

「品質新管理項目を取り入れたダイカスト工場管理システム」



株式会社ダイレクト21 ○長澤理 岩本典裕
増田千尋 田中啓之
東洋電産株式会社 杉平 力 青山 馨

Die Casting Plant Management System with New Quality Control Items

Direct21 Corporation NAGASAWA Osamu IWAMOTO Norihiro
MASUDA Chihiro TANAKA Hiroyuki
Toyodensan Co.,Ltd. SUGIHIRA Chikara
AOYAMA Kaoru

It seems that the trouble to those who are engaged in die casting production is that the rejection percentage of die castings is so high that they are busy spending all their time for the countermeasure and/or production control.

We have accomplished the centralized die casting plant management system, as Japan's own industrial making, by combining plant-wide production control with the new control items that have directly to do with the die casting quality, such as cavity-filling time, gas pressure and others. We report the detail as follows.

1. はじめに

現代社会は情報とモノにあふれ、特に情報はスマホの登場で増々身近になって来ているといえます。その情報には道路状況、気象情報、高層ビル管理などの集中管理センターのようなものがあり、現場にいらなくてもリアルタイムで確認できるのが当たり前になってきています。それでは製造業における情報はどうでしょう。モノづくりの情報には品質情報と生産情報があると思われます。自動車産業の組立工程などはどのような状況で生産されているかが一目でわかるように出来ていて、これが生産情報です。一方、個々の部品では本来の性能が出ているか、車全体の性能が許容値に入っているかを計測し評価するのが品質情報です。それではダイカスト業界の情報管理はどうでしょう？よくダイカストは「暗黙の世界」が存在すると言われます。即ち品質を司っている挙動の大半は0.1秒以内に凝縮され、この時間は残念ながら人間の感覚では捉えられない領域だからです。各種挙動は波形データやデジタルデータで見るとしかありませんが、マシンの新旧やメーカーを問わずにデータが見られる事と同時に金型情報も見ることが重要で、これを見極められる人、品質の番人は極めて少なく、知る人ぞ知るの世界が現状ではないでしょうか。生産管理を担当している人も同様だと思われます。そこで2つの情報を社内でも共有化し、活用するシステムを開発しました。

2. 情報の共有化とは

ダイカスト工場のイノベーションを目指して先ず社内の『**Open MIND⇒Open DIECASTING**』を提案したいと思います。

Open 品質：

社内LANを活用し、ダイカスト関係者に品質情報をオープンにする事が重要だと考えます。社内教育で計測データが読めるようになる事が先決ですが、共有化出来れば、現場の何号機はどこに問題があるのか、良品率を上げるにはどうすべきかなど論議が関係者全員で出来るようになり、会社全体のレベルアップが期待でき、しいては会社の品質レベルが向上すると思われれます。

Open 生産：

「暗黙の世界」が解消または縮小されれば、良品率が向上し生産性がアップすると思われれます。オープン化されていけば現在の生産計画の中での進捗度も共有化され、負荷の分散化や生産性向上の論議も出来ると思われれます。

3. 今までの管理状況

大方のダイカスト専門メーカーでは、生産管理情報は机上で出しておき、後から各マシンの作業日報などを基に集計したものを計画したものと照らし合わせて計画通り出来たのかどうか検証して次回の計画に織り込む、といったことを実施していると思われれますが、こ

れでは生産中に第三者から見たときに進捗はほとんどわからない状況です。現場の管理者は、今現在の生産状況を作業者に直接聞いたり、生産して出来た現物の数をいちいち数えたりしていました。また、生産計画を自部門でするところもあれば、他部門で出荷まで含めた計画で立てるところもあり、ダイカスト製造工程での様々なトラブルにより計画に沿った生産が出来ずにしばしば口論になることも無きにしも非ずではなかったでしょうか。

ではなぜ計画通りにダイカストは生産出来ないのかを考えてみますと、まず製品の品質が安定しないことが挙げられます。更にこの品質を良くするために様々なダイカスト工法の特殊技術が使われますが、これがまた設備トラブルの中でもかなりのウェイトを占めていると思われまます。例を挙げますと、真空ダイカスト法ではバルブの詰まり、高真空ダイカスト法では各所パッキンの破損など。局部加圧法ではピン折れやタイミングバラつきで良品が取れないなどがあります。こういった事からダイカストの生産管理と品質状況というものはかなりの因果関係があり品質状況の確認が取ればおのずと生産状況も安定してくるのではと考え、まずは品質状況をどうとらえるかを生産管理システムの最重要項目として開発を始めたわけです。

