

池田湖の放射量の推定

初井和朗・長 勝史・伊藤祐二

(生産環境工学講座)

平成13年8月10日 受理

Estimation of Radiation Flux on Lake Ikeda

Kazuro MOMII, Katsushi CHO and Yuji ITO

(Laboratory of Land and Water Conservation Engineering)

緒 言

湖は種々の産業における貴重な水の供給源となっている場合が多く、水資源としての湖の果たす役割は重要である。鹿児島県薩摩半島南部に位置する池田湖は、水面標高約65m、最大水深約240mであり、貯水池機能を有した貴重な水資源としての湖である。その利用は、農業用水から、生活、観光および水産用水の多岐にわたっている。ところが、1997年に、水面標高が農業用水管理水位標高62mを下回り、農業用水として取水できない深刻な状況が生じた。今後も持続可能な水利用を行うためには、この地域の貴重な淡水資源である池田湖の水収支を明らかにし、合理的な水管理を構築する必要がある。

湖の水収支の解明には、対象とする湖の湖面蒸発量や地下水流入・流出量などの水文量を精度よく評価することが必要である。このうち、湖面蒸発量の推定には熱収支式が適用される。この場合、対象地域における日射等の放射量のデータを必要とする。したがって、過去の多雨年や渇水年における池田湖の水収支を検討するには、当時の放射量のデータが必要となるが、放射量そのものは観測されていないのが現状である。

本研究では、池田湖の水収支を検討するために必要な基礎資料として、放射量の推定を試みる。すなわち、池田湖における短波放射量(日射量)および大気からの長波放射量(赤外放射量)を池田湖周辺の気象観測資料により推定する近藤らの方法¹⁻³⁾について検討し、その方法による推定値と、著者らが池田湖で2000年に実測した観測値とを比較し、ここの推定法の妥当性について考察する。

解 析 方 法

1. 短波放射量 S_0^{\downarrow}

湖面上の短波放射量は、大気上端における日平均日射量を、湖面から大気上端までの水蒸気量、大気の濁りの度合いおよび雲量により補正して推定する。まず、大気上端における日平均日射量 S_0^{\downarrow} ($W m^{-2}$) は、次式で求める。

$$S_0^{\downarrow} = \frac{I_0}{\pi} \left(\frac{d_0}{d} \right)^2 (H \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin H) \quad (1)$$

ここに、 I_0 : 太陽定数 ($=1365 W m^{-2}$)⁴⁾, d : 太陽・地球間の距離, d_0 : 太陽・地球間の距離の平均値, H : 日の出から南中までの時角 (rad), ϕ : 観測地の緯度 (rad), δ : 太陽赤緯 (rad) である。式中の定数は、

$$H = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta)$$

$$\delta = \sin^{-1}(0.398 \sin a)$$

$$a = 4.871 + \eta + 0.033 \sin \eta$$

および $(d_0/d)^2$ は、月数 M 、各月の日 DAY により

$$i = 30.36(M-1) + DAY$$

$$\eta = (2\pi/365)i$$

を求め、次式により算定する。

$$\left(\frac{d_0}{d} \right)^2 = 1.00011 + 0.034221 \cos \eta + 0.00128 \sin \eta + 0.000791 \cos 2\eta + 0.000077 \sin 2\eta \quad (2)$$

式(1)の大気上端における水平面日射量の日平均値 S_0^{\downarrow} より、快晴日における湖面上の日平均日射量 S_f^{\downarrow} は、大気の濁りの度合いおよび水蒸気量を考慮

して、次式により計算する。

$$\frac{S_f^\downarrow}{S_0^\downarrow} = (C_1 + 0.7 \times 10^{-m_d r_i}) (1 - i_1) (1 + j_1) \quad (3)$$

