

## 붉은가슴도요(*Calidris canutus islandica* Linne)의 Foraging 행동과 Energy 섭취

權 奇 政

東亞大學校 自然科學大學 生物學科

## Foraging Behaviour and Energy Intake of Knot (*Calidris canutus islandica* Linne)

Kwon, Ki Chung

Dept. of Biology, College of Science, Dong-A University

### ABSTRACT

The work reported here aims to assess how Knots, *Calidris canutus*, accumulate rapidly large energy and nutrient reserve at Red Car in England.

Most of Knots in England belong to a long billed, long winged population compare with subspecies in Korea. The rate of prey intake of Knot increases as a nearest neighbour distance decreases. Foraging rate and vigilance rate increases as flock size decreases. The calorific value of each sized of Common Mussel *Mytilus edulis*, main food species of Knot, are almost same each other but the calorific content of each size Mussels are quite different each other. The rate of daily energy intake of Knots have been estimated from 192 kcal to 270 kcal.

### 序 論

多様な 서식지에서 繁殖하는 이동성 鳥類가 성공적으로 繁殖을 하기 위해서는 繁殖地에 도착을 한 후에도 충분한 營養과 energy를 얼마만큼 保有하고 있는가 하는 與否에 달려 있다. 北極의 Tundra에서 繁殖하는 鳥類는 대단히 짧은 여름 동안에 번식을 성공적으로 수행하여야 한다는 특별한 문제점에 직면하고 있다. 성공적인 번식은 기후조건이 좋아지고, 눈이 녹은 후 즉시 번식을 시도하여야 가능하다. 그와 같은 조건들은 새들이 번식지 혹은 번식지에 근접한 지역에 도착한 후에도 며칠 동안 나타나지 않을 수도 있으므로, 번식을 위한 비축물의 축적이 어렵게 된다. 현재까지 알려진 바로는 북극권에서 번식하는 새는 월동지 혹은 봄에 잠시 머무르는 기착지에서 정지하지 않고 비행 이동하여 번식지에 도착을 한다(Davidson *et al.*, in press). 그와 같은 비행은 energy면에서 볼 때 비용이 많이 든다. 그러므로 비행의 원료로 쓰이는 脂肪 등의 體內 備蓄이 필요하며,

본 논문은 1987년 한국과학재단 Post-doc지원금으로 수행되었음

備蓄은 봄철에 머무르는 장소에서 급하고, 빠르게 이루어진다(Davidson, 1984).

북극에서 번식하는 기러기류가 성공적인 번식을 하기 위해서는 번식지로 날아 가기 위해 머무르고 있는 마지막 장소에서 蛋白質과 脂肪이 충분히 축적된 후에야 그 번식이 가능하다(Ebbinge *et al.*, 1982). 최근의 기러기류의 연구에서 보면, 그와 같이 머무르는 장소에서 높은 먹이 섭취율이 번식을 성공적으로 하기 위한 필수적인 요인으로 나타나고 있다(Teunissen *et al.*, 1985).

도요류의 移動과 越冬에 대한 생태 연구는 우선적으로 採餌 방법과 採餌率(Goss-Custard, 1969; Ashmole, 1970; Burton, 1972; Baker and Baker, 1973; Baker, 1974), 採餌 分散(Goss-Custard, 1970a; Burger *et al.*, 1977), 먹이 밀도(Bengtson and Svensson, 1968; Brook, 1967; Goss-Custard, 1970b), 採餌 생태(Recher, 1966; Thomas and Dartnall, 1971; Holmes, 1966; Holmes and Pitelka, 1968), 공격 행동(Hamilton, 1959; Recher and Recher, 1969) 등이 보고 되었는데, 이들 연구는 먹이의 유용성이나 혹은 넓은 생태적인 사고에 연관된 행동이나 먹이를 강조하였다. 최근에 Evans *et al.* (1984)는 도요류와 水禽類 數種에 대해 採餌地의 이용과 먹이 자원의 영향, 사회적 행동, 아북극과 아프리카사이의 이동 경로에 있는 특별한 지역의 이용에 대한 유의성 등에 대해 집대성을 하였다. 이들 연구는 겨울철 동안 조간대 먹이 이용에 대한 중요성의 재검토와 동시에 무척추동물(도요류, 수금류의 먹이) 밀도의 계절적인 변화, 먹이 섭취 및 energy 흡수에 있어서 야의 연구의 중요성, 특이한 먹이종으로 덮힌 서식지에 대한 정착성과 공간적인 분포, 먹이종의 크기, 겨울철에 저장된 먹이가 있는 장소에서 개체군의 조절등을 강조하였다.

붉은가슴도요 *Calidris canutus*는 북극에서 번식을 하며, 번식지에 도착하기 위하여 장거리 무착륙 비행을 하고, 비행 이동 거리는 3,000 km를 능가한다(Dick *et al.*, 1976; Davidson, 1984; Dick *et al.*, in press). 장거리 이동을 하여 북극에서 번식하는 전략을 가진 연안성 조류 중 극단적인 예가 되는 붉은가슴도요는 장거리 이동을 하기전에 2~3주 동안 잠시 머무르는 곳에서 營養을 빠르게 비축하며, 하루에 필요한 영양과 energy보다 더 많은 먹이를 섭취한다. 그러나 봄철의 通過地의 대부분은 食餌物이 겨울동안 타육식자에 의해 고갈이 되어 있으며 도요류가 먹는 무척추동물의 양분은 타 계절에 비해 가장 質이 낮다. 또한 북쪽에 위치한 통과지는 4~5월에도 기후가 심하게 추우므로 새들은 체온 조절을 위해 높은 energy를 요구한다(Davidson and Evans, in press).

