

植物研究雑誌 85: 126–130 (2010)

マメ科種子の **cotyledon areole** と **seed-coat inside areole** の日本語用語の提案 (遠藤泰彦^a, 大橋広好^b)

Yasuhiko ENDO^a and Hiroyoshi OHASHI^b: A Proposal of Japanese Terms for Cotyledon Areoles and Seed-Coat inside Areoles of Legume Seeds

Summary: Many species of subfamily *Papilionoideae* of the family *Leguminosae* have a spot on the abaxial surfaces of mature seed cotyledons (Endo and Ohashi 1997). The spot makes an impression on the surface of the endosperm layer inside of the seed coats, formed by pushing the cotyledon areole on the surface. The spot and impression were named ‘cotyledon areole’ and ‘seed-coat inside areole’, respectively (Endo and Ohashi 1997). In the present report, we propose Japanese names ‘Shiyōmon’ 子葉紋 and ‘Nainyūhan’ 内乳斑 for the spot and the impression, respectively.

マメ科植物の多くの種において、成熟した種子内子葉の背軸側中央脈上には表皮細胞の形態で周囲から識別できる領域がある。この領域は、より大型な表皮細胞からなり、しかもこれら表皮細胞はそれぞれが粒状に隆起している (Fig. 1a, b)。この部分を「子葉上の小区画」という意味で **cotyledon areole** (以下 CA と略記) と命名した (Endo and Ohashi 1997)。また、この領域が密着する種皮の内面には CA を型押ししたような部分を認め、**seed-coat inside areole** (以下 SCIA と略記) と名付けた (Endo and Ohashi 1997) (Fig. 1c, d)。この2つの部分の存在は植物学でも農学の分野でもこれまであまり知られておらず、それらの発生過程は不明で、機能についても推測の段階にある。日本語ではそれらの用語もない。本文では CA と SCIA について概説し、これらの日本語用語を提案する。

1. 研究史

CA と SCIA については、後にこれらに相当することが明らかとなった領域が、以下に挙げる研究者ごとに個別に発見、報告されてきた (Lackey 2007)。最初の報告は 1878 年の Beck によるものである。Beck (1878) はソラマメ属 (*Vicia* と *Ervum* の 2 属に分けている) の 17 種で CA に相

当する部分を認め、これを **Aleuronfreck** と名付けた。「アリューロン細胞の斑紋」の意味であると思われる。

Dzikowski はダイズ *Glycine max* (L.) Merr. の種皮の内側に SCIA に相当する部分を発見し (Dzikowski 1936a), **lentille** と名付けた (Dzikowski 1936b)。レンズ形の膨らみを意味する。そして、後にダイズで CA 相当部を発見した Miksche (1961) は CA 部を **pit** と呼んだ。**pit** は「穴、凹み」を意味するが、ダイズでは子葉表面が CA 部で凹むためであると思われる (Fig. 2)。さらに、Yaklich et al. (1986) はダイズの **pit** に対応させて、SCIA 部を **lentille** から **antipit** へと改名した。すなわち **pit** に向かい合う部分の意味である。また、Yaklich et al. (1989) は、**pit** および **antipit** のマメ科での分布を調査し、ダイズ属 8 種で確認した。一方、種名は挙げていないがインゲンマメ属 *Phaseolus*、エンドウ属 *Pisum*、ササゲ属 *Vigna*、およびラッカセイ属 *Arachis* でも調査し、これらでは確認できず、**pit** と **antipit** はダイズ属特有の構造であると結論した (Yaklich et al. 1989)。

Endo and Ohashi (1997) は、ヒヨコマメ連のヒヨコマメ属 *Cicer*、シャジクソウ連の *Paroquetus*、*Ononis*、シナガワハギ属 *Melilotus*、シャジクソウ属 *Trifolium*、ウマゴヤシ属 *Medicago*、*Trigonella*、*Galegae* 連の *Galega*、ソラマメ連のレンリソウ属 *Lathyrus*、レンズマメ属 *Lens*、エンドウ属 *Pisum*、ソラマメ属 *Vicia* で CA を発見した。さらにマメ亜科 23 連 98 属について観察し、その中の 22 連 69 属で CA を確認し、マメ科マメ亜科の大部分の種に認められる構造であると結論した (Endo and Ohashi 1998a)。なお、この中で Yaklich et al. (1989) の観察結果と同様に、インゲンマメ属、ササゲ属およびラッカセイ属では CA が無いことを確認したが、エンドウ属では子葉の基部にあることを発見した。これらの観察結果を通して、CA は子葉背軸面中央脈上の限られ

