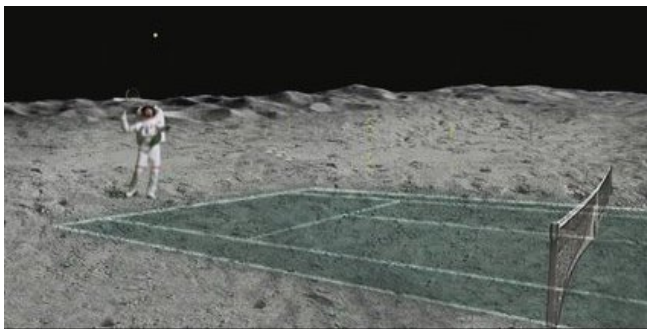


月面の環境（レゴリスを中心に）

1. 月面の環境パラメーター

1.1. 重力

月の表面では重力は $1/6G$ （地球表面重力の約 $1/6$ ）です。よって、たとえば体重 30kg の生徒さんが月へ行けば、その $1/6$ 、すなわち 5kg に、60kg の大人が 10kg の体重になります。現状の身体能力を持ったまま、ただ体重が突然 $1/6$ になれるわけです。（でもこれはダイエットには使えません。念のため）



左) 月でのテニスの想像図、右) 月でのスキーの想像図： 出典 NASA

トピックス1 「月でのスポーツ」: 10 年後？、あるいは 20～30 年後の近未来に必ずや始まるでしょう月観光旅行で月を訪れた観光客たちは、月ホテル内外での各種スポーツを大いにエンジョイすることでしょう。大人気のレクリエーションになること間違いなしです。なぜなら、オリンピックの金メダリストの記録も軽く上回る、まるで超人のような身体能力をその地なら堪能できるのです。走ってよし、跳んでよし、はねてよし、羽のように軽い我が身体！の体感です。

しかし何年もあるいは何十年もそこに滞在するのは実のところ、考え物かもしれません。月で長く生活するにつれ、骨や筋肉が徐々にやせていく可能性があります。すっかり小さな重力に慣れ、順応した身体に変化してしまったら、今度は地球へ帰ってきた時には突然 6 倍の重力に曝されるわけで、とことんやせた筋肉や骨をフルに使っても、とてもとても歩くどころかそもそも立てません。息も絶え絶えです。冗談半分でも決してみんなで寄ってたかってそんな数年ぶりの月帰り人を無理やり立たせようとしてはいけません。脳に血液、酸素が十分供給できず、ほんの数分で命の危機です。もしかすると竜宮城と同じで？、そんな夢のような体験ができる世界というものは、とんでもないお土産を持たされかねないのでしょうか。こちらのケースでは、玉手箱ではなく地球への重力復帰はなはだ困難と言うおまけつきですが、楽しいところは長居は無用という教訓話のような…。でも *Fly me to the Moon!* の歌ではありませんが、行ってみたいですね。

月面スポーツに話を戻しますと、どのようなスポーツをすれば、どのようにルールを変えれば、月でのスポーツや運動が地球では決して味わえない、とてもユニークで夢のように楽しい体験になるか、みなさんもよかつたら考えてみてください。将来の月旅行会社が高くそのアイデアを買ってくれるかも！、です。本当に冗談ではなく、上のイラストにもありますように、実際 NASA の科学者たちなど、その種のアイデアを考えて公に発表を始めています。

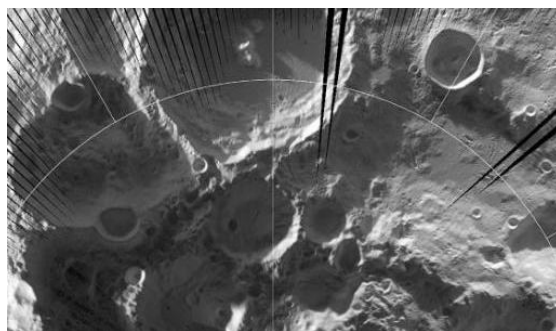
1.2, 表面温度

2009年、NASAは無人探査機を使い、全月レベルにおける詳細な表面温度の測定を実施しました。その結果、月南極付近のクレーターで -238.3°C もの極低温値を計測したことが発表されました。これは太陽系内の非常に低温であることで知られた場所、たとえば冥王星の表面よりもさらに低い温度であり、地球の衛星、月は太陽系レベルでも最大級の低温となる環境を持つことが判明したのです。

また、1ヵ月半かけて集積した計測データによれば、赤道、および中緯度地方の昼間の温度は、 106.7°C (私たちの地球の平地で水が沸騰する、それ以上の温度ですね)、またそれらの夜間の温度は -183.3°C となったことが報告されました。

さらに、低、中緯度の特定の複数地域において、夜間の温度が -133.3°C までしか下がらない、比較的温かい箇所のあることも明らかになりました。

研究者によると、これは比較的大型の最近できた衝突クレーターの地点と一致しており、それらの地域には飛来天体が月面で衝突爆発し、その結果周囲に掘り出された岩かけらの飛散物が依然として周囲のレゴリスよりも温かいことによる影響であろうと推定しています。



