Jour. Korean Earth Science Society, v. 33, no. 4, p. 320–328, August 2012
http://dx.doi.org/10.5467/JKESS.2012.33.4.320

휴무스분석을 이용한 함평천 유역의 홀로세 후기 충적평야의 지형발달과 기후환경변화

정혜경[1] · 김정빈[2,*]

[1]순천대학교 화학교육과, 540-950, 전라남도 순천시 중앙로 255
[2]순천대학교 물리교육과, 540-950, 전라남도 순천시 중앙로 255

Humus Analysis for the Geomorphic Development and Climatic Environment Change of Alluvial Plain in Hampyeongcheon Basin during the Late Holocene

Heakyung Jung[1] and Cheong Bin Kim[2,*]

[1]Department of Chemistry Education, Sunchon National University, Jeonnam 540-950, Korea
[2]Department of Physics Education, Sunchon National University, Jeonnam 540-950, Korea

Abstract: To investigate geomorphic development of alluvial plains and climatic environment change during the late Holocene carbon dating, soil organic carbon analysis and humus analysis of sediments from alluvial plain of Hampyeongcheon basin were performed. The lowest peat layer was formed under warm and humid climates, which is considered to correspond to the Atlantic period in the Holocene. Yellowish brown sandy clay layer was deposited in the natural levee, which we think were deposited in the generally warm and dry climates. The carbon dating age is 1,879-1,532 BC, and this period correspond to the Sub-boreal period in the Holocene. Light brown clay layer is assumed to have been deposited in transitional environment from the natural levee to the back marsh. The climatic environment was warm and humid, which is considered as transitional period from the Sub-boreal to the Sub-Atlantic in the Holocene. Light yellowish brown and light brown clay layer of the upper part are regarded as sediments of the back marsh. Light yellowish brown clay layer was deposited in the cold and dry climates, which is considered to correspond to the Sub-Atlantic period in the Holocene. Light brown clay layer was deposited in the warm and dry climates. The carbon dating age is 211-427 AD, this period corresponds to the Post Roman Warm Period in the Holocene.

Keywords: Holocene, climatic environment change, humus analysis, alluvial plain, Hampyeongcheon basin

요 약: 후기 홀로세 동안의 지형발달과 기후환경변화를 고찰하기 위해 함평천 유역의 충적평야에서 채취된 퇴적물 시료에 대한 탄소연대측정(AMS, Accelerated Mass Spectrometry), 토양유기탄소와 휴무스분석을 실시하였다. 최하부인 토탄층은 온난 습윤한 기후환경에 형성되었으며, 후빙기 중 Atlantic기에 해당되는 것으로 사료된다. 황갈색 사질점토층은 자연제방성 퇴적물이며, 대체로 온난하고 건조한 기후 환경에서 퇴적된 것으로 생각된다. 그 형성시기는 1,879-1,532 BC 이며, 이 시기는 후빙기 중 Sub-boreal기에 해당된다. 담갈색 점토층은 자연제방에서 배후습지로 이행되는 환경에 퇴적되었을 것으로 추측된다. 기후 환경은 온난하고 습윤하였으며, 후빙기 중 Sub-boreal에서 Sub-Atlantic으로 이행되는 시기에 형성된 것으로 유추된다. 상부의 담황갈색 점토층과 담갈색 점토층은 배후습지의 퇴적물로 생각된다. 담황갈색 점토층이 퇴적된 환경은 냉량하고 습윤한 기후환경이었을 것으로 생각되며, 이 시기는 후빙기 중 Sub-Atlantic에 대비될 가능성이 있다. 담갈색 점토층이 퇴적된 환경은 온난하고 건조한 기후환경이었을 것으로 생각된다. 그 형성 시기는 211-427 AD이며, 이 시기는 Post Roman Warm Period에 해당되는 것으로 유추된다.

주요어: 홀로세, 기후환경변화, 휴무스분석, 충적평야, 함평천유역

*Corresponding author: cbkim@sunchon.ac.kr
Tel: +82-61-750-3393
Fax: +82-61-750-3393

서 론

나주평야의 서쪽 지역으로 낮고 완만한 구릉과 함께 영산강의 지류하천인 함평천이 만든 충적평야가 넓게 발달되어 있다. 이 충적평야는 빙기의 침식곡이 후빙기 해진에 의해 익곡되면서 하천 운반 퇴적물로 매적되어 형성되었다. 홀로세 후기가 되면 침식곡의 대부분은 하천이 운반한 퇴적물로 메워져, 넓은 자연제방과 배후습지를 형성하게 된다(황상일 외, 2009).

한국의 충적평야 연구는 조화룡 외(1981)를 시작으로, 충적평야의 지형발달과 해면변동에 따른 환경변화에 대하여 연구되었다. 이러한 연구는 대부분 하천 하류부에서 해면변동의 영향을 받는 충적평야에서 이루어졌다(조화룡 외, 1985; 황상일과 조화룡, 1995; 윤순옥, 1996; 1998; 황상일, 1998). 그러나 상대적으로 해면변동의 영향을 받지 않는 충적평야 즉, 대하천의 지류에 해당하는 하천의 하류부와 중류부 지역에 대한 연구는 활발하지 않다.

