

高圧金型鑄造用ピストン合金の開発

Development of Alloy for the High Pressure Die Casting Piston

高崎 憲 政*
Norimasa TAKASAKI
杉 本 幸 男*
Yukio SUGIMOTO

吉 村 祐 子*
Yuko YOSHIMURA
佐 藤 貴 紀*
Takanori SATO

佐 藤 和 義*
Kazuyoshi SATO

要 旨

多機種、多量生産される汎用エンジンのピストン材料として、DC鑄造用材料を開発した。これにより鑄造タクトタイムは大幅に短縮され、GDC鑄造法では実現出来なかった鑄造と機械加工工程とのラインの一貫化が図れ、製造コストの低減に寄与した。この DC 鑄造用材料は、溶湯を金型へ高速充填し急速凝固させる事により、従来法と同等の材料硬さである HRB65 を示し、さらに短時間の T5 処理を施す事により良好な高温耐久性を満足する。量産における材料特性の安定化のために多種の合金を試作し、材料強度、残留ひずみ、焼付き、凝固組織および実機耐久試験などの評価を行い、合金の配合組成を決定した。

ABSTRACT

High pressure die casting material is developed for the piston of mass-produced small general-purpose engines of different models. This saves the casting tact-time, provides the line with continuity through casting and machining process, which is impossible with permanent mold casting method, and contributes to the production cost reduction. The high pressure die casting material provides the material hardness HRB65, which is equivalent as the material in general use for permanent mold casted piston by high speed filling into metal mold and quick solidification of the molten metal. This also satisfies the good heat durability by the short time T5 process. For the material character stabilization in mass production, various kinds of alloy are prototyped and evaluated the strength, permanent strain, seizure, solidifying structure, and actual engine durability test, and the composition of the alloy is decided.

1. はじめに

小型汎用エンジンはさまざまな用途に用いられるようになり日本における年間の製造台数も 600 ～ 700 万台に達し、その伸びと共に徹底的な製品コストの低減が求められている。当社においても、1997 年に GC エンジン⁽¹⁾や M4 エンジンシリーズ⁽²⁾を発表し、高性能、低価格のエンジンを提供してきた。またエンジン構成部品についても、1カム樹脂ギア、ヘッドブロッカー一体シリンダーブロック、FCD クランクシャフトなどを開発し、機能を維持しつつコスト低減に努めている。

ピストン材については、既にアルミニウム合金が普及して軽量化が図られている。当社における汎用エンジン用ピストンの製造法は重力金型鑄造(Permanent mold casting, 以下“GDC”と記す)が主である。しかし近年ではダイカスト製(High-pressure die casting, 以下“DC”と記す)ピストン

の使用が、他社⁽²⁾及び当社の小排気量機種(22 ～ 50cc)で始められている。汎用エンジン用ピストンの形状面からのコスト低減は、既にしつくされたと言える。一方当社における多機種、多量生産(400万台/年)を考慮した上で、製造行程の面からコスト低減化を考えると、素材鑄造、熱処理、機械加工等のラインの一貫化が最も効果が期待できる。

一貫ライン実現の一番の技術課題は鑄造、熱処理、機械加工工程のうち熱処理工程の所用時間がけた違いに長く、全工程に渡り生産効率の良い一貫ライン化ができないことにある。現状の熱処理に要する時間は、GDCピストンはT7熱処理に5～6時間、DCピストンはT5熱処理に4～5時間である。この熱処理時間を、少なくとも30分程度にしない事には、一貫ラインの実現は望めない。

本論文では、DC製法の特徴である工程時間の短さと、急凝固を積極的に利用したピストン材料の開発過程と、その評価結果について述べる。

*朝霞東研究所

2. 開発のねらい

鑄造工程を従来の GDC 法から DC 法に移行する大きなねらいは、鑄造と熱処理工程を機械加工工程と同期化し製造工程の一貫ラインを図り、大幅な生産効率の向上にある。さらに DC 法への直接的なねらいは、DC 法の急冷凝固特性、素材特性を生かすことにあり、下記の3点の効果が期待できる。

- ・溶体化熱処理の省略
- ・鑄造タクトタイムの大幅短縮
- ・素材寸法精度の向上により機械加工代を極小化

また短時間熱処理の新工程に見合った材料開発のねらいは以下の2点である。

- ・高温引張・疲労強度等の機械的特性の確保
- ・寸法安定性・熱伝導率などの物理的特性の確保

3. 実験方法

3.1. 供試材料

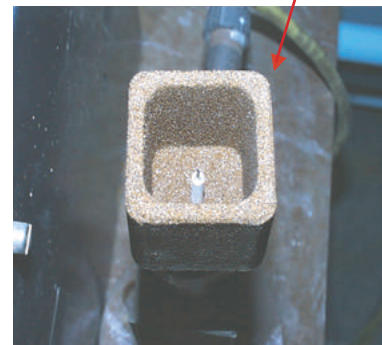
本テストでは、鑄造法による違いを明らかにするために GDC 鑄造用材料である AC8H に金型保護のために鉄を 0.8wt.% 加えた材料を用いて試験を行った。これらの合金名称を DC8H とし、Table 1 に成分組成を AC8H と共に示す。合金組成の検討用材料である DC8Z/#1 ~ #10 は、DC 鑄造用専用合金として、HD2 の地金である HDS 材に任意の量の Si, Cu, Mg, を添加溶製した材料を作製して、各種実験に用いた。Table 2 に検討用合金の目標組成値と鑄造時の炉前溶融点(mp)測定結果を示す。溶融点の測定には、Fig.1-a に示す Al 合金の初晶晶出から共晶晶出までの全温

度領域が測定可能な専用記録計(AE meter)と、Fig.1-bに示す専用カートリッジタイプのシェル型を用いて行った。

試験用φ68 ピストン素材は、黒鉛坩堝にて溶解し 700℃ に保持した溶湯から、350 トンコールドチャンバーダイカストマシンを用いて鑄造した。このピストン素材から、必要に応じ各種試験片を切削により作製し試験に供した。引張り試験片と疲労試験片の形状をそれぞれ Fig.2-a, -b に示す。



