日本最初의 타이어裝着電車

브릳지스톤타이어(株)
타이어設計第四課長
牛 塚 俊 郎

札幌의 冬季올림픽을 目前에 둔 昨年 12月 15日 札幌市交通局은 日本서는 처음의 空氣入타이어를 裝着한 電車의 營業運轉을 開始했으므로 타이어를 中心으로 한 電車에 對해서 紹介드리고자 한다.

1. 타이어式電車란

市電에서 東海道新幹線에 이르기까지 電車라고 하면 鐵輪이 鐵의 레에일 위를 달리는 것이라고 정평이 되어 있지만, 空氣入타이어(以下 그저 타이어라고 略稱)의 設計製造技術이 發達하여 耐久力 運動特性等이 飛躍的으로 向上해지면, 사람들에 依해서 鐵輪과 타이어間의 利害得失이 考慮되어 議論되는 것은, 當然한 趨勢라고 할 수 있다.

(1) 于先 直觀的으로 生覺할 수 있는 것은 타이어는 空氣와 이것을 保持하는 彈性體의 組立物이기 때문에 柔軟하고 乘車感이 좋을 것이라는 것이다. (自動車는 타이어와 함께 發展해 왔는데, 왜 電車나 汽車는 發生時代의 鐵輪 그대로인가, 生覺해 보면 異常한 일이다.)

다음으로 金屬相互間의 點接觸은 아닌故로 騷音이 發生하기 어려울 것이라는 點. 摩耗係數가 크기 때문에 軸荷重當의 驅動力이 클 것이라는 點等이다.

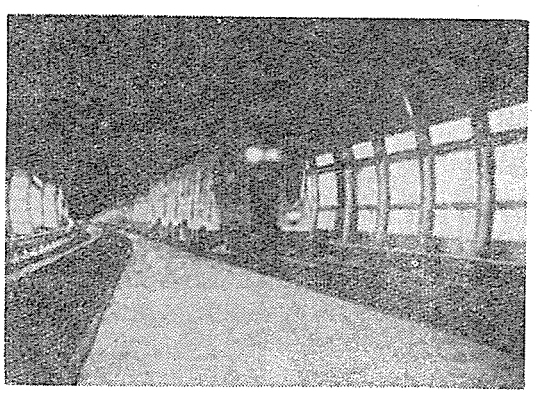
(2) 이와같은 利點이 타이어의 品質向上과 더부러 유우럽(主로 佛蘭西)의 鐵道關係者에 依해서 타이어를 使用한 電車나 汽車의 實驗이 行해진 것은 距今 42年이나 되는 옛 일이었다. 然이나, 當時는 아직 타이어의 品質 그 自體도 不充分하였으며, 그다지 進展은 없었든 것 같으나 佛蘭西의 밋슈란社의 스티일 코오드를 쓴 高品質의 타이어가 出現하기에 이르러 빠리의 地下鐵에서 1951年 타이어式 地下鐵의 實驗이 開始되어 이것이 成功을 하여, 1958年부터 本格的인 營業運轉이 開始됐다. 이 方法은 巴里方式이라 하여 各國에 輸出됐으나 우리들의 記憶에 새로운 것으로는 萬國博을 앞둔 카나다의 몬트리올의 地下鐵(1966年 10月).

올림픽을 앞둔 멕시코시티이의 地下鐵(1969年 6月)에 各各 巴里式의 타이어裝着車가 走行하고 있다.

한便, 地上에서의 타이어式電車와 汽車는 그다지 發展안되어 僅僅히 모노레에일에 그 發展의 痕跡이 보일 뿐이었다.

2. 札幌(삿뽀로)方式(案內軌條式) 車輛

如斯한 情勢下에서 札幌市交通局에선 獨自의 方式(札幌方式이라고 일컷는다)으로 檢討를 進捗시켜, 1964年에는 第1次試驗車에 依한 走行實驗이 開始되었다. 弊社에서도 開發計劃의 當初부터 微力하나마 助力을 해온 터이나 第1次試驗車走行實驗에서부터 昨年 12月의 營業開始까지 約 7個年을 要한 努力에 敬意를 表함과 同時, 얼마나 타이어式電車가 어려운가를 새삼 알리고



저하는 바이다. 最終的인 車輛의 모양을 寫眞과 圖 1. 圖 2에 表示한다.

