

セダムの種子発芽特性とその貯蔵環境との関係

Experimental Studies on the Seed Germination Characteristics of Sedum

飯島 健太郎 涌井 史郎

桐蔭横浜大学医用工学部生命・環境システム工学科

(2007 年 3 月 1 日 受理)

1. 研究目的

近年、建築構造物の緑化（特殊緑化）が都市部において積極的に推進されているが、軽量化により荷重制限をクリアし、しかもユニット型で建築的に固定が簡便であることなどからセダム属植物を活用した薄層基盤型緑化が急速に普及を見せている。

その供給については、本属植物が耐乾性に富み、栄養繁殖が特に優れていることから挿し木繁殖による供給が大半となっている²⁾。特に一つの現場に導入されている苗は、殆どの場合クローンであることが多い。そうした背景に加え、わが国においてはセダム属植物を用いた屋上緑化が安定的に長期間緑被を維持していることは少なく、時には一斉枯死することもあり、その生育特性を生かした緑化技術の確立が急務となっている。

本研究では、本属植物の供給を種子発芽により進め、あるいは屋上緑化の現場においてもフレッシュな苗に更新していくことを目指し、その種子発芽特性を探ることを目的としている。

なお本属植物の種子については、グラムあたり 10000～20000 粒といった極めて微細な種子であることから扱いづらい、さらに発芽

は難しく貯蔵に耐える期間も短いなどの記述は認められるが^{1,2)}、そうした特性は実験的には明らかにされていない。

そこで本研究では、セダム属植物 2 種の発芽特性に着目し、貯蔵期間（種子齢）・貯蔵環境（温度と湿度）ならびに発芽温度と発芽の関係について究明する。

2. 実験材料ならびに方法

供試植物は、わが国において特殊緑化空間への導入事例が最も多いメキシコマンネングサ (*Sedum mexicanum*) とし、比較対照として在来種のメノマンネングサ (*Sedum japonicum*) とした。なおメキシコマンネングサは、古い文献によればメキシコ産の外來種で日本に帰化したとされていたが^{7,8,9)}、後にその説は修正され現在は産地不明となっており、中国産の形質に似るとする記述もある¹⁰⁾。メノマンネングサは在来種で北海道を除く地域の海岸岩上、石垣や城壁に自生するとされている⁹⁾。

本実験に用いる種子は、メノマンネングサについては 2001 年 7 月 13 日に兵庫県内の海岸岩場の群落にて、メキシコマンネングサは 2000 年 6 月 10 日に神奈川県内の河川護岸に

生育する群落より採取した。

本研究の全ての発芽実験には、0.1℃間隔の温度設定が可能な温度勾配高温器（日本医科器械製作所製 LH-200RDSMD 型）を用い、約 10Klux の蛍光灯で 1 日あたり 12 時間ずつ照射して、器内の温度調節を行なった。

既に予備試験により本種子が明発芽種子であることが明らかとなっているため、いずれの実験も明条件で行なった。この照度条件下でガラスシャーレ（径 90mm）を用いて明条件を設定した。発芽床にはろ紙を 2 枚敷き、実験中は水道水を常に浸るように灌水した。いずれの実験も 1 シャーレに 50 粒播種し、これを 3 反復で実験した。なお種子は微細であり肉眼による班別は困難であったため、種子数の調整は解剖顕微鏡を用いてその都度行なった。

貯蔵期間（種子齢）、貯蔵環境、発芽温度と発芽数の関係を明らかにするために Sedum 属 2 種の種子齢の違い、また貯蔵環境としての温度、乾湿の差異、さらに発芽温度の差異について発芽実験を行なった。

前述の採取後の種子を直ちに①常温湿潤、②常温乾燥、③低温湿潤、④低温乾燥の各条件にて貯蔵を開始した。各々の設定は、常温条件は室温で周年にわたって 20℃前後で暗状態、低温条件は冷蔵庫を用いて 5℃に設定し暗状態とした。一方、湿潤条件は、ポリエチレンビニール製の袋に密封することで調整しこの場合の湿度は概ね 80%に維持された。また乾燥条件は、シリカゲルの入ったデシケータを使用しこの場合の湿度は約 30%に維持された。

常温と低温、湿潤と乾燥の各々を組み合わせた環境に貯蔵後、それぞれ 10℃、25℃の各設定条件下にて、1 ヶ月後から 12 ヶ月後にかけて 1 ヶ月単位で発芽実験を行ない、その後は 48 ヶ月後にかけて 4 ヶ月単位で発芽実験を行なった。

