

4 社会基盤システムの機能障害の発生状況と復旧状況

[震災特別委][土木計画学研究委員会]

オーガナイザー: 兵藤哲朗 / 東京海洋大学、福士謙介 / 東京大学

本日の構成

4.1 東北における社会基盤システムの機能障害と復旧状況

4.1.1 交通運輸, 電力・ガス

4.1.2 上下水道

4.2 節電に伴う首都圏の鉄道輸送への影響

4.1.1 交通運輸, 電力・ガス

道路施設の被害と復旧

- 被災総数：高速道路15路線，国道161区間，都道府県道等499区間
- 初動時に集権的指示系統に基づく迅速な対応＋「くしの歯作戦」という明確なゴール設定が功を奏した
- 市町村道など非幹線道路の復旧と市民生活や産業活動を支える道路機能回復に期待

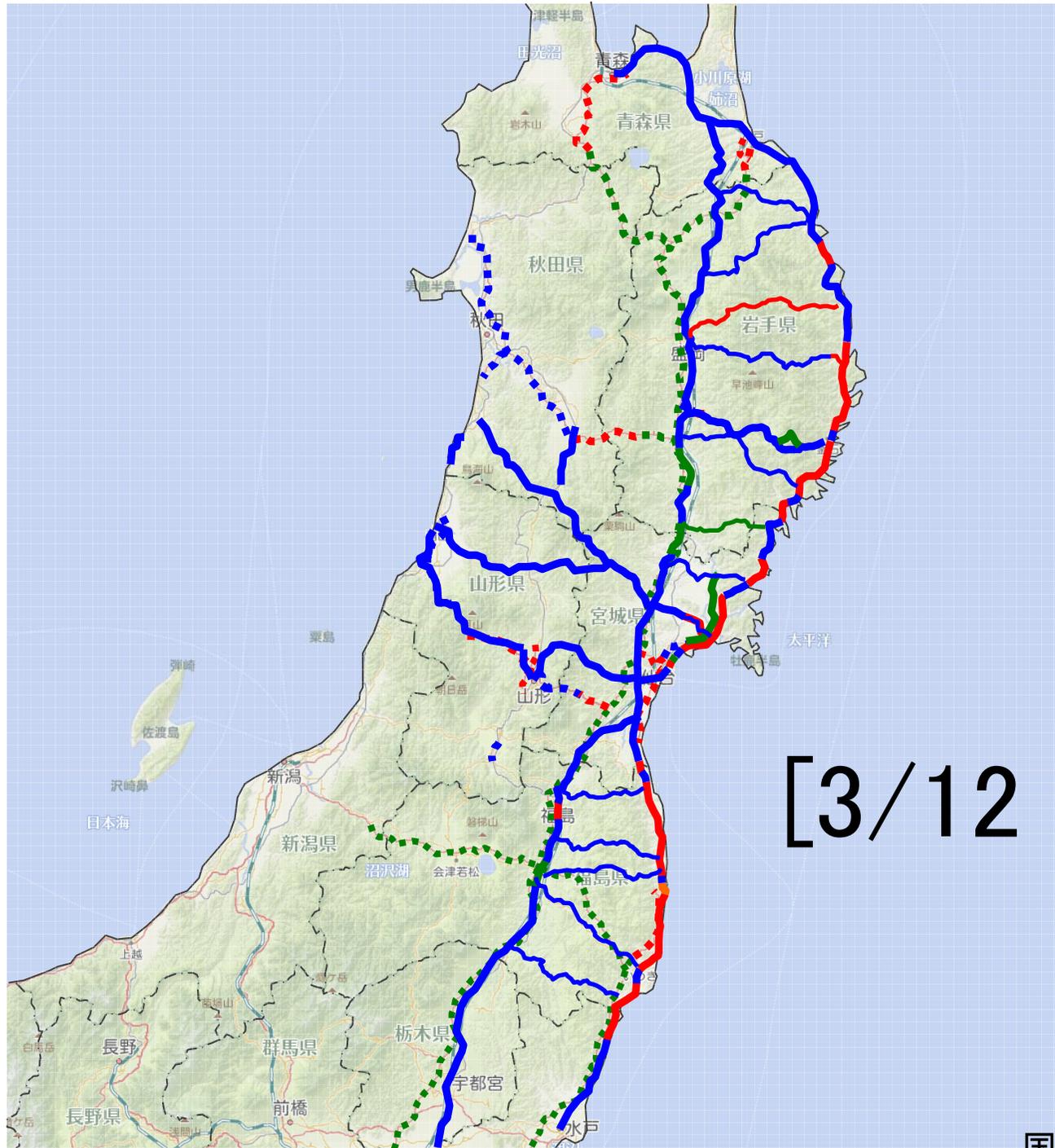
凡例		
高速道路	通行可能区間	—
	被災箇所	×
一般国道	通行可能区間	—
	被災箇所	×
補助国道	主な被災箇所	×



[3/12 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

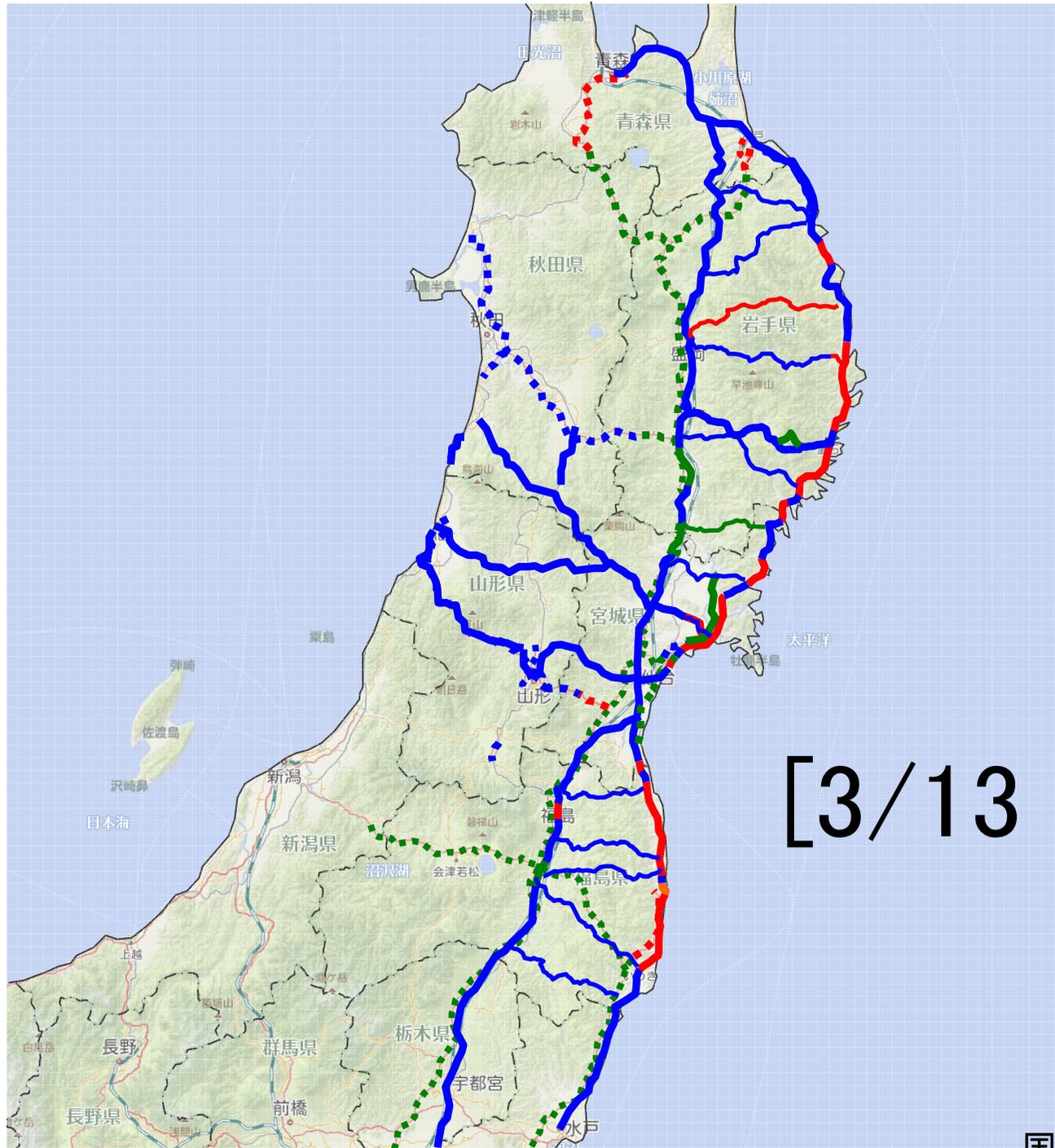
[3/12 16:00]



[3/13 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

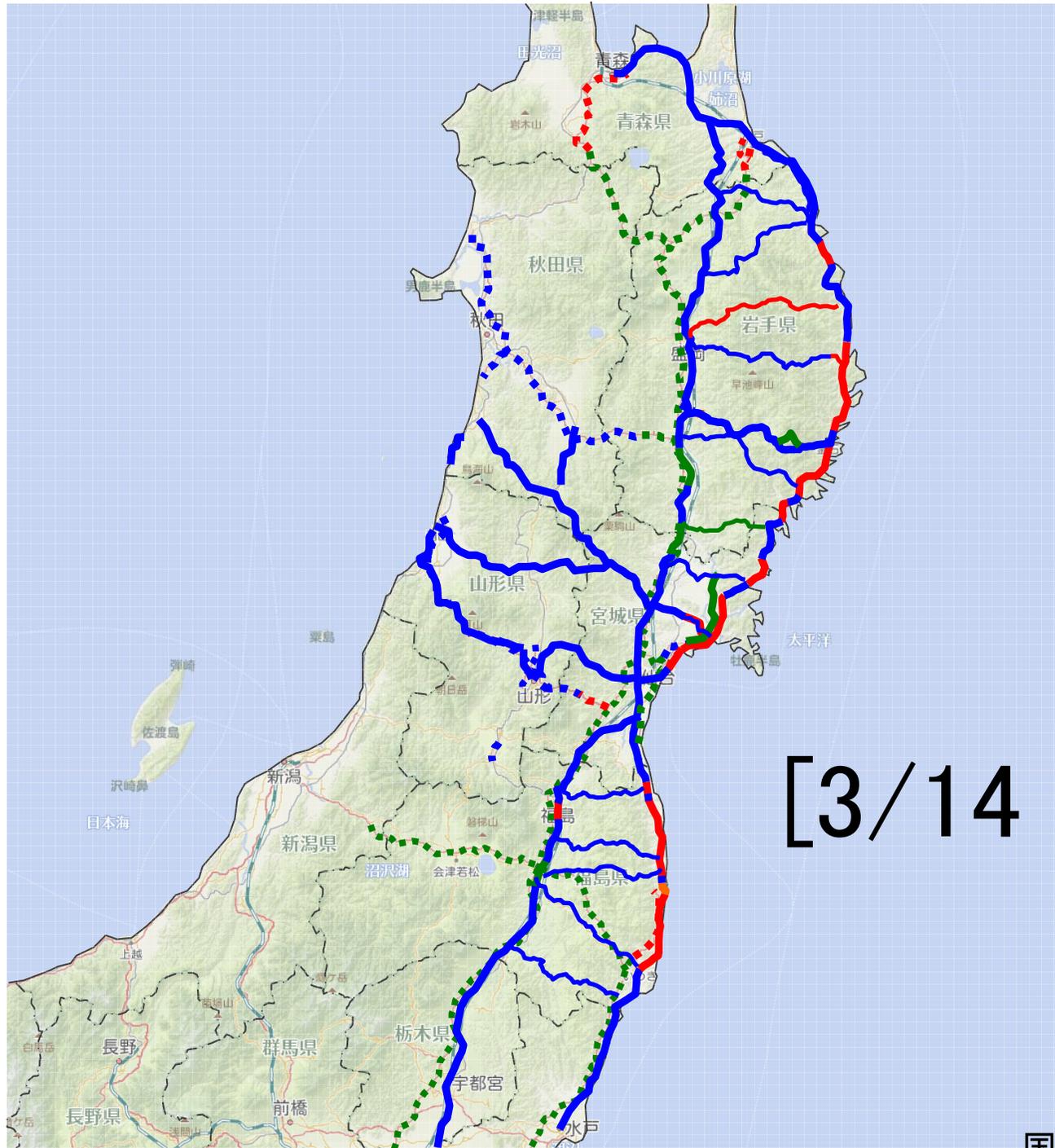
[3/13 16:00]



