

# 工学博士今井勇之進君の「鐵鋼の熱処理加工に関する基礎研究」

## に対する授賞審査要旨

今井勇之進君は昭和六年東北大学金属工学科を卒業、昭和一五年以来金属材料研究所においてもつぱら鐵鋼の熱処理加工に関する基礎研究を行ない、その間発表した研究報告は邦文約一三〇篇、英文約五〇篇に達している。これらを分類すると、一、鐵鋼の熱処理に関する研究、二、鋼の合金元素特に微量成分の作用に関する研究、三、耐熱鋼及び耐熱合金に関する研究、四、加工に関する研究に大別される。以下これらについて略述する。

### 一、鐵鋼の熱処理に関する研究

#### (a) 鋼の恒温変態及び恒温処理の研究

鋼の恒温変態の研究は米国で始められたが、今井君はいち早くその重要性を認め、まず炭素鋼について、ついでNi-Cr等を含む各種の鋼について恒温変態図を決定し、変態曲線に及ぼす各種合金元素の影響を系統的に研究、これによつて工業用鋼の性能を支配する熱処理条件決定の基礎を与えた。また鋼種によつて曲線が複雑化するのは、変態温度五〇〇度C以下では $Fe_3C$ が変態の主導となるに反し、それ以上では $Fe_3C$ 以外の炭化物または複炭化物が主導となることを見出し、従来の中間段階(Twischen Stufe)説を改め新しい説明を提供した。さらに或種のオーステナイト鋼例えば常温でオーステナイト組織の 17Cr-8Ni 鋼を零度以下で変態させると、その恒温変態曲線において -100°C と -135°C に二つの鼻が見られる。後者はマルテンサイト変態の鼻であるが、前者はオーステナイトから六方晶への

変態の鼻で、この事実は面心立方晶より体心立方晶への変態の機構に一つの示唆を与えるものである。つまに鋼の焼入れに際して生ずる焼割れ、焼歪みの原因となる残留応力について多くの研究を行ない、焼入れ歪みはマルテンサイトの量よりもその生成速度に依存することを確かめ、歪み少なく焼割れも少ない焼入れ法を決定した。この方法は複雑な形の大型ペアリング、ペペルギヤー、クラシックシャフトなど機械車輛部品の焼入れに広く利用され焼割れ防止に顕著な成績をあげている。

#### (b) 鋼の深冷処理 (Sub-zero treatment) の研究

焼入れた鋼材を常温にての低温度に冷却するいわゆる深冷処理につき詳細な研究を行ない、その際に起る種々の変化の機構を明らかにした。この処理において焼入れ後深冷する前に常温に放置すれば、残留オーステナイトが安定化し、深冷処理の効果を著しく減ずることを認め、この安定化現象について反応速度論的な検討を加えてその原因を明らかにし、さらにオーステナイトの安定化を軽減し深冷処理を一層有効にする方法を提示した。またほとんどすべての鋼は深冷処理により硬度は上昇するにもかかわらず残留応力はほとんど変わらぬという事実を発見し、これを経年変化をきらうゲージ類、チャーン、ペアリング及び複雑な形の工具類の熱処理に応用して好成績を挙げ、業界に大きな利益を与えた。

#### (c) 鋼の焼戻し過程の研究

従来、鋼の焼戻し過程は $\gamma$ 鉄、 $\alpha$ 鉄、マルテンサイト、 $Fe_3C$ の組合せ変化と考えられていたが、今井君は焼戻し過程に新しく $\epsilon$ 相 ( $Fe_2C$ ) を加えるべからむと実験的に証明した。

#### (d) オーステナイト結晶粒度の研究

従来、鋼のオーステナイト結晶粒度の大きさはその鋼材が生來有する固有のものと考えられている一方、これに対する疑義も存在した。今井君はこれを検討し、Al脱酸鋼は粒度生來說に従わないことを確めた。またこの研究中今井君が考案した瞬間酸化法によるオーステナイト結晶粒度決定法は合理的かつ簡単な方法として内外に広く使用されている。

### 二、鋼の微量元素の作用に関する研究

#### (a) 窒素の作用に関する研究

鋼の諸性質に及ぼす窒素の作用に関する論文は四〇に近く、鋼の熱処理の研究とともに今井君の最も力を注いだものである。すべての鋼材は必ず多少の窒素を含有し、これが鋼材の性質に重要な影響を与えることは早くから察知されていた。しかし溶鋼中の窒素は凝固の際大部分が脱出し、 $\text{NH}_3$ などを用い、五〇〇乃至六〇〇度でとくに窒素を添加しても七〇〇度以上に熱すれば同様に脱出する。また微量範囲においても窒素の定量を添加することはすぐなる困難なため、合金元素としての窒素は炭素と類似していると推測するに止まり、重要と認めながらも系統的な研究はほとんどされなかつた。今井君はすでに二〇年間実験上の種々の困難を克服して鋼の焼入れ性に及ぼす窒素の影響を理論的並びに実験的の両面より研究した。ついでオーステナイトの安定化能、オーステナイト結晶粒度に及ぼす $\text{AlN}$ の作用、鋼の諸脆性とくに低温脆性におよぼす影響などを解明し、さらに電気化学的方法により各種窒化物の電解分離条件の決定、含窒素高クロム鋼の組織学的研究など窒素の作用をあらゆる面から詳細に研究し、学界と業界に

