

멕시코 중부 고산 지역에서 스페인 식민 통치 시기를 전후하여 일어난 인위적 환경 변화

박정재*

Human Impact on the Environment of Highland Central Mexico during the Pre- and Post- Conquest.

Jungjae Park*

요약 : 스페인의 멕시코 점령시점(16세기 초)을 중심으로 멕시코 고산지역의 주민들이 어느 시기에 보다 광범위하게 주위 환경에 영향을 미쳤는가는 고생태학자 및 고고학자들이 벌이는 주된 논쟁 중의 하나이다. 본 연구를 위해 2004년에 멕시코 중부 고산 지대의 Valle de Santiago 지역에 위치하고 있는 7 개의 마르 (maar) 호수들 중 하나인 Rincon de Parangueo에서 4m 정도의 퇴적물 코어를 채취하였다. 채취된 코어에 화분, 세립 탄편 (Microscopic charcoal), 균류 포자 (Fungus spore), 안정 동위 원소, 자화율 (Magnetic susceptibility), 지화학적 분석 등을 수행하였다. Hoya Rincon de Parangueo에서 얻은 고환경 데이터들은 식민 통치 이전과 이후에 일어났던 인간에 의한 환경 변화를 명확하게 보여주고 있다. 비료와 화분과 옥수수 화분은 연구지역 환경이 인간의 영향을 받은 두 시기를 보여준다. 첫 시기는 400 B.C. - A.D. 850 이며 두번째 시기는 A.D. 1550 - 현재이다. 첫번째 시기에는 농경 활동이 태양의 흑점 주기와 관련되었던 것으로 보이며 가장 농경 활동이 활발했던 시기는 A.D. 150 - A.D. 400으로 추측된다. 280cm 깊이에서 갑자기 증가하는 $\delta^{18}O$ 값은 A.D. 450 년경부터 기후가 점차 건조해졌다는 것을 암시한다. 아마도 이러한 기후 변화로 인해 원주민들이 경작을 포기하고 이주를 하기 시작한 것으로 보인다. 두 번째 시기는 *sporormiella*의 빈도수가 갑자기 증가하는 식민통치 초기부터 현재까지로 규정할 수 있다. 이 시기에는 벼과 화분 비율과 세립 탄편 농도가 감소하며, $\delta^{13}C$ 값, 자화율치, 유기물량이 증가한다. 이러한 모든 데이터들은 유럽인들의 식민 통치로 인한 환경의 변화 과정을 설명해주고 있다. 특히 목축 활동으로 인해 자연 화재 빈도수가 감소하면서 메스키토가 혜택을 받은 점은 중요하다고 볼 수 있다. 연구 지역에서는 현재 메스키토를 위주로 한 관목들이 우점하여 자연 초지는 찾아보기 쉽지 않은 상태이다. 이는 이 지역에서 16세기 이후 대규모 목축활동에 의해 식생 변화가 크게 일어났다는 주장에 무게를 실어준다.

주요어 : 중부 멕시코, 인간의 영향, 환경 변화, 화분 분석, 안정 동위 원소 분석, 지화학적 분석

Abstract : There is currently no agreement among archaeologists, environmental historians, and paleoecologists as to the relative significance of pre- and post-Conquest human impact on the environments of Highland Mexico. This paper presents the results of pollen, microscopic charcoal, dung fungal spore, isotope, and magnetic susceptibility analyses on ca. 4m sediment core. The coring site is Hoya Rincon de Parangueo, one of the seven maar lakes in the Valle de Santiago. Amaranthaceae pollen, one of important disturbance indicators and *Zea mays* pollen obviously indicate two periods of agricultural activities. The first period begins ca. 400 B.C. and ends ca. A.D. 850. The second begins around A.D. 1550 and continues to the present. During the first period, the degree of agricultural activities was

* 서울대학교 국토문제연구소 선임연구원 (Research Fellow, The Institute For Korean Regional Studies, Seoul National University)
jungjaep@yahoo.com

related to periodical sunspot cycles and the most intense activities were present between ca. A.D. 150 -ca. A.D. 400. The abrupt increase of $\delta^{18}\text{O}$ around 280 cm may reflect that an important transition to a dry phase took place around A.D. 450. People probably stopped cultivating crops due to dry conditions prevailing since ca. A.D. 450. The second period, the post-Conquest, exhibits a dramatic increase of *sporormiella*, dung fungal spores resulted from the introduction of cattle. Low Poaceae frequency and charcoal production and high $\delta^{13}\text{C}$ values, magnetic susceptibility, and organic contents all indicate the arrival of the Spanish. Most importantly, it seems that mesquite (*Prosopis juliflora*) could have benefits from declined fire frequencies caused by cattle grazing. The study area is now entirely dominated by woody plants like mesquite, which clearly demonstrates that serious vegetation change occurred in the study area.
Key Words : Highland Central Mexico, human impact, environmental change, pollen analysis, stable isotopes, sediment chemistry

1. 서론

스페인의 멕시코 점령시점 (16세기 초)을 중심으로 멕시코 고산지역의 주민들이 어느 시기에 보다 광범위하게 주위 환경에 영향을 미쳤는가는 고생태학자 및 고고학자들이 벌이는 주된 논쟁 중의 하나이다. 예를 들어, Denevan(1992)은 그의 저서에서 스페인 군대가 멕시코 지역에 도착한 16세기 초에는 이미 멕시코 원주민들에 의해 환경 파괴가 상당수준 진행된 후였다고 쓰고 있다. O'Hara *et al.* (1993) 역시 호수 퇴적물 지화학적 연구 결과를 토대로 16세기 이전에 이미 멕시코의 중부 고산 지역에서 원주민들의 농업 활동 등으로 인해 침식현상이 광범위하게 일어났다는 견해를 밝혔다. 반면 Fisher *et al.* (2003)은 선사시대의 원주민들이 상당한 수준의 토지 이용 기술을 보유했었기 때문에, 그 시대의 농업활동이 고산지역의 침식을 증가에 영향을 주지는 않았다고 보았다.

Street-Perrott *et al.* (1989)은 스페인이 멕시코를 점령한 16세기 이후에 멕시코 중부 고산지역의 Pátzcuaro 호수 유역에서 원주민들이 유럽인들에 의해 새로 도입된 농업 기법들을 이용한 옥수수 농사 및 목축 활동을 위해 삼림을 제거하면서 심각한 침식이 일어났다고 주장했다. 또한 Pátzcuaro 호수와 그리 멀지 않은 Zacapu 호수에서 채취한 퇴적물의 규조류 분석 결과에 따르면 16세기경부터 멕시코 중부 고산 지역에서 본격적인 환경파괴가 시작된 것으로 나타나고 있다 (Metcalf *et al.*, 1989). Frederick (1995)은 그의 박사 논문에서 스페인의 식민 통치 이후에 멕시코 중부 고

산 지역에서 환경파괴와 침식이 보다 심하게 일어난 것은 사실이라고 말하고 있다. Melville(1994)은 식민 통치 시대 Valle de Mezquital 지역의 토지 대장을 조사한 후 유럽으로부터 수송되어온 수많은 가축들이 16세기의 멕시코 중부 고산지역 환경에 엄청난 영향을 미친 것을 발견할 수 있었다고 기술하고 있다. 하지만 이와는 대조적으로 Butzer and Butzer(1993, 1997)는 중부 고산 Bajío 지역에 관한 문헌을 분석하면서 유럽 가축의 도입 이후 고산지역에서 침식률이 증가했다는 증거를 못 찾았다고 결론을 맺고 있다. 그들은 또한 멕시코인들이 스페인 식 목축 방법을 효과적으로 이용하면서 환경 충격을 최소화 하는 데 성공했고 목초지의 황폐화도 일어나지 않았다고 주장한다. 이와 비슷하게 Endfield and O'Hara(1999)도 문헌에 기초하여 중부 고산 Michoacán 지역에서 스페인의 식민 통치가 시작된 16세기 경에 환경이 크게 교란된 것으로 보인 않는다는 견해를 밝혔다.

