

작품번호
1502

제49회 전국과학전람회

신라인이 만든 석굴암에는
왜 이슬이 맺히지 않았을까?

출품분야	학생부	출품부문	지구과학
------	-----	------	------

2003. 8.

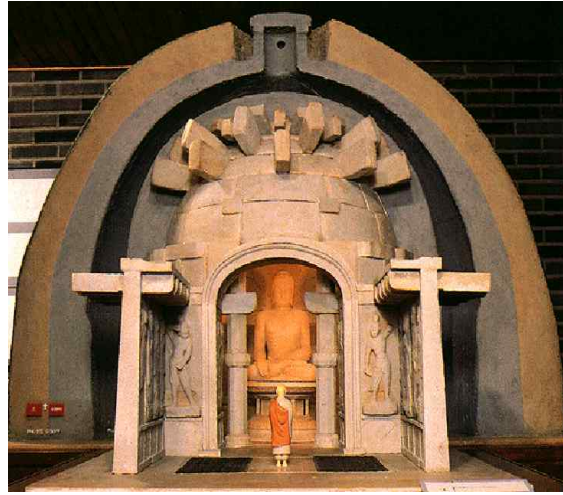
시·도	학 교 (소 속)	학 년 (직 위)	성 명
경상북도	용황초등학교	6학년	김경아 차민영
지도교사	용황초등학교	교사	최규석

목 차

1. 탐구동기	1
2. 탐구내용 및 결과	1
가. 석굴암에 대한 기초 탐구	1
1) 석굴암의 구조에 대한 탐구	1
2) 장마철 석굴암 주위의 기후에 대한 탐구	2
나. 이슬이 맺히는 현상에 대한 탐구	3
1) 이슬이 맺히는 현상과 기온의 관계 탐구	3
2) 이슬이 맺히는 현상과 습도의 관계 탐구	3
3) 이슬이 맺히는 현상과 암석 표면온도의 관계 탐구	4
다. 주실외벽의 재질에 관한 탐구	5
1) 주실외벽의 재질에 따른 석실내의 습도 비교	5
2) 주실외벽의 재질에 따른 석실 내의 공기와 외기와의 교환 탐구	5
3) 주실외벽의 재질에 따른 주실의 내·외부공기와의 성질 탐구	6
라. 석굴암의 공기흐름 탐구	8
1) 공기층을 포함한 주실 외벽 자갈층의 공기흐름 탐구	8
2) 석굴암 전실에서의 공기흐름 탐구	9
3) 전실로 나오는 공기의 흐름에 관한 탐구	9
마. 비도의 역할에 관한 탐구	10
1) 전실, 비도의 유무가 석굴암내부의 공기흐름에 미치는 영향탐구	10
2) 비도의 길이에 관한 탐구	12
3) 비도의 넓이에 관한 탐구	12
바. 감로수의 역할에 관한 탐구	13
1) 감로수가 석실내부의 온도에 미치는 영향 탐구	13
2) 감로수가 흐를 때 석실에서 공기의 흐름 탐구	14
3) 감로수가 흐를 때 석실 안의 이슬 맺힘 탐구	14
3. 종합결론 및 제언	16

1. 탐구동기

지난 가을 현장체험학습으로 석굴암을 다녀왔다. 선생님께서 일제시대에 보수공사를 한 이후로 석굴암 내부에 이슬이 맺히고 이끼가 끼어 훼손이 심해져 그것을 막기 위해 유리벽을 설치해 두었으나 별다른 효과가 없다고 하셨다. 신라인이 만든 석굴암이 천년동안 습기가 생기지 않은 이유가 궁금하여 선생님의 도움을 받아 탐구하였다.



〈석굴암의 현재 모형〉

2. 탐구내용 및 결과

가. 석굴암에 대한 기초 탐구

1) 석굴암의 구조에 대한 탐구

가) 탐구 방법

- ① 신라과학관에서 석굴암의 구조에 관해 조사
- ② 군위의 제 2 석굴과 구조를 비교하였다



나) 결과 및 구조

구분 석굴	석굴형태	형성	외벽	환기구	감로수	비도	전실
경주 석굴암	입구가 있는 돔형태	인공석굴	자갈층	10개	○	○	○
군위 제2석굴	돔을 세로로 반 자른 모양	자연석굴	화강 암반	×	×	×	×

다) 알게된 점

- ① 경주 석굴암은 자갈층 외벽, 10개의 환기구, 감로수, 비도, 전실이 있었다.
- ② 현재 콘크리트 구조물이 있는 곳에 자갈층으로 된 외벽이 있었다.

