

図 4.3 スラブ成分値用サンプリング位置

### 4.3 圧延

製鋼したスラブを圧延し、ホットコイルを製造した。  
表 4.4、表 4.5 に圧延データを示す。

圧延は設定確認のため、スタートを 6.0mm 厚汎用ハイテン鋼として、その後、板厚を薄くしていき、1.4mm と 1.2mm を各 1 コイル製造した。

通常は狙った強度特性を得るために、仕上圧延機にて圧延された鋼板は、ランアウトテーブル上にある急速冷却装置によって注水されることで所定の巻取温度まで冷却され、巻取機にて巻き取られる。しかし、本試作においては、1.4mm 以下の高強度鋼板の圧延は初めての試みということもあり通板重視で試作を行った。今回の 1.4mm 以下の試作において、ランアウトテーブルで巻き取り前にコイル先端部分の冷却を行うと、冷却水の抵抗により鋼板が波打ち、通板が不安定となることが懸念されたため、コイルの巻取開始までは無注水で巻き取りを行った。巻き取り後、冷却を開始したが、結果として、圧延の前半部分では狙い通りの冷却が出来ておらず巻取温度が高くなり、後半部分になって狙い通りの巻取温度になった。後述の 5.4 機械的性質の項で触れるが、この理由によりコイル前半部と後半部では異なる機械的性質となったと考えられる。通板の安定性に関しては、今後、実績を重ねることで解決できると考えている。

倉庫では、巻取後のコイルの復熱や冷却中に生じる変態潜熱の影響による緩やかな冷却（図 4.4、図 4.5）となっており、本試作材での組織創製に重要な役割を果たしていると推定している。すなわち、本試作の重要な点は、連続焼鈍の工程では実現不可能な長時間の徐冷工程を熱間圧延は有しており、この巻取後の徐冷があるから、本試作の狙いとする組織が創製できたと考えている。

表 4.4 粗圧延

	コイルNo.	A3929012	A3929013
<スラブデータ>	東鉄規格コード	9MH0000100	9MH0000100
	スラブNo.	N597726200	N597726000
	厚[mm]	210	210
	幅[mm]	925	925
	長[mm]	6262	6203
	重量[kg]	9556	9466
	H/C	C	C

表 4.5 仕上げ圧延

	コイルNo.	A2B18020	A2B18019
<コイル目標データ>	板厚[mm]	1.43	1.23
	板幅[mm]	955	955
	板長[m]	911.4	1046.0
	クラウン[μm]	35	35
<コイル実績データ>	熱延質量 kg	8,220	8,500
	SKP質量 kg	6,250	6,980

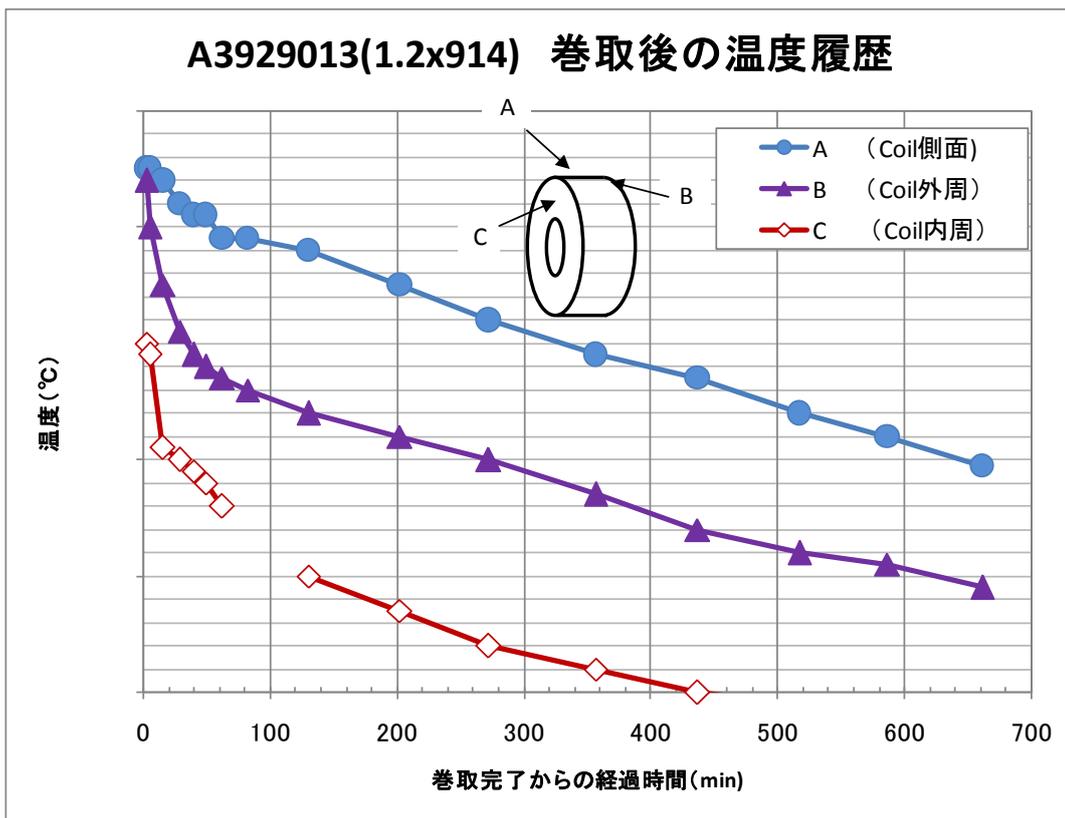


図 4.4 コイル温度 (試作材 1.2mm)

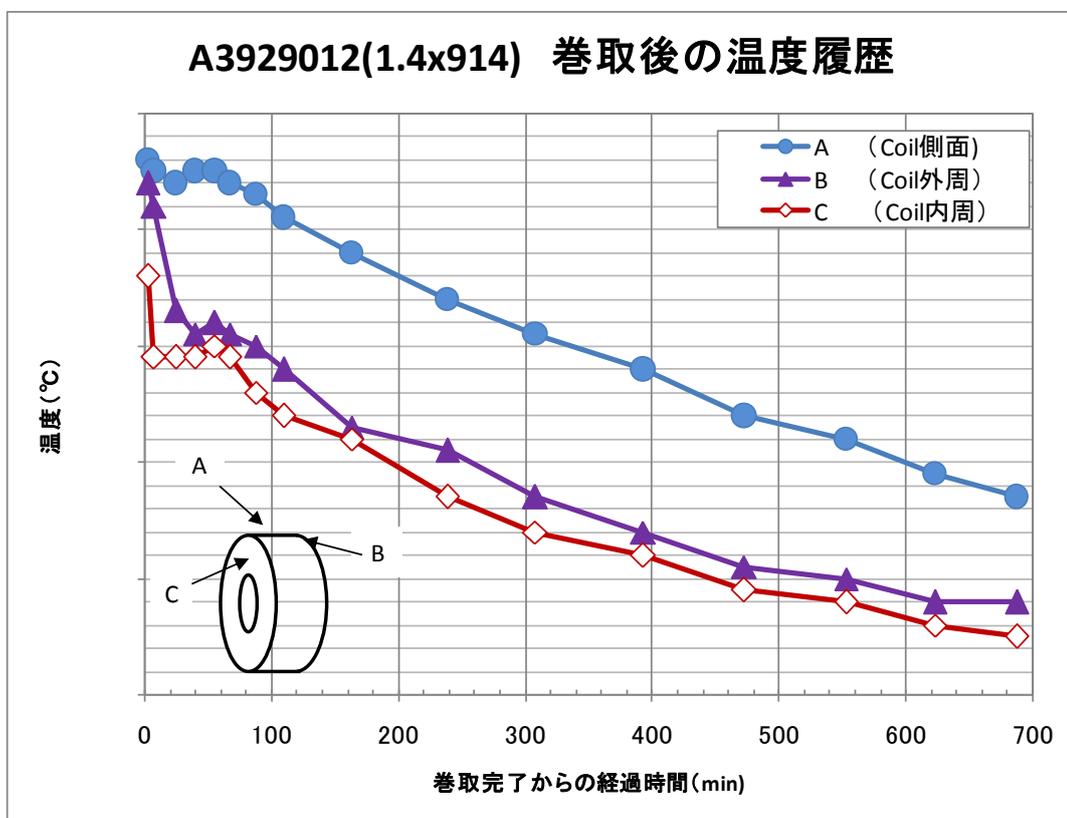


図 4.5 コイル温度 (試作材 1.4mm)

## 5 鋼板の品質確認

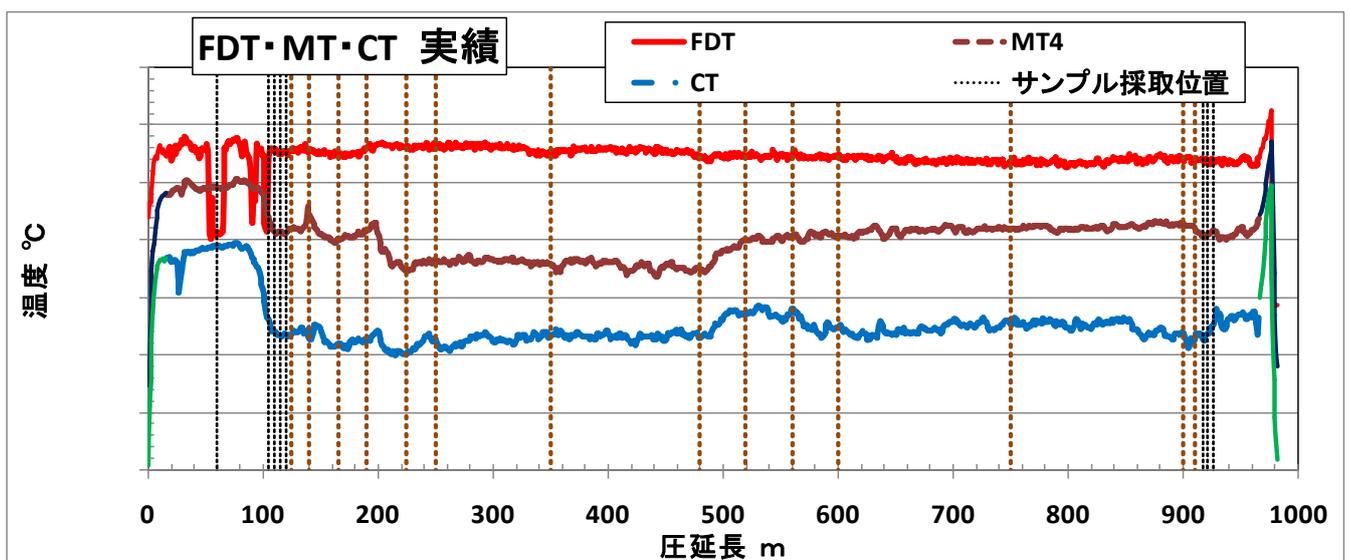
本業務の目標値である、張力特性は 590MPa 級 DP 鋼板の強度 (TS) 590MPa 以上とし、TS と伸び (EL) の積 (TS×EL) 16000 以上を満たしているか確認を行うため、品質確認を実施した。

### 5.1 サンプル採取

圧延方向のサンプル採取位置を図 5.1 に、幅方向のサンプル採取位置を図 5.2 に示す。

強度-伸びバランスのバラつき確認を目的に、圧延方向において、スキンパスでは先端および尾端(オフゲージでない位置)の温度変化の大きい位置から 5m ピッチでサンプリングし、レベラーでは圧延温度条件と照らし合わせてサンプル位置を設定した。1.2mm 材で 22 か所、1.4mm 材で 18 か所ものサンプル採取となった。また、板幅方向において圧延方向の引張試験片 11 点、板幅方向の引張試験片 7 点を切り出し、引張試験を行った。板幅方向のサンプル位置はワークサイド (以後、WS) からドライブサイド (以後、DS) 向っての長さを幅位置として示す。(225mm や 1/4 等)

その他の品質検証の試験片については、引張試験の結果を見て図 5.3 に示すサンプル採取を行った。



No.	1	2	3	4	5	6	7	8
位置 m	60	105	110	115	120	917	922	927

LVの採取位置	5	20	45	70	105	130	230	360	400	440	480	630	760	770
No.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
位置 m	125	140	165	190	225	250	350	480	520	560	600	750	880	890

図 5.1 サンプル採取位置 (1.2mm)

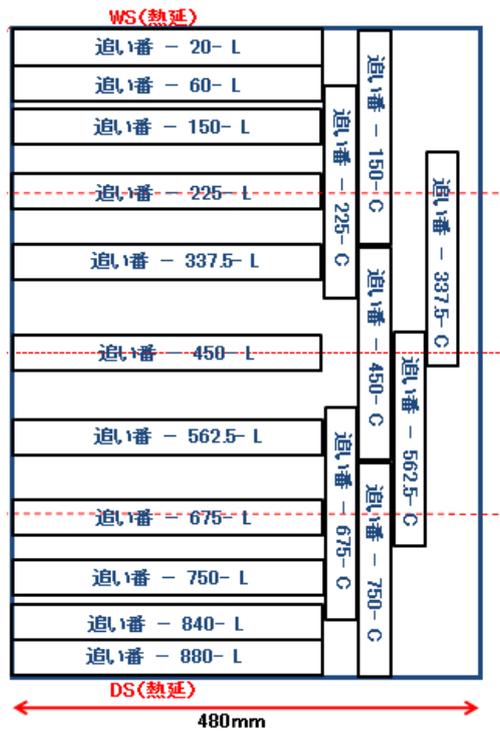


図 5.2 サンプル採取位置 (板幅方向)

