

The Japan Society for Analytical Chemistry

社団法人 日本分析化学会

認 証 書 改 訂 第 1 版

Certified Reference Material
JSAC 0111

鉄鋼認証標準物質
微量酸素分析用

本標準物質 JSAC 0111は、表面の付着酸素を除く微量酸素の含有率が認証された鉄鋼（軸受け鋼）標準物質である。その認証値を表1に示す。標準物質JSAC 0111は、鉄鋼中の酸素分析のため、試料と標準物質を併行分析し、試料について得られた値が妥当であるかどうかを確認するときなどに有用である。

標準物質JSAC 0111は、直径 32 mm、高さ30 mmの円柱状のもので、荷姿は透明プラスチックケースに収納された状態である。これの分析にあたっては、試料の上面を表面研磨するだけで各種物理分析に使用できるとともに、試料を小片又は粒状に加工することにより不活性ガス融解法による酸素含有率の測定などに使用することができる。

表1 認証値 酸素含有率

| 標準物質番号 | 認証値 ± 不確かさ ^{注1)} ($\mu\text{g} / \text{g}$) (不確かさ $k = 2$) |
|-----------|--|
| JSAC 0111 | 2.3 ± 0.4 |

注1) 不確かさは、95%信頼限界 ($t \times 6$ 回分析の標準偏差) $\div 6$ を2 で除して、標準不確かさ標準不確かさに換算したものである。(t: t分布表による) (本認証書参照)

使用上の注意

使用に当たっては表面の酸素を十分に除去する必要があり、表面酸素除去が不十分な場合は誤った値を与えることになる。そのため、放電などによる機器分析法では表面層を十分除かなければならない。また不活性ガス融解法などでは、予備加熱を行って表面汚染酸素を充分除去した後試料を空気中に取り出さずに（又はそれに相当した方法により）測定しなければならない。

保管上の注意及び認証値の安定性

標準物質は、使用後乾いた布などで清掃し、所定のプラスチックケースに戻し、錆びないようにデシケーター等に入れて保管する。

安定性又は有効期限については、冷暗所で保存すれば認証値に変化は起こらないと考えられるが、今後定期的に安定性試験を実施し、結果が得られ次第、本学会誌・ホームページなどで報告する。

標準物質の製造方法及び均質性の確認

標準物質原材料の軸受け鋼素材を山陽特殊鋼株式会社（姫路）において電気炉及び二次処理炉

により精錬を行い、連続鋳造にて直径167 mmのブルームとした。連続鋳造の過程では、均質性を確保するために電磁攪拌を適用した。ブルームの中心40 mm角は除去し、外側を4分割して直径32 mmの棒状に鍛伸した。各々の棒材を長手方向30 mm長さに切断し、標準物質素材とした。棒材長手方向の頭部、中央部、尾部に相当する3箇所から分析用試料を採取し、その断面の5点から不活性ガス融解法により酸素及び窒素を定量し均質性の確認を行った。その結果、相対標準偏差は酸素で5.9%、窒素で2.5%であった。

認証値付与のための基準分析方法と結果の概略

1997年より2002年にかけて、通産省物質工学工業技術研究所（当時）及び日本鉄鋼協会 評価・分析・解析部会は、科学技術庁（当時）より科学技術振興調整費を受け、知的基盤整備推進事業の一環として、表面酸素の影響を受けない基準分析法としての荷電粒子放射化分析法

(CPAA;

charged particle activation analysis)^{文献1),2)}による鋼中の酸素分析方法の開発を行った。この方法は酸素の基準物質として純度の高いSiO₂を使用するもので、希釈標準溶液や市販の標準物質を使った検量線を使用する相対分析法とは異なる。以下の分析はその成果を応用したものである。分析は住重試験検査株式会社（愛媛）の設備である小型サイクロトロンを使用し、その成果をもとに鉄鋼標準物質候補の含有酸素濃度の値付けを行った。すなわち、分析対象鋼材並びに基準

物質のSiO₂（いずれも数cm角の薄板）に³Heを照射し、核反応によってその含有酸素(¹⁶O)が生成する¹⁸Fから放射される 線を測定して定量し、それらの放射能の比より酸素含有量を求めた。¹⁸Fの放射能測定については、基準物質は薄板のままの形態で、鋼材は(¹⁸Fが微量なのでマトリックスの放射化によるバックグラウンドの影響を防ぐため)¹⁸Fからの消滅 線に注目し、同時計測法により行った。このとき、上記の沈殿の担体として非放射性ふっ素を含むF試薬(K¹⁹F)を加え、沈殿物中の担体の回収率を求め、これを用いて¹⁸Fの放射能の補正を行った。主な分析条件は表2のとおりである。分析結果を表3に示す。

