

太陽熱を利用したクリーンエネルギーの開発に関する基礎実験

長崎大学工学部 正 員 杉山 和一
長崎大学工学部 正 員 後藤恵之輔
長崎大学工学部 学生員 ○伊川 雅信
長崎大学工学部 正 員 松尾 洋一

1. はじめに

近年、地球上の化石燃料は次第に減少し、さらに、地球規模の環境問題も深刻になっている。このため、従来の化石燃料に変わる低公害で有用な新しいエネルギーの開発が強く求められている。こうした観点から本研究ではクリーンでかつ無尽蔵な太陽エネルギーに着目し、その新たな利用について検討する。現在までに太陽電池やソーラーハウス、太陽熱温水器などの太陽光、太陽熱を利用した技術が開発され、すでに実用化されている。これに対し、本研究では太陽によって高温に暖められた舗装や地中浅部における熱の利用を念頭に、模型を用いて舗装および地中浅部の温度分布を計測した。

表-1 実験材料及び測定位置

		アスファルト	コンクリート		土+砂
	成分	密粒土7337	160-8-40		重浦砂+赤土
一層	厚さ	5 cm	5cm	10cm	50 cm
	成分	粒間碎石	切込碎石		---
二層	厚さ	4.5 cm	45cm	40cm	---
	測定位置からの深さ	0.2, 5, 10, 25cm	0.2, 5, 10, 25cm	0.5, 10, 15, 25cm	0.2, 5, 10, 25cm

2. 実験内容と結果

表-1に示すアスファルト舗装、コンクリート舗装、土砂の3種類、4基の実験装置を製作し、表面と内部の温度を熱伝対・データロガおよび放射温度計を用いて24時間連続して測定した。また、日射量と外気温の測定も同時に行った。なお、この観測は、1993年11月から12月にかけて計4回実施した。観測した各深度における平均温度を表-2に総括する。表を参照すれば、アスファルト舗装が表面、内部温度とも全般に高く、太陽熱の影響を最も受けやすいことが明らかである。また、表面から-25cmの深度における平均温度がほぼ同様な値を示すことから、表層の状態の違いによる影響が概ね-25cmまでしか及ばないことが推察される。

表-2 観測平均温度一覧

供試体	実験1	実験2	実験3	実験4	平均	
(cm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
As	0	20.8	11.8	13.3	7.9	13.5
	-2	22.0	12.1	14.7	8.7	14.4
	-5	21.9	11.6	14.7	9.0	14.3
	-10	21.6	11.5	15.0	9.2	14.3
	-25	21.3	11.0	15.4	9.5	14.3
	-25	18.6	10.6	12.1	6.1	11.9
Con 厚5cm	0	19.0	10.8	12.9	7.3	12.5
	-2	19.3	10.6	13.2	7.4	12.7
	-5	19.7	10.3	13.9	8.3	13.1
	-10	20.3	10.1	14.7	9.3	13.6
	-25	18.5	10.8	12.2	6.4	12.0
	-25	19.2	10.6	13.1	6.7	12.4
Con 厚10cm	0	19.4	10.2	13.8	7.3	12.7
	-2	19.6	9.9	14.5	8.1	13.0
	-5	19.8	9.5	14.9	8.6	13.2
	-10	19.0	10.8	13.1	7.0	12.5
	-25	20.0	10.9	13.4	7.1	12.8
	-25	20.2	10.7	13.9	8.0	13.2
土+砂	0	20.0	10.8	13.7	7.5	13.0
	-2	20.2	10.7	13.9	8.0	13.2
	-5	20.9	10.7	14.7	9.3	13.9
	-10	18.5	11.7	13.4	7.3	12.7
	-25	117.5	45.3	68.8	107.6	84.8
	外気温度(°C)	18.5	11.7	13.4	7.3	12.7
日射量 (W/m ²)	117.5	45.3	68.8	107.6	84.8	

表-3 理論値定数一覧 2), 3)

	密度 (kg/m ³)	比熱c (kcal/kg°C)	熱伝導率λ (kcal/mh°C)
アスファルト	2,100	0.50	0.60
コンクリート	2,300	0.27	1.10
土+砂	1,500	0.20	0.24
碎石	2,270	0.21	1.62

