

ISSN 2185-9167

林業技術総合センター研究報告

第27号

平成30年12月

宮城県林業技術総合センター

目 次

- 1 雄性不稔（無花粉）スギの品種開発に関する研究（第1報）・・・・・・・・・・ 1
- 2 スギの第二世代精英樹（エリートツリー）開発に関する研究・・・・・・・・・・ 5
- 3 海岸林造成に向けた広葉樹の育苗技術に関する研究・・・・・・・・・・ 9
- 4 CLT用ラミナ（ひき板）の安定供給手法の確立に向けた研究・・・・・・・・ 25
- 5 原木しいたけ生産再開に向けた生産実証試験と原木林及びほだ場の
汚染状況・生産物への放射性物質移行に関する基礎調査・・・・・・・・ 37

雄性不稔（無花粉）スギの品種開発に関する研究（第 1 報）

今野 幸 則

要 旨

スギ花粉発生源対策を推進するため、交配育種法を中心に雄性不稔（無花粉）スギ品種の開発を進めた。スギの雄性不稔性は潜性（劣性）遺伝子することが解明されていることから、種子親として雄性不稔品種である「爽春」を利用し、花粉親として宮城県選抜のスギ精英樹を利用した人工交配を実施し、形質等の優れた個体の作出を進めた。交配により得られた F1 苗は雄性不稔遺伝子をヘテロで保有している。F1 同士の交配による F2 苗には雄性不稔性を現す個体が理論上で 25%の割合で作出されるため、雄性不稔個体の確定とその成長特性や材質調査を今後進める。

キーワード：スギ花粉症対策，雄性不稔，人工交配

1 はじめに

スギ花粉症は国民の 3 人に 1 人が罹患していると言われ、患者数は年々増加する傾向にある。県は 2008 年に「宮城県スギ花粉発生源対策推進プラン」を策定し、スギ花粉発生源対策の計画的な推進を図ってきた。現在は花粉症対策品種として、花粉の少ないスギ品種の内から宮城県選抜の 4 品種をさし木苗として、また、花粉の少ないスギ品種で構成したミニチュア採種園からの種子を県内の山林種苗生産者へ供給している。しかし、現在供給しているスギ花粉症対策品種は、自然状態で雄花がほとんど発生しない品種ではあっても、花粉生産を全く行わない品種ではないことから、スギ花粉症発生源対策を一層推進するためには、花粉を生産しない雄性不稔（無花粉）スギ品種の開発が必要である。

しかし、宮城県内には雄性不稔の性質を持つスギは確認されていないため、すでに開発されている雄性不稔スギ品種「爽春」を活用し、宮城県選抜のスギ精英樹との人工交配による宮城県の気候、風土に適した成長等の良好な雄性不稔スギ品種の作出を進めた。

2 材料と方法

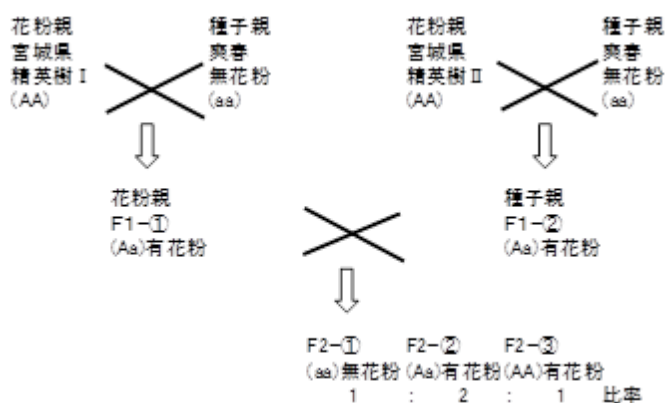
2. 1 材料

雄性不稔スギ品種開発には、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センターが開発した雄性不稔スギ品種の「爽春」を母樹として使用した。スギの雄性不稔性は潜性遺伝することが解明されており（平ら，2001）、「爽春」もまた同様に潜性遺伝する（高橋ら，2005）。交配に用いたスギ花粉は宮城県選抜の精英樹で、宮城県林業技術総合センター（以下「当センター」）内に設定しているスギ精英樹採種園から採取した。

2. 2 F1 種子生産の人工交配

人工交配の準備作業として、2012 年 8 月にジベレリン液剤濃度 100ppm を枝先から滴る程度に「爽春」へ散布し、雌花の着花促進を図った。2013 年 2 月 19 日にスギ精英樹採種園の 16 品種から雄花が着生している枝を採取し、室内で開花促進を図るとともに、「爽春」へ交配袋を設置し自然交配の防止を図った。3 月 5 日にスギ花粉を精選し、2013 年 3 月 20 日～4 月 2 日に花粉銃を用いた交配を実施した（図-1）。交配袋はスギ花粉の飛散が終了した 4 月 23 日に撤去した。

2013 年は雄花の着生が少なく、交配に用いたスギ精英樹の花粉量が少量で、種子の生産に不安があったため、F1 作出のための人工交配を継続実施することとして、2013 年 7 月 15 日にスギ精英樹採種園内の採種木にジベレリン液剤濃度 100ppm を散布し、雄花着生を図った。2013 年 8 月 12 日にはジベレリン液剤濃度 100ppm で「爽春」へ散布し、雌花着花促進を図った。



図－1 人工交配模式図

2014 年 2 月 20 日に交配袋を設置し、2014 年 3 月 28 日～4 月 2 日に人工交配を実施した。交配袋は 4 月 24 日に撤去した。

2. 3 F1 苗の育成

2013 年に採取した F1 種子は 2014 年 2 月に育苗箱へ播種し、ビニールハウスで発芽までの管理を行った。発芽後の F1 苗は 2014 年 5 月にマルチキャビティコンテナ (JAF150) へ移植し (写真－1)、野外において育苗を継続した。マルチキャビティコンテナで使用した用土は、宮城県農林種苗農業協同組合標準仕様であるココピート 80%+鹿沼土 20%、肥料入りを使用し、マルチキャビティコンテナで 1 年間の育苗後 (写真－2)、2015 年 10 月に当センター内に試植地を設定し、定植を行った。2014 年に採取した F1 種子についても、同様の育苗作業を繰り返し 2015 年の試植隣接地に 2016 年 3 月定植を実施した。



写真－1 コンテナ移植状況



写真－2 マルチキャビティコンテナ育苗状況

2. 4 F2 生産の人工交配

定植した F1 苗には、F2 作出の人工交配と花粉生産状況確認のため、ジベレリン液剤を散布し雌花と雄花を着生させることとし、2016 年 7 月 7 日に雄花着花促進用として濃度 50ppm を散布し、2016 年 7 月 29 日に雌花着花促進用として濃度 100ppm を枝先から滴る程度に散布した。

着生した雄花は 2017 年 2 月 27 日から 3 月 9 日に採取し、メスで縦に切断して花粉生産状況を目視にて確認した。F2 苗作出のための人工交配作業は、2017 年 2 月 27 日に交配袋を設置し、交配用花粉は 3 月 7 日に定植した F1 から採取し、3 月 28 日に交配を実施した。2017 年の交配では F1 苗が小さく、

雄花数も少なかったため、十分な花粉が採取できなかったことから、雄花量の増加を図るため 2017 年 6 月 22 日に濃度 100ppm、2017 年 7 月 27 日に雌花着花促進用として濃度 100ppm をそれぞれ散布した。着生した雄花は 2018 年 2 月 5 日から 2 月 15 日に採取し、メスで縦に切断して花粉生産状況を目視にて確認した。F 2 苗作出のための人工交配作業は、2018 年 3 月 5 日に交配袋を設置し、交配用花粉は 3 月 7 日に定植した F 1 苗から採取し、3 月 19 日に交配を実施した。

3 結果と考察

「爽春」と宮城県選抜精英樹の交配による F 1 種子生産について、スギ精英樹採種園は通常タイプであり、着花促進処理は雌花の着生に重点をおいて作業を実施するため、自然状態での雄花着生量は品種による差が大きく生じる。F 1 作出の 2013 年交配では採種園から十分な花粉量を確保できなかったことや母樹である「爽春」が若齢であることから採種量は少なかったが、採種園でのジベレリン散布効果と苗木成長により雄花着生量が増加し 2014 年の交配による採種量は増加した。

表-1 2013年F1種子採取量

花粉親	球果数	重量(g)	種子数	種子重量(g)
栗原1号	1	0.68	34	0.09
栗原4号	1	1.64	37	0.1
栗原7号	1	0.8	21	0.05
柴田1号	1	0.44	32	0.07
柴田2号	2	0.5	6	0.02
柴田4号	12	14.05	257	0.75
柴田5号	7	9.53	162	0.52
玉造7号	1	1.12	29	0.08
刈田2号	1	0.8	15	0.05
加美1号	1	0.68	29	0.05
計	28	30.24	622	

表-2 2014年F1種子採取量

花粉親	球果数	重量(g)	種子数	種子重量(g)
栗原1号	5	6.58	40	0.17
栗原3号	11	14.74	100	0.41
栗原7号	66	57.74	303	0.89
柴田4号	5	9.78	96	0.42
玉造3号	24	37.89	255	0.88
玉造5号	8	12.1	135	0.41
玉造7号	5	6.28	53	0.17
刈田2号	40	44.22	263	0.99
宮城1号	8	14.99	232	0.65
宮城2号	17	21.1	390	0.88
宮城3号	6	7.03	31	0.08
本吉4号	12	14.22	130	0.37
中新田1号	4	3	35	0.07
計	211	249.67	2063	6.39

定植した F 1 苗では、ジベレリン散布により発生させた雄花は少なく、また、未発達なものもあり人工交配による種子が僅かしか採取できなかった。このため今後は母樹の成長促進を図り、人工交配と花粉生産確認を進めるため、F 1 苗には高度化成肥料 (15—15—15) を 5 g /本施用することにより成長促進を図り、交配数の増加に繋げることが必要になる。また、2017 年 2 月 28 日、3 月 9 日に F 1 苗から雄花を採取し顕微鏡で観察したが、雄花が未発達で明確な判定はできなかった。2018 年 2 月 5、8、15 日に雄花を採取し顕微鏡で観察したところ、2 個体の雄花では花粉生産が確認できなかった。なお、花粉生産が確認できなかった 2 個体の花粉親については、雄性不稔遺伝子をヘテロで保持している可能性があり、F 1 苗の段階で雄性不稔個体が作出されたとすれば、花粉親である精英樹が雄性不稔遺伝子をヘテロで保持していることを示す事象であることから、この精英樹を活用した交配により宮城県由来の雄性不稔スギ品種の開発が一層促進されるものと考えられる。一方、雄花が未発達で明確な判定ができない個体も存在したため、施肥等による成長促進処理を実施し、雄花調査を継続する必要がある。

雄性不稔品種の申請には成長、材質、さし木発根性など明確にしなければならない各種特性が存在するため、今後はそれらの特性を明らかにする必要がある。

引用文献

- 平 英彰・斉藤真己. 2001. 林木の育種 198 : 14-18
高橋 誠・星比呂志・岩泉正和・久保田正裕・福田洋子・武津英太郎・栗延 晋.
2005. 林木の育種 216 : 55-58

スギの第二世代精英樹(エリートツリー)開発に関する研究

河部 恭子・今野 幸則

要 旨

スギのエリートツリーの開発を目的に、県内に設置した次代検定林から第二世代精英樹の選抜及び育苗を行った。5年次及び20年次の成長データから家系選抜を実施した結果、9家系が選抜された。当該9家系が植栽されている2つの検定林で、個体選抜及び材質調査を行った。個体選抜の結果、10家系40個体をエリートツリー候補木として選定し、挿し木増殖を行った。また、材質(剛性)調査の結果から候補木を9家系25個体に絞り込み、30年次の材積(成長量)の指標算出を行った結果、現時点で7家系12個体が特定母樹の基準を満たしていることが明らかになった。今後は、候補木の雄花着花性の調査を実施し、品種登録と採種園造成を進めていく。

キーワード： エリートツリー、家系選抜、個体選抜、材質調査、材積調査

1 はじめに

近年、精英樹の次世代化の取組が全国的に進められ、初期成長、材質、通直性、雄花着花性において第一世代よりも優れた性質をもつ第二世代精英樹「エリートツリー」の開発が進められている。東北では国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター東北育種場、青森県、秋田県で選抜が進められているが、現在、既選抜の本県由来家系は未だ2系統であり、宮城県検定林からの選抜が必要である。

エリートツリーの開発を着実に進め、スギの採種園の改良を図り、種苗生産体制を確立することにより、造林初期投資の軽減や優良な木材生産に貢献することが期待されている。また、平成25年に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」(林野庁、平成20年法律第32号)においては、特に優良な種苗を生産するための種徳の採取に適する樹木であって、成長に係る特性の特に優れたものを農林水産大臣が「特定母樹」として指定し、その増殖の実施の促進を図ることとされている。

本研究では、宮城県林業技術総合センター(以下、当センターという)内に所在する第一世代精英樹採種園産の種子から養成した実生苗の成長を比較検討して遺伝的な優劣を検定し、その結果に基づき既設の採種園や採種園の改良を図ることを目的に、県内に設置された次代検定林(以下、検定林という)から第二世代精英樹候補木の選抜及び育苗を行った。なお、選抜にあたっては国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センターの定めたエリートツリー選抜要領(林木育種センター、2016)に従い実施した。なお、エリートツリー及び特定母樹の選定基準は表-1に示すとおりである。

表-1 エリートツリー及び特定母樹の選定基準

測定項目	エリートツリーの選定基準	特定母樹の選定基準
成長量(材積)	対象検定林において材積の偏差値が55以上	対照(在来品種)の1.5倍以上
材質(剛性)	著しい欠点がないこと	対照(周辺個体)の平均値以上
通直性(幹)	著しい欠点がないこと	曲がりがないか、あっても採材に支障がない程度
雄花着花性(ジベレリン処理)	5段階評価値の4未満	5段階評価値の3.4以下

2 試験方法

2. 1 家系選抜

検定林の調査データから家系選抜を実施した。系統管理が継続されている 12 箇所の検定林について、5 年次、10 年次、15 年次、20 年次、30 年次における樹高と胸高直径のデータを用いた。評価には、欠測による順位の逆転を防ぐため最小二乗推定値を用いた。

はじめに検定林の調査データを年次ごとに整理し、解析データを作成した。次に系統ごとに検定林箇所数を整理し、検定回数の確認を行った。検定林解析プログラム「LsAb21」を用いて、樹高と胸高直径の最小二乗推定値を計算し、さらに全系統の平均値と標準偏差を求め最小二乗推定値を偏差値に換算した。最後に、偏差値の高い順に並べ替え、5 年次及び 20 年次の偏差値が 55 以上に位置する家系を選抜した。樹高及び胸高直径の両方が上位に位置する家系、または樹高、胸高直径のいずれかが上位に位置する家系について、より検定回数の多い家系を選抜した。

2. 2 個体選抜

家系選抜により選定された家系が多く植栽されている検定林において、現地調査を行った。樹高、胸高直径が優れ、曲がり無く通直な個体を選抜した。

2. 3 候補木の増殖

個体選抜した候補木から採穂し、パーライト挿し付け床に挿し付けた。得られた発根済苗は床替えを行い育苗した。

2. 4 材質（剛性）調査

ファコップで計測される応力波伝播時間 (μ sec) から計算される応力波伝播速度 (m/sec) と丸太のヤング率とは相関関係にある（藤沢ら、2003）ことから、個体選抜した全ての候補木及び対照個体について、ファコップを用いて立木の応力波伝播時間を計測した。

2. 5 材積（成長量）調査

材質（剛性）調査で平均値以上であった候補木について、候補個体毎に 30 年次のデータから材積の対照個体データを抽出し、材積指標を算出した。

3 試験結果及び考察

3. 1 家系選抜

家系選抜の結果、玉造 1 号、玉造 4 号、玉造 5 号、宮城 2 号、柴田 2 号、柴田 3 号、白石 1 号、中新田 2 号、栗原 8 号の 9 家系を選定した。最小二乗推定値から換算した 20 年次の偏差値、検定回数を表 2 に示す。

表 2 選抜家系の偏差値、検定回数 (20 年次)

		樹高		胸高直径	
		偏差値	検定回数	偏差値	検定回数
20 年次	玉造 1 号	50	9	57	9
	玉造 4 号	57	8	59	8
	白石 1 号	56	8	57	8
	宮城 2 号	57	8	58	8
	栗原 8 号	56	7	59	7
	柴田 2 号	57	6	55	6
	玉造 5 号	55	5	59	5
	柴田 3 号	52	5	59	5
	中新田 2 号	61	4	56	4

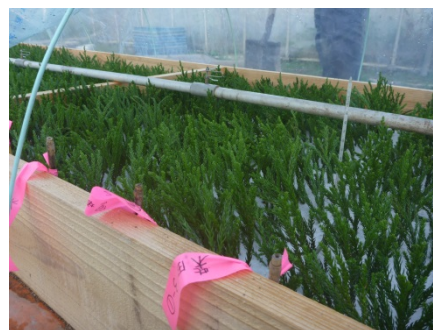
3. 2 個体選抜

個体選抜を行う前に、現地調査に入る検定林を絞り込むため、家系選抜で選定された家系が植栽されている検定林を抽出した。その結果、白石市福岡地内の東宮県 12 号 (S47 設定, 1.5ha) 及び栗原市花山草木沢地内の東宮県 20 号 (S48 設定, 1.5ha) が抽出された。2015 年 3 月及び 2016 年 8 月に現地調査を行い、選抜家系を中心に、現地にて周囲木より成長が良い通直な個体 10 家系 40 個体を選抜した。

3. 3 候補木の増殖

個体選抜した候補木 10 家系 40 個体について、2015 年 3 月及び 2016 年 10 月に荒穂を採取し、当センター内に持ち帰りパーライト挿し付け床に 1 候補木あたり 30 本以上の穂木を挿し付けた。パーライトの下に敷いた電熱線により 24℃に保たれた挿し付け床に適宜散水し湿潤を保ち発根を促した。その結果、挿し付けから 1 年後に平均 53%の発根済み苗を得られた（写真－1）。

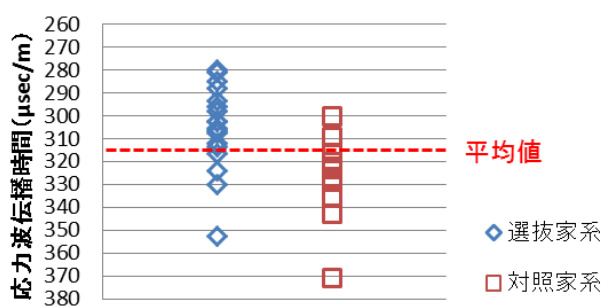
得られた発根済み苗は床替えし育苗を継続している。



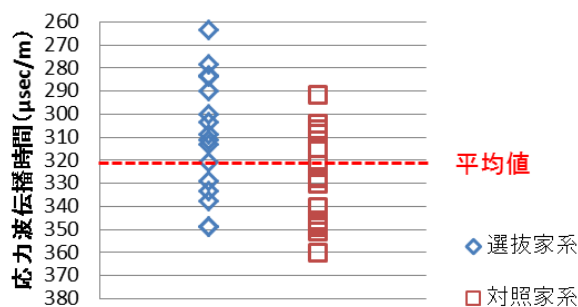
写真－1 候補木の挿し木増殖

3. 4 材質（剛性）調査

個体選抜した 10 家系 40 個体の候補木について、2016 年 8 月及び 2017 年 8 月に現地調査を行い、ファコップを用いて立木の応力波伝播時間を計測した。また、対照個体として同一林内の 10 個体以上について応力波伝播時間を計測し、全体の平均値以上の個体を選出した。応力波伝播時間の散布図を図－1 及び図－2 に示す。応力波伝播時間の値が小さいほど剛性が高く、平均値以上を示した 9 家系 25 個体に候補木を絞り込んだ。



図－1 東宮県 12 号検定林における応力波伝播時間



図－2 東宮県 20 号検定林における応力波伝播時間

3. 5 材積（成長量）調査

東宮県 20 号の材質（剛性）調査で平均値以上であった 7 家系 12 個体について、候補個体毎に対照個体として同標高 10 個体のデータを抽出し指標を算出した。データは 30 年次の樹高、胸高直径データを用いた。表－3 に示すとおり、いずれの候補木も対照個体の 1.5 倍以上を示し、特定母樹の選定基準を満たしていた。

