

JAERI-M

7015

原子力関係の軸受に関する文献調査

1977年3月

根本政明*・岡本芳三

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

原子力関係の軸受に関する文献調査

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

根本 政明*・岡本 芳三

(1977年2月4日受理)

多目的高温ガス冷却炉 (HTGR) の開発にあたり、放射性雰囲気の下で、1,000 °C もの高温ヘリウムガスにさらされる厳しい条件のもとでも、高い信頼性を有する機器を実現するには、それ等を構成する機械要素設計の確立が必要である。その第1歩として、重要な機械要素の1つである軸受に関し、Nuclear Science Abstracts (U.S. Energy Research and Development Administration 発行, 1947 ~ 75年) をもとに、文献調査を行ない、原子力分野における軸受についての研究の動向をさぐるとともに、とくに、ガス潤滑軸受については、文献207件の出典一覧表を作成した。

* 三菱重工業株式会社よりの外来研究員

A Bibliographic Survey of Bearings for Nuclear Reactors

Masaaki NEMOTO* and Yoshizo OKAMOTO

Division of Reactor Engineering, Tokai, JAERI

(Received February 4, 1977)

In development of a multi-purpose high-temperature gas cooled reactor, design of its mechanical elements is essential. Machinery must be safely operable in the high temperature (1,000°C), high pressure (40kg/cm²) helium environment for long time. A bibliographic review in this connection with technical reports, books, journals and patents, is presented, using NSA. As an element of the machinery bearings are classified into several categories, a bibliography on gas-lubricated bearings for 207 documents is given in chronological order.

*) On leave from Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

目 次

1. 序	1
2. 軸受全般に関する文献発行機関	3
3. 軸受全般に関する文献の分類	5
3.1 軸受型式による分類	5
3.2 炉型式による分類	6
3.3 用途による分類	7
4. ガス潤滑軸受に関する文献調査	16
4.1 概要	16
4.2 研究内容別の分類	16
4.3 出典一覧	17
5. 結論	38

1. 序

日本原子力研究所が中心となって、多目的高温ガス実験炉（VHTR）の研究開発が1972年より進められて来た。高温ガス冷却炉は1,000℃もの高温のヘリウムガスにさらされ、しかも、原子炉は従来の技術では遭遇しなかった放射線照射下の厳しい環境におかれる。そのうえ、原子炉特有の安全性に関する要求から、機器は高度の信頼性を満たさねばならない。それに答えるには、まず、機器を構成する各種の機械要素に関して、今迄の技術を高温ガス炉における使用条件下で適用する場合の問題点を検討する必要がある。すなわち、既成技術で処置出来る内容と、新たに研究開発を必要とする技術内容とに明瞭に分類整理すべきである。こゝでは、その一環として、重要な機械要素の1つである諸機械に用いられる軸受の問題を取り上げた。作業の方針として、Nuclear Science Abstracts（以下NSAと略称）をもとに、初巻から32巻（1947～75年）までの軸受に関する発表文献を抽出した。これ等の文献から、原子力関係の軸受全般については、研究の動向、現状及び今後の課題等を明らかにする目的で、第2章では、文献発行機関の年代別の論文とその動向を調べた。さらに、第3章で、インデックス中のキーワードを頼りに、軸受型式、炉型式並びに用途別の文献分類を行なった。

高温ガス炉での軸受としては、冷却媒体であるガスを直接軸受の潤滑剤として利用するガス潤滑軸受（いわゆるプロセス流体潤滑）が完全密封型の循環機やクローズドシステムのガスタービンを実現する等の多くの利点をもっている。第4章では、ガス潤滑軸受における研究の現状とその内容を明確にするとともに、その年代別の動向及び文献索引表を作成し、今後のこの分野の研究の方向づけをあわせて行なった。

なお、ガス潤滑軸受に関する文献調査資料（bibliography）としては、本レポート中に挙げた、

- M.A. Koenders. "Hydro dynamic and Hydrostatic Lubricated Bearings with Particular Reference to Air Bearings - A Bibliography." April 25, 1957. 43 p. (DC 57-4-146)
- Eugene B. Sciulli. "A Bibliography on Gas-Lubricated Bearings. Interim Report." Dec. 1, 1957. 97 p. (NP-6557)
- M.A. Koenders. "Hydrodynamic and Hydrostatic Lubricated Bearings with Particular Reference to Air Bearings. A Literature Survey." Apr. 1958. 32 p. (APEX-390)
- Eugene B. Sciulli. "A Bibliography on Gas-Lubricated Bearings - Revised. Interim Report." Sept. 15, 1959. 108 p. (AECU-4440)

- A. Peters and E.B. Sciulli-D.D. Fuller, ed. "A Bibliography (with Abstracts) on Gas-Lubricated Bearings-Revised. Interim Report." Oct. 15, 1961. 186 p. (TID-14209)
- Peters, Alec; Devlin, Patricia. "A Bibliography (with Abstracts) on Gas-Lubricated Bearings." Nov. 1965. 213 p. (TID-22477)

等がある。

2. 軸受全般に関する文献発行機関

原子力関係の軸受に関して、研究機関を明らかにし、その研究活動の一端を知る手掛りが得られるよう、NSA の Annual Index 中にあるレポート発行機関名により年毎の発表文献数を調べた。機関名は 92 の多くにのぼった。この内から、文献数が 10 部以上の主な機関を取り出し、年代別に発行論文数を記入したのが表-1 である。機関名は略号で示してあるが正式名称は次のようである。

AEC : Atomic Energy Commision
 ANC : Argonne National Lab.
 DP : Dragon Project, O.E.C.D.
 GA : General Atomic Div., General Dynamic Corp.
 HW : Hanford Atomic Products Operation
 KAPL: Knolls Atomic Power Lab.
 MTI : Mechanical Technology Inc.
 N : California Inst. of Tech.
 NP : Division of Technical Information Extension, AEC
 NYO : New York Operation Office, AEC
 ORNL: Oak Ridge National Lab.
 ORO : Oak Ridge Operation Office
 SAN : San Francisco Operation Office, AEC
 TID : Division of Technical Information Extension, AEC
 WADC: Wrigh Air Development Center

この調査結果から、以下の事項を指摘出来る。

- (1) AEC の技術情報機関である TID が圧倒的多数の文献を発表している。この他にも、やはり AEC に所属するヘッドオフィスである AEC および支所である NYO や NP が 10 部以上のレポートを発行している。これ等の文献総数は全体の 33 パーセントにあたる。すなわち、原子力関係の軸受研究が AEC の補助金のもとにされていることが明らかになった。
- (2) 国家の研究機関である ORNL, ORO や ANL および N や WADC においても原子力関係の研究発表が活発に行なわれている。
- (3) 民間では、高温ガス炉の研究開発を行なっている DP, GA また、軸受やシールの専門研究機関である MTI が名を列ねている。

表-1 Nuclear Science Abstracts 中の "Bearings" に関する
発行機関の年代別発表文献数 (10 部以上)

機関名	1957-61	1962-66	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	計
AEC	5 (1)	4 (0.8)	1									10
ANC	4 (0.8)	4 (0.8)	1		1							10
DP						9	2					11
GA		4 (0.2)		2	8	4	1					16
HW	10 (2)											10
KAPL	11 (2.2)											11
MTI			11	1		1						13
N	1 (0.2)	7 (1.4)	1	2				4	3			17
NP	11 (2.2)	9 (1.8)		1		2						23
NYO		12 (2.4)		5	11	6	7	1	2			44
ORNL	19 (3.8)	3 (0.6)	1	2	2	1						28
ORO	10 (2)											10
SAN			8	4	6							18
TID	14 (2.8)	61 (12.2)	1	1				2	1		33	113
WADC	11 (2.2)											11

() 内の数字は1年平均の文献数

3. 軸受全般に関する文献の分類

NSAにおけるAnnual Index(1947~75年, 1~32巻)から, 軸受に関する索引をピックアップし, これ等のインデックス中のキーワードにより, 軸受研究の動向をさぐる目的で, 軸受型式, 炉型式及び用途にしたがい, 各々に該当する文献の抽出と年代別の分類整理を行なった。

3.1 軸受型式による分類

潤滑媒体をもとに, 軸受を大別して次の5型式に分類した。

- ・ガス潤滑軸受 : 汎用機器として使用されている空気潤滑潤受。一般総称での気体及び炭素ガス, ヘリウムガス, アルゴンガス, 窒素ガス等で潤滑された軸受, この用途の1つにガス炉がある。その他, 蒸気を含む圧縮性流体を潤滑剤とした軸受。
- ・水潤滑軸受 : 無機質液体である水を潤滑剤とした軸受。また, 液体水素潤滑軸受もこれに加えた。
- ・液体金属潤滑軸受 : 一般総称での液体金属及び高速増殖炉の冷却媒体として用いられる液体ナトリウム, 液体カリウム, 液体ナトリウム・カリウムその他液体ビスマス, 液体リチウム及び水銀等の溶融金属により潤滑された軸受。これらは, とくに, 宇宙動力炉用として開発されたものが目立つ。
- ・溶融塩潤滑軸受 : 一般総称での溶融塩及び溶融フッ素, 溶融チッ素塩, 溶融アルカリ金属, 溶融ジルコニウム塩等により潤滑された軸受。
- ・有機物潤滑軸受 : デフェニル等の有機媒体により潤滑された軸受。

表-2に, 以上の5種類の軸受につき年代別の発表文献数をまとめた。さらに, 各軸受につき, 年代別の動向をつかむため, 図1~5に文献件数を棒グラフで表わした。ここで, 1947~56年, 1957~61年及び1962~66年のグラフは件数を年平均の値とし, その面積が全文献数になるよう横軸の年度巾を広げた。

以上の表と図から次の事柄を指摘することが出来る。

(1) 表-2から, 軸受発表文献総数ではガス潤滑軸受と液体金属潤滑軸受に関するものが圧倒的に多い。ガス潤滑軸受の研究が盛んに行なわれたのは, この軸受の本質的な長所である, 摩擦損失馬力が小さいこと, 温度による気体粘度の変化が僅かであること及び放射線照射による影響を受けないこと等の優れた特性に着目し, 循環機をはじめとする高速回転体への用途拡大がはかられたためと考えられる。液体金属潤滑軸受は高速増殖炉開発上必須の機械要素であり, その必要性から登場した新しい軸受である。

(2) 図-1のガス潤滑軸受の研究は1957~70年代に隆盛を向え, それ以降では減少している。その理由として, 軸受基礎技術の完成, ガス炉開発の国際的な停滞, 研究費の削減等が考えられる。国内でのガス軸受の開発あるいはガス炉用軸受への応用を進めるにあたり, その経過を十分に把握しておく必要がある。

(3) 図-2の水潤滑軸受の研究の推移をみると, 1975年に著じるしいピークがみられる。こ

これは宇宙用原子力ロケット開発の NERVA 計画における液体水素潤滑軸受開発研究が公開されたことによるものである。今後、これ等の最先端の技術成果が液体水素をはじめ液体酸素、液体窒素ないしは液体ヘリウム等の一般機種へと波及され、研究開発の進展が期待される。

(4) 図-3の液体金属潤滑軸受に関するグラフによると、1962~74年あたり、多数の研究がなされ、とくに、1968~71年の4ケ年に頂点を示す。現在では宇宙及び陸上における高速増殖炉の開発研究が1段落した状態にあるものと思われる。

(5) 図-4に示すように、熔融塩軸受は文献数こそ少ないが、その内容を見ると、着実な研究が進められていることが分かる。

(6) 図-5の有機物潤滑軸受では1967~69年に1連の研究発表がなされている。

(7) 一般的にいて、原子力に関する軸受の研究は発表文献数の上で判断する限り、1970年頃をピークとして、それ以後は減少している。その理由として、基礎研究のステップが終り、応用と実用化の段階へ移行しているためと考えられる。

3.2 炉型式による分類

NSAの索引中にキーワードとして炉 (reactor) と明記されているもののみを取り上げた。炉型式の分類はその冷却方式にもとづき次の5種類を選び、さらに、MHD発電をこれに加えた。

- ガス冷却炉
- 水冷却炉
- 液体金属冷却炉
- 熔融塩冷却炉
- 有機物冷却炉
- MHD発電炉

上記5種の炉における冷却媒体と3.1章に述べた軸受型式での潤滑剤の名称が一致している。しかし、本章における軸受潤滑剤は必ずしも原子炉用冷却媒体と一致しているわけではない。

以上に挙げた文献につき、炉型式ごとに年別の文献数を表-3にまとめた。また、これを棒グラフ化すると図-6のようになる。

これ等の表と図より、炉型式とそこで使われている軸受に関する研究の特徴として、次の諸点を指摘することが出来る。

(1) 文献の総数ではガス冷却炉に関する軸受の研究が最も多い。これに継ぐのが液体金属冷却炉とMHD発電炉に関する軸受研究である。

(2) ガス冷却炉の軸受研究の分野では、1969年と1970年にピークがある。前者はFort St. Vrain 炉に関する文献(4件)と、後者はDragon 炉に関する文献(4件)による開発研究が多額の寄与をしている。

(3) 液体金属冷却炉用の軸受については、近年になっても着実に研究が続行されているが、これは大型化及び実用化上での問題点が未解決のまま残されているためではないかと推測される。

(4) この他、1968年のMHD発電炉用軸受研究成果のピークが目立つ。

3.3 用途による分類

軸受が使用される機種をその機能にしたがい、次の5種類に分類した。

- ポンプ（タービンポンプを含む）
- タービンコンプレッサ（循環機、遠心分離機及び高速回転体を含む）
- 燃料系統
- コントロール系統
- 補機

ポンプは液体輸送、タービンコンプレッサはガスを媒体とした機種であり、いずれの軸受も高速回転体用である。燃料系統とコントロール系統の軸受は間欠ないしは低速で使用する。

