

池田湖の1981年から2005年の熱収支解析 Heat Budget Analysis of Lake Ikeda from 1981 to 2005

○伊藤 祐二* 初井 和朗**
○Yuji ITO and Kazuro MOMII

1. はじめに

水資源としての湖の熱収支解析は、湖の水循環や水利用を考える際の基礎となる。淡水資源としての池田湖では、これまで1年程度の熱収支についての検討^{1), 2)}は行われているものの、それよりも長い期間を対象にした解析は行われていない。本研究では、著者らが構築した数値解析モデル¹⁾を用いて1981年から2005年の25年間の熱収支解析を行い、池田湖の熱収支の特徴について検討を加える。

2. 解析方法

一般に湖面での熱収支は、次式で表される。

$$R_n = H + lE + G \quad (1)$$

ここに、 R_n ：純放射量、 H ：顕熱量、 l ：水の気化潜熱、 E ：湖面蒸発量、 lE ：潜熱量、 G ：水中伝導熱量である。本解析では、 G は熱拡散方程式による湖内水温の数値解析に基づいて算定する。 R_n は、湖面水温の計算値と日射量 R_s および大気放射量 R_a の実測値を用いて計算し、 R_s および R_a の実測値が得られない場合には近藤による推定値³⁾を適用する。また、 H および lE は、湖面水温の計算値および気温や相対湿度などの気象資料を用いて、バルク式に基づいて推定する。

本研究における熱収支解析期間は、1981年3月4日から2005年12月31日の約25年間である。気温、相対湿度、日射量などの気象資料の入力値に対して熱収支式(1)を満足するように池田湖の鉛直水温分布を計算し、同時に熱収支の計算を行う。モデルによる計算値の妥当性については、現地で得られた鉛直水温の実測値との比較、およびBowen比法とPriestley-Taylor法(以下P-T法とする)による潜熱量の算定値との比較によって評価する。

熱収支式(1)を満足するとき、本解析での潜熱量は以下のバルク式で与えられる。

$$lE = l\rho_a Cu(q_s - q_a) \quad (2)$$

ここに、 ρ_a ：空気の密度、 C ：バルク係数、 u ：風速、 q_s ：湖面の比湿、 q_a ：大気中の比湿であり、バルク係数 C には、大気安定度に関するパラメータ¹⁾を考慮している。また、Bowen比法およびP-T法による潜熱量は、以下の式(3)および式(4)で表される。

$$lE = \frac{R_n - G}{\beta + 1} \quad (3)$$

$$lE = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) \quad (4)$$

ここに、 β ：Bowen比、 Δ ：温度飽和水蒸気圧曲線の勾配、 γ ：乾湿計定数である。なお、Bowen比法とP-T法における R_n および G は、水温などの実測値に基づいて計算する。

3. 結果と考察

Fig.1は、本解析期間における最初の3年間(1981–1983)と最後の3年間(2003–2005)の鉛直水温分布の計算値と実測値を示す。水温の計算値は、2週間単位の結果を示している。Fig.1より、湖水水温の計算値と実測値はよく一致している。25年間にわたる池田湖の水温はほぼ同様の季

*鹿児島大学大学院連合農学研究科 United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University

**鹿児島大学農学部 Faculty of Agriculture, Kagoshima University

キーワード：湖、熱収支、気象環境、水温

節変動パターンを示し、温度変化が特に大きい水温躍層は深くてもたかだか30m程度である。また、50m以深の水温は常に約10~11°Cの範囲にある。

Fig.2は、月単位の鉛直水温の実測値が得られた2000年と2004年のBowen比法およびP-T法による潜熱量と本解析のバルク法による計算値との比較を示す。池田湖では、湖水温の実測値に基づくBowen比法とP-T法の潜熱量はよく一致する。また、2つの算定値に対して、バルク式(2)による潜熱量は概ね一致している。Fig.2より池田湖の潜熱量は、概ね春に小さく秋に大きくなる傾向を示すが、2000年と2004年の潜熱量を比較すると、その季節変動パターンが異なる時季が存在する。これは、日射や気温などの気象条件が各年で異なることに起因している。

Fig.3は、1981年から2005年における各月の熱収支の平均値を示す。春夏季(3月~8月)の顕熱量は負またはゼロに近く、大気は安定した状態にあり、潜熱量も比較的小さくなる。また、水深の深い池田湖では、純放射による熱エネルギーは湖水中に貯えられ、顕熱および潜熱による放熱が最も小さくなる4月には、水中伝導熱量は最大となる。一方、秋冬季(9月~2月)においては、熱容量の大きい池田湖の湖面水温は気温よりも高く、顕熱量は大きくなる。同時季では大気は不安定な状態となっており、潜熱量は大きくなる傾向にある。池田湖の潜熱量は、9月から12月に特に大きく、10月に最大となる。また、秋冬季においては、それまでに貯えられた熱エネルギーが顕熱および潜熱として大気中へと輸送されるため、水中伝導熱量は負となる。

