

銀河丸による航走時強度試験

安 藤 良 夫 ・ 高 橋 幸 伯

1. まえがき

荒天時に航行する船舶が損傷した例は昭和 10 年の第 4 艦隊事件をはじめとして非常に多く、特に日本近海は荒れることが多く、この問題を解決するために、旧海軍においても幾多の努力が続けられたが、当時は計測器に適当なものがなく、詳細な実船計測が不可能であった。

戦後抵抗線歪計をはじめとして電氣的計測器の発達した結果、実船の動的応力その他も比較的容易に計測できるようになった。昭和 26 年造船協会構造委員会において実船計測に関する具体的計画が進められ、同年は造船協会により、翌 27 年には新たに発足した日本造船研究協会によって、動的応力計測装置の試作、進水時を利用する応力分布の計測などが行われた¹⁾²⁾³⁾。

昭和 28 年度は日本造船研究協会第 10 研究部会の手で、運輸省航海訓練所練習船北斗丸 (1631 G. T.) について、応力、水圧、水位および動揺などの各種計測および記録装置の性能試験を兼ねて九州近海で実地に強度試験を行った。この経験に基づき、昭和 29 年度は計測器の改良、整備を行い、昭和 30 年度日本造船研究協会第 24 研究部会(部会長工学部吉識教授)の仕事として、運輸省航海訓練所練習船銀河丸によって波浪中航走時強度試験を行うこととなった。実験は本年 1 月より 2 月にかけて行われたが、筆者等は計測員として参加したので、その概要を紹介する。



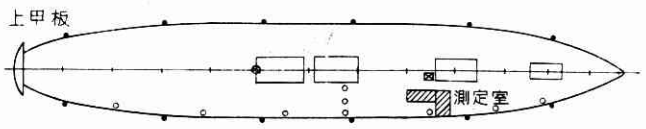
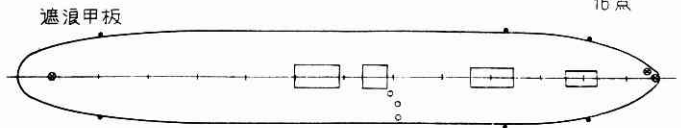
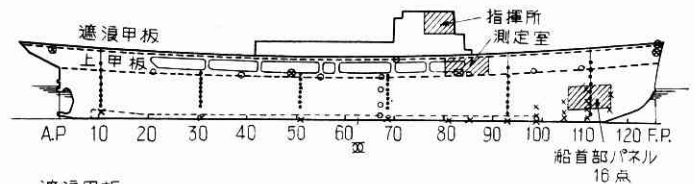
第 1 図 浅野ドックに入渠、実験準備工事中の銀河丸

2. 測定項目と方法

実験に使用した銀河丸は元貨客船雲仙丸を改装して、昭和 30 年練習船となったもので、接合は鉚接を主とするものである。その改装工事に当っては航海訓練所の好意により本実験に対する船内配線その他種々の便宜がはかられた。その要目は第 1 表に示す通りで、第 1 図は水

第 1 表 Principal Particulars

Length (p. p.)	92.000 m	
Breadth (mld.)	14.500 "	
Depth (mld.)	7.400 "	
Draft (mld.)	5.100 "	
Gross Tonnage	3,170 t	
Service Limitation	Ocean Going	
Class	J. G. 1st Class	
Speed { Trial	14.12 kts	
{ Service	12.0 "	
Cruising Range	abt. 10,000 n. m.	
Complement	Officer	21
	Cadet	128
	Crew	49
	Passenger	3
Main Engine	1 × Yokohama M. A. N.	
	G 6 Z ⁵² / ₇₀ Diesel Engine	
	Max. Cont. Output 2100BHP × 190rpm	



○ 応力計 34 点, × 水圧計 36 点, ● 水位計 96 点 (12ヶ所)
 ⊗ 加速度計 4 点, ⊠ 動揺計 2 方向 (1ヶ所)

