KIEAE Journal, Vol. 23, No. 2, Apr. 2023, pp.37-44.

KIEAE Journal
Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
120

고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성 분석

An Analysis of Thermal Characteristics of Chimneys According to the Installation of Gorae Gaejari

박동현* · 김준봉**
Dong-Hyun Park* · June-Bong Kim**

* Graduate Student, Dept. of Architectural Engineering, Shenyang Architecture Univ., China (hitdhp@hanmail.net)
** Corresponding author, Professor, Dept. of Architectural Engineering, Shenyang Architecture Univ., China (ondol92@daum.net)

ABSTRACT

Purpose: This study is a study on the thermal characteristics of ondol according to the shape of Gorae under the gudeuljang of ondol, a traditional residential heating method in Korea, and the presence or absence of Gorae. The function of the traditional Ondol is a floor radiant heating method based on heat storage, which traps heat on the floor of the room and creates a space for heat storage. The effect of the presence or absence of Gorae Gaejari on the efficiency of floor heating was tested by making a real model. In addition, the following conclusions were obtained by comparing the thermal efficiency of the ondol through comparison of the porcupine and porcupine, which are representative Gorae **Method:** This study was conducted by installing an actual mockup through the repeated installation and dismantling of spheres during the annual training course for traditional technicians conducted by the International Ondol Society located in Baekgok-myeon, Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do. **Result:** As a result of analyzing the thermal characteristics of the year according to the presence and absence of Canis, the presence of Canis was analyzed to be about 5% lower at the average temperature, about 50% at the highest temperature, and about 10% at the lowest temperature, compared to the absence of Canis. It has been analyzed that the presence of Canis is beneficial.

ⓒ 2023. KIEAE all rights reserved.

KEYWORD
온돌(구들)
줄고래
되돈고래
고래개자리
연도열효율

Ondol(Gudeul)
Julgorae
DeidonGorae
Gorae Gaejari
Chimney Thermal Efficiency

ACCEPTANCE INFO
Received Feb. 3, 2023
Final revision received Mar. 20, 2023
Accepted Mar. 24, 2023

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

전통구들은 우리 민족 고유 난방방식으로 일부 지역(예: 기온이 낮은 북부지방, 환경이 열악한 산골, 오랜된 시골의 일부, 등) 에서는 현재까지도 사용되어 지고 있다. 또한 기온이 급감하거나 추위에 노출된 경우, 따뜻한 아랫묵이 그리워지거나 시골의 온돌방을 상상하기도 한다[1].

또한 노령화의 증가로 귀촌, 귀향이 늘어나면서 전원주택에도 방 한 칸 정도는 구들방으로 계획하기도 하며 자연과 더불어 건강 건축을 갈망하는 이에게는 난방방식으로 사용 되어지기도 한다.

이후 연탄온돌, 온수온돌, 전기온돌 등 여러 형태의 바닥 난방방법이 생기면서 전통온돌인 구들이 실생활에 접목하기에는 한계가 있었다. 오늘날 대부분 공동주택 및 집합주택으로 형성되는 주거가 주류를 이루고 있으며, 주거는 삶에 지친 생활들로 경제적이고 친환경적이면서 건강과 여가, 등이 더 중요해진 형태로 활용하고 있는게 현실이다. 또한 삶의 질 향상, 주5일의 근무 형태, 등 가족들이 생활하는 생활은 늘어나고 있다. 이로 인해 구들을 이용한 찜질방이나 사우나, 등은 계절과 상관 없이 국가와 인종, 남녀노소를 가리지 않고 여가, 휴식, 취미, 건강을 지키기 위한 공간으로 다양하게 활용되어 지고 있다.

전통구들이 두한족열(頭寒足熱)식 난방방식(온돌은 좌식생활에 의한 바닥 복사 난방으로 사용됨에 근거함)으로서 건강에 이롭다는 학설이 주목받게 되고[2], 환경적 측면에서는 자연으로부터 얻은 재료로 축열(畜熱)에너지 이용의 높은 효율성 등 친환경적이고 쾌적한 환경으로 인해 고향에 대한 향수, 찜질효과, 피로회복, 등 전통구들의 추억을 회상하게끔 한다. 그렇기에 전통구들에 대한 다양한 측면에서 접근이 필요하고, 난방의 번거로움, 등 구들의 효율성을 높이는 연구로 고래개자리의 설치유무, 고래의 형태, 재료의 효율화, 난방온도의 적절성, 구들의 지속성, 친환경성, 등이 필요하다고 사료되었다[3][4].

이에 대한 전통구들에 대한 다양한 실험으로 열효율 증대 및 효율성을 입증하는 현실적인 연구가 필요하다. 온돌은 불을 발생시키는 아궁이부분, 발생한 열을 저장하고 발열하는 고래부분, 뜨거워진 열기를 가두는 기능을 하는 고래개자리, 식은 연기를 밖으로 내보내는 연도와 굴뚝 부분등 크게 네 부분으로 구성되며 그 중 들어온 뜨거운 열을 보존하는데 중요한 역할을 하는 곳으로 고래개자리가 필요할 것으로 판단된다[4].

이에 본 연구의 목적은 전통온돌에 있어서 고래개자리의 중요성을 파악하는 것이 목적이다. 따라서 고래개자리의 유, 무에 따라 열효율의 차이를 규명하는데, 아궁이를 통해 들어간 열이 구들에 발열되지 않고 연도와 굴뚝을 통해 밖으로 배출되는 연도의 열특성을 분석하였다.

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
https://doi.org/10.12813/kieae.2023.23.2.037

1.2. 연구의 방법 및 절차

본 연구는 충북 진천군 백곡면에 위치한 국제온돌학회에서 매년 실시되는 전통기술자 교육과정 중 반복되는 구들의 설치와 해체를 통하여 실물 목업을 설치하여 연구에 임하게 되었다.[1] 연구의 대상은 고래개자리의 중요성을 파악하는 것으로 문화재청에서 발행한 문화재수리 표준시방서 중, 1000 온돌공사(Page 215) 고래의 형태 중 일반적으로 가장 많이 사용(작업성이나 구조가 단순하여)되는 나란히고래(줄고래로 표기)와 열효율성이 높다는 되돈고래를 연구대상으로 선정하였다.[2]

이를 위해 다양한 형태의 고래를 제작과 해체를 통하여 복원하였으며 이는 수차례의 예비실험을 통하여 실험조건으로 설정하는 계기가 되었다.

