

< ダイヤモンドの高温高压(HPHT)プロセスについて >

ご存知でしょうか？ 地球上で最も豊富に産出されるダイヤモンドは褐色であることを。カラーレスや最近人気のインテンス・イエロー、ブルー、レッド、ピンク、グリーンなどの“ファンシーカラー”ダイヤモンドと比較すると褐色のダイヤモンドの産出量は圧倒的に多く、これら褐色のダイヤモンドをより価値あるカラーレスやファンシーカラーダイヤモンドに変化させたいと言う願望は昔から存在していました。

このような理由から、ダイヤモンドの外観を変える方法は昔から多くの方法が提案され、特に放射線処理は一般的に魅力のないカラーから魅力的なカラーのダイヤモンドへと色を変えるのに用いられて来ましたが、コーティング処理は見た目“カラーレス”に変えるのに用いられて来ましたが。

放射線処理やコーティング処理は、色の変化に関してある程度効果的ですが、従来の宝石学的検査によって簡単に看破可能です。しかし、褐色のダイヤモンドに超高压下で加熱処理を施しダイヤモンドの色を改良したものが近年現れており、これらの処理ダイヤモンドはそれが処理されていると断定することが従来の鑑別法ではほとんど出来ません。この処理は『高温高压プロセス』と呼ばれています。



1. 高温高压(HPHT)プロセスとは

天然ダイヤモンドの結晶が生まれるのは地球の奥深く120km以上の場所で、そこは超高压高温の環境です。そこで育ったダイヤモンドはマグマの噴出等によって急速なスピードで地上まで運ばれるため、我々は地球の奥深くにあったままの状態でのダイヤモンドの結晶を手にする事が出来ます。地球上で最も豊富に産出されるダイヤモンドが褐色であることは既に説明しましたが、これは結晶が成長した後に超高压高温の環境で受ける熱や応力が原因だと言われています。

このような原因で褐色となったダイヤモンドをもとあった地下の超高压高温の環境に戻すことが出来れば、それらのダイヤモンドの色は再び変化します。これを、そのダイヤモンドが本来の色に戻ると表現する人もいます。

HPHTプロセスとはこのようにダイヤモンドを超高压高温下に置く処理です

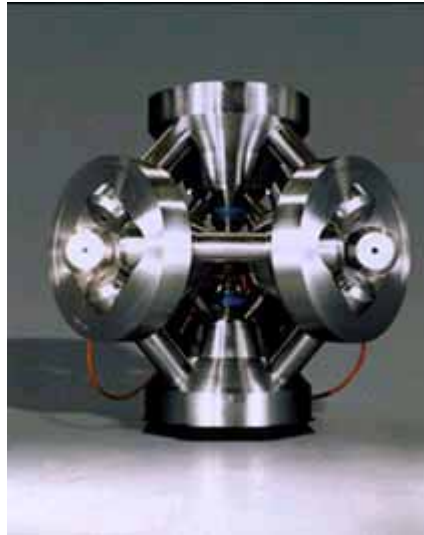
2. 超高压発生装置

ダイヤモンドが生まれた地球深部のような超高压高温を再現する装置の利用は、1955年にGE社が合成ダイヤモンドの製造に成功したことにより可能になりました。当時、GE社が製造した超高压発生装置はベルト型プレスと呼ばれ、写真Aのような大型の装置です。それ以降、米国ではキュービック型やプリズム型と呼ばれる装置が開発され、ロシアからはパール型と呼ばれる超高压発生装置が開発されています。

A.ベルト型



B.キュービック型



C.プリズム型



写真: Novadiamond HPより転載

D.パール型



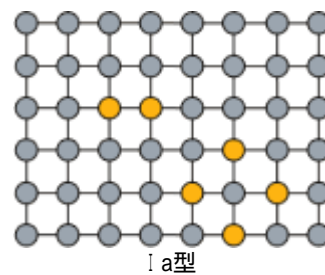
写真: Rapaport Diamond Reportより転載

3. ダイヤモンドのタイプと色

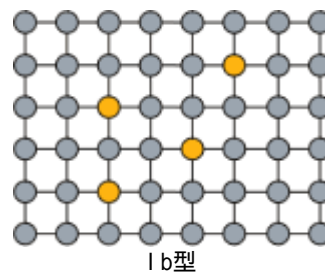
ダイヤモンドのタイプは慣例的に以下の4つに分類されています。

I型(窒素を含むタイプ)

