

천이계열에 따른 온대초원의 유기물량 축적량 변화

이 재 석

건국대학교 이과대학 생명과학과

A Study on Change of an Accumulated Organic Matter Contents According to Successional Stage on Temperate Grassland

Jae-Seok Lee

Department of Biological Science, College of Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract - To develop accurate and predictive global carbon cycle models, it is important to understand the change of accumulated carbon for many ecosystems according to successional stage. In this study, I measured total biomass, litter and soil organic matter contents through an aerial photo and field observation. As a result, accumulated organic matter contents per unit area (kg m^{-2}) of three communities composed at grassland were 7.00 kg m^{-2} in *Solidago altissima* community, 9.18 kg m^{-2} in *Imperata cylindrica* community, and 12.68 kg m^{-2} in *Miscanthus sinensis* community, respectively. Accumulated total organic matter contents was high in *Miscanthus sinensis* community at later succession stage but soil carbon was low. In *Miscanthus sinensis* community, highly accumulated organic matter contents was resulted from increasing of biomass comparison with that of the other two communities. The pattern of accumulated organic matter contents was changed by changing of the dominant community due to progressing in succession. The accumulated carbon in temperate grassland will be increased with progressing in succession.

Key words : temperate grassland, accumulated carbon, succession

서 론

최근, 인간활동에 의한 지구온난화는 생물권의 여러 생태계에 심각한 영향을 미치고 있는 것으로 보고되고 있고, 앞으로 이러한 영향의 정도는 더욱 커질 것으로 예측되고 있다. 이와 같은 영향을 파악하기 위해 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)와 같은 국제공동연구체제를 중심으로 온난화의 영향에 대해 다각적이

고 폭넓은 연구가 진행되고 있다. 특히, 온난화의 주요 원인물질인 탄소가 대기권으로 부터 육지의 생물권에 얼마만큼의 양이 유입되며 또한 얼마만큼이 지표면에 잔류하며 대기권으로 재방출되는가, 또한, 그러한 순환속도를 조절하는 환경요인이 무엇인지에 대한 관심이 고조되고 있다. 이러한 과정에 대한 연구를 통하여 가능한 한 많은 양의 대기중 탄소를 지표면에 고정하려는 움직임 또한 연구되고 있다.

이러한 연구와 관련되어 대기의 약 2배, 지표 생물량의 약 3배에 달하는 막대한 양의 탄소가 축적되어 있는 토양권의 움직임에 주목되고 있다(Valentini *et al.* 2000).

* Corresponding author: Jae-Seok Lee, Ph.D., Tel. 02-450-3411, Fax. 02-3436-5432, E-mail. jaeseok@konkuk.ac.kr

그러나 토양권에 축적된 탄소의 움직임은 지표면을 덮고 있는 식생의 종류와 밀접하게 연관되어 있기 때문에 식생변화는 대기과 토양권 사이의 탄소유동에 중요한 요인으로 작용한다. 이와같은 이유로 대기과 지표사이의 순환에 가장 큰 영향인자로서 관여되어 있는 식물계가 어느 시기에, 어떻게, 얼마나, 어떠한 환경요인에 가장 밀접하게 영향 받으며 탄소의 흐름에 관여하는가에 대한 기초연구가 여러 생태계를 대상으로 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구결과로부터 광합성으로 고정된 탄소가 어느 부분에 얼마나 분배되고, 분배된 곳에서 얼마나 체류하는가, 또한 그러한 패턴들이 시간과 구성종의 변화에 따라 어떻게 달라지는가에 대한 이해는 장기적이고 광역적인 탄소의 흐름과 속도를 파악할 수 있는 중요한 열쇠로 이용된다. 하지만, 지금까지의 연구는 식생, 기상, 수문, 토양 등의 개별 분야가 각각의 장소에서 독립적으로 연구가 진행되어 왔기 때문에 그러한 결과를 바탕으로 상호관계를 파악하기 위한 작업은 대단히 어려운 상황에 있다. 최근 이와같은 문제를 극복하기 위해 특정지역을 대상으로 각각의 분야에 대한 경계영역을 통합화하는 노력이 시도되고 있다. 특히, 미기상과 식생과 같은 미기상의 조절인자는 어느 생태계를 경유하는 물질순환과 에너지 유출입의 특징을와의 좌우하는 가장 큰 인자로 인식되고 있기 때문에 다양한 미기상 현상을 해석하기 위한 기초자료로서 활용되고 있다.