NSA の Annual Index 中のキーワードを頼りに、上記5種類の用途にしたがって、年度毎の文献数をまとめたのが表-4であり、それをグラフ化すると図-7のようになる。この調査結果から、次の特徴を指摘することが出来る。

(1) ポンプ関係の軸受研究が最も多く、タービンコンプレッサに関するものがそれに続く。ポンプはどの型式の原子炉にも不可欠の機器であり、タービンコンプレッサの用途が、主としてガス炉のみに限定されていることを考え合わせれば、上述の結果も納得がいく。これ等2機種の用途で軸受研究の全体の86パーセントとはほとんどを占める。

(2) 制御系統の機器に用いる軸受の研究はいくつかあるが、燃料系統と補器に関する軸受の研究は少ない。

(3) ポンプの軸受に関する研究はコンスタントに続けられており、とくに、1975年には著しいピークを生じている。このピークは宇宙原子力ロケット開発（NERVA 計画）における液体水素タービンポンプ用軸受の研究によるためである。

(4) タービンコンプレッサの軸受に関しては、1971年まで、現在は1時休止の状態である。Dragon 炉の開発中止と Fort St. Vrain 炉の停滞等が大きな影響を与えているように思われる。

(5) また、制御系統に使われる軸受の研究が1970、71年及び補機用の軸受の研究が1973、74年と比較的最近になって行なわれている。

表-2. NSAによる“軸受”に関する年代別発表文献数
潤滑媒体による軸受の分類

年 度	ガス軸受 (一般ガス, 空気, He, CO ₂ , Ar 蒸気, N ₂)	水 軸 受 (H ₂ O, LH ₂)	液体金属軸受 (LM, LNa, LNa-K, LBi LK, LLi, Hg)	熔融塩軸受 (MS, 熔融フッ 素, 窒素塩, ア ルカリ金属, ZrH)	有機物軸受 (biphenyl)
1951~56	3 (0.6)*	5 (1.0)	5 (1.0)	0	0
1957~61	54 (10.8)	11 (2.2)	18 (3.6)	17 (3.4)	0
1962~66	83 (16.6)	6 (1.2)	38 (7.6)	0	0
1967	14	3	10	2	6
1968	18	4	14	1	4
1969	9	5	14	2	4
1970	14	0	11	1	0
1971	4	0	14	0	0
1972	2	0	8	2	0
1973	3	1	7	2	1
1974	3	0	6	0	0
1975	0	12	2	0	0
計	207	47	147	27	15

* () 内の数字は年平均の文献数を示す。

表-3 NSAによる“軸受”に関する年代別発表文献数
炉型式による軸受の分類

年 度	ガ ス 冷却炉	水 冷却炉	液体金属 冷却炉	熔融塩 冷却炉	MHD 発電炉	その他 (LH ₂ 炉)
1951~56						
1957~61	3 (0.6)*	1 (0.2)	2 (0.4)			2 (0.4)
1962~66	9 (1.8)		6 (1.2)	2 (0.4)	9 (1.8)	5 (1.0)
1967	2		3			1
1968	1		4	1	7	2
1969	5	2			1	
1970	7				3	1
1971	2		1			1
1972	1			2		1
1973			2			1
1974			1			
1975	1		1			39
計	31	3	20	5	20	53

* () 内の数字は年平均の文献数を示す。

表-4 NSAによる“軸受”に関する年代別発表文献数
用途による軸受の分類

年 度	ポンプ (タービン・ ポンプ)	タービン・コンプレッサ (プロア, 循環機, 遠心機, 回転体)	燃料系統	制御系統	補 機
1951~56	2 (0.4)*	2 (0.4)			
1957~61	11 (2.2)	4 (0.8)	1 (0.2)		1 (0.2)
1962~66	15 (3.0)	18 (3.6)			
1967		7			
1968	2	10			
1969	3	2			
1970	3	1		5	
1971	3	3		6	
1972	3				
1973				2	1
1974				2	
1975	26				
計	68	47	1	15	2

