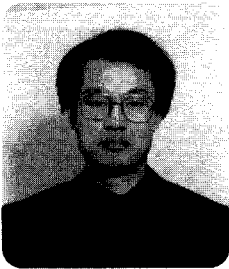




# 겨레과학의 발자취(13)



**정동찬**  
국립중앙과학관  
과학기술사 연구실장

## 금속가공

### 야철

우리나라는 세계적인 철강대국으로 성장하였다. 포항제철로 상징되는 철강기술의 뿌리는 어디에 있을까? 텔레비전이나 신문을 통하여 고구려 고분벽화의 야철신을 비롯해 가야유물이나 백제 제철로의 발견이라는, 그래서 고대에 놀라운 야철기술이 있었다는 것을 조금이나마 접하게 된다. 여기에서 우리는 막연히 우리가 정말 그랬을까? 의문을 가지게 되며, 대개는 옛일로 덮어두려 한다.

그러나 이 고고학 자료들은 삼국유사의 석탈해 설화나 삼국사기, 삼국지, 위지 동이전 등에 나오는 변한의 철 수출기록에 와서는 숙연해지지 않을 수 없다. 오늘의 철강대국의 뿌리는 바로 우리 겨레의 오랜 과학슬기에 있기 때문이다.

야철기술의 바탕이 되는 것은 바로 야철 용광로와 송풍장치에 있다. 이 야철로와 송풍장치는 이미 우리가 신석기시대 질그릇을 굽는 가마에 그

바탕을 두고 있다. 또한 야철기술에서 쇠의 질을 판가름하는 것이 불순물의 제거에 있다. 즉, 철광석에 있는 쇠를 녹여내면서 여기에 함유된 불순물을 제거하는 것이다. 여기에 우리 겨레의 자연을 이용한 과학슬기가 배어 있다. 즉, 쇠를 녹이는데 우리 조상들은 조개껍질과 숯을 쓴 것이다. 조개껍질은 요즈음 생석회를 대신한 것으로 쇠를 가장 잘 부식시키는 황을 제거하는데 가장 좋은 효과를 낸다. 숯 또한 높은 온도의 열 뿐만 아니라 탄소의 함량을 조절하는데 큰 역할을 하는 것으로 평가된다. 그래서 고고학 조사 결과 야철지가 조개더미에서 찾아지는 것은 바로 조개껍질을 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. 조개껍질은 야철에서 뿐 아니라 천연염료를 만드는데도 불순물을 제거하는데 꼭 필요한 것이다.

최근 충북 진천에서 백제시대 제철로가 찾아져서 또 한번 학계에 충격을 주고 있는데, 그 기술 역시 질그릇 굽는 가마기술과 델레야 펄 수 없는 관계를 가지는 것으로, 같은 지역인 충북 진천에서 역시 백제가마가 많이 찾아진 것과 깊은 관련이 있지 않을까 한다.

그러면 앞에서 이야기 하였듯이 충북 산간지대에서 불순물 제거를 위해 넣는 생석회나 조개껍질 조달이 어떻게 이루어졌을까? 상당히 흥미있는 문제이다. 석회암 지대의 발달로 미루어 보거나 또 백제 때 생석회를 쓴 묘도 찾아지는 것으로 보아 생석회를 가공했던 시설도 조만간 찾아지리라 기대해 본다.



최근 조선시대(15세기)의 못에 대한 과학분석에서도 당시의 쇠가 지금의 포항제철에서 나오는 쇠보다 훨씬 질이 좋았음이 밝혀지고 있는데, 그 이유는 바로 질 좋은 생석회와 숯을 써서 쇠를 녹였기 때문이다. 대장간에서 나오는 낫의 날에서도 현대기술에 못지 않은 최첨단조직인 마르텐사이트(martensite)와 베이나이트(bainite)가 찾아지고 있음도 상기할 필요가 있다.

이렇듯 우리 겨레는 자연물의 속성 즉, 조개껍질이나 숯이 쇠의 질을 좋게 한다는 것을 알고 응용하였으며, 신석기시대의 가마기술로 축적된 제철로와 송풍장치 등을 끊임없이 개발하고 응용해 왔기에 오늘날 철강대국을 이루게 되었음을 깊이 깨달아야 하겠다.

