

경남 대송리산 홍조 16종의 과포자 및 사분포자의 형성시기

강래선 · 손철현*

한국해양연구소 해양생물실 · *부산수산대학교 양식학과

Formation Periods of Carpospores and Tetraspores of 16 Red Algae in Daesongri, Kyungsangnam-do, Korea

Rae-Seon KANG and Cheol-Hyun SOHN*

Biological Oceanography Laboratory, KORDI, Ansan P.O. Box 29,
Seoul 425-600, Korea*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

Field study on the sporogenesis periods of 16 red algae growing at the intertidal zone of Daesongri was conducted from April 1987 to March 1988, observing the occurrence of carposporic and tetrasporic fronds. The period of *Gloiopeltis furcata* was in spring and summer; that of *Laurencia intermedia*, *Laurencia undulata* and *Rhodymenia intricata* in summer; that of *Chondria dasyphylla* and *Hypnea charoides* in autumn; that of *Carpopeltis affinis*, *Pachymeniopsis lanceolata*, *Chondrus ocellatus*, *Acrosorium polyneurum*, *Gymnogongrus flabelliformis*, *Gigartina intermedia*, *Champia parvula* and *Ceramium paniculatum* in summer and autumn. Of the species, *G. flabelliformis*, *G. intermedia* and *R. intricata* only matured the carposporic phase, and *P. telfairiae*, *H. charoides*, *C. parvula* and *C. paniculatum* did the tetrasporic phase. But the carposporic phase of *G. flabelliformis* and the tetrasporic phase of *C. paniculatum* were not occurred in Kori area where water temperature was 3 C higher than that in Daesongri. In that area they only matured the other phase. This suggests that the life history is rarely complete in nature and water temperature is a important factor influencing on the sporogenesis. Also it was observed in *C. affinis*, *C. ocellatus* and *S. latiuscula* that the period of one phase is much longer than that of the other phase. But in most of species with both phases, tetrasporic and carposporic, the former phase appeared a month later than the latter phase. In addition, their biomass became maximum just before sporogenesis, and then gradually decreased with release of reproductive cells.

서 론

해조류에서 관찰되는 세대교번의 다양한 분화와 이에 따른 형태적 차이(shift of phase)는 계절적으로 극심하게 변화하는 무생물적인 환경요소의 압박에 의해 촉발되는 적응의 결과라고 해석하는 것이 통설이며(Liddle, 1972), 이들 요인중에서도 광

주기와 일조량 및 수온의 영향이 매우 중요하다고 인식되고 있다(Vielhaben, 1963; Chihara, 1962).

특정종의 생활사를 구명함에 있어, 자연개체군을 대상으로 각 생활상(phase of life history)의 출현과 그 시점의 환경요인을 결부하여 해석하는 것은 배양을 통해 이론적인 생활사를 규명하는 일에 한 부가적인 방법이며(McLachlan *et al.*, 1969), 나아가

개체발생에 미치는 환경요인을 이해하는 기초적 자료가 된다. 이런 맥락에서 단일종을 대상으로 연구한 보고는 Chihara(1962), McLachlan *et al.*(1969) m Liddle(1972), 변·강(1986)이 있으며, 과(Family)이상의 규모로서는 Newroth and Markham (1972), Lee and Kurogi(1972)의 연구가 있다. 또 이러한 연구를 개체군생태에 접목해서 볼 때, 개체군의 주년변화가 세대교번에 의한 소장으로 이해될 수 있음을 주목할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 자연개체군에 대하여 개체의 출현과 사분포자 및 과포자의 형성시기를 파악하고, 생체량의 주년변화를 검토하여 기초적인 개체생태학적 자료를 얻고자 하였다. 그리고 수온차가 큰 지역에 형성된 개체군의 사분포자 및 과포자의 형성시기를 비교하여 수온이 세대교번의 시기를 조절하는 중요한 요인이 될 수 있음을 검토하였다.