2) 장마철 석굴암 주위의 기후에 대한 탐구

가) 탐구 방법

- ① 인터넷 : 기상청의 통계자료 (<http://www.kma.go.kr>)
- ② 문헌 : 석굴암 관련서적 및 기사
- ③ 현장조사: 석굴암 지역기후조사 및 신라과학관 방문

나) 결과

시기 구분		6월	7월	평균	문헌 및 현장조사
온도	경주	21.0	24.8	22.90	
	군위	21.8	24.7	23.25	
습도	경주	76.6	80.2	78.40	
	군위	70.9	78.5	74.70	

다) 알게된 점

- ① 경주의 석굴암 지역은 동해안과 인접하여 해풍의 영향으로 여름철 습도가 군위지역에 비하여 높다.
- ② 석굴암의 이슬맺힘 현상은 주로 여름 장마철에 발생하며 이때 석굴암주위의 습도는 80~90%내외를 유지한다(자료 : 신라과학관)

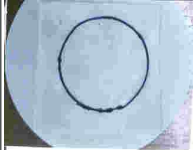


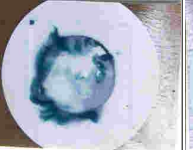


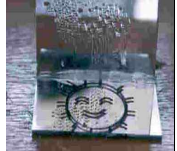



나. 이슬이 맺히는 현상에 대한 탐구

1) 이슬이 맺히는 현상과 기온의 관계 탐구

가) 실험 방법

- ① 온도와 습도를 조절할 수 있는 대기조절장치를 제작한다
- ② 한지 센서와 거울센서를 만든다
- ③ 기온 32도, 습도: 90%상태에서 온도를 낮추면서 관찰

나) 결과

기온 센서	32	30	28	26	24
한지 센서					
거울 센서					

다) 알게된 점

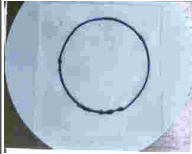
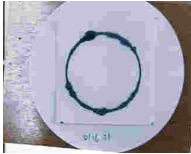

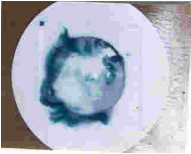


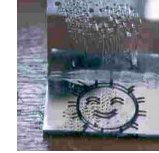
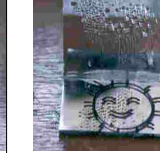
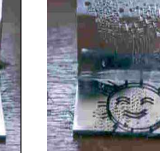
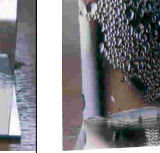
공기중 수분의 양이 일정할 때 기온이 낮을수록 이슬은 잘 맺힌다

2) 이슬이 맺히는 현상과 습도의 관계 탐구

가) 실험 방법

- ① 나-1)의 실험장치를 이용한다
- ② 기온을 24도를 유지한다
- ③ 습도를 60~100%까지 가습하면서 10%간격으로 관찰한다.

나) 결과

습도 센서	60	70	80	90	100
한지 센서					
거울 센서					

다) 알게된 점


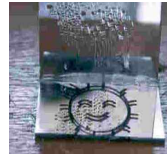
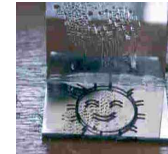


기온이 일정할 때 습도가 높을수록 이슬이 잘 맺힌다

3) 이슬이 맺히는 현상과 암석 표면온도의 관계 탐구

가) 실험방법

- ① 나-1)의 실험장치를 이용한다
- ② 거울센서를 알콜램프로 온도를 맞춘 물에 넣어 암석표면온도를 조절한다.
- ③ 기온: 28도, 습도: 90%에서 암석의 표면온도가 22~30도인 센서를 넣는다.

