ウニ類生息箇所下に観察された海洋構造物の エポキシ系防錆塗膜の損傷について*

勝山一朗**, 小林聖治**, 迫田昌典***, 長友友安***, 保坂治幸***, 北村 等†

** 日本エヌ・ユー・エス株式会社

*** 上五島石油備蓄株式会社

† 長崎大学 水産学部

Damages of Epoxy Anti-Corrosive Coating on Marine Structures Observed under Existence of Sea Urchins*

Ichiro Katsuyama**, Seiji Kobayashi**, Masanori Sakota***,
Tomoyasu Nagatomo***, Haruyuki Hosaka*** and Hitosi Kitamura†

** Japan NUS Co., Ltd.

*** Kamigoto Oil Storage Co., Ltd.

† Nagasaki University

It has been observed by divers who were engaged in maintenance and management of marine structures that their surface coating was damaged by sea urchins. There are no reports with regard to such damages in the past. Therefore, survey was performed for sea urchins to survive on marine structures and for the damage of surface coating. As a result, 4 kinds of sea urchins such as 'tawashi-uni' (*E. molaris*) and 'murasaki-uni' (*A. crassispina*) were observed and the coating damage was observed at the location where 3 sorts of sea urchins such as 'tawashi-uni' (*E. molaris*) were living. Pieces of coating as well as feed creatures were detected in their digestive canals. The 'tawashi-uni' (*E. molaris*) more frequently observed on the damaged coating surface are usually said that they stay, in almost all cases, in holes dug in rock beds at a sea coast and eat pieces of sea weeds which flow into the holes. Because they cannot dig holes in metal of ocean structures, it is considered that they move on the surface of marine structures, biting sea weeds and barnacles on those as feeds. At the time, their hard teeth may damage the coating. The survey showed that high frequency of coating damage was observed at the points of 'tawashi-uni' (*E. molaris*) existence. But teeth of 'murasaki-uni' (*A. crassispina*) are as hard as those of 'tawashi-uni' (*E. molaris*), and it is not clear why 'murasaki-uni' (*A. crassispina*) has more influence on it.

Key words : marine structures, anti-corrosive coating, marine organisms, sea urchins, coating damage

1. 緒 言

1988年に完成した海洋構造物に生息しているウニ類の生息箇所下で、防錆塗料の塗膜の損傷が、海洋構造物の保守管理に従事する潜水士により数年前観察された。海洋生物による海洋構造物の防錆塗料塗膜の損傷は、フジツボ類による塗膜への殻の食い込み現象が知られている。塗膜が柔らかい場合、アカフジツボのような大型の種類では殻が下地金属にまで達するが、塗膜の硬度を硬くすることにより、防止出来ることを勝山・平山¹⁾により報告されている。しかし、ウニ類が関連するこのような塗膜損傷は報告例がない。一般に海洋構造物は電気防食により防錆措置がなされているので、直ちに防錆上重大な問題となることはないが、今後防止対策を検討するためにもこの現象の詳細を把握することが肝要である。また、この現象を検討しておくことは、将来広く海洋構造物の維持・管理を検討する際にも有用と考える。

本論文ではこのような背景から、対象海洋構造物に生息するウニ類の生息状況、ウニ類の生息箇所下での防錆塗料塗膜の損傷発生状況、ウニ類の消化管内容物の観察、防錆塗料塗膜とウニ類の歯の硬さの比較などを調査し、ウニ類と防錆塗料の塗膜損傷の関係について考察した。

2. 方 法

2.1 ウニ類の生息状況と生息箇所下での塗膜損傷発生状況観察

調査対象の海洋構造物は、長崎県新上五島町の洋上備蓄基地の貯蔵船(石油貯蔵能力88万kl, サイズ長さ390m×幅97m×深さ27.6m)5隻およびそれら貯蔵船の周囲を取り囲む浮防油堤である。このうちTable 1に示したように、貯蔵船は1号から4号の4隻の水深10m以浅の合計19m²の部分を調査した。また、浮防油堤では西側の5箇所合計13m²程度の部分が調査場所である。なお、防錆塗料の種類は、3号と4号の貯蔵船ではエポキシ系塗料、それ以外はタールエポキシ系塗料である。また、調査月日は2002年12月2日から6日の4日間である。調査方法は、潜水士により1m四方の枠内のウニ類をすべて採集し、生息箇所下の塗膜の損傷状況を目視観察し水中写真撮影した。また、採集したウニ類は陸上で種類を判定し種別に殻径・体重を計測した。