第 2 図 計測点配置図

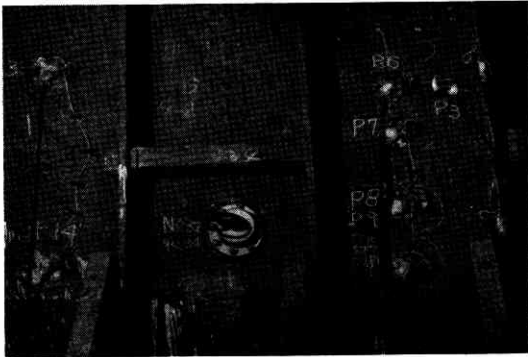
圧計、水位計など取付けのため浅野ドックに入渠した同船である。

測定位置の概略は第2図に示す通りで、各種測定項目をできるだけ小人数で同時記録をとるため、すべて電氣的計測記録方式を採用することとした。

(a) 水 圧

船体の受ける水圧分布を求めめるため、船底外板に広く分布して水圧計を配置したが、スラミングに重点をおいたため、船首船底部を密にし、合計 36 個の水圧計を取付けた。

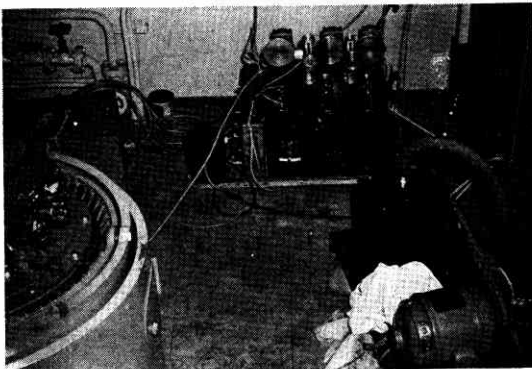
水圧計は北斗丸の経験を加味して、内側に 4 枚の箔ゲージを貼った内径 20 mm の受圧膜面が外板表面と一致するようにしたもので、水防については十分の考慮がしられている。船内より見た水圧計を第3図に示す。



第3図 No. 1 Hold 内の水圧および心力計測点

(b) 応 力

応力の測定はすべて抵抗線歪計を用いた。ゲージは 2 つの抵抗線（一方は予備）を平行に同一紙上に貼ったものを使用した。計測点は船首尾方向の分布を見るために上甲板右舷に 7 点、断面の分布を見るために中央横切面付近右舷に 11 点、船首パネルの局部応力分布を求めめるために 16 点を配置した。前回は増幅および記録装置の不足のため切替計測を行ったが、今回は各方面の協力を得て全点連続同時記録をとることができるようにした。パネルに貼った歪ゲージが第3図の水圧計の両側に見えて

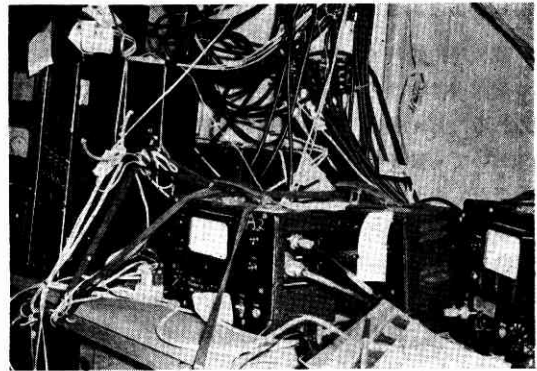


第4図 エアジャイロ式動揺計

いる。

(c) 動 揺

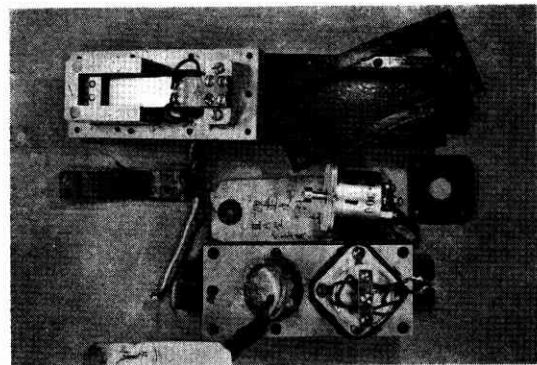
動揺はエアジャイロ式の人工水平儀を用い、ローリングとピッチングの角度を電気量に変えてオシログラフに入れた。設置場所は長さの中央よりやや前方のジャイロルームで、その写真を第4図に示す。ヒービングは次に述べる加速度計に積分回路を接続して計測したが、第5図に積分装置を示す。



第5図 ヒービング積分装置

(d) 加 速 度

先端に重錘をつけた片持梁に抵抗線歪ゲージを貼ったものを、シリコン油を充たした小箱中に封入したもので、船首に 2 個、船体中央、船尾に各 1 個を配置した。分解した加速度計を第6図に示す。



