

学校教室内の昼光照度測定に関する研究 (第4報)

—小・中学校教室について—

中 村 虎 重・宮 路 広

Studies on the Measurement of the Daylight Illumination Intensities at the School Rooms. (5th Report)

—in the primary & Secondary School Rooms—

Torashige NAKAMURA, Hiroshi MIYAJI

1. 緒 言

筆者らは第1¹⁾, 2²⁾ 報で東西校舎南面窓教室 (SEW) について, 四季, 天候, 時刻別の教室内照度分布について論じ, 第3³⁾ 報では南北校舎東面窓教室 (ESN), 西面窓教室 (WSN) について, 夏季高照度下の照度分布の実状について, その分析結果を報告した。

本報では第3報と同じ対象校について, 第2報同様冬季 (12月~1月) 太陽高度の低い, 低照度下の採光環境において測定を行なったので, その分析結果を夏季のデータとも比較しながら報告することにする。対称校によっては, 曇天時の雲量条件が不均一で, データも不足して比較しにくい部分もあるが, 第5報以下に予定している模型教室の実験で人為的に環境条件を整え, 一応の結論を得たいので, それらとの比較研究の参考資料にするために結果をまとめた。

なを, 夏季と冬季の間間的な屋外照度を示す春季についても, 夏冬の照度分布の推移を検討する意味で一部補足することにする。

2. 測定器および測定方法

使用した測定器および測定方法は, 冬季を対称とした第2報にしたがうことにし, 測定時刻についても9時, 12時, 15時の1日3回とした。

また, 直射日光による測定器受光面の遮光についての考慮も, 第2報の場合と同様である*。

3. 測 定 結 果

第1~第4図は ESN 教室, WSN 教室の測定結果で, これまでの報告と同様, 各階の測値を算術平均して測定時刻ごとに示したものであり, それらの結果から最高照度 (E_{max}), 最低照度 (E_{min}), 平均照度 (E_a) および均斉度 (U) を求めて第1~4表に示した。

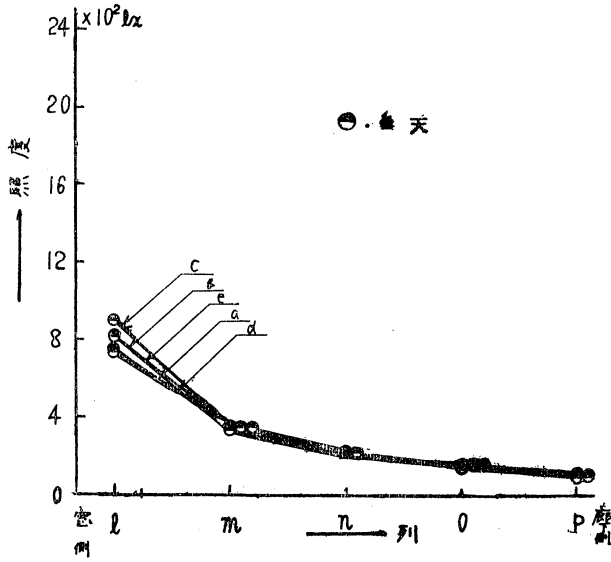
第5図は ESN 教室 (山下 I, 城西 III) と WSN 教室 (伊敷 II, 城西 IV) の照度分布を比較でき

* 第2報に示したように, 鹿児島における冬至の太陽高度は, 日南中時において約 35° ⁴⁾ になるので測定時刻によっては, 教室内のかなり奥の列まで直射光が入射し, その影響をうける。

(1) 南北校舎東面窓教室 (ESN)

(1.1): 山下小学校 I

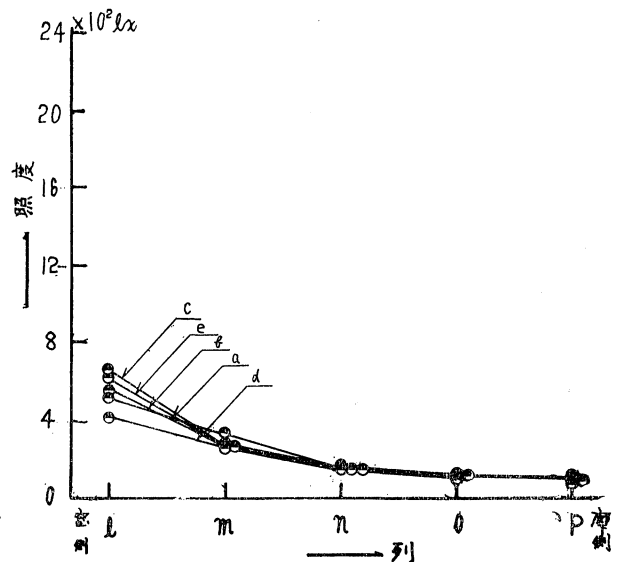
第1図(イ) 照度曲線: 9時



第1表 (イ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	1.2.3	☀	900	98	322	69.6	193

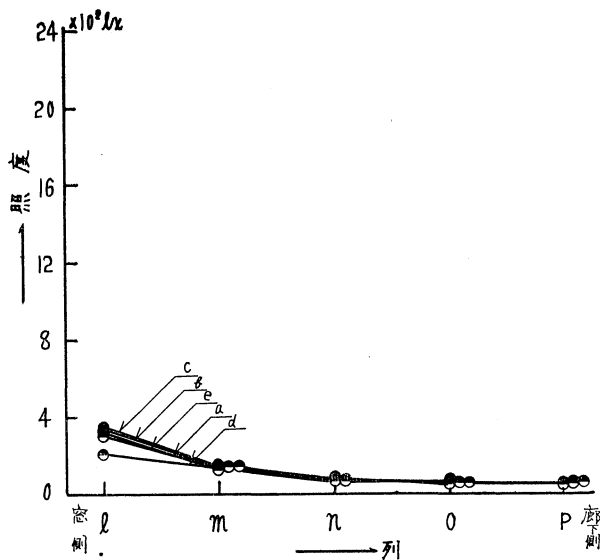
第1図(ロ) 照度曲線: 12時



第1表 (ロ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	1.2.3	☀	660	72	230	68.7	142

