

改良インモールド法による傾斜機能材料の開発 Development of Functionally Gradient Materials by Modified Inmold Process

梅本幸作* 道浦吉貞* 喜多川 真好* 大出 卓**
Kosaku Umemoto, Yoshisada Michiura, Masayoshi Kitagawa, Taku Ohide

現在、球状黒鉛鑄鉄(ダクタイル鑄鉄)の製造時にさまざまな球状化処理法が用いられているが、その中でも鑄型内で球状化処理を行う方法をインモールド法と呼んでいる。また、密度の異なる2種類の溶湯が、インモールド法により鑄型内で接触すると、混合することなく相分離を起こす現象を利用した組織複合化処理法を改良インモールド法と呼ぶ。

本稿では、この改良インモールド法を用いて化学成分の異なる2種類の球状黒鉛鑄鉄による傾斜機能材を作製することができたので、その結果について報告する。

Now, there are many methods of spheroidizing treatment in manufacturing spheroidal graphite cast iron. Among those methods, graphite spheroidizing treatment in the mold is called Inmold process. Two types of molten metal that has different density each other are cast into the mold without mixing by Inmold process. Two kinds of structure are formed with the separation of each molten phase. This hybrid structure-controlling method is called Modified Inmold Process.

In this study, using two types of spheroidal graphite cast iron which have different chemical compositions, functionally gradient materials were produced by this Process. This paper presents the result of this experiment.

1. 緒言

1.1 インモールド法とは

1960年代後半、英国のMaterials & Methods Ltd.のC. M.Dunksらによって研究開発された黒鉛球状化処理法は、上下分割型(水平割型)では下側に図1のような直方体状の特別な反応室を設ける。ここに所定量の専用黒鉛球状化剤を入れて、湯口より流入した溶湯がこの反応室内を通過する時に、短時間の内に黒鉛球状化反応を完了させる。この方法をインモールド法(Inmold process)と呼ぶ。反応室を通過した黒鉛球状化処理溶湯は、その後、湯道、堰を通過して鑄物空隙部に流入し、充滿する¹⁾。

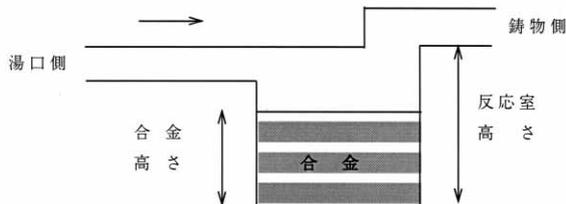


図1 インモールド法における反応室中の球状化剤設置状態
Fig. 1 Spheroidizer placed in reaction chamber by Inmold process

1.2 インモールド法の特徴

主な特徴は次の通りである。

- 1) Mgの歩留まりが高いので、合金(黒鉛球状化剤)の使用量が少ない。
- 2) 球状化反応が穏やかで、かつ環境汚染がない。

- 3) 球状化効果の減衰がない。

ただし、本方法専用の合金(黒鉛球状化剤)を使用するが、その合金の選択については厳しい管理が必要である。

1.3 改良インモールド法について

改良インモールド法とは、従来のインモールド法、つまり鑄型内に設けられた1つの反応室中に黒鉛球状化剤を設置することによって、鑄型内で黒鉛球状化処理を行う方法の応用である。そして黒鉛傾斜型の複合組織を形成させるために、2つの反応室を鑄型内に設けて、各反応室で別々の溶湯処理を行えるように改良したものである²⁾。

2. 片状黒鉛鑄鉄溶湯および球状黒鉛鑄鉄溶湯による鑄造実験

2.1 実験方法

本実験では、1つの溶解炉で準備した一定組成の鑄鉄溶湯を、2つの反応室に直結した製品空隙部を持つ鑄型に鑄込む。その際溶湯を分流して、一方の反応室である種の黒鉛形状制御(例えば黒鉛球状化処理)を行い、他方の反応室で別の制御(例えば黒鉛微細化や合金化処理)を行う。それぞれ処理された異種溶湯を同時に空隙部内で合流させて充滿させる³⁾。

改良インモールド法の鑄造方案を図2に示す。鑄型は2つの反応室に直結する試料空隙部として球状化処理側(赤色で示した部分: Spheroidized side)と接種処理側(青色で示した部分: Inoculated side)のYブロック、そし

