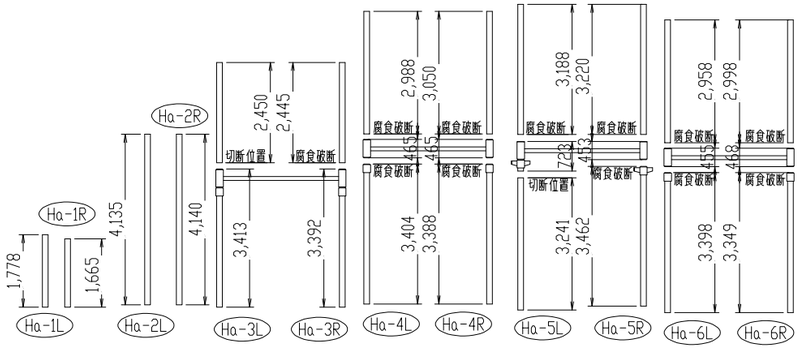
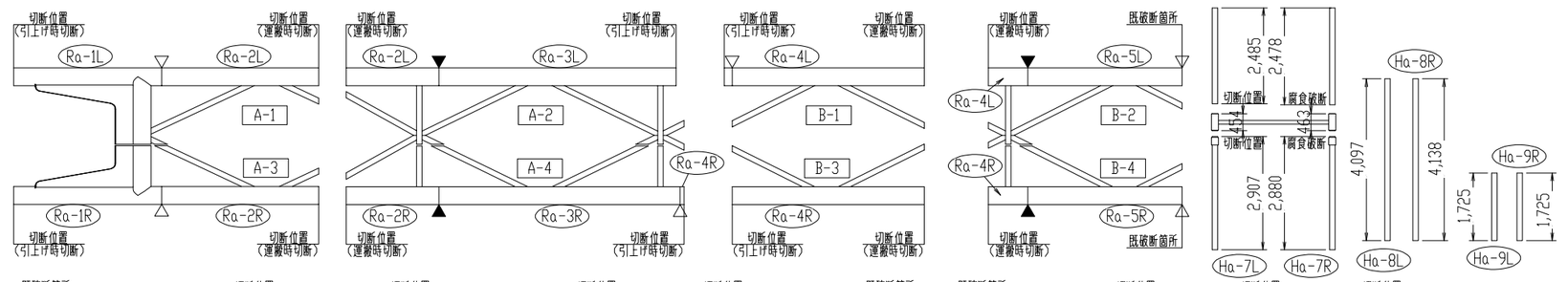
添付資料-1

【落橋水管橋　】

加納浄水場配置図


Ha-1R
Ha-2R
Ha-1L
Ha-2L
Ha-3L
Ha-3R
Ha-4L
Ha-4R
Ha-5L
Ha-5R
Ha-6L
Ha-6R
1,778
1,665
4,135
4,140
3,413
3,392
2,450
2,445
2,988
3,050
3,404
3,388
3,188
3,220
3,241
3,462
2,958
2,998
3,398
3,349
切断位置
腐食破断


Ra-1L
Ra-2L
Ra-1R
Ra-2R
A-1
A-3
Ra-3L
Ra-4R
Ra-3R
A-2
A-4
Ra-4L
B-1
B-3
Ra-5L
Ra-5R
B-2
B-4
既破断箇所
Ha-7L
Ha-7R
Ha-8L
Ha-8R
Ha-9L
Ha-9R
2,485
2,478
2,907
2,880
4,097
4,138
1,725
切断位置
腐食破断
Ra-6L
Ra-7L
Ra-6R
Ra-7R
C-1
C-3
Ra-8L
Ra-9L
Ra-8R
Ra-9R
C-2
C-4
D'-1
D'-2
D'-2'
Ra-10L
Ra-11L
Ra-10R
Ra-11R
D-1
D-3
D-2
D-4
F-1
F-2
F-3
G-1R
H-1
6,750
6,640
6,620
5,060
6,060
Sa-2L
Sa-3L
Sa-4L
Sa-5L
Sa-6L
Sa-7L
Sa-2R
Sa-3R
Sa-4R
Sa-5R
Sa-6R
Sa-7R
5,860
7160
7,130
4,980
6,040
E-1
E-2
E-3
G-1L
H-2
歩 廊
H-3
I-1
I-2
J-1
J-2
6,350
6,080
5,880
6,810
3,900
Sa-7L
Sa-8L
Sa-9L
Sa-10L
Sa-11L
Sa-12L
Sa-13L
Sa-8R
Sa-9R
Sa-10R
Sa-11R
Sa-12R
Sa-13R
6,250
6,150
5,990
6,570
4,000
H-4
I-3
I-4
J-3
J-4
切断位置
(運搬時切断)
(引上げ時切断)
既破断箇所

添付資料-2

【落橋水管橋　】

水管橋破損部調査結果報告書

（調査会社：日鉄テクノロジー㈱）

日鉄パイプライン&エンジニアリング　御中

水管橋破損部調査結果報告書

弊社照会番号　：EV21120080
管理番号　　：NSTA21-219R
受付番号　　：C22A57

報告日　２０２２年　４月　２１日

NIPPON STEEL | 日鉄テクノロジー株式会社
NIPPON STEEL TECHNOLOGY Co.,Ltd.

研究試験事業所
材料特性評価部　材料解析室

本報告書は、係争(裁判)を目的に使用しないで下さい

1. 緒言

落橋した水道橋から採取された鋼材等について調査を実施し、鋼材の性状および破損状況の推定を試みる。

2. 供試体

供試体は、落橋した水道橋の、上弦材・吊材・下弦材から採取された鋼管および鋼片である。供試体の外観を図１～図９に示す。これらの鋼材について破損部の破面観察を実施するとともに、各鋼材の引張試験・化学成分分析・断面金属組織観察も実施する。さらに、同橋上から採取された鳥糞とされる物質の分析も実施する。

3. 鳥糞の分析結果

橋上から採取された鳥糞試料の外観を図１０に示す。この試料について、水に溶出する成分の分析を実施した。水への抽出においては約 0.5g の試料に 100 倍量の純水を加え、超音波洗浄機で 30 分振とうした。溶出成分の定量分析では、水中の陰イオン種について、イオンクロマトグラフ法にて分析を実施した。分析したイオン種と使用装置を表１に示す。また、pH の測定も堀場製作所/D-71 を用いて実施した。これらの分析結果を表２に示す。

この分析結果によると、鋼材の腐食に著しく影響を及ぼすと思われるイオン種は殆ど検出されておらず、pH も中性あるいは弱アルカリ性であることから、橋上の鳥糞が鋼材の腐食損傷に著しく影響を及ぼしたとは考えにくい。

4. 引張試験結果

上弦材・吊材・下弦材および上弦材溶接部（工場溶接・現場溶接）から、図１１に示す引張試験片を採取し、引張試験を実施した。試験結果を表３に、溶接部引張試験片の破断状況を図１２に示す。これらの試験結果の内、溶接部での引張試験では引張強さが 400MPa を下回る。これは、図１２の模式図に示すように、溶接部試験片の破断部内面側には未溶着部が認められ、これによる断面積の減少が大きく影響している。

5. 化学成分分析結果

上弦材・吊材・下弦材の母材および上弦材溶接金属部の化学成分分析を実施した。母材部の分析結果を表４に、上弦材溶接金属の分析結果を表５に示す。

6. 下弦材の断面金属組織観察結果

下弦材から圧延方向に採取した断面試料を用いて、金属組織観察を実施した。下弦材圧延方向の断面金属組織を図１３～図１７に示す。

これらによると、下弦材５試料の金属組織は、いずれもフェライトおよびパーライトから成る金属組織であり、炭素鋼等での一般的な金属組織である。

7. 吊材および上弦材綾材の破損状況調査結果

吊材および上弦材綾材の破断部から、図１８～図２０に示す鋼片を採取し、破損状況の調査を実施した。破面観察結果および断面金属組織観察結果を以下に記す。

7.1.破面観察結果

吊材および綾材の各鋼片について走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）を用いた破面観察を実施した。破面外観およびＳＥＭ像を図２１～図５７に示す。これらから得られた結果を以下に記す。

なお、Ha-3L においては、破断ではなくガスカットにて切断されていることから、破面観察は実施していない。

(1) 吊材の破断部では、外観上において腐食の影響と推定される厚の減少が認められ、腐食損傷も顕著である。

(2) 破断部の腐食生成物を除去した後のＳＥＭ観察では、複数の試料において、過大な応力が作用したことによる延性破壊の痕跡である、ディンプルと推定される様相が認められる。

(3) 腐食損傷によって破面の微視的様相が不明な供試体も、外観上の様相はディンプルが認められた供試体とほぼ同様であることから、これらも延性破壊であった可能性が高い。

(4) Ha-4L では、破面と考えられた部分のほとんどが溶融面であり、他の試料とは状況が異なる。

(5) 綾材においては、大きな変形を伴って破断しており、このことから過大な負荷作用したと考えられる。破面のＳＥＭ観察でも吊材同様にディンプルと推定される部位が認められ、綾材においても延性破壊で破断したと推定される。

7.2.断面金属組織観察結果

吊材および綾材の破断部を含む断面試料を採取し、金属組織の観察を実施した。各試料の、断面金属組織を図５８～図７７に示す。これから得られた結果を以下に記す。

(1) いずれの供試体も金属組織としてはフェライトとパーライトであり、炭素鋼としての一般的な金属組織である。

(2) 吊材の破断部では、内面側に大きな損傷は無いように見受けられるが、外面側からの減肉は顕著であり、破断部の先端部では厚が 1mm 以下となっている供試体も多い。

(3) 破断部先端では、例えば図６１に示した Ha-4L 上弦材行のように、塑性変形によって結晶粒の変形が生じている部位もあり、過大な応力が作用したと推定された、破面観察の結果（延性破壊）と一致している。

(4) 上記の変形が生じている部分は、破断部の先端のみである。このことから、部材厚が大きく減少した後に、最薄部において塑性変形が生じたと考えられる。

(5) 綾材においても、破断部近傍において塑性変形による結晶粒の変形が生じているように見受けられる。また、この断面での観察では綾材の破断は溶接金属部と推定される。

8. 上弦材の破断状況調査

図１および図２に示した上弦材破断部試料のＡ・Ｂから図７８～図８０に示す鋼片を採取し、破面観察および断面金属組織観察を実施した。破面観察結果および断面金属組織観察結果を以下に記す。

8.1.破面観察結果

上弦材各供試体の破面外観およびＳＥＭ像を図８２～図１１３に示す。なお、上弦材破面のＳＥＭ観察も、破面の腐食生成物を除去した後に実施した。

上弦材の破面においても、腐食損傷が顕著であるが、ＳＥＭでの観察では、吊材の破面同様のディンプルが認められ、延性破壊で破断したことがわかる。しかし、Ra-6L 等においては、脆性破壊であることを示すへき開破面と推定される部位が認められることから、上弦材では過大な負荷が作用したことで、前述の延性破壊とともに、脆性破壊でも破断したと推定される。

8.2.断面金属組織観察結果

上弦材各供試体の断面金属組織を図１１４～図１２９に示す。

(1) マクロ組織を観ると、破断部の片側のみでの観察ではあるが、多くの供試体が溶接金との境界部で破断しているように見受けられる。

(2) 母材部の金属組織は、他の部材同様に炭素鋼等で一般的な、フェライトおよびパーライトである。

(3) 破断部（図中の a 部）では、多くの供試体で結晶粒の変形が認められ、このことからも延性破壊が生じたことがわかる。

(4) 図１２９の Ra-10R のＢ部では、結晶粒の変形を伴わずに直線的に破壊している部位が有り、この部分が、破面観察で認められたへき開破面に相当すると考えられる。

9. 結言

落橋した水道橋から採取した鋼材について調査を実施し、以下に記す結果を得た。

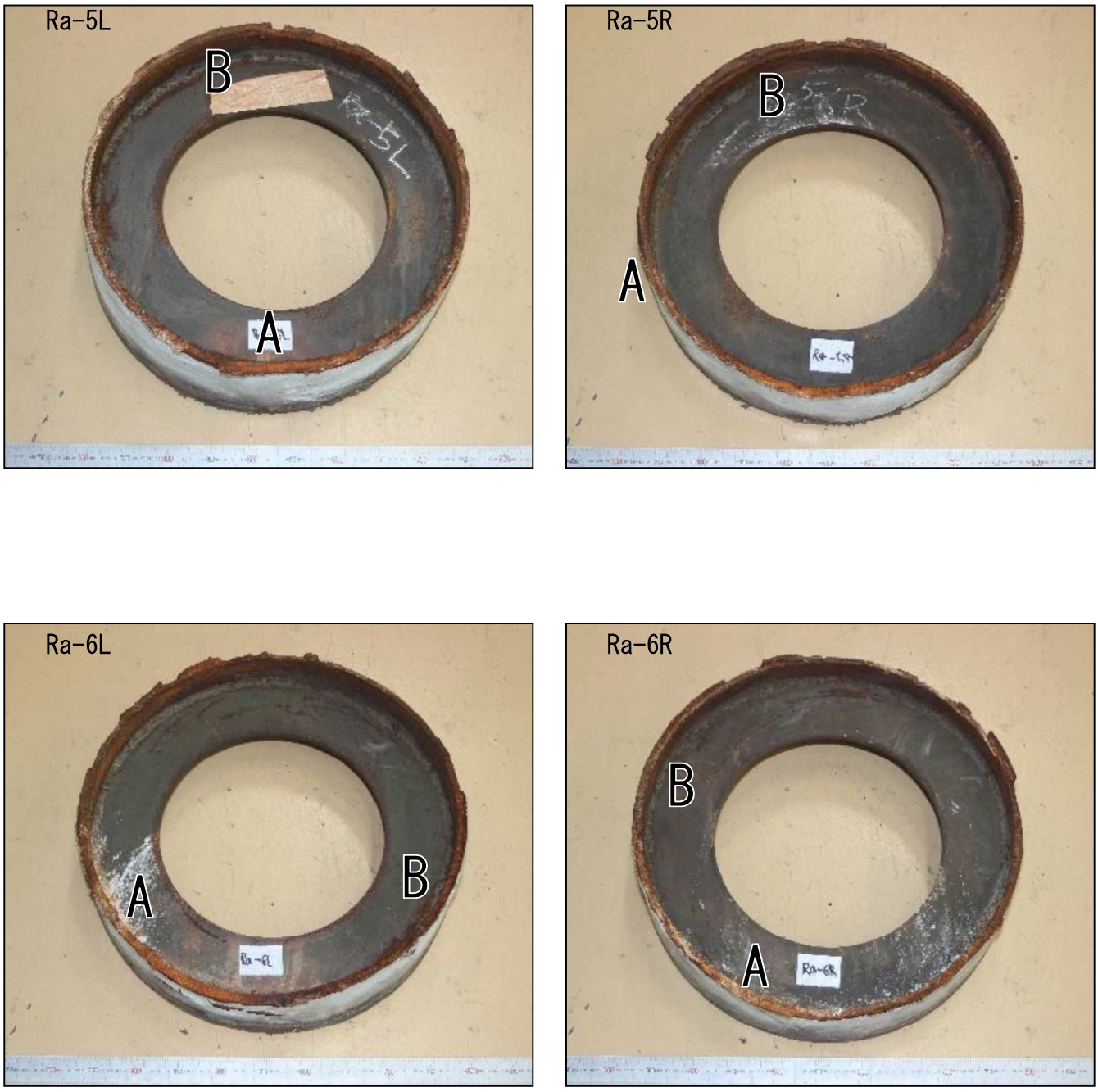
(1) 橋上から採取された鳥糞の分析の結果、鳥糞が鋼材の腐食損傷に著しく影響を及ぼしたとは考えにくい。

(2) 各材の引張試験および化学成分分析の結果は、表３～表５に示したとおりである。

(3) 上弦材・吊材・下弦材・綾材の金属組織はいずれも、炭素鋼等での一般的な金属阻組織である、フェライトおよびバーライトであった。

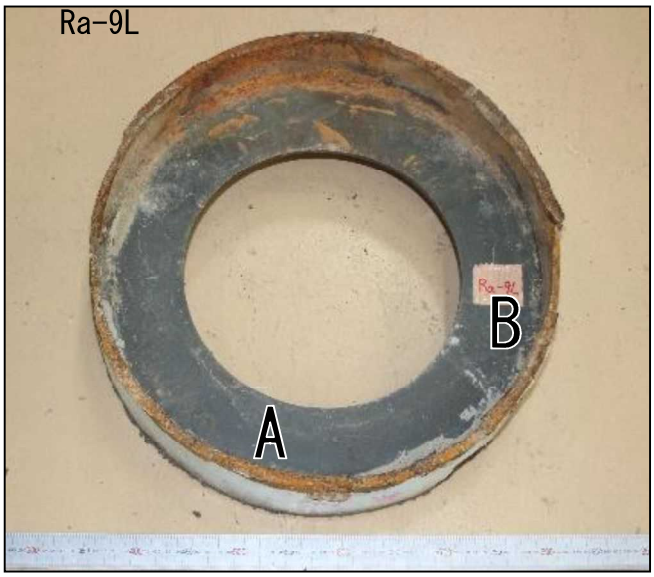
(4) 吊材の破断部では、腐食の影響と考えられる外面側からの顕著な減肉が認められ、破断部先端のみで塑性変形の痕跡が認められたことから、減肉による最薄部において部材の強度を超えた応力が作用し、延性破壊で破断したと推定された。

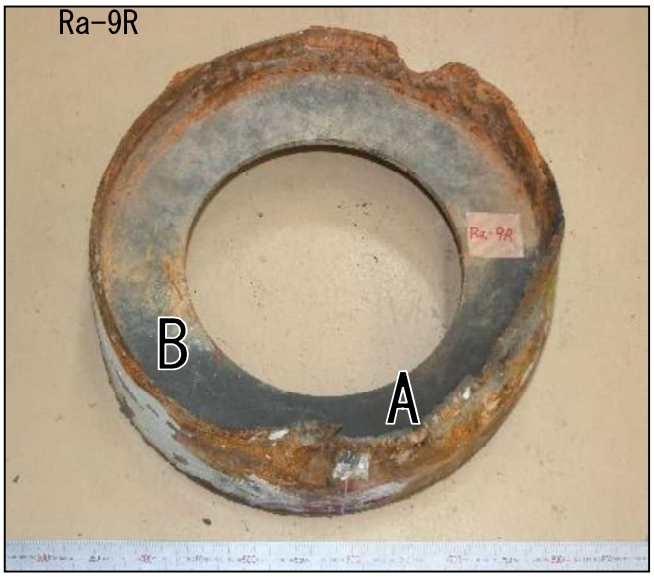
(5) 上弦材の破断部でも、過大な負荷が作用したことによって、延性破壊および脆性破壊で破断したと推定された。

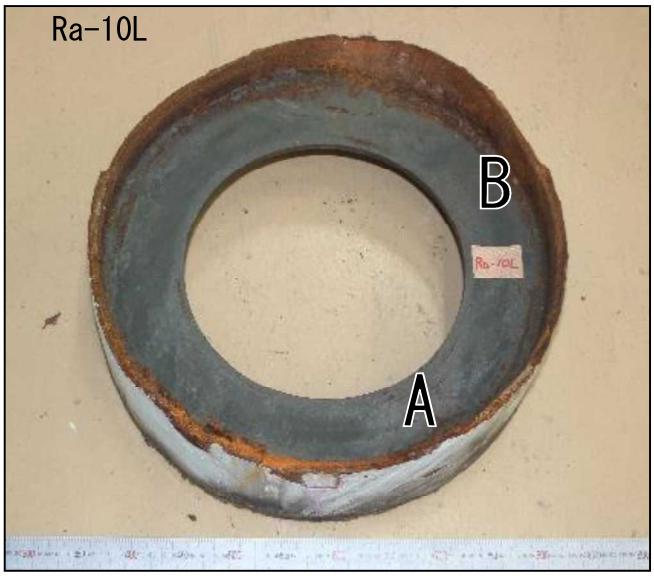


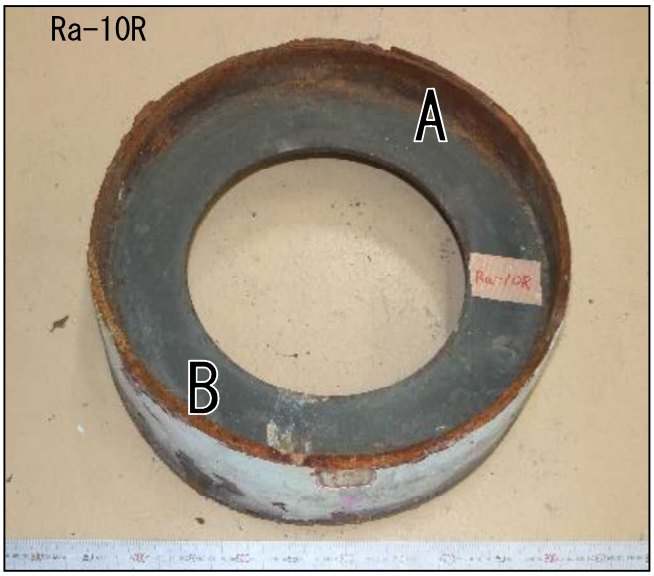
Ａ・Ｂは調査用試料採取位置

図１　　上弦材外観（破断状況分析用）









Ａ・Ｂは調査用試料採取位置

図２　　上弦材外観（破断状況分析用）



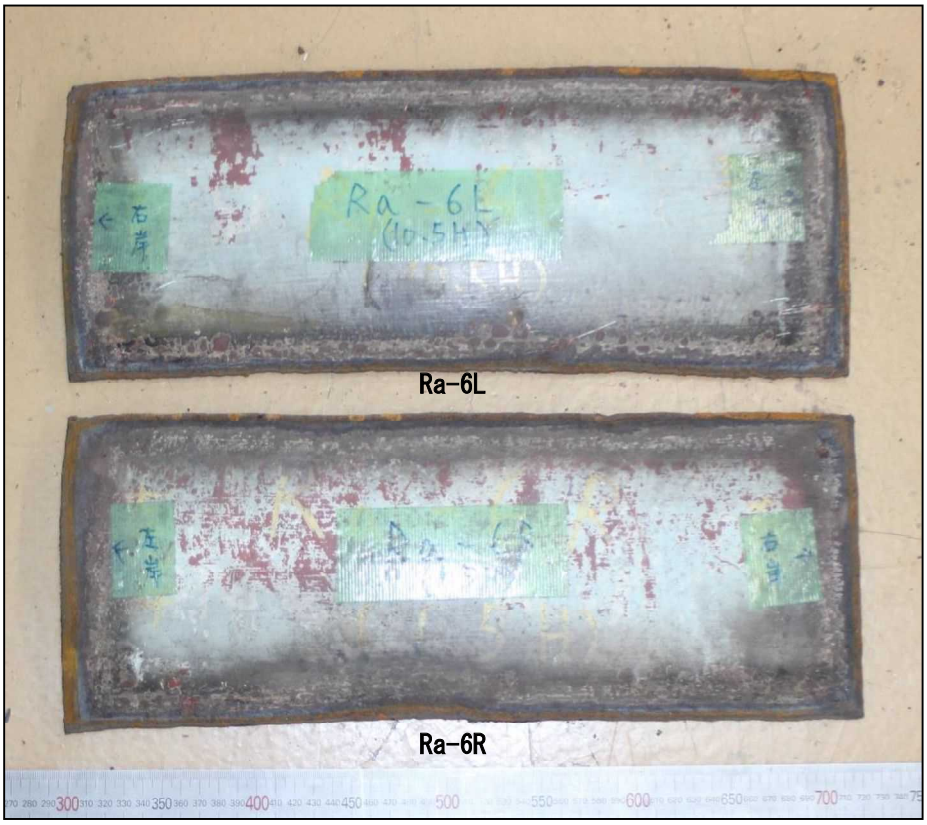


図３　　上弦材外観（母材引張試験用）



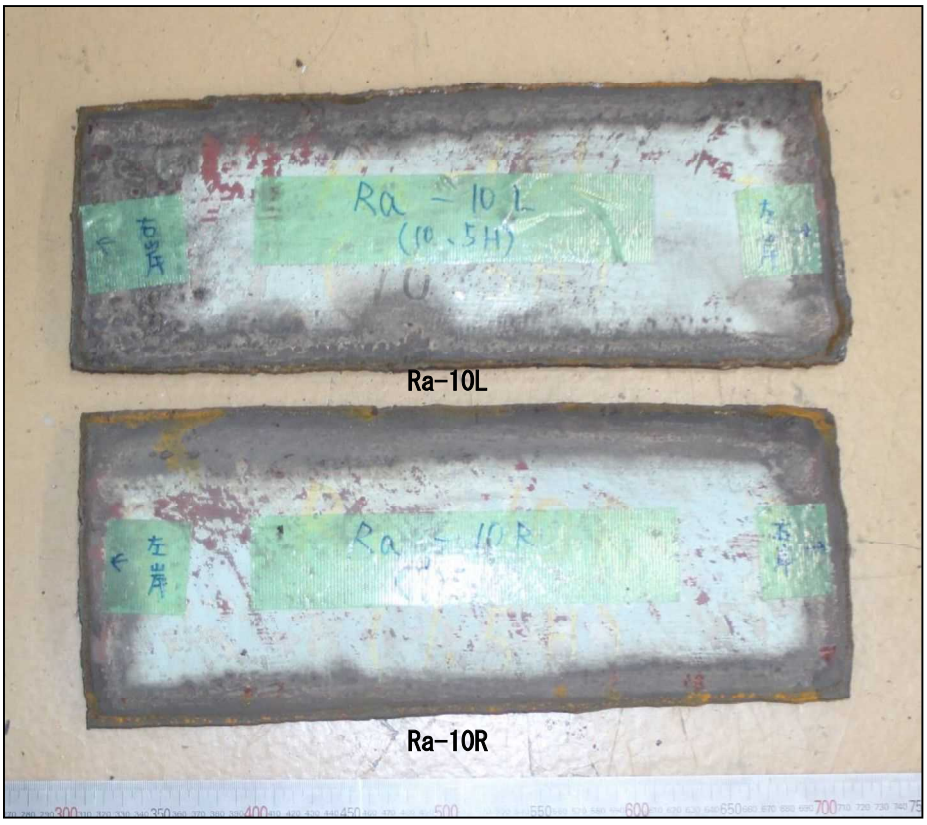
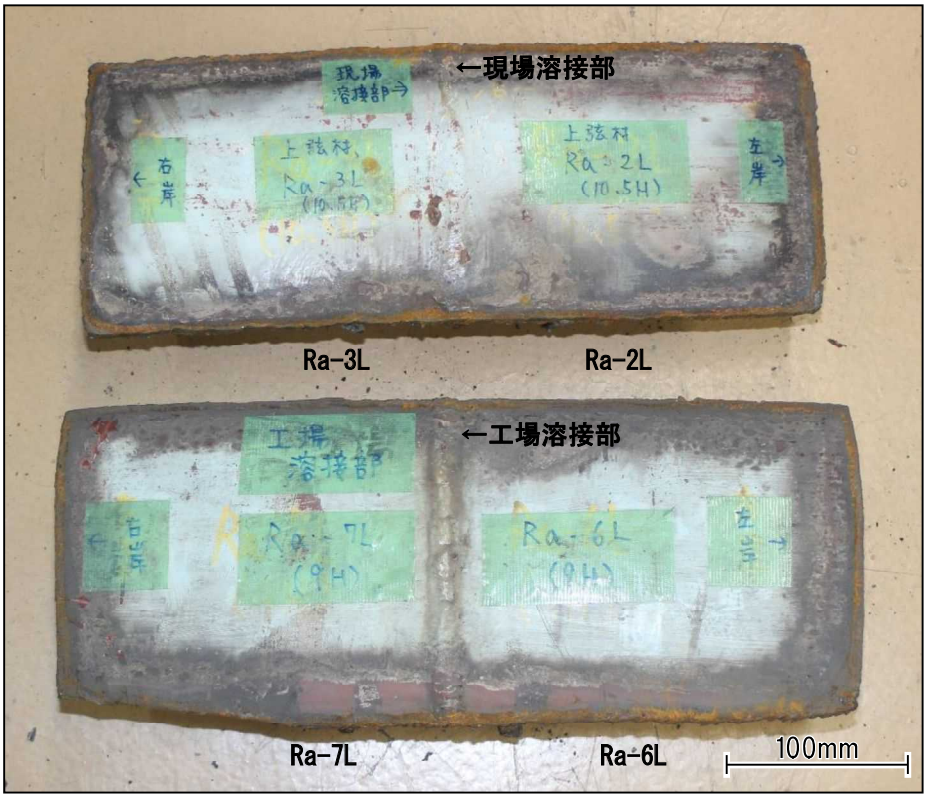
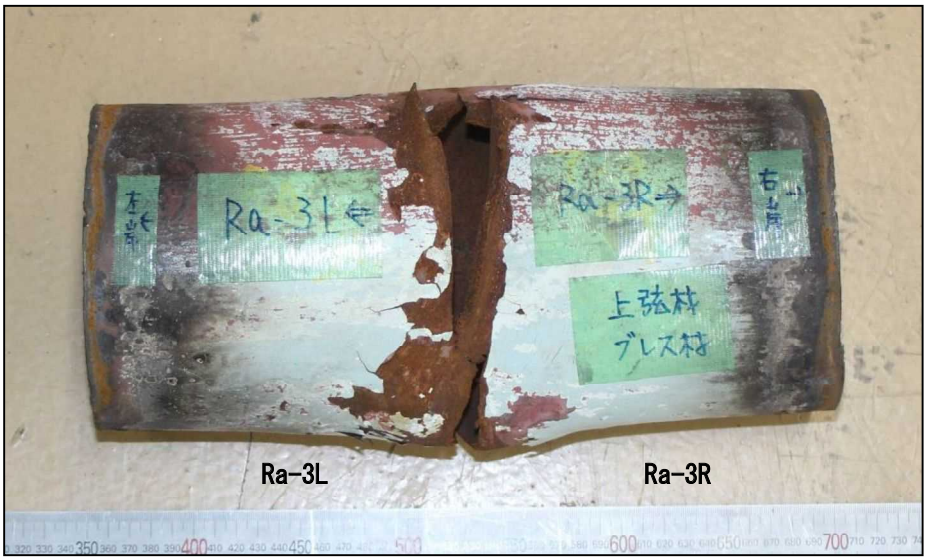


図４　　上弦材外観（母材引張試験用）



溶接部引張試験用



破断状況分析用

図５　　上弦材外観



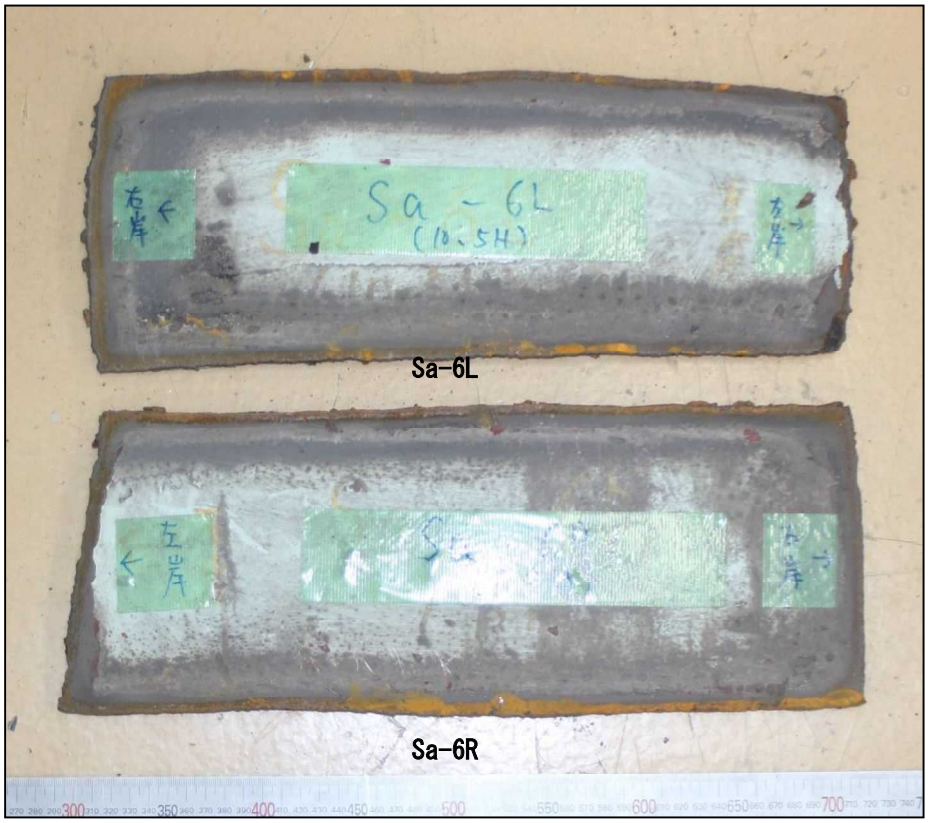


図６　　下弦材外観（母材引張試験用）

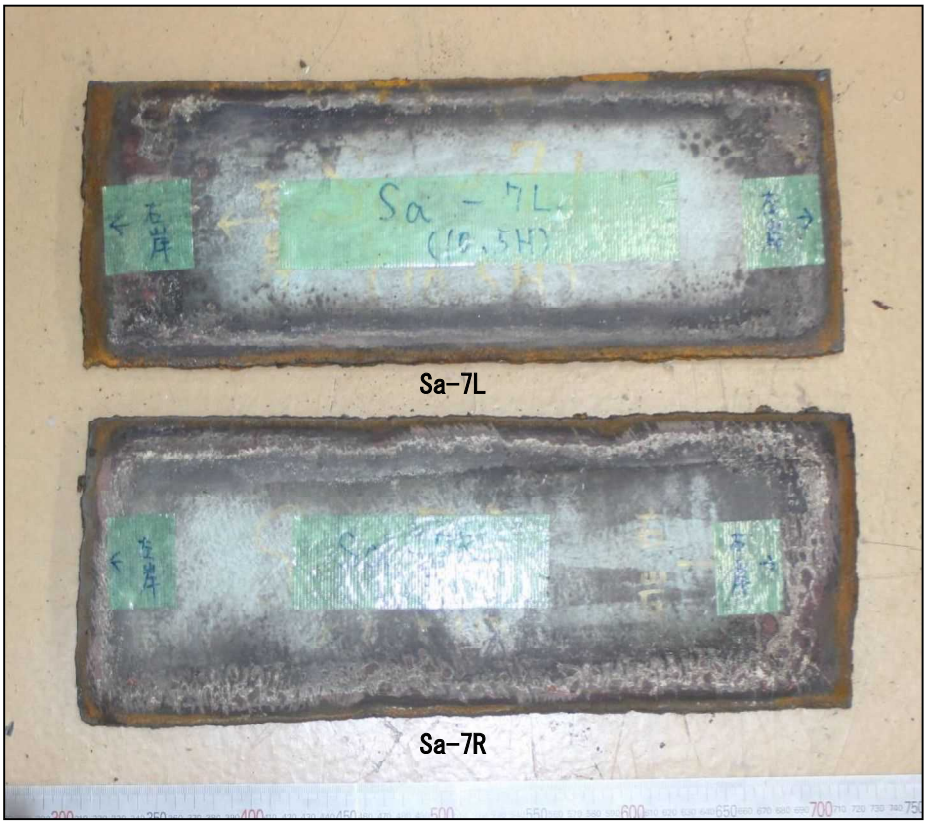


図７　　下弦材外観（母材引張試験用）



Ha-3L



Ha-3R



Ha-4L



Ha-4R



Ha-5L

図８　　吊り材の外観



Ha-6L



Ha-6R



Ha-7L



Ha-7R

図９　　吊り材の外観



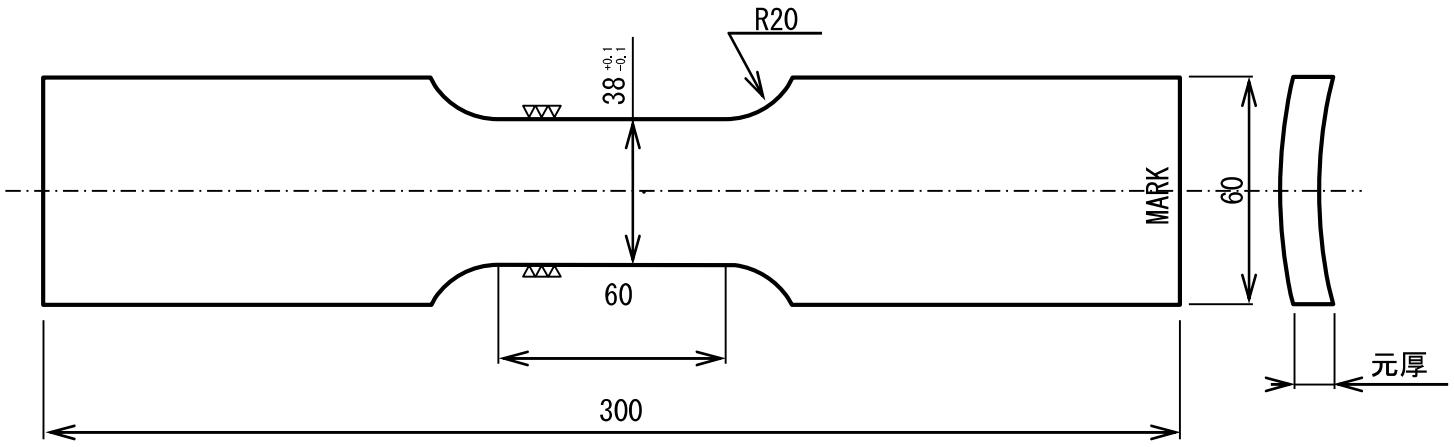
図１０　　鳥糞分析試料外観

表１　　定量分析を行う陰イオン種と測定装置

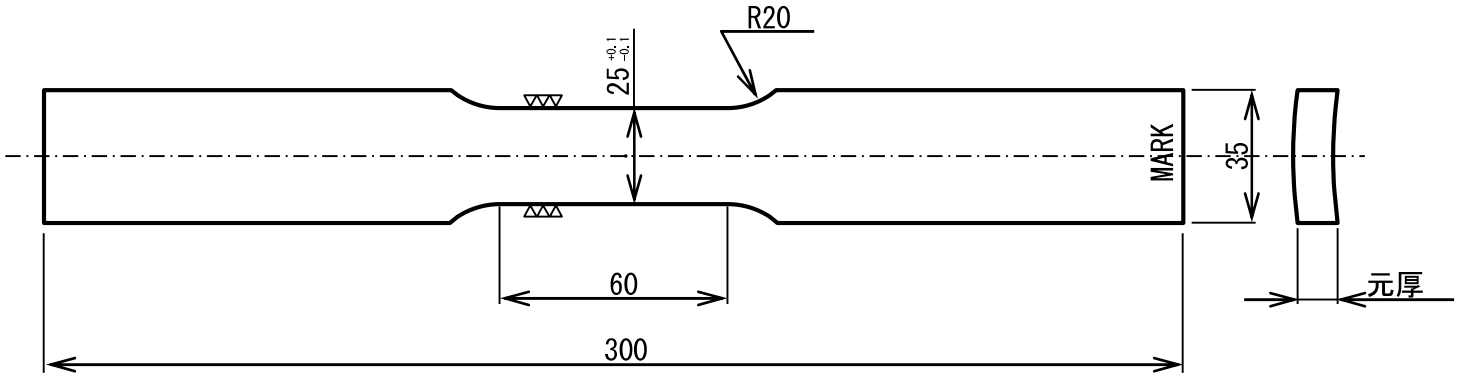
陰イオン種	メーカー/型式
F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^-	島津製作所/Prominence HIC-SP
$HCOO^-$, CH_3COO^-	サーモフィッシャーサイエンティフィック/ICS-1600

表２　　溶出成分分析およびＰＨ測定結果

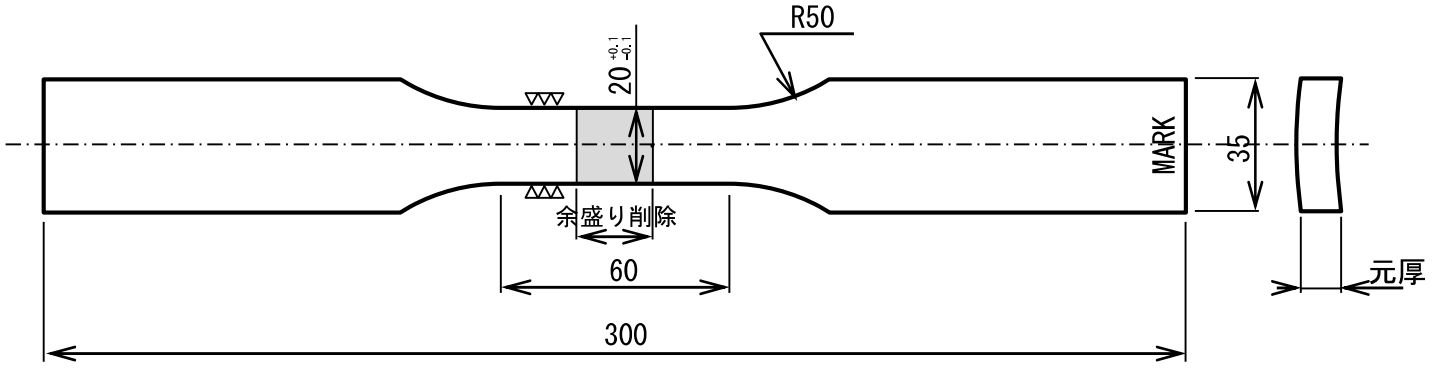
試料		分析値(wt%)								pH
		F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	NO_3^-	NO_2^-	$HCOO^-$	CH_3COO^-	
A （白）	1回目	<0.001	0.011	0.015	0.31	0.002	0.002	<0.001	<0.002	7.6
	2回目	<0.001	0.010	0.014	0.29	0.001	<0.001	<0.001	<0.002	7.5
B （茶）	1回目	0.005	0.315	0.90	0.35	0.002	<0.001	0.024	0.104	8.6
	2回目	0.005	0.315	0.88	0.35	0.002	<0.001	0.023	0.106	8.7