第1図(ハ) 照度曲線: 15時

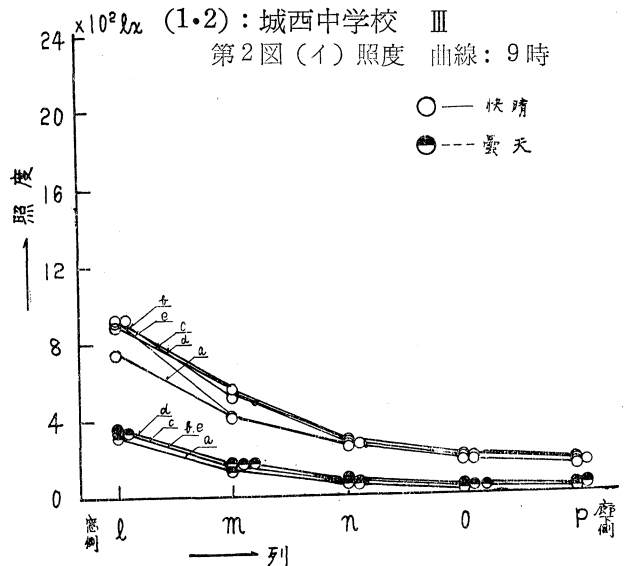


第1表 (ハ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	1.2.3	☀	337	38	121	68.5	70

(1.2): 城西中学校 III

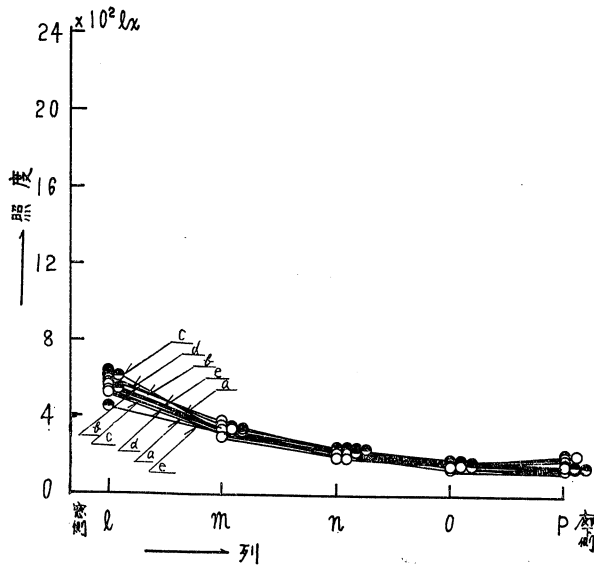
第2図(イ) 照度曲線: 9時



第2表 (イ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	1.2	○	920	140	388	63.8	310
		●	350	25	121	79.3	60

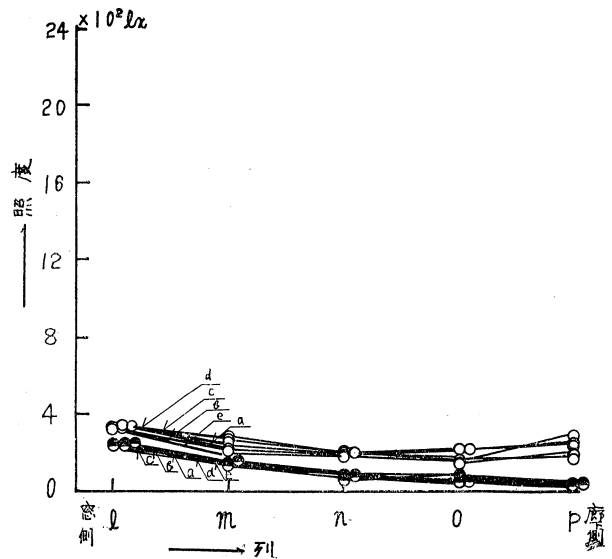
第2图(口) 照度曲线: 12时



第2表 (口)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
ESN	1.2	○	600	140	282	50.4	300
		●	640	115	282	61.0	240

第2图(ハ) 照度曲线: 15时



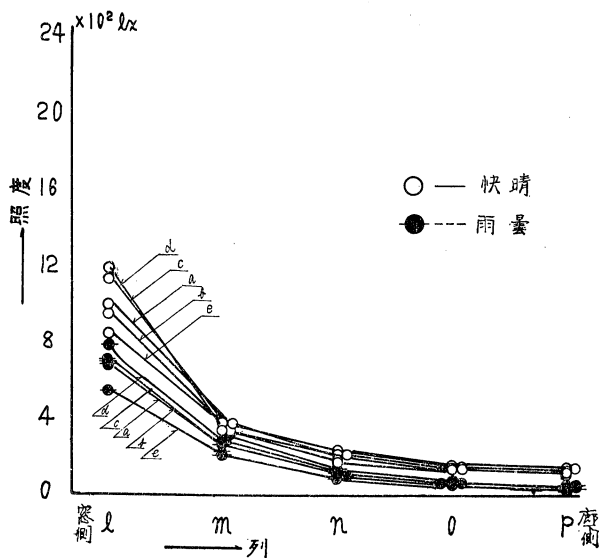
第2表 (ハ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
ENS	1.2	○	340	150	240	37.3	260
		●	255	30	114	73.7	75

