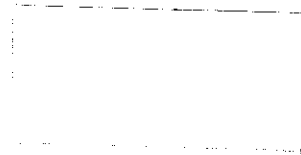
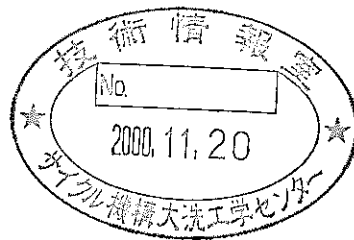


# リチウムの話

(技術報告書)



2000年9月



核燃料サイクル開発機構  
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,  
Japan.

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2000

# リチウムの話

## (技術報告書)

浅田 隆\*

### 要旨

高速炉の冷却材にリチウムを使用するという観点から、リチウムの性質とその取り扱い、構造材料に対する腐食特性を調べた。調査項目はリチウムの生産、物理的・化学的特性、腐食特性、取り扱い上の留意点等で、リチウムの燃焼と消火、構造材料に対する腐食特性については試験により確認した。

---

\*要素技術開発部、管理グループ

## Lithium

Takashi Asada \*

### Abstract

Properties of lithium and its handling, and corrosion property to structural material were investigated on a viewpoint of use it for coolant on fast reactor. Investigated items are production procedure, physical and chemical properties, corrosion properties, procedure of handling etc., and combustion and extinction of lithium and corrosion properties to structural material were confirmed by tests.

---

\* : Administrative Management Group, Advanced Technology Division

目次

リチウムの生産と用途	1
リチウムの性質	1
リチウムの燃焼と消火	5
リチウムの取り扱いと安全対策	6
リチウム中の不純物	7
腐食	7
Nb-1Zrのリチウムに対する耐食性	7
冷却材としての特性	11
貯蔵	11
漏洩時の処理	11
廃棄	11
参考文献	11

## 表・図・写真目次

表 1	リチウム塩類の用途	1
表 2	リチウムの物理的性質	2
図 1	大気中及び窒素雰囲気中に保持したリチウムの重量変化	3
図 2	リチウム中のSUS304の腐食	6
図 3	カプセルへの試験片の組み込み状態	8
図 4	試験片組み込み要領	8
図 5	試験片の重量変化に及ぼす試験温度の影響	9
図 6	1200℃、1000時間リチウム浸漬試験に使用したカプセルの溶接部近傍	10
写真 1	溶融リチウムの状態 (アルゴンガス中)	2
写真 2	大気中及び窒素雰囲気中でのリチウムの変化	2
写真 3	リチウムの反応状態	3
写真 4	水中にリチウム0.5gを投入	3
写真 5	ナットに付着させたリチウムを水中に投入	4
写真 6	1.5gの溶融リチウムに注水	4
写真 7	6gの溶融リチウムを水中に投入 (水面上での反応)	4
写真 8	6gの溶融リチウムを水中に投入 (水中での反応)	4
写真 9	ナトレックス (炭酸ナトリウム) による消火	5
写真10	ナトレックスL (塩化カルシウム) による消火	5
写真11	リチウム中に浸漬したSUS304試験片の表面状態の変化	6
写真12	リチウム中に100時間浸漬後の試験片表面および断面	9
写真13	1200℃のリチウム中に1000時間浸漬後の試験片表面および断面	9
写真14	腐食に及ぼすリチウム中の不純物の影響	10
写真15	1200℃、1000時間リチウム浸漬試験に使用したカプセルの溶接部近傍	10

## リチウムの話

### リチウムの生産と用途

リチウムは融点が179℃と低いアルカリ金属で、液体状態での利用が可能であるため、液体金属とも呼ばれている。比重は水の半分と軽く、銀色をしている。親石元素で、葉長石やリシア雲母などの鉱石中に酸化リチウム ( $\text{Li}_2\text{O}$ )として数パーセント含まれており、地殻中には平均20ppm存在する。

日本では採掘対象となるような鉱石は発見されておらず、必要量は全て海外に依存している。リチウム資源を生産している主な国としては、アメリカ、カナダ、ブラジル、アルゼンチン、ジンバブエ、ロシア、中国、ナムビア、オーストラリアなどがある。

リチウムを抽出する方法としては硫酸法と石灰法があり、普通硫酸法が使われている。硫酸法では、リチウム鉱石を硫酸化焙焼または単に硫酸溶解することにより得られるほか、硫酸リチウム溶液に炭酸ソーダを加えて炭酸リチウムを沈殿炉別することにより、純粋な炭酸リチウムが得られる。他のリチウム化合物はすべて炭酸リチウムを原料として生産され、リチウムは塩化リチウムの電解によって得られる。

金属リチウムは、バッテリーの陰極やマグネシウムやアルミニウムの合金材料に使われるほか、銅の脱酸剤や核融合のブランケット材に使われる。リチウム塩類としては特殊ガラス・陶磁器やアルカリ蓄電池など多方面（表1）に利用されている。

### リチウムの性質

リチウムの物理的性質は、原子番号が3、原子量6.939、室温での密度（固体）が0.53g/cm<sup>3</sup>の軽い金属元素で、アルカリ金属に属する。融点は179℃、沸点は1317℃と、金属としては低い。自然界には、Li6が7.5%、Li7が92.5%の割合で存在する。それぞれの熱中性子吸収断面積は、Li6が945 barns、Li7が0.033 barnsであるため、熱中性子炉ではLi6を取り除く必要がある。Li6を0.05%以下にすれば吸収断面積はNaのそれ以下になる。表面張力はナトリウムの約2倍、水の約6倍で、熔融リチウムを常圧下で滴下すると楕円状を呈する（写真1）。高温で長時間保持すると、微

表1 リチウム塩類の用途

用途	形態
特殊ガラス・陶磁器	$\text{Li}_2\text{CO}_3$ の鉱石粉碎品
アルミニウム精練	$\text{Li}_2\text{CO}_3$ , LiF
電気溶接棒フラックス	$\text{Li}_2\text{CO}_3$
グリース	$\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$
アルカリ蓄電池	$\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$
空気調節	LiCl, LiBr, sol.
フラックス	LiCl, LiF
炭酸ガス吸収剤	LiOH
合成ゴム重合剤	ブチルリチウム
漂白殺菌	LiOCl
核融合ブランケット材	$\text{Li}_2\text{O}$ , $\text{LiAlO}_2$ , $\text{LiSiO}_3$
医薬品	$\text{Li}_2\text{CO}_3$