* () 内の数字は年平均の文献数を示す。

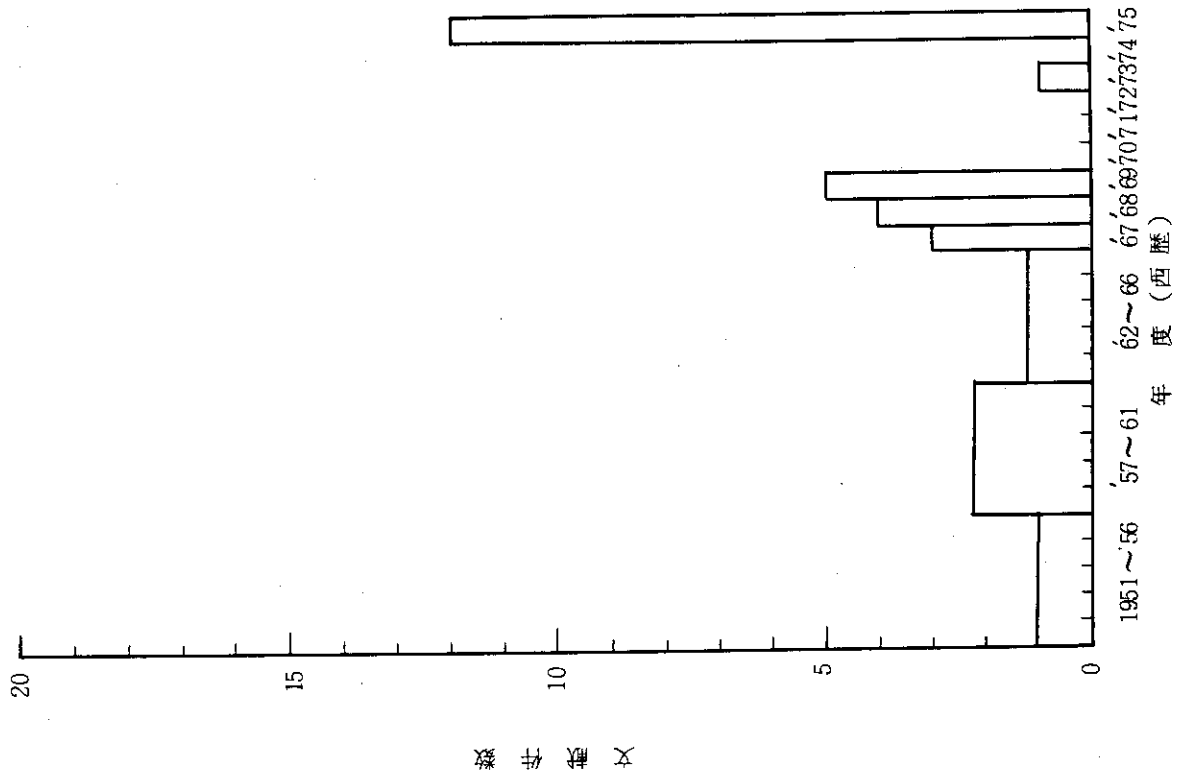


図-1 NSAによる“ガス潤滑軸受”に関する
発表文献数の推移

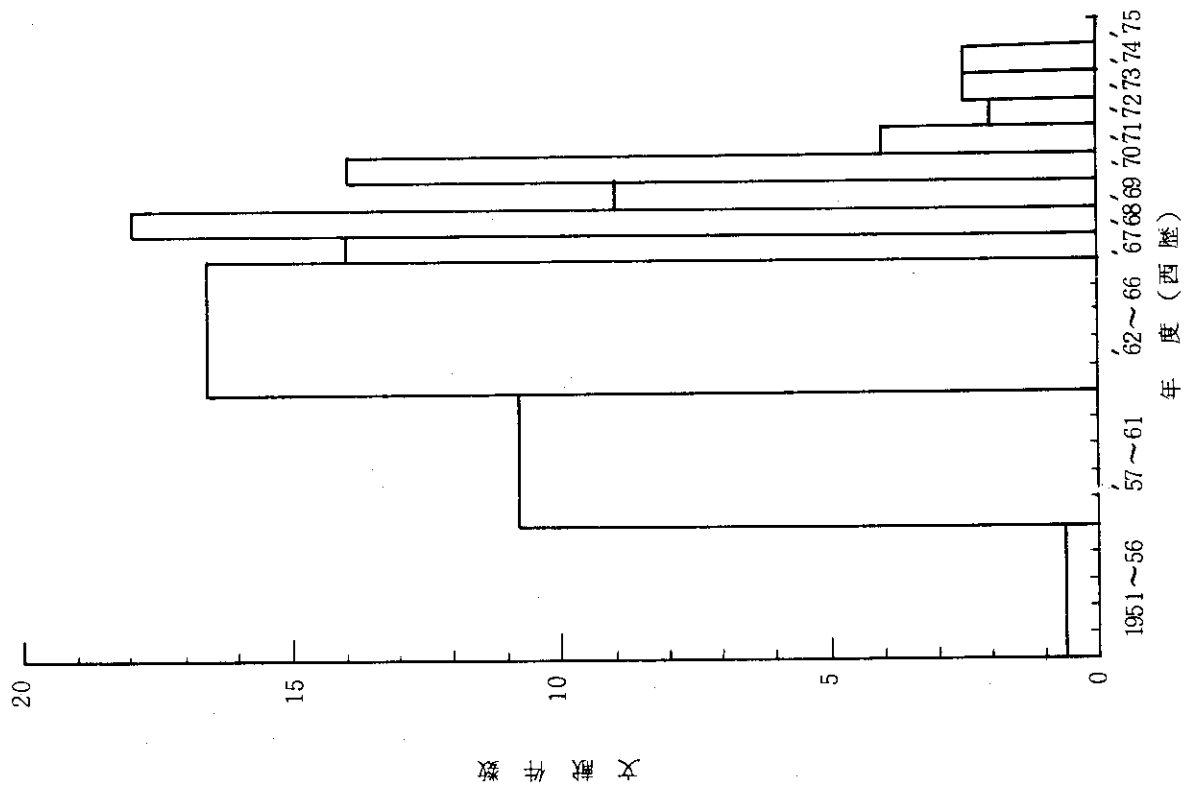


図-2 NSAによる“水潤滑軸受”に関する
発表文献数の推移

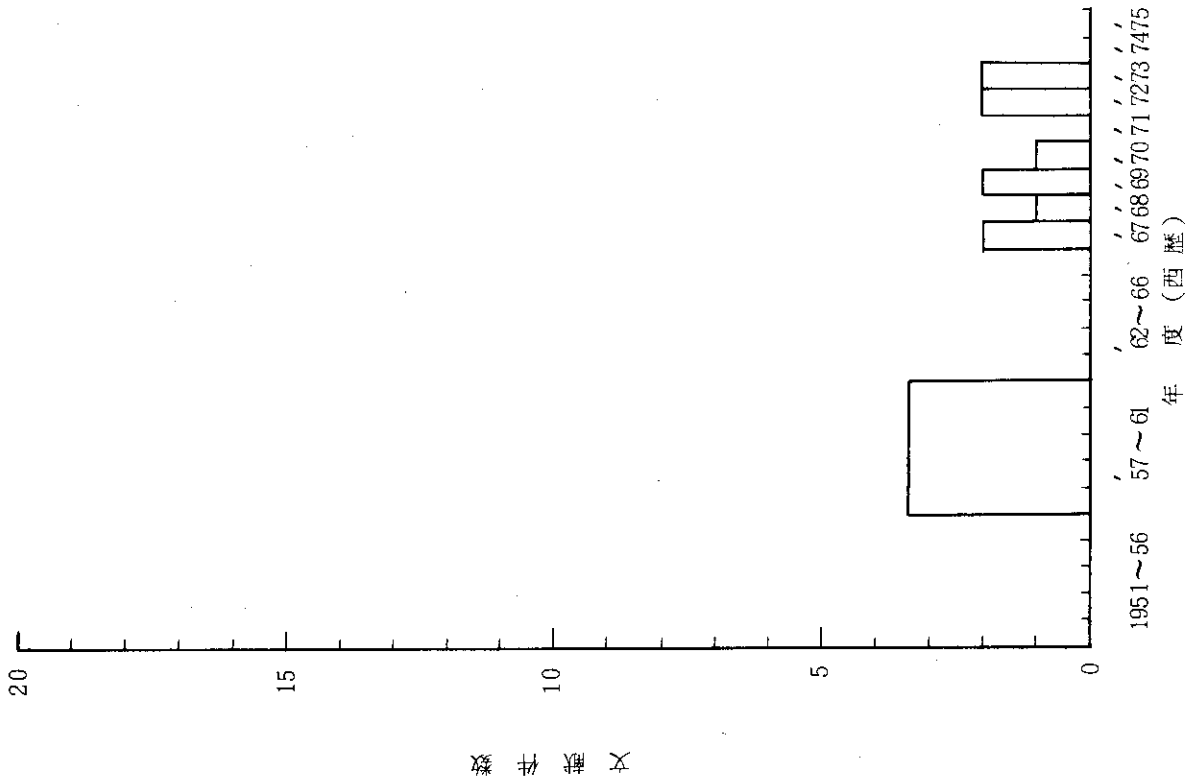


図-4 N.A.S.による“液体金属潤滑軸受”に関する
発表文献数の推移

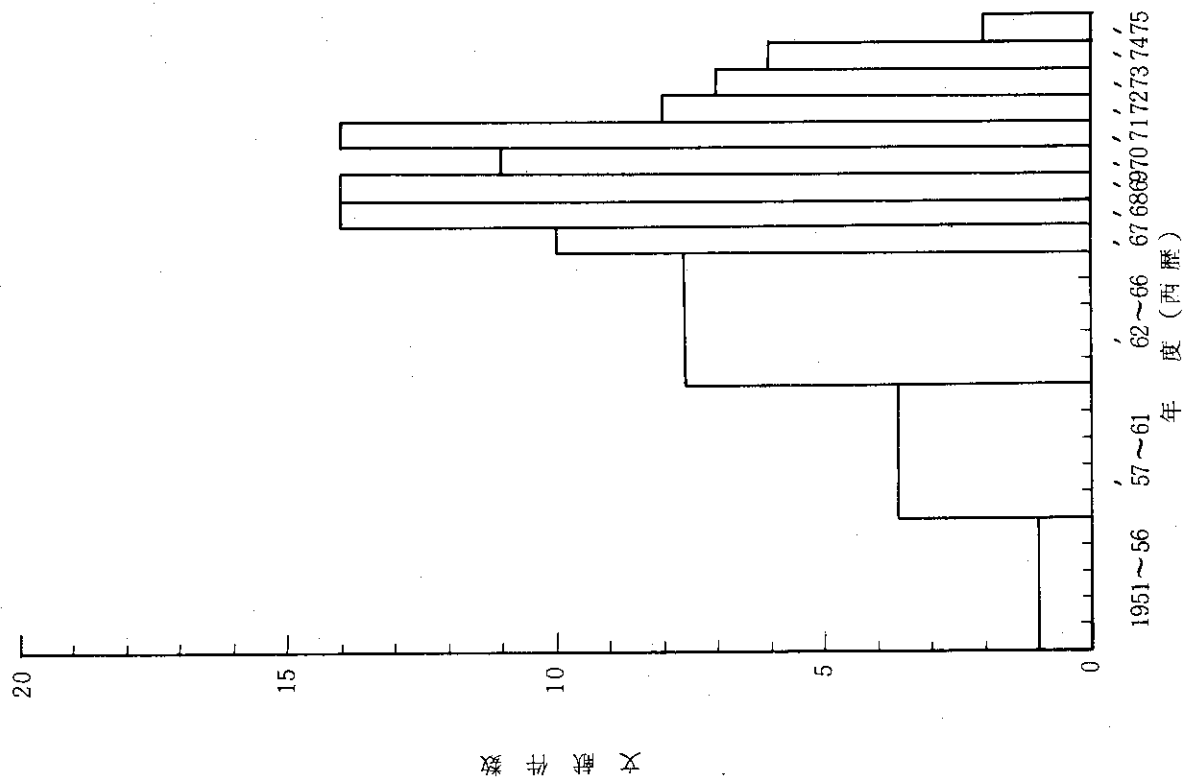


図-3 N.S.A.による“液体金属潤滑軸受”に関する
発表文献数の推移

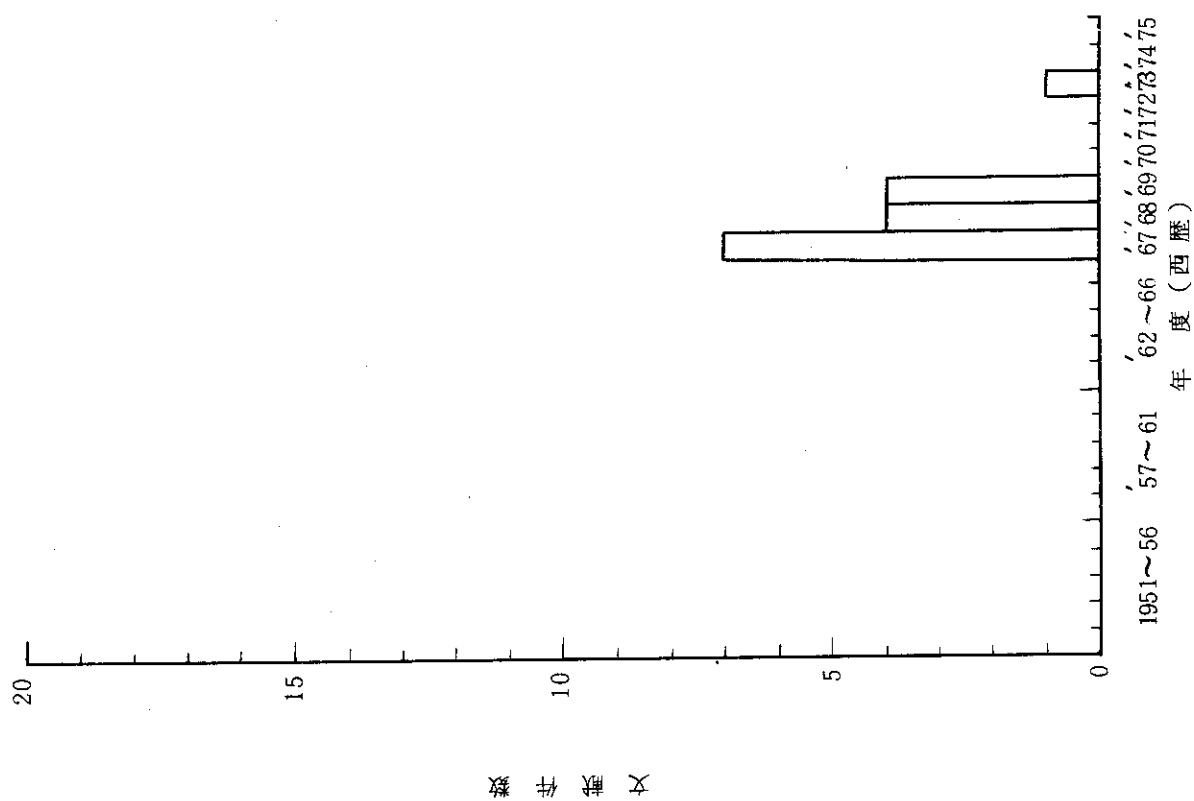


図-5 N.A.S.による“有機物潤滑軸受”に関する
発表文献数の推移

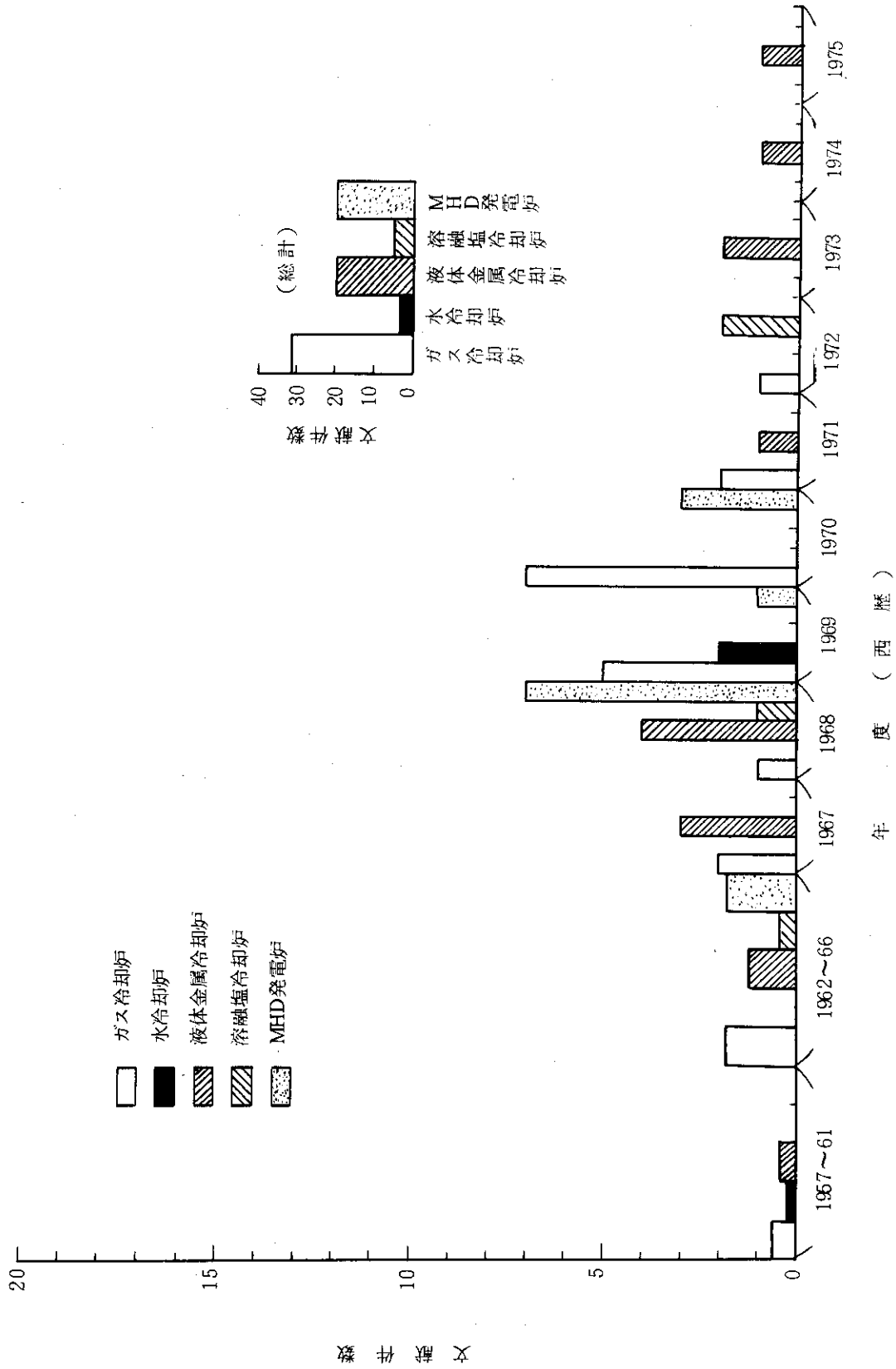


図-6 NSA中の軸受に関する発表文献の炉型式ごとの推移

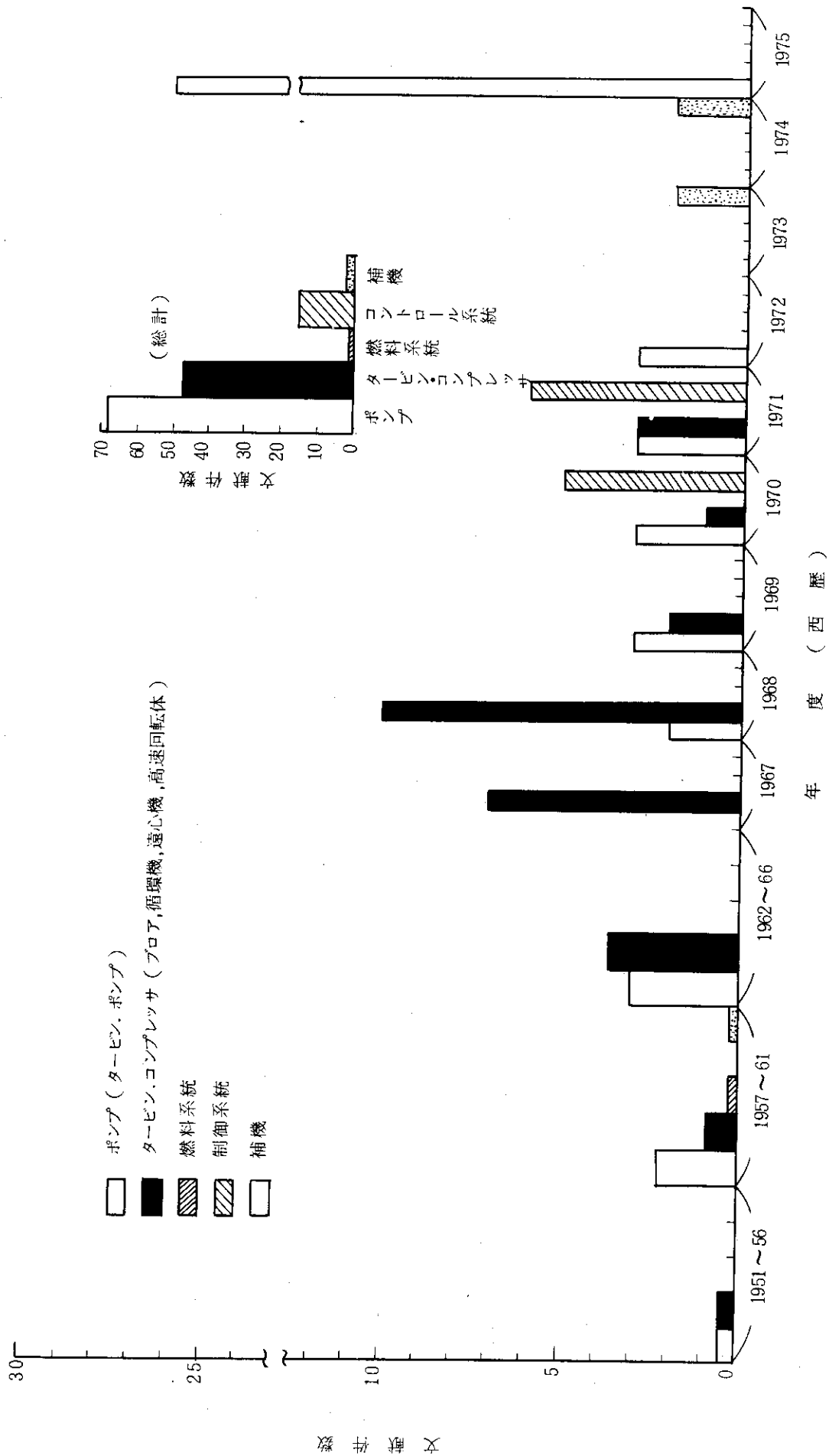


図 7 NSA中の軸受に関する発表文献の用途ごとの推移

4. ガス潤滑軸受に関する文献調査

4.1 概要

高温ガス炉中で使用される機器に関し、従来の油潤滑軸受では次のような欠点がある。

- 放射線による油の照射損傷。
- 油のループ内への漏れ出しによる炉心構造物の腐食，熱交換器のフウリングによる効率の低下。
- 複雑な潤滑系統（給油ポンプ，冷却器，配管，バルブ等）。
- 複雑なシール（バッファシール）及びそれによる機器の寸法増大。
- 複雑なバッファガスの分離装置，圧力平衡制御機構及び純化系統。

