

生型四方山ばなし

— 鑄型・鑄物と向き合ってきた43年? —

新東工業(株)
橋本 邦弘

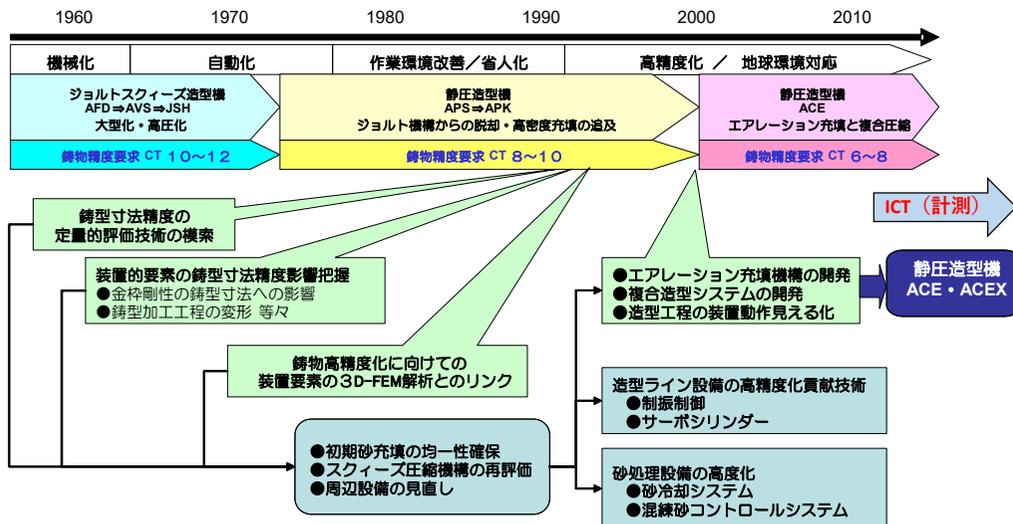
1

【橋本 社歴】

- 1979年 3月 京都大学工学部 鑄造加工学科 卒業
- 1979年 4月 新東工業株式会社入社
 - 6月 鑄造技術部鑄造工場での1年間の現場実習開始
(溶解⇒自硬性造型(ダイカル法)⇒Vフ口造型⇒金型鑄造⇒後処理・出荷)
- 1980年 4月 鑄造技術部 鑄造工場配属
 - ・鑄造工場 技術係 鑄造方案担当 (1981年ダイカル法⇒フラン自硬性)
新規の鑄物部品木型方案・鑄造方案作成
量産品・社外受注鑄物の検査・出荷
 - ・吸圧造型法造型評価テスト、設備立ち上げ支援 (後半2年は専属)
コールドボックス法・ハードボックス法
 - ※1986年3月 鑄造技術Gと鑄造工場の統合 (鑄造技術部門と生産部門の統合)
- 1986年 4月 鑄造技術部⇒1997年10月 鑄造技術グループ⇒2006年7月鑄物センター
 - ・生型造型機の関連依頼/社内出荷テスト
 - ・お客様支援 (造型不具合対策、水分コントロールシステム立上げ)
 - ・APKシリーズの性能評価、鑄物高精度化技術の検討
 - ※2009年末 社内での鑄鉄鑄物生産撤退
- 2010年 4月 鑄造事業本部技術グループ
- 2012年 10月 鑄造事業部鑄造開発グループ
- 2019年 4月 鑄造事業部開発グループ ⇒現在に至る

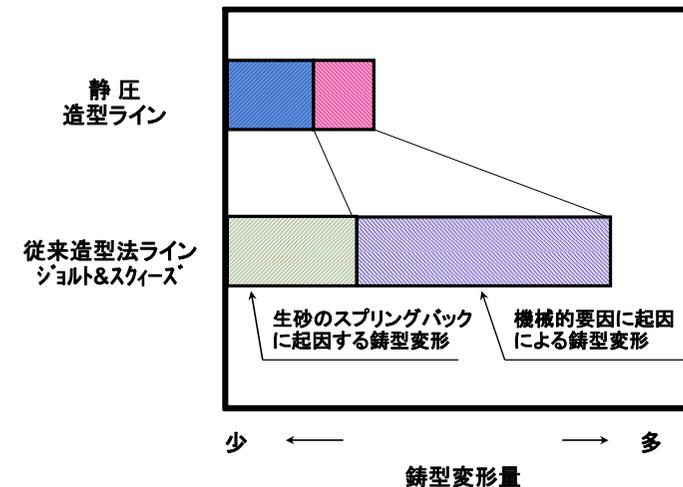
2

生型造型設備技術動向 [生産性の確保⇒高精度化追求]



3

【鑄型精度向上は、機械的要因での変形防止が決め手！】

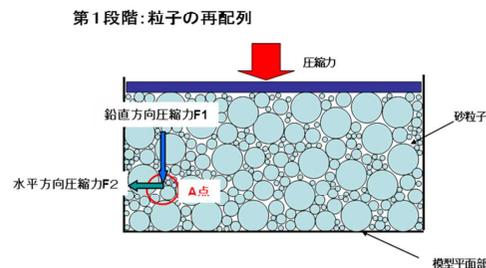


4

鑄型の評価に関する経験

鑄型を評価する方法？

【生型砂の圧縮挙動】



【生型砂の圧縮挙動】

生型砂の圧縮挙動は、粒子の再配列(大きな径の粒子の隙間に小さな径の粒子が入り込む)と水を含んで膨潤したベントナイト層が変形して骨材が密着するという2つの段階を経て行われる。

鑄型上面に加えられた圧縮力(スウィーズ力)は、金枠の壁面抵抗や粒子同士の移動抵抗により徐々に減少しながら見切り面に作用する。一般的には、鑄型上面に加えられた圧縮力の60~70%の到達率で見切り面に圧縮力が作用する。

また、水平方向(鑄型縦面の圧縮作用)への圧縮力は、鑄型上面に加えられた鉛直方向の圧縮力が粒子の石垣構造による分散される。見かけ上の合成力としては、その地点における鉛直方向圧縮力の約1/2~1/3相当となると粉体工学から推定されている。このことは実験的にも検証されている。

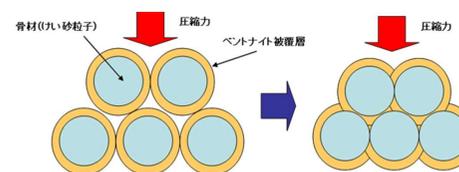
鑄型強度・硬度の測定が行われるが、これは鑄型充填密度の評価を行っていること同等である。従って、見切り面等の平面部と鑄型縦面の生砂圧縮状態を比較すると、作用している圧縮力の差から必ず鑄型縦面の鑄型強度・硬度の測定値が低くなることは自明である。

粒子骨材を使用してスウィーズによる圧縮を行う限り、上記のような現象が生じることは避けられないことであり、その点を十分理解して鑄型強度・硬度の測定値を評価しなければならない。