-a Recorder & Cartridge



-b Cartridge shell cup for Aluminum alloy

Fig.1 Recording thermometer for molten metal

Table 1 Chemical compositions

試料	Cu %	Si %	Mg %	Zn %	Fe %	Mn %	Ni %	mp °C
AC8H	3.0	11.2	0.9	0.08	0.35	0.09	0.03	569
DC8H	3.0	11.3	0.9	0.07	0.82	0.08	0.03	569

Table 2 Chemical compositions for alloy designing

試料	Cu %	Si %	Mg %	Zn %	Fe %	Mn %	Ni %	mp °C
AC8H	2.5 ~ 3.5	10.5 ~ 11.5	0.8 ~ 1.4	< 0.10	< 0.40	< 0.10	< 0.05	569
DC8Z/#1	5.0	14.0	2.0	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	550
DC8Z/#2	4.0	14.0	2.0	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	549
DC8Z/#3	3.3	14.0	2.0	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	552
DC8Z/#4	3.3	14.0	1.5	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	553
DC8Z/#5	3.3	13.0	1.5	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	555
DC8Z/#6	3.3	11.5	1.5	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	549
DC8Z/#7	3.3	13.0	1.0	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	553
DC8Z/#8	3.3	13.0	2.0	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	547
DC8Z/#9	3.3	14.0	1.2	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	558
DC8Z/#10	3.5	13.0	1.4	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	554

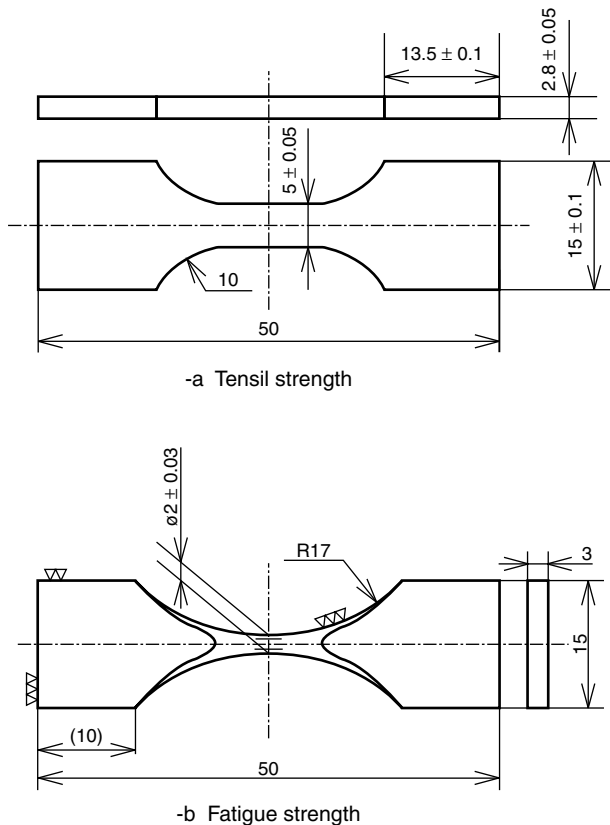


Fig.2 Tensile and fatigue strength test piece under high temperature

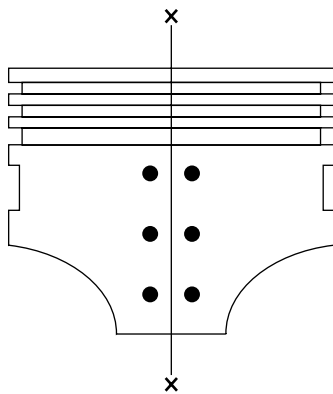


Fig.3 Measured points for residual stress

3.2. 機械，物理的特性

引張り試験はインストロン型万能試験機を用い，0.2%耐力まではひずみ速度 0.3%/min.，0.2%耐力以降はクロスヘッド速度 3 mm/min.で行った。試験温度は 200℃，300℃で各温度にて15分間保持後引張り試験を実施した。疲労試験は電気油圧サーボ式の容量± 1 tf 疲労試験機を用いて

行った。試験条件は，荷重波形をサイン波，応力比を-1，試験周波数を 5 Hz ~ 17Hz 及び試験終了回数を 1.00×10^7 の条件にて，試験片温度を200℃及び300℃の温度にて実施した。

硬さ試験，硬さ測定はロックウェル硬さ試験法(JIS Z2245)にて，熱膨張係数は TMA 法にて 20 ~ 400℃の範囲において測定し，熱伝導率はレーザーフラッシュ法，密度はアルキメデス法などによりそれぞれ測定した。

4. テスト結果

4.1. 鑄造法，熱処理の違いがピストンの寸法安定性に及ぼす影響

GDC 法から DC 法への変更による熱処理の要否を検討するために，Table 1 に示した AC8H-T7(GDC)製と DC8H-F(DC)製ピストンの熱負荷前後の寸法と内部残留応力の変化および，DC8H 材の熱処理条件の変化に伴う，寸法安定性と内部残留応力の変化について調べた。

4.1.1. 熱処理無し DC 品の寸法安定性と内部残留応力

寸法安定性の指標となるピストンの外径変化量は，エンジン運転時の熱負荷を想定した温度を均一加熱炉でピストンに与え，加熱前後の寸法差より求めた。測定に用いるピストンは熱処理を施さない機械加工品を用い，均一加熱炉にて 230℃で 10 時間保持する。加熱後は炉から取り出し室温まで冷やし，寸法測定を再度行う。

残留応力は，ピストンヘッド中央部にφ30の穴加工を施し剛性を弱くしたピストンを用いて，Fig.3に示す位置に歪みゲージを貼り付けて測定する。歪みゲージは，貼り付け後 10時間以上放置してからデータロガーにつなぎゼロバランスを取った後，残留応力を開放するために歪みゲージ間の中央部(Fig.3 の X-X 断面)を切断して，応力開放時のひずみを測定し，これを換算して内部残留応力とする。なお外形変化量と内部残留応力との測定においては，量産 AC8H-T7 と試作した DC8H ピストンを各 2 個準備し，同時に加熱炉に投入するなど測定誤差に留意した。

