

熱帯 *Acacia* の化学成分調査*

梅澤 俊明** ***

Chemical components of tropical *Acacia* spp.*

Toshiaki Umezawa***

概要

Acacia mangium, *Acacia auriculiformis* および *Acacia crassiparva* が産生する化学成分に関する最近の文献調査結果について取りまとめた。

1. はじめに

今後人類が持続的生存を続けるためには、化石資源・エネルギーに対する依存度を下げ、バイオマス資源・エネルギーに対する依存度の大幅上昇が必須であると言われるようになり既に久しい。さらに、本年の福島第一原子力発電所における事故を契機に、バイオマス資源・エネルギーを含む再生可能資源・エネルギーの開発に対する要求が一層上昇していると思われる。

バイオマス資源は、その資源密度が低く、原子力発電所で得られるエネルギーを全て直ちに代替することは難しい。しかし、太陽光、風力、地熱発電等では、工業原材料が直接得られないのに対し、バイオマス資源には工業原材料を与えると重要な特性がある。

バイオマス資源のうち、木質資源はバイオマス資源蓄積量の約 90% を占める¹⁻²⁾ので、森林環境保全と地球温暖化防止を前提とした、最先端の手法による樹木品種改良、持続的管理栽培、木質のバイオエネルギー・バイオ燃料および材料への地域分散型変換利用を総合的に図ることが必須となっている³⁾。

そこで、生存圏研究所においては、熱帯人工林の環境貢献と持続的生産利用を研究所の重要なミッションのひとつに掲げ、その発足以来「アカシアプロジェクト」の通称の下、研究所を挙げての取り組みを続けた。さらに平成 21 年度からは、同プロジェクトをフラッグシッププロジェクト「熱帯人工林の持続的生産利用に関する多角総合的共同研究」に組換え、関連研究を推進している。

主要な熱帯造林樹種としての *Acacia* には、*Acacia mangium* と *Acacia auriculiformis* およびこれらのハイブリッド (*Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*, *Acacia hybrid*)、並びに *Acacia crassiparva* などがある。*A. mangium* については、1993 年に Kamis Awang と David Taylor の編集に拠る“*Acacia mangium* Growing and Utilization”⁴⁾ が出版され、生物学的特長から病害、木質材料特性や市場性まで広範に記載されている。しかし、化学成分に関する記載はほとんど無かった。そこで、上記、アカシアプロジェクトの一環として平成 18 年度に推進した京都大学総長裁量経費「熱帯人工林の環境貢献と持続的生産利用」のプロジェクトの中で、*A. mangium*, *A. auriculiformis* および *Acacia hybrid* に関する化学成分の 2006 年までの文献調査結果について取りまとめた⁵⁾。そこ

*2011 年 9 月 14 日受理

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所森林代謝機能化学分野

*** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存基盤科学研究ユニット

E-mail: tumezawa@rishi.kyoto-u.ac.jp

で、本稿では同調査以後の文献について取りまとめを行った。

2. *A. mangium*, *A. auriculiformis*, *Acacia hybrid* および *A. crassicarpa* の化学成分

2.1 *A. mangium*

“*Acacia mangium*” をキーワードとして SciFinder Search を行ったところ (平成 23 年 4 月 2 日)、2007 年以降の文献で 148 文献がヒットした。前回の調査⁵⁾では 2003 ~ 2006 年の文献が 95 報、1995 ~ 2002 年の文献が 92 報、1994 年以前の文献が 23 報であり、明らかに近年の報文数の増加が見て取れる。これらの 148 文献のうち、化学成分関係が 22 報⁶⁻²⁷⁾、パルプ化関係が 4 報²⁸⁻³¹⁾であった。

化学成分関係 22 報の内容は、タンニンに関するものが 12 報⁶⁻¹⁷⁾、リグニン構造に関するもの 2 報¹⁸⁻¹⁹⁾、微生物に対する活性成分が 2 報²⁰⁻²¹⁾、脂肪酸・レジン関係が 2 報²²⁻²³⁾、発熱量・バイオエタノール関係が 2 報²⁴⁻²⁵⁾、セルロース・マイクロファイブリル傾角関係が 1 報²⁶⁾、リグニンの微生物分解関連が 1 報²⁷⁾である。これらの結果は、*A. mangium* 樹皮タンニンの利用が進んでいることを反映している。また、リグニン合成酵素遺伝子³²⁾と二次木部形成部位での遺伝子発現データベース³³⁾に関する報告がそれぞれ 1 報見られた。