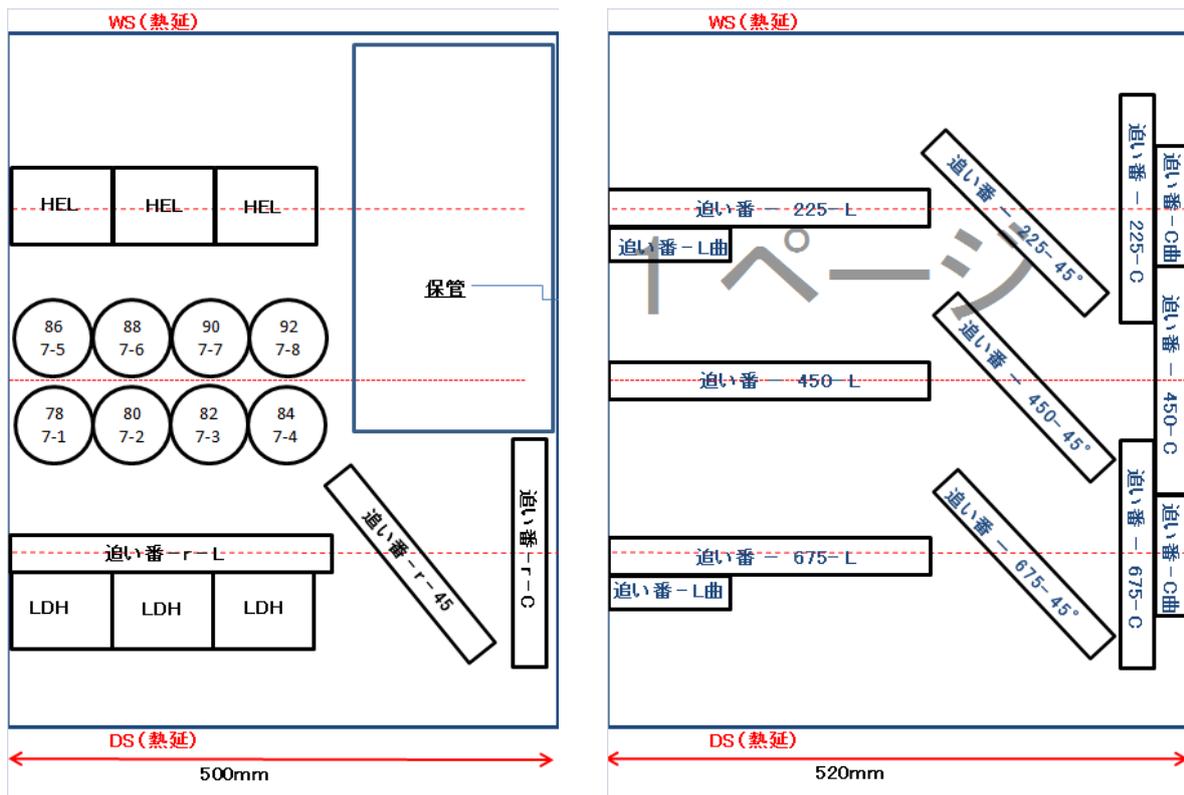


図 5.3 サンプル採取位置 (成形性)

## 5.2 製品の化学成分分析

表 5.1 に、レベラーでサンプリングした各コイルの幅方向 5 個所のチェック分析結果を示す。全幅およびコイル間での分析値のばらつきは小さく、溶製鋳込み全体で安定した品質を確保できていると判定した。また、本業務では新断ち比率を 16%にしたが、Cu : 0.24%、Sn : 0.020% であり、市中スクラップの平均レベルである。成分から見ても新断ち比率を安定調達可能な比率に下げることが確認できた。

表 5.1 化学成分値

時期		%							
		C	S i	M n	P	S	C u	N i	C r
目標値 ※		<b>0.19</b> (0.18以上~ 0.20未満)	<b>1.00</b> 以上	0.40	0.015	0.003	0.30	0.10	<b>1.00</b> 以上
レベラー	1.2 No9 WS	0.210	0.996	0.45	0.033	0.007	0.24	0.15	1.02
	1.2 No9 1/4	0.206	0.997	0.44	0.032	0.007	0.24	0.13	1.02
	1.2 No9 1/2	0.206	0.995	0.44	0.032	0.007	0.24	0.13	1.01
	1.2 No9 3/4	0.205	1.001	0.45	0.033	0.007	0.24	0.15	1.02
	1.2 No9 DS	0.205	1.009	0.45	0.032	0.007	0.24	0.16	1.02
	1.4 No9 WS	0.197	0.969	0.43	0.030	0.007	0.24	0.12	1.01
	1.4 No9 1/4	0.205	0.988	0.44	0.033	0.007	0.24	0.12	1.02
	1.4 No9 1/2	0.208	0.993	0.43	0.032	0.007	0.24	0.12	1.02
	1.4 No9 3/4	0.205	0.989	0.43	0.031	0.007	0.24	0.11	1.01
1.4 No9 DS	0.201	0.985	0.43	0.031	0.007	0.24	0.12	1.01	

時期		%							
		M o	V	N b	S n	P b	B	C a	T i
目標値		<b>0.3</b>			0.015				
レベラー	1.2 No9 WS	0.29	0.014	0.011	0.020	0.000	0.0024	0.0012	0.006
	1.2 No9 1/4	0.29	0.014	0.009	0.020	0.000	0.0025	0.0011	0.006
	1.2 No9 1/2	0.29	0.014	0.009	0.020	0.000	0.0024	0.0014	0.006
	1.2 No9 3/4	0.30	0.014	0.010	0.020	0.001	0.0026	0.0012	0.006
	1.2 No9 DS	0.29	0.015	0.011	0.020	0.001	0.0025	0.0013	0.006
	1.4 No9 WS	0.29	0.013	0.007	0.019	0.000	0.0026	0.0012	0.005
	1.4 No9 1/4	0.30	0.013	0.007	0.020	0.000	0.0026	0.0010	0.006
	1.4 No9 1/2	0.29	0.013	0.007	0.020	0.000	0.0026	0.0012	0.006
	1.4 No9 3/4	0.29	0.013	0.006	0.019	0.000	0.0026	0.0010	0.005
1.4 No9 DS	0.29	0.013	0.007	0.019	0.000	0.0027	0.0012	0.006	

時期		%		ppm	
		A l	O	O	N
目標値		0.030	20(30)	40(70)	
レベラー	1.2 No9 WS	0.013	33	67	
	1.2 No9 1/4	0.012	27	68	
	1.2 No9 1/2	0.012	26	68	
	1.2 No9 3/4	0.012	25	65	
	1.2 No9 DS	0.013	38	66	
	1.4 No9 WS	0.011	25	64	
	1.4 No9 1/4	0.010	24	65	
	1.4 No9 1/2	0.011	23	66	
	1.4 No9 3/4	0.010	21	64	
1.4 No9 DS	0.010	25	65		

※ **X.XX** 内は、狙いとする成分値を示し、それ以外の項目は通常の製造範囲で可とした。

## 5.3 機械的性質

### (1)測定方法

引張試験を行い、機械的性質を確認した。

試験方法：JIS Z 2241 に準ずる。

試験片：切り出した  $400 \times 30\text{mm}$  を、図 5.4 に示す 5 号試験片に加工した。

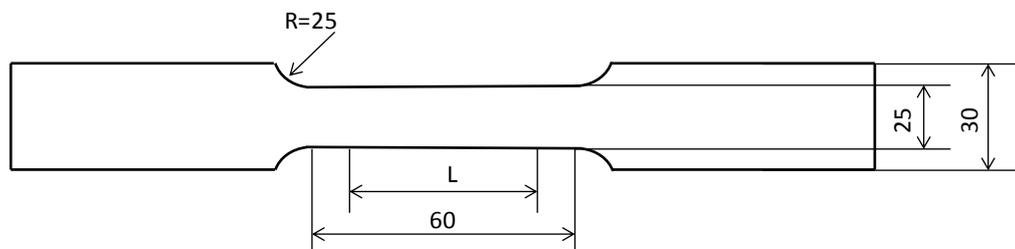


図 5.4 引張試験片

### (2)引張試験結果

図 5.5 に板幅方向・圧延方向の強度分布及び強度－伸びバランスの分布図を示す。1.2mm 材、1.4mm 材共に、圧延方向の先端～中間では、板幅方向 1/4～3/4 の強度 (TS) が 590MPa は満足しているものの 980MPa に対しては低く、強度 (TS) と伸び (EL) の積 (TS×EL) は 16000 以下であった。中間～後端では TS は 980MPa 以上で、TS×EL も 20000 前後あり良好な特性を示している。

図 5.6、図 5.7 に L 方向全データの強度－伸び特性と組織の関係を示す。図中の点線は TS×EL が 16000 のラインで、このラインより特性の良いものの組織を観察すると、微細ベイナイト+MA となっており、狙い通りの組織が出来ている。点線より特性の悪いものの組織は、ベイナイト+パーライトであった。圧延の操業結果でも述べた通り、前半部分は冷却が十分できていないためパーライトが生成する温度条件であったと考えられる。後半部分のように冷却速度を速めて冷却すれば、パーライト生成を避けることができ、今後の実操業での調整で対応できるのとも考える。

図 5.8、図 5.9、にコイルの圧延方向で圧延温度が狙い値通りに出来た個所と外れた個所の強度－伸びデータと冷延 980MPa の鉄鋼連盟自動車鋼板規格を示す。狙い通りの温度で圧延できたコイル後半部では、980MPa の規格を十分満足している上、TS×EL も 20000 前後を得られている。

図 5.10、図 5.11 に狙い通りの温度で圧延できたコイル部位の幅方向の特性比較を示す。1.2mm、1.4mm とともに幅方向の特性差異は TS-YP<100MPa、EL<5%でありバラつきは少ない。YR は約 0.7 である。また、エッジより内側の方が TS、TS×EL はやや高く特性が良い。

図 5.12 に横軸に L 方向、縦軸に C 方向の特性を示す。L-C の異方性が見られる。これは仕上温度が設定に対して低かったことにより、再結晶  $\gamma$  からの変態ではなく加工  $\gamma$  からの変態が起こったためと考えられる。異方性に関しては、仕上圧延温度を設定どおり圧延することにより解決できると考えている。

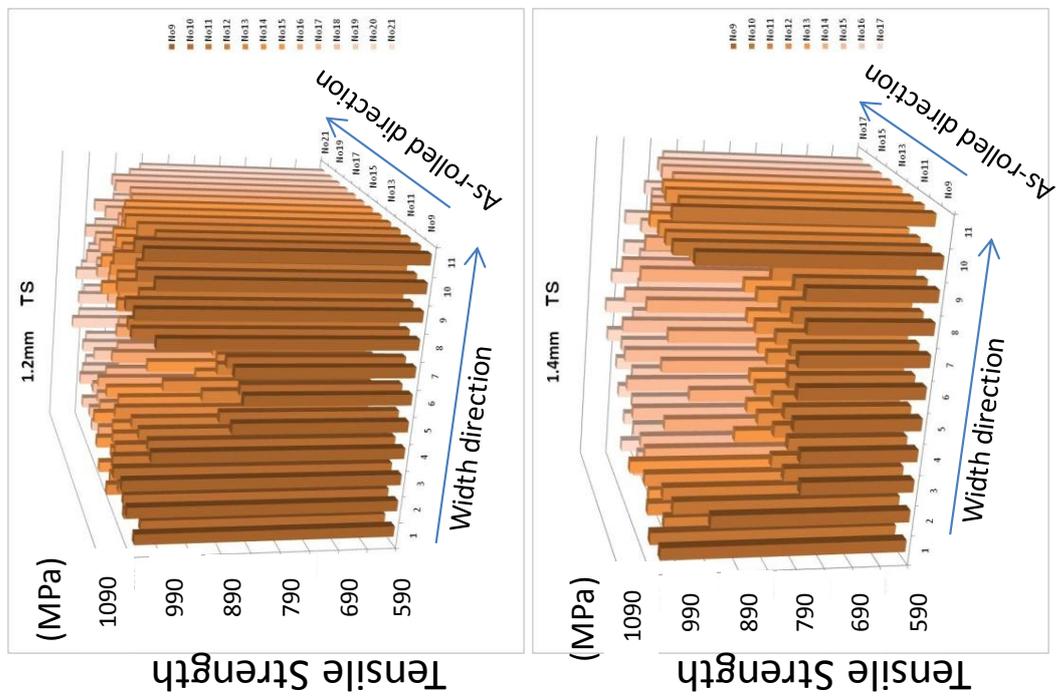
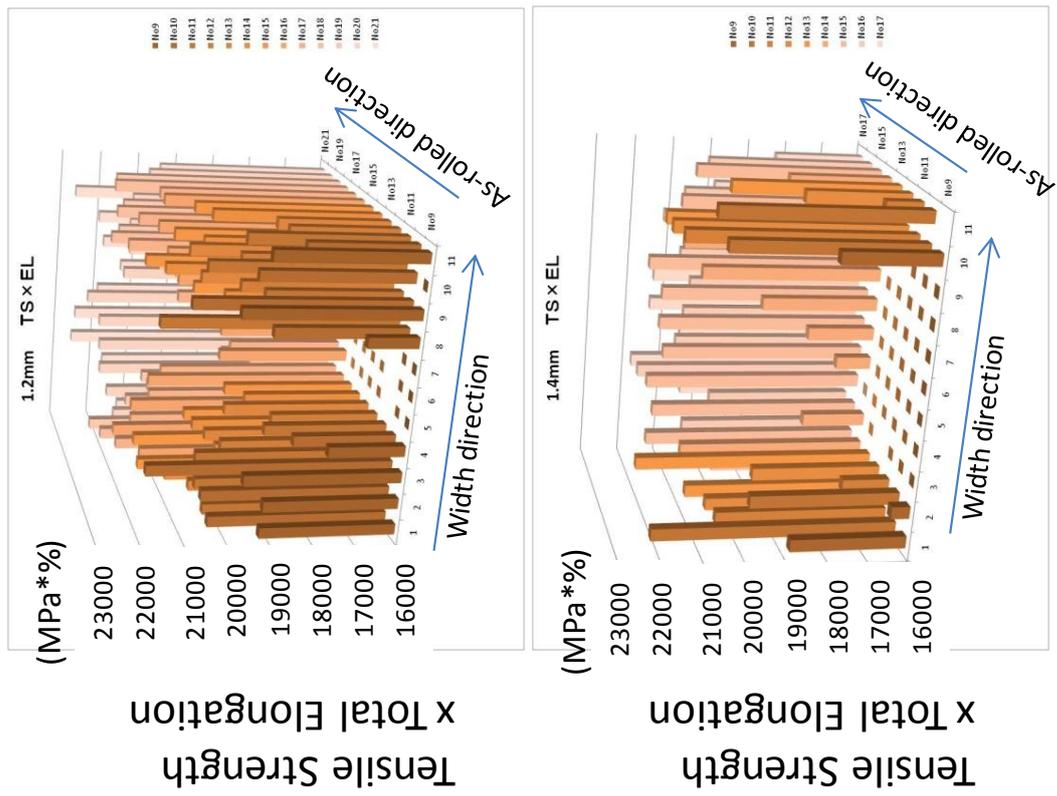


図 5.5 引張試験結果分布図 (L方向全データ)