본 연구지역인 함평천 유역은 영산강의 제 1지류이면서 국가하천으로서 그 규모가 큰 편이다. 그러나 본류인 영산강 유역에 대한 연구는 비교적 많은 반면(강승삼, 1980; 김종일, 1994; 박승필과 위현정, 1996; 김주용 외, 2001; 오강호, 2007), 함평천 유역에 대한 지형학적 연구는 거의 없다. 2010년에 함평군 하천환경정비공사 과정에서 문화유적발굴조사가 이루어졌으며, 함평천 유역의 충적평야에 대한 트렌치자료를 획득할 수 있었다. 이번 연구에서는 함평천 유역 충적평야의 트렌치 단면에서 채취된 퇴적물 시료를 대상으로 탄소연대측정(AMS), 토양유기탄소와 휴무스분석을 실시하여 후기 홀로세 동안 함평천 유역의 지형발달과 기후환경변화를 논의하고자 한다.

연구지역 개관

본 연구지역은 서해와 인접한 한반도 서남부지역의 나주평야에 위치하고 있다. 이 평야는 나주시를 중심으로 함평군 학교면 일대에 걸쳐 있으며, 낮은 구릉지대에 영산강의 지류인 함평천, 고막천, 지석천, 황룡강 등이 범람하여 이루어진 충적 평야이다. 시료 채취지점인 월산리 일대는 함평읍에 인접한 지역으로 함평천에 의해 형성된 범람원에 위치하고 있다(Fig. 1).

함평천은 영광군 대덕리에서 발원하여 신광면과 대동면을 지나 함평읍을 끼고 엄다면과 학교면을 거쳐 영산포에서 영산강과 합류한다. 나주시와 경계를 이루면서 함평군의 남부를 흐르고 있는 영산강을 중심으로 여러 지류들이 구릉성 산지 사이를 흐르고 있다.

이들 하천유역에는 충적 평야들이 펼쳐져 있는데, 동부에는 월야천 유역의 월야평야가 있으며, 함평천 유역에는 함평평야·학교평야가 남북으로 길게 펼쳐져 있다. 함평읍 일대는 함평천의 상류에 해당하며, 함평천의 상류 수계는 장년리, 진양리, 옥산리, 대덕

Fig. 1. Location of the study area and the sampling site (red circle).

리로 잇는 구릉지에 의하여 해안곡지와 수문지형이 구분되고 있으며, 서쪽으로 함평만과 접한다.

함평군 일대 지질은 시대 미상의 옥천층군에 속하는 천매암대, 중생대 쥬라기의 화강암, 중생대 백악기의 퇴적암류 및 화산암류로 이루어져 있다(한국자원연구소, 1997). 옥천층군에 속하는 천매암대는 주로 천매암으로 이루어져 있으나 간혹 운모편암, 규암, 석회암을 포함하기도 하며 엄다면 학야리와 삼정리 일대에 북동-남서 방향으로 연장된다. 중생대 쥬라기의 화강암은 신장된 석영과 흑운모의 방향성 있는 배열에 의한 압쇄 엽리를 보이는 엽리상 화강암으로 함평읍과 손불면 일대에 넓게 분포한다. 중생대 백악기의 퇴적암류는 사암 및 이암으로 주로 이루어져 있으며 연구지역 일대에서 가장 넓은 분포를 보이는 암석으로 함평읍 동부와 대동면 남부, 학교면, 엄다면 남부에 걸쳐 분포한다. 중생대 백악기의 화산암류는 안산암 및 안산암질응회암과 유문암 및 유문암질응회암으로 이루어져 있으며 대동면, 해보면, 나산면 일대에 분포하고 있다. 그 외에도 함평천, 학교천, 고막원천 등의 하천을 따라 미고결된 제4기 충적층이 발달되어 있다.

연구지역인 함평군 일대는 남부 서해안형 기후대에 속하여 대체로 온난다습한 기후 조건을 보인다. 연평균 기온은 12.7°C로서 비교적 온화한 편이다. 최난월(8월) 평균 기온 25.6°C, 최한월(1월) 평균 기온 –0.2 °C, 연 평균 강수량은 1,346 mm이고 그 중 약 55%가 여름철에 내린다(기상청, 1991). 강수량은 7월이 가장 많으며 229.1 mm를 나타낸다. 연평균 습도는 77%에 이르며 3월이 가장 건조(72%)하고 7월에 가장 습도가 높다(83%). 이 지역은 노령산맥의 영향으로 겨울철에는 북서계절풍에 의해 적설량이 많은 편이다. 식생은 난대림과 온대림의 점이지대로 상록활엽수림이 분포하며, 난대성 식물인 붉가시나무의 자생북한계이다.

연구방법

함평군 하천환경정비공사 구간 내 문화유적발굴조사과정에서 절개된 단면에서 시료를 채취하였다. 형성시기를 파악하기 위하여 탄소연대측정을 실시하였으며, 기후 환경변화를 파악하기 위하여 토양유기탄소와 휴무스분석을 수행하였다.

