

標準研究連絡委員会報告

21 世紀の単位・標準・基礎物理定数などに関わる
基礎研究の推進

平成 17 年 6 月 23 日

日本学術会議
標準研究連絡委員会

この報告書は、第 19 期日本学術会議標準研究連絡委員会基礎定数小委員会で検討した結果を標準研究連絡委員会にて審議し、取りまとめた結果を発表するものである。

委員会等構成員リスト

第 19 期日本学術会議 標準研究連絡委員会

委員長	大園 成夫	(東京電機大学工学部機械情報工学科教授)
幹事	小野 晃	(産業技術総合研究所研究コーディネータ)
委員	久保田 弘敏	(東海大学総合科学技術研究所教授)
	山崎 鉄夫	(京都大学エネルギー理工学研究所教授)
	清水 富士夫	(電気通信大学レーザー新世代研究センター共同研究員)
	盛永 篤郎	(東京理科大学理工学部物理学科教授)
	森川 容雄	(情報通信研究機構電磁波計測部門研究主管)
	佐藤 守	(横河電機(株) ATE 事業本部開発センター長)
	池田 昌彦	((株)堀場製作所分析センターシニアアドバイザー)
	鹿熊 英昭	((株)ミットヨ川崎研究開発センター顧問)

オブザーバー

	飯塚 幸三	(社団法人日本計量振興協会)
	今井 秀孝	(産業技術総合研究所計測標準研究部門顧問)
	清水 忠雄	(東京大学名誉教授)
	服部 充雄	(計測テクノロジー(株)管理本部主管技師長)
	吉田 春雄	(産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員)
	工藤 勝久	(産業技術総合研究所計測標準研究部門副研究部門長)
	田中 充	(産業技術総合研究所計測標準研究部門部門長)
	岡本 研作	(産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員)
	高津 章子	(産業技術総合研究所無機分析科バイオメディカル標準研究室長)
	松本 弘一	(産業技術総合研究所計測標準研究部門副部門長)
	丸山 一男	(工学院大学機械工学科教授)
	安井 明美	(食品総合研究所分析科学部長)
	桑 克彦	(筑波大学臨床医学系助教授)
	大嶋 新一	(産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員)

標準研究連絡委員会 基礎定数小委員会

委員長	盛永 篤郎	(東京理科大学工学部物理学科教授)
幹事	清水 忠雄	(東京大学名誉教授)
	藤井 賢一	(産業技術総合研究所計測標準研究部門研究室長)
	大苗 敦	(産業技術総合研究所計測標準研究部門研究室長)
補佐	稲場 肇	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
	早稲田 篤	(産業技術総合研究所計測標準研究部門研究員)
委員	岩佐 章夫	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
	占部 伸二	(大阪大学大学院基礎工学研究科教授)
	大岩 彰	(産業技術総合研究所計測標準研究部門科長)
	小柳 義夫	(東京大学大学院情報理工学系研究科教授)
	金子 晋久	(産業技術総合研究所計測標準研究部門研究員)
	川路 紳治	(学習院大学名誉教授)
	桐生 昭吾	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
	倉本 直樹	(産業技術総合研究所計測標準研究部門研究員)
	後藤 昌彦	(玉川大学工学部知能情報システム学科教授)
	斎藤 輝文	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
	斎藤 則生	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
	塩田ふゆひこ	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
	霜田 光一	(東京大学名誉教授)
	高柳 英明	(NTT 物性科学基礎研究所長)
	塚越 幹郎	(東京理科大学理学部応用物理学科教授)
	中川 賢一	(電気通信大学レーザー新世代研究センター助教授)
	中山 貫	(産業技術総合研究所計測標準研究部門スタッフ)
	原 宏	(東京大学名誉教授)
	兵頭 俊夫	(東京大学大学院総合文化研究科教授)
	藤本 弘之	(産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員)
細川 瑞彦	(情報通信研究機構原子周波数標準グループリーダー)	
水島 茂喜	(産業技術総合研究所計測標準研究部門研究員)	
吉田 春雄	(産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員)	

会議開催記録

第19期 標準研究連絡委員会

- 第1回委員会： 平成 15年 10月 27日
- 第2回委員会： 平成 16年 1月 26日
- 第3回委員会： 平成 16年 4月 26日
- 第4回委員会： 平成 16年 7月 26日
- 第5回委員会： 平成 16年 11月 8日
- 第6回委員会： 平成 17年 2月 7日
- 第7回委員会： 平成 17年 4月 11日

第19期 標準研究連絡委員会基礎定数小委員会

- 第1回委員会： 平成 16年 4月 26日
- 第2回委員会： 平成 16年 7月 22日
- 第3回委員会： 平成 16年 10月 4日
- 第4回委員会： 平成 16年 12月 13日
- 第5回委員会： 平成 17年 3月 24日
- 第6回委員会： 平成 17年 5月 20日

要 旨

1 報告書の名称

21世紀の単位・標準・基礎物理定数などに関わる基礎研究の推進

2 報告書等の内容

(1) 作成の背景

- ・国際度量衡総会などが、単位の再定義に関する研究を進め、再定義を検討する様に勧告した。
- ・計測精度の向上により、現行の計量標準（以下、「標準」と記す）では物理学を構築する物理定数の精密決定に支障を来たし始めてきた。
- ・単位を基礎物理定数で定義する動きが欧米で急速に活発化してきた。

(2) 現状及び問題点

- ・標準・基礎物理定数の決定には数多くの研究が比較/評価される必要があるが、国際的に研究数が少なく、とくに日本からの寄与が少ない。
- ・標準研究機関の研究者が、標準供給業務と並行して基礎研究を行なうのにまだ十分な体制ができていない。
- ・大学・大学院での標準に関わる授業・教育が十分でなく人材が育たない。

(3) 改善策、提言等の内容

- ・標準に関わる研究機関は、標準の研究者が標準供給業務と並行して基礎研究が行える研究体制を早急に確立し、優秀な研究の促進を図ること
- ・大学は、標準研究機関と連携して標準に関する基礎研究の振興と人材育成をはかること。
- ・政府は、21世紀に相応しい単位・標準を検討・総括し日本のとるべき方針を打ち出し指揮できる標準研究コントロールボードを設置し、研究の円滑な促進を図ること。

目 次

1. 21世紀の単位・標準の研究の必要性	1
2. 標準研究へのこれまでの提言の経緯	2
3. 我が国の寄与すべき道	4
提言	9
参考文献	10
付録 基礎定数・物性定数・標準に関するアンケート報告	13

1. 21世紀の単位・標準の研究の必要性

科学および社会における国際交流のため計量単位の確立の基礎とするべく国際単位系 (SI) がメートル条約加盟国の間で 1960 年に決定されてから半世紀になろうとしている。その間、国際単位系は着実に科学・社会に浸透し、より使いやすいものに整備され、科学の進展の基盤として貢献するのみならず、グローバル化する産業、貿易、保健など人類の社会生活における営みの円滑化に大きく寄与してきた。このように科学技術と社会生活の基盤である計量標準 (以下、「標準」と記す) を最も適切に設定し維持することは、21 世紀の人類に共有の知的基盤確立に関わる基本課題である。

