

第II部門

河床に埋設したパイプによる人工湧水の温度制御に関する検討

摂南大学工学研究科 学生員 ○濱 和義
 摂南大学工学部 正会員 澤井 健二

1. はじめに

現在、安威川では安威川ダムの建設が予定されている。安威川はアジメドジョウの生息最西域にあたり、ダム建設によりアジメドジョウの絶滅が懸念されている。対策としてダム建設による影響がない上流域に移植候補地が設けられた。そこで本研究では、アジメドジョウの生息に欠かせない伏流水に着目し、河床に埋設したパイプによる伏流水制御を、パソコンを用いた数値解析により行うものとする。

2. 計算方法

夏季においてアジメドジョウの活力の低下、斃死が急激に進むとされている水温 28℃を超えた場合を想定し、河川の水温を 30℃と設定した。水温を下げる方法として、図-1 のように河川の水が埋設したパイプ内を流れ、地温の影響を受け水温を低下させるという方法をとった。

まず、地温の温度分布の計算を行った。計算条件として地表面の温度は月ごとの平均気温を用い、最下端の境界を 20m とし、その部分の温度を 12.9℃と設定した。これらの条件から式(1)の拡散方程式を用いて地温の温度分布の計算を行った。また、この計算結果の 8 月の温度分布を用いて真夏における 1 日の地温の温度分布を求める。計算条件として、地表面の温度を真夏の 1 日の気温とし、式(1)を用いて計算を行った。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k_s \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad \dots \dots \quad (1)$$

計算パターンは管径、パイプを埋設する深さを変化させ、表-1 の 15 パターンとする。また、管の全長は 10m とし、管の材質は鉄とする。河床勾配を 1/45 とし、マンニングの式を用いて管内を通水するのに必要な流速を求めた (表-1)。

そして、管内の水温の計算を行う。境界条件として管の外側の温度は、はじめに求めた真夏の 1 日の地温の一番高い値を用いた。管の入り口部分は常に 30℃の水が入ってくるものと考え、30℃とする。管の出口の水温は 1 つ上流部分と同じ水温とした。また、管壁の厚さは 5 mm とした。これらの条件を用いて、管の温度は式(2)の拡散方程式を用いて計算した。また、管内の水温は式(3)の移流拡散方程式を用いて計算を行った。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k_f \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad \dots \dots \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k_w \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} \quad \dots \dots \quad (3)$$

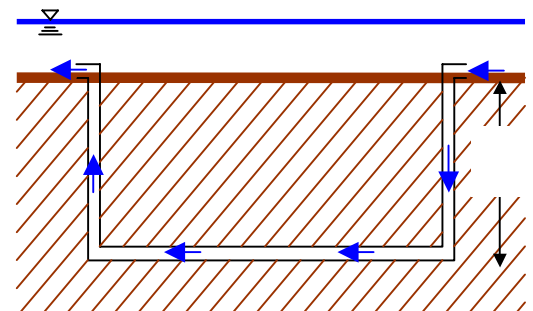


表-1 計算パターン

管径(cm)	深さ(cm)	流速(cm/s)
1	100	20.47
1	200	17.72
1	300	14.47
2	100	32.49
2	200	28.14
2	300	22.97
3	100	42.57
3	200	36.87
3	300	30.10
4	100	51.57
4	200	44.66
4	300	36.47
5	100	59.85
5	200	51.83
5	300	42.32

ks: 土の温度伝導率 [cm²/s]kf: 鉄の温度伝導率 [cm²/s]kw: 水の乱流拡散係数 [cm²/s]