번식 시기가 아닌 계절에 대부분의 도요는 潮干帶에서 채식을 하며, 특별한 河口는 이동중인 모든 새를 위한 조간대 채식 장소와 영양을 공급 및 재 축적하는 장소로 대단히 중요하다(Evans *et al.*, 1984). 그러나 북극 조류상의 주된 구성요소인 섭금류는 번식과 관련하여 월동지 및 봄에 잠시 머무르는 지역에서의 energy 비축에 대한 조사 자료는 적은 편이다.

이 연구의 목적은 붉은가슴도요가 越冬地에서 energy와 영양을 빠르게 섭취하는 방법과 foraging을 평가하고, 얼마나 많은 energy를 먹이에서 섭취하는지를 측정하는 것이다.

#### 調査地域 및 方法

조사지역은 붉은가슴도요가 규칙적으로 큰 무리를 이루어 越冬을 하는 영국 북부 해안

지대인 Tees 하구에 인접한 Red Car 였다.

붉은가슴도요는 cannon net를 이용하여 포획을 한후, 구성 성비, 체장, 날개의 길이, 부리의 길이, 연령 등을 측정하였으며 개체의 식별을 위해 금속 가락지(metal ring)와 PVC color band를 다리에 부착하였다.

#### 먹이 攝取率

Red Car 해변의 潮干帶의 바위에는 털걱판담치 *Mytilus edulis* Linne(Barret and Yonge, 1985; 한국동물학회, 1971)가 밀생하고 있다. 붉은가슴도요는 털걱판담치를 주된 먹이로 하여 10여개의 큰 무리를 지어 採食을 하고 있었다. 관찰은 차량을 이용하여 潮干帶의 바위위 혹은 바로 옆까지 접근하여 차량안에서 육안과 쌍안경(10×50), timer, tape recorder로 수행하였다. 먹이 섭취율은 일단 한 개체의 새를 선택하여 1분 단위로 포식 회수로 기록하였다. 붉은가슴도요가 섭취하는 털걱판담치의 크기는 부리의 길이와 부리를 벌린 너비로 추정하였다.

#### Foraging 行動

개체군의 밀집도는 바위 혹은 모래위에서 採食하고 있는 한 무리를 선택한 후 30~50 쌍의 가장 近接한 새의 간격을 全長을 기준으로 하여 추정하였으며, 매 30분마다 반복 측정을 하여 干滿의 변화에 따른 個體群 密度의 변동을 조사하였다. 이 경우 동일한 개체군은 한 번만 측정하였다.

가장 적합한 먹이를 구하기 위한 행동, 공격 행위, 경계 동작에 대한 자료는 Red Car 전체의 採餌地에서 먹이를 채식하는 붉은가슴도요의 큰 무리를 관찰함으로써 수집하였다. 한 개체의 새에 대하여는 1분 단위로 행동을 추적하였으며, 동일 개체에 대한 중복 기록을 피하였다. 공격은 두 개체가 실제로 먹이를 두고 싸우는 회수, 경계는 머리를 들고 주의를 살피는 행동의 회수로 기록하였다.

#### 먹이의 energy 함유량

採餌地에서 core sampler를 이용하여 transect collection한 털걱판담치를 염산(3N)에 담그어 조개 껍데기의 칼슘 성분을 제거시킨 후, 60°C 진공 건조기에서 6일간 건조시켰다. 조개의 부드러운 부분은 homogenizer로 균일하게 갈아서 0.3~0.4g을 취하여 압축기로 pellet를 만든후 oxygen bomb-calorimetry를 사용하여 calorific value 및 energy contents를 구하였다.

### 結果 및 考察

#### 測定值

Red Car에서 잡힌 붉은가슴도요의 83%가 成鳥였다. foraging과 이동에 중요한 역할을 하는 부리와 날개 길이의 측정치는 Fig.1 및 Table 1과 같다.

붉은가슴도요의 3亞種 中 캐나다의 북극에 위치한 섬과 Greenland에서 번식을 하고 유럽 서부, 특히 영국 해안과 북해 남부, 프랑스 서부에서 월동하는 *Calidris canutus islandica*는 시베리아 동부에서 번식하고 동남아시아와 호주에서 월동을 하며, 한국을 春

**Table 1.** Bill and wing-lengths (mm) of Knot from Red Car in 30 Jan. 1987 and elsewhere

Race	bill				wing				Source
	n	$\bar{x}$	S.D.	range	n	$\bar{x}$	S.D.	range	
<i>C.c. islandica</i>	96	32.83	1.68	27-37	96	175.33	3.55	170-180	1
	23	31.6	1.54	29-35					
<i>C.c. canutus</i>	60	34.6	1.34	32.3-37.2					2
<i>C.c. rogersi</i>	17	31.7	1.20	29.3-33.3					2
				31-32			150-175	3	

Source: 1. Davidson and Evans (in press) 2. Roselaar (1983) 3. 원 (1981)

秋로 통과하는 *Calidris canutus rogersi*보다는 부리와 날개의 길이가 다소 길며, 시베리아 서부 및 중부에서 번식을 하고 유럽 서부를 재빨리 통과하여 아프리카 남부에서 겨울을 보내는 *Calidris canutus canutus*보다는 부리의 길이가 짧게 나타나고 있다.

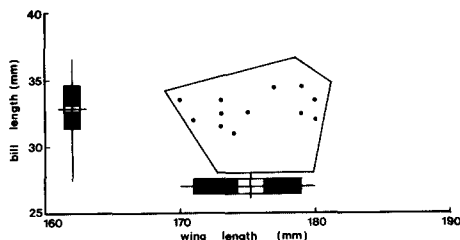
Red Car에서 조사된 개체 *islandica*는 한국산 아종 *rogersi*보다는 상대적으로 부리와 날개의 길이가 긴 개체군으로 Fig. 1의 다각형내에 존재한다.

