

낙동강 하구 부근(용원리) 김 어장의 갯병
특히, 공장 폐수의 영향에 관하여

姜 悌 源*

**DISEASES OF THE CULTIVATED *PORPHYRA* AT CULTURE BEDS
WITH SPECIAL REFERENCE TO THE EFFECTS
OF FERTILIZER PLANT EFFLUENTS**

by

Jae Won KANG*

Considerable damages of the cultivated *Porphyra* by *Porphyra* diseases were reported from the *Porphyra* culture bed along the coast of Yongwon-ri, Changwon, Kyungnam during the years of 1969 and 1970. The present study deals with the effects of fertilizer plant effluents on the *Porphyra* diseases, and the results are summarized as follows:

1. By the result of current observation, the polluted water of Haeng-am Bay which has an inflow of pollutants from the fertilizer plant was affecting the bed with tides. The results of pollution studies in Chinhae Bay and adjacent waters conducted by Won and Park(1971) also show that Chinhae Bay and adjacent waters are contaminated with the plant effluents. It seems that the effect increases due to the wind drift current when north-westerly or westerly winds prevail.

Accordingly, effects of the *Porphyra* diseases in the culture bed seem to originate from the pollutants, since there are more damages when the north-westerly or westerly winds prevail, and also spring tide develops.

2. As compared to the photosynthetic activity of the *Porphyra suborbiculata* in uncontaminated seawater, it decreases up to 4% in 200ppm, 20% in 300ppm and 43% in 1,000ppm of contaminated seawater which contains diluted pollutants from the fertilizer plant. The results of the measurements using the water collected in the polluted area of Chinhae Bay and adjacent waters revealed that the photosynthesis was depressed about 21 to 34% near the plant, and in the area of the *Porphyra* beds, 15% in the portion where tide is weak and 5% where the tide is strong, in comparison with the area of unpolluted water.

3. Although the present results do not indicate the exact level of harmful pollutants, it is evident that the pollutants of the plant effluents interfere photosynthetic activity of the *Porphyra*, even in the water containing pollutants as low as 200 ppm.

서 론

김 갯병이라는 것은, 엽체가 퇴색하거나, 썩어서 유실되는 것을 통틀어서 말한 것으로, 김의 생리적 장애 또

* 釜山水產大學, Pusan Fisheries College

는 각종 병원균의 침입으로 일어난다. 그 원인이나 발생 기구는 매우 다양하고, 또한 서로 연관성을 가지고 있어서 매우 복잡하다.

우리 나라에서는 매년 갯병으로 김의 품질이 저하되거나 또는 수확이 크게 감소되는 수가 허다히 있었으나 아직 그 실패가 정확히 파악되지 않고 있다. 다만 1933년, 낙동강 하구 김 어장에서 있었던, 전멸 상태의 대홍작의 원인이 부착 구조 및 세균에 의한 것이라고 富士川(1934)가 조사, 보고했을 뿐이다.

김의 생리적 장애는 대체로 기상 및 해황의 이변 등 환경의 이상이나, 김 밭의 관리 소홀 또는 부적으로 생기는 것으로 알려져 있었으나, 일본에서는 근래, 임해 공업의 발달로 산업 폐수에 의한 예도 많이 보게 되었다.

1969년에, 경남 창원군 웅동면의 용원어협 관하 김 어장에서, 갯병으로 양식 사업이 실패되었고, 또다시 1970년에는 양식 초기부터 갯병으로 사업을 포기하게 되었으며, 그 원인으로서는, 질해화학(4비)의 폐수의 관련 여부가 거론되었다. 저자는 1971년 3월~1972년 3월에 질해화학의 폐수가 김에 미치는 영향을 광합성법으로 판정하였고, 폐수가 김 어장까지 미치는가의 여부를 해수 유동으로 조사하여, 그 결과와 갯병과의 관계를 고찰한 바를 보고하고자 한다.

