細菌に対する可視光線の影響

(特に波長依存性の問題に就て)

第一編 人工光線照射実験

日本医科大学放射線医学教室 (主任 斎藤達雄教授)

飯 田 恭 雄

Yasuo Iida

I. 緒 言

細菌、糸状菌を除いた生物、殊に植物にとつて光線の存在は第一義的な必要条件である。併し光線の影響によつて起る生物体の反応は極めて複雑多岐に亘るもので到底一概にその真理を解明し得るものではない。

植物の同化作用問題を探究して来た植物生理学者の間では、他の現象に先んじて早くから光合成に就ての研究が進められ、既に 1869 年の Timiriazeff¹⁾ を始めとして Engelmann, Neglein, Richter, Reinke 等の報告が見られ近年に至つては Frank²⁾, Hill³⁾, Lumry⁴⁾ 等の詳細な研究が発表されている。併し光合成問題を除いた他の部門ではその研究の重点は殆ど紫外線、赤外線におかれ、殊に人体に及ぼす影響に就ては紫外線の応用研究は極めて数多く⁵⁾⁻¹³⁾ 見られるにも拘らず、吾々が日常一般に「色」として感ずる可視光線域の研究は甚だしい。特に之等について量的実測を加えた実験報告例は殆ど見当たらない。翻つて細菌に及ぼす光の影響についても古くは Downes, Blunt¹⁴⁾, Weissner¹⁵⁾, Henri¹⁶⁾, Browning & Russ¹⁷⁾, Borie¹⁸⁾ 等より J. Bong, Cernorodeanu & Baroni¹⁹⁾ Albert Eidinow²⁰⁾、更に近年に至る迄種々の研究がみられるが何れも紫外線域に於けるものである。

従来²¹⁾可視光線波長域に於ては一般に殺菌作用は弱く主として紫外線域に近い短波長の部に僅かに認められるに過ぎず、これより長波長の部分に於ては波長の長くなるにつれて漸進的に減少してゆくものであると考えられていたが、しかし之等の問題にしても之を量的に詳細に解明されたものではない。

茲に於て私は従来余り注意を払われなかつた所謂可視光線域に於ける光の生物体に及ぼす影響の一端を知る目的から対象として細菌を用い且つスペクトル帯域巾及び輻射エネルギーの強度を連続的に変化せしめ、且つ其の波長及び輻射エネルギーと生物体との相関関係を出来得るかぎり精密な物理量を基礎として実測す

るため特に製作したモノクロメーターを用いて実験を重ね些の知見を得たのでここに報告する次第である。

II. 実験材料

光線に対し最も抵抗力の弱い生物体として細菌を実験材料に選んだ。実験の性質上雑菌混入の比較的少ない培地を必要とするため S.S 寒天培地 (Salmonella-Shigella Agar) を用い、且つ試験菌として赤痢菌 (Shigella Sonnei) を利用した。S.S 寒天培地によると雑菌並に大腸菌の発育を抑制するため病原菌の検出が容易であることと、使用に際して滅菌操作の必要がない等の便がある。本実験期間中 S.S 寒天培地として日産水産研究所製のものをを用いた。

III. 予 備 実 験

1. 細菌塗抹法

実験を行うに当つて、予め培地に菌を平等に培える方法を考えなくてはならない。培地上の一定範囲に平等の距離、間隔を以て菌が培えられと云うことは先ず不可能である。併し実験の正確さを求める為には出来る限りこの条件に合う様な方法を探る必要がある。このため次の様な方法を 2, 3 試みて比較実験した。

始め一定の濃度に希釈した菌液を、予め準備固定した S.S 寒天培地上に一定量流し、シャーレを充分に廻転せしめて菌液を培地上に延す方法である。この方法では菌液をある程度多量に用いないと充分平等に培地上に延びない。そのため菌液が培地上に乾燥固定される迄には普通室温にて約 2 時間以上を要する。

これがため菌液の時間的経過による変化を来し実験結果に大きな誤差を生ずる。即ちこれは実験目的に叶う方法ではない。又予め溶解せる S.S 寒天 (温度 40°C 以下) に、別に試験管中にて希釈せる菌液を混注し、速かに充分攪拌した後、各シャーレに必要量を分注する方法がある。しかし本法でも培地表面の細菌集落の外に尚一部深在性のものが混り光線照射の際受ける光量が根本的に違つて、実験の正確さを誤らす懼れがあ

る。更に又他の方法として滅菌乾燥せるシャーレに一定量の生理的食塩水を容れ、一白金耳の菌を加え充分攪拌して菌稀釈液を作る。これより先ある一定の大きさに切断乾燥、滅菌した濾紙を上菌液中に浸し、之を直にとり上げ別に乾燥滅菌した濾紙上に重ねて余分の水分を吸収せしめた後この菌附着濾紙を予め作製した培地上に圧印するという方法も考えられる。しかしこの方法によつても表面張力の関係上、濾紙を培地より引離す際如何に注意しても菌液が一方に集まり平等には培えられない。

ここに於て極めて一般的な方法ではあるが培地上一定区劃内に略々同間隔に接種した菌液を先端の比較的細い特定の形及び大きさに作製した Conradi 棒を以て充分平均に延す方法を採用し、本法に充分習熟する様に勉めた。

2. 集落算定法

予め溶解せる S.S 寒天培地を直径 7.5 cm 大の滅菌シャーレ 5 ケに夫々 15 cc 宛分注する。室温にて約 1 時間乾燥固定した後、第 1 図の如き非薄なる金属性型ドリ器にて培地上に軽く長方形の枠(短径 2.0 cm × 長径 5.0 cm)を型どる。

第 1 図

次に斜面培地より一白金耳の試験菌(赤痢菌 D 群)を釣り予め滅菌乾燥せるシャーレ中の 5 c.c の生理的食塩水に溶解し菌稀釈液を作る。

本稀釈液より更に一白金耳の菌液をとり、先に型どりを行つた S.S 寒天培地上にほぼ等間隔に 10 ケ宛接種し更に之を平均に枠内に Conradi 棒を以て延す。菌液を充分培地上に延ばした後直に之を 37°C 孵卵器中に入れ 24 時間経過後之をとり出し次の方法により増殖せる集落を算定する。

即ち第 2 図の如く目盛した黒紙を平板硝子板に貼り、シャーレ培地上の枠(2.0 cm × 5.0 cm)と黒紙上の目盛 2.0 cm × 5.0 cm とを一致せしめ、このうち周囲各 0.5 cm 宛を除いた枠内、即ち 1.0 cm × 4.0 cm を黒紙上の線を透して八等分し、その各々の 0.5 cm × 1.0 cm 内の細菌集落数を算える。尚羅線は各部共

に 1/10 mm の太さとし線上にある集落は四辺のうち一定の二辺上にあるもののみをその枠内の数として算入する。

第 2 図

第 3 図

3. 実験成績

以上の方法による実験を 50 回繰返した結果次の如き成績を得た(第 1 表、第 2 表、第 3 表、第 4 表、第 5 表及び写真 1、写真 2)。

第 1 表

区分	1	2	3	4	5	6	7	8	計
実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	32	32	34	30	34	32	31	31	256
2	38	38	38	39	39	38	38	39	307
3	37	38	38	37	38	38	38	37	301
4	38	38	38	38	38	39	39	37	305
5	32	32	33	33	33	33	31	29	256
6	32	33	33	31	30	31	32	33	255
7	36	36	37	38	39	38	38	38	300
8	38	39	38	38	37	38	38	39	305
9	37	38	38	37	38	38	36	37	299
10	38	38	40	40	39	38	40	38	311
計	358	362	367	361	365	363	361	358	2,895

第 2 表

区分	1	2	3	4	5	6	7	8	計
実験回数	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	44	45	44	45	45	46	45	44	358
2	43	42	44	43	43	42	41	43	341

3	41	40	40	39	43	41	39	39	322
4	38	39	40	40	40	39	37	39	312
5	40	43	41	40	40	42	41	40	327
6	39	39	42	40	39	41	44	40	324
7	43	42	43	43	41	43	41	42	338
8	44	44	43	42	43	43	42	42	343
9	42	40	41	42	40	40	42	42	329
10	41	40	42	41	39	42	40	41	326
計	415	414	420	415	413	419	412	412	3,320

第 3 表

区分 実験 回数	1	2	3	4	5	6	7	8	計
1	53	52	52	53	53	52	52	51	418
2	50	51	54	52	52	51	50	52	412
3	53	51	51	52	52	52	50	51	412
4	55	55	57	57	55	55	56	57	447
5	51	51	53	53	53	52	52	51	416
6	51	50	52	52	51	51	52	52	411
7	56	57	55	54	57	57	56	56	448
8	53	55	55	54	55	53	55	54	434
9	55	55	55	57	56	55	56	56	445
10	52	52	54	54	54	53	53	53	425
計	529	529	538	538	538	531	532	533	4,268

第 4 表

区分 実験 回数	1	2	3	4	5	6	7	8	計

1	63	65	63	64	62	65	65	62	509
2	71	73	71	69	71	72	72	70	569
3	69	69	71	71	71	72	69	69	561
4	75	77	76	76	75	77	75	75	606
5	63	64	66	66	63	67	67	64	520
6	63	61	62	63	65	62	64	64	504
7	64	66	65	65	63	63	66	66	518
8	66	67	70	67	69	70	71	69	549
9	67	68	70	71	68	68	67	68	547
10	69	69	70	69	70	70	72	70	559
計	670	679	684	681	677	686	688	677	5,442

