



위 10개국 중 8개국은 증산 경향, 일본과 인도는 감소 경향에 있다.

한편, 일본의 주조품 수출입 상황은, 수출은 주철관 2.7만t을 주로 하고, 수입은 기계부품등 8.2만t, 주강2.7만t등을 주로 한다. 일본의 주조품 생산액은 약 2조엔에 달하고, 거의 모든 금속재료에 걸쳐서 형상을 부여하고, 완성, 조립해서 생산등에 공급하고 있지만, 최근 주조공장의 해외의 진출이 현저하게 되었다.

이러한 중에 일본의 주조업은 기술, 관리의 레벨업이 과제로 될 것이다.

### 3. 주물사 충전 기구

지금까지 블랙박스였던 공정에 대해서 컴퓨터에 의한 시뮬레이션으로 해석하는 기술이 개발되어 있지만, 마에다(前田) 등[5]은 생형의 충전기구도 해석을 진행하고 있다.

진(陳) 등[6]은 Cooper-Eaton식을 이용한 실험해석을 행하고 충전메카니즘의 추구에 대해서 새로운 전개를 보이고 있다. 압축충전시의 메카니즘은 사립자의 재배열기구와, 사립자를 피복하고 있는 점착층의 변형거동으로 대별될 수 있는데, 종래는 양자를 명확하게 구별하는 일 없이 다수의 실험식이 만들어져 왔다. 이 문제에 대해서 Cooper-Eaton식을 이용하면, 양자의 거동을 명확하게 분리할수 있는 일이 나타나고 있다. 골재로서 인공세라믹사, 규사 여러 종, 지르콘사 등, 또 CB값을 바꾸는 경우 등의 많은 조건하에서 해석[7-9]이 행해지고 있다.

頃安 등[10]은 소실모형주조에 있어서 쇼트 충전으로, 충전압을 분체압 이론식에 의해 해석해서 충전 상황을 규사 충전시와 비교함과 동시에, 모형의 변형등에 대해서도 조사해석을 하고 있다. 강구 쇼트의 경우 모형의 변형 비뚤어짐은 규사보다는 크지만 문제시할 만큼은 크지 않다고 보고되고 있다. 또, 입자를 변경한 경우의 용적이나 유동충전특성에 대해서는, 규사 여러 종, 세라믹사, 지르콘사, 강구 여러 종을 이용해서 진동충전특성이 조사되어, 입자형상이 충전상황에 미치는 영향을 보고하고 있다. 또 저cost화를 꾀한 원형진동테이블의 보고도 있다.

히라다 등[14]은 송풍기보다는 낮은 공기압을 이용한 에어레이션에 의한 생형사의 충전을 실험 및 시뮬레이션으로 실시하고 있다. 송풍충전이나 자연낙하에서

의 충전에 비해서, 특히 깊은 포켓을 갖는 경우에 대해서 에어레이션에 의한 충전이 유효하다는 것을 나타내고 있다.

충전시물레이션에 대해서 보면, 牧野 등[15-19]은 Hard-Core/Soft-Shell 모델이라고 부르는 생사형 모델을 이산요소법(Distinct Element Method)으로 해석하는 사립자의 수치해석과, 사립자간을 흐르는 공기류의 해석과의 병용에 의한 주형시물레이션방법을 개발하고, 송풍조형, 유기조형, 스퀴즈조형에 대해서 계산을 실시하고 있다. 직접 관철되지 않는 주형내부의 고속의 생형사충전에 있어서, 모래입자 유동을 가시화함과 동시에 모래입자 특성이나 조형조건을 변화시키는 경우의 충전성향 추정이 시도되고 있다.

한편, 모래 코아의 송풍조형에 대해서, 고기혼상류(固氣混相流)해석을 이용한 시물레이션방법도 개발되고 있다. 조형시물레이션관계는, CAE화의 요구에 대해서 개발이 늦어지고 있는 분야여서, 금후 더욱 기대된다.

### 4. 생형조형법

현재의 조형법의 주류는 틀조형이 되어 있어 이것은 일본의 주조품에 대한 고정밀도화의 요청을 반영한 것일 것이다.

무틀조형으로서는 종형조형기가 세계적으로 사용되고 있는 것은 주지되고 있지만, 수평할에서는 매치플레이트를 사용하고 싶은 생각에서 사용된 경우가 많다고 보여진다. 이 경우는 송풍기+스퀴즈공정이 주류가 되고 있기 때문에 모래 형상의 엄밀한 관리가 필요하고 주형정밀도의 문제가 발생하기 쉽지만, 간편하게 설비가 될 수 있다는 이점이 있다.

조형법의 주류는 종래 졸트스퀴즈법이었다. 이것은 모형면의 강도를 높이거나, 주형사의 석단구조에의 정형화에 유효하기 때문이라고 생각된다. 현재에도 주강의 생산에 이용되는 점성이 높은 모래의 조형에 유효하게 작용하고 있다.

그 후, 유기가압조형법이 개발되고, 다음에 충격파조형법이 개발되어서 국내외에 보급되었다. 한편으로 米北등[22]은 유압에 의한 스퀴즈기구에 대신해서 공기바네에 의한 적재와 정현파진동을 조합시킨 진동조형기를 개발해서 성에너지를 달성했다. 또, 가네모리 등[23]은 종래의 주형의 배면측으로부터 가압하는 윗스퀴즈에 모형면측으로부터의 아래스퀴즈를 부가해서 더블

스퀴즈조형법을 개발했다. 같은 시기에 淵上 등[24,25]도 진동조형기나 패턴스퀴즈조형기에 대해서 기초실험을 행하고, 시제품으로서 그 유효성을 확인하고 있다.

더블스퀴즈조형법으로 이용되는 모형면에서의 스퀴즈는 CB값의 변동에 대응하는 곤란함 때문에 중형조형기에서만 행해져 왔지만, 이것을 수평할조형기에서 사용하도록 한 것이다. 이것에 의해 (1) 균일하고 높은 주형강도의 확보, (2) 틀 근접부의 강도확보에 의한 고정밀도와 틀 유효면적의 확대, (3) 지느러미 없앰, (4) 배출 구배의 저감이 행해진다. 이러한 효과를 갖기 위해, 국내외에서 이 조형법에의 도입이 보인다.