上弦材・下弦材：弧状引張試験片（JIS 12C号）



吊材：弧状引張試験片（JIS 12B号）

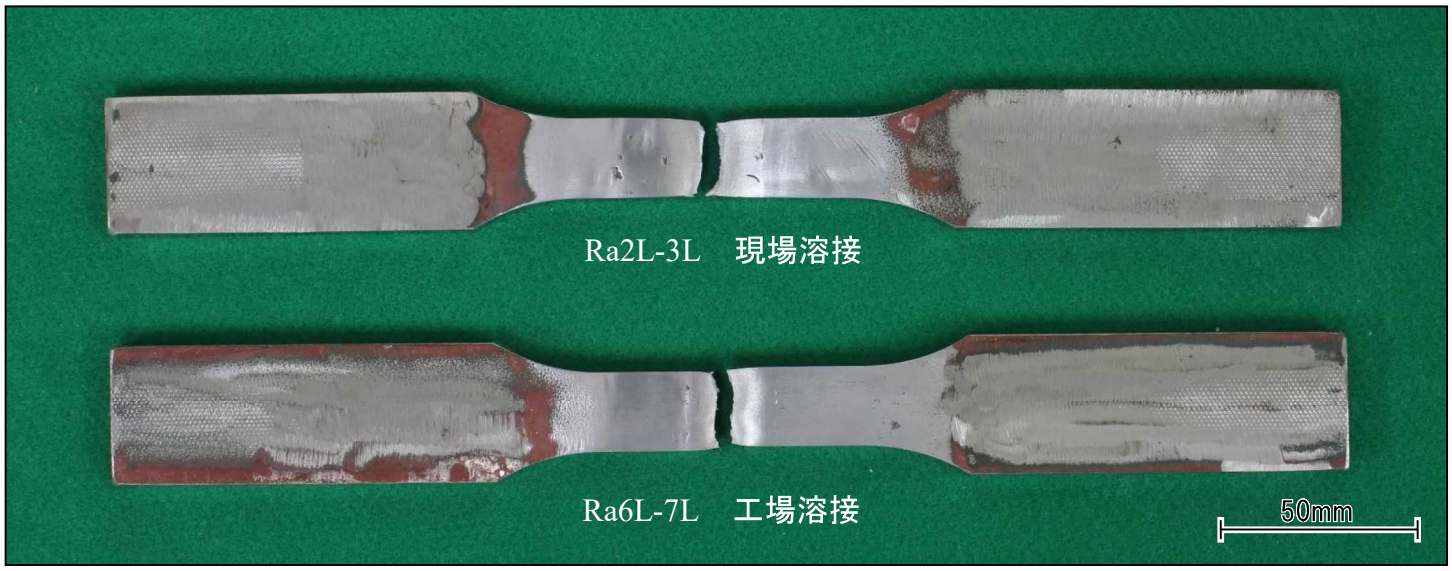


溶接部：弧状引張試験片（JIS 3号）

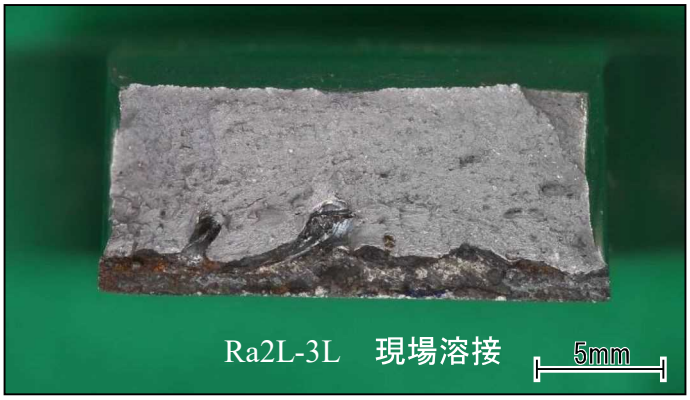
図１１　　引張試験片形状

表３　　引張試験結果

部材	名称	標点距離	厚	幅	0.2%耐力（N）	0.2%耐力（MPa）	最大荷重（N）	引張強さ（MPa）	伸び（%）	破断位置
上弦材	Ra-5L	50	9.30	38.02	119119	337	164815	466	41	A
	Ra-5R	50	9.33	38.02	117873	332	169972	479	41	A
	Ra-6L	50	9.41	38.01	132633	371	177799	497	41	A
	Ra-6R	50	9.39	38.01	115285	323	165348	463	44	A
	Ra-9L	50	9.49	38.02	121670	337	169233	469	42	A
	Ra-9R	50	9.28	38.01	110757	314	164411	466	41	A
	Ra-10L	50	9.34	38.02	98074	276	165027	465	44	A
	Ra-10R	50	9.44	38.02	104692	292	173473	484	42	A
下弦材	Sa-4L	50	8.94	38.02	111847	329	161573	475	42	A
	Sa-6L	50	9.23	38.01	115347	329	166884	476	44	A
	Sa-6R	50	9.38	38.03	119862	336	170387	478	43	A
	Sa-7L	50	9.37	38.02	109604	308	165154	464	44	A
	Sa-7R	50	9.34	38.02	108468	306	165082	465	45	A
吊材	Ha-3L	50	6.49	25.03	65991	406	78786	485	32	A
	Ha-3R	50	4.26	25.05	39533	371	47399	444	32	A
	Ha-4L	50	3.82	25.04	36678	384	44782	468	31	A
	Ha-4R	50	4.46	25.03	42526	381	51143	458	35	A
	Ha-5L	50	4.49	25.04	54251	483	62601	557	25	A
	Ha-6L	50	4.43	25.05	38666	349	47384	427	34	A
	Ha-6R	50	4.43	25.04	44398	401	52403	473	26	A
	Ha-7L	50	4.28	25.04	40412	378	47941	448	33	A
	Ha-7R	50	4.33	25.04	39794	367	48093	444	36	A
上弦材溶接部	Ra2L-3L	現場溶接	9.20	20.02			64963	353		溶接金属
	Ra6L-7L	工場溶接	9.37	20.02			41970	224		溶接金属
備考	試験方法：JIZ Z 2241 金属材料引張試験方法　JIS Z 3121 突合せ溶接接手の引張試験方法　準拠									

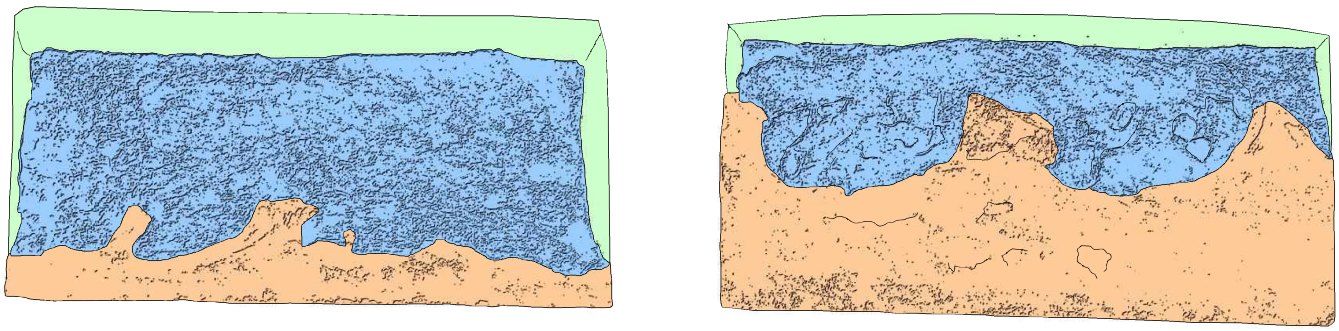


破断状況





破面外観



破面模式図

図１２　　溶接部引張試験片の破断状況

表４　　母材化学成分分析結果

単位：wt%

部材	試料名	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B
吊材	Ha-3L	0.18	＜0.01	0.45	0.028	0.018	0.01	0.02	0.02	＜0.01	0.006	＜0.0001
	Ha-3R	0.18	＜0.01	0.38	0.011	0.015	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ha-4L	0.20	＜0.01	0.42	0.013	0.021	0.01	0.02	0.03	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Ha-4R	0.17	＜0.01	0.40	0.011	0.018	＜0.01	0.02	0.02	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ha-5L	0.22	＜0.01	0.44	0.010	0.015	0.02	0.02	0.02	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Ha-6L	0.18	＜0.01	0.40	0.011	0.018	0.01	0.02	0.02	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Ha-6R	0.18	＜0.01	0.40	0.012	0.018	0.01	0.02	0.02	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Ha-7L	0.19	＜0.01	0.39	0.011	0.015	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Ha-7R	0.17	＜0.01	0.40	0.009	0.021	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
上弦材	Ra-5L	0.21	0.01	0.83	0.014	0.011	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.002	＜0.0001
	Ra-5R	0.23	0.01	0.79	0.010	0.012	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.002	＜0.0001
	Ra-6L	0.24	0.01	0.82	0.015	0.012	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.002	＜0.0001
	Ra-6R	0.22	0.01	0.83	0.016	0.012	0.01	0.02	0.03	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ra-9L	0.23	0.01	0.82	0.014	0.011	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.002	＜0.0001
	Ra-9R	0.22	0.01	0.81	0.016	0.011	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ra-10L	0.22	0.01	0.79	0.014	0.011	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.002	＜0.0001
	Ra-10R	0.23	0.02	0.79	0.013	0.012	＜0.01	0.01	0.02	＜0.01	0.003	＜0.0001
下弦材	Sa-4L	0.11	0.28	0.85	0.021	0.006	0.01	0.01	＜0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Sa-6L	0.11	0.28	0.84	0.020	0.006	0.01	0.01	＜0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Sa-6R	0.11	0.28	0.84	0.020	0.006	0.01	0.01	＜0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Sa-7L	0.11	0.25	0.91	0.019	0.006	0.01	0.02	＜0.01	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Sa-7R	0.11	0.25	0.91	0.019	0.006	0.01	0.02	＜0.01	＜0.01	0.004	＜0.0001
備考	<分析方法> C,S → 高周波燃焼-赤外線吸収法　B → ホウ酸メチル蒸留分離-ICP発光分光分析法 他8元素 → スパーク放電発光分光分析法（カントバック）											

表５　　上弦材溶接金属化学成分分析結果

単位：wt%

部材	試料名	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B
上弦材溶接金属	Ra-5L	0.099	0.05	0.45	0.019	0.012	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ra-5R	0.098	0.05	0.51	0.017	0.011	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ra-6L	0.12	0.06	0.53	0.020	0.012	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.004	＜0.0001
	Ra-6R	0.11	0.05	0.54	0.018	0.013	0.01	0.02	0.01	＜0.01	0.003	＜0.0001
	Ra-9L	0.094	0.06	0.45	0.016	0.010	0.02	0.03	0.02	＜0.01	0.007	＜0.0001
	Ra-9R	0.10	0.05	0.40	0.016	0.010	0.02	0.03	0.01	＜0.01	0.006	＜0.0001
	Ra-10L	0.097	0.04	0.40	0.016	0.010	0.02	0.03	0.01	＜0.01	0.005	＜0.0001
	Ra-10R	0.13	0.07	0.47	0.016	0.010	0.02	0.03	0.02	＜0.01	0.007	＜0.0001
備考	<分析方法> C,S → 高周波燃焼-赤外線吸収法　B → ホウ酸メチル蒸留分離-ICP発光分光分析法 他8元素 → スパーク放電発光分光分析法（カントバック）											

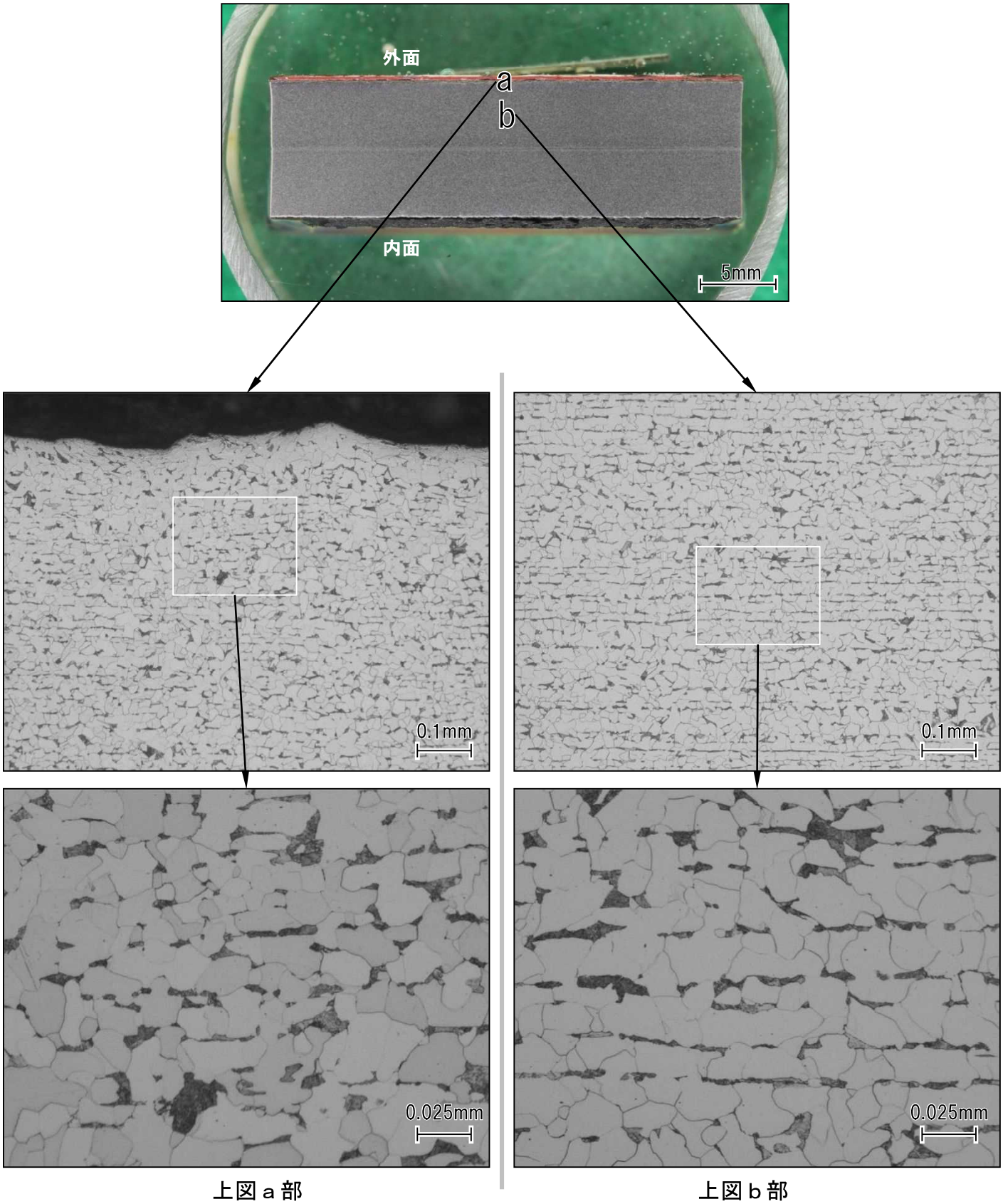


図１３　　断面金属組織
（下弦材 Sa-4L）

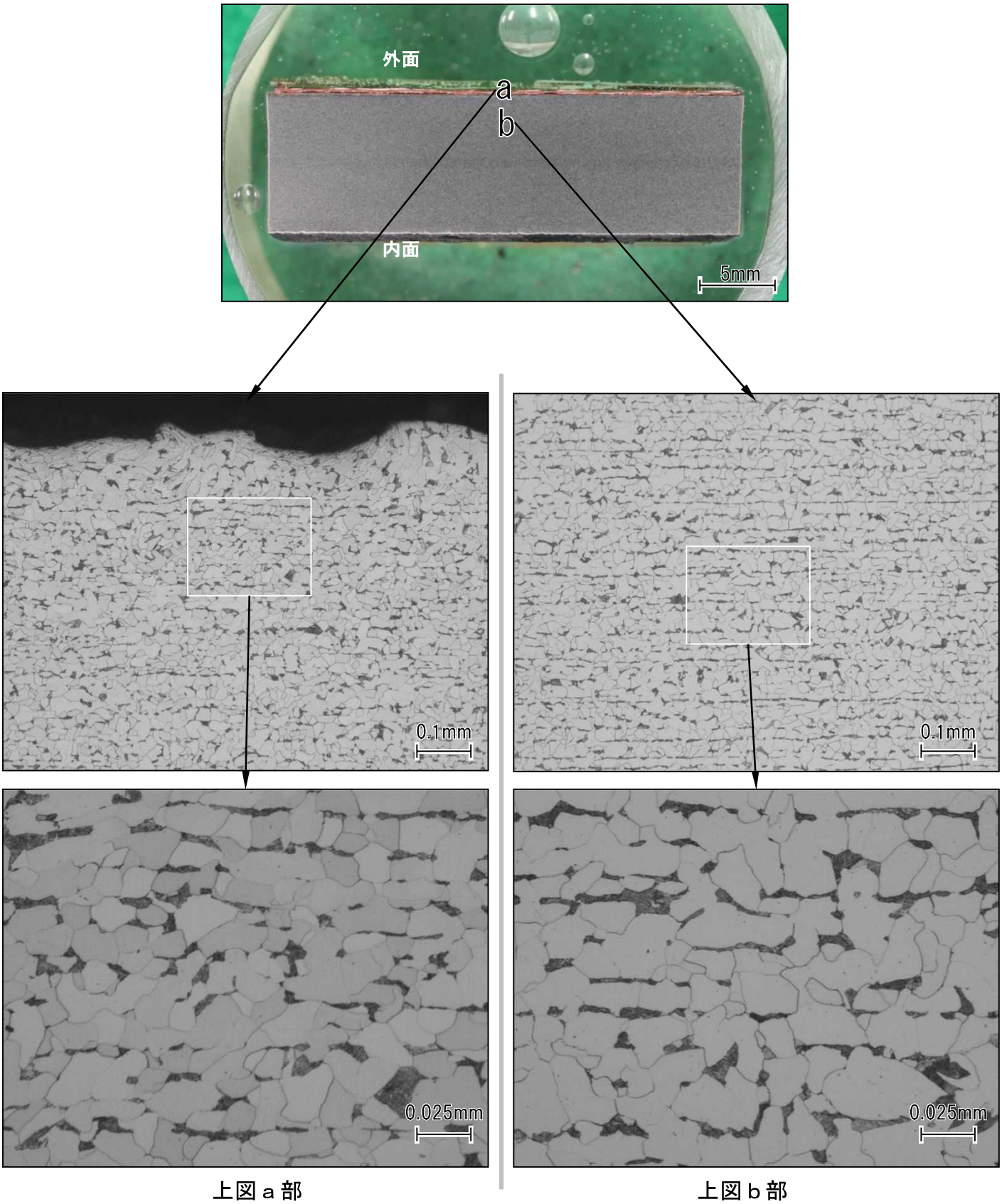


図１４　　断面金属組織
（下弦材 Sa-6L）

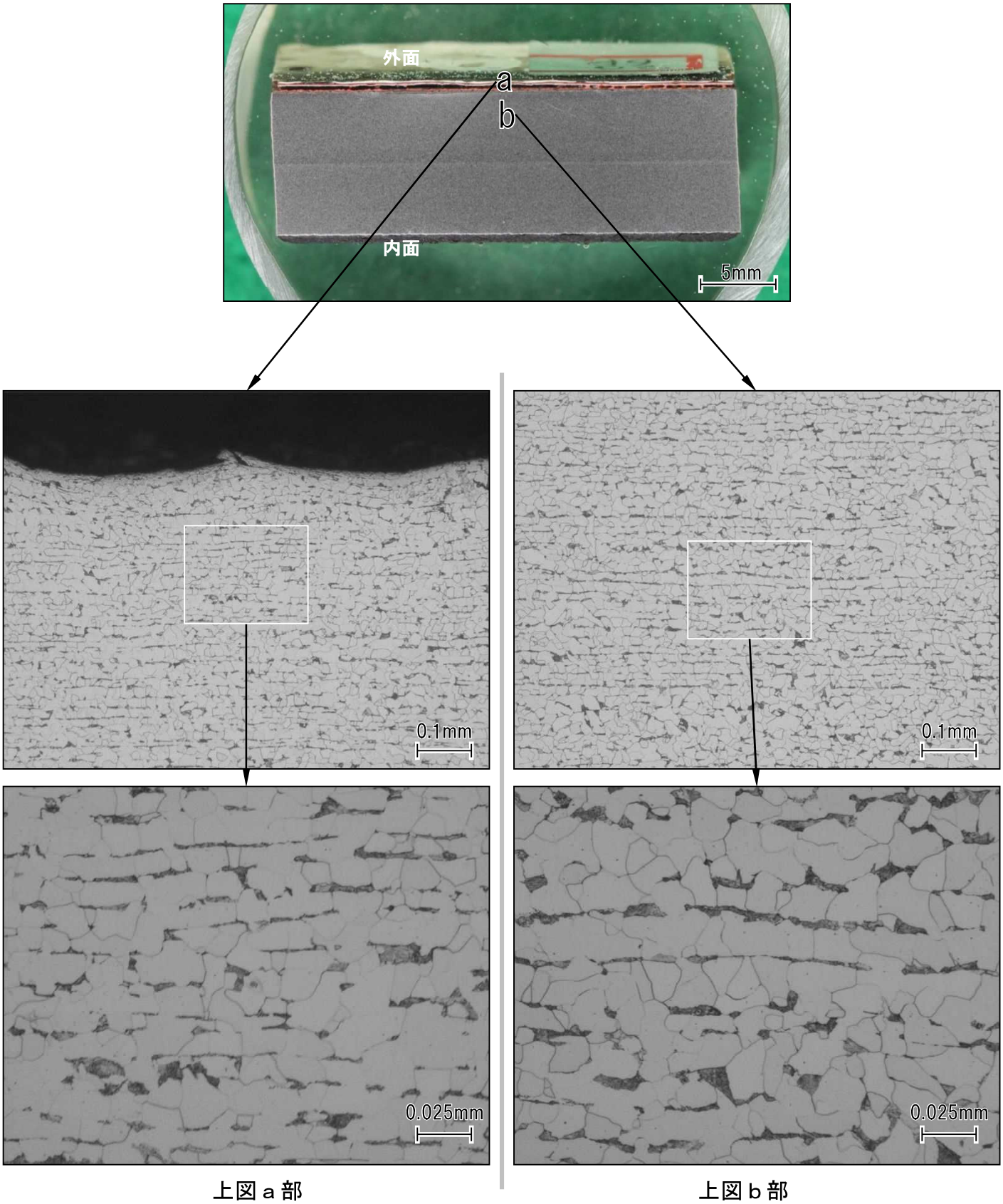


図１５　　断面金属組織
（下弦材 Sa-6R）

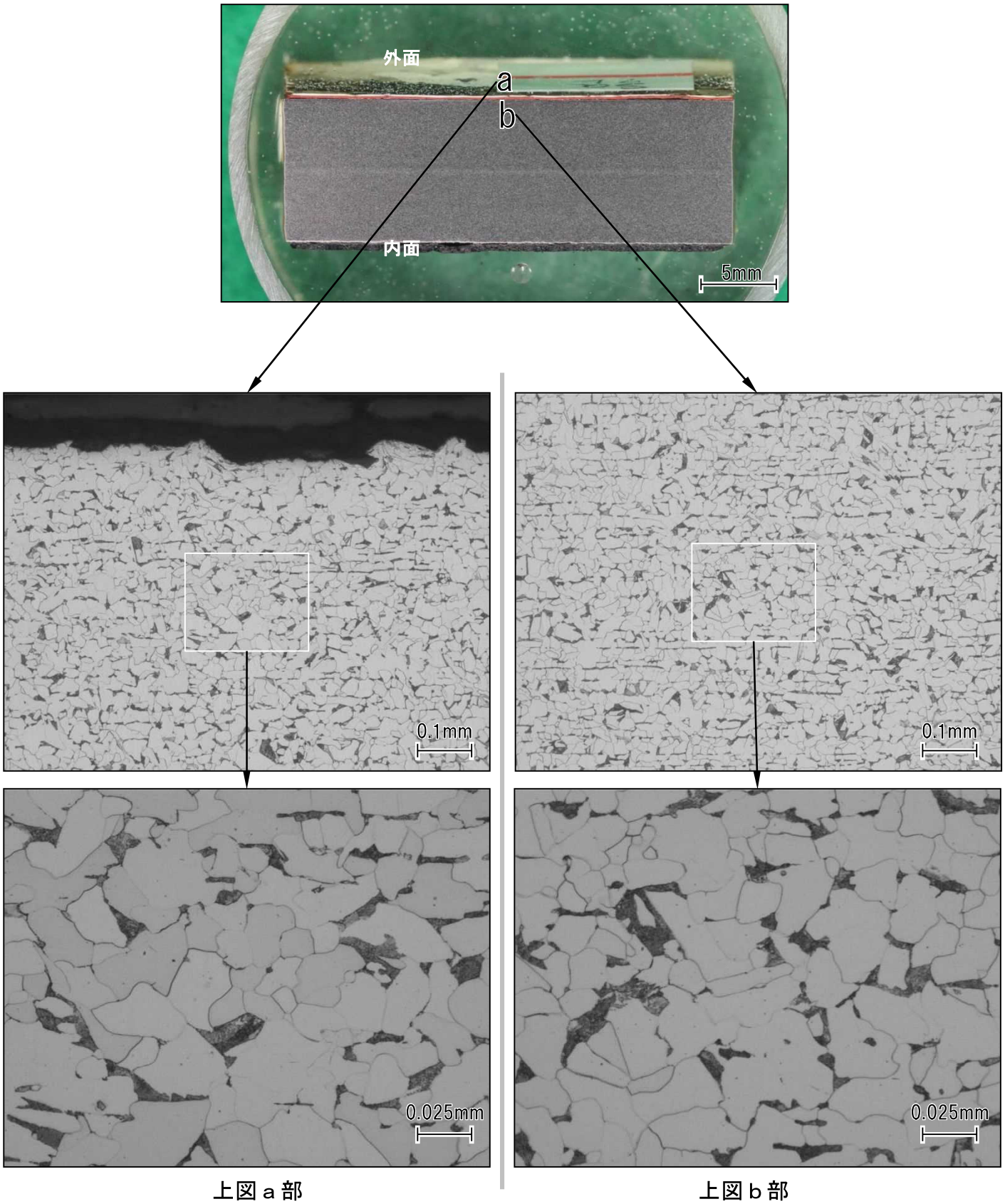


図１６　　断面金属組織
（下弦材 Sa-7L）

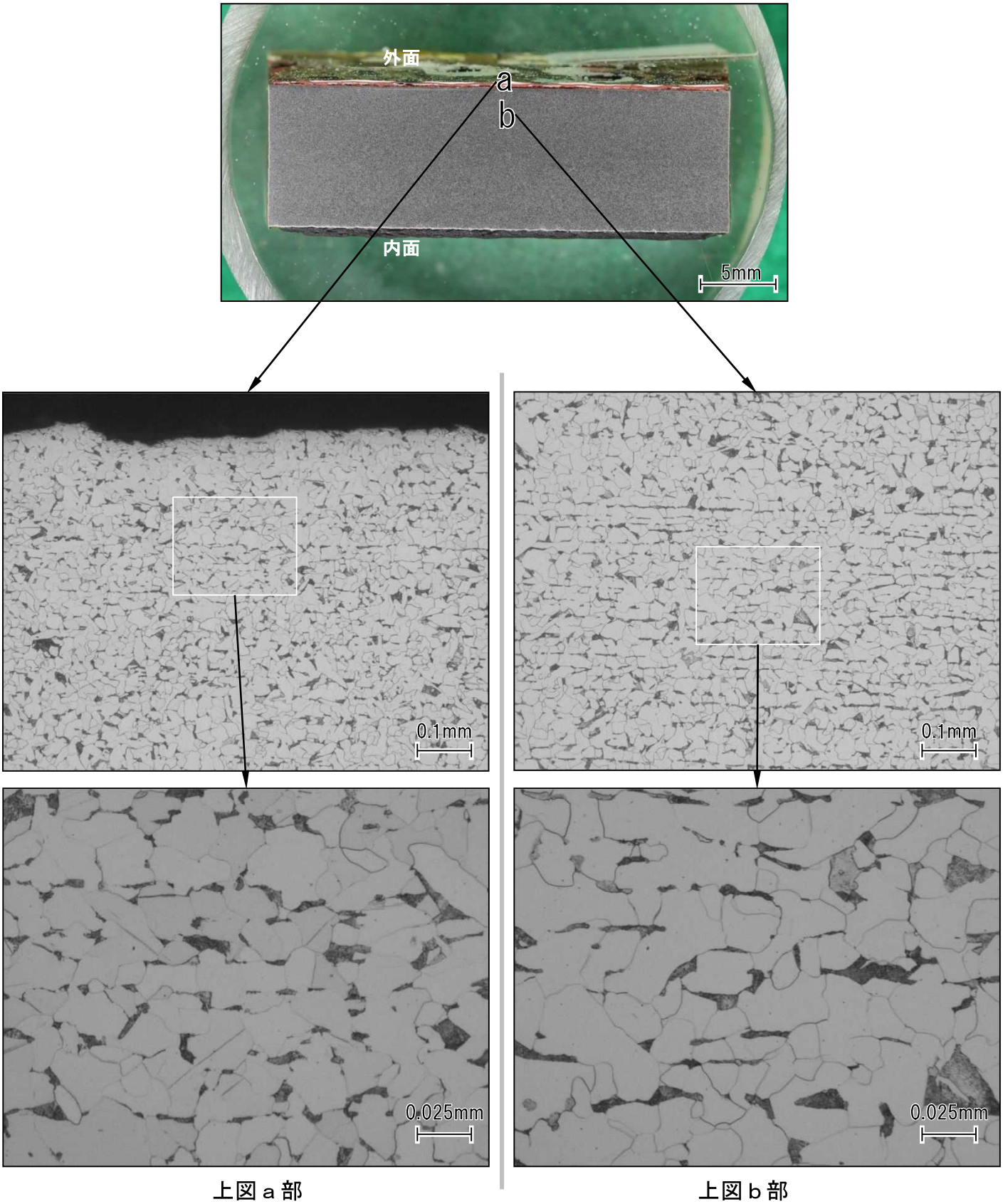
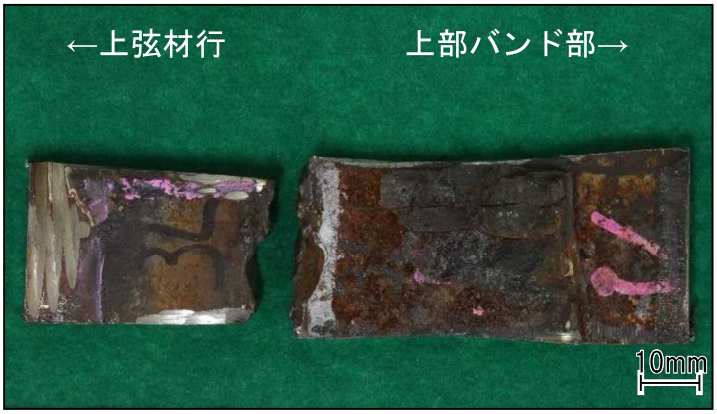


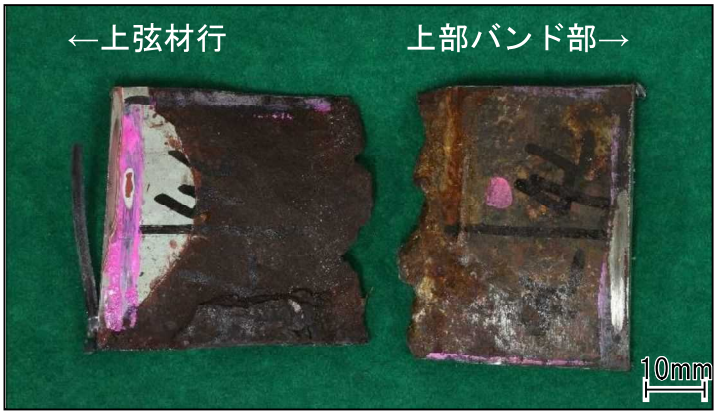
図１７　　断面金属組織
（下弦材 Sa-7R）



Ha-3L



Ha-3R



Ha-4L



Ha-4R

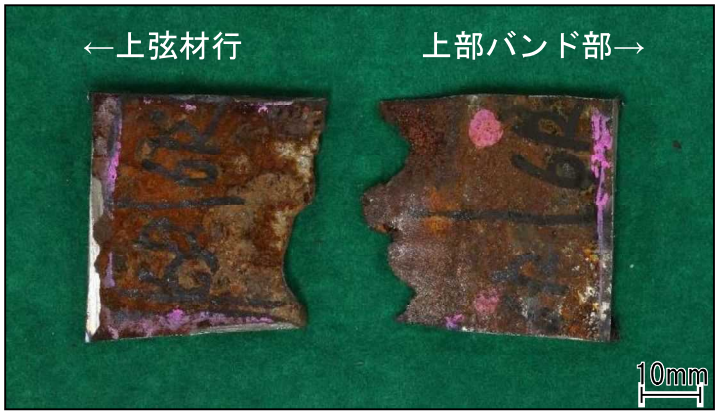


Ha-5L

図１８　　切出した小片の外観（吊材）



Ha-6L



Ha-6R



Ha-7L



Ha-7R

図１９　　切出した小片の外観（吊材）



Ra-3L　　Ra-3R

図２０　　切出した小片の外観（上弦材右岸側綾材）

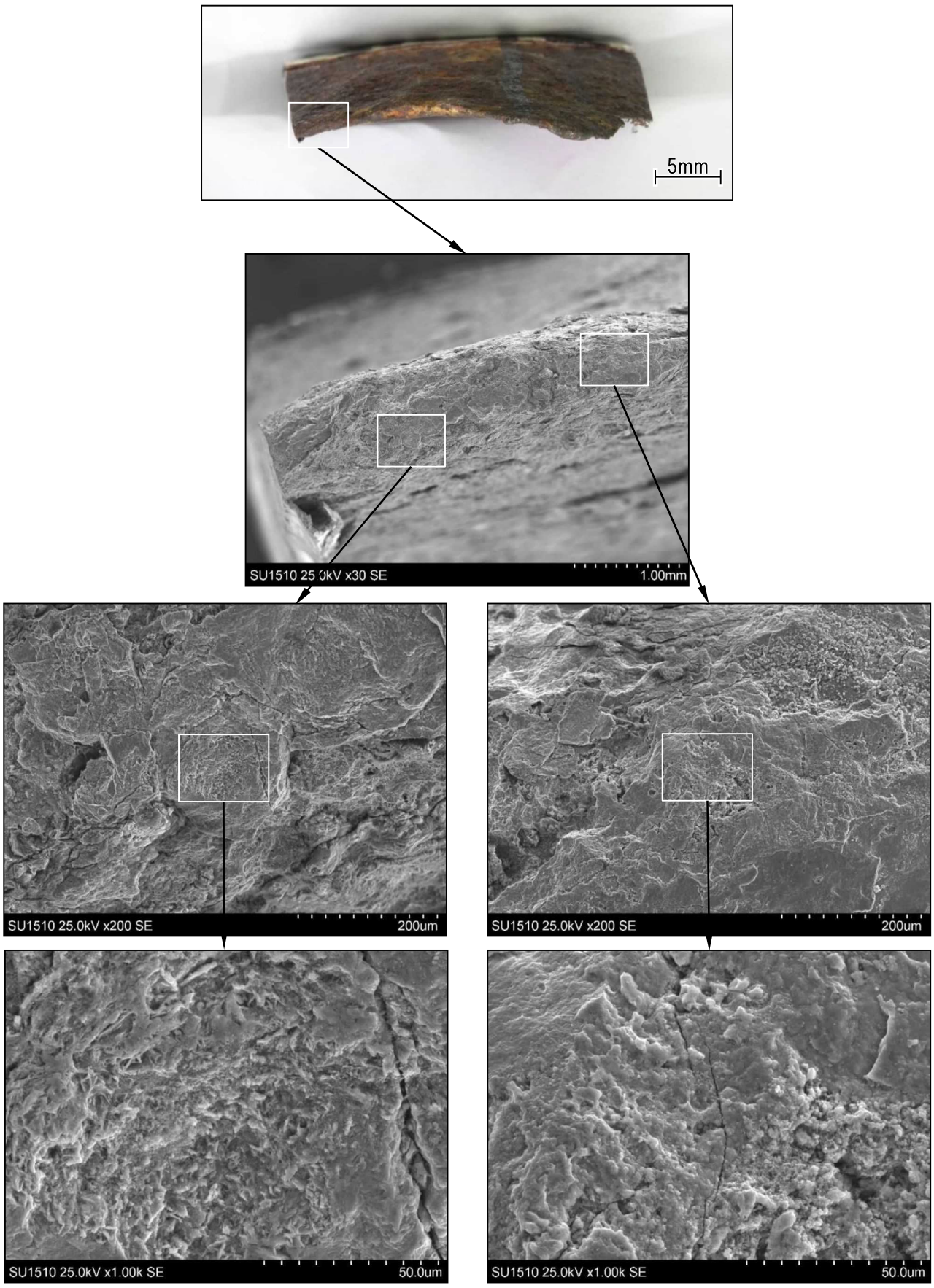
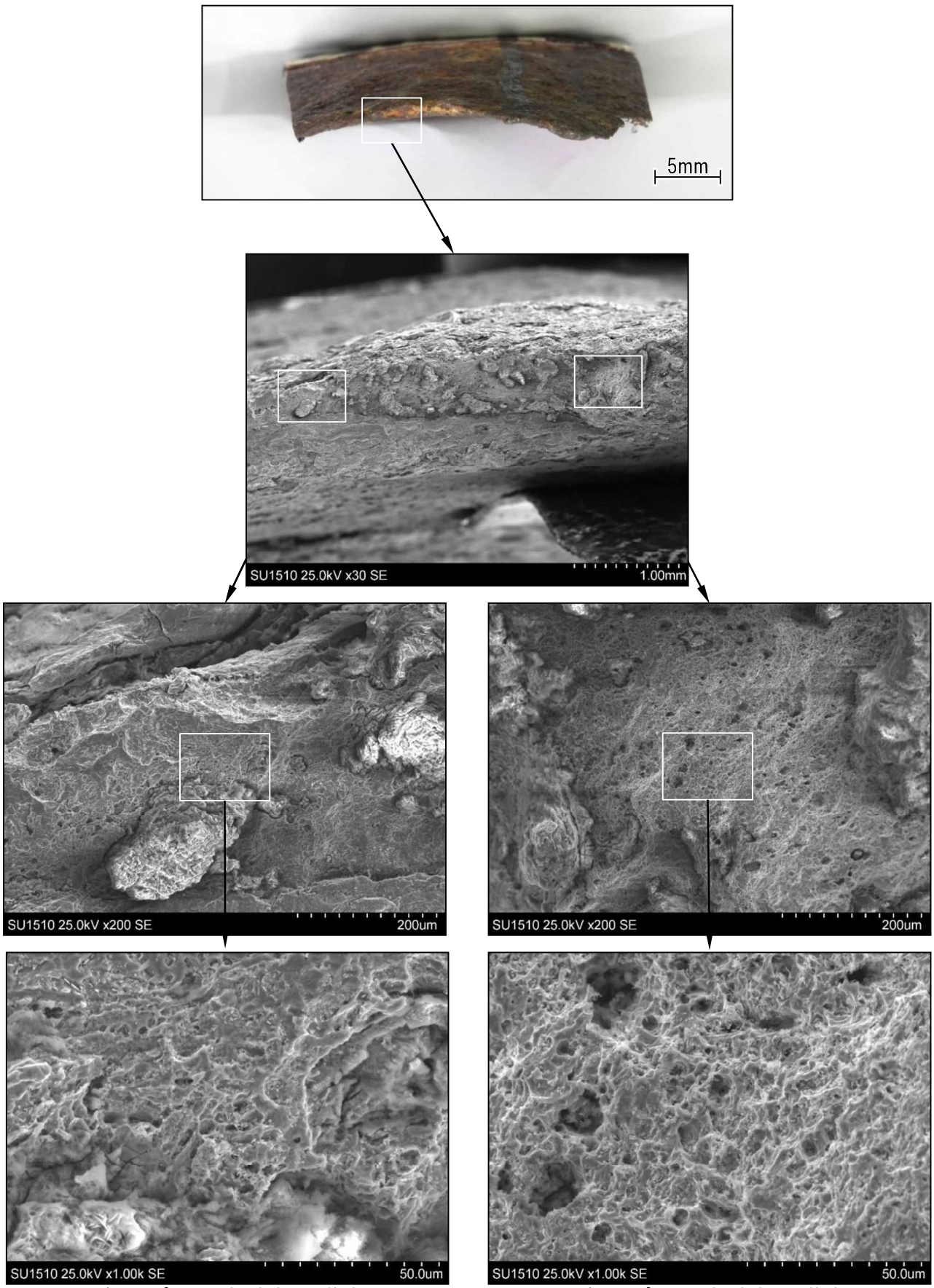


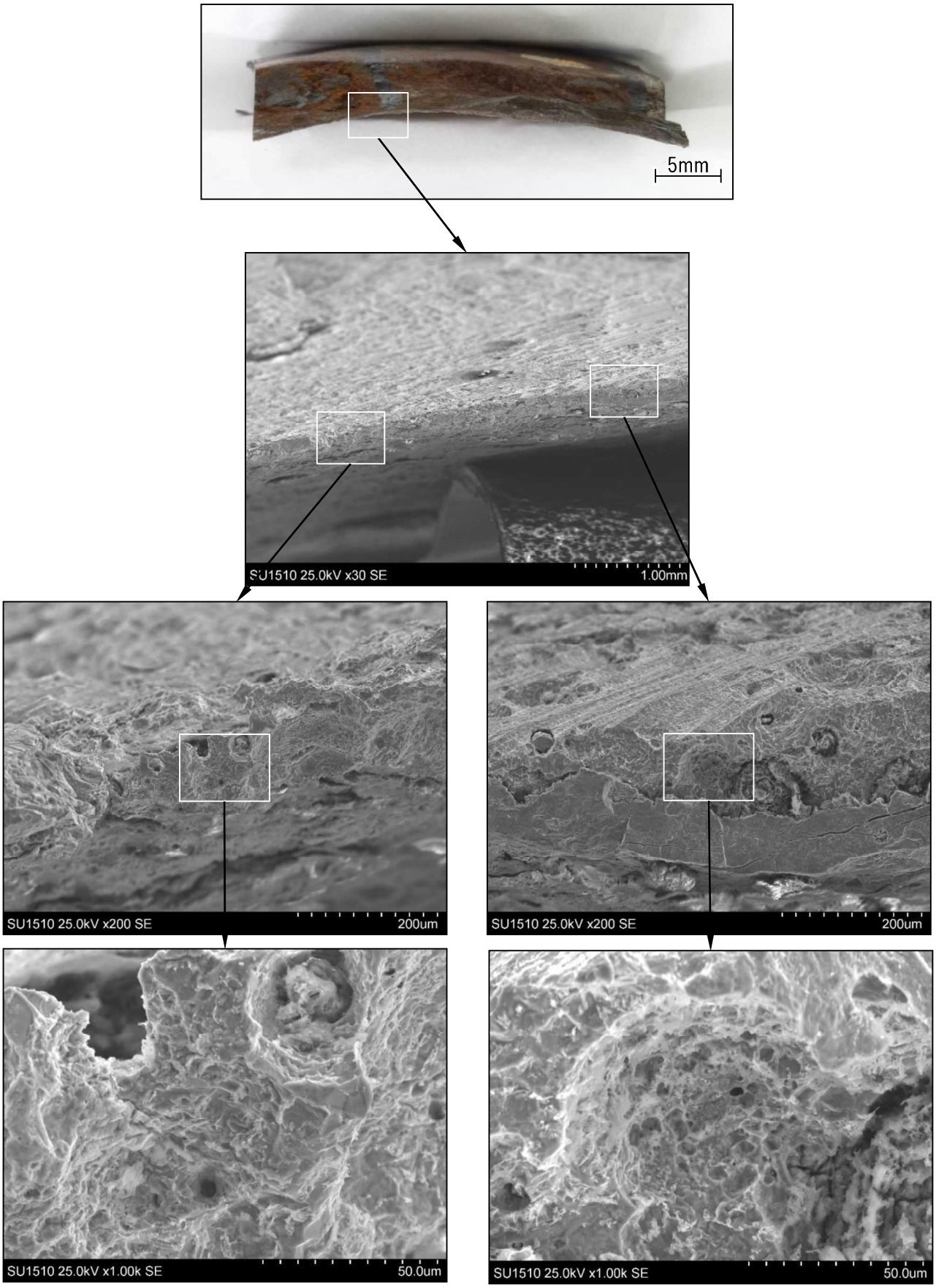
図２１　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-3R 上弦材行 その１）



