

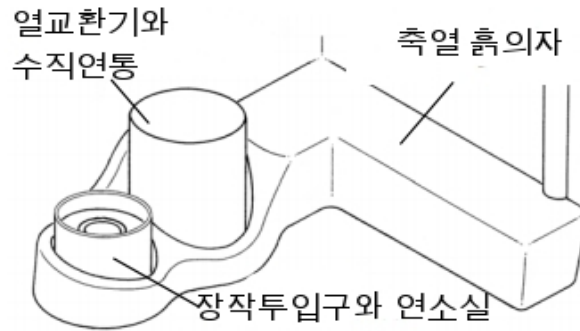
6장 서양식 벽난로 구들, 로켓매스히터



뜨겁하게 등을 지질 수 있는 구들 바닥. 이글거리는 불꽃 그림자가 포근한 벽난로. 이 둘은 집에 대해서 우리가 갖고 있는 세밀한 낭만적 욕망의 대상 가운데 결코 하나가 되어 본적 없는 것들입니다. 하나는 바닥난방을 요구하는 우리의 좌식문화를 대표하고, 또 다른 하나는 공간난방이라야 걸맞는 서양의 입식문화를 상징합니다. 좌식문화 위에 그대로 누운 채 서양식 건축문화를 받아들인 우리들은 두 문화를 모두 욕망합니다. 집을 그리고 그 공간을 따뜻하게 하는 방식을

두 난방 방식을 어떻게 하나로 화해시킬 것인가? 1990년 대 초 위나르스키 Winiarski 박사는 대류, 축열, 열복사 방식을 종합해서 바닥난방과 공간난방을 동시에 해결할 수 있는 서양식 벽난로 구들인 로켓매스히터를 개발했습니다. 일명, ‘거꾸로 타는 로켓매스히터 Rocket mass heater’. 이 복합 난방 장치를 통해 우리는 그 오랜 숙원을 해결할 수 있게 됩니다.

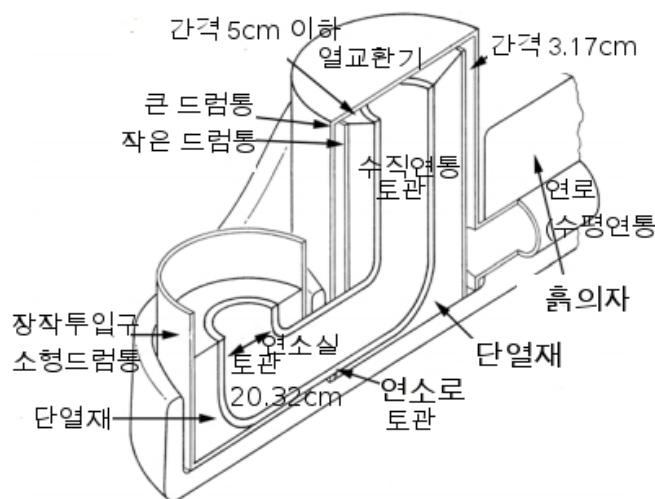
위나르스키의 초기 모델



(그림6-1 1990년대 개발된 초기 모델의 구조)

1990년대 초 위나르스키 박사가 만든 로켓매스히터의 기본 모델은 로켓스토브 연소부와 축열부로 구성되어 있습니다. 연소부는 로켓스토브와 유사한 구조로 장작투입구, 연소실, 연소로, 열기상승관(수직연통), 그리고 열교환을 일으키며 벽난로 역할을 하는 발열 드럼통으로 구성되어 있습니다. 축열부는 열을 저장할 수 있는 축열체인 흙의자나 흙침대와 그 밑을 통과하며 연기가 흐르는 수평연통, 굴뚝으로 구성되어 있습니다.