### 대 장 간

공업이 우리나라 전지역에 걸쳐 널리 퍼져 있던 대장간의 모습은 이미 사라져 버린지 오래다. 망치로 쇠를 치는 소리도 우리의 기억 속에서 아득히 멀어져 간다.

농업을 중요시 여겼던 우리나라는 농사에 사용 되는 많은 도구 즉, 농기구를 제작하고 수리하던 곳이 바로 이 대장간이다. 대장간에서 일하는 대장장이는 신분은 낫은 위치에 있었지만 나름대로 대대로 내려오던 기술을 바탕으로 새로운 도구를 만들어 냈다.

옛날에는 시골 장터나 마을 단위로 반드시 대장간이 있어 무딘 농기구나 기타 각종 연장을 불에 달구어 버리기도 하고 새로 만들어 내기도 하였다. 대장장이는 오랜 숙련을 통해 담금질로 쇠의 강도나 성질을 조절한다.

대장장이는 쇠를 달구기 위해 하덕에 넣고 열심

히 땀을 흘리면서 풀무질을 한다. 이렇게 달구어진 쇠를 꺼내어 망치를 이용하여 모양을 만들고 식으면 또 달구어 망치질 하여 모양을 잡는다. 모양을 만든 뒤 날부위나 많이 쓰이는 부위를 찬물에 담가 담금질을 한다. 이러한 과정을 몇번 반복하면 훌륭한 농기구가 만들어진다.

특히 쓰임새에 따라 열처리를 달리 하였는데, 도끼와 같이 전체적으로 강도가 높아야 하는 도구들은 단조를 하여 제작하여 마무리 열처리를 하여 완성하지만 낫과 같이 일부분만 높은 강도를 필요로 하는 경우 단조하여 낫을 만들고 다시 재가열을 하여 낫의 날부분에 물방울을 굴림으로써 부분 열처리를 한다. 이렇게 하면 날부분만의 강도가 높아져서 나무를 칠 경우 날부분에 힘이 가해지고 이 힘이 낫의 뒷부분으로 전달이 된다. 이러한 이유로 대장장이들은 낫을 만들 때 부분열처리를 하여 낫에 걸리는 힘의 일부를 낫의 뒷부분이 흡수하게 하는 역학적인 슬기를 갖고 있다.

즉, 왜식낫은 풀베기는 좋으나 나무 등 단단한 것을 치면 충격을 흡수하지 못하여 날이 무뎌지거나 아예 낫 자체가 부러지는 경우가 많다. 그러나 우리 고유의 낫은 대장장이의 경험에서 우리나라 특수한 담금질 기법에서 오는 충격흡수로 풀, 나무 등 쓰지 못하는 데가 없다. 닦기는 해도 부러지는 경우는 없다. 여기에서 우리는 오늘날 많이 쓰고 있는 왜낫과 다른 우리만의 우수한 표면경화기술을 찾아 볼 수 있다. 과학분석 결과 낫등조직과 낫날의 경도 차이가 37에 이르고 있으며 낫날에서는 최첨단 금속조직인 미르텐사이트(martensite)가 찾아진다.

또한 왜낫처럼 한번 날이 부스러지거나 부러지면 버리는 것이 아니라 우리 조선낫은 많이 써서 닳게 되면 다시 다른 쇠조각을 붙여쓰는 슬기 즉,



자원 재활용의 슬기 또한 높이 사야 하겠다.

대장간에는 풀무 외에도 모루, 정, 메(앞메와 옆메), 집게, 대갈마치, 숯돌 등이 기본적으로 갖추고 있다. 대장간이 없는 마을로 이곳 저곳 떠돌아 다니면서 연장을 버리는 떠돌이 대장장이도 있었다. 대장간은 전통사회의 만물상이며, 자원을 재활용하는 곳이기도 하였다.

