

활 전복 수입에 의한 전복허피스바이러스감염증 (abalone herpes-like virus) 유입 위험평가

박선일¹

강원대학교 수의과대학 및 동물의학종합연구소

(게재승인: 2014년 2월 20일)

A Stochastic Model to Quantify the Risk of Introduction of Abalone Herpes-like Virus Through Import of Abalones

Son-II Pak¹

College of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract : Abalone herpes-like virus (AbHV) is a fatal disease of abalones that impose severe economic impacts on the industry of infected regions due to high mortality. The aim of this study was to quantify the risk of introducing AbHV into Korea through the importation of live abalones for human consumption by import risk analysis (IRA). Monte Carlo simulation models were developed to provide estimates of the probability that a ton of imported abalone contains at least one AbHV-infected individual, using historical trade data and relevant literatures. A sensitivity analysis with 5,000 iterations was also conducted to determine the extent to which input parameters affect the outcome of the model. Although many uncertainties were present in the data, the results indicated that, if 5,000 tons of abalone were imported from a hypothetical exporting country with low prevalence of AbHV (model 1), there would be at least one AbHV-infected abalones in 4,816 of those tons (96.3%), while there would be at least one AbHV-infected abalones in 100% of those tons imported from country with high prevalence (model 2). Sensitivity analysis indicated that for model 1, prevalence was the strongest influence factor on the predicted number of infections. For model 2, background mortality and washing to reduce the risk of surface contamination during processing were the major contributing factors. Risk management strategies need to be enforced to reduce the risk of AbHV introduction in that at least one infected abalone would remain in a consignment from country even with a low prevalence of AbHV infection. The methodology and the results presented here will contribute to improve the development of AbHV management program, and with more accurate data this IRA model will aid science-based decision-making on mitigation strategies to reduce the risk of AbHV introduction in Korea.

Key words : abalone herpes-like virus, risk assessment, simulation.

서 론

전복허피스바이러스감염증(Abalone herpes-like virus, AbHV)은 허피스바이러스와 유사한 바이러스에 감염된 전복에서 대량폐사를 초래하는 치명적인 질병으로, 감염된 개체는 2-5일 이내에 100% 폐사한다(6). 감염된 경우 전복의 활동성이 소실되고 식육부진, 성장저하, 점액과다 분비, 외투막의 수축과 근육경직, 조직괴사가 관찰된다. 감수성 집단에 병원체가 유입될 경우 수평감염을 통하여 감염이 확산될 가능성이 매우 높기 때문에 세계동물보건기구(OIE)에서는 발

생 보고가 없으나 법정수산물전염병으로 지정되어 있다(수산물질병관리법시행규칙, 농림수산식품부령 제308호).

전복류는 세계적으로 약 100여종이 알려져 있으며, 그 분포가 매우 넓어 북반구에서 남반구에 걸쳐 서식하고 있다. 이 중에서 우리나라 연안에 분포하는 전복류는 겨울철 12°C 등온선을 경계로 제주도 근해에서 생산되는 난류계 전복류인 말전복(*Haliotis gigantea* Gmelin), 왕전복(*H. madaka* Habe), 까막(등근)전복(*H. discus discus* Reeve), 오분자기(*H. diversicolor supertexta* Reeve), 마대오분자기(*H. diversicolor diversicolor* Reeve) 등과 우리나라 전 연안에서 서식하는 한류계 전복인 참전복(*H. discus hannai* Ino) 등이 있다(2). 국내에서 전복 양식이 본격화되기 시작된 것은 1990년대 육상수조식 대량생산이 가능해진 이후이며, 2000년대 이후 해상가두리에서의 양식이 일반화되면서 생산량이 획기적으로

¹Corresponding author.
E-mail : paksi@kangwon.ac.kr

증가하였다(5). 국내에서 생산된 전복은 대부분 활 전복 형태로 수출되고 있으며, 관세청의 수출입 무역통계(<http://www.customs.go.kr>)에 의하면 2003년 21톤에서 2011년에는 1,200톤(금액 약 520만 달러)으로 증가하였다. 2004년 이후 수입에 비하여 수출량이 더 많고 이러한 추세는 최근 5년간 더욱 현저하게 나타난다. 국내 전복 생산량 중 수출량은 2003년의 1.8%에서 2009년 16.0%로 증가하였다.