또, 더블스퀴즈의 기술을 이용하는 것으로 단면을 틀면으로 고정하지 않고, 임의의 위치로 하는 것으로 조형라인의 통합화를 꾀하는 일도 가능하게 되어 있다.

히라다 등[26]은 조형기자체의 다운사이징, 성에너지에 착목하고, 모래투입에 에어레이션충전이라고 불리는 저압의 압축공기를 이용해서, 무 핏트로 컴팩트한 조형기를 개발한 일이 보고되고 있다.

### 5. 생형사

생형에 이용되는 주물사는 항상 안정한 상태로 공급되어야하지만, 모래 금속비의 변동에 의해 회수사의 성향이 크게 변하기 때문에 관리가 곤란해지고 있다. 회수사의 열이력에 상관하지 않고 모래의 냉각에 의해 안정화시켜, 벤토나이트의 층간에 물을 침윤시켜서 속성사를 만드는 일로 조형이 용이하게 되며, 동시에 모래에 기인하는 결함을 방지할 수가 있다.

하시모토 등[27]은 샌드쿨러에 의한 회수사 냉각공정에 있어서 물량 제어기구를 고정밀도화하고, 회수사의 모래온도, 수분을 안정화시키는 일에 성공하고 있다. 또, 고바야시등[28]은 실제로 공장에 있어서, 주물 제거, 모래 냉각, 샌드병에 의한 속성을 행하고, 혼련의 자동에 의해 속성형 모래처리를 실현하고 있다.

미우라[29]나 가토등[30]의 보고에서는 회수사의 혼합시에 감압하고, 냉각과 동시에 수분이 많은 상태에서 혼합하는 것으로 속성사로 할 수 있다는 것을 서술하고 있다.

다른 시점에서 牧野 등[31]은 주탕후의 주형을 챔버 내에서 감압하고, 수분응축층의 물을 비등시켜서 형 분해를 행하고, 열영향을 받은 정도에 의해 분리해서 사처리를 행할 가능성을 시사하고 있다.

### 6. 주조결합 판정기술

구로가와등[32,34]은 미시표면분석기기의 SEM, EDS, EPMA등을 주철에 발생하는 결합의 분석에 적용했다. 그 결과, 핀홀 결합에 대해서는 물리형, 산화반응형, 용해형 및 슬래그 생성형에, 소착 결합에 대해서는 물리형, 화학형 및 중간형에, 개재물 결합에 대해서는 개재물의 종류별로 구별할 수 있는 것을 나타내고 있다. 또, 덧붙여서 많은 분석사례를 소개하고 있다.

J. F. Meredith[35]는 주철 및 주강에 발생한 가스결합, 수축결합 및 개재물 결합의 식별, 검증방법에 대해서, 지금까지의 경험에 기초한 눈 검사, 현미경시험, 화학분석, X선 해석, 음파시험 및 SEM의 적용방법을 해설하고 있다.

J. Hertlin 등[36]은 음향파의 컴퓨터해석에서, 양산라인에 있어서 결합판정법을 나타내고, 구상흑연주철의 구상화율 및 균열판정, Al다이캐스트주물의 균열판정에 적용하고 있다.

R. L. Naro[37]는 휘놀우레탄점결제의 주형, 용탕반응에 발생하는 기공결함을 주형의 제작조건을 변화시킨 후에, 스텝콘주형에 의해 재현했다. 또한 기공대책으로서, Ti, Zr첨가 및 산화철 넣은 도형의 효과에 대해서 언급하고 있다.

간노등[43]은 3겹열분석법에 의한 주철용탕의 로전 시험법을 개발했다. 점종제 넣기, Te 넣기, 첨가제 없는 컵을 이용한 탄소당량측정열분석장치를 이용한 것으로 주철조성의 조정과 점종제량이 결정되어, 이것에 의해 수축결합이나 칠이 방지될 수 있다고 한다.

鹿毛[41]는 일본주조공학회지 강좌 [주철주물의 초음파검사원리와 최신전망]에서 재질판정에 이용되는 초음파검사가 내부결합의 판정에 적용될 수 있도록 하고, 조속한 검사 매뉴얼작성의 필요성을 지적하고 있다.

야마모토 등[42]은 도장후 중량주물에 발생하는 브리스타의 생성기구의 해명에, 원인이 되는 가스를 그리세린용액으로 포집해서 가스분석을 행했다. 곁들여, EPMA분석과 조직관찰을 행하여, 브리스타결합은 편상흑연의 산화소모에 의한 미세공간의 공기가 표면의 주조결합을 출구로서 배출되는 현상이라고 하고 있다.

肖등[43]은 황형주조법(소위 H프로세스)의 탕경결합 방지를 목적으로 컴퓨터시뮬레이션을 적용하고 수평탕도에 휠터나 땀 등에 의한 순서 충전이 유효하다고 하고 있다.

A.C.Aufderheide[44]는 구상흑연주철의 표면결함인 ‘고기눈’ 결함을 조직분석등에 의해 발열슬리브가 혼입한 생형사가 원인인 것으로 하고, 불소를 포함하지 않은 발열슬리브를 사용하는 것이 좋다고 서술하고 있다.

藤[45]는 오랜 연구성과를 ‘탕면모양과 주철용탕의 성상’으로 종합해서 출판했다. 2차 탕면모양 시간과 용탕의 가스방출시간, 3차 탕면모양과 주물사와의 반응, 3차 탕면모양과 핀홀발생등에 의해, 탕면모양의 상태로부터 구조결합이 판정될 수 있다고 하고 있다.

## 7. 주물관련 데이터베이스화

생형관리기술에 관련해서, 기술의 진보의 현상을 파악하거나 실제의 문제를 해결하는데, 인터넷의 이용에 의해 정보의 취득이 가능하게 되었다. 무료로 검색할 수 있다. 공개특허공보등의 특허문서[46]나 US Patents [47]로부터의 최신의 기술의 진보의 일단이 알수 있다. Google[48] 등의 검색엔진도 유효하다.

