

寒冷地における気象変動が水稻の生育・収量に及ぼす影響のモデル解析

下野裕之 (岩手大学農学部)

日本の主な稲作地帯である寒冷地では、生育の様々な段階で遭遇する低温の影響により、水稻収量が大きく変動する。今後の不確かさを増す気候下で安定的な水稻生産を図るためには、寒冷地における水稻の気象応答を定量化するとともに、将来の気象変動の影響を予測することが不可欠である。本研究は、屋外での環境操作実験を主な手法として、群落条件下で測定した知見をもとに灌漑水温の影響を考慮した水稻の生育・収量予測モデルを開発し、寒冷地における水稻生産変動要因を解析するとともに、将来予測される気象変動が寒冷地の水稻の生育・収量に及ぼす影響を評価したものである。研究業績の内容は以下のように要約される。

1. 寒冷地の水稻生産における灌漑水温の役割の定量的評価

生育期間の大部分を湛水条件下で生育する水稻にとって水温は主要な温度要因である。特に寒冷地では、気温より高い水温のもつ保温効果の役割は大きいものの、群落レベルでの生理・生態的な評価はすすんでいなかった。そこで、圃場条件で冷水かけ流しによる低水温処理試験を行うことで、低水温が水稻の収量に及ぼす影響は生育ステージに依存し、収量に最も影響を与えるのは不稔が多発する生殖成長期であること、栄養成長期の低水温は乾物生産への影響を介して収量を低下させること（業績1）、さらに、低水温による乾物生産の低下は主として葉面積の増加抑制に伴う群落受光量の減少によるもので、日射利用効率や光合成速度への影響は小さいことを明らかにした（業績2）。上記の結果に基づき水温の影響を取り入れた簡易な生育・収量予測モデルを作成し（業績3, 4）、北海道各地について解析した。水温と気温が同一温度と仮定してシミュレーションを行ったところ、実際の水温条件に比べて収量は半減したことから、寒冷地の稲作における田面水の保温効果は極めて大きいことを明らかにするとともに、道北の高い生産性は日射量の高さに依存すること、道央で比較的収量が低いのは風が強く田面水の保温効果が得られにくいためであること、道南の低収は生育初期に低気温で経過することによることを示した（業績5）。

2. 水稻穂ばらみ期耐冷性に幼穂形成期以前の温度環境が及ぼす影響

寒冷地における水稻収量の最大の変動要因である小孢子初期の障害型冷害に関して、これまで取り上げられなかった幼穂形成以前の履歴温度に着目し、小孢子初期の耐冷性が幼穂形成以前の低水温によって弱まることを明らかにした（業績6, 9）。この知見に基づき、東北地方の過去の冷害年における不稔発生と気象要因との関連を解析し、1993年の大冷害では、生殖成長期間の低温に加えて幼穂形成以前の低温が被害を助長した可能性を示唆した（業績6）。

3. 大気二酸化炭素濃度上昇が寒冷地水稻の生育・収量に及ぼす影響

将来に予測される地球温暖化が寒冷地における水稻生産に及ぼす影響について、気温上昇と大気CO₂濃度の上昇に着目して調査・解析した。まず、気温上昇の影響について、わが国の多地点における過去70年間の気温上昇の傾向を月別に解析したところ、平均気温は全国的に上昇しているものの北日本の夏には顕著な気温上昇がないことを示した（業績10）。この知見に基づき、近い将来においても春は昇温するが夏が昇温しない場合の影響をモデル解析し、品種や作期を変更しない条件では、春の昇温により発育ステージが前進し、障害型冷害のリスクが高まることを予測した。

大気CO₂濃度の上昇が寒冷地の水稻に及ぼす影響については、岩手県雫石町の開放系大気CO₂増加施設を用いて実証的に調査した。早晩性の異なる水稻4品種を、外気CO₂よりも200 ppm高いCO₂条件で栽培したところ、収量は対照区に比べて高まるものの、その程度は品種により異なること、高濃度CO₂による収量応答が高い品種は生育初期の生育応答が高いことを明らかにした（業績11）。また、高濃度CO₂は、水稻の倒伏の程度を軽減させる一方で、低温年には通常年に比べて高濃度CO₂による増収程度が有意に低くなることを明らかにした（業績7, 8）。さらに、水耕実験により、高濃度CO₂が植物の老化を促進するとともに、根の活性も低下させることを指摘した（業績12）。

以上の研究成果は、将来の気象変動下における寒冷地の水稻の安定生産に有効な適応技術の開発や品種育成に寄与することが期待される。よって、本業績は日本作物学会研究奨励賞に十分に値するものと判断した。

主要業績リスト

- 1) Shimono, H., T. Hasegawa and K. Iwama 2002. Response of growth and grain yield in paddy rice to cool water at different growth stages. *Field Crops Res.* 73 : 67–79.
- 2) Shimono, H., T. Hasegawa, S. Fujimura and K. Iwama 2004. Response of leaf photosynthesis and plant water

status in rice to low water temperature at different growth stages. *Field Crops Res.* 89 : 71–83.

- 3) Shimono, H., T. Hasegawa, M. Moriyama, S. Fujimura and T. Nagata 2005. Modeling spikelet sterility induced by low temperature in rice. *Agron. J.* 97 : 1524–1536.
- 4) Shimono, H., T. Hasegawa and K. Iwama 2007. Modeling the effects of water temperature on rice growth and yield under a cool climate. I. Model development. *Agron. J.* 99 : 1327–1337.
- 5) Shimono, H., T. Hasegawa, T. Kuwagata and K. Iwama 2007. Modeling the effects of water temperature on rice growth and yield under a cool climate. II. Model application. *Agron. J.* 99 : 1338–1344.
- 6) Shimono, H., M. Okada, E. Kanda and I. Arakawa 2007. Low temperature-induced sterility in rice: Evidence for the effects of temperature before panicle initiation. *Field Crops Res.* 101 : 221–231.
- 7) Shimono, H., M. Okada, Y. Yamakawa, H. Nakamura, K. Kobayashi and T. Hasegawa 2007. Lodging in rice can be alleviated by atmospheric CO₂ enrichment. *Agric. Ecosyst. Environ.* 118 : 223–230.
- 8) Shimono, H., M. Okada, Y. Yamakawa, H. Nakamura, K. Kobayashi and T. Hasegawa 2007. Rice yield enhancement by elevated CO₂ is reduced in cool weather. *Global Change Biology* 14 : 276–284.
- 9) Shimono, H. and E. Kanda 2008. Does regional temperature difference before the panicle initiation affect the tolerance for low temperature-induced sterility in rice? *Plant Prod. Sci.* 11 : 430–433.
- 10) 下野裕之 2008. 地球温暖化が北日本のイネの収量変動に及ぼす影響. *日作紀* 77 : 489–497.
- 11) Shimono, H., M. Okada, Y. Yamakawa, H. Nakamura, K. Kobayashi and T. Hasegawa 2009. Genotypic variation in rice yield enhancement by elevated CO₂ relates to growth before heading, and not to maturity group. *J. Exp. Bot.* 60 : 523–532.
- 12) Shimono, H. and A. J. Bunce 2009. Acclimation of nitrogen uptake capacity of rice to elevated atmospheric CO₂ concentration. *Ann. Bot.* 103 : 87–94.