



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

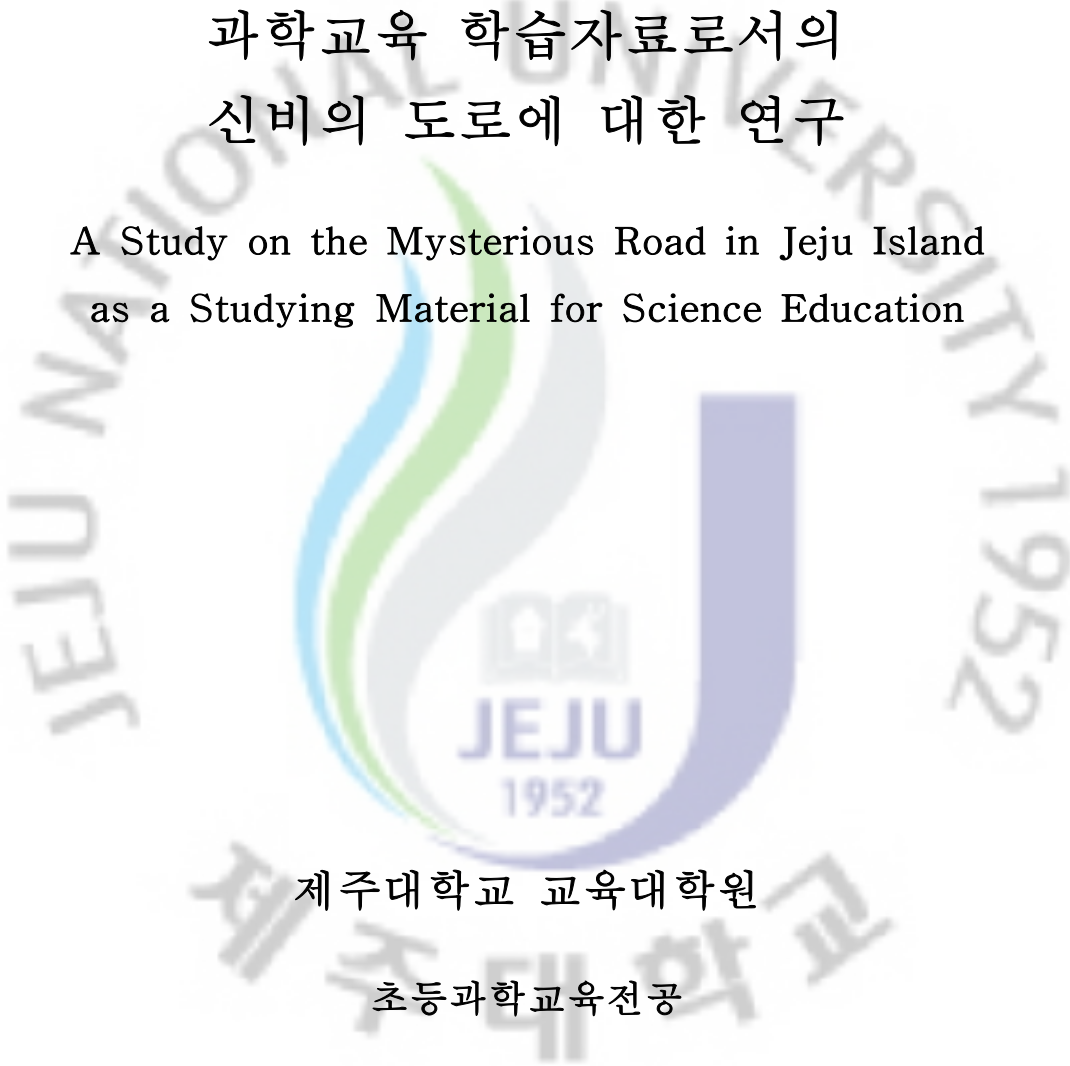
이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

과학교육 학습자료로서의  
신비의 도로에 대한 연구

A Study on the Mysterious Road in Jeju Island  
as a Studying Material for Science Education

The logo of Jeju National University is a large, stylized 'J' shape. The left side of the 'J' is composed of three curved, overlapping bands in blue, green, and grey. The right side is a solid purple vertical bar. In the center of the 'J', there is a smaller logo featuring an open book and the text 'JEJU 1952'.

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

지 항 인

2008년 8월

석사학위논문

과학교육 학습자료로서의  
신비의 도로에 대한 연구

A Study on the Mysterious Road in Jeju Island  
as a Studying Material for Science Education

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

지 항 인

2008년 8월

과학교육 학습자료로서의  
신비의 도로에 대한 연구

A Study on the Mysterious Road in Jeju Island  
as a Studying Material for Science Education

지도교수 현 동 결

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

지 항 인

2008년 5월

지향인의

교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 홍승호 인

심사위원 김동석 인

심사위원 한동길 인

제주대학교 교육대학원

2008년 6월

## 목 차

<국문 초록> .....	i
I. 서 론 .....	1
1. 연구의 목적 및 필요성 .....	1
2. 연구 내용 .....	3
II. 이론적 배경 .....	4
1. 과학문화와 과학교육 .....	4
2. 과학대중화와 과학교육 .....	5
3. 신비의 도로의 위치 및 환경 .....	7
III. 신비의 도로 연구를 위한 학문적 배경 .....	9
1. 힘과 운동 .....	9
가. 마찰력 .....	9
나. 수평면에서 자동차에 작용하는 힘의 분석 .....	10
다. 경사면에 있는 자동차에 대한 분석 .....	11
라. 굴림운동 .....	14
마. 경사면 위에서의 굴림운동 .....	19
2. 착시 현상 .....	21
IV. 연구 방법 .....	26
1. 신비의 도로의 주변 환경 조사 .....	26
2. 신비의 도로 지역의 경사각 측정 .....	26
3. 착시 현상의 원인 조사 .....	27
V. 연구 결과 및 논의 .....	29
1. 신비의 도로에 대한 물리학적 분석 .....	29

2. 신비의 도로의 주변 환경 .....	33
3. 신비의 도로 지역의 경사각 측정 분석 .....	36
4. 착시현상의 원인에 대한 분석 .....	40
가. 산의 높이에 따른 착시현상 .....	40
나. 주변의 경사도에 따른 착시현상 .....	43
5. 과학교육과 학습 자료로서의 활용 모색 .....	48
가. 힘과 운동에 관련된 탐구과제 .....	48
나. 시감학습에 관련된 탐구과제 .....	51
다. 신비의 도로의 탐구과제 .....	53
VI. 결론 및 제언 .....	55
참고문헌 .....	57
ABSTRACT .....	59

## 표 목 차

<표 V-1> 측정된 신비의 도로의 경사각 .....	36
<표 V-2> 측정된 신비의 도로 주변의 경사각 .....	37





## 그 립 목 차

[그림 II-1] 국도 1100번 도로 상에 위치한 신비의 도로 .....	8
[그림 III-1] 수평면에서 자동차의 힘의 분석 .....	11
[그림 III-2] 마찰이 없는 경사면 위에 있는 자동차가 받는 알짜힘 .....	11
[그림 III-3] 경사면에 있는 자동차의 정지된 평형상태 .....	12
[그림 III-4] 자동차의 합성력 $F$ 가 마찰력 $f$ 보다 클 경우 .....	13
[그림 III-5] 경사면에서 자동차의 수직성분의 힘 $W_N$ .....	14
[그림 III-6] 미끄럼이 없는 굴림운동 .....	15
[그림 III-7] 정지마찰력 .....	17
[그림 III-8] 굴림동력이 없는 경우 .....	18
[그림 III-9] 가속도 $a_{cm}$ 에 따라 상응되는 각가속도 $\alpha$ .....	19
[그림 III-10] 경사면 위에 있는 바퀴의 정지마찰력 .....	20
[그림 III-11] 경사면에 있는 바퀴의 회전력 .....	21
[그림 III-12] 각도와 방향의 착시 .....	22
[그림 III-13] 분할의 착시 .....	22
[그림 III-14] 유화의 착시 .....	23
[그림 III-15] 대비의 착시 .....	23
[그림 III-16] 상방거리과대 .....	24
[그림 III-17] 수직·수평의 착시 .....	24
[그림 III-18] 반전 실체의 착시 .....	25
[그림 IV-1] 수평을 확인하기 위하여 사용되는 수평기 .....	26
[그림 IV-2] 경사각 접촉측정기와 경사각 원격측정기의 모습 .....	27
[그림 V-1] 자동차가 마찰이 없는 경사면 위쪽으로 움직이는 경우 .....	29
[그림 V-2] 자동차가 마찰이 있는 경사면 위쪽으로 움직이는 경우 .....	30
[그림 V-3] 경사면 위에서 있는 자동차에 작용하는 힘과 자동차를 움직이게 하는 회전력 .....	31
[그림 V-4] 자동차를 경사면 위쪽으로 움직이는 경우의 힘과 회전력 .....	32

[그림 V-5] 서귀포시 방면에서 제주시 방면의 신비의 도로 .....	33
[그림 V-6] 신비의 도로의 서귀포시 방면 .....	34
[그림 V-7] 신비의 도로의 제주시 방면 .....	34
[그림 V-8] 신비의 도로의 동쪽 방면 .....	35
[그림 V-9] 신비의 도로의 서쪽 방면 .....	35
[그림 V-10] 신비의 도로의 경사각과 주변의 경사각 .....	38
[그림 V-11] 경사각 접촉측정기를 사용하여 측정하는 모습 .....	38
[그림 V-12] 경사각 원격측정기를 사용하여 측정하는 모습 .....	39
[그림 V-13] 자동차가 저절로 오르막 쪽으로 움직여 올라가는 모습 .....	40
[그림 V-14] 아주 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상 .....	41
[그림 V-15] 눈으로 그 정상을 간신히 볼 수 있는 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상 .....	42
[그림 V-16] 산의 정상을 충분히 볼 수 있는 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상 .....	42
[그림 V-17] 낮은 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상 .....	43
[그림 V-18] 경사각이 90도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상 .....	44
[그림 V-19] 경사각이 60도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상 .....	44
[그림 V-20] 경사각이 30도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상 .....	45
[그림 V-21] 경사각이 15도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상 .....	45
[그림 V-22] 경사각이 5도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상 .....	46
[그림 V-23] 경사각이 0도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상 .....	46
[그림 V-24] 신비의 도로에서 일어나는 착시현상의 실제 .....	47

## 국문 초록

### 과학교육 학습자료로서의 신비의 도로에 대한 연구

지 향 인

제주대학교 교육대학원 초등과학교육전공

지도교수 현 동 결

문화의 시대라고 하는 21세기는 문화가 인간 삶에 있어서 절대적인 요소이며 인간의 삶을 풍요롭게 한다. 다른 문화와 마찬가지로 창조성을 근본적인 속성으로 하는 과학은 문화의 중요한 요소 중 하나라는 인식에서 과학에 대한 대중의 관심과 인식을 제고시켜 과학적 지식을 갖추고 있어야 할 대상을 지식인에서 대중 전체에게로 확대하고 과학적 소양을 갖춘 시민의 교육에 그 초점을 맞출 때 과학교육은 학교 밖 과학교육을 통하여 과학의 대중화가 보다 효율적으로 수행될 수 있을 것이다.

과학의 대중화는 대중이 과학에 관심과 흥미를 느낌으로써 시작되는 것이므로 제주도의 환상적인 관광명소인 신비의 도로는 일반인이나 학생들에게 호기심뿐만 아니라 과학에 대한 관심이나 흥미를 유도할 수 있어 교육적으로도 많은 매력을 갖고 있는 곳이다.

이러한 신비의 도로에서 일어나는 기이한 현상은 경사면 위에 있는 자동차가 변속장치가 중립상태에서 저절로 오르막길을 올라가는 등, 물체가 외부로부터 힘을 받지 않고도 저절로 올라간다는 것이다. 이런 현상은 물체를 움직이게 하는 요인은 힘이라는 뉴턴의 제2법칙으로 설명이 불가능하게 보이는 현상이 일어나는 이유로 이 도로의 주변에는 낮은 산들이 많이 있으며 동쪽 방향에는 삼나무 숲의 마루와 초원의 지면이 남쪽에서 북쪽으로 완만한 내리막을 형성하고

있어 결국, 신비의 도로는 주변의 낮은 산들과 주변의 지면경사각이 작기 때문에 착시현상이 이루어지는 것이며 착시현상의 원인 중 각도와 방향의 착시임을 본 연구에서는 밝혔다.

또한 제주도의 세계자연유산 등재와 과학의 대중화의 일환으로 일명 도깨비도로라 불리는 신비의 도로에서 볼 수 있는 기이한 현상에 대해서 물리적으로 다가가 보며 과학교육의 성패가 학생들의 과학에 대한 흥미, 관심도를 높이는 데 있다고 보고 여건 조성과 과학학습 동기를 유발하여 신비의 도로에 대한 이해를 높이며 내재된 과학학습 동기를 부여할 수 있을 것이다. 또한 세부적인 탐구 주제를 의문문 형태로 제시함으로써 신비의 도로와 관련된 통합과학적인 탐방 활동에 활용하여 신비의 도로가 학교 과학교육을 자극하고 선도할 수 있는 과학의 대중화에 도움이 되고자 한다.

\* 주요어 : 과학문화, 과학의 대중화, 학교 밖 과학교육, 신비의 도로, 착시현상, 접촉측정기, 경사각 원격측정기

# I. 서론

## 1. 연구의 목적과 필요성

문화의 시대라고 하는 21세기는 문화가 인간 삶에 있어서 절대적인 요소이며 인간의 삶을 풍요롭게 한다. 문화가 그 자체로서 경제가 될 수는 없겠지만, 오늘날의 경제구조를 들여다보면 문화는 산업과 결합됨으로써 새로운 부가가치의 원천이 되고 있다. 선진국을 비롯한 모든 나라들은 문화 산업을 전략적으로 육성하고 있고, 문화콘텐츠를 새로운 성장 동력으로 인식하고 있다. 문화는 창조성에 기반하고 있다. 즉, 창조의 산물이 문화라는 것이다.

다른 문화와 마찬가지로 창조성을 근본적인 속성으로 하는 과학은 문화의 중요한 요소 중 하나라는 인식에서 과학문화에 대한 관심이 대두되고 있다. 과학문화는 문화로서의 과학, 즉 과학도 하나의 문화로 보는 개념이다. 유럽의 주요 선진국가들을 보면 모두가 과학 강대국이고 기술 선진국이다. 이런 과학강국들의 공통점은 과학기술을 지탱하는 사회적 인프라가 튼튼하고 과학문화가 사회 깊숙이 뿌리를 내리고 있다는 점이다.

과학문화는 과학기술 발전의 사회적 토대이므로 과학기술을 사회발전의 주요 요인으로 인식하고 합리, 창의, 효율을 기반으로 하는 과학정신을 공유하는 국민의 태도, 과학기술을 손쉽게 접하고 향유할 수 있는 인프라, 과학기술 연구자를 존중하는 사회적 환경과 분위기 등이 그 원동력이 될 수 있으며, 이것이 바로 과학문화이다.

최근에 들어와 김영식(2002)은 대중적이며, 임의적으로 사용되는 개념으로 과학문화라는 용어를 사용하는데 있어서, 그것이 분석적이고 전문적인 수준에서가 아니라 일반 대중들의 수준에서 이해된다고 하였다. 과학의 대중화가 지향하고자 하는 바는 과학에 대한 대중의 관심과 인식을 제고시키는 것이므로 과학교육은 과학적 지식을 지식인에서 대중 전체에게로 확대되어야 하고, 과학적 소양을 갖춘 시민의 교육에 그 초점을 둬으로써 과학교육은 학교 밖 과학교육을 통하여 과학의 대중화가 보다 효율적으로 수행될 수 있을 것이다.

지금까지의 과학교육은 교실과 실험실에서 이루어지는 과학교육 활동에 대해서는 많은 연구를 하고 개선하려는 노력을 기울여 왔지만, 학교 밖에서 이루어지는 과학활동에 대한 연구와 개발이 미흡하였다. Hofstein과 Rosenfeld(1996)은 비형식적 과학 학습 경험이 학습자를 발산적으로 만드는데 적절한 학습 기회를 제공하며 또, 학교 밖과 학 안에서 과학 학습을 하도록 동기화 시키는데 중요한 기여를 할 수 있다고 하였다. 이러한 학교 밖 과학교육은 바람직하게는 ‘학교 과학교육’과 연계되어 상보적인 차원으로, 때로는 학교 과학교육을 자극하고 선도하는 프로그램으로 발전될 수 있다.