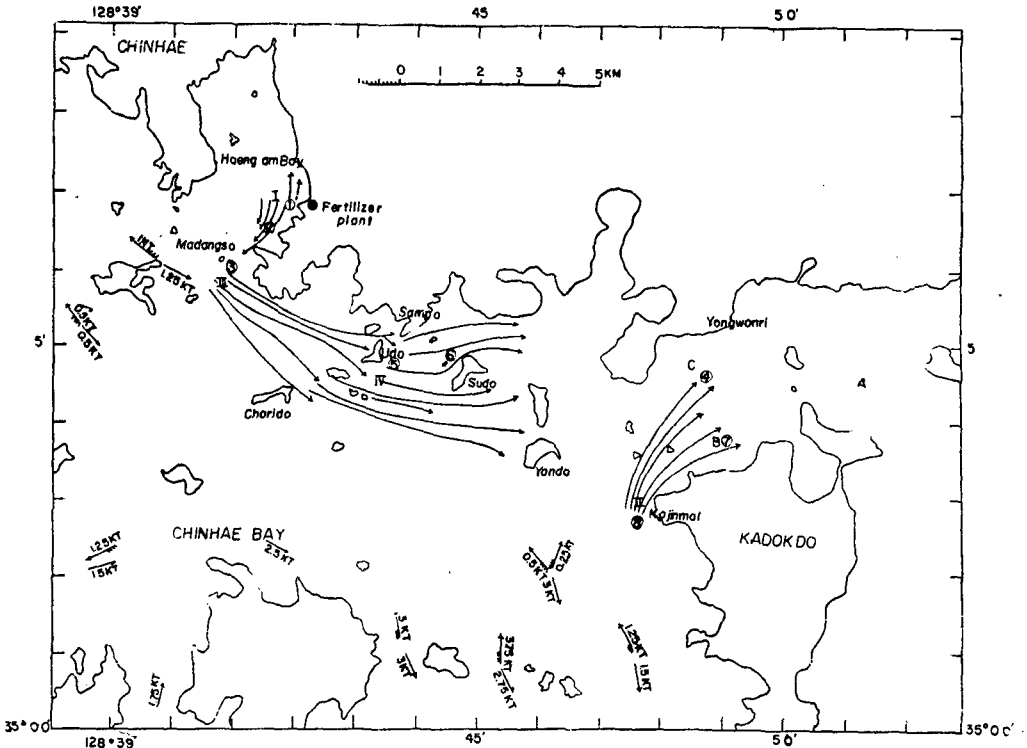


Fig. 1. Map showing the tidal currents (I-IV), the stations (1-8) where the water was sampled for the measurements of photosynthetic activity and localities of the *Porphyra* culture beds (A-C).

조사 방법 및 결과

1. 갯병 피해 사항

(1) 1969년도 : 송정수로 또는 닻거리 앞(Fig. 1, A)에서 채묘하여, 11월 상순에 유체가 1~2cm될 때 양식장 (B, C)에 이식하였더니, 약 10일 후부터 유체가 퇴색하여 끝이 녹아 없어지거나 또는 완전히 없어지기도 하고,

김 어장의 갯병 특히, 공장 폐수의 영향

장소에 따라서는 백색으로 퇴색되었다. 그리고, 2차 싹도 나타나지 않았다.

12월 초순부터 일부 살아 남은 열체와, 재차 채묘하여 이식한 것이 생장을 하였고, 새로운 2차 싹이 나타났다. 그러나, 대체로 생장은 지 못했다.

12월 하순~1월 상순에는 열체가 황색으로 퇴색되었고, 생장은 매우 불량했다.

1월 하순부터는 열체가 황색으로 퇴색되었을 뿐만 아니라, 암종병, 호상균(新崎, 1960; 右田, 1969) 및 일종의 구균의 기생이 심했고, 열체끝이 흰갯병 증상을 띠었으며, 열체는 매우 쉽게 탈락되기 시작했다. 그리고, 열면에 사상균(藤田·錢谷, 1967)의 착생도 있었으나 붉은갯병 증상은 없었다.

2월 초순에는 피해가 극심하여 C지점 부근에서는 완전히 백색으로 변하였고, B 지점 부근에서는 유실되지 않고 남은 것도 전연 상품의 가치가 없는 것으로 되었다.

(2) 1970년도: 전년과 동일하게 채묘하여, 전년에 피해가 다소 적었던 B 지점에 소량 이식하였으나, 이식후 1주일 이내에 퇴색되고, 끝에서부터 녹아 없어져 양식을 완전히 포기하였다.

