2026年11月26日

DEEP INSIGHT
Monthly Intelligence Brief

人工降雨（Cloud Seeding）の可能性を探る
―水不足への適応策としての効果と事業性―

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部インダストリーイノベーション室
稲田雄二

Summary

- 人工降雨は、既存の雲に粒子を散布して降雨や降雪を促進する技術である。雲のない空から雨を降らすという万能な技術ではないが、水不足への適応策として期待されている。
- 1940年代から検討されている古い技術であり、一定条件下で降水増加が報告されるものの、効果の再現性や測定可能性（自然降雨との切り分け）が事業化の壁となり、現時点で確立した事業モデルが存在しない。
- 他方、気象観測やデータ解析技術の進歩から新たな展開もみられる。水資源管理や気候変動適応の選択肢の一つとして、継続的に動向を追う価値がある。

1. なぜ今、人工降雨が話題になっているのか

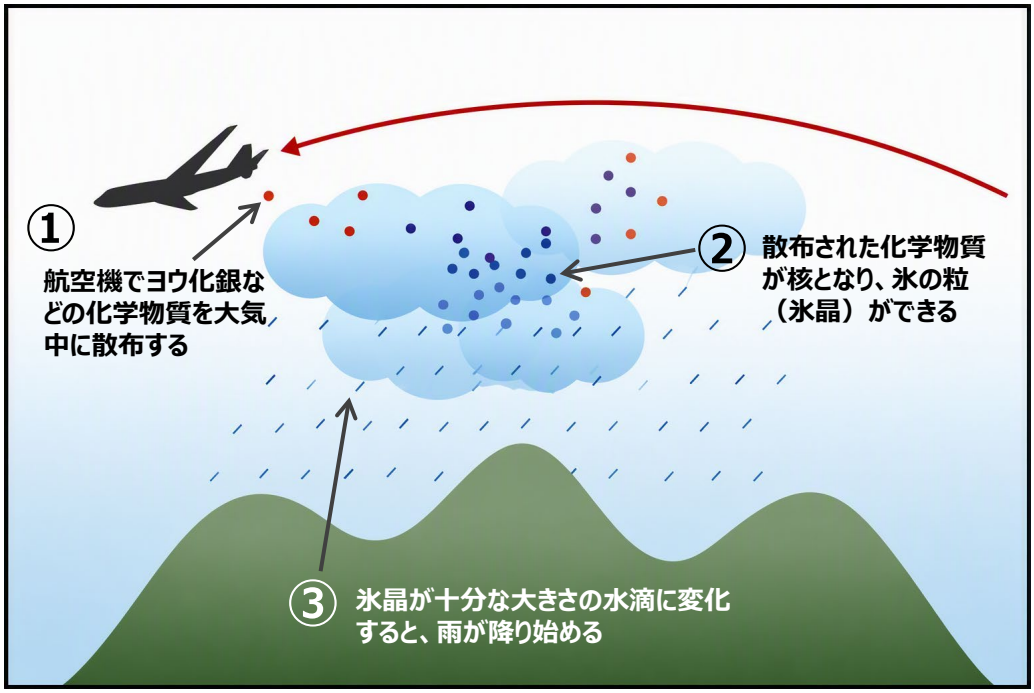
世界では、雨の降る場所や時期の偏りが大きくなり、必要なときに必要な水を得にくい地域が増えている。干ばつが続く地域がある一方、別の地域では短時間の豪雨が起きる。日本でも2026年9月は、関東で線状降水帯や台風による大雨が相次ぎ、東京都心では37日連続で降雨を観測した。一方、中国・四国地方では少雨によりダムの貯水率が低下し、取水制限が実施された。このような豪雨と渇水の同時発生は、水資源の偏在が進んでいることを示す一例である。水資源の偏りは、生活・工業用水、農業用水、発電所の冷却水などの不足を招く。このため、貯水、節水、再利用、海水淡水化などを組み合わせた対応が求められている。

その選択肢の一つとして注目されているのが人工降雨である。英語ではCloud Seeding、直訳すると「雲への種まき」と呼ばれ、水分を十分に含む雲にヨウ化銀や塩の粒子などの「種」をまき[1]、水滴や氷の粒の成長を促して雨や雪を増やそうとする技術である（図表1）。種は、地上装置、航空機、ロケット、近年で

