

天然更新による伐採跡地の森林回復手法の確立（第2報）

2013年度～2017年度

中島寛文*・江口則和*

要 旨

伐採跡地において天然更新による森林回復が図れるか否かを決定付ける条件を明らかにし、低コスト育林技術を開発することを目的とした。県内の天然更新施業地 34 か所において、その立地環境やニホンジカ密度、「伐採跡地チェックリスト」（（国研）森林総合研究所の開発した「広葉樹林化成功のための判定シート」を基に作成）のデータから、どのような条件であれば本県の定める天然更新完了基準を満たすかを評価した。その結果、チェックリストのチェック数合計のみが天然更新の達成を左右する条件であることが明らかとなり、チェック数合計が多くなると天然更新完了確率が高まることが分かった。また、チェックリストのうち、当該林分や隣接林分に高木性樹種の母樹が存在していることが特に重要な要因であることも分かった。すなわち、高木性樹種の種子供給源が近くに存在する上で、チェック項目数が多くなれば、天然更新をより確実に達成できると考えられた。本研究の成果を基に「天然更新による森林造成可否のチェックシート（愛知県）」を作成したので、伐採跡地の森林造成手法として天然更新を検討する際の資料として活用していただきたい。

I はじめに

林業採算性の悪化や後継者不足等の理由により、伐採後の造林方法に天然更新を選択する森林所有者が増加している（黒瀬 2005、和田 2008）。伐採跡地では、天然更新による広葉樹等の更新が不良で、森林回復が見込めない場合もあり（齊藤ら 2006、江口・小山 2012）、更新不良の伐採跡地の増加は、森林の持つ公益的機能の低下に繋がる（吉田 2002、和田 2008）。そのため、天然更新を選択した場合においても、確実に森林回復を図れる技術の開発が必要である（cf. 赤井 1993）。

天然更新により、高木性樹種で森林回復を図る場合、目的の母樹が近くにあり種子散布が十分であること（Abe et al. 2002）、光環境が改善されて

いること（今ら 2007）、ササ等による更新阻害要因がないこと（Coates 2000、吉田 2002）、傾斜が緩やかであること（吉田 2002）、ニホンジカ等による食害が一定以下であること（Saunders & Puettmann 1999、三浦 1999、吉田 2002）等、様々な条件を検討する必要があると考えられている。独立行政法人森林総合研究所**（以下、森林総研）は、それらの各種条件をとりまとめて、広葉樹林化成功のための判定シートを作成した（「広葉樹林化」プロジェクトチーム 2012）。

一方、愛知県では「尾張西三河地域森林計画書」及び「東三河地域森林計画書」の中で天然更新に関する指針や、天然更新完了基準を設定している。この基準では、「針葉樹及びカシ、ナラ、ホオノキ、

Hirofumi NAKASHIMA, Norikazu EGUCHI: Development of natural regeneration methods at the clear-cut area of forests in Aichi Prefecture, Japan

* 現新城設楽農林水産事務所

** 2018年現在は国立開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所

クスノキ、サクラ、カエデ類、シデ等の広葉樹」を対象として、「伐採した年度の翌年度の初日から起算して5年を経過した時点」で「樹高0.5 m以上の稚樹が一定本数以上(おおよそ30本/100 m²)」が確保されている状態を天然更新完了と定めている。しかしながら、森林総研が作成した判定シートを活用することで、本県の定める天然更新完了基準が満たされるかどうかは検証されていない。

そこで本研究では、森林総研の判定シートを基に、現場で使いやすいように改良した「伐採跡地チェックリスト」を作成・評価し、天然更新による伐採跡地の森林回復手法を開発することを目的とした。

II 方法

1. 伐採跡地での天然更新の実態

(1) 立地環境の把握

調査候補地として、西三河、豊田加茂、新城設楽、東三河管内において伐採届から伐採後5年目となる場所を63か所選定した。そのうち、実際に天然林施業を行っていた34か所を調査地とし(図-1、表-1)、各調査地の局所地形、堆積様式、傾斜、斜面方位、標高、土壌型、植被率、群落高、ニホンジカ密度(2015年末時点)を調べた。なお、



