

## 薄 明 に つ い て

— その生物日長に対する意義 —

高 須 謙 一

あらゆる生物は環境を離れて考えることは出来ない。地球上に生をうけた生物にとって、その環境として最も大きな意義をもつものはまず昼夜の交代であろう。生物はその誕生以来、昼夜交代のリズムに支配され、これに適応し進化して今日に至ったものである。従って生物に見られる多くの生活、生理現象は当然日長の影響を受けているはずである。

しかし現在の生物の生活あるいは生理現象から見た日長は必ずしも自然の日長即ち天文日長と一致するものではない。生活現象で複雑な行動をとる動物界においては言うまでもないが、直接太陽放射に支配されると考えられる植物生理現象に関してもそれぞれ固有の日長が考えられるのである。これらの日長はすなわち、天文日長 (Astronomical daylength) に対して、生物日長 (Biological daylength) として考えられる。

植物に関する生物日長の中最も重大なものとして第1に同化日長 (Assimilatory daylength) があり、続いて開花日長 (Flowering daylength) がある。

### 同化日長について

緑色植物にとっては、太陽放射の下に炭酸同化作用を行なっている間が日中であるが、厳密にいえばその植物の朝の同化補償点 (Compensation point) より夕方の補償点に至る間が日中であり、それ以外の時間は夜であるということが出来る。同化の補償点は植物により異なり、従ってそれぞれの植物に固有の同化日長があることが考えられる。

同化日長を決定するには従って各種植物の補償点を求めなければならない。補償点については多くの報告があるが、教科書に利用されている古いデータによると、*Hedera helix* の陽葉で 2477 lux, *Fraxinus* で 700 lux, *Fagus* で 500 lux, それらの陰葉でそれぞれ 1133 lux, 150 lux, 150 lux である。又種々の陽樹、陰樹の補償点はヌルデ (2010 lux), ケヤキ (1350 lux), アカマツ (1360 lux), ツバキ (1210 lux), クヌギ (1140 lux), ヒノキ (1030 lux), スギ (960 lux), ヤツデ (490 lux), アオキ (390 lux) である。いずれも切葉について求められたものであるが、これらは当然自然状態のまま決定されるべきものであり、更に一本の植物全体について、又進んで今は群落における補償点が考えられなければならない時になっている。

接地気層における微細気象の進歩と赤外線ガス分析装置の如き斬新な測器の出現に伴い、自然状態における作物あるいは植生内の炭酸同化の実態が明らかにされつつあり、炭酸ガスの植生内における垂直分布、上層空気と植生内の能動層との間の炭酸ガスの流れの方向より群落の中における補償点というべきものが決定され、一種の同化日長が考えられ

ることが示唆されている<sup>1,2)</sup>。しかし真の同化日長はどのようなものであるか、これは今後の問題とされている。

自然状態における植物の同化補償点、殊に植物全体あるいは群落における補償点は前記切葉よりもはるかに高いものであると考えられ、従って同化日長は天文日長にほぼ等しい場合もあるが大部分はこれよりも短いと考えてよいと思われる。従って目下のところ、同化日長にとっては、薄明時は殆んど関係がないとしてよい様である。

### 開花日長について

周知の如く、日長の生理的意義はまず高等植物の開花現象で認められたものである。光周期性に関する研究の最初の時代はただ日出より日没に至る天文日長のみが問題になり、薄明は問題にされなかった。しかし研究の進展に伴い植物は驚くべき低照度で感応することが判明して来た。

Withrow ら<sup>3)</sup> はサンシキスマレ、ストック、エゾギク等の長日植物は 3.2 lux で明らかに日長効果があり、殊にエゾギクの或種は 1.07 lux ですでに効果があることを指摘、Borthwick & Parker<sup>4)</sup> は短日植物のダイズ (Biloxi) が 5.4 lux で花芽形成が阻害されることを見出し、その後の研究により多くの短日植物の暗期の光中断効果が数ルクスの明るさで起ることが明らかにされたのである。

さて、この明るさは常用薄明の初期の明るさと同じであり、これらの事から開花日長即ち植物の生殖生理に関する日長は第一次近似として天文日長に朝晩の薄明時間を加えたものと仮定されたのである。

