

넙치 육상양식장의 동력 사용 실태



김병기
강원도립대학 교수
TEL)033-660-3421
E-mail) pkkim@gangwon.ac.kr

1. 개요

우리나라의 2001년 어류양식 총생산량은 91,585톤으로서 1998년 대비 8% 증가하였으며, 양식 방법별로는 해상 가두리 생산량은 50,169톤으로 총 생산량 대비 55%를 차지하고 있으며, 육상수조식 생산량은 38,819톤으로 43%, 축제식 생산량은 2,597톤으로 2%를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 어류양식 특성상 대부분 비상장 판매에 의존하기 때문에 정확한 생산고를 추정하기는 매우 어려운 실정이다. 해양수산부 자료를 중심으로 보면, 2001년 넙치양식 총생산량은 40,066톤으로서 어류양식생산량의 44%를 차지하고 있으며 넙치생산량의 96%인 38,568톤이 육상수조식 양식장에서 생산되고 있으며, 축제식 양식장에서 2.5%가 양식되고 있다. 넙치양식의 대부분을 차지하는 육상수조식 양식장 수면적은 2001년 총 164.4ha이던 것이 2002년 187ha로 증가하였으며, 축제식의 경우 77.1ha를 차지하고 있다. 이외 해상가두리양식의 경우 2001년 50.3ha와 2002년 45.3ha의 수면적에서 생산되고 있는 것으로 조사되었다 (해양수산부 2002a).

이와 같이 넙치양식의 대부분은 육상 취수형으

로 운영되고 있고, 대부분 유수식양식법을 채택하고 있기 때문에 양식 수면적 뿐만 아니라 양수 능력은 바로 양식생산 능력과 직결 된다. 따라서 육상양식장을 운영하기 위한 초기 설계단계에서부터 양수에 필요한 펌프의 결정과 전기사용량을 예측하는 것은 매우 중요하다.

유수식 양식장의 취수는 계절에 따라 달라지게 되고, 특히 여름철의 경우는 수온이 높아 산소포화도가 떨어지고, 고수온으로 인한 스트레스 때문에 주로 사육수량을 늘리거나 액체산소를 사용하고, 지역에 따라 지하해수를 추가로 공급한다. 일반적으로 해산어 양식장에서 사육조의 용존산소량은 6mg/l 이상을 유지하는 것이 기준이어서 양식시설을 설계할 단계부터 양수펌프의 용량을 늘려 잡거나 펌프의 수를 늘리는 방법으로 여유를 두는 것이 보통이다.

따라서 여기에서는 동·남, 제주의 육상넙치양식장 전기사용실태를 중심으로 수면적과 생산량에 따른 전기사용 수준을 파악하였다.

2. 넙치 육상양식장의 양수시설

양수에 필요한 동력 규모를 결정할 때 먼저 고

려되는 것은 물을 올려야 되는 높이 즉, 양수고이다. 양수고가 높을수록 지구의 중력과 상반되기 때문에 동력에너지를 많이 소모하게 된다. 보통 소형의 원심펌프로 비중 1의 담수를 1m³/분 올리는데 소요되는 동력은 양수고가 5m에 2.2Kw, 10m에 3.7Kw, 20m에 11Kw로 증가하여 간다. 이것은 펌프의 기종이나 전기의 싸이클에 의하여 변화하는데 양수 용량이 큰 원심사류펌프에서는 양수고 2m에서 0.6Kw 정도이고, 5m에서 1.5Kw 정도로 전자에 비해 더 효율적이다 (노 2002). 따라서 보통의 양식장은 양수고의 값을 줄이기 위하여 해수면 아래에 펌프를 설치한다. 이것은 결국 지하 시설을 만들고 여기에 펌프를 위치시켜 양수량을 늘리거나 동력비를 절감한다.