타이어는 各各의 機能을 分擔하여

(1) 驅動輪	11.00R 20	V-Steel
(2) 操向輪	7.50R 20	V-Steel
(3) 案內輪	6.00—16	나이론 타이어

튜우브레쓰, 普通타이어로서 타이어는 全部弊社品으로 되어 있다.

驅動輪은 이름이 밝히는 바와 같이 트루크를 路面에 傳達하여, 電車를 走行시키는 役割을 하는 것이나, 모오터어에서 푸로페라샤프트, 기야아式 減速機差動裝置를 介하여 타이어軸이 驅動되는 것인데, 原理的으로는

図 1

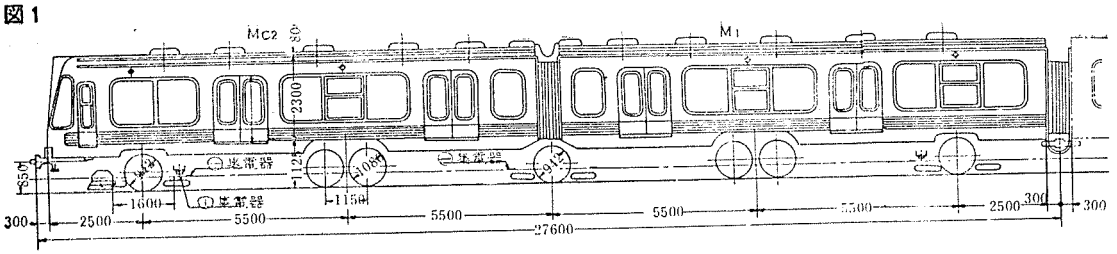
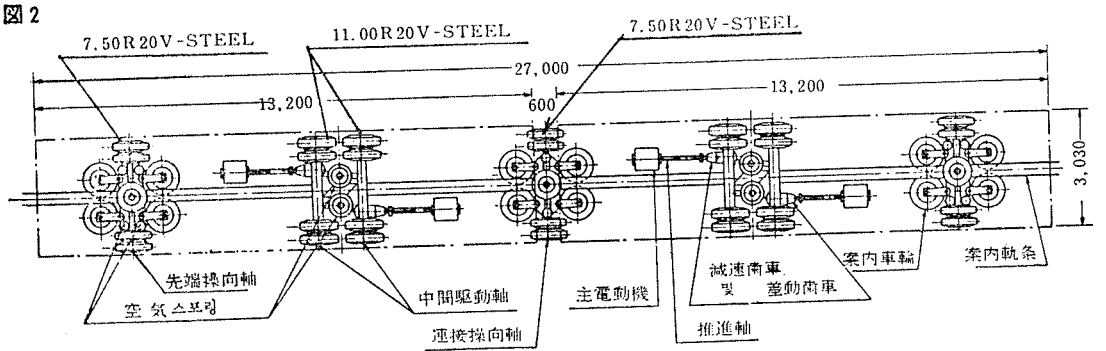


図 2



트럭, 버스 等의 구동方式과 同樣이라고 生覺된다.

操向輪은 自動車의 前輪 乃至 트레엘러어 輪等에 相當하는 것으로 보이나, 이것은 自動車와 根本的으로 다르다. 即, 自動車의 경우처럼 핸들 操作—타이어에 슬립프앵글附與—코오너어링포오스發生—旋回라 하는 一連의 作動은 없고, 이 操向輪과 一體가 된 案內輪에 依해서 強制的으로 旋回運動이 行해지게끔 되어 있다.

더우기 案內輪은 車體中心으로 施設된 I型의 案內軌條에 水平으로 눌려서 電車의 進行方向을 規制하게끔 되어 있다.

(註) 通常의 自動車는 旋回時에 타이어에서 코오너어링 포오스라고 하는 回轉의 內側으로 向하는 힘을 發生시켜 이것이 遠心力과 어울려서 旋回運動을 行하게 되는 것이나, 이 方式의 電車나 모노레에일 等에서는 主로 案內輪에의 反力이 遠心力에 어울리게 되어 있다.

