

洛東江 下流 三角洲地域 갈대草地的 생산구조와 에너지 저장에 관한 研究

張 楠 基 · 姜 鎬 監

서울대학교 師範大學

Productive Structure and Energy Storage of *Phragmites longivalvis* Community in the Delta of Nak Dong River

Chang, N. K. & H. K. Kang

College of Education, Seoul National University

Summary

In the grassland ecosystem dominated by *Phragmites longivalvis* in the delta of Nak Dong River, the production, decomposition, and accumulation of organic carbon were estimated by the theoretical analysis. The amounts of organic carbon and organic matter of litter are 1020.43g/m² and 591.90g/m², respectively. The amounts of organic matter and organic carbon on the grassland floor is 1154.96g/m² and 669.93g/m², the ratio of annual litter production "L" to the amount of accumulation on the top mineral soil (F, H and A₂ horizons) provided estimates of decay constant k. Constant k is 0.884 in the *Phragmites longivalvis* community. The vertical levels of organic matter and organic carbon is the highest in 120-140 cm of photosythetic system and in 0-20 cm of non-photosythetic system.

I. 緒 論

生産構造와 落葉의 蓄積과 分解는 草地生態系의 重要한 構造와 機能이다. 草地生態系에서 낙엽의 蓄積과 分解가 얼마나 빨리 일어나고 있는 지에 관한 報文은 적다.

농장에서 경작기간 동안 有機物의 減小와 숲에서 落葉의 分解에 관한 報文은 限定된 수가 있다(Jenny et al. 1959, Chang and Rim 1968, Olson 1963, Kim and Chang 1965).

草地의 경우에는 落葉의 蓄積과 分解가 平衡을 이루는 半自然草地에서 낙엽이 채취되지 않는다면 이것은 아무런 도움도 주지 못한다. 草地의 生産構造 및 落葉의 蓄積과 分解에 관한 자료를 얻기 위하여 洛東江 下流에 있는 갈대群落에서 調査하였다.

本 研究는 洛東江 下流의 갈대群落의 生産構造 및 낙엽의 生成과 分解를 數理的 모델을 使用하여 變化가 어떻게 되는가를 測定 자료로부터 推論해 내는 데 있다.

II. 調査地의 概況 및 調査方法

1. 調査地의 概況

本 研究의 調査草地는 洛東江 下流의 三角洲(E 128° 57', N 35° 06')에 發達한 *Phragmites longivalvis*의 純群落이다(Fig. 1).

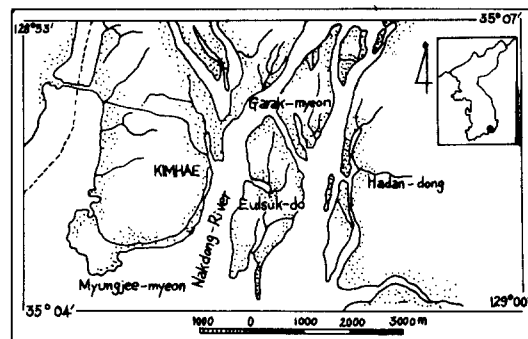


Fig. 1. Map showing the location of the study area

이 지역의 月平均 기온과 平均降水量은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 여름의 平均气温은 25°C를 넘어가며 겨울의 平均기온은 0°C이하로 내려가지 않는다. 年降水量은 1,300~1,400mm이다.

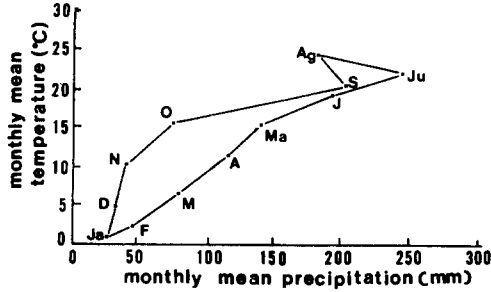


Fig. 2. Hythergraph for the study area, a delta of the Nak Dong River

2. 調査方法

1983년 8월 갈대群落에 50×50cm방형구를 설치하여 材料를 Litter(L), Fermentation(F), Humus(H), 및 A층으로 区别하여 채취하여 실험실로 운반하였다.

갈대群落의 生産構造를 알기 위하여 葉順別로 採取하고, 줄기는 20cm간격으로 잘라서 실험실로 운반하였다.

