

海岸 鹽濕地 生態系의 에너지 流轉

金 俊 鎬 · 柳 炳 泰

(서울대학교 自然科學大學 植物學科)

Energy Flow in a Coastal Salt Marsh Ecosystem

Kim, Joon-Ho and Beung Tae Ryu

(Dept. of Botany, Seoul National University)

ABSTRACT

Energy flow through the trophic levels was studied at a salt marsh ecosystem distinguished into low and high marsh. Gross primary productions of *Suaedeto-Salicornietum* and *Artemisieto-Limonietum* at low marsh were 8,299 and 13,154kcal/m²/yr, and those of *Calamagrostetum* and *Sonchuso-Setaetum* at high marsh were 17,899 and 16,177kcal/m²/yr, respectively. Efficiencies of solar energy utilization of plants were 1.7 and 2.6% at the former, and were 3.6 and 3.2% at the latter. Of gross productions, net primary productions were 3,977 and 5,280kcal/m²/yr at low marsh and were 6,354 and 5,329kcal/m²/yr at high marsh, and the remainder, 52~67%, was consumed by respiration of plants. A small amount (0.03~0.04%) of the net primary production was flowed through grazing food chain and most amount was transferred into dead parts. Of dead parts, 40% was accumulated as litter and the rest was decomposed into detritus. In the detritus food chain, a little energy was utilized by detritus feeder, and a major by microorganism. The amounts of energy flowed through grazing and detritus feeders at high marsh were much more than those at low marsh, but tertiary production as spider was *Vice versa*.

緒 論

海岸 鹽濕地는 조수에 의하여 풍부한 무기염류를 공급받지만 높은 염분농도 때문에 鹽生植物(halophyte)만이 생육하고 있다. 바다에서 육지방향으로 갈에따라 지면이 높아지고 海水의 영향이 적어서 점차 토양의 염도가 낮아진다(金, 1971). 이러한 염도경사에 따라 염생식물군락에서 중성식물(glycophyte)군락으로 규칙적이며 연속적인 변화가 일어난다(朴, 1970; 金, 1971; 金

등, 1975). 토양환경과 식물군락의 변화는 動物群集의 種組成에도 변화를 가져오며(Phleger and Bradshaw, 1966; Vince *et al.*, 1982), 生態系의 구성원이 바뀌면 영양단계에 따른 에너지流轉 양상도 달라지리라 예상된다. 염습지의 에너지流轉에 대해서 Teal(1962)이 염습지에서 연구한 후 Odum and Smalley(1959), Parsons and De La Cruz(1980) 및 Levings(1980)가 연구하였다.

한국에서 생태계의 에너지유전에 대해서는 金 등(1982)이 河口生態系를, 鄭과 金(1982)이 연못생태계를 연구하였지만 鹽濕地에 대한 연구는 없다. 염습지는 해수의 영향을 직접으로 받는 低位염습지(low marsh)

본 연구는 1981년도 문교부 기초 과학 육성 연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

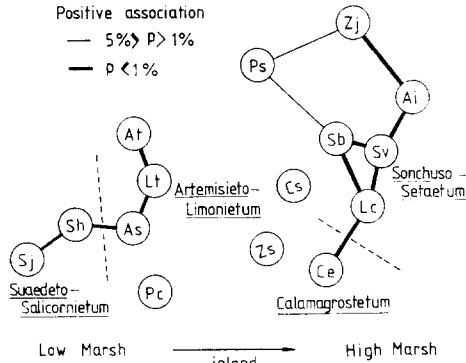


Fig. 1. Species association in the study area. *Aeschynomene indica* (Ai), *Artemisia scoparia* (As), *Aster tripolium* (At), *Calamagrostis epigeios* (Ce), *Carex scabrifolia* (Cs), *Lotus corniculatus* (Lc), *Limonium tetragonum* (Lt), *Phragmites communis* (Pc), *Poa sphondylodes* (Ps), *Sonchus brachyotus* (Sb), *Salicornia herbacea* (Sh), *Suaeda japonica* (Sj), *Setaria viridis* (Sv), *Zoysia japonica* (Zj), *Z. sinica* (Zs).

와 간접으로 받는 高位염습지 (high marsh)가 있고 (Phleger, 1970), 저위 및 고위염습지에서 식물군락의 차이에 따라 동물군집도 차이를 볼 수 있다 (Vince et al., 1981).

본 연구는 염습지를 저위 및 고위염습지로 구분하여 영양단계에 따른 에너지유전을 조사하는데 목적이 있다.