これまでの経験値として、鑄物品質に問題ない鑄型強度・硬度の値として次のような目安が採用されている。

	鑄型強度	鑄型硬度
平面部	15N/cm ² 以上	90以上
縦面部	10N/cm ² 以上	85以上

第2段階：ベントナイト層の変形による骨材密着



【鑄型の評価指標：鑄型硬度測定】

一般に生型の場合に行われ、乾燥型するときには適当な硬さ計がないためあまり行われていません。この目的に使用する硬さ計は、金属の場合におけるブリネル硬さと異なり適当な強さのスプリングで先端が円形の圧子に荷重をかけておき、この圧子を鑄型面に押付けた際に圧子が鑄型内に侵入する深さから硬さを表示するものです。従って、それぞれの場合で荷重が変化するため、他の方法とのあいだの関連のある硬さを測定することはできませんが、造型した鑄型の強さを簡単に知ることができるので便利な試験法です。

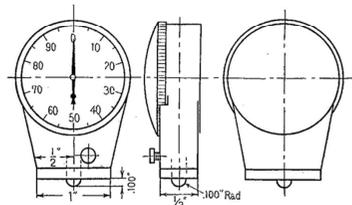


図. 生型硬度計

硬度計はAFSの標準のもので、直径 2/10 in の半球の圧子を 237g の荷重で 1/10 in の変位を示すようなばねでささえています。これを砂型に押付けたときに、砂型が 1/10 in の半球状の穴を生じたときには、その砂型の硬さは 0 となり、穴を生じないときは 100 となります。すなわち、この硬さ計は深さ 1/10 in の凹み度合いを 0 ~ 100 目盛によって表され、その読み値を硬さの数値として表しています。

【鑄型の評価指標：鑄型硬度と鑄型強度】

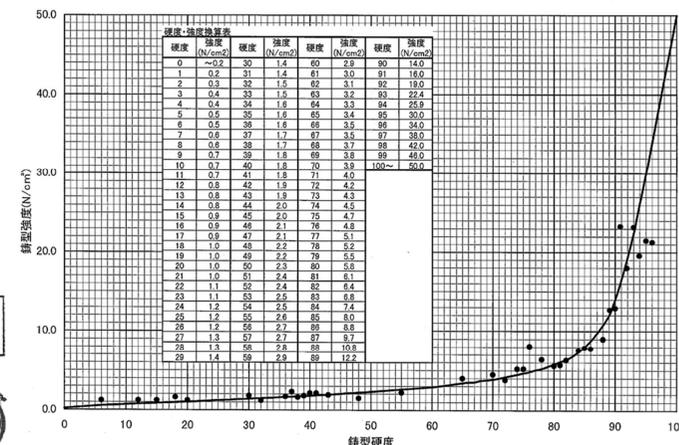


No. 454-B MOLD STRENGTH TESTER

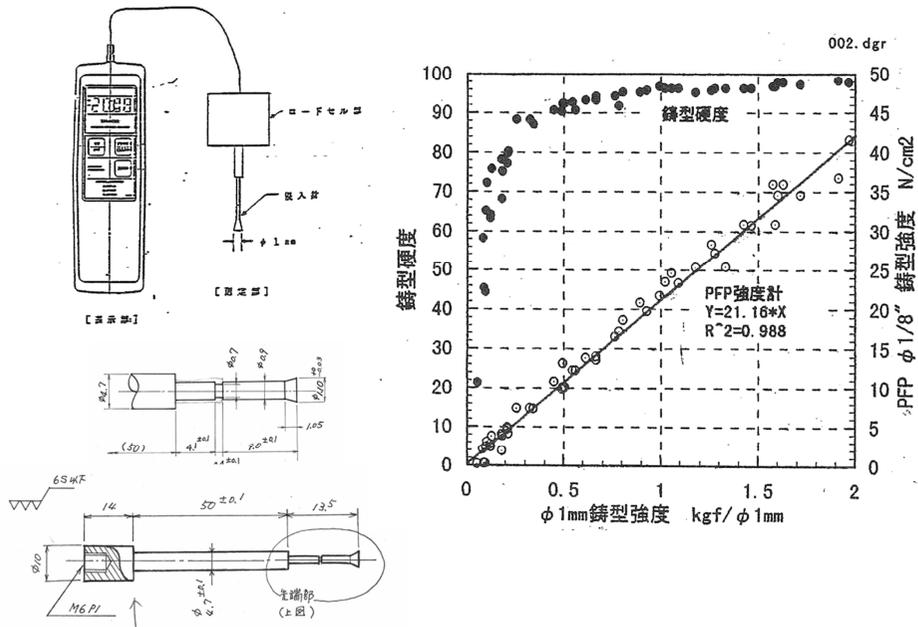
Same as No. 454-A but range is 0-50 psi (0-3.51 kg/cm²) (0-334 kPa). Used for high pressure molding.

SPECIFICATIONS:
Net weight 8 oz (226 kg)

(供試砂圧縮強さ: 18N/cm²)



【鑄型の評価指標：実験用微小部鑄型強度測定器】



9

造型機の造型性能評価に関する経験

静圧造型機APKシリーズの 造型性能の評価方法？

※詳細なデータは、発表当日に紹介します。

10

【砂充填挙動把握のための基礎実験】

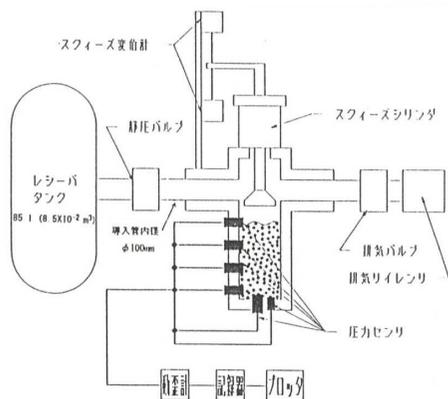
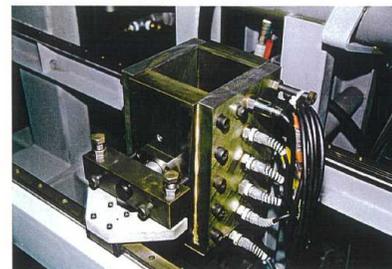


Fig.1. 実験装置の模式図.



全体



金枠部詳細

11

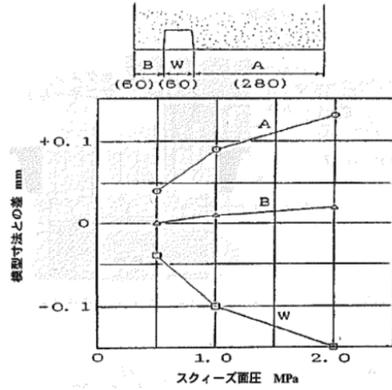
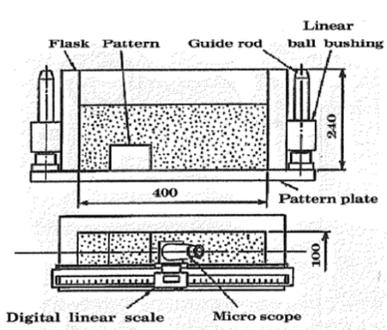
生型鑄型精度に関する経験

