

スギ樹幹における黒心材形成と灰分(第2報) : スギ3 品種心材の性質

森川, 岳
九州大学農学部林産学科

小田, 一幸
九州大学農学部林産学科

松村, 順司
九州大学農学部林産学科

堤, 壽一
九州大学農学部林産学科

<https://doi.org/10.15017/10922>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 74, pp.41-49, 1996-03-28. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

スギ樹幹における黒心材形成と灰分 (第2報)* スギ3品種心材の性質

森川 岳**・小田 一幸**

松村 順司**・堤 壽一**

抄 録

スギ心材のアルカリ性化による黒心材形成の遡因を明らかにする目的で、ヤブクグリ、ウラセバルおよびナカムラの3品種を対象に、胸高直径、心材の明度、生材含水率、灰分量、温水抽出物量およびカリウム量を測定し、これらの相互関係を考察した。

ヤブクグリの一部およびナカムラのすべての供試木の心材は、黒心を示し弱アルカリ性(pH:7.3~8.0)であった。黒心が弱アルカリ性を示す理由として、黒心には灰分(特にカリウム)が多いためと推測される。つまり、心材の明度は、カリウム量がある限度以下では高くほぼ一定値を示すが、カリウムの増加につれて低下し、ある値のカリウム量ではほぼ一定の低い値を示した。なお、灰分量とカリウム量の間には一次の正の相関関係が認められた。

灰分量は、品種によって異なり、さらに同一林分の品種内では胸高直径との間に相関関係が認められた。すなわち、心材中に取り込まれる灰分量は遺伝的な要因と肥大成長に関係する立地条件ないしは環境要因によって決まった。しかし、心材のアルカリ性化への環境要因の関与の度合いは、品種によって差異があると推測された。

キーワード：スギ心材、黒心、アルカリ性化、灰分、カリウム

1. はじめに

スギの心材色は、淡紅色(赤心)から黒色(黒心)にいたるまで、品種間や個体間で変異の幅が広い。その中でも黒心は、材面が汚く、一般に生材含水率が高いので、装飾的な用途としての利用や輸送・乾燥コストに問題があるとされている。このため、スギ心材色の変異に関する研究が、遺伝、立地・環境、樹病などの面から行われているが、未だ全容を解明するにいたっていない。

黒心には、心材全体が黒く発色するもの、心材の一部が黒く変色するもの、心・辺材の境界が不規則で色むらがあるもの、など種々のタイプがある。このうち、心材全体がほぼ一様に黒色となるタイプの黒変現象を観察すると、伐倒後時間の経過につれて心材の表面が黒く発色する例が多いことが経験的に知られている。すなわち、心材が黒褐色になるた

* MORIKAWA, T., ODA, K., MATSUMURA, J. and TSUTSUMI, J. : Black-Heartwood Formation and Ash Content in the Stem of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) II. : Heartwood Properties of Three Sugi Cultivars.

** 九州大学農学部林産学科

Department of Forest Products, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81

めには、1) 黒く発色する成分が存在すること、2) 空気にふれて酸化重合されること、3) 心材がアルカリ性であること、の3つの条件が必要とされ(基太村, 1962)、弱酸性である通常の心材が、何らかの原因によってアルカリ側に傾き、空気にさらされたとき心材が黒変すると推測されている。

そこで、黒心形成のしくみを明らかにする研究の一環として、黒心のアルカリ性化現象の解明が進められてきた。黒心がアルカリ性を示す原因について、古くは、幹の外傷部から侵入した微生物の酵素によって材中の蛋白質が分解して生成されるアンモニアによる報告がある(藤岡, 1918)。しかし、一方では遺伝的に黒心とされる品種が存在することから、心材のアルカリ性化の原因がすべて微生物の侵入とは考えにくく、最近、阿部ら(1994)は、心材中のある種の抽出成分が弱アルカリ性条件下で酸素によって変化することにより黒変現象が起こり、この現象にアンモニアと酵素は関与していないと報告している。他方、甲斐(1975)は、赤心と黒心の灰分量を分析し両者の間に大きな差を認めている。また、小田ら(1994)は、心材の単位重量当たりのアルカリ金属イオン量が赤心よりも黒心で多いことを認め、このために黒心は弱アルカリ性を示すのであろうと推測している。ついで、阿部ら(1994)は、心材を弱アルカリ性に行っている物質として炭酸水素カリウムを同定するとともに、通常の赤心に炭酸水素カリウムを含浸させ弱アルカリに調整した材は、黒心と同様な変色経過をたどって黒変すると報告している。すなわち、心材全体がほぼ一様に黒色になるタイプの黒心では、アルカリ性化の原因は、心材中のアルカリ金属(特にカリウム)イオン濃度が高いためと考えられている。