阿手 등[49]은 일본주물공업회의 개발연구의 일환으로서, 벌써 개발하고 있던 생형관리기술에 관련이 깊은 구조결합대책의 소프트웨어를 인터넷상에서도 정보, 제공 및 교신할 수 있도록 해서, 유용성을 제공하려고 하고 있다. 같은 시도가 AFS위원회에서도 행해지고 있다[50].

생형관리기술을 포함한 구조기술에 관련해서, 대학, 일본구조공학회각지부 혹은 구조에 관한 회사[51]에서 상세한 홈페이지가 개설되어있어, 링크집의 이용도 병행해서 풍부한 기술정보가 얻어진다. 데이터베이스는 정보를 정리해서 컴퓨터에 격납한 정보의 모음이어서 그 작성에 대해서 長坂[52]의 상세한 해설이 있다.

## 8. 주형재료

阪口[53]는 생형재료의 특성과 구조결합에 대해서 설명하고 있지만, 이러한 기초기술을 베이스로 해서 실제의 공장에서의 관리가 행해질 필요가 있을 것이다.

히라노위원은 벤토나이트에 대해서 다음과 같이 서술하고 있다. 일본벤토나이트공업회에 가맹할 메이커의 출하량은 피크때의 1991년도에 약 60만톤, 2001년도는 약 50만톤이고, 국내에 있어서 소비량은 외국으로부터의 수입품을 더해서 65만톤 정도가 사용되고 있다고 추정된다.

### 8.1. 주물용벤토나이트의 특성

1. 생형조형에 있어서는 골재(회수사)와 물, 벤토나이트, 그 외의 첨가제를 혼합하고, 혼련에 의해 벤토나이트를 물로 팽윤, 겔화시켜서 모래표면에 코팅한다. 그 혼련시간은 2-5분 정도로 짧기 때문에 단시간에 충분히 특성이 발휘할수 있는 종류의 벤토나이트가 바람직하다. 또한 벤토나이트는 물을 흡수해서 포화하기까지의 시간이 길기 때문에 단시간에 충분한 물의 침투가 피해지지 않고 혼련부족을 일으키는 것에서 예상되는 회수사에 물을 포함해 두는 일로 그것을 해소시킬 필요도 있다.

2. 벤토나이트는 산지나 타입, 종류에 의해 습태저압력은 다르지만, 누가혼련(실라인의 사용형태)라는 기계적에너지를 덧붙이면 초기강도가 낮아도 강도가 상승하는 것과 초기강도가 높지만 거의 상승하지 않는 것이 있다.

3. 주형은 고온에 노출되기때문에, 어느 범위내의 벤토나이트는 열 열화해서 점결력을 잃어버린다. 따라서, 열 열화가 적은 내열성이 뛰어난 벤토나이트가 바람직하다. 내열성의 평가방법으로서는 시차열분석에 의한 탈OH기 온도를 보는 방법과 각 온도에서 벤토나이트를 소성해서 그 메치렌블 소비량을 측정할 방법이 있다.

4. 수직균열결합과의 상관관계가 근년 명백하게 된 규격에 액성 한계가 있어, AFSA에서는 600°C 이상이라고 규정되어있다. 액성한계가 높은 것은 고온특성에 뛰어나 있고, 주형변형성도 적다고 말하고 있다.

5. 시스템샌드에서는 혼입할 코아량이나 종류에 의해 ph가 변화하고, ph가 저하하면 벤토나이트의 팽윤력도 저하하고 있다. 벤토나이트의 ph보다 시스템샌드의 ph가 저하하면 모래가 나빠진다. 통상 벤토나이트를 물로 분산시킨 분산액은 약알카리성(ph = 9.5-10.5)을 나타낸다.

6. 분산액에 대해서는 도전율도 주목된다. 벤토나이트의 양이나 종류에 의해 달라지지만, 시스템샌드에서도 혼입하는 코아량이나 종류로 변화한다. 또, 사혼련시에 사용하는 공업용수가 약품처리되고 있는 경우는 높은 수치를 나타낸다. 도전율의 고저는 생형사에 존재하는 전해질의 양에 의해 결정되지만, ph에 변화가 보이지 않고, 도전율이 증가하면 벤토나이트의 팽윤성은 저하하고, 시스템샌드의 혼태항압력이나 표면안정성도 저하해 온다.

또, 데라시마위원은 군마현산 벤토나이트에 대해서

이하와 같이 서술하고 있다.

주조라인에서는 생형사에 사용되는 벤토나이트의 선정은 혼련기, 틀의 유무나 사이즈, S/M비, 코아, 조형기등 많은 조건이 더해져서, 라인 마다 요구는 달라지고 있다.

미국산 벤토나이트는 단일하게 사용을 하고 있던 공장도 이전에는 많이 존재하지만 최근은 많은 공장에서 국내산 Na벤토나이트를 임의의 비율로 조합시켜 사용하는 케이스가 늘어나고 있는 것이다. 여기서는 미국산Na과 상태가 좋고 우수한 강도상승을 나타내는 일이 일반적으로도 알려져있는 군마현산 벤토나이트를 사용할 때의 주요한 특징에 대해서 설명한다.

### 8.2. 군마현산 벤토나이트의 특성

#### 8.2.1. 누가혼련특성

군마현산 Na은, 단일하게 이용하면 미국산 Na이나 Ca벤토나이트와 비교하면 일어서는 강도조차 약간 낮은 국산벤토나이트로서는 톱레벨의 습태항압력을 갖는 것은 잘 알려져있다. 또 반복해서 사용의 과정에서는 누가혼련특성에 뛰어나기 때문에 그것을 보충하는 충분한 주형특성을 유지할 수가 있다. 미국산 Na과의 혼합비에 따른 습태항압력과 주형붕괴성의 개량의. 연구가 진행된 결과 일어서는 강도를 구하고 싶은 경우에는 미국산 Na의 비율을 높이고 붕괴성을 구하는 경우에는 군마현산 Na의 비율을 높이는 등의 조정을 행하면 누가혼련특성의 결과에서는, 군마현산 Na의 벤토나이트의 누가혼련의 높이로부터 미국산 벤토나이트의 저배합에서도 충분한 강도가 발현되는 것도 알고 있다.

