



## 2. 中性子源用液体金属の取り扱い

### 2. The Handling of the Liquid Metals for Neutron Sources

三浦 邦明

MIURA Kuniaki

助川電気工業株式会社

(原稿受付：2018年4月23日)

大電流の高エネルギー荷電粒子を金属に照射し大量の中性子が得られる中性子源は、大きな発熱と照射損傷が生じる。これを避けるために中性子源に液体金属を用いて、金属自身の高温伝播性と液体金属の流れによる除熱性により温度上昇を抑え、固体で発生する照射損傷を液体にすることで無くし、連続的に使用可能な中性子源を得ることができる。本章は連続使用可能な中性子源用液体金属の取り扱いについて記載する。

#### Keywords:

neutron source, Liquid metal, Lithium, Mercury, Pb-Bi eutectic alloy, plant design, regulation, fire service act, poisonous and deleterious substances control act

#### 2.1 はじめに

中性子源には、原子炉や放射性物質を使った中性子源以外に、加速器で加速した荷電粒子を金属のターゲット材に照射して中性子を発生させる方式がある[1, 2].

加速器で照射する荷電粒子のエネルギー密度が非常に大きい中性子源では、金属ターゲット材に大きな温度上昇と照射損傷をもたらすので、これを抑えるためターゲット材を液体金属にする。液体金属には、IFMIF (International Fusion Materials Irradiation Facility) や BNCT (Borron Neutron Capture Therapy) の様に低原子番号の液体リチウムや J-PARC の様に重金属の水銀を用いる場合がある。

本章は、これら中性子源に使用される液体金属の特徴を踏まえ、法的にどの様に取り扱うべきかについて解説する。

#### 2.2 中性子源の液体金属の種類

##### 2.2.1 中性子源に液体を使う理由

中性子源に液体金属を使う理由は、金属に照射されるエネルギーがけた外れに高く、並みの冷却では固体を維持できず初めから工学的に取り扱える低融点の液体金属を使って、金属自身の高い温度伝播性と照射で受け取った熱エネルギーを流れて持ち去り、液体金属自身の温度を工学的に扱える様にするためである。また液体金属にすることによって固体で生じるボイドや脆化等の照射損傷を無くし、連続的に使用可能な中性子源にするためでもある。

##### 2.2.2 中性子源の種類と関係法令

中性子源に採用される液体金属の特徴と関連規制法を表1に示す。いずれの液体金属も閾値以上のエネルギーを持つ荷電粒子が照射されると中性子を発生し、放射性物質

ができるので「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」が適用される。したがって、中性子源の液体金属は、密閉(密封線源ではない)されるのが望ましく、照射によって高い熱エネルギーを得た液体金属は、冷却用熱媒体と混合しない様に熱交換器を介した冷却が必要である。

更に中性子源は、液体金属の種類に応じて消防法の危険物の規制に関する政令や労働安全衛生法の規定に基づく毒物及び劇物取締法や規則の対象となり、法に規則を満たした設備にする必要がある。

#### 2.3 各中性子源用液体金属の特徴と応用例

##### 2.3.1 リチウムの特徴と応用例

リチウムは、蒸気圧が非常に低く高真空で使用する加速

表1 中性子源用液体金属の種類と特徴.

反応形態	液体金属	荷電粒子	液体金属の特徴, 規制法
核反応	リチウム		融点が約180°Cで固体であれば水との化学的反応度は低い「消防法」の危険物で規制対象。リチウムはO <sub>2</sub> とN <sub>2</sub> とも反応するので純度を維持する取扱いにはグローブボックスが必要。
核破砕	水銀	陽子又は重陽子	水銀は常温で液体であり熱交換器を介して常温水による冷却が可能。水銀は「毒物及び劇物取締法」の規制対象。
	Pb <sub>44.5</sub> -Bi <sub>55.5</sub>		化学的に不活性な共晶合金で融点が125°Cと低い沸点1670°Cと高い[3]。鉛が10%以上の合金なので「毒物及び劇物取締法」の規制対象。