절개된 단면은 함평천으로부터 약 100 m의 거리에 있는 충적평야의 단면으로 현재 경작층으로 이용되고 있다. 이 단면에서 노출된 퇴적층 두께는 약 150 cm 이고, 2개의 지점(심도 약 30 cm와 100 cm)에서 탄소연대측정을 실시하였다. 탄소연대측정은 서울대학교 기초과학공동기기원 AMS 분석실에 의뢰하여 AMS 방법으로 측정하였다.

토양유기탄소와 휴무스분석을 위한 시료는 5 cm 간격으로 채취하였다. 토양유기탄소분석은 튜린(Tyurin)법을 이용하였다(Tyurin, 1937). 이 방법은 토양 내 유기물에 의해 유기탄소를 측정하는 것으로 그 분석방법은 다음과 같다. 건조된 시료를 0.25 Φ 메쉬로 체질한 후 토색에 따라 0.1-1.0 g을 플라스크에 담고 여기에 0.4 N 중크롬산칼리(Potassium Bichromate) 황산 혼합용액을 10 mL 넣는다. 150°C에서 20분간 가열한 후 식혀서 0.2 N 황산제1철암모니움용액(Ferrous Ammonium Sulfuric)으로 적정하여 분석값을 획득한다.

휴무스분석은 튜린법을 개량한 빠나마레바-쁠로니코바(Panamareva-Plotnikova)법을 이용하였다(Ponomareva and Protnikoba, 1980). 휴무스는 휴믹산(Humic acid), 풀빅산(Fulvic acid), 휴민(Humin)으로 나누어지며, 각각은 산과 알칼리에 반응하는 성질이 서로 다르다. 휴무스 분석에서는 이와 같이 산과 알칼리에 서로 다르게 반응하는 성질을 이용한다. 이들은 다시 휴믹산과 풀빅산 각각의 분획(Fraction)들로 나누어 분석한다. 휴민은 토양의 광물질과 결합되어 분리하기 쉽지 않고, 기후나 식생과의 어떠한 상관관계가 없기 때문에 분획으로 분석하지 않는다.

1분획은 토양 내 다른 물질과 결합되어 있지 않은 상태의 자유로운 휴무스(Free Hmus)를 의미한다. 2분획은 토양 내 칼슘과 결합된 상태의 휴무스(Ca-bound Humus)를, 3분획은 주로 토양 내에서 점토 미네랄과 결합된 상태의 휴무스(Mineral-bound Humus)를 의미한다.

전체 휴믹산과 풀빅산의 비인 Cha:Cfa의 값이 1.0 이상이면 휴믹산이 많은 토양형이고, 1.0 이하이면 풀빅산이 많은 토양이다. 따라서 초지토에서는 휴믹산의 비율이 높고, 삼림토에서는 풀빅산의 비율이 높은 것을 알 수 있다(Kononova, 1963; Gerasimov, 1990). 휴믹산과 풀빅산의 비(Cha:Cfa)는 기온과 강수량, 휴믹산은 기온과 풀빅산은 강수량과 높은 상관관계가 있음이 연구되었다(Dergacheva et al., 1984; Dergacheva et al., 2007; Dergacheva, 2009).

Table 1. Radiocarbon age (Cal. ages are calibrated by IntCal 04)

Lap Code	Depth (cm)	Material	$\delta^{13}C$ (‰)	^{14}C age (yr. BP)	Cal. age (AD/BC)
SNU10-R045	20 cm	bulk soil	-30.81	1,720±50	211 AD-427 AD
SNU10-R046	100 cm	bulk soil	-20.21	3,400±60	1,879 BC-1,532 BC

탄소연대측정과 퇴적상

트렌치 단면에서 채취된 2개 시료에 대한 탄소연대측정 결과, 1,720±50 yr B.P.와 3,400±60 yr B.P.의 연대값을 얻었다. 이를 다시 CALIB program 5.0 (Stuiver et al., 1998, 2005)을 이용하여 Reimer et al.(2004)의 IntCal04 dataset에 따라 보정하여 역사연대(calendar year)로 환산하였다(Table 1). 보정된 탄소연대측정값에 따르면, 토양층 연대는 211 AD-427 AD와 1,879 BC-1,532 BC의 범위를 갖는다.

샘플링 지점의 해발고도는 4.1 m이고, 퇴적층의 전체 심도는 약 150 cm이며, 하천에 의한 퇴적물로 이루어져 있다. 이 퇴적층은 하부로부터 토탄층, 황갈색 사질점토층, 황색 사질점토층, 담갈색 점토층, 담황갈색 점토층, 담갈색 점토층, 황색 세립사질층의 7개 층으로 구분된다. 전체적으로 산화망간이 나타나지만 하부의 황갈색 사질점토층과 황색 세립사질층에서는 미미한 편이다. 각각의 퇴적상을 심도별로 자세히 살펴보면 다음과 같다.