生型のスプリングバック変形は有るのか？ 造型機において鑄型精度に影響する因子は何か？

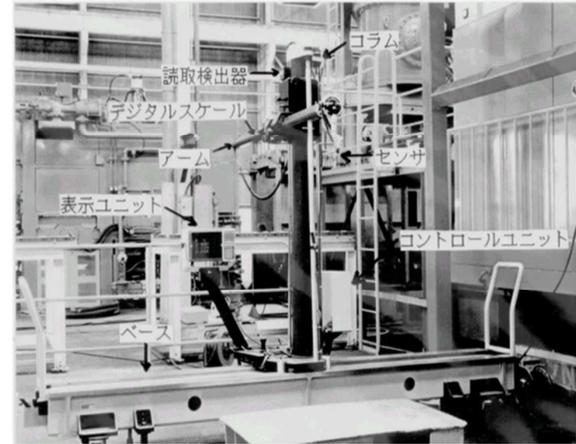
※詳細なデータは、発表当日に紹介します。

12

【鑄型寸法精度の評価実験例】



【実鑄型寸法精度の評価実験例】



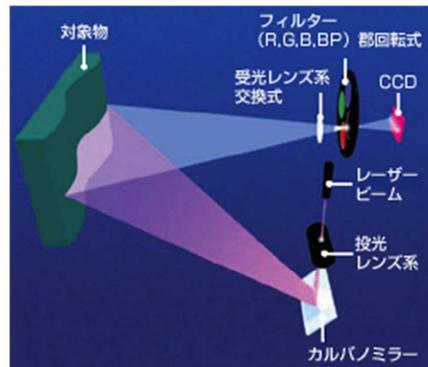
測定風景

【光切断法 3D計測器の評価】

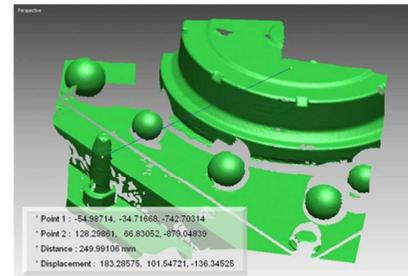
VIVID9 (コニカミルタ製)



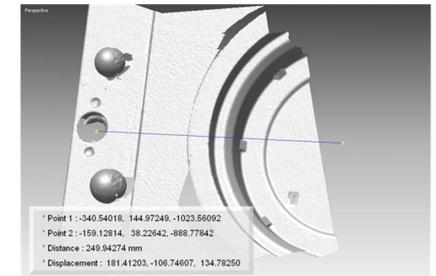
VIVID9 測定原理



【基準ピンからの模型取付け中心までの距離】 【金枠プッシュからの鑄型中心までの距離】



実測 図面
249.991 - 250.000 = -0.009mm



実測 図面
249.943 - 250.000 = -0.057mm

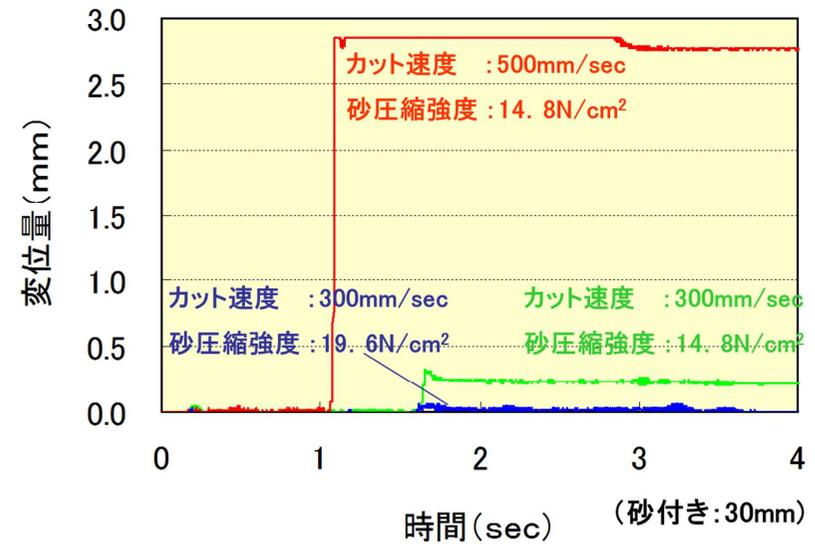
2~3視野の画像の合成による計測 ⇒ 計測時間 15~20分

オフラインによる詳細な計測には有効であるが、ライン組込みには不適

生型鑄型精度への影響因子調査 に関する経験

造型ラインにおいて鑄型精度に
影響する因子は有るのか？

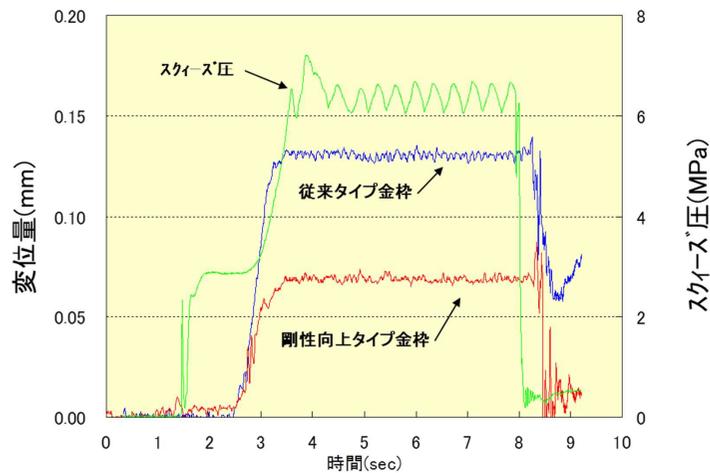
背面のサンドカットで鑄型が変形する



17

18

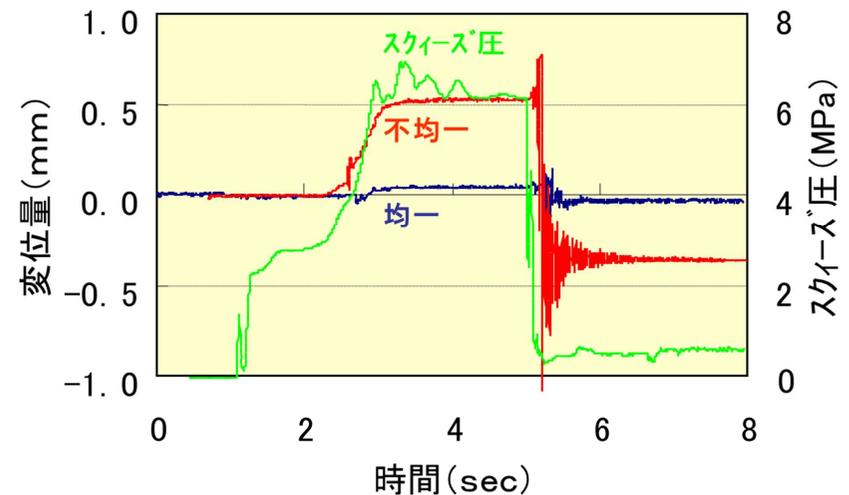
金枠の剛性は鑄物精度に影響するか？ (2)



(造型条件: スキーズのみ, 面圧0.84MPa, プレーン方式)

⇒ 金枠剛性の影響は大きいとは言えない。

砂投入の均一性は重要 (1)



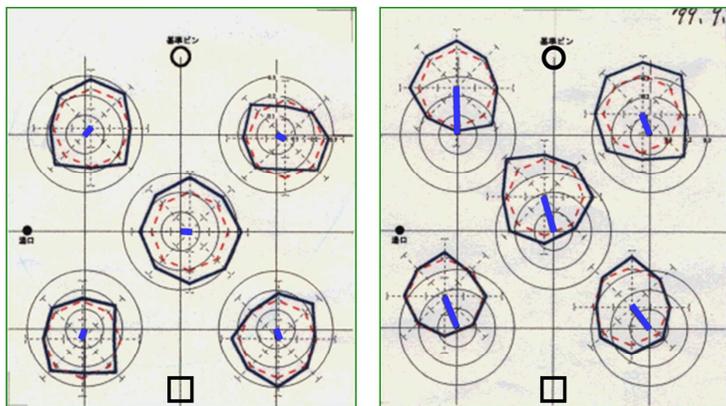
スキーズ: 面圧0.84MPa, プレーン方式

19

20

砂投入の均一性は重要 (2)

