

生型砂에 있어서의 Western-Bentonite의 실제적인 様相

J. H. Bachman
American Colloid Co.

본 資料는 본 학회서 주최한 1981. 11. 20 ~ 21 한국기계공업진흥회판
대회의실에서 제 6차 정기총회 및 추계鑄物技術세미나에서 發表한 内容中
의 一部를 편집게재 합니다. (편집자 註)

1. 서 론

벤토나이트는 몬모릴로나이트(Montmorillonite)를 주성분으로 하는 점토로서 소위 Si-Al-Si의 층상구조로 되어 있다. 흡착수분을 함유하지 않은 경우 화학성분은 다음과 같다.

표 1. 벤토나이트의 화학성분 (%)

SiO ₂	58.0 ~ 64.0
Al ₂ O ₃	18.0 ~ 21.0
Fe ₂ O ₃	2.5 ~ 2.8
Mgo	2.5 ~ 3.2
CaO	0.1 ~ 1.0
Na ₂ O	1.5 ~ 2.7
K ₂ O	0.2 ~ 0.4
FeO	0.2 ~ 0.4
TiO ₂	0.1 ~ 0.2
기 타 물 질	0.5 ~ 0.8
결 정 수 분	5.64
흡 착 수 분	0.00

나는 벤토나이트 분자구조의 학술적인 면보다 주물인에게 있어서는 벤토나이트의 특성과 실제적인 면을 살펴보는 것이 더 가치있다고 생각한다.

2. Western Bentonite의 기원 (Na-Bentonite)

Western Bentonite는 미국의 Black Hills 지역에서 대부분 발견된다. 그러나 최근에는 카

나다와 국경선 근처의 Montana주에서도 발견되고 있다. Black Hills의 대부분의 지역이 Wyoming주에 위치하고 있기 때문에 이벤토나이트는 수년간 Wyoming Bentonite라고 불리워져 왔다. Volclay는 수만년전에 화산의 분출로 인해 생긴것이다. 극렬한 화산분출로 인해 용암이 공중 높이 날아 작은 입자로 분리되어, 바람에 의해 수천마일이나 되는 곳으로 옮겨진 것이다. 그당시에는 미국의 서쪽의 반이 염수로 덮혀져 있었기 때문에 이입자들은 바다위에 깔려 서서히 바닥에 가라앉으면서 넓고 균일한 층을 형성하였다. 이입자들은 부드럽지 않고 크게 팽창되어 있지 않아서 지금과 같이 불투명하고 붕괴성이 좋은 형태가 되었다. 얼마간 침전물이 생성된 후에 지구가 다시 변동을 시작하여 이용암분진층은 바다로부터 용기하게 되었다. 다시 풍화작용에 의해 Black Hills은 마모되어 저서 단지 밑부분 만이 잔존하게 되었다.

또한, 풍화작용 때문에 화산분진은 깨지기 쉽고 팽창하여 유리상태로 되는 것에서 오늘날의 Volclay와 같이 죽과 같은 형태로 바뀌게 되었다.

이러한 작용이 수만년에 걸쳐 일어났음을 알려주는 명백한 증거는 아직도 이러한 작용이 일어나고 있다는 것이다.

3. Volclay의 특성

Volclay의 가장 중요한 특성중의 하나는 팽윤과 수분보유능이다. Volclay는 체적의 14배로 팽윤할 수 있다. 이러한 놀라운 팽윤능력은 bentonite가 건조한 수많은 육각편이 겹쳐진 모양

때문에 이의 표면은 카드를 책상위에 펼쳐놓은 것과 같이 평행으로 되어 있다. 그래서 이조각의 사이로 쉽게 수분이 침투해 들어갈 수 있는 것이다. Na-Bentonite와 Ca-Bentonite의 차이중의 하나는 Na-Bentonite는 Ca-Bentonite보다 더 많은 편으로 나뉘어진다는 점이다. 그러므로 Na-Bentonite가 Ca-Bentonite보다 더 많은 수분을 보유할 수 있다.

