

## 부산연안 미역(*Undaria pinnatifida*)양식 생산 예측을 위한 장기 해양자료 분석

한인성\* · 서영상 · 이준수

국립수산과학원 수산해양종합정보과

### Analysis of Long-term Oceanic Data for the Prediction of *Undaria pinnatifida* Aquaculture Production off the Coast of Busan

In-Seong Han\*, Young-Sang Suh and Joon-Soo Lee

Fishery & Ocean Information Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

To understand the relationship between various oceanographic factors and seaweed production, we examined the annual accumulated aquaculture production of *Undaria pinnatifida* with respect to water temperature, salinity, dissolved oxygen, current patterns and nutrients over 21 years (1990-2010) (this date range does not add up to over 21 years) along the coast of Busan, Korea. According to the results of the cross-correlation function, annual production of *U. pinnatifida* was closely related to the following conditions: low water temperature, low salinity, strong Tsushima Warm Current, and high concentrations of dissolved oxygen and nutrients. In this study, we also considered the Index of Oceanographic factors for *U. pinnatifida* (IOU) by computation of a simple equation. This index will be used for the prediction of *U. pinnatifida* aquaculture production off the coast of Busan.

Key words : *Undaria pinnatifida*, Aquaculture production, Index, Oceanic climate data, Prediction

### 서론

미역(*Undaria pinnatifida*)은 갈조식물문 다시마목 미역과에 속하는 해조류로서 동아시아지역의 주요 양식 종으로 활성화 되어 있는 해조류이다. 우리나라에서는 1970년대부터 미역 양식산업이 활발히 이루어지고 있으며, 총 해조류 양식의 약 48% 정도를 차지하고 있다(Park et al., 2008). 부산연안에서도 해조류 양식이 활발히 이루어지고 있으며 주요 양식종인 김, 미역, 다시마 양식의 생산량은 국내 총 생산량의 5.9%를 차지하고 있으며, 품종 별로는 미역 7.1%, 김 6.7%, 다시마 3.1%를 차지하고 있다(Gijang Gun Office, 2012). 각 해조류 양식종별 생산액의 국내 비율을 살펴보면, 김은 6.0%, 미역은 18.7%, 다시마는 13.1%를 차지하고 있어, 특히 미역양식은 생산량에 비하여 생산액이 전국 비율의 2.5배 이상 높아 품질 좋은 미역생산이 이루어지고 있음을 시사하고 있다. 부산연안에서 이루어지고 있는 미역생산의 시기를 살펴보면 일반적으로 조기산 미역양식에

서 후기산 건조용 미역까지 주로 9월 중순 이후에서 이듬해 4월까지 미역양식이 활발히 이루어지고 있으며, 9월 중순-12월까지의 조기산 물미역을 양성하여 10-12월에 수확을 하며, 11월에서 이듬해 3월까지의 후기산 물미역 및 건조용 미역을 양성하여 주로 이듬해 1-3월 사이에 수확을 한다. 또한 12월에서 이듬해 4월까지 양성하는 후기산 건조용 미역의 경우 수확은 이듬해 1-4월 사이에 이루어지고 있다(Gijang Gun Office, 2012).

해조류의 성장 및 생육에는 다양한 해양, 기상 요소가 작용을 하는 것으로 알려져 있으며(Lobban and Harrison, 1994; Dring, 1982; Dawes, 1981), 우리나라의 다양한 연구에서도 수온, 광도, 파고 등이 중요한 원인으로 알려져 있다(Nam, 1986; Koh et al., 1989; Koh and Sung, 1983; Nam et al., 1996). 특히, 수온과 해조류 양식과는 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있으며 김 생산량과 수온 등 환경과의 해역 별 상관성에 관한 연구는 다양하게 수행되어 왔다(Lee, 1988; Hong et al., 1987; Jang et al., 1983). 부산연안에서 미역 생산량과 수온과의 상관

#### Article history:

Received 4 March 2013; Revised 8 July 2013; Accepted 27 November 2013

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 720. 2231 Fax: +82. 51. 720. 2225

E-mail address: hisjamstec@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 941-947, December 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0941>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

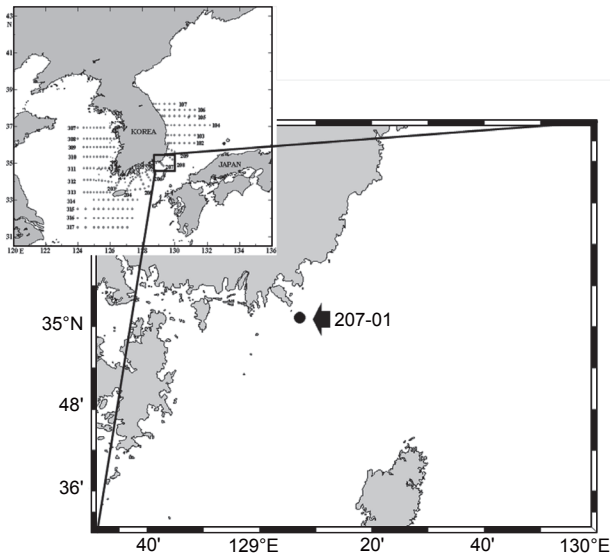


Fig. 1. Locations of Serial oceanography investigation stations and station 207-01.

