



冷水昇温システム開発研究におけるアスファルト面 利用基礎実験報告

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道開発技術センター 公開日: 2012-08-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本間, 弘達, 媚山, 政良, 野田, 恒, 上田, 徹 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/1620

CTC03-II-048

冷水昇温システム開発研究におけるアス
ファルト面利用基礎実験報告

本 間 弘 達 (伊藤組土建(株))
媚 山 政 良 (室蘭工業大学)
野 田 恒 ()
上 田 徹 ()

Basic Experiment Report ; Utilization of an Asphalt Concrete
Pavement, to Raise Temperature of Cold Water

K. Homma (Itogumi Construction Co.,Ltd.)
M. Kobiyama (Muroran Institute of Technology)
H. Noda ()
T. Ueda ()



COLD
REGION
TECHNOLOGY
CONFERENCE 2003

1 はじめに

農産物は大地と気象と人間の

協調の産物である

この中で気象が一番の

暴れ者で気まぐれである

暴れ者はさておき

身近な気まぐれを飼い慣らし御す

従来、農学の発展と農業技術の進歩はめざましく、農業災害の発生抑制や被害軽減に大きな成果をあげている。しかし今年の冷害に代表されるように、現在も農業が自然条件の良し悪しに強く左右されている事は事実である。農業と関係の深い自然条件は気象条件と土壌条件であるが、気象条件への対応が不十分であれば、農業経営の成果は低下し、場合によっては大きな損害となる。

北海道はわが国で最も低温な地域であり、冷害、冷水害、霜害、凍結害などの低温に関係した災害の発生が多く、いかにしてこれらの災害を軽減し防止するかが、開拓始まって以来の問題であり、今後も農業関係者が避ける事のできない宿命である。^{1) 2) 3)}

2 冷水害

冷水害とは、稲作において澆水が冷たいために起こる生育不良、稔実障害を指す。

水稻と水温の関係について、今まで数多くの研究が行なわれ、いずれの結果も水稻の生育並びに収量に水温の高低の影響が大きい事が報告されている。水温が高いほど出穂期が早く、稈長は長く、不稔歩合が少ない。

稲の冷水害は稲の生理的機能により二つに大別される。一つは初期中期の生育障害で、もう一つは中期の生殖成長障害である。河川水を水源とする場合、水温が水稻の生育に大きな影響を与える時期は、移植から幼穂形成時期頃までで、この時期を過ぎると北海道においても河川の水温が上昇し、水温による影響よりも気温による影響の方が大きくなる。よって前者の初期中期の生育障害が顕著である。^{1) 3)}

北海道北部の稲作の北限地域では、この冷水害が深刻な問題であり、田植え直後の水田水温の昇温コントロール技術が求められている。水温を1℃上昇させる事により、冷水害による被害の大部分を回避することが可能であるとも言われている。

本間 弘達 伊藤組土建(株) 技術部 建築技術課

札幌市中央区北4条西4丁目1番地

TEL 011-241-8040 FAX 011-222-5020

第19回寒地技術シンポジウム (2003)

3 冷水害対策

冷水害は冷たい用水の流入により、水田の一部が長時間に渡って冷却を受けることによるものであり、風水害などの不可効力的な災害と異なり、人為的に必ず解決できる性質のものである。

対策は、用水の温度を高めるか、水田の冷却の程度を弱めるかが主である。

北限界の地方においては、わずかな水温の低さのために、水稻の生理作用が大きな影響を受け農業経営に大きく影響するので、たとえある程度の経費を要しても、人工的に昇温を行なって生育の安全をはかることが可能なのであれば、昇温システム導入に価する問題である。^{1) 3)}