수산생물의 수출입 검역대상이 되는 지정검역물(designated quarantine items: 이식용·식용·관상용 및 시험·연구조사용의 살아 있는 수산생물과 그 수산생물을 운반·보관 중에 병원체를 확산시킬 우려가 있는 물건)에 대하여 적절한 위험관리 조치를 취하지 않은 상태로 수입하는 경우 국내 토종 수산생물, 동물, 식물을 비롯한 환경 생태계에 위해를 초래할 수 있다. 특히 AbHV와 관련하여 외국의 발생 사례를 보면 1999년 중국 남부에서 전복 치패의 80% 이상이 폐사하였으며, 2003년에는 대만 북동부지역의 전복에 대량폐사를 초래하여 70-80%의 누적폐사율과 임상증상 발현이후 약 3일 이내에 폐사가 발생하여 약 11.5백만 달러의 경제적 손실을 유발하였다(6,16). 또한 호주 빅토리아주에서 2005년부터 발생하여, 양식 및 자연산 전복에서 약 90% 이상 폐사한 사례가 보고된바 있다(7,8,9). 국내 수산양식 산업에서 전복 산업의 경제적 가치는 상대적으로 높아 수입 수산생물 지정

검역물의 수입을 통해 질병이 유입될 경우 그 피해는 막대하기 때문에(3,10,11,12,15) 많은 국가에서는 수입위험분석(import risk analysis)에 근거하여 엄격하게 관리하고 있으며, 우리나라 역시 수산생물질병관리법 제37조에 근거하여 위험평가를 수행하고 있다. 본 연구에서는 지정검역물인 전복을 수입할 때 AbHV의 유입 가능성에 대한 위험평가를 수행한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

유입평가 시나리오

수출국에서 식용 전복을 수입할 때 위해요소에 감염된 전복이 국내로 유입되기 위해서는 ① 원산지 해양에 질병 혹은 병원체가 존재할 것 ② 수출용으로 수확된 전복에 질병이 존재할 것 ③ 농장에서 출하단계의 전복 검사과정에서 감염된 전복이 검출되지 않을 것 ④ 검출되지 않은 전복에 병원체가 생존할 것 ⑤ 비검출 감염된 전복이 감염력을 유지할 것 ⑥ 최종검사 과정을 통과할 것 ⑦ 저장 및 수송과정에서 병원체가 생존할 것 등 일련의 조건을 충족해야 한다. 따라서 수입 전복을 통하여 국내에 AbHV가 유입될 확률을 추정하기 위하여 전술한 요인을 고려하여 시나리오 모형(Fig 1)을 작성하였다. 경로도의 각 단계에 대한 정보는 AbHV에

