

【解 説】

林木の遺伝子記号の標準化の改訂

林木遺伝子記号標記法委員会*

はじめに

我が国の林木の遺伝子記号の標準化については、1987年から1988年にかけて林木育種研究懇話会における遺伝子記号検討委員会において検討され調整が行われた(遺伝子記号検討委員会1988)。標準化に際しては、日本学術会議や、それをもとにした国際遺伝学会議で承認された勧告に原則として準じ、イネ遺伝子記号小委員会の申し合わせ事項等を参考にしたとされている。具体的には6項目の基本的事項が定められ、当時、明らかになっていた色素・形態形質や生理・生化学的形質や細胞遺伝について遺伝子記号の標準化が行われた。近年でも、これらの規則にもとづいて遺伝子の命名が行われ、「無花粉(雄性不稔)スギのデータベース」(斎藤2009; 富山県農林水産総合技術センター森林研究所・独立行政法人森林総合研究所2009)の作成が行われた。

遺伝子の命名や記号化に関しては、国際遺伝学会議による勧告はあるものの、ヒトをはじめとするモデル生物で個別に規約が提案され、遺伝学の進歩に合わせて改訂を経てまとめられてきている(表-1)。林木のような非モデル生物では、国際的な遺伝子命名規則は存在しないため、イネ(McCouch2008)やシロイヌナズナ(Meinke and Koornneef1997)のようなモデル植物での規則に準じるのが一つの考え方である。そこで1988年に提案された我が国の「林木の遺伝子記号の標準化」の規則と、これらのモデル植物での規則を比較・検討した結果、「林木の遺伝子記号の標準化」についてもモデル植物における現状の規則に合わせて改訂を行うことが必要であると考えられた。特に遺伝子と対立遺伝子の標記に係る規則の違いは、我が国の林木育種以外の分野の研究者と議論する際に混乱を招く要因(花井2009)となることが危惧される。

「林木の遺伝子記号の標準化」の改訂については、平成27年8月8日に開催された森林遺伝育種学会理事会においても、その必要性が認識されたため、林木遺伝子

記号標記法委員会を組織し検討することとした。委員会は委員長津村義彦(筑波大学)以下、副委員長の渡辺敦史(九州大学)および委員として上野真義、伊原徳子、栗田学、平尾知士(森林総合研究所)の計6名で構成した。改訂に際しては、1988年の「林木の遺伝子記号の標準化」を引き継ぎつつ、モデル植物のイネの命名法(McCouch2008)を主に参考にして改訂を行うこととし、今回は形質もしくは機能が既知の遺伝子で、かつ塩基配列が未知の遺伝子の場合に限定して検討した。委員会は平成27年11月6日に開催された第4回森林遺伝育種学会の際に、議論を行ったので本稿にてその概要を報告する。

遺伝子命名法と遺伝子記号法

1. 遺伝子名(Gene name)は原則としてラテン語あるいは英語を使用する。大文字のイタリック体で表記する。遺伝子名は遺伝子の名称と遺伝子座番号から構成され、名称と番号の間に半角でスペースを置く(表-2)。
2. 遺伝子名は遺伝子産物の生化学的機能もしくは変異体の示す形質に関連した特徴をあらわすものとする。
3. 遺伝子座番号は1~3桁のアラビア数字で表し、同じような機能もしくは表現型を示す別の遺伝子座をあらわすものとする。
4. 遺伝子記号(Gene symbol)は遺伝子名を省略した文字列とし、イタリック体で表記する。原則として3~5字で遺伝子の名称を記号化し、1~3桁のアラビア数字で遺伝子名と同じ遺伝子座番号を付ける。遺伝子記号では遺伝子名と遺伝子座番号との間にはスペースを置かない。
5. 遺伝子名と遺伝子記号に遺伝子座番号が記載されていない場合は、1番目として扱う。
6. 遺伝子記号は樹種ごとにつける。種を表す接頭辞、例えばスギ(*Cryptomeria japonica*)を表す「Cj」など

* saueno@ffpri.affrc.go.jp (上野真義 うえのさねよし 森林総合研究所)