3. 実験結果

種子齢の違いによる発芽実験では、置床後 48 ヶ月においても発芽が認められた。そこで計測結果については、貯蔵期間 1 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月、12 ヶ月、24 ヶ月、48 ヶ月のデータを図示することとした。またメキシコマンネングサの常温・湿潤貯蔵では 6 ヶ月の貯蔵以降、種子の紛失事故が発生したため、この時点で計測を打ち切った。

1) メノマンネングサ（図-1）

メノマンネングサでは、まず常温・湿潤貯蔵種子は、10℃、25℃共に 1 ヶ月間から 12 ヶ月間貯蔵までは発芽が見られたが、24 ヶ月間貯蔵以降は全く発芽しなかった。また発芽が見られた 1 ヶ月間から 12 ヶ月間貯蔵における発芽は全体に発芽反応が早く、また 10℃よりも 25℃の方が発芽反応が早く置床後 1 週間には発芽反応が見られ、2 から 4 週間には最終発芽率に達していた。常温・湿潤貯蔵種子においては 24 ヶ月間貯蔵以降、発芽力を失った可能性がある。

常温・乾燥貯蔵種子では、1 ヶ月間から 48 ヶ月間貯蔵にかけて、10℃、25℃共に発芽が認められた。10℃では、置床後 3 週間から発芽が認められ、置床後 6 週間前後には最終発芽率に達した。48 ヶ月間貯蔵まで概ね 50%の発芽率を有していた。一方、25℃では貯蔵期間が長くなるほど、発芽反応が早くなり、貯蔵 3 ヶ月間から 6 ヶ月間では置床後 2 から 3 週間後に、貯蔵 12 ヶ月間以降では置床後 1 週間後には発芽が見られ、2 から 3 週間後には最終発芽率に達した。なお全体に 10℃よりも 25℃の方が発芽率が高く、48 ヶ月間貯蔵においても約 80%の発芽率が得られている。

低温・湿潤貯蔵種子では、1 ヶ月間から 48 ヶ月間貯蔵にかけて、10℃、25℃共に発芽が認められた。10℃では概ね置床後 3 週間から発芽が認められ、置床後 6 週間前後には最終発芽率に達した。48 ヶ月間貯蔵まで概ね 30%以上の発芽率を有していた。一方、25℃では前述と同様に貯蔵期間が長くなるほど、発芽反応が早くなり、貯蔵 3 ヶ月間から