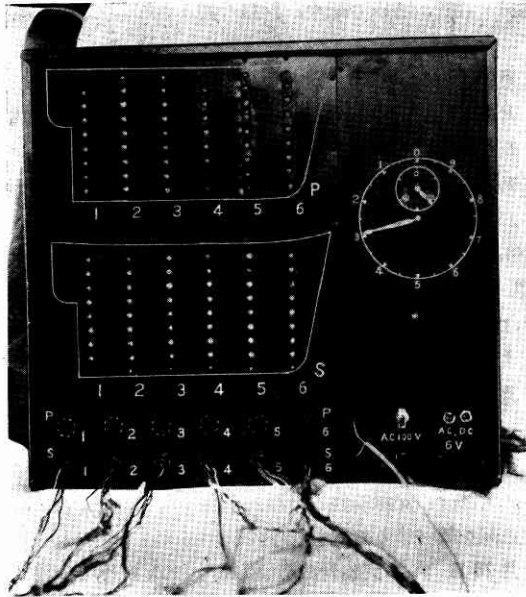
第6図 加速度計、上右：ケース、上左：内部構造（裏返し）、中右：クランプマグネット、中左：振動パネ、下：外観

(e) 船に対する水位

舷側におけるウェーブ・プロファイルを求めめるために、左右舷に適当な間隔で配置した各 6 本のガースにそれぞれ 8 個の水位計の接点を取付けた。接点が没水した場合、海水による短絡電流で測定室の計測装置（第7図）の豆ランプに点灯するようになっており、これを 16mm 撮影機で記録した。

(f) 海象、気象その他の外界条件

風向、風速、風波とうねりの方向、波長、波高、気



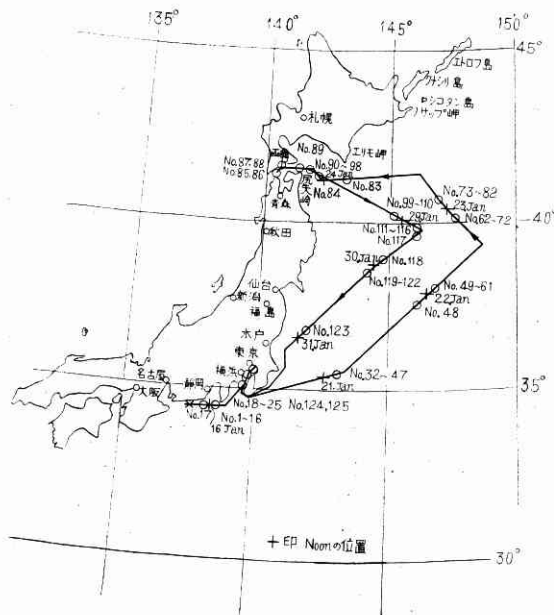
第7図 水位計測装置

温, 気圧, 海水温度と比重, 船の位置, 針路, 船速, 主機回転数などは銀河丸乗組員および練習生の協力によって計測した。

3. 実験方法

当初の計画では1組の計測シリーズとして, ある海面の状態に対して, 主機回転数は 160, 130, 110, 70rpm の4種, 波に対する方向は向波, 右45°, 左45°, 追波の4種について2分ずつ行う予定であった。

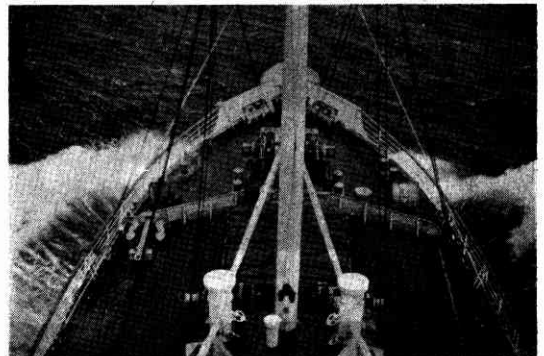
しかし実際に洋上に出てみると荒天時に回転数を落とすことは機関停止のおそれがあり, 回頭も危険であるのと