現在の国際単位系は 7 つの基本単位から構成される。7 つの基本単位は、長さの単位「メートル (m)」、時間の単位「秒 (s)」、質量の単位「キログラム (kg)」、電流の単位「アンペア (A)」、熱力学温度の単位「ケルビン (K)」、物質量の単位「モル (mol)」、光度の単位「カンデラ (cd)」である。標準は単位を実現する手段である。その単位・標準は、時代とともに高度化する科学技術の要求精度に因るため常により安定なものになるように、この半世紀の間にも幾度か改訂されてきた。その結果、原器からより普遍的な原子や量子効果に基づく標準に次第に置き換えられてきた[1, 2]。1960 年当時と比べると、標準を実現できる精度は「秒」のように 7 桁近く向上したものもある。時間の研究は科学技術の進展に支えられて著しく向上した。しかし、質量標準の国際キログラム原器に見るように、100 年来そのまま変わらない標準もある。このように、これまでの半世紀の研究の流れは基本単位がそれぞれ独立に研究されてきて、総合的な考慮はあまりなされていなかった。

その例外は長さと時間の単位である。長さは原子の遷移に基づく光の波長、時間は原子の遷移に基づくマイクロ波周波数で定義するのが 1968 年からの原子標準による定義であった。しかし、長さとは特殊相対論のもとで不変とされる光の速さで結びつく。電磁波の波長と周波数の積が光の速さを与えるので、真空中でのレーザーの波長と周波数の値が長さとは時間の標準から独立に測定され、当時の精度で光速度の測定値が一定であることが確かめられた。この結果、1983 年に真空中の光の速さを定義値とし、長さの単位を再定義した。周波数測定の方が、はるかに精度が高かったため、事実上、長さの単位 (波長) は周波数で決まることになった。

この光速度の例に見るように、基本単位の間には一般的物理法則が成り立ち、物理定数を通して関係している。このような物理定数はここ当面実現しうる測定の精度範囲では一定であると考えられている。測定技術の向上は正確な物理定数測定を可能とし、現在では標準の精度が物理測定値に反映するようになって

た。これは、物理定数の方が標準より一層安定であることを明白に示している。したがって、光の速さだけで無く、物理定数を用いて単位を定義することが可能となる。

一方、科学の進歩は、長い間夢として考えられていた技術を実現可能とする。21 世紀への変わり目に、フェムト秒パルスレーザーと非線形ファイバー技術がマイクロ波の周波数間隔の目盛りを持つ周波数の物差しを可視領域に実現した。これにより、光周波数とマイクロ波周波数が直結されたので、周波数標準をマイクロ波領域からより安定な標準が期待される光領域に移す展望が急速に開けた。

このような背景のもと、21 世紀にふさわしい、普遍的な単位の定義を光周波数標準と物理定数で設定することが欧米で真剣に議論され始めた。2003 年の国際度量衡総会は秒の定義と質量の定義に関する研究を進めることを各国研究機関に要請した。また、下部機関である単位諮問委員会は基礎物理定数による単位の定義を検討することを開始した。単位の定義はこれまでのように技術の展開とともにそうたびたび変更されるべきではなく、後世に通用するものを確立すべきである。また、一国の利害関係で押し進められるべきものではなく、国の重要な基礎に関わる問題なので、他人や他国に任せておけば良い問題ではない。そのためには、信頼ある科学的研究が多数蓄積され、それに基づき日本を含め世界の人類の英知を集めて慎重な検討がなされ、決定されるべき課題である。今まさに各国の科学技術研究者に 21 世紀の単位の定義や標準がどうあるべきかが問われている。

2. 標準研究へのこれまでの提言の経緯

単位・標準の研究は国の科学技術の重要な基盤であるため、国家の科学技術力を傾注してそれを構築する課題である。日本における単位・標準の研究は、かつてはレベルが高く、国際的にも高い評価を受けていたが、近年の高度成長時代に、我が国の科学政策は先端科学研究を重視するあまり標準の研究は取り残された。標準の研究者は多数の研究所に分散し、研究所の一部門に置かれ少数の研究者が正当な評価を受けずに細々と従事する体制が続いた。この結果、欧米諸国との研究の格差が歴然とするようになり、多くの研究は欧米の後追い研究にならざるを得なかった。このような事態を憂慮し、第 16 期標準研究連絡委員会（平成 6～9 年）は平成 9 年に「標準研究体制強化についての提言」を第 5 部報告として行った[3]。提言の骨子は

- 1) 中核となる国立研究所の研究体制の充実化をはかること。
- 2) 大学がこの分野に関心を持ち、国立研究機関と連携すること。標準の研究者の正当な評価がなされること。

- 3) 優れた技術者の評価・優遇制度の導入。
- 4) 成果の外部への供給が円滑に行える体制の確立。
- 5) 大学と国立機関の共同研究・連携大学院制度の利用。
- 6) 提案公募型研究。
- 7) 標準研究・供給コントロールボードの新設。

であった。

ちょうど提言後の時期は国立研究機関の独立行政法人化への改変の時期にあたり、研究所の集中再編が行われた結果、幸い標準を取り扱う部門の多くが1つの部門としてまとまることになり、劣悪な研究体制にも改善の兆しが見えた。そこで、この機を逃さずに、標準研究体制が国のさらに篤い支援のもとに行われるように、第17期標準研究連絡委員会（平成9～12年）は平成12年に「標準の研究体制の強化について再提言」を標準研究連絡委員会報告として行った[4]。そこでは、標準研究は国の支援のもとに行われ、総合科学会議に標準研究コントロールボードの役割を期待し、省庁の縦割り制からの脱却、大学や民間との連携を提言した。このような提言が功を奏して、完全とは言えないまでも、研究者数の増加や標準関連予算の伸びに繋がった。それらの最近の成果は、今日の標準研究機関によるアボガドロ定数測定での世界への貢献や東大香取助教授の独創的な光周波数標準の研究や、それとの標準研究機関との協力の関係に見ることが出来る。

第18期標準研究連絡委員会基礎定数小委員会（平成12～15年）は、研究者がこれらをどう利用し、どう考えているか調べる目的で、物理・応用物理研究者を中心に基礎定数・物性定数・標準に関するアンケートを行い、約1,500名の研究者から回答を得た。その結果を分析し要約すると、

- 1) 回答者は標準や物理定数を頻繁に利用しているが、現状の供給方法に不都合を感じている人が3割近くいた。また、現状の精度にも10%の研究者が不足を感じており、いっそうの精度向上が望まれている。
- 2) 大学・大学院での教育を充実させるための講義や講師派遣、啓蒙活動を行う必要がある。
- 3) この分野で日本が国際貢献することを約半数の研究者が期待している。

である。そして、このために必要な対策をとることを産業技術総合研究所に要請した[5, 6]。

以上のように、平成9年に始まる提言や要請を反映して、弱小化していた日本の研究体制は強化されつつある。例えば、旧工業技術院内で分散していた標準研究者は独立行政法人産業技術総合研究所の計量標準総合センターに集中化し、人的、予算的措置には改善が見られている。しかし、国内の標準研究を総括するコントロールボードについては、産総研の理事長の下に国際計量連絡委員会

