

# 研究成果報告書

事業名（補助金名）： 基盤的研究開発育成事業（共同研究補助金）  
研究開発テーマ名： エゾマツの暗色雪腐病抵抗性および暗色雪腐病菌の病原性の地理的変異  
研究代表者名： 宮本 敏澄【北海道大学大学院農学研究院/助手】  
共同研究者名： 来田 和人【北海道立林業試験場・林業経営部/育種科長】

## 1. 背景・目的

北海道は、百年先を見据えた森づくりを進めていくため平成 14 年 3 月、「北海道森づくり条例」を制定した。北海道における代表的な森林の姿は、エゾマツやトドマツなどの針葉樹とミズナラなどの広葉樹からなる針広混交林であるが、エゾマツは、天然林から伐採される一方で、造林が行われていないため資源量が急激に減少している。そのため百年後に北海道らしい森を復活させるためにエゾマツの資源量を回復することが急務となっている。

エゾマツの人工造林面積は、昭和 30 年代始め、1,000ha/年を超えていた（北海道林業統計、各年度版）しかし、エゾマツ苗木は、成長が遅く暗色雪腐病に罹病しやすいため、育苗がより容易なアカエゾマツにその地位を奪われ、昭和 40 年頃にはほとんど造林されなくなった。また、エゾマツは倒木上や裸地などの暗色雪腐病菌が少ない環境でしか更新できず、天然更新の難しさが資源量減少の要因の一つになっている。

暗色雪腐病菌 (*Racodium therryanum* THUEN) は、通常、林床の腐食層に生息し (Cheng and Igarashi, 1987 ; 程, 1989), トドマツやエゾマツなどの針葉樹の他、ケヤマハンノキ、カンバ類 (遠藤・他, 1985), カシワ (田中・他, 1984) などの広葉樹の種子、稚苗に対しても病原性を示す。この菌は、低温、多湿の積雪環境下で活発に活動し、融雪後の高温、乾燥条件の下では厚膜胞子を形成し休眠する (Cheng and Igarashi, 1988 ; 程, 1989)。本病原菌は根雪期間 80 日以上地域に分布し (佐藤・他, 1960), 積雪期間が長いほど種子や稚苗の被害が増加する (佐藤・他, 1960 ; 程, 1989)。また、菌の採取地によりトドマツに対する病原性に違いがあることが報告されており (林・遠藤, 1975), 地域的な変異があることが示唆されているが、その詳細は明らかになっていない。一方、寄主側であるトドマツの暗色雪腐病抵抗性には積雪傾度に沿った遺伝的変異が知られている (畠山, 1981 ; 錦織・黒丸, 1993)。

接種試験の結果によるとエゾマツの暗色雪腐病抵抗性はトドマツより低く (程, 五十嵐 1990), 積雪期間が 4 ヶ月以上にわたるような林地では、本病原菌が存在する限りエゾマツの天然下種更新がほとんど期待できないことが示唆されている (程, 1989)。野外調査の結果からもエゾマツの天然更新は、本菌が生息しない倒木上やリターを除去した裸地でしか見られず (Kubota et al., 1994; Nakagawa et al., 2001; 丸山, 2004), 本菌の分布がエゾマツの天然更新を制限している。

以上のようにエゾマツの天然更新は容易でなく、エゾマツ資源を増加させるためには、天然林下への播種や植栽など人為的な補助作業が不可欠であると考えられる。しかし、エゾマツの暗色雪腐菌抵抗性の地理的変異 (井口・他, 1992) や本菌の病原性の変異、それらの交互作用に関する知見が少なく、エゾマツ種苗の移動可能な範囲を限定しエゾマツ地域集団固有の遺伝的変異を保全するために必要な情報が不足している。

そこで本研究では、エゾマツの更新技術の確立とエゾマツの遺伝的多様性の保全に必要な

な知見を得ることを目的として、①暗色雪腐病菌の DNA と病原性の遺伝的・地理的変異、②エゾマツの暗色雪腐病抵抗性の遺伝的・地理的変異、③それらの交互作用を明らかにする。また地球温暖化により将来、積雪環境が変化することが予測され、本研究の成果は、暗色雪腐病菌の分布やエゾマツの天然分布、資源量、植栽適地などの長期的な変化予測に用いることができると期待される。

