

地下水位制御システム (FOEAS) を用いた京都府特産豆類増収技術の確立

京都府農林水産技術センター
農林センター作物部

辻 康介

背景および目的

京都府では、特産豆類として、丹波黒大豆（以下、黒大豆）や丹波黒大豆系エダマメ（以下、黒大豆エダマメ）、丹波大納言小豆（以下、小豆）が栽培されている。しかし、近年、黒大豆、小豆の収量は減少傾向にある。この原因として、開花～着莢期の水不足による着莢不良や、秋季の長雨に伴う土壌の過湿によるしわや裂皮などの被害粒の増加が考えられる。また、黒大豆エダマメ生産では、大規模生産者が増えるに従い、ほ場毎の適切な水管理が困難になるなど問題が発生している。そこで、省力かつ高精度に水管理できる地下水位制御システム (FOEAS: Farm-Oriented-Enhancing Aquatic System, フォアス) による特産豆類の安定多収技術の確立に取り組んだので、その一部を報告する。

FOEAS の概要

FOEAS は、水田の灌排水機能を改善する基盤整備技術で、従来の暗渠を強化した地下排水と、地下灌水の両方の機能を備えている。FOEAS の構造は地下に埋設する管路網と用水供給施設、水位制御施設で構成される。

管路は、標準的な埋設深 60cm、敷設間隔 10m 程度で施工される有孔管による幹線・支管パイプ、およびこれらと直交して標準的な掘削深 40cm、間隔 1m で施工される補助孔（弾丸暗

渠）からなる（図-1、-2）。

用水供給は、既設の開水路・パイプラインのいずれからでも可能であり、用水側の水位管理器等および排水側の水位制御器の水位設定により、ほ場内の水位を田面から -30cm ~ +20cm の範囲で自由に設定することができる（図-3）。これによりほ場全体に用水を均一に供給することが可能である。このため、降雨時は暗渠から有孔管を通じて積極的に排水し、日照り時は地下灌水を行い最適な地下水位を維持することで、作物の湿害や過乾燥を軽減することが可能となる（農研機構 2009；農研機構 2016）。

FOEAS を用いた地下灌水による土壌 pF 値の変動

地下水位制御による土壌水分状態の変動を調査するため、FOEAS ほ場および非 FOEAS ほ場において、特産豆類の生育期間中の土壌 pF 値を測定した。本試験は京都府亀岡市に所在する京都府農林水産技術センター農林センター試験圃場の水田転換畑において、2016 年 6 月 6 日から 11 月 3 日の期間に調査を行った。ほ場の土質は中粗粒灰色低地土、灰褐色系である。