ところが、カリウムのような元素は土壌中にごく普通に含まれ、どこにでも存在する。にもかかわらず、同一林分内で、心材中へ取り込まれるカリウム量が個体間で違いが生じ、弱アルカリ性の心材(黒心)と弱酸性の心材(赤心)が形成される。そこで、この研究では、心材のアルカリ性化の遠因を明らかにすることを目的に、心材の性質を3品種にわたって調査した。すなわち、35年生スギ2品種と20年生スギ1品種を対象に、胸高直径、心材の明度、生材含水率、灰分量、温水抽出物量、カリウム量およびpHを測定し、これらの相互関係を考察した。

この研究を行うにあたり、大分県前津江村および福岡県矢部村の民有林から供試木の提供を受けた。また、大分県林業試験場ならびに福岡県森林林業技術センターからの援助をいただき、供試木を伐倒し円板を採取した。関係された方々に厚く謝意を表す。

2. 実 験

2.1. 供試木と試験片

ヤブググリ(大分県前津江村民有林, 35年生)、ウラセバル(大分県前津江村民有林, 35年生)およびナカムラ(福岡県矢部村民有林, 20年生)の3品種で、それぞれ20~22本の供試木を胸高直径が大きいものから小さいものまで広く分布するように選んだ。供試木の胸高直径を測定したのち、供試木を伐倒し地上高30~100cmから厚さ20cmの円板を採取した。この円板を速やかに製材し、髓を含み接線方向に厚さ2cmの、心材のみからなるまき目板試験片を作製し、さらに上端部(幹軸方向に約2cm)と下部(残りの試験片)に分けた。また、試験片を採った残りの端材から樹液を絞り取り、pHメーター

(HORIBA B-212) で心材の pH を測定した。

2.2. 生材含水率、灰分量およびカリウム量の測定

試験片を作製したのち、直ちに上端部の心材を乾燥機で 103°C で 24 時間乾燥させ全乾状態にし、生材含水率を測定した。ついで、全乾状態の心材をマッフル炉を使って初期温度 250°C で炭化し、その後 300°C、500°C と段階的に温度を上げ、最終的には 700°C で灰化させ、灰分量 (%) を測定した。また、得られた灰分を 0.1N 硝酸に溶解させ、原子吸光分析装置 (PERKIN ELMER 3110) でカリウム量を定量し、全乾心材中のカリウム量を求めた。

2.3. 明度および温水抽出物量の測定

明度は測定面や含水率の影響を受ける。そこで、測定条件を統一するために、下部の試験片を気乾状態になるまで天然乾燥したのち、まさ目面を飽削し一昼夜放置してから、色彩色差計 (Minolta CR-300) を用いて $L^*a^*b^*$ 表色系で明度を測定した。さらに、下部の試験片から幹軸方向に厚さ 5mm の試験片を作製し、試料 1g に対し 100ml の温水中で 48 時間抽出し、抽出前と抽出後の試験片の全乾重量差から温水抽出物量 (%) の指標とした。

3. 結果と考察

3.1. 各品種における心材の性質

各品種における心材の性質を Table 1 に示す。表からわかるように、心材の明度、生材含水率、灰分量、温水抽出物量およびカリウム量の平均値は品種により異なる。すなわち、ヤブクグリでは生材含水率、灰分量、温水抽出物量およびカリウム量の平均値は低いが、それぞれの変動係数は高く心材の性質に大きなバラツキが認められた。このため、一部の供試木の心材は弱アルカリ性 (pH : 7.2~8.0) を示し、それらは伐倒ののち変色し黒褐色を呈した。ウラセバルでは、生材含水率、温水抽出物量およびカリウム量の平均値はヤブクグリより高いものの、品種内でのバラツキは小さく、供試木のほとんどが弱酸性 (pH : 6.6~6.9) を示し赤心であった。また、ナカムラでは、生材含水率、灰分量、温水抽出物量およびカリウム量の平均値は他の 2 品種より高く、すべての供試木の心材は弱アルカリ性 (pH : 7.3~8.0) を示し、伐倒ののち黒色または黒褐色へ変化した。

