



국내 가금농장의 차단방역수준비교에 따른 고병원성 조류인플루엔자 발생 위험도 평가

소현희¹ · 배연지¹ · 모인필^{2*}

¹충북대학교 수의과대학 수의학과 대학원생

²충북대학교 수의과대학 수의학과 교수

Risk Assessment of Highly Pathogenic Avian Influenza by Comparison of Biosecurity Level in Domestic Poultry Farms

Hyun Hee So¹, Yeonji Bae¹ and Inpil Mo^{2*}

¹Student, College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Cheonju 28644, Republic of Korea

²Professor, College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Cheonju 28644, Republic of Korea

ABSTRACT In most cases of HPAI (highly pathogenic avian influenza) outbreaks, stamping-out operations are initiated by officially designating the affected premise, which is subsequently followed by depopulation of infected flocks. The primary objective of this study was to develop an evaluation method that correlates the level of biosecurity and the risk of having an HPAI outbreak in domestic poultry farms. A total of eight farms were selected nationwide, including layer farms, broiler farms, and an animal welfare type farm. The biosecurity level of the chosen poultry farms was assessed based on a total scoring index of 183 divided into three categories, general management (51), quarantine management (106), and sanitation management (26). Conclusively, the five layer farms (JS, GE, CS, HS, OE), scored higher overall scores compared to the animal welfare farm (CH) and broiler farms (JG, LB). In terms of scoring, which adds up to a total of 183 points, most layer farms scored between 130 and 157, while the two broiler farms and the welfare farm scored 45, 75 and 70, respectively. Next, an independent HPAI risk assessment of the farms was carried out. Regarding the correlation between biosecurity levels and HPAI risks, in the farms that presented a higher overall score in terms of biosecurity and outweighed the risks of HPAI, they tended to earn more points in the quarantine management category. The results of this study suggest that a viable system for evaluating biosecurity levels can establish strong correlations with the risk of having HPAI.

(Key words: avian influenza, biosecurity grading, poultry, risk assessment, surveillance)

서론

국내 고병원성 조류인플루엔자(Highly pathogenic avian influenza; HPAI)는 2003년 첫 발생이 보고된 이래 2018년까지 총 8차례 발생하였다. 첫 번째 발생이 있었던 '03/'04년에는 총 31건이 보고되었으며, 이후 2~3년 간격으로 계속 발생을 하여 '16/'17년에 가장 큰 경제적 피해가 있었다. 당시 50개 시·군에서 HPAI 발생 보고가 383건이었으며, 감염 또는 감염이 의심되는 모든 가금류에 대한 예방적 차원으로 총 946 농가에서 3,700만 수 이상이 살처분되었다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2017).

이와 같이 HPAI가 발생되면 막대한 경제적 손실이 가금 산업계에 일어날 수 있기 때문에 미발생을 유지하거나 만약 발생하였을 경우에는 초기에 진압을 하기 위하여 방역 당국과 산업에서는 다양한 방역 활동을 수행한다. 국내의 경우, HPAI가 발생을 하면 연쇄적인 수평적 전파를 최소화하기 위하여 발생농장과 인근 지역에 대한 차단 방역과 동시에 역학조사를 실시하게 된다. 역학조사는 기본적으로 농장의 일반현황, 방역조치현황, 농장출입차량 및 출입자 현황, 축주활동사항 등을 포함한다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2004; Animal and Plant Quarantine Agency, 2011; Animal and Plant Quarantine Agency, 2018). 하지만 방역당

* To whom correspondence should be addressed : moip@cbu.ac.kr

국에서는 수평전파를 차단하기 위한 초기 방역조치가 급선무이기 때문에 발생농장에서의 현장조사를 단시간 내에 다각도로 수행한다. 따라서 질병역학관련 사항은 기본적으로 농장관계자의 구두진술에 의존을 하고, 이를 확인하는 작업의 형태를 취하게 된다.

대부분의 가금농장의 관계자들은 질병에 관련된 역학 관련 사항을 평소에 충분한 기록을 하는 경우가 많지 않기 때문에 HPAI 발생 시 역학 관련 사항을 평소의 기록보다는 기억력에 의존한 구두진술을 하게 되어 역학조사자들은 이를 확인하는데 많은 시간을 소요하게 된다. 또한, HPAI의 질병 특성상 단시간 내 수평전파가 용이한 속성이 있어 신속한 방역조치를 위해서는 현장조사가 필요하다. 따라서 동시다발적으로 HPAI가 발생을 하게 되면 많은 역학조사인력을 필요로 한다. 이와 같이 현장조사, 조사인력 등의 문제로 인하여 HPAI 발생 후에 실시하는 이러한 역학조사는 한계가 있을 수밖에 없기 때문에 평상시 농장에서 역학적 개념이 적용된 형태의 차단방역활동과 자료정리가 중요하다(Lee and Ki, 2015).

차단방역(Biosecurity)은 동물의 건강 및 식품 위생과 관련하여 발생하는 위험요소를 확인하고 관리하는 종합적인 대책으로, 가금산업의 발전을 위해 필수적인 요소임과 동시에, 계군 내로 전염성 원인체의 도입과 확산을 예방하고 조절할 수 있는 가장 효과적인 수단이다(Conan et al., 2012). 전염성 원인체들은 임상적 또는 준임상적으로 질병을 유발하고, 생산성을 감소시키며, 장기적으로 가금산업에 경제적 손실을 가져온다. 따라서, 질병과 관련된 이러한 위험요소에 대한 평가가 모든 가금농장에서 이루어져야 한다. 이는 생산과정의 각 단계에 존재하는 위험요소의 정도를 확인, 평가하여 그에 적합한 통제 수단을 확보해야 하기 때문이다. 또한, 위험요소를 평가할 때에는 차단 방역에 영향을 줄 수 있는 모든 요소들에 대해서 고려해야 한다. 이러한 요소들에는 사육 중인 가금류의 종(species), 생산 지역과 사유지의 위치와 배치, 수도 공급원, 야생동물의 여부와 종류, 그리고 생산물을 공급하는 기업체 혹은 개인 고객과의 접촉 등이 포함된다. 이러한 개인접촉에는 가금류 배달 트럭, 서비스업자, 산업 관계자, 계약자, 초생추 유통, 그리고 사료 등도 포함된다(Derksen et al., 2018).