器との接続が可能な物質である。リチウムはアルカリ金属の中でも一番反応性が低く、水と反応しても炭酸水のように気泡ができる程度であり、大気中の湿度にもよるが $300^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ 程度では発火しない[4]。これらの特性を踏まえて中性子源の設備には、アルカリ金属のナトリウムを用いる高速増殖炉の技術が利用できる。

液体リチウムを中性子源に利用する例はIFMIFやBNCTがあり、現量子科学技術研究開発機構がIFMIFに先立って真空下で確認試験を実施し[1]、BNCT用中性子源のリチウムループは東工大と助川電気工業が、高真空下で一段円弧絞り方式のノズル[5]で安定した液膜流を形成し発表している[6]。

### 2.3.2 水銀の特徴と応用例

水銀は、J-PARCの中性子源のターゲット材としてすでに利用されていて、陽子照射により水銀を核破砕させて大量の中性子を発生させるターゲット材である。水銀は、沸点が約 $356^{\circ}\text{C}$ と低く常温でも蒸気圧が高く核破砕で希ガスも含め多くの種類の核破砕生成物[7]ができるので隔壁(ステンレス製窓)を介して陽子照射がなされている。常温で液体なので常温水で熱交換器を介した冷却できるという利点がある[8]。

### 2.3.3 鉛ビスマスの特徴と応用例

液体鉛ビスマスのうち融点が一番低い( $125^{\circ}\text{C}$ )共晶合金が、原子力機構のADS (Accelerator-driven System) [9]未臨界炉心冷却材に利用される予定である[10]。このADSにより長寿命核種を短寿命核種に変換するものである。鉛ビスマスは、 $\gamma$ 線の強い核種は生じないが、天然の $^{209}\text{Bi}$ から $\alpha$ 線を放出する $^{210}\text{Po}$ (半減期約138日)が生じ、核破砕で希ガスも含む放射性物質もできるので[11]、隔壁(窓)を介して陽子照射がなされる予定である[12]。

ADSを推進するため水銀ターゲットと同じように、台車に円筒二重管構造のターゲット部が付いて $200^{\circ}\text{C}$ 程度の高温水で冷却するADSターゲット試験施設が計画されている[13]。

## 2.4 各液体金属の取り扱い方法

### 2.4.1 取り扱う為の機器・装置・治具

液体金属は、FBR (Fast Breeder Reactor) 用ナトリウムと同じように導電性であり、軽水炉の様な高圧も必要無く、照射後は放射性物質ができるので気密性が高いFBR用機器とその機器設計手法が使える。

参考にナトリウムループの系統図を図1に示す。その中で使用されている主要な機器の略称や目的や原理を括弧書きで記載した。

- ①ダンプタンク (DT, 液体金属貯蔵)
- ②膨張タンク (EXP, 液体の熱膨張吸収)
- ③加熱器 (H, 電気ヒータ方式)
- ④冷却器 (CL, 空冷方式)
- ⑤電磁ポンプ (EMP, 誘導電磁力による駆動)
- ⑥電磁流量計 (EMF, 誘導起電力を測定)
- ⑦弁 (V-1~V-5, ベローズシールにて完全密封)
- ⑧ベーパートラップ (VT-1~VT-2, 液体金属蒸気の

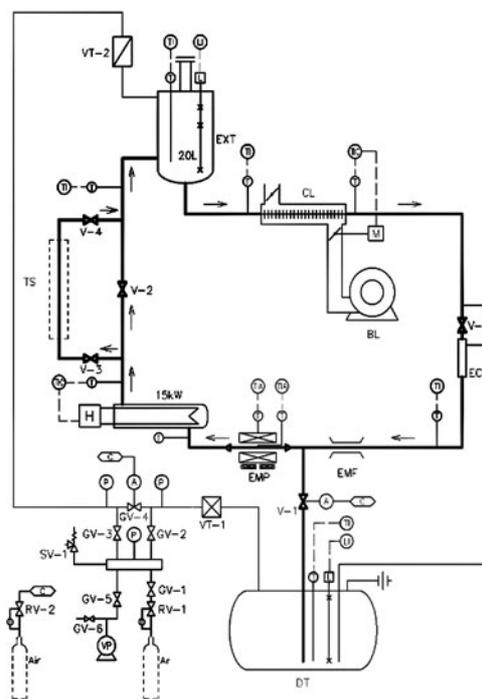


図1 ナトリウムループの系統図例。

遮断)