スクイーズ方式: プレーン 金枠: 高剛性(FCD+リブ追加)



砂投入状態: 均一

砂投入状態: 不均一
(長孔側30mm盛上げ)

金枠の剛性は鋳物精度に影響するか? (1)

供試金枠

枠内寸: 900×900×200

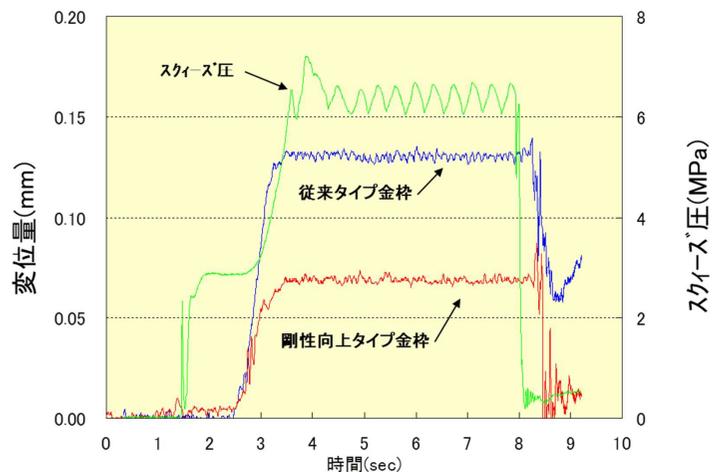


従来タイプ金枠
(材質: FC)



剛性向上タイプ金枠
(材質: FCD)

金枠の剛性は鋳物精度に影響するか? (2)



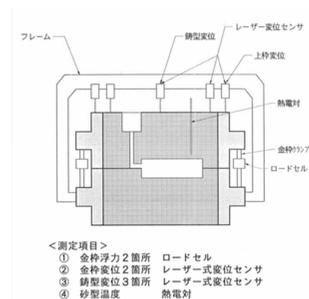
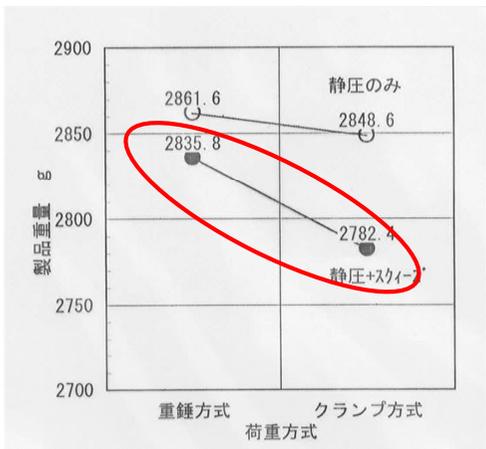
(造型条件: スクイーズのみ, 面圧0.84MPa, プレーン方式)

⇒ 金枠剛性の影響は大きいとは言えない.

生型によって生産される
鋳物の精度についての経験

鋳物精度に影響する因子?
実際の生産ラインでの鋳物精度?

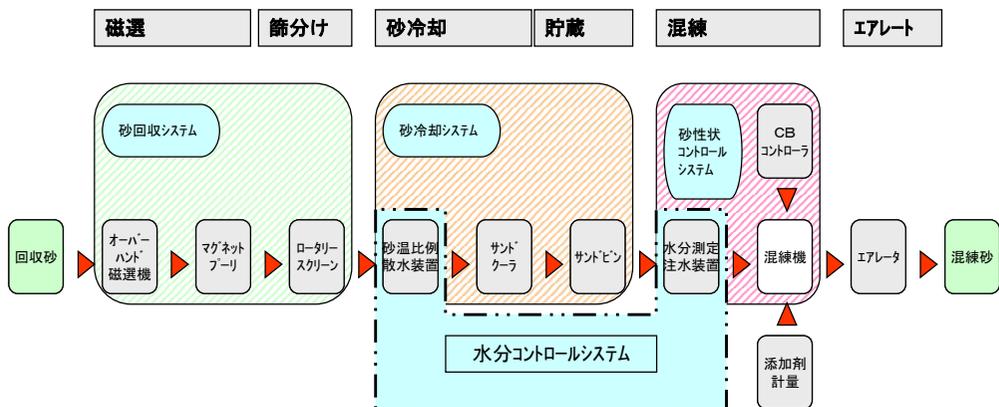
注湯時の金枠浮き上がり防止方法決定のヒント



砂処理システムに関する経験

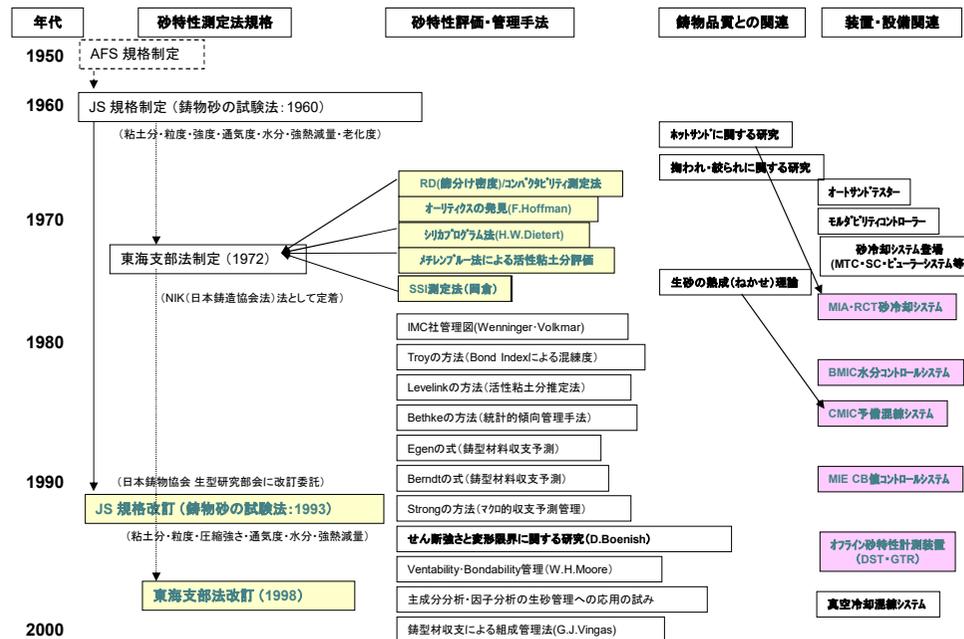
砂処理設備で何を管理するのか？

【生砂処理のフロー】



●ポイント: 目的に応じた段階的調整システム

【生型砂特性に係わる研究の系譜】



生砂の特性評価指標

常温特性(湿態)	
水分	
コンパクタビリティ(CB)	
モールドビリティ	
圧縮強さ	
引張り強さ	
せん断強さ	
スプリットング	
ジョルトタフネス	
シャッターインデックス	
表面安定性(SSD)	
通気度	
試験片重量(φ50×50H)	
試験片密度(φ50×50H)	
鑄型硬度(試験片)	
混練度	
水分感度	