I a型 … 窒素原子が集合体を作っているもの。大抵の無色から黄系(ケープ系)ダイヤモンドがこれにあたります。



I b型 … 窒素原子が単独で存在しているもの。ファンシーインテンスイエローなどの濃い黄色系のダイヤモンドを生みます。

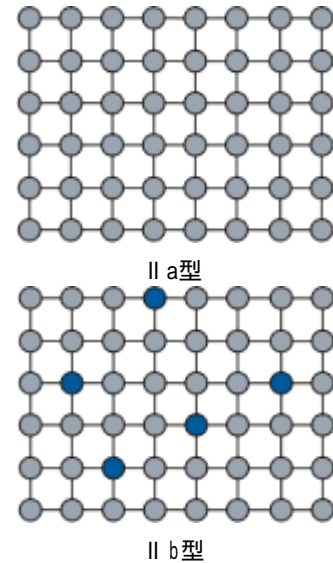


II 型(窒素を含まないタイプ)

II a型 … 窒素やホウ素などの不純元素を含まない無色のダイヤモンドです。希少性が非常に高いタイプです。

II b型 … 不純元素としてホウ素を含むもの。電気を通す特異な性質を持ち、ファンシーブルーのダイヤモンドが属するタイプで有名です。希少性が非常に高いタイプです。

炭素原子 ●
窒素原子 ●
ホウ素原子 ●



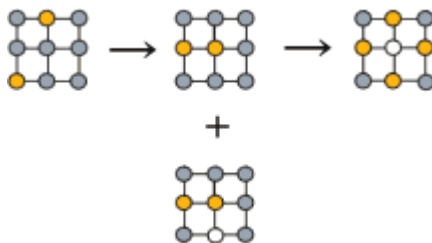
4. 色の変化のメカニズム

4 1. 窒素の凝集と分解

窒素を含有するI型ダイヤモンドは、地球の奥深くで100万年から30億年程かかって窒素原子が単独で存在するIb型から窒素が集めたIaA型、IaB型に変化すると云われています。高温高压プロセスではこの過程とは正反対に集合した窒素を単原子の状態に分解します。このように処理されたダイヤモンドは、ファンシーイエロー系や所謂アップルグリーンと呼ばれるファンシーイエローグリーン系のダイヤモンドに変化します。

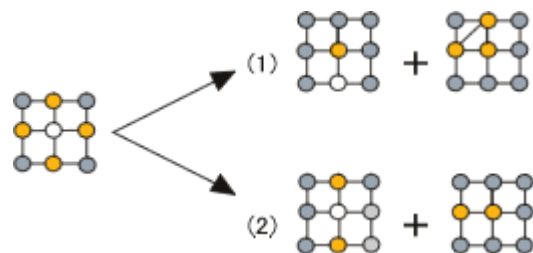
自然界での作用

自然界で単原子窒素(Ib型)の状態からIaA型、IaB型に変化するには100万年から30億年位掛かると言われている。



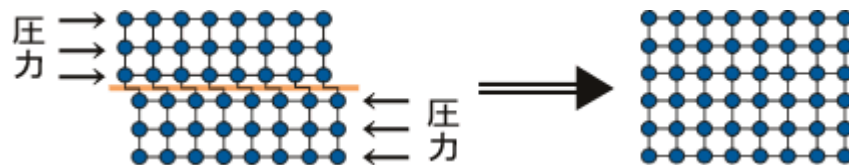
HPHTプロセスでの作用

HPHTプロセスで窒素の集合体は分解される。図はその例である。窒素4個の集合体から(1)単原子窒素1個と窒素が3個からなる集合体や(2)窒素が2個と窒素が3個からなる集合体に分解される。



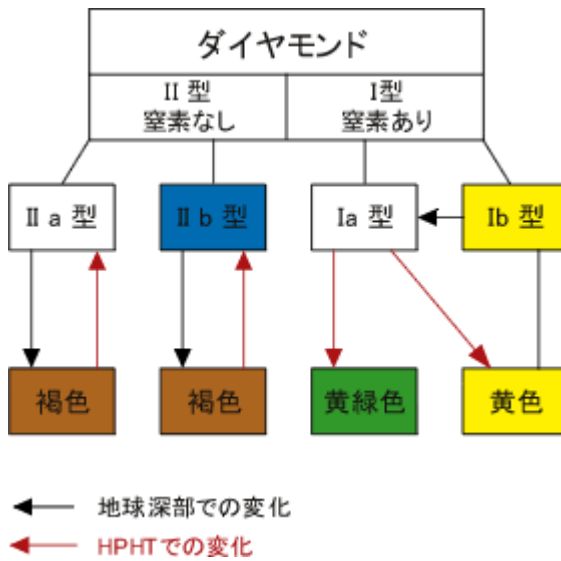
4 2. ダイヤモンド中の格子の歪み

ダイヤモンドの褐色味は地球深部で受けた応力で生まれた結晶格子の歪みが原因と云われています。高温高压プロセスで再度この応力に対応するような圧力をかけることでその歪み(左図)を修正することが可能になり、褐色味を取り除くこととなります。その結果、II a型のダイヤモンドは本来のカラーレスへ、II b型のダイヤモンドならブルーへと変化します。



