

快適な海岸環境要素としての香気発生特性に関する研究

上月康則*・村上仁士**・樋口隆哉***・村上正人****

1. 緒 言

ミティゲーションのひとつとして人工干潟や砂浜の造成が各地で試みられているが、技術的な課題も多く、期待どおりの成果を挙げるには至っていない。依然減少傾向にある浅海域を創造する方法には、他にも磯浜の造成も考えられる。親水性が期待されることに加え、干潟や砂浜に比較し、構造設計、施工、管理も比較的容易であることから、今後もより積極的に磯浜の計画、施工がなされると思われる。

環境の修復や創造にあたっては、目標とする環境像を設定する必要がある。砂浜や干潟については、主に水質浄化の機能を中心に、多面的な検討がなされてきた。一方、磯浜は多種多様な生物の生息場になっている点が特徴であるものの、その生物多様性の高さや環境の不均一性のために、生態系や機能を面的に評価するには至っていない。磯浜を造成することによって期待できる効果を示すには、上記の観点に立った検討が肝要であろうが、そのような検討は未だ 2、3 みあたる程度である。例えば、井上ら (1998) は付着生物相から人工磯浜の評価を行っているが、天然磯に比較すると多様性が低かったと報告している。また“潮の香り”は海岸のアメニティの重要な構成要素であるが、上月ら (1996) は快適性の高い海岸の香気は主に礫の付着藻類などから発せられていることを、官能試験から示している。これは快適性の高い海岸香気の形成に、磯浜の生物相が何らかの影響を与えていることを示唆している。この他に海岸大気に関する先行研究としては、梶原 (1998) のものもあるが、実海岸での環境要素との関連については検討されていない。

そこで、本研究では、磯浜の海藻群落と快適性の高い香気発生との関係に着目し、1 年を通じた現地観測と海岸香気成分分析、さらに発生特性と快適性について検討を加えた。従来より、沿岸域生態系における海藻群落の

重要性は指摘されてきたが、アメニティ要素としての快適な香気発生との関係に着目し、それを磯浜の環境機能と位置づけた点に本研究の特徴がある。

2. 調査方法

2.1 現地調査

海の香りの強さと質の違いについて、場所的、時間的、季節変化を明らかにするために、図-1 に示す徳島県阿南市見能林海岸にある磯、砂浜、港の 3 か所において現地調査を行った。なお見能林海岸は海水浴場に指定されており、水質面には問題はみあたらない。

海岸香気の高さ、快適性、質を環境庁の定める臭気強度、快不快度、悪臭評価方法に従って、徳島大学学生、阿南工業高等専門学校の学生 7 名を被験者に調査を行った。臭気強度は 0～5 の 6 段階で、快不快度は -4～+4 の 9 段階で、質については 21 の香りの質を表す形容詞と自由回答欄を用意し、回答させた。臭気強度 0 とは無臭、1 はやっと感知できる臭い、2 は何の臭いであるかわかる程度、3 は楽に感知できる臭い、4 は強い臭い、

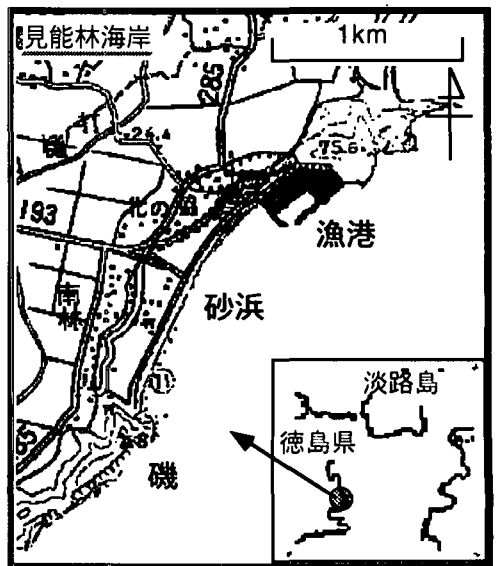


図-1 見能林海岸と調査地点

* 正 会 員 博(工) 徳島大学大学院助教授
工学研究科エコシステム工学専攻
** フェロー 工 博 徳島大学大学院教授 工学研究科
*** 正 会 員 博(工) 山口大学工学部助手
**** 正 会 員 修(工) 島根県