以下に冷水害対策の分類を示す。

表1 水田水温の上昇方法分類 (横田廉一)³⁾

- | |
|-------------------------|
| 1. 水源より水田に流入するまでに上昇をはかる |
| 1) 温水池 |
| 2) 温水路 |
| 3) 用水路の整備 |
| 4) 人口昇温 |
| 2. 水田内で昇温をはかる |
| 1) 水口の改善 |
| 2) 灌漑方法の改善 |
| 3) 漏水の防止 |
| 4) 蒸発の抑制 |
| 5) 日射の積極的吸収 |
| 6) 空気の導入 |
| 7) 栽培法の改善 |

本論では、表1中、1.4) 人口昇温の一つとして、アスファルトへの日射熱を利用した昇温システムの開発を目指し、昨年度より行なった基礎実験について、まずは第一報として報告する。

4 アスファルト昇温基礎実験

4.1 実験目的

昇温方法の一つとして、日射の影響によるアスファルト面の温度上昇を利用し、流水の昇温を図る。農道を想定した既設のアスファルト面を活用し、低コストな昇温シ

ステムの開発を目的とする。

4.2 沼田町実験

4.2.1 実験概要

- ・実験場所；北海道雨竜郡沼田町内除雪センター前 (写真1) 既設アスファルト舗装面
- ・実験日；平成14年10月21日～10月24日、11月11日
- ・実験規模；幅5m×長さ10m、50m²
- ・実験内容；アスファルト勾配面に上記大きさの流水面を作り、流量を変化させながら、日射量に対する各部の水温上昇程度及び路面温度を観察した。
- ・実験装置；後述する実験 (風連町実験) と同一のため記述を省略する。

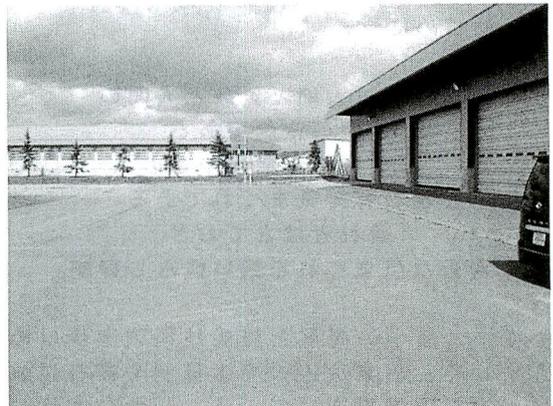


写真1 実験場所 (沼田町除雪センター)



写真2 沼田町実験状況

第19回寒地技術シンポジウム（2003）

4. 2. 2 実験結果

2度実験を行った。しかし、いずれも天候がすぐれず、気温が水温よりも低く、また、日射量も小さかったため路面温度が水温以上に上昇せず良い実験データが得られないまま失敗に終わった。

4. 3 風連町実験

平成14年の北海道沼田町実験が失敗に終わったため、翌春、実験場所を稲作の最北限近くである北海道風連町に移し、再実験を行った。その実験結果について報告する。

4. 3. 1 実験場所

北海道上川郡風連内四季の丘（小学校の廃校跡）前、既設アスファルト舗装面

4. 3. 2 実験期間

風連町の田植え時期に合わせ5月下旬とした。

- ・実験装置製作：平成15年5月27日
- ・データ測定日：平成15年5月28日

4. 3. 3 実験装置

- ・実験フィールド：幅5m×長さ10mの緩勾配アスファルト面（勾配：約1/100）、周囲は現地製作のモルタル製止水土手（高さ5cm）
- ・実験設備：水槽（農業用2t）、水中ポンプ、送水ホース（サクションホース）、給水側塩ビ配管、水量調整用バルブ

4. 3. 4 計測装置

- ・計測器：データロガー（30点用）
（株）東京測器研究所製、TDS-302
- ・熱電対：VT-6
- ・日射計：横河電子機器製、H-205
- ・水量計：50A 水道メーター