これ等の欠点を取り除く方法として，原子炉の冷却媒体を直接潤滑剤として用いるプロセス流体潤滑が考えられる。高温ガス冷却炉の場合には，ガス潤滑軸受となる。しかし，それを実際に応用するには，次の欠点を改善しなければならない。

- 負荷能力が小さい。
- 高速安定性に欠ける。
- 起動停止時の境界潤滑膜による保護がない。

以上のような問題点を解明し，信頼性のある原子力機器を開発するために長年にわたり幾多の研究がなされて来た。その研究成果をもとにBR-1のようなインパイル試験ループやDragon炉及びUHTREX炉などの高温ガス炉における循環機の軸受にガス潤滑軸受が採用されている。

次にガス潤滑軸受のより詳細な調査を行なったので報告する。

4.2 研究内容別の分類

NSAのAnnual Index中から，Gas Bearingsに関する文献のみを選択抽出し，年毎の文献数をまとめると，図-8のようになる。内容の分類は次の9項目とした。

- 解析（理論を含む）
- 性能（特性を含む）
- 安定性
- 設計
- 開発試作
- 材料
- 試験（運転を含む）
- 工作
- 応用

図-8より，原子力に関するガス潤滑軸受の大略の研究内容と動向が分かる。その特徴は次のようである。

- (1) 性能（53件）と設計（52件）に関する発表が最も多く，開発（46件）に関するもの

がそれ等続く。

(2) 試験(15件)や応用(13件)に関する文献は比較的少ない。実用化に伴ない今後の増加が期待される。

(3) 各研究内容の年代的なピークを追うと、解析→性能→安定性→設計→開発→材料→試験→工作→応用と研究開発過程の順序と偶然にも一致しており興味深い。

(4) 解析、性能及び安定性等の軸受に関する基礎特性の研究の大半が1957～66年になされている。

(5) これ等の成果を用いてなされた、設計及び開発の隆盛期が1967～68年に続く。

(6) その後、材料や試験の研究におけるピークが1970年に現われる。

(7) 現在のガス潤滑軸受の研究は工作及び応用上の問題に移行していると言える。今後はどのような機種ないしは用途に適用するか最大の関心事となる。

(8) その他、1968～70年に蒸気潤滑軸受の研究が登場して来た点に注意すべきである。

4.3 出典一覧

高温ガス炉開発において、機械要素の設計標準を作成する上で、従来の研究を集大成しておく必要がある。また、機械要素を採用するにあたり、開発上の問題点を明確にし、現在の技術水準を知る上からも諸特性を把握しておく必要がある。

そこで、準備資料として、高温ガス炉の1つの機械要素であるガス潤滑軸受につき、NSAのAbstracts (Vol. 1～32)より、文献の題名、著者名、発行年月日、発行機関等を明らかにし、一覧表の形で表-5に年代順で記載した。

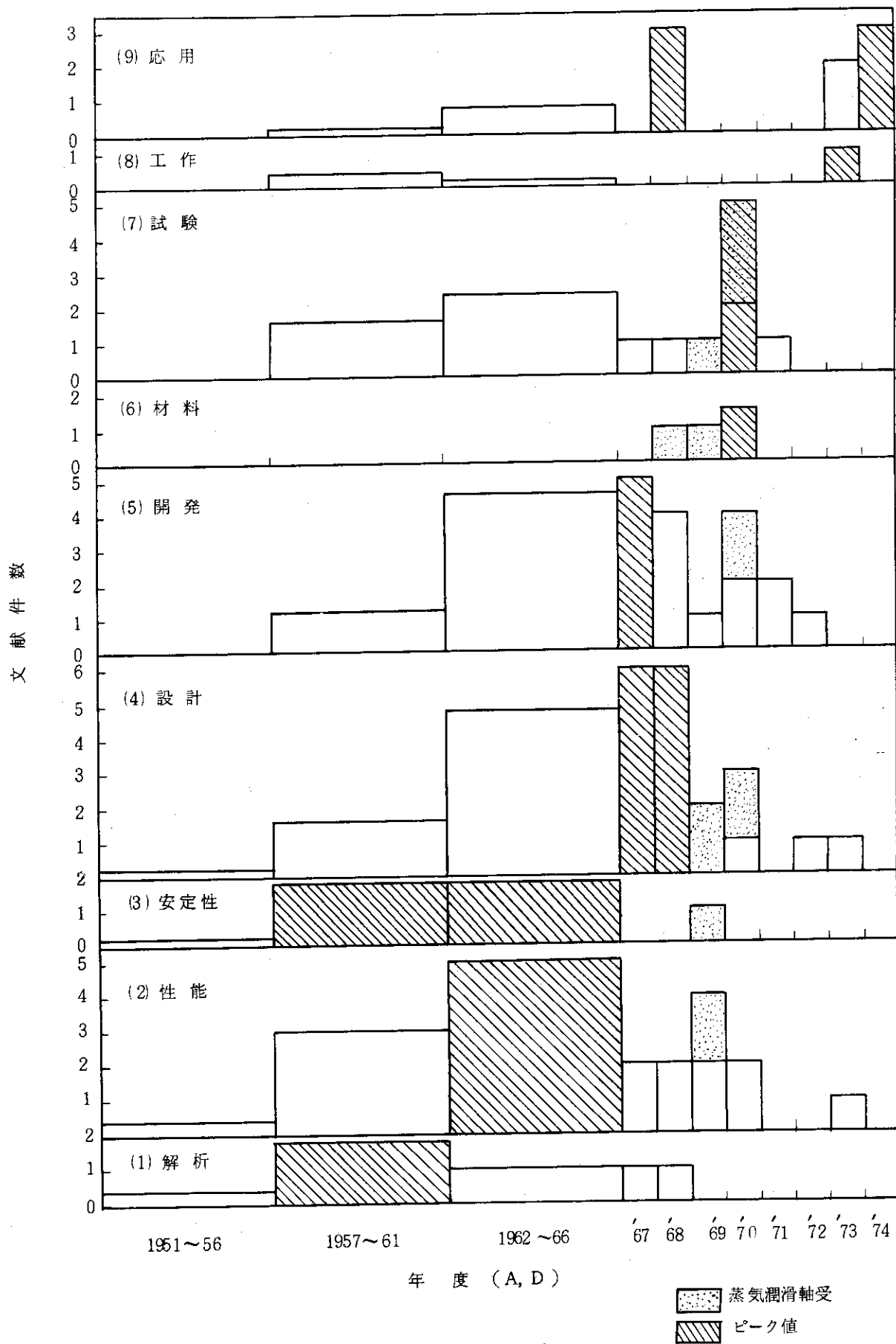


図-8 原子力関係の“気体軸受”に関する文献の内容別分類

表-5 原子力関係のガス潤滑油軸受に関する出典一覧表 (1/19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
51014	hydrodynamic	gas	analysis & design	5:6187
	[The Analysis and Design of Hydrodynamic Gas Bearings. R.R. Weber (North American Aviation, Inc.). Sept. 6, 1949. 27 p. (NAA-AL-699)			
48	gas	critical rotor speed, mathematical analysis	10:10127 (AERE-E/R-663)	
	[Critical Speeds of Rotor in Gas Journal Bearing. J. Woodrow. (Gt. Brit. Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berks, England.) Mar. 5, 1951. England.			
50	air	performance & stability	9:7844 (AERE-ED/R-1671)	
	[A Simple, Air Bearing, Rotor for Very High Rotational Speeds. A.C. Montgomery and Frank Sterry. (Gt. Brit. Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berks, England.) July 19, 1955. 10 p.			
57053	hydrostatic thrust	air	stability	12:8482 (NACA-TN-4095)
	[An Analysis of the Effect of Several Parameters on the Stability of an Air-Lubricated Hydrostatic Thrust Bearing. William H. Roudsbush. (Lewis Flight Propulsion Lab., Cleveland.) Oct. 1957. 34 p.			
54	air	mathematical analysis	11:7168 (AEC-tr-2920)	
	[The Aerodynamic Bearing. G. Heinrich. Translated by R. Todd from Maschinen b. u. Märowirtschaft. 7, 129-35 (1952). 15 p.			
57	air	bibliographies	12:13883 (APEX-390)	
	[Hydrodynamic and Hydrostatic Lubricated Bearings with Particular Reference to Air Bearings. A Literature Survey. M.A. Koenders. (General Electric Co. Aircraft Nuclear Propulsion Dept., Cincinnati.) Apr. 1958. 32 p. Contracts AF (33)(038)-21102 and AT(11-1) 171			
60	gas	bibliographies	12:4787 (NP-6557)	
	[A Bibliography on Gas-Lubricated Bearings. Interim Report. Eugene B. Sciuilli. (Franklin Inst. Labs for Research and Development, Philadelphia.) Dec. 1, 1957. 97 p. Contract Nonr-2342 (00). (I-A2049-1).			
61	gas	bibliographies	14:2508 (AECU-4440)	
	[A Bibliography on Gas-Lubricated Bearings-Revised. Interim Report. Eugene B. Scilli. (Franklin Inst., Labs. for Research and Development, Philadelphia.). Sept. 15, 1959. 108 p. Sponsored by DOD/AEC; Maritime Administration, and NASA under Contract Nonr-2342(00)			
65	gas	characteristics	13:9522	
	[Gas-Lubricated Bearings in Nuclear Engineering. Part II. D. Pantall and C.H. Robinson. Nuclear Eng. 4, 123-8 (1959) Mar.			
66	gas	conference	15:22412	
	[First International Symposium on Gas-Lubricated Bearings, October 26-28, 1959, Washington, D.C. Dudley D. Fuller, ed. (Office of Naval Research, Washington, D.C.) 624 p. (AGR-49)			
70	gas	design	15:17310 (ORO-381)	
	[The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Third Monthly Report. C.D. Pears (Southern Research Inst., Birmingham, Ala.). Aug. 12, 1960. 13 p.			
76	gas	design	13:8464 (P)	
	[Gas Lubricated Bearings. A.G. Montgomery and F. Sterry (to U.K. Atomic Energy Authority). British Patent 796,926. Nuclear Eng. 4, 48. (1959) Jan.			

(2 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
51077				
		gas	design	15:7480 (P)
			{ Gas Bearing. C.W. Skarstrom (to U.S. Atomic Energy Commission). U.S. Patent 2,951,729. Sep. 6, 1960.	
78	hydrodynamic	gas	design	14:6392 (P)
			{ Improvements in OR Relating to Hydrodynamic Gas Bearings. George William Kinwig Ford, David Melvyn Harris, and Derrick Pantall (to United Kingdom Atomic Energy Authority). British Patent 818, 588. Aug. 19, 1959.	
79	hydrodynamic	gas	design	15:27732 (P)
			{ Improvements in OR Relating to Gas Bearing Systems. Allan Barker and John Ashton (to United Kingdom Atomic Energy Authority). British Patent 876,136. Aug. 30, 1961.	
82	spherical externally pressurized	gas	design	14:15724 (JPL-TR-32-1)
			{ Externally Pressurized Spherical Gas Bearings. J.H. Laub and R.H. Norton. (California Inst. of Tech., Pasadena. Jet Propulsion Lab.) Apr. 1, 1960. 15 p.	
83	spherical	gas	design	15:17314 (ORO-385)
			{ The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Seventh Monthly Report. C.D. Pears (Sourther Research Inst., Birmingham, Ala.). Dec. 15, 1960. 8 p.	
85		air	development & application	13:5585 (AEC-tr-3495)
			{ Air-Lubricated Sliding Bearings. (Gleitlayer mit Luftschmierung.) H Drescher. Translated Oak Ridge National Lab. from VDI Zeitschrift 95, 1182-90B (1953). 36 p.	
86		gas	development & performance (reactor loops)	15:20808 (HW-SA-2143)
			{ Gas Lubricated Bearings in a Nuclear Application. E.C. Bennett. (General Electric Co. Hanford Atomic Products Operation, Richland, Wash.). Mar. 30, 1961. Contract AT(45-1)-1350. 43 p.	
89		helium	development (520°F)	15:30794 (TID-13212)
			{ Bearings for Operation in Dry Helium at 520°F. Final Report. Jamshed B. Havewala (Marlin-Rockwell Corp. Jamestown, N.Y.). May 1, 1961. For Kaiser Engineers, Inc., Oakland, Calif. Contract AT(10-1)-925, Subcontract No. 5918-RD5. 88 p.	
93		gas	development	12:12346 (AECU-3773)
			{ Annual Report ONR Project A-2049. Interim Report. Dudley D. Fuller. (Franklin Inst., Labs. for Research and Development, Philadelphia.) July 15, 1958. 27 p. Sponsored by AEC and ONR under Contract Nonr-2342(00). (I-A2049-3).	
94	externally pressurized journal	gas	development	14:12656 (JPL-PR-30-14)
			{ Externally Pressurized Journal Gas Bearings. John H. Laub. (California Inst. of Tech., Pasadena, Jet Propulsion Lab.) Nov. 1, 1959. 25 p. Contract NASw-b.	
95		gas	development (Closed-Cycle gas turbine)	14:22982
			{ Progress Report on the Development of Gas Bearings for Two Closed-Cycle Gas Turbine Rotors. Martin W. Eusepi and Dudley D. Fuller (Franklin Inst., Philadelphia) p. 326-49 of "Gas-Cooled Reactors. A Symposium of the Franklin Inst. and the Ame. Nucl. Soci." Journal of the Franklin Inst., 1960.	