3. 타이어式電車가 誕生한 背景

現在人口의 都市集中化에는 刮目하게 된다.

札幌도 例外가 될 턱이 없어, 年에 4~5萬人의 增이 있다고 하는 100萬 都市이나 市民의 발인 市버스, 市電에선 럿슈時의 都心部서 平均 7~8km/h의 速度로 떨어져 效率이 나쁜 輸送機關이 되어 있는데 加之하여 路面電車自體가 交通澁滯의 一因으로 되어있는 點으로 하여, 이에 代身되는 大量高速輸送의 必要性이 생기게 된 것이 이 유니익크한 電車가 計劃된 理由라고 생각된다. 이 電車의 企劃에 際하여, 條件으로서는

(1) 驛區間이 짧기 때문에 可能한限 加速減速의 形式이 클 것

昨年 開通한 南北線 12km는 停車驛 14로서 平均區間은 920m가 되어 相當한 加速, 減速이 취해지지 않으면 平均 速度는 상당히 Down하고 만다.

(2) 都心部에선, 他交通機關의 妨害가 되지 않게끔 地下方式으로 하나, 郊外에선 費用面에서 싼 高架式으로 하고, 또 騷音이 없다는 것.

(3) 維持管理費가 싸다는 것.

(4) 居住性이 좋다는 것(振動騷音이 적은 것)

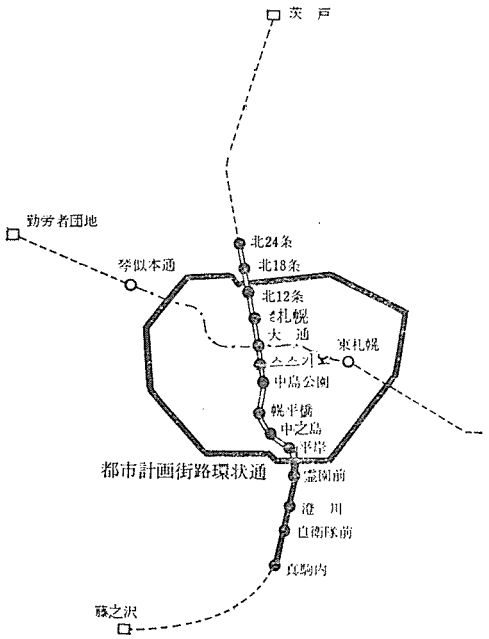
等을 生覺할 수 있겠는데 이러한 要求特性을 갖춘 것으로는 現在로서 타이어式 以外에는 없으며 타이어中에도 스티일라디알타이어가 最適하다.

4. 타이어式電車의 特長

(1) 加速度減速度가 鐵輪보다 크고 平均速度를 大幅으로 올릴 수가 있다.

一般的으로 鐵輪과 鐵레에일의 境遇의 摩擦係數(μ)는 最良의 狀態로서 0.35 정도 普通의 乾燥狀態로서 0.25~0.30 程度 조금 젖어 있으면 0.15~0.18 정도라는 데에터어가 나와 있으나 타이어의 경우 相對가 콩크리이트로서 乾燥狀態로 0.7 程度, 젖어 있어도 0.4 程度 더우기 미끄럼 防止를 硏究하면 1.0 乃至 그 以上의 μ가 期待된다. 따라서 同一荷重下에선 理論的으로 鐵輪의 3~4倍의 加速度, 減速度가 얻어질 수 있게 되나 乘客에의 不快感이나 不安感을 주지 않고 危險을 주지 않는 限界는 0.4g 정도, 即 約 4M/SEC² 정도라고 한다. (巴里의 地下鐵의 常用加速度는 4.68M/SEC²로 報告되어 있다.)

이러한 輸送方式이 取해지면 運轉密度의 높은 單位時間當의 輸送力強化에 쓸모있게 될 것이다.



