ノート

レーザマーキングステンレス鋼の耐食性に関する研究

諸橋　春夫*　渋谷　恵太*　天城　裕子*

Study on Corrosion Resistance of Laser Marked Stainless Steel

MOROHASHI Haruo*, SHIBUYA Keita* and AMAKI Yuko*

1. 緒　　言

医療機器である手術用鋼製小物は，手術におけるセット組みや体内遺残防止などにおいて，トレーサビリティ確保が不可欠である。そのため鋼製小物に 2 次元シンボルをマーキングし，滅菌管理やトレーサビリティへの活用が行われている。そして，そのマーキングの有効手段の一つとして，レーザマーキングがある。

また，このようなマーキングされた鋼製小物は，洗浄，滅菌処理が必須であり，各種処理液に浸すなどの過酷な環境に曝されることから，マーキング部の腐食が問題となる場合がある。

そこで本研究では，レーザマーキング装置を用いて鋼へのマーキングを行い，そのマーキング部の化学状態や耐食性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1　試料

供試材は，鉗子，鑷子などに用いられるマルテンサイト系ステンレス鋼を用いた。その化学組成を表 1 に示す。この供試材は，熱処理後，各種研磨剤を用いた研磨と電解研磨を行った。

2.2　レーザマーキング

マーキングは，アライ（株）製 BOWLRIX BX1020 を使用した IR レーザマーキングと（株）キーエンス製 MD-U1020C を使用した UV レーザマーキングにて行った。

IR レーザマーキングは，レーザ波長 1064nm，出力 20W，レーザパワー60%，フォーカス位置-54 mm にてドット形状を並べて行った。

表 1　供試材の化学成分(mass%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.11	0.29	0.76	0.027	0.002	0.40	12.19	0.07

UV レーザマーキングは，レーザ波長 355 nm，出力 2.5W（40kHz 時），レーザパワー 60%，スキャンスピード 30mm/s，パルス周波数 70kHz，フォーカス位置-20mm，印字回数 2 回にて四角形の領域を走査して行った。

2.3　マーキング部の観察および分析

マーキング部については，オリンパス（株）製 DSX500 による光学顕微鏡観察，日本電子（株）製 X 線マイクロアナライザーJXA-8100 による走査型電子顕微鏡(SEM)観察および定性分析ならびに日本分光（株）製 NRS-3100 によるラマン分光分析を行った。

2.4　耐食性試験

マーキングした試料の耐食性評価として中性塩水噴霧試験を行った。試験には，スガ試験機（株）製 STP-90V-2 塩水噴霧試験機を使用し，JIS Z 2371 に準じて，1 時間行った。

3.　実験結果および考察

3.1　レーザによる熱影響

IR レーザマーキングと UV レーザマーキングの光学顕微鏡写真を図 1，2 に，SEM 写真を図 3～5 に示す。SEM 観察によって，IR レーザマーキング部ではひび割れが確認されたが，