(3 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
570103	spherical	gas	fabrication	15:17315 (ORO-386)
	[The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Eighth Monthly Report. C.D. Pears (Southern Research Inst., Birmingham, Ala.). Jan. 13, 1961. 7 p.]			
109	hydrostatic	gas	performance	14:16747
	[Hydrostatic Gas Bearings. John H. Laub (California Inst. of Tech., Pasadena). J. Basic Eng. 82, 276-86 (1960), June]			
110		gas	performance	13:16944 (WADC-TR-58-596)
	[Summary Report on Fluid Power Control to the United States Air Force. [Period Covered]: March 16, 1957 to September 30, 1958. P.F. Mayfarth, F.D. Ezekiel, S.Y. Lee, and H.H. Richardsor (M.I.T. Cambridge. Dynamic Analysis and Control Lab.) Oct. 2, 1958. 36 p. Contract AF33(616)-3173]			
111		gas	high speed, high temperature	15:5138 (WADD-TR-59-783)
	[Gas Lubrication of Bearings at Very High Temperature. First Summary Report [for] Period March 15, 1959 to December 15, 1959. Fred Macks (Tribo-Netics Labs., Vermilion, Ohio). Jan. 1960. 117 p. Project No. 3044. Contract AF33(616)-5982. (AD-237394)]			
114	hydrodynamic	gas	performance, molecular mean free path	12:9778 (WADC-TR-56-370) (Pt 3)
	[Research in High Temperature Bearing Lubrication in the Absence of Liquid Lubricants. Final Report [for] Nov. 1, 1956-Dec. 31, 1957. R.A. Coit, S.S. Soiem, R.L. Armstrong, and C.A. Converse. (Shell Development Co., Emeryville, Calif.) May 1958. 44 p. Contract AF33(616)-2999.]			
115		gas	instability	15:5139 (AERE-Trans-856)
	[On the Instability of Circular Gas-Lubricated Bearings. V.N. Constantinescu. Translated by W. Manz from Acad. rep. populare Romine, Inst. mecan. apl. "Traian Vuia," Studiiceretari mecan. apl. 10, 117-40 (1959). 33 p.]			
119		gases & liquids	theoretical differences	13:7339
	[Gas-Lubricated Bearings in Nuclear Engineering. D. Pantall and C.H. Robinson. Nuclear Eng. 4, 53-8 (1959) Feb.]			
124	pressurized	gas		14:3584 (AECU-4455)
	[Extension of the Conducting Sheet Analogy to Externally Pressurized Gas Bearings. Interim Report. Lazar Licht (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.) Oct. 1959. 15 p. Sponsored by Dept. of Defense AFC; and Maritime Administration under Contract Nonr-2342(00)]			
127		dry helium	performance	15:7450 (TID-11397)
	[Dry Bearing Endurance Test for the Service Machine: Experimental Gas-Cooled Reactor. B.H. Flippen (Allis-Chalmers Mfg. Co. Atomic Energy Div., Washington, D.C.). Sept. 29, 1960. 8 p. Contract AT(10-1)-925. (ND-0300). OTS]			
137		gas	performance	15:17312 (ORO-383)
	[The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Fifth Monthly Report. C.D. Pears (Southern Research Inst., Birmingham, Ala.). Oct. 14, 1960. 17 p.]			
138		gas	performance	15:17313 (ORO-384)
	[The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Sixth Monthly Report. C.D. Pears (Southern Research Inst., Birmingham, Ala.). Nov. 10, 1960. 15 p.]			
139		gas	performance	15:17316 (ORO-387)
	[The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Ninth Monthly Report. C.D. Pears (Southern Research Inst., Birmingham, Ala.). Feb. 17, 1961. 11 p.]			

(4 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
57140		gas	performance	15:17318 (ORO-389)
	[The True Stress-Strain Properties of Brittle Materials to 5000°F. Eleventh Monthly Report. C.D. Pears. (Southern Research Inst., Birmingham, Ala.). Apr. 10, 1961. 7 p.]			
142	thrust plate	gas	pressure distribution	15:5136 (DEG-Report-212)
	[Integration of the Pressure Distribution between Gas-Lubricated Thrust Plates. B. Ramsdale and P.J. Stokes (United Kingdom Atomic Energy Authority Development and Engineering Group, Capenhurst, Ches., England). Mar. 18, 1960. 9 p.]			
145	sleeves	gas	reduction of porosity	14:24229 (P)
	[Improvements in OR Relating to Gas Bearings. Albert George Montgomery. (to United Kingdom Atomic Energy Authority.) British Patent 846,742. Aug. 31, 1960.]			
148	externally pressurized	gas	stability, mathematical analysis	13:4686 (AECU-3913)
	[A Study of the Stability of Externally Pressurized Gas Bearings. Interim Report. L. Licht and H. Elrod. (Franklin Inst. Labs. for R. and D. Phil.) Nov. 1958. Sponsored by Dept. of Defense; USAEC; and Maritime Administration under Contract Nonr-2342(00). (I-A2049-4).]			
149		gas	stability	13:5643 (AERE-E/M-35)
	[The Stability of Gas Bearings. J. Woodrow. (Gt. Brit. Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berks, England.) July 11, 1950. 2 p.]			
150	journal	gas	stability	14:11706 (TID-5704)
	[Perturbation Analysis of the Stability of Self-Acting. Gas Lubricated Journal Bearings. Interim Report. Vittorio Castelli and Harold G. Elrod, Jr (Franklin Inst. Labs. for R. and D., Phil.) Feb. 1960. 31 p. Sponsored by DOD; AEC; Maritime Administration; and NASA under Contract Nonr-2342(00)]			
152	pressurized journal	gas	stability	14:3692 (AECU-4484)
	[Stability of Externally Pressurized Gas Journal Bearings. Interim Report. Lazar Licht. (Franklin Inst. Labs. for R. and D. Phil.) Oct. 1959, 36 p. Sponsored by Dept. of Defense; AEC; and Maritime Administration under Contract Nonr-2342(00). (I-A2049-8).]			
153	thrust & journal	gas	survey	13:17840 (WADC-TR-58-495)
	[Gas-Lubricated Bearings, A Critical Survey. Gilbert F. Boeker, Dudley D. Fuller, and Carl F. Kavan. (Columbia Univ., New York). July, 1958, 296 p. Project 3066. Contract AF33(616)-5054. (AD-216356).]			
165		gas	testing	15:38128 (ORNL-3102)
166		gas	testing	15:31709 (NBS-6737)
	[On the Cryogenic Aspects of Project Sherwood. Fourth Progress Report, October 1, 1960 to December 31, 1960. (National Bureau of Standards. Boulder Labs., Boulder, Colo.). Dec. 31, 1960. 21 P.]			
187	externally pressurized	gas	analysis & design	15:26126 (NP-10426)
	[Analysis and Design of Externally Pressurized Gas Bearings. I.C. Tang and W.A. Gross (International Business Machines Corp. San Jose, Calif.). Apr. 17, 1961. Contract Nonr-3448(00). 51 p. (RI-191)]			

(5 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
57192	cylindrical	gas	dynamic loading	15:4086 (NP-9486)
	Gas-Lubricated Cylindrical Journal Bearings of Finite Length. Part II. Dynamic Loading. B. Sternlicht (General Electric Company. General Engineering Lab., Schenectady, N.Y.) Sept. 9, 1960, 45 p. Contract NONR-2844(00)			
193	hydrodynamic	gas	misalignment	14:16748
	Torque Produced by Misalignment of Hydrodynamic Gas-Lubricated Journal Bearings. J.S. Ausman (North American Aviation, Inc., Downey, Calif.). J. Basic Eng. 82, 335-41 (1960) June			
194	pivoted pad	gas	testing	13:1358 (IGR-R/CA-285)
	Pivoted-Pad Journal Bearings Lubricated by Gas. L.N. Snell. (United Kingdom Atomic Energy Authority. Industrial Group. H.Q. Risley, Lancs, England.) May 18, 1958. 31 p.			
199		gas	performance	14:2514
	Study of Gas-Lubricated, Hydrodynamic, Full Journal Bearings. S. Whitley and C. Betts (U.K.A.E.A., Capenhurst, Ches., Eng.). Brit. J. Appl. Phys. 10, 455-63 (1959) Oct.			
200	self-acting	gas	performance	15:17037 (NP-10050)
	Observations on the Performance of Self-Acting Gas Journal Bearings. Richard Elwell (General Electric Co. General Engineering Lab., Schenectady N.Y.) Mar. 3, 1961. Contract NONR-2844(00). 31 p.			
203		gas	whirl	15:23593 (NP-10394)
	On the Translatory Whirl Motion of a Vertical Rotor in Plain Cylindrical Gas-Dynamic Journal Bearings. C.H.T. Pan and B. Sternlicht (General Electric Co., General Engineering Lab., Schenectady, N.Y.) May 8, 1961. Contract NONR-2844(00). 33 p.			
204	self-acting	gas	stability	14:17951 (NP-8772)
	Gas Bearing Stability Study-Vertical Rotor Investigation. R.C. Elwell, R.J. Hooker, and B. Sternlicht. (General Electric Co. General Engineering Lab., Schenectady N.Y.) May 20, 1960. 62 p. Contract Nonr-2844(00)			
205	pressure-fed	gas	static strength	12:10528 (AERE-ED/R-1672)
	The Static Strength of Pressure Fed Gas Journal Bearings; Porous Bearings. Cyril H. Robinson and Frank Sterry. (United Kingdom Atomic Energy Authority. Research Group. Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berks, England.) Dec. 1957. 69 p.			
206	pressure-fed	gas	static strength	13:4616 (AERE-R/R-2642)
	The Static Strength of Pressure Fed Gas Journal Bearings-Jet Bearings. C.H. Robinson. (United Kingdom Atomic Energy Authority. Research Group. Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berks, England). Sept. 1958. 68 p.			
208		air	theory	13:10167 (IGRI-I/CA-86)
	Theory of Journal Air-Bearing. T. Sasaki and H. Mori. Translated by D. Jackson (U.K.A.E.A. Risley) from Trans. Soc. Mech. Engrs. (Japan) 19, No.6, 45-8 (1953).			
209		gas	theory	14:8514 (AECU-4688)
	Refinements of the Theory of the Infinitely Long Self-Acting, Gas-Lubricated Journal Bearing. Interim Report. Harold G. Elrod, Jr and Albert Burgdorfer. (Franklin Inst. Labs. for R. and D. Phil.). Jan. 1960. 48 p. Sponsored by DOD; AEC; Maritime Administration; and NASA under Contract Nonr-2342(00)			

(6 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62022	foil	air	analysis	19:12880 (TID-21235)
	[Axisymmetrical Foil Bearing-Compressible Flow. E. Barlow (Ampex Corp., Redwood City, Calif.). June 1964. Contract Nonr-3815(00). 30 p. (RR-64-6).			
23	externally pressurized thrust	gas	analysis	20:10974 (AEC-tr-6665)
	[Aerostatic [Externally-Pressurized Gas Lubricated] Thrust Bearings. Loch, Erwin. Translation of Thesis Submitted to the Technical University of Graz, Austria. Dec. 1965. 180 p. (T-A2049-26)			
29	gas	gas	bibliography	16:6518 (TID-14209)
	[A Bibliography (with Abstracts) on Gas-Lubricated Bearings-Revised. Interim Report. A. Peters and E.B. Sciulli-D.D. Fuller, ed. (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.). Oct. 15, 1961. Contracts [AT(30-1)-1484] and Nonr-2342(00). 186 p. (T-A2049-16; AD-264965).			
30	gas	gas	bibliography	20:7223 (TID-22477)
	[A Bibliography (with Abstracts) on Gas-Lubricated Bearings. Peters, Alec; Devlin, Patricia (Franklin Inst. Research Labs., Philadelphia, Pa.). Nov. 1965. Contract Nonr-2342(00). 213 p. (T-A2049-25).			
33	gas	gas	book	16:23813
	[Gas Film Lubrication. W.A. Gross. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1962. 424 p.			
34	sleeves	gas	casting of plastics	19:24644 (TRG-Report-522)
	[Cast Epoxy Resin Gas Bearings. R. Swinhoe (Reactor Group, United Kingdom Atomic Energy Authority, Risley (England)). May 21, 1963. 30 p.			
36	gas	gas	design & characteristics, gas cooled reactors	16:12691
	[Gas Bearing for Compressors in Gas-Cooled Reactors. S. Whitley. (United Kingdom Atomic Energy Authority, Capenhurst, Ches., Eng.). Progr. in Nuclear Energy, Ser. IV, 3:3-28 (1960)			
37	gas	gas	design development	16:11818 (TID-14962)
	[The Application of Gas Lubricated Bearings to High-Speed Turbo Machinery. Quarterly Technical Report, September 1, 1961 to November 30, 1961. M.W. Eusepi, A. Marmorou and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 39 p. (Q-A2392-3-3)			
39	gas	gas	design & development, space power systems	17:36987 (SY-5394-R) (Vol. I)
	[Technical Proposal-Advanced Closed-Brayton-Cycle Space Power System. (Garrett Corp. AResearch Mfg. Div. of Arizona, Phoenix). Aug. 24, 1962. 482 p.			
45	gas	gas	design development	17:27510 (TID-18924)
	[The Application of Gas Lubricated Bearings to High-Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report, December 1, 1962 to February 28, 1963. J.G. Hinkle, E.J. Gunter, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 70 p. (Q-A2392-3-8)			
47	gas	gas	design & testing	20:9095 (NYO-3237-3)
	[Experimental Test and Evaluation of a Gas-Bearing Brayton Cycle Turbocompressor. Progress Report for Quarters March-May 31, 1965; June 1 - August 31, 1965, Curven, P.W.; Schwarz, H. (M.T.I., Latham, N.Y.) Sept. 22, 1965. Contract AT(30-1)-3237. 121 p. (MTI-65TR53)			