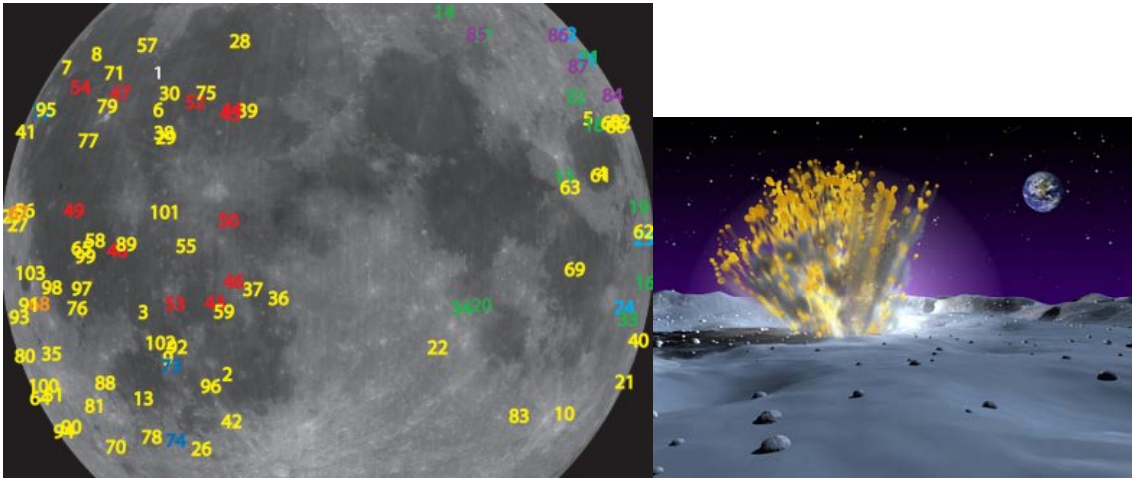
月の南極付近のクローズアップ写真 : 出典 NASA

ちなみに極地方は昼でも -30°C ~ -70°C の範囲です。

1.3. 飛来天体(流星体:メテオライト、マイクロメテオライト)の月面への衝突爆発

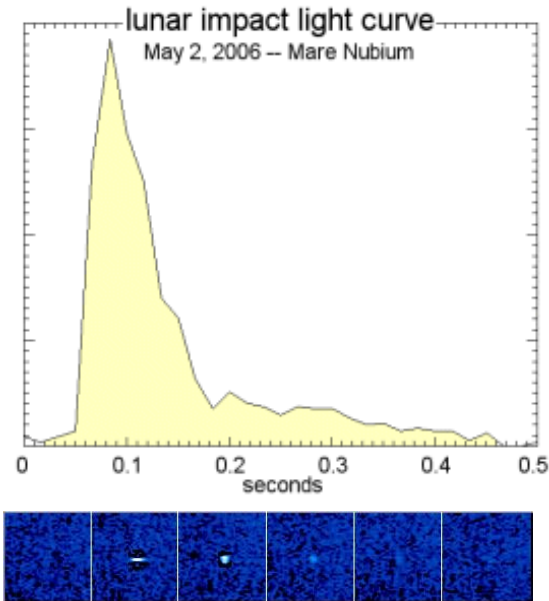
2008年5月のNASAの報告によれば、それより遡って2年半の期間、小型望遠鏡で十分観測可能な月面閃光は100回を越えました。小惑星や彗星のかけらが時速数十万km以上の速度をもって月の表面に衝突し、発光する現象がしばしば観測、報告される一方、その光度の大きさと現象の継続する時間の短さから、肉眼による観測、検出は実際、困難と言えます。

トピックス2 「流れ星はどこへ行っても幸運のしるし?」:私たちの世界、地球ではこれらメテオライト、マイクロメテオライトは大気圏突入後、火球や流れ星として観測され、星空愛好家に幸運や幸せの前兆の印などとして、見られたらロマンティックに喜ばれる物ですが、月のように万一大気がなかったら話は一変、危険な出来事そのものになっていた訳です。



左) 2005 年から 2008 年にかけての 2 年半の間に、小型望遠鏡レベルの検出器で観測された月面衝突による発光現象の起きた地点 : 出典 NASA 右) 月表面上、流星体による衝突爆発のイメージ : 出典 NASA

将来、月面を探索する宇宙飛行士を直撃して実際危険となる確率は、幸い相当低いと見積もられています。ただ、かなりの表面積を持つ大型の月面基地構造物の建設が始める将来においては、私たちは慎重にこれらの統計的確率を検討し、構造物への衝突破壊による危険性を予め考慮しておかなければなりません。2次衝撃はそれよりずっと大きな関心事で、なぜなら流星体が月に衝突し爆発した結果生じたかけらは四方八方に飛び散ることとなるためです。つまり、弾丸の速度に匹敵する、何千もの2次粒子からなるスプレーが発生します。直撃の可能性は低いものの、2次ヒットの可能性がかなり大きいかもしれないため、これは事前に検証しておくことが必要です。実際、1mm より小さい 2 次粒子ですら宇宙服を貫くことができると見積もられ、現在のところ、2 次粒子がどれくらい遠く広く飛び散るか不明のため、NASAではシミュレーション実験を行い、これに関する研究を進めています。