## 2. 内容・方法

### エゾマツの種子の採集

種子の採取地は千歳、津別、白滝、中頓別、札幌、美瑛の 6 箇所を 2004 年 9 月、10 月に採取した。美瑛、中頓別では複数の母樹が混じった混交種子である。その他の採取地では、母樹を区別して種子を採取した。種子の母樹数は津別 4 母樹、白滝 5 母樹、札幌 6 母樹、千歳 3 母樹である。採取した球果を自然乾燥して種子を取り出し、それらを木綿袋にいれて揉み羽根を取り除いた。夾雑物や虫害種子を取り除いた他は、風選や水選による種子の精選は行わなかった。

### 暗色雪腐病菌の分離

2004 年 11 月千歳産のエゾマツの種子 30 粒を、ネズミなどの食害を避けるためにシードバッグに封入し、林床に設置した。シードバッグは、まずメッシュサイズが 0.8mm のナイロンメッシュで 5cm×5cm のサイズで作成し、種子を封入した後、さらにそれをメッシュサイズ 1mm のステンレス製ネットで 10cm×10cm のサイズで作成したバッグ内に封入した。設置位置は複数のエゾマツが集まった林内で、上空が樹冠でうっ閉し、かつ樹幹から 1m 以上離れ、できるだけササの密度が低い林床を選んだ。1 辺 1m の正方形の各頂点と、中央の合計 5 カ所に金属製のペグで林床へ固定した。2005 年春の融雪直後に全てのシードバッグを回収しクーラーボックスで保冷しながら輸送し、実験室で菌の分離作業を行った。シードバッグから取り出した種子は、1 シードバッグあたりから 25 粒の種子をランダムに選び、70%エタノール、30%過酸化水素水にそれぞれ 1 分間、2 分間浸し表面殺菌を行った。その後、滅菌水で十分に濯いだ種子を滅菌したろ紙の上で 3 時間程度乾燥した。この種子 25 粒を 90mm シャーレ内の PDA 培地上に、2 シャーレに分け 12-13 粒ずつ置いた。培養は 5℃の暗条件で行い、1 週間毎に伸長してくる菌の観察を行った。菌はコロニーの先端部を培地ごと切り取り、新たな PDA 培地に移植し、20℃で培養した。暗色雪腐病菌は肉眼的にコロニーの外観と、顕微鏡観察によって同定した後、PDA 培地上に 5℃で保存した。

### 暗色雪腐病菌の感染率

2005 年 11 月から翌 2006 年 5 月の間に、分離方法で示したのと同様に千歳産のエゾマツ種子を封入したシードバッグを用いて、再び各産地で菌の感染率調査を行った。ただし、各産地のサイトで設置したシードバック数は合計 15 個に増やした。設置方法は、前年と同じ配置で 5 つを一群としたが、さらに群間の距離が 10m 以上離れるように 1 サイトあたり 3 カ所設置した。5 つのシードバッグの中央のシードバッグに隣接するように、地表温度のデータロガーを設置した。2006 年春の融雪直後に全てのシードバッグを回収しクーラーボックスで保冷しながら輸送し、分離方法については上述の方法で行った。菌の感染率は、1 シードバッグあたり 25 粒のエゾマツ種子の中で暗色雪腐病が分離された種子数、すなわち暗色雪腐病菌に感染した種子数の占める割合 (%) で表した。