[3/14 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

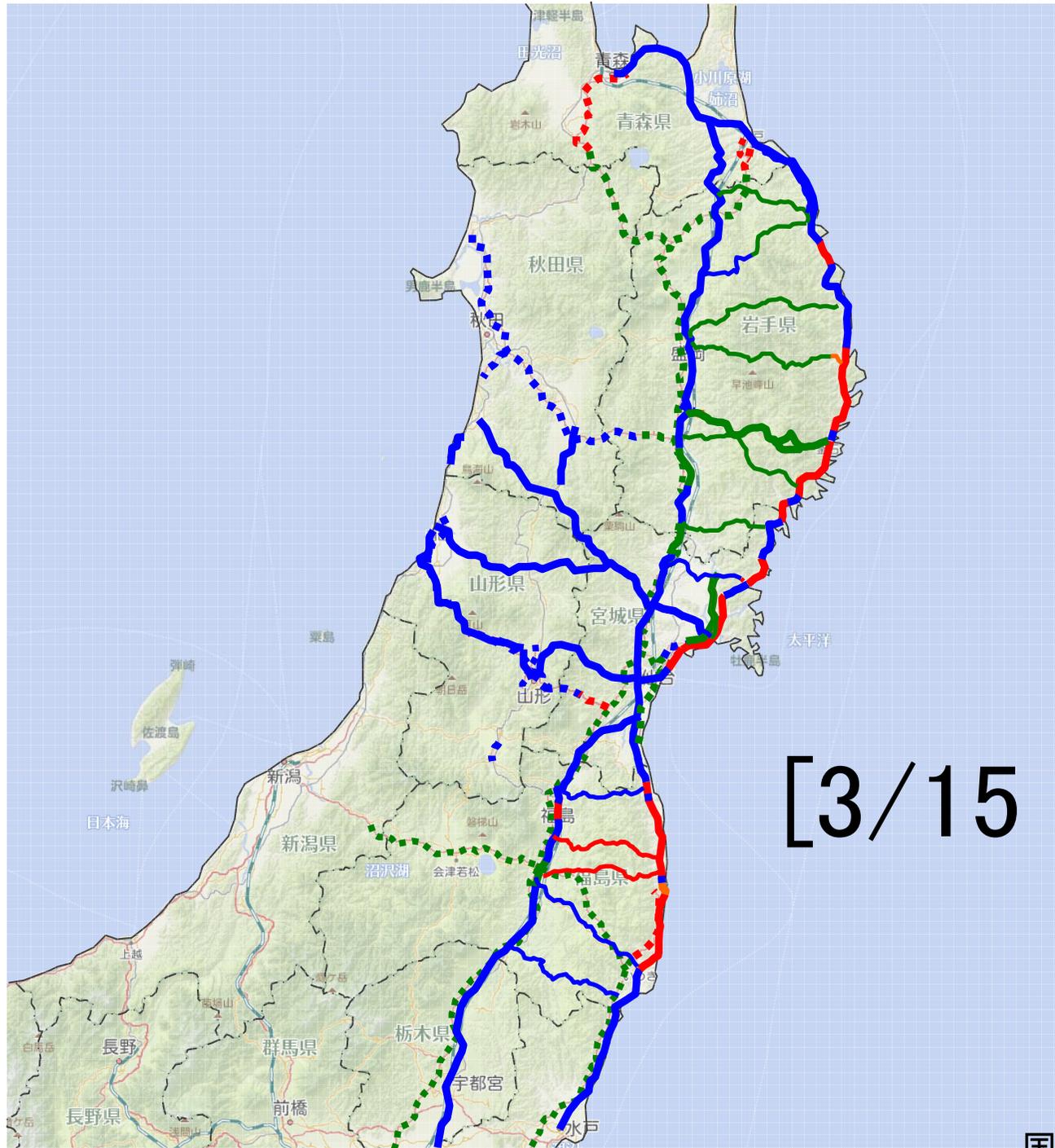
[3/14 16:00]



[3/15 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

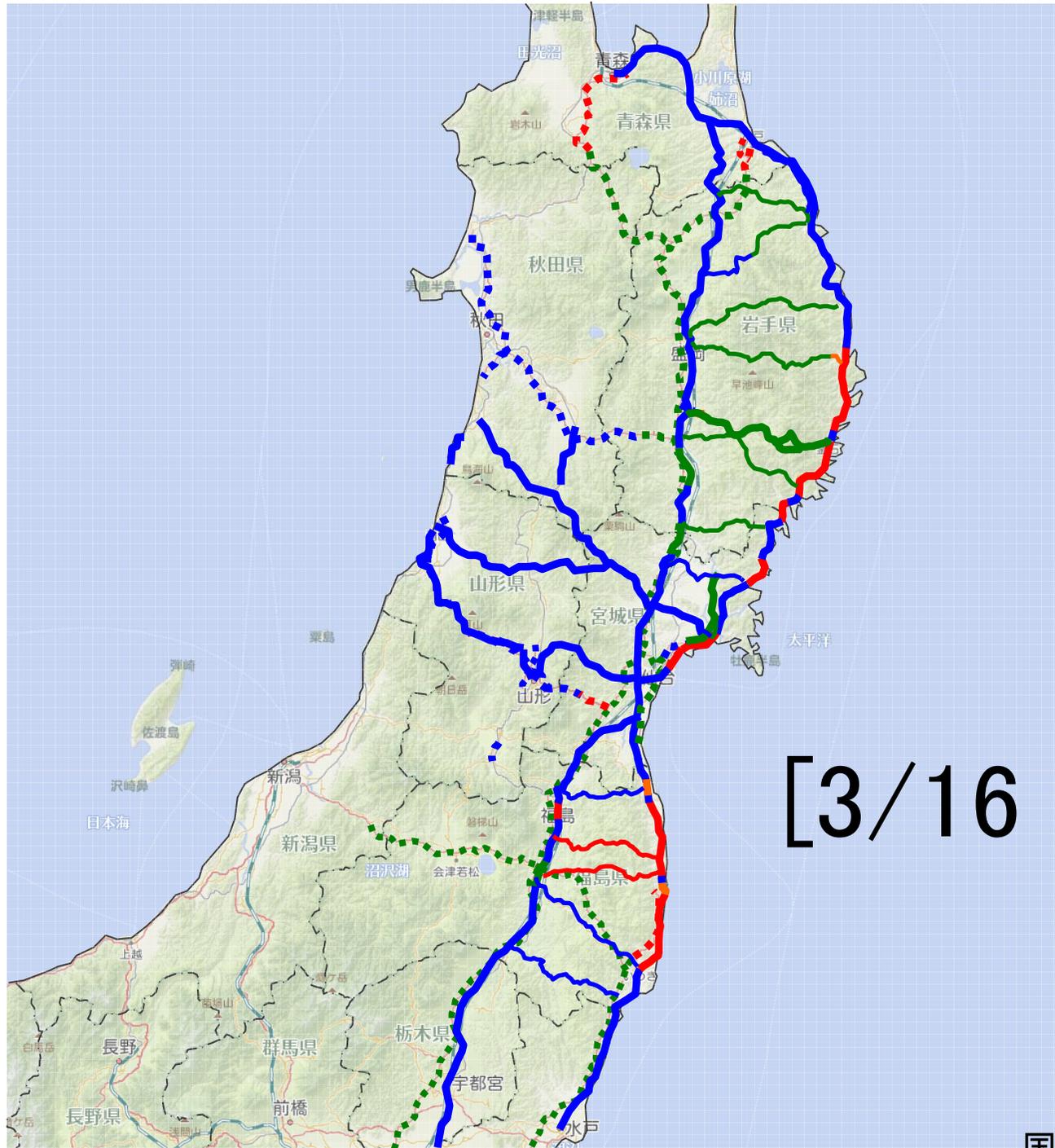
[3/15 16:00]



[3/16 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

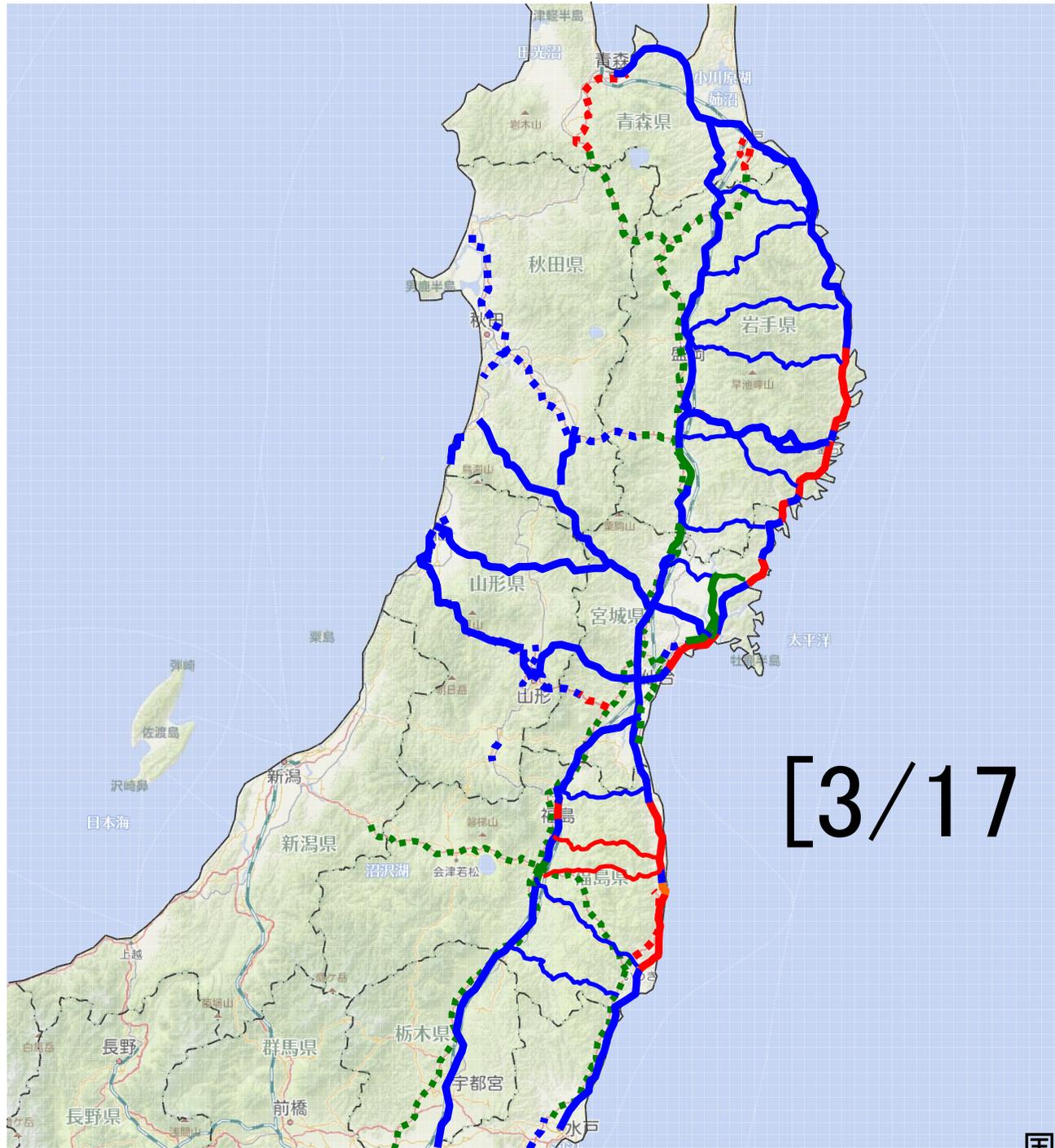
[3/16 16:00]

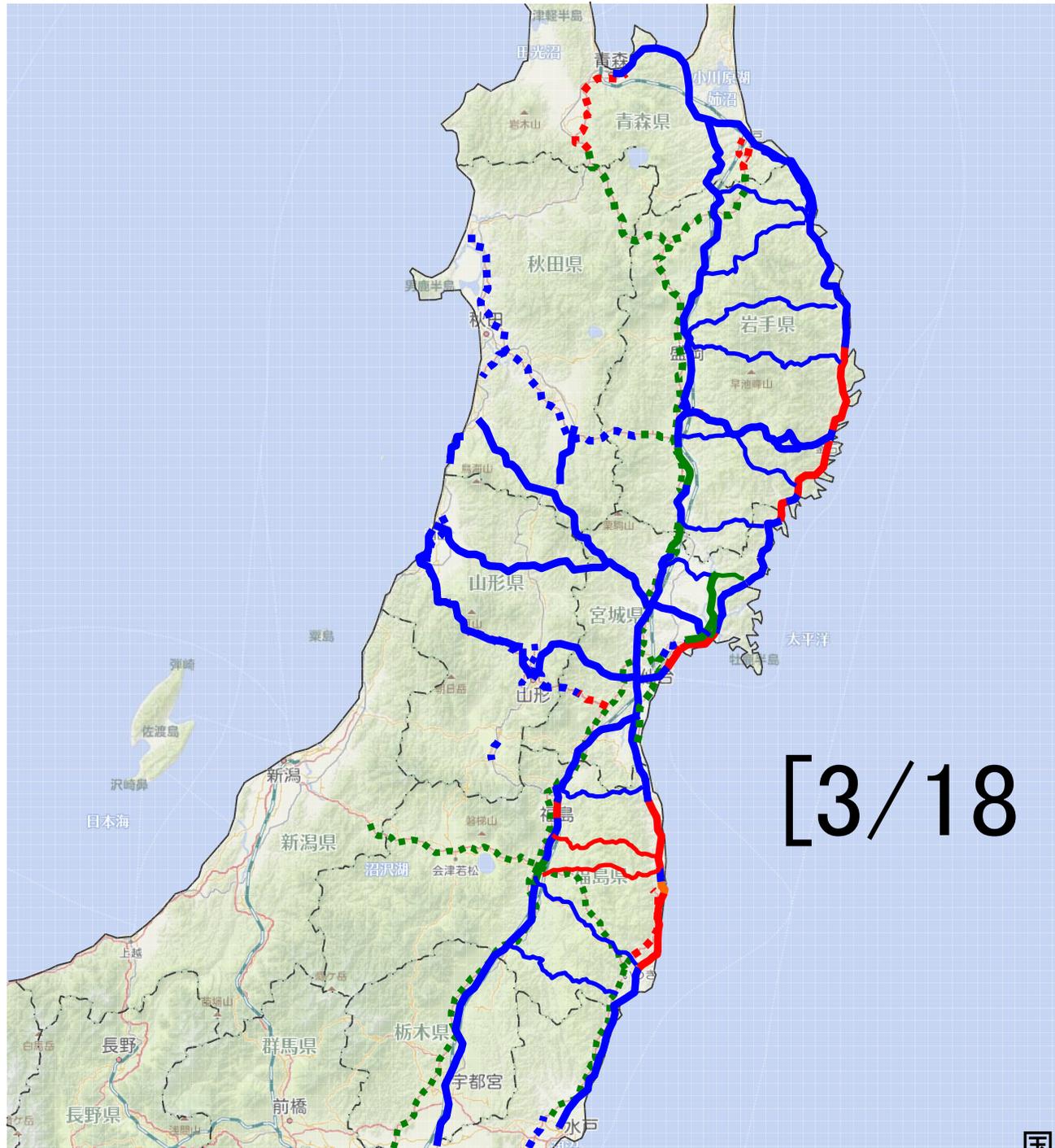


[3/17 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

[3/17 16:00]