表2 荷電粒子放射化分析の分析条件

| | | |
|---------------------|--|----------------------------|
| 加速粒子 | ^3He | |
| 粒子エネルギー | 11.4 MeV | |
| 用いた核反応 | $^{16}\text{O}(^3\text{He},\text{p})^{18}\text{F}$ | |
| ^{18}F 半減期 | 109.73 分 | |
| 加速器 | 住友重機械工業製CYPRIS 370型サイクロトロン | |
| 生成核種 | ^{18}F | |
| 計測したガンマ線のエネルギー | +消滅放射線(511 keV) | |
| 検出器 | NaI(Tl)検出器 × 2 台 (同時計測法) | |
| 分析条件 | 分析試料 | 比較基準物質(板状 SiO_2) |
| 照射電流 | 0.8 μA | 0.5 μA |
| 照射時間 | 30分 | 1分 |
| 冷却時間 | 4時間 | 17時間 |
| 照射後表面処理 | 酸によるエッチング | なし |
| 生成核種分離法 | 酸溶解後 1. KB^{18}F_4 として沈殿分離 2. La^{18}F_3 として沈殿分離 | 非破壊 |
| 計測時間 | 5分 | 5分 |
| 計測回数 | 180分間で10回程度計測 | 180分間で10回程度計測 |

表3 分析結果

| 生成核種分離法 | 回収率 (%) | 酸素含有率 ($\mu\text{g} / \text{g}$) |
|----------------------------|---------|------------------------------------|
| KB^{18}F_4 | 53 | 2.2 |
| KB^{18}F_4 | 26 | 2.3 |
| KB^{18}F_4 | 25 | 2.1 |
| KB^{18}F_4 | 33 | 2.1 |
| La^{18}F_3 | 43 | 2.7 |
| La^{18}F_3 | 80 | 2.6 |
| 6回分析の平均値 | | 2.33 |
| 6回分析の標準偏差 | | 0.258 |

酸素含有率の認証値と不確かさ

認証値は荷電粒子放射化分析(CPAA)による6回分析値の平均をとった。
不確かさは表4に示す要領で算定した。

表4 不確かさの評価

| 標準不確かさの要素 | 標準不確かさ ($\mu\text{g/g}$) |
|---|----------------------------|
| 分析値の不確かさ(Type A) ^{注1)} | 0.14 |
| 照射量の不確かさ;1% ^{注2)} (以下Type B) | 0.023 |
| エッチング厚み測定の不確かさ;2% ^{注2)} | 0.046 |
| エッチング厚み補正の不確かさ;1% ^{注2)} | 0.023 |
| 化学分離キャリア純度及び質量測定の不確かさ;0.1% ^{注2)} | 0.0023 |
| 化学分離沈殿質量測定の不確かさ;0.1% ^{注2)} | 0.0023 |
| 放射線計測の不確かさ(比較基準物質の純度の不確かさを含む);1% ^{注2)} | 0.023 |
| 質量補正係数の不確かさ;1.5% ^{注2)} | 0.035 |
| 合成標準不確かさ | 0.153 |
| 拡張不確かさ | 0.4 (0.31を丸め) |

注1) 分析値の不確かさ：95%信頼限界 ($t \times 6$ 回分析の標準偏差) $\div 6$ を2で除して、標準不確かさに換算したものである。(t: t分布表による)

注2) その不確かさ要素の認証値に対する相対不確かさを示す。

参考：不活性ガス融解法による分析結果

参考のため、日本鉄鋼協会所属の11試験所にこのロットの試料を配布し、不活性ガス融解法による分析を行った。各試験所の分析条件及び結果は付属の技術報告書に示されている。試験所2の第1回目の分析値及び試験所8が高値を示したが、その他の試験結果はおおむね安定している。この二つの高値を除いた平均値は2.3 $\mu\text{g/g}$ であった。

認証日付

2004年3月18日

認証値決定に協力した分析機関

- 荷電粒子放射化分析を実施した分析機関
住重試験検査株式会社
- 不活性ガス融解法を実施した分析機関 (五十音順)
愛知製鋼株式会社
川崎製鉄株式会社 (現 JFEスチール株式会社)
金属材料技術研究所 (現 物質・材料研究機構)
鋼管計測株式会社
株式会社 コベルコ科研
住友金属テクノロジー株式会社
大同特殊鋼株式会社
東北大学 金属材料研究所
日新製鋼株式会社
株式会社 日鐵テクノロジー
株式会社 堀場製作所

以上12機関

生産及び頒布機関 社団法人 日本分析化学会

素材製造機関 山陽特殊鋼 株式会社（姫路市飾磨区中島3007）

調製機関 株式会社 上越テクノセンター（新潟県上越市福田町 1）

認証責任者 社団法人 日本分析化学会 分析信頼性委員会
委員長 高田 芳矩

作業委員会：鉄鋼認証標準物質作製委員会

| | 氏名 | 所属 |
|-----|-------|---------------------------|
| 委員長 | 倉橋 正保 | 独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 |
| 委員 | 平井 昭司 | 武蔵工業大学 工学部 環境エネルギー工学科 |
| 委員 | 石橋 耀一 | 日本鋼管テクノサービス株式会社 |
| 委員 | 志村 眞 | JFEスチール株式会社 技術研究所 |
| 委員 | 八木 宏親 | 住重試験検査株式会社 |
| 委員 | 小野 昭紘 | 社団法人日本分析化学会 |
| 事務局 | 川戸 則隆 | 同上 |
| 事務局 | 坂田 衛 | 同上 |
| 事務局 | 柿田 和俊 | 同上 |