#### 8.2.2. 내열성

550°C에서 [소성-증기통과]을 반복해서 행하는 열 열화특성을 조사해도 군마현산 Na은 일반적으로 내열성이 높다.

#### 8.2.3. 붕괴성

생형에 있어서는 건조강도는 그대로 주형붕괴성으로 연결되므로 습태강도는 높아도 반대로 건조강도가 낮은 벤토나이트가 바람직하다. 일반적으로 미국산 Na벤토나이트는 건조강도가 높고 주형의 붕괴성이 문제가 되는 경우가 있다. 군마현산 Na은 특히 100°C 건조시의 강도상승이 극히 낮게 주형붕괴성에 뛰어난 벤토나이트라고 말해진다.

#### 8.2.4. 수직균열

일반적으로 군마산 Na은 수직균열결함에도 강하다.

국내외의 Na토토나이트의 각각의 이점을 조정해서 이용하는 일은 벤토나이트가 갖는 특성을 높여서 라인 이 요구하는 고도의 조건을 만족시키기 위해 유효한 수단이다. 생산물에 응해서 라인특성을 충분히 파악한 후에 벤토나이트 선정을 행하는 일도 불량률의 저감으로 이어지는 한 요인이라고 생각된다.

또 사또 등은 극미량으로 생형의 표면안정성을 향상시키는 습윤제를 개발하고, 실라인에 첨가투입해서 생형사의 성상을 개선시키고 있다.

## 9. 주물공장과 환경문제

주물공장에서부터 배출된 폐기물의 대부분은 슬래그로, 그 75%는 잘 살피면 주물사이다. 순환형 경제사회에의 변혁에 남겨지지 않기 위해서도, 폐사의 3R를 중심으로 한 환경보전에의 취급을 진행해 가는 것은 주물공장의 살아남기 위해서도 필수이다. 폐기물의 매립처분량을 제로로 하기 위해서는 폐기물량을 철저히 저감함과 동시에 순환형 생산시스템을 구축할 필요가 있을 것이다.

ISO14001의 인증취득건수에 있어서는 일본은 2위의 영국을 배 이상, 3위의 스웨덴을 4배 가깝게 뛰어넘어 수위를 독주하고 있어 현재로서는 100건/월 이상의 베이스로 인증취득이 진행하고 있다. 2002년 10월 31일 현재, 일본 인증취득수는 10000건을 돌파하고 있는 것이다. 주물공장은 약간 늦어지고 있는 느낌은 있지만 대기업을 중심으로 진행되고 있어, (재)소형재센터의 환경우량공장표창제도에 응모되는 것과 같은 공장의 대부분은 인증취득이 끝난 것이다.

“그린조달”에 늦지 않기 위해서도 모든 공장, 사무소에서 인증취득을 진행해야만 한다[56].

지역환경에 대해서는 예상대로 공장의 존속이 허용되지 않으므로 적극적으로 뛰어들어 “주물공장으로서는 생각되지 않는다는” 주물공장이 출현하고 있다. 작업환경에 대해서도 충분히 개선되어 오고 있지만 아직 “어둡다, 더럽다, 덥다, 시끄럽다”와 같은 공장을 많이 볼 수 있는 것 같다. 관리구분Ⅲ을 추방하고 모든 작업환경에서 관리구분Ⅰ을 목표로 하고 싶다[57].

## 10. 현장기술의 실제례

최후로 실제의 주조공장에서부터의 보고를 2례 열거

하고 싶다.

### 10.1. PM법에 의한 생형사성질의 평가

#### (1) 머리말

생형에 있어서 주철주물부품의 양산라인에 있어서는 시스템샌드의 사품질관리로서 일상의 관리항목에 설정한 사특성의 각항목에 대해서 측정을 행하고, 그 시험데이터를 바탕으로 관리되고 있다. 예를 들면 시험항목으로서 컴팩터빌리티치, 항압력, 활성점토분등등의 몇개간에 대해서 일정한 빈도로 측정을 행하고 그 수치에 의해 필요한 경우는 조정을 행하면서 모래의 품질을 관리하고 있다.

또, 양산라인에 있어서는 불량률의 저감 혹은 재료의 cost저감등도 항상 검토의 대상으로서 취급하여 더욱 생산성의 향상에 힘을 쏟고 있다. 여기서는 생형사에 사용되는 보조점결제의 하나인 전분에 대해서, 기초실험에 있어서 사성질에 대해서는 거의 동등하지만 cost적으로는 A보다 B가 염가인 차가 있는 2종류의 전분 A,B를 실라인에 실험적으로 적용한 예에 대해서, 그 적용한 기간이 있는 시기에 샘플링한 생형사를 혼련평가한 중에서 그 한 실험결과를 기본으로 검토한 내용에 대해서 서술했다.

#### (2) 평가의 실시례

생형사에 사용되는 보조점결제의 한 예인 전분에는 여러종류 있지만, 전분A(곡류계 지상 α전분베이스)를 사용한 시기와 전분B(지하 전분)을 사용한 시기의 실제 라인의 모래에 대해서 비교했다. 전분A는 지금까지 장기간 사용해 온 것이지만, 이것에 비해서 시험에 이용한 전분B의 적용기간은 약2개월간이다. 이렇게 실라인에 있어서 사용되고 있는 생형사의 첨가제를 변경한 경우의 생형사를 비교하는 방법으로서 PM테스트법이 라고 불리는 방법을 이용해서 시험을 행하여 비교했다.

