

# 주거공간의 혼합형 광선반 각도 변화에 따른 채광성능 평가

## Evaluation of Lighting Performance of Mixed Type Light-shelf in Residential Space According to Angular Variations

채우리(Woori Chae), 이행우(Heangwoo Lee), 서장후(Janghoo Seo), 김용성(Yongseong Kim)<sup>†</sup>  
국민대학교 테크노디자인전문대학원

The Graduate School of Techno Design Kookmin University, Jeongneung-dong, Seongbuk-gu, Seoul, 136-702, Korea

(Received May 26, 2014; revision received July 7, 2014; Accepted: July 8, 2014)

**Abstract** The purpose of this study is to evaluate the effectiveness in the lighting performance of mixed type light-shelf, by comparing and analyzing the internal light-shelf, external light-shelf, and mixed-type light-shelf. The performance of light-shelf was evaluated according to the angle of light-shelf at summer solstice, winter solstice, vernal equinox, and autumn equinox. The comparative analysis between the internal light-shelf, external light-shelf, and mixed-type light-shelf was carried out using the performance evaluation and analysis method. The result of performance evaluation is shown as follows. The mixed type light-shelf showed the highest lighting performance all at summer solstice, winter solstice, vernal equinox, and autumn equinox, followed by the external light-shelf and the internal light-shelf in the same order. The mixed type light-shelf was the most favorable for bringing daylight to indoors by adjusting the angle of light-shelf, and it also showed the highest lighting performance in terms of uniformity ratio of illumination which indicates the quality of light.

**Key words** Illumination(조도), Illuminance(균제도), Angle(각도), Performance evaluation(성능평가)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: yongkim@kookmin.ac.kr

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축에는 과거에서 부터 자연광을 다양한 의미로 사용하면서 발전하여 왔다. 산업혁명 이후 인공조명 기술의 급진적인 발전과 과도한 에너지 소비로 인한 오일쇼크를 계기로 인류는 에너지 절감의 필요성을 느끼게 되었다. 건축에서의 자연채광은 에너지 절감의 새로운 관점에서 다시 발전되기 시작 하였으며, 자연채광 기술의 하나인 광선반 또한 조명에너지 절약과 실내의 시환경 개선의 두 가지 목적<sup>(8)</sup>으로 기술연구가 활발히 진행중이다. 현재까지 이루어진 혼합형 광선반의 채광성능 평가 연구는 광선반의 내·외부 각도가 고정형이거나 광선반의 내·외부가 동일 각도인 단일각도형 및 내부고정/외부가동형으로 연구가<sup>(5)</sup> 이루어졌다. 선행연구 결과를 보면 광선반의 채광성능 측면에서 외부형, 내부형, 혼합형 광선반 순으로 혼합형 광선반 채광성능이 가장 낮은 결과<sup>(5)</sup>로 나타난다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 연구 되어진 혼합형 광선반이 채광성능적인 측면에서 한계가 있으며, 혼합

형 광선반의 적용 기준을 개선할 필요가 있다고 판단된다.

본 연구는 혼합형 광선반의 내·외부 각도 조절을 통하여 실내의 주광 유입 대한 혼합형 광선반의 채광성능을 평가 하는데 목적이 있다.

### 1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 광선반 채광성능 평가를 위하여 실제 크기의 테스트베드에서 각 절기에 해당하는 하지, 춘추부, 동지의 광선반 각도 변화 대한 채광성능 평가를 실시하였다. 연구의 진행절차는 다음과 같다.

첫째, 문헌고찰을 통하여 혼합형 광선반의 채광성능의 문제점을 분석하여 실험환경 및 변인 요소를 도출하였다. 둘째, 광선반의 각도 변화에 대한 실험 변인인 외부환경 요소를 설정하여 하지, 춘추부, 동지의 각 절기별로 동일한 조건에서 내부형, 외부형, 혼합형 광선반의 실험을 실시 하였다. 셋째, 하지, 춘추부, 동지의 광선반 각도에 대한 채광성능 평가를 실시하였으며, 채광성능 평가 분석 방법으로 내부형, 외부형, 혼합형 광선반을 비교 분석하였다.

## 2. 광선반 고찰

### 2.1 광선반의 개념

광선반은 주광을 실내 천장면으로 반사시켜 실내 깊숙이 자연광을 유입시키는 자연채광 장치이다. 다른 액티브 자연채광 기술에 비하여 시공 및 경제성이 우수한 장점을 가지고 있으며, 주간 조명 에너지 절약 효과와 동시에 시환경의 질을 개선할 수 있다. 광선반의 성능적인 측면에서는 실내 최적의 자연광 분포를 위해서 낮은 위치에 광선반을 설치하는 것이 유리하다. 하지만 Fig. 1에서 보여지듯이 재실자의 조망과 현회 현상을 고려하여 보통은 서있는 사람의 눈높이 이상의 위치에 광선반을 설치한다. 광선반의 하단부에는 조망창의 역할을 하고, 상단부는 채광창의 역할을 하는 두 개의 개구부를 분할하는 것이 특징이다. 천공상태에 따른 광선반의 채광성능은 단천공 상태보다 청천공 상태에서 높은 채광성능을 나타낸다. 또한 광선반은 청천공 상태의 창측의 높은 조도로 인한 현회 현상을 차단하는 차양 역할을 함과 동시에 주광의 불균형적인 조도 분포를 실내 깊숙이 균등하게 유입하여 빛의 질적 측면인 균제도를 개선하는 효과가 있다.