4. 3. 5 計測内容

バルブを開閉調節する事で、流量を段階的に変化させ、それぞれ日射量に対する、水温上昇とアスファルト表面温度との関係を測定した。

熱電対（22箇所）により1m間隔のアスファルト温と水温、及び給水温、排水温、

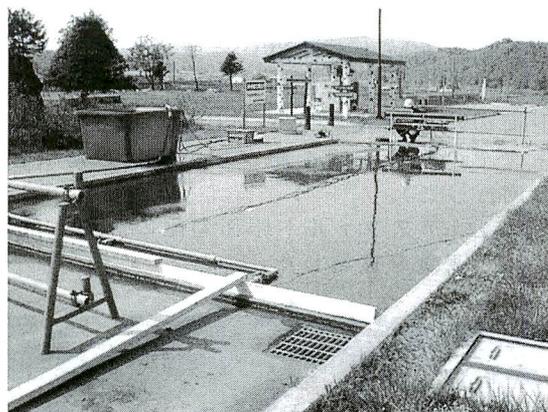


写真3 実験フィールド全景（風連実験）

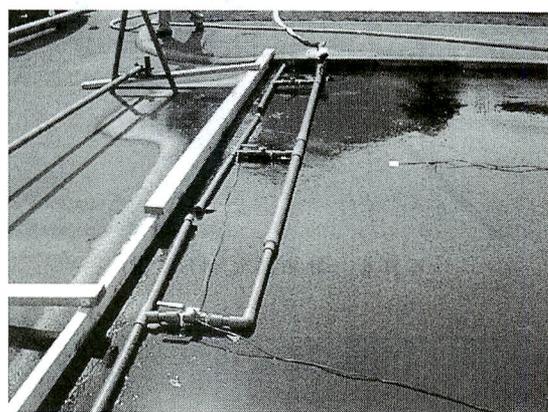


写真4 給水側（水上）塩ビ配管

アスファルト面の水流を一樣にする為、システムを3系統に分け、それぞれ水量調整可能なようにバルブを設置。給水用の塩ビ管には等間隔に穴が開いており、一度モルタル製の土手に当って一樣な水流をつくる。

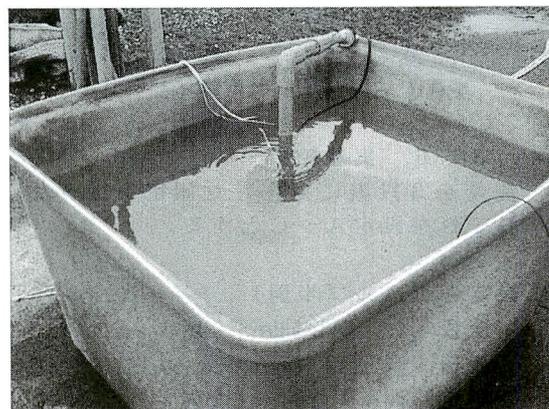


写真5 水槽及び水中ポンプ

第19回寒地技術シンポジウム（2003）

乾燥面アスファルト温、外気温、日射量等の自動計測（1分間隔）を実施した。流量は水道メーターにより測定。アスファルト面の流水速度は水上より絵の具を流し水下までの到達時間を測定して算出した（各3回行った）。