表－3 東宮県 20 号検定林における候補木の材積指標

候補木No	候補木材積	対照材積平均	基準材積※	候補個体÷基準材積	対照樹高平均	対照直径平均
玉造4-1	0.892	0.427	0.359	2.5 倍	17.0	22.8
玉造5-1	0.360	0.206	0.173	2.1 倍	14.7	17.0
玉造5-2	0.637	0.437	0.367	1.7 倍	18.5	22.9
宮城2-1	0.422	0.240	0.202	2.1 倍	15.3	18.8
宮城2-2	0.530	0.347	0.292	1.8 倍	17.0	22.3
柴田2-1	0.505	0.189	0.159	3.2 倍	16.1	15.7
柴田2-2	0.304	0.156	0.131	2.3 倍	13.0	14.5
柴田2-4	0.255	0.209	0.175	1.5 倍	15.5	17.4
柴田3-1	0.536	0.266	0.223	2.4 倍	15.3	19.4
白石1-1	0.385	0.228	0.191	2.0 倍	14.0	19.4
白石1-2	0.460	0.227	0.191	2.4 倍	14.0	18.3
本吉2-1	0.458	0.294	0.247	1.9 倍	17.3	19.6

※基準材積の算出方法については、以下の方法で国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター東北育種場が算出した材積比率を用いて計算。

- ・ 精英樹の実生家系が植栽された東北育種基本区の検定林 71 箇所における 30 年次の調査結果を基に、東北育種基本区内での精英樹及び在来系統の平均単木材積を算出。
- ・ 精英樹の在来系統に対する材積比率 ($r : 1.19$) を算出。
- ・ 調査対象の検定林における平均単木材積を精英樹全体の平均単木材積とほぼ等しいと仮定し、それを r で除することで基準材積を算出。

$$\text{基準材積 (m}^3\text{)} = \text{対照個体 (精英樹) の平均材積} \div \text{材積比率 (r)}$$

4 おわりに

本研究は、宮城県においてエリートツリーの選抜・増殖を進めることにより、第一世代精英樹よりも初期成長、材質、通直性の優れた品種を開発し、スギの採種園の改良を図り、造林初期投資の軽減や優良な木材生産に貢献する種苗の供給を目的としている。これまで、候補木の家系選抜、個体選抜、材質試験、挿し木増殖を行ってきた。今後は、候補木の育苗を継続し、定植を行う。定植後 3 年を目途にジベレリン散布による雄花着花性の調査を実施し、エリートツリー及び特定母樹への申請に向けて個体を絞り込んでいく。さらに、逐次、採種園の改良を進めていく。



写真-2 エリートツリー候補木

引用文献

- 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター：エリートツリー選抜実施要領 23 森林育第 350 号 平成 24 年 3 月 27 日
- 藤澤義武・倉本哲嗣・平岡裕一郎・柏木学・井上祐二郎：FAKOPP によるスギクローンの非破壊的材質評価. 第 53 回木材学会大会研究発表要旨集：55 2003

海岸林再生に向けた広葉樹の育苗技術に関する研究

河部 恭子・清川 雄司^{*1}・今野 幸則

要 旨

東日本大震災の津波で被災した海岸防災林の再生の一助として、人工盛土の植生基盤造成地に植栽する広葉樹苗木の効率的育苗手法の開発を目的に、8種の広葉樹を対象として、マルチキャビティコンテナ、ビニールポット、苗畑における育苗を実施し、発芽率と成長量を調査した。

発芽率は、苗畑よりもマルチキャビティコンテナ及びビニールポットで高かった。また、マルチキャビティコンテナにおける苗高成長は、樹種により成長パターンが異なることが明らかになった。マルチキャビティコンテナによる育苗期間1年の成長量について、ヤマザクラとケヤキについては本研究の条件によれば、裸苗及びポット苗を含む育苗における既往の報告と比較して、同等またはそれ以上の苗が得られた。一方、クヌギ、コナラ、カシワについては本研究の方法では、既往の報告と比較して、同等またはそれ以下の成長にとどまったことから、最適な施肥条件、播種間隔、育苗期間等について更なる検討が必要と考えられた。

キーワード：海岸防災林、広葉樹、育苗、マルチキャビティコンテナ、苗畑

1 はじめに

東日本大震災の津波により、宮城県では、1,400ha を超える海岸防災林が被災し、現在では、その再生に向けて林野庁及び宮城県による森林の植生基盤造成と、民間やNPO等との連携による抵抗性クロマツを主とした植栽が本格化している。海岸防災林の再生においては、生物多様性を考慮し、クロマツ植栽ラインの陸側やクロマツとの混植として広葉樹の植栽が検討されており(東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会, 2012)(宮城県農林水産部, 2012), 既に、「みどりのきずな再生プロジェクト」(林野庁, 2012)や「みやぎ海岸林再生みんなの森林づくり活動」(宮城県農林水産部, 2014)等により、植栽が開始されている。

広葉樹の植栽が本格化すれば、苗木の需要が今後逼迫すると考えられるが、本県での広葉樹苗の生産実績は年間3千本程度であり(宮城県農林水産部, 2016), 海岸防災林の植栽に対応できるような育苗体制は確立されていない。一方、スギやクロマツなどの針葉樹造林樹種では、「コンテナ苗」といわれる、マルチキャビティコンテナ(以下、コンテナという)を用いた新しい育苗技術が開発され、根鉢の軽量化や空中根切による根巻きの抑制に効果を上げており(林野庁, 2009), コンテナ1年生の山林用主要苗木標準規格が設けられるなど育苗期間の短縮にも貢献している(林野庁(2014)「山林用主要苗木の標準規格」の一部改正について. 25 林整第1328号 平成26年5月1日)。広葉樹育苗生産にもその応用が期待されるが、コンテナを用いた広葉樹の育苗に関する研究は少ない。例えば、愛媛県でヤマザクラ、ケヤキ等45種の育苗を試みた報告(坪田ら, 2008)や、富山県でコナラ、オニグルミ等4種の育苗を試みた報告(高橋, 2011), 北海道でアオダモの育苗を試みた報告(福田ら, 2011)などがあるが、東北における報告はほとんどない。

本研究では、海岸林での植栽候補となり得る広葉樹8種を選出し、コンテナを用いた育苗試験を行った。海岸防災林は治山工事として行われ、植栽に当たっては苗木の規格が定められていることが望ましいが、現在、宮城県における広葉樹山行き苗のコンテナ苗の規格は定められていない。そのため、本研究では、既設の針葉樹(スギ)のコンテナ苗の規格と同等の1年生における苗高30cm, 根元径4mmを目標規格に定めて育苗し、裸苗やポット苗との比較により、樹種毎に適した育苗手法について検討したので報告する。

^{*1}北部地方振興事務所

2 試験方法

2. 1 材料と方法

2013 年は 7 樹種、2014 年は 8 樹種、2015 年は 6 樹種とした。育苗資材はコンテナ 150cc 及び 300cc、10.5cm ビニールポット (以下、ポットという) とした。用土について、コンテナではココピートオール:鹿沼土=8:2、ポットでは赤玉土:ピートモス:パーライト=4:3:3を用い、苗畑はスギのまき付け床に準じ整備した。(写真-1、写真-2)

苗畑には、元肥として 10 a あたり鶏糞 300kg、魚粉 30kg、高度化成 (N:P:K=15:15:15) 80kg を施したほか、2014 年及び 2015 年のコンテナには、元肥として N:P:K=10:18:15 の粒状肥料を 2.2g/ℓ (培養土に混入済み)、2015 年のポットには、元肥として N:P:K=10:18:15 の粒状肥料を 5g/ℓ (培養土に混入済み) を施した。2015 年は、加えてヤマザクラ、コナラ、クヌギ、ケヤキについて元肥を培養土に混入しないコンテナも用意した。

カシワ、タブノキを除く各樹種の種子は、宮城県黒川郡大衡村にて採取した。カシワ、タブノキについては、宮城県石巻市にて種子を採取した。播種の手順として、ヤマザクラの種子は当年6月に採取後、土中保存し、毎年 10 月に各コンテナに播種した。ケヤキの種子は、10 月に採取後、家庭用冷蔵庫により5℃で低温乾燥保存し、2014 年は約1ヶ月間保存した種子を 11 月に、2015 年は約1年間保存した種子を 10 月に各コンテナにそれぞれ播種したものを育苗した。タブノキについては当年 8 月に採取した種子を播種、コナラ、クヌギ、カシワについては当年 10 月に採取した種子を播種したが、2015 年のタブノキとカシワは種子の確保ができず育苗は行わなかった。播種数について、基本的にヤマザクラ、カスミザクラ、ケヤキは 150cc、300cc とともに1セルに2粒、タブノキ、コナラ、クヌギ、カシワは 150cc、300cc とともに1セルに1粒とした(写真-3)。なお、コンテナ、ポットはハウス内で管理した。



写真-1 コンテナ・ポット用苗床



写真-2 苗畑における播種状況



写真-3 クヌギ播種状況
(150cc コンテナ)

2. 2 追肥と灌水

2014 年及び 2015 年は、N:P:K=18:11:18 の 1,000 倍液の液肥を 5 月から 7 月にかけて 7 日から 10 日に 1 回、N:P:K=6:8:4 の 500 倍液 (液肥) を 8 月から 9 月にかけて 10 日から 14 日に 1 回与えた (写真-4)。追肥期間は苗高が 30cm、根元径が 4mm に達するまでとし、サクラ類は 6 月まで、ケヤキは 7 月まで、その他は 9 月まで実施した。また、2014 年は、液肥とともに、コナラ、カシワ、クヌギに対して、5 月に緩効性肥料 (N:P:K=10:10:10) を 12g/ℓ (3 粒/150cc、5 粒/300cc、8 粒/ポット) を与えたものも用意した (写真-5)。苗畑の灌水は雨水のみ、コンテナ、ポットの灌水は発芽前から発芽後 2 週間は毎日、発芽後 2 週間目以降は表面の乾燥状況に応じて随時行った。



写真-4 液肥の追肥



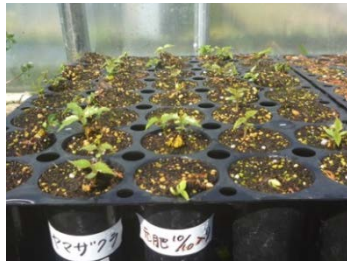
写真-5 緩効性肥料の追肥 (白い粒)

2. 3 発芽後の管理と発芽調査

各樹種の播種後の管理において、コンテナ及びポット苗については、12 月から 2 月の冬期間、積雪下に保管し（写真－6）、3 月に地温確保を行うためビニールハウス内に移動して発芽状況を把握した（写真－7）。苗畑については、播種後にコモ覆いを行い、4 月にコモを外した後に遅霜等から保護するための寒冷紗を設置し、この中で発芽した苗をカウントした（写真－8）。発芽調査は 3 月から 6 月に毎週、発芽個体数を記録し、発芽個体数/全播種数により、6 月末の発芽率を算出するとともに、発芽日のピークを把握した。



写真－6 雪下での低温処理



写真－7 コンテナでの発芽状況



写真－8 苗畑での発芽状況

2. 4 成長量調査

測定個体は、原則として樹種別及びコンテナ種別に、それぞれ苗高及び根元径が平均的な成長を示す 20 個体以上とした。各樹種のコンテナにおける苗高、根元径は、発芽年の 5 月、6 月、7 月、9 月、10 月に測定した。各樹種のポット及び苗畑における苗高、根元径は、発芽年の 9 月に測定した。苗高は、コンバックスを用いて 0.5 cm 単位で、根元径は、デジタルノギスを用いて 0.1 mm 単位で記録した。（写真－9）。



写真－9 コンテナ苗の成長量調査

2. 5 根系調査

落葉後に、各育苗方法における苗の根鉢の状況を把握するとともに H/D（苗高/根元径）を調査した。

2. 6 コンテナにおける得苗

コンテナにおける育苗期間 1 年の成長量について、目標の苗高 30cm、根元径 4mm に達した割合を算出した。

3 結果

3. 1 発芽調査

8 樹種について、コンテナ、ポット、苗畑における発芽率（平均）を表－1 に示す。発芽年で記述する。

各樹種とも、コンテナ、ポットで高く、苗畑でやや低い結果となった。これは、コンテナ、ポットは灌水管理を行うが、苗畑は雨水のみであり春先の乾燥の影響を受けたためと考えられた。

2013 年のサクラ類とタブノキは、コンテナ、ポット及び苗畑ともに発芽せず、種子の取扱において乾燥や腐敗が発生したと推察される発芽不良と考えられたが、2014 年以降は種子採種から播種後まで低温湿層管理の徹底によりコンテナ、ポットでは良好な発芽率を得た。2013 年の発芽率が低かったコナラについては、虫害を受けた種子の除去を徹底し、幼根の出根に留意することで、コンテナ、ポット、苗畑ともに 2014 年以降の発芽率が向上した。2013 年及び 2014 年に発芽率が低かったクリについては、ネット被覆による獣害対策と精選時の浸水時間に留意することで、コンテナ、ポット、苗畑ともに 2015 年の発芽率が向上した。

表－1 コンテナ, ポット, 苗畑における広葉樹 8 種の発芽率 (平均)

樹種	区分	単位 %			樹種	区分	単位 %			
		2013	2014	2015			2013	2014	2015	
タブノキ	苗畑	0	31	-	クリ	苗畑	1	7	55	
	コンテナ	150cc	0	68		コンテナ	150cc	55	8	65
		300cc	0	75		コンテナ	300cc	79	25	75
カスミザクラ	ポット	0	90	-	ポット	45	10	40		
	苗畑	0	23	6	クヌギ	苗畑	24	72	75	
		コンテナ	150cc	0		93	55	64	88	
ヤマザクラ	コンテナ	300cc	0	96	79	81	88			
	ポット	0	78	58	ポット	90	75	83		
		苗畑	0	28	28	カシワ	苗畑	64	100	-
コナラ	コンテナ	150cc	0	96	88	コンテナ	150cc	98	70	
	コンテナ	300cc	0	81	94	コンテナ	300cc	88	90	
	ポット	0	90	92	ケヤキ	苗畑	-	7	-	
コナラ	苗畑	29	36	65	コンテナ	150cc	-	85	45	
	コンテナ	150cc	23	65	86	コンテナ	300cc	-	88	38
	コンテナ	300cc	19	67	83	ポット	-	78	50	
ポット	43	63	93							

注) - は未実施

8 種についてコンテナ, ポット, 苗畑における発芽のピーク日を表－2 に示す。コンテナ及びポットにおいては, 苗畑よりも約半月から 1 か月程度発芽のピークが早かった。これは, ハウス内で発芽させたことから苗畑より地温の上がり方が早く, 発芽も早まったものと考えられる。

表－2 コンテナ, ポット, 苗畑における広葉樹 8 種の発芽ピーク日

樹種	区分	2013	2014	2015	樹種	区分	2013	2014	2015
タブノキ	コンテナ	発芽せず	10月9日	-	クリ	コンテナ	5月13日	4月21日	4月14日
	ポット	発芽せず	10月9日	-		ポット	4月29日	4月30日	4月14日
	苗畑	発芽せず	5月20日	-		苗畑	-	5月13日	4月28日
カスミザクラ	コンテナ	発芽せず	4月15日	3月31日	クヌギ	コンテナ	5月13日	4月21日	4月20日
	ポット	発芽せず	4月15日	3月24日		ポット	4月29日	4月21日	4月7日
	苗畑	発芽せず	4月21日	4月20日		苗畑	5月13日	5月7日	5月7日
ヤマザクラ	コンテナ	発芽せず	4月15日	3月31日	カシワ	コンテナ	4月29日	4月21日	-
	ポット	発芽せず	4月15日	3月31日		ポット	5月20日	4月21日	-
	苗畑	発芽せず	4月30日	4月20日		苗畑	4月29日	5月7日	-
コナラ	コンテナ	4月29日	4月21日	4月14日	ケヤキ	コンテナ	-	4月8日	3月24日
	ポット	4月29日	4月21日	3月31日		ポット	-	4月8日	3月24日
	苗畑	4月29日	5月7日	4月27日		苗畑	-	4月21日	-

注) - は未実施

ヤマザクラ, コナラ, クリ, クヌギ, カシワ, ケヤキについて, 2014 年 2015 年における各コンテナ容量ごとの発芽率を図－1 に示す。

ヤマザクラの発芽率は 150cc, 300cc とともに 80%以上を示した。ケヤキは 38~88%と発芽率にばらつきが認められた。堅果類の発芽率は, 150cc, 300cc とともにクヌギが 64~88%, コナラが 65~86%, カシワが 70~90%を示した。種子発芽にかかわる重要な環境要因は, 水, 酸素, 温度, 光, 土壌の化学的性質及び物理的性質であり (吉岡・清和, 2009), コンテナ容量の違いが発芽に影響する可能性は低いと考えられた。

一方, 本研究では, 乾燥に弱いとされる広葉樹種子の冬季の霜柱による浮き上がりによる乾燥対策として, 12 月から 2 月の間コンテナを積雪下に置き管理した。発芽に及ぼす種子貯蔵法や処理の影響として, サクラ類, ケヤキでは低温湿層処理で休眠打破による発芽促進効果が認められ (石井, 1979, 1991), その結果, ヤマザクラ及び 2014 年のケヤキで 80%以上の発芽率が得られたと考えられる。一方, 1 年以上保存した 2015 年のケヤキの発芽率は約 40%にとどまった。秋に採取した種子は翌春にも発芽力を保つが, 2 年後の春には急激に発芽率の低下が見られるとの報告があり (石井, 1978), 本研究でも同様の傾向が見られた。

また, クヌギ, コナラ, カシワにおいても, 64~90%の発芽率が得られた。堅果類においても, 乾燥に留意することで, クヌギで 75~100%, コナラで 27~85%, カシワで 55~100%の範囲の発芽率を示すことが知られている (勝田ら, 1998)。本研究でも積雪下管理により湿層が維持され, 高い発芽率が得られたと考えられる。

以上のことから, コンテナの積雪下管理はヤマザクラやケヤキ等の休眠打破が必要な種子の低温湿層処理に有効であり, また堅果類を含む乾燥に弱い広葉樹種子の冬期間の管理方法として適することが明らかになった。

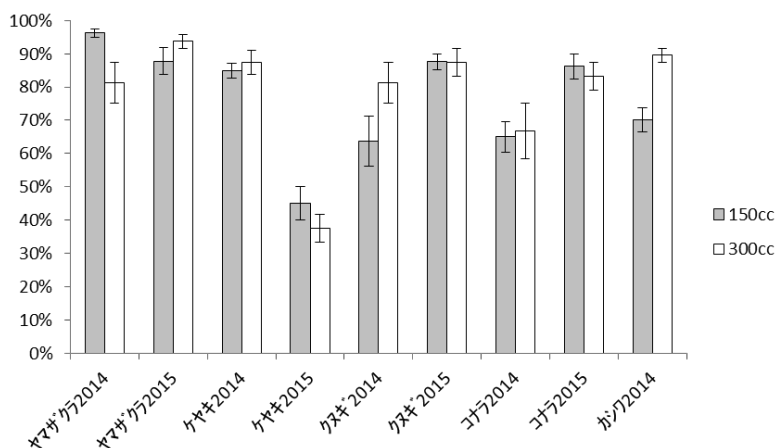


図-1 コンテナにおける主要な広葉樹5種の発芽率 (%)

サクラ類の種子の保存方法による発芽率を表-3に示す。土中保存は、6月に採取した種子を10月の播種時期まで土中保存した種子、冷蔵保存は、6月に採取した種子を家庭用冷蔵庫により5℃で低温湿層保存したものである。土中保存が、冷蔵保存に比較して高い発芽率を得た。

また、コナラ種子の幼根有無及びケヤキ種子の水選による発芽率を表-4に示す。コナラは、幼根が出ていない種子が高い発芽率を保ち、ケヤキは、水に沈む種子に発芽力があることが確認され、水選の効果が認められた。

表-3 サクラ類の種子の保存方法の違いによる発芽率

2014年	樹種	区分	単位 %	
			土中保存	冷蔵保存
カスミザクラ	コンテナ苗	150cc	93	53
		300cc	96	71
ヤマザクラ	(元肥あり)	150cc	96	80
		300cc	79	88

表-4 コナラの幼根有無、ケヤキの水選による発芽率

2015年	樹種	区分	単位 %	
			幼根なし	幼根あり
コナラ (元肥あり)	コンテナ苗	150cc	86	63
		300cc	83	75
ケヤキ (元肥あり)	コンテナ苗	沈種子	45	0
		浮種子	38	0

3. 2 成長量調査

各樹種における2014年2015年の5月～10月の苗高成長の季節推移を図-2に示す。

苗高成長のパターンは、ヤマザクラ、ケヤキと堅果類の3群に大きく分けられた。すなわち、1) 6月まで急激に苗高成長し、それ以降ほぼ横ばいとなるパターン(ヤマザクラ)、2) 9月まで直線的な成長を続け、それ以降に横ばいとなるパターン(ケヤキ)、及び3) 苗高成長が横ばいになる時期に若干の差はあるものの小幅な苗高成長を示すパターンである(堅果類)。