文献

- 1) S. Kataoka, Y. Tarumi, H. Yagi, S. Tomiyoshi and T. Nozaka: Charged particle activation analysis of boron and carbon on the surface of silicon wafer, J. of Radiochemical and Nuclear Chemistry, Vol. 216 No.2 217219 (1997)
- 2) 片岡昌治、田沢修一、関井良博、垂水裕司、矢野宗彦：小型サイクロトロンを用いた荷電粒子放射化分析法、住友重機械工業株式会社社内報

問合せ先 社団法人 日本分析化学会
〒141-0031 東京都品川区西五反田1丁目26-2 五反田サンハイツ304号
TEL. 03(3490)3351 FAX 03(3490)3572

発行日：2004年4月14日

改訂日：2008年7月30日 改訂 第1版

付属書

技術報告書

この技術報告書は微量酸素分析用鉄鋼標準物質 JSAC 0111の作製の原材料として用いた軸受け鋼の均質性試験の詳細と、荷電粒子放射化分析法により決定した酸素濃度値に対応して、参考のために相対分析法である不活性ガス融解法による測定を11試験所の共同実験として実施した結果を報告するものである。付属書として認証書に添付する。

鉄鋼標準物質作製小委員会
委員長 倉橋 正保

1. 均質性試験

1.1 試料の採取位置

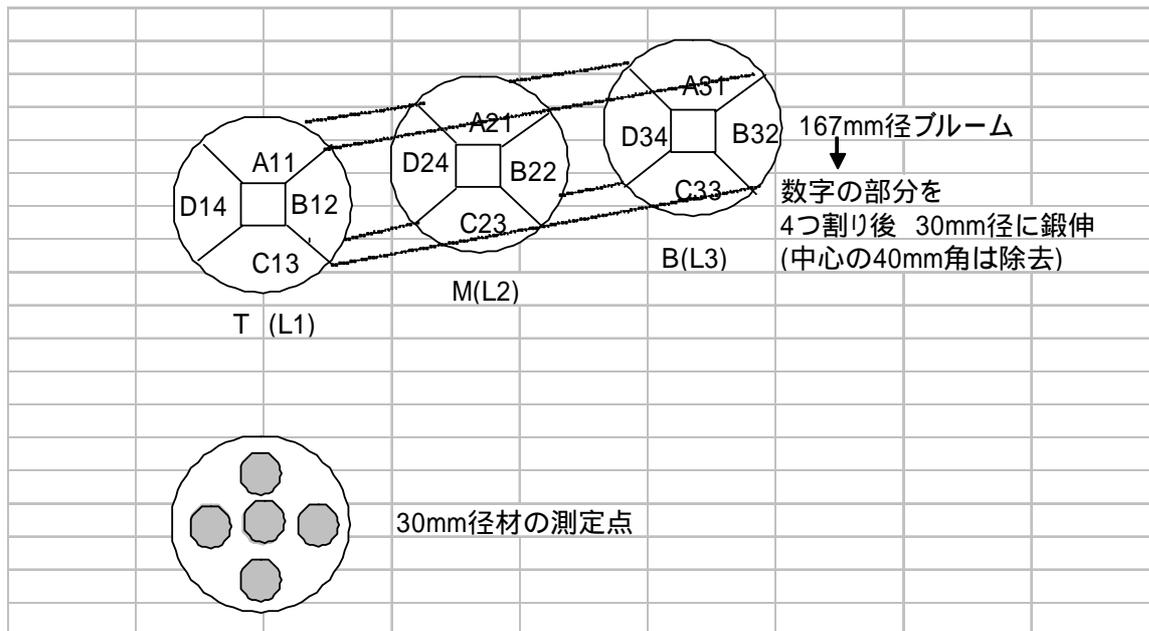
試料は1998年に山陽特殊鋼（株）において製造・調製された。下図のようにブルームの中心40mm角は除去し、外側を4分割して直径30mmの棒状に鍛伸した。各々の棒材を長手方向30mm

長さに切断し、標準物質素材とした。参考までに含有成分の分析値を示す。

(単位：質量%)

| C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | N |
|------|------|------|-------|-------|------|------|--------|
| 1.00 | 0.21 | 0.37 | 0.011 | 0.002 | 0.06 | 1.43 | 0.0057 |

棒材長手方向の頭部、中央部、尾部に相当する3箇所から試料を採取し、その断面の5点から不活性ガス融解法により酸素及び窒素を定量し均質性の確認を行った。窒素・酸素の値は表面汚染物を含んだ値である。