이상의 양식 기간 중에서도 이 어장에 있어서, 겨울의 계절풍인 북서풍 또는 서풍이 강하면 강할수록 피해가 더 컸고, 간혹, 동풍이 불 때는 다소 소생하였다. 그리고, 또한, 대조지도 소조시보다 피해가 더 컸다.

2. 해수 유동 조사

폐수가 주입되고 있는 행암만의 오염 해수가 조석에 따라 어느 방향으로 흐르는가를 표류병 및 표류판으로 조사하였다.

대조시의 썰물 및 밀물초에 표류병 및 표류판을 투하선상에 같은 간격으로 투하하고, 동력선으로 이들을 추적하면서 자기콤파스의 방위로 위치를 수시 기록하고 기록한 위치를 연결하여 유적을 추정하였다.

(1) 1차 시험(1971. 3. 27, 9:45): Fig. 1, I에서 표시한 바와 같이, 행암만에 있어서 행암동 육안에서 300m 떨어진 위치에서 서쪽으로 표류병 80개, 표류판 8개를 투하하여, 썰물 때의 유동을 관찰하였다. 썰물 때는 행암만에서 진해만으로 유출되었다.

(2) 2차 시험(1971. 3. 27, 14:45): Fig. 1, II에서 표시된 바와 같이, 가덕도 교전달 육안에서 200m 떨어진 위치에서 서쪽으로 표류병 39개, 표류판 10개를 같은 간격으로 투하하여 밀물 때의 유동을 관찰하였더니, 어장 쪽으로 흘러 갔다.

(3) 제3차 조사(1971. 3. 28, 9:45): Fig. 1, III에서 표시된 바와 같이, 태일산 앞바다의 마당 등대와 화도 사이에 표류병 170개, 표류판 17개를 같은 간격으로 투하하여 썰물 때의 유동을 관찰하였다.

흐름은 동남쪽으로 흐르며 그 주류는 우도와 초리도 사이를 지난다.

(4) 제4차 조사(1972. 4. 11, 9:00): Fig. 1, IV에서 표시된 바와 같이, 삼포리 앞 돌단과 초리도 사이에 표류병 150개, 표류판 20개를 같은 간격으로 투하하여, 썰물 때의 유동을 관찰하였다. 흐름은 대체로 서쪽으로 흘렀다.

3. 광합성에 미치는 폐수의 영향

(1) 회색된 폐수의 영향: 해운대 임해연구소 앞, 바위에 자생하는 등근돌김 *Porphyra suborbiculata*를 채취하여, millipore로 여과한 깨끗한 해수로 씻은 다음, 갈아서 균등한 현탁액으로 하여 2ml씩을 취해서 실험 재료로 사용했다. 그리고, 광합성 측정에 사용한 해수는, 임해연구소 앞의 오염되지 않은 정상 해수(salinity 33.5‰, pH 7.5)로 공장 폐수를 100, 200, 300, 400, 500, 및 1,000ppm로 각각 희석한 것이다. 측정시의 조도는 4,000 lux (백색 현광등 사용), 수온은 10℃였다.

실험 결과는 Table 1에 표시된 바와 같이, 정상 해수인 대조구와 비교하여 200ppm까지는 불과 약 4%밖에 감소하지 않았으나 300ppm에서는 갑자기 약 20%로, 1,000ppm에서는 약 43%로 감소하였다.

(2) 공장 및 어장 부근의 오염 해수의 영향: 재료 및 방법은 전기와 같다.

폐수로 오염되었다고 인정되는, 공장 및 어장 부근의 8개 지점(Fig. 1, 1~8)의 해수를 취해서 millipore로 여과하여 실험에 사용하였다.

결과는 Table 2에 표시된 바와 같이, 공장에서 가까운 지점인 1~3에서는 광합성능이 가장 낮아서, 지점 8의 그것보다 21~34%가 낮았다. 어장내에 있어서도 조류 소통이 좋은 울리 앞(지점 7)은 조류 소통이 좋지 못한 안골 앞(지점 4)보다 높았다.