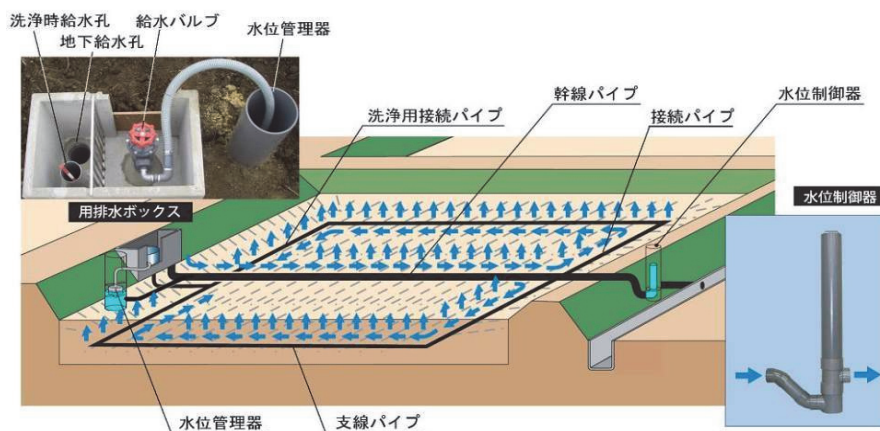


図-1 FOEAS の構造（農研機構 2009；農研機構 2016）

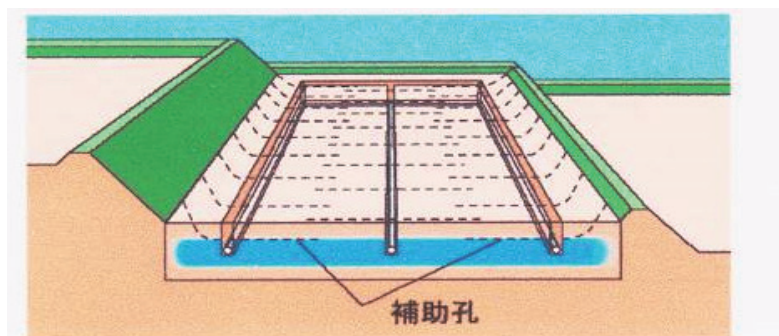


図-2 FOEAS の補助孔（農研機構 2009；農研機構 2016）

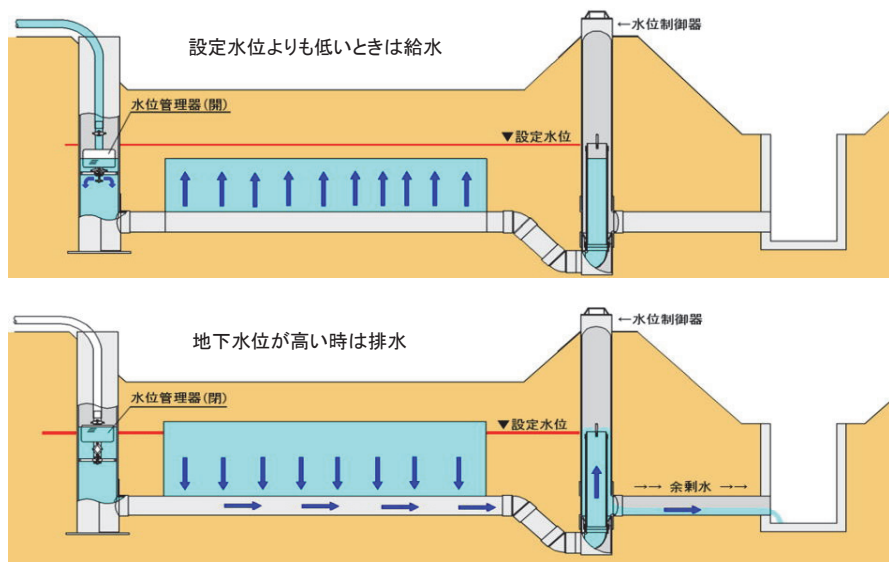


図-3 水位設定に伴う水位管理者の作動と水の移動（農研機構 2009；農研機構 2016）

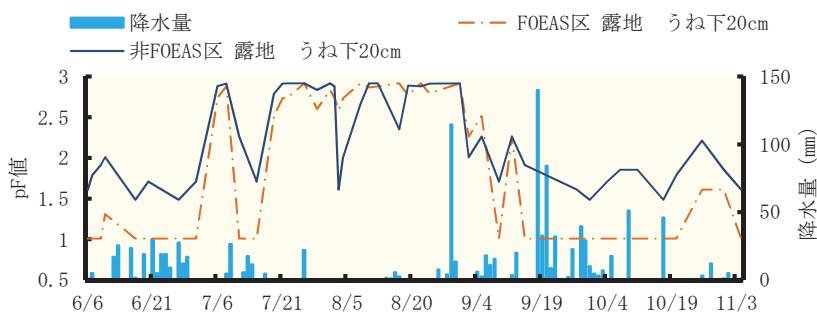


図-4 丹波黒大豆の栽培期間におけるの土壌水分と降水量（2016）
8月2日には非 FOEAS 区において畝間灌水を行った。

表-1 特産豆類の生育・収量調査における耕種概要

作目	品種	播種日	移植日	開花期	収穫日	栽植密度
大豆	新丹波黒	6月15日	(直播)	8月14日	11月30日	2.5株/㎡
エダマメ	夏どり丹波黒2号	5月20日	5月30日	6月28日	8月10日	4.2株/㎡
	紫ずきん3号	6月10日	6月20日	7月26日	10月5日	2.5株/㎡
小豆	京都大納言	7月19日	(直播)	9月1日	10月18日	10株/㎡

