

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289219

研究課題名(和文)単結合窒素と重遷移金属から成る窒化物のメガバール領域相安定性と電子構造の解明

研究課題名(英文)Mbar-pressure phase stability and electronic structure of late transition metal nitride with single-bonded nitrogens

研究代表者

長谷川 正 (Hasegawa, Masashi)

名古屋大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20218457

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：超高压下で温度制御可能な合成・その場測定システムを開発し確立した。窒素-窒素間結合が単結合となる窒化物が十分に形成可能となるメガバール領域を対象として、相図の作成に耐えうる合成・その場測定システムを開発し確立した。超高压高温超臨界窒素流体と金属の直接窒化反応という単一合成法を適用して、重遷移金属窒化物の系統的な合成に成功し、全く新しい重遷移金属窒化物を発見した。その場測定によって相を同定し、これを基にした相安定性を決定した。極微小な超高压合成試料でも高精度の電子構造スペクトルが得られる測定技術を開発し確立した。重遷移金属窒化物の結合状態・結晶構造・電子構造の系統性と相安定性機構を解明した。

研究成果の概要(英文)：The system and technique for the synthesis and in-situ measurements in high pressures have been developed. They have been established to synthesize late transition metal nitrides with single-bonded nitrogens. They have also done to determine their phase stability and diagrams. We have tried synthesizing systematically various kinds of late transition metal nitrides using one chemical reaction route, i.e. the direct nitriding reaction. We have successfully synthesized many late transition metal nitrides and also discover novel ones. We have identified their phases by in-situ measurements and determined their phase stability. We have also developed and established the technique for measuring precise spectrum of the electronic structure although they are extremely tiny samples. We have investigated and discussed and their bonding state, crystal structure and electronic structure systematically and clarified the mechanism of their phase stability.

研究分野：超高压物質科学

キーワード：金属窒化物

1. 研究開始当初の背景

酸化物やハロゲン化物は自然界において鉱物として数多く存在するのに対し、大気の約8割を占める窒素と金属の化合物である金属窒化物は天然にはほとんど存在しない。しかしながら、遷移金属窒化物は磁性、超伝導、半導体、触媒能、硬質、耐摩耗性などの多彩な物性を有し、エレクトロニクス・スピントロニクス材料、電極材料、触媒材料、工具材料、コーティング材料など、様々な工業分野で応用が期待されている。ところが、遷移金属窒化物の研究は、同様に興味深い特性を示す遷移金属酸化物に比べると、報告例は格段に少ない。その理由は、遷移金属酸化物に比べて、常圧での合成が容易ではないためである。なぜならば、窒素 N_2 は 941 kJ/mol という高い結合エネルギーを有しているため、遷移金属窒化物の合成には高温が必要となるが、一方で、これらは常圧高温で容易に分解してしまうからである。

遷移金属窒化物に関する現在までの研究は、窒素と金属の定比によって2つに大別される。すなわち、窒素と遷移金属の定比が1以下の窒化物と1以上の窒化物である。窒素と遷移金属の比が1以下の遷移金属窒化物は、例えば、 TiN 、 Fe_2N 、 $FeMoN$ などで、 $NaCl$ 型構造の窒化物がよく知られている。主に、固体化学や物性物理の観点から研究されている。特に、米国・コーネル大学の Disalvo 教授のグループによって先導的な研究がなされており、すでに多数のレビュー論文も報告されている。国内では、遷移金属酸化物に比べると、ほとんど注目されていない。

先に述べた合成上の問題から、これまでの研究では遷移金属に依って様々な手法・条件で合成されており、相安定性についての系統的な研究は限定される。代表者らはダイヤモンドアンビルセルという超高压発生装置を利用して、超高压高温超臨界窒素流体窒素を用いた直接窒化法という合成法を独自に開発した。これを用いて同一手法により、世界で初めて同一温度圧力条件下で単成分 3d 遷移金属窒化物の合成実験を行い、結晶構造と相安定性が系統的に解釈できることを見出した。