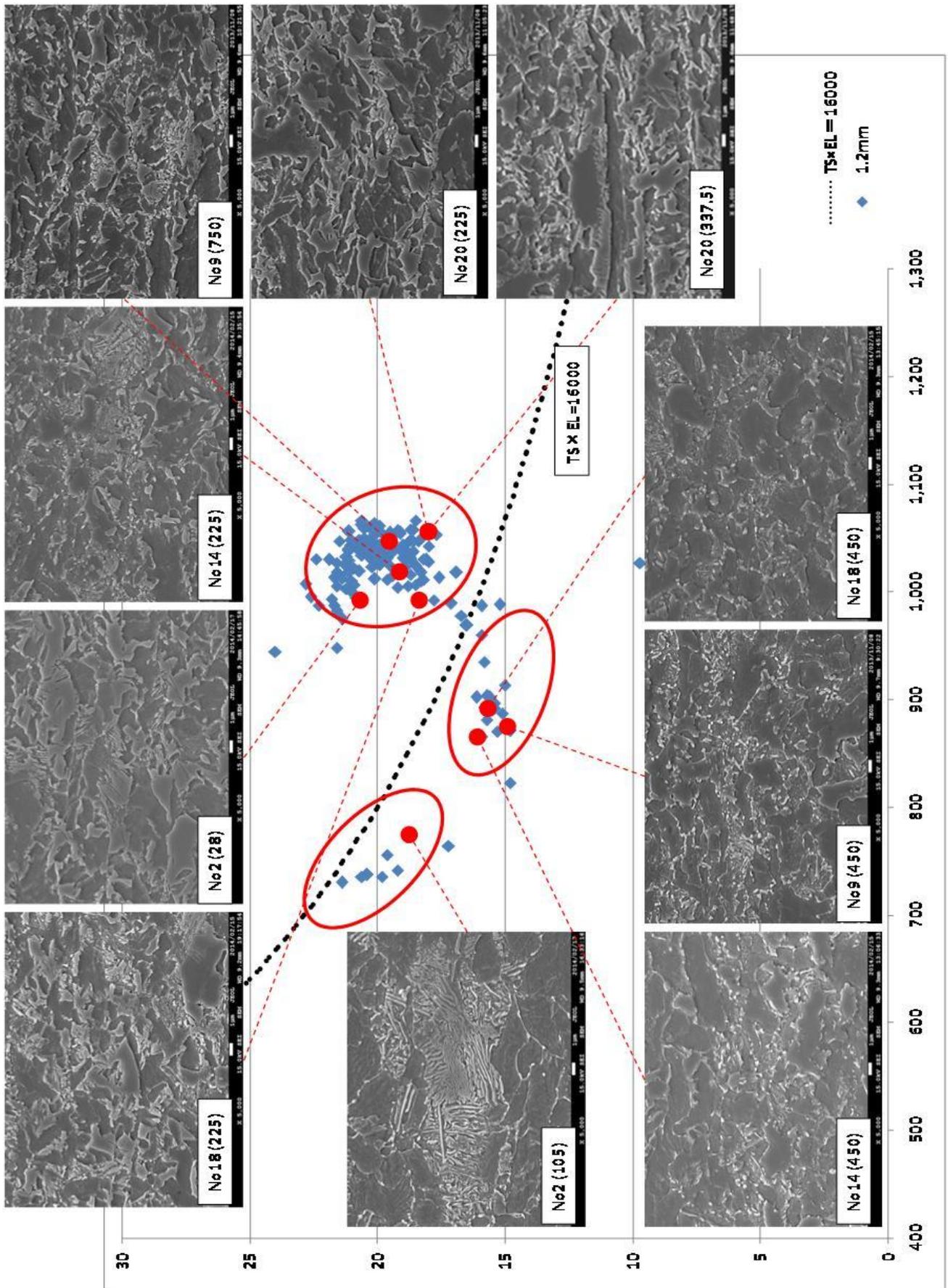


図 5.6 強度－伸び特性（L方向全データ）と組織の関係（1.2mm材）

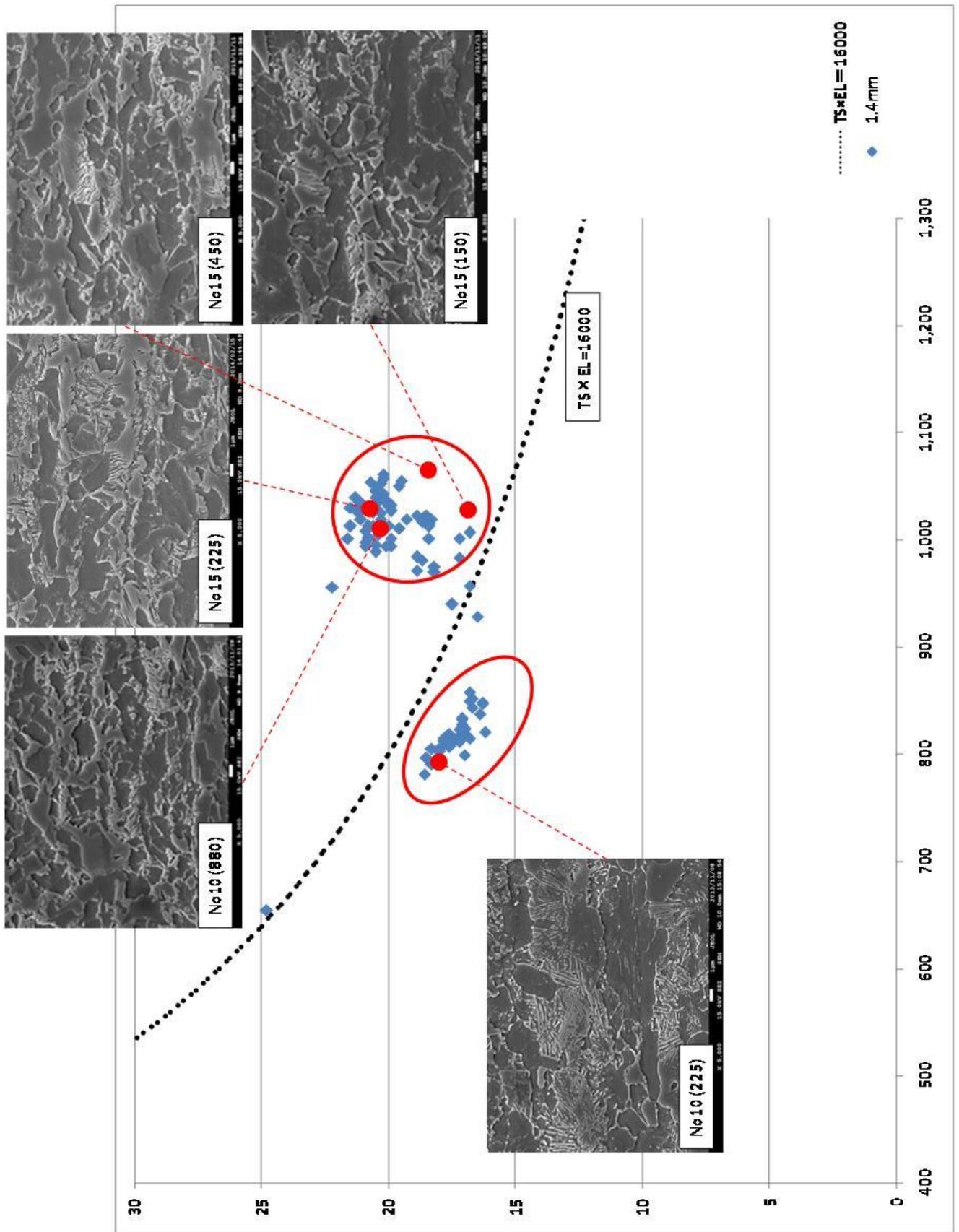


図 5.7 強度－伸び特性（L方向全データ）と組織の関係（1.4mm 材）

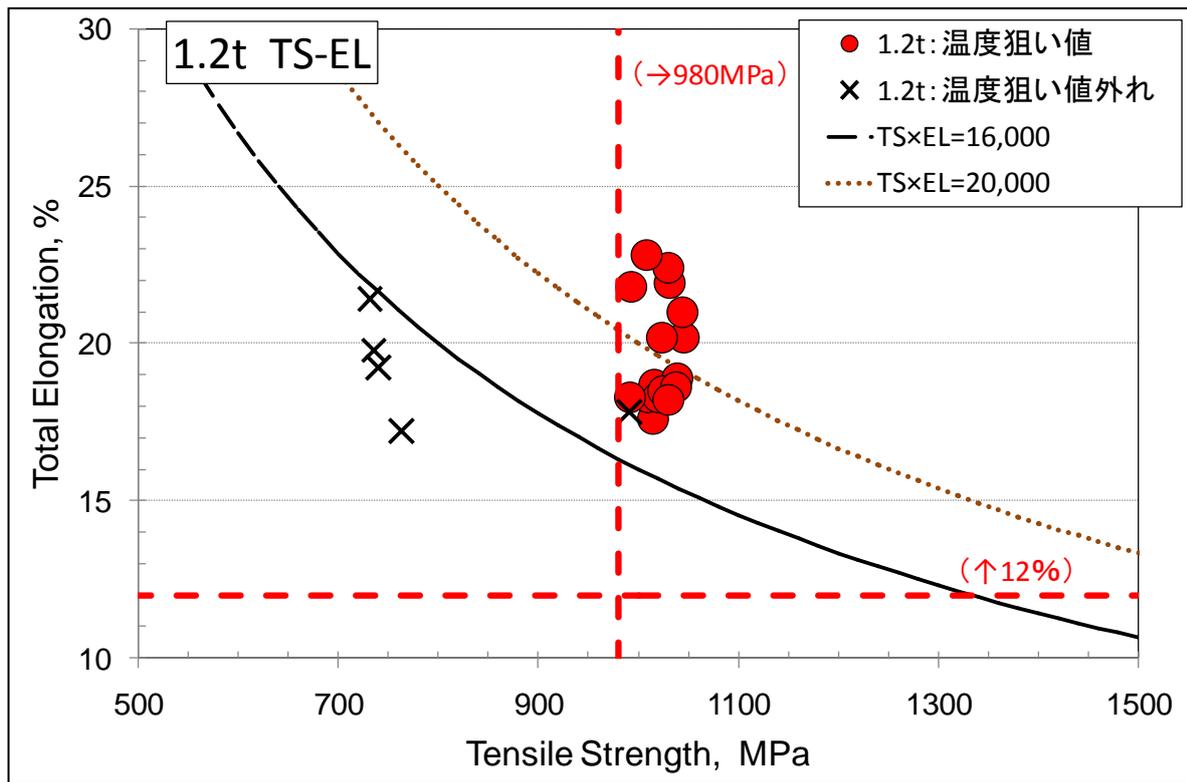


図 5.8 操業温度と強度-伸び (L方向 1/4 部) の関係 (1.2mm)

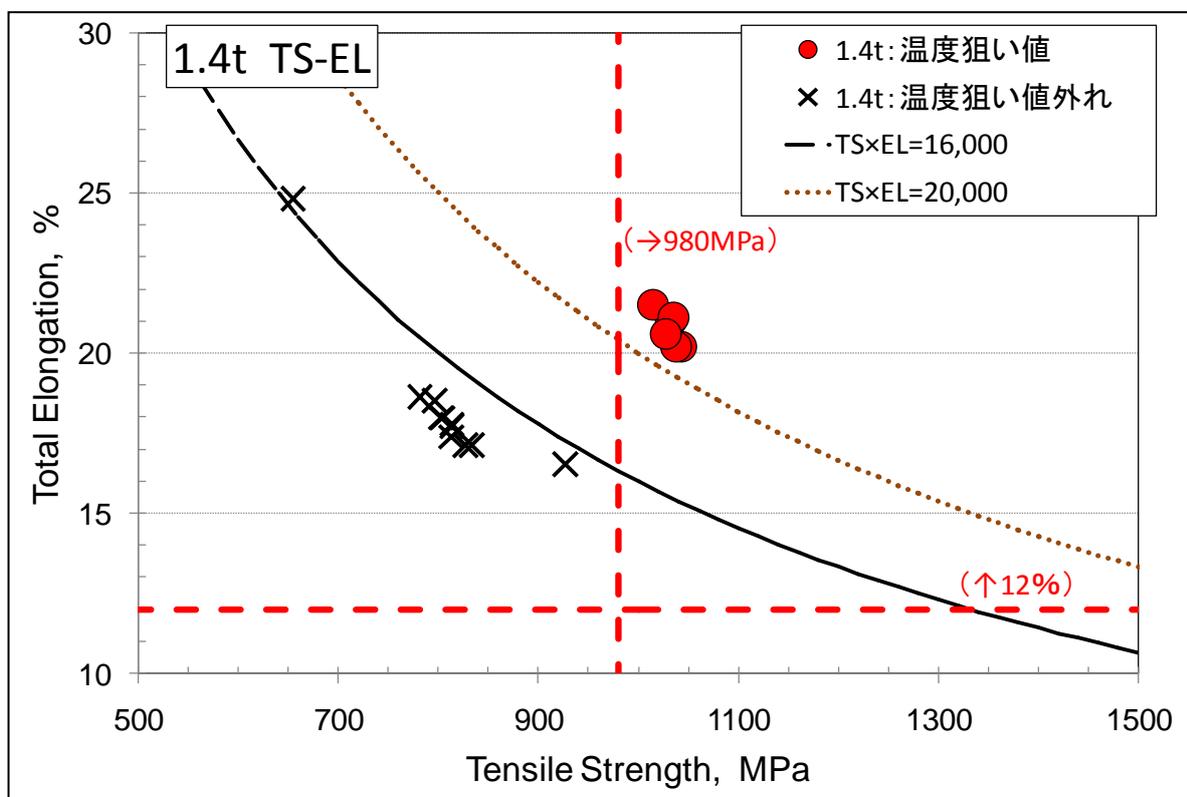


図 5.9 操業温度と強度-伸び (L方向 1/4 部) の関係 (1.4mm)

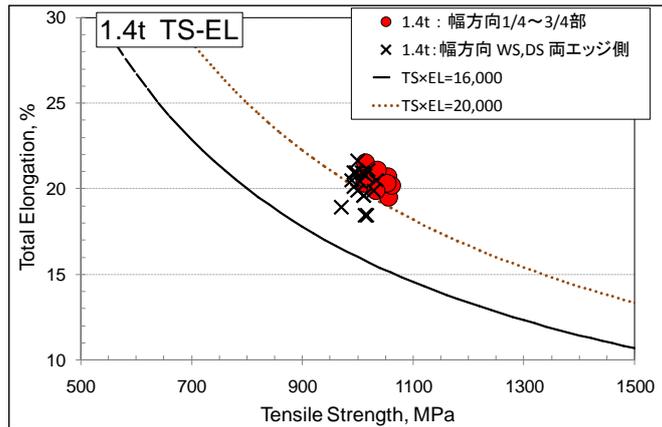
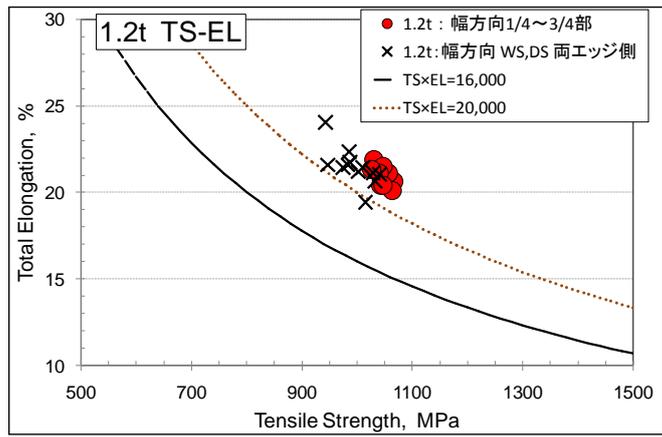