4. 開発の経緯

システムを完成させる上で最初に手掛けたのは専用マイコンの開発でした。一般にモニター装置はパソコンが主体ですが信頼性に欠けます。ダイカストの現場で連続使用する際、パソコンでマシンとインターフェースを取る事は安全性から見ても危険です。全ての情報はマイコンに取り込み処理してイーサネットをパソコンに渡す事で安全性を維持します。図1に概要を示します。

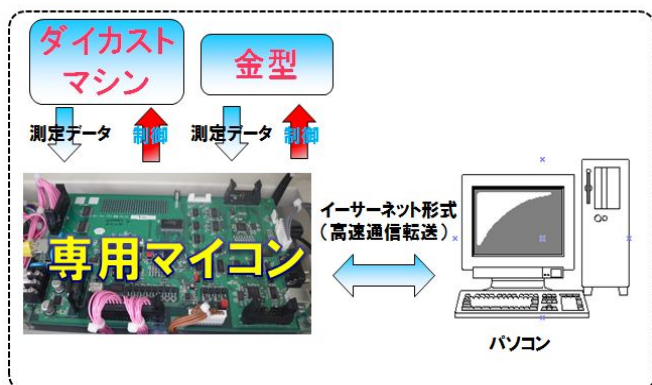


図1 ダイカスト専用マイコン

マイコン処理としては、高速処理と大容量アナログデータの一時保管や基本データ解析を行うために、3個のCPUを駆使し、パソコンへ高速転送します。

またマイコンはパソコンからの設定条件で動作し、一度設定されるとパソコン操作に左右されずマシンの動きに同期して、動作をくり返します。

製品の状況を把握する手段としては、マシン側からの情報と金型側からの情報が同時に見れる事が重要です。マシン情報を統一化し管理する事は重要ですが、マシンメーカは国内外様々なメーカがあり、比較的新しいマシンは計測表示をしています。計測方法や計測定義は千差万別です。しかも古いマシンでは改造に費用がかかりますので計測表示は殆ど出来ていませんでした。

マシン側からの情報は射出速度と圧力があります。射出速度は図2のような高耐久性のワイヤー速度計を新に開発しました。0.5mmA, B相パルス出力, マグネットマシン取付, ワイヤーは消耗品と考えシンプル構造で安価に汎用化を目指しました。

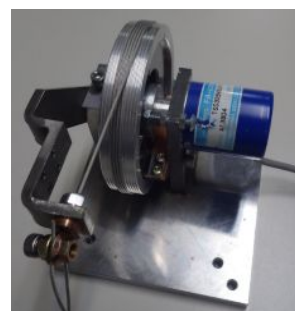


図2 新ワイヤー速度計

射出圧力は射出の油圧回路もメーカ毎に変わっていますが、図3の射出シリンダーのヘッド側(P1)とロッド側(P2)に圧力センサーを取付け、これを合成して波形表示させればマシンがチップに作用する鑄造圧力の換算値として全てのダイカストメーカの射出圧力は同一条件で管理出来る事となります。

$$P_{on} = [P1 - P2 \cdot ((D1^2 - D2^2) / D1^2)] \times (D1 / D3)^2$$

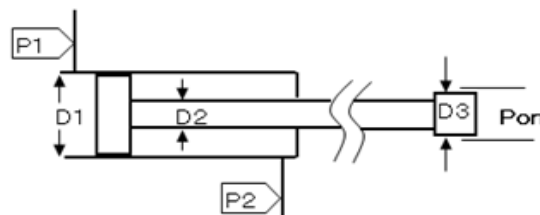


図3 合成波形の定義

金型側からの情報は様々なものがあります。

- 1) 充填時間 (製品充填時間+二次充填時間)
- 2) キャビティ内ガス圧 (正圧及び真空圧)
- 3) メタル圧力
- 4) 金型温度
- 5) 離型剤被膜厚さ
- 6) その他