AC8H-T7，DC8H-F 材の各ピストンについて熱負荷試験前後のスラスト(Main diameter)方向と，ピン方向(Minor diameter)の外径変化量をそれぞれ Fig.4-a, -b に，また内部残留応力測定結果を Fig.5 に示す。ピストンの外径変化量は，AC8H-T7 では約 20 μm の増大に留まるのに対して，DC8H-F 材は 3 倍近い 60 μm 程の増大を示した。また，切断時の応力測定値がプラスの値を示した事より，残留応力はピストンの円環を圧縮する方向の応力である事が判明した。残留応力の比較では，DC8H-F 材ピストンは AC8H-T7 品の約 1 ~ 6 倍大きい値を示している。

これらの実験結果から，熱処理を施さない DC 鑄造ピストンでは，寸法安定性と内部残留応力を GDC 法と同等にする事は困難であることが分かった。

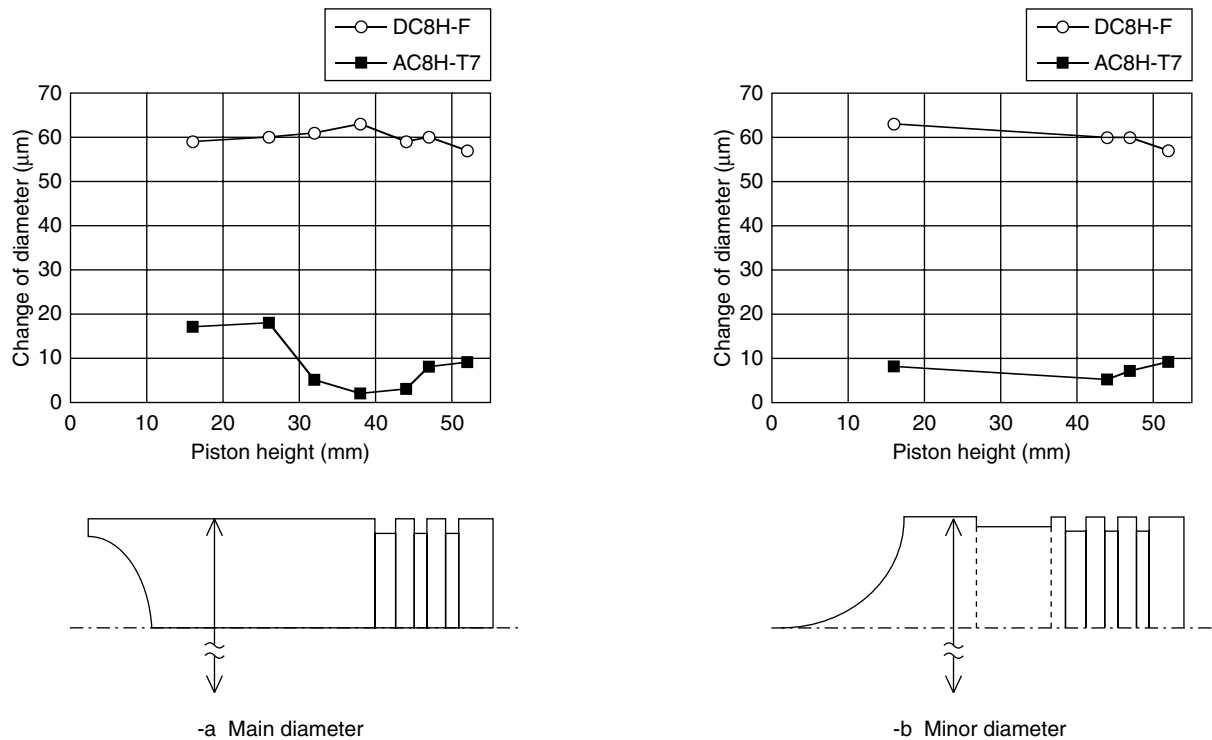
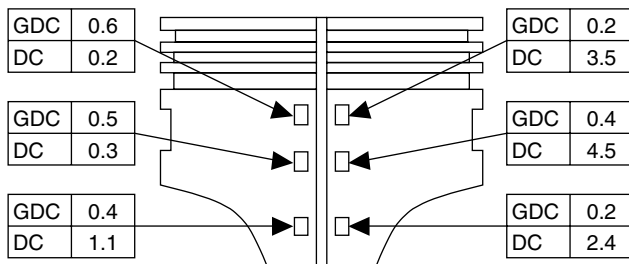


Fig.4 Main and minor diameter changes with each piston height after heating (230°C-10h)

Fig.5 Residual stress after heating (kgf/cm²)

4.1.2. DC8H 材の熱処理条件とピストンの寸法安定性

DC8H材の熱処理条件として、熱処理温度190°C、225°C、250°C、275°C、保持時間を10分、20分、30分とした場合の、それぞれのピストンの外径変化量と内部残留応力の測定結果を Fig.6-a, -b に示す。この時の熱負荷試験条件は、4.1.1 と同じ均一加熱炉で 230°C の 10 時間保持である。熱処理温度が高くなるに従い、内部残留応力開放時間が短縮されることが分かる。寸法変化量と内部残留応力を前項で示した AC8H-T7 品と同等にし得る熱処理条件は、225°C以上且つ、10 分以上となる。さらに熱処理温度 250°Cにおける保持時間の増加に伴う外径変化量と内部残留応力の変化を Fig.7-a, -b に示す。約 2 分の保持時間でほぼ、AC8H-T7