PM테스트법에 제공하는 사시료는 실라인으로 혼련한 후의 모래(일반적으로 모래의 습태성질을 측정할 때에 이용하는 모래)를 샘플링한다. 시험에 제공한 모래시료는 지금까지 장기간사용해 온 전분A에 대해서는 전분B의 적용시험을 개시하는 약 1주간 전에 샘플링해서 이것을 모래시료1이라고 했다. 또, 전분B에 대해서는 시험적용기간 약 2개월간을 종료하는 약 1주간 전에 샘플링해서 모래시료2로 했다. 이 2시료에 대해서 PM테스트를 행해서 평가했다.

PM테스트의 결과를 Figs. 1-5에 나타낸다. Fig. 1은 CB수치(컴팩터빌리티)와 수분의 관계를 나타낸 것이다. 모래시료1과 비교해서 모래시료2의 수분은 매우 높은 레벨이어서 평균하면 약 0.4%높게 되어 있고, 전분

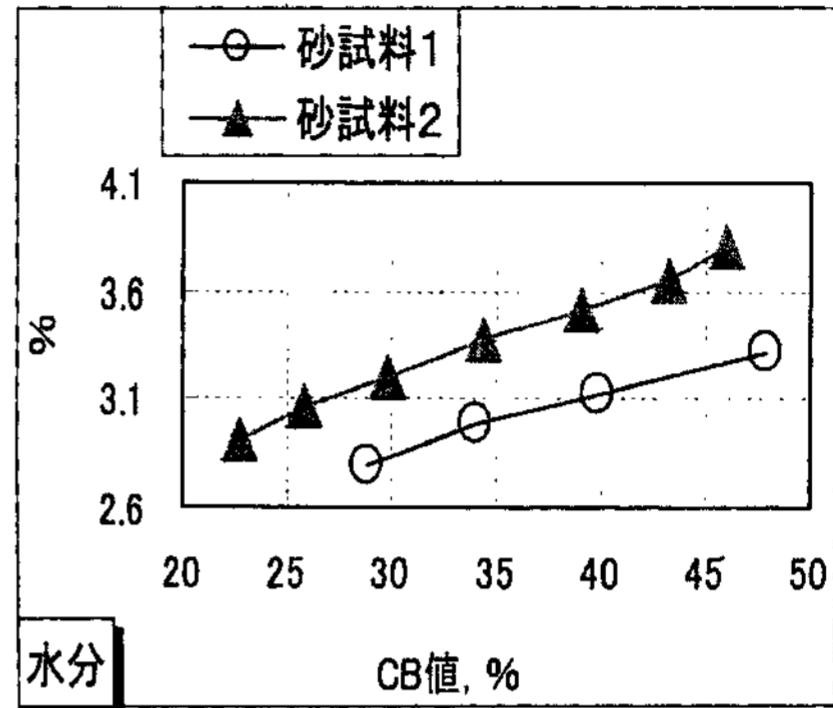


Fig. 1. 수분의 비교

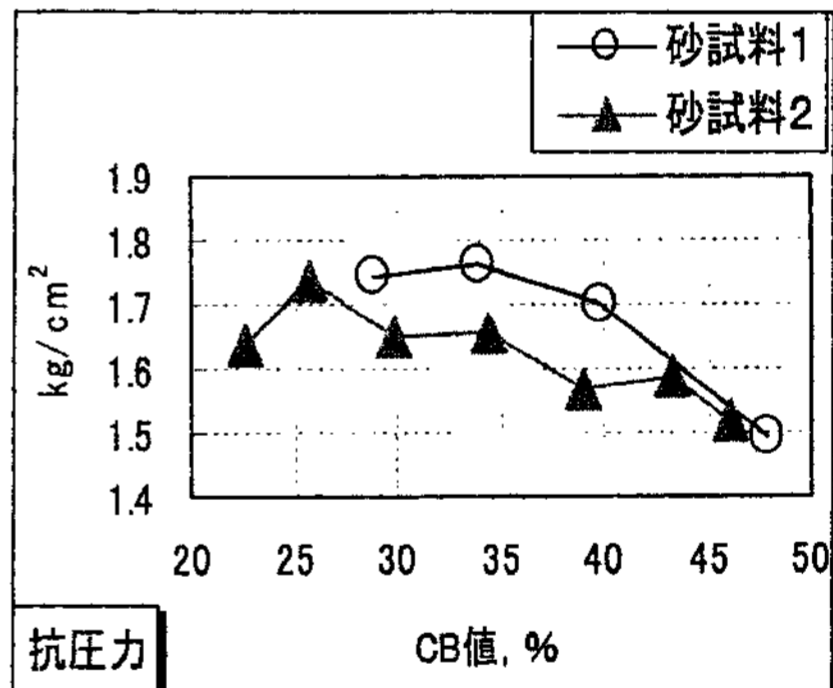


Fig. 2. 항압력의 비교

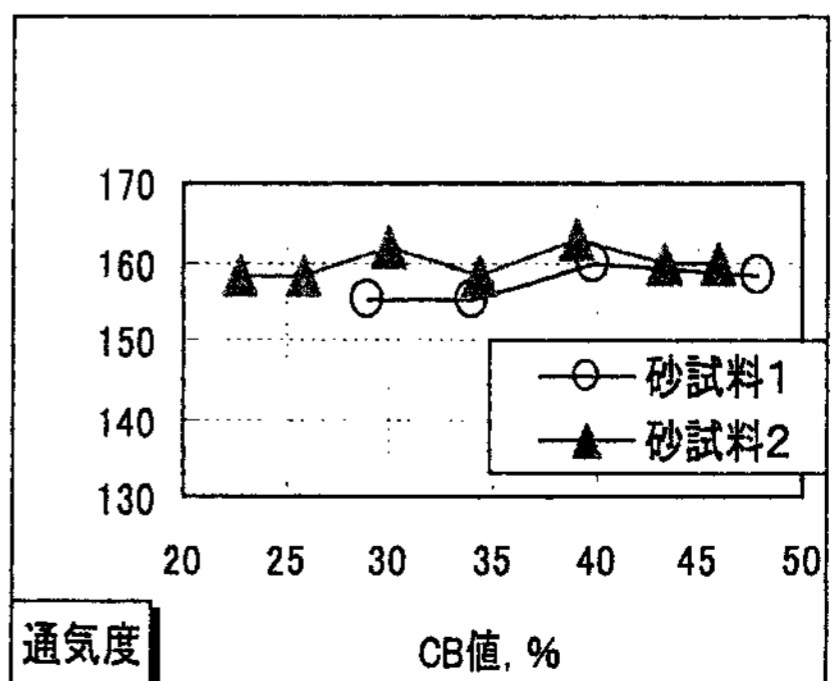


Fig. 3. 통기도의 비교

B는 전분A에 비교해서 명백하게 고수분화경향의 재료라고 생각된다. Fig. 2는 CB수치는 항압력의 관계를 나타낸다. 항압력의 피크가 달라져 시료2는 시료1에 비해서 피크가 저CB수치 쪽에 있다. Fig. 3에 CB수치와 통기도의 관계, Fig. 4에 CB수치와 표면안정도(S.S.I)의 관계, Fig. 5에 CB수치와 TP밀도의 관계를 나타내고 각각 비교했다. 