### 2.2 광선반의 종류

광선반은 설치 위치에 따라서 Fig. 2에서 보여지듯이 내부형, 외부형, 혼합형의 세가지 타입으로 분류된다. 제어 방식에 따라서는 고정형과 가동형이 있으며, 가동형의 경우 변화하는 직사일광에 대응이 더 유리하다. 본 연구에서는 내부형, 외부형, 혼합형 광선반의 채광성능 유효성을 평가하기 위하여 동일 조건에서 내부형, 외부형, 혼합형 광선반을 각각 가동 가능하게 하여 실험을 실시하였다.

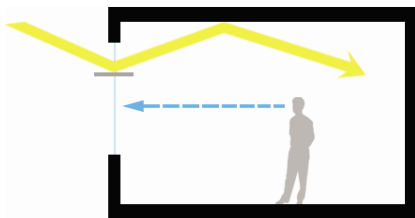


Fig. 1 Concept of Light-Shelf.

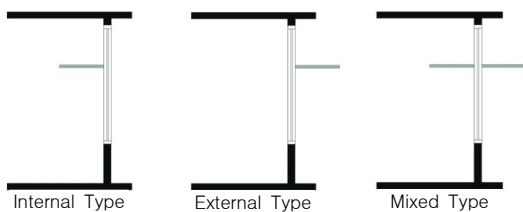


Fig. 2 Classification of Light-helf.

## 2.3 광선반의 각도 제어

고정식 광선반보다 각도 제어가 가능한 광선반이 성능적인 측면에서 더 유리하다. 외부형 광선반의 경우 각도를 하향으로 하면 차양 효과가 있으며, 각도를 상향으로 하면 차양 효과는 감소하지만 실내로 깊숙이 빛을 유입시키는데 더 유리하다. 광선반의 각도 조절을 통하여 재실자가 요구하는 조도에 따라 효율적으로 일사량을 조절할 수 있다.

## 3. 광선반 채광성능 평가 환경설정

### 3.1 테스트베드 개요

본 연구는 Fig. 3에서 보여지듯이 암막 상태의 실제 크기의 테스트베드에서 각 절기별 외부 조도의 설정변인이 가능한 인공태양광을 사용하여 하지, 동지, 춘추부에서 광선반의 각도 변화에 대한 채광성능 평가를 실시하였다. 인공태양광은 Fig. 4에서 보여지듯이 광원의 높이 및 각도 조절을 통하여 각 절기별 태양 고도 설정이 가능하며, 실제 광원과 유사한 각각의 램프 밝기를 조절하여 조도값 설정이 가능하다. 테스트베드는 Table 1에서 나타나듯이 폭 4.9 m, 깊이 6.6 m, 천장고 2.5 m로 구축되어 있으며, 개구부 크기는 폭 2.2 m, 높이 1.8 m이며, 유리 재질은 12T 복층유리를 사용하였다.



Fig. 3 Test-bed and artificial sunlight.

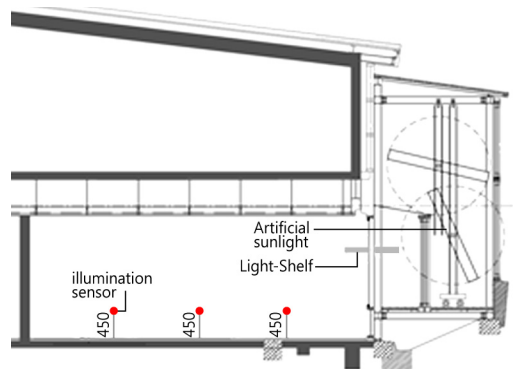


Fig. 4 Test-bed and chamber section.

Table 1 Test-bed

Summary of the Test Bed Model	
Room Size and Material	4.9 m(W) × 6.6 m(D) × 2.5 m (Height of the Ceiling) Wall : reflectance 46%; Ceiling : reflectance 86%
Window Size and Material	2.2 m(W) × 1.8 m(H) Pair Glass 12 mm(3 mm+6 mm+3 mm)
Summary of the Chamber Model	
Chamber Size	4.5 m(W) × 2.7 m(D) × 4.6 m(H)
Artificial Sunlight Irradiation Equipment	2.08 m(W) × 2.8 m(H)

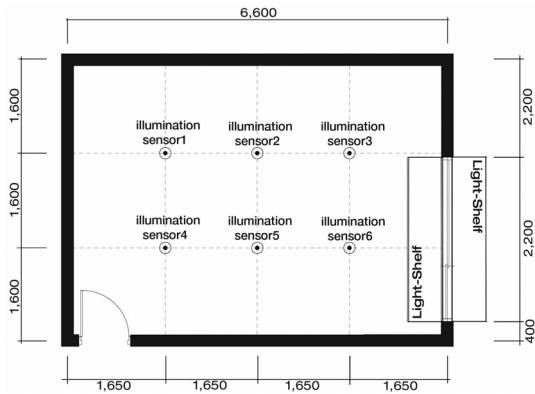


Fig. 5 Illumination photometry for Light-Shelf performance evaluation.

### 3.2 조도센서

광선반의 변인에 따른 실내주광 유입의 분석을 위하여 Fig. 5에서 보여지듯이 창문을 기준으로 조도센서를 세로 1,600 mm, 가로 1,650 mm 간격으로 총 6개의 조도센서를 배열 하였다. 조도센서의 높이는 선행 연구에 의거하여 사용자의 작업면의 높이를 기준으로 바닥으로부터 450 mm<sup>(8)</sup>에 설치하였다.