미기상과 관련된 생태학적인 연구(CO_2 와 H_2O Flux 연구)를 진행함에 있어서 가장 큰 문제점은 식생분포가 불균일하고 그에따라 계절적으로 각기 다른 반응을 보이는 것이다. 장소에 따라 우점하는 식물종 또는 생육상황은 대단히 다른데, 그로인해 지배를 받는 토양상태 또한 다른 형태를 보이고 있다.

본 연구는 패러그라이더(엔진부착형)를 이용하여 손쉽게 얻을 수 있는 공중사진을 이용, 일정지역을 대상으로 각 우점종의 점유면적의 파악을 시도하였으며, 얻어진 자료를 바탕으로 한, 지상관측을 통해 지상부 및 지하부 현존량, 토양내의 유기물 축적량을 포함한 특정 생태계에 축적된 총유기물량이 천이의 진행에 따라 어떻게 변화할 것인가에 대하여 고찰하였다.

연구 방법

1. 조사지 개황

조사 대상지인 쓰쿠바대학(일본) 육역환경연구센터의 초원은 해발 27 m, 연평균기는 $13.3^{\circ}C$ (1990~2000), 강수량은 1200~1600 mm로 직경 190 m의 원형(면적적 2

ha)이며, 중앙에 높이 30 m의 기상관측용 타워가 설치되어 있다. 연구센터의 생태분야에서는 10여년동안 초원을 구성하고 있는 식물종의 종별 건물량과 우점종의 계절변화, 종조성의 연변화등의 생태적인 조사와 함께 식생의 동태와 기상조건과의 관계를 해석하여 왔다(劉와 及川 1993; Akazawa and Oikawa 1993; Tanaka 1995; Tanaka and Oikawa 1998; Tanaka and Oikawa 1999; Li and Oikawa 2000; Yokoyama and Oikawa 2000, 2002). 또한, 이와같은 생태학적 조사와 발맞춰 물과 이산화탄소 등의 물질교환을 관측하여 지구온난화에 대한 식생의 응답을 예측하기 위한 미기상학적인 연구가 진행되고 있으며, 많은 기초자료가 축적되어 있다(Saigusa *et al.* 1998; Toda *et al.* 2000; Li and Oikawa 2001; Oikawa *et al.* 2001).

2. 초원군락의 관리

인공초원을 조성한 초기에는 다양한 목초로 균일하게 조성되어 있었지만, 시간이 경과함에 따라 주위에 자연적으로 생육하고 있던 식물종이 산발적으로 침입하여 불균일적인 식생으로 변화하였다. 이러한 산발적인 종의 침입과 함께 토양조건도의 미묘한 차이에 따라 다양한 패치형태의 군락이 산재된 형태로 발전하였고, 이러한 식생의 불균일성을 해소하기 위해 1985년부터 수년간 초원 일부에 선택성 제초제의 살포, 생육기의 제초작업 등으로 초원의 균질성을 유도를 시도하였다. 1990이후 초원의 균질성유도 작업이 중단됨과 동시에 동계의 실시하는 1회의 제초작업(제거된 지상부는 그대로 방치)을 제외하고 거의 자연적으로 방치되고 있다. 그후 지금까지 자연적 천이가 진행되어 현재의 초원으로 발전하였으며, 식생학적인 자료가 수집되어 왔다. 지금까지의 연구 결과를 보면 현재의 초원군락의 주요 구성종은 띠군락, 서양미역취군락, 억새군락이며 초원의 이러한 중구성은 2차천이의 자연초원군락과 동일한 것에 해당된다.

3. 초원의 현존량에 대한 기초조사

1) 공중사진 촬영과 식생도 작성

초원전체의 계절적인 식생분포 상황을 정확히 파악하기 위해 20012년 7월부터 11월까지 매월 패러그라이더(엔진부착형)로 지상 150 m상공에서 초원전체의 사진을 촬영하였다. 다만, 대기가 불안정한 9월에는 패러그라이더를 대신하여 원격조정이 가능한 모험헬리콥터에 카메라를 부착하여 지상 100 m에서 촬영하였다. 이와 같이 촬영한 계절별 사진은 계절에 따라 뚜렷한 형태나 색으로 구별되는 각각의 군락의 특징에 따라 LAI32의 면적 계산용 프로그램을 이용하여 주요 우점군락을 추출하였

다. 추출된 화상을 바탕으로 초원 전체에 대한 종의 분포 면적을 파악, 종별 점유면적이 명시된 식생도를 작성하였다.