5は強烈な臭いと定義される。同様に、快不快度4とは極端に快、3は非常に快、2は快、1はやや快、0は快でも不快でもない、-1はやや不快、-2は不快、-3は非常に不快、-4は極端に不快と定義される。

調査時には気温、水温、照度、風向、風速および湿度についても測定した。調査は1998年1月から1999年1月までの月一度、大潮時に午前9時から翌日の同時刻まで3時間おきに9回行われた。

2.2 香気成分の発生特性に関する培養実験

磯、砂浜、港の各場所における香気成分の発生特性および発生源を明らかにすることを目的に、各場所の海水、砂や岩、海藻を種々の環境条件下で培養し、生じた香りの特徴について2.1と同じ方法で、官能試験を行った。海藻試料は磯場の潮間帯に優占するピヒリバ、ホンダワラ、イシモズク、アナアオサの4種である。

これらの各々の試料を容量500mlのフラスコに入れ、半潮汐間に相当する6時間培養した後、フラスコ内の香気物質、強度、快不快度を調べた。環境要因として、水温、照度、潮位に着目し、表-1に示す実験条件を整えた。なお、採取時に海藻を傷つけることによって、より強く香気が発生するという梶原(1998)の報告もあるが、磯場においても波浪や食害によって損傷を受けていることを考えると、定性的な検討を行う場合には問題はないと考えた。

表-1 実験条件

実験	照度(lux)	水温(°C)	水位(試料を干出・水没)
A	5000	15	低(干出)
B	5000	15	高(水没)
C	0	15	低(干出)
D	0	15	高(水没)
E	5000	25	低(干出)
F	0	25	低(干出)

2.3 海藻由来の大気成分分析

大気成分特性に及ぼす海藻の影響を検討するために、GC/MS(ガスクロマトグラフィー質量分析計, Finigan MAT GCQ)を用い、大気成分を測定した。図-2に示すように、2.2と同様に6時間培養したフラスコの大気を連続的に1.4L固相吸着剤で常温濃縮させ、これを熱脱着、再濃縮後、GC/MSへ導入した。大気成分の全ての種類を検出させることは不可能であるが、より多くの成分が検出されることを期待し、辰市ら(1992)の研究を参考にTenaxTA, CarbpakB, およびCarbosieveの3種類の吸着剤を用いた。

また室内実験での結果を検証することを目的に、磯場において昼、夜間の6時間、上記と同様の方法で、連続的に大気を40L濃縮し、成分分析を行った。観測日は

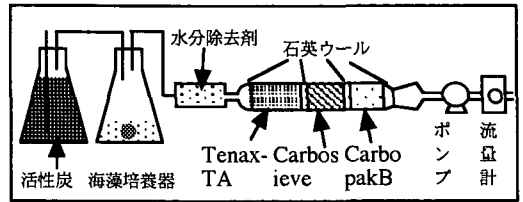


図-2 大気成分濃縮方法

1999年3月13日であった。気象条件は、昼間の最高気温8°C、最高照度2000 lux、湿度50%、風速0.5~2.0 m/s、夜間は最高気温3.5°C、照度0 lux、湿度80%、風速1.5~3.0 m/sであった。

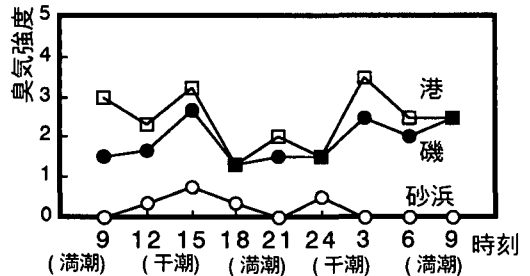
3. 実験結果

3.1 現地調査

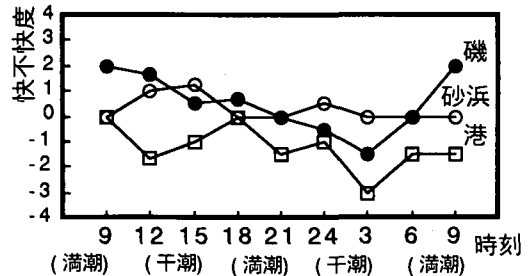
a) 時間変化

現地調査結果の一例として、図-3 a), b) に7月1日に行った現地での香気の強度と快不快度を7名の平均値で、また表-2に質を各項目に対する選択率%で示す。

図-3 a) より砂浜では香気はほとんど感じられないことがわかる。また港、磯での臭気強度も時間的変化をし、特に干潮時には、強度3という楽に感知できる程に香気が存在することがわかる。磯、港では臭気強度は同程度であるが、磯では快適な香気を感じられるのに対し、港では1日中不快な香気がしていると評価された。また磯においても時間によって快適度は変化し、特に夜間の快



a) 臭気強度 (1998.7.1)



b) 快不快度 (1998.7.1)