나) 결과

표면 온도	22	24	26	28	30
거울 센서					

다)알게된 점

기온에 비해 표면온도가 낮을 수록 이슬은 잘 맺힌다

다. 주실외벽의 재질에 관한 탐구

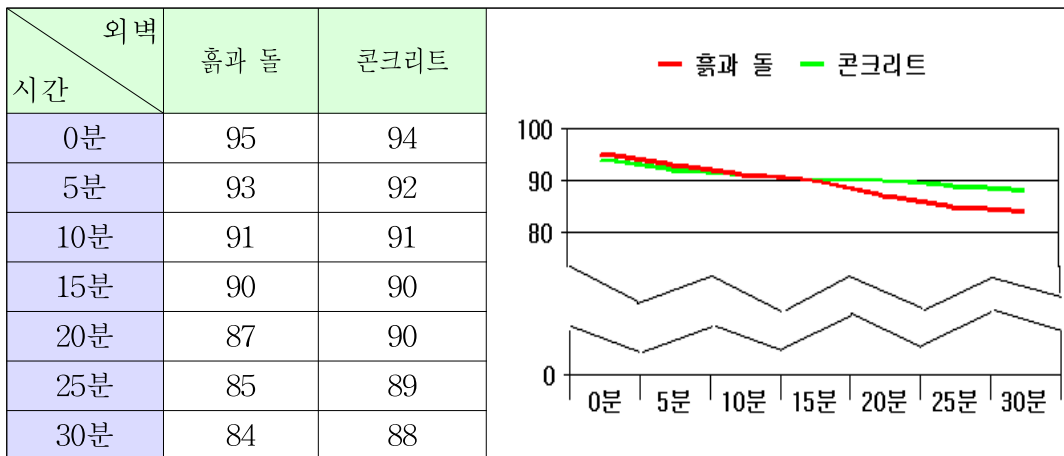
1) 주실외벽의 재질에 따른 석실내의 습도 비교

가) 탐구 방법

- ① 그림과 같이 콘크리트와 흙과 자갈로 된 외벽모형을 제작하였다
- ② 모형 안에 습건구 온도계 설치한다
- ③ 비커에 90℃의 300mL를 넣어 5분간 수증기를 공급하였다
- ④ 비커를 빼고 입구를 막은 다음 30분 동안 습도를 잰다



나) 탐구결과



다) 알게된 점

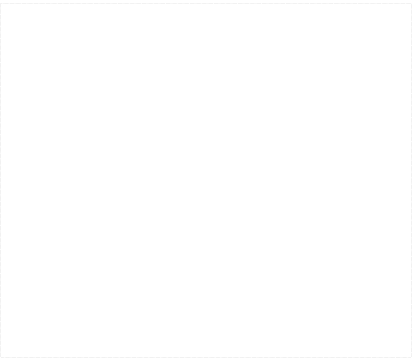
콘크리트 외벽에 비하여 흙과 돌로 만들어진 외벽의 습도가 많이 낮아진다

2) 주실외벽의 재질에 따른 석실 내의 공기와 외기와의 교환 탐구

가) 탐구 방법

- ① 다-1)의 모형 안에 향을 피운다
- ② 입구를 막고 외벽의 변화를 관찰한다

나) 탐구결과

	<p>① 흙과 돌로 만들어진 주실 외벽에서 연기가 빠져나오나 콘크리트는 연기가 빠져나오지 않는다.</p> <p>② 주실의 환기구 근처에서 연기가 많이 나온다</p>
---	---

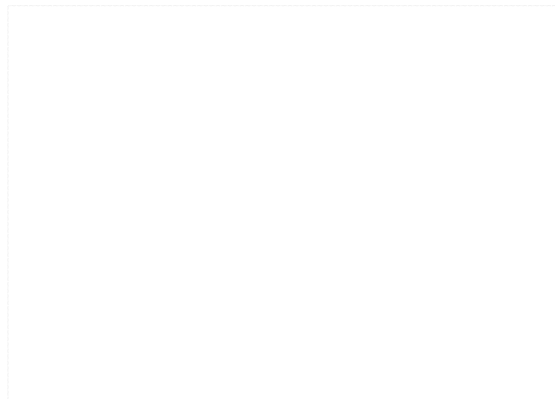
다) 알게된 점

흙과 자갈로 된 외벽은 주실의 공기와 외부공기가 통하는 구조이다


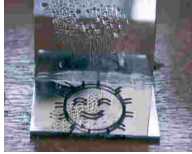


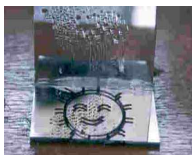




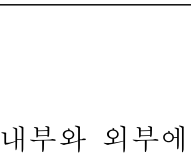
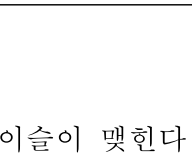

3) 주실외벽의 재질에 따른 주실의 내·외부공기와의 성질 탐구

가) 탐구 방법

- ① 그림의 장치를 제작·활용한다
- ② 주실 외벽의 공기층을 가진 자갈층 모형과 콘크리트 모형을 제작한다.
- ③ 두 모형의 윗부분은 외부대기, 아랫부분은 주실 내부이다.
- ④ 모형의 상부와 하부에 거울 센서를 설치한다.