이렇듯 우리 조상들의 과학슬기는 낫, 호미, 팽이 할 것없이 지역의 풍토 즉, 자연환경을 떠나서는 생각할 수 없으며, 오늘날 환경 되살리기 운동이니 자원 재활용운동이니 하는 것도 우리 조상들에게는 쓸모없는 구호에 지나지 않았다.

우리 조상들은 생활하는 가운데 끊임없이 자연을 생각하고, 절약하고, 아껴쓰고, 다시 쓰는 슬기를 잊고 산 적이 없다.

우리도 이 슬기를 오늘의 생활에 응용한다면 환경 되살리기, 자원 재활용, 자연사랑 따위의 거창한 구호를 내걸 필요조차도 없을 것이다.

## 종

옛 부터 종(鐘)은 종교의식과 밀접한 관계를 맺고 있어 시간을 알리고, 부처님의 뜻을 멀리 전하고자 치고 있다.

종은 크게 동양종과 서양종으로 나뉘며, 동양종은 한국종, 중국종, 일본종으로 나뉜다. 우리가 흔히 범종(梵鐘)이라 하는 것은 절에 있는 동양종을 말한다.

우리나라 범종은 전형적인 양식을 보면, 종의 교리는 생동감 있는 하나의 용머리에 두발이 달린 용뉴(龍紐)로 마련되고 그 옆에는 종의 내부와 관통하는 음통(音筒)이 붙어 있다.

종신(鐘身)의 어깨와 종구(鐘口)의 둘레에는

당초문이나 보상화문의를 새긴 상대(上帶)가 마련되어 있다. 상대에 붙어선 종신의 1/4비율인 네모난 테두리로 유곽대(乳廓帶)를 배치하고 상대나 하대와 같은 문양을 넣고 있다.

유곽안에는 꽃잎받침 위에 도드라진 젓꼭지모양의 종유(鐘乳)가 3열로 3개씩 9개가 있다. 또 유곽과 유곽사이에 해당하는 종신부위의 마주쪽에는 주악비천상(奏樂飛天像)을 새겨넣고, 그 반대쪽에는 연화문당좌(撞座: 종을 치는 자리)가 배치되며 그 밖의 여러 곳에 명문을 새기고 있다.

한국의 가장 대표적이며 기본적인 형태를 완벽하게 갖춘 것으로 국내에서 가장 오래된 신라시대의 상원사종(AD 725)과 크기가 큰 성덕대왕신종(에밀레종, AD 771), 문헌에는 나오나 지금은 없는 황룡사종(역사상 가장 큰종) 등이 있고, 고려, 조선에 걸쳐 다양한 종의 형태가 나타난다.

특히 우리의 옛 종에 있어서 형태와 양식 문양 장식 기법도 독특하지만 중요한 것은 삼국시대를 거슬러 올라가 BC 10세기 경부터 시작된 청동문화의 정수가 면면히 이어져 만들어낸 우수한 청동 합금과 주조기술에 있다.

또한 다른 나라 종에서는 볼 수 없는 음통(音筒)을 만들고, 아름다운 종음(鐘音)을 낼 수 있도록 했던 제작기술에 있다고 할 것이다.

예를 들어 신라종으로 유명했던 시기에 만들어진 봉덕사종(성덕대왕신종: 에밀레종)의 성분분석 결과 인(P)이 검출되었는데 인성분은 종에 얽힌 어린이 이야기를 만들어낸 것이 우연이 아닌 것을 이야기 해주는 듯도 하다. 우리 겨레는 이 인이 주조시 밀도를 더해주는 성분이라는 것도 이미 알고 있었는데, 이것은 깨끗한 용접과 기포없는 종을 만든 비결이었다.

높이 3.33m에 둘레 7m, 입지름 2.27m, 체적



3m<sup>3</sup>로 아래쪽 두께 22cm, 위쪽 두께 10cm, 무게 25t이라는 특성 밖에도 정교한 문양, 용머리 음통 등 가히 우리 과학기술의 정수라 할 수 있다.