などの組織を作り、省庁間の連携機能も持たせる試みは行われているが、大学も含めて全省庁に影響力のある強力な調整機構は実現されていない。そのため、省庁間の連携は十分とは言えない状況が続いている。また、標準の研究に携わる各研究者は、遅れていた日本の標準供給体制の整備に追われて、基礎研究に十分な時間を割くことができないでいるのが現状である。

平成 15 年に始まった第 19 期標準研究連絡委員会基礎定数小委員会は、標準や基礎物理定数の広報と研究の活性化を図るために、特別講演会[7]を開いたり、応用物理学会[8]や日本物理学会[9]の講演会で標準や基礎物理定数に関するシンポジウムを開き、最新研究や最新データなどの最前線を紹介し、普及に努めてきた。また、産総研計測標準研究部門に「計量標準教育普及委員会」が作られ、大学での講義の依頼に対応する窓口として活動を始めたのを支援してきた。

3. 我が国の寄与すべき道

単位の定義・標準の確立により波及する範囲は基礎科学、先端科学技術のみに関わらず、現代社会の産業、貿易、通信、環境、健康など人類の社会的基盤に関係する。したがって、一部の研究者や一部の省庁のみで検討して済む問題では無い。総合的な立場から慎重に議論、検討される必要がある。

現在、欧米ではこれらに関係して表 1 に示す種々の研究テーマが進行中かまたはあらたに議論され計画されている。日本でも、先に挙げたテーマの他にも二、三の研究が行われているが、数や規模において格段に少ないのが現状である。

表 1 基礎物理定数・単位・標準に関する研究例

研究テーマと国名	概要	参考文献
ワットバランス法によるプランク定数の測定 イギリス アメリカ スイス フランス	交流ジョセフソン効果と量子ホール効果によって実現される電圧と抵抗を使って、それらを力学量(力と速度など)に関連付けることにより、基礎物理定数の一つであるプランク定数を測定する研究が英国物理研究所(NPL)[10]や米国標準技術研究所(NIST)[11]などで行われている。近年、原器に頼る最後のSI基本単位キログラムを再定義し、プランク定数を基準とすることなどが提案されるようになり、ワットバランス法が改めて注目されている[12]。我が国ではこの研究テーマに着手した例はない。	[10], [11], [12]

<p>シリコン同位体濃縮によるアボガドロ定数の測定</p> <p>日本 ドイツ イタリア オーストラリア アメリカ イギリス</p>	<p>シリコンなど極めて完全に近い単結晶の格子定数、密度、モル質量の測定からアボガドロ定数を求める方法であり、最近では我が国の計量標準総合センター（NMIJ）[13]とドイツ物理工学研究所（PTB）[14]から高精度な測定結果が報告されている。CODATA による 2002 年基礎物理定数の推奨値[15]は、これらの測定結果と上記のワットバランス法による測定結果などが主要な基礎入力データとなり、プランク定数が決定された。測定精度をさらに向上させるために、シリコン 28 同位体を 99.99 %まで濃縮した結晶を造り、アボガドロ定数からキログラムを再定義することが提案されている。現在はロシアの同位体濃縮技術に頼っているが、我が国でも高濃縮・高純度の同位体を大量に製造できる技術が開発されることが望まれる。</p>	<p>[13], [14], [15]</p>
<p>超短パルス光コムによる周波数計測</p> <p>ドイツ アメリカ</p>	<p>光の周波数を、セシウム周波数標準を基準に測定することは、以前は周波数チェーンと呼ばれる大きなシステムを動かす必要があり非常に大変であった。しかし最近、超短パルスレーザのモード構造を光周波数のものさしとして利用する技術が実現して、原理的に非常にすっきりしてコンパクトな装置で光の周波数が測れるようになった。モード同期レーザの等間隔に並んだモード構造を櫛の歯に見立てて、光コム（Comb）光周波数コムと呼ぶことがある。</p>	<p>[16], [17]</p>
<p>時間の新しい定義</p> <p>ドイツ イギリス アメリカ 日本</p>	<p>光コムで光周波数とマイクロ波周波数が、非常に簡単に、しかもタイトに結びつくようになったため、現在マイクロ波にある周波数標準を光領域で考えようという議論がある。量子準位への摂動が同じ程度であるとする、周波数のより高い遷移を使う方が相対的な安定度や不確かさについて有利である。より不確かさの小さい光周波数標準をイオントラップや光格子時計などで実現しようとする研究が現在活発に行われている。</p>	<p>[18], [19]</p>

<p>光コム of 紫外・X線領域への拡張</p> <p>ドイツ イギリス</p>	<p>光コム of 不確かさを決めている要因は、キャリアの周波数（波長）であるので、周波数標準をマイクロ波から光領域へ移す考えをさらに進めて、より短波長での光コム技術を開発する研究も行われている。ヘリウムイオンの 1S-2S 遷移（波長 60 nm）の精密分光などの研究に着手している研究所がある。また現在、紫外やX線領域で使われている波長標準に対して SI トレーサビリティを確保することも大きな応用である。</p>	
<p>微細構造定数の時間変化の測定</p> <p>ドイツ フランス</p>	<p>原子の遷移周波数を表す表式で相対論的補正項は原子の種類によって違うため、いくつかの原子の遷移周波数をある程度の期間（～年）にわたって比較することで、微細構造定数の時間変化についての情報を得ることが出来る。光コムによるイオンや原子の遷移の測定は 2000 年頃からできるようになっていたため、最近立て続けに 3 年程度の期間にわたっての比較結果が出てきて、時間変化の上限値が非常に正確にわかるようになってきた。オクロ鉱山の天然原子炉やクエーサーからのスペクトル線の解析による上限値とは相補的なデータであり重要な情報となっている。</p>	[20]
<p>反跳による微細構造定数の測定</p> <p>アメリカ フランス</p>	<p>微細構造定数そのものの値は、現在電子の異常磁気能率と QED の理論計算の突き合わせから最も不確かさ小さく求められているが、最近、質量 m の原子の遷移の反跳シフト (h/m に比例) を精密に測定することにより微細構造定数の値が正確に決められるようになった。2002 年の CODATA では、このように全く違った方法で測定された値もデータに加わった結果、微細構造定数の不確かさは約 10% 改善された。</p>	[21]
<p>宇宙時計</p> <p>フランス アメリカ</p>	<p>宇宙ステーションの実験室内の微小重力下においてレーザー冷却 Cs または Rb 原子を用いた原子時計を実現する計画がフランスやアメリカにおいて進められている。重力の影響を受けずに長い相互作用が得られるため地上よりはるかに高い周波数精度が期待できる。</p>	[22]