ここに、

$$\begin{aligned} F_1 &= 0.056 + 0.16 \sqrt{\beta_{DUST}} \\ j_1 &= (0.066 + 0.34 \sqrt{\beta_{DUST}}) (ref - 0.15) \\ i_1 &= 0.014 (m_d + 7 + 2 \log_{10} w) \log_{10} w \\ m_d &= k_1 m_{NOON} \\ m_{NOON} &= (p/p_0) \sec(\phi - \delta) \\ k_1 &= 1.402 - 0.06 \log_{10} (\beta_{DUST} + 0.02) \\ &\quad - 0.1 [\sec(\phi - \delta) - 0.91]^{1/2} \end{aligned}$$

上式において、 ref : アルベド (=0.06), m_{NOON} : 太陽南中時の光路長, p_0 : 標準気圧 (1013.2 hPa), p : 気圧 (hPa), β_{DUST} : 大気の混濁係数である。混濁係数は大気の濁りの度合いを表し、一般に、 $\beta_{DUST} < 0.03$ は陸地から遠い海洋上で空が澄んでいる場合、 $\beta_{DUST} = 0.1$ は空が少し濁った場合であり、本研究では $\beta_{DUST} = 0.05$ を用いている。また、式中の可降水量 w (kg m^{-2}) は単位面積当たりの鉛直気柱内に含まれる全水蒸気量であり、厳密には高層気象観測に基づいて計算されるが、簡便さのため、地上の露点温度 T_{DEW} ($^{\circ}\text{C}$) に基づいた実験公式により推定する。

$$\log_{10} w = 0.0312 T_{DEW} - 0.0963 \quad (4)$$

露点温度 T_{DEW} は次の水蒸気圧 e (hPa) との関係式により算定する。

$$T_{DEW} = \frac{237.3 \log_{10}(e/6.11)}{7.5 - \log_{10}(e/6.11)} \quad (5)$$

$$e = \frac{RH}{100} e_{SAT} \quad (6)$$

$$e_{SAT} = 6.1078 \times 10^{7.5T/(237.3+T)} \quad (7)$$

ここに、 RH : 湿度(%), e_{SAT} : 飽和水蒸気圧 (hPa), T : 気温 ($^{\circ}\text{C}$) である。本研究では、雲量 $n \leq 0.3$ では式(3)の快晴日の値 S_f^\downarrow を短波放射量 S^\downarrow とする。

次に、雲がある場合には日照時間 N (h) により補正を行う。本研究では、雲量 $n > 0.3$ の短波放射量 S_c^\downarrow を次式により算定する。

$$\frac{S_c^\downarrow}{S_0^\downarrow} = a \frac{N}{N_0} + b \quad (0 < \frac{N}{N_0} \leq 1) \quad (8)$$

$$\frac{S_c^\downarrow}{S_0^\downarrow} = c \quad (\frac{N}{N_0} = 0) \quad (9)$$

ここに、 $a=0.511$, $b=0.244$, $c=0.118$, および N_0 は、雲や大気による減光がないものとして計算される可能な最大日照時間 (可照時間) であり次式により算定する。

$$N_0 = \frac{2H'}{0.2618} \quad (10)$$

ここに、

$$\sin(H'/2) = \left(\frac{A}{\cos \phi \cos \delta} \right)^{1/2}$$

$$A = \sin \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi - \delta + 0.01}{2} \right) \sin \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi - \delta - 0.01}{2} \right)$$

であり、 H' : 地平屈折角を考慮した日の出から南中までの時角 (rad) である。

短波放射量の算定法を要約すると、まず、式(1)により大気上端の日平均日射量 S_0^\downarrow を算定する。次に、雲量 $n \leq 0.3$ の晴天日には大気の濁りの度合いと水蒸気量を考慮して式(3)により短波放射量を求める。一方、雲量 $n > 0.3$ の場合には、式(8), (9)により日照率 N/N_0 に基づいて大気上端日平均日射量を補正して求める。推定に用いる気象データは、気温 T , 湿度 RH , 気圧 p , 雲量 n , 日照時間 N である。

2. 長波放射量 L^\downarrow

湖面に達する大気からの放射量には、大気中の水蒸気、二酸化炭素および他の少量の気体が出す長波放射がある。長波放射量の算定には湖面から上空までの気温と水蒸気の鉛直分布および雲の資料が必要となる。ここでは長波放射量を水蒸気量および雲量に基づいた実験公式より推定する。