차단방역은 궁극적으로 질병을 예방할 뿐만 아니라, 살처분에 의한 피해도 줄일 수 있다. HPAI 발생시 수행되는 일괄적 살처분에 의한 피해는 매우 다양하게 나타난다. 특히, 일괄적 살처분 정책에 따른 대량 살처분 가축의 처리는 규모에 있어 렌더링이나 소각과 같은 사체처리 방식을 적용하

기는 현실적으로 어려우며 매몰방식을 취할 수밖에 없는데 이는 침출수 및 악취 발생과 함께 토양, 지하수, 주변 환경에 대한 오염 문제를 일으킬 수 있다. 이러한 매몰지는 구제역 매몰지를 포함하여 2011년 12월 기준으로 전국 4,799개소에 달하는 것으로 보고되어 있다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2011). 이러한 일괄적 살처분 정책은 국가적으로도 막대한 비용이 발생하며, 대규모 살처분 수행에 따른 비인도적 과정은 국가 방역 정책에 대한 반대 여론을 일으키고 있다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2017). 이에 대한 방안으로서 효율적으로 질병의 전파 및 상제화를 막을 수 있는 선택적 살처분이 요구되고 있다. 따라서 선택적 살처분이 역학적 개념에 의하여 이루어지기 위해서는 각각의 가금농장에 대한 방역수준과 HPAI 발생에 관련된 위험도 평가가 이루어져야 한다. 이러한 위험도 평가를 하였을 때에 농장에서의 HPAI에 대한 차단 방역 상태를 확인할 수 있으며, 향후 발생 가능한 위험수준을 평가할 수 있다(Thrush et al., 2017).

가금농장에 대한 위험도 평가를 위해서는 역학적으로 입증 받을 수 있는 항목들을 선정하여 그에 따른 농장별 방역 수준을 지속적으로 사육과정 중에 모니터링하여 분석하여야 한다. 본 연구의 목적은 HPAI 발생에 대한 경제적·사회적 피해를 최소화하고자 HPAI 발생에 대한 가금농장의 차단 방역 수준 및 HPAI 발생 위험도 평가를 위하여 역학적으로 입증받을 수 있는 역학적 항목의 설정과 그에 따른 농장들의 위험도를 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. HPAI 발생에 따른 역학적 조사항목의 선정

HPAI가 발생하였을 경우, 일반적으로 역학조사를 거치게 된다. 역학조사를 농장 현장에서 짧은 시간 동안에 효율적으로 운영하기 위해서는 조사항목의 선정이 필요하다. 따라서 과거 국내에서 HPAI 발생 시 조사하였던 항목과 국내외 방역 관련 법규 등에 나타난 역학조사 항목들을 비교하였다. 국내의 관련 법규는 산란계 농장에서 가장 많은 적용을 받고 있는 HACCP를 기본으로 하였으며(HACCP, 2016), 국외의 규정으로는 OIE(OIE, 2013), NPIP(NPIP, 2019) RTFAPS(RTFAPS, 2017)를 참조하였고, 마지막으로 인체용 인플루엔자 백신제조용 백신란의 생산농장에 대한 방역조건을 제시하는 국내의 GC녹십자(용인시 대한민국)(GC, 2011)와 국외의 GSK회사(Brentford UK)(GSK, 2007)의 규정을 포함하였다(Table 1).

Table 1. The comparison of items for epidemiological survey among biosecurity monitoring system in the poultry farms

Item	HPAI	HACCP	OIE	NPIP	RTFAPS	GC	GSK
Farm outline	●	●	●	●	●	●	●
No. Employee	●	●	●	●	●	●	●
All-in all-out	-	-	●	-	-	●	●
Facilities available	-	●	-	-	●	-	-
Education program	-	●	●	-	●	●	●
Veterinary service	●	●	●	●	●	●	●
Egg control	●	●	●	-	●	-	●
Facility isolation	-	●	●	-	-	●	●
Facility location	●	-	●	-	-	-	-
Access control	●	●	●	●	●	-	●
C & D plan	●	●	●	●	●	●	●
Sanitation plan	-	●	●	-	●	-	-
Waste control	●	-	●	-	●	-	●
Pest control	-	●	●	●	●	-	●
Vaccination	●	●	-	-	●	●	●
Serology	-	-	-	●	-	●	●
<i>Salmonella</i> monitoring	-	●	-	●	●	●	●
Wild bird control	●	-	●	●	-	-	-

●: Items performed by the relevant biosecurity program.

- : Items not performed by the relevant biosecurity program.

HPAI, Official Epidemiological Report for Avian Influenza 2010-2011 (Animal and Plant Quarantine Agency 2011); HACCP, Manual for applying laying hens HACCP (HACCP 2016); OIE, World Organization for Animal Health (OIE 2013); NPIP, National Poultry Improvement Plan (NPIP 2019); RTFAPS, Red Tractor Farm Assurance Poultry Scheme (RTFAPS 2017); GC, Quality standard of embryonated egg for flu vaccine production (SOP v2-022-3, 2011); GSK, Quality assurance instruction for pre-hatched chicken eggs (Code No:SP-027); C & D, Clean and Disinfection.

2. 실험대상 농장의 선정

국내 산란계 농장의 방역수준과 HPAI 발생 위험도를 평가하기 위하여 농장의 계종, 규모, 지역에 따라 전국적으로 8개의 농장을 선정하였으며, 기본적인 농장의 개요는 Table 2와 같다.

3. 선정된 농장의 방역수준평가를 위한 체크리스트의 작성

선정된 농장의 방역수준을 평가하기 위하여 일반관리, 위생관리 및 방역 관리로 구분하여 183개 체크리스트 항목을 작성하였다(Table 3). 기본적으로 HPAI 발생 시 조사하는 역학 조사 항목을 포함하였으며, 모든 항목별로 1점씩 동일

한 점수를 부여하였지만 중요한 항목은 세분화하여 항목 수를 늘리는 방식으로 가산하는 방식으로 작성하였다. 본 체크리스트를 이용하여 선정된 농장의 일반적인 차단 방역 수준을 평가하였다.

