

学際学科における海岸実習 -お台場人工海浜の自然的・社会的仕組みを学ぶ-

A TRIAL OF FIELD EDUCATION FOR UNDERGRADUATE STUDENTS
IN MULTI-DISCIPLINARY SCIENCES TO LEARN NATURAL
AND SOCIAL SYSTEMS OF ARTIFICIAL BEACH IN ODAIBA PARK

清野聡子¹・渡辺宗介²・萩谷 宏³・池内幸介²・猪内 学²・木村 幸²・
峠井正雄²・外山 大²・松本泰輔²・宇多高明⁴・石川仁憲⁵

Satoquo SEINO, Shusuke WATANABE, Hiroshi HAGIYA, Kosuke IKEUCHI, Manabu INOUCHI,
Osamu KIMURA, Masao TAOI, Hiroshi TOYAMA, Taisuke MATSUMOTO, Takaaki UDA and
Toshinori ISHIKAWA

¹ 正会員 農修 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学科 (〒153-8902 東京都目黒区 3-8-1)

² 東京大学教養学部広域システム科学科 (同上)

³ 理修 巣鴨高校 (〒170-0012 東京都豊島区上池袋 1-21-1)

⁴ 正会員 工博 建設省土木研究所河川部長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1)

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

In the university education, acquirement of the proper judging ability of the adequate natural and social systems on the basis of the enough knowledge and philosophy is important. Artificial beach in the city is an adequate site for education to realize techniques to create artificial environment. A trial of field education for undergraduate students in multi-disciplinary sciences was conducted in Odaiba Park in Tokyo Port. Students carried out field observation and beach survey by themselves as well as analysis of beach materials. Conditions of this artificial beach were compared with that of natural beaches. Various issues associated with planning of the beach park were discussed through the young users' eyes.

Key words: Education, artificial beach, Odaiba Park, littoral drift, grain size analysis, mineral analysis

1. まえがき

学際学科である東京大学教養学部広域システム科学科では、総合的視野を持った人材養成を重視しており、そのため分野横断的なテーマを設定して実験・実習を行っている。自然システムの理解には、人為的改変が行われていない自然状態と、人工的に創出された都市型の自然の両者を比較しつつ調べるのが有効である。とりわけ、海岸を対象とした自然システムの検討は、様々な自然現象が観察できること、人間活動と自然との相互関係がわかりやすい場所であることから学生実習の上で適切なフィールドと考えられる。本学科の実験・実習では、年度前半に火山島(伊豆諸島三宅島)をフィールドとした実習を行っている。火山島は、海陸インターフェースのモデルとして、地学(岩石学・鉱物学・地形学)、地球化学、生態学(植物・動物/陸上・海岸)の基礎調査に適している。実習では、各個別分野の視点に

のみ限定されることなく、要素の相互関係の理解に留意し、それらの総合的見方を学ぶことに主眼を置いている。具体例としては、火山噴出物の年代と植生遷移の状態、外洋島沿岸生物の打ち上げ生物相と海岸地形の対応などである。年度後半は室内実験を主とするが、野外での採集試料を分析したり、観測値の処理と解析を行う。火山島実習では自然海岸の観察を行ったが、後期には人工的自然を対象とした実習を行った。大都市東京周辺において海に係わる自然を観察するには、遠距離の自然度の高い場所へ出かけないと不可能と思われるが、実際には観察対象は近くに数多くある。例えば、東京湾奥部のお台場海浜公園には人工的自然があり、これもまた現代日本人の身近な自然であることを、教育側も再認識すべきと考える。実習生は人工海浜をよく利用する世代で、かつ将来的には市民あるいは職業人として海岸保全に関する意思決定に参加する可能性もある。よって、人工的自然の見方、都市計画における海岸の位置づ

けなどを実習により学ぶことは有意義と考えられる。本論文は、海岸実習サイトとして、お台場人工海浜を選定した場合の、学際学科における海岸実習のあり方について考察するものである。