樹種毎の苗高成長を見ると、ヤマザクラは、6月時点で苗高は、約5～70cmにばらつき、10月までその傾向が続いた。ケヤキは、6月に約10～40cmの範囲にあったが、10月には15～70cmと範囲が広がった。クヌギ、コナラ、カシワは、ともに5月からばらつきが認められたが、3樹種とも約5～35cmの範囲に収まっていた。また、いずれの樹種も10月までばらつきの広がり小さく、クヌギで約15～45cm、コナラで約15～40cm、カシワで約15～35cmの範囲に収まっていた。これをコンテナ容量ごとに見ると、ヤマザクラ、ケヤキともに300ccは150ccよりもばらつきが大きかった。コナラでは、150ccは300ccよりもばらつきの幅が大きかったが、クヌギ、カシワでは150cc、300ccともにばらつきは同程度であった。

コンテナ容量による成長の差については、ヤマザクラで6月から10月まで、コナラで7月から10月まで、300ccと比較して150ccにおいて有意に高い苗高成長が認められた(t検定 p<0.05)。一方、ケヤキでは、5月

から 10 月まで 300cc において有意に高い苗高成長が認められた (t 検定 $p < 0.05$)。クヌギ、カシワでは有意差は認められなかった (t 検定 $p > 0.05$)。

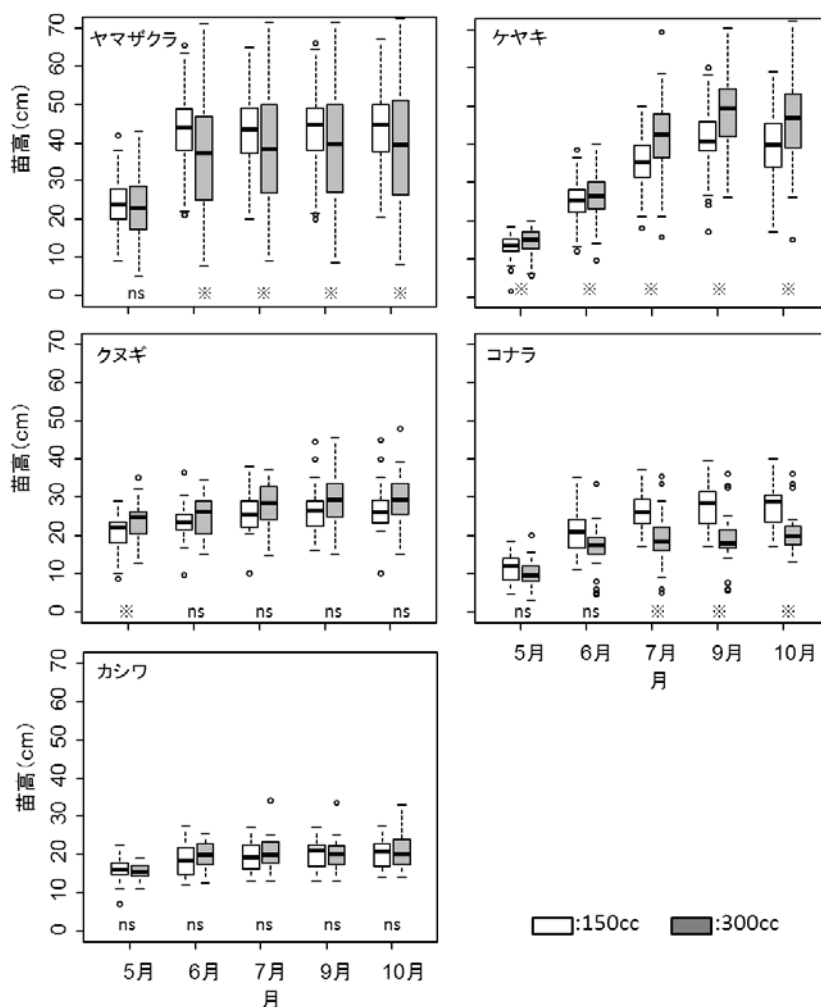


図-2 コンテナにおける主要な広葉樹5種の苗高成長の季節推移

箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端が箱の長さの1.5倍以内にある最大値及び最小値、ひげの外の白丸(○)は外れ値を示す。*: 各月において t 検定で 5%水準でコンテナ容量の違いによる有意差が認められた、ns: 非有意。データ数はヤマザクラ 150cc が 44~60, 同 300cc が 44, ケヤキ 150cc が 33~37, 同 300cc が 25~28, クヌギ 150cc が 25~34, 同 300cc が 20~23, コナラ 150cc が 23~31, 同 300cc が 19~25, カシワ 150cc が 20, 同 300cc : 20。

コンテナにおけるヤマザクラ、コナラ、クヌギ、ケヤキの育苗期間1年の成長量について、元肥の有無で試験した結果を図3~6に示す。

ヤマザクラについては、元肥ありの 300cc の苗高平均が 51cm 根元径平均 7mm, 150cc でそれぞれ 48cm, 5mm に比較し、元肥なしの 300cc, は 34cm, 5mm となり、150cc においてはそれぞれ 30cm, 4mm となった。

コナラについては、元肥ありの 300cc の苗高平均が 21cm 根元径平均 4mm, 150cc でそれぞれ 28cm, 4mm に比較し、元肥なしの 300cc, は 16cm, 3mm となり、150cc においてはそれぞれ 17cm, 3mm となった。

クヌギについては、元肥ありの 300cc の苗高平均が 29cm 根元径平均 5mm, 150cc でそれぞれ 27cm, 4mm に比較し、元肥なしの 300cc, は 18cm, 4mm となり、150cc においてはそれぞれ 21cm, 3mm となった。

ケヤキについては、元肥ありの 300cc の苗高平均が 54cm 根元径平均 5mm, 150cc でそれぞれ 42cm, 4mm に比較し、元肥なしの 300cc, は 43cm, 5mm となり、150cc においてはそれぞれ 33cm, 4mm となった。

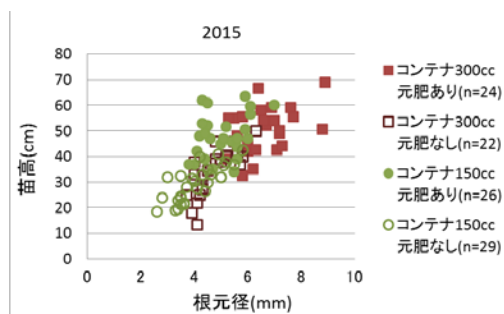


図-3 コンテナにおける元肥の有無と成長量 (ヤマザクラ)

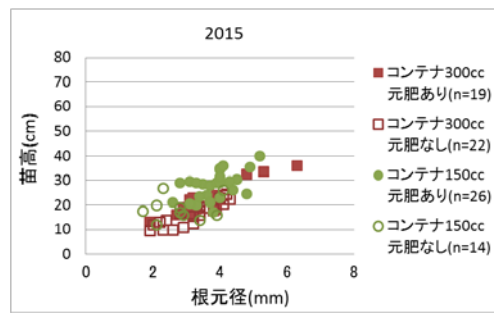


図-4 コンテナにおける元肥の有無と成長量 (コナラ)

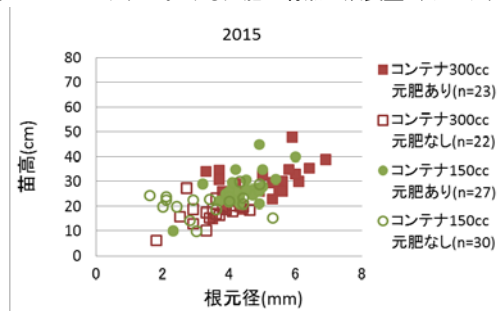


図-5 コンテナにおける元肥の有無と成長量 (クヌギ)

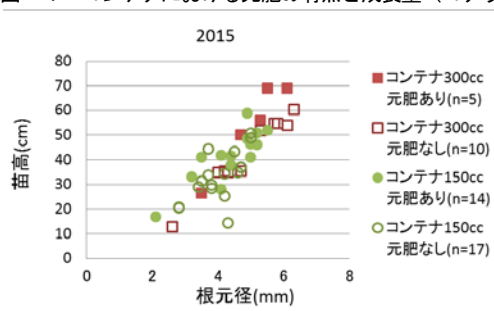


図-6 コンテナにおける元肥の有無と成長量 (ケヤキ)

常緑広葉樹であるタブノキについては、2014 年の当年度成長期において、コンテナ 300cc で平均苗高 11cm, 根元径 4 mm, 150cc で平均苗高 12cm, 根元径 4 mm, ポットで平均苗高 8 cm, 根元径 3 mm, 苗畑で平均苗高 12cm, 根元径 4 mm であった (写真-10)。2015 年も継続調査を行う予定であったが、冬越しにおいて本数割合 90% の苗木の葉及び冬芽が褐変し枯損した。これは、寒風の影響と考えられ、大衡村の気象条件下においてタブノキを冬越しさせる際は、ビニールハウス等の利用が望ましいと考えられる。



写真-10 タブノキの育苗状況

7月にコンテナ及びポット苗において、先端の新葉等が枯れる生理障害が発生した。各コンテナにおける生理障害の発生割合 (障害個体/生存個体) を表-5 に示す。2014 年は、堅果類の開葉に伴い灌水むらが生じ、成長が旺盛な個体に対する水分不足が主な原因と考えられた。2015 年は、コンテナ及びポットの配置間隔を配慮し灌水むらを起こりにくくしたものの、7月中旬から8月上旬にかけての記録的な猛暑の影響もあり、2014 年同様に、成長が旺盛な個体に対する水分不足が主な原因と考えられるほか、コンテナに直射日光が当たる部分の根系ダメージも可能性として考えられる。

クリの 2015 年においては、元肥なし個体でも障害発生率が 61% と高いことから特に注意が必要である。

いずれも生理障害に関わる要因は、苗高、コンテナ容量、水分管理、肥料タイプであると考えられた。

図-7 に、2015 年調査のコンテナ 150cc とポットにおける、ヤマザクラの苗高別生理障害発生の度合いを示す。苗高のある個体についての発生が認められ、被

表-5 各コンテナにおける生理障害の発生割合 (%)

樹種	区分	2014	2015
カスミザクラ	150cc 元肥あり—液肥	-	5%
	ポット 元肥あり—液肥	-	38%
ヤマザクラ	150cc 元肥あり—液肥	-	16%
	ポット 元肥あり—液肥	-	48%
コナラ	300cc 元肥あり—固形肥料	-	38%
	150cc 元肥あり—液肥	25%	-
	150cc 元肥あり—液肥+固形肥料	20%	-
	300cc 元肥あり—液肥	13%	-
クリ	300cc 元肥あり—固形肥料	-	14%
	ポット 元肥あり—液肥	-	4%
	150cc 元肥あり—液肥	-	52%
	150cc 元肥なし—液肥	-	61%
クヌギ	ポット 元肥あり—液肥	-	38%
	150cc 元肥あり—液肥	50%	-
	150cc 元肥あり—液肥+固形肥料	27%	-
	300cc 元肥あり—液肥	50%	-
カシワ	300cc 元肥あり—液肥+固形肥料	76%	-
	ポット 元肥あり—液肥	-	10%
	150cc 元肥あり—液肥	22%	-
	150cc 元肥あり—液肥+固形肥料	20%	-
ケヤキ	300cc 元肥あり—液肥	9%	-
	300cc 元肥あり—液肥+固形肥料	23%	-
	150cc 元肥あり—液肥	-	7%
	150cc 元肥なし—液肥	-	35%
ポット	元肥あり—液肥	-	33%

害の発生したすべての樹種について共通であった。

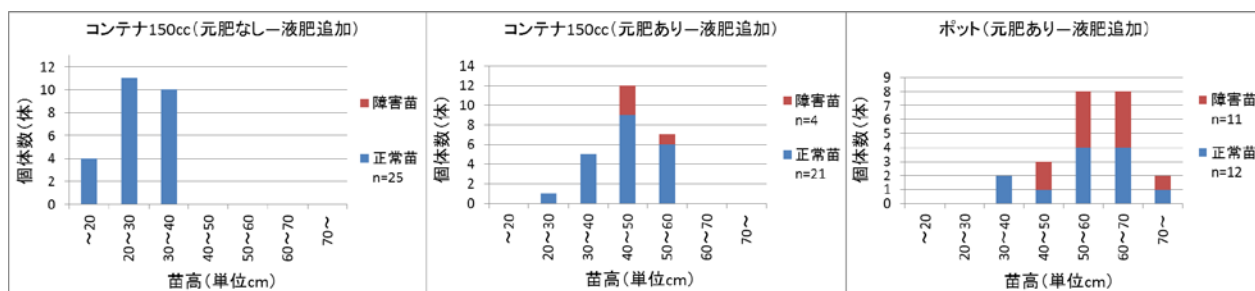


図-7 ヤマザクラの苗高別生理障害発生状況 (7月調査)

写真-11 及び写真-12 は、生理障害発生の様子である。先端の新葉及び新芽が萎れるまたは枯損する被害が発生し、対応として、直射日光を防ぐ寒冷紗でコンテナ及びポットを覆い、灌水の回数を増やすことで、写真-13 のように新葉が確認できた。しかし、芯が止まり、脇芽伸長が認められ主軸が交代した個体も多数あった。



写真-11 生理障害の発生状況



写真-12 クリの先端枯れ



写真-13 回復状況

病害については、ヤマザクラにおいて5月に、クリ、クヌギにおいて8~9月に斑点病が確認された。また、クヌギにおいて8月にすす病が確認された。これに対してはベンレート水和剤 1000 倍液で殺菌を行うとともに通風を確保した。

虫害については、コナラ、クヌギ、カシワにおいて6月にアカバキリガ等の幼虫による食害が確認された。これに対してはスミチオン乳剤 1000 倍液を散布した。

3. 3 コンテナにおける得苗

主要な広葉樹 5 種について、コンテナにおける育苗期間 1 年の苗高と根元径の割合を図-8 に示す。いずれの樹種も N:P:K=18:11:18 の 1,000 倍液の液肥を 5 月から 7 月にかけて 7 日から 10 日に 1 回、N:P:K=6:8:4 の 500 倍液 (液肥) を 8 月から 9 月にかけて 10 日から 14 日に 1 回与えた育苗の結果について整理したものである。本研究では、スギの 1 年生コンテナ苗の規格を参考に、苗高 30cm 以上、根元径 4mm 以上を目標に育苗したが、ヤマザクラ及びケヤキでは、目標規格に達した割合が最も多く、ヤマザクラは 150cc で 89%、300cc で 93%、ケヤキは 150cc で 85%、300cc で 96%とコンテナ容量 150cc、300cc とともに、ほぼ 9 割が 1 年間で目標規格に達した。一方、クヌギ及びカシワでは、根元径は目標に達したが、苗高が目標に達しない割合が最も多く、クヌギは 150cc で 59%、300cc で 35%、カシワは 150cc で 50%、300cc で 90%を占め、苗高・根元径ともに目標に達したのはクヌギの 150cc で 22%、300cc で 35%、カシワの 300cc で 5%であった。コナラでは、苗高・根元径ともに目標に達しない割合が最も多く、150cc で 52%、300cc で 79%を占め、苗高・根元径ともに目標に達したのは 150cc で 28%、300cc で 16%にとどまった。

このことから、クヌギ、カシワは初期に苗高成長よりも根元径成長を優先する樹種特性を持っていることが推察される。コナラは目標規格に達した苗は3割以下に止まり、苗高、根元径ともに目標規格に達しない苗の割合が上回った。コナラについて、2年生苗木が1成長期間に土壌から吸収した施肥由来の窒素は74%が地下部に分布する報告もあり(嶋・千葉, 1995)、本研究の施肥条件は根系成長に働いた可能性が考えられる。広葉樹苗木の施肥効果については、ヤマザクラで大きく、次いでケヤキ、クヌギの順でコナラは最も小さいとされている(吉野・谷口, 1993)。本研究のコンテナ苗においても同様の効果となった。

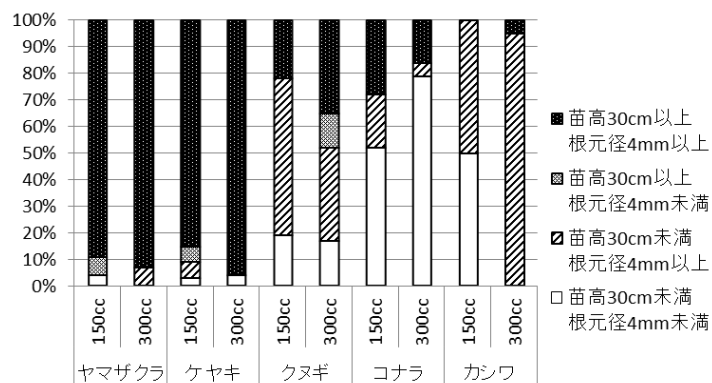


図-8 主要な広葉樹5種のコンテナによる育苗期間1年の苗高と根元径

表-7に、これまでに報告されている1年間の育苗による苗高と、本研究の結果との比較を示す。サクラ類及びケヤキの平均値は、既往の報告と比較して、ほぼ同等またはそれ以上の苗が得られた。したがって、これらの樹種については、コンテナの利用によって、苗畑またはポットで生産したものと同等かそれ以上の苗高の苗の生産が期待できる。一方、クヌギ及びコナラについては、既往の研究と比較すると、同等またはそれ以下の成長にとどまった。また、カシワについては、既往の研究と同程度またはそれ以上の成長を示したものの、他の樹種と比較すると低い苗高を示した。このことは、これらの樹種に対して、本研究の施肥方法が養分要求量に達していなかった、あるいは樹種特性と推察され、堅果類のクヌギ、コナラ、カシワについては、コンテナの利用においては、今後、施肥方法の検証や樹種特性の検討が必要と考えられる。

本研究では、スギのコンテナ苗の規格を参考に1年生苗の目標値を設定したが、ヤマザクラ及びケヤキでは山行苗規格として育苗面では達成できるが、堅果類ではより低い規格を設けるか育苗期間を1年以上とする必要があると考えられた。既往の広葉樹の山行苗規格について検討した報告では、根切りや床替えの有無と植栽後の活着について1年生の広葉樹苗(西山, 1991)や1年生と2年生の広葉樹苗(升原, 1992)がある。本研究では、植栽試験による確認を実施していないことから、今後、植栽試験を実施し活着状況を調査する必要がある。以上のことから、広葉樹のコンテナ苗において山行苗規格を検討する際は、植栽試験による活着度合いと、本研究で推察された特性を考慮した規格及び育苗期間の設定をするのが望ましいと考えられる。

表-7 これまでに報告されている1年生苗の苗高と本研究との比較

樹種群	樹種	苗高 (cm)	育苗方法	文献	備考
サクラ類	カスミザクラ	20	苗畑	日本樹木誌編集委員会, 2009	無施肥
	ヤマザクラ	40~60	苗畑	全国山林種苗協同組合連合, 1987	施肥
		30以上	苗畑	西山, 1991	施肥
		平均8.1	ポット	池本, 2000	無施肥
		平均54	ポット	池本, 2000	施肥
		平均38~50	150cc	本研究	施肥
		平均27~51	300cc	本研究	施肥
ケヤキ		30前後	苗畑	全国山林種苗協同組合連合, 1987	施肥
		平均45	苗畑	関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会, 1980	施肥
		60以上	苗畑	西山, 1991	施肥
		平均31~49	コンテナ	坪田ら, 2008	施肥
		平均34~46	150cc	本研究	施肥
	平均49~57	300cc	本研究	施肥	
堅果類	クスギ	平均30	苗畑	関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会, 1980	施肥
		50以上	苗畑	西山, 1991	施肥
		平均27	ポット	池本, 2000	無施肥
		平均53	ポット	池本, 2000	施肥
		平均54~56	コンテナ	坪田ら, 2008	施肥
		平均23~30	150cc	本研究	施肥
		平均26~34	300cc	本研究	施肥
	コナラ	30前後	苗畑	全国山林種苗協同組合連合, 1987	施肥
		55以上	苗畑	西山, 1991	施肥
		平均17~38	コンテナ	坪田ら, 2008	施肥
22~48		ポット	高橋, 2011	施肥	
平均23~31		150cc	本研究	施肥	
	平均18~23	300cc	本研究	施肥	
カシワ	平均15	苗畑	関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会, 1980	施肥	
	8~12	苗畑	原口ら, 1973		
	平均19~23	150cc	本研究	施肥	
	平均18~24	300cc	本研究	施肥	

注) 本研究での結果を太字で示した

3. 4 根系調査

1年間の育苗で、苗高30cm以上かつ根元径4mm以上となった樹種について、コンテナ苗、ポット苗、苗畑の苗ごとに根鉢の状況及びH/D(苗高/根元径)を調査した。ヤマザクラ、コナラ、ケヤキの根鉢の状況を写真-14から写真-16に示す。