#### 暗色雪腐病菌のDNA解析

解析に用いた菌株は、2005 年春に各産地ごとに異なるシードバッグから得られた 2 系統を無作為に選出した。すなわち美瑛産 2 (FORBc605008, 605009)、中頓別産 2 (FORBc605004, 605005)、千歳産 2 (FORBc605002, 605003)、白滝産 2 (FORBc605010, 605010)、津別産 2 (FORBc605006, 605007) の合計 10 系統である（札幌産については 2004 年春に回収した種子からは分離されなかった）。PDA 培地で培養した菌から DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) を用いて DNA を抽出した。方法は以下の通りである。抽出された DNA 溶出液は PCR 増幅の作業にとりかかるまで、-20℃の冷凍庫で保管した。サーマルサイクラー Gene Amp PCR System2400 (Perkin Elmer) を用い PCR 増幅を行った。プライマーは核 rDNA の ITS 領域を含む 5.8s 領域を増幅させるため、ITS1-fungal および ITS4 を使用した。サイクルは、94℃、3 分を 1 サイクル、94℃、1 分→50℃、1 分→72℃、3 分の 3 工程を 35 サイクル、72℃、10 分を 1 サイクルとし、サイクル終了後は 4℃で保存した。PCR 増幅された試料は次の処理に移るまで -20℃で保存した。QIAquick PCR Purification Kit (QIAGEN) を用い PCR 産物の精製を行った後に、5.8s rDNA を含む ITS 領域について ABI auto-sequencer 3730 (Applied Biosystems) よりシーケンシングを行った。ITS1, ITS4 両側からのシーケンシングを行った。

#### 暗色雪腐病菌の接種試験

暗色雪腐病菌は DNA 解析後、各産地について無作為に 1 系統ずつ選出したものを用いた。すなわち美瑛産 (FORBc605008)、中頓別産 (FORBc605005)、千歳産 (FORBc605002)、白滝産 (FORBc605010)、津別産 (FORBc605006) の合計 5 系統である。90mm の深型シャーレ内の PDA 培地上に菌を規則配列に 9 点に接種し 20℃の暗条件で 2 週間培養し、ほぼ全面に蔓延させた。その後、表面にバーミキュライト：ピートモス：蒸留水を 9：1（乾燥重量）：25 で混合したものを 121℃20 分間オートクレーブ殺菌し、冷却したもので菌のコロニーの上から厚さ 2mm 程度で全面を覆った。これをさらに 20℃の暗条件で 2 週間、菌糸が表面に現れるまで培養した。この上に 70%エタノール、30%過酸化水素水にそれぞれ 1 分間、2 分間浸し表面殺菌を行った種子を 1 シャーレあたり 50 粒播種した後、0℃の暗条件で培養を行った。これは積雪下の林床の環境条件を想定している。コントロールとしては PDA 培地に菌を接種しなかったものに同様の処理を行ったものを用いた。用いたエゾマツ種子の産地についても美瑛産、中頓別産、千歳産、白滝産、津別産の合計 5 地点である。それぞれの産地のエゾマツ種子を異なる産地の暗色雪腐病菌を蔓延させたシャーレに播種した。すなわち各 5 産地由来のエゾマツ種子と各 5 産地由来の暗色雪腐病菌の総当たり組み合わせで感染試験を行った。2 ヶ月後に種子を取り出し、テトラゾリウムを用いた還元法による種子の活力検定試験を行った。なお、失活種子率は各産地ごとのエゾマツ種子を用いたコントロールより求めた失活種子の含有率で補正した上で算出した。各反復シャーレ数は 4 である。

### 3. 結果・成果

#### 暗色雪腐病菌のDNA解析

接種試験に用いた暗色雪腐病菌は 2005 年春に採集したものを用いたが、その際に札幌では菌が分離されなかった。そこで、ITS 領域を含む 5.8s 領域の塩基配列の解析で、千歳、津別、白滝、中頓別、美瑛の 5 カ所から得られた菌株を各産地で 2 系統ずつ無作為に選び実験に供した。ITS 領域を含む 5.8s 領域 (289bp) の塩基配列の解析結果を図-1 に示す。

各産地内では配列は2塩基が異なる 99.3%相同から 100%一致した。各産地間でも塩基配列に大きな差はなく、最大でも中頓別産および白滝産と津別産の間で4塩基の違いにより98.6%相同であった。したがって、今回の調査で暗色雪腐病菌として分離した菌は全て同一種であると考えられるが、遺伝的に地理的な変異が存在するものと推察された。

#### 暗色雪腐病菌の感染率

各調査地における暗色雪腐病菌の感染率の結果を表一1に示す。調査地内では互いに約10m以上離れた3地点で調査を行ったが、調査地内において感染率は非常にばらついた。したがって、調査地間で感染率の違いを明らかにするためにはさらに調査地点を増やす必要があるものの、傾向としては美瑛や白滝および千歳では感染率が比較的低く、中頓別では高い値を示した。今回最も低い感染率を示した地点は白滝の3.2%で最も高い感染率は中頓別の52.2%であった。