#### Foraging 행동과 먹이 섭취

갯벌이 완전히 노출될 때까지는 3.5시간, 완전히 덮힐 때까지는 2.5시간이 걸리므로 (Burger, 1977), 干滿의 변화에 따른 붉은가슴도요의 관찰시간은 3시간에서 5시간 30분이 소요되었다. 干滿의 변화에 따라 규칙적으로 관찰된 붉은가슴도요의 개체군 밀도는 가장 近接한 새의 間隔으로 記錄되었는데 그 결과는 Table 2와 같다.

개체군의 密度는 해안의 모래위 보다는 岩石위가 더 높았으며 干滿의 變化에 따라 바다물이 干潮와 滿潮의 중간에 들었을 때에 개체군 밀도가 가장 높았다.

주간에 간조시에 붉은가슴도요는 바다 한가운데에 위치한 바위위에서 採餌 行動을 거의 정지하고 휴식 및 잠을 자고 있으며, 가장 가까이 隣接한 새의 간격은 넓게 유지하고 있었다. 바다물이 들어옴에 따라 도요는 점차로 활발한 採餌 行動을 나타내었고, 滿潮와 干潮의 중간지점의 물가에서 채이 行動을 가장 빠르게 하였으며, 가장 가까이 隣接한 새들 사이의 간격은 거의 없었다. 대부분의 무척추동물(먹이종)은 조수가 갯벌을 덮기 시



**Fig. 1.** Wing lengths and bill lengths of adult Knot in Red Car 10 Jan. 1987.

**Table 2.** A nearest-neighbour distance of feeding Knot at different tidal level in Red Car

Area	Tidal level	n	$\bar{x}$	S.D.
Rock	High	9	1.42	0.97
	Middle	17	1.03	0.50
	Low	8	1.24	0.48
Sand	High	8	2.29	1.22
	Middle	2	1.16	0.08
	Low	2	2.04	0.21

작하거나 혹은 들어나기 시작할 때에 가장 활동적이 되어, 포식자가 먹이에 접근하는 것이 쉽게된다. 그러므로 도요류는 썰물과 밀물의 물결을 따라 foraging을 한다(Evans, 1979). 이것을 고비로 만조가 될때까지 새의 간격은 점차 멀어졌으며, 체이 행동도 점차 느려졌다. 만조시 도요는 모두 모래위에 올라와 휴식을 하거나, 깃털을 다듬거나, 혹은 작은 웅덩이에서 목욕 등을 하다가 점차 어두워짐에 따라 잠자리로 줄을 지어 이동을 하였다. 이와 비슷한 예로서 갯벌에서 foraging을 하는 뒷부리도요는 먹이가 되는 칠게의 유용성이 낮을 때부터 foraging을 하며, 2시간 후 먹이의 유용성이 최고점에 도달하면 foraging율이 낮아지고 먹이에 대해 더욱 선택적이 된다. 이것은 소화기관의 병목 현상 때문에 더 많은 칠게를 삼킬 수 없기 때문이다(Piesma, 1986).

潮干帶에서 새의 수가 최대로 나타나는 시기는 低潮가 시작된 후 1시간 동안이며 (Burger, 1977), 붉은가슴도요의 採餌行動은 낮시간 동안에 썰물 혹은 밀물이 시작된 후 1시간 사이에 가장 활발히 이루어졌다. 이 시간 이후 붉은가슴도요 개체군의 time budget은 체이 19.4%-43%, 깃털다듬기 50%-44%, 목욕 30.6%-0.05%, 잠 0.05%, 머리들기 0.03%의 비율로 나타나 foraging행동이 감소하고 상대적으로 휴식 행동이 증가하였다. 붉은가슴도요는 小潮 때에 가장 활발한 採餌 行動을 하는 것으로 관찰되었다.

모래톱에서 370개체가 roosting중인 것을 관찰하였는데 중앙에 밀집된 개체의 대부분은 머리를 날개속에 넣고 잠을 자고 있으나 주변에 위치한 소수의 개체는 머리를 들거나, 혹은 부리를 날개에 파묻고 한다리로 서서 눈을 뜬 채로 몸을 좌우로 움직이며 주위를 경계를 하며 가끔씩 체이 행동을 하였다.

온도와 연관된 연안성 조류의 행동에 대한 연구는 대체로 적은 편이다(그러나 산림성 조류에 대해서는 Verner, 1965; Greenlaw, 1969; Wiens, 1969; Schartz and Zimmerman, 1971; Stiles, 1971; Utter, 1971; Custer and Pitelka, 1972; Verbeek, 1972; Utter and LeFebvre, 1973; Post, 1974; Austin, 1978; Pearson, 1954 참조). 온도는 energy균형을 유지하는 연안성 조류에 영향을 미치는 유일한 도량형적인 요인은 아니다. 강한 바람은 새의 체온을 감소시킬 뿐만 아니라 energy요구량을 증가시킨다. 강한 바람이 체이 행동을 막는 것은 먹이가 준 위치 신호를 새가 알아채지 못하도록 방해하기 때문이다(Durgan *et al.*, 1981). 개펄의 경우 기온의 하강과 강한 바람은 먹이 포획률을 떨어뜨리며, 먹이농도가 높은 쪽으로 모이게 한다(Pienkowski, 1980). 그러므로 연안성 조류의 energy요구는 바람과 온도의 계절적 변화, 먹이 밀도의 변화에 따라 변동된다(Evans *et al.*, 1984). 그러나 산림에 서식하는 여름새의 경우 foraging강도와 소서식지의 이용은 주위 환경의 온도에 의존하며, 주간의 행동 양상은 높은 온도에 따라 변한다. 또한 외부 환경적인 열이 가하여 젖을때 행동의 억제가 큰 것은 체내에 이미 축적된 energy의 영향으로 정의된다(Austin, 1978). 월동하는 산림성 텃새인 딱다구리, 박새, Chichadee, Titmouse, 동고비류의 foraging rate는 기후 조건에 적절히 의존한다. 바람의 강도가 강해지고 온도가 하락하면 定常 時間(초/분)이 증가하며, 행동을 멈추고 있는 개체수/분간 증가하며, 먹이를 찾아 여행하는 거리(m/분)가 감소한다(Thomas and Gubb, 1978).