재료 및 방법

본 연구는 1987년 4월에서 1988년 3월 까지 경남 양산군 서생면 대송리의 조간대 해조군집을 대상으로 실시하였다(Fig. 1). 조사지점은 암반이 30~35℃의 경사를 이루고 있으며, 외해쪽으로 돌출되어 있어 파도를 강하게 받고 있다. 조석차는 약 50cm 내외로 평균해면은 기준면으로부터 25cm 내외이며, 연간 수온분포는 13~22℃이다(Fig. 2).

연구대상종은 홍조류 16종으로 중동정이 명확하고 군집내에서 우점하는 종들이다. 과포자 및 사분포자 형성시기에 대한 조사는 월별로 최소 30개체 이상 무작위로 채집하여 포자형성 유무를 확인하여 사분포자 및 과포자를 지닌 개체수를 총개체수에 대한 백분율로 산출하였다. 이때 개체수 산정이 어려운 종에 대해서는 가지수에 대한 값을 사용하였다.

한편 수온차가 큰 두 지역간의 공통종에 대한 개체출현시기와 포자형성시기를 비교하기 위해서 조사지역과 해황이 유사하면서도 다만 수온이 높은 고리 원자력 발전소 취수구 인접지역의 해조군집을 선정하였다. 비교 조사지점의 위치는 Fig. 1에서 나타난 바와 같고, 연간 수온분포는 16~26℃로 조사지점에 비해 연평균 수온이 3℃높다(Fig. 2).

또한 포자형성시간과 생체량의 시간적 변동과의 관계를 규명하기 위하여 매일 고정적으로 설치된 50cm×50cm 방형구내의 습중량을 측정하고 이

를 생식세포의 형성시기와 비교하였다.

결 과

가. 과포자 및 사분포자의 형성시기 및 생체량의 주년변화

본 연구에서 조사된 16종의 사분포자 및 과포자의 형성시기와 생체량의 주년 변화를 조사한 결과

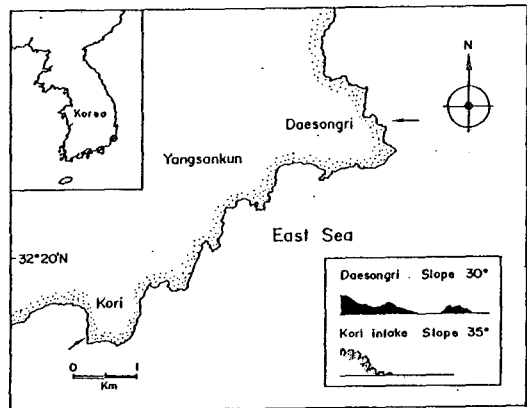


Fig. 1. A map showing the study sites in Daesongri and Kori intake area.

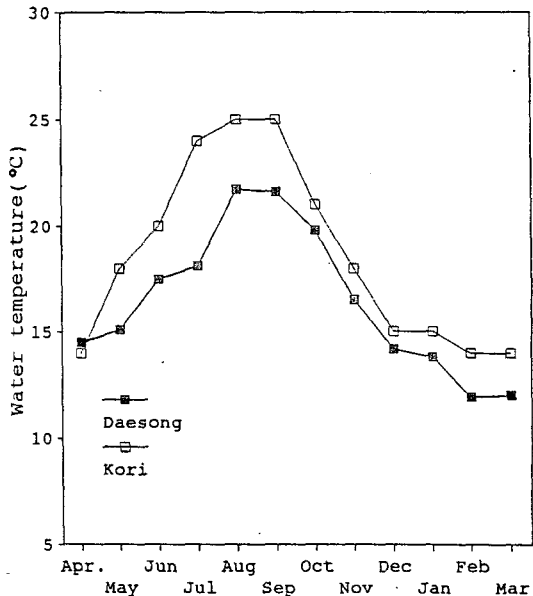


Fig. 2. Monthly fluctuation of water temperatures in two sampling sites

를 종합적으로 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 우선 각 종의 월별 출현유무를 알아보면, *Pachymeniopsis lanceolata*, *Plocamium telfairiae*, *Champia parvula*, *Ceramium paniculatum*, *Acrosorium polyneurum*, *Symphocladia latiuscula*는 연중 출현하였고, *Gloiopeltis furcata*, *Laurencia intermedia*, *Laurencia un-*