窒素と遷移金属の定比が1より大きい窒化物は、例えば、 Zr_3N_4 、 PtN_2 などで、窒素-窒素間結合が単結合と考えられるユニークな結合から成る窒素に富む窒化物である。これらは、ダイヤモンドアンビルセルという数十ギガパスカル領域の超高压が容易に得られる超高压発生装置と赤外レーザー加熱を組み合わせ得られる非常に活性な超高压高温の窒素超臨界流体を利用する新しい直接窒化法によって初めて合成された新しい遷移金属窒化物群である。これまで、3d 遷移金属窒化物では見出されておらず、重遷移金属 (4d・5d 遷移金属) の窒化物においてのみ報告されている。

これらの研究に触発され、同物質群は国の

内外で、無機化学や結晶化学および材料科学の分野で注目され、新しい遷移金属窒化物の創製を目指した研究が世界中で展開され始め、遷移金属窒化物の物質科学は、新たな萌芽期を迎え、基礎・応用両面で格段に進展することが期待されている。

2. 研究の目的

本研究では、まずメガバール領域超高压下で温度制御可能な合成・その場測定システムの開発と確立を目指す。窒素-窒素間結合が単結合となる窒化物が十分に形成可能となるメガバール領域を対象として、相図の作成に耐えうる合成・その場測定システムを開発し確立する。

次に、重遷移金属窒化物の系統的な合成とその場測定による相図(温度-圧力-組成相図)の決定を目指す。超高压高温超臨界窒素流体と金属の直接窒化反応という単一合成法を適用する。正確に測定・制御された圧力・温度条件でのその場測定によって相を同定し、これを基にした相図を決定する。

最後に、重遷移金属窒化物の結合状態・結晶構造・電子構造の系統性と相安定性機構の解明を目指す。窒素-窒素間結合などの結合の状態、結晶構造と電子構造の系統性などを実験と理論の両面から明らかにする。以上を総括して、単結合窒素と重遷移金属から成る窒化物の相安定性機構を解明する。

3. 研究の方法

本研究は3年間で実施したが、25年度は特に、超高压地球科学を専門とする研究者の協力を得て、代表者らが、現有のシステムをベースにして、メガバール領域での超高压合成システムの開発・確立に注力する。さらに、分担者らが、現有のラマン測定装置をこのシステムに組み込み、超高压高温その場ラマン測定による相変化の調査も可能なシステムとする。また、分担者らが、極微小な超高压合成試料でも高精度の電子構造スペクトルが得られる測定技術を開発・確立する。

26年度以降は、これらを用いて、重遷移金属窒化物を合成し、結合状態・結晶構造・電子構造の系統的研究に着手する。相同定・結晶構造に関しては、分担者らが超高压高温その場放射光X線回折測定と常圧回収試料の電子顕微鏡測定によりそれぞれ解析を進める。さらに、第一原理電子構造計算による理論的な解析も併用し、相図・相安定性・電子構造を解明し系統的に考察し理解する。

4. 研究成果

第1に、ダイヤモンドアンビルセルに高密度な窒素を充填する手法を開発した。ダイヤモンドアンビルセルの試料室容積は 0.003 mm^3 程度と非常に小さく、常温常圧の窒素ガスでは密度が小さいため反応に十分な量を充填することはできない。そのため、ダイヤモンドアンビルセルでの窒化物合成実験で

は高密度な高圧窒素ガス、もしくは液体窒素を用いる必要がある。本研究では取り扱いの容易な液体窒素を試料室に充填した。液体窒素充填装置は真鍮製の筒状容器で、蓋下部にセルを固定することができる。