3. 計算結果

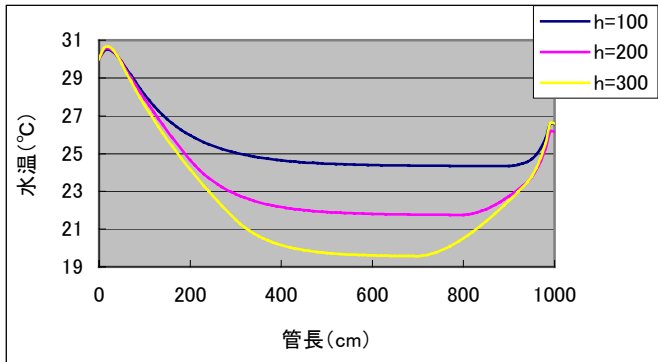


図-2 管径 1 cm

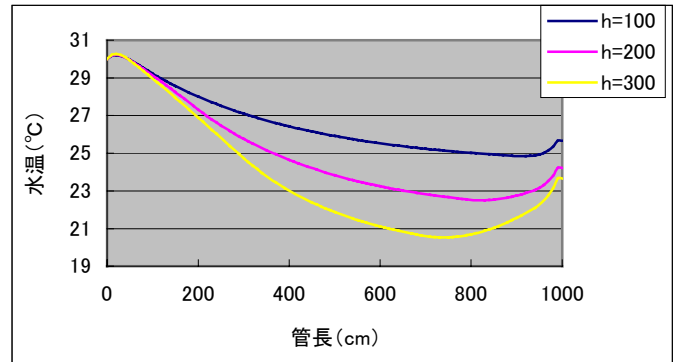


図-3 管径 2 cm

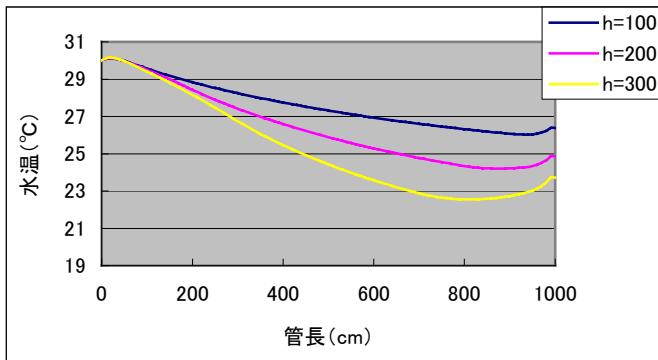


図-4 管径 3 cm

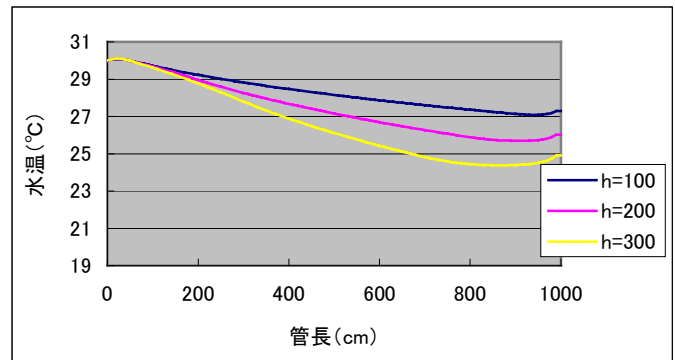


図-5 管径 4 cm

管内の水温の計算結果を図-2～6 に示す。計算結果よりすべての結果で、管から流出される水温が 28°C を下回るという結果が出た。最も水温が下がったのは管径 2 cm でパイプを埋設する深さが 300 cm、管径 3 cm でパイプを埋設する深さが 300 cm と共に 23.7°C となった。また、パイプを埋設する深さが深ければ深いほど水温が下がるという結果が出た。しかし、管径 1 cm の場合ではパイプを埋設する深さに関わらず管から流出される水温は、ほぼ同じであった。これは管径 1 cm の場合、最深部においては最も水温が下がっているが、流速が遅く、管径が小さいために出口付近における地温の温度が高い部分の影響を受けやすかったためと考えられる。また、最も水温が下がりにくかったのは管径 5 cm でパイプを埋設する深さが 100 cm で 27.9°C となった。これは計算パターン 15 通りのなかで最も流速が早く、また管径も 5 cm と最も大きかったため、熱の移動が起こりにくく水温が下がりにくかったためと考えられる。

4. 終わりに

今回の計算結果ではすべての結果でアジメドジョウの活力の低下、斃死が急激に進むとされている水温 28°C を下回ることができた。今後、管の全長を変化させたり、管の材質を変化させるなど計算のパターンを増やし、より現地に適したパターンを考えていきたい。今回の計算では夏季においてのみ計算を行ったが、冬季においてもどのような結果が出るか考慮する必要がある。また、今回の計算では地温は一定の温度で、変化しないものと考えた。しかし、実際には管の周辺の地温は管内の水温の影響を受け変化するものと考えられる。このような矛盾を解消し、より現実に近づける必要がある。これらを考慮し、今後どのパターンが最も現地に適しているか、またアジメドジョウの生息環境に最も適しているかを考え提案していく必要がある。

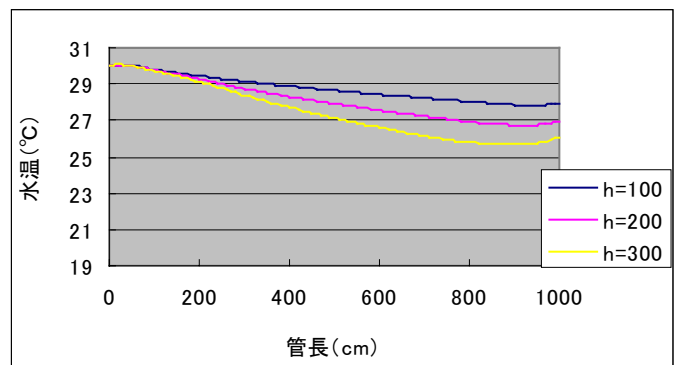


図-6 管径 5 cm