快晴日の日平均長波放射量 L_f^\downarrow は地上の日平均気温 T (K) と有効水蒸気量の全量 w^* (kg m^{-2}) を用い次式で算定する。

$$L_f^\downarrow = (0.74 + 0.19x + 0.07x^2) \rho T^4 \quad (11)$$

ここに、

$$x = \log_{10} w^*$$

$$\log_{10} w^* = 0.0315T_{DEW} - 0.1836$$

である。

次に、雲がある日の長波放射量 L_c^\downarrow は次式により推定する。

$$L_c^\downarrow = \sigma T^4 \left[1 - \left(1 - \frac{L_f^\downarrow}{\sigma T^4} \right) C \right] \quad (12)$$

ここに、 C は雲の効果を表す係数であり、雲のある日と快晴日の短波放射量の比 $B = S_c^\downarrow / S_f^\downarrow$ より $B > 0.0323$ のとき、次式により求める。

$$C = 0.03B^3 - 0.30B^2 + 1.25B - 0.04$$

また、 $B < 0.0323$ のときは $C = 0$ とする。

長波放射量 L_c^\downarrow の推定を要約すると、雲量 $n \leq 0.3$ のとき式(11)より快晴日の L_f^\downarrow 、一方、雲量 $n > 0.3$ のとき式(12)より雲のある日の L_c^\downarrow を用いる。

3. 気象観測

前述の基礎式に基づいて短波放射量 S^\downarrow 、および長波放射量 L^\downarrow を推定するには、計算対象年月日と対象地域の緯度（池田湖北緯 $31^\circ 14'$ ）、および気温 T 、湿度 RH 、気圧 p 、雲量 n 、日照時間 N の5つの気象データを必要とする。池田湖の気象データは

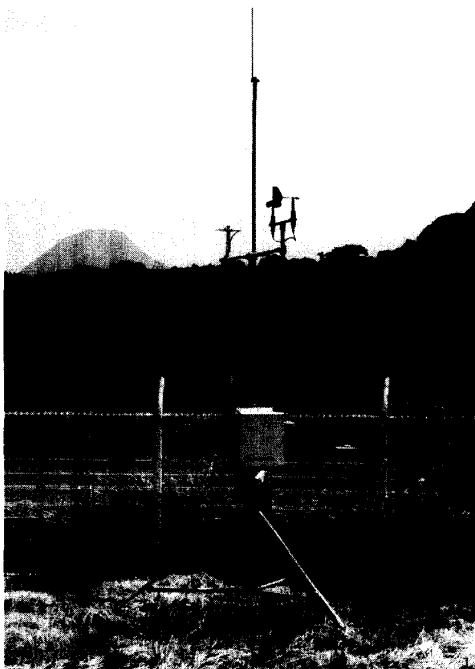


Fig. 1. Meteorological station at Lake Ikeda.

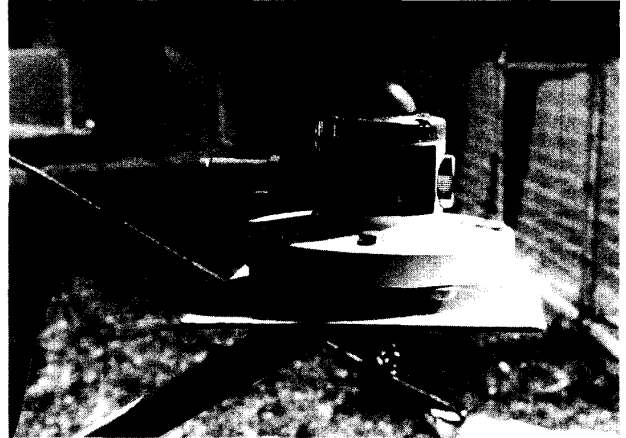


Fig. 2. Longwave radiation measurement.

