

# 地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法の開発

古川 仁・増野和彦・竹内嘉江\*

長野県内6か所のマツタケ試験地で、地温・気温・降水量の気象観測、マツタケ子実体の発生調査を行った。その結果、子実体発生に重要な気象条件として、①菌糸体が成熟する8月に一定温度が確保されること、②9月下旬の十分な降水、③原基形成が始まってから地温の再上昇がないことが考えられた。

豊丘村試験地等標高800m程度の試験地では、近年マツタケ子実体の発生時期が遅くなる傾向があり、この原因として秋季の地温低下時期が遅くなっていることが考えられた。標高の高い辰野町試験地にこの傾向はみられなかった。これは辰野町試験地では8月下旬～9月上旬ころに原基形成が始まると推測されるが、この時期の地温は近年も過去もほぼ変化がないためと考えた。

一般に高冷地とされていた長野県の気温も年々上昇し、この気温上昇によりマツタケの生育も影響を受けていると推測される。従来長野県のマツタケ発生林施業では、地温確保の目的で下層植生を全て刈払う方法が推奨されていたが、今後は状況に応じて一部下層植生を残す施業も必要と考えた。

今後、原基形成に適した期間が短くなる可能性が考えられ、この短くなる原基形成期に十分な水分を与えることがマツタケ山持続のためには重要、と考えた。そのため降水を確実に土壌内へ流下させるための腐植除去や、散水も今後検討する必要がある。

キーワード：マツタケ、原基形成、マツタケ発生林施業、気象条件、地球温暖化

## 目次

- 1 緒言
- 2 近年のマツタケ発生状況と気象条件
  - 2.1 目的
  - 2.2 試験地及び調査方法
    - 2.2.1 試験地
    - 2.2.2 マツタケ発生調査
    - 2.2.3 気象観測
  - 2.3 結果と考察
    - 2.3.1 マツタケ発生状況と気象条件
      - (1) 2010年(平成22年)
      - (2) 2011年(平成23年)
      - (3) 2012年(平成24年)
      - (4) 2013年(平成25年)
      - (5) 2014年(平成26年)
      - (6) 2010年～2014年(平成22年～26年)
- 3 過去から現在におけるマツタケ発生状況と気象条件
  - 3.1 目的
  - 3.2 試験地及び調査方法
  - 3.3 結果と考察
    - 3.3.1 マツタケ産地近隣での気温変動
    - 3.3.2 豊丘村試験地におけるマツタケ収穫日及び気象条件の変化
    - 3.3.3 マツタケ試験地における収穫日の変化
    - 3.3.4 辰野町試験地における過去の地温推定

## 4 地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法(総合考察)

- 4.1 気温上昇時のマツタケ山施業
- 4.2 原基形成時の水分供給

## 1 緒言

長野県のマツタケ生産量は、平成18年以降全国一位を維持している。マツタケを含む栽培きのこ類生産額が、長野県では林業産出額の約9割を占める現在<sup>1)</sup>、高価格で取引されるマツタケの存在は極めて大きい。長野県がマツタケ生産量一位となる以前、マツタケの生産量は広島県などの西日本各地が多かった(表-1)<sup>2,3)</sup>。その中で長野県の生産量順位が上昇したのは、生産者らによるマツタケ林環境整備の影響も大きいですが、マツ材線虫病拡大による西日本地域のマツ林衰退など<sup>4,11)</sup>が原因と考えられている。更に、年々顕著になる地球温暖化による気候変動も、今後のマツタケ生産には重要な要因になると思われる。マツタケの生産量は年による変動が非常に大きく、その原因はその年の気象条件が大きく影響するためとされている<sup>5-7)</sup>。今後も地球温暖化による気候変動が予測される中<sup>8)</sup>、長野県がマツタケ生産地として持続するためには、起こりつつある気候変動に対応したマツタケ発生林施業が重要である。

ここでは「2 近年のマツタケ発生状況と気象条件」

\*元長野県林業総合センター特産部

で長野県のマツタケ山を取り囲む現状について、近年5年間の調査結果から考察し、「3 過去から現在におけるマツタケ発生状況と気象条件」で、過去に収集したデータから現在に至る状況について解析する。そしてこれら結果から予想される将来の状況に適したマツタケ山の維持管理について、「4 地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法(総合考察)」で検討する。

なお、本研究は県単課題「地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法の開発(H.22～H.26)」,及び長野県特用林産振興会との共同研究,「マツタケ・ハナイグチ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化調査試験(H.22～H.26)」の一部として実施した。

## 2 近年のマツタケ発生状況と気象条件

### 2.1 目的

マツタケ子実体の発生には気象条件が大きく影響する<sup>5-7)</sup>とされている。しかし、その詳細については不明な点も多い。そのため長野県内複数のマツタケ山において、子実体の発生状況と気象条件の関係を明らかにする。

### 2.2 試験地及び調査方法

#### 2.2.1 試験地

試験地を表-2に示した。豊丘村及び辰野町試験地は昭和55年に、マツタケ発生のための環境整備(表-3)を行い、その後継続調査を実施している試験地である。他の4試験地は県内各地でのマツタケ発生状況を把握するモニタリング調査地である。

表-1 マツタケ産地と生産量

1965年(S.40)			1975年(S.50)			1985年(S.60)			2014年(H.26)		
順位	府県名	生産量(t)	順位	府県名	生産量(t)	順位	府県名	生産量(t)	順位	府県名	生産量(t)
1	広島県	392	1	広島県	208	1	広島県	228	1	長野県	34.9
2	兵庫県	215	2	京都府	182	2	岡山県	171	2	岩手県	3.5
3	岡山県	196	3	岡山県	151	3	京都府	148	3	岡山県	1.5
4	京都府	189	4	岐阜県	60	4	岐阜県	56	4	和歌山県	0.7
5	三重県	38	5	兵庫県	25	5	兵庫県	47	5	石川県・京都府	各0.4
10	長野県	17	6	長野県	21	8	長野県	25			
	全国	1291			774			820			42.1

まつたけ増産のてびき(1987),平成26年特用林産基礎資料より一部改変

表-2 長野県内のマツタケ試験地

名称	場所	標高(m)	地形	斜面方位	試験地設定(年)
豊丘村試験地	下伊那郡豊丘村神稲	790	尾根～中腹	南西	1980(S.55)
辰野町試験地	上伊那郡辰野町小野	980	尾根～中腹	南西	1980(S.55)
上田市試験地	上田市別所温泉	800	尾根	北	1991(H.3)
松川町A試験地	下伊那郡松川町生田	740	尾根～中腹	南	1991(H.3)
松川町B試験地	下伊那郡松川町生田	750	尾根～中腹	南西	2005(H.17)
松本市試験地	松本市取手	710	尾根～中腹	南	2009(H.21)

表-3 試験地設定時の施業内容

試験地名	区分	上層木の処理								下層植生の処理	A <sub>0</sub> 層の処理
		施業前				施業後					
		林齢 (年)	平均 樹高(m)	平均胸高 直径(cm)	立木密度 (本/ha)	平均 樹高(m)	平均胸高 直径(cm)	立木密度 (本/ha)	収量比数 (Ry)		
豊丘村	対照区				3,700	11	-	3,700	0.88	無処理	無処理
	施業区	17~32	10	10.9	3,700	11	13.7	1,925	0.75	全刈り	土壌表面まで 掻き取り
辰野町	対照区				1,500	5	-	1,500	0.30	無処理	無処理
	施業区	17~18	5	7.6	1,500	5	7.6	1,500	0.30	全刈り	土壌表面まで 掻き取り

