ノート

鋼材の合金元素の偏析による金属組織の変化

斎藤　雄治*

Change in Metallographic Structure by Segregation of Alloying Elements in Steels

SAITO Yuji*

1. 緒　　言

一般的に，鋼材に含まれている合金元素や不純物はある程度の偏りをもって分布している。これを偏析と呼んでいる。偏析にはマクロ偏析とミクロ偏析がある。マクロ偏析は肉眼レベルで観察される偏析で，マクロ組織で色の濃淡として見られる。一方，ミクロ偏析は顕微鏡レベルで観察される偏析で，ミクロ組織の違いとなって見られる。

本研究では，市販の機械構造用炭素鋼 S45C と機械構造用合金鋼 SCM435 について，マクロ・ミクロ偏析が見られる部位で合金元素の量に違いがあるか調べた。

2. 実　　験

2.1　試料

次に示す①，②を試料とした。

①市販の機械構造用炭素鋼 S45C（直径 20mm，長さ 20mm）を 850℃に 15 分保持後に水冷したもの。

②市販の機械構造用合金鋼 SCM435（直径 19mm，長さ 20mm）を 850℃に 15 分保持後に空冷したもの。

これらの試料に対して，断面（①は横断面，②は長手断面）を鏡面研磨および腐食後，金属組織観察（オリンパス光学工業（株）製 BX-60M-53MB 型）および走査電子顕微鏡による EDS 分析（日本電子（株）製 JSM-IT500LA）を行った。金属組織の現出には，硝酸アルコール溶液 HNO_3 5ml，エチルアルコール 100ml）を用いた。

＊　中越技術支援センター

3. 実験結果および考察

3.1　S45C

図 1 に試料のマクロ組織を示す。図において外周部と中心部は白っぽく見える。これらの部位は焼きが良く入っていると考えられる。

図 2 に，(a)外周部，(b)外周部と中心部の中間，(c)中心部のミクロ組織をそれぞれ示す。図において，(a)はマルテンサイト組織，(b)はマルテンサイト組織と微細パーライト組織，(c)はマルテンサイト組織とごく少量の微細パーライト組織となっている。このことから，外周部と中心部は良く焼きが入っていることが確認できる。

次に，外周部，外周部と中心部の中間，中心部の各 3 か所について，走査電子顕微鏡による EDS 分析を行った。Si と Mn の定量結果を表 1 に示す。EDS で得られる定量値はあくまでも目安となるが，中心部は Si と Mn が正偏析していることが分かる。

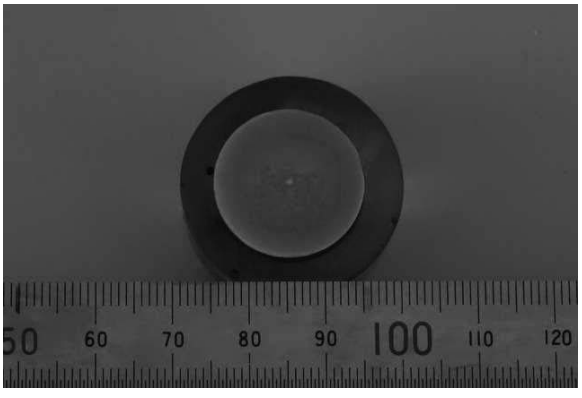
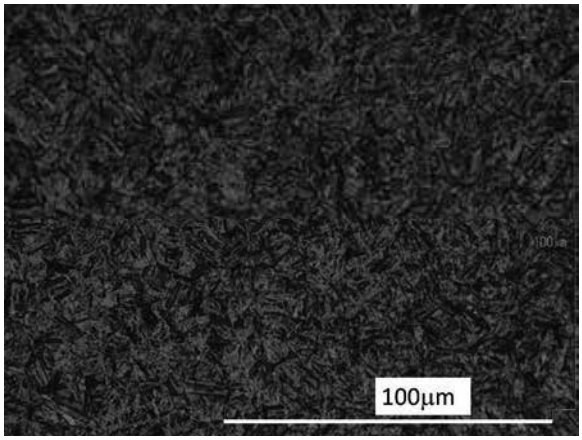
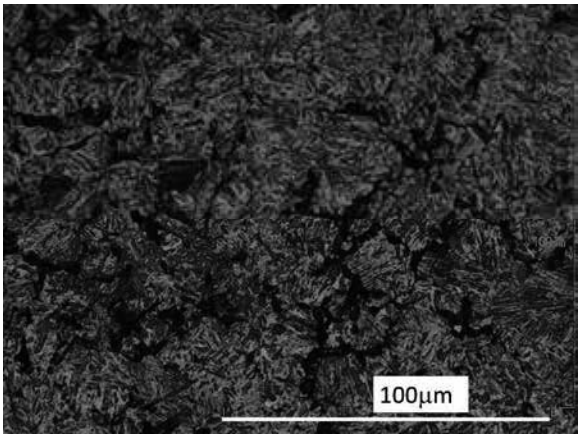