實驗室로 운반된 材料는 105°C에서 24시간 乾燥시켜 乾物量을 測定하였고, 건조된 材料는 분쇄기로 갈아서 토양병에 보관하였다. 有機物量은 500~550°C의 전기로에서 灼熱한 후의 무게의 감소량으로 決定하였다. 有機炭素量은 有機物量을 1,732로 나누어 구하였다. 土壤 및 植物體의 含水量은 105°C에서 24시간 乾燥시킨 후 무게의 감소량으로 測定하였다.

光度는 野外에서 직접 照度計로 測定하였다.

本 論文中에서 사용한 자료는 3회反復으로 처리하여 분석한 值의 平均치로 決定하였다.

3. 數理的 모델

年 生産 落葉의 有機炭素量을 L이라 하고 F, H 및 A₁층의 有機炭素量의 合을 C라고 하면 에너지 및 有機炭素의 草地床에서 蓄積은 Jenny et al. (1959), Olson (1963), Minderman (1968), Chang et al. (1971) 등의 모델을 引用하면

$$\frac{dC}{dt} = L - kC \quad \text{..... (1)}$$

로 표시된다. 여기는 k는 分解常数이다.

(1) 式의 解를 구하면, 草地床에 에너지 및 有機炭素가 蓄積되는 式이 된다.

$$C = L/k (1 - e^{-kt}) \quad \text{..... (2)}$$

安定된 狀態에서는 $\frac{dC}{dt} = 0$, 즉 落葉의 年生産量과 年소실량이 같다고 생각할 수 있다.

$$(1) \text{ 式에서 } L = kC \quad \text{..... (3)}$$

이런 경우에 分解常数 k는 다음의 式으로 計算할 수 있다.

$$k = \frac{L}{C} \quad \text{..... (4)}$$

여기서 L과 k가 C에 관계없이 計算된다면 이들의 比는 첨가와 소실이 平衡을 이루지 못한 生態系에 蓄積될 平衡狀態의 수준을 예측하는데 쓰일 수 있다.

$$C = \frac{L}{k} \quad \text{..... (5)}$$

落葉이 없는 特別한 경우를 생각하면, (1) 式은

$$\frac{dC}{dt} = -kC \quad \text{..... (6)}$$

로 쓸 수 있다. t=0 일 때 C=C₀라면 (6) 式의 解는

$$C = C_0 e^{-kt} \quad \text{..... (7)}$$

이다.

C의 初期值 C₀가 半으로 分解되는데 걸리는 時間, 즉 半減期는 $t_{0.5} = 0.693/k$ 또 C₀의 95%와 99%가 分解되는데 걸리는 時間은

$$t_{0.95} = 3/k, \quad t_{0.99} = 5/k \text{ 이다.}$$

III. 結果 및 論議

1. 갈대草地의 生産構造

Table 1은 갈대의 含水量, 乾物量, 有機物, 有機炭素 및 灰分의 尸別含量을 나타낸 것이다. 有機物, 有機炭素는 光合成部(잎)에서는 120~140cm가 가장 많았으며, 非光合成部(줄기)에서는 0~20cm가 가장 많았다.

갈대群落의 生産構造는 Fig 3에서 보는 바와 같다. 이 生産構造에서 보는 것처럼 120~140cm에서 光合成이 가장 왕성하게 일어나는 것을 알 수 있다.

Table 1. The amount of water content, dry weight, organic matter, organic carbon and ash in *P. longivalvis* grassland