土壌 pF 値は、ほ場に形成した畝頂面から - 20cm の位置で測定を行った。畝の高さは、畝頂面が田面から 10cm の高さに調節した。当センターの FOEAS ほ場では、自動で給水を行う水位管理者を設置していないため、排水側に設置した水位制御器により、地下水位を田面から - 30cm（畝頂面から - 40cm）に設定し、減水が 2cm 以下を確認後、灌水した。非 FOEAS ほ場では、降雨が 17 日間無く乾燥が激しかったため 8 月 2 日に畝間灌水を行った。

その結果、FOEAS ほ場では、地下灌水を行うことで土壌 pF 値が低く、土壌が湿潤に保たれる傾向が見られた。一方で、非 FOEAS ほ場では畝間灌漑や降雨後に、一時的に pF 値が低下するのみであった（図-4）。

黒大豆においては、開花期～莢伸長期の水分不足によって莢数や収量が減少することが報告されている（岡井・尾崎 2008；齊藤ら 1999；御子柴ら 2011）。このことは、小豆においても同様であると考えられる。そのため、FOEAS ほ場では、非 FOEAS ほ

場に比べ、豆類の生育に適した土壌水分条件であったと考えられた。

地下水位制御を行った場合の特産豆類の生育・収量に及ぼす影響

FOEAS ほ場および非 FOEAS ほ場において、2015 年、2016 年に特産豆類の生育・収量調査を行った。FOEAS ほ場の灌水は、前項に記述したとおりに行った。2015 年に黒大豆品種として「新丹波黒」、2016 年に黒大豆エダマメ品種として、「夏どり丹波黒 2 号」および「紫ずきん 3 号」、小豆品種として「京都大納言」の調査を行った（表-1）。

FOEAS による地下水位制御を行った場合、非 FOEAS ほ場に比べ特産豆類は収量が増加した（図-5、-6、-7）。このことから、FOEAS による地下水位制御を行うことにより、非 FOEAS ほ場に比べ、開花期～莢伸長期の土壌水分が湿潤に保たれ、着莢数の減少が防止できたと考えられた。特に、「新丹波黒」、「紫ずきん 3 号」、「京都大納言」では開花期～莢伸長期を夏季の高温時期に迎えるため、FOEAS による地下水位制御は着莢安定にとって重要であると推察された。

地下水位制御によるほ場内の生育のばらつき

2016 年に行った「紫ずきん 3 号」の生育・収量調査において、地下水位を田面から - 30cm（畝頂面から -

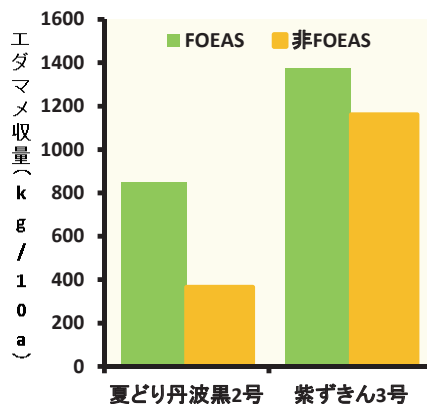


図-5 FOEASでの地下灌水による黒大豆エダマメの収量への影響 (2016)

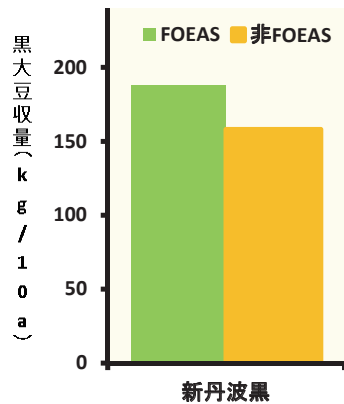


図-6 FOEASでの地下灌水による黒大豆の収量への影響 (2015)