퇴적층의 최하부인 심도 약 150-145 cm에 약 5 cm 두께의 토탄층이 노출되어 있으나, 그 하부로는 더 이상 절개가 이루어지지 않아 전체 두께는 확인하지 못하였다. 심도 약 145-110 cm에는 두께 약 35 cm의 황갈색 사질점토층이 있으며, 하부에는 조립질

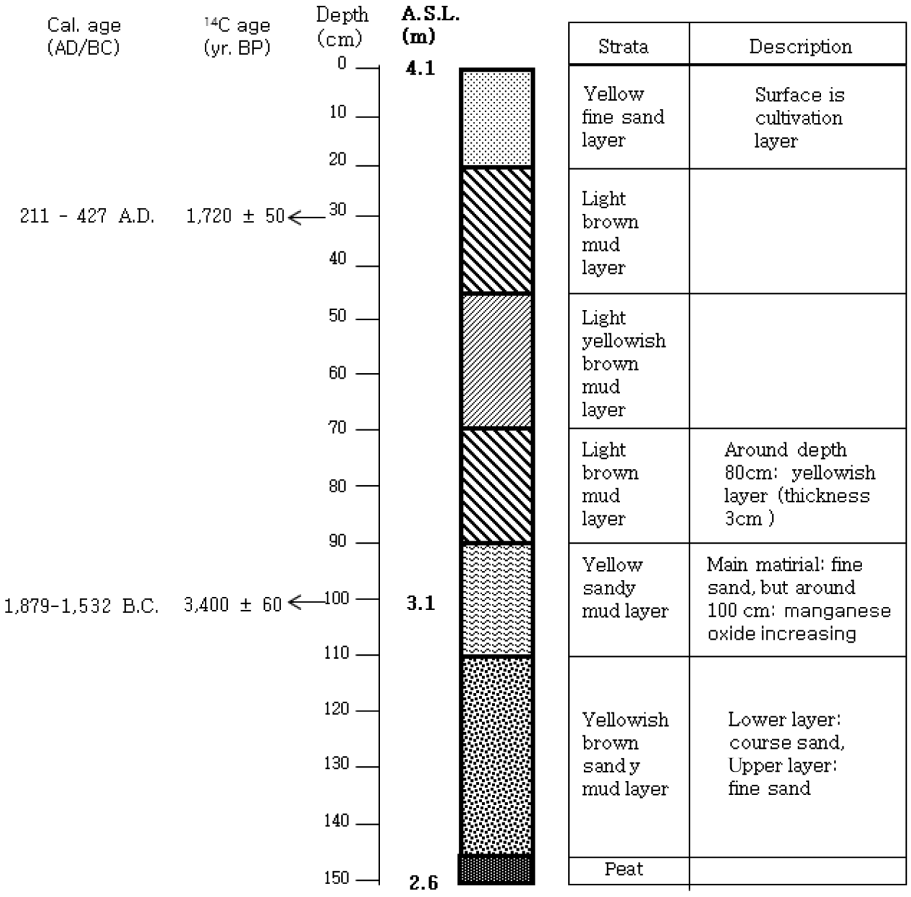

Fig. 2. Lithology and chronology of trench section.

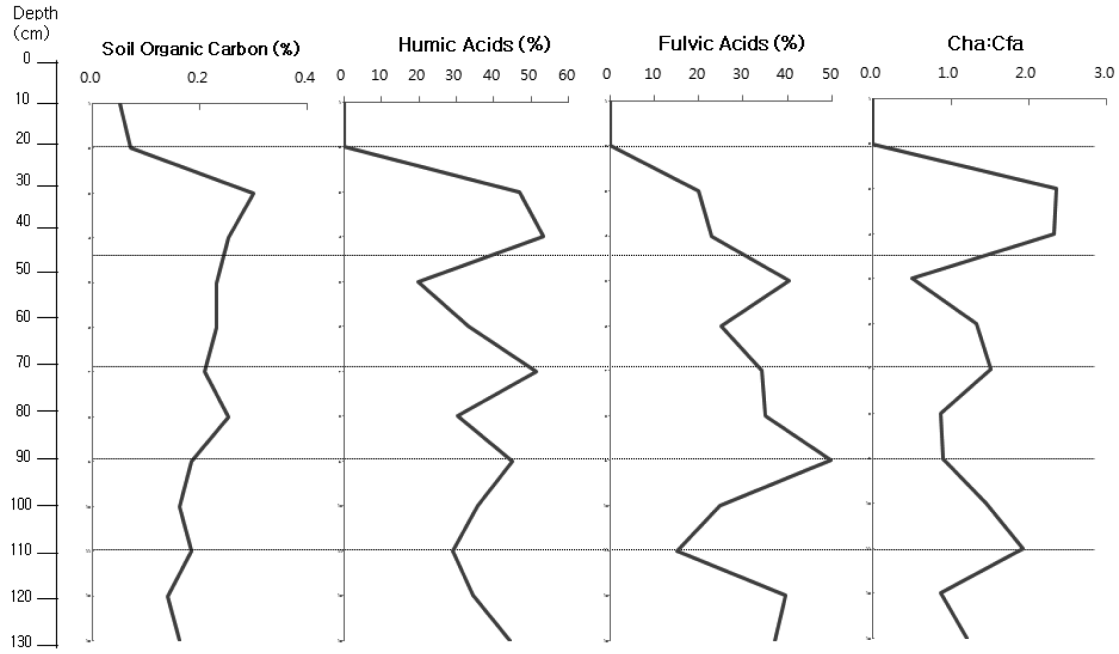

Fig. 3. Vertical variations in the soil organic carbon and Humus.