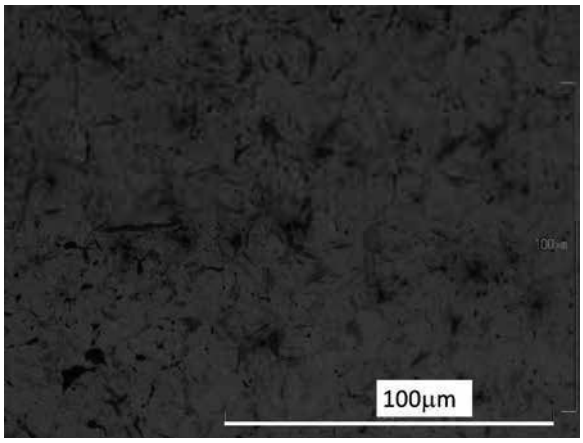
図 1　S45C 試料の断面のマクロ組織



(a) 外周部



(b) 外周部と中心部の中間



(c) 中心部

図 2　S45C 試料の断面のミクロ組織

ここで，Mn は焼入性を高める元素であることから中心部に良く焼きが入ったと考えられる。

表 1　EDS による S45C 試料の Si と Mn の定量結果(%)

	Si	Mn
外周部	0.23	0.85
外周部と中心部の中間	0.25	0.84
中心部	0.33	1.17

3.2　SCM435

図 3 に試料のミクロ組織（低倍率）を示す。図の横方向が試料の長さ方向である。周囲（ここでは通常組織と呼ぶ）に比べて白っぽい組織（ここでは帯状組織と呼ぶ）があることが分かる。帯状組織が見られる部位はミクロ偏析しているとみられる。

図 4 に試料のミクロ組織（高倍率）を示す。(a)は帯状組織，(b)は通常組織である。図 4 によって，帯状組織は通常組織とは異なる組織であることが分かる。ここで，帯状組織と通常組織についてビッカース硬さ試験（（株）明石製作所製 MVK-G2500）を行った結果を図 5 に示す。帯状組織は通常組織に比べてかなり硬いことが分かる。

帯状組織が硬い理由を調べるため，試料の帯状組織と通常組織の各三か所について Si，Mn，Cr および Mo の走査電子顕微鏡による EDS 分析を行った。結果を表 2 に示す。