表-4 各試験地における気象観測機器

名称	地温、気温測定機器及び使用期間				降水量測定場所及び機器
	試験地設定時 ~2002年	2003年 ~2012年	2013年~		
			地温	気温	
豊丘村試験地	7日巻自記記録計	TR-72 <sup>*1</sup>	TR52i <sup>*1</sup>	TR-51 <sup>*1</sup>	試験地林内での転倒升型機器及びRF-3 <sup>*1</sup> による自動計測
辰野町試験地	7日巻自記記録計	TR-72	TR52i	TR-51	試験地から300m以遠の林外、メスシリンダーによる人力測定
上田市試験地	7日巻自記記録計	TR-72	TR52i	TR-51	直近のアメダス「鹿教湯」データを使用
松川町A試験地	7日巻自記記録計	TR-72	TR52i	TR-51	試験地から約200m以遠の松川町B試験地データを使用
松川町B試験地	-	TR-72 <sup>*2</sup>	TR52i	TR-51	試験地林内での転倒升型機器及びRF-3による自動計測
松本市試験地	-	TR-72 <sup>*3</sup>	TR52i	TR-51	試験地林内での転倒升型機器及びRF-3による自動計測

\*1) T&amp;D社製、\*2) 2005年から、\*3) 2009年から

### 2.2.2 マツタケ発生調査

試験地内に発生したマツタケ子実体は、発生位置を着色ピンで試験地に標示後、採取し生重量を記録した。子実体の採取時期は、傘の膜が切れる直前のつぼみ状態を基本とした。なお各試験地には管理人が常駐し、子実体発生時期にはほぼ毎日試験地内を巡回、調査した。

### 2.2.3 気象条件調査

各試験地では地下 10 cm深での地温、地上高 10 cmでの林内気温の測定を行った。更に試験地及びその近隣で降水量を測定した。測定方法、機器等については表-4 に示した。

## 2.3 結果と考察

### 2.3.1 マツタケ発生状況と気象条件

表-5 試験地のマツタケ発生状況

試験地	年	発生量			長野県 生産量 (t)	
		本数		生重量 (g)		個重 (g)
		(本)	平年比(%)			
辰野町	2010(H.22)	36	352.9	1,876	52.1	85.1
	2011(H.23)	1	9.8	80	80.0	13.9
	2012(H.24)	0	0.0	0	-	4.9
	2013(H.25)	7	68.6	368	52.6	29.0
	2014(H.26)	15	147.1	449	29.9	34.9
	平年値*	10.2		398.1	39.0	26.7
豊丘村 (施業区)	2010(H.22)	634	317.8	27,580	43.5	
	2011(H.23)	194	97.2	8,725	45.0	
	2012(H.24)	64	32.1	1,960	30.6	
	2013(H.25)	83	41.6	3,850	46.4	
	2014(H.26)	282	141.4	14,890	52.8	
	平年値	199.5		8,818	44.2	
上田市	2010(H.22)	26	366.2	1,840	70.8	
	2011(H.23)	6	84.5	620	103.3	
	2012(H.24)	0	0.0	0	-	
	2013(H.25)	1	14.1	40	40.0	
	2014(H.26)	5	70.4	190	38.0	
	平年値	7.1		495.5	69.8	
松川町A	2010(H.22)	298	298.0	10,308	34.6	
	2011(H.23)	117	117.0	6,031	51.5	
	2012(H.24)	8	8.0	430	53.8	
	2013(H.25)	38	38.0	1,550	40.8	
	2014(H.26)	179	179.0	9,483	53.0	
	平年値	100.0		4,151	41.5	
松川町B	2010(H.22)	281	331.8	19,463	69.3	
	2011(H.23)	122	144.0	7,946	65.1	
	2012(H.24)	22	26.0	1,082	49.2	
	2013(H.25)	68	80.3	5,766	84.8	
	2014(H.26)	163	192.4	13,301	81.6	
	平年値	84.7		5,749.1	67.9	
松本市	2010(H.22)	63	166.7	2,188	34.7	
	2011(H.23)	33	87.3	842	25.5	
	2012(H.24)	59	156.1	1,468	24.9	
	2013(H.25)	19	50.3	709	37.3	
	2014(H.26)	15	39.7	555	37.0	
	平年値	37.8		1,152.4	30.5	

\*平年値：平成17年～26年の10年間の平均値。ただし松本市試験地は設定が平成22年のため、設定以降5年間の平均値。

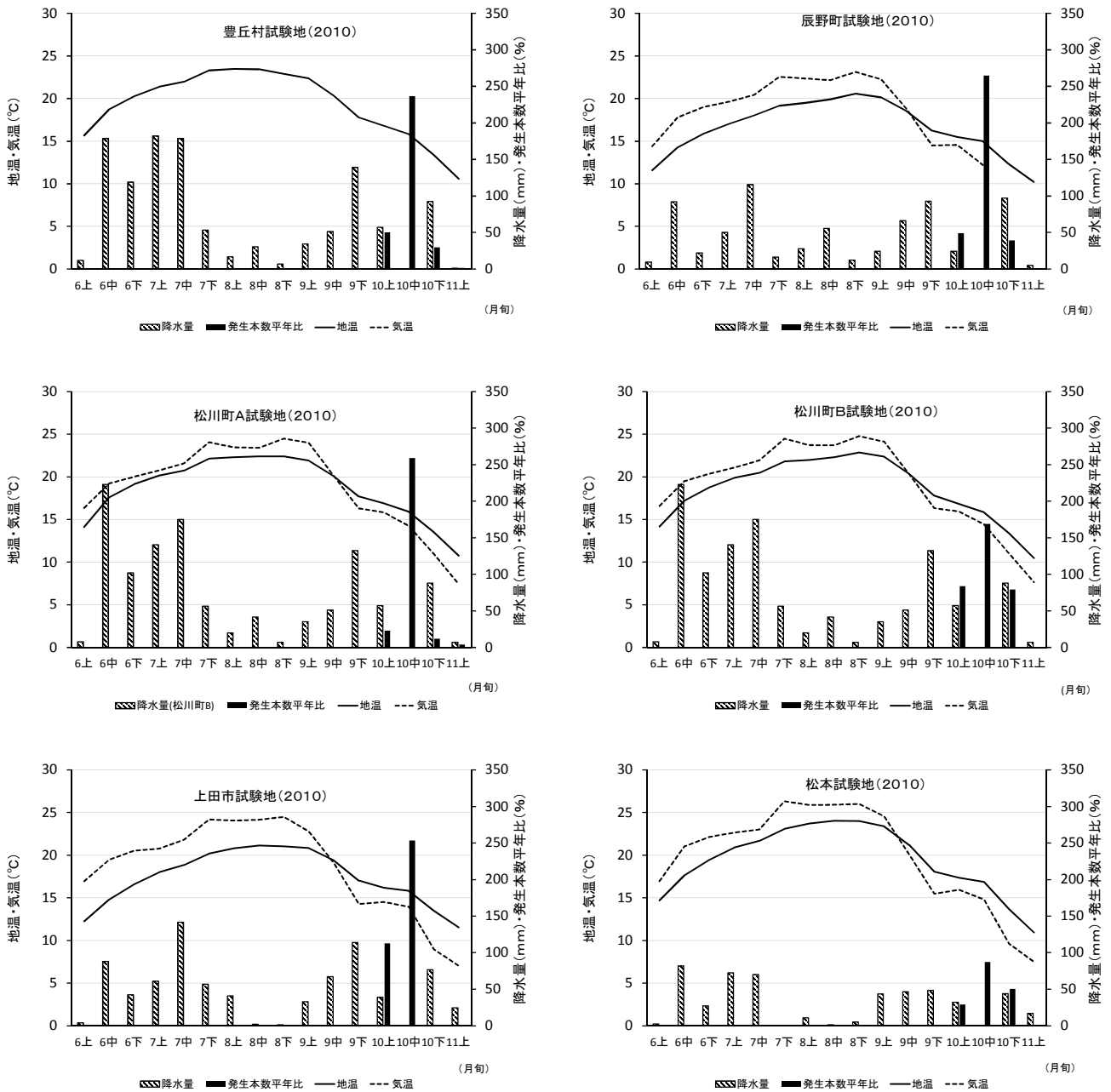


図-1 マツタケ試験地における気象条件と発生状況 (2010年)