의 모래가 분포하고 상부에는 세립질의 모래가 분포하는 상향세립화 경향을 나타낸다. 심도 약 110-90 cm에는 약 20 cm 두께의 황색 사질점토층이 나타나며, 세립질이 주를 이루고 있다. 심도 약 100 cm부근에서 다량의 산화망간이 관찰되며, 산화망간의 상부로 토양층의 색은 하부보다 밝은 황색을 띤다. 심도 약 90-70 cm에는 두께 약 20 cm의 담갈색 점토층이 퇴적되어 있고, 심도 약 80 cm 부근에서는 약 3 cm의 두께의 황색 토양층이 띠모양으로 관찰된다. 심도 약 70-45 cm에는 두께 약 25 cm의 담황갈색 점토층이 나타난다. 심도 약 45-20 cm에는 담갈색 점토층이 나타난다. 심도 약 20-0 cm에는 황색 세립사질층이 나타나며, 현재 경작지로 이용되고 있다(Fig. 2).

결 과

토양유기탄소와 휴무스분석은 전체 150 cm의 퇴적층 중 토탄이 포함된 최하부의 20 cm와 최상부의 황색 세립사질층 10 cm는 제외하였다. 최하부의 경우는 시료를 채취하는 과정에서 물이 흘러들어 시료를 채취할 수 없었으며, 최상부의 경우는 현재 경작지로 이용되고 있어 교란의 가능성을 배제하기 위하여 제외하였다. 따라서 분석이 실시된 퇴적층은 황갈색 사질점토층(심도 130-110 cm), 황색사질점토층(심도 110-90 cm), 담갈색 점토층(심도 90-70 cm), 담황갈색 점토층(심도 70-45 cm), 담갈색 점토층(심도 45-20 cm), 황색 세립사질층(심도 20-10 cm)에 해당된다.

분석 결과는 Fig. 3과 같다. 전체 퇴적층의 토양유기탄소값은 최대 0.30%, 최소 0.05%로 측정되었으며, 값의 변화 경향은 전반적으로 하부에서 상부로 갈수록 토양유기탄소값이 증가하는 경향을 보이고 있다. 황갈색 사질점토층(심도 130-110 cm)의 토양유기탄소값의 범위는 0.15%에서 0.2%이며 조립사가 많은 하부보다 세립사가 많아지는 상부에서 증가하는 경향을 보이고 있다. 황색 사질점토층(심도 110-90 cm)의 토양유기탄소값의 범위도 0.15%에서 0.2%이다. 대체로 하부의 황갈색 사질점토층과 큰 차이를 보이지 않지만, 심도 약 99 cm 부근의 산화망간이 많아지는 구간에서부터 토양유기탄소값의 증가 경향이 뚜렷하다. 담갈색 점토층(심도 90-70 cm)의 토양유기탄소값은 0.2%에서 0.25%의 범위에 있으며, 역시 상부로 갈수록 증가하는 경향을 보인다. 심도 약 79 cm 부근의 황색띠가 나타나는 구간에서는 특히 높은 값이 측정되었다. 담황갈색 점토층(심도 70-45 cm)의 토양유기탄소값 또한 0.2%에서 0.25%의 범위에 있으며 상부로 갈수록 증가하는 경향을 나타낸다. 담갈

색 점토층(심도 45-20 cm)에서는 심도 약 30 cm 구간에서 전체 퇴적층의 최대값인 0.30%가 측정 되었으며, 이후 상부로 갈수록 급격하게 감소하는 경향을 보인다. 황색 세립사질층(심도 20-10 cm)에서는 전체 퇴적층 중 가장 낮은 토양유기탄소값을 보인다.

휴무스값은 황색 세립사질층(심도 20-10 cm) 구간에서는 측정되지 않았는데, 그 이유는 토양유기탄소값 자체가 너무 적었기 때문으로 생각된다.

전체 퇴적층에서 휴믹산의 최대값은 53.15%이고, 최소값은 19.91%이다. 값의 변화 경향은 일정치 않으며, 감소와 증가를 반복하는 경향을 보이고 있다. 황갈색 사질점토층의 휴믹산값의 범위는 30%에서 45%이며 하부에서 심도 120 cm까지 감소하다가 이후 증가하고 있다. 황색 사질점토층의 휴믹산값 또한 30%에서 45%의 범위에 있으며, 심도 100 cm까지 증가하다가 이후 감소하는 것으로 나타난다. 심도 약 99 cm 부근의 산화망간이 많아지는 구간에서부터 토양유기탄소값이 증가하는 반면 휴믹산값은 감소하는 것으로 나타났다. 담갈색 점토층 휴믹산값의 범위는 30%에서 50%이며, 심도 약 80 cm 부근의 황색 토양층이 나타나는 구간까지 증가하다가 이후 감소한다. 담황갈색 점토층의 휴믹산값의 범위는 20%에서 53%이며, 하부와 마찬가지로 감소하다가 심도 60 cm 이후 증가하는 것으로 나타나며 전체 퇴적층 중 가장 높은 휴믹산이 나타나는 구간이다. 담갈색 점토층의 휴믹산값의 범위는 0에서 47%이며 일정하게 감소하는 경향을 나타낸다.