1975년 경주 봉황대에서 지금의 경주 박물관으로 옮겨 다는데 얽힌 이야기는 정말 놀랍다. 현재의 주조기술로 종무개를 지탱하는 종고리를 만들려고 종고리 제작위원회를 결성하여 나온 결론이 최소한 직경이 15cm는 만들어야 하는 것이었으나 이 종고리의 직경은 9cm밖에 되지 않아서 구석에 버려져 있던 주조 당시의 8.5cm 고기를 그대로 썼다는 것이다. 이것은 현대과학기술이 전부 인양 생각하는 우리에게 큰 깨달음을 주고 있다.

덧붙여 말한다면 부왕에 대한 효성심에서 수년간에 걸쳐 시행착오를 거듭하면서 만들어 냈다는 의미 또한 크다. 영혼을 정화시켜줄 맑은 종소리에 대한 선조들의 기원이 오늘날 감각적인 과학기술의 발달에 밀려 계승되지 못함은 안타까운 일이다.

### 미륵반가사유상

우리 겨레의 미소는 어떤 미소일까?

모나리자 미소, 로댕의 생각하는 사람, 밀레의 비너스를 못알아 들으면 손가락질 하지만 미륵반가사유상 하면 선뜻 무엇이라고 떠올리기 어려운 것이 현실이다.

왜 그럴까? 다른 나라의 미소나 사색은 다투어 이야기 하면서도 우리의 미소와 사색에 대하여는 왜 이리 무심할까?

미륵반가사유상은 다른 나라의 모나리자 미소나 생각하는 사람이나 비너스가 각각 가지고 있는 모습을 모두 한몸에 가지고 있다. 모두 한몸에 가지고 있다는 같은 미소와 사색, 아름다움을 갖고 있는 것이 아니다. 다른 나라 유물에서는 볼 수

없는 인간 내면에서 모든 것을 초월하여 우리나라, 비교될 수 없는 우리 겨레의 미소와 사색 아름다움을 갖고 있는 것이다. 이러한 우리 겨레의 잔잔한 미소와 여유로운 사유의 모습을 다른 나라 어디에서 찾을 볼 수 있을까?

과학분석 결과 미륵반가사유상은  $\sqrt{2}$ 의 수리가 몸에 서려 있다고 한다. 그리고 이 반가사유상은 낫씻물로 부어낸 것인데 씻물을 부워서 어떻게 그렇게 흠없는 잔잔한 아름다움을 부어냈는지, 머리 부분과 몸통부분을 따로 부어내 붙였는데 통채로 부어낸듯이 매끄러운 그 주조기술과 용접기술이 현대 과학으로도 아직 풀리지 않고 있다.

이렇듯 우리 겨레 과학기술자들은 과학기술을 종교로 승화하여 잔잔하고 너그러운 미소와 함께 하는 사색을 거칠은 낫씻물로 부어낸 것이다.

### 금동용봉봉래산향로

이 향로는 부여 능산리 백제건물터에서 나온 것으로 6~7세기경에 만들어진 것으로 추정되며 높이 64cm에 이르는 아주 아름답고 정교한 국보급 유물이다.

이 향로는 4부분으로 나뉘는데, 봉황이 여의주를 목에 끼고 날개를 활짝 펴고 날아가려는 힘찬 모습이 뚜껑머리 부분에 있고, 그 아래 부분에는 5사람의 악기연주자, 30여개의 크고 작은 산, 인물상, 동물상, 기마상·기마수렵상, 불꽃무늬 등 100여가지의 화려한 조각이 있다. 또한 몸통에는 24개의 연꽃잎이 3단으로 배치되고 물고기, 역사상, 동물상 등 다양각색의 무늬가 조각되어 있으며 받침부분에는 살아 생동하는 듯한 모습의 용이 입으로 받치고 있으며, 구름과 인동무늬가 소용돌이치는 모습으로 꾸며져 있다.



이렇듯 생동하는 갖가지 무늬들을 어떻게 낫쇠 물로 부어 냈을까? 정교한 주조기술에 놀라움을 금할 수 없다. 용접부분이 4부분 밖에 안되는데 그 정교한 모습을 어떻게 통째로 주조해 냈는지 놀라운 기술수준을 보여주고 있으며 금동아말감법을 이용한 도금기술 역시 뛰어나다.