液体窒素充填の操作手順を以下に述べる。まず、セル内に予め箔状にした出発試料の金属を配置する。その後、上蓋とセルをねじで固定し、筒形の容器内に設置する。次に、容器内に液体窒素を充填し、装置全体を十分に冷却する。このとき、冷却を十分に行わないと液体窒素の気化が激しく、充填の妨げとなる。十分に冷却され、液体窒素の気化が収まったら、六角レンチを用いてセルのねじを緩め、試料室内に液体窒素を満たす。その後ねじを締め、液体窒素を試料室内に完全に封入する。

次に、メガバール領域超高压下で温度制御可能な合成・その場測定システムを開発し確立した。窒素-窒素間結合が単結合となる窒化物が十分に形成可能となるメガバール領域を対象として、相図の作成に耐えうる合成・その場測定システムを開発し確立した。具体的には、現有のシステムをベースにして、メガバール領域での超高压合成システムを開発・確立した。さらに、現有のラマン測定装置をこのシステムに組み込み、超高压高温その場ラマン測定による相変化の調査も可能なシステムとした。

第2に、開発したシステムを用い、超高压高温超臨界窒素流体と金属の直接窒化反応という単一合成法を適用して、重遷移金属窒化物の系統的な合成に成功し、下記のような全く新しい重遷移金属窒化物を発見した。さらに、正確に測定・制御された圧力等の条件でのその場測定によって相を同定し、これを基にした相安定性を決定した。加えて、結合状態や圧縮挙動および力学的性質を明らかにした。

例えば、ロジウム窒化物合成実験では合成圧力を61.2 GPaとした。高压高温実験にはキュレット径350 μm のレーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた。予備加圧し、圧痕をつけたステンレスガスカートに直径約100 μm の試料室をあけ、箔状に成形したRh、もしくはRuと圧力測定用のルビーを液体窒素と共に充填した。目的圧力まで加圧後、ファイバーレーザーを用いて加熱した。レーザー照射部では白色の輻射光が確認されたことから約2000 Kの高温となっていたと考えられる。合成試料は高压その場X線回折測定、ラマン分光測定、SEM-EDS、XPS、NEXAFS、TEM-EELSにより評価した。

加熱後、X線回折パターンに現れたピークは過去に報告されているmarcasite型RhN₂で良く説明できた。したがって、61.2 GPa、約2000 Kという条件ではmarcasite型構造が安定であることがわかった。ルテニウム窒化物合成実験では、合成条件を43.3 GPa、約2000 Kとした。加熱後に得られたX線回折パターンには、出

発試料のRu、窒素とは一致しない未知相が出現した。常圧下に回収後の試料をSEM-EDSで分析すると、組成は $2 < \text{N/Ru} < 3$ であった。X線回折測定の結果を踏まえると、超高压高温下でルテニウムと窒素が反応し、窒化物が合成されたと考えられる。常圧下におけるX線回折パターンを見てみると、常圧下でも未知相は消滅しておらず、斜方晶で良く指数付けができた。未知相のピーク位置、強度比は理論予測されているmarcasite型RuN₂のパターンでよく説明できた。以上の結果より、43.3 GPa、約2000 Kという条件でmarcasite型RuN₂の合成に初めて成功したと結論付けられる。

RuN₂をFIBで薄片化後、TEM-EELSで分析した。EELS測定から2つに分裂したN-K吸収端ピークを検出した。このピークの分裂は結晶場分裂したRu-d軌道と混成したN-2p非占有状態に対応している。その後、FIBで再加工した合成試料からはN-K吸収端ピークの明瞭な分裂が見られなかった。これはRuN₂がFIBによってダメージを受けたことで、構造中の窒素がより分子的な状態へ変化したためだと考えられる。すなわち、RuN₂中の窒素はおおむね分子的に存在していることが示唆される。本研究で合成に成功したRuN₂の体積弾性率は $K_0 = 330(5)$ GPaであり、この値は他の白金族窒化物のそれと比べて低い。構造中の窒素が分子状態に近く、金属と窒素の結合が弱いため、縮みやすいと考えられる。