また、アスファルト路面勾配の計測には、レベル測量を実施した。



写真6 計測器セット状況

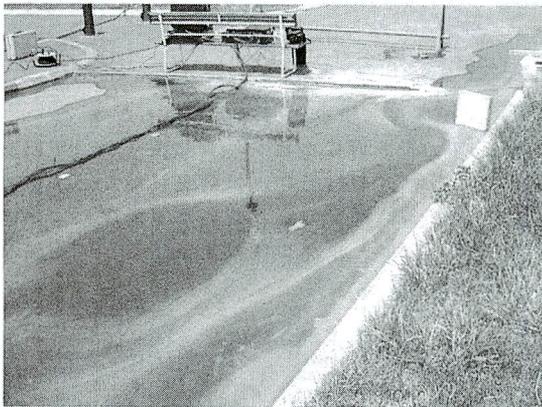


写真7 絵の具による流速計測状況

4.3.6 実験結果

流量を3段階に変化させ測定を行った。それぞれを設定A～Cとする。

① 設定A（バルブ半開）

流量 $3.51\text{m}^3/\text{h}$

流速 $11.21\text{m}/\text{分}$

測定時間 11:04～11:24

（グラフ：図1参照）

大きな変化はなくデータは安定しており、日射量 $1.06\text{kW}/\text{m}^2$ 、外気温約 20°C の条件下で約 13°C の水温上昇が見られた。その際のアスファルト表面温度は約 40°C であった。

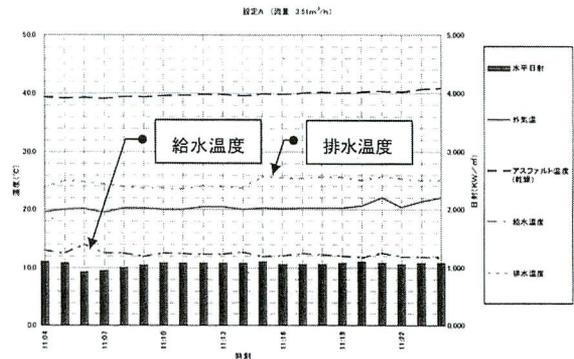


図1 温度推移グラフ（設定A）

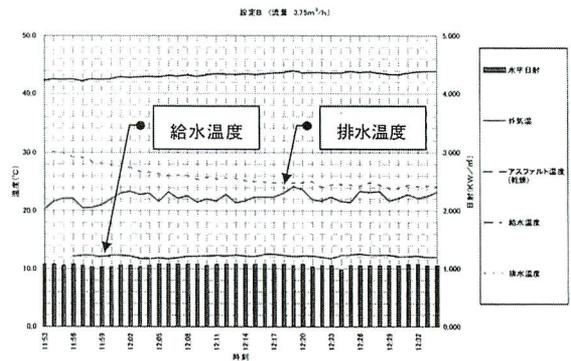


図2 温度推移グラフ（設定B）

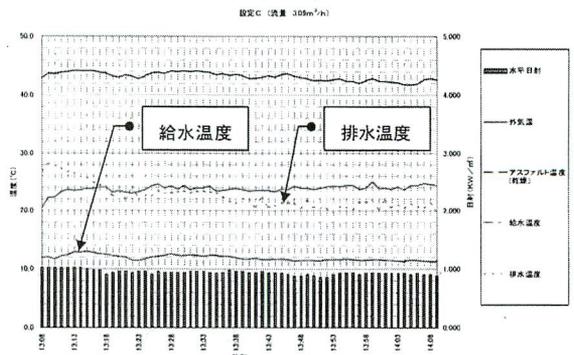


図3 温度推移グラフ（設定C）

第19回寒地技術シンポジウム (2003)

② 設定 B (バルブ全開)

流量 $3.75\text{m}^3/\text{h}$
流速 $11.43\text{m}/\text{分}$
測定時間 11:53~11:34
(グラフ: 図 2 参照)

排水温度の温度変化が安定するまでに 15 分以上要した。これは設定 A の測定を行った後、設定 B の測定を開始するまでの約 30 分間の実験準備時間中に、実験フィールドのアスファルトが日射により温められた余熱の影響と思われる。

温度が定常化した後の 12:21~12:30 の 10 分間の平均値は、日射量 $1.05\text{kW}/\text{m}^2$ 、外気温 22.2°C の条件下で 12.2°C の冷水が 24.3°C に加温され、温度差 $\Delta t = 12.1^\circ\text{C}$ の水温上昇があった。その際のアスファルト表面温度は 43.6°C である。

③ 設定 C (バルブ 1/3 開)