앞서 언급했듯이 학계에서는 멕시코 고산지역의 환경이 지역 주민들에 의해 어떠한 식으로 교란되었는가에 대한 논란이 끊임없이 계속되고 있다. 이러한 논쟁들을 크게 두가지로 정리하자면, 첫번째 이슈는 이 지역에서 원주민들의 농경활동이 어떠한 식으로 이루어졌나에 대한 것이고, 두번째 이슈는 스페인의 식민 통치 이후 과도한 목축활동으로 환경이 어느 정도 변화하였는가에 관한 것이다. 학자들의 견해가 제각기 다른 이유는 지금까지 얻어진 자료들이 멕시코 중부 고산 지역의 고환경을 제대로 복원하기에는 불충분하기 때문이다. 본 논문에서는 여러 연구 방법을 통해 충분

한 자료를 얻고 위에서 요약한 두가지 물음에 답을 구하는 것을 목적으로 한다. 본 연구를 위해 2004년에 멕시코 중부 고산 지대의 Valle de Santiago 지역에 위치하고 있는 7개의 마르(maar) 호수들 중 하나인 Rincon de Parangueo에서 4m 정도의 퇴적물 코어를 채취하였다. 채취된 코어에 화분, 세립 탄편(Microscopic charcoal), 균류 포자(Fungus spore), 안정 동위 원소, 자화율(Magnetic susceptibility), 지화학적 분석 등을 수행하였다.

2. 연구지역

Valle de Santiago의 마르¹⁾ 호수들은 Queretaro 시에서 서남쪽으로 100km 정도 떨어져 있는 Michoacán-Guanajuato 화산 지대에 위치하고 있다(Figure 1). Valle de Santiago에는 적어도 7개의 마르(maar)가 있는데 그 중 2개(Hoya Rincon de Parangueo와 La Alberca)에서만 물을 볼 수 있고 나머지 마르에는 모두 물이 고갈된 상태다. 그나마 이 두 호수에서도 50년 전부터 수위가 낮아져 지금은 50년 전보다 20m나 낮은 상태를 유지하고 있다. 이러한 이유 덕분에 Hoya Rincon de Parangueo 호수 밑바닥의 퇴적물 채취가 용이하였다.

스페인 식 농업 기술의 도입이전에 Valle de Santiago 지역에 분포하였던 주요 식생을 살펴보면 크게 열대 낙엽림과 아열대 관목림 두 종류로 나뉘 볼 수 있다(Aguilera Gómez, 1991; Conserva, 2003). 이곳 열대 낙엽림은 주로 감람나무과(Burseraceae)와 콩과(Fabaceae) 수종들로 구성되며, 아열대 관목림을 구성하는 수목으로는 *Ipomoea murucoides*, *Acacia pennatula*, *Acacia farnesiana*, *Opuntia spp.*, *Lysiloma microphylla*, *Eysenhardtia polystachya* 등이 있다(Figure 2). 지금은 연구 지역에서 전체적으로 밀, 브로콜리, 수박, 옥수수 등의 여러 농업 작물들의 재배가 활발하다. 이러한 농업 활동으로 자연적인 경관은 사실상 자취를 감춘 상태이나 농경이 여의치 않은 마르 사면에는 여전히 자연 식생이 자리잡고 있다.

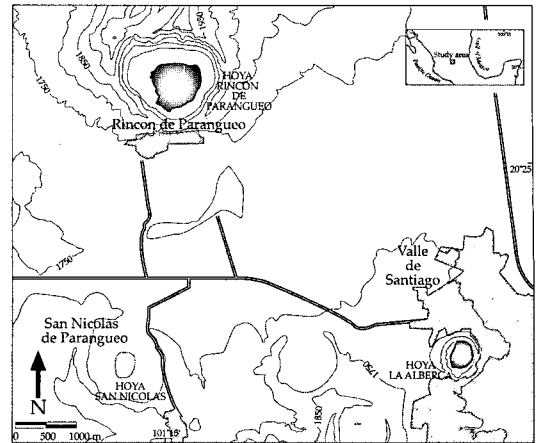


Figure 1. Map of the study area.

하지만 최근에는 목재, 야생 과일, 약풀 등을 채취하는 행위와 목축 활동으로 말미암아 점차 자연 식생지의 면적이 줄어들고 있는 실정이다(Aguilera Gómez, 1991; Conserva, 2003).

Hoya Rincon de Parangueo(20° 25'N, 101° 14'W)는 Guanajuato 주의 Valle de Santiago 지역에 위치하고 있는 7개의 마르 가운데 하나이며 플라이스토세 말기에 생긴 것으로 보인다(Figure 1). 이 지역의 대부분 호수들은 주민들의 과도한 농경 및 목축 활동으로 인해 지하수위가 매우 낮아졌으며, 본 논문의 연구 지역인 Hoya Rincon de Parangueo도 예외는 아니다. 현재 이 호수의 수위는 2m가 채 안되며 그나마 녹조류의 번식으로 물의 색깔이 녹색으로 변해 있는 것을 볼 수 있다.

3. 연구 방법

2004년 여름 15-40cm 정도로 겹치는 80cm 길이의 퇴적물 코어 8개를 내부에 플라스틱 관을 단 개량 리빙 스톤 코어러로 채취하였다. 채취된 퇴적물의 총 길이는 397cm였다. 부드러운 퇴적층으로 인해 호수 중앙으로 나가기 불가능한 상황이었기 때문에 물이 다 말라버린 호수 가장자리에서 채취하였다. 우선 플라스틱 코어관에 들어있는 퇴적물의 자화율(Magnetic

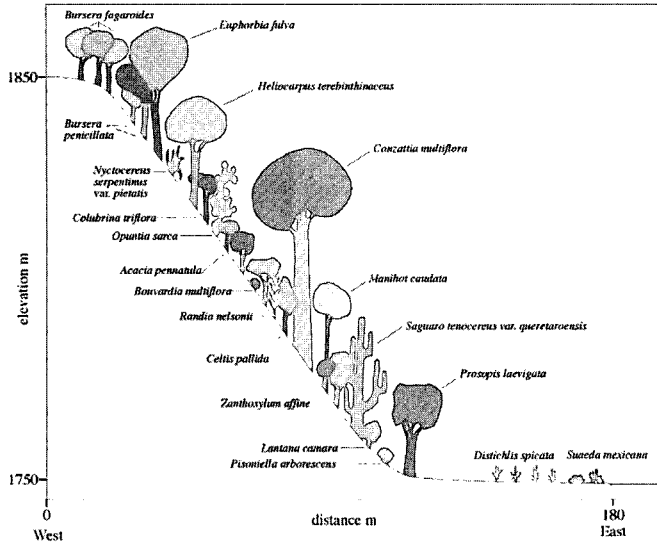


Figure 2. Vegetation profile of Hoya Rincon de Parangueo (after Aguilera Gomez, 1991)

susceptibility)²⁾을 Bartington Magnetic Sensor MS2C 을 이용하여 1cm 간격으로 측정하였다. 이후 퇴적물 분석을 위해 각각의 코어들의 정가운데를 절단하여 2 개의 반쪽 코어를 만든 후 하나의 반쪽 코어는 코어면 기술 및 엑스레이와 디지털 근접 사진 촬영에 이용하였고 다른 반쪽 코어는 추후의 연구 조사를 위해 냉장실에 보관하였다.