図-1 調査地位置図

各調査地のニホンジカ密度については、密度に応じて5段階に分けられた値(1: ≤ 5頭 km⁻²、2: ≤ 10頭 km⁻²、3: ≤ 15頭 km⁻²、4: ≤ 20頭 km⁻²、5: 20頭 km⁻² <)を記録した(愛知県2017)。更に、森林総研の判定シートを参考に新たな9項目の「伐採跡地チェックリスト」(以下、チェックリスト)を作成し(表-2)、調査地内(当該林分)や

表-1 調査地概要

No	場所	伐採前の森林構成	伐採時	
			林齢	伐採年月
1	豊田市御内町	ヒノキ	91	2007.8-12
2	豊田市小原町	広葉樹	30-52	2007.8
3	豊田市北一色町	広葉樹	20	2008.3
4	豊根村上黒川	スギ、ヒノキ	42-46	2007.7-9
5	豊田市上仁木町	広葉樹	20-35	2008.5-6
6	豊田市西中山町	広葉樹	25	2008.7-12
7	豊田市篠原町	広葉樹	40-50	2008.12
8	豊田市大河原町	広葉樹	40	2009.1-5
9	豊田市大岩町	広葉樹	50	2009.2-4
10	豊根村下黒川	スギ、ヒノキ	50-60	2008.4-12
11	新城市作手大和田	スギ、ヒノキ	50	2008.2-8
12	岡崎市木ノ下町	マツ、広葉樹	55	2009.1-4
13	豊田市富岡町	スギ、ヒノキ	40	2010.2
14	豊田市御内町	スギ	60	2009.7-9
15	豊根村坂宇場	スギ、ヒノキ	94	2009.7-2010.3
16	豊根村三沢	スギ、ヒノキ	70-80	2009.10-12
17	新城市上吉田	スギ、ヒノキ	39	2010.1-3
18	新城市中吉田	スギ、ヒノキ	39	2010.1-3
19	新城市上吉田	スギ、ヒノキ	39	2010.1-3
20	新城市富岡	スギ、ヒノキ、広葉樹	10-70	2010.8-10
21	新城市中宇利	ヒノキ、マツ、広葉樹	10-40	2010.8-10
22	新城市八束徳	スギ、ヒノキ、広葉樹	10-65	2010.10-12
23	新城市乗本	スギ	30-40	2011.1-3
24	新城市豊岡	スギ	30	2010.12-2011.3
25	東栄町大字月	スギ、ヒノキ、広葉樹	10-70	2011.2-4
26	設楽町八幡、東納庫	スギ、ヒノキ、マツ、広葉樹	1-60	2010.5-9
27	設楽町八幡、東納庫	スギ、ヒノキ、マツ、広葉樹	1-60	2010.5-9
28	設楽町東納庫	スギ、ヒノキ、広葉樹	1-36	2010.11-2011.3
29	岡崎市小美町	広葉樹	50-60	2011.9-10
30	岡崎市小美町	広葉樹、竹	50-55	2012.1
31	岡崎市富尾	広葉樹	39-47	2011.10-2012.3
32	豊川市長沢町	ヒノキ	60	2011.5-6
33	新城市大野	ケヤキ、竹	50	2011.12-2012.3
34	新城市作手黒瀬	ヒノキ	70	2012.2

表-2 伐採跡地チェックリスト

場所	チェック項目
当該林分	1.高木性母樹は存在しているか？ (存在していればチェック)
	2.光環境は改善されたか？ (改善されていればチェック)
	3.ササ等の更新阻害要因は除去等されているか？ (除去等されていればチェック)
	4.獣害対策を実施しているか？ (実施していればチェック)
隣接林分	5.高木性母樹は存在しているか？ (存在していればチェック)
	6.ササ等の更新阻害要因はないか？ (なければチェック)
	7.獣害はないか？ (なければチェック)
	8.高木性稚樹は存在しているか？ (存在していればチェック)
	9.萌芽更新は存在しているか？ (存在していればチェック)

隣接林分に関して、該当する項目をチェックした。

(2) 植生調査

各調査地内でランダムに 100 m² (0.01ha) の調査プロットを 1 か所設定し、各プロット内において、天然更新完了基準の対象となる樹高 0.5 m 以上の高木性実生の数をカウントした。本県の地域森林計画書を参考にして、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、カシ類、ナラ類、ホオノキ、クスノキ、サクラ類、カエデ類、シデ類を対象樹種とした。プロット内にこれら実生の合計数が 30 本以上 (3,000 本/ha) であった場合に、天然更新完了基準を満たしたと判断した。