통기도 및 표면안정도의 비교에서도, 모래시료1과 2의 차는 보이지 않는다. Fig. 5의 TP밀도에 있어서는 모래시료1의 쪽이 높은 경향을 나타냈다. Fig. 1-5에 나타난 모래성질의 비교의 결과, 모래시료2는 모래시료1에 비교해서 고수분으로 더욱 저밀도의 경향을 나타내는 것으로 모래시료1 쪽이 생형사로서는 바람직하다고 생각된다.

PM테스트의 결과, 모래시료1(전분A를 사용하고 있는 기간)의 쪽이 모래시료2(전분B를 사용해 온 기간)보다도 바람직하다는 것을 알았다. 또, 이것들의 재료를 사용해 온 기간의 실라인에 있어서 구조불량발생상황을 조사한 결과, 전분A를 사용하고 있는 기간은 비

교적 불량발생이 적고 안정하고 있지만, 전분B를 사용하고 있는 기간의 후반에서부터 모래 혼입, 압입, 편출 등의 불량발생이 증가하는 경향을 나타냈다.

이상의 결과, 전분B는 염가이지만 모래성질 및 주조품의 불량발생상황을 고려하면 전분A의 쪽이 바람직하다고 생각된다.

이번의 PM테스트를 행해서 비교한 모래시료의 조성을 참고해서 Table 1에 나타낸다.

PM테스트에 대해서

PM법(Progressive Mulling Method)은 고수분으로 주물사를 혼련조정하고 그 후 단시간주기의 혼련을 반복해서, 수분을 점점 감소시키면서 수분과 혼태성질과의 관계를 조사한다. 소위 수분점감식혼련법이다. 이 방법은 주물사의 기본적인 성상을 파악하는데 유효한 방법이고, 주조라인에서 사용되는 생형사의 평가에도 적용된다.

측정방법은 Fig. 6에 나타내는 바와 같이, 시험용혼련기를 이용해서 합성모래(모래에 점토분등 배합한 것)또는 주조라인의 생형사를 정량준비해서 물을 첨가해서

