

동선계획에 따른 격리병동의 설계검증에 관한 연구

박 현 진, 정 충 수, 홍 진 관^{*†}

경원대학교 대학원, *경원대학교 건축설비학과

A Study on the Design Qualification of an Isolation Hospital According to Circulation System

Hyun Jin Park, Chung Soo Jung, Jin Kwan Hong^{*†}

Graduate School, Kyungwon University, Sunnam City 461-701, Korea

^{*}Department of Building Equipment and System Eng, Kyungwon University, Sunnam City 461-701, Korea

(Received May 18, 2011; revision received June 27, 2011)

ABSTRACT: Recently, Influenza(AI, PI) patients have been increasing rapidly. But, there is a lack of isolation hospitals. In particular, according to increase the rate of patients with airborne infection, in order to prevent the spread of pathogens, design of layout plan and air conditioning system of isolation hospitals becomes more important to maintain patient's room as negative pressure. In this study, the spread of pathogens are analyzed as room differential pressure, moving time of medical staff and patients, and moving way in isolation hospitals by multizone simulation; CONTAM 2.4. Through the analysis, the ways to improve isolation hospital considered at the design step are reached to prevent the spread of pathogens effectively. Also, it verifies that HVAC system for isolation hospital is suitably designed as standard.

Key words: Design qualification(설계검증), Influenza AI(신종 인플루엔자), Multizone simulation (멀티존 시뮬레이션), Isolation hospital(격리병동), Circulation system(동선)

기 호 설 명

<p>C_d : 방출율 [0~1]</p> <p>C_b : 유량계수 [0~1]</p> <p>C_i^α : 존 i에서 오염원 α의 질량비율 [0~1]</p> <p>C_j^α : 존 j에서 오염원 α의 질량비율 [0~1]</p> <p>$F_{i \rightarrow j}$: 존 i에서 j로 흐르는 공기유량 [kg]</p> <p>F_y : 폭 W, 높이 Δy인 개구부의 유량 [kg]</p> <p>G_i^α : 제어체적내의 오염물질 발생량 [kg]</p> <p>$K^{\alpha, \beta}$: 존 i에서 오염원 α와 β의 운동반응 계수 [0~1]</p>	<p>L : 유효 누설 면적 [m^2]</p> <p>m_i : 존 i에서 공기의 질량 [kg]</p> <p>m_i^α : 존 i에서 오염원 α의 질량 [kg]</p> <p>Q_r : 압력차 ΔP_r에서 예상 풍량 [m^3/s]</p> <p>ΔP_r : 압력차 [Pa]</p> <p>R_i^α : 존 i에서 오염원 α의 제거율 [0~1]</p> <p>W : 개구부의 폭 [m]</p> <p>Δy : 개구부의 단위 높이 [m]</p> <p>ρ : 개구부를 지나는 공기의 밀도 [kg/m^3]</p> <p>η_j^α : 오염원 α에 대한 필터 효율 [0~1]</p>
---	--

[†] Corresponding author

Tel.: +82-031-750-5306; fax: +82-031-750-5314

E-mail address: jkhong@kyungwon.ac.kr

1. 서 론

최근 몇 년 간 중증급성호흡기 증후군(Severe Acu-

te Respiratory Syndrome, SARS), 조류 인플루엔자 인체감염증(Avian Influenza, AI), 신종 인플루엔자(Pandemic Influenza, PI), 슈퍼 박테리아 등 전염성이 강하거나 생명에 치명적인 신종 전염병이 전 세계에 등장했다. 우리나라도 2009년 신종플루(Pandemic Influenza, PI) 환자가 발생하면서 인플루엔자 환자는 2007년 16만 6000명에서 2008년 20만 2000명, 2009년 208만 명으로 폭증한 것으로 나타나고 있다.⁽¹⁾ 2009년 신종플루 등의 여파로 인플루엔자 환자가 예년에 비해 10배 이상 증가하고 있다. 이와 같이 최근 몇 년 간 신종플루 등 인플루엔자 환자는 급증하고 있으나 환자를 수용할 수 있는 격리병상수는 매우 부족한 실정이다. 정부는 1997년 홍콩에서 조류 인플루엔자 인체감염이 보고된 이후, 인플루엔자를 국가 필수 예방접종 대상 전염병으로 지정하였으며, 2000년도부터 국가인플루엔자 감시체계(Korea Influenza Surveillance Scheme, KISS)로 확대, 개편하여 2004년부터는 KISS에 참여하고 있는 민간 의료기관 중 100개를 선정하여 인플루엔자 유행의 조기 인지를 강화하였지만,⁽²⁾ 이는 국내 의료기관의 수가 5만 4165개소임을 감안했을 때 0.16%에 해당하는 미미한 수치이다.⁽³⁾