図-3 臭気強度、快不快度調査

適度は低いようである。

香気の質を示した表-2からも、港の香気は昼、夜ともに悪臭に類する臭いを感じるようである。これは船舶の油や魚を源とする香りが卓越するためと思われる。一方、磯の昼間では「さわやかな」いわゆる潮の香りがするものの、夜間には不快な香りに変化することがわかった。季節的な変化は、港において臭気強度が低下したものの、他の傾向は今回の調査結果と同じものであった。

表-2 海岸香気の質

		磯		港	
		昼	夜	昼	夜
好ましい臭い	弱々しい	23.5	5.8	7.0	1.3
	クールな	3.9			
	さらっとした	2.0			
	潮のような	7.8		1.2	1.3
	さわやか		19.6	1.2	
のりのような	深みのある	13.7	13.8	1.2	5.1
	コケのような	5.9	12.6		
	青臭い	19.6	35.6	2.3	1.3
悪臭	ツーンとくる		3.5	2.3	1.3
	硫黄のような		3.5	1.2	
	鼻を突く		1.2		
	悪臭		5.8	2.3	2.6
	湿っぽい	2.0	4.6	3.5	2.6
	無臭い			10.5	7.7
	生臭い		1.2	29.1	28.2
	重い	2.0	3.5	9.3	18.0
	むかつく		4.6	4.7	3.9
	焦げたような			1.2	5.1
	油っぽい			10.5	9.0
	腐ったような			3.5	5.1
	錆びたような			10.5	7.7

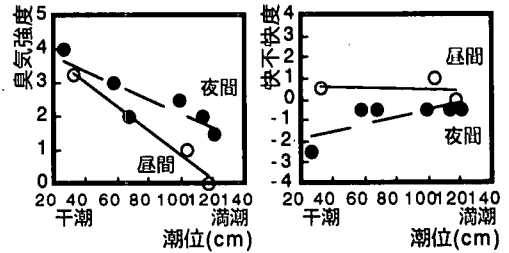
数値は回答者の選択率 (%)

b) 環境要因との関係

ここでは、磯場の香りの変化に着目し、潮位、気温、照度との関係について検討を行う。なお評価対象項目以外の測定値がある範囲内にあるデータのみを用いたために、各図のデータ数は異なる。図-4は臭気強度、快不快度と潮位、図-5は照度と、図-6は気温との関係を示す。

図-4から潮位が低いほど臭気強度が大きくなり、昼間でやや快適度は増加した。また図-5より照度が高いほど臭気強度は低下し、快適度は高められることがわかった。しかし、気温とは臭気強度、快不快度ともに明確な傾向は得られなかった。

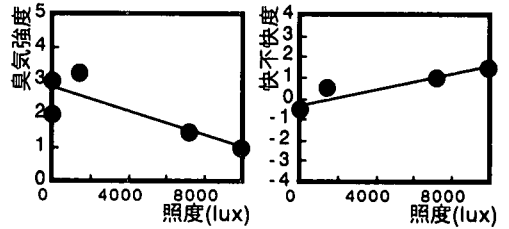
以上の結果から、潮位が低下し、磯場の露出面積が大きくなるに従い、臭気強度が高まること、その傾向は夜間に顕著になる一方で、快適度は低下することがわかる。また快適性は照度が高いほどに増加するようである。これらの結果は、上月ら (1996) の海岸香気の原因は付



