

シップリサイクルに関する研究報告 (その2)

— 船体鋼板の解析 —

中山 享* 辻 久巳** 塩見 正樹**

吉良 真** 日野 孝紀***

Research Report on Ship Recycling (Part 2)

— Analysis of Hull Steel Plates —

Susumu NAKAYAMA* Hisami TSUJI** Masaki SHIOMI**

Makoto KIRA** Takanori HINO***

For the purpose of the ship recycling, the deterioration situation of passing year of samples cut out from hull steel plates in the non-water line part, the water line part, and the ship bottom part of “Youtei-maru” was analyzed by using the laser microscope, the analysis electron microscope and the X-ray diffractometer. Deterioration was not observed for non-water line part. Although the deterioration had been observed in the water line part, the progress level was small. As for the deterioration in the ship bottom part, not only the seawater contact side but also the bilge contact side was intense.

1. 緒言

環境や安全に配慮した廃船の解体・高付加価値な製品への再資源化を図る先進国型のシップリサイクルシステムを構築し、地域経済の活性化を目指すための研究を目的として、2011年6月22日に新居浜高専を主体として「新居浜シップリサイクル研究会」が設立され、その後「一般社団法人 えひめ東予シップリサイクル研究会」に発展している。本研究会は、規約の中で目的達成のため以下のことを行うことを記述している。

- (1) 船舶鉄スクラップの高付加価値リサイクルの検討に関すること
- (2) 高効率船舶解体技術の検討に関すること

- (3) 資源・廃棄物の分別手法並びに輸送及び炉挿入システムの最適化の検討に関すること
- (4) 研究会（研究発表・意見交換）、シンポジウム等の開催に関すること
- (5) その他目的を達成するために必要なこと

本報告では、(1)に関する検討項目について、船の科学館から2012年3月に譲渡された「羊蹄丸」(Fig.1)を実際に解撤しながら、循環型社会の構築、鉄資源の確保、CO₂排出削減、地域経済の活性化を目指した「先進国型シップリサイクルシステム」の最適化を確立するため行った研究のうち、船体鋼板の解析に関することについて述べる。

平成25年9月20日受付 (Received Sept. 20, 2013)

*新居浜工業高等専門学校生物応用化学科 (Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Niihama National College of Technology, Niihama, 792-8580, Japan)

**新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター (Manufacturing Education Support Center, Niihama National College of Technology, Niihama, 792-8580, Japan)

***新居浜工業高等専門学校環境材料工学科 (Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, Niihama, 792-8580, Japan)

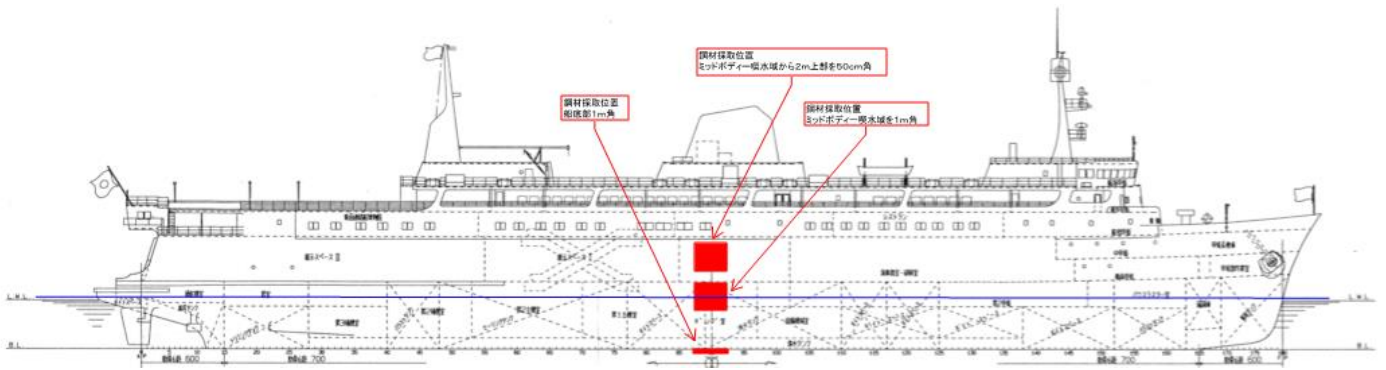


Fig.1 採取位置

2. 実験

2-1 試料作製

Fig.1に、「羊蹄丸」全体の図面と本報告での解析のため採取した船体鋼板の位置を示している。実際に採取した各船体鋼板の写真をFig.2に示す。この船体鋼板から、さらに各種測定に供することができる1×1×1 cmの試料片を切り出した。



Fig.2 船底部 (左)、喫水部 (中央)、非浸水部 (右)

