

土 木 研 究 所 資 料

海岸環境の構成要素および 海岸の利用形態に関する研究

平成元年12月

建設省土木研究所
河川部海岸研究室

Copyright © (1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

海岸環境の構成要素および 海岸の利用形態に関する研究

建設省土木研究所 河川部海岸研究室 室長 宇多 高明
研究員 小俣 篤
部外研究員 浅対 享

要 旨

近年、我が国では生活水準が著しく向上し、それに伴って各個人の余暇利用に対する意識も高まりを示している。こうした状況の下で沿岸域を多目的に利用しようとする欲求も高まっている。このため、海岸保全計画においても防災機能のみを重視するのではなく、海岸の自然環境、地域特性、利用特性等をも考慮してより高次の計画を立案する必要が認識されつつある。こうしたことから、本研究では海岸環境の物理的な特性、海岸環境が人の心理へ及ぼす影響、および海岸の利用形態とそれが成立するための条件などを明らかにする。また、海岸環境の構成要素に関しては、海岸の雰囲気と、海岸の利用制約条件の2面よりとらえる必要があることを示し、それらの観点より構成要素を抽出した。また、海岸の利用形態を目的と利用場所の面より分類した。さらに、海岸の雰囲気を構成する種々の要素のうち、視覚に関する要素である「明るさ」について検討し、砂浜は陸域環境より高輝度であることを定量的に示すとともに、砂の種類ごとの輝度特性およびそれと鉱物組成の関係を示した。また、嗅覚に関しては、海岸の生物の腐敗に伴う不快臭の発生過程を実験的に調べ、海岸における不快臭発生の抑制には海水交換が重要であることを示した。

キーワード：海岸環境、海岸利用、構成要素、海岸の雰囲気、行動制約条件、心理、感覚、視覚、海岸の明るさ、現地調査、嗅覚、潮の香り、実験、不快臭

目 次

1. 序 論	1
2. 研究方針	2
3. 海岸環境の構成要素と海岸の利用形態	4
3.1 海岸環境の構成要素	4
3.2 海岸の利用形態	6
4. 海岸の雰囲気のとらえ方	9
5. 視覚と海岸環境との関係	11
5.1 視覚と明るさの関係	11
5.2 陸域環境と海岸環境の明るさの差に関する現地調査	14
5.2.1 調査方法	14
5.2.2 調査結果	16
5.2.3 まとめ	22
6. 嗅覚と海岸環境との関係	25
6.1 嗅覚と臭気の関係	25
6.1.1 潮の香りの及ぶ範囲	25
6.1.2 不快な臭気の発生	26
6.2 海岸の生物の腐敗に伴う不快臭発生に関する実験	28
6.2.1 実験方法	28
6.2.2 実験結果	28
6.2.3 まとめ	28
7. 結 論	31
8. あとがき	32
参考文献	33
付録 写真一覧(写真-1~写真-33)	35

1. 序 論

我が国は周囲を海に囲まれているために、過去より海と人との結び付きが強く、沿岸域は産業や生活の場として高度に利用されてきた。その結果、沿岸域に多くの人口や資産が集中し、台風による高潮や津波などによる災害を受け易い体質を持つに至った。また、沿岸域の開発に伴う自然環境の変化により、海岸侵食が全国各地で顕在化している。こうした背景のもとで、海岸災害の防止を目的として海岸保全事業が行われてきた。海岸保全事業は、まず高潮対策や侵食対策を目的とした堤防、護岸の建設より始められたが、その後、侵食による砂浜の消失を防ぐために突堤、離岸堤等の構造物が建設されるようになった。最近では、人工リーフ、緩傾斜堤など景観や海岸の利用に配慮した保全施設が計画され、実施に移されつつある。こうした個々の構造物の設計技術は過去の経験によりかなり向上してきたものの、自然環境の保全や海岸の利用にも配慮した当該海岸全域の保全計画を立案する手法は確立されていないのが現状である。また、最近では余暇利用意識の向上とともに、ウォーターフロント計画等に代表されるような沿岸域の多目的利用が注目されており、自治体の関心が高まっている。このため、防災機能を重視した海岸保全計画に海岸の自然環境、地域特性、利用特性等をも考慮してより高次の計画を立案する必要性が認識されるようになってきた。

このような背景の下に、建設省では建設省技術研究会の指定課題「海岸保全計画手法に関する研究」の中で、「海岸環境の評価に関する研究」を平成元年度より開始した。また、土木研究所海岸研究室と茨城県土木部は、同じく平成元年度より共同研究「海岸環境要素に関する研究」を行っている。本研究はこれらの研究成果の一部を取りまとめたものである。

2. 研究方針

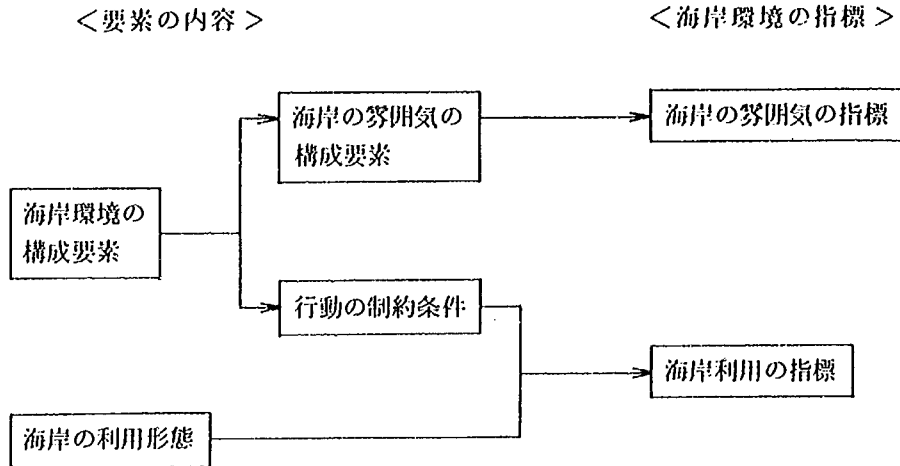
海岸の環境や利用に関しては様々な角度より研究が行われてきた。堀川ら（1972）は海水浴場とマリナをとり上げ、それらを利用する際に必要とされる自然条件を調べた。佐々木ら（1974）、井上・島田（1976, 1982）は、海水浴が快適に行われるための条件を調査し、それらの条件の指標化を試みた。また、小舟（1989）はヨット、サーフィン等の海洋性レクリエーションと水理条件との関係を、野々口ら（1989）はウインドサーフィンと風向風速条件との関係を示した。しかし、これらは全て特定の利用内容に対応した自然条件について研究したものであり、種々の利用形態相互の関係や、海岸環境が人の心理へ及ぼす影響については触れていない。また、最近では環境面にも配慮した海岸保全施設の検討が行われているが、施設を配置したことによる海岸環境の具体的な改善効果は明らかではない。

このような状況が生じた理由は、従来の研究や施設計画において海岸環境の問題が議論される場合、それらのごく一部分についてのみ検討がなされ、総合的な意味からの検討が不足していたことによると考えられる。したがって、このような手法で得られた検討結果が多様な自然条件より構成され、種々の形態の利用がなされうる現地海岸へ適用可能かどうかについては疑問が残される。さらには、海岸環境という概念自体があいまいなことも指摘される。海岸保全や環境整備を進める者にとって、海岸の「何を」、「どうする」という両者の観点が明確ではない。「何を」とは海岸環境を構成する要素と言い換えられる。また、「どうする」とは海岸環境を人の心理や行動にとって快適であるように変える手法である。これらを明らかにするためには、海岸環境の持つ物理的な特性や、心理に影響する側面を十分に理解する必要がある。

そこで、海岸環境を利用する場合の魅力について考察を試みた。海岸の持つ大きな魅力は、様々な自然条件を活かした利用が可能なことである。その場合、海岸での行動は、波の静穏度や前浜の広さ等の自然条件によって制約を受ける。人々を海岸に引き寄せるもう一つの魅力としては、開放感やのどかさのような雰囲気あげられる。これらの雰囲気は波の音、潮の香り、太陽の日ざし等の物理的な要因によって形成される心理環境である。例えば、灘岡・徳見（1988）、灘岡・玉嶋（1989）は、浜の音が海らしさを演出する重要な要素であることを示している。

以上のように、海岸環境は行動の制約条件になると同時に、海岸の雰囲気を形成する。それゆえ、海岸環境を構成する種々の要素にもこれらの2面性がある（図-2.1参照）。このため、海岸環境をとらえるには、構成要素を把握するとともに、それらの要素が海岸の雰囲気および行動の制約条件とどのように係わるかを明確にする必要がある。

海岸の利用は様々な環境条件の中で行われる。最近では、マリンスポーツの普及もあって海岸の利用はかなり盛んである。また、海辺を静養や安らぎの場として過ごすという海岸の利用も考えられるが、静養は我が国における将来の休日日数の増加や高齢化社会の到来という意味からも注目される利用形態である。このように、海岸の利用形態は様々であるから、海岸環境と同様に利用形態についても十分調べる必要がある。また、海岸環境の持つ行動の制約条件と海岸の利用形態との関係を明らかにするために、海水浴、サーフィン、散歩等の個々の利用形態が成立する条件、およびそれらの利用が快適に行われうる条件についても調べる必要がある。これらの調査より、海岸の利用形態と海



図－2.1 海岸環境と海岸利用の関係

岸環境における行動の制約条件との関係を明確にすれば、海岸を利用面より整備するための指標を得ることができる（図－2.1 参照）。

以上の研究方針により海岸環境を研究するに際して、まず海岸という言葉によって定義される範囲を明確にする必要がある。一般に、広義の意味においては海岸は浜から陸地に移る漸移帯（地団研地学事典編集委員会，1978）で定義され、砂浜，海崖，磯等で海と陸とが接する带状の地域のことを指す。しかし，海岸の陸側・海側の境界は明確には定められない。海岸環境という点では，海岸の雰囲気および海岸の利用から海岸を定義すべきである。雰囲気は主に陸域で感じられると考えられる。例えば，波の音や潮の香りは，海面や波が視野になくとも感じられるから，これらの要素が感じられる範囲を陸側の境界とすることができる。一方，海域で行われる利用の行動範囲は広く，海側の境界を定義することは難しい。そこで本論文では陸域のみ前記の定義を用い，海域については特に沖側境界を設けないことにした。

3. 海岸環境の構成要素と海岸の利用形態

3.1 海岸環境の構成要素

海岸環境の構成要素は、海岸の雰囲気と行動の制約条件の2面よりとらえる必要がある（図-3.1 参照）。ここではまず、海岸の雰囲気を構成する要素を調べた。海岸の雰囲気は雄大さ、のどかさ、爽快感等、様々な表現により表わされ、画一的にとらえることはできない。そこで、海岸の雰囲気を表わす形容詞句により雰囲気の要素を抽出した。本研究では、海岸の自然条件を最大限に活かして海岸の環境整備を行うという観点から、要素の抽出に当ってはゴミが多いなどの人為的な環境条件や、駐車場が少ない、アクセスが悪いなどの社会的な環境条件は考慮の対象外とした。

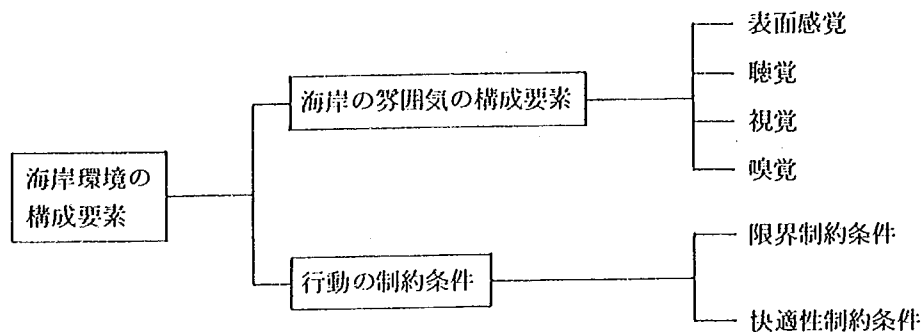


図-3.1 海岸環境の構成要素の持つ2面性

海岸の雰囲気は、人が感覚器により得た情報が心理的な過程により処理されて生じる心象である。したがって、海岸の雰囲気を構成する要素は表面感覚、聴覚、視覚、嗅覚の対象に分類される（図-3.1 参照）。すなわち、海の波、潮の香り、潮騒等が感覚器を通じて人の心理に作用し、雄大さ、のどかさ、爽快感等の雰囲気をもたらす。そこで、海岸の雰囲気に関する形容詞句とともに、感覚の対象となる要素を列挙した（表-3.1 参照）。この表は、例えば爽快感という1つの形容詞句が海そのもの、オープンスペース、空気、太陽の日ざし等の様々な感覚の対象により影響され、さらにこれら個々の対象は海岸線の形状、気温、天候等により支配されることを示す。ある形容詞句は、複数の感覚の対象に関連し、また特定の感覚の対象は複数の形容詞句に関連する。このことは感覚の対象とその特性との関係においても同様である。

行動の制約条件に関し、例えばサーフィンという1つの利用形態について考えてみる。サーフィンは海の波や風等により行動が直接的に制約される。また、オープンスペース、空気、太陽の日ざし等は行動を直接的に制約するものではないが、サーフィンを快適に行う環境という意味においては間接的な制約条件となる。このように行動の制約条件は2つに分類される。前者は行動の成立する限界的環境条件を与えることから限界制約条件と呼び、後者は行動の快適な実行を制約する条件であることから快適性制約条件と呼ぶことにした（図-3.1 参照）。

海岸の雰囲気を構成する要素の一覧（表-3.1）において、感覚の対象は海岸の自然条件をほぼ表現し尽くしている。したがって、行動の制約条件の項目は、感覚の対象の項目とほぼ等しくなる。な

表-3.1 海岸の雰囲気構成する要素

形容詞句	感覚の対象	対象の特性	
神秘的な	海そのもの	沖の視界、海岸線の形状、海浜地形、潮風潮汐	
複雑な	海の色	水温、水質、透明度、海水中の微生物、水深、底質、天候、太陽の高度、日照時間、日射量、気温、海浜地形、波浪条件	
無限な	海の波	波浪条件、波向、海底地形、海岸線形状、海浜地形、海岸構造物、岩礁、天候、気温季節、日時、風向、風速	
雄大な	海（潮）の香り	水質、水温、海水中の微生物、風向、風速海浜地形、海岸線の形状、波浪条件、気温湿度、海岸構造物、魚市場	
開放的な	オープンスペース	砂浜の広さ（岸沖方向、沿岸方向）、海岸線の形状、海浜地形、海岸構造物	
爽快な	海のきらめき	波浪条件、波向、海底地形、水質、空気のきれいさ、太陽高度、季節、天候、日時	
孤独な	潮騒	波浪条件、波向、海底地形、海岸線形状、海浜地形、海洋構造物、岩礁、天候、気温季節、日時、風向、風速	
のどかな	霧、霧	天候、気温、湿度、季節、日時、風向、風速、海岸線形状、海浜地形	
すがすがしい	空気	空気のきれいさ、気温、湿度、風向、風速	
静かな	風	風向、風速、気温、湿度、天候、季節	
美しい	青い空、白い雲	天候、風速、風向、空気のきれいさ、季節海岸線の形状	
荒々しい	夜景	空気のきれいさ、天候、風速、風向、日時季節	
安心な	星空	空気のきれいさ、天候、風速、風向、日時季節	
自然な	夕日、朝日	天候、空気のきれいさ、日時、季節、緯度日本海側と太平洋側、海岸線の形状	
清潔な	太陽の日ざし	日射量、日照時間、海浜地形、天候、日時季節、空気のきれいさ	
心地よい	砂浜	砂の粒度、粒径、種類、海浜の勾配、後浜の高さ、砂浜の広さ（岸沖方向、沿岸方向）海岸線の形状、砂の温度、砂の色	
健康的な	磯	魚介類の有無、岩の形状、岩の種類、地質海底地形、波浪条件、水質	
包容力のある	崖	形状、海岸線の形状、地質、水質、波、植生	
南国風の	付加景観	漁港	規模、漁船の数、大きさ
		マリーナ	規模、船の種類、数
		船	大きさ、数、位置、色
		防波堤	防波堤の長さ、方向、離岸距離、防波堤の形状、
		ブロック	ブロックの形状、規模、設置距離
	樹木		木の種類、高さ、本数、分布状況、緑化状況、天候、季節
	鳥		鳥の種類、鳴き声、数、水質、天候、季節
	海生生物		種類、数、形、色、味、水質、海浜地形、季節、水温

ぜなら、海岸の雰囲気も行動の制約条件も同じ自然条件から成るからである。ただし、海底地形等の条件は海岸の雰囲気には直接関係しないが、ダイビング等の利用には直接関係する。そのため、制約条件に海底地形を加える必要がある。

3.2 海岸の利用形態

海岸の利用には、海岸の自然を直接利用して何らかの行動を行う利用と、海岸の雰囲気を享受する利用とがある。このような利用形態を目的別に分類しておくことは海岸および背後地を利用しよりゾーニングする場合に役立つと考えられる。また、海岸の整備に当っては、構造物の選定・配置計画に、海岸のどの位置が各種の利用に供されているかを知ることが重要である。これらの観点より、抽出した利用形態を利用目的および利用位置の2面より分類した（図-3.2参照）。

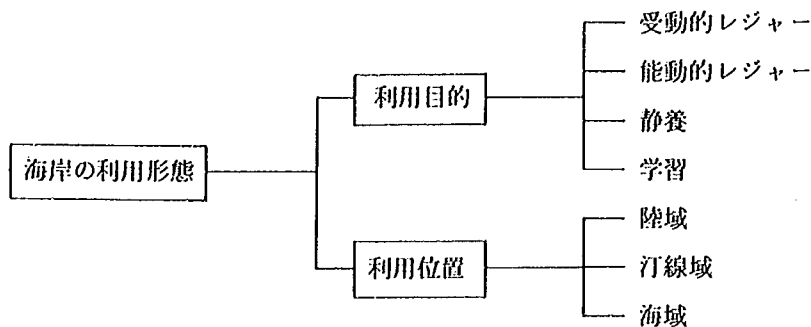


図-3.2 海岸の利用形態の分類

種々の利用形態を目的別に分類すると表-3.2となる。ここでは、海岸利用の目的を受動的レジャー、能動的レジャー、静養、学習とに分類した。受動的レジャーとは遊覧船に乗って景観を楽しむなど、いわゆる観光を目的とし、特に自然を活用した積極的な行動を伴わない利用形態である。能動的レジャーとは、マリンスポーツなど海岸の自然環境を積極的に利用して行動することを目的とした利用形態である。静養とは、海岸の自然条件や雰囲気を利用して肉体的、精神的な休息を目的とし、また、学習とは、自然観察や野外体験を通じての学習を目的とする利用形態である。このように、利用形態を目的により分類することによって、海岸のゾーニング計画や各ゾーンにおける各利用形態の組み合わせを検討することが容易になると考えられる。