ディンプル（延性破壊）と推定

ディンプル（延性破壊）と推定

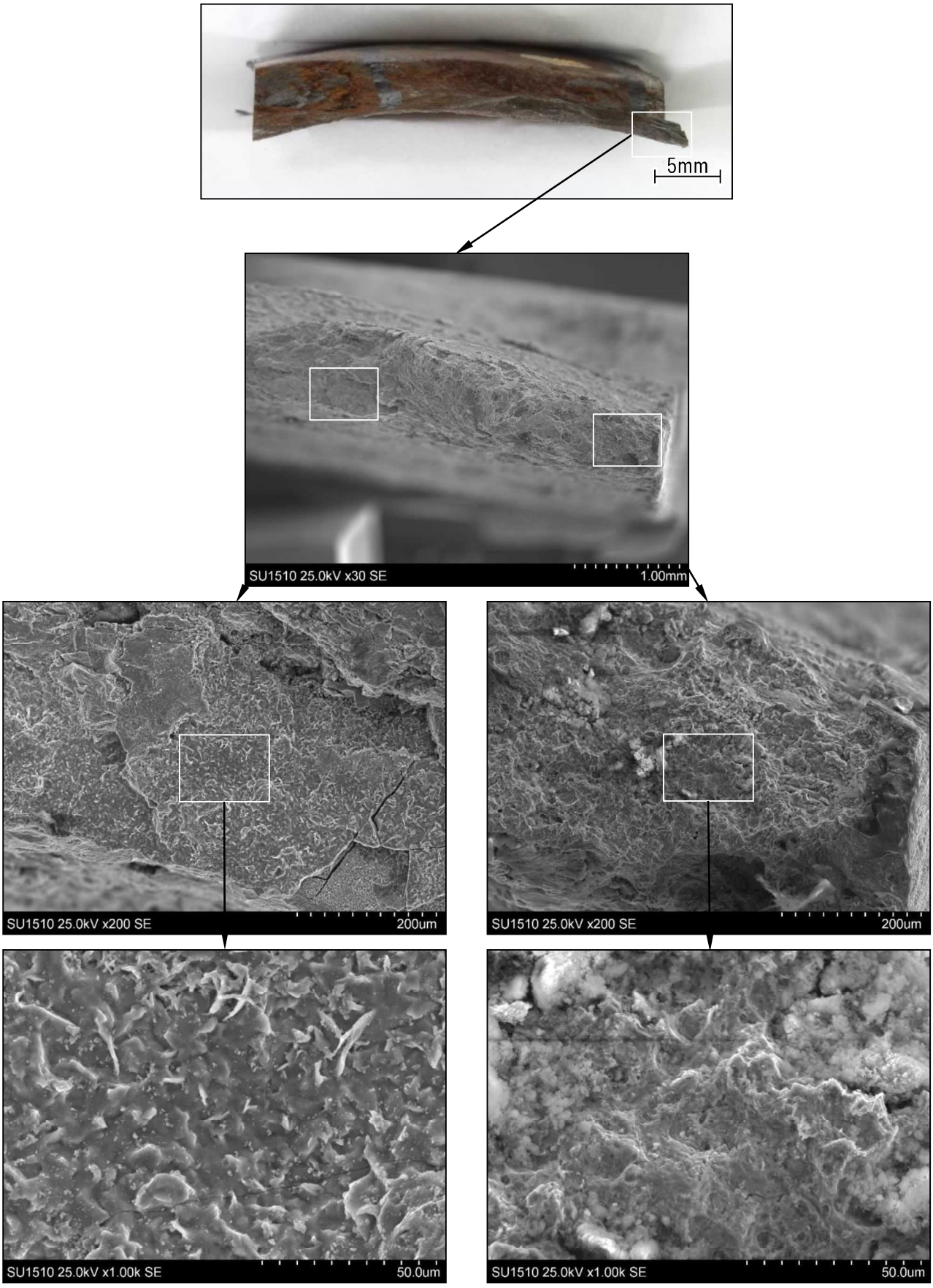
図２２　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-3R 上弦材行 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明

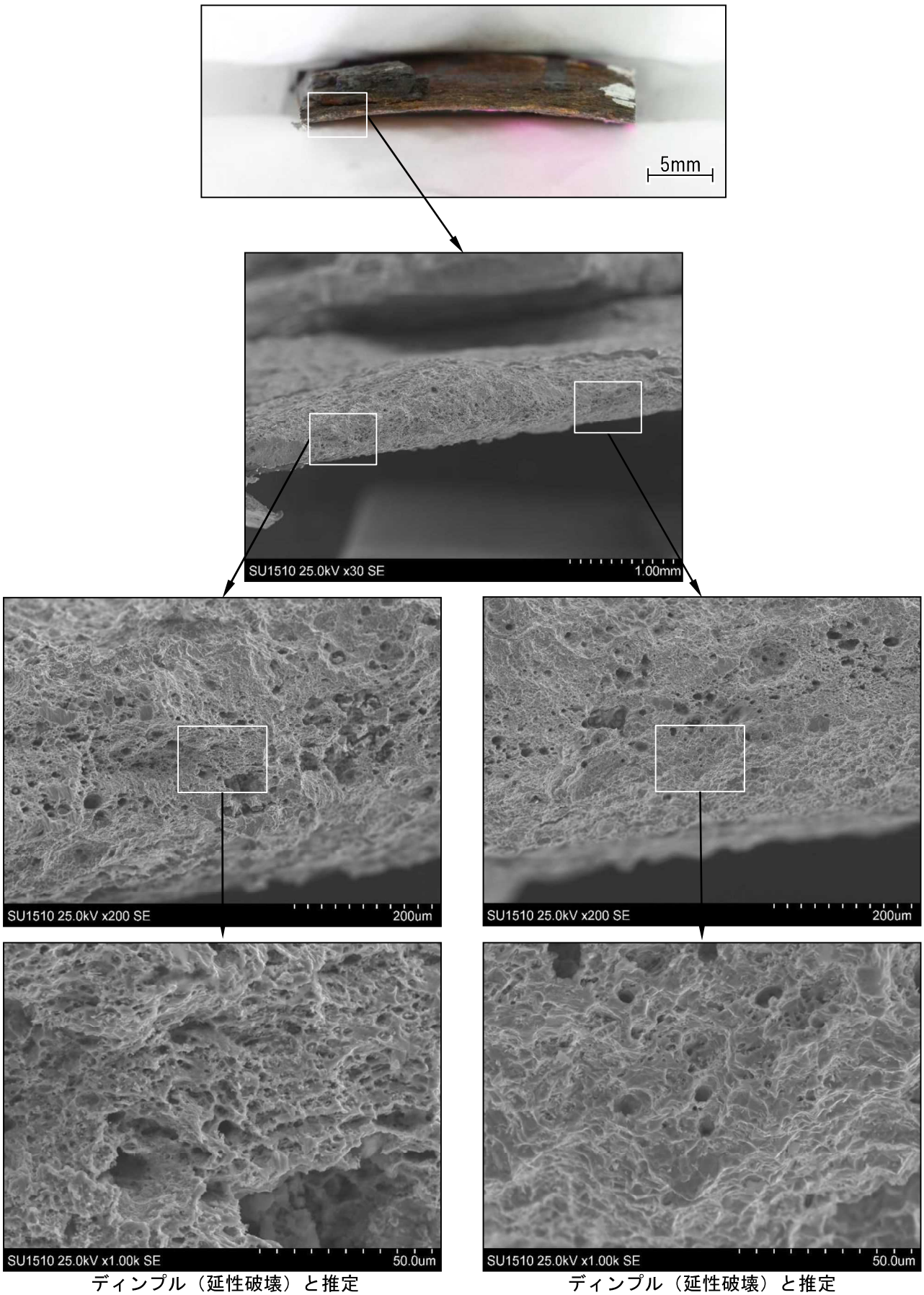
腐食損傷により微視的様相は不明

図２３　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-3R 上部バンド部 その１）



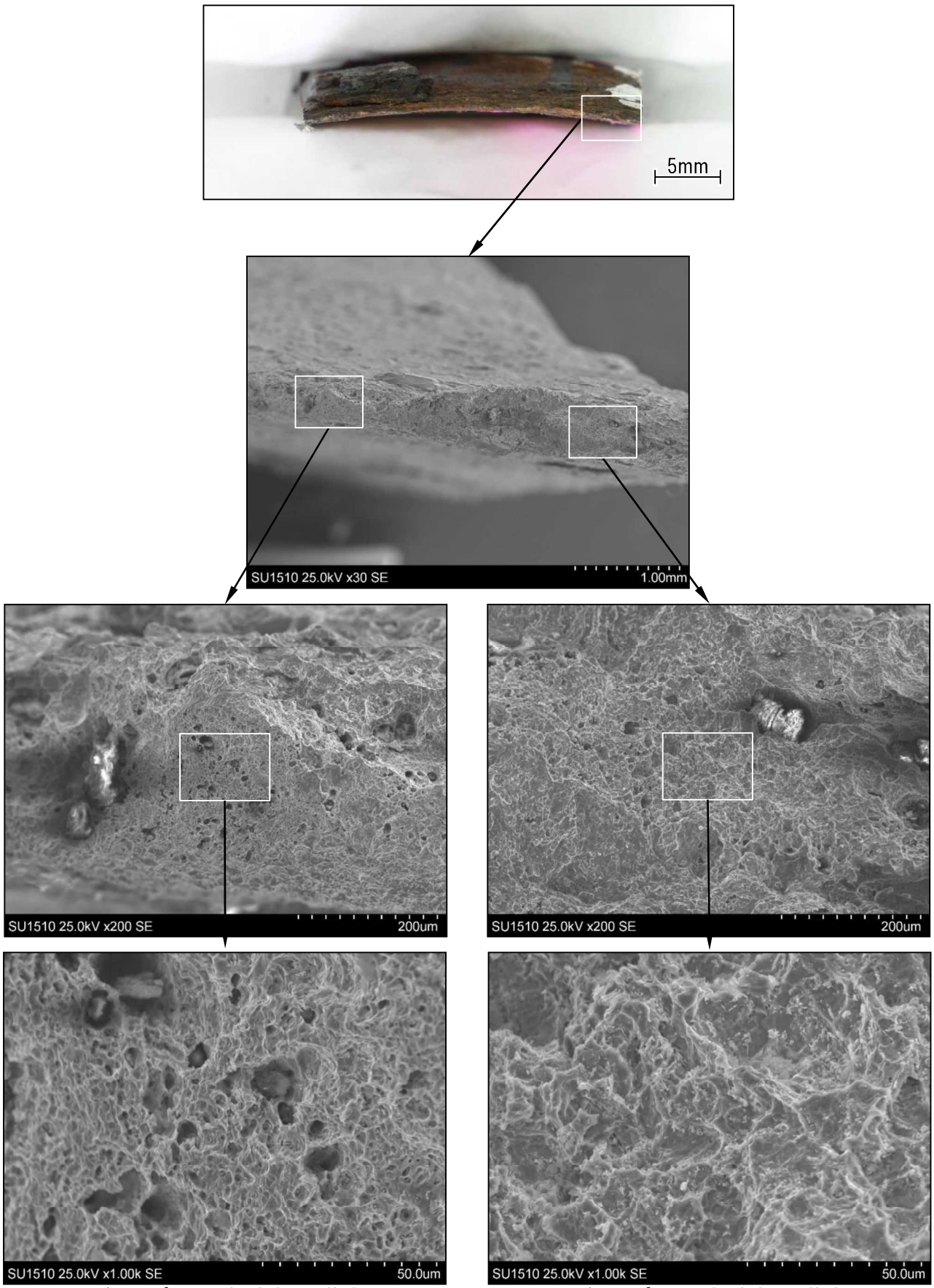
腐食損傷により微視的様相は不明　　腐食損傷により微視的様相は不明

図２４　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-3R 上部バンド部 その２）



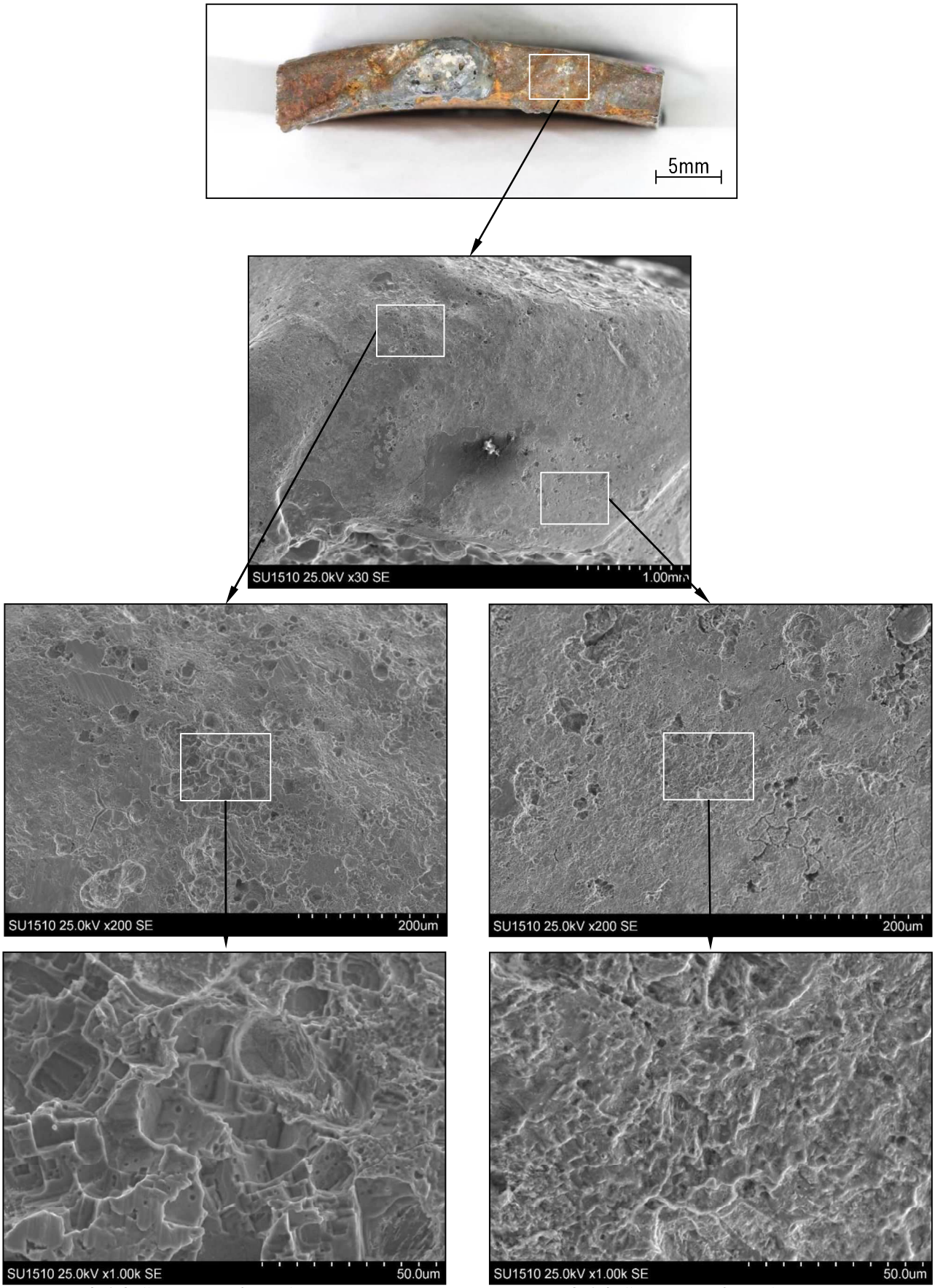
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図２５　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4L 上弦材行 その１）



ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図２６　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4L 上弦材行 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明

腐食損傷により微視的様相は不明

図２７　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4L 上部バンド部 その１）

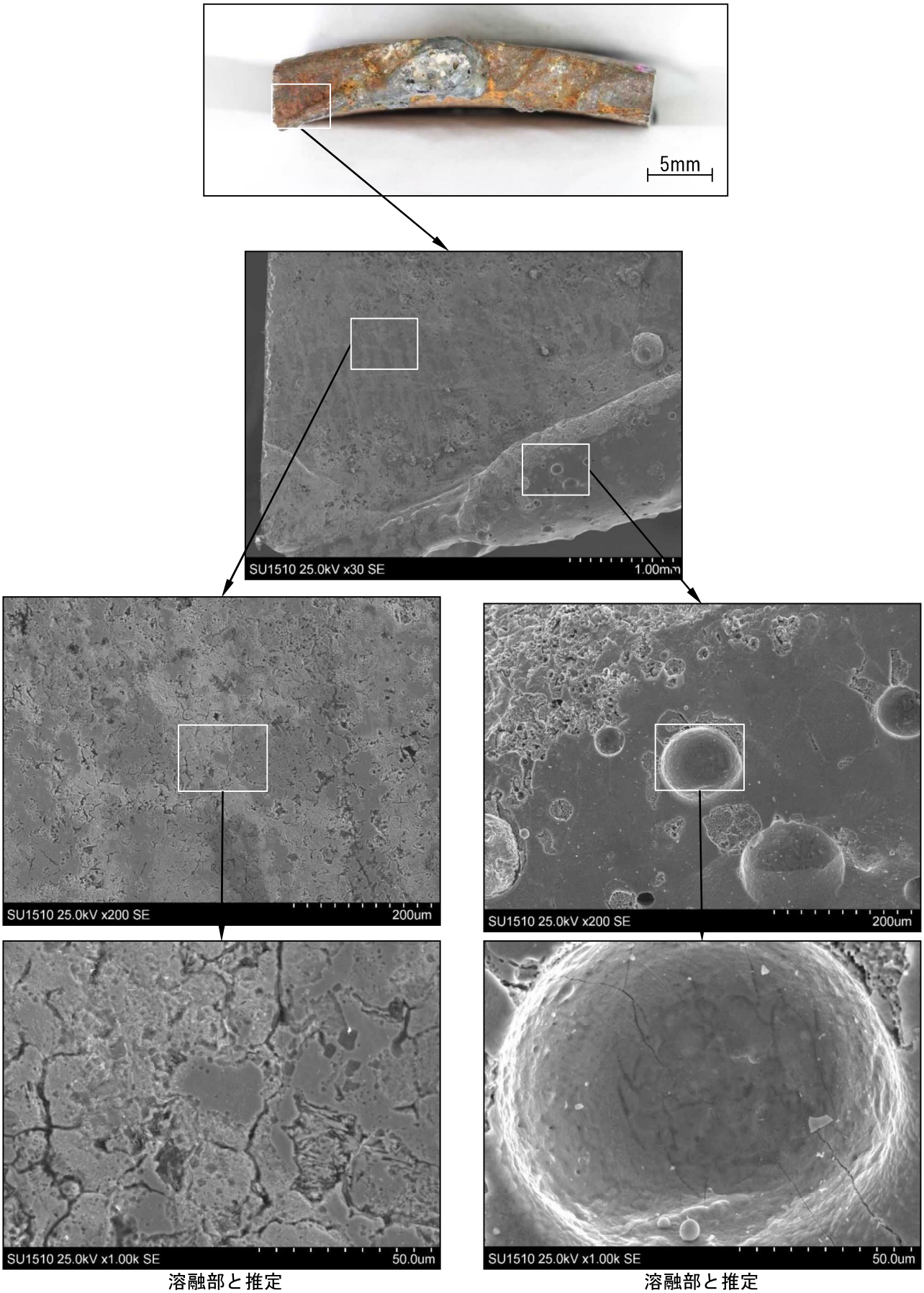


図２８　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4L 上部バンド部 その２）

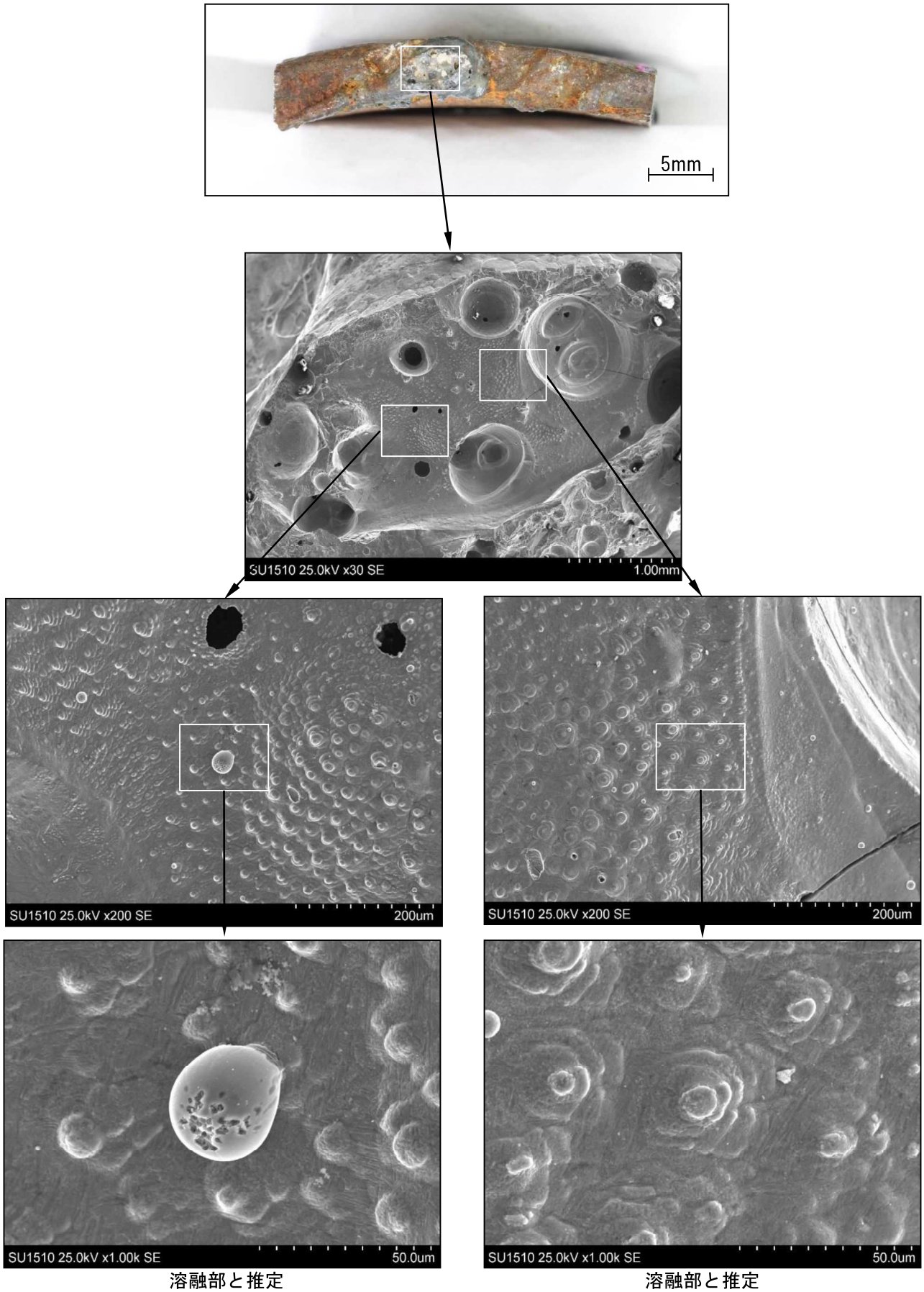
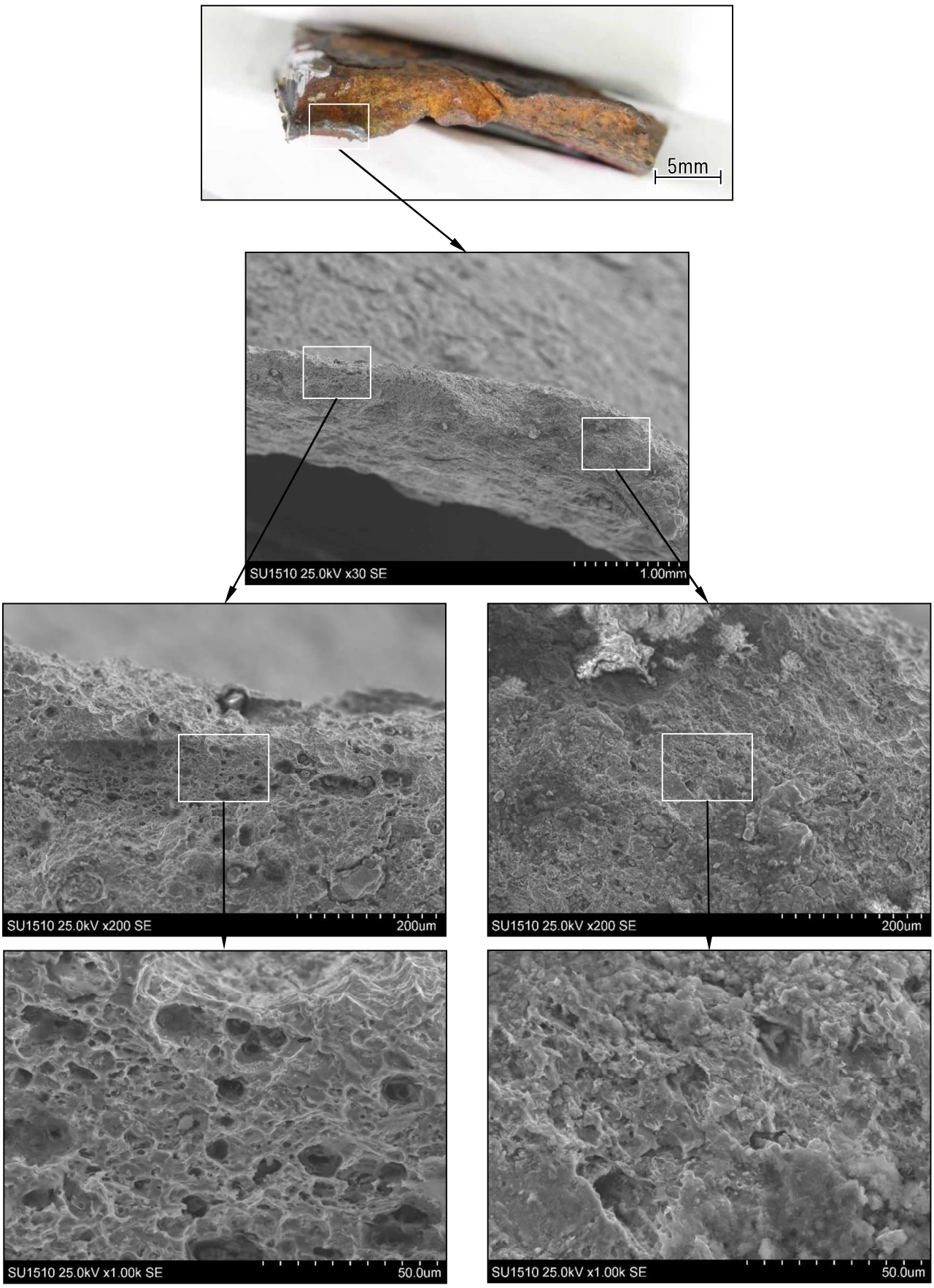
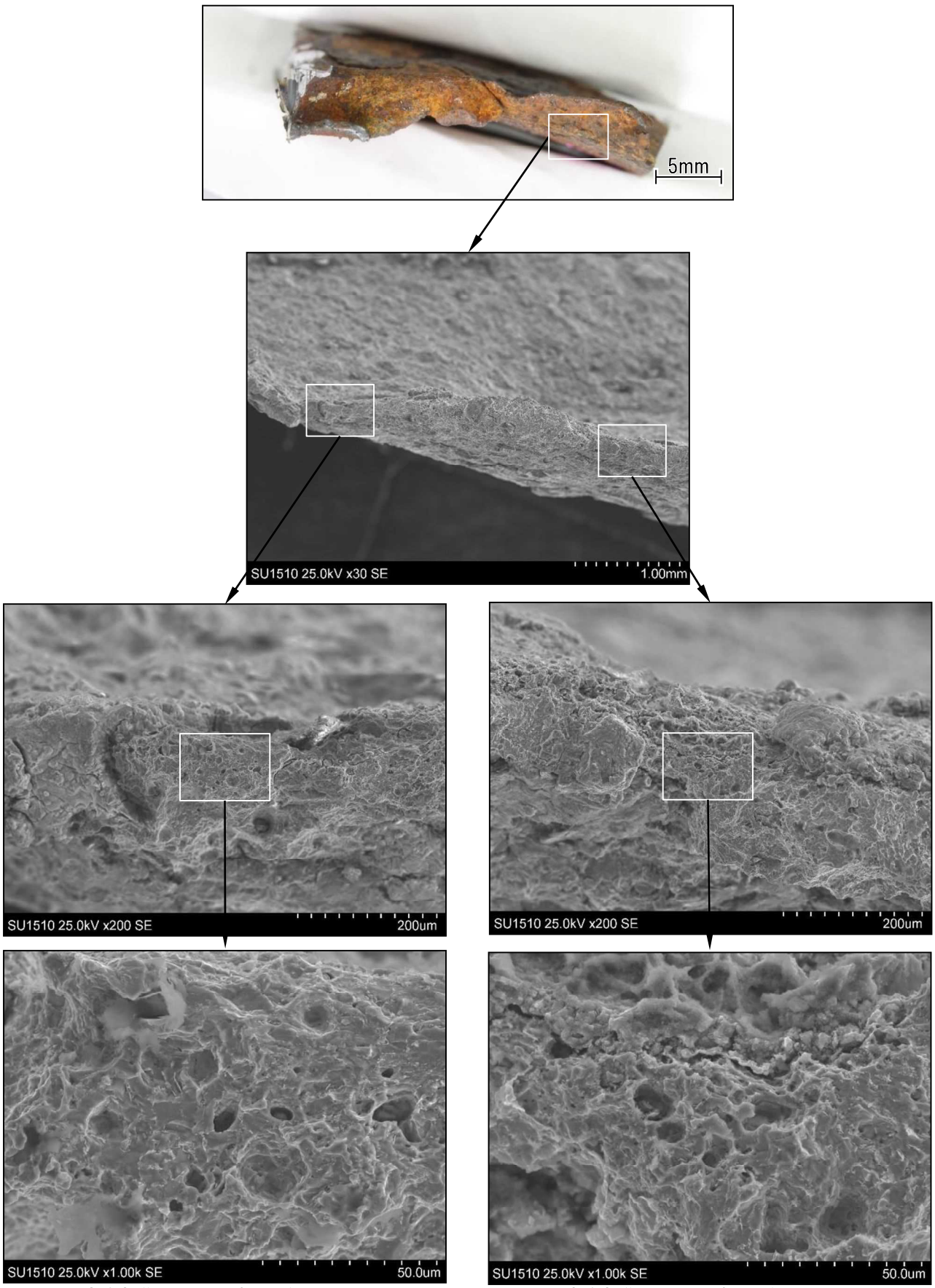


図２９　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4L 上部バンド部 その３）



ディンプル（延性破壊）と推定　　腐食損傷により微視的様相は不明

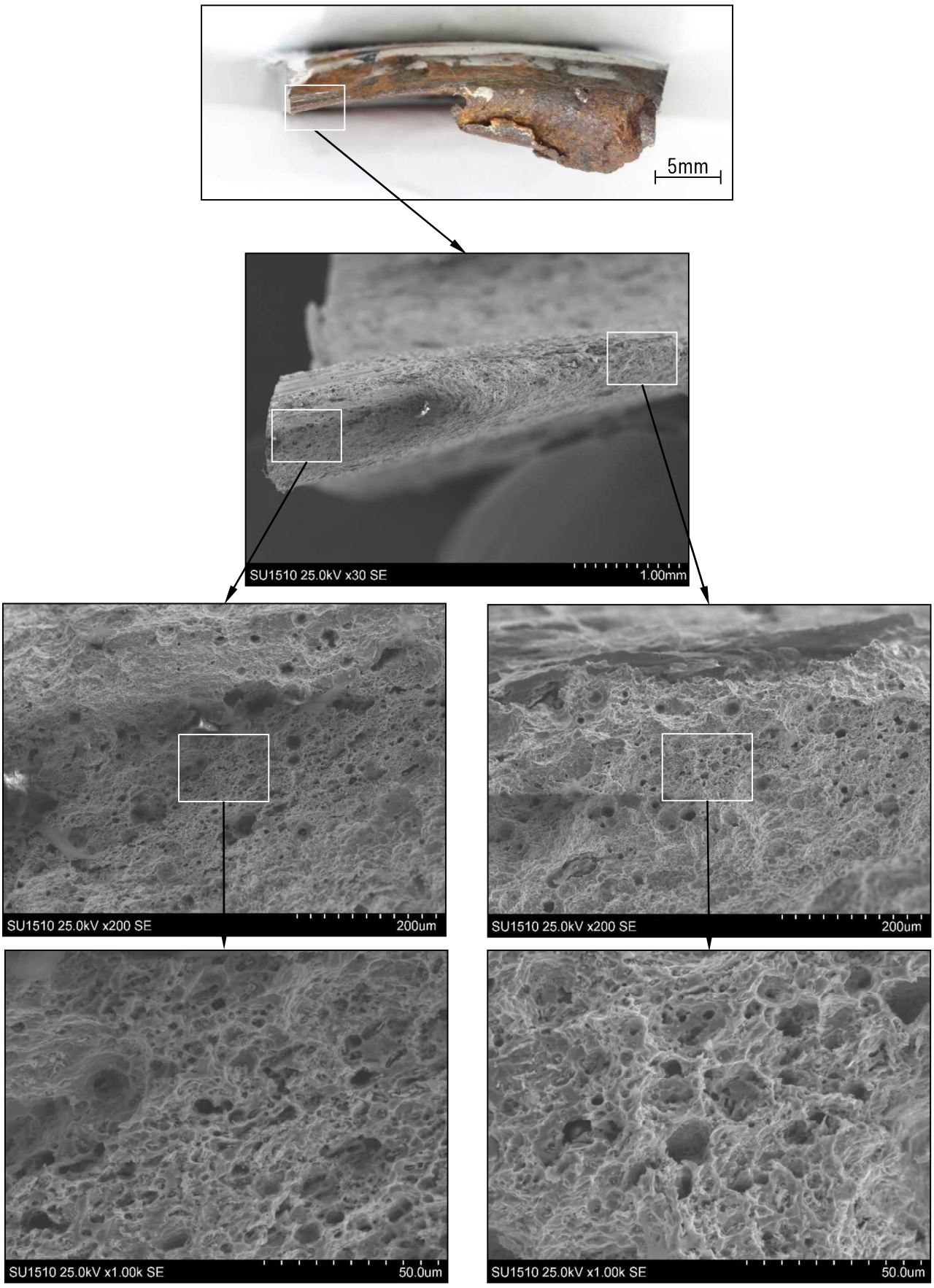
図３０　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4R 上弦材行 その１）



腐食損傷により微視的様相は不明

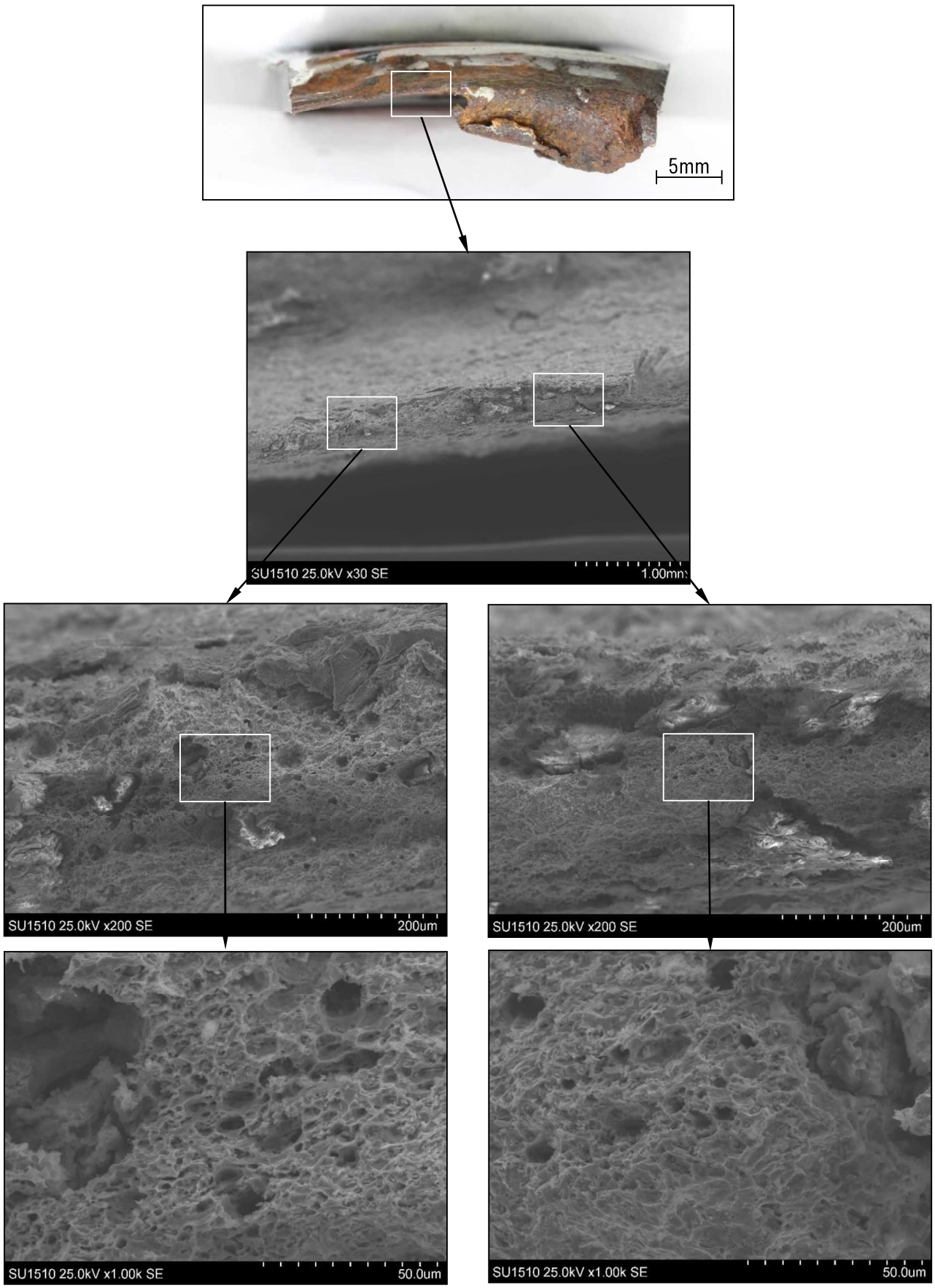
腐食損傷により微視的様相は不明

図３１　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4R 上弦材行 その２）



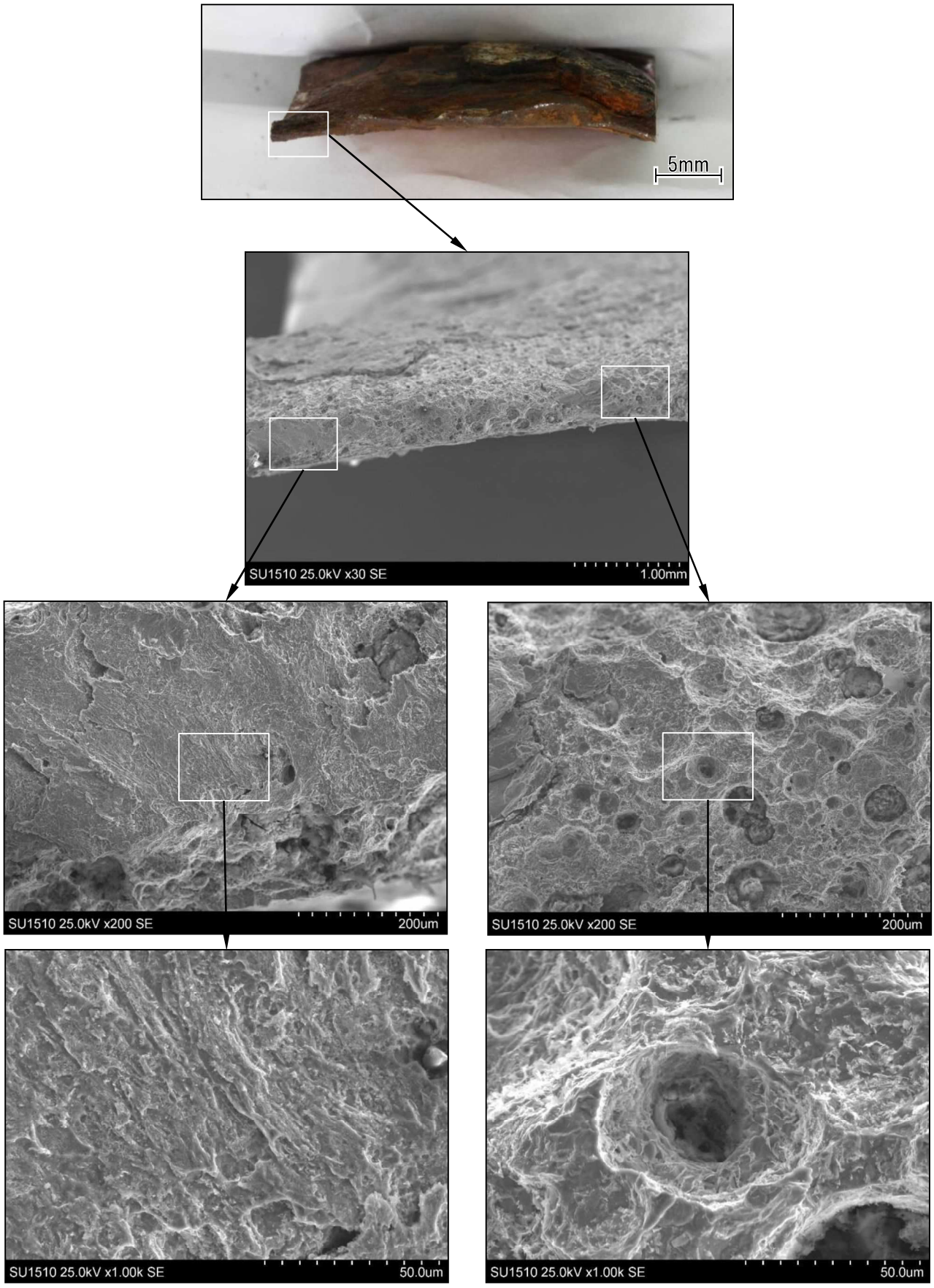
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図３２　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4R 上部バンド部 その１）



ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

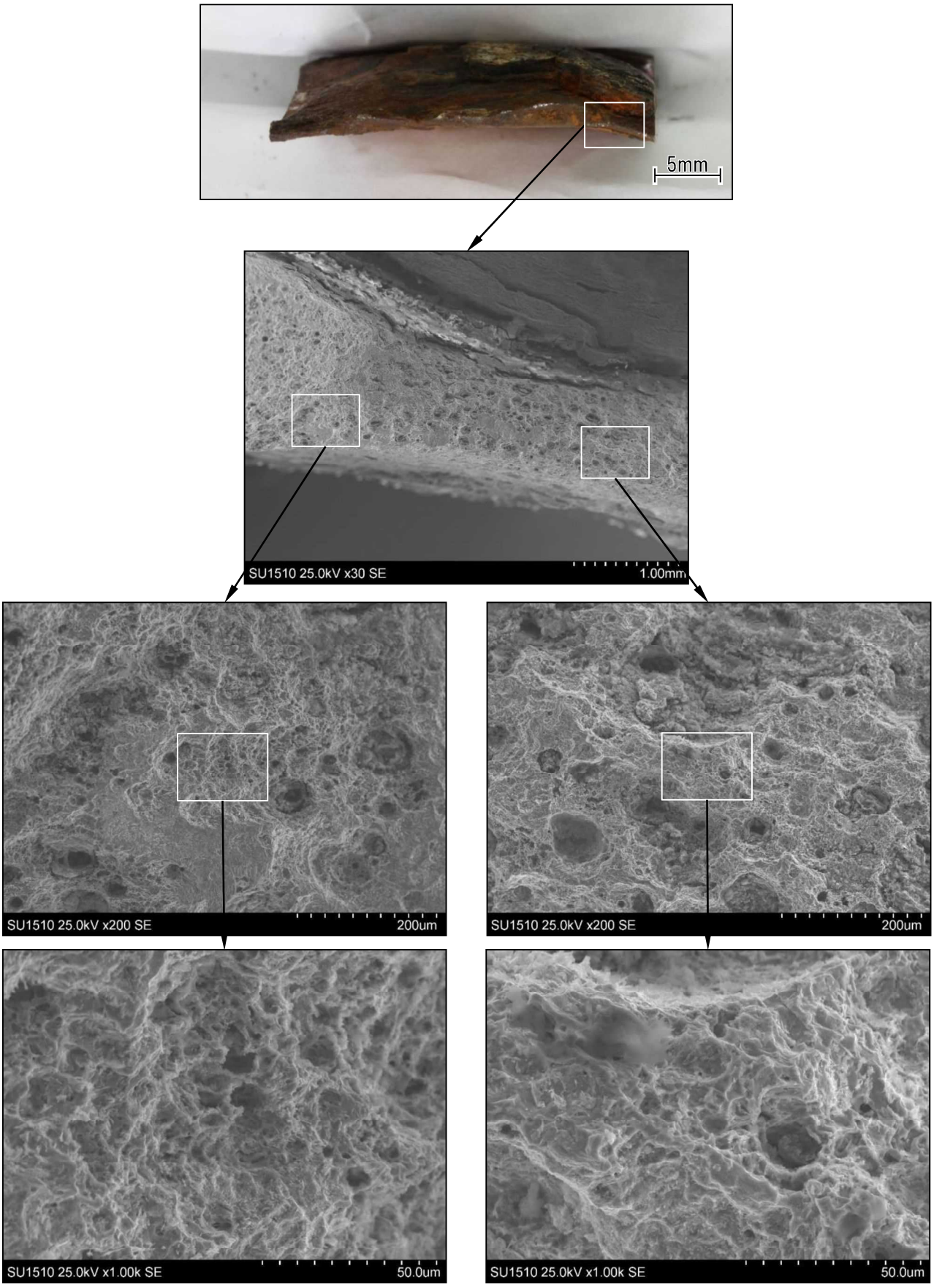
図３３　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-4R 上部バンド部 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明

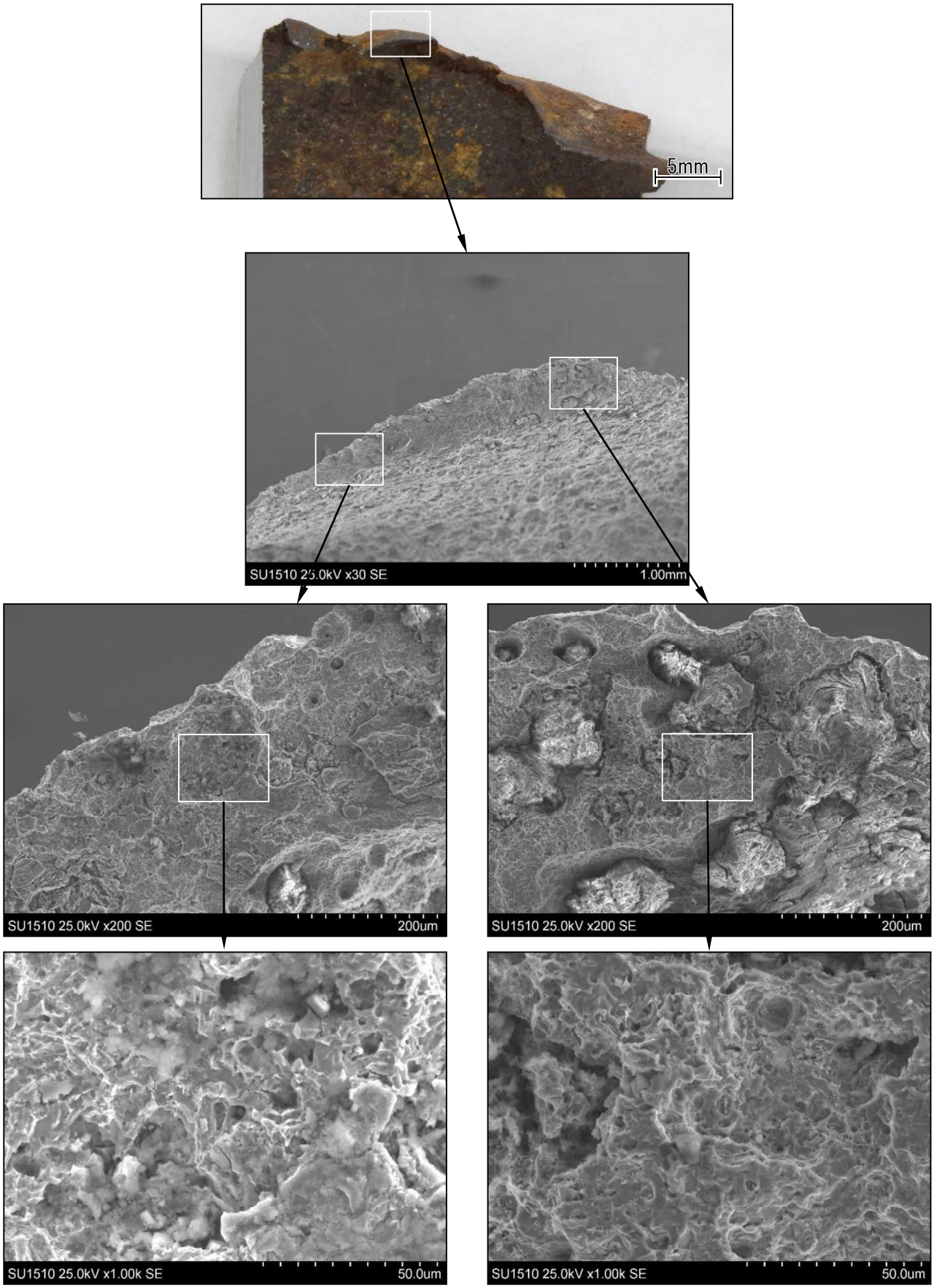
腐食損傷により微視的様相は不明

図３４　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-5L 上弦材行 その１）



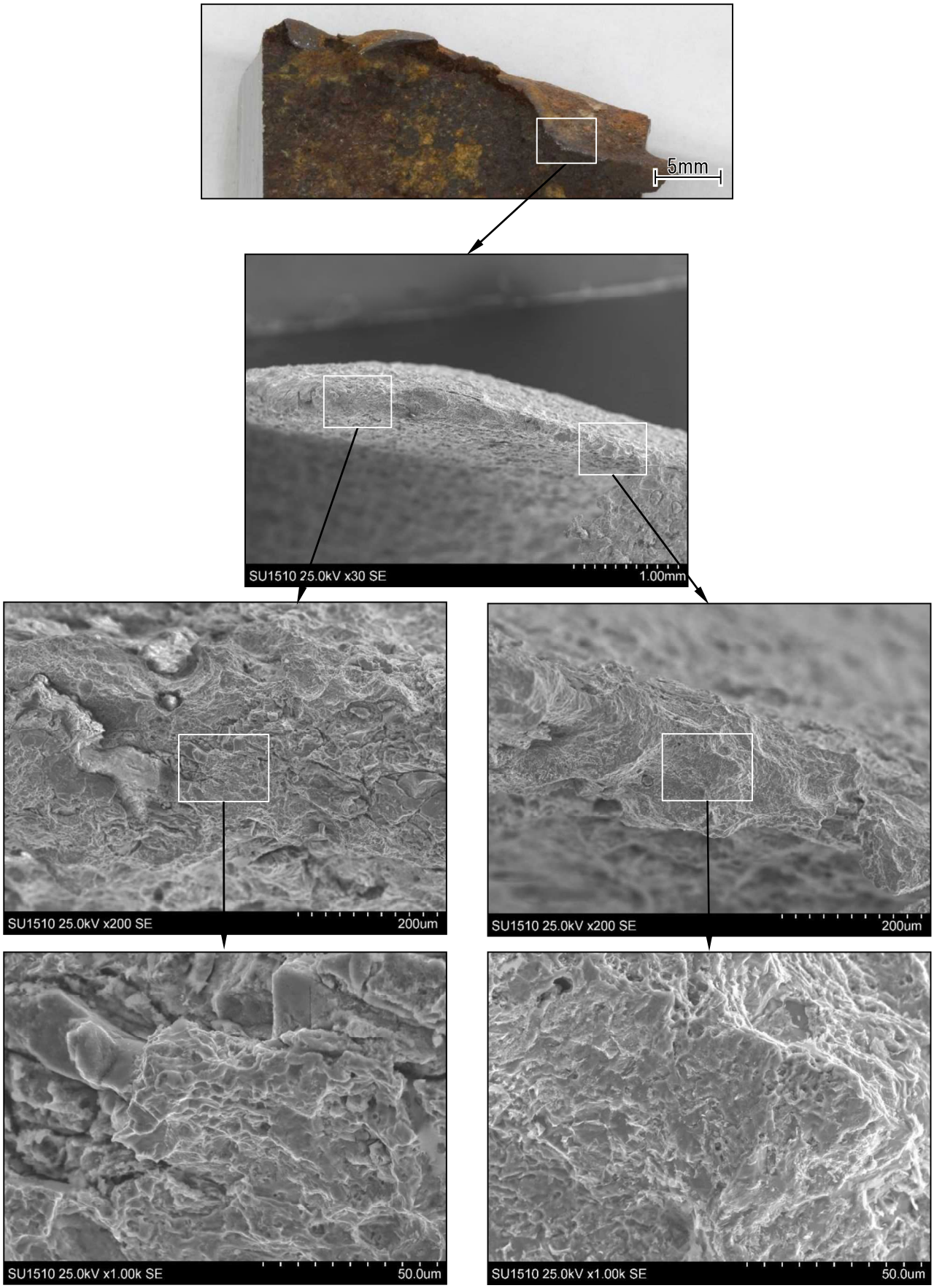
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図３５　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-5L 上弦材行 その２）



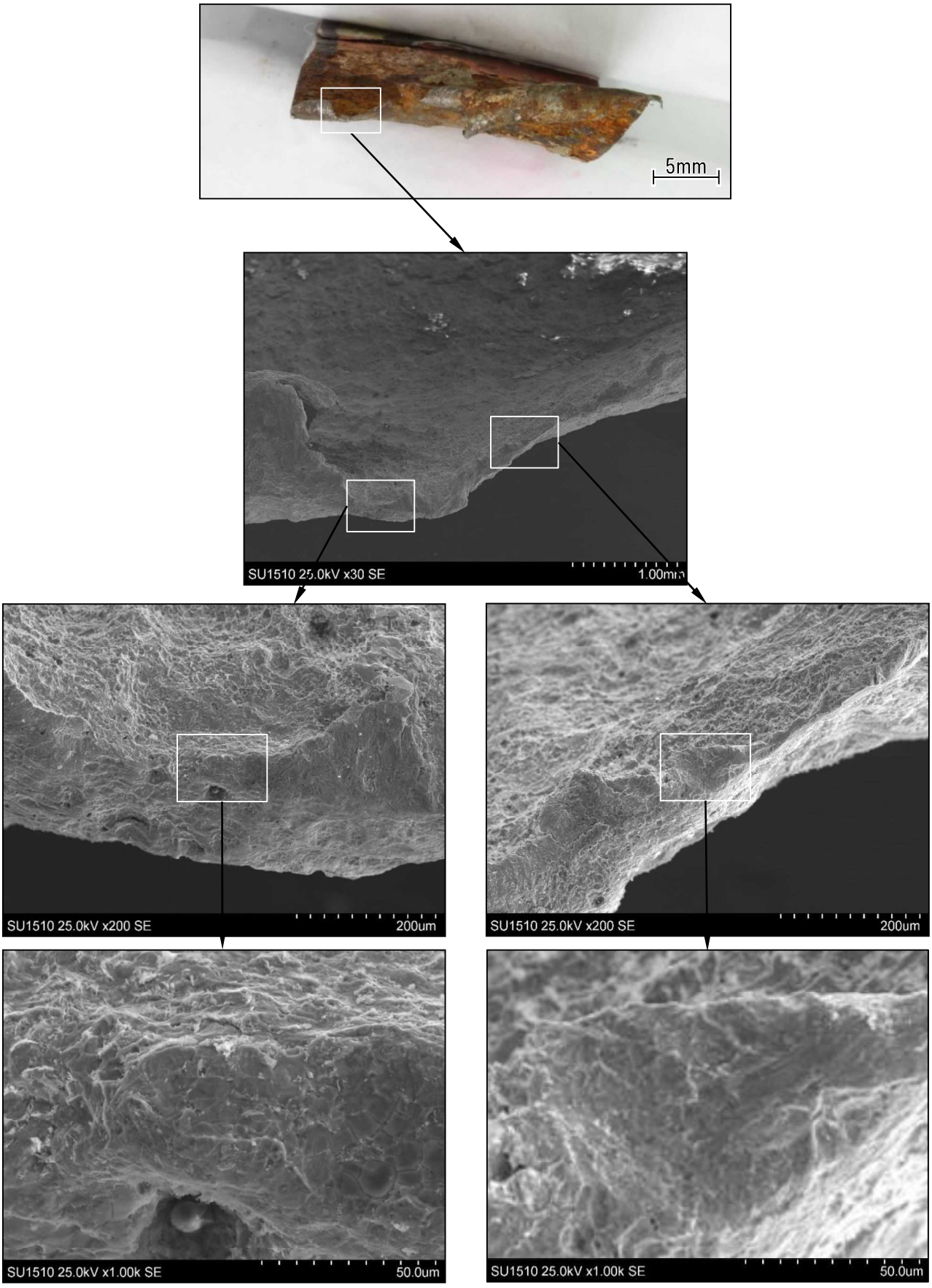
腐食損傷により微視的様相は不明　　腐食損傷により微視的様相は不明

図３６　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-5L 上部バンド部 その１）



腐食損傷により微視的様相は不明　　腐食損傷により微視的様相は不明

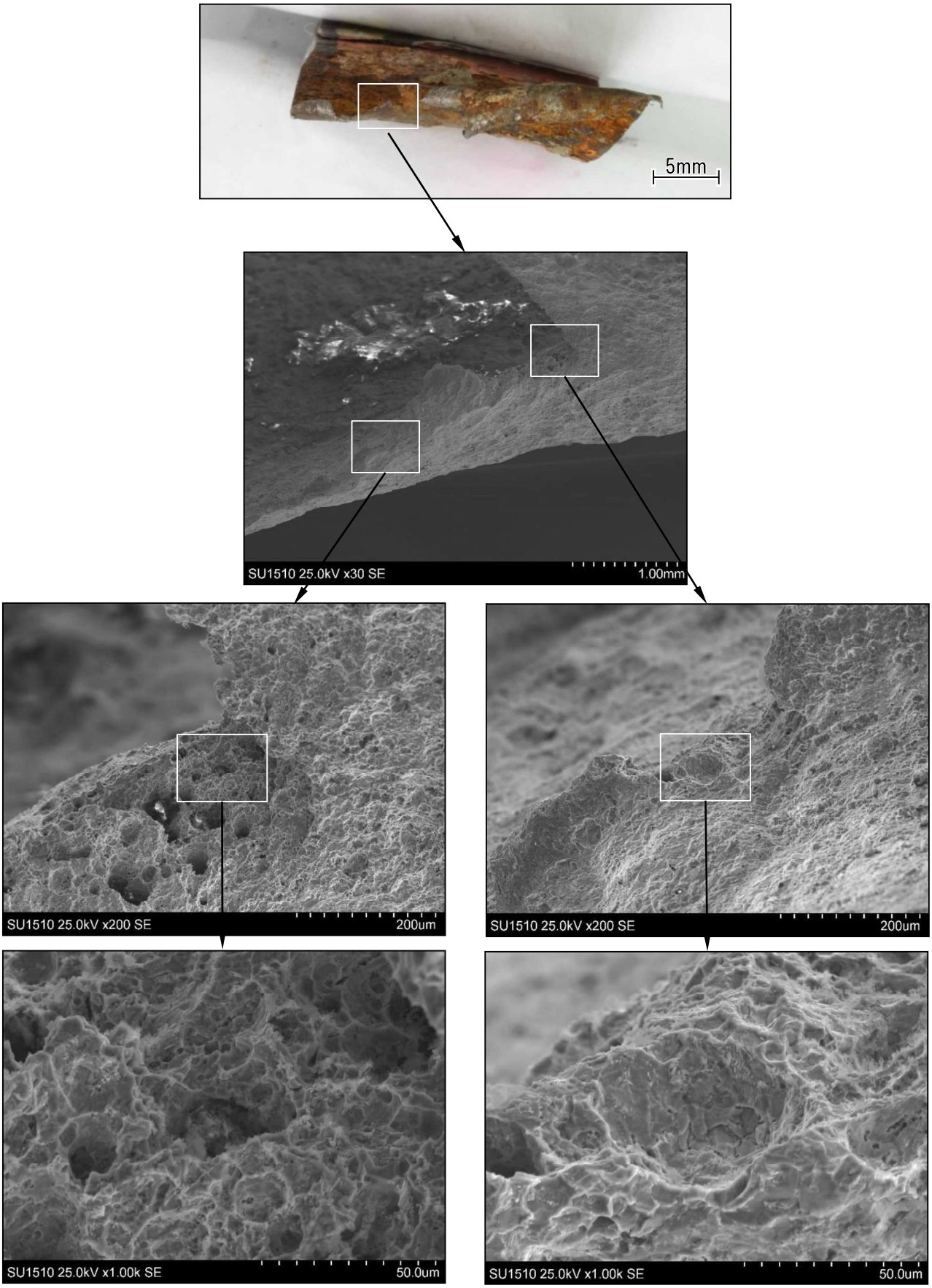
図３７　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-5L 上部バンド部 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明

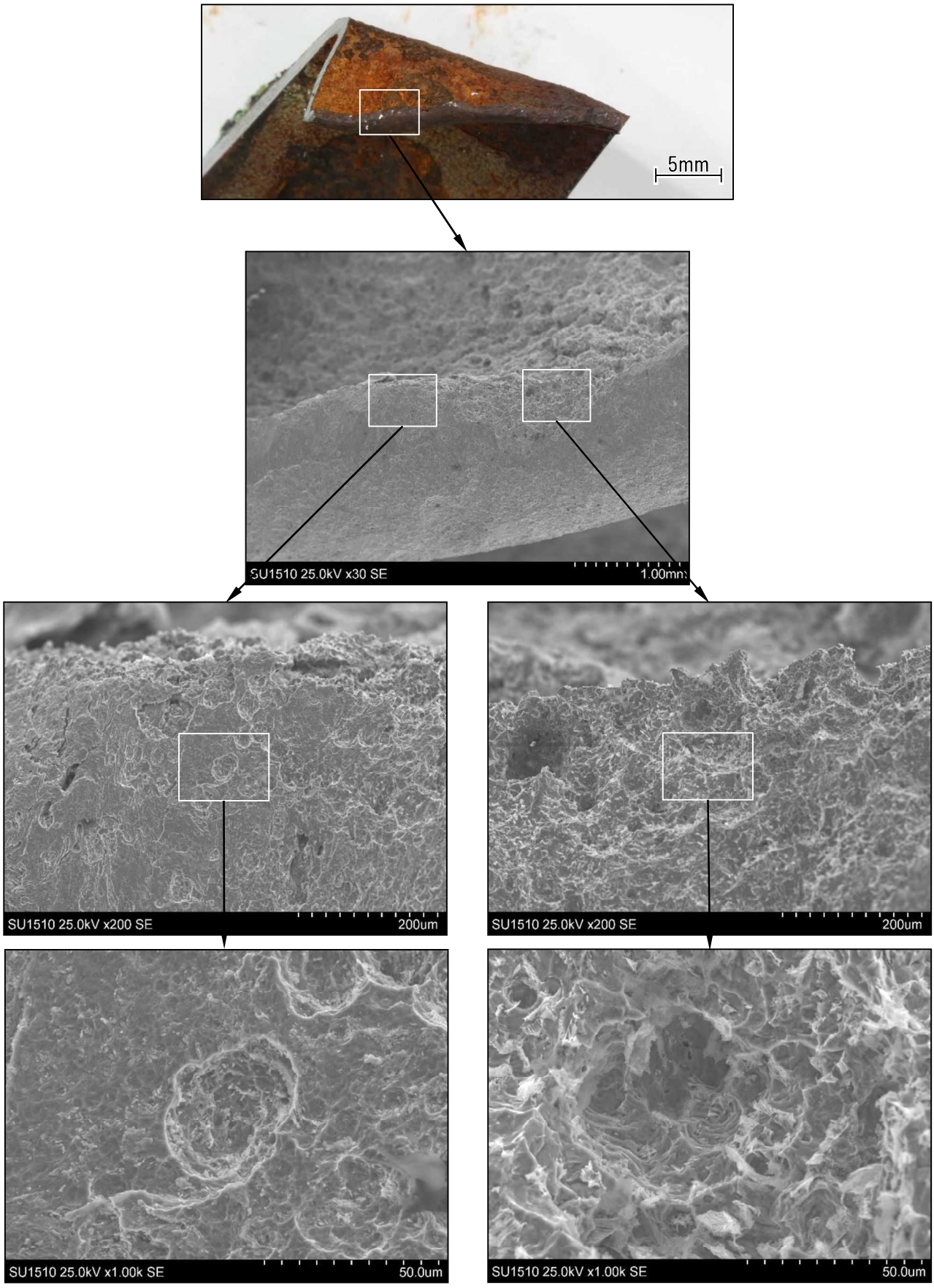
腐食損傷により微視的様相は不明

図３８　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6L 上弦材行 その１）



ディンプル（延性破壊）と推定　　腐食損傷により微視的様相は不明

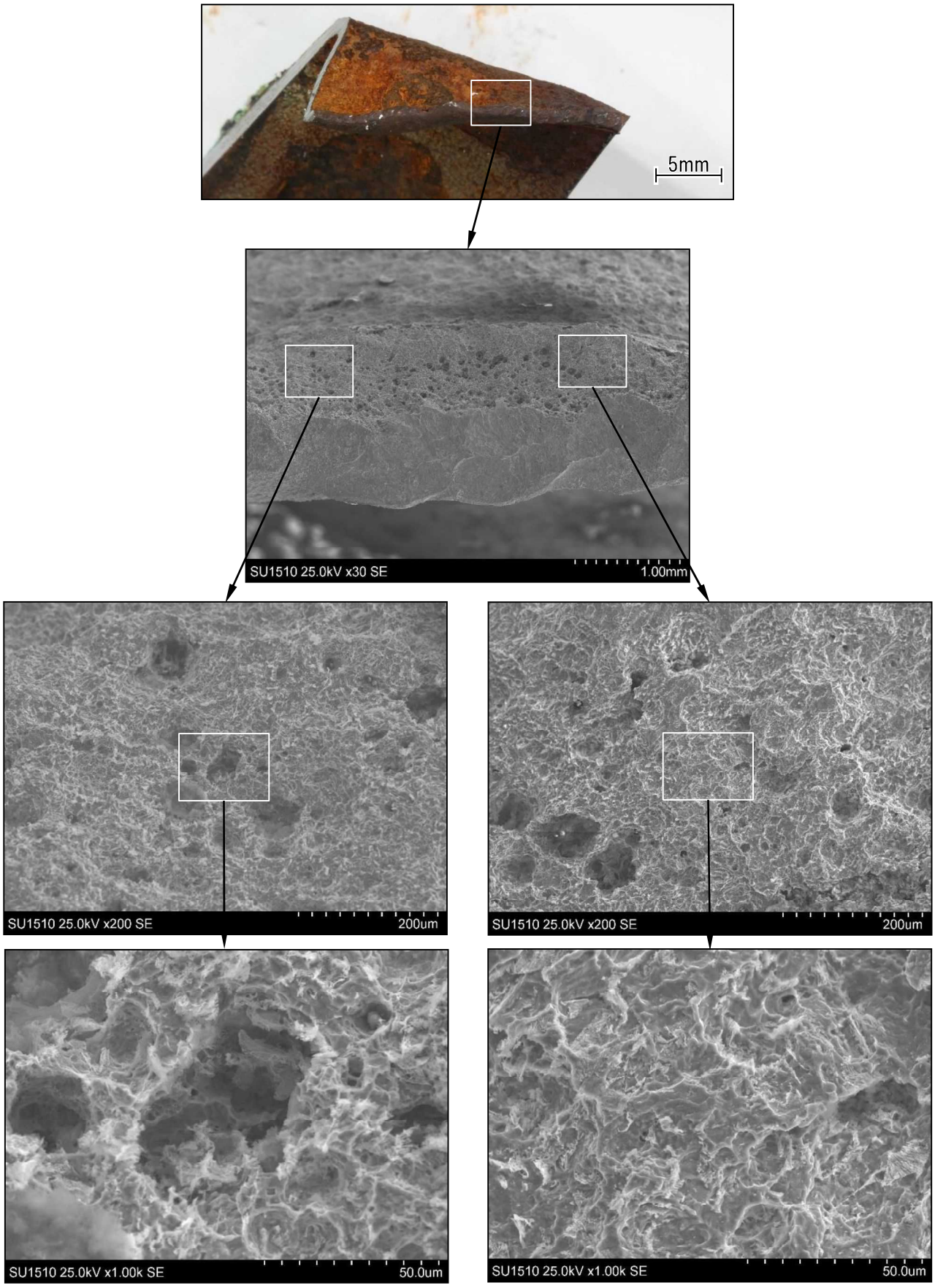
図３９　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6L 上弦材行 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明

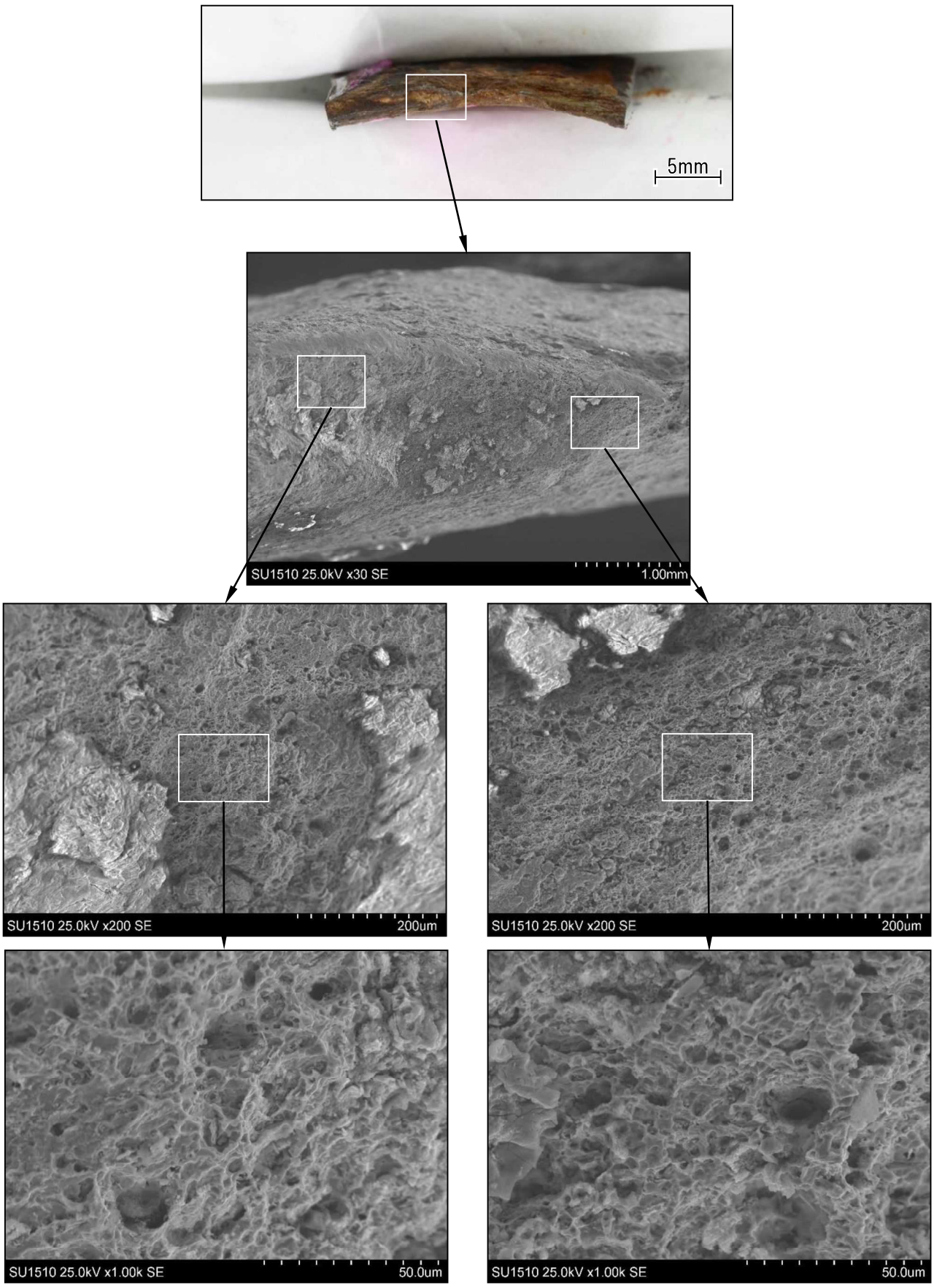
腐食損傷により微視的様相は不明

図４０　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6L 上部バンド部 その１）



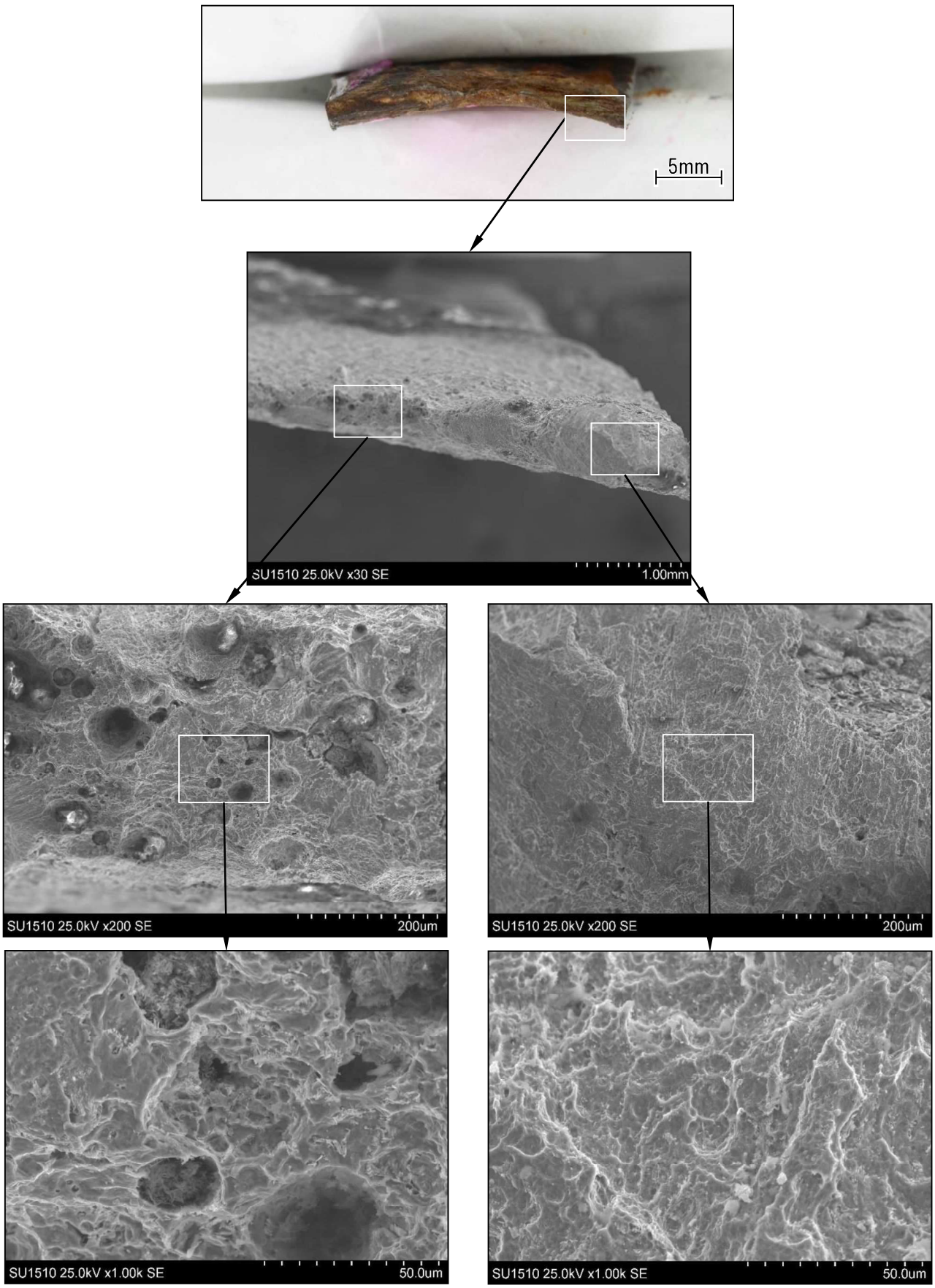
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図４１　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6L 上部バンド部 その２）



ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

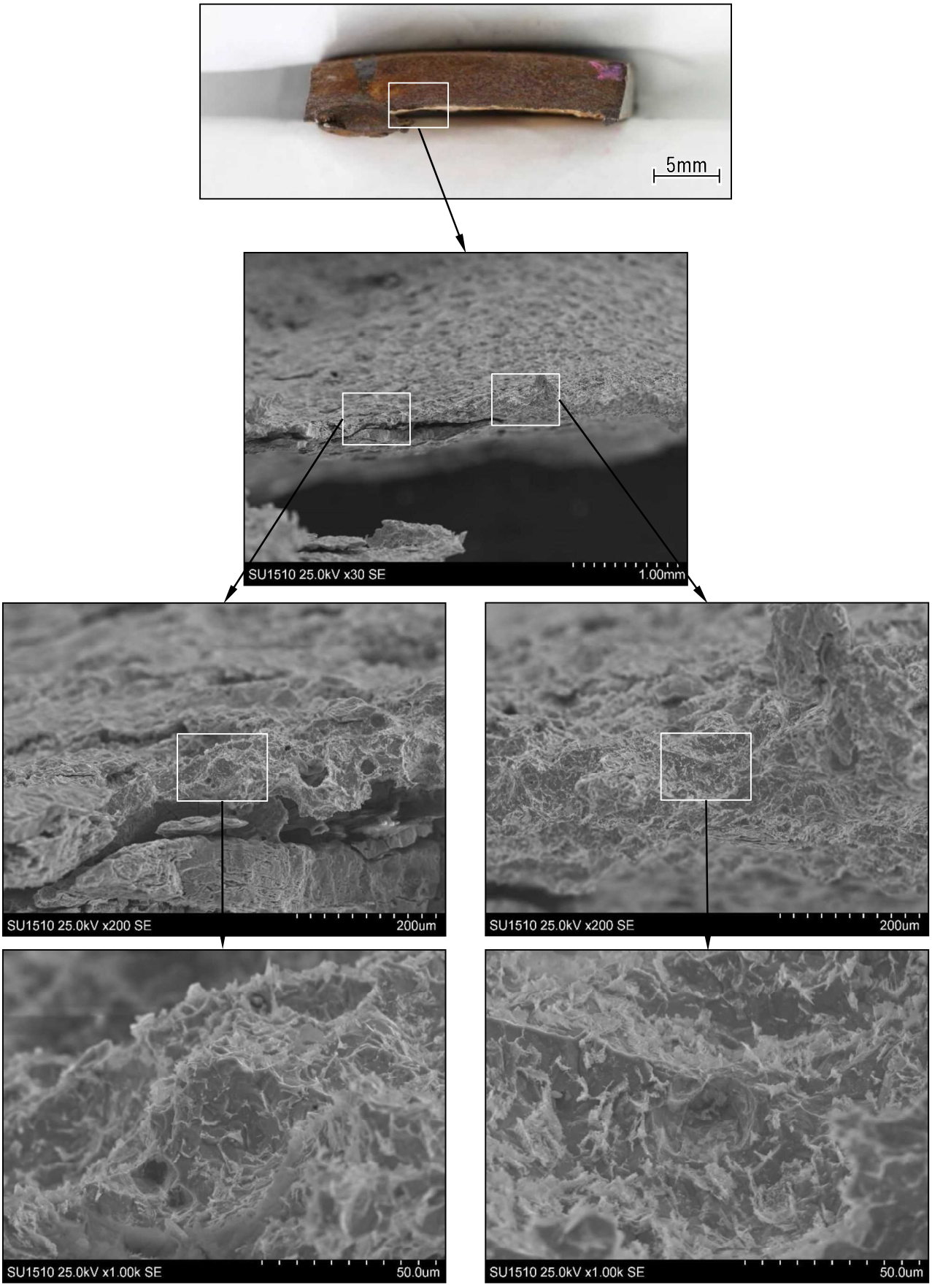
図４２　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6R 上弦材行 その１）



腐食損傷により微視的様相は不明

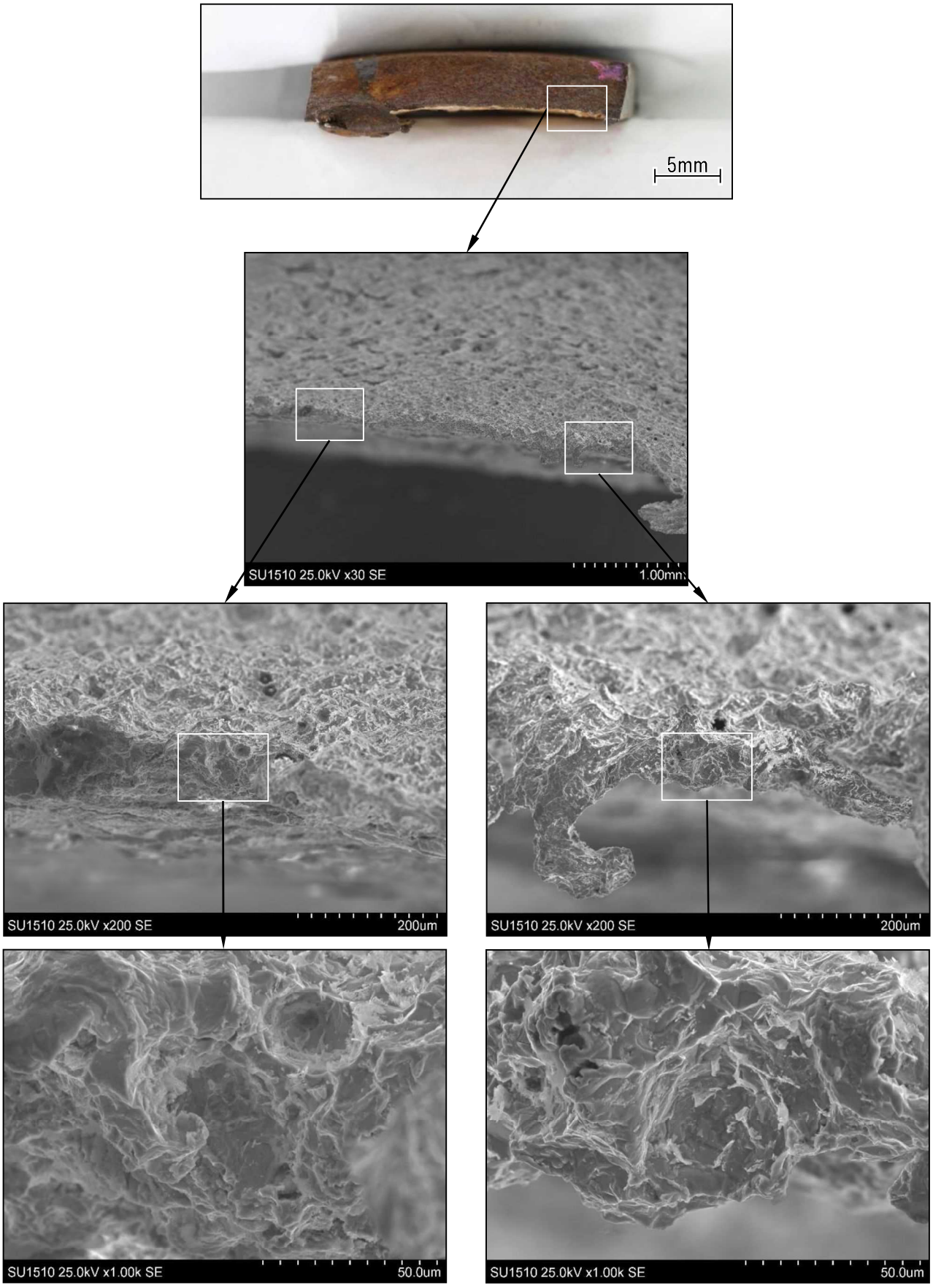
ディンプル（延性破壊）と推定

図４３　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6R 上弦材行 その２）



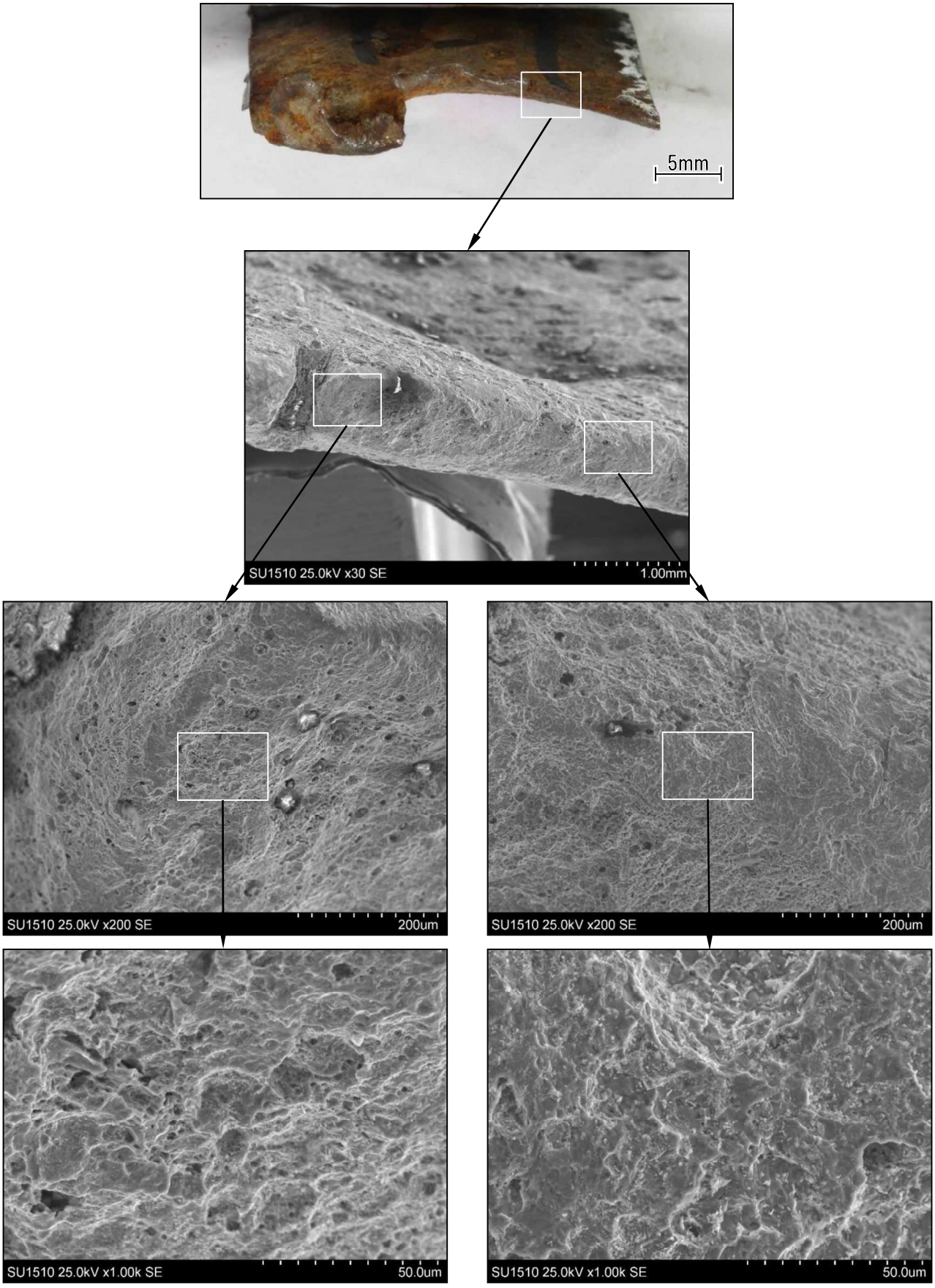
腐食損傷により微視的様相は不明　　腐食損傷により微視的様相は不明

図４４　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6R 上部バンド部 その１）



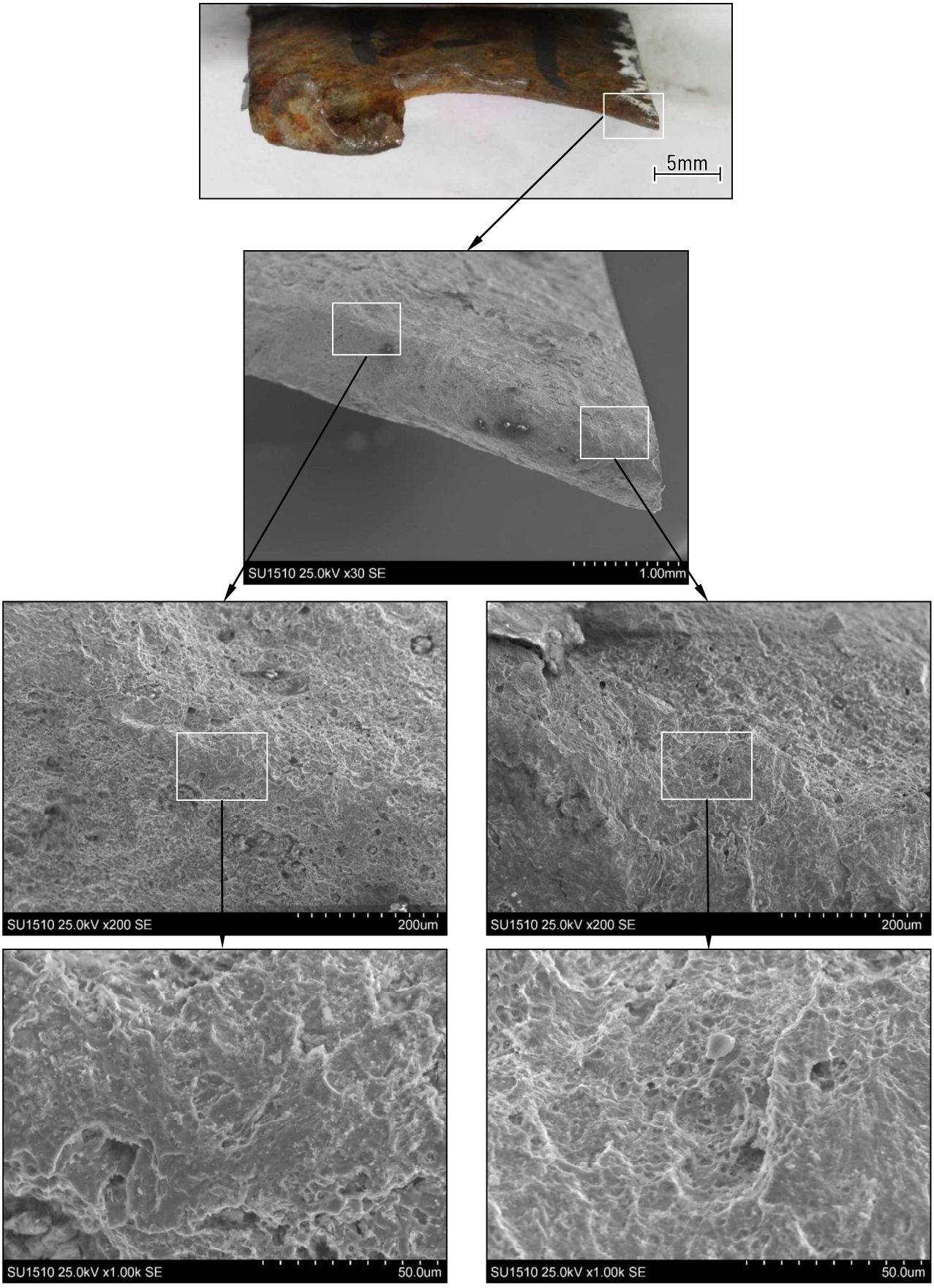
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図４５　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-6R 上部バンド部 その２）