장작투입구는 약 60리터 용량의 소형 드럼통으로 만들어졌고, 그 안 쪽의 연소실과 연소로는 직경이 약 20.32cm 정도의 토관이 사용되었습니다. 열기상승관(수직 연통)은 토관과 작은 드럼통으로 만들었습니다. 수직 연통을 만드는 데 사용한 토관의 높이는 91.44cm 였고 직경은 20.32cm 입니다. 토관을 감싼 작은 드럼통은 약 125리터 용량입니다. 벽난로 역할을 하는 열교환 발열 드럼통은 가장 큰 약 208 리터 용량으로 만들어졌고 열기상승관과 그것을 감싼 작은 드럼통 위에 덧 씌워졌습니다. 이 큰 발열 드럼통에서 뿜어져 나오는 열에 의해 대류난방과 열복사가 일어납니다.



(그림 6-2 초기 모델의 내부 구조)

로켓스토브처럼 이 모델 역시 장작투입구와 연소부, 열기상승관은 나무재를 이용해서 그 주변을 단열처

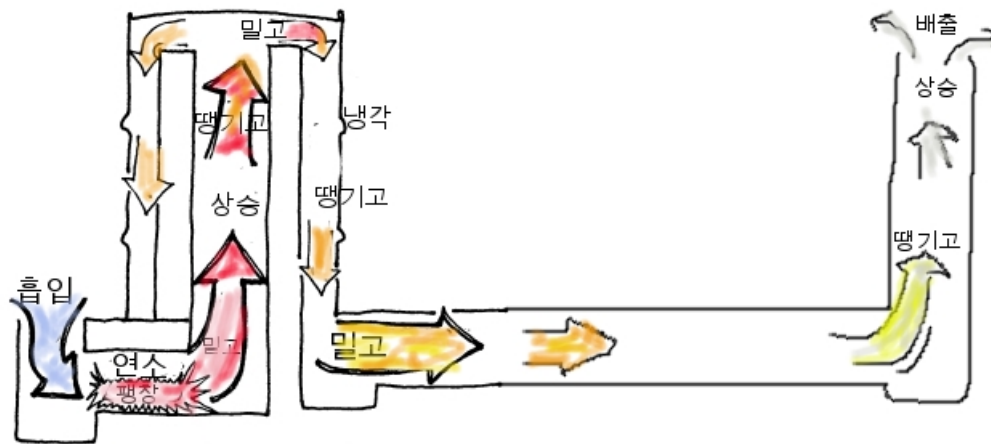
리 했습니다. 이렇게 단열처리 하면 연소실과 연소로, 열기상승관(수직연통), 열교환기(발열 드럼통) 안의 온도를 높게 유지할 수 있고 강력한 상승기류와 흡입력을 만들어 냅니다. 열기상승관 안에 발생한 고온의 상승 기류는 열기상승관을 감싼 작은 드럼통과 발열 드럼통 사이를 통과해서 흡의자 밑의 수평 연통으로 열기를 밀어 내는 압력을 발생시킵니다. 로켓연소부 안의 열기를 고온으로 유지하면 유지할 수록 열기를 밀어내는 힘은 더욱 강해집니다. 마치 열 펌프와 같은 역할을 하게 됩니다.

축열 흡의자 밑을 통과하는 수평 연통의 직경은 초기 모델의 경우 15.24cm 이고 길이는 284.84cm 이었습니다. 이 연통을 지나는 열기는 열을 흡의자에 저장하고 충분히 식은 후 마지막으로 집밖으로 연결된 외부 굴뚝이나 연통을 통해 빠져 나가게 됩니다. 뒤에 설명하겠지만 초기 모델의 수평연통 크기는 너무 직경이 크고 길이는 너무 짧아서 결국 교체해야만 했습니다.

불은 위로만 솟구치지 않는다.