*dulata*는 겨울부터 여름사이에, *Carpopeltis affinis*, *Gymnogongrus flabelliformis*, *Chondrus ocellatus*, *Gigartina intermedia*, *Rhodymenia intricata*는 봄부터 가을사이에, *Hypnea charoides*, *Chondria dasyphylla*는 고수온기인 여름과 가을에 출현하였다. 또 과포자체 및 사분포자체의 출현시기를 볼 때, *C. affi-*

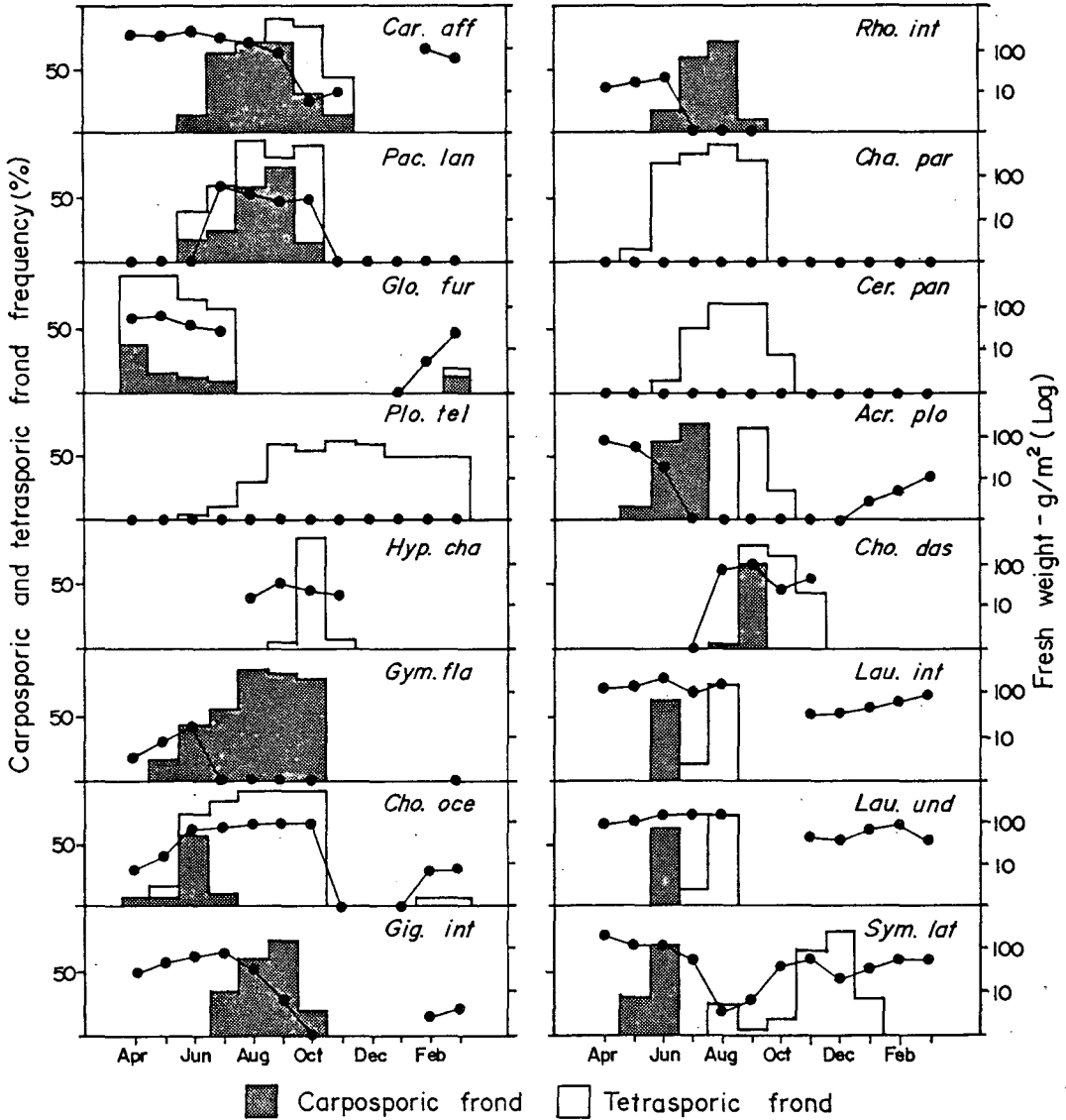


Fig. 3. Carposporic and tetrasporic frond frequency for 16 red algae in Daesongri, Kyungsangnam-do, Korea; *Car aff*; *Carpopeltis affinis*, *Pac lan*; *Pachymeniopsis lanceolata*, *Glo fur*; *Gloiopeltis furcata*, *Plo tel*; *Plocamium telfairiae*, *Hypcha*; *Hypnea charoides*, *Gym fla*; *Gymnogongrus flabelliformis*, *Cho oce*; *Chondrus ocellatus*, *Gig int*; *Gigartina intermedia*, *Rho int*; *Rhodymenia intricata*, *Cha par*; *Champia parvula*, *Cer pan*; *Ceramium paniculatum*, *Cho das*; *Chondria dasyphylla*, *Acr pol*; *Acrosorium polyneurum*, *Lau int*; *Laurencia intermedia*, *Lau und*; *Laurencia undulata*, *Sym lat*; *Symphocladia latiuscula*.