채적팽윤시험과는 별도로 액성한계시험은 채적에 의해서가 아니라 무게에 의해 같은 특성을 표현할 수 있다. 좋은 Na-Bentonite는 그자체 무게의 6~7배의 수분보유능력이 있다. 이에 반하여 Ca-Bentonite의 수분보유능력은 단지 자체중량의 2~3배이다. Ca-Bentonite중의 어떤 것은 소다회 처리로 활성화될 수 있다. 몬모릴라나이트분자는 화학적으로 평형상태가 아니다.

그러므로 이온교환이 가능하다. 어떤 Ca-Bentonite는 소다회처리에 의하여 자체중량의 3~4배의 증가된 수분보유능력을 갖는 천연 Na-Bentonite와 처리되지 않은 Ca-Bentonite 사이의 중간형태를 보인다.

Volclay는 높은 수분함유능력을 갖고 있기 때문에 열적으로 더 안정하며, 다른 Ca-Bentonite와 같은 정도로 비활성점토화는 되지 않는다.

규사와 벤토나이트 그리고 물과의 혼합물에 있어서 높은 수분함유능력은 벤토나이트의 점결력을 오래 지속시킨다. 왜냐하면 벤토나이트로부터 용탕에 의해 다량의 수분을 방출함으로써 인해 결정수분을 잃는 온도인 700°C에 도달하기까지 시간이 걸리기 때문이다.

벤토나이트가 결정수분을 잃은 후에는 데드클레이가 되어 주물사의 결합력을 주는 주물로서 더 이상 사용할 수 없게 된다. 이러한 현상은 자연히 주물제품과 인접한 부분의 주형층에서 일어나며 이면에 사용된 벤토나이트는 재사용하게 된다. 그러므로 Volclay의 높은 수분함유능력은 완충작용을 하며, 더 적은양의 비활성점토는 주형사에 만들어진다. 실제의 경험치로서 Ca-벤토나이트와 비교된 주형사에서 요구하는 Volclay의 양은 30~40% 이하로 나타나 있다.

4. S.P.V등급 Volclay

이것은 입도가 AFS 표준체 200을 통과하는 양이 75%이상 이고 7~10%의 수분을 포함하는 표준의 주물용 Volclay등급을 지칭한다. 만일 벤토나이트와 유기물질이 Slurry의 형태로 주물사에 첨가된다면 구형의 형태로 사용되는 또 하나의 주물용 Volclay등급은 MX 80이다.

그러나, 이것은 주형사의 수분함유능력을 결정하는데 있어서 모든 미분물질을 포함하는 주물사의 입도분포에 크기에 의존하는 것이 항상 가능치는 않다. 많은 주형사는 벤토나이트를 더 필요로 하고 수분은 적게 요하는데, 이는 슬러리시스템으로서 잘 조절될 수 있다. 슬러리는 너무나 뻑뻑해서 더이상 펴핑할 수 없다.

MX80은 또한 특별히 건조한 형태로 첨가될 수 있다. 구형 MX80은 배풍기에 의해 없어지지 않고 혼련기의 벽꼭대기에 정착되지도 않으므로 10%를 절감할 수 있다.

5. S.P.V-Volclay와 MX 80의 이점

상대적으로 적은 량의 벤토나이트가 주형사 첨가제로서 필요하다. 데드클레이가 적게 생기며 燒砂(burn out)가 적게 생긴다. 열간압축강도는 다른 어떤 벤토나이트보다 높은 것으로 되어있다. 미분은 벤토나이트를 더 첨가함으로써 점결력을 크게 해야한다.

다량의 수분에 의한 주물결함은 감소되거나 없어진다. 주요결함은 수소가스의 폭발로 인한 블로우홀과 핀홀이다. Volclay의 경미한 첨가로 스캔이나 랫테일(rattails) 또한 핀과 같은 팽창결함을 줄일 수 있다. 이는 단지 주형사에서 Volclay를 사용해서 얻어진 이점의 한 단면임에 불과하다.

