

제주지역 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 연쇄구균병 원인체의 분리특성과 *Streptococcus parauberis*의 혈청형 변화

김경욱 · 유은호 · 양혜영 · 강봉조[†]

제주특별자치도 해양수산연구원

Isolation Characteristics of causative agent of Streptococcosis and Serotype Changes of *Streptococcus parauberis* from olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Jeju

Kyeong Wook Kim, Eun Ho Yoo, Hye Young Yang and Bong Jo Kang[†]

Jeju Special Self-Governing Province Ocean and Fisheries Research Institute,
Jeju 63629, Republic of Korea

During the period from 2003 to 2020, a total of 470 *Streptococcus* species were isolated from farmed flounder in Jeju. Out of 470 isolates, 92 (19.6%) isolates and 378 isolates (80.4%) were identified as *Streptococcus iniae* and *S. parauberis*, respectively by multiplex PCR assay. During that period, the percentage of *S. iniae* decreased from 56.9% in 2003 to 0.0% in 2020 whereas that of *S. parauberis* increased from 43.1% in 2003 to 100% in 2020. In the PCR assay for serotyping, the isolated *S. parauberis* showed 3 subserotypes, I a (34.9%), I b/ I c (46.3%) and II (18.8%). In 2003 and 2004, serotype II was dominant at 59.1% and 50.0% of isolation rates, however between 2005 and 2009, subserotype Ib/Ic was dominant (57.6%, 86.0%, 84.6%, 57.9%, and 83.3%). After 2010, except for 2015, subserotype Ia was the most dominant one. In the last 3 years (2018 to 2020), subserotype I a was most abundant (70%), followed by subserotype I b/ I c (16-30%). Serotype II was not isolated in 2018, but in 2019 and 2020, it showed an increased tendency to 3.4% and 16.7%, respectively. It is believed that continuous monitoring is necessary for research on counter-measures against streptococcosis of flounder.

Key words: olive flounder, streptococcosis, *Streptococcus iniae*, *Streptococcus parauberis*, serotype

서 론

넙치는 국내 해수양식어류 중 가장 생산량이 많은 어종이며 제주지역에서 전국 생산량의 약 60%

정도를 차지하고 있다(제주특별자치도, 2020). 이러한 넙치 양식과정에서 연쇄구균병은 극복해야 되는 주요한 질병 중 하나로 꼽히고 있다. 어류의 연쇄구균병은 1957년 일본의 양식 무지개송어에서 처음 보고되었으며(Hoshina *et al.*, 1958), 넙치의 연쇄구균 감염보고는 일본에서 Nakatsugawa(1983)에 의해 처음 알려졌다. 국내 넙치의 질병피해 현황 조사를 보면 연쇄구균병에 의한 폐사는 약 13%

[†]Corresponding author: Bong Jo Kang
Tel: +82-64-710-8510, Fax: +82-64-710-8505
E-mail: kbc1922@korea.kr

내외인 것으로 조사되어 세균성 질병 중에서는 가장 피해가 심각한 질병으로 보고되고 있으며(Kim *et al.*, 2012; Jee *et al.*, 2014), 연쇄구균병 치료목적으로 amoxicillin등이 주로 사용되는 것으로 보고되고 있다(Jee *et al.*, 2014). 국내의 경우 2000년대 중반까지는 넙치 연쇄구균병 원인체로 β -용혈성 연쇄구균인 *Streptococcus iniae* 감염보고가 주로 알려져 있으며(Heo *et al.*, 2001; Kang *et al.*, 2007), 2006년도에 처음으로 *Streptococcus parauberis*에 대한 연구가 보고되었다(Baeck *et al.*, 2006; Jeong *et al.*, 2006). *S. parauberis*는 양식어류에서는 터봇(*Scophthalmus maximus*)에서 처음 보고되었으며(Doménech *et al.*, 1996), 일본에서는 2002년도부터 넙치의 연쇄구균병 원인체로 인식되어왔다(Kanai *et al.*, 2009). 넙치에서 분리되는 *S. parauberis*는 다양한 혈청형이 존재한다는 것이 보고되었으며(Han *et al.*, 2011; Kanai *et al.*, 2015), Meng 등(2009)은 *S. parauberis* serotype II는 Tn916을 보유함으로 인해 테트라사이클린 내성이 있다고 보고하였다. 이렇듯 *S. parauberis*에 대한 연쇄구균병의 경우에는 어떤 혈청형이 유행하는가에 대한 모니터링은 질병관리차원에서 중요하다고 생각된다.