퇴적물 코어의 연대측정을 위해 코어의 4개 지점에서 각각 2cm 두께의 퇴적물을 채취한 후 125µm시브를 이용해서 두세 차례 걸러내고 피펫으로 충분한 양의 세립 탄편을 모았다. 모아진 세립 탄편 샘플들은 Lawrence Livermore 국립 연구소(CAMS)와 Woods Hole 해양 연구소(NOSAMS)로 보내져 AMS 탄소 연대치를 얻었다. 그리고 Stuiver *et al.* (1998)에 의해 만들어진 CALIB 4.4 에 연대치를 입력하여 프로그램이 산출해 낸 중앙값 (median)을 교정 연대(Calibrated age)로 삼았다.

화분 분석을 위해 퇴적물 코어에서 5-8cm 간격으로 샘플을 채취하였다. 2개의 *Lycopodium* 태블릿을 각 샘플에다 첨가하였고(Stockmarr, 1971) Faegri and Iverson(1989)의 표준 화분 추출 방법을 이용하였다. 표준 화분 추출 방법을 통해 최종적으로 남은 샘플들을 실리콘 오일과 함께 섞어 슬라이드 글래스로 만들

고 40배율의 오일 Planapochromat 렌즈를 장착한 Leitz 현미경을 이용해서 400배율로 화분 카운트를 수행했다. 화분 동정은 UC 버클리 대학 지리학과 화분 레퍼런스 컬렉션과 기존의 화분 동정 문헌 등을 참조하였다. 전체 코어에서 67개의 샘플을 분석하였으며 각 샘플당 최소 400개 이상의 화분을 동정하였다. 이 과정에서 장축의 길이가 60µm 가 넘는 벼과 (Poaceae) 화분은 옥수수(*Zea mays*) 화분으로 따로 분류하였다. 화분의 농도(concentration) 및 침전율(sedimentation rates) 수치는 총 화분 갯수에서 *Lycopodium* 갯수가 차지하는 비율과 탄소 연대 측정 결과를 조합하여 산출하였다. 그리고 화분 다이어그램은 Calpalyn 프로그램을 이용해서 작성하였다(Bauer *et al.*, 1991).

한편 안정 동위 원소 분석을 위해서 우선 1cm³(1×1×1cm) 샘플들을 매 cm 마다 채취하고 하루 동안 오븐에서 섭씨 35도 하에 건조시켰다. 이후 각각의 샘플들을 균일하게 섞고 그 중 미량 (10 에서 100µm의 방해석 (calcite) 혹은 아라고나이트(aragonite)를 함유할 만한 정도의 샘플량)을 Dual-Inlet and MultiCarb systems가 장착된 GV IsoPrime mass spectrometer에 넣고 탄소 및 산소 동위 원소 분석을 실시하였다. 기계의 신뢰성 제고 측면에서 기계를 한 번 돌릴 때마다 퇴

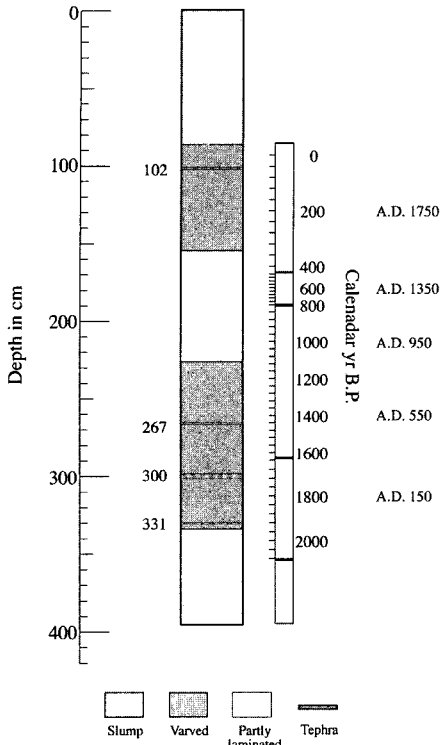


Figure 3. Hoya Rincon de Parangueo core stratigraphy.

적물 샘플들과 함께 2 가지의 국제 표준(NBS18과 NBS19) 및 하나의 실험실 표준 (HKC-I)도 함께 분석되었다. 외부 분석 정확도는 ^{13}C 의 경우 $\pm 0.04\%$, ^{18}O 의 경우 $\pm 0.07\%$ 이며 내부 분석 정확도는 ^{13}C 의 경우 $\pm 0.004\%$, ^{18}O 의 경우 $\pm 0.007\%$ 이다.

작열감량(Loss-on-ignition)³⁾ 분석을 통해서 는 퇴적물의 구성을 파악할 수 있으며, 본 연구에서는 4cm 간격으로 샘플을 채취하여 분석하였다. 퇴적물의 수분량을 재기 위해 24시간 동안 섭씨 100도로 건조시켰으며 유기물량과 탄산염량을 측정하기 위해서 각각 1시간 동안 섭씨 550도, 1시간 동안 섭씨 1000도의 열을 가했다. 세립 탄편과 배설물 균류 포자인 *Sporormiella*의 카운트는 화분 동정 시 같이 수행하였고 단위 부피당 세립 탄편의 면적은 포인트 카운팅 방법으로 산출하였다(Clark, 1982).

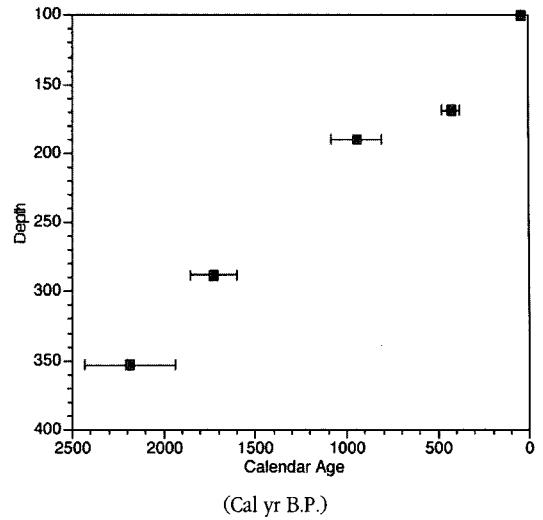


Figure 4. Hoya Rincon de Parangueo age-depth profile. I fitted age-depth data with a straight line equation($\text{age}=5.565 \times \text{d}-517.5$) for the first two dates and a third order polynomial equation for the last four dates($\text{age}=0.000396 \times \text{d}^3-0.3379 \times \text{d}^2+101.1 \times \text{d}-892.7$), where d=depth.

4. 결과 및 토의

1) 층서와 연대

Figure 3에서 보듯이 퇴적 코어의 상단부는 최근에 있었던 주요 지진 중의 하나에 기인하는 것으로 보이는 사태토양으로 덮여 있다. 위로부터 90~150cm와 230~330cm 깊이에 바브(Varve) 섹션이 위치하고 있다. 상부 바브 섹션(90~150cm)의 최상층은 특이하게도 녹색의 빛깔을 띠는데, 이 층은 실제 호수 퇴적층의 말단으로 보인다. 바브를 구성하는 각각의 층들은 보통 약 1mm 두께를 가지며, 하나의 층은 탄산염과 유기물로 구성된다. 서로 다른 계절에 침전하는 이 두 가지 물질의 색깔 차이로 말미암아 층의 구분이 이루어진다. 수목의 나이테와 마찬가지로 하나의 층은 대체로 1년을 의미한다. 상부 바브 섹션이 끝나는 지점인 150cm에서부터는 선명하고 세밀하던 층들이 불명확해진다. 한편 하부 바브 섹션(230~330cm)에서는 3개의 화산재 층이 각각 267, 306, 331cm에서 관찰된다.

Table 1. Radiocarbon Dates from Hoya Rincon de Parangueo

Core	Depth (m)	Material dated	Laboratory number ^a	$\delta^{13}C$	Age(¹⁴ C yr B.P.)	Two sigma age range	Median(cal yr B.P.) ^b	Corrected median (cal yr B.P.) ^c
R'04	1.69	charcoal	CAMS-114342	-16	740 +/-35	654-732	683	423
R'04	1.90	charcoal	CAMS-111412	-16	1270 +/-60	1064-1294	1201	941
R'04	2.88	charcoal	CAMS 111413	-16	2030 +/-45	1890-2114	1987	1727
R'04	3.53	charcoal	CAMS 111414	-16	2410 +/-40	2345-2699	2446	2186

^a The CAMS numbers are AMS dates.