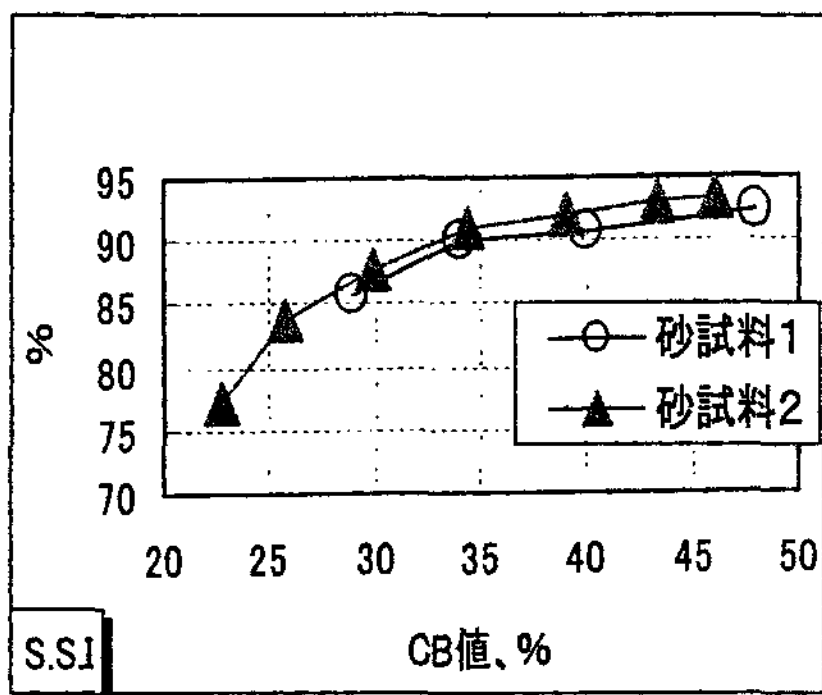


Fig. 4. 표면안정치의 비교

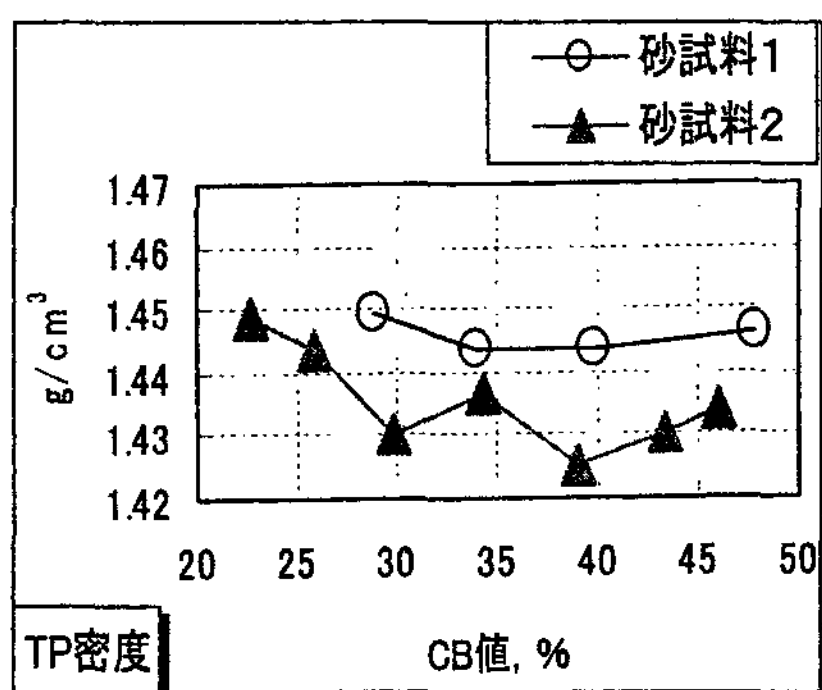


Fig. 5. TP밀도의 비교

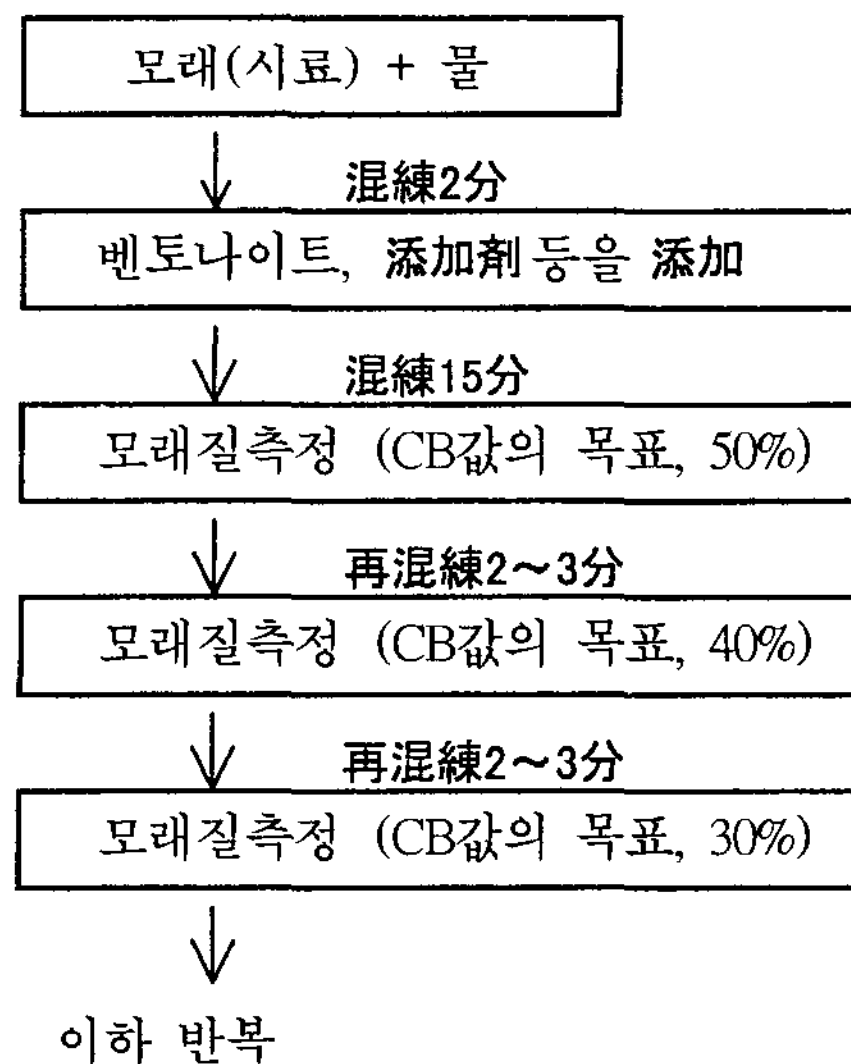


Fig. 6. PM법

Table 1. 주물사 시료의 조성

	입도지수	전점토분 (%)	활성점토분 (%)	미분(%)
사시료 1	61.5	11.3	7.3	0.97
사시료 2	61.9	12.9	7.8	1.13

15분 정도 혼련을 행한다. 혼련모래의 습태성질을 측정한 후 다시 모래를 혼련기에 되돌려서 단시간(약 2-3분) 혼련해서 수분을 감소시켜 다시 측정을 행한다. 이것을 반복하면서 점결력이 저하하는 수분수치까지는 콤팩터빌리티수치까지 주기적으로 측정을 행한다.

이상과 같은 시험방법에 의해 얻어진 측정결과를 Fig. 1-5에 나타낸 그래프예와 같이 횡축으로 콤팩터빌리티수치를 잡고 종축으로 각 모래의 습태성질을 나타내는 것에 의해 각종주물모래에 대해서, 실용적 조정 범위내의 콤팩터빌리티수치에 있어서의 모래 성질을 비교, 평가가 가능하게 된다.

### 10.2. 라인모래혼입물의 결합에의 영향

최근, 구상흑연주철의 후육부나 코너부에 천연두상 결합이 돌연 발생했다 라는 예가 보고되고 있다. 원인을 조사한 결과, A사는 라인 모래중에 혼입한 발열슬리브중의 Mg을 포함한 Al합금이 가스결합을 유발한다고 하고, B사는 발열패드재나 보온제에 함유한 Al분말이 라인 모래에 혼입, 축적해서 악영향을 미친다고 하고, 또한 C사는 라인 모래 중의 탄소질부족(3.0% 이하)를 들고 있다.

라인모래의 관리방법은, 각사의 사정에 의해 측정빈도, 조사항목등이 아직 달라서, 특히 라인모래에의 Al합금이나 Al분말의 혼입에 대해서는 거의 무시해 온 나쁜점이 있다고 해도 좋다. 이것은 구상흑연주철라인에서의 발열패드나 발열슬리브의 적용예가 적다는 것이 직접의 원인이라고 생각된다.