### 3.3 외부환경 및 실험변인 설정

실험 외부환경은 Table 2에서 보여지듯이 각 절기별로 남중고도 하지 76.5°, 춘추분 53° 동지 29.5°로 설정 하였으며, 향은 정남향으로 설정 하였다. 조도값은 선행 연구에 의거하여 각 절기별 오후 1시 청천공 상태 기준으로 하지 8만 lx, 춘추분 6만 lx, 동지 3만 lx으로 설정<sup>(7)</sup>하였으며, 광선반의 높이는 체질자의 현휘를 고려하여 눈높이보다 높은 1,800 mm<sup>(5)</sup>로 설정 하였다. 광선반의 폭은 내부형 400 mm, 외부형 400 mm, 혼합형 내/외부 400 mm/400 mm의 동일 조건으로 적용 하였으며, 광선반 표면 반사율은 85%의 필름 반사지를 사용 하였다. 또한 광선반의 각도 변화에 따라서 채광성

Table 2 Setup of the experimental environment

Light Shelf System		
Light Shelf System (mm)	Internal	400
	External	400
	Mixed	400/400
Angle	-30°, -20°, -10°, 0°, +10°, +20°, +30°	
Height of Light Shelf System(mm)	1800	
Reflexibility of Light Shelf System	specular reflection film (reflexibility 85%)	
Exterior Environment		
Culmination Altitude		Exterior Illuminance(lx)
Summer Solstice		76.5° 80,000
Spring and Autumnal Equinoxes		53° 60,000
Winter Solstice		29.5° 30,000
Direction		Full South

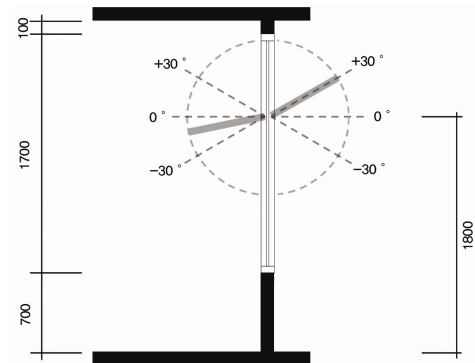


Fig. 6 Mixed Light-Shelf angle.

능을 분석하기 위해 내부형, 외부형, 혼합형 광선반의 각도 변화를 -30°에서 +30°까지 10°씩 설정하여 실험을 실시하였다. Fig. 6에서 보여지듯이 혼합형 광선반의 실험 적용 기준을 선행연구와 차별화하여 내/외부 각도변화를 각각 가동 가능하게 하였다.

## 4. 채광성능 평가 결과 및 논의

### 4.1 채광성능 평가 방법

각 절기별 내부형, 외부형, 혼합형 광선반의 채광성능을 평가하기 위해 조도센서를 통하여 실내 안쪽으로 유입되는 조도값을 분석하였다. 균제도는 Emin/Eave<sup>(4)</sup>로 산출 하였으며, 혼합형 광선반의 채광성능 유효성을 검증하기 위하여 Table 3과 같이 동일 조건으로 실험한 내부형 광선반과 외부형 광선반 및 혼합형 광선반의 실험 결과를 비교 분석하였다.

Table 3 Performance evaluation result

Type	Season	Angle	Sensors(lx)						Average illumination(lx)	Uniform ratio of illuminance
			1	2	3	4	5	6		
Internal	Summer	-30	4	328	740	84	660	2308	687	0.0058
		-20	4	320	724	80	628	2080	639	0.0063
		-10	4	348	688	82	644	2100	644	0.0062
		0	4	332	564	64	644	1588	533	0.0075
		+10	4	328	604	48	620	1624	538	0.0074
		+20	4	324	584	68	584	1560	521	0.0077
		+30	4	312	564	60	580	1544	511	0.0078
	Spring and autumn	-30	444	756	1581	624	1776	8403	2264	0.1959
		-20	441	810	1569	588	1404	8325	2190	0.2014
		-10	411	864	1593	513	1686	6834	1984	0.2072
		0	330	780	1641	375	1383	6594	1851	0.1783
		+10	294	714	1506	354	1179	3525	1262	0.2330
		+20	240	660	1416	288	1098	3303	1168	0.2056
		+30	243	654	1395	300	1104	3288	1164	0.2088
	Winter	-30	801	1119	1279	1204	5512	16044	4326	0.1851
		-20	812	1129	1261	1258	5507	14988	4159	0.1953
		-10	849	1146	1221	1290	5251	14905	4110	0.2065
		0	846	1177	1288	1290	5169	13382	3859	0.2193
		+10	762	1027	1377	1127	3825	13636	3626	0.2102
		+20	703	964	1386	1023	3784	13686	3591	0.1957
		+30	730	912	1327	1002	3667	13484	3520	0.2073
External	Summer	-30	48	292	1024	12	544	2324	707	0.0170
		-20	32	272	980	8	488	2224	667	0.0120
		-10	40	288	1032	28	520	2300	701	0.0399
		0	92	380	1332	72	660	2848	897	0.0802
		+10	160	464	1552	128	824	3364	1082	0.1183
		+20	260	580	1588	260	1112	3664	1244	0.2090
		+30	332	500	1208	452	904	2752	1025	0.3240
	Spring and autumn	-30	375	705	1506	345	1284	8214	2072	0.1665
		-20	369	405	1506	351	1236	8175	2007	0.1749
		-10	405	735	1629	363	1305	8400	2140	0.1697
		0	450	804	1821	411	1413	8868	2295	0.1791
		+10	495	873	1986	459	1539	9450	2467	0.1861
		+20	576	933	1908	600	1680	9270	2495	0.2309
		+30	633	870	1935	786	1791	9495	2585	0.2449
	Winter	-30	737	1205	1111	979	7757	6007	2966	0.2484
		-20	806	1289	1409	1034	7896	6528	3160	0.2552
		-10	852	1375	1615	1080	8011	6960	3316	0.2570
		0	943	1493	1884	1200	8280	12691	4415	0.2136
		+10	1013	1488	1663	1308	8208	13104	4464	0.2269
		+20	967	1411	1543	1236	7987	12842	4331	0.2233
		+30	929	1260	1788	1171	6950	20400	5416	0.1715