2) 각 군락에 대한 주요 구성종의 현존량과 지표면의 리터 및 토양의 유기물 축적량 추정

각각의 군락에 대한 주요 구성종의 총 현존량과 리터량 및 토양유기물량을 추정하기 위해 해당군락의 전형적인 군락상태를 반영하고 있는 표준방형구(1×1 m²)를 3개씩 설치하였다. 표준방형구 내에 생육하는 식물체를 지상부와 지하 30 cm(지하 0~15 cm 깊이에 대부분의 지하부가 존재함)까지의 지하부로 분리하여 채집하였으며, 지하부를 채집하기 전 지표면에 축적된 리터(A0층)를 채집하였다. 이와함께 토양의 유기물 축적량을 파악하기 위해 방형구당 3지점에 대해 토양채취관(직경 5 cm, 높이 5.1 cm)을 이용하여 지표면(A1층)으로 부터 매 5 cm 깊이로 총 30 cm(6점×3지점)까지의 토양과 주변토양을 동시에 채취하였다. 채취된 식물체, 리터, 토양은 80°C에서 48시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정, 토양밀도를 계산하였다. 건조된 토양의 일부를 취하여 2 mm체로 거르고, 체를 통과한 것만을 다시 0.5 mm체를 이용, 체를 통과할 때까지 분쇄하여 토양의 유기물량 측정 시료로 사용하였다(NC-800, Sumika Chem. Anal. Japan). 토양채취관 주변에서 함께 채취된 주변 토양은 풍건시킨 후, 2 mm체로 걸러, 2 mm급 이상의 것과 2 mm급 이하의 것으로 분리하였다. 그중 2 mm 이하의 것은 토양에 축적된 유기물량을 계산하기 위한 전환계수로 이용하였다.

토양의 유기물 축적량(Pc)은 다음과 같이 계산하였다(Wang *et al.* 2002).

$$Pc = rHba$$

여기서 r은 토양밀도(kg m⁻³), b는 토양의 평균 유기물 함량(%), H는 해당토양의 깊이(5 cm), a는 전환계수(직경 2 mm 이하급에 해당하는 고상의 비율 0.55)를 나타낸다.

결과 및 고찰

1. 초원의 식생학적 분류 및 식물현존량과 리터축적량

조사지역의 천이단계는 한국 및 일본을 포함한 극동아시아 지역의 2차천이 방향과 일치하는 경향을 보였다(Miyawaki 1981). 본 연구지와 같은 초원군락은 냉온대의 저지에서 주로 2차림의 벌채지, 목밭 등에서 국소적으로 나타나고 있는 군락이다. 이러한 억새군락에는 매립지, 제방, 목밭 등의 떠가 우점하는 군락이 포함된다. 생

육지는 대부분 비정기적으로 벌초나 들불 등으로 관리가 이루어지는 곳이며, 이러한 교란이 없어짐과 동시에 소나무, 개웃나무, 붉나무와 같은 양지성 수목이 빠르게 침입하여 삼림으로 발달하는 지역이 대부분이다. 천이계열상, 삼림으로 전이되기 직전 상태인 본 조사지의 식물이 가지는 현존량 및 토양에 축적된 유기물량의 정량은 2차천이 초기과정의 초본식물단계에서 축적될 수 있는 최대의 유기물량이 어느 정도 인가를 가늠할 수 있는 좋은 대상임이 확인되었다.

조사결과 초원을 구성하고 있는 주요 군락은 미국미역취군락(*Solidago altissima*), 락군락(*Imperata cylindrica*), 억새군락(*Miscanthus sinensis*)의 3개군락으로 확인되었다. 억새군락은 주로 초원 서측면을 중심으로, 서양미역취군락은 일부지점을 제외한 거의 전지역에서 락과 혼생하는 형태의 군락을 이루고 있었다(Fig. 1). 반대로 락군락의 경우, 서양미역취와 혼생하는 형태와 단독군락의 형태로 양분된 군락을 구성되어 있었다. 이러한 억새크론의 성장은 시간이 경과함에 따라 점유면적이 확대될 것으로 판단된다. 이러한 결과는 초원이 초기의 인공적인 조성형태에서 벗어나 자연적인 천이계열에 들어서 있음을 보여주는 것이다.