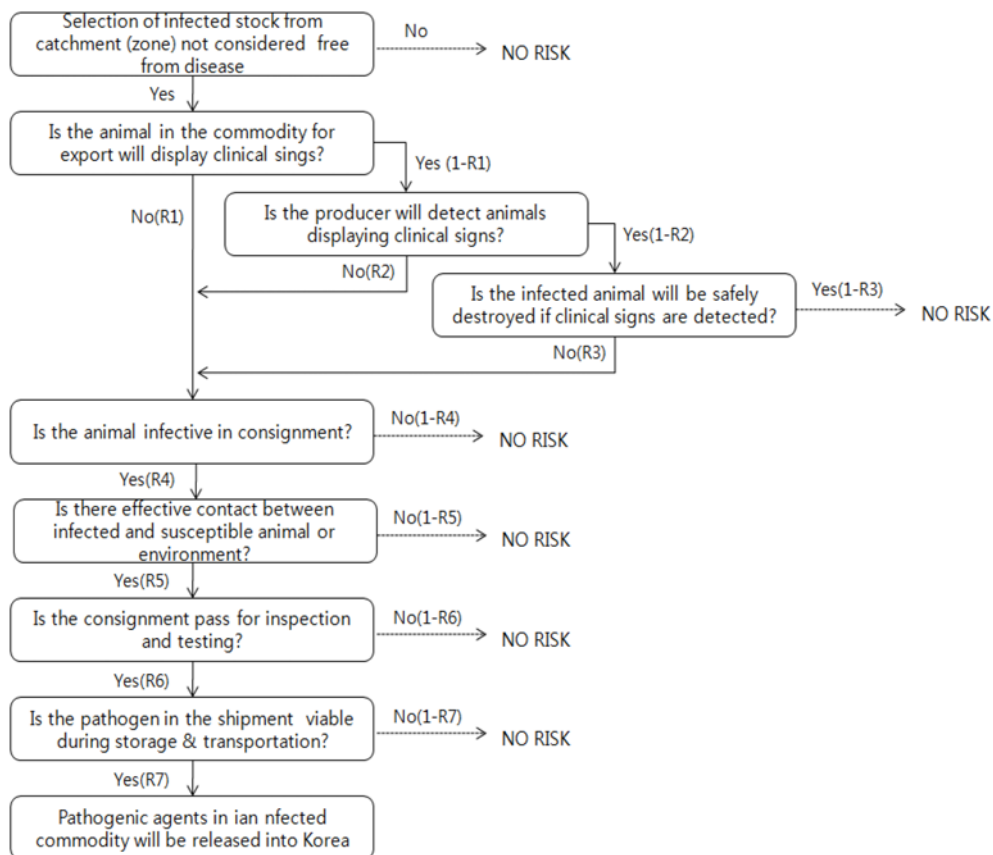


Fig 1. Flow diagram (scenario tree) representing release assessment model to estimate the risk of introducing abalone herpes-like virus (AbHV) through the importation of live abalones for human consumption in Korea.

Table 1. Description of model inputs and outputs for abalone herpes-like virus (AbHV)

Variable	Description ¹	Formula used with @Risk ²
Vol	Annual volume of import (ton) during 2006-2010; min 13, most likely 44 max 98	<i>RiskTriang</i> (min, ml, max)
Weight	Average weight (kg) of harvested abalones; min 0.077, max 0.2	<i>RiskUniform</i> (min, max)
Ton	No. of abalones per ton of import	<i>Simulation</i> ; <i>RiskNormal</i> (μ , <i>SD</i>)
Prev	Prevalence of AbHV in an exporting country; model 1 (low), model 2 (high)	<i>RiskBeta</i> (α_1 , α_2)
Res_Inf	Probability of residual infectivity remaining in an abalone after processing (i.e. washing) step	$1 - \text{RiskPert}$ (min, ml, max)
Pinf	Probability that any single abalone will be infected after harvesting & processing	$\text{Prev} \times \text{Res_Inf}$
Ninf	No. of infected abalone per ton imported	<i>RiskBinomial</i> (<i>Ton</i> , <i>Pinf</i>)
Mortality	Mortality during transportation; 10%	<i>RiskUniform</i> (min, max)
Adj_Ninf	No. of infected abalone per ton after adjusting background mortality	$\text{Ninf} \times (1 - \text{mortality})$
PI	Probability that a ton of imported abalone contains at least one infected individual	$1 - (1 - \text{Prev})^{\text{Ton}}$

¹See text in details

²@Risk, version 4.5 (Palisade Corporation, NY, USA)

대한 문헌고찰을 통하여 관련 모수를 추정하였으며, 국내 전복 생산량과 전복 수출입 통계자료는 국립수산물품질관리원 (National Fisher Products Quality Management Service, NFQS)의 검역검사 자료(수산물검사검역연보, <http://www.nfqs.go.kr>), 관세청(Korea Customs Service)의 수출입 무역통계, 해양수산부의 해양수산통계연보(<http://www.mof.go.kr>)를 활용하였다. 평가에 사용한 모수를 정리하면 Table 1과 같고, 유입 시나리오의 출발점은 수출국에서 수확 연령에 도달한 전복 생산이고, 종료점은 감염 혹은 오염된 전복의 한국 도착이다.