* 2004年度日本付着生物学会研究集会(東京, 2004年)で発表

** 〒108-0022 東京都港区海岸 3-9-15 (3-9-15, Kaigann, Minatoku, Tokyo, 108-0022 Japan)

*** 〒231-0062 横浜市桜木町 1-1-8 (1-1-8, Sakuragicho, Yokohama, 231-0062 Japan)

† 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 (1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki, 852-8521 Japan)

Table 1 Appearance of sea urchins on marine structure and occurrence of damage of coating under their existences.

Objective structures	Measuring points	Water depth surveyed	Area surveyed	Period with sea urchins	Coating materials	Kinds and sampling numbers of sea urchins					Existing numbers of sea urchins per unit area (m ²)
						• Top column shows numbers collected (min. and max. shell dia. mm)		• Bottom column shows numbers of sea urchins which produced damage and occurrence percentage (min. and max. shell dia. mm)			
						<i>E.molaris</i>	<i>A.crassispina</i>	<i>Echinometra</i> sp.	<i>D.setosum</i>	total	
Storage ships	No.1	1	10	0.25	Tar epoxy coating	0	0	0	0	0	0
	No.2	10	1	16	Tar epoxy coating	5 (10.5~14.6) 3・60 (10.5~14.0)	0	0	7 (8.2~12.9)	12	12.0
	No.3	1	2	15	Epoxy coating	19 (12.7~25.4) 12・63 (12.7~25.4)	7 (23.9~36.3)	2 (23.9~36.3)	1 (12.2)	29	14.5
		3	2		Epoxy coating	5 (12.4~27.2) 2・40 (13.0~27.2)	8 (11.6~39.7)	1 (17.0)	3 (7.2~10.7)	17	8.5
	No.4	1	2	16	Epoxy coating	11 (7.2~25.8) 5・46 (7.2~16.8)	11 (9.0~40.8)	5 (22.9~27.4)	1 (10.5)	28	14.0
		3	2		Epoxy coating	8 (15.1~19.2) 1・13 (19.2)	1 (33.9)	1 (18.0)	3 (7.3~13.8)	13	6.5
	Pt.5	1	3	23	Tar epoxy coating	19 (12.2~26.6) 13・68 (13.3~26.6)	20 (17.9~36.0)	0	0	39	13.0
	Pt.6	1	3	23	Tar epoxy coating	15 (7.5~24.0) 6・40 (15.5~24.0)	30 (20.1~46.9)	1 (26.4)	1 (12.0)	47	15.7
	Pt.7	1	3	18	Tar epoxy coating	5 (16.9~28.8) 5・100 (16.9~28.8)	25 (22.0~42.9)	4 (16.7~18.6)	1 (16.7)	35	11.7
Floating oil protection bank	Pt.8	1	3	18	Tar epoxy coating	20 (7.4~23.7) 11・55 (7.4~23.7)	8 (19.1~43.6)	0	1 (13.9)	29	9.7
	Pt.9	1	1.36	23	Tar epoxy coating	10 (14.9~28.6) 6・60 (14.9~28.6)	7 (18.3~41.8)	0	0	17	12.5
						0	0	0	0	-	-

2.2 ウニ類の消化管内容物の観察と赤外分光光度計計測

採集個体の内 100 個体程度については、ホルマリン固定した標本から、消化管を解剖し消化管内容物を取り出し実体顕微鏡でその内容を観察した。更に塗膜片と思われた物質については、赤外分光光度計 (FT-IR) 分析により、貯蔵船に塗装されている日本ペイントマリン株式会社製のエポキシ系塗料、ニッペエポキシプライマーマル B を標準塗膜とし、タワシウニの消化管から採取された赤さび色およびグレー色物質との吸収ピークを比較した。使用機種は、Nicolet FT-IR Avatav360 である。