	Height (cm)	Water content (%)	Dry weight (g/m ²)	Organic matter (%)	Organic matter (g/m ²)	Ash (%)	Organic carbon (g/m ²)	
Leaf	160 - 180	1	7.79	4.32	95.65	4.17	4.35	2.42
		2	6.82	7.17	93.32	6.69	6.68	3.39
		3	6.79	9.96	93.46	9.30	6.54	5.40
		4	7.91	10.48	93.25	9.78	6.75	5.67
	140 - 160	5	8.06	12.70	92.19	11.70	7.81	6.79
		6	7.65	15.45	91.93	14.20	8.07	8.24
		7	7.42	19.05	91.22	17.37	8.78	10.08
		8	7.22	22.22	91.02	20.22	8.98	11.73
	120 - 140	9	7.53	23.52	91.08	21.42	8.92	12.43
		10	7.53	28.53	91.16	26.02	8.84	16.09
	100 - 120	11	7.85	30.56	90.76	27.72	9.24	16.08
		12	7.86	29.92	90.90	27.20	9.10	15.78
	80 - 100	13	7.55	28.90	90.92	26.27	8.08	15.24
		14	7.71	25.30	91.12	23.05	8.88	13.37
	60 - 80	15	9.85	39.77	91.02	36.19	9.98	20.99
Dead leaves		9.66	72.42	90.97	65.88	6.03	38.21	
Steam	160 - 180		7.18	9.73	93.87	9.13	6.14	5.30
	140 - 160		7.80	41.67	93.34	38.88	6.66	22.55
	120 - 140		7.54	70.84	92.83	65.74	7.17	38.13
	100 - 120		6.53	83.31	93.49	77.89	6.51	45.18
	80 - 100		7.68	82.26	94.34	77.56	5.66	44.99
	60 - 80		6.83	93.96	95.98	90.01	4.02	52.21
	40 - 60		6.63	99.30	96.27	95.63	3.73	55.47
	20 - 40		6.41	111.70	93.07	104.55	6.40	60.65
	0 - 20		6.27	117.98	96.47	113.85	3.53	66.04

Table 2. The amount of water content, dry weight, organic matter, organic carbon and ash of the litter in *P. longivalvis* grassland in a delta of the Nak Dong River

Horizon	Oven dry weight (g/m ²)	Water content (%)	Organic matter (%)	Organic matter (g/m ²)	Ash & soil (%)	Organic carbon (g/m ²)
L	1090.79	7.50	93.55	1020.43	6.45	591.90
F	907.93	11.08	80.05	726.80	19.95	421.58
H	511.05	6.39	42.55	217.45	57.45	126.13
A ₁	698.88	5.50	30.15	210.71	69.85	122.22

2. 落葉에 의한 有機物과 有機炭素의 生産
洛東江 下流 갈대草地的 落葉(L, F, H 및 A₁층)

의 含水量, 乾量, 有機物, 有機炭素 및 灰分의 含量은 Table 2에서 보는 바와 같다.

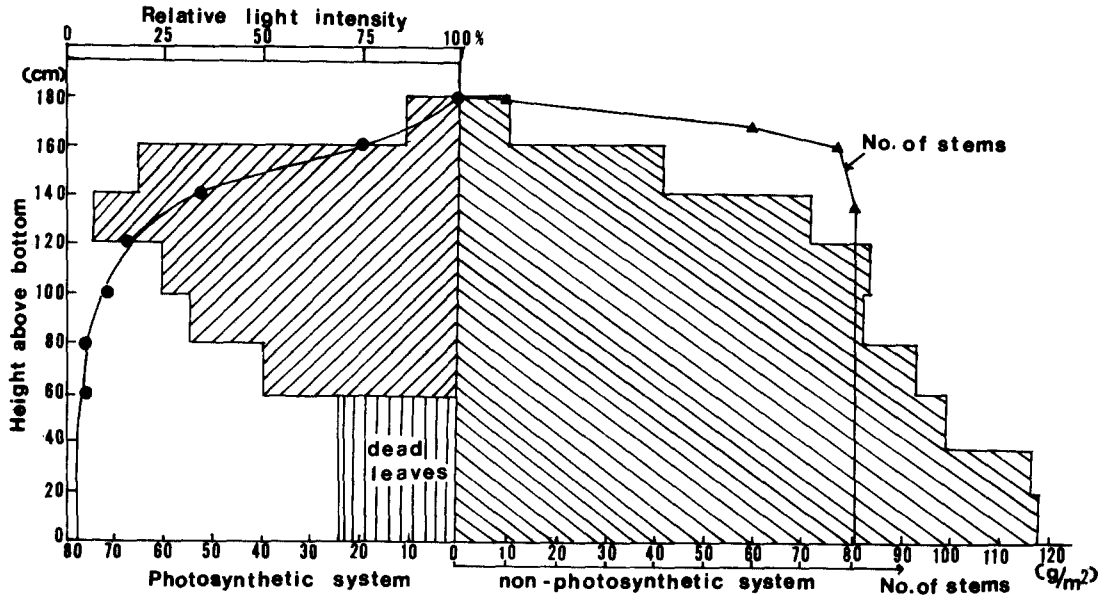


Fig. 3. Productive structure of *Phragmites longivalvis* community

L층의 m²당 有機物과 有機炭素의 量은 名名 10 20.43g과 591.90g이었다. 이는 Chang et al. (1971) 이 북해도 갈대群落에서 調査한 有機物과 有機炭素의 量 569.47g과 321.62g에 比하면 상당히 많은 量이다.