본 연구에서는 격리병동에서의 과학적이고 체계적인 환자관리 및 격리병동확충에 따른 국가지정 격리병상 시설기준에 문제점이 없는지를 살펴보고, 연구대상시설이 기준에 적합하게 설계, 시공되었는지와 격리병동에서 음압유지에 중요한 공조시스템이 기준을 만족하고 있는지 설계검증(DQ : Design Qualification)하고자 하였다.

국내에서는 공동주택에서 미생물 오염원이 존재할 경우 확산과 제거에 관한 연구,⁽⁴⁾ 환기시스템의 종류와 운전에 따른 오염원의 확산 및 제거효과를 필터여과기술과 자외선 살균조사기술(UVGI)등을 적용한 면역건물기술(Immune Building Technology) 측면에서 분석한 연구⁽⁵⁾가 있으며, 2008년의 생물안전 3등급 연구시설(Bio Safety Level 3; BSL3)의 환기해석에 대한 연구⁽⁶⁾와 2010년의 생물안전 3등급(BSL3) 시설의 생물재해 시나리오에 따른 실내 공기환경 예측에 관한 연구⁽⁷⁾가 수행되었으나, 격리병동에 대한 연구는 미비한 상태이다. 격리병동은 실간 차압유지에 따른 음압유지 및 급배기 시 HEPA filter를 통한 오염원의 확산방지라는 점은 생물안전 3등급 연구시설과 유사한 것으로 생각된다. 국내 12개 BSL3 시설을 대상으로 실시된 검증사례 분석 결과⁽⁸⁾에 의하면 허가를 위한 보완 및 지적사항으로

약 30%가 설계에 관련된 내용으로 보고되고 있어, 격리병동의 경우도 그 운용 안전성을 위해 설계 검토단계의 세분화가 필요함을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 CONTAM2.4⁽⁹⁾를 이용한 멀티존 시뮬레이션을 통해 계획설계 단계에서 격리병상의 안정성을 제고할 수 있도록 공조시스템에 대한 보다 안정적인 설계 도출방안과 교차오염 및 감염확산의 위험성은 없는지를 평가하고자 하였다.

2. 대상 모델 구성 및 특징

2.1 연구대상 격리병동의 평면계획

우선, 국가지정 격리병상 시설기준⁽¹⁰⁾에서 음압격리병상에 대해 살펴보면, 기본적인 감염 예방대책을 수행하기 위하여 전실을 가진 1인실이 이상적이거나 병원 평면구조에 따라 다인실도 가능하다. 또한, 공조설비는 전외기방식이 이상적이거나 재순환방식을 채택하는 경우 조닝을 통하여 각각의 병실간의 공기혼입에 따른 교차오염을 방지하도록 구분하도록 하고 있다. 격리병동의 대기압에 대한 음압의 설정치는 화장실 < 병실 < 전실 < 복도 순으로 유지하여 출입문이 열려있는 상태에서도 화장실의 공기가 병실 또는 전실로 유입되지 않고, 병실의 공기가 전실로 유입되지 않도록 병실 및 전실의 음압차를 -2.5 Pa(-0.255 mmAq)⁽¹⁰⁾ 이상으로 유지하도록 하고 있다.

이와 같은 국가지정 격리병상 시설기준에 본 연구에서 해석대상으로 하고 있는 격리병동 내부가 적합한가를 확인해보기 위해서 의료진 동선과 환자 동선으로 구분하여 Fig. 2와 Fig. 3과 같이 구분하여 나타낼 수 있다.

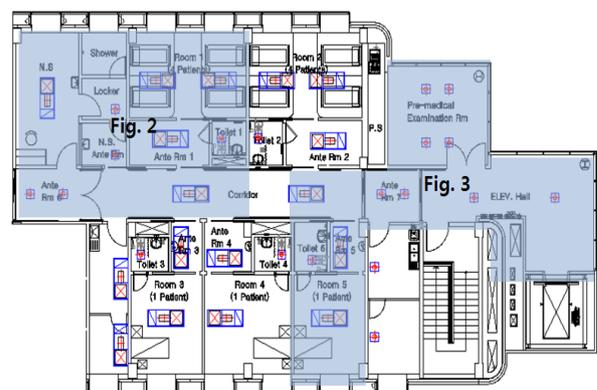


Fig. 1 Multizone base model.