‘불은 위로 솟구치고 물은 아래로 내려간다.’ 이 말은 반은 옳고 반은 틀린 말입니다. 불을 기체라 보면 상대적으로 뜨거운 기체는 위로 올라가고 차가운 기체는 밑으로 내려갑니다. 물을 액체로 보면 뜨거운 물은 위로 올라가고 차가운 물은 아래로 내려갑니다. 그런데 뜨겁다 차갑다는 상대적입니다. 끓는 물을 보십시오. 전체적으로 끓는 물은 뜨겁습니다. 그런데 그 안에서 상대적으로 뜨거워진 물과 차가워진 물이 대류를 일으키며 위 아래로 움직입니다. 불도 마찬가지입니다. 상대적으로 차가운 불(열기)도 있고 뜨거운 불(열기)도 있습니다. 상식선에서 뜨거운 불이라도 주변에 비해 상대적으로 차가운 불은 아래로 내려갑니다. 일정한 크기의 부피를 형성하는 공간 안에서 불은 보통 위로 올라갑니다. 그러나, 폐쇄된 관로 구조 안에서는 압력이 가해지면 불(열기)은 상대적 온도의 높고 낮음에 상관없이 관로의 배치에 따라 위로도 아래로도 갈 수 있습니다. 이렇게 불은 위로만 솟구치지 않는다는 점을 로켓매스히터를 통해 분명하게 알 수 있습니다.

로켓매스히터의 구조적 특성에 의해 공기와, 열기, 그밖의 연소가스와 배출가스는 복합적인 힘이 작용하면서 흘러갑니다. 장작투입구로부터 흡입된 공기는 연소실에서 팽창되면서 수직연통으로 올라갑니다. 수직연통에서 연소가스와 공기가 뜨겁게 달궈지면서 발생한 상승기류를 형성하며 올라가 발열드럼통 맨 위쪽에서 압력으로 작용합니다. 그 다음 열교환드럼통 위쪽에서 바깥으로 열을 발산하며 어느 정도 냉각 수축된 연소가스는 열교환드럼통 측면 밑으로 밀려 내려가며 열을 발산합니다. 이때 연소가스가 다시 냉각 수축되며 밑으로 더욱 더 밑으로 밀려 내려가게 됩니다.이렇게 냉각수축되면서 내려온 그러나 아직도 고온의 열기를 가진 연소가스는 축열체 밑의 수평연통 밑으로 밀려 들어가게 됩니다.축열체인 축열 의자나 침대에 열을 저장하면서지나온 연소가스는 더욱더 식어가지만 아직도 온기를 갖고 있기 때문에 위로 상승하려는 힘을 갖고 있습니다. 게다가 연소부는 열펌프처럼 끊임없는 압력으로 연소가스와 뜨거운 공기를 밀어냅니다. 단열처리되어 일정한 온도를 유지하고 있는 연통에서도 상승기류가 발생하면서 수평 연통이나 연도 안의 연소가스(또는 배출가스)를 빨아올리게 됩니다.



(그림6-3 로켓매스히터의 열기와 연소가스의 흐름)

로켓매스히터에서 보듯이 구들이나 나무 화덕, 로켓스토브 안에서 단지 뜨거운 열기가 위로 올라가려는 성질만 작용하는 게 아닙니다. 열기상승관(수직연통) 보다 낮은 높이의 장작투입구에 발생하는 차갑고 무거운 공기의 위치 에너지, 즉 미세기압은 장작투입구 안으로 공기를 거꾸로 밀어넣는 힘으로 작용합니다. 장작이 연소되면서 발생하는 공기와 가스의 팽창력 역시 작용합니다. 열기상승관(수직연통) 안에서 발생하는 뜨거운 열기가 위로 오르려는 상승기류 역시 또 하나의 힘입니다. 열교환 발열드럼통 위와 옆으로 열을 발산하며 서서히 식어가며 수축 냉각된 열기는 상대적으로 하강하며 내리누르는 압력으로 변합니다. 밀폐된 공간에서 연소가스가 빠져나가는 통로가 갑자기 좁아졌을 때 속도는 빠르게 변합니다. 다시 말해 압력이 커집니다. 이렇듯 복잡한 작용이 로켓매스히터 안에서 작용하면서 열기는 위아래 이리저리로 흐르게 됩니다. 이런 힘의 작용을 정확히 이해하면 자유롭게 로켓매스히터나 구들, 화덕을 개량하고 변형할 수 있게 됩니다.