Type	Season	Angle (In/Out)	Sensors(lx)						Average illumination(lx)	Uniform ratio of illuminance
			1	2	3	4	5	6		
Mixed	Summer	-30/-30	84	308	924	68	560	2192	689	0.0986
		-30/-20	64	288	908	48	488	2164	660	0.0727
		-30/-10	68	292	544	72	512	2240	621	0.1094
		-30/0	144	428	1328	144	728	2944	953	0.1512
		-30/+10	192	500	1552	180	868	3440	1122	0.1604
		-30/+20	284	588	1488	328	1124	3552	1227	0.2314
		-30/+30	344	524	1144	472	964	2760	1035	0.3325
		-20/-30	68	328	928	48	608	2184	694	0.0692
		-20/-20	44	312	932	32	560	2248	688	0.0465
		-20/-10	48	332	984	48	584	2320	719	0.0667
		-20/0	140	452	1408	124	772	3032	988	0.1255
		-20/+10	188	520	1592	188	932	3480	1150	0.1635
		-20/+20	292	624	1528	332	1192	3600	1261	0.2315
		-20/+30	348	560	1180	490	1024	2632	1039	0.3349
		-10/-30	40	312	884	12	600	1892	623	0.0193
		-10/-20	24	300	908	4	552	1948	623	0.0064
		-10/-10	28	312	960	4	580	2012	649	0.0062
		-10/0	100	420	1368	72	752	2780	915	0.0787
		-10/+10	144	504	1520	112	912	3132	1054	0.1063
		-10/+20	244	604	1480	268	1220	3344	1193	0.2045
		-10/+30	328	504	1152	420	940	3102	1074	0.3053
		0/-30	12	312	892	4	540	1760	587	0.0068
		0/-20	4	280	920	4	488	1808	584	0.0068
		0/-10	4	300	960	4	520	1880	611	0.0065
		0/0	72	400	1344	40	680	2588	854	0.0468
		0/+10	140	484	1512	104	860	2952	1009	0.1031
		0/+20	224	580	1488	232	1112	3140	1129	0.1983
		0/+30	264	504	1188	340	924	2440	943	0.2799
		+10/-30	8	284	708	4	484	1244	455	0.0088
		+10/-20	4	260	712	4	440	1260	447	0.0090
		+10/-10	4	268	760	4	468	1352	476	0.0084
		+10/0	48	368	1128	32	624	2064	711	0.0450
		+10/+10	100	464	1284	92	788	2428	859	0.1071
		+10/+20	208	560	1320	252	1068	2708	1019	0.2041
		+10/+30	220	492	1064	304	904	2148	855	0.2572
		+20/-30	4	240	664	4	444	1120	413	0.0097
+20/-20	4	224	668	4	428	1140	411	0.0097		
+20/-10	4	240	724	4	444	1208	437	0.0091		
+20/0	52	332	1064	12	604	1864	655	0.0183		
+20/+10	108	404	1240	64	768	2228	802	0.0798		
+20/+20	204	520	1288	208	1052	2548	970	0.2103		
+20/+30	168	452	1108	192	860	2220	833	0.2016		
+30/-30	4	224	612	4	404	1004	375	0.0107		
+30/-20	4	212	620	4	408	1032	380	0.0105		
+30/-10	4	224	664	4	408	1120	404	0.0099		
+30/0	40	324	1000	4	568	1740	613	0.0065		
+30/+10	100	404	1160	48	740	2112	761	0.0631		
+30/+20	172	492	1264	160	1004	2480	929	0.1723		
+30/+30	100	388	1088	72	740	2168	759	0.0948		