[1] ヨウ化銀は、氷に似た結晶構造を持つため、雲の中で氷の粒ができるきっかけとして使われる。塩の粒子は吸湿性が高く、周囲の水分を取り込んで水滴の成長を促す。

はドローンからも散布される。

図表1：人工降雨の基本的な方法



出所：Drishti “Cloud Seeding” を基に三井物産戦略研究所作成

人工降雨の利用方法としてよく知られているのが、2008年の北京オリンピックである。開会式当日は雷雨が予報されていたため、中国当局は雨雲が会場に到達する前に、北京周辺からロケットでヨウ化銀を散布した。実際に、会場の手前で雨が降り、会場の上空に雨雲はなかった。人工降雨を利用して気象を操作しようとした大規模な取り組みであった。

ただし、人工降雨は雲をゼロからつくる技術ではない。大気中の水蒸気は常に移動し、気温や気圧、風、対流などの条件も刻々と変化しているため、人為的に雲を発生させて雨雲へと成長させることは難しい。現在の技術では、すでに形成された雲を対象に雨や雪を増やそうとする方法が中心となっている

2. 本当に雨や雪を増やせるのか

人工降雨の評価を難しくしているのは、実施後の雨や雪が、ヨウ化銀などの種を散布した効果なのか、もともとの雲の成長によるものなのかを見分けにくい点である。雲の温度や水分量、上昇気流、風向、風速は短時間で変わる。粒子を散布した雲と散布していない雲を同じ条件で比べることも難しい。このため、

実施後に雨が降ったという事実だけでは、効果の証明とはし難いのが実情だ[2]。

一方で、2014年のワイオミング州の実証研究[3]では、人工降雨による降水の増加幅が10～15%と推定されることが示された。また、米国会計検査院（GAO）が2024年に公表した技術評価レポート[4]では、近年の研究による降水量増加の推定値は0～20%と幅があったと示されるなど、一定の効果があるという報告がある。しかしその場合でも、適切な雲があるときにしか評価を実施できず、最適な運用方法やメリットに関してはまだ信頼できる情報が不足しているという指摘もある。

人工降雨は、必ず雨を降らせる技術ではなく、条件が合えば降水を増やせる可能性がある技術である。重要なのは、どの雲に、どの方法で散布し、効果を測るかであり、図表2に示すように人工降雨が働きやすい条件、働きにくい条件を理解した上で、適地で運用することが求められる。

図表2：人工降雨に適した条件、適さない条件

条 件	○ 適した条件	× 適さない条件
雲内温度	散布物質に合う温度域。	散布物質に温度が適さない、または対象となる水滴が乏しく、散布物質が働きにくい。
水分量	雲内に十分な液体水・過冷却水があり、水滴や氷晶が成長する「材料（凝結核）」が多い。	雲が薄い、乾燥しているなど、水滴・氷晶が成長する材料（凝結核）が乏しい。
上昇流・風	適度で比較的安定した上昇流があり、粒子が雲内にとどまりながら成長できる。	流れが弱すぎる、または乱れが強く、粒子が雲外へ流される、狙った領域に届かない。
地形・雲の動き	山岳地形で繰り返し形成される雲など、流れと雲構造が比較的限定され、散布位置を定めやすい。	雲の発達・移動が複雑で自然変動が大きく、散布の影響が埋もれやすい。
観測可能性	レーダー、航空機、地上観測網などで散布前後と風下域を追跡し、非散布時と比較できる。	観測網が不十分で粒子の移動や降水変化を追えず、自然降水との切り分けが難しい。

出所：WMO Statement on Weather Modification（2025）、Cloud Seeding Technology（GAO, 2024）から三井物産戦略研究所作成

[2] 北京五輪開会日の事例では、散布の影響とみられる雲の変化が観測された一方、その現れ方は場所や時間、雲の状態によって異なっていた。そのため、会場上空の降雨を防いだことが、人工降雨による効果だったのか科学的証明は難しい。

[3] Evaluating Winter Orographic Cloud Seeding: Design of the Wyoming Weather Modification Pilot Project（WWMPP）

[4] GAO（Government Accountability Office、米国会計検査院）は、米国連邦議会の調査・評価機関であり、公的資金の妥当性や政策効果を検証する役割を担う。水不足対策として利用が拡大している人工降雨について、科学的根拠、期待される効果、課題を整理した技術評価レポートである。
Cloud Seeding Technology: Assessing Effectiveness and Other Challenges | U.S. GAO