薄明を加えて日長とした報告は比較的少ないが、すでに Forster<sup>5)</sup> 等は薄明の時間を考慮しており、Greulach<sup>6)</sup> は 1 f. c. (10.8 lux) を光周作用に効果のある最小照度として、薄明の実測より、Ohio (40°N) において、曇天 10 分、晴天 30 分を加え、結局朝夕、曇天 20 分、晴天時 1 時間を加えて日長とすべきであると報告している。

一方、我が国においても、京都大学農学部におけるアサガオの開花に関する一連の詳細な研究<sup>7,8)</sup> が行なわれて来たが、これによるとアサガオは 1 lux 以上で既に光として感じ、完全に暗期反応を阻止するには 5~10 lux の光が必要である。滝本ら<sup>9)</sup> の研究によれば暗期反応の初期と末期では光に対する感度が異なり、朝は 1 lux (常用薄明起時の明るさに相当) から夕方方は 100~200 lux (ほぼ天文日没時の明るさに相当) までを開花日長とみなしたらよいのではないかと考え、これを第二次近似としている。これはアサガオについての事で、他の植物にも同様のことが考えられるか否か、又長日植物の明期補光の場合にも、その初期、末期で同様な差異があるものであるか、これは今後の問題として残されている。しかし、開花日長としては薄明の明るさを考慮し、これを加えた日長を考えなければならぬ事は明らかである。

### 薄明について

天文学上、薄明は二つに分けて考えられている。即ち、天文薄明 (Astronomical twilight) 及び常用薄明 (Civil twilight) である\*。

\* この外に航海薄明というもある。

天文薄明は太陽の中心が視地平下  $18^\circ$  になる時、肉眼で六等星が消え始め、又見え始める時と日出又は日没時との間をいい、単に薄明という場合もある。日出前の薄明が払曉であり、日没後の場合は黄昏である。

常用薄明は一等星が消え始め、又見え始める時（太陽中心が視地平下  $6^\circ$  になる時）と日出、日没時との間をいう。従って常用薄明時間は天文薄明時間の約  $1/3$  と考えてよい（正確には  $1/3$  でなく、高緯度になる程天文薄明が長くなる）。天文薄明時間及び日出、日没時間については天測暦<sup>10)</sup> (Nautical Almanac) に詳細に示されているが、常用薄明については示されていない。

この薄明時の明るさについて、Humphreys<sup>11)</sup> の Physics of the Air に示された表によると、常用薄明の始め、即ち太陽高度が視地平線下  $6^\circ$  の時の明るさは  $0.40 \text{ f. c.}$  ( $4.3 \text{ lux}$ ) である。この明るさは一般に天気の状態で差異があることは当然考えられる。又、実際に薄明の明るさがどの様なものであるか、筆者が倉敷において実測した二、三の例をあげることにする。測定は主としてマツダ光電管照度計 S 型 No. 131 を、又参考として 5 号型照度計を使用した。いずれも受光面を露場芝生の上に水平において上光を測定したものである。

実際の日出没、天文学上の日出没、常用薄明の始め及び終りの時間、及びその時の実測の明るさについて示したのが第 1 表である。これをみると倉敷における実際の日出時の明るさは  $1000 \text{ lux}$  以上であり、天文日出時は  $200 \sim 270 \text{ lux}$ 、常用薄明の始めは  $1.0 \sim 1.7 \text{ lux}$  であり、一方日没の折は  $500 \text{ lux}$  前後、天文日没時は  $150 \sim 200 \text{ lux}$ 、常用薄明の終りは  $0.8 \sim 1.6 \text{ lux}$  であり、Humphreys の値より小さく、上光で  $4 \sim 5 \text{ lux}$  の明るさになるのは、朝は薄明起時より  $5 \sim 7$  分遅く、夕方は終期より  $7 \sim 9$  分早いことになる。これは主として雲のない晴天の日の測定であって、曇天の場合はその程度により当然異なるはずである。

第 1 表 日出没、常用薄明時の明るさ

(日 出)

月	日	常用薄明始		天文日出		(実際)日出		雲量
		時刻	明るさ	時刻	明るさ	時刻	明るさ	
V	16	4 33	1.0	5 01	220	5 18	1000	0
VI	16	4 22	1.0	4 51	203	5 05	—	0
IX	5	5 14	2.6	5 40	270	6 01	1150	1
XII	26	6 41	1.7	7 09	260	7 29	1100	0

(日 没)