4. 선정된 농장의 HPAI 발생 관련 위험도 평가

선정된 농장에 대한 HPAI 발생 위험도를 평가하기 위하여 기선정된 방역수준 체크리스트를 기본으로 하여 HPAI 발생과 관련된 평가항목을 설정하였다(Table 4). 선정된 평가항목을 기본으로 하여 농장별로 현장에 맞게 평가항목을 재작성한 후 위험도를 평가하였다. 각 항목에서의 위험도는 상, 중, 하 3단계로 구분하였으며, 각 단계별로 100점, 10점,

Table 2. Overview of poultry farms for evaluating biosecurity level in this study

Farm	JS	GE	CH	CS	HS	OE	JG	LB
Breed	Layer	Layer	Layer	Layer	Layer	Layer	Broiler	Broiler
Location	Jeonbuk	Kyunggi	Chungbuk	Chungbuk	Kyunggi	Kyungbuk	Chungbuk	Chungnam
Facility	Cage	Cage	Floor	Cage	Cage	Floor	Floor	Floor
No. bird	93,600	155,520	8,000	310,000	80,000	60,000	73,700	20,000
No. Houses	3	5	3	3	6	8	3	2
No. Worker	19	10	1	5	12	15	1	1

Table 3. Item type and its number belonging to three different kinds of management used for biosecurity evaluation in the poultry farms

General management		Sanitation management		Quarantine management	
Item	Number	Item	Number	Item	Number
Documentation	26	C & D	12	Entrance	20
Farm worker	14	Water	4	C & D plan	12
Facility	2	Feed	3	Other animals	5
Others	9	Rodent control	7	Vehicles	11
				Manure handling	5
				Bird health	21
				Drug and chemical	8
				Wild animal	6
				Environment	18
Total	51		26		106

Table 4. Scores obtained from each of three types of management items of poultry farms to assess their level of biosecurity in this study

Farm	General	% ¹	Quarantine	%	Sanitation	%	Total	%
JS	45	88.2	86	81.1	26	100.0	157	85.8
GE	43	84.3	75	70.8	23	88.5	141	77.0
CS	36	70.6	82	77.4	22	84.6	140	76.5
HS	40	78.4	76	71.7	23	88.5	139	76.0
OE	38	74.5	77	72.6	15	57.7	130	71.0
CH	11	21.6	50	47.2	9	34.6	70	38.3
JG	13	25.5	52	49.1	10	38.5	75	41.0
LB	9	17.6	32	30.2	4	15.4	45	24.6
Total	51	100.0	106	100.0	26	100.0	183	100.0

¹ Percentage of points acquired by farm for the total score for each management items.

1점의 점수를 부과하였다. 단계별로 점수차를 크게 한 이유는 단계별 차이를 확연히 알 수 있게 함으로써 농장의 전반적인 위험도 단계를 명확하게 하기 위해서였다. 예를 들어

평가대상 농장 근처에 오리농장이 근접하여 있을 경우 위험도는 100점, 예찰 대상 거리인 3 km 이내일 경우에는 10점, 그 외의 경우에는 1점의 위험도 점수를 부과하였다. 따라서,

Table 5. Performance comparison by management item for risk assessment of HPAI outbreak in the selected poultry farm

Item ¹	JS		GE		CH		CS		HS		OE		JG		LB	
	Status ²	Risk ³	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk
Transparency	100	1	100	1	100	10	100	1	100	1	10	10	10	10	10	10
Isolation	100	1	100	1	100	1	100	1	1	100	100	1	100	1	1	1
Location	1	100	1	100	100	1	100	1	1	100	100	10	10	10	1	100
Physical fence	100	10	100	10	100	1	100	1	100	1	100	1	10	10	1	100
General Documentation	10	10	10	10	1	100	100	10	100	1	100	1	10	10	1	10
All-in All-out	100	1	100	1	1	100	100	1	100	10	10	10	100	1	100	1
Density	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10	100	10	100
Other 1 ⁴	1	100	1	100	100	1	100	1	100	1	100	1	10	100	10	100
Total	512	323	512	323	602	314	800	116	602	314	620	134	260	242	134	422
Egg management	100	1	10	10	1	100	10	10	10	10	10	10	100	10	100	10
Insect screen	100	1	100	1	10	100	100	1	10	10	100	1	10	10	1	100
Equipment C&D	100	10	100	10	10	100	100	10	100	10	100	10	10	10	10	10
Rest period	10	10	10	100	1	100	10	100	10	100	10	10	10	1	10	10
Water control	100	1	100	1	10	10	100	1	100	1	10	1	10	100	1	100
Pest control	100	10	100	10	1	100	100	1	100	10	10	10	10	10	1	10
Other 2	300	12	210	21	13	310	120	12	120	12	220	112	112	130	13	220
Total	810	45	630	153	46	820	540	135	450	153	460	154	262	271	136	460
Outbreak	100	10	1	100	10	10	10	100	10	100	10	10	10	10	10	10
Key lock	100	1	100	1	1	100	100	10	100	10	100	10	10	10	1	100
Worker contact	100	10	100	10	100	100	100	10	100	10	100	10	100	100	100	100
Manure control	100	1	100	100	10	10	100	1	10	10	100	100	10	100	1	100
Shoes control	100	1	100	1	10	10	100	10	100	10	100	10	1	10	1	10
Access control	100	10	100	10	10	10	100	1	100	1	100	1	10	100	1	100
C&D	100	10	100	10	10	10	100	1	100	1	100	1	10	1	10	1
Other 3	1,300	139	1,300	139	292	553	1,300	31	1,210	121	1,120	142	472	158	166	157
Total	2,000	182	1,901	371	443	803	1,910	164	1,730	263	1,730	284	623	488	290	578
Grand total	3,322	550	3,043	847	1,091	1,937	3,250	415	2,782	730	2,810	569	1,145	1,001	560	1,460

¹ Each item was given a score of 100 points, 10 points, and 1 point in each step in evaluating the biosecurity level at present (² mark as Status) and the risk of HPAI outbreak (³ mark as Risk).

⁴ Each management item that is not indicated in this table is included in the other 1, other 2 and other 3 below and is indicated by total score. Specifically, the items not displayed in other 1, other 2 and other 3 are as follows.

Other 1: Duck farm vicinity, Other 2: Laundry, Feed control, Bedding control, Facility disinfection, Other 3: Serology, *Salmonella* monitoring, Waste control, Necropsy, Quarantine, Vaccination, Equipment share, Wild bird control, Sick bird control, Veterinary service, Entrance disinfection, Disinfection after shipment, Disinfectant management.

일반관리 8항목, 위생관리 10항목, 방역 관리 21항목에 대하여 위험도 평가를 하게 되면 최소 39점에서 최대 3,900점의 위험도 점수분포를 보이게 된다(Table 5).