<p>原子干渉計による 万有引力定数の測 定</p> <p>アメリカ</p>	<p>従来のねじれ秤を用いた方法に代わって、原子1個と質量源の間の万有引力の大きさを原子干渉計を用いて高精度に測定する研究が行われている。この方法の特徴は原子1個をセンサーとして用いるため、系統誤差を小さくすることが可能となり、現在の万有引力定数の不確かさを小さくすることができる。</p>	<p>[23], [24]</p>
<p>分光によるボルツ マン定数の測定</p> <p>フランス ドイツ</p>	<p>気体を対象としたレーザ分光では、マクスウェル分布の速度分布を反映してドプラー拡がり観測される。通常は精密な分光の妨げとなるのでこの拡がりから逃れる分光法が開発されてきた。しかし、もしこのドプラー分布を非常に精密に測定することが出来れば、温度 T でのその拡がり幅から kT が正確に求められる。現在ボルツマン定数 k はガスの音速測定から ppm で決められているが、対象分子や条件、分光方法を適当に選択すれば同程度の値を導き出せる可能性がある。すでにパリのグループは予備的な実験を開始している。重要な基礎定数を求めるための従来とは独立な手法であり、メトロロジーとして重要で、また温度の再定義にもつながる研究である。</p>	
<p>量子電気標準の整 合性の検証</p> <p>アメリカ フランス</p>	<p>交流ジョセフソン効果で実現されている電圧標準、量子ホール効果で実現されている抵抗標準、これらの量子標準とオームの法則に基づき SI 基本単位であるアンペア（電流）が実現されている。一方、別の量子効果である単一電子トンネリング効果（SET）により電子の流れをコントロールして電流をつくりだすことも可能である。これらの3つの量子効果の整合性を高い精度で比較することは電気量子標準の妥当性の検証に役立ち、基礎物理定数への寄与も期待される。</p>	<p>[25], [26]</p>

基礎物理定数の研究は、一国、あるいは一機関で精度の高い研究が行われて、その値がその定数値を決めてしまう場合が多いが、これはかなり危険である。できる限り多くの研究機関が異なる方法で、あるいは同じ方法で同程度のレベルの実験をして確認されて、初めて決められるべきものである。したがって、科学先進国が率先してこのような分野の研究を担うことが望まれている。また、このような物理標準の確立研究が盛んに行われることは、その国の将来の科学

の展開に繋がるので非常に重要であることは当然である。

日本はこれまで、このような研究を欧米先進国に任せ、どちらかといえば利用する側にあった。今日の日本には、科学技術の基礎であるこの分野に応分の貢献をすることが望まれている。また、アジア太平洋地域の標準技術の向上に指導的役割を果たすことが期待されている。このような基盤研究に貢献できてこそ、借り物の科学技術とは嘲笑されない、真の科学技術立国の評価に繋がる。そのためには、普段からこのような研究が標準研究機関において活発に行われ、大学は基礎的研究で貢献するとともに、学生に興味を抱かせる教育を行い、このような研究に携わる優秀な人材を育てる必要がある。また、産業界は、このような基礎研究の遂行に対して平素利用するのみならず支援することが必要である。

以上のような観点から、21 世紀の単位の定義・標準に日本が大きく貢献できるように、以下の提言を行う。

提言

- 1) **標準に関わる研究機関**は、研究所に属する研究者が基礎物理定数の研究を活発に行えるように、標準供給業務と並行して、基礎研究が行える研究体制を早急に確立し、優秀な研究の促進を図ること。
- 2) **大学**は、標準・基礎物理定数に対する基礎研究を活発に行なえる様に配慮し、標準の研究機関と協力して学生に標準・基礎物理定数に対する十分な教育を行い、将来の人材育成を図ること。
- 3) **産業界**は、産業発展の基礎である標準・基礎物理定数に対する研究の重要性を理解し、これらの研究に対して支援を行うこと。
- 4) **政府**は、21 世紀に相応しい単位・標準を検討・総括し日本のとるべき方針を打ち出し指揮できる標準研究コントロールボードを内閣府、あるいは学会に設置すること。そして標準研究コントロールボードの打ち出す方針の円滑な促進を図ること。
- 5) **標準研究コントロールボード**は、早急に21 世紀を担う単位・標準についての見解をまとめて国際的な議論の場に提案し、10 年以内を目処に国際的レベルの研究成果が多くあげられるような方策を推進すること。
- 6) **標準に関わる研究機関**は、得られた成果を、遅滞なく社会に公表し、標準・基礎物理定数の広報活動に努めること。

参考文献

1. 盛永篤郎：「21世紀の国際単位と標準」、応用物理 vol. 74, pp.718-725, 2005.
2. 藤井賢一、大苗敦：「基礎物理定数の推奨値 - アボガドロ定数とプランク定数の決定をめぐる最近の動き - 」、日本物理学会誌 Vol. 57, No. 4, pp. 239-246, 2002.
3. 日本学術会議第5部報告 - 標準の研究体制強化についての提言 - 、平成9年6月20日。 http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/data_16_3.html
4. 日本学術会議標準研究連絡委員会報告 - 標準の研究体制の強化についての再提言 - 、平成12年3月27日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-17-t933-14.pdf>
5. 基礎定数・物性定数・標準に関するアンケート報告書、平成15年7月、日本学術会議第5部標準研究連絡委員会基礎定数小委員会、産業技術総合研究所計量標準総合センター。
6. 清水忠雄：「基礎定数・物性定数・標準に関するアンケート結果の報告」、応用物理 vol.73, pp 253-258, 2004.
7. 日本学術会議基礎定数小委員会・時小委員会合同講演会「基礎物理定数の究極値を求めて」、2004年10月4日、日本学術会議講堂。第19期第3回基礎定数小委員会議事録
8. 第65回応用物理学会学術講演会シンポジウム「標準・基礎定数の意義と科学教育」、2004年9月2日、東北学院大学。第60回応用物理学会学術講演会講演予稿集 No.0, pp.34-37, 2004.
9. 日本物理学会第60回年次大会シンポジウム「物理定数の最新値と究極への挑戦」、2005年3月24日、東京理科大学野田校舎。日本物理学会講演概要集第60巻、第1号、第2分冊, pp.136-138, 2005.
10. B. P. Kibble, I. A. Robinson, and J. H. Belliss, "A realization of the SI watt by the NPL moving-coil balance," *Metrologia*, Vol. 72, pp. 173-192, 1990.
11. R. R. Williams, R. L. Steiner, D. B. Newell, and P. T. Olsen, "Accurate measurements of the Planck constant," *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 81, No. 12, pp. 2404-2407, 1998.
12. I. M. Mills¹, P. J. Mohr, T. J. Quinn, B. N. Taylor, and E. R. Williams, "Redefinition of the kilogram: a decision whose time has come," *Metrologia*, Vol. 42, pp. 71-80, 2005.
13. K. Fujii, A. Waseda, N. Kuramoto, S. Mizushima, M. Tanaka, S. Valkiers, P. Taylor, R. Kessel, and P. De Bièvre, "Evaluation of the molar volume of silicon crystals for a determination of the Avogadro constant," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol. 52, No. 2, pp. 646-651, 2003.