月	日	(実際)日没		天文日没		常用薄明終		雲量
		時刻	明るさ	時刻	明るさ	時刻	明るさ	
III	24	18 11	550	18 20	220	18 45	1.0	4
	29	18 16	470	18 23	240	18 49	1.6	0
V	15	18 49	480	19 01	150	19 29	1.3	0
VI	15	19 06	500	19 20	160	19 49	1.0	3
	18	19 08	—	19 21	160	19 51	0.8	6
IX	4	18 20	500	18 28	250	18 54	2.8	0
	29	17 47	490	17 54	260	18 19	1.6	0
XII	25	16 53	420	17 00	190	17 28	1.0	0

### 日出、日没について

天文学上の日出、日没は眼高 4.6 メートルにおいて太陽の上辺が視地平に接する様に見える時刻であって、地平気差、視差、地平視差、眼高差の更正を施した値、即ち太陽の中心高度が  $-54'.2$  に達する時刻である。これは天測曆に各緯度について表示されている。

しかし各地における実際の日出、日没については、まずその地の天文日出、日没時を求めておき（付表Ⅲ参照）、次にその地の高低、周囲の山等による補正を行なわねばならない。

倉敷は周囲を低い山地が連なり、当研究所よりの視角は東方（向山） $5\sim 6^\circ$ 、西方（遙照山地） $1\sim 1.5^\circ$  であるが、季節により太陽の上る方向は北方の山と東方向山との間にあり、視角  $1^\circ$  以下、街の民家のため判然としないことが多い。実測の一例を示すと次の通りである。

(	6月15日	日没	19 h 05m	天文日没	19 h 20m (差 15分)
	6月16日	日出	5 h 05m	天文日出	4 h 51m (差 14分)

京都鴨川堤（出町橋上流、糺の森西方）における実測例（東方 東山視角  $4.5^\circ$ 、西方西山視角  $4.0^\circ$ ）。

(	7月8日	日没	18 h 52m	天文日没	19 h 14m (差 22分)
	7月9日	日出	5 h 25m	天文日出	4 h 50m (差 35分)

この様に実際の日出、日没時の判定は実測によらざるを得ない状態である。しかし日出、日没方向の地形の高さが判明している場合は修正値を求めることは可能である。旧陸軍気象常用表にその修正表があげられており、便利であるので付表として転載することにした（付表Ⅰ）。

### 薄明時の明るさ

次に常用薄明時における実際の明るさについて一例をあげる。

5月15日（雲量 0）			5月16日（雲量 0）		
	時刻	明るさ (lux)		時刻	明るさ (lux)
日没	18 h 49m	480	常用薄明始	4 h 33m	1
天文日没	19 h 01m	150		4 h 40m	5
	19 h 09m	50		4 h 47m	20
	19 h 14m	20		4 h 51m	50
	19 h 21m	5	天文日出	5 h 01m	220
常用薄明終	19 h 29m	0.8	日出	5 h 18m	1000
薄明時間	28分		薄明時間	28分	

前述の如く、植物により感応する光の強さが異なることは云うまでもなく、個々の植物についてもそれぞれ異なった値を考えなければならぬ事は当然であるが、複雑であるし、又開花日長において多くの植物の感応する照度の最低が大体  $4\sim 5$  lux のところにあることは常用薄明を限界と考えて大差がない場合が多いと考えられるので一応の目安として常

用薄明をとりあげて見ることにした。

各緯度における常用薄明時間については、Kimball<sup>12, 13)</sup>の式によって計算されたものがあるので、便宜上転載する事とする(付表Ⅱ)。なお常用薄明時を加えた日長時間を求めたものを表示したものが付表Ⅲである。

前述の如く一次近似の場合は、この値を直ちに2倍すればよい訳である。又二次近似の場合は午後を普通の日長時間として計算すればよい訳である。

これらの表を見ると常用薄明を加えた場合、昼夜の長さの等しい時は天文学的春分より早くなり、35°Nでは2月22日頃となり約1ヵ月早く、秋分は10月22日頃で1ヵ月遅く現われる勘定になる。これらの実状はある種の植物の分布あるいは栽培面において、更に研究実験の場合等十分考慮されなければならない問題であると考えられる。又、極端な地形、例えば高山の間の深い谷間等においては、特殊な日長がその地の生物に及ぼす影響の当然あるべきことが考えられてよいと思われる。