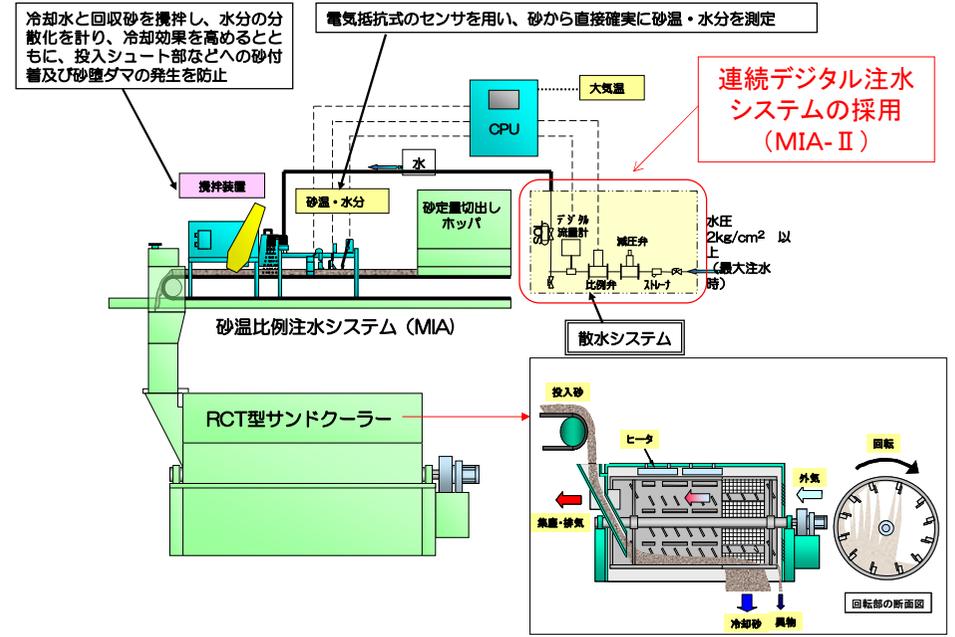
生砂組成	
全粘土分	
活性粘土分	
強熱減量	
残存炭粉量	
固定炭素量	
pH(水素イオン濃度)	
オーレックス量	
酸可溶性金属分	
クォーツ分(SiO ₂ 純度)	
粒度分布	
粒度指数	
団粒度	

高温特性	
ガス発生量	
曝熱試験	
熱膨張量	
熱間強度	
熱間変形量	
水分凝縮層引張り強さ	

それぞれが独立した因子を測定しているのではない。相互に非常に強い依存性を持った特性値(指標)を測定している。

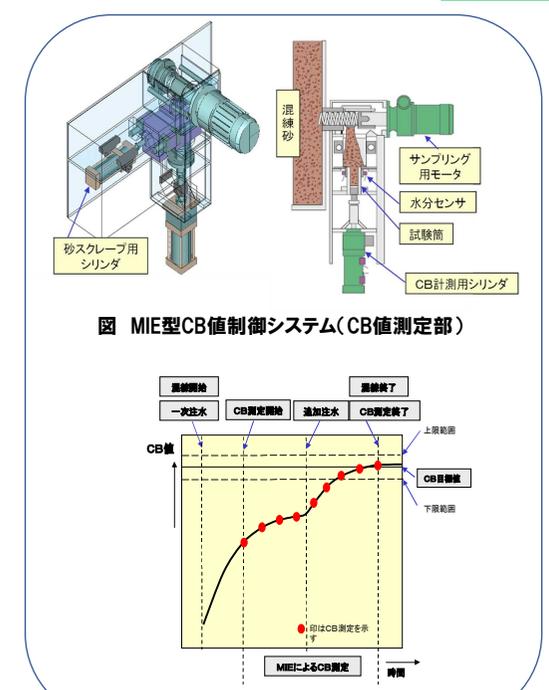
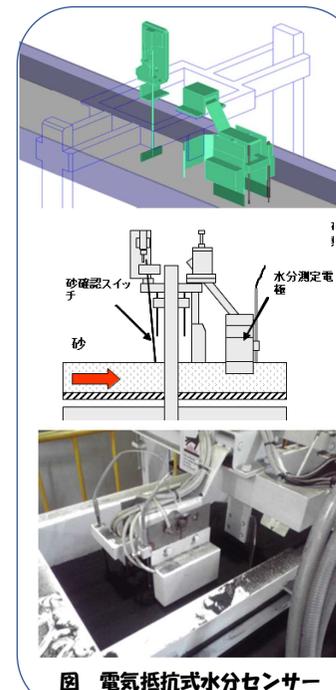
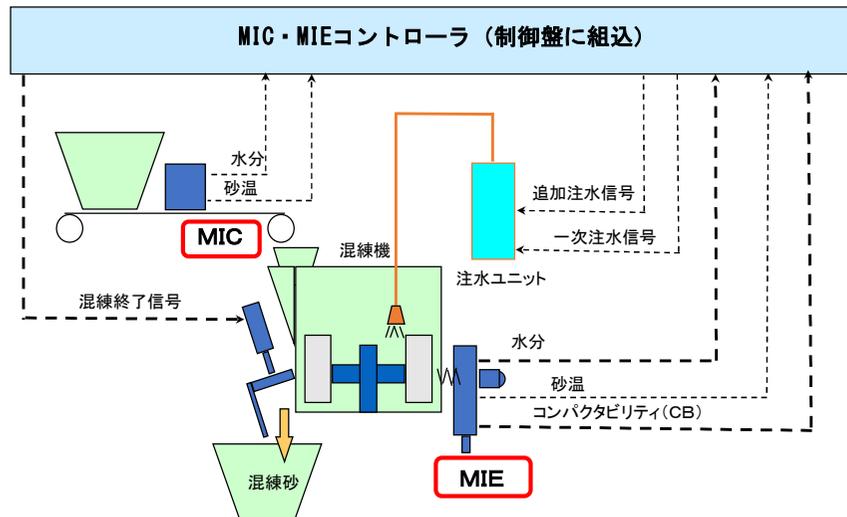
それぞれの特性値(指標)の望ましい値の羅列は、実現できない生型砂を表現するだけ。

【生型砂回収砂冷却装置】(MIA-RCTシステム)