(7 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62052		gas	design A Report on the Status of Gas Lubrication for Turbomachinery. W.F. Crowe, J.H. Russell (Los Alamos Scientific Lab., N. Mex.) and B. Sternlicht (M.T.I. Latham, N.Y.). [1963]. Contract W-7405-eng-36. 38 p. (CONF-251-2)	18:1845 (LADC-6079)
53	thrust	gas	design Improvements in or Relating to Thrust Bearings. Stanley Whitley and Leonard Glyndwr Williams (to United Kingdom Atomic Energy Authority). British Patent 887,695. Jan 24, 1962.	16:8850 (P)
54		gas	design Stepped Gas Bearing. Anderson, Thure (to U.S. Atomic Energy Commission). U.S. Patent 3,195,963. July 20, 1965.	19:33712 (P)
55	thrust	gas	design Design Guide for Gas-Lubricated Tilting-Pad Journal and Thrust Bearings with Special Reference to High Speed Rotors. Gunter, E.J. Jr.; Hinkle, J.G.; Fuller, D.D. (Franklin Inst. Research Labs., Philadelphia Pa.) Nov. 1964. Contract AT(30-1)-2512. 230 p. (I-A2392-3-1).	19:40736 (NYO-2512-1)
56	dynamic	gas	design Improvements in Fluid Film Dynamic Bearing-Systems. Fernand Bourquard (to Commissariat à l'Énergie Atomique). British Patent. 903,055. Aug. 9, 1962.	16:27178 (P)
64		helium atmosphere	development & performance (50°F) Ball Bearing Performance in Helium Atmosphere at 500 Deg F. J.B. Havewala and J.H. Johnson. (Marlin-Rockwell Corp., Jamestown, N.Y.). New York, A.S.M.E, 1964, Preprint No. 64-WA/LUB-8, 12 p. (CONF-763-24)	19:13573
78		helium atmosphere	development, reactor Plain and Roller Bearings for Extreme Reactor Conditions. (PART) II. F. Helfrich. Atomwirtschaft, 9:168-74 (Apr. 1964) (in German)	19:5406
79		gas	development Interim Report on the Development of Gas-Lubricated Bearings for Closed-Cycle, Gas-turbine Rotors. M.W. Eusepi and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.) June 1961. Contracts [AT(30-1)-2585] and Nonr-2342(00). 52 p. (I-A2049-14)	16:7635 (TID-13928)
80		gas	development The Application of Gas-Lubricated Bearings to High Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report Covering Period April 1, 1961 to June 30, 1961. M.W. Eusepi and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 34 p. (Q-A2392-3-1)	16:13182 (TID-13998)
81		gas	development Instrumentation Laboratory. (Massachusetts Inst. of Tech., Cambridge).	20:29366 (TID-22970) p. 375-91
82		gas	development The Application of Gas-Lubricated Bearings to High Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report, December 1, 1961 to February 28, 1962. M.W. Eusepi, A. Marmarou, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 35 p. (Q-A2392-3-4)	16:27162 (TID-16105)
83		gas	development (French programs) Gas-Bearing Development at the Societe Rateau (France). J.S. Chaboneau and C. Mech (Société Rateau, La Courneuve, France)	16:28407 (TID-7631) (p.292-306)

(8 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62084		gas	development	16:28408 (TID-7631) (p. 307-34)
	[Progress Report on the Development of Gas-Lubricated Bearings for High-Speed Rotating Machinery. M.W. Eusepi and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Philadelphia).]			
85		gas	development, gas-cooled reactor	16:28409 (TID-7631) (p. 335-43)
	[A High-Temperature Motor Test Unit Utilizing Gas Bearings. Justin Cherubim and Stanley Abramovitz (Continental Bearing Research Corp., New York.)]			
86		gas	development, review	16:28410 (TID-7631) (p. 344-60)
	[Gas Bearing State of the Art. Beno Sternlicht (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.)]			
87		gas	development, review (French)	16:28412 (TID-7631) (p. 397-402)
	[Proceeding Developments on Gas-Bearing at Societe Rateau (France). J.S. Chaboseau (Société Rateau, La Courneuve, France).]			
88		gas	development	17:10781 (TID-17311)
	[The Application of Gas-Lubricated Bearings to High Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report, June 1-August 31, 1962. E.J. Gunter, J.G. Hinkle, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 97 p. (Q-A2392-3-6).]			
89		gas	development	17:10782 (TID-17756)
	[Recent Progress on the Development of Gas. Lubricated Bearings for High Speed Rotating Machinery. E.J. Gunter, Jr., and D.D. Fuller (Franklin Inst. Philadelphia). [1963]. Contract AT(30-1)-2512. 43 p.]			
90		gas	development	17:16182 (TID-18292)
	[The Application of Gas-Lubricated Bearings to High-Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report, September 1, 1962-November 30, 1962. E.J. Gunter, J.G. Hinkle, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs for R. and D. Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 39 p. (Q-A2392-3-7).]			
91		gas	development	17:21137 (NBS-7677)
	[Thirteenth Progress Report on the Cryogenic Aspects of Project Sherwood, December 31, 1962 to March 31, 1963. (National Bureau of Standards. Boulder Labs., Boulder, Colo.). Mar. 31, 1963. 5 p.]			
92		gas	development	17:25037 (CEA-2240)
	[Contribution Expérimentale a L'étude des Paliers a Gaz. (Experimental Contribution to the Study of Gas Bearings). Gérald Gobert (France. Commissariat a l'Energie Atomique. Centre d'Etudes Nucleaires, Saclay). 1962. 95 p.]			
93		gas	development, reactor	18:9710
	[For a Nuclear Loop: Gas Bearings. E.C. Bennett (General Electric Co., Richland, Wash.). Mech. Eng., 85:26.9 (June 1963).]			
98	multi-pad gas		development	18:23746 (TID-7690) (p. 263-72)
	[Development of Prospects for Multi-Pad Gas-Bearings. Jacques P. Chaboseau and Christian Mech (Societe Rateau, La Courneuve, France).]			

(9 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62099	plain & roller	dry helium atmosphere	development, reactor	18:21575
	[Plain and Roller Bearings for Extreme Reactor Conditions. F. Helfrich (Brown Boveri/Krupp Reaktor bau GmbH, Mannheim, Ger.). Atomwirtschaft, 9: 126-8 (Mar. 1964). (In German)]			
109		gas	capillary pump	16:1275 (NF-10832)
	[Research Summary No.36-10, Volume I for the Period June 1, 1961 to August 1, 1961 [On Space-Related Research]. (California Inst. of Tech., Pasadena. Jet Propulsion Lab.). Sept. 1, 1961. Contract NASw-b.]			
110		gas	uses & performances	17:8287
	[Investigation of Aerostatic Axial Bearings for Turbo-Machinery. E. Loch (Escher Wyss A.G. Zurich). Atomkernenergie, 7: 489-95 (Dec. 1962). (In German)]			
114	orifice compensation	gas	load carrying capacity	16:1879 (NBS-TN-115)
	[Load Carrying Capacity of Gas-Lubricated Bearings with Inherent Orifice Compensation Using Nitrogen and Helium Gas. H. Sixsmith, W.A. Wilson, and B.W. Birmingham (National Bureau of Standards. Cryogenic Engineering Lab., Boulder, Colo.). Aug. 1961. 36 p. (PB-161616)]			
120		air	bibliography & development	16:13170 (DC57-4-146)
	[Hydrodynamic and Hydrostatic Lubricated Bearings with Particular Reference to Air Bearings-A Bibliography. M.A. Koenders (General Electric Co. Aircraft Nuclear Propulsion Dept.). April 25, 1957. Contract AT(11-1)-171. 43 p.]			
140		gas	operation, DR-1 in pile loop	16:28404 (TID-7631)
	[Operating Experience with Gas Bearing Circulators in an In-Reactor Test Loop. E.C. Bennett (General Electric Co. Hanford Atomic Products Operation, Richland, Wash.). (HW-SA-2464)]			
144		gas	performance, HTGR in pile loop	16:28405 (TID-7631)
	[Performance of a Gas-Bearing Compressor in the General Atomic HTGR In-Pile Loop. R. Stella (General Atomic Div. General Dynamics Corp., San Diego, Calif.).]			
145		gas	performance	16:28406 (TID-7631)
	[Operating Characteristics of Gas-Bearing Compressors built by Bristol Siddley Engines, Ltd. D.L. Gray (Oak Ridge National Lab., Tenn.).]			
146		gas	performance	17:33149 (NBS-7919)
	[On the Cryogenic Aspects of Project Sherwood. Fourteenth Progress Report, April, 1963 to June 30, 1963. (National Bureau of Standards. Boulder Labs., Boulder, Colo.). June 30, 1963. 7 p.]			
147		gas	performance	18:21095 (NBS-8239)
	[Cryogenic Magnet Refrigeration. Interim Report. D.B. Mann, M.T. Norton, and T.R. Strobridge (National Bureau of Standards. Boulder Labs., Boulder, Colo.). Feb. 1, 1964. 129 p.]			
148		gas	performance	20:43469 (TID-23350)
	[An Experimental Study of Flow Phenomena in the Feeding Region of an Externally Pressurized Gas Bearing. Vohr, J.H. (M.T.I., Latham, N.Y.). July 21, 1966. Contract Nour-3730(00). 53 p. (MTI-65TR47).]			

(10 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
620150	stainless steel, annular	helium	performance	(510°F) 16:4545 (TID-14358)
	[Report of Dry Running Two 440-C Heat-Treated Stainless Steel Annular Ball Bearings in a Helium Atmosphere at 510°F Temperature. R.J. Stuart, Jr. (Messinger Bearings, Inc., Phil.). Sept. 1961. For Bald Win-Lima-Hamilton Corp., Phil., Contract AT(30-1)-2190. 46 p.]			
152	stainless steel, annular	helium	performance	(510°F) 16:4546 (TID-14359)
	[Report of Dry Running Two 440-C Heat Treated Stainless Steel Annular Ball Bearings in a Helium Atmosphere at 510°F Temperature. R.J. Stuart, Jr. (Messinger Bearings, Inc., Phil.). Oct. 1961. For Bald Win-Lima-Hamilton Corp., Phil., Contract AT(30-1)-2190. 45 p.]			
153	tilting-pad	gas	performance	20:458 (NVO-2512-15)
	[The Application of Gas Lubricated Bearing to High Speed Turbo-Machinery. Final Report. Hinkle, J.G.; Fuller D.D. (Franklin Inst. Research Labs, Philadelphia, Pa). June 30, 1965. Contract AT(30-1)-2512]			
154		gas	performance & testing	20:20841 (NVO-3237-5)
	[Experimental Test and Evaluation of a Gas Bearing Brayton Cycle Turbocompressor. Quarterly Progress Report, Dec. 1, 1965. Feb. 28, 1966. Curwen, P.W. (M.T.I., Latham, N.Y.). Mar. 4, 1966. Contract AT(30-1)-3237. 59 p. (MTI-66TRI4).]			
156	partial-arc & slider	gas	analysis	19:11313 (TID-21557)
	[An Analysis of The Trailing Edge Effect in Slider and Partial Arc Gas. Lubricated Bearings. Interim Report. H.G. Elrod, Jr. and J.T. McCabe (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.) Dec. 1964. Contracts [AT(30-1)-1484] and Nonr-2342(00). 17 p.]			
163		gas	shaft movement measurement	19:2469 (PAN-520/IX)
	[Pomiar Szczeliny W Lozysku Gazowym. (Slot Measurement of a Gas Bearing). J. Dziedzic (Polish Academy of Sciences. Inst. of Nuclear Research, Warsaw). May 1964. 27 p.]			
164	axial-groove	gas	solution of Reynold's equation	19:36575 (TID-22025)
	[Equilibrium Characteristics of Axial Groove Gas Lubricated Bearings. Lubrication Research Laboratory Report No.1. Castell; Vo; Pirvics, J. (Columbia Univ., New York. School of Engineering and Applied Science). [1964]. Contract Nonr-266-(88). 72 p.]			
165	thrust	air	stability	16:14848 (TID-15340)
	[Experimental Determination of Stability Boundaries for an Externally Pressurized, Gas Lubricated Thrust Bearing. Interim Report. Charles Stevenson and Lazar Licht (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.) Feb. 1962. Contracts Nonr-2342(00) and AT(30-1) 2585. 38 p.]			
166	externally pressurized	gas	stability	16:5438 (TID-12561)
	[An Analytical and Experimental Study of the Stability of Externally-Pressurized, Gas Lubricated Thrust Bearings. Interim Report. L. Licht and H.G. Elrod, Jr. (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.) Feb. 1961. Contracts Nonr-2342(00) and AT(30-1)2585. 223 p.]			
167	self-acting	gas	stability	17:25390 (TID-18691)
	[Solution of the Stability Problem for 360° Self-Acting Gas-Lubricated Bearings of Infinite Length. Interim Report. V. Castelli, and H.G. Elrod, Jr. (Franklin Inst. Labs. for R. and D., Phil.). Mar. 1963. Contract Nonr-2342(00). 161 p. (I-A2049-20)]			
168		gas	stability (step-response method)	20:36980
	[Determination of Gas Bearing Stability by Response to a Step-Jump. Elrod, E.G. Jr.; McCabe J.T.; Chu, T.Y. (Franklin Inst. Research Labs., Philadelphia, Pa.). [1965]. Contract Nonr-2342(00). 49 p. (I-A2049-27)]			