국내 넙치의 연쇄구균병에 대한 대책의 일환으로 2006년도부터 연쇄구균병 예방을 위한 백신 보급이 본격화 되었으며 현재 양식현장에서는 백신의 지속적 개발 필요성이 요구되고 있는 실정이다. 백신의 지속적 개발과 질병 예방을 위해서는 우선적으로 해당 질병에 대한 체계적인 모니터링 연구가 수반되어야 할 것이다. 본 연구는 2003년부터 2020년까지 제주지역 양식넙치에서 분리된 연쇄구균을 대상으로 종 동정과 혈청형 분석을 통해 현재 보급 중인 넙치 연쇄구균 예방 백신 연구를 비롯한 대책 연구에 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

Streptococcus 균주 확보

제주지역 넙치양식장에서 2003년부터 2020년 사이에 체색 흑화, 안구 돌출, 복부팽만 및 탈장 등의 연쇄구균병 임상증상을 보이는 개체들을 채집 후 streptococcus를 분리하였다. Streptococcus가 분리된 넙치 개체들의 크기는 대부분 성어였으며 일부 치어도 포함되었다. 분리된 streptococcus 중 냉동보관(-80℃)을 통해 확보가 가능한 균주 총 470균주를 대상으로 이번 연구를 수행하였다. 2012년의 경우 3균주, 2013년과 2014년은 확보된 균주가 없었으며, 2016년의 경우 1균주, 2017년 5균주로 일부 년도의 경우에는 확보된 균주가 부족하거나 없었지만 나머지 년도의 경우에는 대부분 14~59 균주가 확보되어 전체적인 동향 분석은 가능할 것으로 판단되었다(Table 1).

DNA 분리

분리 및 냉동 보관 중인 streptococcus 균주를 sheep blood agar에 도말 후 30℃에서 24시간 배양 후 순수 배양된 colony를 DNAdvance kit(Beckman coulter, USA)와 Biomek XN^P(Beckman coulter, USA)를 이용하여 DNA를 추출하였다.

Streptococcus의 동정

확보된 streptococcus 균주들을 대상으로 Mata 등(2004)의 보고한 어류의 연쇄구균병 원인체 검출을 위한 multiplex PCR 방법을 통해 종 동정을 하였으며, 이때 국내에서 분리보고가 없는 *S. difficilis*를 제외하고 3종의 streptococcus(*S. iniae*, *S. parauberis*, *L. garvieae*)에 대하여 동정하였다(Table 2). PCR 반응은 94℃에서 2분간 pre-denaturation 후 92℃에서 1분간 denaturation, 55℃에서 1분간 annealing, 72℃에서 90초간 extension의 반응을 25회 반복 후 72℃

Table 1. Number of streptococcus isolated from flounder in Jeju between 2003 and 2020

Years	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
No. of isolates	51	41	47	50	46	23	14	29	31	3	-*	-	17	1	5	17	59	36	470

*No streptococcus was collected

Table 2. Primer for identification of streptococcus (Mata *et al.*, 2004)

Primer pair	Sequences (5' to 3')	Target gene	PCR amplicon (bp)	Pathogen
Spa2152 Spa2870	TTTCGTCTGAGGCAATGTTG GCTTCATATATCGCTATACT	23S rRNA	718	<i>S. parauberis</i>
LOX-1 LOX-2	AAGGGGAAATCGCAAGTGCC ATATCTGATTGGGCCGTCTAA	lctO	870	<i>S. iniae</i>
pLG-1 pLG-2	CATAACAATGAGAATCGC GCACCCTCGCGGGTTG	16S rRNA	1,100	<i>L. garvieae</i>