(2) 南北校舍西面窓教室 (WSN)

(2.1) : 伊敷中学校 II

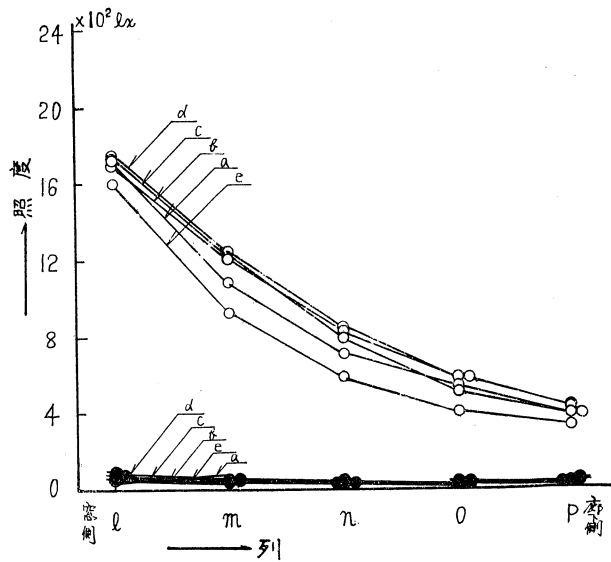
第3图(イ) 照度曲线: 9时



第3表 (イ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
WSN	1.2	○	1170	120	366	68.5	350
		●	770	35	229	84.7	130

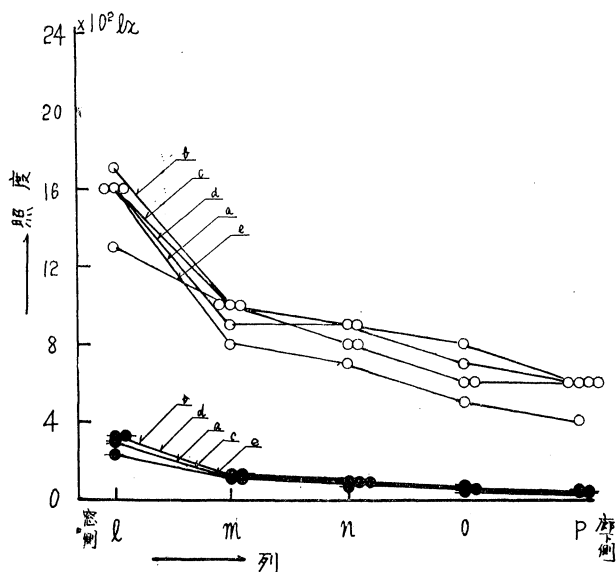
第3图(ロ) 照度曲线: 12时



第3表 (ロ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
WSN	1.2	○	1750	320	893	64.1	960
		●	77	7	29	76.0	19

第3図 (ハ) 照度曲線: 15時

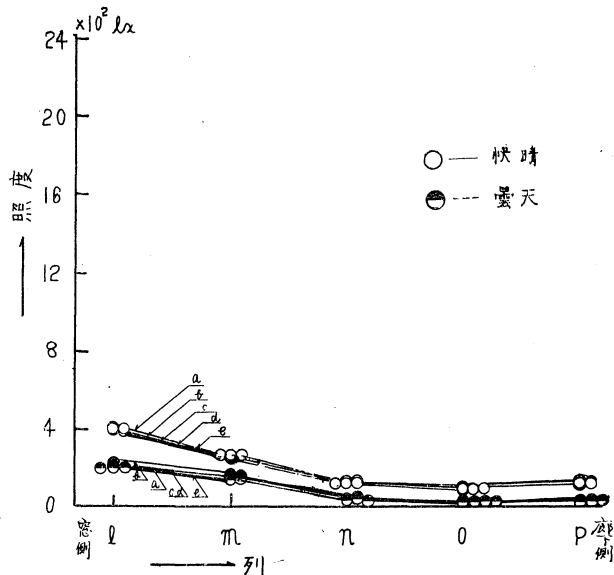


第3表 (ハ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
WSN	1.2	○	1700	400	902	55.6	600
		●	330	24	114	78.8	65

(2.2): 城西中学校 IV

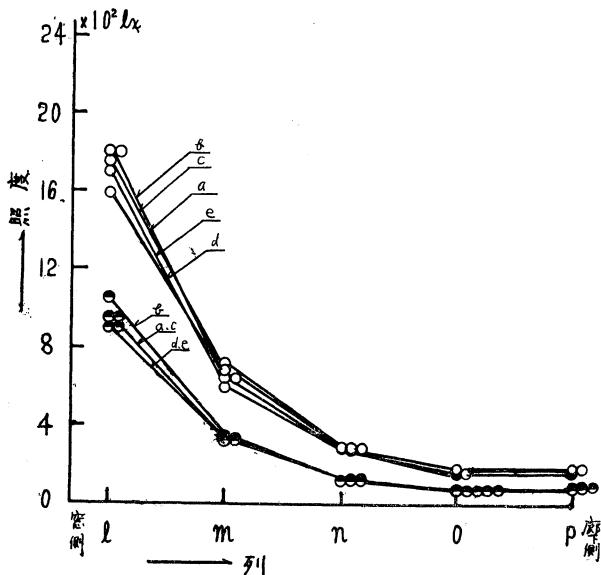
第4図 (イ) 照度曲線: 9時



第4表 (イ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
WSN	1.2	○	420	90	210	57.0	300
		●	240	20	93	76.0	70