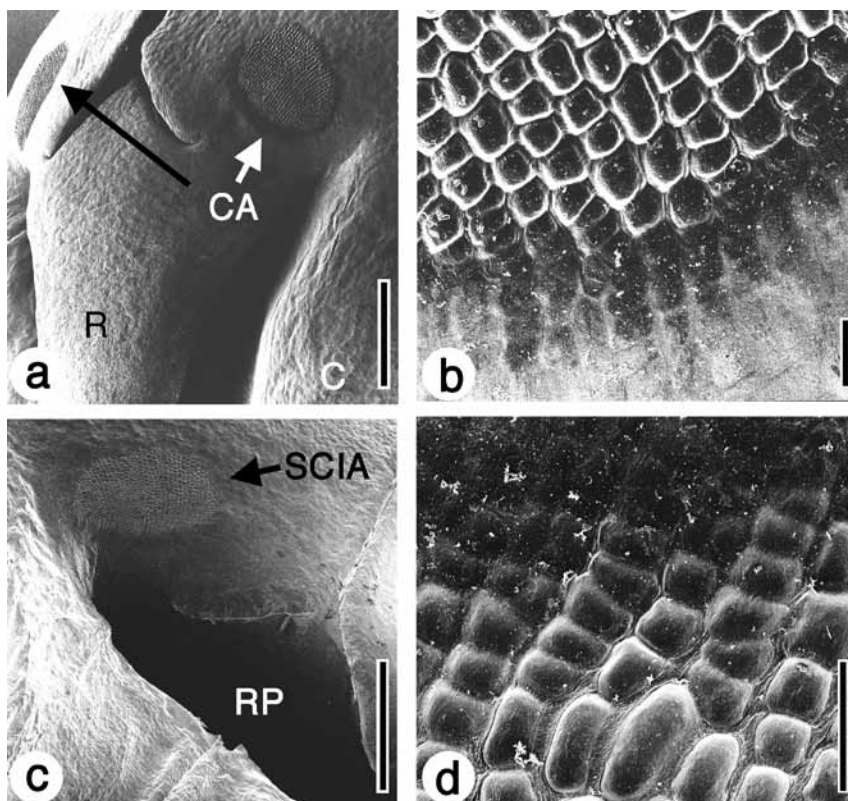


Fig. 1. SEM photos of cotyledon areoles and seed-coat inside areoles of *Pisum sativum*. a. Cotyledon areole on the basal part of the seed cotyledons (from Endo and Ohashi 1998b). b. Enlargement of the edge of the cotyledon areole. c. Seed-coat inside areole near the radicle pocket. d. Enlargement of the edge of the seed-coat inside areole. Scale bar = 0.6 mm (a, c) and 0.03 mm (b, d). C. Cotyledon areole. R. Radicle. RP. Radicle pocket. SCIA. Seed-coat inside areole.

た領域で、個々の表皮細胞が粒状に隆起しているという共通点を持つが、ダイズで見られるようなCA全体が凹む場合はむしろ例外的であることから、これを「凹み」を意味する pit ではなく「子葉上の小区画」cotyledon areole と呼ぶことを提唱した (Endo and Ohashi 1997, 1998a)。そして、これに向かい合う種皮内側の斑紋を seed-coat inside areole と呼ぶことを併せて提唱した (Endo and Ohashi, 1997)。

一方、Ma et al. (2004) は pit および antipit の代わりに、cotyledon depression (子葉の凹みの意) と endosperm protuberance (内乳の突出部の意) という用語を提案した。pit は植物学では「壁孔」を示す用語として使われているためである (Ma et al. 2004)。しかし、Ma et al. (2004) は CA が、マメ亜科の多数の種に認められるという

Endo and Ohashi (1997, 1998a, 1999b) の報告を見落としていた。

Lackey (2007, 2008, 2009) は以上の研究史を通覧して、これらの名称の中から cotyledon areole を採用した。さらに、インゲンマメ連の *Clitoriinae* 亜連と *Kennediinae* 亜連、*Swartzieae* 連の *Bobgunnia* でも CA および SCIA を見出し、CA および SCIA がマメ亜科の中でより広範囲の分類群に存在することを明らかにした。また、SCIA については、CA の圧着痕ということで cotyledon areole impression と呼んでいる。