2-2 各種測定

各試料片は、レーザー顕微鏡 (オリンパス、OLS4000)、分析走査型電子顕微鏡 (日本電子、JSM-6510LA)、X線回折装置 (リガク、MiniFlex II) を用いて分析・評価を行った。

3. 結果及び考察

3-1 レーザー顕微鏡による観察

非浸水部、喫水部、船底部の切断面の状態をレーザー顕微鏡によって観察した写真を、それぞれFig.3、4、5に示す。非浸水部切断面 (Fig.3) には、鋼板素材のSUS上に塗料などの4層が観察された。喫水部切断面 (Fig.4) 及び船底部切断面 (Fig.5) には、非浸水部切断面で観察された塗料などの4層をはっきり観察することができなかった。また、鋼板素材 (SUS) 上に観察される層の厚みは、非浸水部>喫水部>船底部の順に薄くなっていた。これは、海水との接触により損傷を受けて劣化が進んだものと考えられる。

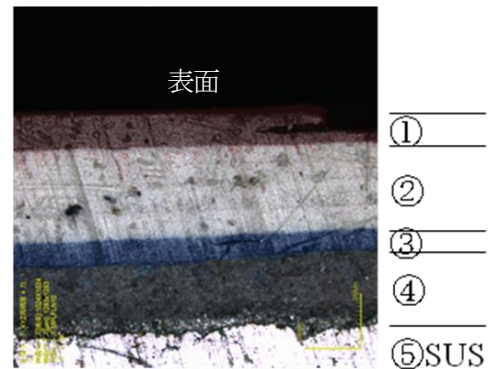


Fig.3 非浸水部切断面の状態

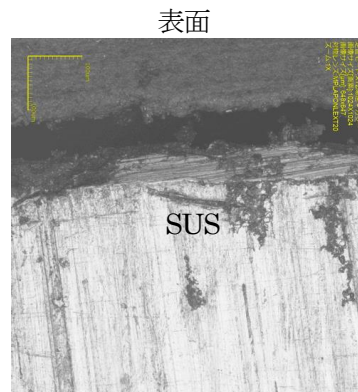


Fig.4 喫水部切断面の状態

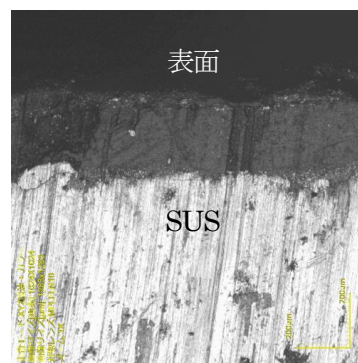


Fig.5 船底部切断面の状態

3-2 分析走査型電子顕微鏡による元素分析

Table 1 に、非浸水部切断面の元素分析結果をまとめた。非浸水部切断面に観察された5層に対応した元素分析を行ったが、⑤層が鋼板素材の SUS であることがわかったが、①～④層の塗料部分に使われている素材を知ることができる情報は、残念ながら得られなかった。

Table 1 非浸水部切断面の元素分析結果

	wt%							
	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Fe	Zn
①	—	0.8	—	3.0	13.5	4.2	—	—
②	—	0.3	—	0.5	12.1	—	—	—
③	1.4	0.6	2.6	1.1	1.1	—	1.3	0.8
④	2.9	0.4	5.0	0.4	2.7	—	1.4	7.5
⑤	—	—	—	—	—	—	91.5	—

次に、海水接触面の元素分析結果を Table 2 にまとめた。分析元素の中で Fe に注目してみると、非浸水部では損傷劣化が進んでおらず塗料が鋼板素材 (SUS) を覆った状態であるため Fe は検出されていないが、喫水部及び船底部では損傷劣化が進んでいるためか鋼板素材 (SUS) に起因する Fe が検出され、その検出 wt% は損傷劣化の激しさによって喫水部 < 船底部の順に多くなっていた。

Table 2 非浸水部、喫水部、船底部の海水接触面の元素分析結果

	wt%						
	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Fe
非浸水部	—	—	—	3.4	17.6	—	—
喫水部	1.4	1.5	3.4	0.8	2.3	1.6	7.5
船底部	0.4	0.6	2.2	1.1	7.5	2.8	9.2

3-3 X線回折による物質同定

最後に、船体鋼板表面を X 線回折測定した結果を示す。Fig.6 は海水接触側の船体鋼板表面の X 線回折結果をまとめたものであるが、塗料素材の情報が無いことから X 線回折ピークを同定することはできなかった。しかしながら、塗料が損傷劣化していない非浸水部の X 線回折パターンと、喫水部及び船底部の X 線回折パターンは明らかに変化しており、喫水部及び船底部では塗料の損傷劣化が進んでいるものと考えられる。