欠測資料 豊丘村試験地：気温（全期間）、辰野町試験地：気温（10/11以降）

表-5 に試験地毎のマツタケ子実体発生状況を示した。各試験地とも年による発生量の変動が著しいが、2010年は全ての試験地で5年の調査期間中最多の発生量となった。2010年は長野県内の生産量も過去最高となり、また全国的にもマツタケ大豊作の年とされた。一方2012年は、松本市試験地以外の5試験地では最も発生量の少ない年であった。同様に長野県内の生産量も期間中最も少ない年となった。これら年による発生量の差異は各年

の気象条件による影響と考えられるが、以降、図-1～5に各試験地での観測結果を示し、年毎に考察する。

(1) 2010年（平成22年）

この年は全国的に大豊作と言われる年で、長野県も85.1tと昭和20年以降の記録<sup>4,11)</sup>では最大の生産量となった。

各試験地でも平年に対して167～366%と発生量が多かった(図-1)。

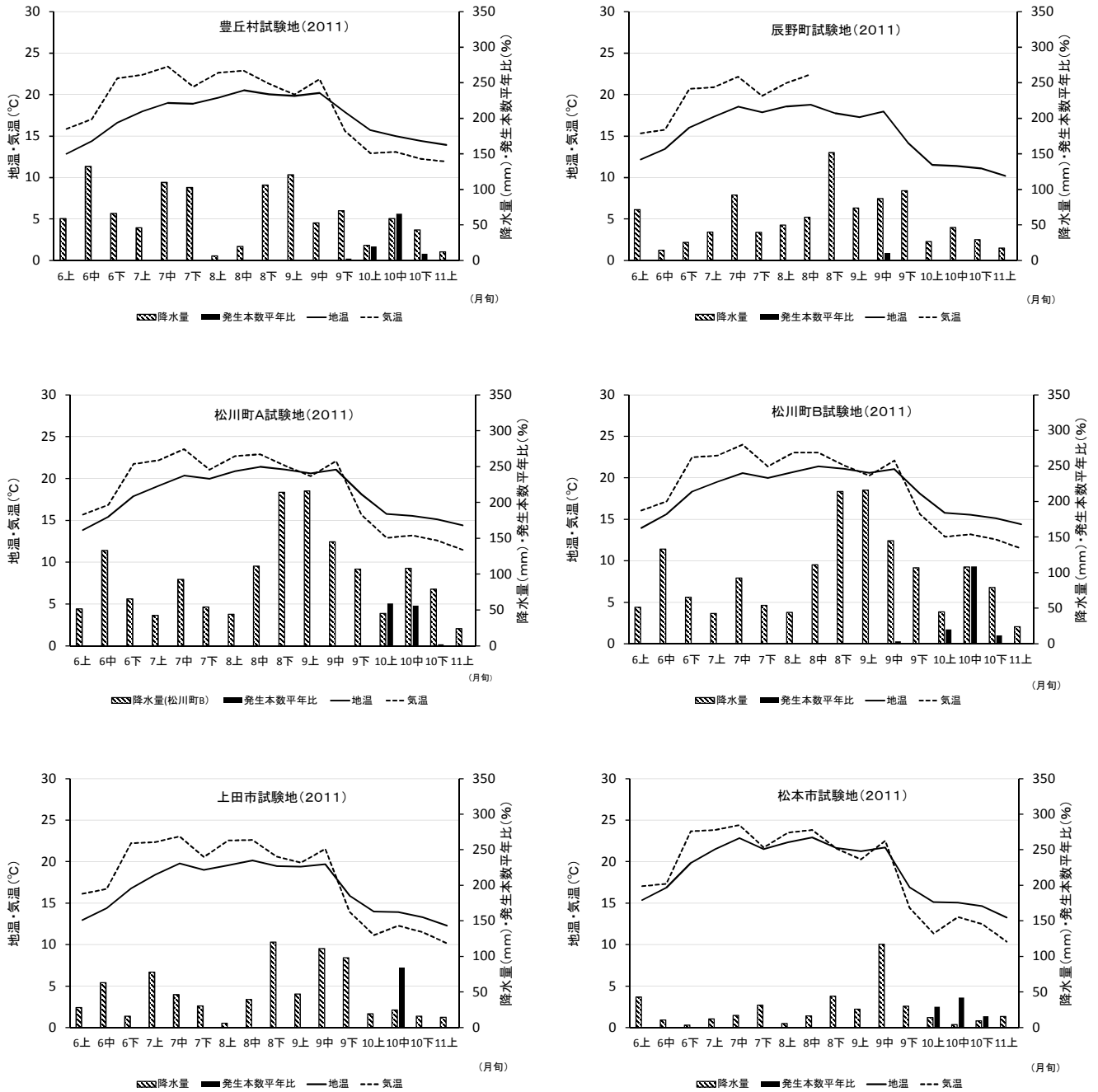


図-2 マツタケ試験地における気象条件と発生状況 (2011年)

欠測資料 辰野町試験地: 気温 (8/16以降)

2010年は8月までの気温は比較的高く、暑い夏であったが、9月に入ると気温は急激に下がりはじめ、マツタケの原基形成を阻害<sup>9,10)</sup>するとされる残暑のぶり返しはなかった。この順調な気温低下に伴い、地温もなだらかに低下し、更に9月下旬には松本市試験地を除き、100mm程度以上の降水があった。この原基形成期間と9月下旬の降水がタイミング良く結びつき、この後の多量の発生

に至ったと推測される。また、松本市試験地のみ9月下旬の降水量が50mm程度と、他の試験地に比べ少なかったことが、他の5試験地は年平均300%程度以上の発生量となる中、松本市試験地のみ167%と低調であった原因と考えた。

(2) 2011年 (平成23年)