小なすき間にも入り込む。

色は銀色で、鉛より軟らかくナトリウムより硬い。比熱は1 cal/g/℃と水と同じである。液体金属としてのリチウムの物理的性質をナトリウムおよび水との比較で表2に示す。

固体のリチウムは、大気中で窒素および水分と反応する。リチウムを大気中に取り出すと、最初表面が黒く変色し、その後次第に白くなっていく。黒い変色は窒化(Li<sub>3</sub>N)によるもので、白色の生成物は水酸化リチウムLiOHである。リチウムを窒素雰囲気中に保持しておく、黒いまま反応が進む。写真2は、大気中および窒素雰囲気中に約1000時間保持したリチウムである。白が大気中、黒が窒素雰囲気中で、その違いがよく分かる。それぞれのリチ

表2 リチウムの物理的性質

Li, Na : Reactor Handbook Vol.1 Materialsより  
水 : 理科年表より

物理的性質	リチウム Li	ナトリウム Na	水 H <sub>2</sub> O
原子量	6.94	22.997	—
融点 (°C)	179	97.8	0
融解潜熱(cal/g)	158	27.05	79.7
沸点 (°C)	1317	883	100
蒸発潜熱(cal/g)	4680	1005	539.8
蒸気圧(mmHg-°C)	1 745 400 1236	1 440 400 815	4.58 0 760 100
密度(g/cm <sup>3</sup> -°C)	0.534 20* 0.507 200 0.474 600 0.441 1000	0.97 室温* 0.928 100 0.854 400 0.780 700	0.917 0* 0.9998 0 0.9982 20 0.9591 99
比熱(cal/g/°C-°C)	1.0 200 1.0 1000	0.3305 100 0.3030 800	1.0 0-100
粘性率(cP-°C)	0.591 183.4 0.55 208.1 0.4 285.5	0.686 103.7 0.381 250 0.182 700	1.792 0 1.002 20 0.282 100
熱伝導率 (cal/sec/cm/°C-°C)	0.09 218-233	0.2055 100 0.1596 500	0.00134 0 0.00161 80
表面張力 (dynes/cm-°C)	398 180 400 200-500	206.4 100 199.5 250	75.62 0 58.84 100

\* : 固体

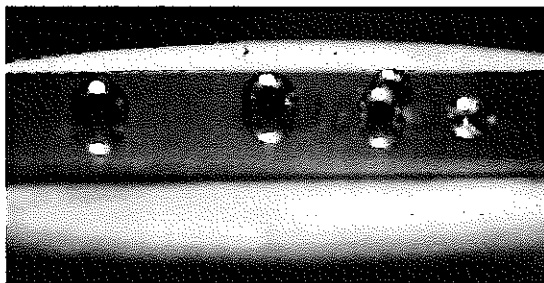


写真1 溶融リチウムの状態  
(アルゴンガス中)

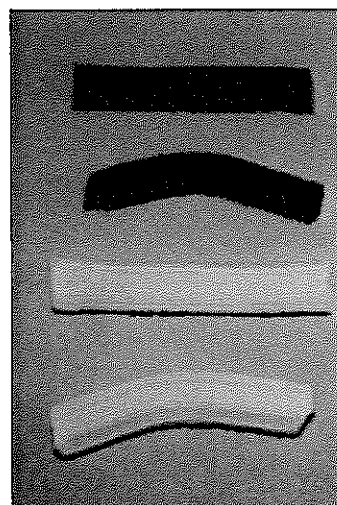


写真2

大気中及び窒素雰囲気中でのリチウムの変化

白 大気中

黒 窒素雰囲気中

約1000時間保持後



ウムは、初期においては同寸法であったが、大気中に保持したものは、反応によって大きくなっている。それを重量変化で見ると、窒素雰囲気中に保持したものは初期に重量が増加し、あとは一定であるのに対して、大気中のものは長時間にわたって重量増が進む(図1)。窒化と水酸化の反応の違いで、窒化反応は速く、水酸化はそれに比べてゆっくりであるともいえる。なお窒素雰囲気中に置いたものは、窒化後、細かい割れが発生しており、かなり脆くなっている。大気中のものは表面がぼろぼろになったが、窒素雰囲気中のような深い割れは生じなかった。

窒化の進行については、反応が進んだりチウム棒を曲げた結果からも確認でき、窒素雰囲気中における重量急増後のリチウムは、曲げると全体が脆くなっていて破断し、窒化が内部まで進行していた。なお、大気中のものは内部に反応していないリチウムが残っており、十分な延性を保っていた(写真3)。水酸化の進行については、大気中の水分の影響を受け、水分の少ないデシケータ内で保持したものは重量増が遅くなっている(図2)。

リチウムのその他の反応については、乾いた酸素とは100℃以下では結合せず、水素とは500-800℃で反応し、LiHをつくる。炭素とも高温で反応し、Li<sub>2</sub>C<sub>2</sub>をつくる。窒素とは常温で反応するが、融点以上では急激に反応して黒い吸湿性のLi<sub>3</sub>Nをつくる。

リチウムと水との反応はナトリウムと比べて穏やかである。写真4は水中にリチウム0.5gを投入したときの様子で、リチウムは白煙をあげて反応したが、ナトリウムと水との反応のように爆発的