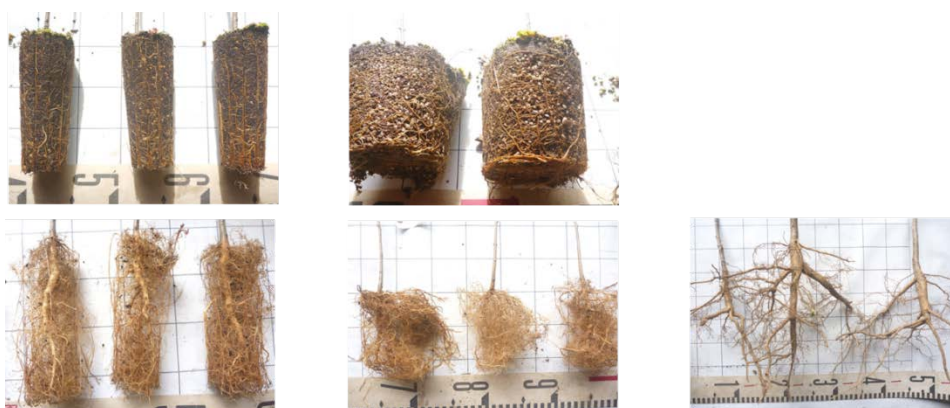


写真-14 ヤマザクラの根系

左 コンテナ300cc, 中 ポット, 右 苗畑

上 根鉢, 下 根系



写真-15 コナラの根系

左 コンテナ 300cc, 中 ポット, 右 苗畑

上 根鉢, 下 根系



写真-16 ケヤキの根系

左 コンテナ 300cc, 中 ポット, 右 苗畑

上 根鉢, 下 根系

コンテナでは、ヤマザクラ、コナラ、ケヤキともに根鉢の成形性は良かった。ポットではヤマザクラ、コナラの根鉢の成形性は保たれているが、ケヤキは成形性が悪かった。根系の発達状況について、コンテナではすべて主根の根巻きもなく細根が発達していた。写真-15 のコナラの中央苗は移植苗であり、一部根が変形していた。ポットではコナラで主根が根巻き、ヤマザクラでやや根巻き、ケヤキでは太い根の発達が見られない等、欠点が多かった。苗畑では、深根型のコナラ、中間型のヤマザクラ、浅根型のケヤキの特徴が良く現れていた。クリ、クヌギについてもコナラとほぼ同様であり、苗畑の裸苗は主根が十分発達し側根の広がりが少ない樹種特性が認められた。

H/D (苗高/根元径) の平均について、2014 年と 2015 年の結果を表-6 に示す。参考として、スギの造林用コンテナ苗は、1 年生で 70~80 である。

1 年間の育苗の結果、コンテナでは、ヤマザクラの元肥ありで 77~96、コナラが 60~73、ケヤキが 84~105 となった。元肥なしは元肥ありに比較し値は小さかった。苗畑での値は、サクラ類とケヤキにおいて 100 を超えるなど大きかった。ポット苗については、元肥なしがサクラ類で 40~55、コナラ・クリで 38~62 であったが、元肥を施したものは、サクラ類で、83~98、コナラ・クリで 79~85 と値は大きかった。

クヌギについては、調査樹種のうち唯一元肥ありで値が小さかった。カシワにおいては、2 年間の継続調査

を行ったが、コンテナ 150cc で 52~43, 300cc で 43~39, 苗畑で、69~39 と値が小さく、上長成長より肥大成長を優先する樹種であると推察された。

サクラ類とケヤキでは、コンテナ及びポットの元肥あり、苗畑で徒長ぎみと考えられるが、広葉樹における 2 年生の規格裸苗 (樹高 80~100cm) の H/D は、概ね 115~140 であり、この範囲には十分収まっていた。

表-6 コンテナ, ポット, 苗畑における広葉樹 8 種の H/D (平均)

樹種	区分	2014		2015		
		H/D	n	H/D	n	
タブノキ	苗畑	29	20	-	-	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	32	20	-	-
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	-	-
		300cc(元肥あり—追肥あり)	30	19	-	-
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	-	-
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	-	-	
	(元肥なし—追肥あり)	33	19	-	-	
カスミザクラ	苗畑	94	15	80	4	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	84	20	67	19
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	48	14
		300cc(元肥あり—追肥あり)	87	20	64	14
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	55	10
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	84	13	
	(元肥なし—追肥あり)	53	19	-	-	
ヤマザクラ	苗畑	102	20	84	21	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	84	20	96	26
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	73	29
		300cc(元肥あり—追肥あり)	81	20	77	24
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	72	22
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	83	21	
	(元肥なし—追肥あり)	55	19	-	-	
コナラ	苗畑	63	20	78	26	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	69	20	73	25
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	67	23
		300cc(元肥あり—追肥あり)	70	20	60	19
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	52	22
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	79	23	
	(元肥なし—追肥あり)	62	19	-	-	
クリ	苗畑	76	9	88	24	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	87	4	75	19
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	68	14
		300cc(元肥あり—追肥あり)	77	6	76	22
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	61	6
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	85	12	
	(元肥なし—追肥あり)	38	2	-	-	
クヌギ	苗畑	71	20	80	25	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	77	20	61	27
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	64	29
		300cc(元肥あり—追肥あり)	91	15	60	23
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	53	21
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	66	21	
	(元肥なし—追肥あり)	75	15	-	-	
カシワ	苗畑	69	20	39	37	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	52	20	43	35
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	-	-
		300cc(元肥あり—追肥あり)	43	20	39	21
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	-	-
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	-	-	
	(元肥なし—追肥あり)	51	18	-	-	
ケヤキ	苗畑	107	6	-	-	
	コンテナ苗	150cc(元肥あり—追肥あり)	91	20	95	14
		150cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	82	17
		300cc(元肥あり—追肥あり)	84	20	105	5
		300cc(元肥なし—追肥あり)	-	-	85	10
ポット苗	(元肥あり—追肥あり)	-	-	94	6	
	(元肥なし—追肥あり)	86	20	-	-	

注) カシワの2015は2014からの継続個体

4 普及に向けて

4. 1 育苗方法の提案

各種調査の結果から、苗高 30cm 以上、根元径 4mm 以上の苗を育成する場合における、主要な樹種の育苗方法の提案は表-8 のとおりである。ポット苗については、ルーピング (根巻き) を考慮して、推奨する育苗方法としていない。ヤマザクラはコンテナ 150cc, 300cc とともに発芽率と育苗期間 1 年の成長量が安定していることから、セル数の多い 150cc とし、播種量も 1 粒/セルとした。コナラは虫害のリスクを考慮し、ケヤキは凶作等の発芽率の変動を考慮し、それぞれ 2 粒/セルとした。

表-8 主要な樹種の育苗方法の提案

樹種	推奨する育苗方法	発芽率	播種量の目安	種子確保	種子の取扱	育苗期間	備考
ヤマザクラ	コンテナ 150cc	81%~96%	1粒/セル	易	中	1年間	
コナラ	コンテナ 300cc	65%~86%	2粒/セル	易	中	1年間	得苗率30本/m ² 目安
	苗畑	36%~65%	200粒/m ²				
クリ	苗畑	55%	120粒/m ²	易	中	1年間	得苗率30本/m ² 目安
カシワ	苗畑	64%~100%	80粒/m ²	難	易	2年間	得苗率30本/m ² 目安
クヌギ	苗畑	72%~75%	80粒/m ²	易	易	1年間	得苗率30本/m ² 目安
ケヤキ	コンテナ 300cc	38%~88%	2粒/セル	中	中	1年間	

4. 2 育苗管理の提案

コンテナ苗の育苗管理の提案は、図-9 及び図-10 のとおりである。10 月下旬から 11 月にコンテナに直まきし (写真-17)、1 月から 2 月の約 60 日間の低温湿層処理 (休眠打破, 写真-6) を行う。3 月にビニールハウス (温室等) に移動させて地温を確保し発芽を促し、遅霜の恐れがなくなる 5 月に露地棚上げにより空中根切りを実施する (写真-18)。コンテナのセルに 2 粒まきをし、2 個体の発芽が確認されたものについて稚苗の段階で間引きを行う。成長期が終了した 10 月以降は、根の乾燥を防止するため、地上置きとする (写真-19)。

	11~12月	1~2月	3~4月	5月	6月	7~8月	9月	10月
育苗管理等		積雪下 (低温湿層 処理)	ハウス内		露地棚上			地上置き
季節	←→		←→		←→			←→
種子管理等	播種			間引き	サクラ類種 子採取			ケヤキ・ 堅果類 種子採取

図-9 コンテナ苗における育苗管理の提案 (育成・播種管理)



写真-17 コンテナへの直まき



写真-18 露地棚上げ



写真-19 地上置き

種子の採取時期は図-9のとおりであるが、サクラ類は、採取後に果肉除去を行い(写真-20)、水に沈んだ種子を選別し、播種時まで袋等(写真-21)により、林内の地下およそ30cmにて土中保存を行う(写真-22)。



写真-20 果肉の除去



写真-21 選別種子



写真-22 土中保存(林内)

堅果類は、採取後におよそ5日間水に浸漬し(写真-23)、沈んだ種子を選別した後、虫穴のないものを再度選別して播種時まで湿った砂の中で冷蔵保存する。特にコナラについては、虫穴のないものを選別しても、冷蔵保存中にゾウムシ類の終齢幼虫が砂中に現れ冬越しするものが多く確認される(写真-24)。このため、播種時には、再度虫穴のないものを選別する。また、冷蔵保存中に根の伸長が見られる個体も多い(写真-25)が、播種時には、幼根を2cm程度に切り落として播種を行う。



写真-23 コナラ種子の水選



写真-24 ゾウムシ類の幼虫



写真-25 幼根の伸長(切断前)

ケヤキは、種子の落下前に小枝ごと切り落とし(写真-26)種子のみを選別(写真-27)した後、約1日間

水に浸漬して沈んだもののみを再度乾燥させる。乾燥後は5℃以下で低温乾燥保存し、播種は、再度2日間程度水に浸漬して、再び水に沈んだ種子のみを使用する。



写真-26 枝の切り落とし



写真-27 種子の選別



写真-28 ケヤキ種子の水選

施肥については、播種時に元肥を施すが、本県で一般的な元肥入りコンテナ培養土(写真-29)を用いる場合、堅果類は成長が遅いため、培養土に含まれる肥料 2.2g/lに加え元肥の増量も検討することが望ましい。追肥は、5月からの伸長期に、1週間に一度、速効性液肥 N:P:K=18:11:18 の 1000 倍液(写真-30)を散布するほか、苗高の成長が鈍化する盛夏期7月中旬より、根元径の成長を促すために、10日から2週間に一度、速効性液肥 N:P:K=6:8:4 の 500 倍液を9月中旬まで散布する。

灌水は、発芽時期から成長の終了する9月まで1日あたり2回(朝、夕)の散水を行い(写真-31)、特に気温が高くなる7月から8月までは、必要に応じて散水回数を追加する。

	11~12月	1~4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
施肥管理	元肥		速効性液肥(18:11:18) 月4回			速効性液肥(6:8:4) 月3回		
季節	←→		←→			←→		
病虫害等管理	鳥獣害防止 管理		アブラムシ、昆虫類の 幼虫駆除		斑点病、すす病等の 殺菌処理			

図-10 コンテナ苗における育苗管理の提案(施肥・病虫害管理)



写真-29 コンテナ培養土



写真-30 液肥の薄液作業



写真-31 散水状況

害虫の防除においては、アブラムシや昆虫の幼虫(写真-32)による葉の食害が確認された時点で適宜スミチオン等による駆除を実施するほか、病害についても、斑点病(写真-33)やすす病(写真-34)等が確認されしだい、ベンレート等による殺菌、オルトラン等による原因害虫の除去を適宜行うとともに、通風を確保する。また、播種床の種子を保護するため、必要に応じてネット被覆等の鳥獣被害防止策を施す。



写真-32 アカバキリガの幼虫



写真-33 斑点病(ヤマザクラ)



写真-34 すず病(クヌギ)

苗畑の管理は、播種後にコモ覆い(写真-35)を行い、冬期の霜柱による種子の露出乾燥や鳥獣害の防止を図る。発芽後は、天候が安定するまで遅霜対策として寒冷紗で覆う必要がある。なお、追肥は必要とせず、灌水も原則として行わず自然の気象条件にまかせる。翌年の春植えに備えては、3月に根切り(写真-36)を実施するほか、病虫害被害はコンテナ苗と同様に対応する。



写真-35 播種後のコモ覆い



写真-36 トラクターによる根切り作業

5 おわりに

本県において、造林及び記念植樹等に用いられる落葉広葉樹は、そのほとんどが他県産であり、一般的に2年生から3年生、苗高80cmから100cmのポット苗が用いられている。本研究では、マルチキャビティコンテナを用いて、広葉樹8種の育苗を試みた。その結果、冬期間積雪下管理を行うことで従来法と同等以上の発芽率が得られることが明らかになった。また、苗高成長は、樹種により成長パターンが異なることが明らかになった。マルチキャビティコンテナによる育苗期間1年の成長量について、ヤマザクラとケヤキについては本研究の条件によれば、裸苗及びポット苗を含む育苗における既往の報告と比較して、ほぼ同等またはそれ以上の苗が得られた。一方、クヌギ、コナラ、カシワについては本研究の方法では、既往の報告と比較して、同等またはそれ以下の成長にとどまったことから、最適な施肥条件、播種間隔、育苗期間等について更なる検討が必要と考えられる。普及に向けて、育苗方法や育苗管理の提案をさせて頂いたが、より知識や経験の豊かな県内の苗木生産者の知恵を頂きながら、今後もより良いものに改良していきたいと考えている。

本研究の成果が、本県における広葉樹苗の供給体制強化の一助となれば幸いである。

引用文献

- 福田陽子・那須仁弥・高倉康造・生方正俊・田村明：マルチキャビティコンテナを利用したアオダモ実生苗の育成. 日林講 122 : 378-378 2011
- 原口聡志・豊田倫明・斎藤新一郎：道北地帯における海岸林造成用苗木の育成経過-(1)ミズナラ・カシワ. 日林北支講 22 : 177-180 1973
- 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会：今後における海岸防災林の再生について 2012 (林野庁ホームページ, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/kentou.html>), 2018年1月22日閲覧

- 池本省吾：緑化樹コンテナ苗木生産における施肥が苗木成長に及ぼす影響. 鳥取県林試研報 43 : 19-25 2010
- 石井幸夫：ケヤキ種子の貯蔵方法の違いが発芽に及ぼす影響. 日林誌 60 : 209-212 1978
- 石井幸夫：ケヤキ種子の低温湿層処理期間とその処理後の発芽に及ぼす温度と光の影響. 日林誌 61(10) : 362-366 1979
- 石井幸夫：サクラのタネの取扱い法. 林木の育種 161(10) : 7-12 1991
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会：樹木のふやし方. 農林出版 1980
- 勝田 桓・森徳典・横山敏孝：日本の樹木種子 (広葉樹編). 林木育種協会 1998
- 升原一介：広葉樹の山行苗規格作成に関する試験. 広島県林試研報 27 : 107-128 1992
- 宮城県農林水産部：海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書～宮城県における海岸防災林に適した樹種の選定と種苗の供給について～ 2012 (宮城県ホームページ, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sinrin/chousahoukokusho.html>), 2018 年 1 月 22 日閲覧
- 宮城県農林水産部：みやぎ海岸林再生みんなの森林づくり活動実施要領 2014 (宮城県ホームページ, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sinrin/minmori.html>), 2018 年 1 月 22 日閲覧
- 宮城県農林水産部：みやぎの森林・林業のすがた平成 27 年度版. 宮城県農林水産部 2017
- 成松眞樹：カラマツコンテナ苗の育苗密度が苗木のサイズと植栽後の成長に及ぼす影響. 日林講 126 : 525-525 2015
- 日本樹木誌編集委員会：日本樹木誌 1. 日本林業調査会 2009
- 西山嘉寛：広葉樹 1 年生山行き苗の生育特性. 岡山県林試研報 10 : 16-39 1991
- 西山嘉寛：広葉樹 7 種の年成長周期について. 日林関西支論 1 : 159-163 1992
- 林野庁：平成 20 年度低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書資料 JFA-150 コンテナ苗育苗・植栽マニュアル 2009 (林野庁ホームページ, http://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/syubyou/pdf/15-kontenanae_ikubyou_syokusai_manyuaru.pdf), 2018 年 1 月 22 日閲覧
- 林野庁：『みどりのきずな』再生プロジェクト』及び民間団体との連携の考え方 2012 (林野庁ホームページ, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/ryokka/kizuna/setumeikai.html>), 2018 年 1 月 22 日閲覧
- 嶋一徹・千葉喬三：コナラ (*Quercus serrata*) 3 年生苗木における施肥窒素の樹体内における分布. 日緑工誌 21(1) : 9-17 1995
- 高橋由佳：ポットやコンテナを使って広葉樹苗を育てよう. 富山県農林水産総合技術センター森林研究所研究レポート 1 : 3-4 2011
- 高橋由佳：ポットを用いた広葉樹の大苗生産—ポット容量, 育苗場所の違いによる播種後 1 年間の成長比較—. 富山森研研報 3 : 23-32 2011
- 坪田幸徳・柚村誠二・豊田信行・石川実：マルチキャビティコンテナを使った広葉樹苗の育成. 愛媛県林技セ研報 26 : 4-12 2008
- 吉野豊・谷口真吾：広葉樹苗木の成長の季節変化. 兵庫県林試研報 40 : 1-6 1993
- 吉野豊・谷口真吾：広葉樹苗木の育成試験 (II) 広葉樹苗木の施肥効果. 兵庫県林試研報 40 : 40-42 1993
- 吉岡俊人・清和研二：発芽生物学—種子発芽の生理・生態・分子機構. 文一総合出版 2009
- 全国山林種苗協同組合連合会：苗木づくりの基礎知識. 全国山林種苗協同組合連合会 1987

直交集成板用ラミナ(ひき板)の安定供給手法の確立に向けた研究

大西裕二

要 旨

宮城県産スギ丸太から直交集成板ラミナを製造し、品質、強度性能や歩留りを調査した。歩留りの良い丸太径級は、採材歩留り、目視及び機械等級区分による利用歩留りとも、末口直径 28cm であった。また、機械等級区分が目視等級区分よりラミナ歩留りが良かった。県産スギから製造されたラミナは直交集成板を製造する日本農林規格基準値を満たし、県産スギラミナから製造された直交集成板は日本農林規格の基準値も良く満たした。

キーワード：スギ，直交集成板，ラミナ

1 はじめに

1. 1 試験の背景と目的

直交集成板 (CLT : Cross Laminated Timber) は、構成するひき板 (ラミナ) を繊維方向が直交するように積層接着したもので、平成 25 年に日本農林規格が制定 (農林水産省, 2013)、平成 28 年には CLT パネル工法の標準的設計法と直交集成板の基準強度が国土交通省から告示 (国土交通省, 2016) されるなど、利用する態勢が急速に整いつつある。県内では平成 28 年 4 月に直交集成板製造工場が日本農林規格認定された。

一方、県内の製材工場は、直交集成板に利用するためのラミナ製造は行われておらず、県産スギ丸太からのラミナ製造についての知見はほとんどない。そのため、県産スギ丸太からラミナを作製し、その品質、強度性能や歩留りを明らかにするとともに、これから製造される直交集成板の強度性能を調査する。また、それらの成果を県内の製材工場が既存の設備を活かして、ラミナを製造するための基礎資料とすることを目的とする。

2 ラミナの製造と試験方法

2. 1 ラミナの製造

宮城県産スギ丸太 30 本 (長さ 4 m, 末口直径 22~30cm) を供試木とした。この丸太の寸法、重量を測定するとともに、FFT アナライザー (小野測器 CF-350) により固有振動数を測定し、打撃法によるヤング係数を求めた (式 1) (住宅・木材技術センター, 2011)。なお、丸太の密度を求めるための材積はリーケ式で求めた。

$$E_{fr} = (2 \times L \times f)^2 \times \rho \quad (\text{式 1})$$

E_{fr} : 縦振動ヤング係数(kN/mm²)

L : 材長(m)

f : 固有振動数(Hz)

ρ : 密度(kg/m³)

これから送材車付き帯鋸盤により、各径級の目標木取りパターン(図-1)により、幅 135mm×厚さ 35mm で製材した。

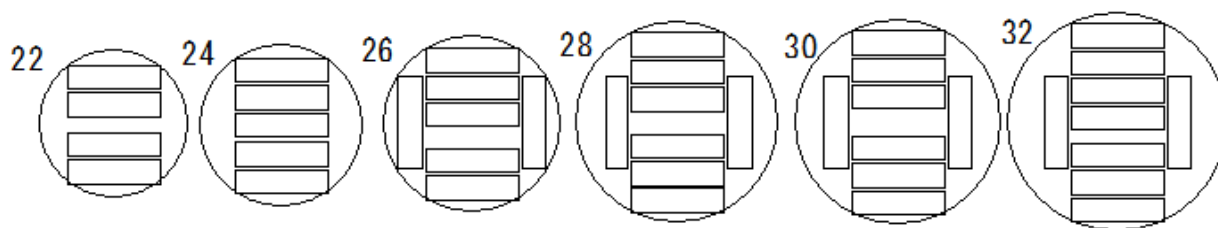


図-1 目標木取りパターン

これを蒸気式中温乾燥機により最高温度 70℃, 最大乾湿球差 20℃により 7 日間の人工乾燥を行った(全国木材組合連合会, 2004)。乾燥したラミナはモルダーにより、断面寸法 120mm×30mm に加工し、得られたラミナは 195 枚である。