この年長野県内の生産量は13.9tと半年の半分程度であった。これは7月下旬から気温の低い日

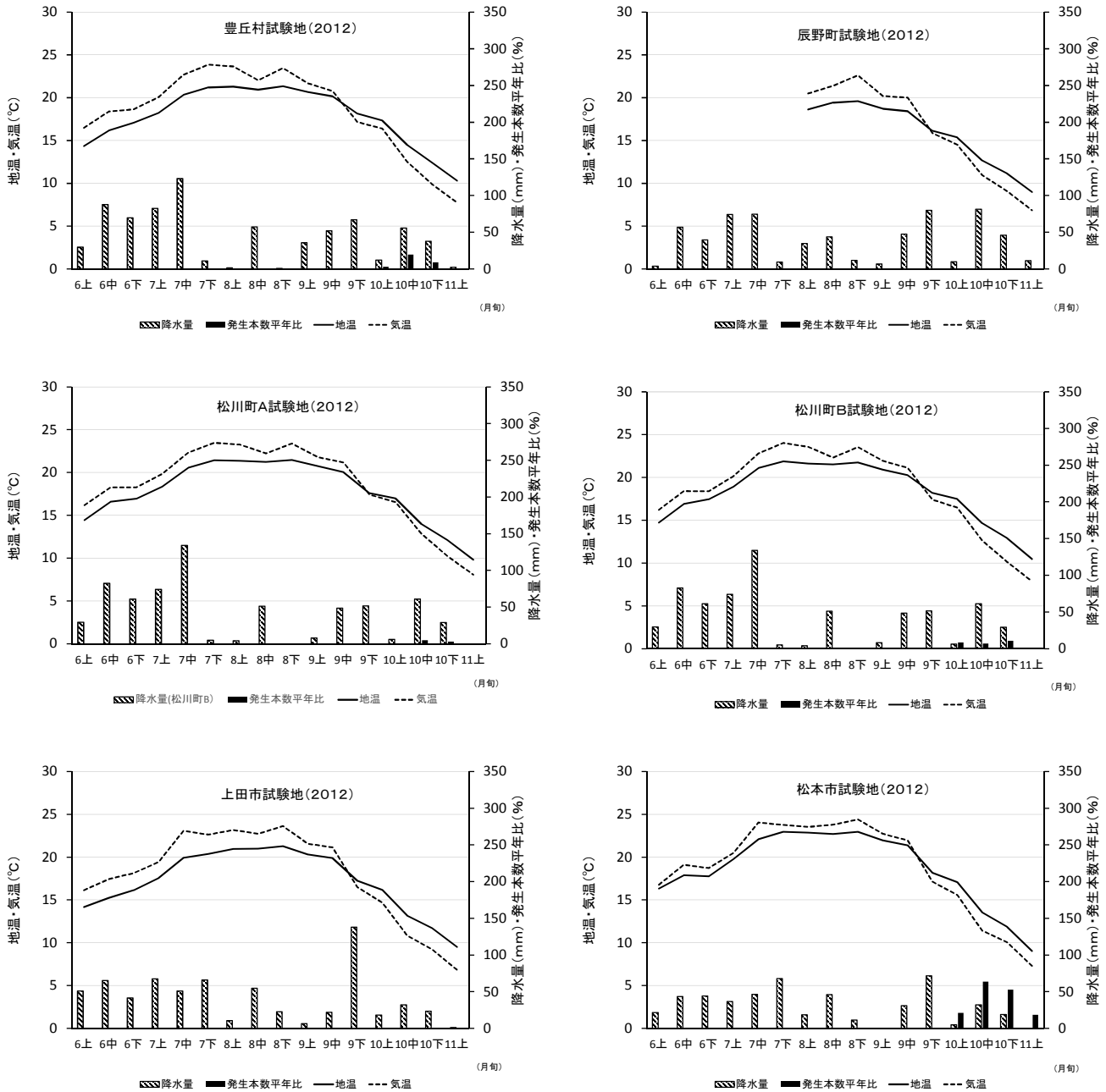


図-3 マツタケ試験地における気象条件と発生状況 (2012年)

欠測資料 辰野町試験地: 気温, 地温 (8/6 以前)

が多く、その後大して気温が上がらないまま秋となり、夏の間にはマツタケ菌糸体が十分に成熟出来なかったことが要因と考えた。また9月中旬には気温の再上昇、いわゆる残暑のぶり返しがあり、既に原基形成が始まっていた高標高地などではこの影響により原基が死滅し、発生不良につながったと考えられる。この状況を試験地データ(図-2)でみると、6試験地のうち最も標高の高い辰野町試験地(980m)では9月上中旬にかけて地温18℃前後で上下動している。この温度域では既に原基形成が始まっていたと考えられるので、この時期

の温度変動が原基の死滅につながり、特に辰野町試験地では平年の10%程度の発生量となったと考えられる。一方、辰野町試験地以外の5試験地でも、9月中旬の気温再上昇は明瞭で、このことに連動し、わずかな地温の再上昇も確認できる。ただしこの時期の地温は20℃程度又はそれ以上であり、原基形成前であった可能性があり、温度上昇による原基死滅が避けられ、辰野町試験地ほどの発生量低下は回避できたと考えられる。

### (3) 2012年(平成24年)

この年長野県内の生産量は4.9tと、昭和20年

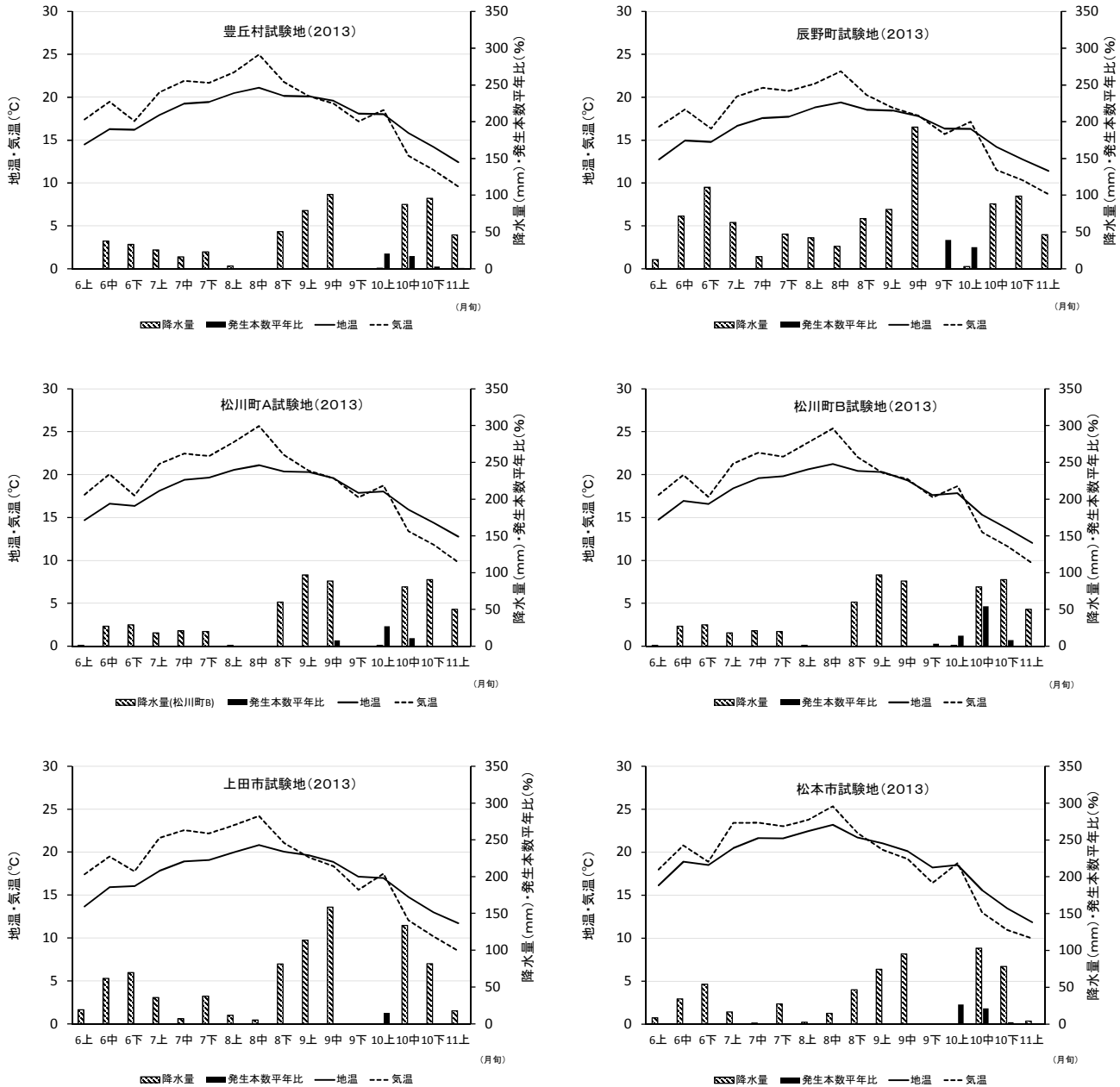


図-4 マツタケ試験地における気象条件と発生状況 (2013年)