1.2 均質性試験結果

各位置における分析値と統計計算結果は下記の通りである。

1.2.1 酸素定量値

(単位 $\mu\text{g/g}$)

| | 1/4周 A | 1/4周 B | 1/4周 C | 1/4周 D | 1/4周 A 平均値 | 1/4周 B 平均値 | 1/4周 C 平均値 | 1/4周 D 平均値 |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| L1 | 3.6 | 4.3 | 4.1 | 4.4 | 4.0 | 4.3 | 4.2 | 4.2 |
| | 4.1 | 3.8 | 4.0 | 4.4 | | | | |
| | 3.9 | 4.4 | 4.2 | 4.1 | | | | |
| | 4.1 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | | | | |
| | 4.5 | 4.5 | 4.2 | 3.8 | | | | |
| L2 | 4.0 | 3.7 | 4.0 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 4.1 |
| | 3.7 | 4.0 | 3.9 | 4.2 | | | | |
| | 4.2 | 3.8 | 4.1 | 4.0 | | | | |
| | 4.0 | 3.6 | 3.9 | 4.1 | | | | |
| | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.0 | | | | |
| L3 | 4.1 | 4.0 | 4.2 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 4.2 |
| | 3.9 | 3.8 | 4.5 | 4.3 | | | | |
| | 3.8 | 4.1 | 4.3 | 4.3 | | | | |
| | 4.1 | 4.4 | 4.4 | 3.9 | | | | |
| | 3.9 | 3.9 | 4.5 | 4.2 | | | | |

| | 1/4周 A | 1/4周 B | 1/4周 C | 1/4周 D | 平均 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| 平均値 | 4.0 | 4.1 | 4.2 | 4.2 | 4.1 |
| 標準偏差 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 相對標準偏差% | 5.5 | 7.4 | 5.0 | 4.7 | 5.9 |

1.2.2 窒素定量値

(単位 $\mu\text{g/g}$)

| | 1/4周 A | 1/4周 B | 1/4周 C | 1/4周 D | 1/4周 A 平均値 | 1/4周 B 平均値 | 1/4周 C 平均値 | 1/4周 D 平均値 |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| L1 | 56 | 58 | 58 | 58 | 56.4 | 56.4 | 57.8 | 57.6 |
| | 55 | 56 | 58 | 58 | | | | |
| | 56 | 58 | 57 | 58 | | | | |
| | 58 | 56 | 58 | 58 | | | | |
| | 57 | 54 | 58 | 56 | | | | |
| L2 | 57 | 55 | 54 | 57 | 57.2 | 55.2 | 55.6 | 56.0 |
| | 56 | 58 | 57 | 55 | | | | |
| | 59 | 52 | 55 | 55 | | | | |
| | 56 | 55 | 56 | 56 | | | | |
| | 58 | 56 | 56 | 57 | | | | |
| L3 | 57 | 58 | 58 | 55 | 57.0 | 56.8 | 58.0 | 55.6 |
| | 57 | 57 | 58 | 54 | | | | |
| | 56 | 55 | 58 | 56 | | | | |
| | 58 | 57 | 58 | 56 | | | | |
| | 57 | 57 | 58 | 57 | | | | |

| | 1/4周 A | 1/4周 B | 1/4周 C | 1/4周 D | 平均 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| 平均値 | 56.9 | 56.1 | 57.1 | 56.4 | 56.6 |
| 標準偏差 | 1.1 | 1.7 | 1.3 | 1.3 | 1.4 |
| 相對標準偏差% | 1.9 | 3.1 | 2.3 | 2.3 | 2.5 |

2. 相対分析法（不活性ガス融解法）による分析結果

均質性試験の行われた試料を11試験所において不活性ガス融解分析法により分析を行った。実験は2000年12月から2001年1月にかけて行われた。各試験所の分析条件及び測定結果は下記の通りである。

2.1 分析条件

| 試験所番号 | 分析装置 | 検量線作成標準物質 | 試料量 g | 電解研磨の方法 | 予備加熱方法 |
|-------|------------|------------------|---------|-----------|----------|
| 1 | TC-436 | KNO ₃ | 1.0 | 酢酸 - 過塩素酸 | - |
| 2-1 | TC-436 | KNO ₃ | 0.8 | 酸化クロム-リン酸 | 非連続加熱 |
| 2-2 | TC-436 | KNO ₃ | 0.7/1.0 | 酸化クロム-リン酸 | 非連続加熱 |
| 3 | EMGA620 | KNO ₃ | 0.8 | - | 連続加熱 |
| 4 | TC-436 | KNO ₃ | 1.0 | 塩酸 | 非連続加熱 |
| 5 | TC-436 | JSS**** | 1.0 | 酸化クロム-リン酸 | - |
| 6 | EMGA620 | KNO ₃ | 0.8/0.9 | 酢酸 - 過塩素酸 | 連続加熱 |
| 7 | EMGA520 | KNO ₃ | 1.0 | 酢酸 - 過塩素酸 | - |
| 8 | TC-436AR | JSS GS5c | 1.0 | 酢酸 - 過塩素酸 | - |
| 9 | TC-436 | JSS* | 1.0 | 有*** | - |
| 10 | EMGA-U620W | KNO ₃ | 0.8 | - | 連続加熱 |
| 11 | TC-436 | JSS** | 0.7/0.8 | 酢酸 - 過塩素酸 | 非連続2試料測定 |