指導的業績をあげた。とくに統計熱力学的にまた実験的にFe-N合金とFe-C合金とは焼入れ焼戻しの上で酷似していることを定量的に決定した論文が一九六五年三月印度で開催の国際学会において最優秀論文に選ばれたことは、世界学界における窒素の今井としての地位を高めたものである。また米国 U. S. Steel 会社が窒素に関する今井君の論文並びに実験データのすべての送付を要請してあらわゆる注目に値する。

### (2) 硼素の作用に関する研究

硼素はFeにほとんど固溶せずかねて硬く脆い化合物  $Fe_2B$  を作る。従つて従来鋼の合金元素としては顧みられなかつたが、第二次大戦中偶然の機会から〇・〇〇~1%程度の微量硼素が鋼材の焼入れ性に著しい効果を示すことが米国で発見された。今井君は戦後いち早くこの問題を取り上げ、硼素の作用について詳細な研究を行ない、その機能を解明した。すなわち硼素が鋼の焼入れ性を増大するのは、オーステナイト結晶粒界に存在する格子欠陥部を硼素原子が埋めて粒界の安定性を増すためであることを実験的に証明した。また硼素は低炭素鋼の焼入れ性を著しく強化し、特に含Mo鋼において安定した性能を示すが、Cr-Cu鋼もまた同様であることを発見した。硼素はまた酸素及び窒素との親和力が強いため、硼素を添加する以前に脱酸脱窒を充分に行なう必要を認め、この点を考慮した硼素添加用合金(Ti30, Al10, B3%, Fe 残部)を開発し、わが国で広く使用されている。最近建築、橋梁、船舶等の構造用材として多量に使用される高張力鋼はN、B、Nbなど微量成分の作用を考慮したもので、今井君の研究はその基礎として重要視されている。またソ連をはじめ欧米先進国においても今井君の研究を高く評価している。

### III 耐熱鋼及び耐熱合金に関する研究

(a) 鉄クロム系合金

Fe—Cr系合金は耐熱鋼の基本系として重要なが、 $\sigma$ 相の生成による脆化と五〇〇度C附近に起る所謂四七五度C脆性という二つの欠陥があつた。今井君はまず未解決であつた四七五度C脆性の原因を統計力学的に検討し、その結果脆性の原因は鉄—クロムの均質合金中に高クロム相と低クロム相の二相分離が生ずることを理論と実験の両面から立証した。また鉄—クロム合金の高温クリープに要するエネルギーすなわち拡散活性化エネルギーが磁気変態点の上下で異なることを発見したことは学術上高く評価されている。また今井君は高精度のクリープ試験機を用いて高温クリープに及ぼす $\sigma$ 相生成の影響を研究し、高クロム耐熱鋼の使用上に重要な示唆を与えた。

(b) 超耐熱合金の金属組織的研究

超耐熱合金は複雑な成分の合金であるためその高温クリープ強度に関する金属組織学的研究ははなはだ難問であるが、今井君は代表的合金について時効析出過程、高温強度と組織との関連などを総合的に研究し、高温使用中劣化の少ない合金組成と熱処理条件決定上に重要な指針を与えた。また高温強度に著しい影響を持つ新しい析出相 $\gamma$ を取出し、その化学組成と結晶構造を推定するなど耐熱合金の析出相の究明に寄与するところ大である。

(c) 低溶融合金に対する耐蝕性改良の研究

原子炉の熱伝達に低溶融合金が重要な役割をする。今井君は NaK 合金について自動熱交換装置を製作して構造鋼材の動的腐蝕を研究し、NaK 合金に対しても Ni—Cr 系ステンレス鋼容器で耐蝕性充分であるが、溶融 Bi に対しては含Ni 鋼は使用できないことを知り、Fe—Cr 系耐熱鋼に ZrC 等の炭化物を被覆せしめることがきわめて有効なことを確

認し、その被覆方法に成功し、歐米諸国の注目を受けてゐる。

#### 四、加工に関する研究

##### 分散強化鋼及び合金に関する研究

Al 地金中に微細な  $\text{Al}_2\text{O}_3$  粉を分散すると著しい高温強度をもつことはスイスで公表され、ついで、Cu、Ni、Zn、Fe 等やめいのよつたな事實のあることが判明してゝた。今井君はこれを耐蝕鋼に応用し、現用 Ni 基超耐熱合金よりもむしに高温クリープ強度の高い合金 C<sub>125</sub>-Ni<sub>28</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>10 (Vol. %)-Fe 残部) を発明し、分散強化の機構を解明した。

また分散強化材の高温における自己拡散の研究は従来皆無であつたが、今井君は Ag が O<sub>2</sub> を透過する性質を利用して Ag-0.4% Al 合金の単結晶を高温加熱して Ag-2Vol. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の分散強化した単結晶を作り、Ag<sup>10</sup> を用いて自己拡散恒数を求めた。これらの研究は冷間加工した分散強化鉄合金 (Fe-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) の研究とともに一九六〇年紐育で開かれた Powder Metallurgy Conference において発表し各国の注目を集めた。まだ今井君の開発した Ag-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及び Ag-SiO<sub>2</sub> 合金薄膜はその高温強度と Ag 地相の酸素原子透過の特性とを利用して純酸素製造用装置に用いられた。以上のじふく今井君は鐵鋼の熱処理加工に関する基礎研究という地道な問題に取組み、約三〇年の長きにわたり孜々として精進をひづけ、その成果は鐵鋼材料の進歩改善に多くの指針を与え、学界ならびに工業界に貢献するといふあたりに大である。