【混練工程のコントロール BMIC・MIE】

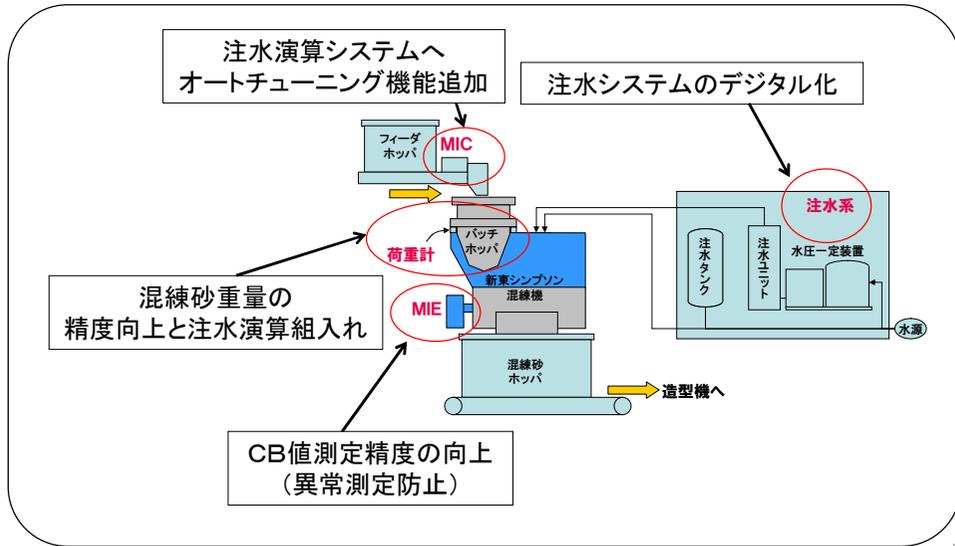
混練砂コントロールシステム概念図



混練砂コントロールシステムのバージョンUP

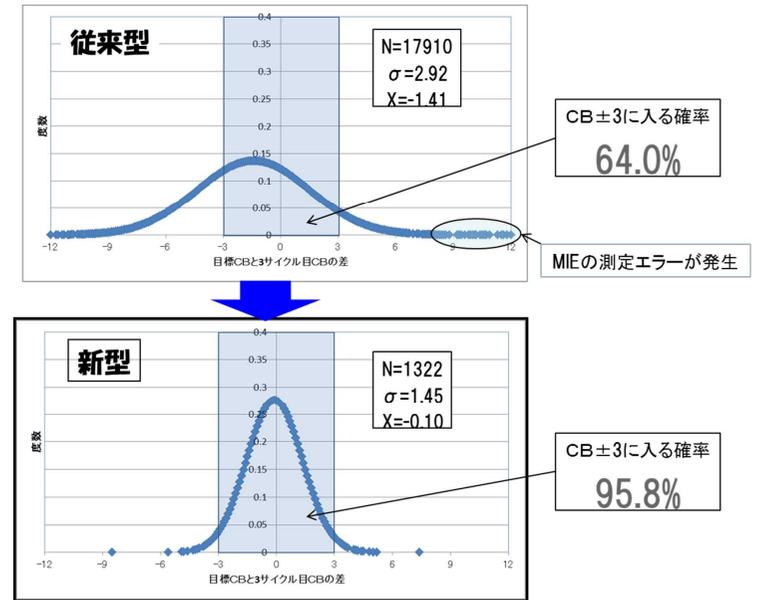
【開発の狙い】

一次注水精度の向上（一発注水）による、
有効混練時間の確保とCB値の更なる安定化



33

混練砂コントロールシステムのバージョンUP効果検証



34

生砂を「粒子」の視点で見た経験

生砂の姿を現物からイメージする？

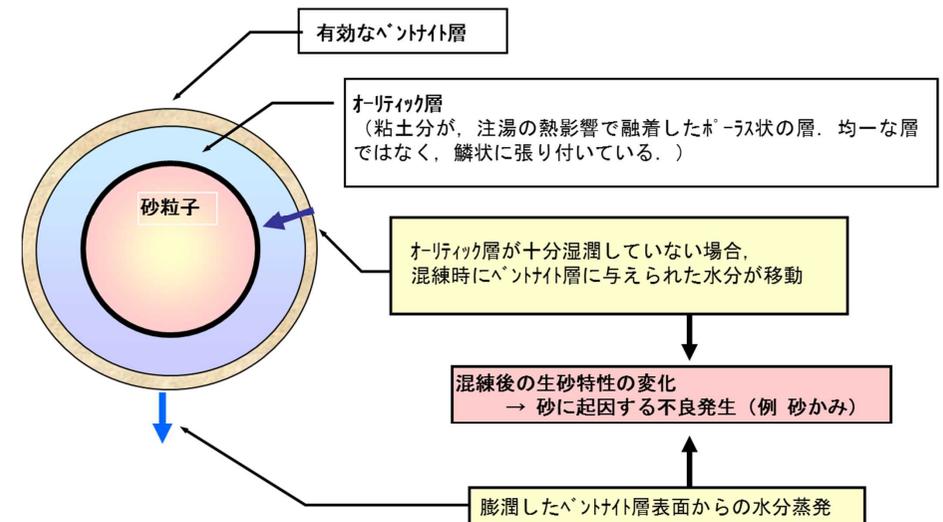
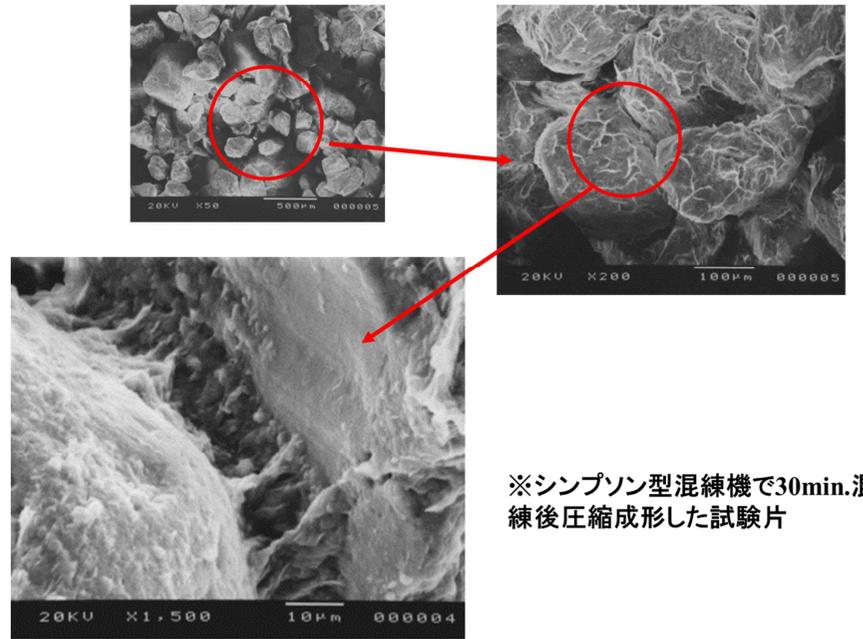


図 混練砂特性の変化概念図

35

36

走査型電子顕微鏡によるマイクロ観察結果(1)



※シンプソン型混練機で30min.混練後圧縮成形した試験片

走査型電子顕微鏡によるマイクロ観察例(2)