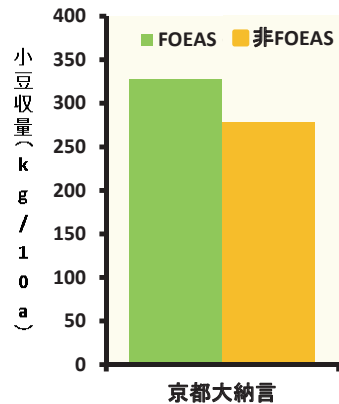


図-7 FOEASでの地下灌水による小豆の収量への影響 (2016)

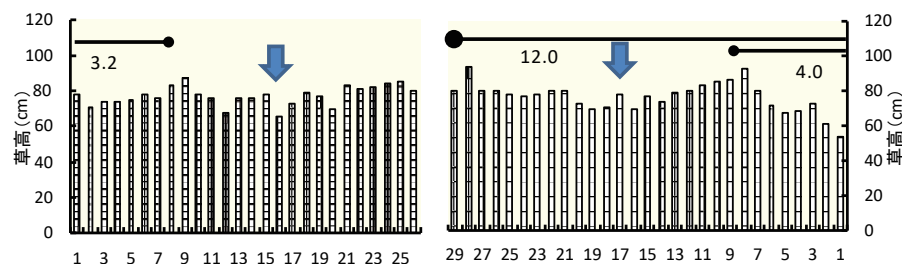


図-8 生育期間中の「紫ずきん3号」草高 (2016年9月1日調査)
横軸数字はほ場畦畔から数えた株数。大黒丸は暗渠管本管, 小黒丸は支管を示し, 数字は畦畔からの距離を示す。矢印は草高が低い部分を示す。

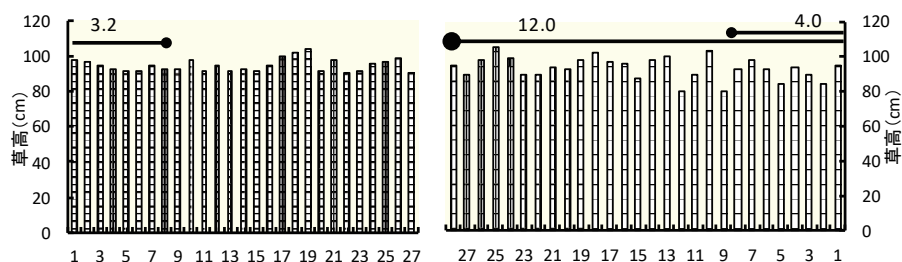


図-9 生育期間中の「紫ずきん3号」草高 (2017年8月25日調査)
横軸数字はほ場畦畔から数えた株数。大黒丸は暗渠管本管, 小黒丸は支管で, 数字は畦畔からの距離を示す。

40cm) に制御するよう灌水を行ったにもかかわらず, 8月下旬にFOEASの管路網の幹線・支管パイプ上に位置する個体と比べ, 幹線と支管パイプの間に位置する個体の草高が低い状況が観察された(図-8)。この原因は, 8月は降雨も少なく, ほ場は非常に乾燥していたことから, 水分不足による生育の抑制であると考えられた。このことから, 地下水位を田面-30cmに設定し, 水位制御器の減水が2cm以下を目安に灌水を行った場合には, 水

が十分に横浸透しないことが推察された。

そこで, FOEASほ場では, 2017年に, 灌水時は排水側の地下水位を田面+10cmの条件で地下灌水を行い, 灌水後, 設定水位を田面-30cmに戻した。

この条件で管理した場合, ほ場全体で草高のばらつきは見られなかった(図-9)。これは灌水時に地下水位を田面+10cmに設定することで, ほ場を均一に灌水できたために, ほ場内

