

제 5 장 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 아트리움의 공간조도 분포예측

5.1 컴퓨터 시뮬레이션의 개요

본 연구를 통해 개발된 컴퓨터 프로그램을 이용하여 3면형 아트리움의 공간조도에 영향을 주는 다양한 변수들에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 태양고도, 광정지수, 아트리움 천정의 투과특성과 같은 공간조도에 영향을 주는 변수들을 비교, 검토하여 가시화 하였다.

1) 태양 위치

태양 위치에 따른 아트리움 공간 조도의 분포를 보기 위해서 하지(6월 21일), 추분(9월 21일), 동지(12월 21일)를 선택하여 12시(정오)를 기준으로 태양 위치에 따른 3면형 아트리움의 실내 공간조도를 계산하였다.

2) 광정지수(Well Index)

3면형 아트리움의 깊이에 따른 공간 조도의 변화를 예측하기 위해 광정지수를 0.5, 1.0, 1.5의 세단계로 구분하였다. 분석결과에는 간단하게 WI=0.5, 1.0, 1.5의 형태로 표기하였다.

3) 아트리움의 천정 투과특성

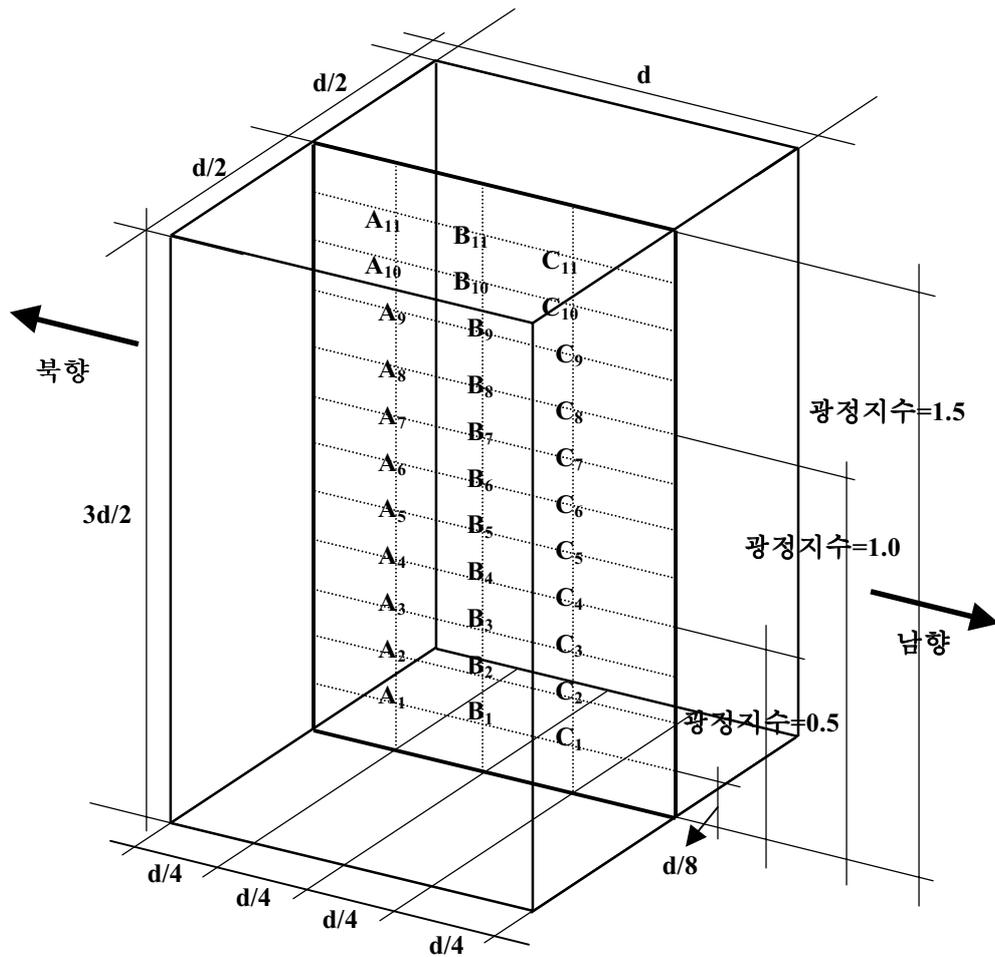
3면형 아트리움에서 가장 일반적으로 사용되는 천정의 투과특성에 따라 각각 투명, 불투명의 재료를 이용하여 비교 분석하였다.

4) 창호의 방위

같은 3면형의 아트리움이라도 방위에 따라 공간조도의 분포가 변화할 수 있기 때문에 투명재료의 벽면이 각각 남향, 북향으로 향하도록 나누어 분류하였다. 분석 결과에는 투명재료의 벽면 방향에 따라 각각 남향, 북향으로 표기하였다.

5) 그 외에 3면형 아트리움의 측정점 및 각 변의 길이는 한변 길이를 d 로 하고 이에 대한 비로서 나타내었으며, 측정 대상점은 [그림 5.1.1]과 같이 바닥면 중심을 기준으로 남북방향으로 하여 길이방향 $d/4$, 높이방향 $d/8$ 의 그리드로서 배치하였다.

한편 $A_1 \sim A_{11}$, $B_1 \sim B_{11}$, $C_1 \sim C_{11}$ 은 측정점의 위치를 표시한 것이다.

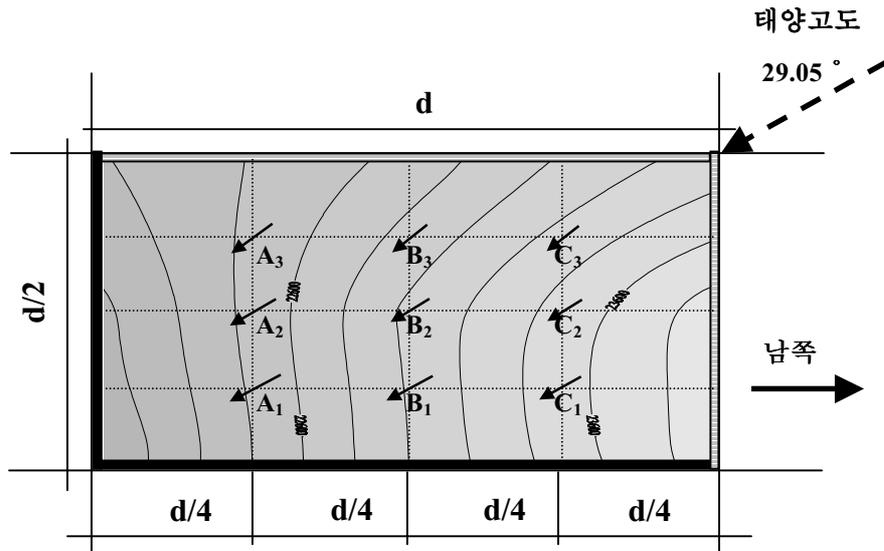


[그림 5.1.1] 3면형 아트리움 측정대상점 위치

5.2 자연채광의 주요 변수들에 대한 시뮬레이션

5.2.1 공간 벡터조도 분포의 계산 및 가시화 예

계산된 결과는 [그림 5.2.1]과 같이 벡터조도는 X, Y, Z 축의 단위벡터 합성에 따른 화살표의 방향과 길이로서 표현하였으며, 화살표의 길이 중심이 대상 위치점에 위치하도록 표시하였다. 스칼라조도(평균조도)는 실내 조도 분포를 파악할 수 있도록 조도가 높은 곳은 흰색, 상대적으로 낮은 곳은 어두운 음영으로서 표현하였으며, 일정 간격마다 실제 평균조도값을 표기하였다. 또한 가시화된 그림은 서쪽에서 동쪽으로 바라 본 단면의 형태로 하였으며, 각 측정점의 정량적인 단위벡터 조도값과 스칼라 조도값은 부록에 나타내었다.



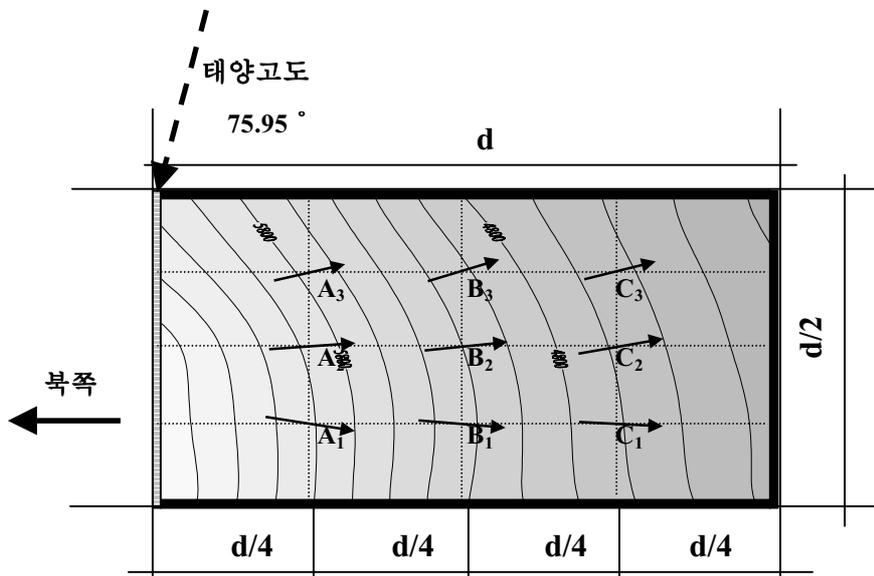
[그림 5.2.1] 실내 벡터조도의 가시화 예(WI=0.5, 투명천정, 남향, 6/21 12:00)

5.2.2 태양 위치에 따른 공간 벡터조도

아트리움 내부로 입사되는 직사일광의 방향과 세기가 변화함에 따라 아트리움의 공간상의 조도를 예측하기 위해 본 연구에서는 하지(6/21), 추분(9/21), 동지(12/21)의 정오(12:00)를 대상으로 시뮬레이션을 하였다.