調査地 概況

조사지는 前報 (Ryu and Kim, 1985)에서 밝힌 인천시 백석동 해안에 있는 약 30년 전에 제방을 축조하여 干拓한 곳인데, 원래 低位염습지였으나 제방을 축조한 후 해수가 유입되는 저위염습지와 해수의 영향을 적게 받는 내륙쪽의 高位염습지로 되어 있다. 저위염습지에서 고위염습지로의 토양의 염도경사에 따라 (柳, 1982; 金 및 閔, 1983), 境界가 뚜렷한 식물군락이 연속적으로 형성되어 있다. 즉, 저위염습지에는 칠면초-통통마디군락 (*Suaedeto-Salicornietum*)과 비쑥-갯질경군락 (*Artemisieto-Limonietum*)이, 高位염습지에는 산조풀군락 (*Calamagrostetum*)과 사데풀-강아지풀군락 (*Sonchuso-Setaetum*)이 순서대로 분포하였다 (Fig. 1).

저위 및 고위 염습지 내에서는 종간의 연관 (associa-

tion) 정도가 비교적 강하였지만 두 염습지 사이에는 극히 약하여 뚜렷이 구별되었다 (Fig. 1).

方 法

基礎生産量の 測定 지상부의 純生産량은 前報에서 밝힌 Wiegert and Evans (1964)법에 따른 제 3 추정치를 인용하였다 (Ryu and Kim, 1985). 지하부 생산량은 연최고 및 연최저 현존량의 차로써 구하였다. 식물체의 呼吸量은 각 군락의 主要種을 5월에 채집하여 지상부와 지하부를 따로 呼吸室에 넣고 赤外線 CO₂ 가스 분석計 (Beckman 865)로 온도에 따른 CO₂ 배출량을 측정하였다. 연총호흡량은 월별 식물체 현존량 및 평균 온도에서의 호흡률로 월호흡량을 구한 다음, 이 값들을 모두 합산하고, CO₂의 kcal/l 값은 5.5로 계산하였다 (Odum, 1971).

消費者의 生産量 測定 動物은 식물과 같은 시일에 채집하였다. 草食性昆蟲은 nylon 망사를 씌운 (100×100)cm 방형구를, 腐泥質食者와 거미는 투명한 plastic 원통 (직경 20cm, 높이 30cm)을 식물군락 위에 씌우고 산증제를 살포한 후 핀셋으로 채집하였다. 채집동물은 영양단계 별로 분류하여 60°C에서 72시간 건조시켜 칭량하였다. 동물의 연생산량은 초식성 곤충은 가을의 최대 현존량으로, 부니질식자와 거미는 봄과 가을에 나타나는 2회의 최대 현존량을 합하여 산출하였다.

Calorie 量 測定 건조시킨 生物體를 마쇄한 분말 1g을 pellet로 만들고 Adiabatic calorimeter (Parr Oxygen Bomb 1241)로 calorie 값을 측정하였다.

結果 및 論議

基礎生産量

植物體의 呼吸量 : 온도변화에 따른 主要種의 呼吸量은 사데풀을 제외하면 지상부와 지하부의 호흡량이 비슷하였다 (Fig. 2). 20°C에서 칠면초, 비쑥 및 산조풀의 호흡량은 각각 1.83, 1.93 및 1.09 mg CO₂/g d.wt./hr. 이었고, Q₁₀ 값은 각각 2.1, 2.0 및 2.0이었다. 사데풀은 20°C에서 지상부와 지하부의 호흡량이 각각 2.59와 0.84 mg CO₂/g d.wt./hr 이고, Q₁₀ 값은 모두 2.1이었다.

植物體의 Calorie 값 : 지상부의 calorie 값은 염생 식물인 칠면초가 5,929 cal/g d.wt., 중성식물인 사데풀이 3,934 cal/g d.wt. 로서 큰 차를 보였고, 지하부는