Fig. 2의 동선과 같이, 의료진은 일반병동과 연결되어 있는 격리병동 왼쪽의 격리복도 전실(Ante room 6)을 통하여 입·퇴실하도록 계획되어있다. 의료진이 환자 진료 후에 격리병동을 퇴실할 경우 의료진은 병원균에 접촉한 상태로 탈의실(Locker)을 지나 샤워실(Shower)에 진입하여 샤워 후 다시 병원균이 접촉됐던 탈의실을 거쳐 간호사실(Nurse Station; N.S.)로 퇴실하도록 동선이 계획되어있다. 이 경우, 의료

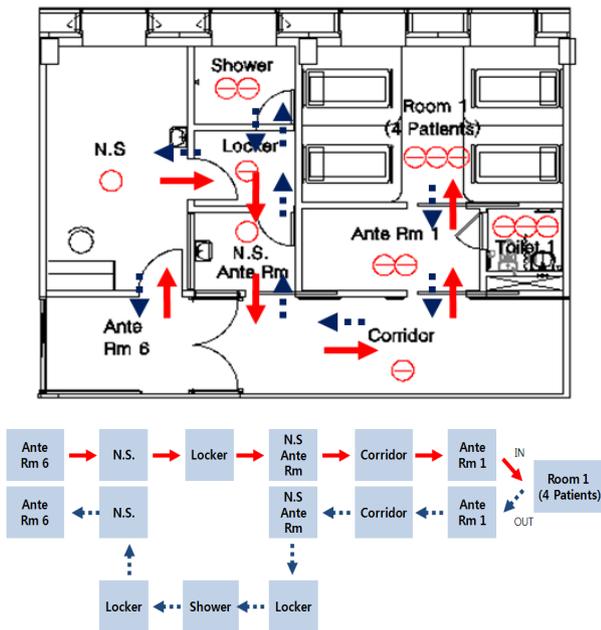


Fig. 2 Medical staff movements.

진은 탈의실에서 재오염 가능한 상태가 예상되며, 퇴실 시 병원균이 격리병동 외부로 확산될 수 있을 것으로 예상된다.

또한, Fig. 3의 환자동선을 살펴보면, 감염의심환자는 일반병동과 격리된 예진실(Pre-medical examination room)에서 예진 후 입원하도록 되어있다. 본 병동은 예진실에서 예진 후 Elev. hall을 거쳐 격리복도 전실(Ante room 7)를 통하여 격리복도(Corridor), 전실(Ante room 5)을 순차적으로 거쳐 1인실(Room 5)에 입원하게 되어있다. 이 경우, 격리병동 내 설정된 음압형성에 따라 감염환자의 격리복도 진입으로 인하여 복도에서 상대적으로 음압인 다른 병실로 병원균이 확산되어 교차오염이 발생할 수 있을 것으로 예상된다.

또한, 병실 내부구조를 보면, 4인실의 경우 Fig. 2와 같이, 환자의 화장실 출입은 격리복도와 연결된 전실(Ante room 1)을 거쳐야 하므로 병원균에 감염된 환자의 화장실 이동으로 인하여 전실로 병원균이 확산될 수 있다. 1인실의 경우, Fig. 3과 같이 병실보다 화장실의 음압이 크게 되어있어 기준에는 적합하지만, 의료진 회전 시 환자의 동선사이인 환자베드와 화장실 사이에서 의료진은 진료를 하게 되므로 감염의 위험이 예상되어 추후 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics; CFD)⁽¹¹⁾기법을 적용하여 검증이 필요할 것으로 판단된다.

2.2 연구 수행 방법

본 연구에서는 우선 해석대상으로 설정한 B병원 격리병실과 전실사이에 적절한 실압을 유지하여 외부로 격리대상 병원균의 확산을 방지할 수 있는 격리병동 시설에 적합한지를 보기 위하여 대상 격리병동을 멀티존 모델로 구성하였다.