2. 2 ラミナの等級区分及び歩留り

ラミナの寸法、重量を測定し密度を求めるとともに、FFT アナライザー(小野測器 CF-350)により固有振動数を測定し、縦振動ヤング係数を求め(式1)、高周波含水率計(ケット HM-520)でラミナの 3 箇所
の平均値による含水率を測定した。また、目視により直交集成板の日本農林規格に基づく欠点等の事項を調査した。

さらに、丸太の径級による末口二乗法で求めた材積とラミナの粗挽き寸法(幅 135mm×厚さ 35mm)、仕上げ寸法(幅 120mm×厚さ 30mm)の材積から各形量歩留り及び目視・機械等級区分の規格外ラミナを除いた材積から利用歩留りを求めた。

2. 3 ラミナの強度性能試験

(1) 直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げ B 試験

直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げ B 試験に基づき、全てのラミナについてスパンを 3700mm とし、スパンの中央部に初期荷重 5 kg, 最終荷重 10kg を与え曲げヤング係数を求めた(式2)。

$$Ed = \frac{\Delta P \times \ell^3}{4 \times b \times h^3 \times \Delta y} \quad (\text{式 2})$$

Ed: ラミナの B 試験によるヤング係数(kN/mm²)

ΔP: 初期加重と最終荷重との差(N)

Δy: ΔP に対応するスパンの中央たわみ(mm)

ℓ: スパン(mm)

b: ラミナの幅(mm)

h: ラミナの厚さ(mm)

(2) 直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げ C 試験

このラミナを先に求めた縦振動ヤング係数の順位に並べ、3~4 枚間隔でランダムに抽出し、76 枚から

長さ 700mm の試験材を採取し (図-2)、試験材の寸法、重量を測定し密度を求めるとともに固有振動数を測定し縦振動ヤング係数を求めた (式 1) 後、曲げ試験を行った。

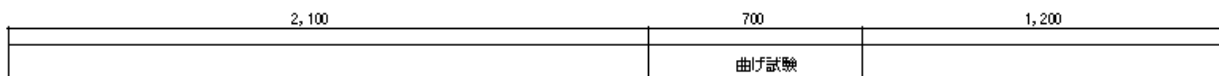


図-2 試験材採取位置

試験は直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げC試験に準拠し、ミネベア製 (容量: 100kN) の万能試験機を用い支点間距離を厚さの 21 倍の 630mm として 3 等分点 4 点荷重で荷重を与え、中央部のたわみ量を測定し、最大荷重から曲げ強さ (式 3)、荷重と変位量から曲げヤング係数を求めた (式 4)。また、試験終了後に、破壊近傍から幅 30mm の試験体を採取し、全乾法による含水率を求めた。

$$\sigma_b = \frac{P \times \ell}{b \times h^2} \quad (\text{式 3})$$

$$Eb = \frac{23 \times \Delta P \times \ell^3}{108 \times b \times h^3 \times \Delta y} \quad (\text{式 4})$$

σ_b : 曲げ強さ(N/mm²)

Eb : 曲げヤング係数(kN/mm²)

ΔP : 比例域における荷重差(N)

Δy : ΔP に対応するスパンの中央たわみ(mm)

ℓ : スパン(mm)

b : ラミナの幅(mm)

h : ラミナの厚さ(mm)

3 ラミナの試験結果

3. 1 ラミナの製造

丸太の各径級 (2 cm 括約) の本数は表-1 のとおりであり、形状及び縦振動ヤング係数は表-2 のとおりである。なお、リーケ式による材積は実測した材長と直径から求め、末口二乗法の材積は長さ 4 m として径級から求めた。

表-1 丸太の径級ごとの本数

径級 (cm)	22	24	26	28	30	32	計
本数 (本)	2	2	10	4	7	5	30

表-2 丸太の形状等

	材長 (mm)	末口直径 (cm)	元口直径 (cm)	材積 (リーケ式) (m ³)	材積 (末口二乗法) (m ³)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	末口年輪数
最大値	4114	33	31	0.411	0.410	10.34	59
平均値	4092	39	36	0.312	0.312	7.49	43
最小値	4052	26	25	0.197	0.194	5.38	31
変動係数 (%)	0%	9%	10%	18%	20%	16%	15%
試験体数	30	30	30	30	30	30	30

3. 2 ラミナの等級区分

(1) 目視等級区分

直交集成板の日本農林規格の目視によるラミナの品質の区分において、各事項の基準により区分した枚数は表一3のとおりである。規格外となった要因は集中節径比>材縁部の節径比=曲がりであった。

表一3 目視等級区分の各事項の基準により区分した枚数

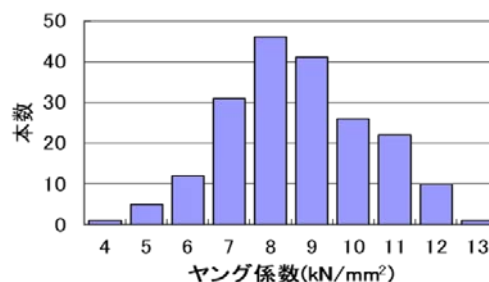
目視等級	総 合	集中節径比	材縁節径比	曲がり	丸 身	その他
1 等	104	116	182	173	194	195
2 等	54	51	8	17	0	0
規格外	37	28	5	5	1	0

(2) 機械等級区分

ラミナの縦振動ヤング係数の結果は、表一4のとおりで、その分布は図一3のとおりである。

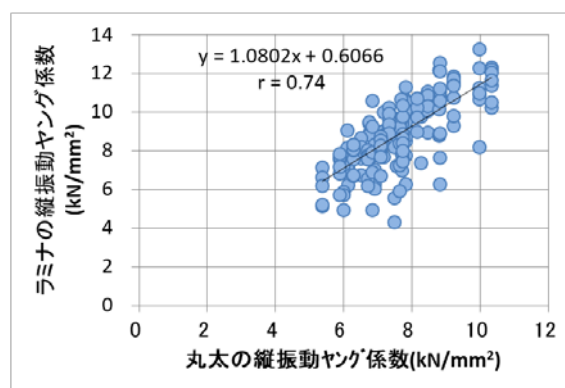
表一4 ラミナの縦振動ヤング係数

	密度 (kg/m ³)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 (%)
最大値	485	13.25	20.0
平均値	387	8.73	11.2
最小値	311	4.30	8.5
変動係数(%)	8%	20%	16%
試験体数	195	195	195



図一3 ラミナの縦振動ヤング係数分布

丸太の縦振動ヤング係数とラミナの縦振動ヤング係数の関係は図一4のとおりであった。丸太のヤング係数が 5.38~10.34kN/mm² に対し、ラミナは 4.30~13.25kN/mm² であり、丸太のヤング係数は丸太内部の平均で(有馬孝禮ら, 1993), 採材する位置によりラミナのヤング係数が変動している。



図一4 丸太とラミナの縦振動ヤング係数の関係

ラミナを日本農林規格に定める直交集成板のA種構成(ラミナの曲げヤング係数の上限を定めないラミナを用いる構成)に使用するものと仮定し、測定した縦振動ヤング係数(E_{fr})により、3.0~6.0kN/mm²を強度等級 M30A, 6.0~9.0 kN/mm²を M60A, 9.0~12.0 kN/mm²を M90A, 12.0~15.0 kN/mm²を M120A と区分した。

日本農林規格ではMSR以外の機械等級区分では欠点の制限により、異等級構成の外層及び同一等級構成に用いるもの、異等級構成の内層に用いるものが規定されている。ラミナの直交集成板に用いられる位

置を機械等級で区分した枚数を表－5 に示した。

なお、異等級構成の内層に用いるものに区分されたのは幅面の材縁部の節径比、規格外に区分されたのは幅面の材縁部の節径比及び曲がりによるものであった。規格外の枚数が目視等級区分と比べて少なかったのは機械等級区分にあつて集中節径比の基準がないからである。

表－5 機械等級区分の各項目の合格した枚数

	総 合	異等級構成の外層及び 同一等級構成に用いるもの	異等級構成の内層に 用いるもの	規格外
M120A	8	8	0	0
M 90A	72	59	12	1
M 60A	105	77	21	7
M 30A	10	8	2	2
合 計	195	152	35	10

(3) ラミナの歩留り

丸太の末口二乗法による材積とラミナの粗挽き寸法及び仕上げ寸法による材積から求めた形量歩留りは、それぞれ 40%、30%であった。径級別の歩留りを表－6 に示す。仕上げ寸法材積から規格外のラミナを除いた利用歩留りは、機械等級は 29%、目視等級は 24%であり、機械等級区分の利用歩留りが良かった。

丸太の径級別では採材歩留り、利用歩留りとも径級が 28cm が良い結果となった。

表－6 丸太径級及び等級区分別形量・利用歩留り

径 級 (cm)	丸太 本数 (本)	形量歩留り		利用歩留り	
		粗挽き (%)	仕上げ (%)	機械等級 (%)	目視等級 (%)
22	2	39	30	26	19
24	2	42	31	31	19
26	10	42	32	28	22
28	4	47	36	33	30
30	7	38	29	27	24
32	5	40	30	30	26
計	30	40	30	29	24

3. 3 ラミナの強度性能試験

(1) 直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げB試験

ラミナの直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げB試験 195 枚の結果は、表－7 のとおりである。また、縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の関係は図－5 のとおりで相関が高く、縦振動ヤング係数を測定することにより、死荷重のヤング係数を推定することができる。

表-7 ラミナの曲げB試験結果

	密度 kg/m ³	曲げヤング係数 kN/mm ²	含水率 %
最大値	485	13.05	20.0
平均値	387	8.72	11.2
最小値	311	4.27	8.5
変動係数(%)	8%	20%	16%
試験体数	195	195	195

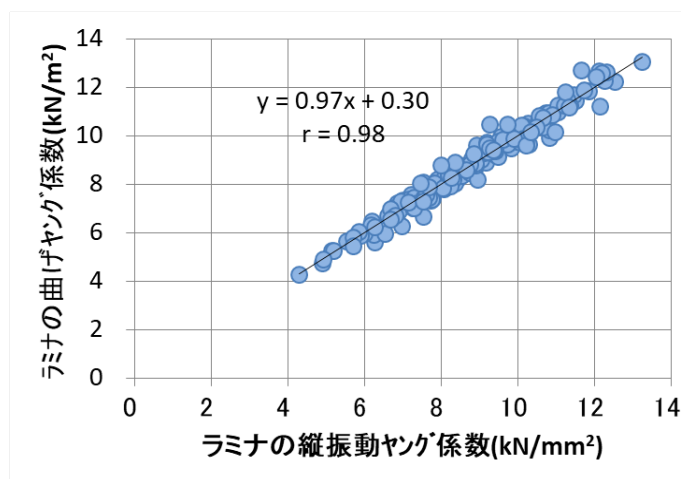


図-5 ラミナの縦振動と曲げヤング係数の関係

日本農林規格では直交集成板ラミナについて長さ方向に接着しない機械等級、目視等級区分ラミナにあつては、曲げB試験が定められていることから、目視等級1等、2等、機械等級M90A、M60Aに区分されたラミナについて、測定した曲げヤング係数の平均値及び5%下限値が日本農林規格基準値を満たしたかを確認した(表-8)。なお5%下限値はデータを正規分布、対数正規分布、ワイブル分布に当てはめ、適合度が高い分布により信頼水準75%の95%下側許容限界値を求めた(堀江, 1997)。

表-8 曲げB試験の各等級の値

		試験体数	曲げヤング係数(kN/mm ²)		JAS基準曲げヤング係数(kN/mm ²)	
			平均値	5%下限値	平均値	下限値
目視等級	1等	104	9.18	6.52	7.00	6.00
	2等	53	8.51	5.81	3.00	2.50
機械等級	M 90A	71	10.18	8.89	9.00	7.50
	M 60A	105	7.81	6.16	6.00	5.00

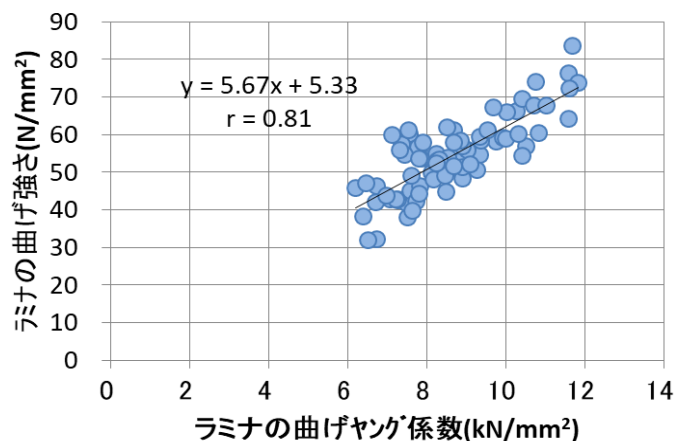
目視等級区分、機械等級区分とも日本農林規格基準値を満たしており、長さ方向に接着していない通しラミナとして、直交集成板の日本農林規格で定めるA種構成直交集成板のラミナの要求試験項目を満たした。

(2) 直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げC試験

直交集成板の日本農林規格のラミナの曲げC試験の結果は表-9、曲げヤング係数と曲げ強さの関係は図-6のとおりである。

表－9 曲げC試験結果

	密度 (kg/m ³)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)	含水率 (%)
最大値	474	12.75	11.84	83.5	16.5
平均値	386	9.16	8.66	54.4	10.7
最小値	317	6.49	6.19	32.0	9.3
変動係数(%)	10%	19%	17%	18%	11%
試験体数	76	76	76	76	76



図－6 ラミナの曲げヤング係数と曲げ強さの関係

目視等級区分 1 等, 2 等及び機械等級区分 M90A, M60A の曲げヤング係数及び曲げ強さ表－10, 11 のとおりである。

表－10 等級区分別の曲げヤング係数

	試験体数	曲げヤング係数(kN/mm ²)		JAS基準曲げヤング係数(kN/mm ²)		
		平均値	5%下限値	平均値	下限値	
目視等級	1等	47	8.84	6.71	7.00	6.00
	2等	19	8.51	6.19	3.00	2.50
機械等級	M90A	36	9.29	7.55	9.00	7.50
	M60A	35	7.59	6.19	6.00	5.00

表－11 等級区分別の曲げ強さ

	試験体数	曲げ強さ(N/mm ²)		JAS基準曲げ強さ(N/mm ²)		
		平均値	5%下限値	平均値	下限値	
目視等級	1等	47	55.8	38.1	33.0	25.0
	2等	19	53.6	32.0	21.0	16.0
機械等級	M90A	36	58.3	42.2	34.5	26.0
	M60A	35	48.1	32.0	27.0	20.0

直交集成板の日本農林規格では目視等級区分ラミナにあつては、A種構成の異等級構成の外層及び同一等級構成直交集成板のラミナの要求試験項目として曲げC試験が定められているが、測定した曲げ強さの平均値及び5%下限値は日本農林規格基準値に達しており、直交集成板の日本農林規格で定めるA種構成直交集成板のラミナの要求試験項目を満たした。

ラミナの曲げ試験では目視等級区分・機械等級区分の各等級とも日本農林規格で定める曲げ強さ・曲げヤング係数の基準値を満たし、県産スギラミナは適正な等級区分により、直交集成板を製造するのに十分な強度性能を有することが分かった。

4 直交集成板の試作

4. 1 直交集成板のラミナ構成の検討

これらのラミナから、5層5プライの直交集成板を製造することとし、ラミナ配置をラミナの利用歩留り、直交集成板の力学的合理性から検討した。ラミナの利用歩留りは、ラミナの等級区分ごとの出現率から検討した。

4. 2 直交集成板の強度性能試験

ラミナ構成の検討結果を受け、機械等級区分ラミナによるMx90を製造した。ラミナ80枚を使用し、日本農林規格認定工場において、5層5プライ長さ4m×幅900mm×厚150mmの直交集成板2枚を製造した。ラミナの幅はぎ及び積層接着には水性高分子イソシアネート系樹脂を用い、圧縮圧力は0.7N/mm²、圧縮時間は60分として積層接着した。これを幅方向に3等分し幅300mmとして各3体、計6体の直交集成板について、直交集成板の日本農林規格に基づく曲げ試験を行った。東京衡機製実大試験機（容量1,000kN）を用い、支点間距離を厚さの21倍の3150mmとして、3等分点4点荷重で荷重を与え、中央部のたわみ量を測定した。最大荷重から曲げ強さ（式5）、荷重と変位量から曲げヤング係数（式6）を求めた。また、試験終了後に、破壊近傍から幅30mmの試験体を2体採取し、全乾法による含水率を測定した。

$$\sigma_b = \frac{P \times \ell}{b \times h^2} \quad (\text{式 5})$$

$$Eb = \frac{23 \times \Delta P \times \ell^3}{108 \times b \times h^3 \times \Delta y} \quad (\text{式 6})$$

σ_b : 曲げ強さ(N/mm²)

Eb : 曲げヤング係数(kN/mm²)

ΔP : 比例域における荷重差(N)

Δy : ΔP に対応するスパンの中央たわみ(mm)

ℓ : スパン(mm)

b : 直交集成板の幅(mm)

h : 直交集成板の厚さ(mm)

5 直交集成板の試作の結果

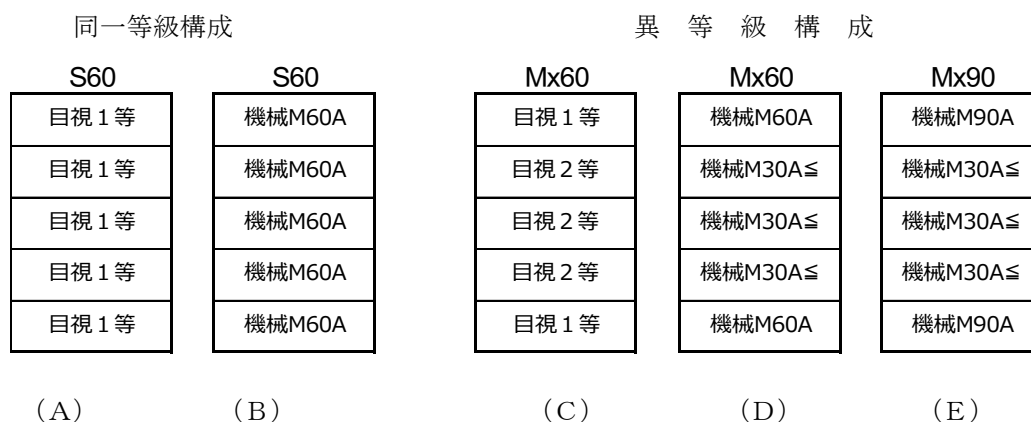
5. 1 直交集成板のラミナ構成の検討

利用可能なラミナ（表—12）から利用率，直交集成板の力学的合理性から検討した。日本農林規格ではスギは樹種群 E 5 に区分され，ラミナ性能に基づく製造基準では同一等級構成では目視等級区分ラミナ，機械等級区分ラミナとも S60，異等級構成 Mx60 が規定されているが，ここでは認められていない Mx90 も含めて検討した（図—7）。

表—12 等級区分別ラミナ枚数

目視等級 (計 195 枚)	1 等	2 等	規格外
	104	54	37

機械等級 (計 195 枚)	異等級構成の外層及び 同一等級構成に用いるもの	異等級構成の内層に 用いるもの	規格外
M120A	8	0	0
M 90A	59	12	1
M 60A	77	21	7
M 30A	8	2	2



図—7 直交集成板等級構成

(A) 目視等級区分ラミナによる同一等級構成直交集成板 S60 は，目視 1 等のラミナしか使うことができず利用率は 104 枚/195 枚で 53%に過ぎない。(B) 機械等級区分ラミナによる同一等級構成直交集成板 S60 はラミナの上限值を定めない A 種構成で機械等級 M90 以上を M60 と代替すれば使用できるラミナが増加し，利用率は M120A 8 枚+M90A 59 枚+M60A 77 枚=144 枚/195 枚で 74%である。(C) 異等級構成直交集成板 Mx60 の目視等級区分ラミナでは 2 等のラミナを用いることができ，1 等 104 枚+2 等 54 枚=154 枚/195 枚で利用率は 81%である。(D) 機械等級区分ラミナによる Mx60 は外層に用いるラミナは M60A 以上であり，M120A 8 枚+M90A 59 枚+M60A 77 枚=144 枚，内層に用いるラミナは M30A 以上で M120A 8 枚+M90A (59+12) 枚+M60A (77+21) 枚+M30A (8+2) 枚=185 枚である。外層に用いるラミナは全体の 2/5 を上回