위 Fig. 1.과 2는 줄고래 구들과 되돈고래 구들의 평면도이며, 실선은 고래개자리의 위치이며 일점쇄선은 연도의 위치를 표기한 평면도이다.

Fig. 1.의 줄고래는 아궁이, 고래 및 맨 뒤편에 고래개자리(실선)가 위치하며 그것을 지나 연도를 통하여 굴뚝으로 연기가 빠져나가는 구조이다. 또한 Fig. 2.는 되돈고래로서 아궁이와 연기가 빠져나가는 연도와 굴뚝이 나란히 위치하고 있어 고래개자리와 상관 없이 고래의 아래쪽으로 연기가 빠져나가는 연도가 길게 자리잡고 있는 구조이다.

전통구들의 구조는 크게 불을 지펴 들어가는 아궁이와 고래를 통해 들어간 불이 머무는 구들 그리고 열기가 빠져나가는 연도와 굴뚝으로 구분할 수 있다[5]. 이에 본 연구는 고래개자리의 중요성을 파악하기 위하여 고래개자리 뒤편에 위치한 연도에 센서를 설치하여 구들바닥에 전달되는 열효율에 따라 연도를 통해 빠져나가는 열의 온도를 체크하여 고래개자리의 유, 무에 따른 온돌의 축열상태를 파악하면서 연도의 온도를 실험을 통하여 분석하였다.

전통구들의 제작은 구들 내부환경 조건의 동일성을 유지하기 위하여 하나의 실물목업을 제작하여 1일차와 2일차에는 고래개자리가 있는 상태에서 진행되었으며 2일차 종료후인 완전 연소 후 고래개자리가 위치한 부위의 구들장을 해체후 고래개자리를 막아 없는 상태에서 3일차 실험에 임하여 진행하여 환경에 대한 영향을 최소화 하였다.

줄고래와 되돈고래의 크기는 2000*2700으로 동일하게 제작하였으며, 외부환경에 따른 영향을 최소화 하기 위하여 동일한 시간대에 난방과 실험이 이루어졌다. 연료는 수분을 측정한 30KG을 하루 한 번 1시간 동안 투입하였으며, 조건과 환경의 영향을 최소화하기 위하여 외부에는 습도계를 설치하여 관리하였다.

측정에는 MIDI LOGGER GL 840 Data HUB를 사용하여 자동측정, 기록되는 센서를 설치하여 밖으로 배출되는 연도의 열특성을 체크하였다.(연도에 센서를 부착함)

이는 줄고래와 되돈고래의 고래개자리의 유, 무에 따른 연도의 열효율(연도를 통해 빠져 나가는 열이 적어야 구들에 축열되는 열효성이 높다는 것을 거꾸로 입증, 확인하는 자료로 활용)을 실험을 통해 입증하였다[6].

2. 실험내용 및 결과분석

2.1. 실험계획 및 내용

본 연구의 실험에 제작된 구들은 충북 진천군 백곡면에 위치한 국제온돌학회 실습장에서 줄고래 구들과 되돈고래 구들을 실물 목업으로 제작하였으며, 실험기간은 2019년 08월 09일에서 12일까지 3일간에 걸쳐 하루 한차례씩 불을 지펴 79시간 동안 실험결과를 측정하여 분석한 결과이다. 온도를 측정하는 센서는 연도에 설치하여 빠져나가는 열의 온도를 데이터 허브로 집계하는 것으로 자동 측정되었다. 문화재수리 표준시방서에 고래개자리는 고래를 통해 흐르는 화기와 연기를 모아 굴뚝으로 보내기 위해 일정한 폭과 깊이로 고래 끝에 설치한 고랑으로 정의하고 있다. 또한 연도는 고래개자리에서 굴뚝개자리 사이의 연기가 지나가는 길로 정의하고 있다[7]. 하지만 고래개자리의 있고 없음에 따라 방바닥 구들의 축열에너지가 어떻게 달라지는지 분석한 자료는 없는 실정이다. 이에 고래개자리의 유, 무에 따른 연도를 통해 굴뚝으로 빠져나가는 열이 적어야 방바닥 구들의 효율성을 높일 수 있으므로 의미 있는 연구라고 할 수 있다[7][8].

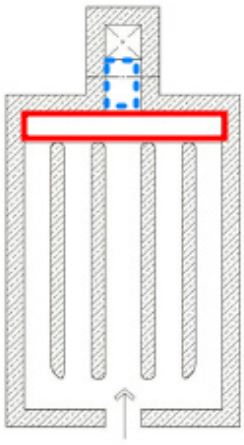

Fig. 1. Julgorae floor plan

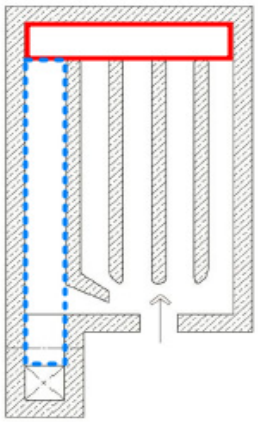

Fig. 2. Deidongorae floor plan

Fig. 3. Julgorae installation view

Fig. 4. Deidongorae installation view

Fig. 5. HUB Measurement view

Fig. 6. Data HuB view

위 Fig. 3.은 줄고래구들의 제작과정이며, Fig. 4.는 되돈고래구들의 제작과정의 일부이다. Fig. 5.와 6은 데이터 허브의 설치 측정 상태를 나타낸 실험상태를 나타낸다.

2.2. 실험(연구)방법 및 분석

1) 줄고래 구들

줄고래 구들은 아궁이에서 고래개자리까지 고래가 나란히 놓인 고래를 말한다. 즉 아궁이를 통하여 들어간 불길이 고래를 통해 들어가면서 구들장을 통해 축열이 이루어지고 고래의 맨 뒤편에 위치한 고래개자리(붉은 실선 – Fig. 7.)를 통하여 연소된 열이 연도(푸른 일점쇄선 – Fig. 7.)를 지나 굴뚝으로 배출되는 형태의 구들이다[4-6].

위 Fig. 7.은 줄고래 구들을 (2000*2700)으로 제작한 목업의 평면도이다. 붉은 실선으로 표기된 부분이 고래개자리이며, 그 뒤편의 푸른 일점쇄선 부분이 연도이다.