14. P. Becker, H. Bettin, H-U Danzebrink, M. Gläser, U. Kuetgens, A. Nicolaus, D. Schiel, P. De Bièvre, S. Valkiers, and P. Taylor, “Determination of the Avogadro constant via the silicon route,” *Metrologia*, Vol. 40, pp. 271-287, 2003.
15. P. J. Mohr and B. N. Taylor, “CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 2002,” *Rev. Mod. Phys.*, Vol. 77, No. 1, pp. 1-107, 2005.
16. T. Udem, J. Reichert, R. Holzwarth, and T. W. Haensch, “Absolute Optical Frequency Measurement of the Cesium D1 Line with a Mode-Locked Laser,” *Phys. Rev. Lett.* Vol. 82, pp. 3568-3571, 1999.
17. D. J. Jones, S. A. Diddams, J. K. Ranka, A. Stentz, R. S. Windler, J. L. Hall, and S. T. Cundiff, “Carrier-Envelope Phase Control of Femtosecond Mode-Locked Lasers and Direct Optical Frequency Synthesis,” *Science*, Vol. 288, pp. 635-639, 2000.
18. H. S. Margolis, G. P. Barwood, G. Huang, H. A. Klein, S. N. Lea, K. Szymaniec, and P. Gill, “Hertz-Level Measurement of the Optical Clock Frequency in a Single 88Sr⁺ Ion,” *Science*, Vol. 306, pp. 1355-1358, 2004.
19. 香取秀俊「光格子時計 - 18 けたの周波数精度を目指して」*応用物理* Vol. 74, No. 6, pp. 726-730, 2005.
20. E. Peik, B. Lipphardt, H. Schnatz, T. Schneider, and Chr. Tamm, “Limit on the Present Temporal Variation of the Fine Structure Constant,” *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 93, No. 17, 170801, 2004.
21. A. Wicht, J. M. Hensley, E. Sarajlic and S. Chu, “A Preliminary Measurement of h/m_{Cs} with Atom Interferometry”, *Proceedings of the 6th Symposium on Frequency Standards and Metrology*, pp. 193-212, St. Andrews, World Scientific, 2001.
22. C. Lammerzahl, G. Ahlers, N. Ashby, M. Barmatz, P. L. Biermann, H. Dittus, V. Dohm, R. Duncan, K. Gibble, J. Lipa, N. Lockerbie, N. Mulders, and C. Salomon, “Experiments in Fundamental Physics Scheduled and in Development for the ISS,” *General Relativity and Gravitation*, Vol. 36, pp. 615-649, 2004.
23. J. M. McGuirk, G. T. Foster, J. B. Fixler, M. J. Snadden, and M. A. Kasevich, “Sensitive absolute-gravity gradiometry using atom interferometry,” *Phys. Rev. A*, Vol. 65, No. 3, 033608, 2002.
24. M. Fattori, G. Lamporesi, T. Petelski, J. Stuhler, G.M. Tino, “Towards an atom interferometric determination of the Newtonian gravitational constant,” *Phys. Lett. A*, Vol. 318, Issue 3, pp. 184-191, 2003.
25. E. R. Williams, R. N. Ghosh and J.M. Martinis, “Measuring the Electron’s Charge and the Fine-Structure Constant by Counting Electrons on a Capacitor,” *J. Res.*

Natl. Stand. Technol., Vol. 97, No.2, pp. 299-304, 1992.

26. F. Piquemal and G. Geneves, "Argument for a direct realization of the quantum metrological triangle," Metrologia, Vol. 37, pp. 207-211, 2000.

付録

基礎定数・物性定数・標準に関するアンケート報告書

平成 15 年 7 月

日本学術会議
標準研究連絡委員会
基礎定数小委員会

独立行政法人産業技術総合研究所
計量標準総合センター

目 次

1. アンケートの目的	15
2. アンケートの実施方法と回答状況	15
3. アンケート集計結果	16
4. 分析	24
5. おわりに	26
謝辞	27
第 18 期標準研究連絡委員会名簿	28
基礎定数小委員会名簿	29

1. アンケートの目的

日本学術会議標準研究連絡委員会基礎定数小委員会は標準研究連絡委員会からの依頼により、産業技術総合研究所計量標準総合センターと協力して、平成14年11月から平成15年3月にわたって標記アンケート調査を実施した。物理定数・計量標準・計量単位に関する知識の一層の普及を図り、この分野の研究を一層活性化させるための資料を幅広い研究者層を対象として収集することを目的としたものである。

2. アンケートの実施方法と回答状況

2.1 アンケートの実施方法

アンケートは産業技術総合研究所の Web 上に作成した。Web にアクセスすることで誰でも回答することができる。そのため、以下の学会・研究所のご協力をいただいて、会員へインターネットのアドレスを記した電子メールを送付すること、および学会誌の掲示欄へ掲載することによる会員への周知をはかるなどの方法を用いた。詳細を以下に示す。

アンケート開始日 平成14年11月1日

メール発送

平成14年11月12日 日本物理学会メール発送(メール登録会員の100%、約10000通)

平成14年11月19日 応用物理学会メール発送(第1回)(同会員の10%、約1800通)

平成15年1月22日 応用物理学会メール発送(第2回)(同会員の20%、約3600通)

その他のメール発送

平成15年3月3日 通信技術総合研究所、産業技術総合研究所(計測標準部門)(約300通)

学会誌掲載

11月号：日本物理学会誌、応用物理学会誌、化学と工業(日本化学会)、電気学会誌、電子情報通信学会誌

12月号：計測と制御(計測自動制御学会誌)

文書による依頼：日本学術会議理系研究連絡委員会委員長(31研連)

2.2 回答状況

平成 14 年 11 月 1 日より平成 15 年 3 月 17 日までの回答状況は以下の通りである。

アクセス数 約 2600 件

回答数 1487 件

内訳 (推定値)

配信メールからの回答数:	1323 (回答率 89%)
(物理学会会員からの回答数	706 (回答率 7%)
(応用物理学会会員からの回答数 (第 1 回)	220 (回答率 12%)
(応用物理学会会員からの回答数 (第 2 回)	390 (回答率 11%)

SI 単位系に関する資料を請求してきた回答者数：約 500 (発送済み)

3. アンケート集計結果

1. あなたの現在の所属を教えてください。(回答総数 1487)

大学、教育機関	924 (47%)
国立研究所・独法・公的研究機関	273 (18%)
企業	480 (32%)
その他	33 (2.2%)

2. あなたの主たる仕事の種類を教えてください。(回答総数 1487)

研究	1223 (82%)	教育	503 (32%)
製品開発	290 (20%)	検査・評価	66 (4.4%)
企画・調査	64 (4.3%)		

3. あなたの研究・仕事の分野を教えてください。(複数回答可)(回答総数 1487)

物理	924 (62%)	化学	299 (20%)
機械・自動制御	84 (5.6%)	金属・材料	367 (25%)
情報・通信	147 (9.9%)	電気・電子	500 (34%)
生物	43 (2.9%)	医学	30 (2%)
環境	46 (3.1%)	天文・宇宙科学	44 (3%)
地球物理学	17 (1.1%)	建築・土木	11 (0.7%)
その他	80 (5.4%)		