第 5 表

区分 実験 回数	1	2	3	4	5	6	7	8	計
1	77	76	79	78	77	79	79	78	623
2	78	79	79	77	79	80	77	77	626
3	79	77	77	81	82	77	78	79	630
4	76	79	79	79	78	78	77	77	623
5	79	81	81	79	78	79	78	79	634
6	80	79	78	79	79	78	79	79	631
7	79	78	78	78	77	79	79	79	627
8	81	80	78	81	82	82	83	81	648
9	79	78	77	77	79	77	78	78	623
10	77	78	77	77	78	79	78	78	623
計	785	784	785	786	789	788	786	785	6,288

写真 1

(1~1)

(1~2)

[illegible]

実験中の
温(湿)度 29°C (67%) ————— 32°C (62%)

第7表 (赤痢菌 B-群)

時間分	10	20	30	60	120	180	240	対照
回数								
1	8 (12)	0 (1)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	46
2	7 (12)	0 (1)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	52
3	4 (6)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	38
4	9 (13)	0 (2)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	61
5	8 (12)	0 (1)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	68
6	6 (11)	0 (2)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	63
7	4 (8)	0 (2)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	49
8	5 (8)	1 (3)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	57
9	4 (9)	0 (2)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	59
10	9 (12)	1 (3)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	64

実験中の
温度 29°C (67%) ————— 32°C (62%)

第8表 (ブドウ球菌)

時間分	10	20	30	60	120	180	240	対照
回数								
1	78 (106)	52 (84)	9 (43)	0 (1)	0 0	0 0	0 0	188
2	89 (118)	31 (91)	4 (35)	1 (2)	0 (1)	0 0	0 0	201
3	112 (139)	18 (99)	11 (74)	2 (3)	0 (1)	0 0	0 0	215
4	110 (141)	11 (100)	3 (66)	0 (2)	0 0	0 0	0 0	211
5	112 (148)	17 (101)	6 (51)	0 0	0 0	0 0	0 0	204
6	109 (133)	21 (85)	7 (41)	0 0	0 0	0 0	0 0	199
7	111 (158)	59 (105)	9 (76)	2 (4)	0 0	0 0	0 0	215
8	103 (165)	20 (115)	10 (79)	3 (4)	0 (1)	0 0	0 0	223

9	104 (155)	16 (91)	5 (58)	0 0	0 0	0 0	0 0	207
10	99 (143)	46 (102)	7 (3)	0 0	0 0	0 0	0 0	210

実験中の
温(湿)度

29°C (67%) ————— 30°C (62%)

第9表 (四連球菌)

時間分	10	20	30	60	120	180	240	対照
回数								
1	8 (15)	6 (12)	4 (10)	0 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	29
2	18 (24)	13 (19)	8 (14)	2 (6)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	30
3	13 (22)	9 (14)	5 (11)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	29
4	16 (21)	13 (17)	7 (13)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	32
5	17 (24)	14 (18)	7 (15)	1 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	30
6	13 (16)	10 (11)	6 (3)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	31
7	14 (21)	10 (14)	3 (10)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	30
8	16 (26)	12 (19)	5 (13)	0 (4)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	34
9	13 (20)	8 (14)	3 (9)	0 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	31
10	17 (26)	11 (18)	3 (12)	0 (4)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	38

実験中の
温(湿)度 29°C (67%)———30°C (62%)

第 10 表 (Candida P-Krusei)

時間分	10	20	30	60	120	180	240	対照
回数								
1	40 (64)	31 (51)	22 (40)	11 (21)	4 (8)	0 0	0 0	72
2	40 (75)	31 (64)	18 (33)	8 (4)	1 (2)	0 0	0 0	92
3	41 (74)	16 (64)	12 (34)	8 (20)	1 (6)	0 (1)	0 0	91
4	53 (91)	34 (69)	24 (52)	16 (28)	2 (4)	0 0	0 0	104
5	50 (90)	33 (75)	23 (65)	18 (32)	0 (2)	0 0	0 0	121
6	51 (76)	40 (69)	29 (51)	12 (28)	0 0	0 0	0 0	91
7	70 (81)	61 (73)	39 (62)	24 (36)	0 (12)	0 0	0 0	104
8	43 (74)	16 (64)	8 (40)	0 (12)	0 (2)	0 0	0 0	88
9	56 (81)	34 (67)	20 (31)	9 (12)	0 0	0 0	0 0	110
10	44 (60)	38 (51)	12 (38)	1 (11)	0 0	0 0	0 0	85

実験中の 温(湿)度	28°C (67%)———29°C (67%)

第 11 表 (Candida Albicans)

時間分 回数	10	20	30	60	120	180	240	対照
1	71 (77)	44 (60)	6 (43)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	106
2	73 (102)	56 (78)	7 (62)	2 (4)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	136
3	84 (112)	59 (86)	11 (68)	2 (8)	0 (2)	0 (1)	0 (0)	151
4	55 (72)	39 (45)	3 (35)	0 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	110
5	75 (98)	49 (71)	5 (58)	1 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	119
6	56 (68)	34 (56)	3 (34)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	96
7	67 (79)	51 (64)	3 (39)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	108
8	69 (81)	50 (66)	8 (38)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	114
9	65 (73)	40 (51)	3 (30)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	103
10	69 (90)	47 (69)	5 (39)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	120
実験中の 温(湿)度	28°C (67%)				-29°C (67%)			

以上の観察結果より、平板ガラスにて被覆し紫外線を遮断した培地に於ても、10 分間の短時間照射により既に菌の発育能力は著しく阻害されている事が認められる。勿論分光器による照射では中間に於て吸収される光のエネルギーが大きいため透過光量は極めて少量となるので実験上の照射時間はこれより延長せしめる必要がある。しかし太陽光線照射実験の際、照射時間が徒らに長くと入射光線のズレが大きくなりその結果実験成績の誤差も大きく、判定に困難を来すので、装置作製上誤差の少ない範囲に於て最も長い照射時間として 30 分照射法を選ぶこととした。

V. 実験装置の製作

1. 分光器及び測定器

実験装置の主要なるものは分光装置と輻射エネルギー測定装置であるが、本実験に於ては分光装置として培養実験に使用するに適した単色光源と、この光源で得られた単色スペクトルの波長を精密に規定する所の分光写真器の 2 台に分けて作製した。その理由としては一般に分光装置はその光軸が水平面上にある様に作られたものが大部分であるが、本実験の必要上、即ち固型培地を水平に保つ事が数多くの実験を行う上から便利であり、且又太陽光線を使用する場合、入射スリットが上方にある方が便利な為に、本実験に使用した単色光源 (Monochrometer) は光軸を垂直面上に保つた立型分光器として考案作製した。

Monochrometer に於ては、輻射エネルギーの利用

率と、得られるスペクトルの純度とは殆ど反比例するものである。本実験に於ていくらか純度の高いスペクトル線を使用しても、其の輻射エネルギーが微弱であるならば、他の因子例えば、温度の微少変化、培地の変性等に影響されて実験の目的を達する事が出来ないため、スペクトルの純度は若干犠牲にすることとして、輻射エネルギーの強度を高める事に意を用いた。其の為にはコリメーターレンズの F 数を小とし、プリズムの光線透過率を大にし、入射、射出両スリットも或る程度広い範囲に調節出来る様にした。

此の様に輻射エネルギー強度を増大せしめた為、尖锐なる線スペクトルを分離出来る様な、厳密なる波長測定機能の機能を失つたので、別に精密なる分光写真器を作り、本実験に使用した単色光を、この写真分光器で撮影し、既知の「鉄スペクトル」と比較して、波長を規正した。

又此の単色光スペクトルの輻射エネルギーは、相対値を用いず $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 又は $\mu\text{erg}/\text{cm}^2\text{sec}$ で表わされる絶対値で測定することを企てた。此等エネルギーの標準となるべき光源は、一次標準たる黒体輻射を使用すべきであるが、黒体輻射を試作測定しても、幾多の困難が介在してこの種の測定に熟練していない者が行つては誤差が多く、好結果を望み得ない。このため二次標準たる輻射エネルギー標準電球を求めたのであるが、我が国に於ては昭和 20 年以後初めて光度標準電球が作られる様になつたばかりで、エネルギー標準電球の入手は見通しがつかない為に、実験者に於て再現可能で而も輻射エネルギー測定済の光源として「ヘフナー灯」を選んだ。Gerlach²⁵⁾ は「ヘフナー灯」の焰の中心から 1 米の距離に於ける輻射エネルギーの密度を $95 \times 10^{-6} \text{ watt}/\text{cm}^2$ 又は $950 \text{ erg}/\text{cm}^2\text{sec}$ と発表している。

(1) Monochrometer は第 5 図に示す如き構造で、之に太陽光線導入用のサイデロスタット、及び電球を随時交換使用出来る様にしてある。

諸元は

プリズム	底 辺	14 cm
	稜	12 cm
	材 質	メタクリル樹脂
コリメーターレンズ、構造	単レンズ	
	径	12 cm
	焦点距離	22.4 cm
	F 数	1.87