아궁이의 맨 뒤편에 위치한 고래개자리는 고래를 통해 흐르는 화기와 연기를 모아 연도와 굴뚝으로 보내기 위해 일정한 폭과 깊이로 고래 끝에 설치한 고랑으로 Y2(고래개자리 입구쪽)~Y3(고래개자리 출구쪽)사이의 고래개자리가 있을 때와 없을 때의 연도쪽으로 빠져나가는 온도를 측정하여 열특성을 비교 분석하기 위한 실험이다.

1일차와 2일차는 고래개자리가 있을 때의 연도의 온도를 기록하였으며, 3일차에는 고래개자리쪽 구들을 제거한 후 고래개자리를 메운 상태에서 측정한 연도의 온도를 기록하여 나타난 결과이다.

위 Fig. 8.은 줄고래 고래개자리를 설치하여 1일차 및 2일차를 44시간까지 측정하였으며, 이후 고래개자리 부분의 구들장을 제거한 후 고래개자리를 메운 상태에서 구들장을 덮고 35시간을 측정하여 당초와 같이 같은양의 연료를 공급하여 외부 영향을 최소화 하였다. (위 Fig. 9.)

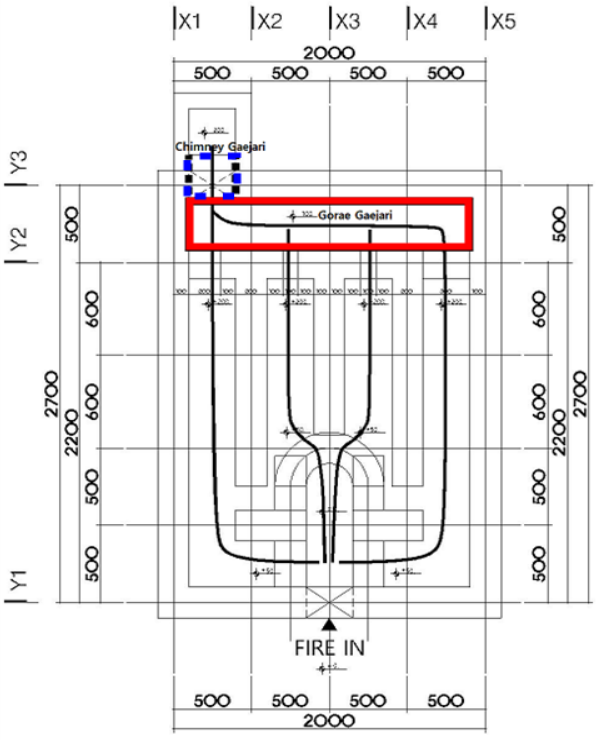

Fig. 7. Julgorae Gudeul floor plan

연도로 빠져나가는 온도를 HUB 스스로 감지하여 3일 동안인 79시간을 측정하여 줄고래 고래개자리의 유, 무에 따른 열특성을 비교한 평가 자료이다.

Fig. 10.은 줄고래구들 연도의 열특성 그래프이다. 3일간 측정 데이터의 79시간 평균온도는 30.5℃로 기록되었으며 최저온도는 측정후 2일차인 44시간이 경과한 24.1℃로 나타났으며, 최고온도는 고래개자리가 없는 3일차 50시간이 경과한 72.8℃로 측정되었다.

분석 결과를 보면 2일차 난방공급 후 최저온도는 25.4℃로 19시간이 지난 후였으며, 2일차 연료공급은 20시간경으로 나타났으며. 그 이후 최저온도는 44시간째인 24.1℃로 나타났다.

또한 최고온도는 3일차인 50시간이 경과한 시점인 72.8℃로 급격히 올라간 후 이후 서서히 낮아진 것으로 측정되었다.

Fig. 10.의 x축인 시간과, Table 1.의 시간에 표기된 3개의 지점은 불을 지핀 시간으로 온도가 올라가기 시작함을 알 수 있는 지점이다.

위 Table 1.은 줄고래구들 연도의 열특성 그래프를 시간대별 온도를 도표로 표시한 자료(Fig. 10.을 도표화)이다.

줄고래 구들의 고래개자리의 유(有), 무(無)에 따른 연도의 열특성 분석에는 3일간의 측정데이터를 수집하였다. 1일차 및 2일차의 44시간은 고래개자리가 있는 상태에서 3일차인 35시간은 고래개자리가 없는 상태에서 진행되었다.

줄고래 구들의 연도는 불을 지피는 아궁의 반대편에 위치해서 아궁이의 불이 고래를 통하여 들어가면서 바닥에 전달되며 고래의 뒤편에 설치된 고래개자리를 통하여 연도로 배출 된다. 이때 배출되기 전, 즉 연도는 고래개자리를 통하여 식은 열이 빠져나가면 온도가 낮아지게 되어 구들바닥의 열전도와 다르게 분석이 되어야 열효율이 좋아지게 된다[9].

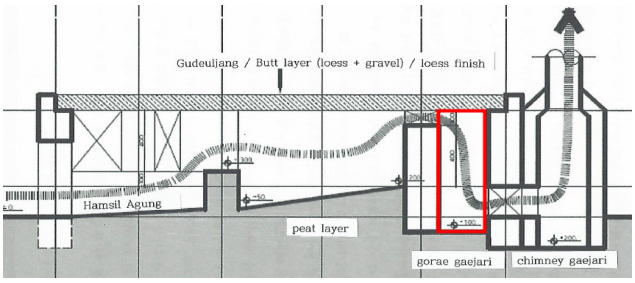

Fig. 8. Julgorae Gorae Gaejari – Pass through

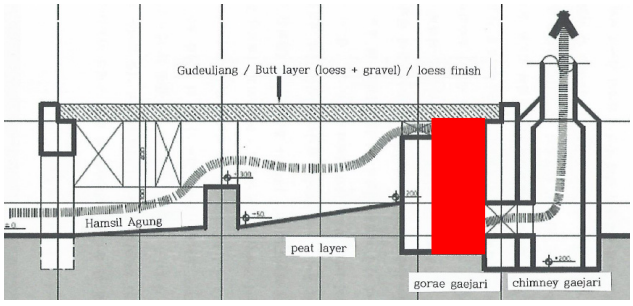

Fig. 9. Julgorae Gorae Gaejari – keep out

ⓒ2023. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment all rights reserved.