뜨겁게 타서 차갑게 나간다.

로켓매스히터 연소실에서 최대 연소 온도는 1000도까지 올라갑니다. 전통 구들의 경우 연소실에 해당하는 함실의 연소온도가 500~600도, 도자기 굽는 가스가마가 1200~1400도 정도입니다. 로켓매스히터는 가스 가마 수준은 아니지만 상당히 높은 고온 연소가 가능합니다. 열기상승관(수직연통) 안의 온도는 대략 섭씨 640~970도 정도입니다. 고온의 배출가스와 열기는 수직연통을 감싸고 있는 열교환 발열드럼통을 통과하면서 섭씨 257~367도까지 떨어집니다. 발열 드럼통을 통해 열이 방출되면서 공기를 데우는 데 사용되기 때문입니다. 그 다음 축열체인 흙침대나 흙의자 밑의 수평연통을 지나면서 열을 저장하게 되는 데 이때 섭씨 32~92도 까지 식게 됩니다. 흙침대나 흙의자에 저장된 열은 서서히 실내로 복사됩니다. 이러한 여러단계의 복합적인 과정을 거쳐 집 안을 충분히 데운 후 마지막으로 차가워진 배출가스, 즉 연기가 집밖 연통을 통해 나가게 됩니다.

1995년 위나르스키 박사팀이 초기 개발한 모델이 처음부터 완벽했던 것은 아닙니다. 처음 만든 로켓매스히터에 불을 붙여 연소실의 온도와 집 밖 연통에서 나오는 배출가스의 온도를 측정해보았는데 큰 차이

를 보이지 않았습니다. 즉 직경 15.24cm, 길이 284.84cm 의 수평 연통은 너무 직경은 크고 길이는 너무 짧았던 것입니다. 연통을 감싸고 있는 흡의자로 열전도, 즉 축열이 거의 일어나지 않았습니다. 다시 말해 흡의자에 열이 저장되지 않은 것입니다. 2시간이나 불을 지폈는데도 불구하고 흡의자는 만족할만큼 따뜻해지지 않았습니다. 여전히 집밖 연통에서 측정한 배출가스의 온도는 240 도가 넘었습니다. 연통으로 배출되는 온도가 너무 높다는 것은 실내에서 그 만큼 축열이 이뤄지지 않았다는 증거입니다.

열을 어떤 물질에 저장한다는 것은 결코 쉽지 않은 일입니다. 열기의 흐름이 마찰을 일으킬 수 있어야 하고 열을 전달할 수 있는 표면적이 넓어야 합니다. 연통은 좀더 좁고, 좀더 길어야 했습니다. 위나르스키 박사팀은 축열체인 흡의자 속에 들어있는 수평 연통을 원통형이 아니라 사각형으로 교체해서 문제를 해결했습니다. 위나르스키 박사는 실험 결과 초기 모델의 경우 집안으로 충분한 열을 방출할 수 있도록 만들기 위해서는 열기가 부딪히는 연통의 표면적을 총합했을 때 최소 12 평방미터여야 한다는 점을 밝혀냈습니다. 표면적이 12평방 미터가 되려면 사각 연통의 윗 부분 넓이만 3 평방 미터가 되어야 합니다. 이렇게 해서 집밖으로 나가는 배출가스의 온도를 120도 정도로 낮출 수 있게 되었습니다. 이후 지속적으로 개선해서 배출온도를 32~92도까지 나출 수 있었습니다. 그만큼 더 많은 열을 실내에서 사용할 수 있게 된 것입니다. 최근 국내외에서 로켓매스히터를 설치한 사례들을 보면 보다 좁고 긴 원형 연통을 구불구불 겹쳐 깔아서 길이를 연장하거나 내화 단열 벽돌로 우리 전통의 구들 고래와 같은 연도를 놓아서 더 많은 열을 바닥난방에 이용할 수 있도록 만듭니다.