결 과

1. 선정된 시험농장의 차단방역수준 평가

시험대상 8개 농장에 대한 방역수준을 183개 체크리스트 항목으로 평가를 하였다. 평가는 체크리스트항목에 적합한 수준이면 항목당 1점을 부가하였다. 일반관리 51점, 방역 관리 106점, 위생관리 26점으로 총합계 183점이었다. 전반적으로 산란계 농장인 5개 농장(JS, GE, CS, HS, OE)이 복지농장 (CH), 육계농장(JG, LB)보다 종합적으로 높은 수준의 점수를 획득하였다(Table 4). 산란계 농장은 대부분 130점에서 157점 사이에 있는 반면, 육계농장은 45점과 75점이었으며, 복지농장은 70점 수준으로 편차가 심하였다. 일반적으로 산란계 농장은 100점 만점 대비 70점 이상의 점수를 획득한 반면, 육계농장과 복지농장은 50점 이하의 점수를 획득하였다. 일반관리의 경우에도 산란계 농장은 100점 만점 대비 모두 70점 이상의 높은 점수를 획득한 반면, 복지농장과 육계농장의 경우 획득한 점수의 분포가 9점에서 13점으로 매우 낮았다. 방역 관리의 경우에도 복지농장과 육계농장 2곳 모두 낮은 점수분포를 보였으나(30.2~49.1) 일반관리보다는 상대적으로 높은 점수분포를 획득하였다. 위생관리의 경우도 점수분포는 일반관리와 방역 관리와 비슷한 형태를 보였

으며 전반적으로 산란계 농장은 일반관리와 방역 관리에 비하여 OE 농장을 제외하고 높은 수준의 점수를 획득(100점 만점 대비 84.6~100점)하였으나, 복지농장과 육계농장은 일반관리보다는 높지만 방역 관리보다는 낮은 점수를 획득하였다. 농장들이 취득한 차단 방역 수준을 100분율로 환산하여 일반관리, 방역 관리, 위생관리의 분야로 나누어 비교하였으며, 이를 삼각형 그래프로 표시를 하였다(Fig. 1). 일반관리, 방역 관리, 위생관리 각 분야별로 취득한 점수를 꼭지점으로 하였을 때 삼각형을 구성하고, 형성된 삼각형의 면적을 비교하면 각 농장들의 전반적인 차단 방역 수준을 평가할 수 있다.

전반적으로 삼각형으로 구성된 면적을 비교하였을 때 JS, GE, HS, GE 농장의 면적이 높은 수준이었으며, CH, LB 농장이 하위수준을 형성하였다. JS, GE, HS, OE 농장은 삼각형의 모양이 정삼각형에 가까운 모양을 형성하였으나, CS, CH, LB 농장은 한쪽으로 치우쳐 있는 모양을 형성하였으며, JG 농장의 경우에는 정삼각형의 모습을 보이고 있으나, 일반관리의 꼭지점이 낮게 형성되었다. 전반적으로 LB 농장을 제외하고는 위생관리에서의 취득점수가 높았으며, 대부분의 농장들은 일반과 위생 관리 분야보다는 방역 관리 분야에서 비슷한 점수를 취득하였다.

2. 시험농장에 대한 HPAI발생 위험도 평가

농장의 현재의 차단방역수준과 전염성질병의 발생에 대한 위험도를 일반관리, 방역 관리, 위생관리로 나누어 평가

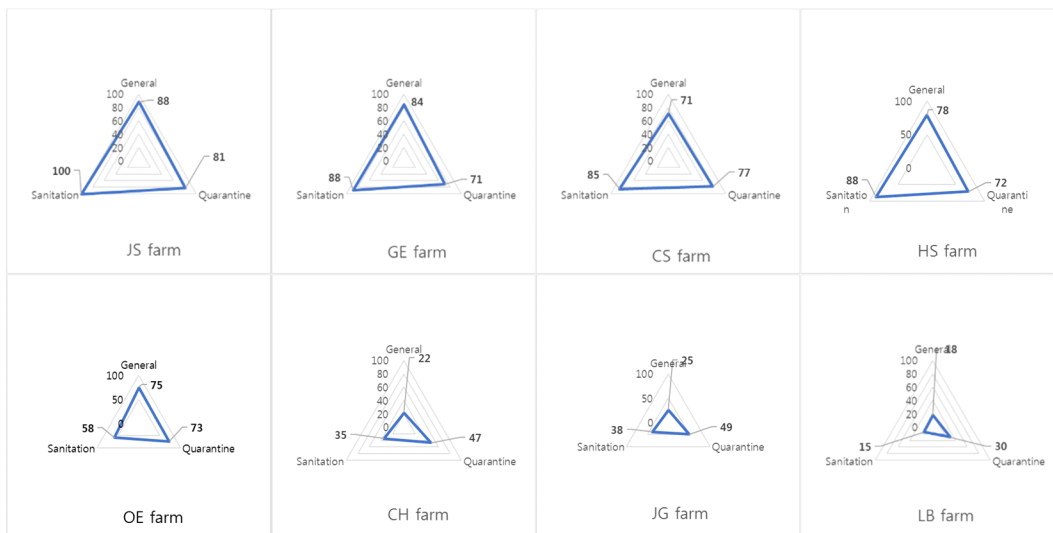


Fig. 1. Comparison on biosecurity level of the poultry farms selected in this study. The biosecurity level was evaluated by three different category such as general, sanitation and quarantine management forming a shape with triangle. The biosecurity level was converted into percentages based on the total score of 100 points and displayed in bold face for each management.

하였다(Table 5, Supplement Table, Fig. 2). 8개의 농장에서 표현되는 삼각형 그래프의 모습을 구분하면 현재의 방역수준(파란 실선)이 전염병 발생 위험 수준(빨간 실선)을 포함하는 경우와 그 반대의 경우로 나눌 수 있다. JS, GE, CS, HS, OE 농장은 전자의 경우이며, CH, JG, LB 농장의 경우에는 후자의 경우이다. 현재의 차단 방역 수준이 위험도를 포함하는 농장의 경우, 대부분이 방역 관리에서 높은 점수를 획득하였다는 공통점이 있으며, 위험도가 현재의 차단 방역 수준을 능가하는 경우에는 전반적으로 취약하지만, 특히 방역 관리수준이 매우 취약하였다. LB 농장의 경우 위험도가 현재의 차단 방역 수준을 모두 포함하는 형태로 나타나 전염성 질병 관리에 매우 취약하였다.

고 찰

본 연구에서는 국내에서 2003년부터 지속적으로 발생하고 있는 HPAI에 대하여 그 피해를 최소화하고자 국내의 양계농장을 대상으로 현재의 방역수준을 평가하고, 향후 발생할 수 있는 HPAI의 위험도를 평가하고자 수행하였다. 본 연구에서는 국내 양계농장 현장 조사를 기본으로 전국적으로 시험 대상 농장을 선정하여, 주기적인 방문 평가를 통하여 농장의 일반관리, 위생관리 및 방역 관리 수준을 파악하였다.