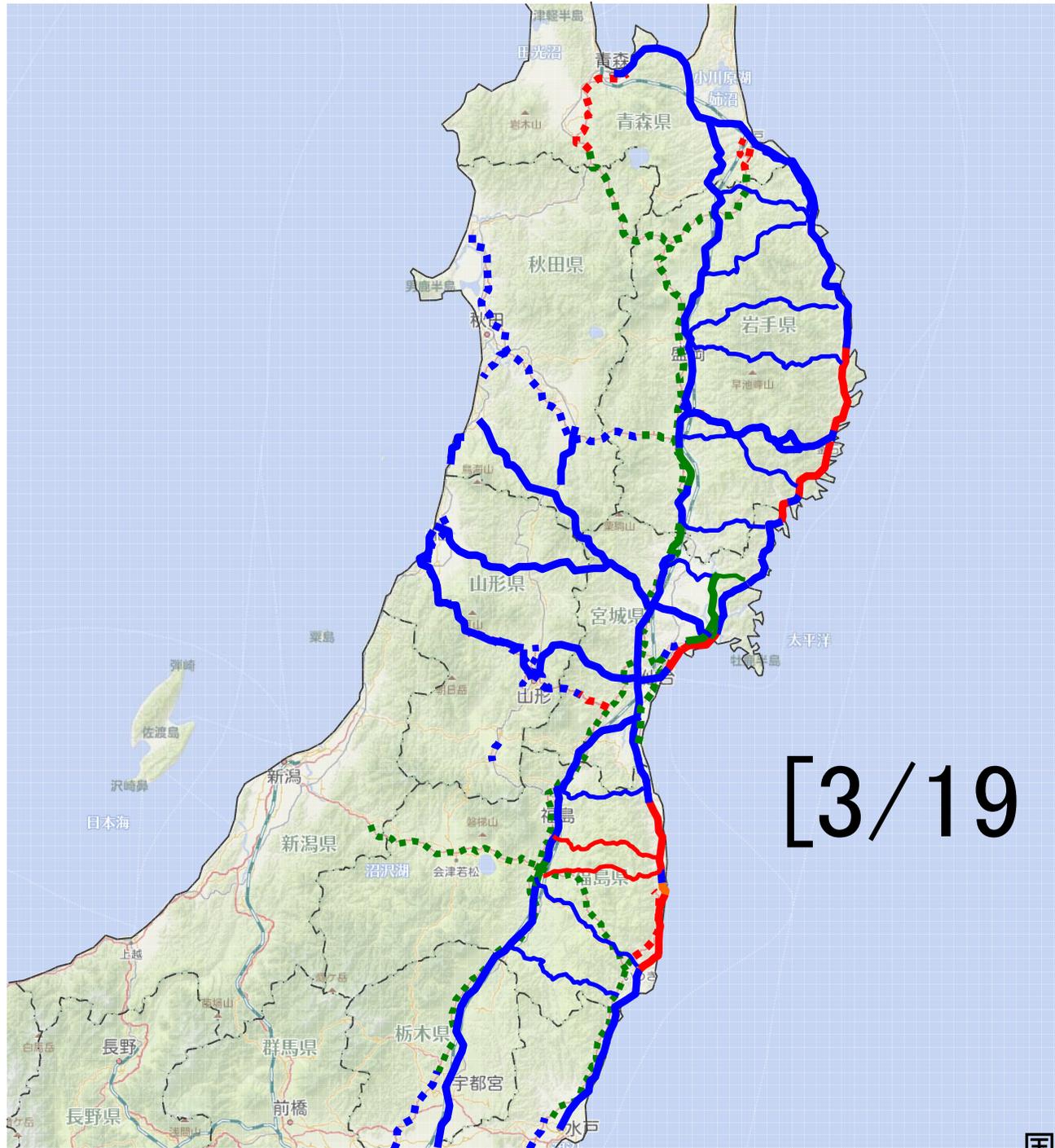
[3/18 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

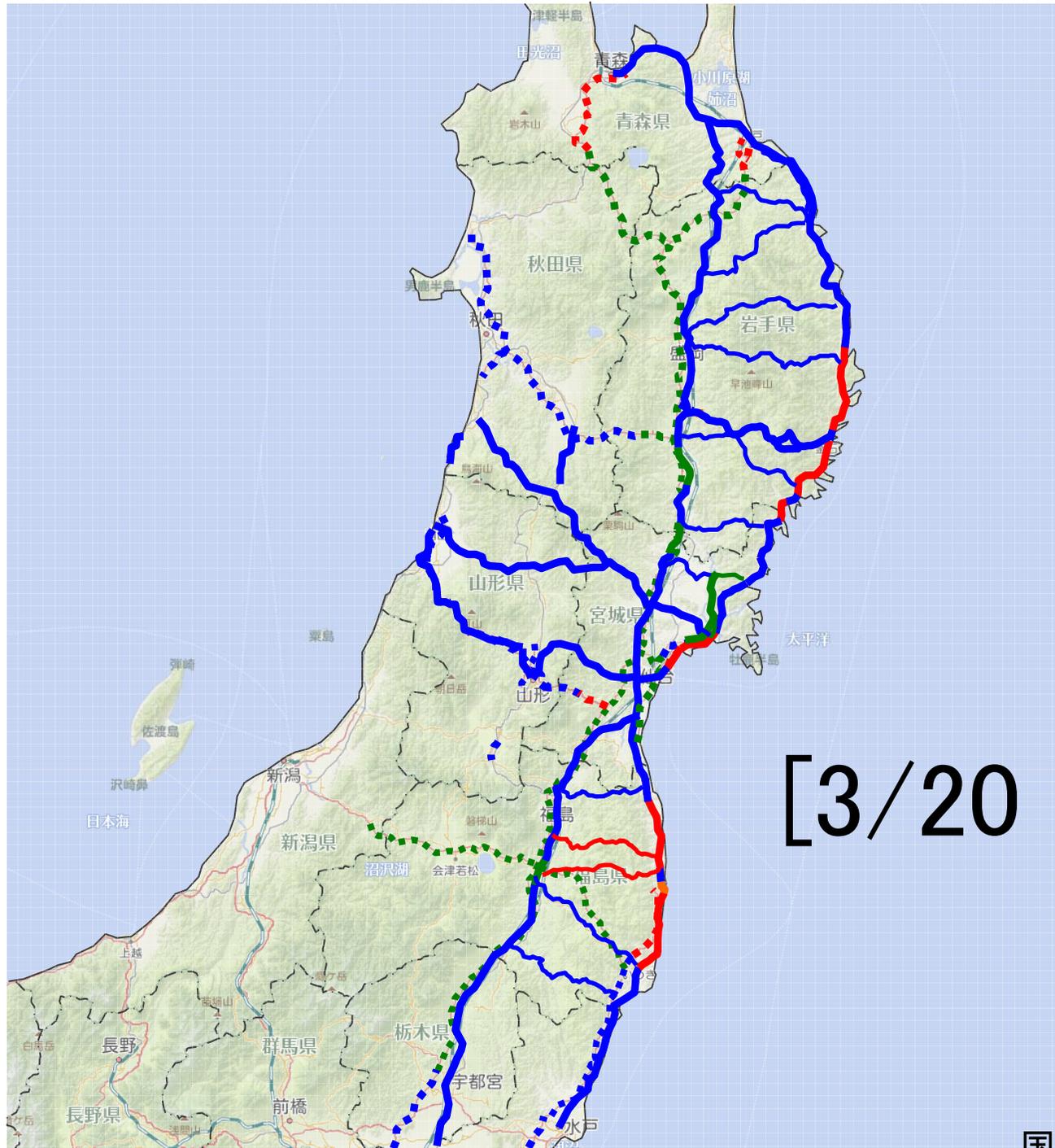
[3/18 16:00]

[3/19 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止



[3/19 16:00]



[3/20 16:00現在]

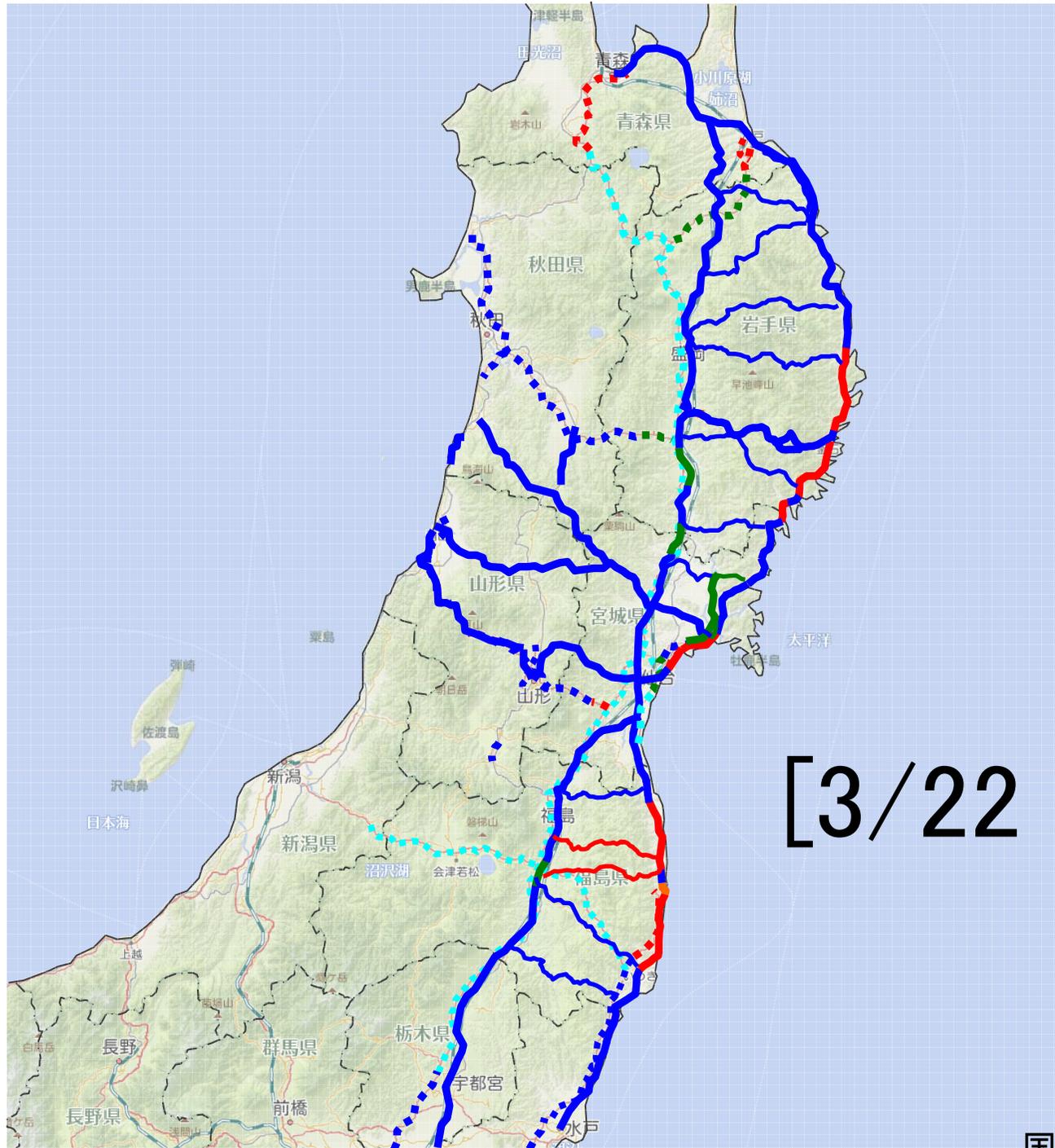
- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青) : 通行可能
- (赤) : 通行止
- (緑) : 緊急車両等通行可能
- (橙) : 迂回による通行可能
- (青) : 大型自動車等以外の通行禁止

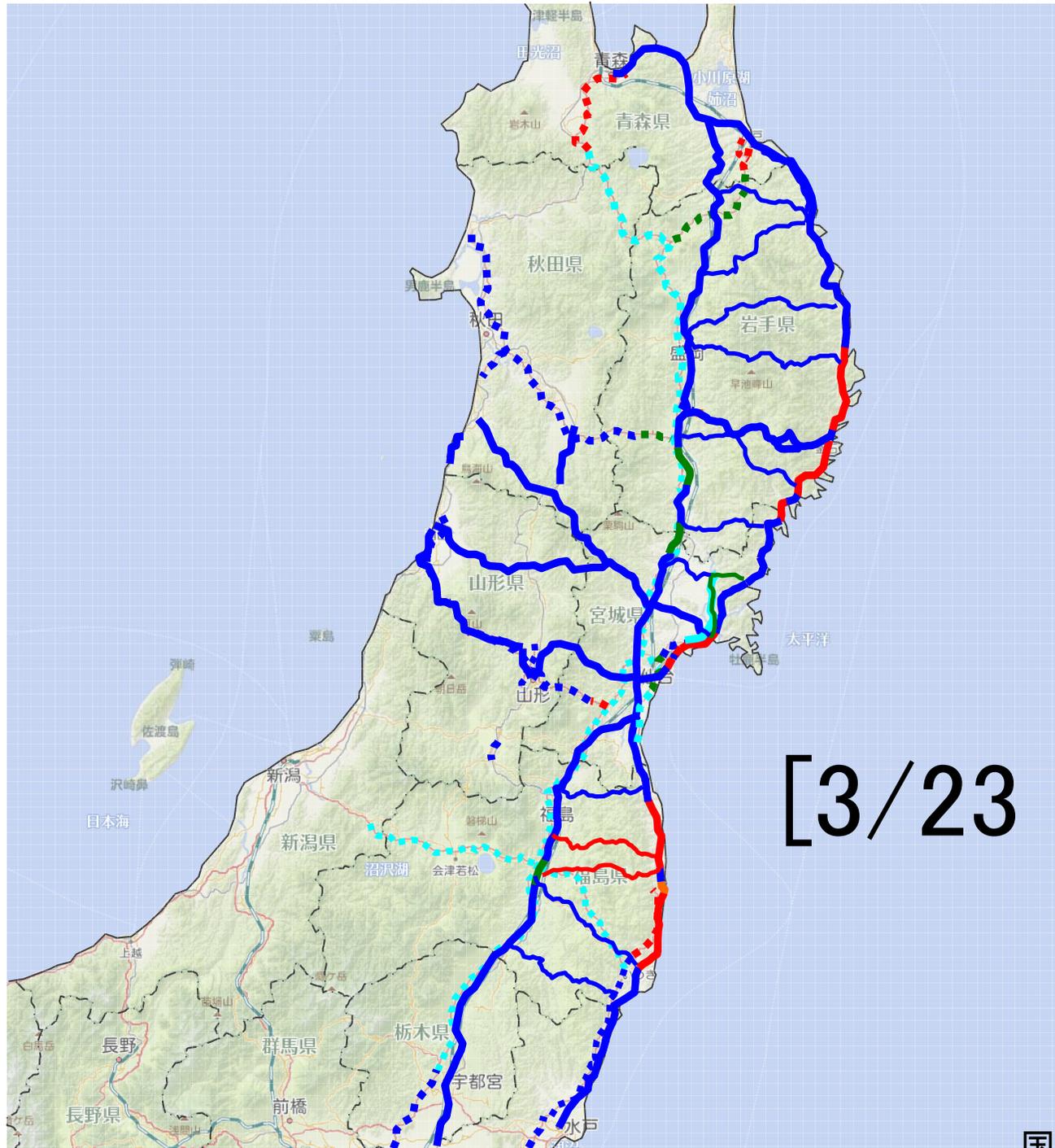
[3/20 16:00]