2.3 防錆塗料塗膜とウニ類の歯の硬さ測定

海洋構造物の防錆塗料塗膜とウニ類の歯のマイクロビッカース硬さ (MVH) を測定した。はじめにサンドブラスト鋼板 (サイズ 10×20×0.3 cm) に、貯蔵船並びに浮防油堤と同様の仕様でタールエポキシ系塗料 (日本ペイントマリン株式会社製のエポタル MA/C マル B (溶剤離脱後の塗膜中に占めるタール含有量は 29%)) およびエポキシ系塗料 (日本ペイントマリン株式会社製のニッペエポキシプライマー マル B) を塗装し、60℃で 7 日間強制乾燥し試験片とした。なお、合計膜厚は共に 400 μm である。次に試験片を切断し樹脂に埋め込み、砥石により硬度計測予定面の面出し、次に精密研磨 (15 μm ダイヤモンドスラリー使用の精密研磨の後さらに、3 μm ダイヤモンドスラリー使用の精密研磨を行った) して、塗膜断面の硬さを JIS Z2251 (1980) の微小硬さ試験方法により計測した。荷重は 10 g で、硬さ測定面は圧痕が読み取りやすいように金蒸着した。使用機種は明石製作所製の微小硬さ計である。ウニ類の歯は、ホルマリン固定した標本からアルストテレスのランタン (口器) にある歯を取り出して試料とした。ウニ類の歯の場合も塗膜の場合と同様に硬さを測定したが、荷重のみは 300 g とした。

2.4 ウニ類の時間当りの移動距離観察と塗膜損傷の発生状況観察

西側浮防油堤の水面から 1 m 以浅

の 30 cm 四方に生息している、殻径 20 mm 程度（以下供試生物のサイズは同様）のタワシウニを以下の 3 条件で、移動の様子を潜水士により 96 時間、24 時間間隔で目視観察した。条件 1 は 4 個体のタワシウニに手を触れずそのままの状態、条件 2 は 3 個体を一時生息場所から取り除き再び元の場所に戻した場合、条件 3 は 3 個体を取り除いた生息場所から別の 100 cm 四方の付着生物を剥ぎ取った観察場所に移植した場合である。最後の 96 時間後は、すべてのウニ類を生息箇所から取り除き、生息箇所下の塗膜の状態を目視観察・水中写真撮影した。観察月日は上述の現地調査と同様の 2002 年 12 月 2 日から 6 日の 4 日間である。

3. 結 果

3.1 ウニ類の生息状況と生息箇所下での塗膜損傷発生状況観察

ウニ類は Fig. 1 に示すように海洋構造物の表面に成長したカキ類やフジツボ類さらに海藻などの付着生物群集と共に生息している。これらウニ類の海洋構造物における出現状況を Table 1 に示す。すなわち、貯蔵船 1 号は生物の付着期間が 0.25 カ月で、付着生物は生物被膜以外の大型生物は観察されず、ウニ類の出現もなかった。ウニ類の付着期間が 15 カ月から 16 カ月の 2 号から 4 号の場合は、*Echinostrephus molaris* タワシウニ (Fig. 1 の上), *Anthocidaris crassispina* ムラサキウニ, *Echinometra* sp. ナガウニの 1 種, *Diadema setosum* ガンカゼの 4 種類のウニ類が観察された。なお、学名は重井²⁾による。生息密度は 7 個体から 14 個体数/m²であった。一方、浮防油堤の 5 測点はウニ類の付着期間が 18 カ月から 23 カ月で、ここでも上記の 4 種類のウニ類が観察され、生息密度は 10 個体から 16 個体数/m²であった。2 種類の海洋構造物におけるウニ類の種別の出現状況は、タワシウニとムラサキウニが各々 44% 程度を占め、ナガウニの 1 種とガンカゼは 5% と 7% であった。優占種のタワシウニの殻径は 7.2 mm から 28.8 mm の範囲にあり、15 mm から 20 mm のサイズ個体が 50% 程度を占めた。また、同じく優占種のムラサキウニの殻径は 17.9 mm から 46.9 mm の範囲にあり、30 mm から 35 mm のサイズの個体をもっとも多く 30% 程度を占めた。