a) 臭気強度 b) 快不快度

【データ】 気温; 約10°C, 風速; 0~2 m/s, 照度; 昼1000~6000, 夜0 lux, 湿度; 昼40~70%, 夜70~100%

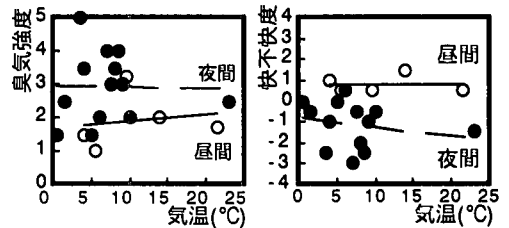
図-4 潮位と磯場の香気との関係



a) 臭気強度 b) 快不快度

【データ】 気温; 約10°C, 風速; 0~2 m/s, 湿度; 40~70%, 潮位; 干潮時

図-5 照度と磯場の香気との関係



a) 臭気強度 b) 快不快度

【データ】 照度; 昼1000~6000, 夜0 lux, 風速; 0~2 m/s, 湿度; 昼40~70%, 夜70~100%, 潮位; 干潮時

図-6 気温と磯場の香気との関係

着生物であるという指摘を支持するものであり、以下の検討では磯場の海藻に着目し、海岸香気との関係について検討する。

3.2 培養実験

a) 官能試験

本海岸の磯場には図-7に示すような海藻種が分布していた。優占的に分布していたアナアオサ、ピヒリバ、ホンダワラ、イシモズクを培養実験に供する。官能試験結果を図-8~10に示す。

図-8より、水位が低く、海藻試料の干出した系の方が、臭気強度は大きくなるものの、快不快度には影響を

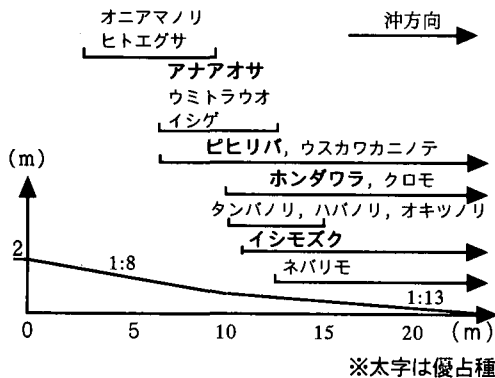


図-7 磯場潮間帯の海藻種の分布

与えるものではなかった。この結果は図-4の現地調査結果よりも弱いものの、同様の傾向を示していた。図-9からも、現地調査と同様に照度が高くなると臭気強度は低下し、快適度は高くなった。また水温との関係は現地調査からは明確ではなかったが、培養実験では水温の増加とともに臭気強度も増加した。

照度の大きさの違いによる香りの質の変化は、いずれの海藻種についても 5000 lux 条件下では“弱々しい”、“さわやかな”と、0 lux の暗条件下では“生臭い”、“湿っぽい”、“鼻をつく”と回答する割合が多く、現地調査と同じ結果を得ることができた。

このように、海藻の培養実験の結果は、いずれも現地調査結果を支持しており、なかでも照度の違いは、臭気強度、快不快度や質に影響を与えていた。これは海藻の光合成活性をはじめとする海藻の生理活性が変化するとともに、発生する香気成分も異なることを示している。

b) 成分分析

光条件に着目し、照度 0, 5000 lux とした明暗条件下での培養 6 時間後の大気成分分析を行った。さらに、培養試験での大気成分結果を検証するために、実際の磯場の大気成分の分析を行った。試料は昼夜それぞれ 6 時間にわたって採取した。得られた物質に○印を記し、表-3 にあわせて示す。

培養実験では海藻種によって検出された物質は異なるものの、延べ 21 種類の物質が得られた。また明暗の光条件の違いによっても発生する物質が異なることがわかる。特にアナアオサやビヒリバを明条件下で培養すると気分を落ち着かせる作用のあるフィトンチッドの 1 種であるテルペン類も検出された。また現地調査では検出された大気成分は 16 種類と室内実験よりも種数は少なかったが、昼夜で得られた種類は異なるという傾向は同じであった。

検出できた大気成分が期待していたよりも少なかったことや、成分量の加法性と香気との間に一定の関係をみいだすことが困難であるために、本成分分析結果から香りの質や強度について考察することは容易ではない。しかし、成分種の比較からも現地、室内実験と同様の傾向を得たことは、これまで感覚的に指摘してきた「光条件によって香気の種類が異なること」をより明確にしたといえる。

4. 結 言

“潮の香り”は主に磯浜の多様な海藻類から発せられており、その強度、快適度や質は潮汐、照度、水温などの環境条件の変化により、影響を受けることがわかった。特に照度に注目すると、明るくなるほど強度は弱くなるものの、快適性は高められることがわかった。また照度