Type	Season	Angle (In/Out)	Sensors(lx)						Average illumination(lx)	Uniform ratio of illuminance
			1	2	3	4	5	6		
Mixed	Spring and autumn	-30/-30	465	636	1299	621	1458	7194	1946	0.2390
		-30/-20	456	660	1320	621	1449	7218	1954	0.2334
		-30/-10	486	684	1419	648	1515	7368	2020	0.2406
		-30/0	510	750	1596	681	1626	7680	2141	0.2383
		-30/+10	573	810	1815	726	1740	8364	2338	0.2451
		-30/+20	660	864	1734	861	1884	8265	2378	0.2775
		-30/+30	729	828	1743	984	1923	8481	2448	0.2978
		-20/-30	498	765	1404	585	1464	7374	2015	0.2471
		-20/-20	486	756	1434	579	1470	7413	2023	0.2402
		-20/-10	501	801	1533	600	1518	7566	2087	0.2401
		-20/0	561	876	1713	633	1635	7893	2219	0.2529
		-20/+10	600	930	1923	684	1746	8598	2414	0.2486
		-20/+20	690	984	1848	831	1896	8484	2456	0.2810
		-20/+30	684	939	1869	963	1941	8769	2528	0.2706
		-10/-30	399	750	1560	384	1473	6555	1854	0.2072
		-10/-20	417	744	1599	378	1461	6606	1868	0.2024
		-10/-10	420	780	1695	396	1506	6723	1920	0.2063
		-10/0	474	849	1863	450	1620	7044	2050	0.2195
		-10/+10	513	909	2070	495	1731	7719	2240	0.2210
		-10/+20	588	963	2013	615	1884	7641	2284	0.2574
		-10/+30	618	915	2034	753	1728	7884	2322	0.2661
		0/-30	330	645	1608	285	1203	6345	1736	0.1642
		0/-20	330	639	1641	285	1185	6405	1748	0.1631
		0/-10	345	663	1728	306	1233	6540	1803	0.1698
		0/0	396	735	1896	348	1338	6825	1923	0.1810
		0/+10	435	783	2094	381	1455	7500	2108	0.1807
		0/+20	504	849	2049	504	1599	7440	2158	0.2336
		0/+30	540	828	2100	558	1521	7755	2217	0.2436
		+10/-30	288	564	1527	243	1020	4653	1383	0.1758
		+10/-20	288	558	1548	249	1008	5498	1525	0.1633
		+10/-10	603	585	1638	258	1056	4830	1495	0.1726
		+10/0	348	651	1800	306	1155	5124	1564	0.1957
		+10/+10	384	699	2016	339	1278	5826	1757	0.1929
		+10/+20	465	780	1998	459	1446	5799	1825	0.2516
		+10/+30	459	768	2109	474	1374	6270	1909	0.2404
		+20/-30	249	486	1200	198	930	1788	809	0.2449
+20/-20	243	504	1236	198	921	1860	827	0.2394		
+20/-10	270	531	1314	225	975	1956	879	0.2561		
+20/0	306	600	1464	255	1068	2241	989	0.2578		
+20/+10	345	651	1701	297	1194	2958	1191	0.2494		
+20/+20	399	729	1713	384	1356	3045	1271	0.3021		
+20/+30	369	681	1845	348	1245	3570	1343	0.2591		
+30/-30	210	480	1074	171	873	1566	729	0.2346		
+30/-20	198	474	1095	168	873	1626	739	0.2273		
+30/-10	213	510	1179	186	915	1746	792	0.2350		
+30/0	258	555	1329	219	1011	2013	898	0.2440		
+30/+10	291	618	1575	249	1131	2736	1100	0.2264		
+30/+20	315	654	1614	309	1239	2880	1169	0.2644		
+30/+30	300	627	1734	264	1113	3360	1233	0.2141		

Type	Season	Angle (In/Out)	Sensors(lx)						Average illumination(lx)	Uniform ratio of illuminance
			1	2	3	4	5	6		
Mixed	Winter	-30/-30	708	1087	991	1006	7502	5134	2738	0.2586
		-30/-20	782	1195	1272	1058	7627	5606	2924	0.2676
		-30/-10	811	1368	1454	1097	7776	5976	3080	0.2633
		-30/0	900	1339	1519	1205	7927	6403	3216	0.2799
		-30/+10	955	1351	1565	1284	7939	11976	4178	0.2286
		-30/+20	967	1279	1430	1243	7745	11671	4056	0.2385
		-30/+30	905	924	1680	1190	6696	5897	2882	0.3139
		-20/-30	744	1116	967	1111	7447	4958	2724	0.2731
		-20/-20	792	1188	1229	1154	7565	5424	2892	0.2739
		-20/-10	833	1260	1411	1207	7675	5750	3023	0.2755
		-20/0	926	1351	1481	1308	7862	6158	3181	0.2912
		-20/+10	1001	1370	1526	1392	7882	11786	4160	0.2406
		-20/+20	979	1310	1394	1370	7697	11448	4033	0.2427
		-20/+30	936	1190	1649	1320	6662	17683	4907	0.1908
		-10/-30	737	1046	986	1080	6511	3185	2258	0.3264
		-10/-20	785	1111	1253	1118	6617	3648	2422	0.3240
		-10/-10	842	1171	1418	1169	6739	3965	2551	0.3302
		-10/0	931	1279	1493	1274	6938	4380	2716	0.3429
		-10/+10	979	1298	1562	1361	6953	10015	3695	0.2650
		-10/+20	998	1236	1423	1334	6785	9672	3575	0.2793
		-10/+30	926	1217	1673	1284	6732	15667	4583	0.2021
		0/-30	689	1051	1118	984	6583	3017	2240	0.3074
		0/-20	737	1109	1361	1020	6696	3456	2396	0.3075
		0/-10	794	1181	1541	1070	6823	3756	2528	0.3143
		0/0	881	1284	1603	1183	7013	4176	2690	0.3274
		0/+10	936	1310	1694	1274	7058	9833	3684	0.2540
		0/+20	931	1255	1550	1265	6900	9506	3568	0.2610
		0/+30	881	1224	1778	1178	6823	15446	4555	0.1934
		+10/-30	581	943	1171	821	5594	2510	1937	0.2999
		+10/-20	614	1003	1409	847	5702	2947	2087	0.2944
		+10/-10	667	1082	1572	893	5813	3242	2212	0.3017
		+10/0	758	1178	1668	1001	6043	3665	2386	0.3179
		+10/+10	809	1212	1771	1075	6067	9382	3386	0.2389
		+10/+20	804	1157	1646	1049	5930	9079	3278	0.2453
		+10/+30	773	1128	1838	1008	5849	14640	4206	0.1837
		+20/-30	475	854	974	667	5460	1478	1652	0.2877
+20/-20	518	914	1190	708	5568	1872	1795	0.2888		
+20/-10	566	996	1356	761	5705	2177	1927	0.2940		
+20/0	636	1092	1478	852	5882	2628	2095	0.3036		
+20/+10	665	1104	1598	895	5926	8429	3103	0.2143		
+20/+20	660	1066	1478	864	5777	8117	2994	0.2205		
+20/+30	655	1051	1656	869	5722	13608	3927	0.1669		
+30/-30	425	830	804	643	5383	1159	1541	0.2757		
+30/-20	468	895	1013	780	5474	1541	1695	0.2761		
+30/-10	518	960	1188	739	5609	1862	1813	0.2860		
+30/0	583	1046	1320	806	5760	2328	1974	0.2954		
+30/+10	595	1044	1445	830	5760	8124	2966	0.2006		
+30/+20	614	1034	1332	835	5664	7829	2885	0.2130		
+30/+30	612	1034	1507	847	5633	13200	3806	0.1608		