第3に、極微小な超高压合成試料でも高精度の電子構造スペクトルが得られる測定技術を開発し確立した。この技術を用いて、重遷移金属窒化物の結合状態・結晶構造・電子構造の系統性と相安定性機構を解明した。さらに、第一原理電子構造計算による理論的な解析も併用し、相安定性・電子構造を解明し系統的に考察した。その結果、窒素-窒素間結合などの結合の状態、結晶構造と電子構造の系統性などが実験と理論の両面から明らかにされた。

例えば、白金族窒化物MN₂ (M = Ru, Ir, Pt) について、硬X線光電子分光及び軟X線分光によって電子構造と化学状態を評価した。試料は約0.1 mm以下と小さく、SPring-8の硬X線および軟X線マイクロビームを用いて光電子スペクトルおよび窒素K吸収端スペクトルを取得した。結晶構造パラメータを用いて計算した状態密度分布と価電子帯硬X線光電子スペクトルを比較したところ、計算予測と実験結果はよく対応した。このように、実験・計算ともに、RuN₂は金属、IrN₂およびPtN₂は半導体的電子構造を示した。一方、PtN₂やIrN₂では内殻準位に大きな化学シフトが見られたが、RuN₂では見られなかった。これらの結果から、窒素K吸収端X線分光の結果も含め化学状態と電子構造について議論し、窒素の単結合と大きな体積弾性率の相関を明らかにした。

以上を総括して、単結合窒素と重遷移金属から成る窒化物の相安定性機構を総合的に解明した。また、本研究で得られた知見の他物

質への展開も試みた。例えば、同様な超高压高温合成法を用いて、後期3d遷移金属(Fe, Co, Ni, Cu)の新規窒化物の合成と、その結晶構造、相安定性などの結晶化学に関する系統的な理解を目的とした研究を開始した。また、リンと窒素を高压高温下で直接反応させるという初の試みによって、結晶性の新規P-N系物質の合成および結晶化学的な理解も試みた。また、遷移金属-リン-窒素系化合物として、コバルト-リン-窒素系化合物も合成し評価した。これらでは、層状化合物、クラスター化合物、カゴ状化合物などの共有結合性の連結を持つ化合物が得られる可能性があり、特異な結晶構造および優れた物性に着目した新機能性材料の創製が期待できる。さらに、マルチアンビル型大型プレス装置を用いた研究への展開を念頭に置いて初期実験を試みた。その結果、本研究の成果を応用した様々な展開の可能性が見いだされた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計39件)