동력 규모를 결정하는 또 다른 요인으로는 취수방식이다. 취수정에서 펌프를 이용하여 올린 물은 저수조 없이 바로 사육수조로 보내는 직결식 배관방법이 있지만 사육수조내의 수압조정을 균일하게 유지하는 문제나 침전 및 여과의 필요성이 있는 곳 또는 지하해수와 자연해수를 혼합하여 적절한 수온으로 조정한다든지, 용존산소량이 부족한 물에 산소공급 등을 위하여 저수조를 설치하는 경우가 많다. 저수조를 설치하고, 여기에 여러 대의 펌프로부터 양수할 경우에는 각 양식동에 균일한 수압으로 골고루 분배하므로 펌프의 수량이나 크기에 여유가 너무 클 필요는 없다. 저수조의 규모는 종전에는 펌프의 고장 정전 등 불시의 사고에 대비하여 대규모의 저수조를 시설하는 예가 많았지만 근래에는 전체 사육수조의 실수량의 3% 정도의 범위로 비교적 작게 만들어 사용한다.

대체로 양식장에서 많이 사용되고 있는 것은

흡인식 펌프로 물고기의 사육에 필요한 수량은 사육 어류의 종류, 크기, 수온에 따라 산소 요구량이 달라지기 때문에 같은 용량의 펌프를 복수로 설치하거나 용량이 다른 2종류의 펌프를 설치하는 것이 보통이다.

3. 넙치 육상양식장의 수면적과 전기 사용량과의 관계

양식장에서 쓰는 전기는 대부분 사육수를 양수하는데 활용하는데, 이는 사육수의 확보 능력을 말하는 즉, 생산력과 직접 관련이 있다. 양식장에 따라 사육수의 이용방법과 효율성 문제 등이 다소 틀릴 수 있으나, 우리 나라 육상넙치 양식장은 주로 유수식으로 운영되기 때문에 사육수의 공급 능력은 결국 용존산소의 공급, 오폐물의 배출에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 생산능력을 결정 짓는 중요한 요인이다. 동남해안과 제주도의 육상넙치양식장 전기사용실태를 조사한 결과는 표 1, 2, 3과 같다.

전기사용 비중이 큰 항목을 보면, 펌프류, 불로워, 냉동실, 사료제조기, 오존발생기, 사육실 조명 등이다. 이들 중 양수에 필요한 펌프 전기 사용량이 가장 커 전체 전기사용량의 69.9~85.2%를 차지하고 있다.

넙치육상양식장의 단위면적당 연간전기사용량을 조사한 결과는 표 4와 같이, 업체는 단위수면적당 전기사용량이 270~482Kw/m² (평균 396Kw/m²) 정도인 것으로 나타났다. 나아가 이러한 결과를 토대로 양식장 수면적과 연간 총 전기사용량과의 관계를 조사한 결과는 그림 1과 같이 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

기획특집

표 1. 육상넙치양식장(A)의 양식관련장비 연간 정격전기 사용 실태

기기명		계산	연간정격전기량 (Kw/년)
펌프	연중	45Kw/시간×24시간×365일/년×5대 30Kw/시간×24시간×365일/년×1대 22.5Kw/시간×24시간×365일/년×2대	2,649,600
	8, 9월	0.75Kw/시간×24시간×60일/년×20대	
Blower		22.5Kw/시간×24시간×365일/년×1대 18.8Kw/시간×24시간×365일/년×1대 7.5Kw/시간×24시간×365일/년×1대 5.6Kw/시간×24시간×365일/년×1대	476,544
냉동실		22.5Kw/시간×24시간×365년×1대	197,100
MP제조기		18.8Kw/시간×7시간×365일/년×1대 15.0Kw/시간×7시간×365일/년×1대	86,359
계			3,409,603

표 2. 육상넙치양식장(B)의 양식관련장비 연간 정격전기 사용 실태

기기명		계산	연간정격전기량 (Kw/년)
펌프	연중	56.3Kw/시간×24시간×365일/년×4대 37.5Kw/시간×24시간×365일/년×4대	3,342,912
	8, 9월	15Kw/시간×24시간×60일/년×1대 2Kw/시간×24시간×60일/년×12대	
Blower		18.8Kw/시간×24시간×365일/년×3대	494,064
오존발생기		19.5Kw/시간×24시간×365일/년×3대	512,460
냉동실		37.5Kw/시간×24시간×365년×1대	328,500
MP제조기		37.5Kw/시간×4시간×365일/년×1대 18.8Kw/시간×4시간×365일/년×1대	82,198
사육조 전등		0.3Kw/시간×4시간×365일/년×57개	24,966
계			4,785,100

