

入江内における表面水の熱収支の算定—続報

電力中央研究所 正会員 和田 明
同 上 正会員 ○ 片野 尚明

本報告は火(原)力発電所が入江(湾)内の奥部または中間部に位置する場合の取水温度算定を目的としたものであり、前報告(オ20回)の大気との熱収支過程のほか、入江内を3ブロックに分け潮流および拡散効果を考慮して、アナログ・コンピュータによって表面水の熱収支をシミュレートしたものである。計算の仮定を列挙すれば、(1) 入江内を長さ方向に3ブロックに分け、大気との熱収支のほか、温水放流、潮流および拡散による水平方向の熱量の出入りを考える。(2) 熱容量と考えられる水源は躍層面までとし、躍層面深さは潮位の関数とする。(3) 潮流は現場観測データにもとづく近似的な正弦曲線で表す。(4) 拡散係数は現場観測データより仮定する。(5) 入江外の水温は自然状態の平衡水温とする。以上の仮定に基づき入江内の熱量の移動を図-1、図-2のように模型化する。ここに、発電所が入江奥部に位置する場合(図-1)の温水放流、潮流および拡散効果のある入江内各ブロックの単位断面積当りの深さ h (z)なる水層の熱収支はつぎのようになる。

$$\frac{d\theta_1}{dt} = \frac{1}{C_w P (H_w + \eta_1)} \left\{ (q_{ps} + q_a - q_{r1}) + \frac{1}{A_1} \{ (Q_0 - Q_x) - (Q_{t1} - Q_{r1}) \} \right\} \cdots \cdots \text{No.1 ブロック}$$

$$\frac{d\theta_2}{dt} = \frac{1}{C_w P (H_w + \eta_2)} \left\{ (q_{ps} + q_a - q_{r2}) + \frac{1}{A_2} \{ (Q_{t1} - Q_{t2}) + (Q_{r1} - Q_{r2}) \} \right\} \cdots \cdots \text{No.2 ブロック}$$

$$\frac{d\theta_3}{dt} = \frac{1}{C_w P (H_w + \eta_3)} \left\{ (q_{ps} + q_a - q_{r3}) + \frac{1}{A_3} \{ (Q_{t2} - Q_{t3}) + (Q_{r2} - Q_{r3}) \} \right\} \cdots \cdots \text{No.3 ブロック}$$

式中の符号は入る熱量を+、出る熱量を-とする。また、式中の記号について説明すれば、 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$: 各ブロックの表層温度、 C_w : 海水の比熱、 P : 海水の密度、 H_w : 躍層面深さ、 $\eta(t)$: 潮位の変化、 A_1, A_2, A_3 : 各ブロックの表面積、 q_{ps} : 総輻射量、 q_a : 顕熱、潜熱量のうち気温に関する項、 q_{r1}, q_{r2}, q_{r3} : 顕熱、潜熱量のうち水温に関する項、 Q_0 : 温水放流熱量、 Q_t : 表層からの混入による移動熱量、 Q_{t1}, Q_{t2}, Q_{t3} : 温水放流、潮流による移流熱量となる。

計算は発電所が入江奥部に位置する場合と湾の中間部に位置する場合(図-2)の2地実について実施した。計算結果の一部を表-1、図-3、図-4、図-5に示す。表-1は図-1のモデルにおける各熱収支日量を示す。注目すべきは放流と潮流による移流効果が極めて大きく入江内全域に放流熱量を拡散させ、入江外との熱交換に重要な役割をなしていることである。また、潮流の有無で比較すると潮流のある方が移流効果を増し湾奥部付近を除いてはブロックに蓄積される熱量が減少する、すなわち潮流が冷却効果をもつことが明かにされた。つぎに図-3から前報告の大気との熱収支のみを考慮した場合より潮流と拡散効果のある方が湾内平均水温にして $0.5^\circ\text{C} \sim 1.0^\circ\text{C}$ の低下がみられる。また、冷却水使用水量と湾内平面積比 $\frac{m}{A}$ が大きくなるとその差が小さくなることも潮流と使用水量の大小関係から推量できる。図-4は図-1のモデルにおける混入率をパラメータとする $\frac{m}{A}$ に対する各ブロックの表層温度の変化を示す。それぞれのブロックで $\frac{m}{A}$ に対し飽和曲線形態をとり、湾口の位置するNo.1ブロックが最も水温が高く、湾口に向うに従って低下する。図-5は図-2のモ

デルにおける図-4のそれに対応している。放水口の位置するNo.2ブロックが最も水温が高く、湾奥、湾口の順となっている。これより一般的に、潮汐効果が大きければ表層より取水される混入率の影響はあまり受けない。また、放流量が増大するにつれて潮汐効果によって逆に湾奥に熱の蓄積が引き起こされる可能性があるといえる。図-4中黒丸は潮汐効果を考えない熱伝導方程式の差分近似式によるデジコンの計算結果を示す。以上、潮汐と伝導を考慮したブロック計算も多くの仮定と平均化が行われているため、実際の湾内表層温度の変化様相をシミュレートしているとは思えないが、前報告より一般に実際に近付いた計算であると考えらる。

