） 経済性：○（A案より安価である。）

3. 事業実施上の課題

選定した「既設堤防背後に新設堤防を築造し、新たな前浜を作ること高潮対策を行う案」で事業を実際に進めるにあたっては、「背後地の確保」や「引堤と国土保全」に対する説明、「関係者との合意形成」や実際の「旧堤撤去範囲」等の課題があった。それらの課題への対処について以下に述べる。

(1) 背後地（引堤用地）の確保

既設堤防背後に新設堤防を築造し、新たな前浜を造ること高潮対策を行う案を実施するにあたって、引堤に必要な背後用地の確保と保安林解除を行う必要があった。

背後地用地の確保については、背後地は背後住民の共同所有地であり、当時は全く使用されていない状態であった。また、背後の松林は、松枯れが進んでおり、不法投棄によるゴミが多く、良い環境ではなかった。そこで、町と住民でこれを契機に適正に維持していく合意形成を行うことで、必要な用地を買収することができた。

保安林解除については、県関係者に対し、本事業の必要性を十分説明し、理解してもらうことで保安林解除することができた。

(2) 引堤と国土保全

従来、海岸堤防の法線を陸側へ引くことは、すなわち国土を失うことになるという考えにつながることから、堤防法線の変更（引堤）にはなかなか理解が得にくい。しかし、本事業では、築堤当時に立ち戻り、元々の汀線を考えた場合、堤防法線を現在の位置より陸側にすべきであったとの認識に立ち、説明を行った。また、老朽化による堤防更新を機に、堤防法線を変更（引堤）する方が合理的であるということを経験的に説明することが事業に対する理解につながった。

(3) 関係者との合意形成

伊勢湾西南海岸事業は、全体計画の修正にあたり、平成14年に背後地の行政機関の長と学識経験者からなる「懇談会」と地域住民・環境団体代表等からなる「地域懇談会」を設置し、現在に至るまで、海岸事業についての対話を進めている。堤防法線の変更（引堤）にあたっては、行政・学識経験者・環境団体代表・地域住民それぞれに意見を聴き、合意を得ていた。これらの対話の過程があって初めて、関係者が一体となった事業推進が行えたといえる。

(4) 旧堤撤去範囲

旧堤は、新設堤防設置後もある程度防護機能を有しており、防護面からのみ考えれば、部分的に残置した方が当該海岸の防護性能は高いと考えられる。一方、対象海岸は、アカウミガメ等の産卵や潮干狩

り利用があり、環境・利用の観点から考えれば旧堤は撤去が望ましい。そこで、防護・環境・利用の観点から旧堤撤去範囲の検討を行った。旧堤撤去範囲検討にかかる留意事項は表-3の通りである。

表-3 旧堤撤去範囲検討の留意事項

	撤去範囲	
	断面範囲	平面範囲
防護面	・高潮対策（打上高低減） ・旧堤残置部分の消波効果 ・「」根固工効果 ・旧堤・新堤間土砂の砂止め堤効果	・水路部堤防残置による突堤（侵食抑制）効果
環境面	・アカウミガメへの配慮（上陸・産卵可能な浜幅・勾配・後浜高の確保等） ・前面藻場への土砂流出阻止効果	・アカウミガメへの配慮 ・植栽区域の確保
利用面	・前面藻場への土砂流出阻止効果 ・新堤からの海浜へのアクセス性への配慮	・駐車スペースの確保

a) 堤防撤去後の汀線変化

堤防汀線撤去後の汀線変化について等深線変化モデルで予測を行った。等深線変化モデルの検討条件を表-4に示す。また、等深線モデルによる汀線再現状況を図-7に、将来予測結果を図-8に示す。50年後の長期予測計算を行った結果、CASE2、3では顕著な汀線後退が見られない結果となった。しかし、CASE1では、東側の突堤機能がなくなることから、汀線が後退することになった。

表-4 等深線変化モデル検討条件

項目	検討条件	備考
計算範囲	沿岸方向1,000(m) 岸沖方向2,000(m)	—
対象等深線	T.P.+2~-3(m)	断面地形変化より設定
格子間隔	$\Delta x=10(m)$	—
海底勾配	1/30	平均勾配
境界条件	沿岸土砂流入出なし	両端の漁港により遮断と仮定
漂砂量係数	$K_1=0.77, K_2=1.62$	検証値
波浪条件	エネルギー平均波	—
検討ケース（旧堤撤去範囲）	CASE1：全て撤去 CASE2：水路部残置 CASE3：L型に残置	—