3.2. カリウム量と明度との関係

黒心が弱アルカリ性を示す原因物質の 1 つとして、炭酸水素カリウムが同定されている (阿部・小田, 1994)。そこで、Table 1 を得るのに用いた個々のデータを、心材におけるカリウム量と明度との関係として 3 品種にまたがって Fig. 1 にプロットしている。図からわかるように、明度は、カリウム量がある限度 (約 1800ppm) 以下ではほぼ一定値を示したが、カリウム量がこの値より増加するにつれて低下し、ある値 (約 2500ppm) 以上に達すると再びほぼ一定値を示した。このことは、もちろん陰イオンとの関係もあって一概に断定はできないものの、心材中のカリウムイオン濃度が低いとき心材は弱酸性 (赤心) を示すが、カリウムイオン濃度の増加に伴って徐々にアルカリ側に傾き、ついである

表1 スギ3品種の心材の性質
Table 1 Heartwood properties of three sugi cultivars.

Cultivar		DBH	Lightness	Green moisture content	Ash contents	Hot water extractive	Potassium contents
		(cm)	L*	(%)	(%)	(%)	(ppm)
Yabukuguri	Mean	17.4	67.8	84.9	0.59	4.7	1317
	Standard deviation	3.1	4.0	30.3	0.14	0.29	612
	Coefficient of variation (%)	18.0	5.8	35.7	23.9	6.2	46.4
Urusebaru	Mean	19.7	68.2	123.1	0.59	5.9	1685
	Standard deviation	3.5	2.0	24.3	0.07	0.30	450
	Coefficient of variation (%)	18.0	2.9	19.7	12.6	5.2	26.7
Nakamura	Mean	16.1	57.6	174.7	0.83	7.5	2491
	Standard deviation	1.4	4.6	24.4	0.11	1.49	498
	Coefficient of variation (%)	9.0	8.0	14.0	13.2	19.7	20.0

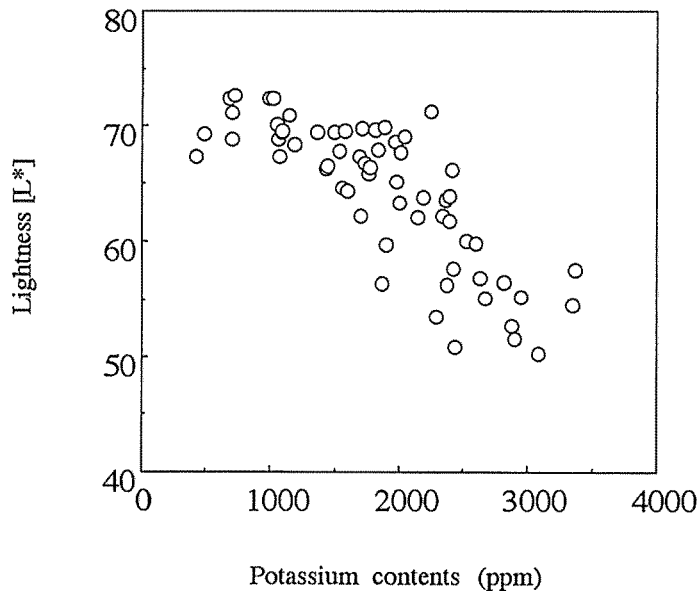


Fig. 1 Relationships between potassium contents and lightnesses in the heartwood of all trees examined.

図1 全供試木における心材のカリウム濃度と明度の関係

濃度以上に達すると完全に弱アルカリ性（黒心）になることを示唆している。

3.3. 灰分量とカリウム量との関係

Fig. 1 のように、明度はカリウムイオン濃度の影響を受ける。そこで、全供試木の心材における灰分量とカリウム量との関係を Fig. 2 に示す。図にみられるように、灰分量とカリウム量との間には直線関係が認められ、灰分量がカリウム量の指標として使えることが明らかになった。