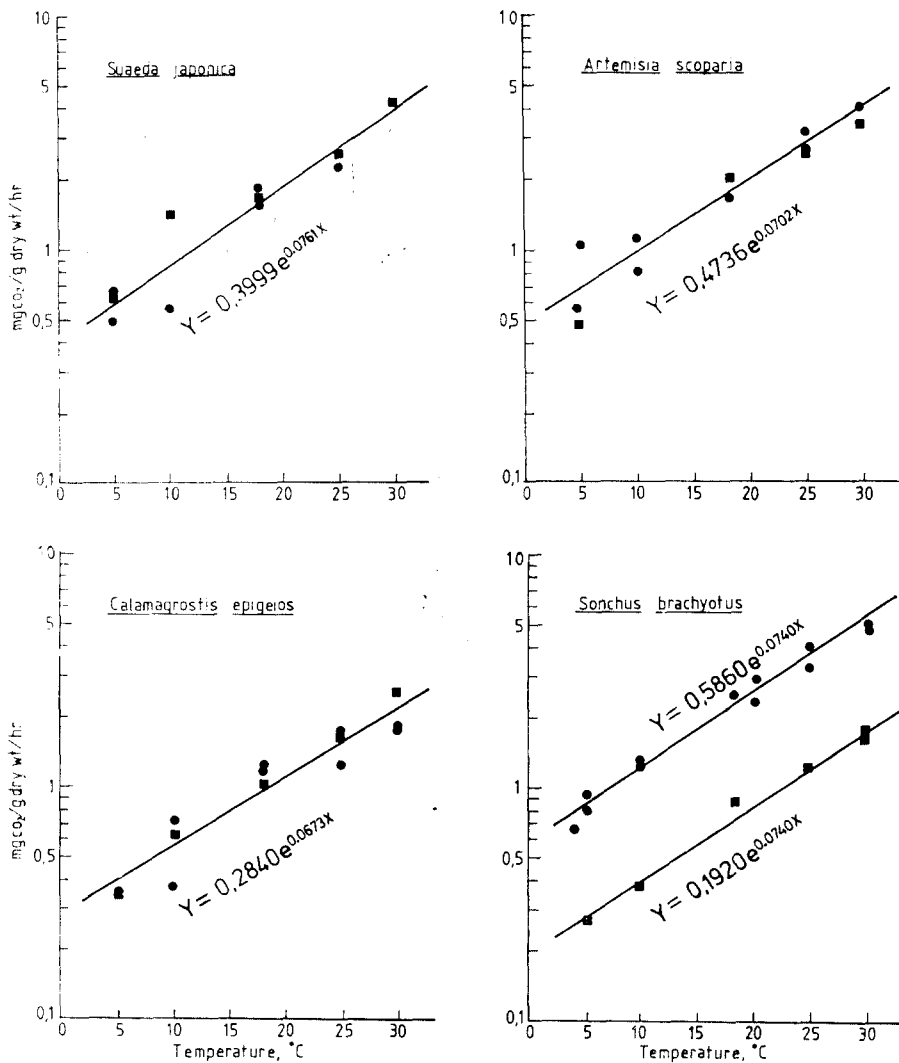


Fig. 2. Relationships between temperature and respiration rate of the different plant species. Aboveground parts, circle; underground parts, square.

3,080~4,165 cal/g d.wt. 범위로 비슷한 값을 보였다 (Table 1). 이 결과는 연생식물인 *Spartina* 의 4,072 cal/g d.wt. (Golley, 1961) 및 소나무잎의 5,100 cal/g d.wt. (任, 1981)와 비교된다.

純生産量 및 總生産量: 각 군락의 연순생산량과 총생산량을 Table 2에 제시한다.

식물체의 연순생산량은 Ryu and Kim(1985)에서 인용한 지상부 생산량과 Fig. 3의 지하부 현존량의 최대치와 최저치의 차를 합산하여 구하였다. 그 값은 철면

초-툽툽마디, 비쭈-갯길경, 산조풀 및 사데풀-강아지풀군락에서 각각 690, 1,212, 1,526 및 1,353g/m²/yr 이었다. 즉 고위염습지가 저위염습지보다 약 1.4배 많았다. 저위염습지군락은 1~2종의 식물로 結合되어 있어 (Fig. 1) 生活形이 단순하였다. 이 식물들은 봄에 동시에 發芽하고 성장하여 동시기에 최대현존량을 나타내었다. 그러나 고위염습지의 군락은 여러 종으로 構成되어 網狀으로 종이 結合되었다. 특히 사데풀-강아지풀군락에서는 봄에 참새귀리 (*Bromus japonicus*)와 포

Table 1. Caloric values of the dominant species at a salt marsh of Incheon (mean±SD)

Species	Caloric value(cal/g d.wt.)	
	Aboveground	Underground
Producer		
<i>Suaeda japonica</i>	5,929 ± 302	3,080 ± 535
<i>Artemisia scoparia</i>	4,384 ± 424	4,126 ± 141
<i>Calamagrostis epigeios</i>	4,165 ± 95	4,165 ± 18
<i>Sonchus brachyotus</i>	3,934 ± 33	3,964 ± 154
Consumer		
Grasshopper	5,331 ± 228	
<i>Orchestia</i> sp.	4,440 ± 3	
<i>Porcellio</i> sp.	3,282 ± 45	
Spider	5,207	

아풀(*Poa sphondylodes*)이 번성한 후 고사하고, 이어서 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 벌노랑이(*Lotus corniculatus* var. *japonicus*), 사네풀(*Sonchus brachyotus*) 및 강아지풀(*Setaria viridis*)이 생육하는 등 계절적 변화가 관찰되었다. 또한 산조풀군락에서는 새싹이 봄에 한정되지 않고 생육기간 내내 돌아나는 것을 볼 수 있었다. 이와같은 계절적 변화나 지속적인 새싹의 성장 등으로 인하여 고위염습지에서는 단위면적당 생산량이 많아진 것으로 보인다.