에서 5분간 post-extension 조건으로 하였다. 이때 표준균주 *S. iniae* KCTC 3657, *S. parauberis* KCTC 3651, *L. garvieae* KCTC 3772를 positive control로 사용하였다. PCR 산물을 1×TAE buffer를 전기영동 완충액으로 하여 1.5% agarose gel상에서 전기영동 후 UV 검출기를 이용하여 ultraviolet상에서 검출되는 산물의 크기를 확인하였다.

***S. parauberis*의 혈청형 분석**

*Streptococcus*에 대한 종 동정결과 *S. parauberis*로 동정된 균주들을 대상으로 혈청형 분석을 하였다. 현재까지 넙치에서 분리되는 *S. parauberis*는 5가지 혈청형(subserotype I a, I b, I c, serotype II 및 nontypeable)이 보고되어 있으며(Kanai *et al.*, 2015), PCR 방법을 이용한 혈청형 진단법으로 subserotype I a, I b/ I c와 serotype II를 구분할 수 있다고 보고되었다(Tu *et al.*, 2015). 다만 이 PCR 방법으로는 *S. parauberis* subserotype I b와 I c를 구별할 수 없고 nontypeable group의 경우에는 subserotyp I b/ I c 또는 serotype II와 PCR 산물의 크기가 동일한 결과가 얻어졌다고 보고하였다. 이 연구에서는 *S. parauberis*에 serotype에 대한 연도별 변화 패턴을 파악하고자 하였고, 항혈청 확보가 어

려움에 따라 응집시험 대신 간편한 시험법을 적용하고자 Tu 등(2015)이 제시한 PCR 방법을 이용하여 subserotype I a, I b/ I c와 serotype II 등 3가지 혈청형으로 구분 분석하였다(Table 3). PCR 반응은 95℃에서 3분간 pre-denaturation 후 98℃에서 10초간 denaturation, 55℃에서 30초간 annealing, 72℃에서 30초간 extension의 반응을 30회 반복 후 72℃에서 7분간 post-extension 조건으로 하였다. PCR 산물을 1×TAE buffer를 전기영동 완충액으로 하여 1.5% agarose gel상에서 전기영동 후 UV 검출기를 이용하여 ultraviolet상에서 검출되는 산물의 크기를 확인하였다.

결 과

2003년부터 2020년까지 기간 중 넙치에 분리된 streptococcus 중 보관과 확보가 이루어진 470균주에 대하여 종 동정을 실시하였다. 그 결과 *S. iniae*가 92균주, *S. parauberis*가 378균주로서 분리 비율을 보면 각각 19.6%, 80.4%로 나타났으며, 그 외 다른 streptococcus는 분리되지 않았다. *S. iniae*와 *S. parauberis*의 분리 추세를 보면 이 연구의 시작년도인 2003년에는 *S. iniae*와 *S. parauberis* 분리

Table 3. Primer for analysis of *S. parauberis* serotypes (Tu *et al.*, 2015)

Primer pair	Sequences (5' to 3')	Target serotypes	PCR amplicon size (bp)
For- I a Rev- I a	ATTGTTAGTCATTCAGTTGT AATTATAGTCAACAGTCCAG	<i>S. paruberis</i> subserotype I a	213
For-Ib/Ic Rev-Ib/Ic	ATTTCTACCAGGTTACTTTG ACATCTCGAAACTTCATATT	<i>S. paruberis</i> subserotype I b/ I c	303
For-II Rev-II	GAACTACTTAGGTTTAGCAT AACTTGTAATAGGATTGCT	<i>S. paruberis</i> serotype II	413