Table 1. Julgorae Gudeul Chimney Thermal property Data

Temperature according to time flow										
Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
Temperature	32.8	38.1	33.2	33.8	31.4	31.8	30.6	30.4	30.1	28.6
	28.6	27.2	27.3	27.1	26.6	26.6	25.9	25.6	25.4	40.3
	46.7	38.9	33.0	32.5	30.7	32.6	33.4	33.0	32.5	31.8
	31.5	30.7	29.4	28.9	28.7	26.6	26.6	27.1	25.4	25.1
	24.9	24.9	25.5	24.1	26.2	27.2	36.0	40.3	29.9	72.8
	38.6	35.3	33.6	32.1	31.7	30.2	29.7	28.6	28.4	27.9
	27.6	27.2	27.4	27.3	27.3	27.0	27.5	27.2	27.1	27.2
	26.8	27.9	28.4	29.1	30.3	30.3	30.4	29.5	28.8	
Average	**30.5**									

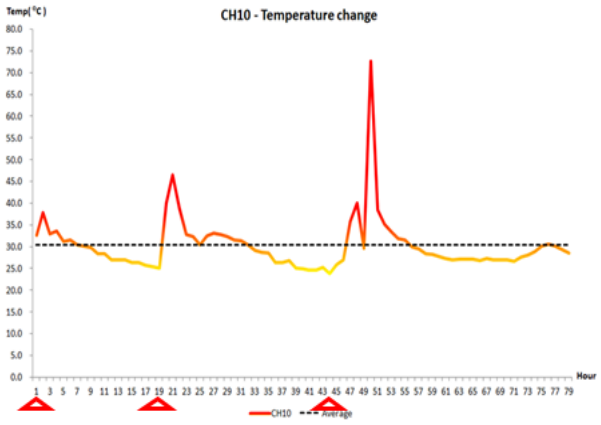

Fig. 10. Julgorae Gudeul Chimney Thermal property Data

이와 같이 고래개자리의 중요성과 구들의 효율성을 높이기 위한 연도의 열특성 분석을 위한 자료로 충분한 의미가 있을 것으로 보여진다.

2) 되돈고래 구들

되돈고래 구들은 아궁이와 굴뚝이 같은쪽에 있어서 고래를 타고 들어간 불길이 한 바퀴 돌아 나오도록 놓인 고래를 말한다. 즉 아궁이를 통하여 들어간 불길이 고래를 통해 들어가면서 구들장을 통해 축열이 이루어지고 고래의 맨 뒤편에 위치한 고래개자리(실선)를 통하여 연소된 열이 아래쪽에 위치한 연도(일점 쇄선)를 지나 아궁이쪽 굴뚝으로 배출되는 형태의 구들이다.

위 Fig. 11.은 되돈고래 구들을 (2000*2700)으로 제작한 목업의 평면도이다. 붉은 실선으로 표기된 부분이 고래개자리이며, 그 뒤편를 통해 되돌아 나오는 푸른 일점쇄선 부분이 연도이다.

아궁이의 맨 뒤편에 위치한 고래개자리는 고래를 통해 흐르는 화기와 연기를 모아 연도와 굴뚝으로 보내기 위해 일정한 폭과 깊이로 고래 끝에 설치한 고랑으로 Y2(고래개자리 입구쪽)~Y3(고래개자리 출구쪽)사이의 고래개자리가 있을 때와 없을 때의 연도쪽으로 빠져나가는 온도를 측정하여 열특성을 비교 분석하기 위한 실험이다.

1일차와 2일차는 고래개자리가 있을 때의 연도의 온도를 기록하

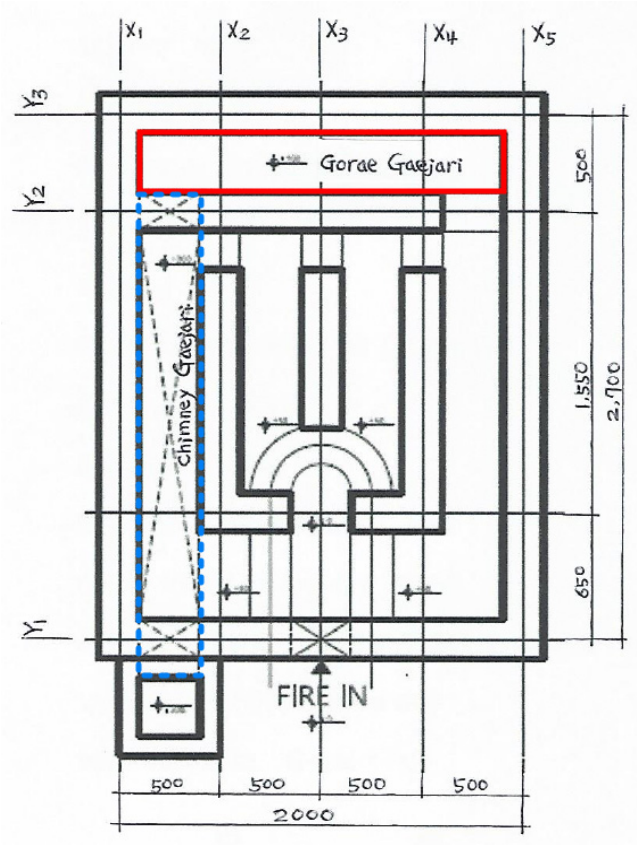

Fig. 11. Deidongorae Gudeul floor plan

였으며, 3일차에는 고래개자리쪽 구들을 제거한 후 고래개자리를 메운 상태에서 측정한 연도의 온도를 기록하여 나타난 결과이다.

위 Fig. 12.는 되돈고래 고래개자리를 설치하여 1일차 및 2일차를 44시간까지 측정하였으며, 이후 고래개자리 부분의 구들장을 제거한 후 고래개자리를 메운 상태에서 구들장을 덮고 35시간을 측정하여 당초와 같이 같은양의 연료를 공급하여 외부 영향을 최소화 하였다. (위 Fig. 13.)

연도로 빠져나가는 온도를 HUB 스스로 감지하여 3일 동안인 79시간을 측정하여 되돈고래 고래개자리의 유, 무에 따른 열특성을 비

교한 평가 자료이다.

위 Fig. 14.는 되돈고래구들 연도의 열특성 그래프이다. 3일간 측정 데이터의 79시간 평균온도는 29.3℃로 기록되었으며 최저온도는 측정후 2일차인 42시간이 경과한 22.7℃로 나타났으며, 최고온도는 고래개자리가 없는 3일차 52시간이 경과한 52.3℃로 측정되었다.