観測されていないため、池田湖周辺で観測されている気象データを利用する。池田湖周辺の気象観測所として、池田湖から西に約27km離れた枕崎市に枕崎測候所（観測項目：気温、湿度、気圧、雲量、日照時間、降水量、風向風速）、および東に約7.5km離れた指宿市の鹿児島大学農学部指宿植物試験場内に設置されたアメダス地域気象観測所（観測項目：降水量、気温、風向風速、日照時間）がある。これらの気象資料により放射量の推定を行う。

本研究では比較のため、池田湖湖畔の南薩土地改良区中央管理所敷地内に簡易気象ステーション (Fig. 1) を設置し、気温、湿度、気圧、日射量（日射計 LI-200, LI-COR）、風向風速、雨量の観測を2000年1月から12月まで行った。また、2000年8月から12月まで長波放射計（精密赤外放射計 MS 202, 英弘精機）を設置した。Fig. 2 に設置した長波放射計を示している。気温、湿度、日射計は地面より2m、長波放射計は地面より3mの高さに設置した。欠測期間もあるが、池田湖での日射量と長波放射量の実測値の日変化を、ここでの推定法による計算値と比較する。

結果と考察

まず、気象観測所と池田湖での日平均の気象要素について検討する。気温に関して、指宿と池田湖湖畔で観測した値の相関を Fig. 3 に示す。ここでのデータは、2000年8月1日から12月31日の期間である。両者には、高い正の相関が認められ、ほぼ1:1に対応している。

Fig. 4 には、同一期間の枕崎と池田湖湖畔の湿度の相関を示している。指宿では湿度は観測されていない。湿度が90%より低い場合に、枕崎に比べて池

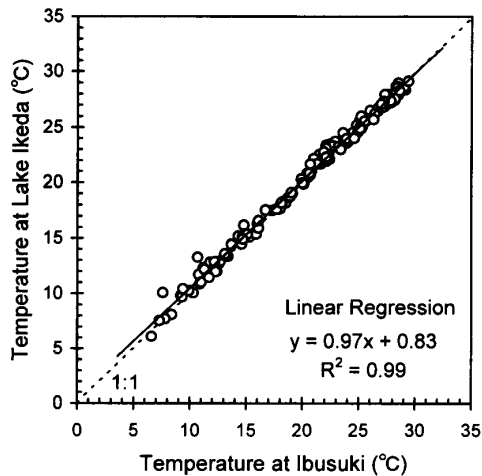


Fig. 3. Relation between temperature at Ibusuki and at Lake Ikeda.

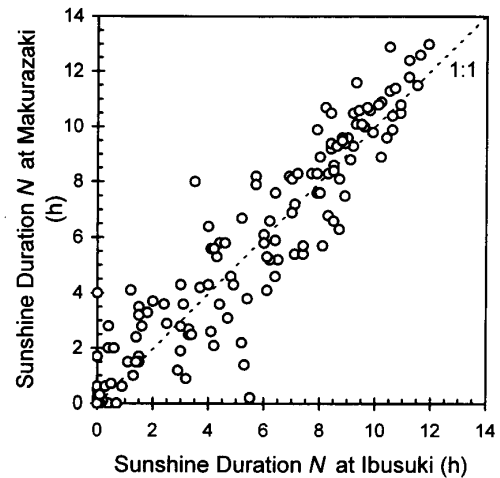


Fig. 5. Relation between sunshine duration at Ibusuki and at Makurazaki.

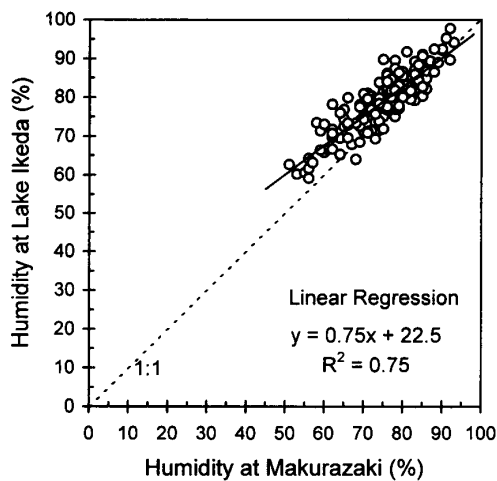


Fig. 4. Relation between humidity at Makurazaki and at Lake Ikeda.