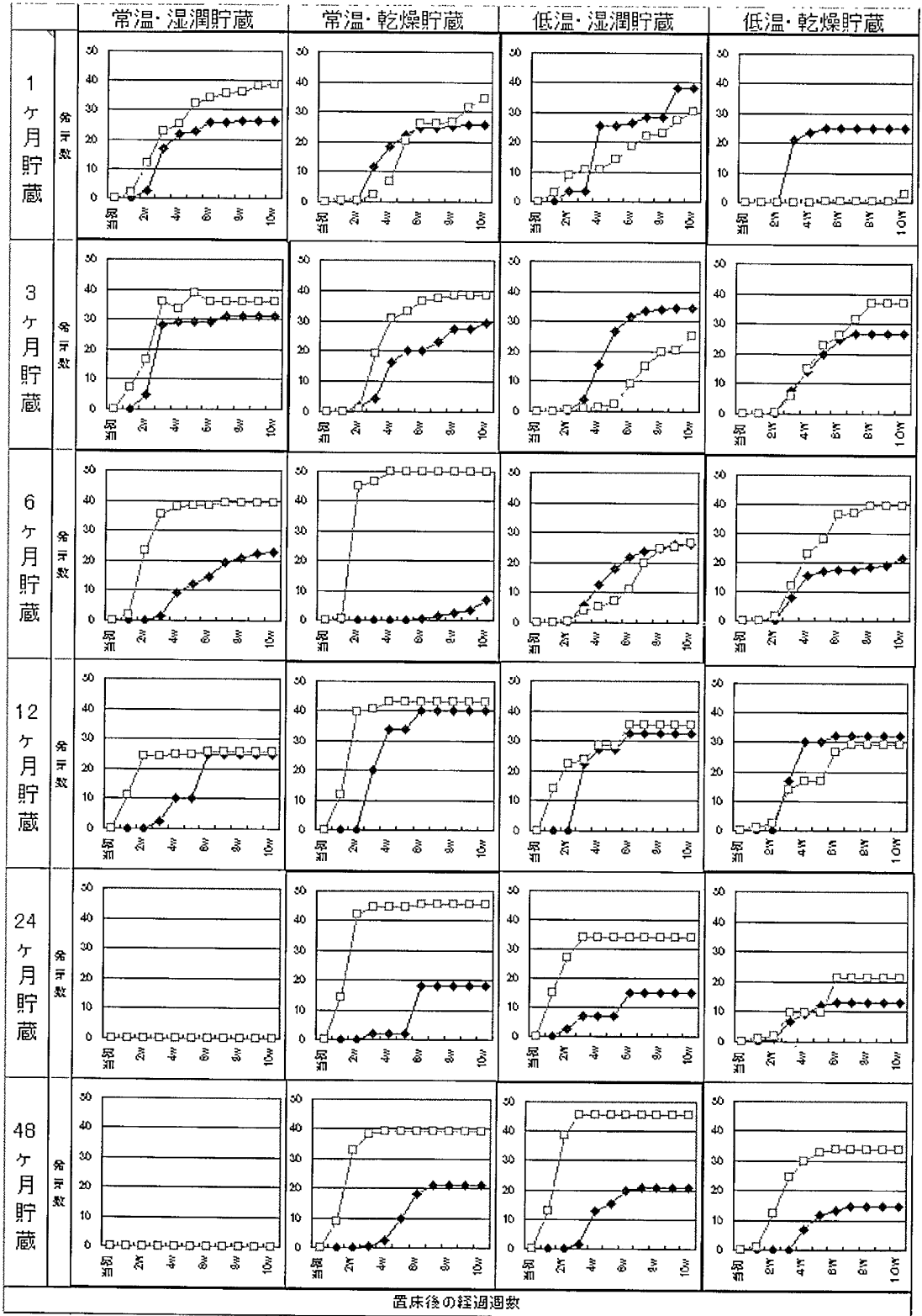


図-1 貯蔵期間（種子齢）、貯蔵環境、発芽温度と発芽数の関係（*Sedum japonicum*）

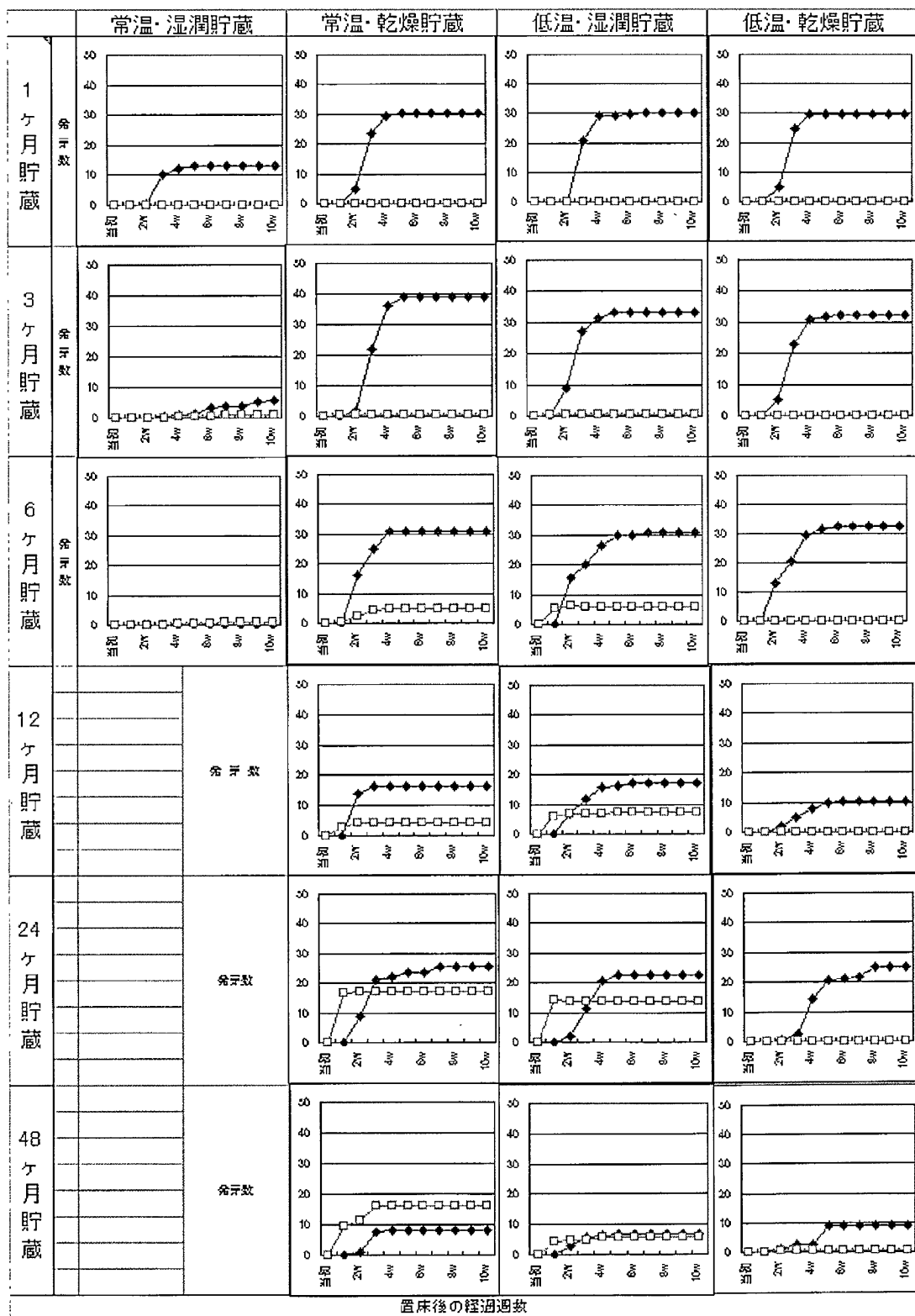


図-2 貯蔵期間（種子齢）、貯蔵環境、発芽温度と発芽数の関係（*Sedum mexicanum*）

6ヶ月間では置床後3から6週間後に、貯蔵12ヶ月間以降では置床後1週間後には発芽が見られ、約3週間後には最終発芽率に達した。なお10℃では貯蔵12ヶ月間以降徐々に発芽率の低下が見られるが、25℃では高い発芽率を維持していた。

低温・乾燥貯蔵種子では、10℃では常温・乾燥ならびに低温・湿潤貯蔵種子と同様の傾向が認められ、1ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけて、置床後3から4週後から発芽が認められ、12ヶ月間貯蔵までは50%前後発芽したのに対し、24ヶ月間貯蔵以降は発芽数は減少した。一方、25℃では、1ヶ月間貯蔵ではほとんど発芽は認められない状況であったが、3ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけては一部を除き60から80%の発芽率が認められた。

2) メキシコマンネングサ (図-2)

メキシコマンネングサでは、まず常温・湿潤貯蔵種子は、1、3、6ヶ月間貯蔵において25℃では発芽は認められず、10℃では1月貯蔵では置床後3週後から発芽が認められ、3ヶ月間貯蔵ではより少量の発芽となり6ヶ月間貯蔵では全く発芽しなかった。常温・湿潤貯蔵種子においては、その後も発芽が認められず種子が発芽力を失った可能性がある。

常温・乾燥貯蔵種子では、1ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけて、10℃では置床後2週後から発芽が認められ、6ヶ月間貯蔵までは60%以上発芽したのに対し、12ヶ月間貯蔵以降段階的に発芽数は減少した。一方、25℃では、3ヶ月間貯蔵までは発芽が認められなかったが、6ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけて徐々に発芽がみられ、24ヶ月間貯蔵以降は約40%の発芽が認められた。25℃では、10℃に比較して発芽数は減少するものの、12ヶ月間貯蔵以降は発芽反応が早く、置床後1週間後には発芽を開始した。

低温・湿潤貯蔵種子では、常温・乾燥貯蔵種子と同様の傾向が認められ、1ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけて、10℃では置床後2週後から発芽が認められ、6ヶ月間貯蔵まで

は60%以上発芽したのに対し、12ヶ月間貯蔵以降は発芽数は減少した。一方、25℃では、3ヶ月間貯蔵までは発芽が認められなかったが、6ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけて徐々に発芽が認められた。また同じく25℃では、10℃に比較して発芽数は減少するものの、6ヶ月間貯蔵以降は発芽反応が早く、置床後1週間後には発芽を開始した。