^b All dates were calibrated with the intcal98.14c data set (Stuiver et al.,1998).

^c 260 years were subtracted from all dates (varve counting correction).

바브 섹션이 끝나는 330cm 이하에서는 선명한 층들이 보이지 않는다.

4개의 세립 탄편 샘플에서 각각의 AMS 탄소 연대치를 얻었다(Figure 4, Table 1). 100cm 깊이의 고밀도 층에서 나타나는 매우 높은 자화율치가 1911년 마르사면을 관통하는 터널 공사에 기인하는 것으로 가정하

고 이 연대도 함께 본 연구에 이용하였다. 상부 바브 섹션을 카운트해 본 결과 연대가 AMS 탄소 연대 측정치와는 약간 다르게 나타났으며, 각 탄소 연대 치에서 260년을 빼는 교정을 실시하였다. 비록 세립 탄편이 AMS 탄소 연대치 측정에서 가장 신빙성있다고 여겨지는 샘플 중 하나이지만 육수의 2차 퇴적 등으로 인해

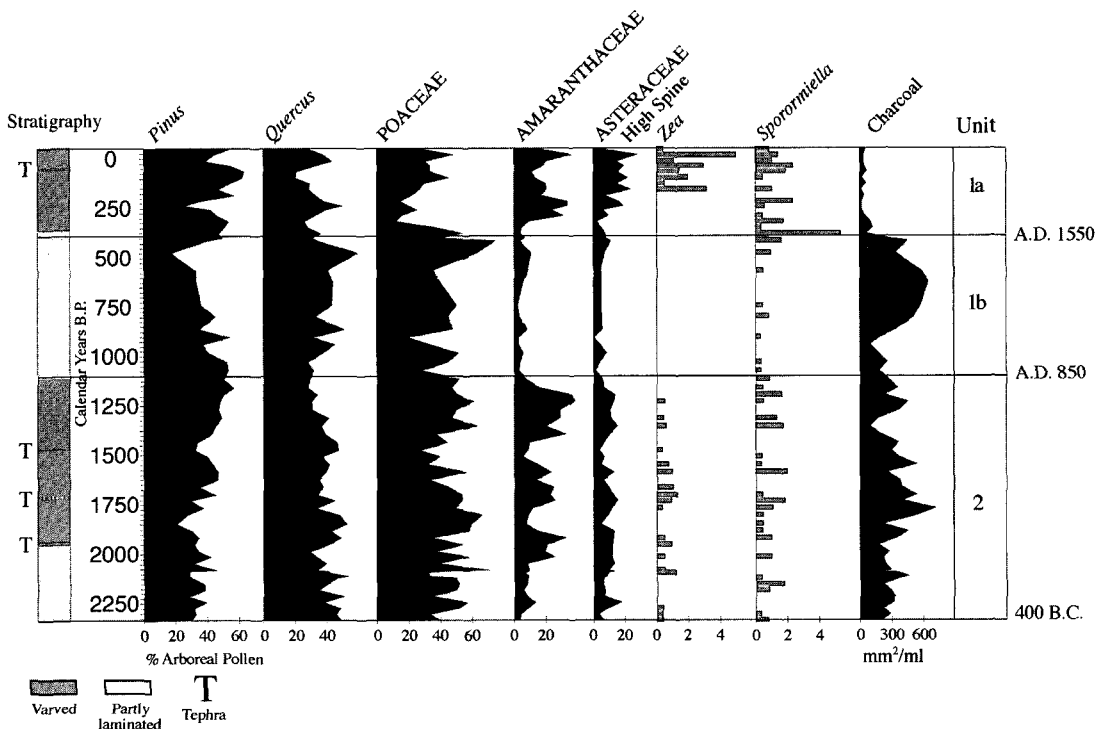


Figure 5. Hoya Rincon de Parangueo pollen, charcoal, and dung fungus spores.

에러가 발생할 가능성은 충분하다. 그러므로 정확한 연대가 필요한 연구라면 Lead 210 연대 측정이나 본 연구에서와 같이 바브 카운팅 등으로 AMS 탄소 연대치의 확인 작업이 필요하고 볼 수 있다. 한편 여러 중요한 시점의 연대 표현을 용이하게 하기 위해 상부 바브 섹션은 1차식(연대 = $5.565 \times d - 517.5$, d = 깊이) 그리고 나머지 아래 부분은 3차식(연대 = $0.000396 \times d^3 - 0.3379 \times d^2 + 101.1 \times d - 892.7$)을 각각 적용하여 깊이를 연대로 변환시켰다.⁴⁾

2) 고환경 자료의 분석 (화분, 균류 포자, 세립 탄편, 안정 동위 원소, 지화학적 분석, 자화율)

본 연구를 통해 얻은 여러 고환경 데이터를 비교 분석하고 약 2350 년의 시기에 걸치는 퇴적코어를 크게 3 Unit(Unit 2, Unit 1a, Unit 1b)으로 나누어 볼 수 있었다(Figure 5, 6, 7). 본 연구 지역인 Hoya Rincon de Parangue는 경사가 급한 사면으로 둘러싸여 있는 면적이 작은 마르이다. 따라서 원주민들이 굳이 분화구 내로 들어와 농경 및 목축 활동을 했을 것이라는 가정을 하기는 쉽지 않으나 홍미류계도 두 시기의 농경 활동이 있었음을 옥수수(*Zea mays*) 화분과 농업 활동과 밀접한 관련이 있는 잡초인 비름과⁵⁾ (*Amaranthaceae*) 화분의 비율 변화에서 알 수 있었다(Figure 5).

Unit 2(400 B.C. - A.D. 850)는 Chupicuaro와 Tarascan 문화 시기와 일치하며, 농경 활동의 지시자들인 비름과와 옥수수 화분의 주기적인 상승이 특징적이다(Figure 8). 이들 화분들은 대체로 350년 정도의 간격을 두고 증가와 감소를 3번 반복하는데, 이 시기의 농업 활동이 태양 흑점 수 변동으로 인한 기후 변화⁶⁾에 좌우되었을 가능성이 있다.⁷⁾ 비름과와 옥수수 화분의 주기적인 변화 과정을 볼 때 농경 활동이 가장 활발하고 집약적으로 일어난 것으로 보이는 시기는 A.D. 150 - A.D. 400이다. 이 시기에서 보이는 낮은 $\delta^{18}O$ 값은 기후가 보다 습윤했다는 것을 의미하고 있다. 습윤한 기후로 인해 농경 활동이 보다 집중적으로 이루어졌을 것이라는 가설이 가능하다. 이외에도 150 B.C. - A.D. 50와 A.D. 550 - A.D. 800에 농경 활동이 비교적 활발했던 것으로 보인다. 이러한 농경 활동은 또한 지화

학적 분석 결과에서도 나타나는데, 대표적 침식 지시자 들인 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 들이⁸⁾ 이 시기에 높은 값을 가지며 농업 활동이 활발했음을 알려주고 있다(Figure 7a). 한편 농경 활동은 바브의 생성에도 영향을 준 것으로 보인다. 333-225cm(0 - A.D. 850)에서 나타나는 바브는 이 시기의 활발한 농경 활동과 이에 따른 침식으로 인해 호수로의 영양분 유입이 증가하고 산소가 고갈되면서 생성된 것으로 추정된다⁹⁾ (Figure 5). 또 하나의 흥미로운 분석 결과는 A.D. 450년경에 $\delta^{18}O$ 이 급격하게 상승을 하고 있다는 점이다. 이는 이 시기의 기후가 점차 건조해졌다는 것을 의미한다.¹⁰⁾ 이러한 기후 변화로 인해 연구 지역에 살던 원주민들이 이주를 시작한 것으로 보이나 완전 이주가 이루어질 때까지 꽤 오랜 시간이 흐른 것으로 보인다. 왜냐하면 화분 분석 결과를 볼 때 A.D. 850년경까지 농경 활동이 이 지역에서 지속되었던 것으로 나타나기 때문이다.