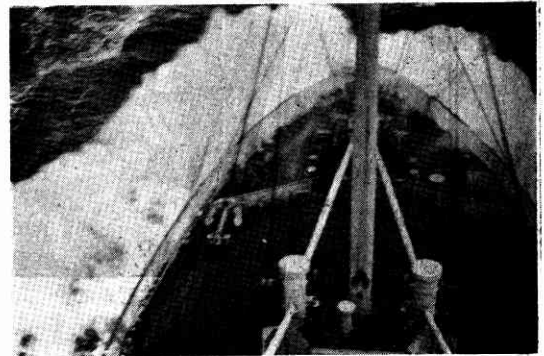
第8図 実験航路概要

追波ではほとんど船底を叩かないので, 回転数は175rpmを加えて状況により低回転数の実験を除き, 追波以外の3方向を主として計測した。海上状態が比較的おだやかなときは0930と1330の定時に, 160rpm 向波の実験のみを行った。夜間は波の観測が不正確になるので, 1回だけ最も動揺のはげしい時に行ったほか, 原則として行わなかった。

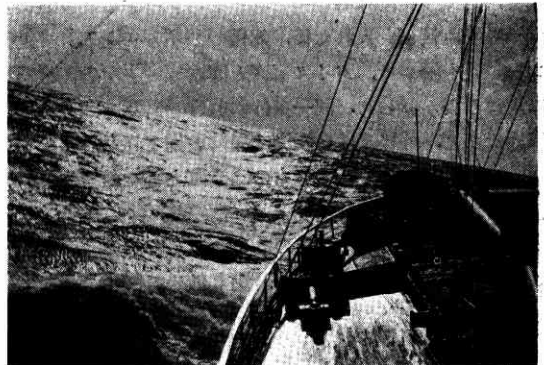
航路の概要は第8図に示す通りで, 荒天に遭遇したのは往復とも三陸東方, 千島南方海面で, 最大風速は30m/sec以上, 最大波高8mに達した。船首船底を叩いた状況を第9図, 低気圧が去った後の海面の状況を第10図に示す。



第9図(a) 船首, 船底を叩き水が勢よく左右に分れる

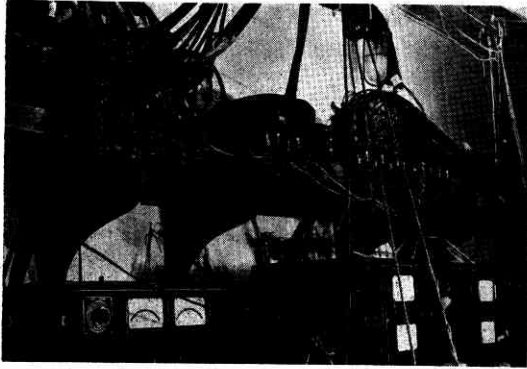


第9図(b) 次の瞬間船首が下り, 飛沫が船首をこえてくる

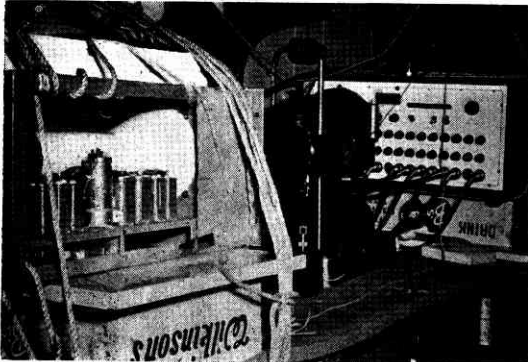


第10図 低気圧の去った後, 天気晴朗なれども波高し

計測はほとんどすべて遠隔測定と全計測点同時記録を目的として電氣的計測記録の方針をとった。使用した計器は動的歪測定器 12 点用 1 台、6 点用 7 台、3 点用 1 台、電子管切換式歪測定器 10 点用 2 台、二重積分装置 1 台に及び、記録器としては電磁オッシロ 12 点用 6 台、ブラウン管オッシロ 10 点用 2 台、16mm 撮影機 1 台を使用した。これらはすべて上甲板右舷の計測室に集められ、動揺振動に対して支障のないように固縛した。計測室内の一部を第 11、12 図に示す。



第 11 図 計測室の一部、水圧計測用ブリッジボックスの配列



第 12 図 計測室内の電子管切換式歪測定装置、10 点用 2 台

計測に当っては、船橋からのインターホーンによる合図で、計測室の記録器のモーターをスタートし、各計測点の識別、較正を入れた後、船橋のスイッチを入れてリレー装置を働かせ、タイミングと同時マークを各記録器に入れるようにした。同一条件における計測時間は 2—15 分である。外界条件の観測は船に設備された計器により、特に計測を必要とするものは当直士官や練習生等によって計測された。