低温・乾燥貯蔵種子では、10℃では常温・乾燥ならびに低温・湿潤貯蔵種子と同様の傾向が認められ、1ヶ月間から48ヶ月間貯蔵にかけて、置床後2週後から発芽が認められ、6ヶ月間貯蔵までは60%以上発芽したのに対し、12ヶ月間貯蔵以降は発芽数は減少した。一方、25℃では、1ヶ月間貯蔵から48ヶ月間貯蔵にかけて全く発芽は認められなかった。

4. 考察

1) 自生地環境からの検討

メノマンネングサ、メキシコマンネングサのわが国における開花期は前者が5月、後者が5から6月とされ³⁾、その後間もなく花茎の枯損とともに7月には鞘の中に黒褐色に成熟した種子が見られる。

メノマンネングサは海岸や山地の岩場、付近の民家の側溝脇、屋根などに自然状態で生育しており、こうした乾燥しやすい条件の中で花茎を短くすることで乾燥を防いでいる。開花した後、種子の入った莢とともに花茎は乾燥して、シュートの基部から容易に外れ、風雨と共に種子は散布されると考えられる。また群落の基部にも種子は落下すると考えられ、実際に筆者が種子の採取を行なった時点でも海岸岩場に生育するメノマンネングサのシュート基部に数箇所の発芽が認められた。ちなみにそれは7月のことである。

取播き条件で最も発芽反応が活発なのはメノマンネングサでは15℃と比較的低温である。実際に取播きが行なわれる季節は夏季となり、既往の研究では25℃から30℃の条件

では活発な発芽は認められていない⁵⁾。すなわちこの季節は発芽が抑制されているかあるいはこの時期を越えて発芽適期を迎える可能性がある。この季節は、他の草種が最も草丈が高くなる季節であり、本種が生息するような根圏土壌の極めて狭隘な条件であっても被圧されるリスクがある。そうした観点からはこの時期に土壌が湿潤となっても発芽を抑制することの有意性があると思われる。

また常温・湿潤ならびに常温・乾燥貯蔵種子において、1ヶ月以上の貯蔵において、10℃よりも25℃での発芽速度を早める反応が見られ、低温・湿潤ならびに低温・乾燥貯蔵種子では、遅れて同様の傾向が認められた。すなわち本種においては、種子齢が高くなることによって発芽適温に変化が現れることが明らかとなった。

なお貯蔵方法にもよるが現時点で4年間貯蔵の種子の発芽を確認しており、それ以上の保存可能性もある。自生地の状況を勘案すると、岩場の吹き溜まりのような環境など乾燥した基盤条件にも種子を散布し、降雨などで基盤が湿潤になると発芽する特性を有するものと思われる。10℃のような低温条件であれば発芽までに数週間にわたって基盤が湿潤である必要があり、また25℃のような温暖な条件では、比較的早期に発芽生育が促進されることになる。こうした反応の生態的意義については検討を要する。

一方、メキシコマンネングサは原産地不明、わが国では自然地域での分布は少なく、むしろ人里の道路端や石垣、都市部においては屋上緑化に導入される以前から道路脇の側溝、モルタルのり面などに見られた。メノマンネングサと同様にこうした乾燥しやすい条件の中で種子散布の可能性を有していると思われる。しかし自然条件においても実際の繁殖は、シュートがちぎれて別の場所で定着する栄養繁殖によることが多いと考えられる。実際に多くの植栽現場があるにもかかわらず、種子発芽が見られる例は比較的少ない。本実験の結果からすると、取播き条件で最も発芽

反応が活発なのはメキシコマンネングサでは10℃と低温域である。メノマンネングサと同様に実際に取播きを行なう季節は夏季となり、本実験の中温から高温域では殆ど発芽していない。すなわち種子形成間もない夏季は発芽せずに過ごし、この時期を越えて発芽適期を迎える可能性がある。

貯蔵期間の違い、貯蔵温度ならびに乾湿の違いによる発芽反応を検討した実験結果では、本種においては25℃では活発な発芽は認められなかった。一方、10℃においては、常温・乾燥貯蔵、低温湿潤ならびに乾燥貯蔵では、その貯蔵期間が長くなるほど発芽率は低下傾向があるものの、活発な発芽反応が認められた。すなわち本種は、取播き条件であっても種子齢が高くなっても低温域が発芽適温と思われる、同様に他の草種の被圧を避けて発芽することに役立っている可能性がある。