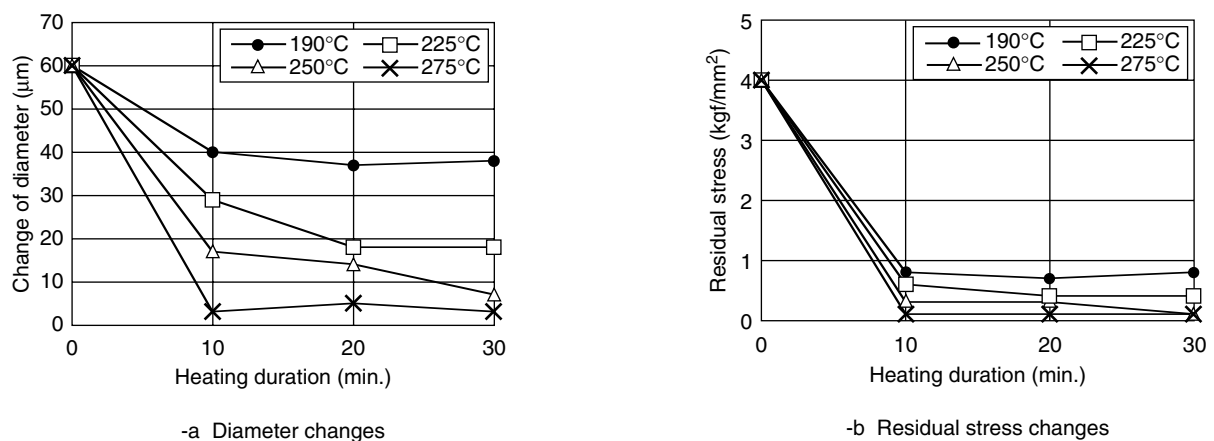
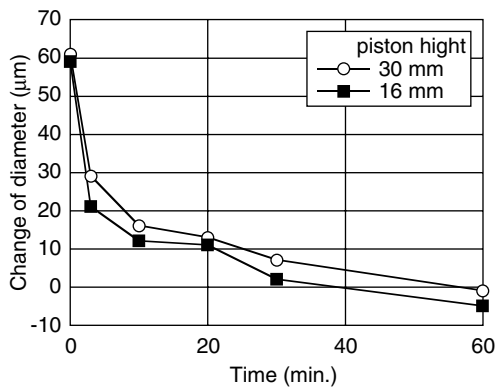
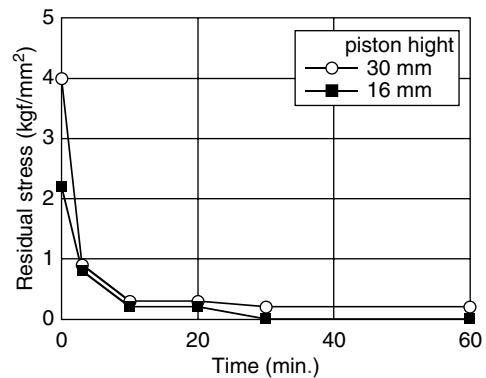


Fig.6 Influence of heat treatment condition, temperature and time, on main diameter and residual stress



-a Changes of diameter



-b Changes of residual stress

Fig.7 Influence of heat treatment time on diameter and residual stress changes at 250°C

品並みのピストンの外径変化量・内部残留応力が得られることが確認できる。

AC8H ピストンは T7 の熱処理を施しているため、鑄造時の内部残留応力は微少と考えられ、従って熱負荷試験により発生する内部残留応力及び寸法変化の原因は、機械加工時に発生する加工ひずみと推定される。また DC8H 材ピストンの寸法変化量が大きい原因は、鑄造時の高圧凝固下に発生する内部残留応力と加工ひずみの二つが加熱により開放されたためと考えられる。

4.2. ピストン用 DC 合金の組成

前節において DC 製法における、寸法安定性について調べた。ここでは、Table 2 に示した DC 用鑄造合金候補 DC8Z/#1 ~ #10 を用いて、合金組成の管理巾を加味した素材に求められる基本的特性の実験結果について述べる。また上記合金の溶融点測定結果より鑄造時の溶湯温度を、通常設定基準である溶融点プラス 130 ~ 150°C の範囲として 700°C にて鑄造を行った。

4.2.1. 鑄造後の素材硬さ

各合金について、鑄造開始から 100 ショットまでの溶湯温度と、金型から取り出した直後のピストンクラウン部の温度(以後、素材温度と表現)を Fig.8 に示す。溶湯温度については全鑄造試験を通じて 700 ± 10°C に、また素材温度は、金型の暖まる 20 ショットまでは増加を示した後、380 ± 20°C に安定して管理できる事が分かる。

さらに 10 種の合金について、鑄造開始から 10 ショット間の素材温度と素材黒皮硬さ(HRB)を Fig.9 に示す。なお素材黒皮硬さは、DC 鑄造後に水冷却を行った後測定した。素材温度の低い 1 ショット目の硬さが最も硬く、その後素材温度が安定化するに従い素材黒皮硬さも安定する傾向を示す。#6 の合金は初期硬さのパラツキが大きく、#9 の合金は素材温度の増加と共に初期硬さが低下するなど、実用合金として好ましくない。さらに 10 種の材料組成につい

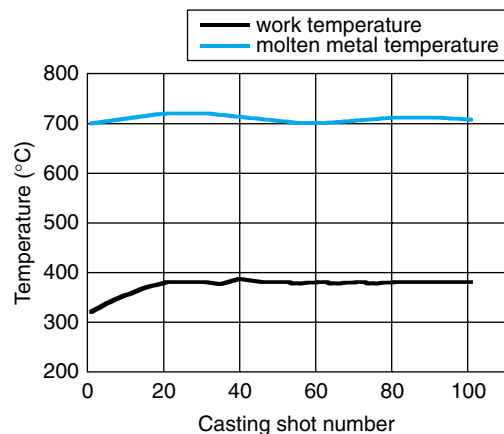


Fig.8 Changes of molten metal and piston-top temperature after casting, with casting shot number

て、Mg, Si と Cu の各添加量と素材初期硬さの相関を評価すると、Mg : >1.4%, Si : >13%, Cu : >3.3% の添加にて目標とする HRB65 以上の硬さが得られる事が判明した。

4.2.2. 熱劣化特性

熱処理(250°C, 30 分, T5)後の DC8Z/#5-T5 と AC8H-T7 の試験片を用いて温度と保持時間の変化に伴う硬さの変化を Fig.10-a, -b に示す。この実験では、熱処理後の試験片を再度曝熱し室温まで放冷した後、硬さを測定した。

各保持温度における硬さの低下量の比較では、DC8Z/#5-T5 材料は AC8H-T7 材に比して少ない傾向にある。これらの結果は、深井等の AC8A および B を用いた実験結果⁽³⁾と同じ傾向を示している。この軟化特性の差は、DC 鑄造の特徴である急冷凝固による結晶粒径の微細化効果と、溶体化処理を施さない事による微少サイズの未固溶金属間化合物が均一分散した状態で維持され、金属結晶格子中の転位線の移動に対して抵抗要因として働き、暴熱後の硬さの低下量を減少しているものと考えられる。