計画年次	路線名	凡例	区間距離	特記事項	建設延長 計	建設延長 累計
1971年	南北線	(地下部)	7.30km	免許路線	12.00km	12.00km
		(高架部)	4.70km	免許路線		

今回의 營業路線(圖2參照) 全 12km의 平均速度는 停車時間까지 包含하여 33km/h, 最高速度 70km/h가 達成되어 있는 것 같다.

(2) 騷音이 極히 적다.

表 1에 타이어式 電車와 普通電車의 騷音레벨의 比較를 表示하고 있으나 이것을 보면 12~20 폰은 程度 레벨이 低下하고 있다. 아마도 現在 走行하고 있는 該電車는 이것 以上으로 낮은 값이 計測될 것으로 생각하나 都市에서의 騷音公害가 問題되고 있는 昨今 참으로 適合한 方式이라고 할 수 있다.

또한 高架部分에는 寫眞에서 보는 바와 같은 덮게(覆) (셀터어)가 使用되고 있으나 이것은 多季의 軌條凍結에 依한 μ의 低下를 防止하는 한便, 騷音시일드의 效果도 期待되는 것이다.

表 1. 타이어 車輪과 普通車輪과의 騷音比較

(單位 폰온)

速度 (km/h)	空氣고무타이어車輛	路面電車	空氣고무타이어車輛	幹線列車
10	65	—	60	—
20	72	92	63	—
30	76	—	66	80
40	80	95	70	82
線路에서의 距離	5m	5m	10m	10m

(註) 札幌市交通局에 依한 測定値

(3) 振動乘車感이 良好

타이어自體가 緩衝能力을 갖는 一種의 스프링이기 때문에 說明할 必要도 없이 乘車해 보면 바로 그 快適함을 알 수 있다.

何如튼 市交通局으로부터 마지막으로 멋진 振動加速度와 車內소음의 比較 데에터어가 發表될 것으로 안다.

5. 如何한 短點이 있는가

以上 타이어式 電車는 鐵輪에 比해 큰 長點을 갖고 있음을 알 수 있으나 反面 얼마간의 短點도 보인다. 但 이들은 어디까지나 鐵輪對比에서의 議論이므로 實際上 問題가 되는지의 與否는 別問題일 뿐 아니라 어느 것이나 타이어式을 否定할 수 있을 程度의 큰 缺點은 아니다.

車輛設計上의 硏究나 타이어의 選擇과 專用타이어의 開發에 依해서 充分히 補充할 수 있을 것으로 生覺된다.

短所의 項目을 들어 보면

(1) 타이어의 빵꾸 乃至 버어스트(破裂)의 危險이 있다(鐵輪의 破損도 十分生覺되나)

(2) 走行抵抗이 크므로 因한 消費電力의 增加

(3) 路面狀態에 依한 μ의 變動幅이 크다.

鐵相互間의 μ의 變動幅은 0.1(油氣를 품고 있다. 乾燥雪에 덮여 있다.)~0.35(最良의 狀態) 程度이나 타이어의 경우 結氷한 눈에 덮인 경우의 0.2~1.2 以上(最大値는 어느 程度 콘트롤可能)으로 되어 있다.

(4) 鐵輪에 比해 타이어壽命이 짧고 코스트高가 되는 點과 交換頻度가 높고 補修費用도 높이 드는 點

(5) 負荷能力이 낮기 때문에 鐵輪보다도 많은 數의 타이어가 必要한 點 等等이다.

6. 如斯한 短點을 커버어하는데는

(1) 빵꾸에 對해서

于先 一般道路와 달라서 所謂 빵꾸頻度는 零에 가까울 정도고 萬若不安이 있으면 前部에 쉬이퍼어와 같은 것을 裝備하면 可한데 대체로 萬全을 꾀하게끔 考慮되고 있다. 가장 重要한 案內輪은 나이론의 튜우브레스 타이어이며 內部에는 알루미合金의 補助車輪이 設置되어 있어서 萬一 빵꾸나도 이것을 지탱하게끔 硏究되고 있다. 또 하나의 操向台車에는 4本의 案內輪一編成(유닛트)에는 合計 12本이나 案內輪이 使用되고 있기 때문에 假令 1本정도 빵꾸나도 全然 問題되지 않는다. 操向輪驅動輪도 떠불裝置로 되어 있으며 一編成으로 各其 12本 16本의 타이어가 使用되고 있는데다가 빵꾸

에 強한 全스틸코오드의 라디알 타이어로 되어 있으므로 이것도 問題없다고 할 수 있다.