## 文 献

1. 高須謙一・木村和義. 1965. 同化日長について. 日本植物学会第30回大会講演要旨.
2. 高須謙一・木村和義. 1967. 植被層内外におけるCO<sub>2</sub>分布について. 各種陸上生態系における一次生産力の比較研究. 昭和41年度研究報告.
3. Withrow, R. B. and Benedict, H. M. 1936. Photoperiodic response of certain greenhouse annuals as influenced by intensity and wavelength of artificial light used to lengthen the daylight. *Plant Physiol.* 11: 225-245.
4. Borthwick, H. A. and Parker, M. W. 1939. Photoperiodic responses of several varieties of soybeans. *Bot. Gaz.* 101: 341-365.
5. Forster, H. A., Tincker, M. A. H., Vasey, A. J. and Wadham, S. M. 1932. Experiments in England, Wales and Australia on the effect of length of day on various cultivated varieties of wheat. *Ann. App. Biol.* 18: 378-412.
6. Greulach, V. A. 1942. Photoperiodic after-effects in six composites. *Bot. Gaz.* 103: 698-709.
7. Imamura, S. and Takimoto, A. 1955. Photoperiodic response in Japanese morning glory, *Pharbitis nil* Choisy., a sensitive short day plant. *Bot. Mag. Tokyo* 68: 235-241.
8. Imamura, S. 1967. Physiology of flowering in *Pharbitis nil*. *Japan. Soc. Plant Physiol.* Tokyo, Japan.
9. Takimoto, A. and Ikeda, K. 1960. Studies on the light controlling flower initiation of *Pharbitis nil*. VII. Effect of natural twilight. *Bot. Mag. Tokyo*, 73: 175-181.
10. 海上保安庁. 1976. 天測暦.
11. Humphreys, W. J. 1940. *Physics of the air.* McGraw-Hill Publ. New York.
12. Kimball, H. H. 1935. Intensity of solar radiation at the surface of the earth, and its variations with latitude, season and time of day. *Monthly Weather Rev.* 63: 1-4.
13. Kimball, H. H. 1938. Duration and intensity of twilight. *Monthly Weather Rev.* 66: 279-286.

付表 I 日 出 没 時 の 地

日 付	緯								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
1 1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3
11	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0	5.3
21	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.2
31	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0
2 10	4.1	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.9
20	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.4	4.5	4.6	4.8
3 2	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.8
12	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7
22	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7
4 1	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7
11	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.8
21	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	4.9
5 1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.9
11	4.2	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	5.1
21	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.2
31	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2
6 10	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.5
20	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.1	5.4
30	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.1	5.3
7 10	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.3
20	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2
30	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.7	4.9	5.1
8 9	4.2	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0
19	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	4.9
29	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8
9 8	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.8
18	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7
28	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7
10 8	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7
18	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8
28	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	4.9
11 7	4.2	4.2	4.2	4.3	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0
17	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.7	4.9	5.1
27	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2
12 7	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.3
17	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.1	5.3
27	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.1	5.3
37	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.3

1. 地形の仰角  $H^\circ$  に対する修正数は上記の値に  $H$  を乗ずる。  
 大気屈折の影響を考慮する時は  $H + (0.6 - \gamma)$  を乗じなければならない。  
 $\gamma$  は視高度  $H^\circ$  に対する大気屈折度である。
2. 日出時に対しては加え、日没時に対しては減ずる。
3. 北緯、南緯に関しない。

形修正表 (仰角1°に対する修正数)