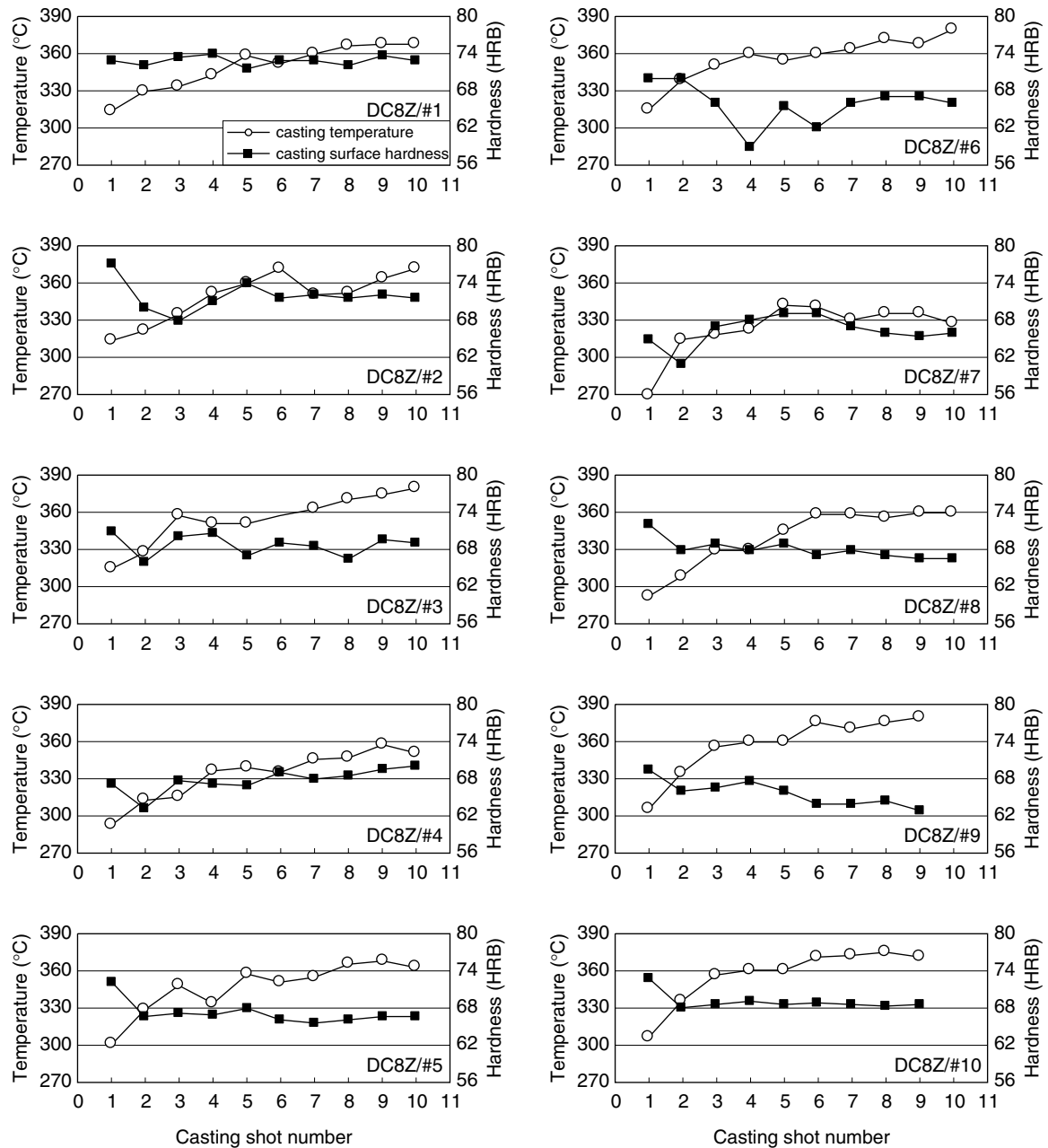


Fig.9 Stability of alloy depending on composition of base material

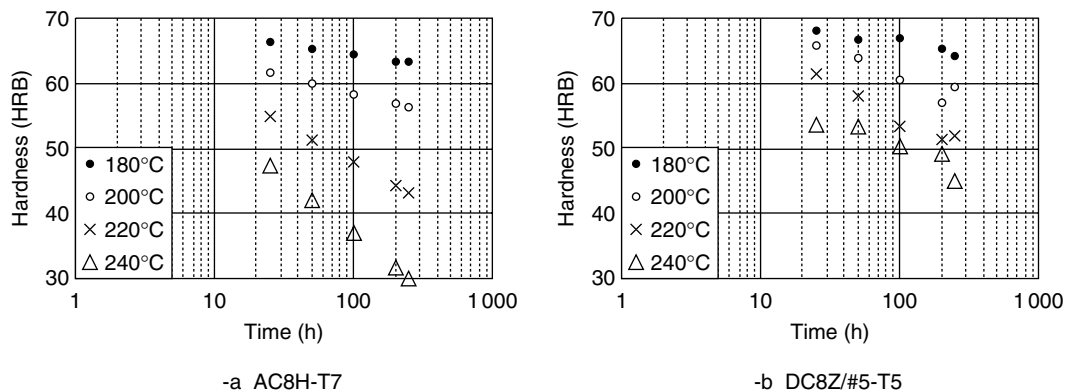


Fig.10 Changes of hardness with re-aging at various temperatures

4.2.3. 合金組成と熱処理条件の設定

4.1.2 で判明した 225°Cにおいて 10 分以上の熱処理によりピストン外径変化量が安定する事から、仮に T5 熱処理条件を 250°C, 30 分として、各合金の時効硬化による硬度変化を Fig.11-a, -b に示す。初期硬さの目標を、GDC 鑄造ピストン(AC8H-T7)の平均値である 65(HRB)以上とすれば、#7, #10 合金は選択の対象外となる。また #1 合金組成は、試験片の機械加工中に脆性破壊を度々発生し、機械加工性に劣るため除外した。