また、暗色雪腐病の活動は積雪下の0℃付近の安定した条件で進行する。そこで積雪期間が長くなるにつれ菌の感染率の増加が予測されたことから、積雪期間（表一2）と暗色雪腐病菌の感染率の間の相関関係を調べた。しかし両者に有意な相関関係は認められなかった。

#### 異なる産地のエゾマツ種子および暗色雪腐病菌の接種試験

千歳、津別、白滝、中頓別、美瑛の各5産地のエゾマツ種子と各5産地の暗色雪腐病菌の総当たり組み合わせで接種試験を行った結果、活力が失われた種子を百分率で示した（表一3）。暗色雪腐病の産地の違いに着目すると、全ての産地のエゾマツ種子に対して活性喪失をもたらす効果、すなわち病原性の強い系統と、逆に弱い系統が認められた。特に美瑛産の菌は最低で17%（白滝産のエゾマツ種子に対して）から最高で46.3%（中頓別産のエゾマツ種子に対して）と平均的には最も高い種子の失活種子率を示した。一方で千歳産の菌は最低で0%（白滝、中頓別、美瑛産のエゾマツ種子に対して）から最高で8.4%（津別産のエゾマツ種子に対して）と平均的には最も低い種子の失活率を示した。エゾマツ種子の産地に着目すると、各産地の暗色腐病菌から比較的感染しやすいものと、感染し難いものがみとめられた。しかし、その差は、菌の病原性の変異に比べて著しいものではなかった。また、エゾマツと菌の産地間の組み合わせで交互作用は認められなかった。

#### 4. 今後の展望

今回の結果からは菌の感染率は地域で異なり、その病原性については地理的な変異が存在する可能性が示された。そのため、菌の病原性の違いによって地表処理の強度を変える、倒木等を林内に残すなど地域毎の施業指針が必要である。一方で、弱いながらもエゾマツ種子に抵抗性の遺伝的・地理的変異が示唆された。今後は実生や稚樹段階で試験を行い、エゾマツ種苗の配布地域を検討する必要がある。

#### 引用文献

- Cheng, D. and Igarashi, T. (1988) Fungi associated with natural regeneration of *Picea jezoensis* Carr. in seed Stage -Their distribution on forest floors and pathogenicity to the seeds-. Research Bulletins of the College Experiment Forests 44: 175-188
- Cheng, D. and Igarashi, T. (1988) Histopathology of Yezo spruce and Glehn's spruce seeds infected by the dark snow-blight casual fungus *Racodium therryanum*. J. Jpn.

For. Soc. 70: 344-351

- 程東昇（1989）エゾマツ天然更新を阻害する暗色雪腐病菌による種子の地中腐敗．北海道大学農学部演習林研究報告 46：529-575
- 程東昇・五十嵐恒夫（1990）エゾマツ，アカエゾマツ，トドマツ及びカラマツ種子・稚苗の暗色雪腐病菌に対する感受性．北海道大学農学部演習林研究報告 47：125-136
- 遠藤克昭・岸田昭雄・真田勝（1985）天然更新に関する菌害(III)－広葉樹種子に対する暗色雪腐病の病原性－．日本林学会北海道支部論文集 34：104-105
- 畠山末吉（1981）トドマツの産地間変異の地域性に関する遺伝育種学的研究．北海道林業試験場報告 19:1-91
- 林敬太・遠藤克昭（1975）トドマツ天然生稚苗の発生を左右する菌害と乾燥害．林業試験場研究報告 274:1-22
- 井口和信・小笠原繁男・笠原久臣・佐藤昭一・渡邊定元（1992）エゾマツ 7 産地産種子の播種床の違いによる実生の消失および生育．日本林学会北海道支部論文集 40：59-61
- Kubota, Y., Konno, Y., and Hiura, T. (1994) Stand structure and growth patterns of understorey trees in a coniferous forest, Taisetuzan National Park, northern Japan. Ecological Research 9: 333-341
- 丸山立一・丸山まさみ・紺野康夫（2004）北海道の針葉樹林におけるトドマツ・エゾマツ実生の定着に対する林床植生とリターの阻害効果．日本生態学会誌 54：105-115
- Nakagawa, M., Kurahashi, A., Kaji, M., and Hogetsu, T. (2001) The effects of selection cutting on regeneration of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* in the sub-boreal forests of Hokkaido, northern Japan. For. Ecol. Manag. 146: 15-23
- 錦織正智・黒丸亮（1993）トドマツの人工交配家系における雪腐れ病被害程度と林齢 10 年までの成長．日本林学会北海道支部論文集 41：163-165
- 佐藤邦彦・庄司次男・太田昇（1960）針葉樹苗の雪腐病に関する研究－II 暗色雪腐病．林業試験場研究報告 124:21-100
- 田中潔・遠藤克昭・松崎清一・佐々木克彦・林康夫（1984）昭和 58 年度・北海道に発生した樹木被害．北方林業 36：161-164

