

平成 22 年 6 月 30 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19560210

研究課題名（和文） 太陽熱温水器で氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機の開発

研究課題名（英文） Development of the absorption refrigerator produces subfreezing cold heat driven by a solar collector

研究代表者

野田 英彦 (NODA HIDEHIKO)

八戸工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：00112409

研究成果の概要（和文）：従来の吸収冷凍機は LiBr-H₂O を吸収媒体に用いているため、110℃以上の熱源が必要である。また冷媒が H₂O のため、氷点下冷熱を製造することができない。本研究は吸収媒体に LiBr-H₂O-1,4dioxane を用いることで、太陽熱温水器や工場廃熱などの 100℃以下の熱源で動作し、氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機の開発を目標としている。そのために、新吸収媒体 LiBr-H₂O-1,4dioxane、新冷媒 H₂O-1,4dioxane の諸物性を詳細に求めた。さらに諸物性に基づき、氷点下冷熱を製造する吸収冷凍サイクルを開発した。

研究成果の概要（英文）：The conventional absorption refrigerators uses H₂O-LiBr as an absorption solution, so that a heat source with a temperature of around 110 degree C or more is required. Furthermore, a conventional LiBr-H₂O absorption refrigerator is difficult to manufacture brine under the freezing point 0 degree C, since the refrigerant is water. A new absorption refrigerator to manufacture the cold heat below zero degree C, and to be operated by a below 100 degree C heat source, such as the solar collector or plant waste heat, is developed, using H₂O-LiBr- 1,4-dioxane as absorption solution. Various properties are studied experimentally. And new absorption refrigerant cycle which can manufacture the sub freezing cold heat driven by the low temperature heat is developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・熱工学

キーワード：吸収冷凍機、氷点下冷熱、太陽熱温水器、飽和特性、溶解度、凝固点、物性

1. 研究開始当初の背景

吸収冷凍機は、熱を加えて冷熱を製造する冷凍機であり、ランニングコストが安価で、低負荷時も熱効率が低下しないため、大規模ビルの7割以上の空調用として利用されている。吸収冷凍機用作動媒体として、現在最も広く用いられている H_2O -LiBr 系吸収媒体は既に多くの研究、開発が行われ、その一部が実用化されている。

一方、冷媒としての H_2O の物性値は常に不変であり、吸収冷凍機の設計に用いられるデューリング線図上での H_2O の役目は吸収冷凍サイクルを考える上で吸収媒体のそれと対比して常に固定された線分であった。また、冷媒である H_2O の凝固点が 0°C であることから、吸収冷凍機が製造する冷熱は 5°C 程度が限界である。しかし、この固定された H_2O の物性値を変化させることが出来ればこれまでとは違った見地で吸収冷凍サイクルを開発できることになる。

本研究室では、開始当初までに、水の水素結合に影響を及ぼすことが知られている有機溶剤 1,4-dioxane を従来作動液に添加した新媒体 H_2O -LiBr-1,4-dioxane を作動流体として用いて、 92°C の熱源温度で動作すること、 -5°C の冷熱を製造できることを実証している。しかし、その物性を詳細に明らかにしなければ、冷凍サイクルを提供できない。

2. 研究の目的

本研究は、LiBr の水に対する溶解度増大、冷媒凝固点低下、溶液の飽和温度低下が望める新媒体の物性を明らかにし、太陽熱温水器の出口温度 85°C で作動し、氷点下冷熱を製造する小型吸収冷凍機の冷凍サイクル確立を目的としている。

3. 研究の方法

100°C 以下の低温熱源で、氷点下冷熱製造を可能とするサイクルの設計資料を得るため、低温で条件が厳しい吸収器内の新媒体

の溶解度に及ぼす溶液組成の影響、飽和圧力と飽和温度の関係、再生器で蒸発して凝縮器で得られる新冷媒の組成に及ぼす再生器内新媒体の組成と温度の影響、蒸発器で製造できるブラインの最低温度を決める新冷媒凝固点、低温な雰囲気での蒸発器における新冷媒の飽和特性を実験的に求める。