나) 탐구 결과

온도 (°C)		24	28	32
습도(%)		90		
콘크리트	위			
	아래			
자갈층	위			
	아래			

다) 알게된 점

- ①콘크리트 외벽의 내부와 외부에 모두 이슬이 맺힌다
- ②자갈층 외벽의 내부(주실 내부)의 거울센서는 이슬 맺힘 현상이 거의 나타나지 않았다.

의문) 왜 자갈층 모형의 아래 부분에만 이슬이 맺히지 않을까?

가) 탐구 방법

- ①온도와 습도가 동일한 상태에서 모형의 각 상하부의 온도와 습도를 측정

나) 탐구 결과

모형 \ 대기 조건	온도(30°C)		습도(90%)	
	위	아래	위	아래
콘크리트 모형	30°C	30°C	90%	90%
자갈층 모형	30°C	28°C	90%	85%

♣ 알게된 점
 자갈층 모형의 아래의 공기는 주위 대기상태보다 차고 건조하여 이슬이 생기지 않는다

라. 석굴암의 공기흐름 탐구

1) 공기층을 포함한 주실 외벽 자갈층의 공기흐름 탐구

가) 탐구 방법

- ① 그림과 같이 실험장치를 꾸민다
- ② 여름철 낮의 기후조건을 든다
- ③ 모형의 상부에 연기를 공급한다
- ④ 연기의 움직임을 관찰한다



2) 탐구 결과

모형 윗부분	모형 아랫부분

다) 알게된 점

- ① 여름철 낮의 기후조건에서 공기는 외부공기가 주실내부로 들어간다
- ② 주실 외벽의 자갈층은 외부공기의 변화에 따라 주실의 공기를 교환하는 역할을 한다

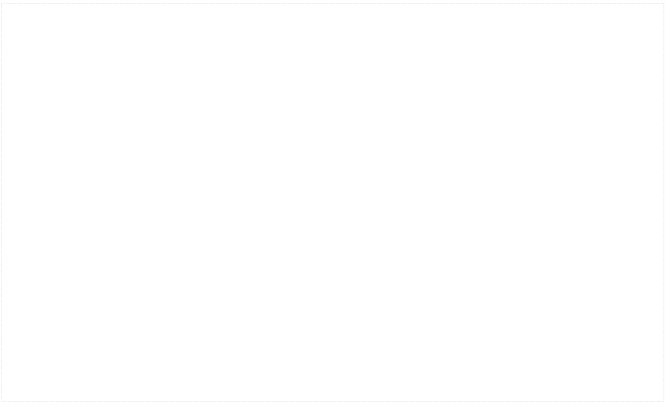
2) 석굴암 전실에서의 공기흐름 탐구

가) 탐구 방법

- ① 오른쪽 그림과 같이 석굴암 모형을 대기 조절장치 속에 넣는다
- ② 여름철 낮의 기후 조건을 만든다
- ③ 전실에 연기를 공급하며 연기의 흐름을 관찰한다



나) 탐구 결과

	<p>★연기의 이동★ 연기는 비도쪽에서 전실입구 방향으로 흐른다</p>
--	---

다) 알게된 점

여름철 낮의 대기 조건에서 석굴암내부의 공기의 흐름은 주실로부터 비도를 통해 전실로 흐른다.