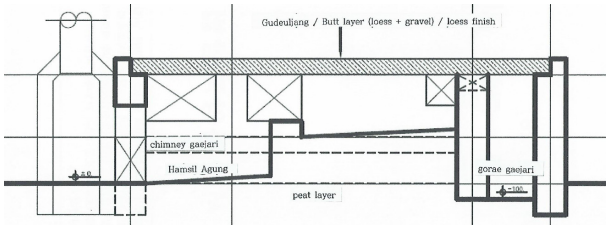

Fig. 12. Deidon Gorae Gaejari – Pass through

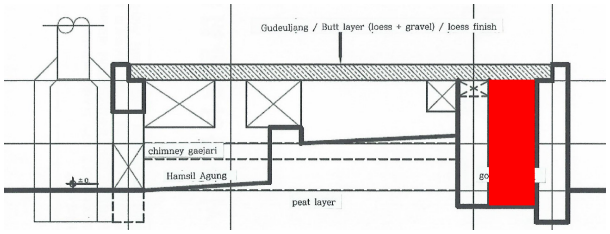

Fig. 13. Deidon Gorae Gaejari - keep out

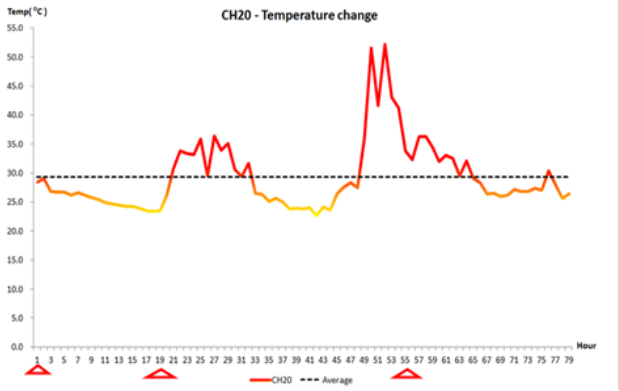

Fig. 14. Deidongorae Gudeul Chimney Thermal Property Data

분석 결과를 보면 1일차 난방공급 후 최저온도는 23.4℃로 18시간과 19시간이 지난 후였으며, 2일차 연료공급은 20시간경으로 나타났으며. 그 이후 최저온도는 42시간째인 22.7℃로 나타났다. 또한 최고온도는 3일차인 52시간이 경과한 시점인 52.3℃로 급격히 올라간 후 이후 서서히 낮아진 것으로 측정되었다.

Fig. 14.의 x축인 시간과, Table 2.의 시간에 표기된 3개의 지점은 불을 지핀 시간으로 온도가 올라가기 시작함을 알 수 있는 지점이다.

위 Table 2.는 되돈고래구들 연도의 열특성 그래프를 시간대별 온도를 도표로 표시한 자료(Fig. 14.을 도표화)이다.

되돈고래 구들의 고래개자리의 유(有), 무(無)에 따른 연도의 열특성 분석에는 3일간의 측정데이터를 수집하였다. 1일차 및 2일차의 44시간은 고래개자리가 있는 상태에서 3일차인 35시간은 고래개자리가 없는 상태에서 진행되었다.

되돈고래 구들의 연도는 불을 지피는 아궁이와 같은방향에 위치해서 아궁이의 불이 고래를 통하여 들어가면서 바닥에 전달되며 고래의 뒤편에 설치된 고래개자리를 통하여 아궁이쪽에 위치한 연도와 굴뚝으로 배출 된다. 이때 배출되기 전, 즉 연도는 고래개자리를 통하여 식은 열이 빠져나가면 온도가 낮아지게 되어 구들바닥의 축열온도와 다르게 분석이 되어야 열효율이 높다는 것을 확인할 수 있게 된다.

이에 같이 고래개자리의 중요성과 구들의 효율성을 높이기 위한 연도의 열특성 분석을 하게 되면 구들의 열효율성을 분석한 자료로 활용될 것으로 보여진다.

2.3. 소결

본 실험은 고래개자리 기능의 중요성을 확인하기 위하여 전통구들의 아궁이로부터 맨 뒤편에 위치한 고래개자리의 유(有), 무(無)에 따라 구들로 축열되지 않고 연도로 빠져나가는 열의 온도를 비교하여 구들의 열효율성을 높이는데 의의가 있다고 할 수 있다.

이에 문화재청에서 발행한 문화재수리 표준시방서의 1000 온돌공사 고래의 형태 분류에 따라 나란히고래(줄고래) 와 되돈고래를 실험대상으로 선정하였다.

Table 2. Deidongorae Gudeul Chimney Thermal Property Data

Temperature according to time flow										
Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
Temperature	28.4	29.1	26.8	26.7	26.7	26.2	26.6	26.2	25.8	25.4
	24.9	24.6	24.5	24.2	24.2	23.9	23.5	23.4	23.4	26.3
	30.7	33.8	33.4	33.2	35.9	29.5	36.4	34.0	35.1	30.6
	29.4	31.6	26.5	26.2	25.1	25.7	25.0	23.8	23.9	23.8
	24.0	22.7	24.1	23.6	26.4	27.6	28.3	27.5	36.0	51.6
	41.7	52.3	43.1	41.2	33.8	32.3	36.3	36.3	34.4	32.0
	33.0	32.5	29.5	32.1	29.1	28.4	26.4	26.5	26.0	26.1
	27.1	26.8	26.8	27.3	27.0	30.4	28.0	25.6	26.4	
Average	29.3									

ⓒ2023. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment all rights reserved.

아래 Fig. 15.는 줄고래 구들과 되돈고래 구들의 연도 열특성 자료를 동시에 나타낸 그래프이다. 그래프 푸른색(높게 나타난 부분 그래프) CH10[3]은 줄고래를 나타내며 붉은색(낮게 나타난 그래프) CH20[4]은 되돈고래의 그래프를 같은 선상에 나타낸 것이다.

위 Fig. 16.은 기상청에서 확인된 감정당시의 지역구 온도자료를 표시한 것으로 평균 온도는 30℃ 정도로 거의 일정하였다. 본 실험은 야외에서 진행된 것으로 외기의 영향과는 크게 지장이 없는 것으로 보여지나(바닥의 구들과 그 아래 굴뚝으로 빠져 나가는 온도를 측정) 환경 조건을 제시하여 미흡하나마 실험의 구체성을 확보하였다.