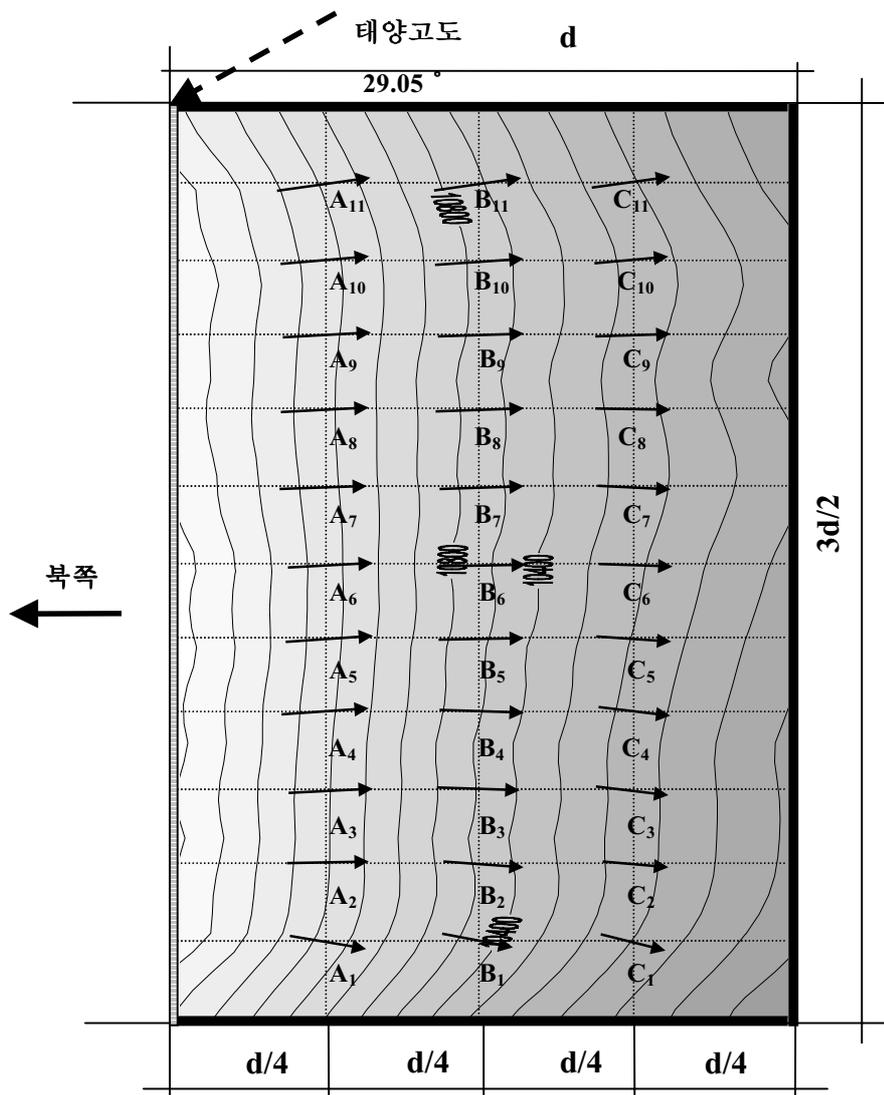
불투명천정을 갖는 북향의 3 면형 아트리움의 경우 [그림 5.2.2] 및 [그림 5.2.3]과 같이 광정지수에 따라 태양의 고도를 변화하여도 별다른 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 그러나 [그림 5.2.4] 및 [그림 5.2.5]와 같이 투명천정을 갖는 북향의 아트리움에서는 실내 안쪽 C_1 와 C_2 에서 벽체에 의한 그림자의 영향으로 벡터조도의 방향이 실내 벽체로 향하고 있음을 알 수 있었으며, 이러한 변화는 태양의 고도가 낮아질수록 그 범위는 점점 더 넓어짐을 알 수 있다.

불투명천정을 갖는 남향 3 면형 아트리움의 경우 광정지수가 작은 경우 창측면으로 입사되는 각도가 작기 때문에 태양고도에 따른 변화가 적었으나, [그림 5.2.6] 및 [그림 5.2.7]과 같이 광정지수가 높은 경우 태양의 고도가 높을수록 실내 벡터조도가 천정을 향하고 있음을 알 수 있다. 특히 직사일광이 노출된 지역과 그림자의 경계부근에서는 더더욱 큰 변화를 가짐을 알 수 있다.

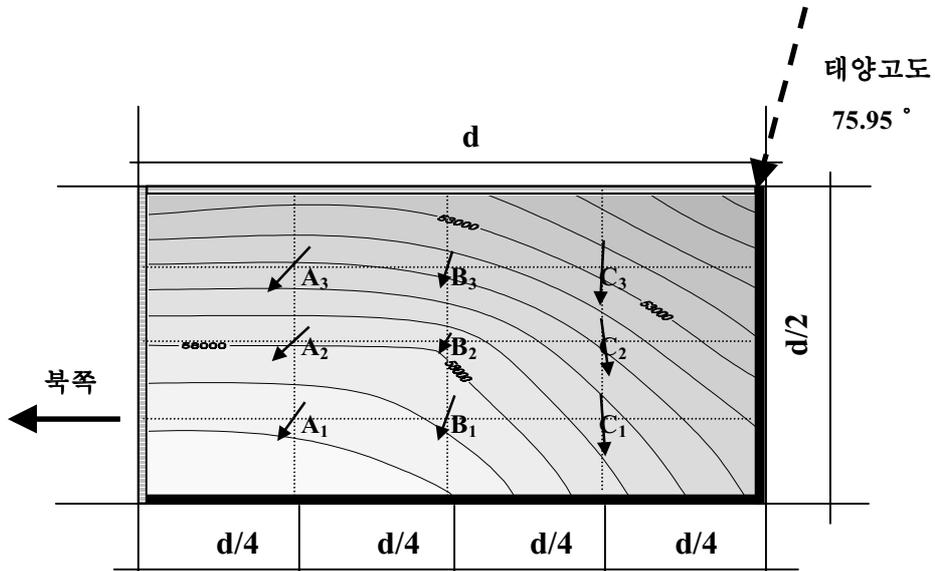


[그림 5.2.2] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 불투명천정, 북향, 6/21 12:00)

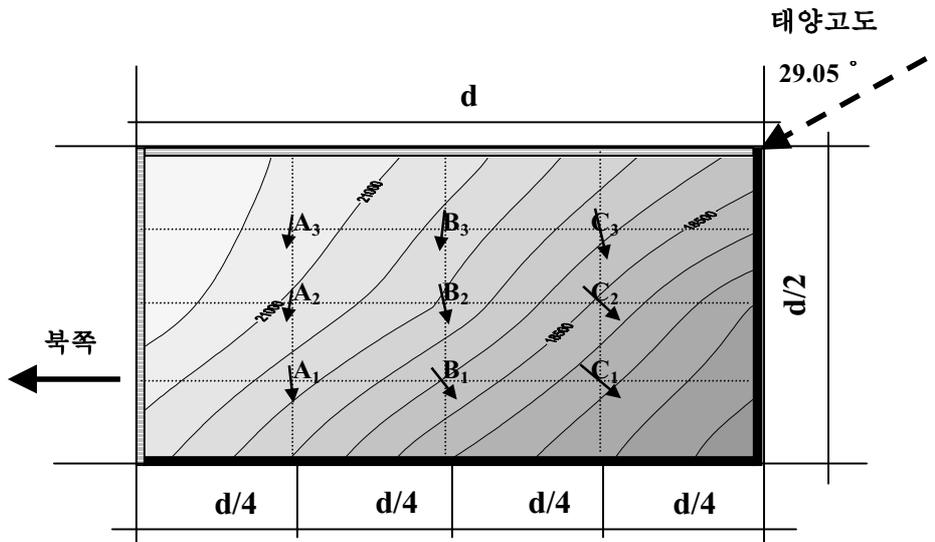
반면 투명천정을 갖는 남향의 아트리움인 경우 [그림 5.2.8] 및 [그림 5.2.9]와 같이 태양위치에 따른 직사일광에 따라 실내 벡터조도의 방향이 결정됨을 알 수 있었다.



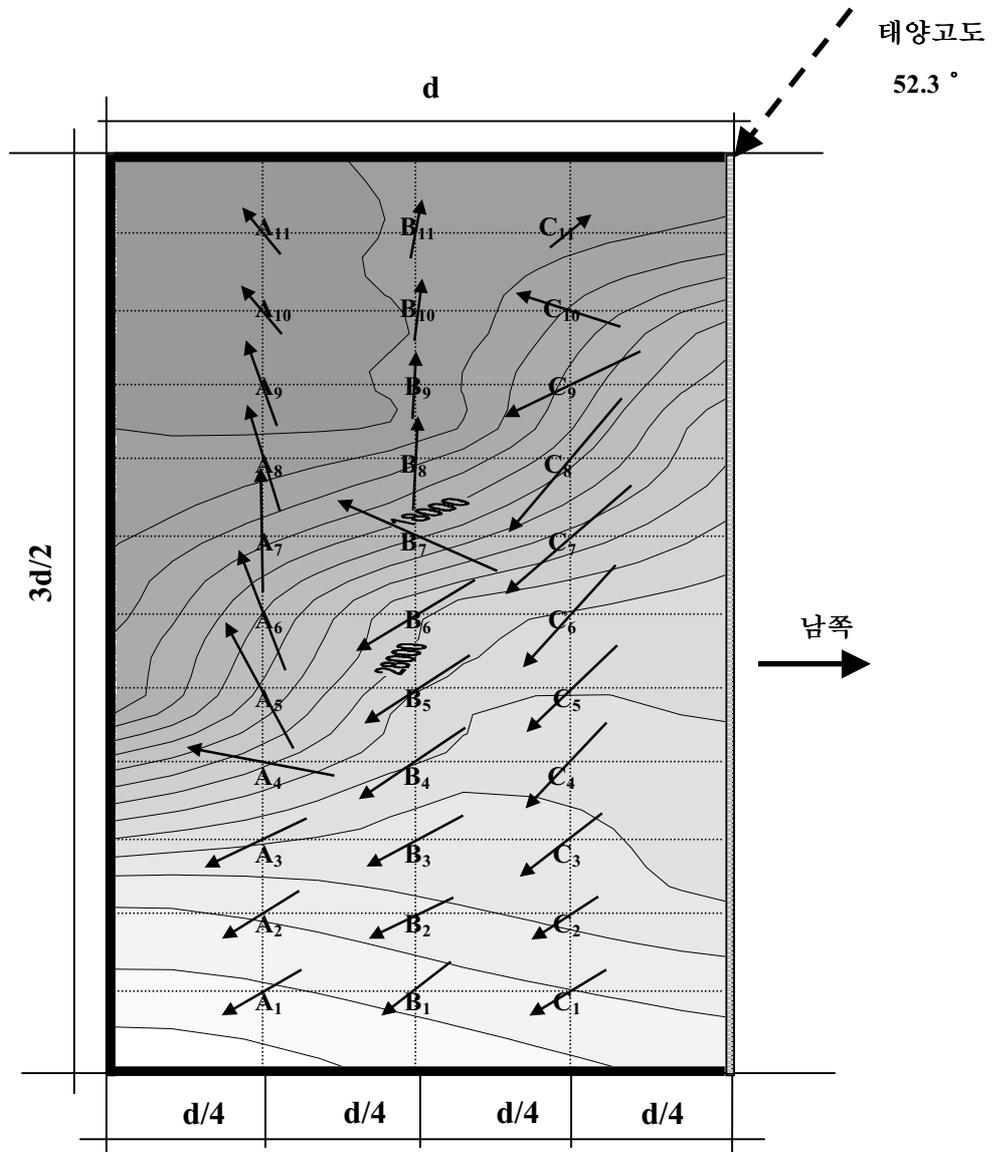
[그림 5.2.3] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 불투명천정, 북향, 12/21 12:00)