表-1 発電所が入江奥に位置する場合の各熱収支の日量〔日平均気温 28.5℃
混入率 $\gamma = 0$ 〕

潮 汐	純 輻 射 量 m_c (%)	No.1 ブロック						No.2 ブロック						No.3 ブロック					
		平均表層水温 θ_1	潜熱熱量 $q_{01} \times 10^4$	移流熱量 $q_{011} \times 10^4$	移流蓄積熱量 $q_{0111} \times 10^4$	伝導熱量 q_{012}	顕熱熱量 q_{013}	潜熱熱量 q_{021}	平均表層水温 θ_2	移流熱量 $q_{021} \times 10^4$	移流蓄積熱量 $q_{0211} \times 10^4$	伝導熱量 q_{022}	顕熱熱量 q_{023}	平均表層水温 θ_3	移流熱量 $q_{031} \times 10^4$	移流蓄積熱量 $q_{0311} \times 10^4$	伝導熱量 q_{032}	顕熱熱量 q_{033}	潜熱熱量 q_{034}
無	25	430.8	34.50	35.04	-34.96	330.2	-472.8	-200.4	-1130.3	33.43	31.549	-31.444	1045.2	427.2	-461.2	-334.0	195.4	-1056.4	31.96
	50	"	34.73	34.128	-30.017	1113.6	-177.4	-205.2	-1151.9	34.39	43.208	-43.046	1236.0	142.0	-503.4	-241.4	176.2	-1129.2	33.11
有	25	"	33.71	35.044	-34.995	1292.4	-522.0	-170.4	-1030.9	32.74	31.557	-31.471	836.4	471.6	-473.9	-202.2	1706	-944.4	31.00
	50	"	34.42	30.128	-30.001	1172.4	-272.4	-171.4	-1133.4	33.73	43.213	-43.112	1046.8	246.0	-407.4	-161.4	184.9	-1091.4	32.90

〔注〕熱量の単位は kJ/day 、符号の脚添字はブロック番号を示す。

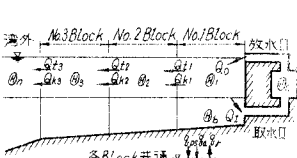


図-1 発電所が湾奥に位置する場合の熱移動模型図

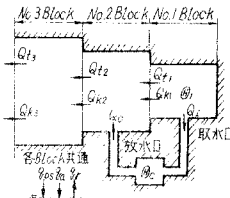


図-2 発電所が湾中間に位置する場合の熱移動模型図

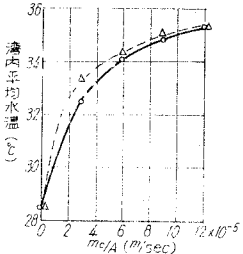


図-3 3Block計算(実線)と18Block計算(破線)との比較(混入率 $\gamma = 10\%$)

混入率 γ	記号
0	—○—
10	---△---
20	-□-

・印 デジコン結果

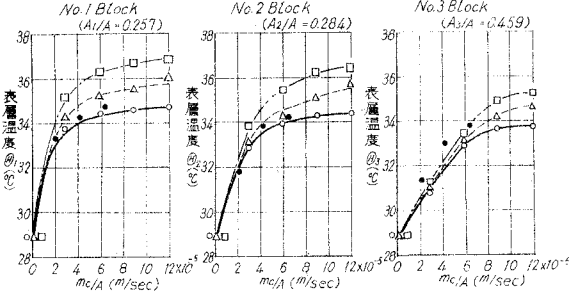


図-4 発電所が湾奥に位置する場合の平均表層温度と m_c/A との関係(混入率による変化)
潮流流速: $U_1 = 0.04 \text{ m/sec}$, $U_2 = 0.028 \text{ m/sec}$, $U_3 = 0.042 \text{ m/sec}$
湾内平面積: $A = 9.39 \times 10^3 \text{ m}^2$

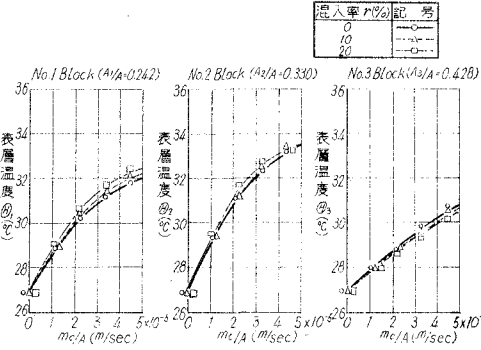


図-5 発電所が湾中間に位置する場合の平均表層温度と m_c/A との関係(混入率による変化)
潮流流速: $U_1 = 0.05 \text{ m/sec}$, $U_2 = 0.10 \text{ m/sec}$, $U_3 = 0.15 \text{ m/sec}$
湾内平面積: $A = 2.227 \times 10^3 \text{ m}^2$