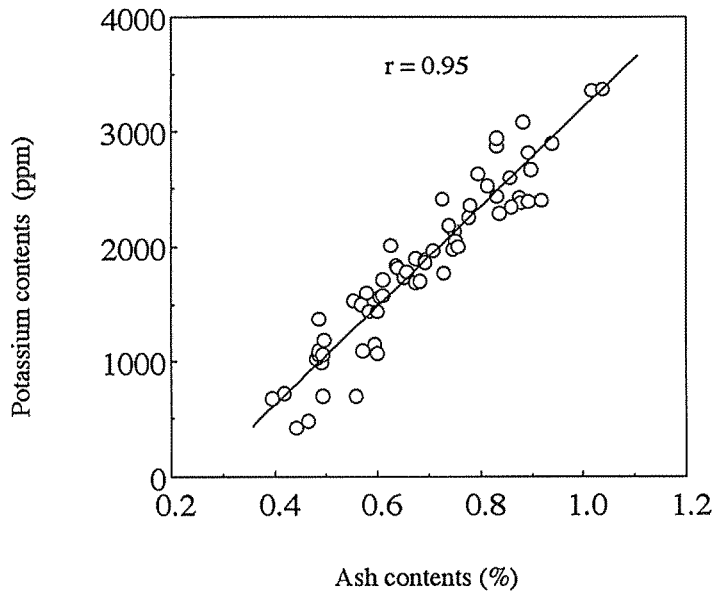


Fig. 2 Relationships between ash contents and potassium contents in the heartwood of all trees examined.

図2 全供試木における心材の灰分量とカリウム濃度の関係

3.4. 心材のアルカリ性化の遠因

上述の結果および既往の研究報告から、心材のアルカリ性化にアルカリ金属イオン（特にカリウムイオン）が関与していること、言い換えると、アルカリ性化の直接の原因はアルカリ金属イオン量であること、は間違いなさそうである。ところが、個体間のアルカリ金属イオンの違いに関与している要因がわからない。そこで、心材の灰分量およびカリウム量と関係のある要因を検討するために、まず3品種にまたがって、明度、生材含水率、灰分量、温水抽出物量およびカリウム量の相互関係を調べた。この結果、Table 2 に単相関係数で示すように、いずれの因子間においても1%水準で有意な相関関係が認められた。すなわち、各因子間に本質的な因果関係があるか否かはともかく、心材の灰分量およびカリウム量と、明度、生材含水率および温水抽出物量との間に何らかの関係が存在した。

ところが、次に、これらの相互関係を品種ごとに検討すると、灰分量や温水抽出物量はTable 1のように品種によって概ね決まっているので、各因子間に必ずしも有意な相関関

表2 全供試木における各心材性質間の単相関係数
Table 2 Correlation coefficients between the properties of the hearwood in the all trees examined.

	Lightness	Green moisture content	Ash contents	Hot water extractive	Potassium contents
Lightness	1.00	-0.83**	-0.89**	-0.77**	-0.80**
Green moisture contents		1.00	0.79**	0.80**	0.81**
Ash contents			1.00	0.62**	0.92**
Hot water extractives				1.00	0.60**
Potassium contents					1.00

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

係が存在するとは限らなかった (Table 3, 4, 5)。しかし、3品種に共通して、明度と生材含水率との間、および明度と灰分量との間には1%ないしは5%水準で有意な相関係数が認められ、生材含水率が高く灰分量が多い供試木ほど低い明度を示した。また、胸高直径が大きい供試木ほど灰分量が多く、明度が低下する傾向が観察された。このことから、心材の灰分量は、肥大成長に関係する立地条件あるいは環境要因の影響を受けることがわかる。

さて、Table 1とTable 3, 4, 5の結果を考え合わせると、心材に取り込まれる灰分量(カリウム量)は、品種により異なり、加えて肥大成長に関連する要因に左右されることが明らかである。すなわち、心材のアルカリ性化には、遺伝的要因と、具体的にはわからないが環境要因が遠因になっていることは確かである。しかし、環境要因がアルカリ性化の決定的要因になるか否かは、品種によって異なるであろう。つまり、遺伝的に灰分が

表3 ヤブクグリにおける各心材性質間の単相関係数
Table 3 Correlation coefficients between the hearwood properties of the cultivar Yabukuguri.

	DBH	Lightness	Green moisture content	Ash contents	Hot water extractive
DBH	1.00	-0.77**	0.86**	0.83**	0.81**
Lightness		1.00	-0.81**	-0.83**	-0.60**
Green moisture contents			1.00	0.89**	0.77**
Ash contents				1.00	0.79**
Hot water extractives					1.00

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

表4 ウラセバルにおける各心材性質間の単相関係数
Table 4 Correlation coefficients between the hearwood properties of the cultivar Urasebaru.