Table 3 Chemical composition of HAS14C4

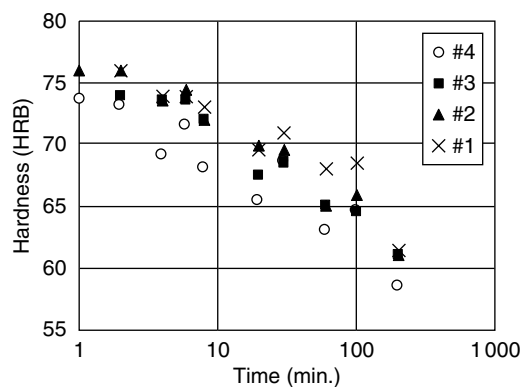
	Cu %	Si %	Mg %	Zn %	Fe %	Mn %	Ni %	Al
Upper	4.0	14.0	2.0	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	Bal.
Middle	3.8	13.5	1.7	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	Bal.
Lower	3.5	13.0	1.4	< 2.5	< 1.1	< 0.5	< 0.5	Bal.

Table 4 Physical & mechanical property of HAS14C4

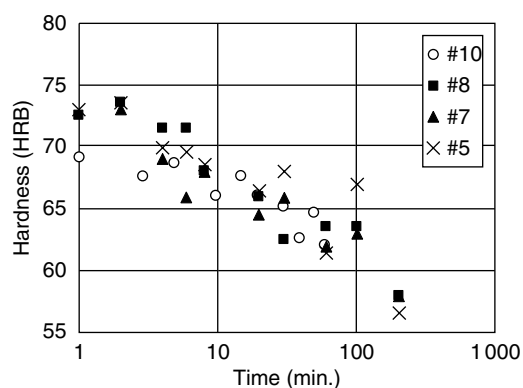
Physical property	Test condition	AC8H-T7	HAS14C4 250°C × 20分
Thermal expansion coefficient ($\times 10^{-6}$) (°C ⁻¹)	Room temp.~ 100°C Room temp.~ 200°C	19.2 ~ 20.8	19.4 ~ 20.3
Thermal conductivity ($\times 10^{-6}$) (W/m.°C)	Room temp.	135 ~ 142	100 ~ 105*
Modulus of longitudinal elasticity (MPa)	Room temp.	735 ~ 775	745
Density	—	2.68 ~ 2.74	2.68 ~ 2.79
Hardness (HRB)	—	64 ~ 68	66 ~ 68
Tensile strength (MPa)	200°C 300°C	2.12 ~ 2.60 0.74	2.30 ~ 2.80 1.29 ~ 1.42
0.2% proof strength (MPa)	200°C 300°C	1.98 ~ 2.05 0.57	1.89 ~ 2.40 1.00 ~ 1.19
Fatigue strength 10 ⁷ cycle (MPa)	200°C 300°C	0.74 ~ 0.78 0.33	0.83 ~ 0.88 0.41

* Since the thermal conductivity of A351 is 107 which is almost equivalent to that of HAS14C4, this result is considered to be acceptable.

10 種類の合金(DC8Z)をさまざまな観点から評価した結果、ピストン用合金として望ましい機械的・物理的性質を有する合金は DC8Z/#2, #3, #4, #5, #8 であった。それらの成分範囲を元に新合金名称を HAS14C4 とし、Table 3 にこの合金の上・中・下限組成を示す。また Table 4 に HAS14C4 の T5 熱処理後(温度 250°C, 時間 30 分)の機械及び物理的特性を AC8H-T7 と比較して示す。AC8H-T7 に比べ熱伝導率が 25%程度低く、その他物理的特性はほぼ同等の値を示すが、硬さ、引張強さ、疲労強度などの機械的特性は向上

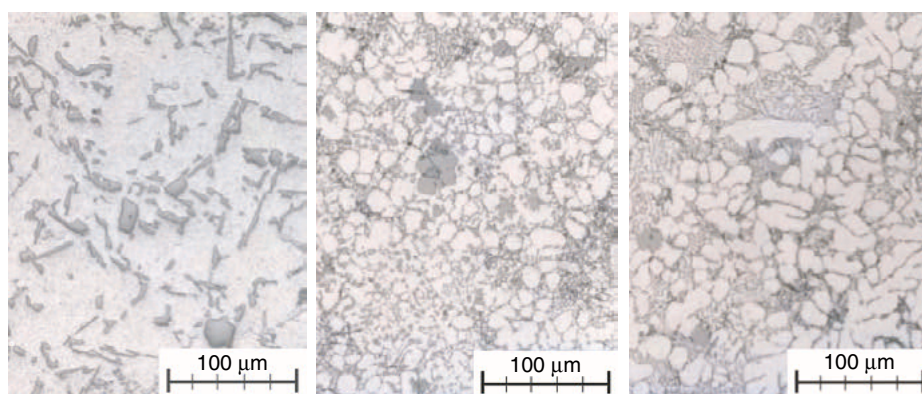


-a DC8Z/#1 to #4 alloys



-b DC8Z/#5, 7, 8, 10 alloys

Fig.11 Relationship between hardness and heat treatment time at 250°C



-a, AC8H-T7 by GDC

-b, HAS14C4/upper limit
composition-T5 by DC-c, HAS14C4/lower limit
composition-T5 by DC

Fig.12 Comparison of microstructures with AC8H-T7, HAS14C4/upper limit and HAS14C4/lower limit composition

している。熱伝導率については高性能エンジン用ピストン材料(A351)の熱伝導率 0.256 と同等であり、AC8H-T7 との差は実用上許容できる範囲にあると考える。

AC8H-T7 と HAS14C4 の上, 下限の組織写真を Fig.12-a ~ c に示す。AC8H-T7 材の凝固組織は、軟質な α -Al の白い結晶粒が広い範囲に存在し、共晶 Si 等の大きな針状晶出物が見られる。一方 HAS14C4 材の凝固組織では、 α -Al, Mg_2Si および共晶 Si 等が非常に微細化した状態で分布して