1. K. Niwa, T. Terabe, K. Suzuki, Y. Shirako, M. Hasegawa, High pressure stability and ambient metastability of marcasite-type rhodium pernitride, *Journal of Applied Physics*, 119(2016)065901/1-3. 査読あり
2. G. Shimura, K. Niwa, Y. Shirako, S. Muto, K. Kusaba, M. Hasegawa, Multicomponent A-site Ordered Perovskite $\text{BiMn}_3(\text{Fe}_{0.25}\text{Ti}_{0.75})_4\text{O}_{12}$: High-Pressure Synthesis, *Crystal Chemistry and Magnetic Behavior, Solid State Communications*, 234-235(2016)40-44. 査読あり
3. K. Soda, H. Kondo, K. Yamaguchi, M. Kato, T. Shirak, K. Niwa, K. Kusaba, M. Hasegawa, K. Xeniya, E. Ikenaga, Angle-resolved hard x-ray photoemission study of Nb hydride formation in high-pressure supercritical water, *Journal of Alloys and Compounds*, 643(2015)195-200. 査読あり
4. 丹羽 健, 飯島 安紀, 白子 雄一, 浮田 昌也, 豊浦 和明, 松永 克志, 長谷川 正, 亀卦川 卓美, 超高压直接窒化反応による窒化リンの合成と圧縮挙動, *高压力の科学と技術*, 25(2015)162. 査読あり
5. K. Soda, K. Niwa, M. Komabuchi, D. Kato, T. Mizui, T. Terabe, M. Kato, Y. Shirako, M. Hasegawa and Y. Ikemoto, Reflectance Spectra of Pt-group Metal Pernitrides Synthesized in Supercritical Nitrogen Fluid under High Pressures and Temperatures, *SPRING-8 User Experiment Report 2015A*, 2015A1164, 2015. 査読なし
6. 寺部 俊紀, 丹羽 健, 白子 雄一, 長谷川 正, 亀卦川 卓美, 新規後期 3d 遷移金属窒化物の超高压合成と結晶構造, *高压力の科学と技術*, 25(2015)95. 査読あり
7. K. Takahama, K. Usui, D. Shimada, M. Kato, K. Niwa, K. Kusaba, M. Hasegawa and K. Soda, "Band Gap of B1-Type $M_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ ($M = \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$) Synthesized under High Pressures," *UVSOR Activity Report 2014*, UVSOR Facility, IMS, p.60, (IMS, July 2015). 査読なし
8. K. Niwa, K. Suzuki, S. Muto, K. Tatsumi, K. Soda, T. Kikegawa and M. Hasegawa, Discovery of the last remaining binary platinumgroup pernitride RuN_2 , *Chemistry-A European Journal*, 20(2014)13885-13888. 査読あり
9. 丹羽 健, 長谷川 正, レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた新物質合成, *高压力の科学と技術*, 24(2014)178-187. 査読あり
10. K. Niwa, D. Dzivenko, K. Suzuki, R. Riedel, I. Troyan, M. Eremets and M. Hasegawa, High pressure synthesis of marcasite-type rhodium pernitride, *Inorganic Chemistry*, 53(2014)697-699. 査読あり
11. K. Niwa, H. Ikegaya, T. Taguchi, S. Muto, T. Tokunaga and M. Hasegawa, Growth of rectangular hollow tube crystals with rutile-type structure in supercritical fluids, *Journal of Physics*, 500(2014)022007/1-5. 査読あり
12. S. Suzuki, K. Niwa, A. Honda, S. Muto, A. Ando and M. Hasegawa, High-pressure synthesis and Sn valence state analysis of BaTiO_3 -SnO solid solution, *Journal of Materials Research*, 29(2014)2928-2933. 査読あり
13. S. Suzuki, A. Honda, K. Suzuki, S. Higai, A. Ando, K. Niwa, M. Hasegawa, Effects of Sn^{2+} Ion Size on Sn Doped SrTiO_3 , *Japanese Journal of Applied Physics*, 52(2013)09KC04/1-3. 査読あり
14. K. Niwa, T. Tanaka, M. Hasegawa, T. Okada, T. Yagi, T. Kikegawa, Pressure-induced noble gas insertion into zeolite LTA and its incompressible behaviors at high pressure, *MICROPOROUS AND MESOPOROUS MATERIALS*, 182(2013)191-197. 査読あり

〔学会発表〕(計103件)

1. 丹羽 健, 寺部 俊紀, 水井 達也, 加藤 大貴, 白子 雄一, 曾田 一雄, 長谷川 正, 亀卦川 卓美, 高压下における新規 3d 遷移金属窒化物の合成と評価, 日本セラミックス協会 2016年年会, 東京, 2016年03月
2. M. Hasegawa, Ultra-High Pressure Synthesis and Characterization of Transition Metal Nitrides, 40th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach, 2016年01月
3. 水井 達也, 曾田 一雄, 加藤 政彦, 寺部 俊紀, 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 白子 雄一,