연순생산량과 총 호흡량을 합한 총생산량은 저위염습

Table 2. Annual net- and gross-primary production and respiration of the different plant communities at a coastal salt marsh of Incheon

Community	Net production (g/m ² /yr)		Total net production		Respiration (kcal/m ² /yr)	Gross production (kcal/m ² /yr)
	Above-ground	Under-ground	Matter (g/m ² /yr)	Energy (kcal/m ² /yr)		
<i>Suaedeto-Salicornietum</i>	650	40	690	3,977	4,322	8,299
<i>Artemisieto-Limonietum</i>	1,082	132	1,212	5,280	7,874	13,154
<i>Calamagrostetum</i>	1,409	117	1,526	6,354	11,535	17,889
<i>Sonchuso-Setaetum</i>	1,126	227	1,353	5,329	10,848	16,177

Table 3. A list of macro-fauna in the different plant communities

Plant Community	<i>Suaedeto-Salicornietum</i>	<i>Artemisieto-Limonietum</i>	<i>Calamagrostetum</i>	<i>Sonchuso-Setaetum</i>
Grazing feeder	None	<i>Acrydium japonicus</i>	<i>Atractomorpha bedelli</i>	<i>Atractomorpha bedelli</i> <i>Oxya velox</i>
Detritus feeder	<i>Orchestia</i> sp. (Crabs)	<i>Orchestia</i> sp. (Crabs)	<i>Porcellio</i> sp. <i>Orchestia</i> sp.	<i>Porcellio</i> sp. <i>Orchestia</i> sp.
Carnivores	Spiders	Spiders	Spiders (Frogs) (Rats)	Spiders (Frogs) (Rats)

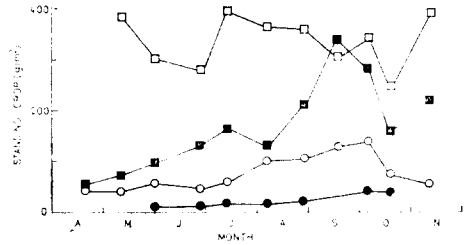


Fig. 3. Seasonal changes of underground at *Suaedeto-Salicornietum*(close circle), *Artemisieto-Limonietum* (open circle), *Calamagrostetum* (open square) and *Sonchuso-Setaetum* (close square).

지에서 8,000~13,000 kcal/m²/yr이고, 고위염습지에서 16,000~18,000 kcal/m²/yr이었다 (Table 2).

一次消費者의 生産量

草食性昆蟲(grazing feeder) : 초식성 곤충은 주로 배뚜기 무리로서 저위 및 고위염습지의 種組成이 달랐고 7월에 출현하여 9월에 최대현존량을 보였다 (Table 3 및 4). 그러나 칠면초-통통마디군락에서는 이들 초식성 곤충이 관찰되지 않았다.

초식성 곤충의 생산량은 비록-갯길경, 산조풀 및 사

Table 4. Number of individuals and biomass in mg per m² of the grazing feeder in the different plant communities

Sampling date	<i>Artemisiето-Limonietum</i>		<i>Calamagrostetum</i>		<i>Sonchuso-Setaetum</i>	
	No/m ²	Biomass	No/m ²	Biomass	No/m ²	Biomass
July 12, 1982	—	—	—	—	20.2	105
Aug. 2, 1982	—	—	10.1	160	13.0	218
Sept. 5, 1982	3.0	260	6.0	300	8.0	350
Sept. 19, 1982	1.0	75	2.0	164	3.0	184
Oct. 9, 1982	—	35	—	6	—	60

데풀-강아지풀군락에서 각각 1.4, 1.6 및 1.9kcal/m²/yr으로서 고위염습지에서 높았다(Table 5). 고위염습지에는 콩과식물 등 중성식물이 많아서 배무기 무리의 먹이源이 풍부한 것으로 생각된다. 이 결과들은 육상 초지에서 14.4kcal/m²/yr(Falk, 1976) 및 4.0 kcal/m²/yr(Odum *et al.*, 1962), 그리고 염습지에서 10.8kcal/m²/yr(Smalley, 1960)에 비하면 훨씬 적었다.