Unit 1b에서는 비름과 화분의 비율이 매우 낮으며 옥수수 화분은 아예 종적을 감춘다. 이는 원주민들이 A.D. 850 - A.D. 1580 시기에 걸쳐 어떠한 이유로든 이 지역에 버렸음을 의미한다. 아마도 앞서 이전 Unit에 대한 설명에서도 언급했듯이 A.D. 450년경부터 만연한 가뭄으로 인해 농작물 재배가 불가능해지면서 원주민들이 떠나간 것으로 보인다. 농경 활동의 중단은 곧 침식량의 감소로 이어졌으며 이러한 사실은 지화학적 침식 지시자 들인 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 의 낮은 수치들이 입증하고 있다. Figure 5에서 보면 Unit 2에서 세립 탄편 농도와 옥수수 화분 비율 간의 상관관계가 존재함을 발견할 수 있다. 하지만 Unit 1b에서는 농경 활동이 중단된 시기인데도 불구하고 세립 탄편 농도가 여전히 높는데 두 가지의 이유를 생각해 볼 수 있다. 첫째, 대체로 연구 지역에서의 화재가 인위적인 요인보다는 주로 낙뢰와 같은 자연적인 요인으로 발생했을 가능성이 높다. 둘째, 세립 탄편은 아주 가볍고 미세하기 때문에 장거리 이동이 가능하다. 따라서 보다 습윤하여 원주민들의 주거가 지속되었던 남쪽 지역으로부터 불어온 세립 탄편에 의해 농도가 유지되었을 수 있다.

A.D. 1550년경에서 극명하게 나타나는 *Sporom-iella*의 최대값은 이 시기를 전후해서 연구지역에서 식

민 통치가 시작되었다는 것을 간접적으로 알려 주고 있다(Figure 5). *Sporomiella*¹¹⁾는 보통 화분 분석을 할 때 같이 카운트하며 흔히 동물의 배설물에서 기생하는 균류포자로써 주로 동물의 사육 시점을 밝히는 연구에서 많이 이용된다. 유럽으로부터 수많은 가축이 유입이 된 식민 통치 이후 시기뿐 아니라 식민 통치 이전시기에도 이러한 균류 포자가 높은 비율을 갖는 시기들이 보인다. 이는 아마도 원주민들로 인한 환경 변화에 잘 적응한 야생 사슴들에 기인한 것으로 판단된다. A.D. 1550년경, 식민 통치가 시작된 그 즈음에 목축, 특히 목우는 전체 중부 멕시코 산간 지역에서 매우 중요한 생활 방식이었으나 시간이 흐르면서 점차 그 중요성이 퇴색되어 갔다. Butzer and Butzer(1997)가 고문헌들을 수집해서 조사한 연구 결과에 따르면 1591년 이후에 토지가 목축 용도보다는 농경 용도로 제공되는 경우가 잦아지면서 소들의 숫자가 점차 줄어들기 시작했다고 한다. 이 지역 주민들은 점차 목축보다는 농경 활동을 선호하게 되었고, 18세기에는 Guanajuato

지역의 광산 노동자들을 위한 옥수수 생산이 급증하였다(Murphy, 1983). Figure 5에서 보듯이 200년 전부터 갑자기 나타난 옥수수 화분이 이러한 사실을 뒷받침한다. 이 시기에는 또한 납(Pb) 농도가 매우 높은 것을 발견할 수 있는데 이는 채광활동이 매우 활발하게 이루어졌음을 의미한다(Figure 7b). 본 연구 지역에서 그리 멀지 않은 Guanajuato의 San Luis de la Paz 지방에서도 1730년경에 생활 수단이 목축에서 옥수수 농사로 변화해 갔다는 사실은 여러 고문헌에서 발견되고 있다(Aguilar Sanchez 1993).

아쉽게도 연구 지역의 삼림에서 인간에 의한 활동으로 인해 수종의 변화가 어떠한 식으로 일어났는가는 본 화분 분석 결과에서 파악하기 어렵다.¹²⁾ 왜냐하면 연구 지역 목본 식생의 대부분은 수분 시 곤충에 의존하기 때문이다. 이러한 화분들은 비교적 무겁기 때문에 멀리 이동하기도 어려울뿐더러 만들어지는 화분 수도 적어서 화분 분석 시 발견하기 쉽지 않다. 하지만 초본 식생의 변화는 화분 분석 결과에서 확연하게 드

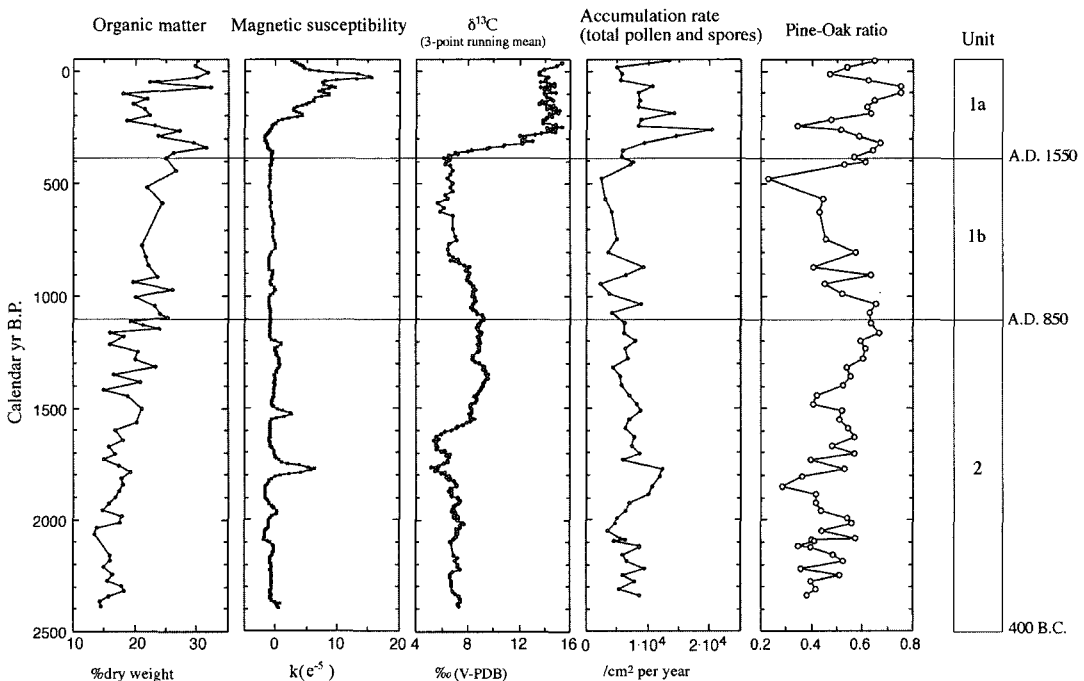


Figure 6. Hoya Rincon de Parangueo organic matter, magnetic susceptibility, carbon isotope ratio, total pollen and spores accumulation rate, and pine oak ratio.