は、遺伝子記号に含めない。ただし論文などで樹種を明示する必要がある場合(種間比較を行う場合や雑種を研究対象とする場合等)はこの限りではないが、遺伝子の正式名称に樹種名は含まないものとする。

7. 同じ遺伝子座の対立遺伝子は、遺伝子名もしくは遺伝子記号にダッシュもしくはハイフンにつづけてアラビア数字で区別する。
8. 対立遺伝子の優性或劣性を区別できる場合は、劣性対立遺伝子をすべて小文字で表し、優性対立遺伝子の場合は、初めの1文字を大文字で表すこととする(表-2)。

具体例と補足説明

我が国の主要な林業用樹木にスギがある。現在、スギ花粉症が大きな社会問題となっていることから、花粉を飛散しない雄性不稔(無花粉)スギの遺伝および育種研究が精力的に行われている。人工交配による遺伝分析と形態観察から、現在までに4種類の雄性不稔遺伝子が同定され、いずれも単一の遺伝子により支配される劣性遺伝形質であることがわかっている(Saito et al. 1998; Taira et al. 1999; 吉井・平 2007; Miyajima et al. 2010)。「無花粉(雄性不稔)スギデータベース」によると、これ

らの雄性不稔の遺伝子座名は *ms-1* から *ms-4* と表記されているが、今回の改訂にならうと、その遺伝子名としては、雄性不稔の英語にもとづいて *MALE STERILITY 1* から *MALE STERILITY 4* となる。以下、*MALE STERILITY 1* を例にすると遺伝子記号としては *MSI*、雄性不稔を発現する対立遺伝子は *msI* となり、正常に花粉が発生する野生型の対立遺伝子は *MsI* となる(表-2)。他の植物を含めて、現在の一般的な遺伝子記号法によると「*ms-1*」という表記は *ms* という遺伝子の1番目の対立遺伝子と解釈されるため、混乱を招く可能性がある。遺伝子記号は原則として3文字以上とするが、すでに使用されている遺伝子記号との混乱を避けるために、*MSI* (Moriguchi et al. 2012) とする。また現在まで使用されている遺伝子名 (*ms-1*) および遺伝子記号 (*A*) はシノニム (Synonym) として保持し、新しい名称との対応がつくようにしておく。

もう一つ別の例として、ヨレスギ (*C. japonica* (L. f.) D. Don cv. *Spiralis*) (牧野ら 1989) をあげて説明する。ヨレスギはスギの園芸品種で針葉がよれて枝に巻き付く形質を示す。この形質は交配実験の結果から単一の優性遺伝子により支配されていることが明らかになっている(実森 1971; 大庭ら 1974)。このヨレ葉型の形質は1988年の林木の遺伝子記号の標準化においても記載されている。遺伝子名は、ねじれた針葉を意味する英文名称から *TWISTERED NEEDLES* とし、遺伝子記号とし

表-1 主要な動植物の遺伝子命名法に関するウェブサイト

生物名	遺伝子命名法が記載された URL
ヒト (<i>Homo sapiens</i>)	http://www.genenames.org/about/guidelines
ハツカネズミ (<i>Mus musculus</i>)	http://www.informatics.jax.org/mgihome/nomen/gene.shtml
ショウジョウバエ (<i>Drosophila melanogaster</i>)	http://flybase.org/wiki/FlyBase:Nomenclature
シロイヌナズナ (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	http://www.arabidopsis.org/portals/nomenclature/guidelines.jsp
ウマゴヤシ (<i>Medicago truncatula</i>)	http://www.genome.clemson.edu/affiliated_cugi/medicago/background.html
バラ科 (Rosaceae)	https://www.rosaceae.org/nomenclature/gene
イネ (<i>Oryza sativa</i>)	http://www.shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase_submission/gene_nomenclature/
トウモロコシ (<i>Zea mays</i>)	http://www.maizegdb.org/nomenclature

表-2 遺伝子名と遺伝子記号の具体例 (スギの雄性不稔遺伝子 (*MSI*) とヨレ葉型遺伝子 (*TW*) の場合)