度 (°)										日付		
36	40	44	48	52	56	60	61	62			月	日
5.7	6.1	6.6	7.4	8.5	9.9	13.0	14.1	15.5			1	1
5.6	6.0	6.5	7.2	8.2	9.6	12.1	13.0	14.1				11
5.5	5.9	6.3	7.0	7.8	9.1	11.0	11.7	12.6				21
5.3	5.7	6.1	6.7	7.5	8.5	10.0	10.6	11.1				31
5.2	5.5	5.9	6.5	7.1	8.0	9.3	9.7	10.1		2		10
5.1	5.4	5.8	6.3	6.8	7.6	8.7	9.0	9.4				20
5.0	5.3	5.7	6.1	6.6	7.4	8.3	8.6	8.9		3		2
5.0	5.2	5.6	6.0	6.5	7.2	8.1	8.3	8.6				12
5.0	5.2	5.6	6.0	6.5	7.2	8.0	8.2	8.5				22
5.0	5.2	5.6	6.0	6.5	7.2	8.1	8.3	8.6		4		1
5.0	5.3	5.7	6.1	6.7	7.4	8.3	8.6	8.9				11
5.1	5.4	5.8	6.3	6.9	7.6	8.7	9.0	9.4				21
5.2	5.5	5.9	6.5	7.1	8.0	9.3	9.7	10.1		5		1
5.3	5.7	6.1	6.7	7.5	8.5	10.0	10.6	11.1				11
5.5	5.8	6.3	7.0	7.8	9.1	11.0	11.6	12.5				21
5.6	6.0	6.5	7.2	8.2	9.5	11.9	12.8	13.9				31
5.8	6.3	6.9	7.7	8.9	10.5	14.6	16.5	18.1		6		10
5.7	6.1	6.7	7.5	8.6	10.1	13.4	14.6	16.2				20
5.7	6.1	6.7	7.9	8.5	10.0	13.1	14.2	15.8				30
5.6	6.0	6.6	7.3	8.3	9.7	12.3	13.3	14.5		7		10
5.5	5.9	6.4	7.1	8.0	9.3	11.3	12.1	13.1				20
5.4	5.8	6.2	6.8	7.6	8.8	10.4	11.0	11.7				30
5.3	5.6	6.0	6.6	7.3	8.2	9.6	10.1	10.5		8		9
5.1	5.5	5.9	6.4	7.0	7.8	9.0	9.3	9.7				19
5.0	5.4	5.7	6.2	6.7	7.5	8.5	8.8	9.1				29
5.0	5.3	5.6	6.0	6.6	7.3	8.2	8.4	8.8		9		8
5.0	5.2	5.6	6.0	6.5	7.2	8.0	8.3	8.6				18
5.0	5.2	5.6	6.0	6.5	7.2	8.0	8.3	8.6				28
5.0	5.3	5.6	6.0	6.6	7.3	8.2	8.4	8.7		10		8
5.0	5.3	5.7	6.1	6.7	7.5	8.4	8.7	9.1				18
5.1	5.5	5.8	6.3	7.0	7.8	8.9	9.3	9.7				28
5.2	5.6	6.0	6.6	7.3	8.2	9.6	10.0	10.5		11		7
5.4	5.8	6.2	6.8	7.6	8.8	10.4	11.0	11.7				17
5.5	5.9	6.4	7.1	8.0	9.3	11.4	12.2	13.1				27
5.6	6.0	6.6	7.3	8.3	9.7	12.5	13.4	14.7		12		7
5.7	6.1	6.7	7.4	8.5	10.0	13.2	14.3	15.8				17
5.7	6.1	6.7	7.4	8.5	10.0	13.2	14.3	15.8				27
5.6	6.0	6.6	7.3	8.3	9.8	12.5	13.5	14.9				37

大気屈折度(γ)表

視高度	平均屈折度
0°	0.6°
1	0.4
2	0.3
3 ~ 5	0.2
6 ~ 18	0.1
19	0.0

付表Ⅱ 常用 薄 明 時 間 表

(太陽中心が視地平下6°になる時と日没との間の時間)

