

II-19 入江内における表面水の熱収支の算定

電力中央研究所 正会員 和田 明
同 上 正会員 ○ 片野 尚明

多量の冷却水を使用する大容量火力発電所や原子力発電所の復水器冷却水の取水温度は、発電コストを占める燃料費の節減に重要な関係をもつ。最近注目されつつある低温深層取水を前提とした場合、多量の冷却水使用後の温水放流による入江内の温度上昇による取水温度の影響が重要な課題として与えられている。本研究はS地点の現場観測データを基にして、近似的な入江内の熱収支計算をアナログ計算機で行ない、冷却水取水温度算定の一助の目的としたものである。

取水温度算定にあたって入江内水表面積を限定し、潮流の効果や外海との熱交換は考えないものとする。また、発電所の温水放流による熱量は入江内全域にわたって一様に瞬時に拡散し、熱収支に関係する水深は、既設発電所での冷却水放水のある現場観測データによる拡散分布、および三次元数値解析の結果からして躍層面までと考えられ、躍層面と深層との間で熱交換はないと仮定した。計算は復水器設計温度としてもっとも危険側にある夏季、7、8月の平均気象データを採用して行った。

1. 入江内の熱収支；上記の仮定から冷却水温水放流のある入江内の単位断面積の深さ z なる水柱の熱収支は次のようになる。

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{C_w \rho_w z} (q_a + q_c + q_h + q_e - q_b) \quad (1)$$

ここに、 θ ：表面水温、 C_w ：比熱、 ρ_w ：密度、 z ：水深、 q_a ：輻射量、 q_c ：温水放流による熱量、 q_h ：熱交換量（顕熱量）、 q_e ：蒸発、凝結による熱量（潜熱量）、 q_b ：有効逆輻射量、これらの熱収支要素は次式で表わす。

$$q_c = \frac{Q}{A} \{ (1-r) \theta_b + \theta_c - (1-r) \theta \} \quad (2), \quad q_h = h (t_a - \theta) \quad (3)$$

$$q_e = 2h \{ e(h) - e(\theta) \} \quad (4), \quad q_b = k_b (\theta_n + \theta)^4 \{ 1 - a - b\sqrt{e(h)} \} \quad (5)$$

ここに、 Q ：取水流量、 A ：水表面積、 r ：混入率、 θ_b ：深層の水温、 θ_c ：復水器によって与えられる温度、 h ：熱伝達係数、 t_a ：気温、 $e(h)$ ：水面附近の水蒸気圧、 $e(\theta)$ ：水面附近の飽和蒸気圧、 $k_b = \sigma (1-Kn)$ 、 σ ：ステファンボルツマン定数（ $= 1.367 \times 10^{-12}$ ）、 K ：雲の高さによる定数（ $= 0.083$ ）、 n ：雲量（ $= 6.3$ ）、 a, b ：山本の常数（ $a = 0.51, b = 0.076$ ）、 θ_n ：絶対温度（ $= 273$ ）輻射量、気温は観測データを使用し、接水気層の状態に關係する熱伝達係数は次式によって平均的な取り扱いをした。

$$h = 2.77 \times 10^{-4} (0.48 + 0.272V) \quad (6)$$

ここに、 V は風速（ m/sec ）で観測データから平均値 $3.3 m/sec$ を採用し、 $h = 3.82 \times 10^{-4}$ とした。また、水蒸気圧の算定は平均温度 $7.9^\circ C$ を使用し、温度と飽和蒸気圧の關係は一次式で近似させた。

2. アナコン計算；先の検討から水深 z は $3 \sim 5 m$ と求められ、 Q/A は $0 \sim 0.0133$ 、すなわち自然状態と冷却水放水のある場合について行った。深層の取水温度は現場観測データから $2.5^\circ C$ と定め、復水器通過後の温度上昇は $1.0^\circ C$ と定めた。アナコン計算のブロック線図は図-1に示す。計算は当所設置の三菱大型アナログ計算機による自動演算機構を使用し、繰返し演算を行った。

3. 計算結果；水深 $3 m$ と $5 m$ を比較すると、収斂平均温度に達する速度と一日の变化量は $3 m$ の方が大きく、 Q/A パラメーターに対し水温は飽和曲線となる。発電所からの温水放流の際、冷却作用の

主要素となるものは蒸発と熱交換である。前者は自然状態の場合よりも最大値として4倍近い $-1.00 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ なる値を有し、熱交換量もおおよそ2.5倍の $-0.22 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ になり、両者は一日中冷却作用の役割を演じている。一方、有効逆輻射は自然状態の場合と温水放流のある場合と殆んど差がなく、最大値として $-0.065 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ を有する。計算結果の一部を表-1、図-2、図-3に示す。

表-1 Q/Aと取水温の関係

z(m)	取水温度(平衡時の最高水温)℃				
	Q/A=0	0.00333	0.00667	0.01000	0.01333
3.0	25.41	25.89	25.99	26.04	26.07
5.0	25.38	25.86	25.945	26.02	26.05

計算は多くの仮定や平均化が行われているため、実際の取水温の変化様相は異なってくることは当然であるが、最終平衡時の取水温算定の第1近似としては十分満足のゆくものとする。

図-2 アナコム計算チャート例

Z=3m, r=0.1, Q/A=0.0133

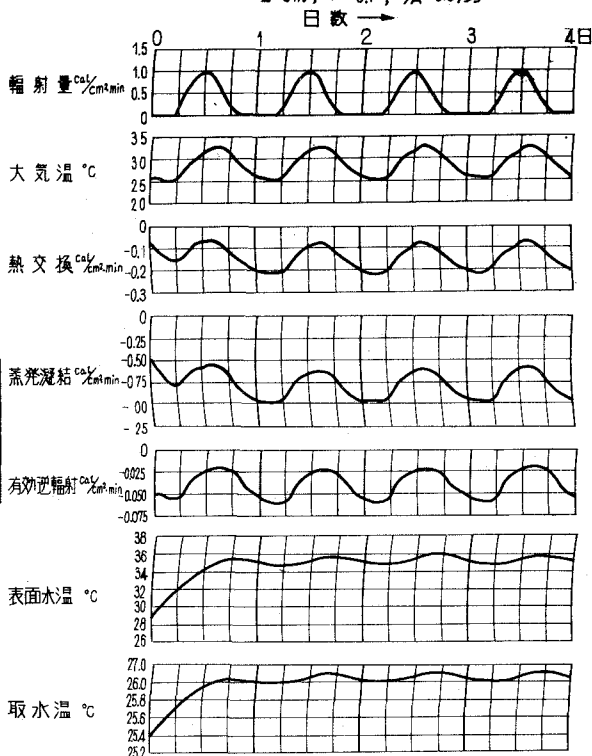


図-1 入江内熱収支計算ブロック線図

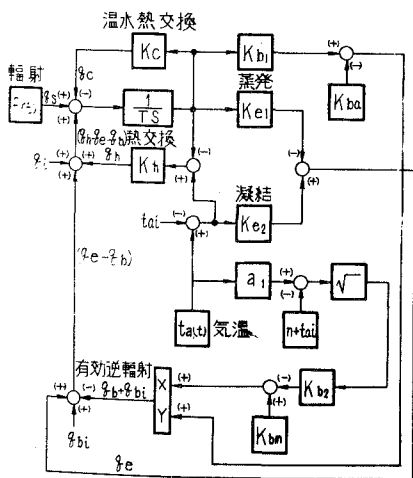


図-3 平衡時における1日の取水温度の変化

Z=3m, r=0.1