본 모델링에서는 대상건물의 기밀도에 대한 실측 데이터가 없으므로, 격리병동에 요구되는 실간 공기 이동량 약 85 m³/h(50 ft³/h)⁽¹²⁾에 적합하도록 본 연구에서는 문의 기밀도를 Table 1의 조건으로 설정하였다.

Table 1 Simulation condition

Temperature		22±2℃
Humidity		50±5%
Leakage area	General Door	120 cm ² /item
	Sliding Door	150 cm ² /item

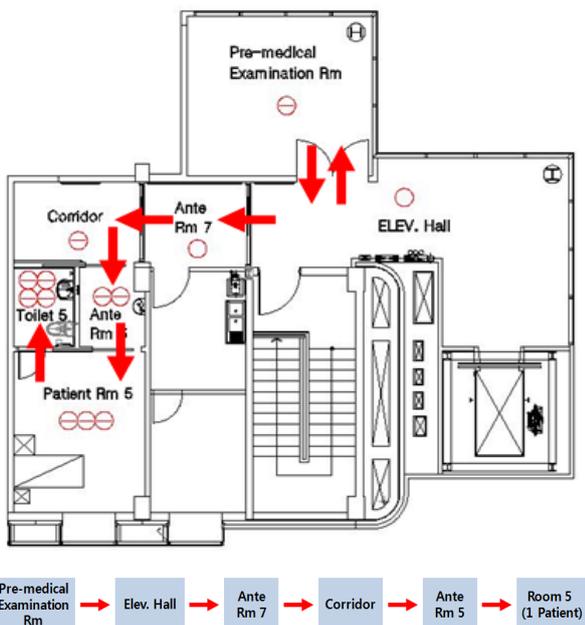


Fig. 3 Patient movements.

3. 모델 구성 및 오염발생 시나리오

3.1 모델 구성

본 연구는 국내 B병원의 격리병동을 대상으로 멀티존 시뮬레이션 프로그램인 CONTAM 2.4를 이용하여 모델을 구성하였다. 해석모델의 공기 이동경로인 각 실험실 문은 일정량 Leakage area가 있는 유동문(Flowing door)을 각각 적용하여 압력 및 풍량 설계에 대한 비교가 가능하도록 하였다. 이때 유효 Leakage area는 다음 식(1)에 의해 계산되어진다.⁽⁹⁾

$$L = Q_r \frac{\sqrt{\rho/2\Delta P_r}}{C_d} \quad (1)$$

여기서, C_d 와 ΔP_r 은 일반적으로 $C_d = 1.0$ 과 $\Delta P_r = 4\text{Pa}$ 로 쓰거나 $C_d = 0.6$ 과 $\Delta P_r = 10\text{Pa}$ 로 사용되며, 본 연구에서는 $C_d = 1.0$ 과 $\Delta P_r = 4\text{Pa}$ 의 값을 설정하였다. 이렇게 설정된 유효 Leakage area는 다음 식(2)에 의하여 유량계수로 변환이 가능하다.

$$C_b = LC_d \sqrt{2} (\Delta P_r)^{1/2-n} \quad (2)$$

여기서, n 은 실험적으로 구하게 되며, 실험적인 값이 없는 경우 일반적으로 0.6에서 0.7사이의 값을 적용하는 것이 적합하며 본 연구에서는 0.65를 사용하였다. 구성된 모델에서 오염의 제거를 나타내기 위한 지배방정식은 식(3)과 같으며 각 시나리오에 따른 오염의 분포를 나타내도록 하였다.⁽⁹⁾

$$\frac{dm_i^\alpha}{dt} = \sum_j F_{j \rightarrow i} (1 - \eta_j^\alpha) C_j^\alpha + G_i^\alpha + m_i \sum_\beta K^{\alpha, \beta} C_i^\beta - \sum_j F_{i \rightarrow j} C_i^\alpha - R_i^\alpha C_i^\alpha \quad (3)$$

3.2 오염발생 시나리오

본 해석에서는 격리병동의 실간 압력차를 -2.5 Pa로 유지되는 경우를 기본모델로 하여 인플루엔자 병원균 확산에 대응할 수 있는지 여부에 대하여 해석을 수행하였다. 격리병동 내 병실에 환자가 입원하여 있는 경우와 감염이 의심되는 환자가 예진실에서 진찰 후 입원하는 경우에 대하여 해석을 수행하였으며, 의사의 회진 후 퇴실에 따른 병원균의 교차 오염 위험을 예측하기 위하여 아래의 3가지 경우에

대한 시나리오를 설정하고 각 경우의 병원균 확산에 대하여 해석을 수행하였다.