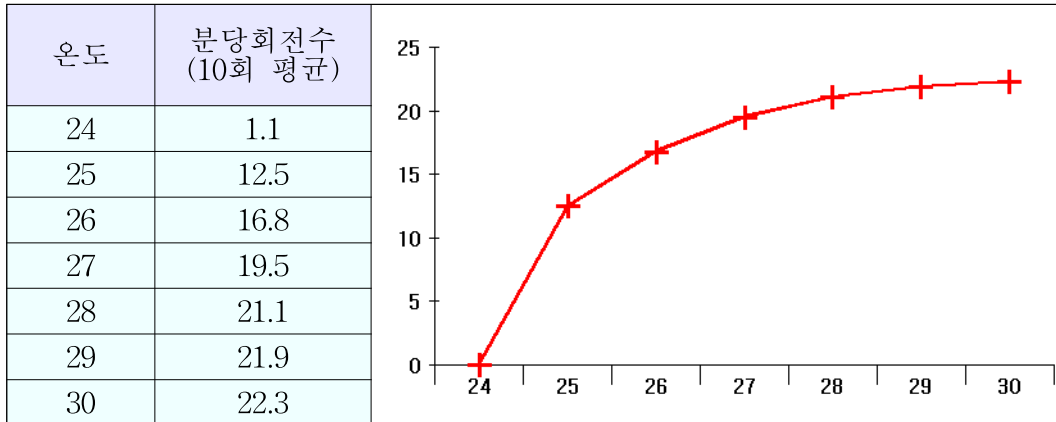
3) 전실로 나오는 공기의 흐름에 관한 탐구

가) 탐구 방법

- ① 라-2)의 모형의 전실부분에 간이 풍속계를 설치한다
- ② 대기조절장치 안의 공기온도를 24~30도까지 올린다
- ③ 온도에 따른 간이 풍속계의 분당 회전수를 측정한다



나) 탐구 결과



다) 알게된 점

주실로 부터 전실로 이동하는 공기의 흐름은 외부의 기온이 높을수록 빠르게 이동한다.

마. 비도의 역할에 관한 탐구

1) 전실, 비도의 유무가 석굴암내부의 공기흐름에 미치는 영향탐구

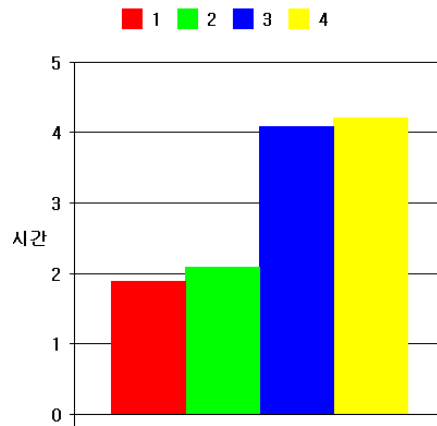
가) 탐구 방법

- ① 석굴암 전실과 비도를 착탈이 가능하게 석굴암 모형을 제작.
- ② 석실안에 5분간 향을 피우고 선풍기로 전실로 바람을 불게 만든다
- ③ 전실과 비도를 주실 모형에 결합·분리한 상태로 나누어 실험하며 공기의 흐름을 관찰한다
- ④ 주실 안의 향 연기가 완전히 사라진 시간을 5회 반복 측정하여 평균값을 산출한다



나) 탐구 결과

	비도	전실	연기가 완전히 사라진 시간 (5회평균값)
1	×	×	1분 53초
2	×	○	2분 5초
3	○	×	4분 5초
4	○	○	4분 12초



다) 알게된 점

비도가 밖의 공기가 안으로 잘 들어가지 못하게 하는 역할을 하고 있다.

의문) 비도가 있으면 왜 주실 안으로 바람이 잘 들어가지 않을까?

가) 탐구 방법

- ① 입구가 좁은 병을 준비한다.
(맥주병 또는 소주병)
- ② 입구 중간 쯤에 작은 종이뭉치를 놓는다.
- ③ 병의 입구로 바람을 불어 종이 뭉치를 병 안으로 넣어본다.



나) 탐구 결과

- ① 종이는 병 안으로 들어가지 않고 병의 입구 쪽으로 튀어나온다.
- ② 바람의 세기가 셀수록 종이는 빠른 속도로 튀어나온다.



다) 알게된 점

- ① 병의 입구에 바람을 불면 병 안의 압력이 높아져서 바람이 들어가지 않는다.
- ② 해풍이 석굴암의 정면으로 불어도 비도 때문에 해풍은 석실 안으로 들어가지 못한다.