거꾸로 타는 비밀 세가지

로켓매스히터는 장작을 수직으로 거꾸로 꽂아 넣습니다. 왜 장작을 거꾸로 넣을까요? 불길의 거꾸로 타 들어가기 때문입니다. 수직으로 꽂아 넣어도 불길이 거슬러 올라오지 않습니다. 다만 장작은 점점 타들어가면서 중력에 의해 자동으로 연소실 안쪽으로 들어갑니다. 불이 거꾸로 타 들어간다니요? 불은 위로 솟구치는 게 당연한 게 아닐까요. 그 궁금증을 하나씩 풀어보겠습니다. .

- 첫 번째 비밀, 'J'자 형태의 연소부 구조

급격한 각을 가진 'J'자 형태의 연소부 구조, 즉 로켓 엘보Rocket Elbow가 로켓매스히터의 핵심구조라 할 수 있습니다. 이러한 형태 때문에 낮은 연소실 입구(장작투입구)로 차갑고 무거운 공기가 빨려들어가고 높은 열기상승구(수직 연통) 쪽으로 뜨겁고 가벼워진 열기가 밀려 올라갑니다. 즉 장작투입구와 열기상승관의 높이 차에 따른 미세 기압차 때문에 공기와 함께 불꽃이 거꾸로 타들어 가게 되는 것입니다.

- 두번째 비밀, '연소부 단열'

연소부 단열' 역시 거꾸로 타는 비밀의 열쇠입니다. 단열 처리된 연소실은 장작이 연소될 때 발생하는 열을 외부로 빼앗기지 않도록 만듭니다..단열처리된 고온의 연소실에서 뜨겁고 가벼워진 연소가스와 공기는 수직연통 안에서 강력한 상승기류를 만듭니다. 이 때문에 장작투입구 쪽에서 공기를 빨아들이는 흡입력이 생깁니다. 이러한 작용으로 불꽃이 연소실 안쪽으로 거꾸로 빨려 들어가는 것입니다.



(그림6-4 로켓매스히터 연소부 로켓엘보의 'J' 자 구조)

- 세번째 비밀, '연소실 일체형 수직연통'

로켓매스히터는 수직으로 세운 짧은 연통이 연소실과 일체화되어 로켓 연소부를 이루고 있습니다. 이렇게 수직연통을 연소실과 일체화시켜 내장하게 되면 연소가스의 열을 최대한 잡아둘 수가 있을 뿐 아니라 연소부 내부를 고온 상태로 만들 수 있습니다. 때문에 그 어떤 난로보다 강력한 흡입력을 갖게 됩니다. 초기 로켓매스히터 모델에 내장된 수직연통의 높이는 보통 91.48cm 정도입니다. 이 수직연통 안에서 강력한 상승기류가 형성되며 열기가 올라가기 때문에 열기상승관이라고 부릅니다. 그대로 수직연통으로 부르기도 합니다.

Box Tip : 연통효과와 흡입력

야외에서 장작 더미에 불을 붙이면 화력이 높기 때문에 가까이 가기 쉽지 않고 주위에 오래 앉아 있으면 연기 때문에 눈이 아프고 눈물이 나기 싫습니다. 나무 연기는 냄새는 좋을 지 모르지만 대부분 유독 가스이기 때문에 해롭습니다. 장작불 가까이 있는 사람만 따뜻하고 대부분의 열은 공기 중으로 재빨리 사라집니다.



