

工学博士藤田利夫君の「耐熱鋼の研究」に対する

授賞審査要旨

石油危機以来、諸外国で火力発電の熱効率向上の機運が高まり、蒸気タービンの高温高压化（超々臨界圧）が求められたが、高温で使用できる耐熱鋼が得られないために目的達成に至らなかった。藤田君はこの研究を強力に推進し、画期的な耐熱鋼を発見、超々臨界圧火力発電プラントの実現をもたらし、現在この分野の研究で世界の指導的立場にある。

同君は過去三〇数年間一貫して耐熱鋼の研究開発を行い、既に昭和三十一年には当時世界で最も強力なフェライト系耐熱鋼といわれていた英国のH四六鋼に比べて二〜三倍の高温強度をもつフェライト系耐熱鋼TAF鋼を発見し、そのTAF鋼は我が国のみならず諸外国において、ガスタービン、蒸気タービン、ディーゼルエンジンなどの高温部品に広く利用されてきた。

その後さらに靱性、溶接性、加工性などの向上の研究をすすめ、その間に得られた種々の知見をもとに昭和五十四年から蒸気タービンロータ鋼の開発に取組み、昭和五十八年世界で最もすぐれた米国GE社の蒸気タービンロータ鋼（五六六℃で使用）より三〇℃高い温度で使用できるフェライト系耐熱鋼TR100鋼を発見した。このTR100鋼は、昭和六十二年三月電源開発（株）の若松発電所で運転にはいった世界最初の超々臨界圧蒸気タービンロータ（593℃、

102 kgf/cm², 50 MW) に使用されている。このプロジェクトは今後の世界の発電計画を左右する重要なもので、諸外国の注目を集めている。米国では数年前、五九三°Cのタービンロータ鋼の開発には一〇数年の歳月が必要といわれ、未だ実現をみていないので、この成果は驚嘆されている。さらに、従来不可能と考えられていた 650°C で使用できるフェライト系耐熱鋼 TR1200 鋼の発見にも成功し、現在欧州科学技術研究組合 (COST) で実用化研究が行われている。もし我が国の火力発電がすべて 650°C, 350 kgf/cm² の超々臨界圧火力プラントを採用すれば、熱効率率は八%向上し、石油系燃料は大幅に節約できる。現在米国では三%の熱効率の上昇を目指して研究を行っていることから考えてもこの成果が画期的なものであることがわかる。

また、これら一連の研究中に解明した合金元素の機能などの強化機構の知見を活用して、次の耐熱鋼の開発にも成果を挙げ、今後も目的に応じた新しい耐熱鋼の開発を可能ならしめている。すなわち、高温強度のほか加工性、溶接性が要求されるボイラ鋼として、米国が世界に誇る Modified 9Cr-1Mo 鋼 (T-91 と呼ばれ Oak-Ridge National Lab. と Combustion Engineering の共同開発) の二倍の高温強度を有する TB9, TB12 鋼を昭和五十九年に発見し、昭和六十二年六月より戸畑共同火力発電所の過熱器管用ボイラ鋼管に使用されている。さらに、英国電力庁 (CEGB) が中心になり、米国電力研究所 (EPRI) の協力を得て、英国の最新鋭火力発電所 Drakelow のボイラ (600°C, 250 kgf/cm²) の主蒸気管などに TB9 鋼を使用するための実用化研究が一九八九年四月から四カ年計画で行われることに決定した。これには英国最大のタービン会社 NEI (Northern Engineering Industries)、三菱重工業、新日本製鉄、住友金属工業なども参加する。このような大規模な国際実用化プロジェクトは日本で発見された金属材料として

始めてである。同様に米国においても「B9」鋼の実用化プロジェクトが行われている。

また、フェライト系耐熱鋼は高速中性子にすぐれた特性を有するため、「B12」鋼は高速増殖炉の燃料被覆管、ラッパ管などに米国ですでに実用化され、さらに「B9」鋼は核融合炉第一壁材料などに現行のオーステナイト系ステンレス鋼 SUS316 に代って使用されれば、数倍の寿命が期待されるので、現在世界各国が競って追試実用化試験を急いでいる。