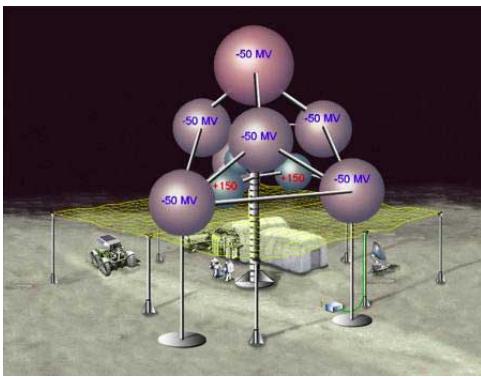


左) 2006 年 5 月日の月表面発光現象の時間的变化 右) 2 次粒子スプレーのイメージ : 出典 NASA

1.4. 宇宙放射線

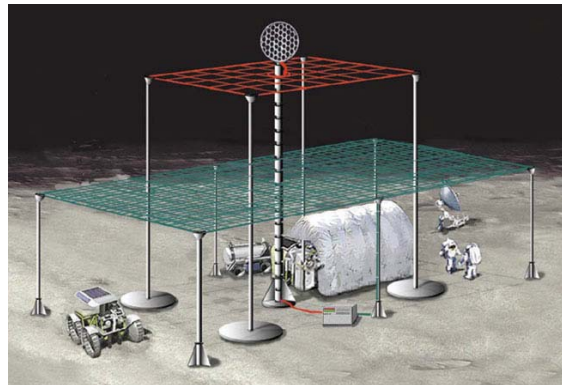
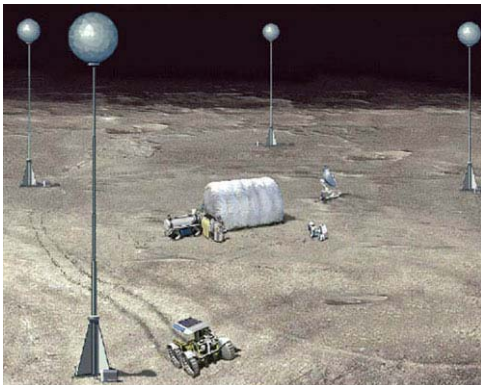
月は地球と違い、厚い大気や磁気圏を持たないため、表面には太陽系外に起源を持つ宇宙放射線や太陽からもたらされる SPE (太陽粒子現象: Solar Particle Event) がそのまま飛来、到達しています。月面も基本的に宇宙空間同様、宇宙放射線に常に曝されている環境です。宇宙放射線の概要につきましては、JAXA 宇宙教育センター・ホームページ (<http://edu.jaxa.jp/seeds/>) 添付の教材「宇宙放射線」をご参照願います。

実際、中性子線など一部例外を除き、宇宙放射線を構成する大部分の線種はプラスあるいはマイナスの電荷を帯びた粒子であるため、その特徴を利用した将来の月面作業従事者用の移動組み立て方式簡便宇宙放射線シールドの検討、開発が NASA 研究者を中心に進められています。



飛来する放射線と同種電荷の電場を用意することによる放射線進路変更方式の月面放射線シールドの概念検討模式図 : 出典 NASA

上図は、およそ半ダースの膨張可能な伝導性球体 (直径およそ 5m) で構成されたシールドが宇宙飛行士の屋外作業場の上方に取り付けられるモデルを表したものです。必要とされる電圧は非常に大きいものの流れる電流は非常に小さくてすみ、その電荷を維持するのに大きな電力を必要としません。球体の素材は薄く強い織物とし、さらに非常に薄く金など電導性の高い層でコーティングさせるというコンセプトです。移動時には球体は折りたたまれ、また使用時には電荷を与えて膨らませるというアイデアを含みます。

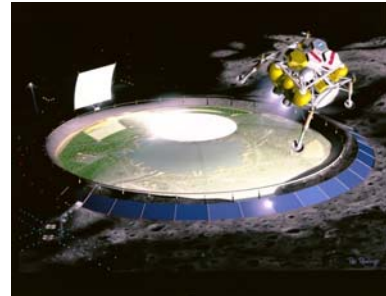


左) 月面で静電気による放射線遮蔽の概念。40m のマストの上に置かれた球体のジェネレータにより月面基地

への有害な放射能を回避する方法の検討模式図 :出典 NASA 右) 放射線シールドシステムの月ダストか

らの故障を防ぐために正と負の交互に配置した静電気シート利用が検討されたモデル :出典 NASA

トピックス3 「月面住居の科学的現実性」:1.3.、1.4.で概要が示されたように、月の表面は天からの飛来物(流星体や宇宙放射線)にまったく無防備の環境であるため、有人活動を行う際には常にそれらに対して備えることが必要となります。将来、実際に月面上で人が半永久的に暮らす居住区を建設する場合、以下にご紹介します月のレゴリス相当で厚さ 3m 以上の遮蔽が施されることになると考えられています。手っ取り早くそれを達成するなら、地下あるいは地中、トンネルの中に建設



されるのかもしれませんが、しばしば SF 映画やアニメなどで月面基地が透明の大きなドームに包まれている光景が描かれ出てきますが、それはあくまで未来の宇宙活動を映像表現としてふさわしく、かつ読者や観客に強くイメージしてもらうためのエンターテインメント分野における作り手と受け手間の約束事です。現実の科学とエンターテインメントの世界とを混同されず、今後みなさんの学習が進んでいくのに伴い、それぞれの枠組みを理解し、区別できるようになっていけることが大事です。

1.5. 大気(極高真空)

月は地球などと比べると大変小さな天体(質量で比較すると 1/80 ほど、体積で比較すると 1/50 ほど)であるため、その表面における重力は 1.1.で見ましたように地球の 1/6 位しかなく、結果、周囲に大気を引きつけておくことが全くと言っていいほどできません。月表面での大気の濃さは 10^{-12} から 10^{-15} (atm: 気圧)☆です。