## 4.2 내부형 광선반 채광성능 평가

하지시 내부형 광선반의 경우 인공태양광의 직접적인 영향을 받으며, 실내 가장 안쪽에 위치해있는 4번 조도센서 기준으로 하향 각도인  $-30^\circ$ 에서 84 lx로 가장 높은 조도값이 나타났으며, 반면 균제도는 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 0.0078로 가장 높게 나타났다. 이는 하향 각도에서 실내 안쪽으로 빛이 깊숙이 유입되며, 상향 각도에서는 인공태양광의 직접적인 영향을 받는 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 하지시 창측면의 높은 휘도의 차양 효과로 균제도가 올라갔을 것으로 판단된다. 춘추분에서도 하조도 값이 나타났으며, 균제도는 상향 각도인  $+10^\circ$ 에서 0.2330로 가장 높게 나타났다. 이 또한 춘추분시 내부형 광선반의 경우 하지시와 같은 이유로 하향 각도에서 실내 안쪽으로 빛이 깊숙이 유입되며, 상향 각도에서는 인공태양광의 직접적인 영향을 받는 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 창측면의 차양 효과가 있는 것으로 판단된다. 동지에서는 수평 각도인  $0^\circ$ 와 하향 각도인  $-10^\circ$ 에서 1,290 lx로 가장 높게 나타났으며, 균제도 또한 수평 각도인  $0^\circ$ 에서 0.2193으로 가장 높게 나타났다. 이는 동지시 낮은 태양고도로 인하여 내부형 광선반의 각도가 하지 및 춘추분 보다 비교적 적은 각도인  $0^\circ$ 와  $-10^\circ$ 에서 높은 효율을 보이는 것으로 판단된다. 동지에서도 상향 각도 일수록 인공태양광의 직접적인 영향을 받는 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 상향 각도에서 차양 효과가 있는 것으로 판단된다.

## 4.3 외부형 광선반 채광성능 평가

하지시 외부형 광선반의 경우 인공태양광의 직접적인 영향을 받으며, 실내 가장 안쪽에 위치해 있는 4번 조도센서 기준으로 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 452 lx로 가장 높은 조도값이 나타났으며, 균제도 또한 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 0.3240으로 가장 높게 나타났다. 이는 하지시 외부형 광선반의 경우 광선반 각도  $+30^\circ$ 에서 실내 안쪽으로 깊숙이 주광 유입이 가장 유리하며, 실내로 깊숙이 유입되는 주광에 의하여 같은 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 균제도 또한 같이 상승한다고 판단된다. 춘추분에서도 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 786 lx로 가장 높은 조도값이 나타났으며, 균제도 또한 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 0.2449로 가장 높게 나타났다. 이 또한 춘추분시 외부형 광선반의 경우 광선반 각도  $+30^\circ$ 에서 실내 안쪽으로 깊숙이 유입되는 주광으로 인하여 같은 상향 각도인  $+30^\circ$ 에서 균제도가 같이 상승한 것으로 판단된다. 동지에서는 상향 각도인  $+10^\circ$ 에서 1,308 lx로 가장 높게 나타났으며, 균제도는 하향 각도인  $-10^\circ$ 에서 0.2570으로 가장 높게 나타났다. 이는 내부형 광선반과 같은 이유

로 동지시 낮은 태양고도에 의하여 외부형 광선반의 각도가 하지 및 춘추분 보다 비교적 적은 각도인  $-10^\circ$ 와  $+10^\circ$ 에서 높은 효율을 보이는 것으로 판단되며, 차양효과 측면에서는 하지, 춘추분, 동지 모두 하향 각도 일수록 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 차양 효과에 유리하다고 판단된다.