以降では過去3番目に少なかった。この原因の一つとしては、9月から10月上旬にかけての少雨が考えられる。二つ目の原因としては、9月中旬まで比較的暑い日が続き、その後急激に気温が下がったため、マツタケの原基形成に適する温度帯(地温 12℃～19℃程度<sup>4,11)</sup>)の期間が例年に比べ短かったことによると考えられる(図-3)。

各試験地においても松本市試験地を除き、収穫量は平年を下回った(表-5)。松本市試験地では対平年比 156%の収穫量となったが、管理人への聞き取りから、9月下旬から10月上旬にかけてシロ周辺へ散水を行ったことが確認された。詳細なデ

ータはなく、発生との明確な関連性は明らかに出来ないが、散水による効果はマツタケ生産者の間でも認識<sup>4,10,11)</sup>されており、平年に比べ収量が得られたことは、散水による効果の可能性とも考えられる。

(4) 2013年(平成25年)

長野県内の生産量は 29.0 t とほぼ平年並みであった。この年は8月下旬から順調に気温が低下し、大きな残暑のぶり返しもなかった。但し9月下旬から10月上旬にかけて降水が少なく、発生量に影響が生じた地域も見受けられた。

各試験地の降水量も9月下旬から10月上旬は



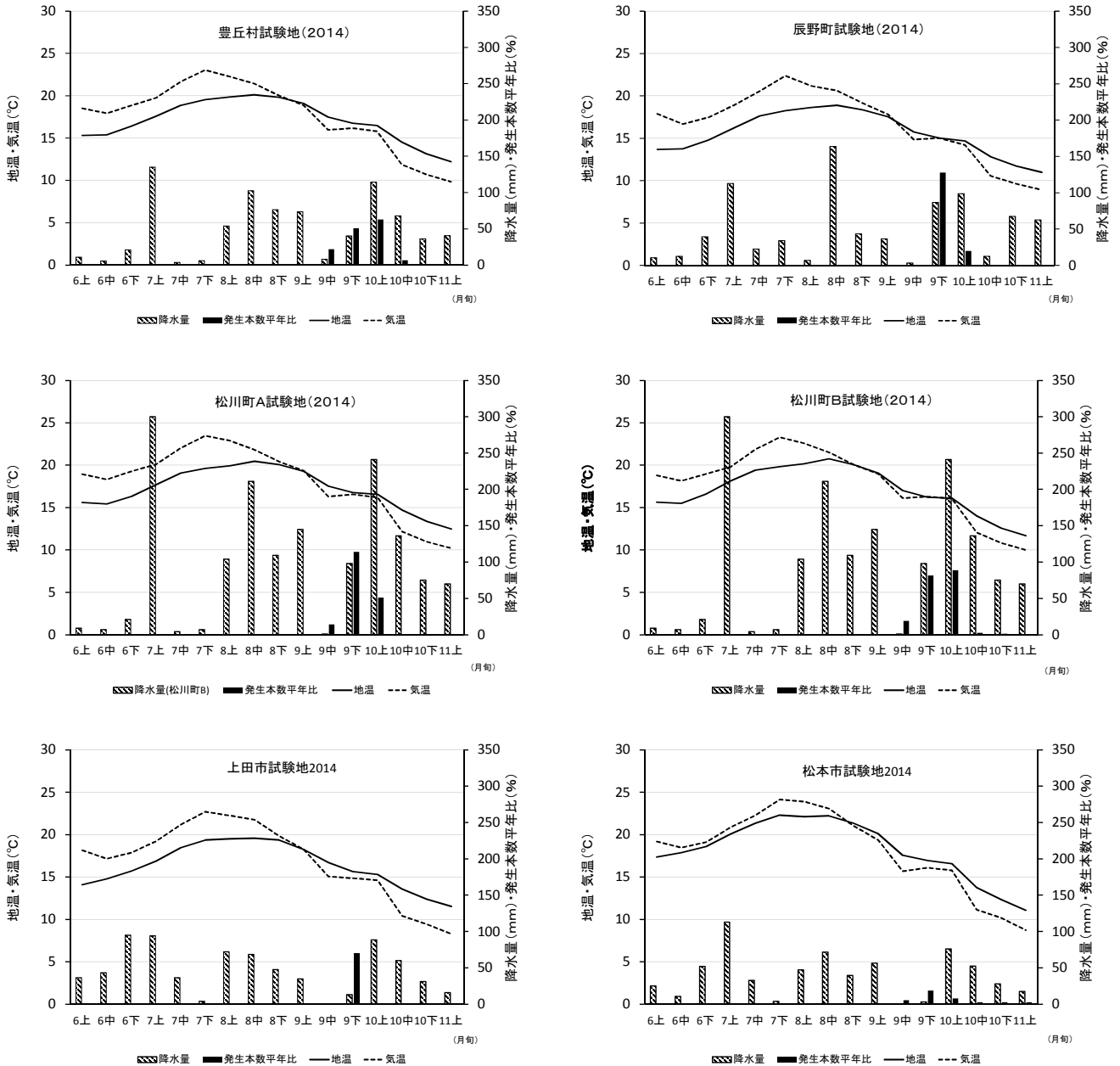


図-5 マツタケ試験地における気象条件と発生状況 (2014年)

極端に少なかった (図-4)。また、この9月下旬から10月上旬には地温が既に19°Cを下回っていることから、原基形成期に入っていたと推定される。よって、この時期の少雨が原因となって各試験地での発生量は平年を下回った、と考えた。なお、10月上旬には気温、地温が上昇したが、観測値には地温が19°C以上まで再上昇した記録はなく、地温の再上昇による原基死滅はなかったと考えられる。このことから各試験地で発生量が平年に比べ少なかったことは、9月下旬から10月上旬にかけ

ての少雨が原因と結論した。

(5) 2014年 (平成26年)

長野県内の生産量は34.9tと平年を3割程度上回る数値となった。8月に入ると気温が低下をはじめ、早い秋の訪れを感じさせた。県内では降水量に地域差が大きく生じ、十分な降水が確保された南信地域での発生は比較的多かった。

図-5によると、辰野町、豊丘村、松川町にある4試験地では9月下旬から10月上旬にかけて100mmを超える降水が確保され、発生量も平年の

約 141%から 192%となっているが、この時期に降水量の少なかった上田市、松本市の両試験地での発生量は平年を大きく下回った。

(6) 2010年～2014年

期間を通じて考察すると、秋季の子実体発生に重要な点は、①シロが成熟するとされる8月<sup>2,9)</sup>に一定温度が確保されること。②原基形成期の9月下旬に十分な降水があること。③原基死滅を起こさせない地温の再上昇がないこと、と考えた。これらは既報<sup>2,9)</sup>と同様であった。また豊丘村試験地における過去33年分の降水量と発生本数の関係を表-6に示すが、9月下旬の降水量と発生量にも緩やかな正の相関( $r=0.60$ )がみられ、この点からも子実体の多量発生には9月下旬の降水量が重要と考えられる。