조사대상지역(20,096 m²)에서 이들 3종이 차지하는 비율은 각각 서양미역취군락이 6,745 m² (33.6%), 락 6,092 m² (30.3%), 억새가 7,259 m² (36.1%)였다. 광합성

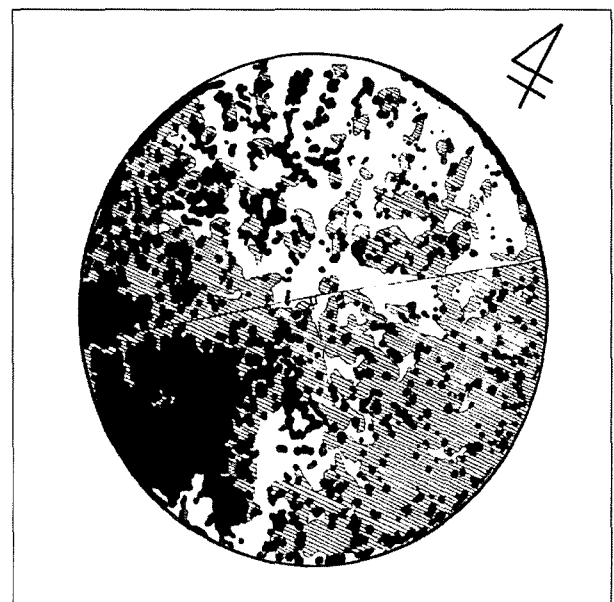


Fig. 1. Grassland the constituted with three communities on Terrestrial Environmental Research Center in Japan. ▨: *Solidago altissima*; □: *Imperata cylindrica*; ■: *Miscanthus sinensis*.

Table 1. An area of distribution for three communities, *Solidago altissima*, *Imperata cylindrica*, and *Miscanthus sinensis* at study site in temperate meadow

Species	Area		Main place	Feature of distribution
	m ²	%		
<i>Solidago altissima</i> (C3)	6,745	33.6	Eastern part	Mainly mixed community with <i>I. cylindrica</i>
<i>Imperata cylindrica</i> (C4)	6,092	30.3	Northern part	Pure <i>I. cylindrica</i> and mixed communities with <i>S. altissima</i>
<i>Miscanthus sinensis</i> (C4)	7,259	36.1	South western	Communities composed with points
Total	20,096	100		

형태가 다르며 CO₂ 및 H₂O Flux에 영향을 미칠 것으로 판단되는 C3군락과 C4군락의 비율은 C3군락이 33.6%, C4군락이 66.4%로 C4군락이 C3군락의 약 2배의 면적을 점유하였다(Table 1). 각 군락의 단위토지면적당 현존량(지하부와 지상부) 및 리터량은 서양미역취군락이 2.23 kg m⁻², 락군락이 4.38 kg m⁻²(이중 0.53 kg m⁻²은 서양미역취군락과 혼생되어 있는 양), 억새군락이 7.82 kg m⁻²로 C4식물이 C3식물에 비해 압도적으로 높게 나타났다. 또한 각각의 군락에 대한 지하부와 지상부의 현존량 비율의 경우, 서양미역취군락은 지상부가 48.4%인 것에 대해 지하부는 51.6%, 락군락은 지상부가 29.5%, 지하부가 70.5%, 억새군락은 지상부가 48.3%, 지하부가 51.7%로 어떤 군락에 대해서도 지하부의 현존량이 크게 나타났다. 특히, 락군락의 지하부는 지상부보다 3.5배나 큰 수치를 보였다. 또한, 지상부와 지하부의 현존량의 절대치는 서양미역취군락이 1.5 kg m⁻², 락군락이 3.3 kg m⁻²(이중 0.5 kg m⁻²은 서양미역취군락과 혼생되어 있는 양), 억새군락이 6.9 kg m⁻²이었다(Fig. 2). 이러한 절취법을 통한 단위면적당의 무게로 부터 추정된 초원전체의 현존량과 리터량은 서양미역취군락이 15.07톤, 락군락이 27.01톤, 억새군락이 56.75톤으로 억새군락이 단위면적에 대하여도 초원 전체면적에 대하여도 가장 높은 수치를 나타냈다(Fig. 3). 또한 C3식물군락과 C4식물군락으로 구분하면, C3군락의 15.07톤에 대해 C4군락은 83.8톤으로 현존량 및 리터량 또한 C4군락이 높은 수치를 나타냈다. 이러한 수치를 초원 전체에 대한 지하부와 지상부로 나누어 보면 지상부가 35.31톤, 지하부가 45.81톤에 해당된다. 억새군락의 경우, 락군락과 서양미역취 군락내에서도 정착되지 오래되지 않은 것으로 판단되는 소형의 크론이 실제 야외조사에서 다수 확인되었지만, 크론의 직경이 약 20 cm미만인 것들은 포함시키지 않았다. 따라서 소형의 크론을 포함시킬 경우 위에서 제시한 수치보다 더욱 높아질 가능성이 있다.