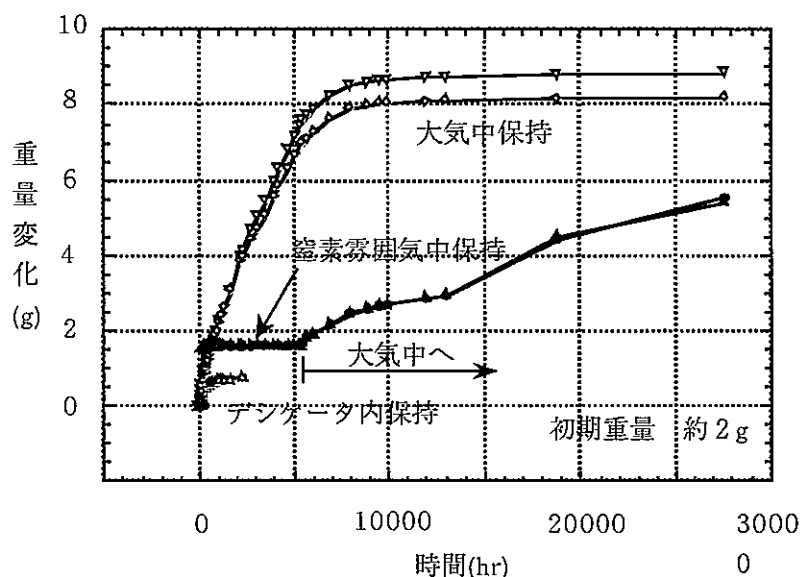


図1 大気中及び窒素雰囲気中に保持したリチウムの重量変化

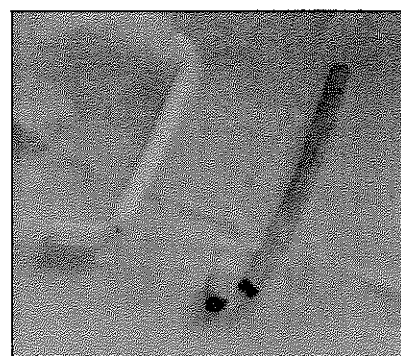


写真3 リチウムの反応状態

大気中(左)及び窒素中(右)に保持したリチウムを曲げると、窒素中のものは脆化により破断した。

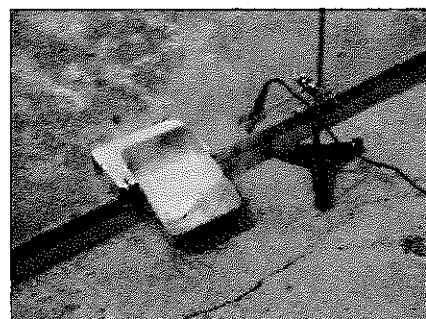


写真4 水中にリチウム0.5gを投入

なものではなかった。投入リチウム量を最大24gまで増加させたが、いずれも発火または爆発はなかった。水中でのリチウムの反応をみるため、リチウムを溶かしてナットに付着させ、冷却後水中に投入したのが写真5である。大きな泡を発生したが、反応そのものは穏やかであった。

以上は、室温における固体リチウムと水との反応であるが、溶けたリチウムと水との反応は激しい。写真6は、溶融リチウム1.5gに水を注入したときの模様で、リチウムは火花を發して燃焼した。また、溶融リチウムを水中に投入すると、ボンと低い爆発音を發したあと燃焼した(写真7)。リチウムが水面にある場合はこのように燃焼が支配的であるが、溶融リチウムが水中に没すると激しい水素爆発を伴う。写真8は6gの溶融リチウムが水中で反応した場合で、ドカーンという激しい爆発音を發し、容器内の水が全て飛散した。

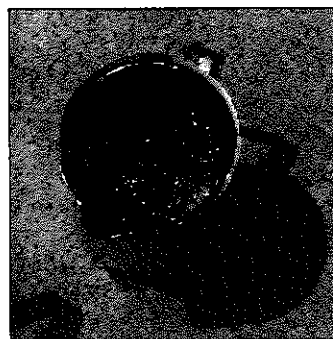


写真5 ナットに付着させたリチウムを水中に投入

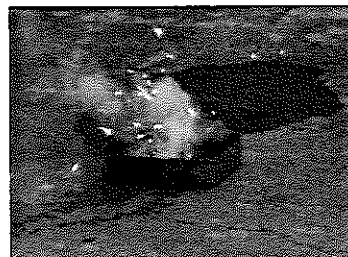


写真6 1.5gの溶融リチウムに注水

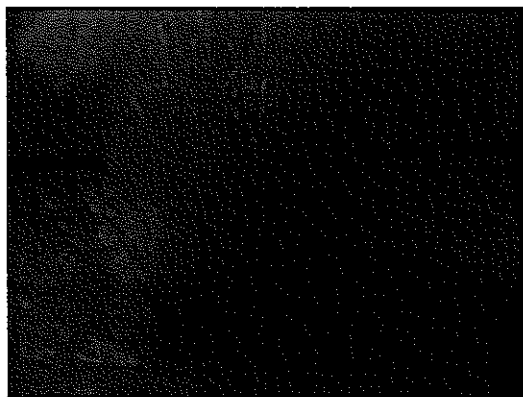


写真8 6gの溶融リチウムを水中に投入  
(水中での反応)



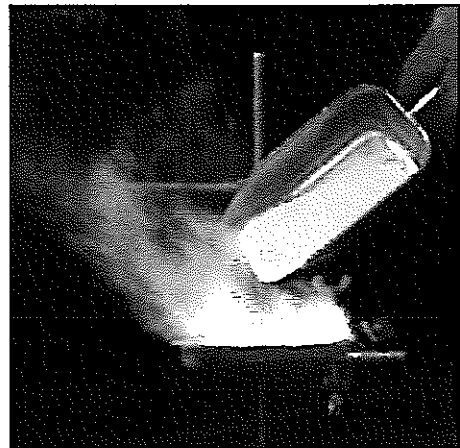
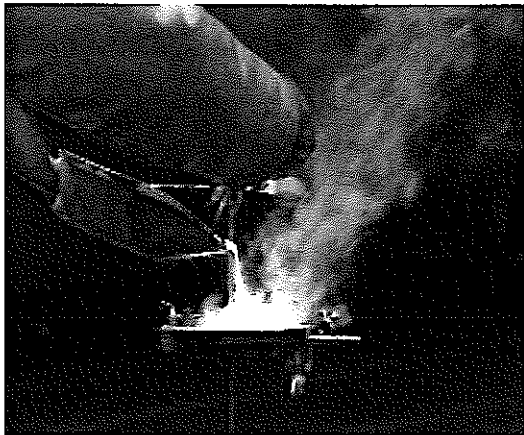
写真7 6gの溶融リチウムを水中に投入  
(水面上での反応)