* 鉄管事業部 鉄管研究部

** 東北大学大学院工学研究科 工学博士

てこれら2つをつなぐ中央部のYブロックの3つから構成されている。2つのチル試験片の採取位置は、溶湯が各ブロック充填後に流入するように鑄型見切り面に設置した。鑄型は、6号けい砂、ベントナイト、水を混練して作製した生砂型とした。

鑄型内の各反応室に球状化剤、接種剤をあらかじめ入

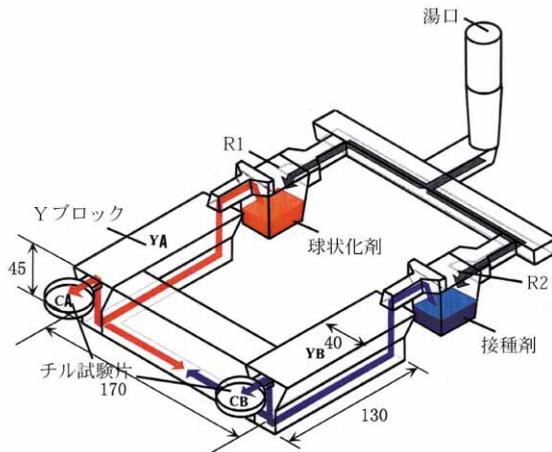


図2 改良インモールド法の鑄造方案
Fig. 2 Gating system of Modified Inmold Process

れておき、高周波誘導炉で大気溶解した鑄鉄溶湯を1823K (1550)にて鑄込んだ。溶解原料は、銑鉄、電解鉄、金属ケイ素を使用し、CE値(炭素当量値)が共晶組成となるように配合した。

2.2 実験結果および考察

鑄型内に設置したチル試験片の化学組成分析結果を表1に示す。Yブロック試料側面を研削して観察したマクロ組織を図3、ミクロ組織を図4に示す。また、両溶湯の境界部分における球状から片状までの黒鉛遷移組織を図5に示す。

以上の結果より、この方案を用いた鑄型内に接種処理鑄鉄溶湯と球状化処理鑄鉄溶湯を同時に流し込むと、試料上部に球状黒鉛鑄鉄組織、下部に片状黒鉛鑄鉄組織が各々形成し、その境界部分では球状黒鉛組織から片状黒鉛組織への遷移状態が確認された。

表1 化学組成分析結果
Table 1 Chemical composition of specimens

部位	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr
球状化処理側	3.47	2.25	0.12	0.052	0.014	0.031	0.02
接種処理側	3.46	2.01	0.10	0.053	0.013	0.000	0.02