(그림6-5 연통의 역할과 흡입력)

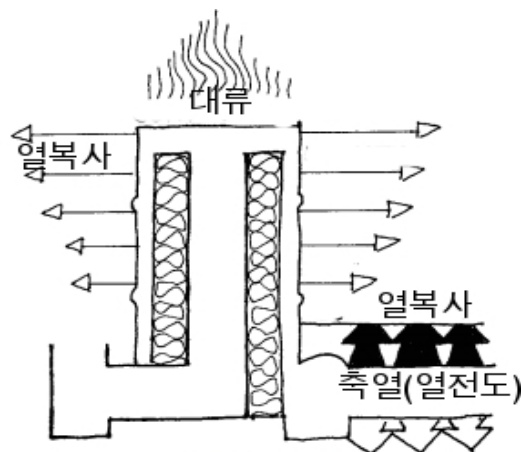
장작더미 한가운데 연통을 세우면 연통은 유독한 연기와 불꽃을 진공청소기처럼 빨아들입니다. 연통 안쪽이 연통 바깥쪽 온도 보다 높기 때문에 연통 안쪽의 공기가 더 가볍고 뜨거워집니다. 상대적으로 연통 주변의 공기는 온도가 낮고 무겁기 때문에 연통 아래로 모였다가 연통 속으로 빨려 올라가게 됩니다. 이때 연기와 불꽃, 열기를 함께 연통 속으로 빨아들이는 흡입력은 연통의 높이와 화력에 따라 달라

집니다. 연통이 높으면 높을 수록 흡입력은 높아집니다. 연통의 높이가 비록 낮다고 하여도 연통을 단열해서 연통 내부의 온도를 높이면 강력한 흡입력을 갖게 할 수 있습니다.

로켓매스히터의 장점

로켓매스히터의 가장 중요한 장점은 바닥난방과 공간난방을 한번에 해결하는 난방장치라는 것입니다. 로켓매스히터는 구들과 벽난로의 결합이 가능한 난방장치입니다. 그러나 진정한 로켓매스히터의 장점은 이뿐만이 아닙니다.

1. 장작을 거꾸로 세워 넣을 수 있기 때문에 타 들어가면서 중력에 의해 자동으로 장작이 연소실로 공급됩니다. 장작이 거꾸로 타 들어가기 때문에 장작 끝에 연소점을 집중시킬 수 있고 그 결과 불완전 연소가 일어나지 않습니다.
2. 연소실, 연소로, 수직연통 등 연소부 일체가 단열처리 되어 있어 고온을 유지하게 되고 깨끗하게 고온 완전 연소됩니다. 높은 연소효율로 인해 땀감을 50~90% 이상 절약할 수 있습니다.
3. 상승기류가 발생하는 수직연통(열기상승관)이 내장되어 있어 고온을 유지하고 화염과 열기의 흐름을 로켓처럼 가속시킵니다.
4. 열복사, 대류, 축열(열전도) 난방 기능이 복합적으로 결합되어 있어 최대한 열에너지를 동시에 이용할 수 있습니다. 즉, 공간 난방과 바닥난방을 겸할 수 있고 찻 물을 끓이거나 음식을 데울 수도 있습니다.



(그림6-6 로켓매스히터의 복합 난방 개념도)

5. 복합 난방으로 인해 신속하게 방을 데울 수 있을 뿐 아니라 불이 꺼진 후에도 열기를 오랜 동안 지속시킬 수 있습니다.

6. 연소부와 축열체인 흙집대나 흙의자가 기능적으로 연결되어 있어 열을 오랜 동안 저장할 수 있을 뿐 아니라 자연적인 가구의 역할을 합니다.
7. 불완전 연소의 결과인 연기, 재, 그을음, 목탄액이 매우 적게 나오고 굴뚝이나 연통으로 불꽃이 솟지 않아 화재의 위험이 적습니다.
8. 값싼 재활용 자재나 주변에서 쉽게 구하는 재료를 이용해서 특별한 기술 없이도 누구나 쉽고 경제적으로 만들 수 있습니다.
9. 온수 장치, 구들, 빵 굽는 오븐, 조리용 화덕 등과 쉽게 결합시킬 수 있습니다.