次に、抽出した利用形態を陸域、汀線域、海域の利用位置により分類すると表-3.3となる。ここでは、陸域を波の遡上限界より陸側と定義し、陸域を更に陸と海浜に分類した。海浜は砂浜や磯からなる海岸の場合に定義される区域であり、海浜と陸との境界は、堤防・護岸があればそれを、なければ防風林や道路等との境界で与えた。汀線域とは波打帯の範囲と定義する。海域は汀線域より沖の範囲を指す。また、海域は海面と海中とに分類した。

利用位置による分類は利用目的による分類と同様に利用形態の組み合わせの検討に利用することができる。また、利用位置ごとの自然条件の差を調べることで、この分類から海岸の利用形態と自然条件との関係を明確にする1つの判断材料になると考えられる。

表- 3.2 海岸の利用形態の目的による分類

利用形態	受動的 レジャー	能動的 レジャー	静養	学習
散歩	○		○	
海上・海中遊覧	○			
クルージング	○		○	
イベント	○	○		
海の味覚	○			
日光浴	○			
砂風呂			○	
キャンプ			○	○
バードウォッチング			○	○
スターウォッチング			○	○
水泳		○		○
写生				○
写真撮影	○			○
生物・植物採取		○		○
ボートすること			○	
デート			○	
オフロードモータースポーツ		○		
モーターボート		○		
ヨット		○		
ロウボート		○		
水上スキー		○		
サーフィン		○		
ジェットスキー		○		
ウインドサーフィン		○		
スキューバダイビング		○		
パラセイリング		○		
素潜り、シュノーケリング		○		
海水浴		○		
水遊び		○		
キャンプファイヤー		○		
砂遊び		○		
ビーチバレー		○		
魚釣り		○		
潮干狩り		○		
貝殻拾い		○		○
地引き網		○		○

表-3.3 海岸の利用形態の位置による分類

利用形態	陸域		汀線域	海域	
	陸	海浜		海面	海中
散歩	○	○			
海上・海中遊覧				○	○
クルージング				○	
イベント	○	○			
海の味覚	○	○			
日光浴		○			
砂風呂		○			
キャンプ	○	○			
バードウォッチング	○	○			
スターウォッチング	○	○			
水泳				○	
写生	○	○			
写真撮影	○	○			
生物・植物採取	○	○	○	○	○
ボートすること	○	○			
デート	○	○			
オフロードモータースポーツ		○	○		
モーターボート				○	
ヨット				○	
ロウボート				○	
水上スキー				○	
サーフィン				○	
ジェットスキー				○	
ウインドサーフィン				○	
スキューバダイビング					○
パラセイリング				○	
素潜り、シュノーケリング					○
海水浴			○	○	
水遊び			○		
キャンプファイヤー		○			
砂遊び		○			
ビーチバレー		○			
魚釣り			○	○	
潮干狩			○		
貝殻拾い		○	○		
地引き網			○		

4. 海岸の雰囲気のとらえ方

海岸の雰囲気とは知覚された外界の刺激が、各人の心理に変化を与えることにより得られるものであることから、その理解のためには、海岸環境と心理とを介する感覚ごとに海岸環境をとらえる必要がある（図-3.1参照）。そこで、自然環境による刺激の受け口となる表面感覚、聴覚、視覚、嗅覚ごとに海岸環境を構成する要素について検討した。

(1) 表面感覚

表面感覚は触覚、温覚、冷覚、痛覚から構成される。温度、湿度、風等の条件は皮膚に作用して、表面感覚を刺激することにより野外での快適性を左右し、また、すがすがしさや爽快感等の海の持つ雰囲気に強く影響する。これらの自然条件を人為的に変化させることは困難であるが、自然条件をもとに積極的に利用を図るべき海岸の適地を選定する場合や、海岸の局所的な風向風速の出現特性に基づいて陸域のゾーニングを行う場合などに有効利用できる。

(2) 聴 覚

音と心理との関係が音楽や騒音などの面から広く研究されていることから分かるように、音は人間の心理と深く係わっている。海岸では、潮騒という言葉に表わされるように、波の音が海岸の雰囲気を構成する代表的な要素となる。また、最近波の音が海岸の大きな魅力の1つになり得ることが報告されている（灘岡・徳見，1988，灘岡・玉嶋，1989）。さらに、海岸構造物を設置したり、あるいは海浜地形が変化すると波の音が変わることから、海浜地形や構造物の形態を変えることにより快適な波の音を演出することも可能と考えられる。

(3) 視 覚

最近、様々な土木構造物（橋梁、道路等）の建設に際して、景観が広く論じられている。また、ウォーターフロントの開発に際しても、デザインや景観が重要視されている。海岸においても、景観は環境を構成する重要な要素である。海岸の環境に関する情報は、観光案内等に見られるように、写真や映像によるものが圧倒的に多い。そのため、一般には視覚環境として第一に景観が取り上げられる。しかし、写真や映像により得られる情報は主に平面上に配列された色彩により表現された景観であり、実際の海岸で得られる、空間の3次元的な広がりや明るさを得ることはできない。

延長数 km にも及ぶ長い海岸線において、景観として感知されるのは海面、水平線、空および背後地の景色である。これらは、景観として人間の心理に強く働きかけるといふより、むしろ長い海岸線の有する空間の広さ、大きさが、雄大さや開放感等の心理を生じさせると考えられる。すなわち、視覚に関しては、景観と同様に海岸の広さも海岸の雰囲気を構成する要素とするべきである。また、海岸は太陽光を遮るものが少ないため、内陸の自然環境に比べてより明るいと思われる。さらに、海面や白い砂浜は高い輝度特性を有することから、海岸の明るさをさらに強調するはずである。このような明るい海岸は開放感や健康感などの雰囲気と関係すると考えられる。以上のことから、視覚と関係した要素として広さ、明るさ、景観の3つの項目を取り上げて検討することにした。

①広さ

建築や都市計画の分野では、広さと心理の関係が研究されている（例えば、岡田・高橋，1988）。海岸においても空間の広がりが見覚を介して心理状態に影響するはずである。海岸における空間尺度

としては、視野の中における汀線の延長、海浜の幅、海面の広さ、堤防や海崖等、周辺境界に区切られた海岸空間の容積等、様々な次元で検討する必要がある。

②明るさ

砂浜では強い太陽光に加え、砂面からの光の反射が強いので、内陸の市街地と比べてかなり強い明るさ（まぶしさ）が感じられる。また、このような明るさの程度は砂面の反射特性によっても異なっており、砂の種類ごとに砂浜の明るさは変化する。一方、海岸環境の整備の見地から考えると、海岸の明るさを砂の色（反射率）の調整や周囲の植栽などにより変えることも可能であろう。以上の点より、砂の輝度と明るさとの関係を十分明確にすることが必要とされる。

③景観

海岸環境の整備という点から景観を論ずる場合には2つの見方が存在する。一つは景観自体の存りを問うもので、修景、デザインなどとして論じられる。ただし、海岸整備においては自然景観を改変することは考えられず、主に海岸保全施設の配置、形状および海岸周辺の緑化が景観の主体となる。他の見方は、景観と視点場の関係に関する議論である。結局、以上の2つの観点に基づき景観と海岸の雰囲気との関係を検討する必要がある。

(4) 嗅覚

海岸へ近づくと、ふと潮の香りを感じて「海岸に来た」という認識を持つことがある。また、魚市場等からの海産物の香りも海のイメージと強く関連する。これらのように、海岸における潮の香りは、海というイメージと密接に関連している。また、水産加工場や閉鎖性水域の近傍では、かなり強い不快臭を感じることがある。

以上のことから、海岸で感じる香りの実態を調べ、心理との関係を検討することにより、海岸の雰囲気を有する背後地の範囲や、不快臭のない地域のゾーニングに役立てることが可能と考えられる。

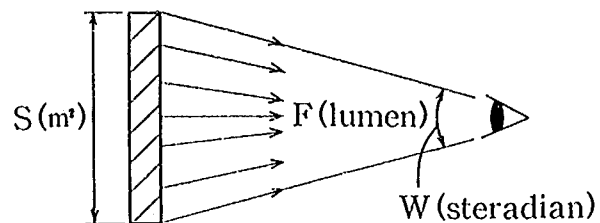
5. 視覚と海岸環境との関係

5.1 視覚と明るさの関係

明るさは照度、輝度、色温度等の物理量により表わされる（例えば、松浦，1981）。照度は単位面積当たりの光束（光エネルギーとしての光量）を示すもので、単位は ℓ_x である。輝度は光を発する面をある方向から見た時の面の明るさを示す量であり、単位面積から発する光束を受光点となす立体角で除した値で定義され、単位は cd/m^2 である（図－5.1 参照）。ここに cd は candela の略である。色温度は、光色の違いを表わす指標であり、光源色と等しい色の光を出す時の黒体の温度で定義され、温度単位の K （ケルビン）で表わされる。

明るさと心理の関係については、建築物や室内の照明に関して広く研究されている。例えば、深津ら（1988）により光源の色温度と照度の関係による明るさの違いが調べられている（図－5.2）。この関係によると、同じ照度でも色温度の違いにより、暑苦しい、快適、陰うつと快適感が異なる。

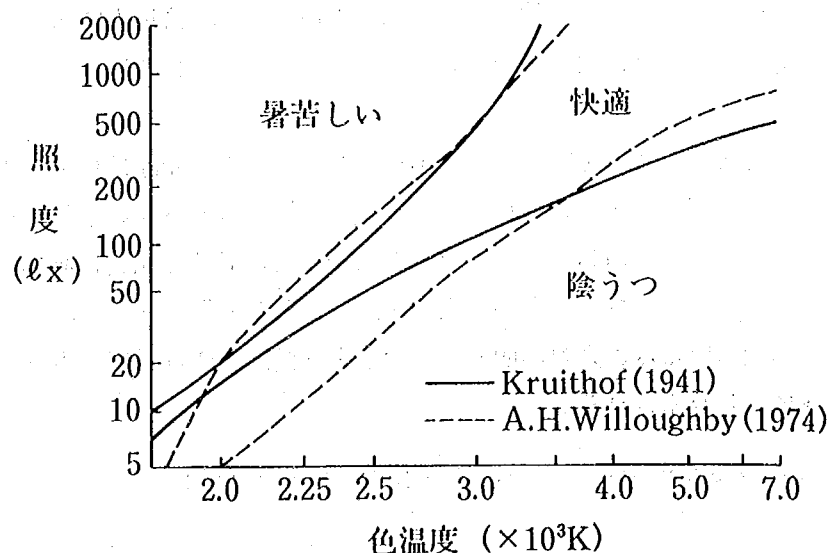
海岸における照度、色温度は自然光によって決定される。空や太陽の色温度は表－5.1（深津ら，1988）を目安に求められる。これによると、海岸が主に利用される晴天または曇天時の空の色温度は $5.0 \times 10^3 \text{ K} \sim 2.0 \times 10^4 \text{ K}$ にある。また、晴天または曇天時における太陽光の照度は図－5.3を参照すれば $1.0 \times 10^4 \ell_x \sim 1.2 \times 10^5 \ell_x$ にある（人間－環境系編集委員会，1972b）。この条件



$$B(\text{cd}/\text{m}^2) = \frac{F}{SW}$$

※ lumen：光エネルギーの単位

図－5.1 輝度の定義



図－5.2 色温度と照度による快適さの区分（深津ら，1988）

を図-5.2の条件とともに考えると、日昼の太陽光は常に快適な色温度にあると判断される。このことから、海岸の明るさを検討する場合、色温度を除外することにした。ただし、色温度が低い時の安らぎ感（表-5.1参照）に関する海の雰囲気は別の観点から検討が必要である。

ある地域において、季節と時間を定めれば、太陽高度がほぼ固定されることから、図-5.3により太陽光の照度が決定される。この場合、地上の明るさを支配する主要因は地表の反射条件となる。したがって、地上の明るさを検討するには地表の輝度が重要な因子となる。一方、視覚により感知される明るさは相対的な感覚量でもあるから、この面からの検討も必要とされる。例えば、暗闇から室内に入ると明るく感じるが、逆に日ざしの強い屋外から室内に入るとかなり暗く感じる。このように、明るさが変化することによって生ずる感覚は視覚の置かれていた状況や、心理状態によっても変化する。

明るさの変化と視覚の関係に関する良い例として、運転者がトンネルを通過する際の視覚機能の低下があげられる。

そこで、場所による明るさの差が視覚に与える影響をトンネル照明基準（日本道路協会、1980）により調べてみた。トンネルでは、自動車が輝度の高い野外から暗いトンネル内に進入する場合、野外とトンネル内の輝度差に対する目の順応遅れによって視覚機能の低下が生じる。そのため、トンネル内の照明の基準は視覚機能障害およびちらつき感が生じないように、野外輝度、設計速度、トンネル延長を条件として決定されている。その例として設計速度100km、トンネル延長75m以下の場合の基準を表-5.2に示す。表中で、野外照度が $(7.8 \sim 10.8) \times 10^4 \text{ lx}$ は晴天、 $(3.9 \sim 7.2) \times 10^4 \text{ lx}$ は曇天の条件を示している（図-5.3参照）。この基準によると、運転者に支障のない照度または輝度の変化は、野外輝度に対して入口で約1/30以内、出口で約130倍以内である。このことから、明るさ感覚の変化を考える際には、物理量の変化は1～2オーダーの範囲にわたることに注意する必要がある。

明るさの相対的な評価の一つに照明に関する不快グレアがある。光源は有限な空間の中で小さな空間を占めているために、周辺の明るさに比べ光源がまぶし過ぎると不快に感じられることがある（例えば、照明学会編、1978）。これは不快グレアとして照明を設計する場合に評価されている。その評価には、グレイインデックス（GI）という指標が用いられる（例えば、松田ら、1970）。グレイインデックスとは、周囲の明るさと光源の明るさとの差を5段階の感覚評価（表-5.3）に置き換えたものであり、次式により算出される。

$$GI = 10 \cdot \log \left(0.45 \sum_{i=1}^N B_{s_i}^{1.6} \omega_i^{0.8} / B_{b_i} \times 1 / P_i^{1.6} \right)$$

表-5.1 自然昼光と色温度の関係
（深津ら、1988）

自然昼光	色温度	心理状態
青 天 空▶	25×10^3	
	20×10^3	
	15×10^3	
	10×10^3	
均一な曇天空▶	7×10^3	活 動 性
正午の太陽▶	6×10^3	
日の出2時間▶	5×10^3	
日の出1時間▶	4×10^3	安 ら ぎ
日 の 出▶	3×10^3	
	2×10^3 [K]	

ここに、GI：グレイインデックス、N：光源の数、Bs：光源の輝度（cd/m²）、ω：光源の大

きさ (steradian), B_b : 壁の輝度 (cd/m^2), P : 光源の位置に関する定数である。表-5.3によると, 感覚量の変化として $G I = 10 \sim 16$ の変化と, $G I = 22 \sim 28$ の変化ではその差は等しいが, 式(5.1)からわかるように, 輝度は前者と後者ではほぼ1オーダー異なる。この点は, 感覚の変化をもたらす物理量の変化が, 物理量の絶対値に比例して大きくなるというウェーバー・フェヒナーの法則(例えば, 池田, 1988)により簡単に説明がつく。

しかし, グレアインデックスは室内で有限な大きさを有する照明に対して与えられる指標であり, ここで問題とする明るさの空間的な差に適用することはできない。さらに, 海岸の明るさは開放感等の魅力と密接に関連する。したがって, 陸域と海岸環境の明るさの差は, 快グレアと呼ぶべき現象をもたらすと考えられる。このことから, 海岸の明るさは, 陸域と海岸環境との輝度差により生ずる快グレアとして, 照明の場合と同様に評価する必要がある。そこで, 現地調査により様々な状況での照度, 輝度を測定し, 海岸とその他の環境での明るさの差を調べることにした。

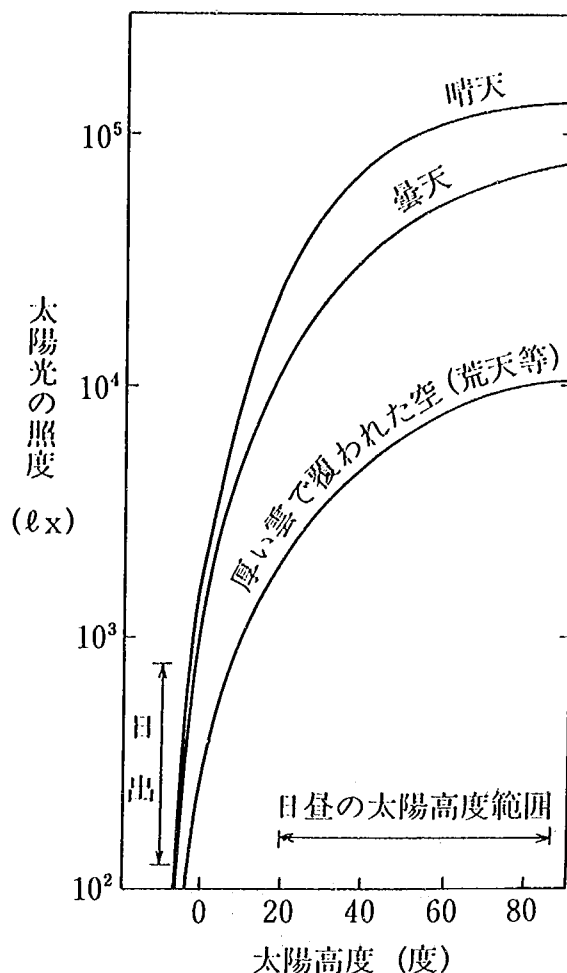


図-5.3 太陽高度と太陽光の照度の関係
(人間一環境系編集委員会, 1972b)

