

Title	アルカリハライド結晶の機械的性質と放射線照射効果に関する研究
Author(s)	岡田, 東一
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28962
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	岡 田 東 一 おか だ とう いち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 9 2 7 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 3 月 28 日
学位授与の要件	工学研究科原子核工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	アルカリハライド結晶の機械的性質と放射線照射効果に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 吹田 徳雄
	(副査) 教 授 佐野 忠雄 教 授 桜井 良文 教 授 品川 陸明
	教 授 関谷 全 教 授 井本 正介

論 文 内 容 の 要 旨

本研究の最終目標はアルカリハライド結晶における放射線照射硬化 (Radiation Hardening) の機構を明らかにすることである。このためには (i) 結晶内の転位と種々の格子欠陥との相互作用の仕方及び (ii) 放射線照射により結晶内に形成される格子欠陥の種類と量及びそれらと転位との相互作用について詳しい知識が要求される。この 2 つの問題はいずれも未解決の問題を多く含んでいる。本研究では前半で (i) に属する不純物による不連続塑性変形 (Portevin LeChatelier 効果), 後半で (ii) に属する Radiation Hardening に関する実験的研究について述べる。その研究の結果, 不連続変形においては 2 価正イオンと正イオン空孔の複合体が重要な役割をもつこと, Radiation Hardening においてはこれに寄与する格子欠陥はどのような性質を備えたものであるべきかがある程度明らかとなった。本研究では構造敏感な機械的性質として単結晶の圧縮試験における Flow Stress (臨界剪断応力) と超音波吸収 (転位の運動によって生ずる内部摩擦のみ) について実験した。以下これらについてやや詳しく述べる。

I NaCl 結晶における不連続変形の研究 (第 2 章)

アルカリハライド結晶の Flow Stress の温度依存性を調べているとき, ある測定条件の下では応力-ひずみ曲線が連続でなくなる場合がしばしばある。この Portevin LeChatelier 効果と呼ばれる現象を Ca^{++} を添加した NaCl 結晶について研究した。その結果

(i) Portevin LeChatelier 効果のはじまるための最低温度 (但しひずみ速度一定) をひずみ速度をパラメーターとして変えて測定すると, この間にある活性化過程を示す関係があり, 従ってこの現象は Cottrell の Dynamical Strain Ageing のモデルで説明出来る。(このモデルでは変形に寄

与している転位の速度とこれを固着しようとして転位に向って動く点欠陥の拡散速度とがほぼ等しい場合、不連続変形が起ると考える。）

(i) この場合の活性化エネルギー 1.05 ± 0.10 eV は Ca^{++} と正イオン空孔の複合体が動くためのものか、又はこの Complex によって固着された転位を動かすためのものかのいずれかであるがその区別は出来なかった。

この種の不連続変形は鋼における「青熱脆性」の場合とも類似しており工学的に重要な基礎研究であると思われる。

II Radiation Hardening (第3, 4, 5, 6章)

常温で γ 線照射した場合、アルカリハライド結晶の Flow Stress は通常増加する。この増加量を Radiation Hardening の尺度と見なす。照射により硬化した NaCl 結晶の Flow Stress について熱的安定性、照射量依存性、温度依存性、不純物の影響などを調べた結果次のことが明らかとなった。

(i) 常温での Radiation Hardening は F 中心によるものではない。又今までに観測された特定の色中心によるものでもない。(このことは種々の色中心が熱的に消失した温度でも硬化がまだ残っていることから分る。)

(ii) 照射によって出来た欠陥の正体は未だ十分明らかにされていないが、このうち硬化に寄与しているものは、一様に分布しているものと転位近傍に局在して出来るものと2通りがあるようである。前者による硬化機構を Lattice Hardening、後者による機構を Source Hardening と呼ぶ。

(iii) 照射で出来た欠陥と転位との相互作用は Short Range である。一般に転位と欠陥との相互作用が Short Range である場合は Flow Stress の温度依存性は強く、そうでない場合は弱い。(常温で γ 線照射硬化した NaCl 結晶の Flow Stress の温度依存性は不純物の量に殆ど関係せず弱い。)

(iv) γ 線照射量に対して硬化を調べるとある照射量に対して極大、極小値が現れる。このことは照射効果が Flow Stress に対して2様に働いており (Softening と Hardening) この2つの競争過程により起るものと考えられる。Softening は照射の極く初期においてみられるが、その機構は殆んど不明である。