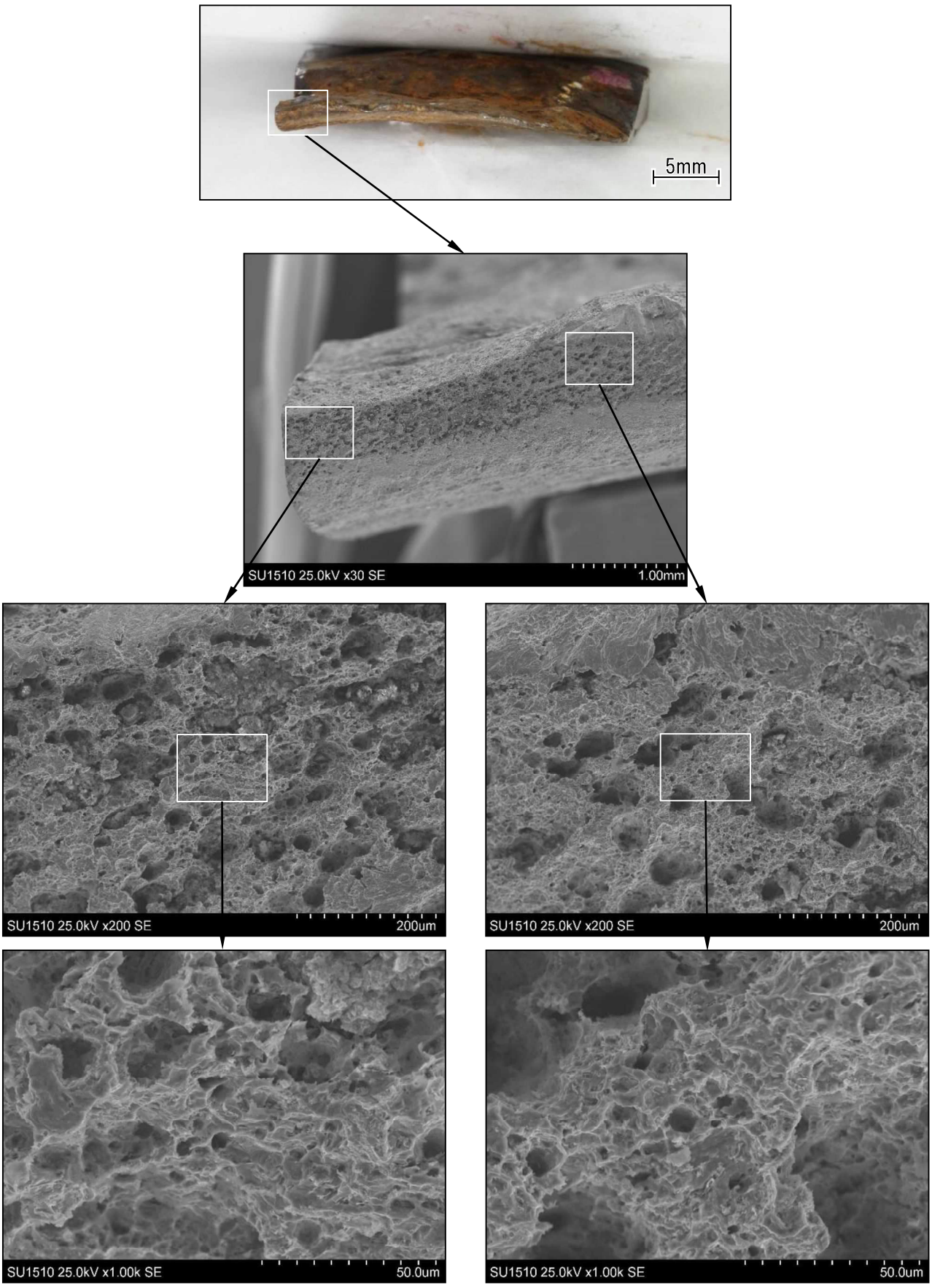
ディンプル（延性破壊）と推定　　腐食損傷により微視的様相は不明

図４６　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7L 上弦材行 その１）



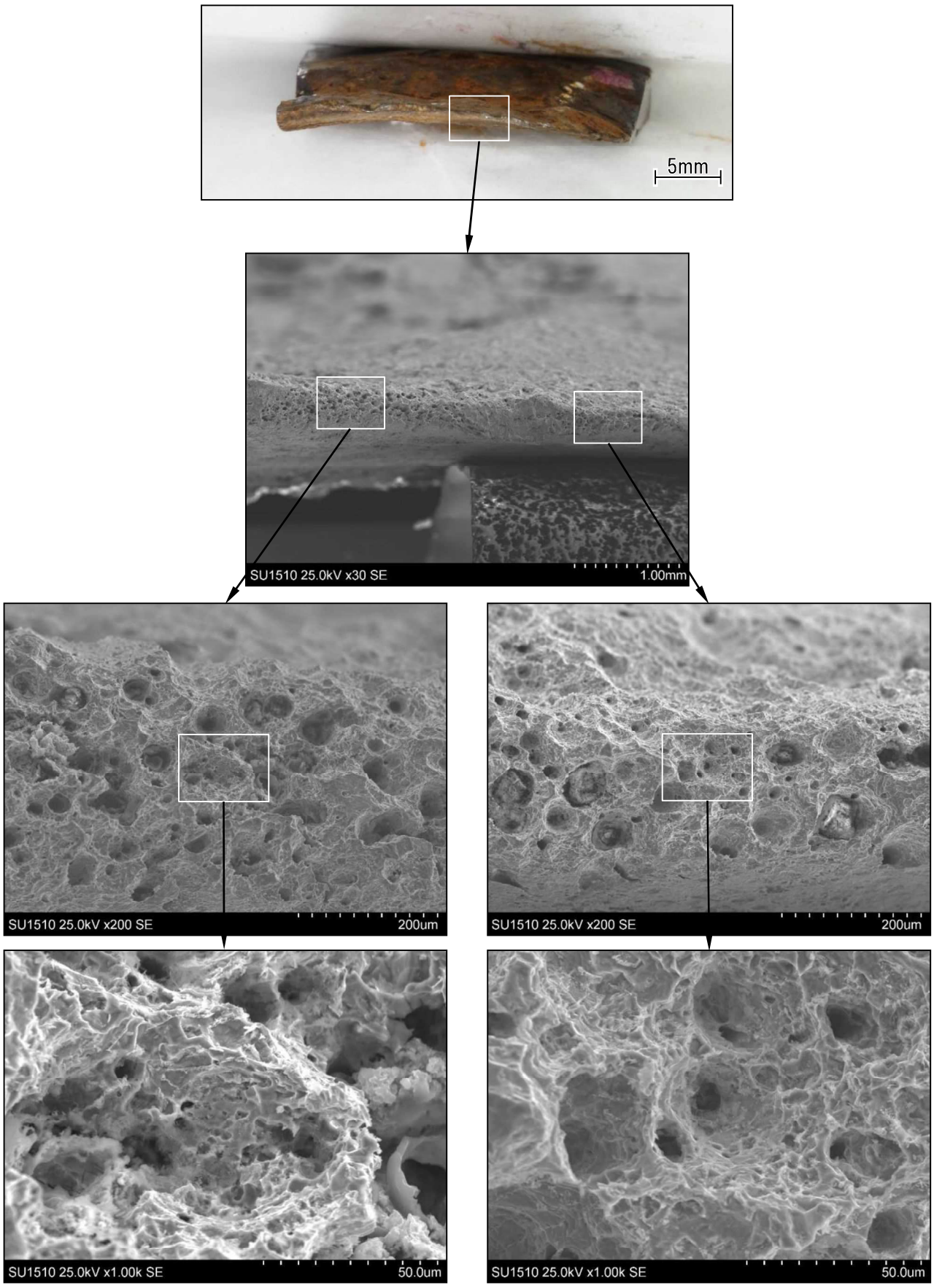
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図４７　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7L 上弦材行 その２）



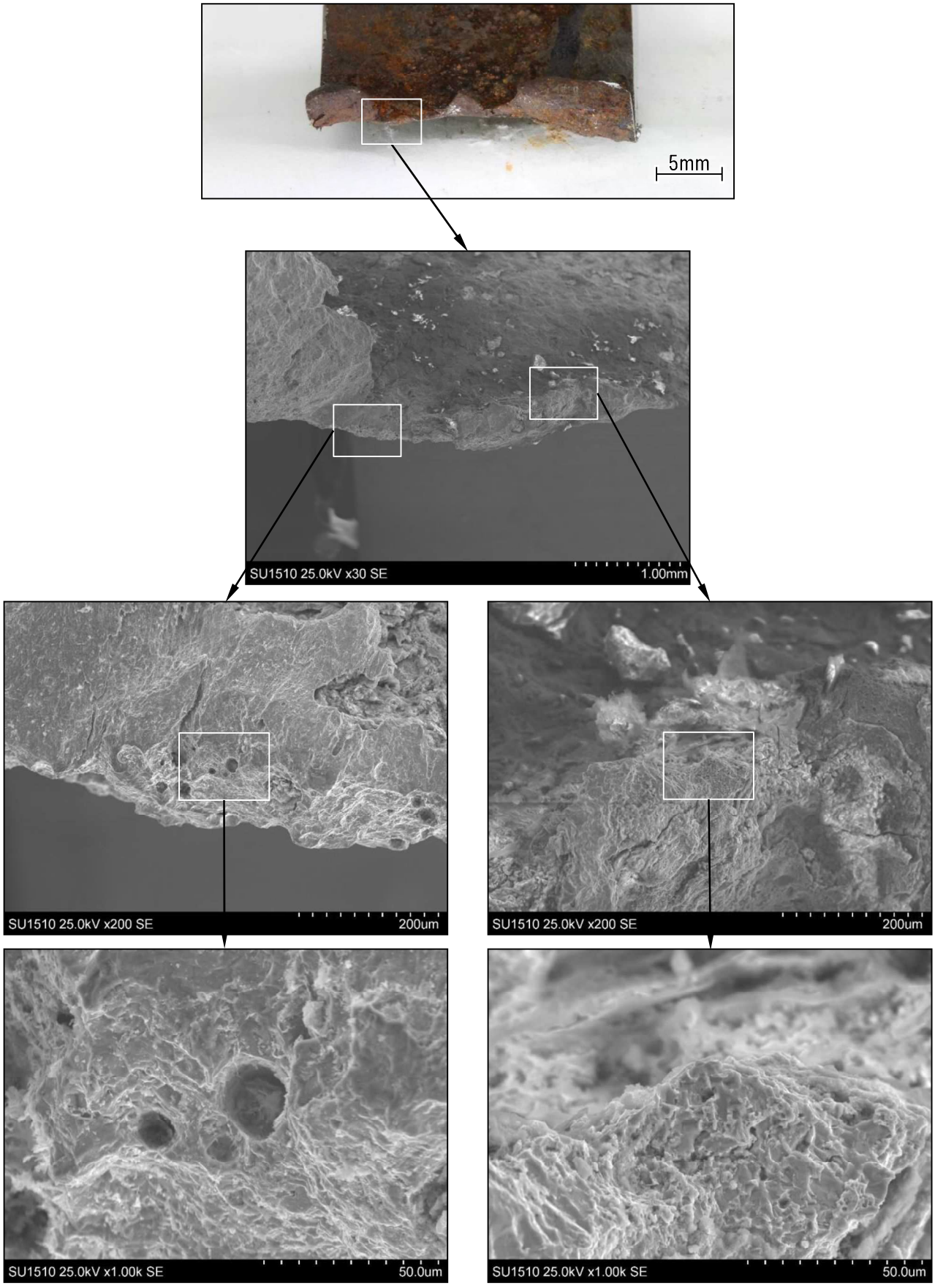
ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

図４８　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7L 上部バンド部 その１）



ディンプル（延性破壊）と推定　　ディンプル（延性破壊）と推定

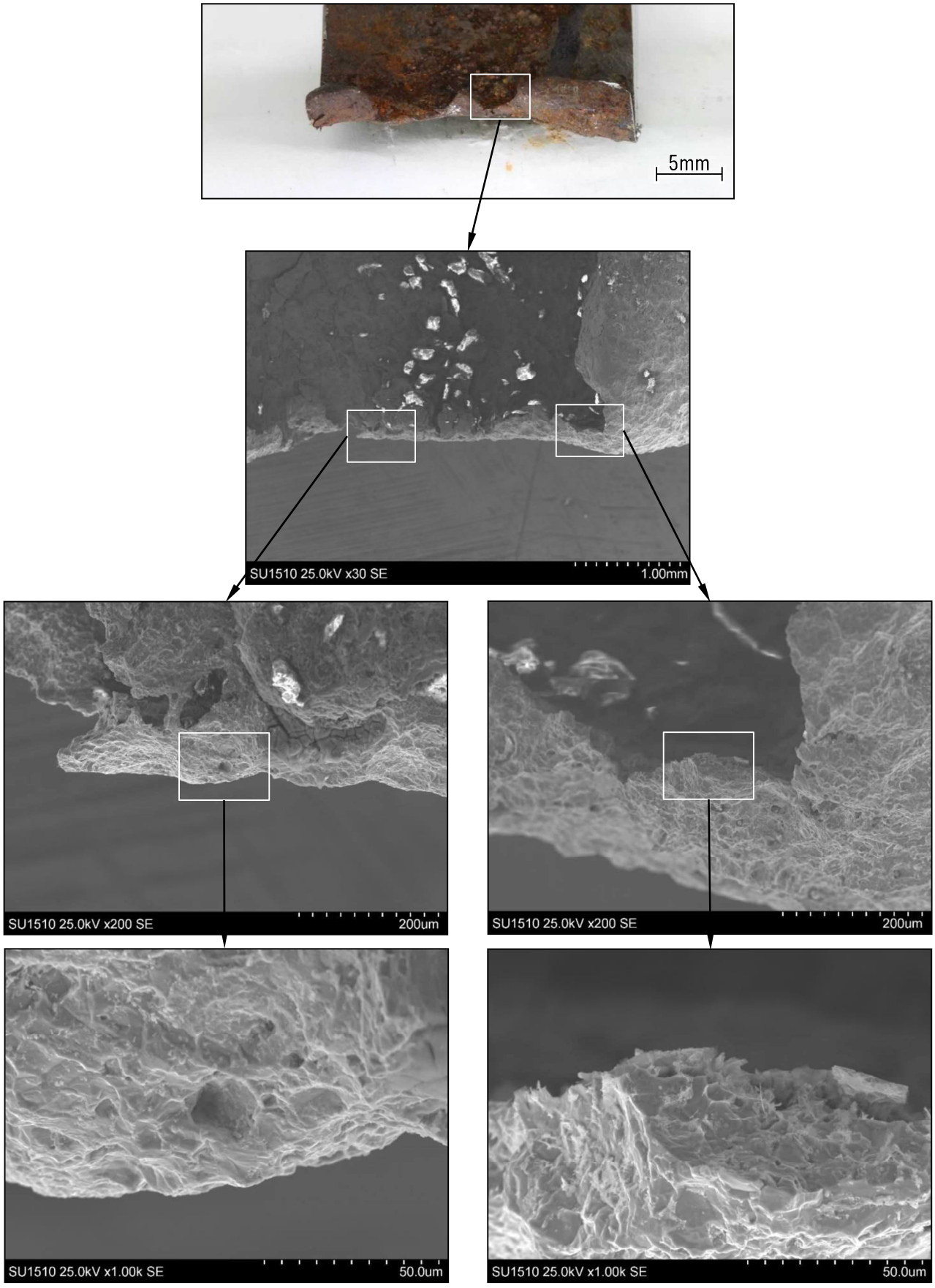
図４９　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7L 上部バンド部 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明

腐食損傷により微視的様相は不明

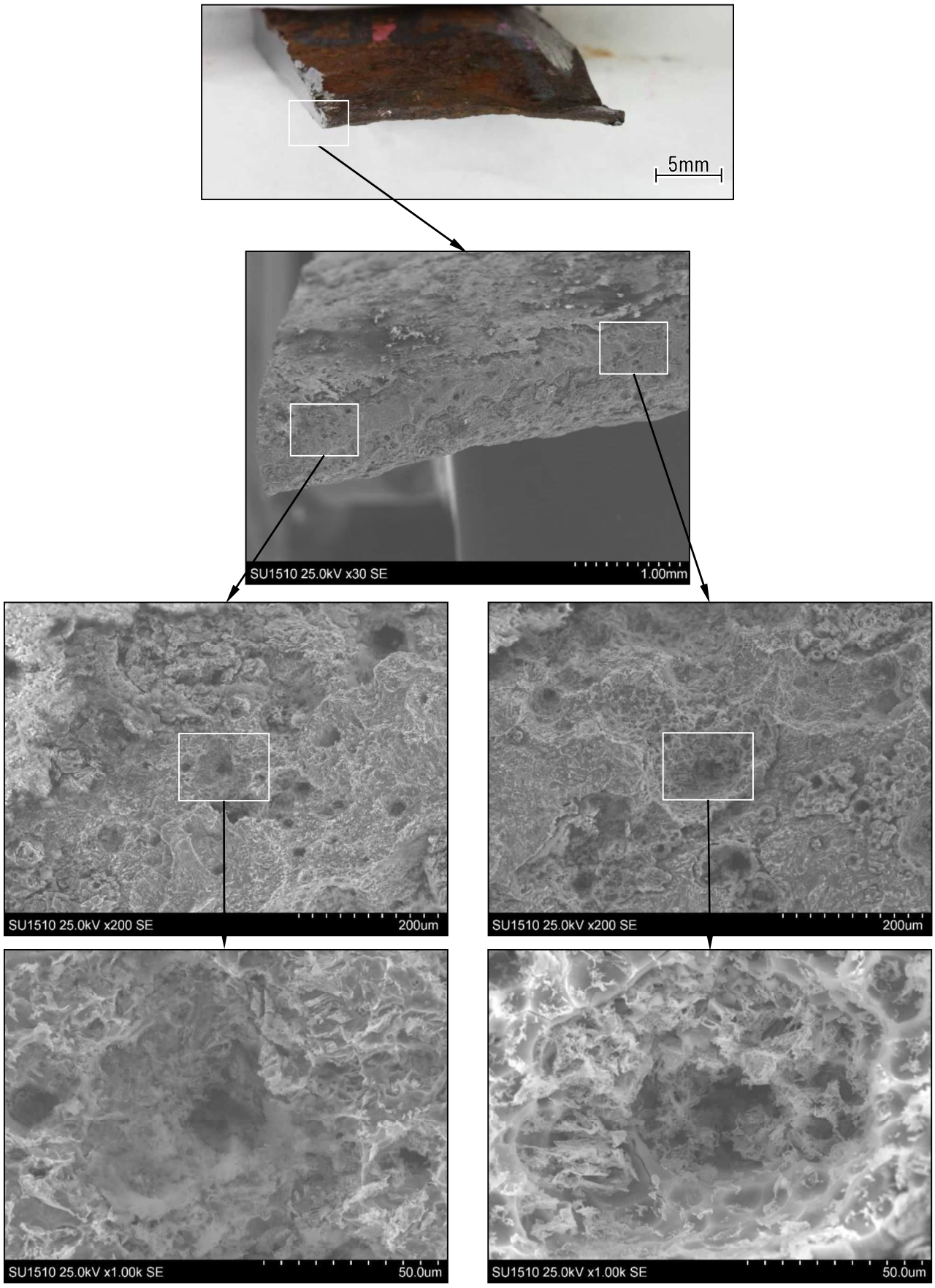
図５０　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7R 上弦材行 その１）



腐食損傷により微視的様相は不明

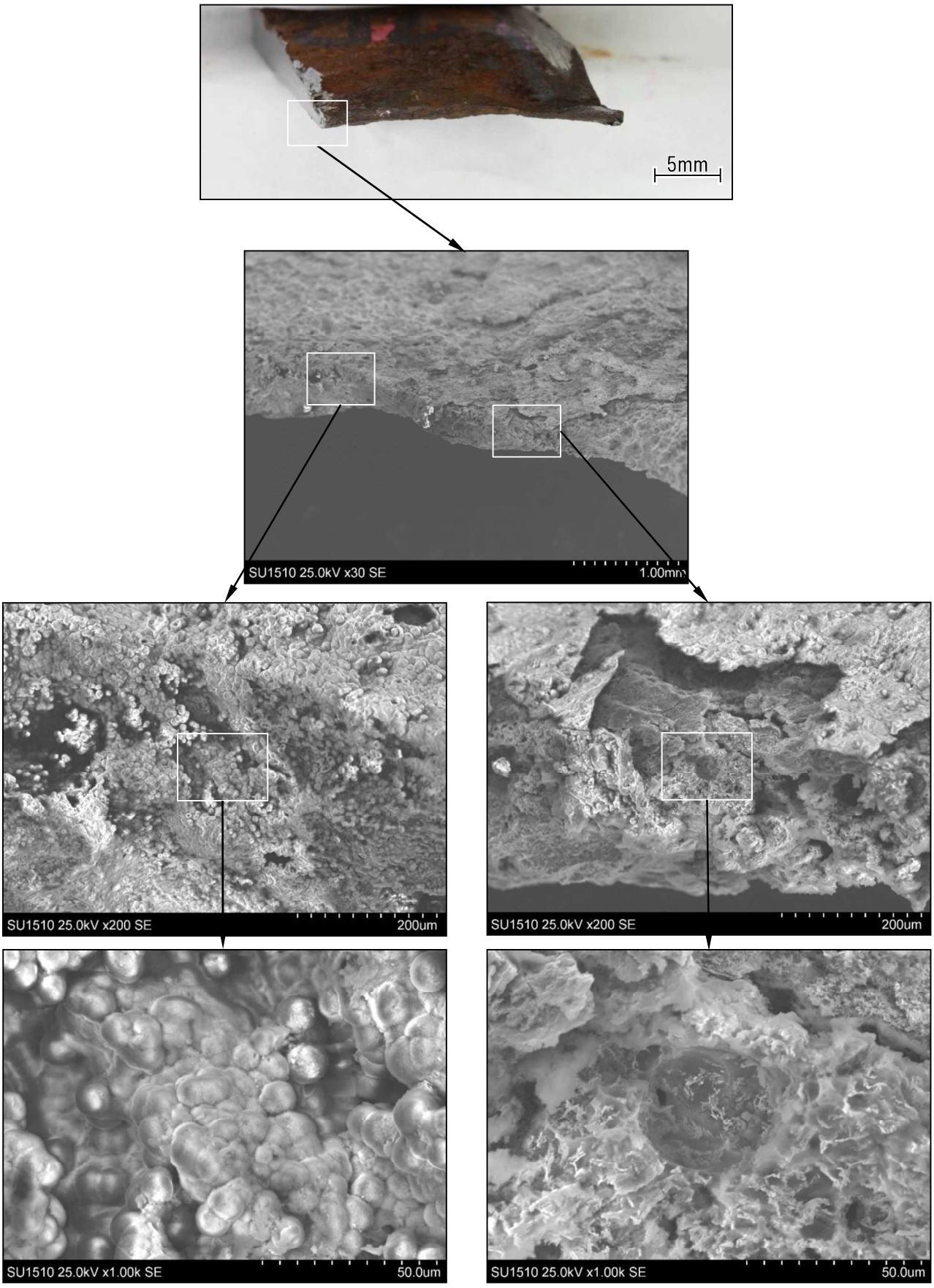
腐食損傷により微視的様相は不明

図５１　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7R 上弦材行 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明　　腐食損傷により微視的様相は不明

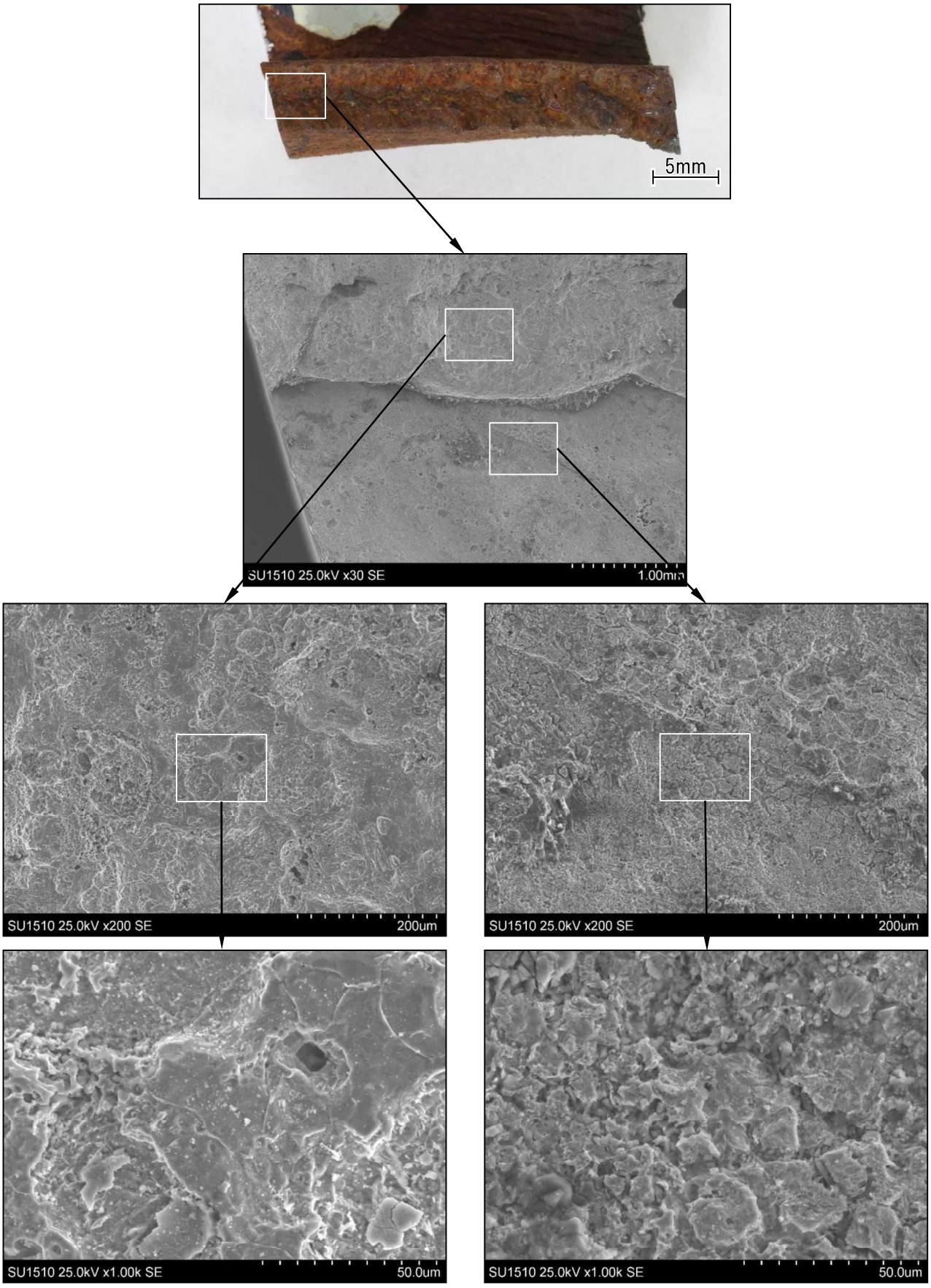
図５２　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7R 上部バンド部 その１）