[3/22 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

[3/22 16:00]

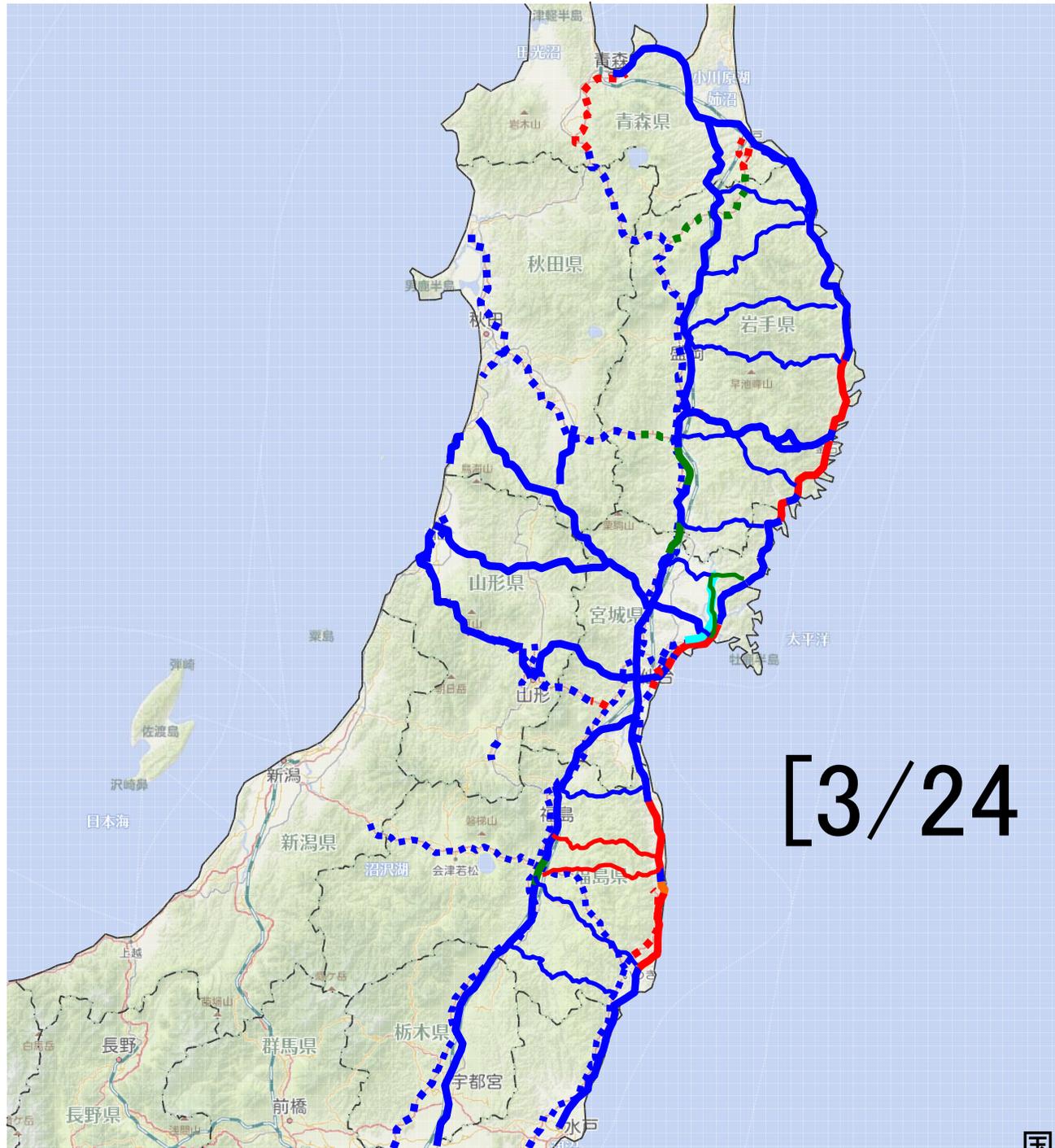




[3/23 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

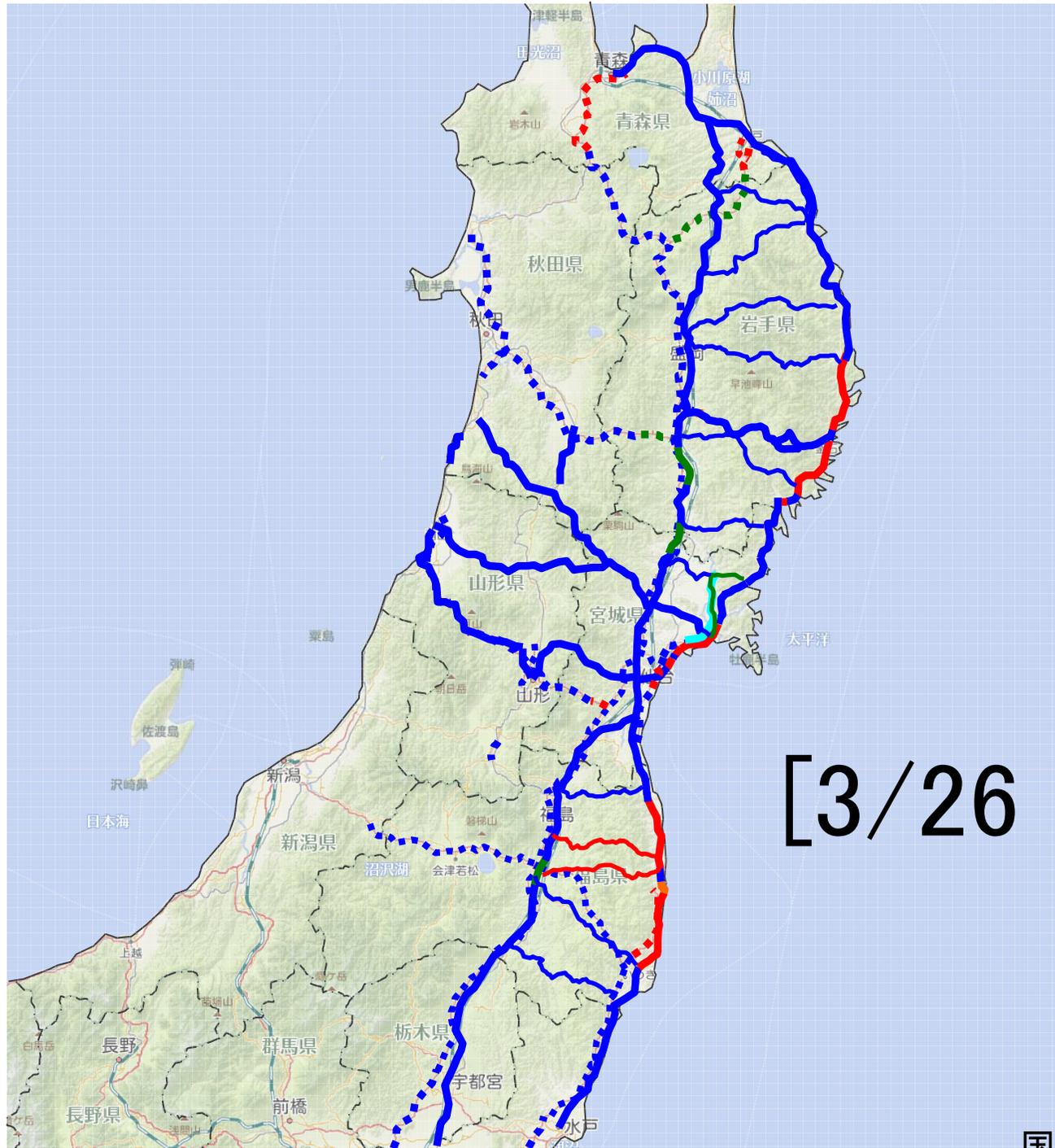
[3/23 16:00]



[3/24 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

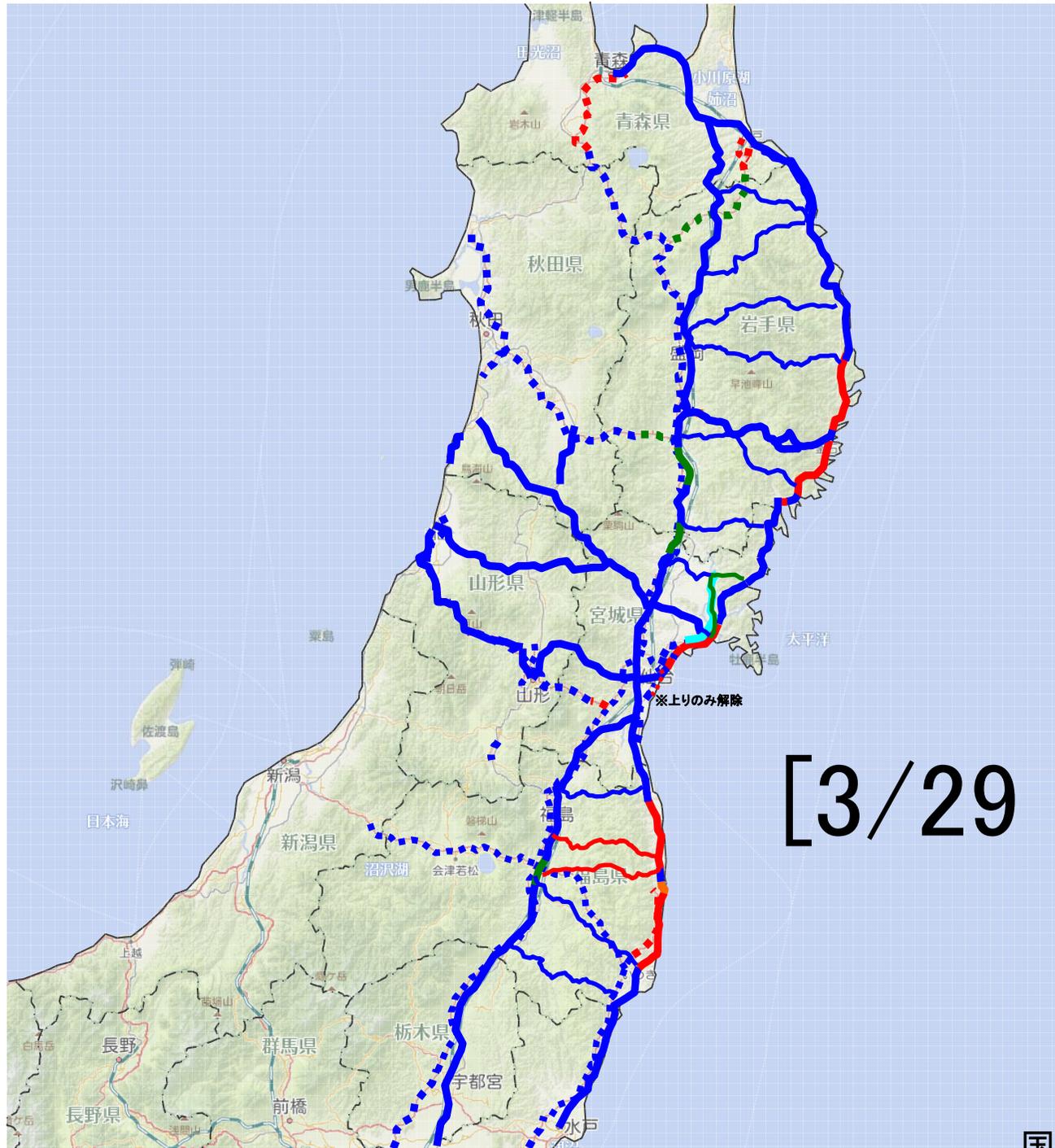
[3/24 16:00]



[3/26 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

[3/26 16:00]



[3/29 16:00現在]

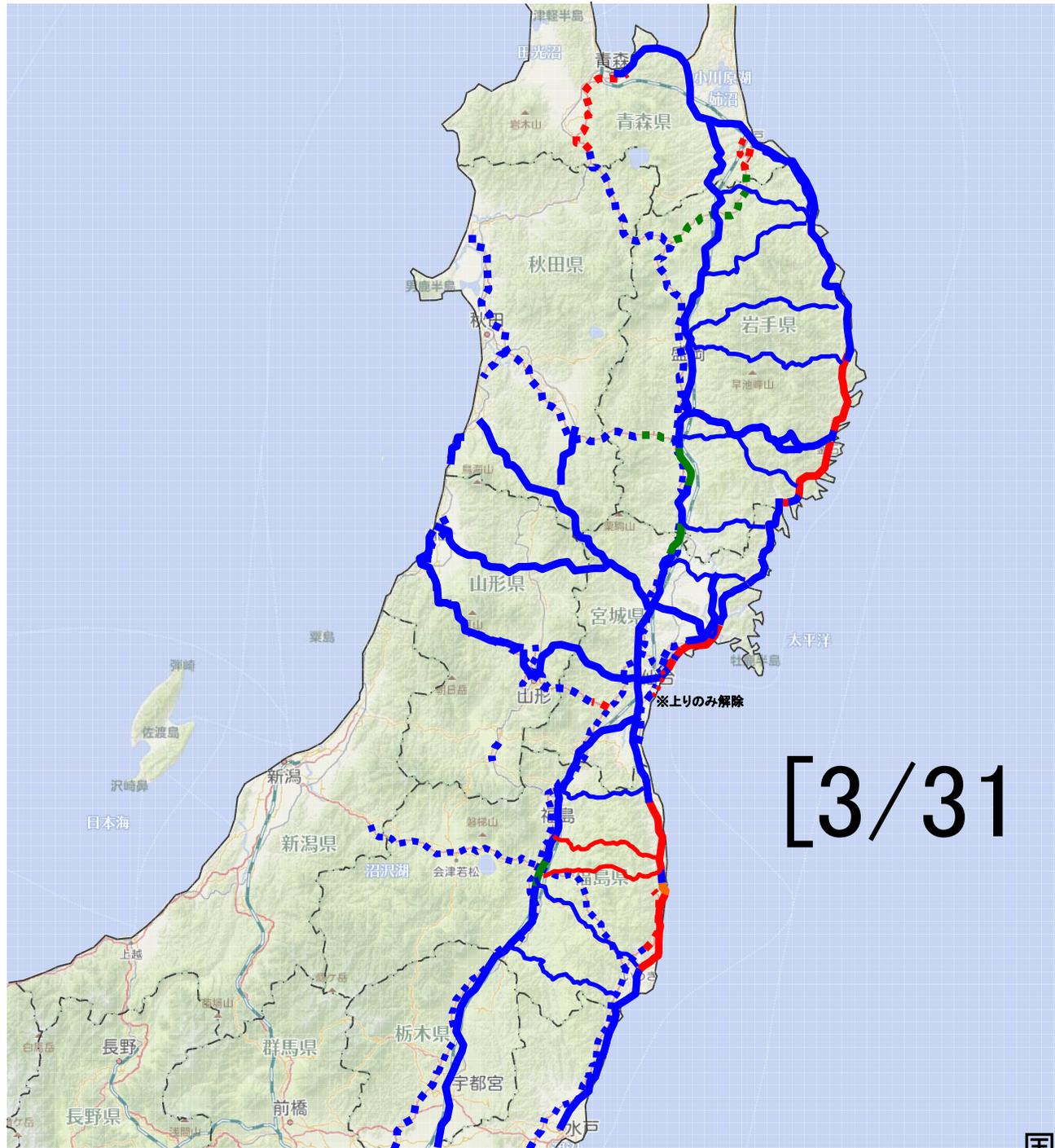
- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青) : 通行可能
- (赤) : 通行止
- (緑) : 緊急車両等通行可能
- (橙) : 迂回による通行可能
- (青) : 大型自動車等以外の通行禁止