図 5.10 TS-EL の幅方向特性

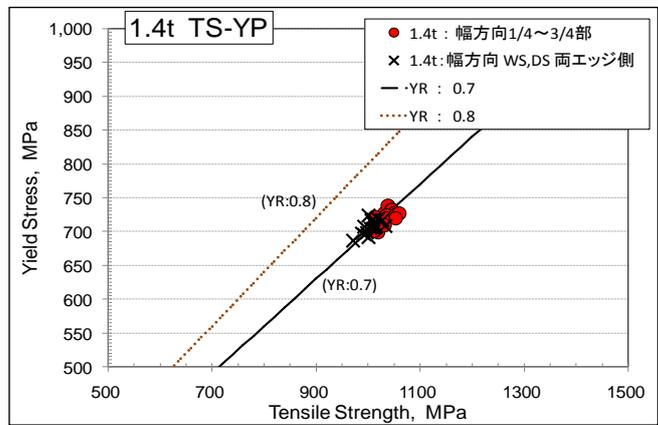
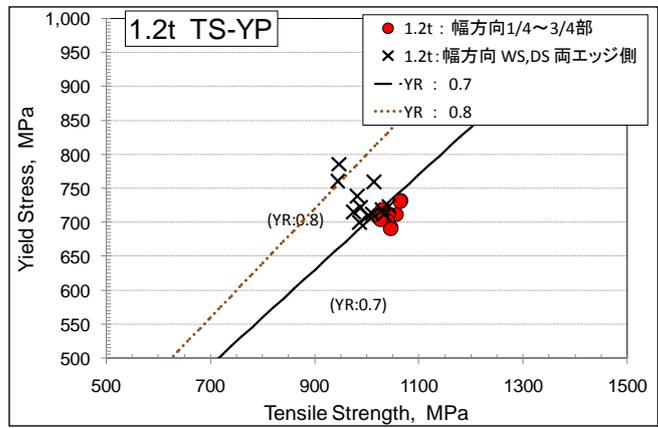


図 5.11 TS-YP の幅方向特性

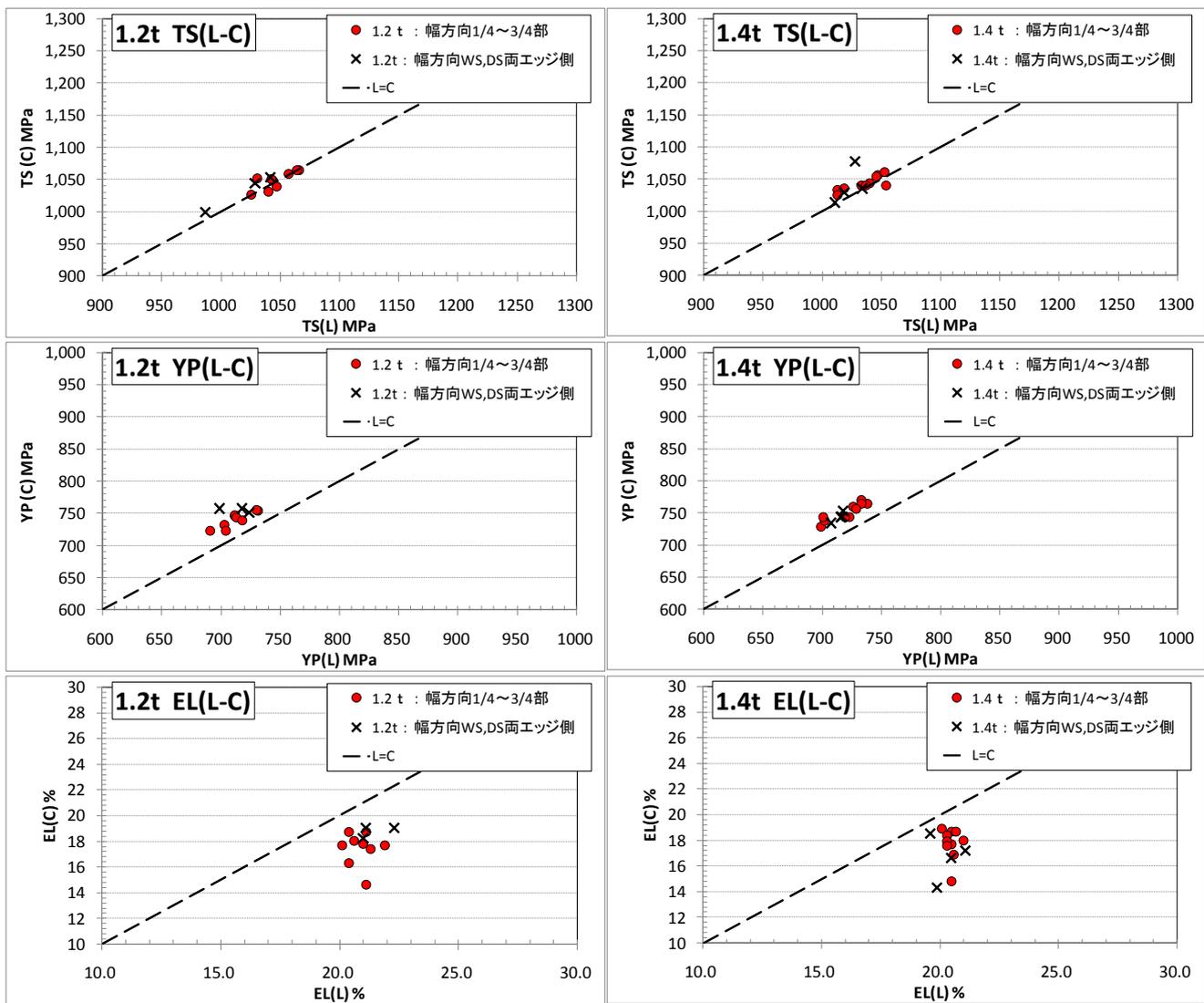


図 5.12 L-C 異方性

## 6.品質等に関する検証

本試作材を用いて、自動車用鋼板として要求される品質要求項目の検証を 6.1 項～6.6 項に、また弊社の表面処理ラインを考慮した生産基礎調査としての品質検証を 6.7 項に述べる。

### 6.1 耐食性評価

湿潤・塩水噴霧・浸漬・乾燥を組み合わせた繰り返しにより腐食環境を再現し、母材および化成処理・電着塗装の耐食性を評価した。

#### (1)試験方法

塩水噴霧試験(SST)、複合サイクル試験(CCT)および塩温水試験(SDT)を実施した。

##### (a) SST によるクロスカット評価

試験法：JIS Z2371(塩水噴霧試験法)規定の中性塩水噴霧試験法に準ずる。

試験片：150×70mm、切断面をセロハンテープで保護

温度条件：試験槽内 35±2℃、空気飽和器内 47℃

噴霧時間：96Hr、240Hr、480Hr

噴霧圧力：0.098±0.01MPa

塩水：JIS K8150 特級塩化ナトリウム又は同等品+脱イオン水、50±5g/L, pH6.5～7.2

測定項目：(クロスカット)目視によるさび・はがれ、テープ剥離幅

##### (b) CCT によるクロスカット評価

試験法：JIS K5600-7-9(サイクル腐食試験方法)に準ずる。

試験片：150×70mm

電着塗装を行い、図 61.1 のように切り込み傷をつける(クロスカット)。

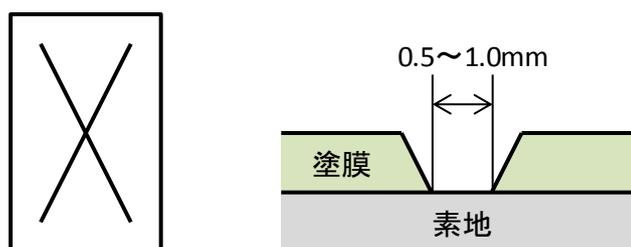


図 61.1 耐食性評価用試験片へのクロスカット

運転条件：図 61.2 に示すパターンを 5、10、25 サイクル繰り返す。  
塩水噴霧条件は、上記 SST 同様。湿潤時の湿度は、95%RH とする。

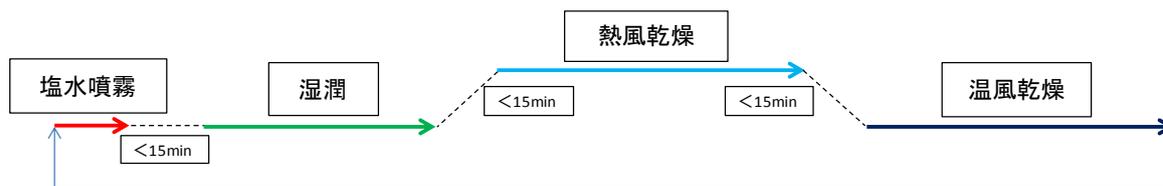


図 61.2 CCT 運転パターン

測定項目：(クロスカット)目視によるさび・はがれ，テープ剥離幅

### (c) SDT によるクロスカット評価

試験法：JIS に準ずる。

試験条件：5%NaCl 水溶液 55℃に 96 時間浸漬。

試験片：CCT 試験と同様。

測定項目：(クロスカット)目視によるさび・はがれ，テープ剥離幅

## (2) 試験装置

腐食環境の再現のため、図 61.3 および図 61.4 に示す複合サイクル試験機を用いた。本試験機は、試験槽、噴霧装置、塩水タンク(噴霧・浸漬)、空気供給器、空気飽和器、温湿度調整装置、排気装置等で構成され、噴霧・乾燥・湿潤・浸漬の 4 つの環境を再現する。タッチパネルコントローラで試験条件を設定し、任意の順序・組み合わせで自動運転する。



図 61.3 CCT 試験機外観写真

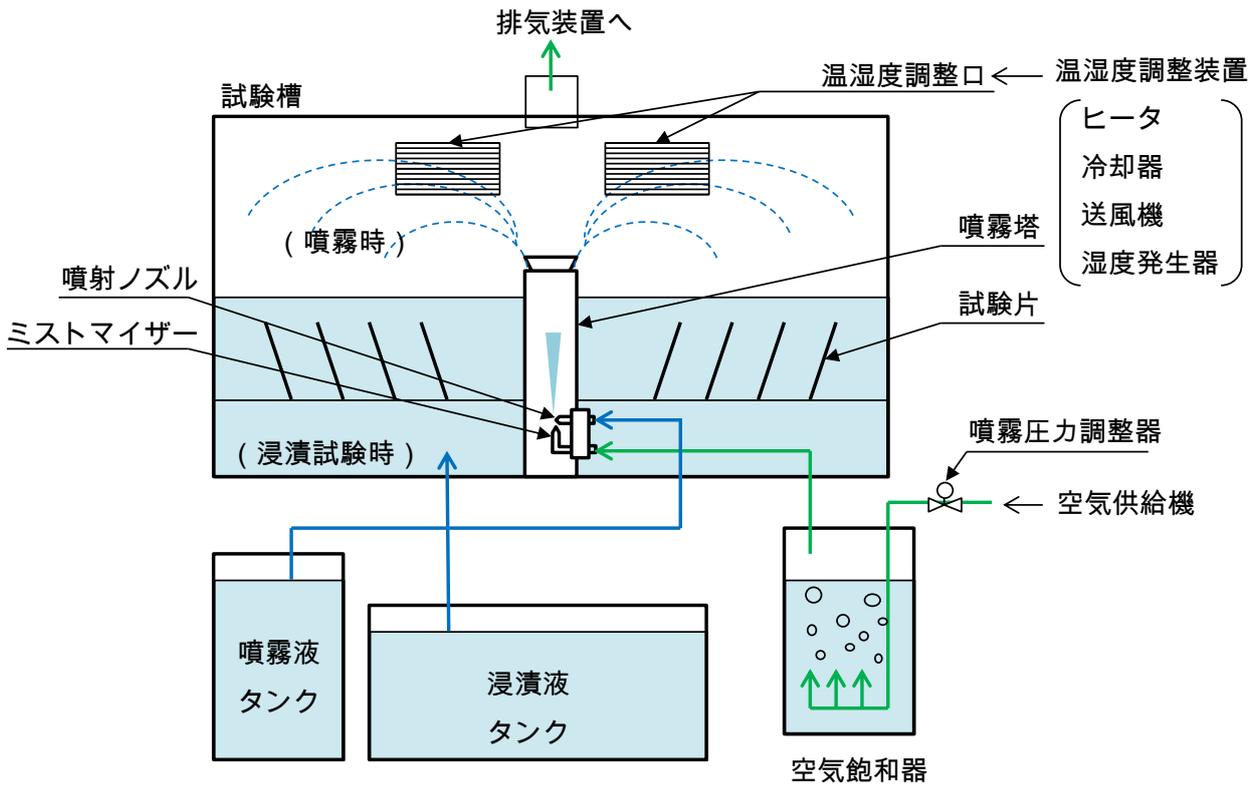


図 61.4 CCT 試験機概略図

### (3)試験結果

#### (a) SSTによるクロスカット評価

試作材と、現行高炉比較材（270Mpa 冷延材）で実施したクロスカット評価結果を、表 61.1 および図 61.5 に示す。試験前後の試験片外観写真は、図 61.6～図 61.8 に示す。

試作材の最大剥離幅は基準（2.5mm 以下）範囲内で、現行高炉比較材に比べても耐食性は優れている。

表 61.1 SST クロスカット評価試験結果

供試材	n数	SST-96Hr後		SST-240Hr後		SST-480Hr後	
		剥離幅	プリスタ有無	剥離幅	プリスタ有無	剥離幅	プリスタ有無
980-1.4t	1	<0.1	無	0.2	無	0.4	無
	2	0.1	無	0.4	無	0.6	無
	3	<0.1	無	0.3	無	0.3	無
980-1.2t	1	<0.1	無	0.3	無	1.0	無
	2	0.1	無	0.3	無	0.7	無
	3	<0.1	無	0.4	無	0.9	無
比較材-	1	<0.1	無	0.5	無	1.1	無
	2	0.1	無	0.4	無	1.5	無
	3	0.1	無	0.6	無	1.5	無