##### 主要な論文目録（邦文）

#### I 熱 处 理

(1) 恒温変態と深冷処理

- 一、鋼の恒温変態に及ぼす諸元素の影響（第一報） 村上、今井 日本金属学会誌 六卷三号（一九四一）
- 二、鋼の恒温変態に及ぼす諸元素の影響（第二報） ○・四%C 鋼の恒温変態速度に及ぼす Mo・V・Al・Sn・Co  
およびTi添加の影響 村上、今井 日本金属学会誌 七卷四号（一九四三）
- 三、鋼の恒温変態に及ぼす諸元素の影響（第三報） クロムの影響 今井 日本金属学会誌 八卷四号（一九四四）
- 四、鋼の恒温変態に及ぼす諸元素の影響（第四報） 満俺の影響 今井 日本金属学会誌 八卷六号（一九四四）
- 五、鋼の恒温変態に及ぼす諸元素の影響（第五報） 硅素の影響 今井 日本金属学会誌 八卷九号（一九四四）
- 六、鋼の恒温変態機構の実験的考察（著者学位論文） 今井 日本金属学会 第七分科会
- 七、クロム鋼（鍛造ロール鋼）の熱処理の研究 今井、大原 鉄と鋼 三八卷八号（一九五一）
- 八、鋼の焼戻過程の考察 ( $Fe_3C$  の存在について) 今井、市山 電気製鋼 二八卷一号（一九五七）
- 九、鉄—高窒素及び鉄—炭素二元合金のマルテンサイト変態の熱力学的考察 今井、泉山、土屋 日本金属学会誌 二九卷四号（一九六五）
- 一〇、鋼の深冷処理について（第一報） 深冷処理における焼入温度と常温時効の影響 今井、泉山 日本金属学会誌 一九卷六号（一九五五）
- 一一、鋼の深冷処理について（第二報） Ms, Mf 点における焼戻の影響 今井、泉山 日本金属学会誌 一二〇卷一一号（一九五六）
- 一二、鋼の深冷処理について（第三報） 残留オーステナイトの安定化現象に対する一考察 今井、泉山 日本金属学会誌 二一卷七号（一九五七）
- 一三、鋼の深冷処理について（第四報） 残留オーステナイトの安定化の抑制について 今井、泉山 日本金属学会誌 二三卷一号（一九五八）

- 一四、オーステナイト→マルテンサイト変態の安定化現象について 今井、泉山 日本金属学会誌 一一一卷三号  
 (一九五九)
- 一五、Ms点以上におけるオーステナイトの安定化について 泉山 日本金属学会誌 一四卷一号 (一九六〇)  
 一六、オーステナイトの安定化の反応速度について 泉山 日本金属学会誌 一一四卷三号 (一九六〇)
- 一七、過時効残留オーステナイトのマルテンサイト変態 泉山 日本金属学会誌 一二五卷一二号 (一九六一)  
 一八、Fe-Ni-Cr系およびFe-Ni-Mn系の固相平衡と恒温マルテンサイト変態の関係 今井、泉山 日本金属学会  
 誌 一二七卷四号 (一九六二)
- 一九、Fe-Ni-Cr合金の恒温マルテンサイト変態について 今井、泉山、佐々木(香) 日本金属学会誌 一二七卷一  
 ○号 (一九六二)
- (2) 渗 炭
- 一一〇、特殊鋼の渗炭に関する基礎的研究(第一報) 鋼の渗炭に及ぼすクロムの影響 村上、今井 日本金属学会  
 誌 八卷七号 (一九四四)
- 一一一、特殊鋼の渗炭に関する基礎的研究(第四報) 鋼の渗炭に及ぼすWおよびSの影響 今井、矢沢 日本金属  
 学会誌 一二卷二十三号 (一九四八)
- 一一二、特殊鋼の渗炭に関する基礎的研究(第五報) 鋼の渗炭に及ぼすMo及びPの影響 今井、矢沢 日本金属  
 学会誌 一二卷五号 (一九四八)
- 一一三、渗炭鋼に現れる炭化物について(第一、第二報は講演後戦災にてデータ焼失) 今井、矢沢 日本金属学会  
 分科会報告 (一九五一)
- (3) オーステナイト結晶粒度
- 一四、鋼の大洲田結晶粒度並びにその成長に及ぼす添加元素の影響 村上、今井、中島 日本金属学会誌 七卷八  
 号 (一九四三)

一五、新しい酸化法によるオーステナイト結晶粒の現出について 今井、広谷 鉄と鋼 四四卷四号（一九五八）  
一六、瞬間酸化法によるオーステナイト結晶粒度決定についての吟味 今井、佐々木（寛） 真空化学 一一卷一号  
(一九六三)

一七、オーステナイト結晶粒度に及ぼす前処理の影響 今井、佐々木（寛） 日本金属学会誌 二八卷七号（一九六

四）

一八、大洲田結晶粒度に及ぼす添加元素の影響 その一 今井、神山 学振 一九五六、七  
二九、大洲田結晶粒度に及ぼす添加元素の影響 その二 今井、広谷 学振 一九五六、七  
三〇、大洲田結晶粒度に及ぼす添加元素の影響 その三 今井、広谷 学振 一九五六、一二