腐泥質食者(detritus feeder) : 염습지 표면의 낙엽층과 지하 5cm 사이에서 존재하는 부니질식자는 *Orchestia* sp.(Amphipoda)와 *Porcellio* sp.(Isopoda) 등이 優占하였다. 前者는 저위 또는 고위염습지에 두부분포

하였지만, 後者는 고위염습지에만 존재하였다(Table 3). 부니질식자의 최대현존량은 4 군락에서 5월과 9월의 2회에 걸쳐 나타났다(Fig. 4). 부니질식자의 雙峰型 현존량변화는 Levings(1980)가 *Eogammarus* sp.(Amphipoda)에서도 보고하였다. Waters and Hokenstrom(1980)은 이러한 쌍봉형을 生活史와 관련시켜 설명하였는데, *Gammarus* sp.(Amphipoda)의 경우 생식활동은 주로 4월과 6~7월의 2회에 이루어지고 최대현존량은 생식활동보다 1~2개월 후에 나타난다고 하였다. 여름(6~8월)에 현존량이 적은 이유는 낙엽량이 적어 토양이 裸出됨으로써 지온상승과 토양함수량 감

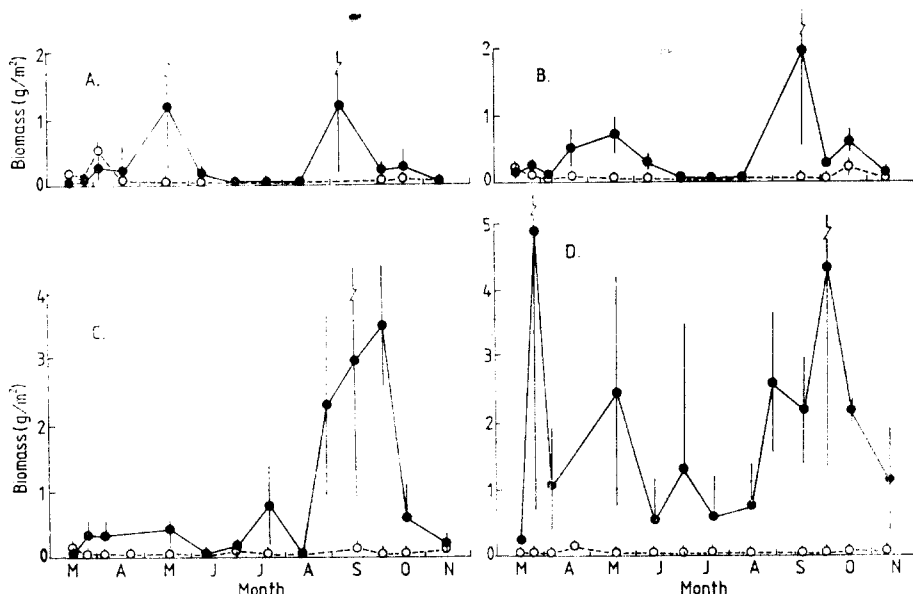


Fig. 4. Seasonal changes of biomasses of detritus feeder(close circle) and spider (open circle) in the different plant communities; *Suaedeto-Salicornietum*(A), *Artemisiето-Limonietum*(B), *Calamagrostetum*(C) and *Sonchuso-Setaetum*(D).

Table 5. Maximum biomass and annual net production of grazing feeder, detritus feeder and spider in the different plant communities

Community	Maximum biomass(mg/m ²)		Net production	
	Spring	Autumn	g/m ² /yr	kcal/m ² /yr
<i>Suaedeto-Salicornietum</i>				
Grazing feeder	—	—	0.00	0.0
Detritus feeder	1,239	1,273	2.51	11.5
Spider	549	64	0.61	3.2
<i>Artemisiето-Limonietum</i>				
Grazing feeder	—	260	0.26	1.4
Detritus feeder	708	1,985	2.69	13.0
Spider	145	226	0.37	1.9
<i>Calamagrostetum</i>				
Grazing feeder	—	300	0.30	1.6
Detritus feeder	530	3,493	4.02	16.4
Spider	26	105	0.13	0.7
<i>Sonchuso-Setaetum</i>				
Grazing feeder	—	350	0.35	1.9
Detritus feeder	4,894	4,322	9.22	38.4
Spider	18	67	0.09	0.4

소 등 서식지로서의 不適合(Marsden, 1973)과 먹이의 不足(Levings, 1980) 때문이라고 생각된다.

부나전식자의 연순생산량은 고위업승지가 저위업승지보다 약 2.4배 많았다(Table 5). 저위업승지는 지면이 노출된 곳이 많았으나 고위업승지는 낙엽층이 두꺼워서 隱身處와 충분한 먹이물 제공받을 것으로 생각된다. 본 조사지에서 부나전식자의 생산량은 Waters(1981)가 보고한 *Gammarus* sp.의 5.7~27.1g/m²/yr 보다 다소 적었다.

二次 消費者의 生産量

2차 소비자인 거미는 업승지의 중요한 肉食者(Marples, 1966)인데, 그 현존량은 부춘에 많았다(Fig. 4). 거미의 生産량은 저위업승지에서 3.2 및 1.9kcal/m²/yr으로서 고위업승지의 0.7 및 0.4kcal/m²/yr 보다 약 4배 많았다(Table 5). 저위업승지에서 부춘에 지표면의 附着藻類의 blooming이 일어날 때 미소한 진딧물같은 동물이 번성하고 이와 동시에 거미의 현존량이 많아졌다. 그러나 고위업승지는 지면이 낙엽층으로 덮혀 있어 부파조류 및 미소동물의 번성을 관찰할 수 없었다.