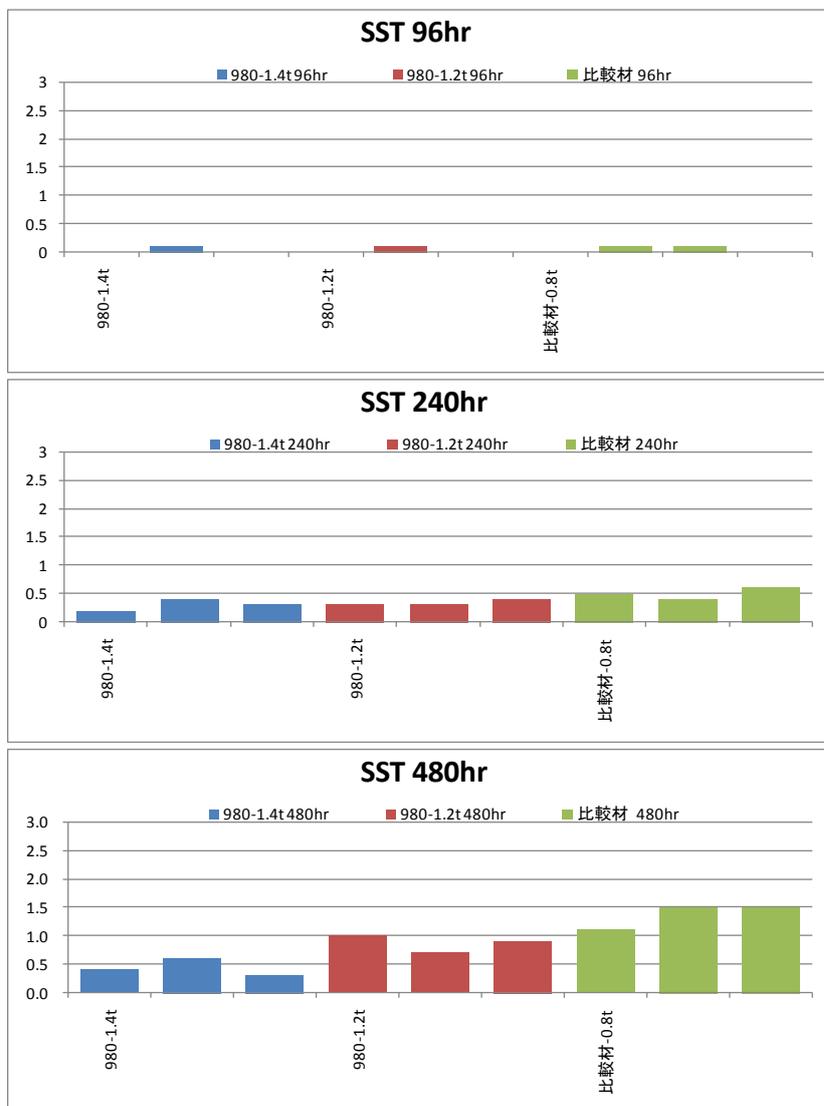
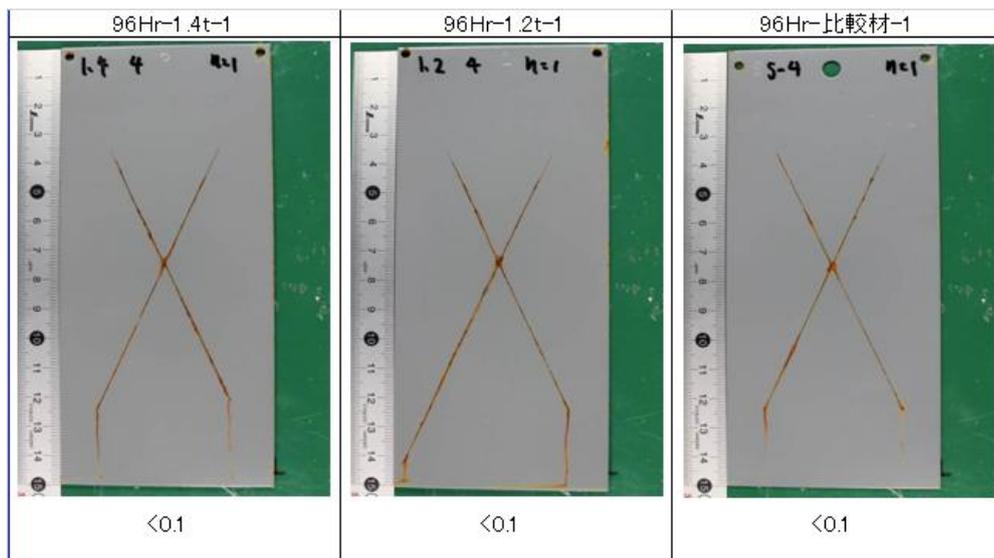
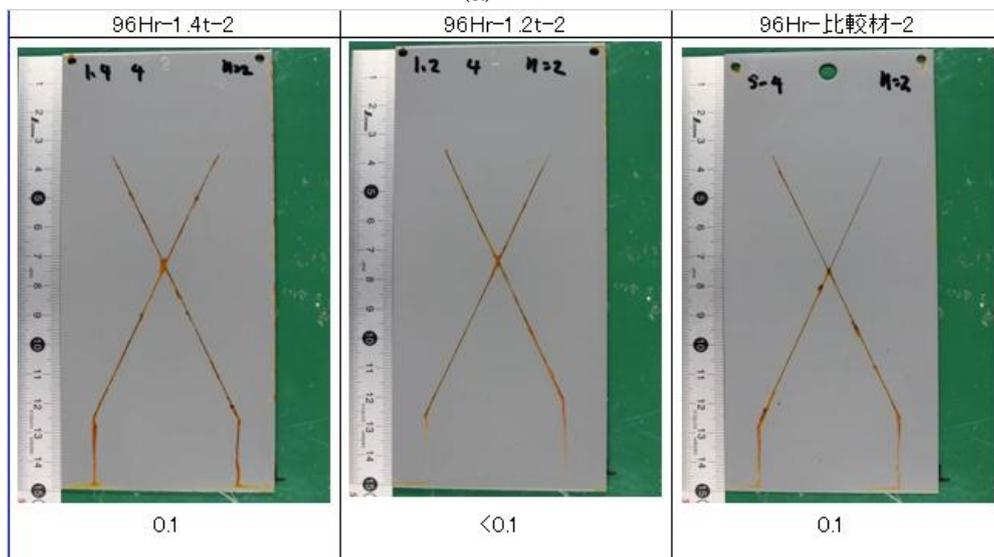


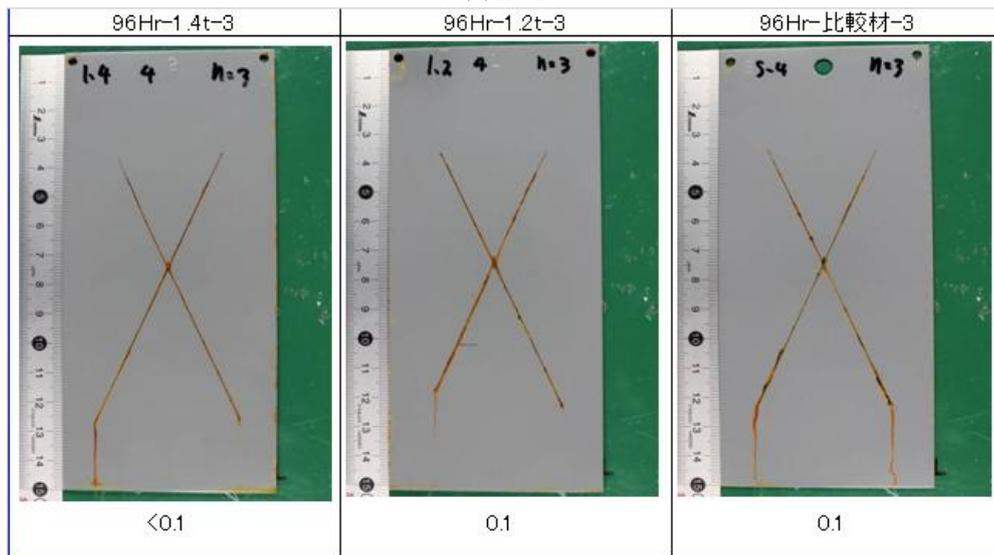
図 61.5 SST クロスカット評価試験結果



(a)n=1

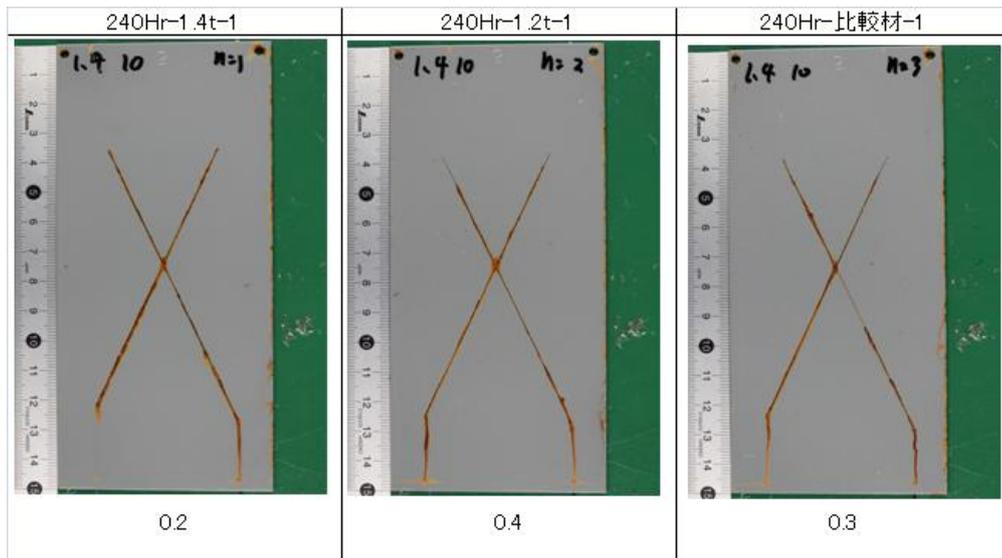


(b)n=2

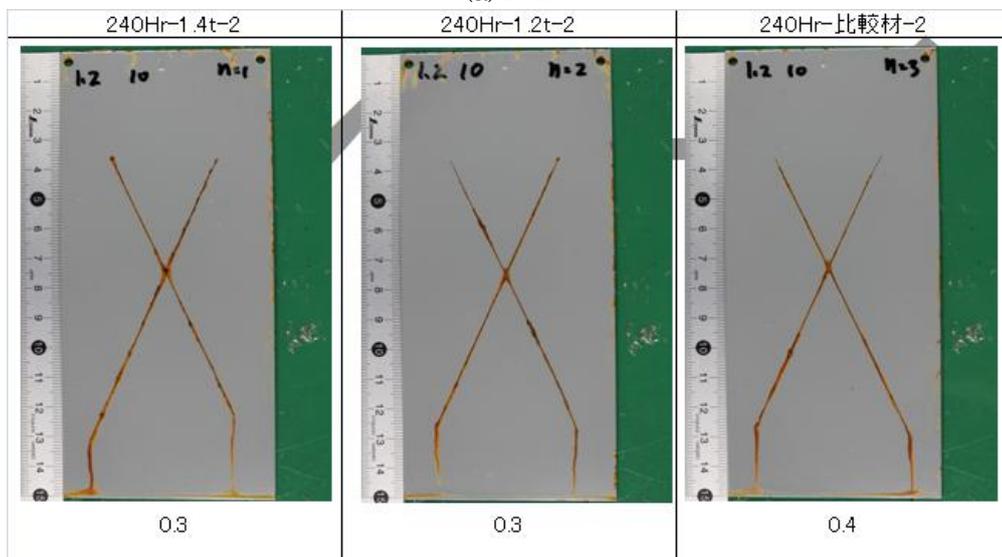


(c)n=3

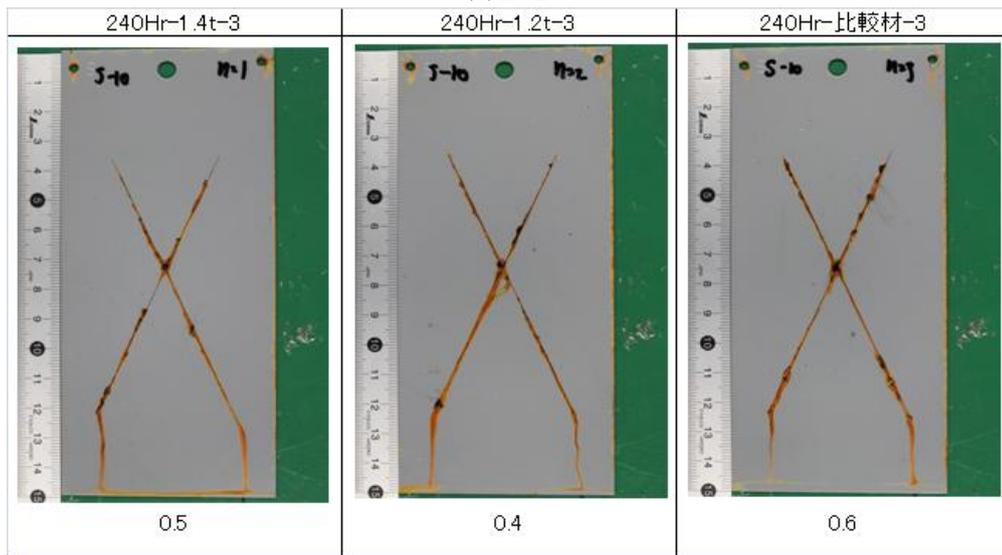
図 61.6 SST クロスカット試験片外観写真 (噴霧 96hr 後)