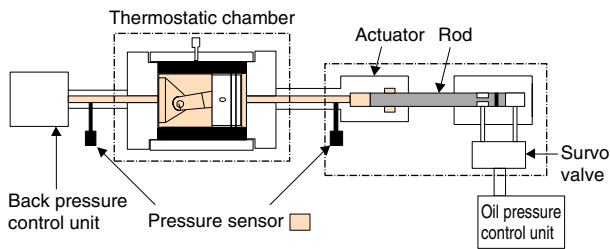


Fig.13 Schematic diagram of high temperature piston fatigue tester

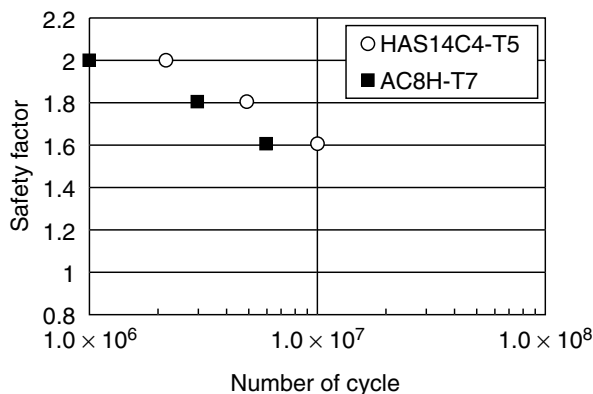


Fig.14 Fatigue strength indicated by safety factor. Safety factor 1 as maximum cylinder pressure.

いる。また組織中に板状に見える初晶 Si は、AC8H-T7 材に比べ数も多く均一に分散している。このような組織構造により AC8H-T7 材と同等以上の機械的特性が得られるものと考えられる。

4.3. 適合試験

4.3.1. ピストン単体高温疲労試験

単体高温試験機の概略図を Fig.13 に示し、DC 製 HAS14C4-T5 ピストンと GDC 製 AC8H-T7 の単体高温疲労試験の結果を Fig.14 に示す。単体高温疲労試験におけるピストンの破壊は、両者とも、ピン穴からクラックが発生しピンボスの上部に向かって進展する。Fig.14 は最大燃焼圧力を基準にした安全率で疲労に対する変化を示し、HAS14C4-T5 が AC8H-T7 に勝っていることが分かる。これは 4.2.3 の熱劣化特性結果とも一致している。

4.3.2. 焼付き限界試験

(1) 単体試験 切出し試験片による焼付き限界の実験は、Fig.15 に示すチップオンディスク摩耗試験機にて行った。試験機の試料取り付け具に取り付けられた試験片 ($6 \times 17 \text{ mm}$)

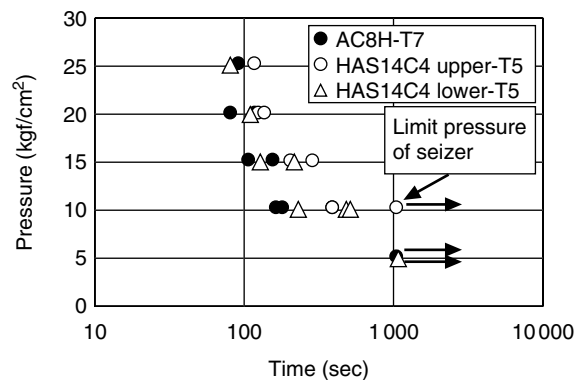


Fig. 16 Result of seizer test by friction tester

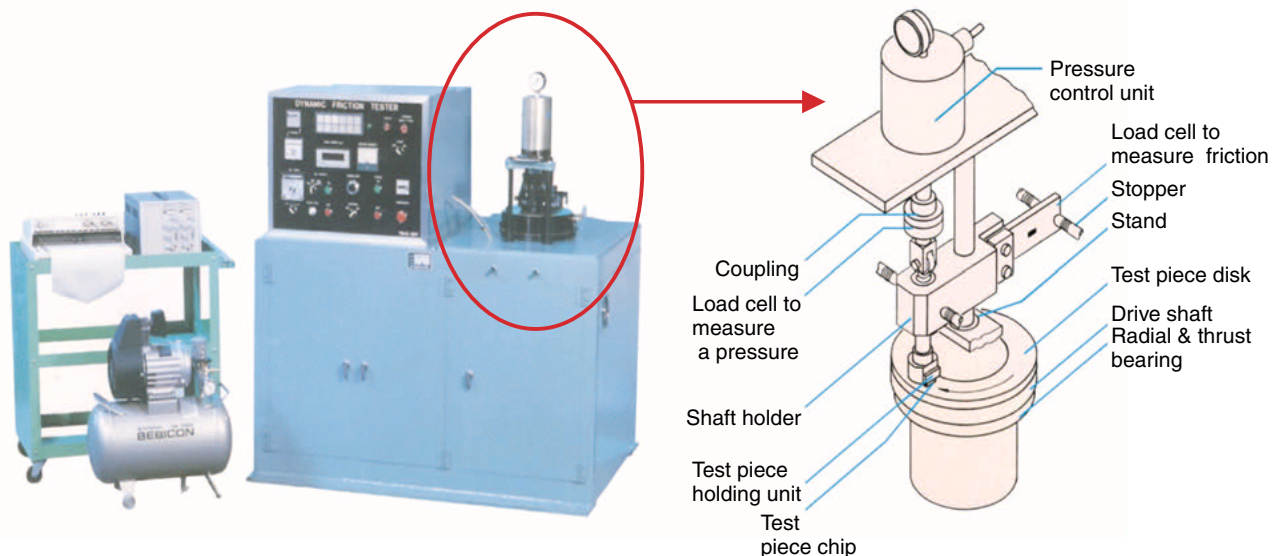


Fig.15 Schematic diagram and photograph of friction tester

は、試料取り付け具によって回転ディスクに任意の荷重で押し付けられる。回転ディスクは 16m/sec. の一定周速で回転し、固定された試験片と摺動する。回転ディスクはシリンダースリーブ相当材の FC250 を用いて作った。リング上に 240cc/min. の量のオイルを滴下しながら、任意の荷重荷重で 3 分間の慣らし運転を行った後、オイルの供給を停止する。その後、焼き付きに至るまでの時間を測る。20 分間焼付かなかった場合は、一般的な疲労試験の 1×10^7 回と同様に試験終了とし、その荷重を“焼き付き限界値”とした。