6. MX 80과 SPV의 특성

주형사에서 MX 80과 Volclay를 사용했을 때에 고려되어야 할 다른 인자를 주물사 혼련기에 있어서의 점결력발생 즉, 벤토나이트의 水化(hydration)는 Ca-벤토나이트에 비해서 조금 느린 편이다. 바꿔말한다면 적정한 혼련시간이 필요하다. 만일, 주물사가 충분히 혼련되지 않았다면 벤토나이트가 충분히 혼련되지 않았다면 벤토나이트가 충분히 혼련되지 않았다면 벤토나이트가 충분히 혼련되지 않았다면

토나이트를 더 넣어 같은 물성을 갖도록 유지시켜 줄 필요가 있다. 주형사에서 주어진 활성점토 양에 대한 생형압축강도 값은 Ca-벤토나이트를 사용했을 때 보다 약간 적다. 그러나 주형사의 탄성치는 더 크다. 즉, 인장강도의 값이 Ca-벤토나이트 보다 더 높고 高壓造型시스템에서 조차 더 낮은 생형압축강도를 가지고도 양호한 주형을 생산할 수 있다. Volclay를 사용했을 때의 주형사의 건조압축강도는 만일 활성점토량이 비슷하고 Ca-벤토나이트가 첨가된 주형사에서 같은 수분량이 사용되었다면 더 높다. 건조압축강도는 탈사를 어떻게 할 것인가를 결정하는데 중요한 값이다. 만일 탈사가 잘 안되었다면 이는 건조압축강도가 높다는 것을 뜻하고, 탈사콘베어 끝에 깨지지 않은 덩어리의 주물사가 남아있다는 것을 뜻한다. 또한 건조압축강도가 높은 주물사는 쇼트블라스트로 탈사할 때에 주물사 주물표면에 더 강하게 달라붙어 있다는 것을 의미한다.

만일 우리가 그림 1을 본다면, 우리는 주형사에 첨가하기 위한 이상적인 수분첨가량은 활성점토량의 약 40%인 것을 알 수 있다. 이것은 이론적인 그림이며, 수분수요를 증가시키는 주물사속에 존재하는 미분 때문에 약간 더 많게 조정되어야 할 것이다. 그림은 또한 만일 수분이 Volclay를 첨가한 주물사에 있어서 건조압축강도가 40% 이상으로 초과되었다면, Ca-벤토나이트가 첨가된 주물사 보다 폭선이 더 경사지게 증가할 것이다. 그림에서 보여주는 바와같이 이상적인 40% 수분첨가는 주물사가 또한 주형사에서 생형압축강도가 관계되는 한 이상 적정수분영역이라는 것을 알 수 있다. 이미 그림에서 나타나 있는 주형사에서의 활성점토중의 40% 수분량은 非 活性粘土, 코오크스, 미세규사 같은 미분의 증가에 의해 약간 올라갈 수 있다. 실제로 수분량은 만일 더운 주물사가 기계에서 이상적인 수분함량을 갖기 위해서 혼련된다면 약간 조정되어야 할지도 모른다. 그러나, 주형사의 과도한 적정수분과 더운모래가 주물결합을 가져올 수 있다고 하는 것은 지나치게 강조할 수는 없는 것이다. 습식혼련시간은 또한 매우 중요하고 혼련사이클은 점토의 완전한 점결력 발현과 결합력을

주기 위해서 너무 짧으면 안된다. 많은 주물공장들은 새조형장치를 혼련용적의 증가없이 설치한다. 항상, 혼련사이클은 필요한 주물사체적을 만들기 위해서 감소되어야 한다.

혼련사이클이 너무 짧을 때에 점토는 완전히 점결력을 발휘하지 못하며 주물사의 물리적인 성질을 유지하기 위하여 점토를 더 첨가해야 한다.