2. 天然林施業の成立要因の検討

上述の 1. の調査データを用いて、①どのような条件ならば天然更新完了基準を満たすのか、また、②9 項目のチェックリストのどの項目が天然更新完了により重要かを、一般化線形モデルを用いて赤池情報量基準 (AIC) に基づくモデル選択によって評価した。一般化線形モデルの応答変数は天然更新の完了・未完了とし、応答変数の誤差構造として二項分布 (リンク関数は logit) を仮定した。一般化線形モデルの説明変数は、①のモデルでは、局所地形、堆積様式、傾斜、斜面方位、標高、土壌型、ニホンジカ密度、チェック数合計とし、②のモデルでは、各チェック項目のチェックの有無とした。ただし、①のモデルにおいて、調査項目とした植被率・群落高は 5 年経過後の結果であるので、モデルに組み込まなかった。

各モデルに対して、ステップワイズ法 (変数減少法) により、AIC が最小となるモデルを最適モデルとして、最適モデル内の各説明変数が天然更新完了確率へ与える影響を評価した。解析には統計解析ソフト R (R project 2017 version 3.4.0) を用いた。

III 結果

1. 伐採跡地での天然更新の実態

(1) 立地環境の把握

調査地の立地環境の概要を表-3 に示した。局所地形は山頂から山脚まで合計 7 条件が含まれた。堆積様式は残積と葡行と崩積の 3 条件が含まれた。傾斜は最低 1°、最大 44° であった。斜面方位は、全 16 方位のうち、北北東以外の 15 条件が含まれた。標高は、最低 60 m、最高 955 m であった。土壌型は BB、Bc、BD(d)、BD の 4 条件が含まれた。植被率は最低 80 %、最大 100 % であった。群落高は最低 1 m、最大 5.5 m であった。シカ密度は最低 1 (≦ 5 頭 km⁻²)、最大 5 (20 頭 km⁻² <) であった。チェックリストのチェック数合計は最低 2 個、最大 8 個であった。

(2) 植生調査

調査した 34 か所のうち 14 か所で天然更新完了基準を満たしていた。一方、残りの 20 か所では、完了基準を満たしていなかった。

2. 天然林施業の成立要因の検討

天然更新完了基準を満たすための条件に関するモデル①の最適モデルに含まれた説明変数は、チェック数合計のみであり、チェック数が増加するにつれて、天然更新完了確率が高くなった (図-2)。チェック数ごとに天然更新完了確率をみると、チェック数が 2 個の場合は 2.5 %、チェック数が 3 個の場合は 8.1 %、チェック数が 4 個の場合は 23.1 %、チェック数が 5 個の場合は 50.7 %、チェック数が 6 個の場合は 77.8 %、チェック数が 7 個の場合は 92.3 %、チェック数が 8 個の場合は 97.6 % であった。

天然更新完了基準を満たす上で特に重要なチェック項目に関するモデル②の最適モデルに含まれた説明変数は、「1. 高木性母樹は存在しているか (当該林分) ?」と「5. 高木性母樹は存在しているか (隣接林分) ?」の 2 項目であり、どちらの項目もチェックした調査地において天然更新完了