관계에 관한 연구도 일부 수행되어 수온약층 이심에서 평년보다 낮은 수온일 때 미역 생산량이 증가하는 경향을 보인다(Kim et al., 2010). 이와 같은 물리적인 환경요소뿐만 아니라 영양염 및 미량원소와 같은 화학적인 요소도 해조류의 성장에 중요한 인자로 작용한다는 연구가 이루어져(Debaer, 1981), 실제로 부산연안의 미역 성장에 따른 영양염 흡수율에 관한 연구도 수행되었다(Shim et al., 2010).

최근 기후변화에 따른 한반도 주변 해역의 겨울철 수온 상승에 의해 미역양식 생산에 많은 영향을 줄 것으로 판단되지만(Han et al., 2008), 해조류와 다양한 해양관측자료와의 상관성 검토를 통한 생산량의 정량적 이해를 위한 연구는 수행되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 다양한 장기 해양관측자료를 바탕으로 부산연안을 대상으로 미역양식 생산과 해양인자와의 상관성을 도출하며, 이를 지수화하여 미역생산을 정량적으로 예측할 수 있는 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 부산연안 미역생산량

부산광역시 혹은 기상군청에서는 장기간의 체계적인 미역생산량 자료가 통계화되어 있지 않으며, 장기적인 지방자치단체별 미역양식 생산량 자료는 통계청 국가통계포털에서 제공하고 있는 부산광역시 미역양식 생산량 자료가 거의 유일하였다. 본 연구에서는 통계청 국가통계포털에서 제공하는 1990년 1월부터 2011년 12월까지의 부산광역시 미역 생산량 자료를 활용하였다(Statics Korea, 2012).

### 장기해양관측자료

해조류의 성장과 성육에 가장 많은 영향을 주는 것으로 알려진 수온을 비롯한 장기해양관측자료를 살펴보기 위하여 국립수산물과학원에서 장기간 관측중인 정선해양관측자료를 이용하였다. 국립수산물과학원에서는 1921년부터 한반도 주변 정선해양조사를 수행해 왔는데, 1961년 이후부터는 현재와 동일한 정점과 시기에 관측을 수행하였으며, 현재 25개선, 207개 정점, 14개 표준수층에 대한 해양 관측자료를 축적하고 있다. 현재 정선해양조사는 1년에 6회, 각 짝수월별로 관측이 이루어지고 있으며, 각 조사마다 시험조사선을 이용하여 수온, 염분, 용존산소, 동물플랑크톤, 영양염, 부유물질, 투명도 등을 측정하고 있다(Fig. 1). 본 연구에서는 정선해양관측 중 단기 해양관측자료를 얻기 힘든 염분, 용존산소, 영양염류의 부산 연안역에 가장 가까운 207라인의 01정점에 대한 격월 관측자료를 이용하였다.

또한, 단기적인 수온관측이 이루어지는 인공위성 원격탐사 해양관측자료를 이용하였다. 국립수산물과학원에서는 인공위성 정보를 활용하여 광범위한 해역의 해양수온정보를 반복적으로 획득하고 있으며, 이 중 1980년대 후반부터 지속적으로 자료가 축적된 NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration)/AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)의 표면수온 일일 관측 자료를 월 단위로 평균하여 사용하였다.

우리나라에는 장기적으로 동일 정점에 대하여 지속적으로 관

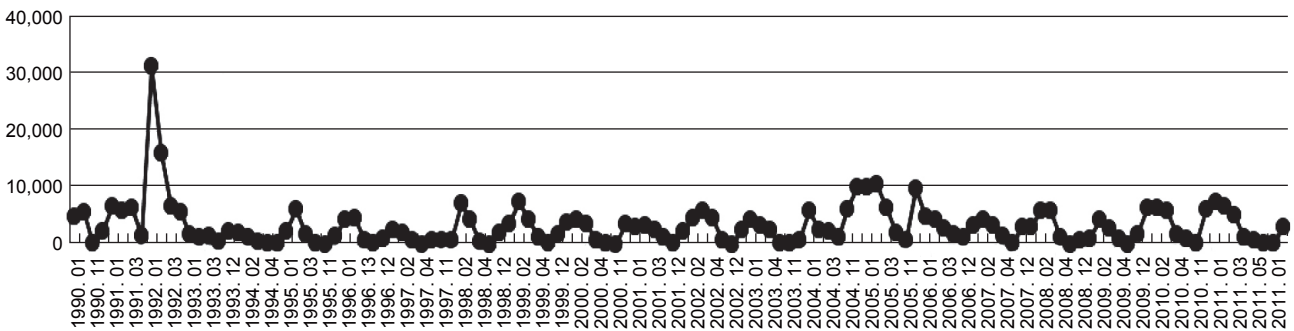


Fig. 2. Monthly production of *Undaria pinnatifida* in Busan from 1990 to 2011.