2. 군락별 토양의 유기물 축적량

단위 면적당 축적된 토양유기물은 서양미역취군락이

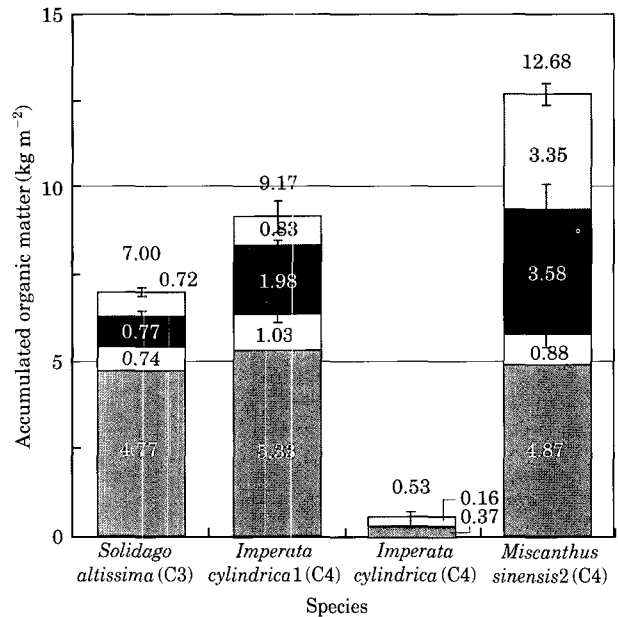


Fig. 2. Accumulated carbon on three communities at temperate grassland in Japan. ■: soil organic matter; □: litter; ■: below-ground biomass; ▨: above-ground biomass.

4.77 kg m⁻², 락군락이 5.33 kg m⁻², 억새군락이 4.87 kg m⁻²로 락군락이 가장 높은 수치를 나타냈다(Fig. 4). 초원을 구성하고 있는 3군락의 평균 토양유기물 축적량은 5.0 kg m⁻²로 평균량 지상부 현존량의 1.3 kg m⁻²에 비해 3.9배나 높은 양이 된다. 이러한 수치들을 식물의 현존량과 비교하면 토양유기물과 서양미역취군락은 3.2배, 락군락은 1.89배 높지만 억새군락은 지상부 현존량이 토양의 유기물 축적량보다 1.43배 높은 결과를 보였다. 또한, 억새군락을 제외하면 지상부 현존량보다 훨씬 많은 양의 유기물이 토양에 축적되어 있는 것이 되며, 지표면에 축적된 리터와 토양에 자리잡고 있는 지하부 현존량을 더할 경우 토양권에 직접적으로 관련된 축적량은 훨씬 더 커지게 된다(Fig. 2). 이와 같이, 천이 계열상 가장 후기에 우점도가 높은 억새군락으로 접어들면, 지상부 현존량에 대한 토양권의 유기물 축적량이 상대적으로 줄어드는 결