러나고 있다. 우선 *Sporormiella*의 최대치 이후에 비름과 화분이 다시 높게 나타나고 있다. 이는 연구 지역에서 스페인의 식민 통치 이후 농경활동이 다시 시작되었다는 것을 의미한다(Figure 5). 동시에 나타나는 벼과 화분의 감소는 목축의 시작으로 인한 초지의 황폐화로 설명이 가능하다. 초지가 황폐해지면서 자연 화재의 빈도 수는 줄어들었을 것이고 이는 본 연구에서 세립 탄편 양의 급격한 감소로 나타나고 있다. 이러한 세립 탄편 양의 감소는 스페인 군대와와의 전쟁과 유럽 대륙에서 건너온 새로운 질병 등으로 인해 원주민의 수가 급감하면서 인위적 화재 빈도 수가 감소한 것에도 그 이유가 있는 것으로 보인다. 본 연구 지역에서 초지의 황폐화와 더불어 일어난 또 하나의 중요한 변화는 바로 메스키투(*Prosopis juliflora*) 관목의 번성이다. 원래 화재에 약했던 메스키투 묘목들이 자연 화재 빈도가 줄어들면서 생존해 나갈 수 있는 기회가 생겼고 이로 인해 과도한 목축 활동으로 이미 경쟁력이 떨어

어진 초지가 메스키투 관목 숲으로 점차 바뀌어 간 것으로 보인다. 메스키투는 매우 광범위하고 강력한 뿌리 구조를 가지고 있어 일단 한번 묘목이 정착하면 다시 초지로 되돌리기는 거의 불가능하다. 본 연구 지역 주위는 현재 메스키투 식생이 우점하고 있으며 식생의 변화가 확실하게 일어났다는 것을 대변해 주고 있다. 반면에 마르 분화구내 식생은 상대적으로 접근하기 용이하지 않은 관계로 상대적으로 목축에 의한 피해를 덜 받으면서 주위와는 다르게 다양한 종으로 구성되어 있다. 초지도 상당부분 남아있어 주민들이 터널을 통해 소들을 이동시키면서 소규모의 목축을 여전히 하고 있는 것을 직접 볼 수 있었다. 이러한 점 등으로 미루어 볼 때 멕시코 인들이 식민 통치 이후에 스페인 식목축 방법, 즉 목초지를 보호하기 위해 넓은 지역을 돌아다니며 소에 풀을 먹이는 이목 방식을 썼기 때문에 주위 환경에 끼친 영향이 심각하지 않았다는 Butzer (1993)의 주장은 맞지 않을 가능성이 있다. 특히 벼과

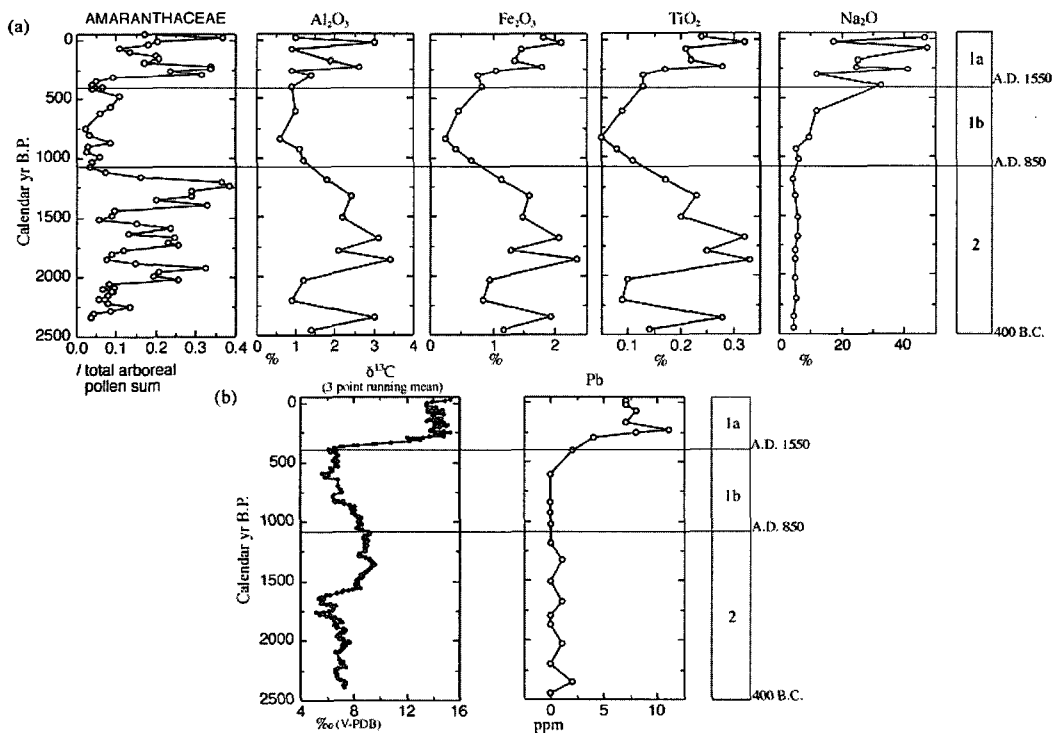


Figure 7. (a) Correlation between Amaranthaceae and erosion indicators. (b) Correlation between $\delta^{13}\text{C}$ and lead. The sediment chemistry data are from the study on Hoya Rincon de Parangueo 2001 core (Park, in prep)

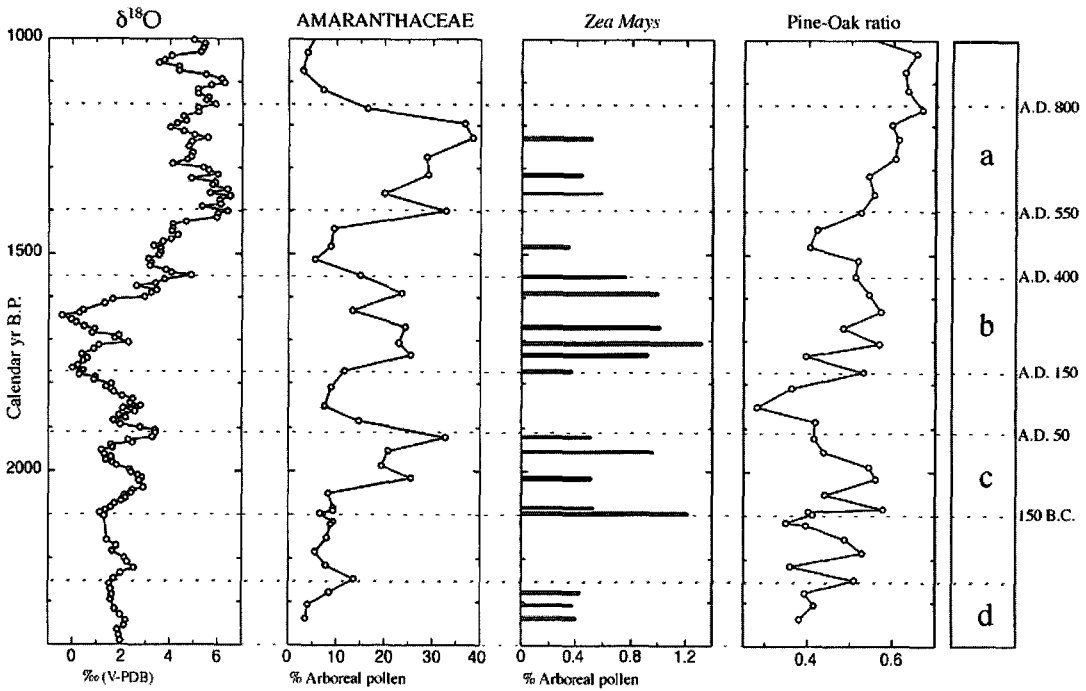


Figure 8. Correlation between climate and agricultural activities.