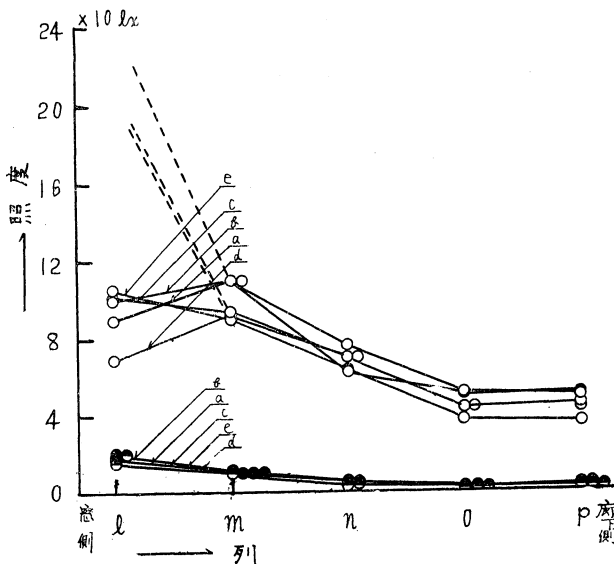
第4図 (ロ) 照度曲線: 12時



第4表 (ロ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
WSN	1.2	○	1800	140	600	76.6	680
		●	1050	80	316	74.7	150

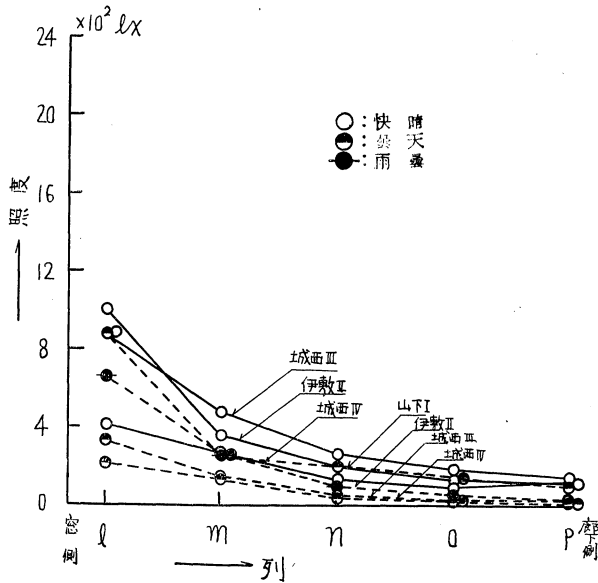
第4図 (ハ) 照度曲線: 15時



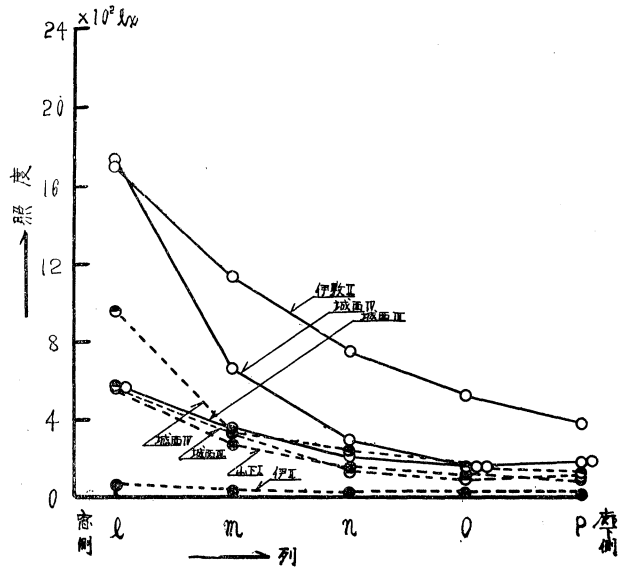
第4表 (ハ)

窓面向	階	天候	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黑板面 (Lx)
WSN	1.2	○	1060	360	704	48.8	1130
		●	200	20	75	73.2	22