Red Car에서 붉은 가슴도요는 폭풍이 불고 기온이 -10C이하로 내려가면 체온조절을 위한 energy요구량이 증가하며, 또한 먹이 그 자체가 풍부하므로 만조가 될 때까지 계속하여 채식을 하였다.

개체군 密度 변화에 따른 먹이의 捕食率은 Fig. 2, 3, 4 에 나타나 있다.

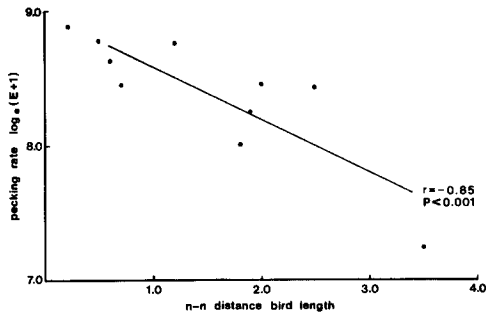


Fig. 2. Pecking rate per 100 bird-minutes (E) in relation to flock density of feeding Knot at high tide level in Red Car.

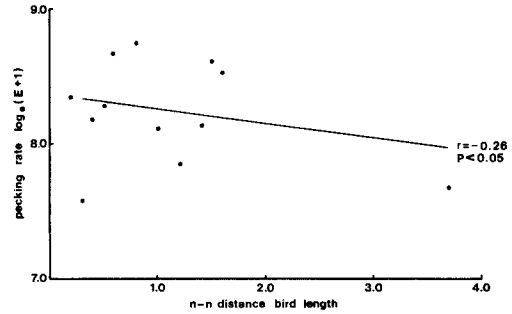


Fig. 3. Pecking rate per 100 bird-minutes (E) in relation to flock density of feeding Knot at middle tide level in Red Car.

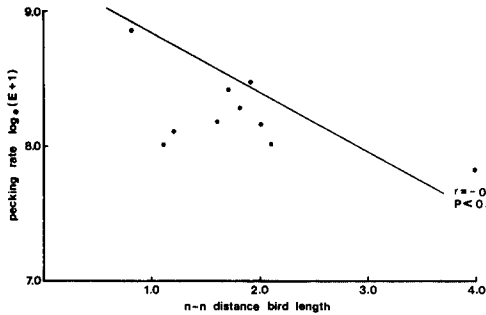


Fig. 4. Pecking rate per 100 bird-minutes (E) in relation to flock density of feeding Knot at low tide level in Red Car.

Norway북부에서의 붉은가슴도요의 주된 먹이는 대양조개類인 *Macoma balthica*와 털적판담치 *Mytilus edulis*이다. 특히 시험된 개체의 砂囊내에서 *Macoma*가 90%이상, *Mytilus*가 60-80%로 나타났다(Davidson and Evans, in press).

Red Car에서 털적판담치는 붉은가슴도요가 눈으로 보고 取하는 가장 중요한 먹이이므로, 도요는 규칙적으로 많은 개체들이 모여 든다. Fig. 2, 3, 4에서 보는 바와 같이 먹이 섭취율은 干滿의 주기에 따라 비슷한 樣相을 나타내며 가장 가까이 인접한 새의 간격이

좁을수록 먹이 섭취율이 많게 나타나고, 넓을수록 먹이 섭취율이 적게 나타났다. 이것은 낮의 길이가 짧고 또한 干滿의 주기 때문에 일정한 시간내에 먹을 수 있는 먹이의 數가 한정이 되므로, 個體群의 밀도가 크에 따라 개체의 먹이 섭취율은 많게 나타나며, 個體群 密度가 작음에 따라 한 개체의 採餌率은 상대적으로 적게 나타나는 것을 의미한다.

대부분의 涉禽類는 부리를 벌린 넓이보다 큰 먹이를 먹을 때는 採餌 效率이 급격히 감소하고 handling time이 증가하는 것을 보인다(Zwart, 1985). 붉은가슴도요는 큰 크기(15mm)의 *Macoma*도 규칙적으로 먹으며 이 경우에는 handling time이 증가하며, 9 mm 이상의 크기를 가장 좋아한다.(Goss-Custard et al., 1977; Prater, 1972), 그러나 Balsfjord에서 적은 크기의 *Macoma*를 먹는 것은 먹이 섭취율을 높게하여 신속하게 지방과 단백질을 체내에서 저장하기 위한 행동을 반영한 것이며, *Macoma*가 먹히는 크기는 부리를 벌린 넓이가 크거나 혹은 작은 도요 개체간에 차이가 난다(Davidson and Evans, in press).

Red Car의 경우 붉은가슴도요는 貝殼의 크기가 큰 털적판담치(貝殼의 길이  $\geq 20$  mm)를 먹을 때는 껍질을 벌려 속에 있는 조개살을 取하기도 하나, 거의 대부분의 개체는 크기가 중간이거나 혹은 작은 털적판담치(貝殼의 길이  $\leq 13$  mm)를 貝殼째로 먹으며 가장

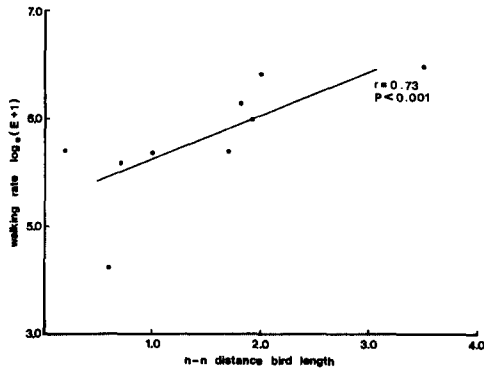


Fig. 5. Walking rate per 100 bird-minutes (E) in relation to flock density of feeding Knot at high tide level in Red Car.