腐食損傷により微視的様相は不明

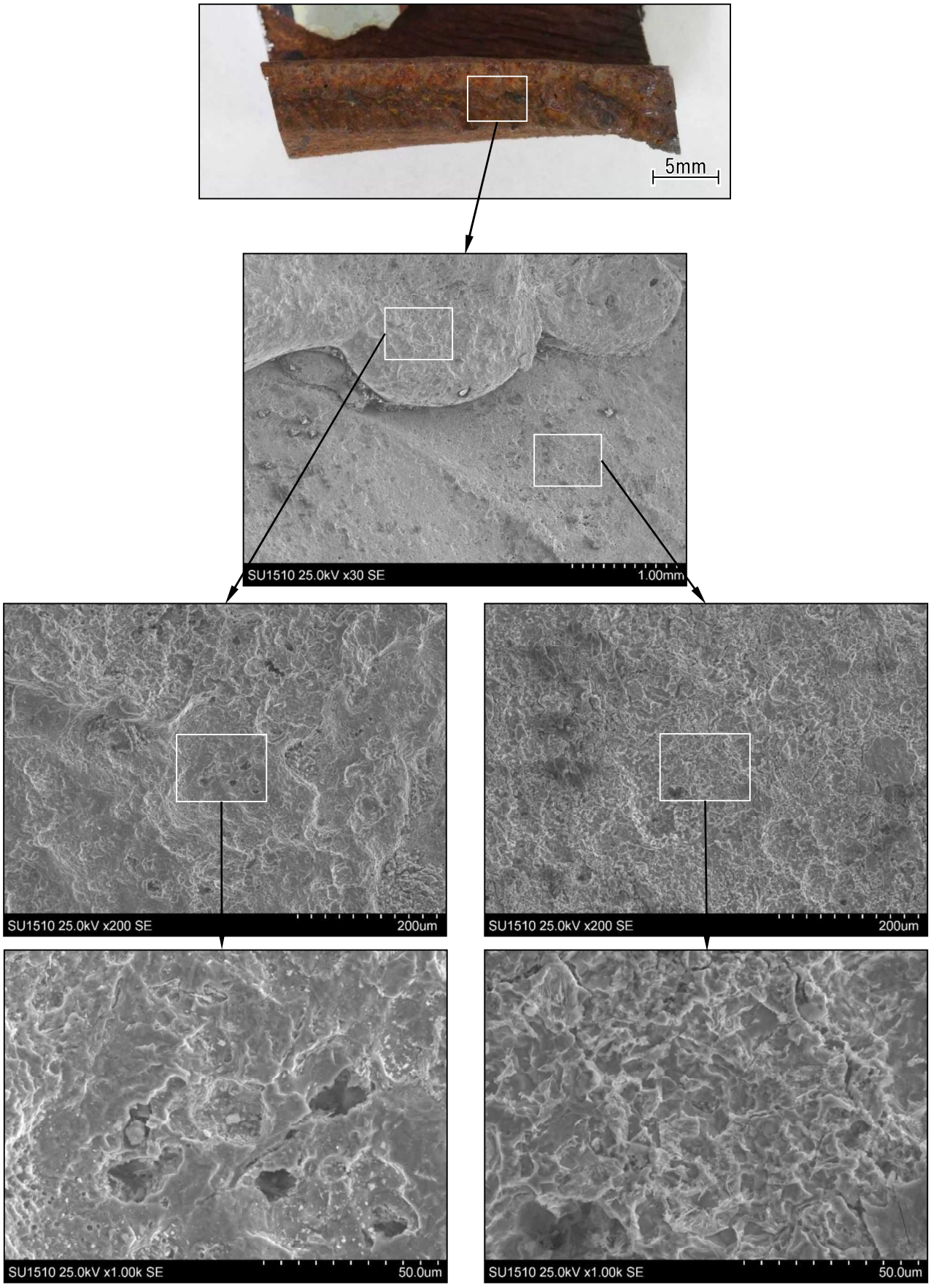
腐食損傷により微視的様相は不明

図５３　　破面ＳＥＭ像
（吊材 Ha-7R 上部バンド部 その２）



腐食損傷により微視的様相は不明　　腐食損傷により微視的様相は不明

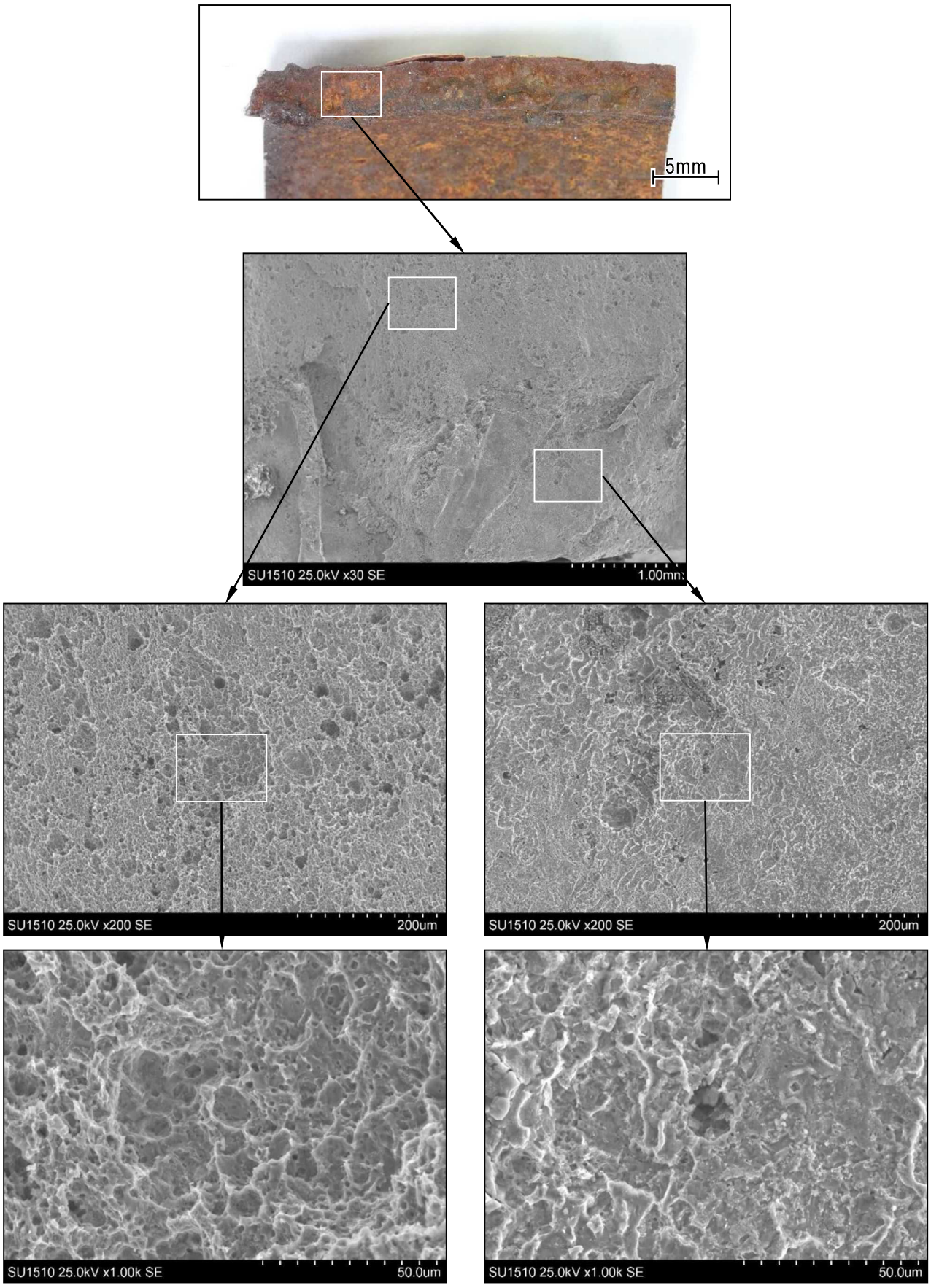
図５４　　破面ＳＥＭ像
（上弦材 Ra-3R 綾材座屈部 その１）



腐食損傷により微視的様相は不明

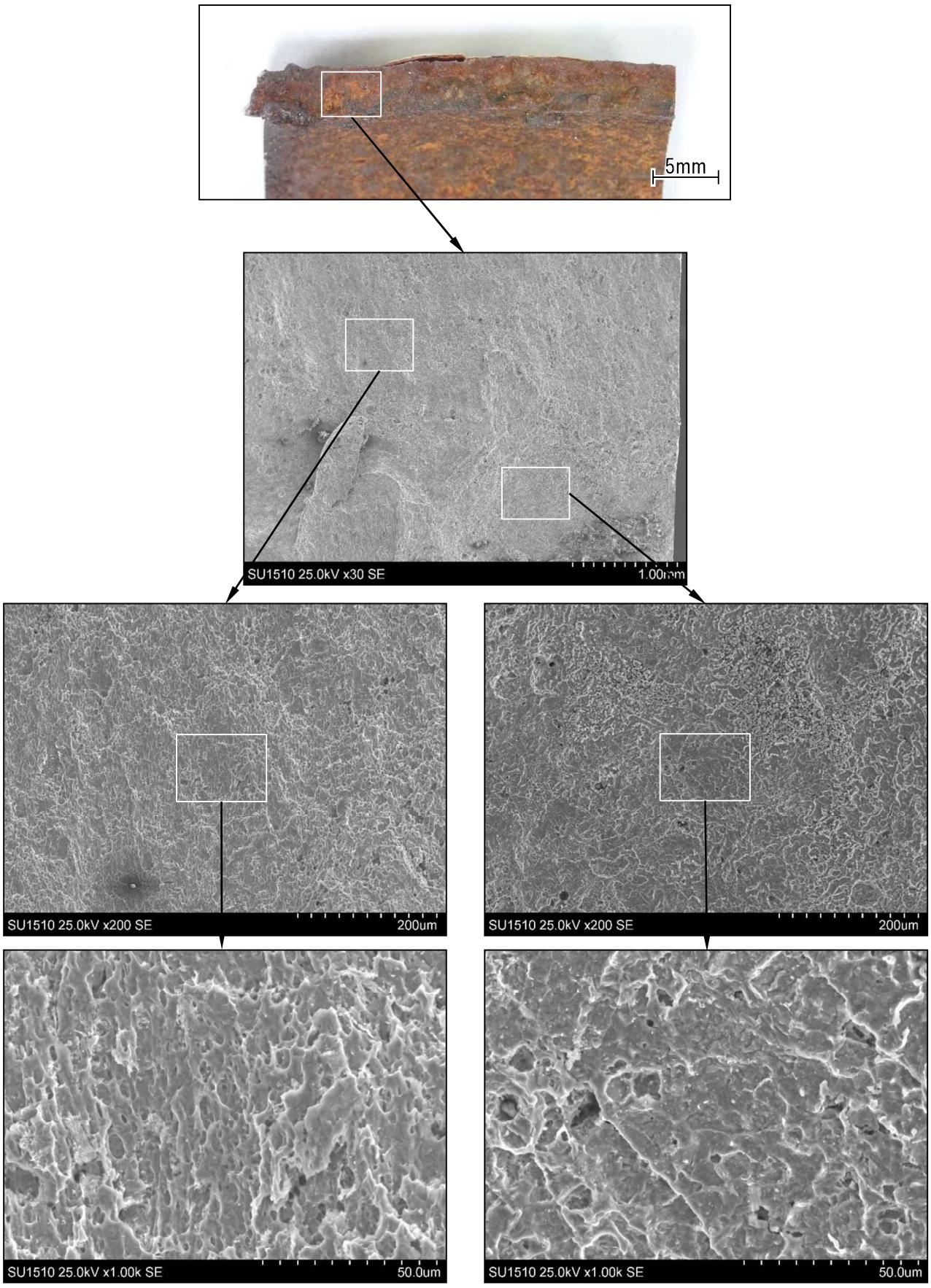
腐食損傷により微視的様相は不明

図５５　　破面ＳＥＭ像
（上弦材 Ra-3R 綾材座屈部 その２）



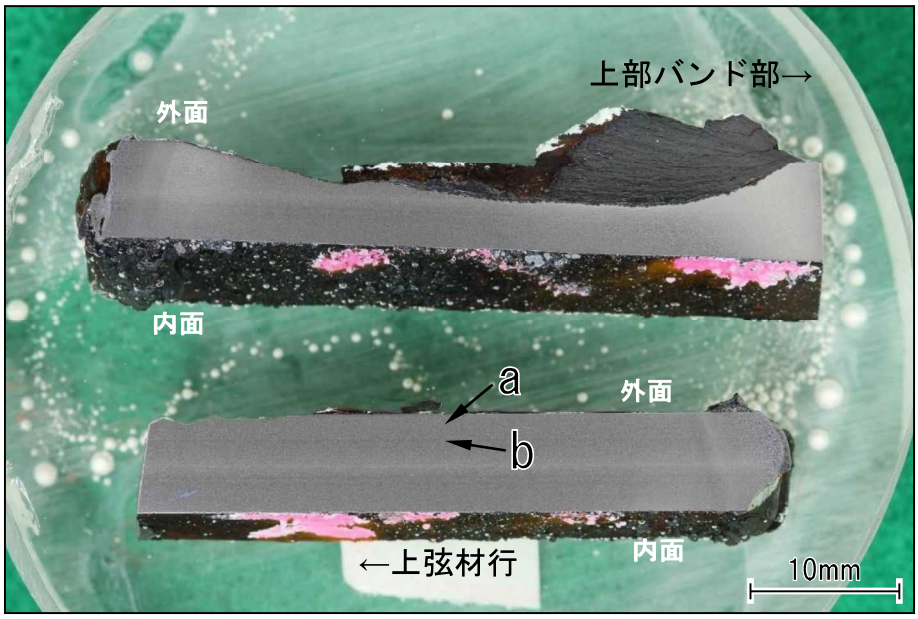
ディンプル（延性破壊）と推定　　腐食損傷により微視的様相は不明

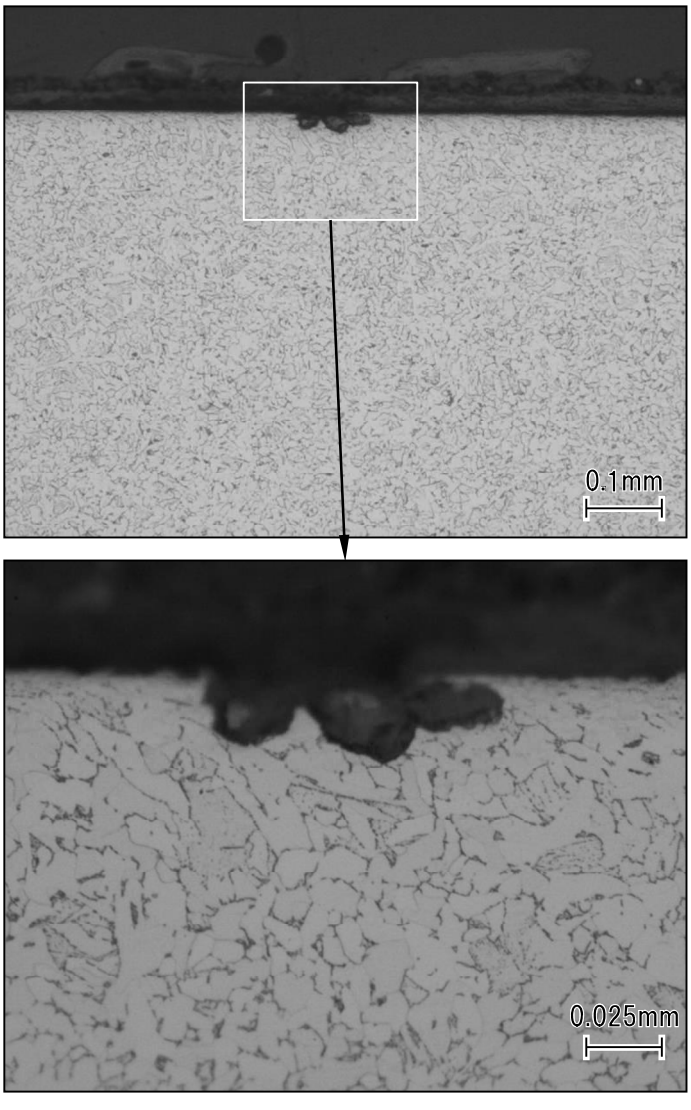
図５６　　破面ＳＥＭ像
（上弦材 Ra-3L 綾材座屈部 その１）



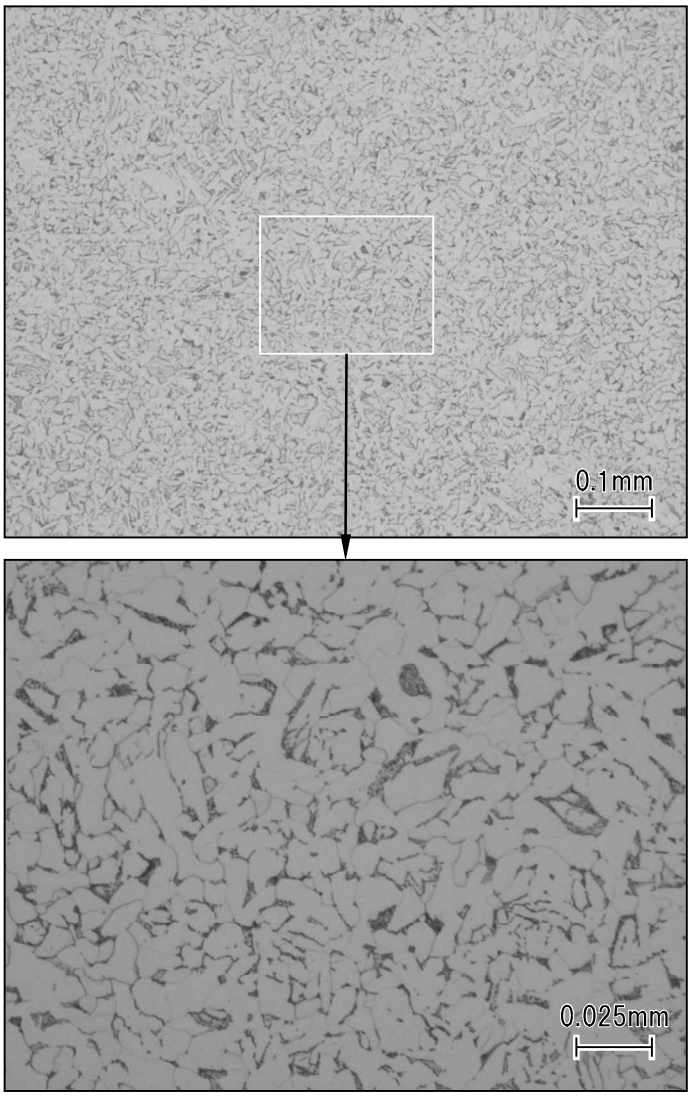
ディンプル（延性破壊）と推定　　腐食損傷により微視的様相は不明

図５７　　破面ＳＥＭ像
（上弦材 Ra-3L 綾材座屈部 その２）



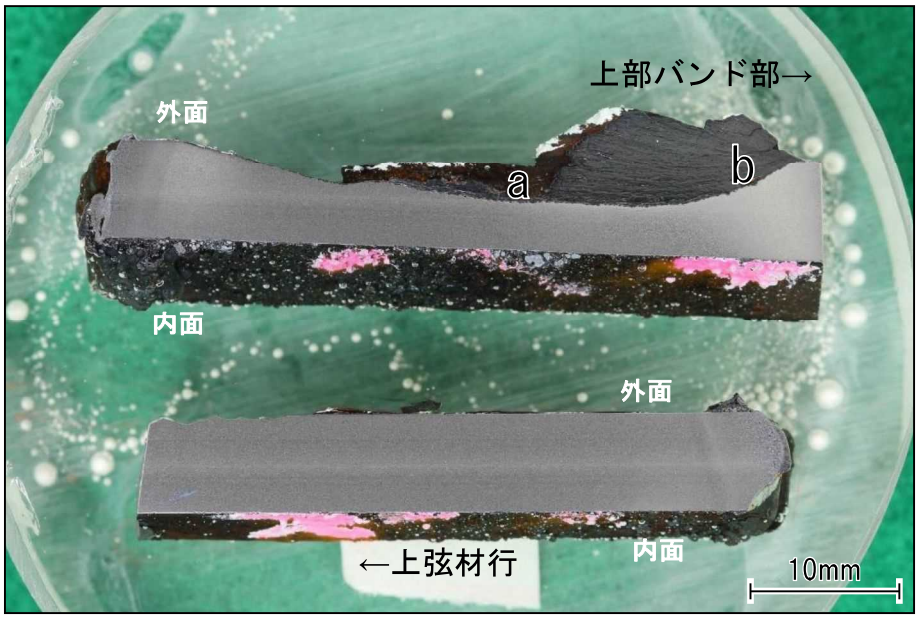


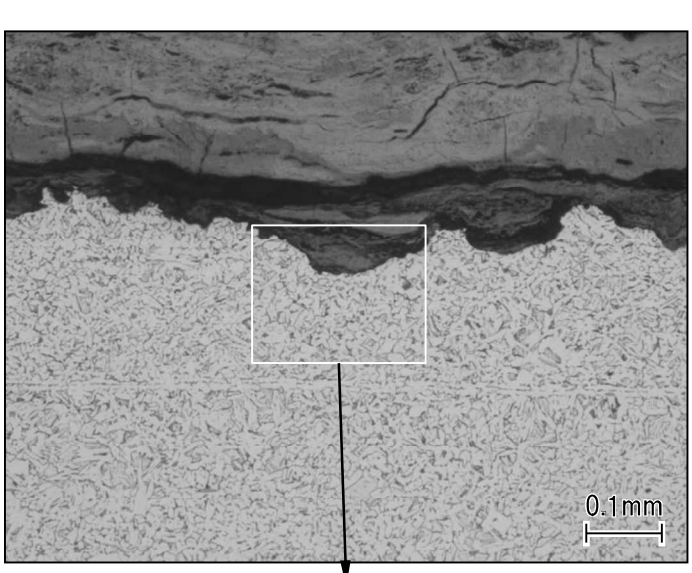
上図ａ部



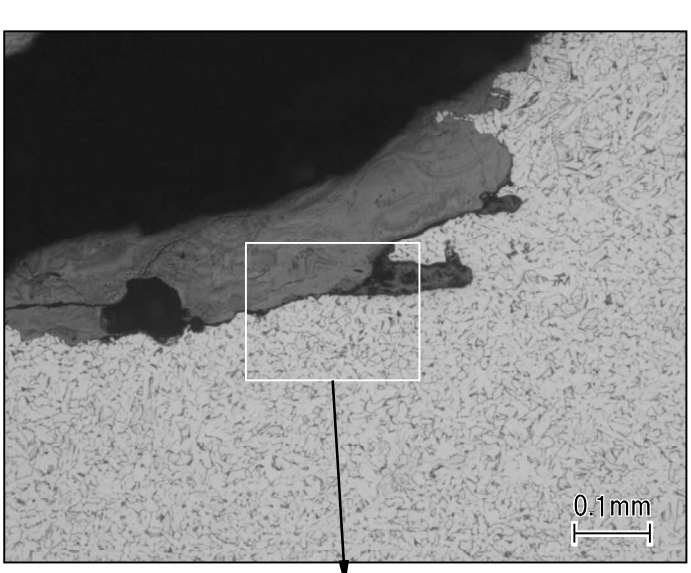
上図ｂ部

図５８　　断面金属組織
（吊材 Ha-3L 上弦材行）



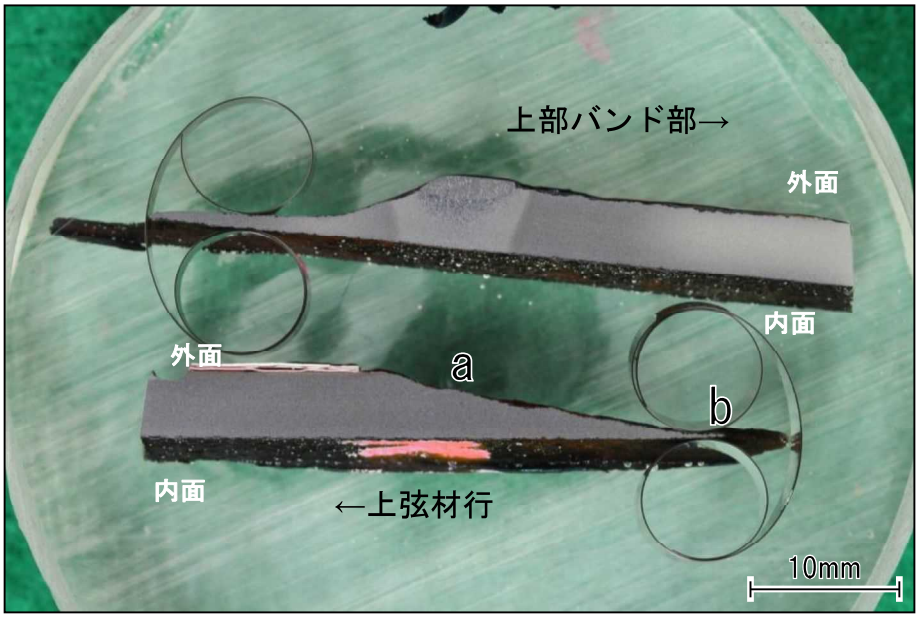


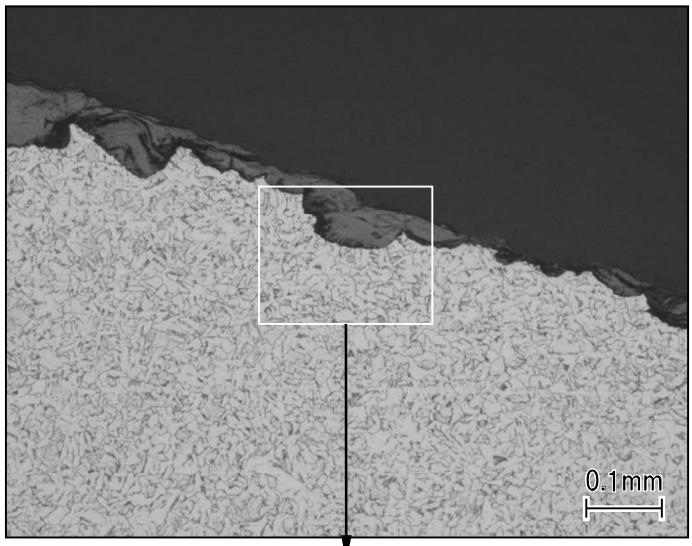
上図ａ部

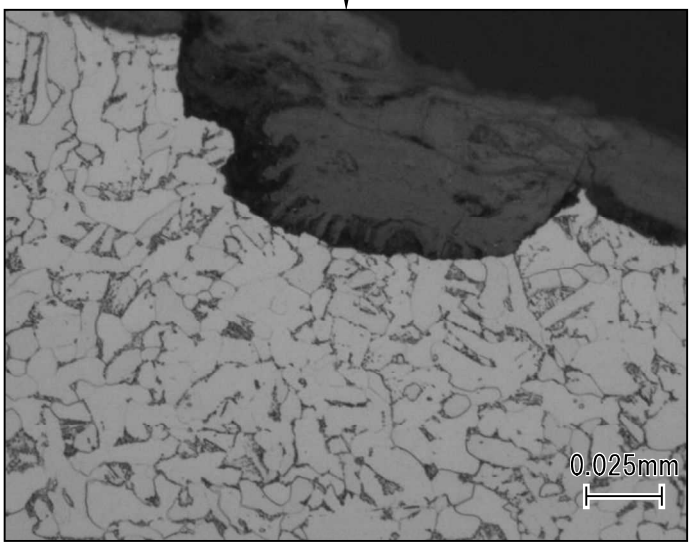


上図ｂ部

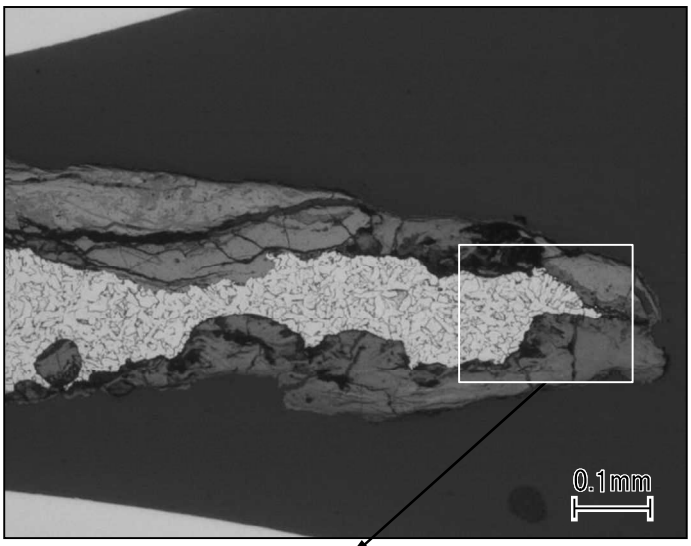
図５９　　断面金属組織
（吊材 Ha-3L 上部バンド部）

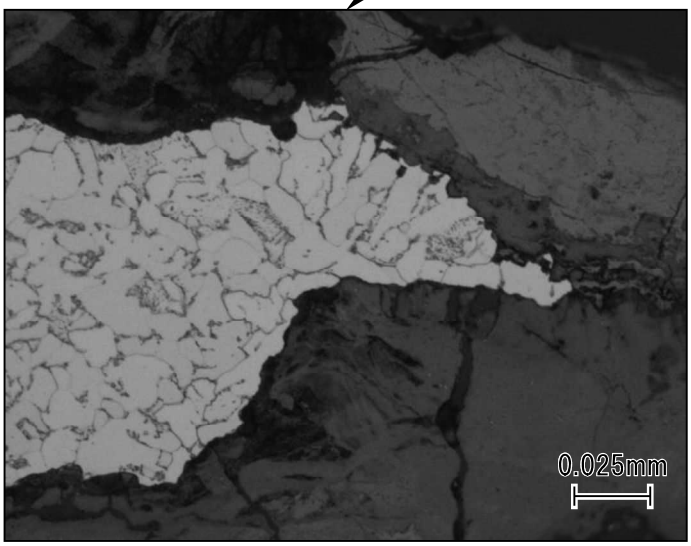






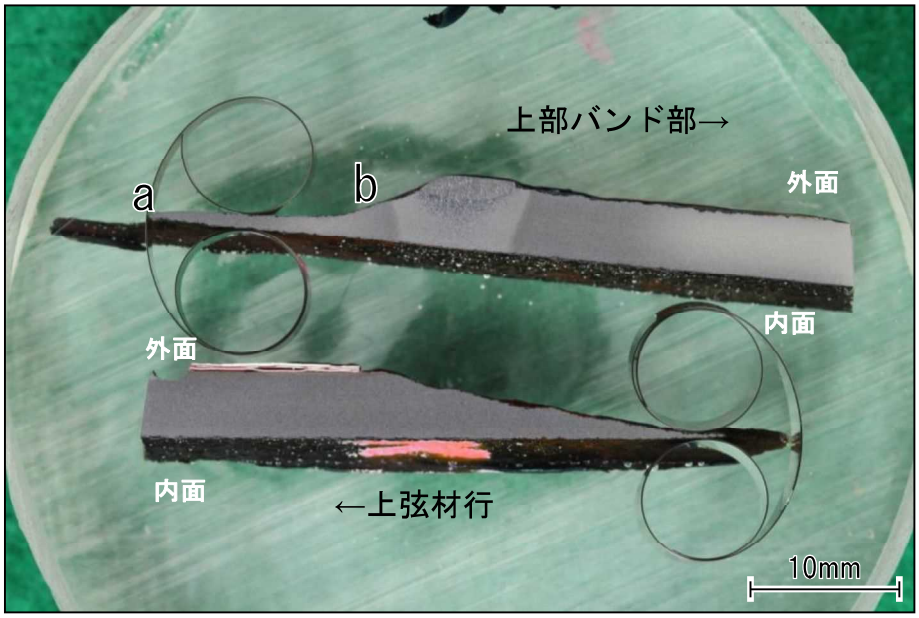
上図ａ部

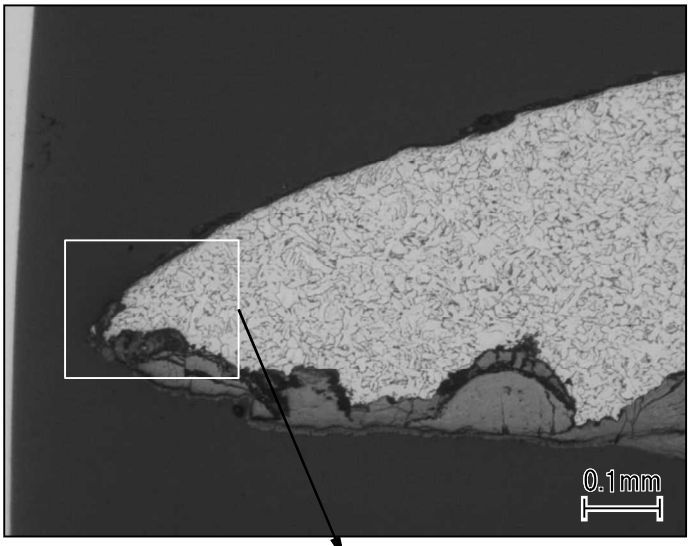


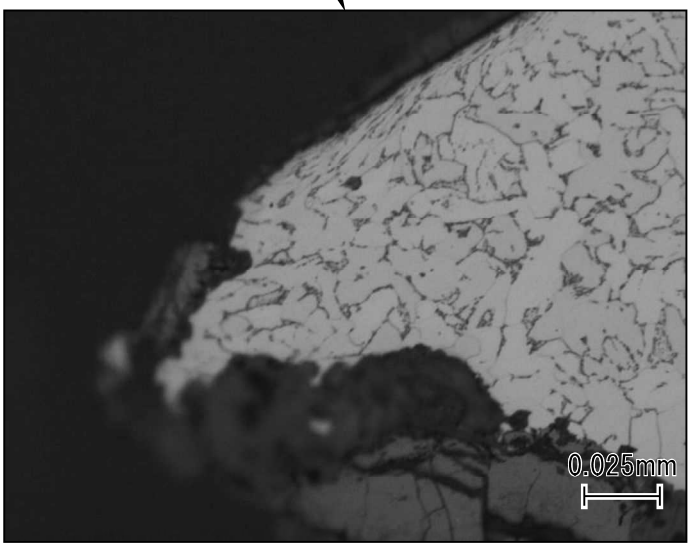


上図ｂ部

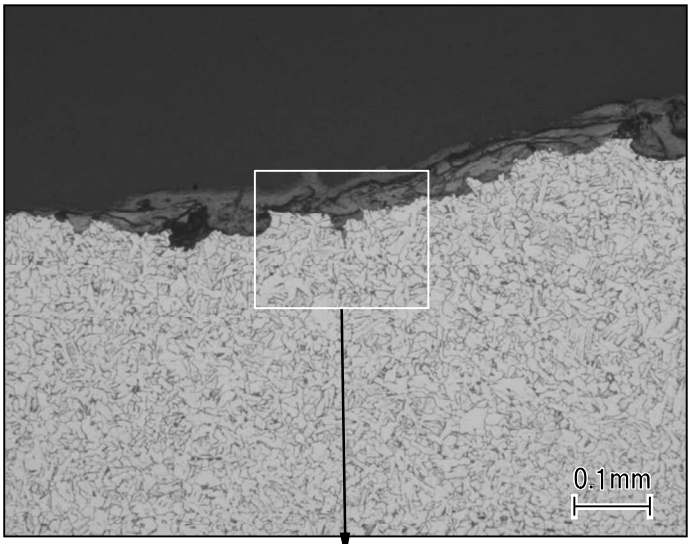
図６０　　断面金属組織
（吊材 Ha-3R 上弦材行）

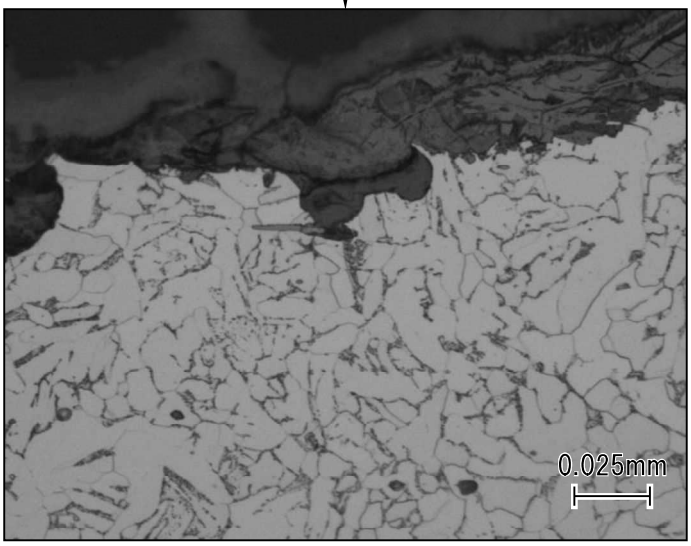






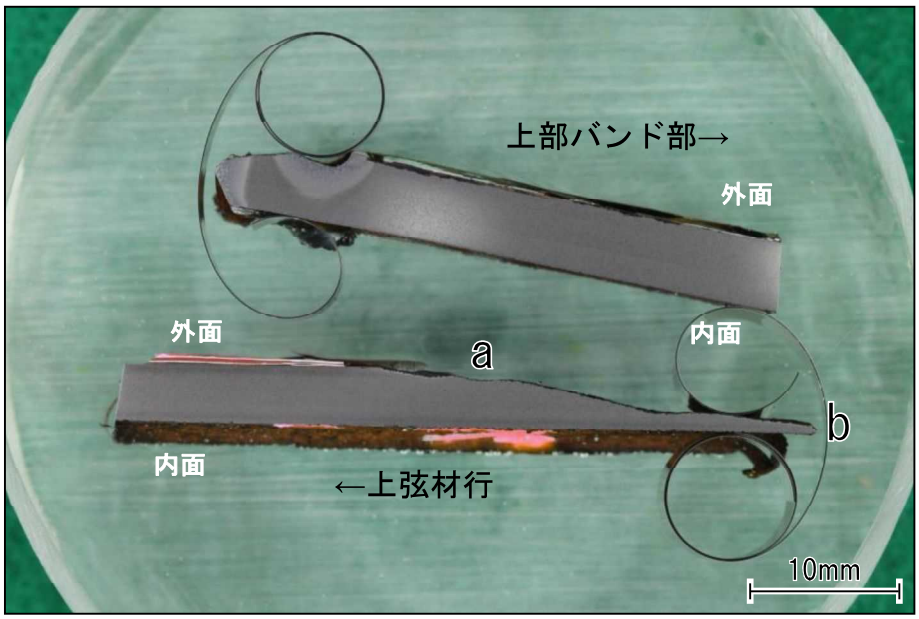
上図ａ部

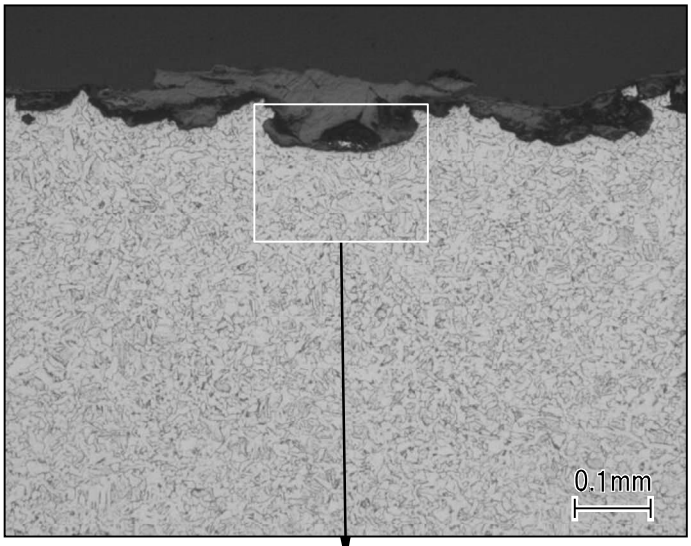


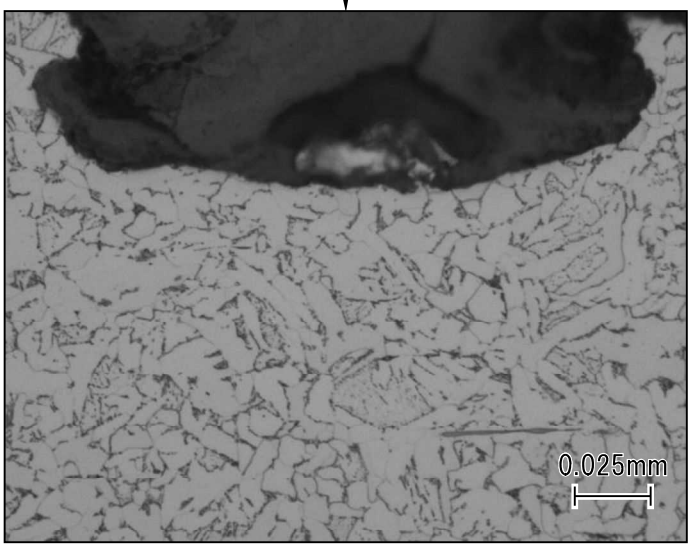


上図ｂ部

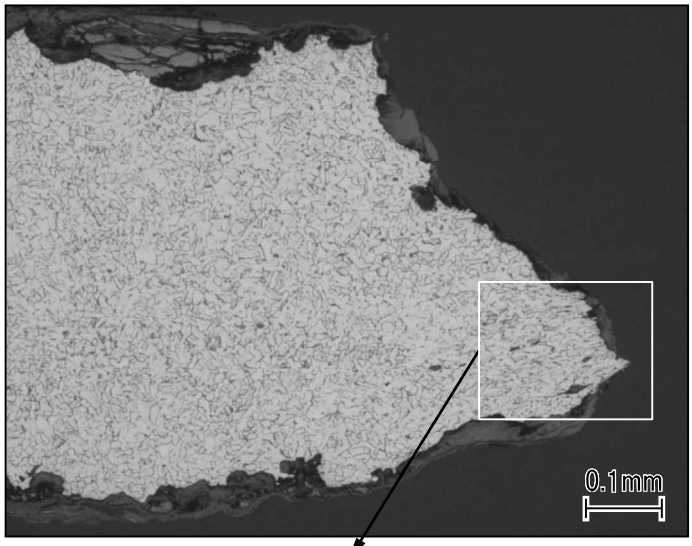
図６１　　断面金属組織
（吊材 Ha-3R 上部バンド部）

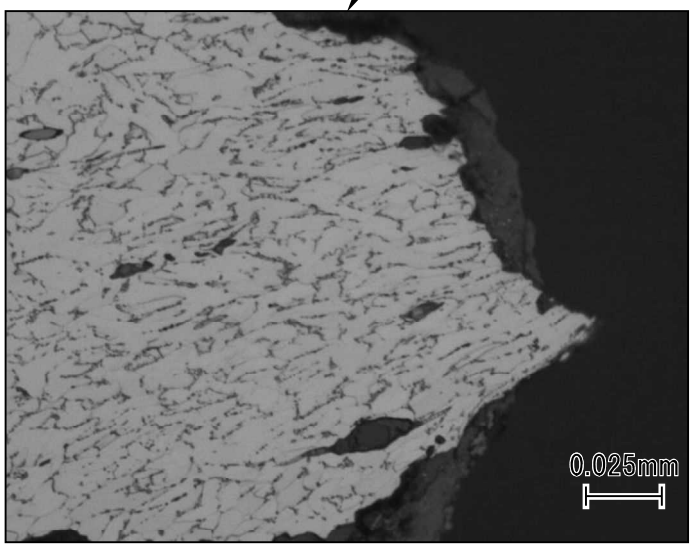






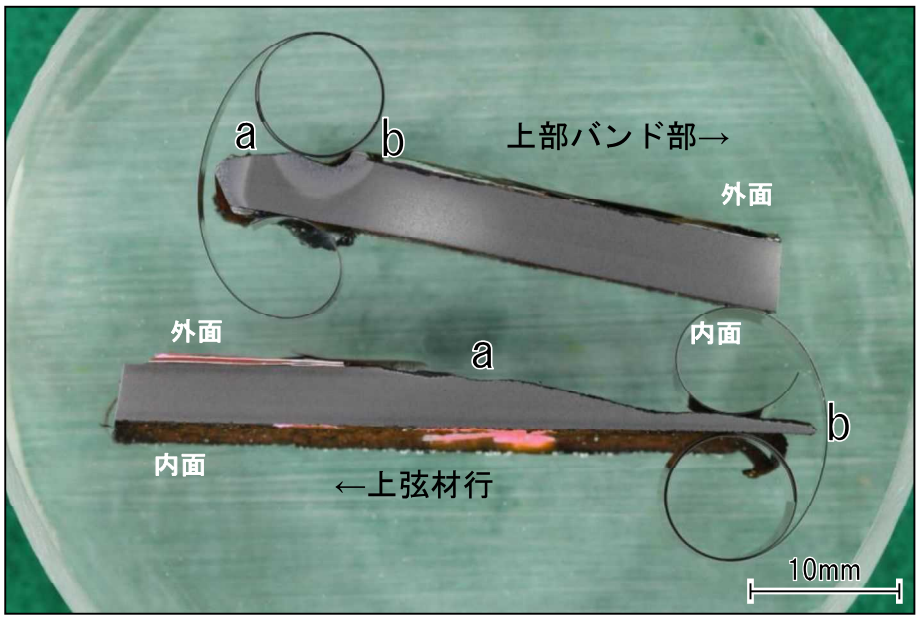
上図ａ部

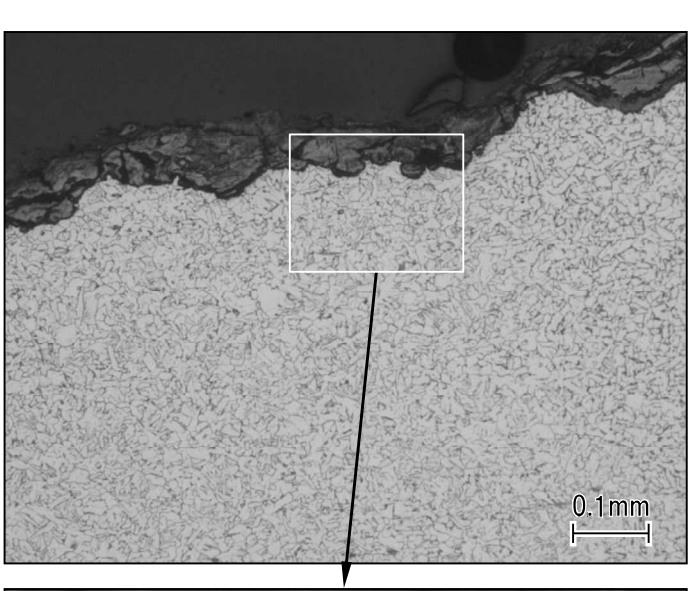


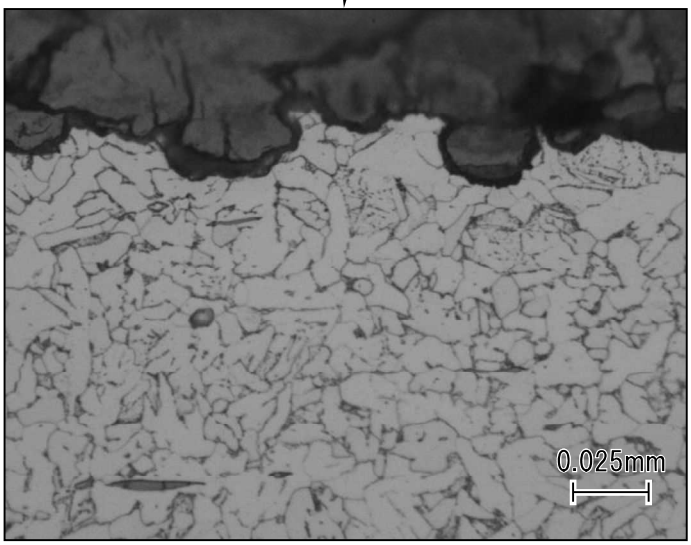