4. おわりに

1981年から2005年の熱収支解析の結果、モデルによる湖水温の計算値は、鉛直水温の実測値と概ね一致した。また、潜熱量の計算値は、Bowen比法およびPriestley-Taylor法による結果と概ね一致した。よって、池田湖の熱収支は概ね再現可能であるといえる。本解析によれば、潜熱量の季節変化は対象とする年によって若干異なる場合もあるが、25年間の平均では、潜熱量は月平均の湖面水温が気温よりも低くなる3月から6月に小さく、湖面水温が気温よりも高くなりその温度差が大きい9月から12月に比較的大きくなる。また、水深の深い池田湖では水中伝導熱量の季節変化が大きく、熱収支の季節変化は主に水温と気温の季節的な変動特性によって特徴づけられる。

参考文献 1) 初井和朗(2003): 池田湖の蒸発量の推定, 水文・水資源学会誌, 16(2), 142-151. 2) 伊藤祐二, 初井和朗(2007): 現地観測に基づく池田湖の熱収支, 農業土木学会論文集, 247, 103-111. 3) 初井和朗, 長 勝史, 伊藤祐二(2002): 池田湖の放射量の推定, 鹿児島大学農学部学術報告, 52, 1-8.

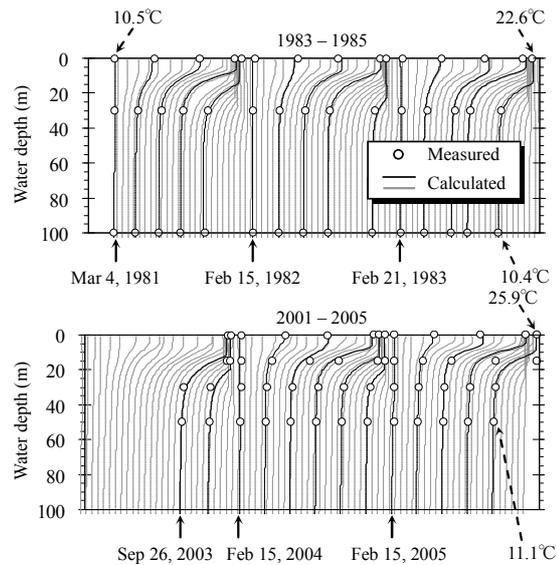


Fig. 1 鉛直水温の計算値と実測値の比較
Comparison of calculated and measured vertical water temperature

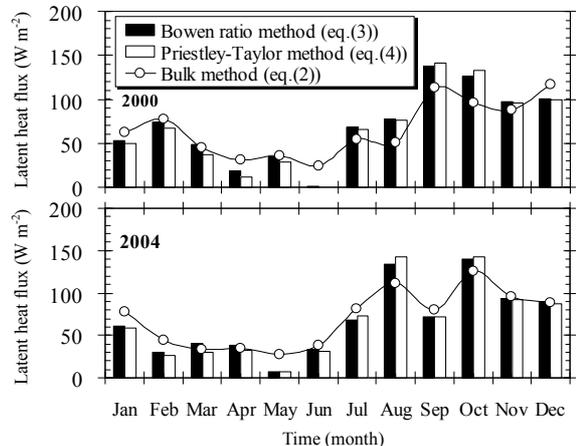


Fig. 2 3つの算定法による2000年と2004年の月単位の潜熱フラックス
Monthly latent heat fluxes for 2000 and 2004 estimated by three methods

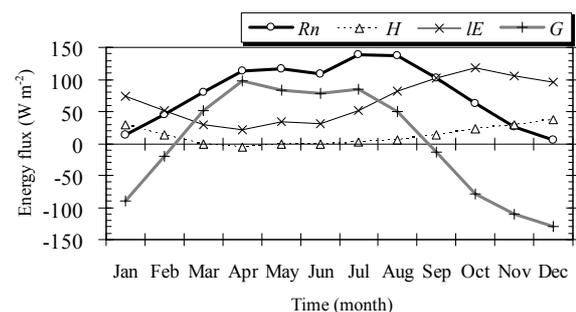


Fig. 3 1981年から2005年における各月の平均熱収支
Monthly averaged heat budget for 1981-2005