田湖の湿度はやや高くなる傾向があるが、正の相関は得られている。枕崎の湿度データを、図の直線回帰式で補正して、放射量推定の湿度データとして用いることも考えられる。これに関しては後で検討する。

Fig. 5 には、指宿と枕崎の日照時間 N を示している。正の相関は認められるが、特に日照時間が小さいときには、指宿と枕崎の日照時間に差が大きい日もある。ここでは、池田湖に近い指宿の日照時間 N を放射量推定のデータに用いる。なお気圧 p 、雲量 n に関しては池田湖周辺で収集可能な枕崎のデータを用いる。

Fig. 6 には、池田湖湖畔での短波放射量および長波放射量の日変化の実測値および枕崎と指宿の気象データを用いて推定した放射量の比較を示している。

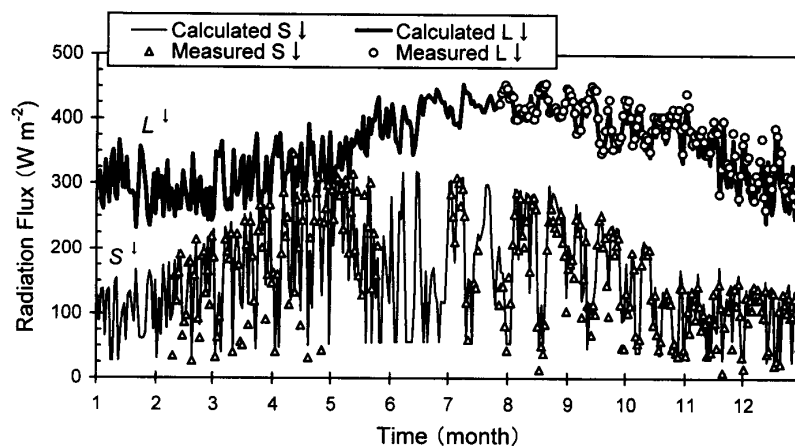


Fig. 6. Comparison of calculated and measured radiation at Lake Ikeda from January to December, 2000.

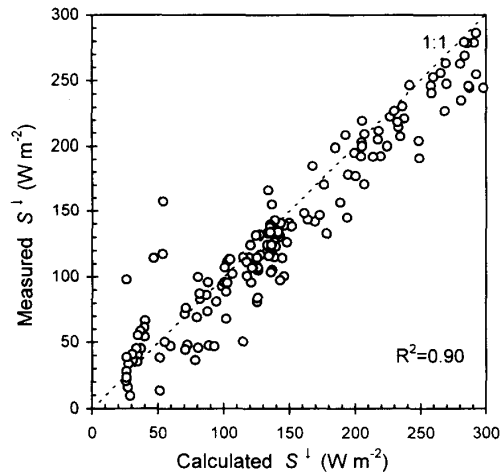


Fig. 7. Shortwave radiation from August to December, 2000.

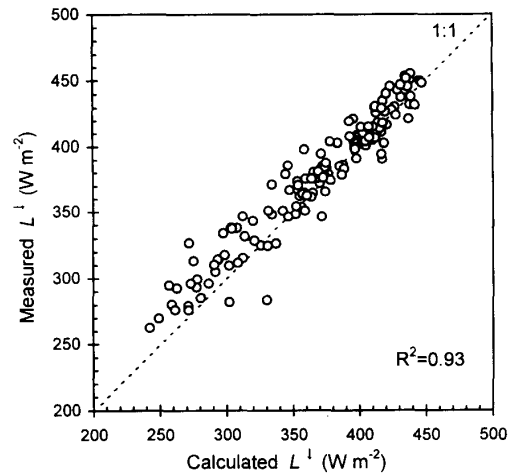


Fig. 8. Longwave radiation from August to December, 2000.