(注, 스틸라디알의 빵꾸頻度는 줄잡아 普通타이어의 1/10 以下)

(2) 其他의 短點

全部 스틸라디알 타이어를 使用하면 어느 정도 短點을 커버어할 수가 있음을 알았다.

即 弊社의 V-Steel(스틸라디알)은

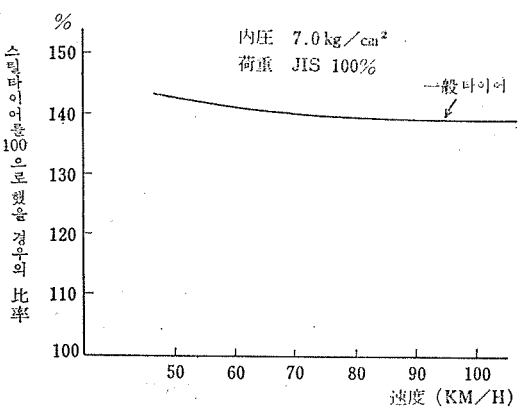
(가) 타이어의 發熱이 적고 高速耐久性이 우수할뿐 아니라 長距離走行해도 코오드의 疲勞가 나이론에 比해 적은 故로

○發熱, 高溫에 依한 세파레이숀 又는 버어스트

○코오드의 피로에 依한 버어스트를 막을 수 있다.

(走行壽命의 上限을, 例를 들면 30萬km 等으로 事前에 設定해 두면 좋다)

(나) 一般나이론 타이어에 比해 走行抵抗이 낮으므로 (그라프參照) 鐵輪까지는 無理라 하드라도 相當히 電力을 節減할 수 있다(버스 트럭의 實走行實驗에선 平均 10% 程度 燃料消費가 적어진다)



(다) 路面變化에 依한 μ의 바락키는 타이어中에서 가장 적다. 이것은 形狀에도 依하나 周方向에 가까운 角度로 配列된 브레에카아 코오드와 라디알方向의 카아카스코오드의 組立으로부터 本質的으로 生기는 利點인 接地壓의 均一化에 基한 것이다. 따라서 當然之事이나 μ自體도 一般타이어보다 커지는 등의 우수한 性質을 얻을 수 있다.

(라) 가장 問題가 되는 것은 타이어의 壽命으로서 잘못하면 鐵輪에 比해 런닝코스트가 極大化하지 않는다. 이것도 一般 트럭, 버스의 實績으로서 150—200%의 耐摩耗(溝깊이 1mm 當의 走行 km) 指數를 表示하는 스틸라디알이 好適이다.

(마) 其他 騷音도트레드面의 움직임이 적은 점으로 보아 一般타이어에 比해 2~3db 는 낮다.

스프링常數도 一般타이어의 約 80% 정도로 승차감이 좋은 點 等 바로 弊社의 V Steel은 電車用의 타이어로서 안성맞춤이라고 할 수 있다.

7. 問題點과 그 解決

以上 V-Steel을 使用하면 좋을 것 같으나 그리 簡單히 끝나는 問題는 아니다. 뭐니뭐니해도 問題는 마모수명이며 적어도 第一壽命(新品壽命)으로 10萬km를 確保하지 않으면 코스트的으로 收支가 안 맞는다.

왜 트럭이나 버스에서 10~15萬km나 走行되든 V-Steel이 이러한 案內軌條車에선 同樣의 壽命을 못얻게 되느냐 하면

(가) 큰 加速, 減速을 더욱 高頻度로 行한다.