비율이 각각 56.9%와 43.1%로 조사되어 *S. iniae*가 조금 높은 비율을 보였으나, 2004년에는 *S. iniae*와 *S. parauberis* 각각 46.3%, 53.7%로 조사되어 오히려 *S. parauberis*가 조금 높은 비율을 보이기 시작하였으며, 2005년 이후부터는 *S. parauberis*의 분리율이 급격히 증가하여 2015년부터 분리되는 streptococcus는 모두 *S. parauberis*이며 *S. iniae*는 분리되지 않은 것으로 조사되었다. 2012년의 경우 3개의 균주만 확보되어 실험에 사용되었으며, 2013년과 2014년은 확보된 균주가 없어 2012년부터 2014년 사이의 동향을 정확히 분석할 수는 없었으나 2011년까지 지속적으로 *S. iniae* 분리율이 감소하고 *S. parauberis* 분리비율이 증가한 점과 2015년 이후부터는 *S. iniae*분리는 없고 모두 *S. parauberis*만이 분리되었다는 점을 보면 전반적으로 해가 거듭할수록 *S. iniae*는 감소하고 *S. parauberis*가 증가하였고, 2015년 이후에는 대부분 *S. parauberis*가 분리되고 있음을 알 수 있었다(Table 4 and Fig. 1).

2003년부터 2020년 사이에 제주지역에서 분리된 378균주의 *S. parauberis*에 대한 혈청형 분석결과 전체적으로 subserotype I b/ I c 46.3%, subserotype I a 34.9%, serotype II 18.8% 순으로 조사되어 subserotype I b/ I c가 우세함을 알 수 있었다. 연도별로 serotype별 분리 패턴을 보면 2003년과 2004년에는 serotype II가 각각 59.1%, 50.0%로 가장 많았고, 2005년부터 2009년 사이에는 subserotype I b/

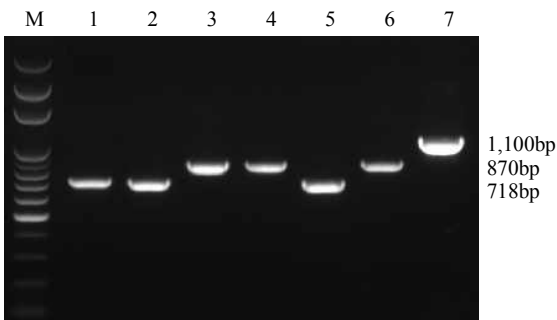


Fig. 1. Identification of streptococcus using multiplex PCR. M, 100 bp DNA ladder marker; 1 and 2, isolates identified as *S. parauberis*; 3 and 4, isolates identified as *S. iniae*; 5, *S. parauberis* KCTC 3651 (718bp); 6, *S. iniae* KCTC 3657 (870bp), 7, *L. garvieae* KCTC 3772 (1,100bp).

Table 4. Identification result of streptococcus isolated from flounder in Jeju between 2003 and 2020

Years	No. of isolates	Result of streptococcus identification	
		No. of <i>S. iniae</i>	No. of <i>S. parauberis</i>
2003	51	29(56.9%)	22(43.1%)
2004	41	19(46.3%)	22(53.7%)
2005	47	14(29.8%)	33(70.2%)
2006	50	7(14%)	43(86%)
2007	46	7(15.2%)	39(84.8%)
2008	23	4(17.4%)	19(82.6%)
2009	14	2(14.3%)	12(85.7%)
2010	29	6(20.7%)	23(79.3%)
2011	31	3(9.7%)	28(90.3%)
2012	3	1(33.3%)	2(66.7%)
2013	-*	-	-
2014	-	-	-
2015	17	0(0%)	17(100%)
2016	1	0(0%)	1(100%)
2017	5	0(0%)	5(100%)
2018	17	0(0%)	17(100%)
2019	59	0(0%)	59(100%)
2020	36	0(0%)	36(100%)
Sum	470	92(19.6%)	378(80.4%)

*No streptococcus was collected

I c가 가장 많았으며(각각 57.6%, 86.0%, 84.6%, 57.9%, 83.3%), 2010년부터 이후에는 2015년을 제외하고는 subserotype I a가 가장 높은 비율로 분리되었다. 최근(2018년부터 2020년)에는 subserotype I a가 가장 많은 약 70% 내외를 차지하고 있으며 subserotype I b/ I c가 약 16~30%정도이며, serotype II는 2018년에는 분리되지 않았으나 2019년과 2020년에 각각 3.4%와 16.7%로 조금씩 증가하는 경향을 보였다(Table 5 and Fig. 2).