リチウムとその他の物質との反応については次の通りであった。カセイソーダ溶液とは活発に反応し、カセイソーダ溶液を固体リチウムに滴下すると表面が白くなり、やがて発火した。濃度は25%のときが最も発火しやすかった。硫酸とは、濃硫酸は反応して発火したが、希硫酸は発火しにくかった。水酸化リチウムとの反応は穏やかで発火することはなかった。塩酸とは白煙をあげて反応したが発火はしなかった。水蒸気との反応は非常に遅い。アルコールとの反応もゆっくりで、リチウムのアルコールへの溶解速度は水の約1/40であった。アセトンとの反応も穏やかで発火することはなかった。

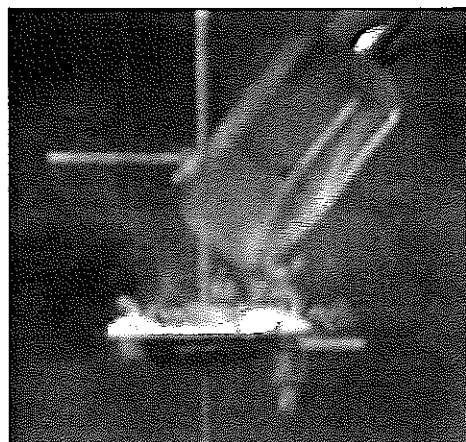
### リチウムの燃焼と消火

リチウムを大気中で加熱すると、溶融後表面が黒色に変化し、約530℃で局部的に燃焼を開始し、約600℃で燃焼が全体に広がった。燃焼時の炎は黄白色であった。燃焼後のリチウム燃焼物は花が咲いたようで、色は燃焼直後はオレンジ色で、温度が下がるにつれて次第に草色に変化した。

燃焼リチウムの消火については、主成分が塩化カルシウムの消火剤（ナトレックスL）は優れた消火性能を示したが（写真10）、ナトリウム消火用の炭酸ナトリウム主成分の消火剤（ナトレックス）は、かえって燃焼を促進した（写真9）。なお、この消火は窒息消火であり、鎮火後も内部の溶融リチウムの温度は高い。したがって消火剤を除去すると再発火した。



燃焼拡大



鎮火

写真9 ナトレックス（炭酸ナトリウム）による消火

写真10 ナトレックスL（塩化カルシウム）による消火

この他、消火剤としては、黒鉛粉末、塩化リチウム、塩化カリウム、珪酸ジルコニウムが適している。燃えているリチウムは砂と反応する。通常の消火剤（水、泡、二酸化炭素、ハロゲン化炭化水素および乾燥粉末を含む消火剤）は燃えているリチウムと反応し、事態を悪化させる。溶けたリチウムは拡散する傾向を持ち、空気との接触で再び発火することもあるので、リチウム火災は鎮火しても十分な監視が必要である。

### リチウムの取り扱いと安全対策

リチウムは非常に活性な材料であり、取り扱うにあたっては容器や雰囲気には注意が必要である。特にリチウムはガラスや通常のセラミックスを侵食するので、それらのなかで溶かしてはならない。リチウムはシリカやガラスを250℃で侵食する。またリチウムは空気中の酸素、窒素、水分と反応するため、リチウムを扱う際にはそれらを完全に除去した良質な不活性ガスを用いなければならない。

鋼はリチウムを扱う際に用いられるが、リチウムの温度が上昇すると溶接部が貫通するようになる。鋼製容器は500℃までは耐える。高温の熔融リチウムと接触すると鋼は急速に脱炭する。また、液体リチウムはステンレス鋼を侵食し、ニッケルを溶解する。

図2は液体リチウム中にステンレス鋼試験片(SUS304)を浸漬させたときの重量変化で、温度が800℃を越えると重量減が著しくなる。図にはニッケル成分の多い(約30%)インコロイ800試験片の結果も示したが、それは700℃を越えると明かな重量減を生じている。写真11は浸漬後のSUS304試験片の変化で、1000℃を越えると表面が激しく侵食される様子が分か