화분 비율과 세립 탄편 농도의 급작스러운 변화는 식민 통치 이후 목축 활동으로 식생이 크게 교란되었다는 가설을 명확하게 뒷받침해주고 있다. 한편 unit 1a의 유기물량을 보면 식민 통치 초기에 활발했던 목축 활동으로 말미암아 호수로 유입되는 가축 폐수가 증가한 것을 알 수 있다(Figure 6). 유기물량은 식민 통치 초기에는 높게 나타나나 목축 활동이 뜸해지면서 낮아지고 있다. $\delta^{13}\text{C}$ 값도 이 시기에 매우 높는데 이는 목축 및 농경 생활에 따른 영양분의 유입으로 호수 플랑크톤의 번성이 그 이유가 있는 듯하다. 호수 플랑크톤의 번성은 광합성물의 증가를 유발하고 이는 호수물 용존무기탄소(dissolved inorganic carbon)의 동위원소 델타값을 높이는 결과를 가져온다(Figure 6).¹³⁾ 그리고 Unit 2에서 보였던 바브가 Unit 1a에서 다시 나타난다. 이것의 형성 과정은 앞서 설명했던 바와 같다(Figure 5). 목축 활동이 뜸해지고 옥수수 농사가 생활수단의 대체를 이루면서 비교적 침식이 활발하게 이루어진 것으로 보인다. 이는 Unit 1a의 상부에서 나타나는 매우 높은 자화율치가 증명하고 있다(Figure 6). 이

러한 침식의 증가는 18세기 이후 Michoacán 지역의 Zirahuén분지(Davies *et al*, 2004)와 Hoya San Nicolás(Metcalf, 1989)에서도 보인다. 이 Unit에서 나타나는 몇몇 화산재 층 때문에 자화율치가 높게 나타난 것도 사실이지만 새로운 농경 활동의 시작으로 상당한 침식이 일어난 것은 부인할 수 없다. 한편 침식 정도를 알려주는 지화학적 결과를 보면 식민 통치 이전과 이후가 별 차이 없어 보인다. 하지만 식민 통치 이후 시기에 Na_2O 가 너무 많이 검출되면서 다른 구성요소들의 비율에 영향을 준 것이 확실해 보이므로 신뢰하기 어렵다(Figure 7a).

5. 결론

Hoya Rincon de Parangueo에서 얻은 고환경 데이터들은 식민 통치 이전과 이후에 일어났던 인간에 의한 환경 변화를 명확하게 보여주고 있다. 인간에 의한 환경변

화를 보여주는 대표적인 지시자들인 비름과 화분과 옥수수 화분은 연구지역 환경이 인간의 영향을 받은 두 시기를 정확하게 알려주고 있다. 첫 시기는 400 B.C. - A.D. 850이며 두번째 시기는 A.D. 1550 - 현재이다.

첫번째 시기에는 농경 활동이 태양의 흑점 주기와 관련되었던 것으로 보이며 가장 농경 활동이 활발했던 시기는 A.D. 150 - A.D. 400으로 추측된다. 280cm 깊이에서 갑자기 증가하는 $\delta^{18}O$ 값은 A.D. 450년경부터 기후가 점차 건조해졌다는 것을 암시한다. 아마도 이러한 기후 변화로 인해 원주민들이 경작을 포기하고 이주를 하기 시작한 것으로 보인다. 두번째 시기는 동물의 배설물에 기생하는 균류포자인 *sporormiella*의 빈도수가 갑자기 증가하는 식민통치 초기부터 현재까지로 규정할 수 있다. 이 시기에는 벼과 화분 비율과 세립 탄편 농도가 감소하며, $\delta^{13}C$ 값, 자화율치, 유기물량이 증가한다. 이러한 모든 데이터들은 유럽인들의 식민 통치로 인한 환경의 변화 과정을 설명해주고 있다. 특히 목축 활동으로 인해 자연 화재 빈도수가 감소하면서 메스키투가 혜택을 받은 점은 중요하다고 볼 수 있다. 연구 지역에서는 현재 메스키투를 위주로 한 관목들이 우점하여 자연 초지는 찾아보기 쉽지 않은 상태이다. 이는 이 지역에서 16세기 이후 대규모 목축 활동에 의해 식생 변화가 크게 일어났다는 주장에 무게를 실어준다.

본 연구 결과로만 놓고 본다면 Butzer and Butzer (1993, 1997)의 주장보다는 Melville(1994)의 주장이 보다 신빙성있다고 할 수 있다. 멕시코인들이 스페인 식목축 방법을 효과적으로 이용하면서 목초지가 보전될 수 있었다는 Butzer의 견해는 지금까지 많은 학자들에게 설득력있게 다가왔던 것이 사실이다. 하지만 본 연구에서 연구 지역 주위 환경의 변화가 분명하게 나타난 점으로 미루어 볼 때 Butzer의 견해는 앞으로 보다 많은 연구를 통해 재고할 필요가 있는 것으로 생각한다.

註

1) 마그마 안에 있는 가스나 수증기의 폭발로 만들어진 원형의 작은 분화구를 말하며 보통 물이 고여 있다. 화구 바깥쪽 벽

의 경사는 완만한 반면 안쪽 벽은 급경사를 이룬다. 독일의 에이펠 지방은 마르 군이 나타나는 대표적인 지역이며 마르는 독일어로 호수를 뜻한다(한국지리정보연구회, 2004).

- 2) 이 연구 방법으로 퇴적물내 철을 포함하고 있는 미네랄의 양을 측정할 수 있다. 전체 코어를 외부 자기장에 노출시켜 코어를 자화시키고 자화 정도를 측정한다. 이러한 자화 정도는 철을 포함하는 미네랄의 양에 좌우된다. 이 방법은 주로 사면의 침식정도를 파악하는데 이용한다. 측정 기계의 종류에 따라 다르지만 경비가 적게 들고 퇴적물 코어의 원형을 유지하면서 측정할 수 있는 장점을 가진다.
- 3) 작열감량 분석 방법으로 퇴적물내에서 수분이 차지하는 비율, 유기물이 차지하는 비율, 탄산염이 차지하는 비율을 구할 수 있다.
- 4) 보통 탄소 연대를 얻은 후, 깊이를 연대로 변화시킬 때는 다항식 곡선(Polynomial curve)을 이용한다. 본 연구의 연대-깊이 그래프에서는 16세기 이후의 퇴적층이 갑자기 높은 퇴적률(아마도 목축으로 인한 것으로 사료됨)을 보이고 있기 때문에 하나의 곡선으로 연결되지 않는다. 따라서 불가피하게 두 부분으로 나누고 각각 다른 연대-깊이 다항식을 이용해서 깊이를 연대로 변환시켰다.
- 5) 주로 아열대나 열대 지방에서 서식하며 대부분의 종들이 아프리카와 북아메리카에 분포한다. 몇몇 종들은 잡초로 분류되며 많은 종들이 염생식물 범주에 포함된다. 비름과 식물은 멕시코지역의 원주민들의 중요한 곡식 중 하나였으며 농지 주변에 잡초로도 많이 분포했다. 최근에 명아주과 (Chenopodiaceae)가 비름과(Amaranthaceae)의 아과(subfamily)로 새롭게 분류되어, 과거의 화분분석에서 Chenopodiaceae /Amaranthaceae이란 이름으로 동정되던 화분들이 지금은 간단하게 Amaranthaceae로 동정된다.
- 6) Hodell *et al.*(1995), Hodell *et al.*(2001) 참고
- 7) 최근에 무수한 연구자들이 태양의 흑점 주기와 기후 변화를 연관시키려 노력하고 있다. 태양의 흑점은 강력한 자기 에너지를 갖는다. 이러한 흑점들은 마치 위로 솟아오르려고 하는 물질을 덮고 있는 임시막과도 같은데 엄청난 에너지의 빛과 가스의 분출이 끊임없이 일어난다. 따라서 흑점이 많으면 당연히 태양에너지의 양도 늘어나게 된다. 현재까지 태양 흑점 주기와 기후 변화를 연관시킨 연구들을 살펴보면, 주로 흑점의 수가 적었을 때 기후가 한랭했다는 연구가 대다수를 차지하고 있다. 유럽과 북아메리카는 1400년부터 1700년까지 소빙기(Little Ice Age)를 겪었으며 70년간은 흑점이 거의 없었다는 연구 결과가 여러 차례 보고되었다. 흑점이 거의 없었던 이 시기는 최초로 이러한 사실을 발견한 천문학자의 이름을 따 마우더 극소기(maudner minimum)로 불린다. 태양 흑점 수는 규칙적으로 증가와 감소를 반복하는데 그 주기가 11년으로 알려져 있다.