고 찰

2013년부터 2020년도 사이에 제주지역 양식업장에서 분리되는 streptococcus는 *S. iniae*와 *S. parauberis*로 확인되었다. 이 기간 동안의 전체적인 분리 경향을 보면 2003년에 *S. iniae* 분리율이 56.9%를 보인 후에 2010년도 초반까지는 *S. iniae*는 지속

Table 5. PCR assay for differentiation of *S. parauberis* serotypes

Years	No. of isolates identified as <i>S. parauberis</i>	Detection of <i>S. parauberis</i> serotypes		
		Subserotype I a	Subserotype I b/ I c	Serotype II
2003	22	6(27.3%)	3(13.6%)	13(59.1%)
2004	22	3(13.6%)	8(36.4%)	11(50%)
2005	33	0(0%)	19(57.6%)	14(42.4%)
2006	43	1(2.4%)	37(86.0%)	5(11.6%)
2007	39	0(0%)	33(84.6%)	6(15.4%)
2008	19	1(5.3%)	11(57.9%)	7(36.8%)
2009	12	1(8.3%)	10(83.3%)	1(8.3%)
2010	23	12(52.2%)	9(39.1%)	2(8.7%)
2011	28	19(67.9%)	7(25%)	2(7.1%)
2012	2	2(100%)	0(0%)	0(0%)
2013	-*	-	-	-
2014	-	-	-	-
2015	17	2(11.8%)	15(88.2%)	0(0%)
2016	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
2017	5	3(60%)	0(0%)	2(40%)
2018	17	12(70.6%)	5(29.4%)	0(0%)
2019	59	45(76.3%)	12(20.3%)	2(3.4%)
2020	36	24(66.6%)	6(16.7%)	6(16.7%)
Sum	378	132(34.9%)	175(46.3%)	71(18.8%)

*No streptococcus was collected

적으로 감소하고 *S. parauberis* 분리율이 대폭 증가하다가 2015년 이후에는 분리되는 모든 streptococcus가 *S. parauberis*로 확인되고 있다. Noh 등(2009)이 2003년부터 2006년 기간 동안 제주지역 넙치에서 분리한 연쇄구균에 대한 동정결과 *S. in-*

*iae*와 *S. parauberis*의 분리 비율이 각각 43%와 57%로 보고한 바 있으며, Jeong 등(2006)은 2003~2005년 기간 동안에 제주지역 넙치에서 분리된 streptococcus에 대한 동정결과 *S. iniae*와 *S. parauberis*의 분리 비율을 각각 46%와 54%로 보고 한 바 있는데 이와 유사한 결과이다. 이후에는 제주 또는 국내에서 넙치의 streptococcus 분리 동향과 관련한 전반적인 모니터링 보고가 없어 이번 조사결과가 장기간 동안의 넙치 유래 streptococcus의 분리 특성 연구에 참고 자료로 활용 될 것으로 사료된다.

S. parauberis serotype 분석결과 다양한 serotype이 분리되고 있으며 일정 기간을 두고 serotype의 분리율이 변화되고 있음을 알 수 있었다. 이전의 국내 연구에서 2003부터 2010년 사이에 제주, 포항, 완도, 여수 등 국내 양식넙치에서 *S. parauberis* 29 균주를 대상으로 토끼 항혈청을 이용한 응집분석법을 이용하여 2가지 serotypes을 분석 한 결과 Serotype I 이 우세(29 균주 중 24 균주)하다고 보고된 바 있다(Han *et al.*, 2011). 본 연구의 같은 기간의 결과와 비교해 보면 본 연구에서 subserotypes I a