nis의 과포자체는 6월부터 11월 사이에 출현하며 7월부터 9월사이에 출현율이 높았고, 사분포자체는 9월부터 11월 사이에 출현하며 10월에 출현율이 높았다. *P. lanceolata*는 6월부터 10월까지 과포자체 및 사분포자체가 동시에 출현하며, 과포자체는 8, 9월에, 사분포자체는 10월에 출현율이 높았다. *G. furcata*에서는 과포자체와 사분포자체가 3월부터 8월까지 동시에 출현하고, 특히 사분포자체는 4월부터 8월까지 출현율이 높았다. *P. telfairiae*의 사분포자체는 6월부터 다음해 3월까지 출현하며 9월부터 3월까지 출현율이 높았고, *H. charoides*의 사분포자체는 9월부터 11월사이에 출현하며 10월에 출현율이 높았다. *G. flabelliformis*에서는 과포자체가 5월부터 10월사이에 출현하며 7월부터 10월사이에 출현율이 높았고, *C. ocellatus*의 과포자체는 3월에서 7월까지 출현하며 6월에 출현율이 높았으며, 사분포자체는 3월에서 10월까지 출현하며 7월부터 10월사이에 출현율이 높았다. *G. intermedia*의 과포자체는 7월부터 10월사이에 출현하며 8, 9월에 출현율이 높았고, *R. intricata*의 과포자체는 6월부터 9월사이에 출현하며 6월부터 9월사이에 출현율이 높았고, *C. paniculatum*의 사분포자체는 6월부터 10월사이에 출현하여 7월과 9월사이에 출현율이 높았다. *A. polyneurum*에서는 과포자체가 5월과 7월사이에 출현하며 6, 7월에 출현율이 높았고, 사분포자체는 9, 10월에 출현하며 9월에 출현율이 높았다. *C. dasyphylla*의 과포자체는 8, 9월에 출현하며 9월에 출현율이 높고, 사분포자체는 9월부터 11월사이에 출현하며 10월에 출현율이 높았다. *L. intermedia* 및 *L. undulata*의 과포자체는 6월에만 출현하였고, 사분포자체는 7, 8월에 출현하며 8월에 출현율이 높았다. *S. latiuscula*의 과포자체는 5, 6월에 출현하며 6월에 출현율이 높았고, 사분포자체는 8월부터 1월 사이에 출현하며 11, 12월에 출현율이 높았다.