본 조사지의 거미의 生産량은 육상초지의 0.4kcal/m²/yr(Falk, 1976), 업승지의 5.0kcal/m²/yr(Teal, 1962)과 비교되었다. 고위업승지에서는 거미 이외에 개구리와 쥐가 관찰되었지만 그들의 현존량이 적기 때문에 이 연구에서는 제외시켰다.

에너지 流轉

仁川地方의 太陽放射量은 1,046,000kcal/m²/yr이고 이중 光合成有效放射量(PhAR)은 502,000kcal/m²/yr(48%)이다. 한편 생육기간(4~11월) 중의 총태양방사량과 PhAR는 639,000 및 307,000kcal/m²/8개월이다.

본 업승지 생태계에서 영양단계에 따른 에너지 流轉은 Fig. 5와 같다. PhAR로부터 식물체의 에너지 固定效率은 1.7~3.6%(Table 6)로서 Teal(1962)이 보고한 Georgia의 업승지 6.1%의 1/3~1/2이다. 한편 생육기간중 PhAR로부터의 에너지 固定效率은 고위업승지에서는 5.8 및 5.3%로서 Teal(1962)의 결과에 근접하였다.

一次 總生産量 중에서 52~67%는 식물체 호흡으로 소비되고 나머지 33~48%만이 一次純生産量으로 남았다. 본 조사지의 식물체의 呼吸消失率은 업승지에 생

육하는 *Spartina* 의 78% 보다 낮고 (Teal, 1962), 육상초지의 13% 보다 높았다(Falk, 1976). 총생산에서 순생산으로의 효율이 저위염습지(40~48%) 보다 고위염습지(33~36%)에서 낮았다. 이것은 호흡소실물이 상대적으로 크기 때문이다. 특히 고위염습지의 산조물군락의 경우 단위시간에 단위 무게당 호흡량이 가장 적은데도 불구하고(Fig. 2) 총호흡량은 많았다.

순생산량은 放牧食物連鎖로 0.00~0.04% 만 流轉되

고 대부분 고사체로 되었다. 고사체중 약 40%는 litter로 蓄積되고, 나머지 1/2 이상이 腐泥質食物連鎖로 流轉되었다. 순생산량에서 litter로 축적되는 비율은 저위염습지보다 고위염습지에서 높았는데, 이것은 전자에서의 낙엽분해속도가 훨씬 빠르기 때문이다(Ryu and Kim, 1985). 또 저위염습지에서는 축적된 litter 중 일부분이 해수에 의해 유출될 것으로 생각된다.