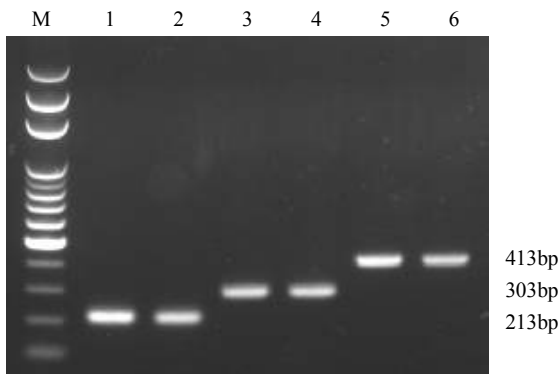


Fig. 2. Multiplex PCR product for differentiation of *S. parauberis* serotypes. M, 100 bp DNA ladder marker; 1 and 2, subserotype I a; 3 and 4, subserotype I b/ I c; 5 and 6, serotype II.

와 I b/ I c로 확인된 균주들을 serotype I 으로 볼 때 유사한 결과로 판단된다. 최근 3년 동안의 *S. parauberis*의 serotype 분석 경향을 보면 subserotype I a가 가장 우세하지만 serotype II가 조금씩 증가하는 경향이 관찰된다.

이번 연구기간(2003~2020년)의 분석결과를 바탕으로 전반적인 *S. parauberis*의 혈청형 별 분리 패턴을 보면 serotype II → subserotype I b/ I c → subserotype I a → subserotype I b/ I c → subserotype I a으로 변화하는 경향을 보이고 있다. 또한 최근 3년 동안의 경향을 볼 때 앞으로 serotype II의 분리비율이 조금씩 증가할 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 항혈청 확보가 어려움에 따라 응집시험법 대신 multiplex PCR방법에 의한 *S. parauberis*의 serotype 분석이 이루어졌으나 앞으로 항혈청을 이용한 serotype 패턴 분석과 *S. parauberis* serotype 별 임상특성에 대한 연구 등이 추가적으로 이루어질 필요가 있다고 생각된다.

제주에서는 2006년도부터 넙치양식장에 세균성 질병 예방백신이 보급되고 있으며 백신 보급 초창기에는 *S. iniae*백신이 보급되다가 2011년도를 전후하여 *S. parauberis*가 항원으로 추가된 3가 및 4가 백신이 보급되기 시작하였다. 이 조사가 이루어지기 시작한 2003년 이후에 지속적으로 *S. iniae*의 분리율이 감소한 것은 여러 가지 이유가 있겠지만 지속적인 연쇄구균병 예방 백신공급과도 연관이 있을 것으로 판단된다. 그러나 현재도 넙치양식장에서 연쇄구균병에 의한 피해가 여전히 발생하고 있으며 원인체로서 *S. parauberis*가 대부분 분리되고 있다. Jeong 등(2006)은 *S. iniae* 감염 넙치의 임상증상은 복부팽만, 탈장, 복수저류 등의 외부 소견을 보이는 비율이 높은 반면 *S. parauberis* 감염에 따른 외부 증상은 체색흑화, 무안축 발적 등을 보이는 비율이 높다고 하였고, Lee 등(2007)은 넙치에 대한 *S. iniae*와 *S. parauberis* 인위감염 시험 결과 *S. iniae*의 경우에는 인위감염 초기부터 폐사가 발생하였으나 *S. parauberis*의 경우 폐사발생 시기가 상대적으로 늦어 잠복기가 긴 특징을 보인다고 하였다. 또한 이번 연구결과에서 보면 넙치로부터 분리되는 *S. parauberis*의 serotype이 해마다 변화하는 것을 알 수 있다. *S. parauberis* 감염에 의한

넙치 연쇄구균병의 지속적 발생은 여러 가지 요인들이 있을 수 있겠지만 Jeong 등(2006)과 Lee 등(2007)의 보고에서처럼 *S. parauberis* 감염의 외부 증상과 감염특성으로 인해 양식장에서 감염인자가 늦는 경우도 있을 것으로 생각되며, 또한 *S. parauberis*의 serotype 분포가 해마다 변화하고 있으나 현재 보급 중인 백신의 *S. parauberis* 항원의 serotype이 유행 중인 *S. parauberis*의 serotype과 일치하지 않는 경우도 있을 수 있다고 생각된다.