2.2 *A. auriculiformis*

一方、“*Acacia auriculiformis*” をキーワードとした場合、2007 年以降で 73 文献がヒットした (平成 23 年 4 月 2 日)。これらの文献のうち、化学成分関係が 8 報³⁴⁻⁴²⁾、パルプ化関係が 2 報^{42, 43)}である。

化学成分関係 7 報の内容は、一般化学成分分析に関するものが 1 報³⁴⁾、脂肪酸分析関係が 1 報³⁵⁾、抗酸化性・ラジカル補足関係 3 報³⁶⁻³⁸⁾、堆肥化へのリグニン・ポリフェノールの影響に関するものが 1 報³⁹⁾、生理活性成分関係 2 報^{40, 41)}である。また、リグニン合成酵素遺伝子³²⁾に関する報告が 1 報見られた。

2.3 *Acacia hybrid* (*Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*)

“*Acacia mangium*” もしくは “*Acacia auriculiformis*” をキーワードとして検索した際、*Acacia hybrid* も検索にかかっていた。すなわち、近赤外分光分析によるリグニン解析に関係 1 報¹⁹⁾、パルプ化関係 2 報^{30, 44)}見いだされた。

2.4 *Acacia crassicarpa*

また、“*Acacia crassicarpa*” をキーワードとした場合、47 文献がヒットした (平成 23 年 4 月 2 日)。本種については前回の検索⁵⁾に加えていないので、年代を区切らずに検索した。その結果、パルプ化関係 6 報^{30, 45-49)}、近赤外分光分析によるリグニン解析 1 報¹⁹⁾、微生物に対する抵抗性成分関連 1 報²⁰⁾、抗酸化成分関係 1 報⁵⁰⁾、多糖分析関係 1 報⁵¹⁾、フラボノイド関連 1 報⁵²⁾、抽出成分分析関連 2 報^{53, 54)}が認められた。本種はパルプ用材として湿性土壌にも植栽されていることから、パルプ関連文献が多く見出されたと考えられる。

2.3 まとめと将来展望

A. mangium, *A. auriculiformis*, *Acacia hybrid* および *A. crassicarpa* の化学成分関連の報告については、これらのパルプ用材としての実績を反映して、パルプ関係のものが比較的多い。化学成分の分析に関しては、ある程度報告されているものの、総合的な成分分析はいまだなされていない。アカシアの植栽面積は全人工林面積の約 5% とされており (ユーカリは約 10%)⁵⁵⁾、アカシアは実用樹種のうちでも重要なもののひとつであることからすると、実用アカシアの成分表を完備することが求められる。また、熱帯アカシアのバイオテクノロジーは、ポプラやユーカリのそれと比べてかなり後れを取っている。今後これらのアカシアの利用を一層進めるに際し、育種目標に関連した化学成分

をメタボロミクスの手法を適用して網羅的に解析する必要があると思われる。例えば、心材腐朽抗性品種と感受性品種に関する網羅的成分分析を行うことにより、抵抗性成分の同定が可能となる。次いで、心材腐朽抵抗性の原因遺伝子を単離するため、心材腐朽抵抗性成分とその生合成前駆体に関する網羅的成分分析が必要となろう。同様の解析は、有機化合物が関与する様々な有用形質についても適用可能である。これらの手法を適用して有用形質原因遺伝子が取得されれば、並行して検討が進んでいる分子育種技術を用いて、有用形質を持つ *Acacia* spp. の育種が可能となろう。