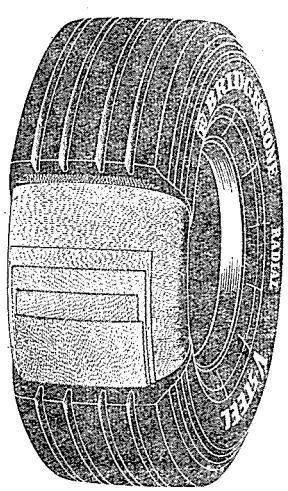
(나) 該車輛은 바기車라고 하여 車輪의 台車와 샤아시이는 핀죠인트 되어 있어서 서로 어느 範圍 自由로이 回轉되게끔 되어 있으나 그래도 커어브는 強制旋回이므로 操向輪驅動輪共히 슬립프앵글하기 쉽다.

(以上은 마모의 2大要因임은 周知의 事實이다.)

(다) 더우기 μ를 確保하기 爲하여 走行面이 一般路보다 粗한데다가 高架部分은 極히 마모되지 않는 材質로 表面코오팅을 하고 있는 等 一般트럭, 버스 等보다 큰 마모촉진요인이 있기 때문이다.

따라서 지금까지의 트럭 버스用으로 開發하여 온 V-Steel 그것을 갖고 와도 그 要求特性은 滿足될 것 같지도 않다.

우리들 設計擔當 그루움은 그 때문에 試驗走行의 實態調査를 거듭하는 한便 매리이고오라운드라고 稱하는 圓周走行의 트럭터어 마모시험기에 의한 실험(各種配合고무와 各種 路面의 組立시험)을 거듭한 結果 新製品으로서 대체적인 표적을 붙여서 發表한 것이 寫眞에 表示한 札幌案內 軌條車專用의 타이어이다.



이 製品의 設計意圖는

(가) 可及限有效接地面積을 크게 하여 接地壓을 낮추어서 耐摩耗性向上을 노린다.

二次的 效果로서 μ도 커지고 驅動力傳達 效率도 向上하는 故로 슬립프率을 적게 하는 利點이 期待된다.

(나) 그 方法으로서 發熱의 트러블이 生기지 않는 限界 가까이까지 타이어踏面을 프랏트로 하고 또 溝깊이를 깊게 해서 트레드의 有效마모용적을 증가시킨다.

(다) 溝는 미끄럼防止, 排水 등을 全然 考慮치 않아서 좋고 그저 放熱效果만을 考慮하면 좋기 때문에 溝바닥의 크랙크가 생기지 않은 範圍에서 가늘게 하고 스트레에트로 한다.

(2次的效果로서 소음도 낮아진다)

(라) 트레드고무質은 가장 중요하며 한 種類에만 구애됨은 危險이 있으므로 앞의 매리이고오란운드에서의 테스트結果로부터 數種의 것을 併行 테스트하는 등이다.

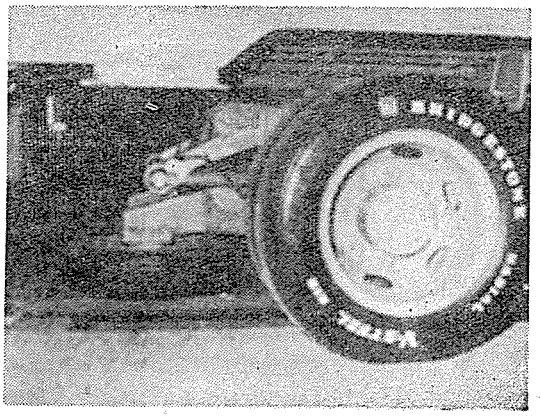
8. 結　言

타이어式의 電車는 前述한 바와 같은 큰 利點도 있는 反面 致命的은 아니라 하드라도 缺點이 있으므로 이 결點을 어떻게 적게 하느냐가 今後의 큰 課題이며 그런 意味에서 今番의 札幌式案內軌條車가 하나의 試金石이 될듯 하다.

우리들은 늘 現在走行中의 V-steel의 成績을 포오로우하면서 조금이라도 改良의 餘地가 있나 없나를 체크하여 다음의 改良에 結付되게끔 努力하고 있다.

鐵道關係者는 이 結果를 큰 期待를 갖고 注視하고 있을 것으로 생각하나 當地가 冬季올림픽의 舞台인만큼 世界各國의 關心을 끌 것은 틀림없다고 生覺한다.