제주도는 화산에 의하여 형성된 섬으로 놀랄 만큼 독특하고 아름다운 풍경을 갖고 있어 심미적 가치가 매우 높을 뿐만 아니라 학문적으로도 가치도 높다. 2007년 제주도의 한라산과 성산일출봉, 거문오름, 용암동굴 등이 세계자연유산에 등재됨에 따라 제주도는 세계적으로도 탁월한 보편적 가치가 있음을 공인받게 되었으며, 문화적인 측면과 관광의 측면에서도 괄목할 만한 무형적 가치를 창출할 것으로 기대되고 있다.

한라산 일원에 위치한 ‘신비의 도로’는 최근 제주의 환상적인 관광명소로 자리 잡고 있다. 일명 도깨비 도로라고도 부를 정도로 이 도로는 많은 대중의 호기심을 자아내게 하는 기이한 현상을 체험할 수 있는 장소로 제주도의 신비스러움과 매력을 한층 더 느끼게 한다. 신비의 도로에서 일어나는 ‘차가 스스로 오르막길을 올라가는’ 기이한 현상은 1981년 우연하게 발견된 이래, 이러한 기이한 현상을 막연하게 주변의 지형으로 인한 착시현상으로 설명하고 있다.

과학의 대중화는 대중이 과학에 관심과 흥미를 느낌으로서 시작되는 것이므로 신비의 도로는 일반인이나 학생들에게 호기심을 넘어 과학에 관심이나 흥미를 유발시킬 수 있으며 교육적으로도 많은 매력을 갖고 있는 곳이다. 또한 신비의 도로의 기이한 현상에 내재된 과학적인 요소를 활용하여 과학의 기본 개념을 이해하고 이를 적용하며, 과학적으로 탐구하는 능력과 실제의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기르는 과학교육의 장으로서 그 역할을 할 수 있는 곳이라고도 생각된다.

본 연구는 신비의 도로를 과학의 대중화와 학생들을 위한 과학교육의 장으로서 활용하기 위한 기초적인 연구로서 신비의 도로를 과학교육에 활용하기 위하



여 신비의 도로에 내재된 과학적인 요소를 찾고, 이를 학교 안 과학교육의 과학 지식 체계와 유기적으로 연계될 수 있는 탐구주제를 제시하는데 있다. 또한 한편으로는 신비의 도로에 대한 과학적인 이 연구가 신비의 도로에 대한 학문적인 배경이 논의됨으로써 세계자연유산으로서의 제주도의 가치를 한층 더 고양시킬 수 있다는 데에도 그 의의를 가질 수 있다.

## 2. 연구 내용

관광명소로 자리 잡고 있는 한라산 일원에 위치한 ‘신비의 도로’를 과학의 대중화와 학교 밖 과학교육에 활용하기 위하여 신비의 도로에 내재된 과학적인 요소를 찾고, 이를 학교 안의 과학교육의 과학지식의 체계와 유기적으로 연계될 수 있는 탐구주제 제시를 그 주된 목적으로 하고 있다.

이에 본 연구는 ‘신비의 도로가 왜 신비롭다고 하는가?’와 ‘주변의 지형이 어떻게 착시현상을 일으킬 수 있는가?’라는 두 가지 측면에서 논의가 이루어 질 것이다.

신비의 도로가 기이하다는 것은 자동차가 중립 상태일 경우 자동차가 저절로 올라가는 것처럼 보이기 때문이다. 신비의 도로에서 일어나는 기이한 현상인 ‘차가 스스로 오르막길을 올라가는 현상’을 과학적으로 설명하기 위해 힘, 마찰력, 바퀴와 추진력, 병진운동, 굴림운동 등의 물리적 개념들을 경사면에 있는 자동차에 적용하여 신비의 도로의 기이한 현상에 대하여 논의할 것이다.

지금까지 신비의 도로에서 일어나는 기이한 현상의 원인으로는 막연하게 주변의 지형으로 인한 착시현상으로 설명되고 있다. 본 연구에서는 실제적인 각도와 시각적인 각도를 측정할 수 있는 각도측정기의 개발과 신비의 도로 주변에서 착시현상을 일으킬 수 있는 환경요소를 색출하여, 색출된 환경요인을 시각적인 시뮬레이션을 통하여 보다 구체적이고 과학적인 착시현상의 원인과 이유를 밝힐 것이다.

또한 논의를 통해서 제시된 과학적인 요소에 관련된 과학개념들을 토대로 수렴적 또는 발산적으로 신비의 도로를 과학교육에 활용할 수 있는 탐구주제를 제시할 것이다.

## II. 이론적 배경

### 1. 과학문화와 과학교육

문화라는 개념은 매우 광범위하고 다양하기 때문에 문화의 개념을 이해하는 것은 매우 어렵다. 여러 학자들조차도 문화에 대한 견해가 다양하고 복잡하기 때문에 그 의미를 정확히 알기가 어렵고 추상적이다. Tylor(1871)는 문화의 사회성을 강조하며 ‘문화란 지식, 신념, 예술, 도덕, 법, 관습, 그리고 기타 사회성 원으로서 인간에 의해 획득된 모든 능력과 습관들을 포함하는 복합적 전체이다.’라고 정의하였다. 한편 Geertz(1973)는 ‘문화란 우리 모두가 매달려 있는 의미의 망(web of significance)’이라고 정의하기도 했다.

위에서 살펴본 바와 같이 결국 문화란 사회 구성원들의 활동을 통하여 생산해 놓은 정신적, 제도적, 물질적 모든 것들의 잠재적, 외형적 결과들을 포함하며, 또한 그러한 행동을 야기한 문화적 습성도 포함된다(김세미, 2005).

최근 들어서 다른 문화와 마찬가지로 창조성을 근본적인 속성으로 하는 과학은 문화의 중요한 요소 중 하나라는 인식에서 과학문화에 대한 관심이 대두되고 있다. 과학문화라는 용어는 영국의 과학자이자 소설가인 Snow가 처음으로 사용하였다. Snow(1959)는 과학문화와 인문문화를 사상의 양 기둥으로 설정하고 이들의 갈등에 대한 논의를 중점적으로 전개해 나갔으며 이 두 문화의 갈등이 사회발전을 저해하기 때문에 이를 해결하기 위한 개념으로 두 문화를 아우르는 제3의 문화를 주장하였다. 한편 박승재(2003)는 ‘과학문화란 모든 사람의 생존 수단과 생활양식, 즉 개인생활, 직장생활, 사회생활, 신념, 의식주, 학술, 교육, 풍습 등에 과학이 의미있게 스며든 양상의 총체이다.’라고 정의하였고, 이초식(2001)은 현대과학기술이 형성한 문화이다’라고 정의하였다.

과학문화는 과학기술 발전의 사회적 토대이므로 과학기술을 사회발전의 주요 요인으로 인식하고 합리, 창의, 효율을 기반으로 하는 과학정신을 공유하는 국민의 태도, 과학기술을 손쉽게 접하고 향유할 수 있는 인프라, 과학기술 연구자를 존중하는 사회적 환경과 분위기 등이 그 원동력이 될 수 있으며, 이것이 바로 과학문화이다. 과학문화의 주된 관심사는 과학과 사회의 상호연관성에 대한 관



심, 과학에 대한 대중들의 관심과 이해 제고, 과학의 위험성을 사전에 경감시키기 위한 비판적인 지성인의 양성과 민주적 통제 장치의 마련 등에 있다.

최근에 들어와서는 과학문화는 과학에 대한 일반인들의 이해, 다른 말로는 과학의 대중화의 측면에 관심을 기울이고 있다(김규환, 2001). 과학의 대중화가 지향하고자 하는 바는 과학에 대한 대중의 관심과 인식을 제고시키는 것이므로 과학교육은 과학적 지식을 지식인에서 대중 전체에게로 확대되는 개념으로, 과학적 소양을 갖춘 시민의 교육에 그 초점을 두는 것이다.

과학적 소양의 개념은 1980년대 이후 다양한 흥미와 경험 그리고 능력을 가진 모든 학생들에게 공통적으로 적용될 수 있는 과학교육을 제공해야 한다는 ‘모든 이를 위한 과학(Science for All)’이라는 슬로건과 과학과 사회의 관계성의 중요성을 강조하였던 STS 운동의 경향에 그 기본정신이 흡수되어 세계 과학교육의 근간을 이루는 중요한 개념의 하나로 자리잡게 되었다.

1982년 미국의 NSTA는 과학적 소양을 갖춘 시민의 교육에 초점을 맞춘 과학교육의 새로운 교육목표로 과학기술의 발전에 기초하고 있는 현대사회에서 삶을 영위하는데 필요한 지식, 기능, 기술, 가치, 윤리 등을 강조하는 것이어야 한다는 점을 분명히 하고 있다(Collette & Chiappetta, 1989).

오늘날 학교 과학 교육의 필요성과 정당성을 주장하기 위해 제시되는 근거 중의 가장 자주 언급되는 것 중의 한 가지가 과학적 소양이며, 학교 과학교육의 목적은 기본적으로 과학적 소양을 갖춘 일반인을 양성하는 것이다. 과학적 소양은 1980년대 이후 현재까지 과학교육의 기본 이념으로 점차 그 지위를 견고히 해 가고 있으며, 21세기를 시작하는 시점에서 계속해서 중요한 기본 이념으로 그 중요성이 지속될 것으로 예상된다.

## 2 과학대중화와 과학교육

오진곤(2000)은 과학대중화가 필요한 이유로는 과학이 문화의 가장 위대한 업적으로 사람들이 알아야 할 충분한 가치가 있다는 점, 과학이 모든 사람들의 생활에 영향을 미친다는 점, 많은 공공정책의 결정에 과학이 관련되어 있다는 점, 그리고 과학 연구에는 자금이 지원되기 마련이고 그러한 자금지원에는 일반인

들의 지지가 확보되어야 하기 때문이라는 점 등이 지적되고 있다.

과학의 대중화는 곧 ‘과학문화’의 확산을 전제로 한다. 과학문화는 과학기술 발전의 사회적 토대다. 즉 과학문화는 과학기술이 지속적으로 발전하기 위하여 보다 근본적인 것으로 과학기술을 사회발전의 주요 요인으로 인식하고 합리, 창의, 효율을 기반으로 하는 과학정신을 공유하는 국민의 태도, 과학기술을 손쉽게 접하고 향유할 수 있는 인프라, 과학기술 연구자를 존중하는 사회적 환경과 분위기 등이 그 원동력이 된다.

과학의 대중화는 정부차원 뿐만 아니라 여러 관계 기관에서 다양한 과학관련 프로그램으로 추진되고 있다. 이들은 다양한 과학경연 및 과학축전, 캠프, 대중매체의 과학프로그램, 대학, 연구소, 기업 등의 과학대중화를 위한 교육 프로그램, 과학관과 박물관 등의 시설을 통한 과학프로그램, 과학 현장 및 과학자와 대면활동, 놀이 및 문화공연을 통한 과학교육 등으로 학교의 과학교육과 대비하여 ‘학교 밖 과학교육’으로 규정하고 있다.

지금까지의 과학교육은 교실과 실험실에서 이루어지는 과학교육 활동에 대해서는 많은 연구를 하고 개선하려는 노력을 기울여 왔지만, 학교 밖에서 이루어지는 과학활동에 대한 연구와 개발이 미흡하였다. Woolnough(1994)는 효율적인 과학교육이 이루어지기 위해서는 학교 안의 교실이나 실험실에서 교육과정의 과학교육뿐만 아니라 학교 밖의 과학교육도 효과적으로 이용해야 한다고 지적하였다.

박승재 등(2000)은 학교 밖 과학교육을 공간적으로 학교 밖에서 하는 과학 교육활동과 학교 이외의 기관이나 단체가 계획하고 학교 내외에서 하는 활동을 포함하는 것으로 정의하고, 학교 밖 과학활동을 초·중등 학교에서 계획하고 공간적으로 학교 밖에서 하는 활동, 학교이외의 기관이나 단체가 계획하고 청소년들이 학교 밖에서 하는 활동, 학교 밖에서 계획하고 추진하는 것을 학교 내 활동으로 받아들이는 과학활동 등으로 세분하였다(한국과학재단, 2002).

우리 나라 제7차 교육과정의 과학과 교육의 목표와 목적에서 과학탐구를 통한 과학지식의 실생활 작용, 탐구능력을 활용한 실생활의 문제를 과학적으로 해결하는 능력 등을 강조하고 있으며, 그 내용면에 있어서도 실생활 속에서 경험할 수 있는 내용으로 구성하는 등 과학과 실생활의 관련성, 즉 STS교육의 도입의

추세를 엿볼 수 있다(교육부, 1998). 실제 실생활 적용 및 실생활에 대한 문제 해결을 위한 과학교육은 학교 밖 과학교육을 통하여 보다 효과적으로 수행될 수 있다(김은진, 2003; 정완호, 1996).

넓은 의미의 과학적 탐구 활동은 인간이 알고자 하는 마음이나 생활상의 필요로부터 손과 머리가 의미 있게 어울리는 사회 문화적 활동으로 창의성과 실증성을 그 특징으로 한다면, 과학탐방이란 자연환경과 문화 속에 내재된 과학적인 요소를 찾고, 이를 분석하여 과학적인 의미를 찾는 학교 밖의 과학탐구활동이라고 할 수 있다. 과학탐방은 학교 내 교육에서 제공해 줄 수 없는 복잡한 사회·문화적 맥락 속에서의 구체적인 학습 경험을 제공해 줄 수 있다. 실험실이나 교실에서와 같이 통제되고 철저하게 구성된 환경에서가 아니라, 일상생활의 자연스러운 환경에서 학생들은 통합적인, 그리고 구체적인 경험으로 인하여 의미있는 활동이 될 것이다. 이러한 활동의 특징을 항목화 하면 과학탐방은 다음과 같은 바람직한 면을 기대할 수 있다(박승재, 2002).

학생들은 학교 과학학습의 동기 유발, 연습, 적용 그리고 때로는 예습의 기회가 되며, 혼자서 혹은 친구들과 같이하는 수렴적 및 발산적 과학 탐구를 할 수 있다. 또한 과학뿐만 아니라 수학, 기술, 역사, 혹은 미술 등과 관련된 종합적이고 실제적 문제를 대면할 수 있고, 학생들은 물자와 에너지를 아끼고 환경을 보전하며 오염을 줄여야 하는 교육을 받을 수 있으며 동일한 과제로 개인적이면서도 범 수준별 탐구를 하여 여러 친구들과 같이 협동 활동도 할 수 있을 것이다. 학생들에게는 우리 문화재에 대한 과학적 안목을 넓히고 그것의 가치를 인정하는데 도움이 될 뿐만 아니라, 과학사 또는 문화재와 관련된 분야의 진로를 안내 받는 좋은 기회가 된다. 마지막으로 우리 조상의 지혜와 우수성, 그리고 당시의 삶을 알고 이해함으로써 민족적 긍지를 높이는 기회가 될 수 있다.

### 3. 신비의 도로의 위치 및 환경

신비의 도로는 제주시 노형로터리에서 서귀포시 방면으로 국도 1100번 도로상에 위치한다. 신비의 도로가 위치한 이 지역은 한라산의 북서면에 위치한 높이가 1,169m인 어승생악과 높이 611m인 노루생이오름 등의 봉우리를 뒷배경으로

하여 남쪽에서 북쪽으로 이어지는 가파른 경사가 완만한 경사로 변하며, 남동쪽의 높이 438m의 거문오름에서부터 북서쪽으로 이어지는 완만한 경사를 이루고 있는 지역이며, 해발고도는 300m이다. [그림 Ⅱ-1]은 신비의 도로의 위치를 보여주는 지도이다.