2) 비도의 길이에 관한 탐구

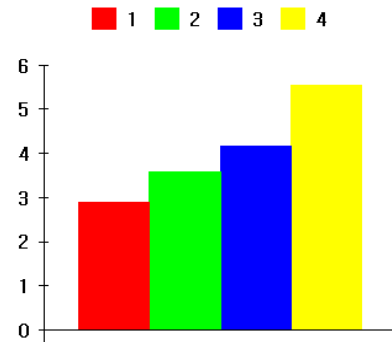
가) 탐구 방법

- ① 현재 비도의 길이를 1로 하여 길이가 1.5배, 0.5배로 제작한다
- ② 석실안에 5분간 향을 피우고 선풍기로 전실로 바람을 불게 만든다
- ③ 주실 안의 향 연기가 완전히 사라진 시간을 잰다



나) 탐구 결과

	비도의 길이	연기가 완전히 사라진 시간 (5회 평균값)
1	×	2분 53초
2	0.5배	3분 35초
3	1배	4분 12초
4	1.5배	5분 32초



다) 알게된 점

비도의 길이가 길수록 외부의 공기가 안으로 잘 들어가지 않았다

3) 비도의 넓이에 관한 탐구

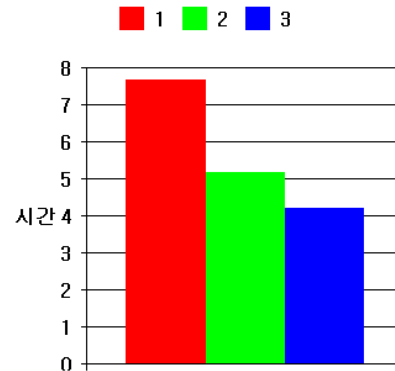
가) 탐구 방법

- ① 현재 비도 입구 넓이를 1로 하여 넓이가 0.75배, 0.5배로 제작한다
- ② 석실안에 5분간 향을 피우고 선풍기로 전실로 바람을 불게 한다
- ③ 주실 안의 향 연기가 완전히 사라진 시간을 측정한다



나) 탐구 결과

	비도의 넓이	연기가 완전히 사라진 시간 (5회평균값)
1	0.5배	7분 40초
2	0.75배	5분 10초
3	1배	4분 12초



다) 알게된 점

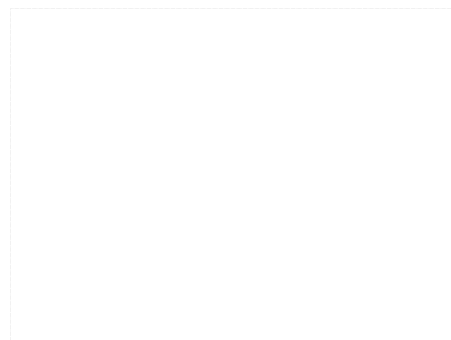
비도 입구의 넓이가 좁을수록 외부의 공기가 안으로 잘 들어가지 않았다

바. 감로수의 역할에 관한 탐구

1) 감로수가 석실내부의 온도에 미치는 영향 탐구

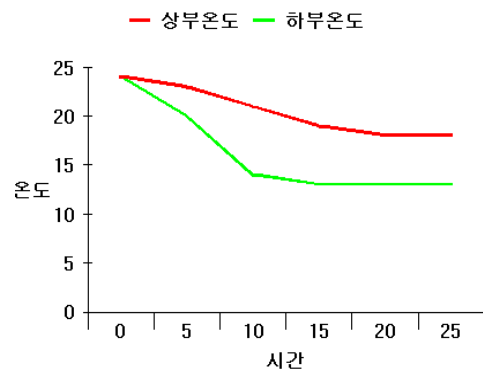
가) 탐구 방법

- ①그림과 같이 모형을 제작한다
- ②석실아래에 얼음을 넣어 석실바닥 온도를 낮춘다 (13℃내외)
- ③돛을 덮고 상 하부의 온도를 측정한다



나) 탐구 결과

시간(분)	0	5	10	15	20	25
위치						
상부온도	24	23	21	19	18	18
하부온도	24	20	14	13	13	13



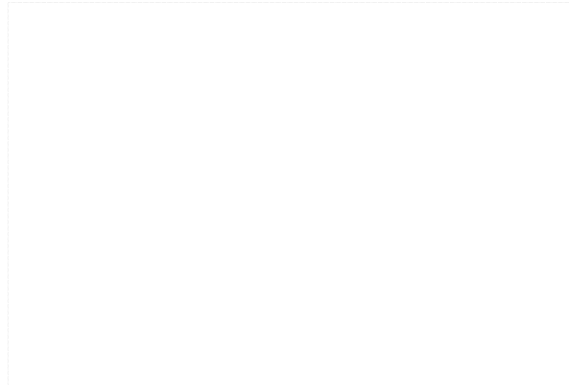
다) 알게된 점

- ①석실의 하부의 온도가 상부쪽의 온도 보다 낮아진다.
- ②차가운 감로가 석실 내부의 온도를 낮춘다.