이상으로 볼 때, *G. furcata*는 춘·하계에, *L. intermedia*, *L. undulata*, *R. intricata*는 하계에, *C. dasyphylla*, *H. charoides*는 추계에, *C. affinis*, *P. lanceolata*, *C. ocellatus*, *A. polyneurum*, *G. flabelliformis*, *G. intermedia*, *C. parvula*, *C. paniculatum*는 하계와 추계에 사분포자와 과포자를 형성하여 개체의 출현과 비교해 볼 때 뚜렷한 계절적 특성을 띄는 종으로 볼 수 있었다. 또 각종의 과포자상(carposporic phase) 및 사분포자상(tetrasporic phase)의 출현유무를 보면, *P. telfairiae*, *H. charoides*, *C. parvula*, *C.*

*paniculatum*에서는 사분포자상만 나타났고, *G. flabelliformis*, *G. intermedia*, *R. intricata*에서는 과포자상만 나타났다. 그리고 두 생활상(life phase)이 나타나는 종 중에서 *C. affinis*는 과포자상이 우세한 종이며, *G. furcata*, *C. ocellatur*, *c. dasyphylla*, *P. japonica*, *S. latiuscula*는 사분포자상이 우세하였다. 각종의 과포자 및 사분포자의 형성기간을 볼 때, *C. affinis*, *C. ocellatus* 및 *Polysiphonia*의 생활사(Dixon, 1973)를 보이는 *A. polyneurum*, *C. dasyphylla*, *L. intermedia*, *L. undulata*에서는 과포자가 형성된 후 1개월 이내에 사분포자가 형성되는 것으로 나타났다.

한편, *C. affinis*, *G. furcata*, *G. flabelliformis*, *C. ocellatus*, *G. intermedia*, *R. intricata*, *A. polyneurum*, *L. intermedia*, *L. undulata*, *S. latiuscula*의 생체량은 겨울 또는 겨울 이후에 증가하여 여름이전 또는 여름에 생체량이 최대로 되며, *P. lanceolata*는 여름 또는 여름 이후에 증가하여 겨울이전 또는 겨울에 생체량이 최대로 되고, *H. charoides*, *C. dasyphylla*는 여름에 일시적으로 출현하여, 일정시기를 기점으로 증가하고 다시 낮아지는 주기성을 보였다. 따라서 생식세포의 형성시기와 생체량의 변동과의 관계는 생식세포를 형성하는 시점에서 생체량이 극대화되고, 생식세포를 방출하면서 생체량이 점차 감소하는 것으로 나타났다.

나. 수온차에 따른 생식시기의 지역간 변동

수온차에 따른 생식시기의 지역간 변동을 비교하기 위해 연평균 3℃ 높은 고리 원자력 발전소 취수구 인접지역에서 생육하는 *P. lanceolata*, *G. flabelliformis*, *c. ocellatus*, *G. intermedia*, *C. paniculatum*의 자연개체군의 과포자 및 사분포자의 형성시기를 알아본 결과(Fig. 4), *P. lanceolata*의 과포자체는 5월과 10, 11월에 출현율이 높았고, 사분포자체는 6, 7월에 높았다. *C. ocellatus*의 과포자체는 6월과 12월부터 3월까지 출현율이 높았고, 사분포자체는 7월부터 9월까지 출현율이 높았다. *G. intermedia*는 2월에만 과포자체가 출현하여 대송리 개체군과는 지역간의 차이를 보였다. 또한 *G. flabelliformis*의 대송리 개체군에서는 과포자상만 관찰되었으나, 발전소취수구에서는 사분포자상만이 관찰되었고, 반면 *C. paniculatum*는 대송리에서 사분포자상만이 관찰되었으나, 발전소취수구에서는 과포자상만이 나타났다.