表-3 調査地の立地環境

No	局所地形	堆積様式	傾斜(°)	斜面方位	標高(m)	土壌型	植被率(%)	群落高(m)	シカ密度	チェック数合計
1	山脚浸食面	残積	44	W	540	BD	95	1.9	1	8
2	山腹凸型斜面	葡行	34	ESE	270	BD(d)	90	2.0	2	6
3	山脚浸食面	残積	28	WNW	190	BD(d)	80	1.3	1	8
4	山腹平衡斜面	葡行	14	S	800	BD(d)	90	3.5	2	6
5	山腹凸型斜面	葡行	31	WNW	380	BD	80	2.0	1	6
6	山腹凸型斜面	葡行	10	ENE	135	BC	100	3.5	1	5
7	山腹凸型斜面	残積	13	SW	115	BC	100	2.5	1	4
8	山腹凸型斜面	葡行	30	NW	160	BD(d)	100	1.6	1	5
9	山腹平衡斜面	葡行	36	SSW	345	BD	100	4.0	1	5
10	山腹凸型斜面	葡行	35	ESE	910	BC	100	3.0	2	2
11	山脚堆積面	残積	10	NW	550	BD	100	2.5	4	4
12	山腹平衡斜面	葡行	30	ENE	465	BD(d)	100	1.2	1	7
13	山腹凸型斜面	葡行	35	ESE	240	BD(d)	100	5.0	1	3
14	山腹平衡斜面	葡行	35	SSW	620	BD(d)	100	1.0	3	3
15	山腹凸型斜面	残積	22	SW	955	BD(d)	100	1.5	5	4
16	山腹凹型斜面	残積	30	WSW	820	BB	100	1.5	2	3
17	山頂緩斜面	残積	8	NW	350	BD(d)	90	3.0	2	2
18	山頂緩斜面	残積	19	SW	420	BD(d)	90	2.5	2	2
19	山頂緩斜面	残積	19	SW	420	BD(d)	90	2.5	2	4
20	山腹凸型斜面	葡行	18	ENE	328	BD(d)	100	5.0	1	6
21	山腹凸型斜面	葡行	25	NE	149	BD(d)	100	5.5	1	4
22	山腹平衡斜面	葡行	18	SSW	95	BD	100	1.9	3	4
23	山腹凹型斜面	葡行	28	NW	156	BD	100	2.0	3	3
24	山腹平衡斜面	葡行	14	E	111	BD	100	5.0	1	3
25	山腹凸型斜面	葡行	43	WNW	315	BD	100	3.0	3	5
26	山腹平衡斜面	葡行	4	SSE	656	BD	100	2.5	5	5
27	山頂緩斜面	葡行	8	SSW	656	BD(d)	100	3.5	5	4
28	山腹凹型斜面	葡行	20	SE	694	BD(d)	100	1.5	5	4
29	山腹凸型斜面	葡行	27	SE	60	BD(d)	100	4.0	4	6
30	山腹凹型斜面	葡行	32	S	72	BD(d)	90	3.0	4	7
31	山腹平衡面	葡行	21	S	476	BD	100	2.5	1	3
32	山腹平衡面	葡行	12	N	142	BD	100	3.5	3	6
33	山脚堆積面	崩積	1	NNW	82	BD	100	1.6	2	3
34	山脚堆積面	崩積	8	NW	552	BD	100	2.8	4	5