시나리오 ① : 격리병동 4인 병실에 환자가 입원하여 병원균이 발생하는 경우

Simulation Time (min. : sec.)	Path
00 : 00	Room 1(4 Patients)
20 : 00	Ante rm 1
21 : 00	Toilet 1
24 : 00	Ante rm 1
24 : 30	Room 1(4 Patients)

시나리오 ② : 감염의심 환자가 격리병동 예진실에서 초기진찰을 받고 입원하는 경우

Simulation Time (min. : sec.)	Path
00 : 00	Elevator hall
01 : 00	Pre-medical examination rm
05 : 00	Elevator hall
06 : 00	Ante rm 7
07 : 00	Corridor
08 : 00	Ante rm 5
09 : 00	Room 5(1 Patient)

시나리오 ③ : 의료진이 격리병동 내에 들어가 시나리오 ①의 환자를 회진하고 퇴실할 경우

Simulation Time (min. : sec.)	Path
00 : 00	Entrance
01 : 00	Ante rm 6
02 : 00	N.S.
02 : 30	Locker
04 : 00	N.S ante rm
04 : 30	Corridor
05 : 00	Ante rm 1
05 : 30	Room 1(4 Patients)
09 : 30	Ante rm 1
10 : 00	Corridor
11 : 00	N.S ante rm
11 : 30	Locker
12 : 30	Shower
16 : 00	Locker
19 : 00	N.S.
19 : 30	Ante rm 6

Table 2 Contaminant condition

Infection	Influenza A
Mean Diameter	0.098 μm
Filter	HEPA Filter (MERV 16) ⁽¹³⁾

위의 3가지 시나리오의 경우, Table 2의 직경이 0.098 μm 인플루엔자 A 병원균 100 CFU/m³가 발생되는 것으로 가정하였으며, 급기 및 배기시스템에는 MERV 16등급⁽¹³⁾의 HEPA Filter가 설치된 것으로 하였다. Fig. 4~Fig. 9은 각 시나리오에 따른 병원균 확산에 대한 해석결과이다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

Fig. 4는 시나리오 ①의 격리병동 병실 내부에 환자가 입원하여 병원균이 발생하는 경우에 대한 것으로 환자는 4인실에 입원하였으며, 4인실과 4인실용 화장실의 출입만 가능하도록 제한하여 병실 외부로의 이탈은 없는 것을 전제로 한다. 시나리오는 환자가 20분에 병실에서 나와 전실을 거쳐 화장실을 들어가 화장실에 3분간 머무르고 다시 병실 재입실까지 4분 30초가 소요되는 것을 가정하였다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 환자가 20분에 병실에서 전실로 이동하여 4인실의 병원균이 잠시 감소하다가 환자의 재입실 후 다시 병원균이 증가하여 환자가 상주하여 병원균의 농도가 유지되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 전실과 화장실은 환자의 이동 후에 약 25~30분 후에 병원균이 감소되는 것을 확인하였다. 여기서 화장실은 체적이 작기 때문에 체적 당 병원균 오염정도가 심한 것을 알 수 있으며,

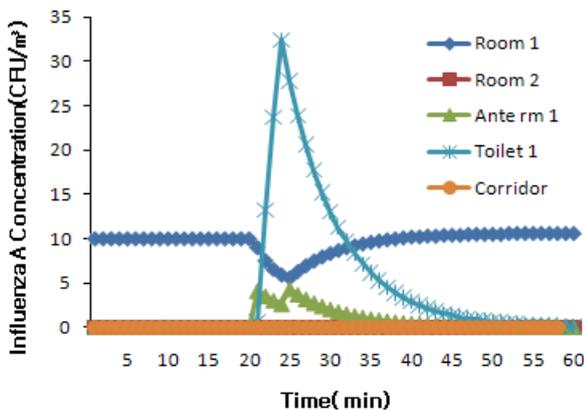


Fig. 4 Influenza A concentration w.r.t. time (Scenario ①).

외부에서 출입이 없는 한 Fig. 4에서 보는 바와 같이 병원균은 4인실용 전실 외부로의 확산은 없으며, 이로 인한 타병실로의 확산도 없어 병실간의 교차 오염은 없을 것으로 예상된다.