表-6 豊丘村試験地の降水量とマツタケ発生本数

西暦年	元号年	降水量(a)					マツタケ発生本数(b)
		8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	
1982	S.57	9.0	113.0	199.0	33.0	26.3	327
1983	S.58	20.2	24.0	23.0	255.0	53.2	424
1984	S.59	36.0	12.0	57.0	1.0	4.0	110
1985	S.60	37.0	36.0	9.0	108.0	21.0	341
1986	S.61	22.5	19.0	44.0	21.0	17.0	248
1987	S.62	21.0	16.0	0.0	66.0	4.0	154
1988	S.63	9.0	69.0	55.0	271.0	72.0	592
1989	H.元	71.0	251.0	132.0	22.0	50.0	163
1990	H.2	3.0	5.0	147.0	72.0	67.0	228
1991	H.3	25.0	1.0	264.0	23.0	168.5	413
1992	H.4	13.0	0.0	13.0	40.0	76.0	3
1993	H.5	6.0	155.0	43.0	42.0	70.0	344
1994	H.6	10.0	7.0	21.0	43.0	0.5	74
1995	H.7	20.0	2.0	91.0	9.0	67.4	171
1996	H.8	90.5	52.0	77.0	86.0	76.0	382
1997	H.9	2.0	38.0	23.0	28.0	12.0	158
1998	H.10	74.0	12.0	48.0	42.0	20.5	314
1999	H.11	0.5	10.0	13.0	131.0	14.0	122
2000	H.12	1.0	19.0	239.0	45.0	30.5	304
2001	H.13	37.0	50.0	4.0	20.0	134.5	82
2002	H.14	1.9	114.0	19.0	36.0	126.7	150
2003	H.15	71.9	16.0	14.0	171.0	4.0	241
2004	H.16	61.4	96.0	1.0	114.0	224.0	280
2005	H.17	94.6	83.0	6.0	1.0	55.2	35
2006	H.18	37.6	39.0	87.0	5.0	51.2	65
2007	H.19	72.3	50.0	82.0	77.0	41.5	368
2008	H.20	157.3	0.0	49.0	138.0	23.6	191
2009	H.21	7.8	19.0	62.0	29.0	99.8	81
2010	H.22	6.8	34.0	51.0	139.0	57.0	634
2011	H.23	105.9	121.0	53.0	70.0	21.2	194
2012	H.24	0.5	36.0	52.0	67.0	12.0	64
2013	H.25	50.5	79.0	101.0	0.0	0.5	83
2014	H.26	40.0	115.0	68.0	36.0	40.5	282
aとbの相関係数		-0.05	0.05	0.25	0.60	0.16	

3 過去から現在におけるマツタケ発生状況と気象条件

3.1 目的

今後のマツタケ山での気象条件の変化を検討するため、データ蓄積のある過去から現在までの状況を解析することで、今後の傾向が予測されると

考えた。そこで本項は過去から現在におけるマツタケ山の気象条件、子実体発生状況について解析する。

3.2 試験地及び調査方法

試験地は、データ蓄積が最も多い「豊丘村試験地」「辰野町試験地」の2地点を主に、補足的に「上田市試験地」「松川町A試験地」(表-2)とした。

調査方法は「2.2.2 マツタケ発生調査」及び「2.2.3 気象観測」に示した。また、各種解析に用いたデータは、気象庁ホームページ(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>)にあるデータも用いた。

3.3 結果と考察

3.3.1 マツタケ産地近隣での気温変動

過去100年以上にわたり気温観測を継続している気象庁観測データから、マツタケ産地に近い観測点の気温を調べた。長野県内は「飯田」及び「松本」、そして県外は「京都」を観測点とした(図-6)。従来から地球規模での気温上昇が報告<sup>8)</sup>されているが、図-6によるとマツタケ産地の近隣でも確実に気温が上昇していることが明白である。当然この上昇した気温は、マツタケ菌の生育環境である地温にも影響を与え、更にマツタケ菌自身にも何らかの影響を与えていると思われる。

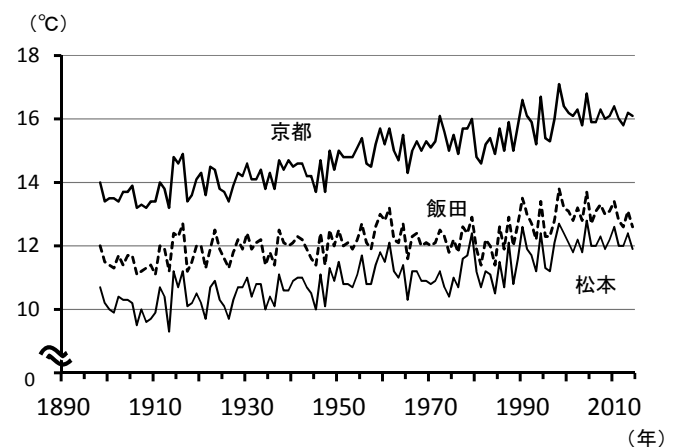


図-6 マツタケ主要産地近隣における年平均気温の変化  
\*気象庁観測値から

3.3.2 豊丘村試験地におけるマツタケ収穫日及び気象条件の変化

豊丘村試験地のマツタケ収穫日について、毎年初めて収穫された日を収穫初日、最後に収穫された日を収穫終日、この初日と終日の期間を年毎に図-7に示した。

図-7によると収穫初日や収穫期間は年により

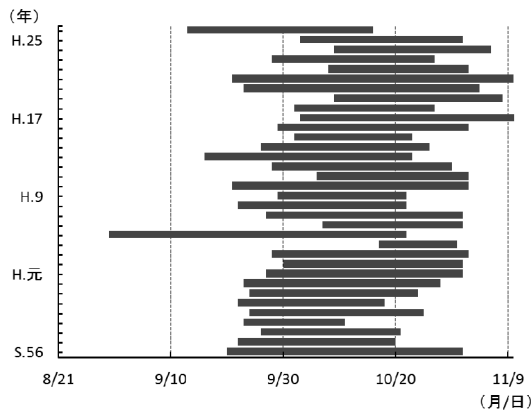


図-7 豊丘村試験地における  
マツタケ子実体収穫期間

表-7 マツタケ子実体収穫初日，最多収穫日，  
収穫終日の年変化（豊丘村試験地）

年	収穫初日	最多収穫日	収穫終日
S.56～H.2平均	9/24	10/7	10/24
H.3～H.12平均	9/27	10/10	10/29
H.13～H.22平均	9/29	10/11	11/2

大きく変化している。これはマツタケ子実体の発生自身が気象条件に左右されているためと考えられる。ただし、収穫初日が近年遅くなる傾向が図-7 から読み取れる。そこで収穫初日について10年毎に平均した結果を表-7に示す。なお、収穫期間で子実体本数が最も得られた日を最多収穫日とした。

表-7によると近年収穫初日，最多収穫日，収穫終日の全ての項目でその起日が遅くなる傾向がみられた。この原因として気象条件の変化が考えられたので、「地温の変動に伴い、収穫初日等が遅くなっている。」との仮説を立て、地温の検証を行った。但し表-7に示す収穫初日等の変動はどれも数日程度と僅かなため、仮説通り地温の変動があっても、昭和56年～平成22年の間のみでは僅かな変動で、検出が難しいと考えた。

そこで地温の検討は極力長期間のデータが必要と考え、豊丘村試験地設定以前からの地温を推定する方法について、先ず検討した。

過去から長期間の気象データ蓄積先として、豊丘村試験地から直線距離で約12km離れた気象庁「飯田」観測点のデータに着目した。「飯田」の気温データと豊丘村試験地の地温データについて、それぞれ毎年8月1日から11月10日における日

平均値から、10日毎（旬毎）の平均値を求め、その関係を図-8に示した。

なお、期間を8月1日から11月10日としたのは、子実体発生に関連する原基形成期直前から子実体発生終了の頃としたためである。

図-8によると「飯田」の気温と豊丘村試験地の地温とに高い正の相関関係がみられ、この一次式から豊丘村試験地における試験地設定以前の地温を推定した。

$$y = 0.6649x + 4.347 \quad r = 0.9585$$

x: 「飯田」気温

y: 「豊丘村試験地」地温

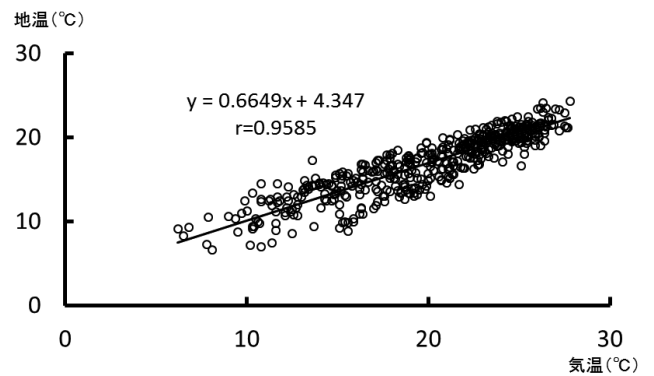


図-8 気象庁「飯田」の気温と  
豊丘村試験地の地温の関係

次に推定値と実測値から毎年10日毎（旬毎）の平均地温を算出し、更に20年分毎の平均地温を求め図-9に示した。図-9によると、8月下旬から10月中旬にかけては近年20年間（H.3～H.22）の地温が、平成2年以前と比較すると明らかに高い。ただし10月下旬以降、昭和6年～昭和45年にか