次に、それらの物性に基づいて、デューリング線図上で冷凍サイクルを検討し、新型吸収冷凍サイクルを提案する。

4. 研究成果

(1) 新媒体の溶解度（結晶化温度）組成の影響

実験は、測温抵抗体を設置した試験管に新媒体を封入し、低温恒温槽内に設置して冷却し、 1°C 降温するごとに取り出して振動を与えて過冷却を解除し、結晶析出の有無を目視で判断した。結晶化温度 T_c に及ぼす水のモル分率 X_c の影響を図1に示す。なお、 $X_c=1$ は水を示しており、従来媒体の結晶化温度となる。図中の白印は、従来の文献値である。

X_c が 1 から 0.9725 まで低下するにつれ

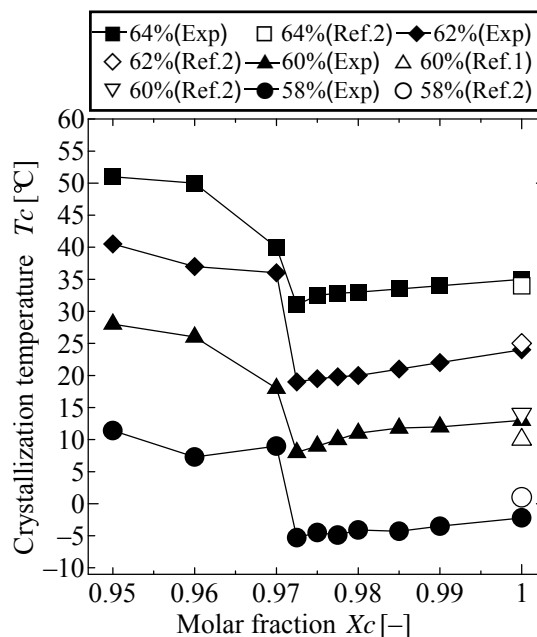


図1. 新媒体の結晶化温度

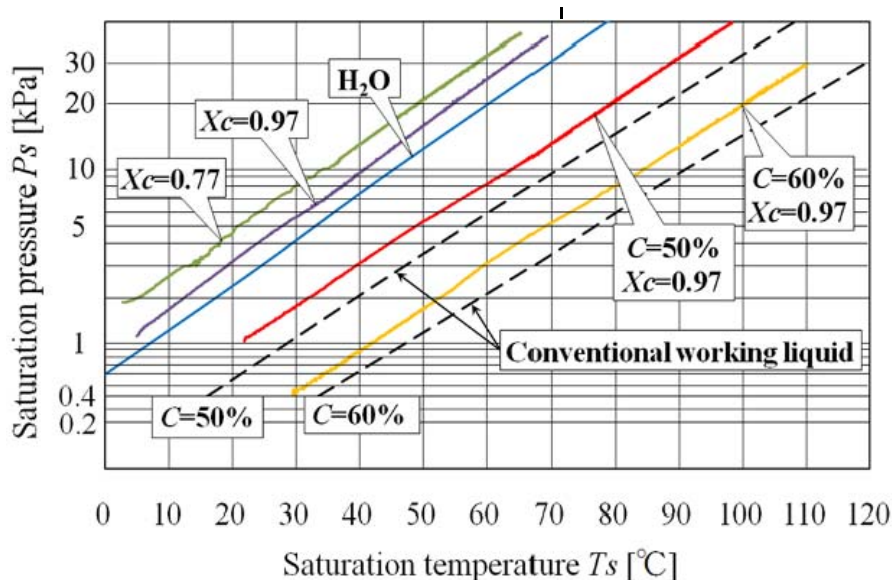


図2 飽和特性

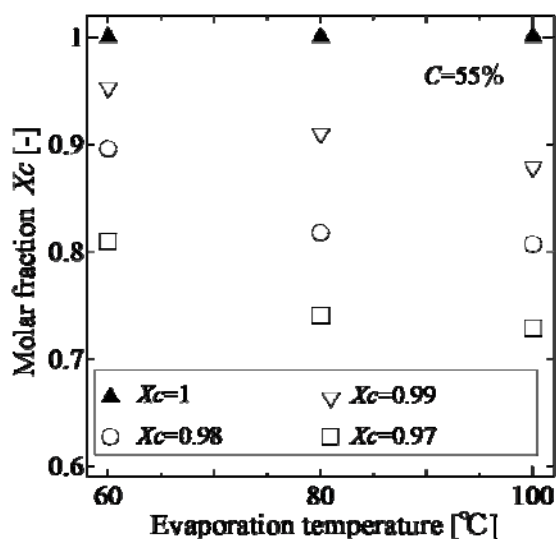


図3 新冷媒の組成

て結晶化温度が低下しており、従来媒体より溶解度が向上していることが分かる。再生器の冷却水温度（最低で 15°C）を考慮すると、利用できる LiBr 濃度は 60%以下となる。

(2) 新媒体、新冷媒の飽和特性

測温抵抗体、絶対圧力計、ジムロート冷却器を設置したセパラブルフラスコ内に新作動液を封入し、ホットスターラーで加熱するとともに、ジムロート冷却器に-20°Cの冷却水を流して冷却し、真空ポンプで不凝縮ガスを取り除いて、飽和状態の圧力と温度を計測した。その結果を図2に示す。

新媒体は $X_c=0.97$ で LiBr 濃度 50%、60%、新冷媒は $X_c=0.97, X_c=0.77$ を代表して示している。また、従来媒体、従来冷媒（水）の実験結果も示している。

新媒体は従来媒体に比べ同じ圧力では飽和温度が 5~10°C低下している。この事は、