一方、真空の度合いを表すのに、その真空度が低い順から、低真空、中真空、高真空、超高真空、極高真空という分類の仕方があります。月面の大気の濃度は、ご想像通り、極高真空の範囲に入ります。ちなみに、スペースシャトルや国際宇宙ステーションが飛んでいる高度 400km 辺りの空間は、高真空と超高真空の境目辺りの真空レベルでした。

以上から、月面での真空の度合いは私たち地球の大気から比べ限りなくゼロに近いことがお判りになりますね。ですので、アポロ宇宙飛行士たちは当然、生命維持システムを備えた船外宇宙服を着用して月世界の調査を行いました。また彼らは太陽が地平線近くにある時刻帯の月の地域に着陸しています。1.2.で見たとおり、月の中、低緯度では太陽が高く上がったお昼時は高温となるため、それを避けたそうです。

10^{-12} から 10^{-15} (atm:気圧)☆: 10^{-12} は $1/10 \times 10 \times 10 \cdots 10$ の分母における 10 の数が全部で 12 個あるという意味です。 10^{-15} も同様で分母の掛け合わせる 10 の数が 15 個です。

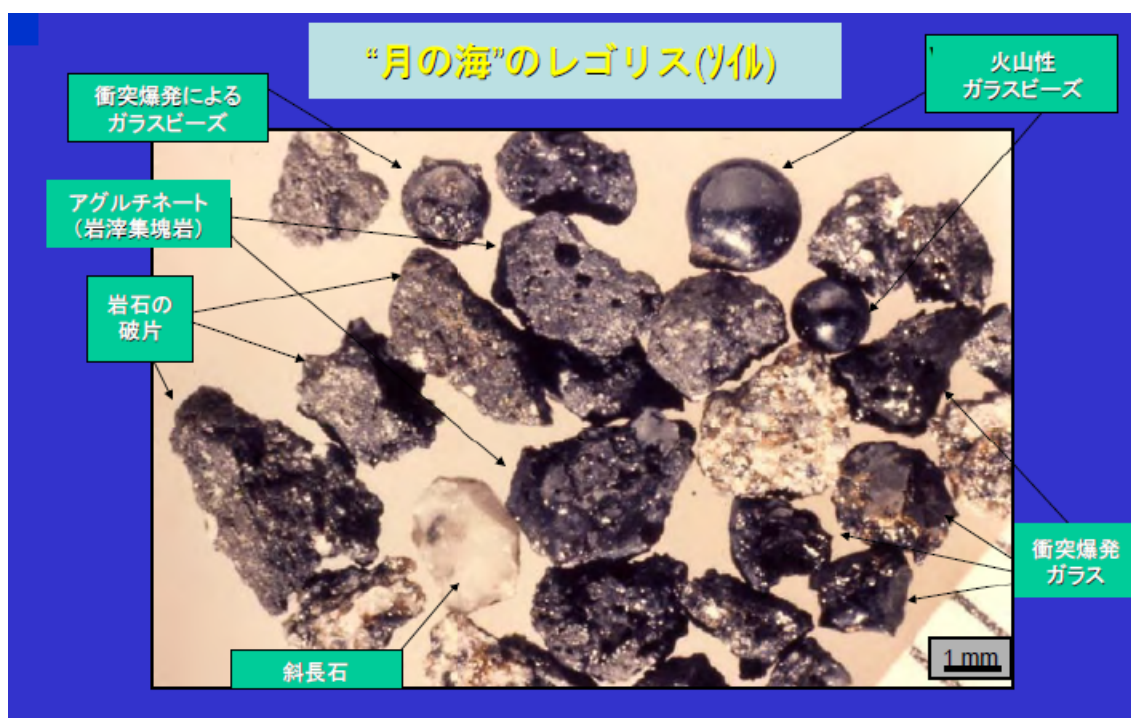
2. 月のレゴリス(regolith)

2.1. レゴリスとは何でしょうか

地球、あるいは他の固体惑星、衛星等の天体の表面上に見られる、ゆるく積もった岩石由来の粒子やかかけら、微小天体の衝突によって生成したガラス片、粉末(ダスト)等の総称を指します。

下に掲げた写真にもあるように、特に月レゴリスなど月の地質を対象にした研究分野では、しばしば月レゴリスのうち、1cm よりも小さいものを月ソイル(soil: 従来の語彙から日本語に単純に訳すと、土、あるいは土壌という言葉に置き換えられますが、日本語の土壌は構成要素の中に有機物を必須とする定義も学問上あることから、混乱を避けるため月物理学、あるいは月地質研究分野ではそのままカタカナ表記で、ソイルと文字を当てておく方が妥当)、さらに月ソイルのうち 20 μm ★よりも小さいものをダスト(dust)と分類、表記する場合があります。この英単語を”月の土”と訳している文章、文献も時にありますが、決して、それは有機物や粘土、微生物、土中生物などを含む地球の土壌に類するものではないことをご留意下さい。

20 μm ★: μ (マイクロ)はある単位の 100 万分の 1 (10^{-6})を表す。ちなみにm(ミリ)が千分の 1 であり、よってm からさらに千分の 1 が μ に相当する。また、10 億分の 1 (10^{-9})を示すのが n(ナノ)で、 μ からさらに千分の 1 とも言い換えることができる。