図表3：人工降雨に適した山岳地形の雲



出所：筆者撮影

3. 世界ではどのように使われているのか

世界気象機関（WMO）によれば、雨や雪を増やす、ひょう被害を抑える、霧を消すことなどを目的とする人工降雨プログラムは、50カ国超で実施されている[5]。主体は政府、気象機関、州政府、水管理団体などで、公共政策や研究予算に支えられる案件が多い。北米では民間企業も運用サービスを提供しているが、主な顧客は公共機関や電力会社であり、純粋な民間市場はまだ小さい。

主な国の取り組みを図表4に示す。

[5] WMO Statement on Weather Modification (2025) 。

図表4：主な国の取り組み比較

国・地域	主な主体	主目的	特徴・段階
米国	州政府、水管理団体、電力会社、民間事業者	積雪増加、水資源確保、水力発電支援	主に西部州で冬季の山岳性雲を対象に運用。政府系の他、民間企業によるサービス提供もある。
中国	中央・地方政府	水資源確保、農業支援、災害対応	国家規模で実施。気象改変能力の拡大を推進。
アラブ首長国連邦	国家気象機関	水安全保障、降雨増強	乾燥地域で積極的に実証。航空機・レーダー・研究助成を一体運用。
インド	中央研究機関、州政府	干ばつ対策、研究実証	州単位の実証・研究が中心。商業運用は限定的。

出所：WMO、GAO資料などから三井物産戦略研究所作成

米国では、州政府、水管理団体、電力会社などが主な利用者である。西部を中心に、春以降の融雪水を確保するため、冬の山岳性の雲を対象に雪を増やす取り組みが行われている。民間企業も運用を担い、人工降雨の商業化が進んだ市場といえる。

中国では、中央政府が国家規模で水資源の確保、農業支援、災害対応などを目的に人工降雨実施体制を整えている。2020年には、2025年までに人工降雨・降雪の運用能力を国土の半分超へ広げる方針を示した。2025年には西北・華北10地域で航空機やドローンを用いた共同作業を実施、2026年には、2030年に向けて観測・予測、作業、効果検証までを高度化する技術開発方針を打ち出している。

アラブ首長国連邦（UAE）では、水不足への対応として国家気象機関が研究と運用を主導している。専用航空機やレーダー網を整え、海外の研究者も対象とする助成制度を通じて技術開発を進めている。中東では、サウジアラビアやオマーンなどでも、雨を増やす取り組みが行われている。

インドでは、中央研究機関による研究と、州政府による干ばつ対策が並行して行われている。地域の水不足や農業支援を目的とする実証が中心である。アジアの複数国でも、降雨増加、山火事対策、大気汚染対策などに人工降雨が使われている。

このように、目的や実施主体は地域によって異なる。米国は水資源管理を背景とする商業サービス、中

国は国家主導の大規模運用、UAEは水安全保障、インドは研究・干ばつ対策の色合いが強い。対象となる雲や評価方法も違うため、成果や事業性を単純には比べられない。人工降雨は独立した産業というより、水資源、農業、電力、防災などを補う手段として利用されている。

4. 新しい技術は人工降雨を変えるのか

人工降雨の多くは政府や公共機関が主導している。効果を測りにくく、成果に応じて報酬を受け取る事業モデルをつくりにくいことが背景にある。

これを改善するために、従来は航空機や地上装置を扱う担当者の経験に大きく頼っていたが、現在は、気象レーダー、衛星、地上センサー、天気予報モデル、ドローンを組み合わせ、散布に適した雲を見つけ、狙った場所に種を届け、その後の変化を測る取り組みが進む。