표 3. 육상넙치양식장 펌프의 연간 전기사용 실태

업 체	구 분	연간 전기 사용 구분		합계	비고
		펌 프	기 타		
1	사용량 (Kw/년)	2,649,600	760,003	3,409,603	
	비율(%)	77.7	22.3	100	
2	사용량 (Kw/년)	3,228,576	734,526	3,963,102	
	비율(%)	81.5	18.5	100	
3	사용량 (Kw/년)	3,342,912	1,442,188	4,785,100	
	비율(%)	69.9	30.1	100	
4	사용량 (Kw/년)	722,700	125,724	848,424	
	비율(%)	85.2	14.8	100	

표 4. 조사대상어장의 단위수면적당 연간 전기 사용량

업 체	총 전기사용량 (Kw/년)	수면적(m ²)	단위수면적당 전기사용량(Kw/m ²)
1	3,156,399	7,979	395.59
2	3,481,179	8,643.4	402.76
3	2,375,814	5,063.8	469.18
4	546,870	1,315.1	415.84
5	858,837	2,702	317.85
6	1,081,887	4,003.3	270.25
7	1,339,516	3,672	364.79
8	975,306	2,523	386.57
9	810,723	1,680	482.57
10	4,259,218	10,556	403.49
11	2,194,391	4,903	447.56
평 균	1,916,376	4,821.9	396

기획특집

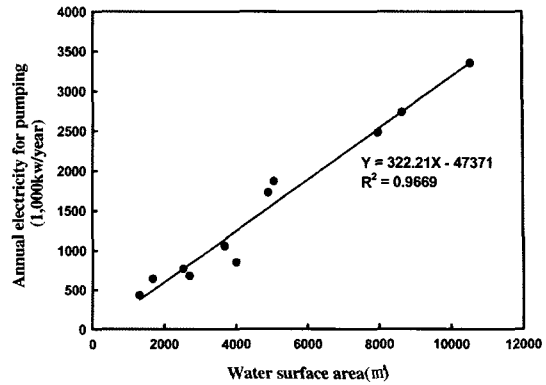
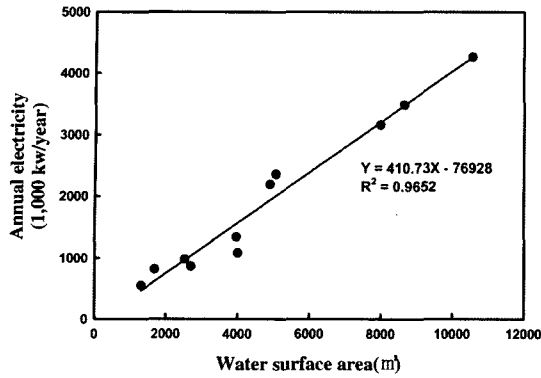


그림 1. 양식 수면적과 연간 총 전기사용량과의 관계

그림 2. 수면적과 연간 펌프 전기사용량과의 관계

표 5. 조사대상어장의 단위수면적당 연간 펌프 전기 사용량

업 체	총 전기사용량 (Kw/년)	펌프 전기사용량 (Kw/년)*	수면적(m ²)	단위수면적당 연간 펌프 전기사용량(Kw/m ²)
1	3,156,399	2,480,929	7,979	311
2	3,481,179	2,736,206	8,643.4	316
3	2,375,814	1,867,389	5,063.8	369
4	546,870	429,839	1,315.1	327
5	858,837	675,045	2,702	250
6	1,081,887	850,363	4,003.3	212
7	1,339,516	1,052,859	3,672	287
8	975,306	766,590	2,523	304
9	810,723	637,228	1,680	379
10	4,259,218	3,347,745	10,556	317
11	2,194,391	1,724,791	4,903	352
평균	1,916,376	1,506,271	4,821.9	311

*표 3의 전체 전기사용량 대비 펌프의 전기사용량 비율(78.6%)로 환산.

한편, 총 전기사용량 중 펌프의 연간 전기사용량을 추정한 결과는 표 5와 같으며, 이 자료로부터 단위수면적당 연간 펌프 전기사용량을 산출한 결과 212~379Kw/m²(평균 311Kw/m²) 수준으로 업체간 약 1.79배의 차이가 있었다. 한편, 수면적

과 연간 펌프 전기사용량과의 상관관계는 그림 2와 같다.