[3/29 16:00]

[3/31 16:00現在]

- (実線) : 国道
- ⋯ (点線) : 高速道路
- (青線) : 通行可能
- (赤線) : 通行止
- (緑線) : 緊急車両等通行可能
- (オレンジ線) : 迂回による通行可能
- (水色線) : 大型自動車等以外の通行禁止

[3/31 16:00]

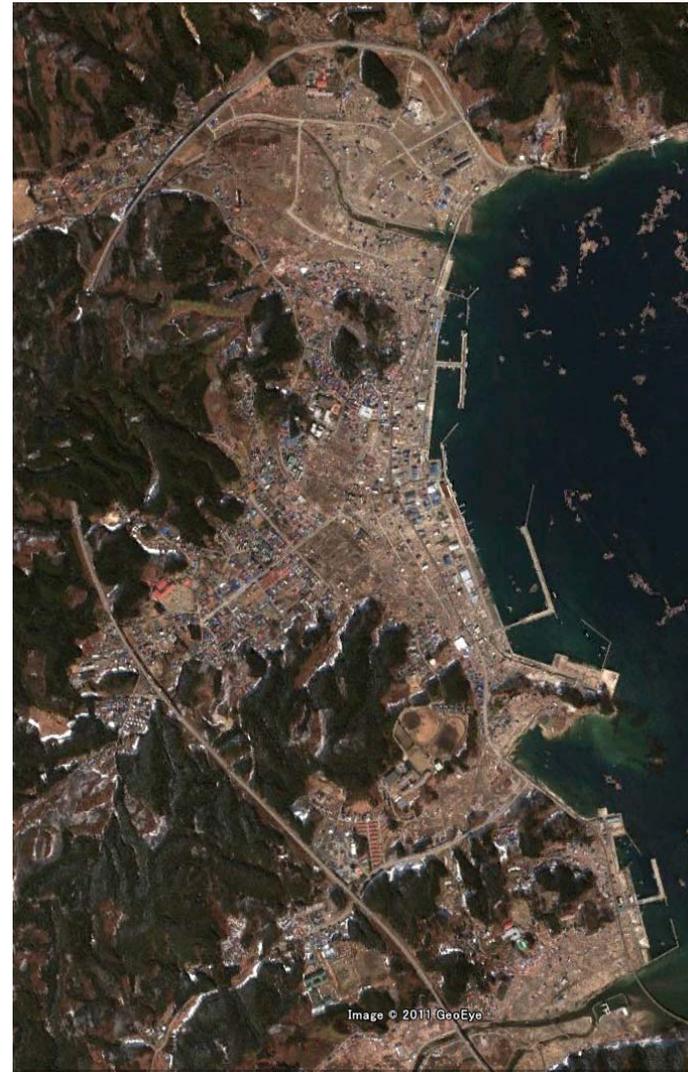


道路の防災機能

- ・津波の侵入を止めた仙台
東部有料道路



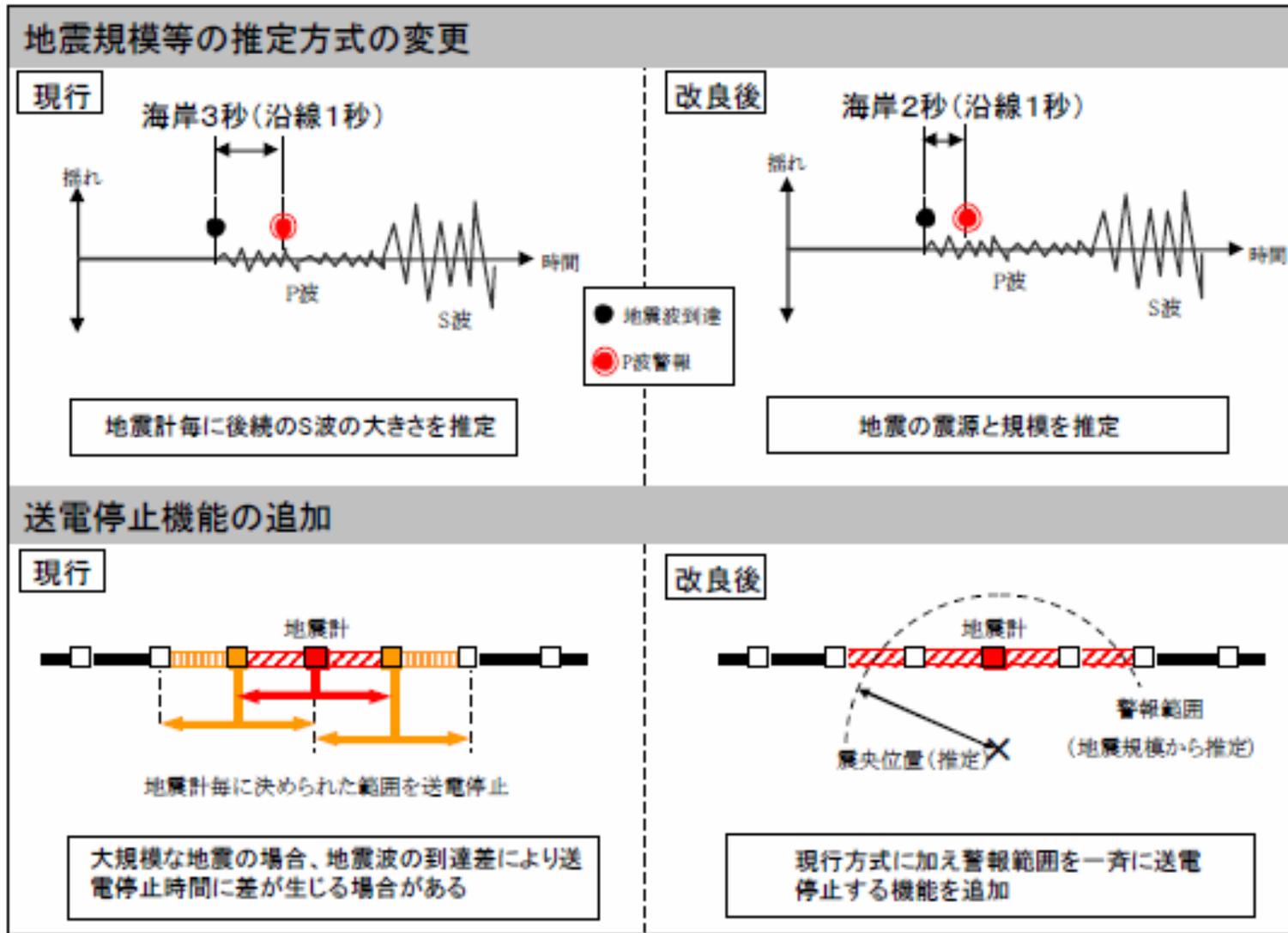
- ・三陸縦貫自動車による
輸送経路の確保



鉄道の人的被害

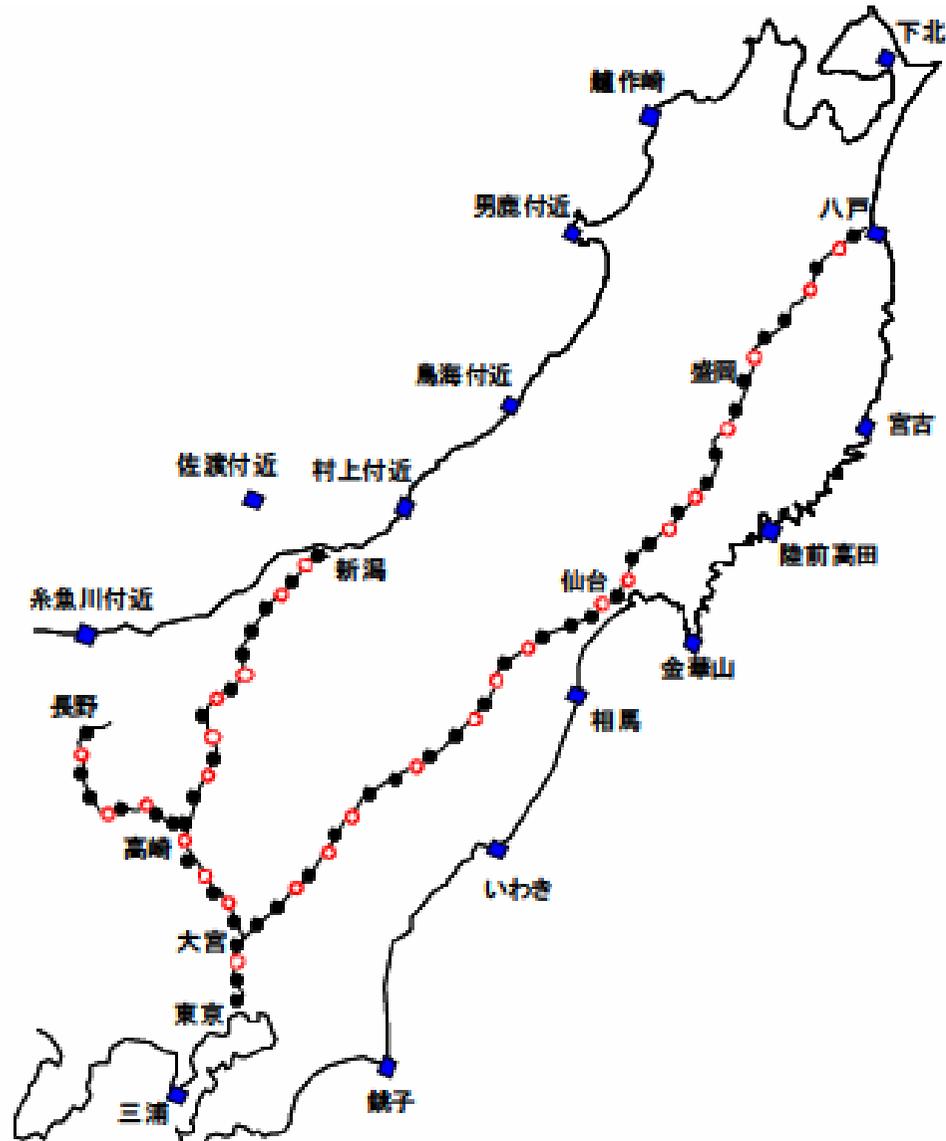
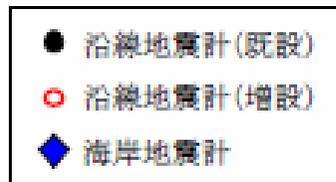
- 走行中あるいは停車中の列車の乗客については、死傷者なしとの報告
 - 新幹線では中越地震を受けて改良した早期地震検知システムにより安全に停止
 - 多くの路線で乗務員が乗客を適切に誘導
 - 落下物に注意を促すアナウンス

新幹線早期地震検知システム

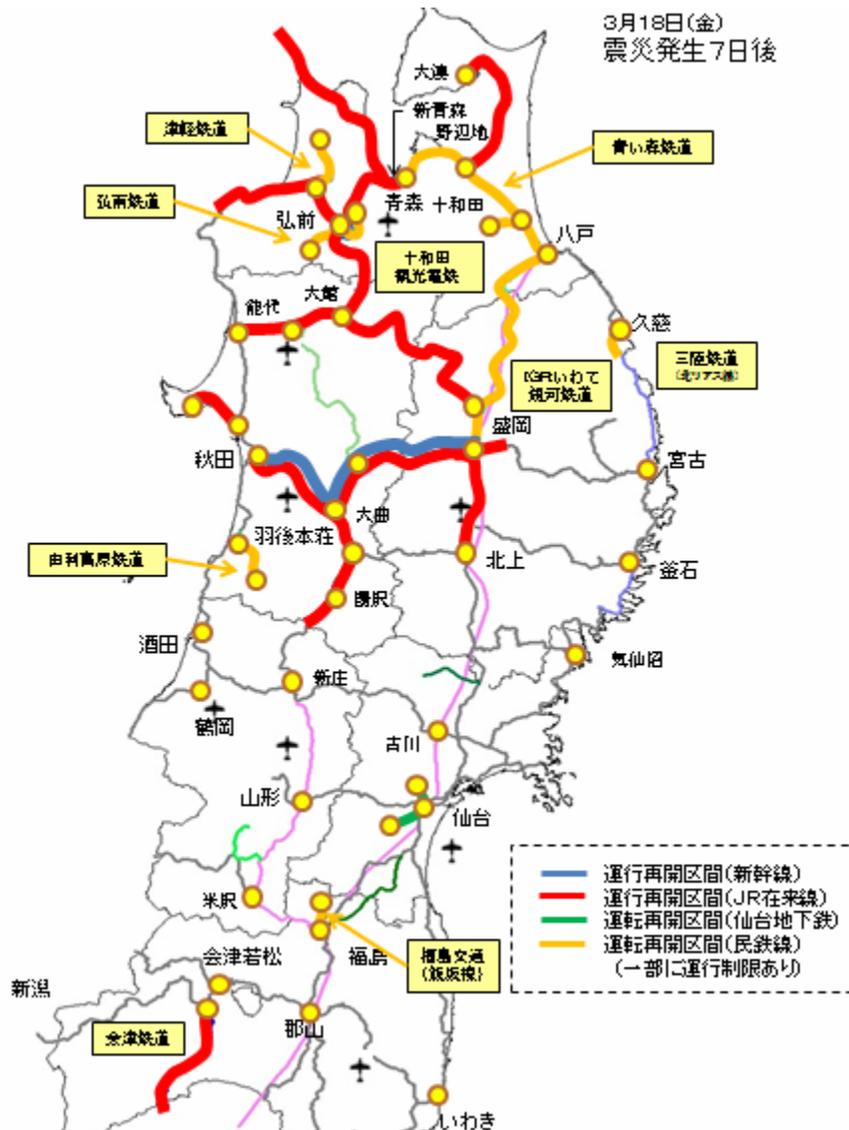


地震計設置箇所

設置箇所	線区等別	現行	増設数	合計
沿線	東北	28	16	44
	上越	13	9	22
	長野	6	3	9
	小計	47	28	75
海岸	太平洋側	9	-	9
	日本海側	6	-	6
	小計	15	-	15
合計		62	28	90