- ⑨配管 (予熱ヒータ取付配管)
- ⑩ガス系 (放射化しないヘリウムが良い) および真空系 (VP, 更にフィルター付で減衰タンク等が必要)
- ⑪グローブボックス (系統図にはないが、リチウムを系内に供給する時に必要)

ここには記載しないがメンテナンス及び保管場所も含めた建屋(空調含む)等様々な装置や機器群が必要であり、実際に建設されたJ-PARC関連文献[8]や[12]を参照されたい。特に、放射性物質の封じ込めと減容と減衰処理に関しては文献[14]を参照されたい。

### 2.4.2 取り扱う前の準備や届け出

本節では、照射試験や非照射試験であっても、液体金属機器を製作する場合の関連法令に基づいて必要な準備や手続きを主に示す。

#### 2.4.2.1 リチウムの場合の準備や手続き

リチウムは、消防法[15]でいう禁水性物質の危険物なので取り扱いには危険物取扱者免許(甲又は乙第3類)が必要である。リチウムループや建屋などの設備は危険物に関する政令に規定されており、通常リチウムループの設備は屋内に有って貯蔵と取り扱いを意味する屋内貯蔵所となる。危険物には指定数量があり、指定数量未満で指定数量の5分の1以上を少量危険物と呼び、指定数量の5分の1以上を扱う施設は耐火構造にしなければならない。建屋の周囲には安全のため保安空地が必要でその空地の幅が規定数量に対する倍数ごとに決められている。

病院併設型BNCTに液体リチウムターゲットを採用する場合はできるだけ小型なものが望ましく、耐火構造で指定数量の5倍以下にすれば空地の幅は不要となり併設し易くなる。同政令には指定数量の5分の1以上の貯蔵タンクは

耐圧検査が必要なので、申請書（書式あり）に強度計算書を添えて消防署へ完成検査前検査を申請し、検査を受けて検査済書の交付を受けなければならない。ただし、指定数量の5分の1未満であっても圧力容器構造規格を遵守することになっているので、強度設計を確実に行う事には変わりはない。膨張タンクやベーパートラップは、圧縮気体を有するものでありその大きさと圧力を超えれば第2種圧力容器となるのでボイラー協会に検定申請して検査に合格しなければならない。合格すると第2種圧力容器明細書が交付される。これら機器を使用し装置完成後、最終完成検査に合格し、完成検査合格証を交付された後に使用可能になるので、装置完成までは順序よく作業を行う必要がある。

#### 2.4.2.2 水銀の場合の準備や手続き

水銀は、毒物及び劇物取締法の規制対象品であり、取り扱いに於いて労働安全衛生法（安衛法）[16]に準拠した取り扱いが必要である。更に、公害対策基本法や水質汚濁防止法により環境への放出が制限されている。ここでは安衛法に規定を以下に示す。まず、同法第12条の1項に従い50人以上の事業所では衛生管理者（第1種衛生管理者免許保持者や衛生工学衛生管理者免許保持者等）を選任し（事業所規模で増員）、所轄の労働基準監督署長に届出が必要である。同法第12条の2項では10人以上50未満では安全衛生推進者（講習要）の設置が必要である。管理者は、健康管理や設備と環境改善等を行う必要がある。