[그림 Ⅱ-1] 국도 1100번 도로 상에 위치한 신비의 도로

### Ⅲ. 신비의 도로 연구를 위한 학문적 배경

#### 1. 힘과 운동

##### 가. 마찰력

운동을 방해하는 작용을 마찰이라고 한다. 마찰력은 서로 접촉해 있는 두 면 사이의 상대운동을 방해하는 힘을 말한다. 두 표면 사이의 상대운동이란 한 표면위의 어느 한점을 기준점으로 하였을 때, 이 기준점에 대한 다른 표면의 어느 한 점의 운동으로, 마찰력은 각각의 표면의 상대속도의 크기가 같게 되도록 두 표면에 동시에 가해진다. 뉴턴의 제3법칙에 따르면 힘은 항상 그 방향이 서로 반대이고 크기가 같은 두 힘이 쌍으로 나타나야 한다. 마찰력도 역시 두 면의 운동을 방해하는 서로 반대방향으로 같은 크기의 힘으로 나타난다.

마찰은 크게 정지한 상태에 있는 물체를 움직이려고 할 때 움직임을 방해하는 정지마찰(static friction)과 움직이고 있는 물체의 운동을 방해하는 운동마찰(kinetic friction)로 구분한다. 운동마찰은 다시 미끄럼운동을 할 때의 미끄럼마찰과 구르는 운동을 할 때의 굴림마찰로 나눈다.

정지마찰력은 정지상태에 있는 물체를 움직이게 하기 위하여 외부에서 미는 힘에 대하여 반대 방향으로 발생하는 힘이다. 정지마찰력은 그 크기가 물체가 움직이기 전까지는 미는 힘의 크기와 항상 같다. 따라서 물체가 움직이기까지는 물체에 작용하는 모든 힘의 합, 즉 알짜힘은 0이므로 물체는 정지상태에 있게 된다. 정지마찰력에는 한계가 있다. 물체를 움직이기 위하여 정지마찰력보다 더 큰 힘으로 물체를 밀면, 물체에 작용하는 알짜힘이 더 이상 0이 아니므로 물체는 움직이게 된다. 최대정지마찰력은 바닥면이 물체를 떠받치는 힘인 수직항력  $N$ 에 비례하고, 이 때의 비례상수  $\mu_s$ 를 정지마찰계수(coefficient of static friction)라고 한다. 정지마찰계수는 차원이 없는 물리량이며, 운동마찰계수보다 항상 그 값이 크다.

일단 물체가 움직이면 정지마찰은 운동마찰로 바뀐다. 물체가 미끄러지면서 움직일 경우에는 미끄럼마찰을 받는다. 물체가 표면 위에서 미끄러지는 동안 물체

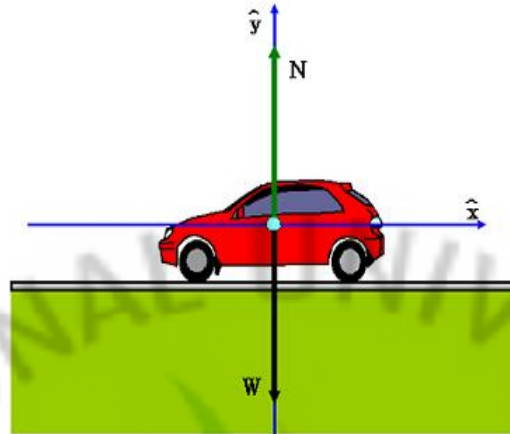


의 밑표면과 바닥면의 표면 사이의 접촉점들은 서로 고정 시킬 수 있는 시간적인 여유가 상대적으로 적으므로 결과적으로는 표면들은 더 약한 수평마찰력을 받는다. 이런 이유로 미끄럼마찰력은 일반적으로 정지마찰력보다 작은 것이고, 물체를 처음 움직이게 할 때보다 움직이는 물체를 계속 움직이게 하는 것이 더 쉽다는 것을 경험할 수 있다.

구름마찰은 물체가 접촉면 위를 미끄러지지 않고 구를 때, 면이 이 물체에 미치는 마찰을 말한다. 수평면 위를 공 같은 것이 구를 때, 접촉면에 수평으로 힘이 작용하여 구르는 속도가 점차 느려지는 현상을 말한다. 구름마찰의 원인은 접촉면의 변형에 의해 일어나는 미끄럼 마찰 때문으로, 와력에 의하여 변형되지 않는 이상적인 강체일 경우 존재하지 않지만 실제 물체 사이에는 항상 존재한다. 구름마찰은 접촉면의 변형에 의해 일어난다. 바퀴가 있는 경우 바퀴의 찌그러짐과 원상 복원이 매 순간 일어나고 이 반복되는 과정에서 에너지 손실이 있으므로 속도가 줄게 된다. 구름마찰 계수는 정지 마찰 계수에 비해 50내지 100분의 1정도이므로 구름 마찰력이 훨씬 적다.

#### 나. 수평면에서 자동차에 작용하는 힘의 분석

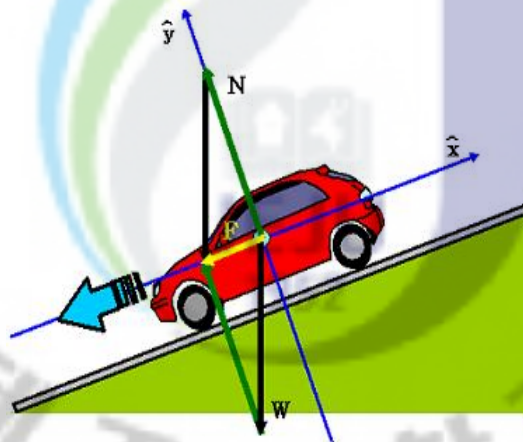
[그림 III-1]과 같이 수평한 면에 있는 자동차가 받는 알짜힘은 자동차가 받은 모든 힘의 합이므로, 자동차가 지구로부터 받는 중력  $W$ 와 지면으로부터 바퀴를 통해서 받는 힘인 수직항력  $N$ 의 합이 0일 때 자동차는 평형상태에 있게 된다. 자동차는 이 두 힘 이외에 다른 힘이 받지 않는 한 계속 정지한 상태에 있게 된다.



[그림 III-1] 수평면에서 자동차의 힘의 분석

#### 다. 경사면에 있는 자동차에 대한 분석

[그림 III-2]는 수평한 면에서 시계반대 방향으로 20도 경사진 면 위에 그 변속 장치가 정지상태인 상태로서 정지해 있는 자동차가 받는 힘을 나타낸 그림이다.

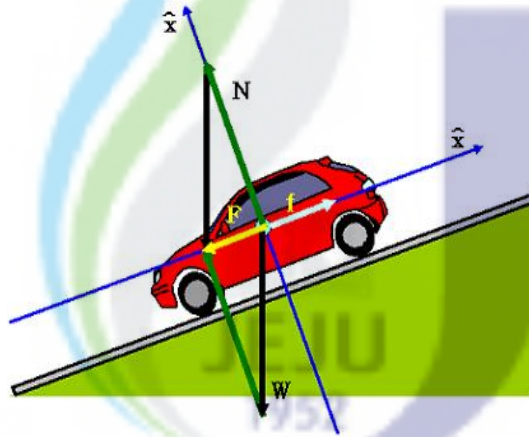


[그림 III-2] 마찰이 없는 경사면 위에 있는 자동차가 받는 알짜힘

그림의 (x,y)평면좌표의  $\hat{x}$ 축을 경사면에 평행한 방향을 나타내고,  $\hat{y}$ 축은 경사면에 수직인 방향을 나타낸다. 경사면과 자동차 사이의 마찰이 없다고 생각한다면, 자동차에 작용하는 힘으로는 지구가 지구의 중심방향으로 자동차를 중력 W와 경사면에서 수직으로 떠받치는 힘 수직항력 N이다. 마찰이 없는 경사면 위

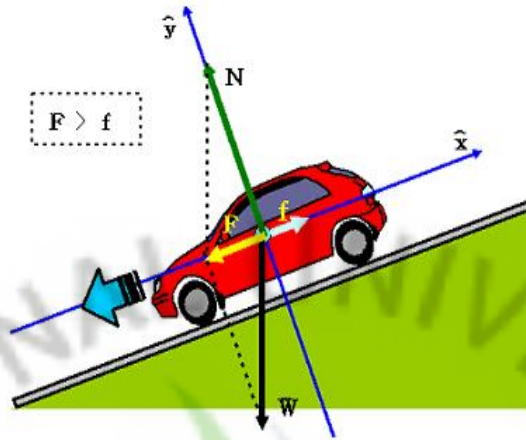
에 있는 자동차가 받는 알짜힘은 자동차가 받은 중력  $W$ 와 수직항력  $N$ 의 합성력  $F$ 로 나타낸다. 이 합성력  $F$ 에 의하여 자동차는 경사면의 아래쪽으로 움직이게 된다.

만일 자동차가 아래쪽으로 움직이지 않고 정지된 평형상태 있게 된다면, 중력  $W$ 와 수직항력  $N$ 의 합성력  $F$ 와 크기는 같고 방향이 반대인 또 하나의 다른 힘이 있어야 한다. 자연스러운 상태에서 생각할 수 있는 또 하나의 다른 힘은 자동차와 지면 사이의 마찰에 의하여 생기는 마찰력이다. [그림 III-3]은 자동차는 경사면의 아래쪽으로 움직이게 하는 합성력  $F$ 와 마찰력  $f$ 가 서로 크기는 같고 방향이 반대인 경우, 자동차가 정지된 평형상태를 보여주고 있다. 만일 [그림 III-4]에서 보여주는 것처럼 합성력  $F$ 가 마찰력  $f$ 보다 클 경우는 자동차는 경사면의 아래쪽으로 미끄러지며 움직이게 된다.



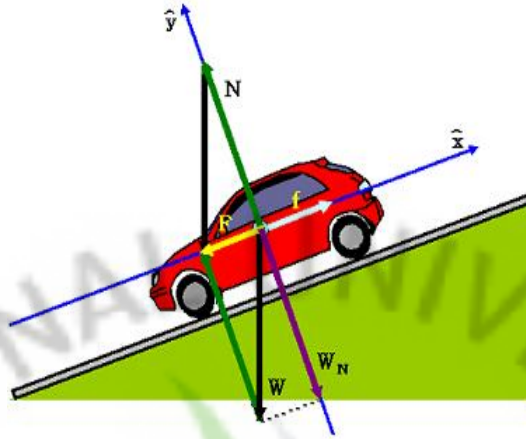
[그림 III-3] 경사면에 있는 자동차의 정지된 평형상태





[그림 III-4] 자동차의 합성력  $F$ 가 마찰력  $f$ 보다 클 경우

자동차가 받는 마찰력은 자동차가 받는 수직항력에 비례하여 커지는 힘이다. 수직항력  $N$ 은 자동차가 지면을 수직으로 누르는 힘의 반작용이다. [그림 III-5]에서와 같이 자동차가 면을 누르는 힘인 자동차의 무게  $W$ 가 경사면에 수직하게 작용하지 않으므로 자동차의 무게  $W$ 가 수직항력  $N$ 의 반작용력이 될 수 없다. 수직항력  $N$ 의 반작용력은 자동차가 지면을 누르는 자동차의 무게  $W$ 의 수직성분의 힘이다. [그림 III-5]에서와 같이 자동차의 무게  $W$ 의 수직성분의 힘은 자동차의 무게  $W$ 를 면에 수직한 축으로 성분분해한  $W_N$ 으로 나타낼 수 있으며, 수직항력  $N$ 은 자동차의 무게  $W$ 의 수직성분의 힘  $W_N$ 의 반작용이다. 따라서 마찰력은 자동차의 무게  $W$ 의 수직성분의 힘  $W_N$ 가 클수록 커진다고 할 수 있다.

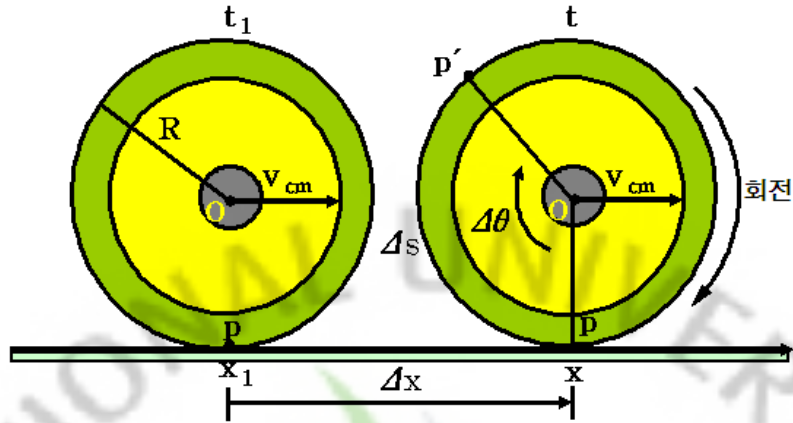


[그림 III-5] 경사면에서 자동차의 수직성분의 힘  $W_N$

#### 라. 굴림운동

물체가 어떤 위치에서 다른 위치로 전체적으로 이동하는 운동을 병진운동이라고 하고, 물체가 한 위치를 중심으로 그 주위를 도는 운동을 회전운동이라고 한다. 굴러가는 물체의 운동인 경우에는 물체가 회전을 하면서 나아가는 운동으로 회전운동과 병진운동이 복합된 운동이다. 회전운동과 병진운동이 복합된 운동을 굴림운동이라고 한다. 굴림운동(rolling)이란, 물체가 바닥면과 접한 상태에서 굴러갈 때 회전속도 크기와 병진속도 크기가 똑같은 때를 말한다.

평평한 바닥면에서, 아래의 [그림 III-6]과 같이, 직선으로 그 질량중심이 일정한 속도  $v_{cm}$  로 굴러가는 바퀴를 고려할 수 있다.



[그림 III-6] 미끄럼이 없는 굴림운동

시간  $t_1$ 에서  $x$ 축 상의 위치  $x_1$ 에 바퀴의 질량중심  $O$ 과 바퀴와 바닥의 접촉점  $P$ 점은  $x$ 축 상의 같은 위치  $x_1$ 에 있었다가 일정한 속도  $v_{cm}$ 으로  $\Delta t$ 시간이 후의 시간  $t$ 에서 바퀴의 질량중심  $O$ 과 바퀴와 바닥의 접촉점  $P$ 점의 위치가  $x$ 축 상의 같은 위치  $x$ 에 있다면, 바퀴의 질량중심  $O$ 과 접촉점  $P$ 점의 위치의 변화량  $\Delta x$ 는

$$\Delta x = v_{cm} \Delta t$$

이다. 또한 시간  $t_1$ 에서  $x$ 축 상의 위치  $x_1$ 에서 바닥의 접촉점  $P$ 점에 접했던 바퀴표면의 점이 시간  $t$ 에서 각도  $\Delta\theta$ 만큼 회전된  $P'$ 의 위치에 있게 되고, 운동한 원호의 길이는  $\Delta s$ 이다.  $\Delta s$ 는 라디안 법칙에 의하여 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\Delta s = \Delta\theta R$$

여기서  $R$ 은 바퀴의 반지름이다.

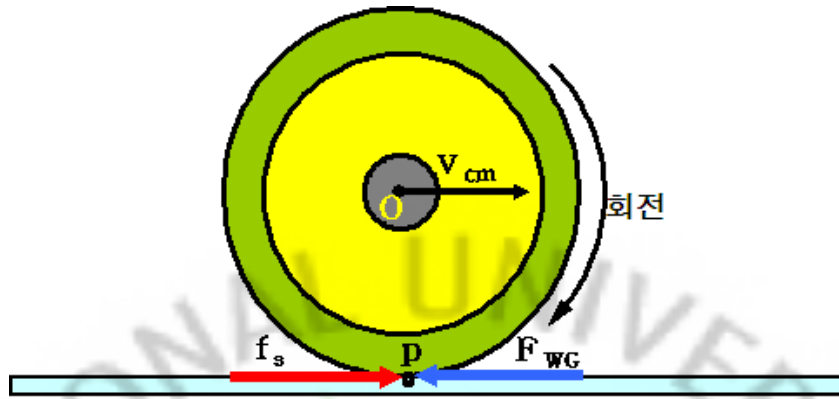
운동이 미끄럼이 전혀 없는 순수한 굴림운동이라면,  $\Delta s$  는  $\Delta x$ 와 그 크기는 같아야 한다. 이 때 바퀴중심의 속도  $v_{cm}$ 의 크기는 바퀴표면의 선속도  $\Delta s / \Delta t$ 와 같아야 한다. 즉

$$\begin{aligned} v_{cm} &= \frac{\Delta s}{\Delta t} \\ &= \frac{\Delta \theta}{\Delta t} R \\ &= \omega R \end{aligned}$$

여기서  $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ 로  $\omega$ 는 각속도이다.