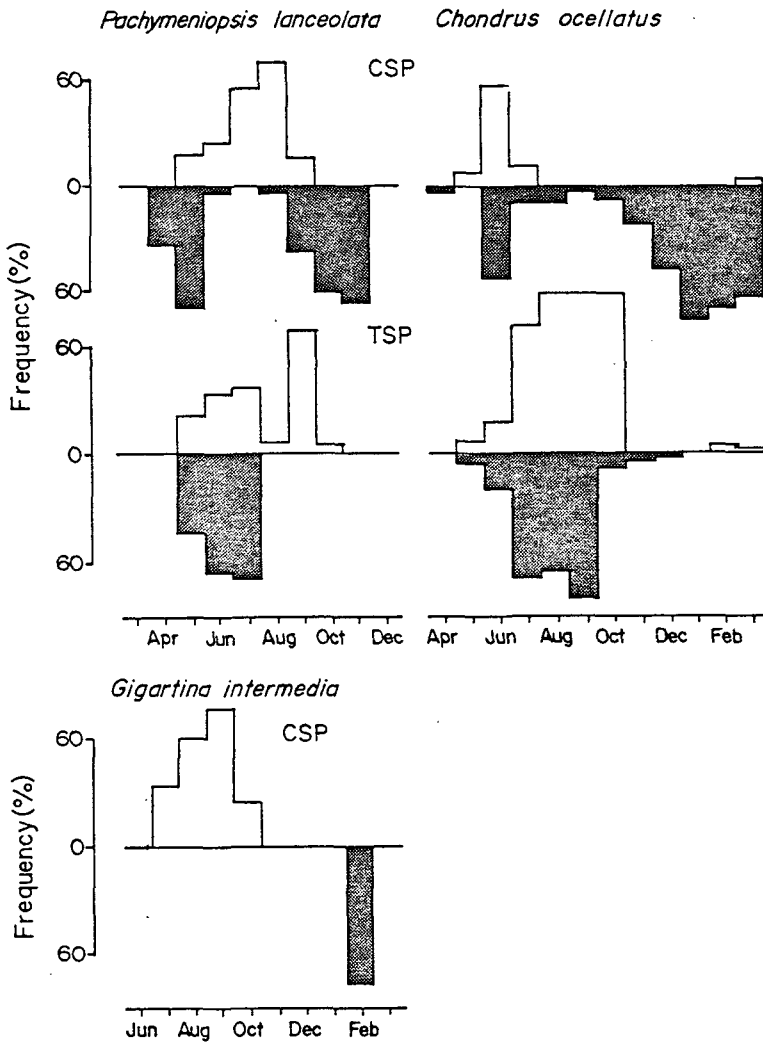


Fig. 4. Comparison of sporogenesis periods between Daesongri(blank) and Kori(dotted); CSP: carposporophyte, TSP: tetrasporophyte.

고찰

Robert and West(1971)은 개체의 번식과 형태발생에는 환경요인과 유전적 요소가 큰 요인이라고 밝히고 있고, McLachlan *et al.*(1969)은 자연개체군에서는 대개 사분포자체나 배우체 또는 성숙한 개체와 같은 전 생활사 단계가 다 나타나지 않으며, 지역적으로 생활상(life phase)이 제한된다고 밝히고 있다. 본 연구에서도 조사된 16종 중 7종의 자연개체군에서 과포자체 및 사분포자체의 어느 한 생활상이 관찰되지 않았다(Fig. 3). 즉, *P. telfairiae*