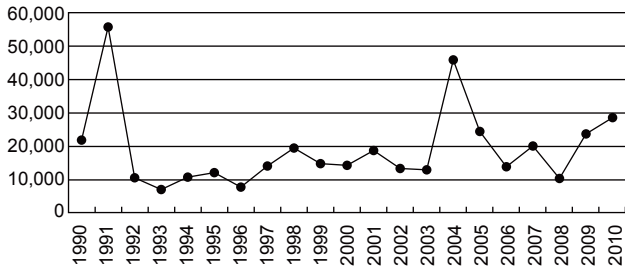


Fig. 3. Annual accumulated production of *Undaria pinnatifida* in Busan from 1990 to 2010.

측된 해류(유형/유속) 자료는 거의 존재하고 있지 않으며, 특히 관측해역 부근에서의 해류 영향을 살펴보기 위한 자료가 장기간 존재하고 있지 않다. 따라서 연구해역에서 중요한 역할을 하는 쓰시마난류의 장기 변동 경향을 살펴보기 위하여 일본 기상청에서 제공하는 쓰시마난류 세기의 장기 변동 자료를 활용하였다. 쓰시마난류 세기는 동해 100 m 수심에서 10°C 이상의 면적을 환산하여 지수로 만든 자료로써 쓰시마난류의 중심층인 100 m 부근 해역의 수온변화를 통하여 쓰시마난류의 세기를 추정한 자료이다. 일본 기상청에서는 본 자료를 20년 이상 축적하여 시계열화 하고 있다.

## 결 과

### 부산연안 미역생산량 변동 경향

본 연구에 사용된 1991년 1월부터 2011년 12월까지 통계청 국가통계포털의 부산광역시 미역생산량 자료를 활용한 변동 경향은 Fig. 2와 같다. 하지만, 월별 미역생산량 자료는 출하기간의 상이함에 의해 정량적인 의미는 내포하고 있지 않으며, 이는 통계청 제공의 월별 미역생산량 자료가 그 월의 생산을 대표하지 않음을 의미한다. 따라서 월별 미역생산량 자료의 사용에는 한계가 있으며 정량적인 의미가 있는 연간 축적된 미역생산량 자료를 사용하였다. 부산광역시에서의 미역양식 생산량은 동년 하반기 입식시기인 10월부터 익년 춘계 수확기인 4월까지 생산량이 나타났으며, 이들 변동 자료를 해양기상 자료와 살펴보기 위해서 매년 생산량 자료로 환산하여 살펴보았다(Fig. 3). 부산광역시의 미역양식 생산량은 연간 8,000톤에서 58,000톤까지 연간 변동이 크게 나타났으며, 특히 1991년은 58,000톤 내외로 매우 높은 생산성을 보였으며 2004년 역시 47,000톤 내외로 상대적으로 높은 생산량을 보였다. 반면 1993년과 1996년은 미역양식 생산량인 10,000톤 이하로 상대적으로 매우 낮은 생산량을 보였으며 대부분의 연도에서 미역 생산량이 10,000-30,000톤 내외의 규모로 나타났다.

### 수온 변동 경향

1989년부터 국립수산과학원에서 제공하고 있는 인공위성 수

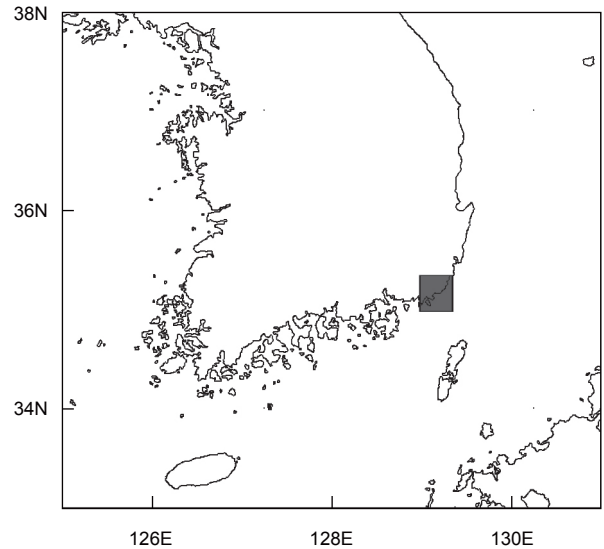


Fig. 4. Target area using satellite surface temperature data.