마찰이 없으면 바퀴는 굴러갈 수 없다. 바퀴가 회전할 때 바퀴와 접하는 바닥면을 기준으로 보면 바퀴는 뒤쪽으로 미끄럼운동을 하려고 하므로 바퀴가 미끄러지지 않도록 마찰이 작용하게 된다. 이때 바퀴가 미끄러지지 않으므로 작용하는 마찰력은 정지마찰력이며 앞으로 작용하게 된다.

[그림 III-7]에서와 같이, 주행 중인 자동차에서와 같이 바퀴가 동력에 의하여 계속적으로 바퀴중심의 속도  $v_{cm}$ 로 굴러갈 때, 바닥면과의 접촉점 P에서 바퀴가 미끄러지려고 하며 접촉점 P 부위에서 이를 억제하려는 정지마찰력  $f_s$ 가 바퀴중심의 속도  $v_{cm}$ 의 방향과 같은 방향으로 작용하게 된다. 이 때 정지마찰력  $f_s$ 는 바퀴가 바닥면을 뒤로 미는 힘  $F_{WG}$ 에 대한 반작용력이다.

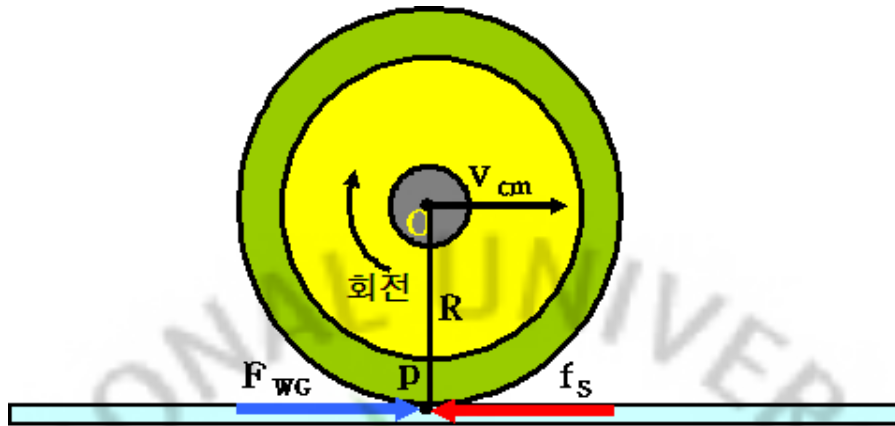


[그림 III-7] 정지마찰력

[그림 III-8]은 굴림동력이 없는 경우로서 굴림이 없이 바퀴를 밀어 주었을 때이다. 바퀴는 순간적으로 바퀴중심속도  $v_{cm}$  방향, 즉 앞쪽으로 미끄럼운동을 하려는 경향이 나타나지만, 바닥면과의 접촉점 P에서 바퀴가 미끄러지려고 하며 접촉점 P부위에서 이를 억제하려는 정지마찰력  $f_s$ 가 바퀴중심의 속도  $v_{cm}$ 의 방향과 반대방향으로 작용하게 된다. 힘  $F_{WG}$ 는 바퀴가 지면에 가하는 힘으로 정지마찰력  $f_s$ 의 반작용력이다.

이때 정지마찰력  $f_s$ 는 바퀴의 중심에 대하여 모멘트의 팔  $R$ 을 가지므로, 다음과 같은 토크 즉 회전력을 발생시킨다.

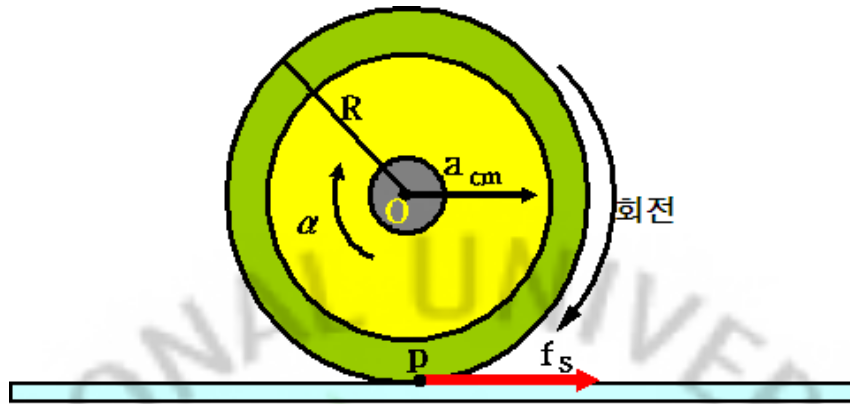
$$\tau = R f_s$$



[그림 III-8] 굴림동력이 없는 경우

[그림 III-9]와 같이 바퀴가 일정한 속도로 굴러간다면 바퀴가 미끄러지지 않으므로 바퀴에 작용하는 마찰력은 없다. 그러나 어떤 힘이 작용하여 바퀴중심의 속도를 증가 또는 감소시킨다면 이에 대응되는 질량중심의 가속도  $a_{cm}$ 에 따라 접촉점 P에서 바퀴가 미끄러지려고 하며 접촉점 P부위에서 이를 억제하려는 정지마찰력  $f_s$ 가 바퀴에 작용하게 된다. 또한 바퀴는 바퀴의 중심에 대하여 회전력에 상응되는 각가속도  $\alpha$ 로 회전하게 된다. 만약 바퀴가 미끄러지지 않는다면 바퀴는 굴림운동만을 하게 되며, 바퀴중심의 가속도  $a_{cm}$ 와 질량중심에 대한 각가속도  $\alpha$ 는 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$a_{cm} = \alpha R$$



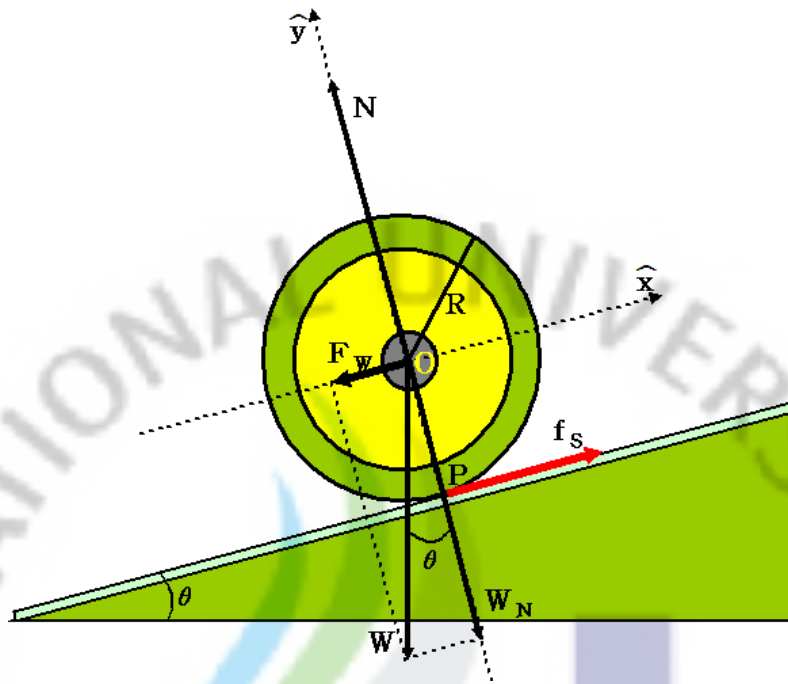
[그림 III-9] 가속도  $a_{cm}$  에 따라 상응되는 각가속도  $\alpha$

#### 마. 경사면 위에서의 굴림운동

[그림 III-10]은 질량이  $M$ , 반지름이  $R$ 인 바퀴가 경사각이  $\theta$ 인 경사면의  $x$  축을 따라 굴러 내려오는 모습을 보여준다. 바퀴의 무게인 중력  $\mathbf{W}$ 은 수직방향으로 작용하며, 이 중력  $\mathbf{W}$ 은 경사면에 수직으로 작용하는 수직력  $\mathbf{W}_N$ 과 경사면에 나란한 힘  $\mathbf{F}_W$ 로 분해하여 나타낼 수 있다. 그리고 경사면이 바퀴를 수직으로 떠받쳐주는 수직항력  $\mathbf{N}$ 은 수직 반작용력은 수직력  $\mathbf{W}_N$ 의 반작용이다.

경사면위에 있는 바퀴인 경우 경사면에 나란한 힘  $\mathbf{F}_W$ 에 의하여 바퀴중심에 작용한다. 이에 따라 질량중심의 가속도  $a_{cm}$ 가 발생하여 접촉점  $P$ 에서 바퀴가 미끄러지려고 하며 접촉점  $P$  부위에서 이를 억제하려는 정지마찰력  $\mathbf{f}_s$ 가 바퀴에 작용하게 된다.





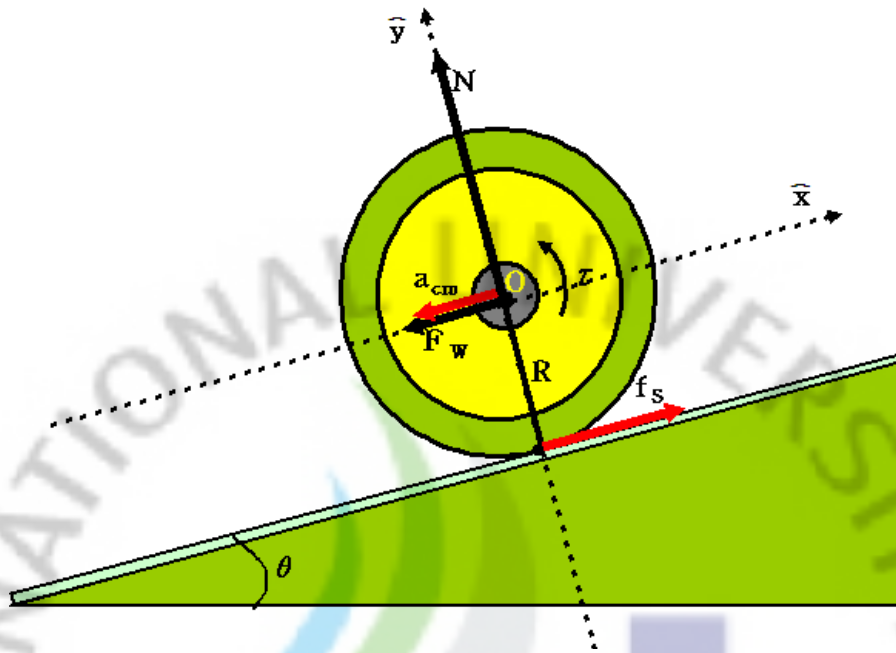
[그림 III-10] 경사면 위에 있는 바퀴의 정지마찰력

이 때 정지마찰력  $f_s$  는 바퀴의 중심에 대하여 모멘트의 팔  $R$  을 가지므로, 다음과 같은 토크 즉 회전력  $\tau$  을 발생시킨다.

$$\tau = R f_s$$

이 때 회전력은, [그림 III-11]에서 보여주는 것과 같이, 반시계방향으로 회전을 일으킨다. 바퀴의 무게인 중력  $W$  와 수직항력  $N$  은 모멘트 팔을 갖지 않으므로 회전력을 발생시킬 수 없다.





[그림 III-11] 경사면에 있는 바퀴의 회전력

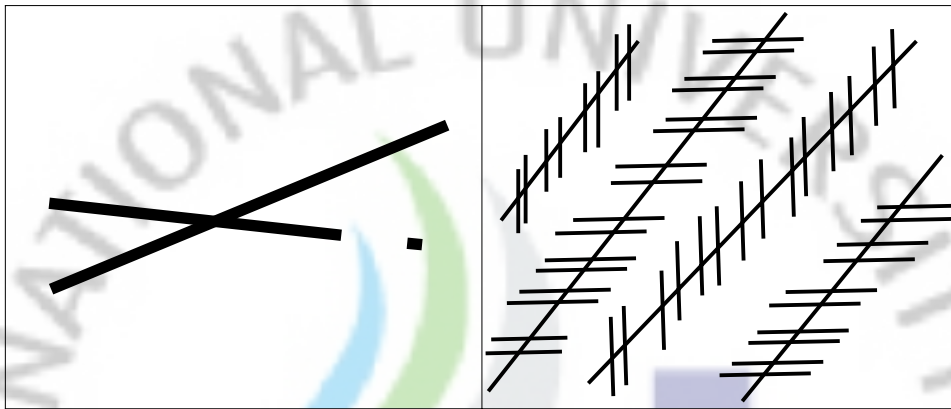
## 2. 착시 현상

시각의 과정 중 크기나 형태, 길이나 거리, 색채나 움직임과 같은 하나 둘 이상의 시각적 자극 속성에 대한 바르지 못한 시각적 착각을 착시현상이라고 한다(유한태, 1987). 일반적으로 착시는 물리적인 착시와 심리·생리적인 착시로 나누는데 물리적 착시는 단순한 물리적 원인에 의해 일어나는 것으로 환경이 자극을 변화시키거나 왜곡시킬 경우 일어나게 된다. 심리·생리학적 착시는 시각자의 감각기관에 의해 나타나는 것과 두뇌작용과 같이 시각자의 특성에 따라 시각이 달라지는 것으로 다시 나뉘질 수 있다. 전자로는 가장 일반적인 동화·대비, 교차, 분할, 수직·수평 착시 등을 포함하는 기하학적 착시를 꼽을 수 있으며 후자로는 다의미도형, 불가능도형, 욕구, 경험, 정서에 의한 착시로 시각자의 생각이나 처한 환경에서 달라지는 현상을 들 수 있다.

착시 현상의 종류는 각도와 방향의 착시, 분할의 착시, 대비의 착시, 유화의 착시, 대비의 착시, 상방거리과대, 수직·수평의 착시, 반전 실체의 착시 등으로

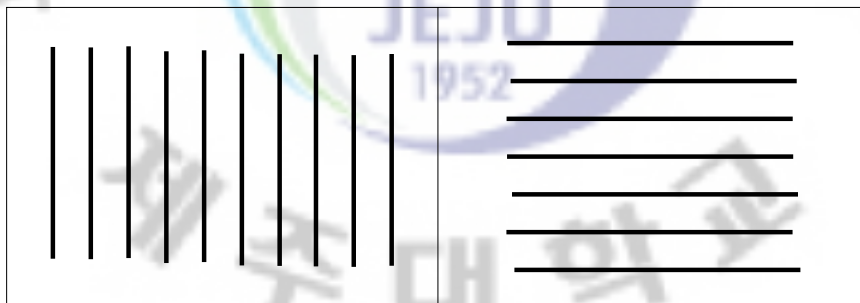
구분된다(정원아, 2005).

각도와 방향의 착시는 [그림 III-12]에서 보여주는 바와 같이 실제로 점은 선상 위에 있으나, 점이 예각의 내측으로 들어가 보이며 오른쪽 그림의 안의 선은 실제로 직선이지만, 짧은 선의 영향으로 굽어져 보인다.



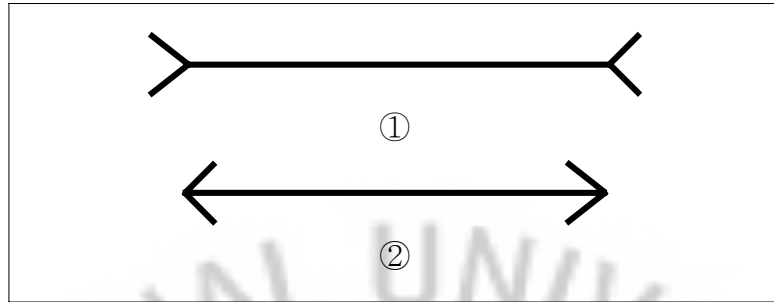
[그림 III-12] 각도와 방향의 착시

분할의 착시는 [그림 III-13]과 같이 수직선의 무늬는 실제보다 상·하로 커 보이며 수평선의 무늬는 실제보다 좌·우로 커 보인다.