図4¹⁾に示すように、本システムでは品質に影響の大きいキャビティ内ガス圧と充填時間の計測を出来るようにしました。

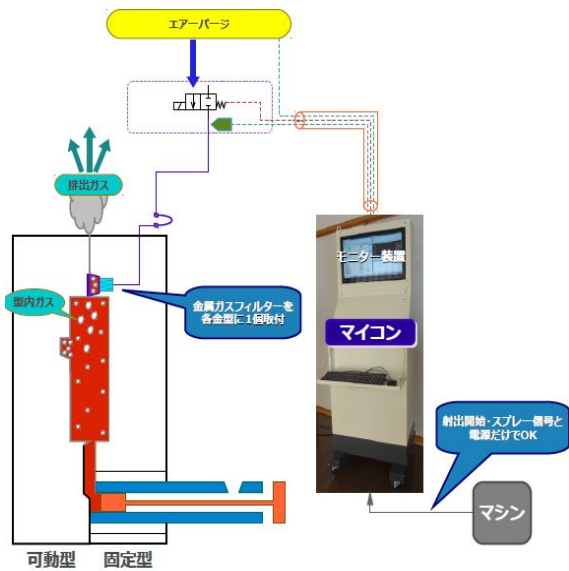


図4 ダイレクト制御システム

これから得られる情報としては、図5²⁾に示すようにアナログデータとして収集して管理することができます。また、マシンの稼働情報もアニメーションで取れますので、図6のようにリアルタイムでの情報を事務所やネット環境の整備により、どこにいても把握できるようにします。

第1ステップの品質管理としては、

- ①良品波形からの良品と不良品の仕分けによる作り込み
- ②品質異常の即時キャッチ
- ③金型キャビティ内のオンライン情報など

第2ステップの生産管理としては、

- ① 生産計画
- ② 生産進捗
- ③ 生産情報共有化

などで、まずダイカストマシンの稼働状況の把握をメインとして表しています。

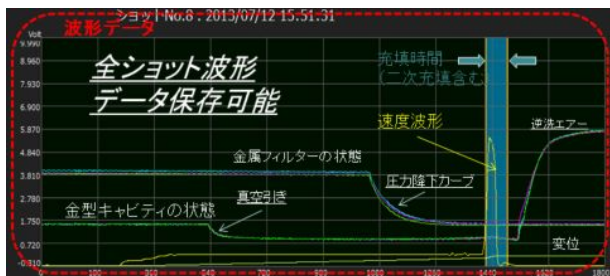


図5 アナログ波形データ

これらのあるべき姿として、品質データを単一システムにより一括収集する事で、それまでは別の収集データだった物を、同一グラフに合せる等の作業を必要

としていましたが、一括管理を行う事で、データ収集・データ整理に掛ける時間を大幅短縮し、データ分析・解析に時間を掛ける事が出来るようになります。

従来であれば、不具合が起きた後に製造部門より事後報告があり、その後でデータ収集・現象確認・原因究明等が行われます。しかしながら後日では正確な情報を入手することは困難な場合がほとんどで、リアルタイムで情報共有が可能になると、不具合発生時に即時、データ収集が可能であり、例え後日であっても全てのデータが保存されている事で、不具合原因の究明が行えるようになります。