参考文献

- 1) 藤森隆郎, 地球温暖化における森林の役割, 農林水産技術研究ジャーナル, 21, 43-49, 1998.
- 2) 依田恭二, 大気中の二酸化炭素濃度に対する陸上生態系の影響, 地球化学, 16, 78-85, 1982.
- 3) 梅澤俊明, バイオマス研究, 学術の動向, 15, 72-74, 2010
- 4) Kamis Awang and David Taylor (Eds.), *Acacia mangium* Growing and Utilization, Winrock International and The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, pp. 280 (1993)
- 5) 梅澤俊明, 鈴木史朗, *Acacia mangium* と *Acacia auriculiformis* の化学成分調査, 生存圏研究, 3, 43-47, 2007.
- 6) Chen, C., Jiang, D., Hu, H., Li, Y., Study on extraction process of total polyphenol from *acacica mangium* leaves by microwave, *Yingyong Huagong*, 37, 780-783, 2008.
- 7) Chen, C., Hu, H., Li, Y., Huang, X., Zhang, B., Extraction of total polyphenols from *Acacia mangium* leaves by microwave pretreatment, *Yingyong Huagong*, 37, 544-547, 2008.
- 8) Chen, C.-J., Hu, H.-Y., Li, Y., Huang, Y.-S., Qin, Y.-B., Optimum process for extraction of total polyphenols from *Acacica mangium* leaves by orthogonal test, *Guangpu Shiyanshi*, 25, 828-832, 2008.
- 9) Liu, J., Ando, R., Shimizu, K., Hashida, K., Makino, R., Ohara, S., Kondo, R., Steroid 5 α -reductase inhibitory activity of condensed tannins from woody plants, *J. Wood Sci.*, 54, 68-75, 2008.
- 10) Chen, C.-j., Jiang, D.-h., Li, J.-j., Yang, G.-e., Huang, K.-y., Photometric determination of polyphenols in leaves of *Acacia mangium* with Folin-Ciocalteu reagent, *Huaxue Fence*, 45, 1191-1193, 2009.
- 11) Hoong, Y. B., Paridah, M. T., Luqman, C. A., Koh, M. P., Loh, Y. F., Fortification of sulfited tannin from the bark of *Acacia mangium* with phenol-formaldehyde for use as plywood adhesive, *Industrial Crops Prod.*, 30, 416-421, 2009.
- 12) Maki, A., Ogimoto, K., Ishida, Y., Ohtani, H., Hasegawa, T., Kitagawa, K., Homma, Y., Inai, A., Structural analysis of condensed tannins in hydrothermal extracts from wasted bark by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry, *Bunseki Kagaku*, 58, 731-736, 2009.
- 13) Hoong, Y.B., Paridah, M.T., Loh, Y.F., Koh, M.P., Luqman, C.A., Zaidon, A., *Acacia mangium* tannin as formaldehyde scavenger for low molecular weight phenol-formaldehyde resin in bonding tropical plywood. *J. Adhesion Sci. Technol.*, 24, 1653-1664, 2010.
- 14) Zhang, L., Chen, J., Wang, Y., Wu, D., Xu, M., Phenolic extracts from *Acacia mangium* bark and their antioxidant activities, *Molecules*, 15, 3567-3577, 2010.
- 15) Hoong, Y. B., Pizzi, A., Tahir, P. M., Pasch, H., Characterization of *Acacia mangium* polyflavonoid tannins by MALDI-TOF mass spectrometry and CP-MAS ^{13}C NMR, *Europ. Polymer J.*, 46, 1268-1277, 2010.
- 16) Hariadi, B. T., Santoso, B., Evaluation of tropical plants containing tannin on *in vitro* methanogenesis and fermentation parameters using rumen fluid, *J. Sci. Food Agric.*, 90, 456-461, 2010.
- 17) Hoong, Y. B., Paridah, M. T., Loh, Y. F., Jalaluddin, H., Chuah, L. A., A new source of natural adhesive: *Acacia mangium* bark extracts co-polymerized with phenol-formaldehyde (PF) for bonding Mempisang