表-5.2 トンネルの照明基準(トンネル延長75m以下,
設計速度 100 km/hr(日本道路協会, 1980))

路面	野外輝度 ($\times 10^3 \text{cd}/\text{m}^2$)	野外照度 ($\times 10^4 \text{lx}$)	入口照明		出口照明	
			輝度 (cd/m^2)	照度 ($\times 10^3 \text{lx}$)	輝度 (cd/m^2)	照度 ($\times 10^2 \text{lx}$)
コンクリート	6.0	7.8	174	2.3	46	6.0
	4.0	5.2	116	1.5	31	4.0
	3.0	3.9	87	1.1	23	3.0
アスファルト	6.0	10.8	174	3.1	33	6.0
	4.0	7.2	116	2.1	22	4.0
	3.0	5.4	87	1.6	17	3.0

表-5.3 グレアインデックスの指標(松田ら, 1970)

グレアインデックス(GI)	感覚的なグレアの程度
2 8	ひどすぎる
2 8	ひどすぎると感じ始める
2 2	不快である
2 2	不快を感じ始める
1 6	気になる
1 6	気になり始める
1 0	感じられる
1 0	感じ始める
	感じない

5.2 陸域環境と海岸環境の明るさの差に関する現地調査

5.2.1 調査方法

陸域環境と海岸環境での明るさの差を調べるために、太陽光の照度と地表の条件によって定まる明るさを現地調査によって調べた。調査では、様々な地表条件の下で太陽光の照度と地表の輝度を測定し、測定者2名により明るさを評価した。測定場所としては、地表の輝度特性が異なり、かつ均一な地表条件と十分な広さを有する場所を選んだ。測定場所の一覧を表-5.4に示す。測定場所の広さは実験砂の場合のみ2.5m×4mであるが、他の場合、最低でも10m×20mの広さを持つ。なお、参考として晴天時の乗用車中での測定も行った。測定場所の状況は巻末の写真-1~写真-24に示した。

測定項目と測定方法は表-5.5に示す通りである。ここに、水平方向照度とは、太陽の照射と地表の反射を合わせたその場の全体的な明るさであり、水平方向を見た場合目に感じられる照度として測定した。また、地表反射照度とは、地表からの反射光の照度であり、下方を見た場合に感じられる照度として測定した。これは輝度とは異なり広い範囲の地表面からの反射光を集約した指標となる。20代男性2名による明るさの判断には以下の評価基準を用いた。

まぶしい：強い明るさを感じ、地表を見ると時々目を細める必要がある。

明 る い：まぶしいと薄暗いの間。

薄 暗 い：曇天や森の中などのように多少暗いと感じる。

次に、砂浜の明るさを調べるために、種々の砂の輝度特性を調べ、砂の特性と明るさとの関係を検討した。測定対象の砂には、図-5.4に示す茨城県の7海岸の汀線付近の砂、実験砂および山形県産の珪砂の計9種類を用い、各試料を72時間約100℃の炉乾燥により絶乾状態とし、晴天時の屋外で砂面の輝度および分光反射率を測定した。また、各試料のふるい分け試験および現地海岸の砂の鉱物組成調査を行った。鉱物組成調査は無作為に選択した500個の砂粒を偏光顕微鏡で調べ、鉱物の種類と数を求めた。試料の外観を巻末の写真-25~写真-33に示す。

表 - 5.4 照度と輝度の測定場所一覧

番号	測定場所	地表条件	番号	測定場所	地表条件
1	玄関前広場	赤レンガ	13	池	水面
2	駐車場	アスファルト	14	駐車場	乾いた地面
3	水田	稲穂	15	造成地	湿潤な地面
4	サツマイモ畑	葉	16	ゲートボール場	砂
5	県道	アスファルト	17	玄関前広場	赤レンガ
6	砂浜	砂	18	玄関前広場	赤レンガ
7	公園	芝生	19	通路	アスファルト
8	校庭	砂	20	実験場	砂（実験用）
9	試走路	コンクリート	21	駐車場	アスファルト
10	屋上	コンクリート	22	サッカー場	芝生
11	駐車場	アスファルト	23	試走路	コンクリート
12	サッカー場	芝生	24	車内	

表 - 5.5 測定方法

測定項目	測定器	測定方法
太陽光の照度	照度計	地上より約1mの高さで、照度計を鉛直上方に向けて測定した。
水平方向照度	照度計	地上より約1mの高さで、4方向（東西南北）に照度計を向けて測定した値を算術平均した。
地表反射照度	照度計	地上より約1mの高さで、照度計を鉛直下方に向けて3測点以上の測定を行い、算術平均した。
輝度	輝度計	地上より1.5mの高さで、測定者から1.5m離れた地点の4測点（東西南北）の輝度を測定し、算術平均した。
反射率	分光光度計	600Åの波長帯の反射率を測定した。キャリブレーションには白色（反射率0.90）、灰色（反射率0.18）の反射板を用いた。
鉱物組成	偏光顕微鏡	1種類の砂から500個の砂粒を無作為に抽出し、偏光顕微鏡によって鉱物の種類と数を求めた。

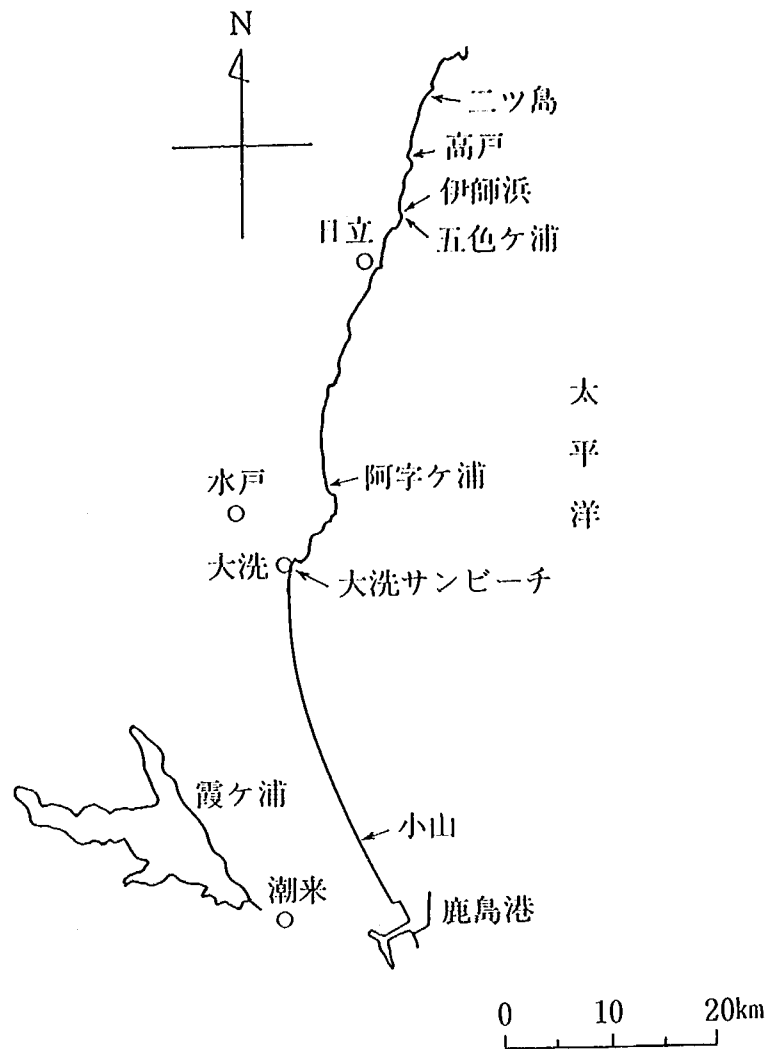


図-5.4 海浜砂の採取位置

5.2.2 調査結果

各箇所での照度と輝度の測定結果をまとめて表-5.6に示す。測定は曇りまたは晴の天気で照度範囲が $4.1 \times 10^3 \text{ lx} \sim 1.2 \times 10^5 \text{ lx}$ の場合に実施した。表-5.6より晴の天気で照度が $7.0 \times 10^4 \text{ lx} \sim 1.2 \times 10^5 \text{ lx}$ の条件下では、地表が砂(ケース6, 16)や乾燥した地面(ケース14)の場合、 $(5.7 \sim 7.7) \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ と高く、他のケースよりかなり高い輝度値を示した。このことから、砂や乾燥した地面の地表は、コンクリート、アスファルト、芝生等の地表に比べてかなり明るい環境条件を有することが分かる。

水平方向照度、地表反射照度は地表上の明るさを視覚からとらえるために本研究で新たに定義した指標である。以下に各パラメータ間の関係について述べる。まず、地表反射照度(L_g)と水平方向照度(L_h)との関係を図-5.5に示す。ここに、図中の添字は表-5.6に示した測定ケースを表わす。地表反射照度と水平方向照度との間には正の相関は見られるものの、相関の程度は低い。これは、水平方向照度には太陽光と地表からの反射光が共に含まれており、地表面の条件によりばらつきを生じるためである。地表反射照度(L_g)と輝度(G)の関係(図-5.6)では、輝度は地表反射照度に対

表-5.6 照度と輝度の測定結果

番号	測定箇所	天気	照度 (ℓx)	水平方向照度 (ℓx)	地表反射照度 (ℓx)	輝度 (cd/m^2)	明るさの 評価
1	本館前(赤レンガ)	曇り	2.5×10^4	1.5×10^4	4.7×10^3	9.3×10^2	薄暗い
2	駐車場(アスファルト)	曇り	2.7×10^4	1.5×10^4	3.8×10^3	5.8×10^2	薄暗い
3	田(稲)	晴	1.0×10^5	2.7×10^4	5.4×10^3	1.4×10^3	明るい
4	畑(サツマイモ)	晴	1.1×10^5	2.9×10^4	6.0×10^3	1.1×10^3	明るい
5	森の中(アスファルト)	曇り	4.1×10^3	9.8×10^2	3.2×10^2	1.2×10^2	薄暗い
6	砂浜(砂)	晴	1.2×10^5	3.7×10^4	1.4×10^4	5.7×10^3	まぶしい
7	公園(芝生)	曇り	7.3×10^4	2.5×10^4	6.2×10^3	1.2×10^3	明るい
8	校庭(砂)	曇り	4.1×10^4	2.0×10^4	7.0×10^3	2.1×10^3	薄暗い
9	試走路(コンクリート)	曇り	3.1×10^4	1.7×10^4	8.6×10^3	3.2×10^3	明るい
10	屋上(コンクリート)	晴	9.3×10^4	2.5×10^4	9.7×10^3	2.4×10^3	明るい
11	駐車場(アスファルト)	晴	1.0×10^5	2.9×10^4	9.7×10^3	2.9×10^3	明るい
12	サッカー場(芝生)	晴	1.0×10^5	2.4×10^4	8.0×10^3	2.1×10^3	明るい
13	池(水面)	晴	1.1×10^5	2.2×10^4	6.3×10^3	1.1×10^3	明るい
14	駐車場(乾いた地面)	晴	1.0×10^5	3.6×10^4	1.9×10^4	6.2×10^3	まぶしい
15	造成地(湿潤な地面)	晴	8.7×10^4	2.3×10^4	4.4×10^3	1.4×10^3	明るい
16	ゲートボール場(砂)	晴	8.9×10^4	3.6×10^4	2.4×10^4	7.7×10^3	まぶしい
17	本館前(赤レンガ)	晴	9.9×10^4	2.8×10^4	1.3×10^4	4.1×10^3	明るい
18	本館前(赤レンガ)	曇り	2.7×10^4	1.2×10^4	4.1×10^3	2.1×10^3	薄暗い
19	外周路(アスファルト)	晴	3.7×10^3	2.7×10^3	5.8×10^2	1.4×10^2	薄暗い
20	実験砂	晴	4.6×10^4	3.2×10^4	1.0×10^4	3.0×10^3	明るい
21	駐車場(アスファルト)	晴	3.6×10^4	2.9×10^4	5.0×10^3	1.0×10^3	明るい
22	サッカー場(芝生)	晴	3.3×10^4	2.7×10^4	3.6×10^3	7.2×10^2	明るい
23	試走路(コンクリート)	晴	5.7×10^3	4.6×10^3	1.2×10^3	3.3×10^2	薄暗い
24	ゲートボール場(砂)	晴	3.5×10^4	2.7×10^4	8.4×10^3	2.9×10^3	明るい
25	車内	晴	1.2×10^5	7.8×10^3			

し相関係数 0.97 の高い相関を有し、両者の関係は $G = 0.32 Lg$ と表わされた。

太陽光の照度 (L_s) と水平方向照度 (L_h) の関係を図-5.7 に示す。図中には明るさの区分を破線で示した。太陽光の照度が約 $8.0 \times 10^4 \ell x$ 以上になるとまぶしい明るさが得られる。まぶしさに必要