모수요약

수입량

2006-2010년 기간 동안 전복 수입량의 최소, 최빈, 최대값을 *RiskTriang* 분포에 적용하였다.

전복 1미당 무게

전라남도 완도전복주식회사(<http://www.wakorea.kr>)를 방문하여 수집한 자료에 의하면 수출용 전복의 경우 kg 당 10미가 일반적이었다. 분석의 목적으로 전복 1미당 무게는 불확실성을 고려하여 프리미엄형(kg 당 5미를 가정할 때 약 77 g)이나 고급형(kg 당 13미를 가정할 때 약 200 g)을 가정하여 *RiskUniform* 분포를 적용하였다.

수입전복 1톤에 해당하는 전복 개수

전복 1미의 무게(확률분포)의 누적 합이 1톤이 되는 전복의 개수를 모의시험으로 추정된 결과 평균(mean, N) 7,221개, 표준편차(sd) 24.27로 분석되었다. 이 값을 이항분포의 정규분포 근사성을 이용하여 1톤당 전복 개수를 추정하였다. 즉 $\text{Binomial}(n,p) \approx N(np, \sqrt{np(1-p)})$ 에서 $N=7221$ 이므로 $7221 = np$, $24.27 = \sqrt{7221p(1-p)}$ 의 관계가 성립하며, 이 등식의 해는 $n=7,932$, $p=0.9104$ 이 된다. 따라서 전복을 수확하는 시점에서 1톤에는 *RiskBinomial*(7932,0.9104) 분포의 결과에

해당하는 개수가 포함된다.

AbHV 유병률

호주의 Tasmania 해역에서 채취된 1,625미의 전복에 대하여 PCR 검사로 AbHV 유병률을 조사한 결과(8) 대부분이 음성으로 나타났으며 1미에서 의심 사례가 확인되었다. 한편 호주의 빅토리아주에서 채취한 32미의 전복을 대상으로 검사한 결과 75% (24/32)가 양성으로 확인되었다(8). 이러한 두 연구 결과에 근거할 때 유병률에 상당한 차이가 있는 것으로 판단되어 본 연구에서는 유병률이 낮은 집단(low prevalence population, 모델 1)과 유병률이 높은 집단(high prevalence population, 모델 2)으로 구분하였다. 즉 시나리오 1에서는 1,625미 중 1미 양성, 시나리오 2에서는 32미 중 24미의 양성이 있는 상황을 가정하여, Bayesian 사전확률로 uninformed prior를 적용하여 각각 *RiskBeta*(2,1625)와 *RiskBeta*(25,9) 분포를 적용하였다.

수확 후 전복 손질과정(processing) 이후에도 감염력이 여전히 유지될 확률

양식장에서 전복을 수확한 후 세척 등 손질과정을 거치는 동안 바이러스가 사멸하는 정도에 대한 연구 자료는 없기 때문에 분석의 목적으로 최소 0%, 최빈 5%, 최대 10% 정도의 감염력이 감소한다고 가정하여 *RiskPert* 분포를 적용하였다. 따라서 손질과정 이후에도 바이러스의 감염력이 유지될 확률은 $1 - \text{RiskPert}(0,0.05,0.1)$ 로 계산하였다.

수송기간 동안 전복의 자연폐사율(background mortality)

수출국에서 선적된 전복이 한국에 도착하는 수송 기간 중 일부 전복은 감염과 무관하게 자연적으로 폐사할 수 있다. 신 등(4)은 활 전복의 폐사율은 생산자와 유통업자 간의 이해관계에 따라 차이가 있으며 10% 수준으로 보고한바 있다. 따라서 폐사율에 대한 불확실성을 고려하여 최소 1%, 최대 10%에 대하여 *RiskUniform*(0.01,0.1) 분포를 적용하였다.

