

海の香りの形成機構に関する研究

上月康則*・細井由彦**・村上仁士***・浜口大輔****

1. 緒 言

幅広い年齢層の人々が安心して、憩い、楽しめる海岸環境をめざして、全国の沿岸域で精力的な環境の保全と創造が行われている。個々の海岸の特徴を活かして、アメニティを高めるためには、海岸環境を構成する要素についての分析と評価が肝要であろう。そしてこのような観点からの研究も、一部では既に始められている。

アメニティは視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚の五感をととして評価されることから整理すると、視覚的要素としての景観については多くの検討例がある。また聴覚要素としては、波の音の快適性について、その心地よさ、発生機構さらに脳波からみた検討などが行われてきている(たとえば灘岡ら, 1989; 村上ら, 1995)。

ここで、海岸の嗅覚要素としてはいわゆる「磯の香り」であろう。杉沢(1988)は磯の香りの成分の一部を同定し、浜鍋(1986)はそのアロマテラピーへの適用について検討している。さらに海岸環境の構成要素として海の香りに着目する場合には、香りを総体としてとらえ、その質や快適性などについて検討することが望まれる。しかしながら香りに関する研究はこのような大気成分の分析を中心としたものであり、感覚量として取り扱ったものはみあたらない。

そこで本研究は海岸環境のアメニティ要素として海の香りに着目し、海の香りの分布、発生源や香りの質などの特徴を把握することを目的とした。香りの分析には官能試験を用い、以下のような検討を行った。

まず海の香りの快適な環境要素としての位置づけを把握するためのアンケート調査を行い、つぎに海の香りの分布について検討した。室内実験ではこれらの結果を参考に、香りの発生源と発生機構に関する官能試験を行い、最後に海の香りの特徴について検討した。

2. 調査概要

2.1 調査地点と試料採取方法

海の香りの強さと質の違いを明らかにするために、図-1に示す徳島県の見能林海岸にある磯(A, B)、砂浜(C, D, E)と漁港(F, G, H)の3つの場所から9地点を選定し、現地調査を実施した。なお本海岸の水質は良く海水浴場としても利用されている。調査時に測定された水質結果からは北部の漁港においても水質の悪化は認められなかった。それぞれの調査地点の海水中の全有機炭素濃度(mg/l)は漁港で2.82, 砂浜で2.70, 磯場で2.73であった。

また室内実験で行う臭気濃度測定用の液体試料についてはそれぞれの地点の海水を供し、固形試料には水面下にあった漁港内の石, 砂浜の砂と磯の岩を実験に用いた。なおいずれの試料も15°Cの恒温槽に数時間静置したのちに試験に供した。

2.2 臭気濃度測定方法

一般に「におい」は数百の臭気物質が混ざりあって形成されていることから、一つの評価尺度で測定することは困難である。そこで、その数値化には目的に応じて測定方法を選択することとなっている。本研究では漠然とした感覚量である海の香りの発生と質を取り扱う。この

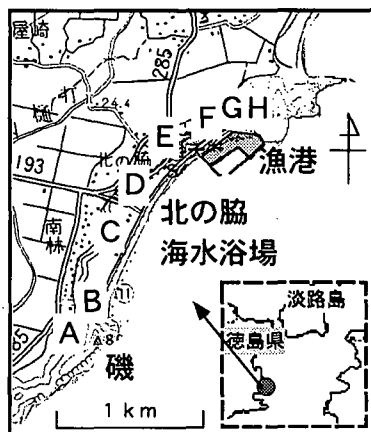


図-1 見能林北海岸と調査地点

* 正会員 博(工) 徳島大学講師 工学部建設工学科
 ** 正会員 工 博 鳥取大学教授 工学部社会開発システム工学科
 *** フェロー 工 博 徳島大学教授 工学部建設工学科
 **** 学生会員 長岡技術科学大学 環境システム工学科

ことから、その数値化には人間の嗅覚を用いて臭気を数値化する方法のひとつである、三点比較臭袋法(環境庁, 1995)を用い、臭気濃度を指標とした。

本法の概要を記すつぎのとおりである。まず定められたパネラー試験によって、一定のにおいを検出する能力があると判定された者6名が1組として、臭気試験パネラーが選出される。採取試料が入った袋1つと無臭の空気が入った袋2つの計3個の袋が各パネラーで渡され、各袋を嗅ぎ、においの有無を判断し、試料を入った1つの袋を選び出す。このテストを3回繰り返し、全パネラーの正解率と希釈倍率から臭気濃度が求められる。本法では全集計正解率が58%以下となった試料を無臭と判定することから、試験は正解率が58%以下となるまで試料は希釈され繰り返される。この臭気濃度にはおわなくなるまでの無臭の清浄な空気による希釈倍率を意味することから、もし無希釈の試料の正解率が58%以下であれば、その試料は無臭であると判定される。