- 8) Metcalfe *et al.*(1994) 참고
- 9) 호숫물내 용존산소량이 줄어들게 되면 호수 밑바닥에서 생물교란(Bioturbation)이 일어나지 않으며 바브가 형성될 수 있는 조건이 갖춰진다.
- 10) 기후가 건조해지면 호수의 증발량이 높아진다. 상대적으로 가벼운 ^{16}O 가 우선적으로 물의 일부로 증발해 나가기 때문에 호숫물에서는 무거운 ^{18}O 의 비율이 표준보다 높아지게 되는 것이다.
- 11) Sporormiella는 본 연구에서처럼 목축활동의 시작을 알려주는 지시자로서의 역할도 하지만, 플라이스토신에서 홀로신으로 넘어오는 시기에 대규모로 일어났던 거대동물 멸종의 정확한 시기를 밝히는 데도 유용하게 쓰이고 있다.
- 12) 소나무나 참나무 화분들은 일단 생산이 많이 되고 장거리 이동이 가능하기 때문에 극지적인 환경 변화 지시자의 역할을 하기에는 어려움이 있다. 본 연구의 화분 다이어그램에서도 많은 부분을 차지하고 있는 소나무나 참나무 화분의 비율이 과거 3000년 동안 크게 변화하지 않는 것을 볼 수 있다. 이러한 이유로 연구 지역의 기후 변동이나 혹은 인간의 영향을 화분 분석만으로 파악하기가 쉽지 않다. 사실 중부 멕시코를 대상으로 한 거의 모든 화분 분석에서 예외없이 소나무와 참나무 화분의 비율이 높게 나와 고환경 복원을 어렵게 하고 있다(Lozano Garcia and Xelhauntzi Lopez, 1997). 따라서 다른 목본 화분들의 화분 비율이 중요한데, 아쉽게도 연구지역의 목본 식생들은 화분의 생산이 적어 의미있는 결과를 도출해 내지 못했다.
- 13) 모든 식물은 광합성을 할 때 상대적으로 가벼운 ^{12}C 를 포함하는 이산화탄소를 선호한다. 식물성 플랑크톤도 예외는 아니다. 따라서 식물성 플랑크톤의 개체수가 늘어나게 되면 호숫물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값이 높아지게 된다 (^{13}C 의 비율이 표준보다 높아진다).
- 362, 15-17.
- Butzer, K.W. and Butzer E.K., 1993, The sixteenth-century environment of the Central Mexican Bajío: archival reconstruction from Colonial land grants, in Mathewson, K. (ed.), *Culture, Place and Form*, Geoscience and Man Publications, Baton Rouge, pp. 89-124.
- Butzer, K.W. and Butzer E.K., 1997, The 'natural' vegetation of the Mexican bajío: archival documentation of a 16th-century savanna environment, *Quaternary International*, 43/44, 161-172.
- Clark, R.L., 1982, Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments, *Pollen et Spores*, 24, 523-535.
- Conserva, M. 2003, *Climate and vegetation change in Central Mexico: implications for Mesoamerican Prehistory*, Unpublished Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.
- Davis, S.J., Metcalfe, S.E., MacKenzie, A.B., Newton, A.J., Endfield, G.H., and Farmer, J.G., 2004, Environmental changes in the Zirahuén Basin, Michoacán, Mexico, during the last 1000 years, *Journal of Paleolimnology*, 31, 77-98.
- Denevan, W.M., 1992, The pristine myth: the landscape of the Americas in 1492, *Annals of the Association of American Geographers*, 82, 369-385.
- Endfield, G.H. and O'Hara, S.L., 1999, Degradation, drought, and dissent: an environmental history of colonial Michoacán, west Central Mexico, *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3), 402-419.
- Faegri, K. and Iversen, J., 1989, *Textbook of Pollen Analysis*, Blackwell Scientific Publications, London.
- Fisher, C.T., Pollard, H.P., Israde-Alcántara, I., Garduño-Monroy, V.H., and Banerjee, S.K., 2003, A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacán, Mexico, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 4957-4962.

文獻

Aguilar Sanchez, G, 1993, *Lass Regiones Agricolas de Guanajuato, Chapingo, Mexico*, Universidad Autonoma de Chapingo, Chapingo.

Aguilera Gómez, L.I., 1991, *Estudio Florístico y Sinecológico de la Vegetación en el cráter "Hoya de Rincón de Paranguero"*, Valle de Santiago, Gto, Unpublished Masters Thesis, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mexico.

Butzer, K.W., 1993, No eden in the New World, *Nature*,

- Frederick, C.D., 1995, *Fluvial response to late Quaternary climate change and land use in Central Mexico*, Ph. D Thesis, The University of Texas, Austin.
- Hodell, D.A., Brenner, M., Curtis, J.H., and Guilderson, T., 2001, Solar forcing of drought frequency in the Maya Lowlands, *Science*, 292, 1367-1370.
- Hodell, D.A., Curtis, J.H., and Brenner, M., 1995, Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization, *Nature*, 375, 391-394.
- Lozano Garcia, M.S., Xelhauntzi Lopez, M.S., 1997, Some problems in the late Quaternary pollen records of Central Mexico: Basins of Mexico and Zacapu, *Quaternary International*, 43/44, 117-123.
- Melville, E.G., 1994, *A Plague of Sheep: Environmental Consequences of the Conquest of Mexico*, University of New Mexico Press, Santa Fe, New Mexico.
- Metcalf, S.E., O'Hara, S.L., Caballero, M., Davies, and S.J., 2000, Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico - a review, *Quaternary Science Reviews*, 19, 699-721.
- Metcalf, S.E., Street-Perrott, F.A., Brown, R.B., Hales, P.E., Perrott, R.A., and Steininger, F.M., 1989, Late Holocene human impact on lake basins in central Mexico, *Geoarchaeology*, 4, 119-141.
- Metcalf, S.E., Street-Perrott, F.A., O'Hara, S.L., Hales, P.E., and Perrott, R.A., 1994, The Palaeolimnological record of environmental change: Examples from the arid frontier of Mesoamerica, in Millington, A.C., and Pye, K. (eds.), *Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological Perspectives*, Wiley, New York, 131-145.
- Murphy, M.E., 1983, *Irrigation in the Bajio region of colonial Mexico*, Ph.D Dissertation, University of California, Berkeley.
- O'Hara, S.L., Street-Perrott, F.A., and Burt, T.P., 1993, Accelerated soil erosion around a Mexican highland lake caused by prehispanic agriculture, *Nature*, 362, 48-51.
- Park, J. in preparation. Holocene environmental change in Hoya Rincon de Parangueo, Mexico.
- Stomarr, J., 1971, Tablets with spores used in absolute pollen analysis, *Pollen et Spores*, 13, 614-621.
- Street-Perrott, F.A., Perrott, R.A., and Harkness, D.D., 1989, Anthropogenic soil erosion around lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico, during the Preclassic and late Postclassic-Hispanic periods, *American Antiquity*, 54, 759-765.
- 교신 : 박정재, 151-742 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1 서울대학교 국토문제연구소(jungjaep@yahoo.com, 전화 : 02-880-6358)
- Correspondence : Jungjae Park, Institute for Korean Regional Studies, Seoul National University, San 56-1 Shinlim-Dong Kwanak-Gu, Seoul 151-742 Korea (Jungjaep@yahoo.com, Phone : 02-880-6358)

최초투고일 05. 8. 23

최종접수일 05. 9. 20