#### ④ 残留応力

三一、 $1\%C$ 鋼および $1\%C$ 、 $1\%Cr$ 、 $1\%Mo$ 鋼の熱処理による残留応力 今井、森 日本金属学会誌 一五卷一

〇号（一九六一）

三二、鋼の熱処理による残留応力の挙動 I 今井、市毛 日本金属学会誌 二八卷五号（一九六四）

## I 合金元素

#### (1) 鋼の合金元素としての窒素

一、鉄—窒素二元合金の焼入組織と焼戻し過程について 今井、泉山、土屋 日本金属学会誌 二九卷一一号  
(一九六五)

一' Fe-Cr-N 系三元合金の組織および窒化物について 今井、増本、前田 日本金属学会誌 二九卷九号（一九

六五）

三'' Fe-Cr-N系三元合金の実用組成範囲の組織図 今井、増本、前田 日本金属学会誌 二九卷九号（一九六五）

四、 $1.8\%Cr$ -Fe-C-N 系四元合金の組織図 今井、増本、奈賀 日本金属学会誌 三〇卷八号（一九六六）

五、鋼の合金元素としての窒素（第一報） 鋼の焼戻し脆性に及ぼす窒素の影響（その一） 今井、石崎 日本金

- 属学会誌 一三卷八号（一九四九）
- 六、鋼の合金元素としての窒素（第二報） 鋼の焼戻脆性に及ぼす窒素の影響（その一） 今井、石崎 日本金属学会誌 一四卷一号（一九五〇）
- 七、鋼の合金元素としての窒素（第三報）（その一） 鋼の青熱脆性に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 B 一四卷五号（一九五〇）
- 八、鋼の合金元素としての窒素（第四報）（その二） 鋼の青熱脆性に及ぼす脱窒の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 B 一四卷五号（一九五〇）
- 九、鋼の合金元素としての窒素（第五報） 鋼の青熱脆性に及ぼす水素による脱窒の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 B 一四卷一〇号（一九五〇）
- 一〇、鋼の合金元素としての窒素（第六報） 鋼の青熱脆性に及ぼす酸素及び珪素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 B 一五卷六号（一九五一）
- 一一、鋼の合金元素としての窒素（第七報） 青熱脆性機構の実験的考察 今井、石崎 日本金属学会誌 B 一五卷六号（一九五一）
- 一二、鋼の合金元素としての窒素（第八報） 鋼の不連続変形及び降伏点に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 B 一五卷八号（一九五一）
- 一三、鋼の合金元素としての窒素（第九報） 鋼の不連続変形及び降伏点に於ける屈曲に及ぼす窒素の影響（その一） 今井、石崎 日本金属学会誌 一六卷一一号（一九五一）
- 一四、鋼の合金元素としての窒素（第一〇報） 鋼の降伏点屈曲及び不連続変形に及ぼす窒素の影響（その二） 今井、石崎、宍戸 日本金属学会誌 一七卷六号（一九五三）
- 一五、鋼の合金元素としての窒素（第一一報） 鋼の耐蝕性に及ぼす窒素の影響 今井、石崎、宍戸 日本金属学会誌 一七卷六号（一九五三）

- 一六、鋼の合金元素としての窒素（第一二報） 焼入時効に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一七卷七号（一九五三）
- 一七、鋼の合金元素としての窒素（第一三報） 鋼の脆化（常温附近）に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一七卷五号（一九五三）
- 一八、鋼の合金元素としての窒素（第一四報） 鋼の脆化（常温附近）に及ぼす窒素及び磷含有量の影響について 今井、石崎 日本金属学会誌 一七卷五号（一九五三）
- 一九、鋼の合金元素としての窒素（第一五報） 鋼の加工及びそれにつづく焼戻に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一八卷九号（一九五四）
- 一〇、鋼の合金元素としての窒素（第一六報） 含窒素高マンガン鋼に関する一、三の実験 今井、石崎 日本金属学会誌 一八卷九号（一九五四）
- 一一、鋼の合金元素としての窒素（第一七報） 鋼の脆化（常温附近）に及ぼす銅、砒素及び窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一九卷一号（一九五三）
- 一二、鋼の合金元素としての窒素（第一八報） 歪時効に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一〇卷一一号（一九五六）
- 一三、鋼の合金元素としての窒素（第一九報） 硅素又はマンガンの存在下に於ける歪時効に及ぼす窒素の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一一〇卷一一号（一九五六）
- 一四、鋼の合金元素としての窒素（第二〇報） 歪時効に及ぼす砒素及び銅の影響 今井、石崎 日本金属学会誌 一一〇卷一二号（一九五六）
- 一五、タフトライド処理した軟鋼の機械的性質について 今井、香川 日本金属学会誌 三〇卷三号（一九六六）
- 一六、ボテンショスタッフによる鉄鋼中の窒化物の電解抽出条件の検討 今井、増本 日本金属学会誌 二七卷一〇号（一九六三）

- 二七、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
一九委 昭三二、七、一七
- 二八、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
九委 昭三二、七、一七
- 二九、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
振第一九委 昭三二、一二、四
- 三〇、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
振第一九委 昭三三、四
- 三一、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
学振第一九委 昭三三、七、一八
- 三二、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
学振第一九委 昭和三三、七、一八
- 三三、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
学振第一九委 昭和三三、一二、一
- 三四、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
学振第一九委 昭三三、一二、一
- 三五、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究—I  
学振第一九委 昭三四、一二、三
- 三六、鋼の低温脆性に及ぼす窒素に関する研究  
崎 学振第一九委 昭三四、一二、三
- (1)炭素鋼における窒素と炭素の相関性 今井、石崎 学振第  
(2)炭素鋼における窒素と磷の相関性 今井、石崎 学振第一  
(3)炭素鋼における窒素固定の影響について 今井、石崎 学  
(4)焼入焼戻鋼における窒素の影響について 今井、石崎 学  
(5)焼入焼戻鋼における窒素固定の影響について 今井、石崎  
(6)炭素鋼における窒素と砒素の相関性について 今井、石崎  
(7)炭素鋼における窒素と錫の相関性について 今井、石崎  
(8)炭素鋼における窒素と銅の相関性について 今井、石崎  
(9)炭素鋼における窒素と珪素の相関性について 今井、石崎  
(10)炭素鋼における窒素とバナジウムの相関性について 今井、石