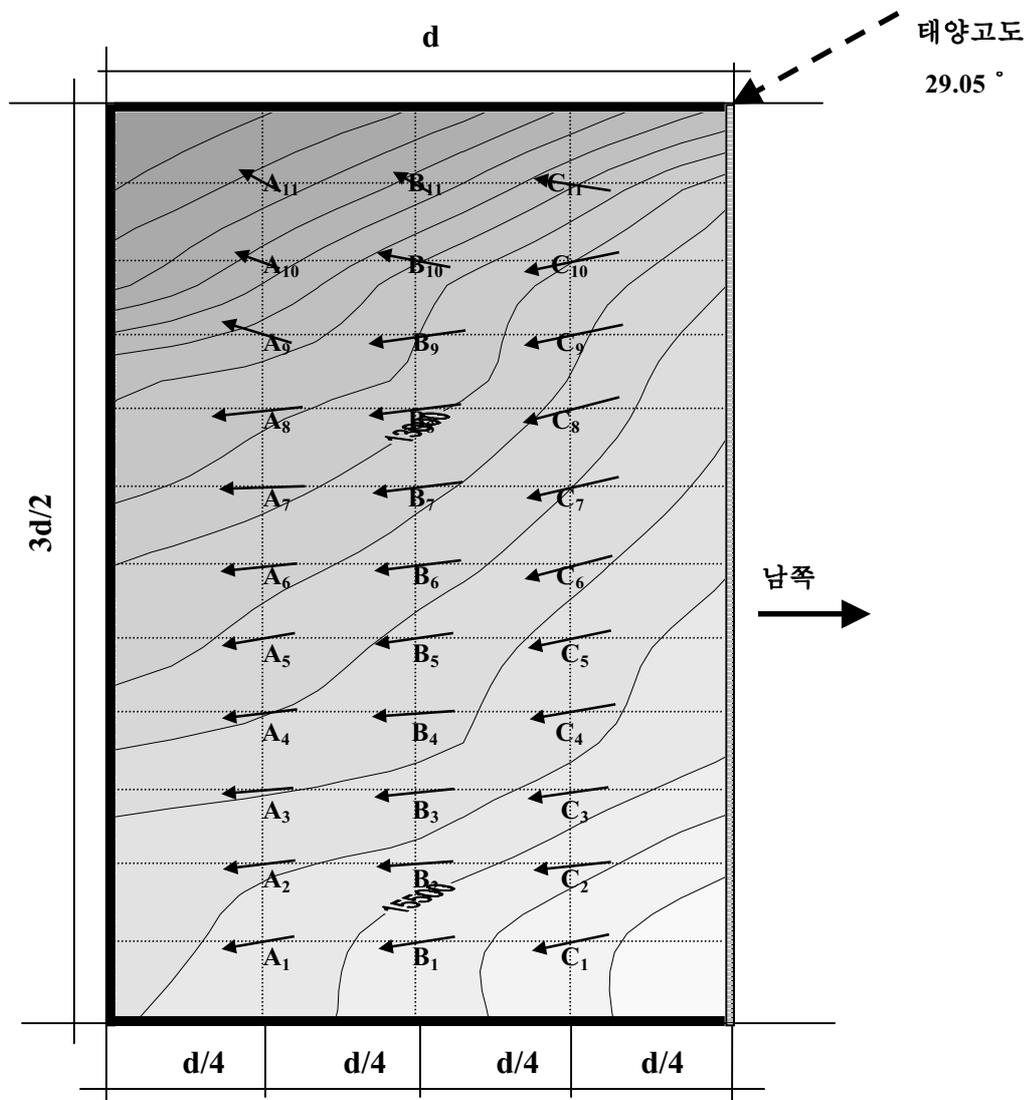
[그림 5.2.4] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 투명천정, 북향, 6/21 12:00)



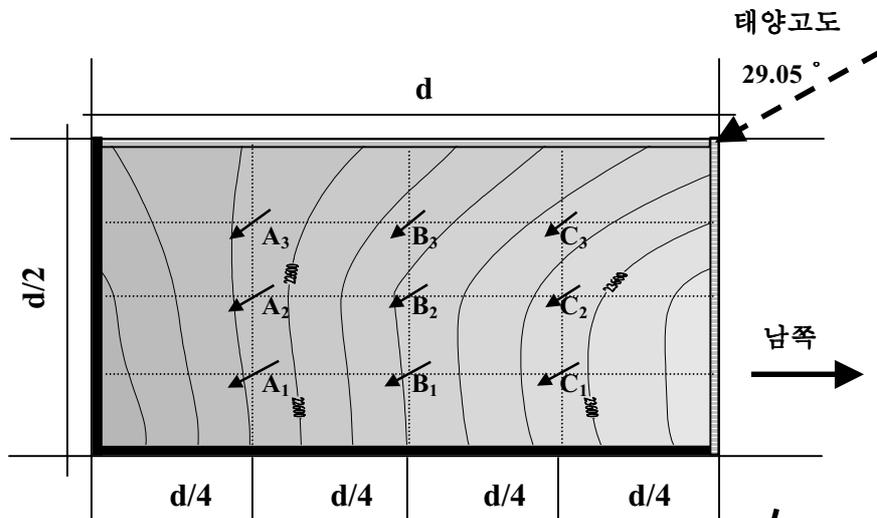
[그림 5.2.5] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 투명천정, 북향, 12/21 12:00)



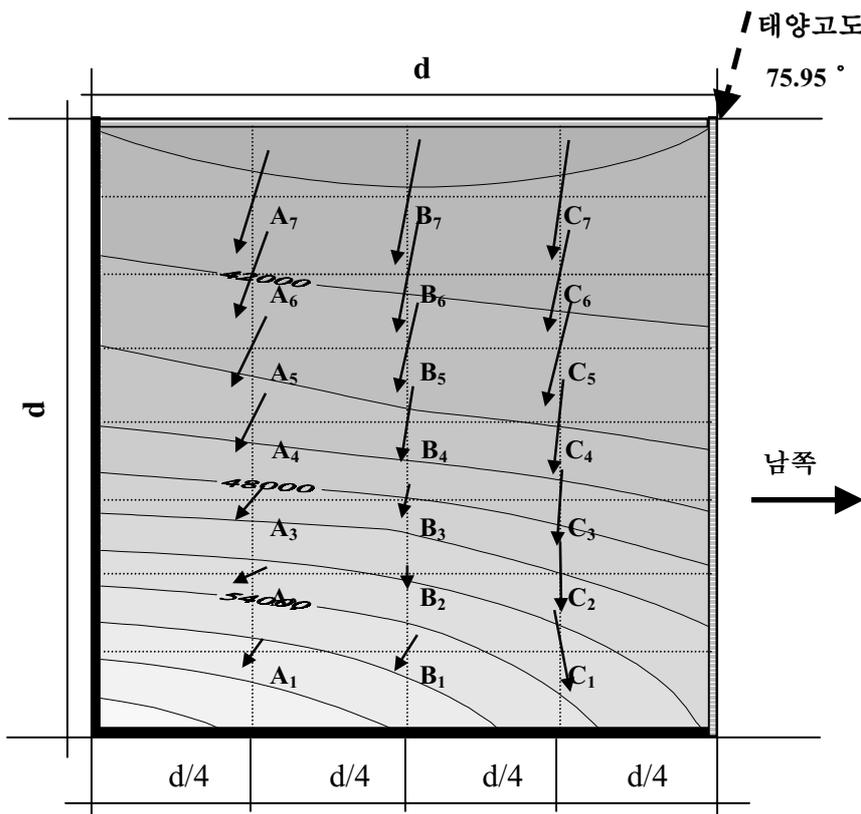
[그림 5.2.6] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 불투명천정, 남향, 9/21 12:00)



[그림 5.2.7] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 불투명천정, 남향, 12/21 12:00)



[그림 5.2.8] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 투명천정, 남향, 12/21 12:00)