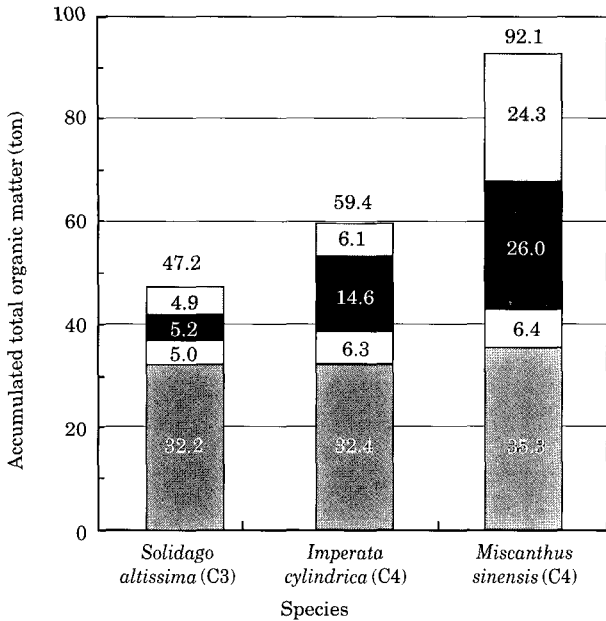


Fig. 3. Accumulated total organic matter at study area in temperate grassland. ▨: soil organic matter; □: litter; ■: below-ground biomass; ◻: above-ground biomass.

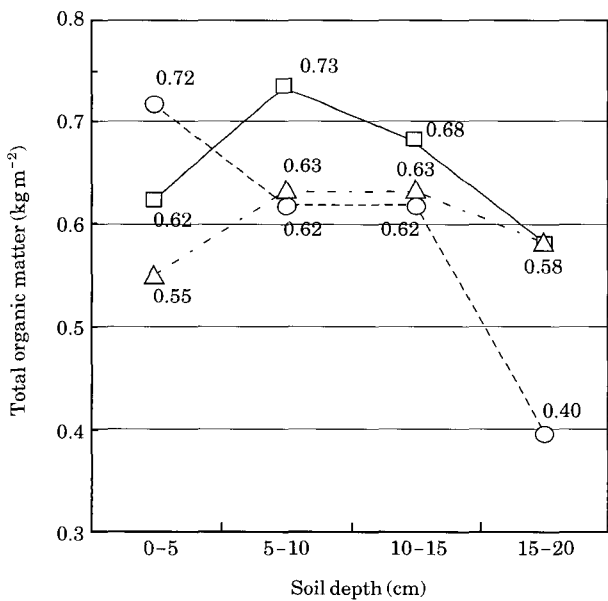


Fig. 4. Accumulated total soil organic matter contents per unit area (kg m^{-2}) of three communities temperate grassland in Japan. ○: *Solidago altissima*; □: *Imperata cylindrica*; △: *Miscanthus sinensis*.

과를 나타냈다. 그것은 당해 년도의 순생산량 중 많은 부분을 지상부에 분배하는 역세의 생태적 특징 (Fig. 3)에서 비롯되며, 상대적으로 많은 부분을 지하부에 분배하는 락

와는 전혀 다른 분배 형태를 갖기 때문에 분석된다. 역새군락의 지상부 현존량은 3.35 kg m^{-2} 으로 지하부의 3.58 kg m^{-2} 에 비해 적은것으로 간주되지만 (Fig. 3), 지상부가 매년 새로운 현존량을 만들어 내는것에 비해 지하부는 다년간 누적된 양이기 때문에 실제로는 연간 순생산량 중 지상부에 분배되는 양은 대단히 높아 진다. 지상부에 다량으로 공급된 광합성 산물은 성장종료기에 근접함에 따라 지표면에 리터로서 공급되고 다음해 동안 리터의 많은 부분은 미생물에 의해 분해되어 대기중으로 방출된다. 그로 인해 토양중에 축적되는 유기물량은 상대적으로 낮아지는 결과를 초래하는 것으로 생각된다. 지하부 및 지상부 현존량에 있어서 역새군락이 락군락보다 약 2.5 배 이상 큼에도 불구하고 토양에 축적된 유기물량에 있어서는 락군락보다 적은 이유는 락군락과 역새군락의 이러한 광합성 산물의 분배형태의 차이에서 기인된 것으로 추측된다. 하지만 지상부 및 지하부 현존량, 리터량, 토양 유기물량을 포함한 군락 전체에 축적된 유기물량은 서양미역취군락이 7.00 kg m^{-2} , 락군락이 9.18 kg m^{-2} , 역새군락이 12.68 kg m^{-2} 로 천이후기에 우점하는 역새군락이 가장 높은 것을 알수있다 (Fig. 2). 이러한 천이후기 단계에서의 총 유기물축적량의 증가는 토양에 축적된 유기물량의 증가에서 비롯된 것이 아니고 식물자체의 현존량 증가에 의한 것이다.