와 *H. charoides*는 과포자상이 나타나지 않았고, *G. flabelliformis*는 사분포자상이 관찰되지 않았다. *P. telfairiae*와 *H. charoides*에 대해서는 岡村(1936)과 Tanaka(1941)도 사분포자상만 확인하고 있고, 남(1986)과 송(1986)의 보고에서도 확인되지 않았다. 또 *G. flabelliformis*에 대해서는 남(1986)과 송(1986)의 보고는 물론, Newroth and Markham(1972)는 같은 속에 속하는 *G. linearis*의 배양실험을 통하여 과포자상만 확인하고 있으며, parthenogenesis를 통해 개체군을 유지한다고 밝히고 있다. 한편, *G. intermedia*, *R. intricata*는 대송리에서 과포자상

만이 관찰되는데, *G. intermedia*는 취수구와 송(1986), 岡村(1936)의 보고에서도 과포자상만이 나타났고, 남(1986)의 보고에서는 과포자 및 사분포자상만이 동시에 관찰되었다. *R. intricata*는 岡村(1936), Lee and Kurogi(1972)의 보고에서는 두 생활상이 동시에 나타나 있고, Lee and Kurogi(1972)에 의하면 사분포자체가 과포자체보다 1개월전에 출현한다. 이와는 반대로 *C. parvula*는 대송리에서 사분포자상만이 관찰되며, 남(1986), 송(1986)의 보고에서도 사분포자상만이 보고되어 있다. 그러나 岡村(1936)와 Lee and Kurogi(1972)의 보고에서는 두 생활상이 동시에 나타나고 있다. 특히 岡村(1936)에 의하면 *C. parvula*의 주분포역이 아열대와 일본 온난지역으로 언급한 점과 대송리의 수온범위가 13~22℃인 점을 비교해 볼 때 과포자상은 온난수역에서 나타나는 것으로 추측된다. 따라서 사분포자상 또는 과포자상의 지역적 제한은 Robert and West(1971)의 지적과 같이 환경요인과 유전적 요소의 상호작용에 다른 제한 또는 상실(missing)로 설명될 수 있으며, 이는 실내배양을 통해 지속적으로 검토되어야 할 것으로 판단된다.

두 생활상을 모두 갖는 종 중, *P. lanceolata*, *G. furcata*는 동시에 동일 지역에서 출현하지만, Chihara(1962)의 보고에 의하면 *Bonnemaisonia hamifera*와 같은 단년생종은 동일지역에서 동시에 사분포자체와 과포자체가 출현하는 일이 없다고 밝히고 있다. 이로서 볼 때 단년생 해조류인 *G. furcata*의 개체군은 생식에 의한 가입과 전년도에 생식세포를 방출하고 유실되었던 개체의 재생장에 의해 증대됨으로서 과포자상 및 사분포자상이 동시에 출현할 수 있다고 판단된다. 또 *C. ocellatus*, *S. latiuscula*는 사분포자상이 과포자상보다 우세하게 나타났다지만, 이런 예가 홍조류에서 흔치 않으므로(Dixon, 1965), 사분포자상의 영양번식이 검토되어야 할 것이다.

한편 Chihara(1962)는 *B. hamifera*의 경우 sporogenesis에는 수온과 일장이 매우 중요한 요인이 된다고 했지만, 본 조사에서 나타난 *C. ocellatus*와 *P. lanceolata*의 과포자체형성기간이 고수온역에서 긴 것은(Fig. 4), 일장의 영향보다는 수온의 차에 의한 결과라고 볼 수 있었다.

요 약

본 연구는 홍조 16종에 대해서 경남 양산군 대

송리의 자연개체군을 대상으로 사분포자체 및 과포자체의 출현시기를 파악하였다. 그 결과 *G. furcata*가 춘·하계에 *L. intermedia*, *L. undulata*, *R. intricata*는 하계에, *C. dasyphylla*, *H. charoides*는 추계에, *C. affinis*, *P. lanceolata*, *C. ocellatus*, *A. polyneurum*, *G. flabelliformis*, *G. intermedia*, *C. parvula*, *C. paniculatum*는 하계와 추계에 사분포자 및 과포자를 형성하여 뚜렷한 계절성을 보였다.

