

北海道大学 正員 星野英二

北海道など積雪寒冷地では、工業用水源として、河川流量は、期間的にも量的にも冬期湯水量に支配されている。冬期湯水量の支配要素は地温によると、岸、中尾 によって推察されているが、各種土壤毎の熱伝導係数の実測資料に乏しいため、冬期湯水量の実態把握にも不十分である。

本研究では石狩川支流空知川筋の金山ダム地奥に、熱電対測湿抵抗体自記温度計観測施設をもうけ地中温度を測定し、熱伝導係数の算定を行った。

土壤中を半無限固体と考え、一次元の熱伝導の方程式は次のようにする。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad \text{--- (1) } \kappa = \text{熱伝導係数}$$

(1)式に境界条件、初期条件を次のように与えよと、

$$(u)_{x=0} = F(t)$$

$$(u)_{t=0} = f(x)$$

$$u = v_1 + v_2$$

$$= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} \frac{x}{2\sqrt{\kappa t}} e^{-\beta^2 F(t - \frac{x^2}{4\kappa\beta^2})} d\beta - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}}^{\infty} e^{-\beta^2} f(x + 2\sqrt{\kappa t}\beta) d\beta \\ - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}}^{\infty} e^{-\beta^2} f(x + 2\sqrt{\kappa t}\beta) d\beta \quad \text{--- (2)}$$

となる。(2)式の第一項を解くのに単位図を求めて、その単位図の合成をよこなした。単位図は Duhamel の定理を用いると次のように求められる。

$$u_{\text{unit}} = F(t+\Delta t) [\phi(x, t-\Delta t) - \phi(x, t)] \quad \text{--- (3)}$$

$$\text{但し } \phi(x, t) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}} e^{-\beta^2} d\beta$$

又、(2)式の第二項の初期条件 $f(x)$ を一次式 $ax+b$ とおくと

$$v_2 = ax + d \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}} e^{-\beta^2} d\beta \quad \text{--- (4)}$$

となる。

本観測は、地中 10cm, 30cm, 50cm の温度を測定したのであるが、今表面の温度として、10cmの地中温度を用いた。

単位時間 (Δt) 12 時間に 1°C の温度を表面に与えた時、熱伝導係数 $\kappa = 0.0064$ であれば、30cmの温度は図 1 に示したような単位図である。

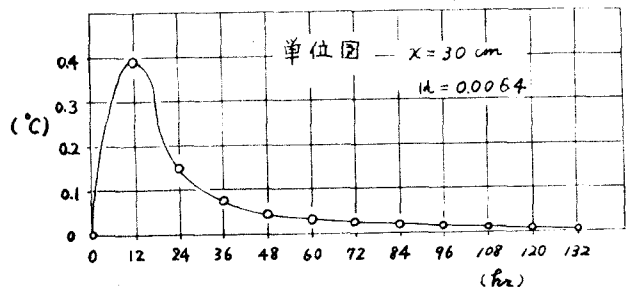


図 1

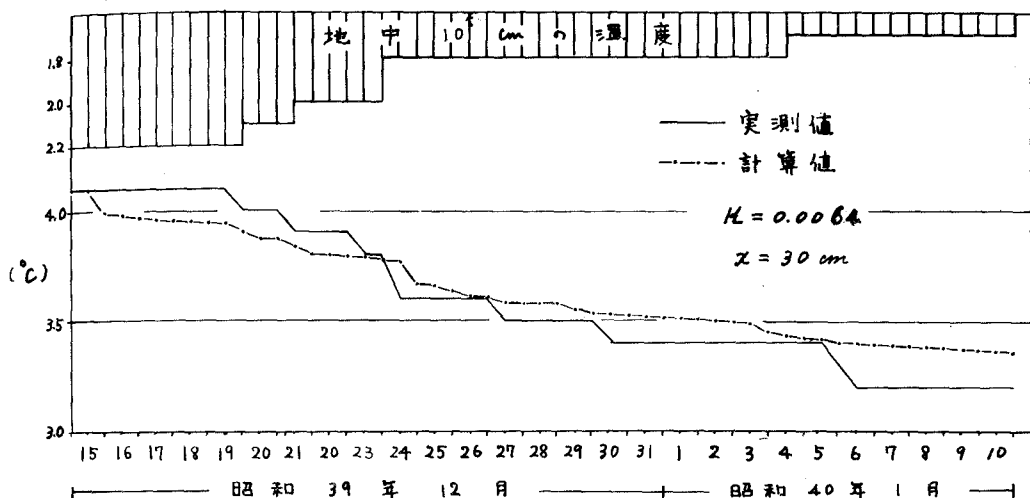


図 2

初期条件を実測値から算定すると $f(x) = 0.085x + 2.40$ となるから、(4)に代入すると、(5)式になる。

$$v_2 = v_{(30\text{cm})} = 1.70 + 2.40 \times \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Kt}}} e^{-\beta^2} d\beta \quad (5)$$

(5)式と図2のよき温度を表面に与えて計算した結果は図2に示してあるようになる。これは長期間にわたる平均的な熱拡散係数 $H = 0.0064$ であることを示している。

求めた熱拡散係数を用いて熱伝導係数 K を算定すると次のようになる。

$$K = CHH = 1.54 \times 10^{-3} \text{ (cal deg}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}) \quad (\text{但し、} C=0.12, H=2.0)$$

地温による融雪水量 Q は

$$Q = \frac{1}{80} (-K) \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) = 1.63 \times 10^{-6} \text{ (cm sec}^{-1})$$

$$= 1.46 \text{ mm/day}$$

となる。1.4 mm/day の融雪水量は 100 km² 当りの流量 $Q_{100} = 1.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ に相当する。

本研究に当り御指導下さった岸 力教授に感謝の意を表する共に、金山ゲム事務所の御協力を謝す。
尚 本研究は文部省科学研究費(各口研究)であることを付記する。

参考文献

川下 研介 : 熱伝導論

岸, 中尾 : 北海道における河川の結氷と冬季湯水量について, 土木学会, 第16回学術講演会講演要旨 1961年

岸, 中尾, 上岡 : 溪川およびその近隣河川の冬期湯水量, 土木学会北海道支部, 技術資料 1962年