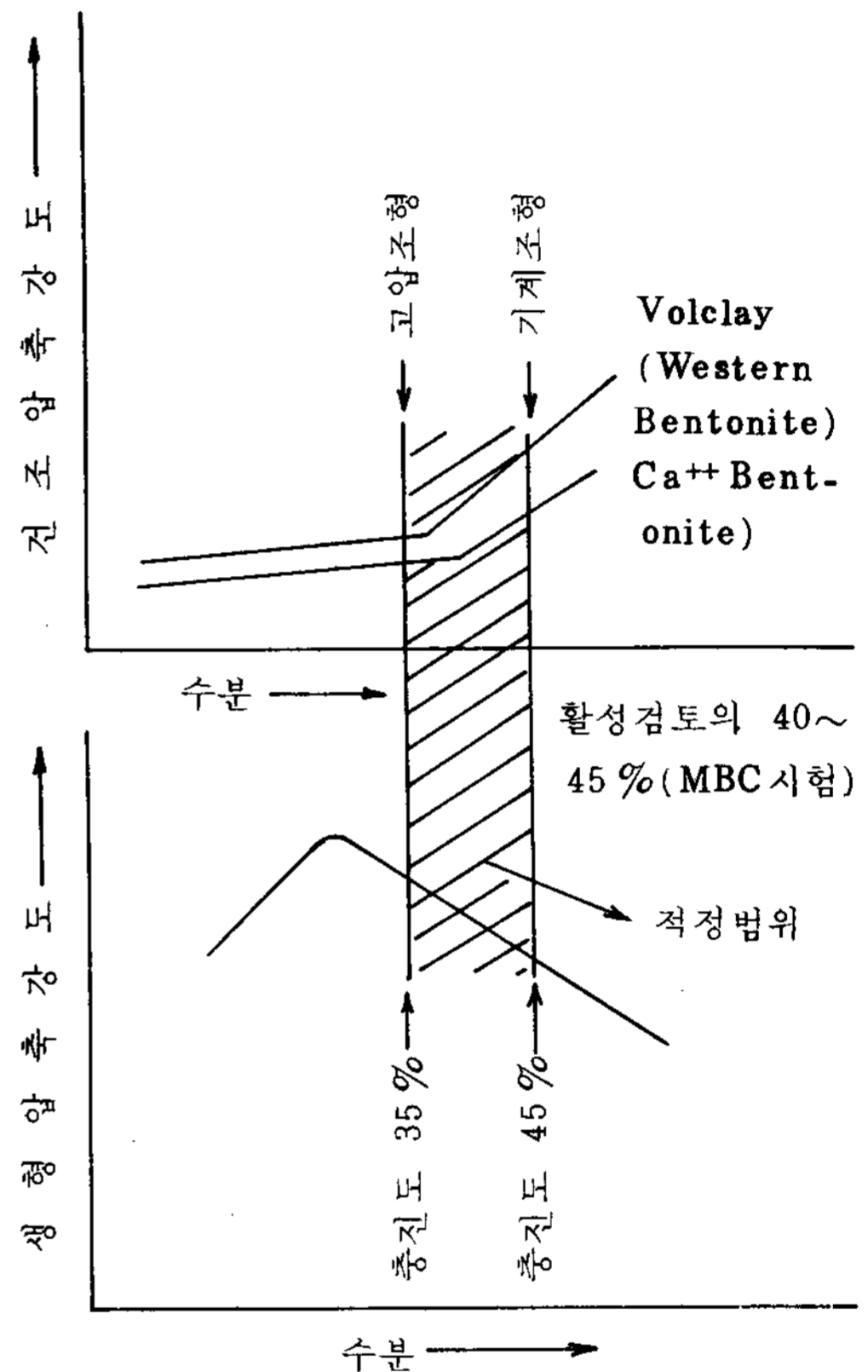


그림 1. 주물사의 수분량과 압축강도 변화

7. SPV와 MX 80을 고압조형에서 사용하는 이유

고압조형에서 지극히 중요한 것은 혼련시에 주형사가 철저히 잘 혼련되어야 한다는 것이다.