これら耐熱鋼発見の成功は、一に同君が欧米に先駆けて三〇数年前に独自に長時間（三万〜一〇万時間）精密クリップ破断試験機を開発し、二〇年前には、さらに高性能のマルチブリップ破断試験機を世界で初めて完成し、その普及に尽力するとともに、自らそれを用いて一試料三万〜一〇万時間（約一〇年）にわたるクリップ破断試験を三〇数年間行ってきたことによるものである。また、同君開発のクリップ破断試験機は我が国の耐熱鋼の研究に大きな貢献をしている。

以上、藤田君はすぐれたフェライト系耐熱鋼 TRI100, TRI200, TB9, TB12 鋼などを発見し、超々臨界圧火力発電の実現をもたらすとともに、高速増殖炉、核融合炉の実用化に著しく貢献している。またその強化機構をも解明して、今後の目的に応じた新しい耐熱鋼の開発を可能ならしめている点においても国際的に高く評価されている。すなわち、同君の業績は耐熱鋼を中心としたものであり、実用化のみならず、一貫して学理的かつ先見性に富んだ研究であることが際立った特徴になっている。同君はまた、国際会議や学会に特別招待講演者としてしばしば招聘され、耐熱鋼の世界の権威者として指導的役割を果たしている。さらに著名な賞も多数受賞し、研究報告は四〇〇編を超え、

表1 タービンロータ用耐熱鋼の化学成分とクリープ破断強度

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	N	B	10%破断強度(kgf/mm ²)	
												600°C	650°C
TAF	0.18	0.30	0.30	-	10.5	1.5	-	0.20	0.15	0.02	0.03	17	8.5
Cr-Mo-V	0.30	0.25	0.70	0.40	1.0	1.2	-	0.25	-	0.01	-	(4)	-
G. E.	0.19	0.30	0.65	<0.60	10.5	1.0	-	0.20	0.085	0.06	-	(8)	-
TR1100	0.14	0.05	0.50	0.60	10.2	1.5	-	0.17	0.055	0.04	-	13	6
TR1150	0.13	0.05	0.50	0.60	10.2	0.4	1.8	0.17	0.055	0.045	-	17	9
TR1200	0.13	0.05	0.50	0.60	11.5	0.1	2.2	0.22	0.070	0.055	-	20	11