- 三七、含硼素鋼の研究（第一報） 焼戻時における窒化物析出に対する硼素添加の影響について 今井、今井 日本金属学会誌 B一四卷三号（一九五〇）
- 三八、含硼素鋼の研究（第二報） 恒温変態における窒化物及び炭化物析出の相関性に対する硼素添加の影響について 今井、今井 日本金属学会誌 B一四卷三号（一九五〇）
- 三九、含硼素鋼の研究（第三報） 含硼素中炭素鋼の硬化能、特に窒素含有量の影響について 今井、今井 日本金属学会誌 B一五卷一号（一九五一）
- 四〇、含硼素鋼の研究（第四報） 低炭素低合金に対する微量硼素添加の影響（I）（II） 今井、今井 日本金属学会誌 一七卷三号（一九五三）
- 四一、含硼素鋼の研究（第五報） 〇、〇五%～〇、〇八%、〇、三%～〇、五%Mo鋼に対する硼素添加の影響 今井、今井 日本金属学会誌 一七卷三号（一九五三）
- 四二、含硼素鋼の研究（第六報） 低炭素低合金鋼に対する微量硼素添加の影響（III） 今井、今井 日本金属学会誌 一七卷八号（一九五三）
- 四三、含硼素鋼の研究（第七報） 低炭素低合金鋼に対する微量硼素添加の影響 今井、今井 日本金属学会誌 一〇卷一〇号（一九五六）
- 四四、含硼素鋼の研究（第八報） 高マンガン磁石鋼の磁性に及ぼす微量硼素添加の影響（I） 今井、今井 日本金属学会誌 一〇卷一二号（一九五六）
- 四五、含硼素鋼の研究（第九報） 高マンガン磁石鋼の磁性に及ぼす微量硼素添加の影響（II） 今井、今井 日本金属学会誌 一〇卷一二号（一九五六）
- 四六、低合金ボロン強韌鋼に及ぼすモリブデンの影響 今井、斎藤 日本金属学会誌 一二五卷一号（一九六一）
- (3) マンガン  
四七、溶体化処理した高Mn鋼の加熱によるε相の生成 今井、斎藤 日本金属学会誌 一二五卷一号（一九六一）

- 四八、溶体化処理した高Mn鋼の500度恒温加熱による相変化 今井、斎藤 日本国金属学会誌 二五卷一号（一九六一）
- 四九、高Mn鋼の再加熱による炭化物析出（オーステナイト高Mn鋼の研究—I） 今井、斎藤 鉄と鋼 四六卷六号（一九六〇）
- 五〇、オーステナイト高Mn鋼の炭化物析出に及ぼす微量V、Ti、Zr添加の影響（オーステナイト高Mn鋼の研究—I） 今井、斎藤 鉄と鋼 四六卷六号（一九六〇）
- 五一、高Mn鋼の炭化物析出に及ぼすNi、Cu添加の影響（オーステナイト高Mn鋼の研究—I） 今井、斎藤 鉄と鋼 四七卷七号（一九六一）
- 五二、高Mn鋼の炭化物析出に及ぼす冷間加工の影響（オーステナイト高Mn鋼の研究—I） 今井、斎藤 鉄と鋼 四七卷一二号（一九六一）
- 五三、高Mn鋼の熱膨張特性に及ぼす加工の影響 槌打した高Mn鋼の膨張変化の原因 今井、斎藤 日本国金属学会誌 二六卷二号（一九六一）
- 五四、高Mn鋼の溶体化処理状態の相関係及び加工による相変化に及ぼすCの影響 今井、斎藤 日本国金属学会誌 二六卷五号（一九六一）
- (4) その他
- 五五、鋼に及ぼす微量Zr添加の影響—I 鉄鋼に現われる含Zr諸相 今井、橋浦 学振 昭三四、六、二
- 五六、ウラン鋼に関する研究 今井、増本、佐々木（寛） 学振 昭三八、五
- 五七、鉄に対するウランの硬化作用（フェライト強度に及ぼすウランの効果） 今井、増本、阿部 鉄と鋼 五一  
卷四号（一九六五）