っており、185 枚/195 枚で利用率は 95%である。(E) 機械等級ラミナによる Mx90 は外層に用いるラミナは M120A 8 枚+M90A 59 枚=67 枚で、内層に用いるラミナは 185 枚である。外層に用いるラミナは全体の 2/5 を下回る 36%であり、5 層直交集成板ではやや不足するが、利用率は 67 枚+(67×3/2)枚=165 枚/195 枚で 85%である。

これらにより、直交集成板の等級が高く、機械等級区分 M90A のラミナの性能を活用し、利用率が高いスギによる Mx90 を製造することとした。

5. 2 直交集成板の試験

直交集成板の曲げ試験の結果は表—13 のとおりである。

表—13 直交集成板曲げ試験結果

番号 No	密度 kg/m ³	曲げ強さ N/mm ²	曲げヤング係数 kN/mm ²	含水率 %
1	1	394	28.5	11.5
1	2	396	38.1	11.7
1	3	398	29.1	11.8
2	1	395	31.5	11.6
2	2	390	31.6	11.6
2	3	395	38.3	11.8
平均値	395	32.9	7.14	11.7

測定した曲げ強さと曲げヤング係数を、日本農林規格の強度性能の基準値に達したかを確認した (表—14)。なお 5%下限値はデータを対数正規分布に当てはめ、信頼水準 75%の 95%下側許容限界値を求めた (堀江, 1997)。

表—14 直交集成板の曲げ試験結果と日本農林規格基準値

	曲げヤング係数(kN/mm ²)		曲げ強さ(N/mm ²)
	平均値	5%下限値	5%下限値
試験値	7.14	6.60	24.2
	JAS基準曲げヤング係数(kN/mm ²)		JAS基準曲げ強さ(N/mm ²)
	平均値	下限値	下限値
Mx90	6.2	5.0	12.2
Mx60	4.2	3.4	9.8

製造された直交集成板の曲げ試験では直交集成板の日本農林規格で定める Mx60、さらには Mx90 の曲げ強さ及び曲げヤング係数の基準値を満たした。現行日本農林規格ではラミナ強度性能によるラミナ品質の基準ではスギ直交集成板の Mx90 は認められていないが、直交集成板の性能を担保する基準では製造が可能であり、適正に製造されたスギ直交集成板は Mx90 を満たす十分な強度性能を持つことが分かった。

6 まとめ

1. 本報告において、直交集成板ラミナ歩留りの良い丸太径級は、採材歩留り、目視及び機械等級区分による利用歩留りとも、末口直径 28cm であった。
2. 機械等級区分ラミナは目視等級区分ラミナより歩留りが良く、有効利用が可能である。
3. 県産スギで製造したラミナは、直交集成板ラミナの日本農林規格の基準を満たしていた。
4. 県産スギラミナから製造された直交集成板は、日本農林規格の値を良く満たしていた。

7 おわりに

現行の日本農林規格では原則として認められていない試作のスギ異等級構成直交集成板 Mx90 の曲げ性能が日本農林規格基準値を上回ったことから、日本農林規格規定・基準値の改正につなげられるよう、さらなるデータの積み上げ等、取り組んでいきたい。

文献

- 有馬孝禮, 丸山則義, 早村俊二, 中村昇, 名波直道 : 材料(42)473 1993
堀江和美 : 木材強度データの確率・統計手法 1997
住宅・木材技術センター : 構造用木材の強度試験マニュアル 2011
国土交通省告示第 612 号 : 直交集成板パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術基準を定める等の件 2016
国土交通省告示第 562 号 : 特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件 2016
農林水産省告示第 3079 号 : 直交集成板の日本農林規格 2013
全国木材組合連合会 : 樹種別乾燥材生産の技術マニュアル 2004

原木しいたけ生産再開に向けた生産実証試験と原木林及び ほだ場の汚染状況・生産物への放射性物質移行に関する基礎調査

目黒 渚, 渡邊 広 大, 今 埜 実 希^{*1}

要 旨

東京電力福島第一原子力発電所の放射性物質拡散事故によって放射性物質が降下した宮城県内のしいたけ原木林において、空間線量率及び土壌、萌芽枝等の放射性セシウム濃度について継続して調査したところ、萌芽枝とその葉に高い正の相関関係が見られた。また、宮城県内において非汚染の原木を用いて原木しいたけ露地栽培試験を行ったところ、汚染低減化処理によらず低濃度の子実体が得られる可能性が示唆された。

キーワード：放射性物質，空間線量率，萌芽枝，原木しいたけ

1 はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所（以下福島原発）の放射性物質拡散事故により、宮城県内の原木林や栽培現場では多大な影響を受け、原木しいたけ経営は甚大な損害を被っている。平成 24 年 4 月には厚生労働省により一般食品に含まれる放射性セシウムの基準値（以下食品基準値）が 100Bq/kg とされ、これに基づききのこ原木の当面の指標値（以下指標値）は 50Bq/kg（乾重量）以下とされた（農林水産省，2011）。

宮城県内の原木林においては、平成 23 年度に実施されたモニタリング（宮城県，2015）から原木指標値以下の原木を調達することが困難な状況とされたことから、萌芽更新により安全な原木を仕立てられるか検討を行うこととした。また、原木しいたけ生産においてはどのような手法によって食品基準値以下のしいたけを栽培できるのか不明確な状況であったため、しいたけ栽培についても検討を行う必要があった。

本調査では、県内の原木林の汚染状況と、原木林を伐採した後に発生する萌芽枝への放射性セシウムの移行状況を把握するため、原木林調査及び安全な原木しいたけを生産する上での管理方法を検討する栽培試験を実施し、基礎データを収集することを目的とした。

2 調査方法

2. 1 原木林調査

2. 1. 1 原木の方向別調査

2. 1. 1 (1) 原木の放射性セシウムの半径方向分布

平成 24 年 3 月に空間線量率 0.1 μ Sv/h 以下（原子力規制委員会，2012）の原木林から伐採した 9 本の指標値以下のコナラ原木について、半径方向における樹皮、辺材、心材の放射性セシウムの濃度分布を調べた。

試料は 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ（EMF ジャパン社製 EMF211 型ガ

ンマ線スペクトロメータ) を用いて測定した。



写真-1 試料 (心材)



写真-2 試料 (辺材)

2. 1. 1 (2) 立木の放射性セシウム繊維方向分布

平成 24 年 4 月に空間線量率 $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以下 (原子力規制委員会, 2012) の原簿林から伐採した 5 本のコナラについて, 高さ 90cm ごとに玉切りしてそれぞれのおが粉を作成し, 繊維方向の放射性セシウム濃度の分布を調べた。試料は乾燥後 900mL ポリ容器に充填し, NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) を用いて測定した。

なお, 測定値は各試料の含水率を測定し, 12%の値で補正を行った。

2. 1. 2 萌芽枝状況調査

東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター複合陸域生産システム部 (川渡フィールドセンター) 内の広葉樹林において, 原発事故前の平成 22 年と事故後の平成 23 年に伐採した伐根から発生したそれぞれの萌芽枝について, 放射性セシウムの濃度を調べた。

調査は平成 25 年 10 月から 5 年間継続して行い, 萌芽枝はそれぞれ同一の伐根から採取することとした。萌芽枝は伐根から 5 cm 程度を残し, それ以外を採取することとし, 萌芽枝と併せて着葉も採取した。試料は 50°C に設定した乾燥機で 5 日間乾燥させた後, 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し, NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し, NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い, 測定値は各試料の含水率から 12%の値で補正を行った。

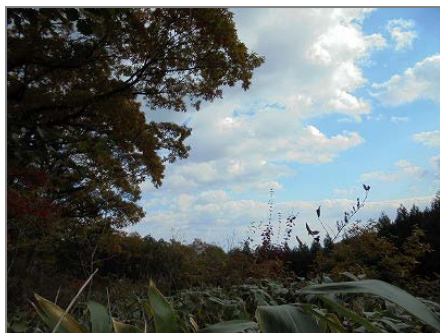


写真-3 調査地全景



写真-4 萌芽枝粉碎処理



写真-5 萌芽枝 (H29 時点)

2. 1. 3 原木林再生実証試験

2. 1. 3 (1) 原木調査

宮城県内の広葉樹林において、平成 26 年度から平成 28 年度まで毎年 10 箇所ずつの合計 30 箇所について、約 2ha を皆伐しその中に 25m 四方の調査地を設けた。各調査地について、9 本のコナラ原木と土壌を採取し、伐採の前後で空間線量率の測定を行った。

原木は地際から 120cm 以上 240cm までの位置を対象とし、原木全体のおが粉はチェーンソーを用いて採取、9 本の原木のうち 3 本は厚さ 5 cm ほどの円盤状にした上で樹皮はノミ等を用いて、辺材及び心材はボール盤とインパクトビットを用いて採取した。土壌は 1 調査地につき斜面上部・中部・下部の 3 箇所 25cm 四方の木枠を設置し、A₀層、A層 (0～5 cm)、A層 (5 cm～10cm) に分け、A₀層はL層からH層まで全量採取、A層は試料採取器 (大起理化工業、DIK-1815、Φ=110mm、t=50mm) を用いて深さ 5 cm 毎に 2 層採取した。空間線量率の測定は調査地の伐採の前後に、1 調査地につき斜面上部・中部・下部の 3 箇所について地表から高さ 100cm を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル、TCS-172B) を用いて測定し、同一箇所 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。原木及び土壌の放射性セシウム濃度と含水率の測定は業者への委託で実施し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定を行った。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は各試料の含水率から 12% の値で補正を行った。

なお、当調査は林野庁事業「ほだ木等原木林再生のための実証」により実施した。



写真-6 伐採後



写真-7 伐採直後の切り株



写真-8 ボール盤使用状況

2. 1. 3 (2) 萌芽枝調査

2. 1. 3 (1) 原木調査を行った宮城県内 30 箇所の広葉樹林において、伐採の翌年度以降に発生した萌芽枝とその着葉、土壌を採取し、検体の採取時には空間線量率の測定を行った。萌芽枝の選定は原木調査を行った切り株を原則とし、萌芽が認められなければ周辺の切り株を代替木として設定し、1 調査地につき 6 切り株の萌芽枝を採取した。萌芽枝は切り株から 5 cm 以上を対象とし、着葉がある場合には併せて採取を行い、それぞれを検体とした。土壌は 2. 1. 3 (1) 原木調査と同様に、1 箇所につき斜面上部・中部・下部から A₀層、A層 (0～5 cm)、A層 (5～10cm) を採取した。空間線量率は土壌採取箇所の地表から高さ 100cm を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル、TCS-172B) を用いて測定し、同一箇所 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。萌芽枝及び土壌の放射性セシウム濃度と含水率の測定は業者への委託で実施し、萌芽枝は粒径 3 mm 以下に粉碎処理を行うこととして、ゲル

マニウム半導体検出器を用いて測定を行った。測定値が検出下限値以下の場合は検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は各試料の含水率から 12%の値で補正を行った。

なお、この調査についても林野庁事業「ほだ木等原木林再生のための実証」により実施している。



写真-9 萌芽枝の採取



写真-10 土壌の採取



写真-11 空間線量率の測定

平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
原木調査 (10箇所)	萌芽枝調査 (10箇所)	→	
	原木調査 (10箇所)		
		萌芽枝調査 (10箇所)	→
		原木調査 (10箇所)	萌芽枝調査 (10箇所)

図-1 原木林再生実証事業の流れ

2. 2 原木しいたけ栽培試験

2. 2. 1 原木洗浄試験

しいたけ原木栽培において、コケ類付着部分の放射性セシウム濃度が高いことが懸念されたことから、コケ類が付着している原木を使用する際に、高圧洗浄機により洗浄を行った場合に子実体の放射性セシウム濃度がどのように変化するか試験を実施した。原木表面におけるコケの被覆率が目視により 30%以上のものを付着が多い原木とし、コケの被覆率にかかわらず高圧洗浄機により洗浄した試験区を①対照区、②コケの付着が少なく洗浄しない試験区、③コケの付着が多く洗浄した試験区、④コケの付着が多く洗浄しない試験区の4つを設けた。シイタケの種駒はキノックス KX-055 号を使用し、植菌以降は発生までの工程を施設内で行い、浸水処理後に発生した子実体を収穫した。また、子実体収穫後に使用した原木の外樹皮、内樹皮、辺材、心材、全体のおが粉を採取し、350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。

なお、測定値は各試料の含水率を測定し、子実体は 90%、その他試料は 12%の値で補正を行った。



写真-12 使用した原木



写真-13 洗浄中の原木



写真-14 発生した子実体

2. 2. 2 県内産コナラ原木露地栽培試験

しいたけ原木露地栽培において、指標値の 50Bq/kg 前後である県内産コナラ原木 (55 ± 25.3 Bq/kg) を用いて、ほだ木の設置環境が発生する子実体の放射性セシウム濃度にどのような影響を与えるのか調べた。試験地は原子力規制委員会 (2011) の航空機モニタリングの空間線量率の分布マップで地表面から 1 m の高さの空間線量率が 0.1 μ Sv/h 以下と示される箇所のスギ林内と広葉樹林内とした。この試験地に、ほだ木を何もせずに置いた対照区、ゼオライトシートの上に置いた試験区、落葉層を除去しその上に置いた試験区を、それぞれ平成 25 年 8 月に設置した。翌年度から発生した子実体を採取し、350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション (PerkinElmer 社製 2480WIZARD² オートガンマカウンター) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は子実体の含水率により 90% の値で補正を行った。



写真-15 スギ林内試験地



写真-16 広葉樹林内試験地



写真-17 発生した子実体

2. 2. 3 県外産コナラ原木露地栽培試験

3. 2. 2 に示す県内産コナラ原木露地栽培試験の結果を受け、平成 26 年 11 月から新たに岩手県産の指標値以下であるコナラ原木を用い、しいたけ原木露地栽培においてほだ木の設置状況が発生する子実体の放射性セシウム濃度にどのような影響を与えるのか調べた。試験地はスギ林内で 2. 2. 2 栽培試験の隣接箇所とし、放射性セシウムによる汚染経路を明確にするため、ほだ木を何もせずに置いた対照区、防草シートの上に置いた試験区、防草シートの上に置き防虫ネットで覆った試験区、木板の上に置き防虫ネットで覆った試験区を設けた。翌年度から発生した子実体を採取し、350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション (PerkinElmer 社製 2480WIZARD2 オートガンマカウンター) にて測定した。測

定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は子実体の含水率により 90% の値で補正を行った。



写真-18 各試験区の様子（左から順に対照区・防草シート区・防草シート+防虫ネット区・木板+防虫ネット区）

2. 2. 4 県外産コナラ原木施設栽培試験

しいたけ原木施設栽培において、岩手県産の指標値以下であるコナラ原木を用い、ほだ木を休養させる人工ほだ場において、天井部に設置する寒冷紗によって発生する子実体の放射性セシウム濃度にどのような影響を与えるのか調べた。試験地は 2. 2. 2 栽培試験の隣接箇所の生産者施設とし、人工ほだ場は東日本大震災以前からの寒冷紗（約 12,000Bq/kg, H25 時点）を交換せずに使用した試験区と、寒冷紗を交換した試験区を設け、平成 26 年 11 月に設置した。翌年度から発生した子実体を採取し、350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション (PerkinElmer 社製 2480WIZARD2 オートガンマカウンター) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は子実体の含水率により 90% の値で補正を行った。



写真-19 寒冷紗の交換なし



写真-20 寒冷紗の交換あり



写真-21 栽培状況

2. 2. 5 県外産クヌギ原木露地栽培試験

しいたけ露地栽培において、大分県産の指標値以下であるクヌギ原木を用い、樹種及びほだ木の設置状況が発生する子実体の放射性セシウム濃度にどのような影響を与えるのか調べた。試験地はスギ林内で 2. 2. 2 栽培試験及び 2. 2. 3 栽培試験の隣接箇所とし、ほだ木を何もせずに置いた対照区、防草シートの上に置いた試験区、防草シートの上に置き寒冷紗で覆った試験区を平成 28 年 3 月に設置した。また、施設栽培にて既に 3 回発生済みの熊本県産のクヌギほだ木も隣接箇所に何もせず置き、試験区とした。翌年度から発生した子実体を採取し、350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション

(PerkinElmer 社製 2480WIZARD2 オートガンマカウンター) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は子実体の含水率により 90%の値で補正を行った。



写真-22 各試験区



写真-23 3回発生済み区



写真-24 発生した子実体

3 結果・考察

3. 1 原木林調査

3. 1. 1 原木の方向別調査

3. 1. 1 (1) 原木の放射性セシウム濃度の半径方向分布

コナラ原木の半径方向における放射性セシウム濃度は、樹皮を 1 としたとき、樹皮：辺材：心材 = 1 : 0.2 : 0.1 であった。森林総合研究所 (2012) によると福島原発から 30~50km 圏内の調査地で樹皮：辺材：心材 = 1 : 0.07 : 0.05, また、林野庁 (2013) によると福島原発から 60km の調査地で樹皮：辺材：心材 = 1 : 0.01 : 0.007 という結果が示されている。本調査地は福島原発からおよそ 100km 離れているが、距離の近い二つの調査結果でも各部位の比が異なっていることから、半径方向の放射性セシウム濃度の分布は調査地によって大きくばらつく可能性がある。一方で、いずれの調査結果でも樹皮 > 辺材 > 心材の結果となったことから、樹皮への放射性セシウムの付着が原木全体濃度の大部分を占めていることが確認された。

3. 1. 1 (2) 立木の放射性セシウム濃度の繊維方向分布

立木繊維方向の放射性セシウム濃度分布を図-2 に示す。

本調査における立木繊維方向の放射性セシウム濃度の分布は地上高が高いほど放射性セシウム濃度が高くなる傾向が見られ、高さ 0.9m の原木と 9.9m 以上の原木には有意差もみられた (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$)。一方で、大橋ら (2014) では地表面への放射性セシウム沈着量が高い箇所では原木の採取位置が高いほど放射性セシウム濃度が高くなり、放射性セシウム沈着量が低い箇所では原木の採取位置による傾向は見られないとされ、また小川 (2016) によると原木全体を下段・中段・上段に分けた場合放射性セシウム濃度は中段が高い傾向にあったと報告されている。本試験地の地表面への放射性セシウム沈着量は原子力規制委員会 (2014) の航空機モニタリングの結果で放射性セシウム沈着量は $10\text{kBq}/\text{m}^2$ 以下とされ、大橋らの試験地の放射性セシウム沈着量が低い試験地に近いが原木の高さによる濃度差が見られ、また、中段の放射性セシウム濃度が高い傾向は見られなかった。

本調査と大橋ら、小川の調査では対象としたコナラの樹齢や樹高、直径等の条件が同一ではないため一概には言えないものの、本調査と二調査の示す放射性セシウム濃度の傾向が異なることから、コナラ立木の繊維方向における放射性セシウム濃度の分布は、調査地により異なる可能性が考えられる。

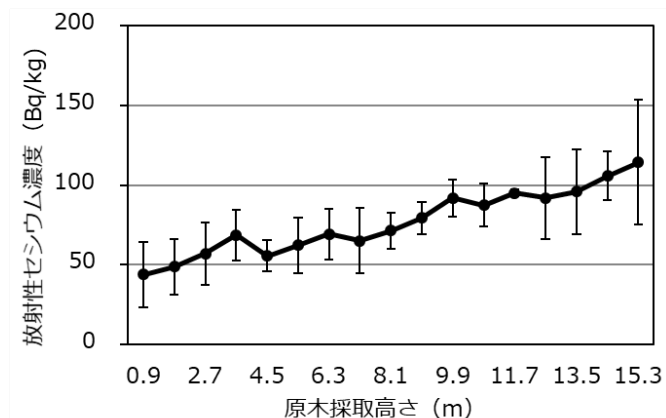


図-2 立木の放射性セシウム濃度の垂直分布

※以降各図中の値は平均値を示す。また、エラーバーは標準偏差を示す。

3. 1. 2 萌芽枝の放射性セシウム濃度調査

本調査地における萌芽枝等の放射性物質濃度の推移を図-3に示す。

萌芽枝の放射性物質濃度について H22 伐採区と H23 伐採区を比較すると、H22 伐採区は調査開始時から放射性物質濃度が低くおおむね横ばいで推移しているのに対し、H23 伐採区は調査開始時の放射性物質濃度が高いもののその後減少傾向で推移しており、平成 29 年度調査時には伐採区間での有意差は認められなかった (t 検定: $p < 0.05$)。H23 伐採区は福島原発の放射性物質拡散事故当時における放射性物質の樹皮への沈着や樹体内への取り込みが多く、その後放射性セシウム 134 の自然減衰や萌芽枝の生長等で放射性物質濃度が低下したと考えられる。井坂ら (2015) は H22 及び H23 伐区を設けた 5 つの調査地点で 4, 5 年目萌芽枝の放射性物質濃度の測定結果は H22 伐区が高い調査地が 2 つ, H23 伐区が高い調査地が 2 つ, 同等が 1 つであり、どちらか一方が高いという傾向は確認できなかったとしている。本調査での 4, 5 年目に該当する平成 27 年度調査時には H23 伐採区が高い傾向が見られたものの、その後 2 年経過した平成 29 年度調査時には伐採区間での差は見られなくなったことや、井坂らの結果でもどちらか一方が高いという傾向は確認できなかったことから、今後も両伐採区の放射性物質の動態に注視する必要がある。