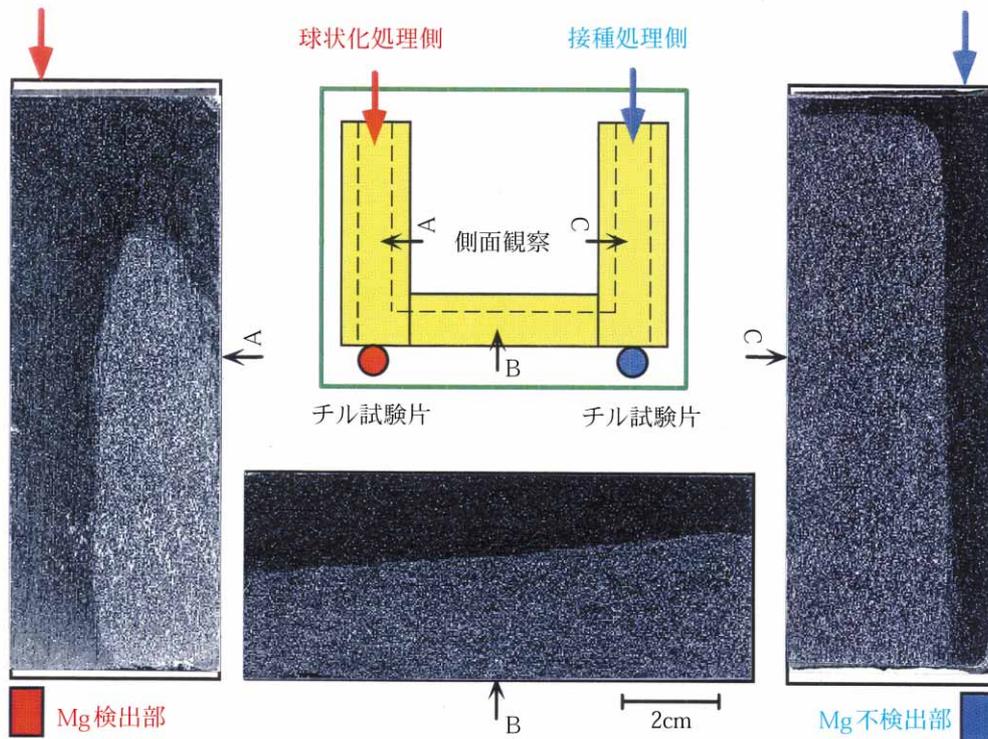


図3 マクロ組織
Fig. 3 Macrostructure

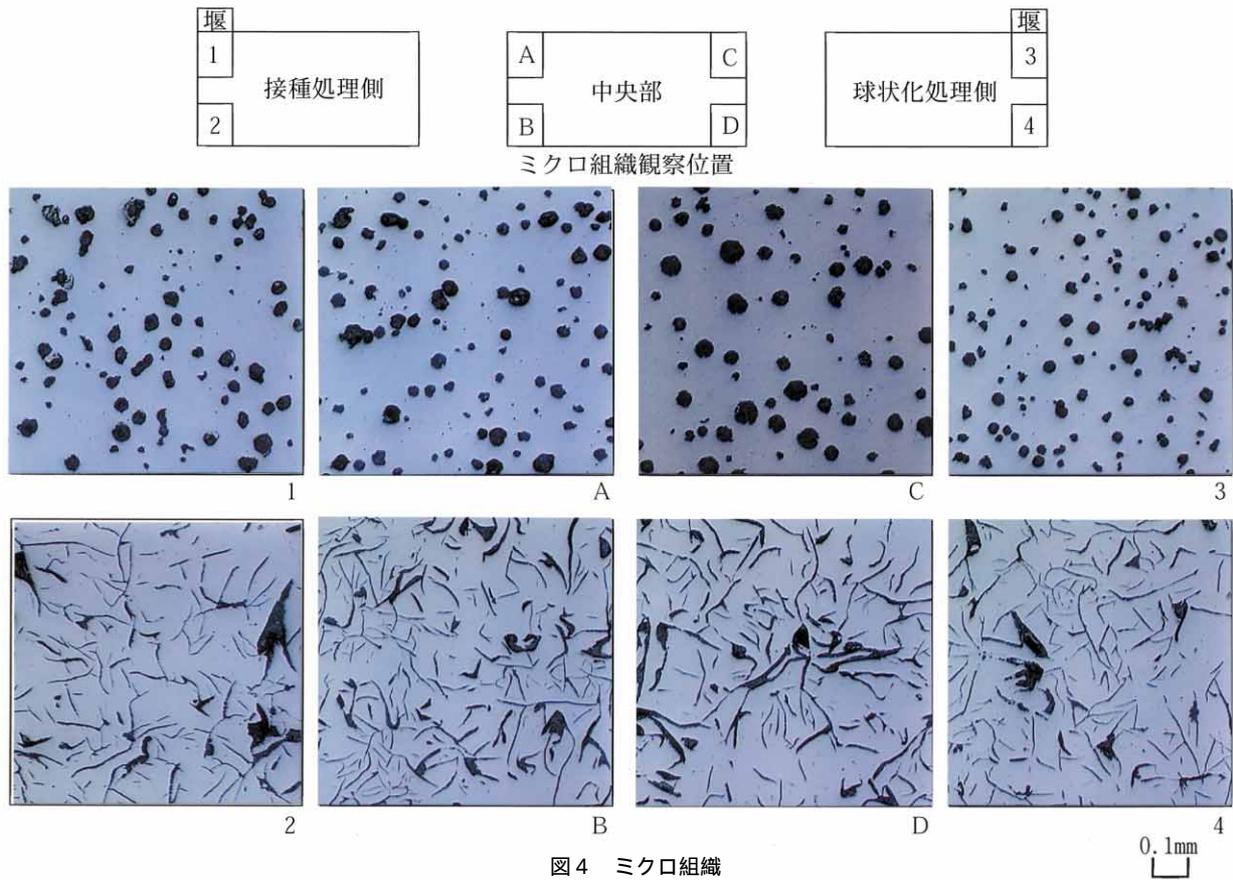


図4 ミクロ組織
Fig. 4 Microstructure



図5 黒鉛遷移組織
Fig. 5 Alteration structure of graphite morphology

3. 球状黒鉛鑄鉄のみによる鑄造実験

3.1 実験方法

次に球状黒鉛鑄鉄溶湯のみによる傾斜機能材料の作製を試みた。まず鑄型内の各反応室にて各々異なった球状化处理を施し、化学組成の異なる2種類の球状黒鉛鑄鉄溶湯に処理した後、各溶湯が鑄型空隙部内で形成する凝固組織を観察した。

前項と同様の溶解材料を高周波誘導炉にて大気溶解し、1823Kまで加熱した溶湯を図2に示す鑄型に鑄込んだ。各反応室には、RE（レアアースメタル；希土類金属）入り黒鉛球状化剤およびニッケル系黒鉛球状化剤（Ni Mg）をそれぞれ設置し、冷却後の試料を鑄型より取出し、3つに分割して鑄肌面を研削した後、側面のマクロおよびミクロ組織観察を行い、また境界部分に関してはEPMA分析を行った。

3.2 実験結果および考察

鑄型内に設置したチル試験片の化学組成分析結果を表2、Yブロック試料側面を研削して観察したマクロおよびミクロ組織を図6に示す。ただし、図2のYAブロックをRサイド、YBブロックをLサイドと名付けた。