HPAI가 발생되었을 경우, 역학적으로 가장 중요한 사항은 가능한 빠른 시간 내에 발생 현황을 정확히 파악하는 것

이다. 이를 위하여 HPAI 발생 신고가 접수되면 기본적으로 현장을 방문하여 역학조사를 실시하게 된다. 일반적으로 현장 역학조사는 사전에 정의된 역학 조사 서식을 기본으로 하여 현장에서 농장의 주인 등 당사자들과 면담 혹은 농장의 기록을 점검하여 수행을 한다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2015). 본 연구에서는 국내의 닭농장에서의 차단 방역과 관련된 7개의 대표적 분야를 선정하여 전염병 관련 조사 항목을 서로 비교하였다. 그 결과, 비교 대상 7개 시스템에서의 조사항목은 각 시스템의 특성 및 목적에 따라 구성되어 서로 다른 측면도 있었지만, 대부분 유사한 조사항목으로 구성되었다. 특히 농림축산검역본부(김천 대한민국)에서 제시한 동물 질병 역학조사 실무 매뉴얼은 역학조사를 모두 6단계로 나누어 진행하도록 되어 있으나 실제 기초정보 수집 및 분석인 1단계와 신고농장 현장 역학조사의 2단계에서 집중적으로 정보를 조사하게 되어 있다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2015). 하지만 HPAI가 발생을 하였을 때 이와 같이 많은 정보를 단시간에 조사하는 것은 한계가 있기 때문에 초기의 역학조사에서는 중요도 및 역학적 상황에 따라 선택과 집중이 필요한 것으로 판단되며, 7가지 종류의 시스템의 특성을 고려하여 시스템별로 추가하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 본 연구에서는 HPAI 발생뿐만 아니라 사전 농가의 방역수준을 평가하기 위한 목적으로 HPAI 발생 시 조사항목에 기본적인 평가항목을 추가하여 일반관리, 방역 관리, 위생관리로 나누어 총 183개 항목을 선정하

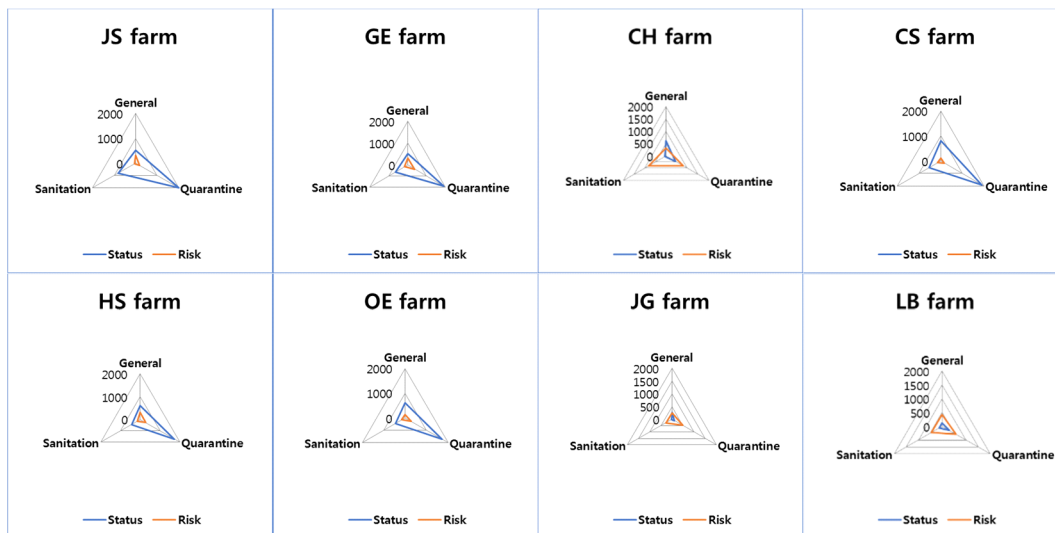


Fig. 2. Comparison of biosecurity level at present (blue line marked as Status) and risk assessment of HPAI outbreak (red line marked as Risk) in the selected poultry farms. The biosecurity level was evaluated by three different category such as general, sanitation and quarantine management forming a shape with triangle. Each biosecurity level is expressed as a score obtained by a method specified by each management. This Figure is based on the score in Table 5.

여 선정된 농장의 방역수준을 평가하였다(Table 3).

HPAI 발생이 되면 전염병의 특성상 농가에서는 급격한 폐사를 관찰하게 되며, 방역당국에서는 발생농장에 대한 역학 조사를 수행한다. 역학조사의 목적은 발생이후 수평전파의 위험성과 수평전파가 되었다면 감염범위를 추정하기 위해서이다(OIE, 2018). 역학조사와 동시에 농장현장에서는 수평전파를 최소화하기 위하여 살처분을 진행한다. 살처분 과정에 있어서 가장 중요한 점은 역학적 조사에 따라 살처분의 범위를 정하며, 발생농장에서 일정반경을 기준으로 한다(FAO, 2001). 하지만 '17/'18년도의 경우 예방적 살처분을 한 118호(5,214천 수) 농장 모두 음성으로 지연신고는 없었다는 것이 밝혀졌지만, 한편으로는 농가로부터 민원이 제기되었다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2018). 일반적으로 HPAI가 유행을 하고 있는 상황에서는 검사 당시의 음성판정만 가지고는 향후 발생 가능성을 속단할 수 없기 때문에 예외 없이 살처분이 진행된다. 그러나 살처분 대상 농장 중 검사 당시 음성농장의 경우, 방역수준을 알 수 있다면 잠복기 최대기간인 21일 동안 살처분을 유예할 수 있는 방법도 생각할 수 있다. 본 연구에서 제시한 가금농장들의 차단 방역 수준을 평가할 수 있는 조사항목을 선정하고, 그에 따른 방역등급을 정하고 HPAI 발생 위험도를 평가하는 것은 매우 중요하다(Allepuz et al., 2018; Van Limbergen et al., 2018).