4. あなたが研究、仕事で関係がありよく参照する、或いは実際に研究している基礎定数、物性定数、計測のための標準（計測標準）は何ですか？

（複数回答可）（回答総数 1487）

基礎定数：

電気素量	901 (61%)	光速	839 (56%)
ボルツマン定数	811 (55%)	プランク定数	803 (54%)
真空誘電率	773 (52%)	電子質量	730 (49%)
アボガドロ定数	630 (42%)	真空透磁率	531 (38%)
気体定数	454 (31%)	陽子質量	321 (22%)
重力定数	248 (17%)	統一原子質量単位	200 (13%)
微細構造定数	165 (11%)		
ステファン・ボルツマン定数	137 (9.2%)		
陽子電子質量比	136 (9.1%)	磁束量子	132 (8.9%)
リュドベリ定数	125 (8.4%)	ファラデー定数	124 (8.3%)
量子ホール抵抗	72 (4.8%)		

物性定数：

密度	919 (62%)	誘電率・透磁率	764 (51%)
屈折率	702 (47%)	格子定数	672 (45%)
融点・沸点	643 (43%)	比熱	564 (38%)
熱伝導率・熱拡散率	533 (36%)	熱膨張率	506 (34%)
拡散係数	456 (31%)	弾性定数	396 (27%)
磁化率・保磁力	300 (20%)	粘性係数	267 (18%)
音速	228 (15%)	放射率	165 (11%)

計測標準：

電流・電圧・抵抗	957 (64%)	温度目盛	856 (58%)
波長・長さ	841 (57%)	周波数・時間	808 (54%)
質量	700 (47%)	力・圧力	659 (44%)
密度	623 (42%)	原子量・分子量	515 (35%)
濃度	401 (27%)	物質量	238 (16%)
粘度	171 (11%)		

5. あなたは基礎定数、物性定数、計測標準をどのような目的でお使いになりますか？（複数回答可）（回答総数 1487）

教育	451 (30%)	研究	1259 (85%)
製品開発	331 (22%)	検査・評価	248 (17%)
生産	33 (2%)	企画・調査	62 (4%)
著述	70 (5%)	その他	17 (1%)

6. 基礎定数、物性定数、計測標準に対して何か不都合を感じたことはありますか？（複数回答可）（回答総数 1487）

感じた 467 (31%) いいえ 1020 (69%)

6.1 参照しようとして、見つけにくかった、或いは、見つけられなかった定数がある。

はい 274 (18%) いいえ 459 (31%) 無回答 754 (51%)

具体的な定数：（具体的な内容はデータベース電子ファイルに保存）

6.2 利用しにくかった、利用できなかった標準がある。

はい 152 (10%) いいえ 660 (44%) 無回答 67 (45%)

具体的な標準：（具体的な内容はデータベース電子ファイルに保存）

6.3 不確かさ（精度）に不足を感じる定数、標準がある。

はい 194 (13%) いいえ 626 (42%) 無回答 667 (45%)

具体的な定数：重力定数 12 格子定数 8 アボガドロ定数 3

標準：温度標準 10 質量標準 4 波長標準 3

6.4 文献、資料により違いがあり、どれが信憑性のある値か分からない。

はい 345 (23%) いいえ 483 (32%) 無回答 659 (44%)

コメント：公的機関でオーソライズする必要

6-5 その他

はい 172 (12%) いいえ 631 (42%) 無回答 684 (46%)

コメント：単位系の混乱の指摘が 69 人で圧倒的に多い。とくに電磁気の単位系の不統一、磁性定数などの換算が困難なことが指摘された。

7. あなたは基礎定数、物性定数、計測標準に関連する研究に興味はありますか？（複数回答可）（回答総数 1487）

興味はあるが携わっていない	733 (49%)
興味はない	599 (40%)
研究を行っている	139 (9.3%)
適当なプロジェクトに参加したい	78 (5.2%)
研究を計画している	41 (2.8%)

8. 基礎定数・標準に関する研究分野での日本の貢献度が少ないと言われていますが、これに関してどのような御意見をお持ちでしょうか？（複数回答可）

（回答総数 1487）

この分野は重要なので今後は若手の育成をして、重点的に研究すべきである。
727 (49%)

研究は個人の意志に任せるべきもので、たまたま現状がそうであるに過ぎない。
580 (39%)

日本は他の分野で成果を挙げているので、それはしかたがない。
137 (9.2%)

このような分野は海外の専門家に任せておけば良い。
27 (2%)

このような分野は日本人には不向きな分野であるからしかたがない。
28 (2%)

その他
246 (17%)

意見：273 名が意見を寄せた。

貢献の少ない理由として、

評価されにくい仕事	47	基礎科学への認識が低い	21
重要性の広報が不足している	18	教育がなされていない	13
地味・長期を要する	8	その他	13

が挙げられていた。一方、貢献していると反論した人も 22 名いた。

貢献するための対策としては

国策・国立研で進める	22	重点的に進める	14
国際協力で進める	7	重点的である必要はない	17

であった。

現在、基礎定数、物性定数、計測標準に関する研究に興味がある、研究を行っている、研究の計画がある、或いは研究プロジェクトがあれば参加したいとお答えになった方に質問です。(回答総数 735)

9. あなたが良く使う基礎定数、物性定数はどの文献から参照していますか？

(複数回答可)(回答総数 735)

理科年表	588 (80%)	理化学辞典	428 (58%)
物理学辞典	192 (26%)	物理定数表	121 (16%)
化学辞典	88 (12%)	CRC-HB	70 (10%)
AIP-HB	36 (5%)	CODATA98	40 (5%)
電卓などツール	92 (12%)		

10. プランク定数 h 、電気素量 e 、微細構造定数 α 、アボガドロ定数 N_A 、モル気体定数 R などの基礎物理定数には世界的に統一された値を用いることが必要であると考えられています。このため、CODATA (科学技術データ委員会)の基礎定数作業部会 (Task Group on Fundamental Constants) では、最新の理論・実験データに基づいて約 200 種類の基礎物理定数を評価・調整し、それらの値と不確かさを定期的に公表しています。あなたはCODATAの基礎物理定数作業部会でこのような活動が行われていることをご存知ですか？

(回答総数 735)

はい 151 (21%) いいえ 584 (79%)

11. 理科年表やその他多くの文献に記載されている最新の基礎物理定数には、CODATAの基礎定数作業部会で評価・調整されたものが使われています。あなたはそのことをご存知ですか？(回答総数 735)

はい 155 (21%) いいえ 580 (79%)

12. 今後新たに必要になりそうな基礎定数、物性定数、計測標準はありますか？もしあれば、具体的な定数、計測標準を教えてください。(回答総数 735)

はい 98 (6%) いいえ 637 (87%)

91 名が記述回答。標準 25 物理定数 29 (核・素粒子・放射線に関するものが多い) 物性値 33 (極端条件のもとでを含む) その他 4 であった。

以下の2つの質問は、教育関係の仕事に従事されている方への質問です。

13. 貴学部、学科において、基礎定数、物性定数、計測標準、単位、精密測定などに関する内容の講義は行われていますか？（回答総数 325）

はい 100 (31%) いいえ 225 (69%)