Table 1. Input data and output results for September, 2000.

| Sep. DAY (d) | Input Meteorological Data | | | | | | | Results | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| | Ibusuki Temp. | Ibusuki Sunshine | Makurazaki Humidity | Makurazaki Cloud | Makurazaki Pressure | σT^4 ($W m^{-2}$) | S_0^{*1} ($W m^{-2}$) | Shortwave | | Longwave | |
| | T ($^{\circ}C$) | N (h) | RH (%) | n | p (hPa) | | | Calculated S^1 ($W m^{-2}$) | Observed ($W m^{-2}$) | Calculated L^1 ($W m^{-2}$) | Observed ($W m^{-2}$) |
| 1 | 29.4 | 6.4 | 86 | 0.80 | 1006.9 | 475 | 414 | 207 | 171 | 436 | 445 |
| 2 | 28.6 | 5.7 | 86 | 0.90 | 1007.7 | 470 | 412 | 195 | 178 | 431 | 438 |
| 3 | 27.3 | 4.1 | 84 | 0.80 | 1006.4 | 462 | 411 | 168 | 185 | 424 | 429 |
| 4 | 25.2 | 5.4 | 83 | 0.70 | 1001.2 | 449 | 409 | 189 | 157 | 403 | 410 |
| 5 | 24.8 | 10.4 | 73 | 0.35 | 999.8 | 447 | 407 | 270 | 248 | 377 | 379 |
| 6 | 25.2 | 8.0 | 73 | 0.60 | 1002.3 | 449 | 405 | 230 | 227 | 388 | 386 |
| 7 | 26.0 | 10.2 | 75 | 0.30 | 1006.1 | 454 | 403 | 258 | 241 | 385 | 385 |
| 8 | 25.6 | 1.4 | 80 | 0.85 | 1007.1 | 452 | 401 | 121 | 96 | 420 | 427 |
| 9 | 27.3 | 2.4 | 79 | 1.00 | 1005.5 | 462 | 399 | 136 | 155 | 428 | 424 |
| 10 | 27.8 | 8.4 | 72 | 0.40 | 1001.8 | 465 | 397 | 233 | 215 | 407 | 415 |
| 11 | 26.0 | 0.0 | 75 | 0.80 | 997.2 | 454 | 395 | 47 | 114 | 442 | 432 |
| 12 | 26.4 | 0.4 | 78 | 0.95 | 997.6 | 457 | 393 | 102 | 112 | 429 | 443 |
| 13 | 27.2 | 0.4 | 81 | 1.00 | 997.8 | 461 | 391 | 102 | 68 | 436 | 452 |
| 14 | 27.1 | 1.5 | 83 | 1.00 | 998.0 | 461 | 389 | 119 | 115 | 431 | 447 |
| 15 | 27.0 | 3.2 | 81 | 1.00 | 994.5 | 460 | 387 | 146 | 100 | 423 | 446 |
| 16 | 25.0 | 7.1 | 65 | 0.75 | 999.8 | 448 | 385 | 207 | 209 | 384 | 403 |
| 17 | 23.7 | 9.3 | 65 | 0.35 | 1004.8 | 440 | 383 | 242 | 246 | 365 | 365 |
| 18 | 22.7 | 10.5 | 64 | 0.35 | 1009.0 | 434 | 381 | 260 | 253 | 352 | 348 |
| 19 | 22.3 | 7.9 | 59 | 0.60 | 1013.9 | 432 | 379 | 218 | 205 | 357 | 354 |
| 20 | 23.6 | 7.2 | 64 | 0.85 | 1015.2 | 440 | 377 | 206 | 220 | 372 | 384 |
| 21 | 26.3 | 6.5 | 75 | 0.85 | 1013.5 | 456 | 375 | 194 | 145 | 402 | 415 |
| 22 | 25.5 | 3.3 | 83 | 0.85 | 1010.1 | 451 | 373 | 143 | 97 | 412 | 431 |
| 23 | 24.5 | 10.1 | 75 | 0.20 | 1007.7 | 445 | 370 | 236 | 231 | 372 | 385 |
| 24 | 22.5 | 10.7 | 70 | 0.00 | 1007.3 | 433 | 368 | 238 | 221 | 352 | 354 |
| 25 | 22.1 | 8.4 | 70 | 0.45 | 1008.6 | 431 | 366 | 220 | 192 | 359 | 365 |
| 26 | 22.9 | 9.2 | 67 | 0.00 | 1010.3 | 436 | 364 | 235 | 207 | 353 | 374 |
| 27 | 22.7 | 9.4 | 69 | 0.15 | 1012.0 | 434 | 362 | 233 | 219 | 353 | 368 |
| 28 | 21.6 | 3.3 | 71 | 1.00 | 1012.5 | 428 | 359 | 138 | 115 | 378 | 375 |
| 29 | 21.8 | 0.1 | 76 | 1.00 | 1012.0 | 429 | 357 | 89 | 48 | 398 | 407 |
| 30 | 23.9 | 0.4 | 83 | 1.00 | 1012.1 | 441 | 355 | 93 | 47 | 412 | 431 |