塗膜の損傷状況観察結果も Table 1 に示す。貯蔵船 2 号では塗装の種類がタールエポキシ系塗料であり、タワシウニの生息箇所下で塗膜の損傷が観察され、損傷発生率は 5 個体中 3 個体で 60% であった。Fig. 1 (上) にタワシウニ生息箇所下の塗膜の損傷状態を示す。塗膜が損傷を受け複層に塗られた塗料の着色顔料の違いからリング状に見られ中央部は銅素地が現れている。また、タワシウニも観察される。しかし、その他の種類では、生息箇所下での塗膜損傷は観察されなかった。貯蔵船 3 号と 4 号の塗装の種類はエポキシ系塗料であり、タワシウニではすべての観察箇所下で生息箇所下の塗膜損傷が観察された。Fig. 1 (中) に損傷箇所を示す。それらの損傷発生率 (損傷発生率% = 損傷発生個体数/調査個体数) は 13% から 63% の範囲内にあった。また、塗膜損傷を起こした最小個体の殻径は 7.2 mm であった。なお、ムラサキウニとナガウニの 1 種では、1 測点ずつ塗膜の損傷が観察さ

れ、損傷発生率は 9% と 40% であった。

浮防油堤の塗装の種類はタールエポキシ系塗料であり、ここでもタワシウニではすべての観察箇所下で生息箇所下の塗膜損傷が観察された。その損傷発生率は 40% から 100% の範囲内にあった。すなわち 2 個体に 1 個体以上の確立で、生息箇所下に塗膜損傷が観察された。また、塗膜損傷を起こした最小個体の殻径は 7.4 mm であった。なお、ムラサキウニでは、2 測点で塗膜の損傷が観察されたが、発生率は 5% 以下であった。また、ナガウニの 1 種での塗膜損傷は観察されなかった。なお、ガンカゼの生息箇所下での塗膜の損傷は、2 種類の海洋構造物で共に観察されなかった。

3.2 ウニ類の消化管内容物の観察と赤外分光光度計分析

タワシウニ、ムラサキウニとナガウニの消化管内容物は、3 種共通して植物・藻類のサンゴモやイトクサ、珪藻などの海藻が観察された。また動物はカイメン類、二枚貝類、フジツボ類が観察された。なお、タワシウニでのみイタボガキやウニ類 (刺を含む) が観察された。またタワシウニでは砂粒が多く見られた。これら生物に混

Fig. 1 Damage of coating observed at the place of sea urchin (*E. molaris*) existence.

Examples of tar epoxy coating (top and bottom) and epoxy coating (middle). A group of attached creatures attached and *E. molaris* (top) are also observed around a damaging part. The bottom damage took place within 72 hours after sea urchins came.

Table 2 Detection of red rust color and gray color materials considered coating pieces in digestive canals of sea urchins.

	<i>E. molaris</i>	<i>A. crassispina</i>	<i>Echinometra</i> sp.
Numbers of sea urchins observed	68	24	14
Numbers of sea urchins which produced coating damage	64	3	2
Numbers of coating pieces observed inside sea urchins which produced coating damage	22	1	1
Percent of those appearances (%)	34	13	50
Numbers of sea urchins which did not produce coating damage	4	21	12
Numbers of coating pieces observed inside sea urchins which did not produce coating damage	0	3	2
Percent of those appearances (%)	-	14	17

Fig. 2 Materials with red rust color and gray color observed in digestive canals of sea urchins (*E. molaris*), which seems to be pieces of coating.

在して塗膜片と思われる赤さび色およびグレー色の物質も観察された。その観察結果を Table 2 に示す。すなわち、生息箇所下で塗膜損傷が観察されたタワシウニ 64 個体中 22 個体の消化管内容物に塗膜片と思われる物質が観察された。しかし生息箇所下で塗膜損傷が観察されなかった 4 個体では、消化管内容物に塗膜片は観察されなかった。Fig. 2 に塗膜片と思われた赤さび色とグレー色物質を示す。周囲の緑褐色の球状物質は海藻である。またムラサキウニとナガウニでも、生息箇所下で塗膜損傷が観察された個体の消化管内容物に塗膜片と思われる物質が観察され、これら 2 種類のウニ類では塗膜損傷が観察されなかった個体でも塗膜片が観察された。

次に Fig. 3 にタワシウニの消化管から採取された塗膜片と思われる赤さび色およびグレー色の物質の FT-IR 分析チャートを示す。赤さび色 (上) およびグレー色の物質 (下) 共に 1500 cm^{-1} の波長の部分に、標準塗膜と同様の吸収が見られた。

3.3 防錆塗料塗膜とウニ類の歯の硬さ測定

Table 3 に塗膜とウニ類の歯のマイクロビカース硬さ (MVH) 示す。タールエポキシ系塗料の塗膜硬さは 20 箇所を測定し、5.3 MVH から 7.2 MVH の範囲内で平均値

Fig. 3 Comparison of FT-IR analysis chart between epoxy coating and red rust color material (top) & gray material (bottom) considered pieces of coatings taken from digestive canals of sea urchins (*E. molaris*).