- 草場 啓治, 長谷川 正, 池永 英司, 超高压合成 PtN₂ の角度分解 X 線光電子分光, 第 29 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 柏, 2016 年 01 月
4. 駒淵 舞, 加藤 大貴, 水井 達也, 加藤 政彦, 曾田 一雄, 寺部 俊紀, 丹羽 健, 白子 雄一, 長谷川 正, 池本 夕佳, 高压合成白金族窒化物の赤外反射分光測定, 第 29 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 柏市, 2016 年 01 月
 5. Y. Shirako, K. Kobayashi, K. Niwa, H. Kojitani, M. Akaogi, M. Ozawa, M. Hasegawa, Oxygen Storage Capacities of BaRuO₃ Polytypes, PacifiChem 2015, Honolulu, 2015 年 12 月
 6. K. Soda, D. Kobayashi, T. Mizui, M. Kato, Y. Shirako, K. Niwa, M. Hasegawa, M. Aoyagi, H. Kojitani, Electronic Structures of High- Pressure Phase PdF₂- type MO₂ (M = Ru, Rh, Ir, Pt), 2nd International Symposium on Frontier Materials Science, Tokyo, 2015 年 11 月
 7. 丹羽 健, 飯島 安紀, 白子 雄一, 浮田 昌也, 豊浦 和明, 松永 克志, 長谷川 正, 超高压直接窒化反応による窒化リンの合成と圧縮挙動, 第 56 回高压討論会, 広島, 2015 年 11 月
 8. 長谷川 正, 超高压下での新結晶の創製と結晶成長およびその場測定, 第 45 回結晶成長国内会議, 札幌, 2015 年 10 月
 9. 長谷川 正, 丹羽 健, 寺部 俊紀, 鈴木 健太郎, 巽 一蔵, 武藤 俊介, 白子 雄一, 曾田 一雄, 亀卦川 卓美, 後期遷移金属窒化物の超高压高温合成と結晶構造及び物性, 2015 年日本金属学会秋期講演大会, 福岡, 2015 年 09 月
 10. 曾田 一雄, 小林 大地, 水井 達也, 加藤 政彦, 白子 雄一, 丹羽 健, 長谷川 正, 赤荻 正樹, 糺谷 浩, 高压相 PdF₂ 型白金族酸化物 MO₂ (M = Ru, Rh, Ir, Pt) の電子構造, 日本物理学会 2015 年秋期大会, 吹田市, 2015 年 09 月
 11. K. Soda, T. Mizui, T. Hayashi, M. Kato, T. Terabe, K. Suzuki, K. Niwa, Y. Shirako, M. Hasegawa, E. Ikenaga, and T. Muro, Electronic Structures of Platinum- Group-Metal Pernitrides, International Conference on Electronic Structure and Spectroscopy, Stony Brook, 2015 年 09 月
 12. M. Hasegawa, K. Niwa, T. Terabe, K. Suzuki, Y. Shirako, S. Muto, K. Tatsumi, T. Mizui, K. Soda, T. Kikegawa, Ultra- High Pressure Synthesis and Characterization of Transition Metal Nitrides, 15th EUROPEAN CONFERENCE ON SOLID STATE CHEMISTRY, Vienna, 2015 年 08 月
 13. K. Niwa, K. Suzuki, T. Terabe, Y. Shirako, S. Muto, K. Tatsumi, T. Mizui, K. Soda, T. Kikegawa, M. Hasegawa, High Pressure Synthesis and Characterization of Transition Metal Nitrides, Joint 25th AIRAPT & 53rd EHPRG International Conference on High Pressure Science and Technology, Madrid, 2015 年 08 月