表2の分析結果からニッケル量に関して、両試料間には約2.3%の濃度差が確認できた。そしてこの濃度差のた

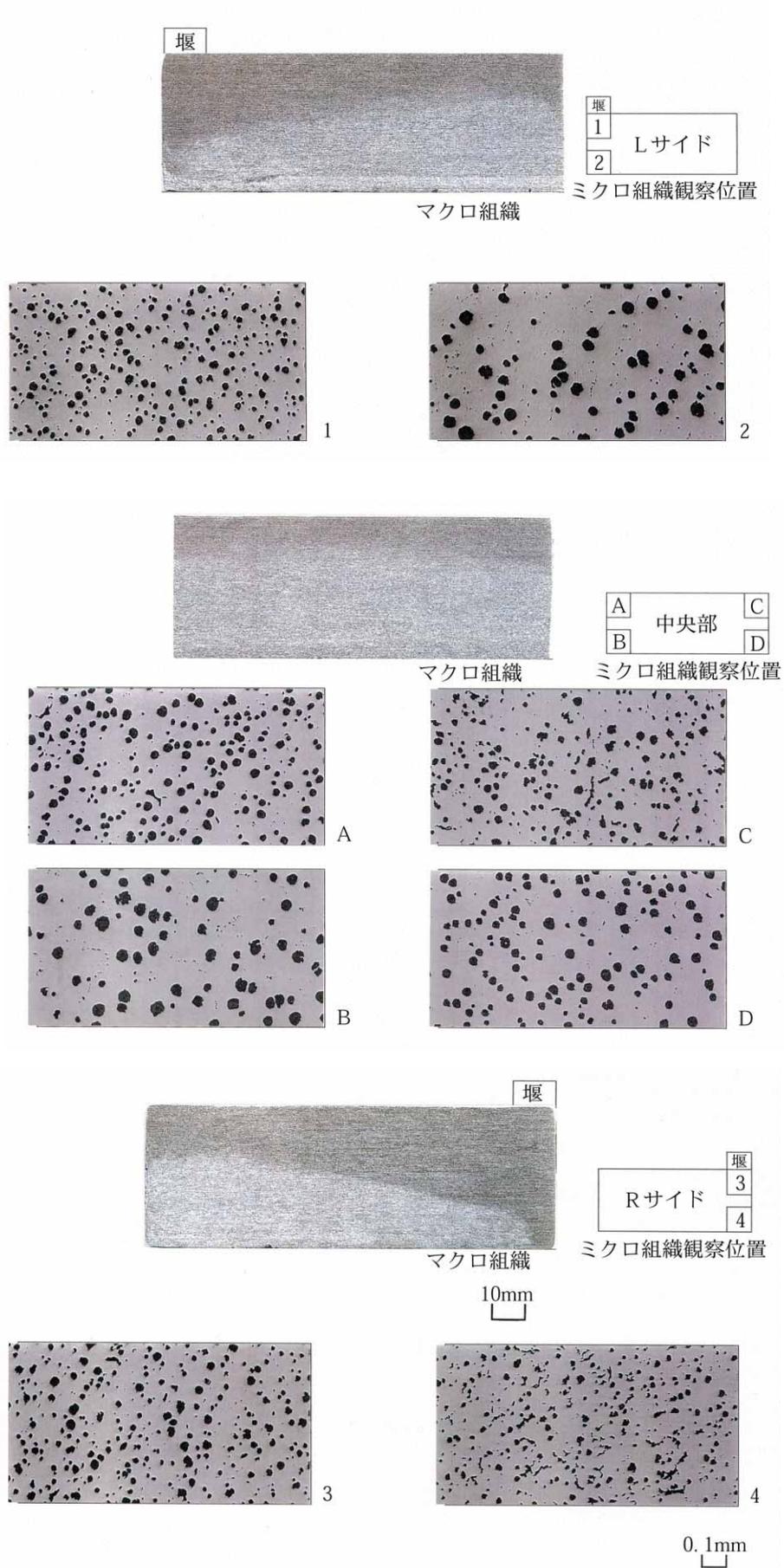


図6 マクロおよびマイクロ組織
Fig. 6 Macrostructure and microstructure

表2 化学組成分析結果
Table 2 Chemical composition of specimens

部位	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni
Rサイド	3.52	2.48	0.29	0.050	0.012	0.028	0.02	0.02
Lサイド	3.48	2.19	0.29	0.060	0.011	0.039	0.01	2.29

めに各反応室で球状化处理された溶湯間には、ある程度の密度差が生じていると考えられる。なぜなら図6のマクロ組織写真から上部組織と下部組織が相分離しているからである。ミクロ組織観察結果より上部と下部の球状黒鉛組織を比較すると、粒径、粒数ともに異なっている様子がわかる。つまり上部組織は下部組織に比べ粒径が小さくかつ粒数が多い。これは上部組織が接種効果のあるRE入りの黒鉛球状化剤によって処理された溶湯であることを示唆している。逆にNiMgのみで球状化处理した反応室には、接種効果のある合金を設置していなかったため、黒鉛粒径が大きくなったと思われる。

図7はEPMによる上部および下部組織の境界部分における炭素の分布状況を示しており、白い箇所が球状黒鉛である。これからも図中右側(上部組織)は、左側(下部組織)に比べて、黒鉛粒径が小さく、粒数の多いことが確認できる。図8はニッケルについての境界部分における分布状況である。図中の黄色い部分が、ニッケル相対濃度の比較的高い箇所である。これによって左側(下部組織)には、ニッケルが多く含まれていることがわかる。つまりNiMgで球状化处理した溶湯は下部組織を形成していることが判明した。図中の曲線は、写真中央部におけるニッケル相対濃度を示したもので、試料下部は上部に比べてニッケル量の多いことを示している。

本実験において鑄型内の反応室内で化学組成の異なる2種類の球状黒鉛鑄鉄組織を作製し、それらの溶湯による鑄造を行った結果、同一試料内に黒鉛粒径を異にした球状黒鉛鑄鉄組織から成る傾斜機能材料を作製することができた⁴⁾。

4. 結言

本研究では、改良インモールド法を利用することにより、鑄鉄中の黒鉛組織の傾斜機能化を実現することができた。

1つの鑄型内に接種処理溶湯と黒鉛球状化处理溶湯を同時に鑄造した場合、両溶湯の境界が存在し、境界付近では球状黒鉛からCV黒鉛を経て、片状黒鉛へと遷移していく様子が確認できた。また、その境界の上部には球状黒鉛組織、下部には片状黒鉛組織が位置した。さらに化学組成の異なる2種類の球状黒鉛鑄鉄溶湯同士を鑄造した場合においても、試料内で各処理溶湯が上下方向に分離し、傾斜機能を備えた球状黒鉛鑄鉄組織を形成することがわかった。今後は、これらの溶湯制御法を利用した実用化への検討を進めていきたい。