鉄道の運休状況(3/18:発生7日後)



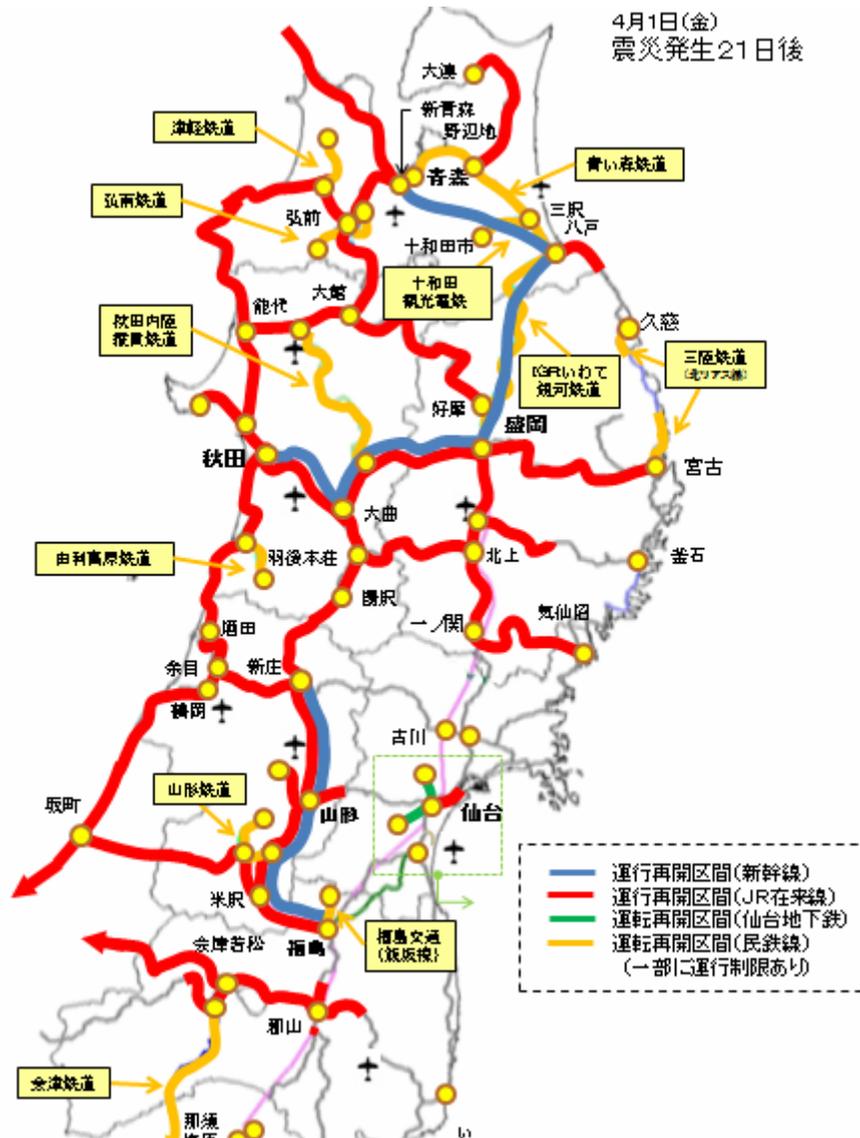
新幹線, 在来線の多くの
路線, 区間で運休が発生
特に宮城, 岩手(沿岸),
山形, 福島で運休が多い

鉄道の運休状況(3/25:発生14日後)



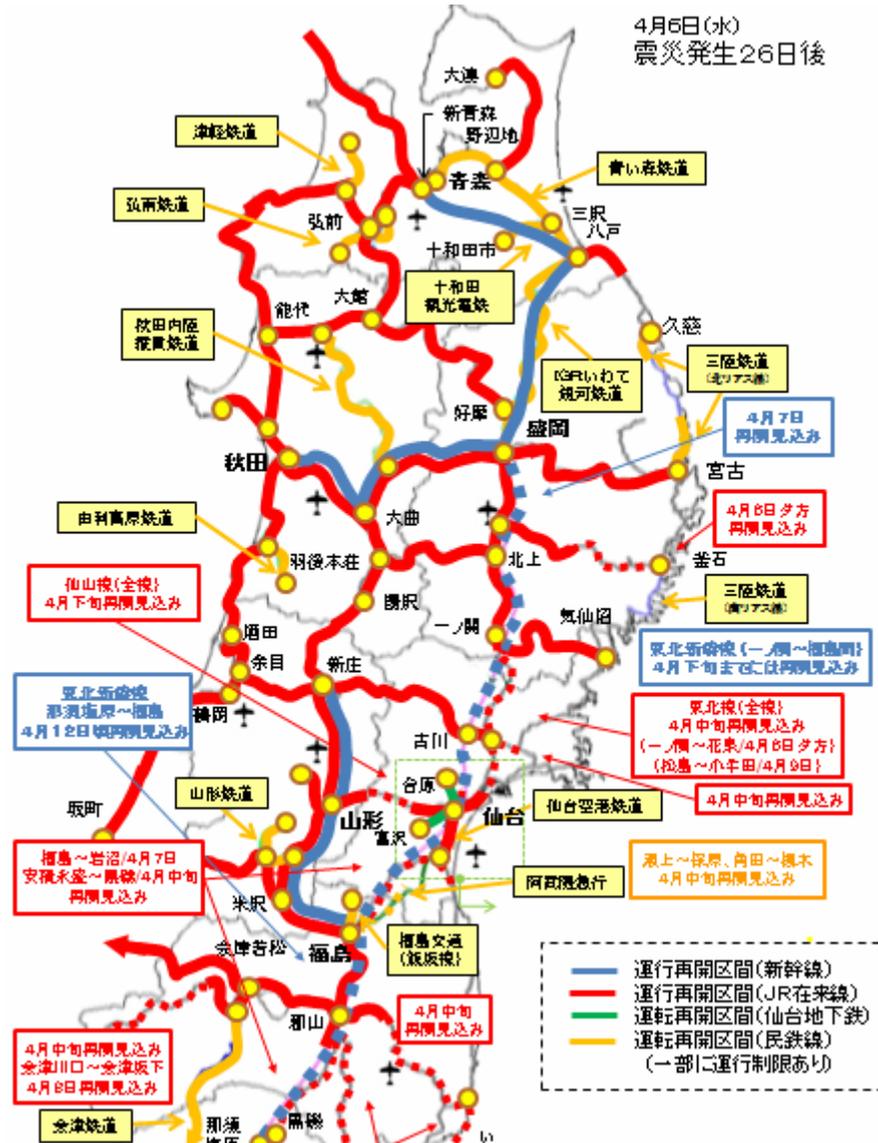
東北新幹線(新青森～盛岡), JR在来線の一部(東北線, 五能線, 北上線等)で運転再開

鉄道の運休状況(4/1:発生21日後)



JR在来線の一部(東北線, 山田線, 釜石線, 大船渡線等)で運転再開

鉄道の運休状況(4/6:発生26日後)



東北新幹線(福島～仙台除く)、在来線(三陸沿岸除く)とも、4月下旬までに運転再開の見通し

鉄道施設の被害状況(1)

- 東北新幹線
 - 高架橋, 橋梁, 駅舎, トンネルの崩落はなし
 - 電化柱折損・傾斜・ひび割れ(約540箇所), 架線切断(約470箇所), 高架柱等損傷(約100箇所)等
- JR在来線
 - 軌道変異(約2,200箇所), 電化柱折損・傾斜・ひび割れ(約1,150箇所), 道床碎石流出(約220箇所), 乗降場変状(約220箇所), 盛土・切取等土工設備の変状(約170箇所)等

新幹線の復旧工事(電化柱)



skip

鉄道施設の被害状況(2)

- 仙台市営地下鉄
 - 橋脚損傷(50箇所), 橋梁桁受部損傷(6箇所), アンカーボルト破断(46本中17本)
- 仙台空港アクセス線
 - 運輸管理所土砂流入, 線路冠水, 防音壁倒壊・傾斜, 照明設備落下, 等
- 阿武隈急行
 - 橋脚損傷, 軌道変状, ホーム崩落

市営地下鉄の被災状況



八乙女駅上屋鉄骨の
アンカーボルト破断



泉中央駅～黒松駅間の
高架橋の損傷

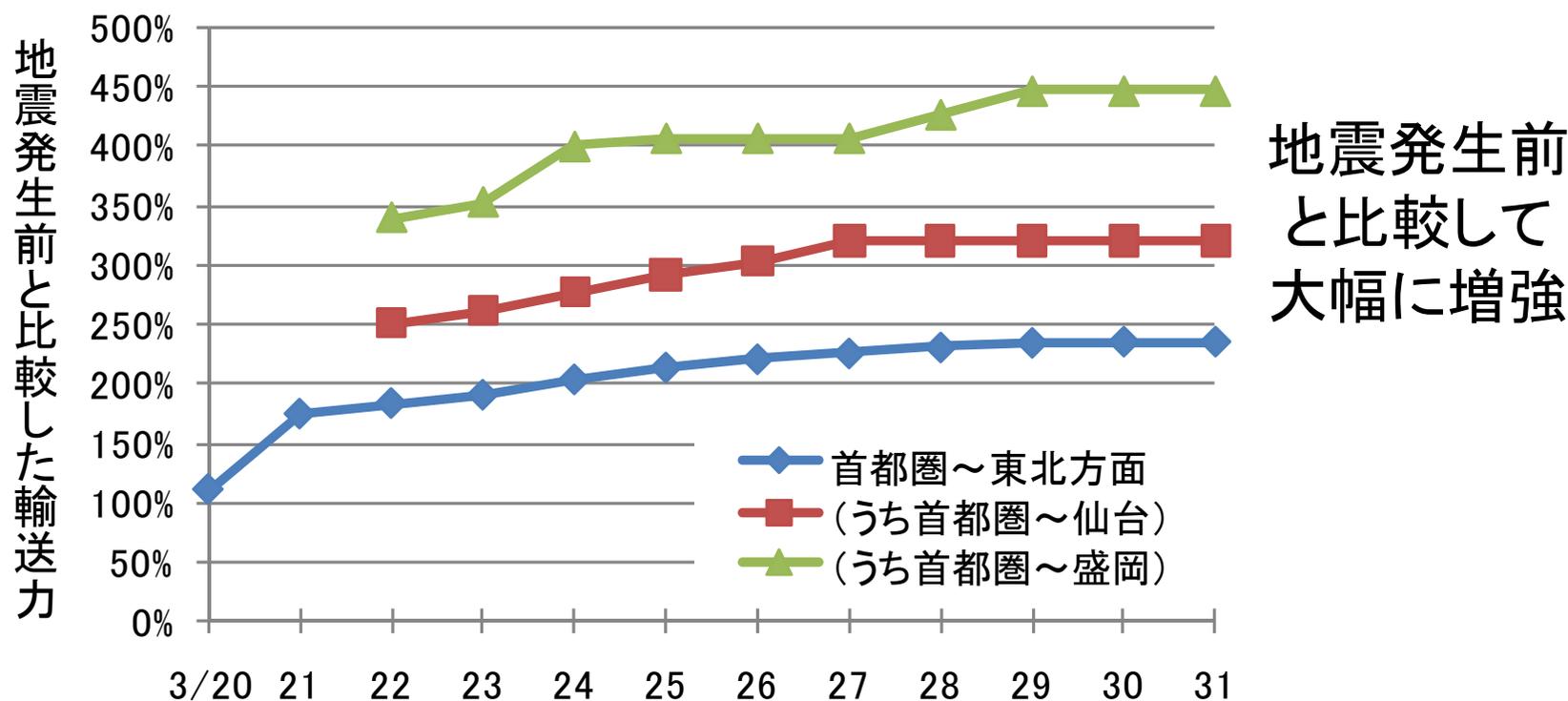
鉄道施設の被害状況(3)