特に、現場へ赴く事無くデータの収集・閲覧が可能であることから、遠く離れた場所（海外も含め）に有る場合は、非常に有用なシステムだと思われます。

品質管理における4MのMachineを徹底的に管理できる様なシステムが望ましいと思われま

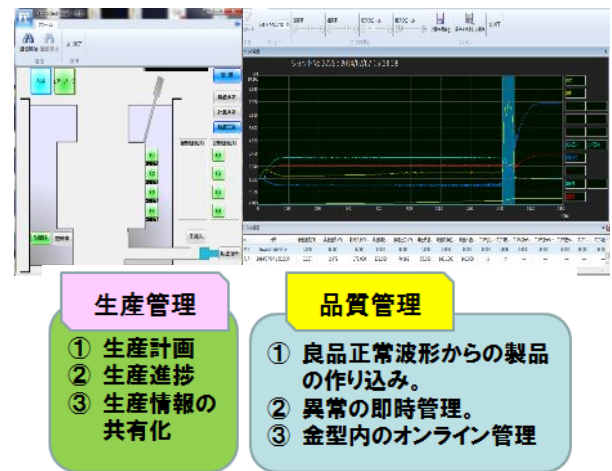


図6 リアルタイム画面

5. 通信システムの構成

こういった情報をとることが簡単にできるようになった要因としては、インターネットの普及により無線LANが飛躍的に通信速度が速くなったことと、無線LAN機器が安価になったことが挙げられます。無線LANの規格としてIEEE (アイトリプルイー) [米国電気電子学会] の802.11が1998年に策定されましたが、速度は2Mbps (0.25MB/秒)程度と低速であり、また機器も高価であったためあまり普及しなかったと思われます。有線でLANケーブルを使えばある程度のスピードで使用できますが、それを工場内に這わせるにはかなりの費用と時間がかかり、導入は難しい状況ではなかったかと思われます。しかし、最近のIT関連技術の進歩は著しく、企業の社内LANはかなりの割合で無線LAN化してきています。

現在、一般的に入手できる無線LAN機器の規格は最大伝送速度600MbpsのIEEE 802.11nですが、今回の工場管理システムでは、現在最も普及している

IEEE 802.11g (54Mbps=6.75MB/秒)にてシステムを構築しました (IEEE 802.11n やさらに新しい規格に切り替えることも可能です)。

全体システムの概要を図7に示します。

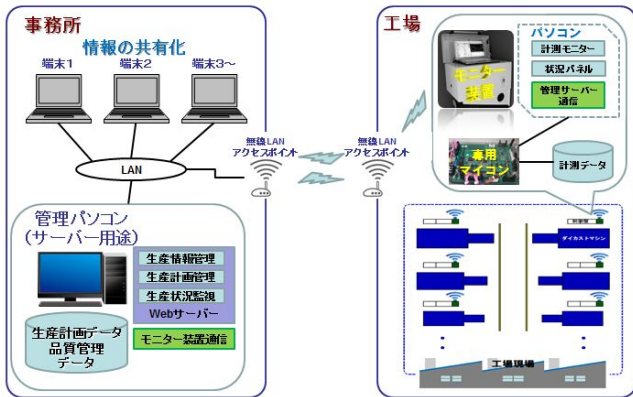


図7 工場管理システム概要

6. 工場レイアウト

これら環境を踏まえたうえで、工場管理システムを実際の工場にて設置しました。設置は静岡県沼津市にある東洋電産(株)岳南工場で、実用化テストとしてダイカストマシン2台、350tと500tに設置しました。

工場のレイアウトと設置マシンは図8となります。工場側のマシンから建屋区切りにルーターを設置して反対の端にある2階の製造事務所まで無線LANで飛ばして通信できるシステムを構築しました。また、設置した工場現場の状態は、図9は350tで36号機、図10は500tで37号機。工場間の中継用ルーターは、それぞれ鋳造工場側と事務所側とに設置しました。

図11, 12がそれになります。

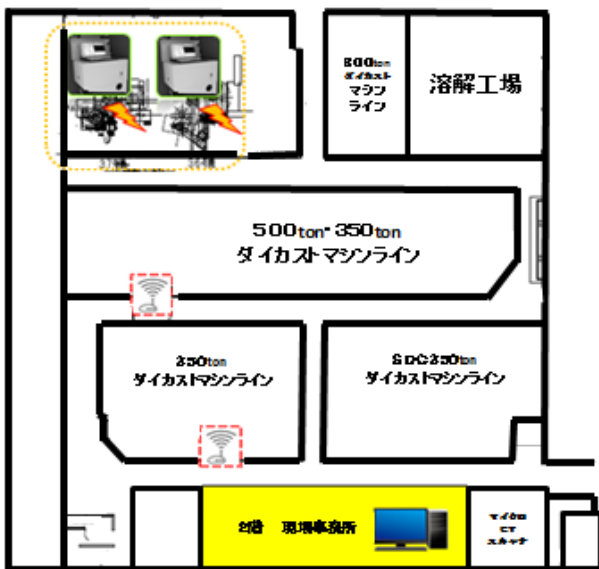


図8 工場レイアウト



図9 36号機設置



図10 37号機設置



図11 工場側ルーター設置

図12 事務所側ルーター

これらレイアウトでの電波状態をチェックしたものが図13となります。最近のスマホのアプリケーションは色々なものがあり、こうした電波の強さを簡単にチェックできるようになりました。以前であれば専用の、しかもかなり高価なスペクトラムアナライザーというもので計測していましたが、図13のようにスマホの無料アプリで計測できることから無線LANが一般に浸透してきていると思われます。