2. お台場海浜公園における海岸実習の方法

海岸実習では、学生がプロジェクトチームをつくり、調査計画、現地踏査、測量、データ整理、議論に4日間を費やした。1日目には現場の概要を把握するために、海浜公園全体を踏査し、人工海浜の地形、護岸・防波堤状況、越波・侵食状況、海浜公園の利用状況を調べた。また写真・ビデオ撮影とともに、汀線測量や粒度分析資料の採取を行った。2日目には、教室で空中写真など既存資料の分析と、1日目に取得したデータの整理と図化を行った。それに基づき、海浜公園の建設後9年間の変化についての議論を行い、海浜変形機構の理解を深めた。また潮位・波浪・気象データの取得方法や、ネットワークによるデジタルデータの閲覧方法も学んだ。教室では、ネット上で海上保安庁から入手した東京港の潮位データをもとに、測量時の潮位を基準とした海浜の標高を求めた。3日目には再び現地観測を行った。レベル・スタッフによる地形測量を行い、粒度分析資料を追加採集した。4日目には、地形測量データの整理を行った。粒度分析と同時に実体顕微鏡による砂粒の観察および鉱物分析を行った。以上のように、観測に2日、解析と議論に2日という非常に短い実習時間の中で、多方面の見方を一通り学び、かつ一定の成果を出すことを目標に定めた。

今回幸運なことに、お台場実習の事前調査において、沿岸漂砂が遮断された場合生じる地形変化の機構を小さいスケールではあるが観測可能な状況が生じた。すなわち、お台場海浜公園の汀線と直角方向に突堤状の施設が設置され、それが沿岸漂砂移動を阻止する現象が見られたことから、その周辺が海浜変形機構を理解する上で格好の調査対象となった。

3. 汀線および海浜縦断形の測量

汀線測量は、1999年1月12日の16:00～17:00に行った。まず、背後地の道路と平行に基準線を設定し、この基準線から21地点において汀線までの距離を測定した。測量には1時間を要したが、その間にも潮位変化があり、それによる汀線変動が認められた。このため、潮位補正を行った。1月19日には海浜縦断形の測量を行ったが、この時の潮位はD.L.235cmであった。一方、1月12日の16:00の潮位は187cmであったので、1月19日の測量から得られた縦断形より、D.L.187cm付近の海浜勾配を求め、これをもとに汀線位置の補正を行った。

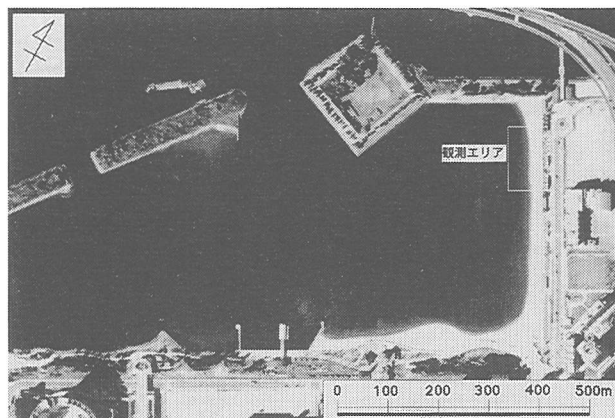


写真-1 観測区域の空中写真 (1996年)

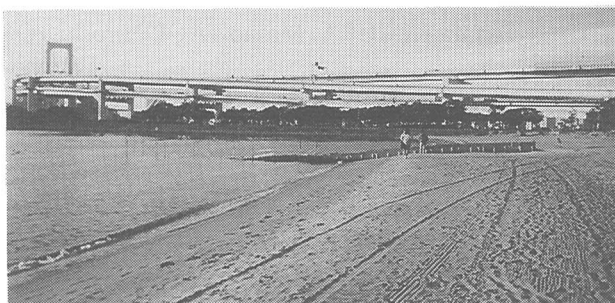


写真-2 実験区域の状況写真

4. 写真による現地状況の把握

1996年撮影の空中写真を写真-1に示す。写真上部の正形状の区域がお台場である。写真-1で白く見えるように、お台場海浜公園の砂浜は半島状に突き出たお台場に囲まれた区域の南側(A区間)と東側(B区間)にあり、A区間とB区間の総延長は約750mである。本研究の調査域は、写真に示すようにB区間の北端部から南に50～180mの区間である。その中央部には、3枚の板柵が設置され、養浜砂の波による岸沖移動状況の調査が行われていた。ここでは、これらの板柵の設置に伴う沿岸漂砂の阻止に起因する海浜変形を調べることも実習目的の一つとした。写真-1に示すように水域は西側に広がっているために、この区域での作用波は主として西側から作用する。このためA区間では東向きの沿岸漂砂によってかなり著しい地形変化が生じているが、B区間ではほぼ波が直角入射している。しかし水域が南側ほど広くなること、またお台場が波の遮蔽効果を有することの2点から、東部汀線では全体としてやや北上する方向の沿岸漂砂が生じている。このような沿岸漂砂があるために板柵周辺に明瞭な地形変化が観察された。