で生育のばらつきが発生しなかったと考えられる。

簡易土壌水分計を利用したFOEASによる地下灌水

水位管理者を設置していないFOEASにおいては, 地下水位を+10cmに設定し, 灌水する必要があるため, 灌水の目安となる指標が必要である。京都府では簡易土壌水分計を指標とした, 丹波黒大豆の灌水時期の判定法が普及している(京都府2010)。そこで, FOEASを施工したほ場において, 簡易土壌水分計を指標とした地下灌水の検討を行った。FOEASによる水分管理は, 通常時は排水側の地下水位を田面-30cmに設定し, 灌水時のみ設定水位を田面+10cmとし, 灌水後, 設定水位を田面-30cmに戻した。

簡易土壌水分計はポラスカップ, 透明の塩ビ管, シリコン栓で構成され, ポラスカップと塩ビ管を接着した構造である(図-10;農研機構2010)。ポラスカップの中心が畝頂面から地中20cmの深さになるように土壤に挿し, 塩ビ管内に水をいっぱいまで入れ, シリコン栓で蓋をして測定する。土壤がpF2.8以上に乾燥すると, 塩ビ管内の水位(指示値)が低下する(図-11)。

丹波黒大豆の場合, 土壤の種類を問

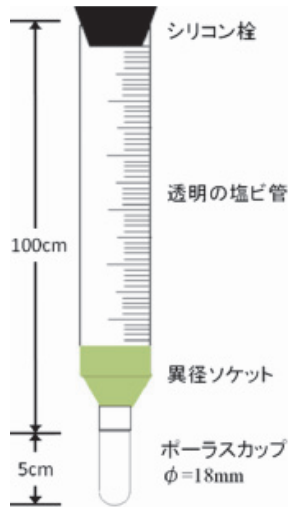


図-10 生簡易土壌水分計 (農研機構 2010)

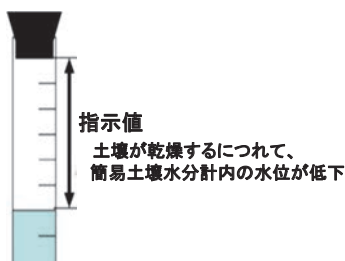


図-11 簡易土壌水分計の指示値

わず指示値が - 60cm を超えると減収するため、指示値が 30cm ~ 60cm に達するまでには灌水を行う必要がある (京都府 2010)。そこで、簡易土壌水分計の指示値 - 30cm で灌水 (指示値 - 30cm 区) もしくは指示値 - 60cm で灌水 (指示値 - 60cm 区) を行う 2 水準を設定した。

簡易土壌水分計の指示値に基づいて地下灌水を行った結果、黒大豆エダマメ品種「紫ずきん 3 号」は、指示値 - 30cm 区で収量が多かった (図-12)。このことは、「紫ずきん 3 号」では莢伸長期から子実肥大期である 8 月下旬 ~ 9 月中旬において、指示値 - 30cm 区は指示値 - 60cm 区に比べて乾燥害を回避できたためと考えられた。一方、「夏どり丹波黒 2 号」は、指示値 - 60cm 区で収量が多かった (図-13)。これは、「夏どり丹波黒 2 号」

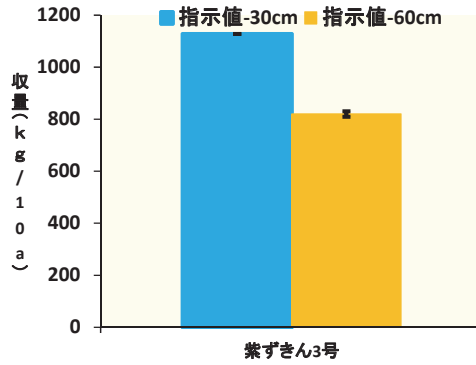


図-12 簡易土壌水分計に基づいた地下灌水による紫ずきん 3 号の収量への影響 (2017)