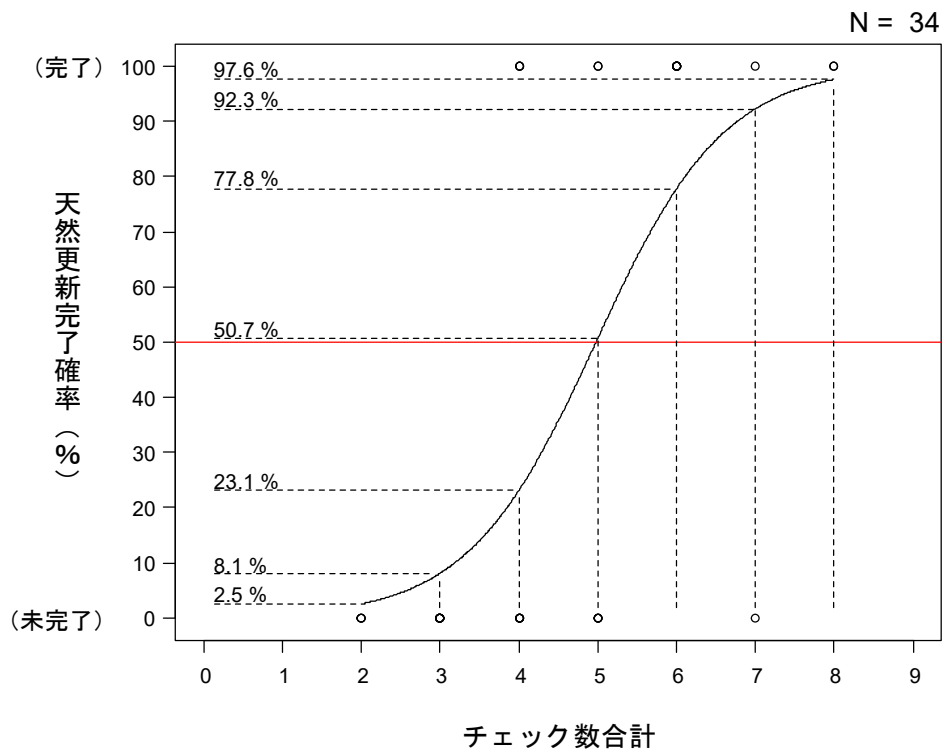


図-2 チェック数合計と天然更新完了確率との関係

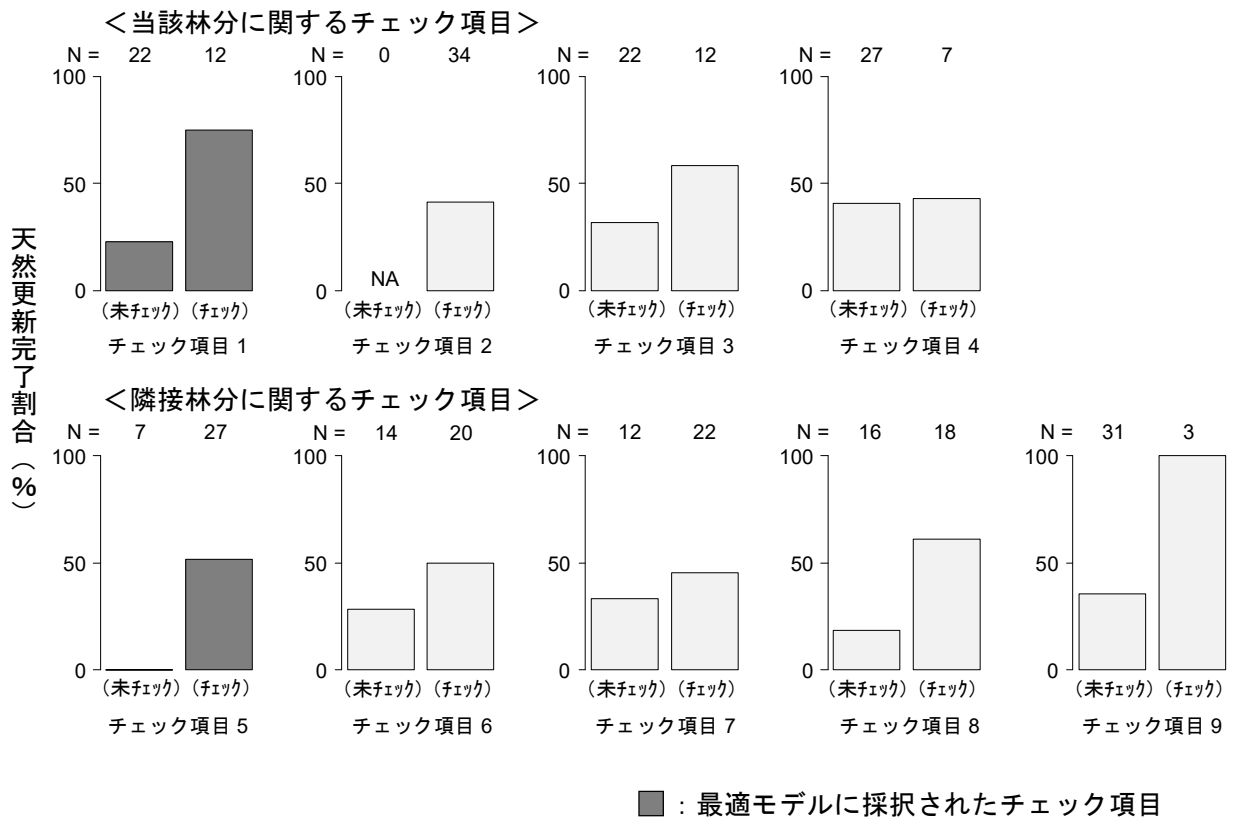


図-3 各チェック項目のチェックの有無と天然更新完了割合との関係

割合が高かった（図-3）。その他のチェック項目については、チェックの有無によって天然更新完了割合が有意に異なる傾向は認められなかったが、チェック項目 2 を除く全てのチェック項目において、チェックした調査地における天然更新完了割合が高かった（図-3）。