水銀は、大気20℃における飽和蒸気濃度が13.2 mg/m<sup>3</sup>と高く[17]、許容濃度（日本産業衛生学会）が0.025 mg/m<sup>3</sup>と低いので以下の保護具が必要で[18]、水銀濃度計等で確認が必要である。大気への放出は更に2桁以上厳しい[19]なので対応が必要である。

- ①呼吸器保護具（防毒マスク）
- ②手の保護手袋（ゴム手）
- ③目や顔面への保護具
- ④保護衣服着用（汚染されて服は作業場から出さない）

以上の事から使用中の水銀は、容器や配管系内に密閉して運用するのが良く、漏洩時の事を考えて装置の下には、枠有り受け皿（表面が酸化しないステンレス製が良い）を設け、できれば装置全体を強化ガラス等で覆うのが良い。毒物及び劇物取締法には使用中のものに対する規制は無いが使用しない水銀は、施錠して保管する。水銀を30 kg以上保有する施設は、消防法（昭和23年法律第186号）での消防活動阻害物質として所轄消防署長へ届ける（施設毎）必要がある。

#### 2.4.2.3 鉛ビスマスの場合の準備や手続き

鉛ビスマス共晶合金は、鉛が10%以上含む鉛合金として毒物及び劇物取締法の規制対象品であり、衛生管理は水銀と同じで、作業者は安衛法の鉛中毒防止規則[20]に従って取り扱わなければならない。鉛ビスマス共晶合金を使った施設は、鉛中毒防止規則第1条第5項ホにおける鉛合金の溶解に相当するので、第23条第四項の様に450℃以下の場合や第23条第一項の様に配管や容器の周囲を完全に覆い常時立ち入る必要が無い屋内作業場することによって作業も周囲の安全性も確保できるので結果的に局所排気装置、

プッシュプル換気装置、全体換気装置を設けず試験が可能になる。装置が小さく第27条第一項の規定の様に50ℓ未満で有れば除塵機を設けず作業ができるが、高温液体なので目や顔面へ保護具を付けての作業となる。尚、放射化する照射試験は遠隔操作で隔離室における業務にならざるを得ないので第3条の三項で謳われた適用外となって鉛中毒を防止していることになる。

### 2.4.3 安全に使うための基本方針・取り扱い方針

#### 2.4.3.1 共通の安全対策・基本方針

いずれの場合も法に依る規制・規則・規格があり、規格を満足しつつ、安全第一で使い勝手の良い装置しなければならない。

リチウムも重金属の場合も耐火、耐震、耐水（水害、津波）、遮蔽を考慮して設計することになるが、遮蔽だけを考えると地下設置を考えやすいが、津波を含めた水害と装置交換性やメンテナンスを考えると装置を小型化して平床設置をして、使いやすい構造にするのが良い。

どの中性子源も照射されるエネルギーが非常に大きいのでビーム位置の異常や液体金属の流量低下が即ターゲット周辺部の溶断や損傷につながるため、ビーム位置モニタや系内の真空圧力や液体金属ループ内の流量、温度、液位や周囲の即発γ線等も含めたすべての運転状態検知センサーに基づき最短時間で運転を停止するシステムが必要である。特に、加速する前のイオン源を最短時間で停止させるのが有効であり、そのシャットダウン時間はバックプレートや隔壁に変形や損傷を与えない速さにする等、安全性向上を図らなければならない。

液体金属の運転温度の上限は、腐食や機器の耐熱性に関係するので、必要最小限の温度で運転する。

漏洩対策の基本は、熔融金属に対する耐食材を使うことであり、強度上配管や容器が破損しない様にするのである。できればパッキン等のシール構造はできるだけ排除して溶接構造を採用する事である。

#### 2.4.3.2 リチウムの場合の安全対策

液体リチウムを用いた病院併設型のBNCTのリチウムターゲットループは、設置上小型化が必要でリチウム量も最小限にするのが良い。尚、使用リチウム量が指定数量以下になると消防法上は無資格で運転が可能であるが、危険物取扱者を選任して安全教育を行う等の対応が必要と考えられる（すでに市町村条例で規定されている場合もある）。小型化でリチウムループそのものを容器で覆う様になると、容器内を不活性ガス雰囲気[4]にすることで更なる安全性向上につながる様になる。