形式としては、標準・物理定数などを主体に教える授業はないが、物理計測、計測工学などの計測学の中で教える、または、基礎実験、基礎物理の授業の中で1、2時間程度教えるものが多かった。また、専門の授業、例えば放射線の授業の中で放射線の単位に関して教えるなど、単位の系統的な講義ではなく、必要に応じて講義がなされている。

14. このような授業を貴学部、学科において行う場合に、当学術会議委員（例えば基礎定数小委員会）または計量標準総合センターから、授業などのために講師を派遣できるとしたら、これを依頼、または利用する可能性はありますか？（回答総数 325）

はい 132 (40%) いいえ 193 (60%)

1 セメスター、2 単位相当で受け入れる可能性がある。

4 (はいの中で 3%)

集中講義（1～2 単位相当）で受け入れる可能性がある。 51 (39%)

1～数回の講演会の形式で受け入れる可能性がある。 77 (58%)

学内や知人で適任者がいるので派遣は必要無い。 19

特にそのような教育は考えていない。 121

全ての方への質問です。

15. 基礎定数、物性定数、標準の研究に期待することがあればお書き下さい。
（回答総数 735）

記入者数 215 (30%)

日本の貢献への期待	49	より良い広報活動への期待	64
研究方針・内容の提案	62	教育への期待	12
体制への提案	12	その他	6

16. CODATA の基礎定数作業部会では、次回の調査を 2003 年に予定しています。基礎定数の測定、調整に関して御意見があればお書き下さい。

(回答総数 735)

記入者数 49 (7%) そのうち、17 名が、CODATA の組織、調整方法、公表の仕方が良く広報されていないので、もっと広報活動をして欲しいという意見であった。

17. ご意見、コメント等がありましたらお書き下さい。(回答総数 735)

記入者数 70 (10%) コメントを分類すると

広報活動をもっとして欲しい	16	教育・育成	9
活動への激励	9	単位系の改善	7
物性データベース	7	研究の提案	7
体制・予算・評価	3		

などであった。

18. あなたが行っている計画中、或いは興味のある基礎定数、物性定数、計測標準のための研究について、その具体的な内容を差し支えない範囲で教えて下さい。

回答 185 名 内研究を行っている人 133 名 (133/1487=9%)

所属内訳	大学	61 (46%)	研究所	48 (36%)
			(内標準研究所	19 (14%))
	民間	17 (13%)	未記入	7 (5%)

18.1 研究対象の量 (定数) (回答総数 133)

周波数・波長標準	14	物質標準	5
電気標準	4	質量標準	4
温度標準	2	その他の標準	3
		(標準研究合計	32 (24%))

重力定数	5	核・素粒子定数	7
アボガドロ定数	3	微細構造定数	2
原子定数	2	宇宙定数	2
物理定数	2	(物理定数研究	23 (17%))

物性定数	29	熱物性定数	12
光物性定数	11	電気物性定数	9
分光定数	6	その他	12
		(物性定数研究	79 (59%))

18.2 研究内容

(具体的な内容はデータベース電子ファイルに保存)

18.3 その研究に係わる人数はどのくらいですか？ (回答総数 126)

1人	13 (10%)	2、3人	46 (37%)
4～6人	41 (33%)	7～9人	15 (12%)
10人以上	11 (9%)		

18.4 単年度におけるグループ全体の研究費の金額を教えてください。

(回答総数 134)

1～100万円	30 (22%)
100万円～500万円	34 (25%)
500万円～1000万円	18 (13%)
1000万円～5000万円	37 (28%)
5000万円～1億円	8 (6%)
それ以上	7 (5%)

18.5 研究費の原資はどこですか？ (回答総数 211)

科研費	42 (20%)	科振費	10 (5%)
大学	54 (26%)	企業	33 (16%)
研究所	42 (20%)	財団	11 (5%)
その他	19 (9%)		

18.6 進展具合 (回答総数 133)

計画中	14 (10%)
はじめたばかり	12 (9%)
進行中	96 (72%)
ほぼ完成	4 (3%)
未記入	7 (5%)

4. 分析

ここに掲げた結果は数量化、分類化された結果で、アンケート結果全体はマイクロソフト・アクセスを使ってデータベース化されている。そのファイルは標準研究連絡委員会の了承を得て、計量標準総合センターに保管されている。必要に応じて、さまざまな形態のデータが出力できるので、A4 版数百ページに相当する貴重な資料が得られたことになる。この資料に基づいて、連絡を希望されている研究者には、今後もいろいろな形でコンタクトがとられることが期待される。

以下に統計データおよび記述意見から読み取れる結果を分析する。

1. 回答率および回答者について

アンケートの平均回答率は10%弱であった。回答率が低いことはこの分野の認識度・関心度を示している。それ自体一つのデータである。それにしても熱心な回答者数が1500名近くに及んだことはそこから有意な情報が得られるという点で、アンケートは成功だったと評価できる。これはメールによるアクセスの手法のお陰で、この方法がアンケートに有効な手段となる事が実証された。一方、回答者の60%余が物理学研究者で分野にやや偏りが見られる。これはメール発送依頼が物理学会、応用物理学会が主体であったため、調査方法に依存している。全分野への満遍ない調査はできなかったため、漏れている研究者がいることは否定できない。回答者の所属は半数が大学・教育機関で、8割の人が研究に従事している。

2. 基礎定数・物性定数・計測標準の利用状況

回答者は平均4.5件の標準を用い、5.5件の基礎定数値を参照し、5件の物性定数を研究しているといえる。このように、研究のうえで、基礎定数、物性定数、標準は良く使われている。これらに対して、何らかの不都合を約30%の研究者が感じたことがある。特に、文献、資料により定数値に違いがあることに対する不都合は23%になる。また、複数の単位系に混乱を感じている。したがって、公的機関で定数値をオーソライズすること、SI単位系の世界的統一と普及により一層努めることが望まれている。一方、約10%の研究者が精度に不足を感じる定数、標準があるとし、今後新たに必要になりそうな基礎定数、物性定数、計測標準として91件の記述がある。標準研究所はこれらに対処する事が望まれている。

3. 基礎定数の出典とCODATAについて

基礎定数、物性定数の出典として、理科年表、理化学辞典が良く使われているが、これ

に対して CODATA の活動を知っている人は 20%程度、CODATA をデータソースとして使っている人は 5%程度である。CODATA の存在、物理定数の調整方法、公表の仕方の広報が不足していることを指摘した意見も多く、CODATA の広報活動を活発にすることが強く望まれている。

4. 基礎定数・物性定数・計測標準の教育について

大学および大学院におけるこの分野（SI 単位・標準・基礎定数など）の講義については、教育関係者の 30%が大学において講義が行われていると回答している。しかし、その多くは実験や基礎科目の講義のなかで触れる程度にすぎない。70%の学科・研究科では取り上げられていない。その一方、大学で講義があるべきとする、あるいは講義のための講師を専門の研究者に依頼したいとする学科・研究科が 132 件に及んでいることに注目したい。その分布は日本全国にひろがっていて、すべての大規模大学を含む約 30 の国立大学、約 10 の公立大学、約 20 の私立大学の学部・学科である。1 semester の講義から、集中講義、数回の講演会と多様な形式で派遣講義を受け入れたいとしている。