波浪中の計測を主にしたのはもちろんであるが、ほかに平水時、旋回時、投錨時の計測も併せて行った。

4. 実験経過日誌

30 年 12 月—31 年 1 月 日本鋼管浅野船渠において水圧計、水位計の取付け、歪ゲージの貼付け、加速度計、動

揺計の設置、導線の配置、計器の搬入を行って諸準備完了。

1 月 14 日 1700 予備実験計測員 10 名乗船。

1 月 15 日 1000 横浜出港。計器調整のため東京湾内を航行。深夜湾口を出る。

1 月 16 日 0840 より伊豆石廊崎西南西 12 哩の海面において No. 1—16、1330 より御前崎西南西 9 哩にて No. 17 の計測を行う。富士山が良く見えるときは風が強いと言われており、最大風速 18 m/sec に達したが波浪は大したことなし。1700 伊良湖岬東南 10 哩より引返す。

1 月 17 日 0900 より館山沖標柱において速力試験、その間平水中の計測 No. 18—25 を行う。1500 横浜入港。

1 月 18—19 日 予備実験のフィルムを現像したところ、大部分の記録に他の計器の干渉が入っていたため、搬送波を統一する処置を行う。

1 月 20 日 本実験計測員 10 名（東大 5 名、運研 4 名、浦賀（1 名）乗船。1115 横浜出港。1325 より千葉沖において平水中の計測 No. 25—31 を行う。1800 湾口通過。

1 月 21 日 1315 犬吠崎東南東 110 哩にて No. 32—47 計測。風、波ともに大したことなし。

1 月 22 日 0900 福島沖で定時観測。1330 より No. 49—61 計測。海上の状態は前日と同様。2400 東経 148° 30' で、北西に変針。

1 月 23 日 0500 首席航海士より本船が低気圧（980 mb）の中心にいることを知らされ、0600 より約 3 時間におわり No. 62—72 の計測を行う。実験位置はエトロフ島南方 250 哩。風速約 28 m/sec に達し、波高約 5 m で、相当数のスラミングを計測できた。午後気圧上昇に伴い風はややおとろえたが、波高はむしろ大きく、6—7 m。1330 より約 2 時間 No. 73—82 計測。

1 月 24 日 0930 櫻葉岬南方 60 哩で No. 83、1330 尻矢崎東方 35 哩で No. 84 の定時観測。波はおさまったが、黒潮から外れたため寒さが加わり、ときどき吹雪。2200 ちらつく雪の間に函館山の黒い影、市内の灯を望みつつ函館港外に至り、洞爺丸沈没位置にほど近い七重浜沖に投錨仮泊。

1 月 25 日 デッキもボートも白一色におおわれた本船は、0700 抜錨、日本海へ向う。対船風速 24 m/sec を示しているが、波高はうねり、風波とも僅かに 1—1.5 m。津軽海峡白神岬東方 14 哩で No. 85、86 の計測を行い函館に引返す。吹雪の通過したあいまに 1400 函館入港。投錨時の計測 No. 87、零点計測 No. 88 を行う。

1 月 26、27 日 天気図を調べた結果、荒天が期待できないため、この間上陸して英気を養い、計器調整や現像などを行う。

1 月 28 日 1100 函館出港。1330 恵山岬南方 12 哩

で No. 89, 1540 より尻矢崎北北東 8 哩で No. 90—98 の計測を行う。風速 10m 前後で、比較のおだやか。

1 月 29 日 再び低気圧の中心に遭遇、最大風速 32m/sec。本船よりの無電を送ると間もなくラジオの天気予報があり、船舶よりの報告によれば海上は大暴風雨ですから近寄らぬようと報ずる。その中を本船は中心へ向って入って行く。0930 より根室南方 180 哩にて No. 99—110, 1500 よりノサップ岬南方 180 哩にて No. 111—116 の計測を行い、十分と思われる資料をとった。2030 船の動揺がきわめてはげしくなったため特に No. 117 の計測を行う。動揺は片舷 40° に及び、ベッドに横たわっていてもしかりつかまっていなくて投出されそうでほとんど眠れない。配膳室では皿の割れる音が続き、乗組員が首席航海士に梯子が波で落されたことを報告してきたり、また居室の窓は平水ならば水面から 5 m 以上高い場所なのであるが、荒天準備の鉄蓋がしてあるにも拘わらず水が入ってくるなど相当なものである。