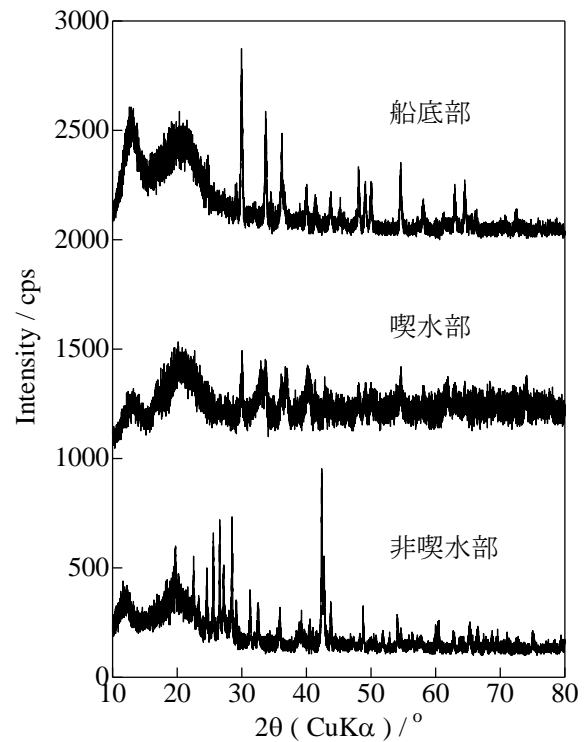


Fig.6 海水接触側の船体鋼板表面の X 線回折結果

一方、船内側の船体鋼板表面の X 線回折結果を Fig.7 にまとめた。船内側は塗料処理が行われていないため、鋼板素材の SUS が剥き出しのままであり、非浸水部の X 線回折パターンには金属 Fe に同定される X 線回折ピーク (●印) のみが観測された。喫水部の X 線回折パターンにも、同様に金属 Fe に同定される X 線回折ピークが強く観測されたが、強度の低い同定できない X 線回折ピークも合わせて観測された。船底部の X 線回折パターンには、金属 Fe に同定される X 線回折ピークは観測されなくなり、非常に強度の低い同定できない X 線回折ピークのみが観測された。船底部の船内側はビルジと接触しているため、鋼板素材 (SUS) は損傷劣化が進んでいるものと考えられる。

4. 結 言

シップリサイクルの目的で、「羊蹄丸」の非喫水部、喫水部、船底部の船体鋼板から採取したサンプルについて、その経年劣化状況をレーザー顕微鏡、分析電子顕微鏡及び X 線回折装置を用いて解析を行った。非喫水部は、ほとんど劣化が認められなかった。喫水部では劣化は認められたが、その進行度は小さかった。船底部の劣化は、海水接触面だけでなくビルジ接触面でも激しかった。

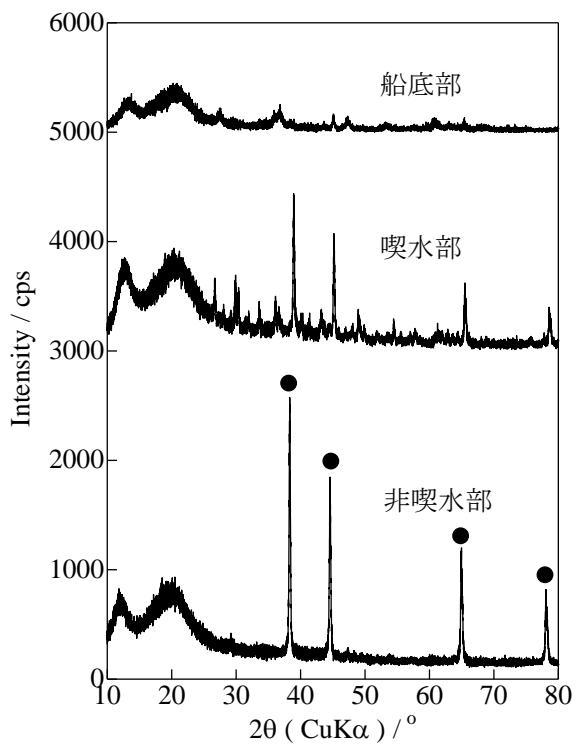


Fig.7 船内側の船体鋼板表面の X 線回折結果

参考文献

- [1] 「セラミックス材料の蛍光 X 線分析—基礎と応用—」、原料部会分析化学分科会蛍光 X 線分析 WG 編 (日本セラミックス協会)
- [2] 「セラミックスのキャラクタリゼーション技術」、窯業協会編集委員会講座小委員会 編 (窯業協会)