2.3 臭気発生特性に関する培養実験

本研究では臭気発生特性について検討するために、各調査地点で採取した固体試料を光条件を変えて培養し、生じる臭気の質の比較検討を行った。

光をあてた明培養系では各試料を3000 luxの照明下で、25°Cの条件下で12時間、ゆるやかに振とう培養した。暗培養系では光を遮り、同時に採取した試料を同様に培養した。

また臭気の質と発生機構の関係についても検討を加えるために、生物呼吸判定装置(TAITEC O₂ アップテスター)を用い、各試料の付着生物量1gあたりの酸素消費速度を測定した。なおここでの酸素消費速度とは藻類などの光合成による酸素の発生も含めた値である。

3. 結果および考察

3.1 海岸環境要素に関するアンケート調査

快適な海岸環境要素としての海の香りの位置づけを把握するために、阿南工業高等専門学校の15才から20才までの学生74名を対象としてアンケート調査を行った。アンケートでは視覚的、聴覚的、嗅覚的環境要素を具体的に3つづつ、計9つ表記し、その中から快適な海岸環境に不可欠な要素と思われるものを3つまで選択させた。結果を図-2に示す。なお図には年間に海を訪れる回数で区別して、選択数を百分率で示した。

図-2より、海を訪れる回数によって快適な海岸環境に必要であると感じる要素は異なることがわかる。年間に海を訪れる回数が5回以下の人は、「魚貝類の香り」を除く全ての要素を必要と感じている。5~20回の人は7つの要素を、21~40回の人は「波の音」「砂浜」「青い海」「潮や磯の香り」の人工的要素を除いた4つを選択してい

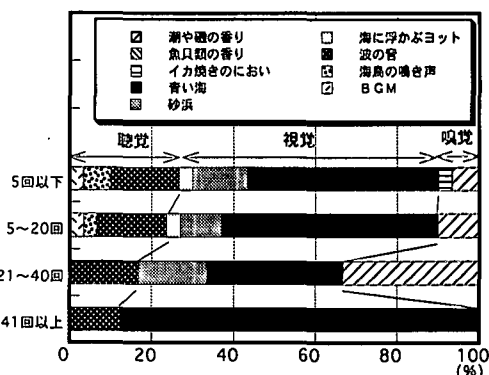


図-2 海岸アメニティ要素に関するアンケート結果

る。特に聴覚的要素が減少し、「潮や磯の香り」の嗅覚的要素が占める割合は増加している。さらに41回以上海を訪れる人は「青い海」「波の音」の2つの要素のみが必要であると感じている。

以上のことから、海に接する機会が少ない人ほど海岸のアメニティには人工的な要素を含む多様な要素が必要であると感じていることがわかる。しかしながら、海に接する回数が増加するほど人工的な要素と要素数は減少し、40回までは嗅覚的要素の占める割合も大きくなる。つまり海になじんでいる人にとっては、海の香りは重要な海岸環境の構成要素の一つであることが伺える。

3.2 海の香りの臭気濃度に関する検討

a) 場所的分布に関する現地調査

海の香りの分布を把握するために、見能林海岸において現地調査を行った。調査は漁港、砂浜と磯場の8地点に10名のパネラーが立って、臭気の有無と質に関する質問に答えさせた。臭気の質については栗岡ら(1994)の研究を参考に、匂いの質を表す抽象的用語50語から、感じた臭気を表すものを無制限に選択させた。なお、調査は無風時の満潮時と干潮時の計2回行った。水温、気温、湿度、波高についても測定し、その結果は図中に示す。

ここでは海の香りの分布についてのみ考察し、質については3.3で述べることにする。図-3に満潮時と干潮結果を、臭気を確認した人数の割合で示す。

図-3より、港では全ての人が臭気を感じており、磯においても8名以上の人がなんらかの臭気を感じている。一方、砂浜においてはその割合は減少し、干潮時には臭気を感じたのは2名だけであった。なお潮の状況による臭気の違いを本調査では明確にすることはできなかった。