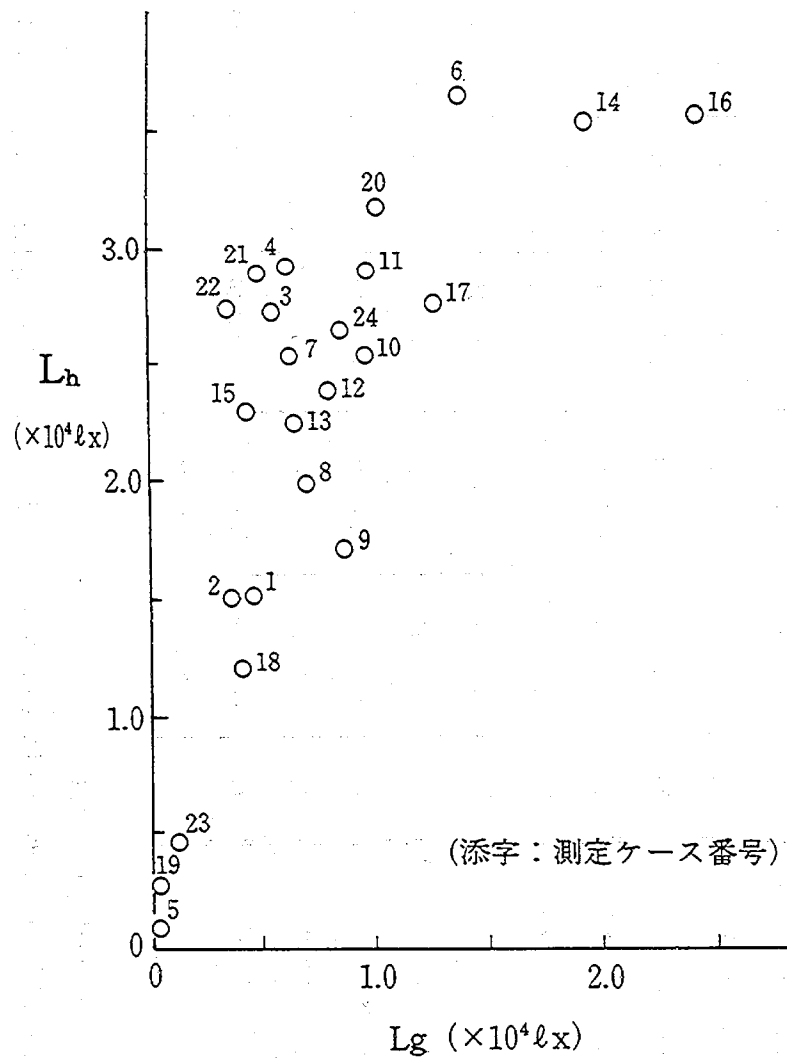


図-5.5 地表反射照度 (L_g) と水平方向照度 (L_h) の関係

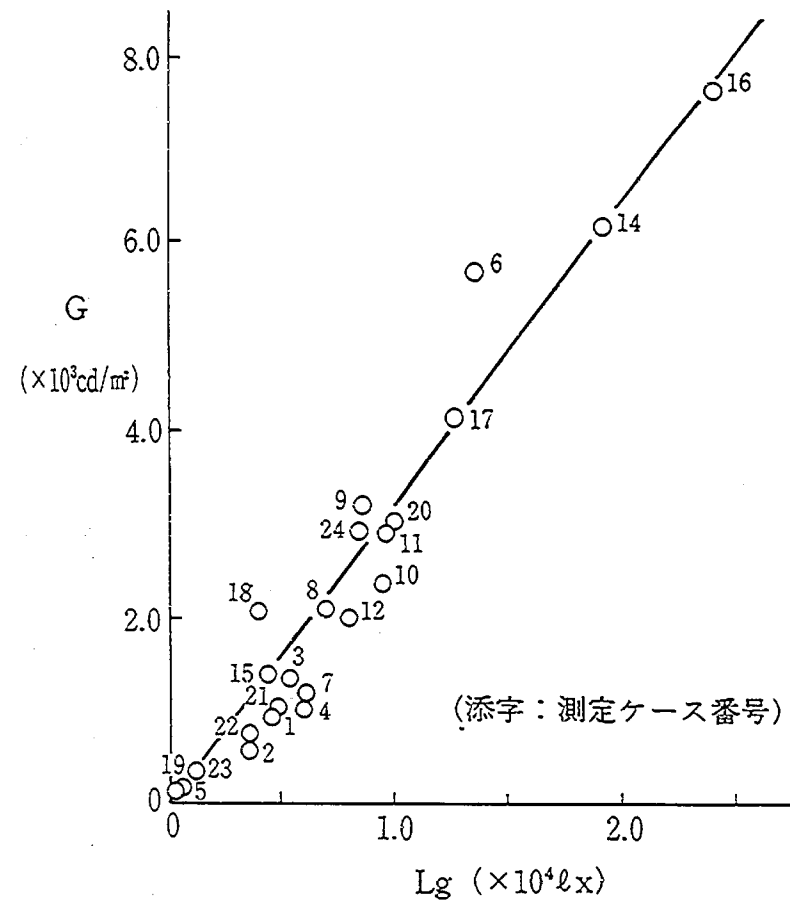


図-5.6 地表反射照度 (L_g) と輝度 (G) の関係

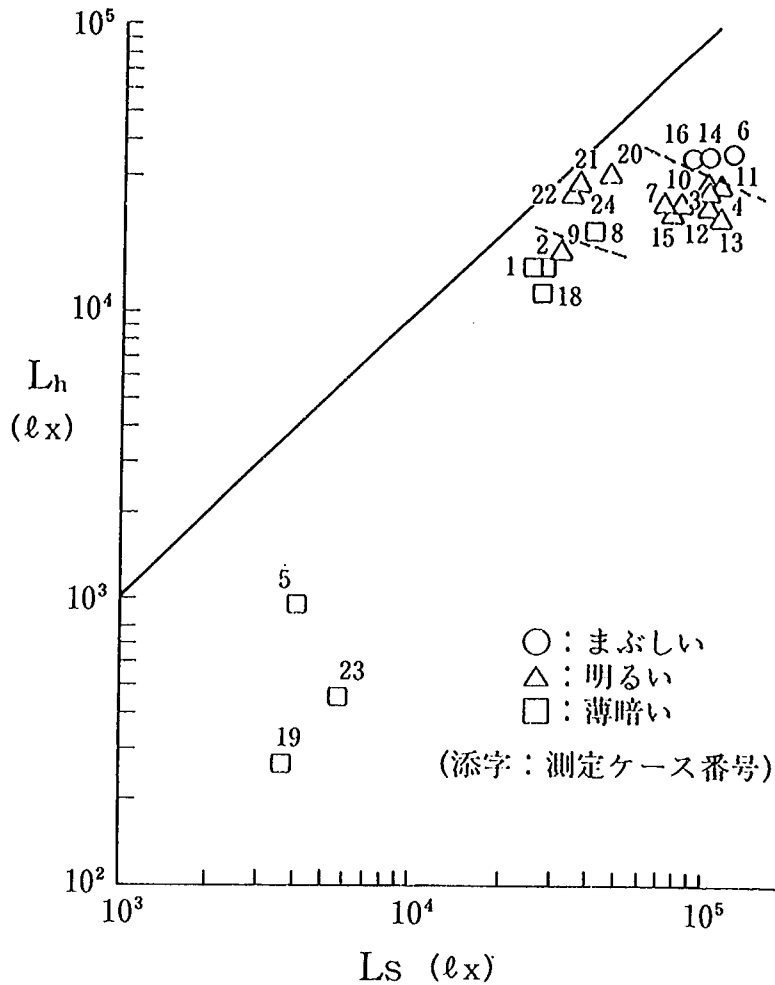


図-5.7 太陽光の照度 (L_s) と水平方向照度 (L_h) の関係

な水平方向照度の最小値は約 $3.6 \times 10^4 \text{ lx}$ である。 $L_s = 1.2 \times 10^5 \text{ lx}$ のまぶしい明るさの時に、乗用車内での水平方向照度は $7.8 \times 10^3 \text{ lx}$ であり、薄暗いに相当する明るさであった。したがって、車内から外へ出る時には感覚変化を引き起こすに十分な照度変化があることが分かる。このことより、海岸は陸域や車内より明るい条件を有し、このような場所的な明るさの差が快グレアとして開放感等の雰囲気に参加すると考えられる。

次に、太陽光の照度 (L_s) と地表反射照度 (L_g) の関係を図-5.8 に示す。明るさの区分を図-5.7 と同様に破線で示した。太陽光の照度と地表反射照度との関係は太陽光の照度と水平方向照度の関係 (図-5.7) と同様な分布状況を示す。このことは、水平方向照度と地表反射照度とが明るさを表わす上ではほぼ同等なパラメータであることを表わしている。図より、まぶしいと明るいとの明るさは地表反射照度がほぼ $1.4 \times 10^4 \text{ lx}$ において区分されることが分かる。

地表反射照度は本研究で新たに定義した指標であるが、地表の反射条件を物理的な意味からより厳密に調べる上では地表の輝度を使うことが望ましい。そこで、太陽光の照度 (L_s) と地表の輝度 (G) の関係を図-5.9 に示した。太陽光の照度と地表の輝度との関係は太陽光の照度と地表反射照度との

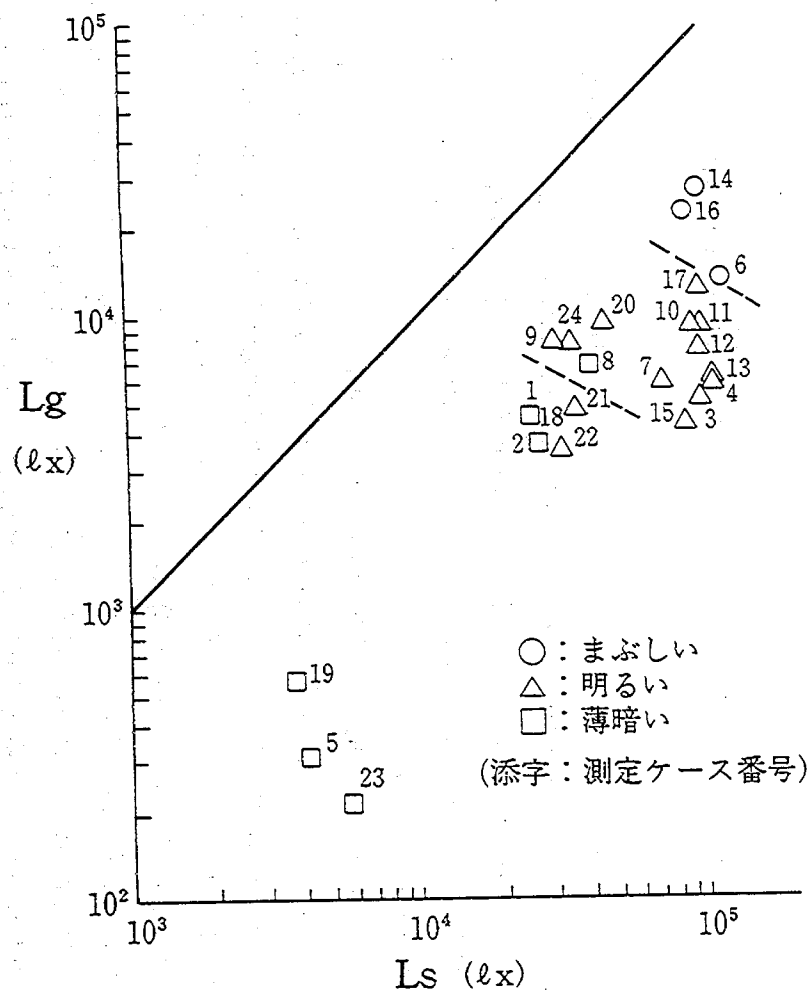


図-5.8 太陽光の照度 (L_s) と地表反射照度 (L_g) の関係

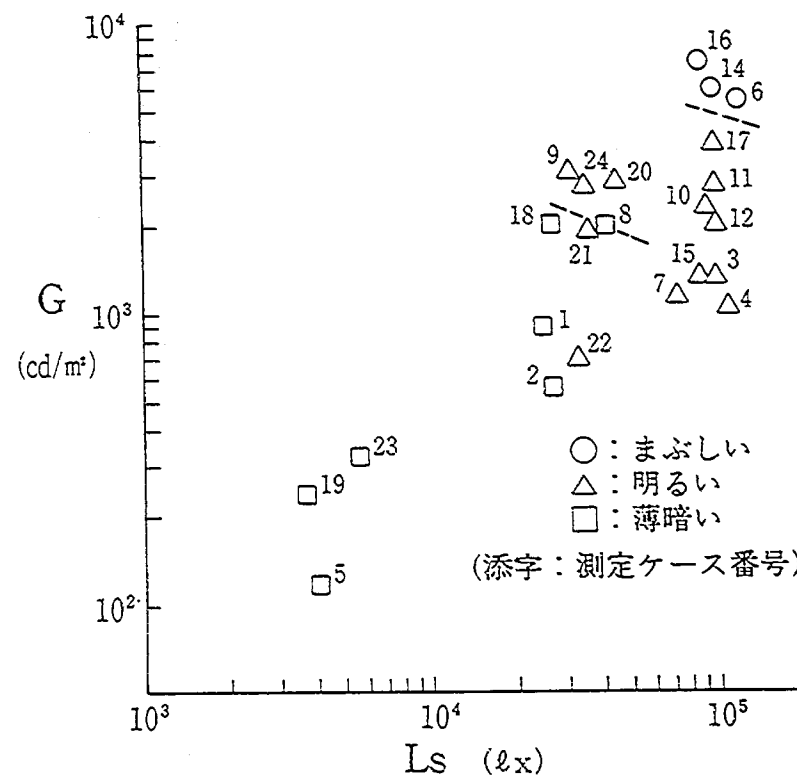


図-5.9 太陽光の照度 (L_s) と輝度 (G) の関係

関係（図－5.8）と同様の分布状況となった。結局，明るいともぶしいとの明るさの区分は地表の輝度によっても可能であり，その限界値は約 $5 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ で与えられる。

砂浜やそれと同等の地表条件では，まぶしさを感じ，コンクリート，アスファルト，芝生等の地表よりかなり明るく感じられる。具体的には，まぶしさを感じる明るさは太陽光の照度が $8.0 \times 10^4 \text{ lx}$ 以上，地表反射照度がほぼ $1.4 \times 10^4 \text{ lx}$ 以上（または地表の輝度がほぼ $5 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ 以上）の時に得られるものであり，まぶしさを感じるかどうかは，太陽光の照射状況と地表の条件によって支配される。

次に，砂の輝度の調査によって得られた輝度値を中央粒径，均等係数とともに表－5.7 にまとめて示す。砂の輝度と中央粒径，均等係数との間には特に相関は見られなかった。巻末の写真－25～写真－33に示したように，各試料の色調は外見上明らかに異なる。これに対応して，輝度は $4.3 \times 10^3 \text{ cd/m}^2 \sim 1.6 \times 10^4 \text{ cd/m}^2$ と広い範囲に分布した。そこで，砂の色調の差違を物理量で表わす試みとして，太陽光の照度を $8.2 \times 10^4 \text{ lx}$ と一定の条件下において，分光光度計により 600 Å の波長帯で反射率（R）を測定した。長尾ら（1989）が各波長帯の分光反射率を主成分分析した結果によると，分光反射率の第一主成分は全波長にわたりほぼ一様な値を持ち，平均反射率に対応していることから， 600 Å の波長帯の反射率で砂の分光反射率を代表できると考えた。砂の反射率（R）と輝度（G）の関係を図－5.10に示す。この図より，両者の間には相関係数0.99の正の相関が見られる。このことは，同一照度の下では反射率により輝度特性を代表できることを示す。また，図－5.9に示したように約 $5 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ の輝度を中心に $(4 \sim 6) \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ の範囲で明るいともぶしいの変化が生ずることを考慮して図－5.10を参照すると，砂の種類によってはまぶしさを感じ難い砂浜も存在することになる。砂の反射率と輝度の関係より，まぶしさを得るのに必要な砂の反射率はほぼ0.2以上であることが分かる。

表－5.7 砂の輝度と反射率

海岸名	照度 (lx)	輝度 (cd/m^2)	反射率	中央粒径 (mm)	均等係数
小山海岸(鹿島灘沿岸)	8.2×10^4	4.3×10^3	0.18	1.12	11.9
大洗サンビーチ		5.0×10^3	0.18	0.18	1.8
阿字ヶ浦		6.4×10^3	0.26	0.28	2.3
五色ヶ浦		7.7×10^3	0.29	0.36	1.5
伊師浜		7.5×10^3	0.28	0.36	1.6
高戸		6.9×10^3	0.27	0.31	2.1
二つ島		6.8×10^3	0.24	0.34	3.1
実験砂		5.4×10^3	0.21	0.32	2.0
珪砂		1.6×10^4	0.70	0.15	1.9

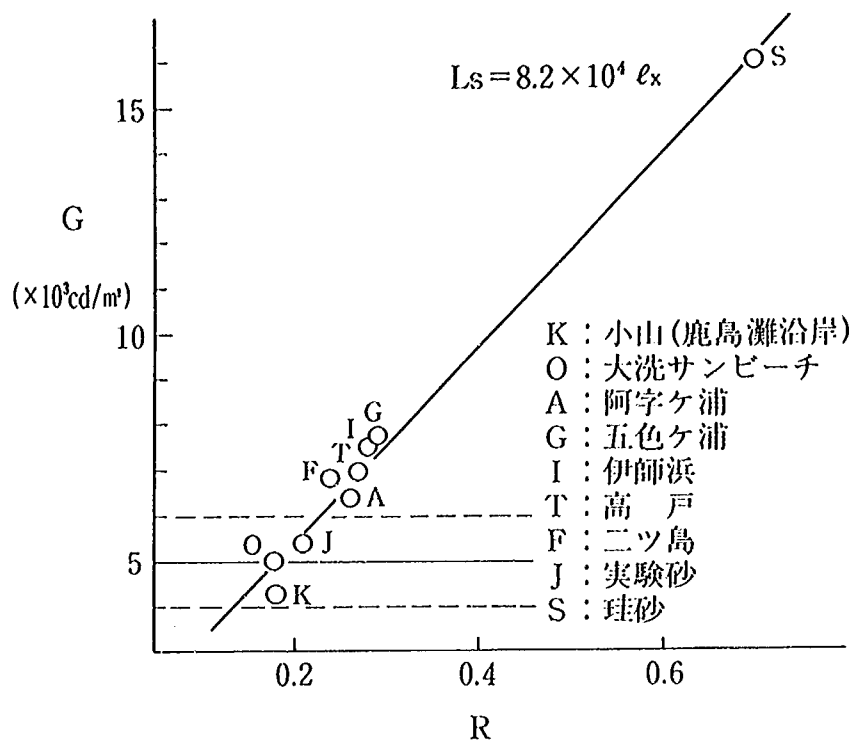


図-5.10 砂の反射率(R)と輝度(G)の関係

最後に、現地海岸の砂の鉱物組成調査の結果を図-5.11に示す。図では石英、斜長石、カリ長石等の無色鉱物の数量百分率を百分率の多い順に並べ、砂の反射率を右端に記した。数量百分率と反射率はよく対応することが明らかである。そこで、無色鉱物の中で数量百分率の最も大きい石英を代表として、石英の数量百分率(Cq)と反射率(R)の関係を珪砂の場合とともに図-5.12に示す。石英の数量百分率が高いほど反射率も大きくなっており、無色鉱物を多く含む砂の反射率は高く、まぶしい明るさを得やすくなることが明らかである。

5.2.3 まとめ

砂浜やそれに類似した地表条件ではまぶしい明るさが得られ、コンクリート、アスファルト、芝生等の地表から成る環境よりかなり明るく感じられることが分かった。また、海岸へのアクセスとして乗用車を使用する場合、車内の明るさはまぶしさの条件よりかなり暗いことが分かった。このことより、海岸は陸域や車内より明るい条件を有し、このような明るさの場所的な差が快グレアとして開放感等の海の雰囲気寄与するものと考えられる。具体的には、晴天時に相当する $8.0 \times 10^4 \ell_x$ 以上の照度の条件で約 $5 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ 以上の輝度を得られる地表条件であればまぶしさを感じるようになる。この条件を砂浜にあてはめると反射率はほぼ 0.2 以上 (600Å の波長帯) となる。そして、無色鉱物の数量百分率は砂の反射率とよく対応し、無色鉱物を多く含む砂ほどまぶしさを得やすいことが分かった。

以上では、海岸の明るさという雰囲気を、明るさの場所的な差からもたらされる快グレアとして検討した。しかし、高い照度および輝度の条件下に長時間滞在すると、人体に悪影響が及ぼされること