	DBH	Lightness	Green moisture content	Ash contents	Hot water extractive
DBH	1.00	-0.38	0.16	0.65**	0.00
Lightness		1.00	-0.51**	-0.49**	-0.30
Green moisture contents			1.00	0.24	0.42
Ash contents				1.00	0.03
Hot water extractives					1.00

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

表5 ナカムラにおける各心材性質間の単相関係数
Table 5 Correlation coefficients between the hearwood properties of the cultivar Nakamura.

	DBH	Lightness	Green moisture content	Ash contents	Hot water extractive
DBH	1.00	-0.41	0.29	0.41	0.05
Lightness		1.00	-0.75**	-0.53**	-0.62**
Green moisture contents			1.00	0.58**	0.55**
Ash contents				1.00	0.02**
Hot water extractives					1.00

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level.

少ない品種と逆に多い品種があるとき、それらの心材の灰分量が環境要因の影響で増減しても、本来灰分が少ない品種は心材がアルカリ性になるほどの灰分量を取り込みにくく、また本来灰分が多い品種は酸性になるほどの灰分量にまで減少しにくいであろう。むしろ、本研究のヤブクグリにみられるように、それらの中間の品種が環境要因の影響を大きく受け、心材が弱酸性や弱アルカリ性になると推測される。

4. ま と め

1) 心材の pH を測定した結果、赤心は弱酸性を、黒心は弱アルカリ性を示した。黒心が弱アルカリ性を示す理由として、黒心には灰分（特にカリウム）が多いためと推測された。また、灰分量とカリウム量との間には一次の正の相関関係が認められた。

2) 心材の明度は灰分（カリウム）量の影響を受け、心材の灰分量がある限度を超える

とき、心材は弱アルカリ性になり、ひいては黒心が形成される。灰分量は、品種によって異なり、さらに同一林分の品種内では胸高直径との間に相関関係が認められた。したがって、心材に取り込まれる灰分量は遺伝的な要因と肥大成長に関する環境要因ないしは立地条件によって決まる。

3) しかし、心材のアルカリ性化への環境要因の関与の度合いは、品種によって差異があろう。すなわち、心材の灰分量は品種によって概ね決まっているので、遺伝的に灰分が少ない品種や逆に多い品種では環境要因の影響は小さく、それらの中間の品種では影響が大きいであろうと推測された。

引用文献

- 阿部善作・小田一幸・松村順司 (1994) : スギ心材の黒変現象 (第1報) 材色変化とその原因, 木材学会誌 40 (10) : 1119-1125
- 阿部善作・小田一幸 (1994) : スギ心材の黒変現象 (第2報) 原因物質の1つとして炭酸水素カリウムの同定, 木材学会誌 40 (10) : 1126-1130
- 藤岡光長・高橋憲三 (1918) : スギ心材の黒変に関する研究, 林業試験場報告 16 : 1-78
- 甲斐勇二 (1975) : 木材の色について (1), 木材工業 30 (7) : 291-294
- 基太村洋子 (1962) : スギ心材の黒変現象について, 林業試験場報告 146 : 133-141
- 小田一幸・松村順司・堤 壽一・阿部善作 (1994) : スギ樹幹における黒心材形成と灰分, 九大農学芸誌 48 (3・4) : 171-176

(1995年12月4日受付; 1996年1月16日受理)

Summary

Three cultivars of sugi (*Cryptomeria japonica*), including 20 trees of cv.Yabukuguri, 20 trees of cv.Urasebaru and 22 trees of cv.Nakamura, were examined. Diameter at breast height and lightness, green moisture content, ash content, hot water extractives and potassium content in the heartwood were determined. Correlations between these factors were then discussed.

1) Some cv.Yabukuguri heartwoods and all cv.Nakamura heartwoods was black-colored and weakly alkaline (pH : 7.3~8.0). It is thought that black-heartwood contains so much ash (especially potassium) that it is weakly alkaline.

2) Lightness values of heartwood were constantly high with low potassium content. However the values decreased as potassium content increased. They were then constantly low with high potassium content.

3) There was a significant correlation between ash content and potassium content in heartwood.

4) Ash content in the heartwood varied among cultivars. Furthermore, it was significantly correlated to diameter at breast height within a cultivar grown in the same stand. Namely, the amount of inorganic matters absorbed in heartwood was affected by hereditary factors and locational conditions or environmental factors related to diameter growth. However it is thought that the degree of impact of environmental factors on alkalization of heartwood varied among cultivars.

Key words : sugi heartwood; black-heartwood; alkalization; ash content; potassium.