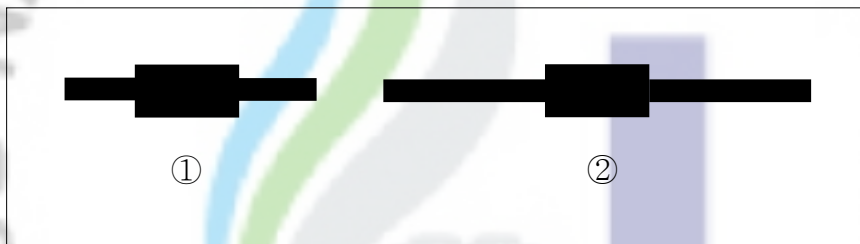
[그림 III-13] 분할의 착시

유화의 착시는 [그림 III-14]에서 보여주는 것처럼 전체도형에 유화하여 지각되는 착시현상으로 그림①과 ②의 길이는 동일하지만 ①이 ②보다 길어 보인다.



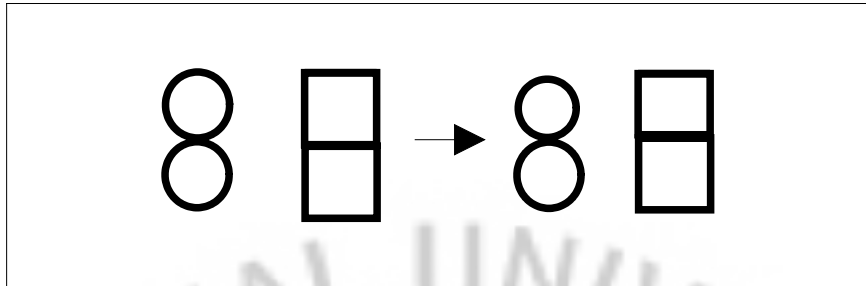
[그림 III-14] 유화의 착시

대비의 착시는 [그림 III-15]와 같이 ①과 ②는 같은 길이와 같은 크기이지만 주변의 영향을 받아 다르게 보인다.



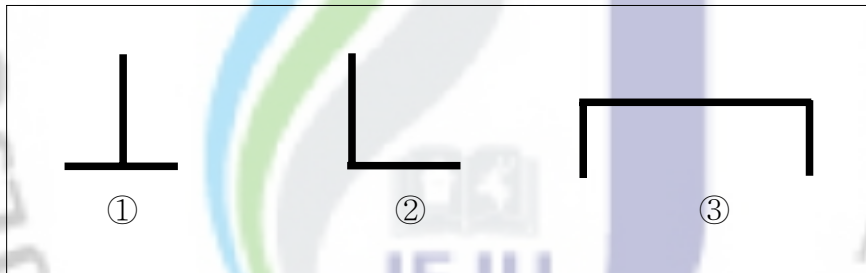
[그림 III-15] 대비의 착시

상방거리과대는 [그림 III-16]에서 보여주듯이 같은 크기의 형을 상·하로 겹치면 위쪽의 것이 아래쪽보다 크게 보이는 착시현상으로 그것을 수정하기 위해서는 상반부를 작게 한다.



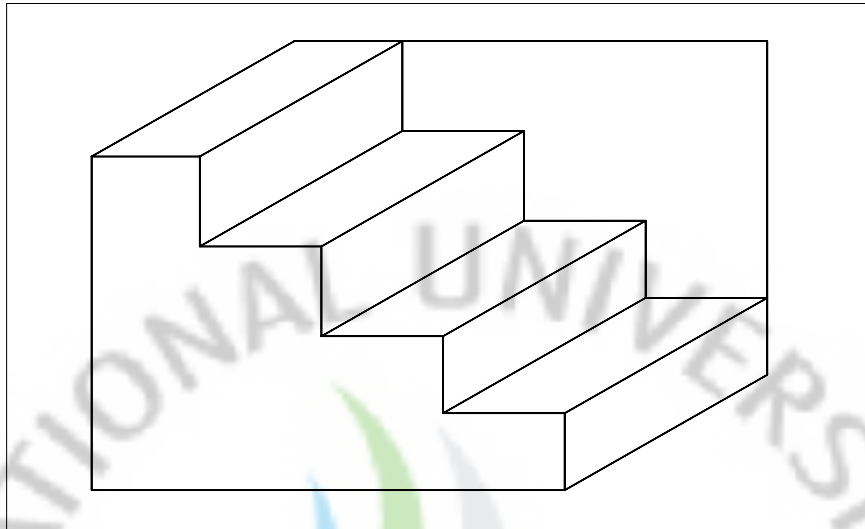
[그림 III-16] 상방거리과대

수직·수평의 착시는 [그림 III-17]에서 보여주는 것처럼 같은 길이의 선분이라도 수직의 것이 수평의 것보다 크게 보이는 착시현상을 말한다. ①은 그 사실을 비교한 것이고, ②는 중앙부가 쳐져 보이는 현상이 나타나며 ③도 중앙부가 훌쩍해 보인다.



[그림 III-17] 수직·수평의 착시

반전 실체의 착시는 [그림 III-18]에서 보여주는 바와 같이 도형의 한쪽이 튀어나와 보여서 입체로 지각되는 착시현상을 말한다..



[그림 Ⅲ-18] 반전 실체의 착시

형태를 지각하는 과정은 형태대상에서의 자극이 망막을 통하여 대뇌에 전달되는 것이지만 이때 우리는 그 정보를 이해하는 과정을 필연적으로 거쳐서 그 대상을 지각하게 된다. 대상을 지각할 때 일정불변하게 지각되지 않고 인간의 심리상태, 주의의 상태, 흥미의 도, 관심의 도, 과거의 기억이나 경험 등이 복합된 적극적 활동에 의하여 좌우된다고 한다(정원아, 2005).

## IV. 연구 방법

### 1. 신비의 도로의 주변 환경 조사

신비의 도로의 주변에는 많은 오름으로 이루어져 있어 주변의 많은 구릉마루가 신비의 도로를 둘러싸고 있다. 이러한 신비의 도로의 주변 환경을 조사하기 위해 현장에서 제주시 방면과 서귀포시 방면의 신비의 도로의 완만한 경사도, 동쪽 방면의 초원과 삼나무숲의 경사도와 서쪽 방면의 환경을 디지털 카메라로 촬영을 해 보았다.

### 2. 신비의 도로 지역의 경사각 측정

신비의 도로와 그 주변의 지면의 경사도를 측정하기 위하여 필요한 것은 [그림 IV-1]과 같은 도구들이다. 하지만 일반적으로 수평을 확인하기 위하여 사용되는 수평기는 액체의 기포를 사용하여 각도를 표시하기 때문에 정확한 각도를 읽기가 어렵고, 멀리 떨어진 지면이나 구릉의 경사도를 측정하는 것이 불가능하다.



[그림 IV-1] 수평을 확인하기 위하여 사용되는 수평기

[그림 IV-2]의 (가) 측정도구는 접촉할 수 있는 도로의 경사각을 보다 정확한 경사각을 측정하기 위한 도구이다. 편리상 이 연구에서는 경사각 접촉측정기라고 언급한다.

(나)의 도구는 멀리 떨어진 지면이나 구릉의 경사각을 측정하기 위한 것으로, 경사면과 직접 접촉하지 않고 지면이나 구릉의 경사선과 (나)의 도구의 기준선을 시각적으로 일치시켜 경사각을 측정하는 도구이다. 이 연구에서는 경사각 원격측정기라고 언급한다. 이들은 이 연구에서 고안되고 제작된 것이다.



[그림 IV-2] 경사각 접촉측정기와 경사각 원격측정기의 모습

### 3. 착시 현상의 원인 조사

신비의 도로가 남쪽에서 북쪽으로 향하는 내리막길인데도 오르막길로 보이고, 이 도로 위에 있는 여러 가지 물체가 오르막길을 저절로 굴러 올라가는 것처럼 보이는 원인을 밝히기 위하여 두 가지의 착시현상을 시뮬레이션으로 제작하여 보았다.

첫째, 산의 높이에 따른 착시현상으로 아주 높은 산을 배경으로 하는 도로의 경우에서 점차 낮은 산을 배경으로 하는 도로의 경우를 단계적으로 시뮬레이션을 제작하여 어떠한 경우가 착시현상을 일으키는지 밝혀 보았다.

둘째, 주변의 경사도에 따른 착시현상으로 경사각이 90도인 선들을 배경으로



하는 경우의 도로에서 점차 낮은 경사각의 선들을 배경으로 하는 경우의 도로를 시뮬레이션으로 제작하여 어떠한 경우가 착시현상을 일으키는지 밝혀 보았다.





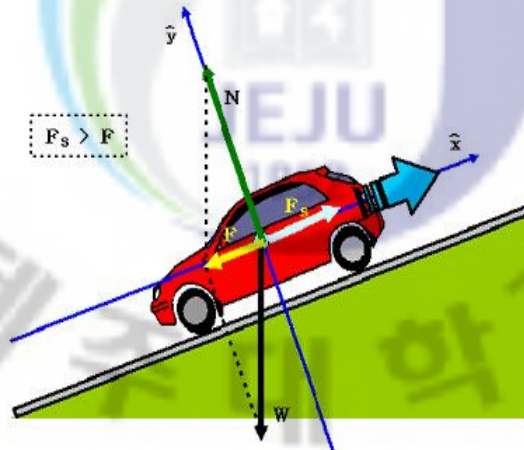
## V. 연구 결과 및 논의

### 1. 신비의 도로에 대한 물리학적 분석

오르막과 같은 경사면 위에 있는 물체는 중력의 영향으로 경사면 아래로 미끄러져 내려오거나 굴러 내려온다. 물체가 경사면 위쪽으로 움직이려면 중력과 마찰력의 영향을 상쇄시키는 이상의 힘이 필요하다.

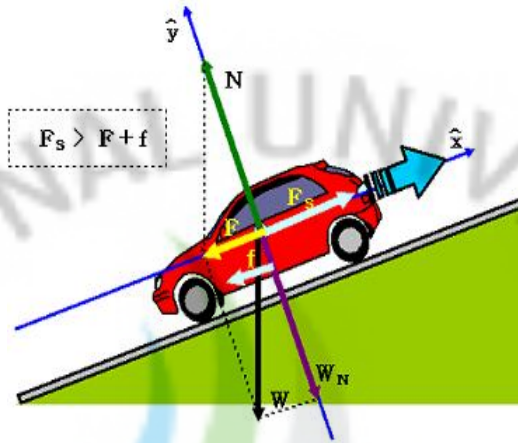
[그림 V-1]은 마찰이 없는 경사면 위에 있는 그 변속장치가 정지상태로 있는 자동차가 경사면 위쪽으로 움직이는데 필요한 힘을 나타낸 그림이다. 마찰이 없는 경사면 위에 있는 자동차가 받는 알짜힘은 자동차가 받은 중력  $W$ 와 수직항력  $N$ 의 합성력  $F$ 이다. 이 합성력  $F$ 가 경사면 아래쪽으로 향하고 있으므로 자동차는 경사면의 아래쪽으로 움직이게 된다. 자동차가 경사면 위쪽으로 움직이게 하기 위해서는 합성력  $F$ 보다 큰 힘  $F_s$ 가 경사면 위쪽으로 작용되어야 한다.

실질적으로 물체가 운동할 때는 마찰력을 받는다. 마찰력은 물체의 운동을 저지하는 작용으로 물체의 운동방향에 반대방향으로 작용한다. 또한 마찰력은 물체가 면으로부터 받는 수직항력이 클수록 커진다.



[그림 V-1] 자동차가 마찰이 없는 경사면 위쪽으로 움직이는 경우

[그림 V-2]는 경사면과 자동차 사이에 마찰에 의한 마찰력이 있을 때, 경사면 위에 있는 그 변속장치가 정지상태로 있는 자동차가 경사면 위쪽으로 움직이는데 필요한 힘을 나타낸 그림이다.



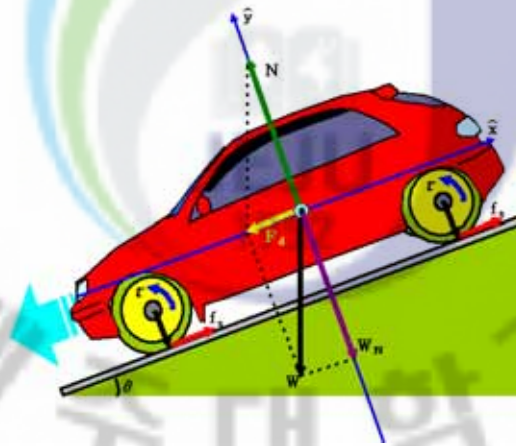
[그림 V-2] 자동차가 마찰이 있는 경사면 위쪽으로 움직이는 경우

[그림 V-2]에서 힘  $F$ 는 자동차가 받은 중력  $W$ 와 수직항력  $N$ 의 합성력이다. 이 합성력  $F$ 는 자동차를 경사면 아래쪽 방향으로 작용한다. 마찰력  $f$ 는 자동차가 면으로부터 수직으로 받는 수직항력  $N$ 에 비례하며, 자동차가 경사면의 위쪽 방향으로 움직일 때는 이 마찰력  $f$ 는 운동방향의 반대방향인 경사면의 아래쪽 방향으로 작용하게 된다. 여기서 수직항력  $N$ 은 자동차가 지면을 누르는 자동차의 무게  $W$ 에 대한 수직성분의 힘  $W_N$ 의 반작용력이다. 경사면과 자동차 사이에 마찰에 의한 마찰력이 있을 때, 자동차가 경사면의 위쪽으로 움직이게 하기 위해서는 자동차가 경사면의 아래쪽 방향으로 받는 힘  $F$ 와 마찰력  $f$ 의 합력보다 더 큰 힘  $F_s$ 을 경사면의 위쪽 방향으로 받아야 한다.

신비의 도로에서 일어나는 기이한 현상은 물체가 저절로 경사면 위에서 미끄러져 올라가는 것이 아니라 굴러 올라가는 것이며, 그 물체의 모양도 바퀴나 음료수 캔과 같은 둥근 모양을 한 물체에 한하여 일어난다는 것을 관찰할 수 있다. 또한 자동차인 경우 그 변속장치가 중립상태에서만 자동차가 오르막을 거슬러 올라가는 기이한 현상을 관찰할 수 있다. 그러나 지금까지의 신비의 도로의 기이한 현상에 대하여 물체의 모양이나 자동차의 변속장치의 상태를 고려하지

않고 중력과 마찰력의 관계만 고려한 해석을 해왔다(제주도 교육청, 1996)[참고 문헌 추가: 제주도 교육청 공통과학자료개발 위원회. 교육부 과제 연구 보고서 별책 부록 : 공통과학 STS 교수·학습자료, 제주도 교육청.]. 신비의 도로의 기이한 현상에 대한 해석은 경사면에서의 물체의 병진운동으로가 아니라 경사면에서의 물체의 굴림운동을 고려해야 타당하다 하겠다.

[그림 V-3]에서는 변속장치가 중립상태에 있는 자동차가 경사면 위에서 있는 경우 자동차에 작용하는 힘과 자동차를 움직이게 하는 회전력을 보여준다. 자동차에 작용하는 알짜힘  $F_d$ 가 그리 크지 않아 경사면 아래쪽으로 미끄러짐이 일어나지 않는 힘의 크기의 범위에서 자동차는 그 바퀴들을 통하여 지면과의 정지마찰력  $f_s$ 를 받는다. 이 정지마찰력  $f_s$ 는 알짜힘  $F_d$ 와는 반대 방향으로 자동차가 경사면 아래로 움직이게 하는 것을 방해하는 힘이지만, 정지마찰력  $f_s$ 는 바퀴의 중심에 대하여 모멘트의 팔  $R$ 을 가지므로 반시계방향으로 바퀴를 회전하게 하는 토크  $\tau$ 을 발생시켜 자동차가 경사면의 아래쪽으로 운동하게 한다.