민감도분석 및 모의시험

유입평가 결과는 1톤의 단위 수입량 중 감염된 전복의 개수와 전복을 반복하여 수입할 때 감염된 전복이 없을 확률을 추정하였다. 활 전복 1톤당 감염된 전복 개수에 영향을 미치는 입력모수의 기여도는 민감도분석(sensitivity analysis)으로 평가하였다. 구축된 모형에 대한 모의시험은 @Risk 소프트웨어(Palisade Corporation, NY, USA)의 Latin Hypercube 표본추출법을 사용하여 5,000회의 반복 모의시험으로 수행하였다.

결 과

활 전복을 5,000회 반복하여 수입한다고 가정할 때 감염된 전복이 없는 횟수는 모델 1의 경우 184회(3.7%)이고, 4,816회(96.3%)는 적어도 1마가 AbHV에 감염되어 있으며, 모델 2의 경우 5,000회 모두 감염되어 있는 것으로 분석되었다(Table 2, Fig 2). 이러한 결과는 활 전복 수입 1톤당 적어도 1개의 감염된 전복이 포함되어 있을 확률(PI)을 분석한 결과 평균 96.6%(최소 5.6%, 최대 100%)로 전술한 결과와 유사하며, 두 모형 모두 매우 높은 것으로 나타났다(Fig 3). 민감도분석 결과 모델 1의 경우 수출국의 AbHV 유병률이 결정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 모델 2에서는 자연폐사율, 세척 등 수확 후 손질과정에서 감염력이 유지될 확률이 가장 중요한 변수로 분석되었다(Fig 4).

Table 2. Number of infected abalones per ton of abalone imported into Korea (results of 5,000 iterations for low prevalence model)

No. of infected abalones per ton	No. of iterations	Percentage of total iterations
0	184	3.7
1	279	5.6
2	352	7.0
3	388	7.8
4	433	8.7
5	375	7.5
6	365	7.3
7	312	6.2
8	304	6.1
9	281	5.6
10	256	5.1
11-15	846	16.9
16-20	372	7.4
> 21	253	5.1

고 찰

관세청의 수출입 무역통계에 의하면 우리나라는 2002-2010년 기간 동안 뉴질랜드, 대만, 미국, 북한, 일본, 중국, 칠레, 캐나다, 호주 등으로부터 총 2,049건(년 평균 84톤)의 냉장

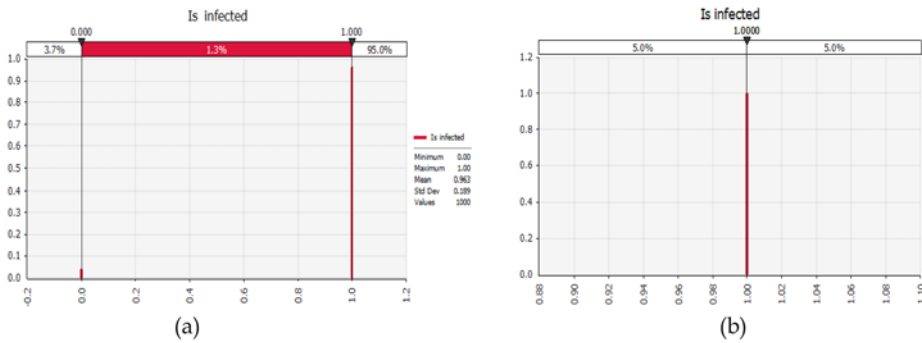


Fig 2. Number of infected abalones per ton imported. (a) model 1 (low prevalence) (b) model 2 (high prevalence).