*GS6a,GS2b,GS1d,GS1c **GS5c,GS3c,GS2b,GS6a

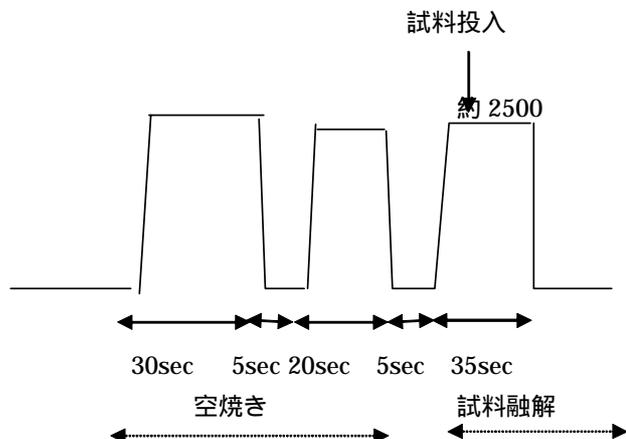
10%アセチルアセトン+1%テトラメチルアンモニウムクロライド +メチルアルコール *GS5c,GS3c,GS2c,GS6b

| 試験所番号 | 予備加熱時間 (秒) | 予備加熱温度 () | 検量線作成時標準物質と一緒に添加した助燃材 (数字はg) | プランク測定時つぼに添加した助燃材 (数字はg) | 試料と一緒に添加した助燃材 (数字はg) | つぼ寸法 (直径×深さ) (mm) |
|-------|------------|------------|------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | - | - | Ni 0.5+Sn 1 | Fe 1+Sn 1 | Sn 1 | 11×14 |
| 2-1 | 150 | 1100 | Ni | Sn 1 | Sn 1 | 10.8×15.8 |
| 2-2 | 100 | 1050 | Ni+Sn1+Fe 0.5 | Fe 0.5+Sn 1 | Fe 0.5+Sn 1 | 10.8×15.8 |
| 3 | 100 | 1100 | Ni | Fe 1 | 0 | 9×10 |
| 4 | 40 | 1000 | Ni+Sn 0.6 | Sn 0.6 | Sn 0.6 | 11×15.7 |
| 5 | - | - | Sn 0.2 | Sn 0.2 | Sn 0.2 | 10×20 |
| 6 | 100 | 1000 | Ni+Sn 1 | Ni+Sn 1 | Sn 1 | 9×10 |
| 7 | - | - | Ni | Fe 1+Sn 0.5 | Sn 0.5 | 12×18 |
| 8 | - | - | - | Sn 1 | Sn 1 | 11×15.7 |
| 9 | 100 | 900 | Ni 0.5+Sn 1 | Fe 1+Sn 0.8 | Sn 0.8 | 10.8×14.4 |
| 10 | 30 | 1000 | - | 0 | 0 | 9.8×11 |
| 11 | 30 | 1000 | - | 0 | 0 | 10×21 |

加熱パターン

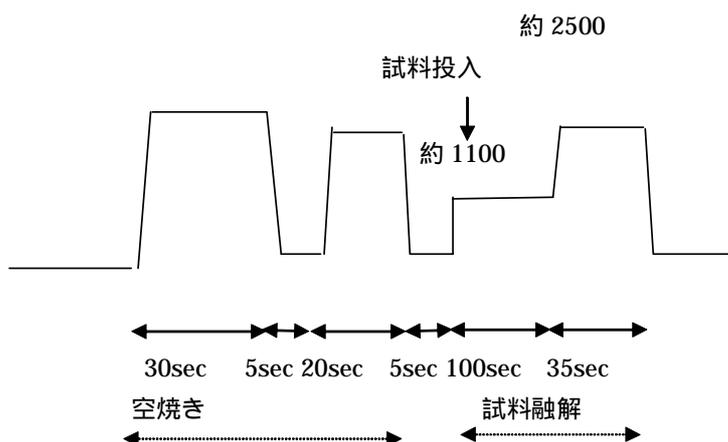
通常加熱と比較して、予備加熱のパターンを下記に示す。数字はイメージングのために例として示したもので、実際の値は試験所により異なる。