이것들의 혼입물은, 연소하지 않는 한 라인 모래중에 축적해서 서서히 계속 증가하고, B사에서는 실태의 주입시험으로 부터, Al분이 0.1%을 넘으면 마마흔적 같은 것이 발생하는 경향이 높게 된다는 결과를 보고하고 있다. B사의 모래처리라인에서는 Al분을 포함한 집진 먼지의 라인회수를 실시했기 때문에 회수량은 반감함과 동시에 보온제의 사용량도 반감하는 등의 대책을 실시하고, 실리카프로그램의 금속분의 수치를 2.0% 이하로 관리하고 있다.

덧붙여서 A사는 라인모래에의 Al분의 혼입방지가 불가능하다고 판단해서, 발열슬리브의 사용을 중지하고, 보온슬리브로 바꾼다고 보고하고 있다.

또한 C사는 높은 수업료를 지불해서 환원가스의 중요성을 재인식하게 되었다고 해서 라인모래중의 탄소질 3.0% 이하를 엄수하고 있다고 서술하고 있다.

라인모래의 성분관리는, 해당모래의 사용후에 측정치를 판명하기 때문에 별로 중요시하지 않는 경향이 있지만, 수치를 가볍게 보면 의외의 함정이 되는 경우가 있다. 특히 시스템샌드의 측정치는 한번 놓치거나, 무관심하면 불량품의 산을 만들 가능성을 감추고 있어, 빨리 액션을 일으키는 일이 포인트일 것이다.

누가 뭐라해도, 종래의 라인 모래의 관리방법으로는, 발생의 예측이 곤란한 돌발적인 결함도 보이는 것으로 부터 모래 중의 성분관리에 대해서는 항상 눈을 빛내고 타성에 빠지지 않도록 마음 쓸 필요가 있다. 또한 결함의 원인구명, 조사에 대해서는 종래의 경험만으로 의지하지 않고, 선입관을 배제해서, 생각되는 가능성에 대해서 충분한 검토를 덧붙여나가면서 실시하고, 대책을 강구해 나갈 일이 요구된다.

### 참 고 문 헌

문헌은 저자명은 첫자만으로 하고, 문헌명등은 다음과 같이 약기했다. 鑄造工學→鑄工, 鑄造工學會講演概要集→鑄工概 ○○○(○은 회수), Modern Casting→Mod. Cast., 生形研究會資料→部會

또, 권호는 생략하고, 西曆年의 밑의 2단위 만을 다음과 같이 표기: ○○(-○)-○

西曆(月)頁

- [1] Mod. Cast. 01 (-12) -38.
- [2] 平成12年版素形材年鑑(形材年七) 01 (-10)
- [3] 素形材 (01)
- [4] 部會B-4-2, B-9-8, B-15-11,
- [5] 部會 A-5-21,
- [6] 陳秀萍 : 鑄工 02-436, 7) 전전안
- [7] 前田安郭 : 鑄工概 00 (-10) -118.
- [8] 陳秀萍 : 鑄工概 01 (-5 -36, 9).
- [9] 陳秀萍 : 鑄工概 02 (-5) -84.
- [10] 頃安貞利 : 鑄工 00-59.
- [11] 越中俊雄ほか : 鑄工概 98 (-5) -17.
- [12] 池永明 : 鑄工概 99 (-5) -18.
- [13] 頃安貞利 : 鑄工 02-23.
- [14] 鶴池實 : 鑄工概 00 (-10) -75.
- [15] 平田実 : 鑄工 01-436.
- [16] 牧野泰育 : 鑄工 98-459.
- [17] H. Makino : Technical Papers on CLATF Technical Forum, Dusseldol 99-144.
- [18] Y. Maeda : Proc. of Modeling of Casting and solidification Processes IV 99-21.
- [19] H. Makino : AFS Trans. 01-43-49.
- [20] H. Makino : AFS Trans. 02 No. 02-082.
- [21] K. Williams : AFS Trans. 02. Paper No. 02-141.



- [22] 部會 A-12-55.
- [23] 部會 A-11-50.
- [24] 淵上正朗 : 鑄物 85-717.
- [25] 淵上正朗 : 鑄物 85-773.
- [26] 平田実 : ジャクトニュース 00-25.
- [27] 部會 A-7-28.
- [28] 部會 A-15-67.
- [29] 部會 A-4-17.
- [30] 部會 A-4-16.
- [31] 部會 A-9-42.
- [32] 黒川豊 : 鑄工 01-258.
- [33] 黒川豊 : 鑄工 02-298.
- [34] 黒川豊 : 鑄工 02-442.
- [35] J. F. Meredith : Metal Casting Technologies 00-26.
- [36] R. L. Naro : Mod. Cast. 00-41.
- [37] J. Hertlin : Giesserei Prax. 00-385.
- [38] 菅野利猛 : 鑄工 00-175.
- [39] 菅野利猛 : 素形材 02-20.
- [40] 菅野利猛 02-305.
- [41] 鹿毛秀彦 : 鑄工 00-365.
- [42] 山本善章 : 鑄工 01-123.
- [43] 肖凌 : 鑄工 00-365.
- [44] R. C. Aufder heide : AFS Trans. 02-paper No. 02-047.
- [45] 藤英章 : 湯面模様と鑄鉄溶湯の性状 (新日本鑄鍛造出版會) 01.
- [46] <http://www.ipdl.jpo.go.jp/>
- [47] <http://www.uspto.gov/>
- [48] <http://www.google.com/>
- [49] 阿手雅博 : 鑄工講習會テキスト 02-9 : <http://61.201.228.134/webcas/>
- [50] A. T. Spada : Mod. Cast. 98-38.
- [51] たとえば, <http://www2.odn ne.jp/>, [www.nbkokamoto.co.jp](http://www.nbkokamoto.co.jp)
- [52] 長坂悦敬 : 鑄工 01-768.
- [53] 部會 A-4-19.
- [54] 部會 A-12-52.
- [55] 研報 87 「鑄造材料のエコマテリアル化に関する研究」.
- [56] 素形材セ調査研究報告書 415, 461, 474, 548, 549.
- [57] 鑄工概 00(-5) -33.
- [58] C. E. Wenninger : Mod. Cast. 69 (-3).
- [59] 宮下 : 鑄物 72-350.