6.0 MVH であった。エポキシ系塗料の塗膜硬度は 30 箇所を測定し 12.2 MVH から 15.4 MVH の範囲内で平均値 13.7 MVH であった。タワシウニの歯の硬度は先端・中間部・基部付近の 3 箇所を測定し、176.0 MVH から 248.0 MVH の範囲内で平均値 208.3 MVH であった。ム

Table 3 Micro Vickers hardness of coating materials and teeth of sea urchins.

	Load (g)	Numbers of measurement	Average values	Min.~Max.
Tar epoxy coating	10	20	6.0	5.3~7.2
Epoxy coating	10	30	13.7	12.2~15.4
Teeth of <i>E. molaris</i>	300	3	208.3	176.0~248.0
Teeth of <i>A. crassispina</i>	300	3	199.3	150.0~231.0

Table 4 Transfer distances (cm) of sea urchins (*E.molaris*) in 96 hr and damage occurrence of coating.

Numbers of test samples	Test conditions	Transfer distance (cm)	Occurrence of damages
1	Observation without touching sea urchins	0	NO
2		0	NO
3		0	NO
4		0	NO
5	Return of sea urchins to original place after temporary removal	30 ¹⁾	NO
6		5 ¹⁾	YES
7		25 ¹⁾	YES
8	Transfer of sea urchins from original place to another	60 ¹⁾	NO
9		145 ²⁾	NO
10		60 ¹⁾	NO

Note 1): Transfer distance in 24 hrs.

2): Transfer distance of 85cm in 24 hrs. After then, transfer of 60 cm in 72~96 hrs.

ラサキウニの歯の硬度も先端・中間部・基部付近の3箇所を測定し150.0 MVHから231.0 MVHの範囲内で平均値199.3 MVHであった。なお、ムラサキウニの歯の測定では、先端部の測定時に圧痕近傍に微小なき裂が発生した。

3.4 ウニ類の時間当りの移動距離と塗膜損傷の発生状況観察

タワシウニの96時間の移動状況観察結果をTable 4に示す。ウニ類に手を触れずそのままの状態を観察した試験区の4個体は、共に移動しなかった。また一時生息場所から取り除き再び元の場所に戻した場合の3個体は、24時間以内に30・5・25 cm移動し、この内2個体で生息箇所下に塗膜損傷が発生した。すなわち、72時間以内に塗膜損傷が発生したことになる。Fig. 1 (下)に発生した塗膜損傷の状況を示す。更に生息場所から別の100 cm四方の付着生物を剥ぎ取った観察場所に移植した場合の3個体は、96時間でそれぞれ60・145・65 cmと付着生物が付着している100 cm四方の外に移動したが、生息箇所下での塗膜損傷はなかった。

4. 考 察

貯蔵船や浮防油堤などの海洋構造物の表面には最初に細菌などの微生物から成る生物皮膜が形成される。その後、付着珪藻、海藻類の胞子や原生動物が生物皮膜に付着・繁殖し、さらには大型のフジツボ類、イガイ類およびカキ類といった貝類やコケムシ類やホヤ類なども付着し、付着生物相は多彩になる。ウニ類の幼生はこれらの付着生物群集に付着・変態し、海藻や付着生物を餌として成長する。今回対象とした海洋構造物には、タワシウニ、ムラサキウニ、ナガウニの1種、ガンカゼの4種類のウニが出現し、その生息密度は7~16 個体数/m²であった。ウニ類の種類としてはタワシウニとムラサキウニが優占し、2種類で44%ずつ全体の80%以上を占めた。道津ら³⁾も長崎県西彼杵半島でタワシウニとムラサキウニが共に生息している状況を報告し、生息密度は今回の調査で得られた生息密度と同様の15 個体/m²程度としているが、高密度との評価である。