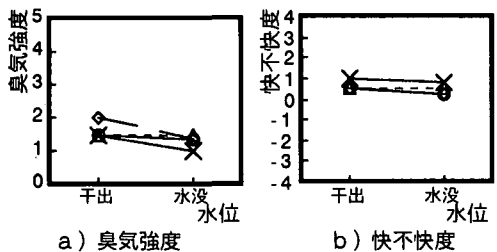


図-8 海藻試料の水没・干出と香気との関係

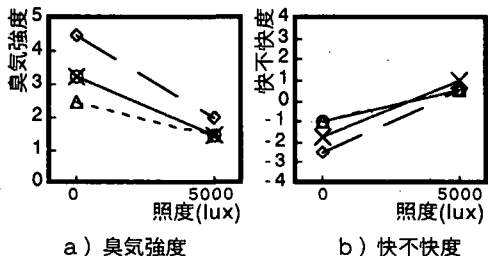


図-9 照度と香気との関係

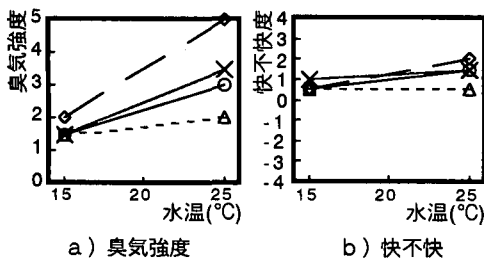


図-10 水温と香気との関係

表-3 大気成分分析結果 (○: 検出物質)

		ビヒリバ		アナアオサ		イシモズク		ホンダワラ		現地調査	
		5000	0(1 ux)	5000	0(1 ux)	5000	0(1 ux)	5000	0(1 ux)	昼間	夜間
アルデヒド類	octanal			○	○						
	nonanal			○	○						
	benzaldehyde			○	○	○	○	○	○	○	○
	(2 E-4 E)heptazienal			○	○						
	4-heptanal					○					
	acetaldehyde									○	
アルコール類	1-propanol	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ethanol	○									
炭化水素	propane					○				○	○
	butane	○		○	○						
	cyclobutene					○		○			○
	3-methylpentene										○
	benzene										○
	isobutane									○	
酸	partim in acid	○	○			○	○				
	orein acid	○	○			○	○				
	ehtanethioic acid			○	○						○
	3-Pentanoic acid	○	○	○		○	○		○		
硫黄化合物	dimethyl sulfide	○	○	○	○					○	○
	dimethyl disulfide						○		○		○
	calbonyl sulfide									○	
	dimethyl sulfoxide										○
テルペン類	α -terpineol	○		○							
	α -pinen			○							
その他	2-pentanone		○		○			○		○	
	ethylamine								○		
	t-buthyl-hydroperoxide	○							○	○	
	methylamine										○

の条件によって香気の本質が変化することは、成分分析結果からも示された。

以上のように、潮間帯に多様な海藻が着定する磯浜には快適な海岸大気環境を形成する機能があることを明らかにすることができた。今後、環境価値の高い磯浜を造成するにあたっては、まず多様な海藻の生育が可能な環境を整えたいうえで、事業を実施することが肝要であろう。

謝辞：徳島大学地域共同センター佐竹助教授にはGC/MS機器の使用に、阿南工業高等専門学校多田孝技官には現地調査の実施に多大な御協力を頂いた。また本研究を遂行するにあたり鳥取大学工学部細井由彦教授に、適切なお助言、ご支援を頂いた。ここに記して謝意

を表する。

参考文献

- 井上雅夫・島田昭・桜井秀忠・柄谷友香 (1998): 生物との共生を目指した人工磯の造成素材に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 1116-1120.
- 梶原忠彦 (1998): 海浜のアメニティに関する科学—磯の香り—, 沿岸の環境圏, 平野敏行監修, フジテクノシステム, pp. 1387-1398.
- 上月康則・細井由彦・村上仁士・浜口大輔 (1996): 海の香りの形成機構に関する研究, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 1241-1245.
- 辰市祐久・岩崎好陽・上野広行 (1992): 一般環境臭気の臭気濃度測定法の検討, 東京都環境科学研究所年報, pp. 55-57.