カメラレンズ コリメーターレンズに同じ、材質

は共にガラス

スリット刃の最大有効長 4.5 cm

(2) 分光写真器はラマンスペクトル撮影用のものを流用した。

プリズム 底 辺 12.5 cm

稜 7 cm

材 質 ガラス

コリメーターレンズ 色消レンズ

径 9 cm

焦点距離 38 cm

カメラレンズ 色消レンズ

径 8 cm

焦点距離 40 cm

第5図 立型分光器

(3) 輻射エネルギー測定装置は、第6図、第7図、第8図に示す如く、検出部としては白金ボロメーターを用い、ホイートストンブリッジには精密級の横河電機製 BD-I を、又ガルバノメーターには自製の直交変換増巾器（第7図）の出力をバランシングモーターに入れ、多回転式精密巻線型可変抵抗器を駆動し、之に接続した1,000目盛のダイヤルで 1×10^{-6} V の電圧を検出する様にした。

以上の各部を第6図の如く連絡した場合 $1 \times 10^{-2}^{\circ}\text{C}$ の精度で温度を測定し得る。

白金ボロメーターは第8図に示す如く 0.05 mm 厚みの雲母板を $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ に切断し之にベークライトニスで絶縁した直径 0.08 mm の白金線を約 1.75 m 捲いてコイルの面積を $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ とし之に煤を付けて黒体化した。この物の抵抗値は 25°C に於て 35.697 オームであつて、このボロメーターの前面に黒色紙の $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ の穴のあいたマスクを置いてボロメーターの中央部 0.25 cm^2 の部分のみを輻射エネルギー

第6図

第7図

第8図

検出部として用いた時、その感度は $10\text{ }\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の輻射エネルギーにて抵抗値の5桁目に影響を及ぼす。尚数十オームの抵抗を5桁の精度にて測定する時はホイートストンブリッジの比例辺は 100 : 10000 を採用するので電池として 1.3 V を使用した時、白金ボロメーターに約 10 mA の電流が流れる為、自然効果で誤差が非常に大きくなる。そのため正規の接続をせず、電池ターミナルとガルバノメーターターミナルを反対に接続して、白金ボロメーターの電流を約 0.2 mA に制限した所、自然効果は測定値に影響を及ぼさなかつた。

光源としてはサイドロスタットにて入射方向を一定にした太陽光線と、人工光線としては 100 V, 200 W の映写用電球を電圧調整器を通して常に 100 V の電

圧にて点灯使用した。又輻射エネルギー標準として「ヘフナー灯」を用い醋酸アミルを燃料とした(写真3)。

写真 3

2. 波長測定

前述の如く使用するモノクロメーターより得られる単色光は、スペクトルの純度を犠牲にして輻射エネルギーの利用効率を向上させてあるので、スペクトルは或程度の幅を持ち、又其の帯状スペクトルは尖鋭ではない。所謂 diffuse の状態にあるので、此のスペクトルを波長分光計に依つて肉眼で測定すると、其の境界の判定に苦しむ事を僱れて、分光分析⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾に於て行われる手法を用いてスペクトルと共に標準となる鉄のスペクトルを同一フィルムに撮影して波長を測定した(写真4)。

モノクロメーターの入射スリット幅は常に 0.4 mm に固定して行い、分光写真器の入射スリットは、単色光撮影の為に 0.1 mm にて富士フィルム 35 mm ネ

オパン F に 20 分の露出を行い、鉄標準スペクトルは単色光スペクトルを挟んで其の上下に、スリット幅 0.03 mm にて 7 秒の露出を行つた。其の結果、本実験に使用した単色光は、帯域幅は予期の如く相当広いものであるが、其の境界は割合はつきりしていたので容易に波長を測定し得た。モノクロメーターの入射スリットと射出スリットとがプリズムに対して張る角度を指針により読み得る様にしてあるので、その角度目盛を一定にした時得られる単色光の波長を測定し、そのうちより使用に便利な 8 個の波長帯を取り出した。又この波長は 50 Å 以内の誤差で再現性を有することを確認し、爾後この角度目盛を合せることに依り実験を遂行した。

写 真 4 (1)

写 真 4 (2)

VI. 人工光線照射実験

1. 単色光線照射実験

a 実験方法

試験菌として赤痢菌D群を用い培地はS.S寒天培地を利用した。菌液の調製法は予備実験に於ける場合と同様である。しかしこの際培地上に圧印する型枠は $0.5\text{ cm} \times 4.0\text{ cm}$ のものとし、この中に菌液の一白金耳宛を4ヶ所、即ち $0.5\text{ cm} \cdot 1.0\text{ cm}$ に1ヶの割に接

種し、之を出来るだけ枠内に平等にConradi棒を以て延した。之を直に分光器の暗室内に入れ、 $0.4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ の射出スリットの直下に培地上の型枠を重ねる様にして電源にスイッチを入れ30分間の照射を行った。角度目盛は夫々12.5, 11.5, 11.0, 10.0, 9.0, 8.0, 7.0, 6.5の8ヶ所の読みとした。この場合に於ける各目盛の波長区分は第9図の通りである。

b 実験成績

第9図 Monochrometer の表す
角度目盛の波長区分

本法による照射実験を夫々 20 回反復行つた。実験結果は第 12 表, 第 13 表に示す通りである (写真 5)。

単色光線照射実験の結果各波長帯別に集落発生数の差異がみられる。しかしこの単色光線照射実験の場合には光線の影響による変化の外に尚実験上菌の發育に大きな影響をあたえる他の因子を除外出来ない。即ち本実験にはそれに使用する菌稀釈液は実験の始めと終りでは約 4 時間の時間的経過がある。この間始めに稀釈した菌液が何ら外界の影響を受けないと云う事は考えられない。殊に外界の温度変化による菌の發育能力に及ぼす影響は極めて大きいものと考えられる。このため次の如く時間的ズレによる菌發育能力の変化を温度別に調査し、前に得た値を補正することとした。

c 時間的ズレによる菌の温度別發育能力の変化
本実験に用いる材料は前の単色照射実験に使用した

第 12 表

角度目盛	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度 °C (湿度)%
波長区分 A	6,900	6,500	5,850	5,350	5,000	4,700	4,500	4,200		
実験回数	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	67	70	74	60	53	51	53	54	77	17~19 (88~89)
2	90	92	91	82	66	60	60	56	108	19~20 (80~80)
3	54	58	66	56	42	35	36	37	70	20~20 (89~90)
4	55	57	53	46	35	38	40	36	64	16~18.5 (92~93)
5	72	79	61	51	45	41	63	44	86	16.5~19 (87~87)
6	62	76	80	66	54	48	53	46	89	18~20 (89~90)
7	56	78	62	62	51	40	42	38	89	19~20 (80~81)
8	63	79	75	61	49	41	50	34	88	19~20 (89~90)
9	69	83	91	88	70	50	53	39	99	17~19.5 (88~89)
10	77	89	89	79	58	50	59	51	98	17~19.5 (90~91)
平均 値	66.5	76.1	74.2	65.1	52.3	45.4	48.9	43.5	86.8	

第 13 表

角度目盛	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度 °C (湿度)%
波長区分 A	6,700	6,500	5,850	5,350	5,000	4,700	4,500	4,200		
実験回数	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	77	81	84	70	55	50	54	58	89	18~19 (88~89)
2	89	92	90	76	68	55	57	57	98	17~20 (80~80)

3	51	55	44	42	34	38	35	30	61	17.5~19.5 (85~81)
4	46	49	46	39	35	28	32	27	53	16~19 (79~85)
5	56	59	52	54	40	40	37	37	66	17~19 (89~89)
6	66	67	56	39	40	42	40	23	69	16~18.5 (94~89)
7	76	79	59	48	45	41	38	39	80	15~19 (88~89)
8	71	91	96	90	77	60	60	64	104	15.5~19.5 (94~89)
9	50	76	68	67	64	49	49	44	91	15~19 (88~89)
10	69	93	100	92	69	50	47	44	111	17~19.5 (94~89)
平均值	65.1	74.2	69.5	61.7	52.7	45.3	44.7	42.3	82.2	

写 真 5

(5~17)

(5~18)

(5~19)

(5~20)

(5~21)

ものと同一である。5.0 cc の生理的食塩水中に斜面培地より白金耳の試験菌を釣り、充分に之を攪拌した後直にある一定温度に保存し、菌液の温度が略規定温度に安定した時に、此等の菌液より夫々白金耳の菌をとり培地上に延す。この様な操作を 30 分毎に同一温度に於て続け 4 時間後迄同様に繰返し行ふ。塗抹終了の培地はその都度直に 37°C 孵卵器に入れ 24 時間後取出し菌集落を算定する。

以上の様な実験を菌保存温度 0~5°C, 5~10°C, 10~15°C, 15~20°C, 20~25°C, 25~30°C, 30~35°C の各区分に於て繰返し、第 14 表、第 15 表、第 16 表、第 17 表、第 18 表、第 19 表、第 20 表の如き成績を得た。

第 14 表 保存温度 0~5°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	82	81	79	80	80	80	80	79	79
2	90	90	90	90	89	89	89	90	88
3	57	56	57	57	55	57	54	54	55
4	57	57	56	57	55	57	55	55	56
5	58	58	58	57	56	53	55	56	55
6	67	67	65	66	64	62	62	62	63
7	56	53	54	54	56	54	56	55	55

8	53	55	53	52	53	54	53	52	52
9	55	54	54	53	54	54	53	53	51
10	54	54	54	52	51	51	52	52	52
計	629	621	620	618	613	611	609	608	606
乗すべき倍数	1.000	1.013	1.015	1.017	1.026	1.029	1.033	1.035	1.038