- 三陸沿岸では、JR東日本、三陸鉄道の8路線で、橋梁、駅舎の流出など甚大な被害が発生



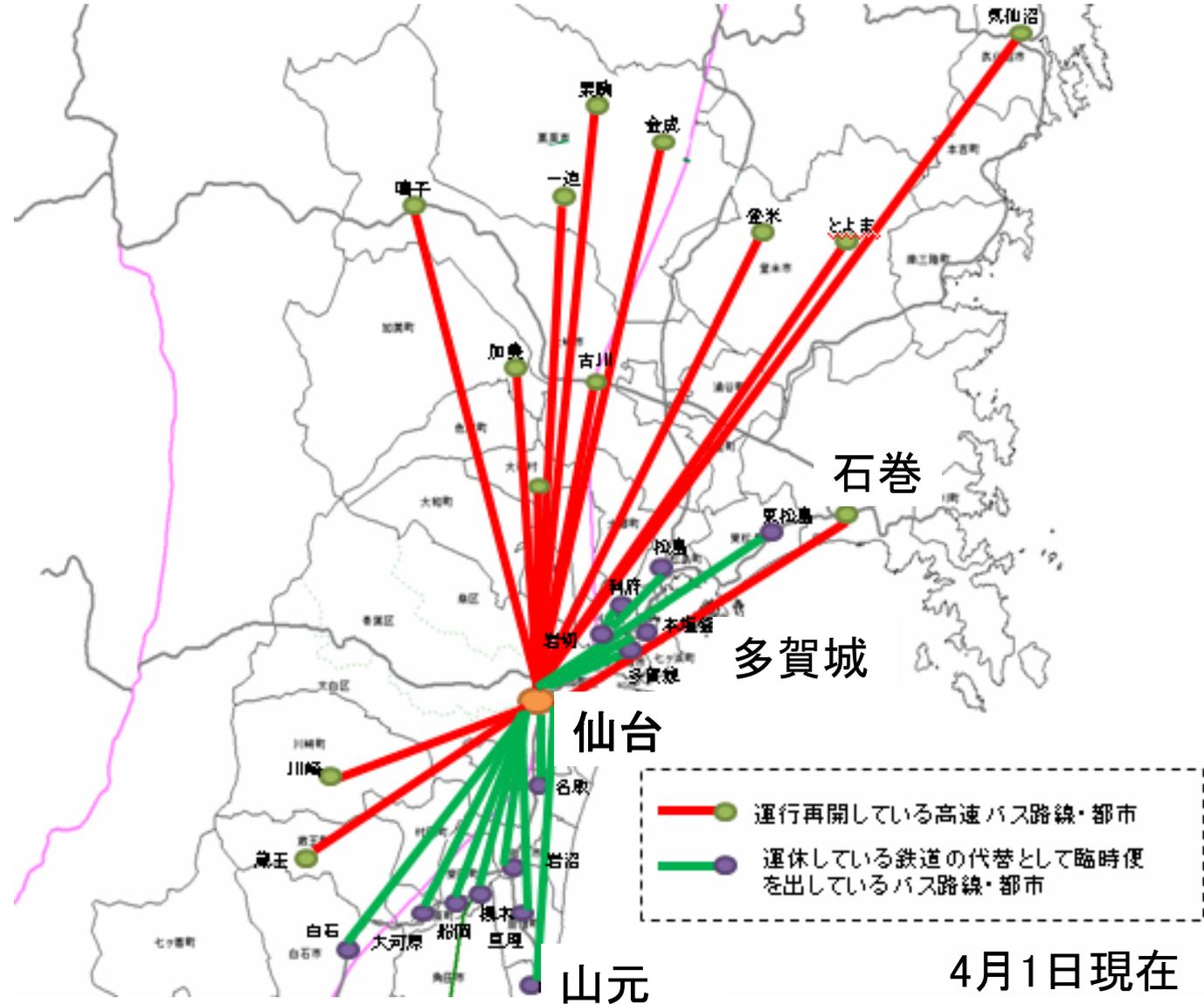
新幹線の運休に伴う代替輸送

- 首都圏～東北方面の高速バスの増便
 - － 緊急通行車両の認定（高速道路の通行を許可）
 - － 貸切バスの活用



出典：国土交通省自動車交通局HPより作成

在来線等の運休に伴う代替輸送



出典：国土交通省東北運輸局資料

市営地下鉄の代行バスの運行状況



泉中央

台原

代行バス
運行区間
概ね15分間隔
(朝夕は2~3分間隔)

仙台

市営地下鉄の代行バスの運行状況



続々と到着する代行バス



台原駅における入場制限

空港施設の被害状況

- 仙台空港は津波により、管制機器が停止
- ターミナル施設も破損

滑走路上の土砂・がれきは撤去済み

修繕の進む空港ターミナル



火災が発生した貨物ターミナル



民航の就航に向けた安全柵設置



空港機能の再生に向けて

- ・管制機能の復旧
- ・ターミナル機能の応急処置
- ・空港アクセス鉄道の復旧
- ・国際線ターミナル機能復旧

港湾施設の被害状況

- 八戸港
- 宮古港，釜石港，久慈港，大船渡港，石巻港，仙台塩釜港（塩釜港区），仙台塩釜港（仙台港区），小名浜港
- 相馬港
- 日立港，ひたちなか港，大洗港，鹿島港

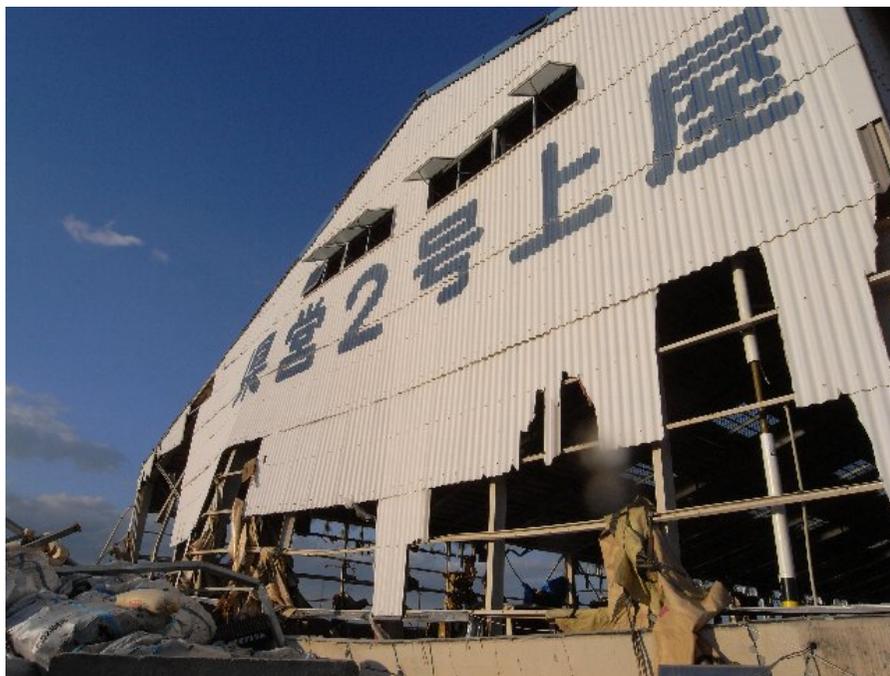
東北～関東の各港で，防潮堤，防波堤，接岸部，貨物取り扱い施設などで被害

→復旧は「くしの歯」補完を考慮して，宮古・釜石・塩釜を優先

石巻港の接岸部の陥没



津波・引き波による渦によって
破壊(日立港)



各種上屋施設の再建も必要
津波被害の相馬港上屋

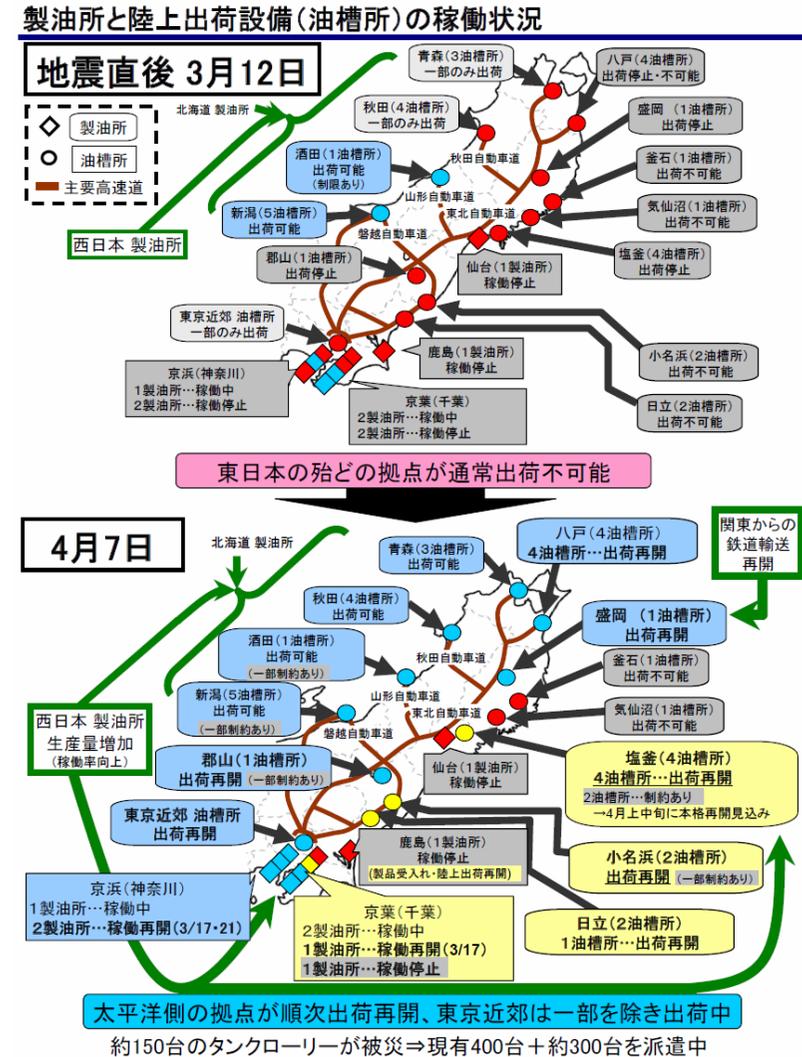
ひたちなか港の復旧状況
耐震バースのみ復旧. ただし堆積物で水深制限



耐震バースは健全

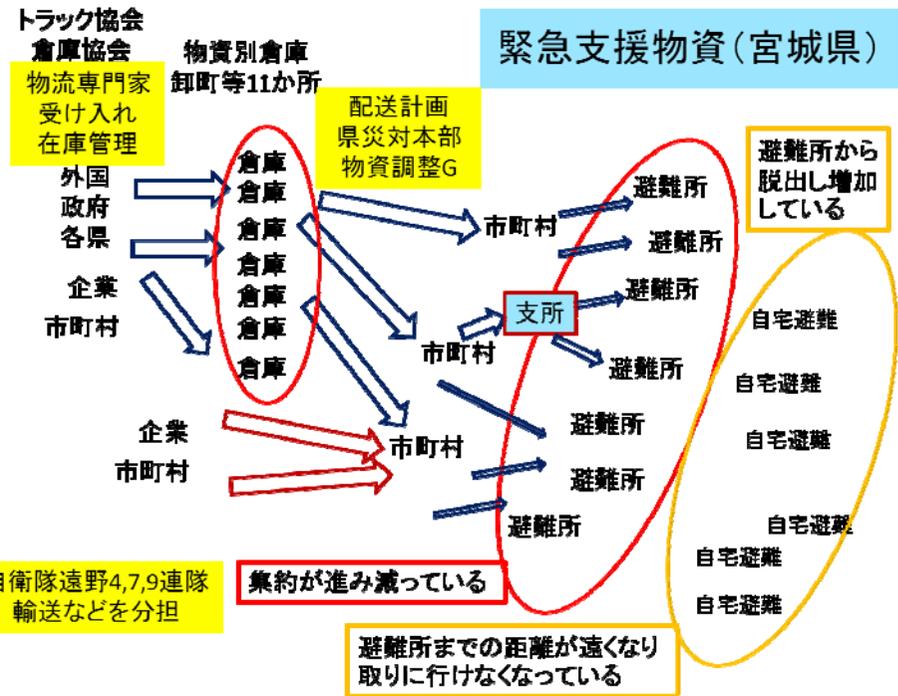
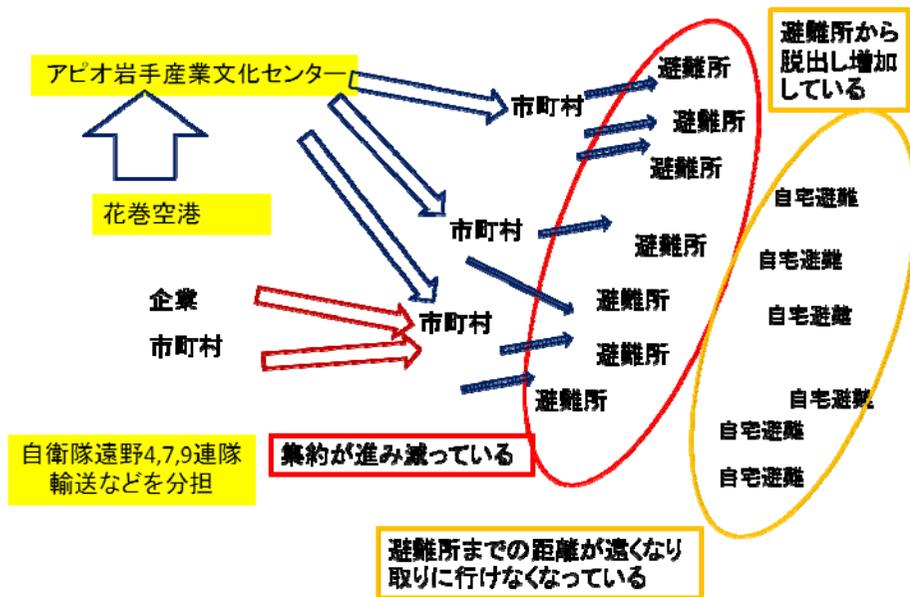
物流の機能障害

- 油槽所, 港湾, 道路分断
→ 初動時の燃料制約に
- 東北エリア全域の燃料不足
→ 4月上旬には解消
- 全国マクロエリアの被災を想定したエネルギー輸送計画体系の必要性
- 生活消費財の不足
→ 流通センター機能の集約と効率とのジレンマ



- ・ 救急物資の円滑な輸送システムの構築
→ 物資の需給バランス・輸送可能性
の情報が重要
- ・ ロジスティクスの専門技術の効果的な導入必要
→ 適切・迅速な在庫管理や， 配送計画の策定

緊急支援物資(岩手県)