遺伝子名	遺伝子名シノニム	遺伝子記号	遺伝子記号シノニム	劣性対立遺伝子	優性対立遺伝子
<i>MALE STERILITY 1</i>	<i>ms-1</i>	<i>MSI</i>	<i>A</i>	<i>msI</i>	<i>MsI</i>
<i>TWISTERED NEEDLES</i>	—	<i>TW</i>	—	<i>tw</i>	<i>Tw</i>

変異型の対立遺伝子は *MSI* が *msI*、*TW* が *Tw* である。遺伝子型は対立遺伝子をスラッシュ (/) で区切った表記 (*MSI* を例にすれば *MSI/MSI*, *MSI/msI*, *msI/MSI*, *msI/msI*) が一般的であるが、自明であれば *AA*, *Aa*, *aA*, *aa* のように対立遺伝子を並べるだけの表記でよい。

て *TW* を変更せずに引き継ぐこととする。対立遺伝子の記載に関しては、変異型 (優性) のヨレ形質を示す対立遺伝子が *Tw*、正常の野生型 (劣性) の形質を示す対立遺伝子が *tw* と表記されることに注意が必要である。

最後に複対立遺伝子が考えられる場合の記号法について考察する。複対立遺伝子の例としてヒトの ABO 式血液型は有名であるが、植物ではアサガオの葉の形の遺伝に一例が報告されている。この例ではアサガオの並葉、立田葉、柳葉に関して3種類の対立遺伝子が仮定され、優劣性の関係は並葉>立田葉>柳葉である (今井 1924)。もし林木のある形質が複対立遺伝子で説明されることが明らかになったとして、優性の野生型および劣性の変異型が2種類、同定されたとする。その遺伝子記号を仮に *HOGEL* とすれば、優性の野生型対立遺伝子は *Hogel-1*、劣性の変異型対立遺伝子は *hogel-2* および *hogel-3* と表記されるかもしれない。もし劣性変異型の対立遺伝子だけが議論の対象であれば *hogel-1* と *hogel-2* として劣性対立遺伝子に1番目からの通し番号を付与しても良いと考える (この場合に敢えて優性の野生型対立遺伝子を表記しようとすれば *Hogel* もしくは *Hogel-1* となるのであろう)。本稿では形質もしくは機能が既知の遺伝子で、かつ塩基配列が未知の遺伝子の場合に限定して検討してきたが、研究の進展により遺伝子の塩基配列が明らかになれば、同じ対立遺伝子の中にも塩基配列の異なる複数のタイプが見いだされる場合が多くなると予想される。このような場合にタイプ間をどのように区別するのかについては、別の枠組みで表記法を検討する必要があると考えられる。アラビア数字で区別するだけでは混乱を招くことが危惧される。

他のモデル生物の遺伝子命名法との比較と今後の展望

我が国の林木遺伝子記号法についてはイネ遺伝子記号小委員会の申し合わせ事項を参考にした経緯があるため、今回の遺伝子記号の標準化の改訂においてもイネの遺伝子命名法 (McCouch 2008) に倣い改訂を行うこととした。そのため、その規約と大きく矛盾するところはないように考えている。遺伝子や遺伝子記号の命名についての規約は強制する性格のものではないが、研究分野間の成果を極力混乱なく連結するために最低限の事項 (遺伝子座番号と対立遺伝子の区別) について焦点を当てて改訂を示すこととした。生物種によって

遺伝子の命名法や記号法は異なるため、対象生物種において標準 (Community standard) とされる方法を把握しておくことと同時に、一般的な規則を採用することで、そのような Community standard を意識することなく議論できるようにしておくことが望ましいと考える。今後も、研究の進展につれて新しい表記法が必要になれば、積極的に規則の改訂や制定を行い、適切な使用にご協力をお願いする次第である。