特許件数も三〇件に達し、世界の研究者、指導者の第一人者として不動の地位を占めている。

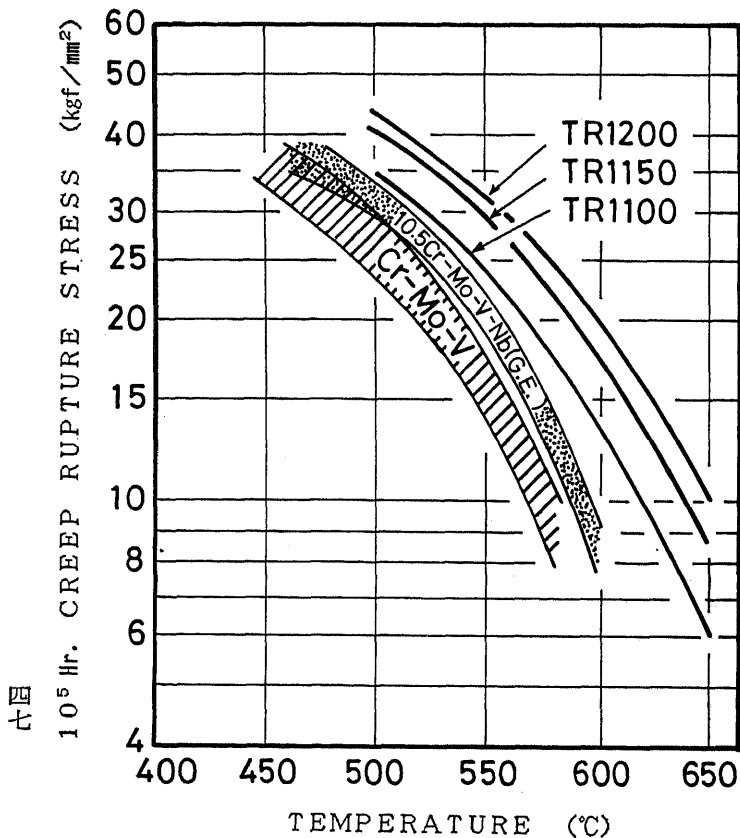


図1 タービンロータ用耐熱鋼の10万時間クリープ破断強度

表2 ボイラ用耐熱鋼の化学成分とクリープ破断強度

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	N	B	10 ⁵ h破断強度(kgf/mm ²)	
												600°C	650°C
2.25Cr-1Mo	0.10	0.40	0.40	-	2.25	1.0	-	-	-	-	-	4	2
9Cr-1Mo	0.10	0.50	0.40	-	8.0	1.0	-	-	-	0.02	-	4	2
Mod.9Cr-1Mo	0.10	0.35	0.45	<0.2	8.75	0.85	-	0.21	0.08	0.05	-	10	5
TB 9	0.10	0.05	0.50	<0.1	9.0	0.5	1.8	0.20	0.06	0.05	0.003	20	10
TB 12	0.10	0.05	0.50	<0.1	12.0	0.5	1.8	0.20	0.06	0.05	0.003	20	11
SUS 304	0.08	0.60	1.50	10.0	18.5	-	-	-	-	0.03	-	12	7