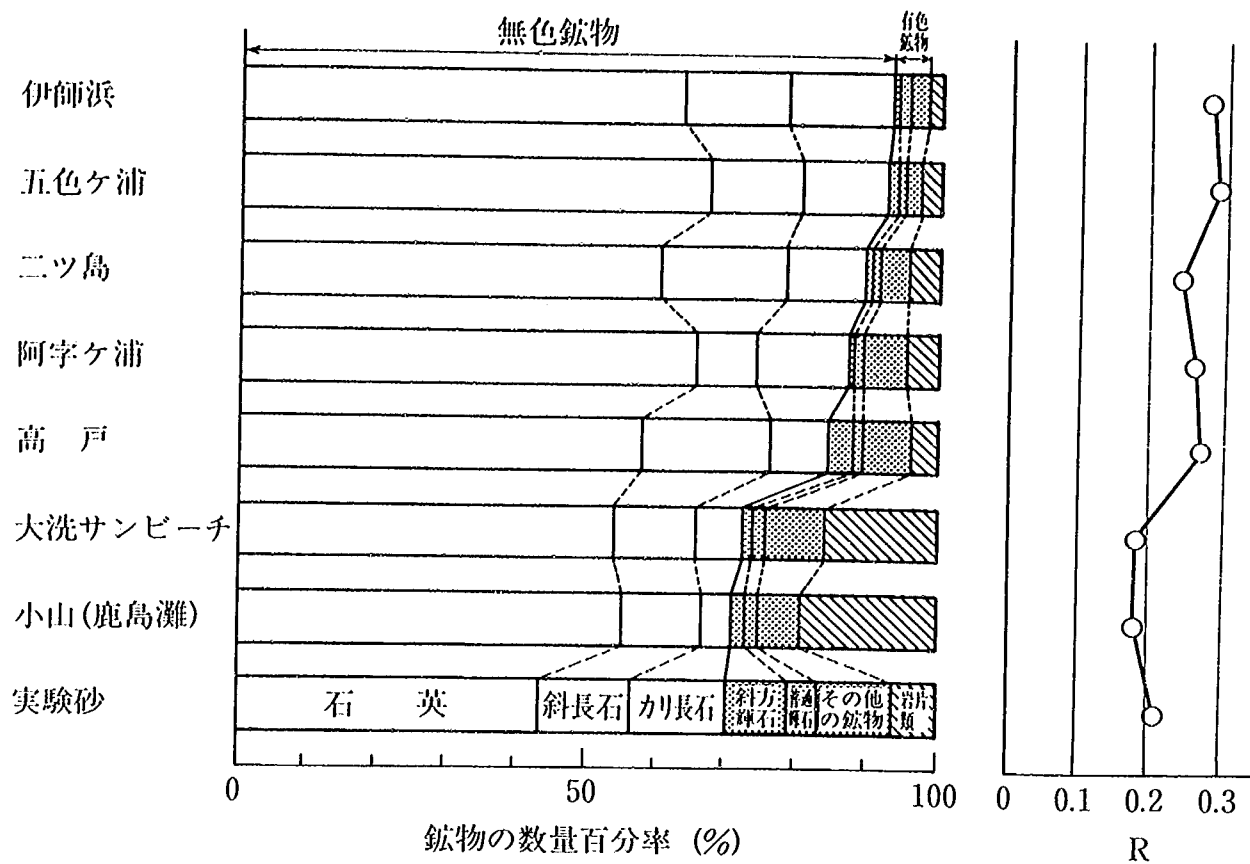


図-5.11 現地海岸の砂の鉱物組成

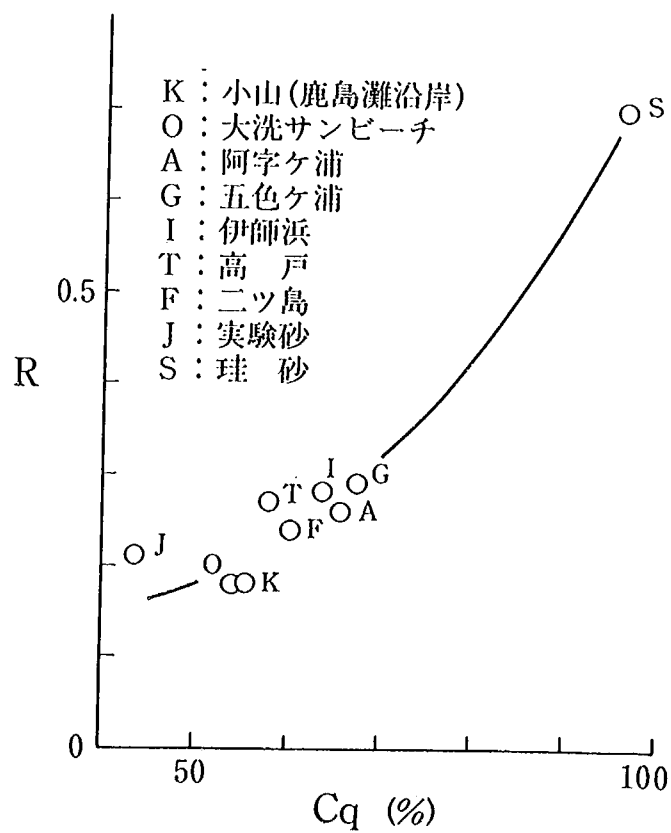


図-5.12 石英の数量百分率(Cq)と反射率(R)の関係

も周知の事実である。例えば、 $2.6 \times 10^4 \text{ lx}$ 以上の光を目に直接受けると、網膜火傷を起こす可能性があり（人間－環境系編集委員会，1972b），また，過度の照射を受けると皮膚の表面に火傷を生じることがよく知られている（人間－環境系編集委員会，1972a）。これらの問題は太陽光の照度条件や利用者の受光時間に主に支配されると考えられるから，明るさの観点より海岸環境を検討する上で注意する必要がある。

6. 嗅覚と海岸環境との関係

6.1 嗅覚と臭気の関係

海岸や港に近づくと、ふいに潮の香りを感じることがある。この時多くの人は海に来たという実感を持つはずである。すなわち潮の香りがすることで海らしさを感じる。このことから、潮の香りのする範囲が海岸の陸側境界を決定する可能性が示唆される。一方、磯や魚市場の近くでは、かなり強い不快臭を感じることがある。海産物等による不快臭は、リゾート地等では極力抑制する必要がある。そのためには、不快臭の発生源および発生機構を調査し、海岸の自然条件との関係を明確にする必要がある。

以上のことから、嗅覚に関しては潮の香りの及ぶ範囲と、不快臭の発生とその影響域の2つの観点に着目して研究を進めた。

6.1.1 潮の香りの及ぶ範囲

香りに対する日本人の認識は欧米諸国に比べて低いことが指摘されていたが、最近の調査によると、暮らしの中の香りの活用では過半数以上の人々が香りに関して何らかのこだわりを持ち（図-6.1参照、香りビジネス研究会、1988）、香りが生活の快適さを構成する重要な要素であることが指摘されている。また最近では、香りを用いた室内空間の快適性制御に関する研究成果が実用化されつつある（香りビジネス研究会、1988）。このことから、環境に対する香りの影響度はかなり高いと推察される。

嗅覚は次の基本的な性質を有する（例えば、長谷川香料㈱、1988）。

- 嗅覚の疲労：香水の良い香りもしばらく嗅いでいると匂いを感じなくなるように、時間がたつとある香りを嗅覚が感じられなくなる性質。
- 選択的嗅覚疲労：嗅覚が非常に疲れやすいことより、人は多少の悪臭の中でもしばらくするとそれを感じることなく生活できるようになる。しかし、ある匂いに慣れ、それを感じなくなった場合にも、他の匂いは感じることができる性質。

このように、人の嗅覚は非常に疲れやすいことから、長時間海岸に滞在すると潮の香りを感じなくなるはずである。したがって、潮の香りは内陸から海岸に近づいたとき、あるいは風の変動などによって嗅覚への刺激の強度が変化した時に感じられると考えられる。前者の観点によれば、香りと海岸の陸側境界とを関係付けられると思われる。

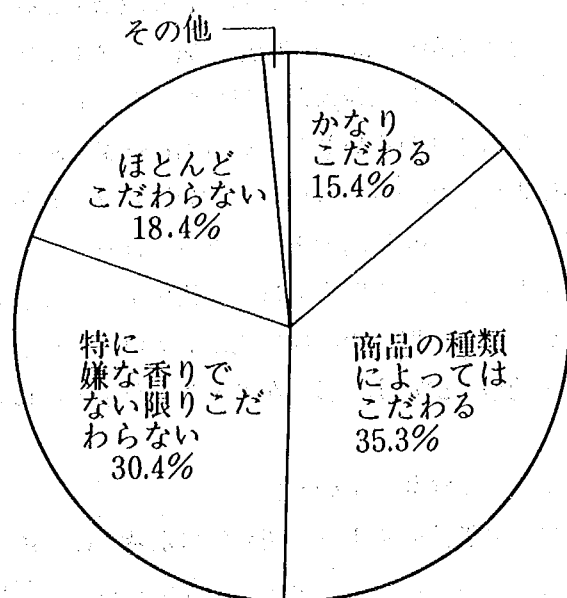
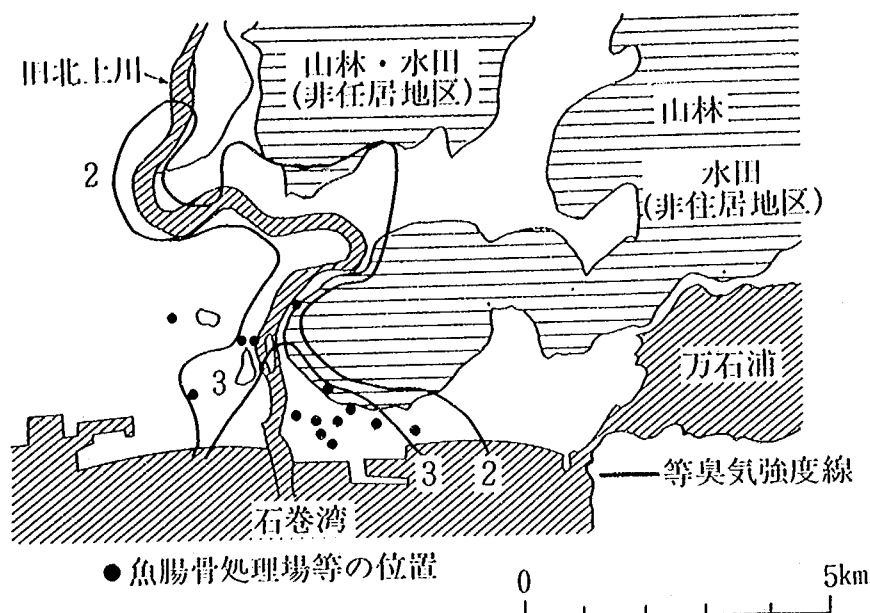


図-6.1 商品選択時の香りに対する意識調査
（香りビジネス研究会、1988）

例えば、香りの到達域を調べることによって、香りに基づいて海岸の雰囲気有する背後地の範囲を決定することができ、ゾーニングの計画を立てる際に有効利用される。ただし、潮の香りの発生および風による移流拡散は様々な気象条件、地形条件等に支配されるため（例えば、通商産業省立地公害局，1978），これらの検討が必要となる。

香りの到達域を検討した例として、魚市場等の不快臭が影響する範囲を調査した例があげられる（図－6.2 参照，曾根ら，1981）。宮城県石巻市には水揚げされたイワシやサバ等を飼肥料に加工する中小規模の魚腸骨処理場等が12箇所あり，それらが臭気の発生源となっている。住民を対象とし



図－6.2 臭気強度コンターの調査例（曾根ら，1981）

たアンケート調査結果によると，6段階臭気強度評価で臭気強度3（不快臭を弱く感じる程度）の地域は発生源から1.5 km以内，臭気強度2（不快臭をわずかに感じる程度）の地域は発生源からの最長距離が6 kmにも及んだ。臭気強度3のレベルの地域では，3割の人が季節によって毎日，または一年中毎日不快臭を感じるという調査結果も示された。魚腸骨処理場等は臭気発生源としては自然の海岸とは比較にならないほど強いはずであるから，この調査結果によれば，潮の香りの到達域は海岸より高々1 km以内であると推定される。

また，リゾート開発では，不快臭を発する水産加工場等の周辺に立地することは避けることが望ましい。仮に，既に沿岸部に立地しているこれらの施設周りで開発を行う場合には，施設から数 km離れた地域を選定する必要があることが示唆される。

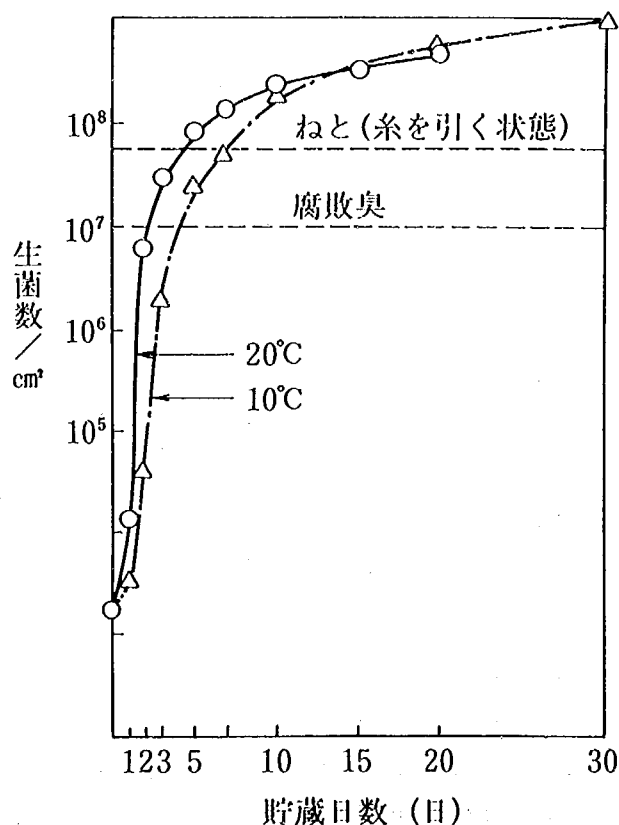
6.1.2 不快な臭気の発生

酸素の供給の不十分な閉鎖性水域では，蛋白質を含む材料（植物および動物）が微生物によって分解されることより，不快臭が発生することが知られている（ワールドテクニカルデータサービス，1972）。また，海藻類は，水中に生きている時にはあまり強い臭気を出さないが，藻体が傷ついたり腐敗したりすると強い刺激臭を生じる（新崎・新崎，1978）。以上のように，海岸での不快な匂いは海水交換が行われなくなると発生すると考えられる。

腐敗過程には、温度、湿度、日射量等、多種多様な条件が関与する。海藻等の腐敗過程に関する文献がないため、参考までに藻類の耐乾性を表－6.1に示す（新崎・新崎，1978）。多くの藻類は乾燥中に臭気を発する（新崎・新崎，1978）ので、臭気発生に要する時間の目安は、潮間帯上層で1～2日、中下層で半日以内であることが分かる。次に、タンパク質の腐敗過程を知る上での代表例として牛肉の貯蔵温度別の腐敗過程を図－6.3に示す（相磯，1976）。牛肉は常温の場合約3日で腐敗臭を発する。これらのことから、磯など生物相が豊かな海岸で、波や潮位変動によって生じる海水交換機能が悪化すると、数日で海岸に悪臭が発生する原因になると考えられる。そこで、海岸の生物について、臭気的发生過程を実験によって調べた。

表－6.1 各種藻類の耐乾性
（新崎・新崎，1978）

群生位置	名 称	耐乾時間 (hr)
潮間帯下層	アオサ	2～3
	フクロノリ	2～5
	アオノリ	2～3
	ギンナンソウ	4
潮間帯中層	スギノリ	24～48
潮間帯上層	アマノリ	24～48
	フノリ	48
	ヒトエグサ	5～6
	ヒバマタ	24～48



図－6.3 牛肉中の生菌数の貯蔵日数による変化
（相磯，1976）

6.2 海岸の生物の腐敗に伴う不快臭発生に関する実験

6.2.1 実験方法

海水交換が乏しい海岸で生物が腐敗し、不快臭を発生するに至る過程を調べるために、室内実験を行った。実験の対象とする生物は海藻（コンブ）、貝（ムラサキインコガイ）、魚（アジ）である。海藻、貝および海水は茨城県那珂湊市の磯で採取した。魚は新鮮なものを購入した。実験では、各サンプルを空気中と海水中に放置するとともに、比較のために海水のみのケースを併せて表-6.2に示す7ケースを選んだ。測定は各サンプルの採取日から開始した。臭気強度は20代男性2名がサンプルから50、25 cm離れた位置で、6段階臭気強度法（表-6.3）を用いて測定した。第一のサンプルから50 cm離れた位置で約10秒匂いを嗅いで評価点をつけ、続いて25 cm離れた位置で同様に評価した。そして、1つのサンプルの測定終了後、嗅覚疲労の回復を目的に30分の休憩を取り次の測定に移った。

表-6.2 臭気強度変化の実験条件

対象物	空気中	海水中
海 藻	○	○
貝	○	○
魚	○	○
海水のみ		○

表-6.3 6段階臭気強度の判断基準

臭気強度	判 断 基 準
0	無臭
1	かすかな匂いを感じる
2	多少臭いとを感じる
3	臭いとを感じる
4	かなり臭い
5	吐き気をもよおすほど臭い

6.2.2 実験結果

測定は8月15日16:00より開始し4回行った。測定時の気温および湿度を表-6.4に示す。この期間はかなり蒸し暑く、腐り易い条件にあった。各サンプルの臭気強度の時間変化を図-6.4、6.5に示す。海水のみのサンプルでは距離が25、50 cmとともに約24時間で潮の香りが抜け、無臭に近い状態となった。海水中に浸した海藻は距離によらず、24～48時間で臭気強度5のかなり強い不快臭を生じた。一方、空気中の海藻は約24時間で臭気強度5の腐敗臭を生じたが、それ以降は臭気強度3のレベルまで低下した。海水中の貝は約24時間で臭気強度3、4まで達したが、採取したサンプル量が少なかったためか、それ以降は低下する傾向にあった。また、空気中に放置した貝は臭気強度は変わらなかった。魚は空気中、海中ともに24時間程度で臭気強度5のレベルまで達し、それ以降も同様な臭いはそれ以上の不快臭を発生した。

表-6.4 臭気強度変化実験時の気温と湿度

日 時	8/5 16:00	8/6 14:00	8/7 10:30	8/8 10:00
天 気	晴	雨	晴	晴
気温(℃)	28.0	24.5	31.0	31.0
湿度(%)	70	95	69	69