(1) 通常加熱



表面酸素と鋼中酸素の合計値が同時定量される。

(2) 連続予備加熱



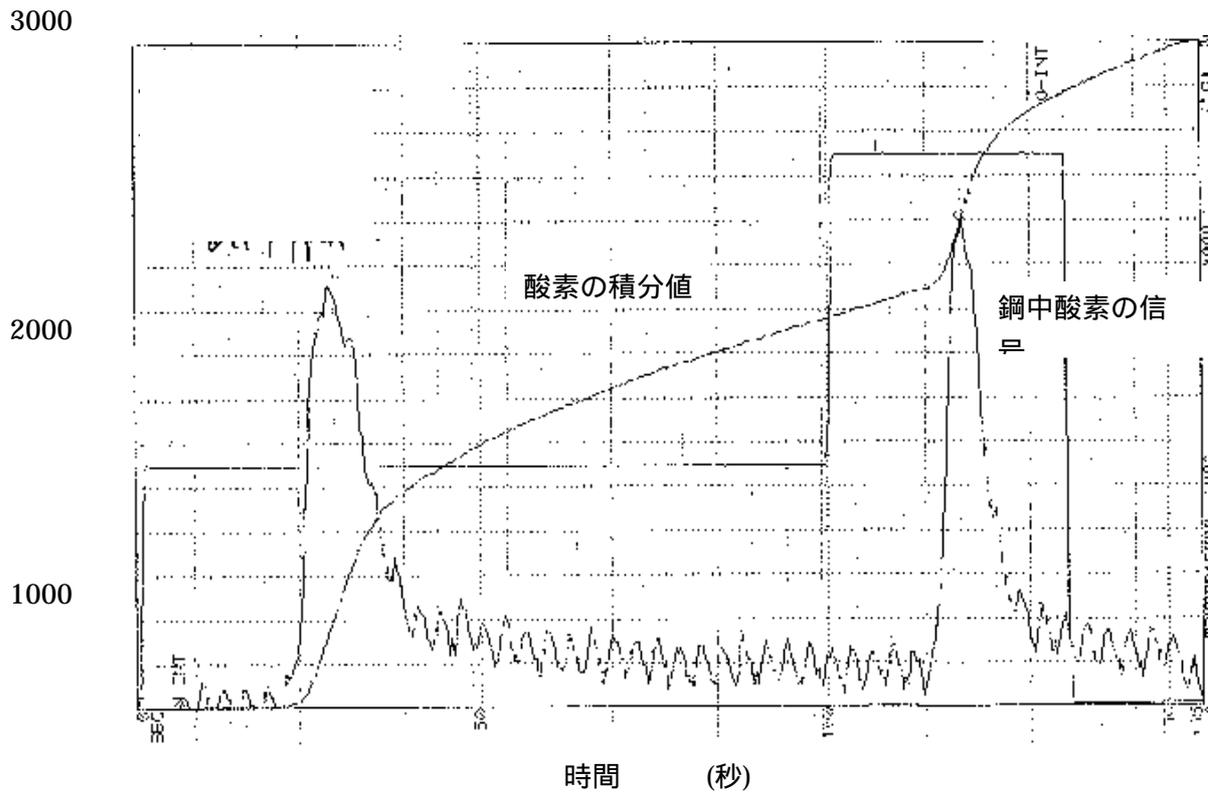
表面酸素と鋼中酸素が別々に定量される。

この分析方法は、山陽特殊鋼(株)で開発された分析法（下記文献参照）の予備加熱部分を傾斜加熱から一定加熱方式に修正したものである。

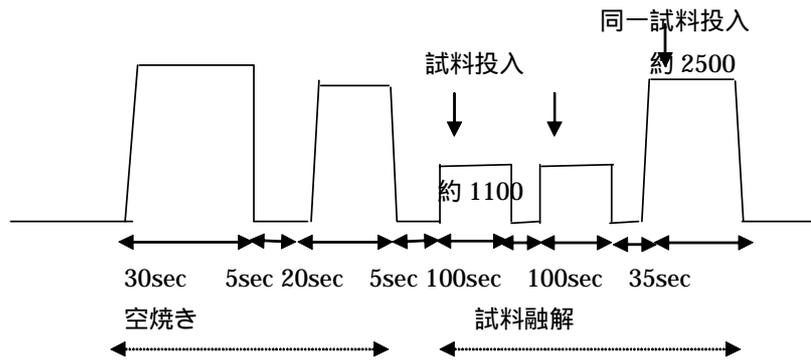
Tomoko ISE, Yoshio NURI, Yoshiyuki KATO, Takashi OHISH and Hisashi MATSUNAGA;
The Effect of Heating Conditions on the Removal of Oxide Film on Steel Surface by the Inert Fusion Method, ISIJ International Vol.38(1998), No.12(December)