 14. M. Hasegawa, K. Niwa, M. Iida, T. Oda, T. Horibe, T. Ohsuna, Y. Shirako, K. Kusaba, High Pressure Chemical Reactions for Carbon Polymorphic Crystals, Joint 25th AIRAPT & 53rd EHPRG International Conference on High Pressure Science and Technology, Madrid, 2015 年 08 月
 15. Y. Shirako, Y. Shi, J. Zhou, K. Yamaura, M. Hasegawa, M. Akaogi, Crystal chemistry of postperovskite- type AMX₃ compounds, The 29th European Crystallographic Meeting, Rovinj, 2015 年 08 月
 16. K. Soda, T. Mizui, T. Hayashi, M. Kato, T. Terabe, K. Suzuki, K. Niwa, Y. Shirako, M. Hasegawa and E. Ikenaga, Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy of Platinum-group-metal Pernitrides Synthesized in Supercritical Nitrogen Fluid, 6th Int. Conference on Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy, Hsinchu, 2015 年 04 月
 17. 曾田 一雄, 水井 達也, 加藤 政彦, 寺部 俊紀, 丹羽 健, 白子 雄一, 草場 啓治, 長谷川 正, 室隆 桂之, 池永 英司, 超臨界窒素流体中合成白金族窒化物の化学状態と価電子帯電子構造, 日本物理学会, 東京, 2015 年 03 月
 18. 丹羽 健, 鈴木 健太郎, 寺部 俊紀, 武藤 俊介, 巽 一蔵, 水井 達也, 曾田 一雄, 亀卦川 卓美, 長谷川 正, 白金族多窒化物の高压合成と化学結合の評価, 日本セラミックス協会, 岡山, 2015 年 03 月
 19. 水井 達也, 曾田 一雄, 加藤 政彦, 寺部 俊紀, 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 白子 雄一, 草場 啓治, 長谷川 正, 池永 英司, Ir および Ru 窒化物のマイクロビーム硬 X 線光電子分光, 日本放射光学会, 草津, 2015 年 01 月
 20. 水井 達也, 曾田 一雄, 加藤 政彦, 寺部 俊紀, 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 草場 啓治, 長谷川 正, 池永 英司, 超高压合成 RuN₂ および IrN₂ の光電子分光, 日本原子力学会中部支部, 名古屋, 2014 年 12 月
 21. 丹羽 健, 鈴木 健太郎, 寺部 俊紀, 武藤 俊介, 巽 一蔵, 水井 達也, 曾田 一雄, 亀卦川 卓美, 長谷川 正, 白金族窒化物の高压合成と評価, 高压討論会, 徳島, 2014 年 11 月
 22. 曾田 一雄, 水井 達也, 加藤 政彦, 寺部 俊紀, 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 草場 啓治, 長谷川 正, 池永 英司, 白金族窒化物 RuN₂ および IrN₂ の価電子帯電子構造と化学状態, 日本金属学会, 名古屋, 2014 年 09 月
 23. 長谷川 正, 超高压高温環境で新しい物質・材料を創る-ギガパスカルからメガバールの世界-, 日本技術士会, 名古屋,