Table 1. Photosynthetic Activities of *Porphyra suborbiculata* in the Sea Water Which Contains Dilluted Pollutants

concentration of pollutants (ppm)	QO ₂	%
Control	15.30	100
100	14.76	96.67
200	14.68	95.94
300	10.25	66.93
400	10.15	66.33
500	9.74	63.66
1,000	8.63	56.45

Table 2. Photosynthetic Activities of *Porphyra suborbiculata* in the Polluted Sea Water

station No.	QO ₂	%
8	17.14	100
7	16.27	94.86
6	15.21	88.73
5	15.06	87.86
4	14.02	84.79
3	13.50	78.76
2	12.88	75.15
1	11.14	65.99

고 찰

1. 해수 유동상으로 본, 폐수의 영향

해수 유동 조사 결과, 공장 폐수가 주입되고 있는 행암만의 오염 해수는 썰물을 따라 진해만에 유출되고 있다. 그리고, 해도상의 조류 속도로 보아, 썰물 때가 밀물 때보다 빠르므로 조석이 거듭되는 동안, 퇴색되면서 계속 진해만 바깥쪽으로 유출된다고 생각된다. 또, 삼포 및 초리도 부근에 유출된 오염 해수는 해안선을 따라 어장쪽으로 흐르고 있다.

이상은, 元·朴(1971)이 공장 폐수중의 fluorine ion을 추적자로 하여, 공장 및 어장 부근의 그 농도의 분포로 폐수 오염 상태를 조사한 결과와 일치하고 있다. 즉, 해수 유동상으로 진해만과는 별개의 수계에 속하는(元 1970), A지역의 F 함량은 0.9ppm인데, B, C 및 그 서쪽의 진해만에서는 1.1~1.9ppm가 검출되었고, 폐수가 직접 주입되고 있는 행암만에서는 A지역보다 3~4배가, 배수구 부근은 6배 이상이, 그리고 공장내의 폐수지는 10배인 10ppm가 검출되었다.

이상의 조사는, 바람의 영향을 거의 무시할 수 있는 상태에서 조사된 결과이므로, 양식 기간중에 볼 수 있는 복서풍 또는 서풍이 강하게 불 때는 취송류에 의해서 보다 고농도의 오염 해수가 어장에 미치리라고 추측된다.

일반적으로, 김 양식장에서는 풍파가 김 성장을 촉진시키고 있으므로, 온화한 날씨가 계속되어 김이 퇴색되었다가도 바람으로 해수 유동이 심하게 되면 색택이 회복되고, 생장이 촉진된다. 그러나, 이곳 어장에서는 복서풍 또는 서풍이 강하면 퇴색이 심해지고, 반대로, 가끔 동풍이 불 때면 회복되는 기현상을 나타내었다. 따라서, 이것은 전기한 바와 같이 복서풍이나 서풍이 강할 때는 취송류로 인하여 오염 해수의 영향이 증가되기 때문이라고 해석된다.

2. 갯벌에 미치는 영향

김 염전에 이상 세포 분열로 생기는 암종은, 공장 폐수중의 미량 물질이 원인이 되고 있다고 藤山(1957)는 추정했다. 尾形(1967)는 저농도의 유독 물질이 만성적으로 영향을 미칠 때, 핵산 대사의 저해로 생겨난다고 했다.

그리고, 新崎·외(1960)는 실제로 김의 실내 배양에 의해서, phenol 또는 KCN가 암작용 및 호산균 번식 촉진 작용이 있다고 했다. 그런데, 진해화학에서 제시한 자료(KIST에서 분석한)에 따르면, 폐수 중에는 phenol가 75 µg/l, CN이 10µg/l 이하가 함유되었고, 지점 6의 해수에는 CN이 8.3µg/l 함유되어 있었다. 따라서, 이들 유독 물질은 그 농도가 매우 낮기는 하나 암종병 및 호산균의 기생과의 관계가 주목된다. 渡邊·외(1970)는 흰갯벌 증상의 염체는 광합성능 저하로 한층 병적 상태가 촉진된다고 했다. 즉, 폐수의 악영향으로 생리적 기능의 저하

및 호상균 침입으로 인한 흰갯병 증상을 띠게 되고, 또 다시 광합성능 저하로 그 증상을 더욱 악화시키는 것으로 해석된다.