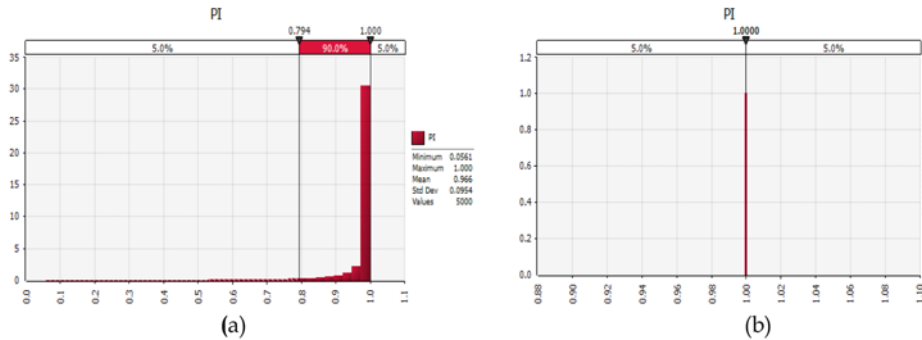


Fig 3. Probability that a ton of imported abalone contains at least one infected individual. (a) model 1 (low prevalence) (b) model 2 (high prevalence).

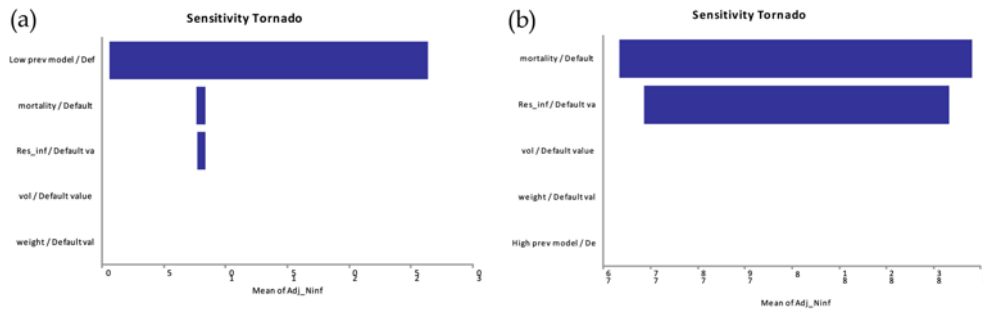


Fig 4. Result of sensitivity analysis. (a) model 1 (low prevalence) (b) model 2 (high prevalence).

및 활 전복을 수입하였으며, 최근 5년(2006-2010) 동안에는 연 평균 수입량이 약 44톤(범위 13-98톤)으로 감소하였다. 이에 반하여 한국해양수산개발원 수산업관측센터 전복 관측 통계 자료에 의하면 국내 전복 생산량은 2000년대 초반 연간 100톤 수준이었으나 2011년 약 8,400톤으로 증가하였다(<http://www.foc.re.kr/>). 이에 따라 우리나라는 2020년까지 연간 14,000톤 규모로 생산량을 확대하고, 전복을 포함하여 성장 잠재력이 큰 10개의 수산물 품목을 집중 육성함으로써 2020년까지 수산물 총 수출액 100억 달러를 목표를 계획하고 있다(2013년 10대 전략품목 사업추진 계획 보도자료, 농림수산물부 양식산업과, 2012). 이와 같이 수산양식 품목 중 전복의 경제적 가치는 상대적으로 매우 높은 수준이다.

수산생물의 국제교역은 수입자의 이익, 수입국의 세수 증대, 소비자의 상품 구입비용 감소, 매출증가 등 경제적, 사회적 편익을 발생한다. 그러나 수산물 및 그 제품을 수입할 때 다양한 외래성 병원체가 유입될 위험이 공존하며, 일단 유입된 질병이나 병원체는 수입국의 수생 생태계에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 그 결과 수입국에서는 생산손실, 실직, 감염개체 유입에 의한 생물다양성 소실, 수입식품의 안전성과 관련한 소비자 신뢰도 상실, 유입된 병원체의 토착화 등 부정적인 결과를 초래할 수 있으며, 이러한 사례는 우리나라를 비롯하여 많은 국가에서 경험한바 있다(1,10,15). 이와 관련하여 1995년 발효된 SPS (Sanitary and Phytosanitary Agreement) 협정에서는(<http://www.wto.org/>) 수입국의 동물, 식물위생을 보호하기 위한 적정보호수준(appropriate level of protection)을 설정할 권리가 있으며, 조치의 수준은 국제기준에 부합되어야 하며, 국제교역에 장애가 되지 않는 최소한의 수준을 요구하고 있다(16). 이는 세계무역기구 체제하에서 교역국에서의 질병 발생 그 자체만으로 교역을 금지하는 것은 원칙적으로 인정하지 않는다는 것을 의미한다. 그러나 수입국에서는 모든 위험을 수용할 수도 없기 때문에 SPS 협정에서는 교역의 두 측면을 고려하여 질병 유입 가능성을 최소화하기 위해서는 잠재적 위험을 평가한 결과 심각한 위험이 초래될 것으로 판단되는 경우에만 평가된 위험을 적절한 수준으로 감소시키는 위험관리 전략 즉 위생조치를 인정하고 있다.