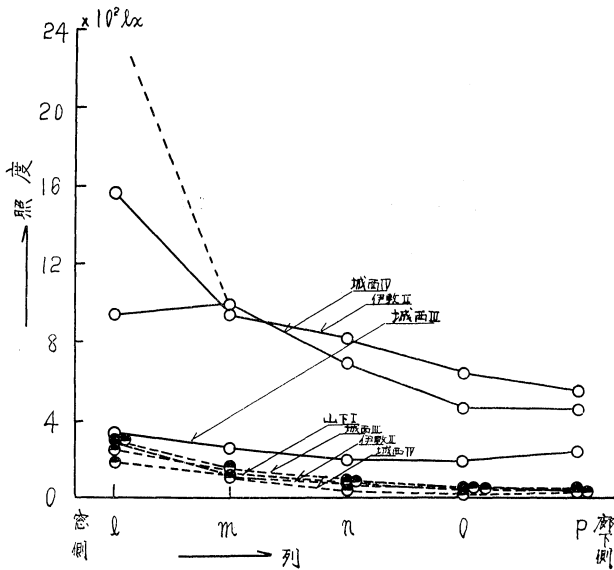
第5図(イ) 照度曲線 春季：9時



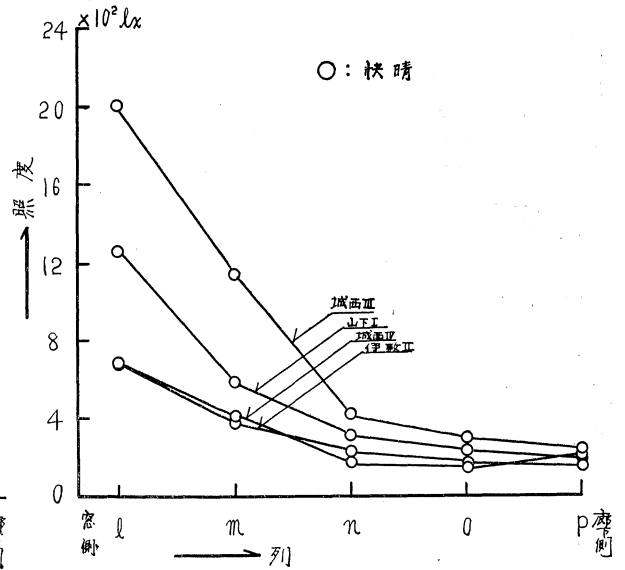
第5図(ロ) 照度曲線 春季：12時



第5図(ハ) 照度曲線 春季：15時



第6図(イ) 照度曲線 冬季：9時

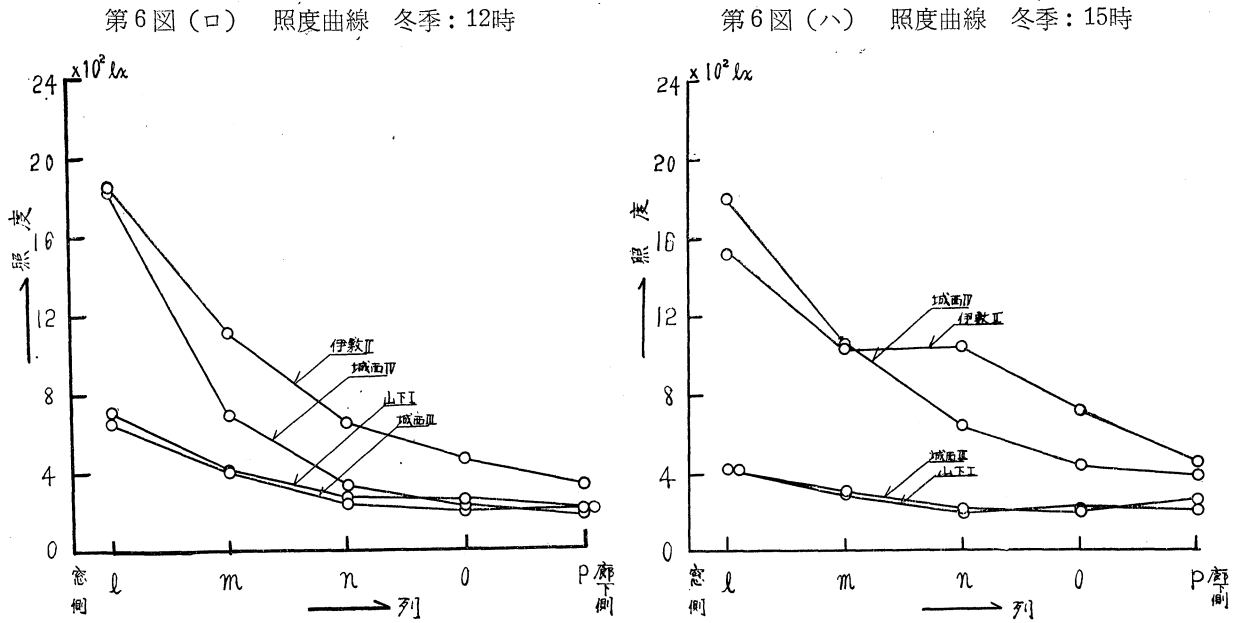


るよう、第1～4図の結果を各列について平均したもので、(イ)、(ロ)、(ハ)図はそれぞれ9時、12時、15時の値である。

なを比較のために春季快晴日の測定結果を、第5図と同様な方法で第6図にまとめた。第5表はその E_{max} , E_{min} , E_a , U の値である。

4. 考 察

主として、 E_{SN} , W_{SN} 教室の冬季における教室内照度分布の結果を分析して、第3報の夏季の結果と比較しながらその相違点や特徴を検討してみる。



第5表 (イ) 9時 春季, 快晴 (○)

窓面向	測定校	階	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	山下 I 城西 III	1.2.3	1500	180	515	65.4	360
		1.2	2100	210	818	74.3	420
WSN	伊敷 II 城西 IV	1.2	740	131	317	58.9	340
		1.2	700	120	321	47.0	340

第5表 (ロ) 12時

窓面向	測定校	階	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	山下 I 城西 III	1.2.3	773	177	366	51.6	280
		1.2	710	165	333	50.4	320
WSN	伊敷 II 城西 IV	1.2	2134	319	874	69.6	650
		1.2	2100	160	645	72.0	510

第5表 (ハ) 15時

窓面向	測定校	階	E_{max} (Lx)	E_{min} (Lx)	E_a (Lx)	U (%)	黒板面 (Lx)
ESN	山下 I 城西 III	1.2.3	453	183	258	29.0	253
		1.2	460	180	275	34.5	515
WSN	伊敷 II 城西 IV	1.2	1650	375	948	60.4	730
		1.2	2000	320	861	62.8	700

4.1 快晴日について

対称校はそれぞれ教室構造, 窓面積, 採光環境などが異なり, 一律に論じにくい, それぞれの窓面向きによって ESN (山下 I, 城西 III), WSN (伊敷 II, 城西 IV) の2グループに分けて, 天候