第 15 表 保存温度 5~10°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	71	72	69	64	63	68	64	63	62
2	47	46	47	43	44	43	42	43	43
3	46	44	45	47	46	45	45	45	44
4	52	50	50	51	49	53	50	54	54
5	68	66	70	66	64	60	62	60	60
6	71	70	69	71	71	68	62	65	65
7	70	68	69	68	66	64	66	64	61
8	69	71	64	68	69	63	62	66	62
9	63	62	66	66	58	60	60	60	59
10	69	70	69	68	69	69	68	65	63
計	626	619	615	609	595	593	581	580	576
乗すべき倍数	1.000	1.011	1.018	1.028	1.052	1.056	1.078	1.079	1.087

第 16 表 保存温度 10~15°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	62	59	60	57	61	60	62	55	56
2	58	63	61	57	54	54	55	55	52
3	42	43	44	38	37	36	36	35	38
4	72	69	66	67	65	64	63	63	62
5	66	64	64	60	56	53	51	50	50
6	41	40	38	39	39	36	35	34	34
7	54	54	51	52	52	51	50	51	48
8	57	57	52	57	57	55	55	54	52
9	57	54	54	54	53	54	52	52	50
10	57	56	55	54	55	54	53	51	49
計	566	559	545	535	529	517	512	500	491
乗すべき倍数	1.000	1.013	1.039	1.059	1.070	1.095	1.105	1.132	1.153

第 17 表 保存温度 15~20°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	63	61	63	58	60	63	60	60	56
2	45	44	40	42	40	37	40	40	40
3	64	60	65	66	53	54	55	50	53
4	62	58	55	58	60	59	60	55	54
5	68	70	66	60	64	64	61	64	60
6	67	64	66	63	60	55	53	53	51
7	65	62	60	62	60	62	57	53	55
8	66	64	64	66	66	58	55	58	56
9	56	54	56	49	48	41	43	45	45
10	54	54	54	49	44	41	43	44	44
計	610	591	589	573	555	534	527	522	514
乗すべき倍数	1.000	1.032	1.036	1.065	1.099	1.142	1.158	1.169	1.187

第 18 表 保存温度 20~25°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	65	60	57	59	50	54	41	40	50
2	64	58	64	62	49	55	41	47	52
3	73	73	69	65	75	69	63	61	55
4	85	79	74	77	76	68	65	51	51
5	86	79	76	73	72	69	69	65	58
6	73	74	69	66	67	63	61	60	58
7	74	74	67	59	64	62	59	55	63
8	68	62	57	61	66	62	61	56	57
9	64	52	56	47	41	50	50	50	39
10	66	58	54	47	45	47	51	39	41
計	718	669	643	616	605	599	561	534	524
乗すべき倍数	1.000	1.073	1.101	1.149	1.187	1.199	1.262	1.345	1.361

第 19 表 保存温度 25~30°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	94	90	84	80	87	68	58	58	56
2	95	81	72	70	81	59	54	41	35
3	104	83	75	74	74	49	40	39	38
4	86	69	56	66	56	48	37	39	42
5	97	70	79	76	71	53	50	51	50
6	95	72	75	64	58	41	50	42	42
7	95	84	56	62	49	53	48	49	50
8	106	83	90	86	74	60	48	50	50
9	95	78	60	65	64	67	50	49	42
10	103	96	93	76	74	67	69	64	62
計	970	806	740	719	688	565	504	482	467
乗すべき倍数	1.000	1.203	1.311	1.349	1.410	1.717	1.726	2.012	2.077

第 20 表 保存温度 30~35°C

経過時間分 実験回数	0	30	60	90	120	150	180	210	240
1	112	114	93	81	76	69	71	67	65
2	109	109	97	80	73	72	69	66	64
3	114	115	99	80	78	64	65	56	55
4	116	108	99	87	76	72	68	58	53
5	119	106	94	82	82	72	63	61	60
6	96	91	71	65	59	39	39	32	30
7	93	88	64	61	55	45	36	37	36
8	101	84	66	57	49	43	35	37	35
9	96	85	69	53	52	43	42	35	33
10	99	97	65	54	55	38	35	38	34
計	1055	997	817	700	654	557	523	487	465
乗すべき倍数	1.000	1.059	1.291	1.507	1.614	1.894	2.017	2.166	2.269

此の結果得られた値を先に行つた単色光線照射実験に
加味して補正を行つた、第 21 表及び第 22 表の如
き値が得られる (第 10 図)。

集落発生数
 ———— 21 表に示す数
 ..... 22 表に示す数

第 10 図 単色光照射実験

一般に光線照射実験中は菌液保存温度 0°C としても
照射中温度上昇の影響が加わるため出来るだけ実験中
の外界温度と同一の保存温度の菌液を使用することと
した。本実験では 15~20°C の保存液による補正を行
つた。

以上行つた単色光線照射実験の結果により、波長
6,500 Å~5,900 Å 帯のほか、更に波長 4,500 Å~4,320
Å 帯の附近に於ても一つの弱いピークが認められる。
これ等の変化が有意のものと考えられるか否か、推計
学的に処理すると次の如く表わされる。即ち各波長区
分に於ける細菌集落数と対照の集落に対する関係を各
実験回数毎にみると、第 21 表に於ける「I」値は夫々、

第 21 表 (第 12 表 補 正 値)

角度目盛	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度 °C (湿度 %)
波長区 分 A	6,900	6,500	5,850	5,350	5,000	4,700	4,500	4,200		
実験回数	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	67	72.2	76.7	63.9	58.2	58.2	61.4	63.1	77	17~19 (88~89)
2	90	94.9	94.3	87.3	72.5	68.5	69.5	65.5	108	19~20 (80~80)
3	54	59.9	68.4	59.6	46.2	39.9	41.7	43.3	70	20~20 (89~90)
4	55	58.8	54.9	48.9	38.5	43.3	46.3	42.1	64	16~18.5 (92~93)
5	72	81.5	63.2	54.3	49.5	46.8	49.8	51.4	86	16.5~19 (87~87)
6	62	78.4	82.9	70.3	59.3	54.8	61.4	53.8	89	18~20 (89~90)
7	56	80.5	64.2	66.0	56.1	45.7	48.6	44.4	89	19~20 (80~81)
8	63	81.5	77.7	64.9	53.9	46.8	57.9	39.7	88	19~20 (89~90)
9	69	85.7	94.3	93.7	76.9	57.1	61.4	45.6	99	17~19.5 (88~89)
10	77	91.8	92.2	84.1	63.7	57.1	68.3	59.6	98	17~19.5 (90~91)
平 均 値	66.5	78.5	76.8	69.3	57.4	51.6	56.6	50.8	86.8	

第 22 表 (第 13 表 補 正 値)

角度目盛	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度 °C (湿度 %)
波長区 分 A	6,900	6,500	5,850	5,350	5,000	4,700	4,500	4,200		
実験回数	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	77	83.6	87.0	74.6	60.4	57.1	62.5	67.8	89	18~19 (88~89)
2	89	94.9	93.2	80.9	74.7	62.8	66.0	66.6	98	17~20 (80~80)
3	51	56.8	45.6	44.7	37.4	43.4	40.5	35.1	61	17.5~19.5 (85~81)
4	46	50.6	47.7	40.5	38.5	32.0	37.1	31.6	53	16~19 (79~85)
5	56	60.9	53.9	57.5	44.0	45.7	42.8	43.3	66	17~19 (89~89)
6	66	69.1	58.0	40.5	44.0	48.0	46.3	26.9	69	16~18.5 (94~89)
7	76	81.5	61.1	50.1	45.0	46.8	44.0	45.6	80	15~19 (88~89)
8	71	93.9	99.5	95.9	84.6	68.5	69.5	74.8	104	15.5~19.5 (94~89)
9	50	78.4	70.4	71.4	70.3	56.0	56.7	51.4	91	15~19 (88~89)
10	69	96.0	103.6	98.0	75.8	57.1	54.4	51.4	111	17~19.5 (94~89)
平 均 値	65.1	76.6	72.0	65.7	57.9	51.7	51.8	49.4	82.2	

7.728, 7.972, 3.896, 7.263, 14.444, 12.525, 11.401, 9.417 又第 22 表に於ては 3.466, 3.277, 4.989, 7.145, 11.585, 8.879, 7.893, 9.230 となり「 n 」値は何れの場合も 9. $P < 0.01$ の関係をもち、 t -Test の結果は何れの場合に於ても 1% 以下の危険率で有意の差があるものと認められる。

2. 均等エネルギー照射実験

単色光線照射実験により培養基上の細菌発育曲線にある特定な状態を生ずることを認めた。しかし以上の実験により、光線の与える影響が、エネルギーの差によるものであるか、又波長の変化によるものであるか、現れた結果から之等の判断を下すことは困難であ