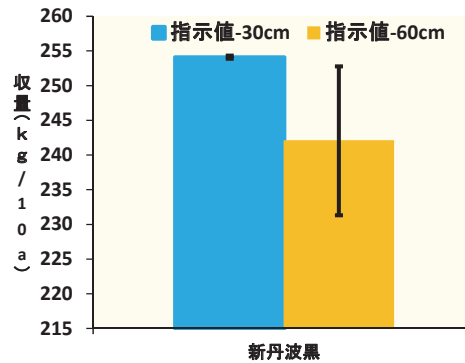


図-14 簡易土壌水分計に基づいた地下灌水による新丹波黒の収量への影響 (2017)

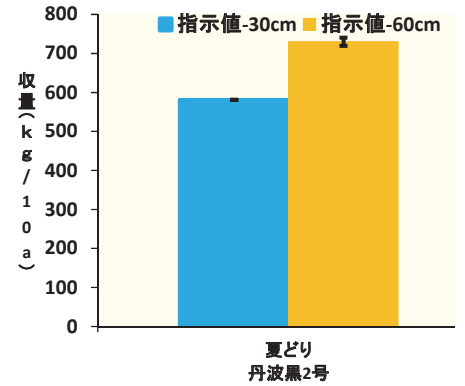


図-13 簡易土壌水分計に基づいた地下灌水による夏どり丹波黒 2 号の収量への影響 (2017)

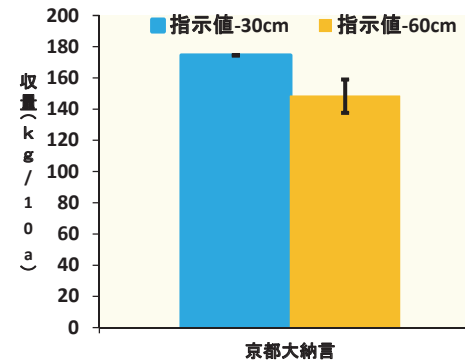


図-15 簡易土壌水分計に基づいた地下灌水による京都大納言の収量への影響 (2017)

の開花期 ~ 莢伸長期が 6 月下旬から 7 月上旬と梅雨時期であり、土壌の乾燥の影響が見られなかったためであると考えられる。これらのことから、「夏どり丹波黒 2 号」では、簡易土壌水分計の指示値 - 30 ~ - 60cm, 「紫ずきん 3 号」では、指示値 - 30cm で灌水を行うことが妥当であると考えられた。

黒大豆品種「新丹波黒」では、ばらつきが大きいものの、指示値 - 30cm 区では指示値 - 60cm 区に比べ、収量は多かった (図-14)。また、小豆品種「京都大納言」では、指示値 - 30cm 区は、指示値 - 60cm 区に比べ、収量が増加した (図-15)。これは、黒大豆の開花期・着莢期である 8 月上旬 ~ 9 月中旬、小豆の開花期・着莢期である 8 月下旬 ~ 9 月中旬において、指示値 - 30cm 区は - 60cm 区

に比べて乾燥害を回避できたためと考えられた。

まとめ

自動で給水を行う水位管理者を設置していない当センターの FOEAS ほ場では、地下水位を田面 - 30cm に制御し、地下灌水を行った場合、水が十分に横浸透しないことが推察された。このため、FOEAS による灌水時は地下水位を田面 + 10cm とし、灌水終了後、地下水位を田面 - 30cm に戻すことで、ほ場全体を均一に灌水することができ、生育のばらつきが少なくなった。

また、簡易土壌水分計を利用した場合、FOEAS による地下灌水の目安として、開花期 ~ 莢伸長期が 7 月下旬 ~ 9 月中旬となる「新丹波黒」, 「紫

ずきん3号」,「京都大納言」は簡易土壤水分計の指示値-30cmで灌水を行うと、土壤の乾燥による着莢不良を回避できるため、収量が確保できると考えられた。

一方、開花期～着莢期が梅雨時期の6月下旬となる「夏どり丹波黒2号」は土壤の乾燥害は受けにくい、降雨による一時的な滞水や土壤過湿による湿害が懸念されるため、簡易土壤水分計の指示値-30cm～-60cmでの管理が適当であると考えられる。大豆の生育期間の湿害の影響として、大豆の花蕾数、着莢数、収量が減少することが報告されている(古畑ら2011)。FOEASほ場では、降雨時は暗渠を通じて積極的な排水を行うため、滞水による湿害を回避できると考えられる。