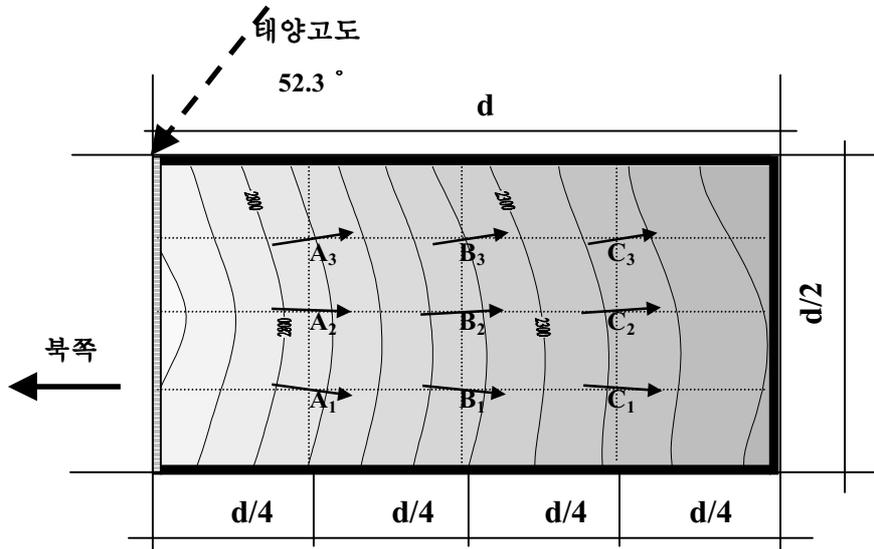
[그림 5.2.9] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 투명천정, 남향, 6/21 12:00)

5.2.3 아트리움의 광정치수에 따른 공간 벡터조도

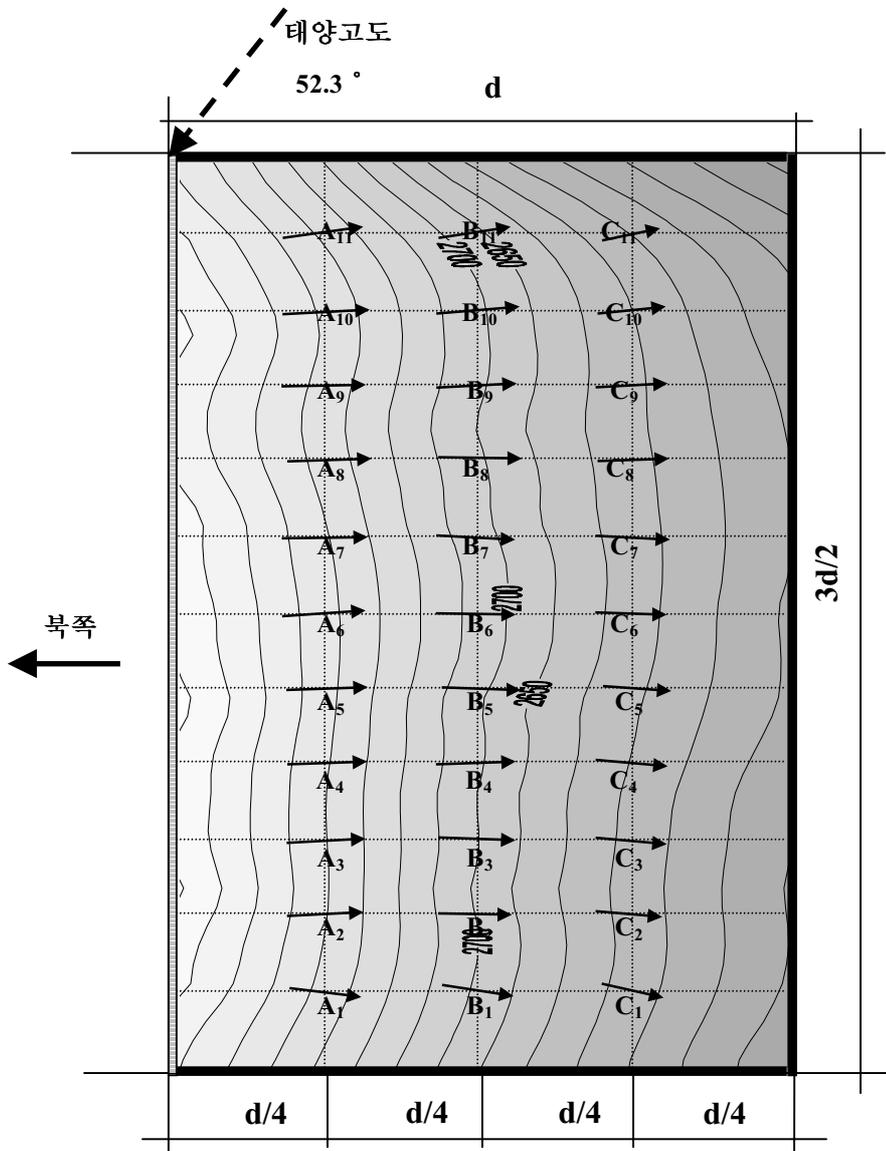
아트리움의 깊이가 변화함에 따라 공간상의 벡터조도가 어떻게 변화하는지 알아 보기 위해 광정치수가 0.5~1.5의 범위 내에서 시뮬레이션 하였다.

불투명천정을 갖는 북향의 3면형 아트리움의 경우 [그림 5.2.10] 및 [그림 5.2.11]과 같이 광정치수에 따라 별다른 영향없이 고른 천공확산광이 들어오는데 반해, 투명천정을 갖는 북향의 아트리움의 경우 [그림 5.2.12]~[그림 5.2.14]와 같이 광정치수가 커질수록 직사일광의 영향이 크게 미치고 있음을 알 수 있다. 특히 광정치수가 커질수록 직사일광의 유입범위가 넓어져 그림에서와 같이 다양한 변화를 가짐을 알 수 있으며, 태양고도에 따른 벡터조도 변화와 같이 직사일광의 유입 경계부근에서는 이러한 영향이 더더욱 크게 일어나고 있음을 알 수 있다.

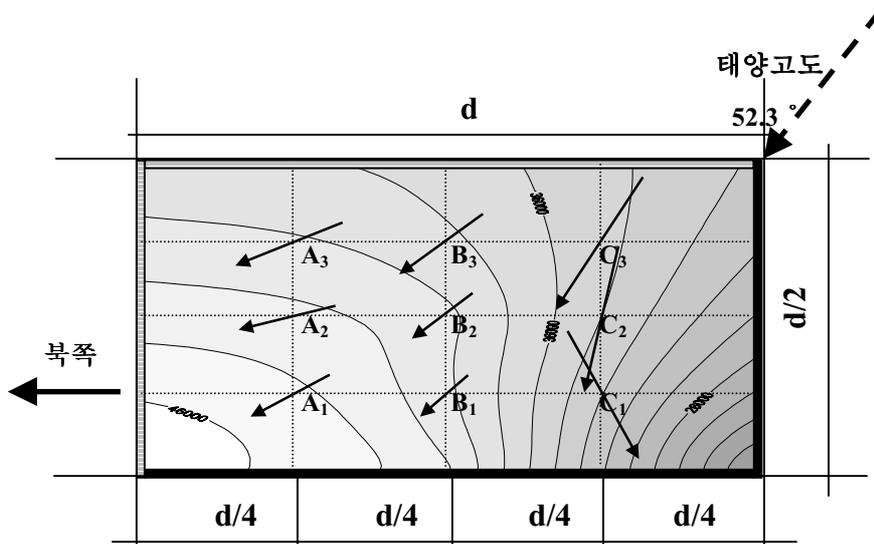
불투명천정을 갖는 남향의 3면형 아트리움의 경우 [그림 5.2.15]~[그림 5.2.17]과 같이 동지일의 경우에는 큰 변화가 없으나, 하지일의 광정치수가 커질수록 실내 벡터조도의 방향은 조금씩 천정으로 향하고 있음을 알 수 있었다. 반면 투명천정, 남향의 경우 [그림 5.2.18]~[그림 5.2.20]과 같이 광정치수에 따른 변화는 없으나 하지일의 경우 아트리움의 중앙 아래 부분인 B₂의 위치에서 벡터의 길이가 크게 줄어드는 것은 알 수 있다. 이러한 변화는 다른 위치점에서 보다 사방에서 고른 빛이 유입되고 있다는 것을 알 수 있다.



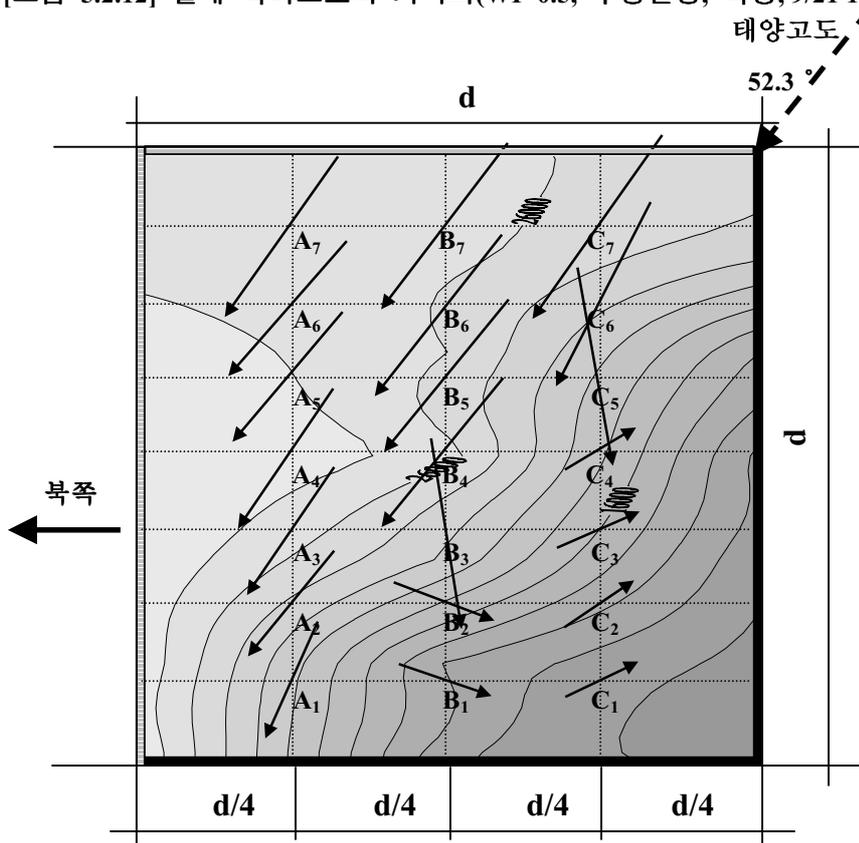
[그림 5.2.10] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 불투명천정, 북향, 9/21 12:00)