測定チャートの一例を次ページに示す。

加熱温度



(3)非連続予備加熱

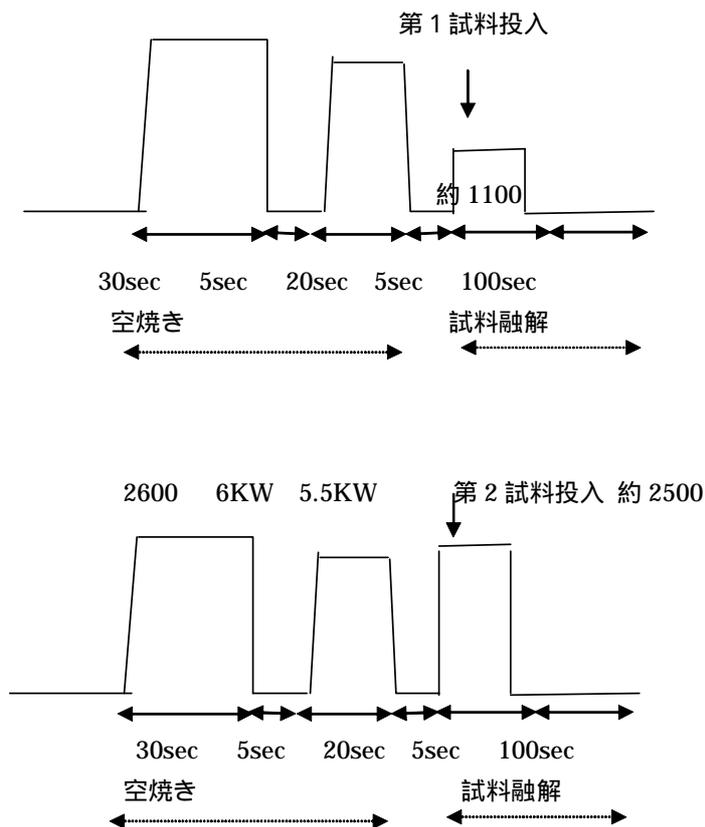


予備加熱は2回行い、試料を一度空気中に取り出す。1回目予備加熱後の表面酸素は2回目のそれと同量とみなし、2回目予備加熱と通常加熱の定量値の差を鋼中酸素とする。

詳細は下記文献を参照：

伊藤清孝，小池政弘；表面酸化物を除いた鋼中微量酸素定量法の開発，鉄と鋼 Vol.87 (2001)No.12 756

(4)非連続予備加熱2試料測定



同一とみなされる2つの試料を別々に、予備加熱と通常加熱法で定量する。
第1試料と第2試料の定量値の差を鋼中酸素とする。

2.3 分析結果

併行3回の分析結果と統計計算結果を下記に示す。全酸素から表面酸素を除いたものが鋼中酸素である。表面汚染酸素を除去するための予備加熱を行わなかった試験所の鋼中酸素については、電解研磨を行った後予備加熱を行った試験所の表面酸素のデータから計算した平均表面酸素量(0.774 $\mu\text{g/g}$)を全酸素から差し引いて鋼中酸素の推定値とした。

2.3.1 全酸素

(単位： $\mu\text{g/g}$)

| 試験所番号 | 1 | 2 | 3 | 平均 |
|-------|------|------|------|------|
| 1 | 2.8 | 2.83 | 2.72 | 2.78 |
| 2-1 | 6.31 | 6.16 | 5.03 | 5.83 |
| 2-2 | 4.33 | 4.02 | 4.51 | 4.29 |
| 3 | 6.2 | 5.1 | 5.5 | 5.60 |
| 4 | 2.47 | 2.53 | 2.63 | 2.54 |
| 5 | 3.4 | 3.4 | 3.3 | 3.37 |
| 6 | 3 | 2.75 | 2.88 | 2.88 |
| 7 | 3.2 | 2.8 | 2.6 | 2.87 |
| 8 | 7.17 | 6.87 | 6.97 | 7.01 |
| 9 | 2.36 | 2.32 | 2.36 | 2.35 |
| 10 | 6.2 | 6.96 | 6.99 | 6.72 |
| 11 | 3.82 | 3.65 | 3.89 | 3.79 |

2.3.2 表面酸素

(単位： $\mu\text{g/g}$)

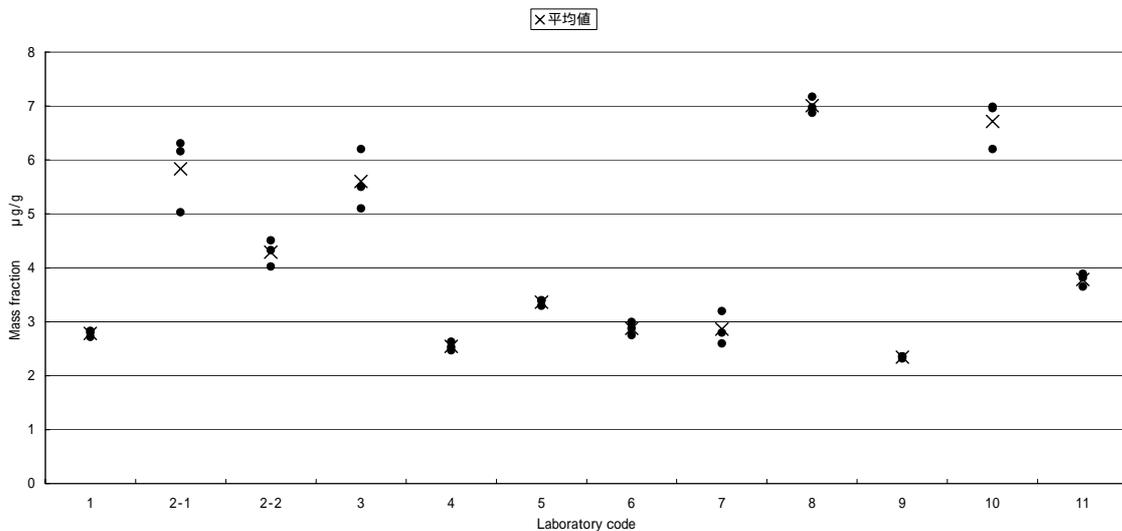
| 試験所番号 | 1 | 2 | 3 | 平均 |
|---------------------------------|------|------|------|---------|
| 1 | | | | |
| 2-1 | 0.64 | 0.68 | 0.87 | 0.73 |
| 2-2 | 1.64 | 1.25 | 1.64 | 1.51 |
| 3 | 3.7 | 2.9 | 2.7 | 3.1 |
| 4 | 0.52 | 0.42 | 0.37 | 0.43667 |
| 5 | | | | |
| 6 | 1.18 | 0.5 | 0.96 | 0.88 |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | 3.1 | 3.79 | 3.52 | 3.47 |
| 11 | 0.33 | 0.3 | 0.31 | 0.31333 |
| 電解研磨を行った試験所(2-1,2-2,4,6,11)の平均値 | | | | 0.774 |