月のレゴリスを構成する物質の内、月ソイル(1cm 以下の大きさ)に含まれる様々な岩石、ガラス類: 出典 NASA

まとめますと、月ソイルは、地球の土壌と比べて特に以下の点が大きく異なります。

- ①有機物や粘土等を含まない
- ②ガラスを多く含む
- ③比重が大きい
- ④磁気を持つ
- ⑤粒子の表面が磨耗しておらず、逆にぎざぎざ、トゲ状、鋭利な物が含まれる

さらに明らかにされた主な特徴として、以下の通りです。

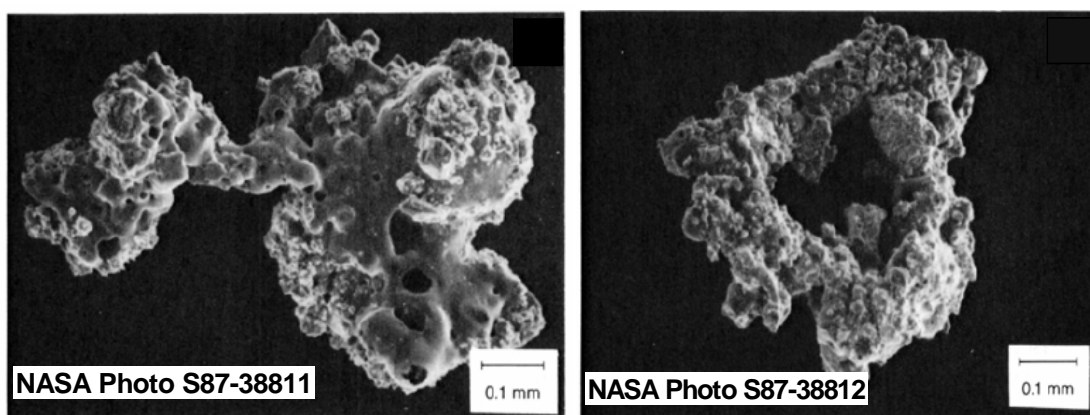
- (1) 1mm よりも小さい粒子が多数
- (2) 粒子の平均的な大きさは～65 から 70 μm
- (3) 平均比重は 3.1
- (4) ソイル内において粒子と粒子の間の空間の占める割合は～44 から 54%であり、深くなるにつれその空間の占める割合は徐々に小さくなる

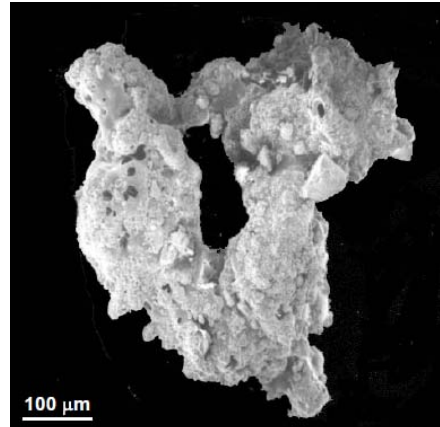
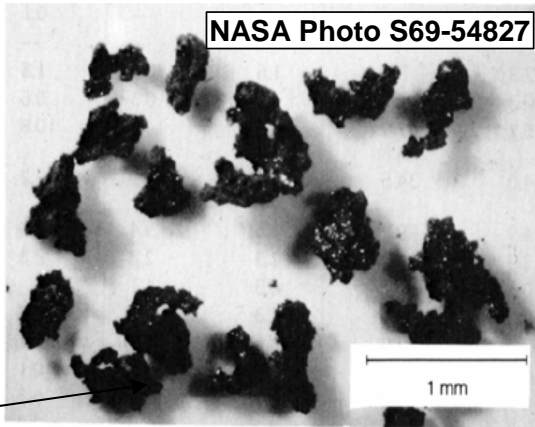
2.2. 月レゴリスの生成

月面の衝突爆発によってできたガラスは磁気を帯びています。それはなぜでしょうか。

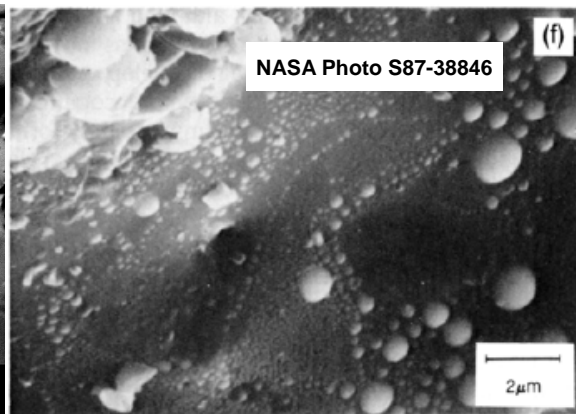
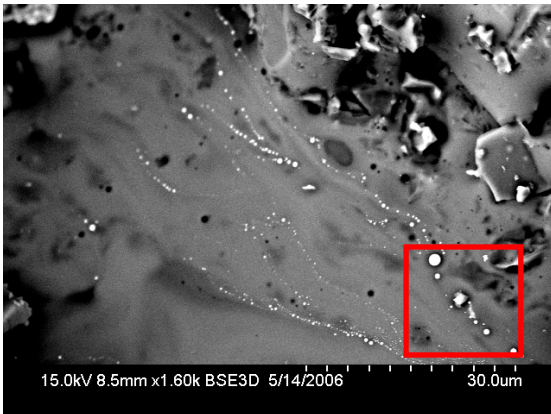
微小な月ダストを調べたところ、数百 nm(ナノメートル)の厚さ(人間の髪の毛の直径の 1/100 位)のガラスでコーティングされている粒子やガラスのビーズなどが含まれることが分かりました。さらに研究が進み、このガラス質は流星体の月表面への衝突爆発によって生成したものであることが明らかになったのです。