[그림 V-3] 경사면 위에서 있는 자동차에 작용하는 힘과 자동차를 움직이게 하는 회전력

경사면 위에 있는 자동차를 경사면 위쪽으로 움직이게 하기 위해서는 [그림 V-4]에서 보여주는 것처럼, 자동차를 경사면 아래쪽 방향으로 움직이게 하는

중력  $W$ 와 수직항력  $N$ 의 합성력인  $F_d$ 보다 더 큰 힘  $F_x$ 로 자동차를 경사면 위쪽으로 당기거나 밀어야 한다. 이런 경우 자동차의 바퀴에 작용하는 정지마찰력  $f_s$ 가 경사면의 아래쪽으로 작용하며, 이 정지마찰력  $f_s$ 의 바퀴중심에 대한 회전력이 시계방향으로 생기게 되며 자동차는 경사면 위쪽으로 움직이게 될 것이다.



[그림 V-4] 자동차를 경사면 위쪽으로 움직이는 경우의 힘과 회전력

그러나 경사면 위에 있는 자동차가 이러한 당기거나 밀는 접촉작용력이 없이 경사면 위쪽으로 움직여 올라간다면, 접촉 없이도 물체를 움직이게 하는 자기력이나 전기력과 같은 원격작용력에 의한 것으로도 생각해 볼 수 있다. 쇠를 끌어당기는 자기력이나 종이조각이나 스티로폼 조각이 끌어당기는 정전기를 띤 플라스틱 막대의 경우와 같은 정전기력에 의하여 자동차가 경사면 위쪽으로 움직인다고 한다면, 경사면 위쪽에 강력한 자석이나 엄청난 양의 정전기를 띤 물체가 있어야 하며, 주변에 있는 쇠로 된 물체는 자석 방향으로 끌려가야하며, 스티로폼으로 된 물체나 종이 등 또한 정전기를 띤 물체 쪽으로 끌려가야 한다. 그러나 이러한 일은 일어나지 않았다. 그리고 자석에 붙지 않는 플라스틱으로 된 원통모양의 물체, 정전기가 일어나지 않는 쇠로 된 원통모양의 물체, 물 등 경사면 위에 놓거나 쏟았을 때 역시 경사면 위쪽 방향으로 굴러가거나 흐르는

현상을 관찰하였다. 이러한 현상은 자동차를 경사면 위쪽으로 움직이게 하는 힘이 자기력이나 전기력과 같은 원격작용력도 아님을 보여주는 것이다.

신비의 도로에서 일어나는 기이하다는 것은 경사면 위에 있는 자동차가 변속장치가 중립상태에서 저절로 오르막길을 올라가는 등, 물체가 외부로부터 힘을 받지 않고도 저절로 올라간다는 것이다. 이러한 현상은 물체를 움직이게 하는 요인은 힘이라는 뉴턴의 제2법칙으로 설명이 불가능하게 보여지기 때문이다.

## 2. 신비의 도로의 주변 환경

신기한 현상이 일어나는 문제의 신비의 도로는 그 구간의 길이가 약 100m이며, 남쪽에서 북쪽으로 오르막을 하고 있는 경사가 진 도로이다. [그림 V-5]는 서귀포시 방면에서 제주시 방면으로 촬영한 신비의 도로의 전경을 보여주는 사진이다. 사진에서 보여주는 것처럼 제주시 방면으로 완만한 경사를 이루고 있음을 관찰할 수 있다.



[그림 V-5] 서귀포시 방면에서 제주시 방면의 신비의 도로

신비의 도로의 구간의 남쪽은 서귀포 방면으로 높은 오름과 한라산의 북서면에 이어지는 높은 구릉과 가파른 언덕으로 인하여 한 경사가 급한 도로와 이어져 있다. [그림 V-6]은 제주시 방면에서 서귀포시 방면으로 신비의 도로 전경



을 촬영한 사진으로, 신비의 도로 너머 이어지는 가파른 경사를 관찰할 수 있다.



[그림 V-6] 신비의 도로의 서귀포시 방면

신비의 도로 구간의 남쪽과는 달리 신비의 도로의 북쪽은 제주시 방면으로 [그림 V-7]에서 보여주는 것과 같이 비교적 구릉이 없이 낮은 언덕으로 완만한 경사를 이룬다.



[그림 V-7] 신비의 도로의 제주시 방면

신비의 도로 동쪽 방면은 이 도로의 남동쪽에 있는 높이 438m의 거문오름에



서부터 북서쪽으로 이어지는 완만한 경사의 기반 위에 대부분의 목장지대로 초원과 키가 큰 삼나무숲으로 이루어져 있다. 가로수 너머로 보이는 삼나무 숲의 마루와 초원의 지면이 남쪽에서 북쪽으로 내리막을 형성하고 있다. [그림 V-8]은 신비의 도로의 동쪽 방향을 촬영한 것이다.



[그림 V-8] 신비의 도로의 동쪽 방향

[그림 V-9]와 같이 신비의 도로의 서쪽 방향은 도로의 동쪽으로부터 이어지는 완만한 내리막을 이루고 있으며, 내리막 너머로 나무숲의 마루와 구릉마루가 남쪽 방향에서 북쪽 방향으로 완만한 경사를 이루고 있다.



[그림 V-9] 신비의 도로의 서쪽 방향

### 3. 신비의 도로 지역의 경사각 측정 분석

<표 V-1>과 <표 V-2>는 신비의 도로의 기이한 현상이 나타나는 도로구간의 30m 전방에서부터 후방 60m까지 기이한 현상이 나타나는 190m를 포함한 250m의 길이의 구간에 대하여 10m간격으로 도로의 경사각과 도로 주변 지면의 경사각의 측정 결과를 나타낸 표이다. 여기에서 경사각이란 서귀포 방면에서 제주시 방면으로, 즉 남쪽에서 북쪽으로 수위 면을 기준으로 시계방향으로 경사진 각도를 말하며, 도로의 경사각은 경사각 접촉측정기를 사용하여 측정한 경사각으로 수위 면에 대한 경사각이며, 주변의 경사각은 경사각 원격측정기를 사용하여 측정된 경사각으로 시각적인 경사각이다. 또한 표에서 시작점과 끝점이란 신비의 도로 지역에서 관광객들을 위한 안내판에 표시된 지점을 말한다.

<표 V-1> 측정된 신비의 도로의 경사각

거리 ( m )	0	10	20	30 시작점	40	50	60	70	80	90	100	110	120
도로의 경사각 ( ° )	2.5	2.5	1.5	1	1	0	0.5	1	1	0.5	1	1	1
거리 ( m )	130	140	150	160	170	180	190 끝점	200	210	220	230	240	250
도로의 경사각 ( ° )	1	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	2.5	1.5	2.5	3

<표 V-1>에서 측정된 구간 0m에서 30m의 시작점 전방까지의 2.5°에서 1.5°사이의 도로의 경사각을 가지며, 시작점에서 140m까지는 그 경사각의 거의 1°로 남쪽에서 북쪽으로 시계방향으로 경사져 있음을 알 수 있다. 140m지점부터 끝점인 190m까지는 거의 수평을 이루며, 190m에서 250m까지는 다시 경사가 2.5° 정도로 커짐을 알 수 있다.

시각적으로 신비의 도로를 살펴보면 0m의 지점에서 시작점인 30m 전방까지는 남쪽에서 북쪽으로 내리막길임을 알 수 있는 구간이며, 시작점인 30m 지점에서 끝점인 190m 지점까지는 시각적으로 남쪽에서 북쪽으로 오르막길로 인식되는

지점이다. 그리고 190m지점에서 250m까지는 또한 시각적으로 남쪽에서 북쪽으로 내리막길임을 알 수 있는 구간이다. 신비의 도로 전 구간이 남쪽에서 북쪽으로 내리막길 또는 부분적으로 평평한 상태이나 기이한 현상이 나타나는 구간은 전방과 후방의 구간이 1.5°에서 2.5°의 상대적으로 큰 경사각을 가지는 데 비해 1° 이하의 낮은 경사각을 가지고 있음을 알 수 있다.

<표 V-2>는 신비의 도로 주변의 동쪽 방향을 이루고 있는 초원의 지면이나 나무숲 마루의 경사각은 경사각 원격측정기에 의하여 측정된 결과이다. 여기에서 초원의 지면이나 나무숲 마루의 경사각을 편리상 주변의 경사각라고 한다. 신비의 도로 시작점 30m 지점 전방인 0m 지점에서부터 40m 지점까지, 그리고 9m지점에서 140m 구간까지는 주변의 경사각은 4° 이상으로, 50m지점에서 80m 지점까지의 구간에서와 160m 지점부터 250m 지점까지는 2° 이하의 경사각을 보여준다. 50m지점에서 80m 지점까지의 구간에서 낮은 경사각은 구변의 지형이 낮은 계곡을 형성하고 있기 때문이며, 160m 지점부터 250m 지점까지의 경사각을 주변이 거의 평지를 이루고 있기 때문이다.

<표 V-2> 측정된 신비의 도로 주변의 경사각

거리 ( m )	0	10	20	30 시작점	40	50	60	70	80	90	100	110	120
주변의 경사각 ( ° )	4	4	5.5	7	7	2	0	-2	2	4	5.5	6	9
거리 ( m )	130	140	150	160	170	180	190 끝점	200	210	220	230	240	250
주변의 경사각 ( ° )	7	6	3	1.5	1.5	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1	2	2

[그림 V-10]은 거리에 따른 경사각과 신비의 도로의 동쪽 방향의 지면의 기울기를 나타낸 그래프이다. 이로부터 도로와 주변은 남쪽에서 북쪽으로 내리막의 경사를 이루고 있음을 알 수 있으며, 도로의 경사보다 주변의 경사가 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 특히 신비의 도로가 시작되는 구간에서 도로와 주변의 경사각이 약 6°의 경사각의 차이가 있으며, 90m지점과 150m지점에서 3° 이상의

경사각의 차이를 보인다.

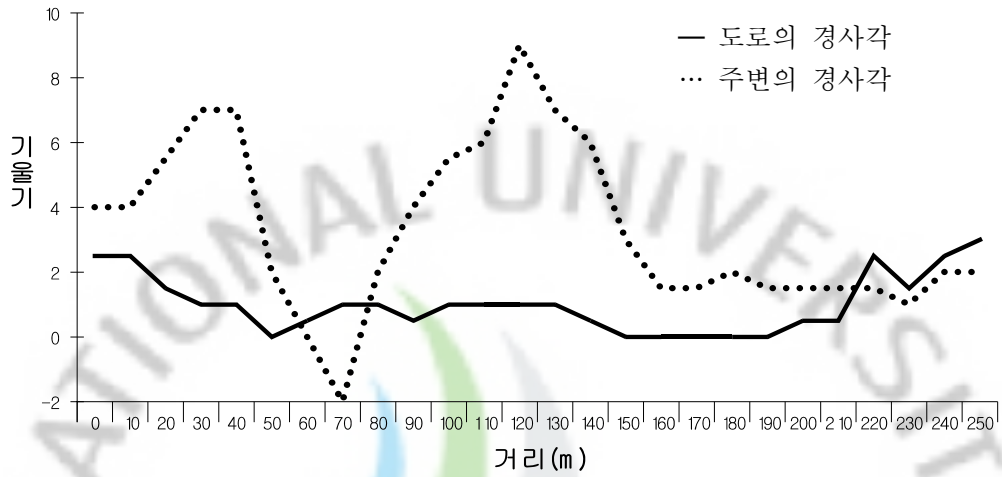


그림 V-10] 신비의 도로의 경사각과 주변의 경사각

[그림 V-11, V-12]는 실제로 경사각을 측정하는 모습이다.



[그림 V-11] 경사각 접촉측정기를 사용하여 측정하는 모습



[그림 V-12] 경사각 원격측정기를 사용하여 측정하는 모습

신비의 도로의 경사각의 측정으로부터 신비의 도로는 눈으로 관찰되는 것과 같이 남쪽에서 북쪽으로 오르막길이 아니라 내리막길이라는 것을 알 수 있다. 신비의 도로가 실제 내리막길이며 내리막길이 오르막길로 보이는 것은 일종의 착시현상으로, 이 도로 위에서 변속장치가 중립상태의 자동차가 저절로 오르막길을 움직여 올라가는 기이한 현상은 중력의 영향으로 내리막길의 아래로 굴러 내려오는 당연한 현상이라고 말할 수 있다 [그림 V-13].





[그림 V-13] 자동차가 저절로 오르막 쪽으로 움직여 올라가는 모습

#### 4. 착시현상의 원인에 대한 분석

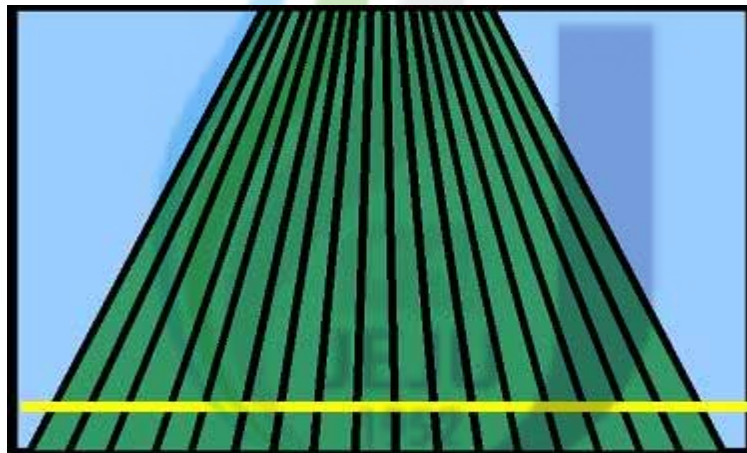
##### 가. 산의 높이에 따른 착시현상

신비의 도로가 남쪽에서 북쪽으로 향하는 내리막길인데도 불구하고 오르막길로 보이고, 이 도로 위에 있는 여러 가지 물체나 변속장치가 중립상태에 있는 자동차가 마치 오르막길을 저절로 굴러 올라가는 것처럼 보이는 기이한 현상을 착시현상이라고 한다. 착시현상이란 외부의 사물의 크기·형태·빛깔 등과 같은 객관적인 성질과 눈으로 본 성질 사이에 차이가 있는 경우의 시각을 가리킨다. 이와 같은 차이는 항상 존재하므로 보통은 양자의 차이가 특히 큰 경우를 착시라고 한다.

신비의 도로에서 일어나는 착시현상이 주변의 특수한 환경적인 여건에 의하여 일어날 수 있다면, 주변의 특수한 환경적 여건으로서 하나는 높은 한라산의 북서면과 북서면에 위치한 높이 1,169m인 어승생악과 높이 611m인 노루생이오름 등으로 하는 도로의 남쪽 배경이며, 또 다른 하나는 이 도로의 남동쪽의 높이 438m의 거문오름에서부터 북서쪽으로 이어지는 경사의 기반 위에 형성된 이

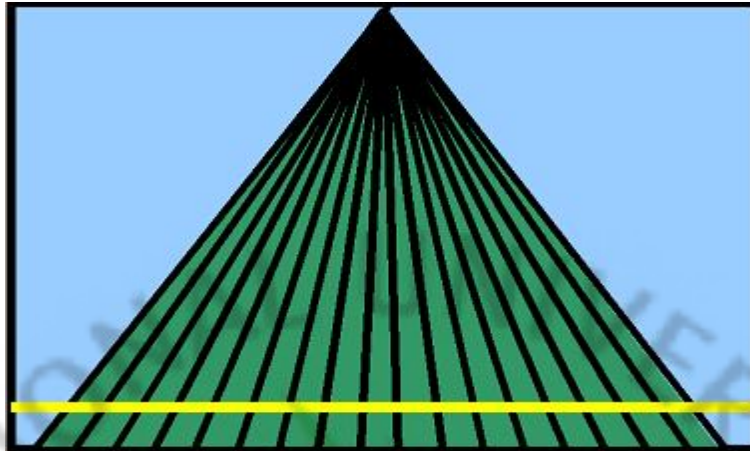
도로 주변의 초원의 지면과 나무숲의 마루선이 남쪽에서 북쪽으로 향하는 경사이다.