2) 감로수가 흐를 때 석실에서 공기의 흐름 탐구

가) 탐구 방법

- ①오른쪽의 실험장치를 이용한다
- ②석실 바닥으로부터 $\frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ 부분에 연기를 공급한다.
- ③석실 바닥을 차게 하지 않은 상태와 차게한 상태의 연기의 움직임을 관찰한다



나) 탐구 결과

석실 바닥을 차게 하지 않은 상태	석실 바닥을 차게한 상태
	

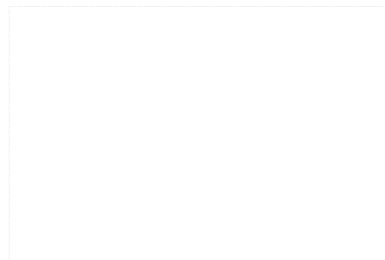
다) 알게된 점

- ①석실바닥을 차게 하지 않은 상태에서 연기는 위로 올라간다
- ②석실 바닥을 차게 한 상태에서 하부의 연기는 바닥 쪽으로 내려간다.

3) 감로수가 흐를 때 석실 안의 이슬 맺힘 탐구




가) 탐구 방법

- ① 실험 2의 실험장치를 이용한다
- ② 실험장치안에 90℃의 물 300ml10분간 넣어 수증기를 공급한다
- ③ 천장, 불상, 바닥에 한지센서를 두고 이슬



맺힘을 관찰한다

나) 탐구 결과

바닥	불상	천장
		

다) 알게된 점

감로수는 바닥을 차게하여 비도로 들어오는 해풍의 습기를 바닥에 맺히게 하여 불상과 천장에 이슬이 맺히는 것을 막는다

3. 종합결론 및 제언

가. 종합결론

석굴암에 대한 기초탐구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 석굴암의 주실외벽의 콘크리트구조는 일제시대에 생겼다 ▶ 석굴암은 인공석굴이며 자갈층 주실외벽, 환기구, 감로수 구조와 비도 및 전실이 있었다 ▶ 석굴암 지역의 장마철 습도가 내륙지역에 비하여 높다.
이슬맺힘에 관한 탐구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 공기중 수분의 양이 일정할 때 기온이 낮을수록 이슬맺힘 현상은 잘 나타난다 ▶ 기온이 일정할 때 습도가 높을수록 이슬맺힘 현상은 잘 나타난다 ▶ 기온에 비해 표면온도가 낮을수록 이슬맺힘 현상은 잘 나타난다
주실외벽의 자갈층 관한 탐구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 흙과 돌로 만든 주실 외벽은 외부 공기와 통하며 주실안의 습도를 낮춘다 ▶ 주실외벽의 자갈층 구조는 여름철 낮에는 외부에서 석실 안으로 공기를 이동시킨다 ▶ 자갈층을 통과한 공기는 외부 공기보다 차고 건조하다
석실 안의 공기흐름 탐구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 여름철 낮의 석굴암의 공기흐름은 주실에서 전실쪽으로 이동한다 ▶ 기온이 높을수록 전실로 나오는 공기의 흐름이 빠르다
비도와 전실의 역할에 관한 탐구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 비도·전실은 석굴암으로 불어오는 해풍을 막아주는 역할을 한다 ▶ 비도의 길이가 길수록, 입구의 넓이가 좁을수록 해풍은 석실 안으로 잘 들어오지 못한다
감로수에 대한 탐구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 감로수가 흐를 때 석실의 온도는 전체적으로 내려간다 ▶ 감로수가 흐를 때 하부의 공기는 석실 바닥으로 끌려 내려간다 ▶ 석실내의 습기는 석실바닥에 이슬로 맺히나 불상과 천정에는 이슬이 맺히지 않는다

나. 제언

신라인이 만든 석굴암은 천년동안 거의 훼손되지 않고 보존되어 왔다. 1910년 이후 여러 차례의 보수 공사를 해 왔음에도 불구하고 석굴암의 풍화는 계속되고 있는 실정이다. 천년전 신라인의 지혜를 빌어 석굴암의 원형을 찾아 복원하는 것만이 조상의 위대한 예술품을 보존하는 방법이라 생각한다. 전실의 가옥을 없애고 콘크리트 외벽을 자갈층으로 바꾸고 감로수를 흐르게 한다면 석굴암은 다음 천년까지도 보존될 수 있을 것이다.