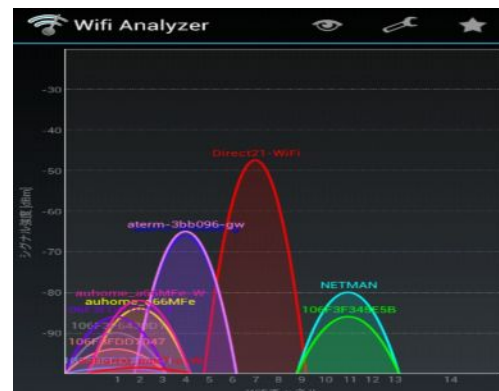


図13 無線LANの状態

図13のような電波チェック状況から、ダイカスト工場内に於いてもかなり良好な無線LANの電波状況が確認できました。簡易的な遠隔操作でも特に支障なく操作を確認できました。テスト開始から最初に問題になったのが記録容量でした。

1ショットが約3MBとなり、1ヶ月分3万ショットとすると9GBになってしまい、かなりの容量になってしまいましたが、これは自動圧縮をかけることにより10分の1にすることができました。

さらにシステムのパッケージ化を狙って、設置する筐体をコンパクト化及び安価にすることによって、すべてのダイカストマシンに設置できるように開発を行いました。図14がコンパクト化したプロトタイプのものでサイズとしてはA4サイズ程度で更にコンパクト化も目指しています。



図14 コンパクト化した筐体

7. 品質・生産管理ソフトの開発

ハード的なところはかなりの完成領域にあります。それをどう活用して行くかは使用するユーザーによっても違いが出てくると思われます。基本的なところで生産管理としては、図15、16のようなものを標準用として開発しました。

ダイカストマシン ライブ情報						
マシンID	生産数	不良数	不良率	稼働率	稼働率	稼働率
1号機 XXXXXXXX	123	50	93%	35%	93%	93%
2号機 XXXXXXXX	123	50	93%	35%	93%	93%
3号機 XXXXXXXX	123	50	93%	35%	93%	93%

図15 ダイカストマシンライブ画面

生産管理									
マシン	稼働率	生産数	不良数	不良率	稼働率	稼働率	稼働率	稼働率	稼働率
1号機	稼働率	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	生産数	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	不良数	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	不良率	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
2号機	稼働率	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	生産数	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	不良数	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	不良率	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
3号機	稼働率	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	生産数	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	不良数	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%
	不良率	123	50	93%	35%	93%	93%	93%	93%

図16 生産管理画面

これら情報から期待するものとしては、以下のようなことが挙げられます。

I. 品質向上ツールとしての活用

ダイカストマシンのモニター計測では確認することが出来なかった金型製品部のガス背圧計測を可能とし、蓄積されたデータを利用しての内部品質の更なる高度化に活用できます。

1. 金型温度と適正離型剤塗布量
2. 鋳込み質量と適正離型剤塗布量
3. 金型水漏れ検知
4. 金型メンテナンス時期の計測管理

II. IT化への移行ツールとしての活用

量産工程で得られた計測データを解析し、一般理論値や経験値に対して、自社ノウハウと計測で得た値を比較し、更なる高度化を目指した自社理論値を導きます。

1. 経験や知識に頼った技術をデータベース化
2. データベースを基に容易に鋳造条件の算出
3. 品質管理項目が明確となっているため海外への移管が容易
4. 海外移管後も容易に品質を維持することが可能
5. 技術力向上に伴う差別化により競争力がアップ
6. カメラ機能や対話機能を設けることで外観不良等リアルに現場との情報共有が可能
7. 海外生産では貴重な情報源

III. ダイカスト工場管理システムとして

生産、品質に関する情報をリアルタイムで共有化することで、内部品質を把握した無駄のないMIN製造コストでの生産管理システムの運用が可能になります。

1. 品質重要管理項目の監視、警報発信
(品質管理項目エラー発生時の警報発信)
2. 連続的な品質不良発生の防止
(金型割れ、水漏れ等による連続不良)
3. 数値管理による金型メンテ時期の見極め
(無駄な金型交換がなくなり生産性向上)