IV 考察

まず、どのような条件であれば天然更新完了基準を満たし得るかについて考察する。立地環境等を取り入れたモデル①については、中間報告の段階では、「斜面方位」と「チェック数合計」の 2 つが天然更新完了確率を高める要因として、最適モデルで選択された（江口 2016）。ところが、5 年間の研究期間で得られた調査結果を取りまとめ、改めて解析したところ、天然更新成立確率を高める

要因は「チェック数合計」のみとなった。すなわち、本研究で作成したチェックシートを利用するだけで、伐採地が天然更新可能かどうかを予測することができると考えられる。今回の解析で「斜面方位」が除外された理由としては、もともと効果が小さかったこと（江口 2016）、また、前回の報告で天然更新完了基準を満たす確率が低かった北側斜面においても、中間報告（第 1 報）以降の調査で基準を満たした調査地が確認されたことが挙げられる。いずれにせよ、今回作成した 9 項目のチェックリストのみで天然更新完了確率を評価できるので、本チェックリストは現場でも使いやすいツールになると言える。また、天然更新完了確率は、前回の報告同様、チェック項目数が 5 個で 50 %以上の確率となり（江口 2016）、更に 6 個では 80 %程度、7 個では 90 %を越える確率で天

然更新完了基準を満たすと推定された。これは、チェック項目数が7個以上であれば、天然更新完了基準を極めて高い確率で達成できることを示唆している。

次にチェック項目の中でどの項目が天然更新完了基準を満たす上で特に重要な項目について考察する。前提として、チェック数合計が多いほど天然更新完了確率が高まることが分かっているので、どのチェック項目も基本的には重要であると言える。しかしながら、チェック項目のみの効果を取り入れたモデル②の最適モデルで選択された項目は、

「1. 高木性母樹は存在しているか(当該林分)?」と「5. 高木性母樹は存在しているか(隣接林分)?」の2項目であった。すなわち、当該林分、もしくは隣接林分に高木性樹種の種子供給源である母樹が存在していることが特に重要な項目であると考えることができる。逆に言えば、この項目がチェックされなかった場合は、天然更新による造林は避けるべきである。

以上のことを踏まえて、現場で活用しやすいようチェックシートを更に改良した(図-4)。改良したチェックシートを用いることで、5年経過後にどれくらいの確率で天然更新完了基準を満たし得るかを判定できるだろう。このチェックシートが、伐採後の造林方法として天然更新を選択する際のツールとして活用いただければ幸いである。

しかしながら、一つ注意したいのが、今回の結果は、あくまで本県の地域森林計画書に定められた天然更新完了基準を満たすか否かに着目している点である(伐採後5年経過時点で、一定数の高木性樹種の実生が確保されているか否か)。例えば30年経過後に、成林しているという保証はない。正木(2012)は、高木性樹種が更新して成木の段階まで至るには、更に厳しい条件(実生の密度が20万本/ha以上、かつ競合する植生の除去)をクリアする必要があると指摘している。今回の調査

地においても、本県において定められた基準を満たすだけで、天然更新が成功した(完了した)とは言い切れない可能性がある。そのため、今後、過去に天然林施業が実施された場所の現在の成林状況や、今回調査した場所の長期的なモニタリングを実施することで、天然更新による森林回復手法を確立していく必要があるだろう。

天然更新による森林造成可否のチェックシート（愛知県）

場所	チェック項目	チェック欄①	チェック欄②	
当該 林分	1.高木性母樹は存在しているか？ (存在していればチェック)	/	/	
	2.光環境は改善されたか？ (改善されていればチェック)			
	3.ササ等の更新阻害要因は除去等されているか？ (除去等されていればチェック)			
	4.獣害対策を実施しているか？ (実施していればチェック)			
隣接 林分	5.高木性母樹は存在しているか？ (存在していればチェック)	/	/	
	6.ササ等の更新阻害要因はないか？ (なければチェック)			
	7.獣害はないか？ (なければチェック)			
	8.高木性稚樹は存在しているか？ (存在していればチェック)			
	9.萌芽更新は存在しているか？ (存在していればチェック)			
チェック数		/2	/7	合計 /9