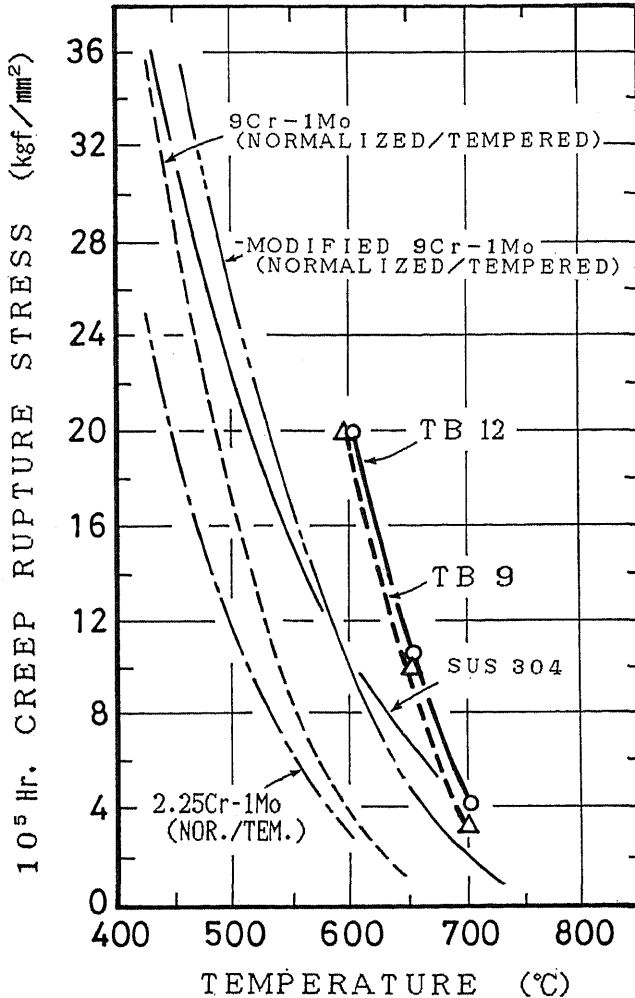


図2 ボイラ用耐熱鋼の10万時間クリープ破断強度

II 著書・論文目録

(1) 著書

「冶金物理学と熱錬基礎論」朝倉書店

「熱機関(材料篇)」日海社

「鉄鋼材料の設計と理論」丸善

(2) その他、新材料開発と材料設計学、鉄鋼材料便覧、機械設計便覧、機械工学便覧の三五件
主要論文目録

- 1) Study on Austenitic Heat Resisting Steel, T. Fujita and R. Nakagawa: Trans. of NRIIM, 1 (1959), 73.
- 2) On the Heat Resisting Steels, T. Fujita: Trans. of ISIJ, 1 (1961), 53.
- 3) Effect of Mo, Cr and N on Creep Rupture Strength of 12% Chromium Heat Resisting Steel, T. Fujita: Symp. on Heat Resistant Metallic Materials, Praha, 1964, 9.
- 4) Study on the Austenitic Heat Resisting Steels, T. Fujita: *ibid.*, 1964, 24.
- 5) Effect of Mo, V, Nb and N on Creep Rupture Strength of TAF Steel, T. Fujita: Trans. of JIM, 9 (1968), 167.
- 6) The Effect of Boron on the Long Period Creep Rupture Strength of the Modified 12% Chromium Heat Resisting Steel, N. Takahashi and T. Fujita: Trans. of ISIJ, 16 (1976), 606.
- 7) Effect of Mo and W on Long Term Rupture Strength of 12%Cr Heat Resisting Steel Containing V, Nb and B, T. Fujita, T. Sato and N. Takahashi: Trans. of ISIJ, 18 (1978), 115.
- 8) The Effect of V and Nb on the Long Period Creep Rupture Strength of 12%Cr Heat Resisting Steel

- Containing Mo and B, T. Fujita and N. Takahashi: *Trans. of ISIJ*, **18** (1978), 269.
- 9) The Effect of Individual Addition of Alloying Elements on the Microstructure and Creep Rupture Strength of 12%Chromium Heat Resisting Steel, T. Fujita and N. Takahashi: *Trans. of ISIJ*, **18** (1978), 702.
 - 10) The Effects of Small Amount of Vanadium and Niobium on the Microstructure and the Creep Rupture Strength of 12%Chromium Heat Resisting Steel, T. Fujita and N. Takahashi: *Trans. of ISIJ*, **18** (1978), 739.
 - 11) Development and Properties of New 10Cr-2Mo-V-Nb Heat Resisting Steels, T. Fujita and K. Asakura: *Trans. of ISIJ*, **19** (1979), 605.
 - 12) Microstructure and Creep Rupture Properties of a Low Si-12Cr-Mo-V-Nb Steel, I. Park, T. Fujita and K. Asakura: *Trans. of ISIJ*, **20** (1980), 99.
 - 13) The Effect of Nickel and Cobalt on Elevated Temperature Properties and Microstructure of 10Cr-2Mo-Heat Resisting Steel, T. Fujita, K. Yamashita and H. Miyake: *Trans. of ISIJ*, **20** (1980), 384.
 - 14) Low Temperature Toughness of Carbon-free INi-Mo Steels, K. Nagai, K. Shibata and T. Fujita: *Trans. of ISIJ*, **21** (1981), 127.
 - 15) Cyclic Plastic Behavior of Metastable Fe-30wt%Ni Alloy at 293 and 373K, S. Horibe and T. Fujita: *J. of Materials Science*, **16** (1981), 279.
 - 16) Creep Rupture Strength and Microstructure of LowC-10Cr-Mo Heat Resisting Steels with V and Nb, T. Fujita, K. Asakura, T. Sawada, T. Takamatsu and Y. Otoguro: *Metallurgical Trans. A*, **12A** (1981), 1071.