微小な流星体(ほとんどが塵クラスの粒子)が月面に時速 10 万 km 以上もの高速で衝突すると、その運動エネルギーが一気に熱エネルギーへ転換されて 2,000°C以上の高い熱が発生します。そのような高温の熱は地表面(、いえ正確には月表面)に含まれる分子を融解、蒸発させるほどの影響を及ぼします。一瞬にして発生した蒸気は酸化鉄(FeO)や二酸化ケイ素(SiO₂)という物質が主なのですが、このレベルの熱エネルギーは分子をさらに構成要素の原子、ケイ素(Si)、鉄(Fe)、酸素(O)等に解離します。続いて、周囲環境の温度に従って蒸気は冷やされ、その過程で原子が再結合し、生じた純鉄(Fe)の小さい(ナノサイズの)金属粒子を散りばめた二酸化ケイ素(SiO₂)のガラスに凝縮することとなります。小さな純鉄をまぶせたガラスが、すなわち衝突インパクトから始まる一連の反応によって磁気を持ったガラスコートの子やガラスビーズが、数十億年の長きにわたり、月面上で作られてきた訳です。





アグルチネートの顕微鏡写真および電子顕微鏡写真) 衝突爆発で作られた直後のまだ熱く液状のガラスが周囲の鉱物粒子、岩石の破片やガラスビーズなどを所々結び、接着させてでき上がった凝結物 : 出典 NASA



アグルチネート内の純鉄粒子を写した電子顕微鏡写真) 薄灰色の球状粒子が鉄のパーティクル : 出典 NASA

2.3. 月レゴリスの堆積

アポロ 15 号着陸地点を例に、レゴリスの堆積速度および表面から鉛直線、下方向への相対的な密度分布は以下の通りである。

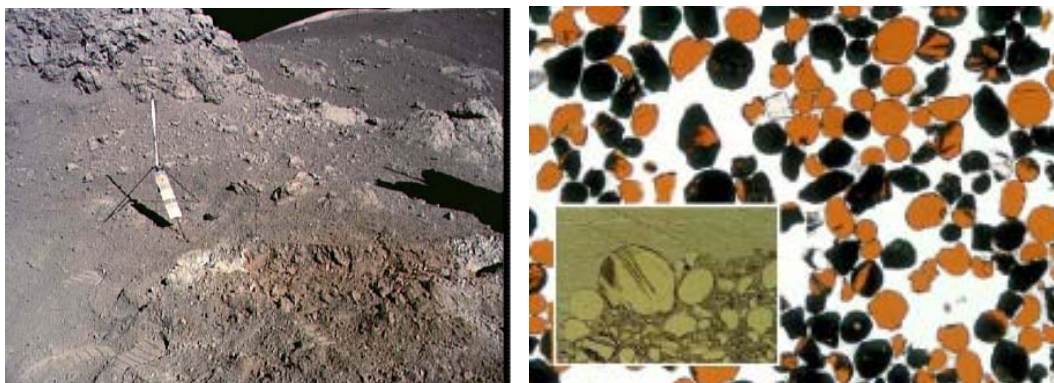
堆積速度	: 100 万年当り 1.5mm
表面~1cm	: 密度は最小(非常にやわらかに堆積)
~1 - 2cm	: 密度は小(比較的やわらかに堆積)
~2 - 4cm	: 密度は中程度
~4 - 12cm	: 密度は大きい
~12cm 以下	: 密度は非常に大きい

アポロ 16 号ミッションにおける月面試料採取の様子。靴の足跡が柔らかなレゴリス表面の厚さを示している。 : 出典 NASA



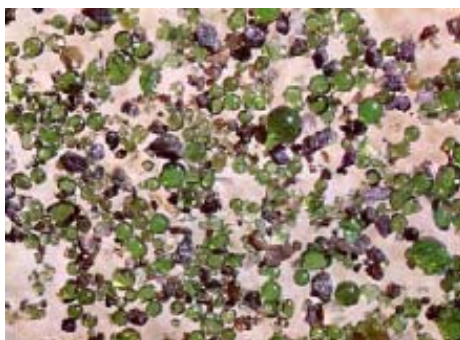
2.4. 色彩の明瞭な月ソイル、ガラス

月世界は色彩に乏しく、表面はすべて白、灰色と黒に限られていると思っている人もいるかもしれませんが、しかし、アポロ計画の月に降り立った宇宙飛行士はオレンジ色の月ソイルやガラス、また緑色のガラスも地球へ持ち帰っています。



左) アポロ 17 号の着陸地点付近で見られたオレンジ色の月ソイル :出典 NASA

右)オレンジ色ガラスの偏向顕微鏡写真 (拡大率 40 倍, 写真の横の一边が視野内 4mm に相当) ::この試料は、所々ガラス化していない黒色部分をもつオレンジ色のガラス球と、”月の海”起源の小さな玄武岩断片との混合物から成る。粒径は 20 から 45 μ m。噴火した玄武岩質溶岩は火口を飛び出しながら断片化し、続いて火山の周囲へ吹き飛ばされたものである。冷却しつつ、核なしで結晶化したガラスはチタンを高濃度に含んでいたため、清んだ橙色を呈することとなった。黒い部分はガラスの内部へ向かって鋭角の形状で侵入した橄欖石の結晶を含む。 :出典 NASA