る。

細菌受光面の光量が等しい場合尚その発育曲線にある特定の状態がみられるとすれば、明かに波長依存性の状況を肯定しうる。これらの関係を明かにするため、各波長帯に於けるエネルギーを均等にして照射実験を行うこととした。

a 均等エネルギー調節法

各波長に於ける輻射エネルギーを測定し、合せて等エネルギーを有する各波長の単色光線を得るためには入射スリットの巾を調節するのが便利である。

さきに第 4 図に示した白金ボロメーターの抵抗を測定し、次にヘフナー灯よりの光線を当て、抵抗の増加を測定しその増加量が平衡に達した時ボロメーターと輻射エネルギーとが平衡に達したものとして、エネルギーに対する白金の抵抗の増加率を求め、次にモノクロメーターの射出スリットの下にボロメーターを挿入し各波長に於ける輻射エネルギーを測定し、同時に照射実験に於ける各波長の輻射エネルギーを全部等しい大きさにする為、エネルギーを測定しながら入射スリットの幅を調節し、入射スリットの調節のみでエネルギーを規正するのが容易であることを認め、5,000 Å ~ 4,750 Å の波長帯に於けるエネルギーを規準にとつて、之よりエネルギーの少ない波長に於てはスリットの幅を拡げ、エネルギーの大なる波長に於てはスリットの幅を狭めて、均等化を図つた。スリットは 1/100 mm の単位で調節出来る様にしてあつて第 24 表の如く調節した時、エネルギー 109×10^{-6} watt/cm² で一定にする事が出来た。勿論スリット幅を拡げる事は²⁸⁾第 23 表に示す如くスペクトル純度に影響を及ぼす事は当然で、正確を期する為には、所謂回転セクター法で、光線を断続させる方法が優れているのであるが、此の場合一番エネルギーの低い波長を規準としなければならぬので、既述の理由より、スリット調節法を採用した。

第 23 表

相対的スリット巾	相対的明るさ	標準分解能に対する %で表わした分解能
0.0	0.00	100.0
0.5	0.51	99.7
1.0	1.00	98.6
1.5	1.47	96.8
2.0	1.90	94.3
2.5	2.33	91.1
3.0	2.62	87.2
4.0	3.15	78.0
5.0	3.45	67.5
7.0	3.67	50.7
9.0	3.73	39.5
12.0	3.79	31.1

次に標準エネルギー光源としての「ヘフナー灯」及びエネルギー均等化の為のスリット幅規正のデータを得るための映写用電球光について測定した結果、ボロメーターの感度は(標準エネルギーに就て)次表の如くであつた。

ヘフナー灯との距離	標準エネルギー密度	抵抗変化
100 cm	95×10^{-6} watt/cm ²	0.013 Ω
50 cm	380×10^{-6} watt/cm ²	0.052 Ω
22 cm	$1,900 \times 10^{-6}$ watt/cm ²	0.268 Ω

但し気温 25°C にてボロメーターの抵抗は 35.565 Ω であつた。此の結果感度は

100 cm に於て	73×10^{-3} watt/cm ² ohm
50 cm に於て	73×10^{-3} watt/cm ² ohm
22 cm に於て	71×10^{-3} watt/cm ² ohm
	72×10^{-3} watt/cm ² ohm

故に測定可能な最低抵抗値 0.001 ohm の変化に対してエネルギーは 72×10^{-6} watt/cm² となる。之に依り映写用電球光を測定すると、第 24 表の如き結果が得られる。

第 24 表 映写用電球のエネルギー分布

モノクロメーターの目盛	波 長	抵抗変化	幅 射 エネルギー	エネルギー均 等化の為のス リット巾調節
12.5	6,900~6,500 Å	0.035 Ω	256×10^{-6} watt/cm ²	0.17 mm
11.5	6,500~5,900 Å	0.027 Ω	197×10^{-6} watt/cm ²	0.22 mm
11.0	5,850~5,450 Å	0.025 Ω	181×10^{-6} watt/cm ²	0.24 mm
10.0	5,350~5,000 Å	0.022 Ω	160×10^{-6} watt/cm ²	0.27 mm
9.0	5,000~4,750 Å	0.015 Ω	109×10^{-6} watt/cm ²	0.40 mm
8.0	4,700~4,550 Å	0.013 Ω	95×10^{-6} watt/cm ²	0.46 mm
7.0	4,500~4,320 Å	0.010 Ω	73×10^{-6} watt/cm ²	0.60 mm
6.5	4,200~4,020 Å	0.005 Ω	36×10^{-6} watt/cm ²	1.20 mm

b 実験方法及びその成績

前項により得た成績を以て均等エネルギー照射実験

を行い、第 25 表、第 26 表（補正值）及び第 11 図 光線照射実験の場合と同じ条件である。
 の如き結果を得た。実験材料 照射時間等は全て単色

第 25 表 均等エネルギー照射実験

角度目盛 波長区分A 実験回数	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度℃ (湿度)%
	6,900	6,500	5,850	5,350	5,000	4,700	4,500	4,200		
	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	71	80	75	61	50	48	36	42	83	118~18 (88~88)
2	91	94	88	79	64	54	50	37	101	18~18 (81~81)
3	61	70	66	58	43	33	29	34	81	19~19 (81~81)
4	61	63	56	46	33	29	32	22	70	18~18 (89~89)
5	80	91	65	50	39	30	32	33	103	17.5~18 (88~89)
6	72	86	80	69	54	36	40	36	95	18~19 (89~94)
7	56	78	62	62	46	36	40	34	81	16~18.5 (94~89)
8	68	79	77	64	49	41	40	34	88	17~19.5 (94~89)
9	79	85	91	88	69	48	50	39	95	17~18 (88~89)
10	79	89	88	76	60	48	50	50	94	17~19 (94~89)
平 均 値	71.8	81.5	74.8	65.3	50.7	40.3	43.9	36.1	89.1	

第 26 表 前表補正值

角度目盛 波長区分A 実験回数	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度℃ (湿度)%
	6,900	6,500	5,850	5,350	5,000	4,900	4,500	4,200		
	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	71	82.6	77.7	65.0	55.0	54.8	41.7	49.1	83	18~18 (88~88)
2	91	97.0	91.2	84.1	70.3	61.7	57.9	43.3	101	18~18 (81~81)
3	61	72.2	68.4	61.8	47.3	37.7	33.6	39.7	81	19~19 (81~81)
4	61	65.0	58.0	49.0	36.3	33.1	37.1	25.7	70	18~18 (89~89)
5	80	93.9	67.3	53.3	42.9	34.3	37.1	38.6	103	17.5~18 (88~89)
6	72	88.8	82.9	73.5	59.3	41.1	46.3	42.1	95	18~19 (89~94)
7	56	80.5	64.2	66.0	50.6	41.1	46.3	39.7	81	16~18.5 (94~89)
8	68	81.5	79.8	68.2	53.9	46.8	46.3	39.7	88	17~19.5 (94~89)
9	79	87.7	94.3	93.7	75.8	54.8	57.9	45.6	95	17~18 (88~89)
10	79	91.8	91.2	80.9	65.9	54.8	57.9	58.5	94	17~19 (94~89)
平 均 値	71.8	84.0	77.5	69.6	55.7	46.0	46.2	42.2	89.1	

本表を推計学的にみると「 t 」値は夫々 9.524, 4.984, 3.751, 5.161, 9.869, 12.529, 14.150, 15.389 となり「 n 」は何れも 9。「 P 」 <0.001 となり 1% 以内の

危険率で有意の差を認められた。

3. 連続可視光線照射実験

単色光線照射実験により、培地上の細菌発育曲線に

第 11 図

ある特定の変化を認め更に各波長帯に於て照射エネルギーを均等にした場合に於ても略同様の結果を得た事より、培地上の細菌には明かに光に対する波長依存性を有することが証明せられたわけである。しかし之等単色光線照射実験の場合は、光の影響に加えて更に他の外的因子、例えば温、湿度の変化、時間的経過による发育変化等が強く働き、之等を補正するために実験結果の信頼性が著しく低下するものと考えなくてはならない。この為外的条件特に、温度、時間的ズレによる菌发育能力の変化等を除外した実験成績を得るため、連続可視光線照射実験を行うこととした。即ち単一培地上の細菌に同時に、同時間、連続波長の光を照射し、それにより起る发育变化を比較検討する方法である。

照射エネルギーに関係なく菌の发育にある一定の変化を認めるとすれば本実験により表わされる成績も又その菌の光源に対する发育曲线の特異性を示すものと考えられる。

a 実験方法

培地及び菌液の製法は単色光線照射の場合と同様である。試験菌として何れも赤痢菌D群を用いた。

予め準備したS.S寒天培地上に2.0cm×5.0cmの

矩形型枠を軽く圧印し、菌液—白金耳宛をとり、5mm間隔に10ヶ所に一列に之を接種し（枠内の略中央に）、更に之を特製のConradi棒を以て全枠内に充分平均に延す。本培地を先に述べた分光装置の暗室内射出スリットの直下に置き、培地上に圧印した枠と台上にきざまれた上図の如き目盛とを一致せしめ更に培地上に塗抹された菌群の中1.0cm×4.0cmの範囲を射出ス

リットよりの光線と重なる様に、即ち長辺4.0cmの方向をスペクトルの方向に採り、時間をみてスイッチを入れ30分間の照射を行つた。尚此の際表わされる波長区分は第12図の通りである。

第 12 図

b 実験成績

本実験を30回繰返し次に示す如き成績を得た。（第27表、第28表、第29表、第13図及び写真6）。

第 27 表

波長区分 実験回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A 4,020	対 照
1	36	38	36	35	34	33	34	34	34	41
2	39	41	44	43	38	31	33	32	45	
3	33	45	43	30	30	29	35	31	50	
4	33	41	42	32	29	28	30	31	44	
5	39	49	46	42	39	34	31	34	52	
6	35	36	35	31	31	27	32	26	41	
7	35	38	33	34	31	27	30	28	41	
8	35	43	36	34	34	30	30	32	46	
9	34	32	35	32	31	25	27	26	39	
10	38	43	39	33	33	30	36	29	45	
平均値	35.7	40.6	38.9	34.6	33.1	29.4	31.8	30.3	44.4	