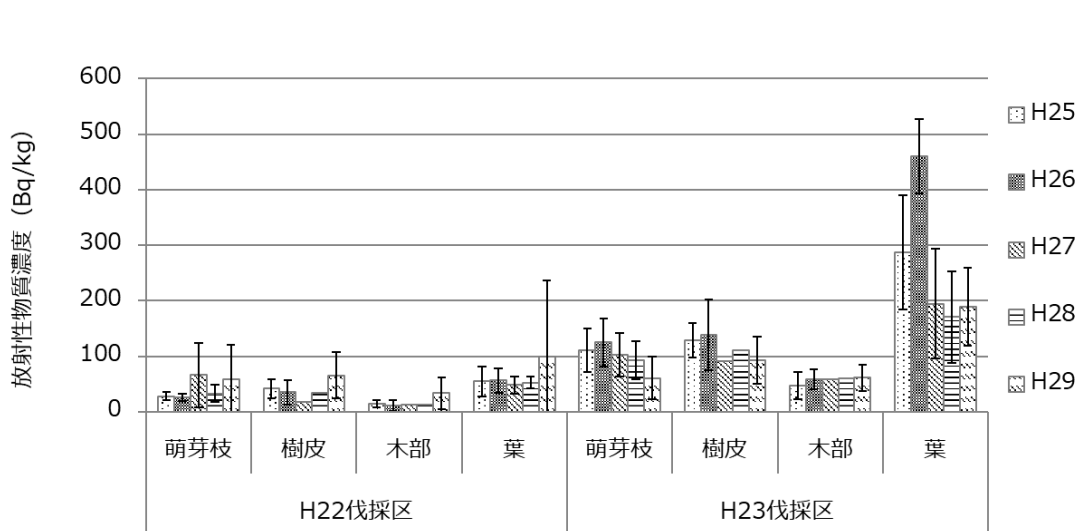


図-3 萌芽枝等の放射性物質濃度推移

3. 1. 3 原木林再生実証試験

3. 1. 3 (1) 原木調査

各調査地を伐採前に測定した空間線量率及び福島原発からの距離で三段階に分けた場合の放射性セシウム濃度を図-4, 5に, 伐採前の空間線量率と原木の放射性セシウム濃度を図-6に示す。

福島原発からの距離で比較したところ傾向は見られなかったが, 空間線量率が高くなると放射性セシウム濃度も上昇する傾向が見られた。伐採前の空間線量率と原木の放射性セシウム濃度の相関係数 (pearsonの積率相関係数) は 0.65 とある程度の相関が見られたが, 図-6が示すとおり空間線量率と原木の放射性セシウム濃度は大きくばらついた。石川ら (2015) も 1,911 本の原木を測定した結果, 原木林の濃度を推定する方法として空間線量率等の間接的な指標を用いることは難しいとしていることから, 原木の放射性セシウム濃度を推定するためには, 空間線量率以外の要因も含めて検討する必要がある。

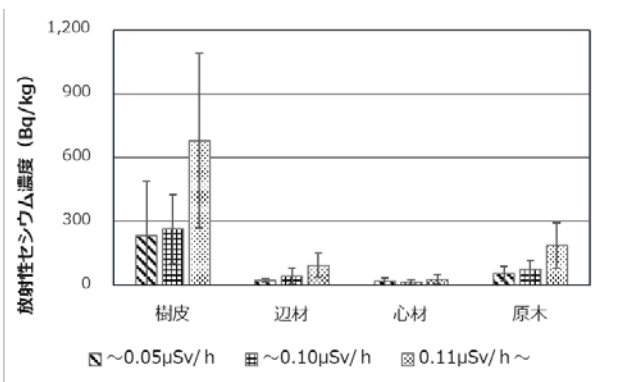


図-4 空間線量率と原木の部位別濃度

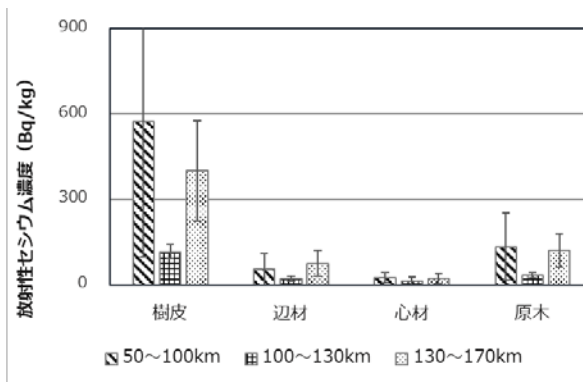


図-5 福島原発からの距離と原木の部位別濃度

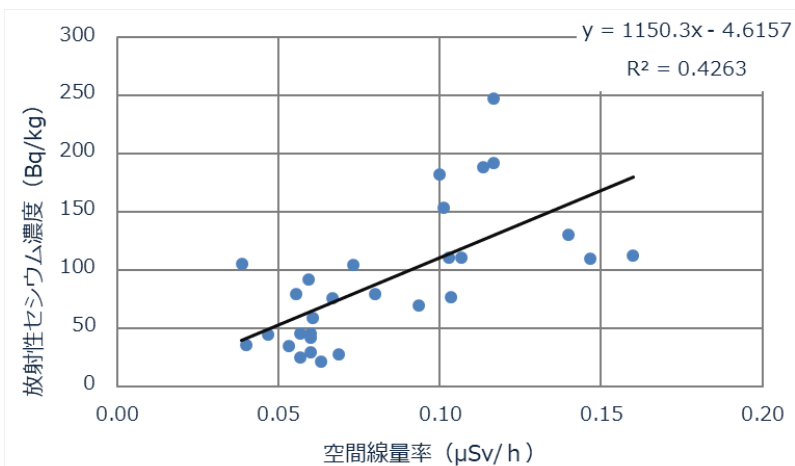


図-6 伐採前空間線量率と原木の濃度

3. 1. 3 (2) 萌芽枝調査

各調査地における原木伐採時から平成29年度調査時までの土壌A₀層の放射性セシウム濃度の推移を図-7, 8, 9に, 伐採時を1とした場合のその後の増減率を表1に示す。

どの調査地も概ね減少傾向にあり、平成 26 年度伐採地の平均値について伐採時と 3 年経過している平成 29 年度の放射性セシウム濃度を比較すると、平成 29 年度は伐採時の放射性セシウム濃度の 37%にまで減少し、有意差 (t 検定 : $p < 0.05$) も認められた。

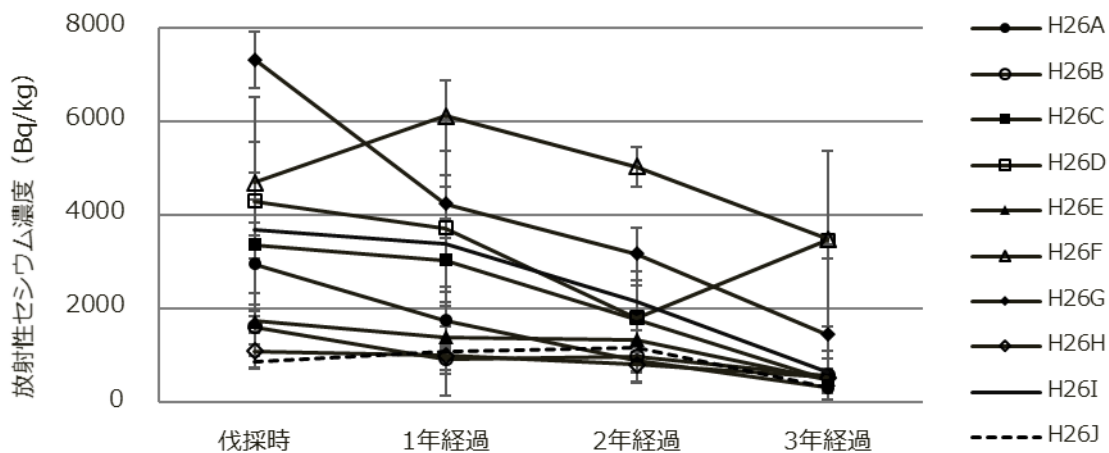


図-7 H26 伐採地の土壌 A0 層濃度推移

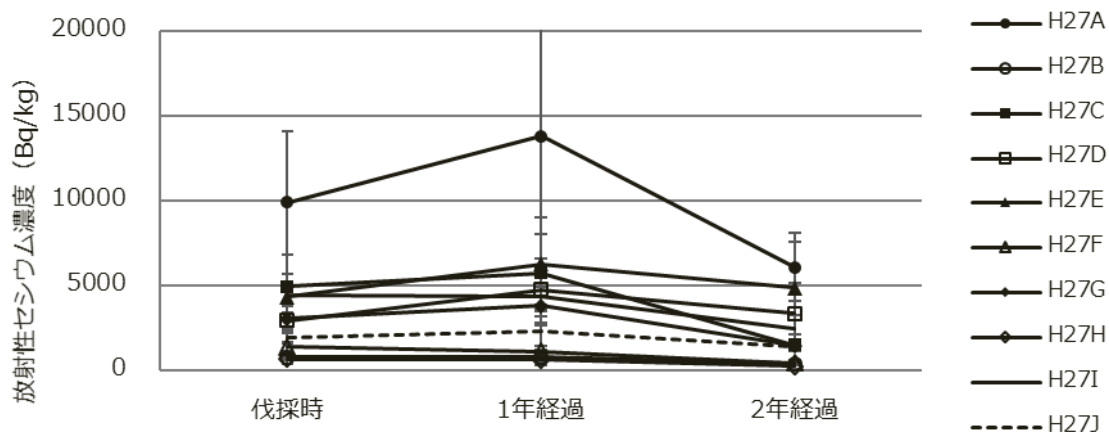


図-8 H27 伐採地の土壌 A0 層濃度推移

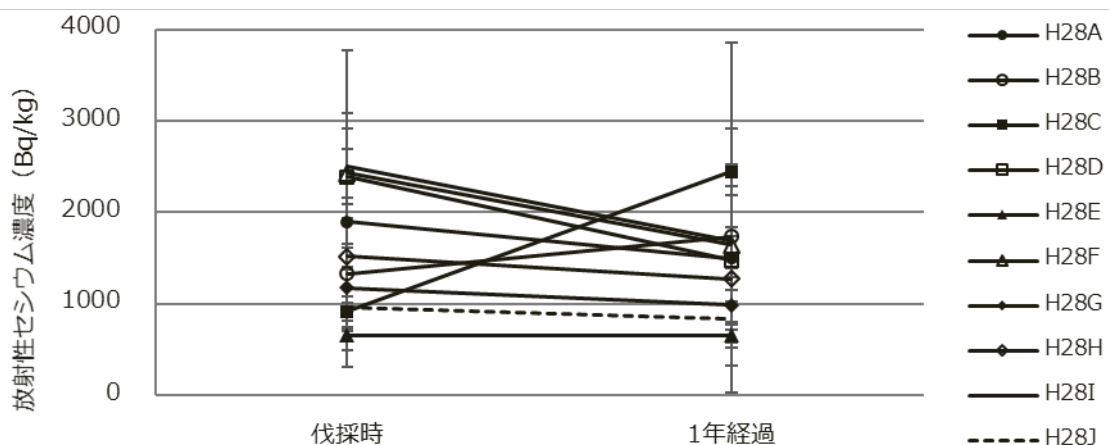


図-9 H28 伐採地の土壌 A0 層濃度推移

表-1 伐採時を 1 とした場合の土壌 A0 層濃度増減率

H26伐採地	1年経過	2年経過	3年経過	H27伐採地	1年経過	2年経過	H28伐採地	1年経過
H26A	0.59	0.30	0.10	H27A	1.40	0.62	H28A	0.79
H26B	0.57	0.60	0.35	H27B	0.98	0.52	H28B	1.30
H26C	0.90	0.53	0.14	H27C	1.16	0.30	H28C	2.66
H26D	0.86	0.42	0.80	H27D	1.61	1.14	H28D	0.62
H26E	0.81	0.77	0.28	H27E	1.45	1.12	H28E	1.00
H26F	1.30	1.07	0.74	H27F	0.81	0.32	H28F	0.68
H26G	0.58	0.43	0.20	H27G	1.25	0.48	H28G	0.84
H26H	0.91	0.73	0.48	H27H	0.93	0.36	H28H	0.84
H26I	0.92	0.59	0.17	H27I	1.00	0.56	H28I	0.68
H26J	1.27	1.34	0.36	H27J	1.19	0.73	H28J	0.87
全体平均	0.84	0.60	0.37	全体平均	1.27	0.65	全体平均	0.90

また、各調査地における伐採時の原木とその後発生した萌芽枝の平成 29 年度調査時までの放射性セシウム濃度推移を図-10, 11, 12 に、1 年目萌芽枝の放射性セシウム濃度を 1 とした場合のその後の増減率を表 2 に示す。

調査地平均における原木と 1 年目萌芽枝の放射性セシウム濃度の比較では、30 箇所中上昇したのが 18 箇所、下降したのが 12 箇所となり、伐採による放射性セシウム濃度の変化には調査地ごとにばらつきが見られた。その後の 1 年目と 2 年目の萌芽枝における放射性セシウム濃度については、20 箇所中上昇したのが 3 箇所、下降したのが 17 箇所となり、2 年目と 3 年目の萌芽枝では 10 箇所中 10 箇所で放射性セシウム濃度が下降した。萌芽枝の放射性セシウム濃度の変化については有意差 (t 検定 $p < 0.05$) も認められたことから、年数の経過に伴い萌芽枝の放射性セシウム濃度が低下していく傾向が見られた。

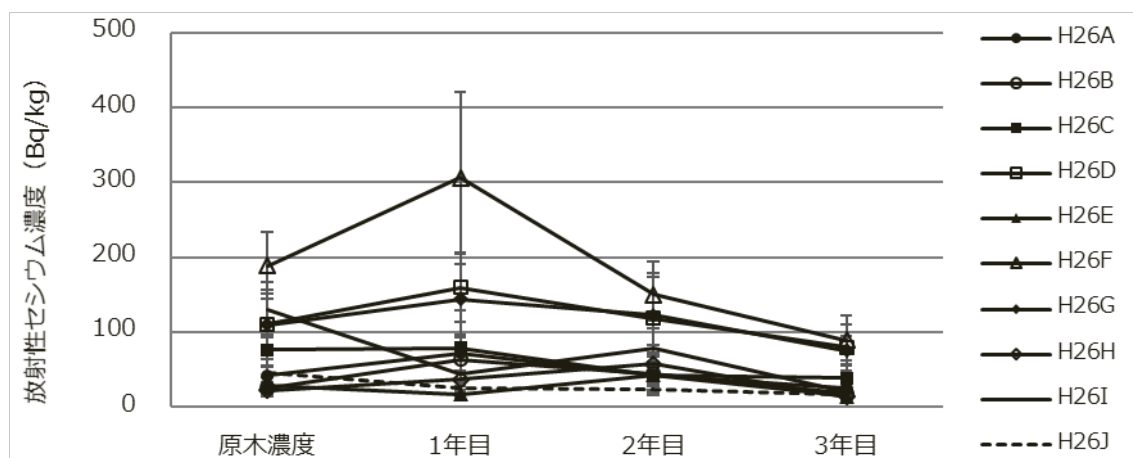


図-10 H26 伐採地の原木と萌芽枝の濃度推移

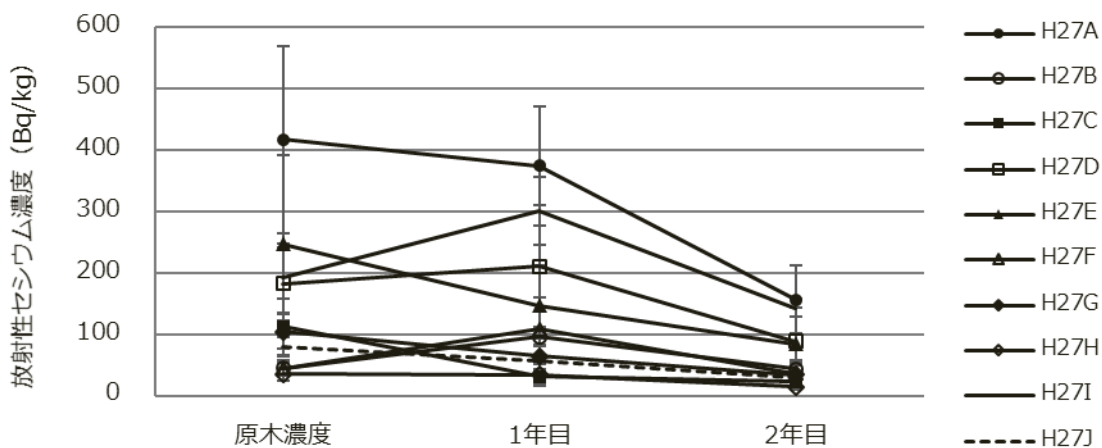


図-11 H27 伐採地の原木と萌芽枝の濃度推移

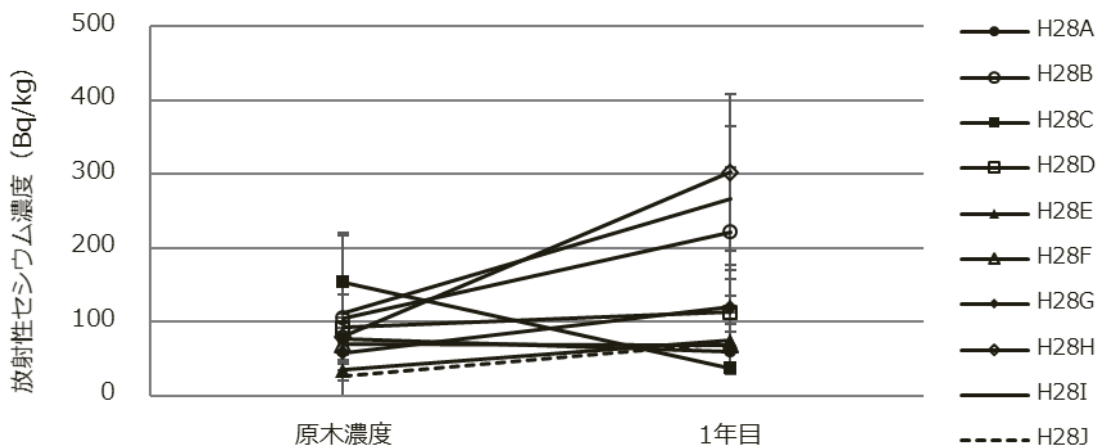


図-12 H28 伐採地の原木と萌芽枝の濃度推移

表-2 1年目を1とした場合の萌芽枝濃度増減率

H26伐採地	2年目	3年目	H27伐採地	2年目
H26A	0.57	0.34	H27A	0.42
H26B	0.70	0.28	H27B	0.46
H26C	0.53	0.49	H27C	0.74
H26D	0.74	0.50	H27D	0.42
H26E	2.52	0.85	H27E	0.57
H26F	0.49	0.29	H27F	0.34
H26G	0.85	0.53	H27G	0.52
H26H	1.54	0.35	H27H	0.43
H26I	1.78	0.47	H27I	0.48
H26J	0.93	0.64	H27J	0.51
全体平均	0.76	0.41	全体平均	0.46

各調査地における1年目の萌芽枝の放射性セシウム濃度と空間線量率の相関関係を図-13に示す。
この両者における相関係数(pearsonの積率相関係数)は0.39と低く、図-13の点のばらつきからもほぼ相

関が見られないことがわかった。3. 1. 3 (1) 原木調査と同様に、空間線量率のみから萌芽枝の放射性セシウム濃度を推定することは非常に困難であると考えられる。

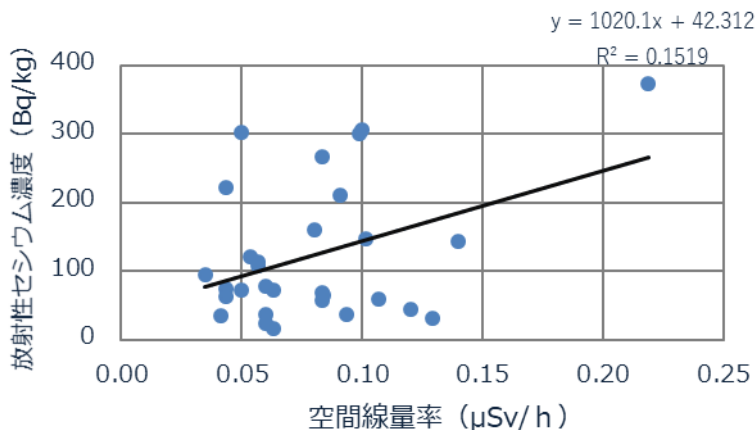


図-13 1年目萌芽枝と空間線量率

また、切り株ごとの1年目萌芽枝と各部位の相関関係を表3に、葉との相関関係を図-14に示す。各部位との相関関係において、1年目萌芽枝と葉における相関係数 (pearson の積率相関係数) は0.89と最も高い値を示し、萌芽枝とその葉は高い相関関係にあることがわかった。また、原木の指標値 50Bq/kg 付近の値が同様の傾向を示すか確認するため、萌芽枝の放射性セシウム濃度が100Bq/kg以下のものに限って相関を見てみると図-15のとおりとなり、相関係数 (pearson の積率相関係数) は0.86とこちらも高い値を示した。このことから葉の放射性セシウム濃度を測定することで、萌芽枝を検体として破壊せずにその放射性セシウム濃度が推定できる可能性が示唆された。