表一1 各調査地における暗色雪腐病菌の感染率

調査地	感染率 (%)	
	平均値 (n=3)	範囲
千歳	11.1	4.0-19.7
津別	25.8	7.2-43.8
白滝	9.4	3.2-21.0
中頓別	44.0	31.7-52.2
札幌	24.1	13.3-32.7
美瑛	7.9	4.8-11.7

表一2 各調査地における積雪期間（日数）

千歳	津別	白滝	中頓別	札幌	美瑛
117	164	204	166	203	195

表一3 暗色雪腐病によるエゾマツ種子の失活種子率（％）

エゾマツ種子（千歳）	暗色雪腐病菌の産地			
	津別	白滝	中頓別	平均
千歳	2.2 (2.9)	35.6 (5.5)	28.5 (9.9)	21.5
津別	8.4 (7.9)	30.6 (3.2)	23.2 (4.2)	21.4
白滝	0.0 (0.0)	0.6 (1.1)	10.2 (4.7)	6.0
中頓別	0.0 (0.0)	1.2 (2.4)	17.3 (8.3)	15.36
美瑛	0.0 (0.0)	1.0 (2.1)	13.5 (5.3)	12.34
平均	2.1	3.5	18.5	30.8
平均値（標準偏差）， n = 4				

```

FORBc605004 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACATTAAAAA
FORBc605005 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACATTAAAAA
FORBc605011 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACATTAAAAA
FORBc605010 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACATTAAAAA
FORBc605008 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACATTAAAAA
FORBc605009 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACATTAAAAA
FORBc605003 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCATGAGGACAATAAAAA
FORBc605002 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCACGAGGACATTAAAAA
FORBc605007 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCACGAGGACATTAAAAA
FORBc605006 CTTTGTTTATGAGTACCCTTGTTTCCTCGGCGGGCTTGCCCGCCACGAGGACATTAAAAA
*****

FORBc605004 CCCTCTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605005 CCCTCTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605011 CCCTCTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605010 CCCTCTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605008 CCCTTTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605009 CCCTTTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605003 CCCTTTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605002 CCCTTTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605007 CCCTTTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
FORBc605006 CCCTTTGTAGTAGCAGTAACCTTCAGTTAATAATAAATATTTAAACTTTCAACAACGGATC
*****

FORBc605004 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605005 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605011 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605010 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605008 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605009 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605003 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605002 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605007 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
FORBc605006 TCTTGTTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAGTGTGAATTGCAGA
*****

FORBc605004 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605005 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605011 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605010 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605008 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605009 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605003 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605002 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605007 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
FORBc605006 ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTCGGTATTCGGTTGGGCAT
*****

FORBc605004 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605005 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605011 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605010 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605008 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTTTGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605009 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTTTGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605003 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605002 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605007 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
FORBc605006 GCCTGTTTCGAGCGTCATTTAAACCTTCAAGCTATGCTTGGTGTGGGTG
*****

```

図— 1 異なる産地の暗色雪腐病菌の5. 8s rDNAを含むITS領域の塩基配列

美瑛産 (FORBc605008, 605009), 中頓別産 (FORBc605004, 605005),  
千歳産 (FORBc605002, 605003) 白滝産 (FORBc605010, 605010),  
津別産 (FORBc605006, 605007)