본 연구에서는 농장의 방역수준을 평가하고, 질병 발생 위험도를 분석하기 위하여 전국적으로 8개의 가금농장을 선정하였다. 선정된 농장의 방역수준을 본 연구에서 선정한 186개 항목을 포함한 차단 방역 체크리스트를 이용하여 평가를 하였으며(Table 4, Fig. 1), 그에 따른 질병발생 위험도를 평가하였다(Table 5, Fig. 2). 그 결과, 선정된 가금농장은 차단방역 수준 및 질병의 위험도 평가에서 매우 다양한 분포를 보였다. 8개의 농장 중 5개의 농장은 총점 183점 중 130점 이상을 취득하였으며, 3개 농장은 매우 낮은 45점에서 75점을 취득하여 농장 간 편차가 높았다. Van Limbergen 등(2018)에 의하여 실시된 차단 방역 수준에 따른 유럽에서의 가금농장의 분포를 보면, 100점 만점으로 하였을 때 내부요인의 경우 68점에서 85.6점, 외부요인의 경우 59.8점에서 78점으로 본 연구조사와 비교할 때 차단 방역 수준 범위가 본 연구의 대상 농장보다는 좁은 것으로 파악이 되었다. 이와 같이 본 연구조사에서 차단 방역 수준이 넓게 분포하는 것은 다양한 가금농장을 대상으로 수준을 평가하는 것으로 인하여 나타나는 현상으로 판단되며, 산란계 농장, 종계 농장, 육계농장 등으로 나누어 평가를 하면 편차는 줄어들 것으로 판단된다.

총점의 70% 수준인 130점 이상을 획득한 5개 농장의 경

우, 최하 130점에서 최고 157점의 분포를 보였다. 이를 일반 관리, 방역 관리, 위생관리로 나누어 농장 간 비교하였을 때 가장 큰 차이를 보인 것은 위생관리였다. 이러한 차이점은 위생관리항목 중 세척 및 소독관리항목에서의 농장간 차이가 있었기 때문이다. 하지만 방역 관리에서는 JS 농장을 제외한 나머지 4개 농장은 거의 비슷한 수준으로 평가되었다. Van Limbergen 등(2018)에 의하여 실시된 육계농장에서의 차단 방역 수준을 평가에서는 가장 낮은 점수를 획득한 항목은 '외부인과 내부인력에 대한 관리'로서 51.5점을 획득하였다. 이와 같이 농장의 차단 방역에서 가장 문제가 되는 것은 출입통제인 것이다. 따라서 본 연구에서도 이러한 점을 감안하여 방역 관리의 출입통제와 관련된 항목을 총 20개 항목으로 구성하였다. 출입통제에 대한 항목에서 취득한 점수를 농장간 비교를 하면 최저 17점(HS 농장)에서 최고 19점(JS 농장)으로 차이가 크지 않았다. 이러한 이유는 최근 국내 산란계 농장에서 농장 출입통제에 대하여 많은 관심을 기울이는 것으로 판단된다. 하지만 본 연구에서 동일한 출입통제에 대한 일반 육계농장과 복지농장의 경우에는 최저 1점(LB 농장)에서 최고 15점(CH 농장)으로 차이가 심하였다. 국내 가금농장에서 농장의 출입통제는 산란계 농장보다는 육계농장 혹은 복지농장이 취약한 것으로, 이에 대한 대책이 수립되어야 할 것으로 판단된다.

차단 방역수준에서 157점으로 가장 높은 점수를 획득한 JS 농장의 경우, 위험도 평가에서도 현재의 수준이 3,322점으로 위험도 550점보다 높았다. 일반관리, 위생관리, 방역관리를 세 꼭지점으로 표현한 차단 방역수준 삼각형 도형(Fig. 1)을 보면 현재의 방역수준을 나타내는 삼각형 도형이 위험도 삼각형 도형을 포함하여 전반적으로 HPAI의 발생위험도는 낮은 것으로 평가되었다. 하지만 차단 방역수준에서 가장 낮은 점수를 획득한 LB 농장의 경우, 위험도 평가에서는 현재의 방역수준 삼각형보다 발생위험도 삼각형이 훨씬 범위가 넓어 HPAI의 발생위험도가 높게 평가되었다. 다른 농장의 경우에도 전반적으로 차단 방역수준이 낮은 CH, JG 농장은 HPAI 발생 위험도 삼각형 면적이 현재의 방역수준 삼각형과 같거나, 부분적으로 큰 것으로 나타나 HPAI 발생 위험도가 높은 것으로 판단되었다. 이와 같은 차단방역수준과 질병에 대한 위험도는 여러 연구자에 의하여 발표가 된 바 있다(Thrush et al., 2017; Allepuz et al., 2018). Thrush 등(2016)은 전염성 질병 위험요인의 농장 내로의 유입과 전파를 점수로 환산하여 모델을 개발하였으며, 이를 통하여 위험도를 3가지 형태의 카테고리(low, medium and high)로 구분하였다. 이러한 방법을 사용하여 European Commission guidance는 4,

10, 31개 농장을 위험도가 높음, 중간 및 낮음으로 분류를 하였다. 이와 같이 본 연구에서 선정된 차단 방역 수준의 체크리스트와 HPAI 발생 위험도 간에 상관성이 인정되기 때문에 본 연구에서 개발된 체크리스트는 HPAI 발생에 대비하여 평상시의 농장의 차단 방역 수준을 평가하는데 활용할 수 있으며, 지속적으로 평가가 이루어진다면 HPAI 발생 시 살처분 범위 내 농장일 경우, 살처분 결정에 도움이 될 것으로 판단된다.

최근 양계산업에서는 동물 복지사육에 대한 관심이 높아졌다. 소비자 측면에서도 동물복지에 대한 요구가 증가하고 있기 때문에 다양한 사육시설 등이 도입되고 있다(Vizzier et al., 2016). 이러한 이유로 본 연구에서도 1개의 복지 산란계 농장을 포함하였으며, 사육 기간이 짧은 육계농장도 2개소를 포함하여 일반 산란계 농장과 차단 방역 수준과 질병 발생 위험도를 평가하였다. 평가결과, 복지농장인 CH 농장, 육계농장인 JG, LB 농장 모두 일반 산란계 농장에 비하여 낮은 방역수준을 보이고 있다. 또한, 위험도 평가에서도 높은 위험이 있는 것으로 평가되었다. 일반적으로 복지농장의 차단방역수준이 산란계 농장의 방역수준에 비하여 낮은 것은 여러 논문에서 지적이 된 바 있다(Gole et al., 2017). 그 이유는 복지 농장의 경우 방사를 하는 등 외부와의 접촉이 많을 수 있는 환경에서 사육이 되기 때문이다. 하지만 복지 농장의 경우에도 외부와 차폐가 잘 되어있는 시설과 구조를 가지고 있는 농장의 경우에는 질병의 발생 가능성이 낮을 것이다. 따라서, 국내에서도 복지 농장에 대한 관심이 증가할수록 차단방역이 용이한 시설이나 구조를 갖추어 수 있도록 국가행정이나 국가정책이 수립되어야 할 것이다.