月 日	北 緯															
	0°	10°	20°	25°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	
I	1	22	22	24	25	27	27	28	29	30	32	33	34	36	39	
	11	22	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	38	
	21	22	22	23	24	26	26	27	27	28	29	30	32	33	34	37
II	1	22	22	23	24	25	26	27	27	28	29	31	32	34	35	
	11	22	22	23	24	25	26	27	27	28	29	31	32	34	35	
	21	21	22	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	32	33
III	1	21	22	22	23	24	24	25	26	27	28	29	30	31	33	
	11	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	30	31	33
	21	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	30	31	33
IV	1	21	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	32	33
	11	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	31	32	34
	21	22	22	22	23	25	25	26	27	28	28	29	30	32	34	35
V	1	22	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	35	36	
	11	22	22	23	24	26	27	28	29	30	31	33	35	36	39	
	21	22	22	24	25	27	28	28	29	30	31	33	35	36	38	41
VI	1	22	22	24	25	27	28	28	29	31	32	34	36	37	40	43
	11	22	23	24	26	28	28	29	30	31	33	34	36	38	41	44
	21	22	23	25	26	28	29	29	30	31	33	34	36	38	42	44
VII	1	22	23	24	26	28	28	29	30	31	33	34	36	38	41	44
	11	22	22	24	25	27	28	28	29	31	32	34	36	37	40	43
	21	22	22	24	25	27	28	28	29	30	31	33	35	36	38	41
VIII	1	22	22	23	24	26	27	28	29	30	31	33	35	36	39	
	11	22	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	32	33	35	36
	21	22	22	22	23	25	25	26	27	28	28	29	30	32	34	35
IX	1	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	31	32	34
	11	21	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	33
	21	21	21	22	23	24	24	25	26	27	27	27	28	30	31	33
X	1	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	29	30	31	32
	11	21	22	22	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	33
	21	21	22	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	32	33
XI	1	22	22	22	23	25	25	26	27	28	28	29	30	31	33	34
	11	22	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	35
	21	22	22	23	24	26	26	27	28	28	29	30	32	33	34	37
XII	1	22	22	24	25	26	27	28	28	29	30	31	33	34	35	38
	11	22	22	24	25	27	27	28	28	29	30	32	33	34	36	39
	21	22	23	24	25	27	27	28	27	29	31	32	33	34	37	39

比 島 セ ブ  
 パ ン ー 海 峽  
 宮 古 島 ・ 硫 黄 島  
 ( 屋 久 島 南 )  
 宮 崎 北  
 下 関 ( 徳 島 南 )  
 福 井 ・ 諏 訪 ・ 鴻 巣  
 新 潟  
 ( 盛 岡 北 )  
 ( 函 館 北 )  
 網 走  
 ( 樺 太 南 )

付表 III-1

太陽の正中時から常用薄明の終始時までの時間

月		日		0°	10°	20°	30°	32°	34°	35°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°
南半球	北半球	南半球	北半球	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
12 23	6 22	6 26	6 45	7 5	7 30	7 36	7 42	7 45	7 48	7 48	7 56	8 3	8 12	8 21	8 31	8 43	8 56	9 11	9 29	12 4
1 2	7 2	7 4	7 26	7 4	7 29	7 34	7 41	7 44	7 47	7 47	7 54	8 2	8 10	8 19	8 29	8 43	8 53	9 11	9 25	12 8
1 12	7 12	7 26	7 43	7 2	7 26	7 31	7 37	7 40	7 43	7 43	7 50	8 2	8 10	8 19	8 29	8 43	8 53	9 11	9 25	12 13
2 1	8 1	8 25	8 42	6 59	7 20	7 25	7 31	7 33	7 36	7 36	7 42	8 4	8 12	8 21	8 31	8 43	8 53	9 11	9 25	12 14
2 11	8 11	8 25	8 42	6 55	7 14	7 18	7 23	7 26	7 28	7 28	7 33	8 4	8 12	8 21	8 31	8 43	8 53	9 11	9 25	12 14
2 21	8 21	8 35	8 52	6 50	7 10	7 14	7 19	7 16	7 18	7 18	7 23	8 8	8 16	8 25	8 35	8 47	8 57	9 15	9 29	12 14
3 3	8 31	8 45	9 2	6 45	7 5	7 9	7 14	7 6	7 8	7 8	7 11	8 8	8 16	8 25	8 35	8 47	8 57	9 15	9 29	12 14
3 13	9 10	9 24	10 1	6 40	7 10	7 14	7 19	7 6	7 8	7 8	7 11	8 8	8 16	8 25	8 35	8 47	8 57	9 15	9 29	12 14
3 23	9 20	9 34	10 7	6 35	7 19	7 23	7 28	7 6	7 8	7 8	7 11	8 8	8 16	8 25	8 35	8 47	8 57	9 15	9 29	12 14
4 2	9 30	9 44	10 14	6 29	7 23	7 27	7 32	7 6	7 8	7 8	7 11	8 8	8 16	8 25	8 35	8 47	8 57	9 15	9 29	12 14
4 12	10 10	10 24	11 4	6 22	7 16	7 20	7 25	6 22	6 24	6 24	6 27	7 28	7 36	7 45	7 55	8 0	8 10	8 20	8 30	12 14
4 22	10 20	10 34	11 14	6 16	7 10	7 14	7 19	6 16	6 18	6 18	6 21	7 22	7 30	7 39	7 49	7 59	8 0	8 10	8 20	12 14
5 2	10 30	10 44	11 24	6 11	7 5	7 9	7 14	6 11	6 13	6 13	6 16	7 17	7 25	7 34	7 44	7 54	8 0	8 10	8 20	12 14
5 12	11 9	11 23	12 3	6 6	6 2	6 6	6 11	5 58	5 55	5 55	5 58	6 59	7 0	7 9	8 0	8 10	8 20	8 30	8 40	12 14
5 22	11 19	11 33	12 13	6 2	6 2	6 6	6 11	5 52	5 49	5 49	5 52	6 53	7 0	7 9	8 0	8 10	8 20	8 30	8 40	12 14
6 1	11 29	11 43	12 23	6 25	6 11	6 15	6 20	5 43	5 40	5 35	5 38	6 39	7 0	7 9	8 0	8 10	8 20	8 30	8 40	12 14
6 11	12 9	12 23	1 3	6 26	6 10	6 14	6 19	5 38	5 35	5 30	5 33	6 34	7 0	7 9	8 0	8 10	8 20	8 30	8 40	12 14
6 21	12 19	1 2	1 12	6 26	6 9	6 13	6 18	5 35	5 32	5 27	5 30	6 31	7 0	7 9	8 0	8 10	8 20	8 30	8 40	12 14
7 1	12 29	1 3	1 23	6 26	6 9	6 13	6 18	5 35	5 32	5 27	5 30	6 31	7 0	7 9	8 0	8 10	8 20	8 30	8 40	12 14