부니질식물연쇄를 통한 에너지 유전량중 대부분이

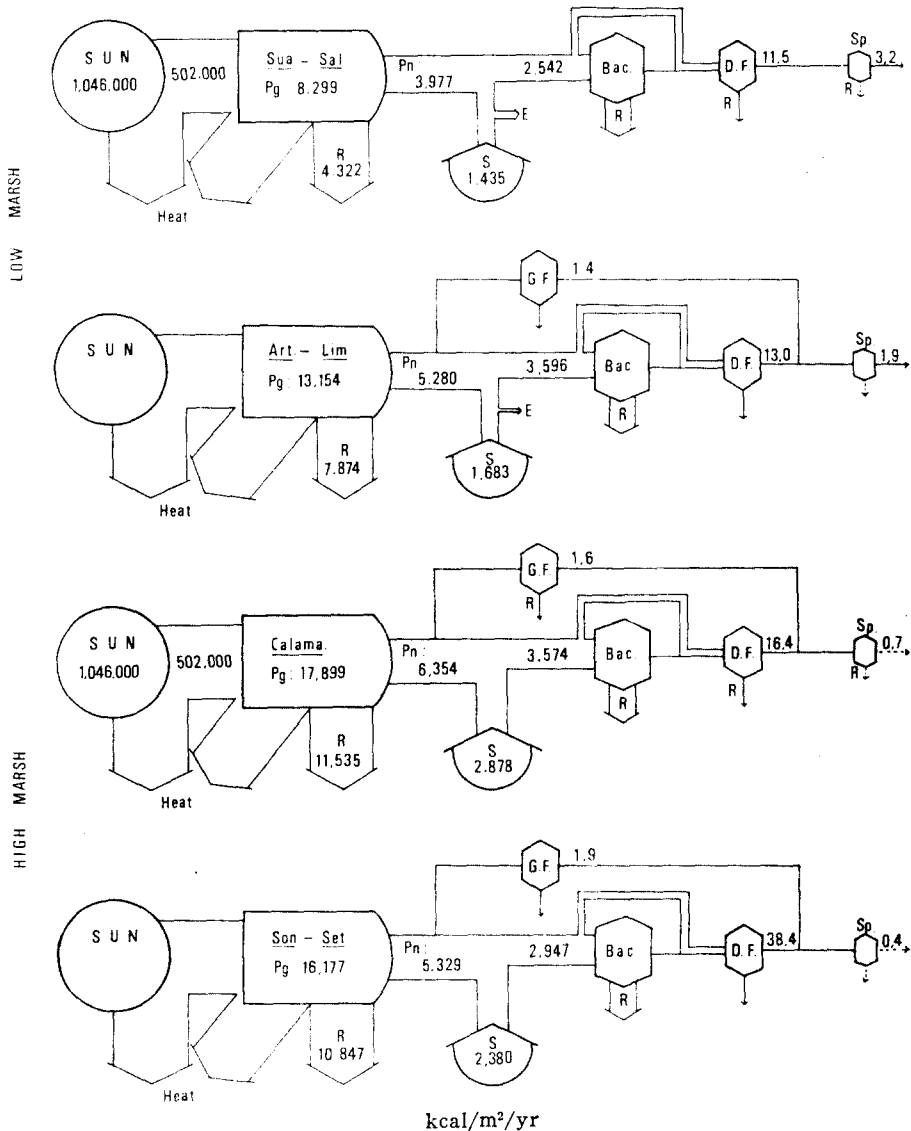


Fig. 5. Energy flow diagrams along the trophic level at low and high salt marsh of Incheon. Pg, gross primary production; Pn, net primary production; R, respiration; E, export by sea water; S, storage as litter; Bac., bacteria; D.F., detritus feeder; G.F., grazing feeder and Sp., spider.

Table 6. Summary of the ecological efficiencies(%) at the coastal salt marsh. Acronyms are identical with those of Fig. 5

Level	<i>Suaedeto-Salicornietum</i>	<i>Artemisieto-Limonietum</i>	<i>Calamagrostetum</i>	<i>Sonchuso-Setaetum</i>
Gross Production(Pg)				
Pg/PhAR (a year)	1.7	2.6	3.6	3.2
Pg/PhAR (8 months)	2.7	4.3	5.8	5.3
Net Production(Pn)				
Pn/Pg	48	40	36	33
R/Pg	52	60	64	67
Secondary Production(2°Pn)				
G.F./Pn	0.00	0.03	0.03	0.04
D.F./Pn	0.29	0.25	0.26	0.72
Tertiary Production(3°Pn)				
Sp./2° Pn	27.8	13.2	3.9	1.0
Storage(S)				
S/Pn	36	32	45	45

미생물의 호흡으로 소실되고 극히 소량(0.36~1.3%)만이 부니질식자에 의해 이용되었다. 초식성 곤충과 부니질식자에 의한 에너지 유전량은 대단히 적었지만 고위엽습지가 저위엽습지보다 약 2~3배 많았다. 그러나 2차소비자인 거미에 의한 에너지 유전량은 저위엽습지에서 약 6배정도로 훨씬 많았다. 1차소비자에서 2차소비자인 거미로의 생태효율은 저위엽습지(27.8과 13.2%)가 고위엽습지(3.9와 1.0%)보다 약 8배 높았다. 그러나 1차소비자인 매뚜기나 부니질식자와 2차소비자인 거미 사이의 직접적인 포식關係는 본 연구에서 밝혀지지 못하였다.

摘 要

인천해안의 底位 및 高位엽습지에서 4 식물군락을 구분하여 영양단계에 따른 에너지 流轉을 조사하였다.

一次總生産量은 저위엽습지군락인 절면초-동등마디, 비쭉-갯길경, 고위엽습지군락인 산조들, 및 사배풀-강아지풀군락에서 각각 8,299, 13,154, 17,899 및 16,177 kcal/m²/yr 이었고, 식물의 太陽에너지 固定效率는 각각 1.7, 2.6, 3.6 및 3.2%이었다. 총생산량 중의 呼吸消失率은 52~67% 이고, 一次純生産量은 각각 3,977, 5,280, 6,354 및 5,329 kcal/m²/yr 이었다. 일차순생산량에서 방목식물연쇄로 0.00~0.04%만이 유전되고 나머지는 枯死體로 되었다. 고사체 중 약 40%는 litter로 축적되고 그 나머지가 腐泥質食物連鎖를 통하여 유

전되었는데 이 중 대부분은 미생물호흡으로 소실되고 극히 소량(0.36~1.30%)이 부니질식자에 이용되었다. 초식성 곤충과 부니질식자에 의한 에너지 유전량은 극히 적었지만 底位엽습지보다 高位엽습지에서 2~3배 많았고, 거미는 전자가 후자보다 약 6배 많았다.