条件，測定時刻の経過にともなう照度変動の実状について考察する。第6～8表は，それぞれの窓面向きによる前記2校づつの平均値である。

(1) 最高照度： E_{\max} ，最低照度： E_{\min}

第1～4表より ESN 教室の9時（午前中）には室奥n列位まで直射日光が入射するにも拘らず E_{\max} ， E_{\min} はともに夏季に比べてかなり低い値を示している。

$$\begin{array}{l} \text{冬季*} \left\{ \begin{array}{l} E_{\max} \quad 920 \text{ Lx} \\ E_{\min} \quad 140 \text{ Lx} \end{array} \right. \\ \text{夏季**} \left\{ \begin{array}{l} E_{\max} \quad 2000 \sim 6000 \text{ Lx} \\ E_{\min} \quad 240 \sim 296 \text{ Lx} \end{array} \right. \end{array}$$

また午後の廊下側よりの二次光線の影響も夏季のように顕著に現われていない。従って廊下側の列，P列の机面照度を補足し得ず，ほぼ均等な照度分布を示す。

WSN 教室の場合は ESN 教室とは逆に，午前中窓側1列から室奥P列に向って照度分布はゆるやかに減少するが，12時以後になると照度は急激に増加して，15時頃には直射日光が室奥P列まで入射するようになり， E_{\max} ， E_{\min} ともかなり高い値を示す。

		[12時]	[冬 15時, 夏 16時]
冬 季	{	E_{\max} 1750～1800 Lx	1700～2000 Lx 以上
		E_{\min} 140～320 Lx	360～400 Lx
夏 季	{	E_{\max} 1050～1320 Lx	2150～2000 Lx 以上
		E_{\min} 110～150 Lx	100～260 Lx

ここに第4図（ハ）の1列の値は測定に際して，照度計受光面の遮光のミスによるもので，実際は点線で示すような，もっと高い照度を示すものと考えられる。

四季を通じて冬季の屋外照度は最も低く，最悪の採光条件であるにも拘らず，太陽高度が低いためかなり室奥の列まで直射光が入射し， E_{\min} の値もそれ程低くはならない。しかし直射光の入射しない場合は E_{\max} ， E_{\min} ともかなり低い値を示すようになる。

第5表の春季の結果は E_{\max} ， E_{\min} とも概略冬季と夏季の間間的な値を示している。

(2) 平均照度： E_a

第6表は ESN，WSN 教室の各測定時刻ごとの平均照度 (E_a) および均斉度 (U) を示す。春季，夏季の結果も参考までに併記した。

ESN，WSN の E_a の時間的な推移は E_{\max} ， E_{\min} の場合とほぼ同一で，第3報の夏季の結果とも類似している。すなわち ESN は午前中9時頃ピーク値に達し，午後になると徐々に減少し，WSN では対称的に午後になると増加の傾向をたどり，15時にピーク値を示す。

季節別に比較すると，ESN の場合冬季→春季→夏季と順次高くなり（冬季 ESN の9時 388 Lx，

* 山下Iのデータが不十分なため城西IIIの9時の結果のみ示した。

** 山下I，城西IIIの結果を併記した。

第6表 平均照度 (E_a), 均斉度 (U), 快晴: ○

季節	窓面向	9時		12時		15時		平均	
		E _a (Lx)	U (%)	E _a (Lx)	U (%)	E _a (Lx)	U (%)	E _a (Lx)	U (%)
冬	ESN	388	63.8	282	50.4	240	37.3	303	50.5
	WSN	288	62.7	746	70.3	803	52.2	612	61.7
春	ESN	666	69.8	349	50.5	266	31.7	427	50.6
	WSN	319	52.9	759	70.8	904	61.6	660	61.7
夏	ESN	1223	74.2	506	63.8	249	42.0	659	60.0
	WSN	212	49.2	396	67.6	1004	80.2	537	65.6

WSN の 15時 803 Lx, 夏季 ESN の 9時 と WSN の 16時には 1000 Lx 以上, 春季は両者の中間的な値を示す), 屋外照度にほぼ比例している。WSN の場合は ESN に比較して冬季の E_a もかなり高い値を示し, 特に 12時以降の値は夏季との差が余りみられない。これは第3報にも示したように校舎の方向がそれぞれ正南北方向より——山下 I : 20°, 城西 III : 21°, 伊敷 II : 47°, 城西 IV : 21°——だけ北西の方向にかたより, 日南中の正午頃には, すでに直射光が入射しはじめ, 15時になると室奥の P 列までその影響を受けるためと考えられる。

次に E_a の一日中の各時刻による変化割合は, 夏季においてはかなり大きく, ESN, WSN とともに 15時で約 5 倍程度になり, 時間的動揺の激しいことが認められるが, 冬季の変化は比較的小さい。

(3) 教室内均斉度: U

ESN 教室の均斉度は E_a の高い午前中 (9時) は悪く, E_a の低くなる午後になって却って良くなる傾向は冬季, 春季とも同様で夏季の結果ともよく一致している。

WSN 教室の場合は E_a の場合と同様に日南中時 (正午) 頃より急に不規則な均斉度を示すようになり, 概して午後の均斉度は良くない。第6表の平均値を見ても分かるように, 冬季, 春季とも WSN の均斉度が ESN のそれよりも悪い値を示しており, これは E_a の場合と同様, 校舎方位のずれに原因するものと推察される。