この内タワシウニの場合は2個体に1個体程度の割合で生息箇所下に塗膜の損傷が見られた。その他ムラサキ

ウニとナガウニの1種においても生息箇所下に塗膜の損傷が見られたが、発生頻度からタワシウニが重視される。このタワシウニの2個体に1個体程度の割合で生息箇所下に塗膜の損傷が見られた状況は、かなり日常的な現象と考えられた。タワシウニは海岸の岩盤などに穴を掘りそこに定住し、穴に流入する海藻片などを摂餌するといわれている(内海⁴⁾)。また、海外のマーシャル島のサンゴ礁ではタワシウニを、サンゴ礁を侵食する食害生物として重視している(Russo⁵⁾)。タワシウニは生息箇所下に穴を掘ることが出来ればそこに定住し移動しないだろうが、今回の海洋構造物のように鋼製の基盤の場合は穴を掘ることが出来ず、常時餌料を求めて移動し消化管内容物に見られた餌料生物である

海藻、フジツボ類、カキ類またその他ウニ類などを、その頑丈な口器で噛み砕き摂餌しながら移動すると思われる。また、ウニ類の消化管には、海藻やフジツボ類といった餌料生物に混在して、赤さび色およびグレー色の物質が観察された。この物質はFT-IR分析により1500 cm⁻¹の波長の部分に吸収が見られた。貯蔵船に使用されているエポキシ系塗料はビスフェノールA型エポキシ樹脂を採用しており、この樹脂の特性吸収は1500 cm⁻¹(カイザー)付近にベンゼン環のC=C伸縮振動として表れることから、赤さび色・グレー色物質は貯蔵船に使用されているエポキシ系塗膜と同定した。消化管から塗膜片が検出されたことは、摂餌行動により塗膜を傷つけ損傷を与えた結果であり、損傷が見られなかった個体でも塗膜片が観察されたことは、摂餌行動の度に塗膜に損傷を与え続けるものと考ええる。なお、タワシウニの歯はタールエポキシ系やピュアーエポキシ系塗膜の硬さの10倍以上硬いことから、塗膜にウニ類の歯が損傷を与えることは物理的に十分可能である。

塗膜損傷の発生頻度を見るとタワシウニによる頻度が圧倒的に高い。この原因であるが、ムラサキウニの歯もタワシウニの歯と同じ程度の硬さであることから、タワシウニの歯が他種より硬いからとは考え難い。タワシウニの口器の破壊力が他種より優れているのか、穴を掘るという習性がタワシウニでより顕著なのかなど考えられるが、詳細は不明である。

今回調査したウニ類の生息箇所下の塗膜の損傷の大半は、タワシウニによる摂餌行動の結果であると考えられた。なお、塗膜損傷を起こすタワシウニのサイズであるが、殻径7 mm程度以上の個体から塗膜損傷を起こし、損傷に要する時間は20 mm程度の個体であれば3日程度と考えられた。

タワシウニによる塗膜損傷は今回調査した海洋構造物に特異なものかどうかは、ほかでの報告がないので不明であるが、タワシウニの分布は先の内海⁴⁾によれば紀伊半島以南とのことであるので、これらの地域ではこのような現象が起こりうる。

対策検討にはタワシウニの生態を知ることも必要である。上五島におけるタワシウニの生態については報告例がなく現在調査中であるが、タワシウニ全般についてもわが国では知見が乏しく、重井²⁾や内海⁴⁾による図鑑での解説程度である。生態などを含めた生物学的研究の発

展が望まれる。対策については現在検討中であり別途報告したい。

5. 結 論

海洋構造物に生息しているウニ類の生息箇所下で防錆塗料の塗膜の損傷が潜水土により観察された。ウニ類が関連する塗膜損傷は報告例がないことから、防止対策検討のためにも詳細を検討した。

1) 貯蔵船と浮波堤には、*Echinostrephus molaris* タワシウニ、*Anthocidaris crassispina* ムラサキウニ、*Echinometra* sp. ナガウニの1種、*Diadema setosum* ガンカゼの4種類が観察され、生息密度は7個体から16個体数/m²であった。種別の出現状況は、タワシウニとムラサキウニが各々44%程度を占め、ナガウニの1種とガンカゼは共に10%以下であった。