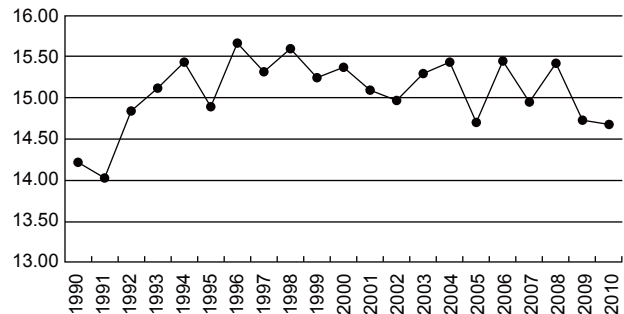


Fig. 5. Temporal variation of mean water temperature obtained by satellite from October to April in the target area.

온자료 (NOAA/AVHRR)는 연속적인 표층수온을 표출하므로 이 자료를 이용하여 연간 수온 변동 경향을 살펴보았다. 사용된 인공위성 수온자료는 35.0-35.5°N, 129.0-129.5°E의 격자 내에 들어 있는 일일 표층 수온자료를 10월부터 익년 4월까지 평균하여 이용하였다(Fig. 4). 해상도는 1 km 내외이며, 일일 이용자료는 약 300여 개로서 연간 변동에 사용된 관측 자료는 63,600여 개였다.

1990년부터 2010년까지 인공위성 표층수온의 10월에서 익년 4월까지 연간 평균 변동 경향은 Fig. 6과 같다. 대부분 연간 평균 수온이 14.5-15.5°C 내의 분포를 하였지만, 1990년과 1991년은 상대적으로 매우 낮은 수온(14.0°C 내외)을 보였고 1996년과 1998년은 15.5°C 이상의 수온을 나타내었다(Fig. 5).

### 염분 변동 경향

국립수산과학원의 정선해양관측 자료 중 207-01 정점의 표층

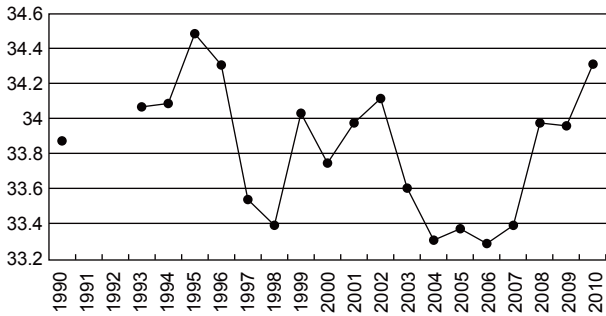


Fig. 6. Temporal variation of mean surface salinity from October to April at 207-01.

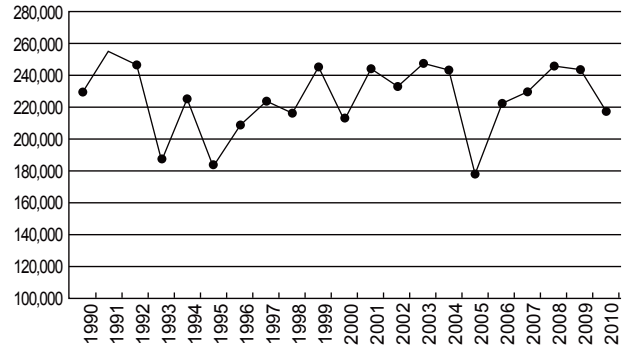


Fig. 8. Temporal variation of mean Tsushima Warm Current strength from October to April in the East Sea.

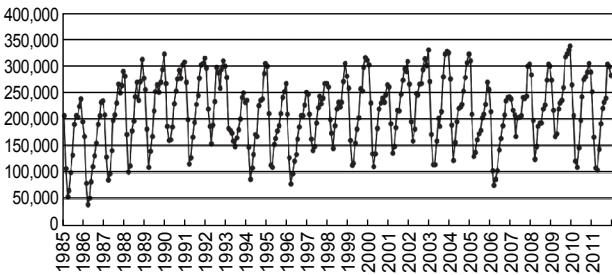


Fig. 7. Temporal variation of monthly Tsushima Warm Current strength in the East Sea.

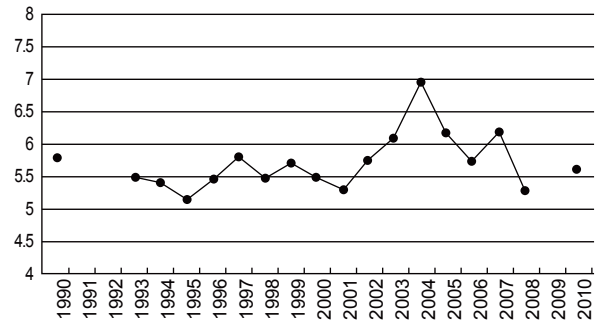


Fig. 9. Temporal variation of mean surface dissolved oxygen from October to April at 207-01 (unit is mL/L).