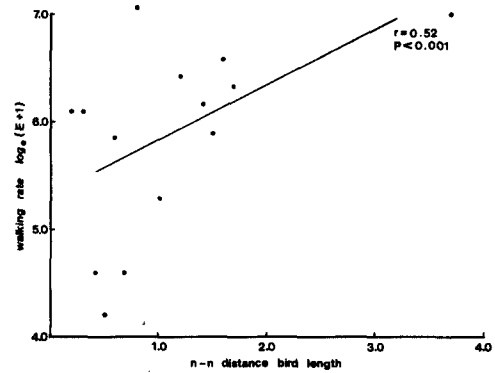


Fig. 6. Walking rate per 100 bird-minutes (E) in relation to flock density of feeding Knot at middle tide level in Red Car.

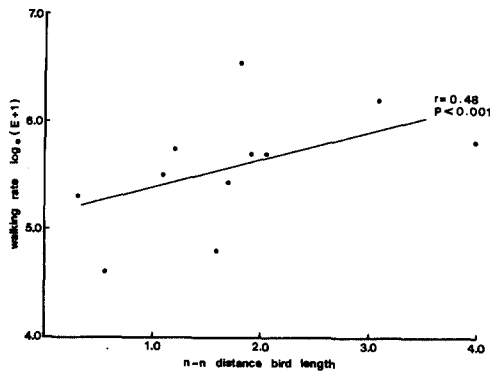


Fig. 7. Walking rate per 100 bird-minutes (E) in relation to flock density of feeding Knot at low tide level in Red Car.

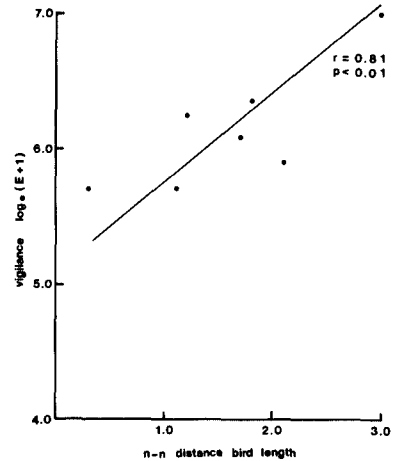


Fig. 8. Vigilance rate per 100 minutes in relation to flock density of Knot at low tide level in Red Car.

많이 取하고 좋아하는 크기이다.

Fig. 5, 6, 7에서 보는 것과 같이 干滿의 주기 및 가장 가까이 隣接한 새의 간격에 따라 적합한 먹이를 찾기 위해 foraging에 보내는 회수와 시간은 近接한 새의 간격이 넓을수록 많게 나타났다.

작은 크기의 새가 密集된 群集으로 보이고, 경계가 증가하는 것은 猛禽類 등을 포함하는 捕食者에 대항하는 특징적인 반응이다. 개체의 먹이 섭취율이 떨어지는 것은 새가 포식자에 대해 머리를 들고 주위를 살피기 때문에 생긴다. Red Car에서 붉은가슴도요의 採餌 개체군은 늦은 가을과 이른 봄에 걸쳐 매우 높은 密度를 유지하고 있다. Fig. 8, 9, 10에서 보는 것과 같이 도요의 밀도가 높을수록 머리를 들고 주위를 살피는 경계 행동이 적어졌다. 이와 관련하여 동일한 개체군내에서도 개체군의 주변에서 채식하는 개체는 개체군의 중앙에 있는 개체보다 警戒율이 높았고 결과적으로 가장 머리를 많이 드는

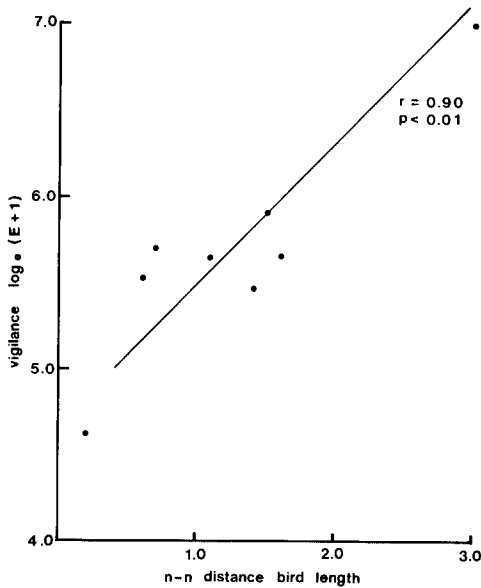


Fig. 9. Vigilance rate per 100 minutes in relation to flock density of Knot at middle tide level in Red Car.

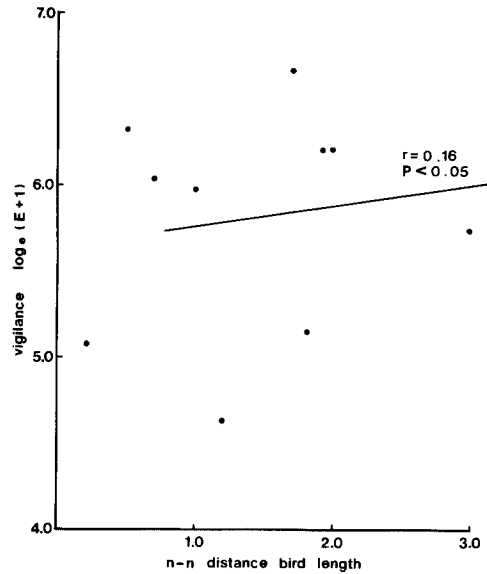


Fig. 10. Vigilance rate per 100 minutes in relation to flock density of Knot at high tide level in Red Car.