流量 $3.09\text{m}^3/\text{h}$
流速 $10.00\text{m}/\text{分}$
測定時間 13:03~14:09
(グラフ: 図 3 参照)

設定 C の計測でも、排水温度の温度変化が安定するまでにやはり 15 分以上要した。3 回の計測中、最も長時間測定を行なったが、午後になり少しずつ日射量が下がり、水温の昇温幅も小さくなっていった。

13:26~13:35 の 10 分間の平均値は、日射量 $0.95\text{kW}/\text{m}^2$ 、外気温約 24.0°C の条件下で 12.3°C の冷水が 23.2°C に加温され、温度差 $\Delta t = 10.9^\circ\text{C}$ の水温上昇があった。その際のアスファルト表面温度は 43.9°C である。同様に 13:45~13:54 の 10 分間の平均値は、日射量 $0.89\text{kW}/\text{m}^2$ 、外気温約 23.9°C の条件下で 11.5°C の冷水が 20.8°C に加温され、温度差 $\Delta t = 9.3^\circ\text{C}$ の水温上昇があった。その際のアスファルト表面温度は 42.9°C である。

1 m 毎の水温やアスファルト温度の各測点のデータも採取したが、各水温にばらつきがあり法則性を導き出すのは難かった。これは現地のアスファルト面に不陸があり水の流れが一樣でない為である。実際に絵

の具を流した際にも確認できたが、若干窪んでいた部分に水が滞留したり、逆に盛り上がっている部分の水が迂回していったりしていた。

但し排水温度は最終的に水を絞り込んだものを測定しているのでデータとしての信頼性は高い。(写真 7)

5 考察

一般に水田用水の蒸発散量は $4\sim 6\text{mm}/\text{日}$ 、水稻収量に適正な減水深は $20\sim 30\text{mm}/\text{日}$ 、適正浸透量 $15\sim 25\text{mm}/\text{日}$ である。⁴⁾

したがって、水田の深さを 70mm 、給水量を $25\text{mm}/\text{日}$ と仮定すると、水田 1m^2 当り温度変化 1°C に対する顕熱は $0.398\text{MJ}/^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2\cdot\text{日}$ である。本実験の設定 B で流量 $3.75\text{m}^3/\text{h}$ の際に $\Delta t = 12.1^\circ\text{C}$ の昇温を得られた事から考えると $189.940\text{MJ}/\text{h}$ の昇温能力である。本実験の目的は昇温能力とアスファルト面積の関係を導く事ではあるが、仮に昇温設備が本実験装置と同サイズで一日平均 3 時間、同程度の能力が発揮可能であると仮定すれば、 $23.725\text{MJ}/\text{日}$ の昇温設備であり、約 60m^2 の水田の水温を 1°C 上昇することが可能である。

冷水害は、水田区画の全面積に起こるものではなくて、その水口附近に限って起こるのが特徴である^{1) 3)} ため、今回の実験規模の装置であっても、昇温設備としての能力は十分である。また、稲の初期成育期の最低水温 $13\sim 15^\circ\text{C}$ 、好適温 30°C ^{1) 2) 3) 4) 5)} であり、本実験で扱われた水温の温度帯が適切であったといえる。

しかし、冷水害が発生するような気候時には天候が悪く、日射量も少ない事が想定され、また、最も水温が下がる時間は日射のない夜間である事から、昇温需要時期と、熱エネルギー供給可能時期とのタイムラグが存在し、本装置にとっては極めて不利な条件であり、既存の昇温システムも含め共通の課題である。春先の強い日射を上手に利用し、最適な水田の最低水温のボトムカットを目指す本システムの効率化は今後の課題である。

また、既存の研究により気温や日射量とアスファルト温度の関係が解明されている

第19回寒地技術シンポジウム (2003)

事から^{6) 7)}、更に多くのデータを蓄積し、アスファルト温度と昇温性能の関係を整理していく事により、各地の気象データから昇温性能が予測可能になる。今後の研究で整理していきたい。