본 연구결과는 양계농장에 대한 차단 방역 현황 및 수준을 제시할 수 있는 차별적 차단 방역 시스템 개발을 통해 HPAI 발생 시 일괄적 살처분 및 매몰 이외에 선택적인 살처분 방안에 대한 가능성을 제시하였다. 이러한 연구와 같이 다양한 차단 방역을 평가할 수 있는 시스템이 개발이 된다면 HPAI뿐만 아니라, 다른 전염성 질병에 대하여도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

일반적으로 고병원성 조류인플루엔자(HPAI; highly pathogenic avian influenza)가 발생을 하면 일정한 방역지역을 선정하여 그 범위 내의 농장에 대해서는 일괄적 살처분을 진행한다. 그러나 이러한 살처분은 산업에 막대한 경제적 손

실을 줄 수 있지만, 방역 범위를 줄이게 되면 수평전파의 위험성이 커지게 된다. 따라서 본 연구에서는 국내 가금농장의 차단 방역 수준과 HPAI 발생 위험도를 측정할 수 있는 방법을 마련하고, HPAI가 발생 시 방역지역에 포함된 농장들을 선별적으로 살처분을 할 수 있는 방안을 마련하고자 수행하였다. 국내 가금농장의 계종, 규모, 지역에 따라 전국적으로 8개의 농장을 선정하였으며, 일반관리 51항목, 방역관리 106항목, 위생관리 26항목으로 총 183 항목으로 나누어 차단 방역 수준을 평가하였다. 전반적으로 산란계 농장인 5개 농장(JS, GE, CS, HS, OE)이 복지농장(CH), 육계농장(JG, LB)보다 종합적으로 높은 수준의 점수를 획득하였다. 산란계 농장은 대부분 130점에서 157점 사이에 있는 반면, 육계농장은 45점과 75점이었으며, 복지농장은 70점 수준으로 농장간 차단 방역 수준 편차가 심하였다. 평상시 가금농장의 HPAI 발생의 위험도도 일반관리, 방역 관리, 위생 관리로 나누어 평가한 후 기존의 각 농장별 현재의 차단 방역수준과 서로 비교하였다. 현재의 차단 방역 수준이 HPAI 발생 위험도보다 높은 수준의 농장의 경우 대부분이 3개 관리 분야 중 방역 관리가 뛰어나다는 공통점이 있었으며, HPAI 발생 위험도가 현재의 차단 방역 수준을 능가하는 경우에는 대부분 3개 분야의 관리가 전반적으로 취약하였지만, 특히 방역 관리수준이 매우 낮은 점수를 취득하였다.

이와 같이 본 연구에서 제시한 가금농장의 차단 방역 수준 평가를 위한 항목들을 활용을 하면 현재 가금농장의 차단 방역 수준을 평가할 수 있을 뿐 아니라, HPAI 발생에 대한 위험도를 추정할 수 있다. 따라서, 이러한 위험도 평가를 HPAI 발생시 방역 지역 내 농장에 다른 요소들과 함께 적용을 한다면 선택적 살처분의 가능성도 높아질 것으로 판단된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 가축질병대응기술개발사업(316047-03) 및 농림축산검역본부(Z-1543084-2013-15-03)의 지원을 받아 연구되었음.

ORCID

Hyun Hee So	https://orcid.org/0000-0002-5430-8284
Yeonji Bae	https://orcid.org/0000-0001-7475-3679
Inpil Mo	https://orcid.org/0000-0003-2793-2628

REFERENCES

- Allepuz A, Martin-Valls GE, Casal J, Mateu E 2018 Development of a risk assessment tool for improving biosecurity on pig farms. *Prev Vet Med* 153(1):56-63.
- Animal and Plant Quarantine Agency 2004 Official Epidemiological Report for Avian Influenza 2003-2004 (In Korean). Available from: <http://lib.qia.go.kr/LibtechUpload/Book/B200600022.pdf>. Accessed September 20, 2019.
- Animal and Plant Quarantine Agency 2011 Official Epidemiological Report for Avian Influenza 2010-2011 (In Korean). Available from: <http://lib.qia.go.kr/LibtechUpload/Book/B20110209-1.pdf>. Accessed September 20, 2019.
- Animal and Plant Quarantine Agency 2015 Practical Manual on Animal Disease Epidemiology (1.0) High Pathogenic Avian Influenza (HPAI) (In Korean). Available from: <http://lib.qia.go.kr/LibtechUpload/Book/B20150811-02.pdf>. Accessed September 20, 2019.
- Animal and Plant Quarantine Agency 2017 Official Epidemiological Report for Avian Influenza 2016-2017 (In Korean). Available from: <http://lib.qia.go.kr/LibtechUpload/Book/B20180213-01.pdf>. Accessed September 20, 2019.
- Animal and Plant Quarantine Agency 2018 Official Epidemiological Report for Avian Influenza 2017-2018 (In Korean). Available from: <http://lib.qia.go.kr/LibtechUpload/Book/B20181219-01.pdf>. Accessed September 20, 2019.
- Conan A, Luce FG, Soren S, Vong S 2012 Biosecurity measures for backyard poultry in developing countries: a systematic review. *BMC Veterinary Research* 8:240-249.
- Derksen T, Lampron R, Hauck R, Pitesky M, Gallardo RA 2018 Biosecurity assessment and seroprevalence of respiratory diseases in backyard poultry flocks located close to and far from commercial premises. *Avian Dis* 62(1): 1-5.
- FAO 2001 Manual on Procedures for Disease Eradication by Stamping Out. Part 1. Destruction of Animals. Available from: <http://www.fao.org/3/y0660e/Y0660E00.htm>. Accessed September 20, 2019.
- GC 2011 Quality standard of embryonated egg for flu vaccine production. Green Cross. SOP v2-022-3.
- Gole VC, Woodhouse R, Caraguel C, Moyle T, Rault JL, Sexton M, Chousalkar K. 2017 Dynamics of *Salmonella* shedding and welfare of hens in free-range egg production systems. *Appl Environ Microbiol* 83(5):e03313-16. <https://doi.org/10.1128/AEM.03313-16>.
- GSK 2007 Specification: Quality Assurance Instruction for Pre-hatched Chicken Eggs. GSK. Code No:SP-027.
- HACCP 2016 Manual for applying laying hens HACCP (In Korean) Available from: <http://hukobio.co.kr/wordpress/wp-content/plugins/uploadingdownloading-non-latin-filename/download.php?id=44329>. Accessed September 20, 2019.
- Lee CW, Ki M 2015 Strengthening epidemiologic investigation of infectious diseases in Korea: lessons from the middle east respiratory syndrome outbreak. *J Korean Med Assoc.* 58(8):706-713.
- Nam IS, Kim HS, Seo KM, Ahn JH 2014 Analysis of HACCP system implementation on productivity, Advantage and disadvantage of laying hen farm. *Korean J Poult Sci* 41(2):93-98.
- NPIP 2019 National Poultry Improvement Plan for commercial poultry. Available from: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=119a83c6b3a4850ff837078ba6eacfa5&r=PART&n=9y1.0.1.7.64>. Accessed September 20, 2019.
- OIE 2013 Biosecurity procedures in poultry production. Available from: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_biosecu_poul_production.pdf. Accessed September 20, 2019.
- OIE 2018 Manual 5. Surveillance and epidemiology. Available from: https://rr-asia.oie.int/fileadmin/SRR_Activities/STANDZ/SEACFMD_Manual/SEACFMD_Manual_5.pdf. Accessed November 20, 2019.
- RTFAPS 2017 Red Tractor Farm Assurance Poultry Scheme. Available from: https://assurance.redtractor.org.uk/content-files/Farmers-6803.pdf?_=636359681046417894. Accessed September 20, 2019.
- Thrush MA, Pearce FM, Gubbins MJ, Oidtmann BC, Peeler EJ 2017 A simple model to rank shellfish farming areas based on the risk of disease introduction and spread. *Transbound Emerg Dis* 64(4):1200-1209.
- Van Limbergen T, Dewulf J, Klinkenberg M, Ducatelle R, Gelaude P, Méndez J, Heinola K, Papasolomontos S, Szeleszczuk P, Maes D 2018 Scoring biosecurity in European conventional broiler production. *Poult Sci.*