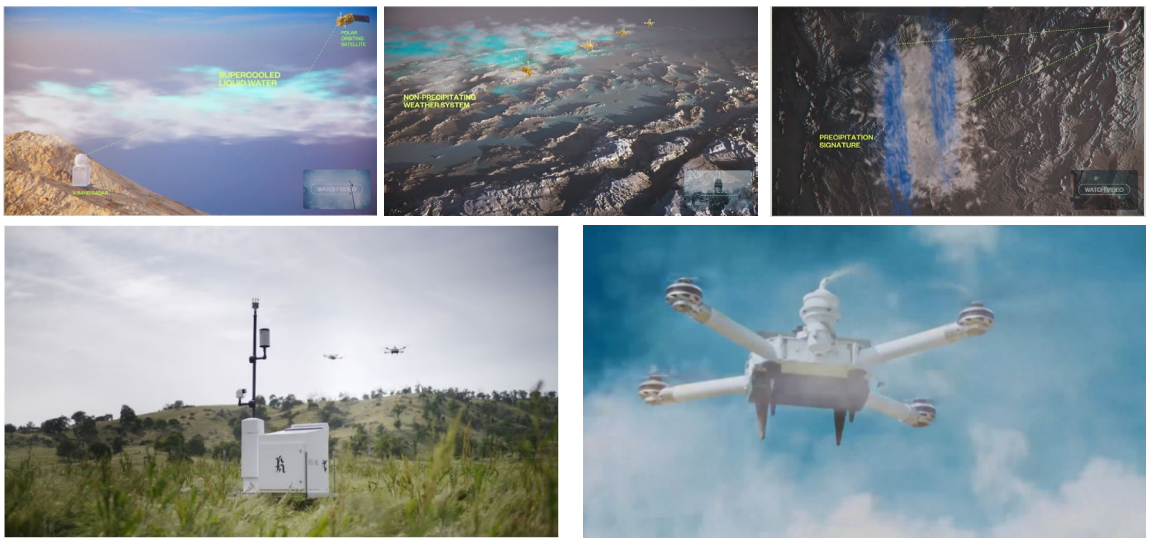
米国のスタートアップRainmaker Technology Corporationは、こうした課題に取り組む企業である。耐候性ドローン、気象レーダー、衛星データ、解析ソフトを組み合わせ、雲の選定から散布、効果測定までを一体化している。従来方式より効率的な運用と、分かりやすい効果測定を目指している（図表5、6）。

図表5：Rainmaker Technology Corporationの先進的な技術

(a) 独自のレーダーと衛星データによるリアルタイムな気象データで最適な雲を特定

(b)専用ドローンで、雲中の適切な位置にヨウ化銀を散布

(c)常時稼働レーダーと衛星監視で、降水状況を測定、ミッション結果を迅速に検証



出所：Rainmaker Technology Corporation ウェブサイトを基に三井物産戦略研究所作成、画像は同社ウェブサイトより引用

同社は特に効果の証明を重視している。従来は長期データによる統計的な推定が中心だったが、Rainmakerはドローンの飛行経路とレーダー・衛星データを照らし合わせ、散布後の降水変化を数値で示そうとしている。2026年には散布によって生じたとみられる降水を多数確認したと発表、第三者による検証が必要であるものの、定量的に効果を証明する技術開発に注力している。

図表6：従来型とRainmaker型の比較

項目	従来型	Rainmaker型
散布手段	航空機・地上発生装置	ドローン中心
雲の選定	オペレーター経験	予測モデル＋レーダー
観測	気象観測中心	レーダー＋衛星＋センサー
効果検証	統計的推定中心	散布剤追跡による効果の数値化
顧客	政府・水管理団体	政府・水管理団体、リゾート施設
本質的制約	適切な雲が必要	
改善ポイント	運用経験依存	データ活用・検証強化

出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

顧客の多くは州政府や水管理団体などの公共主体である。ユタ州では、水不足、グレートソルト湖の水位低下への対応として人工降雨の予算を増やし、Rainmakerに降雪業務を委託している。目的は、雪解け水による流域への水供給を増やすことである。

近年は民間企業の利用も始まっている。同社はソルトレイクシティ近郊のスキーリゾートと契約している。山岳地域は上昇気流により雲ができやすく、人工降雨の効果を測りやすい。また、スキー場では積雪量が営業日数や来訪者数に結び付くため、人工降雨技術による降雪増加への関心が高い。ただし、周辺に雪が降れば観光業だけでなく、水を利用する地域全体も利益を得るため、費用を誰が負担するかという課題もある。