(a)n=1

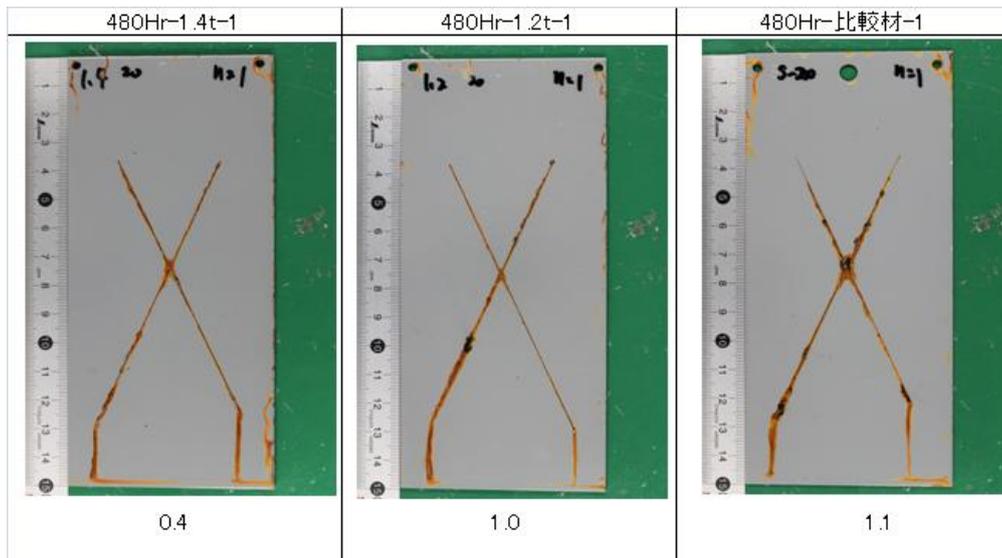


(b)n=2

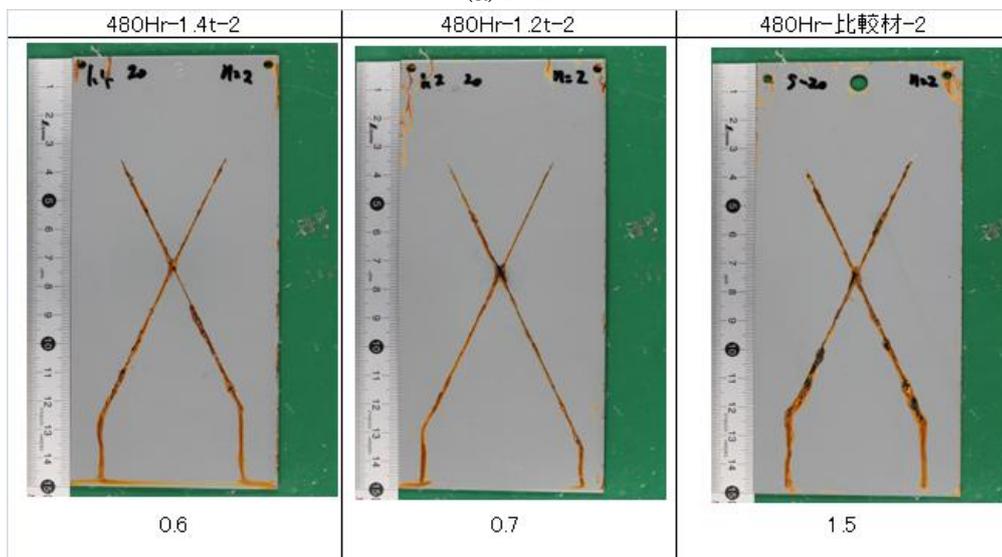


(c)n=3

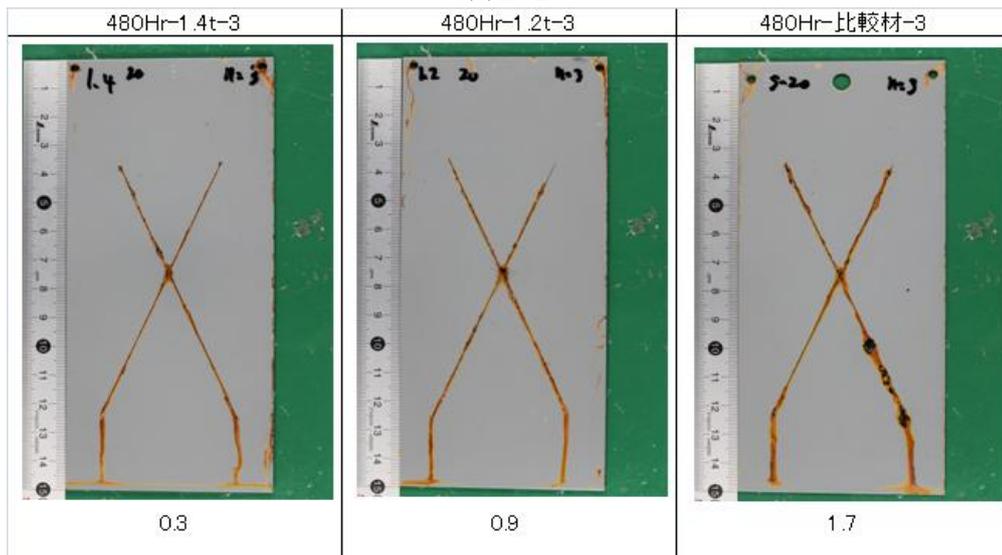
図 61.7 SST クロスカット試験片外観写真 (噴霧 240hr 後)



(a)n=1



(b)n=2



(c)n=3

図 61.8 SST クロスカット試験片外観写真 (噴霧 480hr 後)

(b) CCTによるクロスカット評価

CCTによるクロスカット試験結果を表 61.2、図 61.9 に示す。図 61.10～図 61.12 に試験片の外観写真を示す。

表 61.2 CCT クロスカット試験結果

供試材	n数	CCT-5cyc後	CCT-10cyc後	CCT-25cyc後
		剥離幅	剥離幅	剥離幅
試作材-1.4t	1	0.2	0.9	1.8
	2	0.3	0.7	2.5
	3	0.6	1.4	1.8
試作材-1.2t	1	0.4	0.5	1.2
	2	0.1	0.4	1.8
	3	0.1	0.9	2.3

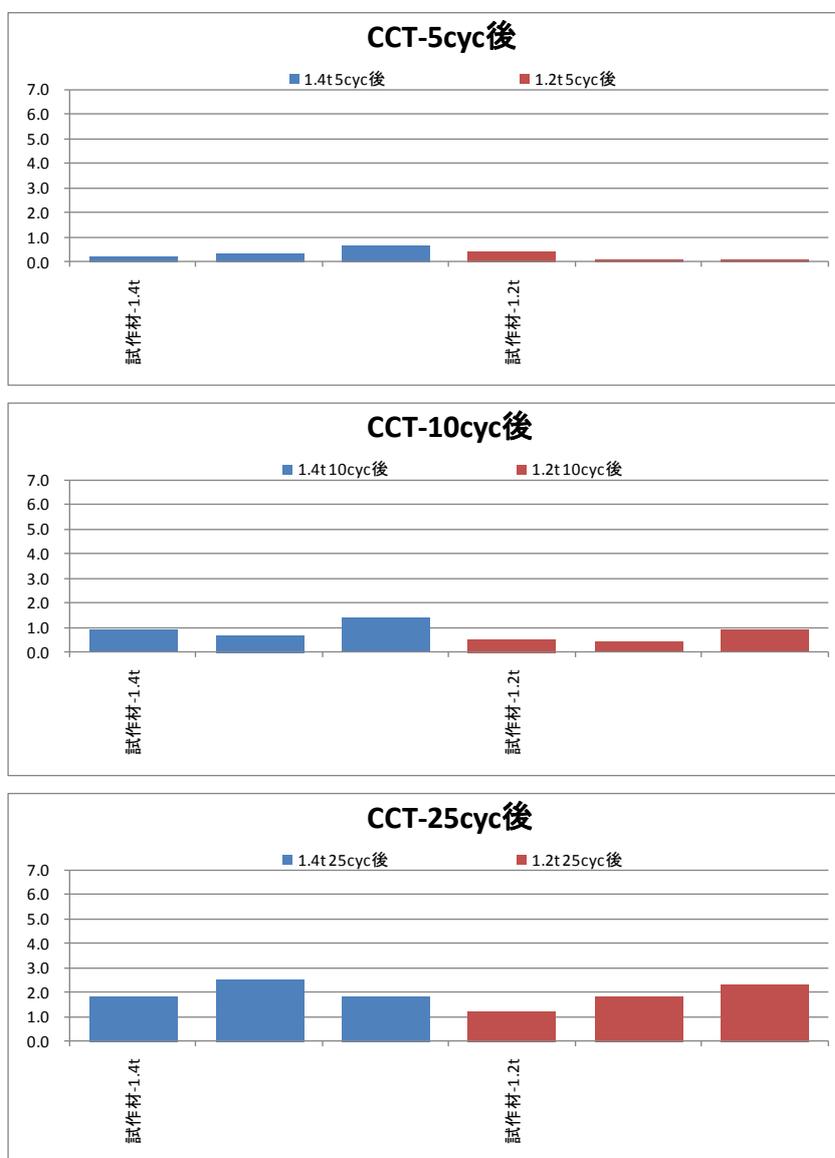


図 61.9 CCT クロスカット試験結果

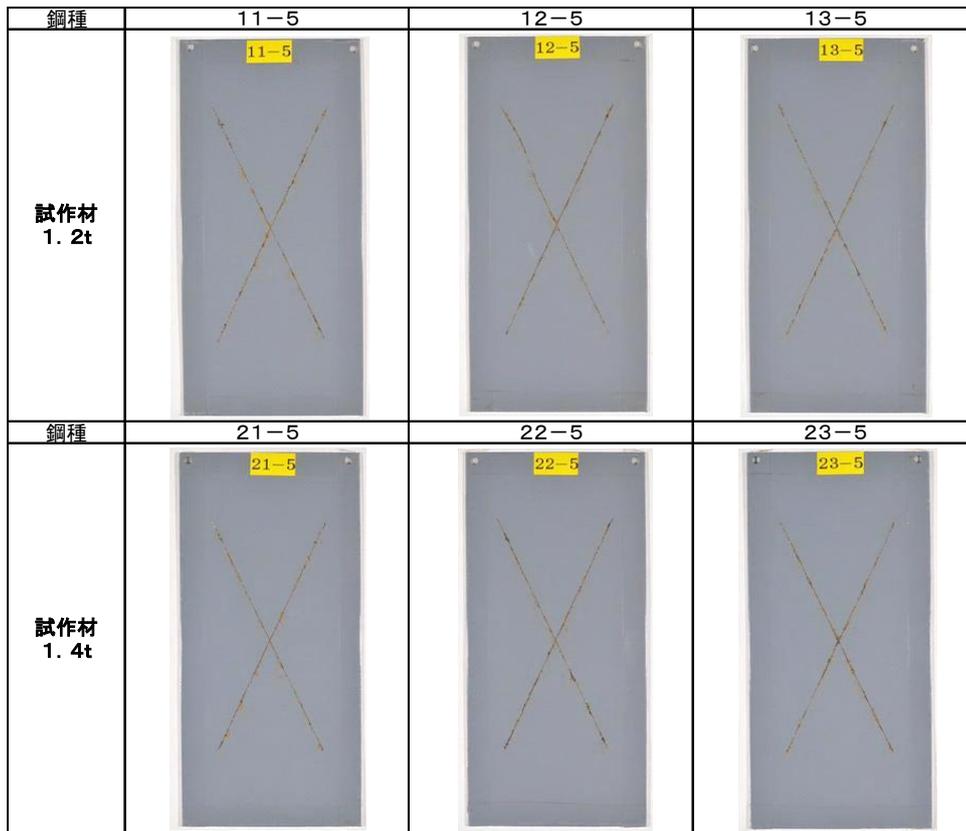


図 61.10 CCT クロスカット試験片外観写真 (噴霧 5cyc 後)

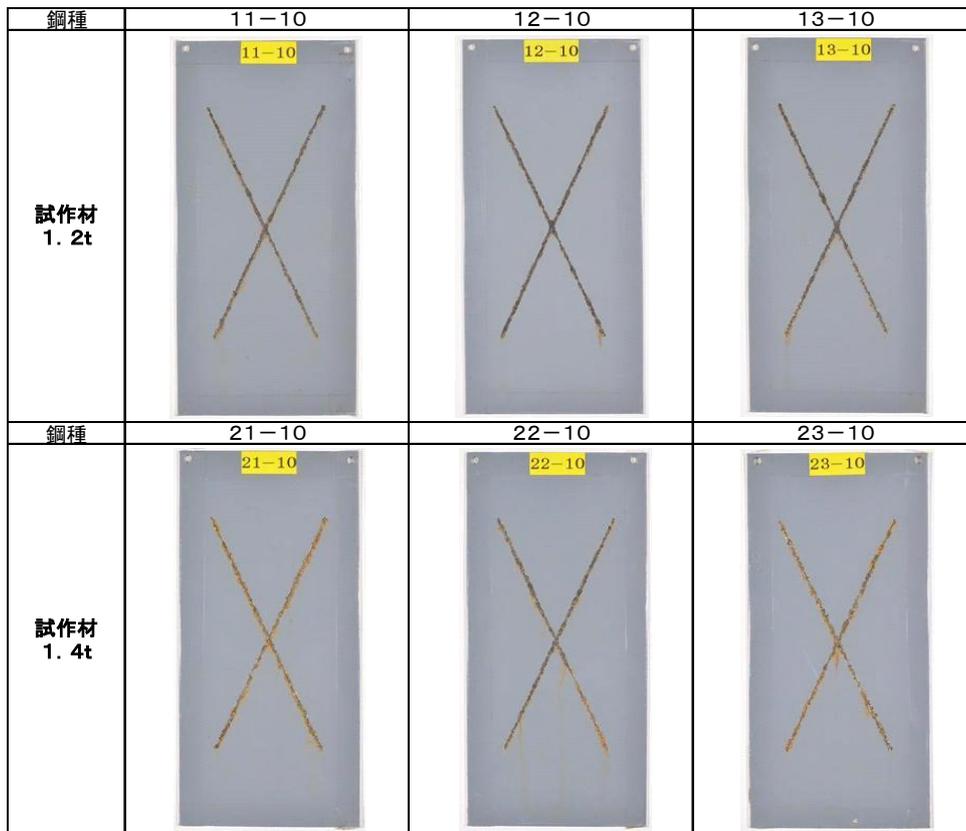


図 61.11 CCT クロスカット試験片外観写真 (噴霧 10cyc 後)

鋼種	11-25	12-25	13-25
980鋼 1.2t			
鋼種	21-25	22-25	23-25
980鋼 1.4t			

図 61.12 CCT クロスカット試験片外観写真 (噴霧 25cyc 後)

(c) SDT によるクロスカット評価

SDT によるクロスカット試験結果を表 61.3、図 61.13 に示す。図 61.14 に試験片の外観写真を示す。

SDT での最大剥離幅は基準内（2.5mm 以下）である。車体適用レベルにあると考えられる。

表 61.3 SDT クロスカット試験結果

供試材		n	SDT-96Hr後 最大剥離幅
試作材	1.4t	1	0.8
		2	1.5
		3	1.4
	1.2t	1	0.8
		2	1.0
		3	0.8
現行高炉材の 冷延標準板	0.8t	1	0.4
		2	0.5
		3	0.4