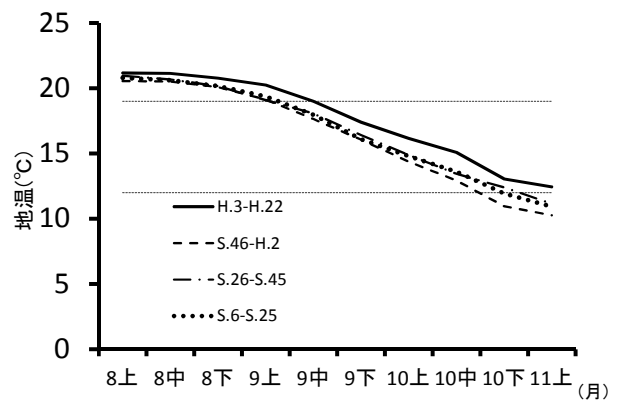


図-9 豊丘村試験地における夏季から  
秋季における地温の変化

\*一般に原基形成が起きるとされる12°C、19°Cを破線で示した。

けてはほぼ同様な推移を維持しているが、近年 40 年間 (S. 46~H. 22) の 2 つの階級 (S. 46~H. 2, H. 3~H. 22) は最低と最高で推移している。つまり 10 月下旬以降の地温について、近年 40 年間の推移に一定傾向はなく、今後の傾向は予想できない。

このことから、一般に言われる 12℃から 19℃の範囲で原基形成が起こる<sup>4,11)</sup>と仮定した場合、近年は原基形成が始まる時期が遅くなり、今後もこの傾向が続く可能性はある。一方原基形成が終了する時期については予想できないが、最悪の可能性としてはこの原基形成終了時期が早まるか、変化しないことが考えられる。つまり、今後原基形成に適した地温の期間が短くなることが考えられ、その通りになった場合のマツタケ山施業について検討する必要があると考えた。

3.3.3 マツタケ試験地における収穫日の変化

「3.3.2 豊丘村試験地におけるマツタケ収穫日及び気象条件の変化」では豊丘村試験地におけるマツタケ収穫日の変化について考察した。豊丘村試験地は 30 年分以上のデータ蓄積があり、そのデータで一定の傾向を見出せた。そこで次に長期間にわたる 24 年分のデータ蓄積がある辰野町、上田市、松川町 A 試験地について検討した。なお、辰野町試験地の設定は昭和 55 年であるが、子実体発生が初めて確認されたのが平成 2 年のため、収穫に関するデータ蓄積は 24 年分である。

各マツタケ試験地の収穫初日を表-8 に示した。表-8 によると豊丘村、上田市、松川町 A 試験地で収穫初日が遅くなる傾向がみられ、辰野町試験地のみは一定の傾向はみられなかった。

上田市、松川町 A 試験地については前項「3.3.2」で考察した豊丘村試験地同様、地温変動による原基形成開始期の遅れが推測された。

3.3.4 辰野町試験地における過去の地温推定

表-8 において辰野町試験地のみ収穫初日に変化等、一定の傾向が見られない原因を解明するため、過去から現在に至る辰野町試験地の地温について検討を行った。

表-8 長野県内各試験地におけるマツタケ収穫初日

年	豊丘村	辰野町	上田市	松川町A
S.56~H.2平均	9/24	-	-	-
H.3~H.10平均	9/27	9/26	9/20	9/29
H.11~H.18平均	9/29	9/18	10/2	10/9
H.19~H.26平均	9/30	9/23	10/4	10/4

辰野町試験地に比較的近く、長期間観測を行っている気象観測点は「辰野」(試験地から南へ約 5 km)と「諏訪」(試験地から東へ約 12km)であり、それぞれ観測点の気温と辰野町試験地の地温の相関関係を次に示した。

「辰野」気温と辰野町試験地地温の相関関係

$$y=0.6691x+4.2689 \quad r=0.9235 \quad \dots \textcircled{1}$$

x: 「辰野」気温

y: 「辰野町試験地」地温

「諏訪」気温と辰野町試験地 (図-10)