従来機より低温の熱源で動作することを示している。また、新冷媒もまた X_c が低下し、1,4-dioxan 濃度が増加するにつれ、同じ圧力で水より飽和温度が低下している。このことは蒸発器で製造できる冷熱温度が低くなることを示している。

(3) 冷媒組成に及ぼす新媒体組成の影響

1,4-dioxane と水は共沸ではないので、新媒体の X_c と新冷媒の X_c は異なる。そこで、新媒体から蒸発する蒸気を捕集して、組成を測定した。なお、新媒体の LiBr 濃度の影響は無かったので、ここでは LiBr 濃度 55% で代表して実験結果を図3に示す。従来媒体である $X_c=1$ の媒体から蒸発する冷媒は $X_c=1$ を示しており、飛沫同伴が無いことが分かる。蒸発温度の上昇に伴い、新冷媒の X_c は低下している。この事は、動作温度により、新冷媒の組成が異なることを示しており、熱源温度によって、最適な作動流体組成を検討する必要があることが分かる。また、 $X_c=0.99$ の新媒体から蒸発する新冷媒は熱源温度 80°C~100°Cの範囲でおよそ $X_c=0.9$ 前後である。したがって、新冷媒の凝固点もかなり広範囲の X_c に対する調査が必要であることが分かる。

(4) 新冷媒の凝固点

新冷媒の凝固点は、製造冷熱の最低温度を示す重要な物性である。実験は、測温抵抗体を設置したガラス瓶に新冷媒を注入し、スターラー付低温恒温槽に設置し、降温させたて、凝固開始して過冷却が解除された際の温度を計測した。なお、かくはんしながらの降温で、過冷却に解除による温度上昇は 1°C程度に抑え、高精度な凝固点の実験値を得た。

実験結果を図4に示す。水 ($X_c=1$) の凝固点は 0°C 、1,4-dioxane($X_c=0$)は 12°C を示している。新媒体は水に1,4-dioxaneを添加して X_c が低下すると、急激に凝固点が低下し、 $X_c=0.8$ で最低温度 -15.8°C を示したのち、上昇している。したがって、新冷媒の X_c を $0.7\sim 0.92$ の領域にできれば、 -10°C の冷熱を製造できる可能性があることが分かる。