勿論 우리들의 눈으로 보아도 成功은 틀림없다고 생각이 되지만 成功하는 날에는 아마 여러가지 型으로,



例를 들면 都市內, 都市間의 電車, 모노레에일로 發展하여 갈 것으로 生覺된다.

그것에 대해서도 하나의 큰 키이포인트는 타이어에 있으므로 今後에도 新技術에의 挑戰으로서 努力을 계속코져 念願하고 있다.

參考引用文獻

1. 札幌市交通局「案內軌條式車輛」1971年 12月 發行 册子.
2. 鐵道與 토리알. 1971年 11月 No. 257「空氣타이어車輛의 思想과 系보」青木榮一氏著.
「空氣고무타이어車輛의 鐵道車輛에의 導入」 大塚和之氏 著 (끝)

◎ 會誌課 註 : 72年 1月號 合成고무誌에서 編譯

南北 共同 聲明 〈全文〉

最近 平壤과 서울에서 南北關係를 改善하며 갈라진 祖國을 統一하는 問題를 協議하기위한 會談이 있었다.

서울의 李厚洛中央情報部長이 1972년 5월 2일부터 5월 5일까지 平壤을 訪問하여 平壤의 金英柱組織指導部長과 會談을 進行하였으며 金英柱部長을 代身한 朴成哲第2副首相이 1972년 5월29일부터 6월 1일까지 서울을 訪問하여 李厚洛部長과 會談을 進行하였다.

이會談들에서 雙方은 祖國의 平和的統一을 하루빨리 가져와야 한다는 共通된 念願을안고 虛心坦懷하게 意見을 交換하였으며 서로의 理解를 增進시키는데서 큰 成果를 거두었다.

이過程에서 雙方은 오랫동안 서로 만나보지못한 결과로 생긴 南北사이의 誤解와 不信을 풀고 緊張의 高潮를 緩和시키며 나아가서 祖國統一을 促進시키기 위하여 다음과 같은 問題들에 完全한 見解의 一致를 보았다.

1. 雙方은 다음과같은 祖國統一原則에 合意를 보았다.

첫째 統一은 外勢에 依存하거나 外勢의 干涉을 받음이없이 自主的으로 解決하여야 한다.

둘째 統一은 서로 相對方을 反對하는 武力行使에 依據하지 않고 平和的方法으로 實現하여야 한다.

세째 思想과 理念·制度의 差異를 超越하여 우선 하나의 民族으로서 民族的 大團結을 圖謀하여야 한다.

2. 雙方은 南北사이의 緊張狀態를 緩和하고 信賴의 雰圍氣를 造成하기 위하여 서로 相對方을 中傷비방하지않으며 크고 작은것을 莫論하고 武裝挑發을 하지않으며 不意의 軍事的 衝突事件을 防止하기 위한 積極的인 措置를 取하기로 合意하였다.

3. 雙方은 끊어졌던 民族的 連繫를 回復하며 서로의 理解를 增進시키고 自主的平和統一을 促進시키기 위하여 南北 사이에 多方面的인 諸般交流를 實施하기로 合意하였다.

4. 雙方은 지금 온 民族의 巨大한 期待속에 進行되고 있는 南北赤十字會談이 하루빨리 成事되도록 積極 協調하는데 合意하였다.

5. 雙方은 突發的 軍事事故를 防止하고 南北사이에 提起되는 問題들을 直接 迅速 正確히 處理하기 위하여 서울과 平壤사이에 常設 直通電話를 놓기로 合意하였다.

6. 雙方은 이러한 合意 事項을 推進시킴과함께 南北 사이의 諸般問題를 改善 解決하며 또 合意된 祖國統一 原則에 基礎하여 나라의 統一問題를 解決할 目的으로 李厚洛 部長과 金英柱 部長을 共同委員長으로 하는 南北調節委員會를 構成運營하기로 合意하였다.

7. 雙方은 以上의 合意事項이 祖國統一을 一日千秋로 渴望하는 온 겨레의 한결같은 念願에 符合된다고 確信하면서 이合意事項을 誠實히 履行할것을 온 民族앞에 嚴肅히 約束한다.

서로 上部의 뜻을 받들어

李 厚 洛　　金 英 柱

1972年 7月 4日