4. 넙치 육상양식장의 생산량과 전기 사용량과의 관계

육상넙치양식장의 생산량과 전기사용량과의 관계를 구하기 위해서는 우선 일반적인 넙치의 성장률을 알아야 한다. 따라서 해양수산부(2001)의 각 지역별 성장도 추정치 자료를 이용하여 입식 후 사육기간에 따른 어체중 증가를 구하였다. 여기서 Y는 어체중을 나타내고 x=사육기간 (개월)을 나타낼 때 사육기간에 따른 어체중 증가 곡선은

$$Y = 29.655x^{1.281} \quad (r^2 = 0.907) \quad (\text{식 1})$$

으로 나타났다. 식 (1)을 이용하여 넙치를 육상 양식장에서 6개월 및 12개월간 양성시켰을 때 넙치의 평균 무게는 294.4g 및 715.4g으로 각각 성장하는 것으로 나타났다(그림 3).

한편, 양식장의 최대 방양밀도를 연간 생산 가능량이라고 가정한다면 양식장의 연간생산량을 추정할 수 있다. 따라서 동·남, 제주도 지역 11개소의 양식장을 대상으로 판매 가능크기를 중심으로 양성밀도를 조사하였다. 조사 자료 중 일부 기형적으로 양성밀도가 낮은 자료를 제외하고 어체중과 양성밀도간의 상관관계를 구한 결과는 그림 4와 같다.

육상넙치양식장에서 12개월 사육한 넙치의 추정 크기는 (식1)로부터 산출한 715.4g이고, 이 자료로부터 그림 4의 자료를 활용하면 단위면적당 연간양식생산량은 30.83Kg/m²이 된다.

또 다른 방법으로 판매 가능크기의 방양밀도를 구할 수 있다.

넙치는 생태적으로 저서성 어류이기 때문에 사육시 오직 수조 저면만을 점유하는 점이 타 어종과 다른 특징이므로, 사육밀도는 어체체표면적이 저면적을 덮는 비율(covering rate)로 나타내야 한다고 제시하였다 (장과 유 1988). 이런 점에 착안하여 김 등(1993)은 넙치의 covering rate를 모눈

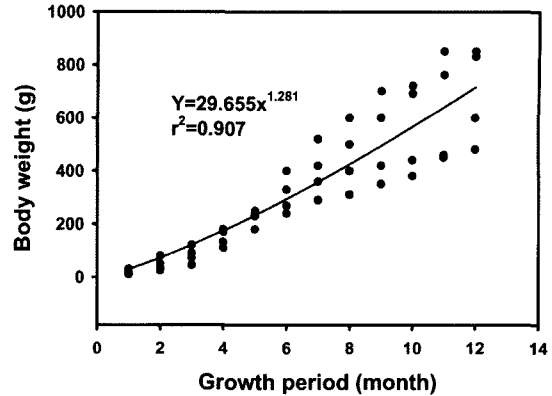


그림 3. 입식후 넙치의 사육기간에 따른 어체중 증가

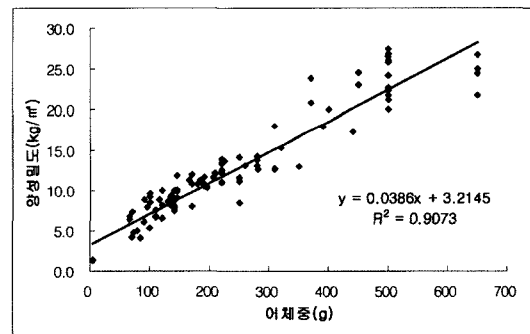


그림 4. 넙치양식장의 어체중과 양성밀도와의 관계

종이를 이용하여 산출한 결과 육상수조양식은 체 표면적비 2의 사육밀도가 적합하다고 하였으며, 2.5까지 성장하게 되면 covering rate를 2로 조절하여 재수용하는 것을 반복하면 양식생산성을 최대로 높일 수 있다고 한다.