염분 변동 자료를 활용하여 부산광역시의 연간 미역양식 생산량 변동과의 상관성을 살펴보았다. 이용한 자료는 수온에서 이용된 자료와 마찬가지로 10월에서 익년 4월까지의 평균치를 만들어 경년 변동을 살펴보았다. 연구 해역의 염분 변화는 여름철은 주로 양자강 유출수의 거동 양상에 의해 큰 영향을 받으나, 겨울철에는 염분 변화가 적으며 주변 하천 및 해양학적 요인에 의한 영향에 의해 약한 변화 양상을 나타내게 된다. 이 해역에서 10년 이상 지속적으로 염분이 관측된 자료는 정선해양관측에 의한 자료가 유일하며, 따라서 자료의 해상도 등 부족한 점은 있지만 염분의 상관성을 살펴보기 위하여 이 자료를 이용하였다. Fig. 6은 연구해역인 207-01 정점에서의 표층 염분 변동 경향을 나타낸 것이다. 1991년과 1992년은 수온과 마찬가지로 정선해양관측 시스템의 문제로 관측이 이루어지지 않았다. 염분은 연구 영역에서 33.2-34.5 내외의 변동 양상을 보였으며, 이는 동해남부 해역의 겨울철 표층 염분의 변동 경향에 비하여 변동 폭이 큰 것으로 나타났다. 특히 1995, 2002, 2010년 등에서 표층 염분이 높게 나타난 반면, 1998, 2004-2007년에 표층 염분이 상대적으로 낮게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 이는 주변 대형 하천인 낙동강 유입수, 고온고염수로 형성된 쓰시마난류의 연안 접근 등에 의한 변화로 판단된다.

해류 변동 경향

쓰시마난류의 세기와 미역양식과의 상관성 분석을 위하여 일본 기상청에서 제공한 수심 100 m에 있어서 수온이 10℃ 이상의 해역 면적을 통해 환산한 쓰시마난류 세력 지수의 경년 변동 경향을 살펴보았다(Fig. 7). 쓰시마난류의 세력은 1980년대 후반에서 1990년대 초반까지 강한 세력을 유지하고 있었으며 이후 1990년대 중반 약해지는 경향을 보인 이후, 2000년대 초반 다시 강해지는 경향을 보였고, 2000년대 중반 다시 약해진 후 2000년대 후반 서서히 강해지는 경향을 나타내고 있다.

이 자료에서 연구해역의 미역양식과 관련 있는 10월에서 익년 4월까지 쓰시마난류 세력 값을 평균하여 각 연도의 대푯값으로 하여 경년 변동을 살펴보았다(Fig. 8). 늦가을에서 초봄 사이 쓰시마난류 세력은 1990년대 초반 및 2000년대 초반 그리고 2000년대 후반에 상대적으로 높은 세력을 보였으며, 반대로 1990년대 중반 및 2000년대 중반에는 이 시기에 쓰시마난류 세력이 상대적으로 약하게 나타났다. 대개 쓰시마난류의 제 3지류인 동한난류의 변동은 북향 혹은 북동향의 흐름을 가지고 있으므로, 유속의 상대적 차이에 따라 쓰시마난류 세력을 비교할 수 있을 것으로 판단된다.

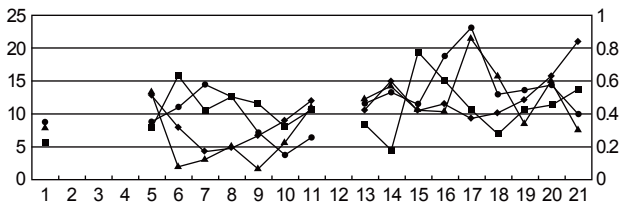


Fig. 10. Temporal variation of mean surface nutrients from October to April at 207-01 (circle : PO<sub>2</sub>, square : NO<sub>2</sub>, triangle : NO<sub>3</sub>, diamond shape : SiO<sub>2</sub>) (unit is μM).

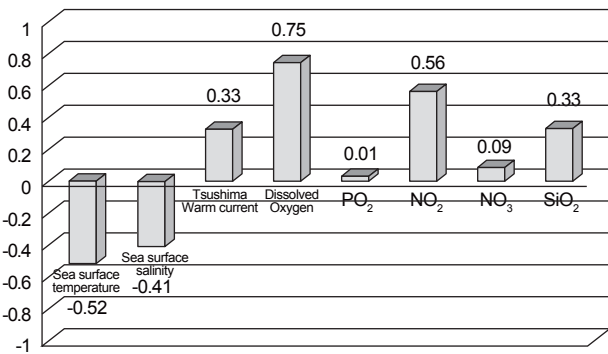


Fig. 11. Each cross-correlation coefficients for various oceanic factors with *Undaria pinnatifida* production.