개체는 상대적으로 먹이의 채식율이 낮았다. 이와는 반대되는 현상으로 採餌 행위 중 무리의 중앙에 위치한 개체는 가장자리에 위치한 개체보다 분당 먹이를 쫓는 회수가 많으며, 분당 머리를 들고 경계하는 회수는 무려 1/10에 불과한 경우도 있었다. 이 경우 가장자리에 위치한 개체가 머리를 들고 경계하는 시간은 6.03초/회수/분이 소요될 때도 있었다.

붉은가슴도요는 夜間에 foraging을 하지 않는다. 그러나 개짱 등은 겨울에 한하여 야간에 foraging을 하나 (Pienkowski, 1980, 1982; Townshend, 1982), 일반적으로 涉禽類의 야간 採餌는 주간보다 유익하지 않다 (Evans, 1976).

새가 밀접하게 모이면 먹이를 취하기 위해 타개체를 공격하는 행위가 증가하므로 먹이를 먹는 율은 떨어진다 (Goss-Custard *et al.*, 1977). 그러나 Balsfjord (Davidson and Evans, in press)와 Red Car에서는 그와같은 분명한 상호관계는 볼 수 없었다. 潮干帶 해안에서 채식하는 새가 락도요의 세력권 방어 여부는 주된 먹이인 등각류의 밀도에 의존한다. 등각류의 밀도가 낮을 때에는 방어에 필요한 먹이가 충분치 못하고, 높은 밀도에서는 수많은 새가 락도요가 채식을 하려고 노력을 하므로 결과적으로 침입하려는 압력이 대단히 강하여 실질적인 방어가 불가능하다. 그러므로 세력권 방어는 등각류의 밀도가 증간일 때에만 일어난다. 그 결과 새가 락도요가 방어하는 세력권의 크기와 먹이 밀도는 역상관 관계이다 (Mayer *et al.*, 1979).

Red Car에서 조사 기간중 猛禽類의 출현은 볼 수 없었으며, 붉은가슴도요가 동일 개체군에 속하는 近接한 타 개체를 공격하는 행위를 1~2회 볼 수 있었으나, 털격판담치의 밀도가 모래나 갯벌로 덮힌 인접 지역보다 상대적으로 풍부하므로 먹이를 取하기 위한



개체간의 공격율은 거의 측정할 수 없었고, 대부분의 시간을 지방과 단백질을 축적하기 위한 채식 행동으로 보내고 있다.

먹이의 energy 함유량 및 energy 흡수

붉은가슴도요가 섭취하는 먹이의 energy를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

**Table 3.** Calorific value and calorific contents of *Mytilus edulis*

Mussel size (mm)	n	Mean D.W. (g)	Kcal/gAFDW	Kcal/Ind.
41.54±3.24	11	0.697	5.24±0.18	2.39±0.05
20.28±2.48	26	0.098	4.87±0.29	0.41±0.04
13.99±1.09	175	0.018	5.83±0.06	0.1 ±0

털겨판담치의 calorific value는 조개의 크기에 관계없이 거의 일정하게 나타났으나 조개 개체가 가지고 있는 calorific contents는 조개의 크기에 따라 변하고 있다. 二枚貝類는 특별한 glycogen의 이용과 저장에 관련하여 무게와 생화학적인 구성성분이 계절에 따라 변한다는 것은 잘 알려져 있다. 그러나 일년 중 일정 시기에 *Macoma*의 크기와 calorific value의 변화에 대한 명확한 설명은 준비되어 있지 않다(Davidson and Evans, in press). 또한 산림성 조류에서는 먹이종의 속성, 먹이의 크기, 먹이의 caloric density와 공간적인 밀도, 군집의 생산성, 植生の 띠, 밀도 등의 요인은 捕食者가 하루에 배정하는 시간에 관련이 되며, foraging에 보내는 시간은 온도와 年中 계절의 변화에 영향을 받는다(Verner, 1965; Greelaw, 1969; Schartz and Zimmerman, 1971; Utter, 1971; Custer and Pitelka, 1972; Austin, 1978).

도요류는 그들이 먹는 먹이의 80~90%를 동화시킬 수 있다(Evans, 1979).

Red Car에서 붉은가슴도요 개체군은 적극적으로 foraging을 하는 시간이 1일 1시간이며, 먹이를 먹는 회수는 40~50회/분이다. 또한 크기가 13mm 내외인 털겨판담치를 주된 먹이로 하므로 하루에 취하는 energy량은 산술적으로 최소한 192kcal-270kcal 이상으로 추정된다. 이 energy량은 겨울의 짧은 日光(5-6시간)과 潮水의 영향으로 낮동안 채식을 할 수 없을 때를 대비하며, 또한 북극해를 무차륙 통과하여 번식지로 이동을 하고, 번식지에 도착을 한 후에도 성공적인 번식을 하기 위해, 월동지에서 하루 생존에 필요한 영양과 energy보다 더 많은 먹이를 섭취하여 체내에 지방을 축적하는 체이 행동으로 추정된다.

Pienkowski *et al.*(1984)는 야외의 자연 상태에서 도요류의 energy 흡수율을 추정하기 위해서는 개체군이 체이에 보내는 시간, 선택하는 먹이종, 섭취율, 섭취하는 먹이의 크기, 먹이 개체군의 energy 함유량 등을 고려하여 추정하여야 하며, 그와 병행하여 단위 g당 단백질이나 탄수화물보다 2배 이상의 energy를 발생하는 지방 축적에 의한 종합적인 평가를 강조하였고, 민물도요가 하루 생존에 필요로 하는 energy budget을 日中에 46kcal으로 추정하였다.