따라서 조사대상 양식장이 보유하고 있는 넙치를 대상으로 연급군별 체 표면적을 조사하였다. 넙치를 대상으로 covering rate를 알아내기 위해 우선 넙치의 체표면적을 구하였다. 체표면적을 구하기 위해서 우선 각 양식장에서 무작위로 넙치를 추출하여 디지털카메라(Camedia, Olympus C-3000ZOOM, Japan)를 이용하여 샘플로 추출한

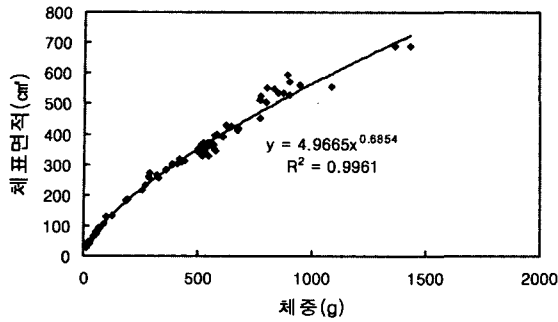


그림 5. 판매 가능 크기인 넙치의 체중별 체표면적

넙치를 scale bar (L 80mm x W5mm)와 같이 사진 촬영하였다. 촬영된 이미지를 컴퓨터로 불러들인 후 이미지분석 프로그램 (Optima, USA)를 이용하여 넙치의 체표면적을 구하였다. 연급군별 체표면적을 구한 결과는 그림 5와 같다.

넙치 육상양식장 11개소에 대하여 양식장이 보유하고 있는 넙치를 무작위로 추출하여 체중별 체표면적에 대한 회귀직선식을 아래와 같이 구할 수 있었다.

$$Y = 4.9665 X^{0.6854} \quad r^2 = 0.9961 \quad (\text{식2})$$

여기서, Y= 체표면적 (cm²), x=체중 (g)을 나타낸다.

식(1)과 식(2)로부터 양성기간 12개월째의 어체 크기인 715.4g의 체표면적은 449.32cm²가 되고, 이 값으로부터 단위면적당 방양밀도 즉, covering rate 1에 해당하는 값은 15.92Kg/m²(= 10,000cm²/449.32cm²×0.7194Kg/마리)이 된다.

한편, 11개 넙치양식장을 대상으로 각 양식장의 양성밀도와 covering rate를 조사하였다. 각 양식장에서 500g이상의 크기에 도달한 사육탱크를 대상으로 단위면적당 양성밀도(Kg/m²)를 조사하고, 이 중 정상적인 양성밀도로 사육하고 있는 탱크를 각 업체별로 1개씩 골라 covering rate를 조사한 결과는 표 6에 나타내었다. 이것은 단위면적당 정상적인 양성밀도로 양식장을 1회전 운전·생산한다고 가정하면 업체별 연간양식생산량의 추정이 가능해진다. 조사결과 평균 covering

표 6. 넙치육상양식장이 보유한 판매가능 크기의 방양밀도를 기준으로 한 covering rate 산출 결과

업체	어체중 (g)	방양밀도 (Kg/m ²)	체표면적 (m ² /마리)	단위바닥 면적당 수용 마릿수 (마리/m ²)	단위바닥 면적당 어체중 (Kg/m ²)	covering rate*
1	500	22.7	0.035150	28.45	14.2	1.6
2	580	33.6	0.038914	25.70	14.9	2.3
3	900	22.0	0.052588	19.02	17.1	1.3
4	550	16.1	0.037523	26.65	14.7	1.1
5	900	30.9	0.052588	19.02	17.1	1.8
6	550	33.3	0.037523	26.65	14.7	2.3
7	1400	33.3	0.071188	14.05	19.7	1.7
평균	768	27.4	0.04	22.79	16.1	1.72

*covering rate 산출 : 1 m²/체표면적(m²/마리) = 단위면적당 수용 마릿수(마리/m²), 단위면적당 수용 마릿수×어체중(g) = 단위 바닥 면적당 어체중(Kg/m²), 방양밀도(Kg/m²)/단위 바닥 면적당 어체중(Kg/m²) = covering rate.

표 7. 조사대상어장의 단위수면적당 연간 펌프 전기 사용량

업 체	총 전기사용량 (Kw/년)*	수면적(m ²)	추정연간생산량 (Kg/m ²)*	단위생산량 당 연간 펌프 전기사용량(Kw/Kg)
1	2,480,929	7,979	232,188	10.69
2	2,736,206	8,643.4	251,522	10.88
3	1,867,389	5,063.8	147,356	12.67
4	429,839	1,315.1	38,269	11.23
5	675,045	2,702	78,628	8.59
6	850,363	4,003.3	116,496	7.30
7	1,052,859	3,672	106,855	9.85
8	766,590	2,523	73,419	10.44
9	637,228	1,680	48,888	13.03
10	3,347,745	10,556	307,179	10.90
11	1,724,791	4,903	142,677	12.09
평 균	1,506,271	4,821.9	140,316	10.70

*넙치성장도와 covering rate로부터 산출한 평균값(29.1Kg/m²) 적용.