해양 화학적요소 변동 경향

해양 화학적 요소, 즉 용존산소와 영양염류도 미역양식에 중요한 역할을 하리라 판단된다. 용존산소는 일반적으로 대기에서 해양으로 유입되며, 특히 연직혼합이 우세하게 나타나는 동계를 중심으로 높은 분포를 나타내게 된다. 영양염류도 일부 요소에 따라 기원을 달리하지만 하천에서의 유입, 저층으로부터의 유입과 이류에 의한 유입으로 결정되고 해양 식물인 미역의 생육에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 국립수산물학원의 정선해양관측 자료 중 207-01 정점의 표층 용존산소 자료와 표층 영양염류 4개 항목(인산염인, 아질산성질소, 질산성질소 및 규산염)의 변동 자료를 활용하였다. 이용한 자료는 수온 및 염분과 마찬가지로 10월에서 익년 4월까지의 평균치를 만들어 경년 변동을 살펴보았다(Fig. 9, Fig. 10).

1991년과 1992년은 수온, 염분과 마찬가지로 정선해양관측 시스템의 문제로 관측이 이루어지지 않았으며, 2009년 역시 모든 관측이 이루어지지 못했다. 연구영역의 용존산소는 5.0-7.0 mL/L의 범위였으며, 특히 2004년과 2007년에 6.0 mL/L 이상으로 상대적으로 높은 농도를 나타내었으며, 상대적으로 낮은 농도는 1995년, 2001년 및 2008년에 나타났다.

1991-1993년 및 2001년에 모든 관측이 이루어지지 못한 영양염류의 경우, 각 항목에 따라 변동 경향을 달리 하였다. 인산염인은 0.2-0.9 μM의 범위를 나타내었으며, 아질산성질소는 0.2-0.8 μM의 범위를 보였다. 질산성질소의 경우 1.0-21.0 μM의 범위를 나타내었으며, 규산염의 경우 4.0-21.0 μM의 범위를 보였다. 각 영양염류 항목에 따라 변동 폭과 절대 값이 다르게 나타나고 있지만, 일반적으로 2000년대 중반에 높은 농도를 보인 반면, 1990년대 중반에 상대적으로 낮은 농도를 나타내는 특징을 보였다.

해조류 생산 예측을 위한 해양지수 개발

실제로 해양인자가 미역 생육에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 미역 양식장 주변에 단주기(1일 이내)의 다양한 해양자료를 근거로 단주기의 미역 생육 자료와의 비교가 무엇보다 필요하다. 하지만, 본 연구에서 사용된 미역생산 자료가 연간 변동 이내의 주기에 대한 변동을 살펴보기 힘들어 연간 변동 경향을 통하여 부산연안의 미역양식 생산량과 해양인자간의 상관 관계를 살펴보았다.

우선 각 해양요소의 연간 평균자료와 연간 미역양식 생산량 자료로부터 상호상관함수(Cross correlation function)를 통하여 각 해양요소와 미역생산량 간의 상관계수를 살펴보았다(Fig. 11).

±0.3이상의 상대적으로 의미 있는 상관계수가 나타난 항목은 표면수온, 염분, 용존산소, 아질산성질소, 규산염, 쓰시마난류 세력 등 6개 항목이었다. 이 중 양의 상관을 보인 것은 용존산소, 아질산성질소, 규산염, 쓰시마난류 등 4개 항목이었고, 음의 상관을 보인 것은 표면수온 및 염분 자료였다.

Shim et al. (2010)과 Hwang et al. (2011)은 부산연안의 해조류 시료를 채집하여 실내배양 실험을 통하여 인산염인과 질산성질소 등 영양염 흡수량을 측정하여 해조류 성장과 영양염류의 흡수율이 비례하고 있음을 보고하고 있다. 따라서 해조류 생산량이 증가할수록 해역내의 인산염인과 질산성질소 등의 농도는 줄어야 하지만, 본 연구에서 낮은 상관관계를 나타내는 이유는 다른 해역으로부터의 공급 및 저층으로부터의 지속적 공급에 의해 실제 해양에서는 영양염류의 농도 변화가 나타나지 않는 것으로 판단된다.

본 분석의 결과, 수온이 낮을수록, 영양분과 산소가 풍부할수록, 염분이 낮을수록 그리고 쓰시마난류가 강할수록 미역양식 생산량이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

상기 관련성이 높은 해양요소 중에서 현재 개발되어 있는 해양물리 모델을 통해 구현 가능한 요소는 수온, 염분, 해류 등이 될 것이다. 영양염류 2개 요소와 용존산소는 해양물리 모델을 통한 구현이 불가능하며, 향후 상세 생태계 모델 등 해양생태를 고려한 모델에서만 구현이 가능할 것이다. 구현 가능한 해양환경요소로 weight를 산정하게 되면 표면 수온 0.413, 표층 염분이 0.325, 해류성분이 0.262가 된다.