3. 有機炭素의 分解와 에너지의 放出

落葉층의 有機炭素量은 591.908/m²이었으며, 土壤속(F, H 및 A₁층)의 有機炭素量은 669.93g/m²이었다(Table 2).

(4)式에 衣해서 決定된 洛東江 下流 갈대群落의 分解常數, k는 0.884인데 比하여 북해도 갈대群落의 k는 0.376이었다(Chang, 1971). 이것으로 보아 洛東江 下流가 북해도 지방에 比해 分解가 빨리 일어남을 알 수 있다. 그리고 落葉의 50%, 95%, 99%가 分解하는데 걸리는 時間은 各各 0.784, 3.394, 5.656년이었다(Table 3).

(7)式에 의해서 얻은 갈대群落의 分解모델은 다음과 같다.

$$C = C_0 e^{-0.884t} \dots\dots\dots (8)$$

$$C_0 = 669.93 \text{인 경우 } C = 669.93e^{-0.884t}$$

4. 갈대群落의 에너지 또는 有機炭素의 蓄積

洛東江 下流 갈대群落과 같이 安定된 狀態에 도달한 草地에서 有機炭素 또는 에너지의 蓄積(式2)은 蓄積된 落葉을 완전히 제거하고 다시 가을철에 移入되는 L에 의해서 蓄積되는 曲線은 Fig. 5에서 보는 바와 같다. n번째 해의 落葉이 進後의 年最大値, F_n에 對한 式은 (2)式과 分解常數 k' 또는 理論的인 限界値 T=L/k'가 다르다.

$$F_n = L/k' (1 - e^{-k'n}) \dots\dots\dots (9)$$

k'는 다음과 같이 計算할 수 있다.

$$k' = L/T \dots\dots\dots (10)$$

(9)式의 비는 모델이 잘 適用되고, 가을철 生成되

Table 3. Parameters and time for decomposition of organic carbon in *P. longivalvis* grassland ecosystem in a delta of Nak Dong River

Decay	k	1/k	Half time 0.693/k (years)	95% time 3/k (years)	99% time 5/k (years)
Organic carbon	0.884	1.131	0.784	3.394	5.656

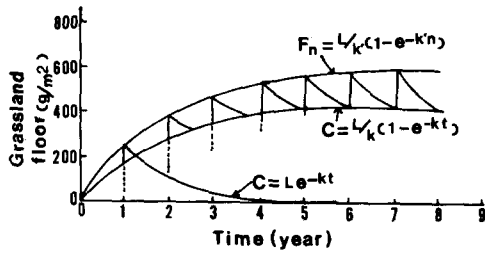


Fig. 4. Decay and accumulation curve for *Phragmites longivalvis* grassland with the annual litter production of $L=250\text{g/m}^2$

는 落葉을 더 함으로써 가을철 最大值를 測定할 수 있는 特정한 分解에만 有用하다. 洛東江 下流 갈대 群落의 草地床의 에너지 또는 有機炭素의 蓄積에 關한 모델은 Table 4 에 나타내었으며, 理論的인 曲線처럼 된 曲線은 Fig. 5 에 나타내었다.

k' 의 값이 작으면 分解가 遲천히 일어나고 있으며, 蓄積의 限界에 서서히 接近하고 있다는 것을 나타낸다. Fig. 5 은 빠른 分解速度를 가진 갈대 群落에서 有機炭素 또는 에너지의 蓄積과 放出에 對한 理論的인 모델을 나타낸 것이다.

Table 5 는 (5)式에 의해서 計算된 洛東江 下流 갈대 群落에서 年 落葉生産量, L 에 따른 落葉蓄積의 安定된 狀態에 對한 예측을 나타낸 것이다.