リチウムターゲットではノズルからの噴流を使うので、噴流が直接当たる壁にキャビテーションが起きるとの報告[21]があるので噴流はクエンチタンク内の液体で受ける様にしてキャビテーションがタンク壁面で起きない様に設計する必要がある。

#### 2.4.3.3 重金属の場合の安全対策

重金属系のターゲット材は燃えるものではないが、加速器が急峻なパルス運転によって隔壁が損傷（液体金属に発生する衝撃波の影響）する危険性が有るので、重金属系

ターゲットでは隔壁2重化がなされ、2重隔壁間の最外壁もヘリウム冷却されている。尚、最外壁（窓）まで衝撃波が影響しない様にするため隔壁の損傷をいち早くする検知することが重要なので様々な検知システムが検討され水銀では実施されている。

#### 2.4.3.4 火災・防火対策

化学反応性が高いリチウムに限らず水銀は火災発生時消火活動阻害物質であり、鉛ビスマスは運転温度が高温流体である事から設置建屋は必ず耐火構造にする。リチウムの場合はさらに禁水の表示を行うと共に周知徹底を図り、どの金属も漏れた場合を想定して漏洩金属を全て受け皿に限定する構造にする必要がある。

非照射場でのリチウム火災が発生した場合は、危険物の規制に関する政令に指定された乾燥砂や膨張する石や膨張真珠岩もあるが、市販のリチウム用消火剤ナトレックスL（主成分塩化ナトリウム）を用いて消火するのが便利で効果的である[22]。

J-PARCの水銀ターゲットの周辺は遮蔽の為に鉄のブロックが積み重ねられているので火災の心配はないが、リチウムと水銀は試験の性質上中性子を減速する場合があるので減速材に可燃物をできるだけ避ける様に設計すべきである。

一方鉛ビスマス共晶合金を使うADS機器は、断熱材に覆われていても高温流体が漏れた時を想定すると建屋も床も耐火構造にする必要がある。

いずれの液体金属を中性子源としても、放射線遮蔽するのでコンクリートや鉄や鉛で覆われ必然的に耐火構造になるが、併せて建屋も耐火構造にすべきである。

## 2.5 装置設計製作

### 2.5.1 装置設計

装置には使いやすさを考えて機器だけでなく配置も含めた設計が必要である。特に、メンテナンスも考えるとピットを掘らずに同一床上設置が望ましい。床上設置を考えると遮蔽が必要になるので液体金属ターゲット装置の高さもできるだけ低く小型に設計する必要がある。

装置の安全性を確保するため強度計算と構造解析（熱応力と耐震）と遮蔽計算を十分に行う必要があるが、以下に中性子源の液体金属用設備に使う機器群の設計規格について記載する。

#### 2.5.1.1 リチウム中性子源の設計

中性子源に液体リチウムターゲットを用いる場合、リチウムそのものが消防法での規制対象なので、リチウムループで使用するダンプタンクは消防法の危険物の規制に関する政令の第9条20号によって、配管については21号に則った設備にしなければならない。消防署への申請等も細かく規定されている。容器の中で圧縮気体が充填される膨張タンクやベーパートラップは、圧力や容積の大きさによってはボイラー及び压力容器安全規則の第二種压力容器に該当し、压力容器構造規格に則った設備にしなければならない。この様な規格強度計算のほかに装置設計に必要な解析コードにて熱応力や耐震設計等を行わなければならない。

詳細は記載しないが、設置場所の危険物貯蔵所の基準についても危険物の規制に関する政令に従わなければならない。

#### 2.5.1.2 水銀や鉛ビスマスの中性子源設計

前記の様に重金属の水銀と鉛ビスマスについても、労働安全衛生法に基づき設計する。膨張タンク及びベーパートラップは、圧力と容積によっては第二種压力容器となり压力容器構造規格を用いて設計されなければならない。ダンプタンクや配管等は压力容器構造規格を満足させ、前記の様に解析コードにて熱応力や耐震設計等を行う必要がある。