넙치의 연쇄구균병의 경우 주로 성어에서 발생하는 경향이 높으므로 경제적 피해가 많은 것으로 알려져 있다. 따라서 지속적인 백신개발을 비롯한 여러 가지 대책 연구가 필요하겠으며, 원인체에 대한 모니터링 연구 또한 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다. 본 연구는 넙치의 연쇄구균병에 대한 모니터링자료를 제공함으로써 백신연구 등 대책연구에 참고자료를 제공하고자 하였다.

요 약

2013년부터 2020년까지 제주지역 양식 넙치로부터 연쇄구균 470 균주를 분리하였다. 분리된 균주를 대상으로 multiplex PCR방법을 이용한 중 동정결과 *S. iniae*가 92균주(19.6%), *S. parauberis*가 378균주(80.4%)로 조사되었다. 연도별 경향을 보면 2003년에는 *S. iniae*와 *S. parauberis* 분리비율이 각각 56.9%와 43.1%로 조사되었으나 이후 지속적으로 *S. iniae*의 분리율이 감소하고 *S. parauberis* 분리율이 증가하기 시작하여 2015년부터는 전체 분리주가 모두 *S. parauberis*로 확인되었다.

*S. parauberis*로 동정된 균주들에 대하여 PCR을 통한 serotype 분석 결과 subserotype I a 34.9%, subserotype I b/ I c 46.3%, serotype II 18.8% 순으로 조사되었다. *S. parauberis*에 대한 serotype 분포 변화 조사 결과에서는 2003년과 2004년에는 serotype II가 각각 59.1%, 50.0%로 가장 많았으나, 2005년부터 2009년 사이에는 subserotype I b/ I c가 가장 많았으며(각각 57.6%, 86.0%, 84.6%, 57.9%, 83.3%), 2010년부터 이후에는 2015년을 제외하고는 subserotype I a가 가장 높은 비율로 분리되었고, 최근 3년(2018년부터 2020년)동안을 보면 sub-

serotype I a가 가장 많은 약 70% 내외이며, sub-serotype I b/ I c가 약 16~30%, serotype II는 2018년에는 분리되지 않았으나 2019년과 2020년에 각각 3.4%와 16.7%로 다시 증가하는 경향을 보였다.

넙치의 연쇄구균병은 성어에 발생하여 큰 경제적 피해를 유발하므로 이에 대한 대책연구를 위해서는 지속적인 모니터링 연구가 필요하다고 생각된다.