전체 퇴적층에서 풀빅산의 최대값은 49.73%이고, 최소값은 15.14%이다. 휴믹산값의 변화와 마찬가지로 감소와 증가를 반복하는 경향을 보이고 있다. 황갈색 사질점토층의 풀빅산값의 범위는 15%에서 40%이며 하부에서 심도 130 cm까지는 소폭으로 증가하지만, 심도 120 cm까지 감소하다가 이후 다시 증가하고 있다. 황색 사질점토층의 풀빅산값은 25%에서 50%의 범위에 있으며, 전체 퇴적층 중 가장 높은 풀빅산값이 나타나는 구간이다. 휴믹산값과 마찬가지로 심도 100 cm까지는 증가하다가 이후 감소하는 것으로 나타난다. 또한 휴믹산값의 경향과 같이 심도 약 100 cm 부근의 산화망간이 많아지는 구간에서부터 토양유기탄소값이 증가하는 반면 풀빅산값은 감소하는 것으로 나타났다. 담갈색 점토층 풀빅산값의 범위는 25%에서 35%이며, 일정하게 감소한다. 담황갈색 점토층의 풀빅산값의 범위는 20%에서 40%이며, 심도 60 cm까지 증가하다가 이후 일정하게 감소한다. 담갈색 점토층의 풀빅산값의 범위는 0에서 20%이며 일정하게 감소하는 경향을 나타낸다.

전체 퇴적층에서 Cha:Cfa의 최대는 2.35이고, 최소는 0.49이다. 황갈색 사질점토층과 황색 사질점토층의 Cha:Cfa 값은 1.0 이상이고, 담갈색 점토층의 Cha:Cfa 값은 1.0 이하이다. 담황갈색 점토층의 Cha:Cfa 값은 전체 퇴적층 중 가장 낮은 값을 포함하고 있다. 담갈색 점토층의 Cha:Cfa 값은 1.0 이상이며, 전체 퇴적층 중 가장 높은 값을 나타낸다.

고 찰

함평천의 현재 유로를 보면 거의 직선에 가까운 형태이나, 이는 하천정비사업으로 인한 것이고, 1918년 지형도에서는 사행유로의 형태를 보이고 있다. 함평천이 북에서 남으로 관통하는 함평군은 비교적 200 m 내외의 낮은 구릉지로 형성된 저평한 지대이다. 하천정비사업 이전의 함평천은 이러한 저지대를 자유 곡류하는 하천이었을 것으로 생각되며, 이 과정에서 하천의 충적물로 이 일대에 넓은 충적평야가 형성되었을 것이다.

휴무스분석은 토양이 기후와 식생에 따라 서로 다른 토양형이 만들어지는 것과 같이, 각 토양 내의 휴믹물질도 같은 원리로 생성되므로 이 특성을 이용하여 고토양이 생성된 기후환경을 유추하는 것이다 (Dergacheva and Zykins, 1988; Dergacheva, 1997; Dergacheva, 2000).

연구지역에서 분석한 결과와 Blytt(1876) and Sernender(1908)에 의해 구분된 후빙기 편년 시스템(Boreal, Atlantic, Sub-boreal, Sub-Atlantic)과 Brooks (1966)가 언급한 Post Roman Warm Period를 비교하여 함평천 유역의 지형변화와 기후환경변화를 고찰해 보고자 한다(Table 2).

최하부의 토탄층은 배후습지에 발달한 소규모의 저습지에서 퇴적된 것으로 하천 주변과 식생환경이 안정된 환경에서 형성된 것으로 생각된다. 그 시기는 탄소연대측정값이 없어 확정지을 수 없지만, 적어도 1,879 BC-1,532 BC(3400±600 yr. B.P.) 이전으로 추정되며, 퇴적층의 형성 환경과 지구적인 기후변동을 고려해 보면, 후빙기 중 가장 온난 습윤한 기후 환경이었던 Atlantic기에 형성된 것으로 사료된다.