### 2.5.2 装置製作

設備の製作に使用する材料や溶接資格など規格に則った製作がなされなければならない。近年は3次元CADによって製作前に課題がわかり設計ミスは少ないが、溶接ひずみや曲がりなどで設計通りに行かない場合や寸法公差が大きい保温材と補助系のガス配管系が干渉する場合があるので、事前に治具の用意も含め現場と設計者との連絡を密に行う必要がある。

組立精度を上げる為にできるだけ工場内作業を行うようユニットごとに製作し、そのユニットの大きさは運搬ができる大きさとし、現地作業をできるだけ少なくするのが良い。

### 2.5.3 試験検査

試験検査は製造中から規格に基づき実施され、機器単体の耐圧やヘリウムリークテストや溶接部のX線検査や浸透探傷試験等を順序良く行い、機器の健全性を確認しながらユニットを組み立てて行く。現地での全体組み立てにおいても、溶接部のX線検査や浸透探傷試験や耐圧試験を実施後、保温施工、電気配線、配線チェック等を順序よく行い、装置組み立て後シーケンスチェック等を実施後、試運転を実施していく。特に、予熱を要する配管系の支持金具やバルブなど局部的に温度低下を起しやす所は前もって断熱やヒータを増設しているが、凝固温度になっていないか注意する必要がある。

## 2.6 装置運転

### 2.6.1 運転

装置の特徴を踏まえて装置をどう扱い、どこを注意すべきかを記載する。要は事前に運転要領書を作成し、その要領書に従い運転していくことになるが、装置配管系の予熱が完了後、全系を減圧してダンプタンク側にガス圧を掛けて膨張タンクまでゆっくり液体金属を充填する。充填を急ぐあまりガス圧を掛け過ぎるとガス系へのオーバーフローの原因になるので注意が必要である。

リチウムループは、高真空運転になるので吸着水分やガスの除去のため真空ベキングを十分行うことが重要である。

### 2.6.2 メンテナンス（保守・点検）

非照射の試験装置におけるメンテナンスは、日常メンテナンスや期間ごとのメンテナンス、交換部品に合わせてメンテナンスを実施することになるので、事前に計画書や要

領書を立てておくことが重要である。特に、寿命が短いものや修理に時間のかかるものについては予備品などを準備しておくことが望ましい。

照射試験の場合、放射化した施設になるので測定機器は非照射場に設置して交換できるようにして、中性子源本体については水銀ターゲットの様にターゲット部を一式交換し、放射化したものはキャプセルに入れて保管するのが良い。

### 2.6.3 震災以降の点検

地震等の震災以降の点検は、日本アイソトープ協会の「改訂版放射線施設の火災・地震対策実務マニュアルシリーズⅢ, 1996年, p117~p131」を参照されたい。

## 2.7 まとめ

本章は、中性子源用液体金属の特徴を踏まえて、用途ごとの液体金属と装置の取り扱いについて簡単に記載した。材料の特徴に合わせて工学的に十分対策を講じて使用することが肝要である。

本章がものづくりを始めようとする方の参考になれば幸いである。

### 参考文献

[1] 松林政仁: Radioisotopes 56, 479 (2007).  
 [2] S. Cierjacks(Editor), Neutron Sources For Basic Physics and Applications, An OECD/NEA Report (Pergamon Press, 1983).  
 [3] 高野秀機 他: JAERI-Review 2000-014 (2000).  
 [4] R.A. Rhein, C.M. Carlton, Extinction of Lithium Fires: Thermodynamic Computations and Experimental data from Literature, Fire Technology, Second Quarter 29, 100 (1993).  
 [5] T. Kobayashi *et al.*, Appl. Radiat. Isot. 88, 198 (2014).  
 [6] 東工大ニュース「加速器 BNCT 用液体リチウムター