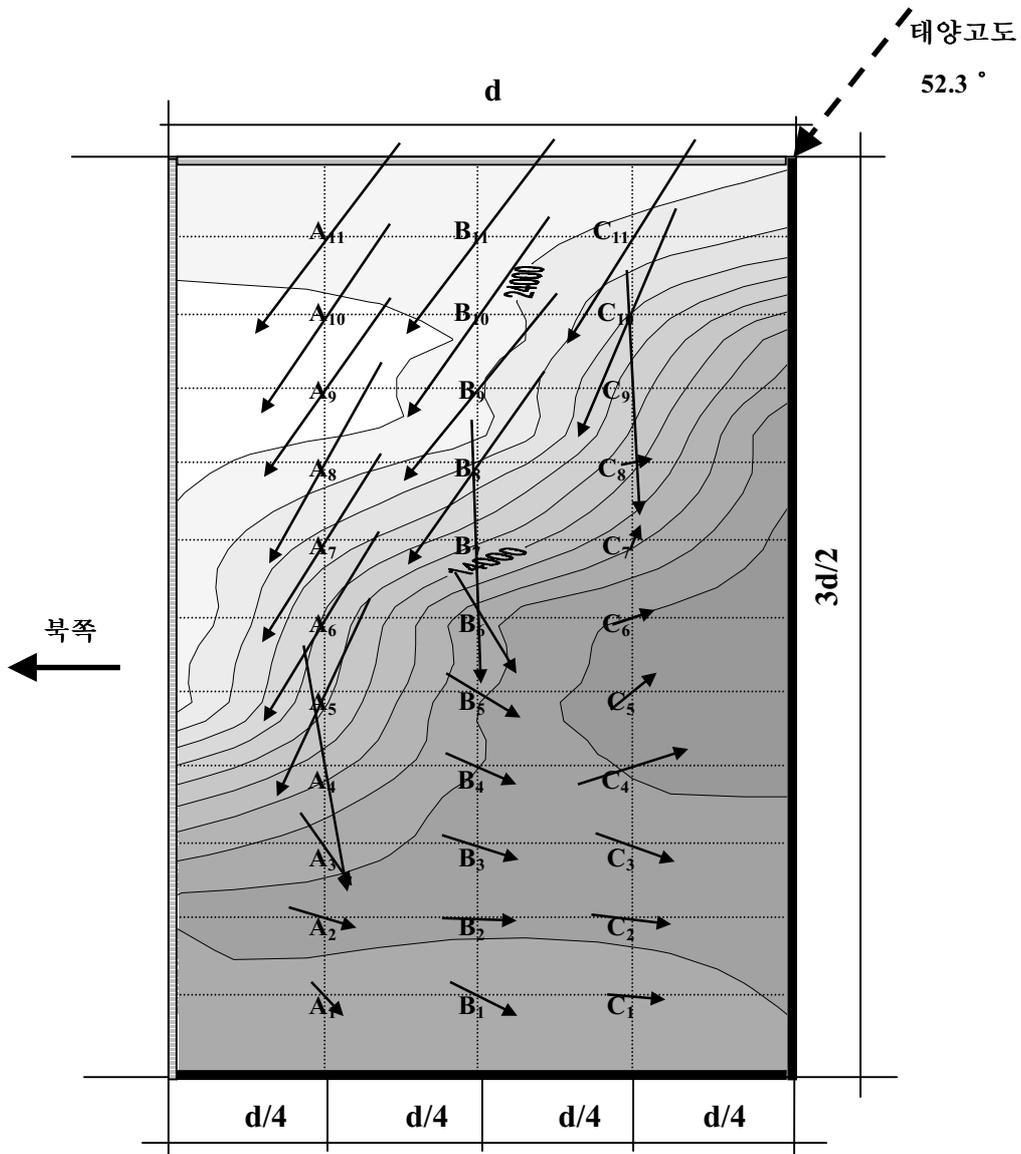
[그림 5.2.11] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 불투명천정, 북향, 9/21 12:00)



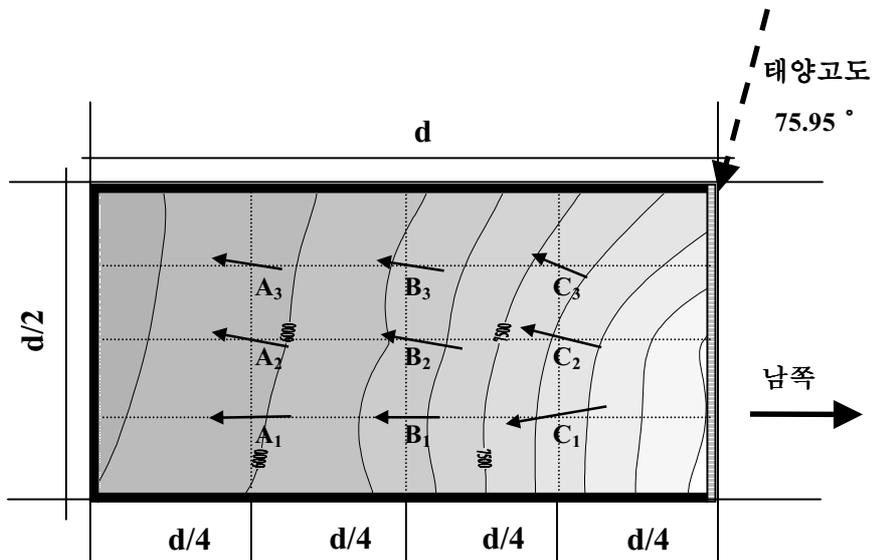
[그림 5.2.12] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 투명천정, 북향, 9/21 12:00)



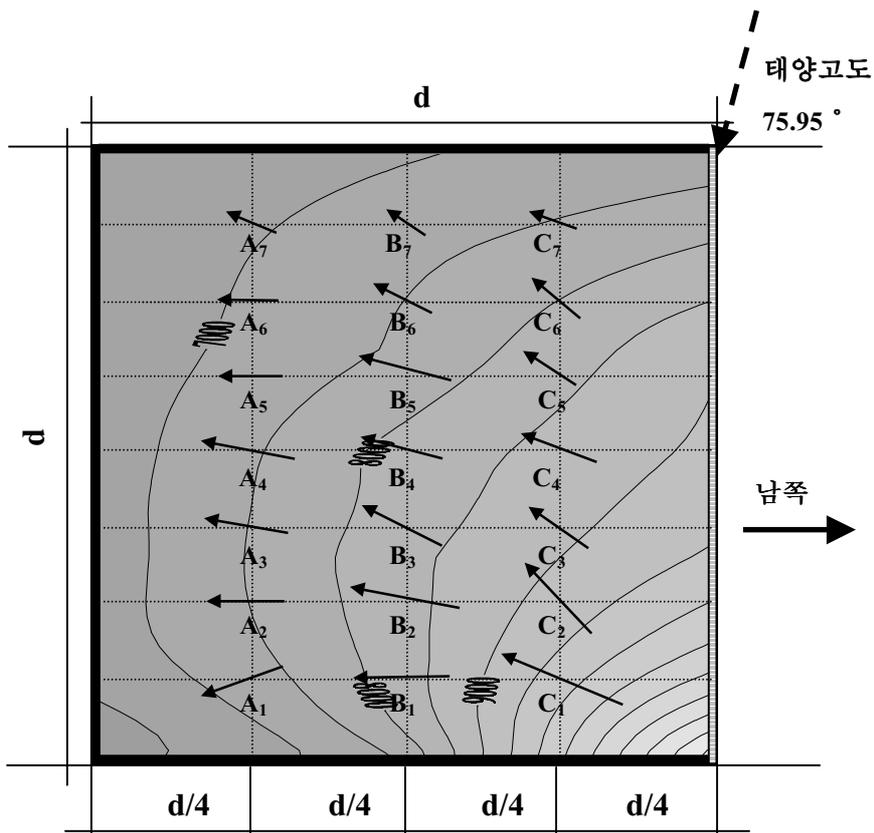
[그림 5.2.13] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 투명천정, 북향, 9/21 12:00)