・基礎定数・物性定数・計測標準の普及について

前記 3、4 と関連し、この分野を研究する側と成果を利用する側の間の疎通が十分でない様に思われる点が多い。それを解決するためには、アクセスしやすい最新のデータベースを使用しやすい形で提供すると共に、この分野の意義について執拗に広報していく必要がある。

6. 日本のこの分野の研究について

この分野に対する日本の貢献度が低いことに対して、半数の回答者が今後は重点的に研究すべきとしている。これまでの貢献度が低い理由として、研究に対する評価が低いことと、日本の基礎科学に対する認識の低さが研究を敬遠させたためとしている。回答者の約 50%はこの分野の研究に興味はあるが携わっていない。この分野の研究を行っている人は 133 名、回答者の約 10%弱であった。その研究内容は標準に関する研究 24%、物理定数に関する研究 17%、物性定数に関する研究 59%であった。これらの研究の予算的規模は 500 万円以下の小額のもの、1000 万円以上の高額のものに 2 分されている。多くが、その原資を所属機関によっている。科研費も良く使われている。進展具合は進行中が多い。また、研究への参加希望者が 5%、研究を計画している回答者が 3%いる。一方、基礎定数、物性定数、標準の研究に期待することとして、今後の日本のこの分野での活躍、定数値の公表方法など広報活動改善への期待、研究方針・研究内容の提案が多く寄せられた。

5 . おわりに

実施者はアンケート結果の分析を次のように要約し、必要な対策を取られることを期待する。

1. 科学研究者にとって、基礎定数、物性定数、計測標準は、研究のために利用されていて、現状の供給方法に不都合を感じている人も3割近くいる。これらを利用しやすい形式に改善する必要がある。特に物理定数値を決める CODATA の活動が周知されていないことは遺憾である。また、現状の精度に10%の研究者が不足を感じており、これらの精度を改善する研究に早急に対応していくことが望まれる。
2. 大学、大学院でのこの分野の教育を充実させるために、大学の依頼に基づき、大学での講義・講演会にこの分野の専門家を派遣する事の要請が多い。したがって、大学等での講義、講演会、セミナーなどの企画・紹介・実施する窓口を作る必要がある。また、この分野の啓蒙活動も幅広く合わせて行う必要がある。
3. この分野の研究で日本が国際貢献をすることを研究者の半数が期待している。成果をあげるに適した研究体制を早急に整備する必要がある。
4. 本アンケートの結果を有効に利用し、発展させるために、標準研究連絡委員会から産業技術総合研究所へ次ぎのことを要請することにした(参照 A6).
 - 1) ホームページの開設
 - ・基礎物理定数、可能なかぎりの物性定数等の開示と必要に応じた更新
 - ・関連する国際委員会等の動向報告
 - 2) 大学等での講義、講演会、セミナーなどの企画・紹介・実施
 - 3) 希望する研究者との研究連絡、研究プロジェクトの紹介、研究の活性化。
 - 4) 当データベースの保管と活用

基礎定数小委員会と計量標準総合センターは協力して、上記事項の実現に努力していく所存である。

謝辞

本アンケートの実施に当たり、多くの委員会・学会に御協力を頂きました。日本学術会議第4部物理学研究連絡委員会物理学一般委員会には終始協力して頂き多くの御助言を頂きました。日本物理学会、応用物理学会にはメール配信の格別の御協力を頂きました。お陰で、多数の回答者からの御意見を頂くことが出来ました。また、多くの学会には本アンケートの実施を会誌に掲示して頂きました。ならびに、学術会議理系研究連絡委員会委員長にはアンケートの紹介に御協力を頂きました。以上の御協力に対して感謝申し上げます。

日本学術会議第5部標準研究連絡委員会基礎定数小委員会
産業技術総合研究所計量標準総合センター

第 18 期標準研究連絡委員会名簿

委員長

藤村貞夫（帝京平成大学情報学部教授）

委員

小野 晃（産業技術総合研究所計測標準部門部門長）

古田勝久（東京電気大学理工学部教授）

河田 燕（（社）日本アイソトープ協会 常務理事）

清水富士夫（電気通信大学レーザー新世代研究センター教授）

盛永篤郎（東京理科大学理工学部教授）

森川容雄（通信総合研究所標準計測部長）

中川脩一（横河電機株式会社技術開発本部）

池田昌彦（（株）堀場製作所分析センターマネージャー）

鹿熊英昭（（株）アカシ取締役技術部長）

オブザーバー

飯塚幸三（（株）クボタ顧問）

今井秀孝（産業技術総合研究所理事）

清水忠雄（山口東京理科大学基礎工学部教授）

服部充雄（（株）日立サイエンスシステムズ分析医用研究部副技師長）

小柳正男（産業技術総合研究所計測標準部門副部門長）

鈴木 功（産業技術総合研究所量子放射科科長）

田中 充（産業技術総合研究所計測標準部門副部門長）

高橋千晴（産業技術総合研究所温度湿度科科長）

高津章子（産業技術総合研究所無機分析科環境標準研究室室長）

岡本研作（産業技術総合研究所計測標準部門副部門長）

松本弘一（産業技術総合研究所計測標準部門副部門長）

丸山一男（工学院大学機械工学科教授）

基礎定数小委員会委員名簿

委員長

清水忠雄（山口東京理科大学基礎工学部教授）

委員

岩佐章夫（産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員）

占部伸二（大阪大学大学院基礎工学研究科教授）

大岩 彰（産業技術総合研究所計測標準研究部門科長）

大苗 敦（産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員）

小柳義夫（東京大学大学院理学研究科教授）

川路紳治（学習院大学理学部教授）

桐生昭吾（産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員）

小池昌義（産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員）

後藤昌彦（玉川大学工学部電子工学科教授）

斎藤輝文（産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員）

塩田ふゆひこ（産業技術総合研究所計測標準研究部門副部門長付主任研究員）

霜田光一（東京大学名誉教授）

鈴木 功（産業技術総合研究所計測標準研究部門量子放射科長）

高柳英明（NTT 物性科学基礎研究所研究部長（NTTR&D フェロー））

田中 充（産業技術総合研究所計測標準研究部門副部門長）

塚越幹郎（東京理科大学理学部応用物理学科教授）

中川賢一（電気通信大学レーザー新世代研究センター助教授）

中山 貫（産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員）

原 宏（東京大学名誉教授）

兵頭俊夫（東京大学大学院総合文化研究科教授）

藤井賢一（産業技術総合研究所計測標準研究部門研究室長）

藤井雄作（産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員）

藤本弘之（産業技術総合研究所計測標準研究部門主任研究員）

細川瑞彦（通信総合研究所原子周波数標準グループリーダー）

三木幸信（産業技術総合研究所企画本部総括企画主幹）

盛永篤郎（東京理科大学理工学部物理学科教授）

吉田春雄（産業技術総合研究所計測標準研究部門総括研究員）

早稲田篤（産業技術総合研究所計測標準研究部門研究員）