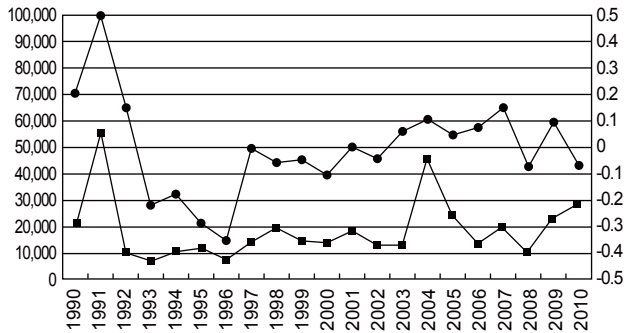


Fig. 12. Temporal variation of annual accumulated production of *Undaria pinnatifida* (black solid line) and IOU (red solid line).

이를 아래와 같은 식에 반영하게 되면

$$Y = \left[ \frac{(T_{max} + T_{min}) \times 0.5 - T_{prd}}{T_{max} - T_{min}} \right] \times W_t + \left[ \frac{(S_{max} + S_{min}) \times 0.5 - S_{prd}}{S_{max} - S_{min}} \right] \times W_s - \left[ \frac{(C_{max} + C_{min}) \times 0.5 - C_{prd}}{C_{max} - C_{min}} \right] \times W_c$$

로 설정할 수 있다. 여기서  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ 는 모델로 구현한 연구 영역, 연구기간 내에 표면 수온의 최대치 및 최소치를 말하며  $T_{prd}$ 는 이 해역에서 예측된 표면 수온 값이며,  $W_t$ 는 표면 수온의 weight로 표현될 것이다. 같은 방법으로  $S_{max}$ ,  $S_{min}$ 는 모델로 구현한 연구영역, 연구기간 내에 표층 염분의 최대치 및 최소치를 말하며  $S_{prd}$ 는 이 해역에서 예측된 표층 염분 값이며,  $W_s$ 는 표층 염분의 weight,  $C_{max}$ ,  $C_{min}$ 는 모델로 구현한 연구영역, 연구기간 내에 유속의 최대치 및 최소치를 말하며  $C_{prd}$ 는 이 해역에서 예측된 유속 값이며,  $W_c$ 는 해류의 weight를 나타낸다.  $Y$ 는 미역양식 생산에 대한 해양요소의 생산지수(IOU : Index of Oceanography factors for *U. pinnatifida*) (이후 해양지수)가 될 것이며  $-0.5 < Y < 0.5$ 의 범위에서 값이 존재하게 된다.  $Y=0$ 일 경우 해양요소가 미역양식 생산에 미치는 영향이 보통,  $Y>0$ 인 경우 해양요소가 좋은 조건,  $Y<0$ 인 경우 해양요소가 적합하지 않은 조건으로 나눌 것이다.

### 결과 및 고찰

양식생물에 대한 중장기적인 예측과 관련된 연구는 현재까지 거의 수행되고 있지 않다. 그 이유는 장기적인 해양환경을 예측하는 것도 곤란할 뿐 아니라, 양식생활 활동 자체가 입식량, 병해충, 이상해황 발생에 따른 폐사 등 인위적/자연적인 다양한 변수가 존재함에 따라 양식생산량 예측 정확성에 문제가 발생할 소지가 높으므로 판단된다. 하지만 상기의 발생 가능한 변수를 제외한 중장기적 해양요소의 양식생물 생산 호조건을 예측하는 것도 양식생산량 증대에 큰 도움이 될 것이다.

향후 해양기후 변화에 따른 부산연안의 미역양식 생산량을 정확하게 예측하기 위해서는 단주기의 미역 성장 자료 확보가 무엇보다 중요하며, 이를 통하여 미역의 단기 성장에 중요한 해양

환경 자료를 도출하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 도출된 부산광역시 주변 해역의 해조류 생산에 따른 해양지수가 실제로 적용 가능한가를 검증하기 위하여 본 연구에 사용된 수온, 염분 및 쓰시마난류 세기 자료를 근거로 실제로 미역양식 생산에 대한 해양지수를 구하였다. 1991년과 1992년은 염분 자료가 결측으로 이는  $W_t(0.611)$ 와  $W_c(0.389)$ 를 조정하여 보정하였다. 전반적으로 1991년에 가장 높은 지수인 0.5를 나타내었고, 1996년에 가장 낮은  $-0.351$ 을 나타내었으며 대부분의 지수들이  $-0.1 \sim -0.1$ 의 범위에서 변동하고 있었다. 또한 1993, 1995년 및 1996년은  $-0.2$  이하의 지수를 나타내었고, 2004년과 2007년은 0.1 이상의 지수를 보여 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 부산광역시의 미역생산량이 두드러지게 높았던 1991년과 2004년에 상대적으로 높은 해양지수가 나타났으며, 미역생산량이 상대적으로 매우 낮았던 1993년과 1996년에 역시 해양지수도 매우 낮게 나타나는 경향을 보였다(Fig. 12). 따라서 장기 해양관측자료로부터 구해진 해양지수는 실제 미역생산량과 잘 일치하고 있으며, 수온, 염분 및 유속장의 중장기적인 변화가 해조류 양식에 많은 영향을 주고 있다는 것을 시사하고 있다.