季節的には冬季, 春季の均斉度が夏季のそれよりもむしろ優れており, 第2報の東西校舎南面窓教室 (SEW) の場合とよく一致している。

(4) 列均斉度: U_a

第7表に冬季, 春季, 夏季の列均斉度を 9時, 12時, 15時 (夏季は 16時) の平均値として示した。概して列均斉度の最良値は, ESN, WSN いずれの教室でも窓側 1 列, 廊下側 P 列にはなく, 教室中央付近にあることが推察される。これは窓側の直射光入射の影響と廊下側窓面積などの不均一なための二次光線の不規則性に原因するものと考えられる。冬, 春, 夏四季を通じて上述の傾向は変わらず, また ESN の方が WSN より良好なことも U の場合と同様の理由によるものと考えられる。表中夏季の WSN の列均斉度が著しく悪いのは第3報で指摘したように, 窓外の樹木などによる採光環境の不良による現象と考えられる。

第7表 列均斉度 (U_a) 快晴: ○

季節	窓面向	U_a (%) [9・15・15時の平均値]					平均
		l	m	n	o	p	
冬	ESN	8.8	15.1	8.3	10.6	10.9	11.9
	WSN	12.6	11.3	13.6	15.3	15.3	13.1
春	ESN	10.9	9.6	4.8	6.6	10.8	8.5
	WSN	13.0	9.8	10.3	14.1	14.5	12.3
夏	ESN	13.9	8.3	11.1	6.1	9.6	9.8
	WSN	27.3	27.9	25.1	18.0	15.7	21.8

第8表 最高照度 (列平均)/最低照度 (列平均)
= $[U_r]$ 快晴: ○

季節	窓面向	U_r			
		9時	12時	15時	平均
冬	ESN	5.6	3.8	1.8	3.7
	WSN	5.9	7.7	2.5	4.4
春	ESN	7.9	3.5	2.15	3.4
	WSN	4.7	7.9	4.1	5.1
夏	ESN	11.5	5.4	2.6	6.5
	WSN	3.1	6.9	15.0	8.3

(5) まぶしさについて: U_r

第8表は: 最高照度列の平均 ($E_{a \max}$)/最低照度列の平均 ($E_{a \min}$)= U_r : を表わし, 比較検討を容易にするために季節ごとにまとめてみた。

列均斉度 (U_a) と同じく筆者達が, まぶしさを知る目安としてこれまでも採用した方法で, この U_r 値の大きい程まぶしさを誘発し易いといえる。

ESN 教室においては, U および U_a と同様に平均照度 E_a の大きい9時の U_r が最大となり, この傾向は四季を通じて同じである。

WSN 教室においては冬季, 春季とも正午の値がかなり大きい, 夏季のような明らかな傾向を掴みにくい。

また ESN, WSN いずれの教室においても夏季の U_r は冬季, 春季に比べて概して大きな値を示しており, まぶしさの問題を論ずる場合夏季に懸念があるのではなかろうか。

4.2 曇天日について

曇天の日には雲量の微妙な変化により, 天候条件を一律に規定しにくいし, それに伴って屋外照度も刻々変動するので, 照度分布の時間的な動揺が激しく, 従って, その特徴を明確に推定することは困難である。

ここに冬季, 夏季の結果を併記し, 快晴日の結果と比較しながら大体の傾向だけでも検討することにする。

一般に冬季においては, 夏季に比べて快晴日と曇天日の全般的な教室照度の差がかなり大きい。それは快晴日の直射光入射と, 曇天日には冬季屋外照度の低いことを併せ考えれば当然のことであろう。——参考までに本報の測定結果は曇天 (☁) の時であり, 第3報夏季のそれは (☁) の結果であることを附記する——。

(1) 平均照度: E_a

第9表 平均照度 (E_a), 均斉度 (U), 曇天: ●

季節	窓面向	9時		12時		15時		平均	
		E _a (Lx)	U (%)	E _a (Lx)	U (%)	E _a (Lx)	U (%)	E _a (Lx)	U (%)
冬	ESN	221	74.4	256	64.8	117	71.1	198	70.1
	WSN	161	80.4	172	75.3	94	76.0	142	77.2
夏	ESN	179	72.1	331	76.0	238	75.4	249	74.5
	WSN	152	75.5	206	65.6	311	81.8	223	74.3

第9表より各窓面向きとも時刻別の差異は快晴の場合ほど明らかではなく、日南中時の E_a が9時, 15時の E_a よりもいくらか高い傾向を推知できる程度である。ESN 教室と WSN 教室を比較した場合, 前者の方が後者よりも冬夏とも稍高いようであるが, 前述のように測定時の天候条件が違うので確認はできない。

(2) 教室内均斉度: U

冬季, 夏季とも曇天時の均斉度は, 概して快晴日のそれに劣る。このことは第1, 2報の南面窓教室 (SEW) の結果ともよく一致している。

ESN 教室と WSN 教室を比較すると, 快晴日の場合と同様 ESN の均斉度が良い結果を示している。

また時刻別に検討した場合 ESN, WSN 教室とも E_a の場合と同様に日南中時の値が9時, 15時の結果より比較的良好であり, 快晴日の結果とは大分相違していることが認められる。

第10表 列均斉度 (U_a), 曇天: ●

季節	窓面向	U _a (%) [9・12・15時の平均値]					平均
		l	m	n	o	p	
冬	ESN	16.8	10.5	5.6	13.2	13.4	11.9
	WSN	13.8	10.8	14.3	11.3	15.8	13.2
夏	ESN	16.6	7.6	9.5	11.2	8.7	10.7
	WSN	14.7	19.9	15.2	17.7	15.4	16.6