이후에 하천 주변의 환경이 변화하여 자연제방이

Table 2. Humus analyses and Holocene climate changes of the Blyt and Sernender System and Brooks data

Strata	Humus	Cal. age	Holocene		
	Climate	AD/BC	Period	Climate	AD/BC
Light brown mud layer	Warm, Dry	211-427 AD	Post Roman Warm Period[b]	Warm, Dry	4-6 Century
Light yellowish brown mud layer	Cold, Humid	-	Sub-Atlantic[a]	Cold, Humid	600 BC
Light brown mud layer	Warm, Humid	-	-	-	-
Yellow sandy mud layer	Warm, Dry	1879-1532 BC	Sub-boreal[a]	Warm, Dry	1500-3000 BC
Yellowish brown sandy mud layer	Warm, Dry	-	Sub-boreal[a]	Warm, Dry	-
Peat	Warm, Humid	-	Atlantic[a]	Warm, Humid	3000-6000 BC

(a: Blyt and Sernender System, b: Brooks data)

발달하면서 상향세립화 경향의 황갈색 사질점토층과 세립의 황색 사질점토층이 퇴적되었다. 휴무스 분석에 의하면 이 시기의 기후 환경은 대체로 온난하고 건조한 환경으로 생각된다. 형성 시기는 황색 사질점토층에서 토양 시료를 AMS 분석하여 1,879 BC-1,532 BC (3400±600 yr. B.P.)의 연대값이 측정되었다. 이 시기는 후빙기 중 Sub-boreal에 해당되는 시기로 기후 환경은 온난하고 건조한 환경이었을 것으로 유추된다.

상부의 담갈색 점토층은 하부와는 또 다른 환경에서 형성된 것으로 자연제방에서 배후습지로 이행되는 환경이었을 것으로 추측된다. 휴무스 분석에 의한 기후 환경은 온난하고 습윤한 환경으로 후빙기 구분 중 Sub-boreal에서 Sub-Atlantic으로 이행되는 시기에 형성된 것으로 유추된다. 이 구간에서 특이한 점은 심도 약 80 cm 구간에서 나타나는 황색 띠 모양의 층으로, 이 구간에서 담갈색 점토층의 다른 구간보다 토양유기탄소값이 높게 측정되었다. 이는 어느 한 시기에 한동안 이 퇴적층이 육화되었던 흔적으로 해석될 수 있다.

담황갈색 점토층과 담갈색 점토층은 괴상의 점토층으로 모두 배후습지의 퇴적물로 생각된다. 휴무스 분석에 의하면 담황갈색 점토층의 기후 환경은 냉량하고 습윤한 환경이었을 것으로 생각되며, 이 시기는 후빙기 중 Sub-Atlantic에 대비 될 가능성이 있다.

휴무스 분석에 의하면 담갈색 점토층이 형성된 시기는 온난하고 건조한 환경이었을 것으로 생각된다. 탄소연대측정에 의하면 그 형성 시기는 211-427 AD (1720±50 yr. B.P.)이며, 이 시기는 Post Roman Warm Period에 해당되는 것으로 유추된다.

시료를 채취한 지점은 함평천의 동안에 위치하고 있으며, 현 하상으로부터 약 100 m 거리에 있는 충적평야의 단면으로 현재는 경작층으로 이용되고 있다. 절개한 단면의 퇴적층은 하부로부터 토탄층, 황갈색 사질점토층, 황색 사질점토층, 담갈색 점토층, 담황갈색 점토층, 담갈색 점토층, 황색 세립사질층의 7개 층으로 구분되는데, 이는 범람원과 자연제방의 퇴적구조를 반복적으로 나타내고 있다. 한 지점에서 시기를 달리한 서로 다른 퇴적물이 퇴적되었다는 것은 이 지점에서 지형 발달 양상이 단순하지 않았음을 의미한다.

하천변에서 지형 발달의 원인은 하천 에너지의 변화와 유로의 변화라 할 수 있다. 홀로세 동안 연구지역인 함평천 유역은 상대적으로 해수면변동의 영향을 직접 받지 않는 대하천의 지류에 위치하고 있으며, 사행 유로 형태의 하천이다. 따라서 홀로세 동안 이 지역은 전지구적인 기후변화에 따른 해수면변동에 의한 지형발달보다는 기후 변화에 따른 유량의 변화와 그 에너지 변화에 따라 하천 주변의 지형이 영향을 많이 받았을 것으로 예상된다.

결 론

함평천 유역에서 채취한 홀로세 퇴적물에 대한 퇴적상 분석, 탄소연대측정자료, 토양유기탄소와 휴무스 분석 자료를 토대로 지형발달과 기후환경변화를 고찰한 결과는 다음과 같다.

첫째, 연구 지점 퇴적상의 최하부인 토탄층은 온난습윤한 기후환경에 형성되었으며, 이때는 하천 주변의 환경과 식생의 환경이 안정되어, 배후습지에 발달한 소규모의 저습지에서 적어도 5 cm 이상의 토탄층이 퇴적되었다.

둘째, 기후가 온난 건조한 환경으로 변하면서 이 지점에는 자연제방성 퇴적물이 퇴적되었다. 이 퇴적층이 형성된 연대는 1879-1532 BC로 휴무스 분석 결과와 세계적인 기후변화(온난, 건조)가 비슷한 경향으로 나타난다.

셋째, 기후가 온난 습윤한 환경으로 변하며 배후습지성 퇴적물이 퇴적되기 시작하였다. 이 퇴적층들이 퇴적되는 동안에 기후는 온난 습윤한 환경에서 냉량 습윤한 환경으로, 다시 온난 건조한 환경으로 변화하였다. 특히 상부인 담갈색 점토의 형성 시기는 211-427 AD로 측정되었으며 휴무스 분석에 의해 밝혀진 온난 건조한 기후 환경과 Post Roman Warm Period으로 불리는 이 시기의 기후 환경 변화와 비슷한 경향을 보이고 있다.