졸트스퀴즈에 의한 주형사의 조형 작업은 그렇게 위험한 것은 아니다. 청결한 주물사라는 의미는 非 活性粘土나 코오크스와 같은 쓸모 없는 용도의 물질이 가능한 한 적다는 뜻이다. Volclay는 이제까지 알려진 어떤 벤토나이트보다 비활

성점토와 미분을 적게 발생시킨다. 다시 말해서 최소한의 비활성점토와 크오크스 그리고 분쇄된 규사분을 함유한 청결한 주물사는 수분을 적게 요하고, 통기도는 높을 것이다. 미국이나 전유럽, 중앙아메리카 등지의 대규모, 주물공장들을 돌아보면서 고압조형으로 생산품을 만드는 곳에서, 나는 자주 하나의 주물결함에 대한 질문을 받아왔는데 나는 이것을 폭발소착(explosion penetration)이라고 말하고 싶다. 폭발소착은 주로 주물사의 높은 수분함유에 기인한다.

더운 주물사는 이러한 문제를 조장시킨다. 그러므로 만일 고압조형을 하는 곳이라면 주형사의 수분은 가능한 한 적게 유지해야 한다. 이는 특히 많은 주물불량문제를 해결하는데 도움을 줄 것이며, 특히 폭발소착 같은 소착형태의 주물결함에 있어서는 더욱 그렇다.

8. 재래식 조형에 사용된 Volclay

청결한 주물사(clean sand) - 낮은 미분량 - 적은 표면적 - 낮은 적정수분요구

제 의견으로는 고압축조형에 이상적인 주물사는 가능한 한 적정수분을 함유하는 "Fat Sand"라고 생각한다. "Fat Sand"라는 것은 상당히 높은 점토량, 낮은 수분량 이는 낮은 충전성(compactibility)과 상관되는데, 바로 이러한 주물사를 의미한다. 이것이 그림 1에 표시된 것이다.

고압시설에 맞는 것은 충전율 30~40 정도의 범위를 나타내고 있다.

Volclay는 졸트스퀴즈(Jolt Spueeze Machine)가 설치된 재래의 조형시설에서 사용될 수 있었다. 중요한 차이점은 아마도 모형의 바뀜이 너무 빈번하고 이에 따라 다른 구조계획이 세워져야 하는데 있는 것 같다. 이러한 형태의 작업에 적당한 주물사로는 그림 1에서 충전율 40~45 정도의 폭이 적당한데 이는 기계에 달린 편을 들었다. 놓았다 하는데 필요한 소성을 약간 주기 위해 더 높은 수분치를 요구하기 때문일 것이다.

이러한 주물사는 충전율로 나타내지는 수분치가 높고, 건조압축강도가 높아서 탈사(shake out)할 때 조금 어려움을 겪을 것이다. 이러한 문제를 해결키 위해서 몇몇 주물공장에서는 그들의 시스템

샌드에 있어서의 Volclay의 수준을 유지하기 위해 Ca-벤토나이트를 20~50% 정도를 첨가하고 있는 곳도 있다한다. 이러한 방법으로 주물에 달라붙어 떨어지지 않는 주물사나 경직된 주물사 덩어리로 인한 탈사시의 어려움을 덜 수 있을 것이다. Na-벤토나이트와 Ca-벤토나이트 혼합물은 여러가지로 다른 상품과 형태로 "Additrol"이라는 이름으로 공급되고 있다.

9. 주강제품에서의 S.P.V와 MX 80

Volclay는 이제까지 알려진 어떤 벤토나이트보다 높은 온도저항치를 갖는다. 이것은 두세가지의 다른 시험으로 증명되었다. 이러한 시험에 있어서 가장 중요한 것은 아마도, 첫째로 입도분포를 미리 알고 있고 혼련시간이 총 8분인 순수규사 95%, 물 2.5%, 벤토나이트 5%를 함유하는 표준주물사시료를 사용해서 행해지는 열간압축강도 시험이다.