ゲットを開発 - 都市部病院に設置可能な小型照射システムにめど-」, <https://www.titech.ac.jp/news/2012/025567.html>

[7] 春日井好己 他: JAEA-Technol. 2009-010 (2009).  
 [8] 物質・生命科学実験施設建設チーム, 大強度陽子加速器プロジェクト 物質・生命科学実験施設機器技術設計書, JAEA-Tech 2004-001 (第2分冊), p.828-p.833.  
 [9] 大井川宏之: Radioisotopes 61, 571 (2012).  
 [10] 日本原子力学会「鉛ビスマス 利用技術」研究専門委員会: 鉛ビスマス利用技術ハンドブック (2007).  
 [11] 関本 博 他: JAERI-Tech 2002-008 (2002).  
 [12] 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 J-PARC センター 核変換ディビジョン, J-PARC 核変換実験施設技術設計書-ADS ターゲット試験施設(TEF-T), JAEA-Technol. 2017-003, p186-217.  
 [13] *ibid*, p123  
 [14] 安達潤一 他: 中性子散乱施設使用済ターゲット取扱・保管設備の概念検討, JAERI-Tech 2000-068 (2000).  
 [15] 消防関連法規集2009年度版 (近代消防社).  
 [16] 中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター 労働安全衛生法, <http://www.jais 水銀 r.jp/enzen/hor/hom-bun/hor1-1/hor1-1-1-m-0.htm>  
 [17] 環境省, 水銀に係る健康リスク評価, 別添2-3の表1 参照 (飽和蒸気濃度) [www.env.go.jp/ council/toshin/t07-h1503/mat\\_02-3.pdf](http://www.env.go.jp/ council/toshin/t07-h1503/mat_02-3.pdf)  
 [18] 厚生労働省 職場のあんぜんサイト, 化学物質, 水銀参照, [www.anzeninfo.mhlw.go.jp/ anzen/gmsds/0035.html](http://www.anzeninfo.mhlw.go.jp/ anzen/gmsds/0035.html)  
 [19] 大気汚染防止法, 基準値 [env.go.jp/chemi/tmms/lmrm/02/ref02.pdf](http://env.go.jp/chemi/tmms/lmrm/02/ref02.pdf)  
 [20] 労働法ナビ, 鉛中毒予防規則 (平成29年3月29日厚生労働省令二十九号も反映), [www.rosei.jp/lawdb/list/law\\_article.php?entry\\_no=123](http://www.rosei.jp/lawdb/list/law_article.php?entry_no=123)  
 [21] Kondo, *et al.*, Proc. 23rd International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-23), May 2015, Chiba, Japan.  
 [22] 加藤章一 他: JAEA-Technol. 2009-059 (2009).

## 第1章



たか はし みつ とし  
高橋光俊

助川電気工業株式会社 取締役 技術本部 副本部長。液体金属を含む流体の熱 (加熱・冷却) と計測 (温度, 圧力, 流速, etc.) に関わる装置等の設計業務。最近, 運動不足からか体重と中性脂肪が増えてきて少し動くだけでも疲れてしまい歳を感じ始めています。健康維持のために色々考える今日この頃です。

## 第2章



み うら く に あき  
三浦邦明

助川電気工業株式会社 顧問。高速増殖炉の液体金属ナトリウム用電磁ポンプ, 電磁流量計, プラギング計, 水素検出器の開発と熔融アルミ用電磁給湯装置等の開発に従事。現在は, 顧問の傍ら, 地元高萩市出身で江戸中期の地理学者赤水 (せきすい) の業績『伊能忠敬より前に経緯度が入り5952か所の地名入りのベストセラーロードマップを作製し, 間宮海峡調査以前に間宮海峡を含む樺太, 千島列島, 北海道全域の蝦夷松前図を製作』を世に広める活動を実施中。