写真-2は、1月12日に実験区域を南側から撮影したものである。写真中央に見えるように、汀線と直交方向に板柵が設置されている。その状況を拡大して示すのが写真-3である。写真-2,3のように、板柵の手前側とその先の汀線を比較すると、板柵の手前側では汀線が突出し、



写真-3 板柵の設置状況

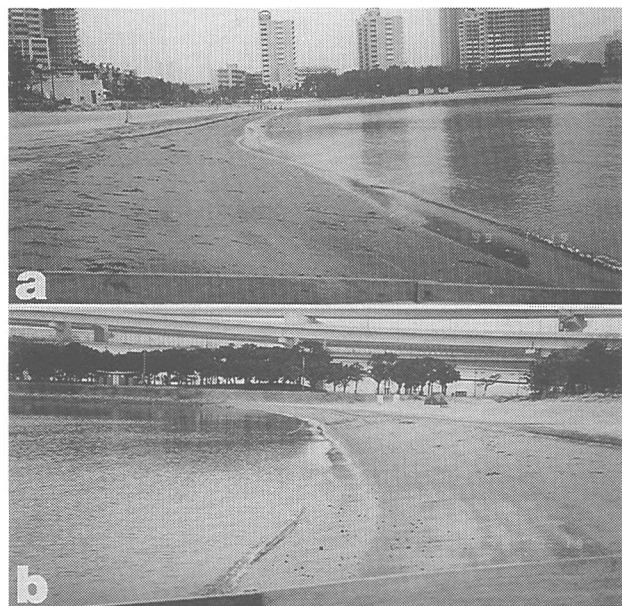


写真-4 板柵間の一地点から同じ撮影高さを保ちつつ方向を反転して撮影した海浜状況 (南側 (a), 北側 (b))

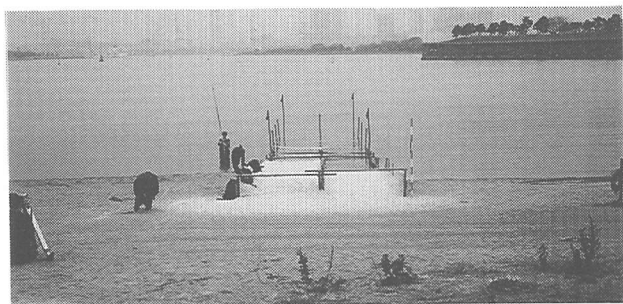


写真-5 板柵の間の白い養浜砂

板柵より先の汀線は凹状になっている。また、板柵の手前側では前浜に緩やかに土砂が堆積し、バームが形成されていることがわかる。さらに、板柵を挟んだ汀線の非対称性を調べるために、板柵の間の地点において、カメラの撮影高さは同一にしたまま、撮影方向を180°転回して写真撮影を行ったのが写真-4a,bである。aは板柵の南側を、bは北側を望んでいる。これによれば、aでは板柵に接近すると急激に汀線が前進すること、それに対して、bでは緩やかに湾曲して凹状の汀線となっていることがわかる。写真-5は板柵背後での地形測量状況と、板柵間に設置されていた養浜砂の状況である。板柵の間には白い砂が設置されていたが、これは実験地の説明パネ

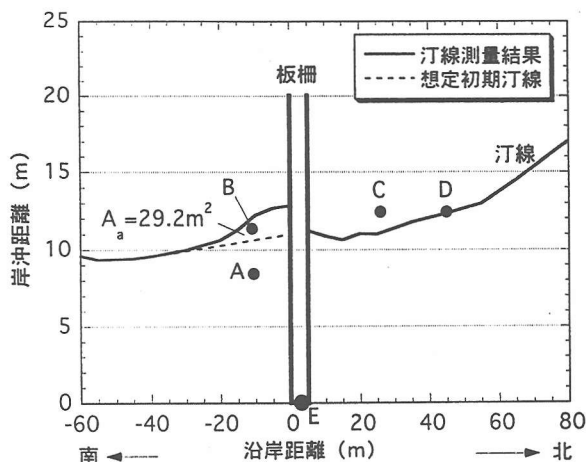


図-1 汀線形状 (1999年1月12日測量)

