

2010年11月～2011年4月の船橋市における結氷観測 関隆則（千葉支部）

1. はじめに

年ごとの冬の寒さ、日々の夜の冷え込み、住宅周辺の局所的な寒さの表現を、夜間の結氷量を観測して検討した。観測は定量的評価のため、毎朝、氷の厚さを計測した。観測結果からは冷却要因として顕熱輸送と赤外放射を大まかに見積る事ができた。

2. 研究の方法

- (1) 冷却構造を極力単純化するため、水面以外を断熱した観測台を製作。
- (2) 水面の高さに温度計を設置。
- (3) 日ごとの氷の厚さと氷点下気温の積算値の関係を分析する。

3. 観測サイト、設備

- (1) 場所、環境・・・船橋アメダスのNE3km、千葉県船橋市坪井東、住宅域からは50m以上はなれている。
- (2) 結氷皿・・・ポリエチレン製植木鉢用水受け皿、外形30cm、深さ5cm。発泡ポリエチレンで断熱。地上高50cmと10cmに設置。
- (3) 温度計(TR-71U)・・・地上高50cmと10cmに設置。



4. 観測結果

- (1) 結氷の初日は11月16日、終日は4月20日
- (2) 図1は2010年12月の結氷皿の高さの気温10分値を示す。図2は同じ期間の結氷状況を示す。

夜間の氷点下の気温の出現と結氷は対応している。

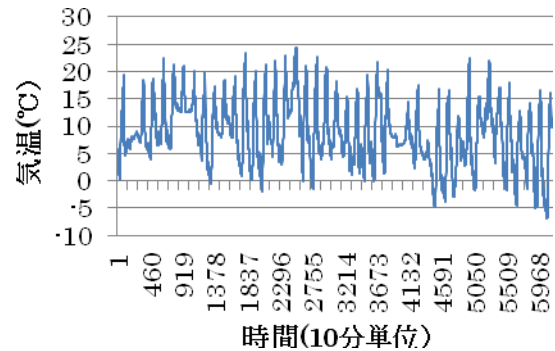


図1 2010年11月16日からの気温

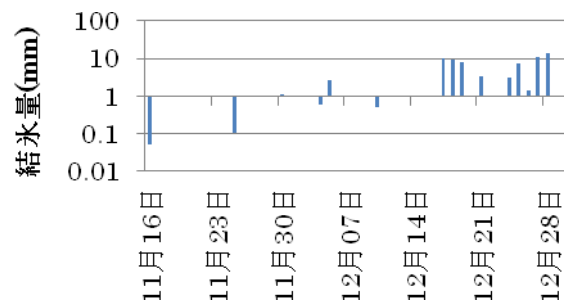


図2 2010年11月16日からの結氷

(3) 図3は前夜からの結氷量、図4は前夜から朝までの10分気温値から求めた積算氷点下気温を示す。2月に入ると積算氷点下気温は減少するが結氷の減少は少ない。図5、図6は結氷量と積算氷点下気温の散布図。1月の点線部分は主に放射冷却で結氷し、実線部分は気温との相関が強いことから顕熱輸送によって結氷したと考えられる。観測地上高は50cmである。