(3) 列均斉度: U_a および最高照度(列平均) (E_{a max})/最低照度(列平均) (E_{a min}) = U_r

第10表に列均斉度 (U_a), 第11表に U_r の値を示す。

列均斉度は, 冬季においても快晴日のそれと殆んど傾向は変わらない。すなわち, ESN 教室では中央 n 列が, WSN 教室では m 列がそれぞれ最小値を示し, いずれの窓面向き教室においても快晴日の結果と概略一致しており, また ESN 教室の方が WSN 教室より良い結果を示している。

第11表 最高照度(列平均)/最低照度(列平均) = U_r 曇天: ●

季節	窓面向	U _r			
		9時	12時	15時	平均
冬	ESN	8.8	5.5	8.1	7.4
	WSN	12.1	9.7	9.8	10.5
夏	ESN	8.0	9.3	8.9	8.7
	WSN	8.0	6.2	11.8	8.7

第11表の U_r についても快晴日のような逐次的変化は推定できない。

WSN 教室の U_r が ESN 教室のそれよりも劣ることは U , U_a の場合と同様で、また一日中を通じて ESN, WSN とも、概略快晴日より大きな値を示しており、それだけまぶしさに対する配慮が必要であり、このことは第1, 2報の東西校舎 SEW 教室の測定結果ともよく一致している。

5. 結 言

以上本報においては、南北校舎東面窓教室 (ESN) と西面窓教室 (WSN) について、主として冬季の測定結果にもとづいて、それぞれの教室照度の時間的推移や、天候条件による特徴などについて論じてきた。また照度分布の季節的な変化を比較検討するために春季、夏季の結果の一部も併記した。

四季を通じて、冬季の屋外照度は最低値を示すにも拘わらず太陽高度が低いために（鹿児島冬至における太陽高度は 35° 程度である）、相当室内の列まで直射光が入射し、夏季の照度分布とかなりの相違点が認められる。

特に測定対象の教室が正南北方向から約 $20\sim 47^\circ$ 西北方向に偏しているために、その影響が大きく現われ、ESN 教室の全般的な照度は低下し、逆に WSN 教室の照度は高くなる傾向を示し、従って WSN 教室の午後の照度分布が甚だしく不規則になる。

結果を要約すると次のようになる。

1. 屋外照度が低いために快晴と曇天の全般的な照度の差異が著しい。

2. ESN 教室と WSN 教室の快晴日の照度分布について、午前、午後の対称的な推移は第3報夏季の場合と略類似している。しかし曇天の傾向はあまり明瞭でない。

3. E_{\max} , E_{\min} , E_a について

冬季快晴日の E_{\max} , E_{\min} , E_a は直射光が入射し易いので、夏季に比較してそれ程低くならない。WSN の午後は夏季の場合よりも却って高照度を示す。しかし曇天日の結果は快晴の値に比較してかなり低く、 E_{\min} で 20 Lx 以下の低照度を示すこともある。

また E_a の一日中の時間的な変動は冬季よりも夏季の方が大きい。

4. U について

快晴時の U の値は E_a の高い時間帯 (ESN 9時, WSN 12時以降) において良くない。WSN 教室の午後は特に悪い結果を示す。

また四季を通じて快晴日の U の値は曇天日に比較して $10\sim 20\%$ 程度悪い値を示す。季節的には夏季よりも冬季の均斉度が良い結果を示す。

5. U_a について

四季、天候、時刻別の特徴を掴みにくいが、いずれの条件においても WSN 教室の結果は良くない。一教室内の U_a 分布について検討した場合、教室中央列付近が最良値を示し、最も安定している。

6. U_r (まぶしさ) について

快晴の場合, E_a , U , U_a と同様 ESN 教室の 9 時, WSN 教室の 15 時の高照度時間帯において良くない。曇天の結果は快晴時に比較してかなり大きな値 (悪い) を示す。

季節的には冬季より夏季の結果が良くない。従って夏季曇天の日に最もまぶしさの懸念がある。

参 考 文 献

- 1) 中村, 是枝, 宮路: 鹿大教研紀 (昭36)
- 2) 同 上 : 同 上 (昭36)
- 3) 同 上 : 同 上 (昭38)
- 4) 東京天文台: 理科年表 (昭35)

Summary

As a series of study for the daylight illumination intensities in the schoolrooms, we have measured chiefly in winter (December and January) the illumination in the schoolrooms with the east windows and the west windows.

The exterior illumination in winter has the smallest value throughout the year. The height of the sun is so low that the illumination effect differs from that of the high illumination in summer.

The results are as follows:

1. The exterior illumination is so low that the difference between the general illumination on fine days and cloudy days is remarkable.
2. On fine days, the symmetrical change in the morning and afternoon illumination effect in the ESN schoolroom and the WSN schoolroom is seen as well as in summer.
3. The direct rays of the sun coming much into the schoolroom, the E_{max} , the E_{min} and the E_a on fine winter days are not so low as on summer days and that in the afternoon WSN schoolroom is higher than in summer.
4. As to the illumination uniformity (U):
 - a) On fine days, the U in the ESN schoolroom at a. m. and throughout the afternoon WSN schoolroom is not favorable.
 - b) The U on cloudy days is better than on fine days.
 - c) The U in winter is better than in summer.
5. As to the glare (U_r):
 - a) On fine days, the value of U_r at 9 a. m. in the ESN schoolroom and around 3 p. m. in the WSN schoolroom, and on cloudy days become all the more large.
 - b) The U_r is worse in summer than in winter.