なお両種共に発芽そのものは基盤が湿潤であることに依存するが、発芽後の生育に伴って乾燥耐性を獲得する。すなわち既に、乾燥条件下でシュート内の有機酸含有量の日変化からメキシコマンネングサがC3型からCAM型光合成を誘導すること³⁾、またその反応が気温や光強度の影響を受けることが明らかにされている^{4,5)}。とりわけ低温域ではC3型光合成を中温から高温域ではCAM型光合成を誘導することが分かっている。よって比較的低温の季節に発芽とC3型光合成による生育を促進し、その後の温度の上昇と乾燥条件に遭遇した際にCAM型光合成を誘導し耐乾性を獲得することができるならば、他の草種による被圧のリスクの少ない、周年乾燥気味の基盤条件であるが冷涼期に比較的湿潤条件となる環境が本種にとって望ましいと考えることもできる。しかし発芽後の生育期間や充実度など、どの時点でCAM型の形質を表出するのかは明らかとなっていないため、その解明は次の課題となる。またメノマンネングサのCAM型光合成反応の特定に関する研究例は今のところ皆無であるが、仮にCAM型光合成を誘導しかつ発芽後CAM型

の形質の表出が迅速であるならば、乾燥しやすい基盤での生育に適応していると考えられることができる。

以上のように本種の発芽温度と貯蔵環境との関係あるいは両種の反応の差異についての生態的意義の検討は、生育地の微気象条件(温度と乾湿の関係)の季節的変化や発芽齢からのCAM形質の表出などの関係についての議論を加える必要があると思われる。

2) 緑化用途に対する検討

本種は前述のとおり、その自生地環境や既に導入が試みられている現場からも明らかのように、乾燥を伴う特殊緑化空間、とりわけ屋上や壁面の薄層緑化用素材としての性状を備えて居ると言える。そのことを踏まえた上での議論は次のとおりである。

メノマンネングサの発芽は低温域から中・高温域の比較的幅広い温度条件に対応するため、酷暑ならびに厳寒期を除いた季節で播種が可能と考えられる。なお貯蔵種子の場合には、中温域では1週から2週で発芽を開始するのに対し、低温域では一定の発芽数に達するまでに日数を要する。よって冷涼期においては播種後、人為的に基盤を湿潤に維持することが不可欠となる。また貯蔵については、常温・湿潤貯蔵は12ヶ月を超えて発芽不能になる可能性があるため避けた方がよい。温暖な季節の播種は、常温・乾燥貯蔵によるものが早期に発芽するため有効であると考えられる。

一方、メキシコマンネングサの発芽は中・高温域では極端に抑制されるため避けるほうがよい。ただし僅かな発芽数を期待して温暖な条件で播種を行なう場合には、25℃で若干の発芽が認められた常温・乾燥貯蔵または低温・湿潤貯蔵の種子を用いることが望ましい。常温・湿潤貯蔵は6ヶ月経過すると発芽不能になる可能性があるため貯蔵方法としては避けたほうがよい。またメノマンネングサと同様に低温域では一定の発芽数に達するまでに日数を要するので冷涼期においては播種後、人為的に基盤を湿潤に維持することが不可欠

となる。

引用文献

- 1) Bernd W. Krupka (1992) : Dachbegrünung, Verlag Eugen Ulmer
- 2) Bernd W. Krupka (1990) : Dach begrünung / Aus der Praxis-Für Die Praxis, Rudolf Muller
- 3) 飯島健太郎・近藤三雄 (1996) : メキシコマンネングサの光合成型ならびに生育に及ぼす土壤水分と気温の影響, 東京農業大学農学集報 41 (3), 156-163
- 4) 飯島健太郎・近藤三雄 (1998) : 乾燥条件下におけるメキシコマンネングサの光合成反応と気温、照度との関係, 東京農業大学農学集報 42 (4), 274-286
- 5) 飯島健太郎・涌井史郎・油井正昭 (2006) : メノマンネングサとメキシコマンネングサの種子発芽特性、ランドスケープ研究 69 (5), 455-460
- 6) 日本多肉植物の会ベンケイソウ科研究部会編 (1971) : セダム属の学名和名対照 (試案) 2号のうち1、ベンケイソウ科研究収録(第1篇)、41
- 7) 長田武正 (1976) : 原色日本帰化植物図鑑、保育社、255
- 8) Ronald L. Evans (1983) : Handbook of cultivated Sedums, First published, 168
- 9) 最新園芸大辞典編集委員会編 (1970) : 最新園芸大辞典、誠文堂新光社、2522-2549
- 10) Stephenson, R. (1994) : Sedum cultivated stonecrops, Timber Press, Portland, Oregon, 52-54