IV. 現場と事務所のコミュニケーション

生産現場から「この所を変更したいんだけど」とか、事務所から「高速切換の位置を何mm変更して」など、いままで生産技術者が都度現場に足を運ばなくては行けなかったものが、品質画面を見ながらCRT画面のコメント欄でやり取りが出来たり、ハンドフリーの音声(現場的に騒音があるが)をチェック形式で伝える事も可能となるなど、現場との一体感が増すと思われます。まずは重要製品を鋳造するマシンのシステム化からはじめ、この製品での品質に影響の大きい

ファクターの管理方法などを見極める技術の社内共有化、即ち教育（波形分析やデジタルデータの意味するものの定義など）をしてから徐々に拡大して行くことが好ましいと思われます。

V. 複数マシンの遠隔一元管理と情報把握の即時性、および情報の共有化

複数のマシンの作動状況や品質情報、生産情報を、ネットワークを通じて遠隔地にて一括モニタリングすることで、管理者からのより効率的な状況把握が行えます。これまで、小さなトラブルなど事後報告に頼らざるを得なかった事柄を、ほぼリアルタイムに現場によらず把握することが可能となり、より効果的な対応策の実施が期待できます。

また、複数のマシンの品質情報、生産情報を全ての作業員や管理者が容易に共有できることにより、作業ノウハウなどの数値に現れない事柄についても迅速に共有化できることが期待できます。

本システムでは標準で20台までの対応が可能です。

VI. 蓄積した品質・生産データの多次元解析

複数のダイカストマシンや金型による品質情報や生産情報をデータベースに継続して蓄積し、その大量のデータを解析することにより、これまで見えてこなかった問題点やその改善方法、また逆に気がついていなかった、より効率的な手段等を発見することが期待できます。今回の工場管理システムでは、サーバーOSやデータベースにオープンシステム系のソフトウェア（OS:Linux系、データベース:MySQL系）を使用しているため、データ解析にも同様にオープンシステム系の多数のOLAP（On-line Analytical Processing=オンライン分析処理）ソフトウェアを利用することができます。これにより、様々な角度から検索・集計して問題点や解決策を発見することが可能となります。

これによって発見された「何か」が生産管理系のものであれば、今後のシステム拡張の際にフィードバックし、より良い生産管理機能を充実させることも期待できます。

VII. その他期待すること

各種データへのしきい値設定及び、信号出力・別枠での射出データ保存（不具合品データフォルダ等）。

また、上記事象が発生した場合、モニターしているPCすべてにポップアップ等での警告を行う等。

携帯電話・スマートフォン等のモバイル用簡易モニタソフト。イメージとして図17にそれを示します。

将来的に全ショットデータに固有のナンバーを付け、

同じナンバーを製品へ打刻する事が出来れば、品質データと現品を結びつけられる。これにより品質管理が容易になると予想されます。

金型メンテナンス時期の警告等、金型と定期メンテナンスショット数を登録させ、ショット数管理を行う。メンテナンス時期となれば担当者・管理者へ警告を発信する等。



図17 モバイル化への期待

8. まとめ

1. 品質と生産管理の情報を把握できるシステムが完成し、社内LANで情報の共有化が出来るようになりました。
2. ユーザーに特化した独自のシステムを構築することができるようになりました。また、計測定義も変更を容易にしました。
3. 導入計画としては、社内ダイカストの技術教育をしっかりと基盤を固め、ダイカスト工場管理システムを先ず主要マシンの1台からはじめ、実績に応じ拡大する事を推奨します。
4. 海外生産に移行しても、ネットを利用しリアルタイムで生産や品質状況を確認できるので、生産や技術の空洞化防止としても貢献できます。
5. 社内のダイカスト関係者全員が生産・品質情報を共有化出来、また生産現場と直接会話（コメント入力や音声）ができることで社内の
『Open MIND⇒Open DIECASTING』
の実現が可能になると期待します。

参考文献

- 1) 岩本典裕 他 日本ダイカスト会議論文集 (2012)JD12-25
- 2) 岩本典裕 長澤理 素形材(2013)8月号 Vol.54 No.8