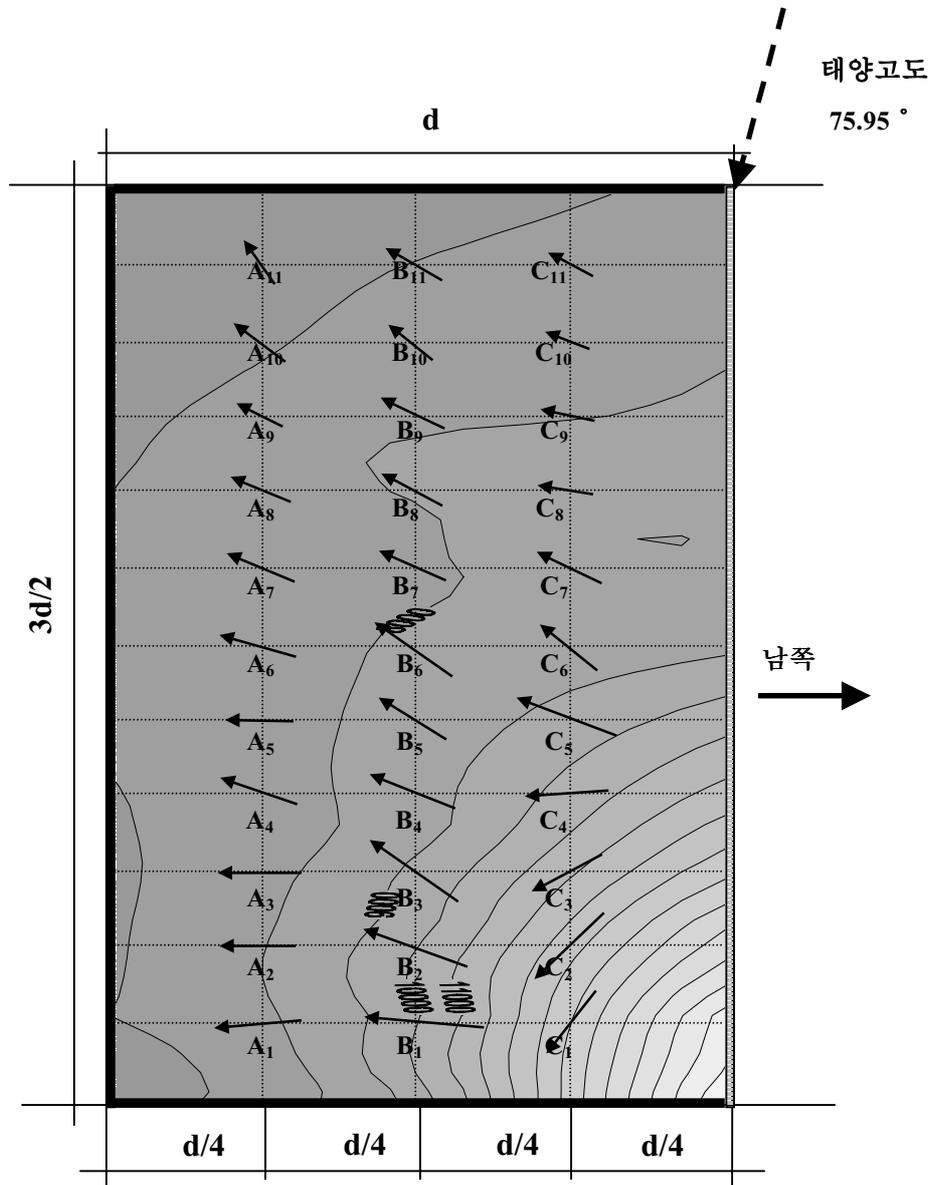
[그림 5.2.14] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 투명천정, 북향, 9/21 12:00)



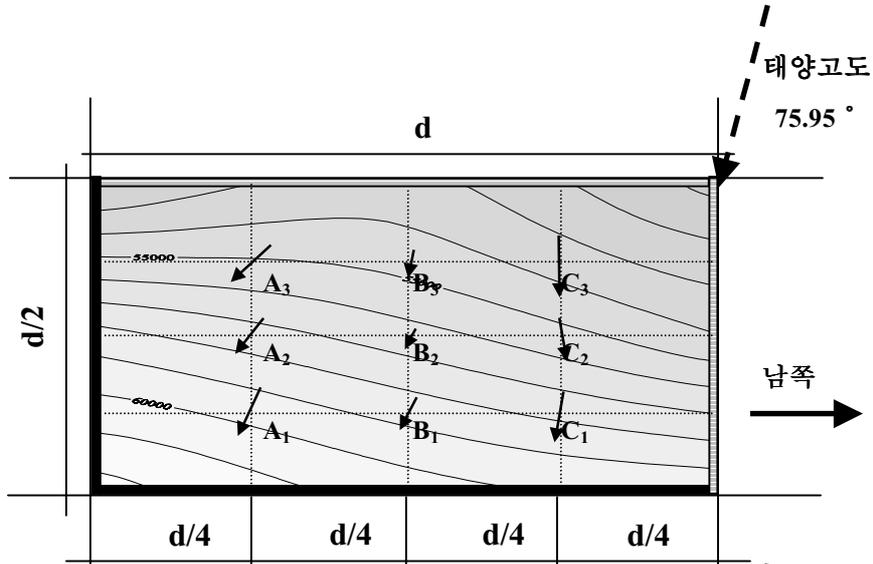
[그림 5.2.15] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 불투명천정, 남향, 6/21 12:00)



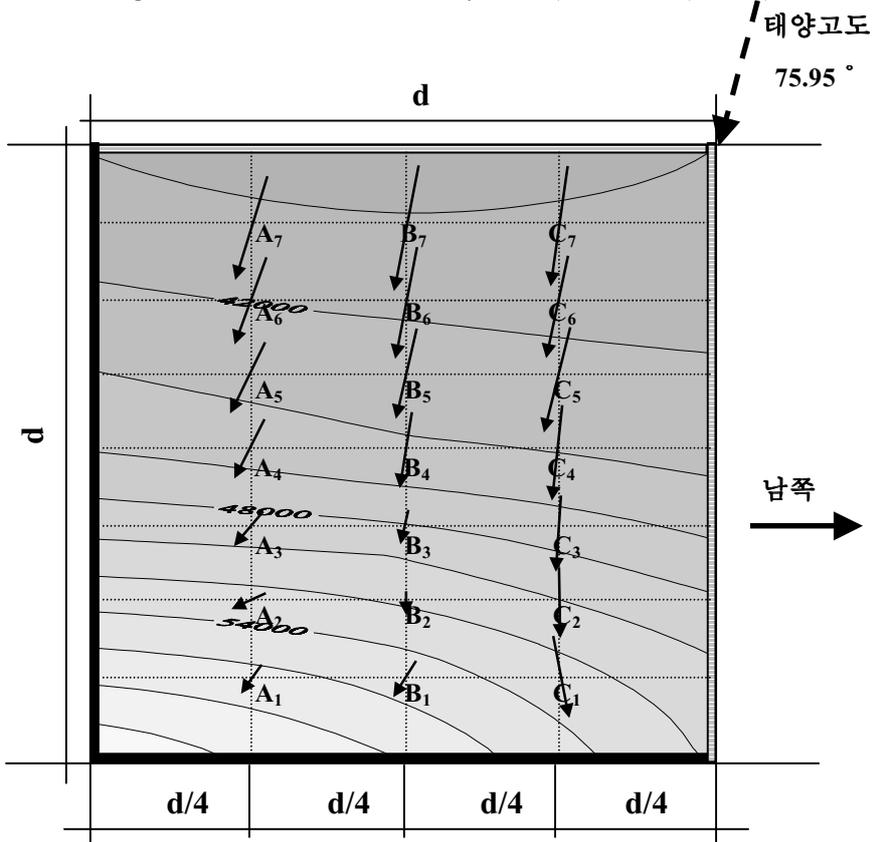
[그림 5.2.16] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 불투명천정, 남향, 6/21 12:00)



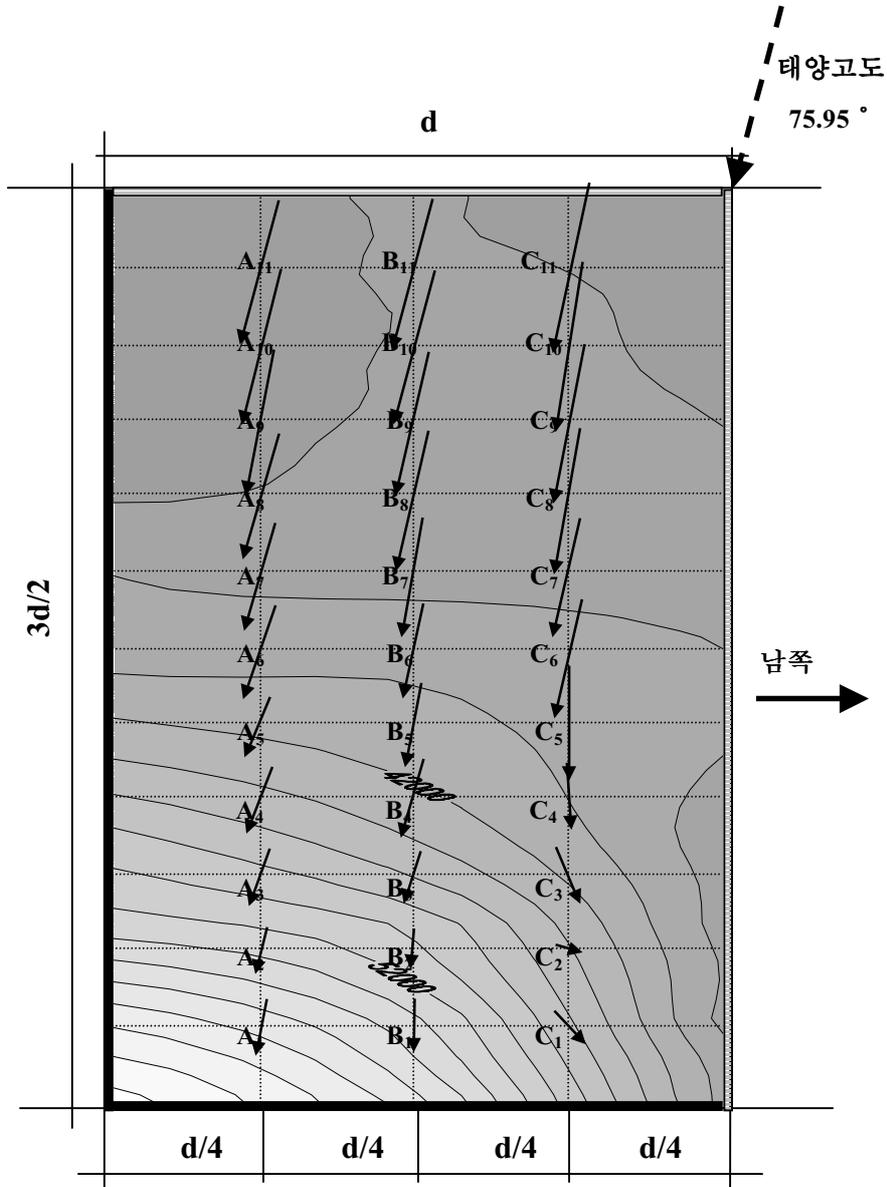
[그림 5.2.17] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 불투명천정, 남향, 6/21 12:00)



[그림 5.2.18] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 투명천정, 남향, 6/21 12:00)



[그림 5.2.19] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 투명천정, 남향, 6/21 12:00)