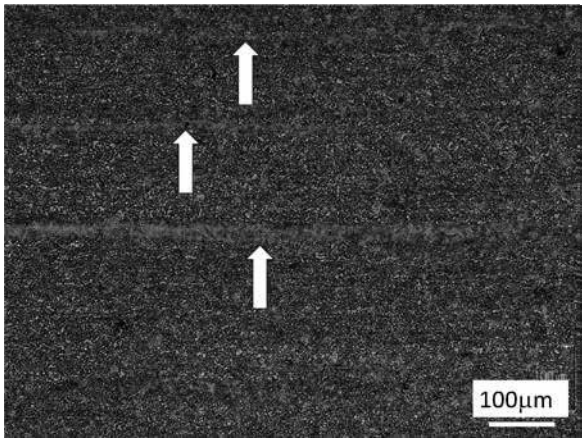
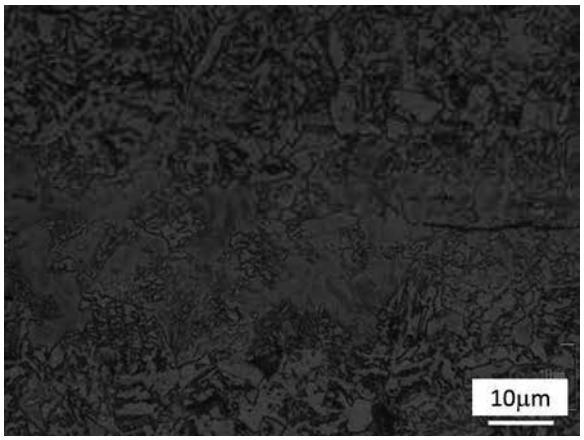
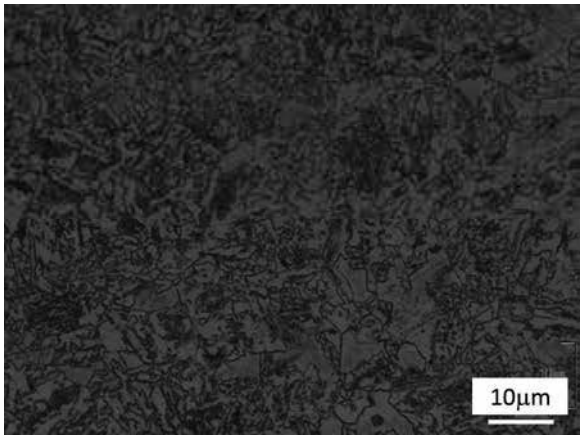


図 3　SCM435 試料の断面のミクロ組織（低倍率）



(a) 帯状組織



(b) 通常組織

図 4　SCM435 試料の断面のミクロ組織（高倍率）

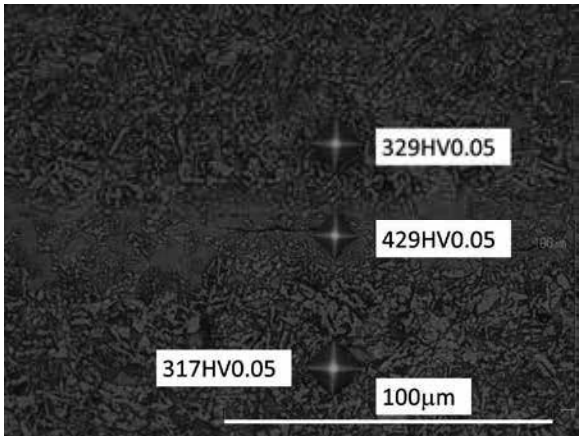


図 5　帯状組織と通常組織の硬さの比較

表 2　EDS による SCM435 試料の Si，Mn，Cr および Mo の定量結果（%）

	Si	Mn	Cr	Mo
帯状	0.39	0.95	1.37	0.47
通常	0.26	0.75	0.99	0.13

EDS で得られる定量値はあくまでも目安となるが，定量した全ての元素が帯状組織に正偏析していることが分かる。ここで，Mn や Cr は焼入性を高める元素であることと図 5 の硬さを考慮すると，帯状組織の組織にはベイナイトやマルテンサイトが多く含まれていると考えられる。なお，本報告書の結果および外国製ステンレス鋼 SUS304 のミクロ偏析の分析結果を当研究所のホームページに掲載している [1)~3)]。

4. 結　　言

(1) 市販の S45C の焼入れ材および SCM435 の焼ならし材について，偏析が見られた部位のミクロ組織観察および EDS による分析を行った。

(2) S45C のマクロ偏析が見られた部位では，焼入れ性を高める Mn などの正偏析が認められ，マルテンサイト組織が多く観察された。

(3) SCM435 のミクロ偏析が見られた部位では，焼入れ性を高める Mn や Cr などの正偏析が認められ，ベイナイト組織やマルテンサイト組織と推測される組織が観察された。

参考文献

1) http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H31/31kin-10.html，炭素鋼 S45C 丸棒の中心偏析について，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2020 年 2 月 7 日.

2) http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H31/31kin1.html，SCM435 の焼ならし後の金属組織と偏析について，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2020 年 2 月 7 日.

3) http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H31/31kin8.html，デルタフェライトの見られた SUS304 部品の各組織中の合金元素について，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2020 年 2 月 7 日.