## III

- (1) 耐熱鋼および耐熱合金
- フェライト系・鉄—クロム合金

- 一、高クロム鋼の研究（第一報）Fe-Cr 系α固溶体の高温度における異常性について 今井、熊田 日本金属学会誌 一八卷四号（一九五三）
- 二、高クロム鋼の研究（第二報） 鉄—クロム系の高温異常性について 今井、熊田 日本金属学会誌 一八卷七号（一九五三）
- 三、高クロム鋼の研究（第三報）Fe-Cr α 固溶体の高温度における異常性について 今井、熊田 日本金属学会誌 一八卷七号（一九五四）
- 四、α 変態速度への事前熱処理の影響 熊田 日本金属学会誌 一四卷六号（一九六〇）
- 五、Fe-Cr 合金のα 変態速度の磁気的研究 熊田 日本金属学会誌 一四卷一〇号（一九六〇）
- 六、Fe-Cr 合金の磁気変態点の六〇〇度C以上での焼鈍による移動について 熊田 日本金属学会誌 一四卷一〇号（一九六〇）
- 七、四七五度C脆化した Fe-Cr 合金の機械的性質 今井、西野、中川 日本金属学会誌 一九卷四号（一九六五）
- 八、四七五度C脆化した Fe-Cr 合金の変形と顕微鏡組織 今井、西野、中川 日本金属学会誌 一九卷六号（一九六五）
- 九、Fe-Cr 二元合金の四七五度C脆化温度における相変化について 今井、泉山、増本 日本金属学会誌 二〇卷三号（一九六六）
- (2) オーステナイト系鋼および超合金
- 一〇、耐熱合金 Timken 一六一一五—六に関する研究(I) 高温時効に及ぼす溶体化処理および窒素の影響 今井、田野崎 鉄と鋼 四二卷八号（一九五六）
- 一一、耐熱合金 Timken 一六一一五—六に関する研究(II) 常温加工後の高温時効に及ぼす加工度および窒素の影響 今井、田野崎 鉄と鋼 四二卷八号（一九五六）

- [1] 耐熱合金 Timken 1/2-1/5-1/6 に關する研究(III) 焼戻における諸變化および析出について 今井、田  
野崎 鉄と鋼 四二卷一二号 (一九五六)
- [2] Cr および Ni を含む各種オーステナイト系耐熱合金中の 500 度 C 附近の異常性について 今井、増本 日本  
金属学会誌 二五卷六号 (一九六一)
- [3]  $\gamma$  型 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金 LCN-155 の焼戻による物理的性質の變化 ( $\gamma$  型耐熱合金の焼戻過程に關  
する研究—I) 今井、増本 鉄と鋼 四七卷一号 (一九六一)
- [4]  $\gamma$  型 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金 LCN-155 の時効硬化特性におよぼす添加元素の影響 ( $\gamma$  型耐熱合金の焼戻  
過程に関する研究—II) 今井、増本 鉄と鋼 四七卷一号 (一九六一)
- [5]  $\gamma$  型 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金 LCN-155 の時効析出相および析出相におよぼす添加元素の影響について  
( $\gamma$  型耐熱合金の焼戻過程に関する研究—III) 今井、増本 鉄と鋼 四七卷二号 (一九六一)
- [6]  $\gamma$  型 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金 LCN-155 の時効析出相の化学組成および時効による各元素の挙動について  
( $\gamma$  型耐熱合金の焼戻過程に関する研究—IV) 今井、増本 鉄と鋼 四七卷三号 (一九六一)
- [7]  $\gamma$  型 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金の時効組織および機械的性質との関連性 ( $\gamma$  型耐熱合金の焼戻過程に關する  
研究—V) 今井、増本 鉄と鋼 四八卷五号 (一九六一)
- [8]  $\gamma$  型 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金に現われる新二次相について ( $\gamma$  型耐熱合金の焼戻過程に關する研究—VI)  
増本 鉄と鋼 四九卷八号 (一九六一)
- [9] オーステナイト系 Fe-Co-Cr-Ni 基耐熱合金の時効硬化性と析出過程との関連性 (オーステナイト系耐熱合  
金の焼戻過程に関する研究—VII) 増本 鉄と鋼 四九卷八号 (一九六一)
- [10] 冷間加工した一八一八ステンレス鋼の加熱過程における異常性 今井、斎藤 鉄と鋼 四九卷五号 (一九六  
一)
- [11] Ni-Cr 基合金の高温酸化ならびにペナジウム、アタックにおよぼす Mo の影響 今井、西 日本国金属学会誌

二六卷四号（一九六一）

III、Ni-Cr 基合金の高温酸化被膜およびスケールにおよぼすMoの影響 今井、西 日本金属学会誌 二六卷四号

(一) 九六一)

IV、Ni-Cr 基合金の高温酸化におよぼすFeCoの影響 今井、西 日本金属学会誌 二六卷六号（一九六一）

(3) クリープ

V、耐熱鋼および合金のクリープ、ラブチャ一性におよぼす材質変化の影響についての一、二の考察 今井、藤

村 材料試験 八卷六六号（一九五九）

VI、低炭素高Cr—高Ni鋼の高温クリープについて 今井、藤村 日本金属学会誌 二九卷一号（一九六五）

VII、低炭素25Cr—20Ni鋼の高温クリープに及ぼすMn Mo およびSiの影響 今井、藤村 日本金属学会誌 二九卷一

号（一九六五）

VIII、二二五%Cr鋼の高温強度に及ぼす組織、特に結晶粒度の影響について 今井、村田 日本金属学会誌 二九

号（一九六五）

IX、フェライト系 Fe-Cr 合金の定常クリープ速度と磁気変態温度との関連性 今井、村田 日本金属学会誌 三

〇卷八号（一九六六）

(4) サーメット

X、TiC 粉末の粒度分布に関する観察 今井、熊沢 日本金属学会誌 二四卷五号（一九六〇）

XI、超耐熱材料としての焼結金属間化合物 NiAl の研究（第一報） 今井、熊沢 日本金属学会誌 一二一卷五号

（一九五八）

XII、超耐熱材料としての焼結金属間化合物 NiAl の研究（第二報） 今井、熊沢 日本金属学会誌 一二二卷五号

（一九五八）

XIII、超耐熱材料としての焼結金属間化合物 CoAl 今井、熊沢 日本金属学会誌 一二三卷九号（一九五九）

## (5) 分散強化合金

三四、純鉄基・純銅基分散強化材の熱膨張と硬度の関連について 今井、宮崎 日本金属学会誌 二六卷一一号  
(一九六一)