3. 폐수 영향의 평가

산업 폐수가 김에 미치는 영향을, 藤谷·千國(1957, '58)는 색소의 변화 및 인산의 흡수 변화로, 敦賀(1963)는 황산 흡수의 변화로 판정하였다. 한편, 尾形·외(1953, '56)는 $AgNO_3$ 반응법 및 TTC (2-3-5-triphenyl-tetrazolium chloride) 반응법으로 김 또는 홰파래 세포의 상해도를 판정하였다. 그런데, 藤谷·千國(1960)는 육안적 및 현미경 관찰법, $AgNO_3$ 반응법 및 TTC반응법을 비교했을 때, 이중 TTC반응법이 전기의 인산흡수법에 가장 가까운 수치를 나타내었다고 했다. 그 후, 尾形(1967)는 세포가 완전히 죽기까지의 과정에서, 그 영향을 정확히 검출하는 데는 광합성능 또는 영양염 흡수 저해 정도를 측정하는 것이 가장 정밀하다고 했다. 그러나, 광합성능 측정은 단시간에 가능하나, 영양염 흡수법은 이보다 장시간 배양을 해야하는 어려움이 있다. 그러므로, 岩崎(1965)도 환경과 김의 성장과의 관계를 해석할 때, 김의 생리 상태를 광합성 활력으로 판정하였다. 즉, 광합성은 여러 생리작용의 종합적인 결과로 나타날 뿐만 아니라, 단시간에 가장 뚜렷하게 나타날 수 있는 생리작용이므로, 단시간 배양에서 가장 효과적으로 폐수의 영향을 판단할 수 있다고 생각한다.

자연 수역에 있어서, 어떠한 수치로써 폐수 영향의 한계 기준을 세울 것인가는 자연 환경이 매우 복잡하므로 대단히 어려운 문제라고 생각한다. 이에 관해서, 尾形(1967)는 처음으로 광합성능 50% 저해 농도를 김 세포의 치사한계 농도로하고, 그 농도의 1/10을 안전 기준으로 할 것을 제안했다. 그리고, 어린 엽체는 성체의 경우보다 1/10 농도에서도 영향을 받는다고 했다. 이번 실험 결과로는 폐수가 1,000ppm 함유된 해수에서 43%, 그리고 지점 1의 해수에서 34% 정도 각각 광합성능이 저해되었다. 그런데, 전자는 오염 해수 중에 24~96시간 동안 전처리한 엽체를 조도 10,000lux, 온도 20°C에서, 양식된 김 *Porphyra tenera*를 재료로 하여 실험한 결과이다. 그러나, 후자의 경우는, 전처리하지 않은 등근돌김 *P. suborbiculata*를 재료로 하여, 조도 5,000 lux, 온도 10°C에서 측정한 것이다. 따라서, 김이 광합성을 할 때의 최적조건은(野澤, 1967) 조도 10,000~15,000lux, 온도 10~15°C 이라는 점을 감안할 때, 후자에 있어서는 전자보다 대조구와의 차이가 적을 것으로 추측되며, 따라서, 훨씬 저농도에서 尾形가 제의한 한계 기준에 도달하리라고 추정된다.

藤谷(1962)는 펄프 공장의 폐수가 김을 직접 죽이지 않는 저농도 일지라도 자연에 있어서 김이 죽게 되는 것은, 폐수의 영향으로 생리 기능이 저해되었을 때, 환경의 변동 등 악조건의 상승작용으로 일어난다고 했다. 진해화학공장 폐수의 경우, 피해가 컸던, 복서풍 또는 서풍이 강할 때, 어장에 미치는 폐수의 농도를 정확히 추정하기 어려울 뿐만 아니라, 현장법에 의한 광합성능 측정도 어렵다. 따라서, 폐수가 직접 김을 죽였는지의 여부를 논외로 하더라도, 비교적 저농도에서 광합성능을 저하시켰으므로, 이와 같은 생리작용의 장애는 김 생활의 기초적 여건에 영향을 미치기 때문에 김에 미치는 영향으로는 높이 평가되어야 한다고 생각한다.

요 약

진해화학(4비)의 폐수가 경남 창원군 웅동면 용원리 김 어장에 미치는 영향을 조사하여, 1969, 70년도에 막대한 피해를 준 갯병과의 관계를 고찰하였다.