- 17) High Temperature Strength and Microstructure of 10Cr-2Mo-V-Nb Steel, T. Fujita, K. Asakura and Y. Ootoguro: The 6th Intern. Symp. on Creep Resistant Steels, 1981, 74.
- 18) Effect of Chromium on Creep Rupture Strength and Microstructure of 10Cr-2Mo-V-Nb Heat Resisting Steels, T. Fujita, K. Asakura and H. Miyake: Trans. of ISIJ, **22** (1982), 13.
- 19) Low Temperature Ductility and Retained Austenite in Some Ferritic Cryogenic Nickel Steels, K. Nagai, K. Shibata and T. Fujita: Trans. of ISIJ, **22** (1982), 696.
- 20) Long-term Creep Rupture Properties and Microstructure of 12%Cr Heat Resisting Steels, I. Park and T. Fujita: Trans. of ISIJ, **22** (1982), 830.
- 21) Development of a Ferritic Fe-Mn Alloy for Cryogenic Nickel Steels, M. Murakami, K. Shibata and T. Fujita: Proc. of the Intern. Cryogenic Materials Conf., 1982, 356.
- 22) Low Fluence Neutron Irradiation Responses to Ferritic Stainless Steels, A. Kohyama, K. Asakura, T. Fujita: J. of Nuclear Materials, **133/134** (1983) 628.
- 23) Development of a Ferritic Fe-Mn Alloy for Cryogenic Use, M. Murakami, K. Shibata and T. Fujita: Austenitic Steel at Low Temperature, Plenum Press, 1983, 355.
- 24) Newly Developed 9Cr-2Mo-Nb-V(NNSCR9)Steel, K. Hashimoto, M. Yamanaka, Y. Ootoguro and T. Fujita: Proc. of Topical Conf. on Ferritic Alloys for Use in Nuclear Energy Technology (AIME), 1984, 307.
- 25) Mechanical Properties of High Yield Strength High Manganese Steels at Cryogenic Temperatures, K. Shibata, Y. Kobiki, Y. Kishimoto and T. Fujita: Advances in Cryogenic Engineering Materials, **30** (1984), 153.

- 26) Cyclic Softening and Hardening of Austenitic Steels at Low Temperature, K. Shibata, N. Namura, Y. Kishimoto and T. Fujita: *Fatigue at Low Temp.*, ed. by R. I. Stephens, ASTM, 1985, 31.
- 27) Serration of Fe-Ni Austenitic Steels at Very Low Temperatures and Computer Simulation, K. Shibata and T. Fujita: *Trans. of ISIJ*, **26** (1986) 12, 1065.
- 28) Effect of Carbon on Creep-Rupture Strength and Toughness of High Cr Ferritic Steels Containing V and Nb, T. Fujita and K. Asakura: *Trans. of ISIJ*, **26** (1986) 12, 1073.
- 29) An Austenitic Heat Resisting Steel Tube Developed for Advanced Fossil Steam Plants, M. Kikuchi, M. Sakakibara, Y. Otaguro and T. Fujita: *Proc. of Intern. Conf. on Creep*, Tokyo, 1986, 215.
- 30) Advanced High-Chromium Ferritic Steels for High Temperatures, T. Fujita: *Metal Progress*, **130** (1986) 2, 33.
- 31) An Advanced 12Cr Steel Rotor for EPDC STEP 1, T. Fujita, Y. Nakabayashi, A. Suzuki and A. Hizume: *COST-EPRI Workshop on 9-12Cr Steel*, Schaffhausen, Switzerland, 1986, Oct.
- 32) Development of A 9%Cr-Mo-W Steel, H. Masumoto, M. Sakakibara and T. Fujita: *First Intern. Conf. on Improved Coal-Fired Power Plant*, Palo Alto, U.S.A., 1986, Nov.
- 33) Development of A High Strength 25Ni-20Cr Austenitic Steel, H. Masumoto, M. Sakakibara and T. Fujita: *ibid.*, 1986, Nov.
- 34) Serration of Fe-Ni Austenitic Steels at Low Temperatures and Its Computer Simulation, K. Shibata and T. Fujita: *Trans. of ISIJ*, **26** (1986) 1065.
- 35) Effect of Carbon on Creep-Rupture Strength and Toughness of High Cr Ferritic Steels Containing V and Nb, T. Fujita and K. Asakura: *Trans. of ISIJ*, **26** (1986) 1073.