三五、粒子分散型鉄合金の室温および高温における機械的諸性質 今井、宮崎、日本金属学会誌 二九卷六号  
(一九六五)

三六、分散型鉄合金の機械的性質におよぼす粒子分散状態の影響 今井、宮崎 日本金属学会誌 二九卷六号 (一九六五)

三七、分散アルミナ粒子を含む銀单結晶における自己拡散 今井、宮崎 日本金属学会誌、二九卷一〇号 (一九六五)

## (6) 耐液体金属

三八、液体金属による鉄鋼材料の腐食に関する研究(一) 静的反応試験について 今井、石崎 日本原子力学会誌  
一卷一号 (一九六〇)

三九、NaK用動的腐食試験装置の試作 液体金属による鉄鋼材料の腐食に関する研究 今井、石崎、福島 日本  
原子力学会誌 一卷三号 (一九六〇)

四〇、液体金属によるキャビティーション・エロージョンの試験法について 今井、増本 防蝕技術 一〇卷九号  
(一九六一)

四一、液体金属によるキャビティーション試験装置の試作 液体金属による鉄鋼材料の腐食に関する研究 今井、菊  
地、石崎 日本原子力学会誌 四卷一號 (一九六一)

## 主要な論文目録（欧文）

## I. Heat Treatment

1) Murakami and Imai: An Investigation on Isothermal Transformation in Steels. I. The Cause of

- Modification of S-Curves of Some Alloy Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 1, No. 2 (1949).
- 2) Imai and Ohara: Heat-Treatment of Forged Roll Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 7, No. 5 (1955).
- 3) Imai and Hirotani: New Oxidizing Method for Revealing Austenitic Grain. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 9, No. 6 (1957).
- 4) Imai and Izumiya: Sub-Zero Treatment of Quenched Steel. I. On the Stabilization of Retained Austenite. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 10, No. 6 (1959).
- 5) — : Sub-Zero Treatment of Quenched Steel. II. Effect of the Addition of Small Amount of Elements on the Stabilization of Retained Austenite. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 11, No. 5 (1959).
- 6) — : Sub-Zero Treatment of Quenched Steel. III. Effect of Aging on the Stabilization of Retained Austenite. Sci. Rep. Ritu, A vol. 11, No. 6 (1959).
- 7) Izumiya: Kinetics of Transformation of Aged Retained-Austenite into Martensite. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 1 (1962).
- 8) Imai and Mori: Residual Stress in Steel due to Heat Treatment. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 1 (1962).
- 9) Imai and Ichige: Residual Stresses in Steels due to Heat Treatment. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 16, No. 2 (1964).
- 10) — : Residual Stresses in Steels due to Heat Treatments. II. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 16, No. 6 (1964).
- 11) Imai, Izumiya, and Tsuchiya: Thermodynamic Study on the Transformation of Austenite into Martensite in Iron-High Nitrogen and Iron-Carbon Binary System. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 4 (1965).

- 12) Imai and Izumiya: Relationship between the Solid Phase Equilibrium and the Isothermal Martensite Transformation in Fe-Ni-Cr and Fe-Ni-Mn Alloys. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 3 (1965).
- 13) Imai and Murata: Effect of Micro-Structure on Creep of 25% Chromium Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 6 (1965).
- 14) Imai, Izumiya, and Sasaki: Isothermal Martensitic Transformation in Fe-Ni-Cr Alloy. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 18, No. 1 (1966).

## II. Alloying Element

### (1) Nitrogen

- 1) Imai and Ishizaki: Nitrogen as the Alloying Element in Steels. I. On the Effect of Nitrogen on the Temper-Brittleness in Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 2, No. 6 (1950).
- 2) —: Nitrogen as Alloying Element in Steels. II. On the Effect of Nitrogen on Blue-Brittleness in Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 4, No. 6 (1952).
- 3) —: Nitrogen as an Alloying Element in Steels. Effect of Nitrogen on Quench-Aging of Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 12, No. 3 (1960).
- 4) —: Nitrogen as an Alloying Element in Steels. The Effect of Nitrogen on the Tempering of Cold-Worked Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 13, No. 2 (1961).
- 5) —: Effect of Nitrogen and Few Other Elements on Strain Aging of Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 4 (1962).
- 6) Imai and Masumoto: Determination of Conditions for Electrolytic Extraction of Nitrides in Steel by Means of Potentiostat. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 16, No. 1 (1964).
- 7) Imai and Ishizaki: Effect of Nitrogen and Other Alloying Elements on the Low-Temperature Brit-

ttleness of Steel. I. Correlation of Nitrogen and Carbon on the Low-Temperature Brittleness of Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 2 (1965).