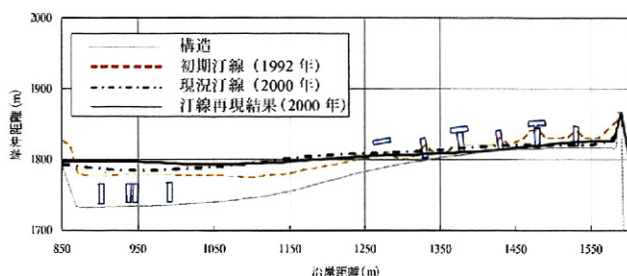


図-7 等深線変化モデルによる再現計算結果
(1992～2000)

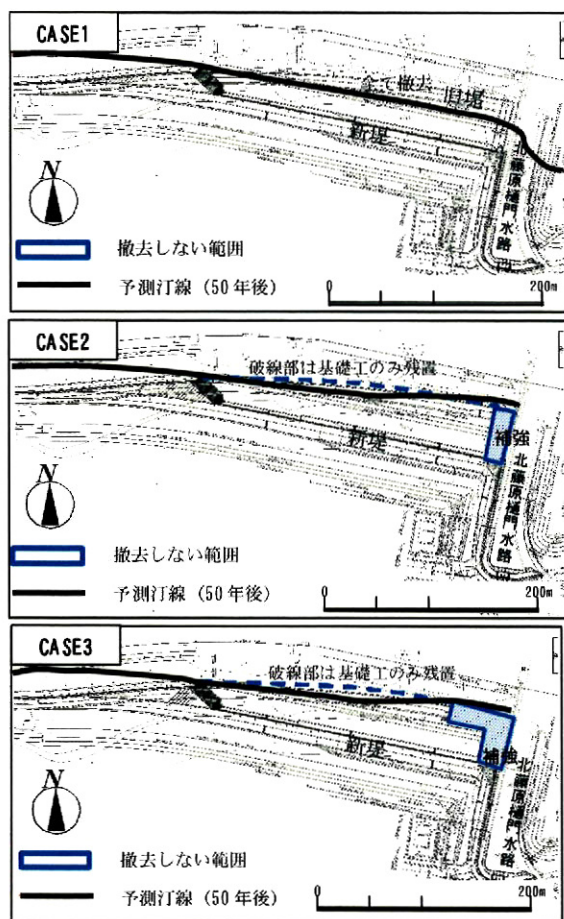


図-8 等深線変化モデルによる将来予測結果 (50年後)

b) 平面撤去範囲

等深線変化モデルによる将来予測では、北藤原樋門水路部において導流堤・突堤として機能している堤防については、海浜の安定上重要であるとの結果となった(図-8, CASE1)。そのため、既設堤防のうち北藤原樋門導流堤部は残すこととした。

また、残置する形状としては、残置形状の異なるCASE2, 3で大きく変わらない将来予測結果が得られた。旧堤撤去区間は、ほぼ砂浜がなく、北藤原工区の中でも特に堤防に波が直接当たる水衝部であり、侵食が懸念される箇所である。従って、わずかでもより安定的な汀線が得られるL字型に堤防を残すこととした(図-8, CASE3)。

c) 断面撤去範囲

等深線変化モデルによる将来予測(CASE2, 3)では、全断面撤去した場合でも長期的には著しい侵食が生じない結果となった。しかし、台風等の短期間の侵食により、一時的に著しい侵食が発生する可能性があることから、旧堤は基礎工より上部分を撤去することとし、基礎工は残置することとした。

環境面では、基礎工天端面(T.P.+0.5m)はアカウミガメの産卵床(朔望平均満潮位(T.P.+0.85m)以上)より下であり、後浜幅(後浜高 T.P.+2.0m)も十分確保されているため、基礎工天端面が砂面下にある状態では残置は問題ないと考えられた。

また、利用面への配慮として、旧堤撤去端部に階段を設置することとした。

4. 現在の状況と今後の課題

図-9 に現在の海浜の斜め空中写真を示す。平成21年度現在、堤防新設工事および旧堤撤去工事が完了しており、新たな海浜が創出されつつある。

新たな海浜が創出されたことで、今後、海岸の生物相や海岸利用者の意識についても変化があると考えられることから、新たな海浜の効果と変化については、モニタリングを行っていくことが望まれる。



図-9 創出された海浜
(平成21年施工後、三重河川国道事務所撮影)

謝辞

本論文をまとめるにあたり、国土交通省中部地方整備局三重河川国道事務所には資料の提供、および多大なるご指導を頂いた。ここに深く謝意を表する。また、事業実施にあたり尽力された当時の事業執行担当者であった田中茂信氏、田中浩充氏両氏にここに深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 藤田光一, 中村瑛佳, 山本剛, 田中浩充, 鳥居謙一, 野口賢二: 伊勢湾西南海岸における堤防老朽度評価, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.911-915. 2002
- 2) 永澤 豪, 石河雅典, 熊谷健蔵, 嶋田宏, 田中茂信, 田中浩充: 地域意見を反映した海岸保全計画の策定, 海洋開発論文集, 第20巻, pp.461-466. 2004