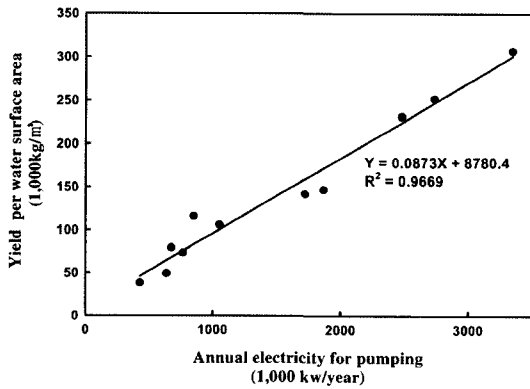


그림 6. 단위면적당 생산량과 펌프의 연간 전기사용량과의 관계

rate는 1.72로 나타났다.

이러한 결과를 뒷받침할 수 있는 문헌을 보면, 전 등(1993)은 넙치는 covering rate 2.0에서 안정

되고 성장이 가장 양호한 것으로 보고하고 있어 위 결과를 잘 뒷받침하고 있다. 따라서 조사결과인 covering rate 1.72를 적용하면, 수확대상 크기의 단위 면적(m²) 당 양성할 수 있는 무게(Kg)는 방양밀도인 27.4Kg/m²과 유사한 27.38Kg/m²이 된다.

이러한 결과를 바탕으로 추정 연간생산량과 단위생산량 당 연간 펌프 전기사용량을 산출하였고(표 7), 이들간의 상관관계는 그림 6에 나타내었다.

양성밀도는 용수의 수질과 환수율 및 어체의 상황에 따라 다르지만, 지나치게 고밀도 방성을 하면 성장이 늦어지고 사료의 효율도 저하되면서 폐사율이 높아지는 것이 사실이다(김 2000). 또, 사육기간 중 밀도를 과도하게 높이면 몸 빛깔이 검어져서 상품가치가 떨어지는 경향이 있다. 그

러나 넙치는 저서성 어류이고 모래 속에 잠입하여 서식하는 생태적 특성 때문에 수조내에 저밀도로 수용하는 것 보다 모래를 깔아주거나 여러 개체가 겹쳐있도록 할 때 더욱 안정된 산소소비량을 나타낸다고 한다.

4. 결론

최근 어류양식업계는 소비량 감소, 외국산 활어의 대량 수입 등으로 큰 어려움을 겪고 있다. 나아가 연안어장의 오염 등으로 양식산업의 리스크 또한 커 수익성이 크게 감소하고 있는 실정이다. 앞으로 이러한 추세는 당분간 지속될 것으로 판단되므로 양식업계는 지속적인 국제 경쟁력 확보가 관건이라 할 수 있다. 무엇보다도 양식생산 원가의 절감을 통하여 수익성과 경쟁력을 향상시키는 것은 필수적이다. 본 조사의 11개사를 대상으로 전기사용량을 조사한 결과 단위수면적당 연간 총 전기사용량은 최소 270Kw/m²부터 482Kw/m²로 약 1.79배의 격차를 보였다. 이는 단위면적당 전기 사용량을 체계적으로 관리할 경우 양식경비를 획기적으로 감소시킬 수 있다는 것이다.