* 下越技術支援センター

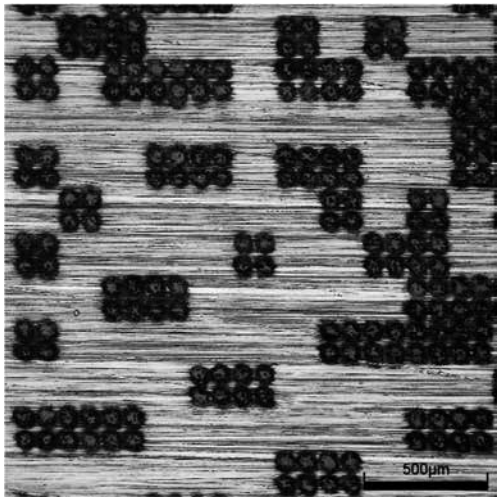

図 1　光学顕微鏡写真（IR レーザマーキング）

図 2　光学顕微鏡写真（UV レーザマーキング）

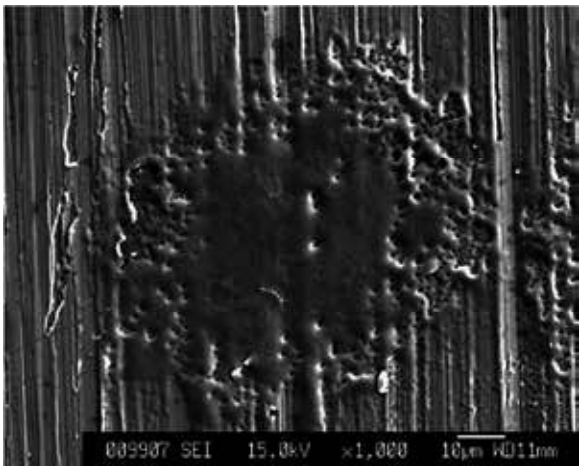

図 3　SEM 写真（IR レーザマーキング）

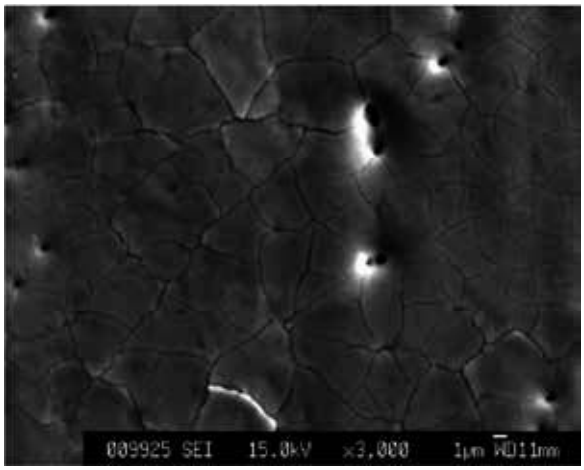

図 4　SEM 写真：図 3 中央部の拡大写真
（IR レーザマーキング）

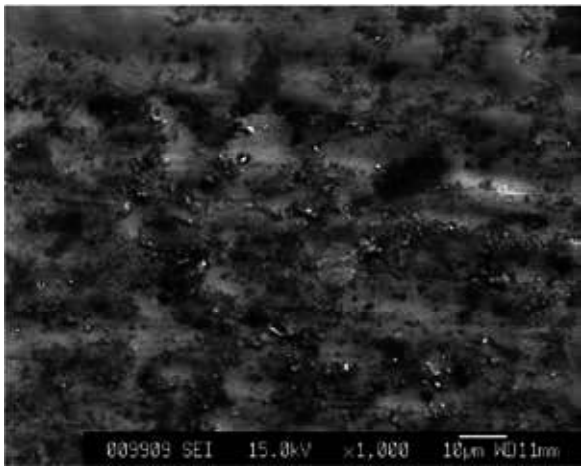

図 5　SEM 写真（UV レーザマーキング）

表 2　レーザ照射部の半定量結果

Element	Mass%	
	IR レーザ	UV レーザ
C	0.620	1.921
O	20.017	12.530
Cr	8.618	10.376
Mn	0.805	0.775
Fe	69.940	74.398
Total	100.000	100.000

UV レーザマーキングでは確認されなかった。

また，X 線マイクロアナライザーの定性分析で得られた半定量結果（表 2）においては，UV レーザ照射部の酸素濃度が，IR レーザ照射部よりも低く，ステンレス鋼表面の酸化が少ないことを示している。

上記の結果はどちらも IR レーザより UV レーザの方が，ステンレス鋼表面に与える熱応力や酸化などの熱影響が小さいことを示している。

3.2　レーザ照射部の化学状態

図 6，7 に各レーザ照射部のラマンスペクトルを示す。これらの図における▼が α-Fe_2O_3 のピーク，◆が Fe_3O_4 のピーク位置である。これらから IR レーザ照射部では α-Fe_2O_3 と Fe_3O_4，UV レーザ照射では Fe_3O_4 が確認された。

また，ステンレス鋼に添加される Cr 含有量が 10 または 15%の鋼では，加熱すると 4 層の酸化皮膜が形成され，そのうちの最表面に α-Fe_2O_3，その下の層に Fe_3O_4 が生成する[1]との

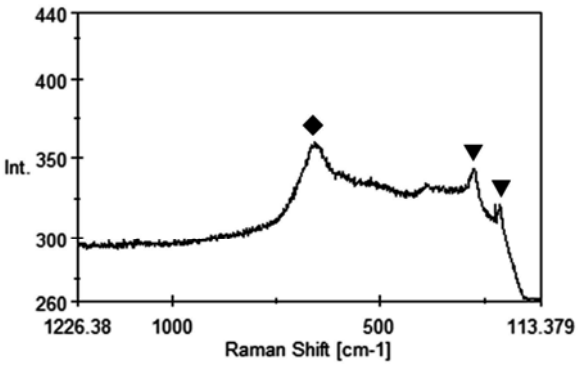

図 6　IR レーザ照射部のラマンスペクトル

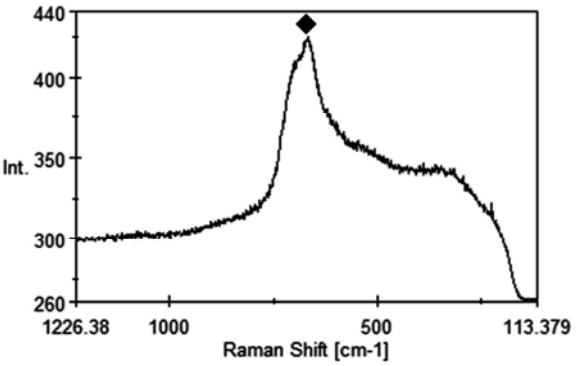

図 7　UV レーザ照射部のラマンスペクトル

ことから，α-Fe_2O_3 が検出されなかった UV マーキング部最表層においても膜厚が十分に薄い α-Fe_2O_3 が存在すると考えられる。そして，IR レーザより熱影響が小さい UV レーザにおいては，IR レーザよりも鉄の酸化が少ないため，鉄に対する酸素比率が Fe_3O_4 より大きい α-Fe_2O_3 が少なかったと考えられる。