本稿の執筆時点では、イネの統合データベース (Oryzabase) (Kurata and Yamazaki 2006) に約 15,000 個の遺伝子のエントリーが記載されている。遺伝子名、遺伝子記号、他のデータベースエントリーとの対応関係やオントロジー (Ontology) との対応がまとめられている。オントロジーは、明確に定義された用語の集合で、その用語を用いて対象を記述することで、異分野の研究成果との統合を可能にする試みである。1988年に提案された「林木の遺伝子記号の標準化」では、各形質について分類が行われ、それぞれの形質にコード番号が付与されていた。これらのコード番号が変わるものとして、今後は、形質や遺伝子の記述・分類にオントロジーが利用されていくものと考えられる (Jaiswal et al. 2002)。林木の形質を支配する遺伝子が明らかになるにつれて、オントロジーを含めてデータベース化が行われることを期待する。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり富山県農林水産総合技術センター森林研究所の齋藤真己主任研究員には「無花粉 (雄性不稔) スギのデータベース」が作成された当時の経緯についての情報を頂き、また初期の原稿についてもご意見を頂きました。御礼申し上げます。

引用文献

- 花井修次 (2009) 遺伝子の記述方法: 大文字 小文字 イタリック. https://staff.aist.go.jp/s-hanai/gene_name.html (2016年1月5日アクセス)
- 遺伝子記号検討委員会 (1988) 林木の遺伝子記号の標準化. 林木の育種 149: 1-4
- 今井喜孝 (1924) あさがほ屬ノ遺傳學的研究: 第九報 あさがほニ於ケル柳葉因子ノ性状ニ就テ. 植物学雑誌 38: 27-44.

- Jaiswal P, Ware D, Ni J, Chang K, Zhao W, Schmidt S, Pan X, Clark K, Teytelman L, Cartinhour S, Stein L, McCouch S (2002) Gramene: development and integration of trait and gene ontologies for rice. *Comparative and Functional Genomics* 3: 132–136
- 実森一郎 (1971) ヨレスギの交配試験. 昭和46年度林木育種研究発表会講演集: 56–69
- Kurata N, Yamazaki Y (2006) Oryzabase. An integrated biological and genome information database for rice. *Plant Physiology* 140: 12–17
- 牧野富太郎・小野幹雄・大場秀章・西田誠 (1989) 牧野新日本植物圖鑑. 北隆館, 東京
- McCouch S (2008) Gene Nomenclature System for Rice. *Rice* 1: 72–84
- Meinke D, Koornneef M (1997) Community standards for *Arabidopsis* genetics. *The Plant Journal* 12: 247–253
- Miyajima D, Yoshii E, Hosoo Y, Taira H (2010) Cytological and Genetic Studies on Male Sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don (Shindai 8). *Journal of the Japanese Forest Society* 92: 106–109
- Moriguchi Y, Ujino-Ihara T, Uchiyama K, Futamura N, Saito M, Ueno S, Matsumoto A, Tani N, Taira H, Shinohara K, Tsumura Y (2012) The construction of a high-density linkage map for identifying SNP markers that are tightly linked to a nuclear-recessive major gene for male sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don. *BMC Genomics* 13: 95.
- 大庭喜八郎・前田武彦・福原樞勝 (1974) ヨレスギの遺伝およびヨレ遺伝子と白子, ミドリスギの両劣性遺伝子との連鎖. *日本林学会誌* 56: 276–281
- 斎藤真己 (2009) 無花粉(雄性不稔) スギのデータベースの作成. *林木の育種* 232: 44–46
- Saito M, Taira H, Furuta Y (1998) Cytological and genetical studies on male sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don. *Journal of Forest Research* 3: 167–173
- 富山県農林水産総合技術センター森林研究所・独立行政法人森林総合研究所 (2009) 無花粉(雄性不稔) スギのデータベース. http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/shinrin/webfile/t1_e8f20b2d986b56bc92730baad9a4ab4b.pdf (2016年1月9日アクセス) <https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/mukahunsugi/mukahunsugi.pdf> (2016年1月5日アクセス)
- Taira H, Saito M, Furuta Y (1999) Inheritance of the trait of male sterility in *Cryptomeria japonica*. *Journal of Forest Research* 4: 271–273
- 吉井エリ・平英彰 (2007) 「新大1号」「新大5号」におけるスギ雄性不稔性の発現過程と遺伝的特性. *日本森林学会誌* 89: 26–30