ルによれば、養浜砂の安定性を調べるのが目的とされていた。

5. 海浜変形特性

(1) 汀線の場所的变化

図-1は、1999年1月12日の汀線測量から得られた汀線形状である。図示するように中央部には板柵が設置されている。板柵は不透過性であり、突堤と同様な沿岸漂砂阻止効果を有している。板柵の南側では汀線が板柵に接近するほど前進し、逆に北側では汀線が凹状になっている。このような汀線形状より、この地点において明らかに北向きの沿岸漂砂が卓越していることがわかる。

(2) 海浜縦断形の変化

図-2は海浜縦断面形の比較図である。板柵を挟んで左右の海浜地形の相違を明らかにするために、板柵の両端から同距離にある測線の縦断形を重ね書きしている。陸上部で一部重なりを示さない部分もあるが、大部分の測線の縦断形は非常によい重なりを示しており、北側の測線では鉛直上方に凹状の、また南側の測線では凸状のプロファイルになっている。南側ではいずれの測線でもバームの発達が見られる。図示する縦断形の変化は、沿岸漂砂による地形変化の典型例を示しており、波のうねり限界 h_R が約0.35m、波による地形変化の限界水深 h_c が約0.8mである。宇多¹⁾は h_c の全国実態を明らかにしており、これによれば、外海・外洋に面した海岸での h_c は約10mである。したがって、 h_c の比較では、外海・外洋に面した海岸の約1/12縮尺の現象を観察していることになる。高波浪の作用する現地海岸では、簡単な測量によって海浜地形を測定することは不可能であるが、ここでは簡単な測量によって価値ある現地データの取得が可能になった。

図-2において、0m地点では明らかに波の作用を受けていない場所まで地形変化が見られるので省略し、2～

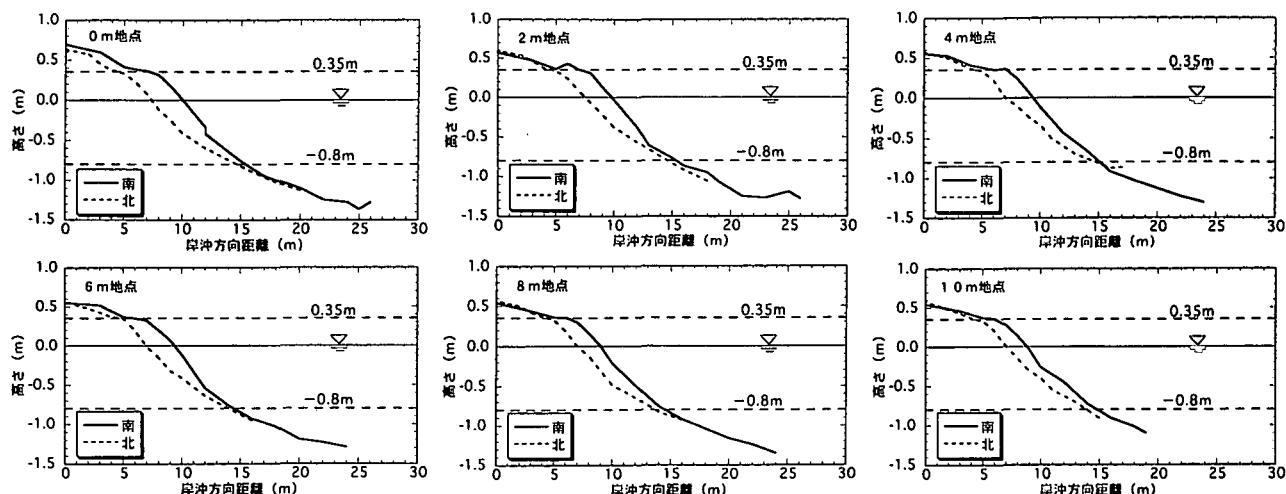


図-2 海浜縦断形の比較

表-1 海浜断面積と汀線変化量の一覧

地点	ΔA (m ²)	Δy (m)	$\Delta A / \Delta y$ (m)
2m	2.07	2.28	0.91
4m	2.04	2.39	0.85
6m	1.92	2.56	0.75
8m	1.84	2.00	0.92
10m	1.70	1.76	0.97
			平均値=0.88m