これらのことから、FOEASの導入により、黒大豆および黒大豆エダマメ、小豆の生育・収量の向上が可能となることから、今後、特産豆類の栽培管理技術として導入されることが期待される。

引用文献

- 古畑昌巳ら 2011. 圃場排水性の良否が北陸地域のダイズの乾物と子実生産に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 80 (1) ,65-72.
- 京都府農林水産技術センター 2010. 普及に移す平成21年度試験研究成果. <http://www.pref.kyoto.jp/nougijyutsu/documents/1349936640739.pdf> [アクセス確認: 2019年10月10日].
- 京都府農林水産技術センター農林センター 2018. 地下水位制御システム(FOEAS)導入圃場における高収益輪作体系導入マニュアル.
- 農研機構 2009. 地下水位制御システム

(FOEAS)による大豆の安定生産マニュアル. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/003839.html [アクセス確認: 2019年10月10日].

農研機構 2010. 簡易土壤水分計によるかん水時期判定技術. <https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2009/wenarc09-03.html> [アクセス確認: 2019年10月10日].

農研機構 2016. 水田輪作における地下水位制御システム活用マニュアル増補改訂版. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/052038.html [アクセス確認: 2019年10月10日].

岡井仁志・尾崎耕二 2008. 開花期および英伸長期の水ストレスが黒ダイズの結莢に及ぼす影響. 日本作物学会講演会要旨集, 第226回日本作物学会講演会, 182-182.

田畑の草種

蓬・餅草・艾・指燃草(ヨモギ)

キク科ヨモギ属の多年草。本州以南の山野、路傍、畑などに自生する。背丈は50cmから1.2m。地下茎を四方に伸ばし、しばしば大きな集団を作る。葉は羽状に深く裂けさらに裂片も葉縁が切れ込む。表面は明るい緑色、裏面は白い毛が密生していて緑白色に見える。花期は8月から10月。茎の先の小枝に淡褐色の目立たない花を穂状につける。ヨモギはキク科には珍しく風媒花である。花の時期には大量の花粉を周囲に飛ばし、秋の花粉症の原因の一つとされる。

在来種で古代から利用されてきた。特有の香りがあり、その葉の精油成分はハーブとしての効能もみられている。成長した葉の裏側の白い毛を集めたものが「艾」であり、葉を採取後乾燥させたものは「艾葉」という生薬になる。一方で早春の若葉はお浸しや天婦羅、さらには草餅にもなる。

そんなヨモギであるが、古事記には現れず万葉集でも1首で歌われただけであった。

ところが平安時代になると貴族達はヨモギに想いを寄せるよ

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

うになる。清少納言は枕草子の中で、牛車の車輪に踏まれたヨモギの香や端午の節句の菖蒲や蓬が香り立つのを「をかし」とし、「草は」の中でも「蓬、いみじうをかし。」とする。一方で、平安時代中期以降になると「蓬」は「浅茅」や「葎」などとともに荒廃した邸宅を象徴する景物になり、「蓬生」「蓬の露」「蓬の宿」「蓬の末」などの語句が用いられるようになってくる。紫式部は源氏物語の第十五帖の「蓬生」の中で、末摘花の住む邸宅は「かかるままに、浅茅は、庭の面も見えず、しげき蓬は軒を争ひて生ひのぼる」ほどの荒れた屋敷であったと孤独で寂しい響きを持たせた。

蓬を詠った歌人達は、その香りか「蓬生」の寂しさを詠うことが多いようである。近代の歌人と謝野晶子は香り立つ蓬や蓬生を詠った。

古里の蓬の香など匂ひ来よ 松立つ街の青き夕ぐれ(火の鳥)
鎌の刃の白く光ればきりぎりす 茅萱を去りて蓬生に啼く
(青海波)