第 28 表

波長区分 実験回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A 4,020	対 照
1	55	57	53	53	53	47	48	45	60	
2	59	64	56	53	52	50	46	43	66	
3	59	61	53	53	54	53	42	50	66	
4	56	57	53	52	51	52	50	41	63	

5	59	57	48	47	49	42	39	39	61
6	51	54	53	49	50	44	47	40	58
7	57	63	44	42	41	37	44	37	67
8	59	60	58	60	55	52	56	50	63
9	57	62	56	53	53	52	52	44	65
10	58	59	49	49	46	44	45	42	68
平均値	57.0	59.4	52.3	51.1	50.1	47.3	46.9	43.1	63.7

第 29 表

波長 区分	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対 照
実験 回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	4,020	
1	79	85	77	69	66	63	73	65	92	
2	76	82	73	73	72	63	54	54	85	
3	79	87	86	78	72	61	71	69	91	
4	74	80	63	61	56	62	56	51	88	
5	73	79	69	61	64	57	58	56	84	
6	70	69	66	59	54	52	54	47	73	
7	74	79	84	77	66	60	58	56	86	
8	72	79	80	71	66	66	69	60	86	
9	75	80	76	70	69	67	65	62	90	
10	70	77	74	65	64	60	59	64	81	
平均値	74.2	79.7	71.8	68.4	64.9	61.1	61.7	58.4	85.6	

之等を夫々 t -Test を実施すると下表の如く何れも
1%以内の危険率に於て有意の差を認めた。

第 27 表より

t	6.738	5.533	6.509	6.561	8.284	14.234	9.734	13.880

n	9	9	9	9	9	9	9	9
p	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

第 28 表より

t	8.502	3.722	17.487	6.516	6.844	8.332	13.140	12.738
n	9	9	9	9	9	9	9	9
p	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

第 29 表より

t	10.785	8.360	5.048	9.419	13.030	21.686	14.249	16.186
n	9	9	9	9	9	9	9	9
p	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

集落発生数 ———— 第 27 表に示す数
 ○———— 第 28 表に示す数
 △·········· 第 29 表に示す数

第 13 図 連続可視光線照射実験

写 真 6

(6~22)

(6~23)

VII. 考 按

常温に於ける可視光線域内の人工光線照射実験により培養基上の細菌発育は波長別に異なる変化を示す事が認められた。分散光を得るために特定の遮光障を用いず、プリズム分光器を応用し、光源の性質をその中間に於て著しく変異せしめていないため、実験結果として現れた細菌の発育変化曲線は、その光源に対し特異的なものと考えられる。又照射光線のエネルギーを各波長帯に於て均等化した場合にも尚同様の変化が認められた事より、細菌は明かに光に対し波長依存性を示すものである。しかし之等波長依存性の存在が何に原因するものかは明かでない。

従来殺菌作用は熱によつてのみ起るものと信じられていた。しかるに 1878 年 Arthur Downes & Thos. P. Blunt¹⁾による「細菌及びその他の有機体に対する光の影響」と題する研究の結果、光のスペクトルの中、化学線に主として殺菌作用のある事が認められて以来、これらの考え方が覆され、それ以後紫外線による殺菌効果に就ての研究が非常に進歩して来た。

1903 年 Bernard, Morgan¹⁾によつて此の方面の問題に手がつけられ、彼等は寒天の表面に細菌を接種しこれに炭素電弧のスペクトルを当て、或時間後これを孵卵せしめて、異つた波長の光によつて影響される変化をみた。

Henri によると殺菌作用は 2,000 Å の附近に於て強く 2,100~2,300 Å の輻射線に対しては急激に減少し、2,500~3,100 Å ではこの作用は更に少く、而して波長が長くなるにつれ漸進的に減少し、殺菌作用の限界は 3100 Å にあるという。其後 1917 年に Browning と Russ¹²⁾は Staphylococcus Pyogenes aureus で接種したゼラチン板を用いてタングステン電弧を作用せしめて同様の実験を行い、2960 Å より長波長のものは細菌に何らの影響も与えないが、これより短波長の部特に 2,540 Å と 2,800 Å は著しい殺菌作用を示すことを知つた。尚又彼等は細菌の散乱系を透してタングステンのスペクトルを写真にとり、2,970 Å より短い光は完全に吸収されてしまうことを見出した。

A.W. Hull¹³⁾によると、2,960~3,500 Å の紫外線は強く、且つ長くあてた時のみ細菌を殺すという。例えば強い太陽光線を水晶又はクルックス硝子(限界波長 3,500 Å)で遮つて、之を黄色ブドウ球菌にあてると 3 時間で死滅する。しかるに 3,600 Å 以下の紫外線を通さない青硝子で遮つた場合には 6 時間曝露しても尚これ等の細菌は死滅しない。即ち露出を短くするときの

限界波長は 2,960 Å、露出を長くするときの限界波長は 3,500 Å で、これは凡ての細菌に同一であると述べている。しかし 1924 年 Coblenz と Fulton²⁹⁾は大腸菌は 3,650 Å の水銀灯による光によつて 45~60 分で完全に死滅すると発表している。何れにしても之等の研究の結果から、3,600 Å 以上の長波長域に於ては、化学線による光の殺菌作用は無いものと考えられる。従つて可視光線域に於ける細菌発育の差即ち波長依存性の存在は光線の化学線による殺菌作用の変化によるものではなく、細菌自身の光吸収変化の差によるものと考えられる。

VIII. 結 語

1. 立型分光器を用いた人工光線照射実験により従来一般に可視光線域に於ては、長波長部より短波長部に及ぶに従つて漸進的に細菌発育の度が低下すると云われていたが、本実験の結果、赤痢菌 D 群に於ては短波長部の 4,500 Å~4,320 Å 前後の波長帯に於ても僅ながら細菌発育曲線上に一つのピークを認めた。

2. 各波長帯に於てエネルギーを均等化して照射実験を行つた場合にも、明かに波長別に異なる特異的な発育差を示した事により可視光線域に於て細菌の発育は波長依存性をもつものである。

文 献

- 1) 有賀 輝：光化学、(1942) (引用)
- 2) Frank, J. & Loomis : W. E (編) Iowa State College Press (1949)
- 3) 藤茂、伊沢、宮地 (訳)：光合成、(1956) (引用)
- 4) Lumry : Ann. Rev. Plant Physiol., 5, 271 (1954)
- 5) A.F. Hess and M. Weinstock : Journ. Amer. Med. Assoc., 80, 687 (1923)
- 6) Leonard Hill : Sunshine and Open Air, 95 (1925)
- 7) A.W. Hull : Gen. Elec. Rev., 28, 795 (1925)
- 8) H. Wiener : Klin. Wochenschr., 936 (1924)
- 9) L. Pincussen : Strahlen therapie, 18, 625 (1924)
- 10) E. Trytus : Klin. Wochenschr., 694 (1923)
- 11) Karzys Naswitis : Strahlentherapie, 14, 184 (1923)
- 12) A.F. Hess, M. Weinstock and E. Sherman : Journ. Amer. Med. Assoc., 88, 24 (1927)
- 13) T. Clyde McKenzie and A.A. King : Practical Ultraviolet Light Therapy, 68, (1926)
- 14) Arthur Downes and Thos. P. Blunt : Proc. Roy. Soc., London. B. 28, 488, (1878)
- 15) R. Weissner : Arch. f. Hyg., 81, 1 (1907)
- 16) M. Victor Henri : Comp. Rend. 135, 315 (1912)
- 17) C.H. Browning and S. Russ : Arc. Radiol. & Electrother., London, 23, 85, (1918)
- 18) W.T. Borie : Amer. Journ. Trop. Dis. & Prev. Med., 2, 506 (1914)
- 19) P. Cernorodeanu and Victor Henri : Comp. Rend, 135, 315 (1912)
- 20) Albert Eidinow : Brit. Med. Journ., II, 160 (1927)

- 21) 戸田忠雄：戸田新細菌学，(1953)
 22) 増山元三郎：少数例の纏め方と実験計画の立て方，
 (1949)
 23) 寺田一彦：推測統計法，(1958)
 24) 日本化学会編：化学便覧，(1958)
 25) Gerlach：Phys. Z., 14, 577 (1913)
 26) 中村清二：物理実験学，2 (1946)
 27) 内田洋一：標準スペクトル表，(1944)
 28) コールラウシュ：実験物理学，3，光学 (1956)
 29) W.W. Coblentz and H.R. Hulton：Bur. of Standards. Sci. Paper, Dec. 10, No. 495 (1924)

第二編 太陽光線照射実験

I. 緒 言

さきに第一編人工光線照射実験により一部細菌の発育に波長依存性の存在を認めたが，ここに新に生物が自然界に於て最もエネルギー源として利用して居る太陽光線を光源として同様の実験を繰返した。

II. 実験装置及び実験方法

光源として太陽光線を利用する外は，分光装置は第一編に於て用いた立型分光器をそのまま応用した。しかし此の際，光源としての太陽は常にその位置を移動しているため，これを一定の方向から実験装置内に投射せしめるためには，別に集光方法を考えなくてはならない。この為天文学上に用いられるサイデロスタット Siderostat の原理を応用した。