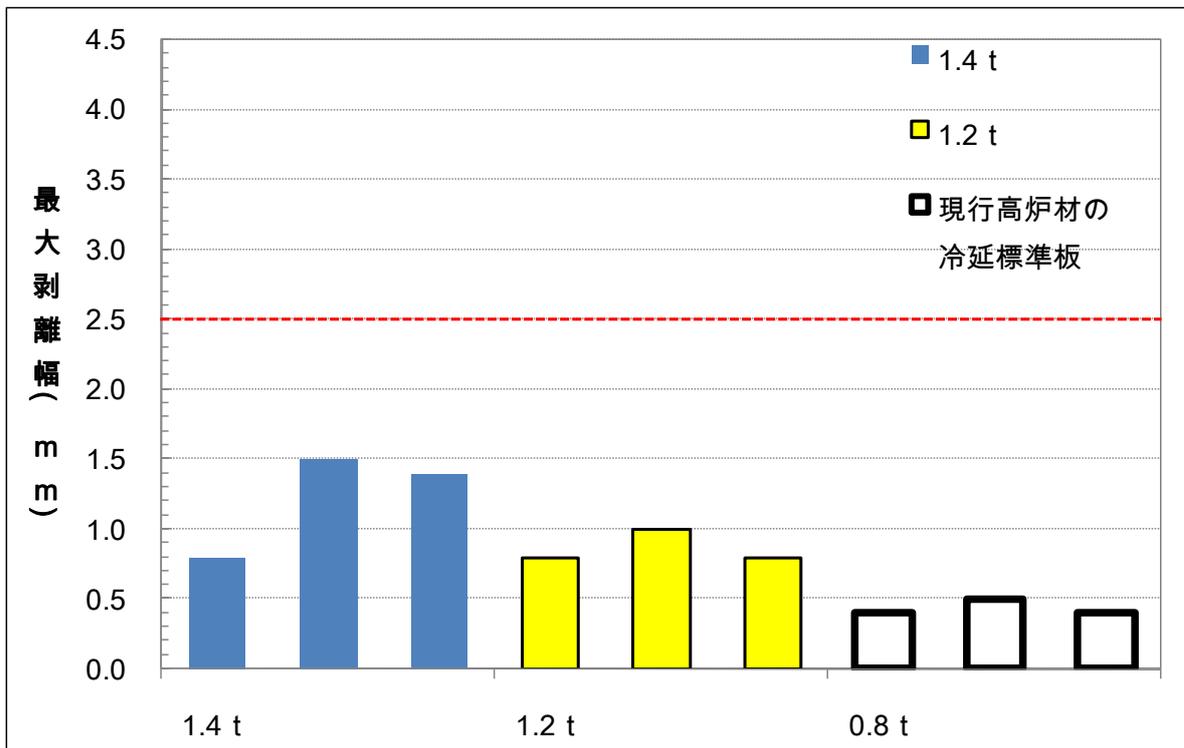
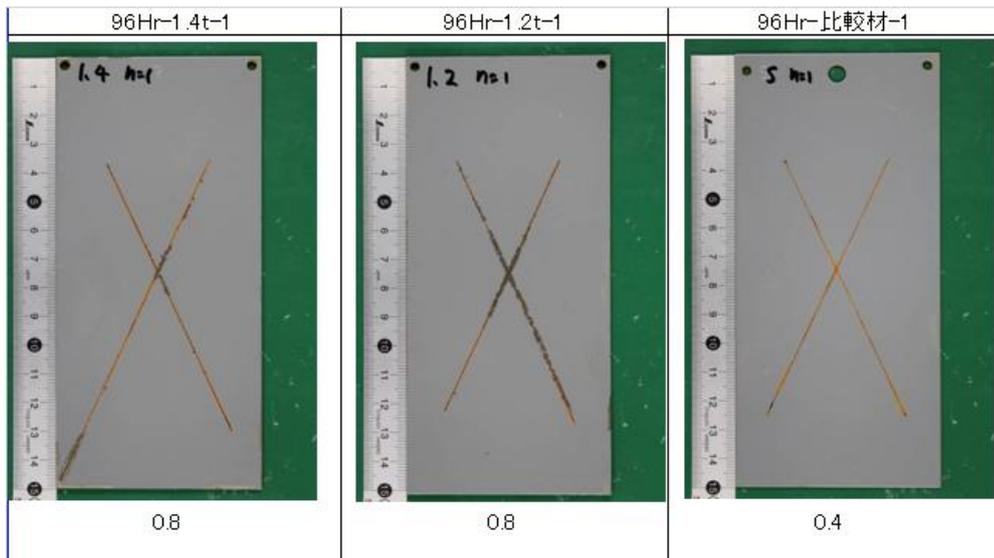
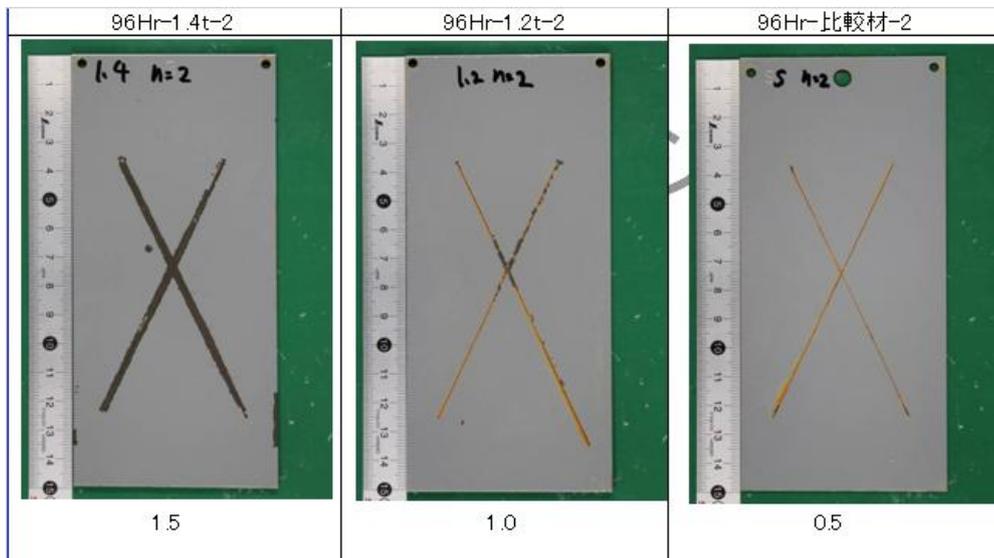


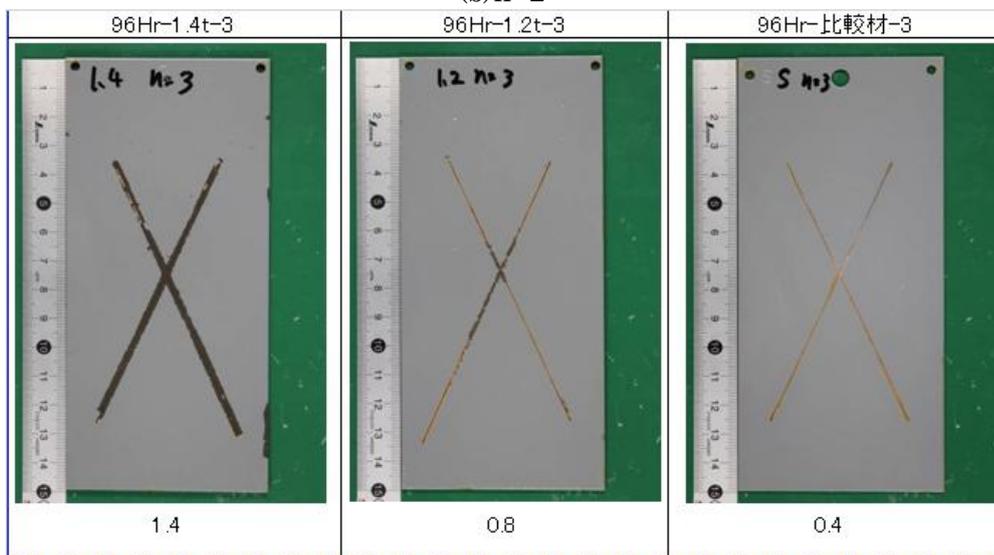
図 61.13 SDT クロスカット試験結果



(a)n=1



(b)n=2



(c)n=3

図 61.14 SDT クロスカット試験片外観写真 (浸漬 96hr 後)

#### (4)耐食性のまとめ

(1)～(3)の試験において、本試作材は、電着塗装性に関して現行高炉比較材と同等な耐食性を有していると考えられる。

## 6.2 溶接性評価

スポット溶接継ぎ手は、設計通りに車体が構造強度を発揮するための重要な構造要素であり、工法である。自動車用鋼板の高張力化は、強度と延性のバランスを良好に保つことが求められるため、材料としては炭素量を増やし基地組織強度を高めた状態で組織制御を行うことが適していること、あるいは、合金元素を利用して緻密な組織制御を行う傾向にあり、その結果、スポット溶接部の溶融ナゲット部の硬度は硬くなると同時に、靱性が低下してしまうという課題が生じている。更には、母材が高降伏強度となるため、負荷時に接合点周辺の拘束力が高くなることから溶接部端の応力集中が上昇することに起因し、溶接欠陥感受性が増加する為、接合強度が安定しなくなるという問題がある。これらの問題は特に、材料強度が 590MPa を超えたあたりから顕著になることが知られている。このことから、高強度—高延性が求められる自動車用高張力鋼板の開発は、スポット溶接性向上の技術開発とも言え、材料開発と併せ、その溶接工法（条件）自体も重要な開発課題となっている。

このような一連の高張力鋼板のスポット溶接性に係る課題は、特に、材料強度 590MPa 級で顕著な現象となって現れ、780MPa, 980MPa と材料強度が上がるにつれて、課題の難易度は難しさを増す。本試作材では、材料強度 590MPa 以上、実際の試作目標は材料強度 980MPa を目標としているため、スポット溶接性は特に重要な品質特性であり開発課題と言える。

本試作材では、溶接部靱性を考慮した組成設計がなされているが、スポット溶接条件を見出すにあたっては、熱处理的プロセスに沿って良好な靱性が得られるような加熱・冷却制御を行うべく通電条件の検討を行った。尚、しばしば、自動車会社では、接合部強度の信頼性確保の観点から、十字継ぎ手の強度試験において、ボタン抜け破断、あるいは母材破断が求められる。理由は、十字継ぎ手が応力集中の点から最も厳しい継ぎ手分類に入ること、重ね合わせ継ぎ手のせん断型破壊モードでは接合強度（TSS）が溶接欠陥に鈍感なのに対して、十字継ぎ手の剥離型破壊モードでは、剥離強度（CTS）が材料や溶接部欠陥に敏感であることから、十字継ぎ手破壊モードが安定的モードとなることにより、継ぎ手そのものの信頼性が得られると考えられる為である。具体的には、十字継ぎ手が溶接部の溶融凝固部以外の個所で安定的破断モード（ボタン抜け等）を呈することは、強度安定性の点から重要な評価指標のひとつとなっている。

本試作材、及びその適正な溶接条件を見出すにあたっては、上記の安定的破断モードを呈することを目標とした。

具体的には、スポット溶接を施工した試験片を作製し、せん断引張・十字引張(図 62.1)を実施して、スポット溶接部の強さを評価する。

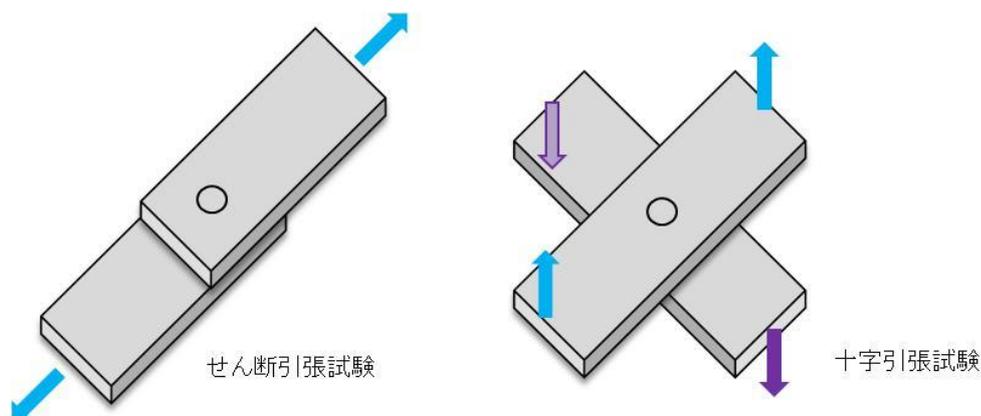


図 62.1 溶接部に対する引張試験イメージ

(1)試験片

引張試験片は図 62.2 および図 62.3 に示す。スポット溶接機を使用し、2 枚重ねた鋼板を電極で加圧してはさみ、通電して点溶接(スポット溶接)する。

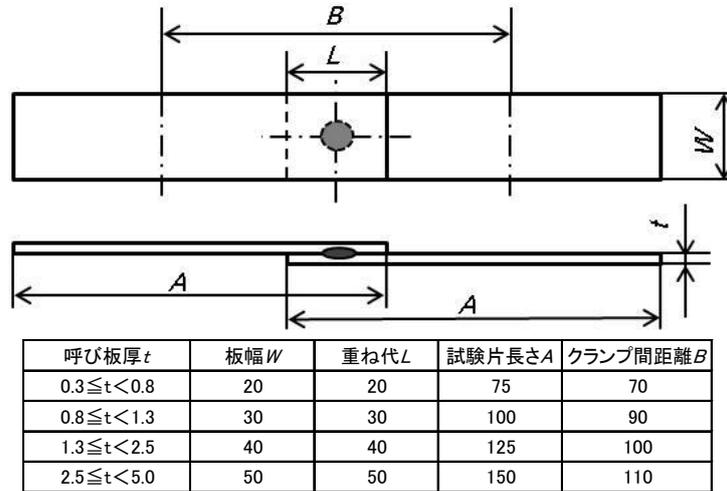


図 62.2 せん断引張試験片(TSS)

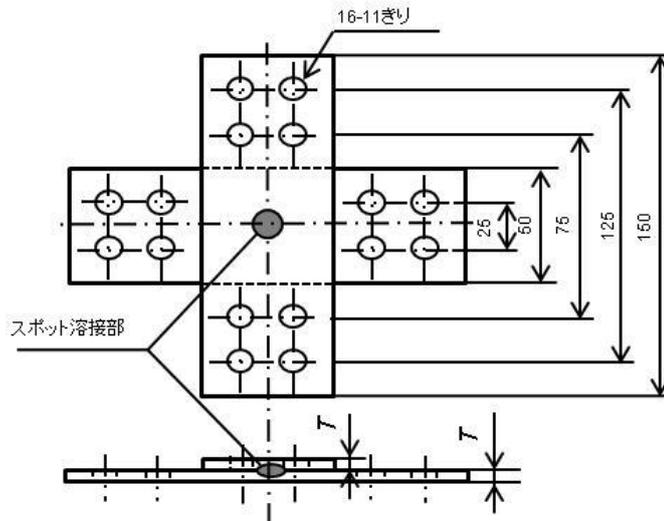


図 62.3 十字引張試験片(CTS)

## (2)溶接条件の選定方法

基本的な通電条件設計の考え方は、溶接に係るタクト時間の制約（車体の量産性）を考慮し、2段通電とし、その中で適正条件を見出すこととした。まず1段通電で溶融凝固径を形成するとともに、その蓄熱量を制御した上で、不足する加熱・冷却状態を補う手段として2段目の通電を設定することとした。スポット溶接においては、電極は通電し発熱（加熱）する手段であると同時に、電極自体が抜熱する冷却手段でもある。発熱を抑制すると抜熱が勝り、冷却が優ると総合して溶接部は徐冷～急冷の状態を作ることが出来るなど、発熱と冷却のバランスをどのようにとるかが溶接部の金属組織形成との関係で重要である。また、通電により溶融部（ナゲット）が形成されることは高温の熱源が板の合せ面に形成されることでもあり、その後の電極による抜熱でその熱量の大きさを制御出来ると共に、その熱拡散を利用して組織制御も可能である。