1 月 30 日 0930 釜石東方 120 哩で定時計測 No. 118, 1330 より広田湾東方で No. 119—122 計測。風速約 20 m/sec で、うねりは前日同様高かったが、十分の資料をとった後であったので数回の計測にとどめる。

1 月 31 日 0915 塩屋崎東方 60 哩で No. 123 の定時計測。2 昼夜続いたモンスーンは全くおとろえ、紺碧の太平洋をホームスピードで一路南下する。本船の位置確認のため陸岸に接近し、真赤な太陽が筑波山の鞍部に沈むころ、船橋の速力計は 14 ノットを示していた。

2 月 1 日 0900 館山沖マイルポストで 174 rpm の平水計測 No. 124, 125 を行う。十数頭の子豚わかれわかれを歓迎して本船の周りに跳上る。北海道からついてきたかもめの群は本船から離れてしまった。銀河丸側の希望により 1310 より千葉港入口のブイを利用した旋回時の計測 No. 126—132 を行う。久しぶりに眺める生研の屋根や検見川、船橋の無電塔が良く見える。1700 東京港入口灯船付近に投錨。

2 月 2 日 0700 抜錨。0800 東京港晴海埠頭沖に投

錨。半月に及ぶ実験航海を終了。1400 計測員下船。

2 月 3 日 計器揚陸。

5. あとがき

実験結果については目下資料解析中であるが、スラミング時の記録は相当数とれている。今回の実験は構造関係ではわが国の事情の許す範囲では最も規模の大きなもので、計測器も独自の工夫をこらしたものが多かったが、大体において満足すべき結果がえられた。オッシュログラフ等の記録器の故障がときどきあったが、動揺のはげしい中で長時間の記録が支障なくとれるためには、この方面の改良が望ましいと感ぜられた。

今回の実験では荒天を求めて冬期に行ったが、風速 30m/sec 前後のモンスーンには 3 日間遭遇し、横揺 40° に及び、銀河丸の経験した最大のものであった由で、実験としては満足すべき荒天に出会ったものといえよう。波高は最大 8 m 程度でかなり高かったが、波長は船の長さよりも短いのが大部分であった。波高/波長の比は標準の強度計算に用いる 1/20 の数倍のものも多くあった。

このえがたい機会に計測員として参加し、貴重な体験をえたことを感謝すると共に、この実験を遂行するに当り、ご支援、ご協力を得た各方面、ことに終始格別のご配慮、ご協力を頂いた銀河丸船長はじめ乗組の方々へ厚く御礼申上げる。またともに計測員として参加し、下船直後より病床に就かれ、4 月 28 日に遂に職に殉ぜられた運輸技官石黒忍氏の霊に対し、謹んで哀悼の意を表する。(1956. 5. 10)

文 献

- (1) 造船協会会誌第 296 号 (1952. 3)
- (2) 生産研究 4 巻 6 号 (1952. 6)
- (3) 生産研究 5 巻 4 号 (1953. 5)
- (4) 生産研究 6 巻 6 号 (1954. 6)
- (5) 日本造船研究協会第 10 研究部会報告 (1955. 4)

東京大学生産技術研究所報告 第 6 巻 第 1 号予告

山辺武郎著 (英文) 「Studies on the Ion-Exchange Equilibria」(イオン交換平衡に関する研究)

イオン交換反応はいわゆる蒸留水(純水)の製造を初めとして工業への種々の応用が実施され、あるいは研究されている。本論文はイオン交換反応の基礎である交換平衡に対する著者の研究結果をまとめたものである。イオン交換平衡の根本法則である質量作用法則、およびドンナン平衡に対し、両者が両立すると仮定し、かつ異相平衡である交換平衡に対し相対的容積を表わすパラメーターを導入することにより三つの実験式を導き、従来提出せられた実験式と共に、実験結果を検討した。その結果平衡は適当に補正を行った各交換イオンの分配係数(各イオンの樹脂相の濃度と溶液相の濃度との比)に従うと結論した。ついで三つの実験式の優劣について述べ、最後にこれらの交換平衡の研究の応用について簡単に論じた。