시나리오 ②의 경우, 감염의심 환자가 격리병동의 예진실에서 초기진찰을 받고 입원하는 경우에 관한 것이다. 환자는 Elevator hall에 들어와서 1분 후 예진실로 들어가 4분간 진료를 받은 후 다시 Elevator hall을 통해 나와 격리복도 전실을 통과해 격리복도를 지나 8분후에 전실을 통해 1인실에 입실하는 것으로 환자는 9분 동안 병원균 노출을 하고 있다.

이 경우, Fig. 5과 같이 감염 의심환자가 입원한 1인실 병실은 오염도가 높게 나타났으며 환자가 입원한 병실을 제외하고는 환자의 격리복도 이동에 따른 확산으로 약간의 오염이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 감염 의심환자의 격리병동 진입 시 Elevator hall을 통과함에도 불구하고 병원균 농도가 낮게 나온 것은 Elevator hall의 체적 및 개구율이 커서 확산도가 크므로 체적 당 병원균 농도가 낮게 나온 것으로 생각된다. 여기서, 환자의 격리복도 진입으로 인하여 확산된 병원균은 배기와 병실의 음압설계에 따라 이동하여 약 20~30분에 걸쳐 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 오염도가 높게 나타나지는 않지만 교차오염의 가능성이 있음을 알 수 있다.

시나리오 ③의 경우는 의료진이 격리병동 내에 들어가 시나리오 ①의 환자를 회진하고 격리병동에서 퇴실할 경우에 대한 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 의료진은 1분에 격리복도 전실 1에 진입하여 입실 5분 30초가 지난 후에 4인실 병실에 진입하여 4분간 환자를 진료하고 9분 30초에 병실에서 퇴실하여 격

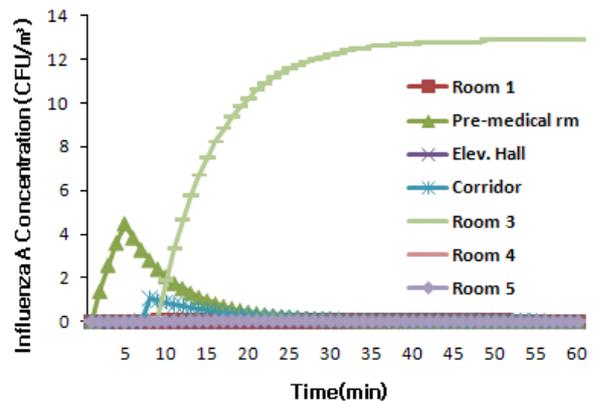


Fig. 5 Influenza A concentration w.r.t. time (Scenario ②).

리복도, N.S. 전실과 탈의실을 거쳐 12분 30초에 샤워를 한 후 입실 19분 후에 격리병동에서 퇴실하도록 하였다.

Fig. 6은 의료진 이동 시 격리병동 내 병원균 확산에 관한 것으로 시나리오 ①의 환자가 4인실에 상주하기 때문에 Fig. 4와 같이 4인실의 병원균 농도 10 CFU/m³ 정도로 일정하게 유지되다가 의료진의 병실진입에 따라 병원균 농도가 약간 높아지는 결과를 얻을 수 있었으며, 4인실의 환자 외에 입원중인 환자가 없더라도 4인실 입원환자를 치료하기 위한 의료진의 이동으로 인하여 격리복도가 오염되기 때문에 설정된 압력차에 따라 그 외의 병실(4인실, 2, 1인실 등)로의 병원균 확산 가능성을 배제할 수는 없을 것으로 생각된다.

Fig. 7은 의료진의 격리병동 퇴실 시 병원균이 격리병동 외부로 확산되는지 여부에 대하여 알아보기 위한 것이다. 감염자가 입원해 있는 병실을 입·퇴실

하는 의료진에 의하여 Fig. 7에서 보는바와 같이 의료진의 퇴실경로인 N.S. 전실, 탈의실, 샤워실에서 병원균 확산도 확인할 수 있었다. 샤워실의 경우, 탈의실과 체적이 동일함에도 불구하고 병원균 농도가 높은 것은 샤워실이 탈의실보다 음압이 낮게 설정되어 있기 때문으로 판단된다. 여기서, 기존 계획된 Fig. 8(a)와 같은 동선은 의료진의 샤워 전 후에 동일한 탈의실을 사용하게 되므로, 시나리오 ③에 따라 의료진이 샤워 후 탈의실로 진입하는 16분에는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 탈의실이 아직 오염상태이므로 아직 오염상태인 탈의실을 샤워 후에도 이용하게 되어 의료진의 격리병동 퇴실로 인하여 격리병동 외부의 일반 입원환자와 접하게 되어 전염될 가능성이 있을 것으로 생각된다.