$$y=0.6707x+3.9452 \quad r=0.9302 \quad \dots \textcircled{2}$$

x: 「諏訪」気温

y: 「辰野町試験地」地温

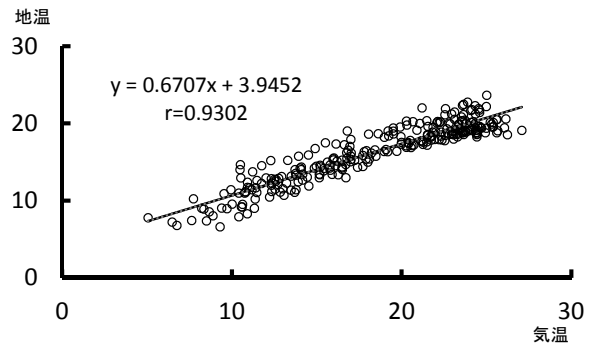


図-10 気象庁「諏訪」の気温と辰野町試験地の地温の関係

①, ②式共に高い相関関係が得られたが、ここではより相関係数の高い②式を採用し、辰野町試験地設定以前の地温推定を試みた。

辰野町試験地の推定地温、実測地温から「3.3.2 豊丘村試験地におけるマツタケ収穫日及び気象条件の変化」と同様の解析を行った結果を図-11 に示した。

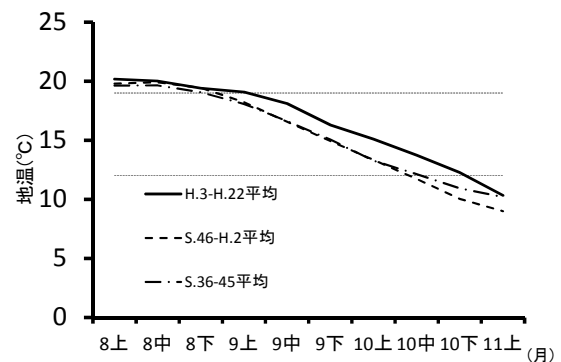


図-11 辰野町試験地における夏季から秋季における地温の変化

\*一般に原基形成が起きるとされる 12℃, 19℃を破線で示した。

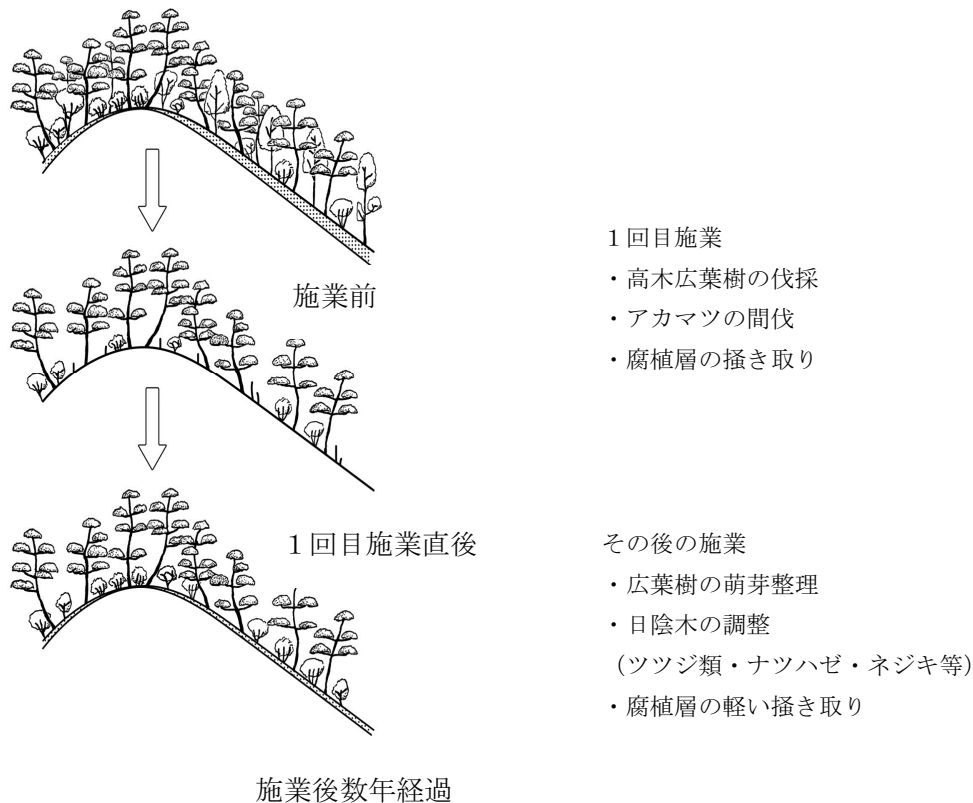
辰野町試験地は豊丘村試験地などと比較すると高標高地（980m）に位置することから、原基形成が早い時期に始まっていると推定される。小川<sup>12)</sup>によると原基形成から子実体のつぼみとなるまでおよそ15日と言われており、表-8から原基形成が8月下旬から9月上旬に始まっていると推定される。この時期の地温をみると近年（H. 3～H. 22平均）の地温と過去（S. 36～S. 45平均，S. 46～H. 2平均）とに大きな差がみられない。このことから、初期の原基形成期の地温は過去も近年も変動がなく、その結果収穫初日も変化がないと考えた。8月下旬から9月上旬の地温に変化が少ない理由については、元々気温の低い高標高地独特の気象条件が関係していると考えられるが、詳細については不明である。しかし、この結果から長野県の標高1,000m程度に位置するマツタケ山でも、収穫初日に変化がない可能性が示唆される。

#### 4 地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法（総合考察）

##### 4.1 気温上昇時のマツタケ山施業

西日本のマツタケ産地に比べ、高標高地域に位置する長野県は、夏は涼しいという高冷地特有の気象条件下にあった。このため若齢林のマツタケ山施業では下層植生を全て刈り払い、太陽光の照射により地温を確保する施業が推奨されてきた<sup>2)11)</sup>。しかし図-6より、近年長野県内でも平均気温が上昇していることが明らかである。また、豊丘村試験地等の地温データからもこのことは明らかであり、従来のマツタケ山施業方法では地温が高くなりすぎる可能性がある。従来比較的温暖な低標高地にマツタケ山が存在する西日本のマツタケ山施業方法は、山の斜面、上層木等に応じて太陽光入射を考慮しながらの下層植生除去を行っている<sup>10)13)14)</sup>。

そこで長野県でもマツタケがまだ発生していな



二段林型を目標とする。

図-12 若齢林（未発生林）における施業

い若齢林では、次に示す方法(図-12)も検討する必要があると思われる<sup>4)</sup>。先ず1回目の施業時に下層植生を適度に残し、過剰な地温上昇を防ぐ。残す樹種は、樹高成長が少なく、落葉量の少ないツツジ類、ナツハゼ、ネジキ、アセビなどが考えられる。その後これらを日陰木として活用するため、高さ1.5~2m程度で芯を止め、下枝を剪定する。このことにより、不要な樹高成長が抑えられ、更に下枝の剪定により適度な地表への太陽光線の入射と、地表付近の通風が確保されると考える。

#### 4.2 原基形成時の水分供給

「3 過去から現在におけるマツタケ発生状況と気象条件」において、豊丘村、上田市、松川町A試験地といった標高800m程度の試験地では過去に比較して子実体発生時期が遅くなり、原基形成の期間が短くなる可能性が考えられた。「2 近年のマツタケ発生状況と気象条件」でも述べたが、子実体の発生には原基形成期における水分供給は非常に重要である。しかし今後、この原基形成期間が短くなる可能性があることを考えると、如何にこの期間に水分を供給するかの施業が重要と考えられる。詳細な検討は今後の研究に期待するが、林床に厚く腐植が堆積していると多くの降水は表層を流下し、土壌内へ浸透しないため、過剰な堆積腐植は除去するなどの施業が重要と考える。

また、従来からも可能性が示唆されているシロ付近への適期の散水も今後検討が必要である。

#### 謝辞

本研究の実施に際しては、豊丘村役場、辰野町雨沢耕地、塩倉千代治氏、上田市役所、小椋吉範氏、松本市役所の協力を得て試験地設定が出来たが、ここに厚く御礼申し上げる。また、試験地の調査にあたっては宮外勝氏、小澤操氏、信州上小森林組合、藤森彰治氏ほかの皆様方にご尽力いただき感謝申し上げます。更にデータ処理については信州大学山田明義准教授にご指導いただき、心より敬意を表す。

#### 引用文献

- 1) 農林水産省(2015) 平成25年林業産出額及び生産林業所得
- 2) まつたけ増産のてびき編集委員会(1987) まつたけ増産のてびき, 77pp, 長野県まつたけ生産振興協議会, 長野

- 3) 林野庁(2015) 平成26年特用林産基礎資料, 14p
- 4) まつたけ増産のてびき(改訂IV版)編集委員会(2016) まつたけ増産のてびき 改訂IV版(印刷中), 長野県特用林産振興会, 長野
- 5) 衛藤慎也・田辺紘毅・坂田勉・川上嘉章・山本忠義・枯木熊人・板橋正人(1999) 甲山試験地における30年間のマツタケ発生に関する調査結果, 広島県林技セ研報31, 45-55
- 6) 大森久夫(1997) 岩手県におけるマツタケの発生と気象的要因, 岩手林技セ研報7, 67-72
- 7) 小出博志・増野和彦(2002) 菌根性きのこ類の人工栽培技術の開発, 長野県林総セ研報16, 43-52
- 8) 環境省ホームページ SRREN ipcc 気候変動に関する政府間パネル第3作業部会-気候変動の緩和(策) 再生可能エネルギー源と気候変動緩和に関する特別報告書最終版 技術要約5-21  
[http://www.env.go.jp/earth/ipcc/special\\_reports/srren/pdf/SRREN\\_TS\\_div\\_cover-Ch03\\_ja.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ipcc/special_reports/srren/pdf/SRREN_TS_div_cover-Ch03_ja.pdf)
- 9) 川上嘉章(1990) マツタケ発生量に影響を及ぼす要因(I), 広島県林試研報24, 7-20
- 10) マツタケ研究懇話会編(1983) マツタケ山のつくり方, 163pp, 創文, 東京
- 11) まつたけ増産のてびき編集委員会(2005) 「つくるマツタケへ」-まつたけ増産のてびき 改訂III版-, 92pp, 長野県特用林産振興会, 長野
- 12) 小川真(1978) マツタケの生物学, 206-228, 築地書館, 東京
- 13) 島根県林業技術センター編(1994) 技術指針 マツタケ山づくり施業の手引き, 38-45
- 14) 京都府林業試験場編(2006) (特産普及資料) マツタケ, 13-19