これまでに CA および SCIA 相当部分に与えられた名称とその提案時に観察対象となった植物群を表 1 にまとめた。

2. CA および SCIA の特徴と日本語用語

マメ科 *Leguminosae* (*Fabaceae*) は 727 属、約

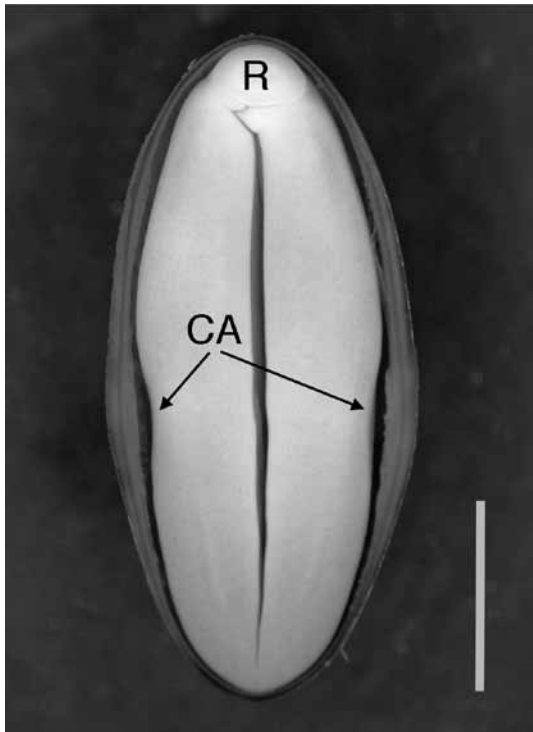


Fig. 2. A longitudinally transverse section of the seed of *Glycine max* subsp. *soja*. The cotyledons are depressed at the CAs. CA. Cotyledon areole. R. Radicle. Scale bar = 2 mm.



Fig. 3. CAs on a young seed embryo of *Pisum sativum* after suspension in FAA (formalin : acetic acid : 70% aqueous ethanol = 5 : 5 : 90) for two months. Chlorophyll disappeared in the cotyledons except for the CAs. Scale bar = 2 mm.

19,320種からなる単系統群であり (Lewis et al. 2005), この科の特徴の一つとして比較的大型の子葉を種子に内蔵することが挙げられる。マメ科は3亜科に分類され、マメ亜科 *Papilionoideae*

に約13,800種、ネムノキ亜科 *Mimosoideae* に約3,270種、ジャケツイバラ亜科 *Caesalpinioideae* に約2,250種が知られている (Lewis et al. 2005, Schrire et al. 2005)。そして、これまでの研究でCAおよびSCIAマメ亜科の多数の種で発見されたが、ネムノキ亜科とジャケツイバラ亜科では見つかっていない。

CAは発達初期の子葉には認められないが、成熟した子葉では明瞭となる (Endo and Ohashi 1998a)。CAの発生と発達過程およびこれらと種

Table 1. Terms indicated to cotyledon areoles and seed-coat inside areoles

初出文献	観察種	子葉紋	内乳斑
Beck (1878)	ソラマメ属	Aleuronfreck	—
Dzikowski (1936b)	ダイズ	—	lentille
Miksche (1961)	ダイズ	pit	—
Yaklich et al. (1986)	ダイズ属	—	antipit
Endo and Ohashi (1997)	ヒヨコマメ連 シャジクソウ連 ソラマメ連 Galegeae 連	cotyledon areole	seed-coat inside areole
Ma et al. (2004)	ダイズ	cotyledon depression	endosperm protuberance
Lackey (2007)	<i>Clitoriinae</i> 亜連 (インゲンマメ連)	cotyledon areole	cotyledon areole impression