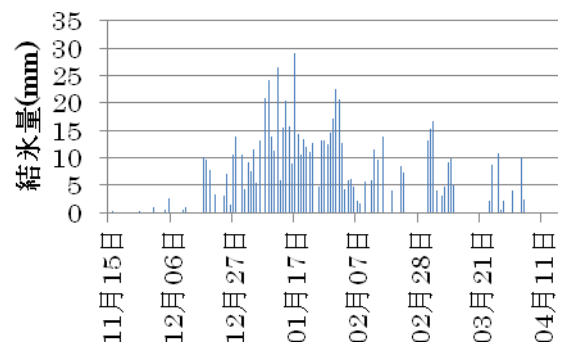


図3 2010年～2011年日結氷量

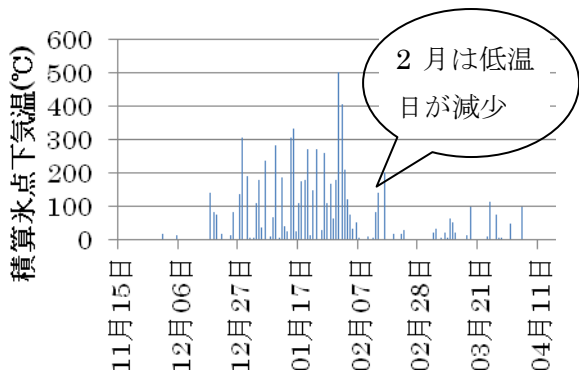


図4 2010年～2011年積算氷点下気温

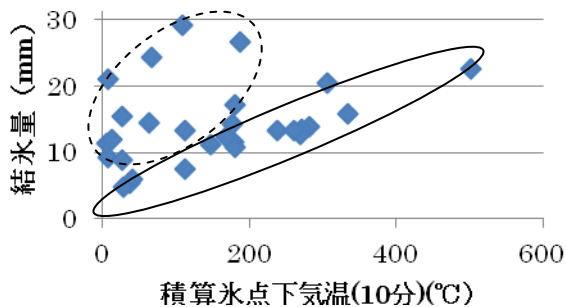


図5 2011年1月の積算氷点下気温と結氷量

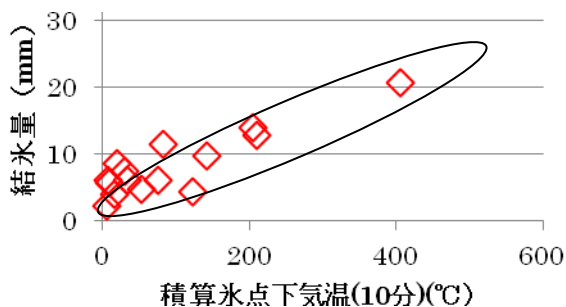


図6 2011年2月の積算氷点下気温と結氷量

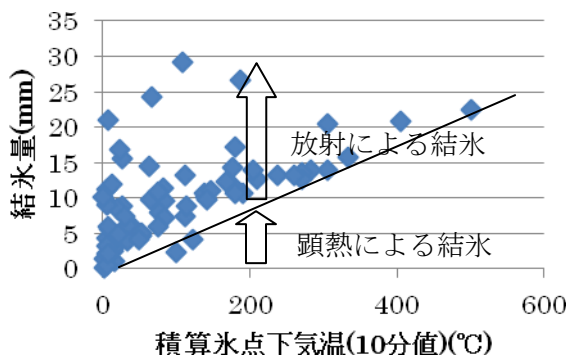


図7 積算氷点下気温と結氷量

5. 水面の顕熱輸送量の見積

図7は全期間の積算氷点下気温と結氷量の散布図

である。積算氷点下気温に比例した結氷量に放射冷却による結氷が加算されたと考える事ができる。図7の直線は顕熱輸送のみで結氷したと仮定した時の積算氷点下気温と結氷量の関係を示す。

積算氷点下気温 200°C (10分) での結氷量を 9mm として水面の熱伝導度を計算すると 19.46W/K(1m² 当り)となる。

<計算内容>

■結氷の潜熱=水面からの顕熱+容器からの顕熱 (熱ロス)

$$\begin{aligned} \text{■結氷の潜熱 (J)} &= \text{水の密度 (kg/m}^3\text{)} \cdot \text{氷の水等量} \cdot \text{結氷量 (m)} \cdot \text{面積 (m}^2\text{)} \cdot \text{潜熱 (J/kg)} \\ &= 10^3 \times 0.917 \times 9 \times 10^{-3} \times 0.0506 \times 0.334 \times 10^6 \\ &= 0.139 \times 10^6 \text{ (J)} \cdot \text{①} \end{aligned}$$

■顕熱 (J) = 水面の熱交換率 (J/m²Ks) × 温度差 (K) × 時間 (s) × 氷の面積 (m²) + 容器からの顕熱

$$= (\text{水面の熱交換率 (J/m}^2\text{Ks)} \times$$

$$200 \times 600 \times 0.0506 \cdot) + (0.58 \times 3600 \times 10) \cdot \text{②}$$

■①=②から、水面の熱交換率=19.46 (J/m²Ks)

$$\text{水面顕熱} = 19.46 \times 3.3 \times 0.0506 = 3.24 \text{ (W)}$$

計算のもとになるデータ
積算氷点下気温: 200°C (10分)、結氷量: 9mm
容器からの顕熱: 0.58W (結氷時間 10h、平均気温: -3.3°Cとして)

氷の面積: 0.0506m²

6. まとめ

- ・結氷量は積算氷点下温度に比例する分に放射冷却による分を加えた値であった。
- ・水面の熱交換率は約 20W/Km²であった。
- ・1月は放射冷却の寄与が大きい。