따라서 병원균의 이동 및 교차오염을 최소화하기 위해서는 Fig. 8(b)와 같이 의료진 퇴실 시 탈의실을 공동으로 사용하지 않도록 이동동선에 대한 개선이 필요할 것으로 판단된다.

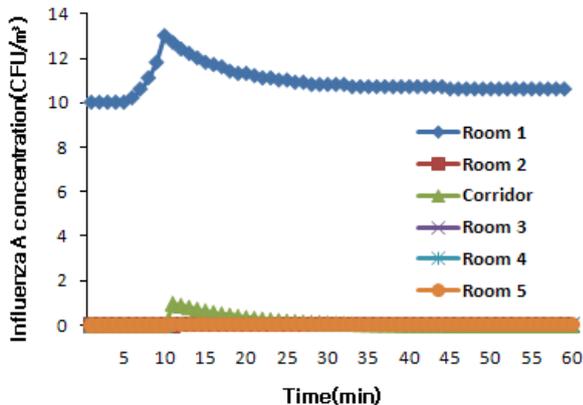
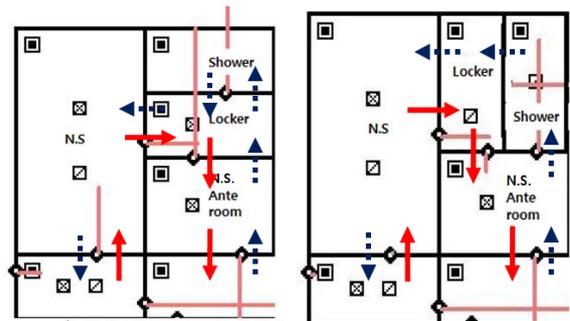


Fig. 6 Influenza A concentration w.r.t. time (Scenario ③).



(a) existing design scheme (b) improvement design scheme

Fig. 8 Medical team circulation system.

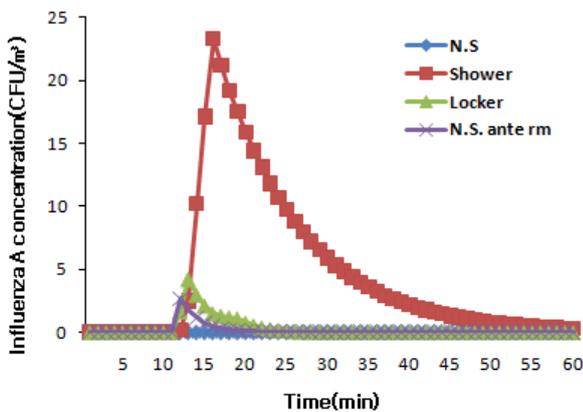


Fig. 7 Influenza A concentration w.r.t. time (Scenario ③).

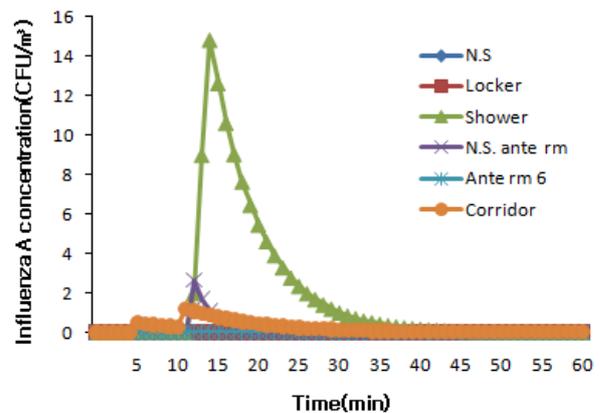


Fig. 9 Influenza A concentration w.r.t. time (Scenario ③).