6.2.3 ま と め

測定に用いたサンプルは現地海岸で採取した海藻や貝、あるいは食用の新鮮な魚であり、当初より

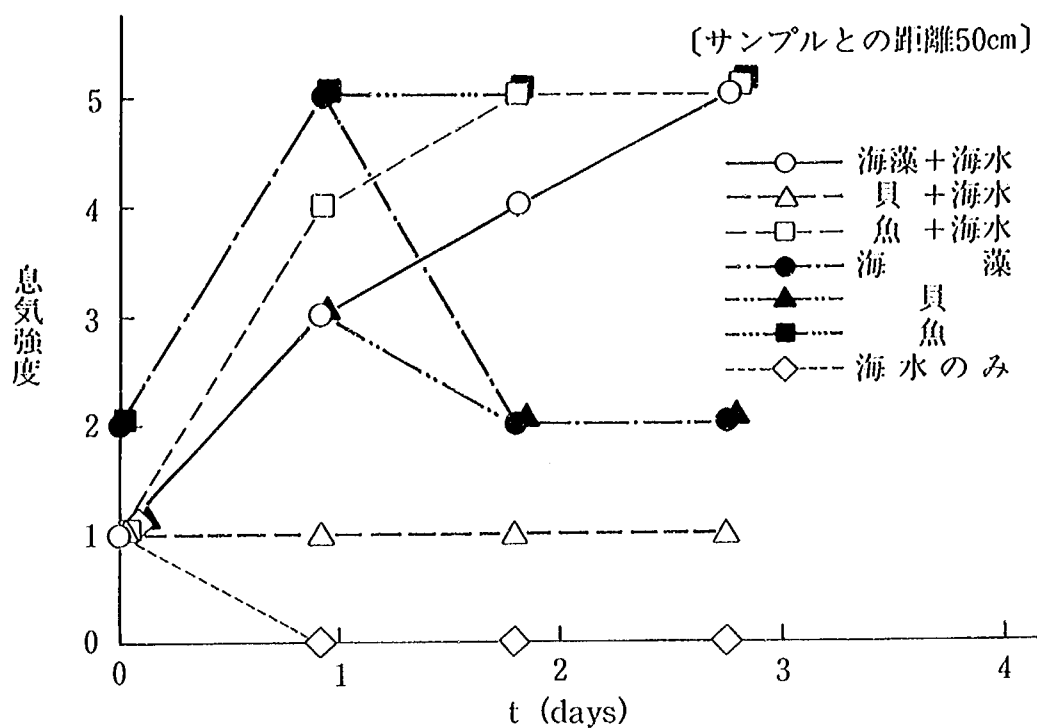


図-6.4 臭気強度の経時変化（対象物との距離50 cm）

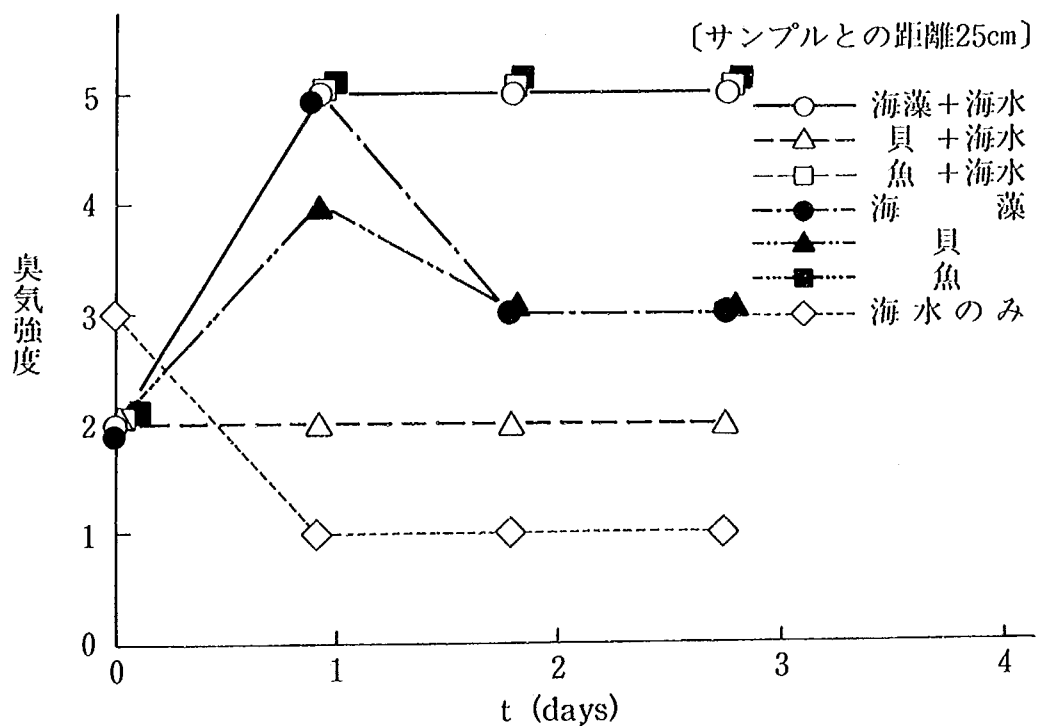


図-6.5 臭気強度の経時変化（対象物との距離25 cm）

不快臭を発していたものではない。採取地点の磯は潮間帯にあり、波による海水交換が盛んに行われていた。しかし、ひとたび海水交換の停滞した状況にサンプルが置かれると、数日中には非常に強い不快臭を発するようになることが判明した。すなわち、磯等で海水交換が十分に行われなくなると、そこに生息する生物の腐敗の原因となることが分かった。腐敗に要する時間は夏季で1～2日であり、この点からすると1潮汐内で海水交換が行われることが海岸の生物の腐敗を防ぐために必要と推定される。

以上のことから、構造物による波浪制御の結果、海水交換が十分に行われない区域ができた場合には不快臭を発生する可能性があり、磯に構造物を建設したり、人工的に磯を計画する場合には、海水交換や潮位変動について検討する必要があることが示された。

7. 結 論

本研究で得られた研究成果は以下のように要約される。

- ①海岸整備の観点から海岸環境を考えたとき、従来の議論は個々の施設計画や特定の利用形態に関する問題に主眼が置かれており、海岸環境全体についての議論が不足していた。本研究では、新たに海岸の自然条件を考慮し、海岸環境を雰囲気と行動の制約条件の2面よりとらえるべきことを示した。また、雰囲気を構成する要素として、視覚によるもののみでなく表面感覚、聴覚、嗅覚からも考察すべき必要性を示した。
- ②海岸の利用形態を抽出し、それを利用目的と利用位置の2つの側面より分類した。
- ③海岸は陸域環境に比べ明るい環境にある。このことが快グレアとして海岸の雰囲気に寄与すると考えられる。
- ④まぶしさを感じるのに必要な地表反射条件は、晴天時に相当する $8.0 \times 10^4 \text{ lx}$ 以上の照度下で約 $5 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ 以上の輝度および0.2以上の反射率を有することである。
- ⑤砂の種類によって輝度特性は異なる。この差違は砂の色調と関係し、無色鉱物を多く含む砂ほどまぶしさを得やすい。
- ⑥潮の香りの到達域はその対象となる場所の地理的条件、気象条件等によって左右されるが、魚腸骨処理場等による不快臭拡散の調査結果を考慮すると、潮の香りの到達範囲は発生源から高々1 km以内であると推定された。
- ⑦室内実験の結果より、海水交換が十分でない海域では、夏期においては1～2日で海岸の生物の腐敗による不快臭が発生することが分かった。このことから、磯に構造物を建設したり、人工的に磯を計画する場合には、1潮汐内に海水交換が十分行われるようにする必要があることを示した。

8. あ と が き

本報告書では、海岸環境に関する研究の方針を述べた。また、海岸の雰囲気構成する要素のうち視覚に関する要素として明るさと、嗅覚に関する要素として潮の香りの及ぶ範囲と不快臭の発生についてこれまでの研究成果をとりまとめた。

本研究のうち、要素および利用形態の抽出、分類の作業を進めるに際しては建設省河川局海岸課、各地方建設局河川計画課、北海道開発局河川計画課、沖縄総合事務局河川課の関係者の方々に御協力頂いた。また、現地調査、砂の採取には茨城県土木部河川課、土木試験所の関係者の方々に御協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

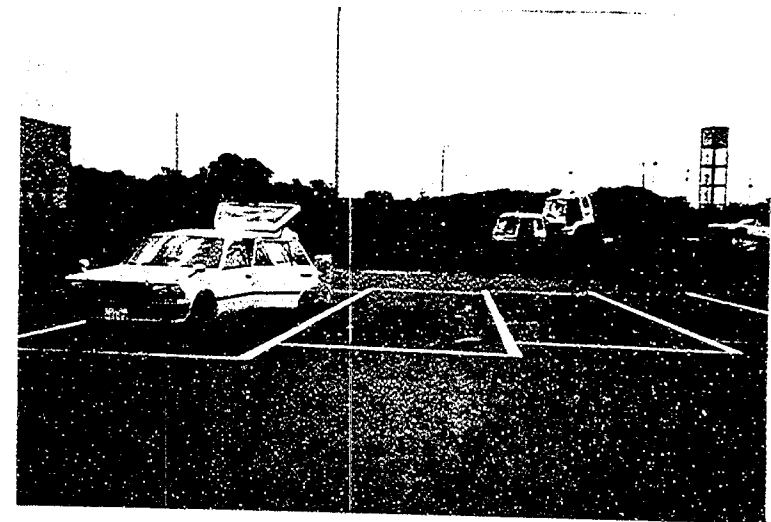
- 相磯和嘉監修(1976):食品微生物学,医歯薬出版,440 p.
- 池田光男(1988):眼はなにを見ているかー視覚系の情報処理ー,平凡社,289 p.
- 井上雅夫・島田広昭(1976):海水浴場に関する海岸工学的研究,第23回海岸工学講演会論文集, pp. 572~576.
- 井上雅夫・島田広昭(1982):海水浴場に関する海岸工学的研究(第2報),第29回海岸工学講演会論文集, pp. 633~637.
- 岡田光正・高橋聡志(1988):新建築学大系13 建築規模論,彰国社,270 p.
- 香りビジネス研究会編(1988):香りビジネス,日刊工業新聞社,183 p.
- 小舟浩治(1989):ウォーターフロント開発における水理学的計画手法に関する検討,海洋開発論文集, Vol. 5, pp. 167~172.
- 佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐元・久保田進(1974):海洋性レクリエーションに関する研究(第2報),第21回海岸工学講演会論文集, pp. 471~475.
- 照明学会編(1978):照明ハンドブック,オーム社,792 p.
- 新崎盛敏・新崎輝子(1978):海藻のはなし,東海大学出版会,228 p.
- 曾根一真・宮城県石巻保健所環境公害課(1981):魚腸骨処理場悪臭の住民意識調査,悪臭の研究, Vol. 10, No. 49, pp. 33~40.
- 地団研地学事典編集委員会編(1978):地学事典,平凡社,1540 p.
- 通商産業省立地公害局編(1978):公害防止の技術と法規(大気編),産業公害防止協会,829 p.
- 長尾昌明・天野順次・沢本正樹(1989):海浜調査における砂の色の利用の可能性,土木学会第44回年次学術講演会講演概要集, pp. 774~775.
- 灘岡和夫・徳見敏男(1988):海岸の音環境に関する基礎的研究,第35回海岸工学講演会論文集, pp. 757~761.
- 灘岡和夫・玉嶋克彦(1989):海岸環境要素としての波の音の特性について,第36回海岸工学講演会論文集, pp. 869~873.
- 人間-環境系編集委員会編(1972 a):人間-環境系(上巻),人間と技術社,722 p.
- 人間-環境系編集委員会編(1972 b):人間-環境系(下巻),人間と技術社,684 p.
- 日本道路協会編(1980):道路照明設置基準・同解説,丸善,170 p.
- 野々口哲生・堀田新太郎・竹沢三雄(1989):ウインドサーフィンについての海岸工学的研究,土木学会第44回年次学術講演会講演概要集, pp. 816~817.
- 松浦邦男編(1981):照明の事典,朝倉書店,386 p.
- 松田宗太郎・洞口公俊・田淵義彦(1970):屋内照明における各国グレア評価法の概要,照明学会誌, Vol. 54, No. 4, pp. 157~169.
- 長谷川香料(株)編(1988):においの科学,装華房,204 p.
- 深津 正・中島龍興・面出 薫・近田玲子(1988):あかりと照明の科学,彰国社,179 p.
- 堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元(1972):海洋性レクリエーションとその環境,第19回海岸工学講演会論文集, pp. 83~91.
- ワールドテクニカルデータサービス編(1972):悪臭公害,ワールドテクニカルデータサービス,208 p.

付 録
写真一覽



写真-1 土木研究所本館玄関前の赤レンガ敷
(1989年8月5日撮影, 天気:曇り)

a)



b)

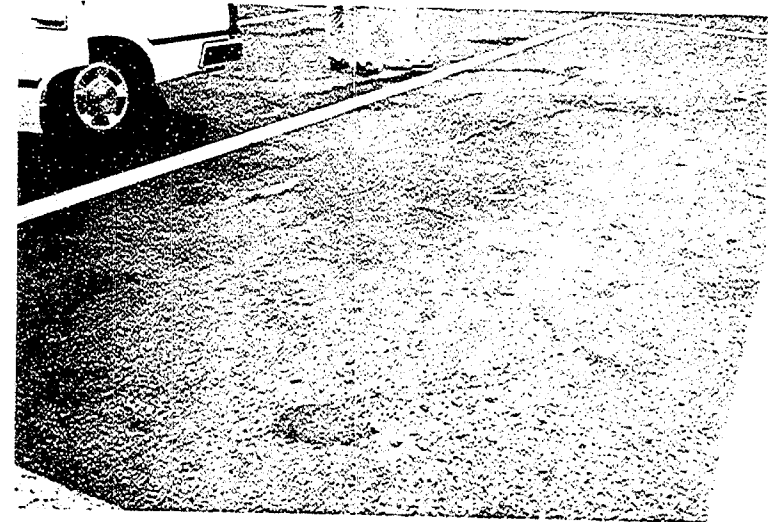
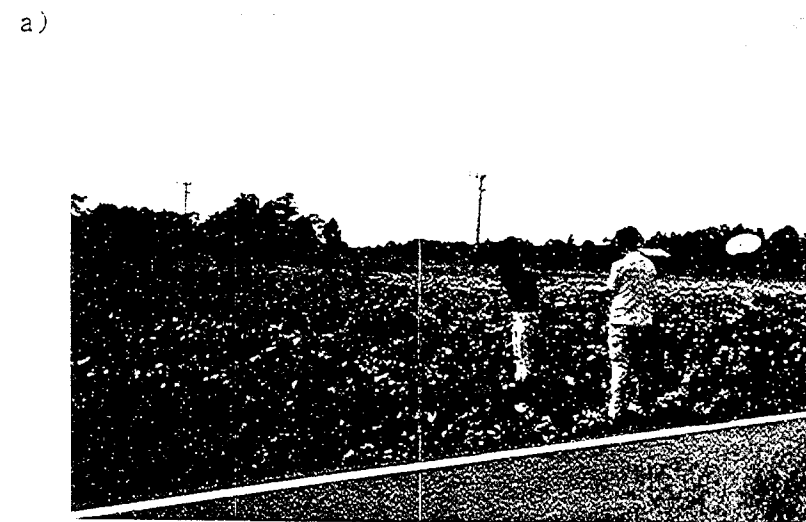


写真-2 常盤高速道路千代田パーキングエリア内のアスファルト路面
(1989年8月5日撮影, 天候:曇り, a)全景, b)路面)



写真－3 茨城町の水田の稲穂（1989年8月5日撮影，
天候：晴，a)全景，b)稲穂）



写真－4 茨城町のサツマイモ畑（1989年8月5日撮影，
天候：晴，a)全景，b)サツマイスの葉）



写真-5 茨城町の森を通り抜ける県道のアスファルト面(1989年8月5日撮影, 天候: 晴, a) 全景, b) アスファルト面)

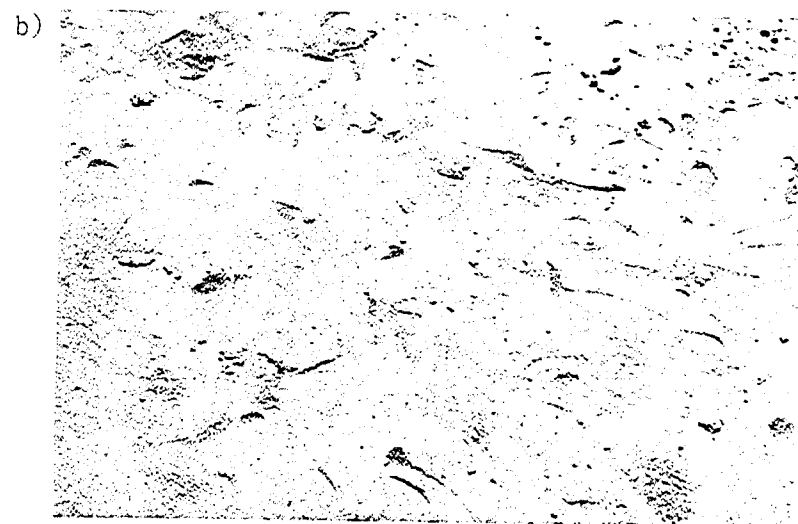


写真-6 阿字ヶ浦海岸の砂浜(1989年8月5日撮影, 天候: 晴, a) 全景, b) 砂面)

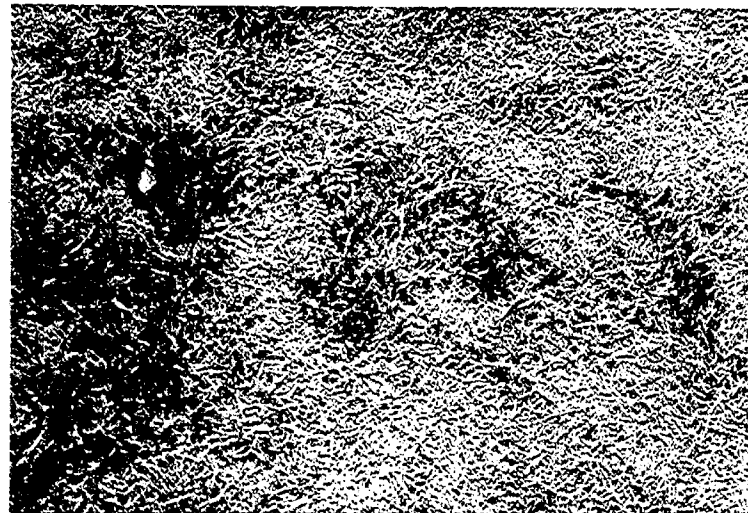
a)



a)



b)



b)

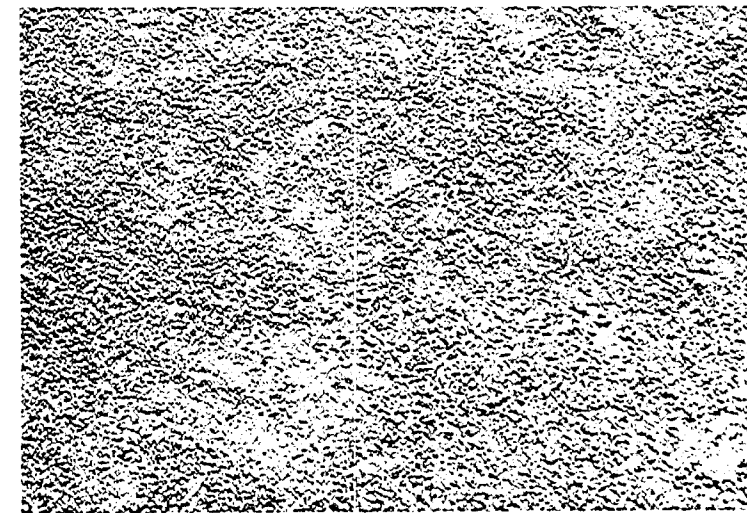


写真-7 つくば市内の梅園公園の芝生(1989年8月5日
撮影, 天候:曇り, a)全景, b)芝生)