太陽光線の研究は普通シーロスタット¹⁾ Coelostat を用いる。即ち二面の平面鏡を使用してその一つを時計仕掛で動かし像を常に垂直に下方に送る装置である。二面の鏡を使うとその焦点に於ける太陽の像が時間の経過につれて向きを換えないが，一面のみのものでは一面の像が廻転してくる。但し短時間のものでは一面のものでもよい。本実験では光線照射時間が比較的短いため出来る限りその集光方法は簡易な方法をとることとした。即ち人工光線照射実験に用いた分光器

の光源，反射鏡及び集光レンズの部分を取除き，この部に相当して平面反射鏡を附着した時計を装置し，これはその角度も任意に変化せしめ得る様にした。尚この反射をうける凹面鏡の焦点距離は 50 cm である。又実験地²⁾ (北緯 35°05'32"，東経 138°52'01") の関係で反射鏡の面は常に水平面に対し 35 度になる様にし，且つ装置の正方向が北極に向く様に固定した。

又太陽光線が平面鏡及び凹面鏡により反射されて入射スリットに入る場合，時間の経過により太陽の位置が約 30 度上昇したとすると，この位置よりの光が反射されて再び入射スリットに入るためには第 2 図に示す如く，平面鏡は 15 度廻転すればよい。即ち平面反射鏡に附随する時計は 48 時間一廻転の如く発条を調節すればよい。

第 1 図

III. 太陽光線照射実験

太陽光線のエネルギーは常に変動激しいものである。照射実験中このエネルギーを絶えず均等に保つ事は極めて困難であるが，単色光線照射実験に際しては，出来る限り同一の条件下にある様に考慮する必要がある。この為照射実験は入射光量が最大でしかも長時間安定し易い夏季日中の正午前後の時間を選ぶこととした³⁾ (第 2 図)。

写真 1 (Siderostat)

第2図 水平面全天輻射強度 (東京地方)

1. 均等エネルギー単色光線照射実験

a エネルギー測定

第一編人工光線照射実験の第VI章第2節に於て行つた方法により太陽光線のエネルギー分布を測定し、更に均等エネルギーを求めるためのスリット調節を各波長帯について行つた。之等の測定値は第1表に示す通りである。

第1表 Monochrometer を通過した太陽光線のエネルギー分布

モノクロメーターの目盛	波 長	抵抗変化	輻射エネルギー	エネルギー均等化の為のスリット巾調節
12.5	$\text{\AA}$ 6,900~6,500	Ω 0.054	watt/cm^2 398×10^{-8}	mm 0.39

11.5	6,500~5,900	0.057	415×10^{-8}	0.37
11.0	5,850~5,450	0.061	446×10^{-8}	0.34
10.0	5,350~5,000	0.065	473×10^{-8}	0.33
9.0	5,000~4,750	0.053	387×10^{-8}	0.40
8.0	4,700~4,500	0.032	234×10^{-8}	0.66
7.0	4,500~4,320	0.016	116×10^{-8}	1.33
6.5	4,200~4,020	0.003	22×10^{-8}	7.00

b 実験成績

実験材料、実験方法及び補正值の表わし方等は全て人工光線照射の場合と同様である。

(第2表、第3表)

第 2 表

角度目盛 波長区分 Å	12.5 6,900	11.5 6,500	11.0 5,850	10.0 5,350	9.0 5,000	8.0 4700	7.0 4,500	6.5 4,200	対 照	実験中の 温度 C° (温度) %
実験回数	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	104	107	59	47	44	40	38	30	115	30~30 (62~64)
2	83	89	90	40	34	24	22	17	117	30~30 (64~62)
3	89	91	77	54	40	24	19	14	104	30~31 (62~63)
4	80	88	70	55	38	24	20	16	100	31~33 (63~62)
5	77	79	77	54	33	20	15	10	99	34~35 (62~64)
6	76	76	67	41	30	26	24	11	87	34~35 (63~64)
7	79	83	81	51	36	20	17	8	96	30~31 (64~64)
8	77	79	78	58	40	31	22	15	95	31~34 (64~62)
9	99	101	92	59	43	30	21	11	119	31~35 (64~61)
10	80	81	69	51	33	28	21	14	97	32~34 (63~63)
平均値	84.4	87.4	76.0	51.0	37.1	26.7	21.9	14.6	102.9	

第3表 第2表の補正值

角度目盛 波長区分A 実験回数	12.5	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.5	対 照	実験中の 温度 °C (温度) %
	6,900	6,500	5,850	5,350	5,000	4,700	4,500	4,200		
	6,500	5,900	5,450	5,000	4,750	4,550	4,320	4,020		
1	104	113.3	76.2	70.8	71.0	75.8	76.6	64.0	115	30~30 (62~64)
2	83	94.4	116.2	60.3	55.9	45.5	44.4	36.8	117	34~34 (64~62)
3	89	97.4	99.4	81.4	64.6	45.5	38.3	30.3	104	30~31 (62~63)
4	80	93.2	90.4	82.9	61.3	45.5	40.3	34.7	100	31~33 (63~64)
5	77	81.8	99.4	81.4	53.3	37.9	30.3	21.7	99	34~35 (62~64)
6	76	80.5	86.5	61.8	48.4	49.2	48.4	23.8	87	34~35 (63~64)
7	79	87.9	104.6	76.9	58.1	37.9	31.3	17.3	96	30~31 (64~64)
8	77	81.8	100.7	87.6	64.6	57.7	44.4	32.6	95	31~34 (61~62)
9	99	107.0	118.8	88.9	69.4	56.8	42.4	23.8	119	31~35 (64~61)
10	80	85.8	89.1	76.9	53.3	53.0	42.4	30.3	97	32~34 (63~63)
平 均 値	84.4	92.3	98.1	76.9	60.0	50.6	44.2	31.5	102.9	

本実験の結果を推計学的にみると、角度目盛 11.0 の列に於て t -Test の結果 $t=1.1534$, $0.2 < P < 0.3$ となり、相当高度の危険率を伴うが他の部分に於ては何れも 1% 以下の危険率に於て有意の差があるものと認められた。

2. 連続可視光線照射実験

第一編人工光線照射実験第Ⅶ章第3節に述べた理由により、太陽光線の場合も連続可視光線照射実験を行った。

a 実験方法

本実験では菌の種類による反応の差異をみるため赤痢菌D-群の外、赤痢菌B-群、ブドウ球菌、四連球菌、Candida Albicans, Candida P-Krusei に就ても同様の照射実験を試みた。

培地は赤痢菌群にはS.S寒天培地、ブドウ球菌及び四連球菌にはスタフィロコッカス培地(栄研 110)、又糸状菌には Sabouraud 培地を夫々用いた。試験菌稀釈法は各一白金耳の菌を夫々 5.0 cc の生理的食塩水に溶解し、この稀釈液より 10 白金耳の菌液をとり、各培地上の一定枠内に接種し、後に之を充分枠内に延す。

b 実験成績

各菌共に夫々 30 分間の連続照射を行い、次の如き成績を得た(第4表、第5表、第6表、第7表、第8表、第9表及び第3,4,5図)。

第4表 赤痢菌B群

波長 区分 実験 回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対 照
1	86	88	86	74	61	56	52	47	47	91
2	86	97	89	62	52	47	46	46	46	99
3	79	89	82	60	58	50	46	44	44	96
4	62	64	53	41	36	32	40	38	38	68
5	61	74	59	50	37	30	34	28	28	83
6	78	76	74	61	56	54	59	53	53	81
7	77	91	64	53	50	46	48	43	43	105
8	79	80	82	64	56	52	55	56	56	88
9	72	74	68	63	58	53	50	48	48	86
10	83	89	75	68	60	55	54	48	48	92
平均値	76.3	82.2	73.2	59.6	52.4	47.5	48.4	45.1	45.1	88.9

第5表 赤痢菌D群

波長 区分 実験 回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対 照
1	46	54	58	47	43	32	30	28	28	60
2	69	68	69	65	58	41	40	43	43	77
3	86	81	80	74	61	46	49	47	47	90
4	48	58	48	43	36	34	36	36	36	63
5	38	56	41	36	32	27	33	26	26	62
6	56	64	55	41	36	34	34	29	29	79
7	41	45	45	36	35	33	35	35	35	55
8	39	43	41	43	39	33	33	28	28	60

9	66	68	58	54	50	43	50	46	72
10	57	59	58	55	46	51	50	41	67
平均値	54.6	57.9	55.3	49.4	43.6	37.4	39.0	35.9	68.5

第6表 ブドウ球菌

波長区分	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対照
実験回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	4,020	4,020
1	48	48	47	45	48	49	51	48	58	58
2	54	58	56	56	57	56	54	56	65	65
3	48	52	48	48	52	47	52	48	61	61
4	54	53	54	52	52	53	55	54	61	61
5	54	52	54	54	56	58	54	53	63	63
6	55	58	54	50	52	52	50	48	60	60
7	56	54	54	57	55	52	50	52	71	71
8	51	56	52	54	53	54	52	49	68	68
9	58	56	53	54	59	57	54	56	68	68
10	59	57	54	55	56	53	53	49	73	73
平均値	53.7	54.4	52.6	52.4	54.0	53.1	52.5	51.3	64.8	64.8

第7表 四連球菌

波長区分	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対照
実験回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	4,020	4,020
1	58	55	52	46	51	43	42	43	60	60
2	57	56	57	58	57	58	57	58	61	61
3	60	58	58	61	56	54	56	53	63	63
4	65	70	66	64	65	66	65	66	74	74
5	56	54	58	57	59	57	55	55	61	61
6	53	55	54	52	50	50	51	49	58	58
7	62	64	63	59	56	58	57	56	70	70
8	58	61	61	62	64	64	65	64	67	67
9	57	57	57	56	57	58	58	58	60	60
10	54	57	58	57	56	55	56	54	61	61
平均値	58.0	58.7	58.4	55.2	55.3	54.3	54.2	53.6	63.5	63.5