以上のことより、海の香りは同一海岸においても一様ではなく、砂浜上で感じる臭気は港や磯に比較して、非常に弱いことがわかった。

b) 発生源

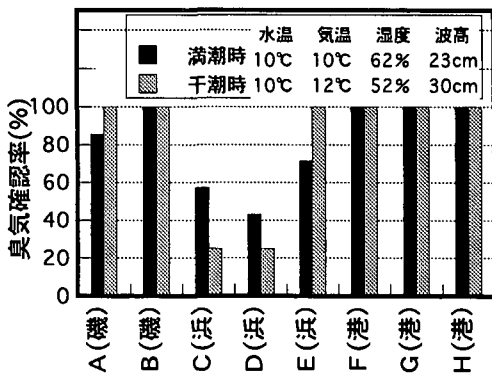


図-3 海岸における海の香りの分布

現地調査結果を参考に海の香りの発生源に関する検討を行うために、漁港、砂浜と磯で大気、海水、石や岩などの試料を採取し、それぞれの臭気濃度を分析室で測定した。

その結果大気に関しては正解率は10%にも満たなかった。また海水についても図-4に示すようにいずれも無希釈の試料で正解率58%以下であった。このことから、大気と海水は本試験結果では無臭と判定された。

固形試料については図-5のように臭気濃度を求めることができた。ただし浜で採取した無希釈の砂の正解率は58%以下となったために、無臭と判定された。しかしながら、磯の岩については臭気濃度が957と求められ、港の石では11,379と磯の岩の約12倍の値が求められた。

以上のことから、海岸でにおう香りは海水よりも主に磯の岩などの固形物質から発せられているものであると考えられる。また先の現地での香りの分布調査結果もあわせて考慮すると、砂浜上では海の香りは感じられないと考えられる。

3.3 海の香りの発生と質に関する検討

a) 温度特性

臭気濃度に及ぼす温度の影響について検討するため、海水と固体試料をそれぞれ25℃の恒温槽で暖めた後

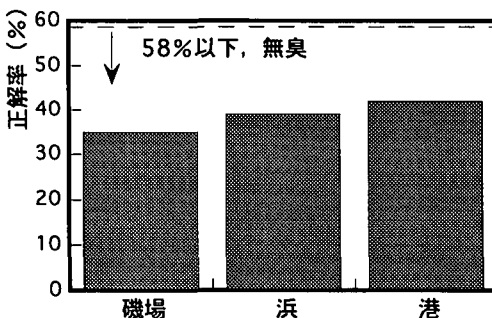


図-4 海水試料の臭気試験結果 (15℃)

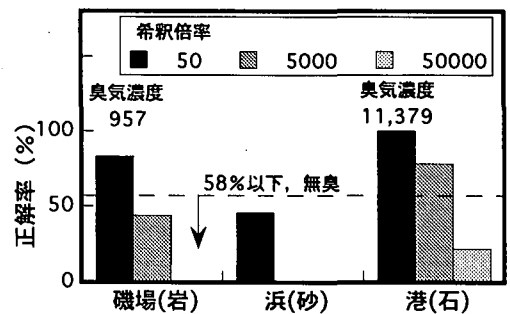


図-5 固体試料の臭気濃度

に、官能試験に供した。その結果、海水と浜の砂では15℃同様、正解率が58%を下回り無臭と判定された。一方磯の岩と港の石では臭気濃度が求められたので、その結果を図-6に示す。

図-6より25℃では磯の岩は臭気濃度1,944、港の石では19,373が求められ、その濃度は15℃に比べて約2倍大きくなることがわかった。

このように温度の上昇とともに臭気も強まったことから、臭気の発生には固体試料に付着する生物の関与も考えられる。そこで次節ではこの結果を踏まえて、海の香りの発生機構と質の特徴を明らかにすることを目的に培養実験を行った。