넙치의 유수식육상양식장을 운영함에 있어 대부분의 양식 운영자는 사육수의 증가는 양식생산량과 직결되고, 질병 등으로부터 해방되는 지름길이라는 강한 의지를 가지고 있다. 또한, 질병을 근원적으로 치료하지 않고, 예방 및 치료 목적으로 약제를 연중 지속적으로 사용한다면 병 주고 약 주는 일을 반복하는 결과이다. 이는 양식어류의 면역기능을 떨어뜨리는 결과이기 때문이다. 나아가 사료제조나 공급과 같은 관리기법을 향상시켜 수질을 개선을 하지 않고 사료찌꺼기의 원활한 배출을 위하여 사육지의 수위를 낮추는 등

의 임시 방편으로는 양식어류는 지속적으로 스트레스에 노출되는 것이다. 계절과 장소에 따라 하루에도 몇 도씩 변화하는 깨끗한 사육해수를 충분히 넣어준다고 해서 해결될 일이 아니다. 저자는 오랫동안 외국의 사례와 경험 등을 통하여 체험한 결과 양식생물에게 필요한 것은 '깨끗한 물'이 아니라 '안정된 물'이 우선이고 깨끗한 물이라는 강한 믿음을 가지고 있다. 양식생물은 어느 정도의 수질변화에는 잘 적응하지만 지속적인 변화에는 바로 스트레스와 질병 발생으로 연결된다. 조금 나쁜 수질이라도 안정된 것이 중요하다. 본 조사에서도 양수량은 매우 적으면서 이를 재순환하거나 보조 에어레이션 장비를 써 효율적으로 사육수를 운영하면서 양식경비와 질병발생을 획기적으로 줄이고, 양식생물의 양성밀도도 높여 생산성을 향상시키는 양식장이 있었다. 단순한 차이라고 보이지만 경쟁력에는 큰 차이가 있는 것이다. 양식의 효율성을 높이고 경비를 절감하려는 노력 없이는 경쟁력은 점점 멀어져 간다는 인식이 절실한 시점이다.

참고 문헌

- 김인배. 2000. 어류양식학. 구덕. 부산. 433p.
- 노섭. 1987. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) 양식에 관한 연구. 제주도연구, 제4집 : 125~146.
- 노섭. 2002. 양식장 시설. <http://www.aquapia.cheju.ac.kr>
- 本田晴朗, 菊池弘太郎, 岩田仲弘, 武田重信, 度部良朋, 植本弘明, 清野通康. 1991. ヒラメの高密度飼育技術の開発. 電力中央研究所研報. U91013. p.25.

- 本田晴朗, 菊池弘太郎, 左伯功, 植本弘明, 清野通康. 1988. 飼育實驗と酸素消費量により推定したヒラメの飼育限界密度. 電力中央研究所研報. U87074. p.19.
- 本田晴朗, 清野通康, 菊池弘太郎, 左伯功. 1987. ヒラメのかの飼育密度と成長. 1. 体重300~500gのヒラメについて. 電力中央研究所研報. U86052. p.15.
- 石田修. 1993. クロアワビの成長にす及ぼす飼育密度の影響. 수산증식 41(4), 431~433.
- 장영진, 김승현, 양한섭. 1995. 반폐쇄식 순환여과 사육시스템에서의 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) 양식. 한수지, 28 : 457~468.
- 전임기, 민광식, 이종문, 김광수, 손맹현. 1993. 넙치 육상수조양식을 위한 적정사육밀도. 수진연구보고, 48 : 57~70.
- 한국수산신보. 1993. 수산양식. 8월호, pp. 141~143.
- 한국수산신보. 1993. 수산양식. 9월호, pp. 163~165.
- 한국수산신보. 2002. 수산양식. 7월호, pp. 190~196.
- 한국수자원공사. 1996. 넙치양식표준설계도. 양식자료집, 제27호, p180.
- 한국해양연구소. 1990. 고급어종의 대량종묘생산 기업화 연구(III). PSPG00095-301-3. 과학기술처, 서울. 411pp.
- 한국해양연구소. 1993. 넙치 종묘 대량 생산 기술 개발. 과학기술처, 서울. 168pp.
- 해양수산부. 2001a. 전국 양식어장 수범 사례집 (최근 수산기술보급). 해양수산부정책국, 발간등록번호 11-1520000--23-10. p.170.
- 해양수산부. 2001b. 전국수산기술보급사업평가회의 자료집. 등록번호 4400-53580-36-15. p25.
- 해양수산부. 2002a. 전국수산기술보급사업평가회의 주제 발표집. 행정간행물 등록번호 11-1520000-000458-10. p21.
- 해양수산부. 2002b. <http://www.momaf.go.kr/data/statistics/statistics.asp>
- 황진욱, 이승우, 류정근. 1997. 넙치 양식업의 경영실태와 경쟁력 제고방안 연구. 수진연구보고, 53:171~191.