付表 III-2

月日	東経135°子午線 正午時 T <sub>0</sub> (JST)
1 3	12 4
1 13	12 8
1 23	12 12
2 2	12 14
2 12	12 14
2 22	12 14
3 4	12 12
3 14	12 10
3 24	12 7
4 3	12 4
4 13	12 1
4 23	11 58
5 3	11 57
5 13	11 56
5 23	11 57
6 2	11 58
6 12	12 0
6 22	12 2
7 2	12 4
7 12	12 5
7 22	12 6
8 1	12 6
8 11	12 5
8 21	12 3
8 31	12 1
9 10	11 57
9 20	11 54
9 30	11 50
10 10	11 48
10 20	11 45
10 30	11 44
11 9	11 44
11 19	11 45
11 29	11 48
12 9	11 52
12 19	11 57
12 29	12 2

求める地点の経度を: L  
 " 正中時: T  
 T = T<sub>0</sub> + (9<sup>h</sup> - L)

例 札幌に於ける3月27日の常用薄明の終始時刻を求める。又、当日の常用薄明時間を求める。

札幌の経緯度は、φ = +43°41' L = +141°21' = 9<sup>h</sup>25<sup>m</sup>  
 付表 III-2より3月27日の T<sub>0</sub> = 12<sup>h</sup>6<sup>m</sup>  
 T = 12<sup>h</sup>6<sup>m</sup> + (9<sup>h</sup> - 9<sup>h</sup>25<sup>m</sup>) = 11<sup>h</sup>41<sup>m</sup>

付表 III-1より φ = +43°41' 3月27日: 6<sup>h</sup>53<sup>m</sup>  
 6 38 ( - )  
 + 15<sup>m</sup>  
 ×) 0.3  
 + 5<sup>m</sup>  
 +) 6<sup>h</sup>38<sup>m</sup>  
 6<sup>h</sup>43<sup>m</sup>

求める時刻は、T - 6<sup>h</sup>43<sup>m</sup> = 4<sup>h</sup>58<sup>m</sup> (薄明の始)  
 T + 6<sup>h</sup>43<sup>m</sup> = 18<sup>h</sup>24<sup>m</sup> ( " 終)

次に理科年表等から、3月27日 札幌の日出没時は 5<sup>h</sup>27<sup>m</sup>, 17<sup>h</sup>55<sup>m</sup>  
 薄明時間は、5<sup>h</sup>27<sup>m</sup> - 4<sup>h</sup>58<sup>m</sup> = 0<sup>h</sup>29<sup>m</sup>  
 又は 18<sup>h</sup>24<sup>m</sup> - 17<sup>h</sup>55<sup>m</sup> = 0<sup>h</sup>29<sup>m</sup>