引用 文 獻

- 鄭蓮淑·金俊鎬.(1982). 언뜻 생태계의 營養構造와 에너지流轉. 韓食誌, 25: 123~133.
- Falk, J.H. (1976). Energetics of a suburban lawn ecosystem. Ecology, 57: 141~150.
- Golley, F.B. (1961). Energy values of ecological materials. Ecology, 42: 581~584.
- 任炳善.(1981). 소나무 幼林의 에너지流轉에 대하여. 서울대 碩士學位 論文, p.133.
- 金喆洙.(1971). 干拓地 植物群落形成過程에 대한 研究. 韓食誌, 14: 163~169.
- 金遵敏·張楠基·李性圭·禹澤根.(1975). 仁川南洞海岸에 있어서 干渴地土壤의 鹽度구배와 植物分布에 關한 研究. 金遵敏博士回甲論文集, p.150~157.
- 金俊鎬·閔丙未.(1983). 海邊 鹽生植物群集에 對한 生態學的 研究(Ⅲ). 仁川干拓地の 土地環境, 種의 多樣性 및 鹽類循環에 對하여. 韓食誌, 26: 53~71.
- 金俊鎬·金顯洙·李仁圭·金鍾元·文炯泰·徐桂弘·金元·權道憲·劉順愛·徐榮倍·金永相.(1982). 洛東

- 江 河口 生態系의 構造와 機能에 關한 研究. 서울대 자연과학대학논문집, **7** : 121~163.
- Levings, C.D. (1980). The biology and energetics of *Eogammarus confervicolus* (Stimpson) (Amphipoda, Anisogammaridae) at the Squamish River Estuary, B.C. Can. J. Zool., **58** : 1652~1663.
- Marples, T.G. (1966). A radionuclide tracer study of Arthropod food chains in a *Spartina* salt marsh ecosystem. Ecology, **47** : 270~277.
- Marsden, I.D. (1973). The influence of salinity and temperature on the survival and behaviour of the Isopod *Sphaeroma rugicauda* from a salt-marsh habitat. Marine Biology, **21** : 75~85.
- Odum, E.P. (1971). Fundamentals of Ecology. 3rd edition. W.B. Saunders Company, p.39 only.
- Odum, E.P. and A.E. Smalley. (1959). Comparison of population energy flow of a herbivorous and a deposit-feeding invertebrate in a salt marsh ecosystem. Proc. Natl. Acad. Sci., **45** : 617~622.
- Odum, E.P., C.E. Connell and L.B. Davenport. (1962). Population energy flow of three primary consumer components of old-field ecosystems. Ecology, **43** : 88~96.
- 朴仁根. (1970). 朱安海邊의 鹽生植物群落의 연속구조에 관한 研究. 서울대 교육대학원 학보, **8** : 199~204.
- Parsons, K.A. and A.A. De La Cruz. (1980). Energy flow and grazing behavior of conocephaline grasshoppers in a *Juncus roemerianus* marsh. Ecology, **61** : 1045~1050.
- Phleger, F.B. (1970). Foraminiferal populations and marine marsh processes. Limnol. and Oceanogr., **15** : 522~534.
- Phleger, F.B. and J.S. Bradshaw. (1966). Sedimentary environments in a marine marsh. Science, **154** : 1551~1553.
- 柳炳泰. (1982). 仁川 海岸 干潟地의 生産성과 營養構造. 서울대 碩士學位 論文, p. 47.
- Ryu, B.T. and J.H. Kim. (1985). Comparison of estimation methods for primary net production at herbaceous coastal marsh vegetation. Korean J. Ecol. **8** : 133~140.
- Smalley, A.E. (1960). Energy flow of a salt marsh grasshopper population. Ecology, **41** : 672~677.
- Teal, J.M. (1962). Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. Ecology, **43** : 614~624.
- Vince, S.W., I. Valiela and J.M. Teal. (1981). An experimental study of the structure of herbivorous insect communities in a salt marsh. Ecology, **62** : 1662~1678.
- Waters, T.F. (1981). Seasonal patterns in production and drift of *Gammarus pseudolimnaeus* in Valley Creek, Minnesota. Ecology, **62** : 1458~1466.
- Waters, T.F. and J.C. Hokenstrom. (1980). Annual production and drift of the stream amphipod *Gammarus pseudolimnaeus* in Valley Creek, Minnesota. Limnol. and Oceanogr., **25** : 700~710.
- Wiegert, R.G. and F.C. Evans. (1964). Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in southeastern Michigan. Ecology, **45** : 49~63.

(1985年 6月 15日 接受)