10m地点の5断面の縦断形より、海浜断面積の変化量 ΔA と汀線変化量 Δy を読み取ると表-1となる。ここに ΔA は波の作用による変化と考えられる $h_R = 0.35 \sim h_c = -0.80\text{m}$ の鉛直範囲を対象に算出した。表-1には ΔA と Δy の比も示しているが、これらの比は平均で0.88mとなる。この比は漂砂の移動高に等しいので、移動高は平均で0.88mと得られる。図-1に示した汀線形状によれば、板柵の南側では板柵に接近するほど汀線が沖に突出している。板柵が設置される以前の汀線は写真-1によれば沿岸方向になだらかに伸びていた。したがって図-1において、板柵の南側で直線的な汀線を板柵に向かって外挿することが可能であろう。図-1にはその線を破線で記入してある。破線と実線に挟まれた範囲は、板柵の設置に伴って沿岸漂砂が阻止され、それによって汀線が前進した区域と見られる。この面積を求めると、 $S = 29.2\text{m}^2$ となる。一方、漂砂の移動高はすでに0.88mと求められているので、この値を汀線の前進面積 29.2m^2 に乘じると、堆積土砂量は 25.6m^3 となる。板柵はほぼ10月中旬に設置されたのに対し、実習が行われたのは1月中旬である。したがって経過期間は約3ヶ月となる。そこで、上述の推定堆積土砂量を期間長で除し、年間の漂砂量を算出すれば、沿岸漂砂量は $102\text{m}^3/\text{yr}$ となる。宇多¹⁾は、波による地形変化の限界水深 h_c (m)と沿岸漂砂量 Q (m^3/yr)の間に次式が成立することを示した。

$$Q = 780 \cdot h_c^{5/2} \quad (1)$$

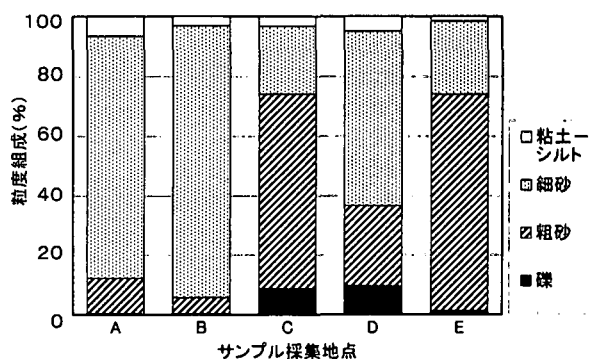


図-3 海浜材料の粒度分析結果

お台場海浜公園では、 h_c が0.8mと得られているので、この値を式(1)へ代入すると、 $Q=450\text{m}^3/\text{yr}$ となる。先に海浜地形から推定した値は、この値とオーダー的に等しい。このことから推定値はオーダー的に見ればほぼ妥当であったと考えられる。

6. 海浜材料の粒度・鉱物分析

海浜材料の粒度分析結果を図-3に示す。多くの地点でサンプリングを行ったが、ここでは図-1にA～Eで示す地点の粒度分析の結果を示す。板柵の南側に位置する測点A、Bではよく似た粒度特性を示し、細砂より細かい粒径がほとんどを占める。測点Aは十分陸側に位置するために、波による淘汰作用を受けることのない、養浜時そのままの特徴を示しているが、これと汀線前進部に位置する測点Bでの粒度特性が同一である点は、沿岸漂砂によって北向きに運ばれてきた砂は、波による淘汰作用を受けていない養浜砂と同一であったことを意味している。これらに対して板柵の北側に位置する測点C、Dでは礫分の含有率が著しく高まっている。また板柵に近い測点CではDより粗砂の含有率が著しく高い。これらは板柵によって北向きの沿岸漂砂の移動が阻止される一方、北向きの沿岸漂砂がこの区域から流出する際、表層の細粒分が流出し粗粒分が残されたためと考えられる。