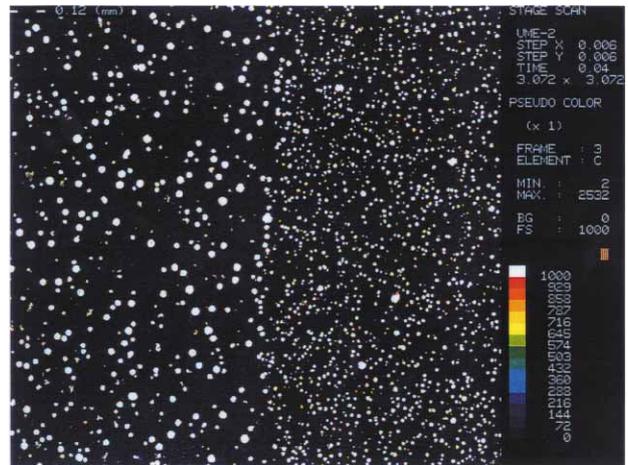


図7 E P M A分析結果(C)
Fig. 7 Result of E P M A(Carbon distribution)

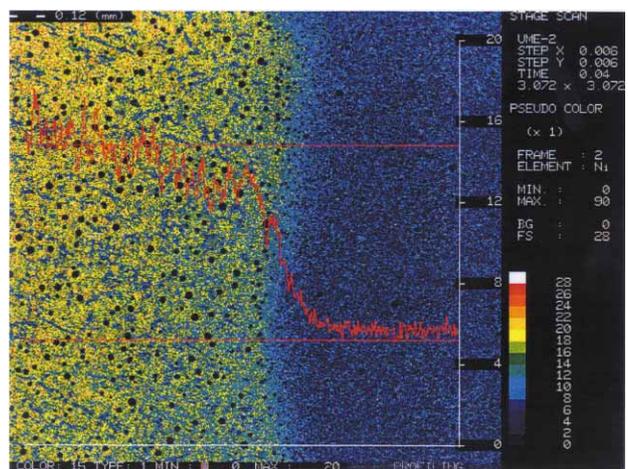


図8 E P M A分析結果(Ni)
Fig. 8 Result of E P M A(Nickel distribution)

参考文献

- 1) 大出：インモールド法による球状黒鉛鑄鉄の製造、宮城文化協会(1997)、pp.22-26
- 2) 大出、岸田、木村、竹本：改良インモールド法による鑄鉄の遷移黒鉛組織形成と水モデルによる水溶液移動の観察、鑄造工学69(1997)、p.27
- 3) 大出：改良インモールド法による黒鉛組織の遷移、鑄造工学70(1998)、p.817
- 4) 梅本、道浦、喜多川、大出：改良インモールド法による傾斜機能性球状黒鉛鑄鉄、第135回日本鑄造学会概要集(1999)、p.100

執筆者

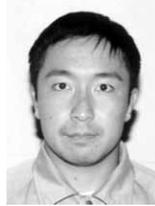
梅本幸作

Kosaku Umemoto

平成6年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事

現在、東北大学で研修中



喜多川 真好

Masayoshi Kitagawa

昭和42年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事



道浦吉貞

Yoshisada Michiura

昭和58年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事



大出 卓

Taku Ohide

東北大学大学院

工学研究科

工学博士



用語解説

IT (情報技術)

ITとは、Information Technologyの頭文字をとったもの。言葉どおり、情報 (Information) を処理・蓄積・伝達する技術 (Technology) のことを意味する。情報を処理・蓄積する技術の代表例がパソコンなどのコンピュータであり、そのほかにマイクロ・コンピュータを組み込んだ情報家電製品 (冷蔵庫、電子レンジ、洗濯機など) や電子手帳、ハンドヘルドPCなどの情報機器がある。情報を伝達する技術 (通信技術) としては、急速に普及してきたインターネットや携帯電話、LANなどがある。情報を蓄積し、処理するコンピュータに通信技術が融合することで、ITの可能性は格段に広がる。ITの進歩と普及により、ビジネス関連発明の出現、企業間格差の拡大、企業間取引方法の変化、家庭生活の変化など、ビジネスや社会生活が大きく変化しつつある。



レンギョウ