5. ダイヤモンドのタイプ別による色の变化

ダイヤモンドのタイプとHPHTプロセスによる色の变化を表したのが以下の図です。



II a型 本来このタイプは無色系のダイヤモンドですが、HPHTプロセスによって地球深部の応力に相当する圧力を与え結晶格子の歪みを治せば無色系ダイヤモンドになります。また、HPHTプロセスで無色になる前にピンク色も出現することもあります。

II b型 本来このタイプは青色系のダイヤモンドですが、同じようにHPHTプロセスによって結晶格子の歪みを治せばブルー系のダイヤモンドになります。

I a型 窒素原子の集合体を分解してIb型に近づけることがHPHTプロセスでは可能なため、HPHTプロセスを施すとファンシーインテンスイエローなどの濃い黄色やイエローグリーン系に変化します。

I b型 現段階では、HPHTプロセスによるIb型からIa型への変化は確認されていません。

6. 市場に出回っているHPHTプロセスダイヤモンド

6.1. ベラテア (Bellataire)

1999年4月にペガサスオーバーシーズ社 (アントワープ: LKIの子会社) がGE社でHPHTプロセスを施したダイヤモンドの販売を開始しました。これがHPHTプロセスダイヤモンドを公式に市場化させた最初の例です。

当初は“GE POL”と呼ばれていましたが、その後“Monarch”に変更し、現在では“Bellataire”というブランド名で呼ばれています。何れかのブランド名がガードルにレーザー刻印されています。

販売されている色は以下の通りです。

- * Colorless (II a型)
- * Pink (II a型)
- * Intense Yellow ~ Greenish Yellow (Ia型)
- * Blue (II b型)



Bellataire社HPより転載

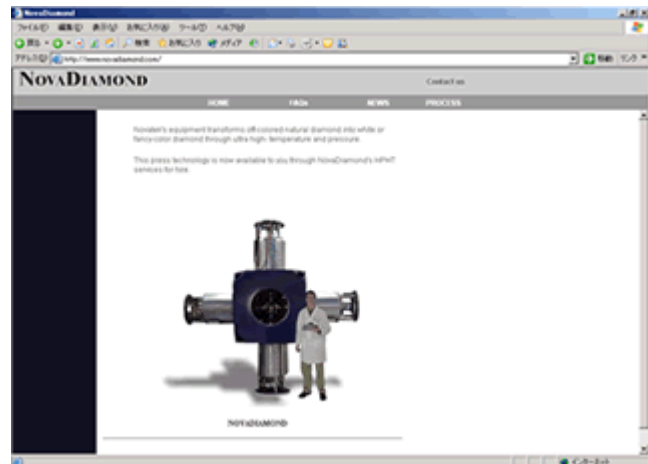
6.2. ノバダイヤモンド (NovaDiamond)

2000年2月にノバダイヤモンド社 (アメリカ・ユタ州) が親会社のNovatech社でHPHTプロセスしたダイヤモンドをインターネット上で販売を開始しました。

当初はHPHTプロセスダイヤモンドを自社ブランドで“NovaDiamond”とガードル刻印を入れて販売していましたが、現在はHPHTプロセス業務を請け負っているだけで販売はしていないようです。

販売されていた色は以下の通りです。

- * Intense Yellow (Ia型)
- * Yellowish Green ~ Greenish Yellow (Ia型)



NovaDiamond社HPより転載

6.3. ノーブ(Nouv)

2003年3月からイルジンダイヤモンド社(韓国)が自社でHPHTプロセスを施したダイヤモンドを“Nouv”というブランド名で販売しています。現在、最も積極的に海外の展示会にも参加して営業活動を行っている会社の一つです。HPHTプロセスダイヤモンドには“Nouv”とガードル刻印を入れています。

販売されている色は以下の通りです。

- * Intense Yellow ~ Orangy Yellow (Ia型)
- * Yellowish Green ~ Greenish Yellow (Ia型)