2) 塗膜の損傷はタワシウニ、ムラサキウニ、ナガウニの1種の生息箇所下で観察された。この内タワシウニの生息箇所下での発生状況が最も頻度が高く、2個体に1個体程度の割合で発生していた。タワシウニの生息箇所下の塗膜損傷はタールエポキシ系およびエポキシ系の両塗膜で発生していた。観察した最小個体（殻径は7.2 mm）のタワシウニでも、生息箇所下に塗膜損傷が見られた。なお、ガンカゼの生息箇所下での塗膜の損傷は観察されなかった。

3) タワシウニ、ムラサキウニとナガウニの消化管には、餌料生物に混在して赤さび色およびグレー色の物質が観察された。この物質はFT-IR分析によりエポキシ特有の500 cm⁻¹の波長の部分にピークが見られ、エポキシ系塗料のそれと一致したことから塗膜片と判断した。

4) タールエポキシ系塗料とエポキシ系塗料の塗膜硬さは6 MVH程度と14 MVH程度であった。また、タワシウニとムラサキウニの歯の硬さは200 MVH程度であった。

5) タワシウニは海岸の岩盤などに穴を掘りそこに定住し、穴に流入する海藻片などを摂餌しほとんど移動しないといわれている小型のウニ類である。海洋構造物の金属基盤では棲み家となる穴が掘れないため餌が取れない。そこで、餌を求めて移動するものと考えられた。その結果、餌料生物を噛み砕き摂餌する際、塗膜よりはるかに硬い歯で塗膜を傷つけ損傷を与えるものと考えられた。ムラサキウニやナガウニの1種も付着生物などを口器でかみ砕くという摂餌行動を示すものと考えられるが、なぜ塗膜損傷の発生率がきわめて低い、ほとんど塗膜に損傷を与えないかは不明である。今後は生態の知見も乏しいタワシウニの生物学的研究が対策検討のため必要と思われる。なお、対策については現在検討中である。

謝 辞

本研究の調査は上五島石油備蓄株式会社が管理運営している上五島国家石油備蓄基地内で実施された。調査に際し便宜を図って頂いた関係者各位、潜水作業などにご協力頂いた関係者にお礼申し上げます。

また、ウニの海藻類に対する食害研究で蓄積した知見から、本調査に対しご助言下された（独）水産工学研究所桑原久実博士に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) I. Katuyama, K. Hirayama, *Zairyo-to-Kankyo*, **42**, 7 (1993).
- 2) M. Sigei, Gensyoku Kensaku Nihon Kaigan Doubutu Zukan [II], p.663, Hoikusya (1995).
- 3) M. Doutu, M. Ohta, H. Masuhara, *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, (4), 1, (2002).
- 4) F. Utinomi, *Suiseidoubutu*, p. 342, Gakusyukenkkyusya, (1975).
- 5) A. R. Russo, *J. Mar. Res.*, **38**, 99 (1980).

(Manuscript received June 6, 2005;
in final form September 6, 2005)

要 旨

ウニ類による海洋構造物の塗膜の損傷が、海洋構造物の保守管理に従事する潜水土により観察された。このような事例報告は無いことから、海洋構造物におけるウニ類の生息状況と塗膜損傷の精査を行った。その結果、タワシウニ、ムラサキウニなど4種類のウニが観察され、タワシウニなど3種のウニの生息箇所下で塗膜損傷が観察された。また、消化管に餌生物と共に塗膜片も観察された。損傷した塗膜の表面でより頻繁に観察されたタワシウニは、海岸の岩盤等に穴を掘りそこに生息し、穴に流入する海藻片などを摂餌しほとんど移動しないといわれている。海洋構造物の金属基質では穴が掘れないため、餌生物である海藻やフジツボ類を噛み砕き摂餌しながら移動すると思われた。その際、硬い歯で塗膜を傷つけるのであろう。なお、タワシウニで生息箇所下の塗膜損傷の観察頻度が圧倒的に高いが、ムラサキウニの歯の硬度はタワシウニと同程度であり、なぜタワシウニで顕著なのかについては不明である。

キーワード 海洋構造物, 防錆塗料, 海洋生物, ウニ類, 塗膜損傷