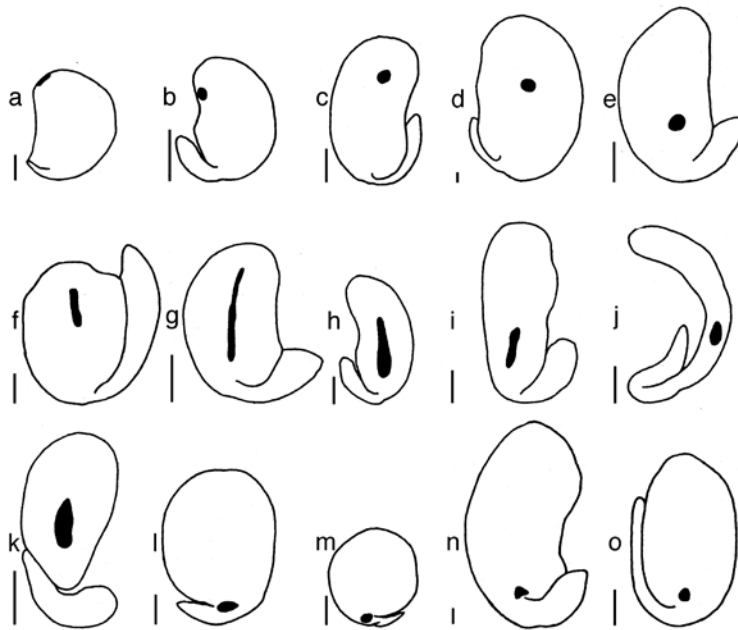


Fig. 4. Variation of the outline and position of cotyledon areoles. a. An ovular cotyledon areole is distributed at the apical part of the seed cotyledon in *Rhynchosia volubilis*. b. At the apical-middle part in *Desmodium heterocarpon*. c. At the apical-middle part in *Tephrosia purpurea*. d. At the middle part in *Glycine max*. e. At the basal-middle part in *Hedysarum boreale*. f. A wide linear cotyledon areole is distributed at the apical-middle part of the seed cotyledon in *Petteria ramentacea*. g. A long linear cotyledon areole in *Aeschynomene indica*. h. A long and wide linear cotyledon areole in *Dumasia* sp. i. A wide linear at the basal-middle part in *Sesbania cannabina*. j. An oval at the basal-middle part in *Hippocrepis balearica*. k. An oblong at the middle part in *Carmichaelia australis*. l. At the basal part in *Lathyrus sylvestris*. m. At the basal part in *Vicia sativa* var. *angustifolia*. n. At the basal part in *Anagyris foetida*. o. At the basal part in *Lupinus arcticus*. The areas of CAs are painted black. Scale bars = 1 mm. (Drawings from Endo and Ohashi 1999b).

子発達過程との関連について詳細は明らかではない。一方、種子発芽後はCAの粒状の突起は不明瞭となり、周囲の表皮細胞との違いは分らなくなる (Endo and Ohashi 1998a)。なお、サヤエンドウ *Pisum sativum* L. の緑色を呈していた未熟な種子を FAA (ホルマリン：酢酸：70% エタノール = 5 : 5 : 90) に保存しておいたところ、約2ヶ月後に子葉紋部を残し脱色していることを観察した。この現象は、子葉紋の部分の子葉の他の部分と表皮細胞の形態のみならずその内部構成に違いがあることを示していると考えられる (Fig. 3)。

CAは様々な場所に位置する (Fig. 4, Endo and Ohashi 1999b)。タンキリマメ属では子葉の先端

に (Fig. 4a)、ダイズ属では中央に (Fig. 4d)、ソラマメ連では基部に現れる (Fig. 4l, m)。SCIAはCAと対面の種皮内側に現れる。その領域も楕円形から帯状まで変異する (Endo and Ohashi 1999b) (Fig. 4)。これらCAおよびSCIAの位置や形は属の特徴となる場合がある (Endo and Ohashi 1999b)。

本報告ではCAを子葉上の斑紋という意味で「子葉紋 (しようもん)」と呼び、SCIAは内乳上の斑紋という意味で「内乳斑 (ないにゅうはん)」と呼ぶことを提案する。

3. CA および SCIA の機能

子葉紋および内乳斑が認められる部位の機能についてはダイズでの検討結果, 以下の3説が提唱されている。

- 1) 子葉紋部は何等かの細菌の胚への侵入口 (Miksche 1961)。
- 2) 内乳斑部は種皮側から胚への栄養分の通り道 (Yaklich et al. 1986)。
- 3) 子葉紋部および内乳斑部は子葉の種皮内側への合着部であり, 種皮内での胚の繫留の機能を果たす (Ma et al. 2004)。

ただし, 現在のところ, これらの機能を示す直接的な証拠は得られておらず, 今後の研究が必要である。

本報告に掲載した図の一部は植物研究雑誌編集委員会のご許可を得て Endo and Ohashi (1998b) および Endo and Ohashi (1999b) より転載させていただいた。また, 本報告に関連する研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究C, 課題番号 21570087, 研究代表者 遠藤泰彦)の支援を受けて行われた。