단, 미역생산량의 변동경향과 해양지수의 변동경향이 완전히 일치하지 않는 것은 용존산소 및 영양염류와 같이 미역생산에 직접적인 영향을 주는 항목을 배제한 후 해양지수가 생성된 것이 중요한 원인으로 보여지며, 이에 대한 향후 연구가 필요할 것이다. 도출된 해양지수는 연평균 자료를 기본으로 만들어졌기 때문에 실질적으로 이 지수는 월 단위 혹은 연 단위 등 장기 변동 경향을 살펴보는데 사용되는 것이 타당할 것으로 보며, 단기적인 변동경향은 기본적으로 미역양식에서 미역성장률, 미역 폐사율과 같은 단주기 생산자료가 확보된 후에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 생산지수 개발에 이용된 해양자료가 연평균 자료 등 장기간 평균한 자료로서 미역생육에 미치는 해양요소의 단주기 변동이 반영되어 있지 않았으므로 현재 구해진 weight를 이용한 해양지수는 3단계로 구분하여 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 따라서  $-0.1 < IOU < 0.1$ 의 경우 해양요소를 적합,  $IOU \geq 0.1$ 인 경우 호조건,  $IOU \leq -0.1$ 인 경우에는 악조건 등으로 구분하여 적용할 수 있을 것이다.

### 사 사

본 연구는 국립수산과학원 (기후변화가 어장생태계 구조에 미치는 영향 및 예측기술개발, RP-2013-ME-003)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### References

Chang SD, Chin P and Park KY. 1983. Effects of temperature, salinity, and silt and clay on the rate of photosynthesis of

- laver, *Porphyra yezoensis*. Bull Korean Fish Soc 16, 335-340.
- Dawes CJ. 1981. In *Marine Botany*. John Wiley & Sons (eds), New York, U.S.A., 628.
- Debaer JA. 1981. In *The Biology of Seaweeds*, CS Lobban and MJ Wynne (eds). Blackwell, Oxford, England, 356-391.
- Dring MJ. 1982. In *The biology of marine plants*. Edward Arnold, London, England, 199.
- Gijang Gun Office. 2012. Report of the examination for construction of Seaweed Breeding Convergence Research Center. Gijang Gun Special report, 1-5.
- Han IS, Suh YS, Seong KT and Go WJ. 2008. Long-term change of temperature in relation to climate-induced conditions in the Korean Waters. Proc. 4<sup>th</sup> PEACE Ocean Science Workshop, 24-25.
- Hong JS, Song CB, Kim NG, Kim JM and Huh HT. 1987. Oceanographic conditions in relation to laver production in Kwangyang Bay, Korea. Bull Korean Fish Soc 20), 237-247.
- Hwang JR, Shim JH, Kim JB, Kim SY and Lee YH. 2011. Variation in nutrients & CO<sub>2</sub> uptake rates and photosynthetic characteristics of *Saccharina japonica* from the south coast of Korea. J Korean Soc Oceanogr 16, 196-205.
- Kim SH and Kim DS. 2010. Effect of temperature on catch of Anchovy and Sea mustard (*Undaria pinnatifida*) in southern part of East Sea of Korea. J Korean Soc Marine Env & Safety 16, 153-159.
- Lee KT. 1988. Relations between environmental factors and the production of laver, (*Porphyra* Spp.), in the estuary of the Nakdong River. Master thesis Pusan National Fisheries University, Busan, Korea.
- Lobban CS and Harrison PJ. 1994. In *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, Cambridge, England, 366.
- Nam KW. 1986. On the marine benthic algal community of Chuckdo in eastern coast of Korea. Korea J Phycol 1, 185-202.
- Nam KW, Kim YS, Kim YH and Sohn CH. 1996. Benthic marine algae in the East coast of Korea : Flora, distribution and community structure, J Korean Fish Soc 29, 727-743.
- Shim JH, Hwang JR, Lee JS, Kim JH and Kim SS. 2010. Variation in nutrients and CO<sub>2</sub> uptake with growth of *Undaria pinnatifida* from the South Coast of Korea. Kor J Fish Aquat Sci 43, 679-686.
- Statics Korea. 2012. Korean Statistical Information Service

Database for agriculture, forestry and fishery. Retrieved from [http://kosis.kr/abroad/abroad\\_01List.jsp](http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp) on June 25.