로켓매스히터의 단점

로켓매스히터는 많은 장점을 가지고 있지만 그렇다고 완벽하지는 않습니다. 몇가지 단점을 가지고 있습니다.

1. 장작투입구가 작기 때문에 장작을 자주 넣어 주어야 합니다. 중력에 의해 떨감이 자동으로 연소실로 미끄러져 들어가도록 만들어져 있지만 휘거나 용이가 있거나 갈라진 가지일 경우 걸리기 쉽습니다.
2. 장작을 가늘게 쪼개는 데 많은 시간이 걸립니다. 직경 약 15cm 수평 연통을 축열의자 밑에 사용하는 로켓매스히터의 경우는 팔뚝 만한 크기로 장작을 쪼개 넣어야 합니다. 장작이 그 이상 크면 문제가 생깁니다. 약 20cm 수평 연통을 사용한 경우라면 장작은 무릎 두께 이상이 되어서는 안됩니다.
3. 로켓매스히터는 연소실 입구, 즉 화구가 실내에 있기 때문에 처음 불을 지필 때 연기가 방 안으로 나올 수 있습니다. 때문에 실외 연통에 팬 배출기를 설치하여 처음 불을 지필 때나 저기압으로 연기배출이 잘 안될 때 임시로 사용합니다.
4. 고온으로 인한 부식이 심합니다. 로켓매스히터는 연소실 온도가 1000도까지 올라가기 때문에 열부하가 큼니다. 연소부를 만들 때 금속 파이프나 일반 벽돌을 사용한다면 쉽게 부식되거나 깨져 부스러질 수 있습니다. 로켓매스히터의 연소부(연소실, 연소로, 수직연통)는 내화단열 벽돌, 주철, 내화도기를 사용하면 수명을 늘릴 수 있습니다.
5. 모든 나무 화덕이나 구들처럼 재를 자주 긁어내야 합니다. 물론 로켓매스히터는 장작을 고온 연소시키기 때문에 상대적으로 훨씬 적은 숯이나 재를 남깁니다. 재가 쌓이면 연소효율이 떨어지고 연기가 역류할 수 있습니다. 연소실 밑이나 연소부와 축열부 결합지점, 수평연통이 꺾이는 부분, 바깥으로 나가는 연통 밑 등 여러곳에 점검구 또는 재청소구를 만들어 두어야 합니다.
6. 로켓매스히터를 사용하는 데 숙련된 기술이 필요합니다. 로켓매스히터에 장작을 골라 넣고 불을 지피는 일은 조금 과장하면 예술의 경지를 요구합니다. 한꺼번에 장작을 많이 넣을 수 없기 때문에 조심스럽게 때에 맞게 조금씩 넣어야 합니다. 처음 불을 붙일 때는 가는 장작부터 시작해서 점점 굵은 장작으로

바꾸어 주어야 합니다.

7. 열교환 발열 드럼통은 불을 지피기 시작한 후 곧 뜨거워지지만 축열 흠침대나 흠의자는 따뜻하게 되는 데 시간이 걸립니다. 축열부의 규모에 따라 다르겠지만 보통 30분 이상 불을 때야 바닥이 뜨거워지기 시작합니다. 자주 불을 때지 않은 경우 차갑게 식은 축열부의 흠의자나 흠침대를 따뜻하게 하는 데 특히 시간이 걸립니다. 전통적인 구들과 마찬가지로입니다.

8. 규모가 아주 큰 바닥을 데우는 데 한계가 있습니다. 국내의 경우 로켓매스히터와 구들 고래 구조를 결합시켜서 보다 큰 규모의 바닥 난방과 공간 난방을 동시에 해결하려는 다양한 시도가 있습니다. 현재 8평 규모의 거실 바닥을 흠건축 전문기업인 공방 무의 이일우 소장이 로켓매스히터를 적용한 사례가 있습니다.