금동아말감법이란 구리로 된 본체에 수은과 금을 섞은 도금액(아말감)을 바른 뒤 가열하면 수은은 증발하고 금만 남아 도금되는 것인데, 수은과 금의 성질을 잘 파악하고 있던 우리 선조들의 과학정신을 찾아 볼 수 있다. 수은은 금을 쉽게 받아들이는 친화력이 강하며 휘발성이 강해 100℃정도만 되면 증발해 버리는 성질을 갖고 있다.

이렇듯 우리 겨레는 주조기술 뿐만 아니라 도금기술에도 뛰어난 과학술기를 갖고 있다.

## 유 기

옛날 물건을 많이 갖고 있는 집에서 우리는 푸르스름하게 녹이 낀 놋그릇이나 수저 같은 것들을 쉽게 발견할 수 있다. 바로 이 그릇이나 수저들이 '유기'라는 것으로 지금은 별로 쓸모없는 물건으로 취급되지만 얼마전까지만 해도 집안의 살림 중에서 중요한 부분을 차지하고 있었다. 일제시대에는 총탄을 만들기 위하여 각 가정에 가지고 있던 이 그릇들을 강제로 빼앗아가기도 하였다.

유기는 구리에 약간의 주석을 넣어 만든 청동그릇을 말한다. 유기는 또한 만드는 방법에 따라 주물유기와 방짜유기로 나누는데, 주물유기는 낫쇠를 녹여 만들고자 하는 틀에 녹은 쇠물을 부어 만든 것이고, 방짜유기는 낫쇠를 녹여 바둑을 만든 다음 이 바둑을 망치나 메로 쳐서 모양을 잡아가며 그릇으로 만든 것이다. 두가지 유기 중 방짜유

기가 먼저 사용되었고 그 뒤 놋그릇이 대중화 됨에 따라, 일이 번거롭고 값비싼 방짜보다는 만들기 쉽고 한꺼번에 많은 양을 만들 수 있는 주물방법이 이용되었다.

유기 가운데 징, 팽과리, 대야, 양푼, 식기, 수저 등은 방짜기법으로, 촛대, 향로, 화로는 주로 주물기법을 이용하여 만들었다.

우리가 무관심하게 여길 수 있는 유기에서 선조들의 과학술기를 엿볼 수 있다. 유기에 사용되는 청동합금의 조성은 구리 78%에 주석 22%로 재료학적으로는 주석의 함유량이 많아 재료가 매우 취약하여 사용이 불가능한 합금으로 알려져 있다. 그러나 우리 선조들은 유기를 만들때 이 합금조성이 정확하지 않으면 유기를 만들 수 없었다는 것에서 우수하였던 합금술이 찾아진다.

또한 금속이 가지고 있는 성질을 이미 잘 파악하여 그 성질을 적절히 이용하는 지혜도 엿볼 수 있다. 금속은 열을 가하면 열팽창의 현상으로 연해지는 성질과 두드리면 두드릴수록 단단해지는 가공경화성을 가지고 있다. 이러한 금속의 성질을 적절히 이용한 방짜기법을 우리는 이미 사용하고 있었던 것이다.

이러한 우수한 우리의 유기가 근래 6·25동란 후까지 안성, 이리, 남원, 장흥, 순천, 함양, 김천, 봉화, 동래 등에서 그 명맥이 이어졌으나, 알루미늄과 플라스틱 그릇의 보급으로 말미암아 그들 지역조차 거의 공장이 문을 닫고 기술자들은 흩어져 버리는 안타까운 실정에 있다.

이 유기는 납을 포함하고 있지 않아 음식을 담는 그릇으로 아주 전망이 좋으며 우리만이 갖는 합금기술이 특징인데, 첨단 소재개발을 통한 산업화에 응용토록 노력하여 다시 한번 안성맞춤의 명성이 세계로 뻗어갈 수 있도록 하여야 하겠다. <계속>