緑色のガラス質粒子(アポロ 15 号のミッションによる) ::月表面のガラスはその多くがメテオライトの衝突爆発によって形成されるが、これらの緑色のガラスビーズは火山活動がその起源である。粒径は 40 から 250 μ m。この色は特にマグネシウムの含有による。 :出典 NASA

2.5. 有人活動における月レゴリスの課題と対策

2.5.1.月レゴリスの主な問題点

アポロミッションの経験から、月ダストには問題となる諸々の性質のあることが報告されました。

- ①視界不良(アポロ 15 号): 着陸時、巻き上がった月ダストのため視界不良となり、見通せる距離が約 18m(60 フィート)以下となった。
- ②機械・装置可動部の動作不具合(アポロ 12 号): 宇宙服のリストや宇宙服ホースのロック可動部にダストが入りこみ、動作に不具合を生じた。
- ③表面コート(アポロ 11 号): 地面(正確には月面)を這わせた TV ケーブルの上をダストが覆っ

たため、宇宙飛行士がそれにつまずいて転ぶ原因となった。

④健康被害(吸入などによる)(アポロ 15 号): エアロック内で船外宇宙服を脱いだ時、火薬のような匂いを感じた。(月の匂い、月ダストの匂いとしてこの後、話題となった)

④健康被害(吸入などによる)(アポロ 17 号): エアロック内で船外宇宙服を脱ぐ時に月ダストを吸入した結果、その後宇宙飛行士に枯草熱(花粉症)に似た症状が出た。

⑤ラジエーターの機能低下(アポロ 16 号): オーバーヒートを起こし、機械に性能不良が起きた。

⑥シールの不具合の原因(アポロ 14 号): 宇宙服から空気もれが生じた。

⑦表面のすり減らし(アポロ 16 号): すぐに積もるダストをくり返し拭き取ろうとした結果、ゲージのダイヤルがこぞぎ落とされ、読めなくなった。

またミッションを通し、下記の問題点が明らかにされています。

いたる所に存在する、非常に細かい粉末状の月ダストは接触した物質の表面をすぐに覆い、思いがけない方法で物品の中に入りこむため、

サンプル容器のフタと容器本体の間にもすぐに入り、フタがうまく締まらなくなった。

ボルトの穴をふさぎ、宇宙飛行士のヘルメットのバイサーを覆い、また手袋の生地をすりへらすこととなった。

宇宙飛行士が月表面で作業している間、頻りに手を休めては大き過ぎるためほとんど効果の上がないブラシを使って、カメラレンズや装置の清掃をしなければならなかった、等です。



左) 月ダストはアポロミッションを通して、接触するすべての物体(ブーツ、手袋、宇宙服の足の部分、手にする道具類など)の表面をたちまちコートすることが分かった。この結果、機械の目詰まりによる故障、機械の摩滅や熱制御装置に問題が発生し、またシールの不具合をもたらした。これらの高い付着性は月ダストのギザギザ、トゲ状の形状、および静電気を帯びることによると考えられる。 中) 月表面をローバーで走行すると、月ダストが「雄鳥の尾羽」のように蹴り上げられることとなり、これによる機械の故障を防ぐため、アポロ 17 号月ローバーの車輪の上部に急遽、応急処置として地図、留め金やダクトテープを使いとり付けられたフェンダー。 右) アポロ 16 号ミッションの月ローバーの走行。月ダストが車輪の後ろに激しく巻き上げられている。 :出典 NASA



左) アポロ 17 号ミッションにおいて、ハリソン・シュミット宇宙飛行士の元々白一色の船外宇宙服は灰色の月ダストによってひどく汚れている。中) アポロ 17 号ミッションの月表面での活動後、月着陸船内に置かれた月ダストで汚れたヘルメットと船外宇宙服。右) 月面船外活動が終わり、月着陸船に帰って船内服に着替えたアポロ 17 号ユージン・サーナン宇宙飛行士。月ダストで顔やシャツのあちこちが汚れている。 :出典 NASA



アポロ 17 号ミッションの地球へ持ち返られた船外宇宙服とブーツ。特にブーツや服の下半身部分に月ダストの細かい入り込んでいる状態が著しい。 :出典 NASA

2.5.2.月レゴリスの健康影響

塵肺症 (*Pneumoconiosis*) とは、鉱物の細かい粉末、ほこり(粉塵)の吸入と沈着で引き起こされる肺疾患を指し、本疾患は結果として肺機能の喪失、最悪の場合、死に到る肺線維症を起こすものです。主として産業活動に伴って生じる疾患(病気)であり、三大塵肺症として *Anthraco-sis* 炭粉症(炭塵肺; 炭鉱夫の病気)、*Asbestosis*(アスベスト塵肺)、*Silicosis*(シリコン塵肺)があります。