(5) 新型冷凍サイクルの検討

これらの諸物性の結果から、定常状態で動作する場合の、新型冷凍サイクルを検討した。LiBr濃度を55%~60%の範囲で運転し、冷却水温度を、寒冷地の海水温度や温暖地の地下水温度を想定して 20°C として検討した。また、熱源温度 100°C 以下を想定し、再生器内新媒

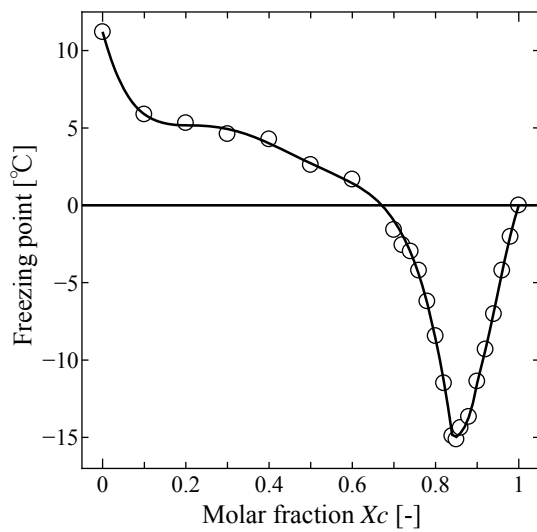


図4 新冷媒の凝固点

体温度を 80°C として検討した。検討結果を図5に示す。

吸収器で新冷媒蒸気を吸収し薄くなった新媒体は、再生器に送られて 80°C に加熱され、濃度55%から60%に濃縮され吸収器に戻される。再生器で蒸発した新冷媒は $X_c=0.82$ となり、凝縮器で凝縮される。その際、圧力は再生器の新媒体の温度、濃度、 X_c で決定され、 6kPa となる。したがって、新冷媒の飽和温度は 25°C となり、 20°C の冷却水で凝縮することができる。

凝縮器で凝縮された新冷媒は、蒸発器に送られ、ライン管に滴下されて全量蒸発し、ラインを冷却する。一方、吸収器では再生器で濃縮された $X_c=0.98$ 、濃度60%の新媒体が、 20°C の冷却水で冷却されるので、55%に希釈された新媒体を 24°C に冷却する場合、飽和圧力は 0.9kPa となる。新媒体の結晶化温度は 12°C であり、結晶化は発生しない。また、蒸発器の新媒体の飽和温度は、 -7°C となる。 $X_c=0.82$ の新冷媒の凝固点は -12°C であり、凝固することは無い。