신비의 도로에서 나타나는 착시현상이 원인이 도로의 남쪽 배경이 되는 높은 봉우리에 의한 것인지를 알아보기 위하여 [그림 V-14], [그림 V-15], [그림 V-16] 그리고 [그림 V-17]을 준비하였다. 그림에서는 산의 높이에 따라 도로의 착시현상이 일어나는 정도를 관찰하기 위하여 높이가 다른 산을 배경으로 수평한 직선인 도로가 그려져 있다. [그림 V-14]는 산이 너무 높아 그 정상은 눈으로 볼 수 없는 아주 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우, [그림 V-15]는 눈으로 그 정상을 간신히 볼 수 있는 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우, [그림 V-16]은 산의 정상을 충분히 볼 수 있는 산을 배경으로 하는 경우, [그림 V-17]은 낮은 산을 배경으로 하는 도로인 경우이다.

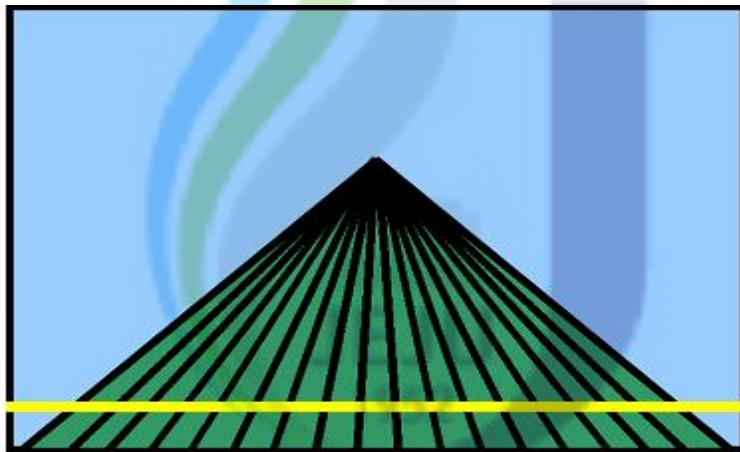


[그림 V-14] 아주 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상





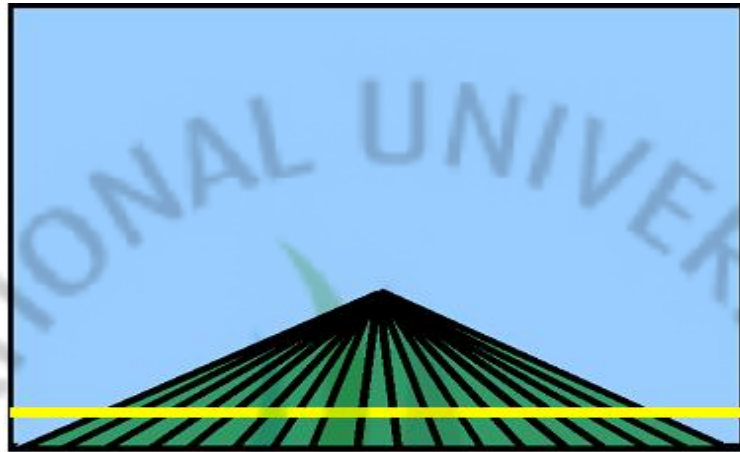
[그림 V-15] 눈으로 그 정상을 간신히 볼 수 있는 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상



[그림 V-16] 산의 정상을 충분히 볼 수 있는 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상

위의 그림들을 관찰하면, 산의 높이가 아주 높아 눈으로 산의 정상을 볼 수 없는 아주 높은 산을 배경으로 한 도로인 경우와 눈으로 그 정상을 간신히 볼 수 있는 높은 산을 배경으로 하는 도로인 경우에는 착시현상을 관찰하기가 어렵고, 산의 정상을 충분히 볼 수 있는 산을 배경으로 도로인 경우에는 직선인 도로의 가운데 부분이 밑으로 약간 처지는 착시현상이 관찰되며, 낮은 산을 배경

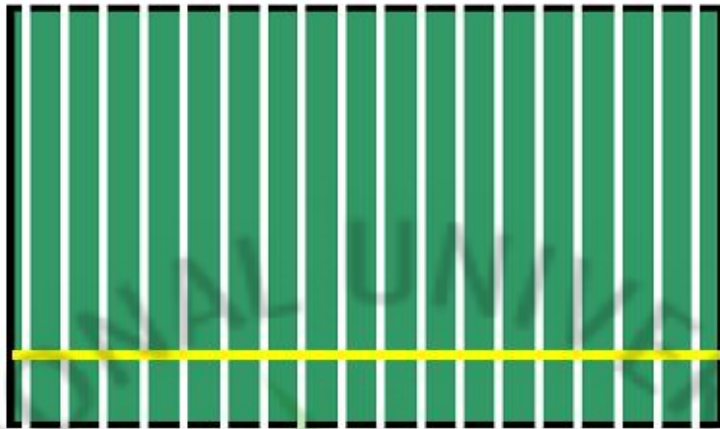
으로 하는 도로인 경우에는 도로의 가운데 부분이 현저하게 밑으로 처지는 착시현상을 관찰할 수 있다.



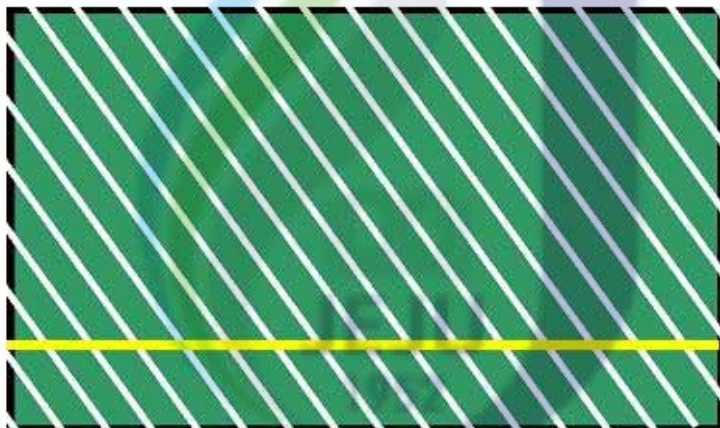
[그림 V-17] 낮은 산을 배경으로 하는 도로인 경우의 착시현상

#### 나. 주변의 경사도에 따른 착시현상

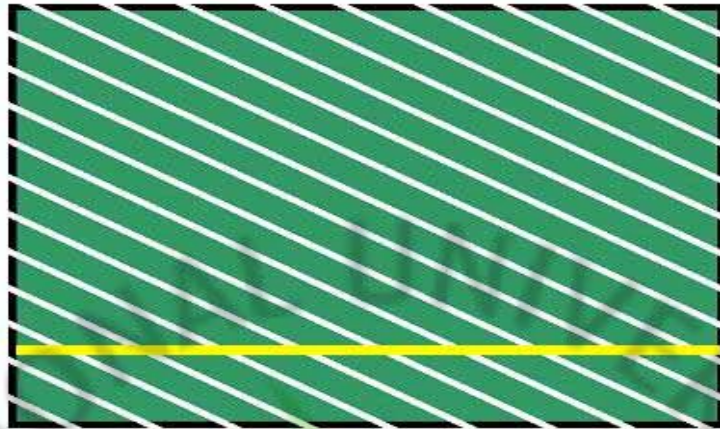
신비의 도로에서 나타나는 착시현상의 원인이 도로 주변의 남쪽에서 북쪽으로 향하는 경사에 의한 것인지를 알아보기 위하여 [그림 V-18], [그림 V-19], [그림 V-20], [그림 V-21], [그림 V-22] 그리고 [그림 V-23]을 준비하였다. 그림에서는 경사각에 따라 도로의 착시현상이 일어나는 정도를 관찰하기 위하여 왼쪽에서 오른쪽으로 내리막 경사를 한 선들을 배경으로 수평한 직선인 도로가 그려져 있다. [그림 V-18]은 경사각이 90도인 선들을 배경으로 하는 도로인 경우, [그림 V-19]는 경사각이 60도인 선들을 배경으로 하는 도로인 경우, [그림 V-20]은 경사각이 30도인 선들을 배경으로 하는 도로인 경우, [그림 V-21]은 경사각이 15도인 선들을 배경으로 하는 도로인 경우, [그림 V-22]는 경사각이 5도인 선들을 배경으로 하는 도로인 경우, 그리고 [그림 V-23]은 경사각이 0도인 선들을, 즉 수평선들을 배경으로 하는 도로인 경우이다.



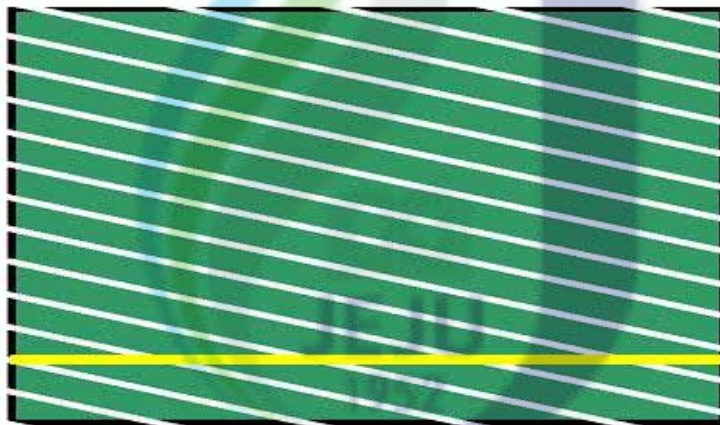
[그림 V-18] 경사각이 90도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상



[그림 V-19] 경사각이 60도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상

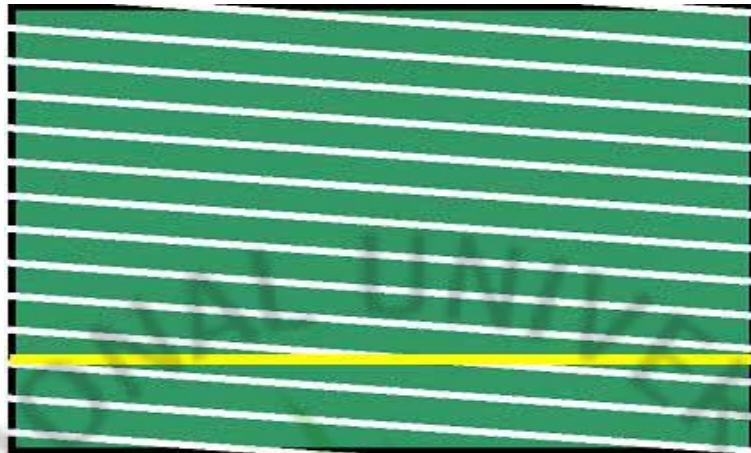


[그림 V-20] 경사각이 30도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상



[그림 V-21] 경사각이 15도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상





[그림 V-22] 경사각이 5도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상



[그림 V-23] 경사각이 0도인 선들을 배경으로 하는 경우의 도로의 착시현상

위의 그림들을 관찰하면, 경사각이 90도이거나 0도인 선들을 배경으로 한 도로인 경우에는 착시현상을 관찰하기가 어렵다. 선들의 경사각이 작아질수록 수평한 직선인 도로가 오른쪽 방향으로 올라가는 사선으로 착시현상이 뚜렷하게 일어남을 관찰할 수 있다.

[그림 V-24]는 신비의 도로에서 일어나는 착시현상을 실제 보일 수 있는 그림

이다. 그림에서 주변의 지면과 삼나무 숲 마루는 오른쪽에서 왼쪽 아래로 약 3도의 경사각으로 경사져 있으며, 밑의 도로인 경우 0.5도의 경사각으로 역시 오른쪽에서 왼쪽 아래쪽으로 약 3도의 경사각으로 경사져 있다. 그림을 관찰하면 밑의 도로인 경우 오른쪽에서 왼쪽 위로 경사져 보이는 착시 현상이 일어남을 알 수 있다.



[그림 V-24] 신비의 도로에서 일어나는 착시현상의 실제

신비의 도로에서 일어나는 착시현상의 원인으로서는 한라산과 신비의 도로 주위의 오름 그리고 도로 주변의 경사진 지면이나 나무숲 마루 등에 인한 것으로 볼 수도 있으나, 본 연구의 착시현상의 원인 분석의 결과로서는 산보다는 주변의 지면이나 나무숲마루의 경사가 주된 원인을 제공하고 있으며, 주변의 경사가 큰 경우보다는 작은 경우가 그 효과가 크게 나타나는 것으로 나타났다. 그리고 착시현상의 종류에서 ‘각도와 방향의 착시’의 일종이라는 할 수 있겠다.

## 5. 과학교육과 학습 자료로서의 활용 모색

본 연구의 대상인 제주도의 매우 환상적인 관광명소가 되고 있는 신비의 도로와 관련하여 통합과학적인 탐방활동에 활용하기 위하여 본 연구에서 수행한 고찰의 결과를 토대로 다음과 같이 세부적인 탐구주제를 의문문 형태로 제시할 수 있다.

### 가. 힘과 운동에 관련된 탐구주제

- 물체를 움직이게 하는 요인은 무엇인가?
- 힘은 어떻게 정의할 수 있을까?
- 힘이 물체에 작용시켰을 때 물체가 움직이는 방향은 어떠한가?
- 힘과 물체의 움직임을 어떻게 기호로 표시할 수 있는가?
- 중력은 어떠한 힘인가?
- 중력의 방향은 어느 방향인가?
- 중력은 밀거나 끌어당기는 힘에 비하여 무엇이 다른가?
- 중력과 같이 접촉이 없이 작용하는 힘들은 중력이외에 어떠한 것들이 있는가?
- 평평한 지면에 정지해 있는 자동차에 작용하는 힘은 어떤 힘들인가?
- 물체가 정지상태에 있기 위해서 물체에 작용하는 힘들은 어떤 관계에 있어야 하는가?
- 정지상태에 있는 물체를 어떤 상태에 있다고 하는가?
- 평형상태에 있는 물체는 반드시 정지한 채로 있어야 하는가?
- 물체는 정지하지 않은 채 평형상태에 있는 물체인 경우 어떤 운동을 하는가?
- 물체는 정지하지 않은 채 평형상태의 예로서 어떤 경우들이 있는가?
- 평평한 면 위에 정지된 채로 있는 자동차를 움직이게 하기 위해서 어떻게 해야 하는가?
- 자동차를 움직이게 하기 위하여 밀거나 끌어당기는 것을 무엇이라고 하는가?



- 자동차 이외의 다른 물체를 밀거나 끌어당겼을 때에도 움직이게 할 수 있는가?
- 평평한 지면에 정지해 있는 자동차에 작용하는 힘들인 중력과 지면이 받쳐주는 항력은 어떤 관계에 있는가?
- 평평한 지면에 정지상태에 있는 자동차에 작용하는 힘을 벡터를 사용하여 어떻게 나타낼 수 있는가?
- 평평한 지면에 정지해 있는 자동차에 작용하는 중력이 지면이 받쳐주는 항력보다 크다면 어떤 현상이 일어나겠는가?
- 경사면에 있는 자동차에 작용하는 중력의 방향은 어떻게 나타낼 수 있는가?
- 경사면에서 자동차가 움직이는 방향은 어떻게 나타낼 수 있는가?
- 경사면에서 자동차가 움직이는 방향과 중력의 방향은 어떠한가?
- 경사면에서 자동차가 움직이는 방향과 중력의 방향이 다른 이유는 무엇인가?
- 경사면에 있는 자동차에 작용하는 힘 중 중력 이외에 다른 힘은 어떤 힘인가?
- 경사면에 있는 자동차에 경사면이 받쳐주는 힘인 항력이 방향은 어느 방향인가?
- 실제 물체를 밑에서 받쳐주는 항력이 물체에 작용하는 중력보다 작아 물체가 밑으로 계속 운동하는 예로는 어떤 것들이 있는가?
- 물체에 힘을 가해도 움직이지 않는 이유는 무엇인가?
- 경사면에서 운동하는 물체가 굴러가는 경우는 어떠한 것들이 있는가?
- 경사면에서 운동하는 물체가 나아가는, 즉 미끄러지는 경우는 어떠한 것들이 있는가?
- 경사면에 있는 물체가 경사면의 아래쪽으로 움직이게 하는 요인은 무엇인가?
- 우리 주변에서 운동하는 물체는 계속 운동하려는 성질이 있음을 보여주는 것들은 어떠한 것들이 있는가?
- 우리 주변에서 정지하고 있는 물체는 계속 멈춰 있으려고 하는 성질이 있음을 보여주는 것들은 어떠한 것들이 있는가?