- 2014年09月
24. 長谷川 正, 超高压高温下での新物質・新結晶の創製, 日本セラミックス協会, 鹿児島, 2014年09月
 25. K. NIWA, K. SUZUKI, S. MUTO, K. TATSUMI, K. SODA, M. HASEGAWA, Recent Discovery of Late transition Metal (Per)Nitrides and Their Chemical Bonding, ISNT 2014: 8th International Symposium Nitrides in Conjunction with the 7th International Workshop on Spinel Nitrides and Related Materials and the Marie Curie ITN 7th Framework Programme FUNEA, Kreuth, 2014年08月
 26. M. Hasegawa, Novel Metal Nitrides Synthesized in Ultra- High Pressures and High Temperatures Using LASER- DAC, ISNT 2014: 8th International Symposium Nitrides in Conjunction with the 7th International Workshop on Spinel Nitrides and Related Materials and the Marie Curie ITN 7th Framework Programme FUNEA, Kreuth, 2014年08月
 27. 水井 達也, 曾田 一雄, 加藤 政彦, 寺部 俊紀, 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 草場 啓治, 長谷川 正, 池永 英司, 超臨界窒素流体中合成微小 RuN₂ および IrN₂ 試料の化学状態と価電子帯構造, 放射光表面科学研究会部会・顕微ナノ材料科学研究会, 豊田, 2014年07月
 28. K. Niwa, M. Iida, T. Oda, K. Kusaba, M. Hasegawa, Nano- carbon polymorphic crystals via reduction of carbon dioxide under high pressures, The 6th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology, Jeju, 2014年06月
 29. 丹羽 健, 鈴木 健太郎, 武藤 俊介, 巽 一徹, 長谷川 正, Marcasite 型白金族多窒化物の高圧高温合成と評価, 日本セラミックス協会, 横浜, 2014年03月
 30. M. Hasegawa and K. Niwa, Synthesis and crystal growth of nitrides in ultra- high pressures and temperatures, International Conference on Processing and Manufacturing of Advanced Materials - THERMEC'2013, Las Vegas, 2013年12月
 31. 丹羽 健, 鈴木 健太郎, 長谷川 正, EREMETS Mikhail, DZIVENKO Dmytro, RIEDEL Ralf, レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた新規ロジウム窒化物の合成と評価, 高圧討論会, 新潟, 2013年11月
 32. 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 草場 啓治, 長谷川 正, 高温超臨界窒素流体を用いた新規ルテニウム窒化物の高圧合成と弾性的性質, 高圧討論会, 新潟, 2013年11月
 33. 丹羽 健, 鈴木 健太郎, M. EREMETS, D. DZIVENKO, R. RIEDEL, 曾田 一雄, 亀卦川 卓美, 草場 啓治, 長谷川 正, 超高压高温下での新規窒化物の創製と物性, 結晶成長国内会議長野, 2013年11月
 34. 鈴木 健太郎, 丹羽 健, 草場 啓治, 長谷川 正, 亀卦川 卓美, 高温超臨界窒素流体を用いたルテニウム窒化物の高圧合成とその弾性的性質, 日本セラミックス協会, 長野, 2013年09月
 35. 丹羽 健, 鈴木 健太郎, 長谷川 正, M. Eremets, D. Dzivenko, R. Riedel, ラマン散乱測定による Marcasite 型ロジウム窒化物中の窒素結合状態の評価, 日本セラミックス協会, 長野, 2013年09月
 36. K. Niwa, M. Hasegawa, T. Horibe, Y. Jin, K. Kusaba, K. Yasuda, R. Ishigami, Molecular Routes Syntheses of Nano- structured C and C- N Compounds in High Pressure and Temperature using LH- DA, 2013 APSSCCM/ AIRAPT JOINT CONFERENCE, Seattle, 2013年07月
 37. K. Niwa, T. Tokunaga, M. Hasegawa, Growth of rectangular hollow tube single crystals with rutile- type structure in supercritical fluids, 2013 APSSCCM/ AIRAPT JOINT CONFERENCE, Seattle, 2013年07月
 38. M. Hasegawa, K. Niwa, Molecular Routes Syntheses of Nano- structured Carbon- based Compounds in High Pressures and Temperatures, Collaborative Conference on 3D & Materials Research, Jeju, 2013年06月
- 〔図書〕(計1件)
1. 長谷川 正(共著), 高圧力下における新物質・新結晶の創製「太陽エネルギー社会を築く材料・デバイス」, コロナ社・2013.
- 〔その他〕
- ホームページ等
<http://www.numse.nagoya-u.ac.jp/hasegawa/>
6. 研究組織
- (1)研究代表者
 長谷川 正 (Masashi Hasegawa)
 名古屋大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号: 20218457
 - (2)研究分担者
 丹羽 健 (Ken Niwa)
 名古屋大学・大学院工学研究科・助教
 研究者番号: 40509030
 曾田 一雄 (Kazuo Soda)
 名古屋大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号: 70154705
 亀卦川 卓美 (Kakumi Kikegawa)
 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・准教授
 研究者番号: 70195220
 - (2)連携研究者
 八木 健彦 (Takehiko Yagi)
 愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授
 研究者番号: 20126189