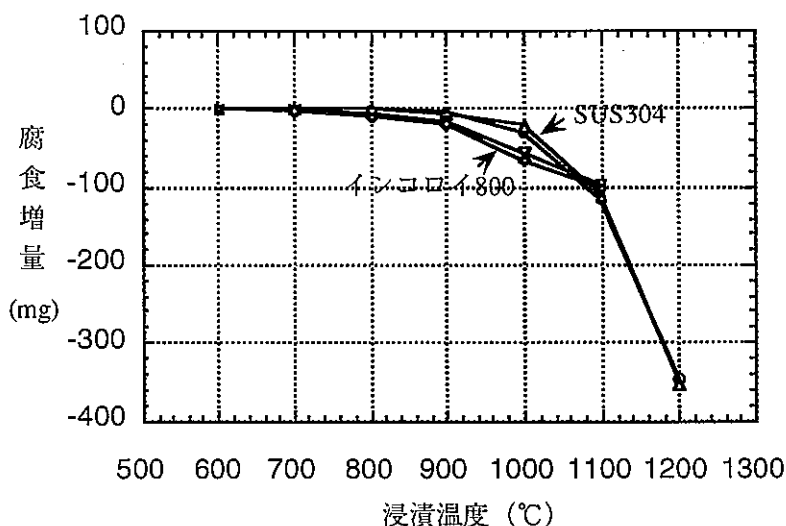


図2 リチウム中のSUS304の腐食

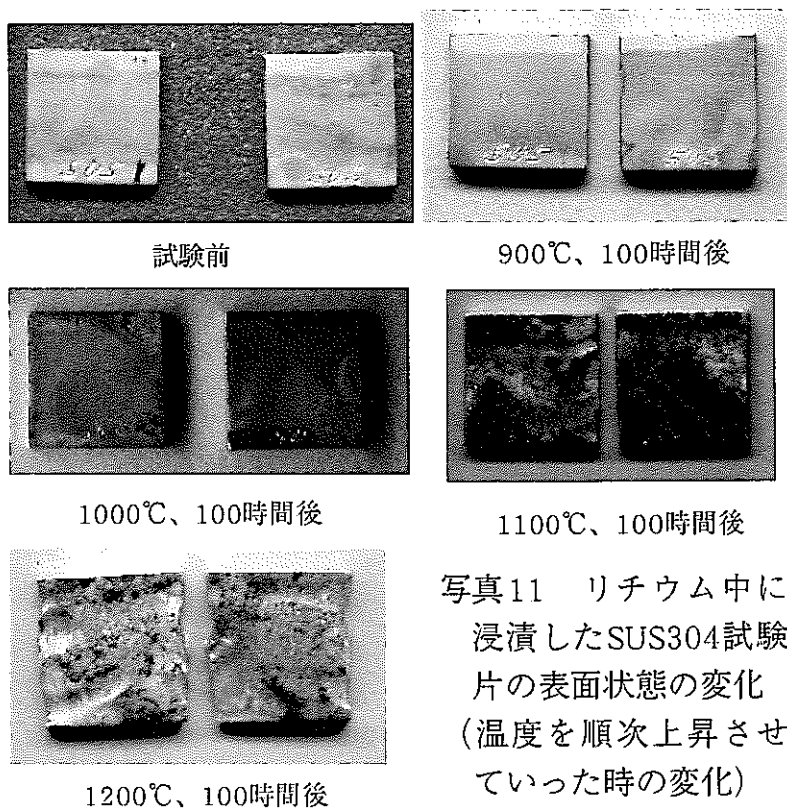


写真11 リチウム中に浸漬したSUS304試験片の表面状態の変化(温度を順次上昇させていった時の変化)

る。

また毒性も強く、人体への影響も大きいので、安全上の対策を十分に行う必要がある。リチウムの人体への影響については、強い湿気がある場所でリチウムが皮膚に触れ、または目に触れると、熱火傷およびアルカリによる化学火傷をおこす。但し、局所の火傷以外に急性または慢性の吸収性毒性は少ない。被毒時には目を水ですすぎ、体の汚染部位は石鹼水と水で洗う。飲み込んだ時には胃を洗浄し、含塩下剤を与える。症状のある間は加療する。なお、飲み込んだ場合には、局所に直ちに反応をおこし、消化管粘膜に重症の火傷をおこし、死亡することがある。液体リチウムを扱う場合は、リークやはねに対する防護が必要である。溶融リチウムが湿った皮膚に触れると激しい炎を出して燃える。皮膚に残ったものを洗いとるには、80%エチルアルコールで湿らせた綿棒を用いるのが良い。防護用具にはプラスチック製の面シールドとヘルメットを使用するのがよい。

ナトリウムと違ってリチウム塩は有毒であり、多量にリチウム塩を摂取した時には、虚脱症状、眠気、粗い震え、筋肉のけいれん、言語不明瞭、嘔吐、下痢等の中毒症状を示す。なお、リチウムは体内には蓄積しない。

#### リチウム中の不純物

商業ベースのリチウムの主要な不純物はナトリウムで、含有量は0.25~1.0%である。他に少量のアルミニウム、珪素、塩素、カリウム、カルシウム、鉄、ニッケル、銅が含まれている。窒素は窒化物の形で0.02~0.05%含まれている。高純度リチウムはナトリウム0.02%以下で製造される。

#### 腐食

リチウムはほとんどの金属に対して、ナトリウムやナトリウム-カリウム合金より腐食性が強い。

液体または固体リチウムと窒素の反応で生じる窒化リチウムは非常に反応性のある化合物である。溶融窒化物（融点845℃）はほとんどの金属やそれらの酸化物、窒化物、および磁器や珪化物を侵食する。

酸素は固体リチウム中に酸化物としてよりも水酸化物として存在することが多い。溶融したリチウム水酸化物は非常に腐食性が強く、ほとんどの耐火材や金属を侵食する。水酸化物は融点（455℃）以上に熱せられると酸化物の生成を分解する傾向がある。

溶融した塩化リチウム（融点614℃）は鉄と銅を侵食する。溶融リチウムが水蒸気や水素にさらされて生じる水素化リチウム（融点680℃）は、高温で金属やセラミックスと反応する。耐食性に最も有害な元素はリチウム中の窒素と固体金属中のニッケルである。

リチウムに対する耐食性のある材料は、Nb, Mo, Vなどの高融点金属で、リチウムに対する耐食性を向上させたNb-1%Zrは実用化されている。以下は、そのNb-1%Zrに関する腐食試験結果である。

#### Nb-1%Zrのリチウムに対する耐食性

試験は純度99.8%の高純度リチウムを用いた。リチウムにはNa, Fe, K, Ca, Mg, N等の不純物が含まれており、それぞれの濃度は約0.01%以下である。腐食試験は図3に示

すキャプセルを用い、それに試験片を同図に示すように組み込んだ。

試験片の形状は10mm×10mm×2mmの板状である。試験片の組み込みはリチウムの汚染を防止するため、アルゴン雰囲気グローブボックス内で行った。その組み込み手順を図4に示す。リチウムは棒状のものをを用い、それをキャプセル内に入れ、バンドヒーターで約300℃に加熱して溶かし、その中にホルダーに組み込んだ試験片を入れた。この時のグローブボックス内雰囲気は、酸素濃度1ppm以下、窒素濃度100ppm以下、水分5ppm以下である。キャプセルは電気炉で所定時間、一定温度で加熱した。試験後のリチウムは水洗浄で除去し、試験片は更にアセトン液中で超音波洗浄し、汚れを取り除いた。

腐食試験は500～1200℃とし、温度の影響を調べるための試験では、各温度における保持時間を100時間とした。

図5は浸漬温度と重量変化の関係を示したものである。重量変化は、初期重量に対する増分で示してあり、試験片の重量は約1.8gである。試験片は上下2段組みのホルダーを用いた。同図から分かるように、温度の上昇と共に重量増が大きくなっており、高温になるほど腐食生成物が多く形成されることが推定できる。なお、Nb合金試験片は水洗浄の際に水素を取り込むため(0.1mg程度)、実際の腐食に