2.3.3 鋼中酸素

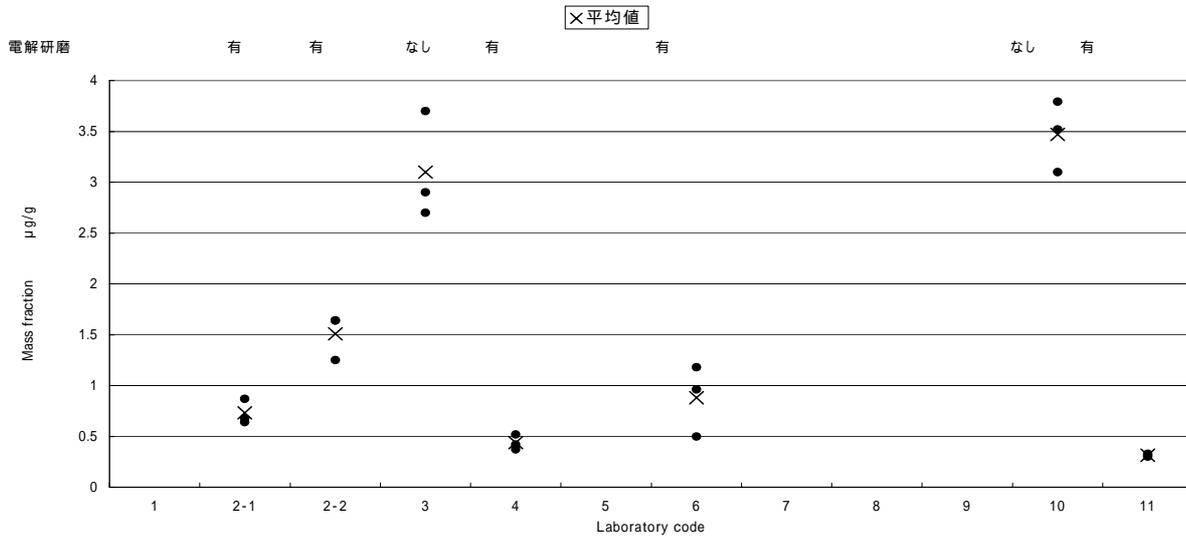
(単位：μg/g)

| 試験所番号 | 1 | 2 | 3 | 平均値 又は 計算値 | Robust z-score | 棄却後 平均値 |
|---|------|------|------|------------------|-------------------|------------|
| 1 | | | | 2.01 | -0.59 | 2.01 |
| 2-1 | 5.67 | 5.48 | 4.16 | 5.10 | 2.80 | - |
| 2-2 | 2.69 | 2.77 | 2.87 | 2.78 | 0.25 | 2.78 |
| 3 | 2.5 | 2.2 | 2.8 | 2.50 | -0.05 | 2.50 |
| 4 | 1.95 | 2.11 | 2.26 | 2.11 | -0.48 | 2.11 |
| 5 | | | | 2.59 | 0.05 | 2.59 |
| 6 | 1.82 | 2.25 | 1.92 | 2.00 | -0.60 | 2.00 |
| 7 | | | | 2.09 | -0.50 | 2.09 |
| 8 | | | | 6.23 | 4.04 | - |
| 9 | | | | 1.57 | -1.07 | 1.57 |
| 10 | 3.1 | 3.17 | 3.47 | 3.25 | 0.77 | 3.25 |
| 11 | 3.49 | 3.35 | 3.58 | 3.47 | 1.02 | 3.47 |
| 全平均 | | | | 2.93 | | 2.32 |
| 標準偏差 | | | | 1.33 | | 0.57 |
| 2.8 * SD | | | | 3.73 | | 1.59 |
| Median | | | | 2.55 | | 2.30 |
| NIQR | | | | 0.91 | | 0.52 |
| 1/4Q | | | | 2.07 | | 2.03 |
| 3/4Q | | | | 3.30 | | 2.73 |
| IQR | | | | 1.23 | | 0.70 |
| 全平均値の95%信頼限界 (Student <i>t</i> × 標準偏差 ÷ 10) | | | | | | 0.41 |

不活性ガス融解法による全酸素量



不活性ガス融解法による表面酸素量



不活性ガス融解法による鋼中酸素分析値