이러한 배경에서 본 연구에서는 활 전복의 수입을 통하여 AbHV에 감염된 전복이 국내로 유입될 가능성을 평가함으로

써 수입 전복에 대한 위생조치 개발의 필요성을 검토한 것이다. 평가결과 수입 1톤당 적어도 1미의 감염된 전복이 없을 가능성은 모델 1에 대한 5,000회의 반복 모의시험 중 184회(3.7%)에 불과하였고, 특히 모델 2에서는 모든 수입 건에서 1미의 감염된 개체가 100% 존재하는 것으로 나타났다(Table 2, Fig 2). 또한 활 전복 수입 1톤당 적어도 1개의 감염된 전복이 포함되어 있을 확률은 유병률에 무관하게 매우 높은 수준으로 나타났다(Fig 3). 이러한 결과에 근거할 때 활 전복 수입에 의해 국내로 AbHV가 유입될 위험을 차단하기 위해서는 수출국에서의 AbHV 예찰 시스템을 지속적으로 모니터링하고 수확 후 감염수준을 경감하기 위한 예방조치를 강화할 것을 요구할 필요가 있음을 의미한다. 전복의 대량폐사를 초래하는 치명적인 바이러스성 질병인 AbHV는 호주와 대만 등에서 발생하여 막대한 경제적 손실을 초래하였으며, 수산물 품종에서 AbHV는 굴(*Crassostrea virginica*)에서 최초로 검출된 이후 다양한 품종에서 보고되고 있다(6,7,8,9). 현재까지 효과적인 치료제나 백신이 개발되어 있지 않기 때문에 발생에 따른 피해를 최소화하기 위해서는 과밀 양식 금지, 감염집단 격리, 수질관리 등 예방대책이 효과적이다(13, 14). 감수성 집단에 AbHV가 유입될 때 감염이 정착 및 확산되는데 필요한 양-반응 관계(dose-response)에 대한 연구보고가 없기 때문에 활 전복 수입 1톤당 AbHV에 감염된 개체가 존재할 확률을 추정된 결과를 위생조치를 개발할 필요성에 대한 직접적인 증거로 해석하는 것은 현 시점에서는 신중할 필요가 있다. 본 연구에서 사용된 모수에 대한 정보를 추가로 입수하여 불확실성을 최소화한다면 본 연구에서 사용한 모델은 위생조치 개발에 대한 의사결정 과정에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

결론

전복허피스바이러스감염증(AbHV)은 높은 폐사율로 인하여 관련 산업에 막대한 경제적 손실을 유발하는 치명적인 질병으로 호주와 대만에서 유행적 발생을 초래한바 있다. 본 연구에서는 수입 활 전복에 대한 위생조치 개발의 필요성을 검토하고자 활 전복을 수입할 때 바이러스에 감염된 전복이 국내로 유입될 가능성을 수입위험분석기법으로 정량화하였다. 분석의 목적으로 5,000톤의 활 전복을 AbHV 유병률이