NouvInternational社HPより転載

鑑別機関での検査法

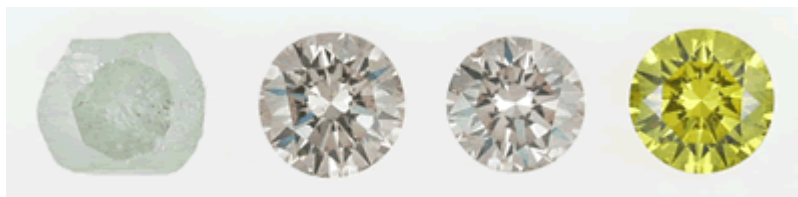
市場には以上に紹介したHPHTプロセスダイヤモンド以外にも中国やロシアでHPHTプロセスが行われたものも僅かではありますが存在しています。ガードル刻印も削られることもあり、HPHTプロセスであることを開示するガードル刻印がないからと言って安心できるものではありません。

当社ではお預かりした全てのダイヤモンドを自社開発したケーブディテクターという装置を通し、合成や処理の可能性のあるダイヤモンドだけを選別し、更に高度な検査を行っています。HPHTプロセスに適したダイヤモンドのタイプは既に説明したようにある範囲に限定されています。ですから、それらのタイプをケーブディテクターや赤外分光光度計で測定することによってHPHTプロセスの可能性のあるタイプの石かどうかを確実に分類することが出来ます。

高度な検査

現在、HPHTプロセスを看破する手段としてはフォトルミネッセンスの分析が最も有効と言われています。当社では、このフォトルミネッセンスの測定には顕微ラマン分光分析装置(レニショー社製システム1000およびジョバンイボン製ラブラム インフィニティ)を用いて、検査する石をマイナス150 以下に冷却し測定を行っています。一言にHPHTプロセスと言っても既にご紹介したように多くの会社で行われています。それらは超高压発生装置の種類も違えば超高压高温の条件も処理時間もそれぞれに異なり、またこの処理に供せられるダイヤモンドが持つ固有の性質などによりフォトルミネッセンスで得られる特徴も多岐に亘ります。

当社ではこれら様々な特徴に対応するためにフォトルミネッセンス測定に用いるレーザー光線も5種類(325nm、488nm、514nm、532nm、633nm)を用意し、これまで数多くのHPHTプロセスダイヤモンドを検査してまいりました。現在もおHPHTプロセスを施す前後でのフォトルミネッセンスの変化を調査しております。このように蓄積したデータをもとに、最も確実に天然ダイヤモンドとHPHTプロセスされた石の選別を行っています。



これらのダイヤモンドは、当社の研究のためS社(米国)でHPHTプロセスしたものの一部です。HPHTプロセスする前はFancy Light Brownの石でした。HPHTプロセス後は、左からカラーレス(テーブルしか再研磨していないためカラーグレードの判断は不能)、Light Orangy Pink、Very Light Orangy Pink、Fancy Vivid Yellowに変化しています。

尚、AGLのルールで鑑別書およびグレーディングレポートへの記載法は次のように決められています。HPHTプロセスされたダイヤモンドであると判断された場合には、鑑別書に『色の変化を目的とした高温高压プロセスが行われています』とその処理方法が明記されます。グレーディングレポートには、鑑別書と同様のコメントが『備考欄』に記載されるだけでなく『カラーグレード欄』と並んだ『色の起源(カラーオリジン)欄』に『高温高压プロセス』と記載されます。

一方、HPHTプロセスだけでなくその他の処理もされていない天然ダイヤモンドについては、グレーディングレポートにおいて『色の起源(カラーオリジン)欄』に『天然(Natural)』と記載されます。

HPHTプロセスダイヤモンドの表記方法	
鑑別書 鉱物名 (Group / Species) 天然ダイヤモンド 宝石名 (Variety) ダイヤモンド 開示コメント (Comment) 色の変化を目的とした高温高压プロセスが行われています	グレーディングレポート カラーグレード (Color Grade) * 色の起源 (Color Origin) 高温高压プロセス * (HPHT Processed*) 備考 (Comment) * 色の変化を目的とした高温高压プロセスが行われています

何も処理されていない天然ダイヤモンドの表記方法	
鑑別書 鉱物名 (Group / Species) 天然ダイヤモンド 宝石名 (Variety) ダイヤモンド 開示コメント (Comment)	グレーディングレポート カラーグレード (Color Grade) 色の起源 (Color Origin) 天然 (Natural) 備考 (Comment)