本試作材の溶接性の検討にあたっては、Step1、Step2、Step3 と 3 つの段階に分けて溶接条件の適正化を行っていった。（図 62.4）

Step1：まず、第一通電のみでナゲット径と溶接電流の関係を求め、目標基準ナゲット径  $5\sqrt{t}$ （ $t$ ：板厚）を得る溶接電流値  $I_1$ を決めた。

Step2：次に、Step1 で求めた溶接電流値  $I_1$ による第一通電とその直後の（通電停止し+加圧する）ホールド時間  $hold\#2$ を変えて組み合わせて、破断モードと接合部が最も安定する傾向を示す条件を絞り込んだ。

Step3：Step2 で破断モードが不足する部分を、Step2 の第一通電後に第二通電を行うことで改善した。第二通電ではその溶接電流  $I_2$ と通電サイクル数（時間） $N_2$ を組み合わせて変えた。この組み合わせを変えることで、第一通電後の溶接部は再加熱が卓越するのか冷却が卓越するのか状態を制御することが可能である。

このようにして作製した溶接継ぎ手の引張り試験を行い、破断モード及び溶接部強度を求め、安定破断モードが得られるか否かを確認した。溶接部強度は破断モードに応じた強度が得られるという考え方である。

尚、評価の基準ナゲット径は、 $5\sqrt{t}$ （ $t$ ：板厚（mm））としたが、母材強度が 980MPa クラスと高く、それとバランスする径として通常より大きいナゲット径とした。一般に準ハイテン系の鋼板で用いられる基準ナゲット径は、 $4.25\sqrt{t}$ である。

下記(a)～(c)の予備試験を行い、最適スポット溶接条件を選定後、選定した条件で TSS および CTS を行った。

### (a)溶接条件選定 Step1

Weld lobe を作成し、ナゲット径  $ND=5\sqrt{t}$  を満足する溶接電流( $I_1$ )を決める。

電極：ドームラジラス型、先端  $\phi$  6mm、材質 Cr-Cu

加圧力：550kgf

スクイズ時間：60 サイクル/50Hz

通電時間：20 サイクル/50Hz

保持時間：10 サイクル/50Hz

スロープ：なし

ナゲット観察：JIS Z3139 に準ずる

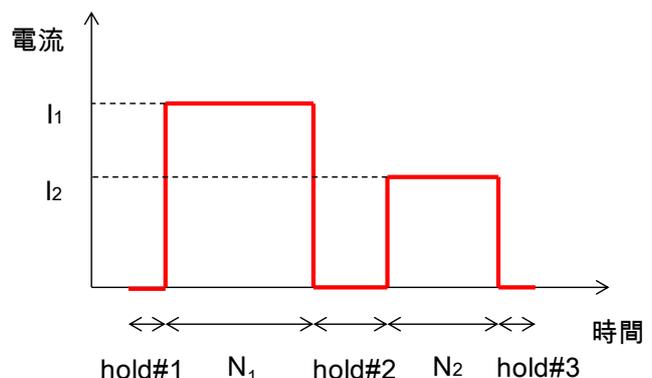


図 62.4 通電サイクル

(b) 溶接条件選定 Step2

通電後の保持時間(hold#2)を各種設定して溶接した CTS 及び TSS 試験片で引張試験を実施し、破断モードと同条件の試験片にて、硬度プロファイルを把握する。

(c) 溶接条件選定 Step3

Step2 の結果から hold#2 を決定し、続く第二通電条件 ( $N_2$ ,  $I_2$ ) を各種設定して溶接した CTS 及び TSS 試験片で引張試験を実施し、破断モードと同条件の試験片にて、硬度プロファイルを把握する。また、破断モードが母材破断となるものがあることを確認する。

### (3)最適化溶接条件での強度試験結果

最適化した溶接条件で、目的とする安定破壊モードが得られ、その結果として溶接部強度も安定した値が得られた。以下、溶接条件の検討内容を報告する。

ここでは、Step2に引き続き、第二通電条件の検討を行った。表 62.1、表 62.2 は、各条件で試作した十字継ぎ手試験片の破断モードとその強度が示してある。記号 A の母材破断は見られなかったものの、1.4mm 材の第二通電の溶接電流値 I2 が I1 に対して 30% の 2.10 k A 以外の破断形態は記号 B の HAZ 部破断となり、安定破断モードが得られ、熱的には比較的広い状態で目的の破断モードが得られるものと考えられる。安定破壊モードと共に接合強度も安定している。また、図 62.5 に硬度プロファイルを示すが、HAZ 軟化はみられない。

なお、スポット溶接に要する時間は 32 サイクルであり、0.6sec となる。現行の車体量産条件とほぼ変わらないものと考えられる。

表 62.1 Step3 試験表 (1.2mm)

I2 (KA)	N2 (cyc)	CTS (KN)	破断形態	Ave	TSS (KN)	破断形態	Ave	延性比
5.14	5	3.88	B	4.03	17.62	B	17.63	0.23
		4.21	B		17.32	B		
		3.99	B		17.96	B		
	10	3.70	B	3.91	18.45	B	18.77	0.21
		3.66	B		18.08	B		
		4.36	B		19.77	B		
	15	3.40	B	3.63	16.80	B	17.49	0.21
		3.67	B		18.21	B		
		3.82	B		17.45	B		
3.44	5	3.83	B	3.86	16.85	B	17.61	0.22
		3.81	B		16.87	B		
		3.93	B		19.11	B		
	10	4.50	B	4.19	17.66	B	17.40	0.24
		4.00	B		17.64	B		
		4.06	B		16.91	B		
	15	4.08	B	3.82	18.48	B	17.23	0.22
		3.84	B		17.31	B		
		3.54	B		15.90	B		
2.07	5	3.85	B	4.21	15.77	B	17.79	0.24
		3.65	B		20.02	B		
		5.13	B		17.58	B		
	10	3.75	B	3.74	17.25	B	17.91	0.21
		3.69	B		18.06	B		
		3.77	B		18.42	B		
	15	4.56	B	4.24	15.56	B	15.76	0.27
		4.06	B		16.15	B		
		4.10	B		15.56	B		

表 62.2 Step3 試験表 (1.4mm)

I2 (KA)	N2 (cyc)	CTS (KN)	破断形態	Ave	TSS (KN)	破断形態	Ave	延性比
5.27	5	5.92	B	5.83	25.60	B	25.53	0.23
		6.39	B		25.19	B		
		5.17	B		25.79	B		
	10	7.26	B	6.02	25.53	D	25.58	0.24
		5.54	B		25.60	B		
		5.25	B		25.61	B		
	15	5.99	B	5.78	25.20	B	25.65	0.23
		6.24	B		26.57	B		
		5.10	B		25.18	B		
3.54	5	6.17	B	5.32	25.03	D	25.70	0.21
		5.64	B		26.66	C		
		4.14	B		25.42	B		
	10	5.92	B	5.63	24.72	B	24.83	0.23
		5.36	B		26.00	B		
		5.60	B		23.76	B		
	15	6.24	B	5.38	25.12	B	25.30	0.21
		5.56	B		25.38	B		
		4.35	B		25.40	C		
2.10	5	6.04	B	5.34	25.27	B	24.38	0.22
		5.33	B		24.82	C		
		4.66	B		23.06	D		
	10	5.01	B	5.16	23.94	B	24.01	0.21
		5.42	B		24.17	B		
		5.04	B		23.92	D		
	15	5.78	D	5.92	24.96	C	24.83	0.24
		6.87	B		25.22	D		
		5.11	B		24.30	D		

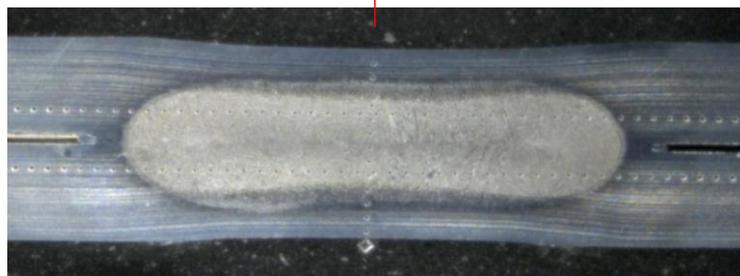
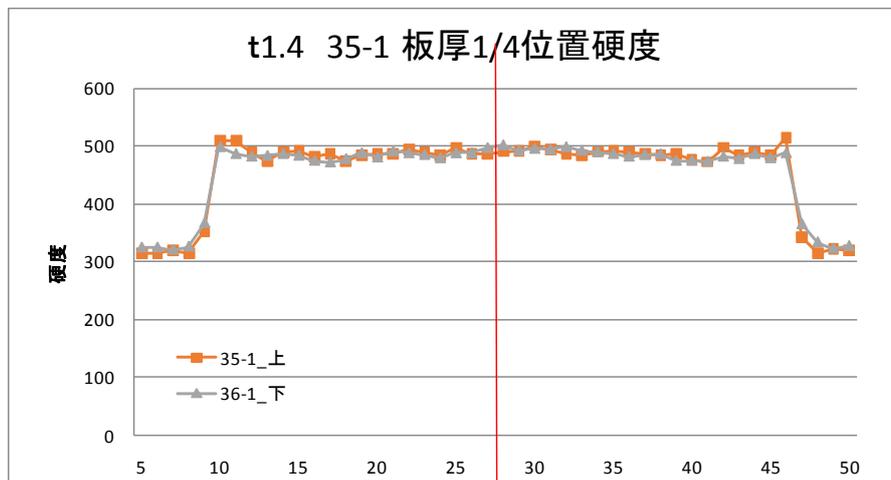


図 62.5 硬度プロファイル測定結果 (1.4mm 7.0kA)

### 6.3 金属組織評価

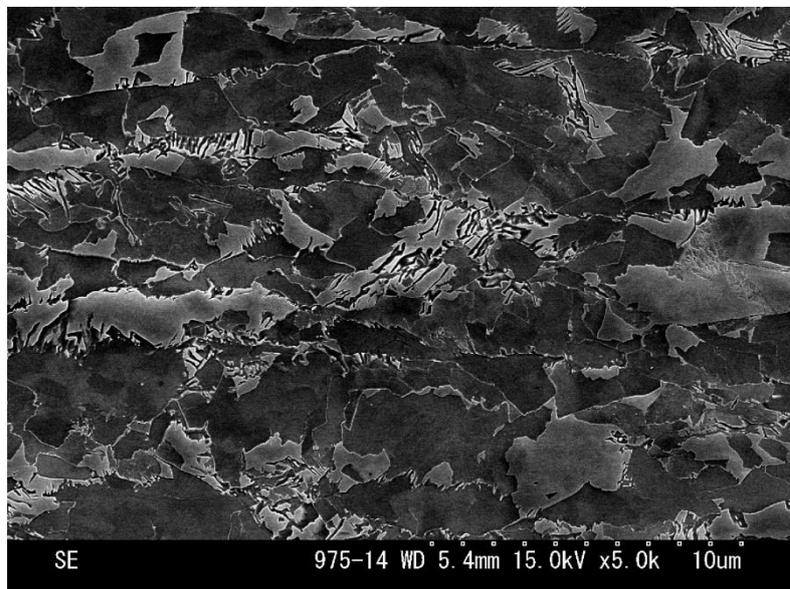
本提案の材料は独立行政法人 物質・材料研究機構が主体となって実施された超鉄鋼プロジェクトの微細結晶粒に基づく組織創製の知見をベイナイト組織に応用している。

そこで、薄板化と鋼板組織の微細粒化・微細組織化の両立に関する基礎調査にあたっては、本提案の材料の創製コンセプト発案者、及びその応用組織の創製原理の提案者であり、また、自動車用鋼板としての特性研究に実績を持つ NIMS に当分野を担当してもらうこととした。

### (1) 組織定量化による理想組織像の提示と今後の課題

試作した鋼板の内、TS×EL=21115の目標特性を発現した試作材 1.2mm (No.9(750)) のマイクロ組織を図 63.1 に示す。これは電解研磨面の SEM 組織像である。電解研磨では結晶相の違いや結晶方位の差（大角境界）によって、表面に微小な高低差が形成されるために、SEM による表面凹凸のコントラストの違いに対応した結晶相を判別することが可能である。さらに、表面高低差が僅かであるために微細結晶相の境界をシャープに捉えることができる。母地（ベイナイト相あるいはマルテンサイト相）に対して、第二相（MA あるいは析出物粒子）が突き出ているために、白いコントラストとして判別される。第二相（MA）は比較的大きなものでは  $5\mu\text{m}$  程度のものも存在するが、析出物粒子を含めると、 $1\mu\text{m}$  以下が全体の大半を占めている。大きな第二相（MA）も高倍率で詳細を観察すると、内部が母地相で分断されていることがわかる。また、母地（ベイナイト相）の境界には段差が形成されており（あるいは微小な第二相粒子が存在）、 $2\text{-}3\mu\text{m}$  程度に母相が微細化されていることが判る。これが本鋼の有効結晶粒であると考えられる。さらに高倍率像(b)に示すように第二相（MA あるいは析出物粒子）を分断する母地相は  $1\mu\text{m}$  以下であり、これを含めると母相の平均サイズはさらに小さくなる。ベイナイトと第二相（MA あるいは析出物粒子）の均一分散が、本試作材の高強度高延性を生んでいることを先に述べた。そこで、これを裏付けるため、鮮明な電解研磨面の組織像を用いて、両者の定量評価を実施した。

(a)低倍率像



(b)高倍率像

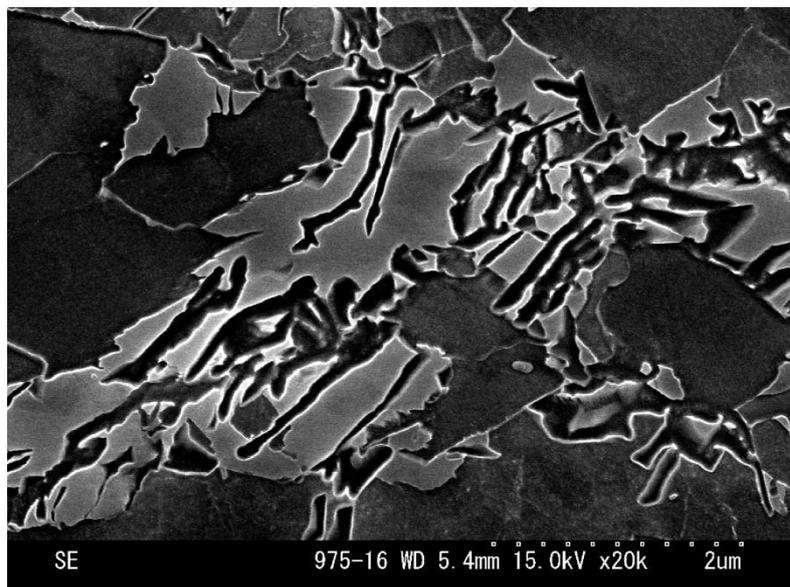


図 63.1 試作材 1.2mm (No.9(750)) の電解研磨面の SEM 組織