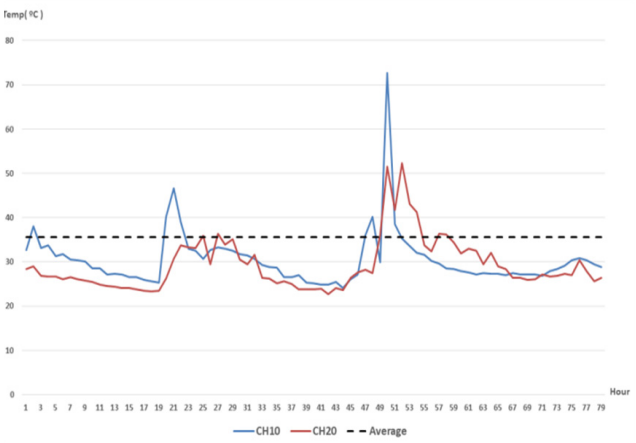

Fig. 15. Julgorae & Deidongorae Gudeul Chimney Thermal Property

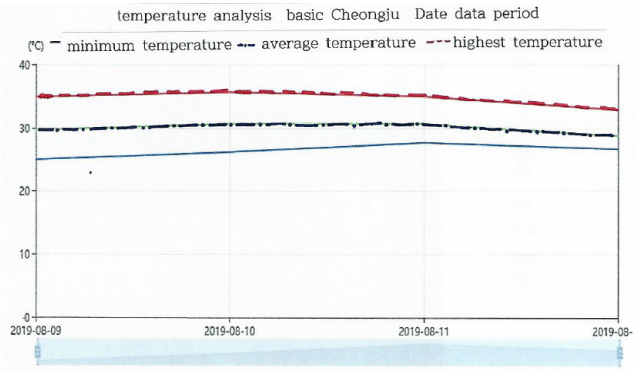

Fig. 16. District Temperature Data at the Time of Experiment

1) 줄고래 구들

줄고래 구들의 고래개자리가 있는 상태의 1일차 19시간 평균온도는 29.53℃이며, 최고온도는 2시간째인(즉, 난방시간 1시간후 – 난방 완료시점) 38.1℃로 최고로 나타났으며 최저온도는 19시간째인 25.4℃로 측정되었으며, 2일차 25시간 평균온도는 30.59℃로 측정되었고, 최고온도는 21시간째인(즉, 난방시간 1시간후 – 난방 완료시점) 46.7℃로 최고로 나타났으며 최저온도는 44시간째인 24.1℃로 측정되었다.

또한, 줄고래 구들은 고래개자리가 없는 상태의 3일차 35시간 평균온도는 30.95℃로 측정되었고, 최고온도는 50시간째인(즉, 난방시간 1시간 후 – 난방 완료시점) 6시간째인 72.8℃로 최고로 나타났으며 최저온도는 45시간째인 26.2℃로 측정되었다.

줄고래 구들의 고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성은 고래개자리 있을시 최고온도는 난방 1시간후(난방 완료시점)이 1시간이 지난시점이 최고온도로 나타났으며, 고래개자리가 없을시 최고온도는 난방 1시간후(난방 완료시점) 6시간이 지난시점이 최고온도를 기록하였다.

이는 고래개자리의 유, 무에 따른 연도의 온도는 고래개자리가 있을시, 고래개자리가 없을시 보다 온도가 절반 가까이 낮았으며(최고점 기준 38.1℃ → 72.8℃)로 나타났다. 이는 고래개자리가 없을시 열손실이 훨씬(약 34.7℃)이 크다는 것을 보여준 실험으로 평가되었다. 또한 줄고래 구들의 고래개자리가 있을 때 와 없을 때의 온도 차이가 최고 72.8℃에서 최저 24.1℃로 기록되었다.

2) 되돈고래 구들

되돈고래 구들은 고래개자리가 있는 상태의 1일차 19시간 평균온도는 25.5℃이며, 최고온도는 2시간째인(즉, 난방시간 1시간후 – 난방 완료시점) 29.1℃로 최고로 나타났으며 최저온도는 42시간째인 22.7℃로 측정되었으며, 2일차 25시간 평균온도는 28.57℃로 측정되었고, 최고온도는 27시간째인(즉, 난방시간 1시간후 – 난방 완료시점) 36.4℃로 최고로 나타났다. 또한, 되돈고래 구들의 고래개자리가 없는 상태의 3일차 35시간 평균온도는 31.88℃로 측정되었고, 최고온도는 52시간째인(즉, 난방시간 1시간 후 – 난방 완료시점) 8시간째인 52.3℃로 최고로 나타났으며 최저온도는 78시간째인 25.6℃로 측정되었다.

Table 3. Julgorae Gudeul & Deidongorae Gudeul Chimney Thermal property comparison

Gorae kind \ Sortation		Julgorae Gudeul	Deidongorae Gudeul	AVG
Average temperature(79 hour)		30.5	29.3	29.9
Gorae gaejari (Pass through) (44 Hour)	High temperature(°C)	46.7	36.4	41.55
	Lowe temperature(°C)	24.1	22.7	23.4
	Normal temperature(°C)	30.13	27.24	28.65
	Above average temperature(°C)	21 hour(47.7%)	14 hour(31.8%)	
	Beiow average temperature(°C)	23 hour(52.3%)	30 hour(68.2%)	
Gorae gaejari (keep out) (35 Hour)	High temperature(°C)	72.8	52.3	62.55
	Lowe temperature(°C)	26.2	25.6	25.9
	Normal temperature(°C)	30.95	31.88	31.41
	Above average temperature(°C)	8 hour(22.8%)	15 hour(42.8%)	
	Beiow average temperature(°C)	27 hour(77.2%)	20 hour(57.2%)	

되돈고래 구들 역시 고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성은 고래개자리 있을시 최고온도는 난방 1시간후(난방 완료시점)이 1시간이 지난시점이 최고온도로 나타났으며, 고래개자리가 없을시 최고온도는 난방 1시간후(난방 완료시점) 8시간이 지난시점이 최고온도를 기록하였다.

이는 고래개자리의 유, 무에 따른 연도의 온도는 고래개자리가 있을시, 고래개자리가 없을시 보다 온도가 절반 가까이 낮았으며 (최고점 기준 29.1℃ → 52.3℃)로 나타났다. 이는 고래개자리가 없을시 열손실이 훨씬(약 23.2℃)이 크다는 것을 보여준 실험으로 평가되었다.

되돈고래 구들의 고래개자리가 있을 때 와 없을 때의 온도 차이는 최고 52.3℃에서 최저 22.7℃로 나타나 고래개자리의 유, 무에 따라 연도의 열손실이 차이가 크다는 것으로 판명되었음을 보여주는 것이다.

위 Table 3.은 줄고래 구들과 되돈고래 구들의 연도의 열특성을 분석한 비교표이다.

