

# 農耕地における 太陽エネルギーの流れ(1)

農業技術研究所気象科  
物理第一研究室長

内嶋喜兵衛

## 1. 耕地へ到達する太陽エネルギー

農業生産は緑色植物の偉大な力をかりて、太陽エネルギーを人類の利用可能な形態にかえる産業である。それゆえ、耕地上に到達する太陽エネルギー量は、農業生産のポテンシャルを決めている資源である。太陽は地球から約1.5億kmの距離にあって、絶間なく光エネルギーを宇宙空間に放出している。地球では、大気の外側で測定した太陽エネルギーの強さは $1.98\text{cal/cm}^2\text{min}$  ( $=1380\text{W/m}^2$ )である。

地球は球形をしており、かつ自転をしているので、地球表面の受取る太陽エネルギー量は、上の値より、かなりすくない。大気の外側では年間 $250\text{kcal/cm}^2$ であるが、大気中の微粒子などの吸収や散乱によって減衰し、地球表面ではその約半分の $126\text{kcal/cm}^2$ になってしまう。これは地球平均値であって、モンスーン気候帯にあるわが国では、これよりすくない。

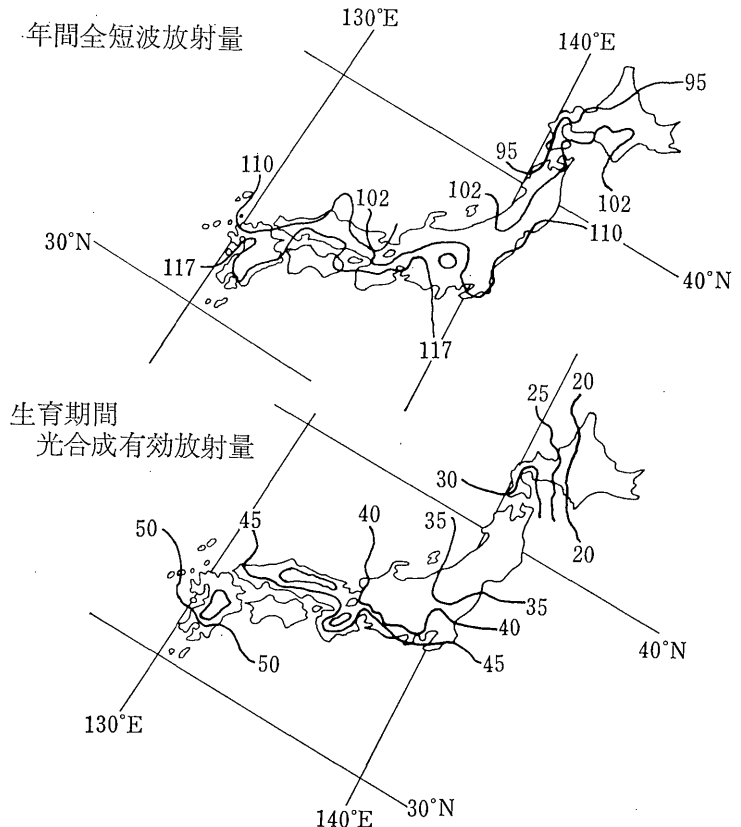
最近の資料から作成した、我が国における太陽エネルギー量の分布が第1図に示されている。上は年間の太陽エネルギー量全体を表わしている。北海道地域の $90\text{kcal}$ 台から、九州南部一帯の $120\text{kcal}$ まで変化していて、割合に変化の幅の小さいことがわかる。太陽表面の温度は約 $6,000\text{K}$ であるので、そのエネルギーは $0.3\mu$ から $3.0\mu$ の範囲に含まれている。

そしてエネルギー密度の最も強いのは、波長 $0.5\mu$ の付近にある。植物の光合成活動の行われる葉緑素は $0.4\sim 0.7\mu$ の範囲で、よく太陽エネルギーを吸収し、光合成に利用する。それゆえ、この範囲の太陽エネルギー量は、光合成有効放射量とよばれ、農・林業などの基礎的資源として非常に大切である。

現在まで、光合成有効放射に関する測定はほとんどなされていない。最近、農林水産省傘下の研究機関で全国的観測網が作られ、測定がはじまった。

諸外国で求められた経験式を用いて、多くの植物の活動期間と思われる、日平均気温 $10^\circ\text{C}$ 以上の期間について積算した光合成有効放射量の分布が、第1図下段に示されている。これで見ると、九州南部は北海道東部の約2.5倍も光合成有効放射量を受けている。これは九州の方が植物生産力のポテンシャルな値の高いことを示している。このような違いは、主として日平均気温 $10^\circ\text{C}$ 以上の期間の長短に関係している。