조사대상 16종 중에서 *G. flabelliformis*, *G. intermedia*, *R. intricata*에서는 과포자상(carposporic phase)만 관찰되었고, *P. telfairiae*, *H. charoides*, *C. parvula*, *C. paniculatum*에서는 사분포자상(tetrasporic phase)만이 관찰되었다. 이 중 *G. flabelliformis*는 고수온역인 고리 원자력 발전소취수구에서는 사분포자상만이, 또 *C. paniculatum*는 과포자상만이 형성되어 자연개체군의 생활사는 불안정하며, 또 수온에 의해 지역적으로 제한됨을 시사하였다. 또한 과포자상 및 사분포자상을 갖는 종 중에서 *C. affinis*는 과포자상이 우세한 종이며, *G. furcata*, *C. ocellatus*, *C. dasyphylla*, *S. latiuscula*는 사분포자상이 우세하였다. 또 *C. affinis*, *C. ocellatus*, *A. polyneurum*, *C. dasyphylla*, *L. intermedia*, *L. undulata*에서는 과포자상의 출현후 1개월 이내에 사분포자상이 출현하는 것으로 나타났다.

생식세포의 형성시기와 생체량의 변동은 생식세포를 형성하는 시점에서 생체량이 극대화되고, 생식세포를 방출하면서 생체량이 점차 감소하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

Chihara, M. 1962. Life history of the Bonnemaisoniaceous algae in Japan(2) Tokyo Kyoiku Daigaku, Sci. Rep., Sect. B, 10:121.
 Dixon, P. S. 1965. Peneration, vegetative propagation and algal life histories with special reference to *Asparagopsis* and Rhodophyta. Botanica Gothoburg. 3, 67~74.
 Dixon, P. S. 1973. Biology of the Rhodophyta. Oliver & Boyd. Edinburgh. 285pp.
 Lee, I. K. and M. Kurogi. 1972. Ecological observation of the member of the Rhodymeniales in Hokkaido. Proc. Intl. Seaweed Symp. 7, 80~82. 131~134.
 Liddle, L. B. 1972. Development of gametophyte

- and sporophyte population of *Padina sanctae-crucis* Borg. in the field and laboratory. Proc. Intl. Seaweed Symp. 7, 80~82.
- McLachlan, J., L. C. M. Chen, and T. Edelstein. 1969. Distribution and life history of *Bonne-maisonia hamifera* Hariot. Proc. Intl. Seaweed Symp. 6, 245~249.
- Newroth, P. R. and J. W. Markham. 1972. Observations on the distribution, morphology and life history of some Phylloporaceae. Proc. Intl. Seaweed Symp. 7, 120~126.
- Robert, W. H and J. A. West. 1971. Morphology and life history. in J. R. Rososki and B. C. Parker (ed.), Selected papers in Phycology I. 153~158.
- Tanaka, T. 1941. The genus *Hypnea* from Japan. Sci. Pap. Inst. Algal., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., 2(2), 227~250
- Vielhaben, V. 1963. Zur deutung des semilunaren fortpflanzungszyklus von *Dictyota dichotoma*. Z. Bot., 51, 156~173.
- 岡村一郎. 1936. 日本海藻誌. 東京. 946pp.
- 남기완. 1986. 동해안 죽도의 해조군락에 관하여. 조류학회지. 1(1), 185~202.
- 변경숙·강제원. 1986. 홍조 *Polysiphonia decumbens* Segi의 야외관찰 및 실내배양. 조류학회지. 1(1), 145~156.
- 송춘복. 1986. 남해안 광양만의 조간대 해조류에 관한 생태학적 연구. 조류학회지. 1(1), 203~223.

1992년 8월 15일 접수

1992년 9월 7일 수리