### 摘 要

장거리 무착륙 이동을 하여 북극에서 번식을 하는 전략을 가진 연안성 조류 중에서 극단적인 예가 되는 붉은가슴도요 *Calidris canutus*가 월동하는 지역인 영국의 Red Car에서 북극에 도착을 한 후 성공적인 번식에 필요한 영양을 체내에 비축하기 위해서 택하는 foraging 전략과 먹이의 energy 함유 및 섭취율 등을 조사하였다.

Red Car에서 시험된 개체는 한국산 아종보다 상대적으로 부리와 날개의 길이가 긴 개체군으로 나타났다. 干滿의 변화에 따라 규칙적으로 관찰된 개체군의 밀도는 中潮時에 가장 높았으며, 小潮때에 채이 행동이 가장 활발하였다.

먹이 섭취율은 가장 근접한 새의 간격이 좁을수록 높게 나타났고, foraging에 보내는 회수와 시간은 가장 근접한 새의 간격이 넓을수록 많이 나타났고, 경계에 보내는 회수 및 시간은 증가하였다.

붉은가슴도요가 섭취하는 털겨판담치 *Mytilus edulis*의 energy 함유량을 조사하였는데, calorific value는 조개의 크기에 관계없이 거의 일정하게 나타났으나, calorific contents는 조개의 크기에 따라 증가하고 있다.

붉은가슴도요가 Red Car에서 하루에 취하는 energy 양은 192kcal에서 270kcal로 추정된다.

### 引 用 文 獻

- Ashmole, M.J. 1970. Feeding of Western and Semipalmated Sandpiper in Peruvian winter quarters. Auk 87: 131-135.
- Austin, G.T. 1978. Daily time budget of the postnesting Verdin. Auk 95: 247-251.
- Baker, M.C. 1974. Foraging behavior of Black-bellied Plover (*Pluvialis squatarola*). Ecology 55: 162-167.
- Baker, M.C. and A.E.M. Baker. 1973. Niche relationships among six species of shorebirds on their wintering and breeding range. Ecol. Monogr. 43: 193-212.
- Barret, J. and C.M. Yonge. 1985. Collins pocket guide to the sea shore. Collins, London. 272 pp.
- Bengtson, S.A. and B. Svensson. 1968. Feeding habits of *Calidris alpina* L. and *C. inuta* Leisl. (Aves) in relation to the distribution of marine shore invertebrate. Oikos 19: 152-157.
- Brooks, W.S. 1967. Food and feeding habits of autumn migrant shorebirds at a small midwestern pond. Wilson Bull. 79: 307-315.
- Burger, J., A. Marshall, D. Howe, C. Hahn and J. Chase. 1977. Effect of tide cycles on habitat selection and habitat partitioning by migrating shorebird. Auk 94: 743-758.
- Burton, P.J.K. 1972. The feeding techniques of Stilt Sandpiper and Dowitchers. Trans San Diego Soc. Nat. Hist. 17: 63-68.
- Custer, T.W. and F.A. Pitelka. 1972. Time activity patterns and energy budget of nesting Lapland Longspurs near Barrow, Alaska. In proc, 1972 Tundra Biome Symp., Lake Wilderness Center, Univ. Washington, Washington. pp. 160-164.
- Davidson, N.C. and P.R. Evans. in press. The ecology of migrant Knots in North Norway during May 1985. Ornis Scandinavica
- Davidson, N.C. 1984. How valid are flight range estimates for waders? Ringing & migration 4: 159-166.
- Davidson, N.C., K.B. Strann, N.J. Crockford, P.R. Evans, J. Richardson, L.V. Standen, D.J. Townshend, J.D. Uttley, J.R. Wison and A.G. Wood. in press. The origin of Knot *Calidris canutus* in arctic Norway in spring. Ornis Scand.
- Dick, W.J.A., M.W. Pienkowski, M. Waltner and C.T.D. Minton. 1976. Distribution and geographical origins of Knot *Calidris canutus* wintering in Europe and Africa. Ardea 64: 22-47.
- Dick, W.J.A., T. Piersma and P. Prokosch. in press. Spring migration of the Siberian Knots *Calidris*