今後も継続して調査を進め、萌芽枝の放射性セシウム濃度の推移や成長時期ごとの萌芽枝と葉の相関関係など引き続き分析を進めていくこととしたい。

表-3 1年目萌芽枝と各部位の相関関係 (pearson の積率相関係数)

項目	相関係数	検体数	項目	相関係数	検体数
1年目萌芽枝と葉	0.89	112	1年目萌芽枝と樹皮	0.40	61
1年目萌芽枝(100Bq/kg以下)と葉	0.86	59	1年目萌芽枝と辺材	0.77	61
1年目萌芽枝と原木	0.60	180	1年目萌芽枝と心材	0.46	61

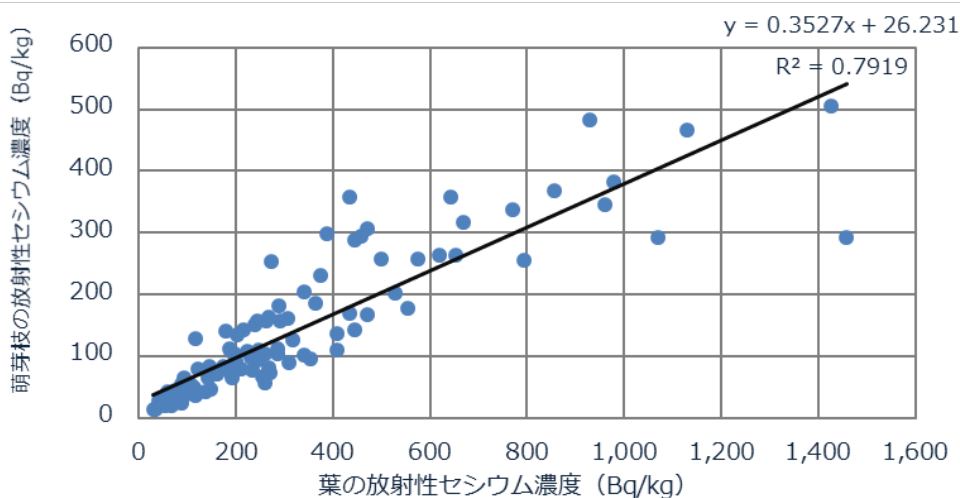


図-14 1年目萌芽枝と葉の相関関係

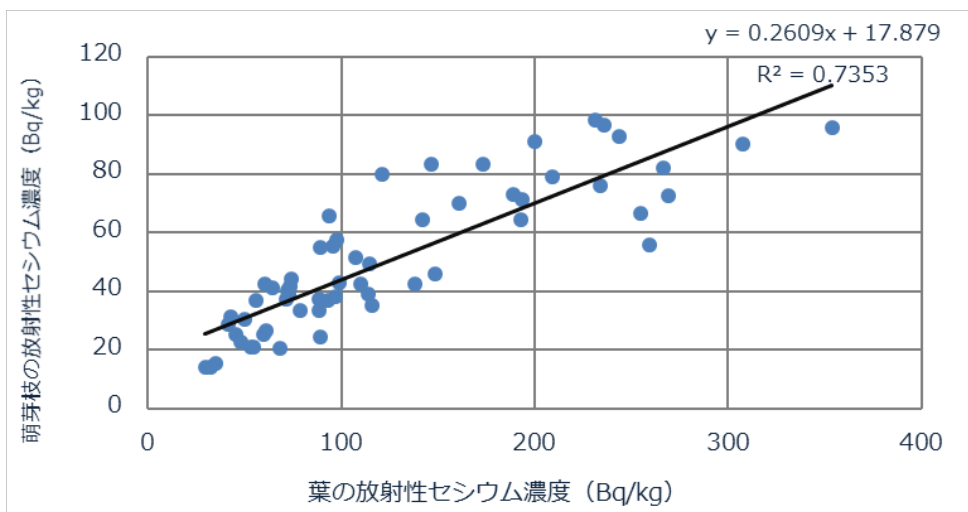


図-15 1年目萌芽枝(100Bq/kg以下)と葉の相関関係

3. 2 原木しいたけ栽培試験

3. 2. 1 原木洗浄試験

本調査におけるコケ付き原木の洗浄の有無による原木の部位及び発生した子実体の放射性セシウム濃度の結果を、図-16 に示す。

外樹皮の放射性セシウム濃度においては、洗浄を行った①対照区及び③コケの付着が多く洗浄した試験区で低く、測定結果に有意差が見られ (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$)、高圧洗浄を行うことで、洗浄を行わなかった原木よりも外樹皮の放射性セシウム濃度が低くなることが確認された。

一方で、発生した子実体の放射性セシウム濃度に大きな差はなく、有意差 (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$) も見られなかった。石川ら (2013) も高圧洗浄による処理を行ったところ、外樹皮でのみ放射性セシウムの低減が認められ、それ以外の内樹皮及び材部、発生した子実体に差は認められなかったとしている。これらのことから、原木の洗浄は外樹皮の放射性セシウム濃度の低減には効果が期待できるものの、発生する子実体の濃度は外樹皮よりも内樹皮や辺材など内側の濃度に影響されると考えられるため、子実体の放射性セシウム濃度低減効果は期待できないと考えられる。

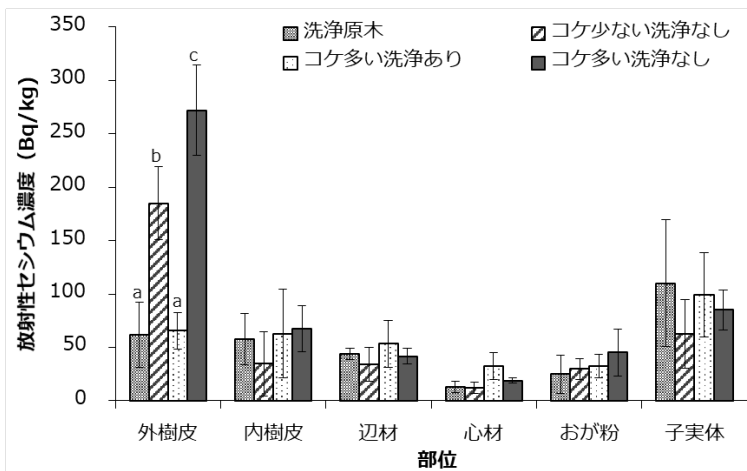


図-16 高圧洗浄試験における原木の部位別濃度

3. 2. 2 県内産コナラ原木露地栽培試験

本試験において栽培し発生した子実体の放射性セシウム濃度の推移を図-17, 18 に示す。

スギ林内試験地については、設置翌年度に発生した子実体がいずれの試験区においても食品基準値 100Bq/kg を上回り、試験区間での有意差 (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$) は認められなかった。年度ごとの推移については、いずれの試験区も減少傾向を示したものの、試験区設置から 4 年目の子実体はおおむね食品基準値 100Bq/kg の半分程度で留まった。

広葉樹林内試験地については、設置翌年度に発生した子実体の試験区間内での有意差 (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$) は認められず、いずれも食品基準値を下回った。年度ごとの推移については、前年度を上回る子実体が出るなどばらつきが見られ、傾向が安定しない結果となった。

なお、平成 29 年度は子実体の発生がなかったため図-18 では省略している。

スギ林内と広葉樹林内のほだ場では、スギ林内における子実体の放射性セシウム濃度が高い傾向が見られ、広葉樹ほだ場よりも林内からの影響を強く受けた可能性が考えられた。

また、両試験地において発生した子実体はゼオライトシートや落葉層の除去の処理による差は見られず、年度によっては食品基準値 100Bq/kg を上回るかそれに近い値を示していた。販売取引では子実体の濃度が食品基準値よりも大幅に低い値を求められる場合が多く、出荷制限解除の場合においても食品基準値の 1/2 以下となることを目安としている (宮城県, 2014)。これらのことから、放射性セシウム濃度が 50Bq/kg 前後のコナラ原木を用いた場合には、低減処理によらず、販売可能な子実体を得ることは難しいことが確認された。

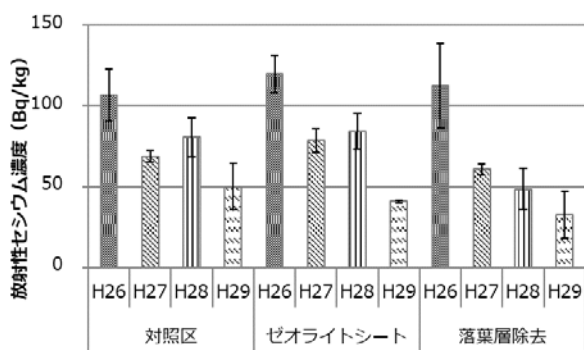


図-17 スギ林内試験地における子実体濃度

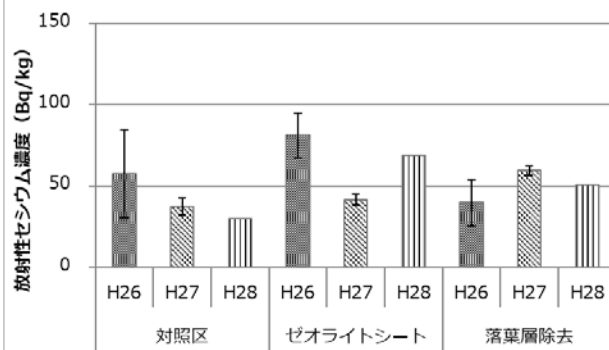


図-18 広葉樹林内試験地における子実体濃度

3. 2. 3 県外産コナラ原木露地栽培試験

本試験において栽培し発生した子実体の放射性セシウム濃度の推移を図-19 に示す。

試験区設置翌年度に発生した子実体の放射性セシウム濃度は試験区に関わらずいずれも食品基準値 100Bq/kg の 1/5 以下となり、試験区間での有意差は認められなかった (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$)。年度を経てもその傾向は変わらず、継続して低濃度の子実体を得られた。山口ら (2015) においても、空間線量率 0.09 μ Sv/h のスギ林に低汚染の原木を用いた場合に資材や処理によらずいずれも低濃度の子実体を得られたとされているが、一方で空間線量率 0.36 μ Sv/h のスギ林で同様の試験を行ったところ対照区の一部において子実体の濃度が他試験区よりも有意に高い値を示したと報告されている。

本試験地の空間線量率は 0. 1 μ Sv/h 程度であるため、同程度の空間線量率であれば、指標値以下のコナラ原木を用いることで低減処理によらず低濃度の子実体を得られると考えられるが、高線量地域で同様の栽培を行う場合には、二次汚染対策を検討する必要があると考えられる。

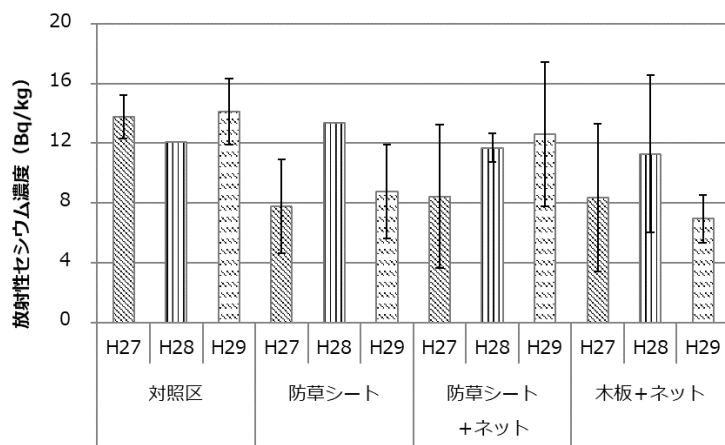


図-19 各試験区における子実体濃度

3. 2. 4 県外産コナラ原木施設栽培試験

本試験において栽培し発生した子実体の放射性セシウム濃度の推移を図-20 に示す。

設置翌年度に発生した子実体の放射性セシウム濃度は、寒冷紗の交換に関わらずいずれも低い値を示し、両試験区間に有意差は認められなかった (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$)。H28 発生の子実体は寒冷紗の交換なしの試験区でわずかながら放射性セシウム濃度が上昇したが H29 には減少し、いずれの年度においても食品基準値 100Bq/kg の 1/4 以下を示した。

このことから、原木施設栽培で指標値以下の原木を用いた場合、人工ほだ場での休養において、福島原発事故後約 4 年経過した人工ほだ場では、寒冷紗の交換は子実体の放射性セシウム濃度に影響しないことが示唆された。

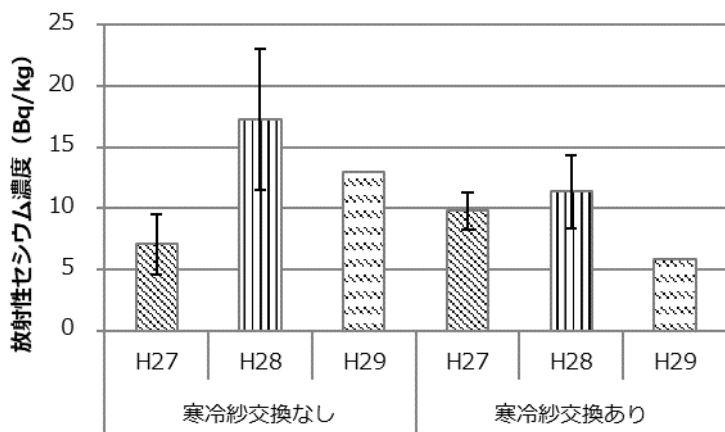


図-20 各試験区における子実体濃度

3. 2. 5 県外産クヌギ原木露地栽培試験

本試験において栽培し発生した子実体の放射性セシウム濃度の推移を図-21 に示す。

設置翌年度に発生した子実体の放射性セシウム濃度は、試験区によらずいずれも食品基準値 100Bq/kg の 1/5 以下となり、試験区間での有意差は認められなかった (TukeyHSD 検定: $p < 0.05$)。平成 29 年度発生分においてもその傾向は変わらず、継続して低濃度の子実体が得られた。

3. 2. 3の結果と併せ、原木露地栽培に指標値以下の原木を使用すれば、コナラに限らずクヌギの場合においても、空間線量率が 0.1 μ Sv/h 程度の箇所であれば、低減処理によらず低濃度の子実体が得られると考えられる。

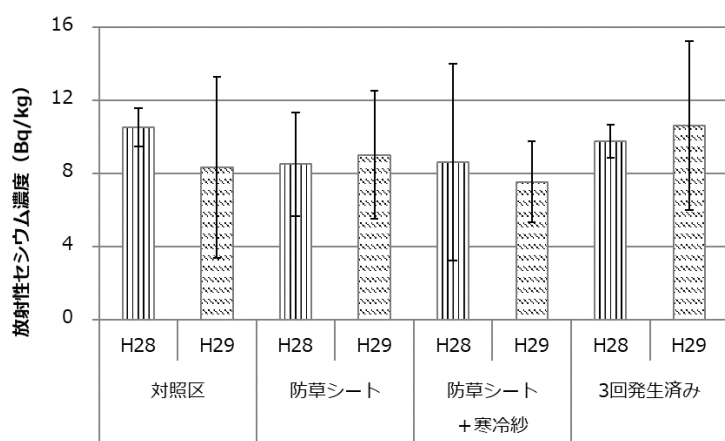


図-21 各試験区における子実体濃度

4 おわりに

原木しいたけ栽培における放射性セシウムの影響に関する研究は東日本を中心に様々な機関で進められており、それぞれの見解が示されている。

本調査の結果は原木しいたけ栽培については安全な子実体を得るために非汚染原木の使用が必須であることを示しており、既に宮城県が作成した「原木きのこ栽培における放射性物質対策作業マニュアル」に反映済みである。また、本調査地のような空間線量率 0.11 μ Sv/h 程度の箇所であれば、クヌギやコナラの樹種によらず、二次汚染対策が軽減できる可能性も考えられる。

県内の原木林については、空間線量率から原木の放射性物質濃度を推定することは困難であることがわかった一方で、萌芽枝とその着葉の放射性物質濃度における相関が高く、樹幹を破壊することなく放射性物質濃度が推定できる可能性が示唆された。現段階では伐採後数年の萌芽枝の状況しか把握できておらず、萌芽枝が実際に原木として利用可能な大きさに成長するまでどのように放射性セシウム濃度が推移していくのか、その際に葉と幹部にどのような関係性があるのか把握するため、今後も継続した調査が必要と考えられる。

最後に、本調査では、放射性物質濃度の測定及び試験地について、東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター副センター長の齋藤雅典教授 (H29 時点)、清和研二教授に多大なるお力添えをいただいた。また、原木しいたけ栽培試験の試験地として熊谷幸夫氏、遠藤敏行氏、渡部好雄氏が所有する敷地を御提供いただき、調査にも多大なるお力添えをいただいた。深く感謝申し上げます。

引用・参考文献

- 原子力規制委員会 (2011) 文部科学省及び米国エネルギー省航空機による航空機モニタリングの測定結果について
http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/4000/3710/24/1305820_20110506.pdf (2018. 4. 2 取得)
- 原子力規制委員会 (2014) 第 5 次航空機モニタリングの測定結果、及び福島第一原子力発電所から 80km 圏外の航空機モニタリングの測定結果について
http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/7000/6289/24/203_0928.pdf (2018. 2. 16 取得)
- 井坂達樹・高田守男・寺内瞳 (2015) しいたけ原木林における放射性セシウムに関する研究(1) コナラ萌芽枝の放射性セシウム濃度 茨城県林業技術センター業務報告 No. 53, p15, 16
- 石川洋一・大橋洋二・杉本恵理子 (2013) シイタケ原木栽培における放射性物質の影響に関する研究 [高圧水洗浄によるしいたけほだ木の除染技術①] 栃木県林業センター業務報告 No. 45, p 7
- 石川洋一・大橋洋二・杉本恵理子 (2015) シイタケ原木栽培における放射性物質の影響に関する研究 [きのこ原木の放射能非破壊検査機を用いたきのこ原木林実態調査] 栃木県林業センター業務報告 No. 47, p12
- 宮城県 (2014) 宮城県放射性物質低減のための原木きのこ (露地栽培) 栽培管理実施要綱
<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/323881.pdf> (2018. 2. 20 取得)
- 宮城県 (2015) しいたけ原木林放射性物質現況調査の結果について
<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/ringyo-sk/genbokurin.html> (2018. 2. 14 取得)
- 宮城県(2017) 「原木きのこ栽培における放射性物質対策作業マニュアル」
<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/641034.pdf> (2018. 3. 5 取得)
- 農林水産省 (2011) 平成 23 年 10 月 6 日付け 23 生産第 4743 号・23 林政経第 213 号農林水産省生産局農産部園芸作物課長・林野庁林政部経営課長・木材産業課長通知「きのこ原木及び菌床用培地の当面の指標値の設定について」
- 小川秀樹 (2016) 汚染軽減原木生産に関する研究 福島県林業研究センター業務報告 No. 49, p23
- 大橋洋二・石川洋一・杉本恵理子 (2014) シイタケ原木栽培における放射性物質の影響に関する研究 [きのこ用原木における放射性セシウムの分布調査] 栃木県林業センター業務報告 No. 46, p9
- 林野庁 (2013) 平成 24 年度森林内における放射性物質の分布状況調査結果について
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kenho/pdf/130329-01.pdf> (2018. 2. 15 取得)
- 森林総合研究所 (2012) 平成 23 年度安全な「きのこ原木」の安定供給対策事業報告書
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/various/documents/kinoko-genboku.pdf> (2018. 2. 15 取得)
- 山口晶子・小林久泰・小室明子 (2015) きのこ類露地栽培における放射性セシウムの動態及び移行メカニズムの解明(3) 各種放射性セシウム吸着資材による原木シイタケへの移行抑制 茨城県林業技術センター業務報告 No. 53, p35, 36

平成30年度
林業技術総合センター研究報告
第27号

平成30年12月発行

宮城県林業技術総合センター

〒981-3602 宮城県黒川郡大衡村大衡字^{おおひら}柵木^{はねき}14
電 話 022-345-2816
F A X 022-345-5377
E-mail stsc@pref.miyagi.lg.jp