生態系의 發達이라는 점에서 볼 때 安定된 狀態는 물질 또는 에너지의 蓄이 0인 경우로 많은 生物의 現存量이 거의 일정할 때 이루어질 수 있다. Olson (1963)은 다음과 같이 말하고 있다. 自然群落 發達의 한 관점은 生態系 구성원들이 安定狀態를

향하여 變化하고 있으며, 두번째 관점은 生産水準 또는 落葉의 分解速度에 급진적인 또는 점진적인 變化이다. 이것은 植物이나 動物의 새로운 種이 生成하는 물질의 물리·化學적 特性에 의해서 調節된다.

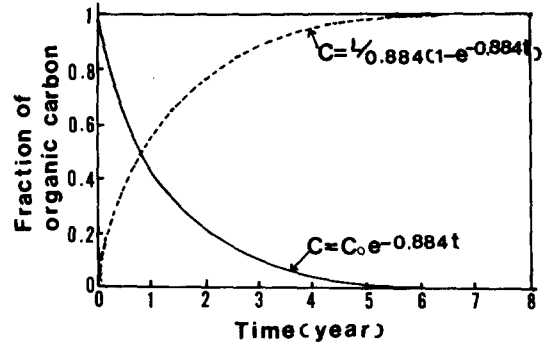


Fig. 5. Theoretical equations for organic carbon or energy stored and released in dead organic matter in the grassland ecosystem in the delta of Nak Dong River

IV. 摘要

1. 洛東江 下流 갈대 群落에서 有機炭素의 生成, 分解 및 蓄積을 理論的인 分析에 依해서 평가하였다.
2. m^2 당 落葉의 有機物, 有機炭素의 含量은 各 各이였으며, 草地床의 含量은 1154.96과 669.93g 이었다.
3. 戶別 有機物, 有機炭素의 含量은 光合成部에서 120-140cm에 가장 많았으며, 非光合成部에서

Table 4. Accumulation model and annual maximum equation for organic carbon or energy in *P. longivalvis* grassland ecosystem in a delta of Nak Dong River

Grassland type	k	k'	Accumulation model	Annual peak values (F_n)
<i>P. longivalvis</i>	0.884	0.469	$C=L/0.884(1-e^{-0.884t})$	$F_n=L/0.469(1-e^{-0.469t})$
			$C=669.93(1-e^{-0.884t})$	$F_n=1261.83(1-e^{-0.469t})$

Table 5. Parameters for exponential accumulation of organic carbon or energy in *P. longivalvis* grassland ecosystem with steady-state litter production (L)

Grassland type	k	Steady-state level for production L units per year (L/K)				
		$L=50$	$L=100$	$L=200$	$L=500$	$L=800$
<i>P. longivalvis</i>	0.884	56.561	113.122	226.244	565.610	904.976

는 0-20cm에 가장 많았다.

4. 安定된 狀態의 草地生態系에서 年 落葉 總生産量과 土壤의 윗부분(F, H 및 A 층)의 比로 決定된 分解常数 k는 0.884이었다.

5. 洛東江 下流 갈대群落에서 有機炭素 50%, 95%, 99%가 分解되는데 걸리는 時間은 各各 0.784, 3.394, 5.656年이었다.

V. 引用 文 獻

1. Kim, C.M., Yim, Y.J., and Rim, Y.D., 1972. Studies on the primary production of *Phragmites longivalvis* community in Korea. Report for the IBP, No. 6.
2. Chang, N.K. and Kim, H.K., 1983. A Study on the Dry Matter Production and Allocation by the Water Gradient in *Miscanthus sineusis* Grasslands. J. Korean Grassl. Sci. 4(2): 122-126.
3. Ewel, J. J., 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest in eastern Guatemala. J. Ecol. 64: 293-306.
4. Jenny, H., Gessel, S.P. and Bingham, F.T., 1959. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil Sci. 10: 419-432.
5. Olson, J.S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecol. 44: 322-330.
6. Oohara, H., Yoshida, N., Chang, N.K., 1971. Balance of producers and decomposers in a grassland ecosystem in Obihiro. I. Energy storage, and the production and decomposition of litter. J. Japan Grassl. Sci. 17: 7-18.
7. Reiners, N.M, and Reiners, W.A., 1970. Energy and nutrient dynamics of forest floors in three Minnesota forests. J. Ecol. 58: 497-519.