- canutus*: results of a co-operative wader study group project. Ornis Scand.
- Durgan, P.J., P.R. Evans, L.R. Goodyer and N.C. Davidson. 1981. Winter fat reserves in shorebirds: disturbance of regulated levels by severe weather condition. *Ibis* 123: 359-63.
- Ebbinge, R., A. St. Joseph, P. Prokosch and B. Spaans. 1982. The importance of spring staging areas for arctic-breeding geese wintering in western Europe. *Aquila* 89: 249-258.
- Evans, P.R. 1976. Energy balance and optimal foraging strategies: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea* 64: 11-139.
- Evans, P.R. 1979. Adaptations shown by foraging shorebirds to cyclical variations in the activity and availability of their invertebrate prey. *In*. Cyclic Phenomena in Marine Plants and Animal, E. Naylor & R.G. Hartnoll (eds.) Pergamon Press, Oxford. pp. 357-366.
- Evans, P.R., J.D. Goss-Custard and W.G. Hale. 1984. Coastal waders and wildfowl in winter. Cambridge Univ. press., London, New York. 331 pp.
- Goss-Custard, J.D. 1969. The winter feeding ecology of the Redshank *Tringa totanus*. *Ibis* 111: 338-356.
- Goss-Custard, J.D. 1970a. Feeding dispersion in some overwintering wading birds. *In*. Social Behaviour in Bird and Mammals, J.H. Crook(ed.). Academic Press. London. pp. 3-35.
- Goss-Custard, J.D. 1970b. The Responses of Redshank (*Tringa totanus* L.) to spatial variations in the density of their prey. *J. Anim. Ecol.* 39: 91-113.
- Goss-Custard, J.D., Johnes, R.E. and P.E. Newbery. 1977. The ecology of the Wash. 1. Distribution and diet of wading birds (*Charadrii*). *J. Appl. Ecol.* 14: 681-700.
- Greenlaw, J.S. 1969. The importance of food in the breeding system of the Rufous-sided Towhees, *Pipilo erythrophthalmus*(L.). Ph.D. Thesis. Rutgers Univ. New Brunswick, New Jersey. 120 pp.
- Hamilton, W.J., III. 1959. Aggressive behavior in migrant Pectoral Sandpiper. *Condor* 61: 161-179.
- 한국동물학회. 1971. 한국동물명집 (3), 무척추동물편. 향문사, 서울. 180 pp.
- Holmes, R.T. 1966. Feeding ecology of the Red-backed Sandpiper (*Calidris alpina*) in arctic Alaska. *Ecology* 47: 32-45.
- Holmes, R.T. and F.A. Pitelka. 1968. Food overlap among coexisting sandpiper on northern Alaskan tundra. *Syst. Zool.* 17: 305-318.
- Mayer, J.P., P.G. Connor and F.A. Pitelka. 1979. Territory size in wintering Sanderling: the effect of prey abundance and intruder density. *Auk* 96: 551-561.
- Pearson, O.P. 1954. The daily energy requirements of wild Anna Hummingbird. *Condor* 56: 317-332.
- Pienkowski, M.W. 1980. Aspects of the ecology and behaviour of Ringed and Grey Plovers *Charadrius hiaticula* and *Pluvialis squatarola*. Ph.D. thesis, University of Durham, Durham, UK. 198 pp.
- Pienkowski, M.W. 1982. Diet and energy intake of Grey and Ringed Plover, *Pluvialis squatarola* and *Charadrius hiaticula*. in the non-breeding season. *J. Zool., London.* 197: 511-549.
- Pienkowski, M.W., P.N. Frens, N.C. Davison and D.H. Worral. 1984. Balancing the budget: measuring the energy intake and requirement of shorebird in the field. *In*, Coastal Waders and Waterfowl in Winter, P.R., Evans, J.D. Goss-Custard and W.G. Hale(eds.). Cambridge Univ. press, Cambridge, New York. pp. 29-56.
- Piesma, T. 1986. Foraging behaviour of Terek Sandpipers *Xenus cinereus* feeding on Sand-bubbling Crabs *Scopimera globosa*. *J. Orn.* 127: 475-486.
- Post, W. 1974. Functional analysis of space-related behavior in the Seaside Sparrow. *Ecology* 55: 564-575.
- Prater, A.J. 1972. The ecology of Morecambe bay. 3. The food and feeding habits of Knot (*Calidris canutus* L.) in Morecambe bay. *J. Appl. Ecol.* 9: 179-194.
- Recher, H.F. 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebird. *Ecology* 47: 393-403.
- Recher, H.F. and J.A. Recher. 1969. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. II. Aggression. *Wilson Bull.* 81: 140-154.
- Roselaar, C.S. 1983. Subspecies recognition in Knot *Calidris canutus* and occurrence of races in western Europe. *Beaufortia* 33: 97-109.
- Schartz, R.L. and J.L. Zimmerman. 1971. The time and energy budget of the male Dickcissel (*Spiza americana*). *Condor* 73: 65-76.
- Stiles, F.G. 1971. Time, energy and territoriality of the Anna Humming bird (*Calypte anna*). *Science* 173: 818-821.
- Teunissen, W., B. Spanns and R. Drent. 1985. Breeding success in Brent in relation to individual feeding

- opportunities during spring staging in Wadden Sea. *Ardea* 73: 818-821.
- Thomas, C. and Jr. Grubb. 1978. Weather-dependent foraging rates of wintering woodland birds. *Auk* 95: 370-376.
- Thomas, D.G. and A.J. Dartnall. 1971. Ecological aspects of the feeding behaviour of two *Calidrine* sandpipers wintering in southeastern Tasmania. *Emu* 71: 20-26.
- Townshend, D.J. 1982. The Lazarus syndrome in Grey Plovers. *Wader Study Group Bull.* 34: 11-12.
- Utter, J.M. 1971. Daily energy expenditures of free-living Purple Martins (*Progne subis*) and Mockingbirds (*Mimus polyglottos*) with a comparison of two northern population of Mockingbird. Ph.D. Thesis. Rutgers Univ., 205 pp.
- Utter, J.M. and E.A. LeFebvre. 1971. Daily energy expenditures of Purple Martins (*Progne subis*) during the breeding season: Estimates using  $D_2O^{18}$  and time budget methods. *Ecology* 54: 597-604.
- Verbeek, N.A.M. 1972. Daily and annual time budget of the Yellow-billed Magpie. *Auk* 89: 567-582.
- Verner, J. 1965. Time budget of the male Long-billed Marsh Wren during the breeding season. *Condor* 67: 125-139.
- Wiens, J.A. 1969. An approach to the study of ecological relationships among grassland birds. *Ornitho. Monogr.* 8: 1-93.
- Zwart, L. 1985. The winter exploitation of Fiddler Crabs *Uca tangeri* by waders in Guinea-Bissay. *Ardea* 73: 3-12.
- 원병오. 1981. 한국동식물도감, 제25권 동물편(조류생태). 문교부, 삼화출판사, 서울. 1126 pp.

(1990年 6月 1日 接受)