낮은 국가(모델 1)와 유병률이 높은 국가(모델 2)에서 각각 수입한다고 가정할 때 수입 1톤당 적어도 1미의 감염된 전복이 존재할 가능성은 모델 1의 경우 96.3%, 모델 2에서는 100%로 분석되었다. 이러한 결과는 수입 활 전복에 대해 적어도 1개의 감염된 전복이 포함되어 있을 확률은 수입국에서의 AbHV 유병률에 무관하게 매우 높은 수준임을 시사한다. 따라서 활 전복 수입에 의해 국내로 AbHV가 유입될 위험을 차단하기 위한 검역과 방역측면의 위생조치가 시급히 마련되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 농림수산검역검사본부 수의과학기술개발 용역연구사업의 연구비 지원(Z-FS10-2011-11-01)의 용역연구개발사업에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국립수산물과학원. 외래어종 서식 분포, 이용 및 관리방안 연구. 2009년도 국립수산물과학원 사업보고서. 간행물번호 TR-2010-AQ-027. 2009; 1-123.
2. 국립수산물과학원. 전복 양식 표준 지침서. 부산: 한글그라프스. 2008; 4-8.
3. 방상원·윤익준. 외래 수입활어에 대한 국내 검역체계의 분석-생태계위해성 관리 측면에서의 문제점 및 개선 방향. 해양정책연구. 2009; 24: 63-90.
4. 신영태, 장홍석, 김봉태. 생산조정 및 유통혁신을 통한 전복 양식업의 발전 방안. 한국해양수산개발원. 정책연구보고서. 2008; 1-137.
5. 옥영수, 성진우, 이남수. 전복 생산을 둘러싼 최근 동향과 향후 전망. 월간 해양수산. 2008; 290: 5-22.
6. Chang PH, Kuo ST, Lai SH, Yang HS, Ting YY, Hsu CL, Chen HC. Herpes-like virus infection causing mortality of cultured abalone *Haliotis diversicolor supertexta* in Taiwan.

Dis Aquat Organ 2005; 65: 23-27.

7. Corbeil S, McColl KA, Williams LM, Mohammad I, Hyatt AD, Crameri SG, Fegan M, Crane MS. Abalone viral ganglioneuritis: establishment and use of an experimental immersion challenge system for the study of abalone herpes virus infections in Australian abalone. *Virus Res* 2012; 165: 207-213.
8. Crane MS, Corbeil S, Fegan M, Warner S. Aquatic animal health subprogram: Development of molecular diagnostic procedures for the detection and identification of herpes-like virus of abalone (*Haliotis* spp.). Fisheries Research and Development Corporation, Canberra, 2009; 1-79.
9. Hooper C, Hardy-Smith P, Handler J. Ganglioneuritis causing high mortalities in farmed Australian abalone (*Haliotis laevis* and *Haliotis rubra*). *Aust Vet J* 2007; 85: 188-193.
10. Jones B. Transboundary movement of shrimp viruses in crustaceans and their products: a special risk? *J Invertebr Pathol* 2012; 110: 196-200.
11. Kahui V, Alexander WRJ. A bioeconomic analysis of marine reserves for Paua (Abalone) management at Stewart Island, New Zealand. *Environ Resource Econ* 2008; 40: 339-367.
12. Lundin CG. Global attempts to address shrimp disease. Marine/Environmental Paper No. 4 Land, Water and Natural Habitats Division, Environment Department. The World Bank. 1995.
13. OIE (World Organization for Animal Health). Chapter 2.4.1. Infection with abalone herpesvirus. In: Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals. OIE, Paris. 2012.
14. OIE (World Organization for Animal Health). Chapter 11.1. Infection with abalone herpesvirus. In: Terrestrial Animal Health Code. OIE, Paris. 2012.
15. Rodgers CJ, Mohan CV, Peeler EJ. The spread of pathogens through trade in aquatic animals and their products. *Rev sci tech Off int Epiz* 2011; 30: 241-256.
16. Wang J, Guo Z, Feng J, Liu G, Xu L, Chen B, Pan J. Virus infection in cultured abalone, *Haliotis diversicolor* Reeve in Guangdong Province, China. *J Shellfish Res* 2004; 23: 1163-1168.