Note: $\beta=0.05$, $ref=0.06$, N. Lat. $31^{\circ}14'$

*1: Solar radiation at the top of the earth calculated from eq.(1)

Table 2. Root mean square difference and bias between measured and estimated radiation.

| Month | Shortwave Radiation | | Longwave Radiation | |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | <i>RMSD</i> (Wm ⁻²) | <i>Bias</i> (Wm ⁻²) | <i>RMSD</i> (Wm ⁻²) | <i>Bias</i> (Wm ⁻²) |
| August | 38.0 | -15.5 | 8.0 | 2.8 |
| September | 28.3 | -14.5 | 11.6 | 7.9 |
| October | 17.2 | -4.4 | 14.9 | 6.9 |
| November | 16.0 | -7.5 | 18.3 | 11.4 |
| December | 18.3 | -5.7 | 24.8 | 15.2 |
| Average | 23.6 | -9.5 | 15.5 | 8.8 |

湿度には枕崎のデータを用いている。推定期間は2000年1月からの1年間である。実測値と比較すると、短波および長波の両者とも概ね実測の日変化を再現している。

Fig. 6によれば、短波放射量は冬に小さく、夏に大きくなる季節変化を示し、かつ、雲量による日変動が大きい。特に、5月の梅雨前の晴天日の短波放射量は大きくなる。一方、梅雨期には日々の変動が大きく、雲の影響と考えられる。長波放射量の季節変化に関しては、気温が高く水蒸気量が多い7月から9月にかけて、長波放射量は大きくなる。

Fig. 7には、短波放射量の2000年8月から12月の観測値と計算値、およびFig. 8には、同一期間の長波放射量の観測値と計算値を示している。Table 1には2000年9月の入力気象データと計算結果を示す。長波放射量に関しては概ね推定されている。

短波放射に関しては、Fig. 7に示すように、150 W m⁻²以下の放射量において、計算値と観測値が一致しない部分が数点認められる。これは、主に日照時間*N*の観測値が0あるいは0に近い値の場合（例えばTable 1では9月11日、13日、30日）に、短波放射量の計算値と観測値には50 W m⁻²程度の相違が認められた。近藤(2000)²⁾によれば、日照率*N/N₀* = 0付近においては実測値の変動が大きい。これは式(8)と式(9)の実験公式において、*N/N₀* = 0の近傍での値が両式で一致していないことから推察される。ここでも、*N/N₀* = 0においては、短波放射量が小さく算定される式(9)を採用している。

Table 2には、観測値と計算値との残差を示す。表中の*RMSD* (Root Mean Square Difference) は、残差の標準偏差であり、

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (S_{M_i}^{\downarrow} - S_{C_i}^{\downarrow})^2} \quad (13)$$

および*Bias* は、実測値と推定値の残差の平均値であり、

$$Bias = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (S_{M_i}^{\downarrow} - S_{C_i}^{\downarrow}) \quad (14)$$

である³⁾。ここに、*m*:データ数(各月の日数)、添字*M*:実測値および*C*:計算値を示す。長波放射量*L[↓]*の*RMSD*と*Bias*は、式中の*S*を*L*に置き換えて計算する。