- 8) — : Effect of Nitrogen and Other Alloying Elements on the Low-Temperature Brittleness of Steel.
  - II. Correlative Effect of Nitrogen and Phosphorus. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 2 (1965).
  - 9) — : Effect of Nitrogen and Other Alloying Elements on the Low-Temperature Brittleness of Steel.
  - III. Nitrogen Fix and Nitrogen in Quench-Tempered Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 3 (1965).
  - 10) — : Effect of Nitrogen and Other Alloying Elements on the Low-Temperature Brittleness of Steel.
  - IV. Effect of Quench-Tempering on the Low-Temperature Brittleness. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 3 (1965).
  - 11) Imai, Izumiya, and Tsuchiya: Quenched Structures and Tempering Processes of Iron-Nitrogen Binary Alloys. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 18 (1966).
- (2) Others
- 1) Y. Imai and H. Imai: An Investigation on Boron-Treated Steels. I. On the Hardenability of Boron-Treated Medium-Carbon Steels, especially the Effect of Nitrogen-Content in Steels. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 2, No. 2 (1950).
  - 2) — : On the Mechanism of Boron Hardenability. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 7, No. 3 (1955).
  - 3) Imai and Saitô: Carbide Precipitation by Heating High-Manganese Steel after Solution Treatment. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 2 (1962).
  - 4) — :  $\epsilon$ -Phase Formation in Solution-Treated and Heated Hadfield Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 2 (1962).
  - 5) — : Phase Translation in Hadfield Steel Isothermally Heated at 500°C after Solution Treatment.

Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 5 (1962).

6) — : Anomaly in Dilatation on Heating of Cold-Worked 18-8 Stainless Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 17, No. 1 (1965).

### III. Heat Resisting Steel and Alloy

- 1) Imai and Kumada: Study on High Chromium Steels. I. On the Anomaly of  $\alpha$  Solid Solution of Fe-Cr System at High Temperatures. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 5, No. 3 (1953).
- 2) — : Study on High Chromium Steels. II. On the Anomaly of  $\alpha$  Solid Solution of Fe-Cr System at High Temperatures. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 5, No. 6 (1953).
- 3) Imai and Kumazawa: Sintered Intermetallic Compound NiAl as High Temperature Material. I. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 11, No. 3 (1959).
- 4) — : Sintered Intermetallic Compound NiAl as High Temperature Material. II. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 11, No. 4 (1959).
- 5) Imai and Hirotani: A Study on the Dispersion-Strengthened Steel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 12, No. 2 (1960).
- 6) Kumazawa: On the Reducing Process of the Free Carbon Included in Titanium Carbide. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 13, No. 4 (1961).
- 7) Imai and Kumazawa: Study on Sintering Process of Titanium Carbide by Measuring the Change in Electrical Resistivity. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 13, No. 4 (1961).
- 8) Imai and Hirotani: Dispersion-Strengthened Steel. Powder Metallurgy, New York, 1960.
- 9) Imai, Ishizaki, Nishino, and Masumoto: Corrosion and Erosion of Ferritic Steel by Liquid Bismuth. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 3 (1962).

- 10) Imai and Miyazaki: Study on  $A_3$  Transformation of Dispersion-Strengthened Iron. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 4 (1962).
- 11) Imai and Masumoto: On the Tempering Process of Austenitic Heat-Resisting Alloys of Fe-Co-Cr-Ni Base. Tetsu to Hagane, A-vol. 2, No. 2 (1962).
- 12) Imai and Nishi: Effect of Molybdenum upon the High-Temperature Oxidation and the  $V_2O_5$  Attack on Ni-Cr-Base Alloys. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 6 (1962).
- 13) Kumada: Magnetic Studies on the Sigma Transformation of Iron-Chromium Alloys. Trans. Jap. Inst. Metals, 3 (1962).
- 14) —: The Shift of the Magnetic Transformation Temperature Caused by Annealing at  $600^\circ C$  and above in Iron-Chromium Alloys Containing 40 to 60 Percent Chromium. Trans. Jap. Inst. metals, 2 (1961).
- 15) Imai and Masumoto: Anomalous Contraction near  $500^\circ C$  in Austenitic Heat-Resisting Alloys Containing Chromium and Nickel. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 14, No. 1 (1962).
- 16) —: Precipitation Process and Age-Hardenability of Austenitic Fe-Co-Cr-Ni Base Heat-Resisting Alloys. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 15, No. 2 (1963).
- 17) Imai and Nishino: Corrosion of Carbon Steel by Liquid Bismuth. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 15, No. 4 (1963).
- 18) —: Corrosion of Chromium Steel by Liquid Bismuth. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 15, No. 4 (1963).
- 19) Imai and Miyazaki: Mechanical and Physical Properties of Dispersion-Strengthened Iron. Sci. Rep. Ritu, A-vol. 15, No. 5 (1963).
- 20) Imai and Masumoto: New Secondary Phase in Austenitic Fe-Co-Cr-Ni Base Heat-Resisting Alloy.

Sci. Rep. Ritu, A.vol. 16, No. 4-5 (1964).

- 21) Imai, Izumiya, and Masumoto: Phase Transformation in Fe-Cr Alloys about 475°C. Sci. Rep. Ritu, A.vol. 18 (1966).

- 22) Imai and Miyazaki: Mechanical Properties of Hot Extruded or Hot Pressed Dispersion Strengthened Iron Containing  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  and  $\text{SiO}_2$  Particles. Sci. Rep. Ritu, A.vol. 18 (1966).

井上・水谷  
井上・水谷

1' 鋼の熱処理 (一九四九)

1' 鋼の恒温変態と酸素吸入 (一九五〇)

1' 金属顕微鏡による金属検鏡法 (一九五一)

1' 超熱鋼、超耐熱合金などの熱力学 (一九五八)