第8表 Candida Albicans

波長区分	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対照
実験回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	4,020	4,020
1	67	89	82	78	73	70	58	56	99	99
2	88	103	76	64	55	59	62	51	111	111
3	84	82	84	79	75	67	65	60	93	93
4	69	85	79	76	75	65	69	65	87	87
5	87	84	89	58	55	46	53	45	91	91
6	77	88	71	54	48	44	47	38	92	92
7	78	83	89	80	80	71	68	63	106	106
8	93	101	99	73	73	58	50	51	119	119
9	64	77	70	68	53	45	48	46	88	88
10	77	83	73	50	45	38	32	30	90	90
平均値	78.4	87.5	81.2	68.0	63.2	56.3	55.2	50.5	97.6	97.6

第9表 Candida P-Krusei

波長区分	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	A	対照
実験回数	6,900	6,400	5,700	5,200	4,900	4,600	4,350	4,170	4,020	4,020
1	64	84	78	79	64	47	45	35	90	90
2	58	64	63	68	65	57	50	50	69	69
3	56	54	51	52	41	33	36	29	63	63
4	75	75	83	77	57	59	51	46	92	92
5	44	48	44	40	34	30	28	27	53	53
6	63	65	62	46	44	34	39	32	71	71
7	57	59	50	45	42	35	43	26	73	73
8	53	56	49	44	41	38	40	29	66	66
9	51	58	44	34	33	24	29	25	63	63
10	56	72	63	58	55	52	54	45	81	81
平均値	57.7	63.5	58.7	54.3	47.2	40.9	41.5	34.4	72.1	72.1

集落発生数 赤痢菌 B群 赤痢菌 D群

第3図

集落発生数

ブドウ球菌 四連球菌

第4図

以上の結果を更に推計学的に検討し、赤痢菌群及び糸状菌は何れも t -Test により 1% 以下の危険率に於て有意の差を認めた。しかしブドウ球菌及び四連球菌の場合は下図の通り 1% 以下の危険率に於て有意の差

第 5 図

を認めなかつた。

ブドウ球菌

t	9.506	7.555	8.677	13.043	8.690	8.161	7.852	8.049
n	9	9	9	9	9	9	9	9
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

四連球菌

t	6.710	11.578	7.978	5.014	5.338	4.862	4.632	5.137
n	9	9	9	9	9	9	9	9
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

IV. 考 按

以上の実験結果により、太陽光線照射の際にも細菌の波長依存性は明かに認められた。

第一編に於て述べた如く可視光線波長域では本来化学線としての光の殺菌作用は存在しない筈である。一般に生物に対する光の影響は、反射、吸収、透過の3現象によつてみられる。中でも長波長の光は生物にとつて透過しやすく短波長の光は吸収されやすい。このため吸収現象は生物にとり最も重要な現象と考えられよう。

従来光化学的变化に関する一般法則は、化学の方面からも又物理的見地からも研究されて来た。1817年に Grotthus¹⁾ は「物質によつて吸収された輻射線のみが其の物質に光化学反応を起し得る」という事を発表し、又之に関連して 1841 年 Draper²⁾ は光化学反応はそれにあづかる物質が化学線を吸収するために起るものであると述べている。而してこれら Grotthus-Draper の理論は又光の波長は反応の機作に關係し、光の強さは反応の速度に關係していることを明らかにしている。

光化学反応は光の吸収によつて起るとしても吸収した光は必ずしも化学変化を伴うものではない。即ち光が吸収される場合に一つは熱吸収として輻射エネルギーが熱変化となり、他は光化学吸収で光のエネルギーが化学変化を起すものである。しかし光化学効果と吸収せられた種々の波長の光の量との間には少くとも近似的の比例關係があると言う事は、H. Henri 及び Wurmser³⁾ の研究で明かである。即ち彼等によると、種々の色素を浸したコロジオン膜を硝子板の上に作り、色々の波長の光線に作用せしめ、吸収されたエネルギーの量をスペクトル光度計で測定し、脱色の速度を比較検討した。その結果大部分の物質について光化学効果と吸収されたエネルギーの量との間には密接な關係のあることを認めている。

しかし之等の關係は光の吸収体が生物である場合にはより一層複雑となり、その機作は同化作用の問題を除いては殆ど解明されていない。

1884 年 Reinke⁴⁾ はプリズム装置を用いて植物の同化作用に就て実験を行つた。即ちプリズムによつて得た光のスペクトルの一部を遮つて所要部分のみを植物に作用せしめた。この実験によると太陽光線のスペクトルの中長波長に属する半分は短波長のそれに比較して著しく大きな影響をもち、特にその中でもフラウンホーフェル線 B と C の間にある部分が最も有効に作用すると云う。しかし短波長半分に於ける作用については、各研究者によつてその成績が一致していない。Reinke 始め一部の者によると、同化作用の強さを示す曲線は、長波長部より短波長部に移るにつれて連続的に低下の傾向を示すと云う。しかし 1894 年 Engelmann 及びその他のバクテリア試法 (Bakterien Methode) を利用し、細長い緑藻類と好気性細菌 (Bak. Vulgare) とを載物硝子と被物硝子との間に入れ顕微鏡分光器を以て分光せしめて得た太陽光線スペクトルを顕微鏡下より之に照射させて、細菌が何れの波長帯

日光スペクトルの位置により同化作用の程度が変化する有様を示す曲線(実線)と日光が葉に吸収される程度の変化を示す曲線(点線)との対比 (Engelmann 氏原図)

第 6 図

の部に集るかを見る方法によつて研究した結果によると、フラウンホーフェル線Fの附近に第2の強作用部があるという(第6図)。

従来の研究によると、同化作用に最も有効に働く部分が葉緑素又は葉緑体によつて最も強く吸収せられる長波長部にあると云う事は、同化作用と光線の性質即ち波長との間に特殊の関係がある様と考えられるが、或種の波長の光線がよく吸収されるという事と、同化作用の行われる事とは必ずしも不可分のものではなく、吸収帯を表わさない部分の光線でもよく同化作用に働く事があるのはよく知られているところである。即ち吸収エネルギーが必ずしも又同化作用量と平行するものでもない。

最近⁹⁾の光合成に関する新しい知見によると之等の関係は更に複雑化している。光による化学変化(重合、異性化、分解及び合成など)に関する実験によると同一条件の光が生物体に投射された場合、その反応は同じ様にゆくものではない。例えばある生物が光の影響を受けると云う事はその生物体のある部分で光エネルギーを吸収した事を示すものであるが、この吸収はその生物体の光感覚細胞の部で行うものと、それ以外の部で行われるものとが考えられる。而して前者の場合には吸収された光エネルギーそのものは少くとも、それが他の刺激として変化する場合には、他の一般細胞に与える影響が非常に大きくなるものである。これに反して後者では、光を吸収してそれ自身で光を利用する場合は吸収した光の量に相当するだけの仕事しか行われないものである。これら光に関する暗反応又は明反応の理論は光の影響をうける全ての生物体にあてはまるものであろう。

可視光線域に於ける光の細菌に及ぼす影響、特に波長依存性存在の問題は結局細菌の波長別光吸収の差及

びそれによつて起る反応の変化の差異によるもので、これは種々の細菌によつて特異的のものであろう。細菌の光吸収の量的変化の問題は尚別の方法を以て研究の要があるものと考えられる。

V. 結 語

1. 太陽光線照射実験の結果、エネルギーの分布は細菌培養基の受光面に於て波長 5,350 Å~5,000 Åの部に、又第1編に用いた人工光線照射の場合は波長 6,900 Å~6,500 Åの部に夫々その極大値がある。しかるに細菌発育曲線は之等エネルギー分布曲線とは常に平行しない。実験に用いた赤痢菌属、糸状菌等は明かに波長依存性の存在を示す。

2. 赤痢菌及び糸状菌等の発育曲線は長波長部より短波長部に向い漸進的に下降曲線を描くものでなく、短波長部に於て僅ながら一つの弱いピークを認める。

3. 試験菌として使用した赤痢菌B群、D群、*Candida Albicans*及び*Candida P-Krusei*菌は明かに波長依存性を示すがブドウ球菌及び四連球菌ではその特異性が本実験に於ては明かには表われない。

拙筆に当り恩師山中太郎教授、斎藤達雄教授の御指導、御校閲に深く感謝し、併せて推計学上の御教示を受けた本学衛生学教室柚木助教授、種々の助言を得た当教室加藤講師、外教室員各位並びに実験器具の製作及び光学的諸検査に尽力を願つた理学士長連英氏等に厚く謝意を表します。

文 献

- 1) 萩原雄祐：天文学総論、上巻
- 2) 沼津東高等学校編：気象日別平均表(1949~1952)
- 3) 押田勇雄：太陽エネルギー、(1958)
- 4) Theodor Von Grotthus: *Gelbert Annalen der Physik.*, 61, 50 (1918)
- 5) Draper: *Phil. Mag.*, 23, 388 (1843)
- 6) 有賀 輝：光化学、(1942) (引用)
- 7) 額満理一郎：生理植物学、(1931) (引用)
- 8) 本川弘一、奥貫一男、富田軍二編：最新一般生理学、(1956)