写真-8 つくば市内の手代木南小学校の乾燥状態にある校庭
(1989年8月5日撮影, 天候:曇り, a)全景, b)地面)



写真-9 土木研究所試走路のコンクリート路面
(1989年8月5日撮影, 天候:曇り, a)全景, b)路面)

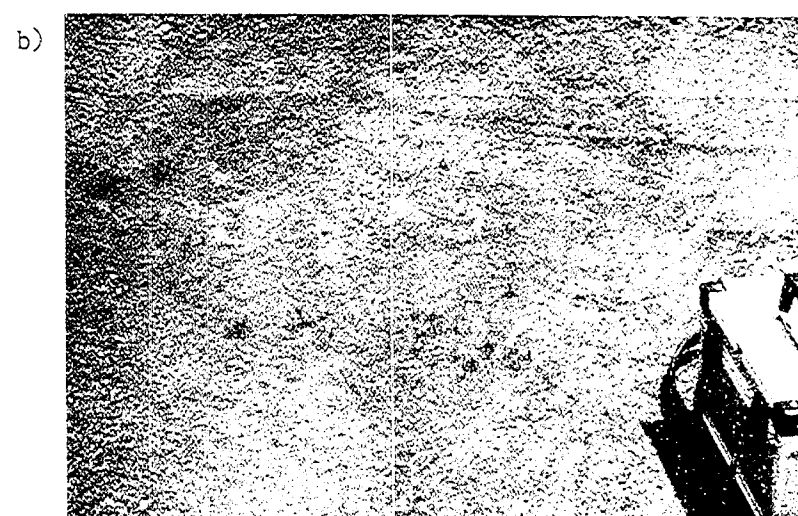
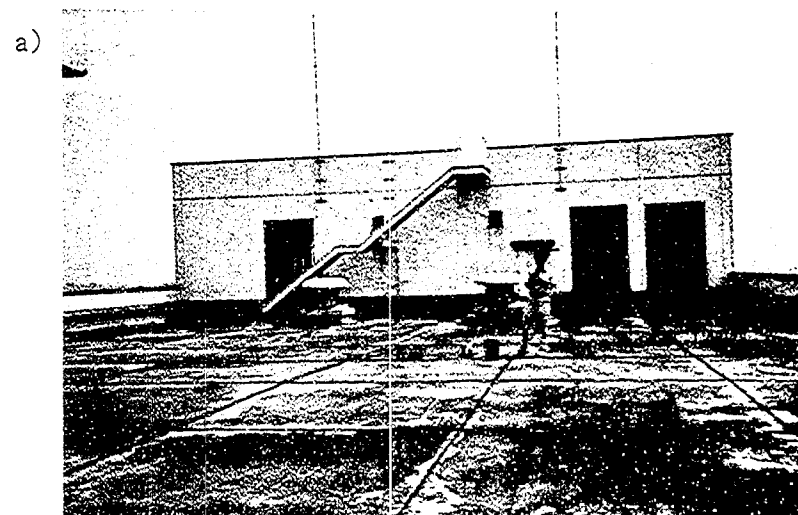


写真-10 土木研究所の本館屋上のコンクリート面 (1989年
8月9日撮影, 天候:晴, a)全景, b)コンクリート面)

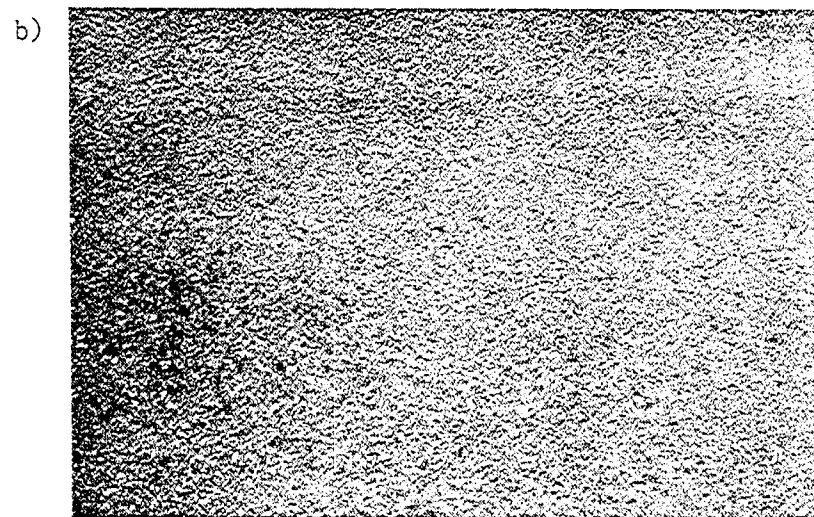
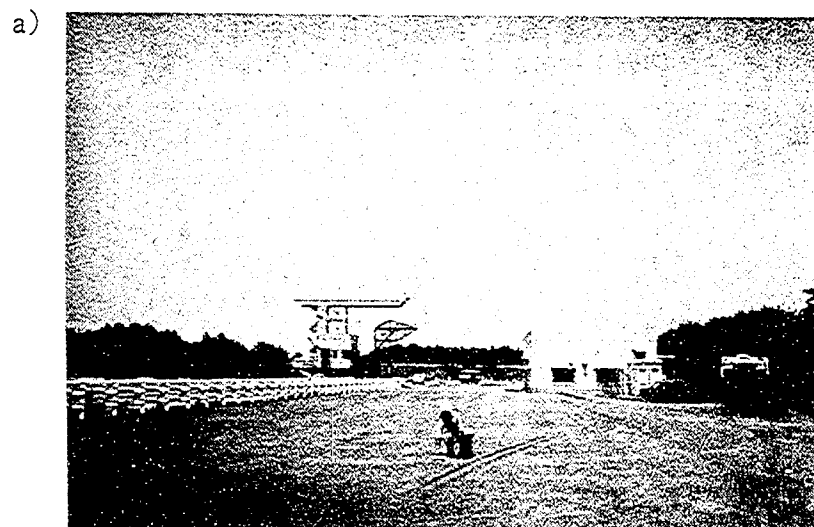


写真-11 土木研究所内の駐車場のアスファルト路面(1989年
8月9日撮影, 天候: 晴, a) 全景, b) 路面)

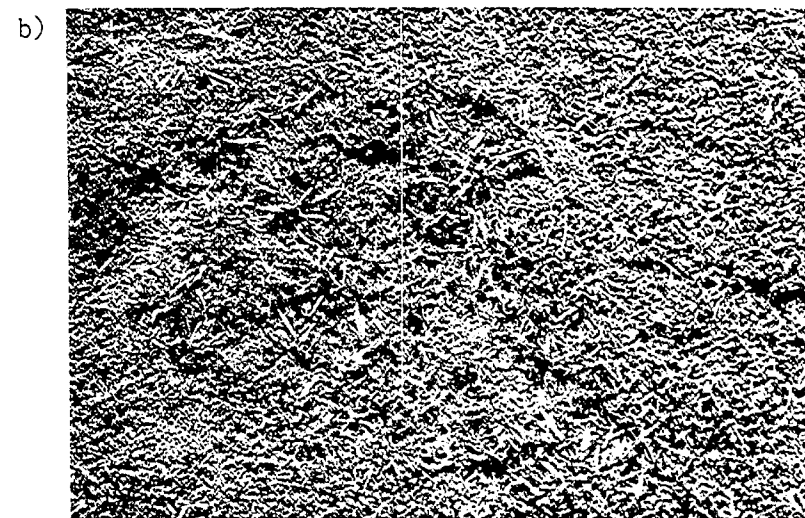
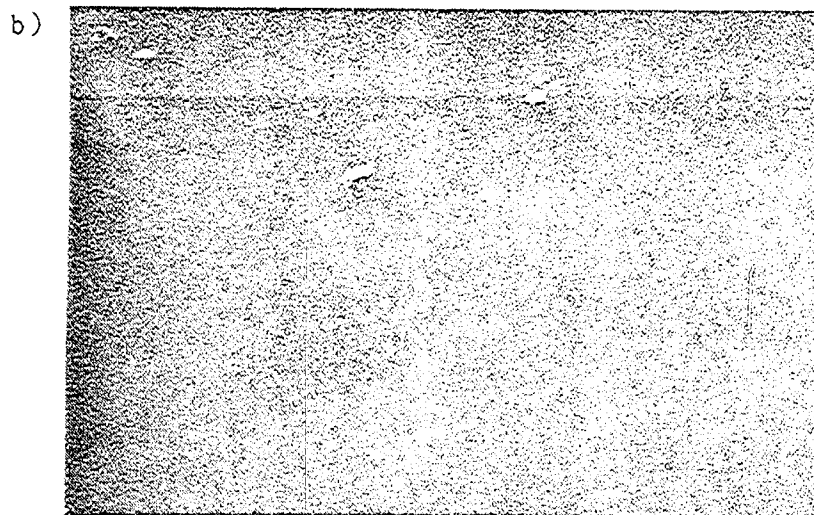
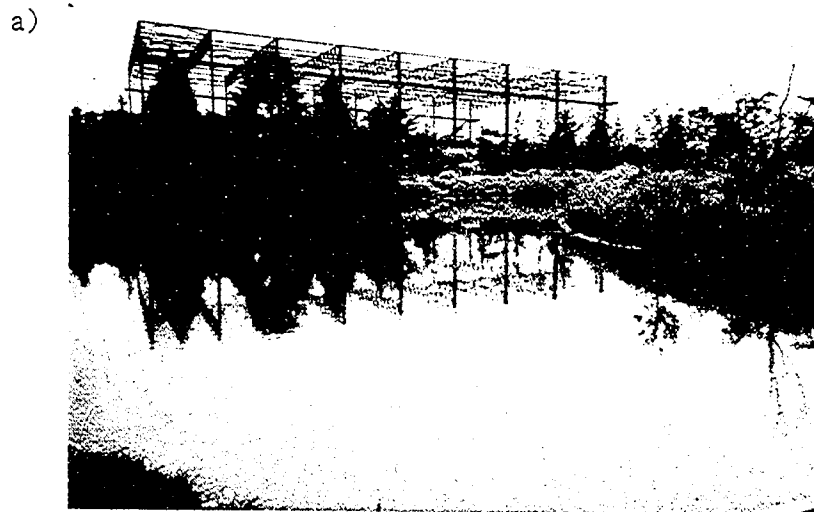
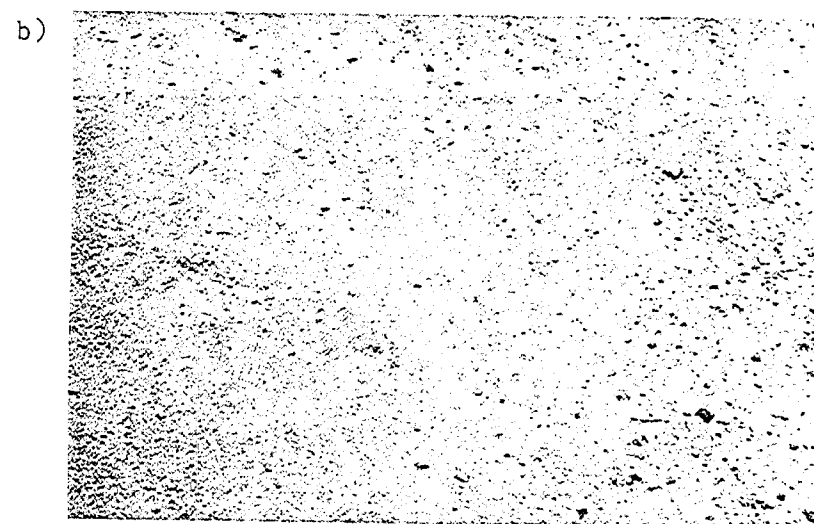
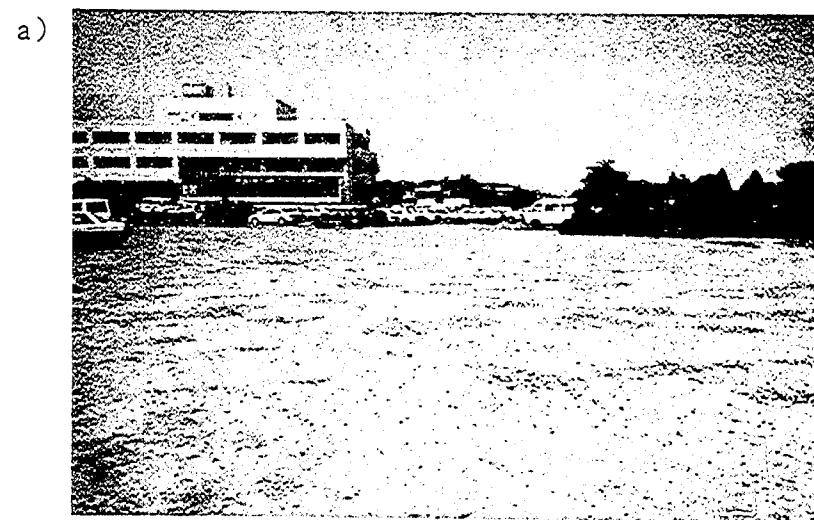


写真-12 サッカーグラウンドの芝生(1989年8月9日撮影,
天候: 晴, a) 全景, b) 芝生)



写真－13 土木研究所内の池（1989年8月9日撮影，
天候：晴，a)全景，b)水面）

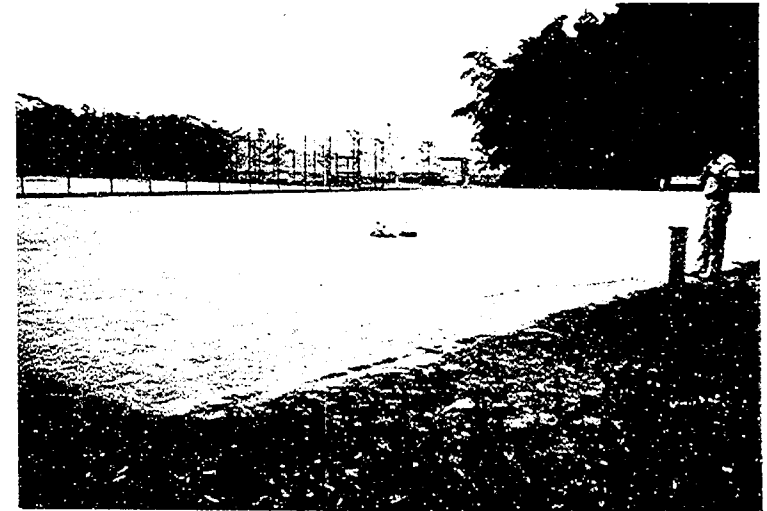


写真－14 つくば記念病院の駐車場の乾燥した地面
（1989年8月9日撮影，天候：晴，a)全景，b)地面）

a)



a)



b)



b)



写真-15 つくば市内の造成地の湿潤な地面（1989年
8月9日撮影，天候：曇り，a）全景，b）地面）

写真-16 つくば市内のゲートボール場の地面（1989年
8月9日撮影，天候：晴，a）全景，b）地面）



写真-17 土木研究所本館玄関前の赤レンガ敷(1989年8月22日
撮影, 天候:曇り, a) 全景, b) 赤レンガ)



写真-18 土木研究所本館玄関前の赤レンガ敷(1989年8月22日
撮影, 天候:晴, a) 全景, b) 赤レンガ)

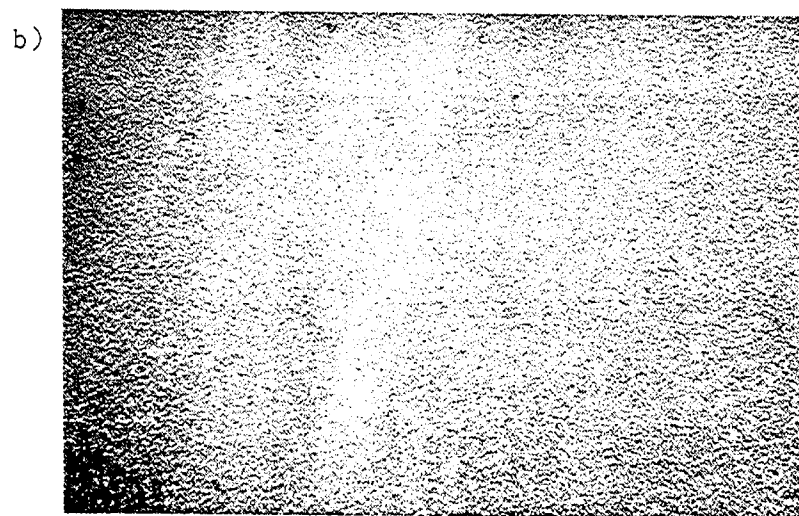
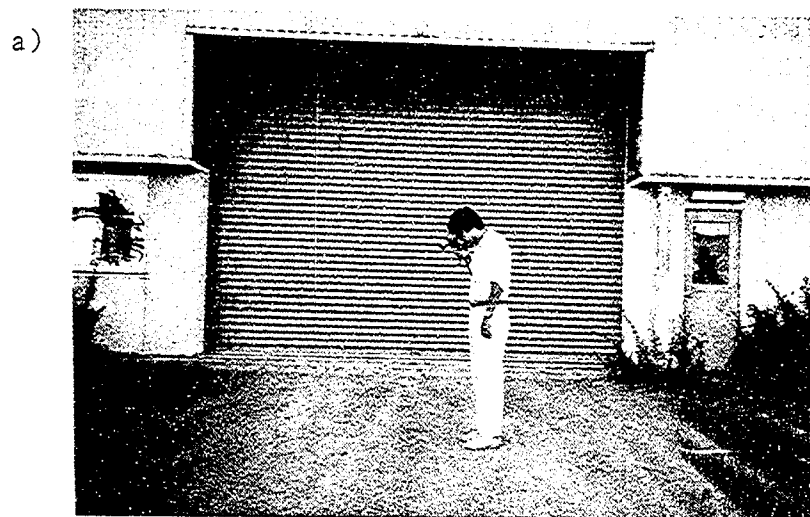


写真-19 土木研究所外周路の日陰のアスファルト路面(1989年
8月22日撮影, 天候:曇り, a) 全景, b) 路面)