79시간을 측정한 줄고래의 고래개자리 있을시 연도의 열 온도는 44시간 평균 약 30.06℃로 나타났으며, 최고온도는 42.4℃, 최저온도는 24.75℃로 측정되었다. 하지만 줄고래의 고래개자리 없을시 연도의 열 온도는 35시간 평균 30.95℃로 고래개자리 유, 무에 따른 평균 온도는 차이가 별로 나타나지 않았다. 그러나 최고온도는 72.8℃로 고래개자리 유, 무에 따른 온도는 (42.4℃ → 72.8℃) 약 30℃ 손실이 있는 것으로 조사되었다.

최저온도는 26.8℃로 고래개자리 유, 무에 따른 온도는 약 2℃로 미미한 변화를 보였다. 이에 줄고래 고래개자리 유, 무에 따른 연도 열분석은 있을 때보다 없을시 약 30℃ 손실이 있는 것으로 파악되었다.

79시간을 측정한 되돈고래의 고래개자리 있을시 연도의 열 온도는 44시간 평균 약 27.03℃로 나타났으며, 최고온도는 32.75℃, 최저온도는 23.05℃로 측정되었다. 하지만 되돈고래의 고래개자리 없을시 연도의 열 온도는 35시간 평균 31.88℃로 고래개자리 유, 무에 따른 평균 온도는 차이가 별로 나타나지 않았다. 그러나 최고온도는 52.3℃로 고래개자리 유, 무에 따른 온도는 (32.75℃ → 52.3℃) 약 19.55℃ 손실이 있는 것으로 조사되었다.

최저온도는 25.6℃로 고래개자리 유, 무에 따른 온도는 약 2.55℃로 미미한 변화를 보였다. 이에 되돈고래 고래개자리 유, 무에 따른 연도 열분석은 있을 때보다 없을시 약 19.55℃ 손실이 있는 것으로 파악되었다.

연구 결과는 줄고래 구들과 되돈고래 구들 모두 고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성은 고래개자리 없을시 20℃~30℃의 손실이 더 생긴 것으로 파악되었으며, 줄고래와 되돈고래의 연도 열손실은 최저점 온도는 차이가 미미하였으나 평균온도는 약 2℃~5℃ 정도의 차이를 보였으나, 최고온도는 약 20℃ 정도 열 손실의 온도 차이를 보였다. 연도의 열손실이 되돈고래보다 줄고래의 손실이 큰 것으로 보아 열보존율은 되돈고래가 높은 것으로 조사, 분석되었다. 그 원인은 되돈고래가 줄고래보다 고래개자리에서부터 굴뚝까지 나가는 고래의 길이의 차이에서 기인된 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구는 구들에 있어 고래개자리의 기능을 파악하고져 고래개자리의 유, 무에 따라 연도의 열특성을 분석하는 것으로 가장 많이 사용되는 줄고래 구들과 열효율성이 높다는 되돈고래 구들을 선정하여 분석하였다.

문화재청 문화재수리 표준시방서의 온돌공사에 의하면 고래개자리[2)]는 고래를 통해 흐르는 화기와 연기를 모아 굴뚝으로 보내기 위해 일정한 폭과 깊이로 고래 끝에 설치한 고랑으로 명기하고 있다. 즉 아궁이로 들어간 불길이 고래를 통하여 구들장에 축열되는 열이 높을수록 고래개자리를 통해 연도 및 굴뚝으로 빠져나가는 열은 낮을 것이다. 이를 분석하기 위하여 본 실험이 이루어졌다.

줄고래 구들 및 되돈고래 구들의 고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성 분석하기 위하여 연도에 센서를 부착하여 온도를 측정한 결과, 줄고래 구들의 79시간 평균온도는 30.5 ℃로 집계되었다.

고래개자리가 있는 상태의 44시간 측정데이터는 최고온도 46.7℃, 최저온도 24.1℃, 평균온도 30.13℃로 나타났다. 평균온도이상 난방시간은 21시간으로 44시간대비 47.7%로 분석되었다.

고래개자리가 없는 상태의 35시간 측정데이터는 최고온도 72.8℃, 최저온도 26.2℃, 평균온도 30.95℃로 나타났다. 평균온도이상 난방시간은 8시간으로 35시간대비 22.8%로 분석되었다. 고래개자리가 없을 경우 최고온도 및 최저온도는 높게 나타났으나 평균온도 이상 난방시간은 약 2배 이상 짧게 분석되었다.

되돈고래 구들의 연도의 열특성을 분석하면 79시간 평균온도는 29.3℃로 집계되었다. 고래개자리가 있는 상태의 44시간 측정데이터는 최고온도 36.4℃, 최저온도 22.7℃, 평균온도 27.24℃로 나타났다. 평균온도이상 난방시간은 14시간으로 44시간대비 31.8%로 50%에 미치지 못하는 것으로 분석되었다.

고래개자리가 없는 상태의 35시간 측정데이터는 최고온도 52.3℃, 최저온도 25.6℃, 평균온도 31.88℃로 나타났다. 평균온도이상 난방시간은 15시간으로 35시간대비 42.8%로 분석되었다. 고래개자리가 없을 경우가 최고온도, 최저온도, 평균온도, 평균온도이상 난방시간 모두 고래개자리가 있을 경우 보다 높게 분석되었다.

연구 결과를 종합하면 줄고래 구들과 되돈고래 구들 모두 고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성은 고래개자리 없을시 20℃~30℃의 손실이 더 생긴 것으로 파악되었으며, 줄고래와 되돈고래의 연도 열손실은 최저점 온도는 차이가 미미하였으나 평균온도는 약 2℃~5℃ 정도의 차이를 보였으나, 최고온도는 약 20℃ 정도 열 손실의 온도 차이를 보였다. 연도의 열손실이 되돈고래보다 줄고래의 손실이 많은 것으로 보아 열보존율은 되돈고래가 높은 것으로 조사, 분석되었다.

고래개자리의 중요성을 파악하기 위하여 줄고래 구들과 되돈고래 구들의 고래개자리 유, 무에 따른 연도(굴뚝)의 열특성 분석 결과를 정리하여 보면,

첫째 : 줄고래 구들 연도의 79시간 평균온도는 30.5℃로 기록되었으며, 고래개자리가 있을 때의 44시간의 기록은 최고온도 46.7℃, 최저온도 24.1℃, 평균온도는 30.13℃로 나타났다. 평균온도이상 배출시간은 21시간으로 44시간 측정대비 47.7%로 나타났으며, 평

ⓒ2023. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment all rights reserved.