넷째, 한 지점의 퇴적층 단면에서 나타난 퇴적구조가 범람원과 자연제방의 퇴적구조를 반복적으로 나타내고 있는데, 그 원인은 홀로세 동안 기후 변화에 따른 유량과 그 에너지양의 변화에 따라 하천 주변의 지형이 영향을 많이 받았을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2011년 정부재원(교육과학기술부)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2011-354-B00129).

시료 제공과 분석에 도움을 주신 (재)대한문화유산연구센터와 논문의 표현과 질을 높이는데 도움을 주신 심사위원께 감사드립니다.

참고문헌

강승삼, 1980, 한국 하천지형의 변화-영산강을 중심으로-. 국토지리학회, 5, 229-249.

기상청, 1991, 한국 기후표 1 (1961-1990).

김종일, 1994, 영산강 곡류절단부에서의 하도변화에 관한 연구. 한국지형학회지, 1, 43-61.

김주용, 은고요나, 고영구, 윤석태, 오강호, 김동주, 2001, 전남 나주-영암지역의 영산강 하류 시추퇴적물의 퇴적환경과 지구화학적 특성. 한국지구과학회지, 22, 301-316.

박승필, 위현정, 1996, 영산강 하류 유역에 분포하는 유기물층에 관한 연구-양장리 일대를 중심으로-. 한국지형학회지, 3, 73-82.

오강호, 2007, 영산강 수계 퇴적환경과 지형체계. 한국지형학회지, 14, 91-102.

윤순옥, 1996, Holocene 후기 삼천포해안 충적평야 지형발달과 환경변화. 한국지형학회지, 3, 83-98.

윤순옥, 1998, 강릉 운산 충적평야의 홀로세 후기의 환경변화와 지형발달. 대한지리학회지, 33, 127-142.

조화룡, 박춘락, 이미행, 1981, 삼랑진 주변 평야의 지형발달. 대한지리학회지, 23, 1-14.

조화룡, 황상일, 이종남, 1985, 태화강 하류 충적평야의 지형발달. 국토지리학회지, 10, 785-800.

한국자원연구소, 1997, 한국지질도 광주도폭(1:250,000).

황상일, 1998, 일산충적평야의 홀로세 퇴적환경변화와 해면변동. 대한지리학회지, 33, 143-163.

황상일, 윤순옥, 최정민, 2009, 밀양강 중・하류부 범람원 지형발달과 제4기 기후변화. 한국지형학회지, 16, 15-27.

황상일, 조화룡, 1995, 사포해안 충적평야의 Holocene 퇴적환경변화. 한국지형학회지, 2, 1-8.

Blytt, A.G., 1876, Essay on the Immigration of Norwegian Flora. Oslo: Alb. Cammemyer Publishers, 89 p.

Brooks, C.E.P., 1966, Climate through the Age. NY, USA, 400 p.

Dergacheva, M.I., 1997, Archaecological Pedology. Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk (in Russian), 228 p.

Dergacheva, M.I., 2000, Humic acids of soils of different age and genesis. 10th International Meeting of the International Humic Substances Society, 267-270.

Dergacheva, M.I., 2009, Ecology of Soils: A new science of the biosphere class, contemporary problems of ecology. 2, 143-150.

Dergacheva, M.I., Kovaleva, E.I., and Ryabova, N.N., 2007, Humus of soils of the Altai Mountains. Eurasian Soil Science, 40, 1416-1421.

Dergacheva, M.I. and Zykins, V.S., 1988, The organic mater of paleosoil. Academic Press, MA, USA, 129 p.

Dergacheva, M.I., Zykina, V.S. and Volkov, I.A., 1984, The Problems and Method of the Paleosoils Study. Academic Press: Novosibirsk (in Russian), MA, USA, 80 p.

Gerasimov, I.P., 1990, The evolution and differentiation of earth nature: Selected works. Academic Press: Moscow (in Russian), MA, USA, 312 p.

Kononova, M.M., 1963, The soil organic matter. Moscow (in Russian), 313 p.

Ponomareva, V.V. and Protnikoba, T.A., 1980, Humus and Soil science. Academic Press: Leningrad (in Russian), MA, USA, 221 p.

Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E., 2004, IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. Radiocarbon 46, 1029-1058.

Sernander, R., 1908, On the evidence of postglacial changes of climate furnished by the peat mosses of Northern Europe. Geologie Fören, 30, 465-478.

Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Warren-Beck, J., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., van

der Plicht, J., and Spurk, M., 1998, INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. Radiocarbon, 40, 1041-1083.

Stuiver, M., Reimer, P.J., and Reimer, R., 2005, CALIB 5.0. Radiocarbon calibration program, http://www.calib.qub.ac.uk/ (검색일: 2012. 1. 7.)

Tyurin, I.V., 1937, Organic matter of soils. Academic Press: Moscow (in Russian), MA, USA, 285 p.

2012년 7월 24일 접수
2012년 8월 11일 수정원고 접수
2012년 8월 14일 채택