(11 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62173		gas	testing	20:43481 (NYO-3237-6)
	Experimental Test and Evaluation of a Gas-Bearing Brayton Cycle Turbocompressor. Quarterly Progress Report, March 1-June 20, 1966. Meacher J.S. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Aug. 26, 1966. Contract AT(30-1)-3237. 46 p. (MTI-66TR44)			
174	hydrostatic	gas	testing	18:23748 (TID-7690) (p. 303-12)
	Tests Using Hydrostatic Gas Bearings. D.L. Gray (Oak Ridge National Lab., Tenn.).			
182		gas	uses	19:24653 (NYO-3237-1)
	Design and Development of a Gas-Bearing Brayton Cycle Turbocompressor. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Mar. 1, 1965. Contract AT(30-1)-3237. 96 p. (MTI-64TR7).			
183	spherical	gas	uses	19:33700 (SC-TM-65-93)
	Gas Bearing Attitude Control Simulator. Schafer, D.R. (Sandia Corp., Albuquerque, N. Mex.). Apr. 1965. Contract AT(29-1)-789. 17 p.			
189	bearing & face seal	gas	design	16:16484
	Developing Face Seals for Rotating Shafts. M.G. Marsh(Napier Aero Engines Ltd., [Eng.]). Nuclear Eng., 7: 149-51 (Apr. 1962)			
209		helium	design	18:3063 (LADC-6050)
	Development of UHTREX Gas-Bearing Compressors. W.E. Crowe (Los Alamos Scientific Lab., No Mex.) and Hans Schwarz (M.T.I., Latham, N.Y.). [1963]. Contract W-7405-eng-36. 11 p. (CONF-251-3)			
236	self-acting partial-arc	gas	design & performance, analysis	17:25389 (TID-18667)
	Steady-State Characteristics of Gas-Lubricated, Self-Acting, Partial-Arc, Journal Bearings of Finite Width. Interim Report. V. Castelli, C.H. Stevenson, and E.J. Gunter, Jr., (Franklin Inst. Labs for R. and D. Phil.). Apr. 1963. Contract Nour-2342(00). 52 p. (I-A2049-18)			
237	self-acting pivoted pad	gas	design & performance	18:3177 (TID-19549)
	The Application of Gas-Lubricated Bearings to High-Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report, June 1, 1963-August 31, 1963. E.J. Gunter, Jr., J.G. Hinkle, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 57 p. (Q-A2392-3-10)			
238	self-acting pivoted pad	gas	design & performance	18:20135 (TID-20448)
	The Application of Gas-Lubricated Bearings to High-Speed Turbo Machinery. Quarterly Technical Report, Sep. 1, 1963 to Nov. 30, 1963 J.G. Hinkle, E.J. Gunter, Jr., and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Philadelphia). Contract AT(30-1)-2512. 19 p.			
239	self-acting pivoted pad	gas	design & performance	18:31697 (TID-20847)
	The Application of Gas-Lubricated Bearings to High-Speed, Turbo-Machinery. Quarterly Technical Report, December 1, 1963-February 29, 1964. J.G. Hinkle, E.J. Gunter, Jr., and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 22 p.			
241	self-acting pivoted pad	gas	design & performance	18:35679 (TID-20976)
	The Application of Gas-Lubricated Bearings to High-Speed Turbo Machinery. Quarterly Technical Report, March 1, 1964-May 31, 1964. J.G. Hinkle, E.J. Gunter, Jr., and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 15 p.			

(12 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62244	grooved	gas	design & stability Experiments on an Ultrastable Gas-Journal Bearing. Malanoski, S.B. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Nov. 1965. Contract AT(30-1)-3363 36 p. (MTI-65TR37).	20:10979 (TID-22528)
248		gas	design, whirl suppression Improvements in or Relating to Journal and Journal Bearing Assemblies. Stanley Whitley and Dvavid Shaun Allen (to United Kingdom Atomic Energy Authority). British Patent 888,155, Jan. 24, 1962.	16:8853 (P)
249		gas	design Improvements in or Relating to Gas Lubricated Journal and Journal Bearing Assemblies in Pumps. Stanley Whitley and David Shaun Allen (to United Kingdom Atomic Energy Authority). British Patent 891,039. Mar. 7, 1962	16:11822 (P)
250		gas	design Gas Lubricated Journal Bearing Assemblies. Allan Barker (to United Kingdom Atomic Energy Authority). U.S. Patent 3,034,837. May 15, 1962.	16:17790 (P)
251		gas	design Methods of Manufacturing Journal and Journal Bearing Members. Arthur John Bovahill (to United Kingdom Atomic Energy Authority). U.S. Patent 3,158,924. Dec. 1, 1964. Priority date May 17, 1961, Great Britain.	19:24662 (P)
252	tilting-pad ibid 62055	gas	design tilting-pad	19:40736 (NYO-2512-1)
253	hydrostatic Journal Bearings. Stanley Whitley (to United Kingdom Atomic Energy Authority). U.S. Patent 3,039,830. June 19, 1962.	gas	design	16:22295 (P)
256	externally pressurized & self-acting The Application of Gas-Lubricated Bearings to High-Speed, Turbomachinery. Quarterly Technical Report, Mar. 1-May 31, 1963. E.J. Gunter, Jr., J.G. Hinkle, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 7 p. (Q-A2392-3-9)	gas	development	17:39221 (TID-19476)
257		gas	development The Application of Gas-Lubricated Bearings to High Speed Turbomachinery. Quarterly Technical Report, July 1, 1961-August 31, 1961. M.W. Eusepi and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for R. and D., Phil.). Contract AT(30-1)-2512. 8 p. (Q-A2392-3-2).	16:14847 (TID-13999)
263	externally pressurized On the Hybrid Gas Lubricated Journal Bearing. J.W. Lund (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Mar. 15, 1962. Contract Nonr-3730 (00). 64 p. (MTI-62TR2)	gas	load capacity	16:23806 (TID-15295)
266		air	performance Air-Lubricated Journal Bearings at High Compressibility Numbers. J. Kerr (National Engineering Lab., East Kilbride, Eng.). Preprint Paper No.5. London, The Institution of Mechanical Engineers, 1962. 8 p.	16:29082
268	tilting-pad An Investigation of Pressure Distribution in Gas Lubricated, Tilting Pad, Journal Bearings for High-Speed Rotors. E.J. Gunter, Jr., J.G. Hinkle, and D.D. Fuller (Franklin Inst. Labs. for Research and Development, Philadelphia)	gas	pressure distribution	18:23747 (TID-7690) (p. 273-302)

(13 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
62269	spiral grooved self-acting	gas	pressure distribution	18:25640 (TID-20632)
273	tilting-pad	gas	stability analysis	18:31696 (TID-20846)
274	gas	gas	stability	19:32048 (NP-15073)
283	air	air	whirl	16:16475 (NP-11494)
67001	porous graphite hemispherical	air	design & performance	21:43097 (Y-1581)
4	journal & thrust	gas	design, circulator	21:34366 (TRG-Report 1404 Paper 3)
5	gas	gas	design, power reactor	21:34092 (EUR-2757 e. pp195)
6	porous graphite thrust	gas	design	21:43096 (Y-1578)
17	gas	gas	development	21:10506 (NYO-3237-7)
20	process-fluid	process-fluid	development, nuclear power	21:14350 (MTI-66TR66 pp2.1-4)

(14 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
67021		process-fluid	development	21:14354 (MTI-66TR66 p6.3.1-26)
	[Bearing and Seal Materials for Liquid Metal Lubrication. Murray, S. Frank (Mechanical Technology Inc. Latham, N.Y.)]			
22		process-fluid	development	21:14351 (MTI-66TR66 pp3.1-36)
	[Process-Fluid Lubrication of Turbomachinery Bearings. Arwas, E.B. (Mechanical Technology Inc., Latham N.Y.) Includes Appendix by E.B. Arwas and W.D. Waldron.]			
26		process-fluid	development, conference	21:14349 (MTI-66TR66)
	[Proceedings of the Technical Meeting on Super-Laminar Flow Bearings and Seals for Process-Fluid Lubricated Turbomachinery, November 1 and 2, 1966 Albany New York. Arwas, E.B.(ed) (M.T.I., Latham N.Y.). Dec. 1966. Contract AT(30-1)-3363. 490 p. (NYO-3363-6; CONF-661112).]			
32		gas	solution of time transient equation	21:32294 (TID-23853)
	[Semi-Implicit Numerical Method for Treating the Time Transient Gas Lubrication Equation. Castelli, V.; Stevenson, Charles H. (Mechanical Technology Inc., Latham N.Y.). Mar. 1967. Contract Nonr-3730(00). 17 p. (MTI-67TR14).]			
37		air	design, spindle	21:217
	[Air Bearing Spindle for Numerically Controlled Turning Machine (Engineering Drawings). Union Carbide Corp., Oak Ridge, Tenn. Y-12 Plant). (CAPE-1486)]			
38		helium atmosphere	testing, reactor	21:12260 (AEC-tr-6849) (pf. 2)
	[Plain and Antifriction Bearings for Extreme Reactor Conditions. [Part] II. Helfrich, F. Translated from Atomwirtschaft, 9: 168-74(1964). 26 p.]			
48		air	design	21:43096 (Y-1578)
	[porous graphite]			
50		gas	performance	21:40730 (MIT-66-TR-51)
	[Air Bearing Spindle for Production Machine Tools. Steger, P.J.; Abbatiello, L.A. (Union Carbide Corp., Oak Ridge Tenn. Y-12 Plant) Sept. 25, 1967. Contract W-7405-eng-26. 45 p.]			
68005		gas	description, reactor	22:7848
	[Shake Table Tests of a Spiral-Grooved Journal Bearing. Malanoski, S.B. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.) Feb. 1967. Contract Nonr-3730(00). 28 p. (AD-656398).]			
	[Totally Enclosed Blowers with Gas-Lubricated Bearings. van Zijl, N.A.; Eggmann, J. (British Brown Boveri Ltd., London). Proc. Inst. Mech. Eng. (London), 181: pt. 3I, 138-47 (1966-67).]			
8		gas	design & use, nuclear power plant	22:8266
	[Process Fluid Lubricated Turbomachinery in Nuclear Applications. Sternlicht, B.; Schwarz H.; Luchter, S. (M.T.I. Latham, N.Y.). pp 1-20 of Bearing and Seal Design in Nuclear Power Machinery. Burton, R.A. (ed.) New York, A.S.M.E., 1967.]			
9		gas	design & use	22:45219 (NYO-3237-10)
	[Turbomachinery Research for Nuclear Systems. Part I. Feasibility of Process-Gas Lubrication for High Temperature Turbine-Driven Machinery. Part II. Aerodynamic Performance of a Gas-Bearing Turbocompressor Operation in a Closed Brayton Cycle Loop. Curven, P.W. et al (M.T.I.). July 1968. 226 p. (MTI-68-TR5)]			

(15 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
68011	hybrid journal	gas	design	22:8278
	Hybrid Gas Bearings for a Graphite Helical Screw Expansion Engine. Donaldson, R.R. (Univ. of California, Berkeley). pp 336-53 of Bearing and Seal Design in Nuclear Power Machinery. Burton, Ralph A. (ed.). New York, American Society of Mechanical Engineers, 1967.			
13	porous graphite hemispherical	air	design	22:14641
	Spherically Designed Air-Lubricated Spindles (Engineering Materials). (Union Carbide Corp., Oak Ridge, Tenn. Y-12 Plant). (CAPE-1627)			
17		gas	design	22:8267
	Design Aspects of Motor-Driven Gas-Bearing Compressors. Schwarz, Hans (Mechanical Tech. Inc., Latham, N.Y.). pp 21-32 of Bearing and Seal Design in Nuclear Power Machinery. Burton, R.A. ed.). New York, A.S.M.E., 1967.			
21		gas	development & uses, nuclear field	22:23201
	Machines with Gas Bearings in Nuclear Energy. Mech., C. Energ. Nucl. (Paris), 9: 508-14 (Dec, 1967) (in French).			
23		helium	development, helium cooled reactor	22:42223
	Gas Circulator Bearings. Baumann, H. (Brown, Boveri and Cie., Ltd. Baden, Switzerland). Neue Tech., 10:1112-17 (June 1968). (in German).			
29		process-fluid	super laminar	22:8277
	Super-Laminar Flow in Bearings and Seals. Pan, C.H.T.; Vohr, J.H. pp 219-50 of Bearing and Seal Design in Nuclear Power Machinery. Burton, R.A. (ed.). New York A.S.M.E., 1967.			
41		steam	materials evaluation	22:17073 (MTI-68-TR-13)
	Selection and Evaluation of Materials for Steam Lubricated Bearings. Murray, S.F.; Orcutt, F.K. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Feb. 1968. Contract AT(30-1)-3839. 57 p. (NYO-3839-1).			
45	partial journal	gas	performance	22:2282
	Influence of Lubricant Compressibility on the Performance of the 120 degree Partial Journal Bearing. Gunter, E.J. Jr. Univ. of Virginia, N.Y.). Feb. 1968. Contract AT(30-1)-3839. 57 p. (NYO-3839-1).			
46	partial journal	gas	performance	22:2282
	Experimental Test and Evaluation of a Gas-Bearing Brayton Cycle Turbocompressor. Quarterly Progress Report September 1, 1966-December 31, 1966. Meacher, J.S. (M.T.I., Latham, New York), Oct. 6, 1967. Contract AT(30-1)-3237. 75 p. (MTI-67TR74).			
51	hydrostatic	gas	description	22:37596 (P)
	Improvements Relating to Rotary Bearing Arrangements for Large Heavy Objects, for Example Rotatable Sections of Shielding in Nuclear Reactors. Gregson, John (to Fairray Engineering Ltd.). British Patent 1,116,402. June 6, 1968. Filed Nov. 22, 1963.			
53	externally pressurized	gas	testing	22:6509 (BMWV-FBK-67-14)
	Dynamische Untersuchungen an Aerostatischen Querlagern. (Dynamical Investigations on Externally Pressurized Gas Journal Bearings). Huber, P.R. (Technische Hochschule, Brunswick (W.G.) Institut fuer Maschinenelemente und Foerdertechnik). Feb. 1967. 134 p. (in German).			
65		gas	description	22:7848 (P)
	(ibid 68005)			