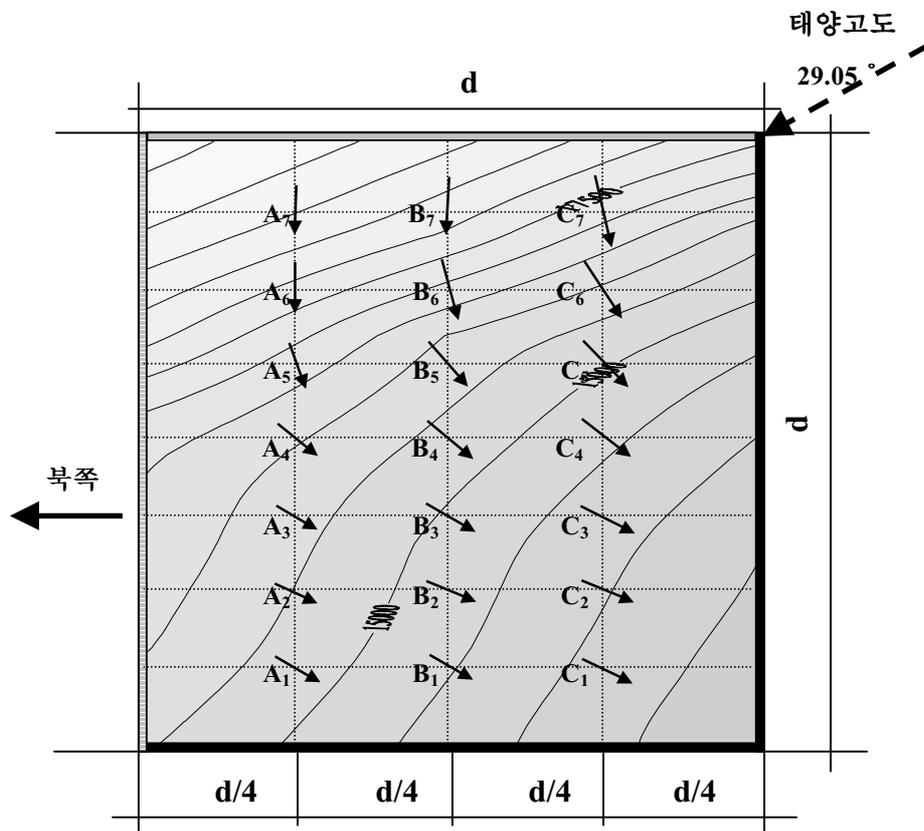
[그림 5.2.20] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.5, 투명천정, 남향, 6/21 12:00)

5.2.4 아트리움의 천정 투과특성에 따른 공간 벡터조도

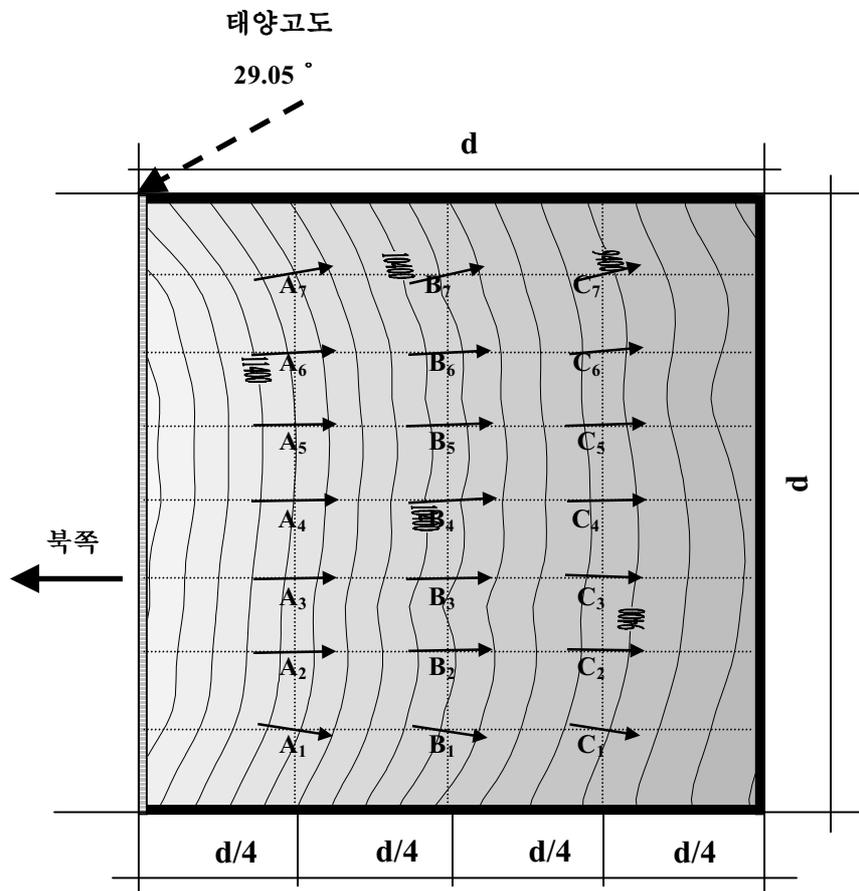
3면형 아트리움에서 천정의 투과특성에 따라 실내 공간 벡터조도와 스칼라조도가 어떻게 변화하는 지를 알아보기 위해 투명과 불투명의 2가지 재료를 대상으로 하여 시뮬레이션 하였다.

북향의 아트리움의 경우 투명과 불투명천정에 대해 각각 천정쪽와 창측에서 확산광의 유입이 이루어졌다. 이 경우 벡터조도의 방향은 당연히 되나, 스칼라 조도 즉 위치별 평균조도는 동지의 경우 [그림 5.2.21]~[그림 5.2.24]와 같이 천정의 투과특성에 별다른 영향없이 10,000lx~15,000lx로 유지되나, 하지의 경우 불투명 천정에서는 5,000lx~10,000lx이지만, 투명천정의 경우 30,000lx~60,000lx로 높은 평균조도 분포가 이루어짐을 알 수 있다. 그리고 남쪽에서 유입되는 직사일광이 유리벽에서 경면반사(Specular Reflection)하여 재실자들이 창측을 바라볼 때 넓은 유리벽이 전체적으로 불쾌현황 현상을 일으킬 우려가 있을 것으로 사료된다.

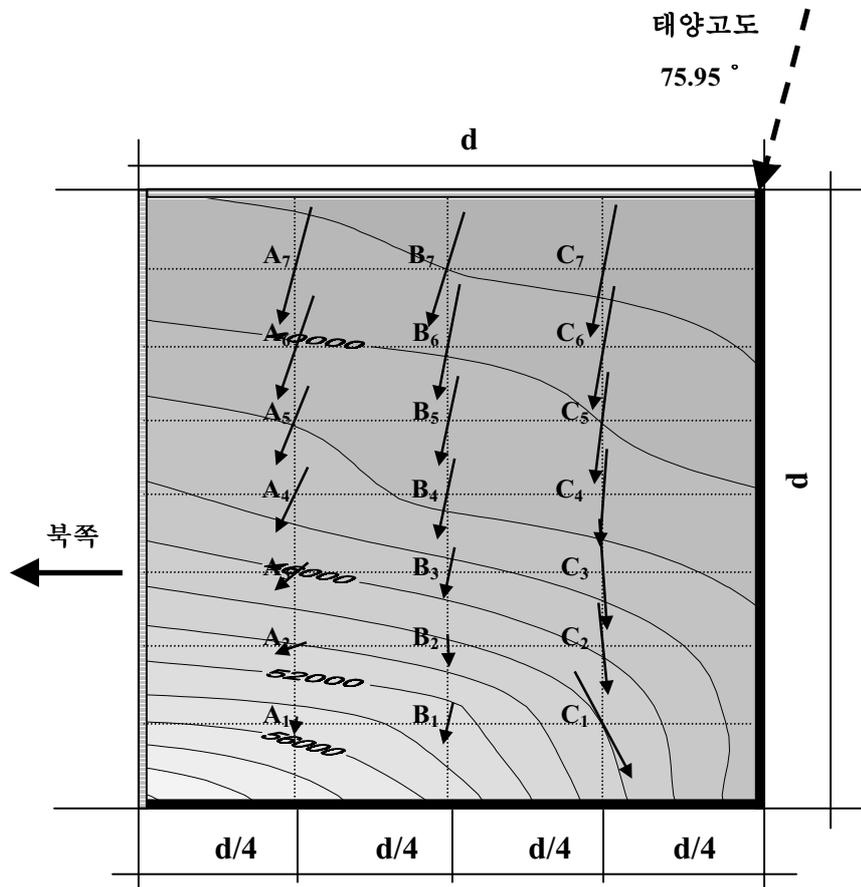
남향의 아트리움인 경우 [그림 5.2.25]~[그림 5.2.28]과 같이 투명천정의 아트리움인 경우 전체적으로 직사일광에 의한 한 방향으로의 빛의 유입이 이루어 지지만 불투명천정의 경우 직사일광이 유입되는 점에서는 그 방향으로의 벡터조도가 형성되지만 확산광의 영향을 받는 곳에서는 직사일광이 실내 바닥면에 반사되어 전체적으로 천정면으로 향하는 벡터조도가 형성됨을 알 수 있다.