表に示すように*Bias*は、短波放射では全ての月で負値となっており、やや過大に推定されている(Fig. 7参照)。一方、長波放射では*Bias*は正值であり、やや過小に推定される傾向にある(Fig. 8参照)。誤差は、2000年8月から12月の5ヶ月間の平均*RMSD*で、短波放射量で23.6 W m⁻²、長波放射量で15.5 W m⁻²である。

枕崎の湿度のデータを、Fig. 4の直線回帰式に基づいて補正した湿度を用いて、8月から12月の短波および長波放射量の算定を行った。5ヶ月間の平均で、*RMSD*は、短波放射量で23.5 W m⁻²、長波放射量で14.7 W m⁻²であり、枕崎の湿度を池田湖の湿度に補正しても、推定精度に大きな向上は得られなかった。

以上のことから、ここで検討した推定法によれば、気象データとして、指宿の気温、日照時間、および枕崎の湿度、雲量、気圧の観測値を用いることによって、池田湖の日平均短波放射量および長波放射量を概ね推定できると考える。推定誤差は、短波放射量で約25 W m⁻²、長波放射量で約15 W m⁻²といえる。

要 約

本研究では、池田湖における短波放射量および長波放射量を池田湖周辺の気象観測資料により推定する方法について検討し、その方法による推定値と、著者らが池田湖で実測した観測値を比較した。気象データとして、気温、日照時間は指宿アメダス地域気象観測データ、および湿度、雲量、気圧は枕崎測候所の観測データを用いることにより、短波放射量および長波放射量を、概ね推定することができる。池田湖から、指宿地域気象観測所は東に約7.5km、枕崎測候所は西に約27km離れているが、過去および今後の気象データの入手が容易であることから、過去に生じた池田湖流域の渇水時の水収支解析および今後の水管理計画への基礎データの提供に、ここでの推定法は有効である。推定誤差は、推定値と実

測値の残差の標準偏差で、短波放射量の場合約25 $W m^{-2}$ 、長波放射量の場合約15 $W m^{-2}$ である。

謝辞：本研究のデータ収集・整理にご協力頂いた農林水産省南部九州土地改良調査管理事務所、太平洋コンサルタンツ(株)、および鹿児島大学農学部生産環境工学コース専攻生、眞邊勝裕（平成11年卒）、湯ノ谷理恵（平成12年卒）、牛島香織、田中竜児、前田昇吾、山道さおり（平成13年卒）の各位にここに記して感謝の意を表す。

文 献

- 1) 近藤純正：水環境の気象学、55-92, 朝倉書店, 東京 (1994)
- 2) 近藤純正：地表面に近い大気の科学、31-78, 東京大学出版会, 東京 (2000)
- 3) 水文・水資源学会編：水文・水資源ハンドブック、26-28, 朝倉書店, 東京(1997)
- 4) 土木学会水理委員会編：水理公式集 [平成11年版]、585-586, 土木学会 (1999)
- 5) Qiu, G. Y., Momii, K., Yano, T. and Lascano, R. J. : Experimental verification of a mechanistic model to partition evapotranspiration into soil water and plant evaporation. *Agricultural and Forest Meteorology*, **93**, 79-93 (1999)

Summary

Lake Ikeda is a valuable source of fresh water for various industries. Proper management of such freshwater resources is indispensable for the successful conservation of lake environments. The objective of this study is to examine the estimation method of radiation flux on the lake, which will be a fundamental factor for evaluating the hydrologic and thermal budget of the lake basin. Meteorological data for temperature and sunshine duration at Ibusuki weather station, which is located about 7.5 km east of the lake, and relative humidity, cloud cover ratio and atmospheric pressure measurements from Makurazaki local meteorological observatory, which is located about 27 km west of the lake, are used as the input data for the estimation method. The estimated shortwave and longwave radiation based on the meteorological data in the vicinity of Lake Ikeda are in good agreement with the measured radiation flux besides the lake. The root mean square differences between estimated and measured radiation are about 25 W m^{-2} for the shortwave radiation and about 15 W m^{-2} for the longwave radiation.