- (*Annonaceae* spp.) veneers, *Intern. J. Adhesion Adhesives*, **31**, 164-167, 2011.
- 18) Yamamura, M., Hattori, T., Suzuki, S., Shibata, D., Umezawa, T., Microscale alkaline nitrobenzene oxidation method for high-throughput determination of lignin aromatic components, *Plant Biotech.*, **27**, 305-310, 2010.
 - 19) Yao, S., Wu, G., Xing, M., Zhou, S., Pu, J., Determination of lignin content in *Acacia* spp. using near-infrared reflectance spectroscopy, *BioResources*, **5**, 556-562, 2010.
 - 20) Vaelimaa, A.-L., Honkalampi-Haemaelaeninen, U., Pietarinen, S., Willfoer, S., Holmbom, B., Von Wright, A., Antimicrobial and cytotoxic knotwood extracts and related pure compounds and their effects on food-associated microorganisms, *Intern. J. Food Microbiol.*, **115**, 235-243, 2007.
 - 21) Jeon, Y.-T., Ryu, K.-H., Kang, M.-K., Park, S.-H., Yun, H., Qt, P., Kim, S.-U., Alternariol monomethyl ether and α , β -dehydrocurvularin from endophytic fungi *Alternaria* spp. inhibit appressorium formation of *Magnaporthe grisea*, *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.*, **53**, 39-42, 2010.
 - 22) Joshi, L., Malinen, R. O., Holmbom, B., Deresination of *Acacia mangium* pulp - role of cooking and washing additives and removal of fines, *Appita J.*, **62**, 226-231, 2009.
 - 23) Mizumoto, M., Shimokita, E., Ona, T., Seino, T., Ishida, Y., Ohtani, H., Rapid and direct characterization of total fatty acids in wood by thermochemolysis-gas chromatography-flame ionization detector/mass spectrometry with tetrabutylammonium hydroxide, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, **87**, 163-167, 2010.
 - 24) Zeng X.-p., Cai X.-a., Zhao P., Rao X.-q., Caloric value and ash content of dominant plants in plantation communities in Heshan of Guangdong, China, *J. Appl. Ecol.*, **20**, 485-492, 2009.
 - 25) Kaida, R., Kaku, T., Baba, K., Oyadomari, M., Watanabe, T., Hartati, S., Sudarmonowati, E., Hayashi, T., Enzymatic saccharification and ethanol production of *Acacia mangium* and *Paraserianthes falcataria* wood, and *Elaeis guineensis* trunk, *J. Wood Sci.*, **55**, 381-386, 2009.
 - 26) Tabet, T. A., Abdul, A., Fauziah, H., Radiman, S., Application of small-angle X-ray scattering to predict microfibril angle in *Acacia mangium* wood. *Advanced Materials Res.*, **173**, 72-77, 2011.
 - 27) Djarwanto, Tachibana, S., Decomposition of lignin and holocellulose on *Acacia mangium* leaves and twigs by six fungal isolates from nature, *Pakistan J. Biol. Sci.*, **13**, 604-610, 2010.
 - 28) Chen, N.-m., Deng, Y.-j., Han, S.-m., Jiao, J., Fang, G.-g., Comparative pulping properties of *Eucalyptus urograndis* $\times$ *E. grandis* and *Acacia mangium* Willd. woods using P-RC APMP process, *Linchan Huaxue Yu Gongye*, **28**, 25-30, 2008.
 - 29) Wan Rosli, W. D., Mazlan, I., Law, K. N., Effects of Kraft pulping variables on pulp and paper properties of *Acacia mangium* kraft pulp, *Cellulose Chem. Technol.*, **43**, 9-15, 2009.
 - 30) Chen, C., Pu, J., Yao, S., Jiang, Y., A study on pulping performances of five *Acacia* species, *Zhonghua Zhiye*, **30**, 80-82, 2009.
 - 31) Pramod, B. K., Pratima, B., *Acacia* an emerging raw material for pulp, *Ippta J.*, **22**, 107-111, 2010.
 - 32) Fariza, M. S. N., Pang, S. L., Choong, C. Y., Wickneswari, R., Extensive DNA sequence variations in two lignin genes, cinnamate 4-hydroxylase and cinnamyl alcohol dehydrogenase from *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis*. *J. Biol. Sci.*, **8**, 687-690, 2008.
 - 33) Suzuki, S., Suda, K., Sakurai, N., Ogata, Y., Hattori, T., Suzuki, H., Shibata, D., Umezawa, T., Analysis of expressed sequence tags in developing secondary xylem and shoot of *Acacia mangium*, *J. Wood Sci.*, **57**, 40-46, 2011.
 - 34) Chew, Y. L., Chan, E. W. L., Tan, P. L., Lim, Y. Y., Stanslas, J., Goh, J. K., Assessment of phytochemical content, polyphenolic composition, antioxidant and antibacterial activities of Leguminosae medicinal plants in Peninsular Malaysia, *BMC Complement. Alternat. Med.*, **11**, 12, 2011.
 - 35) Mizumoto, M., Shimokita, E., Ona, T., Seino, T., Ishida, Y., Ohtani, H., Rapid and direct