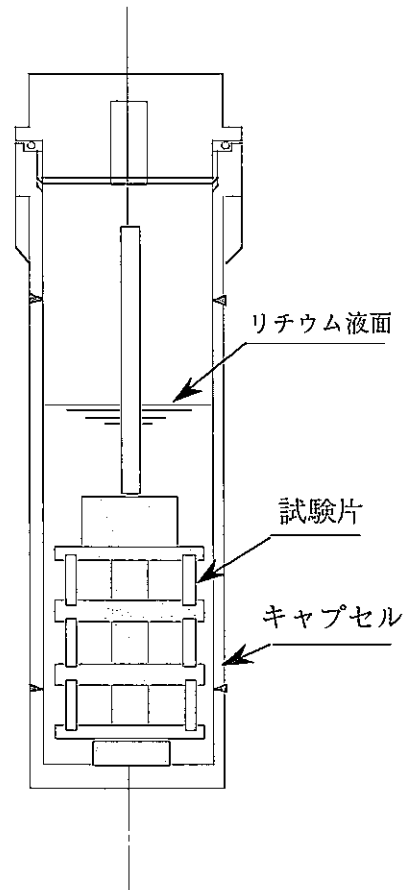


図3 キャプセルへの試験片の組み込み状態

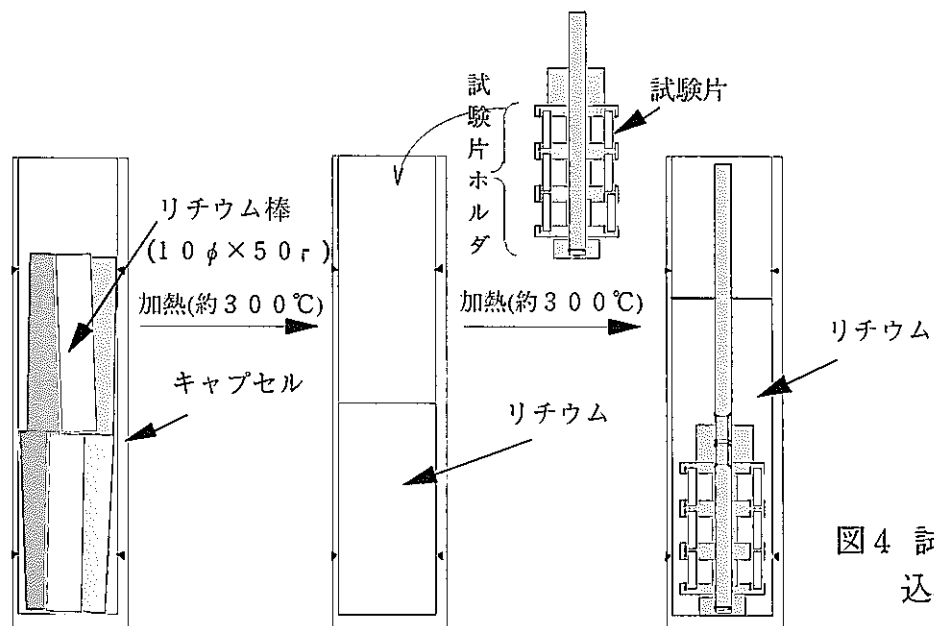


図4 試験片組み込み要領

よる重量増は同図に示した値より小さい。これらの試験片の浸漬後の表面状態を顕微鏡で観察した結果が写真12である。試験片表面は800℃ではほとんど侵食されていないが、1000℃から侵食が進み、1200℃では粒界がはっきりと侵食されているのが分かる。この1200℃の断面を見ると、粒界が約10 μmの深さで侵食されていた。