(16 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
68070	{ ibid 68023	helium	development	22:42223
74	oil-fed [Shaft Seals for Gas Circulators. Gibson, W.H.; Little, J.A. CC.A. Parsons and Co., Ltd., Newcastleupon-Tyne, Eng.) Proc. Inst. Mech. Eng. (London), 181: Pt. 31, 148-55 (1966-67).]	gas	development	22:7849
82	{ ibid 68017	gas	design	22:8267
69003	thrust [Design of an Experimental Steam-Lubricated Rotor-Bearing System. Orcutt, F.K.; Malanoski, S.B.; Strelfert, K.L. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Sept. 1968. Contract AT(30-1)-3839. 65 p. (MTI-68-TR-43)]	steam	design & performance	23:2453 (NYO-3839-4)
8	journal & thrust [Multi-Bearing Steam Test Rig (Engineering Materials). (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). (CAPE-1882).]	steam	design & testing	23:31455
19	thrust [Experimental Study of an Externally-Pressurized, Steam Lubricated, Single-Thrust Bearing. Topical Report No.3. Orcutt, F.K.; Malanoski, S.B. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Aug. 1968 Contract AT(30-1)-3839. 79 p. (MTI-68-TR-35).]	steam	development	23:2462 (NYO-3839-3)
25	{ Cladding and Structural Materials. Reactor Mater., 11: 226-52 (Winter 1968-69). }	steam	materials	23:9264
29	air & steam [Experimental Investigation of a Steam-Lubricated Rotor-Bearing System: Steam Hammer Instability, Double-Acting Thrust Bearing, and System Dynamic Performance. Malanoski, S.B.; Orcutt, F.K. (M.T.I., Latham, N.Y.). June 1969. Contract AT(30-1)-3839. 91 p. (MTI-69-TR-29).]	air & steam	performance	23:40919 (NYO-3839-6)
30	hydrodynamic [Bureau of Mines Program for Developing the Closed-Cycle Gas Turbine. Coates N.H.; McGee, J.P.; Eckerd, J.W. (Morgantown Coal Research Center, W. Va.). pp 317-29 of Advanced and High-Temperature Gas-Cooled Reactors, Vienna, International Atomic Energy Agency, 1969. See STI/PUB-197; CONF-681008.]	gas	performance, gas-cooled power reactor	23:37602
31	nitrogen & steam [Experimental Investigation of a Steam-Lubricated Rotor-Bearing System: Steady-State Load and Steam Hammer Instability Tests. Malanoski, S.B.; Orcutt, F.K. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Jan. 1969. Contract AT(30-1)-3839. 52 p. (MTI-68-TR-82).]	nitrogen & steam	performance & instability	23:24346 (NYO-3839-5)
35	journal & thrust { ibid 68029	steam	stability	23:40919 (NYO-3839-6)
42	journal & thrust { ibid 68008	steam	testing	23:31455

(17 / 19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
70004	externally pressurized	steam	design & testing	24:50498 (NYO-3839-10)
	[Extended Duration Testing of a Vapor Lubricated Rotor-Bearing System and Design Guide for Externally-Pressurized Vapor Bearings. Final Topical Report. Vapor Lubrication Technology. Finkin, E.F.; Malanoski, S.B.; Arwas, E.B. (M.T.I.) Oct. 1970. Contract AT(30-1)-3839. 165 p. (MTI-70-TR-33)]			
9		steam	design	24:25193
	[Steam-Lubricated Rotor-Bearing System (11 Sep. 1969) (Engineering Materials). (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.).			
10		steam	development & testing	24:29418 (MTI-70-TR-33)
	[A Two Phase Flow Rotor Bearing System: Execution of Extended (500 hour) Test. Progress Report, January 1, 1969-March 31, 1970. Finkin, E.F.; Malanoski, S. (M.T.I.) Apr. 1970. Contract AT(30-1)-3839. 20 p. (NYO-3839-9)]			
12	hydrostatic	helium	development, helium-cooled power reactor	24:43799
	[Large Capacity Hydrostatic Gas Bearings Applied to the Turbo-Machines of a Direct Nuclear Helium Cycle. Mech. C.; Poulain, J. (Societe Rateau, La Courneuve France). Bull. Inform. A.T.E.N. (Ass. Tech. Energ. Nucl.); No.82, 9-16 (Mar.-Apr. 1970). (in France)]			
14		steam	development, design modification	24:7548 (NYO-3839-7)
	[A Steam-Lubricated Rotor-Bearing System: Design for an Extended Duration (500 hour) Test. Quarterly Report No.1. Malanoski, S.B. (Mechanical Technology Inc., Latham, N.Y.). Oct. 1969. Contract AT(30-1)-3839. 20 p. (MTI-69-TR-52).]			
20	tilting-pad	gas	performance	24:41572
	[Experimental Study of Tilting Pad Gas Bearings. Part 2. Axial Pads. Project Dragon. Mech. C.; Fricker, H.W. (Societe Rateau, La Courneuve (France)). Dec. 1964. Contract CON/WIN/51074. 56 p.]			
21		gas	materials	24:39700
	[The Choice of Gas Bearing Materials. Project Dragon. Fricker, H.W. (Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Aug. 1963. 31 p.]			
22		gas	materials	24:44781
	[Dry Friction in Gas Bearings and Shaft Seals. Project Dragon. Fricker, H.W. (Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Oct. 1963. 18 p.]			
24		helium	operation, dragon reactor	24:41566
	[Bearings and Gears for Operation in Inert Gas. Project Dragon. Fricker, H.W. (Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Mar. 1963. 40 p. (CONF-630512-1).]			
35		steam	testing	24:16743 (NYO-3839-8)
	[A Two Phase Flow Rotor Bearing System: Preparations for an Extended (500 hour) Test. Progress Report, Oct. 1-Dec. 31, 1969. Finkin, E.F.; Malanoski, S.B. (M.T.I. Latham, N.Y.). Jan. 1970. Contract AT(30-1)-3839. 16 p. (MTI-70-TR-5).]			
36	tilting-pad	gas	testing	24:41571
	[Experimental Study of Tilting Pad Gas Bearings. Part 1. Radial Pads. Project Dragon. Mech. C.; Poulain, J.; Fricker, H.W. (Societe Rateau, La Courneuve (France)). Dec. 1964. Contract CON/WIN/51074. 78 p.]			

(18/19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
70043		gas	design, HTCR	24:52884 (DP-Report-217)
	Design Features and Test Results of the Main Circulators for the Dragon Reactor. Project Dragon. (Brown, Boveri and Co. Ltd., Baden (Switzerland). Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Oct. 1963. 51 p. (CONF-631012-4).			
48		gas	development, gas cooled reactors	24:46033 (DP-Report-240)
	Role of Gas Bearing Circulators in the Dragon Reactor. Project Dragon. Shilling, W.F. (Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Oct. 1963. 15 p.			
54		gas	performance	24:40972 (DP-Report-313)
	Experiments on Gas Bearings for the Dragon Primary Circulators. Project Dragon. A Report on Work done under the Direction of D. Pantall. Robinson, Cyril H.; Elliot, D., Wood, R.W.; Jones, T.S. (Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Jan. 1965. 45 p.			
71010	tilting-pad	gas	development, gas-cooled reactor	25:8068 (DP-Report-479)
	Practical Application of Theoretical Studies to the Tilting Pad Gas Bearing. Project Dragon. Cornignion, J. (Atomic Energy Establishment, Winfrith (England)). Sep. 1966. 17 p.			
21		helium	testing	25:46256 (EUR-4343)
	Testing of Highly Stressed Plain Bearings used for Extreme Reactor Conditions. Boehlo, D.; Hoffmann, D.; Werth, H. (European Atomic Energy Community. Brown Boveri/Krupp Reaktorbau GmbH, Mannheim (W.G.). Kernforschungsanlage, Juelich (W.G.)). 1969. 24 p. (in German)			
25	tilting-pad	gas	development, gas-cooled reactor	25:8068 (DP-Report-479)
	ibid. 71010			
72002		gas	design & fabrication	26:53113 (Y-DA-4541) (Rev.1)
	Practical Design Considerations for the Application of Gas Bearings to Machining Process. Steger, P.J. (Union Carbide Corp., Oak Ridge, Tenn. Y-12 Plant). 1972. Contract W-7405-eng-26. 14 p. (CONF-720918-1)			
25		gas	inner bearing, reactor or coolant	26:32934 (P)
	Improvements in or Relating to Cooling Gas Circulators for Nuclear Reactor Plants. Cairns, Walter John; Fraser, William Milton (to James Howden and Co. Ltd.) British Patent 1,268,950. 29 Mar. 1972. Filed 14 Nov. 1969.			
73005	spiral groove	gas	fabrication	27:24525 (P)
	Improvements in OR Relating to Gas-Lubricated Bearings. Beardmore, G.; Evans, H.N. (to Smith Industries Ltd.). British Patent 1,298,456. 6 Dec. 1972. Filed Date 14 Feb. 1969. 8 p.			
24		gas	summary, space power system	28:20925
	Summary of Gas Bearing Applications in the Field of Space Electric Power Systems. Dunn, J.H.; Ream L.W. (Lewis Research Center, Cleveland). pp 335-340. of 7th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference. Washington, Amer. Chem. Soc. (1972)			
25		gas	design & performance	28:20925
	ibid 72024			

(19/19)

No.	Bearing Type	Lubricant	Contents	NSA No.
74001		air	energy storage	29:14433 (LA-UR-73-1604)
	[Moving Energy Storage Capacitor Racks with Air Bearings. Banta, J.J.; Hammer, C.F. (Los Alamos Scientific Lab., N. Mex (USA)). 1973. Contract W-7405-eng-36. 14 p. (CONF-731114-24).]			
4	thrust	gas	gas centrifuge	29:24388
	[Device for the Relief of the Thrust Bearing of a Gas Centrifuge. Badie, M.; Bourgain, L.; Samson, C. (to Commissariat a l'Energie Atomique). German Patent. 2,126,224. 10, May 1973. 3 p. (in German)]			
7		air	energy storage	30:12583
	[Moving Energy Storage Capacitor Racks with Air Bearings. Banta, J.J.; Hammer, C.F. (Los Alamos Scientific Lab., NM) pp 475-478 of Proceedings of the Fifth Symposium Engineering Problems of Fusion Research. New York; Inst. of Electrical and Electronics Engrs, Inc. (1974)]			

5. 結 論

高温ガス炉開発の一環として、機械要素設計の確立は1つの重要なテーマであり、その第1ステップとして、Nuclear Science Abstracts (1~32巻, 1947~75年)をもとに原子力関係の軸受に関する文献調査を行ない、次のような成果を得た。

(1) 原子力関係の軸受研究発行機関を調べ、AECの技術情報機関であるTID, NYO, NP及びAECが多数の研究発表を行っており、国家機関としてはORNLやANL, また、民間の機関としてはGAやMTIが活発な研究活動を行なっていること等を明らかにした。

(2) 軸受を次の5型式、即ち、ガス潤滑軸受、水潤滑軸受、液体金属潤滑軸受、熔融塩潤滑軸受および有機物潤滑軸受に分類し、その特徴を調べたところ、発表文献総数ではガス潤滑軸受と液体金属潤滑軸受に関するものが圧倒的に多く、研究の最盛期は、ガス潤滑軸受が1957~70年、液体金属潤滑軸受が1962~74年であること等が明らかになった。最近(1975年)の研究では、原子力ロケット(NERVA計画)のターボポンプ用水素潤滑軸受の発表が際立っている。

(3) 6種類の炉型式(ガス冷却炉、水冷却炉、液体金属冷却炉、熔融塩冷却炉、有機物冷却炉、MHD発電炉)に分類し、そこで使われる軸受について調査した。その結果、ガス冷却炉に関する文献が最も多く、液体金属冷却炉とMHD発電炉に関するものがこれに続き、とくに、ガス冷却炉の軸受については、1969年のFor St. Vrain炉と1970年のDragon炉に関する研究に注目する必要がある等の事柄を明確にした。

(4) 用途にしたがい、ポンプ、タービンコンプレッサ、燃料系統、コントロール系統及び補機の5機種に分類し、そこで使用される軸受について調べた結果、ポンプ関係の軸受の研究が最も多く、タービンコンプレッサに関するものがこれに続き、この2機種で文献全体の86%と大半をしめること等が分かった。

(5) 高温ガス炉において、プロセス流体潤滑として用いられるガス潤滑軸受の文献に関し、解析、性能、安定性、設計、開発、材料、試験、工作、応用の9項目の内容を選び、より詳細な内容別の検討を行ない、その結果、性能と設計に関する発表が最も多く、開発に関するものがこれに続き、各研究内容の年代的なピークと研究開発過程の順序とがよく対応すること、及び、現在のガス潤滑軸受の研究対象は応用上の問題にあること等を明らかにした。

(6) さらに、ガス潤滑軸受に関し、文献の題名、著者名、発行年月日、発行機関名等を年代順にまとめ、出典一覧表を作成した。

今後のHTGRの開発において、そこで使用される機種を選定ないしは設計検討さらに具体化の過程で、また、ガス潤滑軸受を応用した機種の開発にあたり、本資料が何らかの役に立てば幸いである。