図1 わが国における太陽エネルギーの分布

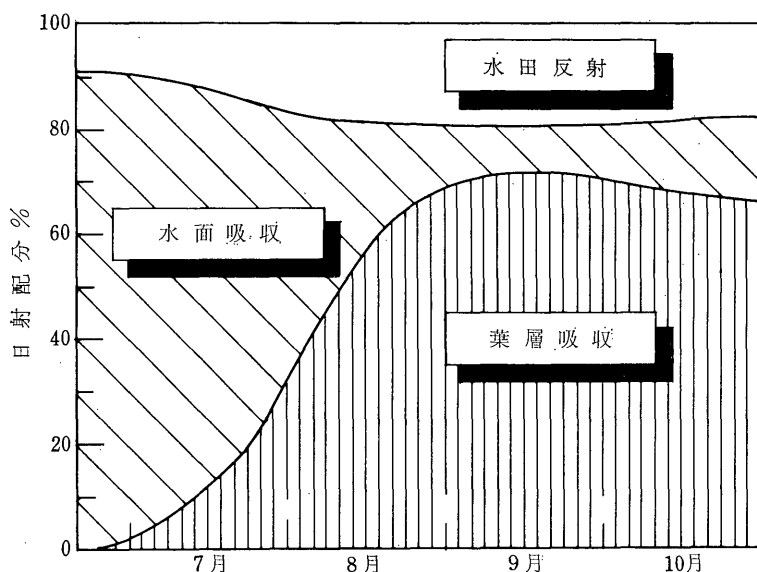


## 2. 耕地に到達した太陽エネルギーの配分

耕地に達した太陽エネルギーは、すべて吸収されるのではなく、かなりの部分が反射されて空中へもどったり、作物の葉群を通り抜けて地面・水面で吸収されたりする。葉群の吸収したエネルギーも、ほとんどが水の蒸散の熱源として使用され、光合成活動で植物体内に固定されるのは極くわずかである。

いま、水田を例にして、反射されたり、葉層に吸収されたりする割合が、イネの生育でどう変化するかを示すと、第2図のようになる。

図2 イネの生育における反射、葉分への吸収量



田植直後は、葉層による吸収はゼロとおくことが出来、反射される部分が10%、水層に吸収されて水地温の上昇や蒸発熱源に使用されるのが90%。葉が茂ってくると、70%が葉に吸収され、透過するのが10%、反射される部分が20%となる。水面の方がより多く反射するように思われるが、緑葉は意外と多くの太陽エネルギーを反射する。いま、圃場・草地・林地の太陽エネルギーの反射率を要約すると、第1表のようになる。

新雪面は5~20%を吸収するだけで、殆んど総ての太陽エネルギーを反射してしまふ。積雪があると、太陽が輝いていても気温が上昇しないのは、高い反射率のため切角の太陽エネルギーが空中へ逃げてしまうためである

裸地状態の時は、反射率の値は土壌水分の多少によって大きく影響され、乾燥状態時には大きくなる。作物や森林では、細い葉が鉛直方向に近く配置されていると、反射率は小さくなる。これは奥へ入った太陽光が、葉群内に閉じこめられて外部へ出難くなるためである。逆に、広い葉が水平に配置されていると、反射率はそうで

第1表 種々な面の太陽エネルギー反射率

面の種類	反射率・%	面の種類	反射率・%
雪面(新雪)	80~95	水田	17~22
黒土(乾)	14	コムギ畑	10~25
黒土(湿)	8	バレイショ畑	19~27
壇土(乾)	23	ビート畑	18~25
壇土(湿)	16	針葉樹林	10~15
白黄砂	34~40	広葉樹林	15~20

ない場合に比較して、高い傾向が見られる。

葉層・水層・地面に吸収された太陽エネルギーは、葉温や水・地温の上昇、水の蒸発の熱源と光合成に利用されているが、各々の項の間には、エネルギー保存の関係が成立している。これを式で表わすと次のようになる。

$$\text{吸収太陽エネルギー} = \text{蒸発熱源} + \text{空中放熱} + \text{水・地温上昇} + \text{葉温上昇} + \text{熱線放熱} + \text{光合成固定}$$

上式右辺の各項は、一般に次のような大きさの順になる：蒸発放熱 > 水・地温上昇 > 熱線放熱 > 光合成固定 > 葉温上昇。それゆえ最後の2項は省略することが多く、上の関係は耕地の熱収支式とよばれ、耕地微気象研究の出発点となる。多くの気象観測データから、耕地の熱収支の実状が明らかにされているが、その1例を示すと第2表のようになる。根圏層内に水分の十分ある水田と灌漑

コムギ畑では、吸収した太陽エネルギー量(正確には、吸収太陽エネルギー量-熱線放熱)の70~80%が、蒸散と蒸発による水放出の熱源として使用されていて、残りの20~30%が空中放熱と水・地温上昇に向けられている。

第2表 耕地の熱吸収(%)

耕地	項	蒸発熱源	空中放熱	水地温上昇	ボーエン比
水田		81.3	18.7	—	0.23
灌漑コムギ畑		70.9	19.1	10.0	0.27
非灌漑コムギ畑		45.1	42.4	12.5	0.94

土壌水分の不足気味の非灌漑コムギ畑では、蒸発熱源と空中放熱がほぼ等しくなる。このことは、同量の熱を、空中へ逃すのに大きな温度差を必要として、必然的にコムギ畑の温度が高くなりすぎることを示している。第2表に示されているボーエン比は、蒸発熱源に対する空中放熱の比であって、作物生産が円滑になされるには、これが0.1~0.3の範囲にあることが必要である。

(以下次号)