b) 発生特性

港の石試料の培養中の付着生物1gあたりの酸素消費量の時間変化を図-7a)に、磯の岩試料のものを図-7b)に示す。

図-7a) b) よりいずれの試料も実験開始後3時間余りは酸素消費活性は低いが、4時間以降は付着生物が培養条件に馴致し、一定の酸素消費を行っていることが伺える。

そこで、4時間以降の酸素消費量の時間変化から各試料の酸素消費速度を求め、図中に示した。その結果、まず港の石と磯の岩の酸素消費速度を比較すると、いずれ

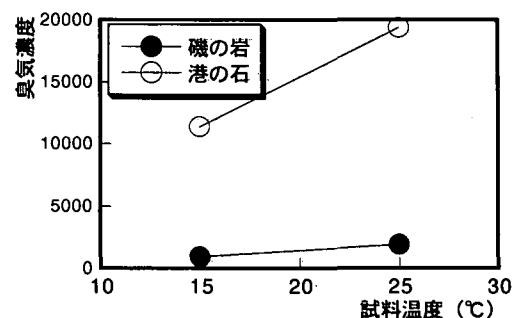
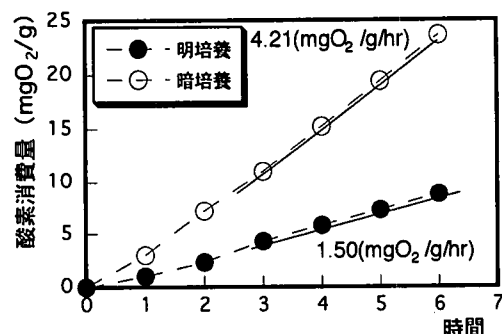
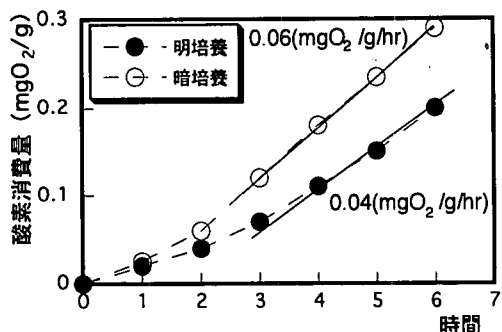


図-6 臭気濃度の温度特性



(a) 港の石の付着物 1g あたりの酸素消費



(b) 磯の岩の付着物 1g あたりの酸素消費

図-7 明・暗培養中の酸素消費速度

の条件下においても港の石の方が磯の岩よりも消費速度は大きかった。

次に明・暗条件別に考察すると、港の石、磯の岩のいずれの試料においても酸素消費速度は明条件下の方が小さかった。これは明培養下で試料に付着する藻類などの光合成作用によって、酸素が供給されていたためと考えられる。

c) 海の香りの特徴

ここでは、試料に付着する生物の活性の違いが臭気の質に及ぼす影響について検討を行い、現地観測結果とあわせて考察することから、海の香りの特徴についての検討を試みる。

現地観測で用いたアンケート用紙を用いて、培養に伴う臭気の質について調査を行った結果と磯場 (A, B)、浜 (C, D, E) と港 (F, G, H) の 8 地点で行った現地調査結果をあわせて主成分分析を行った。まずシートに記した臭気をあらかず 50 の言葉全てを用いて分析したところ、各成分の寄与率が低く、海の香りを十分に表現することはできなかった。

そこで 50 の言葉を調査結果からクラスター分析し、類似度の高い言葉を順にまとめて 11 組のグループに分けた。各グループの特徴を述べると、「ツーンとくる」「刺

表-1 因子負荷量

	1	2	3
ツーンとくる	0.17	0.47	-0.29
刺激する	0.24	-0.25	0.19
湿っぽい	0.00	0.51	0.48
さわやか	-0.40	0.02	0.13
丸み	0.09	0.46	-0.46
弱々しい	-0.28	-0.30	-0.39
暗い	0.43	-0.03	-0.04
むせる	0.38	0.19	0.06
えぐい	0.33	-0.16	0.28
活気のある	-0.34	0.19	0.40
沈んだ	0.35	-0.24	0.07
寄与率	47	19	10
累積寄与率	47	66	76

激する」「湿っぽい」「さわやか、新鮮」「丸み、あたたかい」「弱々しい」「重い、暗い」「むせる、むかっとくる」「えぐい、悪臭」「活気のある、芳香性、涼しい」「くすんだ、灰色、沈んだ」である。

このようにまとめた結果から、再度主成分分析を行い、得られた散布図を図-8 に示す。なお図中の表記のうち明は試料を明培養、暗は暗培養を、岩や石は試料採取直後の試料の臭気を意味する。また A~H はそれぞれの調査地点における現地観測結果である。

第一主成分は「暗い」「むせる」「えぐい」「沈んだ」などが正に、「さわやか」「活気のある」などは負の因子負荷量を示し、寄与率は約 47% であった。この成分の特徴は香りの快適性を表すと考えられる。また第二主成分は「ツーンとくる」「湿っぽい」「丸み」などが正を、「弱々しい」などが負の因子負荷量を示し、寄与率は約 19% であった。したがって、これら 2 つの主成分によって海で感じる香りの特徴は約 66% 説明することができると言える。