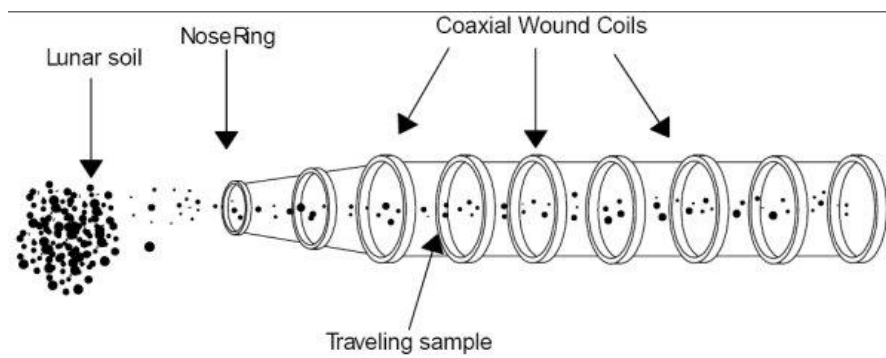
一方、月面を歩いた宇宙飛行士すべての肺組織にこの月ダストの吸入されたことが医学的に調査、確認されており、中でも Harrison H. Schmitt(ハリソン, H. シュミット)宇宙飛行士は“lunar dust hay fever(月ダスト花粉症)”の症状を起こしたことで有名となりました。

さらに肺に対する疾患以外にも、皮膚や目への刺激やリンパ系、心循環器系等への健康被害も起こします。

今後、月面で活動する人に対して上記諸疾患等にかからないように対策が十分に取られる必要があり、NASA の研究者らは以下の装置や船外活動の方法などを考案、試作試験を行い、研究を進めています。

2.5.3.月レゴリス除去装置(月ダストバスター)の試作

月ダストが磁気を持つ性質を利用して、これらを除去する装置、システム(月ダストバスター)の開発試験がNASAで行われています。しかし、月ダストはその表面がギザギザ、鉤状である場合が多く、それらが一つ一つ釣り針のように働いて、宇宙服、宇宙手袋などの繊維に引っかかり、中に食い込んでしまう性質も併せ持つため、この種のバスター装置はまだ試作品の域を出ていないのが現状です。



月ダストバスターの作動原理) 月ソイルをノーズリングの口からコイルの間へ誘導しつつ送っていき、チューブの中に安全にそれらを集めとる。 :出典 NASA



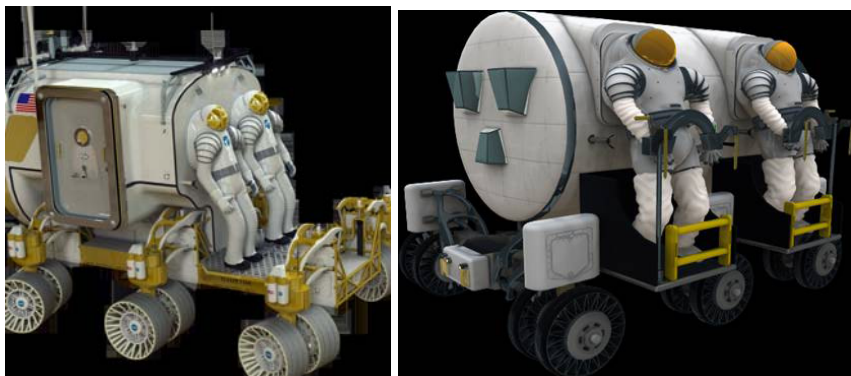
月ダストバスター試作品 :出典 NASA

2.5.4.月レゴリス対応有人月面活動の方策検討

NASA は 21 世紀に入り、月面有人活動における技術開発も進めてきています。その一つの新たなコンセプトによるものが以下に掲げた与圧タイプの月ローバーの概念検討試作品です。ここでは、エアロック内で船外宇宙服から船外宇宙服へ着替えるという従来の方法を退けて、船外宇宙服を常にローバー与圧室外に設置しておく方法を採用しています。この方式であれば、船外服表

面についた月ダストを与圧室内へ持ち込む可能性を取り除くことができます。一方、その短所として、ローバーから船外服を着て作業できる範囲の限られる点があげられます。

21世紀の月面有人活動を行うに当たり、実際に有効な月ダストバスターの開発や月ダストをローバーや月面居住区との与圧部内へ持ち込まないようにする革新的なアイデアの創出、それに基づく開発が望まれます。この分野でも独創的なアイデアを生み出していく、発想豊かな新人の参加が待たれるのです。



次世代与圧式月面ローバーの新規アイデア、および試作機テスト : 出典 NASA



21 世紀、何人の人が月面を歩くのでしょうか。
これが moon walk ! などと言ったりしながら...

////////////////////////////////////(参考資料)////////////////////////////////////

NASA Classroom Activity 「NASA のクラスルーム単位での教育活動」

Making Regolith Activity 「模擬レゴリスを自作する教育プログラム」

////////////////////////////////////

http://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/Making_Regolith_Activity.html

> **For educators** [424KB PDF file] (先生用の教育資料)

http://www.nasa.gov/pdf/146860main_Making_Regolith_Educator.pdf

> **For students** [235KB PDF file] (生徒用の教育資料)

http://www.nasa.gov/pdf/146861main_Making_Regolith_Student.pdf

Grade Level (本カリキュラム受講に適切な学年):	3-5 (小学校 3 年生から 5 年生)
Connections to Curriculum (カリキュラムの該当分野):	Science (科学)
Science Process Skills (科学の中の学習可能なスキル):	observing (観察する), predicting (予想する), classifying (分類する), inferring (推論する), communicating (コミュニケーションする) (Association for the Advancement of Science)
Teacher Preparation Time (先生の準備に掛かる時間):	20 minutes (20 分)
Lesson Duration (授業時間):	45 minutes (45 分)
Prerequisite (前もって必要となる技能、資格などの条件):	none(特になし)

////////////////////////////////////