上図ｂ部

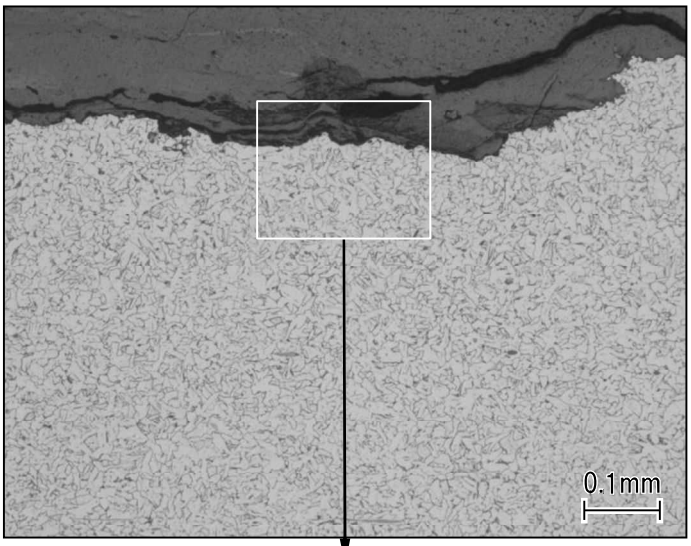
図６２　　断面金属組織
（吊材 Ha-4L 上弦材行）

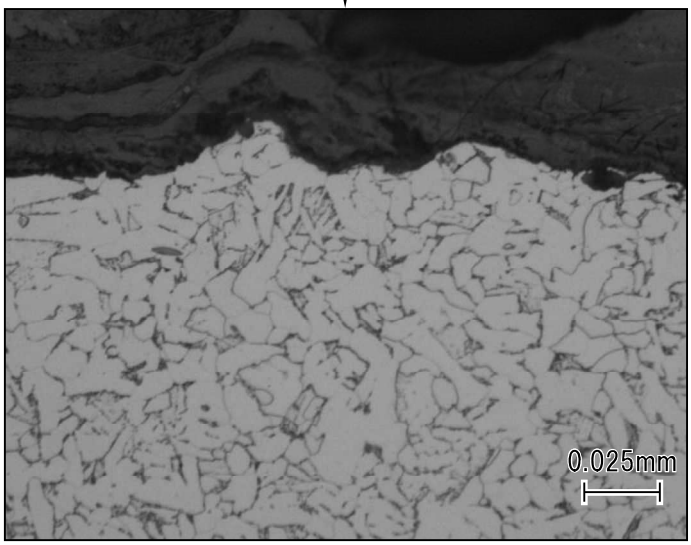






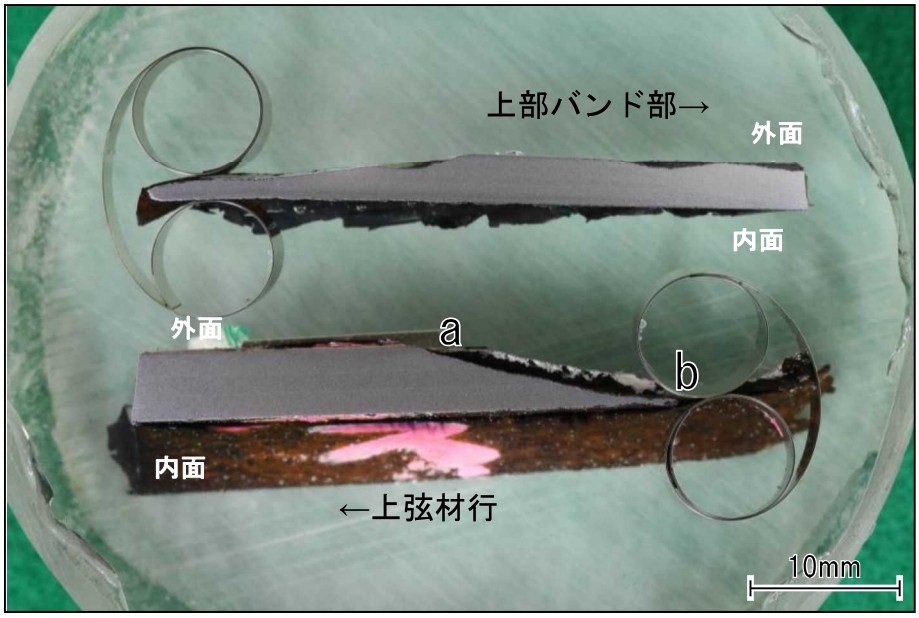
上図ａ部

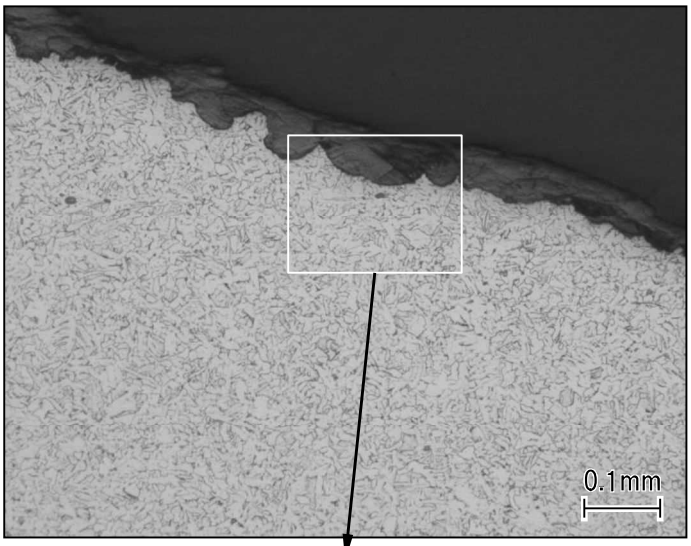


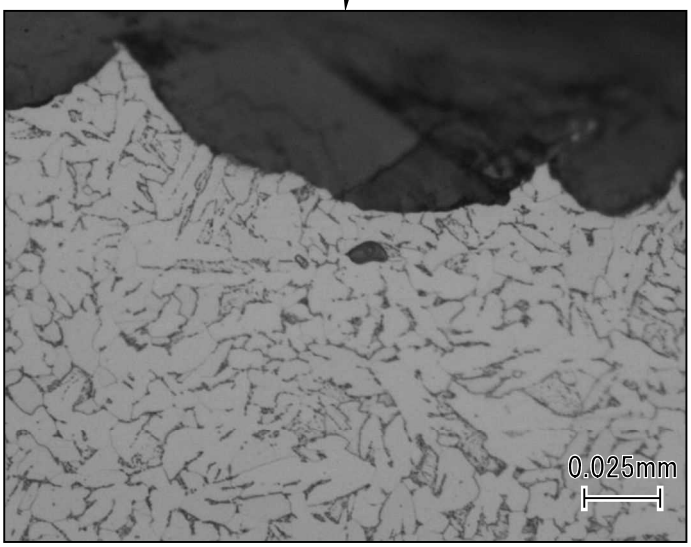


上図ｂ部

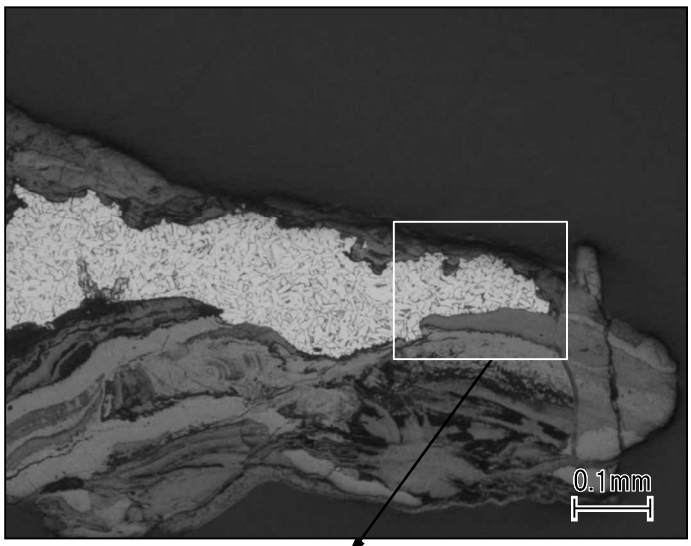
図６３　　断面金属組織
（吊材 Ha-4L 上部バンド部）

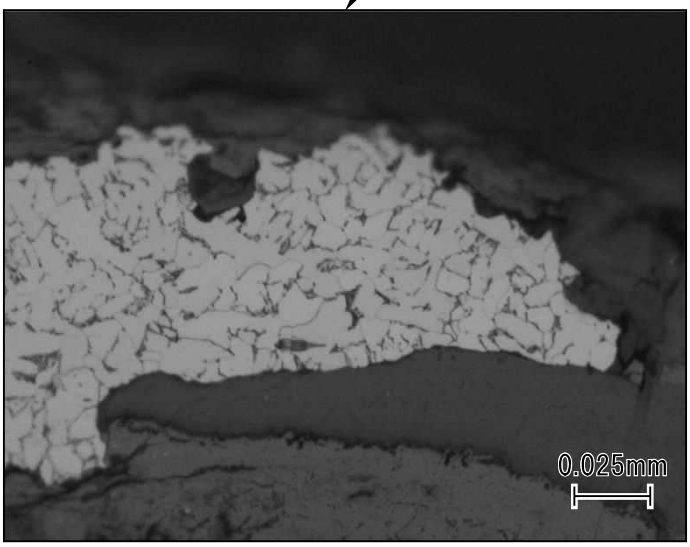






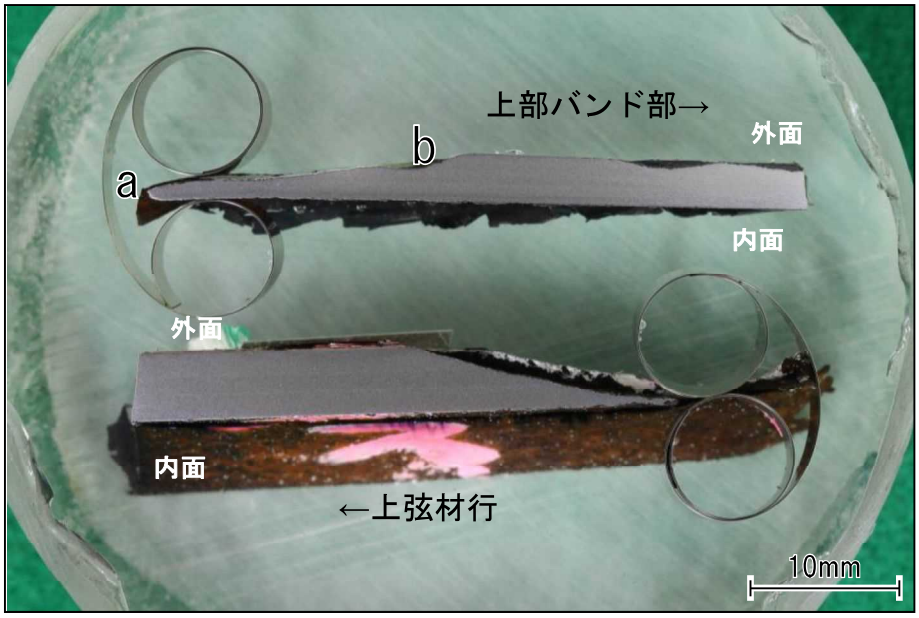
上図ａ部

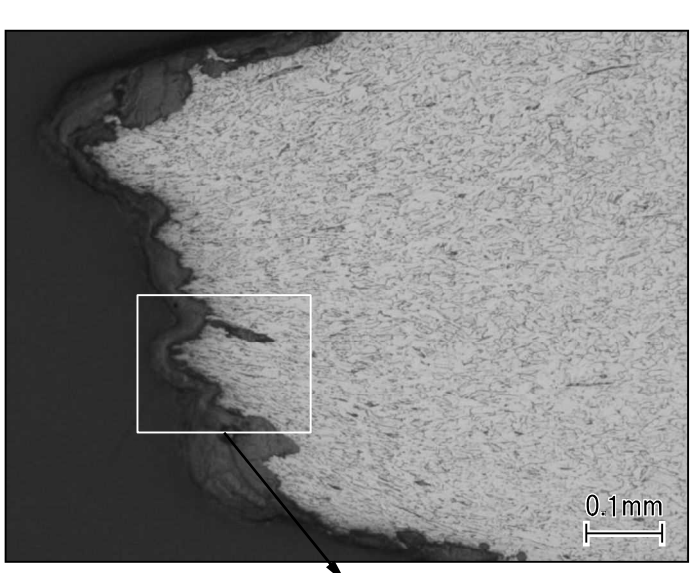


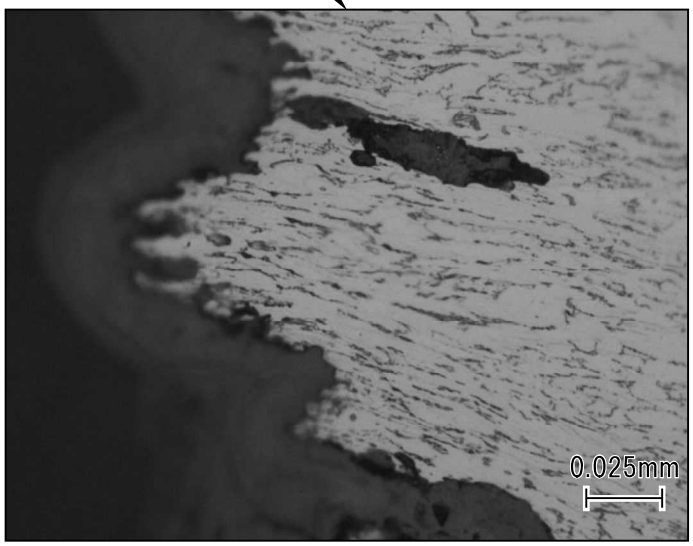


上図ｂ部

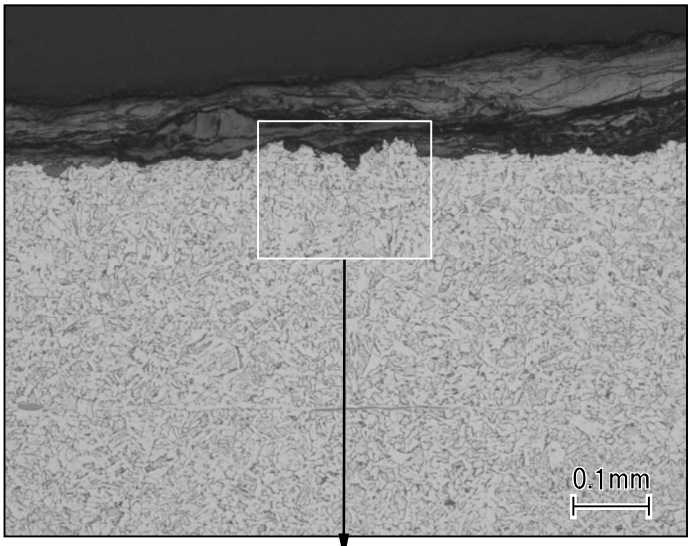
図６４　　断面金属組織
（吊材 Ha-4R 上弦材行）

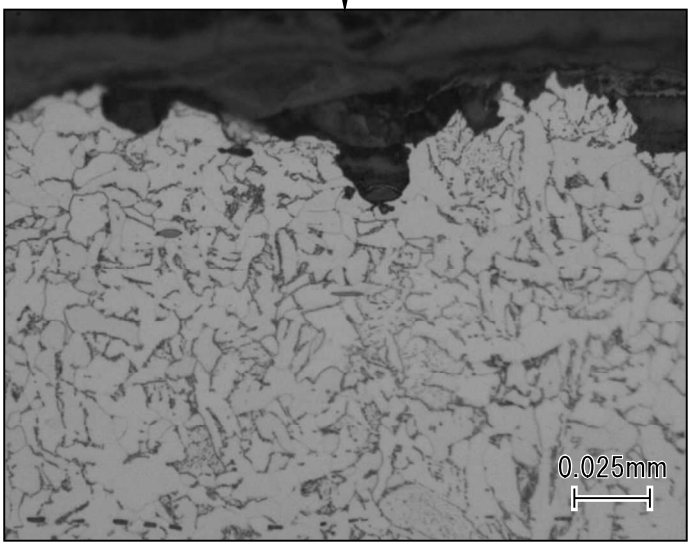






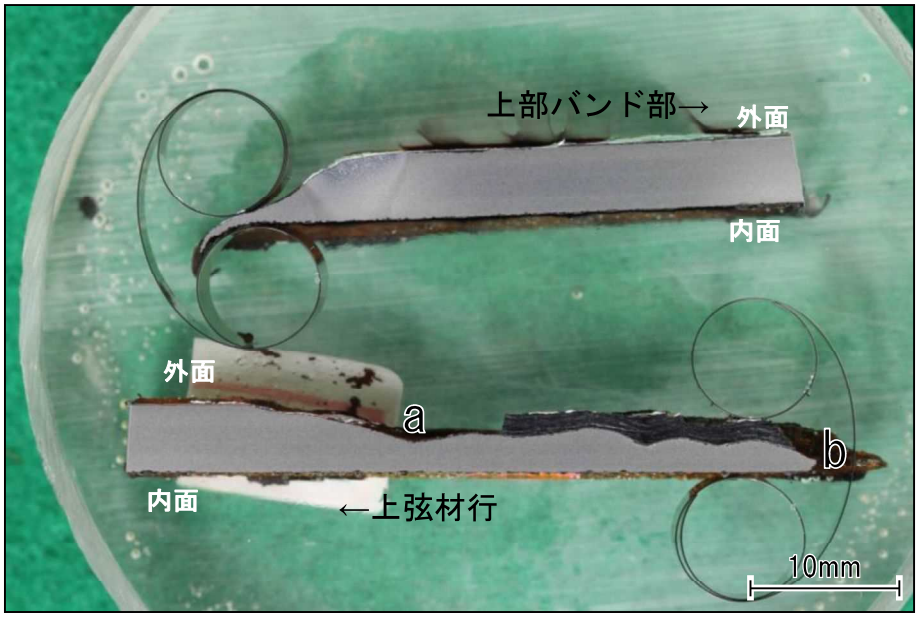
上図ａ部

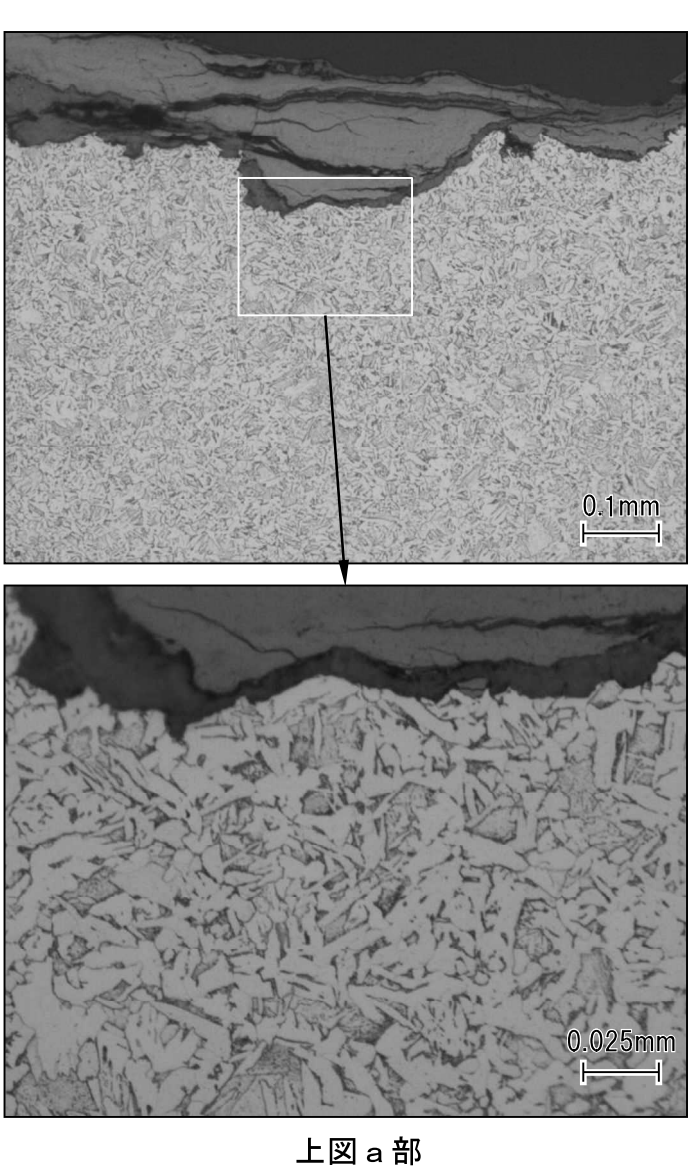




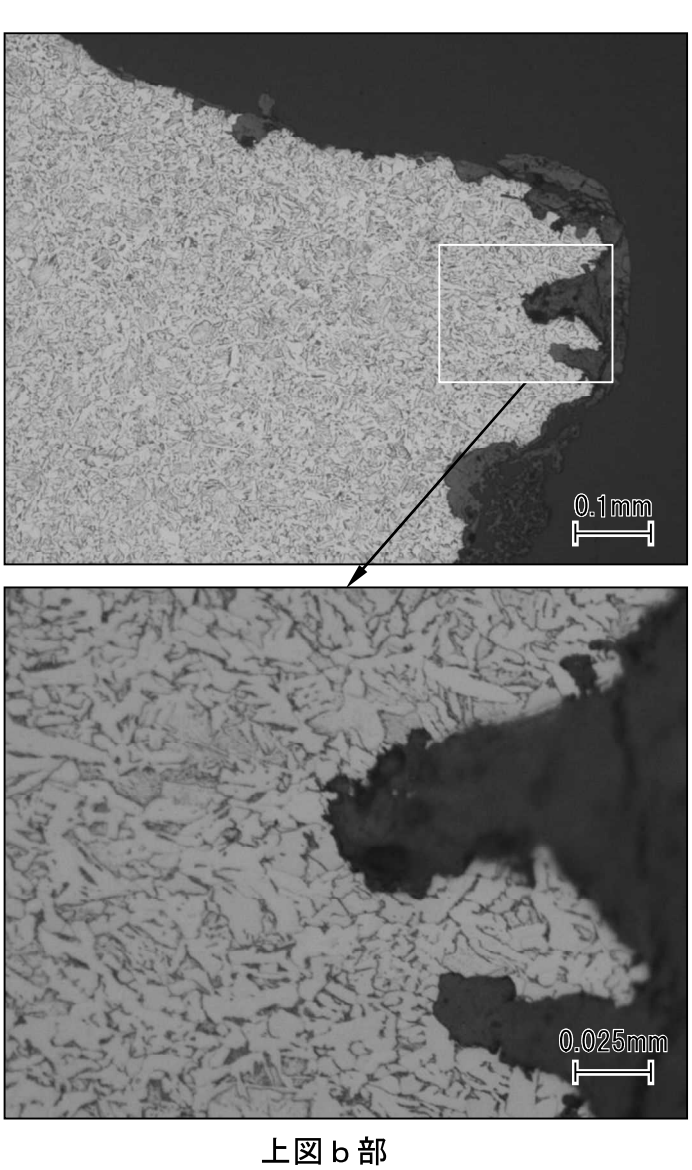
上図ｂ部

図６５　　断面金属組織
（吊材 Ha-4R 上部バンド部）



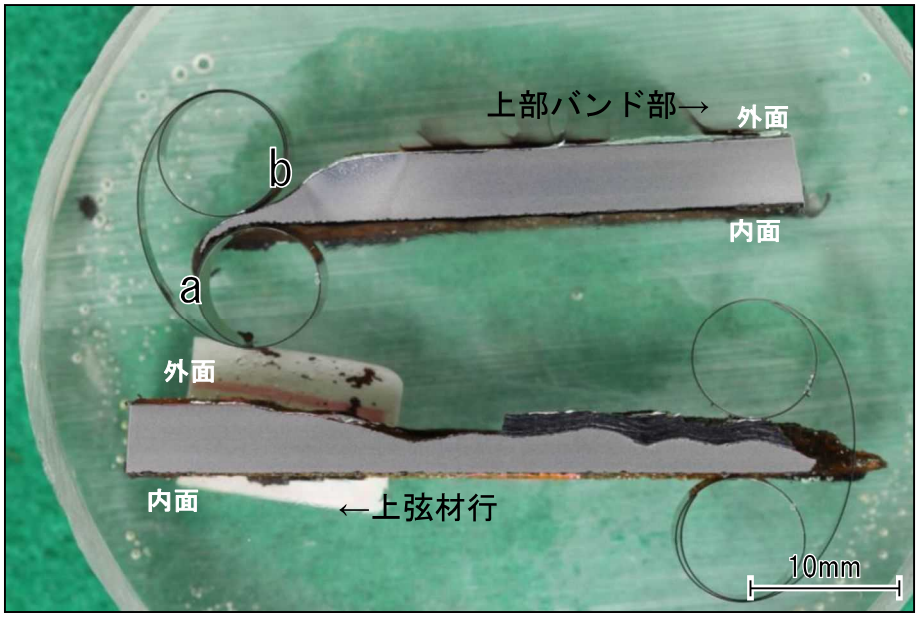


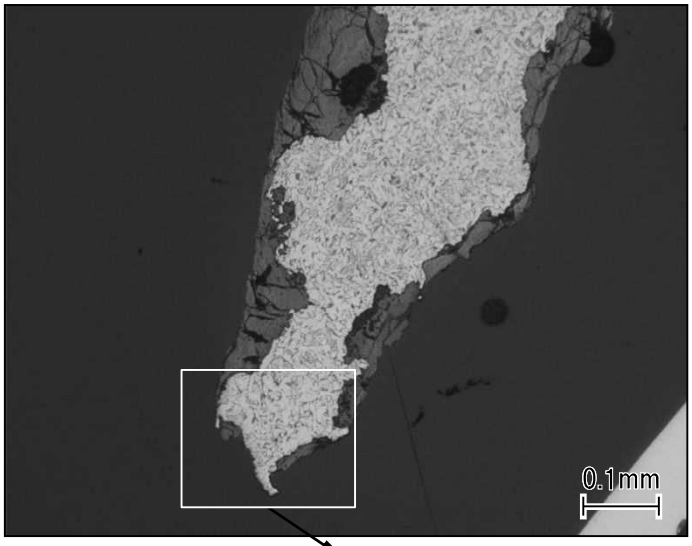
上図ａ部

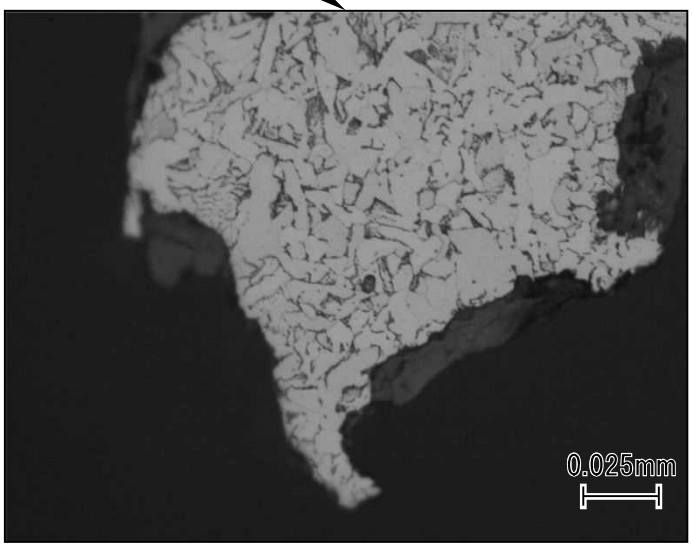


上図ｂ部

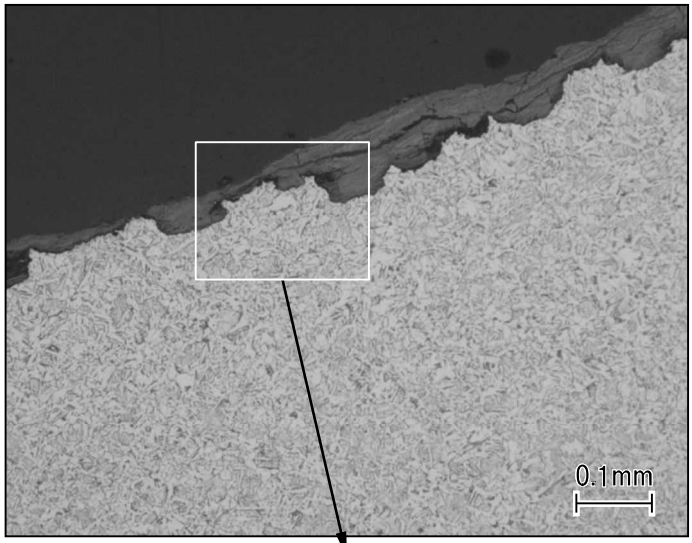
図６６　　断面金属組織
（吊材 Ha-5L 上弦材行）

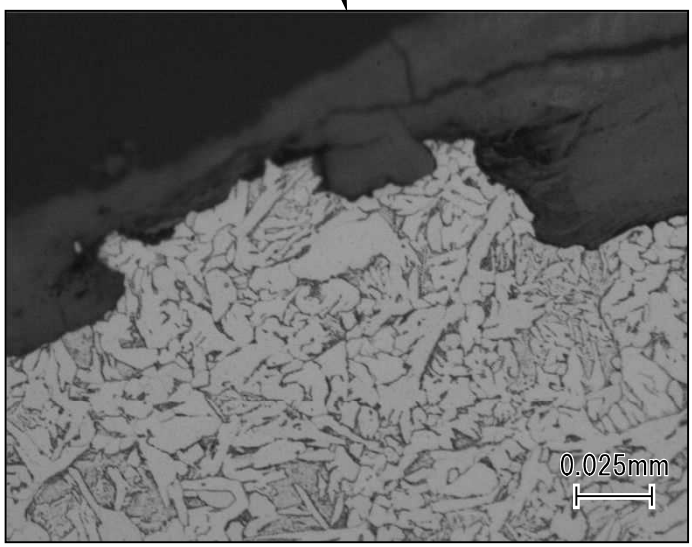






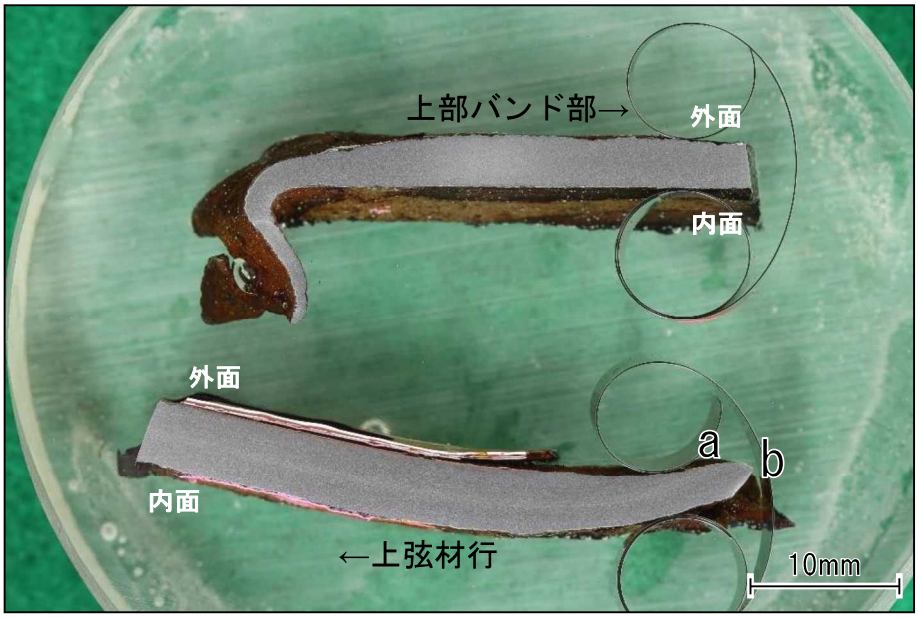
上図ａ部

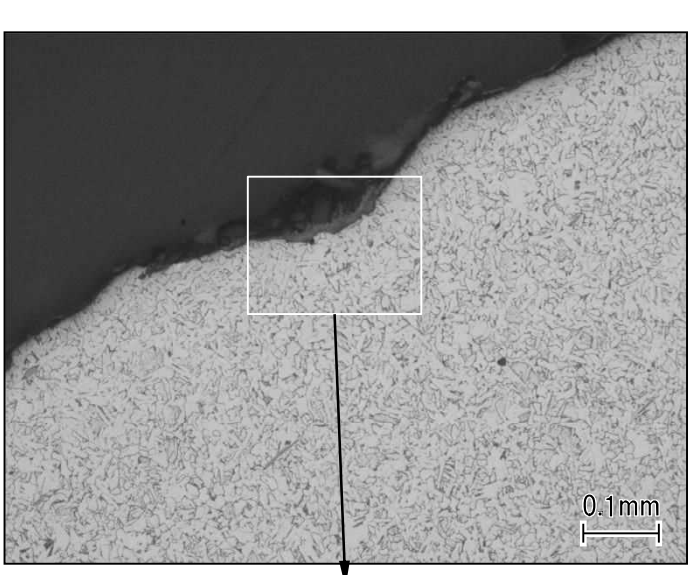


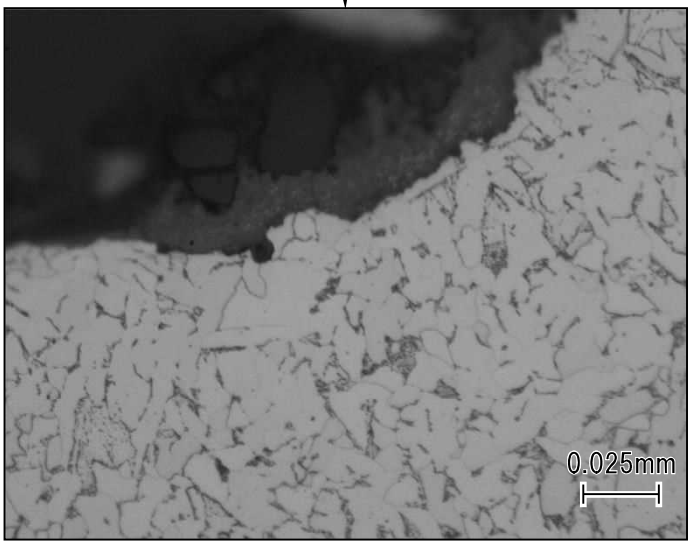


上図ｂ部

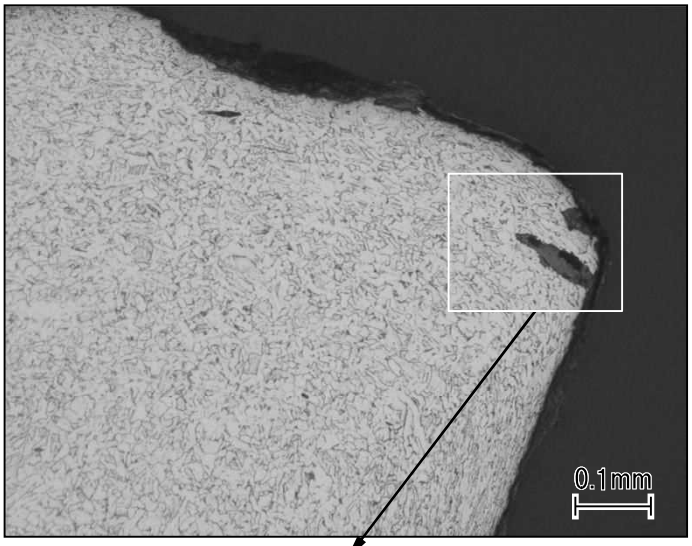
図６７　　断面金属組織
（吊材 Ha-5L 上部バンド部）

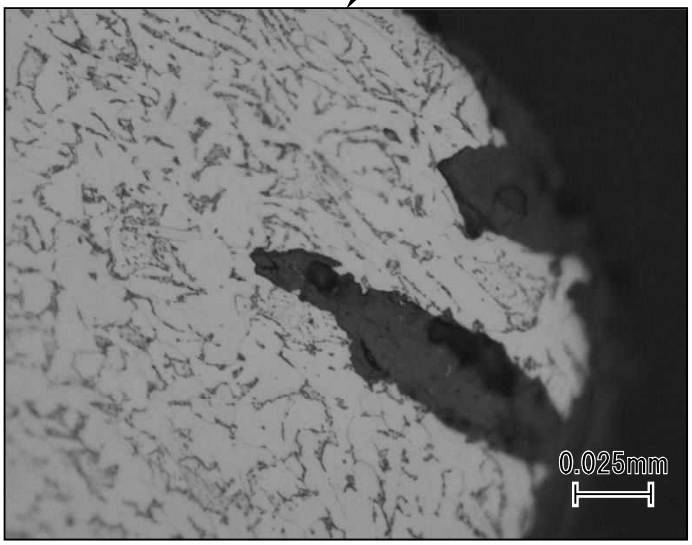






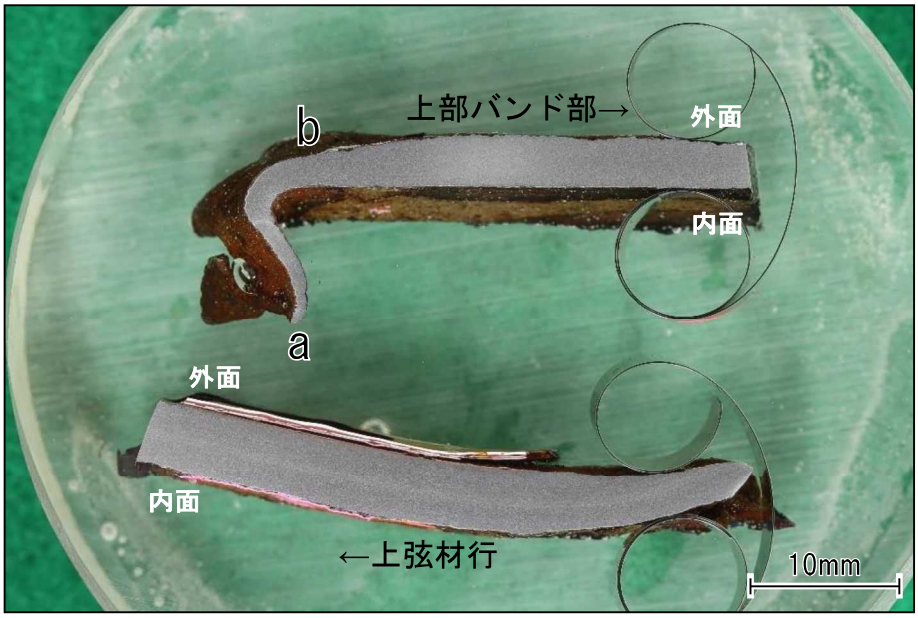
上図ａ部

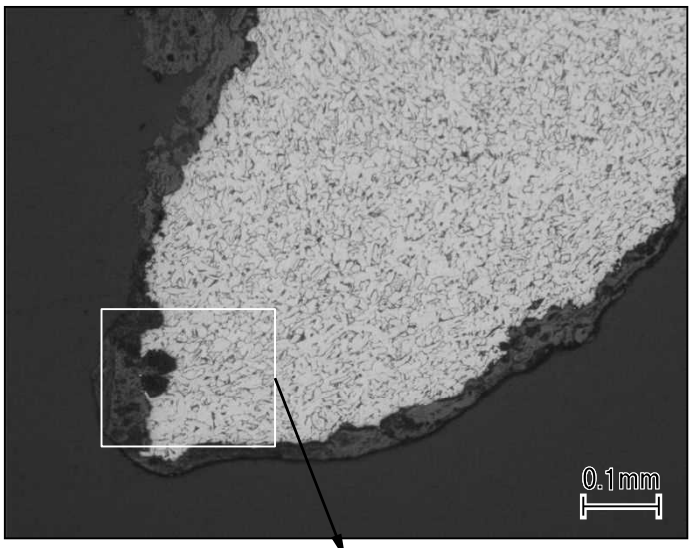


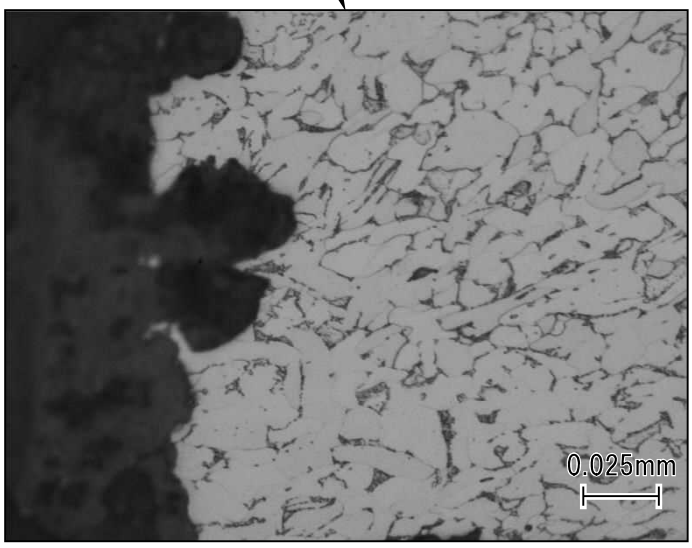


上図ｂ部

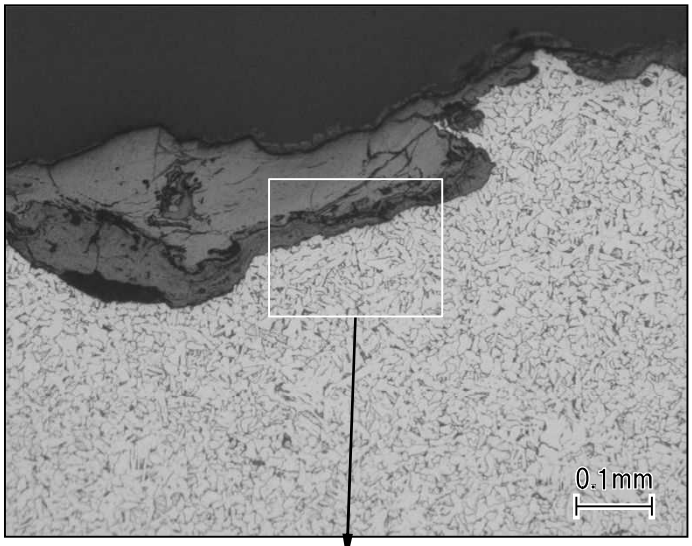
図６８　　断面金属組織
（吊材 Ha-6L 上弦材行）

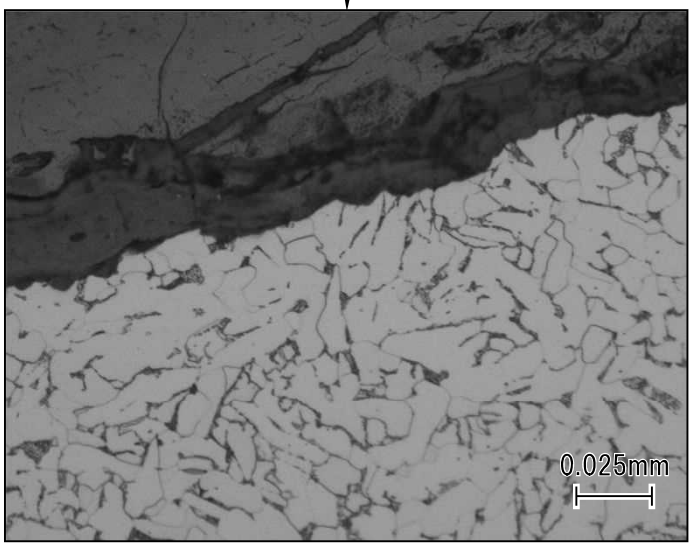






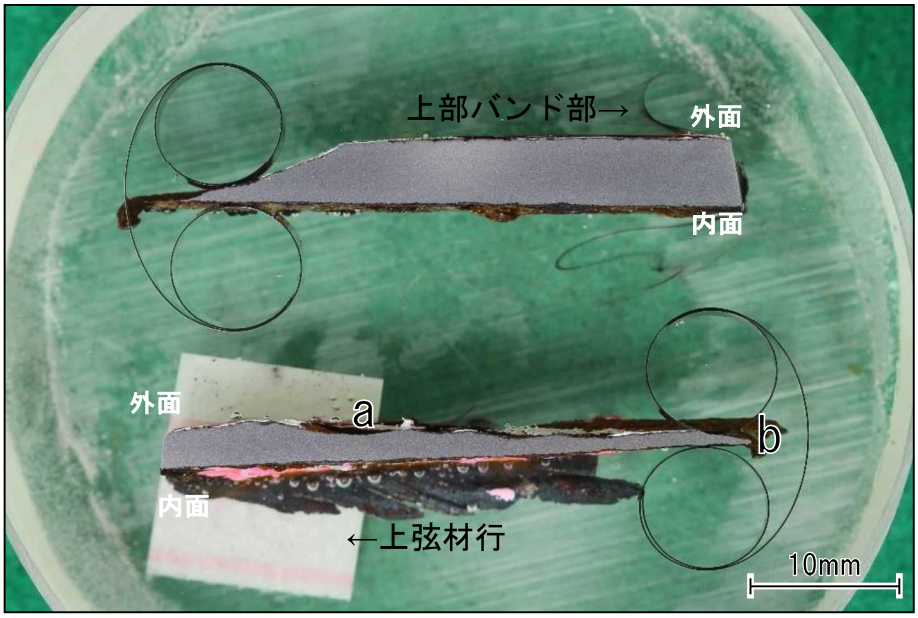
上図ａ部

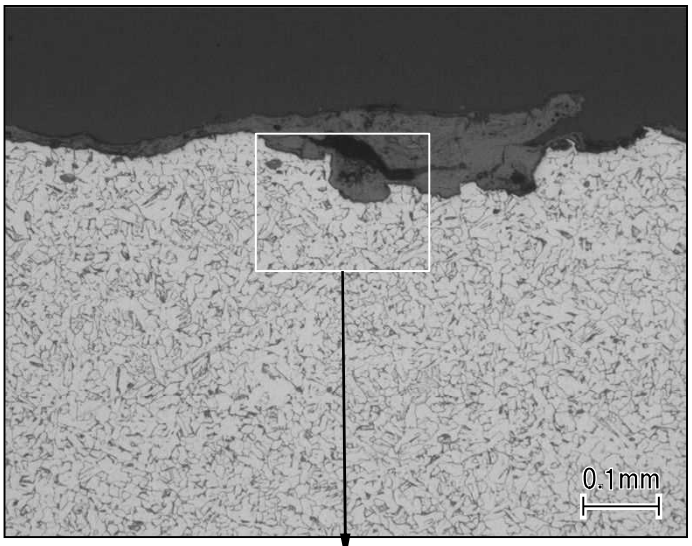