リチウムによる腐食は時間と共に激しくなり、1200℃で1000時間浸漬したものでは表

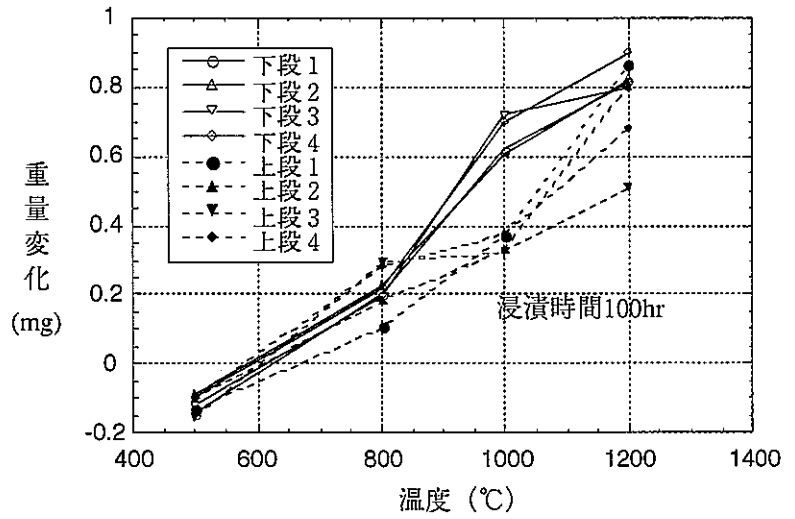


図5 試験片の重量変化に及ぼす試験温度の影響

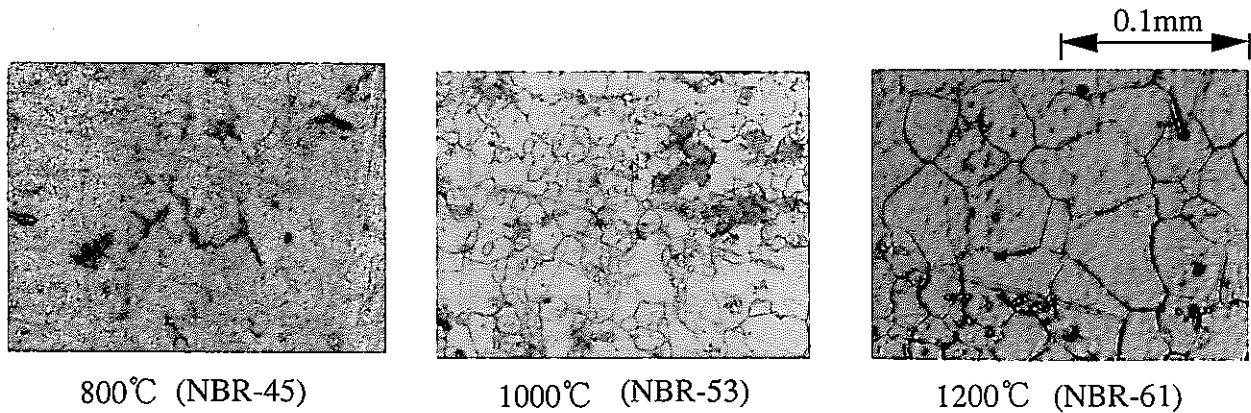


写真12 リチウム中に100時間浸漬後の試験片表面及び断面

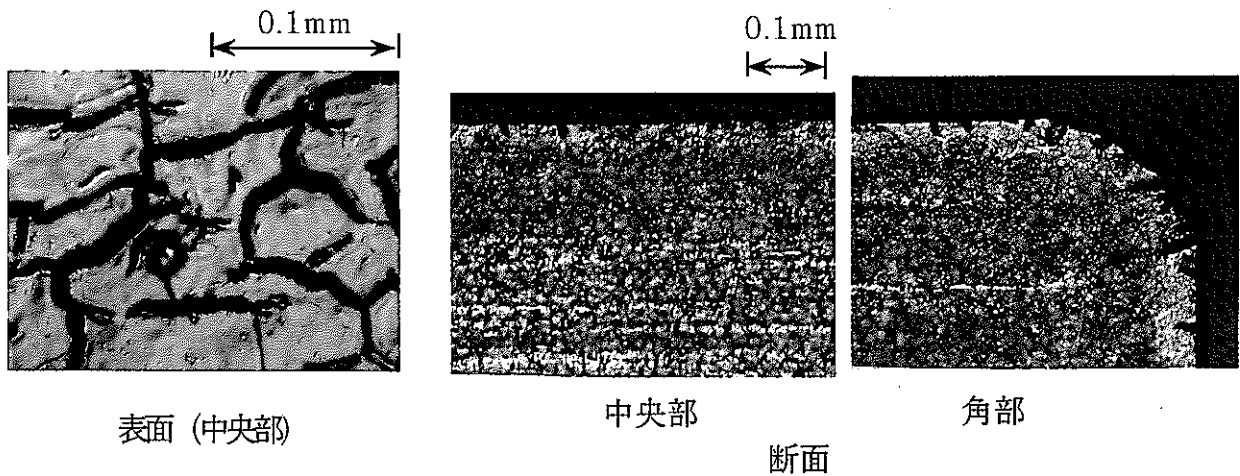


写真13 1200℃のリチウム中に1000時間浸漬後の試験片表面および断面

面に多数の割れが発生し、割れの深さも試験片中央部で10  $\mu$ m程度、角の部分では50  $\mu$ mを越え、角は丸く欠けていた(写真13)。

腐食の進行を時間の経過で追ったのが図6である。温度は1200℃で、10、50、100時間後における腐食重量の変化を示した。重量は、リチウム中に連続して浸漬したものは時間と共に増加したが、10時間リチウム中に浸漬後アルゴン中で加熱したものは重量減となった。これはリチウム中浸漬および水洗浄(水素を吸収)の際に試験片に取り込まれたガス成分が加熱によって放出されたためと考えられる。試験片の顕微鏡観察では、角の部分が一部腐食によって欠けており、これらの結果から、1200℃のリチウム中ではNb-1Zr試験片はかなり早い段階で侵食によって剥離が生じるようである。このリチウムによる腐食は、リチウム中の不純物の影響も大きく、純度の悪いアルゴンガス中で組み込んだ試験片では、写真14に示すように早い段階で割れが生じている。