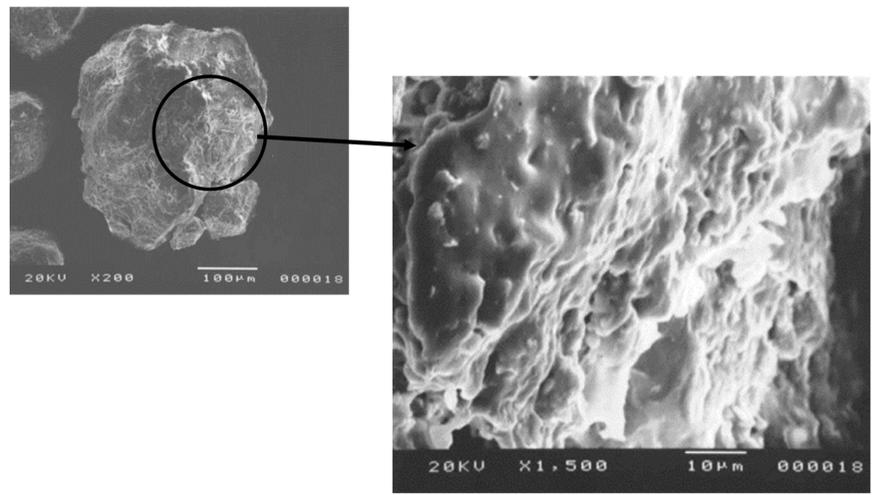
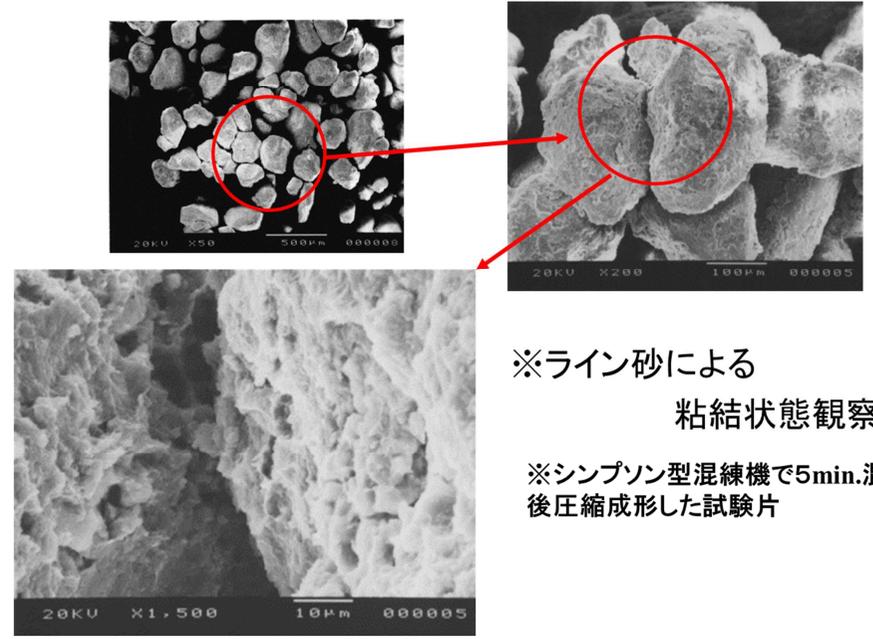


写真 1000°C × 1Hr 保持したライン砂の表面

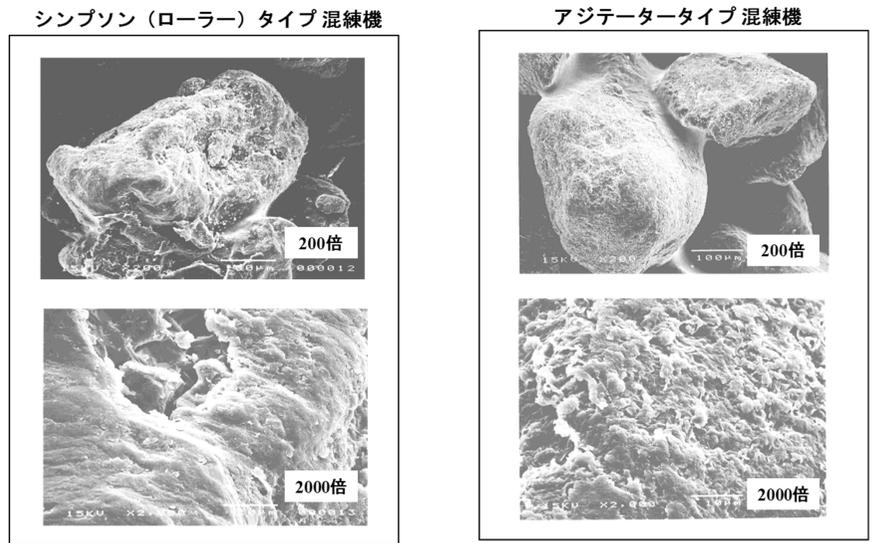
走査型電子顕微鏡によるマイクロ観察結果(3)



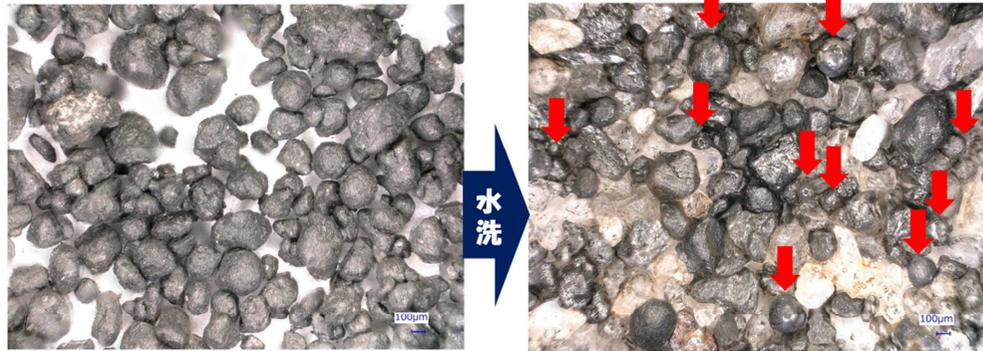
※ライン砂による粘結状態観察

※シンプソン型混練機で5min.混練後圧縮成形した試験片

図 混練砂粒子表面のSEM観察



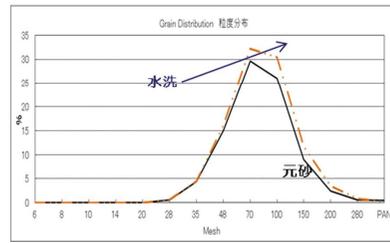
【参考】生型砂の水洗観察



生砂特性管理に関する提案

生型砂管理はAIに任せる？

項目	T.C	A.C		L.O.I
	全粘土分 %	活性粘土分 %	cc	強熱減量 %
元砂	11.8	(7.2)	36	3.23
水洗	0.2	(0)	<1	0.87



Mesh	20	28	35	48	70	100	150	200	280	PAN	N.I.K.	A.F.S.
元砂	0.0	0.6	4.4	15.0	29.6	26.0	9.0	2.4	0.6	0.4	110.3	62.7
水洗	0.0	0.6	4.4	16.0	32.2	30.4	11.6	3.4	0.8	0.2	112.5	64.0