<힘과 운동에 대한 탐구과제 예시>

	<h2>탐구 과제</h2>	학년 반 번호 : _____
<p>◎ 정지하고 있는 물체에 힘을 주면 어떻게 될까요?</p>		
<p>◎ 물체를 움직이게 하려면 무엇이 필요할까요?</p>		
<p>◎ 운동하는 물체는 계속 운동하려는 성질이 있음을 보여주는 예를 말해 봅시다.</p>		
<p>◎ 정지하고 있는 물체는 계속 멈춰 있으려고 하는 성질이 있음을 보여주는 예를 말해 봅시다.</p>		

#### 나. 시각학습에 관련된 탐구주제

- 우리 주변에서 볼 수 있는 착시현상에는 어떠한 것들이 있는가?
- 높은 산을 배경으로 하는 직선의 도로인 경우와 낮은 산을 배경으로 하는 직선의 도로 중에 어느 것이 더 착시현상을 일으키는가?
- 각도와 방향의 착시에서 선상 위에 있는 점은 어떻게 보이는가?
- 각도와 방향의 착시에서 짧은 선에 의해 긴 직선은 어떻게 보이는가?
- 분할의 착시에서 수직선의 무늬는 실제보다 어느 쪽으로 커 보이는가?
- 분할의 착시에서 수평선의 무늬는 실제보다 어느 쪽으로 커 보이는가?
- 유화의 착시에서 바깥쪽으로 난 화살표와 안쪽으로 난 화살표 중 어느 것이 길어 보이는가?
- 대비의 착시에서 같은 길이와 같은 크기라도 주변의 영향을 받아 어떻게 보이는가?
- 상방거리과대에서 같은 크기의 형을 상·하로 겹치면 어느 것이 커 보이는가?
- 수직수평의 착시에서 같은 길이의 선분이라도 수직과 수평 중 어느 것이 커 보이는가?
- 입체로 지각되는 착시현상에는 어떠한 것들이 있는가?

<시각학습에 대한 탐구과제 예시>




**탐구 과제**


학년 반  
번호 : \_\_\_\_\_

◎ 우리 주변에서 볼 수 있는 착시현상에는 어떠한 것들이 있을까?

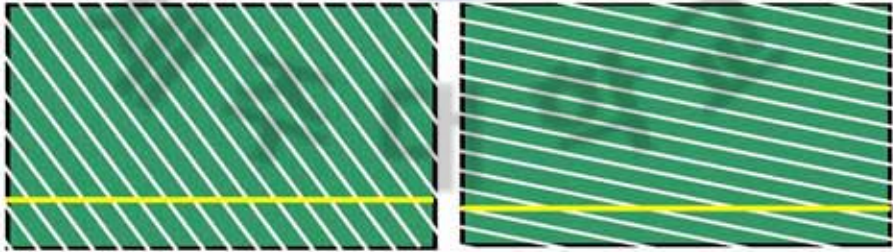
◎ 다음 도형을 입체로 보이게 그려보자.



◎ 다음 그림을 보고 어떤 차이가 나는지 설명하여 보자.



◎ 다음 그림을 보고 어떤 차이가 나는지 설명하여 보자.



#### 다. 신비의 도로의 탐구주제

- 신비의 도로는 어느 위치에 있는가?
- 신비의 도로라는 명칭이 왜 생겨났을까?
- 신비의 도로의 주변에 있는 오름들은 어떠한 것들이 있는가?
- 신비의 도로의 서쪽과 동쪽 방향의 지형들은 어떠한 모습들인가?
- 신비의 도로의 제주시방면과 서귀포시방면의 지형들은 어떠한 모습들인가?
- 신비의 도로의 주변에는 어떠한 것들이 있는가?
- 신비의 도로에서 기이한 현상을 관찰하기 좋은 물체들은 어떠한 것들이 있는가?
- 신비의 도로에서 캔 등을 올려보면 어떠한 현상이 일어나는가?
- 신비의 도로의 경사각을 어떻게 잴 수 있을까?
- 신비의 도로에서 경사각이 가장 높은 구간은 어느 곳일까?
- 신비의 도로의 주변 지평선의 기울기를 어떻게 잴 수 있을까?
- 신비의 도로의 주변 지평선의 기울기는 대체로 어떠한가?
- 신비의 도로에서 왜 캔, 페트병 등 둥근 물체들이 경사면 위로 올라가는가?
- 캔, 페트병, 자동차 등 어떠한 물체가 가장 빠르나?
- 신비의 도로에서 물체가 오르막으로 움직이려면 어떤 힘들이 작용해야하는가?
- 신비의 도로에서 오르막으로 올라가는 물체의 속력을 어떻게 구할 수 있는가?
- 오르막으로 올라가는 물체의 속력이 제일 빠른 구간은 어느 곳인가?

<신비의 도로에 대한 탐구과제 예시>



과학

## 탐구 과제

학년 반  
번호 : \_\_\_\_\_

---

◎ 신비의 도로의 이름이 왜 생겨났을까?

◎ 신비의 도로의 제주시 방면과 서귀포시 방면의 지형들은 어떠한 모습들이  
가?

◎ 신비의 도로에서 캔 등을 올려보고 어떠한 현상이 일어나는지 그림과 글  
로 설명하여 보자.



## VI. 결론 및 제언

본 연구는 제주도의 세계자연유산 등재와 과학의 대중화의 일환으로 일명 도깨비도로라 불리는 신비의 도로에서 볼 수 있는 기이한 현상에 대해서 물리적으로 다가가 보며 과학교육의 성패가 학생들의 과학에 대한 흥미, 관심도를 높이는 데 있다고 보고 여건 조성 과 과학학습 동기를 부여할 수 있을 것이다. 또한 세부적인 탐구주제를 의문문 형태로 제시함으로써 신비의 도로와 관련된 통합 과학적인 탐방활동에 활용하여 신비의 도로가 학교 과학교육을 자극하고 선도할 수 있는 과학의 대중화에 도움이 되고자 하는데 그 목적이 있다.

이러한 신비의 도로에서 일어나는 기이한 현상은 경사면 위에 있는 자동차가 변속장치가 중립상태에서 저절로 오르막길을 올라가는 등, 물체가 외부로부터 힘을 받지 않고도 저절로 올라간다는 것이다. 이렇게 되기 위해서는 접촉 없이도 물체를 움직이게 하는 자기력이나 전기력과 같은 원격작용력이 있어야 하는데 자석에 붙지 않는 플라스틱 페트병과 정전기가 일어나지 않는 쇠로 된 원통 모양의 물체가 경사면 위쪽으로 굴러 올라가는 것은 자기력이나 전기력이 작용하지 않는다는 것을 알 수 있다. 즉 주변에는 정전기와 자기력은 없었으며 이러한 현상은 물체를 움직이게 하는 요인은 힘이라는 뉴턴의 제2법칙으로 설명이 불가능하게 보이는 현상이 일어나는 이유로 이 도로의 주변에는 낮은 산들이 많이 있으며 동쪽 방향에는 삼나무 숲의 마루와 초원의 지면이 남쪽에서 북쪽으로 완만한 내리막을 형성하고 있어 결국, 신비의 도로는 주변의 낮은 산들과 주변의 지면경사각이 작기 때문에 착시현상이 이루어지는 것이며 착시현상의 종류 중 각도와 방향의 착시임을 알 수 있다.

기이한 현상으로 인한 호기심으로 제주도의 매우 환상적인 관광명소가 되고 있는 신비의 도로는 과학에 대한 관심과 흥미를 느끼기에 충분하여 일반인이나 학생들에게 호기심을 넘어 과학에 관심이나 흥미를 유도할 수 있어 교육적으로도 많은 매력을 갖고 있는 곳이다. 이러한 신비의 도로에 대한 연구의 결론을 다음과 같다.

첫째, 신비의 도로를 활용한 탐구주제는 학생들의 과학적 호기심을 유발시켜 과학적 태도를 향상시키는데 효과적일 것이다. 학생들은 신비의 도로에서의 창

의성 교육은 많은 흥미와 관심을 가지고 학습에 적극적으로 참여하고, 탐구 과제 해결을 위해 모듈별로 협력하는 과정을 통해 과학 학습을 즐겁게 여기며, 과학 수업에 만족함으로써 참여도가 높아지면서 하위 범주인 과학교과에 대한 태도뿐만 아니라, 과학적 태도 전반에 변화를 줄 것으로 생각된다.

둘째, 신비의 도로를 과학문화콘텐츠로 개발하여 과학의 대중화에 기여할 것이다. 신비의 도로는 제주도의 빼놓을 수 없는 자연적인 관광지이지만 이러한 도로를 자연적인 관광지로만 끝낼 것이 아니라 과학·문화적 요소가 체계화되어 창의적인 콘텐츠로 개발되어 누구나 쉽게 체험하고 대중에게 다가갈 수 있을 것이다.

셋째, 세계자연유산으로 등재된 제주도에 대한 학문적 가치를 제고시킬 것이다. 신비의 도로를 활용한 수업은 초등학생들에게 이 도로뿐만 아니라 제주도의 아름다운 자연 환경에 보다 더 많은 애착심을 심어 준다. 현장에서 신비의 도로의 기이한 현상을 직접 몸으로 체험함으로써 제주도가 신비의 섬이라는 것을 학생들에게 인식을 더욱 더 부각시킬 수 있을 것으로 생각된다.

넷째, 착시현상, 힘과 운동 등 물리적 현상에 관심을 많이 갖게 되어 물리적 이해를 증진시킬 것이다. 신비의 도로를 활용한 과학교육은 이 도로의 기이한 현상에 대해 물리적 이해를 증진시키며 이 도로가 신비의 도로가 아니고 주변의 자연적 배경에 의한 착시현상이라는 것을 학생 스스로 알 수 있을 것이다.

이상의 연구 결과와 관련해서 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

신비의 도로는 제주도의 특이한 자연적 체험을 할 수 있는 곳으로 관광객들에게 많이 알려져 있다. 관광객들이 많이 몰려 현재 우회도로가 생기는 하였지만 아직까지는 이 도로의 폭이 너무 좁고 차가 많이 다니므로 안전상의 문제가 제기되고 있는 실정이다. 그리고 이 도로에 대한 연구와 학습자료, 프로그램이 부족으로 실질적인 이 도로에서의 과학교육이 어려운 상황이다. 그러므로 신비의 도로가 가진 교육적 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 신비의 도로에 필요한 학습자료와 프로그램을 개발하여 홍보하고, 서로 체계적인 정보를 교류할 수 있는 여건을 마련하고 신비의 도로를 과학교육의 장으로서 건설하고 효과적인 운영을 위해 신비의 도로 인근에 문화시설, 놀이 시설 등을 유치하여 종합적인 문화적 공간으로 육성하는 것이 바람직하다 하겠다.

## 참 고 문 헌

- 교육부(2002). **초등학교 교사용 지도서; 과학 5-1**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 김규환(2001). 과학문화의 관점에서 본 과학교육개혁의 방향. **과학기술정책**, 131, 13-25.
- 김세미(2006). **과학문화에 대한 중·고등학교 교사들의 인식**. 미출판 이화여자 대학교 교육대학원 석사학위논문. 서울.
- 김영식(2002). **토론: “과학문화”에 대한 철학적 고찰**. 서울: 서울대학교 출판부.
- 김은근(2002). **과학탐구활동으로서 전통문화재 과학탐방의 실제**. 미출판 대구 교육대학교 교육대학원 석사학위논문. 대구.
- 김은진, 임채성(2003). 제7차 교육과정의 초등 과학교과서 생물영역에서 현장체험학습의 실태에 대한 연구. **한국생물교육학회**, 31(2), 139-146.
- 김지혜(2007). **실제적 과학탐방을 통한 초등교사 연수 효과**. 미출판 춘천교육대학교 교육대학원 석사학위논문. 춘천.
- 김창식(1998). **대학기초물리학**. 청문각.
- 남철우, 최춘호, 김정길, 김석중, 송관섭, 한광래, 최도성(2002). STS 교수-학습이 초등학교 과학적 태도교육에 미치는 효과. **초등과학교육**, 21(2), 159-170.
- 박승재(1998). **한국 역사 속 과학탐방의 교육적 논의**. 과학교육자 큰 모임. 서울: 한국과학교육단체연합회.
- 박승재 외 (2000). **청소년 학교 밖 과학활동 진흥방안 연구**. 2000년 과학기술부 정책연구. 서울: 과학기술부.
- 박승재(2003). 한국에 있어서 과학교육과 과학문화와의 관계. **한국과학교육학회**. 2003 International Seminar.
- 배선호(2003). **물리학개론**. 서울: 화학사.
- 오진곤(2000). **21세기 과학문화의 새로운 패러다임을 향하여**. 서울: 한국문화재단.
- 유한태(1987). **착시의 조형심리**. 시각디자인 제7호.

- 윤혜경(1998). **한국 역사 속 과학탐방의 실제 지도 방안**. 과학교육자 큰 모임. 서울: 한국과학교육단체연합회.
- 이초식(2001). 한국과학문화의 비판적 재구성. *과학기술학연구*, 1(1), 5-27.
- 정덕희(2000). **초등학생을 위한 남산골 한옥마을 과학탐방 자료 개발**. 미출판 한국교원대학교 대학원 석사학위논문. 청주.
- 정완호, 김재영, 임채성, 권치순(1996). 초등학교 자연과에서의 야외수업 실태와 개선방안 및 지도 방략. *초등과학교육*, 15(1), 151-165.
- 정원아(2005). **시지각 원리를 통한 창의력 개발에 관한 연구**. 미출판 국민대학교 교육대학원 석사학위논문. 서울.
- 한국문화재단(2002). **선진과학문화의 사회적 역할에 관한 연구**. 2002년 정책연구과제. 서울: 한국문화재단.
- Collette, A. T. and Chiappetta E. L.(1989). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools* (2nd Ed.). Merrill Pub. Co.: Columbus.
- Geertz, C.(1973). *The Interpretation of Culture: Selected Essays*. New York: Basic Books.
- Hofstein, A. & Rosenfeld, S.(1996). Bridging thr gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*.
- National Science Teachers Association (1982). *Science /Technology /Society : Science education for the 1980s*. Position Paper. Washington, D.C.: Author.
- Shen, B. S. P. (1975). "Science literacy and the public understanding of science". In S. B. Day (ed.) *Communication of scientific information*. Kargel: Basel, 44-52.
- Snow, C. P.(1959). *The two cultures and the scientific revolution*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Tylor E. B.(1958). *The Origins of Culture*. New York. Harper.
- Woolnough, B. E.(1994). *Effective Science Teaching*. Open University Press.

## ABSTRACT

### A Study on the Mysterious Road in Jeju Island as a Studying Material for Science Education

Jee, Hang In

Major in Elementary Science Education

Graduate School of Education

Cheju National University

Jeju, KOREA

Supervised by Professor Hyun, Dong Geol

In the cultural era of 21st century, culture is absolutely important in the lives of human beings enriching them. Like other cultures, science where creativity is a fundamental element is considered as one of important elements of culture inducing people to take interest in science culture. Since the science culture becomes social foundation for the development of science and technology, willingness to share a spirit of science based on rationality, creativity and efficiency valuing the science and technology as an important element for the social development and social environment that respects researchers could have a positive effect. Since the popularization of science is based on the expansion of 'science culture', increased interest in science can lead to better education of citizens with scientific knowledge instead of intellectuals and effectively realize the popularization of science through education of science outside a school.



Since popularization of science starts with people's interest in the science, Mysterious Road, a fantastic tourist attraction in Jeju Island, can be a very important education place that can induce students to have not only curiosity but also interest in science.

On the Mysterious Road, a car going up on an incline automatically ascends without any help from external forces. This phenomenon cannot be explained with Newton's 2nd Law arguing that an object is moved by force. According to a study, the phenomenon takes place because there are small mountains around the road in addition to the ridge of cedar forests and a plain in the east and a smooth incline in the north, which causes an optical illusion.

From the viewpoint of physics, the strange phenomenon that occurs on the Mysterious Road, also known as Goblin Road on the back of designation of World Heritage and as a part of popularization of science, will induce students to have interest in science and enhance understanding about the Mysterious Road. In addition, suggesting detailed topics, it will help popularize science stimulating the education of science through the integrated exploration of science.

**Key words:** education of science outside a school, mysterious road, optical illusion, popularization of science, science culture