HAS14C4-T5 合金の上、下限組成及び、AC8H-T7 材を用いた材料焼き付き限界性の比較を Fig.16 に示す。開発材料は AC8H-T7 より優れた焼き付き限界値を示している。これは前述した金属凝固組織の比較結果より、HAS14C4-T5 材では焼き付き発生の原因となる軟質な α -Al 晶の占有面積が少なく、耐摩耗性を有する金属間化合物と初晶 Si が均一に分散する組織を示していることにより焼き付き限界値が高まったものと理解できる。

(2)実機試験 汎用エンジンの使用に際しては、2 ストロークエンジンが市場の主流であるため、オイルを入れずにエンジンを始動したり、エンジンオイルの供給を忘れて用いられることが頻繁に起きる。このため前者の状況を想定した DRY 法焼き付き性評価試験や後者を想定した WET 法焼き付き性評価試験によって耐焼き付き性の確認を行った。

DRY 法焼き付き性評価試験用のエンジンは、組立時にシリンダー表面を脱脂した後、一滴のオイルを塗布したものを使う。試験方法は、エンジンオイルを注入せずに始動後、即時に無負荷状態で 3600rpm にて運転し、焼き付きに至るまでの時間を測定する。ここでは両材料について、6 種類のピストン-シリンダー間のクリアランスで焼き付き試験を行った。

AC8H-T7 と HAS14C4-T5 ピストンの DRY 法焼き付き性評価試験の結果を Fig.17 に示す。HAS14C4-T5 ピストンは焼き付き性が AC8H-T7 に比して高い傾向を示した。焼き付き試験後のピストン表面の写真を Fig.18 に示す。AC8H-T7 ピストンの焼き付き痕は、HAS14C4-T5 に比べ幅が広く溶損跡も大きい傾向を示しているのが分かる。

WET 法焼き付き性評価試験は、エンジンを通常通りシリンダー内面にオイルを塗布した後に組み立て、オイルレベルゲージ下限までオイルを注入する。最初に定格負荷にて 10 分間運転した後、徐々にオイルを抜き、焼き付きによりエンジンが停止するまで運転する。エンジン焼き付き後には、オイル残量の測定とピストン外観の観察を行う。焼き付き発生の時のオイル残量は、AC8H-T7 ピストンでは 70cc、HAS14C4-T5 では 58cc であった。そのピストンの外、観状態を Fig.19 に示す。ピストン表面の焼き付き状態の比較は DRY 法の結果とほぼ同じ形態を示し、HAS14C4-T5 ピストンの焼き付き性が AC8H-T7 製より優れる事が確認された。

4. まとめ

鑄造と熱処理時間を大幅に短縮し、ラインの一貫化が可能とする DC 鑄造用合金を開発した。このピストン合金は熱処理条件 250℃・30 分で従来の GDC 用合金と同等以上の機械的特性を有し、実機における耐焼き付き試験において同等以上の性能を有することが確認できた。

今後、汎用ピストンの一貫ラインが設置され、ライン熟成化と量産の開始による生産性の向上効果が待たれる。また材料研究開発部門においての、現状生産ラインの体質改革に寄与する材料関連研究テーマの活発な提案と展開に大いに期待するものである。

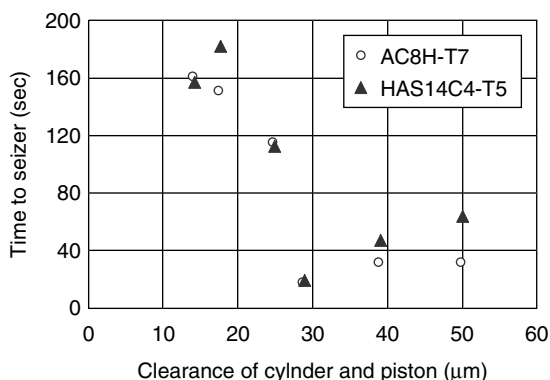


Fig.17 Comparison of time to seizer between AC8H-T7 and HAS14C4-T5 under the condition without oil

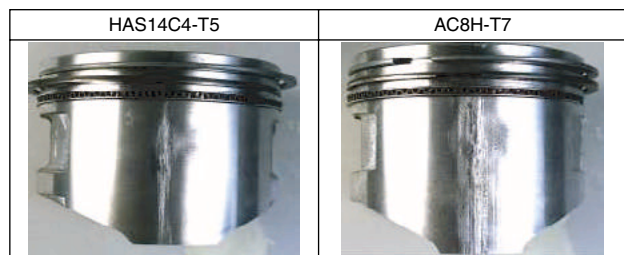


Fig.18 The piston after seizer test without oil

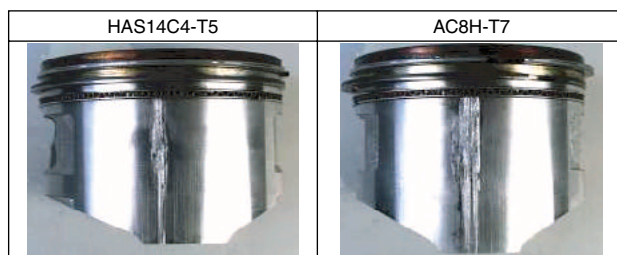


Fig.19 The piston after seizer test without oil supply

謝 辞

本研究を遂行するに当たり多大なるご協力をいただいた、
光生アルミニウム工業株式会社 神谷俊吉、富田勝之および
本田金属技術株式会社 飯牟礼浩一、遠藤弘の諸氏に深く
感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 鈴木卓, 北條宏, 井上聡, 森山浩, 藤永陽治: タイミングベルト内蔵型汎用OHCエンジンの開発, HONDA R&D Technical Review, vol.10, p.122-127 (1998)
- (2) Shiga, M., Nishida, T., Ryu, Y., Tugekawa, T., Higashi, K., Maeda, T.: Development of All Position-Operatable Small Four-Stroke Engine, SAE Paper972104
- (3) 深井誠吉, 竹内勝治, 田中英司: ピストン用アルミニウム合金鋳物8種AおよびBの高温強度に関する研究, 住友軽金属技報, Vol.4, No.4, p.17-42 (1963)

■ 著 者 ■



高崎 憲政



吉村 祐子



佐藤 和義



杉本 幸男



佐藤 貴紀