【混練砂特性の自動計測 DST】

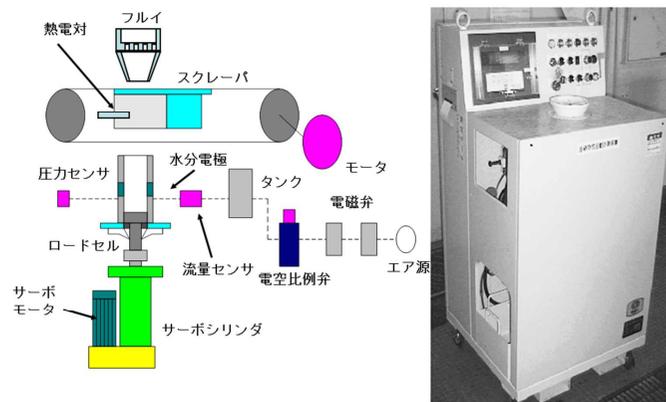


図 DST型生砂特性測定装置

【混練砂特性の自動計測 DST】

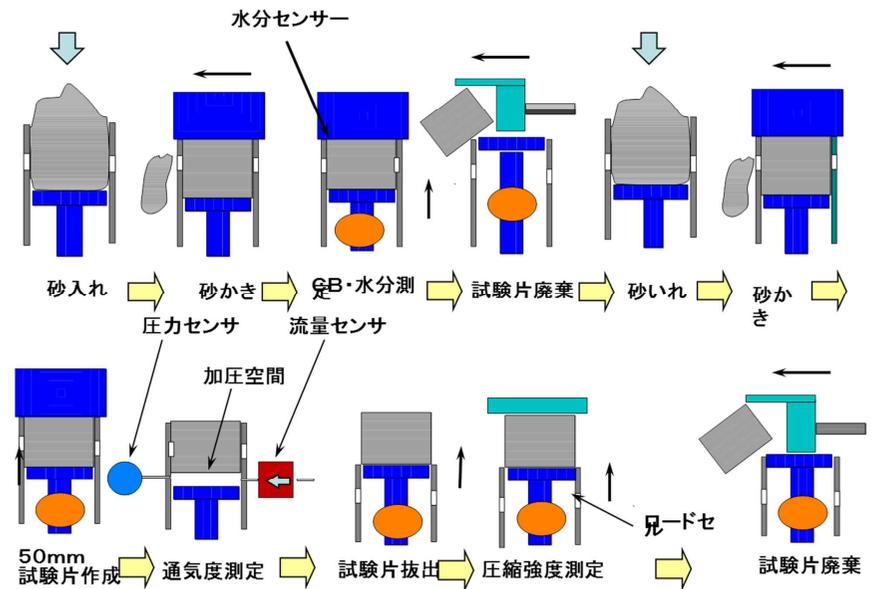
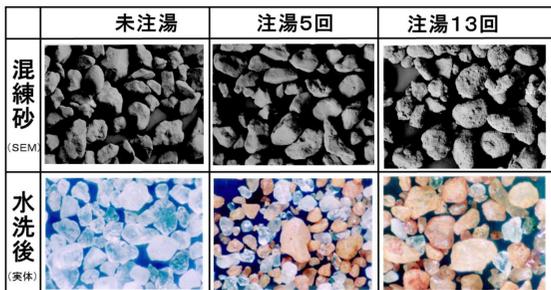
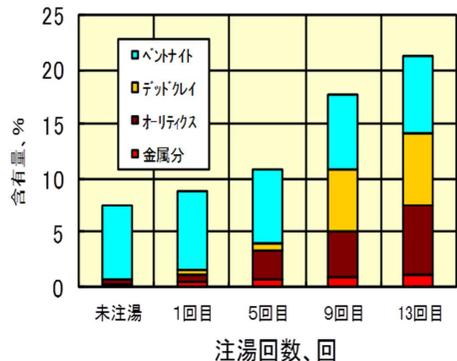


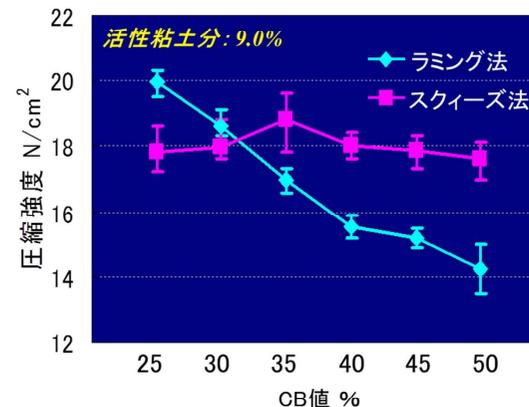
図 DST型生砂特性測定装置の動作工程

【参考】オーリテックス層の成長（実験による確認）



【混練砂特性の自動計測 DST】

◆TP作成方法の違いによるCB値と圧縮強度の関係

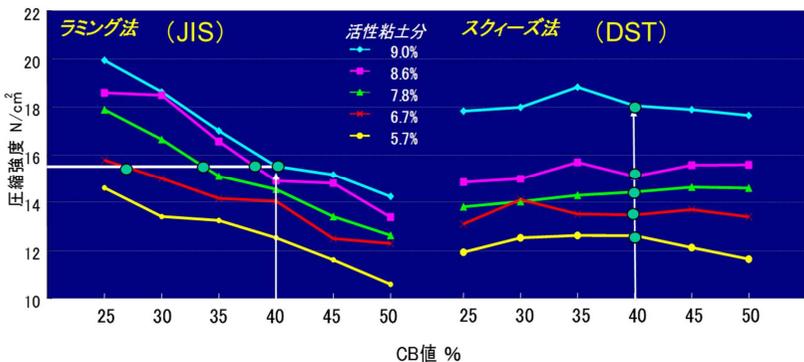


ラミング法 : CB値が上がる→圧縮強度が下がる
 スキーズ法 : CB値が上がる→圧縮強度は一定

【混練砂特性の計測 DST】

【自動砂特性計測装置の可能性 (1)】

シーズ要素技術⇒DSTによる活性粘土分推定

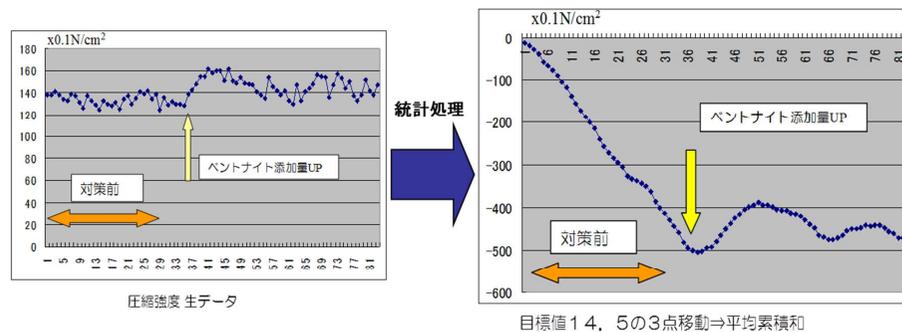


DST(砂特性自動測定装置)による圧縮強度測定値により活性粘土分の推定が可能
 ⇒ベントナイト添加量へのフィードバックシステム構築により砂特性の安定化

【混練砂特性の計測 DST】

【自動砂特性計測装置の可能性 (2)】

シーズ要素技術⇒統計処理による生砂の傾向管理



[Cumulative sum techniques]
 $X_n = (x_n + x_{n+1} + x_{n+2}) / 3$ ---①
 $CS_n = \sum (X_n - T)$ ---②
 x_n : measured compressive strength
 X_n : 3-point moving average, T: control target of compressive strength
 CS_n : a cumulative sum.

DSTによる測定値への統計処理アルゴリズムの確立(3点移動平均+累積和法)
 ⇒砂特性の傾向管理とフィードバックによる「うねり」縮小が可能=混練砂特性の安定化

結言

1. 大学で教えてもらったこと

- 1) 「工学」を志す者は、すべての現象を数値で評価する姿勢が大切。
- 2) 高邁な理論の構築は、理学部に任せろ。
- 3) 工学では、現象を数値的に分析して、改善・改良を実現。より高度な技術に高めることに意義がある。

2. 会社で教えてもらったこと

- 1) とにかく現場で「観察」をしろ!
- 2) 何か問題があれば、違和感を感じる場所で、1日中その設備をじっくりと見ていれば何かがわかってくる。

3. 今、個人的に思うこと

現地・現物の観察は、最も重要!
そして、その結果を基に、原理・原則に基づいた、論理的な思考が大切。