1℃の温度差は距離換算で約100kmに相当する。水温調節が可能となる事で、冷害対策のほか、その土地よりも南で取れる品種が栽培可能となるために、農業技術の差別化に貢献できる。本システムが単なる冷水害対策だけではなく、総合的に活用検討されていく事を望む。

6 まとめ

本論では冷水害対策のうち、水源より水田に流入するまでに上昇をはかる方法のなかで、人口昇温方法の一つについて述べてきた。休耕田を活用し、温水池等の昇温設備へと転用するなど方法も有望である。冷水害対策は表1に示すように他にも様々あり、またこれ以外にも考え得る。

水田用水の温度を高める方法は数多くあるが、いずれの方法をとるかは、土地の状況と予算に応じて決めるべきである。

北海道では、一般的にはまず第1に温水池を設け、つぎには水田の周囲にできるだけ防風林を設置する。第3には、その土地の条件に応じた適当な漏水や蒸発の抑止対策の実施が実際に行なわれている。³⁾

蒸発散量を5mm/日と仮定すると、水田1㎡当りの蒸発熱は11.3MJ/㎡・日である。この値は、先の考察で述べた水田1㎡当りの顕熱に比べ非常に大きな値である。つまり、水田の蒸発を一部防ぐ事ができれば、もっと効果的な冷水害対策となる。しかし、この方法については、過去の研究ではコストの大きなものが多くあまり普及に至らなかった。防風林も蒸発散の減少を狙ったものであるが、コストの他、木が育つまでに時間がかかることや、効果が防風林の風下一部に限られるという問題もある。コストで、効果的な冷水害対策方法の開発は今後の研究に期待する。

また、同じく水田からの熱損失を減らす方法に灌漑水の量を減らす方法がある。灌漑水が減れば、水田に導入されてしまう冷

水量も減らす事ができる。栽培的な側面からのアプローチ部分は別として、水田下部の止水性を高める事により浸透量を減らし、結果的に灌漑水量を減らす事も可能である。これについても、今後、低コストで、効果的な方法が研究される事を期待する。

日射による熱吸収の観点では、現状の水田では、水面によりその大部分を反射してしまっているが、日射を効率よく取り入れる方法の開発も今後の課題である。

いずれにせよ、最終目標は、はっきりしているもので、低コストで効率の良い昇温システム、蒸発防止システム、日射吸収量増加システム、あるいは、それらの良い組み合わせは今後の研究課題である。

7 謝辞

本実験にあたり多数の方々には多大なる御協力を頂きました。実験場所のご提供並びに実験に御協力いただきました沼田町地域開発課並びに除雪センターの皆様、風連町企画商工課、同農林課の皆様。実験作業に御協力いただきました北海道アサヒ冷熱工事(株)の皆様をはじめ、(株)メジャメントの皆様。農業関係の資料をご提供いただきました専修大学北海道短期大学山上重吉教授には大変お世話になりました。御指導頂きました皆様に深く謝意を表す次第です。

参考文献

- 1) 農林省振興局研究部：農業気象ハンドブック pp31-88, pp103-128, pp333-364、pp474-557、1961年
- 2) 日本農業気象学会：農業気象の実用実技 pp80-117, pp167-186, pp319-346、1972年
- 3) 横田廉一：北海道の気候と農業気象災害 p67, pp89-113、1976年
- 4) 「土地改良と営農」研究会：土地改良の実際－営農との結びつき－pp175-195
- 5) 梅田安治、山梨光訓、大橋巧、山森昭：用水の水温と水田の水管理
- 6) 武市靖：積雪寒冷地における舗装体温度の変動に関する研究、土木学会第42回年次学術講演会 pp108-109、1987年9月
- 7) 姫野賢治、猪股和義：アスファルト舗装の内部温度分布に関する調査研究、木技術資料 28-6, pp326-331、1986年