参考文献

- Beck G. 1878. Vergleichende Anatomie der Samen von *Vicia* und *Ervum*. Sitzungberichte der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften. Wien **77**: 545–579.
- Dzikowski B. 1936a. Studia nad soja *Glycine hispida* (Moench) Maxim. Cz. I. Morfologia. Mémoires de l'Institut National Polonais d'Économie Rurale à Pulawy.–T. XVI, livraison 2, No 253, 69–100. Tabs. I–VIII (in Polish).
- Dzikowski B. 1936b. Studia nad soja *Glycine hispida* (Moench) Maxim. Cz. II. Anatomia. Mémoires de l'Institut National Polonais d'Économie Rurale à Pulawy.–T. XVI, livraison 2, No 258, 229–265. Tabs. I–IX (in Polish).
- Endo Y. and Ohashi H. 1997. Cladistic analysis of phylogenetic relationships among tribes *Cicereae*, *Trifolieae*, and *Vicieae* (*Leguminosae*). *Am. J. Bot.* **84**: 523–529.
- Endo Y. and Ohashi H. 1998a. The features of cotyledon areoles in *Leguminosae* and their systematic utility. *Am. J. Bot.* **85**: 753–759.
- Endo Y. and Ohashi H. 1998b. Variations in the anatomical features of cotyledon areoles in *Leguminosae*. *J. Jpn. Bot.* **73**: 264–269.
- Endo Y. and Ohashi H. 1999a. The developmental change of cell structures stained by iron-hematoxylin in the cotyledon areole of *Leguminosae*. *J. Jpn. Bot.* **74**: 1–7.
- Endo Y. and Ohashi H. 1999b. Morphological variation and distribution of the cotyledon areoles in *Papilionoideae* (*Leguminosae*) and their systematic utility. *J. Jpn. Bot.* **74**: 296–306.
- Lackey J. A. 2007. Cotyledon areoles in the *Fabaceae* subtribe *Clitoriinae*. *J. Bot. Res. Inst. Texas* **1**: 1101–1118.
- Lackey J. A. 2008. Cotyledon areoles in subtribe *Kennediinae* (*Leguminosae: Phaseoleae*). *Aust. J. Bot.* **56**: 265–271.
- Lackey J. A. 2009. Cotyledon areoles in *Bobgunnia* (*Fabaceae: Swartzieae*). *Bot. J. Linn. Soc.* **159**: 287–291.
- Lewis G., Schrire B., Mackinder B. and Lock M. (eds.). 2005. *Legumes of the World*. xiv+ 577 pp. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Ma F., Peterson C. A. and Gijzen M. 2004. Reassessment of the pits and antipits in soybean seeds. *Can. J. Bot.* **82**: 654–662.
- Miksche J. P. 1961. Developmental vegetative morphology of *Glycine max*. *Agron. J.* **53**: 121–128.
- Schrire B. D., Lewis G. P. and Lavin M. 2005. Biogeography of the *Leguminosae*. In: Lewis G., Schrire B., Mackinder B. and Lock M. (eds.), *Legumes of the World*. pp. 21–54. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Yaklich R. W., Vigil E. L., Erbe E. F. and Wergin W. P. 1998. Developmental changes of antipit cell ultrastructure in the soybean seed coat during seed maturation. *Scan. Microscopy* **12**: 523–532.
- Yaklich R. W., Vigil E. L. and Wergin W. P. 1984. Scanning electron microscopy of soybean seed coat. *Scan. Electron Microscopy* **2**: 991–1000.
- Yaklich R. W., Vigil E. L. and Wergin W. P. 1987. Changes in structure of pit and antipit in soybean seeds and seedling development. *J. Seed Tech.* **11**(2): 151–157.
- Yaklich R. W., Vigil E. L. and Wergin W. P. 1989. The pit and antipit in the genus *Glycine*. *Crop Sci.* **29**: 1304–1309.
- Yaklich R. W., Wergin W. P. and Erbe E. F. 1996. Observation of unique structures between the endosperm and embryo in seeds of *Glycine max*. *Seed Sci. Res.* **6**: 78–87.
- Yaklich R. W., Wergin W. P. and Vigil E. L. 1986. Special secretory cells in the soybean seed coat. *Protoplasma* **134**: 78–87.

(^a茨城大学理学部,

^aCollege of Science, Ibaraki University,
Mito, 310-8512 JAPAN;

E-mail: endoy@mx.ibaraki.ac.jp

^b東北大学植物園津田記念館,

^bBotanical Garden, Tohoku University,
Sendai, 980-0862 JAPAN)