3. 観測値と2層理論式との比較

観測値の表面温度を境界条件として与え、熱伝導方程式¹⁾により、舗装内部および地中浅部における温度分布の理論値を算出した。ここに、表面温度の振幅は(最高温度-最低温度)/2とし、理論値の算出に用いた各材料の密度、比熱、熱伝導率は表-3のとおりである。観測したアスファルト舗装内部の温度分布を図-1に、その理論値を図-2に示す。図-1、図-2から、観測値が理論値よりも全般に高いことが明らかである。しかしながら、各測定点における振幅を比較すれば(観測値)/(理論値)≒0.8とほぼ同率であることから、理論値の算出に用いた各材料の密度、比熱、熱伝導率を厳密に検討することにより、観測値と理論値の差を縮めることが可能であると考えられる。なお、今回の解析には、両者の位相の違いについては考慮していない。

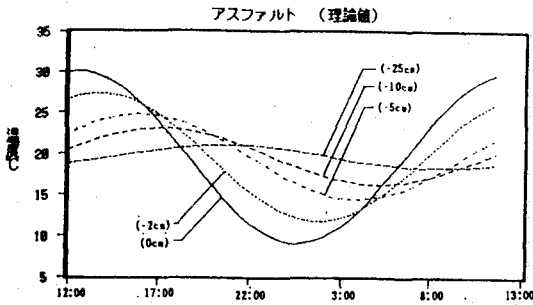


図-1 舗装内部の温度分布（観測値）

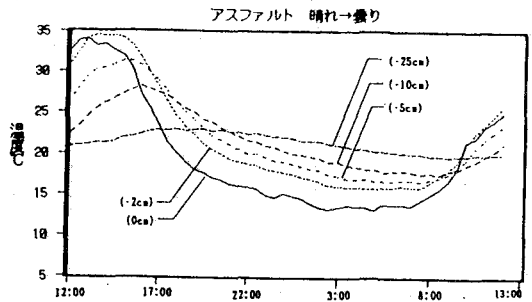


図-2 舗装内部の温度分布（理論値）

4. 日射量に対する表面温度と外気温度の関係

図-3にアスファルト舗装表面温度 T_1 と外気温度 T_2 との関係を示す。図によれば、日中の最高気温付近で顕熱や潜熱による影響が観られるものの、 T_1 と T_2 がほぼ比例関係にあることが明らかである。この結果を踏まえ、日射量 R が表面温度と外気温度の差 $T_1 - T_2$ に及ぼす影響を検討するために、図-4を描いた。図-4により、日射量の大きさが表面温度と外気温度の差に大きく影響を及ぼすことが分かる。しかしながら、両者の相関はあまり高いとは言えず、天候、風速、湿度などの気象条件が複雑に絡んでいることが予想される。

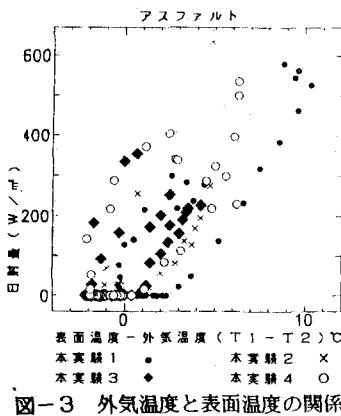


図-3 外気温度と表面温度の関係

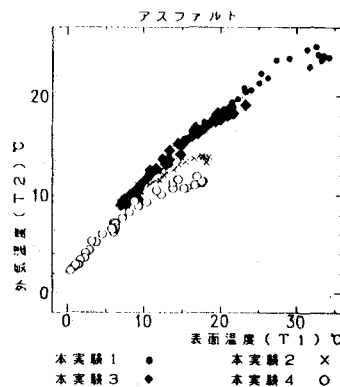


図-4 日射量に対する表面温度及び外気温度の関係

5. まとめ

本研究では、まず舗装内部や地中浅部における温度分布を観測し、理論値との比較を行った。その結果、理論値を算出するために必要な各材料の密度、比熱、熱伝導率の設定が十分でなく、両者に差が生じた。また、日射量に対する表面温度と外気温度の関係を明らかにすることを試みたが、データ不足で信頼性の高い結果を得るには至らなかった。今後は以上の問題点を踏まえ、さらに観測を続ける予定である。

最後に本研究を進めるにあたり、貴重なご助言・ご助力をいただいた長崎大学地域共同センター武政剛弘助教授に対し厚くお礼を申し上げる。

〈参考文献〉

- 1) W.R. Van Wijk and W.J. Derkson : Physics of Plant Environment, p. 173, 1966.
- 2) C.P. Kothandaraman et al. : Heat and Mass Transfer Data Book, pp. 9~11, 1977.
- 3) 国立天文台編 : 理科年表, pp. 492~496, 1993.