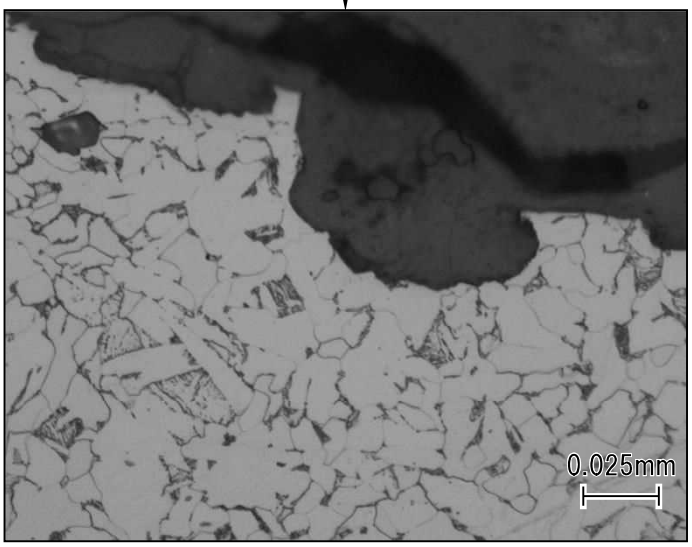


上図ｂ部

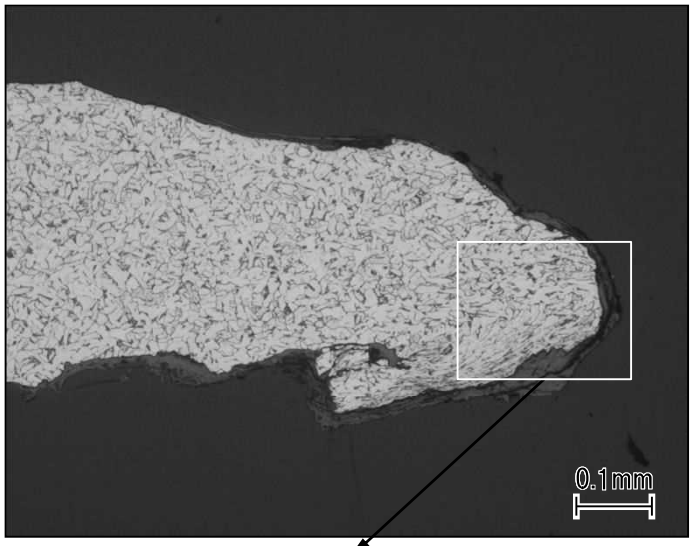
図６９　　断面金属組織
（吊材 Ha-6L 上部バンド部）

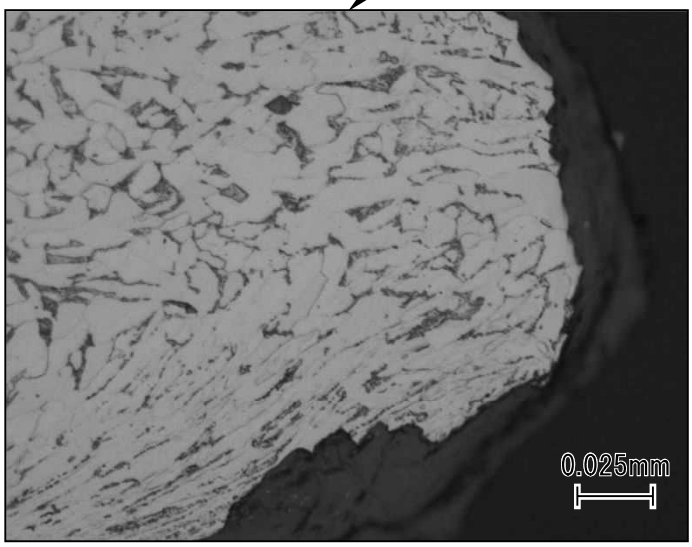






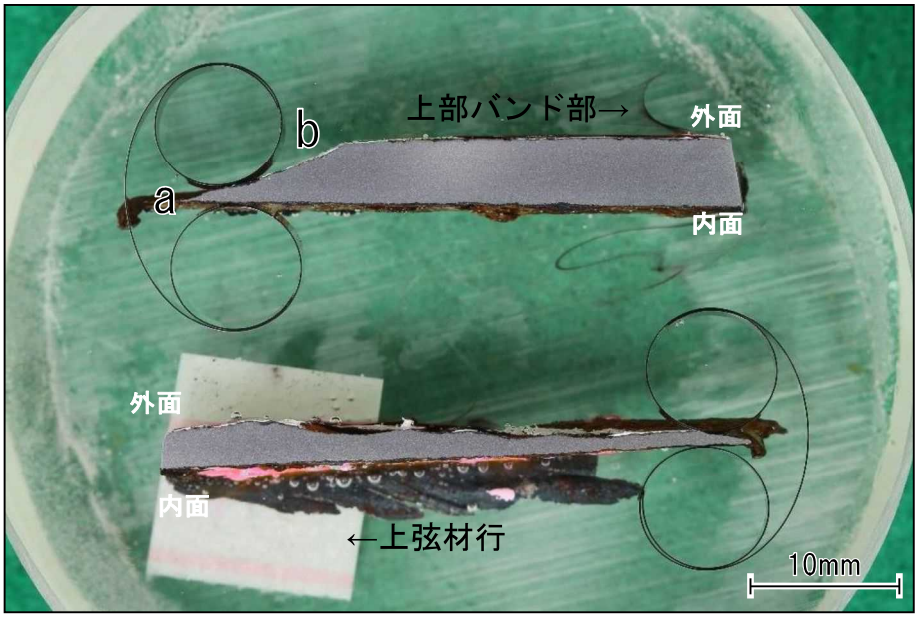
上図ａ部

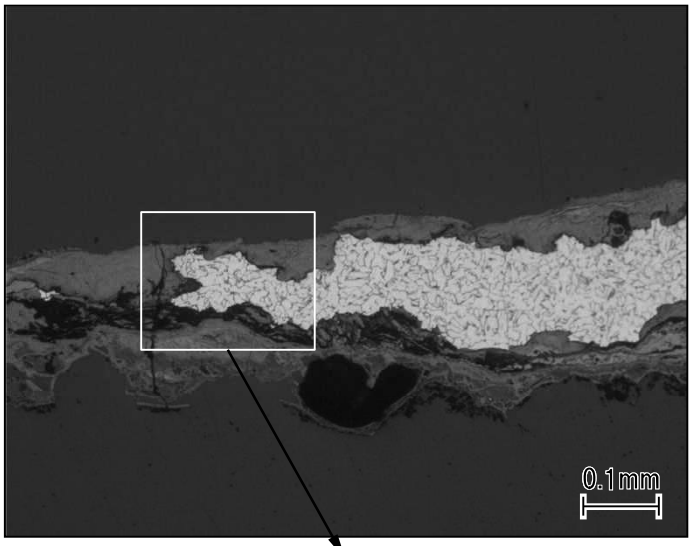


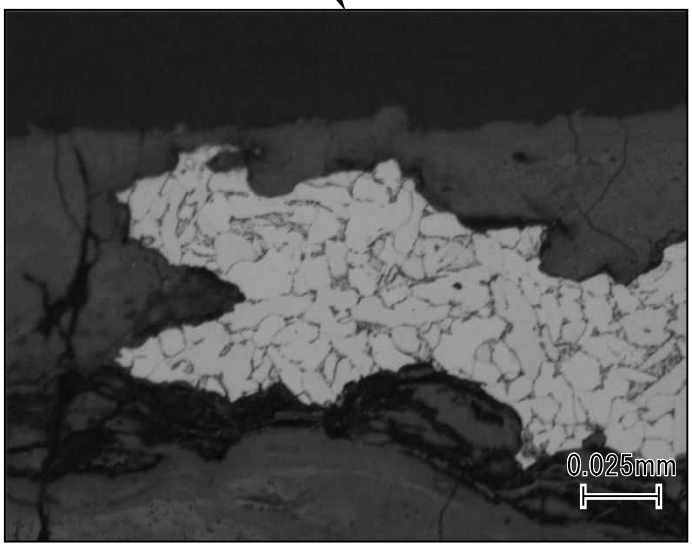


上図ｂ部

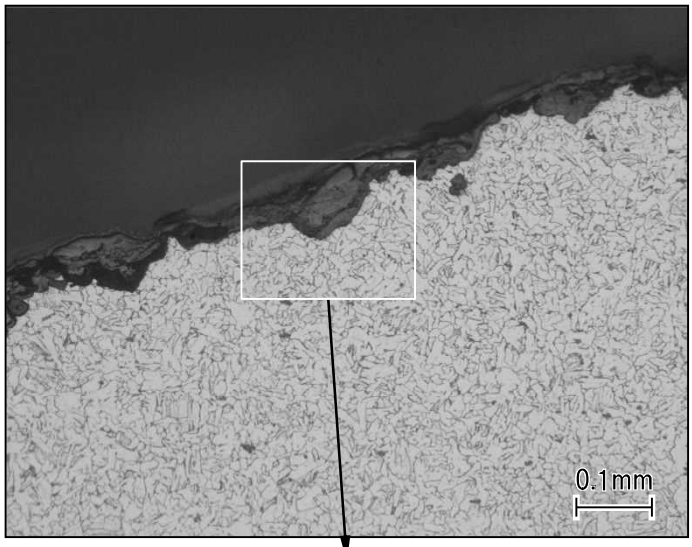
図７０　　断面金属組織
（吊材 Ha-6R 上弦材行）

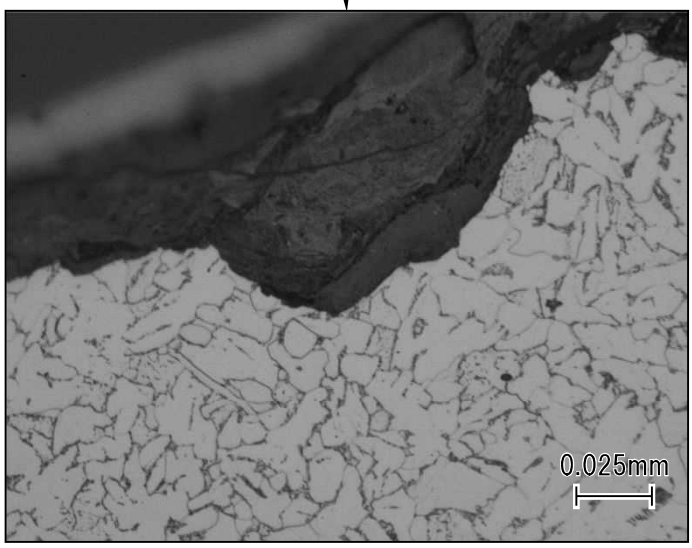






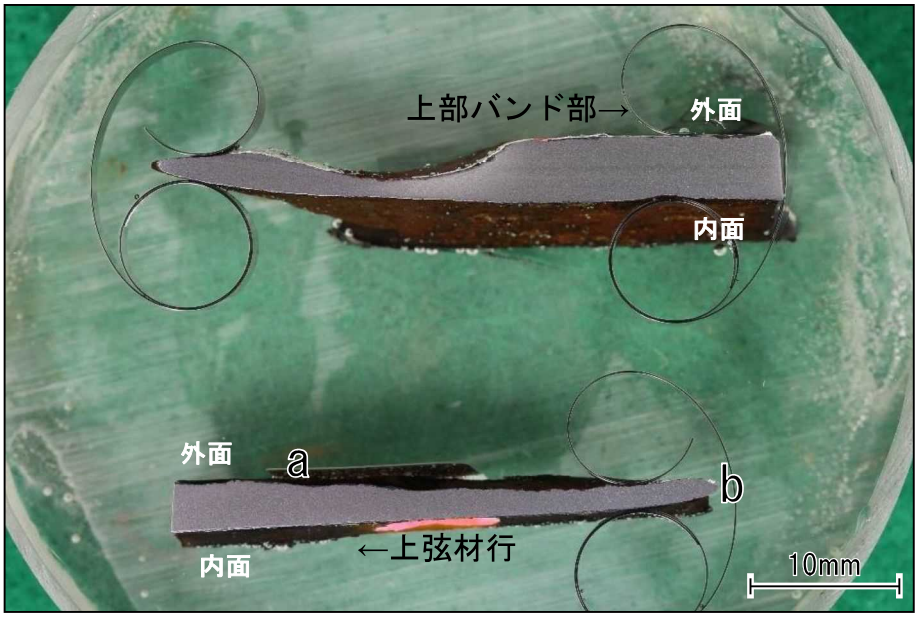
上図ａ部

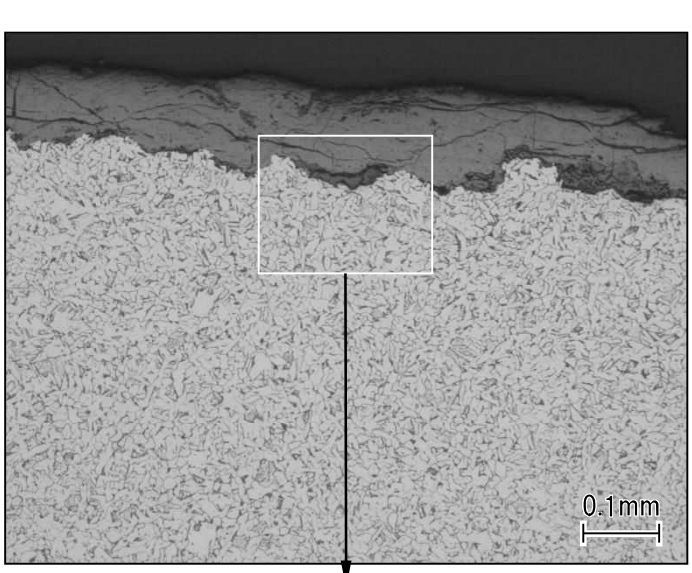


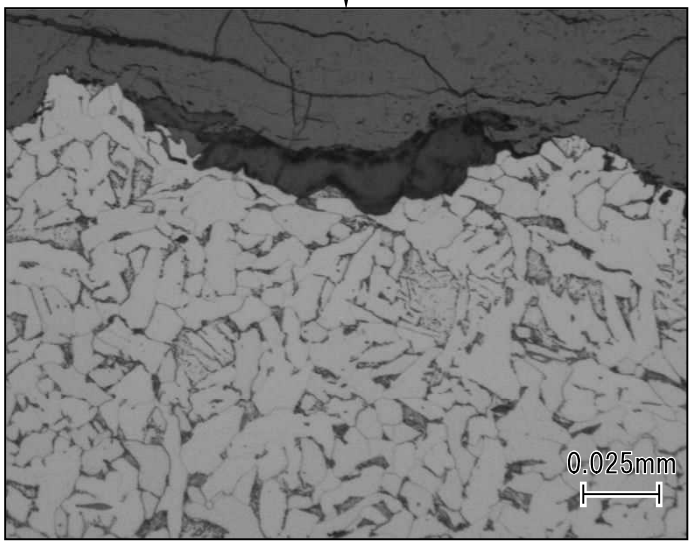


上図ｂ部

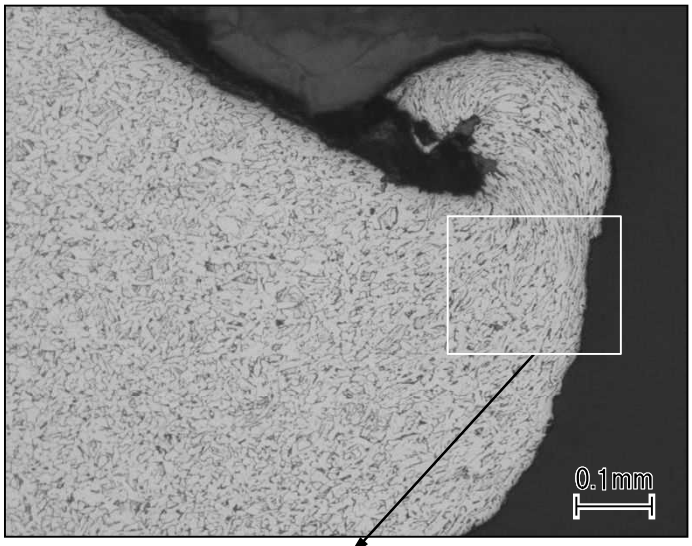
図７１　　断面金属組織
（吊材 Ha-6R 上部バンド部）

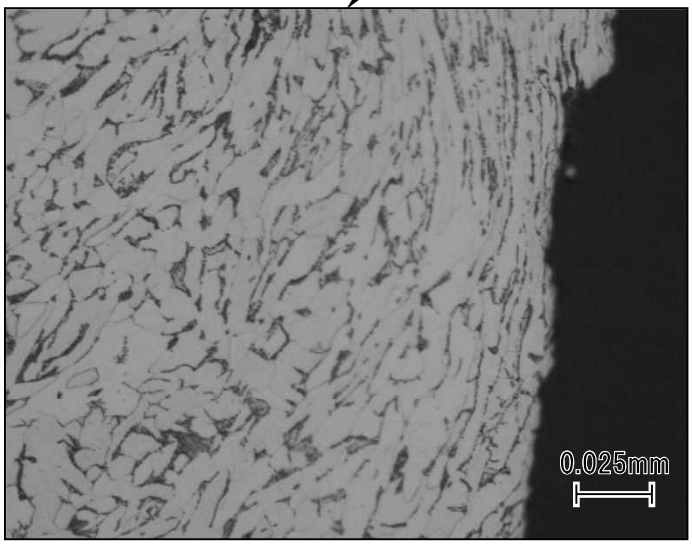






上図ａ部

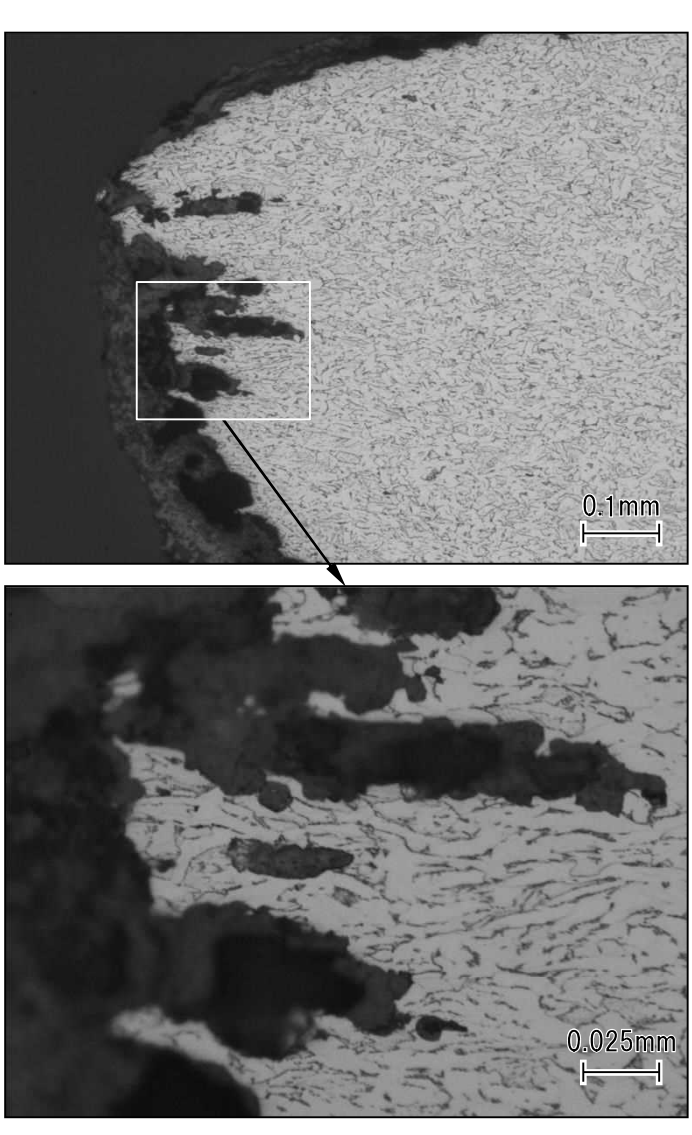




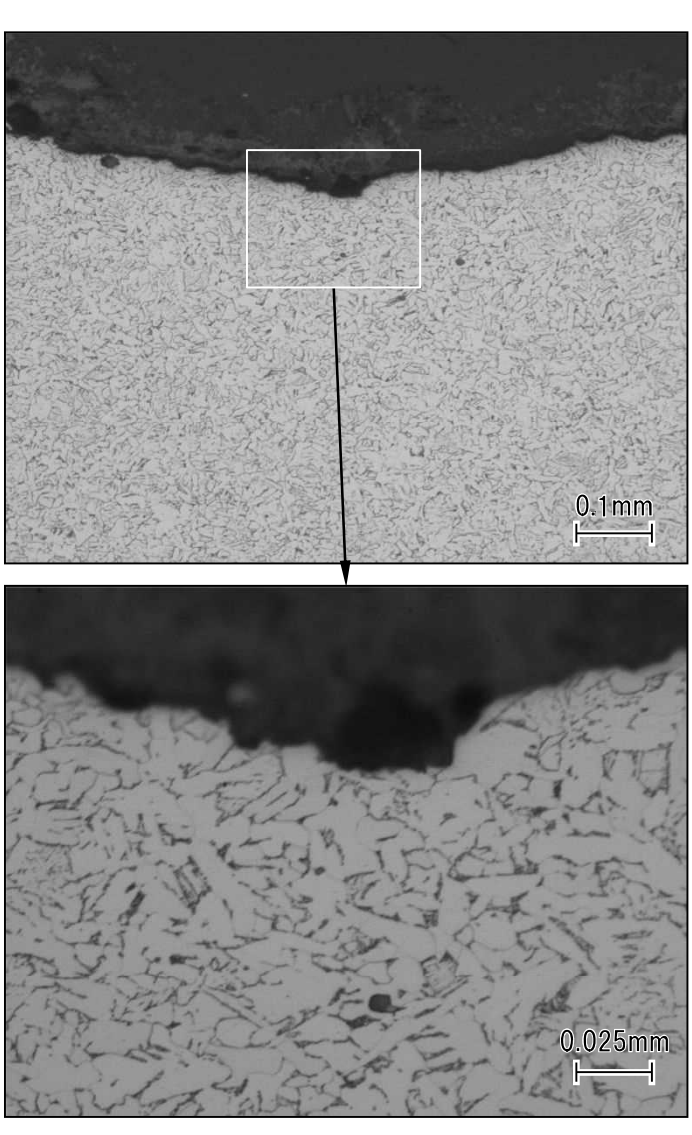
上図ｂ部

図７２　　断面金属組織
（吊材 Ha-7L 上弦材行）





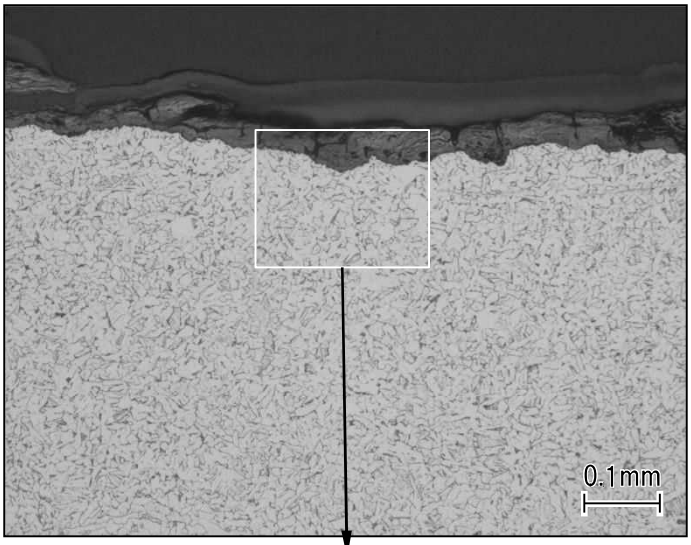
上図ａ部

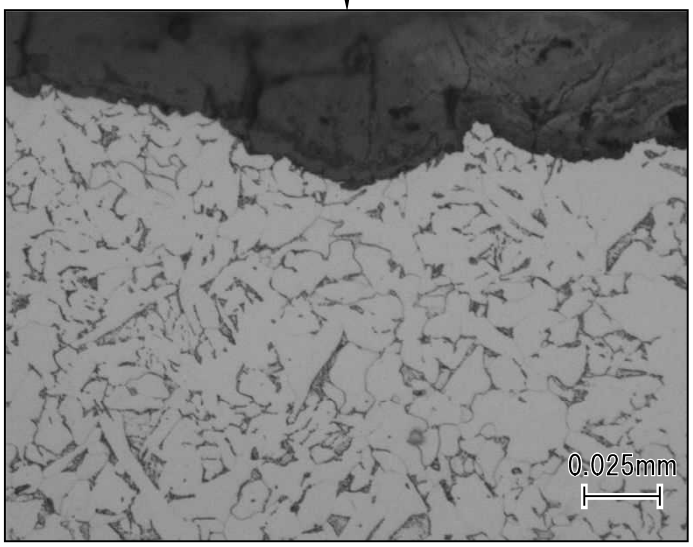


上図ｂ部

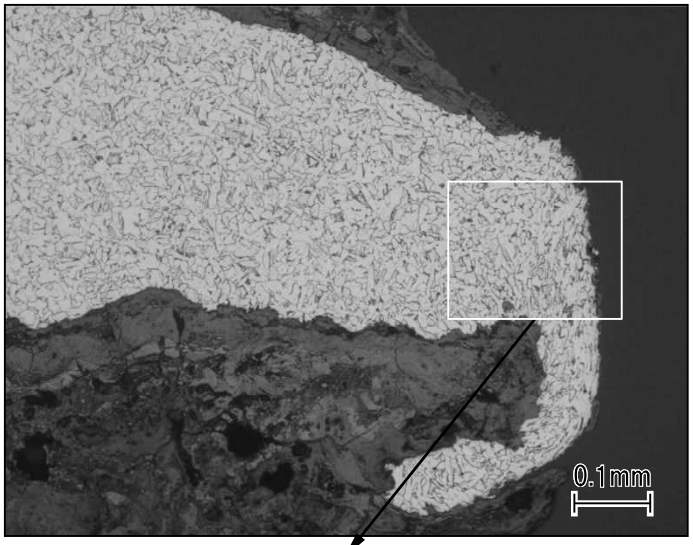
図７３　　断面金属組織
（吊材 Ha-7L 上部バンド部）

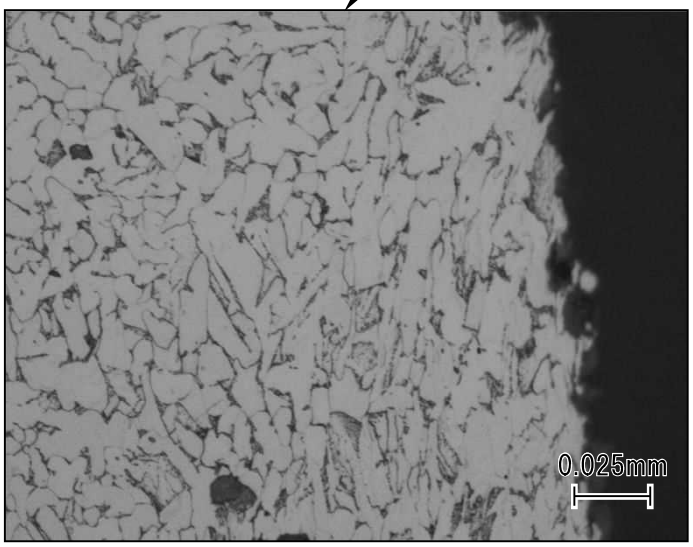






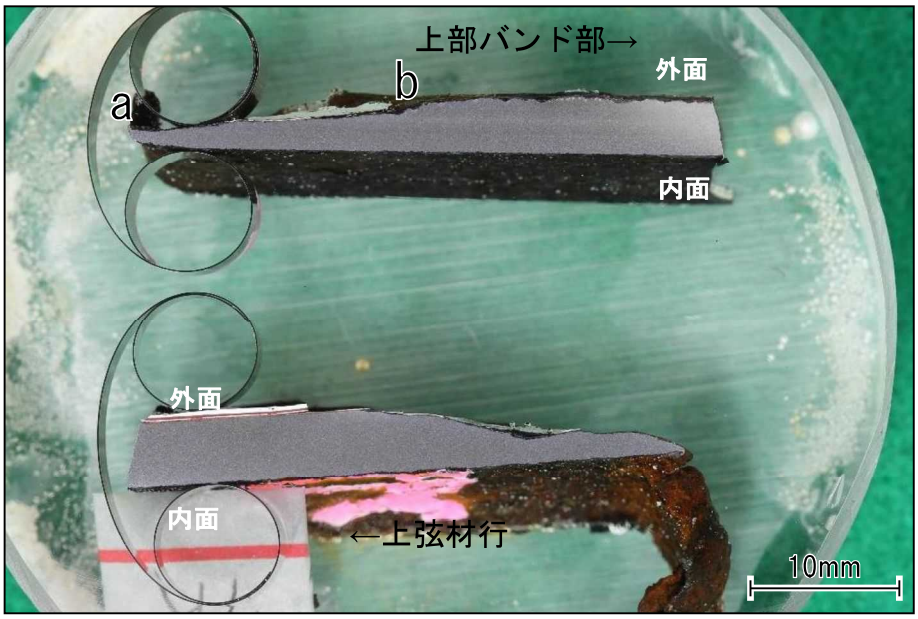
上図ａ部

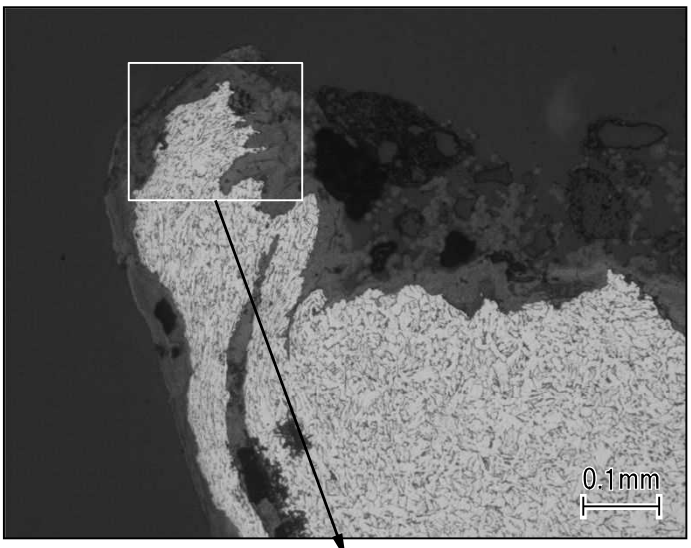


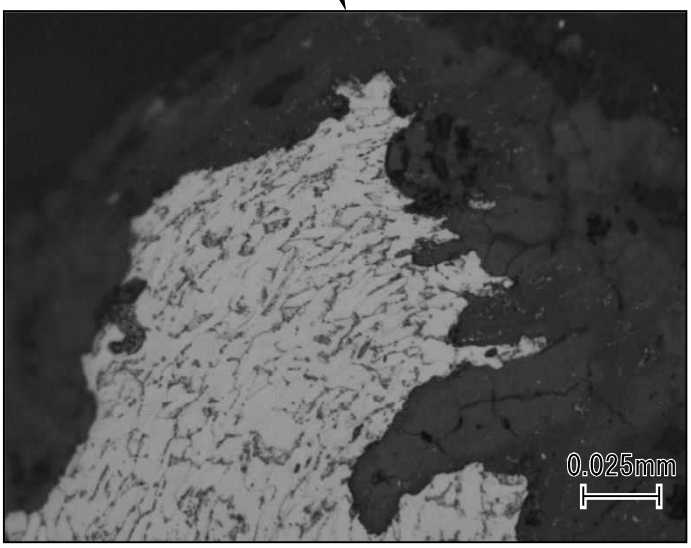


上図ｂ部

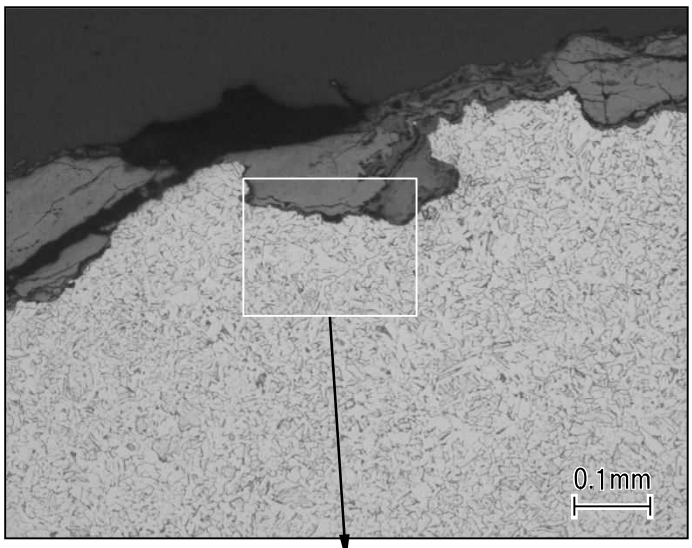
図７４　　断面金属組織
（吊材 Ha-7R 上弦材行）

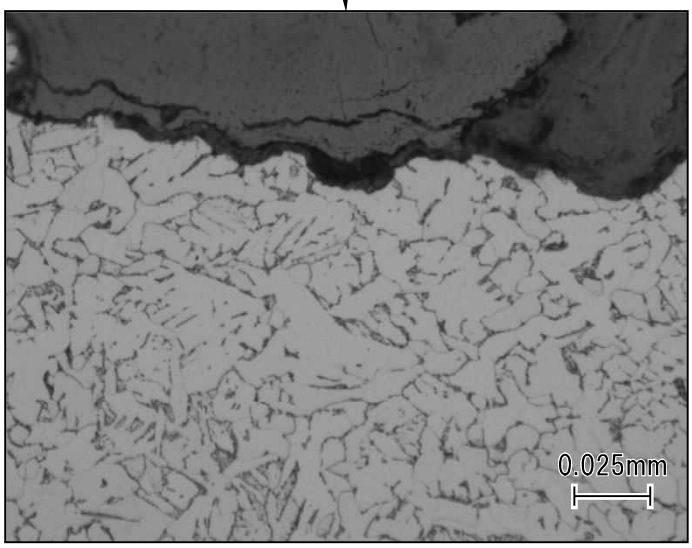






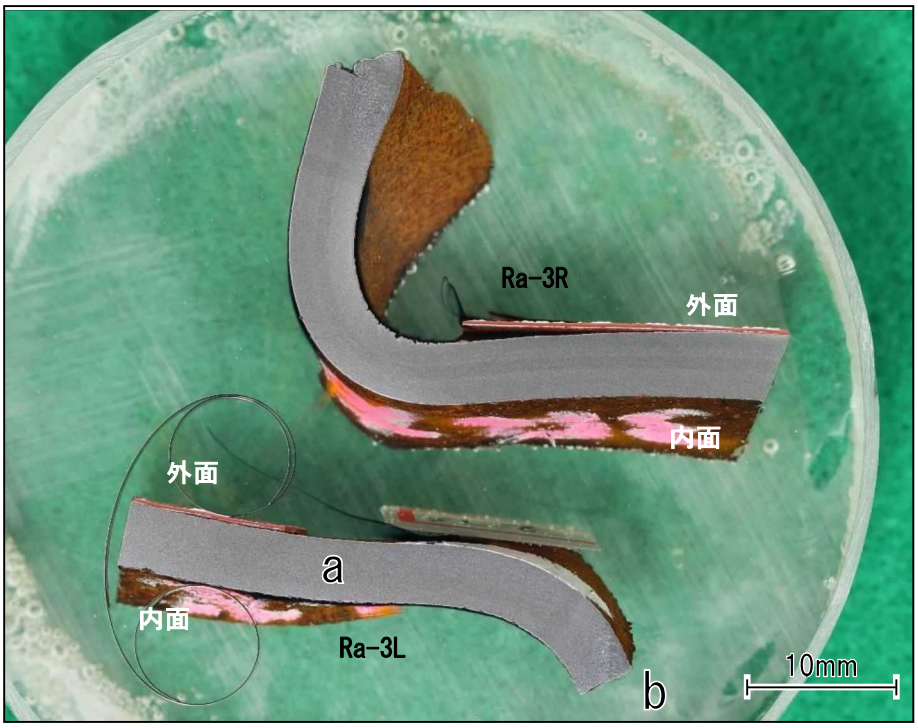
上図ａ部

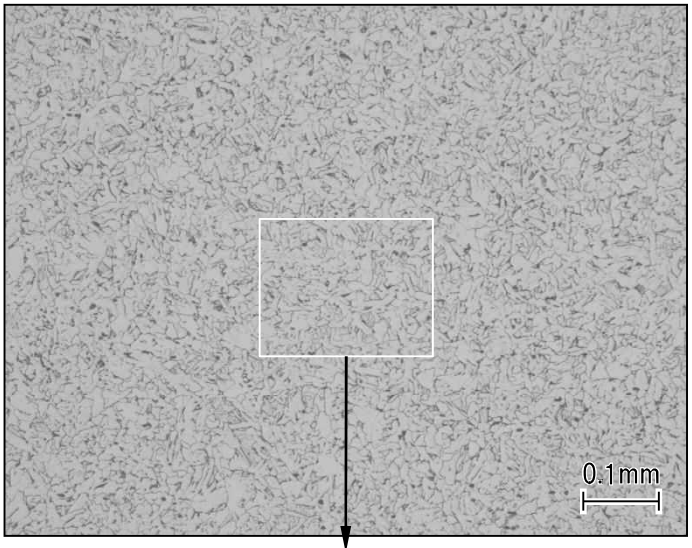




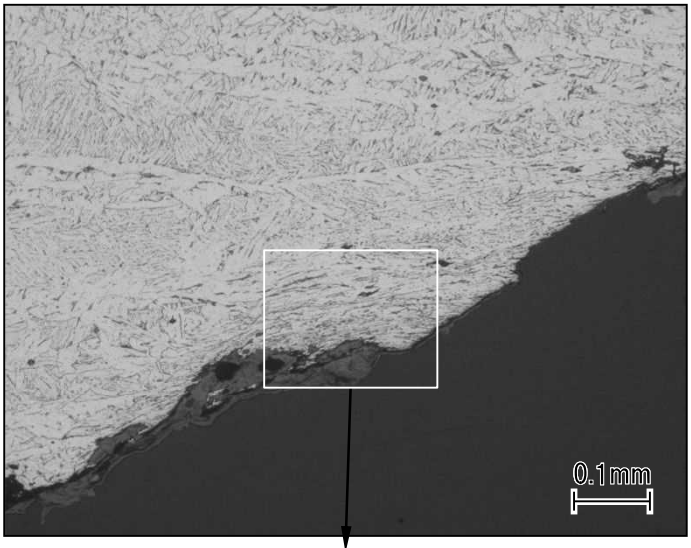
上図ｂ部

図７５　　断面金属組織
（吊材 Ha-7R 上部バンド部）



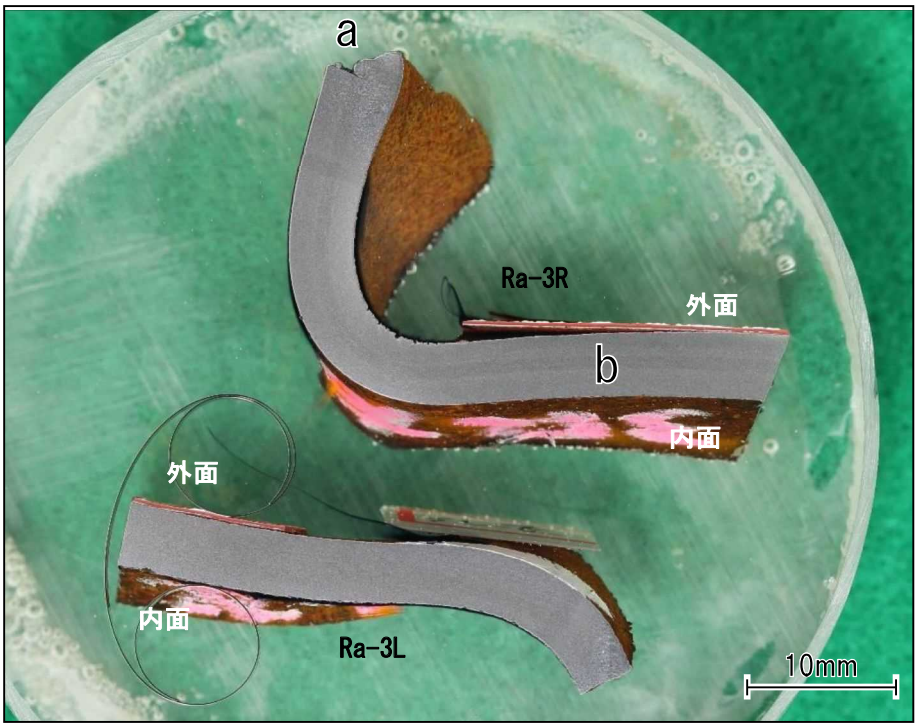


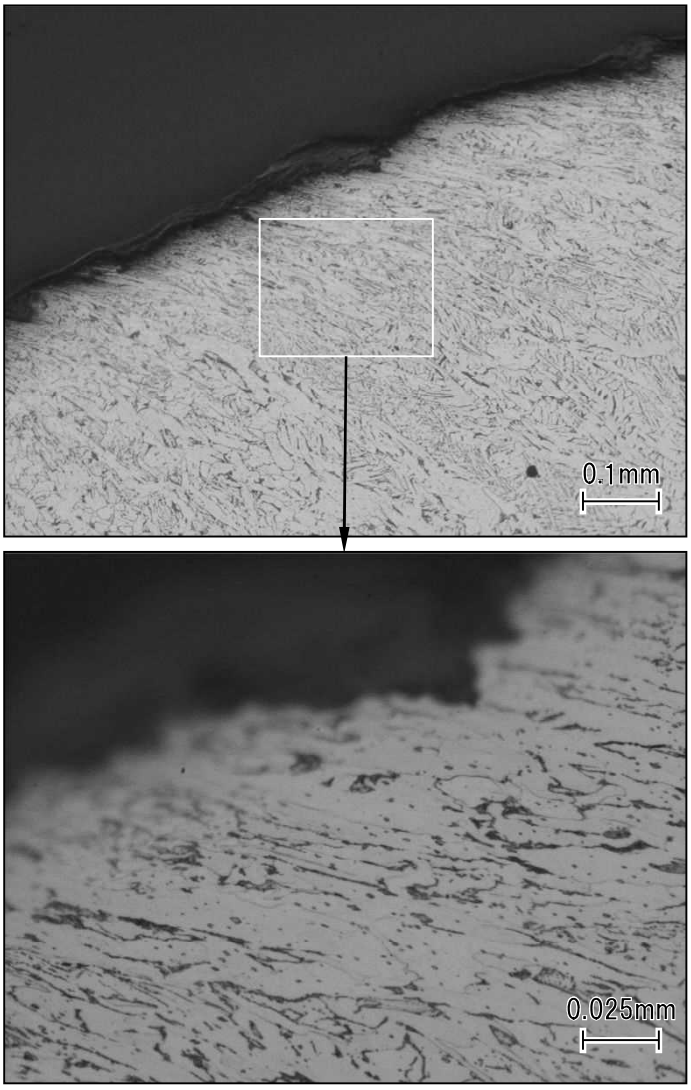
上図ａ部



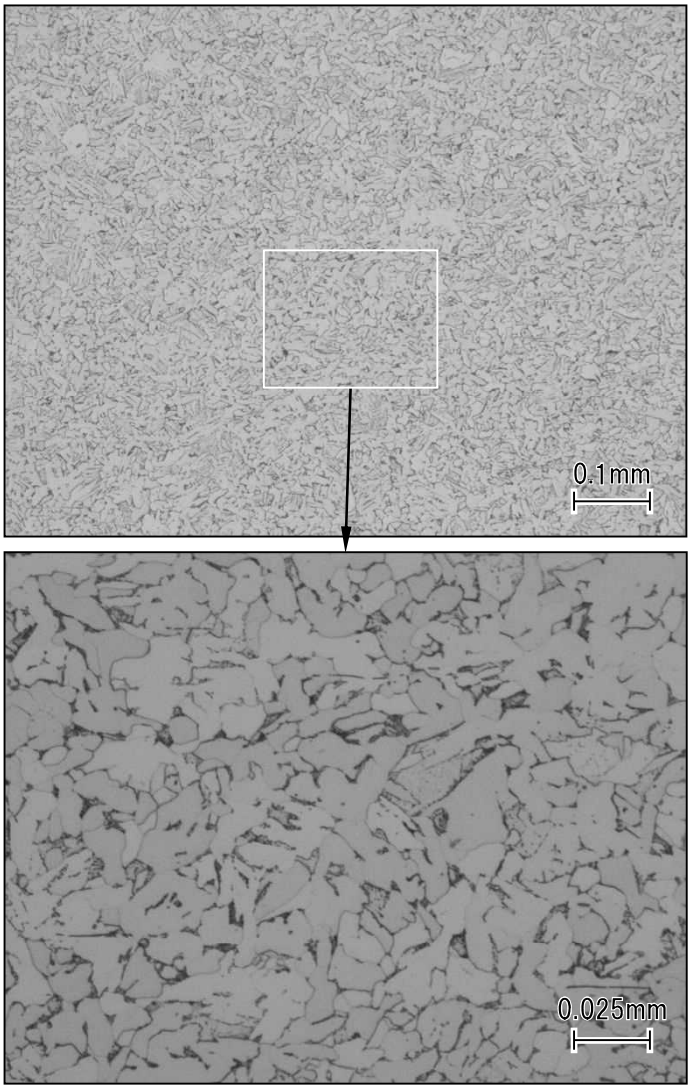
上図ｂ部

図７６　　断面金属組織
（綾材 Ra-3L）





上図ａ部



上図ｂ部

図７７　　断面金属組織
（綾材 Ra-3R）