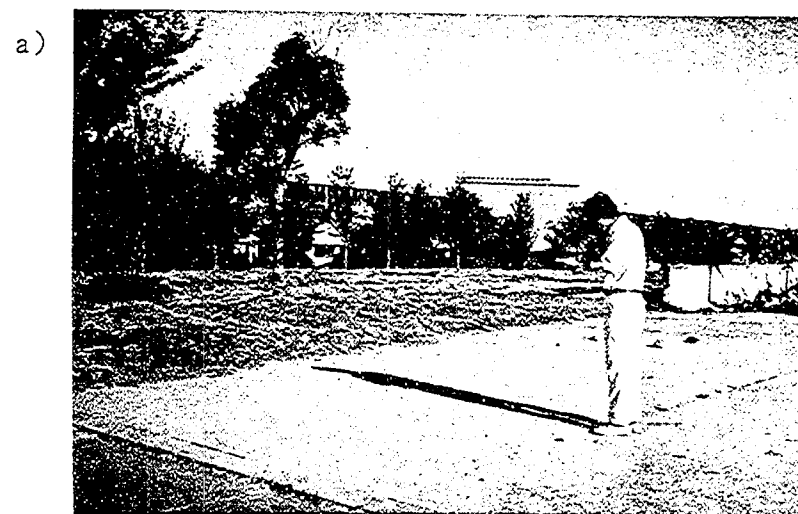


写真-20 実験砂(1989年8月22日撮影, 天候:晴,
a) 全景, b) 砂面)

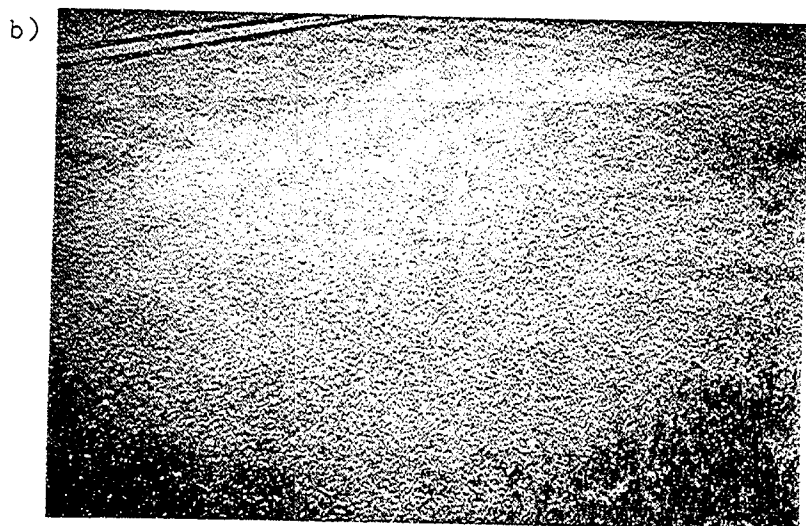


写真-21 土木研究所内の駐車場のアスファルト路面(1989年
8月22日撮影, 天候:晴, a)全景, b)路面)

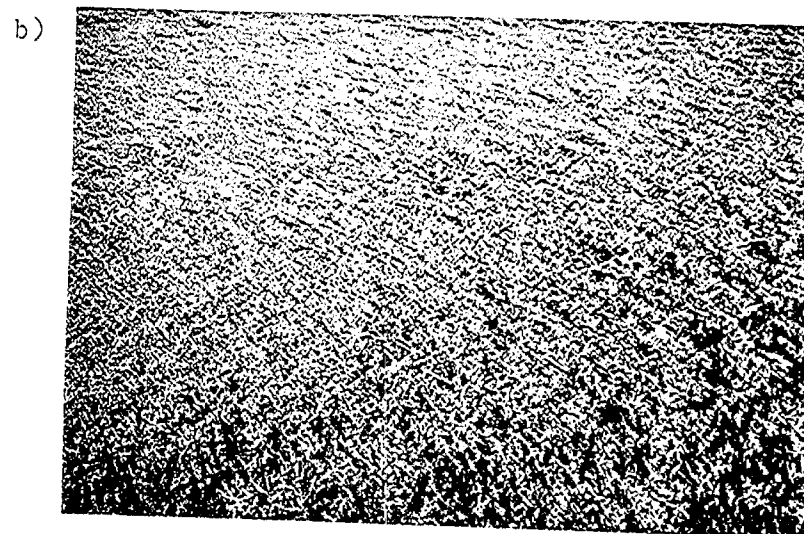


写真-22 サッカーグラウンドの芝生(1989年8月22日
撮影, 天候:晴, a)全景, b)芝生)

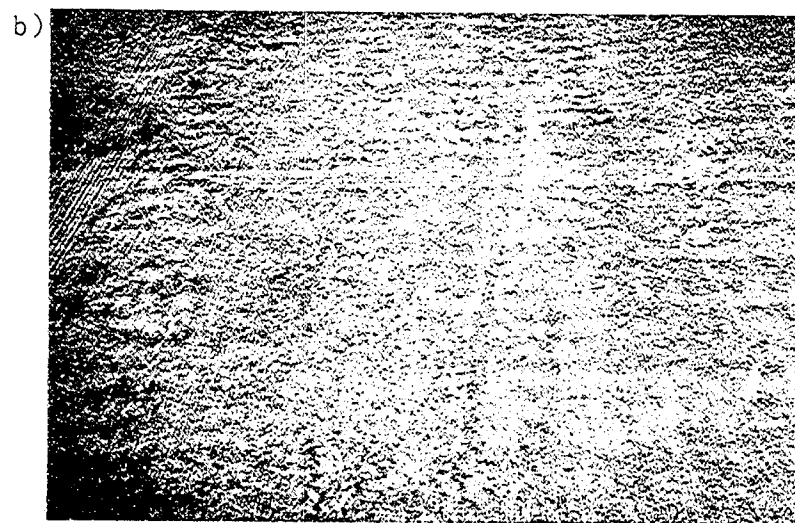
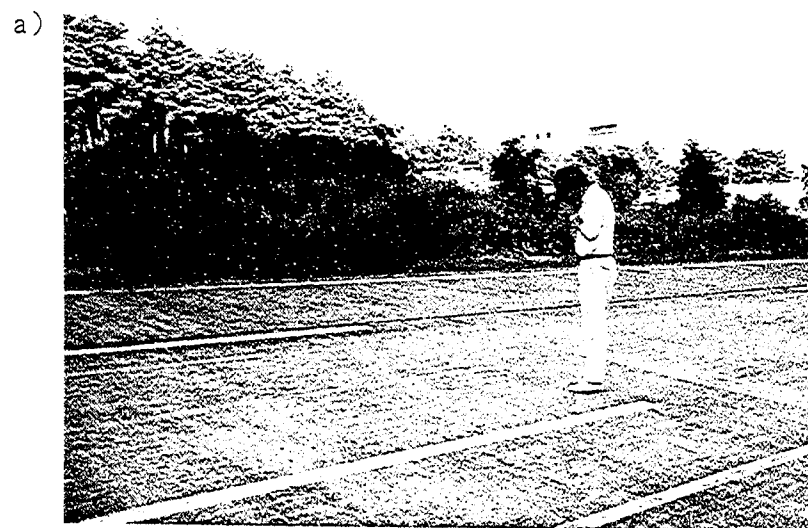


写真-23 土木研究所試走路の日陰のコンクリート路面(1989年
8月22日撮影, 天候:晴, a)全景, b)路面)

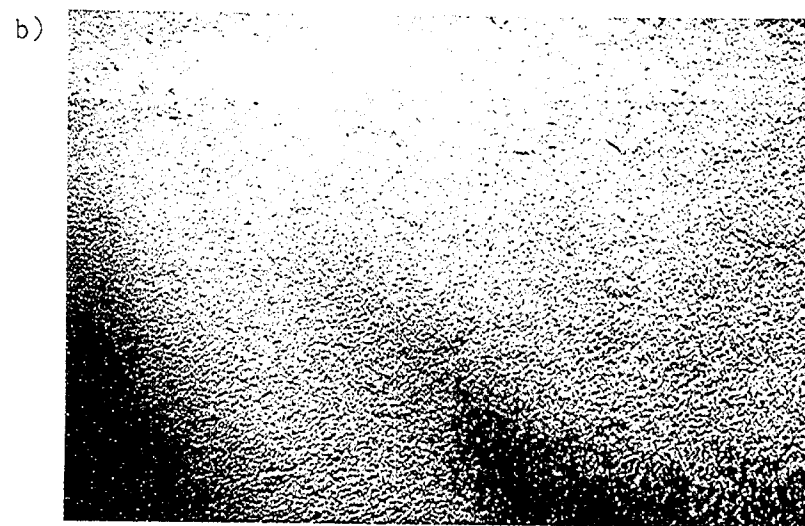
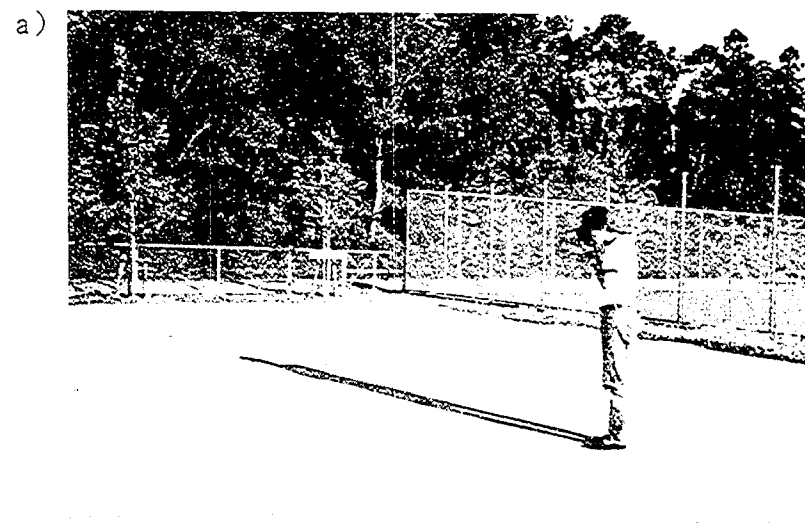
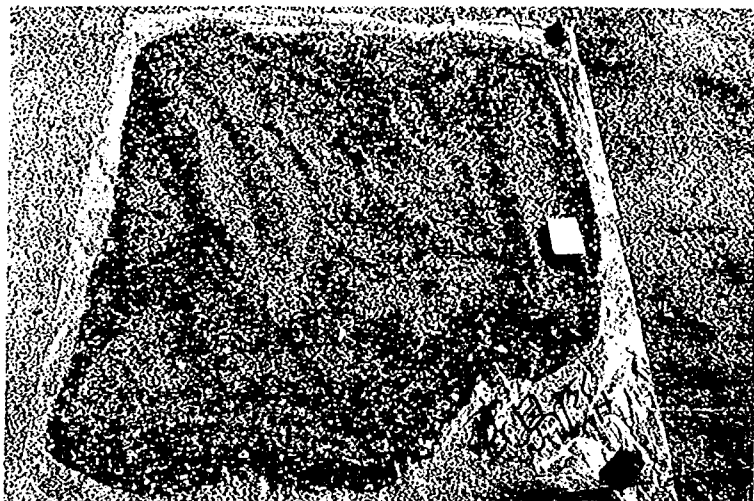


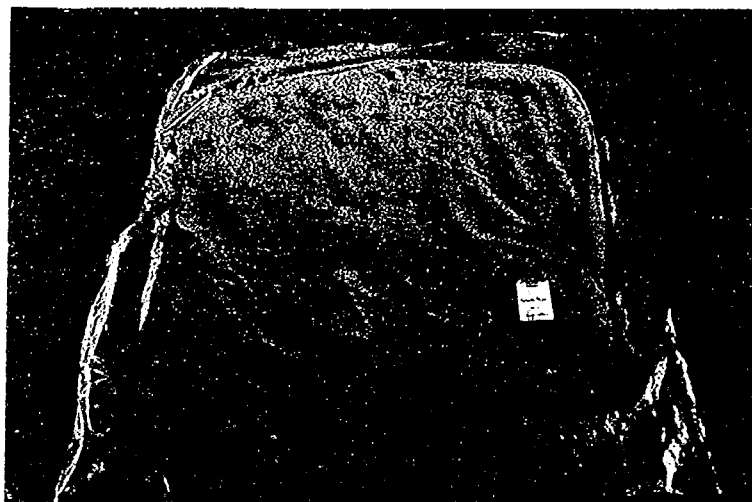
写真-24 つくば市内のゲートボール場の地面(1989年
8月23日撮影, 天候:晴, a)全景, b)砂面)



写真－25 小山海岸（鹿島灘沿岸）の前浜底質



写真－26 大洗サンビーチの前浜底質



写真－27 阿字ヶ浦海岸の前浜底質



写真 - 28 五色ヶ浦の前浜底質



写真 - 29 伊師浜海岸の前浜底質

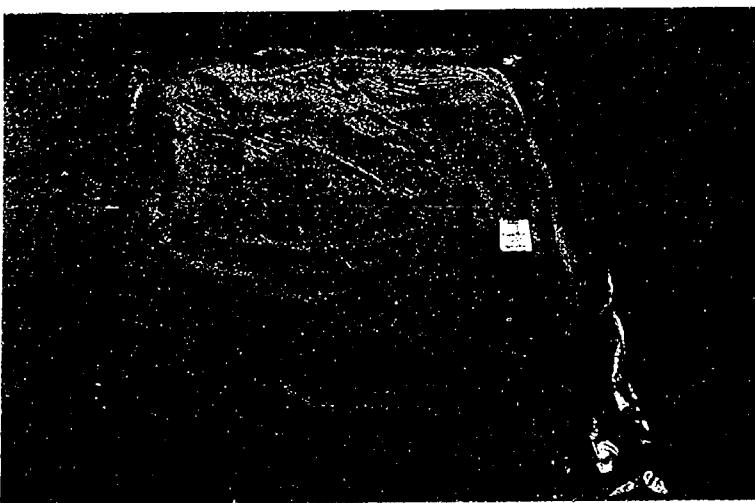


写真 - 30 高戸海岸の前浜底質



写真-31 二つ島周辺の前浜底質

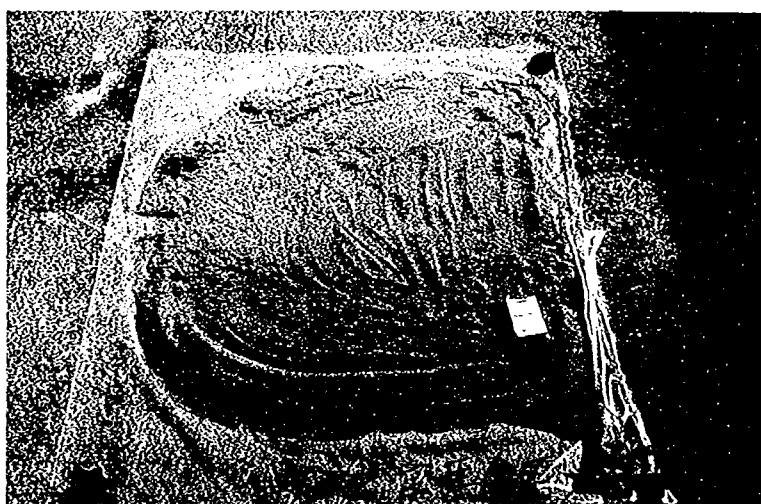


写真-32 実験砂

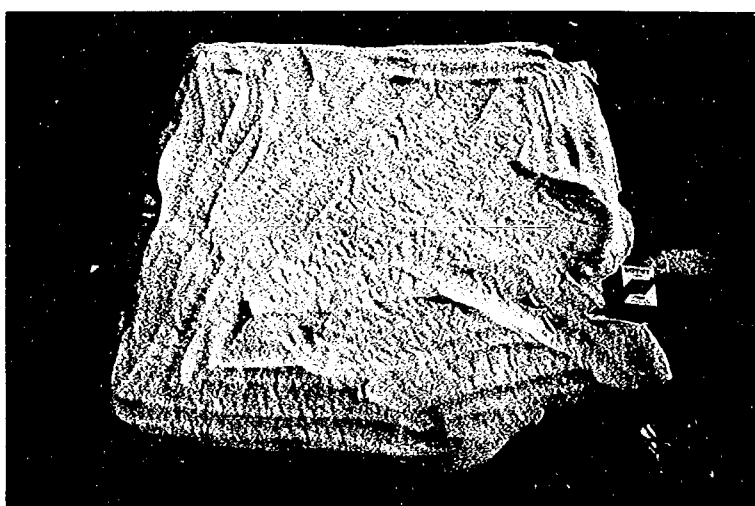


写真-33 珪砂

海岸環境を構成する要素および
海岸の利用形態に関する研究

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2807号

平成元年12月(1989)

河川部海岸研究室 室長 宇多高明

研究員 小俣 篤

部外研究員 浅村 亨

要 旨 近年、我が国では生活水準が著しく向上し、それに伴って各個人の余暇利用に対する意識も高まりを示している。こうした状況の下で沿岸域を多目的に利用しようとする欲求も高まっている。このため、海岸保全計画においても防災機能のみを重視するのではなく、海岸の自然環境、地境特性、利用特性等をも考慮してより高次の計画を立案する必要が認識されつつある。こうしたことから、本研究では海岸環境の物理的な特性、海岸環境が人の心理へ及ぼす影響、および海岸の利用形態とそれが成立するための条件などを明らかにする。また、海岸環境の構成要素に関しては、海岸の雰囲気と、海岸の利用制約条件の2面よりとらえる必要があることを示し、それらの観点より構成要素を抽出した。また、海岸の利用形態を目的と利用場所の面より分類した。さらに、海岸の雰囲気を構成する種々の要素のうち、視覚に関する要素である「明るさ」について検討し、砂浜は陸域環境より高輝度であることを定量的に示すとともに、砂の種類ごとの輝度特性およびそれと鉱物組成の関係を示した。また、嗅覚に関しては、海岸の生物の腐敗に伴う不快臭の発生過程を実験的に調べ、海岸における不快臭発生の抑制には海水交換が重要であることを示した。

キーワード：海岸環境、海岸利用、構成要素、海岸の雰囲気、行動制約条件、心理、感覚、視覚、海岸の明るさ、現地調査、嗅覚、潮の香り、実験、不快臭

郵便はがき

は41円
切手
を
貼る

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

海岸研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2807号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印