- characterization of total fatty acids in wood by thermochemolysis-gas chromatography-flame ionization detector/mass spectrometry with tetrabutylammonium hydroxide, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, **87**, 163-167, 2010.
- 36) Singh, R., Singh, S., Kumar, S., Arora, S., Evaluation of antioxidant potential of ethyl acetate extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn., *Food Chem. Toxicol.*, **45**, 1216-1223, 2007.
 - 37) Singh, R., Singh, S., Kumar, S., Arora, S., Studies on antioxidant potential of methanol extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn., *Food Chem.*, **103**, 505-511, 2007.
 - 38) Singh, R., Singh, S., Kumar, S., Arora, S., Free radical-scavenging activity of acetone extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn., *Food Chem.*, **103**, 1403-1410, 2007.
 - 39) Ganesh, P. S., Gajalakshmi, S., Abbasi, S. A., Vermicomposting of the leaf litter of acacia (*Acacia auriculiformis*): Possible roles of reactor geometry, polyphenols, and lignin, *Biores. Technol.*, **100**, 1819-1827, 2009.
 - 40) Pal, D., Chakraborty, P., Ray, H. N., Pal, B. C., Mitra, D., Kabir, S. N., Acaciaside-B-enriched fraction of *Acacia auriculiformis* is a prospective spermicide with no mutagenic property, *Reproduction*, **138**, 453-462, 2009.
 - 41) Datta, S., Maitra, S., Gayen, P., Sinha, B. S. P., Improved efficacy of tetracycline by acaciasides on *Dirofilaria immitis*. *Parasitol. Res.*, **105**, 697-702, 2009.
 - 42) Jahan, M. S., Sabina, R., Rubaiyat, A., Influence of cooking conditions on pulp properties of *Acacia auriculiformis* in kraft pulping, *Kami Pa Gikyoshi*, **61**, 1367-1375, 2007.
 - 43) Jahan, M. S., Sabina, R., Rubaiyat, A., Alkaline pulping and bleaching of *Acacia auriculiformis* grown in Bangladesh, *Turkish J. Agric. For.*, **32**, 339-347, 2008.
 - 44) Sukeno, S., Improvement of pulpwood productivity of fast grown eucalyptus and acacia tree species in southeast Asia, *Kami Pa Gikyoshi*, **63**, 57-60, 2009.
 - 45) Balodis, V., Clark, N.B., Tropical acacias — the new pulpwood, *Appita J.*, **51**, 179-181, 1998.
 - 46) Xue, G.-x., Zheng, J.-w., Matsumoto, Y., Meshitsuka, G., Pulping and bleaching of plantation fast-growing Acacias. Part 1. Chemical composition and pulpability, *Kami Pa Gikyoshi*, **55**, 366-372, 2001.
 - 47) Gong, M., Li, Z., Comparison of pulping properties of *A. mangium*, *A. auriculiformis* and *A. crassicarpa*, *Zhongguo Zaozhi*, **21**, 1-3, 2002.
 - 48) Deng, Y., Fang, G., Ping, L., Liu, J., Jiang, Z., Elemental chlorine bleaching (ECF) of kraft pulp from four species of acacia woods, Editor(s): He, B., Fu, S., Chen, F., Research Progress in Pulping and Papermaking, [International Symposium on Emerging Technologies of Pulping and Papermaking], 3rd, Guangzhou, China, pp.240-246, 2006.
 - 49) Deng, Y.-j., Fang, G.-g., Li, P., Liu, J.-l., Jiang, Z.-h., Study on elemental chlorine-free bleaching properties of kraft pulp of *Acacia* wood species, *Linchan Huaxue Yu Gongye*, **26**, 34-38, 2006.
 - 50) Pietarinen, S. P., Willfor, S. M., Ahotupa, M. O., Hemming, J. E., Holmbom, B. R., Knotwood and bark extracts: strong antioxidants from waste materials, *J. Wood Sci.*, **52**, 436-444, 2006.
 - 51) Willfoer, S., Sundberg, A., Pranovich, A., Holmbom, B., Polysaccharides in some industrially important hardwood species, *Wood Sci. Technol.*, **39**, 601-617, 2005.
 - 52) Pietarinen, S. P., Willfoer, S. M., Sjöholm, R. E., Holbom, B. R., Bioactive phenolic substances in important tree species. Part 3: knots and stem wood of *Acacia crassicarpa* and *A. mangium*, *Holzforschung*, **59**, 94-101, 2005.
 - 53) Pietarinen, S. P., Willfor, S. M., Sjöholm, R. E., Holmbom, B. R., Extractives in *Acacia mangium* and *Acacia crassicarpa* stem wood and knots, Appita Annual Conference and Exhibition, **58th** (Vol. 2), 557-564, 2004.

- 54) Pietarinen, S., Willfoer, S., Holmbom, B., Wood resin in *Acacia mangium* and *Acacia crassicaarpa* wood and knots, *Appita J.*, **57**, 146-150, 2004.
- 55) http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Japanese/All_J-080917.pdf