References

- Baeck, G. W., Kim, J. H., Gomez, D. K. and Park, S. C.: Isolation and characterization of *Streptococcus* sp. from diseased flounder(*Paralichthys olivaceus*) in Jeju Island. J. Vet. Sci., 7(1): 53-58, 2006.
- Domeénech, A., Fernández-Garayzábal, J. F., Pascual, C., García, J. A., Cutuli, M. T., Moreno, M. A., Collins, M. D. and Domínguez, L.: Streptococcosis in cultured turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), associated with *Streptococcus parauberis*. J. Fish Dis., 19:33-38, 1996.
- Han, S. Y., Kang, B. K., Kang, B. J., Shin, S. P., Soen, B. H., Kim, J. M., Kim, J. H., Choresca Jr, C. H., Han, J. E., Jun, J. W. and Park, S. C.: Prevalence and different characteristics of two serotypes of *Streptococcus parauberis* isolated from the farmed olive flounder, *Paralichthys olivaceus*(Temminck and Schlegel), in Korea. J. Fish Dis., 34: 731-739, 2011.
- Heo, M. S., Song, C. B., Lee, J. H., Yeo, I. K., Jeon, Y. J., Lee, J. J., Chung, S. C., Lee, K. W., Rho, S., Choi, K. S. and Lee, Y. D.: Characteristics of β -*Streptococcus* spp. isolated in cultured flounder(*Paralichthys olivaceus*) of Jeju island. J. Fish Pathol., 34(4): 365-369, 2001.
- Hoshina, T., Sano, T. and Morimoto, Y.: A Streptococcus pathogenic to fish. Journal of Tokyo University of Fisheries. 44:57-68, 1958.
- Jee, B. Y., Shin, K. W., Lee, D. W., Kim Y. J. and Lee, M. K.: Monitoring of the mortalities and medications in the inland farms of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, in South Korea. J. Fish Pathol., 27(1): 77-83, 2014.
- Jeong, Y. U., Kang, C. Y., Kim, M. J., Heo, M. S., Oh, D. C. and Kang, B. J.: Characterization of streptococcosis occurrence and molecular identification of the pathogens of cultured flounder in Jeju island. Kor. J. Microbiol., 42(3): 199-204, 2006.
- Kang, C. Y., Kang, B. J., Moon, Y. G., Kim, K. Y. and Heo, M. S.: Characterization of *Streptococcus parauberis* isolated from cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in the Jeju island. J. Fish Pathol., 20(2): 109-117, 2007.
- Kanai, K., Yamada, M., Meng, F., Takahashi, I., Nagano, T., Kawakami, H., Yamashita, A., Matsuoka, S., Fukuda, Y., Miyoshi, Y., Takami, I., Nakano, H., Hirae, T., Shutou, K. and Honma, T.: Serological differentiation of *Streptococcus parauberis* strains isolated from cultured Japanese flounder in Japan. Fish Pathol., 44(1): 33-39, 2009.
- Kanai, K., Tu, C., Katayama, N. and Suga, K.: Existence of subserotypes in *Streptococcus parauberis* serotype I. Fish Pathol., 50(2): 75-80, 2015.
- Kim, J. W., Lee, H. N., Jee, B. Y., Woo, S. H., Kim, Y. J. and Lee, M. K.: Monitoring of the mortalities in the aquaculture farms of South Korea. J. Fish Pathol., 25(3):271-277, 2012.
- Lee, C. H., Kim P. Y., Ko, C. S., Oh, D. C. and Kang, B. J.: Biological characteristics of *Streptococcus iniae* and *Streptococcus parauberis* isolated from cultured flounder, *Paralichthys olivaceus*, in Jeju. J. Fish Pathol., 20(1):33-40, 2007.
- Mata, A. I., Gibello, A., Casamayor, A., Blanco, M. M., Domínguez, L. and Fernández-Garayzábal, J. F.: Multiplex PCR assay for detection of bacterial pathogens associated with warm-water streptococcosis in Fish. Appl. Environ. Microbiol., 70(5): 3183-3187, 2004.
- Meng, F., Kanai, K. and Yoshikoshi, K.: Structural characterization of Tn916-like element in *Streptococcus parauberis* serotype II strains isolated from diseased Japanese flounder. Lett. Appl. Microbiol., 48:770-776, 2009.
- Nakatsugawa, T.: A streptococcal disease of cultured flounder. Fish Pathol., 17(4):281-285, 1983.
- Nho, S. W., Shin, G. W., Park, S. B., Jang, H. B., Cha, I. S., Ha, M. A., Kim, Y. R., Park, Y. K., Dalvi, R. S., Kang, B. J., Joh, S. J. and Jung T. S.: Phenotypic characteristics of *Streptococcus iniae* and *Streptococcus parauberis* isolated from olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). FEMS Microbiol Lett., 293:20-27, 2009.
- Tu, C., Suga, K. and Kanai, K.: A multiplex PCR assay differentiation of *Streptococcus parauberis* serotypes. Fish Pathol., 50(4): 213-215, 2015.
- 제주특별자치도: 2020년도 해양수산현황. 2020.