<手順>

- ① チェック欄①をチェック
- ② チェック欄①のチェック数が0/2であれば、天然更新以外を検討
- ③ チェック欄①のチェック数が1/2 or 2/2であれば、チェック欄②へ進む
- ④ チェック欄②をチェック
- ⑤ チェック欄①、②のチェック数の合計を記入

<天然更新完了基準を満たす確率>

チェック数 合計	確率	評価
1~4	≤ 25 %	⇒ 天然更新は避けた方がよい
5	50 %程度	⇒ 天然更新可否は半々
6	80 %程度	⇒ 天然更新による造林は概ね可能
7~9	≥ 90 %	⇒ 天然更新による造林は可能

※本チェックシートは、(国研) 森林総合研究所が作成した広葉樹林化成功のための判定シート(「広葉樹林化」プロジェクトチーム 2012) 及び、愛知県森林・林業技術センター報告「天然更新による伐採跡地の森林回復手法の確立」の研究成果を基にして作成された

「本チェックシートに関するお問い合わせ」

愛知県森林・林業技術センター 技術開発部 森林機能グループ

TEL : 0536-34-0321

E-mail : shinrin-ringyo-c@pref.aichilg.jp

図-4 改良したチェックシート

引用文献

- Abe M, Izaki J, Miguchi H, Masaki T, Nakashizuka T (2002) The effects of Sasa and canopy gap formation on tree regeneration in an old beech forest. *J Veg Sci* 13:565–574
- 愛知県 (2017) 第二種特定鳥獣管理計画 (ニホンジカ管理). 愛知県.
- 赤井龍男 (1993) 低コスト育林技術の開発方向: 人工造林の粗放化と天然更新施業 (<特集>低コスト育林技術の体系化). *森林科学* 7:13–20
- Coates KD (2000) Conifer seedling response to northern temperate forest gaps. *For Ecol Manage* 127:249–269
- 江口則和 (2016) 天然更新による伐採跡地の森林回復手法の確立 (第1報). *愛知県森林・林業技術センター報告* 53:1-5
- 江口則和・小山亜里沙 (2012) 伐採後の成林化に関する研究. *愛知県森林・林業技術センター報告* 49:22–32
- 今博計・渡辺一郎・八坂通泰 (2007) トドマツ人工林における間伐が広葉樹の天然下種更新に及ぼす影響. *日本森林学会誌* 89:395-400
- 「広葉樹林化」プロジェクトチーム (2012) 広葉樹林化ハンドブック2012—人工林を広葉樹林へと誘導するために—. 森林総合研究所四国支所編
- 黒瀬勝雄 (2005) スギ・ヒノキ人工林を広葉樹林に更新する技術の研究. *岡山県林業試験場研究報告* 21:1–13
- 正木隆・佐藤保・杉田久志・田中信行・八木橋勉・小川みふゆ・田内裕之・田中浩 (2012) 広葉樹の天然更新完了基準に関する一考察—苗場山ブナ天然更新試験地のデータから—. *日本森林学会誌* 94:17-23
- 三浦慎吾 (1999) 野生動物の生態と農林業被害—共存の論理を求めて. 全国林業改良普及協会
- R Development Core Team (2017) R: a language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0
- 齊藤哲・猪上信義・野田亮・山田康裕・佐保公隆・高宮立身・横尾謙一郎・小南陽亮・永松大・佐藤保・梶本卓也 (2006) 九州における針葉樹人工林および皆伐後再造林未済地に定着した樹木の本数密度の予測. *日本森林学会誌* 88:482-488
- Saunders MR, Puettmann KJ (1999) Effects of overstory and understory competition and simulated herbivory on growth and survival of white pine seedlings. *Can J For Res* 29:536–546
- 和田覚 (2008) スギ伐採跡地の森林更新技術に関する研究. *秋田県農林水産技術センター森林技術センター研究報告* 18:1–14
- 吉田茂二郎 (2002) 「再造林放棄地」、「未造林地」それとも「天然更新地」. *森林科学* 36:84–85