## 4.4 혼합형 광선반 채광성능 평가

하지시 혼합형 광선반의 경우 인공태양광의 직접적인 영향을 받으며, 실내 가장 안쪽에 위치해있는 4번 조도센서 기준으로 혼합형 광선반의 내/외부 각도가  $-20^\circ/+30^\circ$ 에서 490 lx로 가장 높게 나타났으며, 균제도 또한  $-20^\circ/+30^\circ$ 에서 0.3349로 가장 높게 나타났다. 이는 하지시 혼합형 광선반의 경우 광선반의 내/외부 각도가  $-20^\circ/+30^\circ$ 에서 실내 안쪽으로 깊숙이 주광 유입이 가장 유리하며, 실내로 깊숙이 유입되는 주광에 의하여 같은 각도인  $-20^\circ/+30^\circ$ 에서 균제도가 같이 상승한다고 판단된다. 또한 혼합형 광선반의 내부 각도는 상향 각도이며, 외부 각도는 하향 각도 일수록 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 차양 효과에 유리하며, 이는 반사면이 내/외부 모두 실내를 기준으로 외부로 향하여 주광을 차단하는 것으로 판단된다. 춘추분시에서는 혼합형 광선반의 내/외부 각도가  $-30^\circ/+30^\circ$ 에서 984 lx로 가장 높게 나타났으며, 균제도 또한 각도  $-30^\circ/+30^\circ$ 에서 0.2978으로 가장 높게 나타났다. 이는 춘추분시 혼합형 광선반의 경우 광선반의 내/외부 각도가  $-30^\circ/+30^\circ$ 에서 실내 안쪽으로 깊숙이 주광 유입이 가장 유리하며, 하지와 같은 이유로 실내로 깊숙이 유입되는 주광에 의하여 같은 각도인  $-30^\circ/+30^\circ$ 에서 균제도가 같이 상승한 것으로 판단된다. 춘추분 또한 혼합형 광선반의 내부 각도는 상향 각도이며, 외부 각도는 하향 각도 일수록 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 하지와 같은 이유로 차양 효과에 유리한 것으로 판단된다. 동지에서는 혼합형 광선반의 내/외부 각도가  $-20^\circ/+10^\circ$ 에서 1,392 lx로 가장 높게 나타났으며, 균제도는 각도  $-10^\circ/0^\circ$ 에서 0.3429로 가장 높게 나타났다. 혼합형 광선반의 경우 동지시 내부 각도는 하향각도인  $-10^\circ$ ,  $-20^\circ$ 에서 높은 효율을 보이며, 외부각도는 상향 각도인  $+10^\circ$ 와 수평각도인  $0^\circ$ 에서 높은 효율을 보였다. 이는 내부형, 외부형 광선반과 같은 이유로 동지시 낮은 태양고도에 의하여 혼합형 광선반의 각도가 하지 및 춘추분보다 비교적 적은 각도에서 높은 효율이 나타난 것으로 판단된다. 동지 또한 혼합형 광선반의 내부 각도는 상향 각도이며, 외부 각도는 하향 각도 일수록 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 하지 및 춘추분과 같은 이유로 차양 효과에 유리한 것으로 판단된다.



#### 4.5 광선반 채광성능 평가 비교 분석

채광성능 평가 실험을 실시하여 내부형, 외부형, 혼합형 광선반의 채광성능 결과를 확인하였다. Fig. 7에서 나타나듯이 광선반의 채광성능 평가에서 하지, 춘추분, 동지 모두 혼합형, 외부형, 내부형 광선반 순으로 혼합형 광선반의 채광성능이 가장 우수하게 나타났다. 인공태양광의 직접적인 영향을 받으며, 실내 가장 안쪽에 위치해있는 4번 조도센서 기준으로 하지에서는 혼합형 광선반이 외부형 광선반과 비교시 38 lx 더 높게 나타났으며, 내부형 광선반과 비교시 406 lx 더 높게 나타났다. 춘추분에서도 혼합형 광선반이 외부형 광선반과 비교시 198 lx 더 높게 나타났으며, 내부형 광선반과 비교시 360 lx 더 높게 나타났다. 동지에서도 혼합형 광선반이 외부형 광선반과 비교시 84 lx 더 높게 나타났으며, 내부형 광선반과 비교시 102 lx 더 높게 나타났다. 이와 같이 혼합형 광선반이 내·외부 각도 조절을 통해 실내 깊숙이 주광의 유입이 가장 유리한 결과를 보였으며, Fig. 8에서 나타나듯이 빛의 질적인 균제도 측면에서도 혼합형 광선반이 가장 높은 채광성능을 보였다. 균제도가 하지에서는 혼합형 광선반이 외부형 광선반과 비교시 0.0109 더 높게 나타났으며, 내부형 광선반과 비교시 0.3271 더 높게 나타났다. 춘추분에서도 혼합형 광선반이 외부형 광선반과 비교시 0.0529 더 높게 나타났으며, 내부형 광선반과 비교시 0.0648 더 높게 나타났다. 동지에서도 혼합형 광선반이

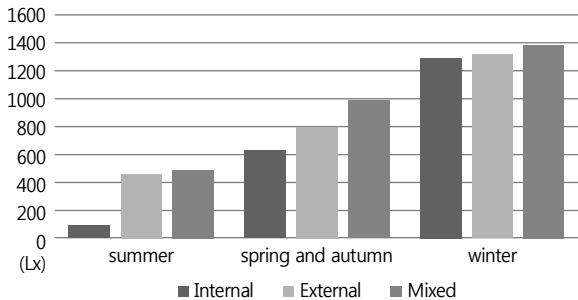


Fig. 7 Illumination sensor4 comparative.

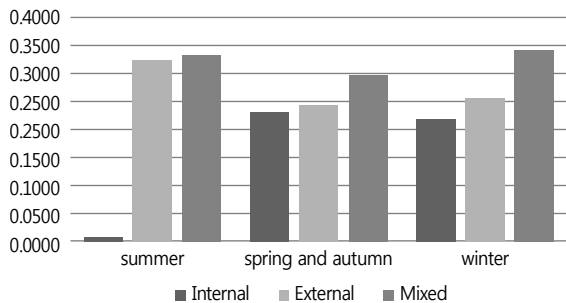


Fig. 8 Illuminance comparative.

외부형 광선반과 비교시 0.0859 더 높게 나타났으며, 내부형 광선반과 비교시 0.1236 더 높게 나타났다. 또한 광선반 내부형, 외부형, 혼합형 모두 동지에서 가장 높은 조도값이 나타났으며, 이는 동지시 낮은 태양고도로 인하여 실내 깊숙이 주광 유입이 가장 유리하며, 균제도 측면에서도 동지시 실내 깊숙이 유입되는 주광으로 인하여 같이 상승한 것으로 판단된다.