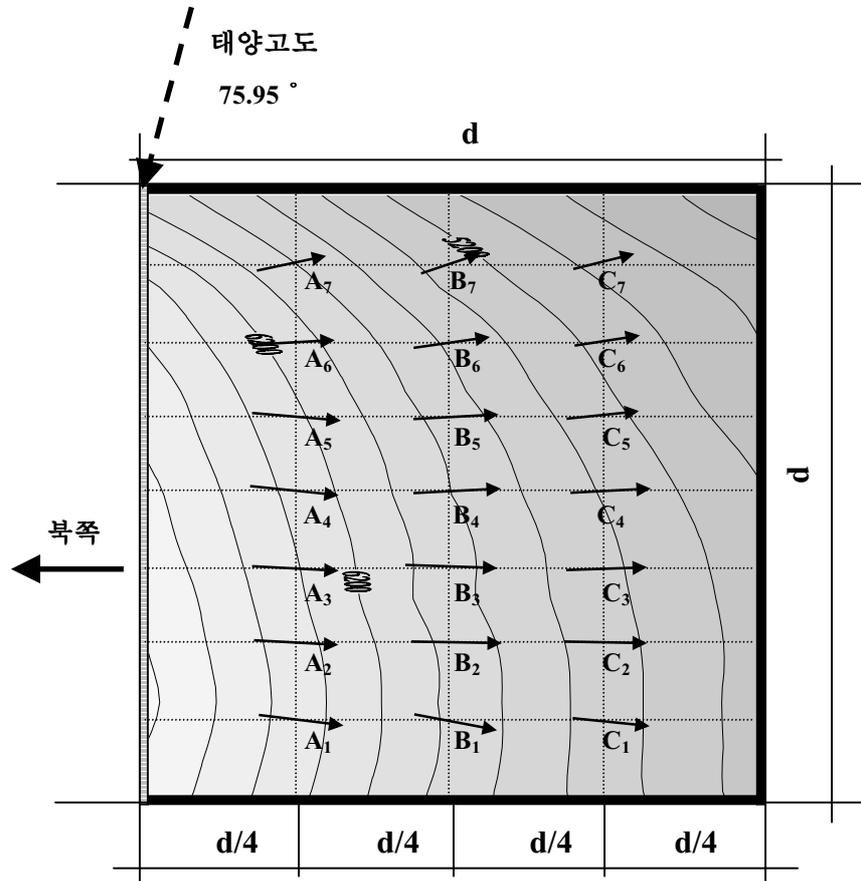
[그림 5.2.21] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 투명천정, 북향, 12/21 12:00)



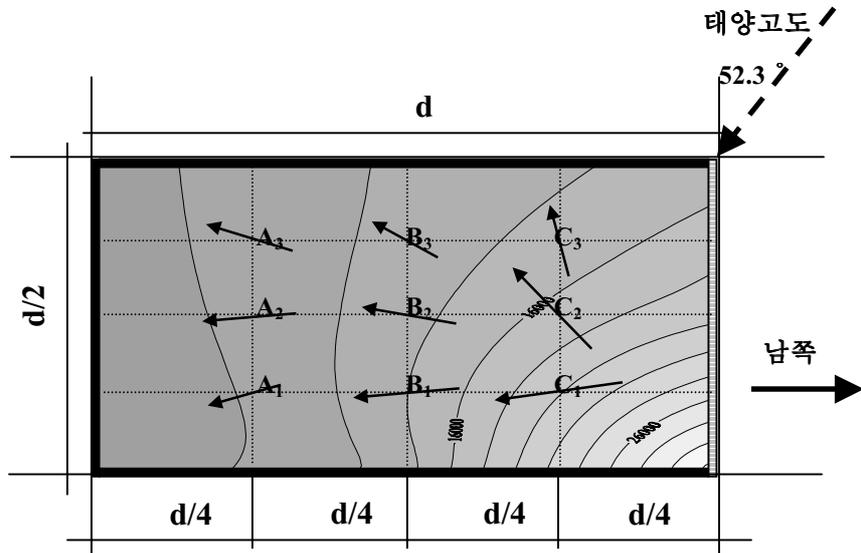
[그림 5.2.22] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 불투명천정, 북향, 12/21 12:00)



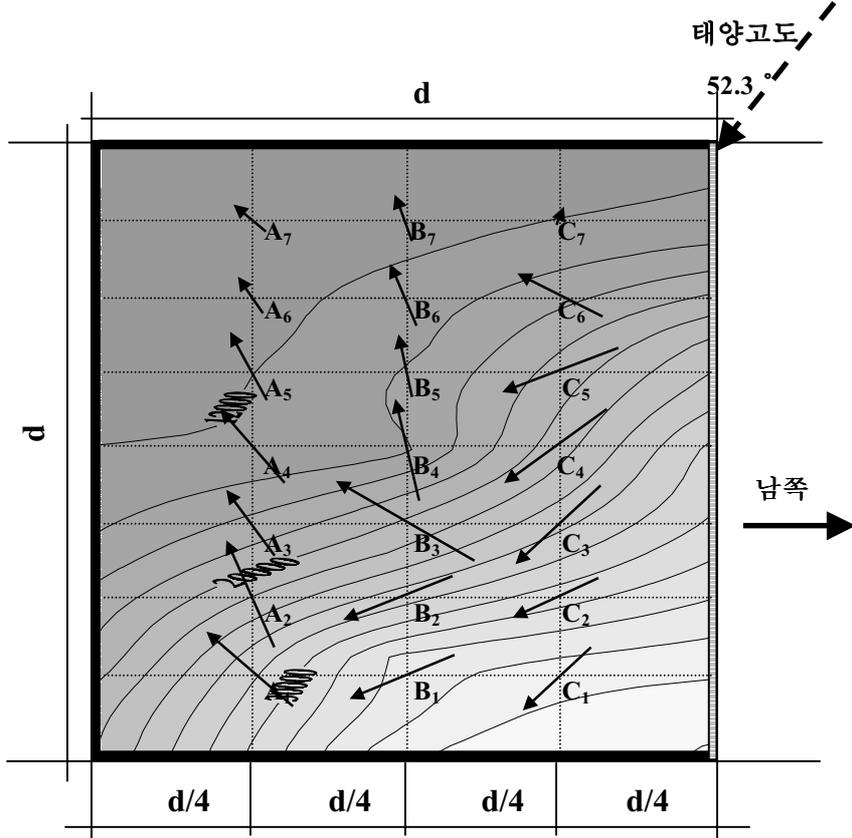
[그림 5.2.23] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 투명천정, 북향, 6/21 12:00)



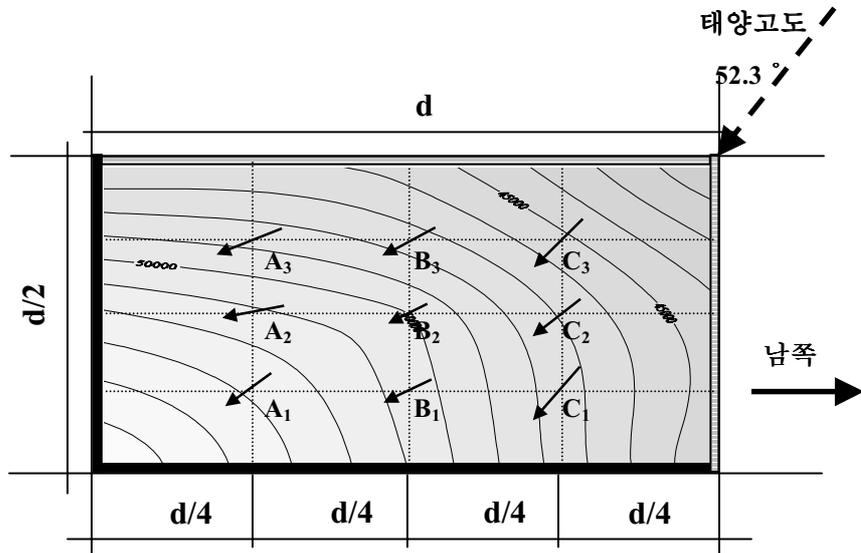
[그림 5.2.24] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 불투명천정, 북향, 6/21 12:00)



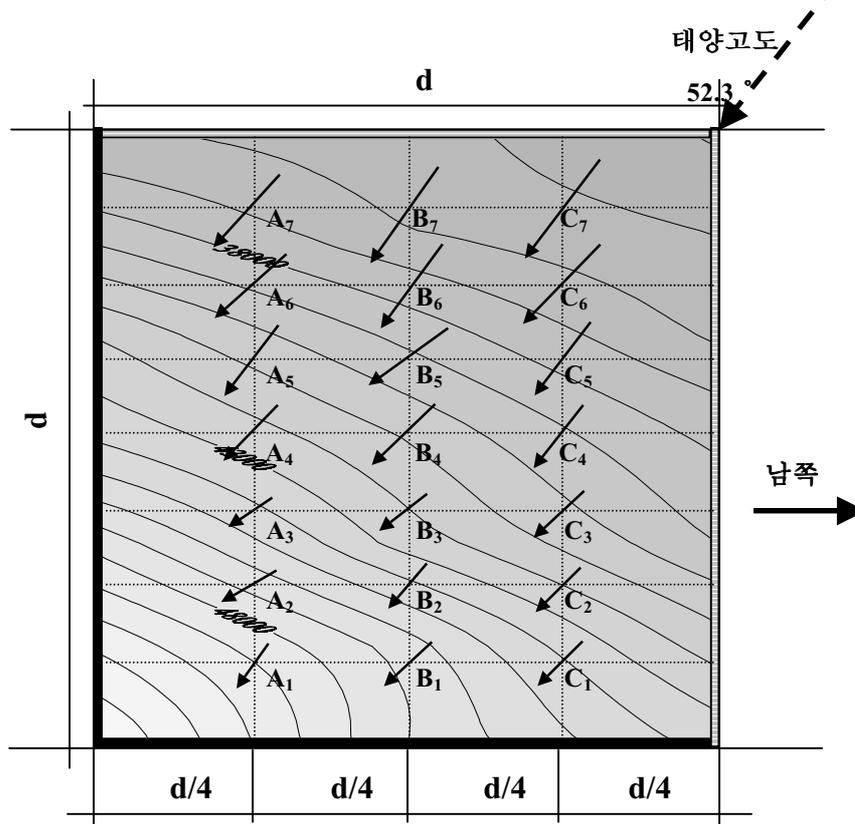
[그림 5.2.25] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 불투명천정, 남향, 9/21 12:00)



[그림 5.2.26] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 불투명천정, 남향, 9/21 12:00)



[그림 5.2.27] 실내 벡터조도의 가시화(WI=0.5, 투명천정, 남향, 9/21 12:00)



[그림 5.2.28] 실내 벡터조도의 가시화(WI=1.0, 투명천정, 남향, 9/21 12:00)