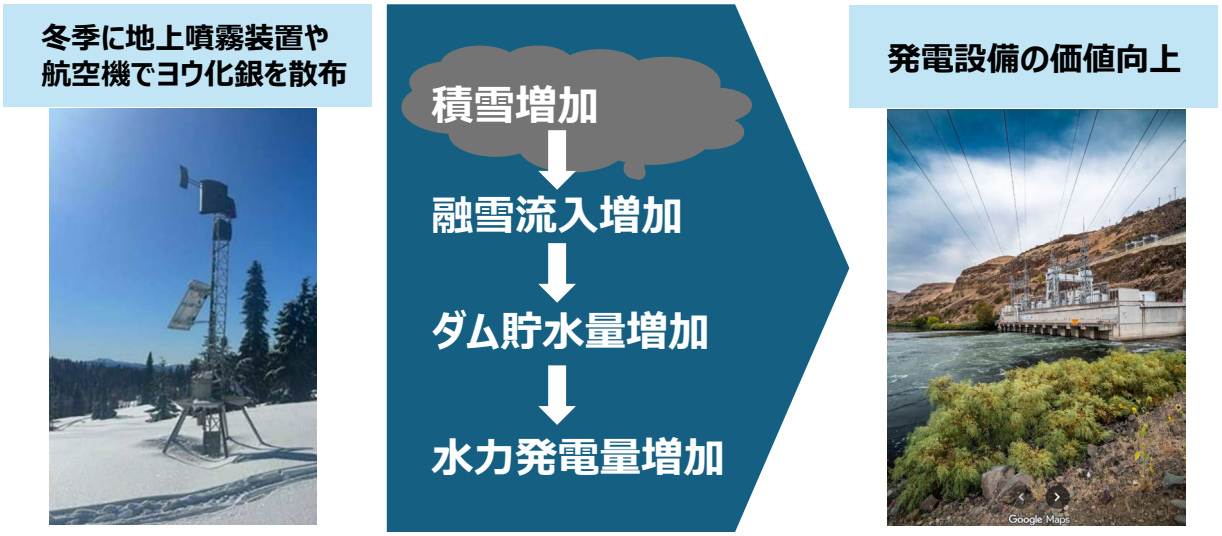
こうした案件でも、一定量の雨や雪を保証して販売するのではなく、運用費に利益を上乗せするサービス契約が中心である。

5. 事業として成り立つのか

事業上の最大の壁は、顧客が期待する最終的な成果を約束しにくいことである。顧客が求めるのは単に雨や雪を降らせることではなく、貯水量増加、農作物の収穫増、発電量増といった具体的な効果である。しかし、たとえ雨や雪が降ったとしてもそれが効果につながるかどうかは、雨や雪が降る場所、貯水の地点、需要など多くの要因に左右される。このため、最終的な効果に応じた成果報酬型ではなく、観測、運航、散布、効果測定など一連のサービスに対して対価を求める契約になりやすい。

一方、人工降雨の価値は、既存資産の価値向上と結び付けると分かりやすい。米国の電力会社Idaho Powerは2003年から人工降雨を行い、水力発電所に水が流れ込む地域の積雪を増やしている。同社は人工降雨により対象流域の積雪量が平均約12%増えたとしている。その結果、水力発電所の発電量が増加し、設備の価値を高めた（図表7）。

図表7：Idaho Powerにおける人工降雨の価値創出



出所：写真左 Desperate for water, Idaho looks to cloud seeding for a boost - East Idaho News、
写真右 Google Maps (Oxbow Dam Power Station) の画像を基に三井物産戦略研究所作成

同じ考え方は農業、水道、観光にも当てはまる。例えばスキー場では、雪が増えれば営業日数や来訪者数の増加が期待できるため、経済効果を比較的測りやすい。

ただし、効果は気象条件に左右される。利益を過大評価しないためには、実施しなかった場合との比較や、複数年にわたる検証が欠かせない。

6. まとめ

人工降雨は、水不足や気候変動への対応策として各地で利用されているが、水を自在に生み出す技術ではない。適切な雲が必要で、効果は気象条件に左右される。増えた降水を自然変動と完全に切り分けることも難しく、この不確実性が事業化の壁になってきた。

一方、気象レーダー、衛星、センサー、ドローン、天気予報モデルの発達により、運用と効果測定を改善する試みが進む。

事業面では、成果を保証しにくく、公共予算への依存度も高いため、人工降雨だけで安定収益を得ることは容易ではない。ただし、水力発電、農業、水道、スキーリゾートなど、降水や降雪によって価値が高まる既存資産と組み合わせることにより事業性の可能性が出てくる。

今後の注目点は、①第三者による効果検証データが蓄積するか、②既存インフラや産業への効果を数字で示せるか、③複数年契約など安定した事業モデルが確立されるか、の3点である。人工降雨は、ビジネスとして評価するには、まだ検証すべき課題が多い。一方、水不足や気候変動への対応が重要になるなか、補完的な技術の一つとして、今後も動向を追う価値はあるだろう。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一的な見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。