1. 해수 유동의 조사 결과, 폐수가 주입되고 있는 행암만의 오염 해수는 조석에 따라 김 어장에 영향을 미치고 있으며, 이 결과는 공장 폐수 중의 F^- 를 추적자로 하여, 진해만의 오염 상태를 조사한 결과와도 일치하였다. 그리고, 복서풍 또는 서풍이 강하게 불 때는, 취송류에 의해서 그 영향은 증대되리라고 추측된다.

따라서, 복서풍 또는 서풍이 강하게 불 때 또는 소조시보다, 대조시에 갯병의 피해가 더 컸던 것은 폐수의 영향에 기인한 것으로 추정된다.

2. 폐수를 희석한 오염 해수로 김의 광합성능을 측정한 결과, 200ppm까지는 대조구인 정상 해수보다, 약 4%, 300ppm에서는 갑자기 약 20%, 그리고, 1,000ppm에서는 약 43%가 감소되었다.

한편, 폐수로 오염된 공장 및 어장 부근의 8개 지점(Fig. 1, 1~8)의 해수로 광합성능을 측정한 결과, 오염의 가

능성이 거의 없는 곳의 해수에서보다, 공장에서 가까운 곳의 해수에서는 34~21%, 어장내에 있어서, 조류 소동이 좋지 못한 곳은 15%, 좋은 곳은 5%씩 각각 감소되었다.

3. 폐수가 직접 김을 죽게 했는지의 여부는 고사하더라도, 저농도에서도 명확히 생리적 장애가 인정되었으며 환경 조건의 악변 또는 기생균의 기생 등 상승작용은 김에게 피해를 가중시켰다고 생각된다.

따라서, 폐수에 의한 생리적 장애는 김 생활의 기본적인 여건에 영향을 끼치므로, 폐수의 영향은 높이 평가되어야 한다고 생각된다.

끝으로, 본연구은 문교부에서 교부되는 연구조성비에 의해서 이루어졌으며, 연구에 협조해주신, 부산수산대학 교수 장지원씨(해수 유동 조사), 동 박정홍씨(갯병 현황 조사), 동 진평씨(광합성 측정), 그리고, 해운대임해연구소 시설 사용을 허락해주시고, 원고를 읽어주신 동 소장 이병돈박사께 심심한 감사를 드린다.

문 헌

新崎盛敏(1960): アマノリ類に寄生する壺狀菌について. 日水誌, 26(6), 543—548:

_____ · 井上晃男 · 河内庄伸(1960): ノリの病害, 特に1959年漁期東京灣奥部でみられた癌腫病 · 壺狀菌病について. 全上, 26(11), 1074~1081.

富士川濤(1934): 洛東江に於ける海苔凶作の原因に就いて. 朝鮮水試特輯, 7, 1—29.

藤田雄二 · 錢谷武平(1967): アサクサノリ葉体に着生する糸狀細菌 *Leucothrix mucor*의 一般生物學的性狀ならびに發育環境要因について. 長崎大學水産學部研報, 22, 81—89.

藤谷 超(1962): パルプ工場廢水の水産生物に及ぼす生理學的影響に關する研究. 内海區水研研報, 17, 1—87.

_____ · 千國史郎(1957): 産業廢水のノリに及ぼす影響に關する研究(第1報). 全上, 10, 53—56.

_____ · _____ (1958): 全上(第2報). 全上, 11, 53—67.

_____ · _____ (1960): 各種方法による廢水のノリに及ぼす影響の比較. 水産増殖, 7(3), 48—52.

藤山虎也(1957): ノリの癌腫病. 全上, 4(4), 67—73.

岩崎英雄(1965): アサクサノリの生理 · 生態に關する研究. 廣島大學水畜産學部研報, 6, 133—241.

野澤治治(1967): 放射性同位元素 ^{14}C によるアサクサノリの光合成測定法. Information Bulletin on Planktonology in Japan, Commemoration Number of Dr Y. Matsue.

右田清治(1969): 養殖アマノリの壺狀菌病について. 長崎大學水産學部研報, 28, 13—145.

尾形英二(1956): アサクサノリおよびヒトエグサの傷害度とTTC還元との關係. 日水誌, 22(7), 404—407.

_____ (1967): 汚水によるノリ被害の生理學. 水處理技術, 8(1), 29—42.

_____ · 永井 進(1953): 藻體細胞の硝酸銀反應について. 全上, 19(6), 750—752.