적 요

모델을 통한 지구의 탄소순환 과정을 정확한 예측과 검정을 위해서는 다양한 생태계에 대한 정확한 실측자료가 요구된다. 본 연구는 엔진부착형 패러글라이더로 손쉽게 얻을 수 있는 공중사진과 현장 관측을 통해 다양한 형태로 축적된 초원 생태계의 유기물(탄소량)을 정량하고 천이의 진행에 따라 초원 생태계의 유기물의 축적형태가 어떻게 변화할 것인가에 대해 고찰하였다. 연구결과 조사대상 지역의 주요 우점종은 서양미역취, 락, 역새의 3종이었고, 각각의 군락에 축적된 유기물량은 서양미역취군락이 7.00 kg m^{-2} , 락군락이 9.18 kg m^{-2} , 역새군락이 12.68 kg m^{-2} 로 천이후기로 진행할수록 높아지는 경향을 나타냈다. 하지만 토양에 축적된 유기물량은 반대의 경향을 나타냈다. 토양에 축적된 유기물이 적어짐에도 불구하고 군락이 축적된 총유기물량이 증가하는 이유는 역새군락이 가진 현존량이 증가하기 때문으로 나타났다. 초원생태계에서 천이계열상 가장 후기에 나타나는 역새군락의 우점도 증가는 지상에 온대초원생태계의 탄소축적량 증가에 기여할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 劉厦, 及川武久. 1993. 水理実験センター草原生態系の現存量の種別の季節節化と環境境件. 筑波大大水理実験センター報告. 18:69-75.
- Akazawa H and T Oikawa. 1995. Ecological analysis of seasonal above-ground biomass changes of main plant species in experimental grassland at the ERC, Univ. of Tsukuba. *Bull. Environ. Res. Cent.* 20:69-77.
- Li S and T Oikawa. 2000. Diurnal variations of net canopy CO₂ flux over a C3/C4 co-existing grassland. *Bull. Terr. Environ. Res. Cent.* 1:73-75.
- Li S and T Oikawa. 2001. Energy budget and net canopy carbon dioxide flux over a humid C3 and C4 co-existing grassland. *International Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation.* 23-28.
- Miyawaki A. 1981. *Vegetation of Japan.* Sibuntou. Tokyo.
- Saigusa N, T Oikawa and S Liu. 1998. Seasonal variations of the exchange of CO₂ and H₂O between a grassland and the atmosphere: An experimental study. *Agric. For. Meteorol.* 89:131-139.
- Saigusa N and T Oikawa. 1994. CO₂ and water exchange between grassland ecosystem and atmosphere. *Bull. Environ. Res. Cent.* 19:105-106.
- Seo SH. 2004. Relationship between partitioning form of standing biomass and soil respiration rate on the temperate grassland according to the successional stage. Konkuk University
- Tanaka K and T Oikawa. 1998. Seasonal dynamics of LAI in a C3/C4 co-occurring grassland at the Environmental Research Center (1996, 1997). *Bull. Environ. Res. Cent.* 23:87-89.
- Tanaka K and T Oikawa. 1999. Seasonal changes of biomass and LAI of a C3/C4 mixed grassland at the Environmental Research Center. *Bull. Environ. Res. Cent.* 24:121-124.
- Toda M, N Saigusa, T Oikawa and F Kimura. 2000. Seasonal changes of CO₂ and H₂O exchanges over a temperate grassland. *J. Agric. Meteorol.* 56:195-207.
- Valentini R, G Matteucci and AJ Dolman *et al.* 2000. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature* 404:862-865.
- Yokoyama S and T Oikawa. 2000. Seasonal changes of LAI and biomass of a C3/C4 mixed grassland in 1999 in the Environmental Research Center, University of Tsukuba. *Bull. Terr. Environ. Res. Cent.* 1:67-71.
- Yokoyama S and T Oikawa. 2000. Seasonal changes of LAI and biomass of a C3/C4 mixed grassland in 2000 in the Environmental Research Center, University of Tsukuba. *Bull. Terr. Environ. Res. Cent.* 2:37-39.
- Wang G, J Qian, G Cheng and Y Lai. 2002. Soil organic carbon pool of grassland on the Qinghai-Tibetan plateau and its global implication. *Sci. Total Environ.* 291:207-217.

Manuscript Received: March 10, 2004

Revision Accepted: August 20, 2004

Responsible Editorial Member: Sang Don Lee

(Ewha Womans Univ.)