(v) Tetragonal な歪を伴う格子欠陥と転位とが強く相互作用するという経験事実を逆に利用して、正体の分った点欠陥を結晶内に添加した試料を用いて Dislocation Dynamics がより詳しく調べられるであろう。この試みを ESR でよく研究されている O_2 中心を添加した KCl について行なった結果この方法の有用性について明るい見通しが得られた。即ち O_2 を含む KCl の Flow Stress は液体 He 温度近傍で急に増加する。これは転位の速度とこの中心の Rotation (Stress による) とが相互作用しやすい条件に近づくためと思われる。

以上を要約すると常温照射した NaCl 結晶の硬化 (Flow Stress 増加) には転位の固着機構によるものと転位の運動に対する動的摩擦によるものが両方利いている。この2つの機構を分離してそれぞれ詳しく研究するために第4章の曲げ試験による方法及び第6章の O_2 中心による方法などが今後有効に利用出来ると思われる。

論文の審査結果の要旨

本論文はハロゲン化アルカリ結晶の放射線照射効果のうち特に機械的性質の変化に重点を置き、結晶内転位と格子欠陥との相互作用、放射線照射による格子欠陥の生成と転位との相互作用に関する実験的研究をまとめたもので緒論、本論5章および結論からなっている。

第1章は緒論であって、放射線による結晶の硬化機構を明らかにするには転位と格子欠陥との相互作用を究明することが必要であり、そのために単結晶を用い、不純物による不連続塑性変形、放射線による臨界剪断応力および内部摩擦の変化等を種々の条件の下で測定し、それらの結果を物性論的に論じた著者の立場を明らかにしている。

第2章は NaCl 結晶の不連続塑性変形に関するものである。著者は Portevin-LeChatelier 効果をも Ca⁺⁺, Cd⁺⁺ イオンを添加した NaCl 結晶について行ない、変形に寄与している転位の速度とこれを固着しようとして動く点欠陥との拡散速度とがほぼ等しくなった場合に不連続変形が起きると説明している。さらに C₆₀ からの γ 線で照射された NaCl 結晶も不連続変形を示すとともに、電気伝導度も同様な不連続変化を示し、Gyulai-Hartly 効果と Portevin-LeChatelier 効果との間に密接な関係のあることを見出している。

第3章は NaCl 結晶の放射線硬化に対する不純物の影響に関するものである。 γ 線を照射した NaCl 結晶の臨界剪断応力はもとの値より大きくなるが、焼鈍により回復する。この照射により増加した臨界剪断応力を硬化の尺度にとり、その熱的安定性、線量依存性および不純物の影響を調べている。この結果、放射線硬化に対しては Ca⁺⁺ イオンよりも Ag⁺ イオンの方が大きな影響を与え、また F—中心の熱的回復は硬化の回復より早いことを示し、F—中心が放射線硬化の直接の原因でないことを見出している。

第4章は γ 線照射 NaCl 結晶の超音波減衰に関するものである。著者は γ 線量と変形応力との関係を求め、その結果、放射線は結晶の硬化と軟化の両作用をひき起すことを示した。また応力—歪曲線と超音波減衰とを同時に測定し、Source Hardening と Lattice Hardening の関係を調べ、放射線によって生じた欠陥は転位近傍に局在するものと結晶全体に生成されるものに分類され、それぞれが上記2種の Hardening に対応することを指摘している。

第5章は γ 線を照射した NaCl 結晶の変形応力の温度変化に関するものである。著者は純粋結晶の臨界剪断応力は、Ca⁺⁺ イオンを有する NaCl 結晶に比し、温度変化に対して敏感でなく、Fleischer の理論と広い温度範囲で一致することを述べている。これらの結果より、放射線によって生じた欠陥は、運動転位に対して摩擦抵抗として作用するとともに、転位の発生をも困難にして転位密度の減少をきたすものと説明している。

第6章は KCl 結晶中の O₂⁻—中心と転位との相互作用に関するものである。非対称の欠陥は転位と強く相互作用をすることが知られている。著者はこの事実を利用して、転位の運動を調べる手段

として O_2^- 一中心を有する KCl 結晶を用い、ESR の実験と平行して変形応力の変化を、 4.2°K から 300°K の温度範囲にわたって測定した。その結果 O_2^- 一中心を含む KCl 結晶と純粋結晶との変形応力の差は、 35°K より低温で顕著に現われることを見出している。これは ESR の実験結果と合わせ考えて、 35°K 以上で O_2^- イオンの結晶内回転が可能になり、対称性がよくなるためであると説明している。

第7章は結論であって、第6章までに得た結果をまとめている。

本論文は構造の簡単なハロゲン化アルカリ結晶を用い、格子欠陥と転位との相互作用、放射線照射による硬化現象等を物性論的に考察し、従来不明であった多くの点を明らかにしている。

以上のように本論文は物性工学ならびに放射線工学に寄与するところが大きく、博士論文として価値あるものと認める。