蒸発器では、新冷媒が -7°C で蒸発するので、 -5°C のラインを製造することができる。

したがって、太陽熱温水器などの低温熱源で、氷点下冷熱を製造できることが判明した。

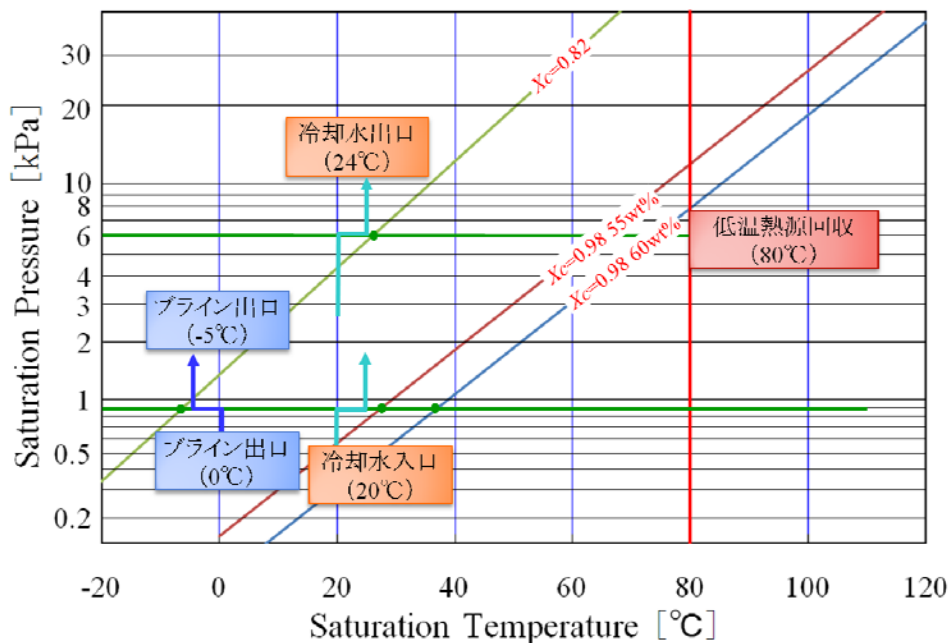


図5 新吸収冷凍サイクルの検討

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

Y. Nemoto, H. Noda(2), S. Takahashi(5), 他 2 名, Various Physical Properties of a Working Liquid for an Absorption Refrigerator driven by a Solar Collector, Proc. 2010 International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology, 査読有、2010 年、P11-1~P11-8.

[学会発表] (計 13 件)

- ① 野田将志、氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機の冷媒の物性、日本機械学会 2009 年度年次大会、2009 年 9 月 27 日、岩手大学
- ② 吉田博、NaCl, KCl, LiCl, LiBr 水溶液の電気的特性、平成 21 年度化学系学協会東北大会、2009 年 9 月 20 日、日本大学工学部
- ③ 野田将志、太陽熱温水器で動作する吸収冷凍機用作動流体の蒸発特性、第 43 回空気調和・冷凍連合講演会、2009 年 4 月 27 日、東京海洋大学
- ④ 吉田博、強電解質塩類水溶液の静電容量特性、化学工学会 第 74 年会、2009 年 3 月 18 日、横浜国立大学
- ⑤ 根本泰秀、太陽熱温水器で動作する吸収冷凍機用作動液の溶解度、日本機械学会東北支部第 44 期講演会、2009 年 3 月 13 日、東北大学
- ⑥ 白石泰、低温熱源で動作する吸収冷凍機用作動液の比熱、日本機械学会東北支部第 44 期講演会、2009 年 3 月 13 日、東北大学
- ⑦ 吉田博、強電解質水溶液の静電容量特性、平成 20 年度化学系学協会東北大会、2008 年 10 月 12 日、八戸工業大学
- ⑧ 山崎傑、太陽熱温水器で動作する吸収冷凍機用作動液の飽和特性、日本機械学会東北支部第 44 期秋季講演会、2008 年 9 月 27 日、弘前大学
- ⑨ 野田将志、太陽熱温水器で動作する吸収冷凍機用作動液の蒸発特性、日本機械学会東北支部第 44 期秋季講演会、2008 年 9 月 27 日、弘前大学
- ⑩ 野堀晴樹、反応熱量計を用いた LiBr 水溶液の比熱、平成 19 年度化学系学協会東北大会、2007 年 9 月 22 日、山形大学
- ⑪ 白石泰、吸収冷凍機用新型冷媒の凝固点、平成 19 年度化学系学協会東北大会、2007 年 9 月 22 日、山形大学
- ⑫ 高橋晋、高濃度強電解質溶液の静電容量特性、平成 19 年度化学系学協会東北大会、

2007 年 9 月 22 日、山形大学

- ⑬ 野堀 晴樹、反応熱量計を用いた LiBr 水溶液の比熱、化学工学会第 39 回秋季大会、2007 年 9 月 13 日、北海道大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

野田 英彦 (NODA HIDEHIKO)

八戸工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：00112409

(2)研究分担者

高橋 晋 (TAKAHASHI SUSUMU)

八戸工業大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：30337125