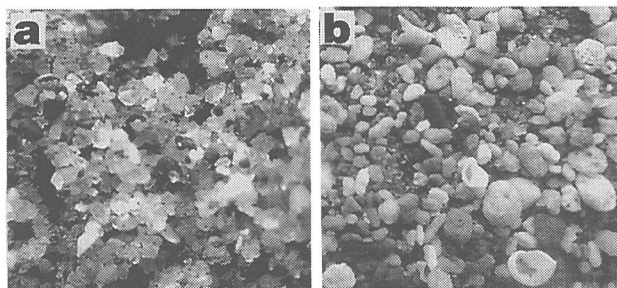


写真-6 海浜材料の拡大写真

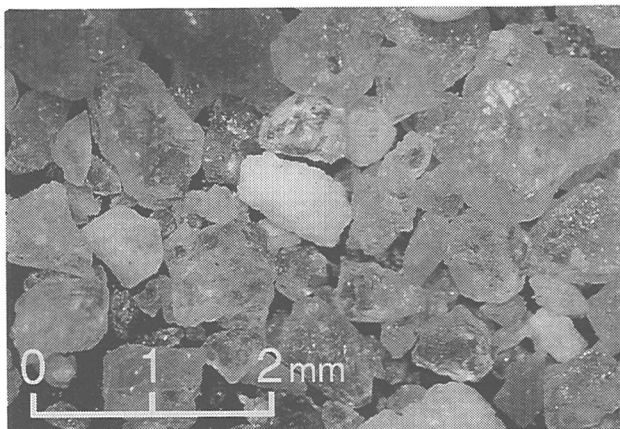


写真-7 養浜実験砂の拡大写真

板柵間に位置する測点Eは実験中の養浜材料であるが、これは測点A,Bよりもむしろ測点Cに近いものであったことが分かる。

海浜材料の鉱物分析結果は以下の通りである。お台場人工海浜の表層の試料(試料α)と、背後地の道路脇に残置してあった白砂(試料β)を採集した。背後地より資料を採取したのは、実験区域内で直接サンプリングをできなかったためである。実体顕微鏡でこれらの鉱物の観察を行った。

写真-6a,bに示す試料αは、中粒の比較的淘汰のよい砂粒であり、その構成粒子は、石英、斜長石、カリ長石、岩片、生物片、輝石などである。石英は中程度の円磨度(subangularからsubrounded)を示し、クリアーな見かけをしていた。長石類の中には、花崗岩由来のカリ長石と、火山噴出物の斑晶由来と思われる自形性の強い斜長石が識別できた。輝石類には、斜方輝石および単斜輝石が少量見いだされた。その他、磁鉄鉱、黒雲母などがあったが、角閃石は見いだされなかった。岩片には、主に安山岩質と思われる火山岩片、および中・古生層由来の堆積岩片が識別できた。多結晶石英も少量見られ、変成岩あるいはチャート、石英脈などが起源であると思われる。これらの情報を総合すると、碎屑粒子には主に2種類の起源が考えられる。花崗岩および中・古生層の分布域からの碎屑粒子と、第三紀層または第四紀火山の火山岩および降下堆積物由来の粒子である。この点より、試料αの海浜材料は関東平野～房総半島のどこかで採取された可能性、古東京湾の堆積物あるいは現在の海浜の海砂であるとの可能性が示唆された。その他に軽石、石

灰質の生物遺骸片が含まれ(写真-6b)、これらの粒子は、現地で追加された可能性も考えられる。

一方、写真-7に示す試料βは粗粒の花崗岩質砂岩であった。粒子は角張っており、円磨の程度はきわめて低かった。淘汰はやや悪く、石英、斜長石、カリ長石を主として、少量の角閃石、黒雲母を含み、いわゆるマサに近い。石英の表面には貝殻状断口を示す破断面が目立ち、長石も劈開片が目立った。よって、天然のマサというよりも、人工的に破碎された可能性が示唆された。以上の鉱物分析から、試料βの養浜材料が本来東京湾奥部に堆積することがあり得ない鉱物粒子からなること、また、天然の海岸砂と比較して摩耗度が低く、自然海岸には見られない山砂であることが明らかになった。