균온도이하 배출시간은 23시간으로 52.3%를 나타내어 평균온도이상 배출시간보다 5% 정도의 차이를 보였다. 또한 고래개자리가 없는 상태의 35시간 기록은 최고온도 72.8℃, 최저온도 26.2℃, 평균온도는 30.95℃로 나타났다. 평균온도이상 배출시간은 8시간으로 44시간 측정대비 22.8%로 나타났으며, 평균온도이하 배출시간은 27시간으로 77.2%를 나타내어 평균온도이상 배출시간보다 3배 이상의 차이를 보였다.

둘째 : 되돈고래 구들의 79시간 평균온도는 29.3℃로 기록되었으며, 고래개자리가 있을 때의 44시간의 기록은 최고온도 36.4℃, 최저온도 22.7℃, 평균온도는 27.24℃로 나타났다. 평균온도이상 배출시간은 14시간으로 44시간 측정대비 31.8%로 나타났으며, 평균온도이하 배출시간은 30시간으로 68.2%를 나타내어 평균온도이상 배출시간보다 2배 이상의 차이를 보였다.

또한 고래개자리가 없는 상태의 35시간 기록은 최고온도 52.3℃, 최저온도 25.6℃, 평균온도는 31.88℃로 나타났다. 평균온도이상 배출시간은 15시간으로 44시간 측정대비 42.8%로 나타났으며, 평균온도이하 배출시간은 20시간으로 57.2%를 나타내어 역시 평균온도이상 배출시간보다 10% 이상의 차이를 보였다.

셋째 : 줄고래 구들 및 되돈고래 구들의 평균온도는 29.9℃로 고래개자리가 있을 경우는 28.65℃로 평균온도보다 1.25℃ 낮게 분석되었으나, 고래개자리가 없을 경우에는 31.41℃로 평균온도보다 1.51℃ 높게 분석되었다.

고래개자리가 있을 경우 최고온도와 최저온도에서도 41.55℃와 23.4℃로 고래개자리가 없을 경우의 최고 62.55℃와 최저 25.9℃보다 최고온도에서는 약 50% 낮았으며 최저온도는 약 10%가량 낮게 분석되었다.

즉, 이번 논문에서 나타난 고래개자리 유, 무에 따른 연도의 열특성 분석의 결과 고래개자리가 있을 경우 평균온도에서는 약 5%, 최고온도에서는 약 50%, 최저온도에서는 약 10%정도 고래개자리가 없을 경우보다 낮게 분석되어 고래개자리가 있을 경우 유리하게 작용하는 것으로 분석되었다.

다만, 실험과정의 아쉬움은 3일간 79시간을 체크하였으나 44시간은 고래개자리 있을 시 35시간은 고래개자리 없을 시로 시간과 3일간을 1, 2일차 와 3일차로 일정치 못한점, 실내가 아닌 실외에서 여름철 측정하다보니 외부의 영향이 있을 수 있다는 점들은 추후 보완하여야 할 과제로 평가되었다.

References

[1] 김준봉, 옥종호, 온돌과 구들의 용어 정의와 그 유래에 관한 연구, 한국건축역사학회지, 제23권 제2호, 2014, pp.108-115. // (J.B. Kim, J.H. Ok, A Study on the definition of term and origin of Ondol and Gudeul, Journal of Architectural History, 23(2), 2014, pp.108-115.)

[2] 김준봉, 리신호, 오홍식, 온돌 그 찬란한 구들 문화, (개정증보판)청홍, 2008, pp.61-62. // (J.B. Kim, S.H. Rhee, H.S. Oh, Ondol, that splendid Gudeul culture, Cheonghong, 2008, pp.61-62.)

[3] 김준봉, 흙과 불의 과학적 만남, 한솔교육, 2009. // (J.B. Kim, Scientific meeting of earth and fire, Hansol Education, 2009.)

[4] 김준봉, 리신호, 온돌 그 찬란한 구들 문화, 청홍, 2006. // (J.B. Kim, S.H. Rhee, Ondol, that splendid Gudeul culture, Cheonghong, 2006.)

[5] 김준봉 외 5인, 온돌과 구들문화, 어문학사 2014, pp.19-22. // (J.B. Kim et al., Ondol and Gudeul culture, amhbook, 2014, pp.19-22.)

[6] 리신호, 리광훈, 전통온돌(구들)의 열전달 효과에 관한 연구, 한국농업기계학회 2006년도 하계 학술대회 논문집, 제11권 제2호, 2006, pp.213-216. // (S.H. Rhee, G.H. Rhee, Analysis for thermal transfer in traditional Ondol(Gudle), The Summer Conference of Korea Society for agricultural machinery, 11(2), 2006, pp.213-216.)

[7] 김준봉, 온돌문화 세계무형유산 등재 타당성 연구 보고서, 문화재청. 2018. // (J.B. Kim, Cultural heritage administration research project Ondol culture feasibility study on intangible cultural heritage listing service report, Cultural Heritage Administration of the Republic of Korea, 2018.)

[8] 리신호, 문종민, 리광훈, 전통구들의 고래 내부 유동 방향성에 따른 수치해석적 열특성 비교 분석, 국제온돌학회지, 통권 6호, 2007. // (S.H. Rhee, J.M. Moon, G.H. Rhee, Numerical comparative analysis for fluid blowing direction of temperature in Gorae of traditional GUDLE, Journal of International Society of Ondol's, No. 6, 2007.)

[9] 김준봉, 문재남, 김정태, 온돌문화 구들만들기, 청홍, 2011. // (J.B. Kim, J.N. Moon, J.T. Kim, Making Ondol, Gudeul culture, Chenghong, 2011.)

1) 이번 연구는 2019년부터 매년 분기별 실시되는 국제온돌학회의 도움으로 제작된 줄고래구들과 되돈고래구들을 이용하여 본 연구에 임하게 되었다.

2) 문화재청, 문화재수리 표준시방서 1000 온돌공사 중 (2021년도) 217p.

3) 줄고래 구들 연도의 센서에 부착 된 No로 구들 바닥에는 9개의 센서를 설치하였으나 여기서는 연도만 발췌하여 표기하였습니다.(총 10개소의 센서를 설치 함)

4) 되돈고래 구들 연도의 센스에 부착 된 No로 구들 바닥에는 9개의 센서를 설치하였으나 여기서는 연도만 발췌하여 표기하였습니다.(총 10개소의 센서를 설치 함)