3.3　塩水噴霧試験

塩水噴霧試験の結果を図 8，9 に示す。IR レーザ照射部より UV レーザ照射部の方が錆発生が多く，錆はレーザ照射部の縁から発生していることが確認された。

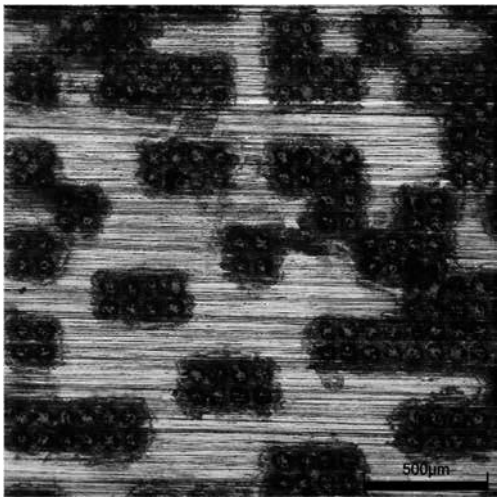

図 8　塩水噴霧試験後（IR レーザマーキング）

図 9　塩水噴霧試験後（UV レーザマーキング）

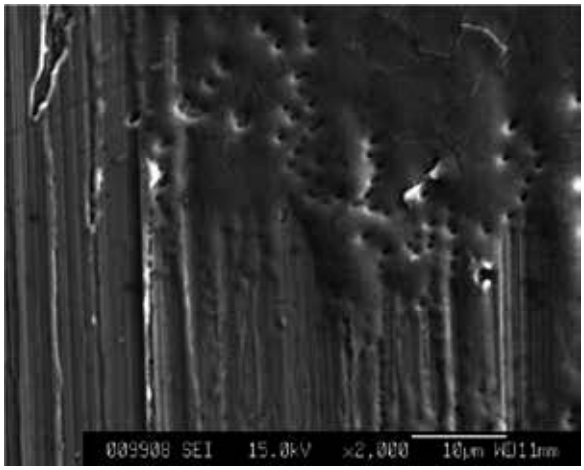

図 10　SEM 写真（IR レーザマーキング）

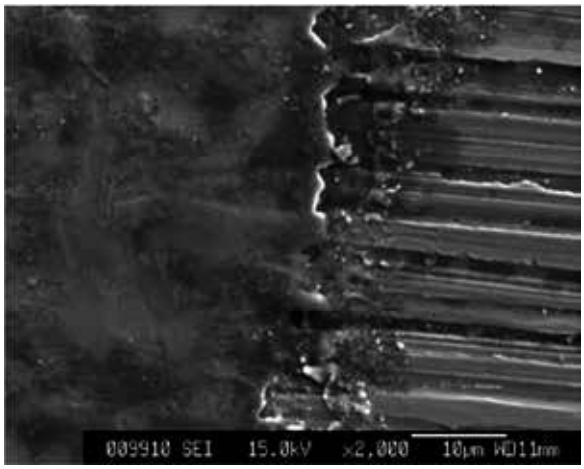

図 11　SEM 写真（UV レーザマーキング）

また，塩水噴霧試験前のレーザ照射部縁付近の SEM 観察（図 10，11）において，UV レーザ照射部の縁付近に皮膜の剥がれが確認されたが，IR レーザ照射部では確認されなかった。この皮膜の剥がれ部では素地が外的環境から保護されていない状態であると考えられ，このことが錆発生の原因となっているものと推測される。

なお，IR レーザより UV レーザの熱影響が小さいことから，この剥がれの原因は，UV レーザ照射による影響ではなく，走査方式による照射や走査回数の影響が大きいと思われる。

4. 結　　言

(1) IR レーザより UV レーザの方が，ステンレス鋼に与える熱影響が少なかった。

(2) 塩水噴霧試験において IR レーザ照射部より UV レーザ照射部の方が，錆発生が多かった。

(3) UV レーザ照射部の縁付近では皮膜の剥がれが確認され，これが耐食性低下の原因と考えられる。皮膜の剥がれは，走査方式による照射や走査回数の影響が大きいと思われる。

参考文献

1) ステンレス協会編，“ステンレス鋼便覧第 3 版”，日刊工業新聞社，1995，p.375.