97(1):74-83.

Vizzier Thaxton Y, Christensen KD, Mench JA, Rumley ER,
Daugherty C, Feinberg B, Parker M, Siegel P, Scanes CG
2016 Symposium: animal welfare challenges for today

and tomorrow. Poult Sci 95(9):2198-2207.

Received Dec. 2, 2019, Revised Dec. 19, 2019, Accepted Dec.
20, 2019

Supplement Table for Table 5. Performance comparison by management item for risk assessment of HPAI outbreak in the selected poultry farm

Item*	JS		GE		CH		CS		HS		OE		JG		LB	
	Status ¹	Risk ²	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk
Transparency	100	1	100	1	100	10	100	1	100	1	10	10	10	10	10	10
Isolation	100	1	100	1	100	1	100	1	1	100	100	1	100	1	1	1
Location	1	100	1	100	100	1	100	1	1	100	100	10	10	10	100	
Duck farm vicinity	1	100	1	100	100	1	100	1	100	1	100	1	10	100	10	100
General Physical fence	100	10	100	10	100	1	100	1	100	1	100	1	10	10	1	100
Documentation	10	10	10	10	1	100	100	10	100	1	100	1	10	10	1	10
All-in All-out	100	1	100	1	1	100	100	1	100	10	10	10	100	1	100	1
Density	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10	100	10	100
Total	512	323	512	323	602	314	800	116	602	314	620	134	260	242	134	422
Egg management	100	1	10	10	1	100	10	10	10	10	10	10	100	10	100	10
Insect screen	100	1	100	1	10	100	100	1	10	10	100	1	10	10	1	100
Equipment C&D	100	10	100	10	10	100	100	10	100	10	100	10	10	10	10	10
Rest period	10	10	10	100	1	100	10	100	10	100	10	10	10	1	10	10
Laundry	100	10	100	10	1	100	10	1	10	1	10	1	1	10	1	10
Sanitation Facility disinfection	100	1	100	1	1	100	100	1	100	1	100	1	10	10	1	100
Water control	100	1	100	1	10	10	100	1	100	1	10	1	10	100	1	100
Feed control	100	1	10	10	1	10	10	10	10	10	10	10	1	10	1	10
Bedding control	0	0	0	0	10	100	0	0	0	0	100	100	100	100	10	100
Pest control	100	10	100	10	1	100	100	1	100	10	10	10	10	10	1	10
Total	810	45	630	153	46	820	540	135	450	153	460	154	262	271	136	460
Disease outbreak	100	10	1	100	10	10	10	100	10	100	10	10	10	10	10	10
Key lock	100	1	100	1	1	100	100	10	100	10	100	10	10	10	1	100
Entrance gate	100	1	100	1	10	10	100	1	100	1	100	1	10	10	1	10
Worker contact	100	10	100	10	100	100	100	10	100	10	100	10	100	100	100	100
Serology	100	1	100	1	10	1	100	1	100	1	100	1	1	1	1	1
Salmonella monitoring	100	100	100	100	10	100	100	1	100	1	100	1	10	10	1	10
Quarantine Waste control	100	10	100	10	10	100	100	1	100	1	100	1	10	1	10	1
Necropsy	100	1	100	1	10	10	100	1	100	1	10	1	100	1	10	1
Manure control	100	1	100	100	10	10	100	1	10	10	100	100	10	100	1	100
Shoes control	100	1	100	1	10	10	100	10	100	10	100	10	1	10	1	10
Quarantine	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	10	1
Vaccination	100	10	100	10	1	100	100	10	100	10	100	10	100	1	100	1
Access control	100	10	100	10	10	10	100	1	100	1	100	1	10	100	1	100

Supplement Table for Table 5. Continued

Item*	JS		GE		CH		CS		HS		OE		JG		LB		
	Status ¹	Risk ²	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	Status	Risk	
Quarantine	C&D	100	10	100	10	10	10	100	1	100	1	100	1	10	1	10	1
	Total	2,000	182	1,901	371	443	803	1,910	164	1,730	263	1,730	284	623	488	290	578
	Grand total	3,322	550	3043	847	1,091	1,937	3,250	415	2,782	730	2,810	569	1,145	1,001	560	1,460

* Each item was given a score of 100 points, 10 points, and 1 point in each step in evaluating the biosecurity level at present (¹ Status) and the risk of HPAI outbreak (² mark as Risk).

* This table showed all management items used in this study and also included the items which were not shown in the Table 5 (Other 1, Other 2 and Other 3) such as below.

Other 1: Duck farm vicinity.

Other 2: Laundry, Feed control, Bedding control, Facility disinfection.

Other 3: Serology, Salmonella monitoring, Waste control, Necropsy, Quarantine, Vaccination, Equipment share, Wild bird control, Sick bird control, Salmonella monitoring, Veterinary service, Entrance disinfection, Disinfection after shipment, Disinfectant management.