#### 5. 결론

현재까지 이루어진 광선반의 선행연구 결과를 보면 광선반의 채광성능 측면에서 외부형, 내부형, 혼합형 광선반 순으로 혼합형 광선반 성능이 가장 낮은 결과로 나타난다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 연구되어진 혼합형 광선반이 내·외부 각도가 고정형이거나 광선반의 내·외부가 동일 각도인 단일각도형 및 내부 고정/외부 가동형으로 연구가 이루어져 채광성능 측면에서 한계가 있으며, 혼합형 광선반의 적용 기준을 개선할 필요가 있다고 판단하였다. 혼합형 광선반의 실험 적용 기준을 내/외부 각도변화를 각각 가동 가능하게 하여, 선행연구와 차별화 하였으며, 채광성능 평가 결과는 다음과 같다.

첫째, 내부형 광선반의 경우 하지 및 춘추분시 하향 각도인 -30°에서 실내 깊숙이 빛을 유입시키는데 유리하며, 동지시에는 낮은 태양고도에 의하여 수평 각도인 0°와 하향 각도인 -10°에서 높은 효율이 나타났다. 균제도의 경우는 하지에서 상향 각도인 +30°에서 높게 나타났으며, 춘추분에서는 +10°에서 높게 나타났다. 동지에서는 수평 각도인 0°에서 높게 나타났다. 차양 효과 측면에서는 상향 각도 일수록 인공태양광의 직접적인 영향을 받는 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 상향 각도에서 차양 효과가 있는 것으로 판단된다.

둘째, 외부형 광선반의 경우 하지 및 춘추분시 내부형 광선반과 반대로 상향 각도인 +30°에서 실내 깊숙이 빛을 유입시키는데 유리하며, 동지시에는 낮은 태양고도에 의하여 +10°에서 높은 효율이 나타났다. 균제도의 경우는 하지와 춘추분에서 모두 높은 효율을 보였던 상향 각도인 +30°에서 높게 나타났으며, 동지에서는 하향 각도인 -10°에서 높게 나타났다. 차양 효과 측면에서는 하향 각도 일수록 인공태양광의 직접적인 영향을 받는 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 하향 각도에서 차양 효과가 있는 것으로 판단된다.

셋째, 혼합형 광선반의 경우 하지시 내부 각도는 하향 각도인 -20°에서 높은 효율을 보이며, 외부각도는 상향 각도인 +30°에서 높은 효율을 보였다. 춘추분시에는 내부 각도는 하향 각도인 -30°에서 높은 효율을

보이며, 외부 각도는 상향 각도인 +30°에서 높은 효율을 보였다. 동지시에는 내부 각도는 하향 각도인 -10°, -20°에서 높은 효율을 보이며, 외부 각도는 상향 각도인 +10°와 수평 각도인 0°에서 높은 효율을 보였다. 차양 효과 측면에서는 혼합형 광선반의 내부 각도는 상향 각도이며, 외부 각도는 하향 각도 일수록 4, 5, 6번 조도센서의 조도가 점차적으로 낮아지는 경향으로 보아 내부 각도는 상향, 외부 각도는 하향 각도에서 차양 효과에 유리하며, 이는 반사면이 내·외부 모두 실내를 기준으로 외부로 향하여 주광을 차단하는 것으로 판단된다.

넷째, 내부형, 외부형, 혼합형 광선반의 채광성능 평가 비교 분석을 통하여 하지, 춘추분, 동지 모두 혼합형, 외부형, 내부형 광선반 순으로 혼합형 광선반의 채광성능이 가장 우수하게 나타났다. 혼합형 광선반이 각도 조절을 통해 실내 깊숙이 주광의 유입이 가장 유리하며, 빛의 질적인 균제도 측면에서도 혼합형 광선반이 가장 높은 채광 성능을 보였다.

본 연구는 광선반의 크기를 고정하여 채광성능평가를 실시하였다. 향후 혼합형 광선반의 내·외부 크기 및 각도 변화에 대한 채광성능 평가 연구가 필요하다고 생각된다.

## References

1. Chae, W. R., Lee, H. W., and Kim, Y. S., 2014, A research on basic data for the design of combined light shelves depending on internal angle, *Advanced Science and Technology Letters, Architecture and Civil Engineering*, Vol. 47, pp. 50-53.
2. Kim, B. K. and Kim, J. T., 2005, Scale model experiment for daylighting performance by lightshelf types, *Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vol. 9, pp. 43-50.
3. Kim, S. J., Kim, H. S., Han, G. S., Kwak, R. Y., Lee, J. S., 2011, Integrated system of light shelf and venetian blind for improving daylighting performance, *Proceedings of the AIK 2011 Conference*, Vol. 2011, No. 1, pp. 505-510.
4. Lee, G. H., 2012, Technique of natural daylight influx to patient room of general hospital for therapeutic environment improvement, MS thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea.
5. Lee, H. W., Kim, D. S., and Kim, Y. S., 2013, Simulation study on the performance evaluation of light-shelf focused on the depth of space and the dimensions and angles of light-shelf, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design*, Vol. 29, No. 3, pp. 335-344.
6. Park, B. C., Kim, Y. S., Jeong, K. Y., Choi, A. S., and Lee, J. H., 2007, An fundamental study on the interactive system for daylight response dimming system and indoor shading systems, *Proceedings of the AIK 2007 Conference*, Vol. 27, No. 1, pp. 989-992.
7. Park, E. J., 2006, A study on the daylight flowing into a building interior according to the luminous intensity of every hour, MS thesis, Keimyung University, Daegu, Korea.
8. Seo, T. W., Lee, H. W., and Kim, Y. S., 2012, A study on light-shelf system using context awareness technology for energy saving in housing space, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design*, Vol. 28, No. 11, pp. 357-365.
9. Shin, H. G., 2003, Daylighting Performance Evaluation of Light Shelf, MS thesis, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul, Korea.