電力・ガス



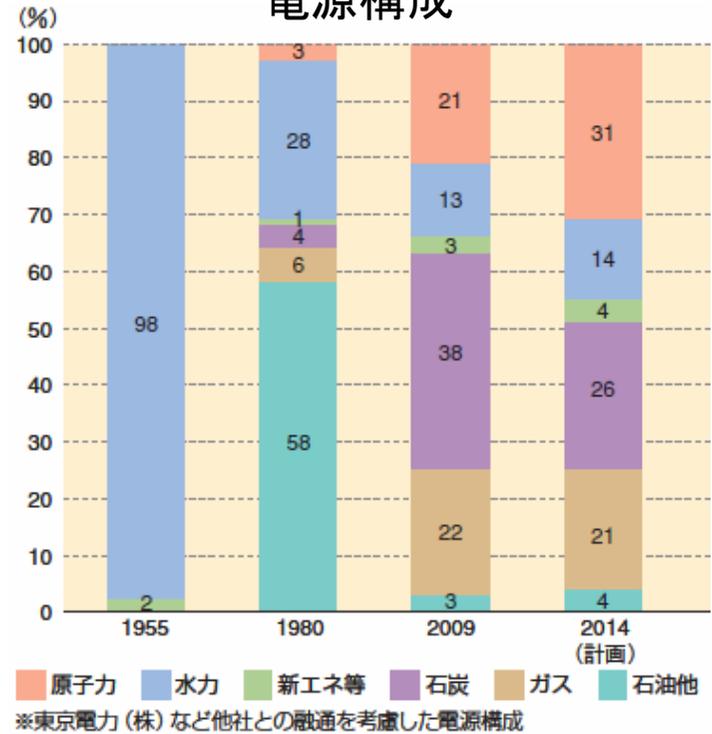
東北電力の発電所等

- ▲ 主要水力発電所 (6万キロワット以上)
- ▲ 火力、地熱および原子力発電所
- ▲ 他社の主な火力および原子力発電所
- 主要変電所
- 他社の主要変電所
- 他社の交直変換所
- 主要開閉所
- 他社の主要開閉所
- 50万ボルト送電線
- 27万5,000ボルト送電線
- 15万4,000ボルト送電線のうち主要なもの
- 他社の27万5,000ボルト以上の送電線
- 県境



原子力発電所 2箇所
 火力発電所 8箇所
 水力発電所 210箇所
 地熱発電所 4箇所

電源構成



出典: 東北電力CSRレポート2010

電力施設の被害状況(1)

- 原子力発電所
 - 女川 1号機～3号機: 全て自動停止
 - 東通 1号機: 定期検査停止中

電力施設の被害状況(2)

- 火力発電所
 - 八戸 3号機 : 運転再開
 - 能代 1, 2号機 : 運転再開
 - 秋田 2~4号機 : 運転再開
 - 仙台 4号機 : 自動停止
 - 開閉所及びタービン建屋1階(電気・機械設備), 土砂堆積
 - 新仙台 1号機 : 停止中 2号機 : 手動停止
 - タービン建屋1階(電気・機械設備)浸水, 土砂堆積)
 - 原町 1号機 : 手動停止 2号機 : 停止中
 - 事務本館1階及びタービン建屋1階(電気・機械設備)浸水, 揚炭機4台倒壊など屋外設備の被害発生

電力施設の被害状況(3)

- 地熱発電所
 - 葛根田 1号機:運転再開 2号機:運転再開
 - 澄川 1号機:運転再開
- 水力発電設備
 - 設備被害(10箇所(うち仮復旧または本復旧完了3箇所))
 - 建物内落石, 土砂流入2箇所 他

電力施設の被害状況(4)

- 変電設備
 - － 設備被害(57箇所(仮復旧または本復旧完了36箇所))
 - － 変圧器損傷69台, 遮断器損傷197台, 断路器損傷178台 他
- 送電設備
 - － 設備被害(104線路(仮復旧または本復旧完了75線路))
他軽微な被害178線路
 - － 鉄塔損壊・折損・傾斜42基, 電線断線・がいし折損22箇所
 - － 地中ケーブル損傷14箇所, 地すべり14箇所 他
- 配電設備
 - － 支持物折損・傾斜等 14,244基
 - － 電線混断線 21,506条間
 - － 変圧器・開閉器損傷等 5,588箇所

仙台火力発電所の被害状況



仙台火力発電所の被害状況

- 仙台火力発電所の概要
 - 定格出力446,000kW(仙台市の需要家の約1/3)
 - 2010年7月にリプレース
 - 従来の1～3号機を廃止し、新たに4号機を建設
 - ガスタービン発電と蒸気タービン発電を組み合わせた複合発電システム(CO₂排出量約40%程度に削減)
- 被害状況
 - タービン建屋1階の電気・機械設備が浸水被害
 - タービン発電機の芯ずれの懸念
 - 現在、被災状況を調査中(復旧の目処は立たず)

仙台火力発電所の被災状況



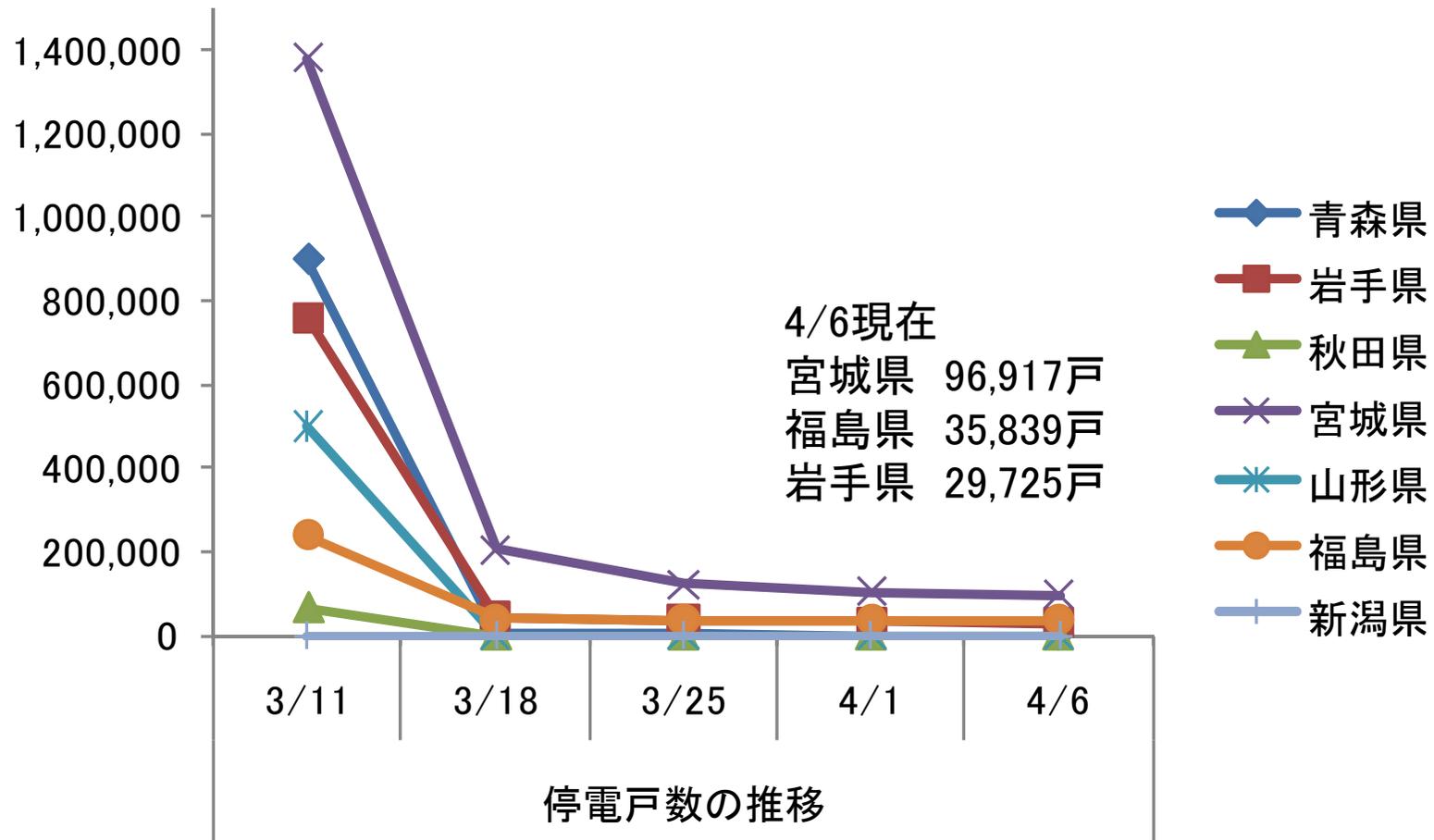
タービン建屋1階部の損傷



タービン建屋1階部の浸水(現在解消)
(電気・機械設備)

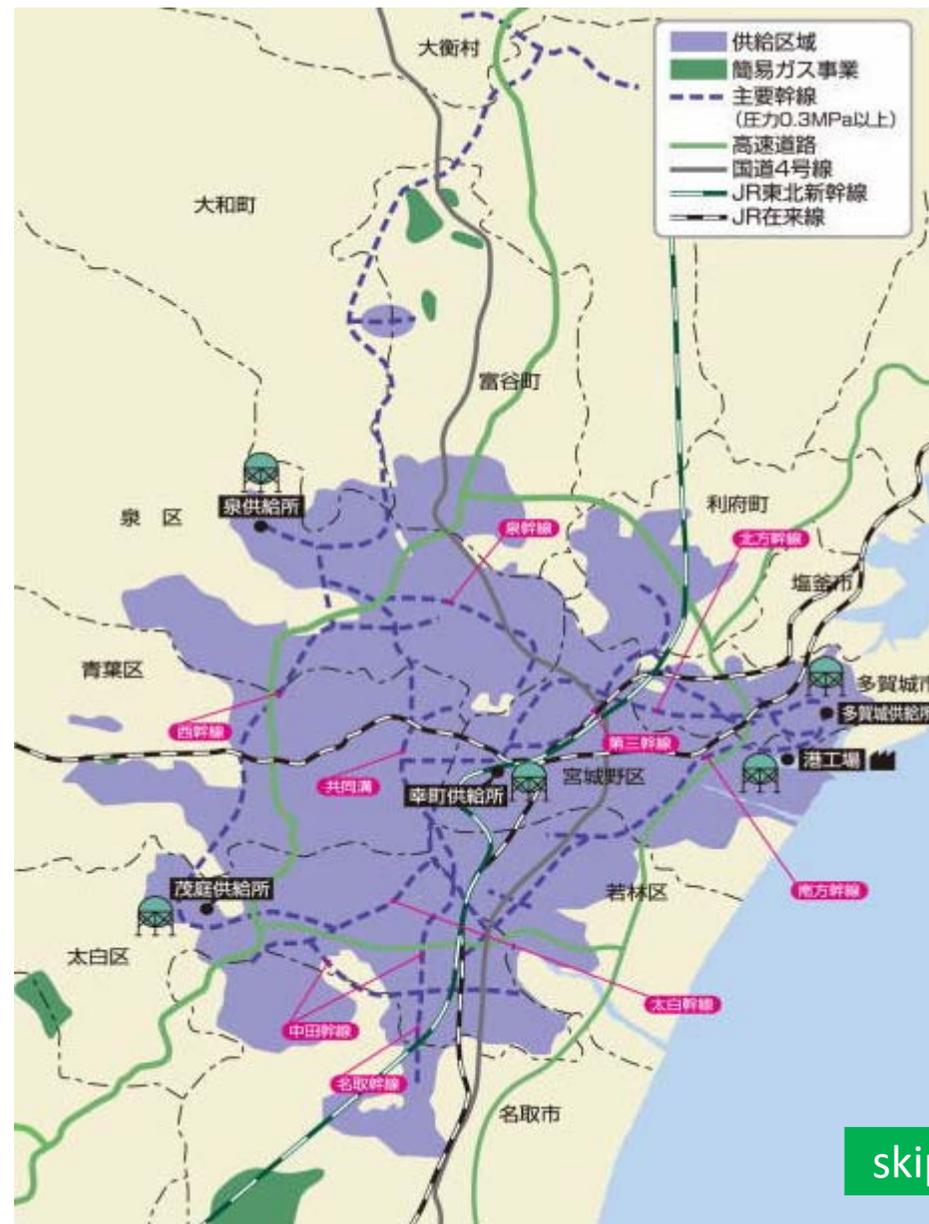
停電の状況

- 都道府県別の停電戸数の推移



仙台市ガス局の概要

- 事業内容
 - 天然ガスを原料に都市ガスを製造
- 供給区域
 - 仙台市, 多賀城市, 名取市, 利府町, 富谷町, 大和町
 - 約36万戸
 - 導管網約4,200km



地震発生後の主な経過

- 3/11
 - 14:46 地震発生
 - 15:25 第1次緊急停止(11ブロック中3ブロック)
 - 16:36 津波による港工場の冠水により全面供給停止
- 3/15
 - 港工場調査の結果, 壊滅状態判明(冠水とJX火災により3/11~13立入不可)
- 3/21
 - パイプラインによる供給決定
- 3/23
 - 供給再開

ガス関連施設の被害状況

- 主な被害
 - ガス導管網の被害
 - ガス製造装置の被害
 - 液化天然ガス(LNG)の都市ガスへの変換工場設備
- ガス局はLNGと新潟からのパイプライン供給の2系統でガスを供給(LNG7:パイプ3)
- 被災後, パイプラインを100%利用することに方針変更し, 復旧作業を進めている

ガス導管の修理

- 修理の手順
 - 開栓し、臭がしたら掘って修理、再度開栓という流れ
 - 管の種類、製造年、所掌外の建物内配管の多様さ、地下水の有無によるガス管内浸水の状況の有無等多くの要因があり、自動化ができず手間がかかる
- 被害は3,000箇所を超え、時間を要する
 - 日本ガス協会が全国のガス技術者を災害時に召集するコーディネーション機能を持つ(マニュアル完備)
 - 3,000人以上の技術者、工事用の資機材が全国から集められている

ガスの供給再開(1)

- 新潟からのパイプラインで天然ガスを港工場
で受け入れ、付臭を行った後都市ガスとして
供給
- 約2,000～3,000戸単位で155ブロックに分け、
ブロックごとに閉栓作業、設備の修繕、開栓
作業の順で実施
- 津波の被害が大きかった東部沿岸地区や、
今後の調査でガス導管の被害が大きい地区
を除き、1ヶ月～1ヶ月半での復旧を目指す

ガスの供給再開(2)

- 開栓作業
 - 3/12～25: 契約者宅を訪問し実施
 - 要員数: 約500人
 - ガス局約300名, 復旧隊約200名
- 修繕・開栓作業
 - 3/23: 災害拠点病院等への供給開始
 - 3/24: 一般家庭への供給開始
 - 要員数: 約3,200名
 - ガス局約50名, 復旧隊約2,700名

復旧状況

- 設備の修繕・開栓作業(4月6日現在)

復旧対象戸数 (A)	311,144
本日復旧戸数	18,703
本日までの累計復旧戸数 (B)	161,180
復旧対象残数 (A) - (B)	149,964
復旧率 (B) / (A)	51.8%

要員数: 約4,200名(ガス局約500名, 復旧隊約3,700名)