Fig. 9은 의료진의 이동동선 개선안에 대하여 시뮬레이션을 실시한 결과이다. 이 경우, 의료진은 격리병동에서 퇴실 시 샤워 후 탈의실을 사용하게 되어 탈의실에서는 병원균이 검출되지 않는 것을 알 수 있어 설계단계에서 실에 대한 평면계획의 수정이 필요함을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 격리병동의 공조시스템이 기준에 적합한가를 설계·검증하고자 격리병동을 대상으로 실간 음압설정과 의료진과 환자의 이동시간, 이동동선에 따른 병원균의 확산을 멀티존 시뮬레이션을 수행하여 분석하였다. 이를 통해서 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 격리병동 내 압력계획 및 기류흐름은 병원균 농도가 낮은 구역에서 높은 구역으로 일방향성 유동(Unidirectional Flow)으로 구성되는 것이 병원균 확산방지와 감염률 저하에 유리할 것으로 판단되며, 본 연구대상건물에서는 화장실 위치변경이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 또한, 감염의심환자가 예진실에서 감염진단을 받은 경우, 예진실에서 격리병동으로 진입할 수 있도록, 이동동선이 단일방향으로 구성되어야 할 것으로 판단된다.

(3) 의료진의 격리병동 퇴실동선에서 병원균에 재오염되지 않도록 하는 퇴실동선이 격리병동 외부로의 병원균 확산에 중요할 것으로 판단된다. 따라서 샤워실 입실과 퇴실에서 동일한 공간을 사용하지 않도록 하여 격리병동의 병원균이 외부 일반방실로 확산되지 않도록 동선의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

격리병동내의 교차오염방지를 위해서 각 실의 설정음압 및 실간 차압유지를 할 수 있는 기계설비 및 시스템이 잘 되어 있더라도 평면계획단계에서 교차오염을 방지할 수 있는 평면구성이 중요하며, 특히 환자와 의료진의 동선구분에 대한 세밀한 검토가 설계 단계에서 대단히 중요하다는 사실을 연구결과로부터 확인할 수 있다. 또한 국가적 차원에서 보다 적극적인 신종전염병 환자발생 억제노력과 이미 발생한 환자에 대한 체계적인 격리치료를 위한 격리병상확충이 필요하고, 새로운 격리병상 확충 시 환자와 의료진의 교차 감염 기회를 줄일 수 있도록 격리병동 설계단계에서 설계검증(Design Qualifica-

tion, DQ)을 수행할 수 있도록 제도적인 강화를 검토해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Health Insurance Review and Assessment Service, 2006~2008, The medical care condition of Influenza case.
2. Korea Center for Disease Control and Prevention, 2007~2008, Korean Influenza Surveillance Report.
3. Korea Health Industry Statistics System, 2008, Medical center condition-The number of medical center.
4. Choi, S. G. and Hong, J. K., 2007, A Study on the Diffusion and Removal of Airborne Microorganism Pollution in Multistoried Apartment by the Multizone Simulation, Journal of SAR EK, Vol. 19, No. 4, pp. 291-298.
5. Choi, S. G. and Hong, J. K., 2007, The Study on the Multizone Simulation according to Building Ventilation System for Preventing Transmission of Microorganism by Air Borne Contagion, Journal of AIK, Vol. 23, No. 6, pp. 247-254.
6. Hwang, T. C., 2008, The study on the Building Ventilation System of Bio Safety Level 3 Laboratory. MS thesis, Kyungwon University.
7. Park, H. J. and Hong, J. K., 2010, A Study on the Prediction of Indoor Environment in Bio Safety Level 3 Laboratory according to Biohazard Scenario, Journal of SAREK, Vol. 22, No. 11, pp. 745-750.
8. Hong, J. K., 2010, A Case Study on the Validation of BL3 Laboratory and Engineering Cost Evaluation of BL3 Laboratory, KOBISA Design, Construction and Validation Workshop of BL3 Laboratory.
9. Walton, G. N., 2005, CONTAM 2.4 User Guide and Program Documentation, NISTIR 7251.
10. Korea Center for Disease Control and Prevention : KCDC Isolation ward facilities guideline
11. Cheong, K. W. D. and Phua, S. Y., 2006, Development of ventilation design strategy for ef-

- fective removal of pollutant in the isolation room of a hospital, pp. 1161-1170.
12. Institutional Consultation Services, Isolation Rooms : Design, Assessment, and Upgrade, p. 14.
 13. ASHRAE Standard 52.2-1999, Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2000.