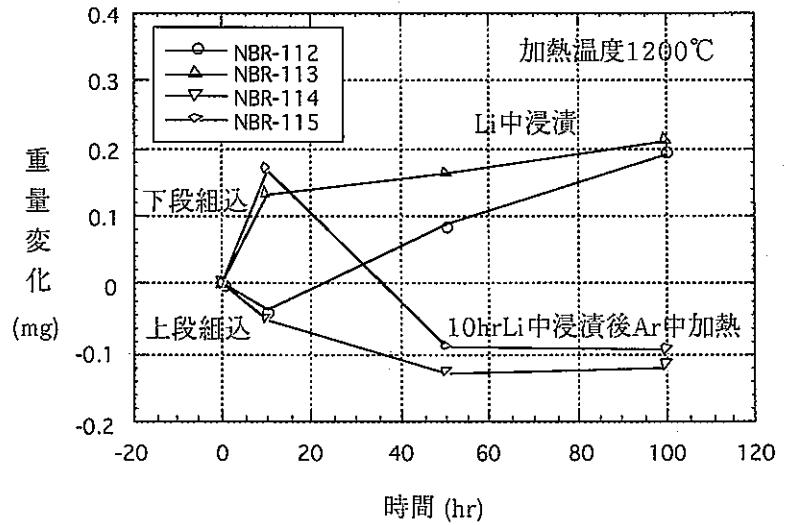


図6 1200℃のリチウム中に浸漬したNb-1Zr試験片の重量変化

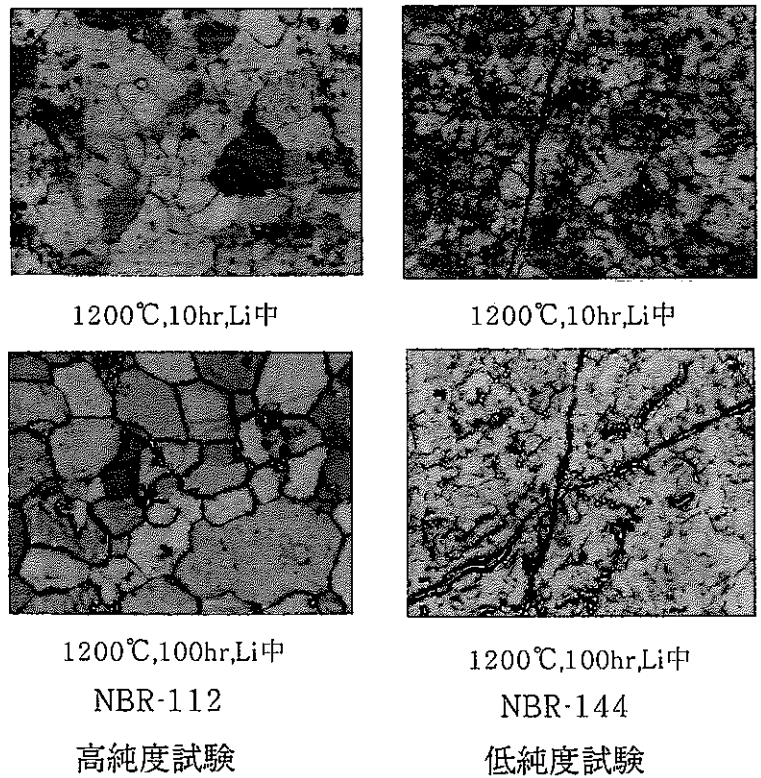


写真14 腐食に及ぼすリチウム中の不純物の影響

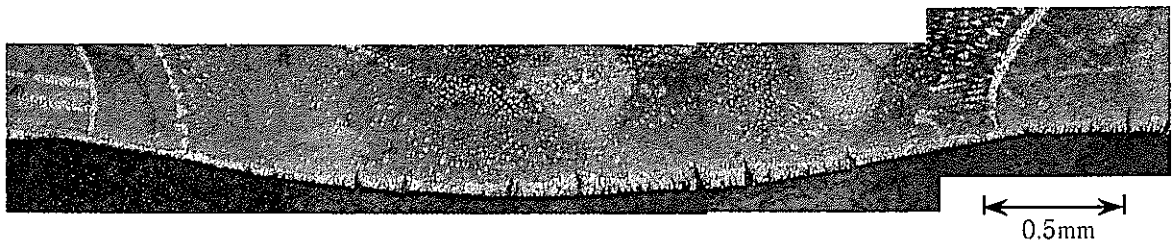


写真15 1200℃、1000時間リチウム浸漬試験に使用したキャプセルの溶接部近傍



なお、溶接部の侵食は大きく、1200℃、1000時間リチウム浸漬試験に使用したキャプセルでは溶接部で0.1mmを越える深さの亀裂が多数発生した（写真15）。

#### 冷却材としての特性

リチウムは沸点が高く（1317℃）、比重が小さく（600℃で0.47）、比熱が大きい（1cal/g/℃）ので最良の冷却材の一つである。但し、Naに比べてO、N、C、Hと激しく反応して安定な化合物を作り、これらの化合物を含んだ液体リチウムは構造材料を激しく侵食する。Nb、V、Ta、Moなどは1300℃程度まで耐食性があると言われるが、リチウム中のO、N、C、Hの濃度管理が十分でないと、前項のNb-1%Zrの耐食性で述べたように材料を劣化させる。

#### 貯蔵

リチウムは危険物3類として取り扱う。容器は丁寧に取り扱い、衝撃による損傷を防ぐ。貯蔵は水分の浸入や高熱のおそれのない場所で行い、灯油その他の中性石油分で表面をおおう。塩素化炭化水素との接触は厳禁である。大量の場合には、離れた耐火性の建物に貯蔵する。リチウムを取り扱う際には、皮手袋、大型防護板、作業衣等の防護具を着用する。

なお、混触危険物質は次の通りである。

接触により爆発するもの：重金属塩（酸化銀、塩化銀、酸化水銀など）

接触により発火するもの：四塩化炭素、クロロホルム、その他塩素化炭化水素、水、酸、アルカリ、二酸化炭素

#### 漏洩時の処理

少量の場合は乾燥したソーダ灰で覆い、混ぜ合わせてからゆっくりとブチルアルコールを加える。24時間放置後、水で希釈し、大量の水で下水溝に流す。大量の場合は乾燥したソーダ灰と混ぜ、乾いたバケツにすくい取る。それを空き地で大型鉄製パン上に広げて開放状の焼却用ピットで燃やす。または、乾燥蒸気を直接鉄製パンに広げた廃棄物に吹き付ける。その際、飛散しないように注意する。

#### 廃棄

乾燥したソーダ灰と混ぜ、それを空き地で大型鉄製パン上に広げて開放状の焼却用ピットで燃やす。または、乾燥蒸気を直接鉄製パンに広げた廃棄物に吹き付ける。少量の場合は水で希釈し、中性処理をして下水溝に流す。

#### 参考文献

- (1) REACTOR HANDBOOK Volume 1 MATERIALS, Edited by C.R.TIPTON, JR., 1960, INTERSCIENCE PUBLISHERS
- (2) 金属データブック 日本金属学会編、1974年、丸善
- (3) 化学便覧 基礎編、日本化学学会編、1975年、丸善
- (4) 金属ナトリウム、金属ナトリウム研究会編、1962年、南江堂
- (5) 化学薬品、金属、2251種の危険反応10,000種類データ総覧、海外技術資料研究所専門委員会編、1977年、海外技術資料研究所
- (6) PURE LITHIUM AND ITS USE IN LIQUID FORM FOR HEAT TRANSFER, ALLOYS MANUFACTURE, A. OVERS, L. AUFFRET, H. HOUBAS, FORTH

INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIQUID METAL ENGINEERING AND  
TECHNOLOGY, October 1988, AVIGNON-FRANCE

- (7) 原子力材料ハンドブック 長谷川正義、三島良績監修、1977年、日本工業新聞社
- (8) 有害化学品 危険物・毒物処理取扱いマニュアル、1974年、海外技術資料研究所
- (9) 新金属データブック、金属時評、1987年