7. 海岸に関する情報リテラシー

日本の海岸に関する情報へのアクセスを調べた。今回の観測の考察を行うために必要な潮位(1)・波浪(2)・風向風速(3)のデータ、空中写真(4)に関して行った。これによれば、事前に予想値が公表されているもの(1潮見表)、ネットワーク経由で実測値がリアルタイムにデジタルデータで入手可能なもの(1, 2海上保安庁のホームページ)と、許諾や手続きが必要で入手に時間がかかるもの(2気象庁, 3国土地理院)に分かれることがわかった。データ毎の公表の即時性、サービス方法、課金システムの差異については、データの特長、各機関の財政基盤、従来の経緯と関係づけて議論した。さらに、海外の同種の機関としてNOAA(米国大洋気象局)のサイトも閲覧し、海洋情報の国際的な公表や利用の状況、一般普及の国際比較を行った。学生・研究者・市民としての「海岸情報リテラシー(海岸に関する情報を取得し、理解し、活用する能力)」のあり方に関して議論を行った。

- ・国家的機関でこれだけの重要な情報が取得、蓄積、公開されているが、学生や研究者も十分活用していない可能性があるのではないか。

- ・今後海岸法が改正され、市民が海岸の計画や維持管理に参加する場合に、基本的な海岸に関する情報リテラシーが不可欠である。

- ・公共的な観測データについて、国や組織によって公表状況にばらつきがある。今後、GISやネットワークを援用して、省力化や情報の統合化が可能になるのではないかと。

また学生の情報リテラシーを海岸の観測や解析作業に活用して、プロジェクトチームとしての作業推進と効率化を図った。海岸の観測値や粒度分析の結果を即時的にデータ処理して、次回へのフィードバックに役立てた。また、実習後のレポート作成では、顔をあわせた議論のあとに、ホームページ上にデータや考察を各自掲載

し、それを集約する方法をとった。この過程は、チーム研究や遠隔地間の共同作業の問題点を体験する教育効果もあったと考えられる。

8. 考察

この実習では、人工海浜とは利用者の理想的海岸像を創出するという社会的要請の結果であることが論じられた。若者自身の体験から話題提供を受け、都市内の海岸に対する多様な価値観の表現を自然条件とどのように調和させていくかが最終的な議論となった。このように広範な視点からの議論を伴う実習は、単なる測量実習ではない。人工海浜の設計思想・利用状況や管理、および長期的な社会的コストについて多面的な議論を行うことによって、人工的自然の面白さ、他の海岸との比較を通じた漂砂現象の普遍性の理解を進めることができた。このように身近な自然での実測を伴う実習は、海浜の計画側、使用者側双方のロジックの理解が可能な人材の養成に役立つと考えられる。

本実習では、海浜変形現象、それも現地海岸でよく見られる沿岸漂砂の阻止に起因する現象を楽しみながら学び、海浜変形についての議論を通じてそのメカニズムについて多少なりとも理解できる人材の育成に役だったと考えられる。お台場海浜公園は代表的な人工海岸であるが、利用者の要望を予想して都会に砂浜が造成され、湾岸地域の活性化につながることを期待して造成されたものであると考えられる。その場合、利用者として最多年齢層と考えられる20代の若者の要望が具現化したのが、この人工海岸であるという見方もできる。

また、身近な自然の見方を専門性の一端に触れながら

学ぶことにより、利用者として訪れても、その環境により強い興味を持ちつづけることが可能となろう。ひいては、そういった日常時の興味が、自然観・社会観・技術観を左右すると考えられる。今後の海岸においては、環境創造や環境修復などの大規模な公共事業が行われる可能性が大きい。そのような現地の自然と社会の双方のシステムを勘案した最適解を求める意思決定の際には、十分な知識と情報と哲学をもった人が多く参加することが不可欠と考える。

謝辞:海浜実習を進めるに際しては東京大学教養学部広域システム科学科の諸先生方に激励とアドバイスを頂戴し、このような試行を激励していただいた。また観測データや図面の整理などにおいて、海岸研究室(有)の芹沢真澄、三波俊郎氏にお世話になった。また全日本潜水連盟の須賀次郎、小久保英一郎の両氏には、お台場海浜公園の潜水によるクリーニング活動からの情報をご教示いただき、身近な海への熱意あるご示唆をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 宇多高明：日本の海岸侵食，山海堂，442p., 1997.
- 2) 石川仁憲・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼・宇多高明・清野聡子・渡辺宗介：お台場海浜公園の海浜変形とその保全に関する一考察，海洋開発論文集，Vol.15，1999. (投稿中)
- 3) 赤見朋晃・和田理恵・清野聡子・濱田隆士：日本の大学における海洋教育の分野分布特性，海洋開発論文集，Vol.15，1999. (投稿中)

(1999.4.19 受付)