열간압축시험장치로 불리는 Dilatometer에서 얻어진 그래프는 Volclay와 혼합된 주물사가 다른 어떤 벤토나이트보다 1,000°C 부근에서 더 높은 열간압축강도를 갖는다는 것을 보여준다. 특정한 방법으로 열분석을 해보면 Volclay는 약 700°C나 그보다 높은 온도에서 결정수분을 잃는데 비해 이 그래프에 나타난 것을 보면 전형적인 벤토나이트는 600~670°C사이에서 결정수분을 잃는다. 벤토나이트가 결정수분을 잃는 온도의 차이는 벤토나이트의 열저항과 파쇄성에 있어서 큰 차이를 만들어 주고 있는 것으로 보인다. 이미 앞에서 Volclay의 수분보유능에 대해 언급하였는데, 이것이 Volclay의 높은 열저항과 지속력이 큰 이유가 될지도 모르고, 또한 강의 표면사로 사용되는 주물사에 점결력을 주는 점토로 범용적으로 사용되고 있는 이유이다. 실제로 5~6%의 Volclay가 강의 표면사에 사용된다. 그양은 주물사의 입도분포에 달려있고, 사입자의 표면은 벤토나이트에 의해 덮혀진다. 주강공장의 경우 활성 Ca-벤토나이트를 표면사의 7~10% 정도를 첨가한다. 표면사에 Volclay를 사용할 경우 현저한 곡분(전분)의 감소가 생긴다. 이러한 Ca-벤토나이트의 경우에는 1.5%,

주강의 표면사에 사용된 Volcay의 경우는 0.6%까지 된다. 이러한 곡분은 질이 상당히 좋아야 하므로 보통 옥수수전분이 사용되므로 비용이 상당히 비싸게 먹힌다. 주강제품의 표면사에 전분을 첨가하는 이유는 모래에 점결력을 주기 위해서인데 이는 주형을 만들어 낼때 주물사를 주위에 쌓아두게 되는데 이때 주물사가 쉽게 건조되는 것을 막기 위해서이다. 전분을 첨가하는 또 다른 이유는 스캘(scabbing)을 방지하기 위해서이다. 주입작업을 하는 동안 전분이 탄 자리 때문에 사입자사이에는 작은 구멍(holes)이나 빈곳

(voids)이 생기게 되는데, 580℃ 부근에서 규사가 α 에서 β 로 변화하는 동안 커진 규사입자는 만들어진 빈곳으로 들어가게 된다. 전분을 첨가하는 또다른 이유는 아마도 주입작업을 하는 동안 환원성분위기를 주어, 산화물 생성을 방지하며, 거친표면정도를 개선하려는데 있는 것 같다.

註: 本資料에 대하여 상세한 내용을 원하시는 분은 當學會 사무국 및 성원통상 (서울 서대문구 연희동 187-68 Tel(323-8646)로 연락 바랍니다)

日本鑄物協會發行技術資料			
資 料	会 員	非 会 員	送 料
鑄다듬질의 合理化 (1972).....	¥ 900	¥ 1,200	¥ 300
鑄型的 現狀과 缺陷对策 (1974).....	¥ 1,200	¥ 1,600	¥ 300
鑄鐵熔解와 그의 耐火物 (1974).....	¥ 1,800	¥ 2,300	¥ 300
鑄物工場의 公害·廢棄物对策과 作業環境改善 (1976).....	¥ 2,100	¥ 2,700	¥ 300
鑄造工場의 作業環改善 (1977).....	¥ 2,500	¥ 3,300	¥ 300
不況对策의 確立 (1978).....	¥ 1,800	¥ 2,300	¥ 300
鑄物工業에 있어서 省資源技術 (1978).....	¥ 2,100	¥ 2,700	¥ 300
새로운 鑄鐵材料的 動向 (1980).....	¥ 2,200	¥ 2,800	¥ 300
鑄造工場의 集진·集標의 实例集 (1976).....	¥ 3,400	¥ 4,400	¥ 400
亞共晶 Ai-Si 合金의 引性에 미치는 Na 改良処理效果 (1976).....	¥ 1,300	¥ 1,700	¥ 300
有機粘結砂의 評價에 関한 研究..... (1976).....	¥ 600	¥ 800	¥ 250
鑄鋼의 燒着防止에 関한 研究..... (1977).....	¥ 1,200	¥ 1,600	¥ 300
鑄鐵의 熔接에 関한 研究 (1977).....	¥ 700	¥ 900	¥ 250
시스템샌드의 管理技術에 関한 研究... (1977).....	¥ 2,500	¥ 3,300	¥ 300