次に港に関する香りに注目すると、港の石を暗培養した際の臭気を中心としてまとまっており、「重く」「えぐい」の特徴があることがわかる。

一方、磯に関連するものは港と反対側に位置する傾向にあり、「さわやか」「新鮮」といった快適なものであったことがわかる。特に実際の磯場 (A, B) で感じた香りにはその傾向が強かったことから、海岸のアメニティを臭気要素からみる場合には磯場に注目する必要があると考えられる。

次に光条件による臭気の違いについて考察する。まず港で採取した石を明・暗培養したことによって生じる臭気を比較した場合、明培養するといずれの試料も暗培養

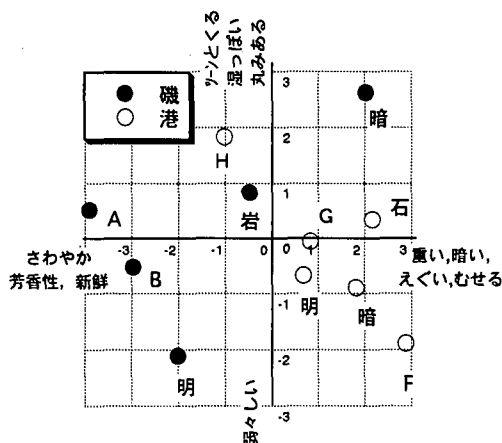


図-8 主成分分析結果

したもの比べて、さわやかさや新鮮さの特徴は増すことがわかった。

この傾向は磯の岩試料で特に顕著にみられた。培養前の岩試料を中心に考えると、明培養によって臭気は新鮮さをますものの弱々しくなることがわかる。しかし、光合成活性が抑制された暗培養ではその特徴はなく、港での臭気に「湿っぽく」「ツーン」とくる性質を加えた、全く異なったものになることがわかった。

以上のように、海の香りの質には光条件が大きな影響を及ぼしていたことから、香りの発生には付着藻類などの生物学的な作用が強く関与していると考えられる。特に付着藻類の光合成が活発となるような光条件下では、より快適な香りが得られることが期待できる。

4. 結 言

本研究では海岸環境のアメニティ要素としての海の香りに着目し、香りの発生源や周辺環境と質の関係といった発生機構を把握することを目的に、官能試験を中心とした検討を行った。その結果つぎのような成果が得られ

た。

1) 海に接する頻度が低い人ほど、海岸のアメニティには人工的な環境要素を多く必要とする一方、頻度が高い人は限られた自然的な要素で十分と感じていることがわかった。また「潮や磯の香り」の必要性も増加する傾向にあった。

2) 海水や砂の海の香りの発生への寄与は小さく、主に磯や港の固形物質に付着する生物から海の香りは発生されていることがわかった。また海の香りは温度の上昇とともに強まることがわかった。

3) 海の香りの質は光条件によって大きく変化することから、香りの発生には生物学的な作用が強く関与していると考えられた。同一試料においても付着藻類の光合成が活発となるような光量の下では「さわやか」「新鮮」といった快適度の高い臭気が発生されたのに対し、遮光された環境下では「重く」「えぐい」「弱々しい」臭気が発生された。

またこの傾向は磯に関する試料でより顕著にみとめられたことから、磯場には嗅覚要素からアメニティを高める機能があることがわかった。

最後に本研究の遂行にあたって、ご支援いただいた京都大学伊藤禎彦助教授に深謝の意を表す。

参 考 文 献

- 環境庁 (1995): 環境庁告示第 63 号, 215 p.
- 栗岡 豊・外池光雄 (1994): 匂いの応用工学, 朝倉書店, pp. 49-63.
- 杉沢 博 (1988): 海浜の匂い綿アメニティ機能と磯の香り, フレグランスジャーナル, No. 89, pp. 25-31.
- 灘岡和夫・玉島克彦 (1989): 海岸環境要素としての波の音の特性について, 海岸工学論文集, 第 36 巻, pp. 869-873.
- 浜鍋良男 (1986): アロマセラピーの研究開発の課題, フレグランスジャーナル, No. 77, pp. 43-46.
- 村上仁士・伊藤禎彦・細井由彦・荒木秀夫・小藪剛史 (1995): 脳波の変動特性を加味した波の音の快適性に関する基礎的考察, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp. 1161-1165.